

111-047-3506
MOTC-IOT-110-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 (1/3)-建立分年測試計畫



交通部運輸研究所

中華民國 111 年 5 月

111-047-3506
MOTC-IOT-110-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 (1/3)-建立分年測試計畫

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 111 年 5 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(1/3)：建立分年測試計畫/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111.05

面；公分
ISBN 978-986-531-407-1(平裝)

1.CST：交通管理 2.CST：交通安全 3.CST：遙控飛機

557

111007587

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

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 111 年 5 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：1011100662 ISBN：978-986-531-407-1 (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(1/3)-建立分年測試計畫			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-407-1 (平裝)	政府出版品統一編號 1011100662	運輸研究所出版品編號 111-047-3506	計畫編號 110-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 110 年 3 月 至 110 年 12 月
關鍵詞：無人機、深度學習、車流軌跡、衝突熱區(TTC、PET)			
摘要： 本計畫為 3 年期(110-112 年)計畫之第 1 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。 為分析路口交通衝突及駕駛人行為特性，107~109 年前期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。本計畫為驗證相關技術成熟度與限制，透過專家學者座談會及地方機關調查，盤點路口 6 個常見的交通衝突情境，包括：機會左轉、路口穿越衝突、右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突、機會左轉(進階分析)、人車衝突等，並於 110-112 年每年辦理兩項先導測試計畫。 本年度與 4 個直轄市合作，辦理機會左轉、路口穿越衝突兩項先導測試計畫共 14 處路口，以及 4 處易肇事路口分析。先導測試計畫提出三大類駕駛行為：風險駕駛行為、違規行為、交通衝突，並研提相關軌跡判斷邏輯，完成風險駕駛行為或違規行為的偵測；易肇事路口分析則建立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，包含研發 Oriented YOLOv4 以簡化影像分析流程及縮短處理時間，並提升車種辨識精確度；交通衝突分析軟體除增加車速熱區圖，以及比例尺、號誌秒差的量測方法，並配合機會左轉、路口穿越衝突兩項先導測試計畫，新增相關分析模組及圖表，能進一步分析發生交通衝突之可能原因，以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
111 年 5 月	426	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 Pedestrians Traffic Flow Information Using UAV Aerial Videography (1/3) – Establishing a Test Plan			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-531-407-1(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011100662	IOT SERIAL NUMBER 111-047-3506	PROJECT NUMBER 110-SBB004
DIVISION: Safety Division DIVISION DIRECTOR: Tsu-Hung Yeh PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tsu-Hung Yeh PROJECT STAFF: Ching-Huei Lai, Ming-Cheng Huang PHONE: 886-2-2349-6863 FAX: 886-2-2545-0429			PROJECT PERIOD FROM March 2021 TO December 2021
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, Traffic Flow Trajectory, Conflicts Frequency Heatmap(TTC 、PET)			
ABSTRACT: This research is the first year of a 3-year (2021-2023) project. The purpose of this project is to continue the results of the previous research and development of traffic conflict analysis tools. In addition to conducting a yearly pilot test program to verify the maturity and limitations of the technology, the project also aims to cooperate with local governments to promote the application of the tool. In order to analyze the traffic conflicts at intersections and the behavior characteristics of drivers, the preliminary research from 2018-2020 combined new technologies such as drone aerial videography and artificial intelligence image analysis. It used traffic conflict risk analysis technology to establish a traffic conflict analysis tool. In order to verify the maturity and limitations of relevant technologies, this research took an inventory of six common traffic conflicts at intersections through expert and scholar symposiums and surveys by local authorities, including: opportunities for left turn, intersection crossing conflicts, right-turn conflicts, non-signal intersections, opportunities to turn left (advanced analysis), conflicts between people and vehicles, etc. Two pilot testing plans will be conducted every year from 2021-2023. This year, it cooperated with 4 municipalities directly under the Central Government to handle two pilot testing plans of opportunity left turn and intersection crossing conflict, a total of 14 intersections, and the analysis of 4 high-risk intersections. The pilot testing plan proposes three categories of driving behaviors: risky driving behaviors, illegal behaviors, and traffic conflicts, and develops relevant trajectory judgment logic to complete the detection of risky driving behaviors or illegal behaviors, procedures to provide a reference for subsequent application of analytical tools. This research also continued to optimize related analysis technologies, including the development of Oriented YOLOv4 to simplify the image analysis process, shorten the processing time, and improve the accuracy of vehicle identification. The traffic conflict analysis software added a vehicle speed heat map, as well as the scale and number of seconds difference in traffic signs. In addition, in conjunction with the two pilot testing plans of opportunity left turn and intersection crossing conflict, relevant analysis modules and charts have been added to further analyze the possible causes of traffic conflicts to assist road management agencies with early intersection traffic safety analysis and to improve this issue.			
DATE OF PUBLICATION May 2022		NUMBER OF PAGES 426	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	2
1.4 研究流程	3
第二章 文獻回顧	7
2.1 影像式車流分析技術	7
2.1.1 針對空拍影像之四輪車輛偵測技術	7
2.1.2 適用於機車、行人等小物件之偵測技術	12
2.1.3 多物件間追蹤技術	13
2.1.4 主要執行函式邏輯說明	14
2.2 交通衝突技術	15
2.2.1 交通衝突理論之發展	15
2.2.2 交通衝突型態分類	16
2.2.3 交通衝突指標	17
2.2.4 交通衝突分析工具	19
2.2.5 交通衝突與交通安全應用情境	22
2.3 國內外使用空拍影像之應用軟體技術	24
2.3.1 DataFromSky	26

2.3.2	GoodVision	29
2.3.3	Transoft.....	30
2.3.4	小結	33
2.4	前 3 期研究之成果回顧	38
第三章	無人機空拍影像	41
3.1	無人機作業流程及機型說明	41
3.1.1	無人機空拍攝影作業流程	41
3.1.2	110 年路口空拍無人機介紹	56
3.1.3	路口空拍活動申請狀況	58
3.2	空拍實際辦理現況	60
3.2.1	禁限航區飛航配套措施說明	60
3.2.2	路口空拍實際辦理情況	61
3.3	無人機空拍限制	68
3.3.1	雨天拍攝說明	69
3.3.2	夜間拍攝說明	69
3.3.3	大型路口拍攝說明	70
第四章	改善影像辨識與追蹤技術瓶頸	71
4.1	單一模型 ORIENTED YOLOV4 影像辨識	71
4.2	新模型與前期模型之改善效果比較	73
4.3	追蹤軌跡完整度方法評估(進出路口區域計算)	74
4.4	ORIENTED YOLOV4 的偵測實驗測試結果	77

4.5	4K 影像辨識及路段分析可行性初步分析	84
4.6	小結	87
第五章	優化交通衝突軟體.....	89
5.1	軟體功能優化說明.....	89
5.1.1	目前衝突型態分類說明.....	95
5.1.2	兩段式左轉之衝突型態分類修正	104
5.1.3	衝突型態分類建議.....	105
5.2	軟體功能擴充及優化說明	106
5.3	資料庫檔案管理規劃.....	115
5.4	軟體後續經營模式規劃.....	116
5.4.1	與道路管養機關合作.....	116
5.4.2	探討軟體後續推廣應用模式	118
5.4.3	111 年推廣應用模式研提構想	123
第六章	先導測試計畫	125
6.1	綜整研提交通安全應用情境.....	125
6.1.1	路口碰撞類型與可能肇因	125
6.1.2	交通安全應用情境.....	132
6.2	規劃 110-112 年先導測試計畫優先順序	135
6.3	本(110)年度之先導測試計畫內容.....	137
6.3.1	路口機會左轉之交通衝突	138
6.3.2	路口穿越衝突	146

6.3.3	實驗場域篩選	151
6.4	分析參數及介面設定	155
6.4.1	現場量測資料	155
6.4.2	平台介面輸入	159
6.5	分析範例說明	162
6.5.1	路口機會左轉之交通衝突	162
6.5.2	路口穿越衝突	172
6.6	分析結果	178
6.6.1	路口概況	178
6.6.2	機會左轉	185
6.6.3	路口穿越衝突	198
6.7	小結	211
第七章	易肇事地點改善計畫之軟體分析	213
7.1	分析項目	213
7.2	案例一：臺北市信義路五段與松仁路口	215
7.2.1	基本資料	215
7.2.2	軟體固定圖表輸出	217
7.2.3	問題探討	219
7.2.4	問題整理	224
7.3	案例二：桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口	224
7.3.1	基本資料	224

7.3.2	軟體固定圖表輸出.....	226
7.3.3	問題探討	227
7.3.4	問題整理	230
7.4	案例三：臺南市中正南路與中華路口	230
7.4.1	路口基本資料	230
7.4.2	軟體固定圖表輸出.....	232
7.4.3	問題探討	233
7.4.4	問題整理	237
7.5	案例四：臺南市公園南路與公園路口	237
7.5.1	路口基本資料	237
7.5.2	軟體固定圖表輸出.....	240
7.5.3	問題探討	242
7.5.4	問題整理	245
第八章	下(111)年度計畫研究方向及應用情境探討	247
8.1	先導測試計畫	247
8.2	改善影像辨識與追蹤技術優化分析軟體	247
8.3	無人機空拍影像	248
8.4	分析軟體之推廣應用模式	248
第九章	結論與建議	251
9.1	結論	251
9.2	建議	256

參考文獻 261

附錄 A	專家學者座談會	267
附錄 B	需求功能執行狀況比對表	275
附錄 C	無人機規格	279
附錄 D	分析軟體硬體電腦規格表	281
附錄 E	分析軟體操作手冊	283
附錄 F	成果說明暨教育訓練	327
附錄 G	無人機空拍程序說明	331
附錄 H	衝突型態分類說明	341
附錄 I	申請軟體試用之保密切結書(草案)	353
附錄 J	期中審查意見處理情形表	357
附錄 K	期末審查意見處理情形表	381

圖目錄

圖 1.4-1 本計畫流程圖.....	4
圖 2.1-1 TIAN 等人提出之 CTPN(CONNECTIONIST TEXT PROPOSAL NETWORK)架構圖	8
圖 2.1-2 帶有不同旋轉比例的 ANCHOR 表示法	8
圖 2.1-3 RROIPOOLING 示意圖	9
圖 2.1-4 R ² CNN 架構圖.....	9
圖 2.1-5 R ² CNN 偵測過程(A)原圖，(B)RPN 的輸出結果，(C)正矩形框與旋 轉框回歸，(D)經過 INCLINED NMS 輸出後的結果	10
圖 2.1-6 RRPN(左)與 R ² CNN(右)偵測結果.....	10
圖 2.1-7 SCRDET 架構圖	11
圖 2.1-8 偵測結果：(左)未引進 IOU SMOOTH LOSS; (右)採用 IOU SMOOTH LOSS	11
圖 2.1-9 PASCAL 架構 GPU 下的偵測表現比較	12
圖 2.1-10 YOLOV3-CSPNET 效能圖	13
圖 2.2-1 安全階層金字塔圖	16
圖 2.2-2 四種交通衝突型態圖	17
圖 2.2-3 衝突嚴重性圖(CONFLICT SEVERITY DIAGRAM)	18
圖 2.2-4 SSAM 交通衝突指標之計算定義	20
圖 2.2-5 SSAM 交通衝突類型與衝突角度	21
圖 2.2-6 SSAM 驗證報告之衝突數與交通事故數之關係	22
圖 2.2-7 左轉車流衝突及穿越車流之衝突樣態.....	23
圖 2.2-8 左轉等候區(LWA)及直進等候區(TWA)在號誌化路口之示意圖 .	24
圖 2.3-1 DATAFROMSKY TRAFFICSURVEY 首頁	26

圖 2.3-2 流量統計示意圖.....	27
圖 2.3-3 速度與加速度統計示意圖	28
圖 2.3-4 車道、敏感、違停、超速判斷區偵測.....	28
圖 2.3-5 GOODVISION 首頁.....	29
圖 2.3-6 GOODVISION 使用介面示意圖	30
圖 2.3-7 TRANSOFT 首頁.....	31
圖 2.3-8 路側攝影機 PET 計算影片回放圖	32
圖 2.3-9 路側攝影機 PET 衝突熱區圖	32
圖 2.3-10 路側攝影機超速偵測圖	33
圖 2.3-11 路側攝影機軌跡繪製圖	33
圖 2.3-12 可播放完整影片之功能.....	34
圖 2.3-13 顯示相關數值與曲線分析圖表功能.....	35
圖 2.3-14 修正與刪除錯誤偵測與追蹤功能	35
圖 2.3-15 交通衝突可顯示衝突物件與軌跡	36
圖 2.3-16 HEATMAP 疊圖與細部資訊顯示功能	36
圖 2.3-17 不同疊圖顯示選項功能	37
圖 2.3-18 調整相關設定可即時更新分析結果.....	37
圖 3.1-1 無人機空拍攝影作業流程	41
圖 3.1-2 起飛地點設置.....	44
圖 3.1-3 路口重點資訊紀錄.....	45
圖 3.1-4 無人機攝影預設條件.....	46
圖 3.1-5 無人機畫面設定示意圖	47
圖 3.1-6 無人機控制顯示器畫面圖	47
圖 3.1-7 現場人員記錄量測實際距離	49

圖 3.1-8 比例尺公式計算欄位.....	49
圖 3.1-9 以小畫家開啟底圖之座標顯示	50
圖 3.1-10 比例尺計算表中座標欄位	50
圖 3.1-11 比例尺計算結果.....	51
圖 3.1-12 比例尺更新	51
圖 3.1-13 系統提醒應重新分析專案	52
圖 3.1-14 號誌同步之分析影片起始影格	52
圖 3.1-15 號誌同步之片頭刪除影格數	53
圖 3.1-16 號誌同步之影片總影格數	53
圖 3.1-17 號誌同步之起飛與降落時間與對應影格數.....	53
圖 3.1-18 號誌同步之側拍開始影格數與號誌周期.....	54
圖 3.1-19 號誌同步計算表之第一及第二次 A 入口綠燈時間.....	54
圖 3.1-20 號誌同步計算表之側拍結束時間與對應影格.....	54
圖 3.1-21 號誌同步計算表之計算結果	55
圖 3.1-22 後處理秒差填入系統.....	55
圖 3.1-23 市售小型無人機 PARROT 示意圖.....	57
圖 3.1-24 市售小型無人機 PARROT 拍攝案例.....	58
圖 3.2-1 配合派員進駐近場管制塔臺擔任聯絡工作事宜配套措施	60
圖 3.2-2 路口空拍飛行時程表.....	61
圖 3.2-3 路口拍攝現場作業概況(易肇事路口).....	62
圖 3.2-4 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口-臺北)	63
圖 3.2-5 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口-高雄)	64
圖 3.2-6 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口-高雄)	64
圖 4.1-1 傳統 IoU 示意圖	72

圖 4.1-2 旋轉框 IoU 示意圖，灰色區域為兩者重疊區域	72
圖 4.1-3 旋轉框角度示意圖	73
圖 4.3-1 完整與不完整軌跡示意圖	76
圖 4.3-2 軌跡品質指標公式	76
圖 4.4-1 車輛訓練集中的 5 個路口場景	78
圖 4.4-2 MAP 之範例說明	80
圖 4.4-3 ORIENTED YOLOV4 部分偵測結果	83
圖 4.5-1 (A)切分為 2 塊 1920×1920 影像;(B)切分為 3 塊重疊之 1920×1920 影像	84
圖 4.5-2 1920×1080 影片車輛偵測追蹤結果：(A)雲林縣斗六市大學路三段與中山路交岔路口;(B)高雄市鼓山區裕誠路與博愛二路交岔路口	86
圖 5.1-1 肇事型態分類	89
圖 5.1-2 肇事碰撞事故構圖箭頭	90
圖 5.1-3 交通衝突類型分類	91
圖 5.1-4 兩段式左轉示意圖	104
圖 5.1-5 車道屬性設定	104
圖 5.1-6 兩段式左轉方向說明	105
圖 5.2-1 分析軟體功能整理	106
圖 5.2-2 先導測試計畫衝突分析設定工具	107
圖 5.2-3 設定停止線與出口線	108
圖 5.2-4 設定車道數與車道屬性	108
圖 5.2-5 設定路口中央位置	109
圖 5.2-6 前期專案列表	110

圖 5.2-7 本期專案以路口架構管理	110
圖 5.2-8 專案資訊-清楚顯示每個路口名稱與影像資料數量	110
圖 5.2-9 專案資訊-路口專案影像資訊列表	111
圖 5.2-10 專案分析功能列表	111
圖 5.2-11 軌跡線設定行進方向與車種，並選擇繪製時間區間	112
圖 5.2-12 升級車流軌跡繪製	112
圖 5.2-13 機車左轉之車流軌跡繪製	113
圖 5.2-14 車速熱區篩選條件	113
圖 5.2-15 SPEED HEATMAP 平均速度計算說明	114
圖 5.2-16 COLORMAP JET	114
圖 5.2-17 臺北市松山區光復北路及健康路之速度 HEATMAP 圖例	114
圖 5.3-1 資料庫結構示意圖	115
圖 5.3-2 資料庫示意圖	116
圖 5.4-1 軟體推廣試用申請程序 SOP 圖	119
圖 6.1-1 先導測試計畫之交通安全應用情境圖示	134
圖 6.1-2 先導測試計畫之交通安全應用情境圖示（續）	135
圖 6.3-1 機會左轉導致之安全風險	139
圖 6.3-2 左轉及對向直行之車流軌跡動線	140
圖 6.3-3 機會左轉：風險駕駛行為之分析項目圖示	142
圖 6.3-4 機會左轉：違規行為之分析項目圖示	144
圖 6.3-5 機會左轉：交通衝突圖示	145
圖 6.3-6 路口穿越衝突：風險駕駛行為之分析項目圖示	148
圖 6.3-7 路口穿越衝突：違規行為之分析項目圖示	149
圖 6.3-8 路口穿越衝突：交通衝突圖示	150

圖 6.4-1 垂直影像的幾何型態	156
圖 6.4-2 實際物體間距(以專案編號 98 空拍影像為例)	156
圖 6.4-3 停止線介面	160
圖 6.4-4 車道線介面—車道屬性	160
圖 6.4-5 車道線介面—車道劃分	161
圖 6.4-6 路口中央區域繪製	161
圖 6.5-1 機會左轉之分析範例—空拍示意圖	163
圖 6.5-2 機會左轉之分析範例—號誌週期	164
圖 6.5-3 車流方向組合 1 的車流軌跡圖	165
圖 6.5-4 車流方向組合 2 的車流軌跡圖	166
圖 6.5-5 車流方向組合 3 的車流軌跡圖	166
圖 6.5-6 車流方向組合 4 的車流軌跡圖	167
圖 6.5-7 路口穿越衝突之分析範例—空拍示意圖	173
圖 6.5-8 路口穿越衝突之分析範例—號誌時相	173
圖 6.5-9 路口穿越衝突—車流軌跡示意圖	174
圖 6.6-1 路口 1-高雄市二聖二路與復興三路	179
圖 6.6-2 路口 2-高雄市瑞隆路與瑞福路	179
圖 6.6-3 路口 3-高雄市中一路與大同一路	180
圖 6.6-4 路口 4-高雄市二聖一路與光華二路	180
圖 6.6-5 路口 5-高雄市興中二路與中山二路	181
圖 6.6-6 路口 6-高雄市經武路與博愛路	181
圖 6.6-7 路口 7-高雄市青年路二段與文衡路	182
圖 6.6-8 路口 8-高雄市青年路二段與建國路三段	182
圖 6.6-9 路口 9-高雄市七賢一路與七賢二路	183

圖 6.6-10 路口 10-臺北市東新街與市民大道七段	183
圖 6.6-11 路口 11-臺北市向陽路與市民大道八段	184
圖 6.6-12 路口 12-臺北市興隆路四段與忠順街二段.....	184
圖 6.6-13 路口 13-臺北市光復北路與健康路	185
圖 6.6-14 路口 14-臺北市松仁路與信義路五段	185
圖 6.6-15 機會左轉－左轉車輛數	187
圖 6.6-16 機會左轉－[R1]先行左轉	187
圖 6.6-17 先行左轉之比例圖	188
圖 6.6-18 機會左轉－[R2]燈號轉換期間左轉	188
圖 6.6-19 燈號轉換期間左轉之比例圖	189
圖 6.6-20 機會左轉－[R3]左轉車未到達路口中央處	189
圖 6.6-21 左轉車未到達路口中央處之比例圖	190
圖 6.6-22 機會左轉－[R4]清道時間結束後仍無法通過路口	190
圖 6.6-23 清道時間結束後仍無法通過路口之比例圖	191
圖 6.6-24 機會左轉－對向直行車輛數	192
圖 6.6-25 機會左轉－[V1]對向直行闖紅燈	192
圖 6.6-26 機會左轉－[V2]紅燈跨越停止線	193
圖 6.6-27 機會左轉－[V3]超速(法規速限)	193
圖 6.6-28 機會左轉－[V4]超速(速限寬容值)	194
圖 6.6-29 機會左轉－[V5]外側車道左轉(左轉未依規定)	194
圖 6.6-30 機會左轉－[V6]機車於兩段式左轉路口直接左轉	195
圖 6.6-31 機會左轉－[C1]左轉衝突(強行左轉)	195
圖 6.6-32 無法於對向直行車流中左轉之比例圖	197
圖 6.6-33 違反速限寬容值之超速比例圖	198

圖 6.6-34 路口穿越衝突－直行車輛數	199
圖 6.6-35 路口穿越衝突－左側來向車輛數	200
圖 6.6-36 路口穿越衝突－右側來向車輛數	200
圖 6.6-37 路口穿越衝突－[R1]左側來向搶先直行	201
圖 6.6-38 路口穿越衝突－[R1]右側來向搶先直行	201
圖 6.6-39 路口穿越衝突－[R2]燈號轉換期間通過(搶黃燈)	202
圖 6.6-40 路口穿越衝突－[R3]清道時間結束後仍無法通過路口	202
圖 6.6-41 路口穿越衝突－[V1]直行車輛闖紅燈	203
圖 6.6-42 路口穿越衝突－[V1]左側來向車輛闖紅燈	203
圖 6.6-43 路口穿越衝突－[V1]右側來向車輛闖紅燈	204
圖 6.6-44 路口穿越衝突－[V2]直行車輛紅燈跨越停止線	204
圖 6.6-45 路口穿越衝突－[V2]左側來向車輛紅燈跨越停止線	205
圖 6.6-46 路口穿越衝突－[V2]右側來向車輛紅燈跨越停止線	205
圖 6.6-47 路口穿越衝突－[V3]直行車輛超速(法規速限)	206
圖 6.6-48 路口穿越衝突－[V3]左側來向車輛超速(法規速限)	206
圖 6.6-49 路口穿越衝突－[V3]右側來向車輛超速(法規速限)	207
圖 6.6-50 路口穿越衝突－[V4]直行車輛超速(速限寬容值)	207
圖 6.6-51 路口穿越衝突－[V4]左側來向車輛超速(速限寬容值)	208
圖 6.6-52 路口穿越衝突－[V4]右側來向車輛超速(速限寬容值)	208
圖 6.6-53 路口穿越衝突－[C1]穿越衝突(左側)	209
圖 6.6-54 路口穿越衝突－[C2]穿越衝突(右側)	209
圖 6.6-55 直行車之超速(速限寬容值)之比例圖	210
圖 7.2-1 臺北市信義路五段與松仁路口之空拍圖	215
圖 7.2-2 臺北市信義路五段與松仁路口之號誌時制表(上午尖峰)	216

圖 7.2-3 臺北市信義路五段與松仁路口之路口碰撞構圖	216
圖 7.2-4 臺北市信義路五段與松仁路口之車流軌跡圖	217
圖 7.2-5 臺北市信義路五段與松仁路口之超速分布圖	218
圖 7.2-6 臺北市信義路五段與松仁路口之衝突熱點圖	218
圖 7.2-7 松仁路右轉往信義路五段之衝突熱點圖(TTC)與事故碰撞構圖易 發生事故點之比較	219
圖 7.2-8 臺北市信義路五段與松仁路口之風險問題	220
圖 7.2-9 臺北市信義路五段與松仁路口之轉彎導引線問題	221
圖 7.2-10 該時相衝突軌跡圖(由上三張圖至下三張圖分別為 A 架次、B 架次、C 架次)	221
圖 7.2-11 臺北市信義路五段與松仁路口之公車直行衝突問題	222
圖 7.2-12 臺北市信義路五段與松仁路口之機車待轉區溢出問題	222
圖 7.2-13 臺北市信義路五段與松仁路口之左彎待轉區與直行車道問題	223
圖 7.2-14 右轉車輛之相關衝突熱點圖	224
圖 7.3-1 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之空拍圖	225
圖 7.3-2 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之號誌時制表	225
圖 7.3-3 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之車流軌跡圖	226
圖 7.3-4 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之超速分布圖	227
圖 7.3-5 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之衝突熱區圖	227
圖 7.3-6 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之機車停等區問題	228
圖 7.3-7 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之左轉車問題	229
圖 7.3-8 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之轉彎處視距不足	

(建築物).....	229
圖 7.3-9 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之轉彎處視距不足 (植栽).....	230
圖 7.4-1 臺南市中正南路與中華路路口空拍圖.....	231
圖 7.4-2 臺南市中正南路與中華路路口之時制計畫表.....	232
圖 7.4-3 臺南市中正南路與中華路路口之車流軌跡圖.....	232
圖 7.4-4 臺南市中正南路與中華路路口之超速分布圖.....	233
圖 7.4-5 臺南市中正南路與中華路路口之衝突熱點圖.....	233
圖 7.4-6 臺南市中正南路與中華路路口之風險案例附圖.....	234
圖 7.4-7 臺南市中正南路與中華路路口之右轉車輛與直行機車之衝突	235
圖 7.4-8 臺南市中正南路與中華路路口之機車兩段式左轉及直行議題	236
圖 7.4-9 臺南市中正南路與中華路路口之之機車直接左轉與直行車流產 生交織.....	236
圖 7.4-10 臺南市中正南路與中華路路口之回堵影響主線直行車流.....	237
圖 7.5-1 臺南市公園南路與公園路路口空拍圖.....	238
圖 7.5-2 臺南市公園南路與公園路路口之時制計畫表（A 架次時段）	239
圖 7.5-3 臺南市公園南路與公園路路口之時制計畫表（B 及 C 架次時段）	239
圖 7.5-4 臺南市公園南路與公園路路口之車流軌跡圖.....	240
圖 7.5-5 臺南市公園南路與公園路路口之超速分佈圖.....	241
圖 7.5-6 臺南市公園南路與公園路路口之車流軌跡圖.....	241
圖 7.5-7 臺南市公園南路與公園路路口之風險案例.....	242

圖 7.5-8 臺南市公園南路與公園路路口之 A 方向直行導引線.....	243
圖 7.5-9 臺南市公園南路與公園路路口之 A 方向直行車流軌跡圖	243
圖 7.5-10 臺南市公園南路與公園路路口之車道數減少且未對齊	244
圖 7.5-11 臺南市公園南路與公園路路口之機車待轉區設置與機車行為之 車流軌跡圖.....	245
圖 9.2-1 夜間路口空拍示意圖	257

表 目 錄

表 2.3-1 國外車流軌跡交通平台收費表(以 DATAFROMSKY 為例).....	25
表 2.3-2 國外軟體(DATAFROMSKY)值得參考功能列表	34
表 2.4-1 107-109 年研究之成果列表.....	38
表 3.1-1 無人機空拍地點飛行可行性評估表.....	43
表 3.1-2 無人機飛行及攝影機最佳參數設定表.....	46
表 3.1-3 無人機比較表.....	56
表 3.1-4 路口空拍活動申請表	58
表 3.2-1 無人機路口空拍-先導測試計畫路口	65
表 3.2-2 無人機路口空拍-易肇事地點改善計畫路口	67
表 3.3-1 無人機空拍應用情境與系統限制	68
表 4.3-1 資訊領域多物件偵測競賽採用的軌跡評估參數	75
表 4.3-2 軌跡品質指標.....	77
表 4.4-1 各類別的車種數量.....	78
表 4.4-2 預測對象與結果之排列組合	79
表 4.4-3 各類車種 RECALL 與 PRECISION 的結果.....	80
表 4.4-4 前期和本期各類車種 RECALL 與 PRECISION 結果	81
表 4.4-5 本期偵測結果之混淆矩陣	82
表 5.1-1 同向衝突與對應之肇事型態	92
表 5.1-2 對向衝突與對應之肇事型態	93
表 5.1-3 穿越交通衝突與對應之肇事型態	94
表 5.1-4 行人相關衝突與對應之肇事型態	95
表 5.1-5 衝突型態判斷及出入口對應表	96

表 5.1-6 其他未分類衝突型態與出入口對應表.....	102
表 5.4-1 110 年合作機關路口列表	117
表 5.4-2 分析軟體推廣服務模式表	122
表 6.1-1 臺北市多事故路口之名稱與碰撞類型及可能肇因	128
表 6.1-2 實驗情境分析矩陣表	130
表 6.1-3 號誌化四岔路口之實驗情境清單	131
表 6.1-4 無號誌化四岔路口之實驗情境清單.....	132
表 6.1-5 先導測試計畫之交通安全應用情境.....	133
表 6.2-1 先導測試計畫的合作意願及合作之應用情境.....	135
表 6.2-2 110-112 年先導測試計畫之建議課題	136
表 6.3-1 先導測試計畫之工作項目	137
表 6.3-2 機會左轉：風險駕駛行為之分析項目	141
表 6.3-3 機會左轉：違規行為之分析項目	143
表 6.3-4 機會左轉：交通衝突	145
表 6.3-5 路口穿越衝突：風險駕駛行為之分析項目	147
表 6.3-6 路口穿越衝突：違規行為之分析項目	148
表 6.3-7 路口穿越衝突：交通衝突之分析項目	150
表 6.3-8 先導測試計畫之實驗路口	152
表 6.4-1 時間準確度驗證範例表	158
表 6.5-1 機會左轉 - 風險事件列表(範例節錄).....	167
表 6.5-2 機會左轉分析結果（車流方向組合 1：A 進左轉、C 進直行）	168
表 6.5-3 機會左轉分析結果（車流方向組合 2：B 進左轉、D 進直行）	169

表 6.5-4 機會左轉分析結果（車流方向組合 3：C 進左轉、A 進直行）	170
表 6.5-5 機會左轉分析結果（車流方向組合 4：D 進左轉、B 進直行）	171
表 6.5-6 路口穿越衝突 - 風險事件列表(範例節錄)	175
表 6.5-7 路口穿越衝突分析結果（車流方向組合 1：A 直行、B 左側、D 右側）	176
表 6.5-8 路口穿越衝突分析結果（車流方向組合 2：C 直行、D 左側、B 右側）	177
表 6.6-1 路口清單表	178
表 6.6-2 機會左轉－影片數目表	186
表 6.6-3 路口穿越衝突－影片數目表	198
表 7.1-1 分析項目及功能說明	214

第一章 緒論

1.1 研究緣起

隨著都市人口密集化，重要道路於交通尖峰時段所需承載的運輸量大幅提升，交通事故發生之數量、機率、後果亦有集中化、多樣化及嚴重化趨勢。依據交通部統計查詢網數據資料顯示，近 3 年全國之交通事故總數與死傷人數皆呈現持續增加，交通事故總數為 320,315(107 年)、341,972(108 年)、362,393(109 年)，死亡人數為 2,780(107 年)、2,865(108 年)、2,972(109 年)，受傷人數為 426,799(107 年)、455,400(108 年)、482,333(109 年)，此數據顯示道路交通事故對國民生命影響之嚴重性，如何有效改善交通安全問題乃刻不容緩全國關心之重要議題。

本計畫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，系統性導入交通應用情境先導測試計畫，有助於交通安全研究、分析與應用。本計畫相關計畫緣起如下：

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」^[1]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%，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」^[2]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，且運用 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」^[3]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)。

1.2 研究範圍

本計畫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，交通應用採與實務交通單位(臺北市、桃園市、臺南市、高雄市)進行易肇事路口分析與先導測試計畫規劃與分析，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分析工具及程序，提供給交通管理單位及人員，可有效率進行路口交通衝突分析。

1.3 研究內容與工作項目

本計畫的工作內容，主要可以分為以下工作項目：

- 一、透過召開座談會方式，盤點及排序 110~112 年先導測試計畫情境，並徵詢道路主管機關合作辦理之意願。先導測試計畫情境透過以下方式，進行盤點無人機探勘道路交通流動資訊之交通安全應用課題：
 - (一)透過道路交通事故資料，分析道路交通主要衝突型態、件數、比例及嚴重度。
 - (二)蒐集國內外道路交通衝突研究文獻並綜整相關課題。
 - (三)蒐集國內外使用無人機於空拍道路交通流動資料之應用(包含既有分析軟體、系統或網站)與研究文獻，並綜整相關課題。
- 二、110 年度執行 2 項先導測試計畫，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，並綜整此類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。
- 三、導入新型影像辨識追蹤技術、增加訓練資料，以及提升影像辨識追蹤辨識率、正確率及處理效能等。

- 四、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。
- 五、與道路管養機關合作，運用本分析軟體協助其分析 4 個易肇事路口交通衝突情形，以驗證本分析軟體相關功能之可行性、操作性及正確性。
- 六、探討與規劃 111 年交通衝突分析軟體的後續經營模式。
- 七、探討與規劃 111 年計畫研究方向及應用情境。
- 八、檢視修訂 109 年研究計畫彙整之分析軟體之操作手冊及無人機空拍影像作業流程。
- 九、辦理成果說明與教育訓練各一場。
- 十、針對計畫重要成果或執行過程，製作影片電子檔。
- 十一、將本年研究成果投稿運輸計劃季刊、國內外期刊或學術研討會。

1.4 研究流程

本計畫流程主要分為四大部分：無人機空拍影像蒐集、車流影像分析技術開發、交通衝突軟體功能開發及交通衝突應用與分析。首先採用無人機進行路口空拍影像資料蒐集，將蒐集之影像進行深度學習模型訓練，並整合追蹤方法，經由人、車流影像分析可產出人、車流軌跡資料，再透過交通衝突分析軟體進行相關軌跡運算，產出交通衝突分析所需之情境與圖表統計結果，研究流程如圖 1.4-1 所示，並詳述各部分內容如下：

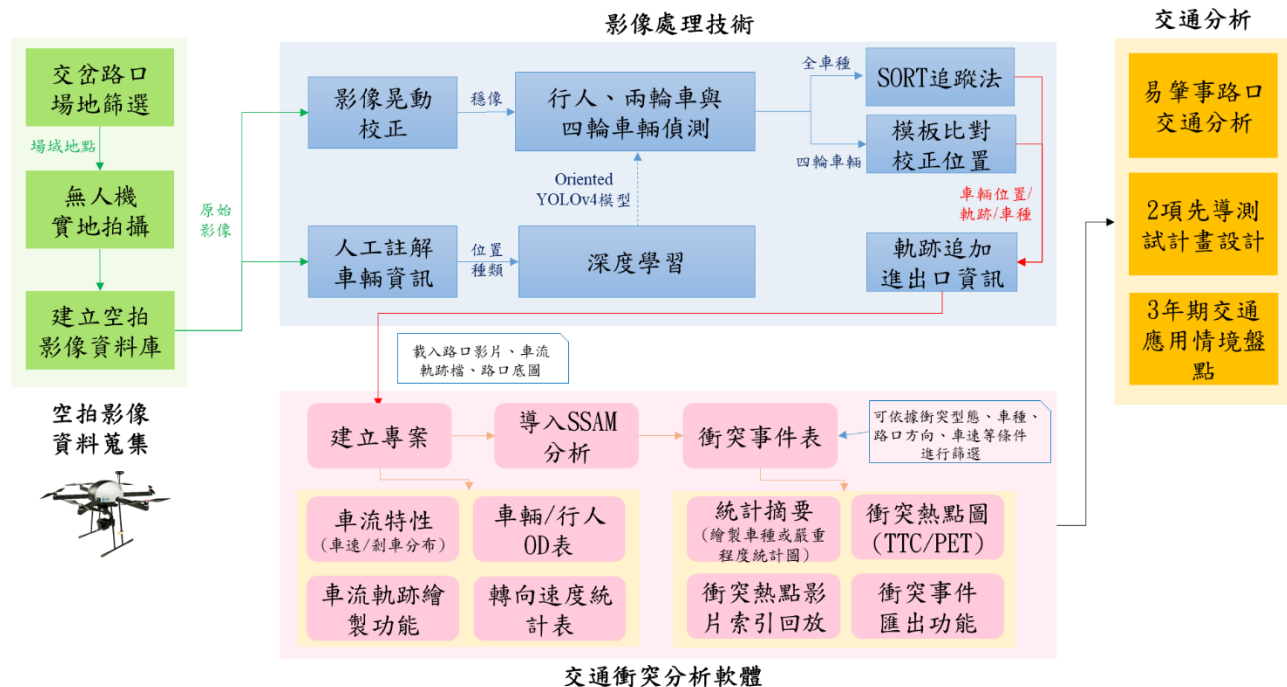


圖 1.4-1 本計畫流程圖

一、空拍影像資料蒐集：

本計畫選定 4 處易肇事路口與 2 項先導測試實驗計畫所需路口，進行蒐集 4K 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，因此本計畫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，針對四輪車輛進行模板比對校正位置技術提升追蹤精準度，最後加註車輛進出口資訊整體輸出軌跡檔。前期已將車輛影像區分為(1)四輪車輛及(2)行人、兩輪車輛兩大類，並採用不同之深度學習模型進行偵測及追蹤，本期則採用單一模型以簡化架構流程，並提升運算效能。

此外，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，且同時偵測車輛位置。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，增添其進出口口之行車方向資訊。

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人車流動軌跡，可輸入分析軟體進行交通衝突分析。本分析軟體整合美國 SSAM 計算模組，以確保衝突指標計算結果之正確性。分析軟體首先讀取路口影片、路口底圖及人車流動軌跡檔，軟體會自動將人車流動軌跡檔案轉換成 SSAM 模組的輸入格式，計算完成後，即可得到完整交通衝突事件結果。本計畫持續優化相關視覺功能以呈現車流特性，包含升級車流軌跡繪製、新增車速熱區圖 Speed Heatmap 等，藉此提供使用者可視覺化圖表，以快速掌握整體車流軌跡及車速變化。另針對先導測試計畫進行實驗設計，提出相關分析資料數據，以輔助交通管理人員能針對先導測試計畫情境，快速取得相關分析依據。

四、 交通衝突應用與分析：

本計畫透過座談會邀請專家學者及相關單位進行交流，完成 3 年 6 項路口交通應用情境盤點及排序，建構後續完整交通衝突分析應用情境藍圖。本(110)年度依前述排序課題與北、高兩市合作，辦理 2 項先導測試計畫，綜整相關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。此外，另與臺北市、桃園市及臺南市合作，使用交通衝突分析軟體進行 4 處易肇事路口分析，以推廣應用本分析工具及程序，協助交通管理機關進行路口交通衝突分析，並提早進行改善。

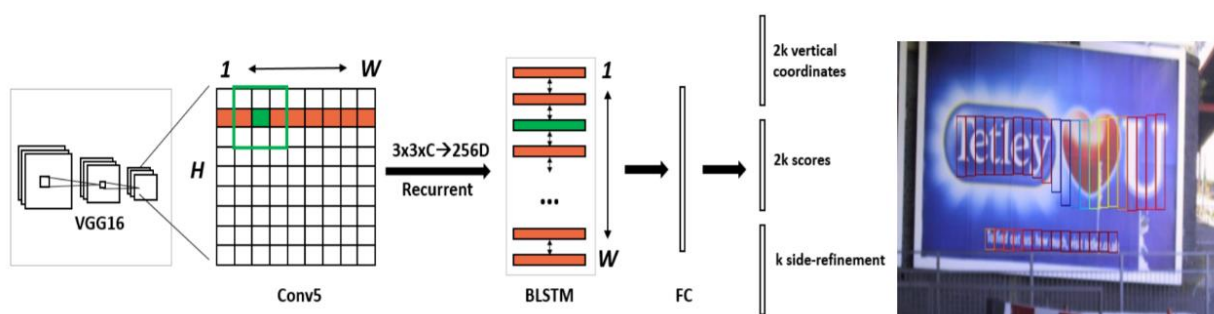
第二章 文獻回顧

2.1 影像式車流分析技術

在 109 年研究中的車輛偵測技術，主要根據物件尺寸大小採用了兩種完全不同的策略方法。對於小客車、貨車、大貨車、聯結車等四輪車輛，為了能取出其矩形輪廓，採用了團隊改良過之 SCRDet^[4]深度學習架構，偵測出四輪車輛的矩形範圍以代表實際車輛範圍。另一方面，對於行人、自行車、機車等小型物件，則採用了基於 YOLOv4 架構^[5]的偵測方法。YOLOv4 自從 109 年 4 月發表以來，一直是十分熱門的偵測架構，其主要原因在於其偵測架構易於修改、偵測效率甚高且維持不錯的偵測準確性，特別是對小型物件的偵測表現相當好，因此研究團隊在前期研究中引進了 YOLOv4 架構以偵測兩輪車輛與行人。之後，研究團隊利用經典的 SORT 演算法^[6]對車輛行人進行追蹤，再根據追蹤後形成的人車中心點軌跡，沿著軌跡趨勢重新估計人車所佔之方向性矩形範圍。

2.1.1 針對空拍影像之四輪車輛偵測技術

雖然在前期的偵測與追蹤結果已經有不錯的表現，但在系統整合性與偵測效率上仍有相當大的改進空間。首先，SCRDet 架構對於 GPU 記憶體大小有著較高需求，為了減輕系統複雜度並朝向方法單一化的目標前進，本期計畫希望基於 YOLOv4 在小型物件偵測上的優勢，設計可偵測旋轉矩形範圍的物件偵測方法，直接針對空拍影像偵測具有旋轉方向的車輛區域。具方向性的物件偵測 (oriented object detection) 等相關研究最早應用在光學文字辨識 (Optical Character Recognition, OCR) 中，主要用來辨識自然場景圖像中的文字 (Scene Text) 識別信息，其難度遠大於掃描文件上的文字，因為在自然場景下的文字有非常豐富的表示法，例如：文字大小，字體，顏色，亮度，旋轉，變形... 等等，早在 2016 年 Tian 等人^[7]便提出過 CTPN (Connectionist Text Proposal Network) 架構以偵測影像文字區塊，該架構先利用 CNN 提取特徵，學習完特徵後送入雙向長短期記憶模組 (Long short-term memory, LSTM)，當學習到每一行文字的序列特徵後，再經過類似 Faster R-CNN 的 RPN 網路去獲得文字區域，如圖 2.1-1 所示。

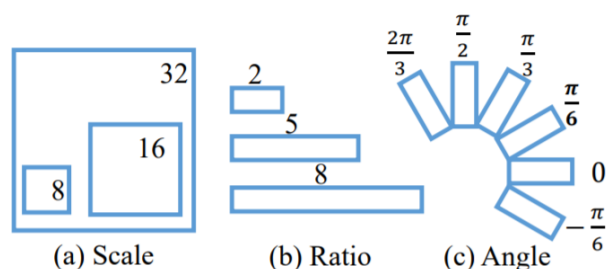


資料來源：[7]

圖 2.1-1 Tian 等人提出之 CTPN(Connectionist Text Proposal Network)架構圖

之後，2017 年 Ma 等人提出了 RRPN(Rotation Region Proposal Networks)^[8]，其主要架構沿用 Faster R-CNN 的 RPN 構想並做了 3 點改進：

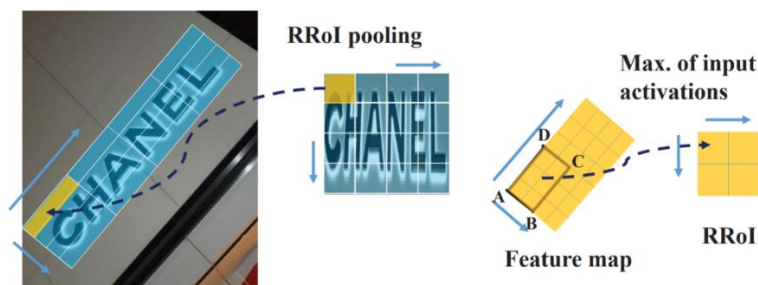
- 一、提出了基於旋轉特性的候選框(proposal)區域，並在原本 4 個參數的錨框(anchor)增加了角度參數。相較於原本 RPN 層多了傾斜的候選框，該層輸出包含候選框的類別以及旋轉矩形框的位置、角度等迴歸參數，如圖 2.1-2。



資料來源：[8]

圖 2.1-2 帶有不同旋轉比例的Anchor表示法

- 二、相較於原本的 ROI Pooling，RRPN 提出 RROI Pooling(圖 2.1-3)可以對任意的長寬比、大小及角度區域進行池化，轉換成固定大小的特徵圖。

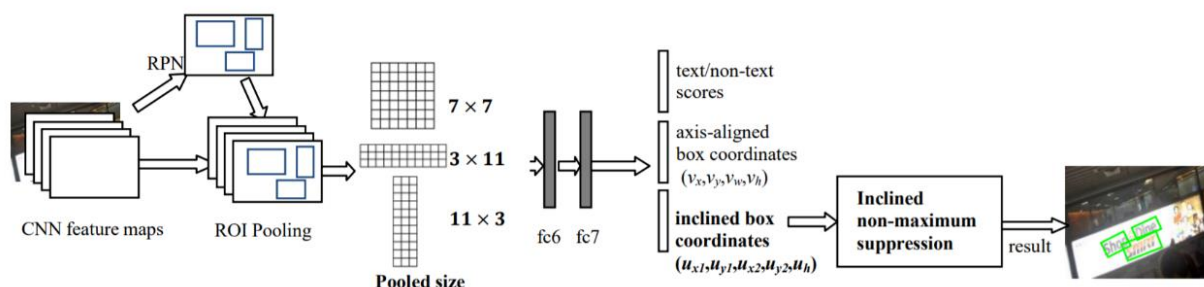


資料來源：[8]

圖 2.1-3 RROI Pooling 示意圖

三、提出旋轉框交集的演算法：此演算法已由 OpenCV 函式庫實現(Implement)。

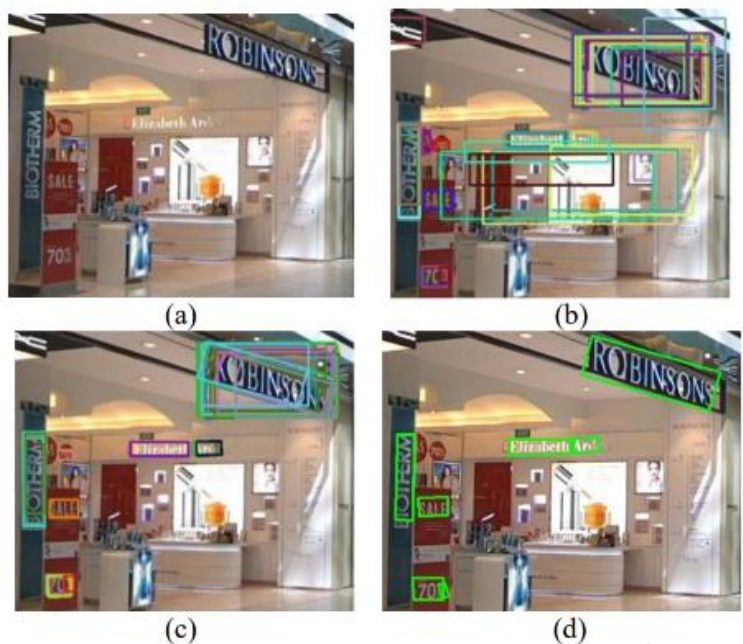
RRPN 由於採用旋轉的候選框，因此更能適應任意方向的文字偵測，相較於 CTPN 能夠表現的更好。2017 年 Jiang 等人提出 R^2 CNN (Rotational Region CNN)^[9] (圖 2.1-3)。此篇論文指出了原始的 RPN 網路是有能力生成文本候選框和方向訊息，雖然使用角度去代表方向是較直接的做法，但此篇論文認為某些特殊角度對偵測目標非常不穩定，例如角度 90° 與 -90° 候選框的位置一樣，但是角度則是天壤之別，這可能造成神經網路難以適應學習。



資料來源：[9]

圖 2.1-4 R^2 CNN 架構圖

最終，此篇論文修改了 Faster R-CNN 的 ROI Pooling，由原本池化至固定大小 7×7 的特徵圖，修改成 7×7 , 3×11 及 11×3 以進行特徵融合後回歸分類結果，最後使用 RRPN 的傾斜非極大值抑制(Inclined IOU NMS)得到傾斜取行框，如圖 2.1-5 所示。綜合上述論文，除了 CTPN 較不適合拿來做空拍偵測外，研究團隊嘗試將 RRPN 與 R^2 CNN 應用於路口車流空拍圖，偵測結果如圖 2.1-6 所示。圖 2.1-6 中，RRPN 除了誤將路口左上角的商店看版誤認為車輛外，也比 R^2 CNN 少偵測了一輛小客車(畫面下方)；相對地， R^2 CNN 則是在偵測車輛框與實際車輛位置的貼合度上，更容易產生可見的誤差。



資料來源：[9]

圖 2.1-5 R²CNN 偵測過程(a)原圖，(b)RPN的輸出結果，(c)正矩形框與旋轉框回歸，(d)經過 Inclined NMS輸出後的結果

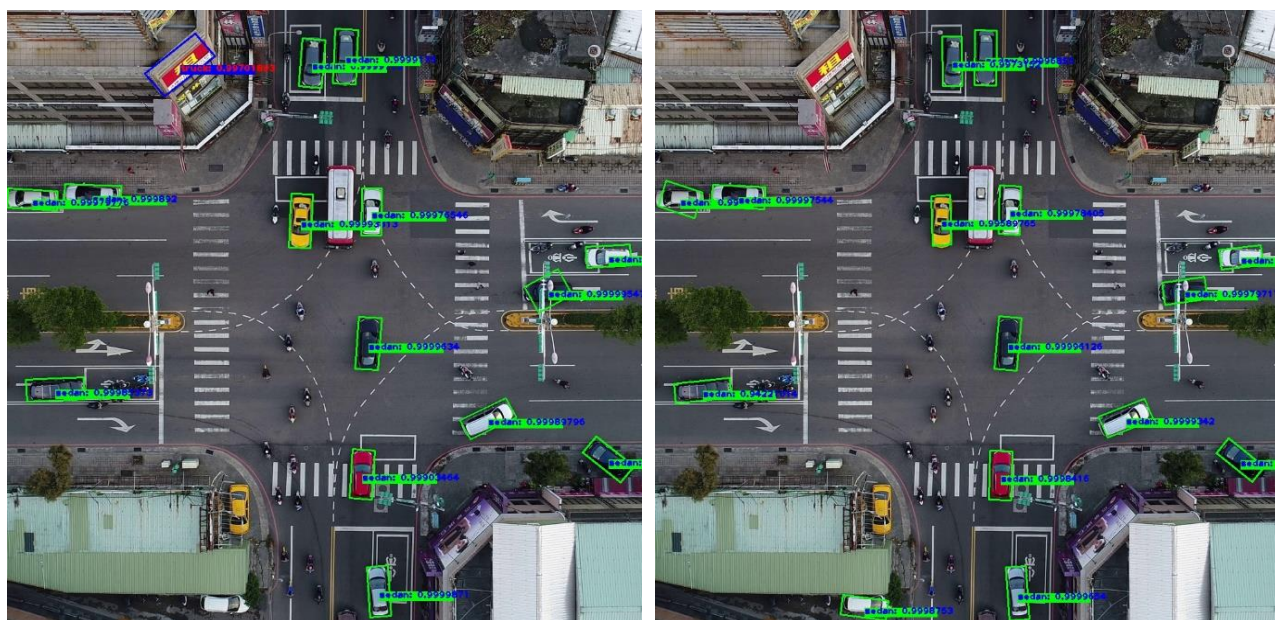
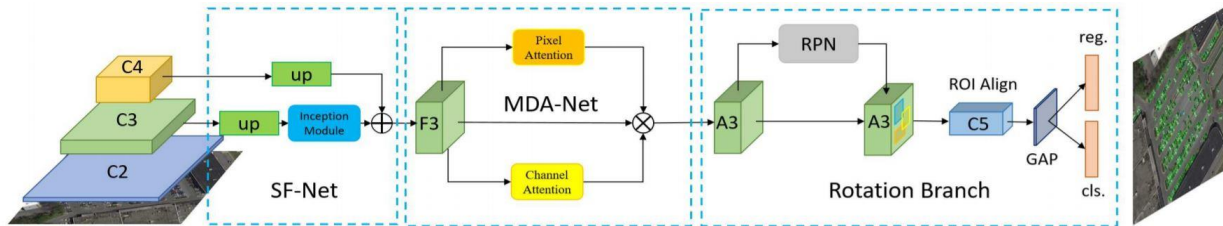


圖 2.1-6 RRPN(左)與R²CNN(右)偵測結果

由於針對旋轉文字的偵測方法在車輛偵測上效果不佳，十分容易產生因旋轉而未能擬合車輛邊界的問題，因此研究團隊希望引進能針對一般具方向性物件進行偵測的方法。其中，SCRDet^[10] (圖 2.1-7)是基於 Faster R-CNN 基礎進行改

良的方法，其主要架構可分為以下幾個部分：精細採樣與特徵融合網路層(Finer Samepling and Feature Fusion Network, SF-Net)、多維度特徵注意力網路層(Multi-Dimensional Attention Network, MDA-Net)、旋轉分支網路(Rotation Branch)以及損失函數(Loss function)。



資料來源：[10]

圖 2.1-7 SCRDet架構圖

在前期計畫中，研究團隊察覺了 SCRDet 方法在定義旋轉角度上的一些問題。為此，研究團隊增加了針對 IoU (Intersection over Union)的損失函數，分攤僅考量了 5 項參數間差異所可能造成的風險。由於 IoU 只考慮重疊面積在整體面積的占比，因此可以避免損失函數因角度變動增大的問題。



圖 2.1-8 偵測結果：(左)未引進IoU Smooth loss; (右)採用IoU Smooth loss

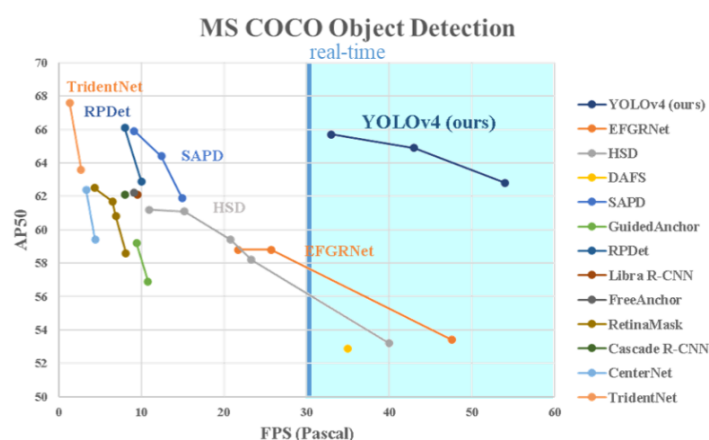
圖 2.1-8 顯示了 IoU 損失函數採用與否的兩種結果。在同樣的場景中，可以發現未引進 IoU 損失函數下的部分偵測框產生了大角度偏移(紅色箭頭所指車輛)、失偵(黃色箭頭所指車輛)與誤偵結果(藍色箭頭所指公車站)，採用 IoU 損失函數的偵測結果則相對地較為穩定可靠。

隨著 YOLO 系列等單一階段物件偵測方法的興起，目前亦有少數研究者開始修改 YOLO 系列架構，以便能適用於衛星或空拍的影像內容，如 Rotation

YOLOv5^[56]。但由於現有的衛星或空拍資料庫除了交通工具外、也包含了儲存槽、廣場等不具主方向(如車頭、艦艏等皆具主方向)的物件，因此雖然能偵測出物件範圍，但無法決定車頭、艦艏的方向；換句話說，其角度資訊範圍為 0 至 180 度，而非完整的 0 至 360 度。由於車頭資訊對於停等車輛的方向判定有其必要性，因此目前的偵測方法在旋轉角度資訊上並不能完全滿足交通上的需求。

2.1.2 適用於機車、行人等小物件之偵測技術

在前期研究中，YOLOv3 由於對小物件有著較好的偵測表現，而被選為行人與兩輪車輛的偵測架構。然而在去年(2020 年)4 月底時發表了最新的 YOLOv4 架構^[5]。新的 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 2.1-9 所示。

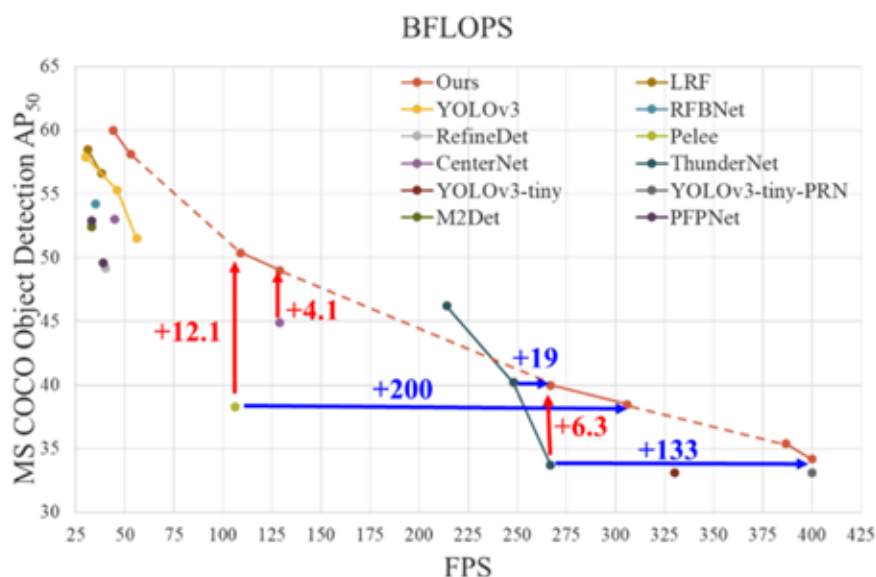


資料來源：[5]

圖 2.1-9 Pascal架構GPU下的偵測表現比較

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

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 2.1-10)；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：[11]

圖 2.1-10 YOLOv3-CSPnet效能圖

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 2016 年由 Bewley 等人所提出之 SORT 演算法^[6]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^[12]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 被提出^[13]，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。

2.1.4 主要執行函式邏輯說明

在程式實作上，考量到深度學習領域變化快速，幾乎每 1~2 年就會有突破性的發展，且偵測方法本身的發展平台相互不同且不見得支援 Windows，因此研究團隊把單張畫面的物件偵測方法獨立成分開的模組，例如 YOLOv3 與 Mask R-CNN 皆由獨立程式產出偵測結果，記錄每張畫面的車輛座標與種類等資訊，再由主程式讀入整部影片的偵測結果，分別針對兩輪車輛(包含行人)與四輪車輛進行完整的軌跡追蹤等處理。最後將兩類軌跡整合輸出為 CSV 格式的軌跡紀錄。以下分別列舉主要執行函式：

一、影像穩定化部分

所有空拍影片需先經過穩定化處理，以便讓所有影片畫面上的像素點都對齊(aligned)落在同樣的 2D 平面座標。首先將每張畫面轉成灰階，再利用 OpenCV 中的 findTransformECC 函式，找出每張畫面與影片首張畫面間的轉換矩陣(warp matrix)參數，再透過 warpPerspective 函式根據前述矩陣參數，將每張彩色畫面中的點轉換並內插至新的位置，產生對齊了第一張影像的穩定化影像內容。由於前期研究是以路口衝突為目標進行研究，為了避免深度學習計算上的浪費，因此針對對齊後的影片畫面，會由使用者指定範圍並統一輸出成 1024×1024 的影片。如原影片為 4K 影片，則會先縮小為 1080p 影片後再行裁切輸出。

二、行人/車輛偵測追蹤部分

在行人、車輛偵測方面，本計畫採用的 Oriented YOLOv4 主要是基於 Scale YOLOv4 架構針對損失函數進行修改，並在車輛標註階段依車頭左前方、車頭右前方、車尾右後方、車尾左後方的順序，按順時鐘方向依序標註車輛四個角落。藉此訓練得到的模型，會在偵測階段針對每部車輛產生對應的車寬、車長、車輛中心座標與車頭角度，進而計算出代表車輛的矩形 4 個角落。取得影片中每張畫面的行人/車輛偵測結果後，會再透過 SORT 演算法追蹤畫面間的車輛對應關係。由於 SORT 在追蹤上主要依賴前後畫面中偵測對象間的長寬相似性與預測的相對距離等關係，且不須任何影像特徵上的比對，因此實際上僅需要物件的偵

測框資訊，不須載入原影片內容亦可完成。

程式首先會載入 Oriented YOLOv4 產生的行人/車輛偵測結果，此偵測結果為一個文件檔，包含了畫面編號、物件偵測位置、物件類別、物件類別信心度等數據。其中，物件偵測位置包含了物件框的 4 個角落座標。為了進行追蹤，先對中心點落在路口輪廓區域內的物件對象啟用追蹤器(tracker)，每個追蹤器包含了物件偵測位置與物件類別信心度等 5 個來自偵測結果的數據，透過 SORT 中的 tracker.update 函式來更新各物件的所屬軌跡關係，以及軌跡的起始與結束狀態。由於 SORT 可以容忍物件短時間未被偵測，因此軌跡中可能缺少部分物件位置資訊。因此，還須利用 Python 的 interpolate 函式針對缺漏軌跡資訊進行內插計算，以填補出完整的軌跡資訊。最後，同樣透過軌跡中所有單一畫面上的物件類別資訊進行投票(voting)，取出現率最高的類別做為代表。

三、軌跡的進出口資訊

在判定進出口上，主要是根據車輛軌跡首尾的中心位置進行判斷。若中心位置最靠近某方向車道的邊界線，便以該邊界線做為對應出入口。每部四輪車輛軌跡會在車輛判定離開路口或追蹤不到時，將”車輛 ID、進入路口時間(frame)、離開路口時間(frame)、進入路口編號、離開路口編號、車種、第 1 筆車輛位置、第 2 筆車輛位置、...”記錄成一系列資訊並存至 CSV 檔案中。其中，每筆車輛位置包含了車輛 4 個角點的(x, y)座標，車種則透過軌跡中所有單一畫面上追蹤到的車種資訊進行投票，取出現率最高的車種做為代表。

2.2 交通衝突技術

2.2.1 交通衝突理論之發展

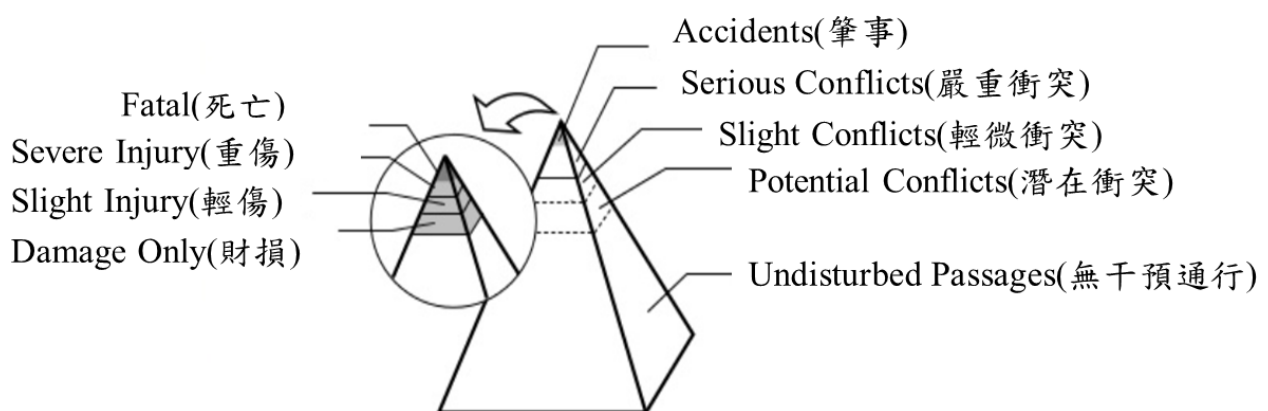
根據交通部之統計資料顯示，事故地點為交岔路口高達六成^[14]；美國資料則顯示在路口及附近所產生的交通事故及死亡交通事故佔全國交通事故的二分之一及四分之一^[59]。因此，交岔路口的交通安全問題相當嚴峻。

交通安全評估方法主要可分為肇事資料分析法及交通衝突分析法^{[21][60]}，傳統的交通安全分析主要採用交通事故的統計資料做為分析基礎，需要累計相當時間之資料量才足以評估改善措施之效益，而交通衝突分析法是常用的替代方案。交通衝突泛指兩個(含)以上用路人在時間空間上接近彼此，若雙方均不改變

其移動方向，則將會發生碰撞之風險情況；換句話說，駕駛者必須採取煞車或迂迴閃避的應變措施，以避免發生碰撞。

交通衝突之研究起源美國通用汽車公司之技術報告，由 Perkins and Harris 於 1967^[16]首次提出交通衝突分析方法，敘述了交通衝突的觀察方法與交通事故之間的關係，並以此技術運用於衡量路口潛在的危險性，之後各國陸續開發適合該國的交通衝突技術^{[23][61][27]}。

衝突事件的數量及嚴重程度之存在一定的關聯性，Hydén^[18] 於 1987 年提出安全階層金字塔(Safety pyramid)也指出相同的概念，如圖 2.2-1 所示，研究認為交通的組成複雜，可視為一連串的道路事件，道路事件數量與其安全上的嚴重程度層級有關，不同嚴重程度與發生頻率可預期有一具體關係。金字塔底層代表輕微平常的事件，發生頻率越高，相對碰撞事件在金字塔頂端，嚴重程度高但發生頻率低。在這個正向關係下，可以透過觀察及記錄嚴重程度較低的交通衝突事件，去預測嚴重程度較高但發生頻率低交通事件事件數量。另外，Tarko (2009)^[19]指出碰撞頻率和嚴重程度是評估道路安全的直接措施，但實際的碰撞數據則因樣本數量過少，缺乏碰撞的過程細節而被認為可信度較低。Sacchia (2013)^[20]等人於 2013 年的研究也指出，減少衝突與減少碰撞的實驗數據呈現高度正相關，說明減少交通衝突確實可以協助道路主管機關預防碰撞事故的發生。



資料來源：[18]

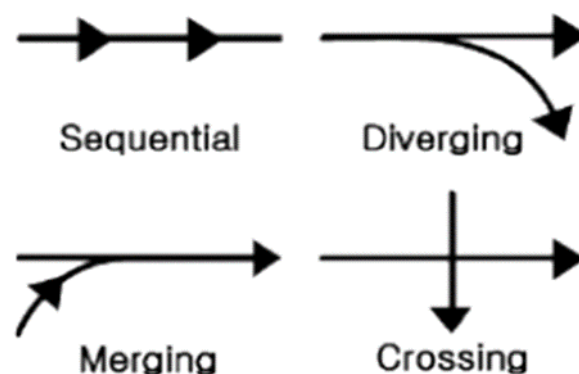
圖 2.2-1 安全階層金字塔圖

2.2.2 交通衝突型態分類

交通衝突是交通安全潛在危險之根源，許添本等人(2018)研究^[21]指出，交通衝突涉及交通工具與用路人之行為，其中包含駕駛本身、駕駛的車輛、道路環境

狀況等，都與衝突發生之過程相關。以往分析衝突時，多以衝突發生的時間、地點、型式，做為衝突分析的方法。一般而言，最常發生衝突之關鍵，在於突然變換車道、緊急煞車等行為，在必要的時刻駕駛可能會採取避免造成意外傷亡之預防性動作，以降低潛在的風險。

交通衝突理論應用在交岔路口的設計，可依據車流交岔、併入及分出三種情形，因此將交通衝突型態分類為同向直行衝突(sequential conflict)、分流衝突(diverging conflict)、匯流衝突(merging conflict)及穿越衝突(crossing conflict)^[22]，如圖 2.2-2 所示：



資料來源：[22]

圖 2.2-2 四種交通衝突型態圖

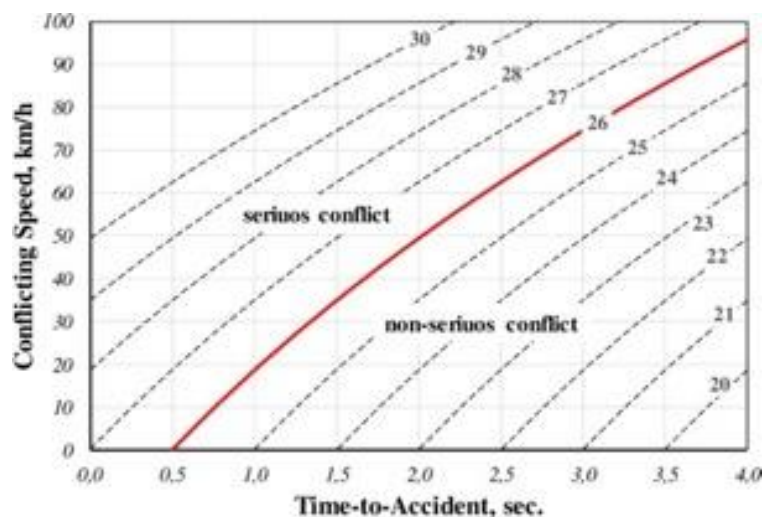
在交叉路口的安全評估分析上，美國之 TCT 手冊^[23]將衝突分為六類：同向衝突、對向左轉衝突、穿越交通衝突、紅燈右轉衝突、行人與車輛衝突、次衝突等六類。許添本等人^[24]則將國內常見的交通衝突類型整理為 4 大類：同向衝突、對向衝突、穿越交通衝突、行人與車輛衝突，並再加以細分為多個車衝突類別。

2.2.3 交通衝突指標

交通衝突事件可作肇事的替代指標，以評估路口的交通安全。最常見的兩個交通衝突指標為碰撞時間 (Time to collision, TTC) 及後侵占時間 (Post encroachment time, PET)^[21]。碰撞時間(TTC)的定義為兩車維持當前速度與行駛角

度不變的情況下，兩車發生碰撞的時間，而實務上是記錄兩車發生衝突前的過程當中的 TTC 最小值(Minimum TTC) 做為該衝突事件的指標^[34]。後侵占時間(PET)的定義為兩車軌跡於衝突區域發生交會，車輛一方離開衝突區域與另一方進入衝突區域之時間差。關於 TTC 及 PET 的計算方式，請參考^[25]。

衝突事件之碰撞時間(TTC)或後侵占時間(PET)數值可反映發生碰撞的風險、衝突事件之車速或兩車之速度差也用於代表衝突之嚴重程度，但判斷不同風險程度及嚴重程度之門檻值在文獻中並沒有明確的定論。過去在先進測量儀器未普及的情況下，Cooper (1984)^[26]透過人工計數的方式統計十字路口每個 PET 的衝突時間和型態，並藉由標準二變量迴歸分析定義出衝突的三個風險程度：嚴重衝突(0~1.5 秒)、中度衝突(1.5~2.5 秒)、輕微衝突(2.5~4.0 秒)。而在瑞典 TCT 技術手冊更新版內(Laureshyn and Varhelyi, 2018)^[29]，則採用兩種衝突嚴重性的指標：衝突發生時間(TA, Time-to-Accident)、衝突速度(CS, Conflicting Speed)，做為衝突事件是否嚴重的判斷依據。衝突發生時間(TA, Time-to-Accident)指的是相關道路使用者採取迴避行動時發生碰撞的剩餘時間，衝突速度(CS, Conflicting Speed)指的是相關道路使用者採取迴避行動時的行駛速度。基於 TA 及 CS 的數值，可運用圖 2.2-3 判斷衝突事件的嚴重程度，由圖中可得知在同一衝突發生時間下，事件嚴重程度會隨著衝突速度越大而上升；同理，在同一衝突速度下，事件嚴重程度會隨著衝突發生時間越大而下降。



資料來源：[27]

圖 2.2-3 衝突嚴重性圖(Conflict severity diagram)

另外，除了較常用的 TTC 及 PET 外，尚有其他研究因應不同的情景而提出適用的交通衝突替代指標。Zheng et al. (2014)^[28]提出交通衝突指標可大致分成兩大類：時間接近度(temporal proximity) 及空間接近度(spatial proximity)，考慮時間接近度的衝突指標包括：碰撞時間(Time to collision, TTC)，後侵占時間(post encroachment time, PET)，距離事故發生時間(time to accident, TA)，距離停止線時間(time to stop line)，安全減速時間(deceleration to safety time)，煞車時間(braking time) 等；考慮空間接近度的衝突指標包括：與潛在碰撞點之剩餘距離(Remaining distance to potential point of collision)，煞車距離比例(proportion of stopping distance, PSD) 等等。其他關於替代指標的回顧文獻，可參考 Lareshyn et al. (2017)^[29]及 Johnsson et al. (2018)^[30]、Mahmud 等人(2018)^[31]。

2.2.4 交通衝突分析工具

在交通安全的評估工具方面，本計畫將採用 Surrogate Safety Assessment Model (SSAM)^[34]軟體的開源程式碼進行交通衝突分析的部分計算，SSAM 是美國聯邦公路局(FHWA)開發的軟體 (Gettman and Head, 2003^[35]; Gettman et al., 2008^[36])，這是一項結合微觀車流模擬進行交通安全評估的工具，此軟體於 2017 年推出第三代(SSAM Version 3.0)^[34]，改寫程式碼架構以改善計算效能，並開放原始碼供大眾使用及進行研究。

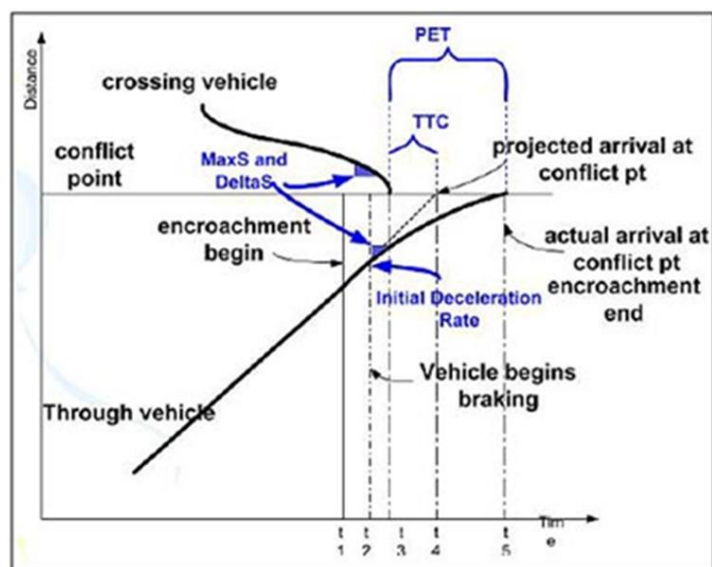
美國聯邦公路局(FHWA)開發出 Surrogate Safety Assessment Model (SSAM)^[34]軟體，是一項融入多種事故指標，對微觀車流模擬模式(microscopic traffic simulation model)的結果進行交通安全評估的工具，由軌跡檔計算車流的交通衝突情況。SSAM 能支援多種微觀車流模擬的軌跡格式輸出檔（其副檔名為.trj），包括 VISSIM、AIMSUN、Paramics 和 TEXAS 等 4 個車流模擬軟體，軌跡檔的基本格式為一固定時間戳記（time stamp）排序，依序表列各時間戳記之所有車輛數據，其中包含車輛之車種、座標、尺寸、速率與加速度等資訊。SSAM 的運作原理是透過系統事先設定好的事故指標門檻值，讀取車輛軌跡資料，分析車與車之間的互動，當分析出的數值達到門檻值時，即記錄為一筆交通衝突事件(conflict event)，並輸出交通衝突時間的交通衝突指標數值。此外，SSAM 亦同時輸出衝突發生地點、兩車之間的速度、角度等資訊，以利使用者判斷交通衝擊型態。Gettman 等人(Gettman et al., 2008)

於2008年^[36]的報告進一步測試並確認SSAM能適用於交通事故風險之評估。

SSAM 於2017年推出第三代(SSAM Version 3.0)^[34]，改寫程式碼架構以改善計算效能，並開放原始碼供大眾免費使用及進行研究。此版本提供可直接使用之執行檔及可供大眾編譯之原始碼，後者經編譯後可透過命令提示字元執行，二者均可輸出交通衝突之數量、種類、嚴重程度及發生之時間地點，此外亦均可將軌跡檔轉為可讀性較佳之逗點分隔格式(Comma-Separated Values, CSV)。SSAM採用的事故替代指標如下：

- 一、碰撞時間(Minimum time-to-collision, TTC)
- 二、後侵占時間(Minimum post-encroachment time, PET)
- 三、起始減速率(Initial deceleration rate, DR)
- 四、最大速度(Maximum speed, MaxS)
- 五、最大速度差(Maximum relative speed difference, DeltaS)
- 六、衝突事件位置(Location of the conflict event, CLSP, CLEP)
- 七、最大事後速度差(Maximum “post collision” DeltaV, MaxDeltaV)

各項指標的計算邏輯及定義，如以下圖 2.2-4 兩車之時空軌跡圖所示，兩台車移動軌跡如產生交通衝突，記錄衝突事件過程中的TTC、PET等指標，因此一件衝突事件只有一筆的紀錄。



Source: FHWA

資料來源：[34]

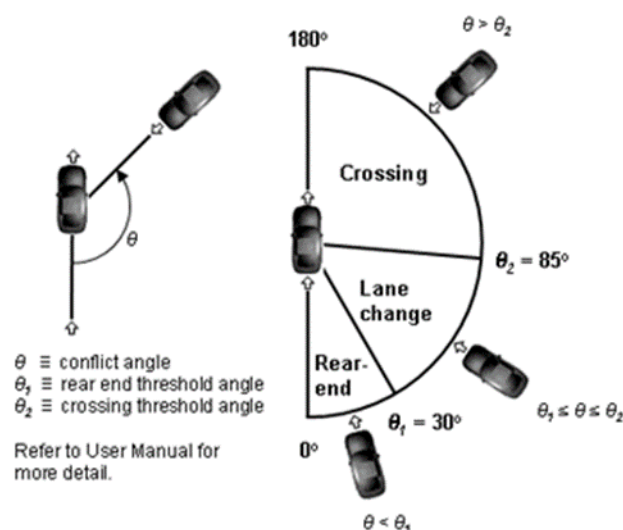
圖 2.2-4 SSAM交通衝突指標之計算定義

SSAM 提供交通衝突事件的過濾功能，根據定義，任二車之間均可計算出 TTC 與 PET 值，但其值極大者顯不具衝突發生之風險。上述替代指標中 SSAM 主要使用交通衝突指標 TTC 與 PET 做為判定衝突是否發生之依據，SSAM 可讓使用者設定門檻值範圍，衝突指標於門檻值範圍內之衝突事件予以記錄，範圍以外之衝突事件則不記錄。

SSAM 將交通衝突事件進行分類，依據衝突事件發生時兩車之間的衝突角度（conflict angle），將衝突事件歸類為以下 3 種型態：

- 一、穿越型（crossing）
- 二、車道變換型（lane-changing）
- 三、追撞型（rear-end）

衝突角度為當二車逼近至衝突點時的角度差。當角度小於 30 度則視其為追撞型，當角度大於 85 度則視其為穿越型，介於二者之間則為車道變換型，如圖 2.2-5 所示。以上衝突型態分類的衝突角度門檻值為預設值，使用者可於軟體內自由調整。



資料來源：[34]

圖 2.2-5 SSAM 交通衝突類型與衝突角度

SSAM 的模式計算理論已經於過去的技術報告書有充分的探討 (Gettman et al., 2008)，進行理論驗證、現場驗證和敏感度分析。現場驗證分析了 83 個市區交岔路口，運用現場實測資料在 VISSIM 建立微觀車流模擬，再使用 SSAM 進行交通衝突分析，衝突分析的衝突數量再與實際的交通事故歷史數據進行比對，結果顯示兩者在統計上呈顯著相關，每小時總衝突數與每年交通事故數之統計關係式如下圖 2.2-6，其相關性 (R-Squared) 為 0.41，驗證衝突數量與事故數為正向關係。這個方程式的目的只說明衝突數量與交通事故數量呈一正向關係，衝突數量受車流模擬的方式、建模技巧、分析時段、車流組成、以及判斷衝突事件的指標及其門檻值都有很大關係，因此衝突數與事故數之比例在不同的分析研究中可能有很大的差別。

$$\frac{\text{Crashes}}{\text{Year}} = 0.119 \times \left(\frac{\text{Conflicts}}{\text{Hour}} \right)^{1.419}$$

資料來源：[36]

圖 2.2-6 SSAM 驗證報告之衝突數與交通事故數之關係

2.2.5 交通衝突與交通安全應用情境

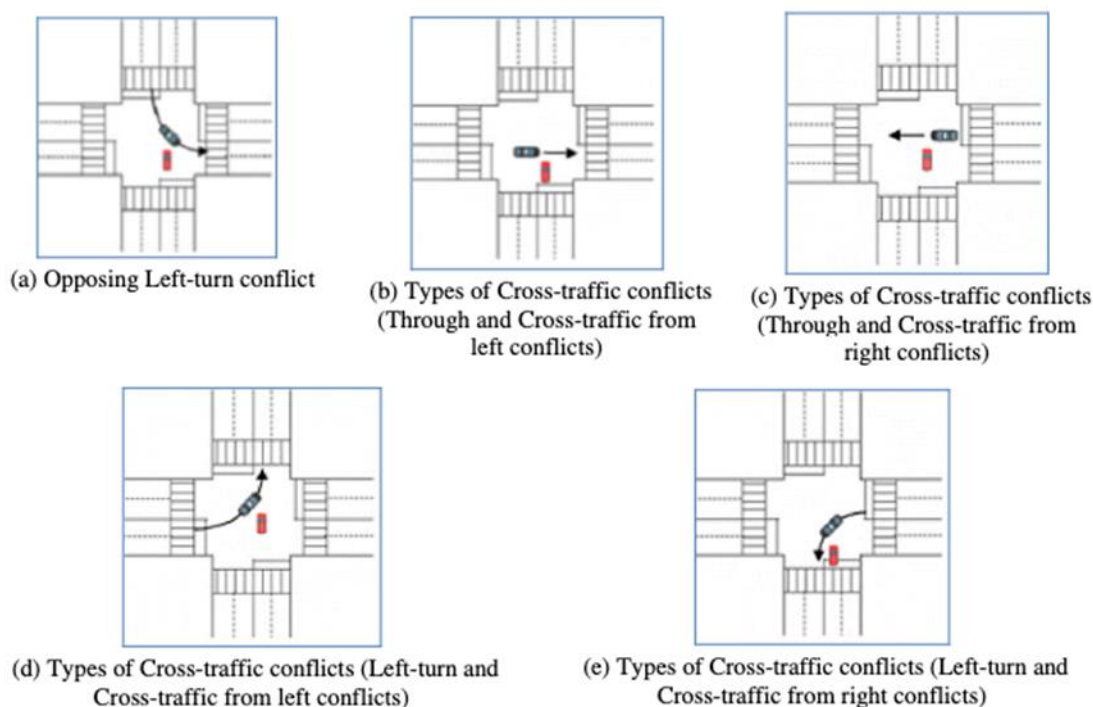
前述之交通衝突分析方法主要運用於路口的安全評估分析，而近年之文獻有將衝突分析針對特定之應用情境進行交通安全分析。本三年期計畫之先導測試計畫，將擬定每年 2 個交通安全應用情境進行深入探討，而本 (110) 年度所探討之應用情境為機會左轉衝突、路口穿越衝突，因此本節對這兩個情境之分析應用進行回顧。

機會左轉指在沒有保護左轉時相的路口車輛進行左轉之行為，亦可稱為衝突左轉 (opposed left turn) 或允許左轉 (permitted left turn)^[39]，國外文獻將機會左轉所帶來的安全風險問題，定義為左轉車與對向直行車之衝突 (left turn across path/opposite direction, LTAP/OD)。而路口穿越衝突指在號誌化路口因車輛搶黃燈、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，國外文獻將路口穿越衝突稱為 crossing conflict 或 cross-traffic conflict，對應之碰撞型態為交岔撞 (Right-angle collisions)。文獻分析的資料來源主要為運用 SHRP2 資料庫^{[40][41][42]}及影像資料^{[43][44][45][46]}對駕駛行為與事故進行分析的研究。以下針對影像資料的分析方法進行說明。

Mohamed and Saunier (2018) [43]運用路口攝影機的影像資料，以影像分析技術計算車輛軌跡並探討機會左轉的議題，因 TTC 的計算定義並未考慮車輛在左轉過程中之角度正在發生改變，因此提出以運動預測方法 (motion prediction methods) 估算車輛軌跡的預測並修正安全指標之計算，結果顯示能提供更有效的測量結果。Oh et al. (2010) [44]探討了在號誌化路口中，左轉車流及穿越車流可能發生之衝突樣態 (如圖 2.2-7)，因分析路口對象具保護左轉時相，左轉衝突都是因違反號誌規定而產生。該研究提出不同的交通衝突決策 (traffic conflict decisions) 的定義，依嚴重程度分為成四個等級：

- 一、第一等級 (Level 1)：車輛違反號誌 (Signal violation)
- 二、第二等級 (Level 2)：輕微衝突 (Slight conflict)
- 三、第三等級 (Level 3)：危險衝突 (Dangerous conflict)
- 四、第四等級 (Level 4)：嚴重衝突(發生碰撞)(Serious conflict (accident))

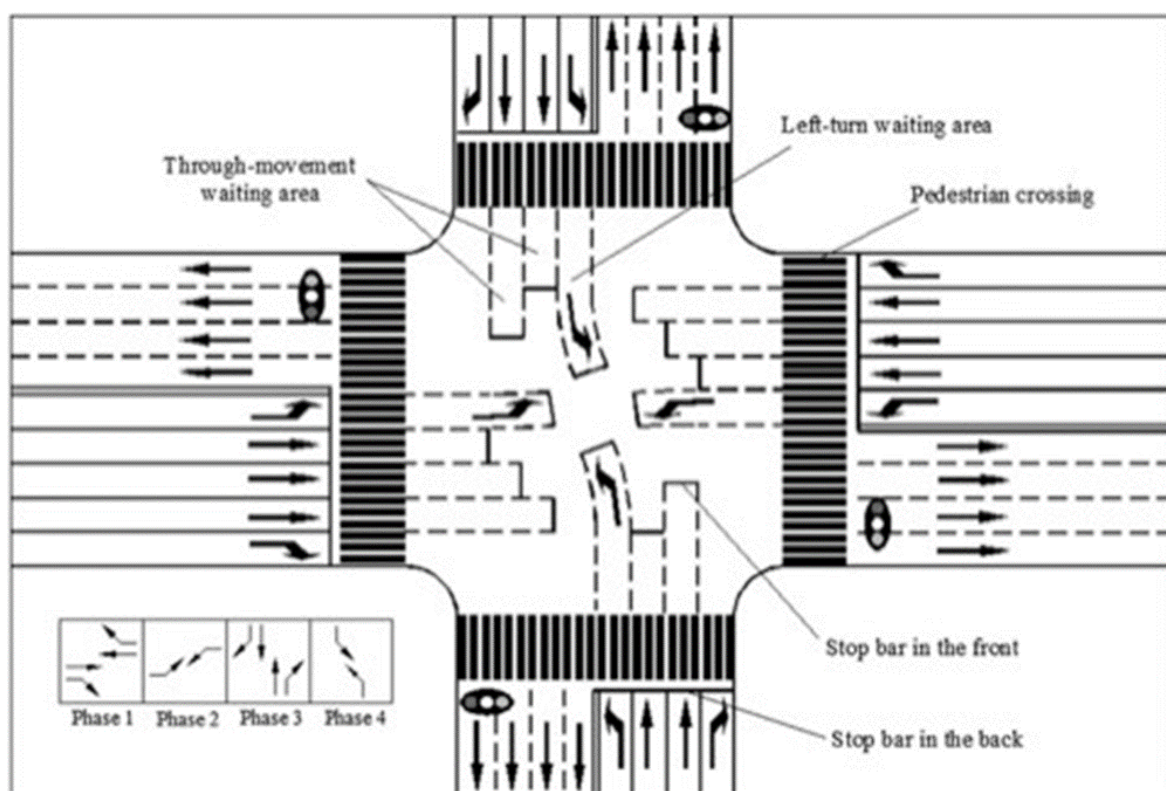
第一等級為單純車輛違反號誌，並未與其他車輛有明顯直接影響；第四等級為最嚴重的衝突事件，即兩輛以上之車輛發生碰撞。第二等級及第三等級的判斷準則為先依照兩車衝突當下之車速計算其煞停距離及煞停軌跡，如煞停軌跡無交錯為第二等級、煞停軌跡有交錯則為第三等級。



資料來源：[44]

圖 2.2-7 左轉車流衝突及穿越車流之衝突樣態

在路口的標線設計方面，Jiang and Zhang (2016)^[45] 及 Jiang and Zhang (2017)^[46] 分別探討了號誌化路口之左轉等候區(LWA)及直進等候區(TWA)（見圖 2.2-8）之效益。等候區之設計主要是讓車輛於綠燈開始前先進入等候區並等待綠燈開始，以減少車輛延滯及提高路口之通過量，因此過去之研究著重於等候區對路口運作效率之改善，而在交通安全績效上仍缺乏研究佐證。此兩份研究以中國城市的號誌交叉路口做為案例，運用衝突分析技術（採用 PET 指標）及排序性常態機率模型（Ordered Probit model）分析 LWA 及 TWA 措施的安全績效。研究結果發現，LWA 及 TWA 的設置增加了交通衝突之嚴重性，致使路口的安全性下降，而主要原因大多是因為駕駛者錯誤使用 LWA 及 TWA（如停等超過 LWA 及 TWA 範圍、進入的時機錯誤等）所致，研究結果可反饋對 LWA 及 TWA 設計標準的修正建議以提升路口之安全性。



資料來源：[46]

圖 2.2-8 左轉等候區(LWA)及直進等候區(TWA)在號誌化路口之示意圖

2.3 國內外使用空拍影像之應用軟體技術

隨著無人機技術進步，高品質空拍影像的取得也變得更加容易，國外以空拍或

路口攝影機影像進行車流軌跡分析的交通車流分析平台，如 DataFromSky (<https://datafromsky.com/>)、GoodVision (<https://goodvisionlive.com/>) 及 Transoft Solutions (<https://www.transoftsolutions.com/>)等，經過 AI 影像分析及交通分析後，可提供各種交通數據的統計和監測，包括速度(speed)與加/減速度(acceleration/deceleration)、車數統計(vehicle counting)、車種分類(vehicle classification)、O/D 矩陣(O/D matrix)、容量統計(capacity estimations)、交通衝突分析(Traffic Conflict Analysis)等等。

這些平台主要的運作方式是由使用者將影片上傳至該網站的平台，經平台的伺服器運算後通知使用者下載分析結果，部分功能需要使用者額外下載該公司提供的軟體於個人電腦上安裝，透過軟體觀看分析結果，可進行視覺化的操作及輸出期望得到的各種交通數據。影片分析是付費服務(以 DataFromSky 之空拍影片服務為例)，基本分析收費約為每小時 19.2 歐元，另有額外付費選項(人工服務費)，包括地理資訊量測及設定服務費，以及 100%資料正確分析保證服務費，每小時服務收費約 442.7 歐元(少用量版，含地理量測服務、資料正確服務、1 個物件/軌跡修正)，詳細細節之少用量版、中用量版、及高用量版之費用如表 2.3-1。

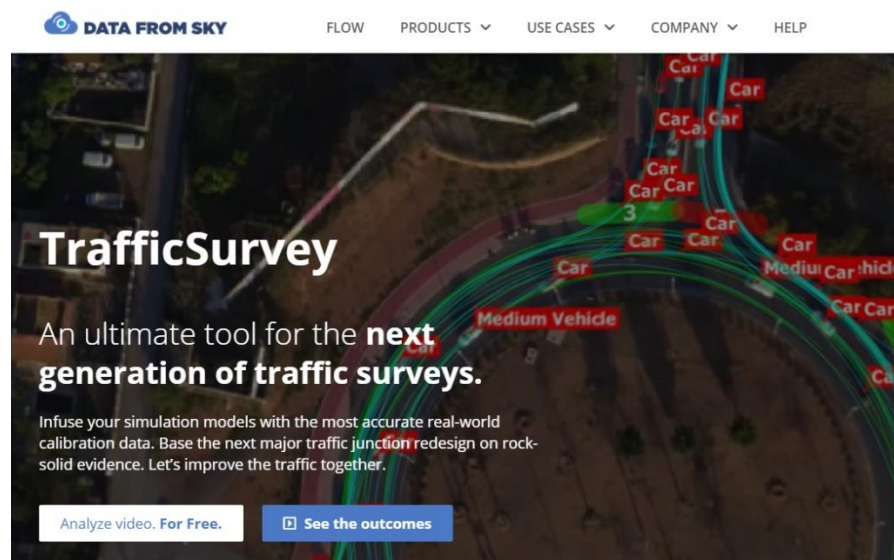
表 2.3-1 國外車流軌跡交通平台收費表(以DataFromSky為例)

	少用量版	中用量版	高用量版	單位
可分析時數	20	200	1,000	小時
基本分析收費	19.2	16.6	14.5	歐元/小時
地理資訊量測及設定服務費(選項)	53.76	46.48	40.6	歐元/小時
100%資料正確分析保證服務費(選項)	368.64	318.72	278.40	歐元
初始費用				
錯誤物件/軌跡修正費(選項)	0.51	0.44	0.39	歐元/一個修正
總價(含地理量測服務、資料正確服務、1 個物件/軌跡修正)	442.07	382.24	333.89	歐元/小時
	14,071	12,165	10,628	新臺幣/小時 (1 歐元=31.83 新臺幣)

資料來源：DataFromSky 網站

2.3.1 DataFromSky

DataFromSky 為一家捷克廠商，該公司網站可提供固定式攝影機及無人機影像 AI 交通分析服務，使用者可免費上載 5 分鐘分析影片試用，並提供下載分析完之車流軌跡檔與離線版本軟體供操作使用。基於軌跡追蹤的方法，進行物件的分類含汽車(Car)、中型貨車(Middle Vehicle)、大型貨車(Heavy Vehicle)、公車(Bus)、機車(Motorcycle)、自行車(Bicycle)、行人(Pedestrian)，偵測可呈現數值含現在速度(Current Speed)、總加速度(Total Acceleration)、穿越路口平均速度(Avg. Speed in Crossroad)、穿越路口總時間(Time in Crossroad)等。針對無人機空拍影像之拍攝視角須為 0~45 度(0 度表示正射)，影像格式為 4K/ 25 FPS/ 20 Mbps，物體最小範圍 30 x 30 pixels ~ 150 x150 pixels。最後，通過免費提供的專業桌面應用程式 DataFromSky Viewer 提供的多種分析功能，對該提取物進行各種交通任務的分析，以下介紹軟體特點及功能。



資料來源：DataFromSky 網站

圖 2.3-1 DataFromSky TrafficSurvey 首頁

DataFromSky 三大特點：

一、支援多樣化影像來源：

DataFromSky 可以使用任何類型的路側攝影機影像進行分析，以及支援無人機空拍影像。

二、商業完整性服務高：

使用者可簡單了解其使用介面，提供許多圖表產出，使用者可免費取得其軟體使用手冊、問題排除等文件，網站上提供不定時之網路研討會 Webinar 進行產品教育訓練等服務。

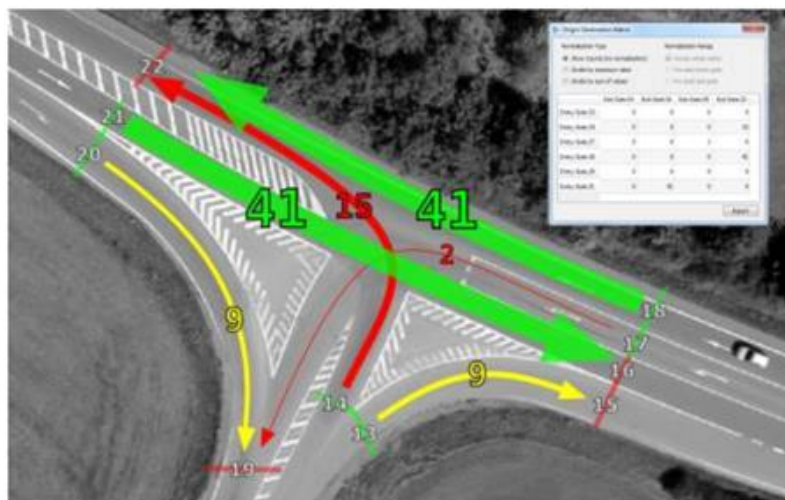
三、採用離線分析工具：

使用者可免費下載其電腦離線工具 DFS Viewer，載入分析軌跡檔與影片檔，即可無須網路連線進行數據分析且顯示分析結果。

DataFromSky 功能介紹：

一、流量統計：

使用者可於 DataFromSky Viewer 上劃定進出現，即可獲得不同車種之流量、車與車間距、及轉向統計資料(Origin-Destination Statistics)，請參考圖 2.3-2。



