115-053-3547
IOT-114-SCB003

影像辨識技術為核心之
市區客運風險分析工具架構規劃

著者：鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峯、劉曜峯、黃興邦
葉家榮、黃彥傑、張詠詠、藍奕丞、周采葳
黃寶儀、何玉鳳、黃明正、喻世祥、黃士軒

交通部運輸研究所

中華民國 115 年 10 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

題名/著者: 影像辨識技術為核心之市區客運風險分析工具架構規劃 /鍾易詩, 邱裕鈞, 吳昆峯, 劉曜峯, 黃興邦, 葉家榮, 黃彥傑, 張詠詠, 藍奕丞, 周采葳, 黃寶儀, 何玉鳳, 黃明正, 喻世祥, 黃士軒著
版本: 初版
出版: 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 115.10
識別碼: ISBN 978-986-531-801-7（平裝）| CIP 115015638
主題詞: LCSTT: 客運 | LCSTT: 交通管理 | LCSTT: 交通安全| LCSTT: 運輸系統
分類號: 557

影像辨識技術為核心之市區客運風險分析工具架構規劃

著　　者：鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峯、劉曜峯、黃興邦、葉家榮、黃彥傑
張詠詠、藍奕丞、周采葳、黃寶儀、何玉鳳、黃明正、喻世祥
黃士軒
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 115 年 10 月
印 刷 者：全凱數位資訊有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 46 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科技及資訊組•電話：(02)2349-6789
五南文化廣場：403 臺中市西區臺灣大道 2 段 85 號•電話：(04)2226-0330
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

GPN：1011501383　　ISBN：978-986-531-801-7 (平裝)
著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：影像辨識技術為核心之市區客運風險分析工具架構規劃</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-531-801-7 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1011501383</td><td>運輸研究所出版品編號
115-053-3547</td><td>計畫編號
114-SCB003</td></tr>
<tr><td>主辦單位：運輸安全組
主管：黃明正
計畫主持人：黃明正
研究人員：喻世祥、黃士軒
聯絡電話：02-2349-6859
傳真號碼：02-2545-0429</td><td colspan="2">合作研究單位：國立陽明交通大學
計畫主持人：鍾易詩
研究人員：鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峯、劉曜峯
黃興邦、葉家榮、黃彥傑、張詠詠
藍奕丞、周采葳、黃寶儀、何玉鳳
地址：臺北市中正區忠孝西路 1 段 118 號
聯絡電話：02-2349-4952</td><td>研究期間
自 114 年 05 月
至 114 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：市區客運行車安全、事故風險建模、Bow-tie 風險評估架構、駕駛行為分析、ADAS 警示事件分析、影像辨識技術、安全管理系統應用</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
本計畫以市區客運行車安全為核心，整合事故統計分析、風險評估架構、警示事件小樣本分析及影像辨識技術，從宏觀事故特性到微觀駕駛行為，系統性探討不同道路與區域情境下之行車風險因子，並評估其於實務安全管理上的應用潛力。
本計畫延續前期計畫，將國道客運安全管理系統落地應用於和欣客運。實務經驗顯示，「異常事件列表」的功能對其管理及營運較有幫助，亦較常使用該功能。而本計畫團隊也持續提供客製化之協助，使其使用上更符合原先之駕駛員管理理念。
本計畫從四個面向整理本年度之研究成果（前三點為市區客運部分、後一點為國道客運部分），其一為「分析工具」對本計畫之貢獻，包含事故資料分析、Bow-tie 風險評估架構及影像辨識為核心之研究架構；其二為「硬體設備」在本計畫之角色與限制。本計畫提出相關設備改善之系統性建議，使未來研究或安全管理應用之實務有可遵循之最低規範；其三為「分析結果」對運輸安全實務上的意義，了解不同分析方式對應之安全課題，讓本計畫得以在對的主題上使用對的方法，以得到可用於實務管理之意涵與建議；其四為「實務管理」之應用，本計畫延續前期計畫，將國道客運安全管理系統落地應用於和欣客運，並藉由分析工具的選擇，進行不同模型的分析，得到預期之分析結果，最後自動化地呈現於管理系統上。</td></tr>
</table>

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
115 年 10 月	430	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: Framework Planning for an Urban Public Transport Risk Analysis Tool Based on Image Recognition Technology

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-531-801-7 (pbk.)	1011501383	115-053-3547	114-SCB003

DIVISION: Safety Division

DIVISION DIRECTOR: Ming-Cheng Huang

PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ming-Cheng Huang

PROJECT STAFF: Shih-Hsiang Yu ;Shih-Hsuan Huang

PHONE: 886-2-2349-6859

FAX: 886-2-2545-0429

PROJECT PERIOD

FROM May 2025

TO December 2025

RESEARCH AGENCY: National Yang Ming Chiao Tung University

PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yi-Shih Chung

PROJECT STAFF: Yi-Shih Chung, Yu-Chiun Chiou, Kun-Feng (Ken) Wu, Yao-Feng Liu, Xing-Bang Huang, Jia-Rong Ye, Yan-Jie Huang, Yong-Yong Chang, Yi-Cheng Lan, Cai-Wei Zhou, Bao-Yi Huang, Yu-Feng He, Ming-Cheng Huang, Shih-Hsuan Huang

ADDRESS: No. 118, Sec. 1, Zhongxiao W. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 100, Taiwan (R.O.C.)

PHONE: 886-2-2349-4952

KEY WORDS: Urban Bus Safety, Crash Risk Modeling, Bow-tie Risk Assessment, Driving Behavior Analysis, ADAS Warning Events, Image Recognition Evaluation, Safety Management System

ABSTRACT:

This project focuses on urban bus safety by integrating accident statistical analysis, risk assessment frameworks, small-sample warning event analysis, and image recognition techniques. By linking macroscopic accident characteristics with microscopic driving behaviors, the study systematically investigates driving risk factors under different roadway and regional contexts and evaluates their applicability to practical safety management.

Finally, building upon previous projects, this study implemented the highway intercity bus safety management system in collaboration with Ho-Hsin Bus Company. Practical experience indicates that the “abnormal event list” function provides the greatest value for operational management and is most frequently utilized by management staff. The project team has continued to provide customized support to align the system with the company’s driver management philosophy. However, system generalization and wider deployment remain challenging due to the lack of standardization in hardware equipment and operating procedures.

In summary, this project consolidates its annual research outcomes from four dimensions. The first three points refer to city bus services, while the last point refers to intercity bus services. First, in terms of analytical tools, it integrates accident data analysis, the Bow-tie risk assessment framework, and image-recognition-based methodologies into a coherent research structure. Second, regarding hardware equipment, the project identifies its critical role and limitations and proposes systematic recommendations that establish minimum standards for future research and safety management applications. Third, in terms of analytical results, the project demonstrates how the appropriate application of different tools to suitable research questions can generate actionable insights for transportation safety practice. Fourth, in practical management, the study extends prior efforts by operationalizing analytical results within a real-world safety management system, enabling automated presentation of risk analysis outcomes to support decision-making.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
October 2026	430	500

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目錄

圖目錄 VI
表目錄 XI
第一章 緒論 1
1.1 計畫緣起 1
1.2 計畫目的 3
1.3 計畫工作項目 4
1.4 計畫範圍、架構與流程 5
第二章 文獻回顧 9
2.1 前期計畫回顧 9
2.1.1 「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」案 9
2.1.2 「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」案 10
2.1.3 小結 17
2.2 科技輔助之運輸業安全應用 17
2.3 自然駕駛與駕駛行為研究 20
2.4 異常事件與事故特性分析 24
2.4.1 異常事件風險指標 24
2.4.2 異常事件影響因子 61
2.4.3 小結 71
2.5 先進駕駛輔助系統於市區客運駕駛之應用 72
2.5.1 先進駕駛輔助系統簡介與應用 72
2.5.2 先進駕駛輔助系統於市區客運應用之相關研究 73
2.5.3 小結 78
2.6 行車影像辨識技術於市區客運駕駛之應用 79
2.6.1 行車訓練影像資料庫 79
2.6.2 行車影像辨識技術與應用 82
2.6.3 小結 86
2.7 市區客運駕駛安全管理策略 87
第三章 市區客運事故資料分析 93
3.1 分析構想 93
3.2 資料蒐集與敘述性統計 95
3.2.1 資料蒐集與處理 95

3.2.2 各縣市市區客運依年度事故統計 100
3.2.3 碰撞型態與駕駛行為之交叉分析 103
3.2.4 事故地點與駕駛行為之交叉分析 107
3.2.5 肇事運具與駕駛行為之交叉分析 109
3.2.6 事故碰撞型態空間分析 112
3.3 事故頻次模型 118
3.3.1 以路段為基礎之事故頻次模型：全國 119
3.3.2 以路段為基礎之事故頻次模型：六都 128
3.3.3 以路口為基礎之事故頻次模型：臺北市 131
3.4 事故碰撞型態模型 137
3.4.1 以路段事故為基礎之碰撞型態類別模型：全國 137
3.4.2 以路口事故為基礎之碰撞型態類別模型：臺北市 143
3.5 事故嚴重程度模型 147
3.5.1 事故嚴重程度影響因素探討：全國 147
3.5.2 事故風險矩陣 149
3.6 小結 151
第四章 客運自然駕駛與事故影像資料蒐集 155
4.1 客運自然駕駛資料蒐集 155
4.1.1 資料蒐集對象 155
4.1.2 資料蒐集內容 158
4.1.2.1 資料蒐集範圍與路線 158
4.1.2.2 資料盤點 161
4.1.2.3 資料結構與變數定義 164
4.1.3 選用資料與警示類型比較 169
4.2 市區客運事故影像資料蒐集 171
4.2.1 資料蒐集對象 171
4.2.2 資料蒐集內容 171
第五章 市區客運行車異常事件與風險評估指標之定義與分析 175
5.1 分析構想 175
5.2 市區客運駕駛長訪談結果 176
5.3 基於 Bow-tie 架構之半量化風險評估模型 188
5.3.1 風險評估模型 189
5.3.2 「路口」行車異常事件嚴重度分析與風險評估結果 195

5.3.3....「公車進、出站」行車異常事件嚴重度分析與風險評估結果.....201
5.3.4 討論與管理意涵.....205
5.4 行車異常事件序列定義與風險評估指標擬定.....209
5.4.1 行車異常事件序列.....209
5.4.2 風險評估指標擬定.....219
5.5 行車異常程度與風險評估指標之小樣本測試.....221
5.5.1 人工真值編碼.....221
5.5.2 分析結果.....225
5.6 小結.....234
第六章 影像辨識資料之分析架構.....237
6.1 影像辨識評估架構.....237
6.1.1 首都客運.....237
6.1.2 和欣客運.....238
6.2 客運業者影像資料品質之盤點：業者、車型與路線差異.....239
6.2.1 和欣客運 (國道客運).....241
6.2.2 首都客運 (市區客運).....242
6.3 市區客運業者影像辨識技術之盤點.....242
6.4 評估客運業者影像適用性.....246
6.5 風險評估指標辨識分析結果.....252
6.5.1 車外評估指標辨識品質.....252
6.5.2 車內評估指標辨識品質.....266
6.6 市區客運影像辨識技術開發之建議.....272
6.6.1 可辨識指標未來精進之方式.....272
6.6.2 無法辨識指標之建議處理方式.....273
6.6.3 人車物件追蹤與預測.....274
6.6.4 市區客運影像設備之建議.....274
6.7 小結.....276
第七章 市區與國道客運業者座談會.....279
7.1 座談會內容簡述.....279
7.1.1 座談會目的.....279
7.1.2 座談會邀請與出席業者.....279
7.1.3 討論議題.....281
7.2 駕駛行為之 SOP 與高風險駕駛情境.....282

7.2.1 指差確認之 SOP 282
7.2.2 其他駕駛情境之 SOP 284
7.2.3 高風險駕駛情境 285
7.3 客運業者使用 ADAS 警示之方式 287
7.4 客運業者對駕駛安全管理系統之期望 289
7.5 綜合座談 291
7.6 座談會結論 292
第八章 國道客運業者安全管理系統 PoS 之執行 295
8.1 安全管理系統介紹 295
8.1.1 登入系統 296
8.1.2 首頁 297
8.1.3 出車提醒 299
8.1.4 行車異常事件列表 300
8.1.5 駕駛綜合報表 302
8.1.6 資料上傳與影像辨識分析 303
8.1.7 安全管理系統與現有管理策略之結合構想 305
8.2 安全管理系統 PoS 實施構想與管理執行流程 306
8.3 安全管理系統 PoS 導入訪談結果 309
8.4 安全管理系統 PoS 執行之關鍵績效指標 310
8.5 安全管理系統 PoS 之技術導入協助事項 311
8.5.1 環境建置 311
8.5.2 資料前處理 312
8.5.3 安全管理系統 PoS 導入之需求功能 316
8.5.4 系統操作教育訓練 317
8.5.5 影像解析度調整與 OCR 辨識說明 319
8.5.6 影像辨識之趟次起訖時間選擇優化說明 320
8.5.7 PoS 系統調整紀錄 321
8.6 安全管理系統 PoS 實施成效評估與定期討論結果 324
8.7 小結 327
第九章 結論與建議 329
9.1 結論 329
9.2 建議 334
參考文獻 339
附錄一 期中審查意見回覆 357

附錄二 期末審查意見回覆 377
附錄三 市區與國道客運業者座談會問卷 399
附錄四 安全管理系統 PoS 績效指標問卷 403

圖目錄

圖 1-1　本計畫研究流程圖 6
圖 1-2　市區客運風險分析架構 8
圖 2-1　KITTI 資料庫影像範例 80
圖 2-2　Cityscapes 資料庫影像範例 80
圖 2-3　BDD100K 影像範例 81
圖 2-4　Waymo Open Dataset 攝影機感測器蒐集方式 81
圖 2-5　使用臉部特徵定位之間的距離關係判斷駕駛眼睛和口部開闔 .85
圖 2-6　使用正面、側面兩種視角共同辨識駕駛疲勞狀態與分心行為 .86
圖 2-7　安全駕駛行為管理主要元素：偵測、監控、矯正機制、駕駛員安全駕駛行為分數 88
圖 2-8　駕駛員分數變化趨勢比較 89
圖 2-9　駕駛員駕駛行為監測示意圖 89
圖 2-10　韓國駕駛員風險評估案例 90
圖 2-11　日本客運駕駛在就職前所進行之適性診斷 91
圖 2-12　駕駛評分系統示意圖 92
圖 2-13　駕駛評分系統示意圖 92
圖 3-1　市區客運事故資料分析架構圖 94
圖 3-2　事故頻次與碰撞型態模式建立架構與使用資料 96
圖 3-3　全臺各直轄市事故件數依年度統計 100
圖 3-4　全臺各非直轄市事故件數依年度統計 101
圖 3-5　全臺各碰撞型態類型之客運事故統計 102
圖 3-6　全臺 108 至 113 年度客運事故統計 102
圖 3-7　同向擦撞事故駕駛當事者動態之交叉分析 104
圖 3-8　對向擦撞事故駕駛當事者動態之交叉分析 104
圖 3-9　追撞事故駕駛當事者動態之交叉分析 106
圖 3-10　與行人碰撞事故駕駛當事者動態之交叉分析 106
圖 3-11　一般車道事故駕駛當事者動態之交叉分析 108
圖 3-12　交叉路口事故駕駛當事者動態之交叉分析 108
圖 3-13　涉及大客車事故駕駛當事者動態之交叉分析 110
圖 3-14　涉及小客車事故駕駛當事者動態之交叉分析 110
圖 3-15　涉及機車事故駕駛當事者動態之交叉分析 111
圖 3-16　涉及行人事故駕駛當事者動態之交叉分析 111

圖 3-17　臺北市各碰撞型態事故空間熱力圖 112
圖 3-18　新北市各碰撞型態事故空間熱力圖 113
圖 3-19　桃園市各碰撞型態事故空間熱力圖 114
圖 3-20　臺中市各碰撞型態事故空間熱力圖 115
圖 3-21　臺南市各碰撞型態事故空間熱力圖 115
圖 3-22　高雄市各碰撞型態事故空間熱力圖 116
圖 3-23　客運事故各碰撞型態之建成環境分析.....117
圖 3-24　臺北市市區道路每百公尺年客運事故件數 127
圖 3-25　六都各區域情境頻次模型細數分布圖.....129
圖 3-26　臺北市路口分布與交通流量特性 132
圖 3-27　路段事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式係數彙整 141
圖 3-28　各碰撞型態類別相關因素之萃取 142
圖 3-29　臺北市路口事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式係數彙整...143
圖 3-30　全臺路段事故頻次與嚴重程度風險矩陣.....150
圖 3-31　臺北市內及其周遭之市區客運事故風險路段分布地圖 151
圖 4-1　創奕金旅電車車輛硬體設備.....156
圖 4-2　成運電車車輛硬體設備 156
圖 4-3　總盈電車車輛硬體設備 156
圖 4-4　成運五期柴油車車輛硬體設備 157
圖 4-5　成運四期柴油車車輛硬體設備 157
圖 4-6　市區客運 284 (都市中心內) 路線圖及轉彎處.....158
圖 4-7　市區客運藍 36 (都市中心內) 路線圖及轉彎處.....159
圖 4-8　市區客運 536 (非都市中心內) 路線圖及轉彎處 159
圖 4-9　市區客運棕 13 (非都市中心內) 路線圖及轉彎處 160
圖 4-10　284、藍 36、536 及棕 13 之路線分布圖 161
圖 4-11　首都客運攝影機拍攝方向與角度 163
圖 4-12　市區客運 284 路之行駛環境.....170
圖 4-13　市區客運 536 路之行駛環境.....170
圖 5-1　行車異常事件與風險評估指標之定義與分析架構圖 175
圖 5-2　事故一事故現場圖 177
圖 5-3　事故二事故現場圖 178
圖 5-4　事故三事故現場圖 180
圖 5-5　事故四事故現場圖 182
圖 5-6　事故五事故現場圖 183

圖 5-7　事故六事故現場圖 184
圖 5-8　事故七事故現場圖 185
圖 5-9　事故八事故現場圖 186
圖 5-10　行車異常事件與風險分析指標定義之資料來源.....189
圖 5-11　首都客運事故記錄分析構想與流程 (步驟一).....190
圖 5-12　Bow-tie 架構.....193
圖 5-13　公車行駛路口時之異常事件 Bowtie 架構 199
圖 5-14　公車進、出站之異常事件 Bowtie 架構 203
圖 5-15　序列一：前車突然減速示意圖 211
圖 5-16　序列二：前車等速行駛 212
圖 5-17　序列三：前車由左側/右側變換車道 (3L/3R) 212
圖 5-18　序列四：本車向左/向右變換車道 (4L/4R) 214
圖 5-19　序列五：本車向左/向右偏離車道 (5L/5R) 216
圖 5-20　序列六：本車因閃避動作而向左/向右偏離車道 (6L/6R).....216
圖 5-21　序列七：本車在路口右轉 218
圖 5-22　序列八：本車在路口左轉 219
圖 5-23　車外評估指標之九宮格示意圖 220
圖 5-24　序列與子序列之編碼內容擷取.....222
圖 5-25　警示事件異常程度與駕駛長反應之編碼內容擷取 223
圖 5-26　警示事件逐秒之車外與車內評估指標之編碼內容擷取 225
圖 5-27　跟車警示中，警示事件異常程度與車速關係圖.....228
圖 5-28　變換車道警示中，警示事件異常程度與車速關係圖 231
圖 6-1　首都客運提供之車前影像 237
圖 6-2　首都客運提供之車側影像 237
圖 6-3　首都客運提供之車內影像 238
圖 6-4　和欣客運提供之車前影像 238
圖 6-5　和欣客運提供之車側影像 239
圖 6-6　和欣客運提供之車內影像 239
圖 6-7　和欣客運 (上) 和首都客運 (下) 提供之車型影像比較 240
圖 6-8　和欣客運 (左) 和首都客運 (右) 提供之車型影像比較 241
圖 6-9　市區車前影像於夜間受光源干擾之實例.....246
圖 6-10　市區車前影像光源導致曝光程度不一致的問題.....246
圖 6-11　市區車前影像套用國道偵測網路所產生物件辨識類別問題 ...247

圖 6-12　和欣客運 (上) 與首都客運 (下) 影像扭曲程度差異對範圍判斷的影響與誤差 247
圖 6-13　市區車側影像直接套用國道偵測網路所產生的物件辨識類別問題 249
圖 6-14　市區車側影像於夜間受光源干擾之實例 249
圖 6-15　和欣客運車內影像受市區光線變化影響之情形 251
圖 6-16　客運車內相機沒有 IR 補光功能之情形 251
圖 6-17　新九宮格視覺化校準 258
圖 6-18　今年首都客運 536 路線車輛前方物件偵測情形 259
圖 6-19　今年首都客運 284 路線車輛前方物件偵測情形 259
圖 6-20　和欣客運 551-U9 車輛前方物件偵測情形 259
圖 6-21　536 路線車輛側方物件偵測情形 264
圖 6-22　284 路線車輛側方物件偵測情形 264
圖 6-23　車輛側方夜間下雨造成炫光範例 (此例為和欣客運) 264
圖 6-24　284 路線車側新九宮格的範圍畫出 265
圖 6-25　284 路線右方相機 (960×480) 理論誤差圖 265
圖 6-26　536 路線右方相機 (352×240) 理論誤差圖 266
圖 6-27　536 路線車側新九宮格的範圍畫出與放大圖 266
圖 6-28　光線變化與遮蔽導致關節偵測不良 268
圖 6-29　窗外物件干擾 268
圖 6-30　駕駛上下車導致偵測不良 268
圖 6-31　駕駛佔畫面比較低且落在畫面角落 (此例為 284 路線) 269
圖 6-32　車內影像解析度低且成像較模糊 (此例為 536 路線) 269
圖 6-33　車內相機缺乏 IR 補光 (此例為 536 路線) 270
圖 6-34　駕駛正在進行指差確認時關節點偵測結果與類似行為比較 ...271
圖 8-1　駕駛安全管理系統登入畫面 296
圖 8-2　系統畫面 (系統管理者、駕駛管理者) 297
圖 8-3　系統畫面 (駕駛員) 297
圖 8-4　首頁之行車異常事件數據顯示 298
圖 8-5　首頁之高風險駕駛數據顯示 298
圖 8-6　首頁之隨時間演變警示圖 299
圖 8-7　出車提醒 300
圖 8-8　個人警示 300
圖 8-9　駕駛行為提醒 300

圖 8-10　行車異常事件列表 301
圖 8-11　行車異常事件地圖 301
圖 8-12　行車異常事件影像 301
圖 8-13　駕駛綜合報表 303
圖 8-14　資料上傳按鈕與影像辨識工作表 304
圖 8-15　資料上傳視窗 304
圖 8-16　PoS 實施構想與管理執行流程 307
圖 8-17　趟次與行駛路徑類別資料範例 312
圖 8-18　車內空間攝影範例與區域劃分 313
圖 8-19　車內辨識資料前處理流程圖 313
圖 8-20　標註工具與車內辨識模組流程整合 314
圖 8-21　車外辨識資料前處理流程圖 314
圖 8-22　車前影像與標註工具 315
圖 8-23　車道線與警示區域基準線 315
圖 8-24　標註工具與車外辨識模組流程整合 316
圖 8-25　帳號管理功能 316
圖 8-26　佈告欄訊息 317
圖 8-27　使用者 API 呼叫紀錄 317
圖 8-28　教育訓練時程安排 318
圖 8-29　於和欣客運新營總站施行教育訓練 318
圖 8-30　舊版 OCR 字體 319
圖 8-31　新版 OCR 字體 320
圖 8-32　趟次影像辨識起訖時間設定 320
圖 9-1　計畫架構之整體關係 332

表目錄

表 2-1　安全評估替代性指標常用門檻值彙整 33
表 2-2　發生於路口之追撞事故指標應用與設計方法 34
表 2-3　發生於路口之轉向碰撞與角碰撞指標應用與設計方法 37
表 2-4　發生於路口之與行人碰撞事故指標應用與設計方法 38
表 2-5　與公車進、出站相關之異常事件文獻列表 42
表 2-6　追撞事件風險指標 49
表 2-7　側撞事件風險指標 52
表 2-8　變換車道引起事故風險指標 54
表 2-9　既有文獻之異常事件風險指標統整表格 58
表 2-10　路口異常事件影響因子 62
表 2-11　公車進、出站異常事件影響因子 67
表 2-12　車道偏離影響因子 70
表 2-13　急加速、急減速影響因子 70
表 3-1　本計畫所需各資料欄位變數與資料來源 97
表 3-2　路段事故頻次模型各變數敘述性統計 120
表 3-3　以路段為基礎之各碰撞型態事故頻次模型 (全國路段) 124
表 3-4　以路段為基礎之各碰撞型態事故頻次模型 (臺北市路段) 125
表 3-5　以路段為基礎之市區、郊區、鄉村事故頻次模型 (全國路段) 126
表 3-6　臺北市路段事故預測頻次之前十大市區客運路線彙整 128
表 3-7　六都市區客運事故頻次影響因素之整體比較 130
表 3-8　臺北市路口事故頻次模型各變數敘述性統計 132
表 3-9　以路口為基礎之各碰撞型態事故頻次模型 (臺北市) 136
表 3-10　路段事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式 (全國事故) 138
表 3-11　路段事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式 (臺北市事故) 139
表 3-12　以路口為基礎之碰撞型態類別模型 (臺北市) 144
表 3-13　事故嚴重程度模型 148
表 4-1　首都客運各路線所選車輛數、蒐集時間與天數、攝影機數量與位置、警示數量、駕駛員年資與年齡 162
表 4-2　和欣客運與首都客運 OBD 原始資料集內容 164
表 4-3　和欣客運與首都客運 GPS 原始資料集內容 165
表 4-4　和欣客運與首都客運 ADAS 原始資料集內容 165

表 4-5　和欣客運與首都客運 ADAS 警示之異同比較 166
表 4-6　和欣客運平面段與首都客運都市及非都市中心路線警示類型與數量分布 169
表 4-7　首都客運 113 年事故件數 172
表 4-8　記錄於臺北市事故資料之首都客運事故件數 172
表 5-1　情境與對應之異常事件風險指標擬定 188
表 5-2　「路口」事故完整紀錄例子 191
表 5-3　「公車進、出站」事故完整紀錄例子 192
表 5-4　肇因出現頻次與事故嚴重度之風險矩陣 194
表 5-5　各事故肇因風險分數範例 194
表 5-6　公車行駛路口時各肇因風險分數 (事故數 = 69) 201
表 5-7　公車進、出站各肇因風險分數 (事故數 = 34) 204
表 5-8　跟車之異常事件序列分類 210
表 5-9　序列一與序列二之子序列說明與對應之圖示 211
表 5-10　序列三之子序列說明與對應之圖示 213
表 5-11　變換車道之異常事件序列分類 214
表 5-12　序列四之子序列說明與對應之圖示 215
表 5-13　序列五與序列六之子序列說明與對應之圖示 216
表 5-14　轉向之異常事件序列分類 217
表 5-15　序列七與序列八之子序列說明與對應之圖示 218
表 5-16　100 件警示事件之類型統整 226
表 5-17　100 件警示事件之序列統整 226
表 5-18　駕駛人反應之編碼結果統整 227
表 5-19　警示事件異常程度之編碼結果統整 227
表 5-20　跟車警示中，警示事件異常程度與車速變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果 229
表 5-21　跟車警示中，警示事件異常程度與第五宮格是否有用路人之關係 (284 路) 229
表 5-22　跟車警示中，警示事件異常程度與第五宮格是否有用路人之關係 (536 路) 230
表 5-23　跟車警示中，警示事件異常程度與第二宮格之用路人與本車距離變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果 230
表 5-24　變換車道警示中，警示事件異常程度與車速變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果 231

表 5-25　變換車道警示中，警示事件異常程度與第五宮格是否有用路人之關係 (536 路) 232
表 5-26　變換車道警示中，警示事件異常程度與第二宮格之用路人與本車距離變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果 232
表 5-27　變換車道警示中，536 路警示事件異常程度與其他宮格之用路人與本車距離變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果 233
表 5-28　警示事件異常程度與車速變化之關係統整 233
表 5-29　警示事件異常程度與不同宮格用路人有無或距離變化之關係統整 234
表 6-1　今年首都客運路線 284 Grid 5 辨識性能 (依類別計數) 254
表 6-2　今年首都客運路線 284 Grids 1/2/3/4/6 辨識性能 (最近物件) . 254
表 6-3　今年首都客運路線 536 Grid 5 辨識性能 (依類別計數) 254
表 6-4　今年首都客運路線 536 Grids 1/2/3/4/6 辨識性能 (最近物件) . 255
表 6-5　和欣客運 551-U9 Grid 5 辨識性能 (依類別計數) 255
表 6-6　和欣客運 551-U9 Grids 1/2/3/4/6 辨識性能 (最近物件) 256
表 6-7　和欣客運 551-U9 情境評估表 260
表 6-8　今年首都客運路線 536 情境評估表 260
表 6-9　今年首都客運路線 284 情境評估表 260
表 6-10　用於國道的車側物件偵測網路數據 262
表 6-11　更新後的車側物件偵測網路數據 262
表 6-12　各車輛分別車側物件偵測網路數據 263
表 6-13　關節點偵測數據 267
表 6-14　駕駛進行指差確認影片片段關節點偵測數據 270
表 6-15　首都客運車內影像於各項駕駛分心行為判斷上面臨之困難 ... 271
表 7-1　指差確認之 SOP 回覆 283
表 7-2　其他駕駛情境之 SOP 回覆 285
表 7-3　高風險駕駛情境之回覆統計 286
表 7-4　線上安全管理系統之回覆統計 288
表 7-5　線下安全管理系統之回覆統計 288
表 7-6　駕駛安全管理系統有用性與易用性之回覆統計 290
表 8-1　和欣客運駕駛員管理機制與對應之 PoS 可協助之處 309
表 8-2　PoS 系統調整總表 321
表 8-3　行車資料前處理調整紀錄 321
表 8-4　系統整合辨識區域繪製調整紀錄 321

表 8-5　公告欄內容自動更新調整紀錄 322
表 8-6　資料上傳方式與 UI 調整紀錄 323
表 8-7　使用者帳號、身分管理調整紀錄 323
表 8-8　車內行為檢視調整紀錄 324
表 8-9　系統建置調整紀錄 324
表 8-10　行車影像辨識起始時間調整紀錄 324
表 8-11　和欣客運管理階層使用安全管理系統之問卷回覆內容 325

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

根據統計，我國 113 年全年發生 393,918 件道路交通事故 (A1 及 A2)，共計造成 2,950 人死亡 (以事故發生 30 天內死亡為計算基準)、524,485 人受傷 (道安總動員，2025)，整體社會成本損失超過 5,000 億元。為改善道路交通安全，各級政府推動運輸業安全管理系統所用安全改善績效及相關分析，往往僅能以事故件數、死亡人數、受傷人數等呈現安全水準，並據以找出應強化改善的環節，惟因事故屬高度隨機的稀有事件 (rare event)，且此類型之落後指標 (lagged indicator) 難以有效分析評估駕駛之安全性。

事故的發生，往往肇因於人、車、路、環境等多重因素交互影響下造成之不幸結果，其中，「人」必須擔負所有資訊接收、解讀、判斷、決策與執行，為行車安全最重要的關鍵環節；此外，歷年事故多以未注意車前方、未依規定讓車、未保持行車安全間隔、變換車道或方向不當等人為因素為主要肇因者，約占全國交通事故死亡人數之 70%以上，顯見「駕駛人行為分析」在整體事故預防之重要性。因此，僅透過事故資料篩選易肇事路段，難以探知駕駛人在該易肇事路段的實際行為及潛在行為偏差，導致改善策略往往無法對症下藥，亦無法從駕駛人行為層面評估各項改善策略之績效。

近年來，由於先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 發展日趨成熟且應用漸趨普遍，ADAS 已被國內汽車運輸業者廣為使用，藉以偵測行車過程中本車與其他用路人、環境的行為互動，並對可能造成事故之潛在風險提出即時警示。然而，對於已被國際廣泛應用之 ADAS 而言，其即時警示雖已達到相當程度之準確度，惟此一準確度係奠基於其被應用在即時警示用途上，倘逕將其應用至長期安全管理，則可能造成各項警示紀錄被誤用，進而產生安全管理策略之偏誤。

其一，ADAS 警示係為在駕駛途中避免即將發生的碰撞，無論透過影像辨識或其他偵測技術，當任何車輛或行人進入合理範圍 (考量速度及反應時間) 內即給予警示，因其目的為避免碰撞，爰系統設計是以容忍一定程度誤報但極力降低漏報之原則，換言之，ADAS 部分誤報本為系統所容忍且可接受，但逕自將其應用在長期安全管理並做為安全管理指標，則會

造成對駕駛員評價不公；其二，ADAS 警示僅在任何車輛或行人進入合理範圍時觸發，後續駕駛員行為是否得宜並非系統設計之標的，事實上該起警示可能係因駕駛員本身錯誤造成，也可能係因其他用路人造成，就即時警示之目的而言，警示駕駛人注意潛在威脅即已達到系統設定之功能，沒有區分造成警示責任或區分警示後行為之必要，但就長期管理而言，警示後行為態樣顯示駕駛員是否採取適當方式應對，有必須管理之必要。

綜合言之，過去對於 ADAS 警示準確度之質疑，部分來自於將即時警示未經處理而逕自使用於長期管理，對於安全管理而言，此一錯誤指標無法協助業者找出真正安全隱憂，並據以提出安全管理策略。

此外，隨著科技進展，各國陸續以自然駕駛 (naturalistic driving) 為題，透過在車輛上裝設各項偵測設備，長時間蒐集駕駛人在「自然」狀態下的駕駛行為，並透過其於行車過程中發生的失誤或偏差等領先指標 (leading indicator) 之監控，分析駕駛人的行為模式，以達到安全管理之目的。以美國運輸部公路安全署 (US National Highway Traffic Safety Administration of DOT, NHTSA) 與維吉尼亞理工學院運輸中心 (Virginia Tech Transportation Institute, VTTI) 負責執行 100-car 計畫為例，該案募集一般民眾在其車輛上裝設各種儀器，蒐集大規模真實駕駛行為資料，期能透過對駕駛行為的深入探討，了解駕駛人在行車過程中的各項行為特性，做為研提事故預防策略的基礎。

交通部運輸研究所 (後簡稱本所) 於 107 年辦理「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」計畫案，透過在營業大客車之各項智慧車載系統 (包含車上診斷系統 (On-Board Diagnostics, OBD) II、ADAS 等) 蒐集車輛速度、警示事件等資料，並以所蒐集的 100 個旅次的自然駕駛行為資料為例，針對國道客運業者進行本土化高風險駕駛行為指標與門檻值之建立、高風險駕駛行為過濾分析、駕駛人特性分析、計算駕駛人安全分數，並初步開發駕駛行為分析工具雛形，供業者進行駕駛人安全診斷。110 年起辦理「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」4 年期計畫，進一步應用影像辨識技術，整合行車影像、駕駛行為、ADAS 警示及環境資料，從大量 ADAS 警示當中找出真正具有安全隱憂的行車異常事件，並建立高風險駕駛行為分析工具，據以提出以影像辨識為核心之安全管理與風險分析平台，幫助客運業者善用資料進行安全管理。

基於上述內容，國道客運之安全分析已漸趨完整。然而，國道客運之車流環境、駕駛行為、幾何條件與道路基礎設施特性等較為單純，故前期計畫之分析結果並無法直接應用於市區客運的道路安全分析上，僅能就前四期計畫發展出的分析框架與方法，重新建立可應用於市區道路環境之分析模組。據此，本計畫之研究場域從國道高速公路轉變為市區道路，並部分沿用前期計畫之研究分析架構，進行市區客運高風險駕駛行為與異常事件之分析。另一方面，本計畫欲透過實際應用，了解前述提及之以影像辨識為核心之安全管理與風險分析平台，是否能擴展至服務驗證 (Proof of Service, PoS) 階段。因此，本計畫也與國道客運業者合作，以證實該系統於實際營運客運業者之可行性。

1.2 計畫目的

本計畫之目的如下所示：

一、 奠基於近年已逐漸發展成熟的各項智慧車載系統，以本所 107 年度「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」、110-113 年度「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」4 年期計畫案成果為基礎，進一步將過去以國道客運為對象之影像辨識技術及安全管理分析方法，擴展至市區環境，開發適用於市區汽車客運業 (及國道客運業者進入市區) 之影像辨識技術與安全管理分析方法，協助提升汽車運輸業安全。

二、 應用影像辨識技術，藉由行車影像資料分析篩選行車異常事件，據以歸納汽車運輸業者於都會區內主要風險態樣，建立相關管理指標，以及建立可納入安全管理系統 (safety management system, SMS) 之可行機制。

三、 整合本所 110-113 年度「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」、114 年度「影像辨識技術為核心之市區客運風險分析工具架構規劃」2 階段研究成果，建立我國汽車運輸業將先進駕駛輔助系統 (ADAS) 以及各種資料分析技術應用至安全管理之發展藍圖，提供汽車運輸業者、設備平台產業及監理機關參考。

1.3 計畫工作項目

本計畫為「影像辨識技術為核心之市區客運風險分析工具架構規劃」，計畫主要工作項目如下：

一、 市區環境大型車輛事故與安全課題分析

(一)針對市區客運與市區事故特性課題，回顧運輸業安全、自然駕駛、先進駕駛輔助系統、駕駛行為分析、事故特性分析及影像辨識技術應用等領域之相關文獻，了解國內外相關研究對於市區自然駕駛行為分析、事故分析及安全績效訂定等之最新進展。

(二)辦理客運業者訪談，了解其應用先進駕駛輔助系統及日常安全管理需求，其中業者部分，應至少包含不同地區、營運類型業者參與，例如六都市區汽車客運業者、非六都市區汽車客運業者 (含肩負市區內交通運輸之公路汽車客運業者)。

(三)應用事故資料分析，探討市區大型車輛相關事故特性，釐清重要安全課題及潛在風險來源，據以設定本期計畫研究範疇及適用之特定情境 (例如路口、停靠站、公車專用道或其他)，並做為後續訂定風險分析指標之依據。

二、 研提行車異常事件、風險分析指標及盤點所需資料

(一)定義本計畫將納入分析之重要行車異常事件或行為 (含車外與他車、所有用路人、道路設施之互動，以及車內駕駛人各種動作或操作)，研提各項行車異常事件對應之風險分析指標，及盤點後續進行風險分析及安全管理所需資料。

(二)與客運業者合作，蒐集其車內、外行車影像小規模樣本，樣本對象包含六都市區汽車客運業者、非六都市區汽車客運業者 (含肩負市區內交通運輸之公路汽車客運業者) 及國道客運業者 (市區營運路段)，確認透過影像辨識技術取得本計畫所需資料之可行性。

(三)以「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」4 年期計畫成果為基礎，及依據本期計畫及後續年期計畫研究架構，就本計畫所取得之影像資料，盤點不同業者、車型 (含車內駕駛座位置及相關駕駛設備位置等)、路線之差異，及盤點影像辨

識技術及評估適用性，提出後續年期執行影像辨識技術開發之建議方法與資料處理流程。

三、 蒐集市區客運自然駕駛資料

(一)設定本計畫研究範圍，包含營運地區或縣市、業者、車種或營運類別等，洽詢合作業者。

(二)研提市區客運自然駕駛資料蒐集計畫，包含合作業者、資料蒐集區間、資料蒐集類型、格式等。

(三)啟動自然駕駛資料蒐集作業，資料蒐集期間 114 年 6 月至 114 年 9 月；盤點所蒐集資料狀況，納入計畫成果。

四、 輔導國道客運業者應用影像辨識技術精進安全管理能力

(一)與國道客運業者合作，以 110-113 年計畫 (「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」4 年期研究計畫) 成果為基礎，建立以影像辨識為核心之安全管理與風險分析能量。

(二)應用 110-113 年計畫成果，協助國道客運業者自其日常營運所蒐集之資料當中，找出行車異常事件，及應強化教育訓練之對象，提出改善建議與策略。

(三)訂定安全管理關鍵績效指標，以追蹤本計畫輔導業者事前、事後安全管理績效變化。

1.4 計畫範圍、架構與流程

本計畫分為兩大架構，其一為事故資料分析與市區客運異常事件定義，此部分以先前之四年期計畫 (應用人工智慧分析技術探勘高風險路段案) 為基礎，透過事故分析探討市區大型車輛相關事故特性，釐清重要安全課題及潛在風險來源，據以設定本計畫研究範疇及適用之特定情境，並做為後續訂定風險分析指標之依據；其二為國道客運業者安全管理系統服務驗證 (PoS) 執行，此亦基於「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (4/4) - 空間特性分析案」發展之國道客運業者安全管理系統，經由與和欣客運業者的合作，進一步將其從概念驗證 (Proof of Concept, PoC) 階段推展至 PoS，以證明該系統於實際業者應用上有其可行性，透過本計畫團隊與擬定合作業者之定期開會，逐漸將該系統修正至更優化之方向，並持續推廣該系統之應用。

本計畫研究流程如圖 1-1 所示，工作項目包含：(1)市區環境大型車輛事故與安全課題分析；(2)研提行車異常事件、風險分析指標及盤點所需資料；(3)蒐集市區客運自然駕駛資料；(4)輔導國道客運業者應用影像辨識技術精進安全管理能力。

本計畫主要分為兩大架構，如圖 1-1 所示，其一為市區客運事故分析、市區客運自然駕駛資料蒐集及異常事件定義，涵蓋上述第 (1) 至 (3) 點之工項；其二為國道客運業者安全管理系統服務驗證 (PoS) 執行，涵蓋上述第 (4) 點之工項。兩大架構之研究流程如下所示。

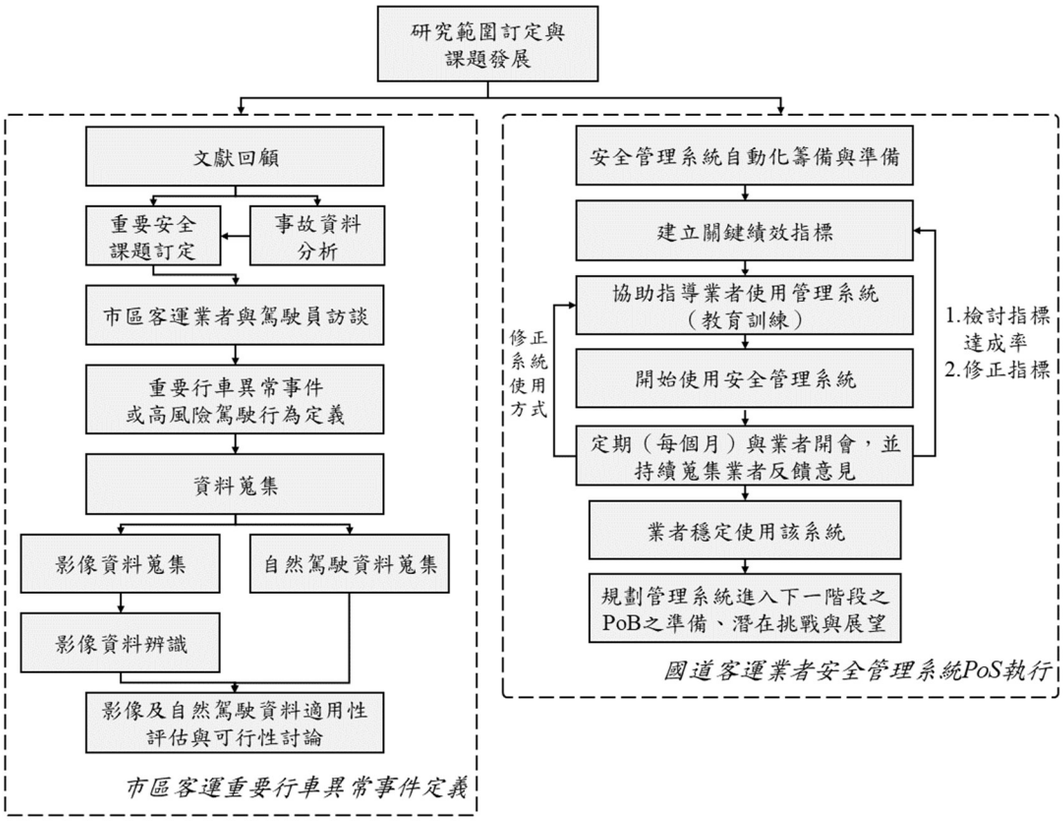


圖 1-1 本計畫研究流程圖

圖 1-2 為市區客運風險分析架構。首先，本計畫以 108-113 年的大客車事故資料，進行大客車事故模型建構與分析。此部分細分為事故頻次模型、碰撞類型模型與嚴重度模型。接著，本計畫蒐集來自首都客運的事故影像資料及 NDS 資料，進行行車異常事件一連串的分析。具體而言，本計畫基於 Bow-tie 分析架構，發展一個半量化的風險評估模型，並使用前者資料建構事故肇因與事故碰撞結果之連結。另一部分，本計畫透過定義異常事件序列 (跟車、變換車道與轉向)，及擬定車內、外風險評估指標，探

討不同異常事件類型，在相異之異常程度與上述指標之關係。與此同時，影像辨識亦納入該部分分析，用以評估本計畫需求之分析標的的辨識成效。而此部分之分析，有些內容乃受益於前段之事故分析，以及市區客運駕駛長訪談結果。最後，由於後續計畫之最終目的為市區客運業者之管理應用，因此，本計畫透過辦理市區與國道客運業者之訪談，及本計畫之國道安全管理系統 PoS 之參考，預先了解市區客運業者與行車風險管理之考量與著重目的。

另一方面，在國道客運業者安全管理系統 PoS 執行層面上，本計畫於前期首先進行系統的優化與自動化籌備，以利該系統移交給和欣客運使用時，所有流程均能自動化執行。本計畫希望能在最小化人力成本的前提下，使和欣客運在此系統的使用上更加順利。在資料蒐集與分析的同時，本計畫也於開始執行之初始階段，積極協助指導業者使用該管理系統，並與業者商討如何將系統融入其日常管理流程與策略中，一方面提高駕駛員行車安全，另一方面則可望減輕駕駛員管理壓力與負擔。此外，本計畫也與客運業者討論，發展數項關鍵績效指標 (key performance indicators, KPI)，以評估 PoS 實際實施之成效。接著，在客運業者開始導入該系統後，本計畫定期與業者開會，檢討及修正管理系統的日常使用方式，並針對績效指標的部分進行檢討與做必要的更改，並於業者穩定使用該系統後，提出安全管理系統進行商業驗證 (proof of business, PoB) 之準備、潛在挑戰與困難及未來展望。

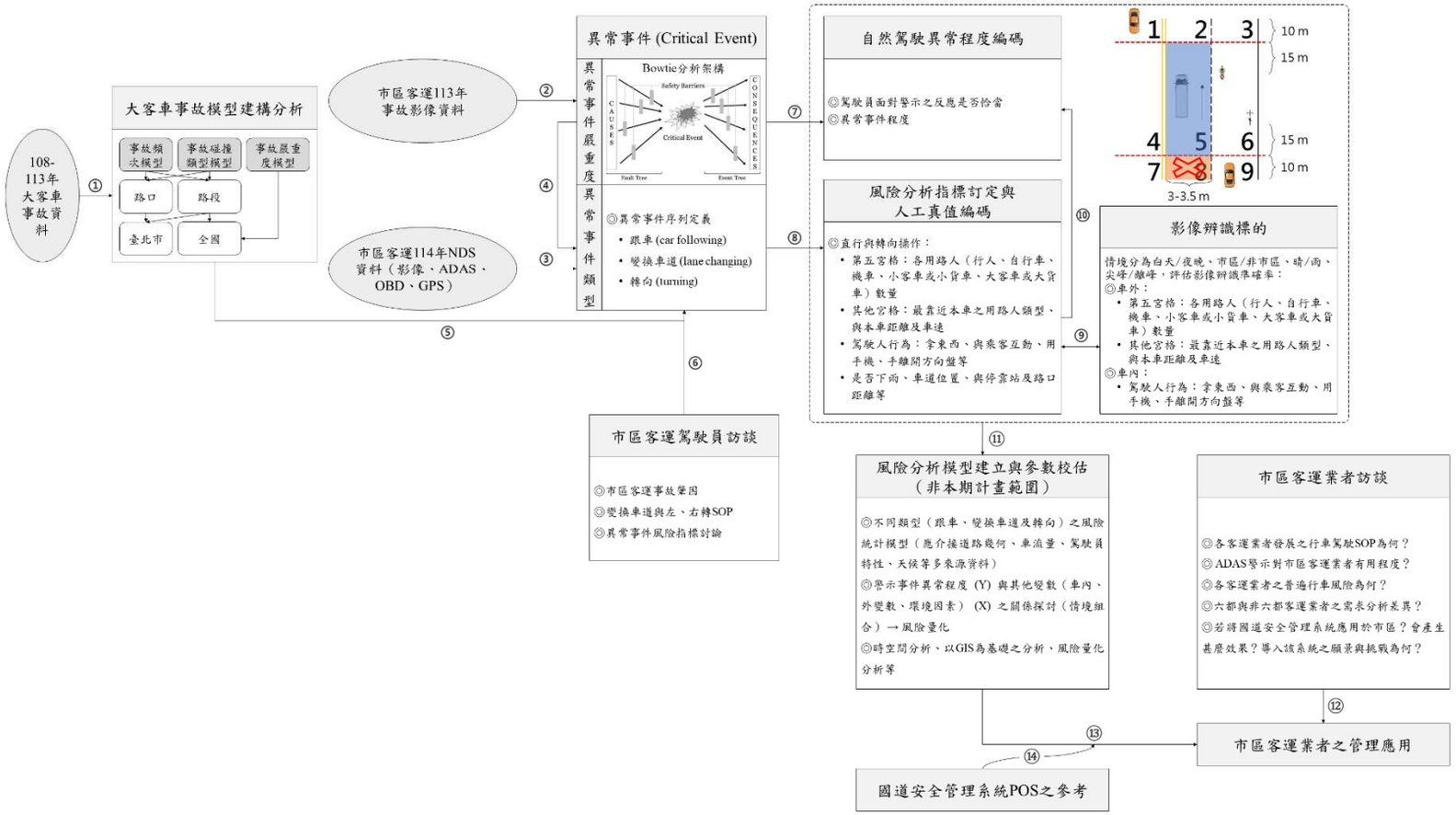


圖 1-2 市區客運風險分析架構

第二章 文獻回顧

2.1 前期計畫回顧

透過前期計畫成果回顧，能夠讓本計畫補足過往研究缺口，也能夠以前期計畫為基礎，進行後續研究之延伸探討，以下將分別針對「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」案及「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」案進行相關回顧。

2.1.1「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」案

吳昆峯等 (2020) 首先透過相關文獻回顧，了解國內外現行安全駕駛行為管理之方法，以及常用指標之相關定義、門檻值與所需之設備；並透過與業者的訪談及問卷調查，進一步掌握車載資訊設備之應用成效與需求。最後以所蒐集 100 個旅次的自然駕駛行為資料為例，針對國道客運業者進行本土化指標與門檻值之建立、危險事件分析、駕駛行為特性分析、安全駕駛行為分數與班表變數相關分析、危險事件與班表變數相關分析，並初步開發駕駛行為分析工具，提供業者進行駕駛人安全診斷之便利，以協助業者在進行安全駕駛行為管理方面，達到預防事故發生之終極目標，亦可做為政府政策規劃以及業者裝載車機設備之參考依據。

在整理過去各類危險事件的指標型態、偵測設備中，發現若要偵測不同危險事件所需之偵測設備皆不盡相同，在業者資本與人力資源皆有限的情況下，無法同時偵測並驗證所有的危險事件，因此業者在挑選欲採用之駕駛人安全駕駛行為指標時，須從自家駕駛員常發生之事故類型、事故地點著手，並找出相關之指標。

為掌握車載資訊設備之應用成效與需求，此計畫進行了業者訪談及問卷調查，根據結果可以得知，目前國內客運業者普遍都裝設有全球定位系統 (Global Positioning System, GPS) 與數位影像紀錄器，然而僅有少數業者有裝設先進駕駛輔助系統 (ADAS) 與車上診斷系統 (OBD2)。且由於 GPS 系統與數位影像紀錄器可掌握之資訊有限，因此國內業者運用於道路安全管理之指標仍停留於事故數、違規數、投訴件數等落後指標，造成管理成效相當有限。若有裝設 ADAS 系統，則可進一步偵測如：急加速、急

減速、車道偏移、未保持安全距離等指標，然而該設備之操作複雜且容易故障，維護成本過高，導致許多業者不願裝設 ADAS 系統；受限於目前客運業之收入及獲利成長有限，此高固定成本系統之導入仍需要相關誘因機制。

在本土化指標及門檻值部分，有裝設 ADAS 與沒有裝設 ADAS 的各種指標組合比較下，有裝設 ADAS 之指標其真陽性率與 ROC 值（作業特定曲線，Receiver operating characteristic curve）效力明顯優於沒有裝設 ADAS 之指標，顯見 ADAS 確實可提升危險事件偵測的準確度。

自然駕駛資料分析部分，目前國內業者雖已陸續裝設車載資訊系統，但仍缺少適用於國內的駕駛人評分標準與方法來衡量行車表現，以致無法發揮系統的最大功用。因此此計畫以 ADAS 系統為基礎，發展適合國內之本土化指標與門檻值，並考量各家業者裝設車載資訊系統之不同等級進行分類，探討各類業者所能應用之駕駛人安全駕駛行為考核方法。

駕駛行為分析工具之開發部分，此計畫所定義之危險事件包括：超速、彎道超速、車距過近及車道偏移等，因應駕駛行為資料完整等級 (level 1-level 4) 及事後驗證與否等情境，此計畫開發了一套駕駛行為分析工具，以利客運公司管理者及駕駛員透過圖形視覺化表達方式，掌握危險事件的人事時地物資訊 (人：駕駛員、事：好發的危險事件類型與件數、時：好發的時間及趟次、地：好發地點的道路類型與行向、物：好發的環境背景，如雨天及交通狀況)。管理者可將此系統做為駕駛人回訓作業規劃之用，亦可做為駕駛人獎懲之依據。同時，駕駛人也可以透過此系統了解自身危險駕駛件數 (或比率) 相對於其他駕駛的狀況，俾利行為之掌握與矯正。為便利運輸業者應用，此計畫以 Excel 介面開發駕駛行為特性分析及駕駛人之行車安全診斷工具。

2.1.2「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」案

107 年度「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」案雖已成功透過駕駛行為資料，優化高風險駕駛行為分析模式，然而其過程尚未建立駕駛行為及行車異常事件之關聯性，因此行車影像須經由人工進行檢核，並藉由專家意見來判別各項警示事件是否屬於可能造成事故風險之行車異常

事件，過程耗日費時，且僅能納入小規模樣本進行分析，難以廣泛應用。

有鑑於此，於 110 年起辦理「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」4 年期計畫，旨在透過蒐集車內外之行車影像資料、駕駛行為資料及 ADAS 系統產生之警示事件等，應用影像辨識技術取代前期計畫之人工判讀程序，據以從大量警示事件中有效篩選出具事故風險的行車異常事件，並探討此等行車異常事件的空間特性，進一步從駕駛行為角度探討其好發熱區，可做為「行為基礎」易肇事路段分析之依據。

110 年度為 4 年期計畫之第 1 年 (駕駛行為模式研析及車外異常事件影像辨識技術開發)，主要聚焦於應用車外行車影像。從 2,558 件警示事件中，透過車外行車影像辨識技術篩選出 102 件行車異常事件及 485 件可能行車異常事件，並進一步整合自車機蒐集之駕駛行為資料、外部道路幾何及環境等資料，探索車外行車異常事件及可能行車異常事件之好發特性 (鍾易詩等，2022)。車外行車異常事件之定義沿用吳昆峯等 (2020) 整理、歸納出之駕駛序列與定義，並精進行車異常事件內容。第一期計畫研究成果發現車速、爬坡段、天候、日夜、北上/南下、路肩寬、彎道、車種混合、交通量等因素會影響異常及可能行車異常事件發生的機率。此計畫成果可做為汽車運輸業者對轄下駕駛員進行安全管理之參考依據，在路權主管機關方面亦可做為評估道路安全改善之參考。

以 110 年度對車外行車異常事件影像辨識技術開發成果為基礎，第二期計畫 (車內異常事件影像辨識技術開發) 進行國內外相關文獻回顧，針對國道環境分析大客車駕駛本身之駕駛行為，同時結合空間資訊以預測高風險路段。第二期計畫主要為完成車內行車異常事件影像辨識技術之開發，並藉由所建立之行車影像辨識工具進行車內行車異常事件分析 (鍾易詩等，2023)。

透過蒐集國道客運車內行車影像，第二期計畫主要探討駕駛人於車內各種異常行為態樣，並開發車內異常行為影像辨識技術；此外，透過車內、外行車異常行為/事件整合，進一步探討車內異常行為 (潛在分心行為) 對行車安全之影響。

在車內異常行為影像辨識技術方面，第二期計畫主要透過車內駕駛人體關節點之影像辨識方式，進行車內事件辨識架構與流程，藉由車內事件影像之駕駛關節點、座艙內設備位置、方向盤辨識及手機物件辨識等技術，

以頭部、手部與軀幹等關節點變化關係，完成辨識車內駕駛各項動作行為事件。

第二期計畫自 3,677 個警示事件當中，篩選出 5,273 件車內行車異常行為，並從中探討各項車內行車異常行為發生時序之關聯性，以及對行車異常事件嚴重度之影響與好發情境。

參考過往文獻，第二期計畫將分心分為認知分心、眼部分心以及手部分心。由於分心變數衡量方式是觀看駕駛艙內影片，並以人工進行判斷，所以第二期計畫僅探討手部分心及其他可由駕駛艙內影片辨識之肢體動作。在車內行為與行車異常事件關聯分析中，該計畫發現駕駛車內行為會依據當下的情境與危險性有所不同，如：在壅塞或慢速的情境下，駕駛的手部分心動作會偏多，但若是在高速接近前車或是與前車距離太過近的情境下，駕駛會減少手部分心動作。此外，駕駛若有手部分心之動作，通常會有補償的機制 (如：減速)，以避免發生危險。

在事件動作序列分析中，此計畫發現在不同行車動態的條件下，駕駛若出現特定動作或是動作組合，則容易發生行車異常事件。在前車變換車道的情境下，駕駛只要高速接近前車 (Forward Collision Warning - High, FCWH)，就容易發生行車異常事件；在本車變換車道的情境下，本車離前車太近且駕駛有操作非撥桿的車內設備動作，容易發生行車異常事件；在本車車道偏移的情境下，當駕駛有身體前傾、雙手離開方向盤、拿東西等無法即時適當控制車輛的動作，容易發生行車異常事件。

在行車異常事件時空分析中，建構了分心行為好發情境之模型，針對警示事件與行車異常事件 (警示事件嚴重度分類：輕度異常、異常) 進行之時空分析結果指出，分心行為不論從巨觀至微觀的角度，都顯著對警示、行車異常事件造成顯著正向之結論。意即，時空環境有部分條件使分心事件較為好發，而分心事件又會顯著使警示與行車異常事件發生。

綜上所述，此計畫成果顯示大客車駕駛經常出現單手離開方向盤之分心行為，其中又以右手離開方向盤對安全的影響較大，另在不同行車動態的條件下，駕駛出現特定動作或動作組合時，行車異常事件較容易之發生，例如在本車車道偏移時，當駕駛有身體前傾、雙手離開方向盤、拿東西等無法即時且適當控制車輛的動作，容易發生行車異常事件；在好發情境分析上，車內行車異常行為對警示事件、行車異常事件的發生造成顯著正向

之影響，而在特定時空環境下，如大彎道、上坡等，亦出現較多車內行車異常行為。

以 110、111 年度計畫成果為基礎，第三期計畫 (行車異常事件及高風險駕駛行為分析) 進行國內外相關文獻回顧，定義行車異常事件與高風險駕駛行為之風險指標，篩選出更具事故風險之高風險駕駛行為事件，並融合車內外影像辨識技術篩選行車異常事件，透過增加樣本及引進新技術，優化影像辨識技術，探討影響行車異常事件與高風險駕駛行為發生之影響因素及好發情境。此外，第三期計畫亦進行巨觀、微觀之時空間特性分析，最終提供業者教育訓練及安全管理參考，也做為路權機關安全改善策略擬定之參考 (鍾易詩等，2024)。

第三期計畫為完整建立高風險駕駛行為模式，因各家業者資料完整度不同，故將其分為四類管理系統類別進行分析：第一類僅使用車機系統及全球衛星定位系統資料；第二類在此基礎上增加了 ADAS 資料；第三類再加入駕駛員監控系統；第四類整合前三類的管理手段，並加入對外部環境的分析，亦增加 15 台車、383 趟次的資料，共 8,984 個事件樣本以進行高風險駕駛行為分析。

此計畫設計一套混合計量經濟與機器學習方法之模式，定義高風險駕駛行為，計算出相對風險值及各變數的高風險比例，以辨識高風險情境，而不同情境會對應不同高風險駕駛行為組合。縱向警示中，本車變換車道及前車變換車道的高風險行為與車距、駕駛員年資、駕駛手部行為有關；橫向警示中，行駛於國道全線 (含匝道) 的高風險行為與車距、駕駛手部行為相關。而在國道主線的情境下，則與行駛於全線段相同，其高風險行為與駕駛員年資有關。在模式驗證中，透過盒鬚圖的資料分布，設定縱向警示的切分點為機率預測值 0.39，橫向警示的切分點為機率預測值 0.2，利用此切分點能將大部分警示事件分為異常及非行車異常事件。

在車外影像辨識方面，車外物件偵測不穩定的因素歸納包括日、夜間影像過曝、水珠或地面反光、濃霧視野不清、角度變換及紋理干擾等；在車內影像辨識方面，車內關節點偵測不穩定的因素包含夜間 IR 影響、車內光線不足、駕駛衣著色彩較單一難以區分、難辨識的駕駛動作、部分身體部位遮蔽，以及副駕駛座有乘客且特徵較駕駛明顯等。在車內外影像辨識技術實驗方面，結果顯示 YOLOv7 和 YOLOv8 的辨識正確度與辨識速度

相近，而 ViTPose 則具備較準確的辨識結果。

時空分析部分著重完整第一至四類管理系統類別巨觀到微觀的樣本。在第一類管理系統類別中，以隨機單一趟次為樣本進行分析，發現大部分 OBD 資料在加速度有觸及的時間點前後幾分鐘內，幾乎都有警示事件發生；而在第二至四類管理系統類別資料中，從路段模式可發現，車種越同質，反而降低駕駛心理壓力與注意力，跟車較不能專注，車流需求高，交織與干擾預期也多，而彎道也會對駕駛行為造成影響；從趟次模式中也發現車流量、需求較高時較容易發生警示事件，長時間排班越多，發生警示事件的次數較多；從事件模式可以發現駕駛分心會對行車安全造成較嚴重的影響。

第三期計畫針對現今運輸業者在車隊管理面臨的問題，提出以人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 辨識及車載系統資料為基礎的管理平台雛型系統，系統之介面分為四個部分，包含首頁呈現所有駕駛的行為報表、各駕駛表現的綜合報表、關注特定事件的行車異常事件報表以及進行行車影像風險分析，能識別行車異常事件並計算風險值，期望能節省大量處理資料的時間及人力成本，更能量化行車異常事件的風險值，協助運輸業者更有效率地執行車隊管理。

最後，透過前期建立異常事件與高風險駕駛行為之指標與門檻，整合資料集合找出異常事件與高風險駕駛行為之樣態與其空間特性，第四期計畫 (空間特性分析) 透過不同管理系統類別資料加深 ADAS 警示之時空分析與預測，並納入高速公路幾何資料、駕駛人班表、天候等各種資料，結合空間資訊，探索異常事件與高風險駕駛行為與上述人、車、路、環境因素之關聯，找出行車異常事件好發情境，篩選高風險路段或匝道，並解析事故發生潛在原因。同時，該計畫開發車內外影像辨識技術、行車異常事件與高風險駕駛行為分析工具，撰擬相關操作手冊及工具。最後，透過訪談業者及主管機關，就汽車運輸業安全方面，提供客運業者管理未來發展規劃；就空間特性分析方面，亦提供主管機關異常事件與高風險駕駛行為分析之建議架構。

在高風險駕駛行為方面，第四期計畫將所有研究變數依照本車行為、環境與車輛互動行為、駕駛員特性與車內動作三要素分類，並以此建立要素模式。由分析結果可知，將本車行為、環境與車輛互動行為、駕駛員特

性與車內動作等三要素混合放入模式之方式有其優勢；除「縱向警示：本車變換車道之模式」外，模式之 AUC 值皆可達到 0.8 左右之高預測能力。此結果顯示各變數間可能會相互影響，風險評估時須綜合考量各風險要素並做整體之檢視。

此計畫將高風險駕駛行為變數類別化，並找出各模式之中的風險轉變點與高風險駕駛行為的關係，該計畫利用最佳模式，放入提升迴歸樹模式 (Boosted Regression Tree, BRT)，列出各個連續變數的風險異常提高處，並使用最顯著的範圍將變數類別化。在橫向警示部分，本車行駛國道主線段時，會因為行駛路段導致異常事件的機率提高。至於縱向警示部分，本車變換車道與前車變換車道的高風險行為皆與車距、年資、駕駛員行為有關外。本車變換車道時，以駕駛員年資在 3 年以下駕駛風險相對較高，前車變換車道之高風險族群則為駕駛年資 10 年以下；本車變換車道風險與周圍是否有大車有關，然前車變換車道的駕駛風險則與駕駛員是否注意前車動態有關。上述結果說明在不同的車輛動態下，即便是相同的警示事件，在不同的情境下亦會對應到不同的高風險駕駛行為，可使客運業者即時介入進行駕駛員行為管理，建立對應之風險管控措施。

在 ADAS 警示事件之預測分析中，第四期計畫將逐秒的行車相關資料進行時間聚合之前處理，以預測 ADAS 警示事件。此計畫使用多種機器學習與深度學習演算法，發現以多個績效指標的綜合評估而言，可以處理時間序列之遞迴神經網路 (Recurrent Neural Network, RNN)、長短期記憶網路 (Long Short-term Memory, LSTM) 及 1D CNN (Convolutional Neural Network) -LSTM 可以獲得較佳的預測結果。此外，該計畫使用 SHAP 值，了解自變數與 ADAS 警示事件之關係，發現自變數時間窗內之車速最大值、車速標準差、左右方向燈及都會區與警示事件呈正相關，而轉向角度最大值、前一期有無警示、下雨及衝度則與警示事件呈負相關。據此，該計畫所實施的 ADAS 警示事件預測模型可以在駕駛人出車前，告知其在操作何種動作或出現哪些狀況時，應特別注意數秒後有發生 ADAS 警示事件之機率。此外，業者也可以根據模型分析結果，對駕駛者之危險操作行為做出一定之規範。最後，高速公路相關監管單位也可以在易發生 ADAS 警示事件之路段設立警告標誌，提醒大客車駕駛應更注意周遭駕駛狀況。

第四期計畫針對巨觀趟次、巨觀路段兩種不同模式與設備等級進行高

風險路段、高風險行為之統計分析。相較過去以道路環境與總體駕駛班表等資訊直接建模分析外，此計畫著重於巨觀路段模式，將空間與月份間進行分割，以縱橫資料 (panel data) 增加樣本進行路段模式分析，以反映各月份間巨觀交通車流特性之差異。另一方面，巨觀趟次模式則將駕駛間之差異透過多層混合效果模式 (multi-level mixed effect model)，將駕駛識別與其年資做為第二層變數，反映駕駛異質性之隨機效果。該計畫透過路段與趟次分析，計算風險值。該計畫主要著重在巨觀模式針對路段 2 公里，較為精確且固定的空間建模；對於趟次 15 公里，考量時段交通量與客運駕駛狀態與資料之模式，並建立追蹤資料的負二項迴歸模式，以及趟次將駕駛人做為階層模式的隨機效果之負二項迴歸模式。其中，兩者皆可透過計量模式，再將解釋變數轉換為其影響警示發生機率高低的模式，並藉此設定路段與趟次加總後的高風險分數門檻，進而提供業者對出車前給予駕駛提醒、平時內部訓練，也供監管單位了解是否有工程改善空間與即時性高風險路段資訊傳遞與管理的方向。

在影像辨識方面，第四期計畫嘗試評估輕量化策略，即通過間隔一定的幀數來進行計算，從而減少每秒鐘需要處理的影像數量。綜合考慮系統的計算負擔及偵測準確性，該計畫建議車內的取樣加速僅針對方向盤偵測進行，較能有效提升系統的運算效率，又不會顯著影響駕駛行為的監控及判斷。另一方面，在車外影像辨識部分，使用取樣計算可以有效減少運算時間及資源消耗，提高系統的即時性及效率。然而，這種方法也會帶來一定的精度損失及連續性問題。根據測試數據進行的觀察與分析顯示，取樣偵測對可反應距離產生較大影響，並不適合應用於本計畫國道高速行駛的情境。

該計畫進一步發展出駕駛安全管理系統，此系統透過識別異常事件並計算風險值，期望能節省大量處理資料的時間與人力成本，更能量化異常事件的風險值，協助客運業者更有效率地執行車隊管理。所設計之介面分為四個部分，包含首頁呈現異常事件、高風險駕駛管理、隨時間演變之警示變化，以及出車提醒之個人警示與駕駛行為狀況。此外，該管理系統包含異常事件列表及駕駛綜合報表，讓業者能快速找出高風險駕駛，並優先處理，進一步發展管理策略。這套管理系統不僅有助於業者節省資料處理成本，也提供了一套全面的駕駛風險分析工具，讓業者能更有針對性地改

善高風險駕駛行為，提升整體車隊管理效率。

最後，第四期計畫針對客運業者、車用設備業者、路權機關與監理機關進行訪談，蒐集來自不同單位對於本計畫發展之安全管理系統的建議。有鑑於部分單位皆提到該系統推廣至各客運業者之可能性，或是考慮商業移轉之相關技術門檻標準統一性及設備成本等，該計畫亦提出該系統從概念驗證 (PoC)、服務驗證 (PoS) 到商業驗證 (PoB) 的三階段之建議方向。

2.1.3 小結

根據 2.1.2 小節，本計畫團隊於過去四年聚焦於國道客運行駛於高速公路之行車風險評估，並於第四年期計畫中，統整過去之研究分析結果，開發國道客運業者安全管理系統。基於先前之研究成果，本計畫延續研究架構，欲將行車風險分析應用於市區客運的環境。然而，相較於車流組成與行車動態較單純的高速公路，平面道路環境複雜許多。就車流組成而言，平面道路可見所有用路人，從弱勢用路人之行人、自行車與機車，到大客車與大貨車，故風險來源較為廣泛。另一方面，在平面道路環境中，大客車行車動態更為複雜，除了基本的跟車行為、變換車道之外，更多了路口左轉與右轉的動態，也衍伸出大客車內輪車與盲區之議題。據此，雖然本計畫欲延續前期分析架構，但在後續章節分析中，也做了許多調整，以完整反映平面道路之複雜環境。