資料來源：DataFromSky 網站

圖 2.3-2 流量統計示意圖

二、速度統計：

使用者經過 GPS 座標點定位後可計算平均速度、加速度、行駛時間等，並可繪製相關圖表，請參考圖 2.3-3。

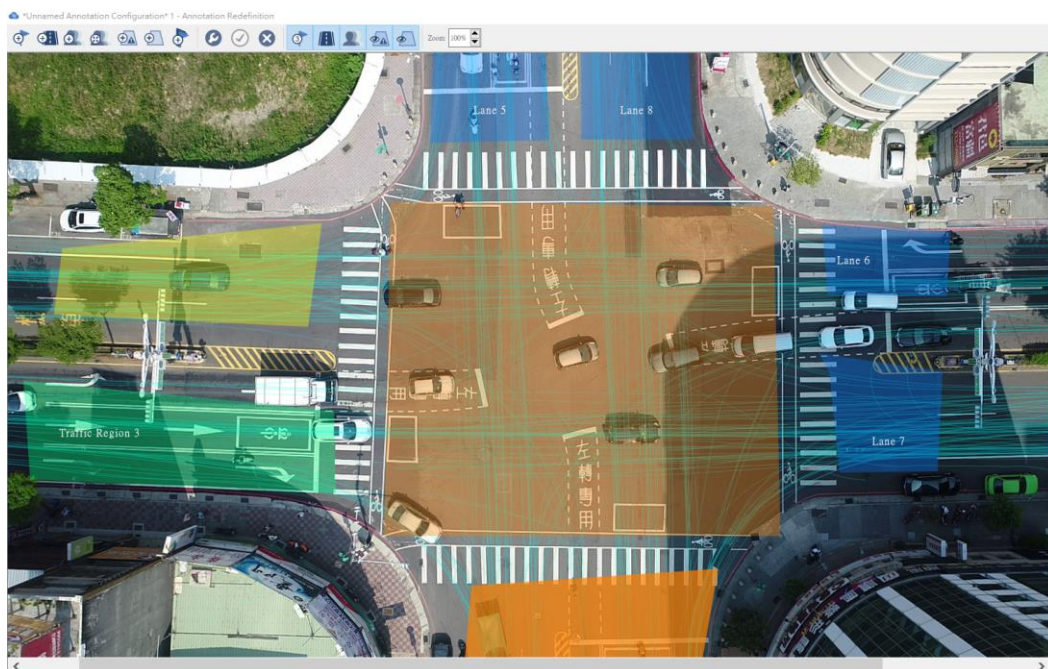


資料來源：DataFromSky 網站

圖 2.3-3 速度與加速度統計示意圖

三、多元判定區偵測：

使用者除了劃定進出偵測線外，尚可針對車道繪製偵測區進行數量統計、機密敏感區進行影像馬賽克化、停等區進行違停車輛停等過久發出警告、超速區針對特定物件超速進行自動發報顯示，請參考圖 2.3-4。

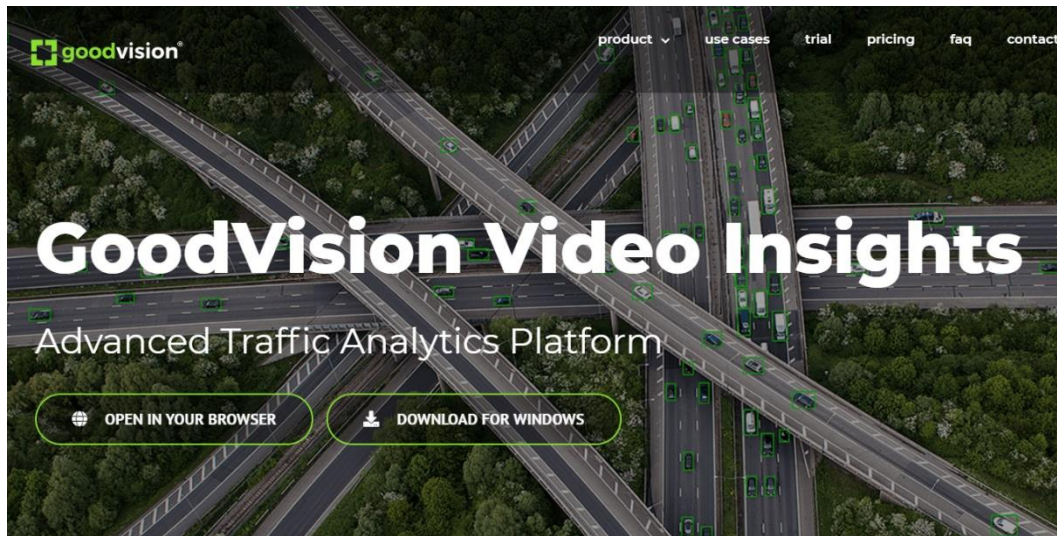


資料來源：DataFromSky Viewer

圖 2.3-4 車道、敏感、違停、超速判斷區偵測

2.3.2 GoodVision

GoodVision 為一家英國廠商，該公司網站可提供攝影機及無人機影像進行 AI 交通分析服務，使用者可免費註冊建立專案，但試用分析即須購買授權才可使用。



資料來源：GoodVision 網站

圖 2.3-5 GoodVision 首頁

GoodVision 三大特點：

一、支援多樣化影像來源：

GoodVision 可從標準攝影機及無人機進行交通分析，物件可分類為汽車 (Car)、公車 (Bus)、機車 (Motorcycle)、自行車 (Bicycle)、行人 (Person)、休旅車 (Van)、卡車 (Truck)、大型卡車 (Heavy Truck)。

二、商業完整性服務高：

服務網站使用者容易使用，提供線上購買使用點數 (Credits)，即可進行分析，提供部落格、線上諮詢服務、及網路研討會 Webinar。

三、可視化報告：

GoodVision 支援許多視覺化統計報告服務，如交通轉向量或熱區顯示。

GoodVision 功能介紹：

一、流量統計：

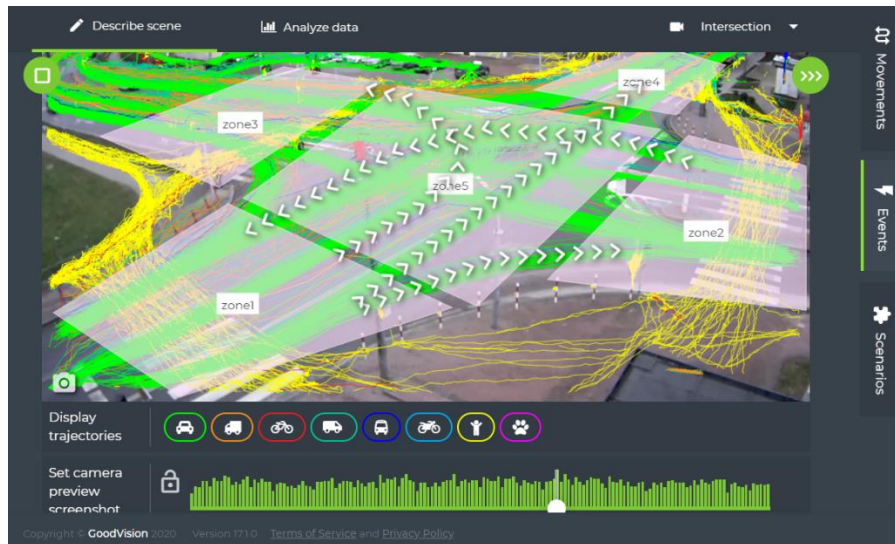
除了基本流量統計、轉向量統計，相關車速、行駛時間、佔用時間、車流長度皆有提供分析。

二、車流飽和度計算：

可定義不同車種之 PCU 值，分析時間區段，並提供不同計算參數設定，如車流飽和結束(End of Saturated Flow)、綠燈開始之被忽略車輛數(Number of Ignored Vehicles)等。

三、網站數據服務安全保證：

GoodVision 符合 GPRR 標準，偵測物件皆以匿名方式呈現，網頁平台採用 Amazon Web Services 平台分散儲存，採用 HTTPS 服務。

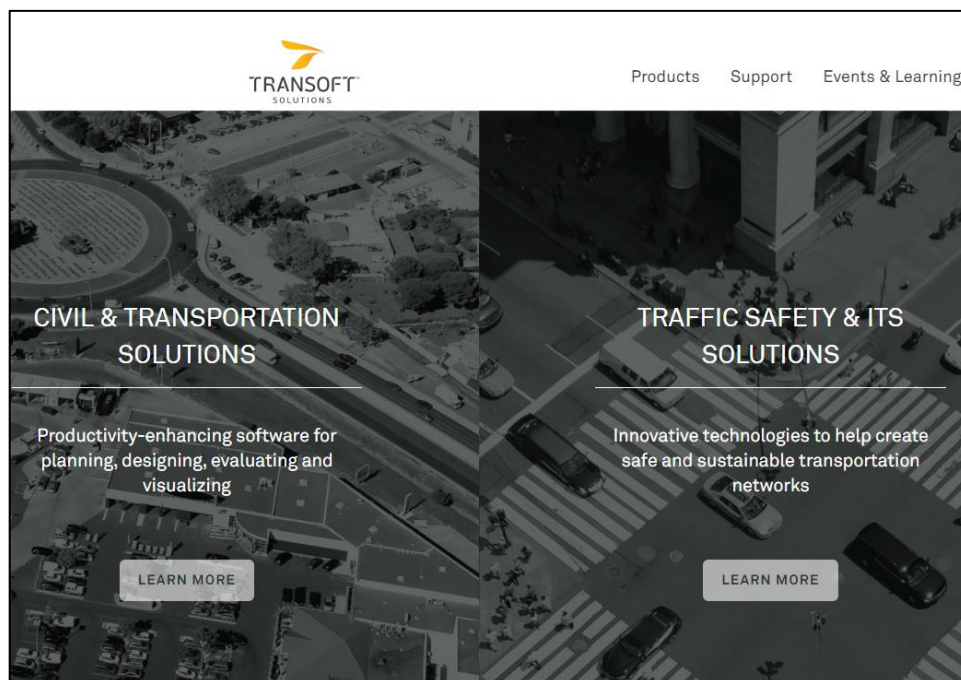


資料來源：GoodVision 網站

圖 2.3-6 GoodVision使用介面示意圖

2.3.3 Transoft

Transoft 為一家加拿大廠商，該公司網站表示可提供固定式攝影機及無人機影像 AI 交通分析服務，但未提供試用，其合作對象以工程顧問公司為主，協助提供政府交通安全改善和自動化分析平台，幫助運輸工程師和城市規劃人員快速使用工具進行資料蒐集與分析交通影像數據。該平台介紹之分析功能以路側攝影機為主要分析影像來源，較少無人機視角之影片分析成果。



資料來源：Transoft 網站

圖 2.3-7 Transoft 首頁

Transoft 三大特點：

一、自動數據蒐集：

Transoft 可從攝影機影像，進行影像蒐集與分析，分類可分行人(Pedestrian)、自行車(Cyclists)、汽車(Cars)、公車(Bus)、機車(Motorcycle)、和卡車(Truck)，並提供軌跡行為。

二、衝突診斷分析：

衝突分析主以 PET 分析為主，其他基本功能如流量、速度、加速度等計數，並提供整合 API 介面供介接整合。

三、可視化和報告：

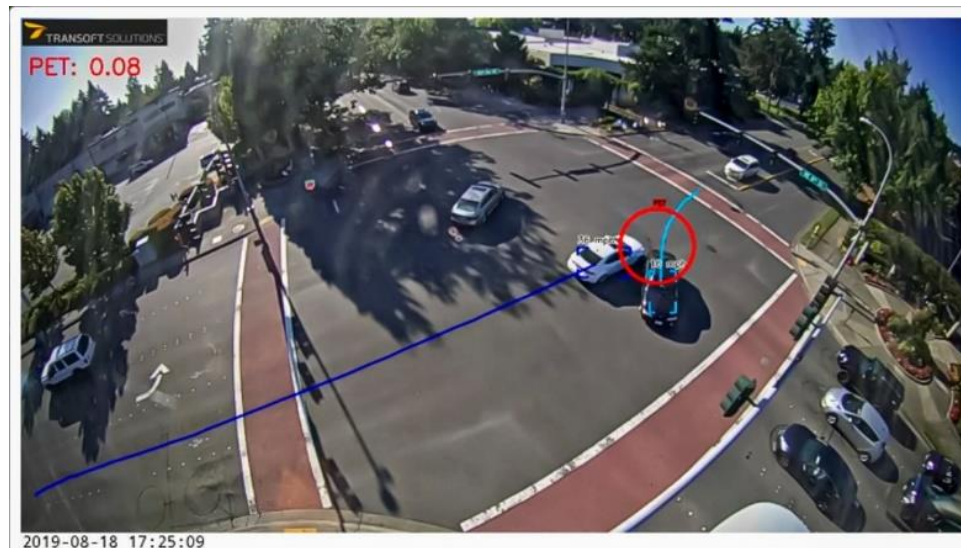
Transoft 提供觀看衝突影片，雲端化圖表視窗，並提供衝突率及量化改善前後之績效。

Transoft 特別功能介紹：

一、風險分析：提供路側攝影機計算 PET，可回放當時衝突影像，請參考圖 2.3-8；PET 衝突熱區請參考圖 2.3-9。

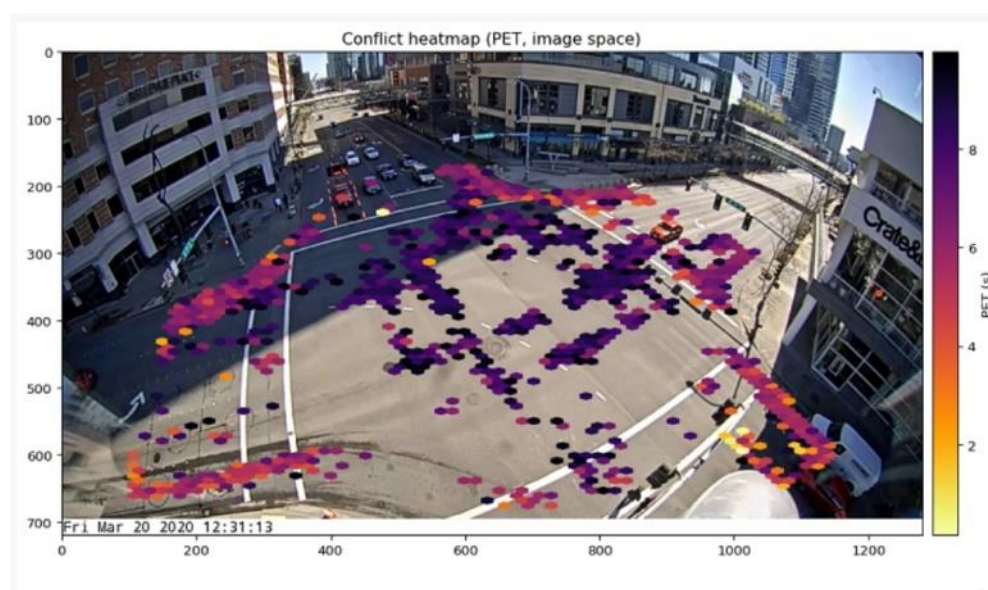
二、速度分析：提供相關速度統計圖表與超速自動計算，請參考圖 2.3-10。

三、軌跡繪製：提供使用可繪製不同顏色軌跡圖，請參考圖 2.3-11。



資料來源：Transoft 網站

圖 2.3-8 路側攝影機PET計算影片回放圖



資料來源：Transoft 網站

圖 2.3-9 路側攝影機PET衝突熱區圖



資料來源：Transoft 網站

圖 2.3-10 路側攝影機超速偵測圖



資料來源：Transoft 網站

圖 2.3-11 路側攝影機軌跡繪製圖

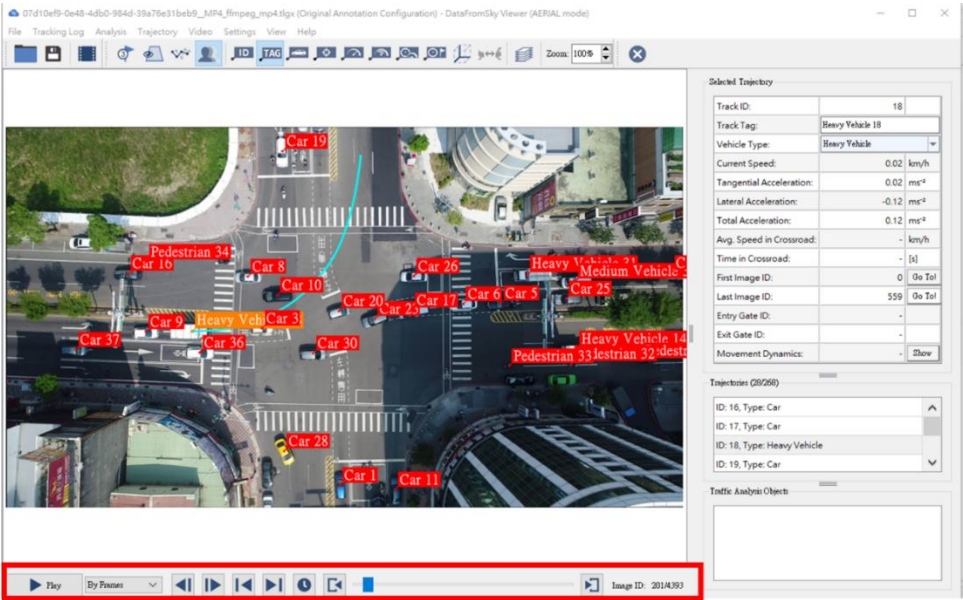
2.3.4 小結

根據研究團隊試用與評估國外軟體，其值得參考部分主為使用者介面優化(請參考表 2.3-2)，後續透過與實務單位合作推廣與溝通，再評估是否納入軟體優化之方向並逐年完成相關功能。其不足處主為不少車輛無法被偵測的情形，經本團隊上傳不同影片測試，影片中之車輛失蹤率達 15-30%，交通分析部分只提供基本 TTC、PET 等交通分析計算，並無特定之交通碰撞類型分析與情境分析

等報表統計。

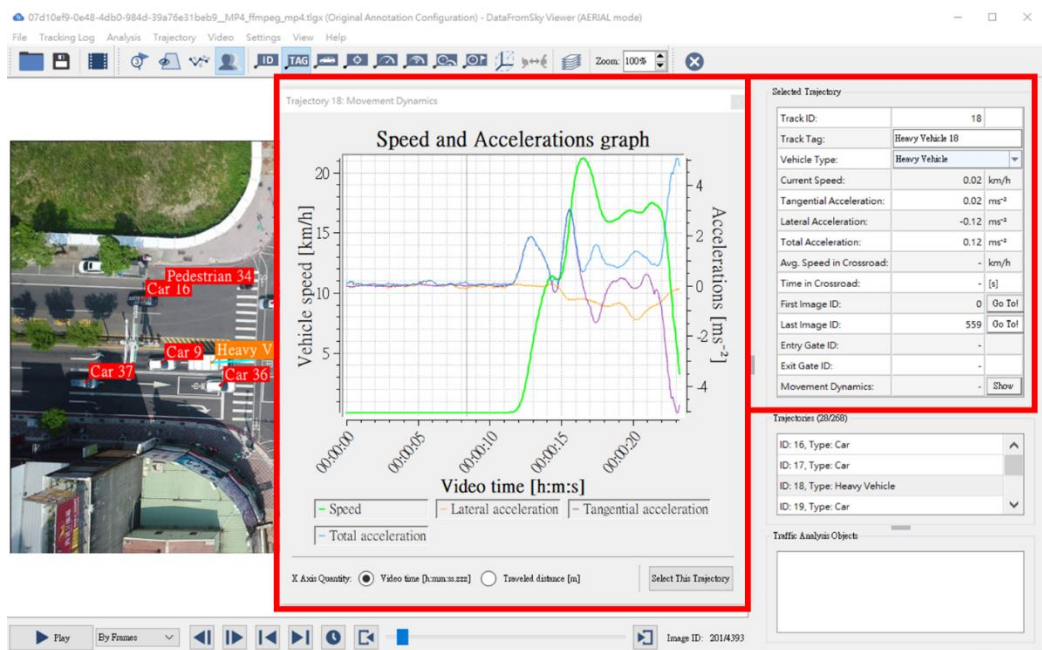
表 2.3-2 國外軟體(DataFromSky)值得參考功能列表

項次	功能	參考圖
1	可播放完整影片，並標註相關人車偵測資訊	圖 2.3-12
2	點選單一偵測物件，可顯示相關數值與曲線分析圖表	圖 2.3-13
3	針對辨識錯誤之物件可進行修正，追蹤錯誤之軌跡可進行刪除	圖 2.3-14
4	點選交通衝突事件，可同時顯示衝突兩物件之運動軌跡，且以不同顏色標註已移動及將移動軌跡	圖 2.3-15
5	Heatmap 可選擇顯示不同顯示方式，點選特定方格可顯示細部統計資訊。	圖 2.3-16
6	可透過疊圖方式，於影像疊加不同資訊之 Heatmap 資訊。	圖 2.3-17
7	於選單調整相關設定後，可立即更新相關資訊。	圖 2.3-18



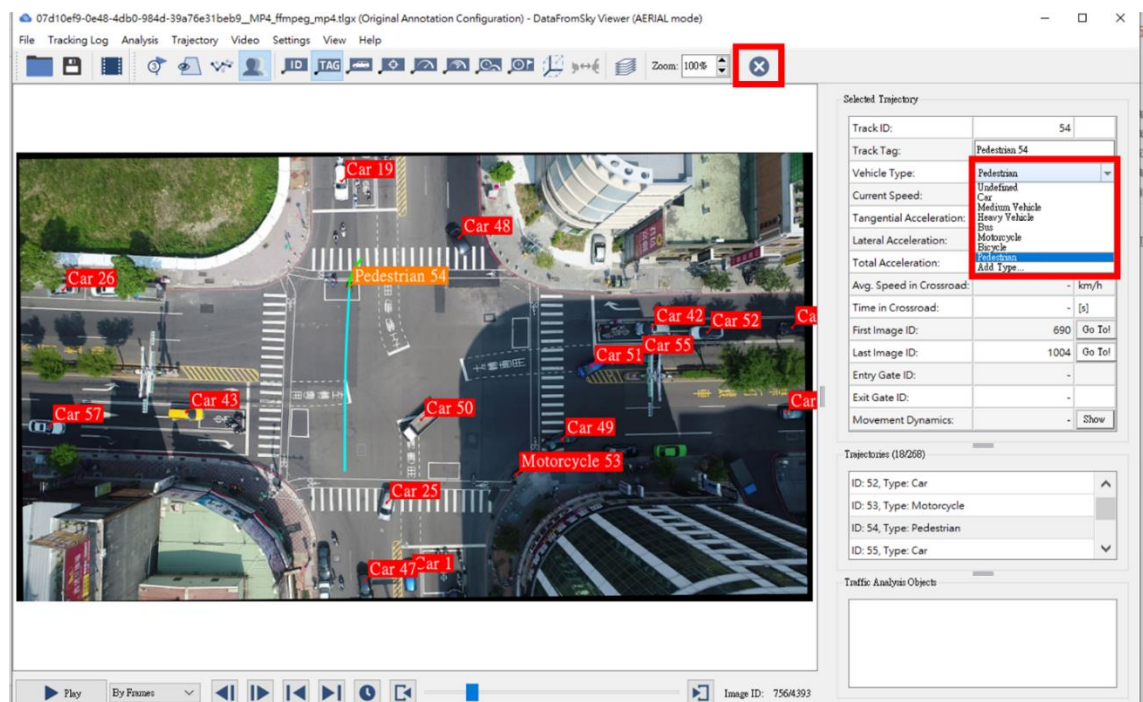
資料來源：DataFromSky Viewer

圖 2.3-12可播放完整影片之功能



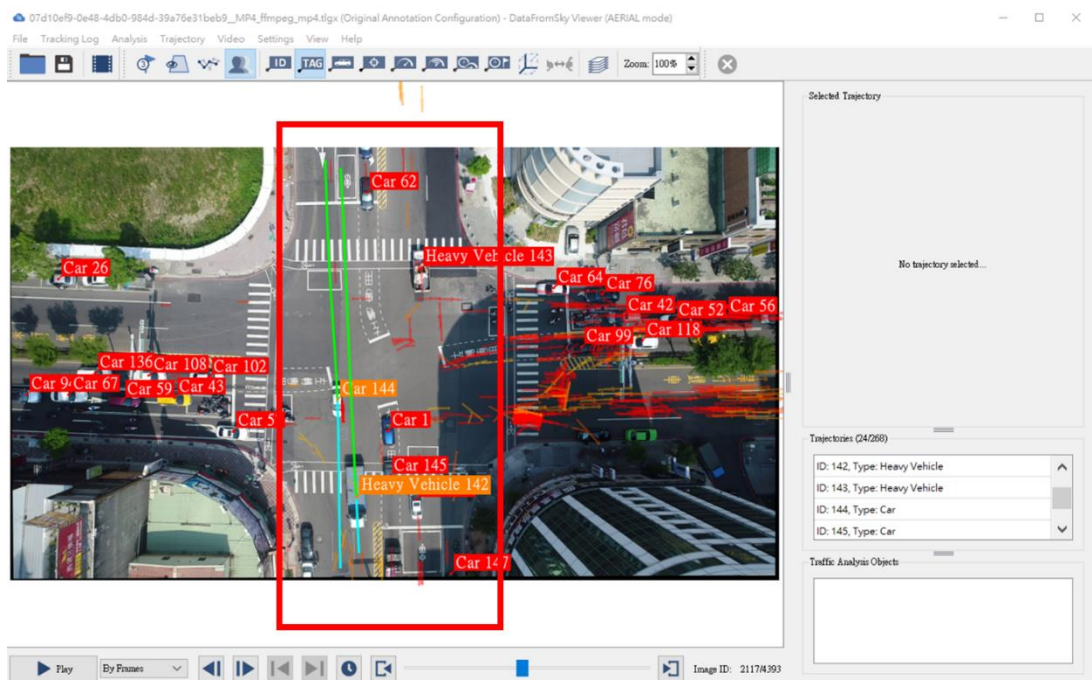
資料來源：DataFromSky Viewer

圖 2.3-13 顯示相關數值與曲線分析圖表功能



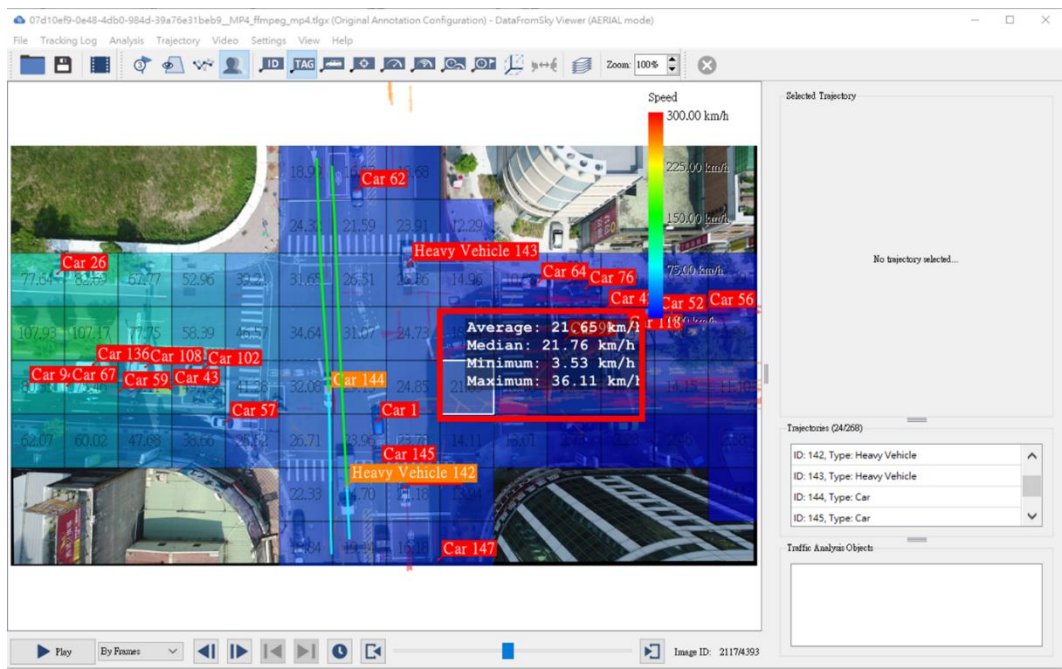
資料來源：DataFromSky Viewer

圖 2.3-14 修正與刪除錯誤偵測與追蹤功能



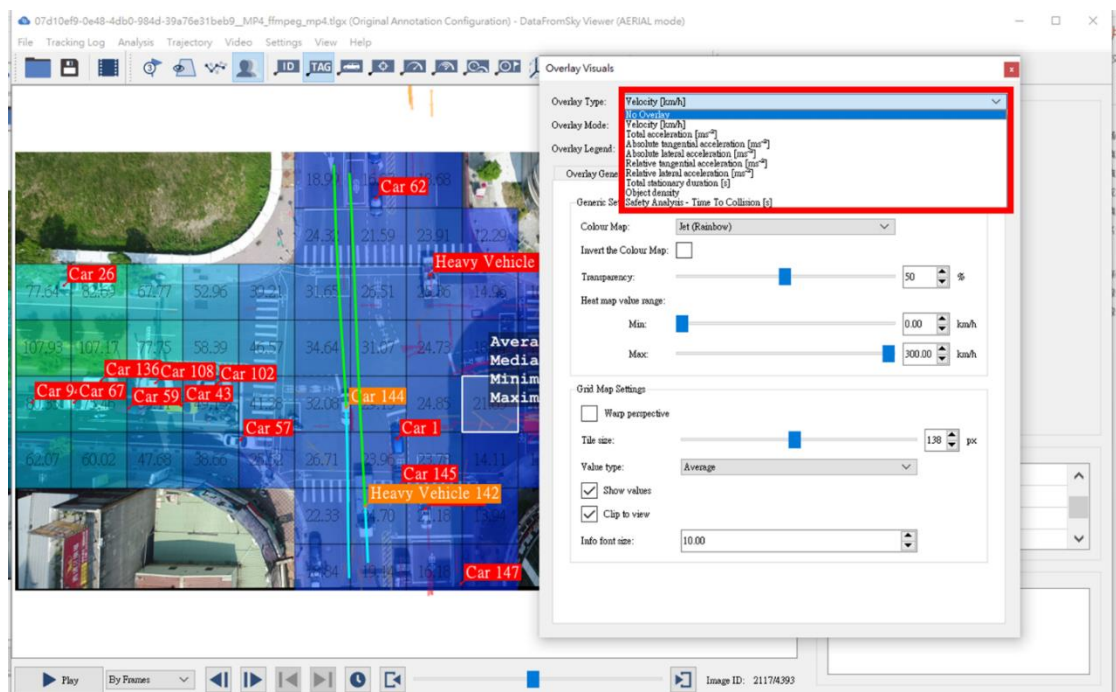
資料來源：DataFromSky Viewer

圖 2.3-15 交通衝突可顯示衝突物件與軌跡



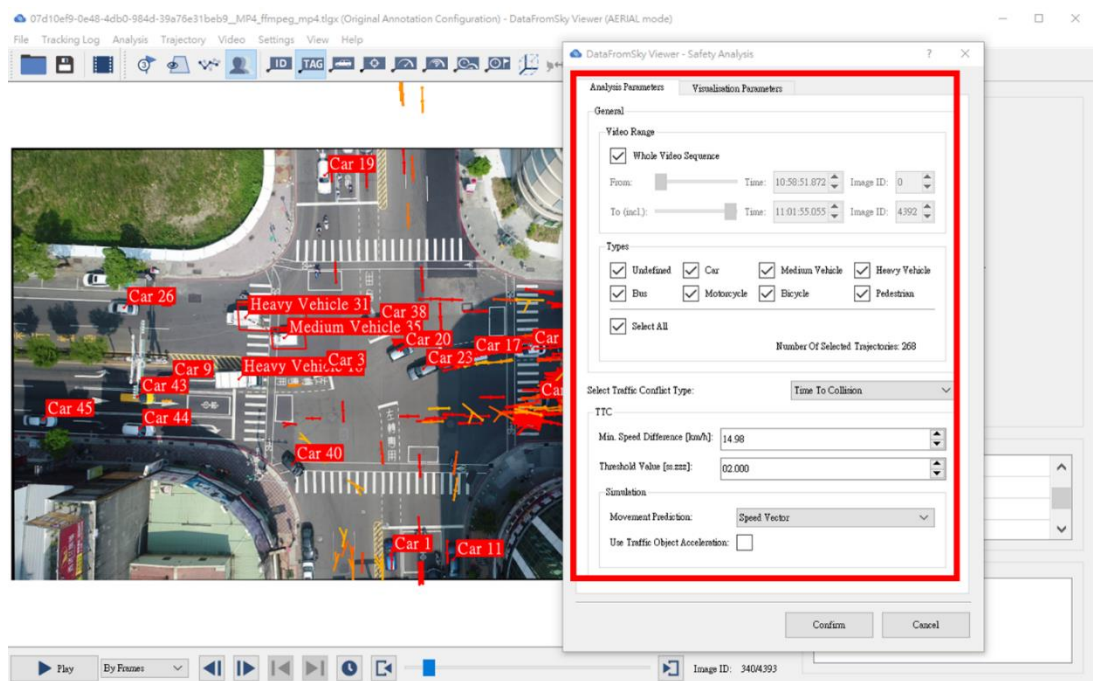
資料來源：DataFromSky Viewer

圖 2.3-16 Heatmap疊圖與細部資訊顯示功能



資料來源：DataFromSky Viewer

圖 2.3-17 不同疊圖顯示選項功能



資料來源：DataFromSky Viewer

圖 2.3-18 調整相關設定可即時更新分析結果

2.4 前 3 期研究之成果回顧

彙整 107-109 年研究^{[1][2][3]}之成果，整理交通衝突分析軟體比較表，請參考表 2.4-1。

表 2.4-1 107-109 年研究之成果列表

技術	項次	107 年研究成果	108 年研究成果	109 年研究成果
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
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%

(續下頁)

技術	項次	107 年研究成果	108 年研究成果	109 年研究成果
	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
交通衝突分析技術	衝突指標	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
	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
	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
	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

第三章 無人機空拍影像

本章首先於 3.1 節說明無人機作業流程及機型，包含 3.1.1 節無人機空拍攝影作業流程、3.1.2 節 110 年路口空拍無人機介紹、3.1.3 節路口空拍活動申請狀況，接著於 3.2 節說明路口空拍實際辦理現況，以及禁限航區飛航配套措施，最後於 3.3 節無人機空拍限制，說明雨天、夜間以及大型路口拍攝的限制。

3.1 無人機作業流程及機型說明

3.1.1 無人機空拍攝影作業流程

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 3.1-1。



圖 3.1-1 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叉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. 路口上方有天橋、路側行道樹多(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. 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)
3. 多岔路口、斜交路口、丁字路口(動線複雜，非本期研究分析對象)

(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
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(拍攝時需派員進駐塔臺，較耗費人力)

如表 3.1-1 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 3.1-1 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(禁止無人機飛行)
	A2.限航區(禁止無人機飛行高度超過 60 公尺)
	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
	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 3.1-2。



圖 3.1-2 起飛地點設置

- (二) 應避免選擇逆光位置，會造成無人機拍攝畫面陰暗而不易後續影像分析。

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 3.1-3 中號誌燈號側拍紀錄之說明。



表 3.1-2 無人機飛行及攝影機最佳參數設定表

無人機	中小型無人機
飛行高度	75 公尺(依照 FOV (Field of View) 69 度，在 75 公尺高度下拍攝長寬範圍約 103*55 公尺)
風速	4 m/s 以下
錄影解析度	4K，30fps
曝光值	EV +0.0
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

資料來源：[3]

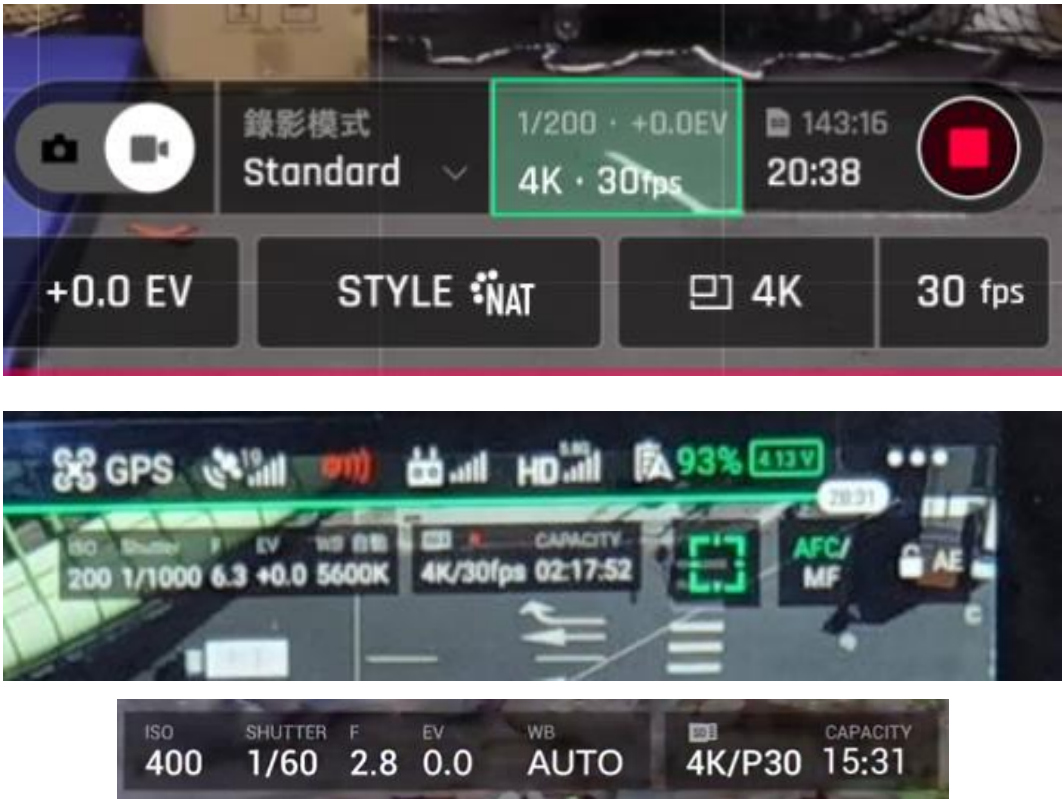


圖 3.1-4 無人機攝影預設條件

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 3.1-5。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 3.1-5 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 3.1-6。



圖 3.1-6 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、後處理

進行比例尺計算及號誌同步時間計算，以確認影像拍攝之正確性。

(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進行測量，如圖 3.17 選擇了 A、B、C、D 路口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 個以上的參考點進行測量，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 路口該區段距離為 23.35 公尺，B 路口該區段距離為 24.6 公尺，C 路口該區段距離為 21.6 公尺，D 路口該區段距離為 24.65 公尺。

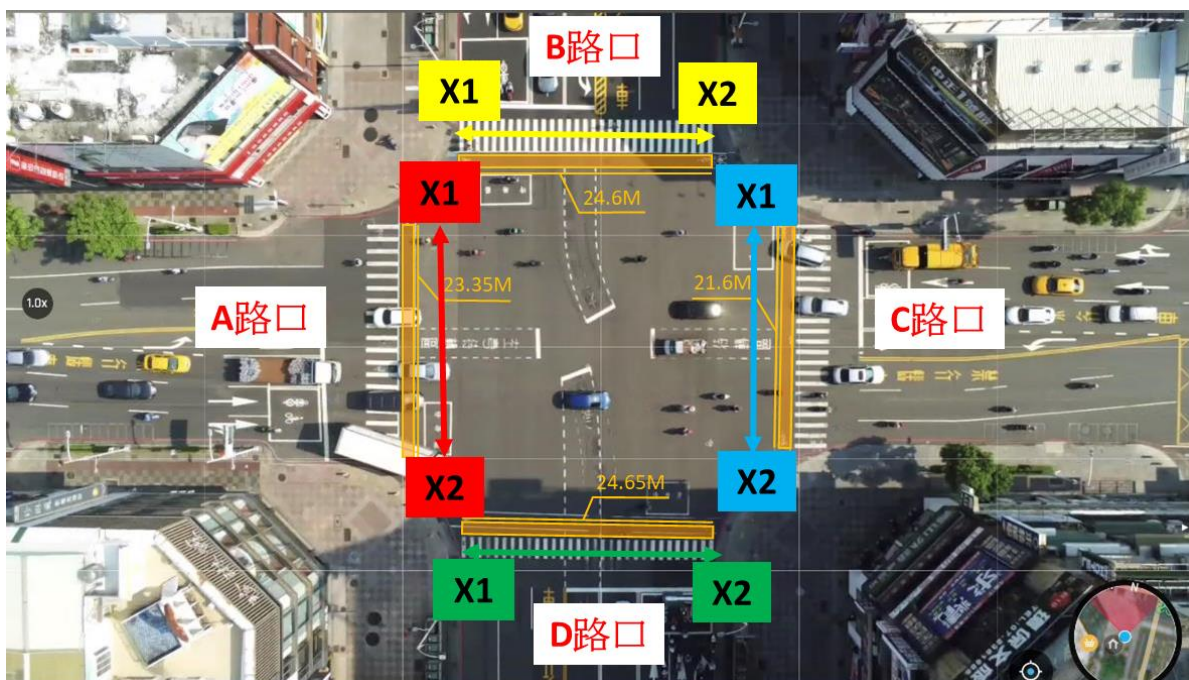


圖 3.1-7 現場人員記錄量測實際距離

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 3.1-8 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)，再依路口順序，利用滑鼠點指 A 路口(X1,Y1)，可於小畫家左下角顯示該點座標像素，例如 A 路口的(X1,Y1)即為(637,350)，同步填入計算表中，依此類推填入其他路口之座標像素。



圖 3.1-9 以小畫家開啟底圖之座標顯示

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 3.1-10 比例尺計算表中座標欄位

- 填完四個路口之各點座標像素後，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，再將四個路口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 3.1-11 比例尺計算結果

7. 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 3.1-12 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 X

每一個畫素為 公尺**變更後請重新分析

關閉 儲存

圖 3.1-13 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。同時亦可參考團隊提供的教學示範影片：

<https://drive.google.com/drive/folders/1Xc4w4SJZKLE2IpsntCqOolhD5ML128TF?usp=sharing>

(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 3.1-14 及圖 3.1-15。



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 3.1-14 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
D架次：	10260		
	10050	09:10:23.55	4777
	10050		
	2960		
			後處理秒差
			00:01:50.33

圖 3.1-15 號誌同步之片頭刪除影格數

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 3.1-16。

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
D架次：	10260		
	10050	09:10:23.55	4777
	10050		
	2960		
			後處理秒差
			00:01:50.33

圖 3.1-16 號誌同步之影片總影格數

3. 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 3.1-17。
4. 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 3.1-17。

	無人機起飛			無人機降落		
	影格	FPS	Time	影格	FPS	Time
無人機影片時間	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 3.1-17 號誌同步之起飛與降落時間與對應影格數

- 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 3.1-18。
- 對照時相表中的週期(章節 3.1.2 設定時相表)，填入[週期秒數]為 2 分鐘(亦即 120 秒)，如圖 3.1-18。

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 3.1-18 號誌同步之側拍開始影格數與號誌週期

- 開啟號誌側拍影片，可快轉影片中至第一次 A 路口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]。
- 以此類推填入第二次 A 路口紅燈轉綠燈時，相對應的[影格數]與[FPS]，如圖 3.1-19。

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 3.1-19 號誌同步計算表之第一及第二次A入口綠燈時間

- 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 3.1-20。

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					
09:12:49.47				09:14:49.56			09:29:50.75		

圖 3.1-20 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路口綠燈週期開始時間]，如圖 3.1-21 及圖 3.1-22。

	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 3.1-21 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 3.1-22 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。同時亦可參考團隊提供的教學示範影片：

<https://drive.google.com/drive/folders/1Xc4w4SJZKLE2IpsntCqOolhD5ML128TF?usp=sharing>

3.1.2 110 年路口空拍無人機介紹

關於無人機機種，本計畫整理 107~110 年測試結果，目前建議以市售小型無人機為最適合使用之機種，其比較表整理如下表 3.1-3：

表 3.1-3 無人機比較表

機型	市售中型無人機	客製國產無人機	客製繫留無人機	市售小型無人機
示意圖				
測試時間(年)	107/108	108	108	109/110
飛行時間	約 20~25 分鐘。	35~45 分鐘。	12 小時以上。	約 20 分鐘。
軸距	35 公分，體積小可背包攜帶。	70 公分，體積小可背包攜帶。	100 公分。	24 公分，體積小可背包攜帶。
重量	約 1.4 公斤。	約 5.0 公斤。	約 6.5 公斤。	約 0.3 公斤。
單價	約 5 萬元。	約 15 萬元。	約 90 萬元。	約 3 萬元。
解析度	4K/30fps。	2.7K 線性/30fps。	1080p 30fps。	4K/30fps
最大風速	10 m/s	8 m/s	10 m/s	8 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
缺點	飛行時間較短、資安疑慮。	成本高；體積稍大，攜帶較不便；影像較易晃動且解析度較低。	機體較大，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。

本計畫本年度採用法國無人機 Parrot 進行影像空拍蒐集，以下為無人機介紹：

法國無人機品牌 Parrot 於 2018 年 6 月推出可摺疊航拍機 ANAFI，高舉可拍攝 4K HDR 影片、首創 180 度俯仰雲台相機，以及具無損變焦等功能，頓時成為市場熱話。

ANAFI 重量(含電池及槳)為 320 克，摺疊後尺寸為 244x67x65 毫米，放入收納盒後，它的大小與一瓶 750 毫升的礦泉水相若，可扣掛在背包，相當便攜，ANAFI 的開關鍵及電量顯示燈號同在機頂，操作較為方便。

ANAFI 的機身設計概念來自大自然飛蟲，ANAFI 的鏡頭就如飛蟲的頭部，視野無阻，航拍時槳翼不會入鏡，俯仰 180 度調整角度時相當靈活；機件就集中在「胸部」，有助縮短走線，減輕機身重量電池設於「腹部」。且可遠端啟動錄影功能，待無人機起飛至欲拍攝的定點與高度後，再啟動錄影即可，此功能可排除無人機起飛及降落時的拍攝畫面，不致使影片過於冗長。



資料來源：Parrot 官網

圖 3.1-23 市售小型無人機Parrot示意圖

本計畫採用 Parrot 進行路口影像之拍攝，依照 FOV (Field of View) 69 度，在 75 公尺高度下拍攝長寬範圍約 103x55 公尺，請參考圖 3.1-24。



圖 3.1-24 市售小型無人機Parrot拍攝案例

3.1.3 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涉及禁限航區，各路口實際飛航活動申請時程與管轄單位如下，請參考表 3.1-4。

表 3.1-4 路口空拍活動申請表

類別	編號	縣市	路口	活動申請期間	禁限航區管轄單位
先導測試路口	1	臺北市	松仁路/信義路五段口	6/15-9/14	民用航空局(臺北國際航空站)、臺北市消防局
	2	臺北市	民權東路六段/瑞光路	8/5-8/11	民用航空局(臺北國際航空站)
	3	臺北市	東新街/市民大道七段		民用航空局(臺北國際航空站)，臺鐵-臺北
	4	臺北市	向陽路/市民大道八段		民用航空局(臺北國際航空站)，臺鐵-臺北
	5	臺北市	興隆路四段/忠順街二		無

			段		
	6	臺北市	光復北路/健康路		民用航空局(臺北國際航空站)
	7	高雄市	中山一路/大同一路	8/1-10/31	民用航空局(高雄國際航空站)
	8	高雄市	二聖二路/復興三路		民用航空局(高雄國際航空站)
	9	高雄市	瑞隆路/瑞福路		民用航空局(高雄國際航空站)
	10	高雄市	二聖一路/光華二路		民用航空局(高雄國際航空站)
	11	高雄市	興中二路/中山二路		民用航空局(高雄國際航空站)
	12	高雄市	青年路二段/建國路三段	8/1-10/31	屏 43 國軍營區 N384-1、屏 45 國軍營區 N385-1
	13	高雄市	青年路二段/文衡路口		屏 43 國軍營區 N384-1、屏 45 國軍營區 N385-1
	14	高雄市	經武路/博愛路		民用航空局(高雄國際航空站)，屏 43 國軍營區 N384-1、屏 45 國軍營區 N385-1，臺鐵-高雄
	15	高雄市	七賢一路/七賢二路/中山一路		無
易 肇 事 路 口	1	臺北市	松仁路/信義路五段口	6/15-9/14	民用航空局(臺北航空站)、臺北市消防局
	2	桃園市	新中北路/榮民路/榮民南路		無
	3	臺南市	中正南路/中華路口		民用航空局(臺南航空站)、空軍第一戰術戰鬥機聯隊
	4	臺南市	公園南路 /公園路口		民用航空局(臺南航空站)、空軍第一戰術戰鬥機聯隊

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，依據各管理機關要求方式，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。

3.2 空拍實際辦理現況

3.2.1 禁限航區飛航配套措施說明

因為本期多數路口場域位於航空站禁限航區，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，另需派員至塔臺協調遵循指揮調派，本計畫執行期間受 Covid-19 疫情警戒影響導致塔臺關閉，無人機飛行受到限制，需視疫情發展與民航局公布之配套措施進行配合辦理。民航局於 110 年 7 月 29 日公布更新疫情警戒期間，於執行遙控無人機活動配合派員進駐近場管制塔臺擔任聯絡工作事宜配套措施如圖 3.2-1 所示，分為申請電話聯繫及派員進駐塔臺兩種方式，申請方式相當繁瑣且每日均有限額，申請不易。

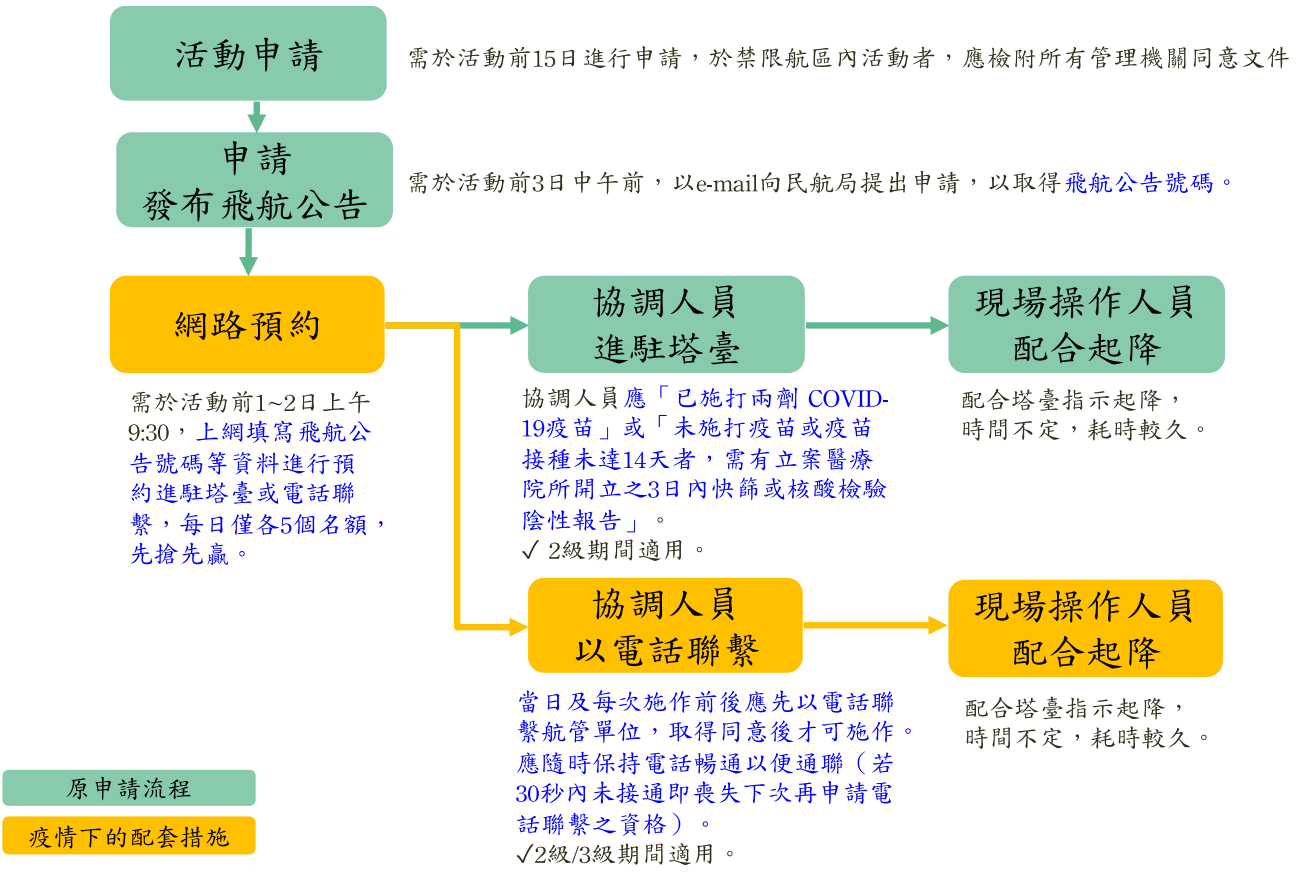


圖 3.2-1配合派員進駐近場管制塔臺擔任聯絡工作事宜配套措施

3.2.2 路口空拍實際辦理情況

本計畫已於 110/8/10-110/9/2 期間完成所有路口拍攝，包含易肇事路口 4 處及先導測試路口 14 處，其中臺北市松仁路/信義路五段口同時為易肇事路口及先導測試路口，故路口總數為 17 處。執行期間考量人員派遣及受天候因素影響，實際飛行時程表請見圖 3.2-2。

橘色：易肇事路口 ：需派員塔臺
藍色：先導測試路口 (因疫情改以電話聯繫方式)

一	二	三	四	五
2	3	4	5	6
9	10 桃園-新中北路 /榮民路/榮民 南路	11 台北-松仁路/ 信義路五段 口	12 台南-公園南 路/公園路口 	13 台南-中正南 路/中華路口
16	17 台北-興隆路四 段/忠順街二段	18 台北-向陽路/市 民大道八段 台北-東新街/ 市民大道七段 	19 	20 台北-民權東路 六段/瑞光路 台北-光復北路/ 健康路 
23	24	25 高雄-七賢一路/七 賢二路/中山一路 高雄-經武路/ 博愛路 	26 高雄-青年路二 段/文衡路口 高雄-青年路二 段/建國路三段	27
30	31	1 高雄-二聖一 路/光華二路  高雄-二聖二 路/復興三路 	2 高雄-興中二路/ 中山二路  高雄-瑞隆路/ 瑞福路  高雄-中山一路/ 大同一路 	

圖 3.2-2 路口空拍飛行時程表

一、路口拍攝現場作業概況(易肇事路口)

於 110/8/10-110/8/19 進行飛行拍攝，其中臺南市公園南路/公園路口為禁航區，距離臺南機場(軍民合用機場)僅 5 公里，拍攝當日因軍機起降頻繁，配合塔臺指示起降，拍攝時間受到拖延較久，最後順利完成拍攝。

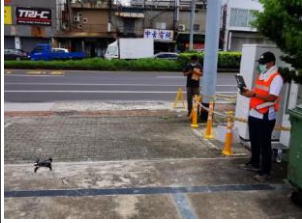
拍攝時間	8/10 (二) 08:00-09:00	8/11 (二) 07:00-08:00	8/12 (二) 12:00-13:00	8/13 (二) 11:00-12:00
路口名稱	桃園市 新中北路/榮民路/榮民南路	台北市 松仁路/信義路五段口	台南市 公園南路/公園路口	台南市 中正南路/中華路口
路口空拍圖				
現場作業概況	 • 確認並建立路口量測方與號誌對時方式，順利完成拍攝	 • 限航區依規定完成通報，順利完成拍攝	 • 當日配合塔臺起降，拍攝時間受拖延較久，最後順利完成拍攝	 • 當日配合臺台起降，順利完成拍攝

圖 3.2-3 路口拍攝現場作業概況(易肇事路口)

二、路口拍攝現場作業概況(先導測試路口-臺北)

於 2021/8/17-2021/8/20 進行飛行拍攝，臺北市路口多為禁限航區，因臺北航空站班機起降頻繁，配合塔臺指示起降且途中遇雨延遲，拍攝時間受到拖延較久。其中臺北市民權東路六段/瑞光路口當日實際飛行時，因旁邊大樓訊號干擾，導致無人機訊號不良、數/圖傳都中斷，基於安全考量，此路口不建議拍攝，並與臺北市交工處連繫後確認不替換其他路口進行拍攝。

拍攝時間	8/17 (二) 07:45-08:45	8/18(二) 07:45-08:45	8/18 (二)17:30-18:30	8/20(五) 07:45-08:45	8/20 (五)17:30-18:30
路口名稱	台北市 興隆路四段/忠順街二段	台北市 向陽路/市民大道八段	台北市 東新街/市民大道七段	台北市 民權東路六段/瑞光路	台北市 光復北路/健康路
路口空拍圖					
現場作業概況	 • 順利完成拍攝	 • 當日配合塔臺起降及中途遇雨，拍攝時間受拖延較久，最後完成拍攝	 • 當日配合塔臺起降及中途遇雨，拍攝時間受拖延較久，最後完成拍攝	 • 因訊號不良，數圖傳都中斷，安全考量，此路口不建議拍攝	 • 當日配合塔臺起降時間受拖延較久，最後完成拍攝

圖 3.2-4 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口-臺北)

三、路口拍攝現場作業概況(先導測試路口-高雄)

於 110/8/25-110/9/2 進行飛行拍攝，部分路口配合塔臺指示起降，但皆順利完成拍攝。其中 9/2 三處路口為限航區但未申請到塔臺聯繫名額，故緊急考量其他措施處理，包含興中二路/中山二路及中山一路/大同二路二處路口，因附近皆有 75 公尺以上高樓，可依遙控無人機活動時之實際飛航位置，距離其操作人所在位置 100 公尺半徑範圍內，且實際飛航高度不超過其操作人所在位置 100 公尺半徑範圍內之最高遮蔽物體高度，以及不逾距地面或水面 400 呎，填具遮蔽操作切結書辦理，即可飛行。而瑞隆路/瑞福路口因路口範圍較小，飛行 60 公尺高度即可涵蓋整個路口範圍，最後皆順利完成拍攝。

拍攝時間	8/25 (三) 07:45-08:45	8/25(三) 07:45-08:45	8/25 (三)17:30-18:30	8/25(三) 17:30-18:30
路口名稱	高雄市 七賢一路/七賢二路/中山一路	高雄市 青年路二段/文衡路口	高雄市 經武路/博愛路	高雄市 青年路二段/建國路三段
路口空拍圖				
現場作業概況	• 順利完成拍攝	• 順利完成拍攝	• 當日配合塔臺起降，順利完成拍攝	• 順利完成拍攝

圖 3.2-5 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口-高雄)

拍攝時間	9/1 (三) 07:45-08:45	9/1(三) 07:45-08:45	9/2 (四)07:45-08:45	9/2(四) 07:45-08:45	9/2 (四)17:30-18:30
路口名稱	高雄市 二聖一路/光華二路	高雄市 二聖二路/復興三路	高雄市 興中二路/中山二路	高雄市 瑞隆路/瑞福路	高雄市 中山一路/大同一路
路口空拍圖					
現場作業概況	• 當日配合塔台起降，順利完成拍攝	• 當日配合塔臺起降，順利完成拍攝	• 限航區依規定完成通報，順利完成拍攝	• 以60M高度□ 順利完成拍攝	• 限航區依規定完成通報，順利完成拍攝

圖 3.2-6 路口拍攝現場作業概況(先導測試路口-高雄)

四、空拍成果

整理本年度空拍成果，如表 3.2-1、表 3.2-2：

- (一) 拍攝縣市共 4 縣市(臺北市、桃園市、臺南市及高雄市)。
- (二) 空拍地點共 17 處(易肇事路口 4 處、先導測試路口 14 處，有 1 處路口兼具易肇事及先導測試路口)。
- (三) 每處空拍地點原則空拍 3 趟次，共空拍 54 趟次(易肇事路口 13 趟次，先導測試路口 41 趟次)。
- (四) 總時長 16 小時 16 分 44 秒(易肇事路口 3 小時 37 分 24 秒，先導測試路口 12 小時 39 分 20 秒)。

表 3.2-1 無人機路口空拍-先導測試計畫路口

編號	縣市	地點	拍攝日期	拍攝時間 (起始)	影片總長 (分秒)	拍攝高度(m)
1	臺北市	興隆路四段/忠順街二段	2021/8/17	07:51:24	19:01	80
				08:13:13	21:34	80
				08:43:14	19:30	80
				09:05:31	17:58	80
2	臺北市	向陽路/市民大道八段	2021/8/18	08:13:25	20:25	80
				13:52:08	11:25	80
3	臺北市	東新街/市民大道七段	2021/8/18	17:24:28	12:18	80
				18:13:27	19:35	80
4	臺北市	松仁路/信義路五段口	2021/8/11	07:36:21	15:53	80
				07:55:45	16:51	80
				08:15:08	17:20	80
5	臺北市	光復北路/健康路	2021/8/20	17:50:39	18:26	80
				18:14:38	16:20	80
6	高雄市	七賢一路/七賢二路/中山一路	2021/8/25	07:53:20	17:56	80
				08:19:27	17:24	80
				08:40:38	18:01	80
				09:03:48	18:51	80
7	高雄市	經武路/博愛路	2021/8/25	16:39:26	19:32	80
				17:01:35	18:30	80

編號	縣市	地點	拍攝日期	拍攝時間 (起始)	影片總長 (分秒)	拍攝高度(m)
				17:23:24	19:28	80
8	高雄市	青年路二段/文衡路口	2021/8/25	07:45:47	20:31	80
				08:10:25	20:02	80
				08:34:58	19:52	80
9	高雄市	青年路二段/建國路三段	2021/8/24	16:26:44	19:38	80
				17:01:38	19:47	80
			2021/8/25	16:34:03	21:00	80
				16:58:57	20:42	80
10	高雄市	興中二路/中山二路	2021/9/2	07:53:53	20:46	80
				08:18:41	21:02	80
				10:10:06	14:45	80
11	高雄市	二聖一路/光華二路	2021/9/1	07:41:26	20:16	80
				08:08:48	19:57	80
				08:32:50	13:16	80
				09:13:50	19:23	80
12	高雄市	二聖二路/復興三路	2021/9/1	16:52:51	19:46	80
				17:15:24	20:27	80
				17:38:31	17:01	80
13	高雄市	中山一路/大同一路	2021/9/2	16:50:58	17:59	70
				17:11:26	18:32	70
				17:32:43	19:32	70
14	高雄市	瑞隆路/瑞福路	2021/9/2	08:02:53	15:33	60
				08:27:12	16:31	60
				08:46:32	18:18	60
				09:10:22	18:30	60

表 3.2-2 無人機路口空拍-易肇事地點改善計畫路口

編號	縣市	路口	拍攝日期	拍攝時間 (起始)	影片總長 (分:秒)	拍攝高 度(m)
1	桃園 市	新中北路/榮民路/ 榮民南路	2021/8/10	07:46:43	17:05	70
				08:08:56	14:15	70
				08:39:23	17:48	70
2	臺北 市	松仁路/信義路五 段口	2021/8/11	07:36:21	15:53	80
				07:55:45	16:51	80
				08:15:08	17:20	80
3	臺南 市	公園南路 /公園 路口	2021/8/12	13:26:23	19:13	80
				17:09:56	16:11	80
				17:40:51	18:42	80
4	臺南 市	中正南路/中華路 口	2021/8/13	11:01:18	17:44	80
				11:26:12	16:13	80
				11:44:17	18:31	80
				12:04:50	11:38	80

3.3 無人機空拍限制

關於無人機空拍應用情境與系統限制，主要分為雨天拍攝、夜間拍攝及大型路口拍攝進行評估說明，並整理如下表 3.3-1：

表 3.3-1 無人機空拍應用情境與系統限制

應用情境	系統限制	目前規劃	未來建議
雨天拍攝	目前一般市售無人機無防水設計，且鏡頭易受雨水影響拍攝品質，間接影響分析效果。	不建議於雨天飛行拍攝。	持續評估適合於雨天拍攝之無人機
夜間拍攝	夜間因僅有路口附近路燈與車燈，光線較為不足，目前一般無人機採用可見光拍攝，無法確保拍攝品質，而熱影像或紅外線鏡頭其有效距離一般僅 20~30 公尺，本計畫飛行高度至少 70 公尺，仍有一段差距。	暫無於夜間拍攝規劃。	1. 可採用現行無人機於夜間較亮路口進行空拍，蒐集影像後，評估夜間分析之可行性。 2. 客製紅外線夜視無人機，進行夜間空拍使用。
大型路口拍攝說明	目前無人機 FOV 69°，於飛行高度 75 公尺下拍攝長寬範圍約 103 公尺*55 公尺，若欲觀測畫面大於此範圍，則無法以現行機種完成任務。	目前無人機空拍無法適用於大型路口。	1. 評估尋找或客製高階機種。 2. 研究多機群飛、影像合成分析之可行性。

因無人機載重能力、酬載設備規格、飛行時效等限制，仍有許多拍攝的挑戰需克服，因應未來應用需求，如夜間交通分析、連續長時間影像蒐集或雨天交通分析等情境，建議無人機和攝影機具備以下規格：

一、無人機機型：

- (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) 無人機具備 IP67 防水等級，可於雨天飛行。
- (四) 飛行及拍攝時間：約 25~60 分鐘以上。
- (五) 中小型，軸距 20~75 公分。

二、攝影機規格：

- (一) 影像解析度，至少 4k。
- (二) 攝影機三軸穩像，無曲面變形且攝影角度大。
- (三) 可遠端控制攝影機角度及錄影時間。
- (四) 具備自動對焦、自動曝光調整等功能。
- (五) 紅外線夜視功能，可於高空 75 公尺高度拍攝夜間車流。

3.3.1 雨天拍攝說明

因目前無人機無防水功能，故不建議雨天拍攝，且雨天拍攝時鏡頭易受雨水影響拍攝品質，恐連帶影響後續影像分析效果。

3.3.2 夜間拍攝說明

進行夜間拍攝須於飛航活動申請時取得核可，而無人機須搭載特殊鏡頭(如紅外線攝影機)進行空拍影像蒐集，並進行影像訓練後，才能得知影像分析效果。目前無人機多搭載可見光鏡頭，無法於夜間取得好的拍攝品質，而少數搭載紅外線鏡頭，則屬於熱影像鏡頭，是一種對物體散發出的紅外線進行感光成像的裝置，一般來說解析度不高，且價格昂貴，市售無人機搭載熱影像鏡頭，其解析度多為 160x120，無法用於空拍影像分析。而另一種紅外線攝影機，稱為紅外線夜視鏡頭，就是在微弱光線的環境下，紅外線元件會發出人們肉眼看不到的紅外線光線去照亮被拍攝的物體，經物體反射後進入鏡頭而成像，這時所看到的是由紅外線反射所造成的影像，而不是可見光反射所成的影像，所以可拍攝到黑暗環境下肉眼看不到的影像；然而一般市售的紅外線夜視鏡頭普遍架設於路口、商家或街巷中，體積龐大且耗電，不適合無人機搭載使用，且一般有效距離也僅有 20~30 公尺，若要超過 70 公尺的有效拍攝距離，應須更強功率，相對也較耗電且高價，故目前無搭載長距離紅外線鏡頭之無人機。針對夜間拍攝，未來建議可先以現行機種於夜間亮度較高之路口進行空拍測試，以實際拍攝之影像評估影像分析之效果。

3.3.3 大型路口拍攝說明

大型路口因路口較寬，需要無人機飛行至較高的位置進行定點拍攝，方能完整拍攝車輛進出口之影像。惟目前所使用的無人機屬於中小型無人機，飛行高度設定 75 公尺，在此高度下拍攝長寬範圍約 103 公尺 x 55 公尺，錄影解析度以 4K/30fps 為最佳畫質，若飛行超過此高度，所拍攝的影像解析度將降低，以致於影響後續車流軌跡之分析，因此，最佳飛行高度為 75 公尺，空拍範圍約 103 公尺*55 公尺；最高飛行高度為 100 公尺，空拍範圍約 137 公尺*73 公尺，若欲觀測畫面大於此範圍，則無法以現行機種完成任務。未來如有大型路口拍攝需求，建議可持續評估高階無人機機種，如可於更高空拍攝更高解析度的影像，或研究多機群飛影像合成之分析方案。

第四章 改善影像辨識與追蹤技術瓶頸

本期在車流軌跡抽取上，大致沿用了前期的偵測架構與影像穩定、車輛追蹤等部分技術；主要差異是以 SCRDet 取代 Mask R-CNN 與矩形擬合機制，並引進了更先進的 YOLOv4 以取代前期的 YOLOv3 架構。在四輪車輛方面，由於 Mask R-CNN 無法產生原生的矩形範圍，需要透過擬合方式來取得最小外接矩形，因此較容易產生矩形範圍上的誤差。相對地，SCRDet 直接偵測出具方向性的矩形範圍，應能獲得更確切的矩形邊界。惟研究團隊在研究 SCRDet 的過程中，同時也發現了其方法上的不完備，因此提出以下的改善方案。

4.1 單一模型 Oriented YOLOv4 影像辨識

隨著物件偵測技術的快速發展，較為困難的小物件偵測及更高的偵測速度在近年來越發受到重視。YOLOv4 繼承了該系列高效的偵測速度，可以在 Nvidia 1080ti 等消費級顯卡上以 30fps 達到即時偵測，另一方面更打破了過去眾人對 Faster R-CNN、Mask R-CNN 等二階段偵測方法具備較高準確性的觀點，在快速與準確性上都同樣達到了高峰。

在上一期計畫中，研究團隊已利用 YOLOv4 針對過去蒐集的訓練資料進行了訓練，並將輸入的影像尺度從前期 YOLOv3 的 512×512 提升到 1024×1024 。相對於採二階段偵測架構的 SCRDet，YOLOv4 對 GPU 硬體的需求明顯較低，更適合用於處理交通影片等大量資料。然而目前可在空拍影像中偵測出具方向性矩形框的偵測架構，多半是基於二階段偵測架構方法修改，缺乏以 YOLO 系列架構進行修改之方法，因此本計畫以 YOLOv4 架構為基礎，加入車頭相對於中心的角度資訊 θ ，並改以兩任意旋轉矩形間的實際交聯比 (Intersection over Union, IoU)，取代原始利用上下左右邊界框的交聯比計算方式(圖 4.1-1)，做為訓練時的主要損失函數。圖 4.1-2 為兩任意旋轉矩形間的部分重疊情形，研究團隊將重疊區域拆解成多個三角形區域加總^[52]，來計算出可正確應用在旋轉矩形框的 IoU。計算完預測框與實際框間的 IoU 後，判斷重疊率是否高於特定閾值 (例如 IoU 大於 0.5)，滿足條件才代表偵測到物體。

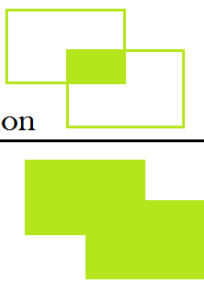
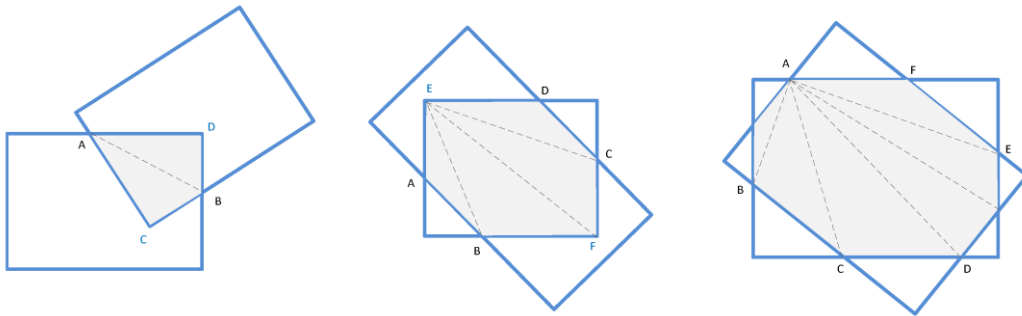
$$\text{IOU} = \frac{\text{Area of Intersection}}{\text{Area of Union}}$$


圖 4.1-1 傳統IoU示意圖

研究團隊將重疊區域拆解成多個三角形區域加總^[52]，來計算出可正確應用在實驗數據的 IoU，如所示。計算完偵測框與實際框間的 IoU 後，判斷重疊率是否高於特定閾值(例如 IoU 大於 0.5)，滿足條件才代表偵測到物體。



資料來源：[52]

圖 4.1-2 旋轉框IoU示意圖，灰色區域為兩者重疊區域

由於 IoU 僅呈現出兩矩形間的交疊程度，有可能發生兩車輛完全交疊但兩車頭卻相差 180 度的情況。為了進一步判別出車頭與車尾之位置，研究團隊將兩車頭間一半夾角的餘弦值做為懲罰項乘上 IoU，也就是以 $\text{IoU} \cdot \cos(|\theta_p - \theta_g|/2)$ 來產生車頭角度對 IoU 的影響。當兩車車頭方向相反時($|\theta_p - \theta_g| = \pi$)，IoU 會乘上 0 而無視 IoU 的影響；當兩車車頭方向垂直時($|\theta_p - \theta_g| = \pi/2$)，IoU 會乘上 $\sqrt{2}/2$ 而僅得到約 7 成的 IoU 影響；當兩車車頭同方向時($|\theta_p - \theta_g| = 0$)，IoU 會等同原 IoU 的影響，如圖 4.1-3 所示。

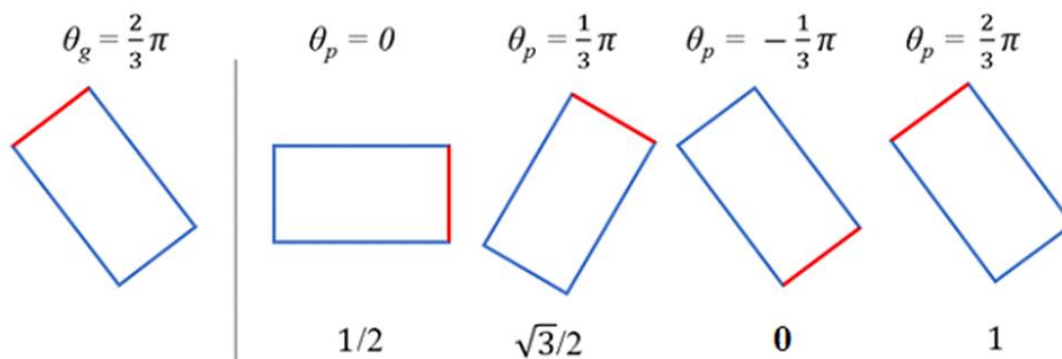


圖 4.1-3 旋轉框角度示意圖

註： θ_g 與 θ_p 分別為實際角度與預測角度，底下4個數字分別是4種預測角度下計算出的 $\cos \frac{|\theta_p - \theta_g|}{2}$ 數值

4.2 新模型與前期模型之改善效果比較

新模型相對於前期模型的改善效果，主要並非在於單純準確度上的進步，更多的改善面是體現在效能上的進步與降低基本硬體需求，以利於未來實際應用上的推廣：

- 一、架構精簡：新模型在可偵測較小物件的前提下，加入了符合空拍影像交通需求的旋轉矩形偵測機制，因此可將前三期為因應大小車輛偵測需求的兩套並行偵測機制，改由單一方法進行偵測並獲得矩形旋轉框，有效減少系統架構的複雜性與冗餘的重複處理。
- 二、效能提升：過去由於 Mask RCNN 與 SCRDet 採用二階段(two-stage)偵測架構，因此較屬於單一階段偵測架構(single-stage)的 YOLO 系列需要更多的記憶體與處理時間。由於新模型是基於 YOLOv4 進行修改，因此在效率上保證了其高速、計算量小、記憶體需求小之特性。即使是以 1920×1920 的高解析度模型(YOLOv4 模型一般預設最高解析度是 608×608)，也能以約 5fps 速度進行偵測作業。
- 三、硬體需求降低：在前三期計畫中，研究團隊建議採用 Nvidia GTX 1080ti 等頂端消費級 GPU 來偵測物件，主要是由於 Mask RCNN 與 SCRDet 等二階段偵測架構對記憶體需求龐大，特別是對解析度大的空拍影像來說，GPU 本身多半需要 8GB 以上記憶體才能運行偵測模型。相對而言，YOLOv4 即使是採用 1920×1920 的高解析度模型，記憶體需求也僅需 3GB 以下，目前市面上一般中/低階消費級 GPU 多已配置 4GB 以上記憶

體，可取代昂貴的頂級 GPU，大幅降低系統運行所需的硬體門檻，達到更易於普及的效果。

- 四、支援度高：有鑑於 YOLOv4 是目前全世界最普及的物件偵測架構，無論是軟硬體對該架構的支援，以及未來發展的前景都遠較其他偵測方法具備優勢，有利於後續進一步的維護與改進。

4.3 追蹤軌跡完整度方法評估(進出口區域計算)

在物件偵測上，目前通常會用查準率(precision)、查全率(recall)、mAP(mean Average Precision)等數據來評量客觀的偵測效果。但在連續的軌跡評估方面，則往往遠較物件偵測來的艱難，其主要原因是軌跡包含了太多可考量的要素，例如軌跡的完整程度、軌跡錯誤或失偵的程度、軌跡位置準確的程度等，導致目前已有不下 20 種的軌跡評估計算方式(如表 4.3-1 所示)，但仍無法全面性地評估軌跡抽取結果的好壞。除了評估方式龐雜以外，為了產生物件追蹤所需的車輛位置，更需要大量的人力針對連續畫面中每部車輛位置進行標註，且其標註量明顯遠超過物件偵測所需的單張標註規模。有鑑於現實上評估軌跡的困難度，因此研究團隊希望能在避免過度人力需求的前提下，針對交通運輸的需求提出有效率軌跡評估方法。

由於基於深度學習的單張影像物件偵測結果，通常已具備一定的正確性，加上研究團隊採用的多物體追蹤方法 SORT(Simple Online and Realtime Tracking)，是基於偵測結果的追蹤方法(tracking by detection)，誤偵率、失偵率及位置的精確度通常依賴偵測結果，因此可由偵測結果好壞大致判定其軌跡在誤偵率、失偵率與位置精確度的平均表現。多物體追蹤方法本身影響較大的在於如何匹配各章畫面中的偵測結果，以及如何補償失偵物件在畫面的位置。有鑑於此，軌跡完整度成為一項易於檢測又相對重要的評量標準。研究團隊可以透過檢測同一軌跡在進出口等感興趣區域(Region Of Interest, ROI)時，是否為同一部車輛的比率來判定軌跡本身的完整性，如式(4.3-1)式子所示。其中，實際進出車輛為實際上曾進入且離開路口之車輛；偵測進出車輛則為曾進入且離開路口之偵測軌跡。若該偵測軌跡在進入與離開路口時實際屬於不同車輛、或是不完整軌跡(指僅有進入或僅有離開資訊之軌跡，不包含沒有進入也 沒有離開資訊之軌跡)，則判定其非實際進出車輛。因此，軌跡完整度的分子代表了可偵測出的實際完整軌跡；分母則包含了可偵測出的實際完整軌跡、斷軌及誤交換(switch)的軌跡。

$$\text{軌跡完整度} = \frac{\#(\text{實際進出車輛} \cap \text{偵測進出車輛})}{\#(\text{實際進出車輛} \cup \text{偵測進出車輛})} \quad (4.3-1)$$

表 4.3-1 資訊領域多物件偵測競賽採用的軌跡評估參數

Evaluation Measures			
Lower is better. Higher is better.			
Measure	Better	Perfect	Description
MOTA	higher	100%	Multi-Object Tracking Accuracy (+/- denotes standard deviation across all sequences) [1]. This measure combines three error sources: false positives, missed targets and identity switches.
IDF1	higher	100%	ID F1 Score [2]. The ratio of correctly identified detections over the average number of ground-truth and computed detections.
HOTA	higher	100%	Higher Order Tracking Accuracy [3]. Geometric mean of detection accuracy and association accuracy. Averaged across localization thresholds.
MT	higher	100%	Mostly tracked targets. The ratio of ground-truth trajectories that are covered by a track hypothesis for at least 80% of their respective life span.
ML	lower	0%	Mostly lost targets. The ratio of ground-truth trajectories that are covered by a track hypothesis for at most 20% of their respective life span.
FP	lower	0	The total number of false positives.
FN	lower	0	The total number of false negatives (missed targets).
RcII	higher	100%	Ratio of correct detections to total number of GT boxes.
Prcn	higher	100%	Ratio of TP / (TP+FP).
AssA	higher	100%	Association Accuracy [3]. Association Jaccard index averaged over all matching detections and then averaged over localization thresholds.
DetA	higher	100%	Detection Accuracy [3]. Detection Jaccard index averaged over localization thresholds.
AssRe	higher	100%	Association Recall [3]. TPA / (TPA + FNA) averaged over all matching detections and then averaged over localization thresholds.
AssPr	higher	100%	Association Precision [3]. TPA / (TPA + FPA) averaged over all matching detections and then averaged over localization thresholds.
DetRe	higher	100%	Detection Recall [3]. TP / (TP + FN) averaged over localization thresholds.
DetPr	higher	100%	Detection Precision [3]. TP / (TP + FP) averaged over localization thresholds.
LocA	higher	100%	Localization Accuracy [3]. Average localization similarity averaged over all matching detections and averaged over localization thresholds.
FAF	lower	0	The average number of false alarms per frame.
ID Sw.	lower	0	Number of Identity Switches (ID switch ratio = #ID switches / recall) [4]. Please note that we follow the stricter definition of identity switches as described in the reference
Frag	lower	0	The total number of times a trajectory is fragmented (i.e. interrupted during tracking).
Hz	higher	Inf.	Processing speed (in frames per second excluding the detector) on the benchmark. The frequency is provided by the authors and not officially evaluated by the MOTChallenge.

資料來源： [53]

在物件軌跡追蹤上常用 MOTA（multiple object tracking accuracy）和 MOTP（multiple object tracking precision）共同衡量算法連續追蹤目標的能力，MOTA 多目標追蹤的準確度，體現在將實際車輛數扣除錯誤總次數(包含失偵、誤偵、車輛軌跡交換等)後佔實際車輛數的比例，當沒有任何錯誤時，其值為 1；當錯誤數大於實際車輛數後，其值為負值；而 MOTP 多目標追蹤的精確度，體現在確定目標位置上的精確度，用於衡量目標位置確定的精確程度。然而這樣的評估指標需要非常大量的人工標記資料，通常適合用在資料不變的大型資料庫上做演算法測試，而本計畫需要在多個不同的路口蒐集資料，每個路口的資料都不一樣，導致每換個新路口就必須重新標記，故此指標雖能較好的表現軌跡品質，但人工標記成本較高，不適合資料多變的路口車輛軌跡。

為提升評估效率，且適用於各種的路口環境，本團隊提出一個基於完整軌跡及不完整軌跡比例的評估指標，如圖 4.3-1 所示。先定義好進出口位置後，判斷原始軌跡檔中每條軌跡的第一個位置及最後一個位置是否都在設定的範圍內，若是則為完整軌跡(橘點)，只有其中一個或兩個都不在範圍內則為不完整軌跡(藍點)，起始和結束都在同一個範圍內則為同進同出的不完整軌跡案例(紫點)，指標計算方式如圖 4.3-2，指標範圍為 0~1，最好的情況為所有軌跡都是完整的，指標為 1，反之所有軌跡都為不完整則指標為 0，因影片開頭及結尾的車輛可能本身就為不完整軌跡，故在計算該指標時可以先將影片頭尾 30 秒的軌跡刪除不計算，這樣的指標不需人工標記車輛就能快速評估出軌跡檔的完整性。

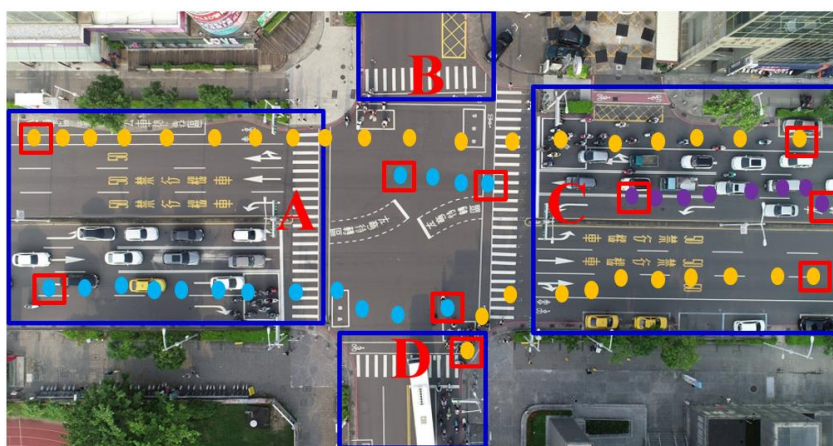


圖 4.3-1 完整與不完整軌跡示意圖

$$\text{軌跡品質指標} = \frac{\text{完整軌跡數}}{\text{不完整軌跡數} + \text{完整軌跡數}}$$

圖 4.3-2 軌跡品質指標公式

根據圖 4.3-2 的軌跡品質指標公式，團隊挑選了包括高雄大同一路_中山一路口、高雄市前鎮區二聖一路_光華二路口、高雄市苓雅區興中二路_中山二路口等三個路口來做軌跡品質的驗證，實驗結果如表 4.3-2，三個路口的軌跡品質指標分別為 0.62、0.68、0.69。

表 4.3-2 軌跡品質指標

	完整軌跡數	不完整軌跡數	總軌跡數	軌跡品質指標
高雄大同一路_中山一路口	1246	775	2021	0.62
高雄市前鎮區二聖一路_光華二路口	1001	477	1478	0.68
高雄市苓雅區興中二路_中山二路口	812	369	1181	0.69

另一方面，由於偵測追蹤不可能取得百分之百的準確結果。因此針對錯誤的軌跡，可能需要提供一個半自動的軌跡校正機制。透過人工指定單張影像上的車輛矩形範圍，以半自動的影像比對技術在相鄰畫面追蹤同一車輛，進而重新修正錯誤或缺少的軌跡資訊。

4.4 Oriented YOLOv4 的偵測實驗測試結果

Oriented YOLOv4 的訓練偵測是於 Ubuntu 16.04 作業系統，搭載 Intel Core i7-8700k，記憶體 32G，顯示卡 NVIDIA GTX1080Ti 11G 的電腦環境下執行，並針對 1920×1080 大小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。部份路口場景如圖 4.4-1 所示，訓練與測試資料中各類別的車種數量資訊如表 4.4-1。



圖 4.4-1 車輛訓練集中的5個路口場景

表 4.4-1 各類別的車種數量

	影像數	行人	自行車	機車	小客車	貨車	大客車	曳引車	拖車	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

在訓練樣本中，由於真實影像中路口大客車、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。

研究團隊比較測試集在這些交通路口的分類情況，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%，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。

表 4.4-2 列出了車輛分類結果的判斷依據，據此可計算查準率(precision)與查全率(recall)。

表 4.4-2 預測對象與結果之排列組合

	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)

$$\text{Precision} = \text{TP}/(\text{TP}+\text{FP}) \tag{2}$$

$$\text{Recall} = \text{TP}/(\text{TP}+\text{FN}) \tag{3}$$

此處以 IoU=0.5 當作閾值，大於此閾值且正確分類為 TP，否則為 FP。表 4.4-3 為各類車種的查全率、查準率與平均查準率(mean Average Precision, mAP)統計結果。其中查全率代表了實際為該車種的車輛中，有多少比例能被偵測分類出來；查準率則代表偵測分類為該車種的車輛中，有多少比例確實是該車種。平均查準率則是代表如果依 IoU 對分類結果進行排行，正確分類者排行偏高的傾向。

以圖 4.4-2 為例，假設 query 1 是小客車，研究團隊將偵測出的車輛結果依信心度由高至低進行排序，結果為 Ranking #1，其中黑色者代表小客車、白色者代表非小客車(可能是貨車或是停車格等無關內容)。則針對小客車的 AP 計算方式為對每部正確偵測出的小客車，依照其排序順位 k，計算前 k 名的小客車查準率。最後將前述的所有查準率取平均值。而 mAP 則為將小客車、貨車、大客車...等每個類別的 AP 值再取平均的結果。因此，若一個方法的偵測結果依信心度排序後，確實能反映出正確者越集中前段時，其 mAP 也會越高。

Mean Average Precision: example

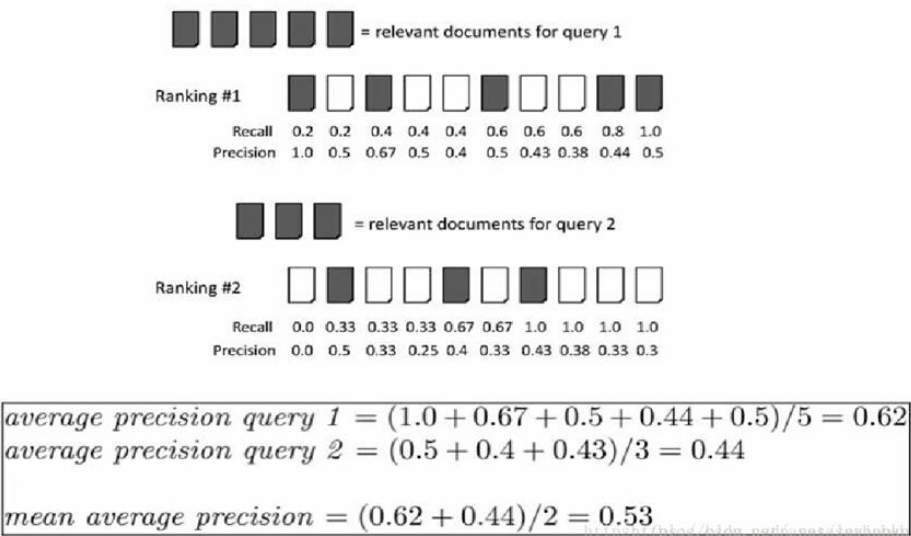


圖 4.4-2 mAP之範例說明

表 4.4-3 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
曳引車	0.973	0.843	0.963
拖車	0.919	0.953	0.952
平均	0.888	0.921	0.920

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%。相較於前期行人與自行車查全率 69.3%與 43%，雖然訓練/測試資料不同(本期訓練資料車輛總數為前期 2 倍以上、測試資料車輛總數為前期 4 倍以上)，但仍可看出明顯的進步差異。此外，聯結車的查全率也有顯著的提升，由 6 成 5 上下普遍超越了九成。另一方面，在查準率上同樣是行人、自行車、聯結車的部分有著較明顯的進步差異。由於本期的影像偵測範圍涵蓋全空拍畫面，而非前期的路口週邊區域，因此事實上在場景複雜度上比前期更加提升。即便如此，在關鍵的行人與少量的自行車、聯結車等車種上，依然有著顯著進步。

表 4.4-4 前期和本期各類車種Recall與Precision結果

	Recall	Precision
行人	0.693 (0.787)	0.776 (0.853)
自行車	0.430 (0.637)	0.50 (0.854)
機車	0.922 (0.937)	0.978 (0.946)
小客車	0.979 (0.974)	0.986 (0.986)
貨車	0.938 (0.962)	0.954 (0.967)
大客車	0.978 (0.912)	0.978 (0.963)
曳引車	0.667 (0.973)	0.769 (0.843)
拖車	0.643 (0.919)	0.75 (0.921)

註：前期為[3]，括弧內為本期結果

表 4.4-5 本期偵測結果之混淆矩陣

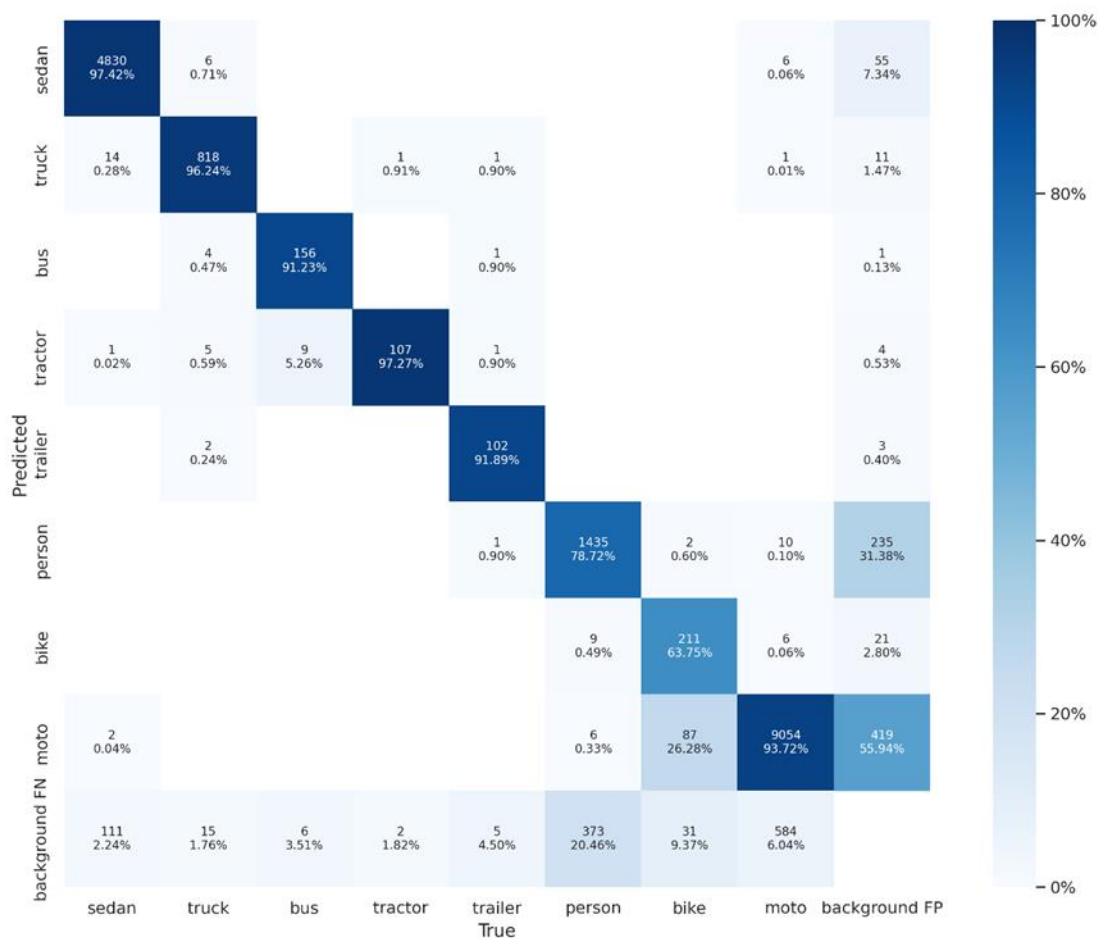


表 4.4-5 為本期單張偵測結果之混淆矩陣，其中，橫軸為實際車種、縱軸為預測車種。最下列為完全未能偵測到之人車數量，較高的是行人(約 20%)與自行車(約 9%)等小型人車。表 4.4-5 最右列為代表將非人車的背景內容誤認為人車的比率，較高的是機車(約 56%)與行人(約 31%)，例如屋簷下的整排機車(因不完整而無法標註，但部分仍被偵測出來)、路樹、地磚、人孔蓋等固定內容，因此實際上大多數誤偵不易產生移動軌跡。

此外，本期偵測情況改善的另一原因是誤分類比例明顯降低，最嚴重的是自行車誤分類為機車，佔自行車整體的 26%。換言之，若不在意機車與自行車區別，或是透過車速來校正誤分類的自行車，則自行車的查全率可由 63.7%來到約 90%。第二高的誤分類情形為有約 5%的大客車被誤分類為曳引車，多起因於大客車剛進入/離開畫面時的小部分車身因為接近方形而被誤認為曳引車。其餘的誤分類情況則都在約 1%以內範圍。

圖 4.4-3 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)、曳引車(水藍框)、拖車(藍框)等七類車輛。



圖 4.4-3 Oriented YOLOv4部分偵測結果

4.5 4K 影像辨識及路段分析可行性初步分析

目前在 Oriented YOLOv4 架構下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(以主流 4K UHD 規格為例，其解析度為 3840×2160)。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。由於目前空拍影片本身會轉換為 10fps，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，但訓練上目前要直接訓練 4K 模型的硬體門檻仍相當高，一個可能取代方法是僅針對行人部分利用 4K 影像辨識。

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，可透過將 4K 畫面切分成左右兩塊的方式，分別以 1920×1920 的 YOLOv4 模型進行偵測，如圖 4.5-1(a)所示。一般來說，四輪車輛甚至兩輪車輛會在橫跨中界時遭遇旋轉框不完整的問題，但行人本身不需太精確的旋轉框，因此只需知道中心點位置加上比例尺換算行人在影像中的大致肩寬，就可取得合理的圓形行人範圍。

如果要以 4K 解析度偵測所有車輛，也可將 4K 畫面切分成左中右三塊 1920×1920 影像的方式，如圖 4.5-1(b)所示。其中，中間影像可分別與左右影像保有 50% 的重疊面積，以保證大客車與聯結車等大型車輛行經左右影像交界時，能由中間影像提供完整的車輛範圍資訊，但由於需將三張影像偵測結果整合為一，再重新透過非極大抑制(Non-Maximum Suppression, NMS)去消除多餘重疊的物件框，因此不可避免地會在重疊區域浪費計算量與記憶體。整體來說，對原生 4K 影像進行偵測具有一定可行性，但不可避免地會在效能上有所犧牲。

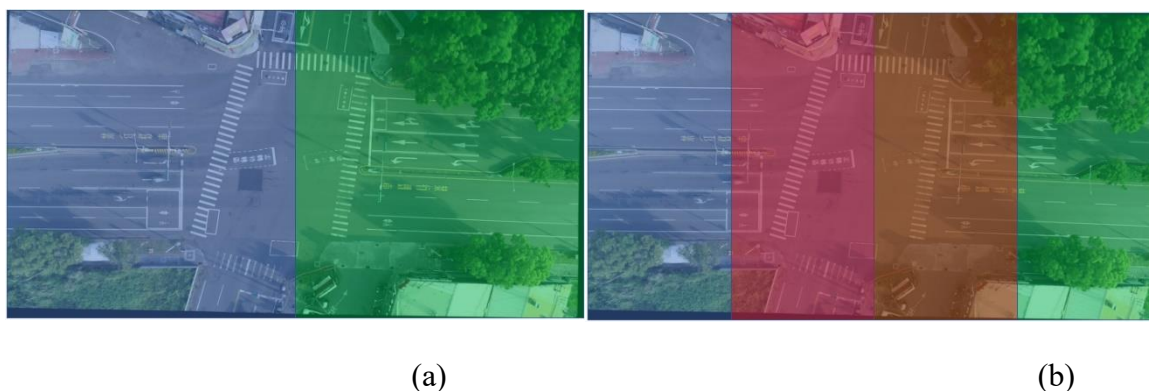
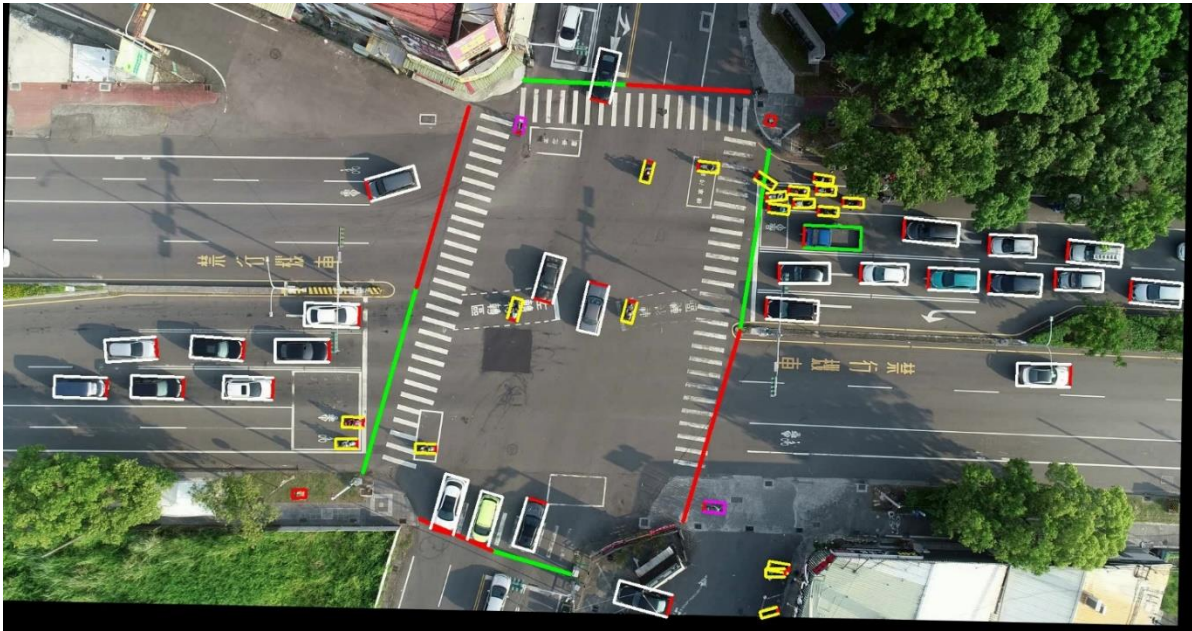


圖 4.5-1 (a)切分為2塊 1920×1920 影像; (b)切分為3塊重疊之 1920×1920 影像

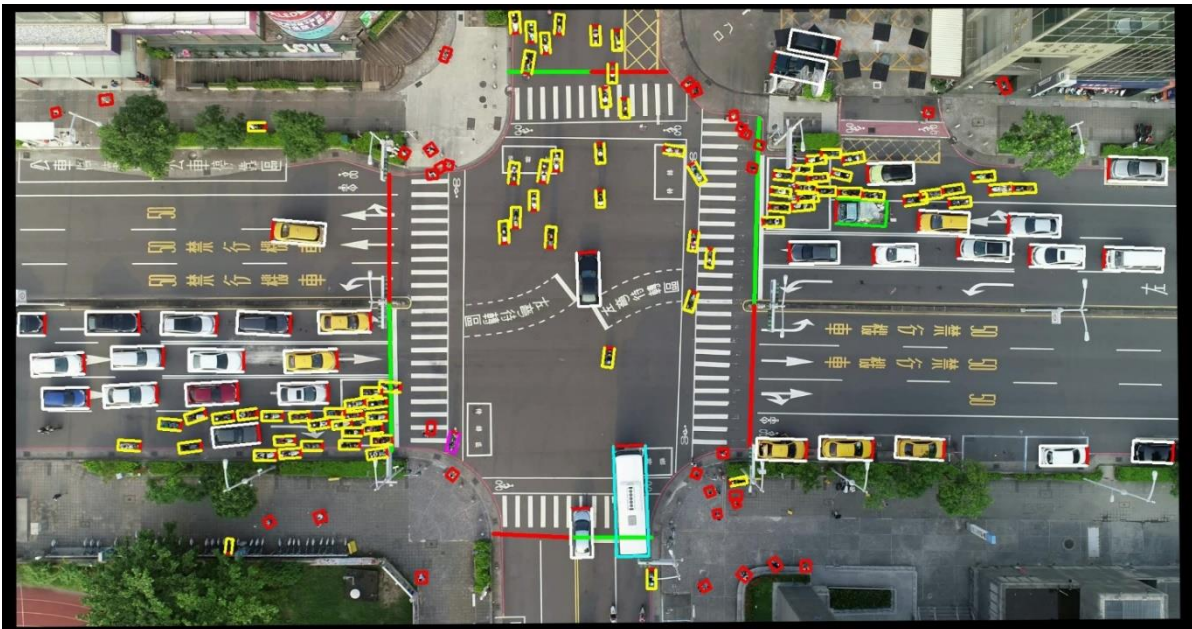
另一方面，雖然前三期研究多以路口為拍攝對象，且深度學習在影像偵測上也幾乎都採用正方形的影像輸入，但目前已確認可以訓練 1920×1920 的模型來處理原生的 1920×1080 影片(上下填充黑邊)。相對於目前路口影片採用之 1024×1024 模型，其主要差異僅在於取像範圍不同，兩者影像中車輛尺寸則完全相同，因此對於處理一般路段應無太大問題。若欲拍攝更長路段，則可能需提高飛行高度拍攝 4K 影像，再透過前述將畫面切分成左中右三塊 1920×1920 重疊影像的方式進行處理。

由於前三期車輛偵測追蹤主要針對正方形路口影像，因此在車輛追蹤上採用了先決定路口範圍(如圖 4.5-2 中綠/紅色線段分別代表進/出路口之邊線)，待車輛經過路口邊線後，再偵測/追蹤路口範圍內車輛的作法，以減少非必要之偵測與追蹤處理。但考量未來可能包含較長的路段分析，加上偵測效能的提升，新系統已改為先直接生成全畫面軌跡，再決定路口範圍之作法，以提高車輛進出口設置上的彈性，避免因使用者需求而設置不同進出口時，需要重覆偵測/追蹤車輛。透過全畫面軌跡資訊，不同使用者可自行劃定欲觀察之進出口邊線，直接在數秒內取得所有進出劃定邊線的軌跡資訊。

圖 4.5-2 為針對 1920×1080 影片進行 Oriented YOLOv4 偵測並以 SORT 方法進行追蹤之初步結果，其中行人、自行車、機車、小客車、貨車與大客車分別以紅、粉紅、黃、白、綠、水藍等顏色框表示，車頭所在邊線則固定以紅色表示。



(a)



(b)

圖 4.5-2 1920 × 1080 影片車輛偵測追蹤結果： (a)雲林縣斗六市大學路三段與中山路
交岔路口; (b)高雄市鼓山區裕誠路與博愛二路交岔路口

4.6 小結

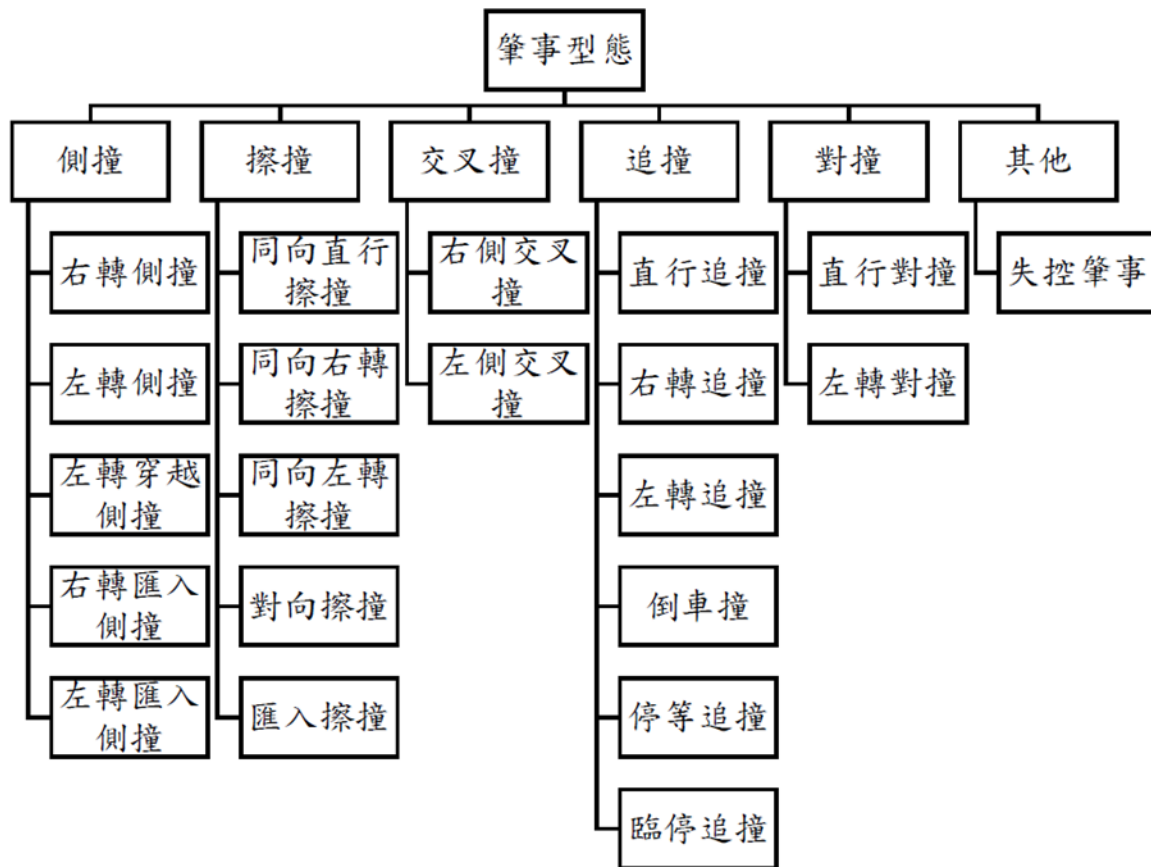
在影像辨識技術方面，本研究團隊目前已初步完成下列工作重點：

- 一、基於 YOLOv4 架構，開發可偵測空拍影像中車輛矩形範圍的偵測技術。
- 二、簡化原系統產出軌跡之流程，可用單一技術偵測包含行人在內的 7 種不同大小車輛，並提供可旋轉之矩形範圍來表示車輛範圍。流程上則由原本先決定路口範圍，再偵測路口範圍內軌跡，改為先直接生成全畫面軌跡，再決定路口範圍。這樣做法有助於簡化流程，避免路口範圍因指定失誤而需重新偵測追蹤。
- 三、目前已完成初步系統實作，可在原生 1920×1080 解析度下偵測與追蹤，產生軌跡資訊。
- 四、車輛的訓練結果基本上不會受路口大小、岔路數等幾何型態差異而有所影響，會受影響的情況主要來自訓練資料中未曾呈現的外觀樣貌，例如：若訓練影像中沒有刨除柏油的施工中路面，那麼遇到施工路面就有可能因完全未曾見過的路面外觀而產生誤偵，這類情況通常可藉由後續訓練影像資料的逐步增加來進一步完善。

第五章 優化交通衝突軟體

5.1 軟體功能優化說明

本計畫以本所 109 年「事故型態導向之路口交通工程設計範例之研究」之 6 大類車輛肇事碰撞類型(如圖 5.1-1)為主，再加入與自行車、行人事故相關碰撞類型，發展及優化交通衝突分析軟體功能，並研擬相關碰撞類型之判斷原則，做為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依據。

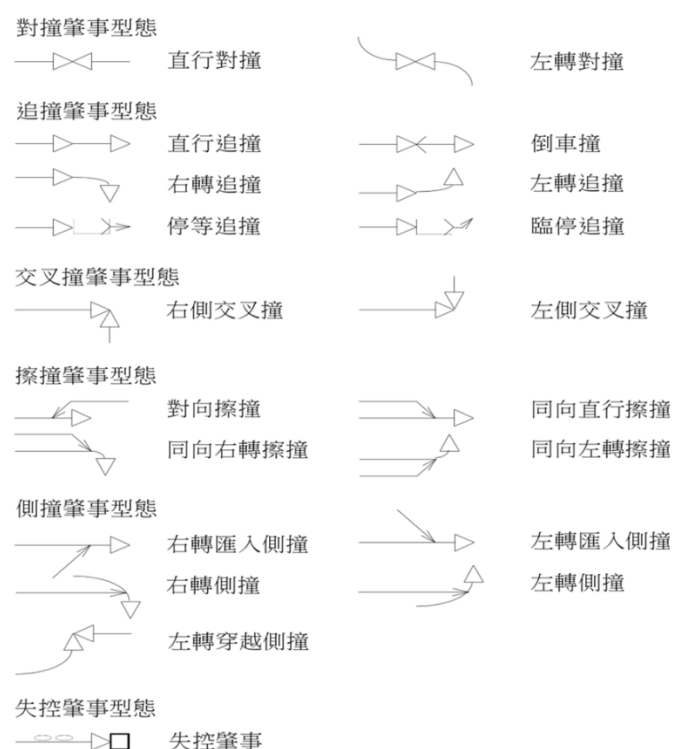


資料來源：[54]

圖 5.1-1 肇事型態分類

前期研究回顧：

首先，前期研究以美國 TCT 觀察人員手冊^[55]分類標準為主、SSAM 分類為輔，建構一套適合國內路口交通衝突之分類方法，涵蓋各種國內常發生的肇事類型。前期研究將分析軟體中的交通衝突類型及圖 5.1-2 之肇事碰撞事故箭頭作對應，發展出 4 大衝突類型如圖：類型 1 為同向衝突，類型 2 為對向衝突、類型 3 為穿越交通衝突、類型 4 為行人相關衝突，並細分為 22 項衝突類別。本計畫之衝突型態分類方式主要參考美國 TCT 觀察人員手冊的衝突類型 1~4，為便於觀察人員於現場觀察車流並進行交通衝突事件的登錄作業，其分類方式是依兩車進入路口之相對臨近方向，其餘類型 5 與 6 為特殊情境，不在本計畫中採用。



資料來源：[54]

圖 5.1-2 肇事碰撞事故構圖箭頭

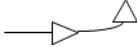
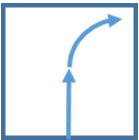
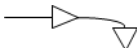
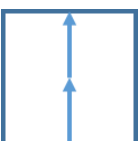
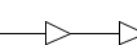
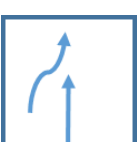
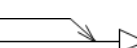
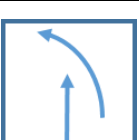
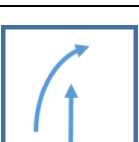
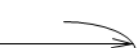
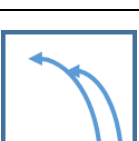
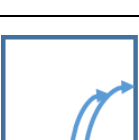
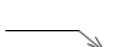


資料來源：[3]

圖 5.1-3 交通衝突類型分類

交通衝突各類別的圖示、定義及對應之肇事型態，統整結果如表 5.1-1 至表 5.1-4 所示。值得注意的是，交通衝突主要是依照兩車的進入路口之臨近方向進行歸類，而國內的肇事型態則有依照二車的進入路口（如同向擦撞、交岔撞）或依照二車的交會點（如左轉穿越側撞）進行歸類，因此兩者的命名方式在部分情況下是有所區別。例如，圖 5.1-2 的左轉穿越側撞，簡圖對應圖 5.1-3 的對向左轉衝突；而圖 5.1-3 另有左轉穿越衝突，簡圖則對應圖 5.1-2 的交岔撞。

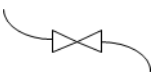
表 5.1-1 同向衝突與對應之肇事型態

	類別	簡圖	定義	對應之肇事型態
1.1	同向左轉跟車衝突		直行車跟隨左轉車時，因左轉車減速或直行車車速過高而產生衝突	左轉追撞 
1.2	同向右轉跟車衝突		直行車跟隨右轉車時，因右轉車減速或直行車車速過高而產生衝突	右轉追撞 
1.3	同向直行減速衝突		直行車跟隨另一直行車時，因前車減速或後車車速過高而產生衝突	直行追撞 
1.4	同向變換車道衝突		變換車道之車輛與另一輛同方向直行車產生衝突	同向直行擦撞 
1.5	同向左轉切入衝突		左轉車動線跨越直行車動線而產生	左轉側撞 
1.6	同向右轉切入衝突		右轉車動線跨越直行車動線而產生	右轉側撞 
1.7	同向兩車左轉衝突		於相近時間自同一路段進入路口二輛左轉車因動線過近而產生	同向左轉擦撞 
1.8	同向兩車右轉衝突		於相近時間自同一路段進入路口二輛右轉車因動線過近而產生	同向右轉擦撞 

資料來源：[3]

註：對應之肇事型態圖例參考自各肇事型態-交通安全工程改善設計範例（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[54]）。

表 5.1-2 對向衝突與對應之肇事型態

	類別	簡圖	定義	對應之肇事型態
2.1	對向左轉衝突		左轉車與對向直行車於相近時間進入路口而使動線可能重疊時產生之衝突	左轉穿越側撞 
2.2	對向偏移衝突		一輛直行車與對向另一輛直行車同時過於靠近中心而產生衝突	對向擦撞 
2.3	對向兩車左轉衝突		二左轉車於相近時間左轉而在路口發生衝突	左轉對撞 
2.4	對向左轉右轉衝突		右轉車與對向左轉車於相近時間轉入同一鄰近路段而產生衝突	無

資料來源：[3]

註：對應之肇事型態圖例參考自各肇事型態-交通安全工程改善設計範例（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[54]）。

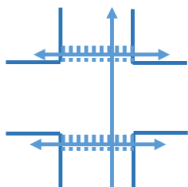
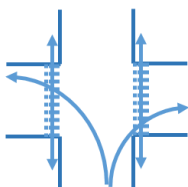
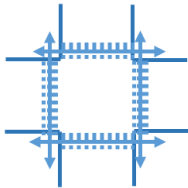
表 5.1-3 穿越交通衝突與對應之肇事型態

	類別	簡圖	定義	對應之 肇事型態
3.1	左轉穿越衝突 (右側)		直行車進入路口時與右方鄰近路段 左轉車產生衝突	右側交岔撞
3.2	右轉穿越衝突 (右側)		直行車進入路口時與右方鄰近路段 右轉車產生衝突	
3.3	直行穿越衝突 (右側)		直行車進入路口時與右方鄰近路段 直行車產生衝突	
3.4	左轉穿越衝突 (左側)		直行車進入路口時與左方鄰近路段 左轉車產生衝突	左側交岔撞
3.5	右轉穿越衝突 (左側)		直行車進入路口時與左方鄰近路段 右轉車產生衝突	
3.6	直行穿越衝突 (左側)		直行車進入路口時與左方鄰近路段 直行車產生衝突	

資料來源：[3]

註：對應之肇事型態參考自各肇事型態-交通安全工程改善設計範例（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[54]）。

表 5.1-4 行人相關衝突與對應之肇事型態

	類別	簡圖	定義	對應之肇事型態
4.1	行人與小型車衝突		1. 各車種直行車或轉向車與橫向行人衝突	無
4.2	行人與機車衝突			無
4.3	行人與其他車輛衝突		2. 各車種轉向車與同向行人衝突	無
4.4	行人與行人衝突		行人與行人衝突	無

資料來源：[3]

註：各肇事型態-交通安全工程改善設計範例[54]並未考慮行人相關衝突。

5.1.1 目前衝突型態分類說明

本計畫整理之衝突型態主要分為四大型態，如圖 5.1-3，分別為「同向衝突」、「對向衝突」、「穿越交通衝突」及「行人相關衝突」，其分類定義如表 5.1-1~表 5.1-4，未來仍將持續檢視調整。

根據衝突判斷總表及衝突角度等資訊，整理衝突型態判斷及出入口對應如表 5.1-5。此分析表以 A 方向進入之第 1 輛車為主，其他由 B、C、D 方向進入之情況均可採用相同之判斷，故在此省略說明。

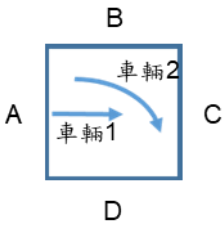
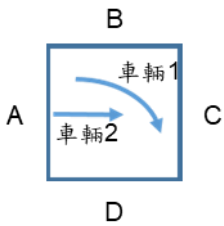
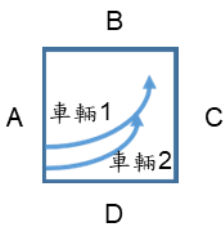
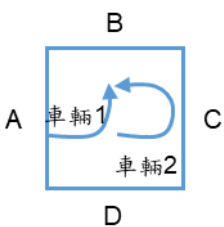
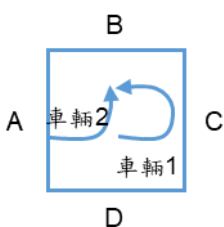
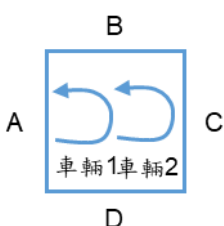
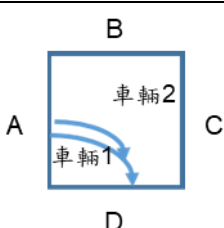
表 5.1-5 衝突型態判斷及出入口對應表

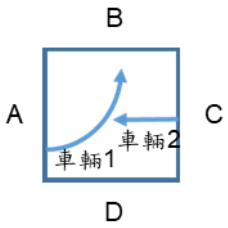
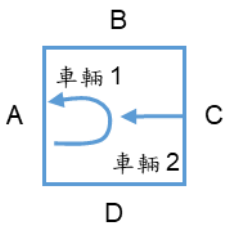
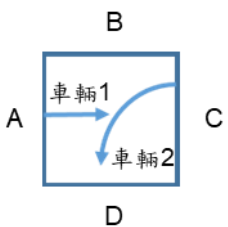
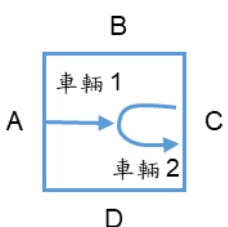
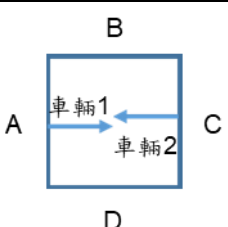
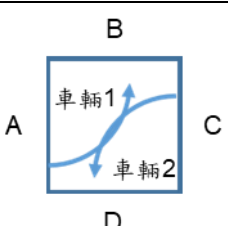
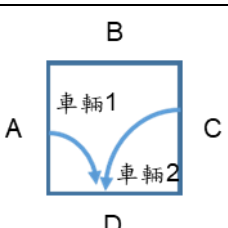
編號	衝突型態名稱	簡圖	衝突判斷方法	車輛 1		車輛 2		衝突角度
				入口	出口	入口	出口	
1.1	同向左轉跟車衝突		同入口方向直行 車與左轉車	A	C	A	B	$0^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$
			同入口方向直行 車與迴轉車	A	C	A	A	
			同入口方向左轉 車與直行車	A	B	A	C	
			同入口方向迴轉 車與直行車	A	A	A	C	
1.2	同向右轉跟車衝突		同入口方向直行 車與右轉車	A	C	A	D	$0^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$
			同入口方向右轉 車與直行車	A	D	A	C	

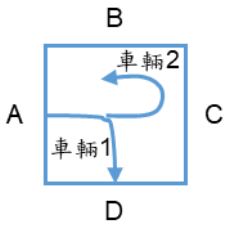
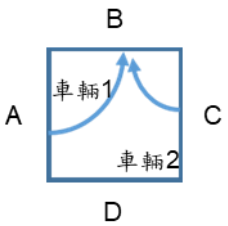
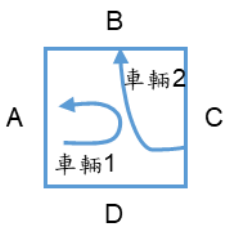
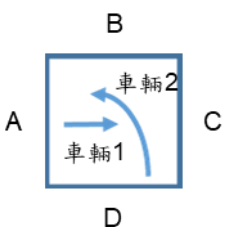
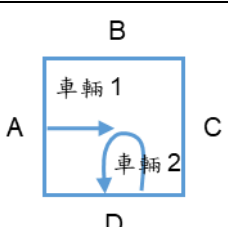
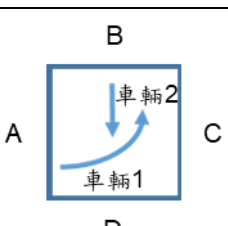
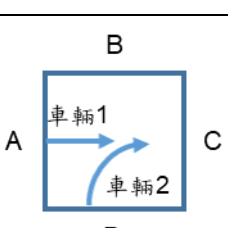
(續下頁)

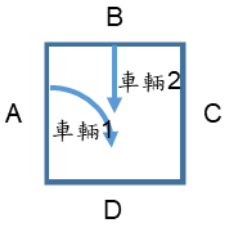
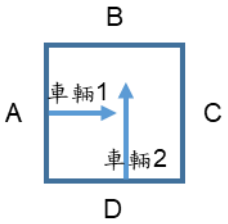
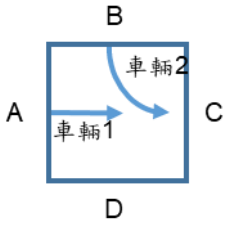
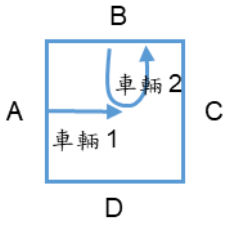
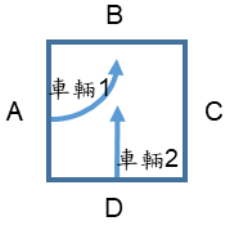
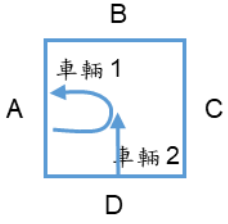
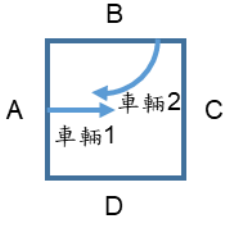
1.3	同向直行減速衝突		同入口方向直行 車與直行車	A	C	A	C	$0^\circ \leq \theta$ $\leq 30^\circ$
1.4	同向變換車道衝突		同入口方向直行 車與直行車 發生變換車道衝突	A	C	A	C	$30^\circ < \theta$ $\leq 85^\circ$
1.5	兩車左轉切入衝突		同入口方向直行 車與左轉車	A	C	A	B	$30^\circ < \theta$ $\leq 85^\circ$
			同入口方向直行 車與迴轉車	A	C	A	A	
			同入口方向左轉 車與直行車	A	B	A	C	
			同入口方向迴轉 車與直行車	A	A	A	C	

(續下頁)

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 5.1-6。

表 5.1-6 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

(續下頁)

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

肇事型態是反映交通事故現場的肇事分類記錄，而交通衝突則是可能發生交通事故的前兆。由以上之說明可得知，衝突類型、碰撞構圖之對應肇事型態兩者的出發點並不相同，可能無法直接一一對應。因此，本計畫將持續檢視衝突型態之分類方式，嘗試彙整衝突類型、碰撞構圖之對應肇事型態分類表，並於分析軟體提供使用者查詢。

5.1.2 兩段式左轉之衝突型態分類修正

目前軟體以車輛進出口之方式，判定車輛屬於左轉或是直行。若為兩段式左轉，因車輛會先直行再左轉，行為上實則為兩個直行，如圖 5.1-4，由 A 方向進入後，再兩段式左轉至 B 方向，但軟體易將該類衝突，判斷為左轉之相關衝突。

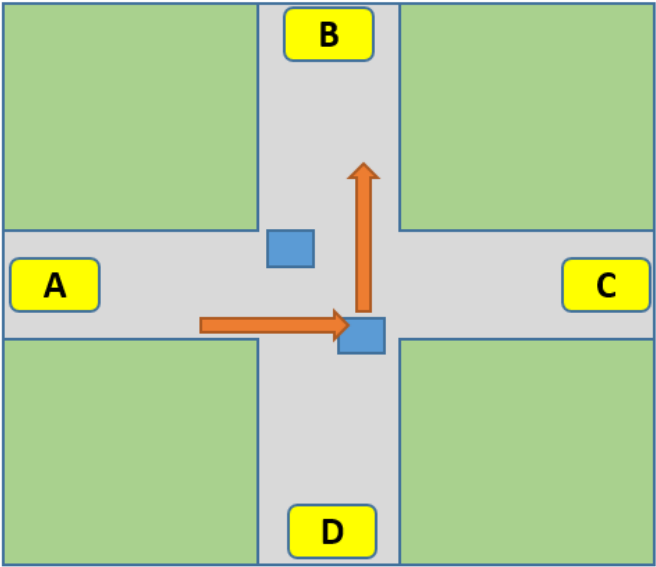


圖 5.1-4 兩段式左轉示意圖

為了改進上述判斷差誤情形，首先，需在軟體內勾選該路口之各個方向的車道屬性，是否需要兩段式左轉（如圖 5.1-5）。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 5.1-6 說明。

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：

2

圖 5.1-5 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 5.1-6 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，再挑出含有機車且機車行進方向為左轉的衝突事件。例如：C 方向有勾選機慢車兩段式左轉，則挑出包含機車且進入方向為 C 與離開方向為 D 之衝突事件。

最後，根據挑出的衝突事件判斷兩車的衝突角度，修正原始的衝突型態。當衝突角度 $0^\circ \leq \theta < 30^\circ$ 時，把原有衝突型態，修改為【1.3 同向直行減速衝突】；當衝突角度 $\theta \geq 30^\circ$ 時，則修改為【1.4 同向變換車道衝突】。此類方式的修正，可改進目前軟體兩段式左轉誤判之衝突型態，以提高後續的統計與分析之正確性。

5.1.3 衝突型態分類建議

- 一、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、行人衝突等細節，建議後續進一步納入考慮，調整衝突類型及其判斷邏輯。
- 二、回顧國外文獻，大多將交通衝突分為跟車衝突、變換車道衝突、穿越衝突、匯入衝突等數大類，未再細分。本計畫之衝突類型後因期望與肇事型態對應，而因肇事型態相當複雜，最後發展出約 20 類的衝突類型。衝突類型較多可能容易有界定不明確或計算誤判的情形，建議在考慮國內常見的衝突或肇事型態的情況下，將衝突類型適度簡化。

5.2 軟體功能擴充及優化說明

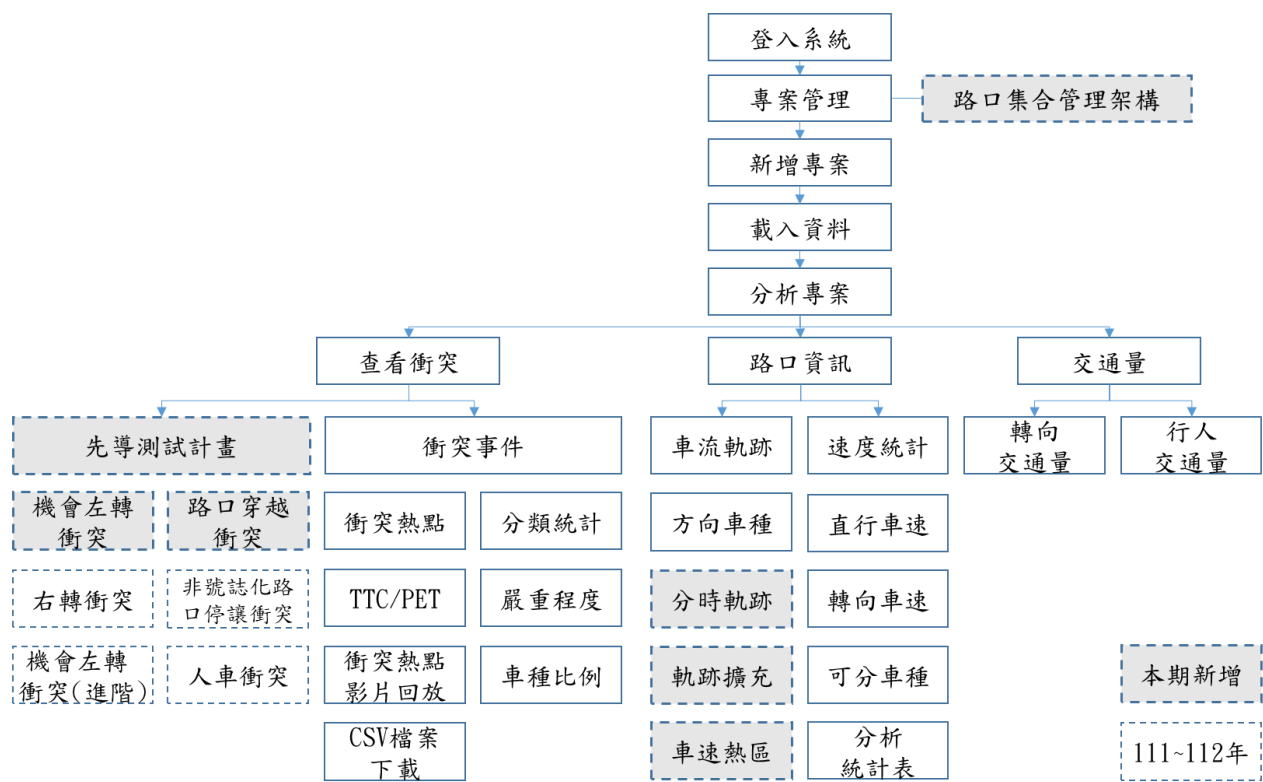


圖 5.2-1 分析軟體功能整理

本計畫持續發展平台軟體功能，提供更多、更有用的工具，來輔助查看各式衝突成因，協助判斷路口風險。前期研究之分析軟體已具備許多功能，如圖 5.2-1，實線方框表示已具備之功能模組，虛線方框則為規劃中功能；目前已支援之功能包括衝突分析、路口資訊統計、交通量分析等主軸，衝突分析中可察看衝突事件詳細資訊，並提供檔案下載；衝突熱點則以 TTC、PET 衝突點為主，繪製衝突熱點密度圖，以視覺化方式顯示衝突熱區，並提供衝突熱點影片索引回放功能，可直接點選衝突點進行衝突事件經過之影片回放，快速掌握衝突成因。此外，提供各式衝突統計圖表，包括以嚴重程度顯示路口衝突數量、以車種分類顯示衝突比例等；路口資訊統計功能可提供車流軌跡及速度統計圖表，車流軌跡可選擇車種及行進方向繪製軌跡，最多一次可繪製 3 條軌跡線；速度統計圖表部分，則可提供直行車速、轉向車速，且可分車種繪製速度折線圖，並提供各方向及車種之速度統計表，掌握路口人車行為與速度表現之關聯；交通量分析則提供轉向交通量及行人交通量統計表。

本期因應先導測試計畫需求，針對機會左轉衝突及路口穿越衝突，設計路口分析設定工具，可進行如停止線、車道數量及路口中央位置等區域設定，提供衝突分析所需參數。同時，為利於平台分析使用，研究團隊將系統操作架構變更為以路口為專案核心，發展路口集合管理架構，將同一個路口匯整於一個專案中，利於直接觀測分析，也讓整個平台在進行路口分析時能更快速且便利。此外，因應分析及觀測需求，本期新增車速熱區繪製功能，對於整體車輛行為、路口車速表現、高速區域、低速區域等有更全面且視覺化的深入了解，並升級車流軌跡繪製功能，提供更多軌跡方向，並能察看不同時間區段之軌跡，以利觀察機會左轉或穿越衝突等潛在成因，才能提升數據分析結果，從文字及數字中跳脫出來，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，俾利改善路口安全。

一、配合先導測試計畫需求-設計分析工具：

本期因應先導測試計畫之需求，包括機會左轉衝突及路口穿越衝突之分析，設計路口視覺化設定工具，提供使用者可進行相關設定，如停止線、出口線位置設定，車道線、車道屬性設定，以及路口中央位置設定等，並可匯出相關座標與數據參數，結合衝突分析演算法，產出分析結果。本期已完成衝突分析演算法與設定工具的可行性驗證，並設計相關圖表，以利衝突分析使用。



圖 5.2-2 先導測試計畫衝突分析設定工具

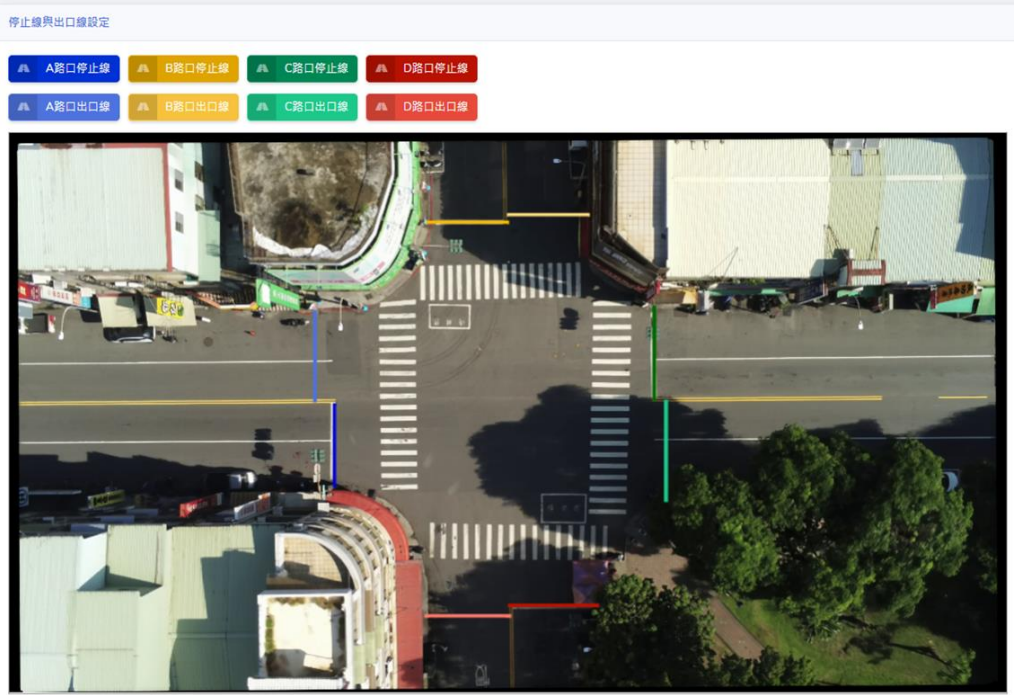


圖 5.2-3 設定停止線與出口線

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：

2

線號由內往外設定，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 5.2-4 設定車道數與車道屬性

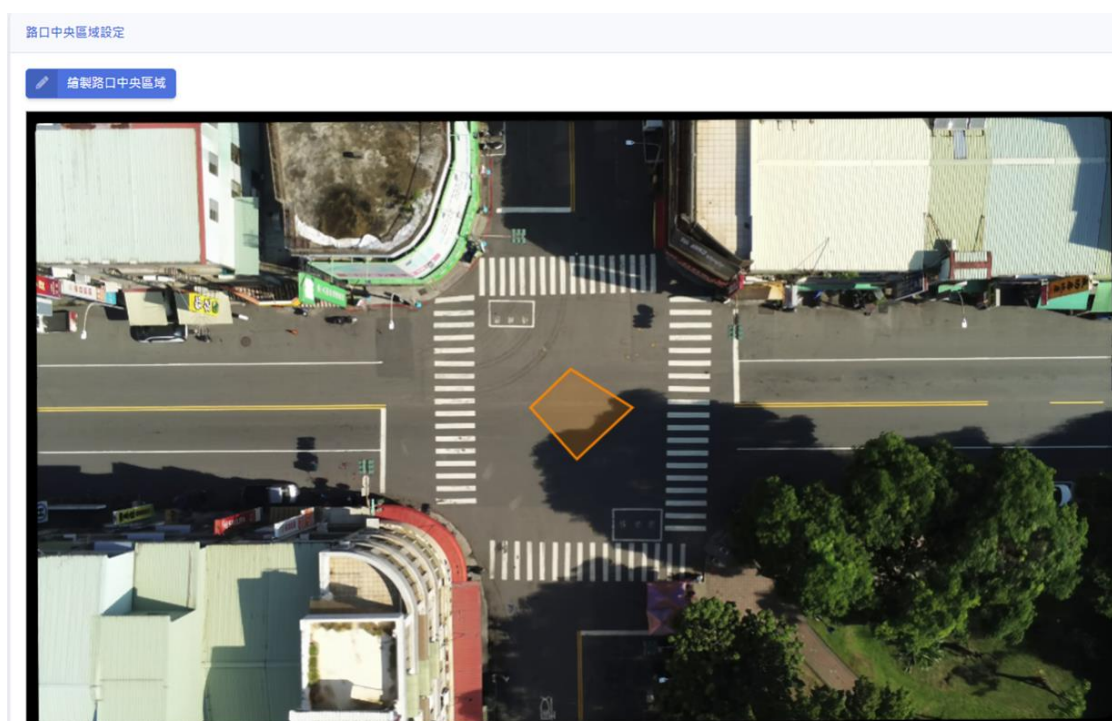


圖 5.2-5 設定路口中央位置

二、專案管理架構升級-路口集合管理架構：

前期以專案為主體的分析軟體，查找時需使用專案名稱，稍有不便。為了優化各路口專案查找方式與優化軟體操作介面，並配合後續資料庫檔案管理之規劃，本期將各個專案，分別以各縣市交岔路口歸類。使用軟體時，以路口為主，專案為輔，使用者僅需點選欲查找的縣市路口，進而列出該路口相關專案分析紀錄，可便於使用者查找單一路口時，觀看不同時間點之專案衝突分析數據。

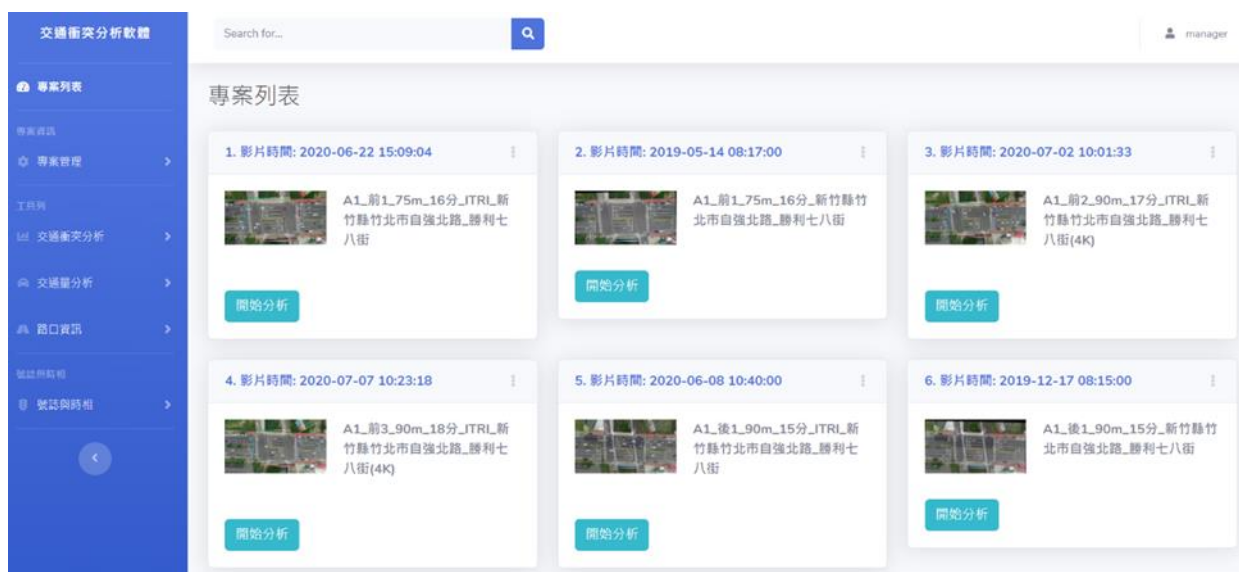


圖 5.2-6 前期專案列表



圖 5.2-7 本期專案以路口架構管理



圖 5.2-8 專案資訊-清楚顯示每個路口名稱與影像資料數量

專案資訊

臺北市
共 13 筆影像資料

松山區 光復北路 與 松山區 健康路
共 2 筆影像資料

影像資訊表

每頁顯示 10 筆 搜尋:

編號	範圍	影像名稱	拍攝時間	比例尺	最後更新時間	管理功能
119		(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1A架次 最後更新時間 2021-09-08 11:38:25	2021-08-20 17:50:39	0.0621	2021-09-08 11:38:25	管理清單
120		(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1B架次 最後更新時間 2021-09-08 11:38:34	2021-08-20 18:14:38	0.0634	2021-09-08 11:38:34	管理清單

顯示 1 到 2 筆 / 共 2 筆 前一頁 1 下一頁

圖 5.2-9 專案資訊-路口專案影像資訊列表

依據上圖點選欲觀測之專案影片，進入後則可進行該路口各項分析，包括衝突事件表與統計摘要、車流特性、衝突熱點 TTC/PET、交通量調查-車輛轉向與行人、路口軌跡、行向速度、速度 HeatMap 圖等功能，以下僅就今年新增之功能說明，軟體詳細使用說明請參考附錄 E 分析軟體操作手冊。

專案資訊

臺北市
共 13 筆影像資料

松山區 光復北路 與 松山區 健康路
共 2 筆影像資料

2021-08-20 17:50:39
(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1A架次

衝突事件表
與 統計摘要

車流特性

衝突熱點
TTC/PET

交通量調查
車輛轉向 與 行人

路口軌跡

行向速度

速度 HeatMap

圖 5.2-10 專案分析功能列表

三、 車流軌跡繪製功能升級：

由於前期僅提供 3 條軌跡線，且無法分時間區段繪製軌跡。本期將原有繪製的數量上限，從 3 條提昇至 10 條。每一條軌跡線都可以選擇行進方向與車種，讓使用者根據需求動態調整。並提供使用者更大的彈性，亦可自行選擇時間起始和結束時間進行軌跡繪製，例如可選擇全部時段，或搭配號誌時間來設定起訖時間進行軌跡繪製，以利觀察完整時相的車流軌跡變化。

另外，本年度已新增號誌時相及秒差功能，未來可將分析結果按號誌時相加
以分類並輸出，例如輸出之車流軌跡合理性可搭配號誌時相逐一呈現，以了解衝
突情形。

車流軌跡繪製

軌跡線設定

請輸入繪製影片區間：☒全部 或 ☐起訖 0 秒 ~ 360 秒

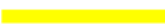
	路口: A	進路口	左轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: A	進路口	直行	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: A	進路口	右轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: B	進路口	左轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: B	進路口	直行	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒ 貨車	☒ 大客車	☒ 聯結車
	路口: B	進路口	右轉	☒ 全選	☒ 自行車	☒ 機車	☒ 小客車	☒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

圖 5.2-11 軌跡線設定行進方向與車種，並選擇繪製時間區間

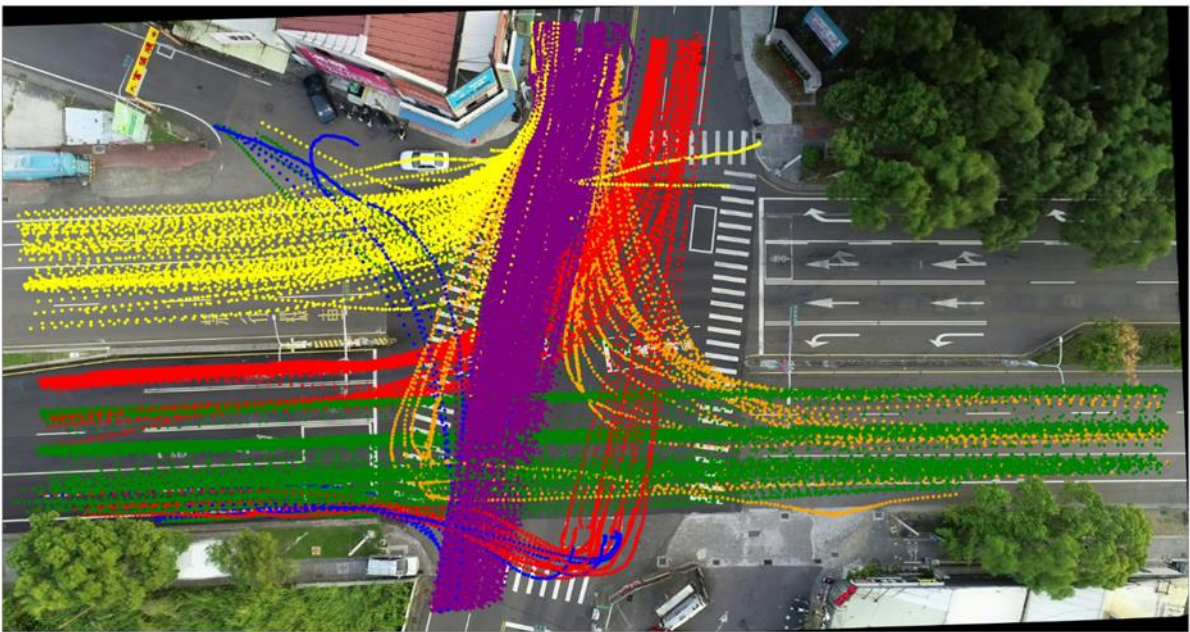


圖 5.2-12 升級車流軌跡繪製

分析軟體可依據實際需求進行各種參數設定，甚至可以單獨繪製機車的軌
跡，觀察其動線是否合理。如下圖即為 C 方向左轉之機車，可以發現有些機車
並未依循兩段式左轉的規定，直接進行左轉。



圖 5.2-13 機車左轉之車流軌跡繪製

四、車速熱區功能：

為優化軟體功能，本期新增車速熱區(Speed HeatMap)繪製，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、配色區間、車種、進出口方向及時間範圍等(如圖 5.2-14)，並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。

篩選條件設定

速度區間： km/h ~ km/h 配色區間： km/h ~ km/h

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

圖 5.2-14 車速熱區篩選條件

以下說明計算方法，此功能在計算速度時，如圖 5.2-15，由於同一輛車的軌跡會有多個瞬時速度，影像中的像素只要有車輛經過都會有一個值，若有多台車經過同一點，會計算所有通過該點的平均速度。當車輛 ID=1，在時間 t=3 與 t=4 有重複經過的像素，所計算出來的平均速度為 $(6+8)/2=7$ 。另外，將計算出來的平均速度，根據速度區間正規化處理至 0~1 後，乘以 255，取得速度的配色繪製。例如：速度區間為 0~20 kph，繪製速度為 7kph，繪製顏色數值為 $(7-0)/(20-0)*255$ ，預計採用 Colormap Jet 的顏色分布圖，藍色為 0，紅色為 255，如圖 5.2-16。

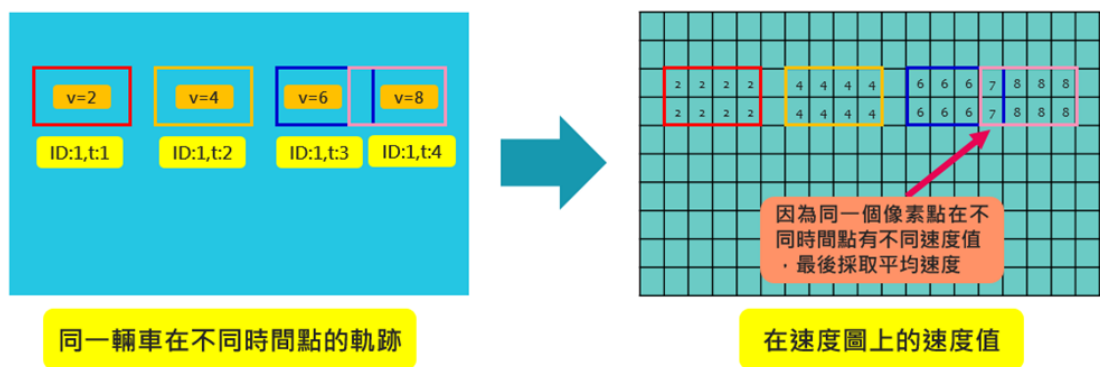


圖 5.2-15 Speed HeatMap 平均速度計算說明



圖 5.2-16 Colormap Jet

下圖 5.2-17 為 Speed Heatmap 範例圖，測試路口為臺北市松山區光復北路及健康路，該圖顯示所有車種、速度區間 0~100 km/hr、配色區間 0~60 km/hr 及所有進出口方向，並將影片時間設定為 0~120 秒的速度熱區分布狀態。另外，配色區間的設定與速度區間不同，是為了讓超過 60km/hr 速度的數值都以紅色來呈現，利於觀察超速現象。

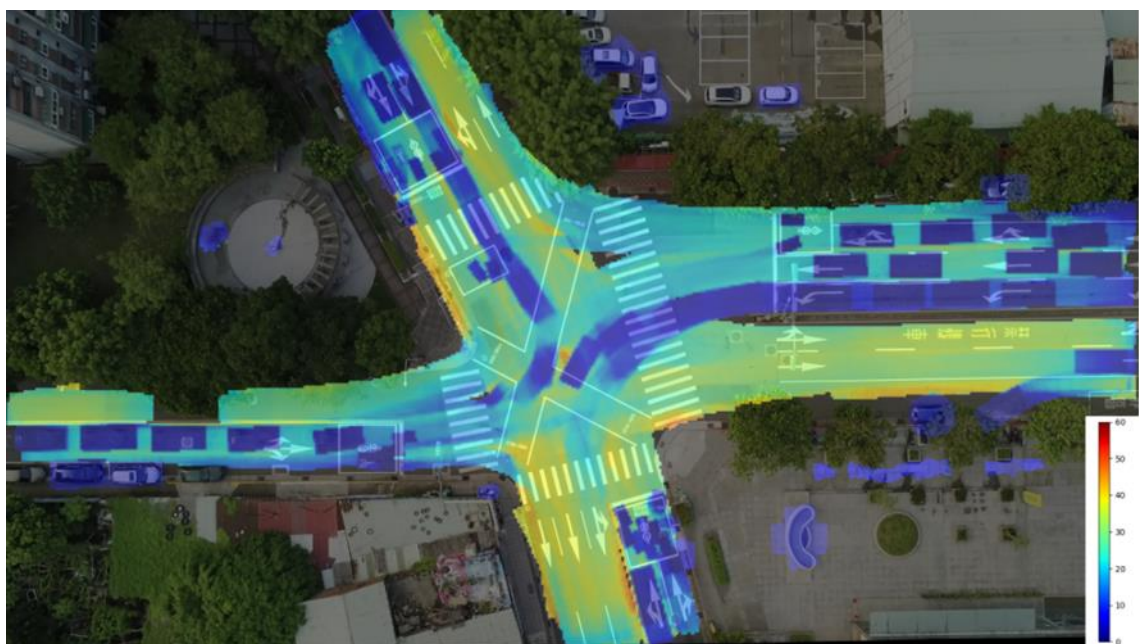


圖 5.2-17 臺北市松山區光復北路及健康路之速度 Heatmap 圖例

5.3 資料庫檔案管理規劃

本計畫自 107 年起利用人車流動空拍影像軌跡擷取進行路口影像分析，隨著研究的深入及功能擴充，所拍攝之路口影片日積月累已有相當規模，因此今年度針對數據資料匯集管理，規劃創建遙控無人機探勘道路交通流動之資料庫，包括影像、軌跡數據、應用情境分析用數據(如車種、速度、TTC、PET 等)等，統一管理路口影片以及相關分析資料，以下介紹資料庫檔案管理規劃。

- 一、權限管理：建立使用者 ID，並設定唯讀、可存取等權限管理。
- 二、資料庫結構管理：依照年份、縣市名稱、鄉鎮及路口名稱、拍攝時間、架次等條件予以歸類，如圖 5.3-1 所示，例如 108 年拍攝之雲林縣大學路三段與中山路口，依照檔案架構，則為【FY108】→【雲林縣】→【雲林縣斗六市大學路三段_中山路】→【10810151715】→【A 架次】。
- 三、檔案管理：每個飛行架次之路口資料夾中有各式數據資料檔案，包括空拍影片(4K 原始檔案、HD 分析用影片及軌跡分析結果影片)、車流軌跡檔案(CSV 檔案)、交通衝突分析結果檔案(SSAM 產出之衝突事件表-CSV 檔案)、衝突熱點圖檔(TTC/PET 衝突熱點圖)、路口底圖(去除車輛之路口底圖 jpg 檔案)

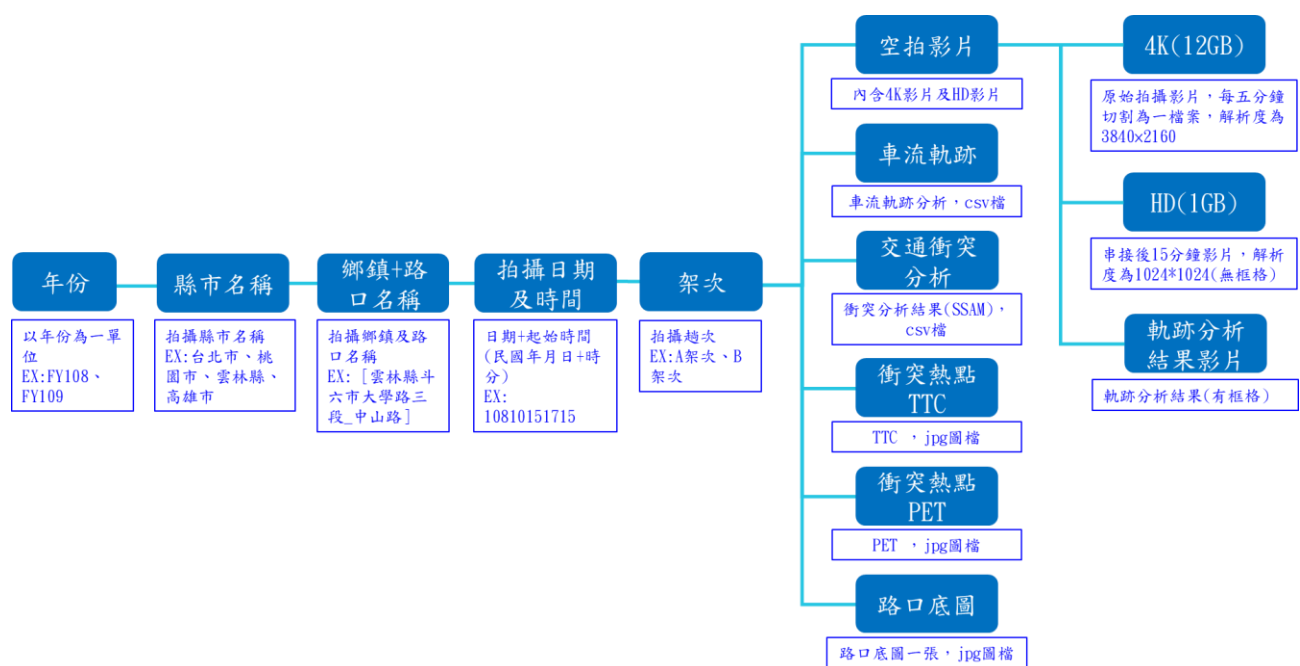


圖 5.3-1 資料庫結構示意圖

依上述規劃，今年度完成以 FTP 檔案傳輸管理伺服器做為無人機路口空拍影像分析之資料庫匯集管理方案(如圖 5.3-2)，迄今運作順暢，並可依權限設定開放給不同機關單位使用，未來 111~112 年規劃可持續遵循此模式，進行遙控無人機探勘道路交通流動資料庫匯集管理。

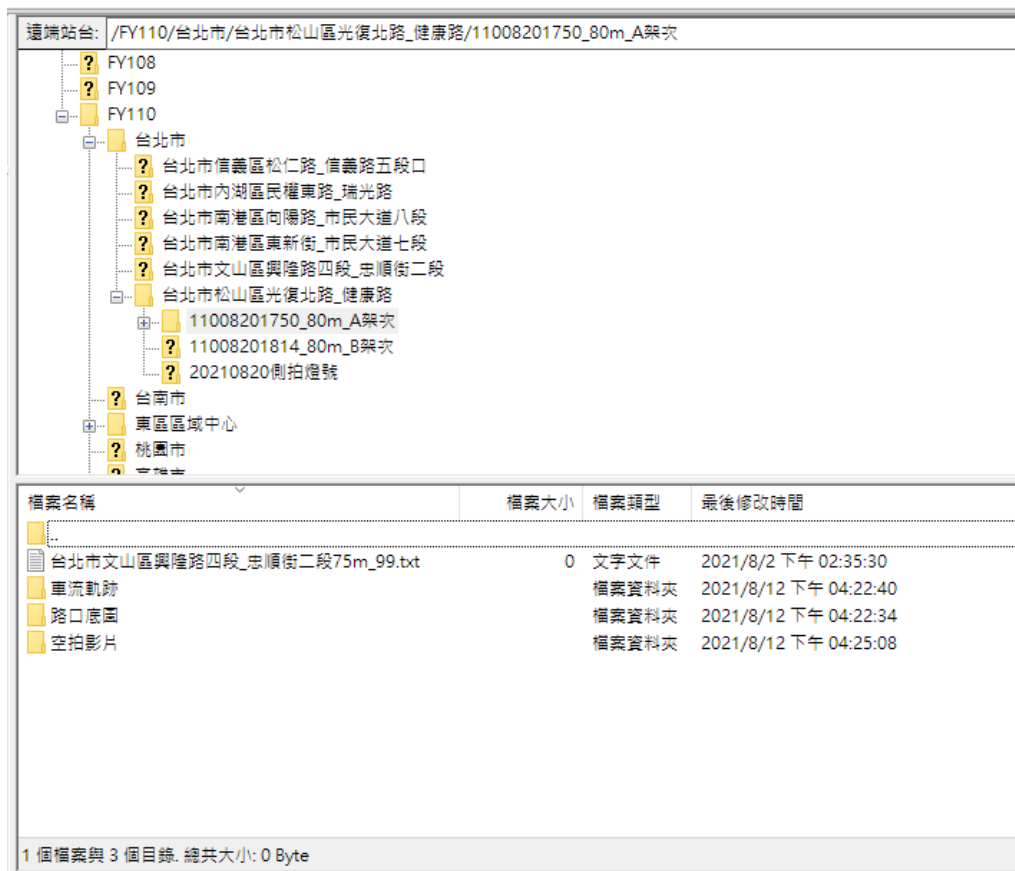


圖 5.3-2 資料庫示意圖

5.4 軟體後續經營模式規劃

本計畫所產出之軟體屬本案研究成果，後續關於「營運模式」或「經營模式」等詞將改採用「推廣應用模式」進行說明，避免產生涉及相關商業行為之誤解。

5.4.1 與道路管養機關合作

研究團隊於本年度(110 年)軟體推廣對象含道路養管機關、學術單位、交通顧問工程公司、區域運輸發展研究中心、交通工程技師公會等，並於 110 年 4 月 23 日召開「結合空拍影像與 AI 辨識技術於道路交通安全之先導測試計畫應用情

境盤點」專家學者座談會，邀請推廣對象進行第一次互動說明，調查後續合作意願結果顯示，6都、公路總局及「東部區域運輸發展研究中心」皆有合作意願。110年先與臺北市交通管制工程處、桃園市交通局、臺南市交通局、高雄市交通局合作，進行易肇事路口與先導測試計畫之交通分析(相關路口請參考表 5.4-1)。除此之外，與「東部區域運輸發展研究中心」及「台灣世曦工程顧問股份有限公司」合作，研究團隊提供無人機空拍影像蒐集程序供參考，期望建立合作單位可獨立提供分析影片之可行性程序，透過與道路管養機關合作，驗證所開發之交通分析功能是否合用，並將過程中之討論意見列為後續改善方向。

表 5.4-1 110年合作機關路口列表

編號	縣市	路口	交通情境分析
1	臺北市	信義區五段、松仁路	易肇事路口
2	桃園市	新中北路、榮民路、榮民南路	
3	臺南市	中正南路、中華路口	
4		公園南路、公園路口	
5	臺北市	信義區五段、松仁路	先導測試計畫
6		興隆路四段、忠順街二段	
7		光復北路、健康路	
8		市民大道七段、東新街	
9		市民大道八段、向陽路	
10	高雄市	青年路二段、建國路三段	
11		經武路、博愛路	
12		中山一路、大同一路	
13		七賢一路、七賢二路、中山一路	
14		二聖二路、復興三路	
15		瑞隆路、瑞福路	
16		二聖一路、光華二路	
17		興中二路、中山二路	
18		青年路、文衡路	

5.4.2 探討軟體後續推廣應用模式

規劃軟體後續推廣應用模式，主分三大主軸：

一、軟體推廣試用與教育訓練

本軟體於 110 年度已提供試用帳號予本次合作易肇事路口計畫與先導測試計畫之合作機關，包含臺北市交工處、桃園市交通局、臺南市交通局、高雄市交通局及臺灣大學許添本教授實驗室(軟體推廣使用數目為 5)，透過實際使用後蒐集軟體試用意見回覆單，進行軟體改善之參考。

期末於 110 年 10 月 29 日辦理成果說明暨教育訓練，共計有 97 人參與(線上參與為 58 人)，後續若有興趣使用之道路養管機構、交通顧問公司、學校單位等，亦可透過本所之同意授權，由研究團隊提供免費試用分析軟體版本、相關軟體使用手冊、無人機空拍影像蒐集建議程序文件，並提供單一技術窗口供有興趣之單位進行諮詢服務，初步擬定軟體推廣試用申請作業程序 SOP 如圖 5.4-1。

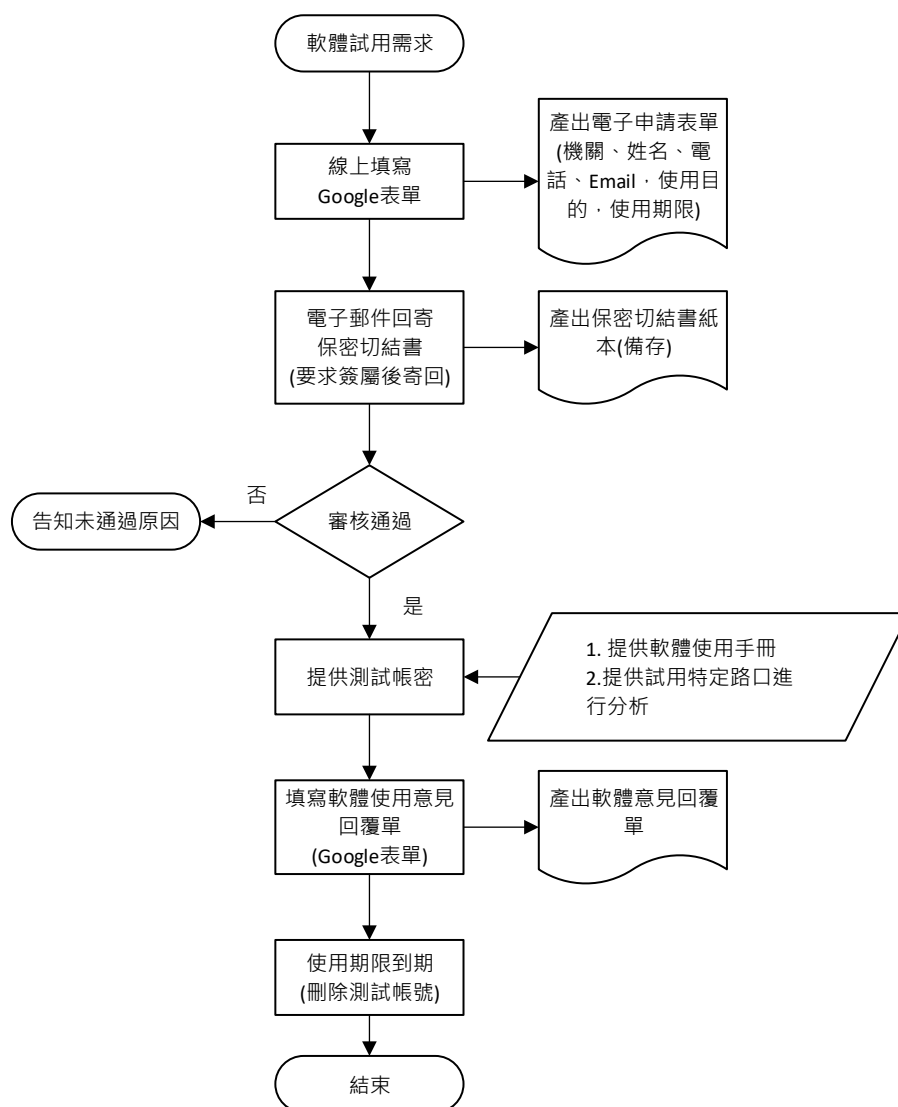


圖 5.4-1 軟體推廣試用申請程序SOP圖

二、軟體推廣服務模式

初步規劃軟體推廣服務模式說明如下：

(一) A 服務模式(免費推廣使用)

基於對外軟體推廣為目的，針對試用目標單位如地方政府機關、學術單位、工程顧問公司、運輸區域中心、交通工程技師公會等，可透過線上申請，提供軟體試用帳號、軟體使用手冊，進行登入軟體試用特定路口之交通軟體分析功能。若試用單位期望分析歷年建置之專案路口，可透過向研究團隊提出申請需求後，研究團隊進行徵詢合作之地方政府同意後，再提供具權限之使用帳號。

本模式免費推廣服務僅只於本計畫案之專案期程時間內，專案截止後即終止此免費推廣服務。

(二) B 服務模式(自提無人機影像方案)

使用單位可依據建議之無人機空拍蒐集程序資料，進行自提無人機影像方案，研究團隊收件取得無人機影像後進行無人機影像晃動校正、AI 影像偵測與追蹤之軌跡檔產出，並於分析軟體上建立專案，使用單位即可針對該路口案例進行相關交通衝突軟體功能分析。

此模式支援使用單位自行匯出完整交通物件軌跡檔案 CSV(物件長度、寬度、角度、車速、超車種、衝突座標點、進出方向)，供後續加值之交通分析。

因本模式服務已超出本計畫案之研究範疇，例如額外支出之人事管銷費、設備器材使用費、電力支出雜支費等，係屬外界委託業主與研究團隊之間之服務行為，不納入本案甲方與乙方之工作項次，以避免不必要之商業責任與行為。

(三) C 服務模式(無人機代飛方案)

使用單位可委託研究團隊進行無人機代飛服務，含飛行場域評估、飛航活動許可申請、無人機保費申請、民航局核證之飛手及觀測手服務，提供早上下午尖峰時段各 2~3 趟次之無人機空拍執行。研究團隊收件後完成無人機影像蒐集後，進行無人機影像晃動校正、AI 影像偵測與追蹤之軌跡檔產出，並於分析軟體上建立專案，使用單位即可針對該路口案例進行相關交通衝突軟體功能分析。

此模式除支援使用單位自行匯出完整交通物件軌跡檔案 CSV(物件長度、寬度、角度、車速、超車種、衝突座標點、進出方向)外，亦提供飛行場域評估報告書、飛行活動申請書、飛行保險保單、遙控無人機飛行前後 360 度檢查表、遙控無人機任務檢查表、及無人機空拍影片等資料與檔案。

因本模式服務已超出本計畫案之研究範疇，例如額外支出之無人機飛手勤務費、保險費、申請場域等人事管銷費、設備器材使用費、電力支出雜支費等，係屬外界委託業主與研究團隊之間之服務

行為，不納入本案甲方與乙方之工作項次，以避免不必要之商業責任與行為。

(四) D 服務模式(完整交通衝突分析方案)

使用單位可全程委託研究團隊進行無人機代飛服務、AI 影像分析、交通專家判讀等服務。研究團隊收件後將進行無人機影像蒐集相關工作、無人機影像晃動校正、AI 影像偵測與追蹤之軌跡檔產出、分析軟體上建立專案、及後續交通專家判讀服務。

此模式可提供文件與分析資料含：飛行場域評估報告書、飛行活動申請書、飛行保險保單、遙控無人機飛行前後 360 度檢查表、遙控無人機任務檢查表、無人機空拍影片、軌跡檔案 CSV、及交通衝突專家判讀報告等資料。

因本模式服務已超出本計畫案之研究範疇，例如額外支出之無人機飛手勤務費、保險費、申請場域等人事管銷費、交通專家分析費、設備器材使用費、電力支出雜支費等，係屬外界委託業主與研究團隊之間之服務行為，不納入本案甲方與乙方之工作項次，以避免不必要之商業責任與行為。

(五) 客製服務模式(依據需求客製整入縣市機關平台系統)

試用單位如需客製開發分析模組並整入既有平台系統，研究團隊可提供軟體客製服務模式，提供多元及整合一致性之服務需求。

因本模式服務已超出本計畫案之研究範疇，例如額外支出之軟體開與介接平台費用，係屬外界委託業主與研究團隊之間之服務行為，不納入本案甲方與乙方之工作項次，以避免不必要之商業責任與行為。

表 5.4-2 分析軟體推廣服務模式表

項次	服務	項目	工作 天數	A 模式 (免費)	B 模 式	C 模 式	D 模 式
1	交通衝突軟體服務	衝突事件表與統計摘要	D+1	※	※	※	※
		衝突熱點(衝突型態篩選、速度過濾、影片回放)					
		路口軌跡繪製(時間、進出口、行駛方向、車種)					
		速度熱區圖(時間、進出口、車種)					
		服務人力費	D+2		※	※	※
		服務電腦設備費					
2	AI 影像分析服務	服務電腦設備費	D+5		※	※	※
		產出軌跡檔服務人力費					
3	無人機服務	飛行場域評估服務人力費	D+25			※	※
		飛航活動申請服務人力費					
		無人機保險費					
		飛手代飛服務人力費 (含飛手、觀測手、無人機設備費、通勤費)					
		空拍影片提供服務人力費 (早上下午尖峰各 2~3 趟次，每趟次約 15 分空拍影片)					
4	交通專家判讀服務	交通衝突點分析服務人力費	D+5				※
		車流軌跡合理性分析服務人力費					
		超速情形分析服務人力費					
		停等區溢出分析服務人力費					
		標線及空間使用分析服務人力費					

D：提供軟體試用日期

三、落地先導測試實驗計畫

110~112 年每年建立 2 項先導測試計畫，與實驗場域機關進行深度合作，提供無人機空拍委託服務(含飛行場域可行性評估、無人機空拍服務、飛行地點保險投保服務、飛行活動申請服務)、AI 影像分析服務、交通情境軟體服務(與機關深度合作先導測試情境分析所需之路口資訊，進行完成情境設計規劃、交通軟體分析輸出數據報告)及專家認證與建議服務(提供交通研究單位之分析報告建議)。

四、未來定位與公開資料分享

本分析軟體未來定位為模組化開發交通衝突情境分析工具，透過推廣與宣導與各縣市交通局、區域運輸研究發展中心、顧問公司、技師公會、及學術單位進行交流與合作，期望串聯起上、中、下游之交通安全需求、分析、改善之合作生態鏈。

本計畫所蒐集之各縣市空拍影像、AI 產出之軌跡檔案、交通衝突事件 CSV 檔案、申請使用軟體帳號等需求，研究團隊皆樂意公開相關資訊供交通研究參考。唯蒐集資料來源屬公共場域路口，具機敏性考量，後續將再與本所研討合宜方法後再提供。

5.4.3 111 年推廣應用模式研提構想

111 年推廣應用模式研提構思如下，期望訂定推廣評量指標，進行效果定義之依據：

一、建立試辦服務網站或聯絡窗口服務機制，進行績效指標統計(與本所討論合宜做法)

111 年與本所討論合宜作法，規劃試辦服務網站或採用聯絡窗口服務機制，提供軟體試用程序說明、試用保密切結說明、推廣應用模式服務說明、線上教學影片觀看等功能。

該試辦服務網站或聯絡窗口服務機制進行相關推廣績效統計，譬如使用次數、軟體試用帳號申請次數、使用問題提問次數、軟體使用意見回饋回

填次數、訓練影片觀看次數、期末教育訓練場次出席人次、各應用模式成功合作件數等。

二、與地方機關進行落地性合作

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項先導測試計畫與4個易肇事路口交通衝突分析，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，精進軟體試用性，並由道路管理機關實務使用及了解該軟體功能細節。

三、與交通工程改善單位合作

各縣市交通工程顧問公司與交通工程技師公會為專業之交通安全落地改善關鍵夥伴，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。

第六章 先導測試計畫

107-109 年研究計畫^{[1][2][3]}以無人機探勘道路交通流動資訊所完成的交通衝突分析工具，能分析路口的整體交通安全風險，可運用於交通工程改善效益的評估。本計畫進一步檢視並盤點此探勘技術於交通安全應用情境，針對交岔路口中發生頻率較高的碰撞型態進一步研發分析技術，並透過先導測試計畫與地方機關合作，以期能跟交通應用端建立合作橋梁，推廣並使此新型分析技術落地化。

本章參考 109 年所盤點之交通應用情境及本所之意見需求，透過既有的交通事故及肇因統計資料及國內相關文獻，綜整有需要進一步探討的路口交通安全應用情境，再透過舉辦專家座談會，尋求專家的意見及地方機關的需求和合作意願，訂定 110-112 年之先導測試計畫的內容及優先順序。

6.1 綜整研提交通安全應用情境

過去的易肇事路口改善地點多著重事故件數之減少，以總事故件數做為判定易肇事地點的依據，而非著重改善特定事故型態。因此本節將依各縣市的多事故路口的碰撞類型與可能肇因進行分析，草擬「實驗情境清單」，以交通安全應用情境做為特定事故型態的分析對象。

6.1.1 路口碰撞類型與可能肇因

根據內政部警政署之定義，路口中常發生之碰撞可依「路口肇事型態」分為以下四大類：

- 一、路口側撞：車輛於路口轉向過程中（不含變換車道）與其他直行車發生撞擊之情況。
- 二、路口同向擦撞：幾近於平行之兩股車流中車體側面部位及車頭與車體側面相撞（含變換車道）。
- 三、路口交岔撞：專指發生於路口內兩不同方向（對向除外）車輛直線通過路口時之撞擊情況。
- 四、路口追撞：同方向行車，後車車頭部位撞及前車車尾部位。

本計畫進一步參考「道安資訊查詢網」及「各縣市高事故風險路廊（路口）優先改善計畫」等資料，將肇事型態詳細劃分各項肇事因素，以釐清路口之風險情境。上述各項路口肇事型態的可能肇事因素歸納如下：

一、路口側撞

- (一)左轉彎未依規定。
- (二)未注意車前狀況，此處指一車輛擬左轉彎、另一車輛擬直行，其中任一方未注意而發生碰撞。
- (三)未依規定讓車，此處指轉彎車未讓直行車。
- (四)違反號誌管制或指揮，係指違反號誌或違反轉彎號誌燈號指示。
- (五)違反特定標誌（線）禁制，標誌定義為文字或圖案繪製之標牌、標線為路面或其他設施上劃設之線條、圖形或文字。

二、路口同向擦撞

- (一)右轉彎未依規定。
- (二)變換車道未依規定。
- (三)未注意車前狀況，此處指一車輛擬右轉彎、另一車輛擬直行，其中任一方未注意而發生碰撞。
- (四)未保持行車安全間隔，此處指車輛在變換車道時，未保持適當間距。
- (五)爭道行駛，此處指車道數相同時，左方車不讓右方車先行。

三、路口交岔撞

- (一)號誌化路口
 - 1. 違反號誌管制或指揮，此處所指違反號誌管制係指闖紅燈或搶黃燈。
 - 2. 未依規定減速。
- (二)非號誌化路口
- (三)未依規定讓車，此處泛指支線道車未讓幹線道車、少線道車未讓多線道車先行、左方車未讓右方車先行。
- (四)未依規定減速。

四、路口追撞

- (一) 未注意車前狀況。
- (二) 未保持安全行車距離，此處指行駛間未與前車保持適當之安全距離。
- (三) 變換車道或方向不當。

本計畫採國內 21 個縣市（連江縣除外）的多事故路口之相對嚴重指標 CBI 值前 10 名碰撞類型的主、次可能肇因，資料來源為參考道安資訊查詢網 109 年度的統計資料。CBI 值為特定時間內、特定空間的交通事件數與死傷人數的加權平均值，納入事故嚴重程度考量。參考道安資訊查詢網，CBI 的計算定義為： $CBI(\text{指標合值}) = SRI(\text{相對頻率指標值}) + SSI(\text{相對嚴重度指標值})$ ；SRI：案件數/最高案件數；SSI：EPDO/最大 EPDO 值；EPDO(事故當量) = 30 日死亡人數 $\times$ 9.5 + 受傷人數 $\times$ 3.5 + 案件數。以臺北市為例，多事故路口之名稱與碰撞類型及可能肇因如表 6.1-1。

表 6.1-1 臺北市多事故路口之名稱與碰撞類型及可能肇因

臺北市						
路口碰撞型態	路口號誌及道路型態	路口名稱	CBI 排 序	肇事原因		
				主因	件數	次因 件數
路口側撞	號誌化非四岔路口	(北投區)台2乙、立德路、大度路二段	2	違反號誌管制或指揮	8	未注意車前狀況 4
	號誌化四岔路口	(中山區)台2甲、民權東路一段、民權西路	6	未注意車前狀況	6	未依規定讓車 3
	號誌化四岔路口	(文山區)辛亥路六段、辛亥路七段、縣106	7	未依規定讓車	8	左轉彎未依規定 3
路口同向擦撞	號誌化四岔路口	(大同區)西寧北路、鄭州路	1	未注意車前狀況	7	右轉彎未依規定 4
	號誌化四岔路口	(中正區)景福門圓環、信義路一段	5	右轉彎未依規定	6	未注意車前狀況 6
	號誌化四岔路口	(中正區)市民大道二段、市民大道一段、台1甲	8	右轉彎未依規定	6	未注意車前狀況 5
	號誌化四岔路口	(中山區)建國北路二段、民權東路二段、建國北路三段、民權東路三段	10	右轉彎未依規定	6	未注意車前狀況 3
	---	---	---	---	---	---
路口交撞	---	---	---	---	---	---
路口追撞	號誌化四岔路口	(大同區)承德路二段、民權西路、承德路三段	3	未注意車前狀況	9	未保持行車安全距離 2
	號誌化四岔路口	(北投區)福國路、承德路六段	4	未注意車前狀況	10	未保持行車安全距離 2
	號誌化四岔路口	(大同區)延平北路三段、民權西路、臺北大橋機車專用道	9	未注意車前狀況	3	未保持行車安全距離 1

根據前述 21 個縣市的多事故路口的碰撞類型與可能肇因分析，共整理出四大「衝突態樣」，以下分別進行說明。

- 一、機會左轉：泛指在沒有保護左轉的情況下，左轉彎的汽機車與對向直行車發生的衝突行為。
- 二、待轉區分流：泛指任何與機車停等區有關之行為，包含機車於停等區造成的回堵追撞或轉彎碰撞。
- 三、變換車道：泛指任何車輛進行變換車道的行為，此處亦包含右轉彎與直行車輛發生之碰撞型態。
- 四、路口穿越：泛指當車輛超越「停止線」後，於路口中發生碰撞之情況。

針對上述四項衝突態樣的說明，參依照先前有關碰撞類型的分類及可能的對象與肇因，並參考「各縣市高事故風險路廊(路口)優先改善計畫」、「混合車流情境之機車交通安全工程設計方法研究」、各縣市政府網站、交通部道路交通安全督導委員會「交通安全入口網」等相關資料來源，初步將國內各縣市道路路口的交通衝突事件，分為：I-A、I-D、II-B、II-C、III-D、IV-B、IV-C 共 7 個「實驗情境」，相關細節如表 6.1-2 所示。

表 6.1-2 實驗情境分析矩陣表

衝突態樣 對象 肇因 碰撞類型		I. 路口側撞	II. 路口同向擦撞	III. 路口交叉撞	IV. 路口追撞
A. 機會左轉	汽車對汽車 汽車對機車 機車對機車	1. 未注意車前狀況 2. 未依規定讓車 3. 左轉彎未依規定 4. 違反特定標誌(線)禁制	---	---	---
B. 待轉區分流	汽車對機車 機車對機車	---	1. 變換車道或方向不當 2. 未注意車前狀況	---	1. 未注意車前狀況
C. 變換車道	汽車對汽車 汽車對機車 機車對機車	---	1. 未保持行車安全間隔 2. 未注意車前狀況 3. 右轉彎未依規定 4. 違反特定標誌(線)禁制	---	1. 未注意車前狀況 2. 未保持安全行車距離
D. 路口穿越	汽車對汽車 汽車對機車 機車對機車	1. 未依規定減速 2. 違反號誌管制或指揮 3. 未依規定讓車	---	1. 違反號誌管制或指揮 2. 未依規定讓車 3. 未注意車前狀況 4. 未依規定減速 5. 起步未注意其他車(人)安全 6. 違反特定標誌(線)禁制	---

根據表 6.1-2所列示的實驗情境分析表，本計畫進一步針對路口管制方式及道路型態，並參考相關交通事故CBI值的結果，據以研析優先進行調查的「實驗情境」清單建議，號誌化四岔路口之實驗情境如表 6.1-3、非號誌化四岔路口之實驗情境如表 6.1-34。當中為了排序出情境分析的優先順序，本計畫提出以「CBI標準化值」，將全國各縣市十大風險路口的CBI值加以標準化後進行比較及排序。CBI標準化值的計算方式係以「序位法」、將各項肇因的CBI排序加總除以個數並取其平均值後，再除以所涉及的縣市個數。因此某項肇因的CBI值標準化之後愈低，則代表事故的重要性愈高，其實驗情境排序愈前面。以號誌化四岔路口中I-A、左轉彎未依規定的「實驗情境」為例，所涉及的縣市共有21個、路口數共計46個，將該46個路口之CBI排序加總為269，故標準化值為： $269 \div 46 \div 21 = 0.28$ 。另外，根據目前可以取得的事實資料，皆無標註事故發生時的路口管制型態，因此僅能將路口分為號誌化、非號誌化兩大類，無法進一步區分是否為特種閃光號誌。

表 6.1-3 號誌化四岔路口之實驗情境清單

實驗情境 優先順序	實驗情境	可能肇因	CBI 標準化值
1	I-A	左轉彎未依規定	0.28
		未依規定讓車	0.28
		未注意車前狀況	0.29
		違反特定標誌(線)禁制	0.64
2	I-D	未依規定讓車	0.28
		違反號誌管制與指揮	0.43
		未依規定減速	3.38
3	II-C	未注意車前狀況	1.00
		右轉彎未依規定	1.28
		未保持行車安全間隔	1.83
		違反特定標誌(線)禁制	2.00
4	II-B	未注意車前狀況	1.00
		變換車道或方向不當	3.17
5	III-D	未依規定讓車	1.19
		違反號誌管制或指揮	1.22
		未注意車前狀況	1.67
		違反特定標誌(線)禁制	2.75
		起步未注意其他車(人)安全	4.00
6	IV-C	未注意車前狀況	1.20
		未保持行車安全距離	2.50
7	IV-B	未注意車前狀況	1.20

表 6.1-4 無號誌化四岔路口之實驗情境清單

實驗情境 優先順序	實驗情境	可能肇因	CBI 標準化值
1	III-D	未依規定讓車	0.60
		未依規定減速	1.22
		未注意車前狀況	1.36
		違反特定標誌(線)禁制	7.00
2	I-A	未依規定讓車	2.00
		左轉彎未依規定	2.00

另外，行人相關之交通事故數與死傷人數佔全部交通事故不足 10%，無法以上述之 CBI 排名顯示其重要性。惟車輛與行人之事故也是國內所重視的議題之一，因此將「人車衝突」以外加方式納入至實驗情境中。

連同表 6.1-3及

表 6.1-4之7個情境，共8個實驗情境，於110年4月23日舉行專家學者座談會，邀請地方機關及專家就這8個情境提供意見，會議紀錄如附錄A。

6.1.2 交通安全應用情境

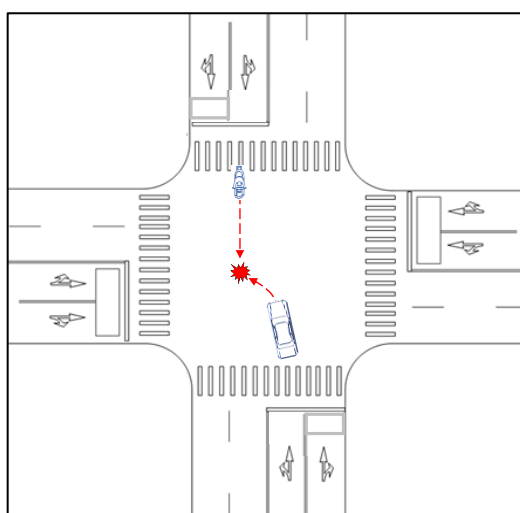
在專家座談會中，聽取各界的意見後，發現部分實驗情境可進一步合併，而「機會左轉」情境所描述之左轉車輛與對向直行車輛發生的肇事型態，為國內最嚴重的情況之一，或許衍生出左轉車輛與對向直行車輛以外的多種其他事故，因此加入「機會左轉（進階分析）」應用情境。最後，提出 6 個先導測試計畫之交通安全應用情境，包括：機會左轉、路口穿越衝突、右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突、機會左轉（進階分析）、人車衝突，見表 6.1-5、圖 6.1-1。

表 6.1-5 先導測試計畫之交通安全應用情境

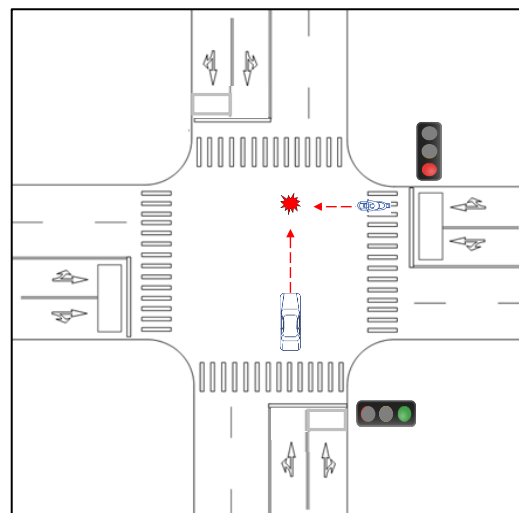
建議優先順序	交通安全應用情境	問題描述	對應肇事型態 ¹	可能肇因 ²
1	機會左轉	沒有保護左轉時相情況下，左轉車與對向直行車之衝突問題	左轉穿越側撞	1. 未依規定讓車 2. 未注意車前狀況 3. 違反特定標誌(線)禁制 4. 左轉彎未依規定
2	路口穿越衝突	於號誌化路口，車輛搶黃燈、闖紅燈、或綠燈未亮前起步，或清道時間秒數不足，導致與橫向來車發生之穿越衝突	交岔撞	1. 未依規定減速 2. 違反號誌管制與指揮 3. 未依規定讓車
3	右轉衝突	在靠近停止線處，右轉車輛未能靠右行駛，造成與直行車流之衝突	右轉側撞	1. 未注意車前狀況 2. 未保持行車安全間隔 3. 違反特定標誌(線)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
5	機會左轉（進階分析）	「機會左轉」延伸的次要衝突： ● 左轉車輛停等導致其上游車流變換車道產生衝突 ● 直行車輛減速導致其上游產生衝突 ● 兩車同時左轉產生之衝突	對應之衝突 ● 同向直行擦撞 ● 同向直行追撞 ● 同向左轉擦撞	1. 變換車道或方向不當 2. 未保持行車安全距離 3. 爭（搶）道行駛 4. 左轉彎未依規定 5. 未注意車前狀況
6	人車衝突	車輛與穿越道路中之行人所發生之衝突	人車碰撞	1. 未依規定禮讓行人

註：¹ 對應肇事型態：參考各肇事型態-交通安全工程改善設計範例之對應肇事型態。

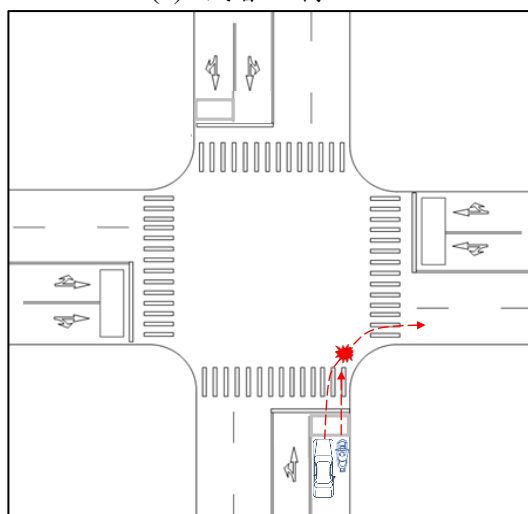
² 可能肇因：參考道安資訊查詢網之可能肇事原因。



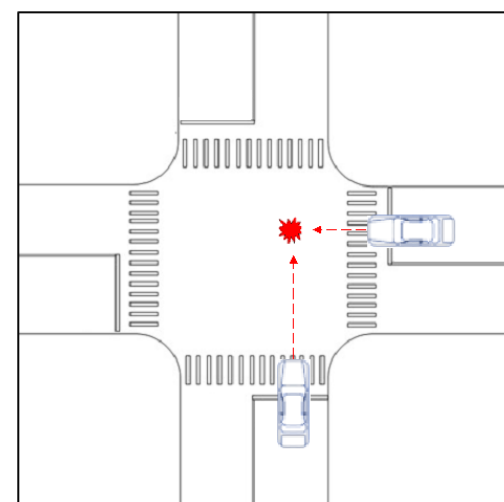
(a) 機會左轉



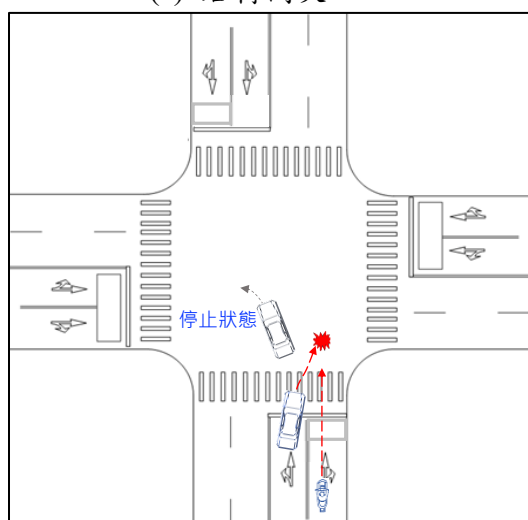
(b) 路口穿越衝突



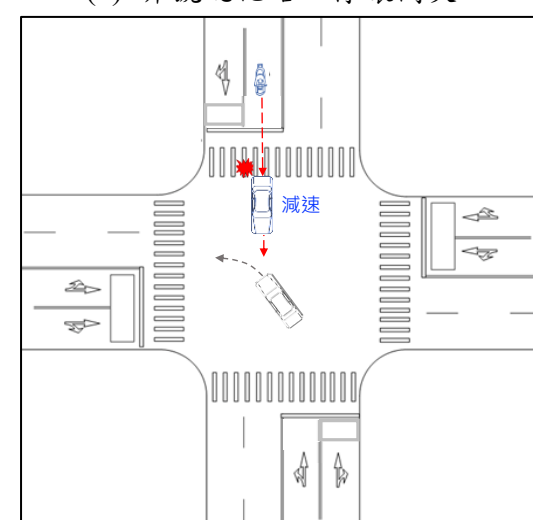
(c) 右轉衝突



(d) 非號誌化路口停讓衝突



(e) 機會左轉 - 進階分析 1



(f) 機會左轉 - 進階分析 2

圖 6.1-1 先導測試計畫之交通安全應用情境圖示

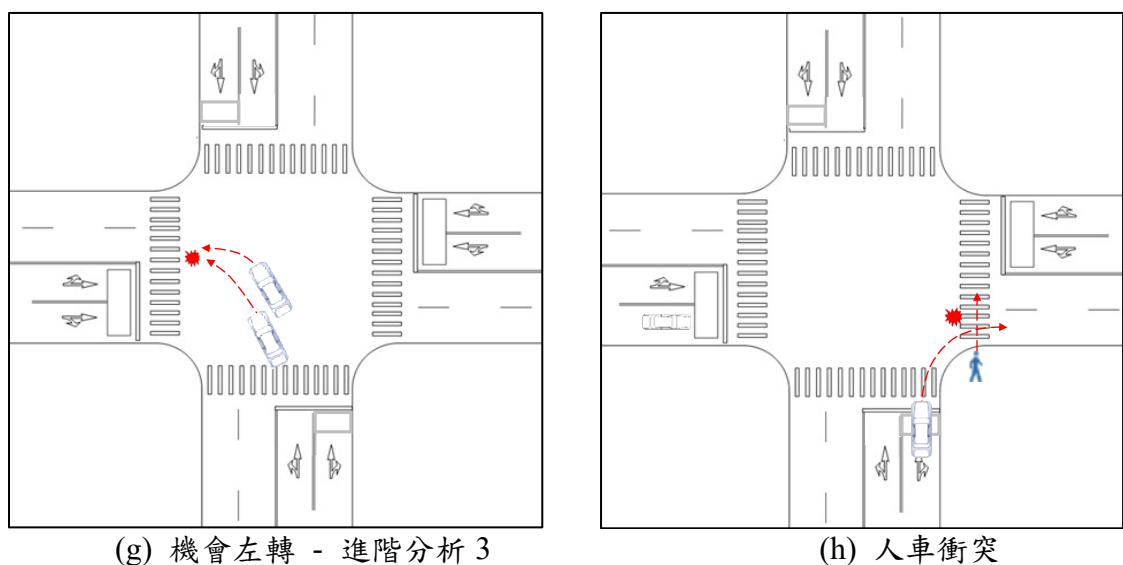


圖 6.1-2先導測試計畫之交通安全應用情境圖示（續）

6.2 規劃 110-112 年先導測試計畫優先順序

專家座談會後，團隊向地方機關寄送意見回覆單，包括六都、花東地區（代表單位為東部區域運輸發展研究中心）及公路總局，請各機關就以上提出之 6 項最常遇到之路口交通安全應用情境，建議分析工具開發的優先順序，並回覆先導測試計畫的合作意願及合作之應用情境，回收結果見表 6.2-1。

表 6.2-1 先導測試計畫的合作意願及合作之應用情境

團隊建議 順序	交通安全應用情境	機關順序								
		臺北市	新北市	桃園市	台中市	台南市	高雄市	公路總局	東區中心- 花蓮	東區中心- 台東
1	機會左轉	2	1	1	2	1	1	2	1	5
2	路口穿越衝突	1	6	6	1	5	3	4	4	6
3	右轉衝突	3	3	5	3	3	5	3	3	4
4	非號誌化路口 停讓衝突	5	4	2	7	4	4	5	2	1
5	機會左轉 (進階分析)	6	2	3	6	2	2	1	6	2
6	人車衝突	4	5	4	4	6	6	6	5	3
其它情境		未填	多岔路口同 向擦撞	未填	5 同車道右轉 車輛與直行 車輛衝突	未填	未填	未填	未填	未填
合作意願 (先導/易肇事)		○ (先導/易肇事)	○ (先導/易肇 事)	○ (先導/易肇 事)	○ (先導/易肇 事)	○ (先導/易肇 事)	○ (先導/易肇 事)	X (願配合)	○ (先導/易肇 事)	○ (先導)