此外，本計畫應用「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (4/4) - 空間特性分析」之研究案所開發的國道客運安全管理系統，將其實際投入和欣客運進行操作，以了解該系統於 PoS 階段之可行性，並探討其是否有潛力進入到 PoB 之階段。

2.2 科技輔助之運輸業安全應用

Al-Quraishi *et al.* (2024) 針對偵測與監測駕駛員狀態的相關技術進行了系統性的文獻回顧，其針對駕駛員狀態 (是否有疲勞或嗜睡) 相關之感測器與演算法，執行系統性整理及技術之評估。偵測駕駛員疲勞的技術分為兩大類：穿戴式及非穿戴式。其中，非穿戴式技術有 93%是利用攝影機及影像辨識技術，7%為基於動作之分析方法。基於攝影機之技術為利用各

類型攝影機，透過影像辨識與相關演算法，分析駕駛員的資料，其偵測指標包含：追蹤面部表情、眼睛閉合程度、打哈欠頻率與頭部姿態等。另一方面，基於動作之分析主要利用車輛動態資料或非視覺化感測器相關技術，其偵測指標包含：分析方向盤轉角的變化、雷達技術偵測胸部運動，以估算呼吸頻率，或利用智慧型手機的感應器偵測點頭、打哈欠等動作引起的動作變化。

至於穿戴式裝置技術部分，有 87%為生理訊號感測器，蒐集資料包含腦電圖、眼電圖及心電圖等；另外 13%利用動作感測器 (如頭部配戴裝置以追蹤頭部姿態) 蒐集相關資料，其優點在於侵入性較低。Al-Quraishi *et al.* (2024) 歸納出目前相關分析之最大限制為缺乏真實情況資料，在其回顧的 65 篇文獻中，資料之取得絕大多數是由模擬駕駛環境中蒐集，而模擬駕駛與真實情況最大差異在於模擬駕駛無法呈現如天氣、路況、突發狀況等情境，因此開發之系統在真實情況中的可靠度及實用度仍為未知數。

Makhmudov *et al.* (2024) 以打哈欠及眼睛狀態做為疲勞駕駛之判斷依據，提出基於卷積神經網路 (Convolutional Neural Network, CNN) 之即時且非侵入性的系統，透過車載影像分析駕駛員的面部表情 (如打哈欠及眼睛狀態)。該系統模擬多種光照情形與臉部角度，蒐集資料並對模型進行訓練。分析結果顯示，系統達到 96.54%的準確率，代表檢測打哈欠頻率與眼睛狀態之有效性。Makhmudov *et al.* (2024) 強調深度學習可建立一套具可靠性之駕駛狀態監測系統，減少由疲勞駕駛所引起之事故。

Farhat *et al.* (2025) 採用 YOLOv9 架構，提出一個為自動駕駛車輛設計，且以深度學習為基礎之行人碰撞警示系統，旨在達到高準確度及即時偵測效果。該系統主要功能不僅在偵測及預測與行人之碰撞，同時也能提供主動事故警示，並在必要時啟動自動緊急煞車系統 (Automatic Emergency Braking, AEB)。其系統架構設計分為兩大部分：行人偵測與碰撞風險評估。其中，碰撞風險評估部分負責評估即時風險，並決定車輛反應。自動緊急煞車系統透過碰撞時間 (Time to Collision, TTC) 做為指標，建立安全分層演算法，將安全等級分為三個區域：

- 綠色區域 (signal = 0)：安全駕駛，此區域 TTC 大於警示安全距離，系統將沒有反應。
- 橘色區域 (signal = 1)：碰撞警告，此區域 TTC 介於警示安全距離

與自動煞車啟動安全距離間，系統發出警告。

- 紅色區域 (signal = 2)：碰撞危險，此區域 TTC 小於等於最小煞車安全距離，系統將啟動自動煞車系統。

另一方面，風險因素分析包含以下三點：

- 違規穿越：透過粒子濾波器偵測行人實際移動軌跡與預期路線之間的偏差來辨識，這些不規則移動路線會觸發 TTC 門檻值的調降，系統進而啟動自動煞車系統。
- 路口擁擠：偵測路口的密度，若密度過高時，系統會提高風險等級。
- 行人曝光量：追蹤行人在車輛預期路徑中停留的時間。

實驗結果顯示警示精確率與召回率高達 97.6%以及 95.2%，成功預警率也達 96.5%。碰撞前平均前導時間為 2.8 秒，代表自動煞車的介入有充足的時間。

Chengula *et al.* (2024) 透過可解釋人工智慧增強 ADAS 的駕駛異常檢測能力。其利用車內攝影機觀測駕駛之行為 (如眼睛閉合、打哈欠等)。因現有之深度學習模型大部分缺乏可解釋性，難以理解決策背後的原因；因此，該研究旨在利用集合學習模型檢測駕駛異常，使用 SHAP (Shapley Additive exPlanation) 值分析特徵重要性，進而解釋不同模型的決策過程。駕駛行為被分為五類：靜止、大笑 (交談)、打哈欠、睡覺、分心駕駛。在後續 SHAP 值分析結果中，也揭示不同的基礎模型對各種異常行為檢測的影響力。該研究利用集合模型，展現出優於單一模型的預測準確度，亦能根據研究結果，持續建立及優化更可靠之 ADAS 系統。

Fleischer *et al.* (2024) 利用影像辨識技術，探討足球比賽日 (大型人潮聚集活動) 與非比賽日間的交通模式、行人與車輛之互動及安全性的差異。其於路口安裝魚眼攝影機，分析比賽日與非比賽日的交通流量差異，並識別高風險衝突區，以提出改善路口安全性的建議。在影像處理以及物件追蹤部分，其使用 YOLOv4 演算法進行即時物件偵測，並利用修改後的 DeepSORT 演算法進行物件追蹤，將魚眼影像座標轉換為直線空間座標。在衝突分析方面，Fleischer *et al.* (2024) 利用 TTC 及 PET 做為替代安全指標量化嚴重事件。研究分析結果發現行人流量與車輛流量在比賽日皆大於非比賽日，以及比賽開始前流量較大，比賽開始後流量會降低等特性。在衝突分析部分，行人與車輛衝突在比賽日顯著增加，特別是右轉車輛與相

鄰行穿線行人之衝突，以及直行車與遠端行穿線行人之衝突。此外，根據比賽日衝突熱點圖顯示，衝突點不僅多於非比賽日，且部分發生在行穿線範圍外，顯示人潮過多，導致行人被迫行走於行穿線外緣。然而，車輛與車輛衝突數量則異於車輛與行人衝突，在比賽日不增反減，推測應是比賽日行人較多且大多有封路措施，使駕駛員必須更加謹慎。鑒於比賽日行人與車輛衝突增加，該研究建議可在比賽日高峰時段採用行人專用時相，以減少人車衝突。

2.3 自然駕駛與駕駛行為研究

隨著科技演進，各國陸續發展自然駕駛研究 (Naturalistic Driving Study, NDS)，透過於車輛上裝設各項偵測設備，以非介入的方式採集駕駛資訊，長時間蒐集駕駛員在「自然」狀態下之駕駛行為，並透過其於行車過程中發生的失誤或危險等領先指標加以分析駕駛行為模式，以達成安全管理之目標。自然駕駛研究資料的特色之一為可蒐集大量近似事故 (near-crash) 之資料，取代過去僅使用事故資料之研究，容易受到其他干擾因素影響或樣本數不足等缺失，因此許多研究致力於找出近似事故與事故發生前之相同徵兆，做為判定事故風險或預測事故發生之中介指標；而自然駕駛研究資料的另一項特性是以事件為基礎 (event base) 的資料型態，並針對各事件提供項目多元且完整的相關資訊。相關應用主要利用危險事件來開發車載安全裝置，如車道偏離警示系統、疲勞及分心警示裝置等。自然駕駛研究主要目的為改善交通安全，透過影像資料詳細記錄駕駛行為、觀察事故或近似事故 (Crashes or Near-crashes, CNCs) 之發生經過，進一步探討其發生原因及背後機制，並提出相關安全改善策略。過去研究主要利用其探討道路環境、不同類型駕駛、駕駛行為、駕駛疲勞、駕駛分心等因素與交通事故的關係 (Gitelman *et al.*, 2018; Soccolich *et al.*, 2013; Wang & Xu, 2019; Wang *et al.*, 2020b; Wu & Jovanis, 2016)。以下彙整國內外之自然駕駛研究：

一、 美國

美國 VTTI (Virginia Tech Transportation Institute) 自 2002 年起辦理 100 輛車自然駕駛行為實驗，蒐集 241 位主要及次要駕駛，進行為期 1 年 (200 萬延車英里、4 萬小時) 之行車資料，包含駕駛本身、駕駛行為、環境等，並且記錄特殊的駕駛行為表現，例如：駕駛嚴重

疲勞、駕駛失能、判斷錯誤、執行次要任務、侵略性駕駛行為及違反交通規則等。此研究應用車機偵測數據之閥值設定判斷異常事件，如：橫向加速度大於 0.7 g、縱向加速度大於 0.6 g、按壓事件按鈕等，其主要目的為探討事故發生原因。

SHRP2 NDS 則是目前規模最大的自然駕駛計畫，由美國運輸研究委員會 (Transportation Research Board, TRB) 主導，於 2006 正式開始運作，資料蒐集始於 2010 年，歷時 3 年，總共募集約 3,000 位駕駛人。其變數主要分為事件潛在因素及事件發生時間序兩軸度：事件發生的潛在因素 (potential factors)，如駕駛本身 (行為、失能、有無繫安全帶等)、車輛 (安全氣囊、車輛翻覆等)、道路 (近路口與否、交通控制、車流情形、車道數等)、以及環境 (天氣、光線、地區等)，以及事件發生時間序中四個主要的時間點 (事件開始、反應開始、撞擊/近距時間點、事件結束)、根據影像記錄分心開始與結束的時間點等，並說明事件過程中行車動態－包含事前動態、關鍵事件、閃避動作、事後動向以及事故與否。

關於美國自然駕駛的研究中，有許多研究使用上述兩個資料集，進行不同主題的探討，亦有一些研究使用其他計畫之自然駕駛資料。其中，Arvin *et al.* (2019) 使用 SHRP 2 的自然駕駛研究資料，探討事故前駕駛不穩定行駛狀態對事故之影響，NDS 資料不僅被用來探討空間上的車輛移動，也被用來檢視事故前車輛的不穩定狀態，及其與事故嚴重度之關係。Papazikou *et al.* (2019) 也使用 SHRP 2 的自然駕駛研究資料，了解從一般駕駛狀況到事故或近似事故狀況之時間演進的變化，其目的為探討事件前的車輛移動狀況，探討事故風險指標偵測事故發展早期之可能性，並檢視影響碰撞時間大小之因素。Jovanis *et al.* (2011) 使用 VTTI 之 100 輛車自然駕駛研究資料，探討遺漏變數偏誤及階層模型結構在資料分析之議題，並建立羅吉特迴歸模型，以探討事故或近似事故發生的機率。Wu *et al.* (2014) 亦使用 VTTI 之自然駕駛研究資料，探討駕駛員特性及安全相關事件，以及安全相關事件與事故之關係。

此外，Jovanis & Wu (2013)、Wu & Jovanis (2016) 及 Wu *et al.* (2021) 使用 University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)

調查的自然駕駛研究計畫，探討彎道車速警示及車道偏移之高風險駕駛行為的影響因素，其使用基於隊列的資料結構，並將樣本切割為同質路段 (Homogeneous Trip Segment, HTS) 進行計數模型 (count model) 與存活分析 (survival model) 之實施架構。

Soccolich *et al.* (2013) 使用 2005 年 11 月至 2007 年 3 月的自然卡車駕駛研究資料，包含 97 位駕駛員及 73 萬英里的連續駕駛資料，評估駕駛時長與安全相關事件的關係。Kong *et al.* (2021) 使用 Safety Pilot Model Deployment (SPMD) 的自然駕駛研究資料，蒐集時間從 2012 年 10 月至 2013 年 4 月，使用 Apriori 演算法之關聯法則，探討近似事故事件與道路幾何及旅次特性之關係。

二、 歐洲

UDRIVE 是歐洲第一個大規模自然駕駛行為研究計畫，主要以小客車、大卡車及機車為研究對象，蒐集約兩年自然駕駛資料，其中包含車前影像、車內影像以及地理資訊系統 (Geographical Information System, GIS) 資料。該計畫主要研究駕駛分心、車輛與弱勢用路人之互動、危險事件以及節能駕駛等議題，主要目標是為改善道路安全、達到永續道路使用。Guyonvarch *et al.* (2020) 使用 UDRIVE 之自然駕駛研究資料描述從 UDRIVE 資料庫偵測安全關鍵事件之觸發條件，並討論文獻中使用的安全關鍵事件觸發條件之效能評估的相關性。

2-BE-SAFE (2-Wheeler Behavior and Safety) 計畫係以機車騎士為主軸的自然駕駛行為研究，其主要目標希望能了解機車騎士行為以及找到影響機車事故的主要因素，並提出減少機車事故之對策；該計畫包含來自歐洲、以色列及澳洲共 14 個國家的 29 個研究機構、使用者協會以及產業界的合作對象。

三、 我國

本所自民國 100 年陸續辦理「都會區安全駕駛行為與節能策略之研究」、「城際客運安全駕駛行為與節能策略之研究」、「大客車安全與節能駕駛行為特性研究」及「公車動態資訊系統巨量資料 (big data) 蒐集與視覺化分析研究」等計畫，並透過與客運業者之合作，於營業用車輛上裝設車上診斷系統 (OBD)、GPS、加速度計、影像行車紀錄器及隨車觀察等方式，蒐集公路客運之自然駕駛資料，進行安全、節能

駕駛行為分析、大數據分析等系列研究，並提出以車速、引擎轉速、跟車距離等做為駕駛行為風險衡量指標，以及定義安全門檻做為車隊管理、行為分析、教育訓練之用。

四、 其他國家或地區

除了美國、歐洲地區及我國之外，許多國家或地區也有自然駕駛研究，並藉由該資料探討多樣的議題。澳洲自然駕駛研究 (Australian Naturalistic Driving Study, ANDS) 是澳洲第一個大規模的自然駕駛研究，其由來自新南威爾斯大學、蒙納許大學、昆士蘭科技大學、阿德萊德大學、VTTI 及數位政府及產業部門的利害關係人實施。該計畫的主要目的為了解在正常及重要安全情境下的駕駛行為，實施時間起迄為 2015 年 4 月至 2017 年 5 月，蒐集來自 312 位參與者，共約 150 萬公里的自然駕駛資料 (Ahmed *et al.*, 2022)。

上海自然駕駛研究 (Shanghai Naturalistic Driving Study, SH-NDS) 是由同濟大學、VTTI 合作實施。其主要目的為了解中國駕駛員之自然駕駛行為，及其與先進科技之互動，例如車輛使用、方向盤及安全警示等。SH-NDS 共包含 60 位駕駛員，而其實際駕駛行為的蒐集共為期三年 (2012 年 12 月到 2015 年 12 月)，行駛里程約為 16 萬公里 (Ahmed *et al.*, 2022)。Wang *et al.* (2020b) 使用 SH-NDS 的資料，建立一個階層性編碼結構，以分類駕駛員的手機使用行為，分析手機使用對駕駛表現指標之影響，如間距、車道偏移及車速等指標，以及手機使用、駕駛員、駕駛環境特性對車速變化行為的綜合影響。同樣地，Wang *et al.* (2022) 也使用上海的自然駕駛研究資料，萃取 536 件事故或近似事故 (CNCs)，並藉由將其分類到事故前的情境類型，確認 CNCs 的事故前情境。該研究篩選三個普遍的事故前情境並進行因果關係的分析，即追撞、改變車道及車輛-機車或車輛-自行車騎士之情境。Wang and Xu (2019) 同樣以上海自然駕駛研究資料，並結合駕駛員行為問卷 (Driver Behavior Questionnaire, DBQ) 資料，探討駕駛在 CNCs 的發生與自我評述之駕駛行為關係，亦評估高風險駕駛行為的種類與個別駕駛 CNC 風險之關係。Shangguan *et al.* (2023) 亦使用 SH-NDS 的資料，探討在駕駛員跟車行為過程之駕駛風險的演變，以及檢視影響這些演變型態的因素。

加拿大自然駕駛研究 (Canadian Naturalistic Driving Study, CNDS) 可被視為 SHRP 2 的延伸，因為其使用相同的資料蒐集系統 (data acquisition system, DAS)，並實施相似的問卷調查。然而，不像 SHRP 2，CNDS 執行 25 輛商業重車的自然駕駛研究。該資料集蒐集時間為 2013 年 6 月至 2015 年 10 月，參與駕駛員人數為 149 位 (Ahmed *et al.*, 2022)。

Gitelman *et al.* (2018) 結合車內資料紀錄器 (in-vehicle data recorder, IVDR) 系統獲得的駕駛事件 (如剎車行為及車速警示)，及從安全管理系統獲得的事件地點之道路基礎設施特性兩種資料庫，探討駕駛事件的發生與基礎設施特性在以色列都市道路之關係，以及駕駛事件與事故之關係。Zhu *et al.* (2024) 透過 44 位 60 歲以上駕駛員的駕駛行為進行 2-5 年的追蹤，該研究以較高加速度之劇烈事件做為駕駛行為的結果指標，探討老年駕駛員之危險駕駛行為隨年齡的變化。Han *et al.* (2025) 則透過 30 位參與者之自然駕駛實驗，探討隧道長度與半徑對駕駛員心率變異性及壓力感知之綜合影響。

2.4 異常事件與事故特性分析

2.4.1 異常事件風險指標

早期業者利用 GPS 偵測超速、急加速或急減速，做為行車異常事件之指標，惟此方式之指標可靠度過低，目前鮮少使用；爾後，導入 ADAS 之業者則採用跟車距離過近及車道偏離之警示事件，做為行車異常事件偵測指標。而在資本與人力資源皆有限的情況下，難以同時偵測並驗證所有行車異常事件，因此在挑選所欲採用之駕駛人安全駕駛行為指標時，應從目標駕駛員常發生之事故類型、事故地點著手，並設立對應之事件門檻值。

安全評估的替代性指標 (Surrogate Measures of Safety, SMoS) 可用以評估交通事故的風險，並藉以做為交通安全管理的工具。本計畫中擬利用自然駕駛資料偵測潛在的行車異常事件，其中須定義異常事件的風險指標，界定潛在危險的門檻依據，以應用於未來異常事件之駕駛警示。本節綜整異常事件風險指標定義，並根據不同的場域回顧相關研究，其中含括路口、公車進、出站等情境。

2.4.1.1 與「路口」相關之異常事件

常見的路口縱向安全評估指標包含 TTC、修正之碰撞時間 (modified time to collision, MTTC)、避免碰撞減速度 (Deceleration Rate to Avoid a Crash, DRAC)、PET 等。碰撞時間係指假設雙車持續現有速度與路線，需多少時間會碰撞，故指標數值愈小意謂風險愈高；修正之碰撞時間則為改良版本，係考量車輛加速度之情形下 (非雙車等速度行駛) 的碰撞時間，更接近實際狀況。避免碰撞所需減速率乃指需施加多少減速力尚能避免撞上前車，此一數值愈大意謂需要更大的煞車力道或時間以完全煞停，表示更具風險。後侵入時間為一車離開衝突區域與另一車進入該區域的時間差。

在交通風險評估與衝突事件研究中，常用的風險指標各自有具體的門檻值與設定依據，如表 2-1 所示，此門檻值廣泛應用於模擬、現場資料分析與事故預測模型中，以辨識潛在高風險情境。「時距 (time headway, H)」常以 2 秒做為門檻值，係根據美國駕訓安全距離建議；其中 1 秒之門檻設計源自瑞典執法標準 (Michael *et al.*, 2000)。「碰撞時間」則多以 1.5 至 2 秒做為門檻，該值係經模擬與實測校正 ROC 曲線後所確認，多為美國相關研究所校估之結果 (Gettman & Head, 2003; Sayed *et al.*, 1994; Svensson, 1998; Van der Horst, 1991)。Hayward (1972)、Sayed *et al.* (1994) 及 Svensson (1998) 將「後侵占時間」門檻設定為 5 秒，此值經由現場觀測與事故回歸分析驗證，並常用於交叉口衝突分析 (Gettman *et al.*, 2008; Hydén, 1987)。「避免碰撞所需減速度」多利用 3.4 m/s² 為臨界值，係依據人體舒適度試驗上限設計；若 DRAC 超過此值，則代表駕駛需施加較高煞車力道，有較高風險 (AASHTO, 2001)。「車輛最大可用減速度」常以平均值 8.45 m/s²、標準差 1.42，且截斷於 4.23 至 12.68 m/s² 之常態分布建模，此值係來自乾燥路面急煞車實驗之觀察統計 (Cunto & Saccomanno, 2008)。最後，「PICUD (Potential Index for Collision with Urgent Deceleration)」則以兩車剎停後的縱向距離差為零為門檻，若等於零，代表雙車剛好避免碰撞 (Uno *et al.*, 2002)。

上述的安全評估替代性指標為眾多研究所採納，如表 2-1，亦根據該門檻值設定建立事故預測模型，用以評估事故風險。惟不同研究場域、環境、碰撞型態，以及不同指標應用之情境，其門檻值可能有別，難以泛用同一門檻值。是故，晚近有許多研究針對各情境予以分析，決定最佳門檻

值，並提出設定門檻值的方法論及策略。以下分別以路口為研究場域，針對不同碰撞型態回顧研究中應用指標分析事故風險的成果，以及指標門檻值之設定方法。

- 路口追撞事故指標

Saccomanno *et al.* (2008) 透過微觀模擬比較圓環與號誌化交叉路口的安全性，評估其在不同交通量與路況下的追撞風險差異。該研究使用 TTC 與 DRAC 做為評估風險之指標，且指標的門檻值設計係承繼常見的設定值，TTC 採用 1.5 秒 (Van der Horst, 1991) 之門檻值；DRAC 則使用 3.4 m/s^2之門檻 (AASHTO, 2001)，略低於 AASHTO 之建議。研究發現 TTC 與 DRAC 判定的趨勢高度一致，與實際事故發生情形相符，且可適用於多種道路幾何與天候條件下之情境，故認為文獻中所常用的指標門檻穩定且有效。該研究透過三因子變異數分析發現幾何型態 (圓環/號誌路口)、天氣條件、交通量對於事故發生率與替代性指標具顯著影響，其中圓環相較於號誌化路口能有效降低追撞風險與暴露時間，為更佳的路口設計。

Essa & Sayed (2018) 建立交通衝突為基礎的安全績效函數 (Safety Performance Functions, SPFs)，評估號誌化路口於每個週期的安全性。該研究透過實地錄影與衝突指標分析，提升對於路口安全性的即時掌握與預測能力。研究中使用六個號誌路口的監視器影像資料，並透過影像辨識萃取各號誌週期的車輛軌跡與衝突指標，此外亦計算車流量、最大排隊長度、衝擊波速度、衝擊波區域面積、車隊比等做為廣義線性模型之解釋變數，進而預估事故發生之頻次。研究中採多種不同的變數組合、TTC 門檻值設定與事故頻次之統計分布 (Poisson 與 Negative Binomial) 檢驗模型之配適度。研究發現傳統所定義之 1.5 秒做為高風險後車追撞衝突之門檻值具最佳擬合度，且所挑選的解釋變數皆達 95%之信心水準。

Zheng & Sayed (2019a) 旨在比較四種常見的交通衝突指標 (TTC、MTTC、PET、DRAC) 在預估車禍發生數上的準確性，以驗證各衝突指標對於道路安全分析的有效性與適用性。該研究透過峰越門檻法 (Peak over Threshold, POT)，分析衝突指標與實際事故數之間的關聯性。研究以加拿大號誌化交叉路口為研究場域，透過監視錄影影像與影像

辨識技術擷取車輛軌跡，並藉以推算所有交通衝突指標。研究中並非直接採用常見的門檻值將事故予以分類，而是先行透過極值理論，以平均剩餘生命圖與門檻穩定圖，設定各別路口之最佳門檻值。隨後將所篩選的樣本建立 Generalized Pareto Distribution (GPD) 模式，以預估事故件數，並與真值比對以計算其預測之準確度。研究發現 MTTC 係最具潛力之指標，適合用以預估號誌化交叉路口的後車追撞事故，反之 DRAC 通常大幅高估事故數，研究推測可能與最大減速能力(MADR)設定值不準確有關，乃因該值理論上須隨不同地點而有所異。

Zheng & Sayed (2019b) 分析都會交叉路口之小客車的後車追撞衝突，蒐集四個號誌化路口的錄影資料，並利用影像辨識擷取駕駛軌跡，且計算 MTTC 指標。研究中承繼過去極值理論決定門檻值的研究，進一步考量不同環境下事故發生頻次的異質性問題，藉由極值理論發展貝葉斯階層式模型 (Bayesian hierarchical model, BHM)，用以決定交通流量、車隊比例、衝擊波面積、衝擊波速度等共變數。其中門檻值之設定係以峰越門檻法 (POT) 截取嚴重衝突，亦即指標之極值，後續則利用 quantile regression 決定動態門檻，選擇第 90 百分位做為 MTTC 的門檻值。是故本研究的門檻值並非固定不變，而會隨著不同號誌化路口的特性而有所不同。研究中亦透過貝葉斯與 GPD 模式之結合，提升預故事估發生頻次之準確性，顯示該模型更適合應用於號誌化路口此類高變異環境。

Fu & Sayed (2021) 比較不同 MADR 門檻設定方式對 DRAC 為基礎的事故預估效果，該研究同樣考慮不同路口的異質性特徵，採用 Bayesian Hierarchical Extreme Value Model (BEM-GEV)，透過選定多個場址之模式結合各交叉路口的後車追撞之交通衝突數據。研究中採用 block maxima 法挑選極值以建立模型，該方法係擷取每個號誌週期中的最大 DRAC 值做為研究樣本，並藉貝葉斯方法估計之。研究結果發現使用固定的 MADR 值，會因不同路口下的異質性導致嚴重偏誤，而若採截斷常態分布 N(8.45, 1.42) I(4.23, 12.68)之隨機抽樣值做為門檻，可減少高估與低估之情形，且所有交叉路口的預測皆落於實際頻次之 95%信賴區間內。此一研究結果與多數研究常見的截斷常態分布門檻設定策略雷同 (如 Cunto & Saccomanno (2008)之研究)，再次顯見門檻

值的設定因地制宜。

Goyani *et al.* (2021) 針對不同車種、路口幾何設計與交通流量條件下，探討 T 字形路口的風險。該研究蒐集印度四個無號誌 T 字路口，透過高樓設置攝影機蒐集影像資料，並擷取每次發生車輛衝突的 PET 值，最後利用 Generalized Extreme Value (GEV) 分布，建立機率模型。研究中另建立 PCCC (Percentage of Critical Crossing Conflicts)，量化在 PET≤1s 的衝突比例，藉以分析車種組合、路口交通量與路口幾何設計等因子對於出同之影響。研究發現二輪機車與三輪車在衝突中最為常見，係最具風險之車種類別。車流量愈高且車種以二輪的比例為高時，PCCC 值愈高。就路口幾何設計而論，無中央島設計之路口，其 PCCC 平均低 10-15%。

Singh *et al.* (2024) 探討混合車流 (含高比例的機車) 下的無號誌三叉路口，並透過影像辨識萃取 PET、TTC 等指標。該研究中首先針對衝突之臨界值予以定義，PET 係利用過去文獻之參考值，即 1 秒做為門檻；而 TTC 則利用 k-means 群聚將所有樣本分群，並由 silhouette 分析選定最佳群組數為 2，依此將衝突分為高風險與中風險兩群，且門檻值為 1.15 秒，較過去文獻之參考值略低。設定完門檻值將所有樣本分類衝突後，該研究利用廣義線性模型分析交通組成、流量等與衝突發生數之關係，發現所有車種皆與衝突數具顯著正相關，惟交通流量為負向相關，亦即流量愈大衝突次數反而下降，其可能原因乃平均行駛速度下降、車輛間距增大所致。

所有路口追撞事故指標之相關研究，及其指標應用與設計方法彙整如表 2-2 所示。

- 路口轉向碰撞與角碰撞事故指標

Songchitruksa & Tarko (2006) 藉由 PET 指標判定危險衝突，並統計 PET 在時間門檻內的總次數，做為風險指標，研究以美國印第安納州 16 處郊區四岔路號誌交叉口為研究案例，以監視器拍攝路口影片，並計算所有 PET 指標。該研究建立事故頻次之迴歸模型，其中以短 PET 出現之次數、車流量與路口左轉彎比例做為解釋變數，模型採用 Poisson 與 Negative Binomial regression 以瞭解頻次之影響變量。研究結果發現 PET ≤ 6.5 秒之次數愈多，角碰撞發生次數愈高。研究中針

對 PET 門檻值 1~8 秒逐一予以測試，觀察各門檻值下事故頻次模型的績效，保留擬合度 (ρ^2) 最高者做為最終預測模型，即 6.5 秒為最佳門檻值，可獲取風險判別力與穩定性間的最佳平衡。

Mohamed & Saunier (2018) 探討不同運動預測 (motion prediction) 方法如何影響衝突指標計算結果與風險之判定，該研究以左轉車與對向直行車之衝突為研究對象。研究中蒐集號誌化交叉口錄影資料，並計算兩指標：TTC 與 pPET 以評估風險。運動預測方法主要有四種：常速預測 (Constant Velocity, CV)、正態擾動模型 (Normal Adaptation, NA)、常速預測路徑 (Motion Pattern with Constant Speed, MPCS) 及時間動態之預測路徑 (MPSP)。研究利用不同的 TTC 門檻值 (1.5 秒、3 秒、5 秒) 比較各運動預測方法下的「高風險事件數量」，並統計各運動預測方法偵測高風險事件的相關性及準確度。研究結果顯示不同運動預測方法會大幅影響指標結果，其中又以 MPSP 方法在準確度與穩定性上表現最佳，而 TTC 門檻值設定為 3 秒做為高風險判斷標準最具一致性，其皮爾森相關係數高達 0.992。

Ma & Zhu (2021) 以 PET 做為衝突判定指標，惟該研究並未設定明確固定值做為篩選衝突之門檻，而是透過 Weibull 統計分布評估發生衝突之機率，衡量左轉與對向直行車的潛在衝突嚴重性。研究透過 GPS、雷達與攝影機同步搜集號誌化路口車輛行駛軌跡資料，再藉由 Kalman filter 估算左轉車與對向直行車位置、速度、加速度與航向角，以提升定位與軌跡之準確性。本研究旨在透過 Kalman filter 修正資料，以提升計算 PET 之準確性，並驗證 PET 數據經修正後會呈 Weibull 分布，進而優化潛在衝突之辨識。此一研究成果將可改善原始軌跡資料所計算之 PET，對於高風險事件 (PET 極小之情況) 識別不足之問題，未來可應用於預警系統之優化。

Duan *et al.* (2024) 建立一綜合指標左轉衝突模型，其衝突嚴重程度判定主要依據潛在碰撞能量與發生衝突機率，前者係基於動能守恆推估破壞力，為發生碰撞後的嚴重程度；後者則為車輛到達與偏移之機率，意謂發生碰撞的機率。該研究透過無人機與攝影機錄影蒐集軌跡資料，萃取車輛軌跡、速度、橫向偏移等資訊，並聚焦於路口左轉彎之車流。為驗證該研究所提出之綜合衝突風險指標 (φ) 的適用性，

研究中利用 PET 做為參照，並根據文獻將 1.5 秒以內視為嚴重衝突；大於 2 秒為輕微衝突；介於兩者之間則為一般衝突。最終研究結果發現，綜合計算結果與 PET 分類結果高度一致，具左轉衝突之預測能力。

所有路口轉向碰撞與角碰撞事故指標之相關研究，及其指標應用與設計方法彙整如表 2-3 所示。

- 路口行人與自行車事故指標

許多安全評估替代性的門檻值設定亦是根據車輛衝突為基礎，然而不同碰撞類型的門檻值可能有所不同，需進一步較估之。此外，資料蒐集有諸多設備可應用，然蒐集行人與自行車軌跡所需的作業成本更高，亦難以精確捕捉軌跡，故過去鮮少有利用替代性指標評估行人或自行車之路口事故。Ni *et al.* (2016) 為較早提出行人事故之研究者，其建立行人與車輛互動模式為基礎的安全評估架構，將人車的互動模式以人工標記為三種，包括人車皆有煞車或閃避行為 (安全通過)、人車皆未調整行為並保持原速度 (發生衝突)、有小幅度減速或調整但不明顯 (嚴重事件) 三種嚴重程度。接著計算每類別中 TTC 與 PET 的平均值做為該類別的門檻值。如安全通過下 TTC 為 8 秒，PET 為 5 秒；嚴重事件中 TTC 為 3 秒，PET 為 3 秒；發生衝突時 TTC 為 1.5 秒，PET 為 1 秒。最後研究利用速度變化量、交錯時間點、是否減速等變項做為輸入變數，以應用支援向量機 (Support Vector Machine, SVM) 進行分類學習，自動判斷三種不同互動模式。

Chen *et al.* (2017) 旨在建立右轉車輛與行人之間衝突之替代性安全指標，該研究利用無人機影像完整記錄與分析行人與右轉車輛的交互軌跡，並透過 PET 與 RTTC (Relative Time to Collision) 以評估衝突風險的效果。承繼 Ni *et al.* (2016) 之行人碰撞之研究，採用 PET 為 3 秒做為門檻值，以篩選出嚴重事件者。此外，RTTC 的門檻值則設計與 PET 相同，皆為 3 秒，採一致性標準判斷「潛在嚴重衝突」。研究結果發現 PET 小於 3 秒分布多位於進出路口端，且行人若行走於斑馬線外，其 PET 低於門檻值者高達 25%，風險較行駛於斑馬線高出許多。RTTC 低於門檻值者多集中於人行道外側，且多數嚴重衝突之情境係車輛優先通過 (Vehicle Passing First, VPF) 而非行人優先 (Pedestrian Passing First, PPF)。綜上所論，此一研究認為 RTTC 與 PET

兩指標可相互補，更完整描述整體風險情境。

Chen *et al.* (2019) 以「整合式微觀模擬模型」為工具，模擬號誌化路口中右轉車輛與行人的衝突，研究中分別建立車輛與行人之行為模型，車輛模型包括轉向路徑、速度剖面、接受間距 (gap acceptance)；行人模型則奠基於改良社會力模型 (modified social force model)，亦即考量行人移動行為不僅受目標方向影響，亦受周圍人與障礙物等的「社會心理力」作用。該研究蒐集無人機空拍影像，萃取行人與車輛的移動軌跡，並依此做為模擬行人與車輛移動行為之依據，該模式經最大概似法與 NSGA-II 演算法估計參數，以最小化模擬與實際軌跡間的誤差。研究最後利用 PET 與通過速度做為判斷風險之指標，並以 PET 為 3 秒做為高風險。經模擬之敏感度分析，發現路口交叉角度達 120 度時，PET 較小且車速較快，風險愈高；轉彎半徑愈大通常車輛的通過速度愈快，衝突的嚴重度亦有所提升；行人穿越道退縮距離愈大，車輛右轉型為更加順暢，行人衝突之風險亦顯著提升。

Nguyen & Cao (2022) 利用 TTC 與 PET 兩指標評估行人與車輛之間的交通安全風險，該研究並未設定具體的門檻值，而是利用 k-means 將所有指標予以分群並建立對應等級，分為嚴重衝突、一般衝突、安全通行三大類。該研究以越南河內都會區路口為研究場域，該地區交通流量大且組成複雜，大部分路口缺乏完善的行人穿越設施。研究分析發現，潛在事故風險多集中於都市區域之轉彎處，尤其機車與行人之間的交互更具風險。此外，由於行人穿越道之設置並未普及，故行人試圖「穿越車流之情形及其所造成風險甚為嚴重。此一研究有別於過去研究採用既定門檻值做為風險評估，改以分群結果建構風險級距，使指標之應用不受限於特定環境。