針對合作意願回覆表的綜整，可能由於各縣市之交通道路環境及用路人交通習慣之差異，各機關對於團隊所規劃之 6 項情境的建議優先順序並未完全一致。在詢問的樣本數有限、意見分歧的情況之下，難以綜整出一致性的結論。但由調查資料中仍可看出，各機關對第一項的「機會左轉」交通安全應用情境的排序較高，因此建議以「機會左轉」做為先導測試計畫的對象。至於第二項由於六都的看法分歧，基於臺北市、臺中市、高雄市在「路口穿越衝突」有相當多的案例與潛在風險，因此建議以本計畫規劃的第二優先「路口穿越衝突」，做為今年度的先導測試計畫的另一項工作。

另外，考慮團隊在過去已有嘗試拍攝及分析「右轉衝突」及「非號誌化路口」，對於可能遇到的困難及解決方式已有一些初步經驗，而行人影像偵測的模組則尚在優化中。因此，經研究團隊與本所進一步討論後，建議 3 年 6 項情境的分析時程如表 6.2-2 所示。110 年執行機會左轉、路口穿越衝突；111 年預定執行右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突；112 年預定執行機會左轉(進階分析)、人車衝突，其中 111、112 年先導測試計畫，可於明後(111、112)年再進行滾動調整。另外，本(110)年度的合作機關選定為臺北市與高雄市，「機會左轉」及「路口穿越衝突」的實驗場域將以此兩直轄市的路口為主。

表 6.2-2 110-112年先導測試計畫之建議課題

	110 年度	111 年度	112 年度
課題 1	機會左轉	右轉衝突	機會左轉(進階分析)
課題 2	路口穿越衝突	非號誌化路口停讓衝突	人車衝突

6.3 本(110)年度之先導測試計畫內容

本年度先導測試計畫包括兩個課題，課題 1 是路口機會左轉之交通衝突，課題 2 是路口穿越衝突，以下將說明各課題之分析內容及流程之規劃。

表 6.3-1 先導測試計畫之工作項目

	工作項目	內容說明
1	文獻回顧	應用情境之背景說明，以及國內外相關文獻回顧
2	分析方法建立	參考過去拍攝之影片，列出可能導致碰撞之行為項目並進行彙整，並將分析方法建立於平台上，將分析工作自動化
3	測試場域	合作之地方機關（臺北市、高雄市）及研究團隊分別提出測試路口的候選名單，經過符合分析及空拍的可行性，篩選合適的路口進行實地拍攝。各應用情境預計挑選 5~7 個高風險路口及 1~2 個低風險路口，作對照分析
4	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
5	實驗資料分析	分析實驗場域各路口之相關交通安全風險，比較各路口之安全問題，嘗試歸納出安全/不安全之設計元素，提供交通安全工程之改善建議
6	結果回饋	將分析結果回饋地方機關

以下就機會左轉、路口穿越衝突兩個課題之工作內容及進度，分別於第 6.3.1 節及 6.3.2 節進行說明。測試場域的路口選擇方面，因一個場域可能符合超過一種應用情境，且路口篩選的邏輯有共同性，將統一於第 6.3.3 節進行說明。

6.3.1 路口機會左轉之交通衝突

本節將說明機會左轉之問題背景、分析方法、以及分析範例說明。

一、問題背景

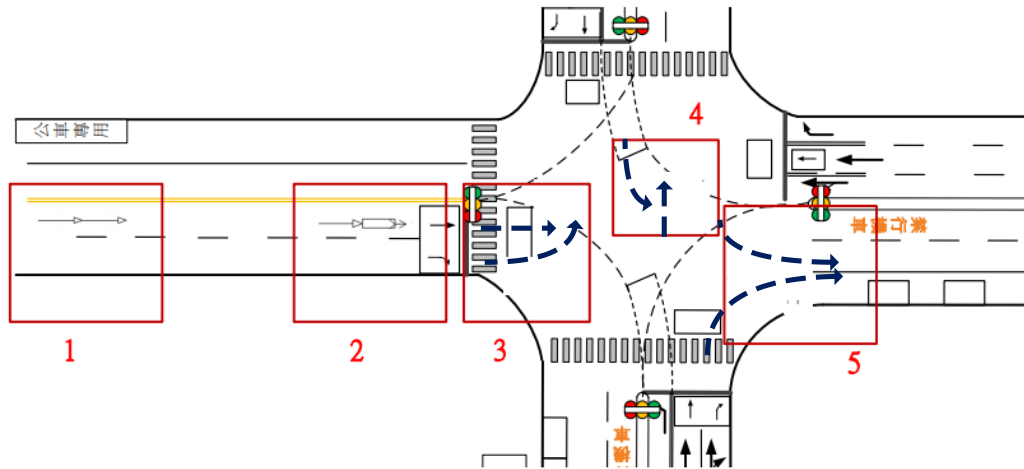
「路口機會左轉」(opportunity for left turn) 泛指在沒有保護左轉時相的路口車輛進行左轉之行為，會與對向直行車流產生衝突。根據曾平毅等人^[39]之討論，衝突左轉是號誌化路口控制之重要議題，如左轉車流量大且道路幾何條件許可下，通常會設置左轉專用車道或配合保護左轉時相；但當對向直行之車流量較大，無法設置保護時相，卻有允許左轉的情況下，則會產生衝突左轉之情境，左轉車流必須利用對向車流之行車間距(Gap)而進行左轉通過路口。

機會左轉會產生車道容量及路口安全之議題，若左轉車流量無法有效紓解時，等候左轉之車輛恐回堵至路口上游，若路口間之距離不足則會導致車道容量不足之狀況；在利用對向車流之行車間距進行左轉時，機會左轉之車輛也容易與對向直行車輛發生衝突^{[49][50]}。

針對國內之情況，「混合車流情境之機車交通安全工程設計方法研究與驗證」^[51]對左轉車流在路口的近端、中端、遠端常見的碰撞型態進行分類：

- (一)路口近端左轉側撞(如圖 6.3-1 之框 3)：此類型碰撞多為左轉車輛進行左轉時，未注意到後方欲直行的機車而發生。
- (二)路口中端左轉穿越側撞(如圖 6.3-1 之框 4)：多發生因左轉車輛之停等空間不足，而對向內車道車輛多以較快的速度直行時，反應不及的情況下造成碰撞；當路口路幅寬且道路左轉導引標線不清或導引標線難以理解時，左轉車輛並不清楚左轉後前進方向時。

(三)路口遠端匯入擦撞(如圖 6.3-1 之框 5)：左轉與右轉車輛匯入同一車道時，號誌設計不當或標線不清楚的狀況下，兩車並未注意到對方車輛時易造成匯入情況之擦撞。



資料來源：[51]

圖 6.3-1 機會左轉導致之安全風險

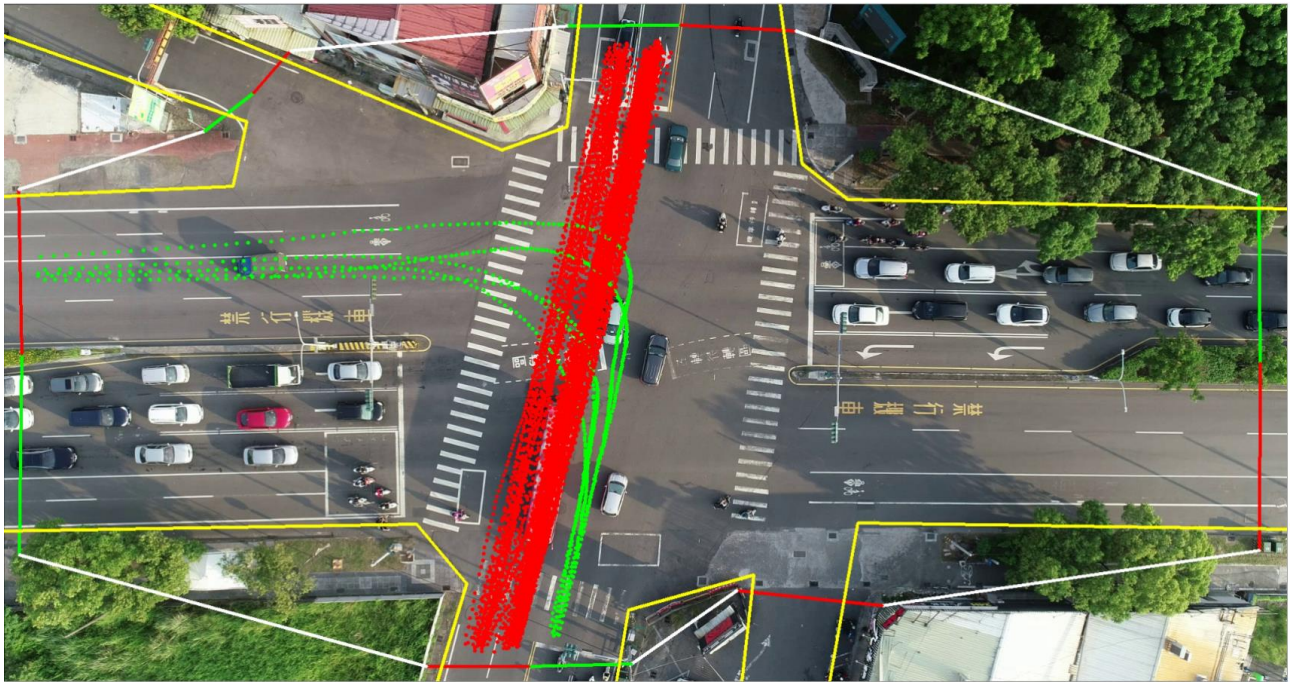
而本節之機會左轉情境，則是對應以上路口中端左轉穿越側撞進行探討。

二、人車流動資訊之分析方法

機會左轉以路口中端左轉車流與對向直行車流的衝突最為嚴重，傳統之分析方法是在左轉車流不干擾對向直行車流的情況下，記錄左轉車流在不同的對向車流間距下拒絕通過或接受通過路口，並計算車輛之接受間距(Gap acceptance)，接受間距是判斷路口最大通過量之重要參數。然而，左轉車流在對向直行車流之間距不足的情況下強行通過路口，會導致兩車過於接近，或對向直行車流必須減速，則會產生交通事故的風險。

傳統的分析方法是於現場路口之路側或制高點架設攝影機拍攝現場車流，於實驗室回顧影片並進行人工登錄，所能取得的分析資訊有限。本計畫提出之人車流動資訊的分析方法能透過所記錄的軌跡資料，能產生更多的有用資訊及車流特性資料，以評估路口機會左轉之風險，圖 6.3-2 顯示了左轉及對向直行之車流軌跡動線。由圖中可看出對向直行車流有兩群軌跡線，對應路口之進出口的兩個車道，左轉車輛動線與對向直行車流重疊之處，可能是衝突容易發生的位置。而相較對向直行車流之軌跡線聚合程度，左轉車流之轉彎半徑有較大之變異，致使動線較為分散，也可看出有車輛在等待左轉

機會的停等位置差異甚大，也有車輛未到達路口中央處進行左轉。



資料來源：[3]

圖 6.3-2 左轉及對向直行之車流軌跡動線
(綠色為左轉車流、紅色為對向直行車流)

兩股車流在行駛過程中，也會有跟號誌燈號相關之風險行為及違規行為。參考曾平毅等人^[39]之研究，將衝突左轉之行為分為四項，包括先行左轉、間距接受、強行左轉、燈號轉換時段左轉，說明在號誌化路口，左轉車流在綠燈始亮、綠燈時間、綠燈結束時之行為有所不同。而套用本計畫之分析情境，可將四項行為分別解釋為：先行左轉指左轉車在綠燈始亮時，在直行車到達路口衝突點之前先行左轉；間距接受行為指左轉車停止在停等線前，或進入路口停等在衝突點之前與對向直行車流保持足夠的時間間距；強行左轉行為指左轉車左轉時，迫使對向直行車減速或停止並讓路後，才能繼續直行通過路口；燈號轉換期間左轉行為指左轉車輛利用燈號轉換時段(黃燈與全紅)時進行左轉離開路口。除了間距接受為安全的行為外，其他三項行為都會對路口的安全產生事故風險。

根據以上之文獻探討，並參考過去空拍拍攝之影片找出有交通風險之例子，先列出機會左轉車流可能導致之交通事故，再彙整為以下 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高風險駕駛行為，但並未明顯違反交通

規則，包括 4 項：先行左轉（搶先左轉）、燈號轉換期間左轉（搶黃燈）、左轉車未到達路口中央處左轉（過彎「切西瓜」）、清道時間結束後仍無法通過路口。

(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：闖紅燈、紅燈跨越停止線、超速（法規速限）、超速（速限寬容值）、外側車道左轉（左轉未依規定）、機車於兩段式左轉路口直接左轉。

(三)交通衝突（Traffic Conflict） [C]：

指左轉車輛與對向直行車輛所產生之交通衝突，共 1 項：左轉衝突（強行左轉）。

以上行為所包括之項目，如表 6.3-2 至表 6.3-4、圖 6.3-3 至圖 6.3-5 說明。

表 6.3-2 機會左轉：風險駕駛行為之分析項目

代碼	分析項目	說明	軌跡判斷邏輯
[R1]	先行左轉（搶先左轉）	左轉車輛於綠燈始亮時搶先起步，比對向直行車輛更早通過路口	時相開始時，左轉車輛較對向直行的第一輛車更早到達路口離去線並通過路口
[R2]	燈號轉換期間左轉(搶黃燈)	左轉車輛利用燈號轉換時段(黃燈)時進行左轉並通過路口	左轉車輛於黃燈時穿越停止線
[R3]	左轉車未到達路口中央處左轉（過彎「切西瓜」）	左轉車輛未行駛至路口中點，即出現轉彎行為	左轉車輛的完整軌跡沒有與繪製的路口中央區域交會
[R4]	清道時間結束後仍無法通過路口	左轉車輛停等於路口尋找機會通過路口，但受對向直行車流阻擋，燈號轉為紅燈後，於清道時間內仍無法順利通過路口	左轉車輛於綠燈時穿越路口停止線，並於紅燈加上清道時間後穿越路口離去線

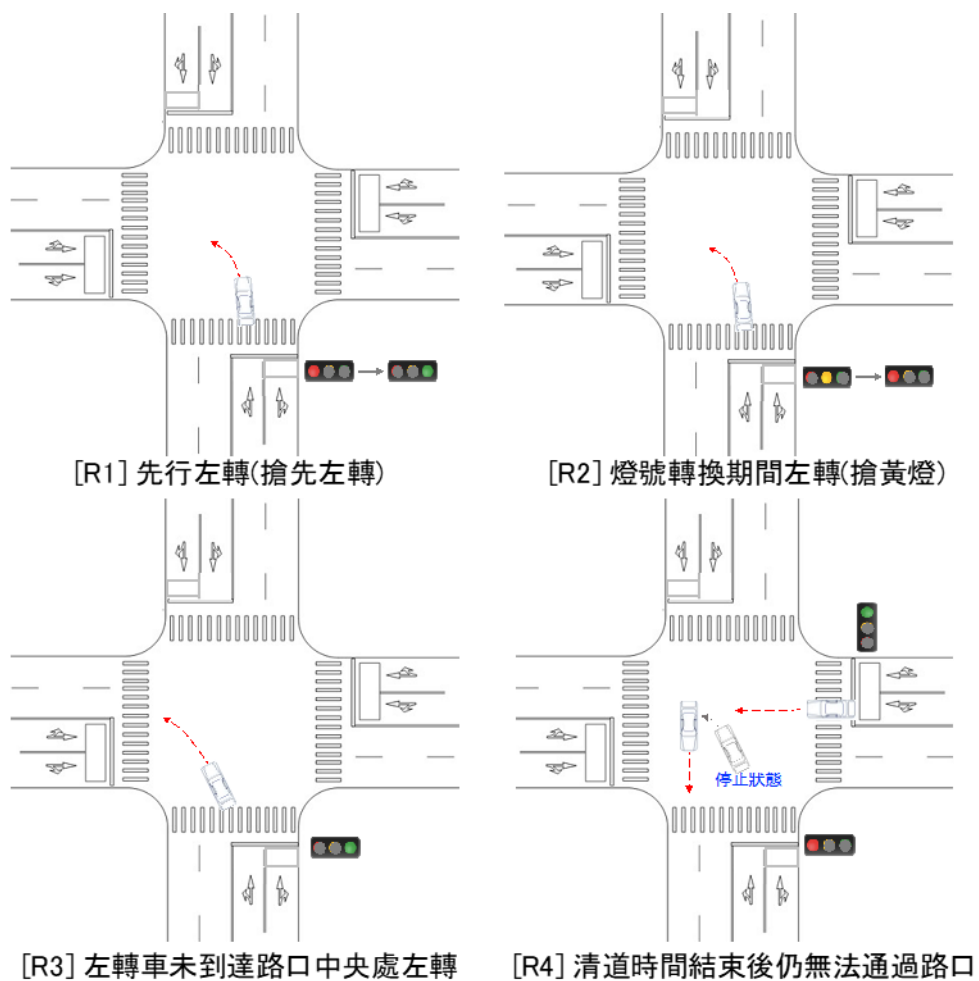


圖 6.3-3 機會左轉：風險駕駛行為之分析項目圖示

表 6.3-3 機會左轉：違規行為之分析項目

代碼	分析項目	說明	軌跡判斷邏輯
[V1]	闖紅燈	車輛在號誌為紅燈時通過路口	車輛於紅燈時間通過停止線及離去線
[V2]	紅燈跨越停止線	車輛在號誌為紅燈時跨越停止線，但沒有通過路口	車輛之車頭於紅燈時間跨越停止線，但沒有通過離去線
[V3]	超速（法規速限）	車輛之瞬間最大車速超過該道路之法規速限	車輛之瞬間最大車速超過該道路之法規速限
[V4]	超速（速限寬容值）	車輛之瞬間最大車速超過該道路所設定之法規速限加上寬容值（10 公里/小時）	車輛之瞬間最大車速超過該道路所設定之法規速限加上寬容值（10 公里/小時）
[V5]	外側車道左轉（左轉未依規定）	車輛經由外側（直行或直右）車道違規進行左轉	左轉車輛的完整軌跡經由外側（直行或直右）車道通過停止線
[V6]	機車於兩段式左轉路口直接左轉	機車不遵守兩段式左轉之規定，於路口直接左轉	機車之完整軌跡通過停止線、左轉車道離去線、及路口中央區域

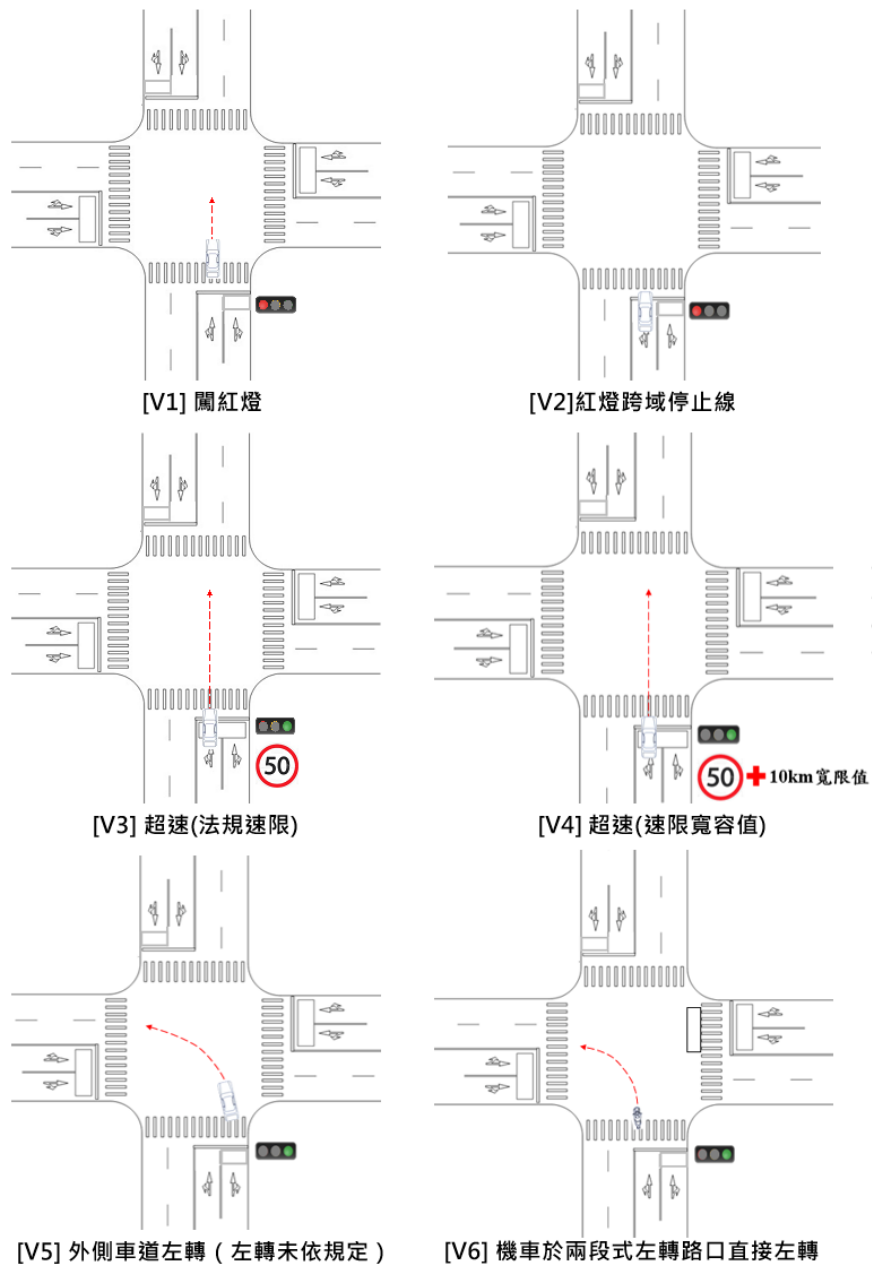


圖 6.3-4 機會左轉：違規行為之分析項目圖示

表 6.3-4 機會左轉：交通衝突

代碼	分析項目	說明
[C1]	左轉衝突（強行左轉）	左轉車未禮讓直行車輛，與對向直行車輛發生衝突，或對向直行車輛必須減速

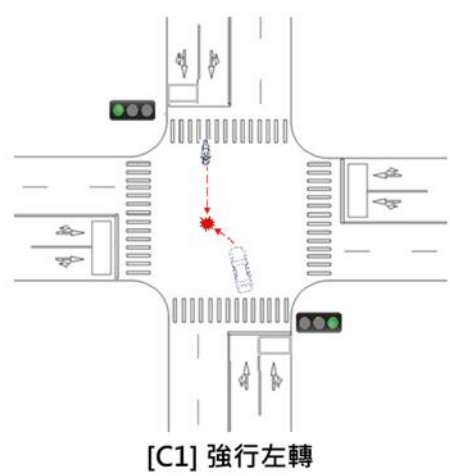


圖 6.3-5 機會左轉：交通衝突圖示

6.3.2 路口穿越衝突

本節將說明路口穿越衝突之問題背景、分析方法、以及實驗調查之規劃。

一、問題背景

「路口穿越衝突」(crossing conflict) 泛指在號誌化路口因車輛搶黃燈、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(Right-angle collisions)，可能肇因包括未依規定減速、違反號誌管制與指揮、未依規定讓車等。

在號誌設計合理且用路人嚴格遵守號誌規則的情況下，原則上不容易發生路口穿越衝突。然而，此應用情境在國內路口並不罕見，可能是用路人未遵守號誌管制、車速過高，也有可能是號誌路口之清道時間（黃燈秒數加上全紅秒數）不足所造成。每個路口的肇因都可能有所不同，透過風險駕駛行為及違規行為分析，或可進一步釐清原因以利制定有效的改善策略。

二、人車流動資訊之分析方法

本計畫提出之人車流動資訊的分析方法能透過所記錄的軌跡資料，能結合號誌燈號資訊，計算車輛是否有搶黃燈、闖紅燈等行為，以供評估路口是否有穿越衝突之風險。參考機會左轉的分析項目及過去空拍拍攝之影片，找出路口穿越衝突相關的交通風險之例子，再彙整為以下 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高風險駕駛行為，但並未明顯違反交通規則，包括 3 項：搶先直行、燈號轉換期間通過（搶黃燈）、清道時間結束後仍無法通過路口。

(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：闖紅燈、紅燈跨越停止線、超速（法規速限）、超速（速限寬容值）。

(三)交通衝突 (Traffic Conflict) [C]：

指直行車與來自左側或右側的直行車發生之交通衝突，包括 2 項：穿越衝突（左側）、穿越衝突（右側）。

以上行為所包括之項目，如表 6.3-5 至表 6.3-7、圖 6.3-6 至圖 6.3-8 說明。

表 6.3-5 路口穿越衝突：風險駕駛行為之分析項目

編碼	分析項目	說明	軌跡判斷方式
[R1]	搶先直行	車輛於綠燈始亮時（或紅燈結束前 5 秒內），搶先起步並加速直進	該車輛於紅燈轉綠燈前 5 秒內之完整軌跡穿越停止線，但沒有穿越離去線
[R2]	燈號轉換期間通過（搶黃燈）	車輛利用燈號轉換時段(黃燈)時進行直行並通過路口	該車輛於黃燈時間的完整軌跡穿越停止線
[R3]	清道時間結束後仍無法通過路口	直行車輛因受對向左轉車流阻擋而停等於路口等待機會通過，但燈號轉為紅燈後，於清道時間內仍無法順利通過路口	該車輛於綠燈時間穿越停止線，並於紅燈且大於清道時間之完整軌跡穿越離去線

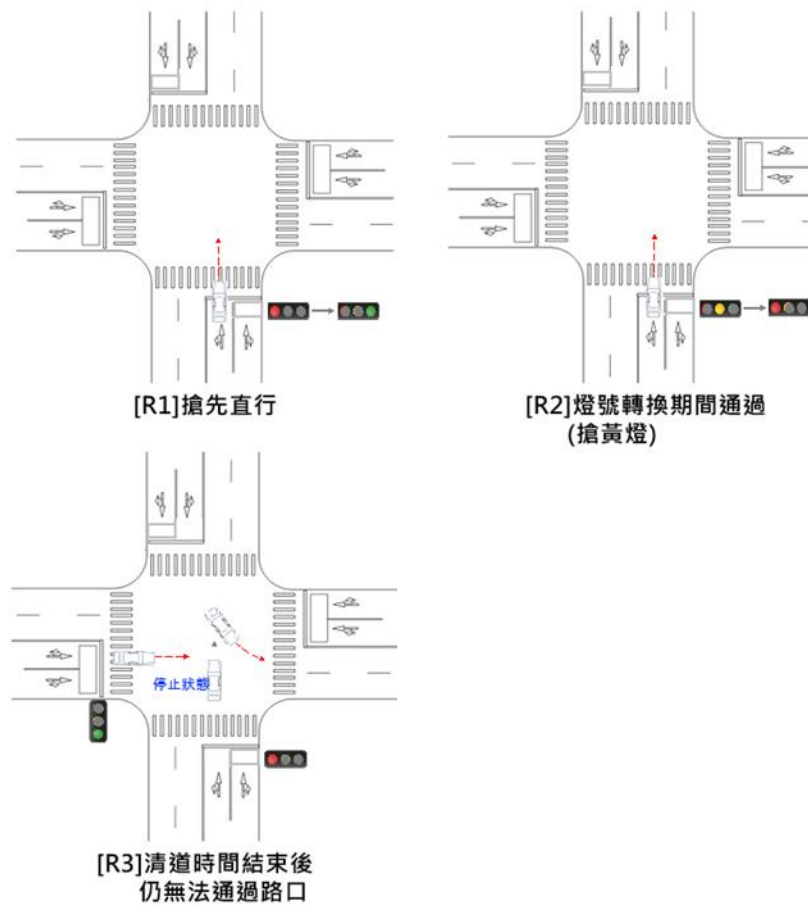


圖 6.3-6 路口穿越衝突：風險駕駛行為之分析項目圖示

表 6.3-6 路口穿越衝突：違規行為之分析項目

編碼	分析項目	說明	軌跡判斷邏輯
[V1]	闖紅燈	車輛在號誌為紅燈時通過路口	該車輛於紅燈時間的完整軌跡 穿越停止線以及離去線
[V2]	紅燈跨越停止線	車輛在號誌為紅燈時跨越停止線，但沒有通過路口	該車輛於紅燈時間的完整軌跡 穿越停止線但沒穿越離去線
[V3]	超速（法規速限）	車輛之瞬間最大車速超過該道路之法規速限	車輛之瞬間最大車速超過該道路之法規速限
[V4]	超速（速限寬容值）	車輛之瞬間最大車速超過該道路所設定之法規速限加上寬容值（10 公里/小時）	車輛之瞬間最大車速超過該道路所設定之法規速限加上寬容值（10 公里/小時）

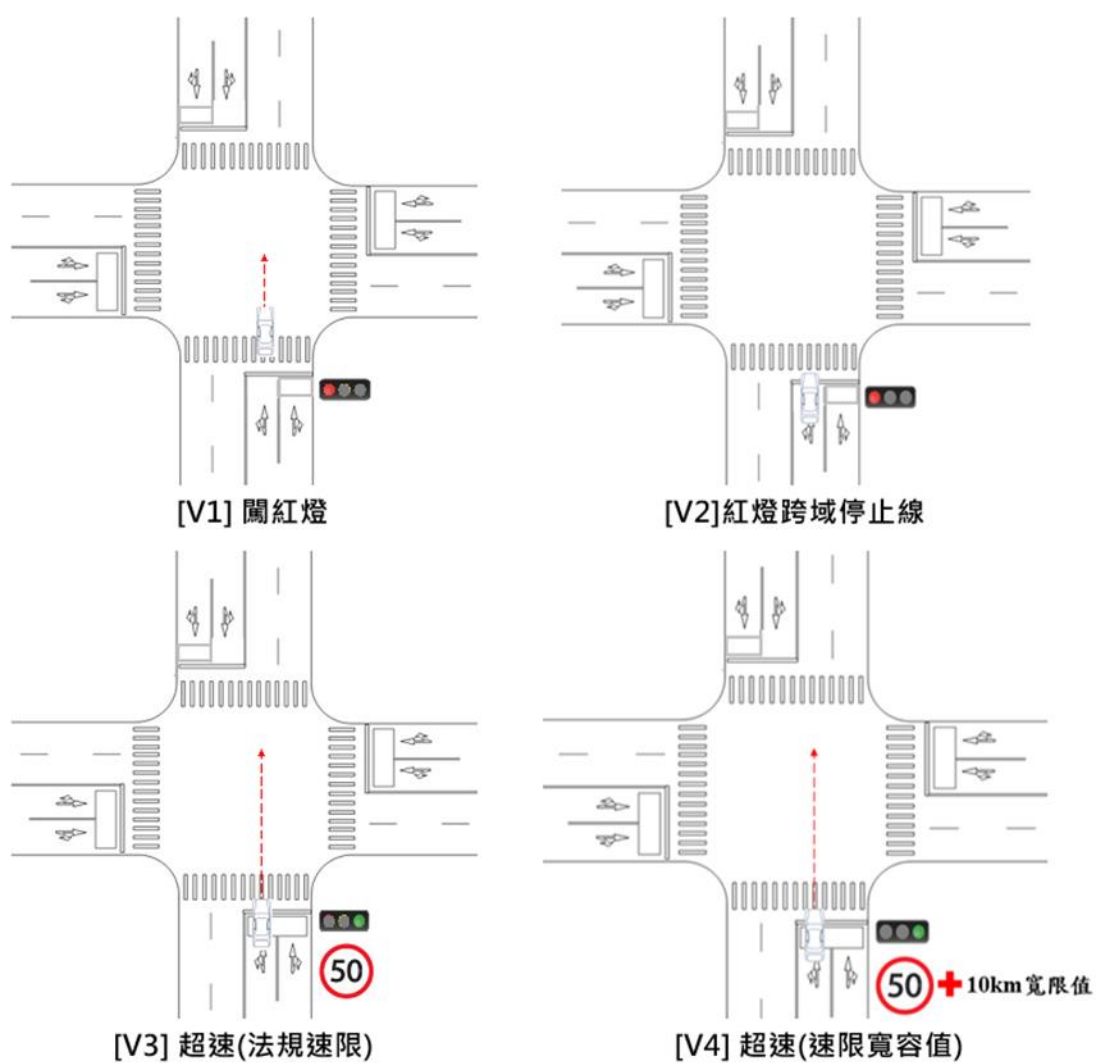


圖 6.3-7 路口穿越衝突：違規行為之分析項目圖示

表 6.3-7 路口穿越衝突：交通衝突之分析項目

編碼	分析項目	說明
[C1]	穿越衝突（左側）	直行車與其來自左側（近側）的違規直行車發生衝突
[C2]	穿越衝突（右側）	直行車與其來自右側（遠側）的違規直行車發生衝突

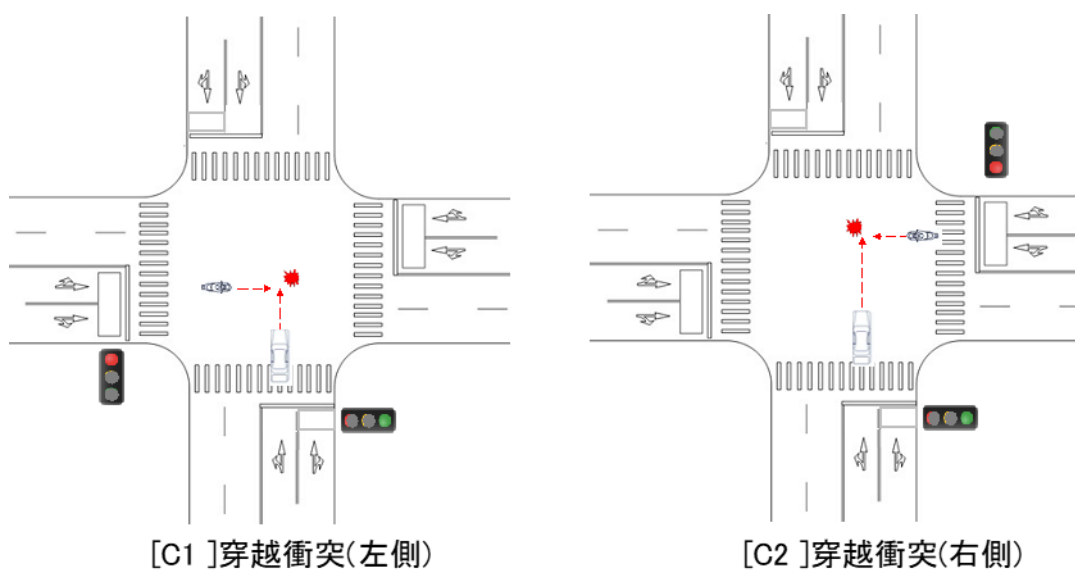


圖 6.3-8 路口穿越衝突：交通衝突圖示

6.3.3 實驗場域篩選

本年度之合作地方機關（臺北市、高雄市）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。調查地點應以四叉正交路口為主要分析對象，並排除以下條件：

- 一、路口上方有天橋、路側行道樹多
- 二、快慢分隔、大型路口
- 三、多岔路口、斜交路口、丁字路口

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臺)

最後納入分析及拍攝的路口共 15 個，路口清單如表 6.3-8 所示。一個路口地點可能符合超過 1 個應用情境分析的條件，因此將路口清單整合，並註記對應的分析應用情境。另外，表格中整理了路口幾何、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，號誌管制記錄了各個入口之號誌燈數（如三燈式號誌、五燈式號誌）。交通事故件數方面，本計畫透過交通部道安資訊平台（<https://roadsafety.motc.gov.tw/motcgis>）查詢事故違規排行分析，選擇 107 年 1 月至 109 年 12 月期間、白天時間（0700-1900）12 小時，整理出路口之車與車之「側撞」事故件數、「路口交岔撞」事故件數、以及總交通事故件數（不限肇事原因及碰撞類型）。

表 6.3-8 先導測試計畫之實驗路口

路口編號	應用情境編號 #1	縣市	路口名稱	路口幾何 (車道數、路寬)	號誌管制	機車左轉形式 (直接左轉：O， 待轉：X)	交通事故數 #2	A 1	A 2	碰撞類型
1	A1	高雄市	二聖二路/ 復興三路	四向皆為 1 車道路口 二聖二路：13m 復興三路：13m	三燈式號誌	復興轉二聖 X 二聖轉復興 O	18	0	18	車與車側 撞：8 車與車路口 交岔撞：3
2	A2	高雄市	瑞隆路/ 瑞福路	四向皆為 1 車道路口 瑞隆路：13m 瑞福路：13m	三燈式號誌	瑞隆轉瑞福 X 瑞福轉瑞隆 O	26	0	26	車與車側 撞：11 車與車路口 交岔撞：3
3	A3、 B1	高雄市	中山一路/ 大同一路	大同一路往東：汽車進入單行道 大同一路往西：進入單車道，出 來直右雙車道 中山一路：雙向皆為 4 車道路口 大同一路：10m；中山一路：24m	三燈式號誌	中山轉大同 X 大同轉中山 O	46	0	46	車與車側 撞：18 車與車路口 交岔撞：2
4	A4	高雄市	二聖一路/ 光華二路	二聖一路：雙向皆為 1 車道 光華二路：雙向皆為 2 車道，具 有實體分隔之道路 二聖一路：13m；光華二路：21m	三燈式號誌	光華轉二聖 X 二聖轉光華 O	12	0	12	車與車側 撞：5 車與車路口 交岔撞：1
5	A5	高雄市	興中二路/ 中山二路	興中二路：雙向皆為 1 車道路口 中山二路：雙向皆為 3 車道路口 興中二路：10m；中山二路：24m	興中二路：三燈式號誌 中山二路：五燈式號誌	中山轉興中 X 興中轉中山 O	22	0	22	車與車側 撞：7 車與車路口 交岔撞：2
6	A6、 B2	高雄市	經武路/ 博愛路	經武路：雙向皆為 2 車道 博愛路：雙向皆為 1 車道 經武路：11m；博愛路：11m	三燈式號誌	X	18	0	18	車與車側 撞：5 車與車路口 交岔撞：2
7	A7	高雄市	青年路二段/ 文衡路	青年路二段：雙向皆為 1 車道 文衡路往東：雙向皆為 1 車道 文衡路往西：雙向皆為 1 車道，具 有實體分隔之道路	三燈式號誌	青年轉文衡 X 文衡轉青年 O	20	0	20	車與車側 撞：12 車與車路口 交岔撞：1

(續下頁)

路口編號	應用編號 #1	縣市	路口名稱	路口幾何 (車道數、路寬)	號誌管制	機車左轉形式 (直接左轉：O， 待轉：X)	交通事故 #2	A 1	A 2	碰撞類型
				文衡路：14m 青年路二段：14m						
8	B3	高雄市	青年路二段/ 建國路三段	青年路往北：進入1車道，出來2車道 青年路往南：雙向皆為1車道 建國路往西：進入2車道及機車道，出來偏心設計3車道及機車道 青年路二段：22m；建國路三段：12m	三燈式號誌：青年路二段 五燈式號誌：建國路三段	X	40	0	40	車與車側 撞：13 車與車路口 交岔撞：9
9	B4	高雄市	七賢一路/ 七賢二路/ 中山一路	中山一路往北、往南：進入3車道，出來4車道 七賢一路：進入2車道，出來偏心設計4車道 七賢二路：進入2車道，出來偏心設計4車道 中山一路：24m；七賢一路、二路：21m	五燈式號誌	X	54	0	54	車與車側 撞：16 車與車路口 交岔撞：2
10	A8	臺北市	市民大道七 段/ 東新街	市民大道：雙向皆為2車道 東新街往北：進入3車道，出來3車道 東新街往南：進入2車道，出來3車道 市民大道：18m；東新街：22m	三燈式號誌	X	12	0	12	車與車側 撞：12 車與車路口 交岔撞：0
11	A9	臺北市	市民大道八 段/向陽路	市民大道往東：進入2車道，出來3車道 市民大道往西：進入2車道，出來2車道 向陽路：雙向進入3車道，出來3車道 市民大道：18m；向陽路：20m	三燈式號誌： 市民大道往東、往西 五燈式號誌： 向陽路往北、往南	向陽轉市民：X 市民轉向陽(往南)：X 市民轉向陽(往北)：O	14	0	14	車與車側 撞：12 車與車路口 交岔撞：2

路口編號	應用情境編號 #1	縣市	路口名稱	路口幾何（車道數、路寬）	號誌管制	機車左轉形式 (直接左轉：O， 待轉：X)	交通事故 事件數 #2	A 1	A 2	碰撞類型
12	A10	臺北市	興隆路四段/ 忠順街二段	興隆路四段：雙向皆為2車道 忠順街二段：雙向皆為1車道 興隆路四段：22m；忠順街二段： 12m	三燈式號誌	興隆轉忠順：O 忠順轉興隆：O	8	0	8	車與車側 撞：7 車與車路口 交岔撞：1
13	A11	臺北市	光復北路/健 康路	光復北路：雙向皆為2車道 健康路往西：4車道 健康路往東：1車道 光復北路：20m；健康路東向： 30m，西向15m	三燈式號誌	光復轉健康： O 健康轉光復(往 南)：X 健康轉光復(往 北)：O	3	0	3	車與車側 撞：2 車與車路口 交岔撞：1
14	B5	臺北市	松仁路/ 信義路五段 口	信義路往東：進入4車道，出來 5車道 信義路往西：雙向3車道 松仁路往北、往南：進入3車道， 出來4車道 松仁路：40m；信義路五段：38m	五燈式號誌	X	43	0	43	車與車側 撞：11 車與車路口 交岔撞：3
15 #3	B6	臺北市	民權東路六 段/ 瑞光路	民權東路往東：進入2車道，出 來偏心設計4車道 民權東路往西：進入2車道，出 來4車道 瑞光路往南：進入1車道，出來 2車道 瑞光路往北：進入2車道，出來 3車道 民權東路：35m；瑞光路：21m	三燈式號誌：民權路 往西、瑞光路往北 五燈式號誌：民權路 往東、瑞光路往南	瑞光轉民權(往 東)O 瑞光轉民權(往 西)X 民權轉瑞光(往 南)X 民權轉瑞光(往 北)X	33	0	33	車與車側 撞：8 車與車路口 交岔撞：1

註#1：編號A為機會左轉，編號B為路口穿越衝突

註#2：交通事故件數為近3年（107年1月至109年12月）白天12小時（0700-1900）之資料

註#3：此路口因現場環境有干擾源，造成無人機無法正常升空攝影，不納入分析

6.4 分析參數及介面設定

風險駕駛行為及違規行為的判定，需要運用路口中的標線及號誌等資訊。本節將說明這些資訊於現場調查的蒐集方式及驗證方法，包括(1)距離比例尺、(2) 號誌燈號秒差；以及運用軟體的介面設定，輸入(1)停止線、(2)車道線、(3) 路口中央區域。

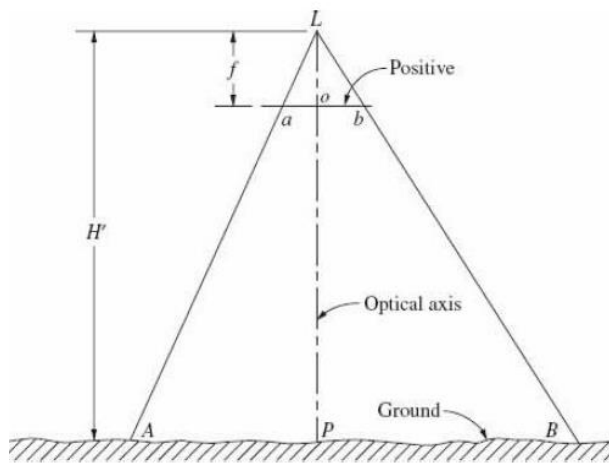
6.4.1 現場量測資料

車流軌跡只顯示車輛於影片畫面中的位置，需要進一步透過距離比例尺將畫面座標轉換為真實座標，以取得精確的移動距離及速度估算。另外，空拍畫面中無法得知號誌燈號，可同時以側拍方式記錄號誌燈號與影片之秒差，用來評估與燈號相關行為的依據。為確保量測項目能達到預期的精確度，資料記錄及計算中需要有驗證的機制。兩個項目蒐集方法的原理、流程、誤差評估及檢核條件說明如下：

一、 距離比例尺

(一)方法原理

運用航空攝影測量學（Aerial Photogrammetry）的原理，可提供空拍圖及地面量測的基準點換算圖中的像素與地面的距離，即地面採樣距離（Ground sample distance，簡稱 GSD）。如圖 6.4-1 所示，以航空器鏡片中心（Exposure Station, L）為界線，鏡片中心與底片成像平面的距離稱為焦距（Focal Length），在垂直正射影像攝影的情況下，航空器鏡片中心與地面直線最短距離會與焦距成等比例關係，透過垂直三角定理可以得知，影像範圍（ab）會與實際攝影範圍（AB）呈等比例。在假設鏡頭畸變差甚微可忽略的情況下，正射影像中物體間的距離必會與實際情況的物體之間距離呈等比例關係。因此可透過路口影像中的易量測物體之像素距離，來計算及驗證路口物體實際距離的比例。



資料來源： [58]

圖 6.4-1 垂直影像的幾何型態

(二)量測項目

在路口找尋行穿線等能由空拍畫面清楚辨認的量測物，運用測距輪量測兩點之間的直線距離，做為比例尺的換算依據。為確認量測過程的正確性，建議同一直線需要進行多次量測取平均值。然後在空拍影片中以最高解析度擷取畫面做為底圖，並在畫面中尋找量測物及記錄其畫面座標及計算其畫面直線距離。現場量測的直線距離與畫面座標直線距離之比值，即為比例尺。操作流程請參考第 3.1.1 節。



圖 6.4-2 實際物體間距(以專案編號98空拍影像為例)

(三) 誤差評估

為確認比例尺估算的正確性，需要量測 3 條或以上的直線，進行誤差評估分析。量測物最好不要集中於畫面中的相同位置，在無人機採正射拍攝、鏡頭變形可忽略的理想情況下，每一條直線所換算的比例尺數值應相同。

考慮測距輪、空拍畫面中的量測資訊存在誤差，本計畫將可接受的誤差範圍訂定在 3% 以內，即比例尺樣本的最大值與最小值相差不應超過 3%。如超過 3%，應進一步檢視誤差來源。實驗過程中有嘗試運用測速槍量測車速做為真實值來比對，但發現所採用的量測車流設備誤差過大，無法用於評估車速的準確度，因此只有進行比例尺準確度之評估。如影像偵測及追蹤無誤，比例尺之準確度應等同於車速計算之準確度。因此，運用比例尺將畫面座標轉換為真實座標，進行的相關運算如車輛移動距離、車速估算等也應在 3% 左右的誤差範圍內。

二、 號誌燈號秒差

(一) 方法原理

空拍畫面中無法得知號誌燈號，為了同步空拍影像時間與現場實際號誌時制計畫表之開始時間，本計畫以原子鐘做為時間的校準目標，記錄無人機起降時在原子鐘的時間點，並採用側拍方式記錄號誌燈號轉換時原子鐘的時間點，可估算空拍影片與號誌燈號之間的秒數差異。

(二) 量測項目

本計畫在行前需準備工具如下：

1. 路口號誌時制表。(本計畫針對拍攝路口，皆已向相關單位取得該時段的時制表)
2. 載有原子鐘程式的行動裝置或是已精準校正之時間裝置。
3. 錄影設備（攝影機或手機）。
4. 登錄表格。
5. 筆記型電腦（如需在現場驗證）。

記錄項目如下：

1. 無人機起飛前，無人機鏡頭拍攝「時鐘」畫面，並記錄當下的時間值(t1)；以及無人機影像的時間值(d1)。
2. 運用攝影機或手機進行側拍號誌燈號，需要等待時機，錄影畫面中要同時出現 (i) 號誌燈號時相改變（由紅燈轉換為綠燈）的時間點、(ii) 原子鐘程式畫面，紀錄為(t2)。
3. 重覆第 2 步，需要拍攝到號誌轉換並將其記錄為(t3)，做為後續誤差評估使用。
4. 無人機降落後，無人機鏡頭拍攝「時鐘」畫面。
5. 記錄當下原子鐘的時間值(t4) 與無人機影像的時間值(d2)。
6. 秒差的計算公式為 $d1 + (t2 - t1)$ ，如表 6.4-1 所示。

表 6.4-1 時間準確度驗證範例表

	無人機起飛	側拍號誌 1	側拍號誌 2	無人機降落
無人機影片時間	d1	-	-	d2
原子鐘程式	t1	t2	t3	t4
	調閱無人機 SD 卡影片，記錄看到的原子鐘程式時間及影片時間	側拍畫面中，時相 1 綠燈開始時間 (第一次記錄)	側拍畫面中，時相 1 綠燈開始時間 (第二次記錄)	調閱無人機 SD 卡影片，記錄看到的原子鐘程式時間及影片時間

以上由影片畫面中讀取原子鐘程式畫面，需要採用能控制並顯示影格數之影片播放軟體（如 Potplayer、VLC media player），將影片的影格控制在特定的時間點（如燈號轉換、秒數整點），讀取當下點原子鐘時間及影片影格做為對應。詳細的操作流程請參考第 3.1.1 節。

(三) 誤差評估

原子鐘可視為絕對時間，不存在誤差；而影片的錄製一般設

定為 30 FPS，意即影片影格之精度為 $1/30=0.033$ 秒，理論上，如操作正確無誤，秒差的精確度可在 $1/30$ 秒以內。但經驗顯示影片錄製過程中有可能發生掉幀，導致總影格數與錄製影片長度不一致的情況，而且操作過程中容易因影格數讀取錯誤而計算錯誤，因此仍需要進行誤差評估，以確保秒差結果的正確性。

誤差評估可透過前述登錄資料進行交叉檢查，如：(i) 兩次讀取無人機影片之時間差應與兩次讀取原子鐘時間之時間差相等，i.e. $(t_4 - t_1) = (d_2 - d_1)$ 、(ii) 兩次側拍號誌的時間差應等於號誌週期時間，i.e. $(t_3 - t_2) = \text{cycle length}$ 。以上兩個檢核公式的差異都應在 0.3 秒範圍內。如差異超過 0.3 秒，建議進一步檢查是否有資料輸入錯誤，或在影片拍攝時有發生號誌時相轉換的情況，如未能修正，則無法提供正確的秒差資料，無法計算號誌相關的分析項目（如搶黃燈、闖紅燈）。

如差異符合分析要求，可進一步將號誌週期、號誌秒差資訊匯入及顯示於空拍影片上，再以目測方式觀察燈號轉換與車輛起步之時間差是否合理，進行人工驗證。

6.4.2 平台介面輸入

平台介面輸入的功能是藉由影片底圖，繪製出該路口的標線位置，記錄標線於畫面中的座標位置，再結合 6.3 節所描述之判斷邏輯，由電腦程式計算風險駕駛及違規行為。以下說明平台主要的三個介面輸入內容：(1)停止線、(2)車道線、(3)路口中央區域。停止線是用來判斷車輛是否有闖紅燈、紅燈越線等項目；車道線是用來判斷車輛是否有遵守車道標線規範；路口中央區域是用來判斷左轉車輛是否有未達路口中央處左轉。

一、停止線

停止線的輸入介面如圖 6.4-3 所示，其功能即是繪製四個方向相對應的路口停止線以及路口離去線。

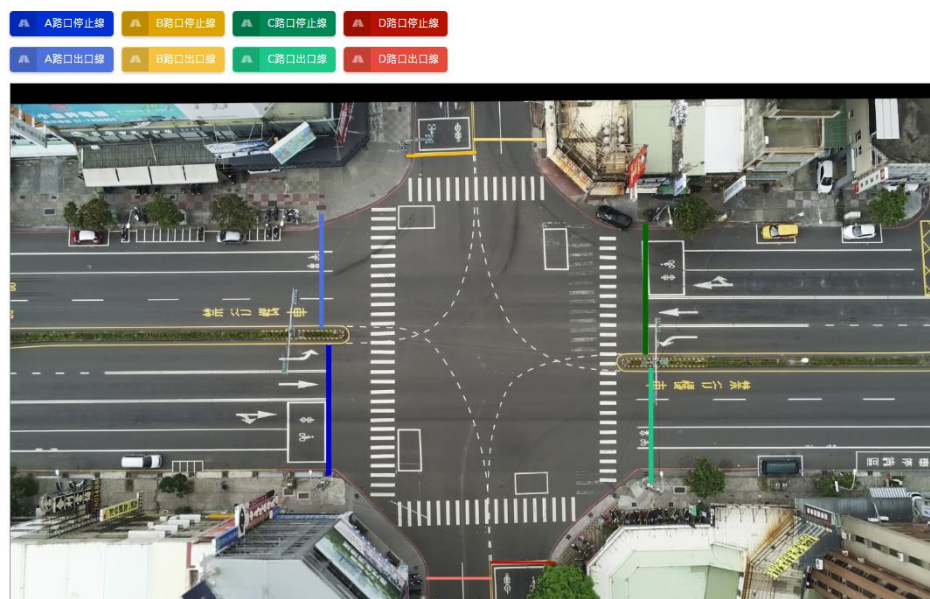


圖 6.4-3 停止線介面

二、車道線

車道線的介面可以分為車道屬性以及車道劃分兩項功能，其設定介面可以參考圖 6.4-4 以及圖 6.4-5。在車道屬性中，可以根據選擇的方向，設定機慢車是否有兩段式左轉以及車道數量，接著平台就會出現與車道數量同等的車道設定數；而車道設定的項目有是否禁行機車以及該車道的行駛屬性。最後選擇該車道的繪製顏色，將車道繪製到底圖中，即可完成車道的劃分。

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：

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：

✎

✖

圖 6.4-4 車道線介面－車道屬性

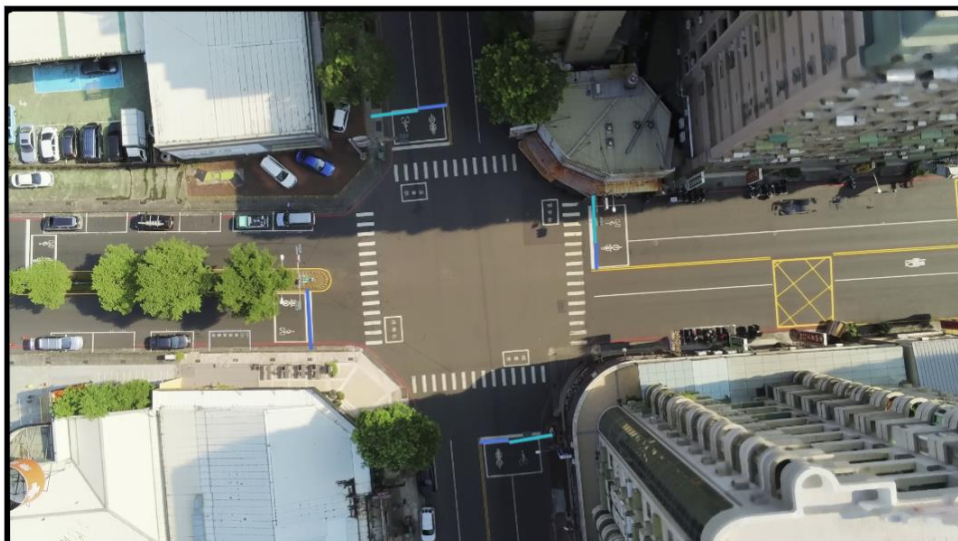


圖 6.4-5 車道線介面—車道劃分

三、路口中央區域

路口中央區域的繪製介面如圖 6.4-6 所示，繪製方式只需要點選所設定之中央區域的四角，平台及會自動產出中央區域。

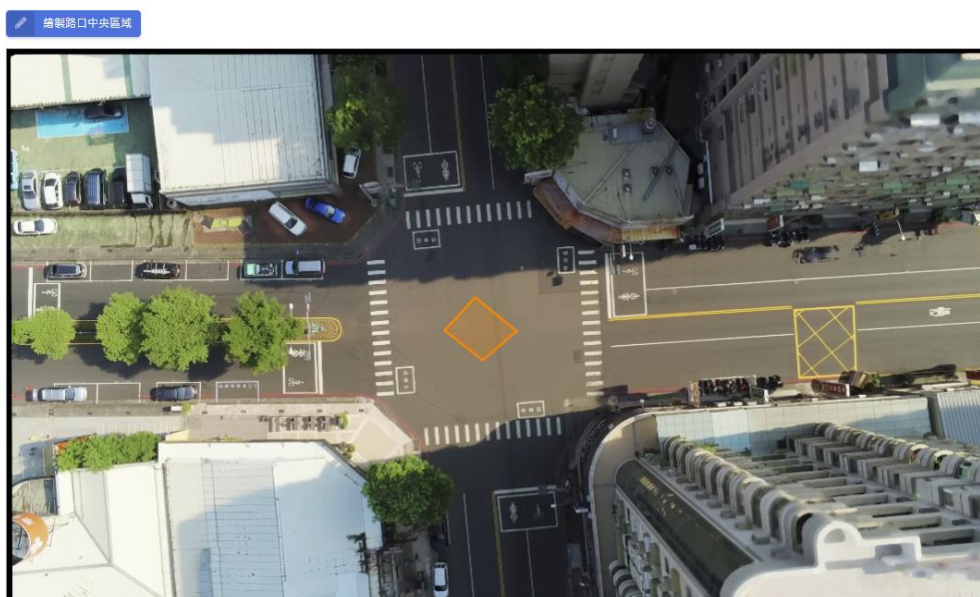


圖 6.4-6 路口中央區域繪製

6.5 分析範例說明

6.5.1 路口機會左轉之交通衝突

先導測試計畫共調查了 14 個路口（參考表 6.3-8），會以外程式計算風險駕駛行為、違規行為、衝突行為中的分析項目，每一行為事件尚會記錄相關車輛編號、時間、車速、行車方向、與號誌燈號之秒差等屬性，可供進一步分析風險行為的整體情況。本節以單一路口進行分析範例，說明分析過程中會記錄的相關資料。

以下將以臺北市市民大道七段與東新街路口（表 6.3-8 之路口編號 10、應用情境路口編號 A8）進行案例探討，根據交通部道安資訊平台，該路口於 109 年事故數共 12 件，都是車與車側撞的碰撞類型，應與機會左轉的可能肇因相關。範例分析中以此路口的第二架次影片（平台專案 118），進行交通安全應用情境的內容及分析方法作範例說明。分析地點之空拍示意圖如圖 6.5-1，號誌時相如圖 6.5-2。

此路口位於臺北市南港區，路口平面線形為斜交路口，路口四方向機慢車皆須遵循兩段式左轉。從圖 6.5-1 的空拍圖可以得知路口幾何分佈型態，分述如下：

- 一、市民大道東向路段(A 往 C 方向)有一條直左車道與一條直右車道，停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 B 方向往 C 方向的機慢車待轉區。
- 二、東新街南向路段(B 往 D 方向)有一條左轉專用車道、一條直行車道與一條直右車道，路口停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 C 往 D 方向的機慢車待轉區。
- 三、市民大道西向路段(C 往 A 方向)有一條直左車道及一條直右車道，停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 D 方向往 A 方向的機慢車待轉區。
- 四、東新街北向路段(D 往 B 方向) 有一條左轉專用車道、一條直行車道與一條直右車道，路口停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 A 往 B 方向的機慢車待轉區。

臺北市市民大道七段與東新街路口

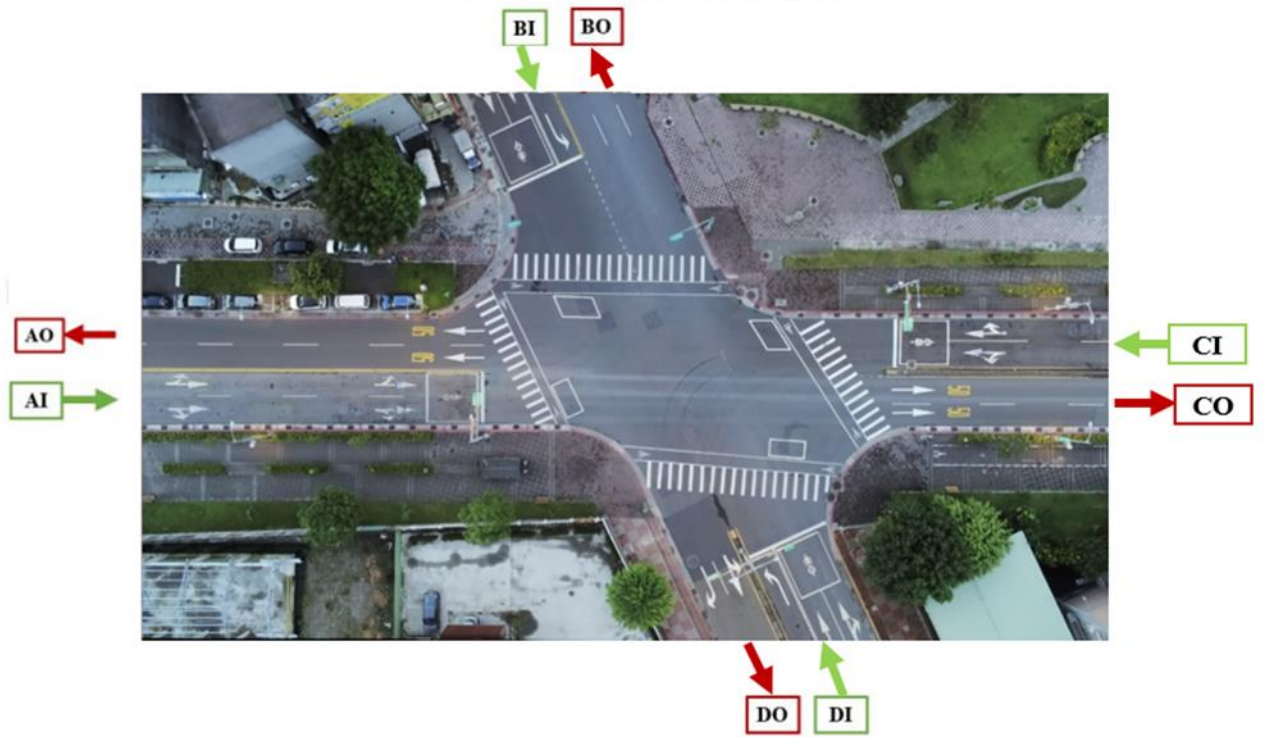


圖 6.5-1 機會左轉之分析範例一空拍示意圖

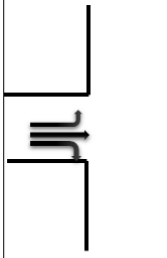
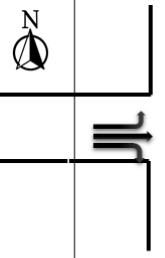
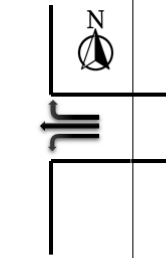
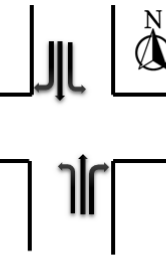
週期150秒	時相一	時相二	時相三	時相四
執行時間 17:00 19:00 				
綠燈	10	43	71	9
黃燈	0	3	3	3
全紅	0	2	3	3
說明	市民大道往東早開	市民大道東西向綠燈	東新街南北向綠燈	東新街南向遲閉

圖 6.5-2 機會左轉之分析範例－號誌週期

此地點由市民大道七段進入路口為三燈式號誌，無左轉專用車道，往東方向有早開之燈號設計。雖然燈號有早開設計，然而其左轉車與對向直行車仍有共有路權之重疊時間，因此仍符合機會左轉的分析條件。由東新街進入路口的兩個方向也都是三燈式號誌，且往南方向有遲閉之燈號設計，除此之外，左轉車還有專用左轉車道。如前述所說，廣義的來看此方向一樣符合機會左轉的分析條件。繪製該路口左轉與對向直行車流的軌跡如圖 6.5-3、圖 6.5-4，圖中採用不同顏色之軌跡線以代表左轉和對向直行車流的機車、小型車、大型車（貨車、公車、聯結車）。另外，此路口機車需兩段式左轉，因此左轉機車車流將不納入機會左轉分析。

運用車流軌跡資料、號誌時制（含影片軌跡與時相開始之秒差），可計算出前述之風險駕駛行為、違規行為、交通衝突的分析項目，記錄各行為於影片中發生之時間及車輛編號，範例節錄如表 6.5-1。風險行為事件的記錄可以結合車流軌跡資料庫進行事件相關屬性的輸出，例如，先行左轉車輛之起步時間與綠燈開始之時間差、超速車輛之車速、交通衝突事件的 PET 值等，用做進一步的微觀分析，目前先以事件的次數進行說明。將該次影片的軌跡資料進行分析及統整，各行為事件發生的次數及相關動線的車流量，按機車、小型車、大型車分類後記錄，如表 6.5-2、表 6.5-3、

表 6.5-4 及表 6.5-5。比較機會左轉車流方向組合之結果，可發現組合 1 具有最多的左轉車輛數，共有 23 輛。其中的燈號轉換期間左轉及左轉車未到達路口中央處左轉分別是 21 輛與 10 輛，占比皆高，說明此路口可能發生機會左轉的風險行為。



圖 6.5-3 車流方向組合1的車流軌跡圖

(紅色：A 進左轉機車、綠色：A 進左轉小型車、藍色：A 進左轉大型車、
橘色：C 進直行機車、紫色：C 進直行小型車、黃色：C 進直行大型車；
A、C 方位請參考圖 6.5-1)



圖 6.5-4 車流方向組合2的車流軌跡圖

(紅色：B 進左轉機車、綠色：B 進左轉小型車、藍色：B 進左轉大型車、
橘色：D 進直行機車、紫色：D 進直行小型車、黃色：D 進直行大型車；
B、D 方位請參考圖 6.5-1)



圖 6.5-5 車流方向組合3的車流軌跡圖

(紅色：C 進左轉機車、綠色：C 進左轉小型車、藍色：C 進左轉大型車、
橘色：A 進直行機車、紫色：A 進直行小型車、黃色：A 進直行大型車；
C、A 方位請參考圖 6.5-1)

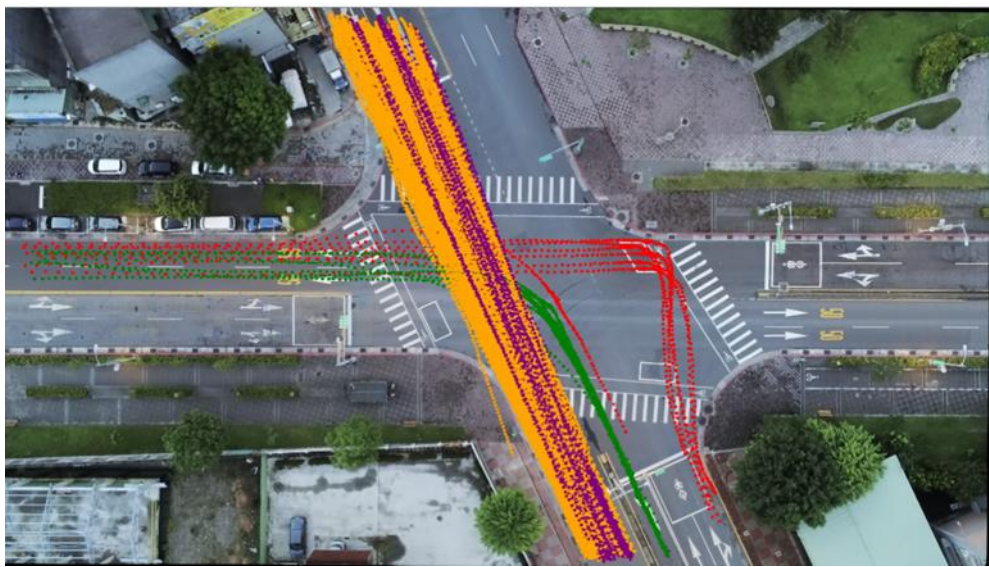


圖 6.5-6 車流方向組合4的車流軌跡圖

(紅色：D 進左轉機車、綠色：D 進左轉小型車、藍色：D 進左轉大型車、
橘色：B 進直行機車、紫色：B 進直行小型車、黃色：B 進直行大型車；
D、B 方位請參考圖 6.5-1)

表 6.5-1 機會左轉 - 風險事件列表(範例節錄)

影 片 時間	車 ID	車種	車輛來向	行為項目	車 速 (kph)	燈號	燈號時間
03:13	1761	c	AI	未達路口中央處左轉	10.8	g	45.10
03:26	1852	c	AI	清道時間結束未通過路口	5.8	r	2.02
05:55	3072	c	CI	紅燈時間跨越停止線	13.1	r	0.27
05:57	3058	m	CI	超速(速限寬容值)	72.5	r	2.47
13:24	7223	c	AI	搶黃燈	4.5	y	2.21
15:54	8575	c	CI	超速(法規速限)	59.4	y	2.36

註：(m：機車、c：小客車、t：大型車)

表 6.5-2 機會左轉分析結果（車流方向組合 1：A 進左轉、C 進直行）

車流方向	分析項目	機車	小型車	大型車	小計
左轉車流*	車輛數	0	23	0	23
	先行左轉	0	2	0	2
	燈號轉換期間左轉	0	3	0	3
	左轉車未到達路口中央處左轉	0	21	0	21
	清道時間結束後仍無法通過路口	0	10	0	10
	外側車道左轉	0	0	0	0
	機車於兩段式左轉路口直接左轉	0	0	0	0
對向直行車流	車輛數（lane1）	80	45	1	126
	車輛數（lane2）	279	51	0	330
	搶黃燈（lane1）	1	0	0	1
	搶黃燈（lane2）	7	3	0	10
	闖紅燈（lane1）	0	0	0	0
	闖紅燈（lane2）	1	1	0	2
	紅燈跨越停止線（lane1）	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線（lane2）	2	1	0	3
	超速－法規速限（lane1）	27	1	0	28
	超速－法規速限（lane2）	32	3	0	35
	超速－速限寬容值（lane1）	4	0	0	4
	超速－速限寬容值（lane2）	4	0	0	4
兩車衝突	左轉衝突（強行左轉）**	0	2	0	2

註：*直接左轉車流，兩段式左轉機車不計入分析

**衝突事件的判斷依據為 $PET \leq 3$ 秒、以左轉車流之車種進行分類

***lane1 為內側車道、lane2 為外側車道

表 6.5-3 機會左轉分析結果（車流方向組合 2：B 進左轉、D 進直行）

車流方向	分析項目	機車	小型車	大型車	小計
左轉車流*	車輛數	0	13	0	13
	先行左轉	0	0	0	0
	燈號轉換期間左轉	0	0	0	0
	左轉車未到達路口中央處左轉	0	7	0	7
	清道時間結束後仍無法通過路口	0	0	0	0
	外側車道左轉	0	0	0	0
	機車於兩段式左轉路口直接左轉	0	0	0	0
對向直行車流	車輛數 (lane1)	0	0	0	0
	車輛數 (lane2)	23	65	0	88
	車輛數 (lane3)	40	25	0	65
	搶黃燈 (lane1)	0	0	0	0
	搶黃燈 (lane2)	0	2	0	2
	搶黃燈 (lane3)	1	0	0	1
	闖紅燈 (lane1)	0	0	0	0
	闖紅燈 (lane2)	0	0	0	0
	闖紅燈 (lane3)	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線 (lane1)	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線 (lane2)	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線 (lane3)	0	0	0	0
	超速—法規速限 (lane1)	0	0	0	0
	超速—法規速限 (lane2)	7	13	0	20
	超速—法規速限 (lane3)	7	6	0	13
	超速—速限寬容值 (lane1)	0	0	0	0
	超速—速限寬容值 (lane2)	0	2	0	2
	超速—速限寬容值 (lane3)	1	1	0	2
兩車衝突	左轉衝突 (強行左轉)**	0	0	0	0

註：*直接左轉車流，兩段式左轉機車不計入分析

**衝突事件的判斷依據為 $PET \leq 3$ 秒、以左轉車流之車種進行分類

***lane1 為內側車道、lane2 為中間車道、lane3 為外側車道

表 6.5-4 機會左轉分析結果（車流方向組合3：C進左轉、A進直行）

車流方向	分析項目	機車	小型車	大型車	小計
左轉車流 [*]	車輛數	0	13	1	14
	先行左轉	0	0	0	0
	燈號轉換期間左轉	0	0	0	0
	左轉車未到達路口中央處左轉	0	8	1	9
	清道時間結束後仍無法通過路口	0	11	1	12
	外側車道左轉	0	0	0	0
	機車於兩段式左轉路口直接左轉	0	0	0	0
對向直行車流	車輛數（lane1）	88	26	1	115
	車輛數（lane2）	296	73	1	370
	搶黃燈（lane1）	1	0	0	1
	搶黃燈（lane2）	7	7	0	14
	闖紅燈（lane1）	0	0	0	0
	闖紅燈（lane2）	0	1	0	1
	紅燈跨越停止線（lane1）	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線（lane2）	0	2	0	2
	超速－法規速限（lane1）	40	4	0	44
	超速－法規速限（lane2）	60	9	0	69
	超速－速限寬容值（lane1）	6	0	0	6
	超速－速限寬容值（lane2）	7	2	0	9
兩車衝突	左轉衝突（強行左轉） ^{**}	0	0	0	0

註：^{*}直接左轉車流，兩段式左轉機車不計入分析

^{**}衝突事件的判斷依據為 $PET \leq 3$ 秒、以左轉車流之車種進行分類

^{***}lane1 為內側車道、lane2 為外側車道

表 6.5-5 機會左轉分析結果（車流方向組合4：D進左轉、B進直行）

車流方向	分析項目	機車	小型車	大型車	小計
左轉車流*	車輛數	0	7	0	7
	先行左轉	0	0	0	0
	燈號轉換期間左轉	0	0	0	0
	左轉車未到達路口中央處左轉	0	2	0	2
	清道時間結束後仍無法通過路口	0	2	0	2
	外側車道左轉	0	0	0	0
	機車於兩段式左轉路口直接左轉	0	0	0	0
對向直行車流	車輛數（lane1）	5	7	0	12
	車輛數（lane2）	63	129	0	192
	車輛數（lane3）	100	25	0	125
	搶黃燈（lane1）	0	0	0	0
	搶黃燈（lane2）	1	4	0	5
	搶黃燈（lane3）	2	0	0	2
	闖紅燈（lane1）	0	0	0	0
	闖紅燈（lane2）	0	0	0	0
	闖紅燈（lane3）	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線（lane1）	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線（lane2）	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線（lane3）	0	0	0	0
	超速－法規速限（lane1）	0	0	0	0
	超速－法規速限（lane2）	0	1	0	1
	超速－法規速限（lane3）	0	0	0	0
	超速－速限寬容值（lane1）	0	0	0	0
	超速－速限寬容值（lane2）	0	0	0	0
	超速－速限寬容值（lane3）	0	0	0	0
兩車衝突	左轉衝突（強行左轉）**	0	0	0	0

註：*直接左轉車流，兩段式左轉機車不計入分析

**衝突事件的判斷依據為 $PET \leq 3$ 秒、以左轉車流之車種進行分類

***lane1 為內側車道、lane2 為中間車道、lane3 為外側車道

6.5.2 路口穿越衝突

本節以單一路口進行分析範例，說明分析過程中會記錄的相關資料。以下將以高雄市青年路二段與建國路三段路口（表 6.3-8 之路口編號 8、應用情境路口編號 B3）進行案例探討，根據交通部道安資訊平台，該路口於 109 年發生車與車路口交岔撞共有 9 件，與路口穿越衝突的可能肇因相關。範例分析中以此路口的第二架次影片(平台專案 132)，進行交通安全應用情境的內容及分析方法作範例說明。分析地點之空拍示意圖如圖 6.5-7 及號誌時相如圖 6.5-8。

此路口位於高雄市鳳山區，路口平面線形為直角路口，路口四方向機慢車皆須遵循兩段式左轉。從圖 6.5-7 的空拍圖可以得知路口幾何分佈型態，分述如下：

- 一、建國路三段東向路段(A 往 C 方向) 有一條左轉專用車道、一條直行車道、一條直右車道與一條慢車道，停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 B 方向往 C 方向的機慢車待轉區。
- 二、青年路二段南向路段(B 往 D 方向) 有一條直左車道及一條直右車道，路口停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 C 往 D 方向的機慢車待轉區。
- 三、建國路三段西向路段(C 往 A 方向) 有一條左轉專用車道、一條直行車道、一條直右車道與一條慢車道，停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 D 方向往 A 方向的機慢車待轉區。
- 四、青年路二段北向路段(D 往 B 方向) 有一條直左車道及一條直右車道，路口停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 A 往 B 方向的機慢車待轉區。



圖 6.5-7 路口穿越衝突之分析範例- 空拍示意圖

週期150秒	時相一	時相二	時相三
執行時間 07:00 22:00 建國路三段 青年路二段			
綠燈	61	13	51
黃燈	5	4	4
全紅	4	3	5
說明	建國東西向直行右轉	建國路東西向紅燈雙保護左轉	青年路二段南北向直行

圖 6.5-8 路口穿越衝突之分析範例 - 號誌時相

此地點由建國路三段進入路口為五燈式號誌、由青年路二段進入路口為三燈式號誌。第一時相為 A、C 方向直行右轉、第二時相為 A、C 方向左轉保護，第三時相為 B、D 方向左直右，接著回到第一時相。因此，在不考慮闖紅燈的情況下，路口穿越衝突應主要發生於第三時相轉換至第一時相之間，即青年路二段燈號結束、建國路三段綠燈開始之燈號轉換期間。以青年路二段 D 進路口直行車流、建國路三段 A 進直行車流之組合為例，繪製車流軌跡如圖 6.5-9，圖中採用不同顏色之軌跡線以代表兩個方向的直行車流的機車、小型車、大型車（包括貨車、公車、聯結車）。

運用車流軌跡資料、號誌時制（含影片軌跡與時相開始之秒差），可計算出前述之風險駕駛行為、違規行為、交通衝突的分析項目，記錄各行為於影片中發生之時間及車輛編號等，範例節錄如表 6.5-6。將影片中的軌跡資料進行分析及統整，各行為事件發生的次數及相關動線的車流量，按機車、小型車、大型車分類後記錄，如表 6.5-7 及表 6.5-8。比較 2 個車流方向組合之結果，可發現此路口的風險主要來自直行車流搶黃燈、左側車流超速及右側車流超速，A、C 方向直行車流搶黃燈分別為 32 件、26 件，B、D 方向超速分別為 5 件、5 件，如此高的搶黃燈數量，可能是導致路口交岔撞及路口穿越衝突的原因之一。



圖 6.5-9 路口穿越衝突 - 車流軌跡示意圖

（紅色：D 進直行機車、綠色：D 進直行小型車、藍色：D 進直行大型車、橘色：A 進直行機車、紫色：A 進直行小型車、黃色：A 進直行大型車；A、D 方位請參考圖 6.5-7）

表 6.5-6 路口穿越衝突 - 風險事件列表(範例節錄)

影 片 時間	車 ID	車種	車 輛 來向	行為項目	速度 (kph)	燈號	燈號時間
01:02	745	m	DI	直行車闖紅燈	32.5	r	0.68
01:27	992	m	AI	左側車流超速(法規速限)	61.3	g	23.01
01:04	753	c	DI	直行車清道時間結束未通過路口	30.7	r	2.08
01:56	1263	m	CI	左側車流超速超速(速限寬容值)	72.5	r	2.47
04:14	2671	c	CI	右側車流紅燈跨越停止線	19.8	r	2.57

表 6.5-7 路口穿越衝突分析結果（車流方向組合1：A直行、B左側、D右側）

車流方向	分析項目	機車	小型車	大型車	小計
直行車流	車輛數	415	202	63	680
	搶黃燈	13	13	6	32
	清道時間結束後仍無法通過路口	5	3	0	8
	闖紅燈	2	0	0	2
	紅燈跨越停止線	1	0	0	1
	超速(法規速限)	189	59	17	265
	超速(速限寬容值)	47	11	1	59
左側車流	車輛數	273	68	6	347
	搶先直行	5	0	0	5
	闖紅燈	0	1	0	1
	紅燈跨越停止線	6	0	0	6
	超速(法規速限)	5	0	0	5
	超速(速限寬容值)	0	0	0	0
右側車流	車輛數	175	69	10	254
	搶先直行	1	1	0	2
	闖紅燈	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線	2	1	0	3
	超速(法規速限)	5	0	0	5
	超速(速限寬容值)	0	0	0	0
兩車衝突	穿越衝突（左側）*	0	0	0	0
	穿越衝突（右側）*	0	0	0	0

註：*衝突事件的判斷依據為 $PET \leq 3$ 秒、以直行車流之車種進行分類

表 6.5-8 路口穿越衝突分析結果（車流方向組合2：C直行、D左側、B右側）

車流方向	分析項目	機車	小型車	大型車	小計
直行車流	車輛數	442	283	28	753
	搶黃燈	9	16	1	26
	清道時間結束後仍無法通過路口	0	3	0	3
	闖紅燈	0	1	0	1
	紅燈跨越停止線	0	0	0	0
	超速(法規速限)	92	30	4	126
	超速(速限寬容值)	10	0	0	10
左側車流	車輛數	175	69	10	254
	搶先直行	1	1	0	2
	闖紅燈	0	0	0	0
	紅燈跨越停止線	2	1	0	3
	超速(法規速限)	5	0	0	5
	超速(速限寬容值)	0	0	0	0
右側車流	車輛數	273	68	6	347
	搶先直行	5	0	0	5
	闖紅燈	0	1	0	1
	紅燈跨越停止線	6	0	0	6
	超速(法規速限)	5	0	0	5
	超速(速限寬容值)	0	0	0	0
兩車衝突	穿越衝突（左側）*	0	0	0	0
	穿越衝突（右側）*	0	0	0	0

註：*衝突事件的判斷依據為 $PET \leq 3$ 秒、以直行車流之車種進行分類

6.6 分析結果

6.6.1 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 6.3-8)，選定進行機會左轉分析的路口共 11 個，路口穿越衝突的路口共 5 個，其中有兩個路口會進行兩個應用情境的分析，路口清單如表 6.6-1 所示。另外，機會左轉中，並非每個路口方向皆滿足其分析要件，因此會再將每個路口分成 4 個進入的方向，藉此根據進入方向判斷是否滿足機會左轉之分析要件。

表 6.6-1 路口清單表

縣市	路口	機會左轉				路口 穿越 衝突	路口 編號	應用 情境 編號
		A ↓ B	B ↓ C	C ↓ D	D ↓ A			
高雄市	二聖二路與復興三路	✓	✓	✓	✓		1	A1
	瑞隆路與瑞福路	✓	✓	✓	✓		2	A2
	中山一路與大同一路	✓		✓	✓	✓	3	A3、 B1
	二聖一路與光華二路	✓	✓	✓	✓		4	A4
	興中二路與中山二路	✓		✓			5	A5
	經武路與博愛路	✓	✓	✓	✓	✓	6	A6、 B2
	青年路二段與文衡路	✓	✓	✓	✓		7	A7
	青年路二段與建國路三段					✓	8	B3
	七賢一路與七賢二路					✓	9	B4
臺北市	東新街與市民大道七段	✓	✓	✓	✓		10	A8
	向陽路與市民大道八段	✓		✓			11	A9
	興隆路四段與忠順街二段	✓	✓	✓	✓		12	A10
	光復北路與健康路	✓	✓	✓	✓		13	A11
	松仁路與信義路五段					✓	14	B5

二、路口空拍圖

圖 6.6-1～圖 6.6-14 為所有拍攝路口之空拍圖，其中機會左轉事件之路口是以劃設路口中央區域後之空拍圖呈現；而穿越衝突路口僅以空拍底圖呈現。



圖 6.6-1 路口1-高雄市二聖二路與復興三路



圖 6.6-2 路口 2-高雄市瑞隆路與瑞福路

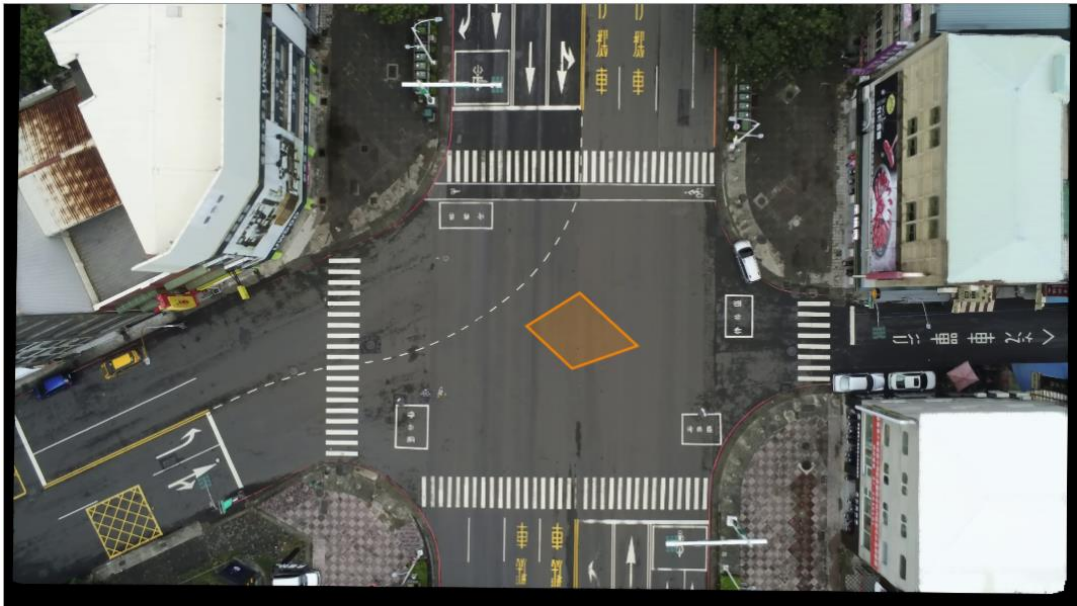


圖 6.6-3 路口3-高雄市中心一路與大同一路



圖 6.6-4 路口4-高雄市二聖一路與光華二路

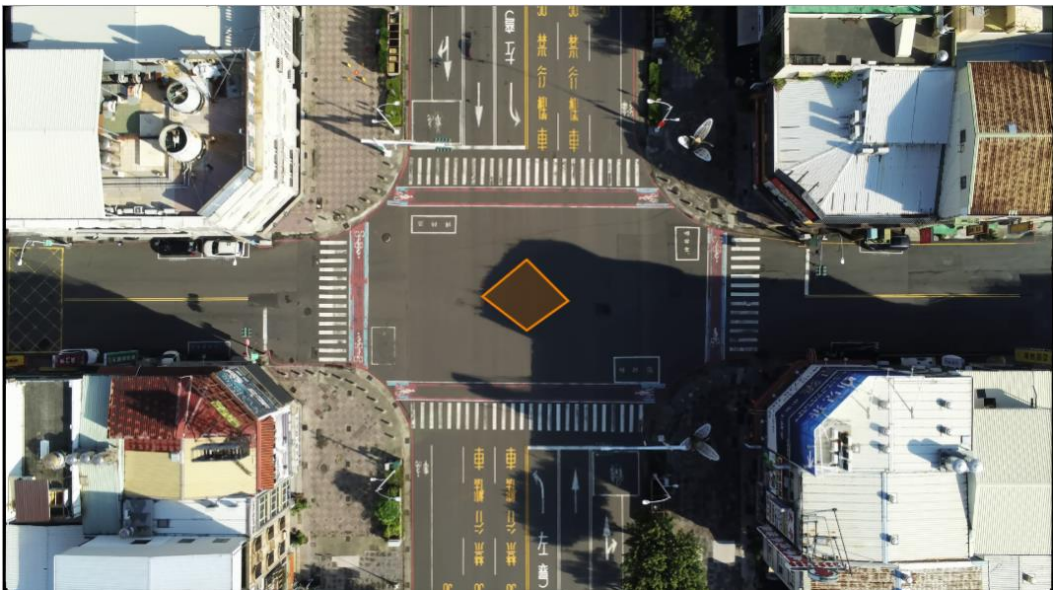


圖 6.6-5 路口5-高雄市興中二路與中山二路



圖 6.6-6 路口6-高雄市經武路與博愛路

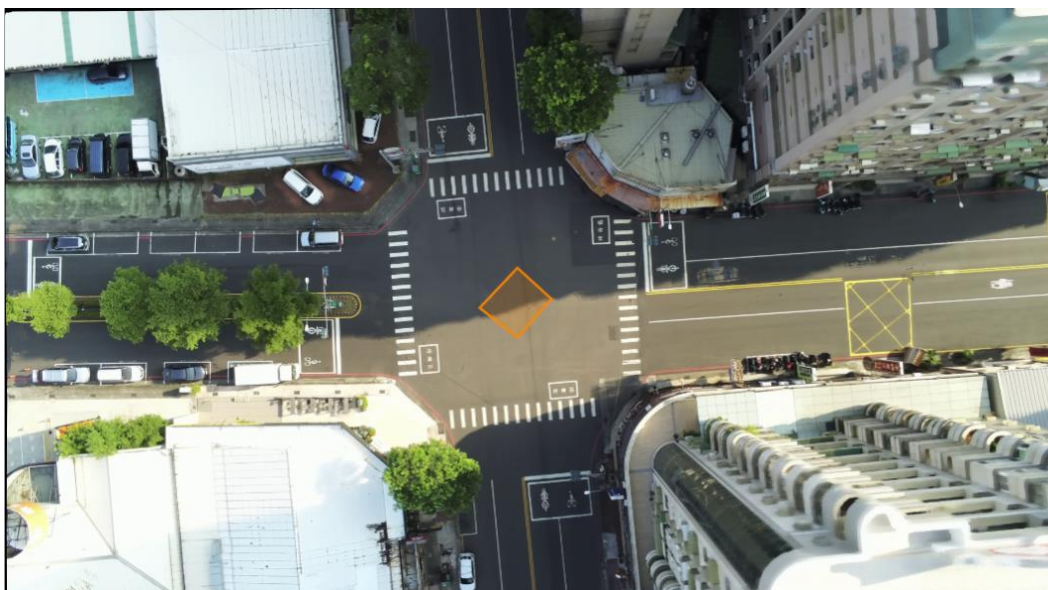


圖 6.6-7 路口7-高雄市青年路二段與文衡路



圖 6.6-8 路口8-高雄市青年路二段與建國路三段



圖 6.6-9 路口9-高雄市七賢一路與七賢二路



圖 6.6-10 路口10-臺北市東新街與市民大道七段



圖 6.6-11 路口11-臺北市向陽路與市民大道八段



圖 6.6-12 路口12-臺北市興隆路四段與忠順街二段

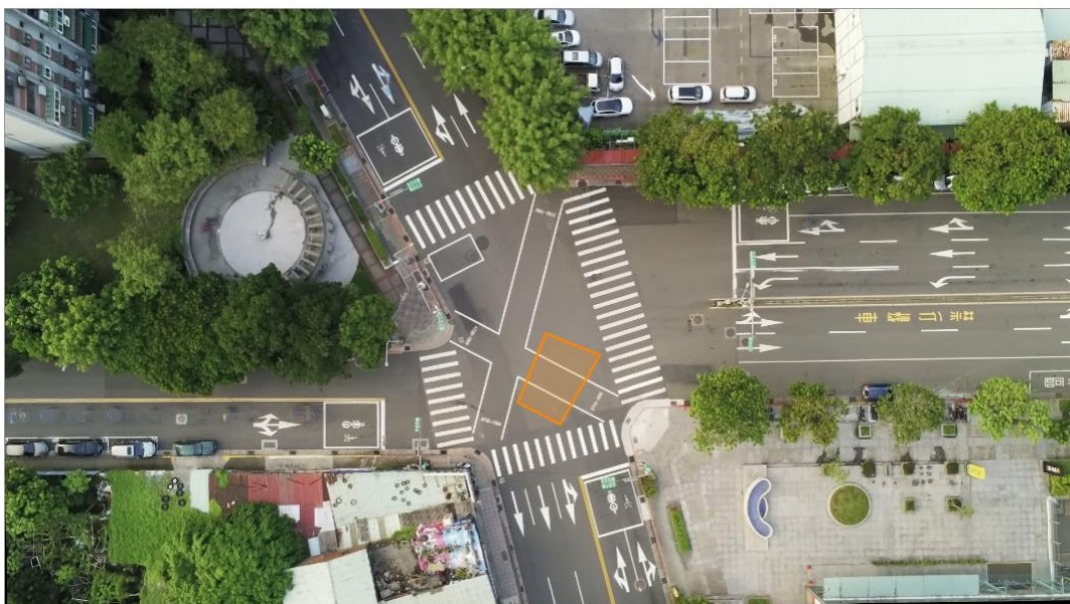


圖 6.6-13 路口13-臺北市光復北路與健康路



圖 6.6-14 路口14-臺北市松仁路與信義路五段

6.6.2 機會左轉

機會左轉共有 11 個路口，共超過 30 架次的影片，每一部影片、轉向都可以運用 6.3.1 節的方法產生計算結果，惟龐大數量的計算結果不利於問題探討。為了分析的易讀性，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，再以直方圖的方式呈現，進行比較。

在實際計算之前，需要先進行秒差以及參數設定的確認，以確保計算結果是可信的。經過檢查以後，有 4 部影片因現場側拍資料不足導致秒差誤差過大、1 部影片因拍攝期間有發生號誌時相改變，無法用於號誌相關的分析。因此，最終用於分析的影片數如表 6.6-2 所示。

表 6.6-2 機會左轉－影片數目表

縣市	路口	機會左轉				事 件 編號	分 析 影 片 數
		A	B	C	D		
		↓ B	↓ C	↓ D	↓ A		
高雄市	二聖二路與復興三路	✓	✓	✓	✓	A1 ⁽¹⁾	1(3)
	瑞隆路與瑞福路	✓	✓	✓	✓	A2 ⁽²⁾	3(4)
	中山一路與大同一路	✓		✓	✓	A3	3(3)
	二聖一路與光華二路	✓	✓	✓	✓	A4	4(4)
	興中二路與中山二路	✓		✓		A5 ⁽³⁾	2(3)
	經武路與博愛路	✓	✓	✓	✓	A6	3(3)
	青年路二段與文衡路	✓	✓	✓	✓	A7	2(3)
臺北市	東新街與市民大道七段	✓	✓	✓	✓	A8	2(2)
	向陽路與市民大道八段	✓		✓		A9	2(2)
	興隆路四段與忠順街二段	✓	✓	✓	✓	A10	4(4)
	光復北路與健康路	✓	✓	✓	✓	A11	2(2)

(1)(2)(4)秒差誤差過大不使用 (3)秒差設定錯誤

接下來的計算結果將會根據 6.3.1 節中所提到之三大行為進行說明，包括了風險駕駛行為、違規行為以及交通衝突。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确性。

以下所示的圖 6.6-15~圖 6.6-23 為機會左轉事件中左轉車輛風險駕駛行為的計算結果，當中包括了左轉車輛數、先行左轉、燈號轉換期間左轉、左轉車未到達路口中央處以及清道時