Anwari *et al.* (2023) 以無號誌中段人行穿越設施 (midblock crossings) 為主要研究對象，並以美國亞利桑那州為場域，蒐集 PHB (Pedestrian Hybrid Beacon) 與 RRFB (Rectangular Rapid Flashing Beacon) 兩種類型的資料，利用影像辨識與追蹤技術，萃取行人與車輛的移動軌跡。研究中利用的指標有四種，含括 PET、RTTC、temporal gap、spatial gap，其中 temporal gap 係指行人開始穿越後，第一輛車抵達衝突區的時間差；spatial gap 則意指行人與車輛在交錯時的最近距

離，所有四項指標的數值愈小，風險愈高。研究中並未以門檻值篩選事件，而是觀察所有軌跡各項指標的統計分布，其中發現 PHB 設施提供較大交錯餘裕時間，反之 PHB 則使車輛與行人較少形成緊迫交會，顯示 PHB 更足以提供行人安全保障。綜上所論，該研究並非單純訂定門檻值將事件予以分類，而是統計不同行人穿越設施所蒐集的指標數據，以佐證較為合適的人行設施。

所有路口行人與自行車事故指標之相關研究，及其指標應用與設計方法彙整如表 2-4 所示。

表 2-1 安全評估替代性指標常用門檻值彙整

風險指標	指標類型	門檻值	門檻決定方法/適用情境	參考研究
時距 (H)	時間	2 s	美國駕訓安全距離建議	Michael *et al.* (2000)
		1 s	瑞典執法標準	
碰撞時間 (TTC)		2 s	考量反應時間與煞車行為的額外時間	(Hayward, 1972; Vogel, 2003)
		1.5 s	以模擬與實測衝突資料做 ROC 校準，通常用以篩選出嚴重或高風險事故	(Gettman & Head, 2003; Sayed *et al.*, 1994; Svensson, 1998; Van der Horst, 1991)
後侵占時間 (PET)		1 s	現場觀測資料分析與事故回歸分析驗證	(Gettman *et al.*, 2008; Hydén, 1987)
避免碰撞所需減速度 (DRAC)	距離	3.4 m/s²	根據人體舒適試驗所設定之「舒適煞車上限」標準	(AASHTO, 2001)
車輛最大可用減速度 (MADR)		8.45 m/s²	透過急煞實驗觀察，該值在乾燥路面的統計分布為截斷常態分布 N(8.45, 1.42)	(Cunto & Saccomanno, 2008)
PICUD (potential index for collision with urgent deceleration)		0	兩車皆全力煞停的縱向距離差距若為 0，意謂正好避免碰撞	(Uno *et al.*, 2002)

表 2-2 發生於路口之追撞事故指標應用與設計方法

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
Saccomanno *et al.* (2008)	TTC	1.5 s	無特定	圓環/號誌化交叉路口	• 門檻值係採納文獻常用設定值。 • DRAC 與 MADR 之比較可動態判斷是否可避免碰撞，更貼近實際車輛控制能力，尤能反映濕滑路面情況。	透過常用門檻值篩選出潛在發生事故之樣本，並探討不同路口環境對風險的影響。
	DRAC	3.4 m/s²				
Essa and Sayed (2018)	TTC	1.5 s	小客車	號誌化交叉路口	• 利用廣義線性模型的擬合度判斷最佳變數組合與 TTC 門檻值設定。	利用模型之配適度決定異常事件與事故發生之門檻值。
Zheng & Sayed (2019a)	TTC	0.230-0.234 s	小客車	號誌化交叉路口	• 藉極值理論之峰越門檻法分析各衝突指標與實際事故數之間的關聯性。 • 利用平均剩餘生命圖與門檻穩定圖設定門檻值，以篩選樣本。	利用衝突指標判斷實際發生事故的可能性，並尋找最佳預測之門檻值。
	MTTC	0.88-1.20 s				
	PET	0.80-1.10 s				
	DRAC	2.1-3.5 m/s²				

表 2-2 發生於路口之追撞事故指標應用與設計方法(續)

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
Zheng & Sayed (2019b)	MTTC	1.61-1.83 s	小客車	號誌化交叉路口	• 門檻值非固定，使用 Quantile Regression 根據交通特性 (如車流量、激波面積、車隊比) 決定。 • 根據門檻穩定圖選擇第 90 百分位做為 MTTC 的門檻值 (即最小 10%的 MTTC 視為極值)。	利用衝突指標推估事故發生數，且 Bayesian 之模型參數會因交通條件不同而改變，故可應用於交叉路口之高變異環境。
Fu and Sayed (2021)	DRAC	DRAC > MADR MADR:N(8.45, 1.42)I(4.23, 12.68)為最佳分布	小客車	號誌化交叉路口	• 利用 Block Maxima 法取每個號誌週期中的最大 DRAC 值做為分析對象。 • DRAC 值高於 MADR 時，發生事故可能性愈高，研究發現使用截斷常態分佈且平均值為 8.45，標準差為 1.42 時，事故之預設發生數最為準確。	利用衝突指標與 Bayesian 之模型決定最佳門檻值設定。

表 2-2 發生於路口之追撞事故指標應用與設計方法(續)

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
Goyani *et al.* (2021)	PET	1 s	小客車、三輪車、機車	無號誌 T 字路口	• 利用 GEV 分布，建立機率模型，並建立 PCCC 量化 PET 低於門檻值下的衝突比例	透過常用門檻值篩選出潛在發生事故之樣本，並藉 GEV 分布建立風險模型。
Singh *et al.* (2024)	PET	1 s	所有車種	無號誌三叉路口	• 利用 k-means 群聚與 silhouette 分析選定最佳群組數，藉以將樣本點分群，並界定門檻值。	透過群聚分析選定門檻值，並萃取出異常事件。

表 2-3 發生於路口之轉向碰撞與角碰撞指標應用與設計方法

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
Songchitruksa and Tarko (2006)	PET	6.5 s	無特定	郊區號誌化路口	以計量模型瞭解影響事故發生頻次之指標門檻，針對 PET ≤ 1-8 秒逐一測試，取得最佳模型，以做為最佳門檻值。	利用模型配適結果判斷異常事件之最佳門檻值。
Mohamed and and Saunier (2018)	TTC	3 s	無特定	號誌化路口	利用不同的 TTC 門檻值分析不同運動預測方法對於偵測高風險事件的相關性及準確度，研究結果發現 3 秒做為門檻值最具一致性。	以模型預測之準確度判斷異常事件及高風險駕駛行為之門檻值。
Ma and Zhu (2021)	PET	無明確門檻值	無特定	號誌化路口	透過 Weibull 統計分布評估發生衝突之機率，衡量左轉與對向直行車的潛在衝突嚴重性。	以統計分布之機率值判斷高風險事件之機率。
Duan *et al.* (2024)	PET	1.5 s (嚴重) 1.5-2 s (一般) 2 s (輕微)	無特定	號誌化路口	建立綜合衝突風險指標，係由碰撞能量與發生衝突機率組成，並利用 PET 門檻值所篩選之高風險事件做為對照。	建立新的風險指標，並利用文獻所定義門檻值驗證指標適用姓。

表 2-4 發生於路口之與行人碰撞事故指標應用與設計方法

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
Ni *et al.* (2016)	PET、TTC	(見細部說明)	無特定	市區號誌化路口	• 計算各碰撞型態類別中 TTC 與 PET 的平均值做為該類別的門檻值。 • 安全通過下 TTC 為 8 秒,PET 為 5 秒；嚴重事件中 TTC 為 3 秒，PET 為 3 秒;發生衝突時 TTC 為 1.5 秒，PET 為 1 秒。	先將所蒐集資料針對不同類型之事故貼標籤，而後透過平均值做為門檻定義異常事件。
Chen *et al.* (2017)	PET	3 s	無特定	市區號誌化路口	• 以文獻常見門檻值定義異常事件。 • 篩選出嚴重事件後，分析嚴重衝突事件好發之路口位置。	利用既定門檻值定義異常事件，並用以評估不同設施的風險。
	RTTC	3 s				
Chen *et al.* (2019)	PET	3 s	無特定	號誌化路口	• 利用軌跡資料以微觀模型模擬車輛與行人之行為。 • 模型之校正係以 PET 低於門檻值的預測事件數為目標優化。	利用既定門檻值定義異常事件，並應用於人車模擬系統之開發。

表 2-4 發生於路口之與行人碰撞事故指標應用與設計方法(續)

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
Nguyen and Cao (2022)	PET、TTC	無特定門檻值	無特定	都會區路口、交通組成複雜	• 利用 k-means 將所有指標分群為嚴重衝突、一般衝突、安全通行。	以分群結果建構風險級距，使指標之應用不受限於特定環境。
Anwari *et al.* (2023)	PET、RTTC、Temporal Gap、Spatial Gap	無特定門檻值	無特定	號誌化路口	• Temporal Gap 係指行人開始穿越後，第一輛車抵達衝突區的時間差 • Spatial Gap 則意指行人與車輛在交錯時的最近距離 • 針對不同人行穿越設施觀察各項指標的統計分布，並評估個人行穿越設施的風險，以比較優劣。	未設定明確門檻值，而是利用各指標之分布情形判斷不同設施的優劣。

2.4.1.2 與「公車進、出站」相關之異常事件

劉莛妤 (2022) 以上下游停車格與公車停靠區之距離做為指標，並分為 0-10 公尺、11-20 公尺、21-30 公尺以及 31 公尺以上四組。本研究以公車停靠區前緣及後緣各延伸 60 公尺做為「公車進、出站」之影響範圍。而透過混和效果負二項回歸模型，上下游停車格與公車停靠區距離可預測對公車靠站事故之顯著程度。而高風險駕駛行為可分為公車本身以及其他車輛，公車本身的高風險駕駛行為包含不當橫向位移、未完全停進停靠區等；其他車輛高風險駕駛行為包含違停以及右轉衝突等。

何璋慰 (2024) 定義公車站牌區的範圍為公車站牌設置點起算前後 10 公尺，並將公車進出站事故分為進站衝突、出站衝突以及靜止衝突三類。而與異常事件及高風險駕駛行為之關係在於公車出站時並無優先路權，加劇公車司機的心理負擔，以及影響運行效率。本研究也提出了如穿越虛線或魚骨線之設置，可以讓公車出站時更有安全之保障。

賴萱珉 (2023) 將公車停靠時離路緣的距離分為完全停進停靠區，一半停進停靠區以及無停進停靠區三組。其中無停進停靠區的定義為:公車完全停止後，其前後輪胎離路緣超過一公尺以上，且車輛大多未停在公車停靠區劃設之範圍；而一半停進停靠區的定義為：雖然公車完全停止後前後輪胎離路緣距離小於一公尺，但公車車身大多未停在公車停靠區劃設之範圍；完全停進停靠區的定義為：公車完全靜止後，前後輪胎離路緣距離小於一公尺且完全停進停靠區劃設之範圍。而影響公車未完全停進停靠區的因素在於右側有行駛車輛或路段上游有停止車輛等。而若公車並未緊靠路緣，機車騎士將提高「鑽車縫」行為之機率。每一個停靠事件周圍車流是否有急加、減速以及較大橫向位移代表是否為應對公車進出站而做出較大反應。

Keeling *et al.* (2019) 將道路環境以及行車狀況分為多種情境，並將數種情境進行複雜度排名，本研究主要針對公車以及自行車研究。本研究主要發現當交通量增加時，複雜度高之情況也會隨之增加，進而增加異常事件與高風險駕駛行為的機率。

Mora *et al.* (2024) 以智利聖地牙哥的自行車以及公車為研究對象，主要研究公車司機以及自行車騎士共用道路的意願。本研究發現超車與轉彎這類的侵略型操作增加以及來自自行車騎士的言語攻擊或暴力行為等負

面經驗會加深駕駛人與自行車騎士共用道路的負面觀感，這些負面觀感進而影響了自行車與公車的共存關係，也同時增加了衝突以及高風險駕駛行為的機率。

表 2-5 為與公車進出站相關之異常事件文獻列表。

表 2-5 與公車進、出站相關之異常事件文獻列表

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
劉莛妤 (2022)	上下游停車格與停靠區之距離	停靠區前緣與後緣與停靠區距離為 0-10、11-20、21-30 公尺以及 31 公尺以上	混合車種	台北市具有路側停車格之路段	以公車停靠區前緣及後緣各延伸 60 公尺做為「公車進、出站」影響範圍	高風險駕駛行為可區分為公車本身以及其他車輛，公車本身之高風險駕駛行為包含不當橫向位移、未完全停進停靠區等；而其他車輛之高風險駕駛行為包含違停以及右轉衝突等。
何璋慰 (2024)	肇責、事故類型	並未明確定義	混合車種	臺中市區一般道路之公車站牌區	與公車進、出站有關之事故可分為：進站衝突、出站衝突、靜止衝突。 公車站牌區之定義：公車站牌設置點起算前後 10 公尺範圍	公車出站無優先路權，需要負較大的肇事責任，加劇公車司機的心理負擔以及影響運行效率。

表 2-5 與公車進、出站相關之異常事件文獻列表(續)

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
賴萱珉(2023)	公車停靠時離路緣距離	無停進停靠區：公車完全停下後，其前後輪胎外側距離路緣或路面邊緣超過 1 公尺以上，且多半無停進公車停靠區劃設之格子範圍。 一半停進停靠區：公車完全停下後，其前後輪胎外側距離路緣或路面邊緣不超過 1 公尺，但超出公車停靠區劃設之格子範圍。 完全停進停靠區：公車完全停下後，其前後輪胎外側距離路緣或路面邊緣不超過 1 公尺，且完全停進公車停靠區劃設之格子範圍。	混合車種	新竹市市區路段	與公車進、出站有關之衝突樣態主要是變換車道產生之同向擦撞衝突	若公車停靠時未緊靠路緣，機車騎士將提高「鑽車縫」之行為。每一停靠事件周圍車流是否有急加速或急減速以及產生較大橫向位移，代表車輛是否為應對公車進出站做出較大反應。
Keeling et al. (2019)	停車時間	並未明確定義	自行車、大客車	美國波特蘭州奧勒岡之市區道路	公車相關設施與自行車相關設施的重疊會導致許多公車與自行車之間的衝突，尤其是尖峰時段	當路段公車與自行車交通量增加時，高複雜度的交通情境增加，而駕駛員在變換車道的判斷壓力也造成較高風險。
Mora et	coexistence	並未明確定義	自行	智利聖地	與公車進、出站有關	本文獻指出高風險駕駛

表 2-5 與公車進、出站相關之異常事件文獻列表(續)

文獻	指標	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
al. (2024)	with cyclists		車、大客車	牙哥	之衝突可分為： 公車停靠時，自行車欲超車 自行車侵占公車停靠區	行為包含危險超車、轉彎死角以及違規行為。異常事件為駕駛的高壓環境導致疲勞，導致操作失誤與違規。

2.4.1.3 其他異常事件

本章節回顧路口、進、出站以外之異常事件風險指標，共有追撞 (rear-end crash)、側撞 (side-impact crash)、變換車道引起之事故三類風險指標。

一、 追撞

Brown *et al.* (2001) 提出以 TTCSP (Time-to-Collision with Speed Penalty) 警示追撞事件的發生，其考量 TTC 為主的碰撞預測邏輯，並額外加入速度懲罰因子，以避免高車速時低 TTC 卻未警示的風險。其風險警示距離為$R_W = TTC \times \frac{dR}{dt} + SP \times V_F$，$TTC$為碰撞時間臨界值 3 秒，$\frac{dR}{dt}$為前後車相對距離變化率，$SP$為速度懲罰係數$0.4905m/km/h$，$V_F$為後車速度(m/s)，以實際距離小於警示距離$R_W$視為高追撞風險。

Oh *et al.* (2006) 分析美國高速公路，建立一個停止距離指數 (stopping distance index, SDI) 做為每一車追撞情境是否安全的判斷標準。其高追撞風險為$V_L h + \frac{{V_L}^2}{2a_L} + l_L > V_F t_R + \frac{{V_F}^2}{2a_F}$時，$V_L$、$V_F$分別為前、後車速度，$h$為車頭至車尾間距時間，$a_L$、$a_F$分別為前、後車減速度，$l_L$為前車長度，$t_R$為後車駕駛人反應時間。

Bella & Russo (2011) 模擬自小客車之兩車道情境下追撞風險，提出以相對速度與自身車速為基礎的預警模型。以距離d做為風險警示值，考量前後車之速度差Δv(m/s)，以及後車速度vF(m/s)，其風險警示距離計算為$d = 1.25\Delta v + 1.55vF$，將實際距離小於風險警示距離者視為高追撞風險。

Milanés *et al.* (2012) 針對自小客車進行封閉直線測試模擬市區低速追撞場景，該研究以模糊邏輯為基礎建構追撞預警模型，透過自車與前車的速度與距離，計算 TTC 與 TG (time gap) 做為風險輸入因子。其風險值為$TTC = \frac{D}{v_t - v_l}$與$TG = \frac{D}{vt}$，$D$表示兩車距離，$v_t$表示自車速度，$v_l$表示前車速度，並以$TTC \leq 2$以及$TG \leq 2$視為高追撞風險。

Mahajan *et al.* (2020) 分析德國六車道高速公路自由車流與混合車流情境下追撞風險，透過計算適合市區道路之事故發生率與嚴重性等資料，可測量追撞事故之風險，其風險值為$Risk = ACL \times ACI$，ACL (Average Crash Likelihood) 為每輛車平均碰撞可能性，代表碰撞事故的發生率，ACI (Average Crash Impact) 為每輛車平均碰撞嚴重性，代表碰撞事故的嚴重程度，兩者相成為追撞風險指標，並以 0.027 為

門檻值，超過此門檻表示存在高追撞風險。

Li *et al.* (2020) 分析壅塞之美國六車道高速公路，提出一種能動態捕捉車輛從安全進入危險的過渡條件 (transition conditions) 之方法。相較傳統的 TTC 指標雖能辨識靜態危險狀況，卻無法描繪 TTC 在時間軸上惡化速度，因此提出以 TTCD (time-to-collision derivative) 做為風險變化率指標。其風險警示值為$TTCD(t) = \frac{TTC(t) - TTC(t-1)}{0.1s}$，$t_0$表示過渡起點 (風險急劇上升)，$t_1$表示過渡終點 (TTC 進入危險區)，並以$TTCD$小於 0 視為高追撞風險。

表 2-6 統整追撞事件風險相關指標文獻，風險指標除前、後車距離外，多數使用 TTC 或以 TTC 為基礎所發展之風險警示，結合兩車距離與相對速度之風險指標，亦有部分文獻將駕駛反應時間納入考量。

二、 側撞

Tandler *et al.* (2008) 以自小客車模擬多場景之實際道路情形下，以 TTC 計算側撞發生之風險。當側向來車以一定速度接近自車，系統根據相對距離與速度計算 TTC 值，表示在目前動態條件下，若雙方將在 200 ms 內發生碰撞，則視為高側撞風險。

Liu *et al.* (2017) 傳統 TTC 在計算上會有警示過早或過晚之可能，提出以本車與他車分別之到達碰撞點時間t_a與t_b為參考，若$|t_a - t_b| < 2s$則發出警示，降低側撞發生之風險。

Panigrahi & Hong (2017) 於封閉道路中模擬自小客車側撞事件，以縱向與橫向加速度為考量，發展側撞風險指標，當總加速度超過 1g，代表車輛正經歷一個不尋常的外力作用，可能導致側撞、翻覆或車體偏移。以風險值$\sqrt{({a_x}^2 + {a_y}^2)} > 1\ g$視為高側撞風險，$a_x$為縱向加速度，$a_y$為橫向加速度。

Hu *et al.* (2024) 探討中國西安都市隧道交織區段的多車種側撞風險，其風險指標$ETTC_i(t) = -\frac{D_{ij} - 0.5L_i - 0.5L_j}{\frac{1}{D_{ij}}(O_i - O_j)^T(V_i - V_j)}$，$D_{ij}$代表車輛$i$與$j$之中心點距離，$L_i$與$L_j$分別代表車輛$i$與$j$的長度，$O_i$與$O_j$則代表兩車中心位置向量，$V_i$與$V_j$表示為兩車速度向量，將$ETTC_i < 1.25$視為高側撞風險。

Zhang *et al.* (2024a) 分析美國五線道高速公路混合車流下之側撞風險，整合縱向追撞風險與橫向變道風險之綜合安全衡量指標，能動態反映車輛在混合交通環境中可能產生的潛在碰撞風險。風險指標

$R_{total}(t) = 0.5 \times R_{lon}(t) + 0.5 \times R_{lat}(t)$，$R_{lon}$為考量車距與速度差之縱向風險，$R_{lat}$為考量變換車道時側向距離與速度差之橫向風險，當$R_{total} > 0.49$視為高側撞風險。

Zhang *et al.* (2024b) 以橫向加速度測量車輛進行劇烈轉向時，應力接近輪胎抓地與穩定極限，過大車輛將受到顯著的慣性偏。此研究以自小客車在雙向四車道環境下測試，得出橫向加速度$> 0.6\ g$時易發生側撞事件。

表 2-7 統整側撞事件風險相關指標之文獻，部分文獻採用 TTC 或 TTC 之延伸，以兩車相對距離為基礎，部分則以橫向加速度或綜合加速度來評估側撞風險。

三、 變換車道引起之事故

Teng *et al.* (2007) 以模擬撞擊偏斜造成的角動量與旋轉效應，測量都市交通變換車道引起之事故。研究在封閉道路中進行測試，發現輪胎偏轉角度大於 27 度時容易發生因變換車道所造成的事故。

Zhu *et al.* (2018) 於包含直線與彎道之道路上對變換車道引起之事故進行模擬，以相對距離與變換車道所需時間，根據小心、一般及激進三種駕駛種類，訂定不同的門檻值，並模擬不同情況下，警示何時關閉。此研究由與後車之速差決定風險門檻值，若速差為 10 km/h，則風險門檻值約為 60 m。

Sun *et al.* (2019) 使用適應性演算法，透過檢視駕駛員有無成功變換車道及是否有警示，建構矩陣，動態調整不同駕駛風格之駕駛員的警示，並以 TTC、與後車之相對距離訂定風險門檻值。低速行駛下 (40-80 km/h)，相對距離小於 4 公尺或是相對距離小於 19 公尺且 TTC 達 3 秒；高速行駛下 (80 km/h 以上)，相對距離小於 5 公尺或是相對距離小於 20 公尺且 TTC 達 3 秒。

Wu *et al.* (2020) 分析美國高速公路混合車流情境的時間與空間風險，並提出一套時間與空間風險整合模型 (Temporal and Spatial Risk Estimation, TSRE)，用以即時評估變換車道的危險程度。該模型同時考慮時間風險指標 (TTC) 與空間風險指標 (Stopping Distance Index, SDI)，再透過故障樹分析法將兩者結合成綜合風險指數。當該指標指出車輛間空間或煞停距離不足，即屬於高變換車道事故風險。

Onelcin & Alver (2023)分析土耳其伊茲密爾市 5 個交流道交織區段的變換車道引起的事故，以變換車道風險指數 (LCRI) 做為風險指標考量兩車空間距離與車輛速度時間距離。其計算公式$LCRI = SRL \times TRL$，SRL (spatial rsk level) 表示車輛在交織段的空間風險，TRL (temporal risk level) 表示車輛與他車間的時間風險，當$LCRI > 0.6$視為高變換車道事故風險。

至於車道偏移的門檻值，Klauer *et al.* (2006) 在美國交通局所做的研究中，指出當駕駛使用車內設備如收音機、音樂裝置等，容易造成車道偏移之高風險駕駛行為，而提高事故風險。該研究更提供該駕駛行為之門檻值，為每秒 3.64 度，即為超過每秒 3.64 度之轉向角度，可視為高風險駕駛行為。最後，Wang *et al.* (2020b) 在其研究中亦提及，當車輛速度超過 55km/h 並偏離車道越過車道線時，將觸發預警系統。

表 2-8 統整變換車道風險相關指標之文獻，部分文獻考量與鄰車之相對距離與速度差，部分文獻則探討整理車流環境之風險，亦有文獻以輪胎偏轉角度探討變換車道所引起的事故風險。

除上述異常事件之外，Yu et al. (2021) 在其研究中提到，使用 0.3 g 做為急減速的門檻值，並將其視為應變數，探討道路線型、速限、分心駕駛等因素對急減速的影響。另外，Glaser (2017) 發現 119 個事故衝突中，有 74 起事件急減速高於 0.4 g，亦有嘗試 0.5 g 及 0.65 g 做為急減速之門檻值。Feng *et al.* (2017) 使用自然駕駛資料，探討衝度 (jerk) 是否可以精準地確認侵略性駕駛 (aggressive driving)，而研究結果指出若駕駛的衝度指標高於 12.7，則該駕駛會被分類至高事故風險的群組 (代表駕駛每 100 英里超過 12.7 次較大的負衝度)。此外，Bagdadi (2013) 在其自然駕駛研究中，將縱向加速度大於 0.65 g 標記為關鍵駕駛事件。更甚者，Bagdadi (2013) 也使用衝度做為參數，並將其門檻值設定為 1.0，使識別碰撞事件的成功率高達 86%。另外，有鑑於車輛加速度及衝度在辨識不同駕駛行為中的重要性，Bagdadi & Várhelyi (2011) 亦使用-9.9 m/s^3 之衝度值，並將其用於識別安全關鍵的駕駛行為指標。

表 2-6 追撞事件風險指標

指標	文獻	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
Risk	Mahajan *et al.* (2020)	0.027	無特定車種	德國六車道高速公路自由車流與混合車流比較	• $Risk = ACL \times ACI$	透過計算適合市區道路之 MTTC 與速差等資料，可測量追撞事故之風險。
距離	Bella & Russo (2011)	小於 d	自小客車	兩車道之模擬	• $d = 1.25\Delta v + 1.55v_F$ • Δv：前後車速度差 (m/s) • v_F：後車速度 (m/s)	以相對速度與自身車速為基礎的預警模型。
	Brown *et al.* (2001)	小於 RW	無特定車種	無提及	• $RW = TTC \times \left(\frac{dR}{dt}\right) + SP \times V_F$ • TTC：時間臨界值 (3 s) • $\frac{dR}{dt}$：相對距離變化率 • SP：速度懲罰係數 (0.4905 m/km/h) • V_F：後車速度 (m/s)	提出 TTCSP (time-to-collision with speed penalty) 用以警示追撞事件的發生。考量 TTC 為主的碰撞預測邏輯，並額外加入速度懲罰因子，以避免高車速時低 TTC 卻未警示的風險。

表 2-6 追撞事件風險指標(續)

指標	文獻	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
TTCD	Li *et al.* (2020)	< 0	無特定車種	擁塞之美國 6 車道高速公路	• $TTCD(t) = \frac{[TTC(t) - TTC(t-1)]}{0.1s}$ • t_0：過渡起點 (風險急劇上升) • t_1：過渡終點 (TTC 進入危險區)	提出一種能動態捕捉車輛從安全進入危險的過渡條件 (transition conditions) 之方法。 傳統的 TTC 指標雖能辨識靜態危險狀況，卻無法描繪 TTC 在時間軸上惡化速度。 以 TTCD (time-to-collision drivative) 做為風險變化率指標。
TTC、TG	Milanés *et al.* (2012)	TTC ≤ 2 TG ≤ 2	自小客車	封閉直線測試道，模擬市區低速追撞場景	• $TTC = \frac{D}{v_t - v_l}$ • $TG = \frac{D}{v_t}$ • D：兩車距離 • v_t：自車速度 • v_l：前車速度	以模糊邏輯為基礎，建構一套追撞預警模型。 透過自車與前車的速度與距離，計算 TTC 與 time gap (TG) 做為風險輸入因子。

表 2-6 追撞事件風險指標(續)

指標	文獻	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
SDI	Oh *et al.* (2006)	SDI = 1	無特定車種	美國高速公路	• SDI：$V_L h + \frac{{V_L}^2}{2a_L} + l_L > V_F t_R + \frac{{V_F}^2}{2a_F}$ • V_L、V_F：前、後車速度 • h：車頭至車尾間距時間 • a_L、a_F：前、後車減速度 l_L：前車長度 t_R：後車駕駛人反應時間	建立一個停止距離指數 (stopping distance index, SDI) 做為每一車追撞情境是否安全的判斷標準，

.

表 2-7 側撞事件風險指標

指標	文獻	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
$\lvert t_a-t_b\rvert$、TTC	Liu *et al.* (2017)	2 s	無提及	無提及	• t_a、t_b：本車與他車到達碰撞點時間。 • TTC：根據不同車速有不同TTC。若滿足$\lvert t_a-t_b\rvert<2$，則計算TTC，決定是否需要進行警示。	較傳統 TTC 算法更為精準地發出警示，警示過早或過晚的機率較低。可用於計畫中追撞與側撞事故。
側向加速度	Zhang *et al.* (2024b)	> 0.6g	自小客車	雙向四車道，單車道寬 3.75 公尺	• 車輛進行劇烈轉向，應力接近輪胎抓地與穩定極限。 • 車輛將受到顯著的慣性偏移(OOP)。	門檻值可做為側撞事件發生預警值。
TTC	Tandler *et al.* (2008)	< 200ms	自小客車	多場景實際道路	• 當側向來車以一定速度接近自車，系統根據相對距離與速度計算 TTC 值，表示在目前動態條件下，雙方將在幾秒內發生碰撞。	門檻值可做為側撞事件發生預警值。
總加速度	Panigrahi & Hong (2017)	$> 1\,g$	自小客車	封閉道路	• $\sqrt{(a_x{}^2 + a_y{}^2)}$ • a_x：縱向加速度 • a_y：橫向加速度	當總加速度超過 1g，代表車輛正經歷一個不尋常的外力作用，可能導致側撞、翻覆或車體偏移。

表 2-7 側撞事件風險指標(續)

指標	文獻	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
Rtotal 總風險值	Zhang *et al.* (2024a)	> 0.49	混合車種	美國五線道高速公路	• $Rtotal(t) = 0.5 \times Rlon(t) + 0.5 \times Rlat(t)$ • $Rlon(t)$：縱向風險 (考慮車距與速度差) • $Rlat(t)$：橫向風險 (考慮變換車道時的側向距離與橫向速度差)	整合縱向追車風險 (Rlon) 與橫向變道風險 (Rlat) 之綜合安全衡量指標，能動態反映車輛在混合交通環境中可能產生的潛在碰撞風險。
ETTC	Hu *et al.* (2024)	< 1.25	小型車、大型車、重型車	中國西安都市隧道交織區段	• $ETTC_i(t) = -\frac{D_{ij} - 0.5L_i - 0.5L_j}{\frac{1}{D_{ij}}(O_i - O_j)^T(V_i - V_j)}$ • D_{ij}：兩車 $(i$與$j)$ 之中心點距離 • L_i、L_j：車輛i與j的長度 • O_i、O_j：車輛中心位置向量 • V_i、V_j：車輛速度向量	可能發生側撞之高風險行為如強行變道、併道逼近、忽視側向壓力。

表 2-8 變換車道引起事故風險指標

指標	文獻	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
TTC、與後車之相對距離	Sun *et al.* (2019)	• 低速行駛下 (40-80 km/h)： 相對距離 4 公尺 相對距離 19 公尺，且 TTC 達 3 秒 • 高速行駛下 (80 km/h 以上)： 相對距離 5 公尺 相對距離 20 公尺，且 TTC 達 3 秒	無提及	全封閉雙向四車道高速公路	• 使用適應性演算法，透過檢視駕駛員有無成功變換車道及是否有警示，建構矩陣，動態調整不同駕駛風格之駕駛員的警示門檻值。	門檻值可做為本車變換車道與前車之潛在事故風險 (與後車發生碰撞的資訊較難獲得)。
輪胎偏轉角度	Teng *et al.* (2007)	> 27 度	自小客車	封閉道路	• 以模擬撞擊偏斜造成的角動量與旋轉效應，反映都市交通真實條件。	風險指標常用於交叉口變換車道未察覺來車時、車輛高速從斜後方切入目標車道。

表 2-8 變換車道引起事故風險指標(續)

指標	文獻	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
與後車之相對距離	Zhu *et al.* (2018)	與後車速差決定門檻值，若速差為 10 km/h，則門檻值為 60 m 左右	無提及	模擬環境，有直線及彎道	• 以相對距離與變換車道所需時間，根據小心、一般及激進三種駕駛種類，訂定不同的門檻值，並模擬不同情況下，警示何時關閉。	門檻值可做為本車變換車道與前車之潛在事故風險 (與後車發生碰撞的資訊較難獲得)。
變換車道風險指數 (LCRI)	Onelcin & Alver (2023)	> 0.6	無提及	土耳其伊茲密爾市 5 個交流道交織區段	• $LCRI = SRL \times TRL$ • SRL：spatial risk level 車輛在交織段的空間風險 • TRL：temporal risk level 車輛與他車間的時間風險	門檻值可做為變換車道與鄰車之潛在事故風險，也考量交織段距離。
空間風險指標 SRL	Wu *et al.* (2020)	> 0	無提及	美國高速公路	• $SRL_i(t) = \begin{cases} \frac{\lvert SDI_i(t)\rvert}{SDI_i^{cri}(t)}, if SDI_i(t) < 0 \\ 0, otherwise \end{cases}$ • $SDI_i(t) = D_F(t) - D_R(t) + d_i(t) - l_F$ • $SDI_i^{cri}(t) = D_R(t) + l_F$ • $SDI_i(t)$：主車與周邊第	門檻值為空間不足、煞停距離不夠，即屬於高風險行為。

表 2-8 變換車道引起事故風險指標(續)

指標	文獻	門檻值	車種	研究環境	細部說明	與異常事件及高風險駕駛行為之關係
					i輛車的SDI值 • $D_F(t)$：前車的煞車距離 (stopping sight distance, SSD) • $D_R(t)$：後車的煞車距離 • $d_i(t)$：主車與第i車之間的實際間距 • l_F：前車車長 • $SDI_i^{cri}(t)$：最大可容忍SDI絕對值	

2.4.1.4 小結

表 2-9 為異常事件風險指標之統整表格。在碰撞時間方面，大部分研究使用 0.2 - 3 s 的門檻值，判斷一般正常之行車狀況是否進一步轉變為異常事件。而在後侵占時間方面，大多學者則使用 0.8 - 6.5 s 做為是否為異常事件之門檻值。此外，避免碰撞所需減速度 (DRAC) 異常事件之門檻值則介於 2.1 - 3.5 m/s^2 之間。綜上所述，過去研究已訂定許多異常事件指標，並透過模擬分析或自然駕駛資料研究，得到其對應門檻值。然而，本計畫之研究場域是基於我國之混合車流型態，且道路特性是市區道路，更趨複雜。因此，本計畫將基於上述回顧之文獻，透過自然駕駛與事故影像資料的蒐集，擬定相關的異常事件或高風險駕駛行為與其對應指標及門檻值。

表 2-9 既有文獻之異常事件風險指標統整表格

風險指標	門檻值	文獻	車種	情境
時距 (H)	1 s、2 s	Michael *et al.* (2000)		
碰撞時間 (TTC)	0.230-0.234 s	Zheng & Sayed (2019a)	小客車	路口追撞
	3 s	Mohamed & Saunier (2018)	無特定	路口轉向碰撞
	2 s	Hayward (1972); Vogel (2003)		
	2 s	Milanés *et al.* (2012)	小客車	市區低速追撞
	1.5 s	Gettman & Head (2003); Sayed *et al.* (1994); Svensson (1998); Van der Horst (1991)		
	1.5 s	Essa & Sayed (2018); Saccomanno *et al.* (2008)	小客車	路口追撞
	1.15 s	Singh *et al.* (2024)	無特定	
	200 ms	Tandler *et al.* (2008)	小客車	側撞
修正之 TTC (MTTC)	0.88-1.20 s	Zheng & Sayed (2019a)	小客車	
	1.61-1.83 s	Zheng & Sayed (2019b)	小客車	