間結束後仍無法通過路口。其項目說明可參考表 6.3-2。

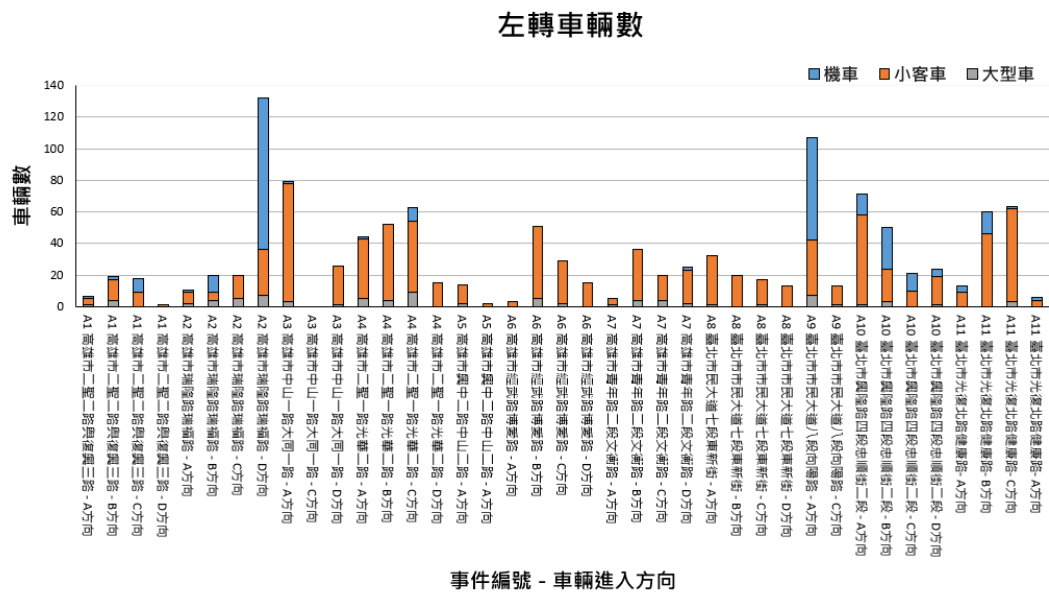


圖 6.6-15 機會左轉－左轉車輛數

備註：1. A3-C 之道路為汽車進入單行，機車雙向通行；而左轉機車需二段式左轉。
2. A2-D 及 A9-A 的左轉車輛數都相較於該路口的其他進入方向較多。

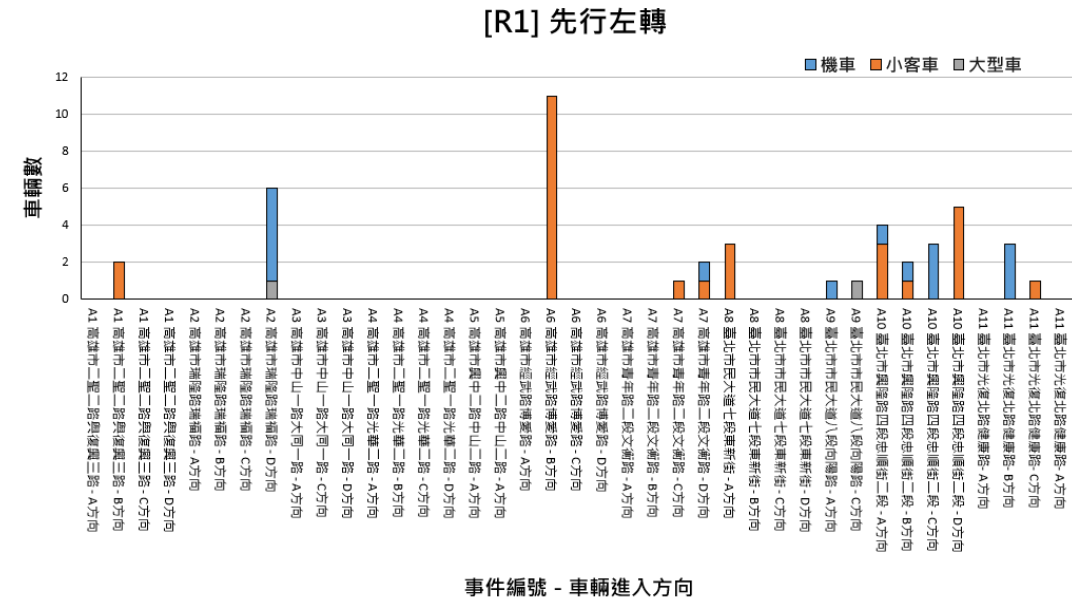


圖 6.6-16 機會左轉－[R1]先行左轉

備註：1. A6-B 因為其號誌為綠燈早開時相，所以判斷上會出現較大量的先行左轉。
2. A2-D 方向其機車左轉不需待轉，確實出現較多機車在綠燈亮時先行左轉。

先行左轉之比例圖

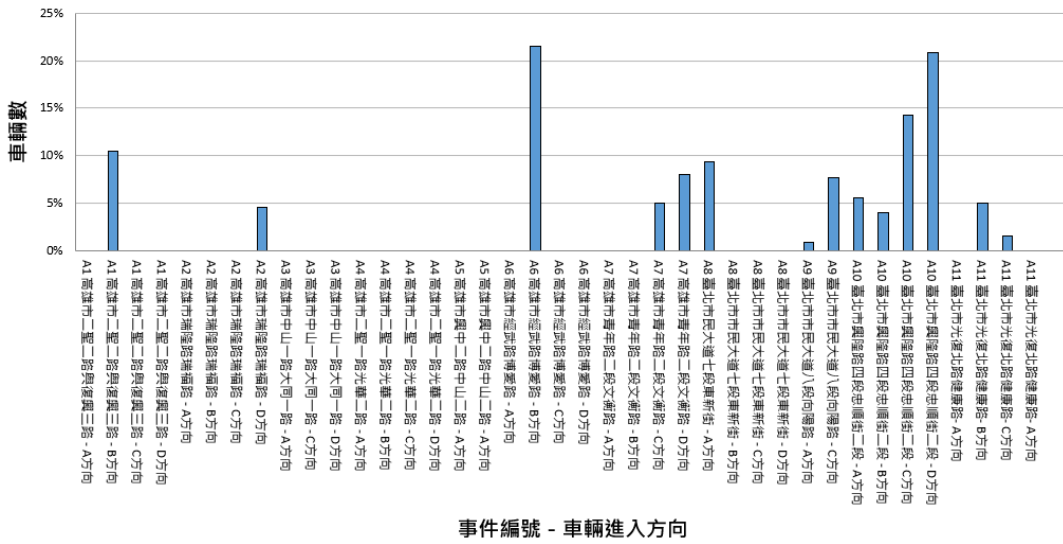


圖 6.6-17 先行左轉之比例圖

[R2] 燈號轉換期間左轉

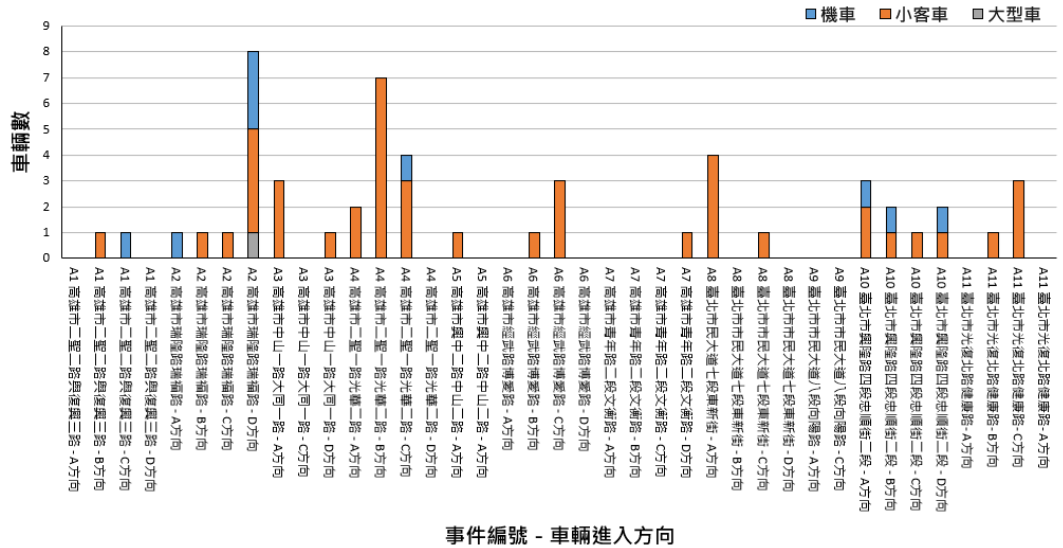


圖 6.6-18 機會左轉—[R2]燈號轉換期間左轉

備註：1. A2-D 機車不需待轉即可左轉，且確實有許多小客車及機車於號誌轉換期間進行左轉。

2. A4-B 因為對向直行車較多，導致左轉車不易找到適當間距而拖延至號誌變換其間才完成左轉。

3. A9-A 因為時相為綠燈遲閉時相，較不易累積左轉車輛至號誌轉換時段。

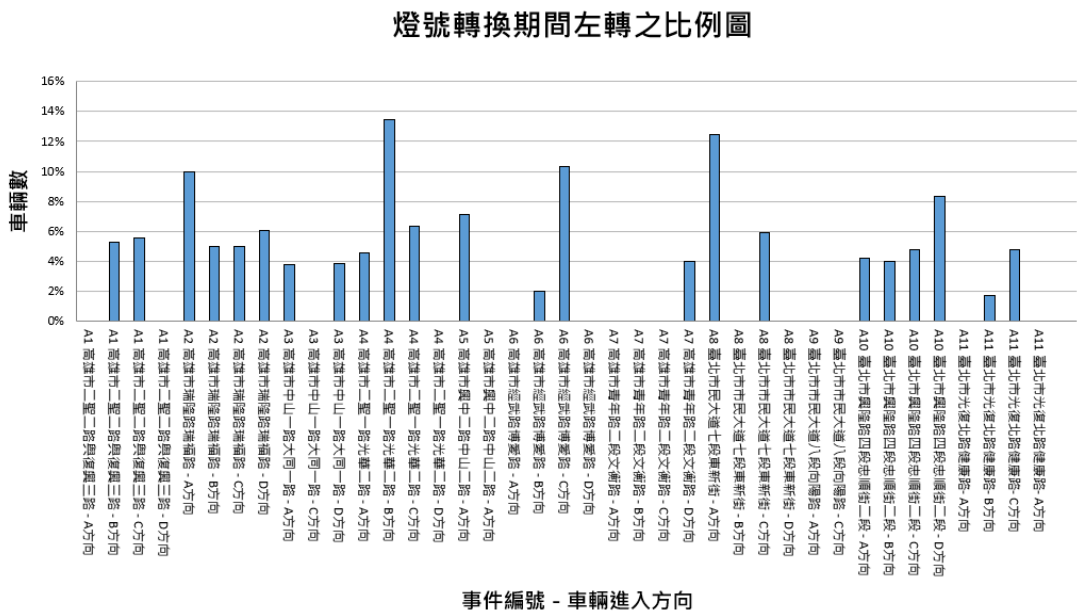


圖 6.6-19 燈號轉換期間左轉之比例圖

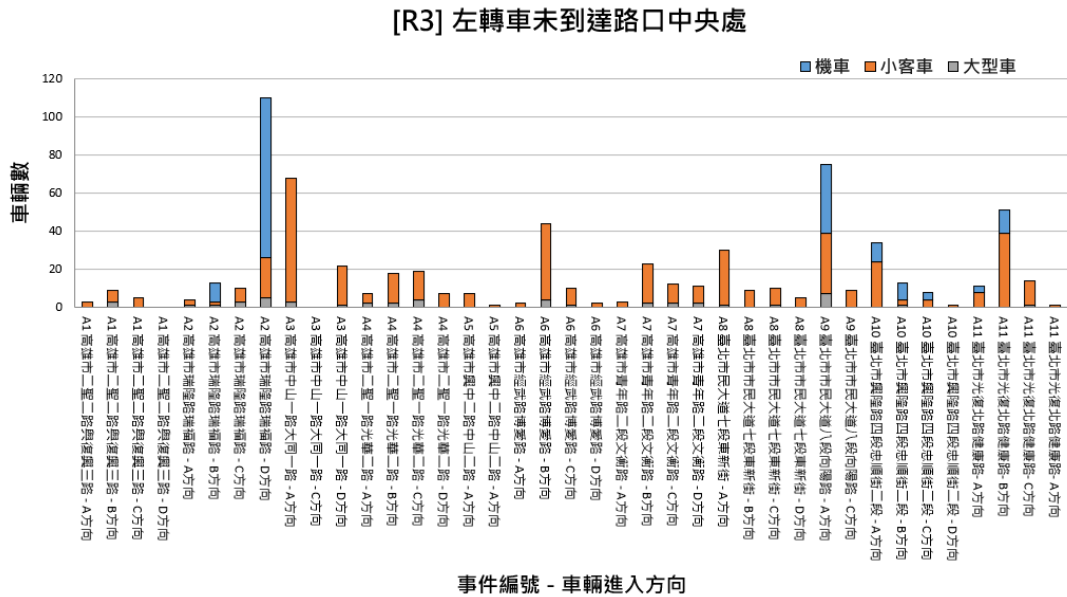


圖 6.6-20 機會左轉－[R3]左轉車未到達路口中央處

備註：1. A2-D 機車不需待轉即可左轉，且欲左轉之小客車及機車數量較多，導致車輛為了能快速左轉而未達路口中央即左轉。

2. A9-A 的左轉車輛數較大，且未畫設轉彎導引線，且機車不需待轉，因此有較多車輛未達路口中心即左轉。

3. A3-C 因為禁行四輪以上車輛，且機車左轉為強制待轉，所以不會有未達路口中心的車輛數。

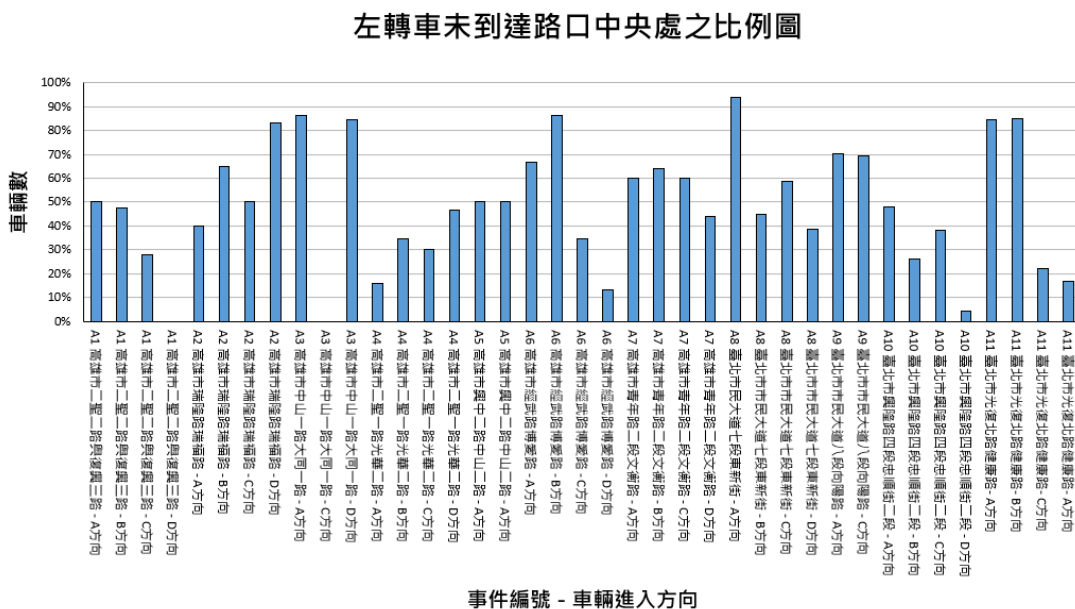


圖 6.6-21 左轉車未到達路口中央處之比例圖

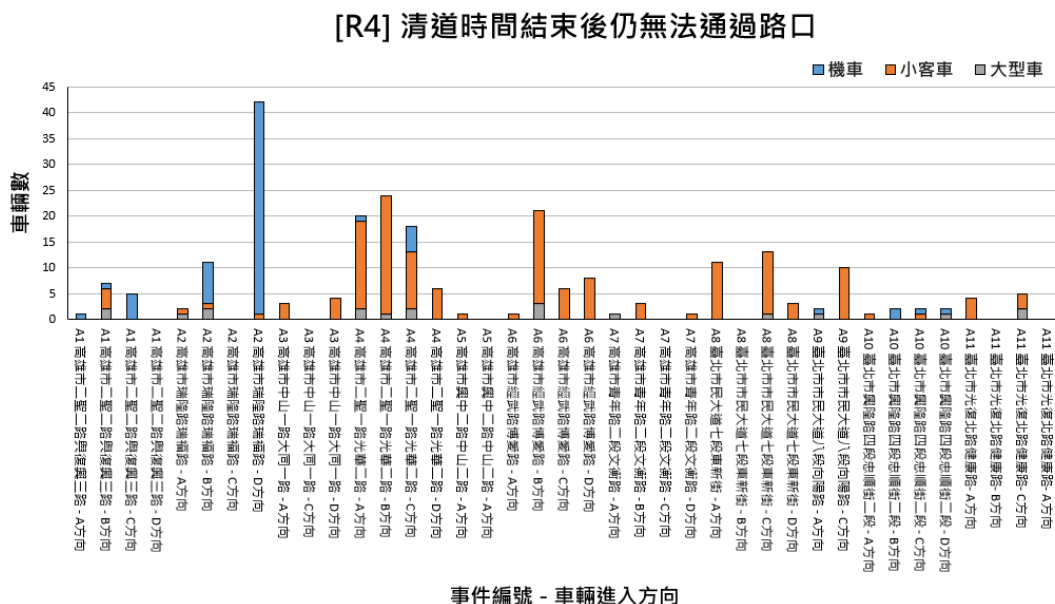


圖 6.6-22 機會左轉—[R4]清道時間結束後仍無法通過路口

- 備註：1. A2-D 機車不需待轉即可左轉，且欲左轉之機車數量較多，導致清道時間結束仍無法全部清空。
2. A4-B 因對向直行車數量較多，導致該方向左轉車輛不易在清道時間內完成左轉。

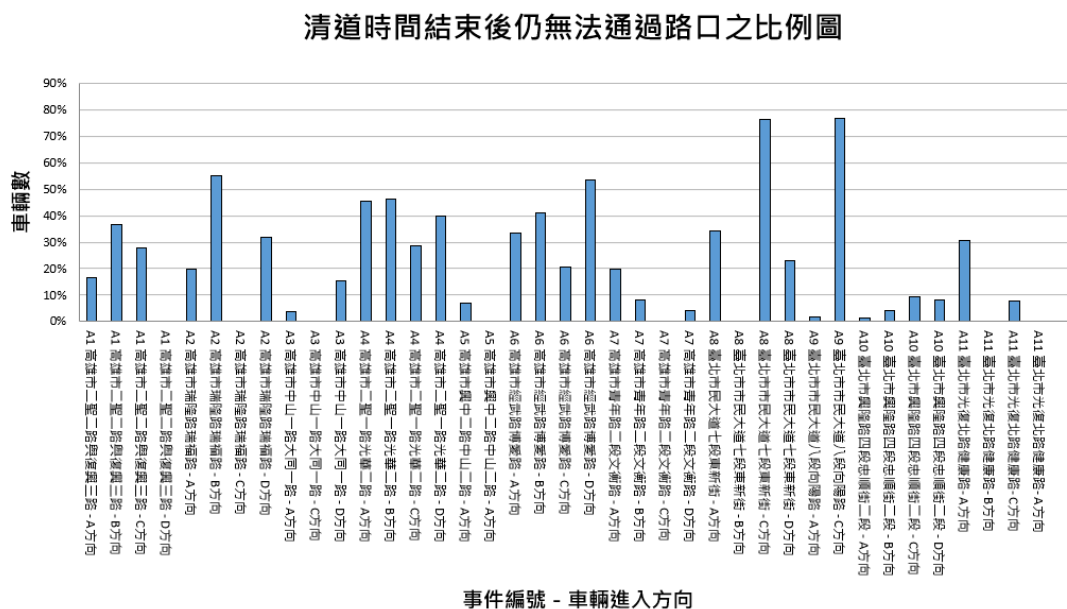


圖 6.6-23 清道時間結束後仍無法通過路口之比例圖

圖 6.6-24～圖 6.6-31 為機會左轉事件中對向直行車輛之違規行為的計算結果，當中包括了車輛數、闖紅燈數、紅燈跨越停止線數、超速車輛數(法規速限、速限寬容值)、外側車道左轉數、以及機車於兩段式路口直接左轉數。其項目說明可參考表 6.3-3。

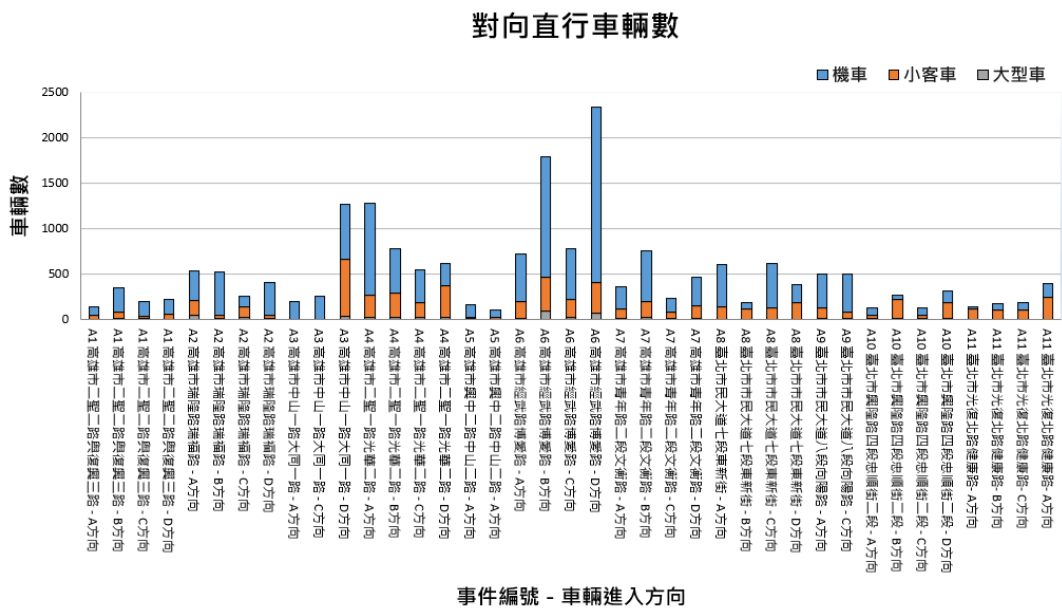


圖 6.6-24 機會左轉一對向直行車輛數

備註：1.A6 為高雄重要路口，資料蒐集時間恰巧為下午尖峰時段，車輛通行數相當龐大。
 2.A5-C 的對向為 A 入口方向，該條路為較小條之道路，車輛通過數相對較少。

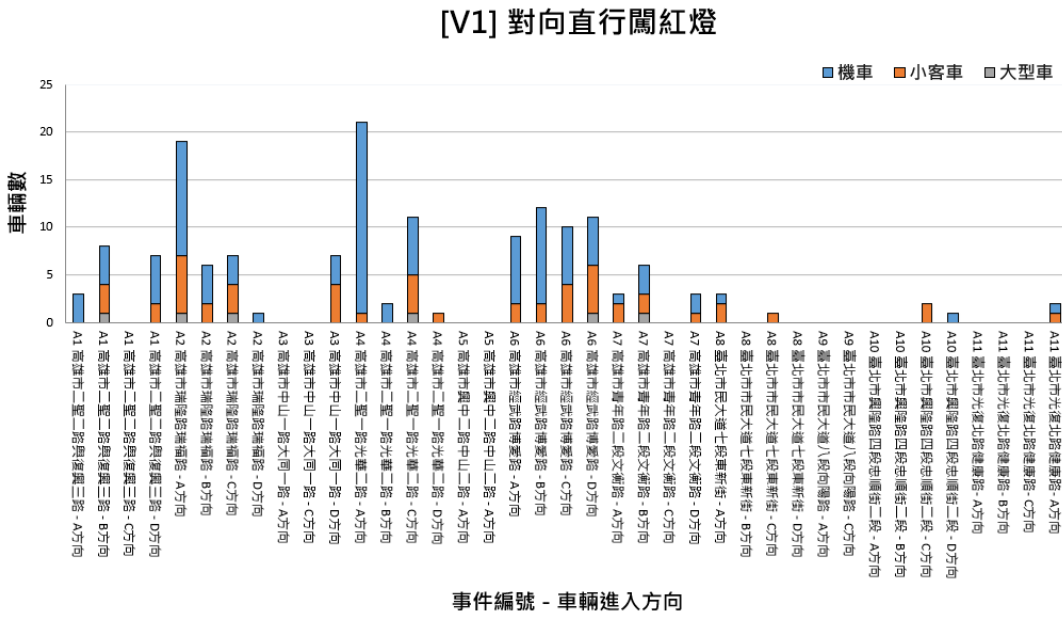


圖 6.6-25 機會左轉－[V1]對向直行闖紅燈

備註：1.A4-A 的對向直行機車確實有較多的闖紅燈現象，影片中幾乎每個週期都可觀察到。幾乎可在每個週期中觀察到 A2-A 的對向直行車闖紅燈，其數量相對偏多。
 2.A9-A 的對向直行車輛幾乎可在該週期綠燈結束前通過路口，因此幾乎沒有闖紅燈車輛(但 A9 影片 115 的秒差稍微有點大)。

[V2] 紅燈跨越停止線

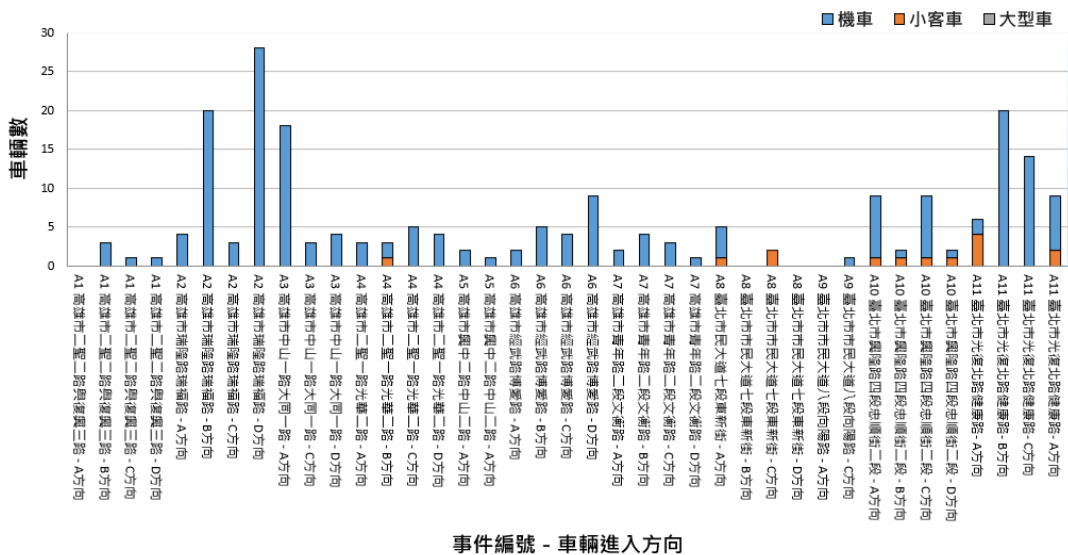


圖 6.6-26 機會左轉－[V2]紅燈跨越停止線

備註：1. A2 路口中相當容易觀察到機車於紅燈時快跨越停止線才停車，D 方向可能因為好位於陰影處，可能位置辨識精準度會相對較低。

2. A9-A 方向可能因為號誌連鎖的設計，使得其紅燈時幾乎沒有車輛停等，當上游車輛抵達 A9 路口時會恰巧亮綠燈，因此較低機會出現紅燈跨越停止線。

[V3] 超速 (法規速限)

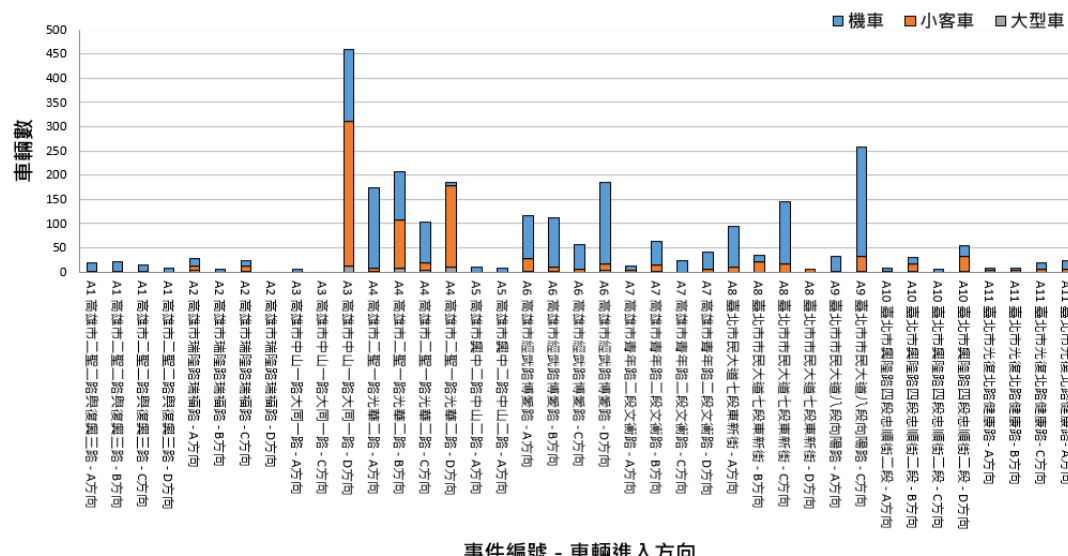


圖 6.6-27 機會左轉－[V3]超速(法規速限)

備註：1. A3-D 位於主要幹道上，車速相對較快，容易發現超速情形。

2. A3-A 和 A3-C 為小條的支道，較不易有超速的情形。

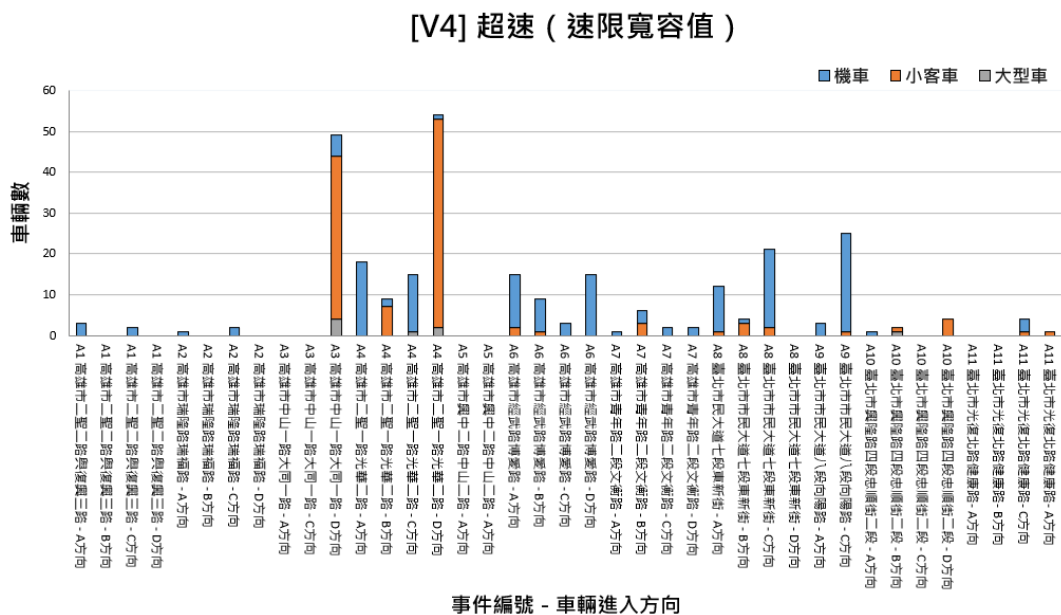


圖 6.6-28 機會左轉—[V4]超速(速限寬容值)

- 備註：1. A3-D 位於主要幹道上，車速相對較快，容易發現超速情形。
 2. A3-A 和 A3-C 為小條的支道，較不易有超速的情形。
 3. A11 為上下游未對齊的路口，車輛不易以高速方式通過路口。

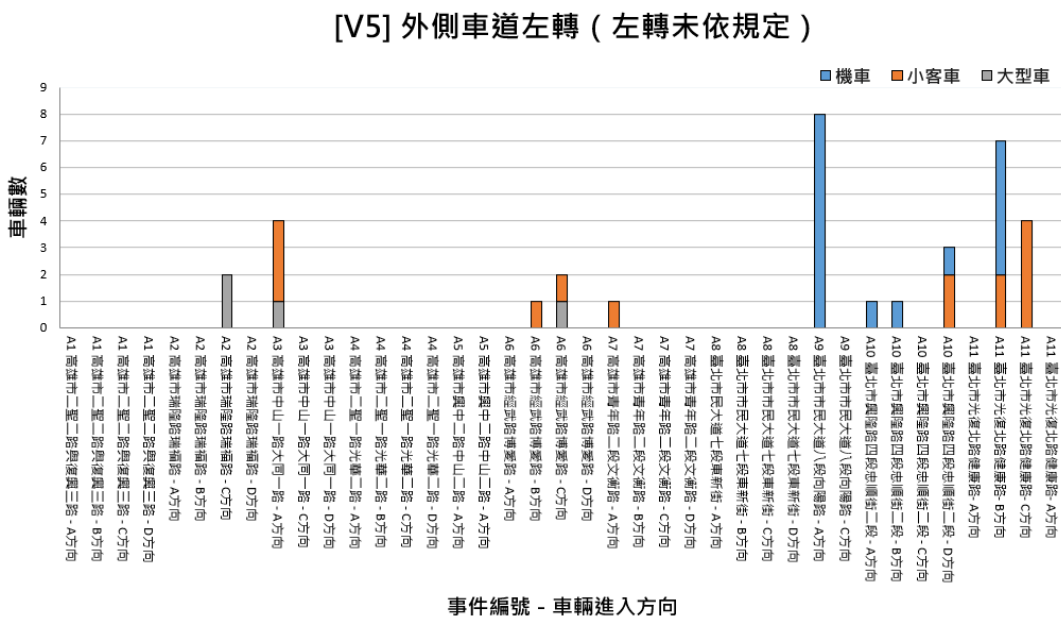


圖 6.6-29 機會左轉—[V5]外側車道左轉(左轉未依規定)

- 備註：1. A9-A 及 A11-B 的左轉車輛數非常大，加上機車不需待轉，且有綠燈遲閉時相，導致部分機車並未於內側車道直接左轉。
 2. A4-A 與 A4-C 因為只有單車道，並未有內外側車道之分。

[V6] 機車於兩段式左轉路口直接左轉

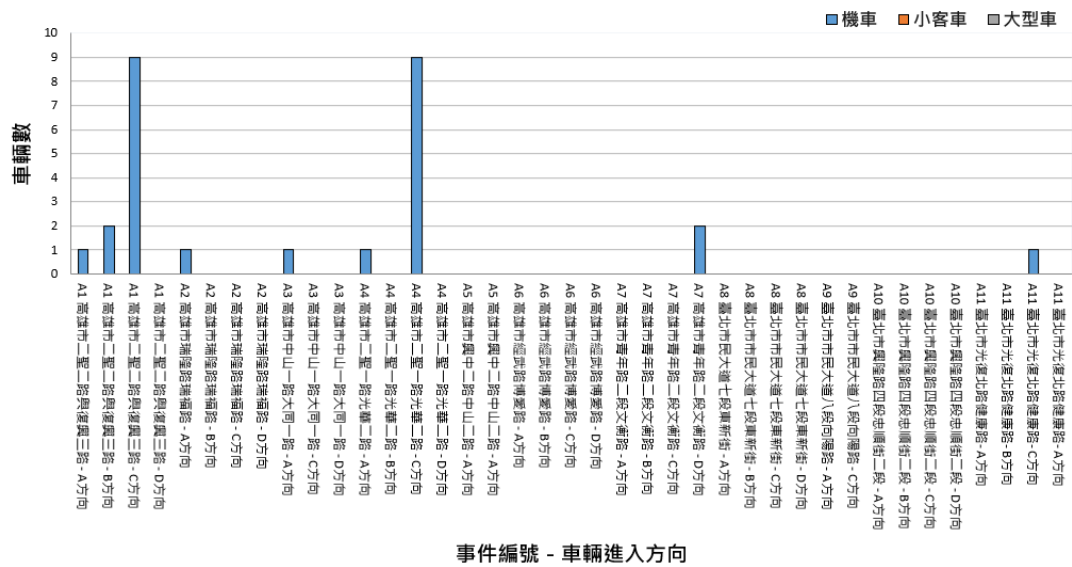


圖 6.6-30 機會左轉—[V6]機車於兩段式左轉路口直接左轉

備註：1. A4-C 確實有機車直接左轉，但是該入口為單車道，猜測對於機車駕駛人較容易認為該路口可以直接左轉。

2. A6 路口因為影片拍攝時段有警察在該路口執勤，並未觀察到有機車直接左轉的情形。

[C1] 左轉衝突（強行左轉）

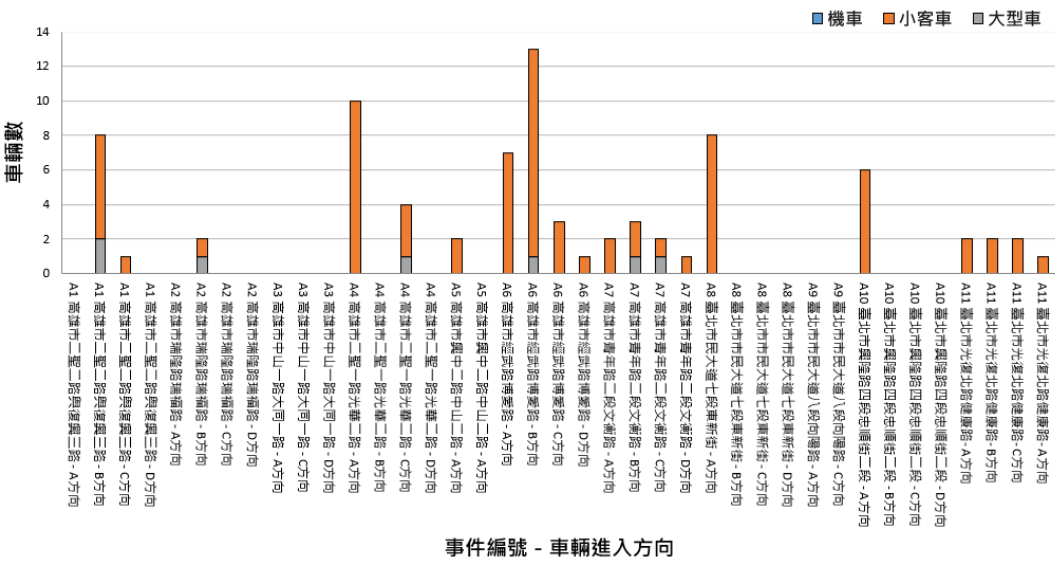


圖 6.6-31 機會左轉—[C1]左轉衝突(強行左轉)

備註：1. A6-B 的左轉車輛數較多，有些車輛會強行左轉。

2. A9-A 因為有綠燈遲閉時相，左轉車輛較容易通過路口，較不易產生強行左轉的情形。

計算結果可歸納重點如下：

一、高比例左轉車輛未到達路口中央處左轉

圖 6.6-21 為左轉車未到達路口中央處之比例圖，其圖是根據左轉車未到達路口中央處的計算結果除以左轉車輛數所得。其結果顯示 39 個路口方向當中，有 19 個具有或超過 50% 的車輛未到達路口中央處左轉，頻率極高，建議可針對這些路口進一步檢視是否有劃設轉彎導引線，或駕駛者是否有依循轉彎導引線的指示進行左轉。

然而，提醒目前判斷車輛是否通過路口中央處的設定方式具有主觀成分，本次分析所繪製的路口中央部分可以參考 3 節中的第二部分。不同的繪製大小將會影響此項目之判斷，就分析工具開發而言，使用者可以自由進行調整中央區域的大小，未來也可進行敏感度測試，提出中央區域的合理劃設方式。

二、左轉車輛無法找到適合之接受間距

圖 6.6-32 為先行左轉與清道時間結束後，仍無法通過路口之車輛加總佔所有左轉車輛之比例。此圖反應的事件為車輛必須在綠燈一開始又或者清道時間結束後才能夠進行左轉行為。其中高雄市瑞隆路與瑞福路-B、高雄市經武路與博愛路-B、高雄市經武路與博愛路-D、臺北市市民大道七段與東新街-C 以及臺北市市民大道八段與向陽路-C 有高達一半的左轉車輛無法於對向車流中找到適合的左轉間距，導致左轉車若是不進行先行左轉行為，就必須等到號誌轉換以後才可進行左轉行為。

這些路口可能由於對向直行的車流量大，左轉車輛難以順利通過路口；也有可能清道時間不足，導致左轉車輛會卡在路口中間。這些現象除了交通安全風險外，也會影響路口的通行能力無法達到應有的效率。

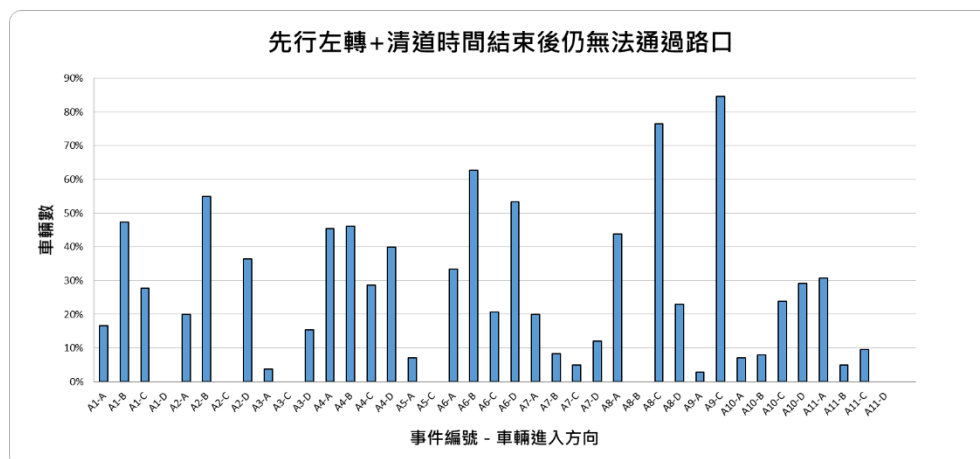


圖 6.6-32 無法於對向直行車流中左轉之比例圖

三、紅燈跨越停止線以機車佔比最高

於紅燈跨越停止線之分析項目中，機車佔了約 94%(參考圖 6.6-26)，其原因應在於實驗路口多設有機車停等區，因此機車相較於汽車更容易發生此行為。此行為將可能影響到行穿線上用路人以及路口範圍內之車輛通行。

四、違法速限寬容值之超速行為

圖 6.6-33 為超越速限寬容值之比例圖，是將違反速限寬容值之對向直行車輛除以對向直行車數所得，其數值經過相同路口不同影片之比例尺確認。從圖中可以發現，高雄市二聖一路與光華二路-D 具有較高比例之超速行為，其佔比約為 9%，相較於第二高之路口多了約兩倍。此分析結果可以做為進一步探討速度管理議題的優先對象。

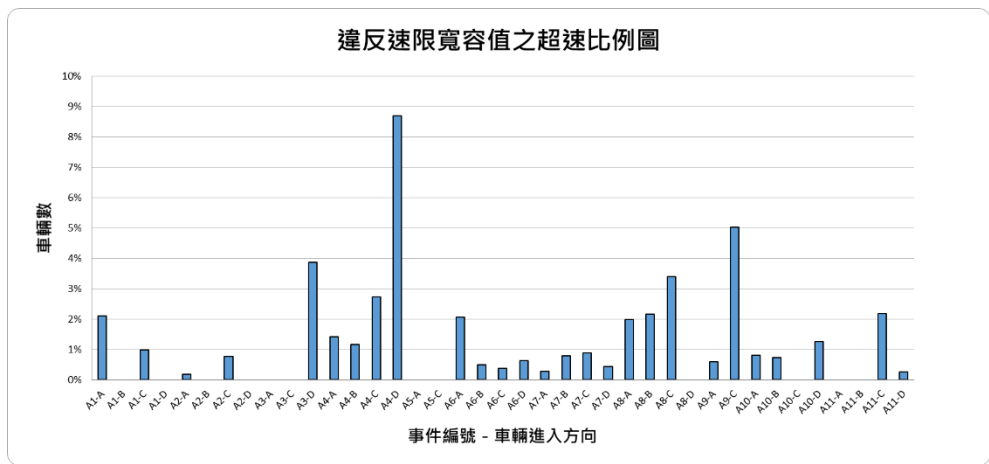


圖 6.6-33 違反速限寬容值之超速比例圖

6.6.3 路口穿越衝突

與前一節所述相同，每個路口之多部影片，將會產生數量龐大的計算結果；因此，為了分析的易讀性，在此同樣將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，再以直方圖的方式呈現。並且經過秒差以及參數設定的確認後，最終使用的影片數目如表 6.6-3 所示。

表 6.6-3 路口穿越衝突一影片數目表

縣市	路口	事件編號	分析影片數
高雄市	中山一路與大同一路	B1	3(3)
	經武路與博愛路	B2	3(3)
	青年路二段與建國路三段	B3 ⁽¹⁾	3(4)
	七賢一路與七賢二路	B4	3(3)
臺北市	松仁路與信義路五段	B5 ⁽²⁾⁽³⁾	2(3)

(1) 使用到其他路口之參數檔導致計算結果錯誤
 (2) 拍攝時間橫跨號誌轉換，導致秒差誤差過大
 (3) 使用的兩部影片因 C 方向之號誌輸入錯誤，因此只使用 A 方向進行穿越衝突分析

接下來的計算結果將會根據 6.3.2 節中所提到風險駕駛行為、違規行為以及交通衝突進行說明。

以下所示的圖 6.6-34~圖 6.6-40 為穿越衝突事件之車輛風險駕駛行為的計算結果，當中包括了直行車輛數、左側來向車輛數、右側來向車輛數、左側來向搶先直行車輛數、右側來向搶先直行車輛數、燈號轉換期間通過車輛數以及清道時間結束後仍無法通過路口車輛數。其計算定義可參考表 6.3-5。

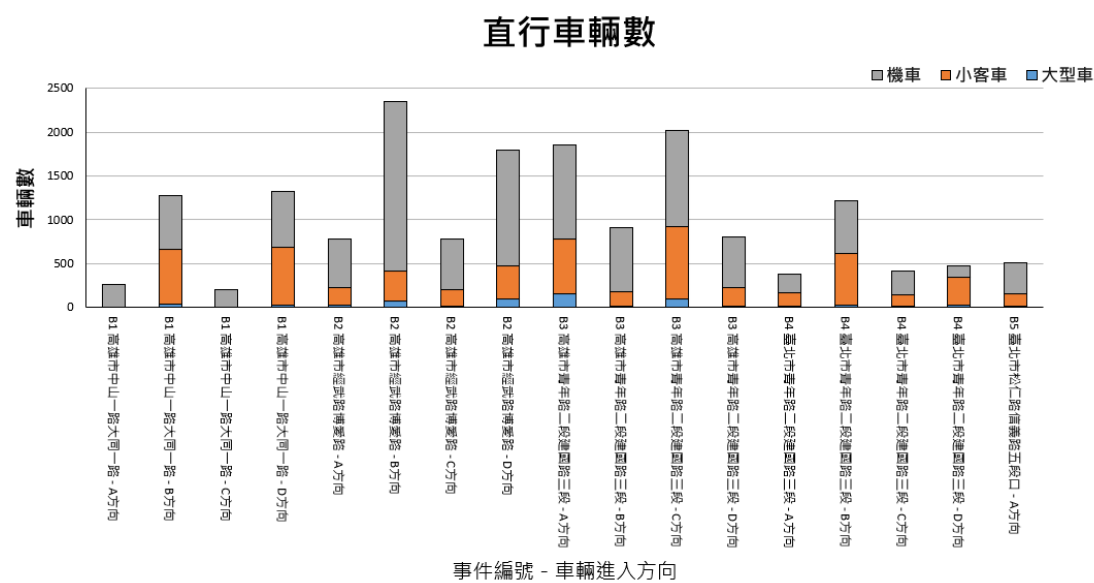


圖 6.6-34 路口穿越衝突－直行車輛數

備註：1. B1 路口的 C 往 A 方向僅有機車資料，原因是 B1C 方向為東向汽車單行道。
2. B1-C 方向道路路幅狹小，車輛較少。

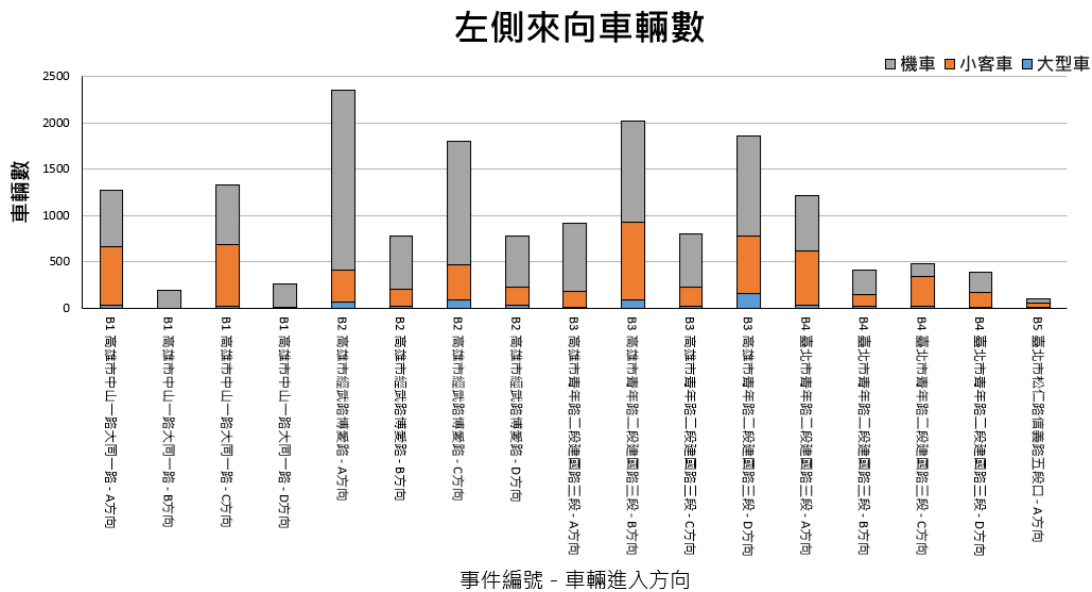


圖 6.6-35 路口穿越衝突－左側來向車輛數

備註：1. B2 路口的 B 往 D 方向車流量龐大，導致 B2-A 的左側來向車輛數較大。
2. B1 路口的 A 和 C 為支道、B 和 D 為幹道，導致對應的左側來向車輛數呈現較大差異。

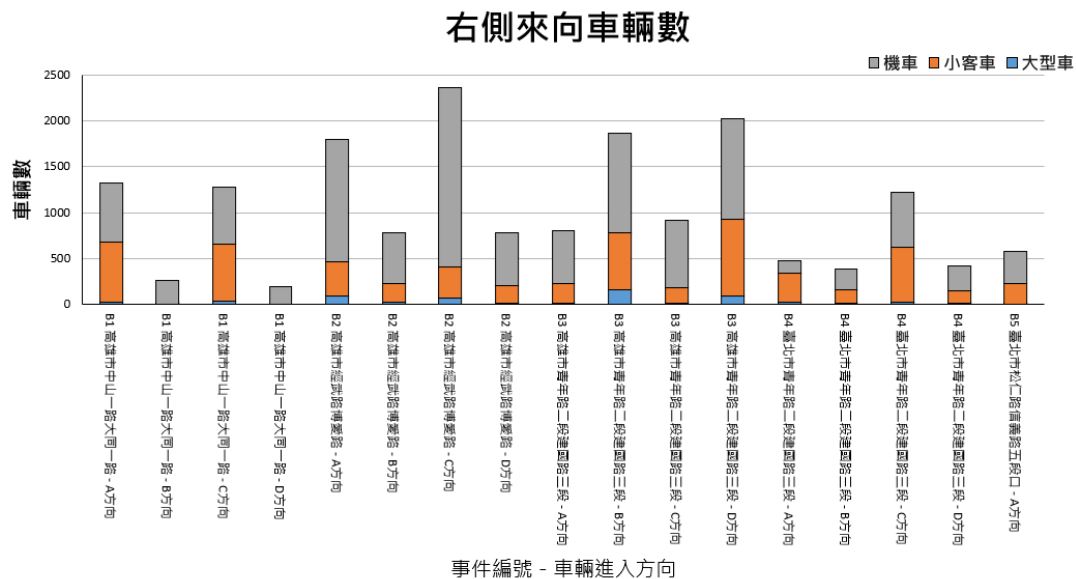


圖 6.6-36 路口穿越衝突－右側來向車輛數

備註：1. B2 路口的 B 往 D 方向車流量龐大，導致 B2-C 的右側來向車輛數較大。
2. B1 路口的 A 和 C 為支道、B 和 D 為幹道，導致對應的右側來向車輛數呈現較大差異。

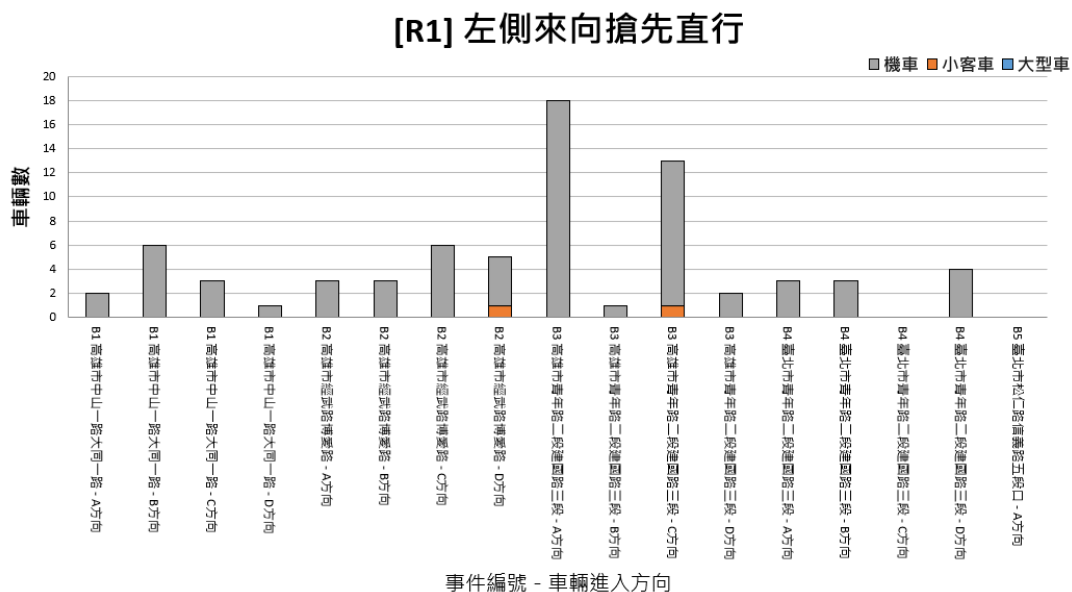


圖 6.6-37 路口穿越衝突－[R1]左側來向搶先直行

備註：B3 路口由於清道時間較長，車輛搶先直行之比例較高。

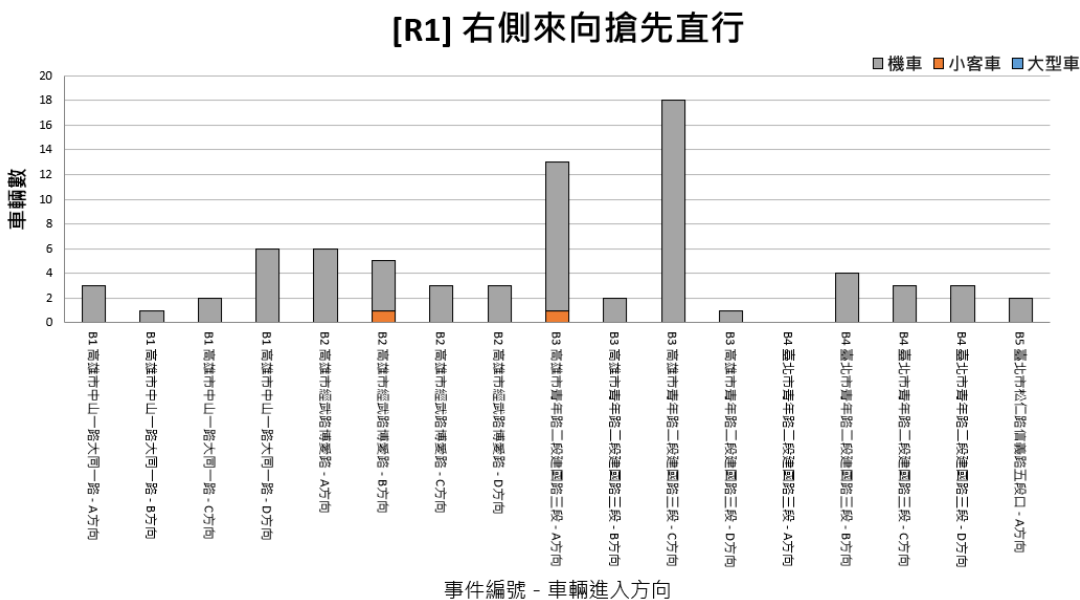


圖 6.6-38 路口穿越衝突－[R1]右側來向搶先直行

備註：B3 路口由於清道時間較長，車輛搶先直行之比例較高。

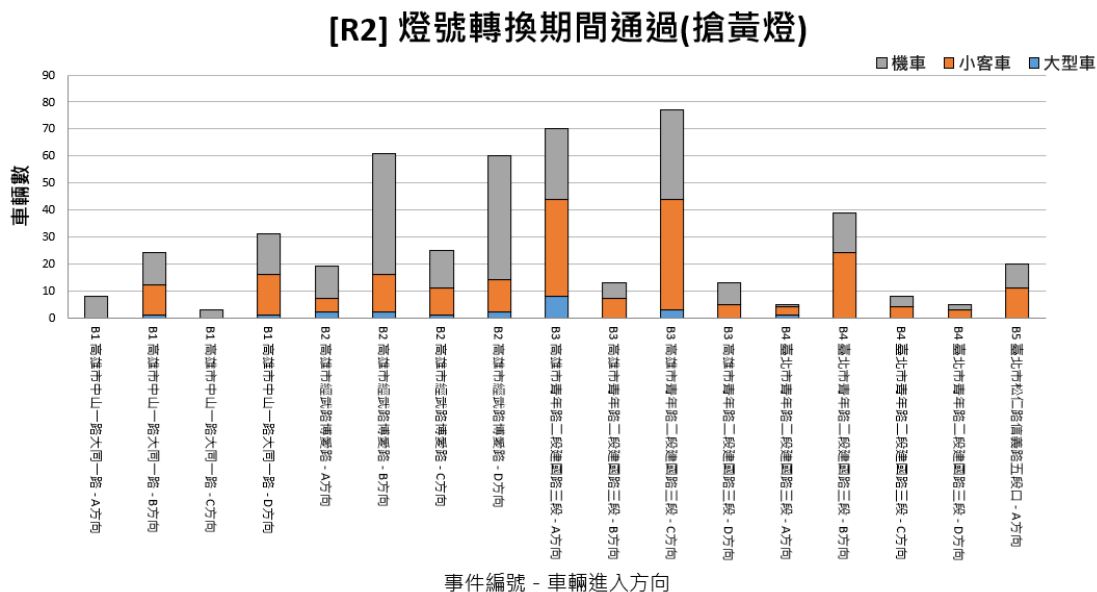


圖 6.6-39 路口穿越衝突－[R2]燈號轉換期間通過(搶黃燈)

備註：B3 路口由於燈號轉換時間較長(4 或 5 秒)，車輛搶黃燈之比例較高。

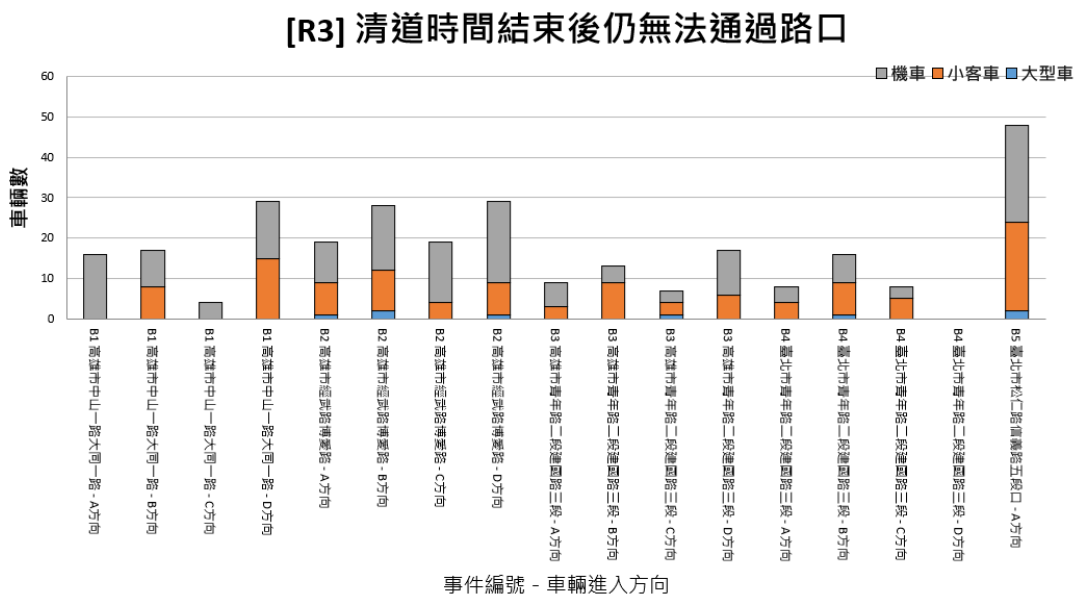


圖 6.6-40 路口穿越衝突－[R3]清道時間結束後仍無法通過路口

備註：B5 因上班通勤時間車流擁擠，車輛在清道時間大多是受迫性的通過路口。

接著的圖 6.6-41～圖 6.6-52 為穿越衝突事件中之違規行為的計算結果，當中包括了闖紅燈數、紅燈跨越停止線數、超速數(包括法規速限以及速限寬容值)。其計算定義可參考表 6.3-6。

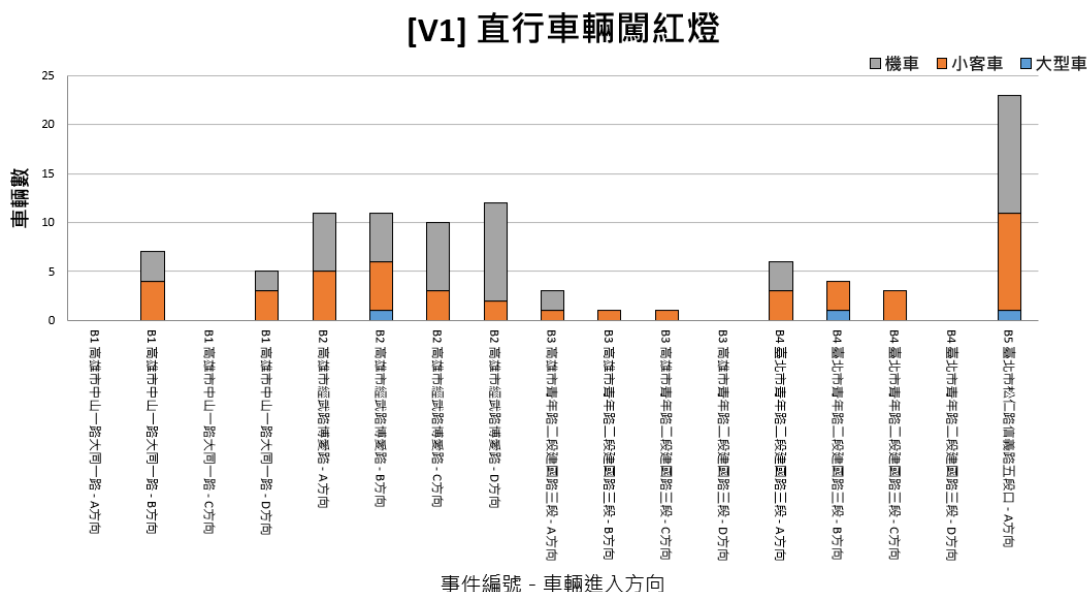


圖 6.6-41 路口穿越衝突－[V1]直行車輛闖紅燈

備註：B5 路口的直行車闖紅燈數量偏高，可能與車流量較大有關。

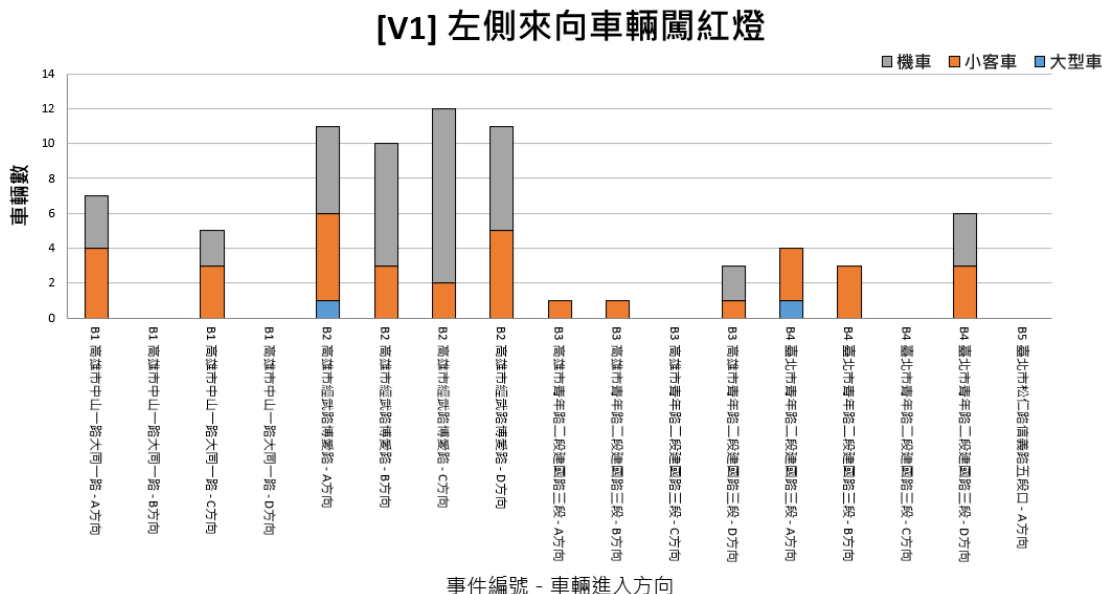


圖 6.6-42 路口穿越衝突－[V1]左側來向車輛闖紅燈

備註：B2 路口之左側來向車闖紅燈數量較多，可能與該路口車流量較大有關。

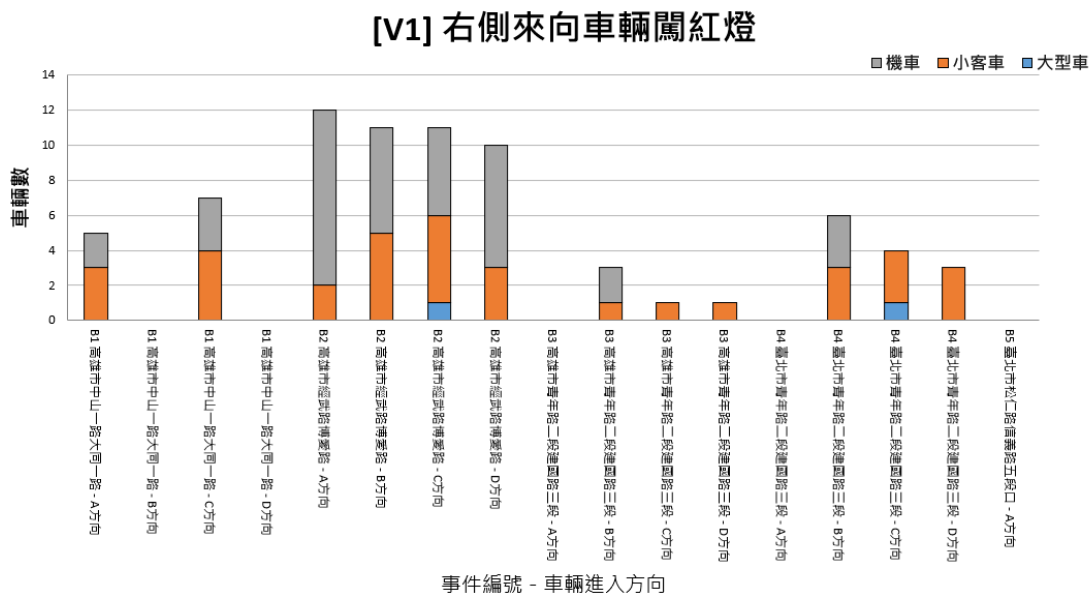


圖 6.6-43 路口穿越衝突－[V1]右側來向車輛闖紅燈

備註：B2 路口之右側來向車闖紅燈數量較多，可能與該路口車流量較大有關。

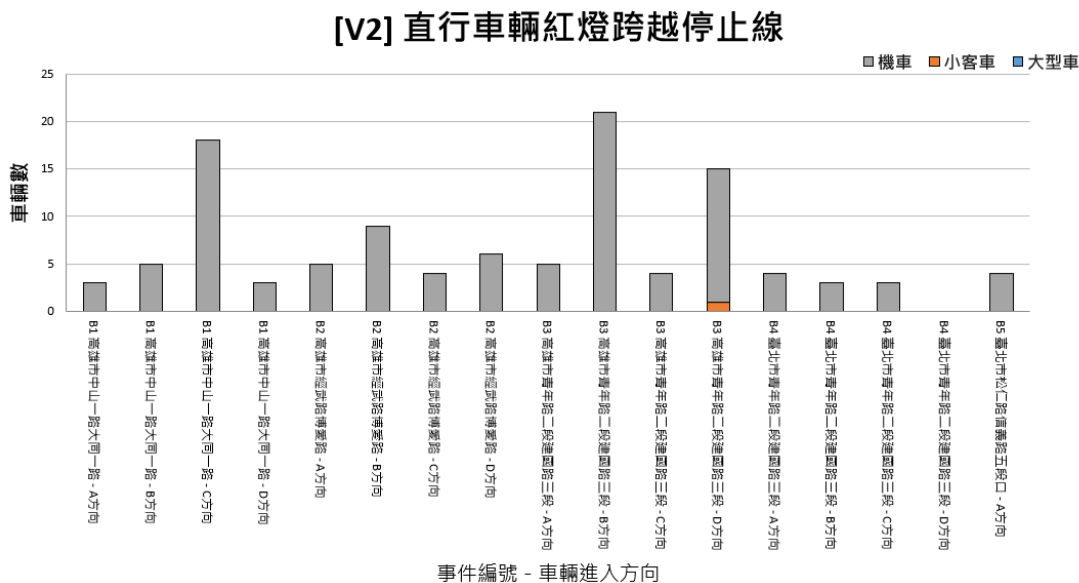


圖 6.6-44 路口穿越衝突－[V2]直行車輛紅燈跨越停止線

備註：B3 路口之 B、D 來向為支道，有較多數量的機車於紅燈時跨越停止線。

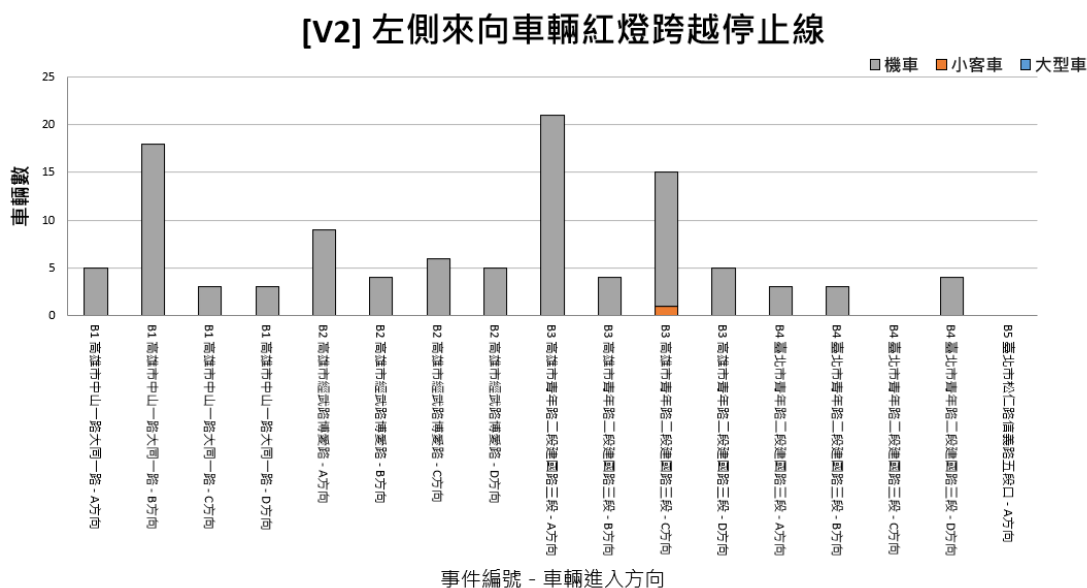


圖 6.6-45 路口穿越衝突－[V2]左側來向車輛紅燈跨越停止線

備註：B3路口之B、D來向為支道，有較多數量的機車於紅燈時跨越停止線，導致A、C方向有較多的左側來車紅燈跨越停止線。

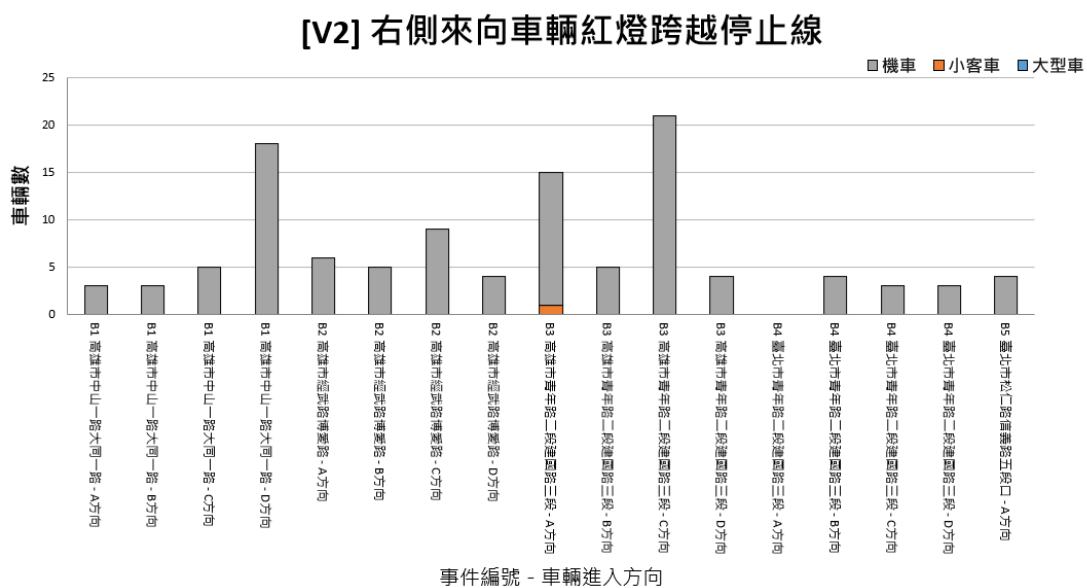


圖 6.6-46 路口穿越衝突－[V2]右側來向車輛紅燈跨越停止線

備註：B3路口之B、D來向為支道，有較多數量的機車於紅燈時跨越停止線，導致A、C方向有較多的右側來車紅燈跨越停止線。

[V3] 直行車輛超速(法規速限)

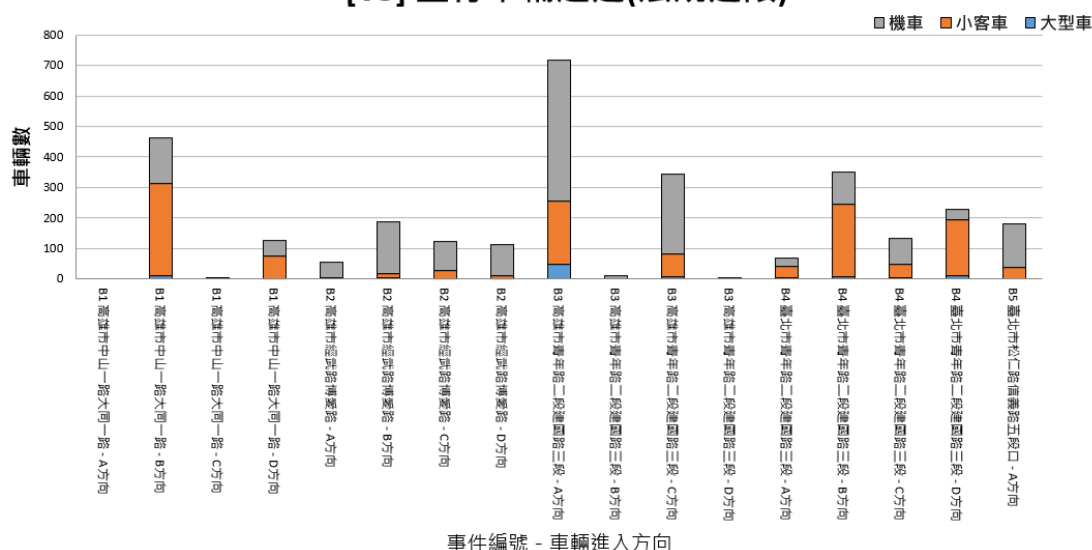


圖 6.6-47 路口穿越衝突—[V3]直行車輛超速(法規速限)

備註：1. B3 路口之 A 來向與 C 來向為主要幹道，上下游車道皆有對齊，推測因此導致較多車輛超速情形。

2. B5 路口在 C 方向出口設有門架，影響畫面上的車速辨識，可能導致 B5-A 的車速的誤判。

[V3] 左側來向車輛超速(法規速限)

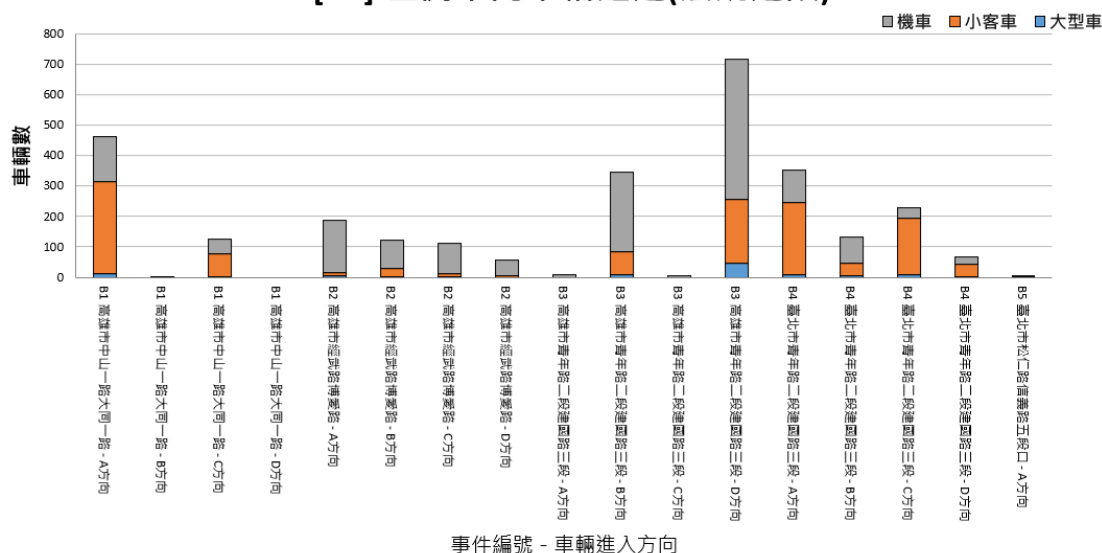


圖 6.6-48 路口穿越衝突—[V3]左側來向車輛超速(法規速限)

備註：B3 路口之 A 來向與 C 來向為主要幹道，上下游車道皆有對齊，推測因此導致 B、D 方向有較多的左側來向車輛超速情形。

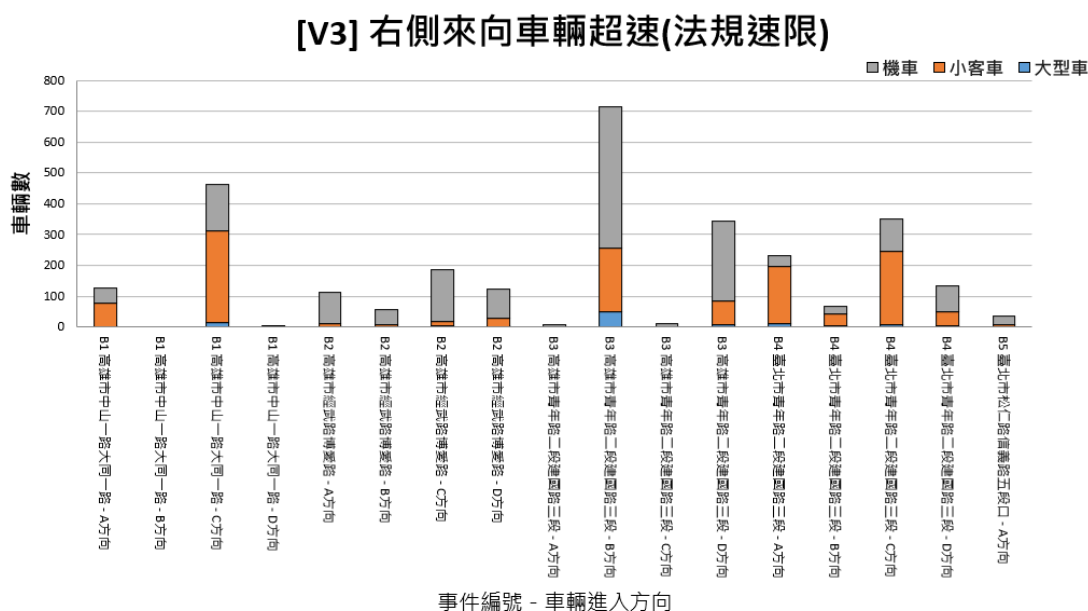


圖 6.6-49 路口穿越衝突－[V3]右側來向車輛超速(法規速限)

備註：B3 路口之 A 來向與 C 來向為主要幹道，上下游車道皆有對齊，推測因此導致 B、D 方向有較多的右側來向車輛超速情形。

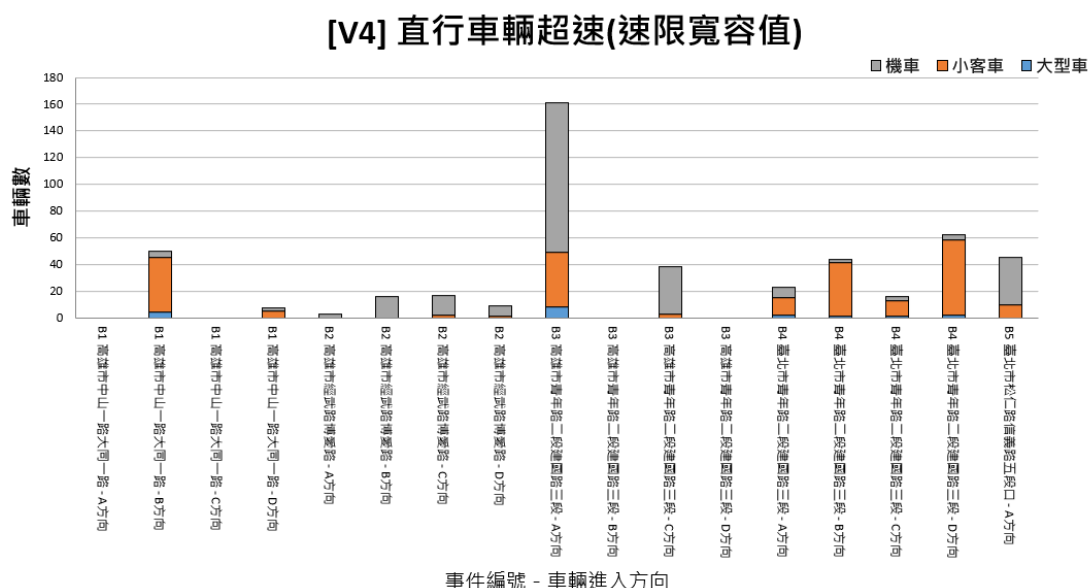


圖 6.6-50 路口穿越衝突－[V4]直行車輛超速(速限寬容值)

備註：1. B3 路口之 A 來向與 C 來向為主要幹道，上下游車道皆有對齊，推測因此導致較多車輛超速情形。
2. B5 路口在 C 方向出口設有門架，影響畫面上的車速辨識，可能導致 B5-A 的車速的誤判。

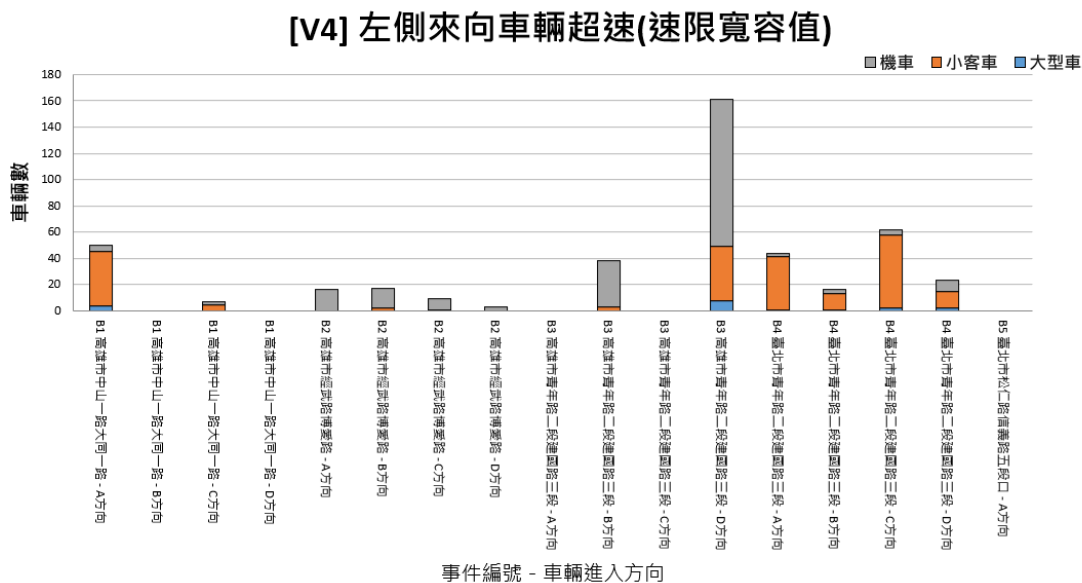


圖 6.6-51 路口穿越衝突－[V4]左側來向車輛超速(速限寬容值)

備註：B3 路口之 A 來向與 C 來向為主要幹道，上下游車道皆有對齊，推測因此導致 B、D 方向有較多的左側來向車輛超速情形。

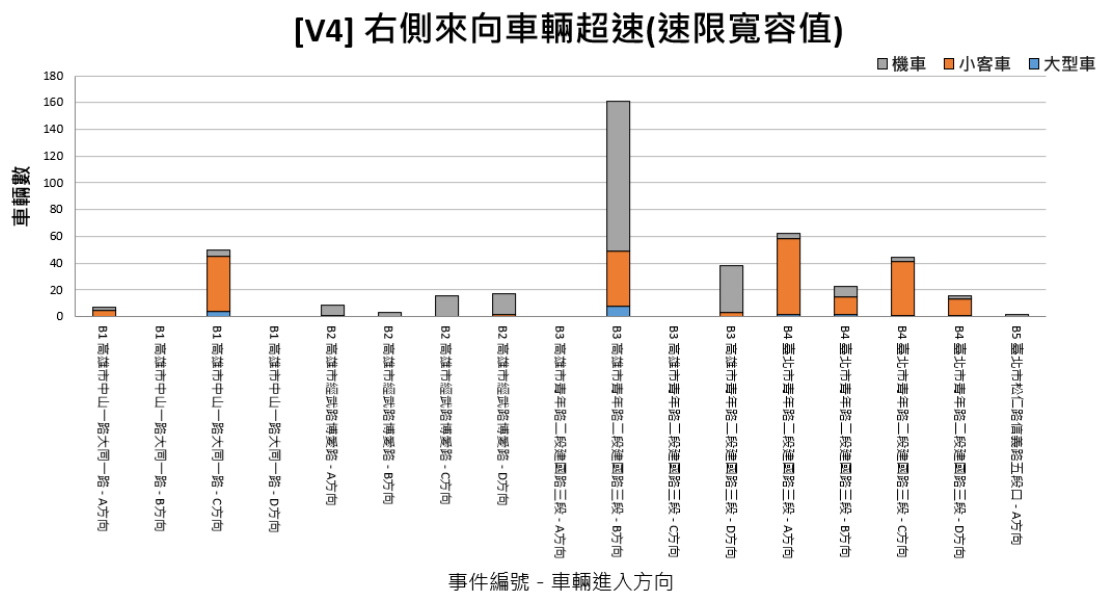


圖 6.6-52 路口穿越衝突－[V4]右側來向車輛超速(速限寬容值)

備註：B3 路口之 A 來向與 C 來向為主要幹道，上下游車道皆有對齊，推測因此導致 B、D 方向有較多的右側來向車輛超速情形。

最後的圖 6.6-53 及圖 6.6-54 是藉由中介指標得到的交通衝突計算結果，將左側來向車輛及右側來向車輛所造成的衝突分開計算，其項目說明可參考表 6.3-7。

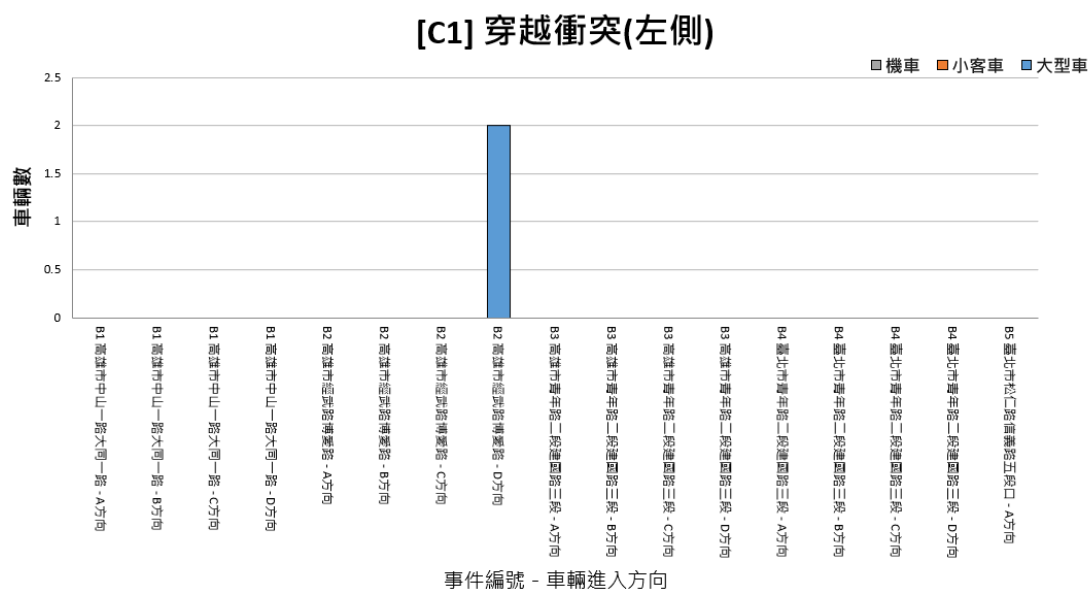


圖 6.6-53 路口穿越衝突－[C1]穿越衝突(左側)

備註：在調查期間內，只在 B2 路口觀察到穿越衝突。

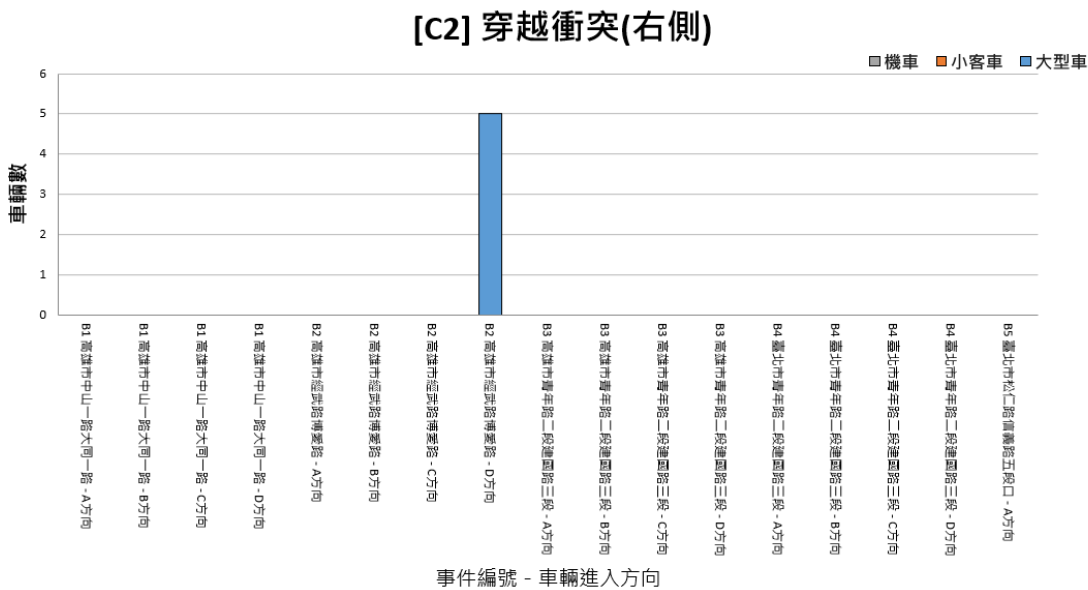


圖 6.6-54 路口穿越衝突－[C2]穿越衝突(右側)

備註：在調查期間內，只在 B2 路口觀察到穿越衝突。

根據所得之計算，有以下幾點觀察：

一、超過速限寬容值之超速行為

圖 6.6-55 為直行車超速之比例圖，是根據超越速限寬容值之直行車輛除以直行車輛數所得。從圖中可以發現高雄市青年路二段與文衡路-A、高雄市七賢一路與中山一路-D 以及臺北市松仁路與信義路五段-A 具有較為嚴重之超速行為，其中又以高雄市七賢一路與中山一路-D 之超速車輛佔所有直行車輛的 13%最為嚴重。如上一小節所提到之內容，超速將可能增加發生衝突之機會與嚴重程度，因此可做為探討速度管理議題的優先對象。

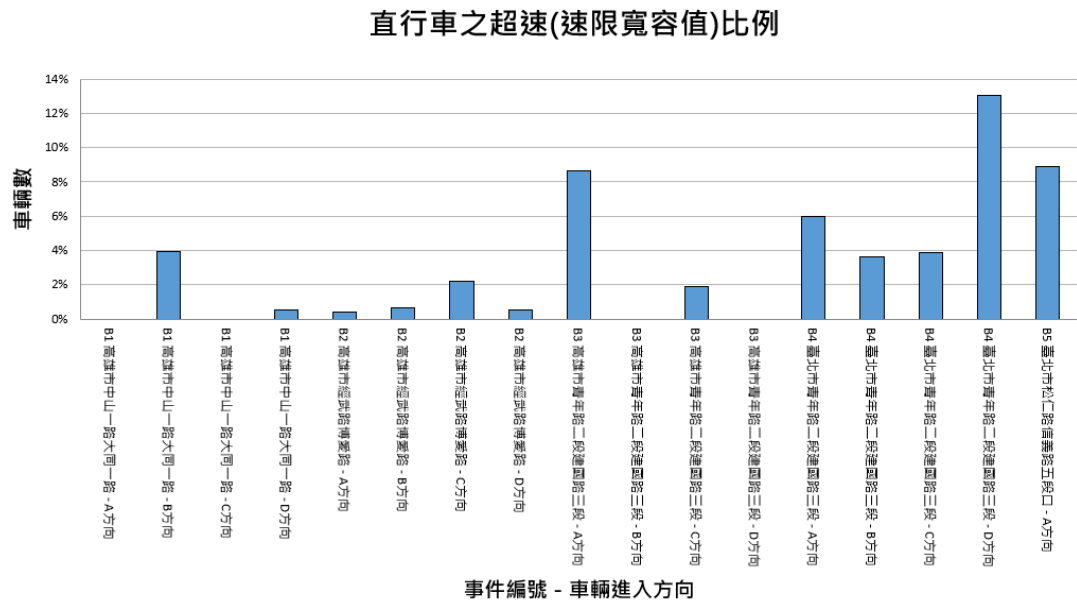


圖 6.6-55 直行車之超速(速限寬容值)之比例圖

二、穿越衝突事件發生數量低

根據圖 6.6-53 以及圖 6.6-54 計算之結果，可以得知在所有的路口方向中，只有在高雄市經武路與博愛路-D 發生穿越衝突事件，左側衝突事件 2 件、右側衝突事件 5 件，經進一步確認是由於同一台車輛因違反號誌而與多台橫向車輛發生衝突，而其餘路口並無觀察到穿越衝突事件。

穿越衝突的發生條件是其中一個方向的車輛違反號誌規定，而本期的調查拍攝時間主要為尖峰、車流量較大的時段，因此可能闖紅燈的數量較少，導致觀察時段中並未有很多的穿越衝突。穿越衝突可能於離峰時段出現較多，有待未來進一步確認。

6.7 小結

於先導測試計畫中，本計畫已達到以下幾點目標：

- 一、透過專家座談及地方機關調查，彙整國內常見的衝突問題，訂定 6 個應用情境及逐年執行的優先順序。本年度的課題為機會左轉、路口穿越衝突。
- 二、擬定應用情境中的分析方法，透過文獻回顧及影片觀察，彙整出多項可能跟交通事故有關的肇因，並分為 3 類：風險駕駛行為(R)、違規行為(V)、以及交通衝突(C)。
- 三、分析方法中需要運用較精確的距離及號誌參數估算，因此發展出比例尺、號誌秒差的估算及驗證方式。並於軟體平台中建立標線輸入工具，用以估算車輛的風險駕駛及違規行為。
- 四、利用前述章節所得到的軌跡、號誌及參數資料，以程式自動計算行為中的分析項目，並輸出風險事件表。
- 五、完成「機會左轉」以及「路口穿越衝突」之兩大應用情境分析，並且根據分析項目之計算內容提出分析結果。
- 六、與合作機關（臺北市、高雄市）進行分析結果回饋會議，兩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。

七、分析軟體中已建立路口資訊 UI 讓分析人員輸入，判斷功能及相關分析報表尚未建立於分析軟體中。

分析過程中遇到的困難與挑戰：

- 一、左轉車輛未達路口中心轉彎（切西瓜）是最頻繁的風險行為，惟路口中心處之認定較為主觀，建議未來進一步檢討其判斷準則。
- 二、目前的調查時段屬於高流量，對向直行車大多受左轉車之影響而減速，因此左轉車之拒絕或接收間距已不符定義，計算結果無參考價值，建議未來於非號誌化路口進一步探討此議題。
- 三、分析過程中，發現如路口範圍內有門架，車輛之辨識及追蹤效果較差，有導致車速誤判之情況，建議未來可進一步檢討誤差的發現機制以及修復計算結果之可能性。

第七章 易肇事地點改善計畫之軟體分析

本章敘述本(110)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，再運用本計畫開發之軟體的核心及既有分析功能，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初探。而先導測試計畫所開發之新分析功能，如風險行為、違規行為之偵測，屬於本年度後期的工作，暫未納入易肇事路口的分析項目。

易肇事路口的選擇方面，研究團隊由本所「事故碰撞型態導向之路口設計範例推廣示範計畫(1/3)——直轄市推廣應用」計畫，請六都各提供2處易肇事地點(合計12處)中，以第3.1.1節描述之路口及空拍條件進行篩選，最終選出的4個易肇事路口為：(1)臺北市信義路五段與松仁路口、(2)桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口、(3)臺南市中正南路與中華路口、(4)臺南市公園南路與公園路口。研究團隊再與地方機關聯繫，索取路口的基本資料，如號誌時制、事故碰撞構圖、轉向交通量等資料。最後各路口皆取得號誌時制資料，僅路口(1)有取得事故碰撞構圖及轉向交通量。

以下先說明運用軟體進行路口分析的基本項目，以及上述4個易肇事路口的分析結果。

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，主要先以衝突分析結果(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衝突事件的可能原因視覺化，並可檢查路口待轉區、號誌時相、標線劃設等的合理性。而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了解。

目前建議的分析項目包括5項，包含(1)衝突點密集的區域、(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，各項的詳細說明及採用的軟體功能如表4.1所

示。未來亦會隨軟體功能新增或升級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，檢查衝突行為及原因。
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。假設速限為 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。
5	標線及空間	標線劃設及空間	路口軌	運用分析項目 1~4 之技巧進行綜合性

(續下頁)