表 2-9 既有文獻之異常事件風險指標統整表格(續)

風險指標	門檻值	文獻	車種	情境
$TTCD(t) = \frac{[TTC(t) - TTC(t-1)]}{0.1s}$	< 0	Li *et al.* (2020)	無特定	
後侵占時間 (PET)	0.80-1.10 s	Zheng & Sayed (2019a)	小客車	路口追撞
	1 s	Gettman *et al.* (2008); Hydén (1987)		
	1 s	Goyani *et al.* (2021); Singh *et al.* (2024)	無特定	路口追撞
	3 s	Chen *et al.* (2017, 2019)	無特定	路口與行人碰撞
	6.5 s	Songchitruksa & Tarko (2006)	無特定	路口轉向碰撞
	1.5 s (嚴重)、1.5-2 s (一般)、2 s (輕微)	Duan *et al.* (2024)	無特定	路口轉向碰撞
避免碰撞所需減速度 (DRAC)	2.1-3.5 m/s^2	Zheng & Sayed (2019a)	小客車	路口追撞
	3.4 m/s^2	AASHTO (2001); Saccomanno *et al.* (2008)		
	DRAC >MADR	Fu & Sayed (2021)	小客車	路口追撞

表 2-9 既有文獻之異常事件風險指標統整表格(續)

風險指標	門檻值	文獻	車種	情境
	MADR:N(8.45, 1.42)I(4.23, 12.68) 為最佳分布			
車輛最大可用減速度(MADR)	8.45 m/s^2	Cunto & Saccomanno (2008)		
距離	< $d = 1.25\Delta v + 1.55v_F$	Bella & Russo (2011)	小客車	追撞
	< $RW = TTC \times \left(\frac{dR}{dt}\right) + SP \times V_F$	Brown *et al.* (2001)	無特定	追撞
$\lvert t_a - t_b \rvert$、TTC	2 s	Liu *et al.* (2017)	無特定	側撞
側向加速度	0.6 g	Zhang *et al.* (2024)	小客車	側撞
總加速度	$\sqrt{(a_x{}^2 + a_y{}^2)} > 1\ g$	Panigrahi & Hong (2017)	小客車	側撞
輪胎偏轉角度	27 度	Teng *et al.* (2007)	小客車	側撞

2.4.2 異常事件影響因子

2.4.2.1 「路口」異常事件影響因子

Stipancic *et al.* (2021) 以加拿大蒙特婁市為研究場域分析 97 個道路交叉口，並量化各停車控制方式 (如全停、部分停、無控制) 對路口安全性之影響。研究中主要分析之碰撞類型含括車輛與車輛、車輛與行人之碰撞，涵蓋側撞、追撞與迎面碰撞，並以安全替代性指標做為應變量，含括 TTC 與 PET。研究結果發現在有停車控制之情況下，會明顯增加 TTC 值，意謂安全性有所提升，對車輛間的潛在衝突具顯著的降低風險效果。然行人存在與否對車輛 TTC 沒有顯著影響，意指停車控制對行人安全的貢獻有限。以 PET 觀察行人與車間的衝突，研究發現車輛對行人的禮讓或衝突潛在性於路口中行為變異不穩定。此外，混合土地使用環境將會顯著降低衝突風險，然在下午尖峰時刻將提升風險。綜上所論，研究認為單靠停止標誌之增設不足以提升車輛禮讓行人或降低風險，應進一步應搭配其他策略，如道路設計改善、教育與執法介入等。

Islam *et al.* (2023) 以美國佛羅里達州為研究場域，蒐集連網車輛資料，並聚焦於追撞與側撞兩種碰撞型態。該研究以 TTC 小於三秒做為衝突事件，並依此做為應變數，建立解釋潛在衝突發生次數之影響因子。研究蒐集三大類型自變數，包含車輛動態參數、幾何與道路屬性、非幾何屬性。研究結果發現就車輛動態而論，加速度、偏航率正向影響衝突率；就道路幾何與特徵而論，車流量、幹道、號誌化路口顯著正向影響潛在事故之發生。此外，所見模型中亦採用交互項，發現在幹道正常加速、在醫院附近車速、偏航且變換速度皆可能導致更高的衝突風險。綜上所論，此一研究並非完全聚焦於路口，惟透過模型之建構可發現嚴重衝突 (即超過指標門檻者) 於路口處有相當明顯的增幅。

Sushmitha *et al.* (2023) 探討不同潛在衝突類型與視距之關係，其中潛在衝突之類型含括主幹道直行且次幹道右轉、主幹道右轉且次幹道右轉兩種，而嚴重衝突係利用 PET 與車速判定之。研究中以印度 T 字形無號誌路口為場域，透過影像與格線技術手動擷取並計算 PET 與車速，而後建立多元線性迴歸探討不同變數組合下，對衝突次數之影響。研究結果發現視距與衝突呈強烈負相關，每增加一單位之視距，可對主幹道之衝突綠降低約 18.1%，次幹道則降低約 33.6%，此外視距之品質 (無遮蔽視角) 亦可降低

衝突之發生。就道路環境而論，中央分隔島可有效降低衝突；就運具而論，機車每增加 5%之比例，將使嚴重衝突之機率上升約 4.8%；小客車在相同情境下約下降 1.9%。

Singh *et al.* (2024) 分析橫向衝突與追撞兩碰撞型態的總衝突數與交通組成之關聯。該研究使用 PET、TTC 判斷嚴重衝突 (critical conflict) 之樣本，其門檻值分別為 1 秒與 1.15 秒，而後建立 Generalized Linear Model (GLM) 解釋嚴重衝突與車種組成和交通量的關係。研究以印度五個 T 字形無號誌路口為研究場域，其交通特性屬於混合交通，各路口的交通組成依時有所不同。研究結果發現機車為嚴重衝突的關鍵影響因子，其在所有樣本中比例高達 43%。此外，衝突之發生機率隨車種混合之組成愈複雜而上升，而交通量愈高反而會使衝突減少，推測可能乃因車流間隙變小、車速下降，致使提升 PET 指標，而降低潛在衝突之可能性。

所有路口異常事件影響因子之相關研究彙整如表 2-10 所示。

表 2-10 路口異常事件影響因子

文獻	異常事件	應變數	人	車	路及環境
Stipancic *et al.* (2021)	車輛與行人之衝突	以 TTC 與 PET 判定之嚴重衝突數	-	-	停車標誌 (負向) 交叉口 (正向) 混合土地使用 (負向) 昏峰 (正向)
Islam *et al.* (2023)	追撞與側撞衝突	以 TTC 判定之嚴重衝突數	-	加速度 (正向) 偏航率 (正向) 於醫院附近超速 (正向) 於幹道正常加速 (正向)	AADT (正向) 幹道 (正向) 號誌化路口 (正向) 農業區/住宅區 (負向)
Sushmitha *et al.* (2023)	轉彎碰撞衝突	以 PET 與車速判定之嚴重衝突數	-	-	視距 (負向) 視角品質-無遮蔽率 (負向) 中央分隔道 (負向) 機車比例 (正向) 小客車比例 (正向)
Singh *et al.* (2024)	橫向與追撞衝突	以 PET、TTC 門檻判斷之嚴重衝突數	-	-	交通流量 (負向，因車流間隙變小、車速下降) 車種組成 (以機車影響為正，且最顯著)

2.4.2.2 「公車進、出站」異常事件影響因子

本小節回顧在混合車流環境下公車停靠對交通安全之影響之國內外文獻。公車於混合車流環境中進出公車停靠區時，常與周遭車流產生交織或衝突，進而提高交通事故發生之風險。國外多項研究已針對公車駛入與駛出停靠區之行為對交通安全的影響進行探討。

國內外學者針對公車事故發生風險之探討，普遍從車輛特性、道路環境與駕駛人行為三個層面切入 (Feng *et al.*, 2016)。過去研究指出，公車行駛至交叉路口周邊發生事故時，其肇事後果通常較嚴重 (Kaplan & Prato, 2012)。進一步而言，若從道路幾何與交通特性觀察，公車行駛車道位置、有無路肩停車空間、道路速限、車道寬度 (Dai *et al.*, 2021)、中央分隔島寬度、雙向車道數量與車道交通量等，皆為顯著影響公車碰撞事故風險之關鍵因素 (Chimba & Kwigizile, 2010)。

此外，Phillips *et al.* (2021)整理出多項潛在干擾變項，可能對公車停靠站周邊事故風險造成混淆，包括：

一、 公車停靠頻率

二、 行人、騎士與乘客之使用量

三、 公車站與自行車道或行穿線相對位置 (及其是否號誌化)

四、 公車站密度

五、 實體人行道設置與周邊照明情況

六、 路線是否臨近交叉口、小巷、曲線或視距受限區域

七、 天候、季節與駕駛環境條件

八、 停放車輛數量等

上述因素交織影響駕駛人操作空間與反應行為，若未納入考量，恐低估特定公車站之潛在事故風險。公車停靠區之設計變數，如設置漸變線、與停車格之間距、車道數與寬度等，均會影響公車駕駛是否能妥善完成停靠操作。

不同類型的公車站形式亦對事故風險有顯著差異。例如，Phillips *et al.* (2021) 比較挪威境內路緣停靠站與設有公車彎之站點後發現，前者在 60 公尺範圍內所發生事故的相對機率高於後者。多項研究亦指出，設於交叉路口上游 (近端) 的公車站，相較於設於下游 (遠端) 之站點，較易發生衝突與碰撞事故 (Cheung *et al.*, 2008; Shahla *et al.*, 2009; Quistberg *et al.*, 2015)。

除一般停靠區外，部分研究針對公車專用道與 BRT 系統之設計與營運進行評估。Goh *et al.* (2013) 以墨爾本地區為例，應用經驗貝氏法探討公車優先措施實施前後之事故變化，發現事故總量下降約 14%，嚴重與致死事故亦明顯減少。

Deo *et al.* (2010) 評估影響公車事故之道路與營運因素，結果顯示，相較於公車本身之特性，道路設計與交通環境因素 (如行駛車道位置、是否設有路邊停車、速限設置、車道寬度、車道數及交通量) 對公車事故之影響更為顯著。

Wåhlberg (2008) 發現公車駕駛人之加速行為與其非肇責事故之發生具有高度關聯性。Luca *et al.* (2015) 發現公車駕駛人之異常駕駛行為與碰撞風險具顯著關係。而在管理面，Cafiso *et al.* (2013) 指出，儘管公車事故所占比例相對較低，但對其安全性之關注仍不可忽視。其透過調查營運管理者對駕駛訓練、車輛維護、道路設施等面向之意見，歸納出乘客上下車、行人穿越、公車啟動與自動開門等行為，為影響弱勢用路人及乘客安全之關鍵因素。

Yue *et al.* (2021) 發展一套結合無人機影像辨識與灰色聚類評價之方法，以識別公車站周邊交通衝突之高風險區域。研究結果指出，公車站中、下游區域較易發生交通衝突，顯示「駛出」行為對交通安全之風險較「駛入」為高，且高風險區域往往與頻繁變換車道位置高度重疊。

劉莛妤 (2022) 透過盤點臺北市市區公車停靠站點及其周遭路側停車設施，並利用事故資料及事故現場圖逐步篩選出該站點與公車靠站相關、公車涉入及站點鄰近之事故，用以探討市區公車停靠區與周遭路側停車格配置對事故安全的影響。研究設計將三個應變數分別設為「公車靠站相關事故」、「公車涉入事故」及「站點鄰近事故」，自變數則為上下游是否有停車格以及其距離，並利用負二項回歸、縱橫資料模型進行研究。本研究主要有以下四點發現：(1)當停車格與停靠區距離在 0-10 公尺範圍內，對於公車靠站、公車涉入及站點鄰近之事故增加的效果最為明顯。(2)當停車格與停靠區距離在 21-30 公尺範圍內，對於整體站點周遭發生的兩車碰撞事故減少的效果趨勢最大。該研究建議其周遭路側停車設施應設置於距離停靠區前緣或後緣 21-30 公尺最為安全，同時路側停車設施亦不宜設置於停靠區前緣或後緣 10 公尺內。(3)交通流量與平均每日班次數之曝光量對於

公車涉入事故影響顯著且呈正向關係。(4)外側車道寬度對公車涉入事故影響顯著且呈負向關係。林彤等 (2021) 發現，若停靠區設計不當或路側活動密集，將提高公車錯誤停靠的機率，進而增加與後方或鄰近車輛產生事故之風險。

賴萱珉 (2023) 以新竹市市區道路做為研究場域，利用二元邏輯斯模式，研究設計將應變數設為公車是否完全停進停靠區，三個自變數分別為「路段上游是否有停車」、「公車進站時右側是否有行駛車輛」及「公車進路口是否從中間車道停靠」，並利用固定式毫米雷達波進行本研究之資料蒐集。本研究主要發現有三：其一，公車駛入與使出停靠區所產生之風險不同，駛出之風險程度大於駛入。其二，當公車須往外側車道停靠時，機車比起汽車更容易受影響。其三，當右側有行駛車輛時，公車會增加大約 2.1 倍未停進停靠區之機率，而當路段上游有停靠車輛時，公車會增加大約 1.4 倍未停進停靠區之機率。四，公車若未緊靠路緣停靠的確會對周遭車流造成影響，特別是當公車無法停進公車停靠區時對周遭車流效率及安全影響最大。此外，停靠區上游路邊是否有停放車輛為影響公車是否能成功停進公車停靠區內之最主要影響因素。

Mora *et al.* (2024) 以智利聖地牙哥最為研究場域，主要研究公車司機與自行車騎士共用道路的意願，利用邏輯斯迴歸模型將應變數設為 coexistence with cyclists。本研究主要發現超車與轉彎這類較複雜之操作，會加深公車駕駛不想與自行車騎士公用道路之意願以及年輕與年長的駕駛相較於中年之駕駛，對於自行車騎士之接受度更高。本研究中與公車進出、站有關之衝突可分為：公車停靠時，自行車欲超車產生之衝突以及自行車侵占公車停靠區產生之衝突。

Keeling *et al.* (2019) 以美國奧勒岡州波特蘭市做為研究場域，並利用多元迴歸分析，研究設計將應變數設為公車停車時間，六個自變數分別為是否有停車服務乘客、上車人數、下車人數、輪椅升降器是否啟動、公車後方自行車數量及是否營運特定路線。本研究將自行車道以及公車右轉道分為多種情境，並對各種情境進行複雜度排名，再對各種情境進行分析。本研究主要發現公車相關設施與自行車相關設施之間的重疊會導致許多公車與自行車的衝突，尤其是尖峰時段，以及當公車與自行車的交通量增加時，複雜度高的情境也會增加。

何璋慰 (2024) 以台中市路緣停靠式公車站牌區做為研究場域，將研究設計分為肇責模式以及傷亡模式，並利用多元邏輯斯回歸分析對兩種模式進行分析。本研究將肇責模式之應變數設為肇責，而六個自變數分別為尖離峰、停靠站類別、事故類別、我車動態、對手車類別及光線。而傷亡模式之應變數為事故類型，自變數與肇責模式大致相同，唯有肇責模式之事故類別在傷亡中將取代為肇責。本研究主要發現有二：其一，私有載具的持有率增加以及活躍程度增加，是公車站牌區肇事機率增加的因素。其二，以肇責模式進行分析，停靠站類別與我車動態對照則有顯著影響，而以傷亡模式進行分析，對手車之型態對事故類別有顯著影響。本研究將公車站牌區之衝突分為三類，分別為進站衝突、出站衝突以及靜止衝突。其中靜止衝突為當公車靜止於停靠區，司機須下車執行其他業務 (如協助輪椅者上車) 而後方車輛未注意而產生之衝突。

所有公車進、出站異常事件影響因子之相關研究彙整如表 2-11 所示。

表 2-11 公車進、出站異常事件影響因子

文獻	異常事件	應變數	人	車	路及環境
劉莛妤 (2022)	變換車道產生之同向擦撞衝突	1. 公車靠站相關事故 2. 公車涉入事故 3. 站點鄰近事故	-	-	1. 公車站設計相關：停靠區長度、下游停止線距離占比 2. 道路幾何特徵：外側車道寬度、有無中央實體分隔、有無巷弄出入口
賴萱珉 (2023)	變換車道所產生之同向擦撞衝突	是否完全停進公車停靠區	-	-	1. 行駛時右側是否有車輛 2. 公車停靠區上下游是否有車輛停放
Mora *et al.* (2024)	• 自行車騎士與公車上下車乘客衝突 • 自行車欲超越或占用公車停靠區產生之擦撞衝突	Coexistence with cyclist	不同年齡層之公車駕駛	-	-
Keeling *et al.* (2019)	公車停靠區域匯入車道之擦撞衝突	停車時間	-	-	公車右轉道以及腳踏車專用道不同複雜程度之狀況
何璋慰 (2024)	1. 進站衝突:公車欲進站產生之同向擦撞衝突 2. 出站衝突:公車匯入車道產生之衝突 3. 靜止衝突:當公車靜止於停靠區，駕駛須下車處理其他業務,候車未注意產生之追撞衝突	1. 肇責模式：肇責 2. 傷亡模式：事故類型	-	-	公車停靠區前後設置穿越虛線、於公車停靠區相鄰道路區域劃設公車優先出站標示、於接近公車停靠區前劃設魚骨線

2.4.2.3 其他異常事件影響因子

本章節回顧路口、進、出站以外之異常事件影響因子，包含人、車、路及環境等三類影響因子。

Hallmark *et al.* (2009) 提出疲勞、分心與情緒激動等駕駛狀態顯著增加車道偏離事故風險，單一車輛事故中疲勞的比值高達 9.5，情緒激動為 13.0，分心為 2.9，顯示駕駛精神與情緒狀態對偏離事故有強烈影響。此外，道路幾何特性同樣是關鍵因子，曲線道路的比值為 6.4，上下坡道路則為 1.59，增加失控和偏離風險。

Deligianni *et al.* (2017) 針對減速行為進行詳細分析，利用自然駕駛數據建立多層次線性模型，發現減速程度受初始速度、駕駛性別與年齡顯著影響。研究指出，男性與年輕駕駛者較傾向急煞車，尤其在低密度交通環境或無號誌控制的路段。當可用制動距離有限時，這類行為更易導致跟車風險與駕駛不適，顯示需強化針對不同群體的安全干預。

Sternlund (2017) 研究發現車道偏離事故佔致命乘用車事故的一大比例，其中約 46%發生於無先前失控的情境，多數屬於駕駛分心或打瞌睡導致的無意識偏離 (佔所有車道偏離事故的 81%)。研究亦指出，高速公路及郊區未分隔道路特別容易發生此類事故，尤其是設有清晰車道標線、限速 70 km/h 以上的路段。在這些情境下，約 59%的車道偏離事故發生於高車流道路，顯示交通流量也是關鍵影響因子。

Chen *et al.* (2021) 以風險指數評估急加速與急減速等高風險行為，提出基於車輛軌跡的辨識模型。研究顯示，駕駛個性、風格及經驗顯著影響速度不穩定駕駛、蛇形駕駛與高風險跟車行為的發生。自由流環境中，這些危險操作更常出現，導致車輛縱向與橫向穩定性降低。模型在不同路段均具高辨識準確率，可應用於實時監控與風險評估。

Wang *et al.* (2020a) 指出閉眼和打呵欠常同時出現 (並發率 0.888)，彼此影響顯著且會顯著增加急加速、急減速和車道偏離的風險。閉眼的狀態下，急加速和急減速的發生機率分別達到 0.476 和 0.428，打呵欠時也有類似風險。研究建議，當駕駛人閉眼或打呵欠時，ADAS 應加強多模態警示(如視覺、聽覺提醒)，同時提升車輛縱向和橫向控制，以降低事故發生。

Chen *et al.* (2021) 以風險指數評估急加速與急減速等高風險行為，提出基於車輛軌跡的辨識模型。研究顯示，駕駛個性、風格及經驗顯著影響

速度不穩定駕駛、蛇形駕駛與高風險跟車行為的發生。自由流環境中，這些危險操作更常出現，導致車輛縱向與橫向穩定性降低。模型在不同路段均具高辨識準確率，可應用於實時監控與風險評估。

Xian *et al.* (2022) 建立基於安全風險的四級分級評估模型，分析急加速、急減速與事故發生的關聯。研究指出，當車輛快速減速 ($\leq -4\ m/s^2$) 或急加速 ($\geq 3\ m/s^2$) 時，事故風險大幅上升，曲線道路對事故影響尤為顯著。研究建議，應依據道路型態及駕駛行為進行分級預警與干預策略，特別在曲線路段加強監控，以降低事故概率並提升行車安全。

Sawtelle *et al.* (2023) 發現高齡駕駛、酒駕與超速行為顯著提高車道偏離事故的嚴重性，高齡駕駛者在高速公路發生重大傷亡事故的比值高達 4.3，其他道路類型也有 1.5 至 3.7 倍的風險升高。酒駕則在主要蒐集道路中將重大傷亡風險提高至 2.3 倍，夜間酒駕的組合效果更加顯著，最高比值達 4.9。超速行駛同樣是關鍵因子，在小型蒐集道路上重大傷亡事故的比值達 2.5，夜間超速更顯著提升事故風險，顯示駕駛行為與道路情境交互作用對事故嚴重性有強烈影響。

Hallmark *et al.* (2012) 指出道路與駕駛特性對車道偏離風險具有顯著影響，年輕駕駛者 (20-30 歲) 的左側偏離發生率比高達 1.78，男性駕駛風險亦較高，夜間偏離風險為白天的 1.85 倍。道路曲線半徑越大，車道寬度越寬，偏離機率越低 (半徑每增加 30 公尺，偏離風險約下降 1%)，而鋪面標線能見度提升同樣降低偏離風險。相對地，右側偏離事故中，超速行駛顯著增加風險，而車道寬度、曲線半徑及交通流量增加則降低偏離風險。

Ma *et al.* (2023) 探討異常駕駛行為對急加速與急減速的辨識與風險評估，提出基於長短期記憶神經網路 (LSTM) 與殘差分析的即時監測方法。研究發現，駕駛個性與風格顯著影響急加速發生頻率，尤其在自由流交通條件下，駕駛人更易出現高加速度操作及方向快速變動 (如變換車道、急轉彎)。此模型能即時偵測這些異常行為，有助於進行預警與行為干預，降低事故風險。

表 2-12 與 2-13 分別統整車道偏離與急加速、減速相關影響因子之文獻。車道偏離部分以人的影響因素，包含分心、駕駛年齡、酒駕有關；路及環境則包含曲線、坡度道路等，車速、道路標線、能見度等因子亦影響車道偏離；車輛因素則較無關聯。急加、減速則與人之因子包含分心、駕

駛個性、駕駛經驗與駕齡等相關；車輛因子包含偏移、快速變換方向、不穩定駕駛、危險駕駛等相關；路及環境因子則包含車流、曲線與坡度道路等相關。

表 2-12 車道偏離影響因子

應變數	文獻	影響因子		
		人	車	路及環境
車道偏離相關事故數量	Sternlund (2017)	未納入研究	未納入研究	共 59%的車道偏離事故發生於高車流道路。
無 (使用關聯規則)	Wang *et al.* (2020a)	閉眼、打呵欠		未納入研究
車道偏離發生率比 odds	Hallmark *et al.* (2009, 2012); Sawtelle *et al.* (2023)	疲勞、駕駛個性、分心		曲線道路、上下坡道路
		高齡駕駛、酒駕、超速		
		年輕駕駛、超速 (越常越低)		曲線道路半徑 (越大越低)、車道寬度 (越寬越低)、鋪面標線能見度 (越清楚越低)、夜間

表 2-13 急加速、急減速影響因子

應變數	異常事件	文獻	影響因子		
			人	車	路及環境
無 (使用關聯規則)	急加速、急減速	Wang *et al.* (2020a)	閉眼、打呵欠	車道偏離	未納入研究
異常駕駛行為 (是否)	急加速	Ma *et al.* (2023)	駕駛個性	方向快速變動 (如變換車道、急轉彎)	自由流條件下容易誘發駕駛人高加速度操作
	急減速			未納入研究	未納入研究

應變數	異常事件	文獻	影響因子		
			人	車	路及環境
減速度	急減速	Deligianni *et al.* (2017)	男性、年輕駕駛	初始速度、可用制動距離	低密度交通環境、無號誌控制的路段
風險指數	急加速、急減速	Chen *et al.* (2021)	駕駛個性與風格、駕駛經驗	速度不穩定之駕駛、蛇形駕駛、風險跟車行為	自由車流
高駕駛波動(是否)	急加速、急減速	Kamrani *et al.* (2018)	年輕駕駛、非自有車輛的駕駛	自排車速度波動較大	上下坡道路(坡度變異越大加減速越平緩)
安全風險水平(低到高四級)	急加速、急減速	Xian *et al.* (2022)	未納入研究	未納入研究	曲線道路

2.4.3 小結

本小節首先回顧過去文獻常使用的異常事件風險指標，接著回顧異常事件之影響因子。其中，在風險指標方面，過去研究經常使用碰撞時間，其對應之門檻值約為 0.2 - 3 s 不等。在後侵占時間方面，大多學者則使用 0.8 - 6.5 s 做為是否為異常事件之門檻值。此外，避免碰撞所需減速度異常事件之門檻值則介於 2.1 - 3.5 m/s^2 之間。綜上所述，過去研究已訂定許多異常事件指標，並透過模擬分析或自然駕駛資料研究，得到其對應門檻值。然而，本計畫之研究場域是基於我國之混合車流型態，且道路特性是市區道路，更趨複雜。因此，本計畫將基於上述回顧之文獻，透過自然駕駛與事故影像資料的蒐集，擬定相關的異常事件或高風險駕駛行為與其對應指標及門檻值。

另一方面，在異常事件影響因子的部分，本計畫同樣將行車情境區分

為路口、公車進、出站與其他。這些高風險駕駛情境之影響因素分為人、車、路三大要素，可與本計畫後續之分析互相比較，檢視事故發生的肇因與過去文獻之統計結果之一致性。

2.5 先進駕駛輔助系統於市區客運駕駛之應用

2.5.1 先進駕駛輔助系統簡介與應用

先進駕駛輔助系統 (ADAS) 為利用感測器、攝影機、雷達、人工智慧等技術，提供即時輔助與警示，並在短時間內可予以適當的反應，以降低事故風險。在自動駕駛系統中，ADAS 目前大多屬於第二等級之輔助駕駛 (partial automation)，亦即在部分情況可由汽車自行操作，但主要仍由駕駛操控。由於其可提出警訊與降低事故風險的優點，ADAS 目前已廣泛應用於小客車與貨運車輛等，希冀能提升整體道路交通安全。就市區客運而論，各國也積極應用 ADAS 提升公共運輸之安全與營運效率。以我國為例，自 2018 年起臺北市首度試辦公車導入 ADAS，並於 2020 年起補助各公車業者於公車裝設 ADAS，於 2025 年年初已全數安裝，藉以改善道路安全，透過自動化辨識技術提升設施管理與道路鋪面巡查檢視的效率。臺中市亦於 2023 年始編列經費補助業者安裝 ADAS，及至 2025 年三月已全數安裝於所有市區公車。臺南市則於 2023 年以 0 路、2 路、5 路及藍幹線市區公車為主要試驗場域，共裝設於 30 輛市區公車，除提升公車行車安全，亦透過群眾外包模式發展自動化道路資訊蒐集服務。由此顯見，ADAS 的應用已在我國逐漸受到重視，進一步提升公共運輸的安全性與服務品質，亦可同時定期蒐集道路資訊。

ADAS 含括諸多子系統，主要功能如前向碰撞預警 (Forward Collision Warning, FCW)、自動緊急煞車 (Automatic Emergency Braking, AEB)、車道偏離警示 (Lane Departure Warning, LDW)、盲點偵測 (Blind Spot Detection, BSD)、變換車道輔助 (Lane Change Assist, LCA)、駕駛疲勞監測 (Driver Monitoring System, DMS)、停車輔助系統 (Parking Aid System, PAS) 與智慧巡航控制 (Adaptive Cruise Control, ACC) 等。前向碰撞預警係用以偵測前方車輛或障礙物，提醒駕駛避免碰撞；當駕駛未能及時反應時，自動緊急煞車系統可協助自動煞車以避免碰撞；車道偏離警示與車道保持輔助可偵測車輛所在車道的位置，以避免車輛偏離車道，提高行車穩定性；盲點

偵測與變換車道輔助乃用以監測車輛側方盲區，避免因視線死角造成事故；駕駛疲勞監測係透過攝影機監測駕駛員的眼部與頭部動作，以預防疲勞駕駛；智慧巡航控制為根據防撞雷達所測量的速度以及與前車距離、交通流量等資訊，自動調整跟車速度，以減少駕駛負擔。

綜上子系統，為達成 ADAS 警示與輔助駕駛之功能，需依賴多個不同的車用感測器用以感知即時資訊與環境，以操控汽車的機械元件，其主要可分為純視覺與光達 (LiDAR)。純視覺是指僅使用攝影機，透過影響辨識與深度學習演算法解析道路環境、辨識物體以及估算與周遭物件之距離，惟改系統受光線與天氣影響甚大。反之，光達輔助系統乃透過光達發射雷射脈衝測量距離，建立環境的 3D 地圖，得以精確測量物體距離與形狀，故適用於複雜環境。此外，光達並不受光照、物體顏色之影響，使其應用之精確性更高，惟硬體成本通常較高昂。其他感知設備亦包括毫米波雷達與超聲波雷達，前者穿透力強，不受天氣影響且可繞過障礙物，惟經度較低；後者成本較低對於短距離偵測具優勢，故通常應用於自動或輔助停車之系統。

現行臺北市與臺中市市區公車所安裝的 ADAS 主要有三個子系統，包括前向碰撞預警、車道偏離警示、盲點偵測。臺南市 0 路、2 路、5 路及藍幹線市區公車安裝前向碰撞預警、行人及自行車警告、車道偏離警示、速限指示及盲區偵測等輔助子系統。上述案例之市區公車所安裝的 ADAS 皆以影像辨識技術為主 (如 Mobileye 之純視覺感測元件)，而 ADAS 的附加價值則在於可整合道路資訊，提升道路設施資料蒐集與管理效率。

2.5.2 先進駕駛輔助系統於市區客運應用之相關研究

2.4.1 小節概要簡介所有 ADAS 的子系統及其在市區公車駕駛之應用，亦列舉全臺各縣市政府執行 ADAS 的情況，以展示該系統在公共運輸安全上的應用。本小節將進一步回顧國內外 ADAS 系統在市區公車應用案例之分析，以瞭解 ADAS 資料的應用探勘價值與風險管理之應用。

由於駕駛車內違規行為與 ADAS 的警示事件並非絕對有關，因此在實際應用於風險評估與判斷時，必須針對 ADAS 各項數據回傳結果綜合判斷。現行許多公車業者係經乘客投訴得知車內違規行為，部分業者會進一步隨機抽查駕駛艙影像或檢查 ADAS 的警告頻率輔佐判斷。由上述可見，ADAS

的風險評估通常需要耗費大量時間與人力資源，且未具系統性、研究佐證的有效監管方式。因此國內外有諸多研究針對 ADAS 的警示系統，透過各種計量方法或機器學習模式，開發風險評估或駕駛行為分析之開發工具，以期能妥善應用 ADAS 豐富的資料。

吳昆峯等 (2020) 之本所「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」計畫中以國道客運為研究案例，以 ADAS 所偵測之「與安全相關事件」為基準，其中包括車道偏移、前車碰撞、行人警示、安全距離、超速警示等，並透過行車影像與駕駛教練之協助，逐一過濾 ADAS 警示之「與安全相關事件」是否為真正的危險事件，依此建立後續模型訓練之真值。該研究在綜整 ADAS 警示、車機、行車影像、駕駛排班、道路幾何以及天候等資料後，透過機器學習及計量分析方法，辨識 ADAS 警示事件發生的相關性與先後順序型態。在尋找所有危險事件後，利用 ROC 曲線法 (Receiver Operating Characteristic, ROC)，可評估所發展之指標及門檻值的準確度，並藉以建立評估風險的本土化指標及門檻值。模型結果可進一步瞭解不同環境與駕駛因應下，輕度異常與行車異常事件發生之主要影響原因。另以時空分析方法，就路段與駕駛趟次進行分析，尋找易發生 ADAS 警示之情境與地點。該計畫另發展本土化之駕駛風格序列，以全趟次警示事件與車機資料為基礎，產出駕駛風險指跡，大幅降低整合資料之維度，以做為未來高風險路段及駕駛人管理之參考依據。

鍾易詩等 (2023) 執行本所「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段—車內異常事件影像辨識技術開」計畫中，以國道客運 ADAS 警示事件為主要分析樣本，利用車內影像判定 ADAS 警示事件當下駕駛人相應動作之情境 (如車距與周遭車流) 是否危險，藉以將 ADAS 警示事件歸類為異常(異常或輕度異常)，與不為異常二者。研究建立行車異常事件好發情境模型，以瞭解在車內異常行為發生與否，與車外 ADAS 警示是否有所關聯。該計畫建立資料庫以做為可用自變數來源，其中包括國道幾何資料、高速公路道路偵測器歷史資料 (各車種流量)、國道設施特性資料 (如休息站、測速照相、交流道)、氣象局測站資料、車機與班表資料 (由業者提供)、影像資料 (由業者提供)。模型中被解釋變數為 ADAS 所警示的次數，其中包括未保持安全距離之警示與異常，以及車道偏移之警示與異常。以路段為基礎之模型結果顯示分心為所有警示與異常事件好發的重要顯著正向原

因，分心次數越多，警示或異常事件數越多，其他顯著變量則包括車道數、彎道、大車比例、交流道等。此外該計畫另建立以趟次為基礎之分析，進一步考量空間外的變量，即個別駕駛者之駕駛人因素，其中發現 168 小時內排班趟次顯著正向影響行車異常事件的數量。

綜上，本所各項計畫旨在透過 ADAS 警示的結果先行判斷實際的異常行為，並透過該判斷結果做為真值，以計量模型探討與警示或異常行為相關的駕駛行為與行車環境等因素，其中駕駛行為可由影像辨識技術萃取。是故，以上計畫皆致力於車外異常事件與車內異常事件之辨識開發，提升各項車載設備於大客車行車安全之應用，並藉以提出開發及政策相關建議。

Ding *et al.* (2024) 使用 ADAS 蒐集公車駕駛行為之車內與車外數據，其中包含車輛監測系統、碰撞預警系統 (CWS) 與 GPS 及車輛感測器。車輛監測系統係用以記錄駕駛的行車資訊，諸如速限超速、急剎車、車道偏移；碰撞預警系統蒐集駕駛違規行為、碰撞事件與警報資訊；GPS 及車輛感測器則蒐集行車路線、停靠站點數與駕駛行駛時間等動態資訊。研究中以公車駕駛是否發生有責任的交通事故 (at-fault crash) 做為應變量，該真值係來自公車業者所提供的肇事紀錄，以確保模型得以反映實際數據做為模型訓練與驗證之基礎。該研究建立三種不同的模式：XGBoost (eXtreme Gradient Boosting)、邏輯迴歸 (logistic regression) 與灰色權重函數 (grey whitening weight function)，以 ADAS 所蒐集的相關資訊做為應變量，藉以識別影響事故發生的主要特徵，並進一步分類公車駕駛的風險等級。XGBoost 與邏輯斯迴歸模式先用以探索影響事故的潛在因子，其中發現非責任事故發生紀錄次數、違規次數、駕駛年齡與行駛時間為影響後續發生有責任事故事故的關鍵因子。另就公車駕駛特徵而論，長途路線的駕駛風險較高，且較多停靠站的路線會因頻繁啟動、剎車與變換車道而增加事故風險。最後灰色權重函數將 94.94%之公車駕駛歸類為中等風險群體，4.93%者位於最低或較高風險，僅 0.12%屬最高風險，且通常具有多次非責任事故紀錄，顯見駕駛的平時用路習慣為相當重要的風險因子，研究建議針對風險等級較高的駕駛增加監測與輔助技術，以盡可能降低潛在意外。

Knight *et al.* (2019) 探討自動緊急煞車系統在市區公車的適用性，評估 AEB 在降低公車與行人碰撞事故的效果，同時考量對公車乘客的影響，以開發相應的技術要求與測試程序，並制定有效的技術規範。該研究結合多

項前向感測技術，包含雷達、光達、攝影機，以及結合上述技術用以提高精確度之多感測器融合技術。研究中使用倫敦交通局 (TfL) 事故資料庫，分析過去涉及公車之死亡事故 (共計 48 例)，並蒐集道路實驗與封閉測試場測試的 AEB 的真實路況資料，以探討在不同情境下的煞車效能與誤觸發 (false positives)。該研究評估風險的主要方法包括真陽性分析 (true positive analysis)、誤報分析 (false positive analysis) 與風險與效益模型。在真陽性分析中透過事故重建計算 AEB 可能避免或減輕的碰撞事故數量；誤報分析中則探討 AEB 在「不應煞車的情境」下誤觸發的頻率，進而概估因誤報所造成的乘客失足風險。最後以風險與效益模型比較 AEB 的致命事故減少率與乘客失足事故增加率，尋找最佳技術規範，並模擬不同情境下的煞車介入時機與力度，確保平衡行人安全與乘客舒適度。研究結果顯示最大煞車減速度應設定在 7 m/s^2，技術規範須要求誤報率應低於每 600,000 公里 1 次，以確保系統適用於公共運輸環境。

Jiang *et al.* (2024) 針對公車駕駛的視覺盲區問題，設計開發一款基於輕量化深度學習模型的盲區偵測系統。該研究透過魚眼攝影機與深度學習物件偵測技術，可即時識別盲區內的行人、自行車及車輛，並透過警示機制提升駕駛對周圍環境的感知能力。該研究使用 ADAS 魚眼攝影機安裝於公車車門上方，用以捕捉公車右側盲區內的物件。研究所建立的深度學習模式之應變量為盲區內物件的類別，透過魚眼攝影機所蒐集的影像資料進一步採人工標註數據，並將物件類別分為行人、機車、自行車與機動車輛。研究結果顯示輕量化 YOLO 模型適用於公車盲區偵測之確率達 77.6%，而盲區內行人與車輛偵測大致介於 8 至 10 公尺，而機動車輛可達 40 公尺，足以應用於公車停靠站與行駛狀況。透過此一研究示範可展示 ADAS 之影像資料可進一步透過影像辨識技術，分析車外的物件，並提供與駕駛警示，以降低行車擦撞的風險。

Ziryawulawo *et al.* (2023) 應用 ADAS 車道偏離警示 (LDW) 與盲區偵測 (BSD) 系統，並透過深度學習整合兩警示數據的結果，以提升公車行駛之安全性。在車道偏移的模式中使用 MobileNet 卷積神經網路 (CNN) 模型，其中透過前視攝影機識別道路標線，以預測車道偏移，並建立時序一致性演算法 (temporal consistency algorithm) 以提升車道追蹤穩定度，避免受到影像晃動之影響產生資料擾動而誤判。在盲區偵測中亦透過該演算法，

並使用側視攝影機與超音波感測器所蒐集資料，識別盲區內行人、機車與其他機動車輛。模型結果顯示透過 MobileNet CNN 所建構的車道偏移模型準確率達 98.0%，優於目前其他文獻所研提方法。至於盲區偵測系統的準確率亦上達 85%。

Wang *et al.* (2020a) 探討公車駕駛不當駕駛行為與異常車輛狀態之間的關係，其目的乃改善駕駛對 ADAS 的適應性，以優化人機協作駕駛環境下的主動安全控制技術。該研究中駕駛行為之真值係由疲勞偵測攝影機監測駕駛員的眼睛閉合、打哈欠與視線偏移行為，並透過層次式聚類分析對上述駕駛行為先行分類。此外研究透過車輛行為監測系統之雷達蒐集車道偏離、急加減速與前向碰撞警示等異常行為。該研究建立改良版關聯分析 (Apriori 演算法)，探勘駕駛行為與車輛異常狀態之間的關聯性。關聯規則中支持度 (support) 係表示某種駕駛行為與車輛異常狀態同時發生的概率；信心水準 (confidence) 乃某種駕駛行為發生時，對應異常狀態發生的概率；提升度 (lift) 則綜合上述兩指標衡量關聯強度，以確保關聯規則的準確性。該研究結果顯示眼睛閉合與打哈欠的發生機率高達 88.8%，故建議 ADAS 將眼睛閉合與打哈欠的駕駛行為納入警示中。此外關聯規則亦顯示車道偏離、急加減速的交互機率達 72.2%，顯示駕駛員的不當行為容易導致車輛異常狀態。而當駕駛員出現眼睛閉合或打哈欠時，急加減速的發生機率分別為 45.2%與 44.4%。研究最終根據關聯規則分析建議納入各項有關駕駛行為的因素，並調整不同警示模式 (如視覺)，以提升整體警示效果。

Blades *et al.* (2020) 探討 ADAS 在市區公車的應用，透過實際道路測試評估個子系統的效能。被動式前向碰撞警示系統成功減少潛在行人與機動車輛碰撞事件的數量，而速度輔助系統則有效提升公車駕駛對速限的遵守程度。由於英國行人佔所有公車致死事故的 82%，其中約七成發生於公車正面撞擊的情境，因此該研究認為前向碰撞警示系統為英國市區公車安全系統最優先需配備之配件，以改善駕駛的直接視野 (direct vision)，並提供更長的反應時間。另外在公車內部有近乎八成的公車乘客傷害並非因為撞擊，而是發生於車輛加減速之過程，故自動煞車系統之實施亦甚為重要，研究結果顯示減速度峰值超過站立乘客穩定極限的 3.5 倍，並超過坐姿乘客穩定極限的 4 倍，顯示傳統急煞可能嚴重影響乘客安全。綜上所論，ADAS 個子系統可顯著降低事故風險，惟需搭配良好的煞車策略，以降低

車內失足之意外風險。

Ye *et al.* (2021) 探討公車駕駛對 ADAS 警示的反應，尤聚焦於車道偏離警示 (LDW) 與前向碰撞警示 (FCW) 的不同應對方式。該研究利用高斯混合模型 (GMM) 進行無監督學習，使用最大期望 (EM) 演算法計算最適應參數，並透過模糊邏輯計算駕駛行為的歸屬度，並透過 ADAS 的警示持續時間、駕駛反應後的車速變化，與方向盤角度變化做為輸入變數，最終將所有駕駛反應分為正向反應、過度反應、負向反應與異常行為。正向反應係指駕駛能夠迅速且適當地應對警示；過度反應意謂駕駛過度修正，例如急煞或劇烈轉向，可能反而增加事故風險；負向反應乃指駕駛未及時回應警示，忽視警示或遲緩反應；異常行為則包括未打轉向燈變換車道，與標準駕駛行為不符等。研究結果發現前向碰撞警示的正向反應佔 52.8%，然車道偏離警示僅 38.7%，顯示駕駛較能接受前向碰撞警示，故研究建議需改進車道偏離的警示方式或觸發條件，以準確判斷潛在的風險並警示。相較於高速公路，公車駕駛在市區道路對所有 ADAS 的警示呈現忽視與過度反應更明顯，乃因市區環境較為複雜，駕駛需應對更多突發狀況，降低了對 ADAS 警示的關注。夜間駕駛時公車駕駛較能接受 ADAS 警示，可能係因夜間視線較差，駕駛更需依賴警示系統。綜觀上述，該研究建議透過駕駛員的行為反應分類，瞭解 ADAS 警示的實際作用，有助於 ADAS 警示開發的參數調校與改善。

2.5.3 小結

綜合上述 ADAS 國內外相關文獻，在市區客運的應用已從單純的即時警示，演進為風險管理與駕駛行為分析的重要數據來源。為提升警示事件的辨識品質，諸多研究多著重於以警示事件做為「潛在異常」的起點，透過影像佐證、機器學習與計量方法建立真值，進而探討駕駛行為、行車環境與風險事件之間的關聯。同時，部分研究更聚焦於盲區偵測與駕駛事故風險分級、參數調校等，藉此闡釋 ADAS 在公共運輸環境中的可行性與限制。整體而言，各研究均揭櫫市區客運行駛情境高度複雜，警示誤判、駕駛分心、頻繁啟停與視野限制等因素，使 ADAS 必須搭配更精準的感測、資料融合與情境測試方能發揮作用。部分研究亦嘗試透過整合 ADAS 與車外環境感測或車內駕駛狀態監測等多源數據，並開發先進演算法以建構本

土化的風險評估指標與駕駛分級制度，將有助於 ADAS 在市區客運營運安全上的落地應用。

2.6 行車影像辨識技術於市區客運駕駛之應用

駕駛輔助與駕駛安全分析技術的第一步通常是從感測器中獲取並辨識周遭物件的資訊，而相機是最常見的感測器之一。透過行車影像辨識技術，偵測畫面中的車輛和行人等物件資訊，後續可以應用於前方碰撞預警或盲點偵測等功能或相關分析。另除了汽車、貨車及各類大型車輛之外，市區情境還有行人、機車和腳踏車等物件考量到這些弱勢物件可能的危險性，相較於四輪車輛，它們在市區中更需要特別注意。

2.6.1 行車訓練影像資料庫

目前在歐美有數個主要以市區行車影像資料訓練為目的之影像資料庫，分別為 KITTI、Cityscapes (Cordts *et al.*, 2015)、BDD100K 與 Waymo Dataset (Sun *et al.*, 2020)。



資料來源："Vision meets robotics: The kitti dataset." The international journal of robotics research 32.11 (2013)

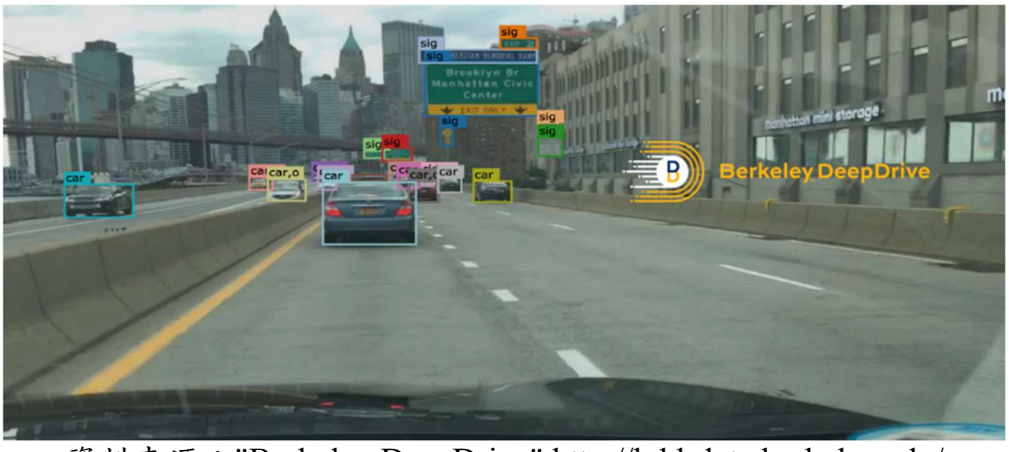
圖 2-1 KITTI 資料庫影像範例



資料來源："The cityscapes dataset." CVPR Workshop on the Future of Datasets in Vision. Vol. 2. 2015

圖 2-2 Cityscapes 資料庫影像範例

圖 2-1 KITTI 為德國 Karlsruhe Institute of Technology 與日本 Toyota 汽車公司合作以影像、光達、GPS 定位、慣性測量儀等感測裝置蒐集與測量德國城市街景並以人工方式標記包含汽車、行人、騎士等六種物件為辨識種類。圖 2-2 Cityscapes 資料庫為德國各車商聯盟同樣以影像、光達、GPS 定位、慣性測量儀等感測裝置蒐集歐洲主要 50 個城市街景，並以像素為單位人工標記 30 種物件為標的辨識種類。



資料來源："Berkeley DeepDrive" http://bdd-data.berkeley.edu/

圖 2-3 BDD100K 影像範例

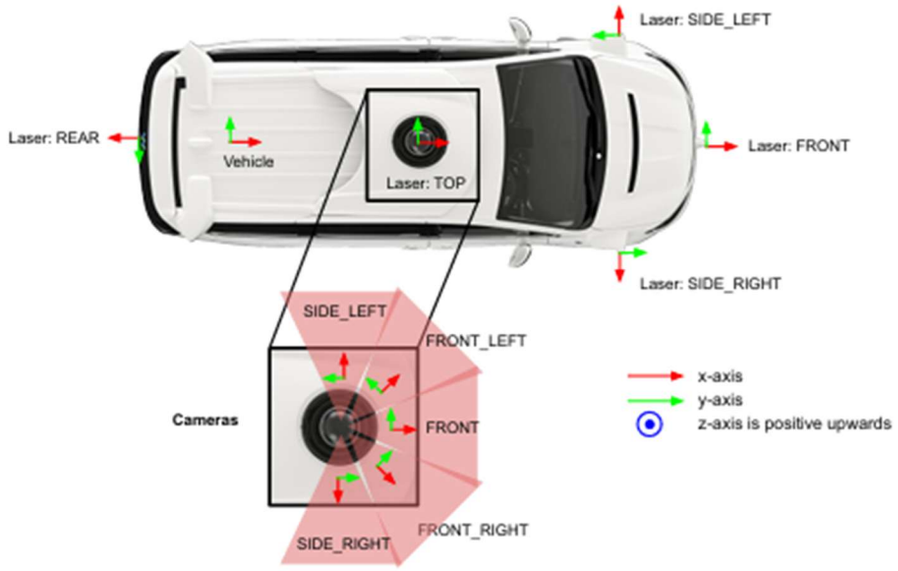


圖 2-4 Waymo Open Dataset 攝影機感測器蒐集方式

圖 2-3 BDD100K (Berkeley DeepDrive 100K) 是由加州大學柏克萊分校於 2018 年釋出的大型駕駛視覺資料集，旨在推動自動駕駛領域的研究。該資料集包含 100,000 段影片，每段約 40 秒長，解析度為 720p，涵蓋多種地理位置、環境和天氣條件。BDD100K 提供豐富的標記資訊，包括：物件邊界框 (bounding boxes)：標註行人、車輛、交通標誌等物件的位置。可行駛區域 (drivable areas)：標示車輛可行駛的道路區域。車道標記 (lane markings)：標記道路上的車道線。語意分割 (semantic segmentation)：對影像進行像素級別的分類。這些標記使研究者能夠在多種任務上訓練模型，如物件偵測、語意分割和路徑規劃等。

圖 2-4 Waymo Open Dataset 由 Waymo 公司釋出，旨在推動自動駕駛技術的研究。該資料集包含兩部分：感知資料集 (perception dataset) 和運動資料集 (motion dataset)。感知資料集包含 2030 個 20 秒長的片段，蒐集自多種地理位置和條件下的高解析度感測器數據。Waymo 資料集提供同步的多感測器數據，包括：1 個中程雷達和 4 個短程雷達。5 個攝影機，覆蓋車輛的前方和側面視角，這些感測器的組合使研究者能夠進行多模態的物件偵測和追蹤研究。

Waymo Open Dataset 提供了豐富的影像感測數據與標記資訊，為研究人員在 2D 物件偵測、物件追蹤以及跨模態融合研究領域提供了一個高品質且多樣化的研究平台，極大地促進了自動駕駛技術的創新與發展。

然而，目前所看到針對自動駕駛訓練之影像資料庫大多為歐美城市之場景，相較於我國城市多元且複雜的市場 (招牌、攤販) 與交通文化，若以上述資料庫做為行車影像辨識訓練標的，其學習模型之準確率及可適性可能無法滿足我國城市的真實交通環境。

2.6.2 行車影像辨識技術與應用

一、 車輛前方

近年來，行車影像中的物件偵測技術，以深度卷積神經網路 (convolutional neural network, CNN) 為主軸，逐漸從傳統的二階段 (two-stage) 方法，演進到更高速的一階段 (one-stage) 方法。其中 Faster R-CNN 為二階段模型的重要代表，其利 region proposal network (RPN) 產生候選區域，再進行分類與邊界框迴歸，在早期的 KITTI 與 Cityscapes 等資料集中表現優異，成為自動駕駛研究的基準。然而，Faster R-CNN 在運算速度與硬體需求上較高，不易直接部署於即時行車辨識場景。

為改善即時性問題，一階段模型開始取得主流地位。SSD (single shot multiBox detector) 採用金字塔式多尺度特徵，能同時偵測大小不同的物件，速度顯著提升；RetinaNet 則提出 Focal Loss 解決前景-背景不平衡問題，進一步兼顧速度與準確度。近年來，YOLO 系列模型 (YOLOv3 - YOLOv8) 更成為行車影像辨識的主流，因其高 FPS、低延遲與較佳的中遠距物件偵測能力，適合應用於交通領域。YOLOv7 與 YOLOv8 採用更輕量化的 backbone (如 CSPDarknet、ELAN 結構)，能在資源受限的嵌入式平台上維持穩定效能。

除了上述偵測模型之外，行車影像亦常搭配光流 (optical flow) 進行動態物件分析，用於判斷移動方向與相對速度；另一類則是以 Transformer 為架構的 DETR (detection transformer) 系列模型，雖具有良好全域特徵理解能力，但在嵌入式與即時運算上仍具挑戰。

Wu *et al.* (2022) 這篇論文提出了一個名為 YOLOP (You Only Look Once for Panoptic Driving Perception) 的新型單階段多任務學習網路，旨在同時執行交通物體檢測、可駕駛區域分割和車道線檢測。具體研究方法包含以下步驟：

(一)模型架構與方法

YOLOP 模型的架構主要由共享編碼器和三個獨立解碼器組成。編碼器負責從輸入影像提取共用特徵，以 Darknet53 做為主幹網路。三個解碼器分別針對不同任務：第一，物件偵測解碼器採用 YOLO 單階段方法，進行物件的分類與定位；第二，可行駛區域解碼器負責進行語意分割，區分道路上的可行駛區域；第三，車道線檢測解碼器專門進行車道線的識別與定位。這三個解碼器共享編碼器的特徵，減少了重複計算，增強了模型的效率和泛化能力。

(二)實驗設計與資料集

YOLOP 模型的訓練與測試是在 BDD100K 資料集上進行的，該資料集包含大量真實世界的行車影像，涵蓋多種道路場景與天氣條件。作者將資料集劃分為訓練、驗證與測試集，並進行資料增強以提升模型泛化能力。訓練階段採用多任務損失函數，包括物件偵測的交叉熵損失、位置回歸損失，以及語意分割的逐像素分類損失，以實現多任務的聯合訓練與優化。

(三)測試結果與效能分析

實驗結果顯示，YOLOP 模型在 BDD100K 資料集上取得了優異的表現。具體而言，模型在物件偵測、可行駛區域分割和車道線檢測三個任務上均達到或超過了當前最先進模型的性能。在 NVIDIA TITAN XP 顯卡上，模型的推理速度達到了 41 FPS，顯著高於傳統的單任務獨立模型。此外，在資源受限的邊緣設備 Jetson TX2 上，仍能以 23 FPS 的速度運行，充分證明 YOLOP 模型的輕量化和高效性。

整體而言，文獻中已提出多種物件偵測技術，其優勢與限制需依照實際應用環境 (如解析度、光線、硬體能力) 進行取捨。這些技術脈絡與模型差異，也成為本研究在市區客運影像辨識中制定技術策略的重要參考。

二、 車輛側方

針對車輛側方，特別是駕駛盲點區域的危險物件偵測，根據感測器大致可分為兩種方法。第一種是使用雷達做為感測器，當物件非常

靠近裝有雷達的車輛或進入盲點時，系統會發出警示或提示。雷達的優點是能夠感測一定範圍內是否有物件靠近，但缺點是無法辨識物件的類別，因此無法根據狀況和物件種類精確判斷是否需要警示。第二種是使用相機做為感測器，針對行車影像進行物件辨識，當特定類別的物件進入盲點區域時發出警示或提示。相機的優點是能夠分辨物件的類別並依此判斷是否需要警示，但缺點是容易受到下雨、光線變化和髒污的影響，此外還需要確認物件位置是否在需警示的盲區範圍內。

Sotelo *et al.* (2007) 提出了一種基於光流技術的視覺盲點檢測系統。該系統由四個計算步驟組成：(1)圖像處理；(2)像素級集群；(3)集群分析；(4)圖型識別。圖像處理步驟與從環境中分離相關特徵，在此步驟中使用 Canny 邊緣提取邊緣像素並計算光流。在像素級集群步驟中，Canny 邊緣像素被組合在一起。每個像素集群是處理後圖像中車輛對象的候選者。首先使用了經典的集群技術接著根據距離等標準將兩個或多個集群組合成一個集群。在集群分析階段，選定的集群用作種子以尋找車輛的前部。一旦找到車輛候選者，它們會在圖型識別階段由支持向量機 (SVM) 進行分類。

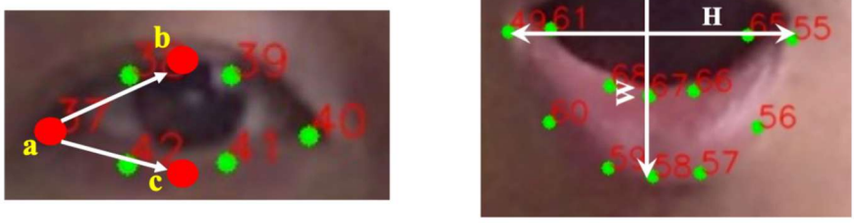
Zhao *et al.* (2019) 提出了基於 AlexNet 的模型結構，使用相機做為感測器的盲點檢測系統之即時嵌入式系統應用。在這個模型結構中，第一個卷積層之後有四個區塊，每個區塊由基於視覺幾何組 (VGG)、深度可分離卷積、殘差學習和擠壓與激勵模組的概念的不同組合設計。因此，建立了四種不同的神經模型：(1)僅基於 VGG 模組的模型；(2)結合深度可分離卷積和殘差學習的模型 (Sep-Res)；(3)結合深度可分離卷積和擠壓與激勵模組的模型 (Sep-SE)；(4)結合所有三個部分的模型 (Sep-Res-SE)。作者使用了兩個數據集來評估每個模型，結論是基於 VGG 模組的模型略高於其他模型的測試準確率，而 Sep-Res-SE 模型在速度和記憶體上有更好的表現。

三、 車輛內部 (駕駛監控)

駕駛者分心與疲勞是造成車輛意外事故的重要原因，藉由駕駛者監控系統 (driver monitoring system, DMS) 可為行車安全多加一道防線。DMS 藉由安裝鏡頭並結合近紅外線技術來蒐集面部運動特徵如眨眼、注視方向、頭部運動等來監控和偵測駕駛人行為、生理狀態，以

及車輛動態反應，透過偵測到異常數據時發出警示訊號和啟動輔助駕駛系統，提高行車安全，降低事故發生率。應用包含預防疲勞駕駛、分心偵測、不當駕駛，以及未授權駕駛等多樣功能。

目前已知的駕駛者監控相關演算法大致能分為兩類：根據五官特徵使用電腦視覺方法判斷與透過卷積神經網路 (CNN) 判斷。前者會先找出一些臉部特徵，例如臉部特徵定位，再透過這些特徵以電腦視覺方法判斷駕駛是否昏睡或未注意前方等分心行為；後者會將駕駛影像或是駕駛局部部位影像交由卷積神經網路進行分類以判斷是否有昏睡或分心行為。



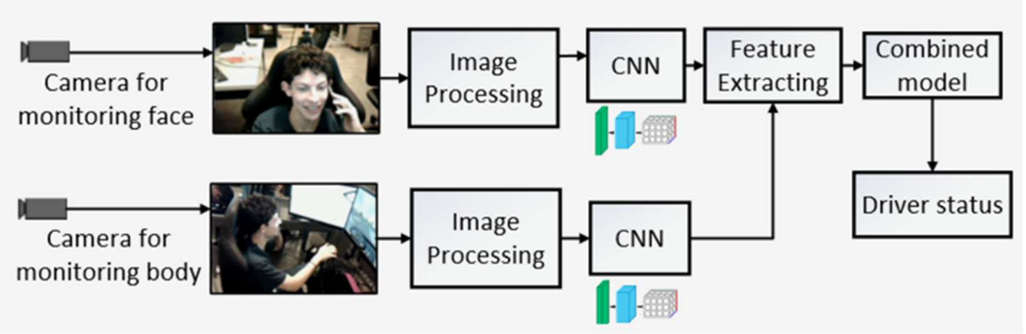
(a) The angle of eye opening.　　(b) The width and height of the mouth.

資料來源："Real-time driver-drowsiness detection system using facial features.", IEEE Access (2019)

圖 2-5 使用臉部特徵定位之間的距離關係判斷駕駛眼睛和口部開闔

Deng & Wu (2019) 透過找出臉部特徵定位，並透過這些特徵點之間的位置與距離關係，計算可以用來判斷駕駛者的眼睛與口部是張開或閉合的指標，如圖 2-5 所示。透過這些指標可以知道駕駛是否有閉眼或打呵欠的狀況，即可進一步判斷駕駛的精神狀況。

Lollett *et al.* (2022) 針對戴口罩情境進行駕駛疲勞偵測，同樣先找出臉部特徵定位，再依據以下三個特徵判斷：眼睛開闔、臉部下緣是否有拉長、肩膀起伏狀況。其中臉部下緣的判斷是因為在打哈欠時即使戴著口罩，臉部的下緣也會拉長，另外在打哈欠時因為會有明顯吸吐氣，肩膀會隨著上下起伏。



資料來源："Real-time detection of distracted driving using dual cameras.", IEEE Access (2020)

圖 2-6 使用正面、側面兩種視角共同辨識駕駛疲勞狀態與分心行為

Tran *et al.* (2020) 使用正面、側面兩支相機，如圖 2-6 所示。將兩個視角的影像分別丟入卷積神經網路，最後再將輸出合併，以找出駕駛是否有以下分心行為：使用手機講電話、使用手機打字、調整收音機、飲食、伸手到後方、撥弄頭髮、和旁邊說話、疲勞。由於使用兩個相機視角，相較於傳統只有拍攝正臉視角的駕駛者監控方法，可以找到較多需要看到整個身體才能看到的分心行為，但相對所需運算資源也相對較多。

2.6.3 小結

前一期研究主要以國道客運為分析情境，而國道路段在交通組成與環境變化上具有高度規則性。國道的車流速度雖快，但交通方向一致、弱勢用路人比例極低、道路標線清楚且光照較為穩定，使得影像辨識模型較容易發揮性能。在此環境下，主流影像技術 (如 YOLO、SSD、Faster R-CNN 與射線－平面交點法距離推估) 通常能獲得良好的準確度與穩定性。尤其在國道上，鏡頭畸變較低、相機俯仰角穩定，因此與平面幾何相關的距離推算模型較容易求解，也使前一期研究較能聚焦於模型本身的性能分析。

然而，本年度研究情境轉移至市區客運後，影像辨識所面臨的挑戰產生根本性的改變。市區道路充滿不確定性，包括行人、機車及自行車等弱勢用路人頻繁出現，車輛種類多樣、遮蔽物更多、光線來源複雜 (如招牌燈、反射面、逆光、樹蔭)、車道線品質不一致。此外，市區客運 DVR 通常採用壓縮後的低解析度鏡頭，且安裝角度因車型與司機習慣而高度不一致，使得影像畸變程度、Pitch 與 Yaw 差異極大。例如，本研究發現，前一期能在國道場景中精準運作的「射線－平面交點距離推估法」，在市區客運

上仰式鏡頭的條件下會完全失效，形成無解的幾何系統，必須全面棄用。

因此，市區客運的影像辨識挑戰不再僅限於「選擇哪種模型較準確」，而是必須同時面對影像品質差異、場景複雜度、幾何模型可解性、感測限制及實際工程落地需求等多重問題。這使得本年度研究的方向從「模型效能驗證」轉變為「影像品質盤點、技術限制診斷、距離推算可行性分析、與市區場景落地化調整」。透過今年的研究可明顯看出，市區環境必須額外處理光源變化、弱勢用路人高密度、機車斜切接近、鏡頭畸變嚴重與雨滴反光等問題，並需採用 IPM 等更具彈性的幾何技術才能維持距離推估的可行性。

綜上所述，前期國道情境研究與本年度市區客運研究在技術挑戰、資料特性與模型可靠性需求上皆呈現高度差異。本年度研究的重點已從「高速、規則性環境下的模型能力」全面轉向「複雜、動態、市區環境中的工程落地性」，使研究成果更能貼近公車產業的真實需求。

2.7 市區客運駕駛安全管理策略

整體而言，市區公車事故不僅來自駕駛操作層面，也受到道路環境、都市設計與周邊使用者行為的影響，因此容易造成駕駛員注意力分配與判斷失誤。因此，若要有效提升我國市區公車安全性，更有效的車隊安全管理、駕駛員訓練與車輛輔助科技即為主要的市區客運駕駛安全管理策略。

此處文獻回顧之重點在於回顧應用影像辨識技術，藉由行車影像資料分析篩選行車異常事件，據以建立相關管理指標及安全管理系統 (Safety Management System, SMS) 之相關文獻。

市區客運駕駛安全管理策略與其它汽車運輸業之安全管理策略基本相同，惟市區客運所面對之環境不同，因此安全管理系統所欲管理之異常事件或高風險駕駛行為與其它汽車運輸業有所不同。我國市區公車常見事故類型主要為公車靠站或離站之同向擦撞，此為市區公車與其它汽車運輸業最大之不同。其它如路口轉彎時之側撞 (內輪差事故) 與路段中之追撞 (含追撞前車或遭後車追撞) 皆與其它汽車運輸業雷同。整體而言，市區客運駕駛安全管理策略主要在於以下兩點：

一、 安全駕駛行為管理之重點在於協助駕駛員精進安全駕駛行為，如精進駕駛員安全駕駛教育訓練；

二、 管理目標為減少可預防 (preventable) 之事故。

市區公車安全的持續改善有賴於導入適合的道路交通安全管理系統，如圖 2-7 所示。而其中道路交通安全管理系統的運作關鍵則為適合的安全駕駛行為指標。舉例而言，市區公車於路口轉彎時撞擊行人為市區公車常見的肇事因素之一 (發生頻率高)，更往往是造成重大傷亡的肇事因素之一(發生嚴重度高)。儘管目前雙北已實施指叉確認及右轉時停再開等駕駛員於路口轉彎時的確認程序，然而，駕駛員仍有可能因天候環境、交通狀況、或人為失誤等因素，而未即時感知於行穿線上穿越路口之行人。因此，除了透過盲點偵測系統，仍需輔以完善的道路交通安全管理系統，從適當的工時訂定、充足的駕駛員訓練、出車前駕駛員精神狀況的確定、到行車中的偵測、車隊的安全管理團隊的建立、安全管理的目標的訂定、風險管理的手段的建立、相關流程及表單的建立、定期的審視執行成效、乃至回到公司高層的定期檢視及改善等，方得以將此事故風險降至最低。

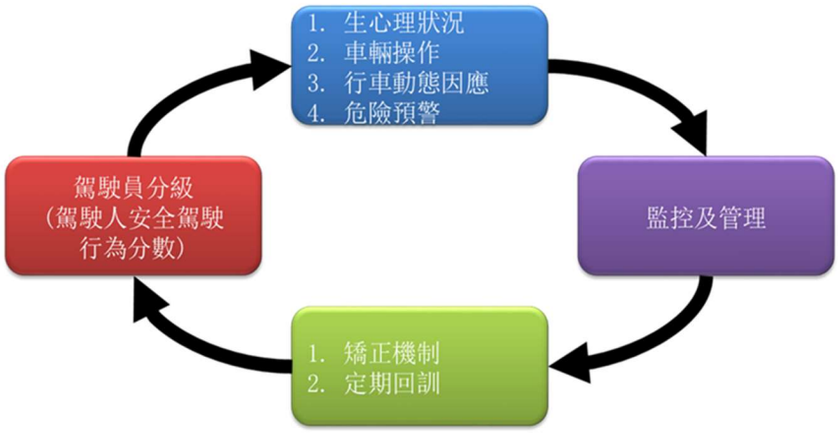


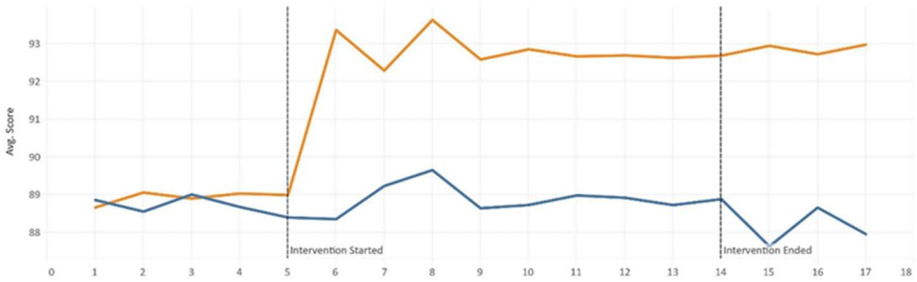
圖 2-7 安全駕駛行為管理主要元素：偵測、監控、矯正機制、駕駛員安全駕駛行為分數

上述運用車載資訊設備結合安全管理系統的案例列舉如下：

Masello *et al.* (2023) 挑選 373 名輕型商用車駕駛共約一百萬旅次的駕駛數據研究即時警示系統對駕駛帶來的影響效果。研究選擇每行駛一百公里超速、急加減速以及分心發生件數做為風險評估指標。研究結果顯示警示有助於減少駕駛分心事件的發生，另外若將主被動的監管系統結合獎勵機制更能有效降低急加減速等危險事件發生。

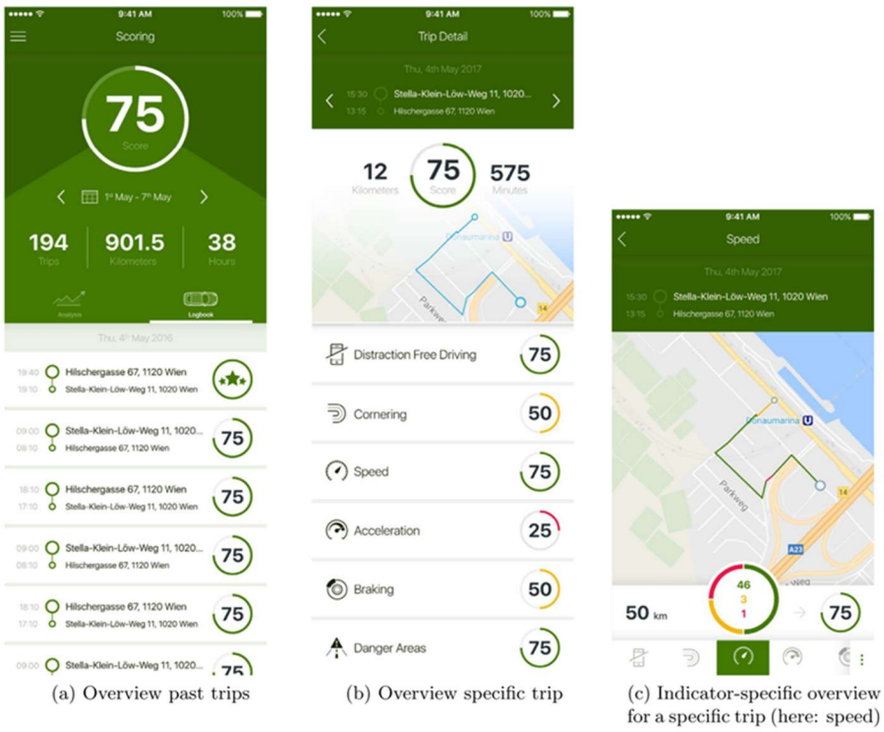
Ghamari *et al.* (2022) 將公車駕駛分為實驗組與對照組，利用車載系統記錄駕駛人超速、急加減速、劇烈變換方向、長時駕駛次數及夜間行駛比