使用的綜合性檢查	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	跡、速度熱區圖、路口底圖	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軟體中的空拍底圖，清楚的呈現路口的幾何及標線的情形。
----------	---	--------------	---

7.2 案例一：臺北市信義路五段與松仁路口

7.2.1 基本資料

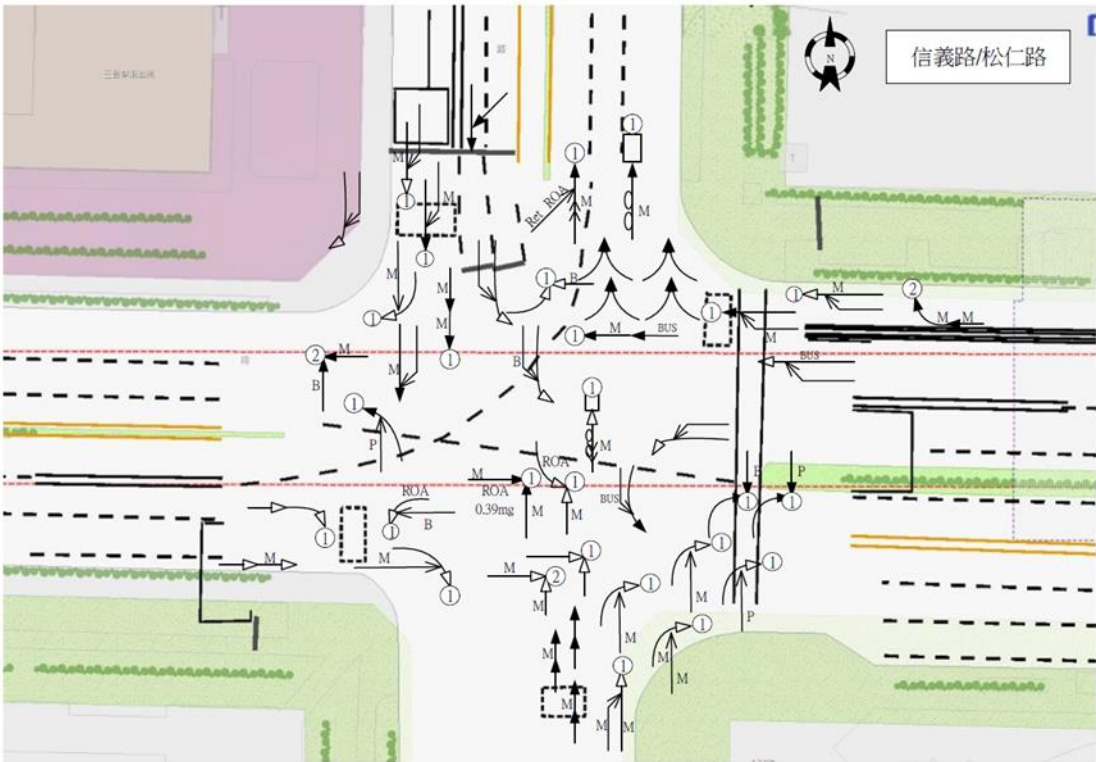
此路口位於臺北市信義區，東西向為信義路五段，南北向為松仁路，路口的空拍圖如圖 7.2-1 所示。信義路往東的入口為 4 車道、出口為 5 車道，信義路往西的入口為 4 車道、出口為 3 車道；松仁路不論南北向，其入口為 4 車道、出口為 3 車道。本計畫選定早上尖峰時間約 7：30 至 8：30 進行拍攝，當時的號誌時制表如圖 7.2-2 所示，為四時相號誌路口，採用五燈式號誌。另根據臺北市政府交工處的資料，此路口的事故碰撞構圖如圖 7.2-3 所示。



圖 7.2-1 臺北市信義路五段與松仁路口之空拍圖

週期：200秒	時相一	時相二	時相三	時相四
綠燈	48	25	64	35
黃燈	3	3	3	3
全紅	4	4	4	4

圖 7.2-2 臺北市信義路五段與松仁路口之號誌時制表(上午尖峰)



資料來源：臺北市交工處提供

圖 7.2-3 臺北市信義路五段與松仁路口之路口碰撞構圖

7.2.2 軟體固定圖表輸出

透過交通衝突分析平台，可以產生各種圖表，包含超速分布、車流軌跡、衝突熱區圖。本路口的車流軌跡圖、超速分布圖及衝突熱點圖如圖 7.2-4、圖 7.2-5 及圖 7.2-6 所示。其中，最大速度及相對速度之下限設定為 5km/h、不顯示低風險衝突點。另外，如圖 7.2-7 可透過對比方式比較事故碰撞構圖與衝突熱點圖，驗證出有衝突熱點分布在松仁路北向右轉至信義路五段處，惟其多為低風險衝突點。

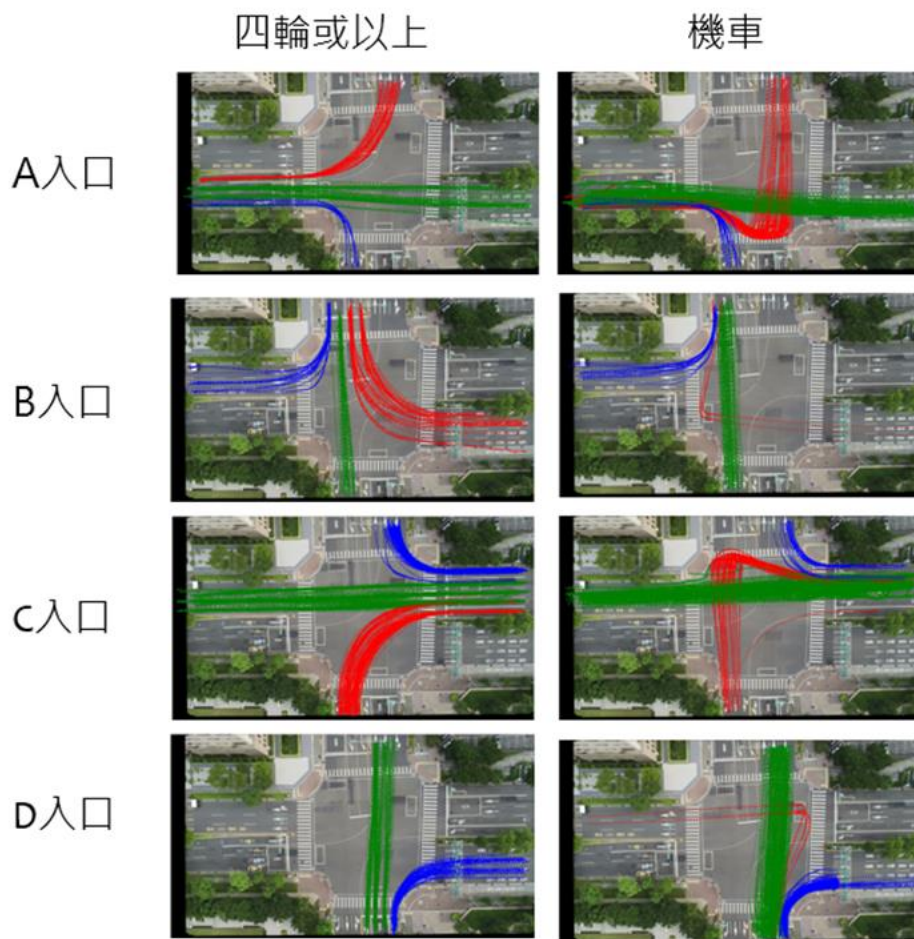


圖 7.2-4 臺北市信義路五段與松仁路口之車流軌跡圖

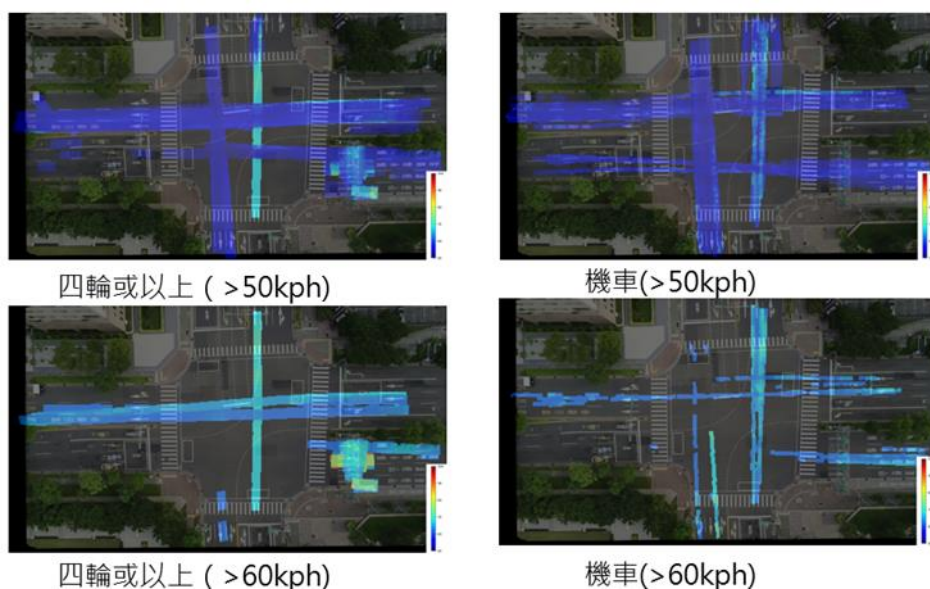


圖 7.2-5 臺北市信義路五段與松仁路口之超速分布圖

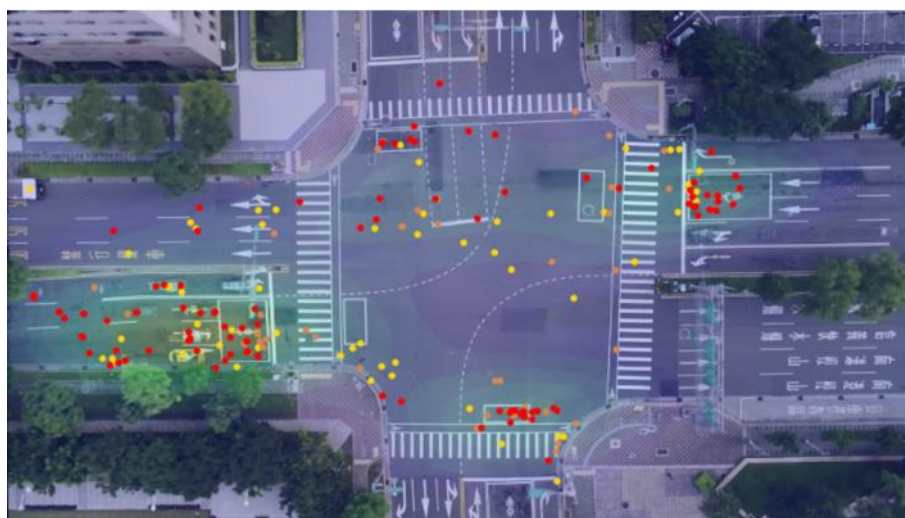


圖 7.2-6 臺北市信義路五段與松仁路口之衝突熱點圖

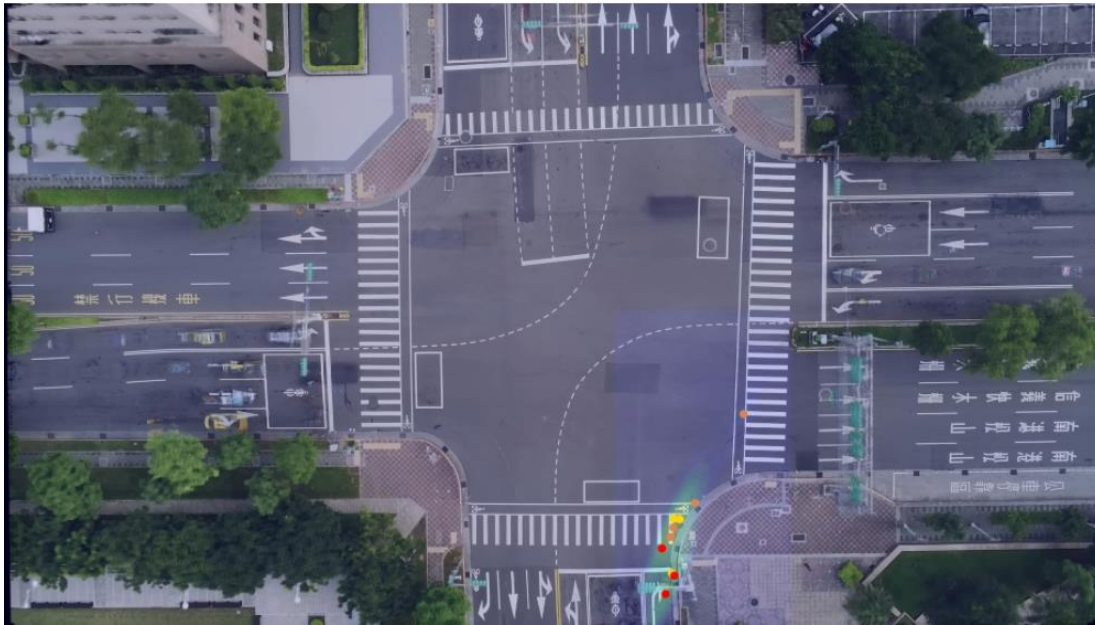


圖 7.2-7 松仁路右轉往信義路五段之衝突熱點圖(TTC)與事故碰撞構圖易發生
事故點之比較

7.2.3 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 10 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、機車停等區發生之衝突

路口劃設的機車停等區較小，然而尖峰時間會有大量的汽機車通過道路，數量龐大的機車常常會在車隊中穿梭，產生直行衝突及變換車道衝突，如圖 7.2-8(a)所示。

二、左彎待轉區發生之衝突

B 入口的汽車左彎待轉區之劃設較為龐大且突出，且常有大客車會使用該待轉區等候左轉，造成路口中央空間不足使其容易與對向直行車產生對向左轉衝突，及自身左轉車道的同向兩車左轉衝突，如圖 7.2-8 (b)所示。

三、路口右轉車輛發生之衝突

A 入口及 C 入口的右轉車數量龐大，導致容易發生同向右轉衝突，加上要前往待轉區之機車亦容易與右轉車輛相互衝突，如圖 7.2-8 (c)所示。

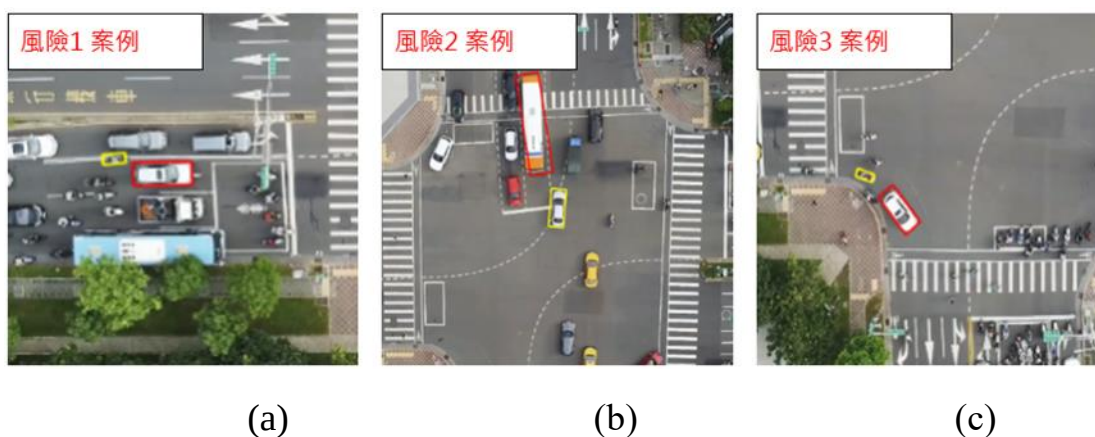


圖 7.2-8 臺北市信義路五段與松仁路口之風險問題

四、未依轉彎導引線、匯入衝突

參考圖 7.2-9，A 入口方向之路口導引線劃設於左轉車流動線之右側，可能導致用駕駛者未注意到導引線，因而行駛動線並未依循導引線之指示而有過早轉彎，且有部分車輛會左彎後直接外切到外側車道。另外，C 入口之右轉車流方向，亦有部分車輛於右彎後切到內車道，與 A 方向之左轉車產生交織及衝突。翻查該路口之號誌時制計畫，確實是有時相允許這兩股車流同時匯入至 B 方向；可由圖 7.2-3 中的事故碰撞構圖中，發現有東、西向車流匯入至北向的事故碰撞箭頭，共有 4 個對應的交通事故。

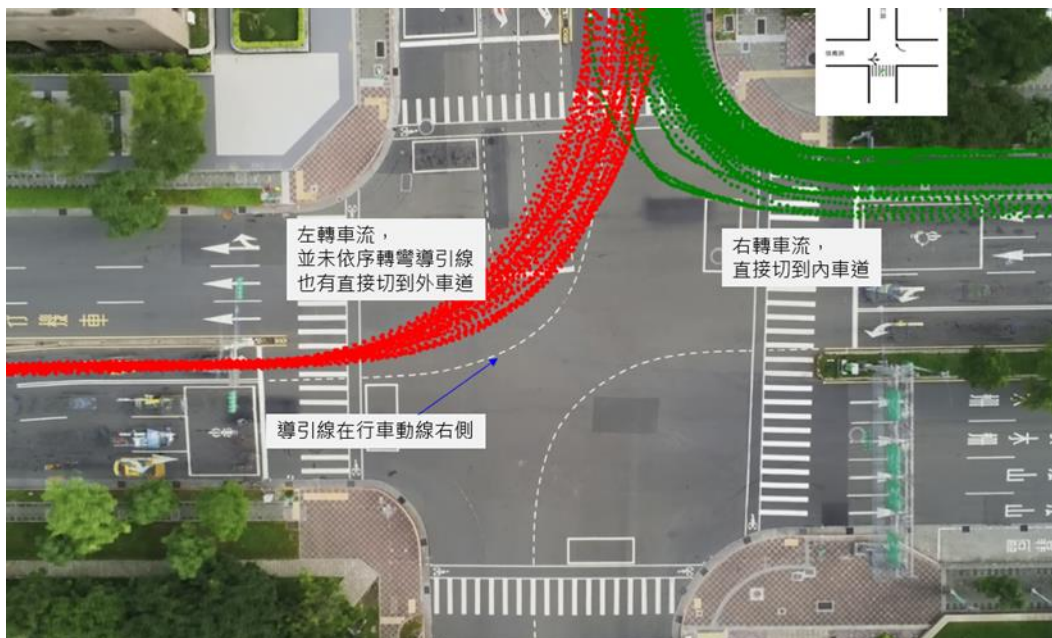


圖 7.2-9 臺北市信義路五段與松仁路口之轉彎導引線問題

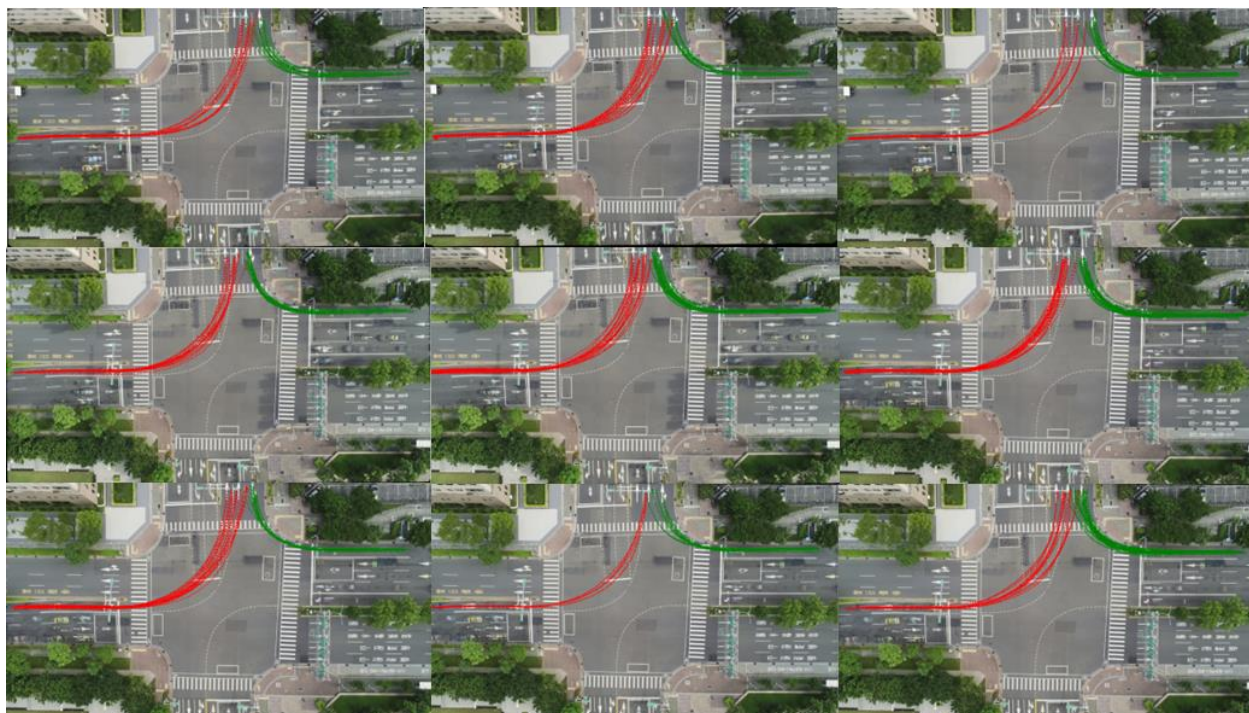


圖 7.2-10 該時相衝突軌跡圖(由上三張圖至下三張圖分別為A架次、B架次、C架次)

五、大客車切入公車停靠區之衝突

參考圖 7.2-11，A 入口的大客車因為要停靠站的關係，必須從內線或中線車道切到最外側車道，大客車切入公車停靠區時，因為機車通常會行駛於中外線車道，大客車與機車產生衝突。

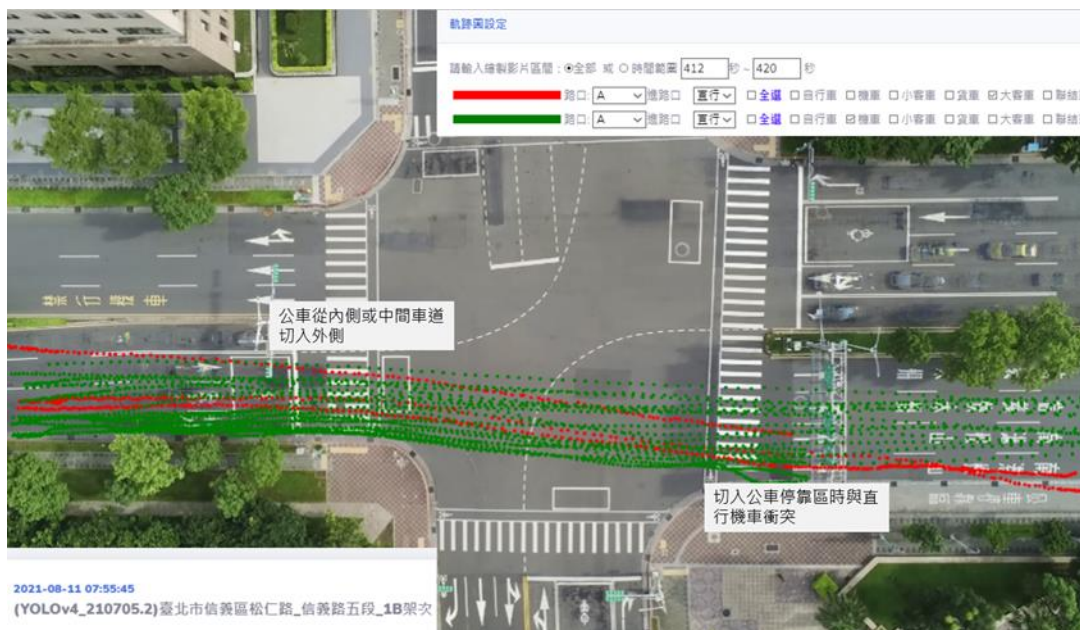


圖 7.2-11 臺北市信義路五段與松仁路口之公車直行衝突問題

六、機車待轉區溢出

如圖 7.2-12，尖峰時段車流數量龐大，受限於機車待轉區的大小限制，產生機車溢出停等區的問題。且因為機車待轉區位置非常靠近行人穿越線因此機車進入待轉區時勢必會侵入行人穿越的空間。



圖 7.2-12 臺北市信義路五段與松仁路口之機車待轉區溢出問題

七、左彎待轉區與對向直行方向動線重疊

如圖 7.2-13 所示，D 入口的車道與 B 出口的車道並未對齊，上下游車道的對應較不明確。D 入口的最內側車道為左直車道，早上尖峰時間禁止左轉，而 B 入口的左彎待轉區會與 D 方向的直行車的動線發生重疊，在已有車輛停等在左彎待轉區的情況下，D 方向的內側車道的直行車流必須往右移動，容易產生同向交通衝突，也可由圖 7.2-4 中的 D 入口看出動線的變化。

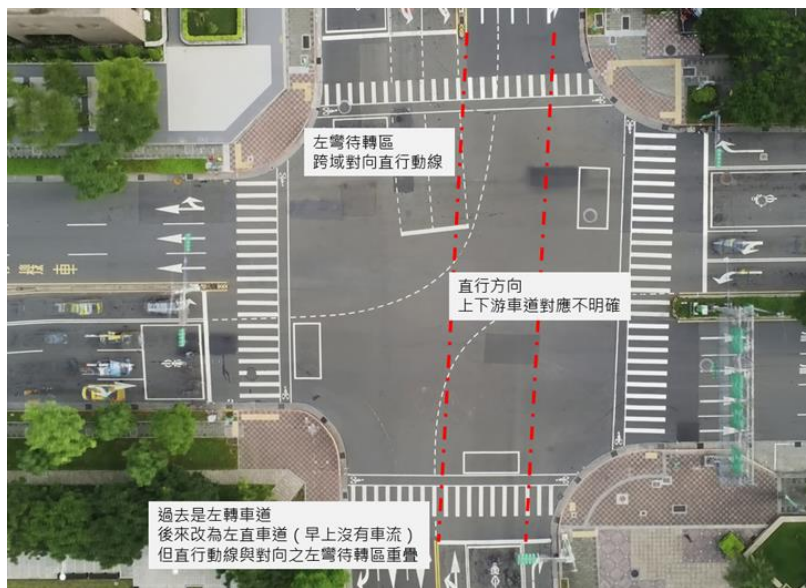


圖 7.2-13 臺北市信義路五段與松仁路口之左彎待轉區與直行車道問題

八、右轉車輛之相關衝突

如圖 7.2-14 所示，D 入口的右轉車輛與其他動線之車流發生衝突，因右轉號誌與行人號誌同綠，因此如有行人或自行車通過路口，會與右轉車發生衝突，或右轉車減速或停等而與其後方之車輛產生衝突。

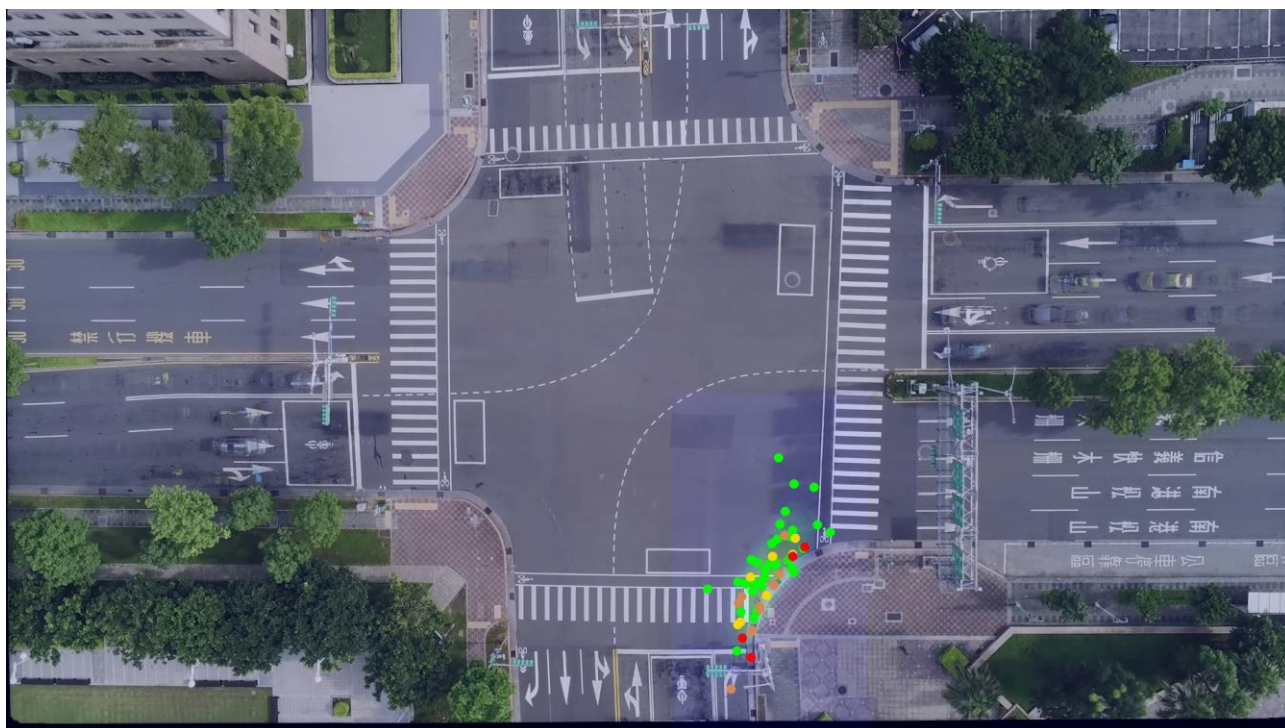


圖 7.2-14 右轉車輛之相關衝突熱點圖

7.2.4 問題整理

此路口位於臺北市信義區，為都市核心區域，尖峰時間的車流量龐大，又因受限於空間的不足，導致產生機車停等區、機車待轉區的衝突及右轉車輛的衝突。另一部分為標線與號誌時相的設計而產生之問題，包含轉彎導引線、機車待轉區機車溢出、與路口上下游車道未對齊而產生的問題。另外還有因為公車路線規劃及站牌設置位置的關係，導致大客車必須急切外線，而與機車產生衝突。

7.3 案例二：桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口

7.3.1 基本資料

此路口位於桃園市中壢區，東西向為新中北路，南北向為榮民路與榮民南路，路口的空拍圖如圖 7.3-1 所示。四個入口方向都各為 1 車道，出口方向亦同。本計畫選定早上尖峰時間 7：30~9：00 進行無人機拍攝，當時的號誌時制表如圖 7.3-2 所示，為二時相號誌路口，採用三燈式號誌。



圖 7.3-1 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之空拍圖

週期：120秒	時相一	時相二
綠燈	65	45
黃燈	3	3
全紅	2	2

圖 7.3-2 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之號誌時制表

7.3.2 軟體固定圖表輸出

透過交通衝突分析平台，可以產生各種圖表，包含超速分布、車流軌跡、衝突熱區圖。本路口的車流軌跡圖、超速分布圖及衝突熱點圖如圖 7.3-3、圖 7.3-4 及圖 7.3-5 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。

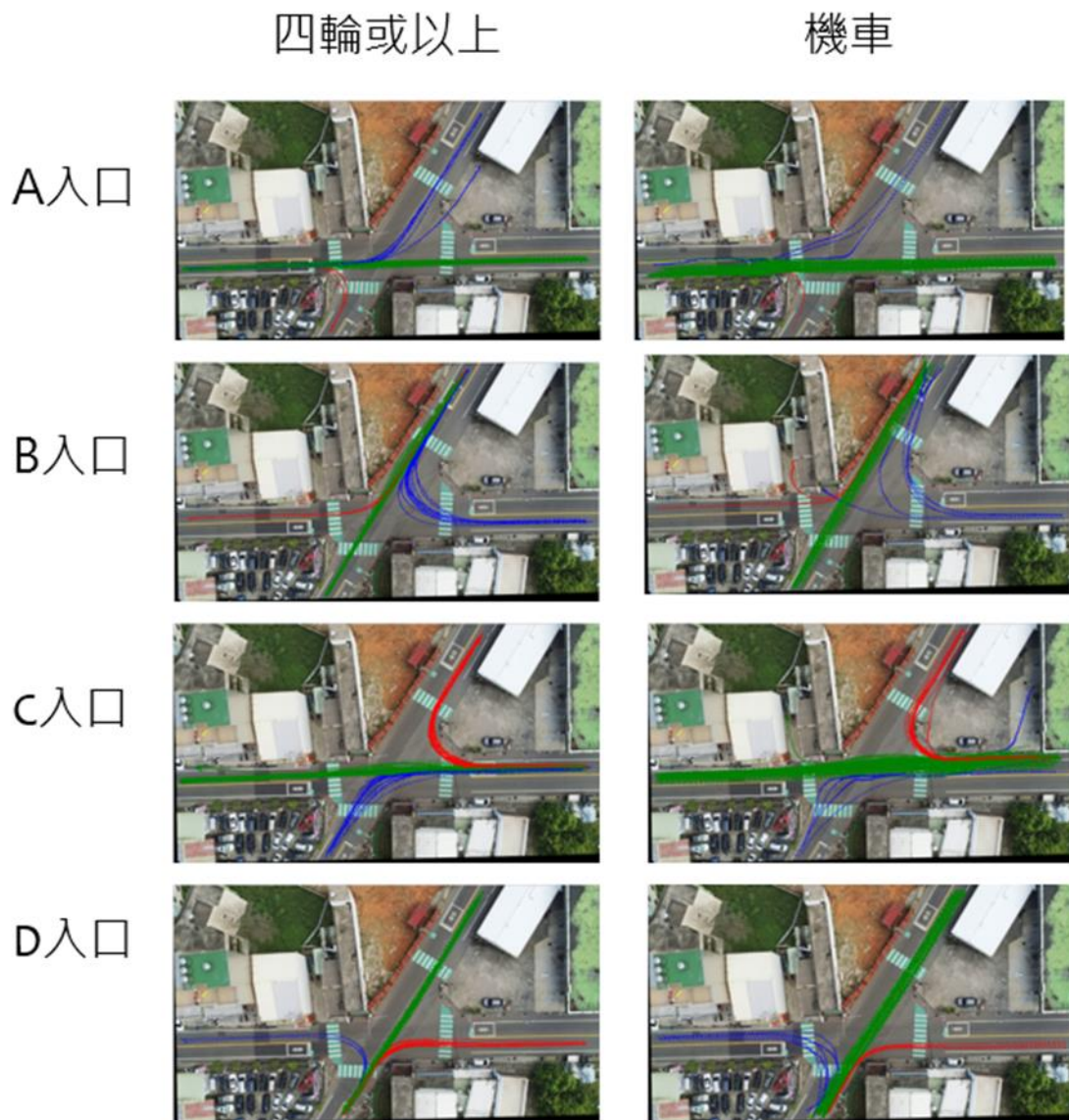


圖 7.3-3 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之車流軌跡圖

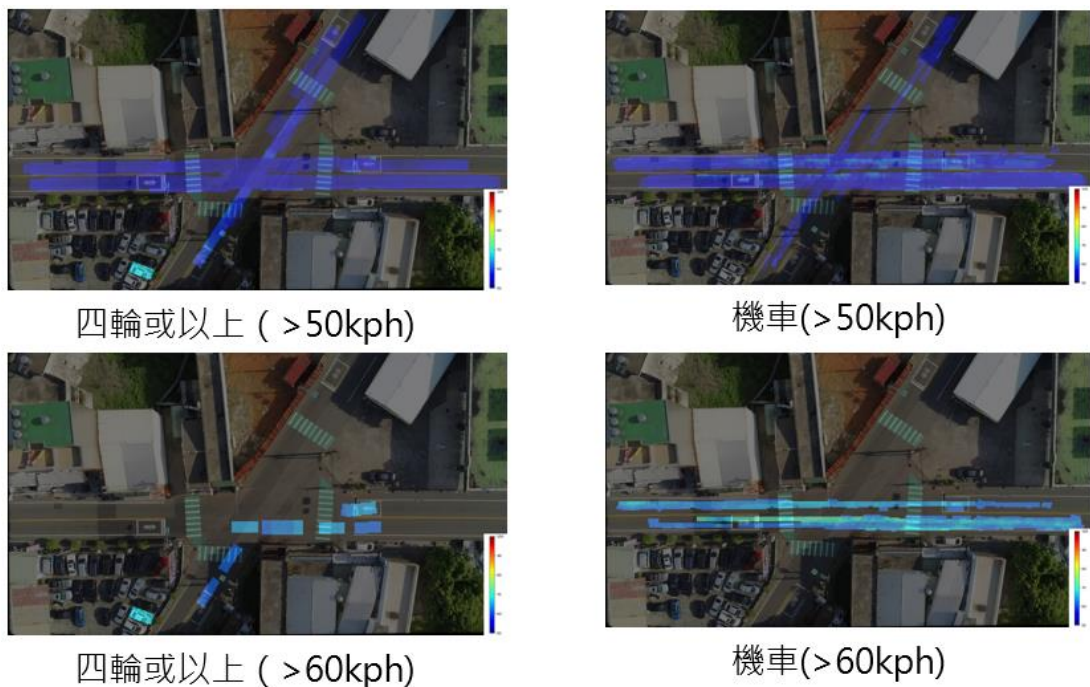


圖 7.3-4 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之超速分布圖



圖 7.3-5 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之衝突熱區圖

7.3.3 問題探討

透過平台的衝突熱點圖，可以觀看每個衝突點的類型及詳細資料，及發生衝突前後 10 秒的影片，了解衝突發生的過程及可能原因。以

下分別說明此路口發生的風險問題：

一、機車停等區之衝突

此路口的每個入口皆為一車道，所有車輛都必須共用唯一的車道。部分機車於紅燈時為了騎進停燈區而違規行駛在路肩、或是跨越雙黃線騎在車隊左側，並於車隊中穿梭，產生同向直行車的衝突，如圖 7.3-6 所示。



圖 7.3-6 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之機車停等區問題

二、左轉停等車輛與對向或同向車輛之衝突

此路口各方向都為單一車道，左轉車輛等待左轉機會而停等於路口中央，容易因路口中央處沒有足夠的等待空間而影響其他車流的動線，雖然該車輛已經停等，但仍容易與對向直行車輛、同向後方車輛產生衝突。具體而言，左轉停等車輛的成兩類型問題，如圖 7.3-7 所示：a 類型為左轉停等車輛於路口中央停等時，因為該路口大小限制，導致對向直行車輛必須向右偏駛，而產生之對向左轉衝突。b 類型為左轉車輛於路口中央停等時，因為只有單一車道的限制，導致後方的直行車輛受阻無法順利前進，進而產生同向直行減速衝突。

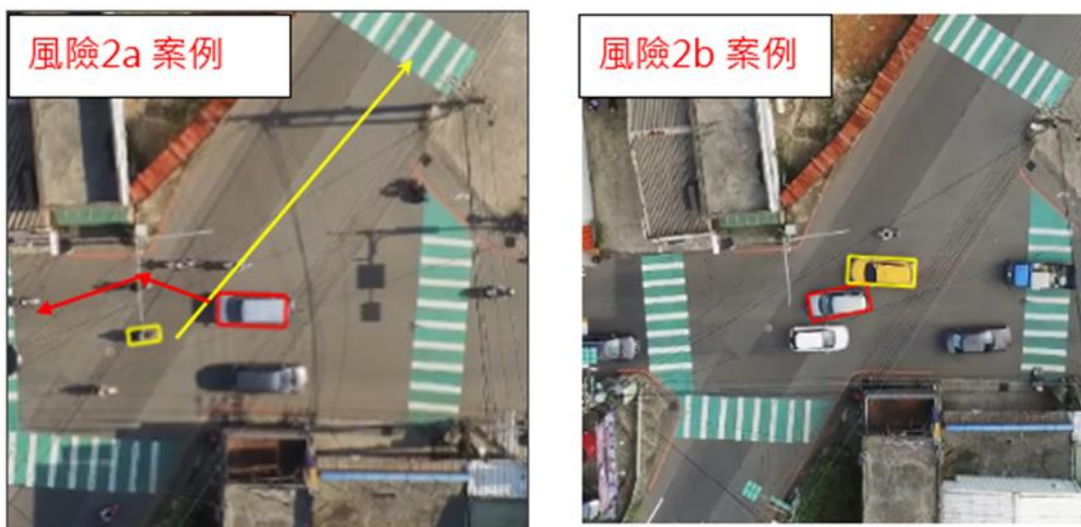


圖 7.3-7 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之左轉車問題

三、視距不足所導致之衝突

B 入口與 D 入口的右轉車輛會受到緊鄰路口且無騎樓建築物的影響，導致轉彎前無法目視到行穿線狀況，容易與行穿線上的行人產生衝突，造成行人的風險，如圖 7.3-8 所示。路口的西南角為一處二手車商用地，其路邊放滿植栽導致行人步行空間狹小，A 入口車流容易與行人產生衝突，亦造成右轉的視線不良，如圖 7.3-9 所示。



圖 7.3-8 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之轉彎處視距不足 (建築物)



圖 7.3-9 桃園市新中北路、榮民路、與榮民南路口之轉彎處視距不足 (植栽)

7.3.4 問題整理

此路口各方向皆為 1 車道、道路寬度窄，路口中央處無空間容納待轉車車輛，只要有車輛等候左轉，就容易與對向車輛及後方同向來車產生衝突，影響行車動線。加上路口周邊的障礙物阻擋視線，右轉車輛因為視線不佳而容易與其他車輛及行人發生衝突。另外因為道路大小限制，機車容易在車隊中穿梭，甚至駛出道路邊線或跨越分向限制線，容易造成交通衝突。

7.4 案例三：臺南市中正南路與中華路口

7.4.1 路口基本資料

此路口位於臺南市永康區，路口平面線型為斜交路口，狹角位置位於中正南路南向路段(C 往 A 方向)與中華路東向路段(B 往 D 方向)，該位置設有一間加油站，路口四方向機慢車皆須遵循兩段式左轉。從圖 7.4-1 的空拍圖可以得知，路口幾何分佈型態分述如下：

- 一、中正南路北向路段(A 往 C 方向)有一條直左車道、一條直右車道與一條機慢車優先道，停止線前有設置一個機慢車停等區，路口位置有一個由 B 方向往 C 方向的機慢車待轉區。
- 二、中華路東向路段(B 往 D 方向)有一條左轉專用車道、一條直行車道、一條直右車道與機慢車優先道，路口停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 C 往 D 方向

的機慢車待轉區。

三、中正南路南向路段(C 往 A 方向)有一條左轉專用車道、一條直行專用車道、一條機慢車優先道與一條右轉專用車道，停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 D 方向往 A 方向的機慢車待轉區。

四、中華路西向路段(D 往 B 方向)有一條直左車道、一條直右車道與一條機慢車優先道，路口停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 A 往 B 方向的機慢車待轉區。

本計畫擇定早上 11：20 分進行空拍攝影，當時的時制計畫表如圖 7.4-2 所示。為四時相號誌路口，除中正南路南向(C 往 A 方向)為五燈式號誌之外，其餘三方向路段皆為三燈式號誌配置。



圖 7.4-1 臺南市中正南路與中華路路口空拍圖

週期150秒	時相一	時相二	時相三	時相四
執行時間 08:30 00:00 中華路 ↑↓ 中正南路				
綠燈	26	35	32	33
黃燈	3	4	4	4
全紅	0	3	3	3
說明	中正南路往南早開	中正南路雙向綠燈	中華路東往西綠燈	中華路西往東綠燈 中正南路往南右轉

圖 7.4-2 臺南市中正南路與中華路路口之時制計畫表

7.4.2 軟體固定圖表輸出

透過交通衝突分析平台，可以產生各種圖表，包含車流軌跡圖、超速分佈圖及衝突熱區圖，分別為圖 7.4-3、圖 7.4-4、圖 7.4-5 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。

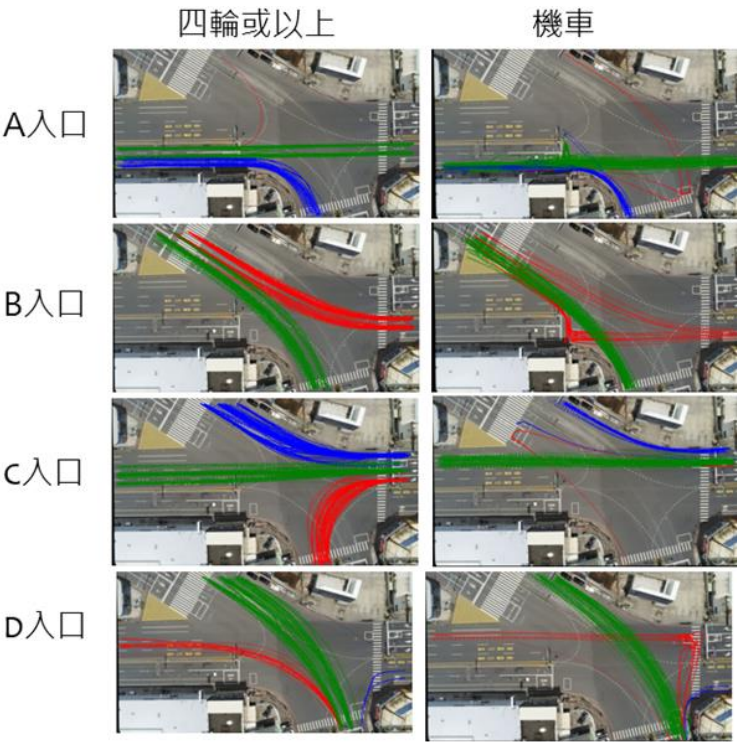


圖 7.4-3 臺南市中正南路與中華路路口之車流軌跡圖

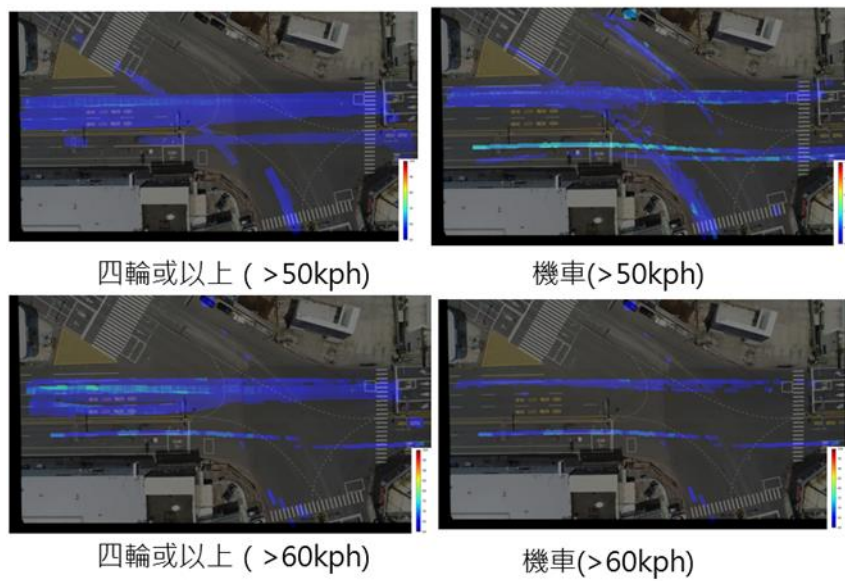


圖 7.4-4 臺南市中正南路與中華路路口之超速分布圖

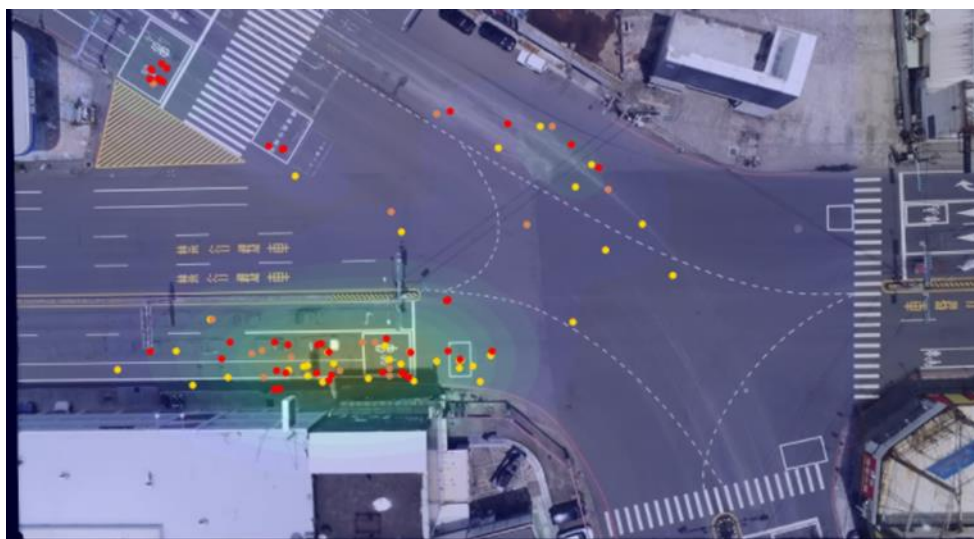


圖 7.4-5 臺南市中正南路與中華路路口之衝突熱點圖

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 10 秒的影片，了解衝突發生的過程及可能原因。以下詳列此路口發生的風險問題，風險案例附圖如圖 7.4-6 所示：

一、機車待轉區發生之衝突 (風險 1 案例)

B 往 C 方向機車前往待轉區的路徑較小，受到中正南路中央分隔島限制影響，導致數量龐大的機車在車隊中交織穿梭，產生同向直行減速衝突及同向變換車道衝突。

二、因前方道路路口壅塞而產生回堵 (風險 2 案例)

前方可能因交通管制或是兩路口位置過近而導致車流過多而產生回堵，進而影響對向車道車輛行駛。形成同向直行減速衝突、左轉穿越衝突、同向兩車右轉衝突。

三、直右車道與機慢車道發生之衝突 (風險 3 案例)

右轉車輛數量龐大導致產生同向右轉車輛衝突，加上要前往待轉區之機車與直行機慢車亦易與右轉車輛相互衝突，除此之外，右轉車輛也常常占用機慢車道進行右轉。形成同向兩車右轉衝突及同向右轉跟車衝突。



圖 7.4-6 臺南市中正南路與中華路路口之風險案例附圖

四、右轉車輛與直行機車交織

透過圖 7.4-7 可以得知，衝突點對比垂直攝影之空拍圖與 Google 街景圖。A 方向入口路面上缺乏指向線，有車輛進行右轉時跨越外側的機慢車優先道，限縮機慢車行駛空間，與直行機慢車產生密集的同向衝突。



圖 7.4-7 臺南市中正南路與中華路路口之右轉車輛與直行機車之衝突

五、在斜交路口中，機車不易判斷需兩段式左轉或直行議題

在圖 7.4-8 與圖 7.4-9 中的車流軌跡圖，因路口幾何配置之議題，B 往 C 方向的機慢車需依循法規強制進行兩段式左轉，但有許多機慢車出現直接左轉之情況。此路口之路型對機車騎士之角度而言，可能不容易理解 B 往 C 為左轉方向、B 往 D 為直行方向，因為由機車騎士的轉向角度而言由 B 往 C 方向更像是直行而非左轉。

此外，對於強制二段式左轉的機慢車來說，在前往機慢車待轉區時，因路經中央分隔島而影響機慢車進入待轉區之動線，機慢車須通過該處才能進行分流。方向改變劇烈、需減速，易與直行機車車流交織及產生衝突。

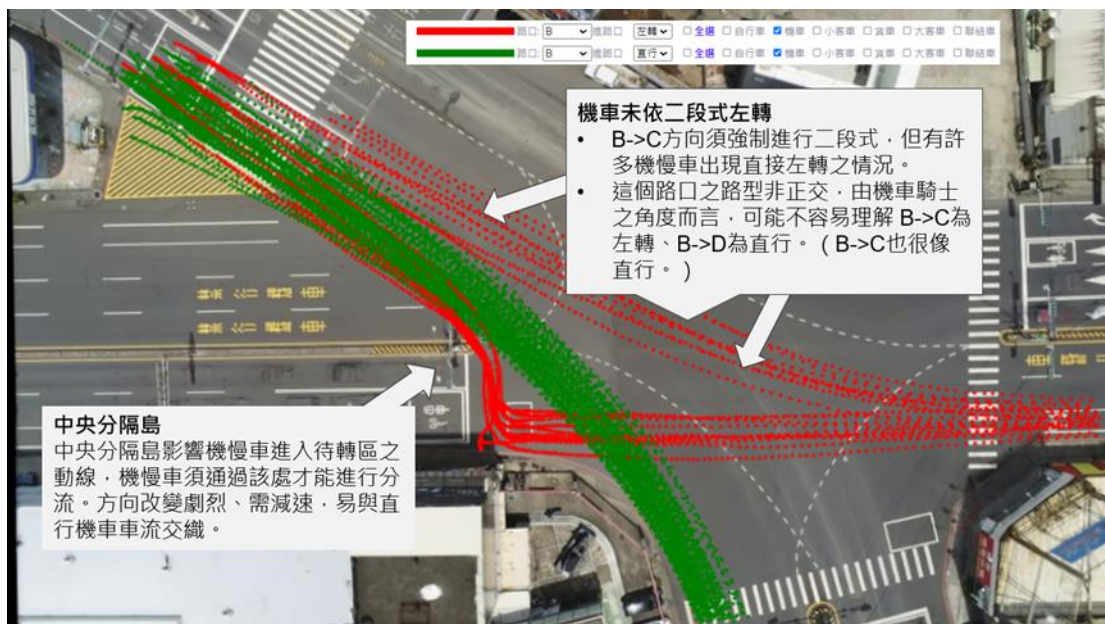


圖 7.4-8 臺南市中正南路與中華路路口之機車兩段式左轉及直行議題

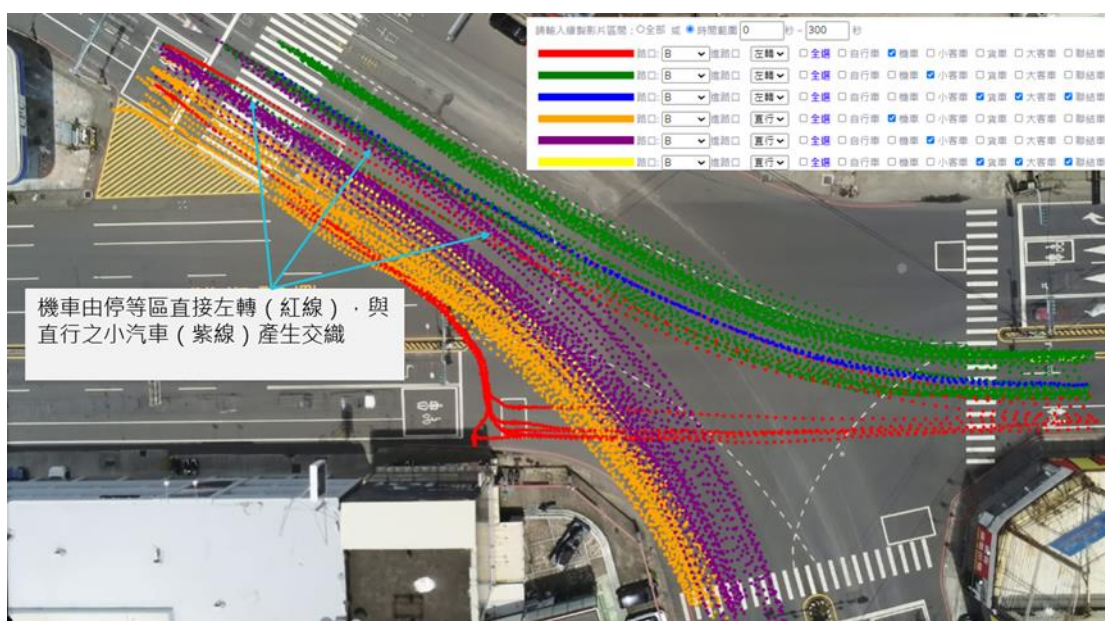


圖 7.4-9 臺南市中正南路與中華路路口之之機車直接左轉與直行車流產生交織

六、回堵影響主線直行車流

此路口由 C 往 B 方向發生前方路口車流回堵至本路口的情況，如圖 7.4-10 所示。因本路口屬斜交路口，範圍較大，拍攝畫面僅能包括部分路口而無法涵蓋 C 入口的上游及 B 出口的下游的車流情況，但仍可以由圖中看出，尚未紓解的車流會阻礙 C 往 A

方向之直行車流，造成衝突。

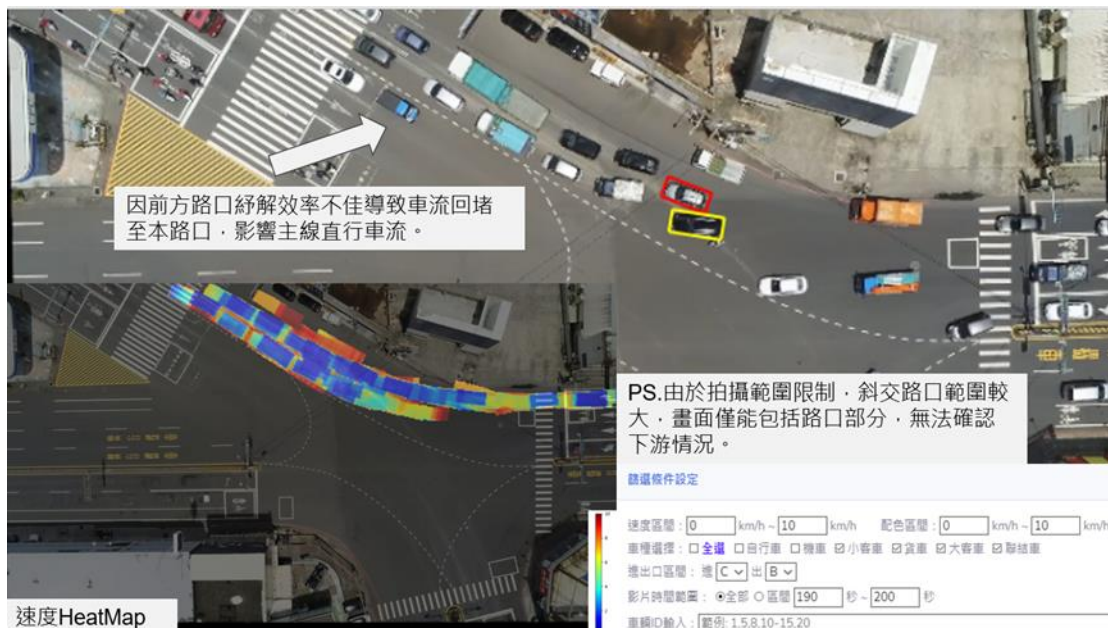


圖 7.4-10 臺南市中正南路與中華路路口之回堵影響主線直行車流

7.4.4 問題整理

本路口屬斜交路口，範圍較大，拍攝畫面僅能包括部分路口，無法涵蓋 B、C、D 方向的路口上游。由目前的畫面及資料顯示，由於道路規劃及幾何配置的現況，導致機車可能因方向混雜而有明顯的直接左轉違規問題，進入左轉待轉的過程當中也因為實體分隔而必須劇烈的改變方向，容易造成車流交織及與發生同向衝突。另外，機慢車優先道也因汽車佔用而形成大量的衝突點。

7.5 案例四：臺南市公園南路與公園路口

7.5.1 路口基本資料

此路口位於臺南市北區，路口平面線形為直角路口，路口四方向機慢車皆須遵循兩段式左轉。從圖 7.5-1 的空拍圖可以得知路口幾何分佈型態，分述如下：

一、公園南路東向路段(A 往 C 方向)有一條左轉專用車道、一

條直行專用車道與一條直右車道，停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 B 方向往 C 方向的機慢車待轉區。

二、公園路南向路段(B 往 D 方向)有一條直左車道及一條直右車道，路口停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 C 往 D 方向的機慢車待轉區。

三、公園南路西向路段(C 往 A 方向)有一條直左車道及一條直右車道，停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 D 方向往 A 方向的機慢車待轉區。

四、公園路北向路段(D 往 B 方向)有一條直左車道及一條直右車道，路口停止線前有設置一個機車停等區，路口位置有一個由 A 往 B 方向的機慢車待轉區。

本計畫分為兩時段進行空拍攝影，分別為下午 1：20 及下午 5：00，當時的時制計畫表如圖 7.5-2 及圖 7.5-3 所示，為三時相號誌路口，除公園南路東向(A 往 C 方向)為具有左轉早開保護時相之四燈式號誌之外，其餘三方向路段皆為三燈式號誌配置。



圖 7.5-1 臺南市公園南路與公園路路口空拍圖

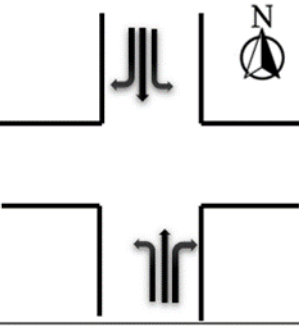
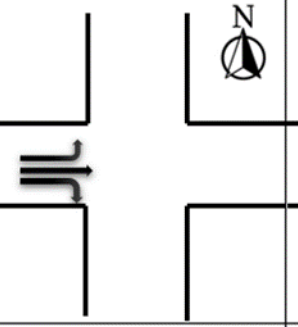
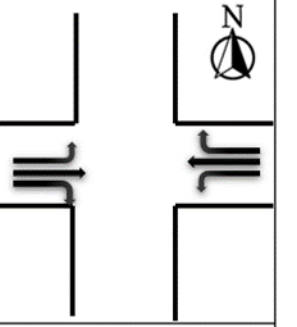
週期120秒	時相一	時相二	時相三
執行時間 09:10 16:00 			
綠燈	51	8	42
黃燈	4	3	4
全紅	4	0	4
說明	公園路雙向圓頭綠	公園南路西往東早開	公園南路雙向圓頭綠

圖 7.5-2 臺南市公園南路與公園路路口之時制計畫表 (A架次時段)

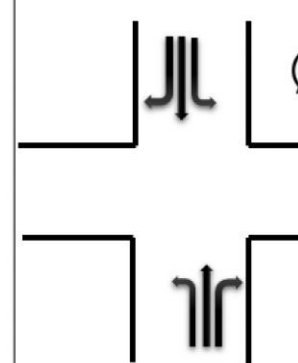
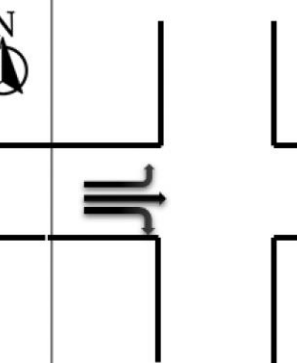
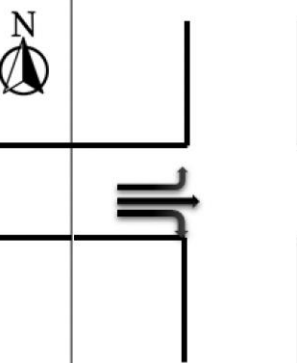
週期140秒	時相一	時相二	時相三
執行時間 16:00 19:10 			
綠燈	59	8	53
黃燈	4	3	4
全紅	5	0	4
說明	公園路雙向圓頭綠	公園南路西往東早開	公園南路雙向圓頭綠

圖 7.5-3 臺南市公園南路與公園路路口之時制計畫表 (B及C架次時段)

7.5.2 軟體固定圖表輸出

透過交通衝突分析平台，可以產生各種圖表，包含車流軌跡圖、超速分佈圖及衝突熱區圖，分別為圖 7.5-4、圖 7.5-5、圖 7.5-6 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。

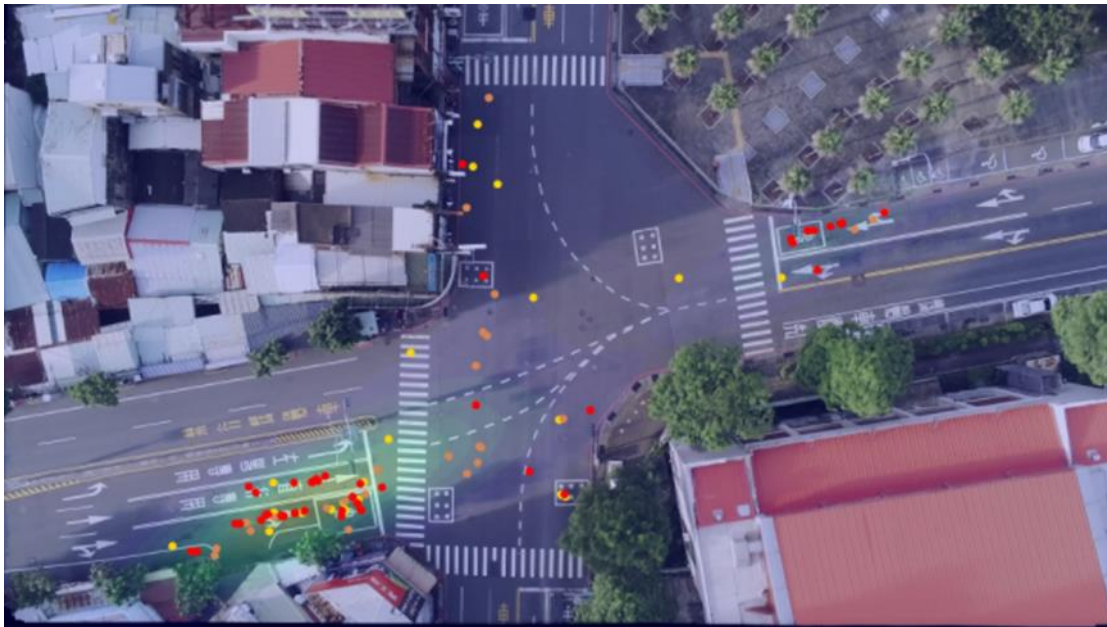


圖 7.5-4 臺南市公園南路與公園路路口之車流軌跡圖

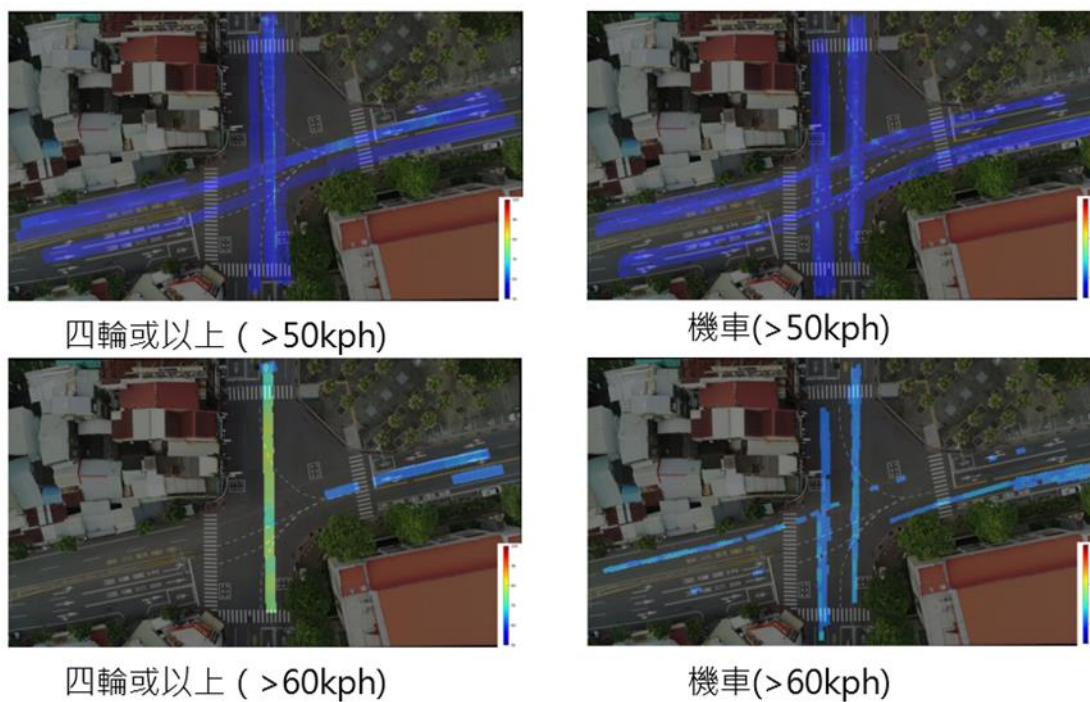


圖 7.5-5 臺南市公園南路與公園路路口之超速分佈圖

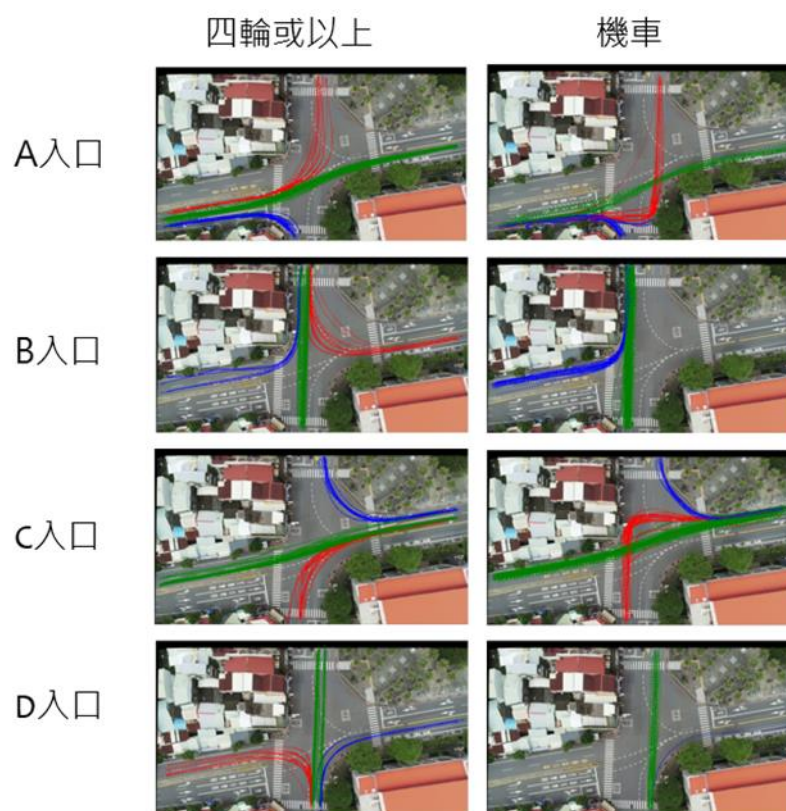


圖 7.5-6 臺南市公園南路與公園路路口之車流軌跡圖

7.5.3 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 10 秒的影片，了解衝突發生的過程及可能原因。以下詳列此路口發生的風險問題，風險案例附圖如圖 7.5-7 所示：

一、機車待轉區發生之衝突 (風險 1 案例)

機車待轉區較小，C 入口要左轉之機車在待轉區會溢出格子外，產生同向兩車左轉衝突。

二、汽車左彎發生之衝突 (風險 2 案例)

汽車左彎會於路口等候左轉，路口中央空不足導致易與對向直行車產生對向左轉衝突，及本身左轉車道的同向兩車左轉衝突。

三、直右車道發生之衝突 (風險 3 案例)

直進及右轉車輛共用車道，以及機車停等區亦設在此共用車道，加上要前往待轉區之機車，導致混合車道內車輛的相互衝突。



圖 7.5-7 臺南市公園南路與公園路路口之風險案例

四、直行導引線

本路口因道路配置與空間發展限制之問題，使得公園南路東、西方向動線不是直線行駛，因而有設置分隔導引線指引車輛行駛(圖 7.5-8)。然而，西往東之直行導引線可能導致駕駛者混淆。從

圖 7.5-9 的車流軌跡可以得知許多車輛遵循導引線時而常有跨線左轉專用車道而直行行駛之情況。

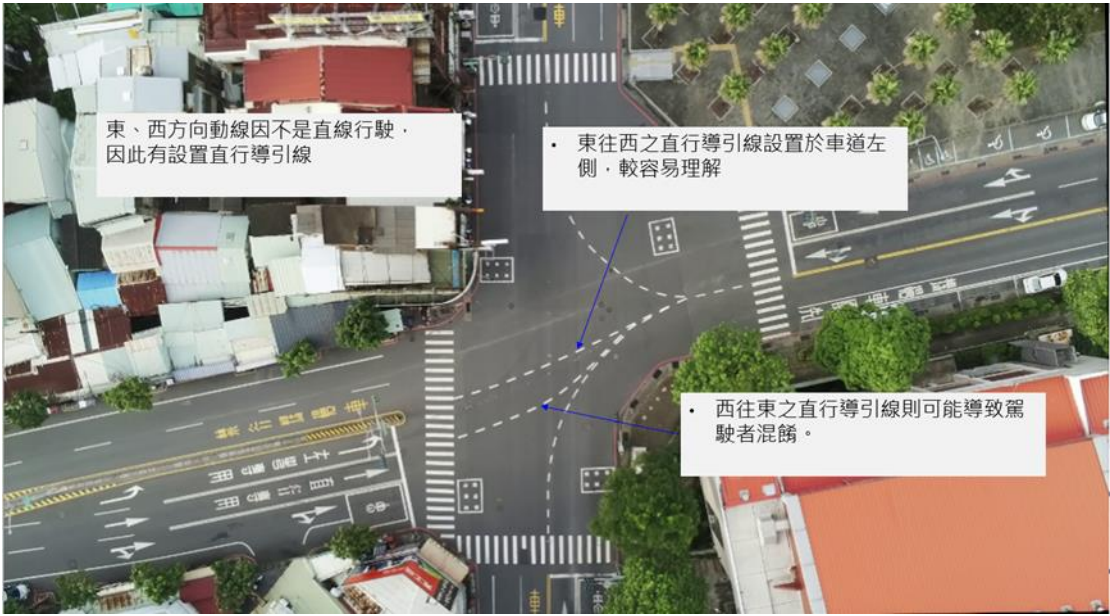


圖 7.5-8 臺南市公園南路與公園路路口之A方向直行導引線

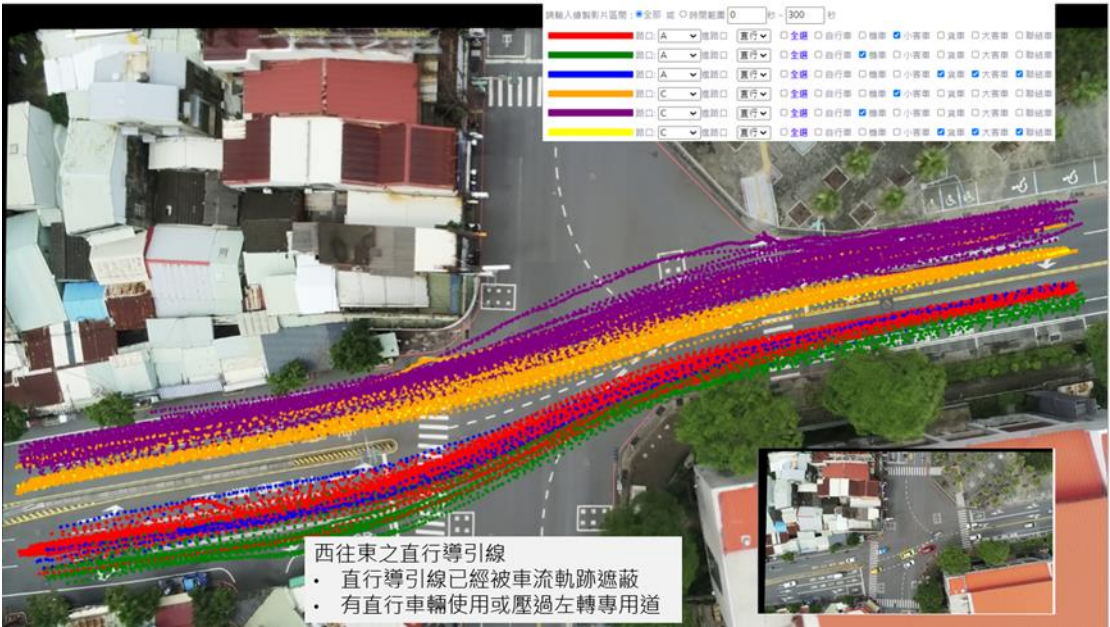


圖 7.5-9 臺南市公園南路與公園路路口之A方向直行車流軌跡圖

五、車道數減少

接續第四點的車流軌跡與車輛行為之問題，由圖 7.5-10 底圖繪製紅色與橘色虛線代表路口上、下游車道的對應，A 往 C 方向直行由兩車道縮減為一車道加一機慢車優先道，透過圖 7.5-9 的車流軌跡可以得知車輛必須在路口中央處稍微偏左以進入下游路段，容易產生同向直行衝突。



圖 7.5-10 臺南市公園南路與公園路路口之車道數減少且未對齊

六、機車待轉區設置與機車行為之問題

透過圖 7.5-11 可以得知，該路口為機車兩段式左轉之路口，但機車待轉區劃設過於狹小，可能導致機車待轉區溢出之問題。此外，在圖中可以看到 B 往 C 方向停止線前方的機車待轉區劃設過於接近行人穿越線、機車勢必在進行左轉待轉時進入行穿線範圍。

從車流軌跡中也可以判釋，A、B 方向有部分左轉機車未遵循兩段式左轉規範，由外側車道直接左轉的情況。

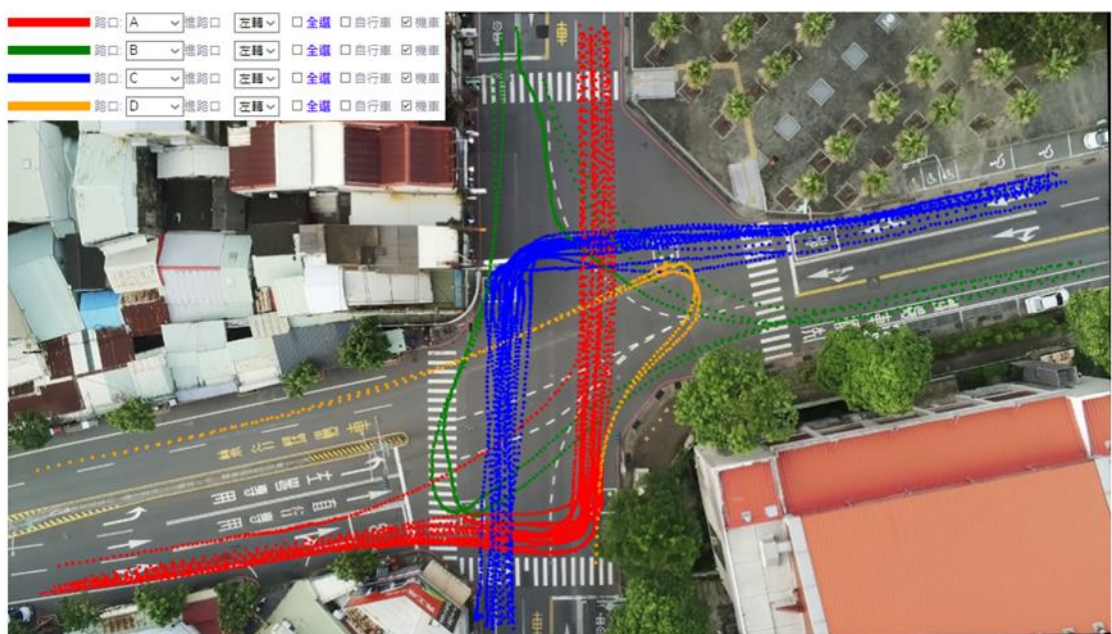


圖 7.5-11 臺南市公園南路與公園路路口之機車待轉區設置與機車行為之車流軌跡圖

7.5.4 問題整理

本路口因受限於空間地形限制的關係為非正交路口，且東、西方向的車道必須縮減車道且無法對齊。該路口雖然已經運用導引線提供駕駛者一些行車指示，然而，透過空拍圖可看出路口的幾何配置複雜，導引線的效果有限，未必能夠使駕駛人有效的遵行其指示。道路的車道與路幅縮減也造成駕駛車輛在路口中央產生交織而有其衝突風險性。

另外，對於機車而言，待轉區的位置較靠近路口中央，與一般的設計不同。目前尚未有證據顯示這樣的設計是否有造成交通風險，但以 D 方向左轉至 A 方向的情況而言，兩段式左轉的動線較為突兀，圖 7.5-4 的 B 方向之左轉四輪車有通過待轉區之情況，可考慮及評估調整待轉區之位置，或取消該方向的兩段左轉改為直接左轉。

第八章 下(111)年度計畫研究方向及應用情境探討

111 年研究後續研究工作規劃如下：

8.1 先導測試計畫

參考表 6.2-2，111 年度先導測試計畫之建議課題預定為「右轉衝突」、「非號誌化路口停讓衝突」。

合作機關方面，為推廣本計畫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，包括公路總局、新北市、桃園市、臺中市、臺南市。參考表 6.2-1，這些都市對於「右轉衝突」、「非號誌化路口停讓衝突」這兩大課題的優先順序都差不多，因此建議於 111 年向這些機關重新調查合作意願，並考慮路口拍攝的困難度等因素，再行決定。

8.2 改善影像辨識與追蹤技術優化分析軟體

目前交通衝突分析軟體已提供許多分析工具，主要分為兩大類，交通衝突分析工具與車輛行為分析工具。

- 一、交通衝突分析工具包括整合 SSAM 產出衝突事件表、依車種或嚴重程度繪製衝突事件統計圖、可依衝突型態/進出口/速度等條件篩選衝突，繪製衝突熱點 TTC/PET 圖，並提供衝突熱點影片索引回放功能。
- 二、車輛行為分析工具包括車流特性(直行車平均車速統計圖)、交通量調查(車輛轉向/行人統計)、路口車流繪製、非號誌化路口行向速度統計、車速熱區圖(speed heatmap)。

111 年將持續依據先導測試計畫情境應用需求，規劃整合分析工具，包括：

- 一、設定功能與呈現圖表之設計，其情境包含機會左轉衝突、路

- 口穿越衝突、右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突等。
- 二、再次檢驗衝突型態分類方法，且同時考量機車兩段式左轉路口，進行衝突判斷之優化調整。
 - 三、專案管理部分將優化處理專案授權管理機制，提供管理者可授權專案給不同使用者觀看，達到擴散使用、有效管理之目的。
 - 四、為利於軟體使用推廣，也將持續進行雲端化服務設計，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，並結合既有的衝突分析與視覺化繪製功能，逐步實現平台雲端服務之目標。
 - 五、目前專案建立過程中，有些步驟無法自動化，如比例尺設定、號誌秒差計算等，將初步探討相關簡化及自動化功能。

8.3 無人機空拍影像

110 年已與臺北市、高雄市進行先導測試計畫路口合作，並與桃園市、臺南市進行易肇事路口之拍攝，111 年將優先與新北市、臺中市、公路總局進行先導測試計畫合作洽談，規劃於上半年進行至少 10 個路口拍攝工作，另配合本所 111 年「事故碰撞型態導向之路口設計範例推廣示範計畫(2/3)-非直轄市推廣應用(I)」拍攝 4 處易肇事路口，並持續與桃園市、臺南市保持良好合作模式，視實際需求調整拍攝路口。

本年度部分路口位於禁限航區，且因民航局要求須派員進駐近場管制塔臺擔任聯絡工作事宜配套措施，並配合飛機起降時間進行無人機勤務，造成無法於規劃時間內完成任務，且多數時間只能等待，無法執行其他事務，且拍攝之時段也無法保證能完整，故建議之後應避免需於塔臺管制之路口進行空拍作業。

8.4 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、建立試辦服務網站或聯絡窗口服務機制，進行推廣績效指標統計。
- 二、透過區域運輸研究發展中心或與地方機關進行落地性合作。
- 三、與交通工程改善單位(顧問公司、技師公會)進行分享與合作模式。

第九章 結論與建議

為分析路口交通衝突及駕駛人行為特性，前期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1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。

9.1 結論

一、無人機空拍路口交通

- (一) 無人機機型：經研究團隊評估後，建議以市售小型無人機做為本計畫使用機種，詳表 3.1-3。本年度採用法國無人機品牌 Parrot 的可摺疊航拍機 ANAFI 進行影像空拍蒐集，其可拍攝 4K HDR 影片，飛行時間約 20 分鐘，依照視野範圍 (FOV, Field of View) 為 69 度，在 75 公尺高度下拍攝長寬範圍約 103x55 公尺。
- (二) 空拍影像成果：詳見表 3.2-1、表 3.2-2，摘要說明如下。
 - 1. 拍攝縣市共 4 縣市(臺北市、桃園市、臺南市及高雄市)。
 - 2. 空拍地點共 17 處(易肇事路口 4 處、先導測試路口 14 處，有 1 處路口兼具易肇事及先導測試路口)。
 - 3. 每處空拍地點原則空拍 3 趟次，共空拍 54 趟次(易肇事路口 13 趟次，先導測試路口 41 趟次)。
 - 4. 總時長 16 小時 16 分 44 秒(易肇事路口 3 小時 37 分 24 秒，先導測試路口 12 小時 39 分 20 秒)。
- (三) 空拍時間：
 - 1. 期間：原預定 7 月中旬開始拍攝，8 月中旬拍攝完畢，因受 Covid-19 疫情於 5 月提升三級警戒影響，導致拍攝路口的交通量減少。為避免拍攝交通量與實際差距過大，爰延後至 8 月中旬開始拍攝，9 月初拍攝完畢，共拍攝 11 天。

2. 時段：原則挑選尖峰上下班時段或易肇事時段進行空拍，因 15 處路口位於禁限航區，需遵循機場塔臺指示起降無人機，故空拍時段會依當時狀況調整。
- (四) 禁限航區空拍：因為本年度擇選之路口場域，總計 15 處位於航空站禁限航區，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管制塔臺並遵循其指示起降。
- (五) 無人機限制：一般市售無人機其受系統限制，針對下述應用情境說明相關限制。
1. 雨天拍攝：目前一般市售無人機無防水設計，且鏡頭易受雨水影響拍攝品質，間接影響分析效果。
 2. 夜間拍攝：夜間因僅有路口附近路燈與車燈，光線較為不足，目前一般無人機採用可見光拍攝，無法確保拍攝品質，而熱影像或紅外線鏡頭其有效距離一般僅 20~30 公尺，但本計畫飛行高度至少 70 公尺，仍有一段差距。
 3. 大型路口拍攝：以無人機(Parrot ANAFI)為例，其視野範圍 69 度，於飛行高度 75 公尺下拍攝長寬範圍約 103 公尺*55 公尺，增加飛行高度可擴大拍攝範圍。為了確保偵測物件不至於太小，以達到較可靠的辨識效果，最佳飛行高度為 75 公尺，空拍範圍約 103 公尺*55 公尺；最高飛行高度為 100 公尺，空拍範圍約 137 公尺*73 公尺，若欲觀測畫面大於此範圍，則無法以現行機種完成任務。

二、影像分析技術

- (一) 單一模型 Oriented YOLOv4：研究團隊開發的 Oriented YOLOv4 新模型相對於前期模型的改善效果，不僅在於單純

準確度上的進步，更多的改善面是體現在效能上的進步與降低基本硬體需求，以利於未來實際應用上的推廣，模型的特性與測試結果說明如下，詳見第四章。

1. 偵測類別：行人、自行車、機車、小客車、貨車、大客車、曳引車、拖車，共計 7 類。
2. 訓練/測試資料：在訓練資料方面，由原有 1024x1024 的影像解析度，改為 1920x1920 更高解析度的訓練樣本；在訓練與測試的車輛數量上，本期訓練資料車輛總數為前期 2 倍以上，測試資料車輛總數更為前期 4 倍以上。
3. 偵測表現：相較於前期的偵測架構，本期的偵測架構在行人、自行車與曳引車等前期表現較差的車種偵測上，無論是在查全率或查準率方面，都有大約 1 至 3 成的顯著提升；而分類錯誤的比例，除了 2 成多的自行車會誤判為機車外，其他分類錯誤的情況都相當少見。
4. 架構精簡：新模型在可偵測較小物件的前提下，加入了符合空拍影像交通需求的旋轉矩形偵測機制，因此可將前三期為因應大小車輛偵測需求的兩套並行偵測機制，改由單一方法進行偵測並獲得矩形旋轉框，有效減少系統架構的複雜性與冗餘的重複處理。
5. 硬體需求降低：研究團隊過去建議採用 Nvidia GTX 1080ti 等頂端消費級 GPU 來偵測物件，本年度研發的新模型使目前市面上一般中/低階消費級 GPU(配置 4GB 以上記憶體)，也可進行物件偵測。
6. 軟硬體支援度高：有鑑於 YOLOv4 是目前全世界最普及的物件偵測架構，無論是軟硬體對該架構的支援，以及未來發展的前景都遠較其他偵測方法具備優勢，有利於後續進一步的維護與改進。
7. 適用性：訓練結果基本上不會受路口大小、岔路數等幾何型態差異而有所影響，會受影響的情況主要來自訓練資料中未曾呈現的外觀樣貌。例如：若訓練影像中沒有刨除柏油的施工中路面，則遇到施工路面就有可能因完全未曾見過的路面外觀而產生誤偵，這類情況通常可藉由後續訓練影像資料的逐步增加來進一步完善。

- (二) 追蹤軌跡完整度方法評估：為提升評估效率，且適用於各種路口環境，研究團隊提出完整軌跡及不完整軌跡比例的評估指標，詳見第 4.3 節。

三、交通衝突分析

(一) 先導測試計畫：

1. 課題整理：本年度透過事故資料盤點、專家座談會及地方機關問卷調查，整理出 6 個優先探討的課題。執行期程規劃為：110 年執行機會左轉、路口穿越衝突；111 年預定執行右轉衝突、非號誌化路口停讓衝突；112 年預定執行機會左轉(進階分析)、人車衝突。
2. 分析方法：本計畫提出以三大類行為：風險駕駛行為、違規行為、交通衝突，結合路口號誌及標線資訊，對駕駛人的風險及違規行為進行偵測及量化，可用於進一步了解風險事件的可能原因。
3. 合作機關：本年度為臺北市及高雄市。
4. 路口選擇：由合作地方機關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，最後拍攝及納入分析的路口共 14 處。
5. 分析結果：針對本年度探討之機會左轉、路口穿越衝突課題，各路口有偵測到左轉車輛未達路口中心轉彎（切西瓜）、超速、闖紅燈、搶黃燈、清道時間結束後仍無法通過路口等現象。左轉車輛未達路口中心轉彎（切西瓜）是最頻繁的風險行為，惟路口中心處之認定較為主觀，期末審查時有機關提出未來應進一步檢討其判斷準則或路口分析設定的建議，供分析軟體使用者參考。

- (二) 易肇事地點改善計畫：本計畫協助執行「第 39 期臺灣地區易肇事路段改善計畫」，摘要說明如下。

1. 路口選擇：先由六都各提供 2 處易肇事地點，合計 12 處，再由研究團隊評估無人機空拍條件選出 4 處易肇事路口，其中臺北市及桃園市各 1 處，臺南市 2 處。
2. 分析項目：包含交通衝突點密集的区域、車流軌跡的合理性、超速情形分布、待轉區溢出情形、標線及空間使用的合理性等。
3. 分析整理：根據調查資料進行分析，各路口整理出 3 至 8 項的交通風險問題，綜合發現的問題包括：路口上下游車道對應不明確、導引線指示不明確、左轉車未依轉彎導引線、左彎待轉區與對向直行車道動線重疊、大客車切入公車停靠區之衝突、機車兩段式左轉動線不佳、待轉區位置不佳及空間不足導致溢出等。相關分析結果已提供 3 個直轄市，做為後續研提易肇事路口改善措施之參據。

四、交通衝突分析軟體

- (一) 調整路口集合管理架構：專案以各縣市交岔路口歸類，以路口為主、專案為輔，使用者可透過點選查找到想要的縣市路口，進而列出路口相關專案分析紀錄。
- (二) 優化車流軌跡繪製：提升軌跡線繪製上限，從 3 條提昇至 10 條，並可自行選擇起始時間和結束時間進行軌跡繪製。
- (三) 新增車速熱區圖：使用者可自由設定並顯示特定車速範圍內的車流軌跡，可用於超速車流的視覺化，顯示發生超速的車流方向及位置，也可用於低速或停等車輛的視覺化，用來判斷待轉區車流溢出的情況。
- (四) 新增「機會左轉」及「路口穿越」分析：因應先導測試計畫之需求，開發「機會左轉衝突」及「路口穿越衝突」之分析，設計路口視覺化設定工具，提供使用者可進行相關設定，如停止線、出口線位置設定，車道線、車道屬性設定，以及路口中央位置設定等，並可匯出相關座標與數據參數，結合衝突分析演算法，透過報表產出分析結果。機會左轉報表包含左轉時車輛在路口的行為統計，如：先行左轉、未達路口中央左轉、清道時間結束後無法通過路口，以及對向直行車搶

黃燈、闖紅燈或超速等數量統計。穿越衝突分析報表包含直行車輛、右轉車輛、左轉車輛之路口行為統計，如：搶先直行、闖紅燈、超速與清道時間結束後無法通過路口等資訊統計表。

9.2 建議

一、無人機空拍路口交通

由本計畫成果發現，無人機因具備制高優勢，可取得無死角的路口或路段影像，相當適合進行交通衝突調查分析。然因無人機載重能力、酬載設備規格、飛行時間等限制，仍有許多拍攝的挑戰需克服，因應未來應用需求，如夜間交通分析、連續長時間影像蒐集或雨天交通分析等情境，建議無人機和攝影機具備以下規格：

(一) 無人機機型：

1. 抗風能力及進場速度，至少蒲福風級 >4 (5.5~7.9 m/s)
2. 懸停飛行能力，垂直小於 1 公尺，水平小於 2.5 公尺。
3. 無人機具備 IP67 防水等級，可於雨天飛行。
4. 飛行及拍攝時間：約 25~60 分鐘以上。
5. 中小型，軸距 20~75 公分。

(二) 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。
5. 紅外線夜視功能，可於高空 75 公尺高度拍攝夜間車流。

(三) 無人機限制：由於目前可取得之無人機種仍無 IP67 防水等級或具備長距離紅外線夜視拍攝能力，然夜間車流分析是許多交通單位重視之議題，故建議可選擇夜間光線較充足之路口

如圖 9.2-1，採用目前市售無人機進行影像蒐集、訓練及分析，並依分析結果調整後續夜間無人機觀測方案。

- (四) 空拍地點：因位於禁限航區地點進行無人機空拍，須配合塔臺指示起降，若機場飛機起降頻繁，將影響空拍作業。建議後續選取空拍時，宜考量是否選擇位於禁限航區地點。



資料來源：[58]

圖 9.2-1 夜間路口空拍示意圖

二、影像式車流分析技術

- (一) 4K 影像偵測：目前行人的查全率與查準率仍有可能的進步空間，未來可考慮在 4K 影像上測試行人偵測，測試解析度的提升是否能再進一步提高其查全率與查準率。
- (二) 半自動軌跡校正機制：由於偵測追蹤不可能取得百分之百的準確結果，因此針對錯誤的軌跡，可能需要提供一個半自動的軌跡校正機制。透過人工指定單張影像上的車輛矩形範圍，以半自動的影像比對技術在相鄰畫面追蹤同一車輛，進而重新修正錯誤或缺少的軌跡資訊。

三、交通衝突分析

- (一) 因本年度易肇事路口分析及先導測試計畫是兩個不同的工作項目，但為同步進行，致使先導測試計畫開發的新功能尚未納入易肇事路口的分析內容。建議後續易肇事路口分析，

可加入先導測試計畫開發之風險駕駛行為及違規行為分析項目。

- (二) 受限於研究時間及經費，先導測試計畫係開發及驗證相關軟體功能，以做為後續分析工具。有關特定交通安全議題，建議未來可透過相關研究，再蒐集更多的路口資料，運用本計畫開發之分析軟體進行分析後，建立統計模型，並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，分析其與特定衝突型態之關係。
- (三) 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、行人衝突等細節，建議後續進一步納入考慮，調整衝突類型及其判斷邏輯。
- (四) 回顧國外文獻，大多將交通衝突分為跟車衝突、變換車道衝突、穿越衝突、匯入衝突等數大類，未再細分。本計畫之衝突類型因期望與肇事型態對應，而因肇事型態相當複雜，目前已發展出約 20 類的衝突類型。由於衝突類型較多可能易有界定不明確或計算誤判的情形，建議可考量國內常見的衝突或肇事型態，將衝突類型適度簡化。
- (五) 本年度空拍時段屬於高車流量，對向直行車大多受左轉車之影響而減速，因此左轉車之拒絕或接收間距已不符定義，計算結果將無參考價值。建議明(111)年辦理非號誌化路口之先導測試計畫時，再進一步探討左轉車之拒絕或接收間距。
- (六) 本計畫分析過程中，發現如路口範圍內有門架，會因門架影像短暫遮蔽，使得車輛之辨識及追蹤效果較差，而導致車速誤判之情況。建議未來可進一步檢討誤差的發現機制，以及修復計算結果之可能。

四、交通衝突分析軟體

交通衝突分析軟體發展至今，已設計相當多分析工具，可提供交通分析專家運用，但在使用上仍須具備一定的專業知識及能力，對於後續推廣應用也較有難度，故建議平台可往易用性及自動化方向進行升級優化，相關執行工作如下：

- (一) 易用性：蒐集使用者回饋意見並設計一鍵式分析工具，提升使用者分析效率。以先導測試計畫為例，可設計「機會左轉」一鍵式衝突分析工具，裡面即可包含內部所有分析程序，快速產出對應分析數據圖表，讓使用者可快速掌握分析結果。
- (二) 自動化：目前專案建立過程中，有些步驟無法自動化，如比例尺設定、號誌秒差計算等，可初步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及設定參數後，即能進行影像分析，逐步實現平台自動化之目標。
- (三) 本年度已新增號誌時相及秒差功能，未來可將分析結果按號誌時相加以分類並輸出。例如輸出之車流軌跡可搭配號誌時相逐一呈現，以瞭解衝突情形；針對超速行為的觀察，也可嘗試以綠燈時相前中後期的數量分析，輸出超速分布圖，進一步觀察燈號轉換對於車速之影響。

五、推廣應用

建議後續可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。

參考文獻

- [1] 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。
- [2] 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。
- [3] 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(尚未出版)。
- [4] 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.
- [5] A. Bochkovskiy, C.-Y. Wang, and H.-Y. M. Liao, "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection," *arXiv:2004.10934*, 2020.
- [6] A. Bewley, Z. Ge, L. Ott, F. Ramos and B. Upcroft, "Simple online and realtime tracking," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2016, pp.3464-3468.
- [7] Z Tian, W Huang, T He, P He, and Y Qiao, "Detecting text in natural image with connectionist text proposal network," *European conference on computer vision (ECCV)*, 2016, pp.56-72.
- [8] J. Ma, W. Shao, H. Ye, L. Wang, H. Wang, Y. Zheng, and X. Xue, "Arbitrary-Oriented Scene Text Detection via Rotation Proposals," in *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 20, no. 11, 2018, pp. 3111-3122.
- [9] Y. Jiang, X. Zhu, X. Wang, S. Yang, W. Li, H. Wang, P. Fu, and Z. Luo, "R2 CNN: Rotational Region CNN for Arbitrarily-Oriented Scene Text Detection," *International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 2018, pp.3610-3615.
- [10] X. Yang, J. Yang, J. Yan, Y. Zhang, T. Zhang, Z. Guo, X. Sun, and K. Fu, "SCRDet: Towards More Robust Detection for Small, Cluttered and Rotated Objects," *International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2019, pp.8231-8240.
- [11] C.Y. Wang, H.Y. M. Liao, Y.H. Wu, P.Y. Chen, J.W. Hsieh, I.H. Yeh, "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", June 2020.
- [12] H. W. Kuhn, "The Hungarian Method for the assignment problem," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol.2, 1955, pp. 83-97.
- [13] N. Wojke, A. Bewley and D. Paulus, "Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2017, pp. 3645-3649.
- [14] 交通部 (2016), 「機車交通政策白皮書」。
- [15] 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。
- [16] Perkins, S.R. and Harris, J.L. "Criteria for traffic conflicts characteristics." Report GRM 632. *General Motors Corporation*, 1967.
- [17] Amundson, F. and Hyden, C. Proceedings of first workshop on traffic conflicts. Institute of Economics, Oslo. 1977.
- [18] Hydén, C. The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. Lund Institute of Technology, Lund, Sweden. 1987.
- [19] A. Tarko, G. Davis, N. Saunier et al., "White paper: surrogate measures of safety.," in Committee on Safety Data Evaluation and Analysis (ANB20), 2009.
- [20] E. Sacchi, and T. Sayed, "A comparison of collision-based and conflict-based safety evaluations: The case of right-turn smart channels," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 59, 2013, pp. 260-266.
- [21] 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。
- [22] Thompson, Mary, Kwon, Oh, and Ju Park, Min, "The Application of Axiomatic Design Theory and Conflict Techniques for the Design of Intersections: Part 1", The Fifth Internal conference on Axiomatic Design, 2009.
- [23] Parker, M. R. and Zegeer, C. V. Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations - Observer's Manual. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Technical report FHWA-IP-88-027, 1989.
- [24] 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。
- [25] Laureshyn, A., Svensson, Å. and Hydén C. Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42, Issue 6, 2010, pp.1637-1646.

- [26] 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.
- [27] Laureshyn, A. and Varhelyi, A. (2018) The Swedish Traffic Conflict Technique - Observer's manual. The Swedish Traffic Conflict Technique – Manual v. 1.0.
- [28] Zheng, L., Ismail, K. and Meng, X. Traffic conflict techniques for road safety analysis: open questions and some insights. *Can. J. Civ. Eng.* 41: 633–641, 2014.
- [29] Laureshyn, A., De Ceunynck, T., Karlsson, C., Svensson, Å., & Daniels, S.. 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, 2017.
- [30] Johnsson, Carl, Laureshyn, Aliaksei & De Ceunynck, Tim: In search of surrogate safety indicators for vulnerable road users: a review of surrogate safety indicators, *Transport Reviews*, DOI: 10.1080/01441647.2018.1442888, 2018.
- [31] Mahmud S.M.S, Ferreira, L., Shamsul Hoque, MD. And Tavassoli, A. Reviewing traffic conflict techniques for potential application to developing countries. *Journal of Engineering Science and Technology*. 13(6), 2018, pp.1869-1890.
- [32] Tageldin, A., Sayed, T. and Wang, X. 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, 2015.
- [33] Chen, P., Zheng, W., Yu, G., and Wang, Y. Surrogate Safety Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflict at Intersections Using Unmanned Aerial Vehicle Videos. *Journal of Advanced Transportation*, 2017.
- [34] SSAM Version 3.0 Open Source Surrogate Safety Assessment Model, 2017 Enhancement and Update. Federal Highway Administration, USDOT. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/17027/17027.pdf>
- [35] Gettman, D. and Head, L. Surrogate safety measures from traffic simulation models. Federal Highway Administration, Technical report FHWA-RD-03050, 2003.
- [36] Gettman, D., Pu, L., Sayed, T. and Shelby, S. Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report, Federal Highway Administration, Technical report FHWA-HRT-08-051, 2008.
- [37] 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.

- [38] 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.
- [39] 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。
- [40] 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
- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] 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
- [44] 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.
- [45] 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.
- [46] 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.
- [47] 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」。
- [48] 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」
- [49] 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。

- [50] 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。
- [51] 「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」(2018)，交通部運輸研究所。
- [52] J. Ma, W. Shao, H. Ye, L. Wang, H. Wang, Y. Zheng, and X. Xue. "Arbitrary-oriented scene text detection via rotation proposals," *The IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 20, no. 11, 2018, pp. 3111-3122.
- [53] https://motchallenge.net/results/3D_MOT_2015/#metrics
- [54] 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。
- [55] FHWA, U. Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations: Observer's Manual, 1989.
- [56] B. Xu, G. Jiang, J. Liu, X. Wang, and P. Yu, "Aircraft Rotated Boxes Detection Method Based on YOLOv5," 4th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI), 2021.
- [57] <https://news.cts.com.tw/cts/general/202102/202102172031576.html>
- [58] Paul R. Wolf, Bon A. Dewitt, Benjamin E. Wilkinson (2014) Elements of Photogrammetry With Applications in GIS, McGraw-Hill Education. pp.133-134.
- [59] Federal Highway Administration, Intersection Safety. <https://safety.fhwa.dot.gov/intersection/> (Accessed on 16 Nov 2021)
- [60] Tarko, A.P. (2020) Measuring Road Safety with Surrogate Events. Elsevier.
- [61] F. Amundsen, and C. Hyden (1977), The Swedish traffic conflict technique. In Proceedings of First Workshop on Traffic Conflicts, Institute of Transport Economics, Oslo.

附錄 A 專家學者座談會

「MOTC-IOT-110-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(1/3)」專家學者座談會議紀錄

一. 時間：110 年 4 月 23 日（星期五）上午 10 時 0 分

二. 地點：交通部運輸研究所 5 樓會議室 (10548 臺北市敦化北路 240 號)

三. 主席：交通大學胡教授守任、運輸研究所賴副組長靜慧 紀錄：王宏生

四. 出席專家學者與單位：(會議簽到單)

五. 主辦單位報告：(略)

六. 綜合討論：

(一) 交通部公路總局

1. 本計畫機會左轉是否包含機車直接左轉路口?近年機車路權爭取內側開放機車並直接左轉，期望能透過此計畫的先導測試觀測，機車可直接左轉之路口和兩段式左轉路口與其他車輛之衝突點。
2. 如需本局配合辦理先導測試計畫，可提供內側有禁止機車及非禁止機車之路口參考，選擇較適切之路口辦理。
3. 本計畫所開發之分析軟體，未來如發展成熟，建議可提供機關使用，並辦理相關教育訓練，已讓第一線工程司學習使用。

(二) 高雄市政府交通局

1. 高雄市有藉由觀測碰撞構圖分析肇事原因，但其分析上並非那麼清楚，我們也需檢視這些方法的績效。若能透過本計畫的空拍技術更精進我們的路口改善是蠻有幫助的，因此在配合此計畫上我們會全力配合。
2. 高雄市可提供團隊，機車兩段式左轉/直接左轉的路口作實驗分析。
3. 高雄市的資訊中心可協助號制介接供團隊做後續的研究。
4. 若團隊未來想針對傳統碰撞分析與空拍影像分析的差異探討，高雄市也有相關資源與路口能提供。
5. 高雄市有成立易肇事控制小組，後續若有些相關的推動都可再其作討論。

(三) 臺南市政府交通局

1. 臺南市由於用路人在守法上相對薄弱，造成碰撞型態非常多元使得傳統的分析方式較難以應用，另外我們今年也有申請 AI 計畫應用在交通管理，其也有無人機進行拍攝，因此有關議題三的配合度上是可以積極配合。

(四) 臺中市政府交通局

1. 建議同車道直行機車和右轉汽車的衝突分析要加入分析。
2. 同意將臺中市易肇事路口提供本計畫進行肇事分析和改善，例如「北區-三民路和崇德路口」其為多岔路口(五岔)。
3. 建議可將多岔(五岔)路口也納入 AI 軟體的支援路口中，因五岔路口的衝突點因會較四岔多。
4. 如技術層面與專案能量可行，建議後續研究可研議改善無人機無法於高架橋下路口分析之問題。

(五) 桃園市政府交通局

1. 希望能夠配合本計畫，讓桃園的易肇事路口能納入本計畫研究內，桃園每年都會配合針對前幾大易肇事路口進行改善，另外也會對其他易肇事路口進行處理，因此在經費上或路口改善的數量上我們都願意配合。
2. 桃園的路口特性是以交流道附近的車流量較高，用路人為了快速通過交流道附近較壅塞的路口，會有搶綠燈的行為，因此以追撞為事故肇因也有一定的比例，建議也可將追撞相關的肇因納入研究。
3. 請教團隊所提的肇因的分析，其所需的相關參數該如何定義，例如未保持行車安全間隔、未保持行車安全距離在 AI 判定上的定義。
4. 路口本身設計上的缺陷所造成的潛在風險衝突，是否也能納入肇因探討。
5. 空拍影像是否能結合號制資訊，讓分析上能有更準確的判斷。

(六) 臺北市政府交工處

1. 願意配合本計畫，會後將提供 109 年臺北市易肇事路口清單及機會左轉路口。
2. 建議在軟體功能上可增加行人量/轉彎車數量/闖紅燈車輛數。
3. 針對肇因「違反號誌管制與指揮」，本計畫後續的分析上是否有辦法偵測闖紅燈/未依標線行駛的車輛。

(七) 易緯公司

1. 本計畫所研發的工具是否有機會能與傳統的人工易肇事路口分析做一個實務上的測試比較，派遣 1 組工程司做路口研擬改善與空拍數據所做的分析做比較。
2. 請教臺中市的「北區-三民路和崇德路口」似乎已有採用科技執法，請問目前該路口的肇事率和違規行為是否有改善？

3. 受限於無人機視角無法對高架橋下路口分析，未來是否有機會能透過 CCTV 等路側攝影機來分析此種路口。
4. 期望本計畫未來能對整體交通工程有一個較大幅度的優化。

(八) 台灣世曦公司

1. 建議本計畫能將分析出來的衝突熱點與其事故碰撞構圖做比較與驗證。
2. 傳統的路口分析改善後有個難點，我們無法明確確認易肇事路口的肇因。本計畫透過軟體分析後所產生的肇因大多可由軟體輔助產生還是需要由專家做進一步的判斷？
3. 建議能對新闢的路口進行分析讓路口改善能變成防範未然而非事後改善。
4. 無人機有續航力的限制，針對無過往肇事紀錄的新闢路口，團隊是否有建議的拍攝時間。
5. 建議號制對時要注意獲取的資訊是否能到達每步階的秒數，因號制轉換的時候會因各家廠商而有不同的控制器補償邏輯，若無法獲取到步階資訊會使後續的違規行為判別有所誤差。

(九) 鼎漢公司

1. 期盼與樂見中央及地方縣市政府編列預算逐年辦理易肇事路段改善。
2. 發展 AI 的軟體平台需要透過大量數據，例如影像資料與警政資料結合，讓機器學習及反饋，校估相關參數，讓分析結果可貼近事實，發揮此系統最佳功效。
3. 空拍機續航力僅約 30 分鐘，拍攝影片長度是否足以代表分析。
4. 各路口如何挑選拍攝時間(平日/假日、晴天/雨天、尖峰時間/24 小時)?
5. 建議影片應選正交路口、日間、無陰影、晴天等等，但往往雨天或非正交路口才是易肇事之處，此該如何克服或因應？
6. 建議機會左轉測試計畫可將機車兩段式左轉與直接左轉納入分析考量。

(十) 中華民國交通工程技師公會

1. 交通安全一直以來是屈於交通工程技師的勤務範疇，參與交通安全相關的討論與執行是本公會責無旁待的工作。本公會未來在實務應用上一定盡力配合與參與。
2. 建議在推廣上團隊能先提供包裹式的測試軟體，提供工會與相關顧問公司測試與參考。

(十一) 逢甲大學運輸與物流管理學系張教授建彥

1. 建議將測試計畫切分成兩個部分
 - (1) 應用端：釐清既有的技術跟發展可以做到什麼樣的改善或輔助。
 - (2) 技術端：可嘗試做些測試，例如空拍無人機有許多限制，沒有錯這些就是它的技術限制，但若以測試的角度來思考，此技術發展也是可以是它的測試計畫。
2. 有關先導測試計畫，建議應先研擬測試計畫書，計畫書內容應包括測試目的、範圍、設備、方法、評估項目、測試情境(場景)規劃、量測變數與資料、測試流程或程序等。
3. 在測試情境設計部分，應依據測試目的，先建立測試項目(例如：衝突樣態)與交通安全應用之架構，例如：事故、碰撞、肇因、衝突之關聯架構，再研擬測試情境;另外建議未來應用情境部分，可納入交通安全改善後之評估。
4. 在未來交通工程改善計畫，是否有機會將空拍機影像納入計畫，精進補足既有測試所看不到的資訊。
5. 倘若測試的目的是從一路口之眾多不同風險程度之衝突點中，進行衝突態樣之辨識與分析，建議可先將衝突態樣依空間、流動與衝突特性進行大分類，攻堅部分包括停等區、待轉區、路口、鄰近路段、行人穿越道等;流動部分包括左轉、直行、右轉;衝突特性包括車輛之間的分出(分流)、併入(匯流)、交叉，以及人車衝突等，然後再依不同分類之組合建立簡單、中等複雜、高複雜之情境，例如：鄰近路段左轉分出衝突為簡單情境;路口左轉交叉衝突為中等情境;人行道人車衝突為高複雜情境，另外，亦可搭配路口路型、車流量或人流量來建立簡單、中等複雜及高複雜情境。
6. 實驗情境清單中，有關實驗情境與可能肇因之關係宜再加以審慎考量及檢視，建議應先進行行為、衝突、碰撞、肇因間之關聯性分析，再作對應。
7. 機會左轉之測試部分，是否可將肇因與衝突進行連結(例如：從機會左轉衝突中抽取出違反標誌標線)，俾能針對偵測結果進行改善。
8. CBI 標準化之計畫建議再加以檢視修正，如果 CBI 的計畫是以縣市政府為基礎，則每一個縣市 CBI 計算公式中的 SRI(全年肇事相對頻率指標值)與 SSI(全年肇事相對嚴重度指標值)計算基礎不一致(參考「易肇事地點改善作業技術參考手冊」)，因此 CBI 序位的加總平均應先針對各涉及縣市內之路口進行平均數分析，再針對各情境肇因於各縣市之平均加總平均。

9. 有關交通衝突分析軟體之功能需求部分，建議應能將各種衝突型態分類之衝突數、路口風險程度、交通改善建議納入。另外，軟體中的交通量分析、路口車流軌跡、轉向車速統計的功能目的，以及與衝突分析的關聯為何，應再加以明確界定。
10. 建議衝突軟體應能對路口與路口的評斷風險程度上的差異，此能幫助改善路口的優先順序調整。

(十二) 陽明交通大學運輸與管理物流學系鍾教授易詩

1. 本計畫的研發做為易肇事地點的評估是非常好的工具，目前評估風險路口的方法是透過 CBI，但 CBI 並無考量風險時的車流量數據。
2. 建議可再思考應用情境清單的肇因分類，引用許添本老師的話：「碰撞是結果，不是原因」，由碰撞結果與警方登入的原因來做肇因分類，可能會有蠻大的模糊空間。
3. 團隊可思考一下應用情境清單期望達到的目標，若以 CBI 選出肇因其可能多為違規行為
4. 建議行人的部分可分成兩部分做探討，行人的行為;車子潛在影像到行人的行為。
5. 警政署的針對人對車的碰撞事故分類，可能並無分車輛左、右轉與人造成碰撞，但這兩者可能的肇因應該不同。建議團隊在人車衝突的肇因可再多加思考。
6. 機會左轉是個蠻好的議題，建議在先導測試時可做實驗組/對照組的比較分析。
7. 機會左轉若以車輛軌跡來分析因視線遮蔽所造成的交通衝突可能較為困難。
8. 建議將行人納入機會左轉的考量因素，當車輛機會左轉時判斷有無行人於行穿線上。
9. 建議運研所若有經費可增加路口分析的數量，多測試一些路口，因為單就正交路口就有許多種組合。
10. 目前許多研究在做事故頻次分析時會以時相為單位，因此將時制同步納入軟體功能很好。
11. 建議本計畫的軟體在距離轉換上也可多加著墨，讓未來使用者可以用起來更方便。
12. 診斷資料跟改善措施的關聯性可能會是本計畫後續研究的重點之一。

(十三) 陽明交通大學運輸與管理物流學系吳教授昆峯

1. 機會左轉是台灣很嚴重的問題，若本計畫三年能把左轉做好就非常好了。實務單位可能會想了解，目前哪些路口的左轉問題較嚴重？什麼樣的改善措施比較有效益？績效上的評估該如何量化？因此個人認為把左轉分析完善就蠻困難了。
2. 交通安全的子題很多：尋找易肇事地點、路口診斷、效益評估、開發新的解方，這四項都可以嘗試看看。但建議本計畫可先朝短期成效評估做處理即可。
3. 交通工程有它的極限在，其主要在控制衝突點，人的行為面很難由交通工程來做控制。本計畫在測試前先深入了解場域可能的人為肇因非常好，但要由軌跡對應到人為肇因可能相對困難。
4. 左轉的部分若能建立其理論架構，那對我國將有會有不錯的貢獻，例如：什麼指標是可以使用的，如何定義一個指標，找出衝突而非衝突點。另外，中介指標與事故的轉換關係也有必要建立，例如：分析出某路口有許多衝突，那是否代表其事故也很多，這也必須去探討研究。

(十四) 本所運安組

1. 建議團隊需將機車左轉含入機會左轉。
2. 本計畫目的是發展一個分析的工具給大家應用，礙於取樣的路口數量有限，路口改善的門檻值無法在此計畫產出。
3. 本計畫期許能做出好用的工具，供後續地方政府或學者專家就其專題做分析，找出衝突的嚴重性及規律。
4. 軟體推廣的部分期望能達到讓各單位能夠自由下載使用，但目前軟體本身有些安裝與使用上的門檻，這是我們後續得考慮的。
5. 本計畫今年的先導測試計畫會有兩個議題，第一個為機會左轉，而另一個則由今日所提的應用情境清單排列優先順序來抉擇。
6. 本計畫的4處路口分析，會以今年度的易肇事路口改善計畫(許添本老師的設計範例推廣與應用)篩選六都各2處路口，共計12處路口，由團隊進一步篩選較適合無人機飛行的4處路口。
7. 本計畫依照優先順序排列，今年還是會以正交的四岔路口做研究分析，預計第三年會對斜交、多岔路口等等做分析。
8. 目前本計畫與號制的同步方式是透過空拍時同步側拍來處理，今年期望能從號制控制器獲取資訊，藉此得到更精準的號誌同步。
9. 建議團隊可將行人所造成的衝突、機車直行與車輛右轉所造成的衝突納入應用情境清單。

10. 建議團隊先以無人機能夠處理的路口環境為主要分析路口，後續改善的目標則是擴大拍攝範圍，至於高架橋下路口無人機已無法處理，因此本計畫暫無法處理請各位見諒。
11. 目前的判定方式還無法透過 AI 處理，期望本計畫的 AI 未來能朝向專家系統的方式，將判定的準則建立出來，後續隨著各單位的應用與推廣，使其趨於完善。
12. 新闢路口若已通車是可以進行分析的，至於拍攝時段上的選擇一般還是會以尖峰時段車流量較多的時段進行拍攝。
13. 本計畫在技術上還是有一些限制，因此目前的優先順序會先以較基礎的路口環境做分析。
14. 針對應用情境是否有需擴充、建議哪些應用情境優先進行先導測試計畫，會後請專家學者再補充相關建議。

(十五) 主席賴副組長靜慧

1. 本日專家學者座談會的目的之一，確認先導測試計畫與應用情境清單的順序，因此很看重本計畫研擬之內容與順序是否對實務單位所面臨到的問題能夠提供幫助，因此會後請專家學者再補充相關建議。

(十六) 主席交通大學胡教授守任

1. 人車流的態樣非常多樣，以機會左轉為例，號誌化路口與非號誌化路口所造成的衝突態樣與結果可能就有所不同，專家學者與團隊可多加思考討論。

七. 主席結論：

- (一) 請各單位代表與學者針對今日 4 個議題若有進一步的補充或指教，請以書面/電子意見做提供，另外，若其他單位也有意願與本計畫合作，也請根據今日簡報提之需求一併提供相關資訊。
- (二) 各單位的出席代表所提供之意見，建議研究團隊後續建立對照表，列出目前技術可行(初期)、技術待克服(中、長期)。
- (三) 請各單位在會後一週內提供本日探討的議題意見。

八. 散會時間：12 點 06 分

附錄 B 需求功能執行狀況比對表

項次	需求功能	執行狀況
(一)	充實交通衝突分析軟體功能：	-
	110 年預期完成工作項目	-
(一)	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	透過下列方式，綜整並研提無人機探勘道路交通流動資訊之交通安全應用課題，檢視及調整 109 年研究計畫之交通應用情境清單(交通安全部分)。	-
(1)	透過道路交通事故資料，分析道路交通主要衝突型態、件數、比例及嚴重度。	分析整理請見於報告書第 6.1 節。
(2)	蒐集國內外道路交通衝突研究文獻並綜整相關課題。	蒐集綜整相關課題請見於報告書第 2.2 節。
(3)	蒐集國內外使用無人機於空拍道路交通流動資料之應用(包含既有分析軟體、系統或網站)與研究文獻，並綜整相關課題。	蒐集綜整請見於報告書第 2.3 節。
2	深入分析前項調整後之 109 年所盤點之交通安全應用情境清單內容，分項探討相關技術(包括無人機觀測、影像辨識與追蹤、交通衝突分析、資料應用等技術)成熟度與限制，選擇交通衝突嚴重性較高、相關技術成熟度較高且限制條件較低之交通安全應用情境，規劃設計 110-112 年分年先導測試計畫優先順序。	請見報告書第六章。
3	以專家諮詢或召開會議方式，對外溝通 110-112 年分年先導測試計畫優先順序之合宜性，視實際研發與應用需求調整優先順序，並徵詢道路主管機關合作辦理之意願(包含協助提供相關道路統計資料、配合執行先導測試計畫等)。	專家諮詢會議已召開於 110/4/23，會議記錄請見於報告書附錄 A。
4	考量計畫經費、時程與人力，以及近年交通事故嚴重性與道路主管機關合作意願，依照前項調整後之 110-112 年分年先導測試計畫優先順序，擬訂本(110)年度之先導測試計畫內容至少 2 項(包含涉及路口機會左轉衝突之課題)，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	請見於計畫書第六章。

	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。	
5	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，以供後續實務單位分析此類交通衝突之參考。	請見於計畫書第六章。
6	視需要辦理本年度先導測試計畫成果說明會。	遵照辦理。
(二)	改善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	摘要說明 107~109 年研究計畫重要技術發展過程及成果。	摘要說明前 3 年計畫過程及成果請見於報告書第 1.1 節、2.4 節。
2	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，以及提升影像辨識追蹤辨識率、正確率及處理效能等。	人車辨識與追蹤技術精進請見於報告書第四章。
3	以本所 109 年「事故型態導向之路口交通工程設計範例之研究」計畫中，所發展交通工程設計範例之 6 大類車輛碰撞類型為主，再加入與自行車、行人事故相關碰撞類型，發展及優化交通衝突分析軟體功能，並研擬相關碰撞類型之判斷原則，以做為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依據。	自行車與行人碰撞類型請見於報告書第 5.1 節。
4	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。	軟體優化設計請見於報告書第 5.1 節。
5	與道路管養機關合作，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。	請見於報告書第七章。

6	探討交通衝突分析軟體的後續經營模式，例如做為本所技能養成工具、技術移轉或外包商轉等，探討面向則包含軟體授權方式、授權費用、軟體推廣使用數量等，以達到分析軟體未來可持續於實務單位推廣應用之目的。另就 111 年試營運計畫研提構想，並研訂營運效果相關評量指標，以做為 111 年執行試營運及評估營運效果之依據。	請見於報告書 5.4 節。
7	針對預計於 111 年創建遙控無人機探勘道路交通流動之資料庫，預先規劃其內容、架構及運作方式。	請見於報告書 5.3 節。
8	檢視修訂 109 年研究計畫彙整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。	分析軟體之操作手冊請見於報告書附錄 E，教育訓練請見於附錄 F。
(三)	對下一(111)年度計畫研究方向及應用情境進行探討，並研提辦理構想。	請見於報告書第八章。
(四)	本計畫所使用之無人機及相關資通訊設備，應避免使用有資安疑慮之設備。	遵照辦理。
(五)	針對計畫重要成果或執行過程，製作海報或影片電子檔。	遵照辦理。
(六)	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。
(七)	投標廠商提送服務建議書時，以路口機會左轉衝突為例，研提先導測試計畫構想。	遵照辦理。

附錄 C 無人機規格

本年度以 Parrot Anafi 進行路口拍攝，提供無人機規格如下：

Parrot Anafi

品項	規格
飛行器	● 折疊後尺寸：244 x 67 x 65 毫米 ● 展開後尺寸：175 x 240 x 65 毫米 ● 重量 (含電池及槳)：320 克 ● 最大上升速度：每秒 4 公尺 ● 最大水平飛行速度：每秒 15.3 公尺 (每小時 55 公里) ● 最大飛行海拔高度：4500 公尺 ● 飛行時間：約 25 分鐘 ● 工作環境溫度：-10°C 至 40°C ● 衛星定位模組：GPS 及 GLONASS 定位
航拍相機	● 裝置方式：隨機附航拍攝影機 ● 影像感測器：Sony IMX230 1/2.4 英寸 21MP CMOS 傳感器 ● 鏡頭：ASPH (Low-dispersion aspherical lens) ● 光圈：f/2.4 ● 焦距：23-69mm (照片), 26-78mm (影片) ● 景深：1.5 公尺 ● ISO 範圍：100-3200 ● 電子快門速度：1 to 1/10000 秒 ● 相片最大解像度：Wide： 21MP (5344x4016) / 4：3 / 84° HFOV ● Rectilinear：16MP (4608x3456) / 4：3 / 75.5° HFOV ● 錄影解析度：4K Cinema 4096x2160 24fps ● 4K UHD：3840x2160 24/25/30fps ● FHD：1920x1080 24/25/30/48/50/60fps ● 影片存儲最大碼流：100 Mbps ● 相片檔案格式：JPEG, Adobe DNG (RAW) ● 影片檔案格式：MP4 (H264) ● 支援存儲卡類型：最高容量 128GB Class 10

品項	規格
	MicroSD 卡
雲台	● 穩定系統：3 軸混合防抖雲台（機械 2 軸滾動／俯仰角度&電子 3 軸滾動／平移／俯仰角度） ● 可控轉動範圍：俯仰：- 90° to +90°
遙控器	● 遙控裝置：手機 APP 操作（《Freeflight 6》） ● 工作頻率：Wi-Fi 802.11a/b/g/n 2.4GHz & 5.8 GHz ● 訊號有效距離：4 公里 ● 容量：2500mAh ● 工作電流/電壓：3.6V
電池	● 容量：2700mAh ● 電壓：7.6V ● 電池類型：Li-Poly (Lithium Polymer) ● 最大充電功率：24W

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 GTX1080Ti-11G 或 RTX2080TI-11G 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	1

執行分析軟體建議之硬體規格【單機版】

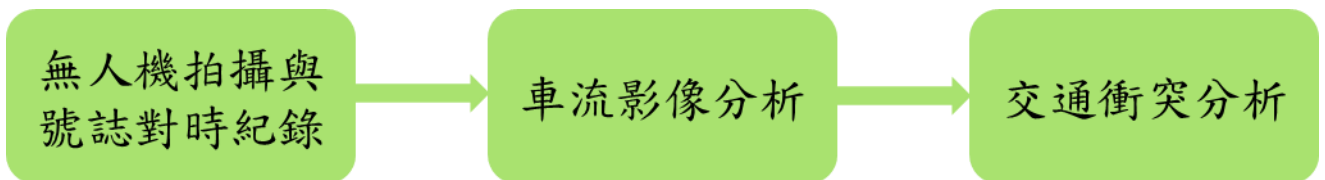
品項	建議規格	數量
處理器 CPU	Intel Core i5-9400F(2.9GHz)	1
記憶體 RAM	16G DDR4-3200	1
固態硬碟 M.2 SSD	128G/M.2	1
傳統內接硬碟 HDD	1TB	1
作業系統	Windows 10/ 64 位元	1

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 分析軟體操作手冊

一、軟體功能介紹

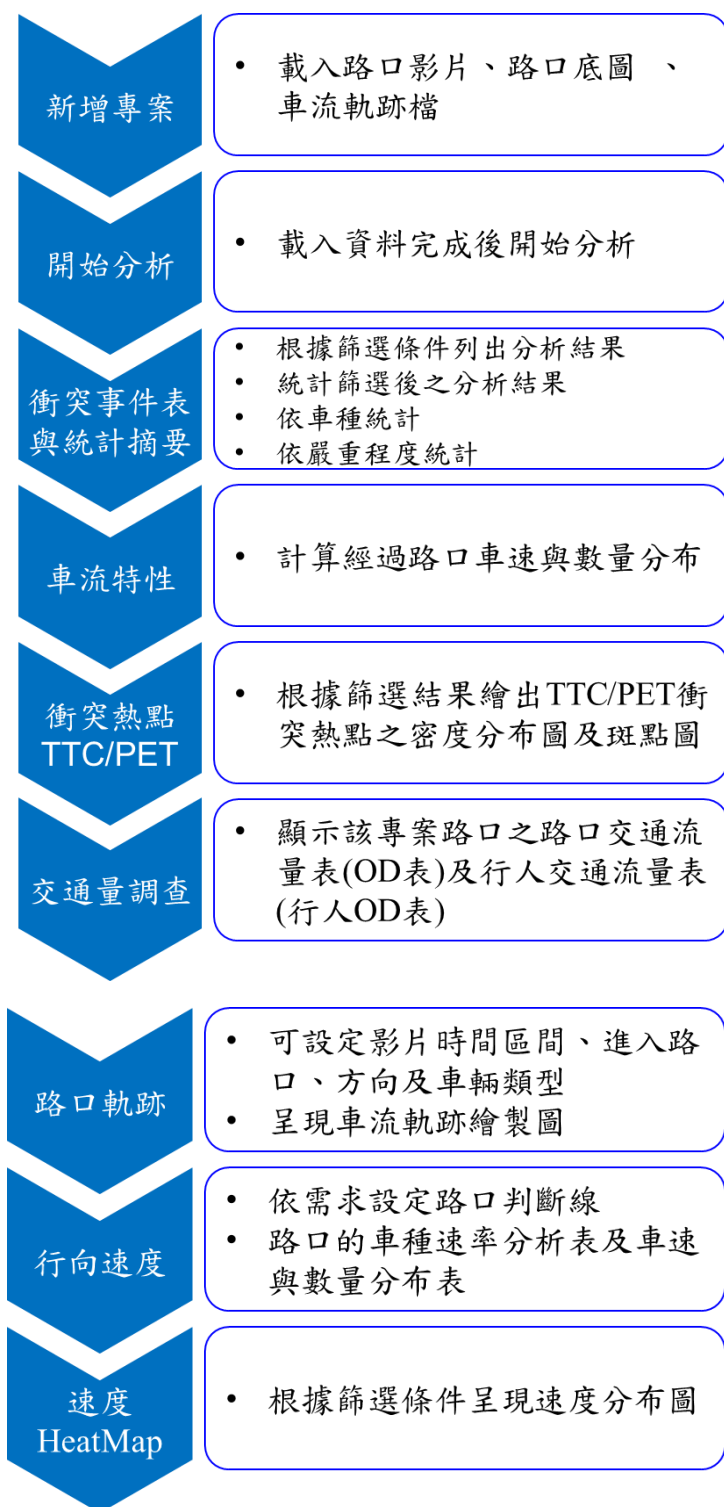


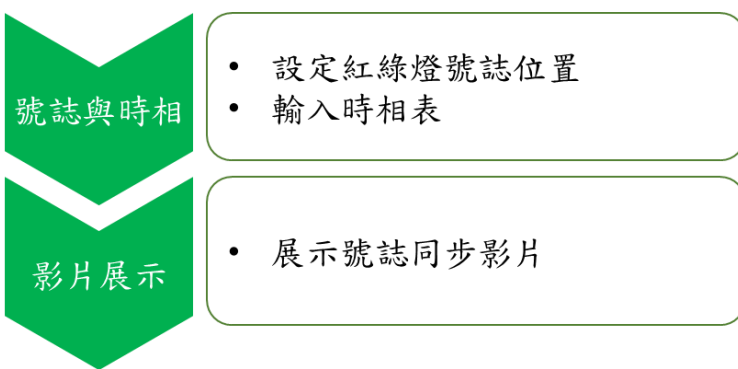
欲進行路口交通衝突分析，須先進行無人機影像拍攝及號誌對時作業，針對蒐集之路口畫面再進行車流影像分析，產出對應之車流軌跡及相關資訊，最後進行交通衝突分析得到人車衝突熱區，以利交通改善參考。

鑒於號誌時制轉換過程可能有轉換時間差異，為避免造成號誌同步顯示問題，無人機路口拍攝時須注意避免在號誌時相轉換及手動控制的過程中錄製，且不建議於手動操控的方式進行影像蒐集。

透過交通衝突分析軟體，可將匯入的資料藉由專案管理的模式，讀取車流軌跡分析軟體之輸出資料，包括路口之影片、底圖及車流軌跡檔等，確認資料皆完備後就可進行交通衝突分析作業。使用者可透過參數進行分析結果篩選，篩選參數包括衝突型態、進出口及車種等條件，依據篩選條件進行衝突事件過濾，以利分析人員針對不同類型的衝突事件作進一步分析。

交通衝突分析軟體使用流程圖如下：





二、軟體功能使用說明

2.1 軟體登入

2.1.1 系統登入

(1) 使用 IE 或 Chrome 開啟交通衝突分析軟體連結
<http://211.20.101.179/traffic/>

(2) 輸入「帳號」及「密碼」，



The image shows a login form titled "系統登入" (System Login). It contains two input fields: "帳號" (Account) and "密碼" (Password). Below these fields is a blue button labeled "登入" (Login).

2.1.2 專案列表

(1) 進入系統後，呈現目前已有的「專案資訊」



(2) 頁面左邊的功能列分成三大工作區塊，
A、「專案列表」可顯示專案列表資訊，如上圖；

- B、「專案管理」可新增專案或查看列表。
- C、「號誌與時相」可設定號誌與時相。

2.2 專案管理

2.2.1 新增專案

頁面左邊功能列點選「專案管理」開始「新增專案」。

1. 影像資訊

- (1) 選取「交通路口」名稱，第一個交通路口將做為主要搜尋條件。
- (2) 以臺北市松山區光復北路及健康路路口為例
 - 甲、交通路口 1 選擇臺北市松山區光復北路
 - 乙、交通路口 2 選擇臺北市松山區健康路
- (3) 請以路口名稱設定為專案(影片)名稱，以利管理。必要時進行編碼，以利分類及搜尋，目前命名規則為(模型版號)縣市區域路口名稱_飛行架次；如上述路口可命名為「(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1A 架次」。
- (4) 選擇影片拍攝的日期與時間，點選顯示的「影片日期/時間」。

新增專案影像

影像資訊

交通路口1： 段
(主要搜尋路口)

交通路口2： 段

交通路口3： 段

影片名稱：

影片日期/時間： 年 月 日 時 分 秒

2. 載入資訊

- (1) 依序點選「載入影片」、「載入車流軌跡檔」及「載入底圖」，以載入路口資訊。

新增專案影像

影像資訊

▲ 請先填寫縣市(例:臺北市)，再填寫路口(例:中山北路)等，填寫二個字以上會有提示可選擇。

交通路口1： 段 (主要搜尋路口)

交通路口2： 段

交通路口3： 段

影片名稱：

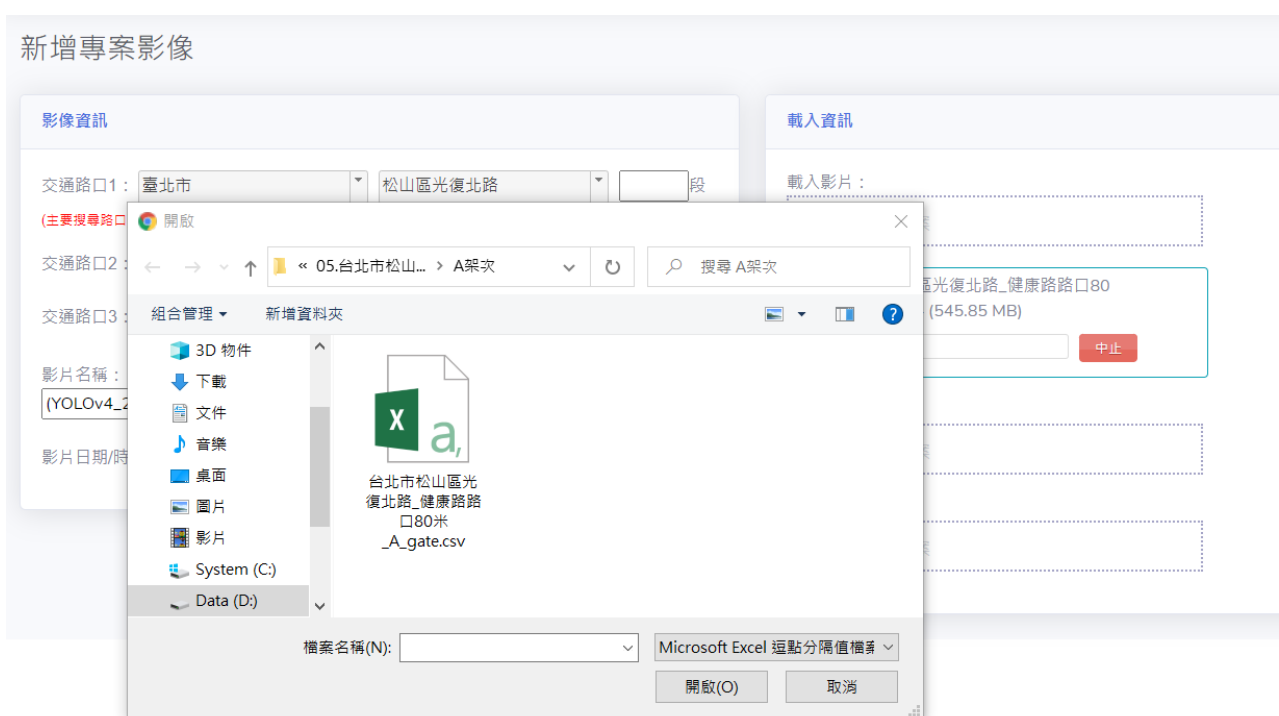
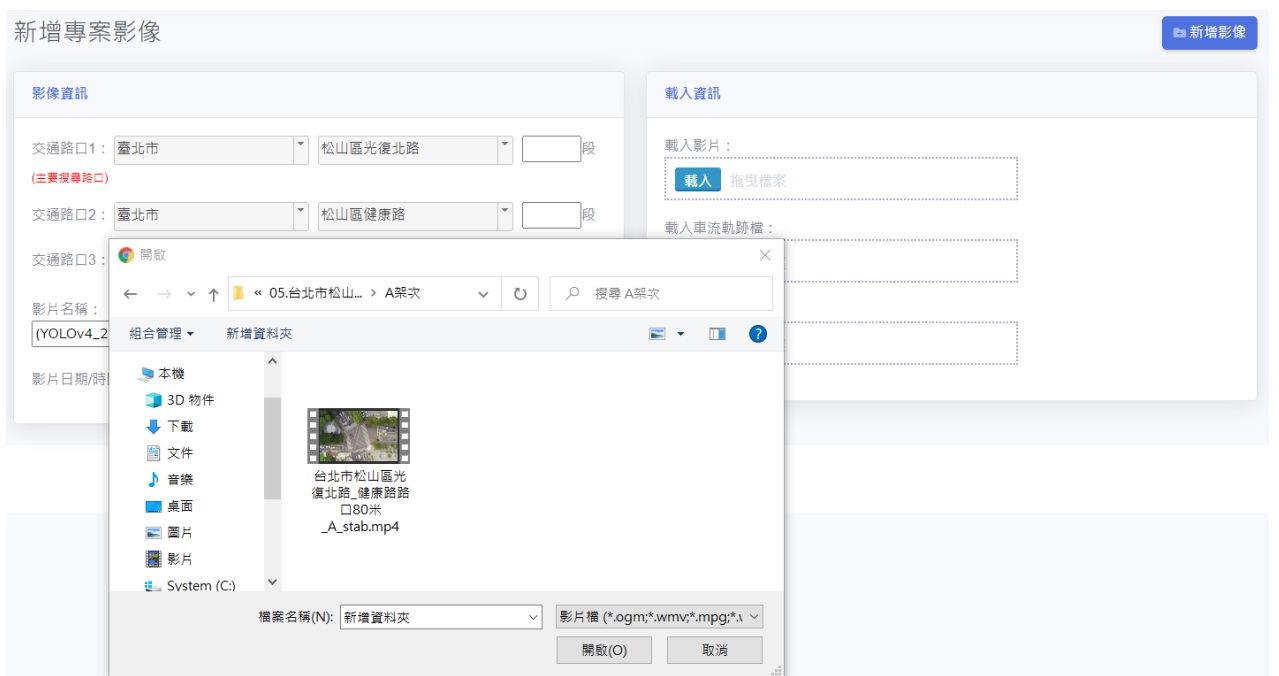
影片日期/時間： 年 月 日 時 分 秒

載入資訊

載入影片：

載入車流軌跡檔：

載入底圖：



新增專案影像

影像資訊

交通路口1：

臺北市

松山區光復北路

段

(主要搜尋路口)

交通路口2：

交通路口3：

影片名稱：

(YOLOv4_21

影片日期/時間

開啟

← → ↶ ↷ ⌂ « 05.台北市松山... > A架次 ↻ 🔍 搜尋 A架次

組合管理 ▾ 新增資料夾

3D 物件

下載

文件

音樂

桌面

圖片

影片

System (C:)

Data (D:)

台北市松山區光復北路_健康路路口80米_A_backgroun...

檔案名稱(N):

台北市松山區光復北路_健康路

圖片檔 (*.tiff;*.pjp;*.jfif;*.bmp;*. ...)

開啟(O) 取消

載入資訊

載入影片：

載入 拖曳檔案

(2) 上傳途中可點選「中止」，重新選取上傳檔案。

載入影片：

載入 拖曳檔案

1). 台北市松山區光復北路_健康路路口80米_A_stab.mp4 (545.85 MB)

中止

(3) 若需刪除已載入的檔案，可點擊「刪除」，刪除後可重新選取上傳檔案。

載入車流軌跡檔：

載入

拖曳檔案

1). 台北市松山區光復北路_健康路路口80米_A_gate.csv (14.73 MB)

刪除

(4) 上傳失敗，則下方顯示「ERROR」。

載入影片：

載入

拖曳檔案

1). 台北市松山區光復北路_健康路路口80米_A_stab.mp4 (545.85 MB)

ERROR:

(5) 若檔案上傳不完整，按下「新增專案」，顯示「請先載入影片檔！」，亦即新增專案失敗，請重新將檔案完整上傳。

211.20.101.179 顯示

請先載入影片檔！

確定

(6) 若檔案上傳完整，按下「新增專案」，顯示「專案新增成功！」。按下「確定」後，自動跳轉「專案列表」頁面。

新增專案

載入資訊

載入影片：

載入

拖曳檔案

1). 台北市松山區光復北路_健康路路口80米_A_stab.mp4 (545.85 MB)

刪除

載入車流軌跡檔：

載入

拖曳檔案

1). 台北市松山區光復北路_健康路路口80米_A_gate.csv (14.73 MB)

刪除

載入底圖：

載入

拖曳檔案

1). background.jpg (648.89 KB)

刪除

211.20.101.179 顯示

專案新增成功!

確定

2.2.2 專案列表功能

(1) 點選「專案列表」會依路口名稱分類，出現所有專案。



(2) 點選欲查看之縣市，將會出現該縣市所有路口專案。如點選臺北市，可查看臺北市已建置之路口專案。



(3) 點選欲查看之路口，將會出現該路口所有專案。如點選松山區光復北路與健康路，可查看該路口已建置之專案。



- (4) 點選欲查看之專案，將會出現該專案之分析功能。如點選「(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1A 架次」，可查看該專案之分析結果。

專案資訊

臺北市
共 13 筆影像資料

松山區 光復北路 與 松山區 健康路
共 2 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
119		(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1A架次 最後更新時間 2021-09-08 11:38:25	2021-08-20 17:50:39	0.0621	2021-09-08 11:38:25	管理選單
120		(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1B架次 最後更新時間 2021-09-08 11:38:34	2021-08-20 18:14:38	0.0634	2021-09-08 11:38:34	管理選單

顯示 1 到 2 筆 / 共 2 筆

前一頁 1 下一頁

- (5) 點擊專案名稱進入後，可查看的分析包括衝突事件表與統計摘要、車流特性、衝突熱點 TTC/PET、交通量調查-車輛轉向與行人、路口軌跡、行向速度及速度 HeatMap，可直接點選功能方塊，進行分析或分析結果呈現，詳細說明請見章節「2.3 交通衝突分析功能說明」。

專案資訊

臺北市
共 13 筆影像資料

松山區 光復北路 與 松山區 健康路
共 2 筆影像資料

2021-08-20 17:50:39
(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1A架次

衝突事件表
與 統計摘要

車流特性

衝突熱點
TTC/PET

交通量調查
車輛轉向 與 行人

路口軌跡

行向速度

速度 HeatMap

減速度 HeatMap

- (6) 管理選單之功能包括更新軌跡檔、上傳路口說明圖、下載檔案、刪除專案等，皆屬於進階功能，現階段無需使用，並請勿刪除任何專案或更新相關檔案，以免影響計畫分析。

專案資訊

臺北市
共 13 筆影像資料

松山區 光復北路 與 松山區 健康路
共 2 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
119		(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1A架次 最後更新時間:2021-09-08 11:38:25	2021-08-20 17:50:39	0.0621	2021-09-08 11:38:25	更新點位檔 上傳路口說明書 下載檔案 刪除專案
120		(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1B架次 最後更新時間:2021-09-08 11:38:34	2021-08-20 18:14:38	0.0634	2021-09-08 11:38:34	

顯示 1 到 2 筆 / 共 2 筆

前一頁 1 下一頁

2.2.3 比例尺設定

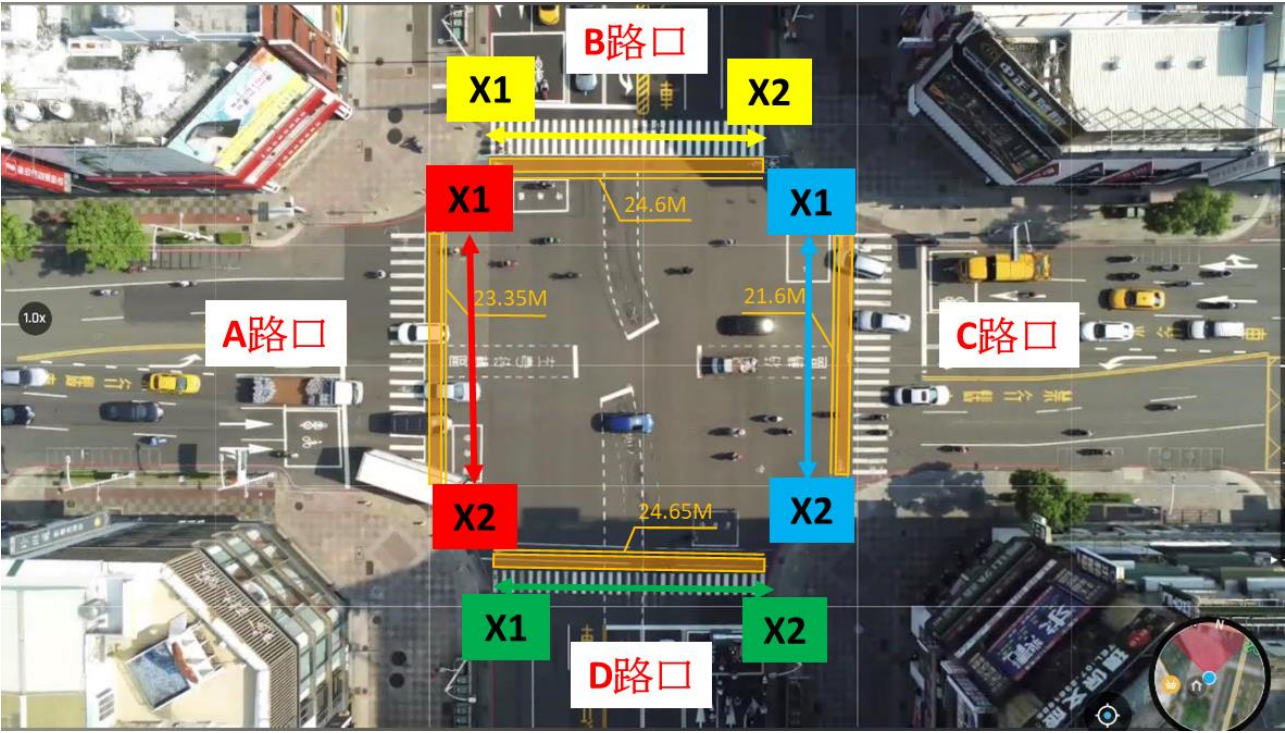
每一專案皆有系統預設比例尺為 0.05，但因每次實際拍攝高度位置略有不同，因此比例尺可經人工計算自行調整輸入值。

主要實作是透過路口底圖中的畫面距離(Pixel)以及實際路口利用測距輪(m)之轉換，計算出相對應的比例尺數值。

以下將用專案「(YOLOv4_210705.2)高雄市新興區七賢一路_七賢二路_中山一路_1A 架次」做為比例尺輸入示範案例，

- (1) 開啟陽明交大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。

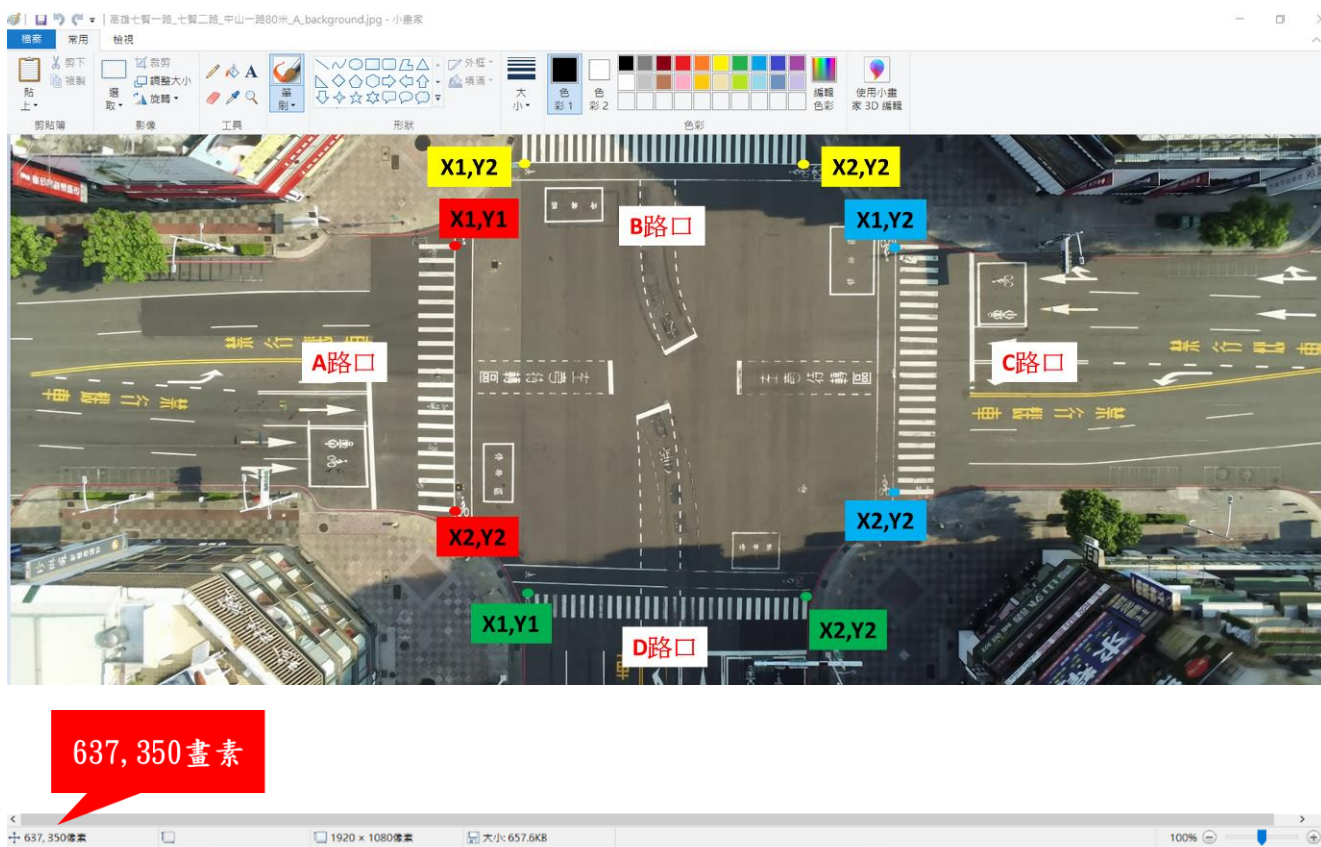
自下圖可知 A 路口該區段距離為 23.35，B 路口該區段距離為 24.6，C 路口該區段距離為 21.6，D 路口該區段距離為 24.65，



(2) 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

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



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
A路口	637	350	636	736	386.0012953	23.35	0.06049	16
B路口	735	233	1142	236	407.0110564	24.6	0.06044	16
C路口	1277	352	1275	711	359.005571	21.6	0.06017	16
D路口	740	853	1144	859	404.044552	24.65	0.06101	16

- (4) 填完四個路口之各點座標像素後，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，其中比例尺驗證為一參考，若量測線計算差異小於 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。

			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

- (5) 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

- (6) 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

(7) 點擊[重新分析]之後，即可完成比例尺設定。

同時亦可參考陽明交大團隊提供的教學示範影片：

<https://drive.google.com/drive/folders/1Xc4w4SJZKLE2IpsntCqOoIhD5ML128TF?usp=sharing>

專案資訊

高雄市

共 45 筆影像資料

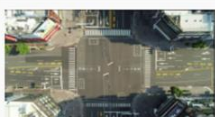
新興區 七賢一路 與 新興區 七賢二路 與 新興區 中山一路

共 4 筆影像資料

影像資訊表

每頁顯示 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:2021-10-29 14:34:25	2021-08-25 07:53:20	0.0605	2021-10-29 14:34:25	管理選單 開始分析

2.3 交通衝突分析功能說明

2.3.1 衝突事件表與統計摘要

衝突事件表：

- 從欲觀看的路口專案中，選取衝突事件與統計摘要功能，若已選取該功能，功能按鈕下方顏色將從綠色變成橘黃色，表示已在該

功能頁面。



(2) 網頁往下滑，衝突事件表可依不同的分析條件，進行篩選。



(3) 衝突型態圖例說明：點選「衝突型態顯示(Filter Conflict Type)(多選)」旁的資訊圖示 ，系統將開啟新視窗，顯示所有衝突型態之圖例說明。



(4) 設定篩選條件後，按下「篩選」即可依據勾選之條件篩選分析結果，並呈現於該頁面下方，衝突事件表篩選結果如下圖所示。

匯出分析結果
Show 10 entries
Search:

	衝突時間(秒) TTC	X坐標 xMinPET	Y坐標 yMinPET	TTC(秒)	PET(秒)	最大車速(m/s) MaxS	相對車速(m/s) DeltaS	衝突角度(度) ConflictAngle	衝突型態 ConflictType
☒	0.3	22.506	11.792	3.5	0.701	0.35	0.196345	-12.0093	同向左轉衝突
☒	0.3	22.44	11.704	1.9	0	1.39	1.15776	171.341	同向左轉衝突
☒	1.001	22.132	14.883	0.400003	0	16.72	14.4573	59.6209	同向變換車道衝突
☒	0.7	23.43	15.62	1.6	1.602	5.5	4.75707	-16.8153	其他衝突
☒	2.402	29.964	38.368	0.000003	0	8.44	3.98	-106.172	同向左轉衝突
☒	4.604	33.902	30.976	1	0.901	2.42	1.77815	-57.3896	其他衝突
☒	7.007	19.514	22.858	0.200003	0.1	5.18	1.88642	2.7276	其他衝突
☒	6.806	26.543	37.554	0.000003	0	9.42	7.09323	116.306	其他衝突
☒	8.008	20.922	27.126	4.9	0.4	5.28	1.12726	8.0937	其他衝突
☒	8.508	21.67	29.414	4.9	0.299999	5.02	0.717642	3.96791	其他衝突

Showing 1 to 10 of 104 entries
Previous 1 2 3 4 5 ... 11

功能簡述：

- 點選綠色 ，可以列出兩台車子的詳細資訊。
- 可依據各欄位自動升降冪排序。
- Search 可以搜尋欄位。

(5) 「匯出分析結果」按鈕，會將目前篩選結果以 CSV 檔案格式匯出，並儲存於預設資料夾(例如電腦的「下載」資料夾)。

計(分為 TTC 及 PET 兩種統計)的統計圖表，如下圖所示。

統計摘要



2.3.2 車流特性

- (1) 從欲觀看的路口專案中，選取「車流特性」功能，若已選取該功能，功能按鈕下方顏色將從綠色變成橘黃色，表示已在該功能頁面。



(2) 車流特性是以直行車通過路口的平均車速做計算，並可依需求選擇不同方向的直行車觀看其速度統計圖。為利於了解該路口幾何特性，也提供路口空拍圖，並標示路名及 ABCD 方向，如下圖所示。其計算方式為，若時速為 n ， $n \leq 10\text{kph}$ ，則歸類為 10kph，時速 $10\text{kph} < n \leq 20\text{kph}$ ，則歸類為 20 kph，以此類推，惟時速大於 60 kph，則皆歸類為 70 kph。



2.3.3 衝突熱點 TTC/PET

(1) 從欲觀看的路口專案中，選取「衝突熱點 TTC/PET」功能，若已選取該功能，功能按鈕下方顏色將從綠色變成橘黃色，表示已在該功能頁面。



(2) 請先選擇欲查看之衝突型態、車輛類別、車流方向等條件，並請選擇圖檔(TTC 或 PET 圖)、顯示方式(密度分布圖、斑點圖或全選-混合顯示)及風險程度(瀕危風險、高風險、中風險及低風險)。

衝突型態顯示(Filter Conflict Type) (多選)

☐ 全選

同向衝突

☒ 同向左轉跟車衝突

☒ 同向右轉跟車衝突

☒ 同向直行減速衝突

☒ 同向變換車道衝突

☒ 兩車左轉切入衝突

☒ 兩車右轉切入衝突

☒ 同向兩車左轉衝突

☒ 同向兩車右轉衝突

穿越交通衝突

☒ 左轉穿越衝突(右側)

☒ 右轉穿越衝突(右側)

☒ 直行穿越衝突(右側)

☒ 左轉穿越衝突(左側)

☒ 右轉穿越衝突(左側)

☒ 直行穿越衝突(左側)

行人與車輛衝突

☐ 行人與小型車衝突

☐ 行人與機車衝突

☐ 行人與其他車輛衝突

☐ 行人與行人衝突

對向衝突

☒ 對向左轉衝突

☒ 對向偏移衝突

☒ 對向兩車左轉衝突

☒ 對向左轉右轉衝突

其他衝突

☒ 其他衝突

車輛類別顯示A(Filter Car Type) (多選)

☐ 全選

☐ 行人

☒ 自行車

☒ 機車

☒ 小客車

☒ 貨車

☒ 聯結車

☒ 公車

車輛類別顯示B(Filter Car Type) (多選)

☐ 全選

☐ 行人

☒ 自行車

☒ 機車

☒ 小客車

☒ 貨車

☒ 聯結車

☒ 公車

車流方向顯示(Filter Traffic Direction) (多選)

進入路口方向

☒ 全選

☒ A

☒ B

☒ C

☒ D

離開路口方向

☒ 全選

☒ A

☒ B

☒ C

☒ D

進階過濾器

0 ≤ TTC ≤ 5 秒

0 ≤ PET ≤ 5 秒

0 ≤ 最大速度 ≤ 100 m/s

0 ≤ 相對速度 ≤ 100 m/s

篩選

顯示方式與風險程度

產生圖檔：☒ TTC圖 ☐ OPET圖 請選擇顯示方式：☒ 全選 ☒ 密度分布圖 ☒ 斑點圖 請選擇顯示之風險程度：☒ 全選 ☒ 瀕危風險 (1215次) ☒ 高風險 (86次) ☒ 中風險 (65次) ☒ 低風險 (341次)

(3) 點選「篩選」後，即依照選取之條件進行圖表繪製，以下為選擇以密度分布圖及斑點圖混合顯示的 TTC 圖。篩選結果上方可看到各風險程度的次數，點選任一衝突點，即可結合衝突事件影片索引回放功能，將該衝突事件的原始影片逕行播放，並可同時顯示該衝突的詳細資訊，包括衝突型態、車種種類等，以利分析者快速掌握衝突資訊。

產生圖檔：●TTC圖 OPET圖 請選擇顯示方式：☒全選 ☒密度分布圖 ☒點點圖 請選擇顯示之風險程度：☒全選 ☒極低風險 (1215次) ☒高風險 (86次) ☒中風險 (65次) ☒低風險 (341次)

篩選結果

可查看各風險程度的次數

衝突熱點TTC

點選後可結合衝突影片索引回放功能

點選衝突點可顯示對應的衝突事件詳細資訊

衝突影片

衝突型態	發生時間(秒)	TTC(秒)	PET(秒)	衝突角度(度)	最大車速(kph)	相對車速(kph)	車輛編號	種類	長度	寬度	進入	離開
同向左轉跟車衝突	84.68	0.20	0.00	29.94	28.01	23.59	29	小客車	5.18	2.17	C	D
							399	小客車	4.84	2.09	C	A

2.3.4 交通量調查-車輛轉向與行人

- (1) 從欲觀看的路口專案中，選取「交通量調查-車輛轉向與行人」功能，若已選取該功能，功能按鈕下方顏色將從綠色變成橘黃色，表示已在該功能頁面。

專案資訊

臺北市

共 13 筆影像資料

松山區 光復北路 與 松山區 健康路

共 2 筆影像資料

2021-08-20 17:50:39
(YOLOv4_210705.2)臺北市松山區光復北路_健康路_1A架次

衝突事件表與統計摘要

車流特性

衝突熱點TTC/PET

交通量調查
車輛轉向與行人

路口軌跡

行向速度

速度 HeatMap

減速度 HeatMap

- (2) 即可顯示該專案路口之路口交通流量表(OD 表)及行人交通流量表(行人 OD 表)。

OD表

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	5	9	0	0	0	287
	C	直進	0	35	47	3	0	0	85
	D	右轉	1	12	18	1	0	0	32
	小計		1	52	74	4	0	0	404
B	C	左轉	0	14	34	0	0	0	68
	D	直進	0	139	125	1	2	0	267
	A	右轉	1	12	13	0	0	0	26
	小計		1	165	172	1	2	0	361
C	D	左轉	0	6	28	1	3	0	178
	A	直進	0	13	63	0	0	0	76
	B	右轉	0	0	35	0	0	0	35
	小計		0	19	126	1	3	0	289
D	A	左轉	0	1	3	0	0	0	106
	B	直進	0	62	53	2	4	0	121
	C	右轉	0	2	13	0	1	0	16
	小計		0	65	69	2	5	0	243
總計			2	301	441	8	10	0	1297

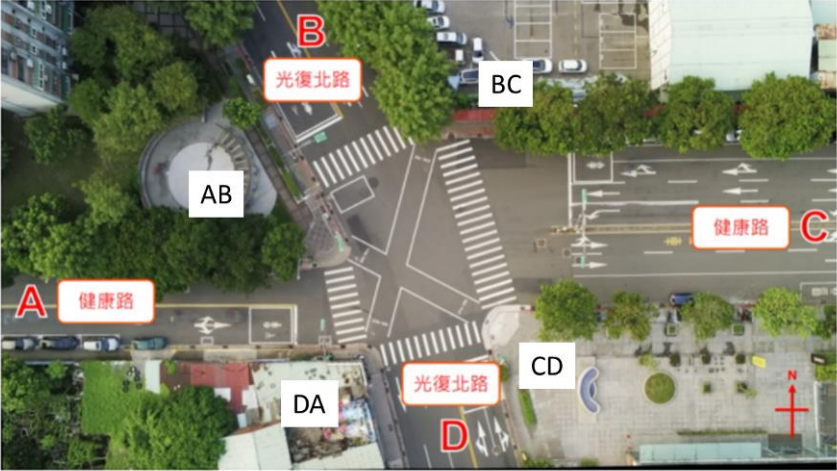
行人OD

入口方向	出口方向	數量
AB	BC	3
	CD	5
	DA	6
	AB	259
	小計	273
BC	CD	4
	DA	0
	AB	16
	BC	0
	小計	20
CD	DA	4
	AB	1
	BC	1
	CD	134
	小計	140
DA	AB	3
	BC	1
	CD	6
	DA	92
	小計	102
總計		535

由於行人行進方向與汽車不同，故進出口方向為 AB(左上角)、BC(右上角)、CD(右下角)、DA(左下角)四個方向，如下圖所示。

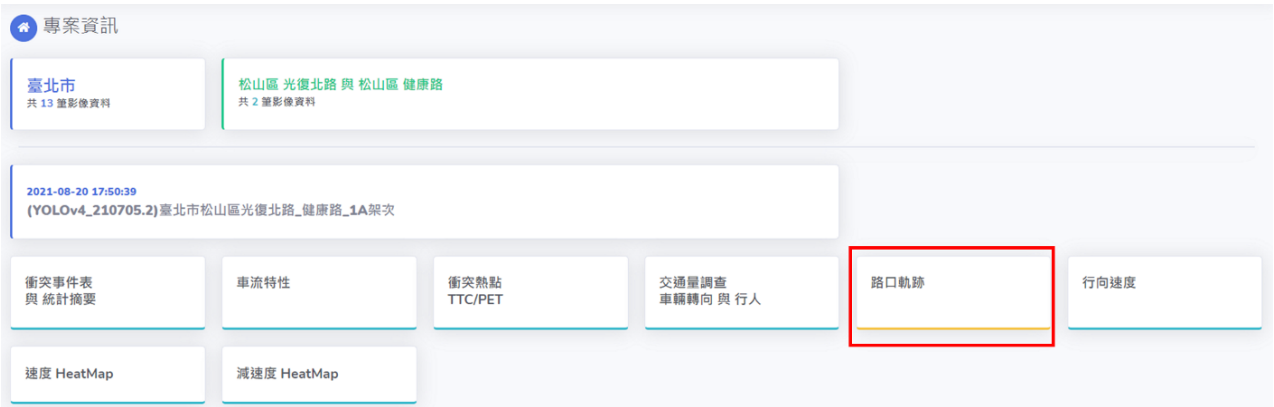
路口說明

臺北市松山區光復北路 與 臺北市松山區健康路 路口ABCD

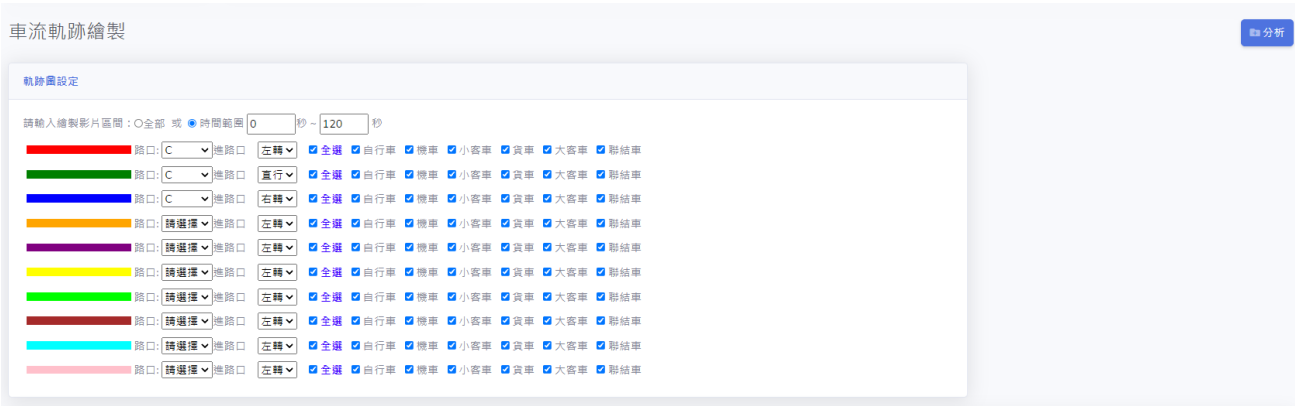


2.3.5 路口軌跡

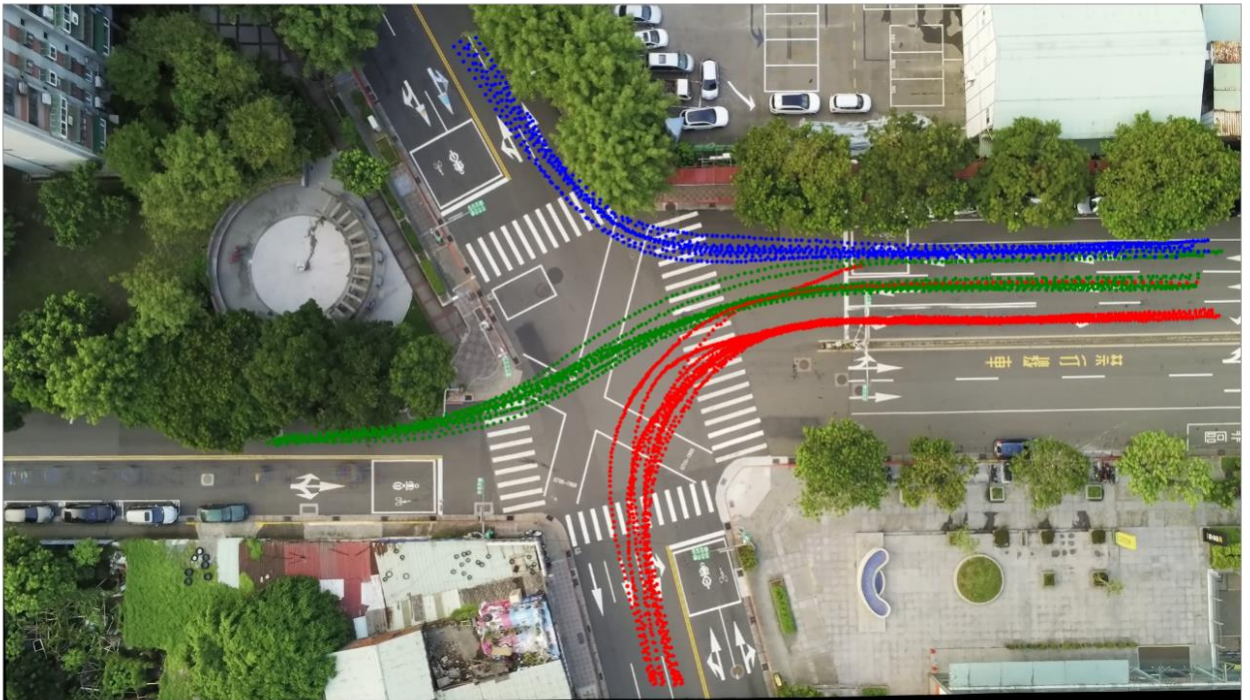
- (1) 從欲觀看的路口專案中，選取「路口軌跡」功能，若已選取該功能，功能按鈕下方顏色將從綠色變成橘黃色，表示已在該功能頁面。



- (2) 可設定影片時間區間、進入路口、方向及車輛類型，選定後即可按下分析，產生路口軌跡圖。如下圖，選擇 C 路口的左轉、直行及右轉的所有車種，並選擇時間範圍 0~120 秒進行繪製。

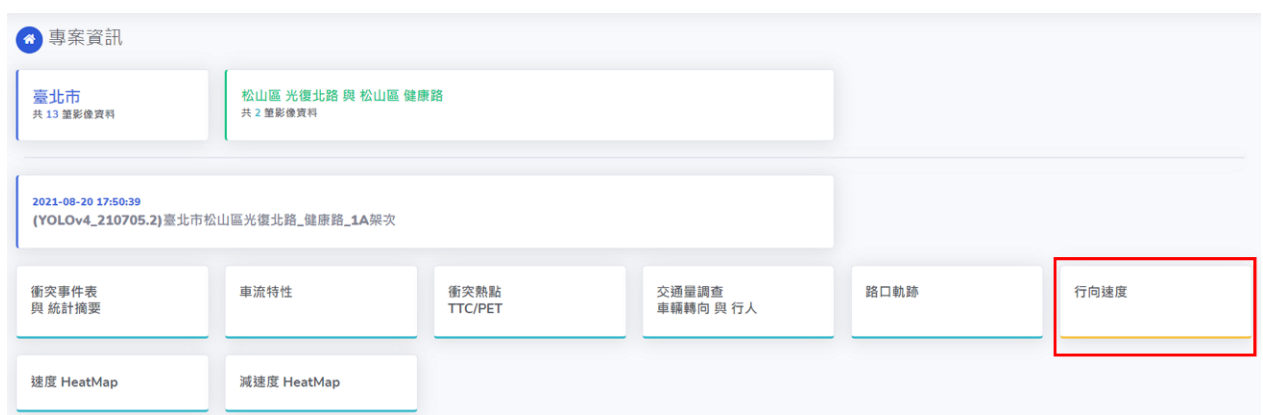


- (3) 依上述條件分析後呈現車流軌跡繪製圖，如下圖所示。



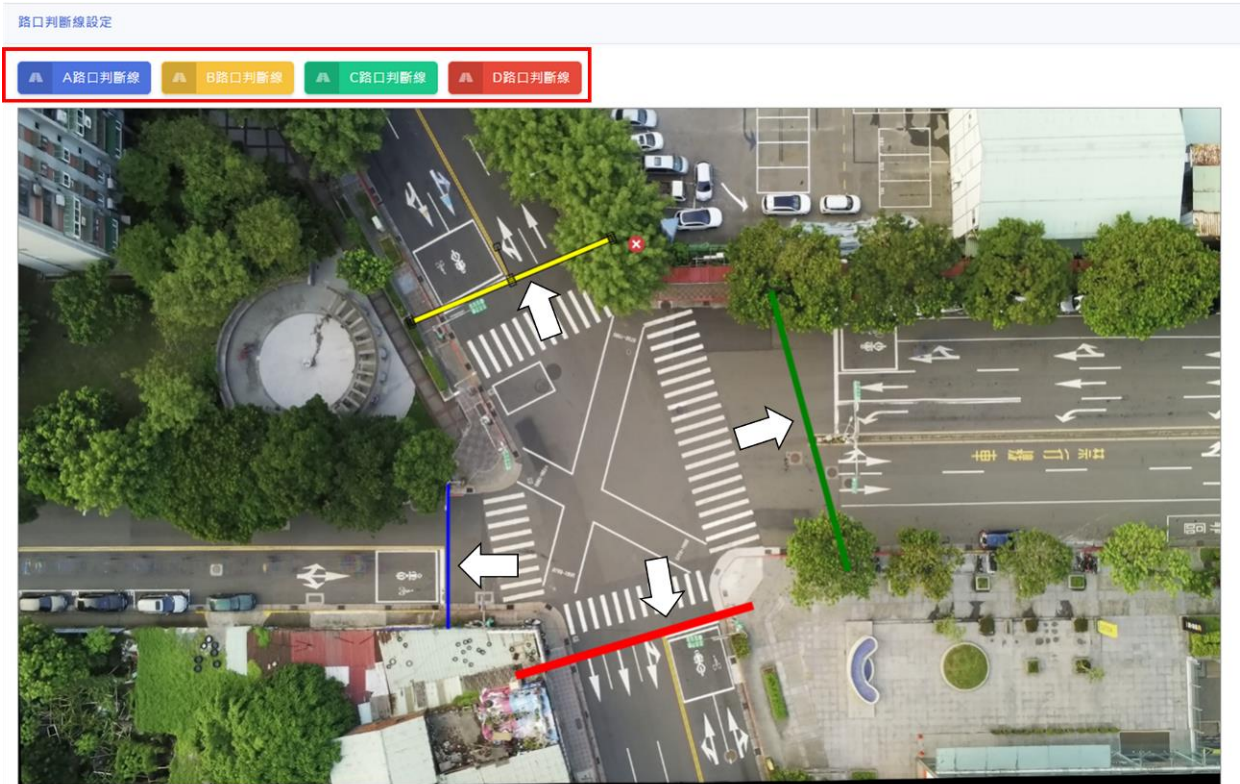
2.3.6 行向速度

- (1) 從欲觀看的路口專案中，選取「行向速度」功能，若已選取該功能，功能按鈕下方顏色將從綠色變成橘黃色，表示已在該功能頁面。



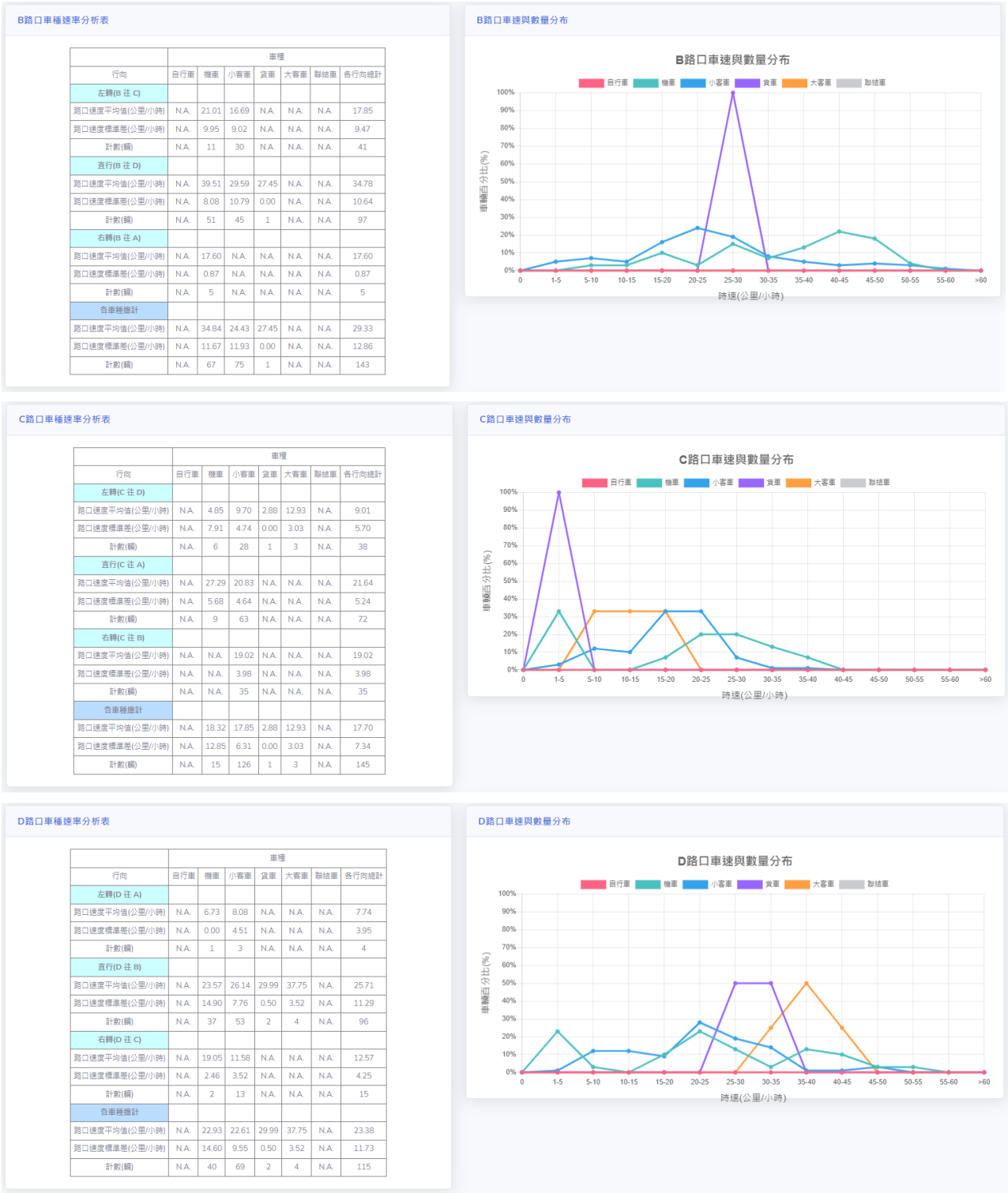
- (2) 首先進行路口判斷線設定，若已完成設定，可忽略此步驟。
點擊「A 路口判斷線」、「B 路口判斷線」、「C 路口判斷線」、「D 路口判斷線」後，將於下方路口圖片中顯示藍、黃、綠、紅四條

線，並依序放置對應之路口，此線段可自行調整長度及位置；確認後，系統即以此線段做為計算速度的起迄位置。



(3) 將路口判斷線依序設定好位置後，點選分析，即可得到 A、B、C、D 四個路口的車種速率分析表及車速與數量分布表。





C路口車種速率分析表

行向	車種						各行向總計
	自行車	機車	小客車	貨車	大客車	聯結車	
左轉(C 往 D)							
路口速度平均值(公里/小時)	N.A.	4.85	9.70	2.88	12.93	N.A.	9.01
路口速度標準差(公里/小時)	N.A.	7.91	4.74	0.00	3.03	N.A.	5.70
計數(輛)	N.A.	6	28	1	3	N.A.	38
直行(C 往 A)							
路口速度平均值(公里/小時)	N.A.	27.29	20.83	N.A.	N.A.	N.A.	21.64
路口速度標準差(公里/小時)	N.A.	5.68	4.64	N.A.	N.A.	N.A.	5.24
計數(輛)	N.A.	9	63	N.A.	N.A.	N.A.	72
右轉(C 往 B)							
路口速度平均值(公里/小時)	N.A.	N.A.	19.02	N.A.	N.A.	N.A.	19.02
路口速度標準差(公里/小時)	N.A.	N.A.	3.98	N.A.	N.A.	N.A.	3.98
計數(輛)	N.A.	N.A.	35	N.A.	N.A.	N.A.	35
各車種總計							
路口速度平均值(公里/小時)	N.A.	18.32	17.85	2.88	12.93	N.A.	17.70
路口速度標準差(公里/小時)	N.A.	12.85	6.31	0.00	3.03	N.A.	7.34
計數(輛)	N.A.	15	126	1	3	N.A.	145

C路口車速與數量分布

時速(公里/小時)	自行車	機車	小客車	貨車	大客車	聯結車
0-1.5	0%	0%	0%	100%	0%	0%
1.5-5	0%	0%	0%	100%	0%	0%
5-10	0%	0%	0%	0%	0%	0%
10-15	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15-20	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20-25	0%	0%	0%	0%	0%	0%
25-30	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30-35	0%	0%	0%	0%	0%	0%
35-40	0%	0%	0%	0%	0%	0%
40-45	0%	0%	0%	0%	0%	0%
45-50	0%	0%	0%	0%	0%	0%
50-55	0%	0%	0%	0%	0%	0%
55-60	0%	0%	0%	0%	0%	0%
>60	0%	0%	0%	0%	0%	0%

D路口車種速率分析表

行向	車種						各行向總計
	自行車	機車	小客車	貨車	大客車	聯結車	
左轉(D 往 A)							
路口速度平均值(公里/小時)	N.A.	6.73	8.08	N.A.	N.A.	N.A.	7.74
路口速度標準差(公里/小時)	N.A.	0.00	4.51	N.A.	N.A.	N.A.	3.95
計數(輛)	N.A.	1	3	N.A.	N.A.	N.A.	4
直行(D 往 B)							
路口速度平均值(公里/小時)	N.A.	23.57	26.14	29.99	37.75	N.A.	25.71
路口速度標準差(公里/小時)	N.A.	14.90	7.76	0.50	3.52	N.A.	11.29
計數(輛)	N.A.	37	53	2	4	N.A.	96
右轉(D 往 C)							
路口速度平均值(公里/小時)	N.A.	19.05	11.58	N.A.	N.A.	N.A.	12.57
路口速度標準差(公里/小時)	N.A.	2.46	3.52	N.A.	N.A.	N.A.	4.25
計數(輛)	N.A.	2	13	N.A.	N.A.	N.A.	15
各車種總計							
路口速度平均值(公里/小時)	N.A.	22.93	22.61	29.99	37.75	N.A.	23.38
路口速度標準差(公里/小時)	N.A.	14.60	9.55	0.50	3.52	N.A.	11.73
計數(輛)	N.A.	40	69	2	4	N.A.	115

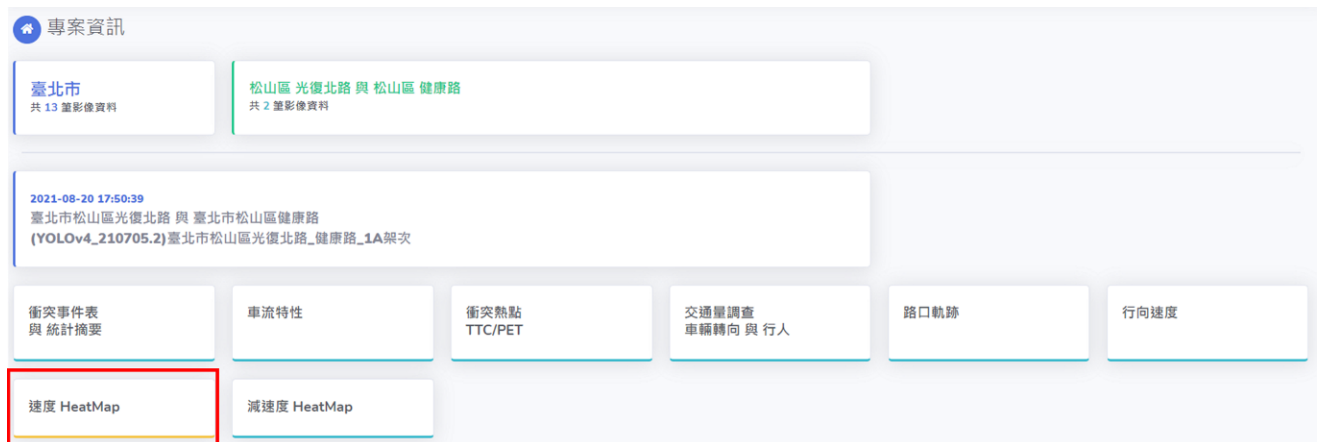
D路口車速與數量分布

時速(公里/小時)	自行車	機車	小客車	貨車	大客車	聯結車
0-1.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1.5-5	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5-10	0%	0%	0%	0%	0%	0%
10-15	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15-20	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20-25	0%	0%	0%	0%	0%	0%
25-30	0%	0%	0%	100%	0%	0%
30-35	0%	0%	0%	100%	0%	0%
35-40	0%	0%	0%	0%	0%	0%
40-45	0%	0%	0%	0%	0%	0%
45-50	0%	0%	0%	0%	0%	0%
50-55	0%	0%	0%	0%	0%	0%
55-60	0%	0%	0%	0%	0%	0%
>60	0%	0%	0%	0%	0%	0%

2.3.7 速度 HeatMap

(1) 從欲觀看的路口專案中，選取「速度 HeatMap」功能，若已選取該功能，功能按鈕下方顏色將從綠色變成橘黃色，表示已在該功

能頁面。



- (2) 首先進行篩選條件設定，可選擇的條件包括速度區間、配色區間 (可與速度區間搭配使用，產生不同意涵，一般建議配色區間與速度區間數值相同即可)、車種選擇、進出口方向選擇、影片時間範圍等；此外，也提供進階使用者直接輸入車輛 ID，可針對特定車輛進行查看(需搭配原始軌跡檔案或衝突事件表查詢 ID)，若選擇該功能，則上面選擇之所有條件將被忽略。

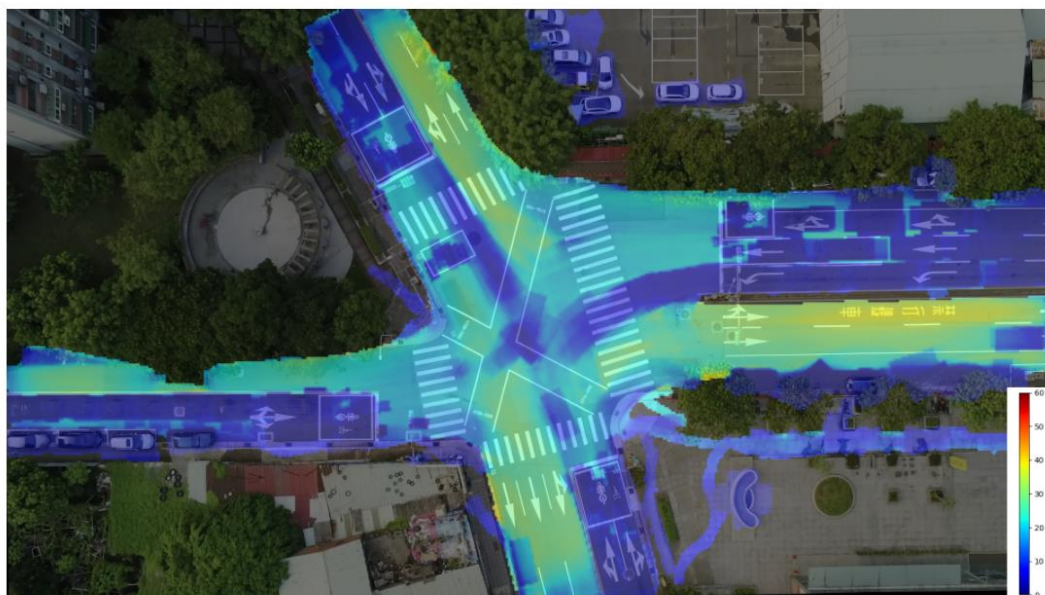


- (3) 由於此功能需較大計算量，因此按下分析後會出現等待提示，待分析完成後，即可觀看速度 HeatMap 圖。



圖檔產生約三分鐘，請稍等

- (4) 繪製完成，即可觀看速度 HeatMap 圖，在圖的右下角會顯示速度配色說明。



三、號誌與時相

3.1 設定號誌與時相

3.1.1 設定號誌

- (1) 頁面左邊功能列點選「號誌與時相」，點擊「設定號誌與時相」會列出已建立的所有專案清單，



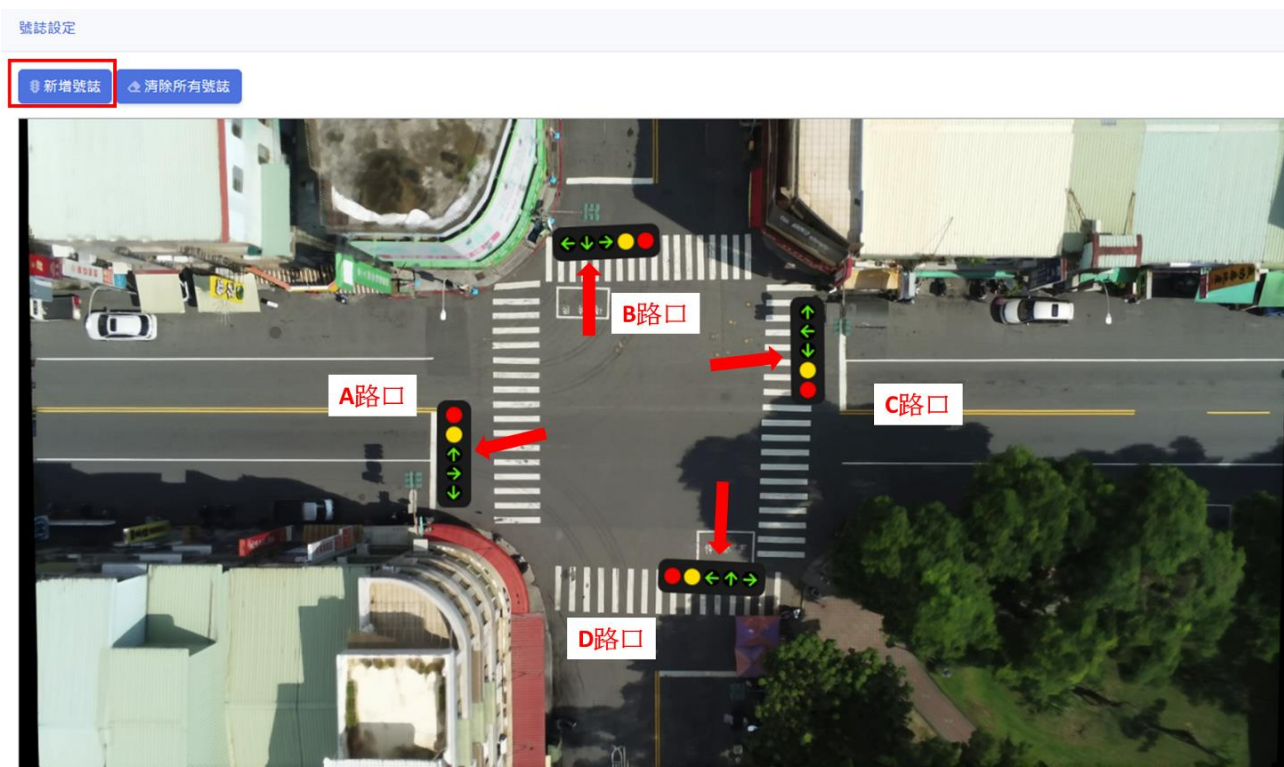
- (2) 系統將自動檢查資料之完整性。若資料完整，將出現「號誌影片轉檔」，反之則出現「資料不完整」之提示。



- (3) 選定欲設定號誌的路口專案，點擊該專案右上角  展開功能項，再點擊[設定號誌]，以下以[(YOLOv4_210705.2)高雄市前鎮區瑞隆路_瑞福路_1D 架次]做為示範案例。



- (4) 進入設定號誌頁面後，點擊「新增號誌」，再將紅綠燈號誌依序 A.B.C.D 路口擺放至相對應位置。



- (5) 完成拖曳號誌位置後，系統將會自動讀取號誌座標，因此直接點擊介面右上角[儲存號誌設定]即可完成設定。

號誌設定

儲存號誌設定

專案資訊

交通路口：151. (YOLOv4_210705.2)高雄市前鎮區瑞隆路_瑞福路_1D架次
影片日期/時間：2021-09-02 09:10:22

號誌A座標：
號誌B座標：
號誌C座標：
號誌D座標：

號誌設定

新增號誌

清除所有號誌



3.1.2 設定時相表

- 完成號誌設定後，頁面將會自動跳轉進入[號誌時相表設定]，其中時間區間已由系統直接預設帶入，不需填寫，僅填寫 A 路口綠燈周期開始時間即可。

A 路口綠燈周期開始時間填入的時間單位分別是[分:秒.毫秒]，而如何計算出綠燈周期時間請參考章節 3.1.3 影片號誌同步說明。

時相表設定

時間區間： 起 ~ 迄

A路口綠燈週期開始時間：::

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
C	D	左	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
C	A	直	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
C	B	右	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
D	A	左	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
D	B	直	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
D	C	右	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
綠燈			64 秒	44 秒	0 秒	0 秒	0 秒	0 秒
黃燈			3 秒	3 秒	0 秒	0 秒	0 秒	0 秒
紅燈			3 秒	3 秒	0 秒	0 秒	0 秒	0 秒

(2) 依各縣市交通局提供之路口時制表，填入時相。

區域	週內日		時制計畫編號	時相編號	週期	時相一					時相二				時相三				時相四				時相五				時相六				日期							
前鎮區	星期	時段型態				瑞隆					瑞福																				110.05.21							
路口名稱	一	1				PH	G	PF	Y	R	PH	G	PF	Y	R	PH	G	PF	Y	R	PH	G	PF	Y	R	PH	G	PF	Y	R	PH	G	PF	Y	R	裝設	未裝設	
瑞隆	二	1																																				
瑞福	三	1	01	01	50	120	70			3	3	50			3	3																					備註	
控制器廠牌	四	1																																			行人燈*6	
96台號	五	1																																				
設備編號	六	1																																				
S129901	日	1																																				
時段型態						時相一 動線										時相二 動線										時相三 動線												
1																																						
時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫	時	分	時制計畫
5	0	1																																				

- 以此時相表可得知：
- a. 高雄瑞隆路及瑞福路口僅有一個時制、二個時相
 - b. 號誌周期秒數為 120
 - c. 時相 1 為 A、C 路口左轉/直行/右轉三方綠燈通行
 - d. 時相 2 為 B、D 路口左轉/直行/右轉三方綠燈通行
 - e. 時相 1 總秒數為 70 秒，Y(即黃燈)為 3 秒，R(即紅燈)為 3 秒，因此綠燈為總秒數扣除黃燈及紅燈秒數， $70-3-3=64$ ，因此綠燈為 64 秒。
 - f. 同理，時相 2 總秒數為 50 秒，Y(即黃燈)為 3 秒，R(即紅燈)為 3 秒，因此綠燈為總秒數扣除黃燈及紅燈秒數， $50-3-3=44$ ，因此綠燈為 44 秒。