例。實驗組駕駛將會在每週收到根據其駕駛行為計算出的分數與等級，觀察駕駛人在得到這些資訊後是否會提高駕駛安全度。根據研究結果所繪製出的趨勢，如圖 2-8 所示。此研究發現實驗組駕駛在獲得回饋後分數明顯上升，意味著駕駛行為變得更加安全。此外根據檢定結果，實驗組與對照組間的分數有顯著差異，即便在停止回饋後，實驗組駕駛也能維持良好的駕駛行為，顯示透過車載系統記錄並針對個別駕駛給出改善建議對於駕駛人有正面影響。



圖片來源：Ghamari *et al.* (2022)

圖 2-8 駕駛員分數變化趨勢比較



(a) Overview past trips (b) Overview specific trip (c) Indicator-specific overview for a specific trip (here: speed)

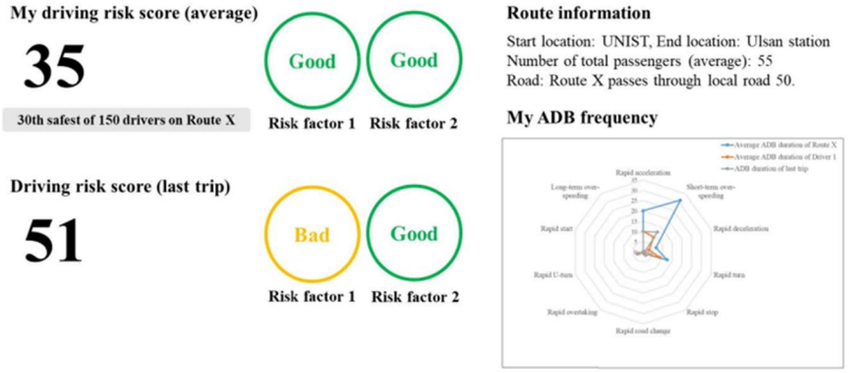
圖片來源：Peer *et al.* (2020)

圖 2-9 駕駛員駕駛行為監測示意圖

Peer *et al.* (2020) 透過 App 記錄奧地利 130 名駕駛人的駕駛行為，其

中包含超速、加減速、轉彎等行為，記錄同時也能直接將駕駛數據呈現在App 頁面上供駕駛人參照，如圖 2-9 所示。該研究分為三階段，第一階段僅記錄駕駛人的駕駛數據做為分析基礎，第二階段則將蒐集到的駕駛數據作分析並分別為駕駛行為評分以及提供改善建議給駕駛人參考，最後的第三階段為改善效果的追蹤，將不再為駕駛行為評分僅觀察駕駛人在接收改善建議後是否對其行為作出改善，降低風險程度。研究結果發現駕駛人在經過建議後對駕駛安全性有小幅度正向效果，此外相對小心的駕駛使用App的頻率相對較高，App使用率越高的駕駛人行為改善效果也更加明顯。

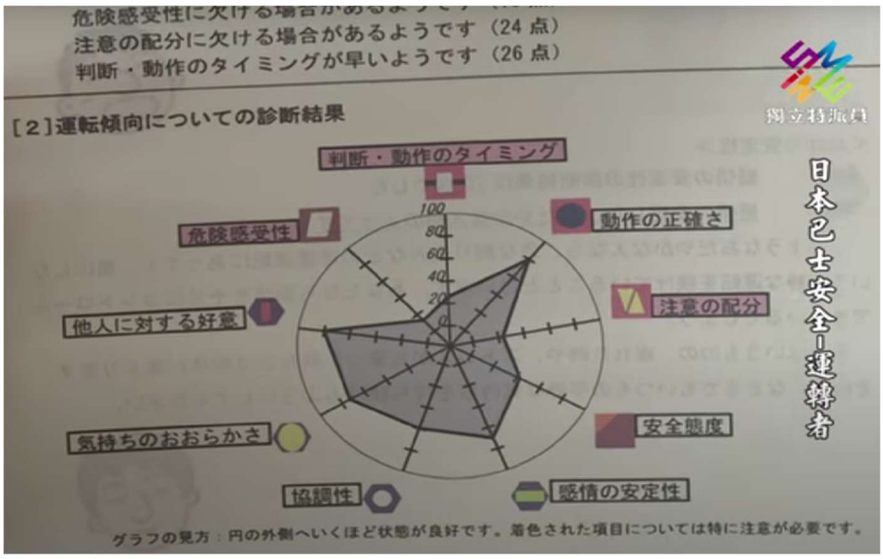
Seo *et al.* (2022)蒐集韓國 20 條不同路線客運駕駛的行車數據，擷取其超速、急加減速、急轉向、不當變換車道等危險駕駛行為，並將行為轉換為百分位分數以利後續分析，得分越高代表越危險。研究有效將駕駛分為高風險與低風險兩組 (得分前 25%及後 25%群體)，也能根據分析結果掌握需要改善的項目，如圖 2-10 所示，以提供一個更明確的駕駛安全教育方針。



圖片來源：Seo *et al.* (2022)

圖 2-10 韓國駕駛員風險評估案例

日本自 2002 年起強制要求客運駕駛在就職前須先進行適性診斷，首先透過模擬器模擬實際駕駛狀態，初步掌握駕駛行為、反應速度、生心理狀態等，除了確保駕駛可勝任該職務，也幫助業者了解駕駛人弱點以加強管理與訓練 (圖 2-11 所示)。另為了更深入了解駕駛行為，可透過安全駕駛訓練車的方式，藉由車上設備，訓練人員能監測當下駕駛的視線、車速、與周遭車輛間的距離、車輛晃動程度等資訊。



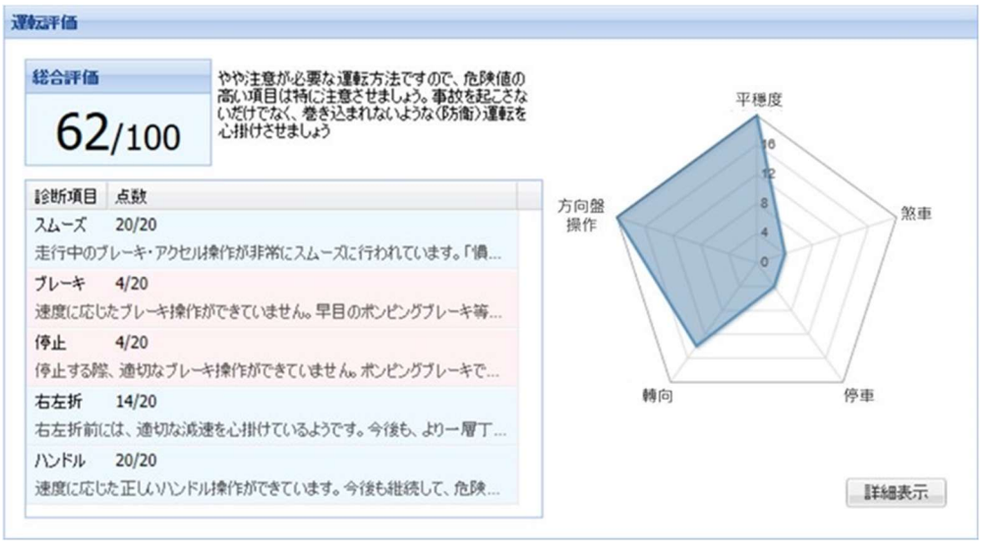
圖片來源：https://www.youtube.com/watch?v=P8ty6IGgAKc

圖 2-11 日本客運駕駛在就職前所進行之適性診斷

針對車機數據與影像之使用，日本國土交通省建議業者妥善利用車機資訊避免駕駛發生事故。透過車機記錄駕駛行車數據，依據各業者自行訂定的危險行為及其門檻值調取危險事件做為後續駕駛安全教育的依據。教育環節分為個別安全教育以及團體安全教育兩類，個別安全教育經由開放式的問題確認駕駛是否理解自身問題點並了解事件發生的背景，從而擬定對策避免事件再次發生，後續再調取類似交通環境之數據追蹤改善效果。團體安全教育則是建議每年至少辦理一次，播放與主題相關的影像片段鼓勵駕駛針對問題點提出看法再由管理階層負責解說並排除駕駛疑問，惟需注意在使用影像前須先與當事駕駛溝通並做匿名處理。

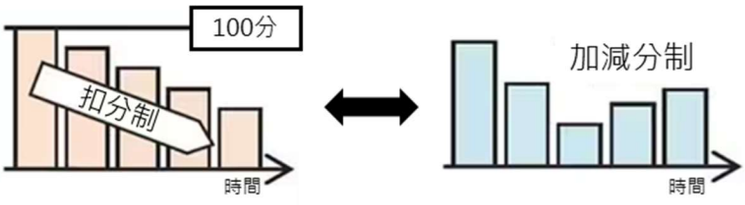
日本 docomo 公司開發的「doco です car safety」系統致力於降低事故發生率，希望可以透過記錄日常駕駛習慣以及危險行為找出可能導致事故發生原因，並從根本改善駕駛行為，其使用方式大致符合日本國土交通省的使用手冊。後台可以直接查看所有危險行為發生的時間以及危險程度，並記錄發生次數檢視危險行為發生頻率。此外，導入安全等級的評分機制透過五個面向，方向盤、轉向、穩定度、剎車以及停車方式為所有駕駛評分，如圖 2-12、圖 2-13 所示。評分方式採用加減分制而非扣分制，目的在於較能看出駕駛改善的效果，根據數據所顯示的駕駛能力找出各個駕駛需要改善調整的部分，透過安全教育以及報表改善駕駛行為，提升車隊的安全性。每年導入該系統的數家業者所呈現的數據也顯示在使用後事故與危

險行為件數顯著下降，如圖 2-13 所示。除了能減少車輛維修所需費用，保險所需的花費也有一定程度降低，對業者有明顯的正面效果。



圖片來源：
https://www.ntt.com/business/services/docodesucar/safety.html#function

圖 2-12 駕駛評分系統示意圖



https://www.ntt.com/business/services/docodesucar/driverecorder/column/20180906-01.html)

圖 2-13 駕駛評分系統示意圖

第三章 市區客運事故資料分析

3.1 分析構想

本計畫市區客運事故資料分析旨在探討市區道路中客運交通事故之發生特性及其潛在關聯因素，藉以提供後續風險指標之建構為一參考依據。本計畫係利用內政部警政署所提供之道路交通事故資料庫，篩選出所有具客運涉及之事故予以分析。研究先行統計事故之時空分布，以初步掌握事故空間熱點與依時變化，而後透過交叉分析瞭解不同的駕駛行為動態對事故頻次的影響，其中進一步探討不同碰撞型態、事故地點、與客運碰撞之運具等在各駕駛動態中的樣態。縱然在以上敘述性統計中可初步掌握事故發生之情形，惟未能橫向比較各因子的關聯程度，故為更清楚描繪事故發生及其碰撞類型，與駕駛行為、事故地點、環境因子等關鍵特徵之關聯性，本計畫將進一步建構頻次模型與碰撞型態類別模型，以透過計量方法捕捉各因子之間的關聯程度。

為精準描繪市區客運之特性，本研究將排除發生於高速公路之事故樣本，並聚焦於都會區域內之一般市區道路。此外，本研究亦將彙整與事故相關之外生變數，包括交通環境特性 (如路口型態、號誌等)、道路幾何、以及人為活動與土地使用特徵等，做為解釋變數納入後續統計模型中。就資料處理面而論，本計畫針對原始事故資料清理與欄位標準化，同時盡可能含括各開放資料，以擴充事故發生地點的特徵描述，強化模型的適用性與可解釋性。就模型的建構技術層面而論，由於路口與路段特性截然不同，且兩者所能蒐集到的資料有別，故本計畫將路口與路段分別建模，以充分反映個別特徵並尋找相關聯的因素。此外，為瞭解事故發生對頻次之影響，本計畫分別以路口與路段為基礎，建構各碰撞型態的事故頻次模型，以掌握各類型事故的影響因子。而針對一起事故的發生，其碰撞型態之類別可能隱含其潛在風險，故本計畫另建構碰撞型態類別模型，係以個體事故為基礎，判斷不同的因素對碰撞類型的影響程度。由於此一模型得以微觀分析個別事故，故可容納個體駕駛人的相關特性，此有利於針對未來 ADAS、車機資料與車內外影像辨識資料所捕捉資訊之應用。

本計畫所能蒐集到的資料精細程度不同，如臺北市的路口資料最為完整，可蒐集各路口的交通流量與特性，故可將交通環境納入考量，提升模

型的準確度與可解釋性。然而在全國其他縣市皆未細部調查路口交通量，是故，權衡解釋變量資料取得之可行性與模型建構之準確度，本計畫將針對全國與臺北市的路口及路段事故頻次分開建模，前者可用以綜觀全國各特徵對事故頻次或碰撞型態類別之平均影響；後者在路口事故模型中可考量更細緻的變量，進而探討交通流量特徵對事故的影響，而在路段事故分析中則可進一步示範風險頻次模型之應用，建構路段風險之預測，以評估市區公車各路線的相對風險。須特別注意的是，由於資料蒐集困難，全國並非所有縣市皆有路口相關資料，故本計畫並未建構「全國路口」的事故模型。綜上所論，本計畫之分析架構圖如圖 3-1 所示。

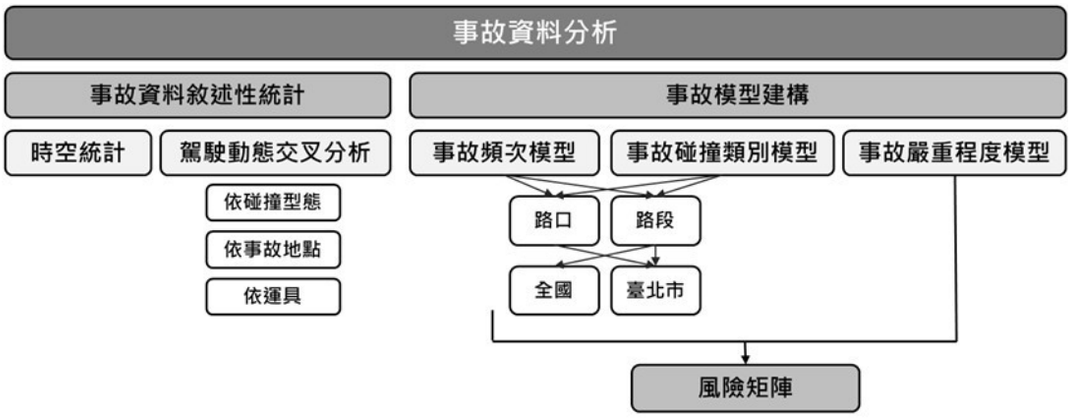


圖 3-1 市區客運事故資料分析架構圖

根據圖 3-1 之分析架構圖並釐清本計畫事故資料分析的研究範疇，以下說明各章節模型建構的範圍與分析邏輯。3.3 節之事故頻次模型中主要分為全國、臺北市的模型建構，前者綜觀全國事故之潛在關聯因子，以供觀察各變量之平均效果，後者則聚焦於臺北市，以做為後續事故頻次預測之基礎與區域性之模型解讀。此外，鑒於本計畫旨在建立風險分析之指標，而不同區域或城市型態各變量的影響因素可能有所異，故本計畫另針對直轄市六都與市區、郊區、鄉村三種不同城市型態建構頻次模型，以瞭解其關聯程度之差異，有助於後續指標設計與應用。3.4 節之事故類別型態模型分別以全國與臺北市建模，由於不同城市型態對於碰撞型態的類別並無明顯差異，且解讀上過於瑣碎，故在此僅呈現全國與臺北市模型之結果。3.5 節之事故嚴重程度模型則逕以全國的樣本為基礎，係因樣本數過少，若進一步區分碰撞型態、城市型態等將會使模型無法校估，故採用全國模型探討之。

3.2 資料蒐集與敘述性統計

本節彙整計畫中所蒐集之事故資料，並詳述所蒐集之解釋變數的資料來源、資料清理方式，以清楚定義後續模型中的解釋變數。此外，進一步針對事故資料中的駕駛者動態予以交叉分析，包括碰撞型態、事故發生地點與肇事運具等，以初步瞭解事故發生的潛在或好發因素。

3.2.1 資料蒐集與處理

為瞭解事故的空間分布及其影響因素，本計畫蒐集歷史事故資料，做為事故分析之基礎，而在事故頻次與碰撞型態建模中，事故歷史資料則可做為模型中的應變數。本計畫利用之交通事故調查表包含道路交通事故調查報告表 (一)，其係記錄事故當下的環境特性，如時間、地點、天候等因素。道路交通事故調查報告表 (二) 則記載事故當事人的特性，如當事人駕駛執照、車輛、受傷程度等資料。每一起事故在表 (一) 中皆會有一筆資料，若有多車輛、人員涉入此事故，則表 (二) 則會分別記載全部的當事人資訊，並依據初判之肇責紀錄區分為第幾當事人。為篩選所有發生於市區道路的事故，本計畫使用內政部數值路網地圖 (我國通用電子地圖)，以供後續事故發生地點之匹配。針對事故資料先行透過其座標定位於最接近的路段上，並篩除位於國道者，且保留所有與民營/公營大客車相關的所有事故，藉此將研究樣本聚焦於市區道路之客運上。

此外另須蒐集解釋頻次與碰撞型態之相關因子，而解釋變數的類型可分為駕駛行為、道路幾何與設施、人為活動與土地使用、交通環境等變量，其中駕駛行為係事故資料表中所記錄之資訊，而其他變量則須自其他開放平臺蒐集相關資料。本計畫可從事故資料表中推斷駕駛當下之行為及其身分背景，此外透過經緯度之紀錄亦可推敲事故發生所在之情境，諸如公車鄰近停靠站處、是否發生於公車專用道上等，並藉由空間交集之分析萃取道路設施、土地使用、交通環境等資訊。綜上所論，本計畫研究架構與使用資料集彙整如圖 3-2 所示。

資料蒐集的細緻度於各縣市略有不同，如臺北市提供最為完善的路口以及交通設施之資訊，其為影響事故至為相關的因子，惟其他縣市皆未蒐集完備該相關資料。此外，事故特性於路段與路口並不相同，若將兩者混

為一談可能扭曲分析的結果，且兩者所使用的解釋變量理應亦有所不同，故本計畫將兩者分別建模以探討不同道路情境下的影響因素。就事故樣本篩選而論，本計畫針對「路段」採全我國市區公車行經之路段做為分析樣本；而針對「路口」事故，因僅能完整蒐集臺北市的路口資訊 (如交通量、號誌等)，因此將以臺北市涵蓋各解釋變數的樣本納入分析對象。

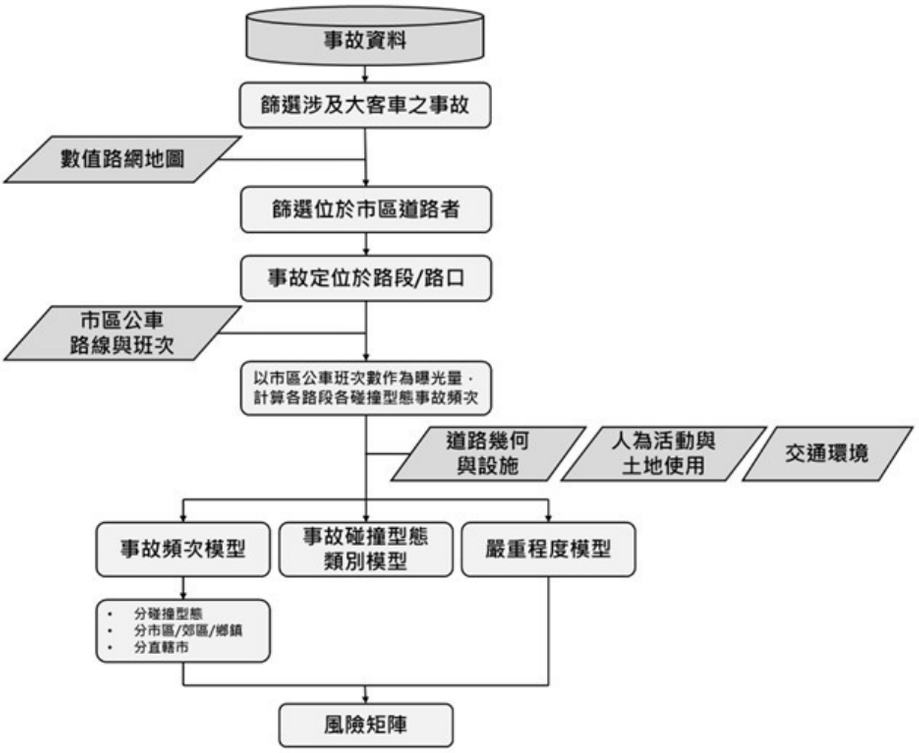


圖 3-2 事故頻次與碰撞型態模式建立架構與使用資料

以解釋變數之蒐集而論，道路幾何資料可自我國通用電子地圖萃取重要特徵，諸如道路長度、道路寬度、道路層級 (縣道、鄉道、一般市區道路等)。道路設施包括人行道、自行車道、路口等，該資料可自營建署人行道資料庫與運輸資料流通服務平臺介接。人為活動與土地使用相關變數包括日間活動人口數、路段周遭商家密度等，以反映經濟活動的密度，可做為曝光量之近似值。其中日間活動人口數可自社會經濟資料服務平臺申請內政部電信信令人口統計資料，而商家資料如餐廳、零售業與設施資料如銀行、郵局、學校等可自開放街圖 (OpenStreetMap) 介接。交通環境相關變數包括公車停靠站點、公車專用道等，亦可自運輸資料流通服務平臺介接。上述變數可同時應用於路段及路口的事故分析與建模中，然有關路口的事故，由於涉及較為複雜的車流行為，應另考量所有本計畫所需的資料及各變數之定義與資料來源彙整如表 3-1。

表 3-1 本計畫所需各資料欄位變數與資料來源

類別	資料/欄位變數	定義	應用場域/模型				資料來源/年期
			頻次		碰撞類別		
			路段	路口	路段	路口	
歷史事故資料	事故資料表 (一)	事故環境特徵	V	V	V	V	警政署道路交通事故調查表 (108-113 年)
	事故資料表 (二)	事故涉及人員	V	V	V	V	
道路幾何	道路線形	每一路段線段資料	V	-	V	-	內政部數值路網地圖 (我國通用電子地圖) (110 年)、臺北市開放資料平臺 (113 年)
	道路層級	市區道路內又分為市區快速道路、縣道、鄉道、一般市區道路等	V	V	V	V	
	道路長度	路段總長度	V	-	V	-	
	道路寬度	路段/路口總寬度	V	V	V	V	
道路設施	人行道	路段/路口任一側是否布設人行道	V	V	V	V	營建署人行道資料庫 (111 年)
	自行車道	路段/路口任一側是否布設自行車道	V	V	V	V	運輸資料流通服務平臺 (113 年)
	公車專用道	路段/路口是否設置/行經公車專用道	V	V	V	V	臺北市開放資料平臺 (113 年)

表 3-1 本計畫所需各資料欄位變數與資料來源(續)

類別	資料/欄位變數	定義	應用場域/模型				資料來源/年期
			頻次		碰撞類別		
			路段	路口	路段	路口	
人為活動與土地使用	日間活動人口數	路段/路口所在最小統計區的活動人口數 (時間尺度：日)	V	V	V	V	內政部電信信令人口統計資料(最小統計區)(109 年)
	路段周遭商家密度/路口周遭商家個數	路段周遭商家數除以路段長度/路口周遭商家數	V	V	V	V	開放街圖 (OSM)(114 年)
	路段周遭設施密度/路口周遭設施個數	路段周遭設施數除以路段長度/路口周遭設施數(設施如銀行、郵局、學校等)	V	V	V	V	
交通環境	市區公車班次數	路段上/行經路口日均公車班次數 (時間尺度：日)	V	V	V	V	運輸資料流通服務平臺 (110-113 年)
	市區公車站牌數	路段上/路口周遭公車站牌數	V	V	V	V	
	路口交通特性	路口轉彎比例 (時間尺度：日)	-	V	-	V	臺北市開放資料平臺 (113 年)
		車種比例 (時間尺度：日)					
駕駛行為	駕駛當事者動態	客運為第一當事人	-	-	V	V	警政署道路交通事故調查表(108-113 年)
		客運右轉彎					
		客運左轉彎					
		客運變換車道					
		客運急煞或急停					
	駕駛違規情形	客運未注意前方	-	-	V	V	

表 3-1 本計畫所需各資料欄位變數與資料來源(續)

類別	資料/欄位變數	定義	應用場域/模型				資料來源/年期
			頻次		碰撞類別		
			路段	路口	路段	路口	
		客運未保安全距離					
		客運未依規定變換車道					
		客運違規停車					

3.2.2 各縣市市區客運依年度事故統計

本計畫針對事故資料，統計各縣市的市區客運涉入與涉及死亡之事故件數，以反映事故發生之嚴重程度，圖 3-3 為全我國各直轄市的事故統計，圖 3-4 則為所有非直轄市的統計。由圖 3-3 可發現，六都中以新北市與臺北市的事故件數為最多 (113 年度分別約為 500 與 750 件)，此與兩行政區的公車班次數較多有關。就時間趨勢而論，雙北市與臺中市的事故件數皆有成長之趨勢，除在疫情期間因公車班次數較少、曝光量較低而下滑外，其餘年度皆呈穩定或成長之趨勢，疫後隨著公共運輸量能回升而急遽上升，尤以臺中市成長幅度最為劇烈，於 112 年達約 500 件。然單就事件數而論並無法客觀評估市區客運事故的嚴重情形，應進一步考量公車班次數以反映客運的曝光量，是故在後續的事故模型中將會以公車班次數做為調整因子。此外，亦可從事故的死亡比例反映各縣市市區公車涉入之事故的嚴重程度，由圖 3-3 可發現，南部地區包括臺南市與高雄市雖其整體事故件數相較其他行政區為低，然其主要可能原因係班次數較少，惟涉及死亡之事故比例為所有直轄市中最高者，凸顯市區公車對於道路潛在的隱患。

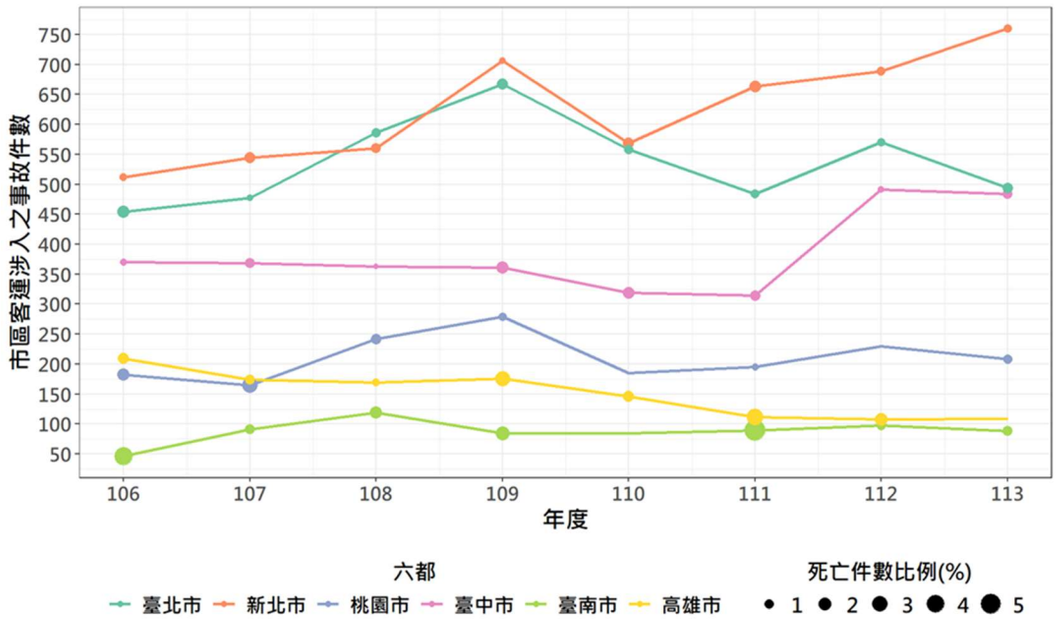


圖 3-3 全臺各直轄市事故件數依年度統計

另就非直轄市部分，基隆市為所有縣市中事故件數最高者，同樣乃因該縣市的班次數為其中最多者所致，而其餘大部分縣市每年平均約有 30 至 40 起涉入市區客運之事故。就嚴重程度而論，雖臺東縣與花蓮縣的事故發

生頻次較低，惟涉及死亡事故的比例為所有縣市中最高，其歷年來的市區客運事故涉及死亡之比例曾高達約 15%至 20%。綜上圖 3-3 與圖 3-4 之事故分縣市依年度統計，可知涉及市區客運的事故在直轄市日益嚴重，而在非直轄市所造成之客運事故亦多無減緩之現象，故此類型事故為當前亟待解決之課題。此外，自兩圖表中可發現，公車班次較多之行政區通常事故亦會較多，故後續建模分析中亦須將曝光量因子納入考量，以避免因未考量公共運輸的特徵而使分析結果有所偏頗。

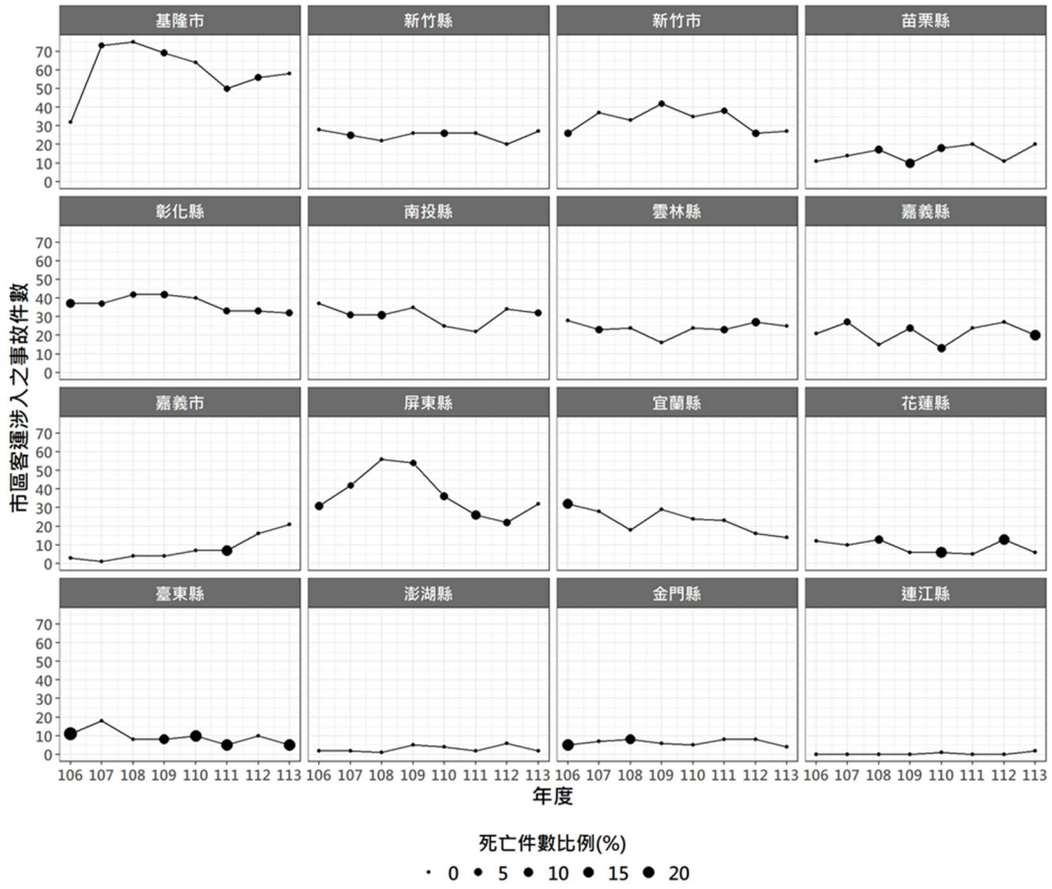


圖 3-4 全臺各非直轄市事故件數依年度統計

就事故碰撞型態而論，涉及市區客運之事故以同向擦撞最為大宗，其次依序為與行人之碰撞、側撞與對撞，各年度的碰撞型態分布趨勢如圖 3-5。同向擦撞通常發生於同方向相鄰車道，由於車道變換不當、客運車輛盲區所致之事故，此類型事故的嚴重程度通常較為輕微，然若是與機車發生擦撞，其影響程度較與一般小型車所致之危害為大。另外，涉及市區客運之事故中有眾多屬於與行人之碰撞，且逐年增長，顯見在路口處客運行駛盲區以及不良的步行設施，皆可能會導致衝突之發生，而其所致風險 (頻

次與嚴重程度) 亦為所有事故中最高者，為當前交通當局著眼之改善對象。

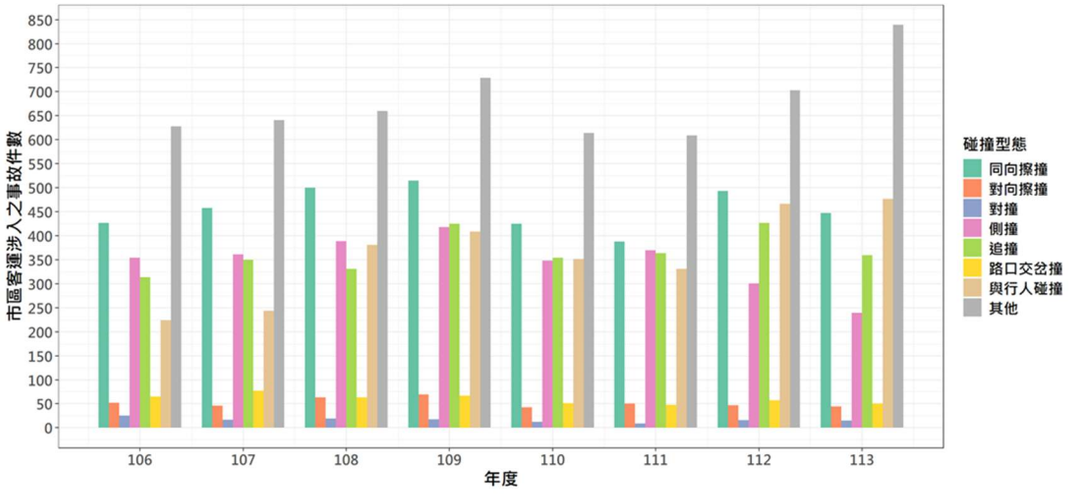


圖 3-5 全臺各碰撞型態類型之客運事故統計

全臺 108 至 113 年度之事故資料空間分布如圖 3-6 所示，其中灰色線段為市區客運之路線，而紅點則為涉及市區客運之事故，由空間分布圖可再次觀察大部分的事故皆發生於大都會區，係因公車班次較為密集。此外，圖 3-6 中僅呈現 108 年度後的資料，乃因在此之前的事故資料並無完整的經緯度定位紀錄，故於後續的事故建模分析中，為避免影響各路段頻次的計算，並未將 108 年度以前的資料納入分析。