(3) 將已知的時相表資訊相對應填入系統時相表，

時相表設定

時間區間： 起 ~ 迄 A路口綠燈週期開始時間：

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
C	D	左	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
C	A	直	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
C	B	右	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
D	A	左	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
D	B	直	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
D	C	右	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 0	☐ 0	☐ 0
綠燈			64 秒	44 秒	0 秒	0 秒	0 秒	0 秒
黃燈			3 秒	3 秒	0 秒	0 秒	0 秒	0 秒
紅燈			3 秒	3 秒	0 秒	0 秒	0 秒	0 秒

- 時相 1 為 A、C 路口左轉/直行/右轉三方綠燈通行，因此 A 路口及 C 路口在時相 1 欄位中的左轉/直行/右轉皆需打勾
 - 時相 1 的綠燈為 64 秒，黃燈 3 秒，紅燈 3 秒，依序填入。
 - 時相 2 為 B、D 路口左轉/直行/右轉三方綠燈通行，因此 B 路口及 D 路口在時相 2 欄位中的左轉/直行/右轉皆需打勾
 - 時相 2 的綠燈為 44 秒，黃燈 3 秒，紅燈 3 秒，依序填入。
- (4) 填寫完成後，點擊右上方[儲存時相表]，即可完成時相表設定。

號誌時相表設定

儲存時相表

專案資訊

交通路口：151. (YOLOv4_210705.2)高雄市前鎮區瑞隆路_瑞福路_1D架次
影片日期/時間：2021-09-02 09:10:22

路口示意圖

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

(5) 時相表完成設定後，系統將會跳回到專案列表，此時需要點擊[號誌影片轉檔]使系統讀取設定，並重新分析該專案，待重新分析完成，才能觀看號誌影片。

設定號誌與時相

151. 影片時間: 2021-09-02 09:10:22

交通路口：
(YOLOv4_210705.2)高雄市前鎮區瑞隆路_瑞福路_1D架次

號誌影片轉檔

3.1.3 影片號誌同步設定

- (1) 以下以[(YOLOv4_210705.2)高雄市前鎮區瑞隆路_瑞福路_1D架次]做為示範案例。

依中原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。

高雄瑞隆路_瑞福路_60米_D_cutInfo.txt - 記事本

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

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]填入陽明交大設計的號誌同步公式表。

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

- (3) 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]。
- (4) 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]。

無人機影片時間	無人機起飛			無人機降落		
	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	

- (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]。
- 對照時相表中的週期(章節 3.1.2 設定時相表)，填入[週期秒數]為 2 分鐘(亦即 120 秒)

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

- (6) 開啟號誌側拍影片，可快轉影片中至第一次 A 路口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]。
- (7) 以此類推填入第二次 A 路口紅燈轉綠燈時，相對應的[影格數]與[FPS]。

號誌側拍影片	第一次A入口綠燈時間			第二次A入口綠燈時間		
	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	

- (8) 填入[側拍結束時電子鐘的時間]，以及對應的[影格數]和[FPS]。

號誌側拍影片	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		
	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						
			09:12:49.47		09:14:49.56		09:29:50.75		

(9) 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路口綠燈週期開始時間]。

	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

時相表設定

時間區間： 起 ~ 迄
A路口綠燈週期開始時間： : :

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

(10) 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，請見章節 3.1.2 設定時相表。

同時亦可參考陽明交大團隊提供的教學示範影片：

<https://drive.google.com/drive/folders/1Xc4w4SJZKLE2IpsntCqOoIhD5ML128TF?usp=sharing>

設定號誌與時相

151. 影片時間: 2021-09-02 09:10:22



交通路口：
(YOLOv4_210705.2)高雄市前鎮區瑞
隆路_瑞福路_1D架次

號誌影片轉檔



3.1.4 觀看號誌影片

- (1) 點擊欲觀看的專案右上角  展開功能項，再點擊[觀看號誌影片]，將會跳出內嵌播放軟體，可線上觀看號誌影片。

151. 影片時間: 2021-09-02 09:10:22



次

交通路口
(YOLOv4
前鎮區瑞

功能表

設定號誌

設定時相表

觀看號誌影片

下載號誌檔

號誌影片轉檔



3.1.5 下載號誌影片檔

- (1) 點擊欲觀看的專案右上角  展開功能項，再點擊[下載號誌影片檔]，將會跳出下載介面，可下載號誌影片至電腦端。



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：110 年 10 月 29 日(星期五)上午 09：30 至 15：30
- 二、活動地點：交通部運輸研究所國際會議廳(臺北市松山區敦化北路 240 號地下一樓)
- 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/WXqebL>
 2. 報名人數：本活動採實體與線上混合方式進行，實體課程報名人數限制為 80 人，實體報名額滿則僅能採線上方式參加。
 3. 報名期限：110 年 10 月 27 日(星期三)下午 17：00。
 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 年完成「道路交通車流及事故風險偵測與分析工具之發展應用」、108 年完成「路口無人機交通攝影及衝突分析技術開發」、109 年完成「路口俯視攝影技術於交通衝突分析之案例應用與比較」，在此系列計畫中，進行許多無人機空拍影像、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。

今(110)年進行「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」，進一步探討人車流動資訊在路口交通安全評估的應用情境，著重於分析工具之落地性與適用性，除與臺北市、高雄市合作先導測試計畫，並與臺北市、

桃園市、臺南市進行易肇事路段改善計畫，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。

本所針對上述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。

六、防疫措施：

1. 配合中央流行疫情指揮中心指引，實體課程採預約制、實聯制、量體溫、全程佩戴口罩、人流控管等防疫措施。如有發燒或咳嗽等情形者，請勿出席本活動。
2. 如中央流行疫情指揮中心提高活動當天之防疫等級，致使無法辦理實體活動，則改為線上方式辦理。請務必於報名時提供電子郵件，以利寄送活動連結。

七、活動議程：

時 間	議 程
09：30 至 10：00	報到
10：00 至 10：10	開幕暨致歡迎詞（本所長官/溫計畫主持人基信）
10：10 至 10：40	成果說明(一)： 「無人機於路口交通觀測之應用」 主講人：工業技術研究院資訊與通訊研究所 周副組長業凱
10：40~11：00	茶敘休息時間
11：00~11：50	成果說明(二)： 「空拍影像使用 Oriented YOLOv4 偵測與追蹤技術探討」 主講人：中原大學資訊工程學系 蘇教授志文
	成果說明(三)：

	「無人機影像軌跡之交通安全分析技術」 主講人：陽明交通大學運輸與物流管理學系 黃教授家耀
11：50~12：00	Questions & Answers
12：00~13：30	午餐
13：30~14：00	教育訓練課程(一)： 「無人機飛行場域評估及活動申請」 主講人：工業技術研究院資訊與通訊研究所 吳管理師家怡
14：00~14：30	教育訓練課程(二)： 「無人機空拍程序及步驟說明」 主講人：訊力科技股份有限公司 林管理師恆毅、葉工程師志軒
14：30~14：40	中場休息
14：40~15：30	教育訓練課程(三)： 「交通衝突分析軟體功能及情境案例分析」 主講人：陽明交通大學運輸與物流管理學系 高研究生群凱

附錄 G 無人機空拍程序說明

本計畫自 107 年進行無人機交通觀測以來，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. 定高 75 公尺 2. 拍攝解析度：4K/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
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，以排除飛手、觀測手、工作人員間有效之溝通，減短反應時間，減少占用用路人使用面積。

(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自己的技術來克服。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-AAA87019	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

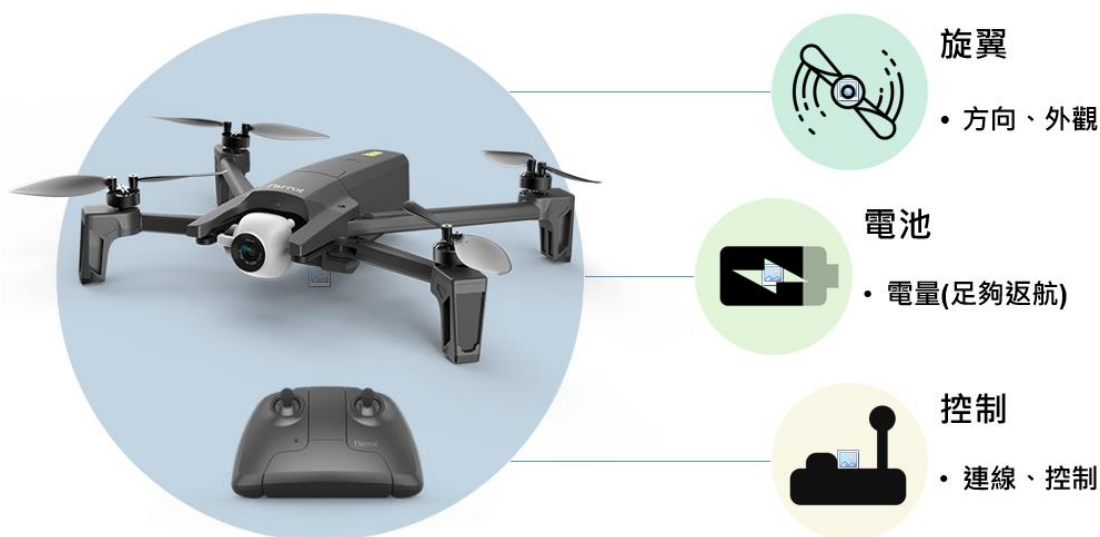
實際飛行設備

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。



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 75~80 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. 開始定點蒐集車輛行徑的畫面。



(三) 蒐集過程注意事項

1. 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。
2. 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。
3. 飛行高度：維持在固定高度拍攝、蒐集畫面。
4. 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。
5. 無人機與遙控器連接訊號鍊的強度：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。
6. 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。
7. 無人機定位：訊號越好，對於無人機精密操控性更佳。
8. 確認更新錄影時間： 是否錄影到達目標時間。



(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，可利用無人機顯示取景網格來自定錨點，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：

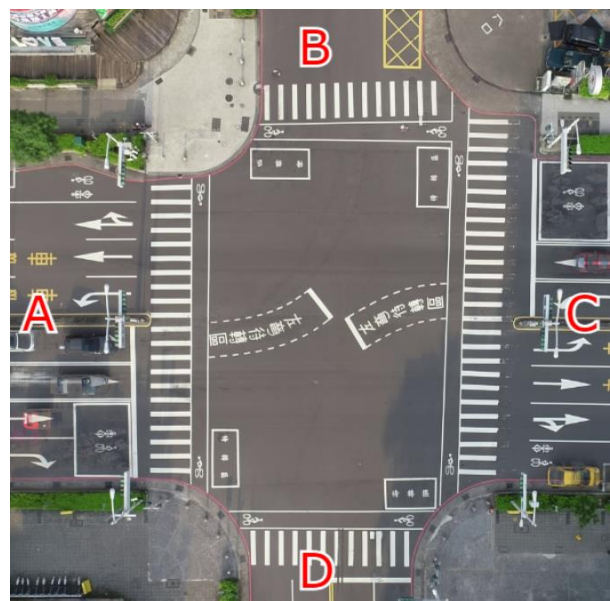
1. 執行任務路口不一定都單純，觀測手必須隨時注意無人機與周遭動態。
2. 隨時注意飛手周遭交通動態，預防正在專心操控無人機的飛手遭受到意外，也要注意聆聽飛手是否有遇到緊急狀況才可以隨時反應跟處理。
3. 畫面資料蒐集最佳時間為交通流量大的時間，在這交通的尖峰期減少起落的準備時間唯一方法，在飛手降落前先行預備好下一趟所需的電池與記憶卡，可加速趟次間距的速度。
4. 確保起落區域或緊急迫降區域的空曠，以免造成意外，並記得需要讓無人機與號誌側拍攝影機完成校時作業。

(六)降落-任務完成

1. 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 H 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

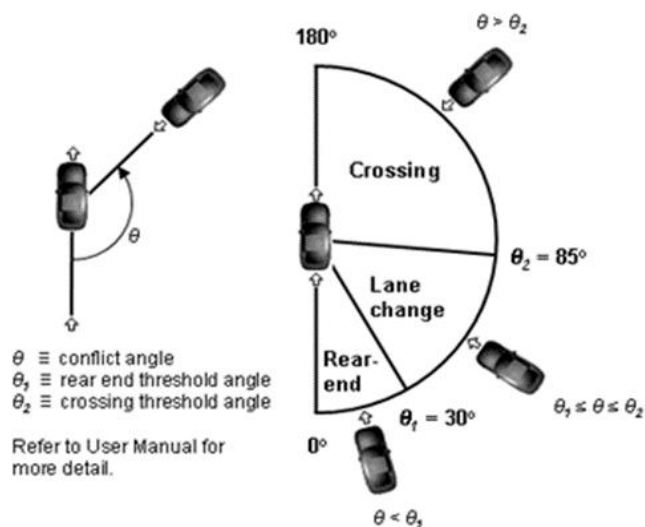
衝突型態分類總表

			Veh2																							
			入口	A	B	C	D		B	C	D	A		C				D								
			出口	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)



衝突角度說明

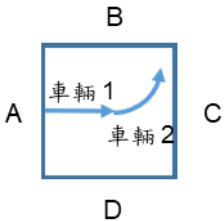
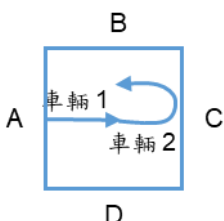
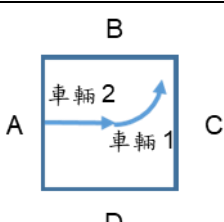
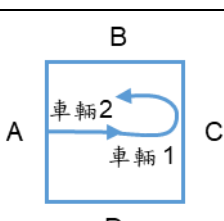
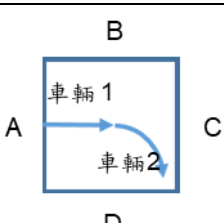
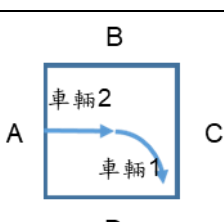
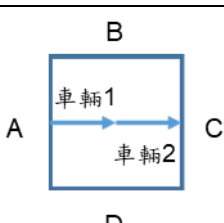
衝突角度與衝突型態判斷表

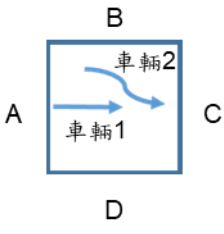
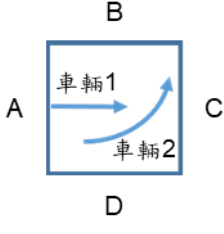
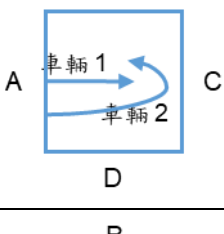
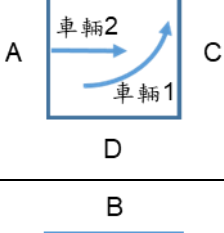
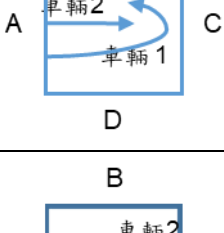
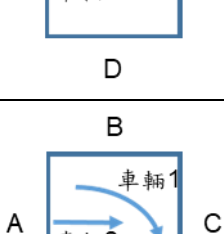
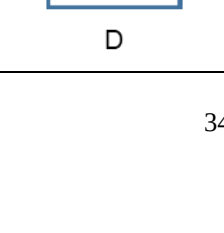
衝突角度範圍	衝突型態編號
$0^{\circ} \leq \theta \leq 30^{\circ}$	1.1, 1.2, 1.3
$30^{\circ} < \theta \leq 85^{\circ}$	1.4, 1.5, 1.6

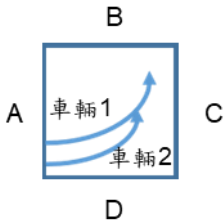
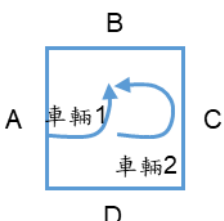
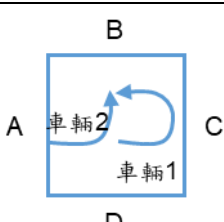
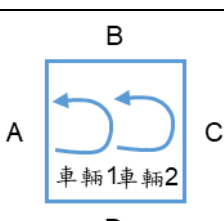
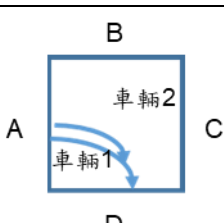
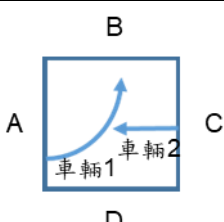
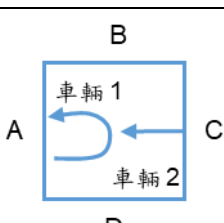
根據衝突判斷總表及衝突角度等資訊，整理衝突型態判斷對及出入口對應表如下。

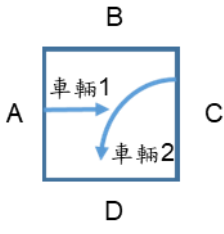
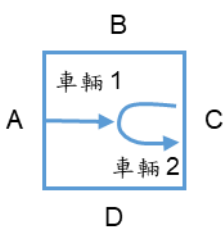
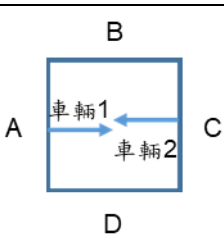
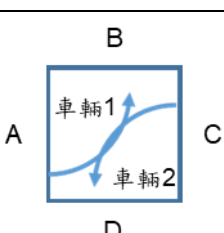
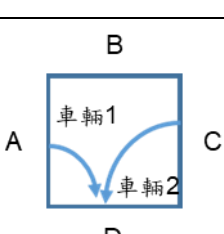
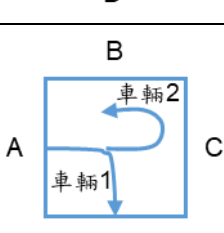
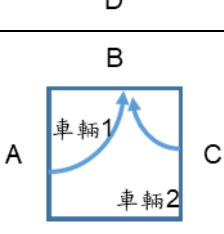
衝突型態判斷及出入口對應表

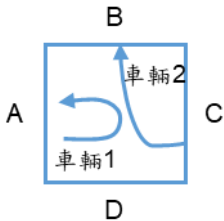
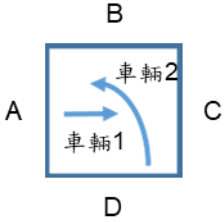
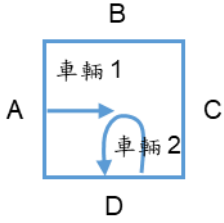
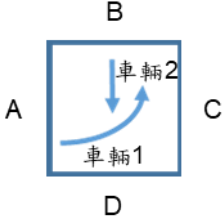
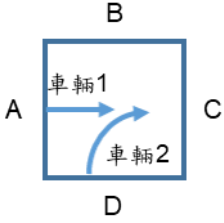
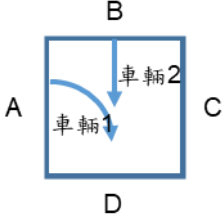
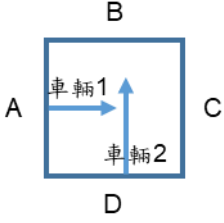
編號	衝突型態名稱	簡圖	衝突判斷方法	車輛 1		車輛 2		衝突角度
				入口	出口	入口	出口	

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，也將彙整衝突類型、碰撞構圖之對應肇事型態之分類表，並於分析軟體提供使用者查詢。

附錄 I 申請軟體試用之保密切結書(草案)

合作保密合約書(草案)

立書人(機關/公司團體/自然人全名)茲為(請詳述申請目的)特向交通部運輸研究所(下稱運研所)申請「以無人機探勘人車流動資訊之應用情境規劃與先導測試」(計畫編號 MOTC- IOT-110-SBB004)所研發之交通衝突分析軟體(下稱軟體)試用帳號及密碼(下稱帳密)，並自核發帳密之日起，立書人承諾如后：

1. 禁止洩露軟體帳密及軟體帳密之使用

- 1.1 立書人保證已向運研所提供正確資料申請帳密，立書人承諾妥善使用軟體及嚴密保管帳密，並僅供立書人及其內部指定之人在上述目的範圍內非獨占性、不可轉讓、不可再授權之安裝或使用。除經運研所書面同意外，不得以任何形式將帳密轉知立書人及其內部指定之人以外之第三人知悉或使用，包括但不限於出租、出借、再授權、使第三人使用軟體或其元件/部分功能、使用軟體為任何第三人測試或提供服務。運研所於任何時候得不附任何理由停止、取消立書人軟體或帳密之使用。
- 1.2 運研所於本合約書所提供的軟體，僅依現狀方式提供立書人測試、並取得立書人回饋意見，俾利改善軟體。運研所對於現狀軟體之提供不保證其功能無任何瑕疵，軟體可能包含任何未經完整測試、可能導致資料遺失之程式碼或其他引發系統故障之錯誤或瑕疵，運研所對於軟體之提供不負瑕疵擔保責任。
- 1.3 立書人應將本合約書之相關義務書面告知其內部指定使用本合約書軟體及帳密之人，並要求其應遵守立書人對運研所之本合約書相關義務。
- 1.4 軟體如需更新或升級始能有效運作，立書人於下載更新/升級之元件或版本後亦成為本合約書所稱之軟體。下載更新/升級之元件或版本時如有要求立書人同意增修條款時，立書人下載更新檔之同時視同接受該條款。

2. 試用意見回饋

立書人同意將依軟體使用說明手冊於特定路口進行試用，並適時或在運研所的要求時，立即、無條件地完整回饋試用意見，俾協助運研所改善軟體功能。

3. 軟體試用資料保密義務

- 3.1 立書人使用軟體所獲得的資料(下同)，包括但不限於使用軟體之溝通/回饋意見、文件或物品、實地測試所獲之體驗及資料，均屬機密資訊。
- 3.2 立書人保證不對軟體之全部或一部進行反向工程(reverse engineer)、解編譯(decompile)、反向組譯(disassemble)、修改、翻譯、分解、尋求發現原始碼或開發衍生作品等行為。
- 3.3 未經運研所書面同意，不得將機密資訊洩露、交付給第三人或私自複製留存。
- 3.4 立書人應運研所之要求、本合約書終止或本合約目的消滅時，應主動銷毀、刪除或返還相關軟體試用資料之相關文件、物品、設備，且不留存任何備份。運研所得要求立書人配合出具切結書證明前述相關資料已銷毀、刪除或返還，立書人應無條件配合。

4. 智慧財產權

- 4.1 除運研所書面同意外，立書人明確知道未因本合約書而有任何被授權或被讓與專利權、著作權、商標權、營業秘密、技術秘密(know-how)、其他智慧財產權或其他財產權。
- 4.2 立書人使用軟體所獲得的資料，無論其是否為著作權或專利權等智慧財產權，立書人同意均係運研所所有財產或無條件於全球範圍永久免費讓與運研所使用或再授權、再讓與。立書人不得據為己有而申請專利權、主張著作權等智慧財產權或使第三人申請/主張前述權利。
- 4.3 立書人如有使用軟體或其任何元件/部分而獨立開發之任何作品，包括但不限於應用程式、服務、模組或組件，立書人不應使用前項因使用軟體所獲得的資料，亦不得應用軟體之任何資料或部分在其獨立開發之任何作品。立書人就使用軟體所獲得的資料、軟體之任何資料或部分，亦不得對外以任何形式為揭露、申請專利、主張著作權等智慧財產權。
- 4.4 立書人保證其使用軟體所獲得的資料之提供或回饋，並無侵害任何第三人之智慧財產權。運研所或其授權之人、受讓與人如有因使用立書人前述資料、意見而被訴訟請求時，由立書人負責賠償損失，包括但不限於律師費、訴訟費。
- 4.5 運研所如因相關本合約書而有向立書人提供第三人產品或服務，立書人應自行遵守第三人為該產品或服務所製定之條款，運研所不為該產品或服務負擔任何責任。

5. 論文發表

立書人經運研所同意得就使用軟體所獲得的資料對外發表論文，但應同時對外揭示下列事項：

5.1 本軟體名稱為：交通衝突分軟體

5.2 本軟體為交通部運輸研究所與訊力科技股份有限公司共同開發。

6. 責任限制

除故意或重大過失外，運研所，包括但不限於代表人、代理人、員工、供應商、協力廠商(下稱運研所方)，不負下列任何責任，包括但不限於營業損失、間接損害：

6.1 簽署本合約書時無法合理預見之任何損失。

6.2 因軟體、元件、更新檔所引起或衍生之任何損失。

6.3 軟體使用之不相容、未正確使用所造成之任何損失。

6.4 立書人因第三人產品或服務所受之任何損失。

6.5 其他不可歸責或不可完全歸責於運研所方之任何損失。

7. 個資蒐集、處理或利用

立書人應取得其內部指定之人同意運研所依據個人資料保護法，從事個資蒐集、處理或利用。但立書人使用運研所服務所連結的網站或網頁所被蒐集的個資，運研所不負任何責任。

8. 終止權及存續義務

本合約書之終止依后述辦理：

8.1 任一方得於十五日前以書面通知他方終止本合約書。

8.2 立書人違反本合約書任一條款，運研所得終止本合約書。

8.3 本合約終止後，第3條軟體試用保密義務及第4條智慧財產權之規定仍存續有效。

9. 隨時修改權

立書人同意運研所在不違法律強制禁止規定下，隨時修改本合約書之任何條文，並由運研所以寄發電子郵件至立書人指定窗口之電子郵件地址、或公布在運研所指定網站方式並立即生效。如立書人不同意修改之條文，立書人應立即停止使用軟體、帳密，並依7.1之規定通知運研所終止本合約書。

10. 爭議解決

本合約書如有爭議，立書人同意依中華民國法律處理，並以台灣台北地方法院為第一審管轄法院。

此致

交通部運輸研究所

(立書人應以機關、公司團體為主，如係個別自然人，經運研所同意者不在此限)

立書人

機關/公司/自然人全名：

機關/公司之法定代表人姓名：

統一編號/身分證號：

地址：

立書人指定如下承辦人為本案窗口，並協助立書人維護履行本合約書：

(如未指定承辦人者，以立書人或其法定代表人為本案窗口)

姓名：

職稱：

部門/單位名稱：

Email：

聯絡電話：

中華民國 年 月 日

附錄 J 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-110-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(1/3)-建立分
年測試計畫

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) 張勝雄 教授		
1. 簡報 P25 示範影片，路口外有兩個小客車偵測框，此為真的車輛還是辨識錯誤？建議在辨識的時可把路口的範圍框出來，並將一些不會動的物件排除。	1. 示範影片右上角偵測白框是兩部小客車，辨識正確。 2. 感謝委員的建議，在影像處理階段將非路口車輛與長時間不移動之車輛移除，是可行之方案。	同意。
2. 路口調查目前只有規劃上、下午兩個尖峰時段，因尖離峰的行為可能有所不同，建議可考量納入離峰時段。例如在尖峰時段可能因為車流量較大，較沒有機會左轉現象；而在離峰時段則因車流相對較少，可能發生較多機會左轉。	1. 感謝委員的建議。本計畫以開發及優化分析軟體功能為目的，故先以尖峰時段人車較多情形進行測試與分析。如軟體可處理人車較多情形，應可應用於離峰人車較少時段，後續主管機關可運用本軟體於非尖峰時段之衝突分析。 2. 易肇事路口的調查，目的為觀察路口的可能肇事原因，拍攝時間則會參考肇事 <u>發生時間</u> 。	修正回應文字如左。
3. 報告書 P72、P81 因還未拍攝空拍影像，所以用前一期的案例做說明，並說明可參考前一期的報告書。但之前的報告有些尚未出版，建議可將這些路	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
口的幾何特性補充至附錄供參考。		
4. 本案整理許多交通衝突和肇事型態的對應，但這些對應方式是否與我國的法規相符？例如報告書 P111 對應之肇事型態「右側交岔撞」，其為進入路口的直行車與右側左轉的車子產生衝突，但法規定義其為側撞，也就是一車轉彎、一車直行。報告書將交通衝突的類別定義非常仔細，建議可再思考如何將肇事型態做適當的對應或者參考法規定義，並由運研所協助做適當的連結。	感謝委員的建議，團隊後續會再與運研所進行討論，研擬出較為合適的對應方式，並於期末報告說明。	同意。
5. 報告書 P106，許添本教授的研究提到同向右轉擦撞，請問右轉擦撞與右轉側撞有什麼區別？因目前還在較模糊的討論階段，後續需請運研所做一個定調。	感謝委員的建議，團隊後續會再與運研所進行討論，研擬出較為合適的對應方式，並於期末報告說明。	同意。
6. 報告書 P65 說明本案機會左轉的情境，主要係以路口中端左轉穿越側撞來探討，由於許多事故案例是左轉的小汽車與對向的直行機車發生撞擊，其肇因並非間距不夠，而是小汽車左轉到一半發現行穿線有行人通行，其行駛路線	感謝委員的建議，團隊在觀測路口影像時確實有發現這類案例情況。因目前機會左轉之主要分析項目已相當複雜，且委員所提之情況需要用到行人偵測，因此規劃將在 112 年的先導測試計畫「人車衝突」和「機會左轉-進階分析」進行探討。	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
受行人阻礙，且直行機車預期左轉汽車可通過而發生碰撞。建議未來分析時，可將其路口的車道數，以及直行車輛是在內側、外側車道、撞擊的位置等資訊考慮進去。		
(二) 張勝雄 教授 (書面意見)		
1. 模式是否有進行車輛速度正確性的評估(validation)? 個人過去曾經進行類似的研究，其誤差受影像畫面擷取的間隔影響甚鉅。	1. 感謝委員的建議，後續會再將比例尺量測 SOP 與誤差範圍評估，整理於期末報告書。 2. 因空拍視角特性與離線影像處理，本案的車輛偵測誤差相較於路側影像為低，拍攝時也會要求避免廣角拍攝，故畫面內容接近俯視一張平面地圖。 3. 後續會再進行車速誤差範圍的評估，並於期末報告書說明。	同意。
(三) 許添本 教授		
1. 空拍影像受限於無人機續航力問題，無法長時間監測路口。建議可先界定應用對象，藉此確認拍攝時間，接著探討如何透過無人機抽樣調查，不同的路口、時段都會有許多差異，例如拍攝時是否有義交或交警指揮，路口為號誌路口或非號誌路口等。	1. 感謝委員的建議，本案目前 1 次路口調查會進行 3 個架次的空拍，也就是會有 3 段 15 分鐘影像。 2. 交警的部分確實是團隊沒有考量到，目前本案將此計畫之軟體定位為工具開發，透過路口調查開發此工具，並驗證工具的可行性。	同意。
2. 過去我們曾以高樓視角拍攝的影像進行相關的交通研究分析，因有許多限制，故當時使用的	1. 感謝委員的寶貴建議，團隊在研究過程中有注意到 PET、TTC 指標運用在國內混合車流的限制性，惟目前發展新的	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
指標與分析較為簡要。現在本案透過無人機能獲取路口車輛的完整動線，建議除了引述我們過去的文獻整理 TTC、PET 等指標，團隊也可考量碰撞機率、嚴重度、衝突角度等因素，嘗試找出更適合無人機角度的交通分析指標與界定方式。	指標不在計畫的主要工作內容。參考相關文獻及分析工具，實務上仍以 TTC、PET 為常用指標，因此目前本研究仍以 PET、TTC 指標為主。 2. 目前分析工具的開發以 TTC、PET 的數值做為是否為衝突事件及其嚴重度的分類依據，而衝突事件資料中有記錄車速及兩車相對車速、減速度等資訊，目前分析工具可選取車速、兩車相對車速做為篩選衝突事件的門檻值，可過濾車速較低、保留車速較高的衝突，未來可納入為判斷衝突事件嚴重度的參考。無人機資料因視角關係能觀察較正確的兩車衝突角度，目前分析工具上是將衝突角度做為界定衝突事件的型態與類別的判斷依據之一，未來可進一步考慮衝突角度在衝突分析的意涵。 3. 發展更有效的分析指標或界定方式是團隊的長期目標之一，未來會朝此一方向發展。 4. 感謝委員的資訊，團隊會再補充國內近年之相關文獻。	
3. 報告書提到軌跡完整度評估的方式，除了驗證軌跡的精確度，建議可以進一步探討當軌跡有誤差時，對 PET、TTC 誤差的影響。	1. 感謝委員的建議，目前先以盡量減少軌跡誤差為主，再以後處理（如 smoothing）方式降低軌跡誤差對於 PET、TTC 誤差之影響為主。 2. 因 PET、TTC 的真值並無法取得，只能透過人工觀察影片	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
	進行記錄，因此本研究將由影片中抽查衝突事件，比對程式及人工所記錄之數值是否有明顯差異，以驗證合理性。惟因人工記錄亦有相當之誤差，因此只能進行合理性比較，可能無法進行較嚴謹的誤差分析。	
4. 報告書提到優化交通衝突軟體的部分，本案因無人機的視角能夠取得完整的車輛軌跡，不同於過去的數據只能做衝突熱點，建議可將車輛於不同時間所產生的衝突進行探討。例如兩車原有一個3秒的TTC衝突點，但兩車在3秒後卻未相撞，可探討這期間兩車做了什麼措施，進而使該衝突不會產生碰撞事故。	感謝委員的建議。TTC衝突沒有演變為事故，很可能是後車有進行迴避動作（evasive action），透過縱向/橫向的速度改變、角度改變等方式避免與前車發生碰撞。確實，小汽車及機車所採取的迴避動作可能並不相同，值得再深入探討，但由於此部分已經超出本期研究的範疇，建議將納入後續研究的分析內容。	同意。
(四) 林惠勇 教授		
1. 本案規劃進行影像車流偵測與交通衝突分析的結合，是預計在今年下半年開始嗎？請補充說明。	因國內新冠肺炎疫情，研究團隊之路口拍攝工作暫緩，預計8月初開始路口影像拍攝後，即可依序進行車流影像偵測與交通衝突分析。	同意。
2. 本案無人機使用4K畫質拍攝路口，因深度學習在物件偵測上，影像解析度不用那麼高，請問在人車偵測追蹤如何運用4K高畫質影像？請補充說明。	1. 本計畫將4k畫質影像轉成2k影像進行全畫面偵測，可涵蓋路口與其左右方向之車道。 2. Yolo模型的特性是會透過不同尺度的多層特徵來偵測物件，若物件因太小而僅出現於底層，會容易因缺乏特徵資訊而難以偵測，因此高畫質的影像能讓機車、自行車、行人等小物件保有更大的像素點面積，在偵測上是有幫助的。	修正回應文字如左。

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. 在行人偵測上，亦考慮未來直接將 4K 影像均分成 4 張 2K 影像同步進行辨識。	
3. 報告書 P90，使用於交通衝突分析所需之影像物件種類，在偵測上可聚焦於特定類別進行網路學習，以提升不同應用情境下辨識及追蹤的重要性。	感謝委員的建議，確實在某些類別上將其聚焦/分開訓練，有可能會有較好的偵測結果，例如：貨車在尺寸上可概分為小貨車和大貨車兩類；大貨車與大客車在外觀尺寸上相近等依據，都可能讓網路在學習上更容易收斂。但由於交通上對車種分類有其定義，單純以外觀上的相似性來分類，可能造成後續車種相關分析上的困擾(例如大貨車與大客車分為同一類)，明年度團隊會再針對部分分類進行檢討。	同意。
4. 透過前期的數據進行訓練和測試，本案目前的偵測網路架構已經有一定程度的結果，未來新拍的路口影像可能因路口狀況不同(如尖離峰等)而有所差異。建議可將訓練好的網路架構，直接測試選定的路口，或針對選定路口的特性優化後再進行學習，其中後者需要增加該路口的訓練資料，其資料量可能會相當大，建議未來可將優化部分納入規劃。	本案對於新拍路口之車輛偵測結果，若其中包含偵測效果較差或錯誤比例偏高的特殊外觀區域與現象，均會進行蒐集並追加至訓練資料中。一般來說，單一特殊外觀區域與現象(如日落強光下拉長之顯著陰影)所引起的誤偵/失偵情況，將 10 張左右相關代表影像添加至訓練影像後，就可有效改善偵測結果。	同意。
(五) 林惠勇 教授 (書面意見)		
1. 報告書 P137，針對不同情境例如夜間、清晨、黃昏、天候欠佳的空拍影像取得困難，可針對這類狀	感謝委員的建議，夜間或低照度須無人機搭載特殊鏡頭如紅外線攝影機進行空拍影像蒐集，並進行影像訓練後，才能得知影像分析效果，	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
況提出執行建議方式。	目前本計畫未針對此議題進行研究，若未來有需求，可再評估實施。	
(六) 林正堅 特聘教授		
1. 報告書表 4.4-3，在行人、自行車、機車的 Precision 較低，簡報中提到可透過參數調整來提升其值，但調整參數能否適用於不同場景？請補充說明。	1. 簡報上調整之參數為偵測信心度、Non-Maximum Suppression (NMS)，這兩個參數的調整能夠適用於大部分的路口影像，不需因不同場景還需做客製化調整。 2. NMS 可控制偵測框的重疊程度，因本案無人機至高視角的特性，基本上不會有車輛在空拍影像上有重疊，因此可以將 NMS 調低，信心值調高，藉此將一些誤偵的偵測框排除。	同意。
2. 報告書表 4.4-1，可以看出資料量不足，整個資料不同類別間的不平衡程度是落差蠻大的，建議在空拍影像上能再增加其訓練資料，未來若要落地化至地方單位，也建議可加入轉移式學習的技術。	感謝委員的建議，團隊預計下半年會再根據新拍路口偵測情況，從中挑選偵測效果較差之畫面並加入訓練資料。有關資料不平衡的問題，明年度將嘗試透過在訓練過程中，針對稀少車輛的訓練影像動態提高其挑選機率，來增加稀少車輛對網路之影響。	同意。
3. 本案提出的 Oriented YOLOv4，是否與國際的 rotation YOLOv5 做適當地比較？請補充說明。	團隊一直有在注意 rotation 相關的研究，本案提出的 Oriented YOLOv4 應是較 rotation YOLOv5 更適用於本計畫應用，因 rotation YOLOv5 的角度算法是將角度做為預測類別分為 180 類，其偵測框無法判別物件哪邊是車頭、車尾。未來將於期末報告文獻回顧章節中補充說明。	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
4. 黃昏、陰天等對車輛 AI 影像辨識會有影響，建議團隊可多加著墨。	本案的訓練資料會蒐集上/下午尖峰、中午等三個時段影片，包含大晴天、陰天等不同程度光線環境。原則上新路口與訓練路口有一定的相似性，以深度學習的魯棒性(robust)來看，其偵測準確率差異應不大。	修正回應文字如左。
5. 報告書 P117，本案目前已 off-line 處理數據，軟體可提供車速熱區的功能，請問團隊是否有計算分析軟體計算的車速，其與真實車速的誤差值為何？請補充說明。	感謝委員的建議，後續會再將提供車速誤差範圍的評估，整理於期末報告書。	同意。
6. 未來交通衝突軟體也要做適當的推廣，建議報告書可針對空拍及分析軟體之軟硬體規格、API 等相關資訊做說明。	感謝委員的建議，本計畫沒有相關 API，而針對空拍及分析軟體之軟硬體規格，則已於報告書附錄中說明，補充如下： 1. 無人機空拍規格說明於報告書附錄 C。 2. 分析軟體硬體電腦規格表說明於報告書附錄 D。 3. 交通衝突軟體操作手冊已說明於前期「路口俯視攝影技術於交通衝突分析之案例應用與比較」附錄 A，將依今年功能修訂操作手冊，整理於期末報告附錄。	同意。
(七) 李忠璋 副總工程司		
1. 報告書 P68，無人機空拍時如何得知路口號誌運作的狀況，來判斷相關行為？例如機會左轉	1. 無人機空拍影片與路口號誌運作的介接，可以透過側拍或號誌系統串接來完成。 2. 目前主要採用側拍的方式，在	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
在燈號轉換時的車輛行為態樣，以及在路口穿越衝突時，對於搶黃燈、闖紅燈的時點如何確掌握。	路口空拍時同步進行側拍，記錄號誌時相與無人機拍攝時間的對應秒差。經實驗，誤差可控制在 0.3 秒範圍內，此部分將於期末報告書進行說明。 3. 本案今年也與臺北市交工處、高雄市交通局進行號誌系統介接的諮詢討論，規劃先與台北市交工處確認號誌系統規格及資料格式後，再安排實際的介接測試。	
2. 報告書 P69，圖 3.3-4 中 V1、V2 直行違規，和同向車流之機會左轉的關係為何？請補充說明。	[V1]闖紅燈、[V2]超速屬於違規行為，可發生於左轉車輛及直行車輛，只是圖示以直行車進行說明，將會在圖示之說明補充註解。	同意。
3. 報告書 P70，左轉車輛因視線受阻所造成的衝突，這部分判斷的方式可能較為主觀，其會因為大型車、小型車不同的車種，以及駕駛人視線的高度而有不一樣的影響，因此以空拍影像的角度來判定左轉車輛視線受阻，可能會有些因素無法觀測到。	感謝委員的建議，目前該分析項目敘述的確較為主觀，後續會再依照實際的拍攝影像進行評估，調整或修正相關項目，並於期末報告進行說明。	同意。
4. 壅塞時下游車輛回堵到路口遠端甚至進入路口，而已進入路口之上游車輛卻無法在綠燈結束前離開路口，是否也屬於一種風險或衝突？請補充說明。	團隊在觀察影片中有發現這一類情況，停等在路口中之車輛可能會與左方或右方來車造成衝突風險，後續將評估是否將此情況納入分析項目。	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. 報告書 P112，行人和車輛的衝突型態的碰撞構圖型態，應與車輛碰撞構圖一樣，只是箭頭表示的方式不同。	感謝委員的建議。	請就委員意見回應處理方式。
6. 報告書 P67、P78 之「搶先左轉」、「搶先直行」，理論上車輛本身在分配路權的時段中行駛，都應該要算安全，要如何認定或定義在綠燈始亮多少時間內，車頭經過停止線才算是「搶先」風險？請補充說明。	「搶先左轉」、「搶先直行」並未違規，因此歸類為風險駕駛行為。至於以多少秒為合理的門檻值，初步假設為 2 秒，後續會由影片資料中計算通過時間與綠燈始亮的時間差並產生分佈圖，再加以判定。	同意。
(八) 李忠璋 副總工程司 (書面意見)		
1. 報告書 P1，文字錯誤，第 4 段第 2 行，應該是 YOLOv3，「YOROV3」應該是誤植。	感謝委員的提醒，將修正報告書內容。	同意。
2. 報告書 P53，路口碰撞型態的肇因中，右轉彎未依規定的次數比左轉彎未依規定多，但衝突態樣並未包該類型。	右轉彎之相關衝突，將列入 111 年度的分析情境「右轉衝突」(見表 3.2-2)。	同意。
3. 報告書 P54，有關機會左轉在說明中指汽機車任何左轉「不符規定」的行為，但報告中對各種機會左轉的型態卻不全然是不符規定的，建議能再釐清定義。	感謝委員的建議，報告書 P.54 的說明是針對事故統計的“可能肇因”，後續將調整報告書文字內容。	同意。
4. 路口有大有小，若要將整個路口都拍攝進去，	1. 本計畫定位為工具開發，為了驗證工具的可用性，以正交四	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
無人機的高度會不同，高度越高是否會影響影像辨識效果，不同的路口是否要再進行影像辨識的調整校正。	岔路口為主，無人機飛行高度75公尺(FOV 69度)，換算路口大小約為103*55公尺，藉此讓影像上的偵測物件不至於太小，方可達到較可靠的辨識效果。 2. 未來隨著科技發展的進步，深度學習模型、影像分析軟體優化將有機會提出更具魯棒性(robust)的硬體規範。 3. 實務上過去有偵測約100公尺高度之空拍影像，四輪車輛辨識效果無顯著差別，但行人偵測效果應有降低。	
5. 報告書 P11 文字錯誤，第 3 行圖 2.1-3 應該是圖 2.3-7。	遵照辦理，後續會將文字修正為圖 2.1-7。	同意。
6. 報告書 P76 文字錯誤，3.3.2 節是路口穿越衝突，但第一行仍寫「機會左轉」。	感謝委員的提醒，後續會修正報告書內容。	同意。
7. 報告書 P84 之表 3.3-12、表 3.3-13，直行車流沒有「搶先直行」的分析項目，「兩車衝突」是否包含在左右側車流闖紅燈的型態中。	1. 在號誌化路口中發生的穿越衝突，會涉及其中一個方向的車流違反號誌規則。以圖 3.3-12 來說明，直行車流為綠燈、左側/右側的方向應為紅燈，因此「兩車衝突」會發生於直行車流綠燈或搶黃燈、左側/右側車流為闖紅燈/搶先直行的情況。 2. 如果是直行車流搶先直行，則會包含於左側/右側的車流，與其他方向的直行車流產生穿越衝突。此歸類方式將會在期	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
	末報告補充說明。	
8. 報告書 P85~P88，所選擇臺北市的 4 個實驗場域，好像都是民航局所公布的無人機禁(限)航區。	臺北市因鄰近松山機場，其大多路口為禁航區、限航區。	同意。
(九) 劉嘉祐 總工程司		
1. 報告書 P34 有 3 個國外網站的案例，建議研究團隊可針對案例的部分，綜整目前國外做法。	感謝委員的建議，3 個國外網站僅 DataFromSky 提供完整試用(其它 2 網站 GoodVision, Transoft 無提供完整試用)，已參考該網站功能綜整建議於表 2.3-2。後續將依據表 2.3-2 研究案例功能之作法與可行性評估，以做為本平台後續參考。	同意。
2. 在交通工程設計上，空拍影像的運用非常廣，例如車道寬、車道配置、流量計算、衝突點、路口整合設計等建議，若能比照國外網站建置相關功能，對於各地方政府之交通工程人員將有很大的幫助。另體認本案未來將朝商業化發展，故建議運研所與研究團隊能在計畫前段，能先定義本案之未來願景。	1. 感謝委員的建議，本計畫已針對案例網站與使用者需求，逐步改善分析軟體功能，本期針對機會左轉衝突、路口穿越衝突等分析需求，新增分析工具，並提供視覺化工具如速度熱區圖、減速度熱區圖、車流軌跡繪製等功能，預期期末能針對上述兩項衝突分析能有進一步的突破。 2. 商業經營模式初步規劃已論述於期中報告書 5.3.2 節，團隊後續會再與運研所進行討論，研擬出較為合適的對應方式。	同意。
3. 報告書 P72，建議能將號誌時制各步階秒數標示出來，除了紅、黃、綠燈秒數以外，應該還有全紅、行人綠、行人閃等秒數標示，藉此讓分析時更能瞭解行人、	感謝委員的建議，P.72 之路口是前期計畫所蒐集，當時並未取得號誌時制表，因此是透過影片中嘗試讀取號誌時制表。後續將以有取得完整號誌時制表的路口進行分析說明。	修正回應文字如左。

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
車輛動作改變的原因。		
4. 報告書 P82，提到闖紅燈與搶黃燈的比例較高，若能如上述對號誌標示做更精準的比對，相信依國內駕駛行為，應該不會如報告書所描述這麼多。	感謝委員的建議，P82 之路口是前期計畫所蒐集，當時蒐集的號誌時制的秒差可能誤差較大，團隊後續會以比較精確的號誌時制資料進行分析。	修正回應文字如左。
5. 空拍影像一次約 15~30 分鐘，則分析車流交通衝突需要多少的樣本數才具有代表性？建議團隊能對其做定義與統整，方便後續由地方政府處理空拍影像時，可評估其執行成本。	1. 目前交通衝突還處於學術研究探討階段，一個路口衝突數多少才具有代表性，根據過往的文獻探討尚較難定論，但以影像偵測的角度來看的話，只要該風險為常態性風險，無人機有拍攝到，其風險軌跡就會被記錄下來。 2. 本案目前 1 次路口調查會進行 3 個架次的空拍，也就是有約 45 分鐘的路口影像。 3. 國內無人機法規已有完整規範，執行路口空拍，無人機需先完成註冊、需依規定進行飛行活動申請、投保無人機責任保險及具符合飛行任務證照的專業飛手、觀察員，特定路口也需派駐人員至塔臺，因此成本會依據不同路口規範和需求做調整，一天勤務約 5~10 萬元不等。	同意。
6. 建議未來影像分析技術成熟的情況下，路側視角的影像也是可以考量的，其影像成本相對較低，且可蒐集時間較	感謝委員的建議，此需求非本年度研究範圍。本案主要希望善用空拍影像有別於路側影像之良好特性(如低遮蔽度的共通俯視視角)，以取得更可靠完整之車輛位置資料。	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
長。		
7. 報告書 P118，建議可將速度熱區與號誌時相做結合，例如可查看綠燈時間各個方向的衝突狀況。	感謝委員的建議，團隊後續會再針對使用者需求進行分析軟體功能優化。	同意。
8. 若已能掌握車輛單獨的軌跡，建議能否更進一步的定義出危險的衝突行為，藉此讓交通工程師針對危險行為數量的多寡，採取不同的交通工程措施。例如當左轉衝突較多時，在道路寬度足夠的情況下，就可增設左轉專用車道，或採左轉保護時相等措施。	感謝委員的建議。本研究之「機會左轉」情境能呈現出左轉與對向直行車流之衝突問題及原因，而對應之改善措施則有賴交通工程師思考合適的交通安全工程方案，本案之工具可用於快速評估方案之有效性。	同意。
(十) 交通部公路總局		
1. 報告書 P50 將路口肇事型態分為 4 種，與報告書 P106 圖所示的肇事型態數量不符，其中少了肇事型態「對撞」，且與運研所 105 年「易肇事路段改善分析技術之應用」所引用的碰撞構圖肇事型態數量也不太一樣，建議團隊可再釐清。	1. 感謝建議，據團隊所了解，「對撞」發生於路段的比例較高，發生於（號誌化）路口的比例則較低；為簡化作業，目前並未將六大碰撞型態的「對撞」及「倒車撞」納入，只包括最常見的四類。 2. 後續會與運研所討論，重新整理衝突型態的主要類別及分類方式。	同意。
2. 後續是否有規劃至省道路口拍攝？若有，需要提供幾處路口？請補充說明。	本年度的先導測試計畫，先以六都為可能的合作對象。未來研究計畫可視需求進行討論規劃。	同意。
3. 分析結果最主要還是在於路口改善，因涉及市區路口設施改善，建議	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
本案能邀請市區道路主管機關內政部營建署一同參與。		
(十一) 臺北市交通管制工程處		
1. 建議可加強說明什麼規格的資料可輸入軟體進行分析，除了本案目前使用的無人機型號外，其他無人機要符合什麼規格才能使用。若一般路側影像也能輸入分析，對於地方政府而言，資料來源的選擇性會較多。	1. 本案無限制無人機型號，無人機機種無特別規範，只要影像不要過於晃動或偏斜即可，後續會將影片拍攝規格與限制說明整理於期末報告附錄中。 2. 攝影機建議參數設定，說明於期中報告書表 6.1-2。 3. 路側影像視角非本年度研究範圍。未來研究計畫可視需求進行討論規劃。	同意。
2. 本案為連續型的影像調查，如何與一個潛在時點肇事資料進行連結，建議未來教育訓練時可明確說明相關方法論。	感謝建議，後續會在教育訓練時加強說明其相關方法論。	同意。
3. 建議計畫後續可試著提出一些肇事資料的改善策略，使整體流程能夠做個案演練，讓後續執行上能更實用且方便。	感謝建議，本年度計畫的重點在先導測試計畫、應用情境的分析工具開發。工具的使用方式將會於教育訓練進行說明。	同意。
4. 建議本案可透過此次拍攝的 10 幾個路口，比較不同路口所產出的資料型態有何差異，並分析差異原因，有助於後續進一步應用。	感謝建議，本研究會將多個拍攝路口進行應用情境的比較分析，將於期末報告書進行說明。	同意。
5. 本次調查時間選擇為上、下午尖峰，根據本市的調查，有幾個時段事故數較多，例如清晨、黃昏、光線較差或較亮的時候，甚至是晚	1. 感謝委員的建議，先導測試計畫拍攝之路口，其調查時間以上午、下午尖峰為主；易肇事路口，則依其易肇事的發生時	修正回應文字如左。

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
上，建議補充說明未來可否處理相關時段。	間先擇一進行拍攝。 2. 清晨、黃昏等情形，若以目前AI影像模型應能分析使用，惟仍須有實際影像進行測試，方能確認其效果。 3. 未來若有分析夜間路口的需求，團隊將嘗試進行空拍影像蒐集，並評估是否能分析應用。惟夜間影像因車燈與光照程度不同，勢必影響車輛偵測效果。	
(十二) 新北市政府交通局		
1. 請問團隊空拍畫面如何與號誌時制做回饋或結合？請補充說明。	1. 無人機空拍影片與路口號誌運作的介接，目前主要採用側拍的方式，在路口空拍時同步進行側拍，記錄號誌時相與無人機拍攝時間的對應秒差。經實驗，誤差可控制在0.3秒範圍內，此部分將於期末報告書進行說明。 2. 本案今年也與臺北市交工處、高雄市交通局進行號誌系統串接的諮詢討論，規劃先與台北市交工處確認號誌系統規格及資料格式後，再安排實際的介接測試。	同意。
2. 因天候狀況、高樓產生陰影、日夜差異會對影像偵測的準確率產生影響，偵測準確率是否有相關統計資料可供參考？	本案的訓練資料有蒐集上/下午尖峰、中午等時段，原則上新路口與訓練路口有一定的相似性下，偵測準確率差異不大。以本次新拍路口為例，基本上偵測效果與大多訓練資料之路口偵測結果大致一致。對於環境差異影響偵測效果方面，團隊目前亦未發現國內外針對此議題	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
	提出之相關統計數據。	
3. 影像解析度與可辨識拍攝高度之比例是如何定義？相關設定需要參照報告書 P128 的最佳拍攝方式做處理，還是後期需要再調校參數？	以偵測小物件「行人」為需求，在現有技術下，建議影像解析度為 4k，拍攝高度 75 公尺，會有較佳的辨識結果，建議可參照報告書 P 128 最佳拍攝方式做處理。	同意。
4. 適用的分析路口型態，例如路口大小、行人配置、車道數等是否有相關限制？之後軟體產出的參考資料會有哪些，能否符合未來使用單位的需求？	1. 建議路口長寬不大於 103*55 公尺的四岔正交路口，以路口幾何條件而言，路口選擇應避免以下情況： ■ 路口上方有天橋、路側行道樹多 ■ 快慢分隔、大型路口 ■ 多岔路口、斜交路口、丁字路口 2. 軟體產出資訊會再依使用者回饋進行調整與優化，後續將補充交通衝突軟體操作手冊於報告書附錄。	同意。
5. 未來無人機偵測車流應用，是否有機會朝向即時路況偵測、即時回傳資訊？	1. 感謝建議，本案著重於車輛偵測的精準度，會對空拍原始影像進行影像穩定化等前處理，其所需運算效能相對較高，較難做到即時回傳數據。 2. 目前非本年度研究討論範圍。未來研究計畫可視需求進行討論規劃。	同意。
(十三) 桃園市政府交通局		
1. 無人機影像觀測，對於機車族群的觀測有明顯的幫助，建議後續也能針對機車的行駛行為多加以分析，以更瞭解汽機車混流的狀況，以及	1. 感謝建議，目前本案會優先以報告書 P62 表 3.2-2 之課題進行探討。 2. 路段之禁行機車車道議題以及機車行駛空間是國內一個頗為	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
禁行機車車道對於機車行駛空間的探討。	重要的議題，惟受限無人機空拍範圍，路段相關議題並非計畫內優先探討的議題。	
(十四) 臺中市政府交通局 (書面意見)		
1. 有關於報告書 P69 表 3.3-4 機會左轉中，代碼 V4「機車於兩段式左轉路口直接左轉」部分，因判讀機車是否於特定路口違規左轉，需要人工指定該路口是否需要機車兩段式左轉，故建議辨識軟體可增加辨識內側車道「禁行機車」標字或機慢車待轉區標線，讓違規行為辨識能夠自動化。	感謝建議，透過影像辨識路面文字部分待討論，且非目前本研究討論範圍，未來研究可視計畫需求進行討論規劃。但一般而言，對於固定區域之空拍影像來說，這類一次性的作業由人工作業會比較單純可靠。	同意。
2. 有關於報告書 P70 左轉車輛視線受阻部分，建議可依對向等待左轉之車輛大小，來判別對交通衝突影響及嚴重度。	感謝建議。目前之分析項目尚在測試階段，後續會再依照實際的拍攝影像新增或調整相關項目，並於期末報告進行說明。	同意。
(十五) 臺南市政府交通局		
1. 機會左轉穿越衝突部分，左轉車輛不僅會因視線受阻造成駕駛判定錯誤，在搶快通過時也時常會與兩段式左轉機車或行穿線上的行人造成衝突，欲左轉車輛不論是因發現行人停留、駕駛間距判斷錯誤而造成的碰撞、待轉機車行駛軌跡的偏離、速度差	感謝建議，團隊在觀測路口影像時確實有發現這類案例情況。因目前機會左轉之主要分析項目已相當複雜，且貴局所提之情況需要用到行人偵測，因此規劃將在 112 年「人車衝突」和「機會左轉-進階分析」進行探討。	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
等碰撞原因，能否與相關的衝突分析做結合，建議團隊可納入參考。		
2. 未來團隊會研究進階機會左轉議題，請問團隊若現場交通幾何條件限制下，無法做車道佈設改善，其改善效果是否會有所限制。期望團隊後續能就不同的研究分析方法，找出真正的路口潛在風險，提供本局改善建議。	感謝建議，將會於 112 年之「機會左轉-進階分析」納入考量。	同意。
(十六) 高雄市政府交通局		
1. 因目前地方政府多使用傳統碰撞構圖方式進行路口改善，建議後續能否針對本案方法和傳統方法，提供效益上的差異評估。	感謝建議，碰撞構圖法及衝突分析法是兩個可以互補的分析方法，將兩個分析方法進行比較對於釐清兩者的適用性確有幫助。因建構事故碰撞構圖並非本研究之內容，如能取得相關資料，應可納入比較分析。	同意。
(十七) 中華民國交通工程技師公會		
1. 本計畫這三年的研究已經有相當的研究成果，也相當令人期待，對技師來講除了靜態肇事資料以外，未來若能利用動態資料來確認肇因，技師公會很樂於協助分享此資訊，以提供給有興趣參與的顧問公司和技師，並希望未來在實務上能反饋意見給主辦單位，讓此先進的技術能更加落實。	感謝建議及協助。	敬悉。
2. 建議本案未來能協助地	感謝建議，如委員所說，單一情境	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
方機關選擇什麼樣的路口、時段，以符合空拍機探討的條件。以機會左轉為例，一般機會左轉路口非常的多，未來地方交通單位在做挑選的時候，是從路口的嚴重性做挑選，還是先有一個初步的健檢，挑選出需要更進一步分析的路口，再做空拍機動態的確認肇因，讓空拍機的應用方式能夠更細緻。	的路口幾何也有非常多的樣態，而本案目前還在工具開發與驗證的階段，路口選擇還有許多可討論的空間，但也要同時考慮空拍條件，例如： 1. 避免大樓、天橋、樹木等視線遮蔽 2. 避免無足夠起降空間(距路口 3 公尺處應有 5 平方公尺空地) 3. 避免大樓訊號遮蔽、高壓電塔等可能造成訊號干擾的問題 4. 避免位於禁限航區(拍攝時需派員進駐塔臺，較耗費人力) 路口挑選的原則：由地方機關、研究團隊分別提出候選路口，路口應包括有分析應用情境的相關肇事紀錄，再根據空拍條件進行篩選。	
(十八) 本所運管組		
1. 報告書 P95，第二段針對軌跡品質指標計算的部分，有提到影片頭尾 30 秒軌跡刪除不計算，請教團隊刪除影片前後時長 30 秒是依據什麼情況做評估？考量未來應用上，各個縣市拍攝影片的時間長度會有些許不同，所刪除的秒數是否會因應用的不同而有所增減？	1. 因影片開頭及結尾的車輛可能本身就為不完整軌跡，故在計算該指標時可以先將影片頭尾 30 秒的軌跡刪除不計算。 2. 時長 30 秒是以路口交通衝突分析做為假設，其車輛穿越路口時間多在 30 秒內，若有不同的應用是可以做調整的。	同意。
2. 報告書 P71，第二段第二行「無人機幾種」文字部分再請確認。	將修正該報告書文字。	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
(十九) 本所運計組 (書面意見)		
1. 本案主名稱調整為「以無人機探勘路口人車流動資訊於交通衝突分析之應用情境與先導測試」似乎較為切題，建議考量於未來報告出版和後續計畫招標時調整名稱。	感謝建議，團隊後續會再與運研所進行討論。	同意。
(二十) 本所運安組 (書面意見)		
1. 第一章：第 1.2 節研究範圍部分，建議調整文字說明，不用列出詳細的路口名稱。	遵照辦理。	同意。
2. 第二章： (1) p13 圖 2.1-10 缺少對應之說明文字，請補充修正。 (2) p44 表 2.3-2 有關國外軟體值得參考功能列表，請研究團隊後續評估納入分析軟體之可行性，以及所需時程。	遵照辦理。	同意。
3. 第四章： (1) p99 表 4.4-3 有關各類車種之 Precision 結果，小物件(行人、自行車、機車)明顯偏低，若調整偵測之信心度閾值後仍無明顯改善，請研究團隊再研提其他改善方式。 (2) 建議於期末報告書補充車輛偵測的混淆矩陣。	遵照辦理。	同意。
4. 第五章： (1) 有關車速熱區及煞車熱區顯示方式，	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
請研究團隊於進行相關路口軌跡分析後，再調整相關功能及呈現方式。 (2) 有關表 5.1-1 至 5.1-3 之衝突分類名詞，本所已提供相關修正建議，請研究供團隊參考修訂。 (3) 兩段式左轉機車軌跡係兩段直行連結，若僅以進出口判斷，可能會造成衝突類型之誤判，請研究團隊再思考如何改善。 (4) 有關分析軟體如何進行相關判斷(如交通衝突類型等)，建議研究團隊於本(110)年底前整理內部技術文件，做為本所與團隊討論及檢核分析軟體正確性之依據。		
5. 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。
(二十一) 主席結論		
1. 本案希望透過無人機空拍，取得過去無法獲得的人車流動軌跡，並就交通衝突能產出相關分析資料。後續則會依合約要求之工作項目及特定研究主題持續精進與完成，所產出之數據資料在許可情況下，可供	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
相關機關與學術單位做進一步研究探討，藉此擴大資料使用的層面。		
2. 對於實務單位的意見與需求，研究團隊會逐年階段性的提出相關成果，今年在實務應用上可能多以分析結果為產出，期望後續研究結果能進一步將重要的資訊分析出來，就行為、工程、執法等提出改善策略。	遵照辦理。	同意。
3. 本案有關後續經營模式部分，包含交通衝突軟體該如何落實到應用單位，或轉變成可技轉的商業模式，期望在期末報告有一個初步的探討，並在明後年持續的精進與優化。	遵照辦理，後續經營模式可參照報告書第 5.3 節「軟體後續經營模式規劃」。	同意。
4. 查全率(Recall)、查準率(Precision)都還有進步的空間，請研究團隊針對其做改善。	遵照辦理。	同意。
5. 請研究團隊針對衝突分析和肇事型態的對應，在期末報告時做更完整的補充。	遵照辦理。	同意。
6. 研究團隊提出之期中報告審查通過。謝謝各與會專家學者及代表提供寶貴的資訊及意見，請研究團隊針對相關意見	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
製作回應表且詳細說明，並將相關意見及資訊納入本研究案後續辦理之參考。		

附錄 K 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-110-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(1/3)-建立分
年測試計畫

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) 臺灣大學土木工程學系許教授添本		
1. 建議交通界要多進行跨領域的研究，才能精進交通分析的技術，且相關經費也應再調整。本研究可看到非常多潛力，肯定本研究從研發慢慢走到可實地應用。	感謝委員的建議及鼓勵。	同意。
2. 建議可多思考研究目標，因空拍有拍攝時間和拍攝範圍等限制，目標是要改善易肇事路口、道路設計規範或駕駛行為？若是易肇事路口改善，因可做相對性比較，準確度就不用太高；但如要做個別車輛的行為比較，則準確度相對要求較高。	1. 感謝委員的建議，本計畫之 RFP 是以開發分析軟體工具為主，如委員所說，其產生的資料應有很多其他的應用方式及分析價值，可納入未來研究主題，或以公開資料的方式讓各界參考運用。 2. 後續將與運研所討論本案未來的研究目標，收斂問題使有限的資源與時間能做出真正實用的工具。	請團隊盤點各委員及單位之建議，與本所討論及設定研究目標及項目，並規劃於第 2、3 年(111、112 年)逐步完成。
3. 本計畫提到資訊服務平台的概念，未來可多加規劃，隨著資料慢慢累積，可變成一個具特色的交通分析資訊系統。	感謝委員的建議，本計畫之 RFP 是以開發分析軟體工具為主，如委員所說，其產生的資料應有很多其他的應用方式及分析價值，可納入未來研究主題，或以公開資料的方式讓各界參考運用。	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
4. 本計畫今年度進行4處易肇事路口分析，以松仁路/信義路五段路口為例，可看出因號誌使其左轉車輛與右轉車輛會共同匯入，進而造成衝突風險，從車禍分析來對照這些資料就很有價值。未來若有一套衝突風險的理論，就能臆測車禍，進而有許多應用方式。	1. 感謝委員的建議，如同上述第二點之回應，可納入未來研究主題，或以公開資料的方式讓各界參考運用。 2. 衝突風險與交通事故的就文獻回顧可確認其具關聯性，但要到能臆測車禍是需要長期的研發與驗證，團隊也很期望未來能有一套衝突風險理論能臆測車禍。現階段本計畫以RFP所提之開發分析軟體工具為目標。	同意。
(二) 中正大學電機工程學系林教授惠勇		
1. 臺灣有蠻多公司在做無人機，建議可請臺灣的廠商協助客製無人機，以符合研究團隊在空拍影像上的需求，	感謝委員的建議，本計畫於107~109年陸續使用不同國產客製無人機進行測試，普遍存在鏡頭無法與機體一體成形，以及機體穩定度不足等問題，加上客製費用高、整機及測試時間較久，且一般來說機體越小，抗風力越不足等現象。然而，於路口進行空拍屬於人群上空之勤務，無人機飛行的安全及穩定度須高規格。因此，建議使用市售小型無人機，其具備高穩定性、鏡頭規格完整且一體成形，能有較高的影像拍攝品質；此外，小型無人機可提升便利性，也可降低意外傷害程度。	同意。
2. 本計畫有構思推廣應用的模式，兩三年後會有一套較完整的推廣模式。若現階段能先公開一些資訊，也許能讓交通相關研究有較正面的效益。	感謝委員的建議，團隊很樂意公開相關資訊供交通研究參考，後續與運研所討論可行方法後再提出可行方法，預計於明年辦理推廣應用模式時說明。	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
3. 影像處理有對行人、自行車進行優化，做為後續計畫的準備，但現階段交通分析上還未特別提到行人。建議可測試影像處理若不含行人、自行車，效能是否能有更好的提升。	在不含行人、自行車之前提下，應可採用更小影像解析度之深度學習模型(目前為 1920x1920)，在偵測效率上確實會有所提升，但對於機車的偵測效果也可能會有小幅度的下降。另一方面，由於人車衝突為近期計畫將著重探討的項目之一，因此現階段團隊仍將先保留行人、自行車等偵測類別。	同意。
4. 本年度改用 Oriented YOLOv4 進行偵測有不錯的提升，但既然本案屬研究案，建議本案的技術可多與其他現有的技術進行評估。	由於本案採用的方向性標注方式與其他衛星/空拍影像等有所差異：本案為車頭方向(0~360 度)，但因為橋梁、建築物等多無頭尾之分，因此其他衛星/空拍影像之公開資料庫多不區分頭尾(0~180 度)，所以目前難以與其他方法在現有公開資料庫的結果進行比較，僅能與前期研究實作改良之 SCRDet 比較。	同意。
5. 簡報 P36 先導測試計畫，提到部分影像處理的結果無法做為交通分析使用，請補充說明如何改善影像處理。	只運用軌跡資料可用於探討兩車之衝突，無法得知車輛是否有違規，而事故資料之可能肇因大多於駕駛人的行為及違規有關。因此先導測試計畫將號誌、標線相關的資訊納入，以判斷駕駛人是否有違規行為，而非處理影像改善。	同意。
6. 有關比例尺之計算及驗證，因牽涉到 frame rate，建議可嘗試以 Stereo Camera 做為空拍的攝影機，藉由 Stereo Vision 取得更可靠的追蹤和量測結果。	感謝委員的建議，從空拍的角度往下拍，影像邊界的像素點，其視差位移量可能不多，效果應不大。此外，前幾期已評估客製化無人機成本高、整合的雲台造成影像較易晃動，除非未來因環境應用需求，否則暫定使用市售無人機。此外，目前無人機使用之 stereo camera 主要用於避障，且解析度普遍不高，應	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
	不適用於路口空拍影像蒐集使用。	
7. 號誌同步建議可在地面放置一組與號誌同步的燈箱，可直接從空拍影像拍攝該燈箱以記錄當時的燈號情形。	感謝委員的建議，若能直接從無人機拍攝影像得知燈號變化，將會是最直接可靠的方法，後續將研究是否能與交通單位取得適合的燈箱，或自行製作燈箱，以進行外接空拍。	同意。
8. 空拍時段係安排於尖峰時段而非易肇事時段，若能延長拍攝時間，或有可能拍到肇事情況以驗證分析結果。惟礙於無人機受電量限制無法長期拍攝，可考慮以繫留機等方式拉長拍攝時間，但需考量安全性問題。	感謝委員的建議，目前都無拍攝到肇事影像，本研究係發展交通衝突分析工具，即使沒有拍攝到交通事故，仍可透過人車軌跡資料分析潛在的交通衝突，並於事故發生前提早改善。 此外，本研究已於 108 年進行繫留無人機測試，繫留無人機雖可長時間拍攝，但須有一條電線接在無人機上，電線恐有與大型汽車碰撞之情形發生，造成安全疑慮，故不適合於路口拍攝使用。	同意。
9. 空拍影像資料非常珍貴，若未來有機會，可在許可的情況下有條件開放部分資料，供相關學術或研究單位註冊使用。	感謝委員的建議，團隊很樂意公開相關資訊供交通研究參考，後續與運研所討論可行方法後再提出可行方法，預計於明年辦理推廣應用模式時說明。	同意。
10. 書面意見：文獻回顧部分主要著重團隊執行前期交通部運研所計畫之成果，宜對於國際上現有的相關計畫或作法進行介紹，提供參考或未來的可能增減的執行方式。	團隊已針對國際現有空拍影像應用軟體技術進行文獻回顧，請參考 2.3 節。	同意。
11. 書面意見：對於三年預期完成的工作項目說明詳盡，逐年條列工作重點及	感謝委員的建議，團隊已於 110/8/31 於高雄市七賢一路、七賢二路、中山一路口對高雄市交通局	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
預計完成之目標，建議可針對年度完成項目提供實地成果展示。	進行實地無人機空拍作業說明等成果展示，並於 110/10/29 於交通部運研所 B1 國際會議廳進行成果說明與教育訓練。	
12. 書面意見：建議對於預期成果及效益提供較為細部的說明，以計畫目的進行得以達到的指標或是未來應用上的擴充性。	感謝委員的建議，111 年預期研究方向已說明於第八章，請參考。	同意。
(三) 勤益科技大學林特聘教授正堅（書面意見）		
1. 報告書 P76，表 4.4-3 顯示在自行車及機車上的誤判率相當高，宜有改善之策略或方法提出，以利後續方法之修正。	期中報告的表 4.4-3 機車與自行車查準率(precision)為 0.6，在經過模型改良與訓練手法上的改進後，期末報告的表 4.4-3 機車與自行車之查準率已分別進一步提高至 0.946 與 0.854。	同意。
2. 報告書 P77，一般驗證的作法上應該是先有無人機在相同及不同場域持續拍攝多久時間來分析，合計有多少不同車輛及行人，如此才能稱上實際應用，後續的分析才有公信力。	由於物件偵測技術皆是針對單張影像進行偵測，且驗證上需要極大量之人力進行標註，因此目前難以透過長時間影片逐張來驗證影片中所有車輛偵測結果。以本期為例，每張訓練影像平均包含約 67 個人/車；每張測試影像平均包含約 90 個人/車。訓練與測試影像兩者合計為 923 張影像，平均每張影像需要人工花費 10 分鐘以上進行人/車位置的標注，因此在實務上難以利用長時間影片來評估偵測結果，一般會改以非連續時空下取樣出的大量單張影像進行驗證。但在影片中的軌跡資訊方面，團隊另外有提出軌跡完整度，可以評估偵測結果在經過追蹤後產生的軌跡，在連續影片中的軌跡完整性。	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. 似乎未能在結案報告中看到期中報告委員所提的問題，分析軟體計算的車速與實際車速之比較？請補充說明。	實驗過程中有嘗試運用測速槍量測車速做為真實值來比對，但發現所採用的量測車流設備誤差過大，無法用於評估車速的準確度，因此只有進行比例尺準確度之評估。如影像偵測及追蹤無誤，比例尺之準確度應等同於車速計算之準確度，已將相關說明補充於 6.4 節。	同意。
(四) 交通部公路總局李副總工程司忠璋 (書面意見)		
1. 報告書 P43，對於路口號誌時制的側拍，建議還是要先取得該路口該時段的時制內容，再搭配現地對時及影像拍攝，比較不會生誤差。如果已經是如此作法，請補充說明。	感謝委員的建議，本計畫針對拍攝路口，都已跟相關單位取得該時段的時制內容，以利確認比對，已將相關說明補充於 6.4 節。	同意。
2. 報告書 P74，在挑選大客車、聯結車等中型車比較多的路口來進行訓練，在應用到其他路口時，是否會因為路口環境不同(例如路口大小、岔路數、建築物...)而影響到辨識的效果，建議補充說明。	車輛的訓練結果基本上不會受路口大小、岔路數等幾何型態差異而有所影響，會受影響的情況主要來自訓練資料中未曾呈現的外觀樣貌：例如，若訓練影像中沒有刨除柏油的施工中路面，那麼遇到施工路面就有可能因完全未曾見過的路面外觀而產生誤偵，這類情況通常可藉由後續訓練影像資料的逐步增加來進一步完善。	同意。
3. 報告書 P87~95 表 5.1-1~5.1-5，各個衝突事故建議能加上碰撞類型，以便於閱讀，例如「同向左轉跟車追撞衝突」、「對向左轉側撞衝突」等。	感謝委員的建議，已修正期末報告書內容。	同意。
4. 報告書 P92~95 表 5.1-5： (1) 建議能加上圖例標	感謝委員的建議，已修正期末報告書內容。	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
註 A、B、C、D 的 臨近路口 (Approach)，像圖 5.1-4。 (2) 報告書 P92~95 表 5.1-5，建議能在簡 圖上標註車輛 1、 車輛 2，以便對 照。		
5. 「衝突類型」、「事故分 類」、「肇事型態」在報告 書中並沒有說明清楚，而 且有混用，像是在表 5.1- 1~表 5.1-3 是將碰撞構圖 歸類為「肇事型態」，文 章中又有「碰撞構圖事故 分類」(「事故分類」在 法規上是有定義的， A1、A2、A3)。建議重新 釐清。大部分的衝突類型 大概都可對應到碰撞構圖 的型態，只要將少部分未 能對應到再整理認定即 可。	感謝委員的建議，「衝突類型」是 指圖 5.1-3 之分類，「肇事型態」 是指圖 5.1-2 之肇事碰撞事故構圖 箭頭當中之肇事型態(如對撞肇事 型態、追撞肇事型態)，表 5.1-1 嘗試將兩者之細分一一對應。而 「事故分類」部分則有用詞誤值， 已統一修正或刪除。	同意。
6. 報告書 P97，直行車輛和 兩段式機車轉彎所產生的 衝突，建議還是要以碰撞 點兩車的行進狀態來分類 比較適當(像是交岔撞、 追撞等)，建議參考運研 所路口肇事型態相關的研 究成果。	感謝委員的建議，兩段式機車的相 關衝突型態分類，因組合頗為多樣 及複雜，目前尚未定案，報告書僅 呈現目前的初步討論結果，並會於 後續年度計畫進一步檢討及調整。	同意。
7. 報告書 P126 圖 6.1-1，圖 例(d)為應該閃黃、閃紅的	感謝委員的建議，已修正期末報告 書內容。	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
號誌路口，而不是「非號 誌化路口」。		
8. 報告書 P136 表 6.3-1 和圖 6.3-4，表和圖同樣代碼， 分析項目說明不同，例如 表中 V2 是「紅燈跨越停 止線」、圖中的 V2 則是 「超速」。	感謝委員的建議，已修正期末報告 書內容。	同意。
(五) 臺北市交通管制工程處劉嘉祐總工程司		
1. 如許教授所提本案的研究 目的，建議運研所與研究 團隊可多與交通單位、顧 問單位及各機關進行需求 訪談。以交工處為例，除 了車流特性外，也需要道 路幾何特性、標誌標線等 資訊。	感謝委員的建議，今年已與臺北市 交通管制中心與高雄市交通局等合 作機關進行需求訪談與分析結果討 論，明年規劃除了與合作機關交流 外，亦與顧問公司進行交流訪談， 以獲得更多實務單位之需求回饋。	同意。
2. 建議除了透過實地量測行 穿線長度，做為計算及驗 證影像比例尺，也可透過 道路的標線進行計算，例 如：1 個指向線為 4 公 尺，1 個點虛線也是 4 公 尺。	感謝委員的建議，未來將會測試是 否可用道路的現有標誌標線取代比 例尺的量測作業。	同意。
3. 本案所蒐集的車流微觀資 料非常寶貴，建議若可將 原始資料透過 csv 等 open data 的方式提供出來，對 於學術界和相關單位的研 究有很大的幫助。	感謝委員的建議，團隊很樂意公開 相關資訊供交通研究參考，後續與 運研所討論可行方法後再提出可行 方法，預計於明年辦理推廣應用模 式時說明。	同意。
4. 未來除蒐集車流屬性、號 誌時制等資料，因交通部 道安平台後續可產出碰撞 構圖，未來再結合空拍資	感謝委員的建議，這也是本研究團 隊的努力方向。	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
訊，可做到路口的肇事診斷。若本案發展的平台未來要營運，需找出其市場定位，尤其許多縣市沒有交通局，如能累積本案經驗值來協助實務單位進行診斷及改善，便能讓這套分析工具更容易推廣至各地。		
5. 書面意見：報告書 P170~171，對路口中央區域偵測區劃設方式，建議先歸納所蒐集多數車輛轉彎軌跡後，訂出中央區域劃設準則，較能符合常規。	1. 感謝委員的建議，目前路口中央區域偵測區尚未有客觀的劃設方式或準則，或許可進行不同大小區域的敏感度測試並進行討論，嘗試歸納出各界較能認同的劃設準則。 2. 後續將與運研所討論納入此項目之必要性及時程	請團隊盤點各委員及單位之建議，與本所討論及設定研究目標及項目，並規劃於第2、3年(111、112年)逐步完成。
6. 書面意見：報告書 P177，報表分析以事件編號(路段)做為橫軸，分析上亦以事件編號之間做為比較，無法馬上與實際路口產生連結，建議分析上應以路口名稱和方向進行撰寫，較易閱讀。圖 6.5-16~18 左轉先行、機會左轉、未達路口中央...等分析，建議增加百分比方式呈現。	感謝委員的建議，已修正期末報告書之圖 6.5-17、圖 6.5-19、圖 6.5-21 及圖 6.5-23。	同意。
7. 書面意見：報告書 P201： 甲、車流軌跡合理性，建議搭配號誌時相逐一呈現，以了解	1. 感謝委員的建議，目前軟體尚未有根據號誌時相而輸出車流軌跡結果之功能，後續將與運研所討論納入此項目之必要性及時程。	請團隊盤點各委員及單位之建議，與本所討論及設定研究目標及項目，並規劃於第2、3年(111、112年)

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
衝突情形。 乙、針對超速行為的觀察（超速分布圖），建議增加以綠燈時相前中後期的數量分析。 丙、待轉區溢出情形，建議可以配合行人綠燈秒數或行人物件資料，建議待轉機車與行人衝突指標。	2. 針對圖 7.2-8，已採用手動方式篩選輸出時間範圍，產生對應號誌時相之車流軌跡圖，並補充於期末報告書。後續將與運研所討論將篩選輸出時間範圍納入分析軟體之必要性及時程。 3. 行人衝突指標，規劃將在 112 年的先導測試計畫「人車衝突」和「機會左轉-進階分析」進行探討。	逐步完成。
8. 書面意見：建議團隊從左轉車輛軌跡資料中，提出路口行車導引線劃設準則。	感謝委員的建議，由於此部分已超出本年度的研究範疇，後續將與運研所討論納入此項目之必要性及時程。	請團隊盤點各委員及單位之建議，與本所討論及設定研究目標及項目，並規劃於第 2、3 年(111、112 年)逐步完成。
(六) 交通部公路總局		
1. 簡報 P34，現今許多路口都有紅燈秒數顯示，有些駕駛可能會在紅未轉綠時就跨越停止線，請問此態樣會算違規行為，還是會訂出一個判定標準？	依軟體之設定，此情況軟體會記錄為[V2]違規行為-紅燈跨越停止線，相關判定邏輯請參考 6.3 節。	同意。
2. 書面意見：報告書 P123~124，CBI 值標準化後越低，代表事故重要性越高，在實驗情境 III-D 未依規定讓車中，CBI 值為 0 代表什麼意思？	感謝建議，經查證發現表 6.1-4 無號誌化四岔路口之實驗情境清單之 CBI 標準化值為誤值，結論部分不受影響，已更正期末報告書。	同意。
3. 書面意見：報告書 P146~148，路口穿越衝突中，風險駕駛行為項目分	感謝建議，相關判定邏輯請參考 6.3 節，此情況將會判斷為搶先直行，並列入風險駕駛行為，不納入	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
析(R1)搶先直行部分，目前號誌多有顯示秒數，駕駛人大多在紅燈轉變為綠燈前就起步，減少起步損失時間，甚至在紅燈未結束前就跨越停止線，請問該種情況是否會納入違規行為？另目前是訂紅燈結束前 5 秒內搶先起步並加速直行視為違規，以 5 秒當作基準是否妥適？	違規行為。另外，如車輛於紅燈時間的完整軌跡穿越停止線以及離去線，則判斷為闖紅燈，屬於違規行為。	
4. 書面意見：報告書 P204~206，臺北市信義路與松仁路案例，圖 7.2-6 衝突熱點圖似乎集中於信義路五段左側路口，惟對照該路口碰撞構圖，松仁路右轉往信義路五段的肇事次數較多，是否能新增更多的比較衝突熱點及事故碰撞圖做驗證。	1. 感謝建議，已補充松仁路右轉往信義路五段之衝突熱點圖。 2. 關於衝突熱點圖的部分，團隊透過對比方式比較事故碰撞構圖與衝突熱點圖，驗證出有衝突熱點分布在松仁路北向右轉至信義路五段處，惟其多為低風險衝突點。	同意。
5. 書面意見：報告書 P216 最後一行，光線不足而撞上「測」向，有錯別字。	感謝建議，已修正錯別字。	同意。
6. 書面意見：透過無人機拍攝並用軟體分析後所產生的資料，是否可以直接產出該路口的肇因，甚至預判未來可能肇事的點位？建議後續可以透過 AI 影像辨識建立相關的判定標準。	1. 影像及軌跡分析透過計算路口中的車流衝突，屬於線下 (offline) 分析，無法直接偵測路口的肇因及預判肇事點位 2. 本案係先由分析軟體產出相關圖表，再由專家學者研判交通衝突原因及對應之改善措施，未來是否有機會將專家學者研判部分改為 AI 判斷，目前尚未研讀到相關文獻或成功案例	建議團隊可蒐集瞭解如何運用 AI 於研判交通衝突原因及對應改善措施之相關文獻，以做為後續研究方向之參考。

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
	例。	
(七) 臺北市政府交通管制工程處		
1. 本案係運用無人機及 AI 等資訊方法來處理交通問題，希望發展能輔助實務單位的工具。傳統交通工程處理方式是在現場觀察，共同討論並提出對策。期望未來可輸入資料及影片後，透過研究團隊發展的軟體可就現況問題及對策提出建議	感謝建議，本案係先由分析軟體產出相關圖表，再由專家學者研判交通衝突原因及對應之改善措施，未來是否有機會將專家學者研判部分改為 AI 判斷，目前尚未研讀到相關文獻或成功案例。	建議團隊可蒐集瞭解如何運用 AI 於研判交通衝突原因及對應改善措施之相關文獻，以做為後續研究方向之參考。
2. 無人機空拍影片可產出衝突熱點、流量及車速等圖表，建議研究團隊能多加說明產出的交通圖表該如何解釋與應用。此外，不同時段去拍攝，所產出的圖表是否會不同？	1. 本計畫之 RFP 為研發一套分析軟體工具，因此，所產出的交通圖表需再由專家學者研判交通衝突原因及對應之改善措施，請見諒。 2. 跟現場交通調查一樣，無人機影像分析結果只能反映調查時段的車流情況，不同時段的圖表及結果會有所不同。	同意。
3. 研究團隊係以軌跡圖解釋衝突點，但一次性的無人機空拍影像不一定能拍攝到所有潛在衝突，由現場觀察可發現很多潛在衝突是因違規行為所產生的，並非正常車流所產生的。目前衝突及事故分析是向警察局調閱相關事故紀錄，再搭配現場觀察車流進行研判並提出改善	感謝建議，跟所有現場交通調查一樣，無人機影像分析結果只能反映調查時段的車流情況及潛在風險問題。傳統分析方法涵蓋「事後」之 1 年至 3 年的事故資料，而本方法只採用「事前」之 15 至 45 分鐘的微觀車流資料，兩方法之理念並不相同，惟其分析結果可相互補充比對，以更完整分析相關事故肇因，並據以研提改善措施。	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
對策，分析軟體至少應涵蓋傳統交通行為分析作法，甚至更好。		
4. 違規行為可分為普遍性及偶發性違規，例如切西瓜可能有兩種原因，一種是為了搶快過彎，另一種是順著車流走。普遍性違規行為該如何處理是個大問題，而如何用空拍影像觀測出偶發性行為，也需要不同的處理程序。	感謝建議，普遍性或偶發性可透過該行為之佔比多寡進行判斷，再制定相關處置方式或改善策略。	同意。
5. 本市信義路、松仁路路口之路口導引線，係採右側導引方式導引車輛行駛內側車道。	感謝說明。	同意。
6. 書面意見：報告書 P138，本案係以無人機探勘人車流動資訊，建議報告書針對個案路口可以補充交通與行人流量及交通改善策略，另先導測試機會左轉路口亦同時有行人穿越，建議將人車衝突一併納入，俾利交通單位參考。	感謝建議，因行人偵測正確性較具挑戰性，故已將行人的相關分析列為入 112 年度的分析情境「人車衝突」及「機會左轉-進階分析」。	同意。
(八) 新北市政府交通局（書面意見）		
本報告引用 FHWA 的衝突點評估方法計算衝突風險，似乎是以車輛中心或重心為參考點，惟機車無法以參考點與汽車一同評估，加上國內	感謝建議，衝突事件係採用車輛外框（車頭、車尾）進行計算，而非採用車輛之中心點，此部分已於前期計畫「路口無人機交通攝影及衝突分析技術開發」進行模擬測試，	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
混和車流環境下機車占比高，軟體設計未預留或考量適合國內環境的衝突點評估方法，將使評估結果明顯失真，建議及早研議預留未來升級評估方式的界面。	並驗證不同車型之車輛（機車、大客車）於衝突事件判斷之合理性。	
(九) 桃園市政府交通局		
1. 影像處理部份有提到自行車有被誤認為機車的情況，研究團隊是否有相關的校正機制。	由於行駛中機車難以維持自行車般的低速，可藉由移動中的平均速度高低來進一步區分機車與自行車，預計於明(111)年度計畫加入校正機制。	同意。
2. 號誌誤差部份，建議可評估與交控中心做號誌介接的可行性。	感謝建議，若單純介接訊號恐有不同系統對時問題，如無人機系統、介接電腦及號誌系統間的時間同步問題。若能直接從無人機拍攝影像得知燈號變化，將會是最直接可靠的方法，後續將研究是否能與交通單位取得適合的燈箱進行外接空拍。	同意。
(十) 臺中市政府交通局（書面意見）		
1. 報告書 P88，圖 5.1-3，建議碰撞型態可以將不同車種之間的衝突細分，以利研究汽機車路口處混流之潛在衝突狀況。	1. 感謝建議，衝突分析結果中已有記錄發生衝突之兩車車種，因此並不需要由衝突類型中再進行細分 2. 可透過分析軟體的篩選功能將不同車種(行人、自行車、機車、小客車、貨車、大客車、聯結車)的衝突進行細分。	同意。
2. 報告書 P105，鑒於逆對角之兩段式左轉為常見違規行為，建議後續研究可以加入該違規行為之機慢車衝突分析。	感謝建議，報告書 P105 為軟體功能說明，並非違規行為。目前可透過軌跡圖看出車輛特殊之動線，惟較難以軟體自動偵測此違規行為。	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
3. 報告書 P166，建議車道線設定畫面可以增加是否為機慢車道的選項。	3. 感謝建議，車道線之車道屬性已有考慮“機慢車道”之選項（圖 6.4-4），因目前分析並未使用，因此才未有特別註明。 4. 「機慢車道」法規名稱應為「慢車道」，未來也會依計畫規劃調整系統介面。	同意。
(十一) 臺南市政府交通局		
1. 以空拍視角觀測，的確可以看到一些傳統路側視角無法觀測到的問題。後續會將本市 2 個路口研究成果結合交通部的易肇事改善計畫，探討能否提出更好的改善措施。	感謝貴局協助將本研究成果，納入易肇事改善計畫。	同意。
2. 請問深度學習模型的泛用性，是否會因幾何條件不同的路口形式而影響？後續地方政府若使用平台，即便是幾何相似的路口，是否仍需重新訓練模型？	車輛的訓練結果基本上不會受路口大小、岔路數等幾何型態差異而有所影響。對於未在訓練影像中的路口，目前的訓練模型絕大多數都能直接應用，偵測上沒有明顯的差異。	同意。
3. 建議軟體介面的交通量調查，後續可規劃依時間區間進行產出。此外，交通量的圖示也可加入轉向量資訊，會較符合實務上的應用。	感謝建議，交通量調查依時間區間產出及路口說明圖示新增轉向量資訊，後續將與運研所討論納入之必要性及時程。	請團隊盤點各委員及單位之建議，與本所討論及設定研究目標及項目，並規劃於第 2、3 年(111、112 年)逐步完成。
4. 目前軟體的衝突點可透過點擊播放衝突點時段的影片，非常方便，但因衝突點較多，不易點選到同一個衝突點觀看	感謝建議，該功能為了繪製車輛方框，無法使用網頁原生播放器之控制功能，後續或可設計重播功能或局部放大衝突熱點區來達成此需求。	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
影片，建議可改善。		
(十二) 中華民國交通工程技師公會 (書面意見)		
1. 本研究結合事故型態導向之路口交通工程設計範例之研究案，利用車流軌跡自動偵測潛在交通衝突之判斷依據，將能輔助交通工程人員釐清事故發生原因。本年成果已能分析各車流方向之風險因素，相當有助益，建議後續分析因素能從歸責於人，再深化為歸責於路，以協助工程技師提出交通工程改善策略。	1. 感謝建議，這也是本研究的努力方向之一。 2. 舉例：本計畫將機會左轉車流可能導致之交通事故，彙整為3大類行為，再透過軟體分析統計其占比，判定其行為是否為普遍性行為(歸責於路)抑或者是偶發性行為(歸責於人)。	同意。
2. 報告書 P154~155 該路口多有穿越衝突風險，然而幾個表格顯示兩車衝突的數量為0，是否與拍攝時間和長度相關，或與兩車衝突的定義 $PET < 3$ 秒相關，是否需檢討門檻值呢？	穿越衝突風險是只其中一個方向來車有闖紅燈行為，可能因調查時間為車流尖峰時段，車流量大，因此沒有觀察到穿越衝突事件。因開發分析工具為本研究的主要目的，門檻值可於軟體中進行調整，後續會檢討門檻值是否恰當。	同意。
3. 建議第七章問題探討方式除了以軌跡圖表現外，未來可考慮結合瞬間減速度熱點或斑點圖，以利檢視衝突點。	1. 感謝建議，目前軌跡資料進一步計算瞬間加減速度之誤差較大，尚無法納入分析結果中。 2. 後續將與運研所討論納入此項目之必要性及時程。	請團隊盤點各委員及單位之建議，與本所討論及設定研究目標及項目，並規劃於第2、3年(111、112年)逐步完成。
(十三) 臺灣無人機協會		
1. 請問無人機的拍攝高度，是透過何基準進行判定？	拍攝高度主要是已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，	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
	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，在此高度下偵測模型也亦能適用。	
2. 在空拍資料蒐集的過程，能否分享曾發生過最嚴重的事件，對於後續相似作業或研究的人員是很寶貴的經驗。	本計畫於 107 年曾發生無人機失聯後自動安全降落之狀況，並完成制定無人機失聯處置 SOP，完善無人機操控管理。	同意。
3. 飛手在執行路口空拍任務時有許多的壓力(如擔心空拍機掉落等)，期望研究團隊能分享如何降低風險。	依照法規，無人機飛手都須符合規範且取得證照始能飛行，計畫亦將保險額度提高，以降低飛手心理壓力，現場執行時則以飛手專業判斷為準則，並搭配無人機操控 SOP，若出現訊號不佳或無人機狀態異常等現象，將會中止任務，以確保安全。	同意。
4. 是否有規劃緊急處置與飛行決策，並融入到團隊實際的執行中？	本計畫於 107 年完成制定無人機失聯處置 SOP，後續並依照法規、無人機專業諮詢、飛行經驗、無人機機種等條件，完善無人機操控管理，提升無人機飛行安全。	同意。
5. 簡報 P37，如何決定比例尺 3%之量測誤差，為團隊可接受的誤差值。	計算過程中之多個量測步驟都有可能產生誤差，為簡化評估作業，因此由測量工作之角度將可接受總誤差訂定在 3%以內。	同意。
(十四) 本所運輸安全組 (書面意見)		
1. 第三章：P47 說明比例尺之計算方式，請補充說明如何選取實際路口之參考點，以對應至路口底圖之正確位置。	首先請選擇明顯、易量測且足夠長度之標的物，例如路口行穿線長度做為量測目標，詳細量測位置需搭配圖片，已於報告書中補充說明，此外，建議能擇選 2 個以上的參考點進行測量，可提高比例尺準確度。	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. 第五章： (1) 第 5.4.2 節探討軟體後續經營模式，標題請修正為「探討軟體後續推廣應用模式」，第 5.4.3 節標題亦配合修正為「111 年推廣應用模式研提構想」。 (2) 建議於附錄納入申請軟體試用之保密切結書內容。	已修改標題，並增加保密切結書於附錄。	同意。
3. 第六章： (1) 第 6.3 節所列兩項先導測試計畫，除以文字說明各分析項目外，請補充說明程式判斷之原則，以及分析軟體是否已納入兩項先導測試議題之判斷功能及相關分析報表。 (2) P138 及 P150 分析範例說明，除了號誌週期外，建議補充說明該路口相關道路情況，如車道數、車道行向、機慢車兩段式左轉等，以利讀者瞭解，並對應相關分析。 (3) P142 表 6.3-5 至	(1) 感謝建議，已於表 6.3-2~4、6.3-10~12 補充程式判斷之基本原則。另分析軟體中已建立路口資訊 UI 讓分析人員輸入，判斷功能及相關分析報表目前為先導測試階段，異動可能性較大，因此內部雖已進行部分開發但尚未上線於分析軟體中，後續若有具體定義使用者介面即可整入分析軟體。 (2) - (6) 遵照辦理。	請團隊儘速將相關功能納入分析軟體，以利後續推廣應用作業。

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
6.3-9，建議補充說明 lane1 係自內側或外側車道起算。 (4) 圖 6.5-12 路口之道路名稱誤植至下一個路口，請修正。 (5) 第 6.5.3 節建議先針對圖 6.5-31 至圖 6.5-51 先分別說明觀察到的現象，再整理至 P198 綜合性發現。 (6) 第 6.6 節，建議彙整執行先導測試計畫過程中，無法處理或提醒後續相關單位探討此二課題之注意事項。例如機會左轉之拒絕或接收間距、標誌門架影響 AI 影片辨識及車速之計算等。		
4. 第七章：P216 有關路口周邊空間設置之相關意見，似與分析軟體相關圖表無關，建議宜再檢視內容是否妥適。	已刪除與軟體結果無關之相同討論。	同意。
5. 第八章： (1) 第 8.1 節規劃 111 年優先合作對象，請納入公路總局。 (2) 建議新增一節，說明如何進行分析軟體之推廣應用模	已補充於期末報告書第八章。	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
式。		
6. 第九章：第 9.1.3 節交通衝突分析，有關兩項先導測試計畫部分，請補充說明個分析項目與判斷原則、過程中發現之交通衝突特性、相關技術成熟度與限制等。	遵照辦理。	同意。
7. 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。
(十五) 主席結論		
1. 報告書第五章經營模式，名稱請調整為推廣應用模式並進行說明。委員提到本案未來定位、Open Data 及應用方向，除協助地方政府外，應擴大相關服務的可能性，除了個案的分析外，也可朝建立類型化交通工程改善手冊之偵測工具使用。第八章的下年度計畫內容，也請配合補充說明。	已修改期末報告書第五章，並補充第八章內容。	同意。
2. 報告書第六章，部份範例說明請再補充其基本資訊，例如：道路幾何、車行方向等。此外，若執行先導測試計畫過程中，發現有無法處理或新課題，如標誌門架遮蔽造成影像辨識及車速計算問題，而需	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
未來才能處理的部分， 亦請進行歸納。		
3. 簡報提及部分研究成果 還來不及整理至報告 書，請研究團隊再行補 充。	遵照辦理。	同意。
4. 審查會議各委員及與會 單位研提之口頭及書面 意見，請訊力科技公司 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，期末審查原則通 過，請訊力科技公司於 110 年 12 月 27 日(星期 一)前提送期末修訂報 告。	遵照辦理。	同意。

ISBN 978-986-531-407-1
00500



9 789865 314071

GPN : 1011100662

定價 500 元