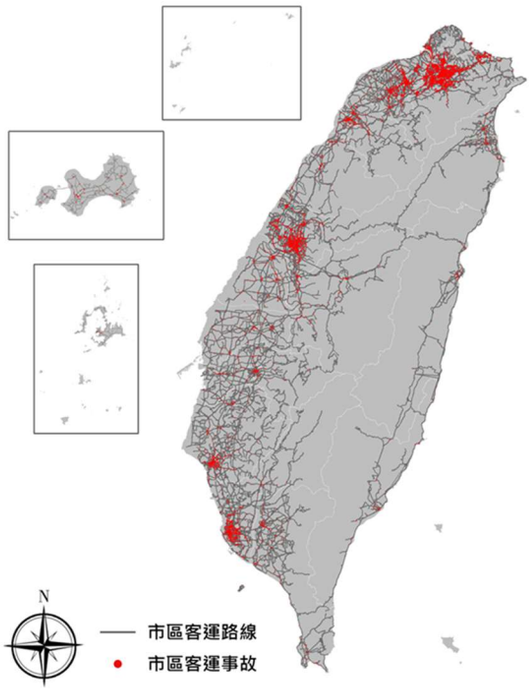


圖 3-6 全臺 108 至 113 年度客運事故統計

綜觀以上各年度的事故及其空間分布分析，可大致掌握近年涉及市區客運之事故的趨勢，並再次凸顯其嚴重性，係亟待解決之議題。然而上述之時間趨勢分析無法進一步剖析可能的成因，故在建立模型之前，本計畫先行利用事故資料表的各項紀錄與客運事故之駕駛行為予以交叉分析，以初探駕駛動態對各變量的影響。

3.2.3 碰撞型態與駕駛行為之交叉分析

同向擦撞與對向擦撞的駕駛者動態之交叉分析如分別圖 3-7 與圖 3-8 所示，其中左圖為市區客運為第一當事者之情形，而右圖則為第二當事者。就同向擦撞而論，第一與第二當事者皆為向前直行時，其事故頻次為最高者，推測該事故情境係雙方於相鄰車道上發生擦撞衝突。當市區客運為第一當事者時，在其右轉彎或向右變換車道時，所造成的事故頻次甚高，分別約佔該類型事故之 6.3%與 6.5%。由此推判，當客運在右轉或向右變換車道時，須格外注意相鄰車道上的其他車輛動態，尤其須特別當心其右側機車，以避免因視野盲區而造成擦撞。當市區客運為第二當事者時，除雙方皆向前直行為最主要的動態外，其他車輛在向左變換以及向右變換車道所造成的事故頻次亦明顯較高，分別約佔該類型事故之 18.5%與 7.6%。是故，客運駕駛向前行進時須格外注意變換車道之車輛，以避免發生擦撞意外，其中又以向左變換車道者更須當心。

對向擦撞 (見圖 3-8) 相較於同向擦撞而言，其頻次甚低，且以市區客運為第二當事人的情境更易發生，約為市區客運為第一當事者之兩倍。反觀前述所提之同向擦撞，市區客運為第一當事者的情境較其為第二當事者略多，兩者呈不同的趨勢。由此顯見，市區客運更須當心同向擦撞，乃因其具更高頻次，且通常客運駕駛為第一當事者。就對向擦撞而論，當客運駕駛為第一當事者時，其他車輛皆為向前直行，而客運向前直行、左轉彎兩者為造成此類型事故之最大宗，兩者皆約佔整體之 31.1%。由此顯見，除直行外，客運在左轉彎相當容易與轉入之對向車道發生對象擦撞，原因可能係道路寬度較為狹窄，或轉彎半徑過小，致使公車易與對向來車或停等的車輛發生擦撞。反觀，當客運為第二當事者時，大部分的事故皆發生於雙方皆向前直行之情境，約佔整體之 49.5%。

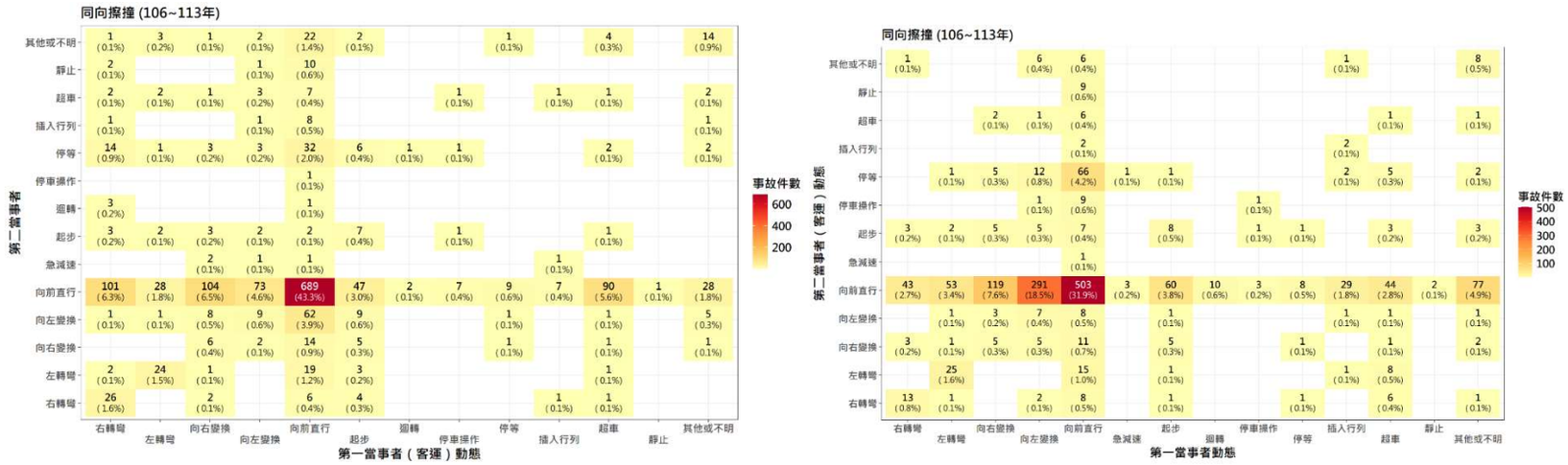


圖 3-7 同向擦撞事故駕駛當事者動態之交叉分析

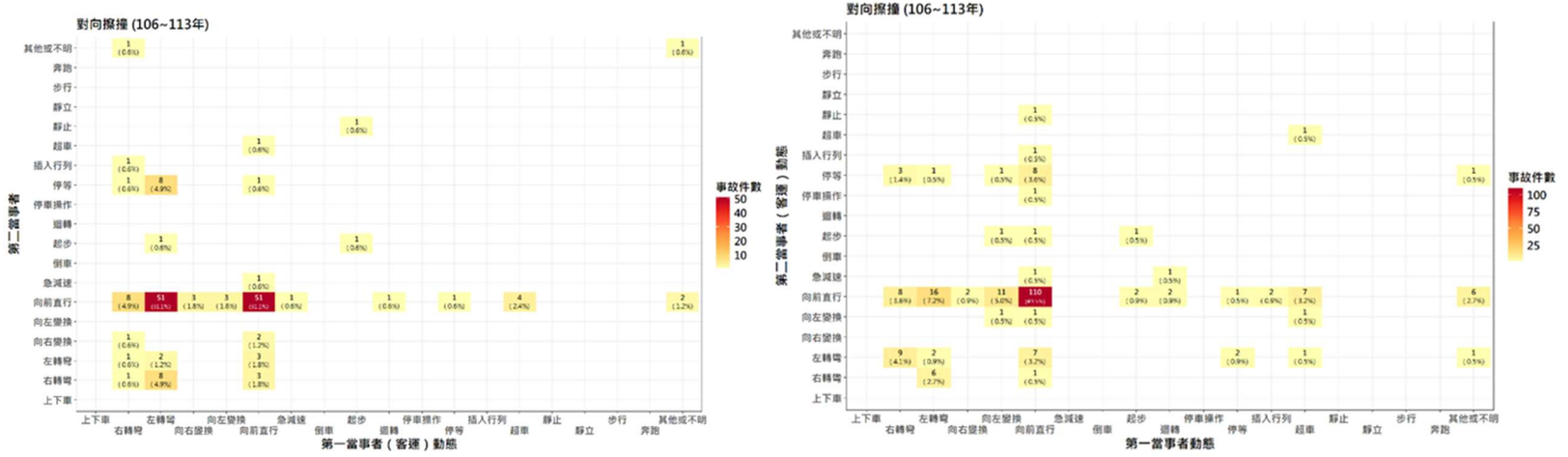


圖 3-8 對向擦撞事故駕駛當事者動態之交叉分析

圖 3-9 顯示涉及市區客運之追撞事故的駕駛動態交叉分析，其中左圖係市區客運為第一當事者，而右圖則為第二當事者之情境。比較左右兩圖可發現，追撞意外的發生多以市區客運為第二當事人為主，亦即權責初判以對方車輛為重。當客運駕駛為第一當事人時，其在向前直行，而對方車輛處於停等狀態，所造成的事故頻次最高，約佔該事故類型之 39.1%。此一情境推測乃對方車輛在停等號誌時，客運因煞車不及而造成追撞意外。此外，當客運向前直行且對方亦處於停等狀態時，此一情境的事故頻次佔比約 26.5%，為整體次高者。此一情境係兩者皆移動的狀態，惟客運未與前方保持車距等因素造成追撞事故。反觀，若客運駕駛為第二當事人時，大部分此類型事故係在客運停等且另一方駕駛直行所造成的衝突，約佔 48.8%，顯見應為後車反應不及而造成碰撞。此類型事故即較難由客運駕駛端預防，因主要權責並非客運駕駛本身，而必須加強宣導一般駕駛與前方車輛保持安全車距，而公車駕駛則應盡可能避免急煞。

涉及市區客運之與行人碰撞事故的駕駛動態交叉分析如圖 3-10 所示。無論市區客運為第一或第二當事者，大多數事故在警政署事故資料表中並未明確標註行人的動態，故難以剖析實際行人的行為。比較兩者可發現，大多數的行人碰撞意外，皆屬客運為第一當事者。除不明或未能歸類的動態外，當客運為第一當事者時，其在起步且行人在上下車時所造成的衝突為相對多數，約佔整體之 11.6%，顯見公車停靠與乘客上下車時所造成的衝突甚具風險，應加強駕駛員在乘客上下車時之安全訓練。此外，當行人靜立，且客運在直行或急減速時，亦有相當高頻次的衝突，分別約佔整體之 6.3%與 5.4%。此一現象說明客運須特別當心路口或路段上之行人，尤其在缺乏行人設施之環境中，客運駕駛更須注意其潛在風險。

綜上所論，同向擦撞、與行人碰撞兩者為至關重要的事故，其頻次為所有事故較高之二者，且客運為第一當事者的情形稍多。而上述之駕駛行為動態之交叉分析，有利於未來應用於影像辨識，並提供各類型碰撞中不同駕駛行為的潛在風險。

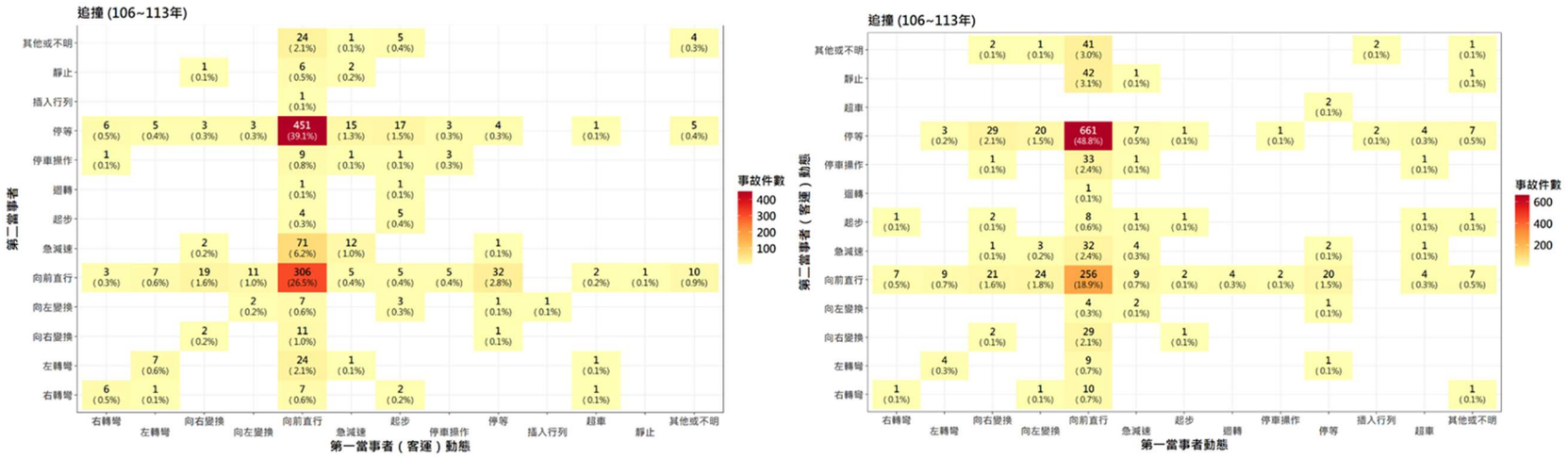


圖 3-9 追撞事故駕駛當事者動態之交叉分析

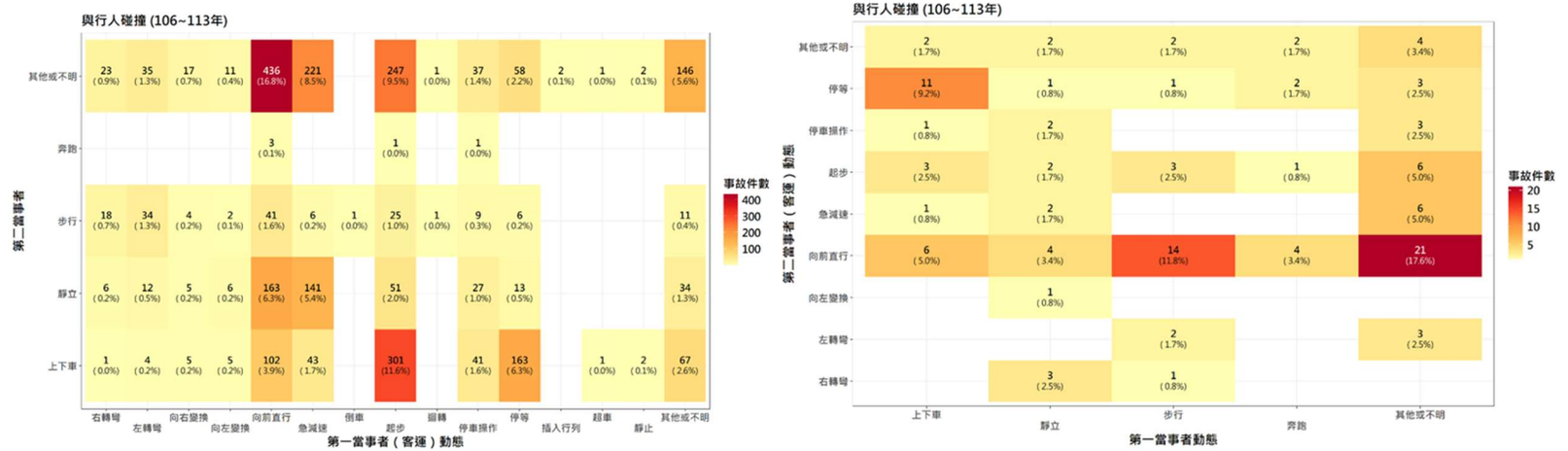


圖 3-10 與行人碰撞事故駕駛當事者動態之交叉分析

3.2.4 事故地點與駕駛行為之交叉分析

圖 3-11 顯示一般車道 (即事故發生於路段上) 事故駕駛當事者動態之交叉分析，其中左圖係客運為第一當事者，而右圖客運則為第二當事者。當客運為第一當事者時，雙方皆向前直行所造成此類型事故的頻次最高，約佔整體之 18.4%。去除其他或不明之動態，當客運向前直行且對方車輛違停等狀態時，其發生的頻次為次高，約佔整體之 5.7%，顯見於路段鄰近號誌處，客運可能容易發生追撞意外。此外，就客運為第二當事者而論，除向前直行為主要動態 (佔約 25.7%) 外，當客運停等且另一方直行時所造成的衝突為次高，約佔整體之 21.4%。由此路段分析可知，在一般車道上，無論客運屬於第一或第二當事者皆較容易發生追撞之意外，此一分析結果呼應圖 3-9 追撞之當事者動態交叉分析。

事故之發生多數除位於路段外，大部分皆發生於交叉路口處，而交叉路口之駕駛當事者動態交叉分析如圖 3-12 所示。由圖表結果觀之，當客運為第一當事者時，客運左轉彎且對方車輛直行時具最高事故頻次，約佔整體之之 17.8%，其次則為對方為右轉彎之情境，約佔 14.7%。此一現象說明，當市區客運在路口處左轉彎或右轉彎時更容易發生意外。反觀，當客運為第二當事者時，雙方皆處直行時具最高頻次，此類型事故可能為擦撞、追撞、側撞等。其次則為對方車輛直行，而客運左轉彎時，頻次比例約佔 15.7%。因此，在路口處，市區客運更應注意左轉彎的行為，在路口情境中尤具風險。

綜上所論，路段與路口所發生之事故，其駕駛動態行為略有不同，前者多發生於一方停等之情境，可能係追撞之意外；後者多發生於左轉彎之情境，而右轉彎亦具相當高之風險。由此可見，路段與路口的事故肇發因素可能有所不同，故後續針對事故頻次建模時應考量不同的道路型態，將模型分為路段與路口，以使用合理且相對應的解釋變數。舉例而言，由上述結論可之，路口處多與轉彎有關，故路口轉向比為相當重要的特徵，在後續建模中將會蒐集相關資料，以做為模型中的解釋變數。

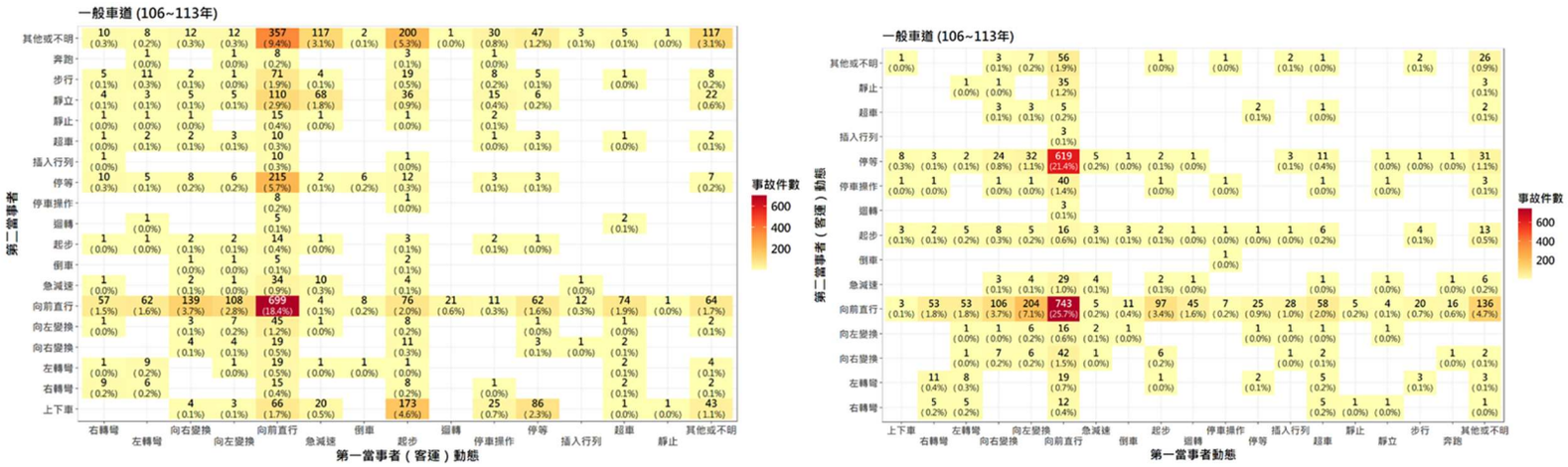


圖 3-11 一般車道事故駕駛當事者動態之交叉分析

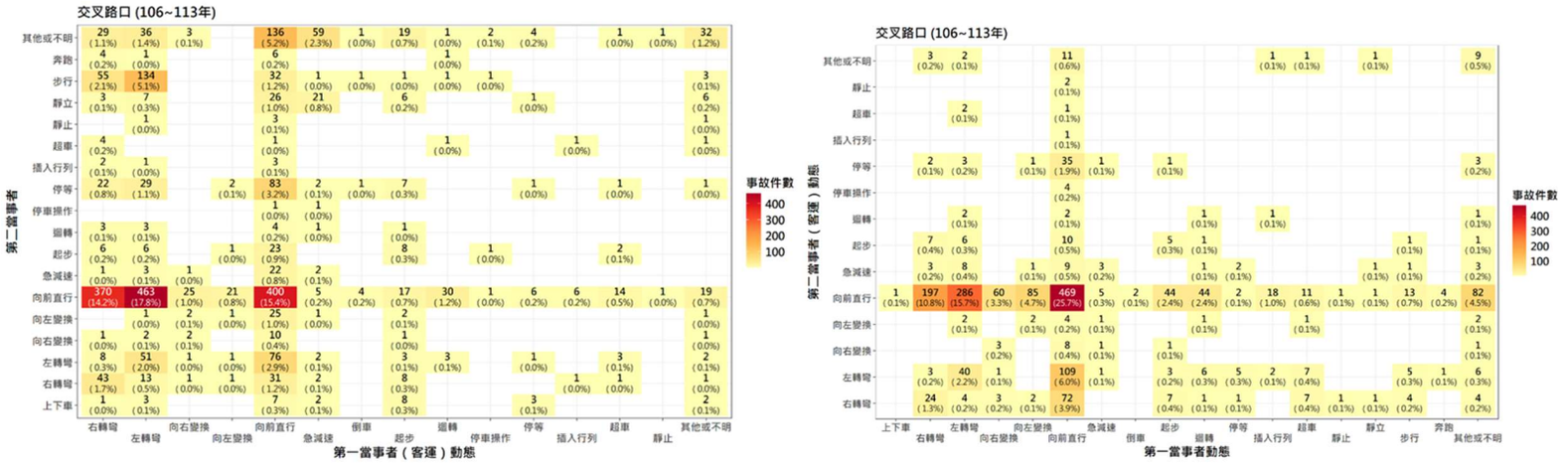


圖 3-12 交叉路口事故駕駛當事者動態之交叉分析

3.2.5 肇事運具與駕駛行為之交叉分析

圖 3-13 與圖 3-14 分別為涉及大客車與小客車事故的駕駛當事者動態交叉分析，其中左圖係客運為第一當事者，而右圖客運則為第二當事者。市區客運與其他大客車發生碰撞之事故在所蒐集資料的八年間相當少，總計約為 40 起。此類型事故多發生於兩車直行，或一車停等之情形，與大部分的事故的動態雷同。就市區客運與小客車的事故而論，客運為第一當事者的動態分布較為集中，亦多為向前直行或停等之狀態。然當客運為第二當事者時，其駕駛者動態的分布較為分散，涵蓋各種不同的潛在因素，諸如客運為直行，而小客車則為轉彎與變換車道。由此一結果顯見，市區客運與小客車碰撞事故發生之樣態相當多元，含括各種可能的動態。

圖 3-15 為涉及機車事故之駕駛當事者動態交叉分析。綜觀所有運具，市區客運與機車的事故件數為最多者，可能係因機車相較於其他運具而言更容易落入大客車的視野盲區，致使更容易發生碰撞衝突。在市區客運屬第一當事者時，機車的動態以向前直行為主，約佔 25.8%，其次則依序包含左轉彎 (12.2%)、右轉彎 (10.6%)、向右變換車道 (5.6%) 與向左變換車道 (3.4%) 等。反之，當市區客運為第二當事者時，除兩者向前直行仍佔大宗外 (25.0%)，機車向前直行且客運停等狀態亦甚為突出，約佔整體之 17.6%，顯見即便公車處於停等之狀態，機車仍有相當高之可能與客運發生衝突，意謂在機車車流量或密度極高之道路環境，對於公車駕駛而言可能是相當高的風險。

涉及行人事故之駕駛當事者動態交叉分析如圖 3-16 所示。當客運屬第一當事者時，其左轉彎且行人處於步行 (於行穿線上) 時之事故頻次最高，佔整體 34.1%，其次為客運向前直行 (16.4%) 及右轉彎 (14.4%)。顯見行人在穿越馬路時，客運左轉彎行為具極高風險，因此後續建立事故頻次模型時，亦應將此一特性納入考量。當客運為第二當事者時，以客運向前直行且行人步行佔大宗，約為 33.5%。另綜觀圖 3-16 左右兩圖可發現，大部分有關行人之事故，客運皆屬第一當事者，具較高肇責，又行人於道路上屬於弱勢用路人，故此一類型事故更須當心。在本分析中須注意的是，圖 3-10 為所有涉及行人之事故，無關乎當事者序位，而圖 3-16 的行人則必為第一或第二當事者，故圖 3-16 之總樣本數會較少，惟與行人更至為相關。

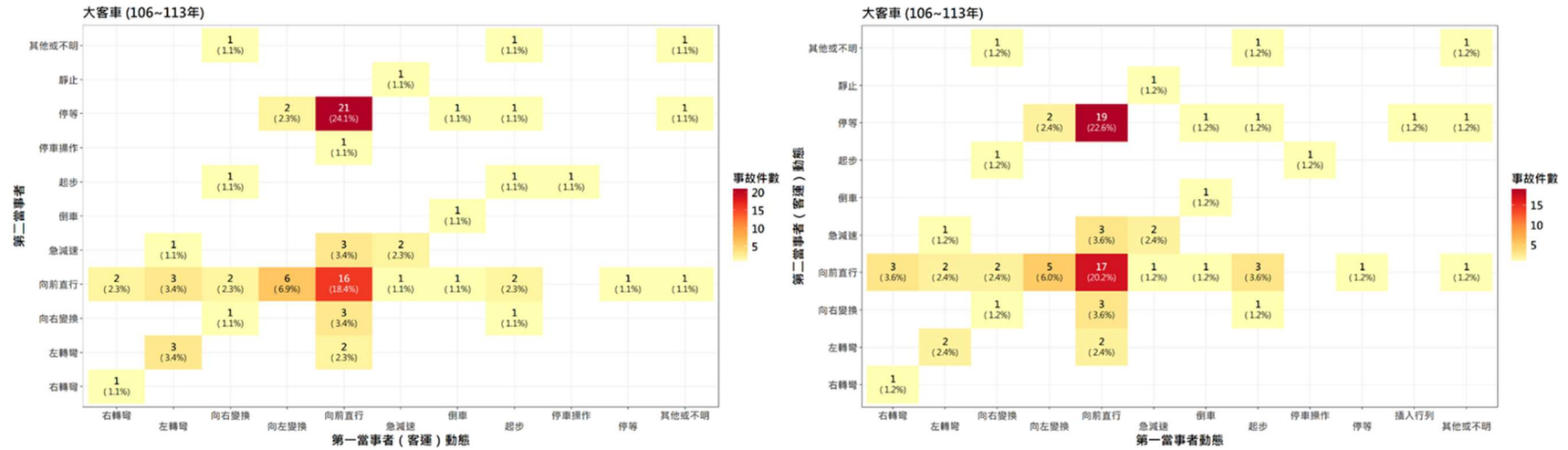


圖 3-13 涉及大客車事故駕駛當事者動態之交叉分析

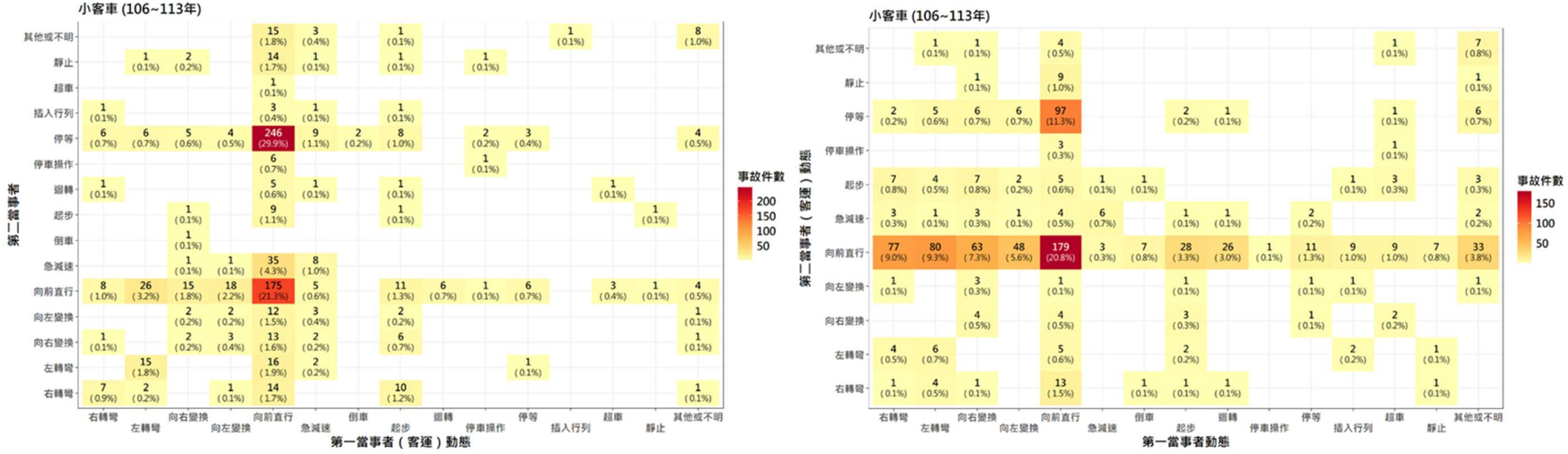


圖 3-14 涉及小客車事故駕駛當事者動態之交叉分析

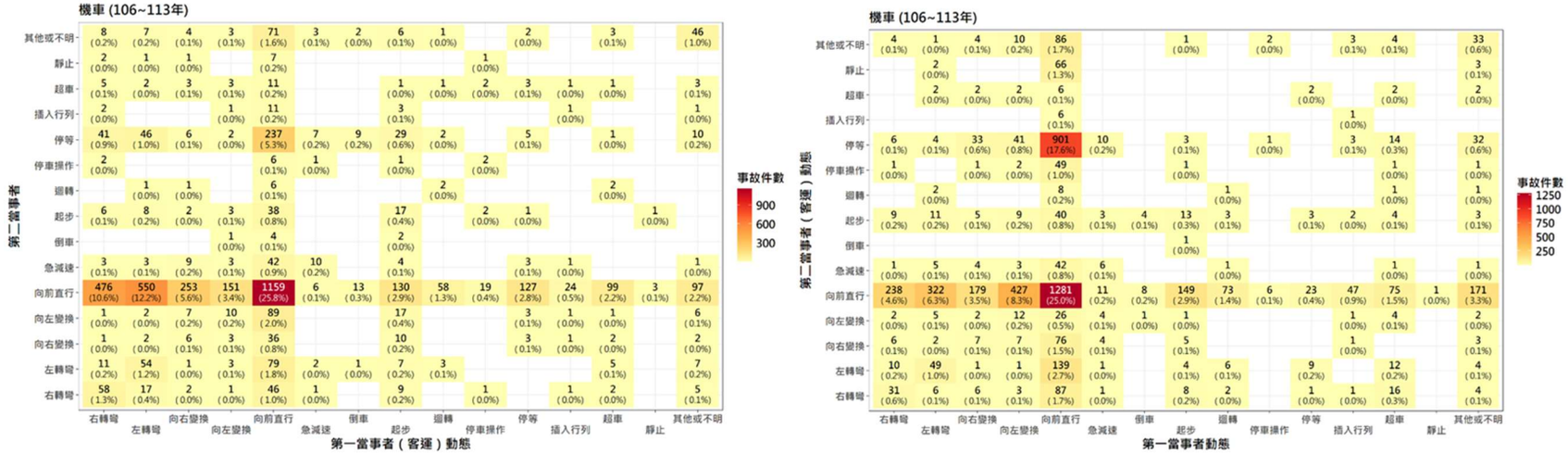


圖 3-15 涉及機車事故駕駛當事者動態之交叉分析

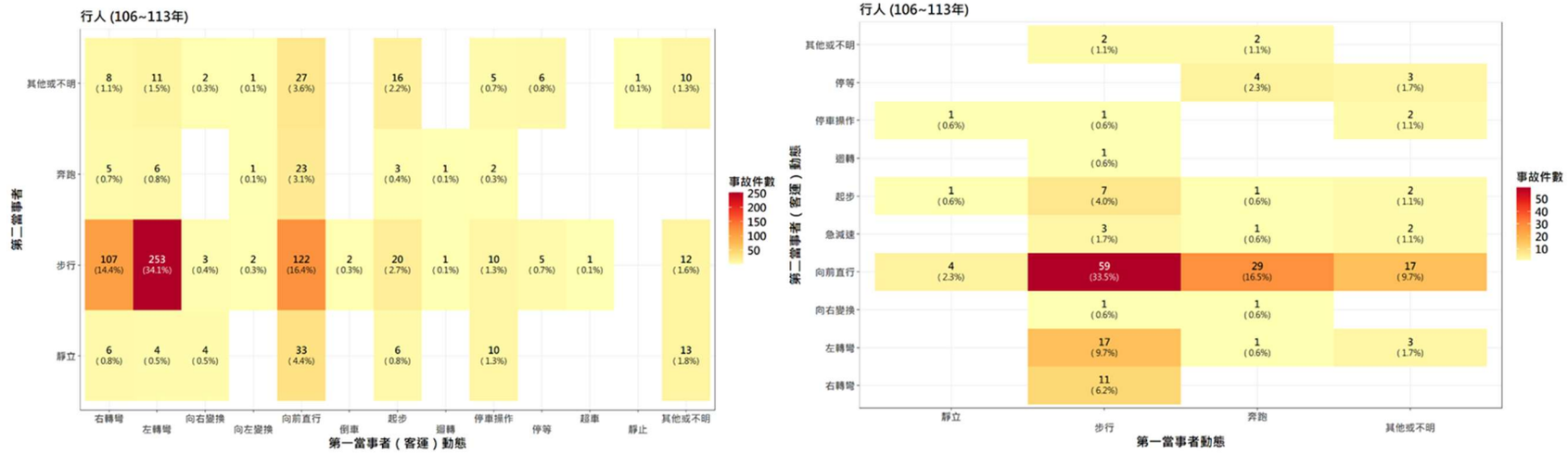


圖 3-16 涉及行人事故駕駛當事者動態之交叉分析

綜上所論，不同運具發生客運事故時的當事者動態略有不同，且其事故頻次明顯不同，以機車與客運的衝突行為佔大宗，而涉及行人之事故亦不佔少數。

3.2.6 事故碰撞型態空間分析

前一小節描述各事故碰撞型態與駕駛行為之交叉分析，瞭解人因對事故的潛在影響，本小節則進一步透過空間分析，以熱力圖探討不同碰撞型態上空間分布的差異。本分析中將所有歷史資料中涉及市區客運之事故先行匹配至鄰近的路段，而後將路段上各碰撞型態之事故予以加總，以建構事故頻次分析熱力圖。本節中以我國六大直轄市為例，統計所有 108 至 113 年間的事故資料，初步探索事故碰撞型態之空間分布情形。

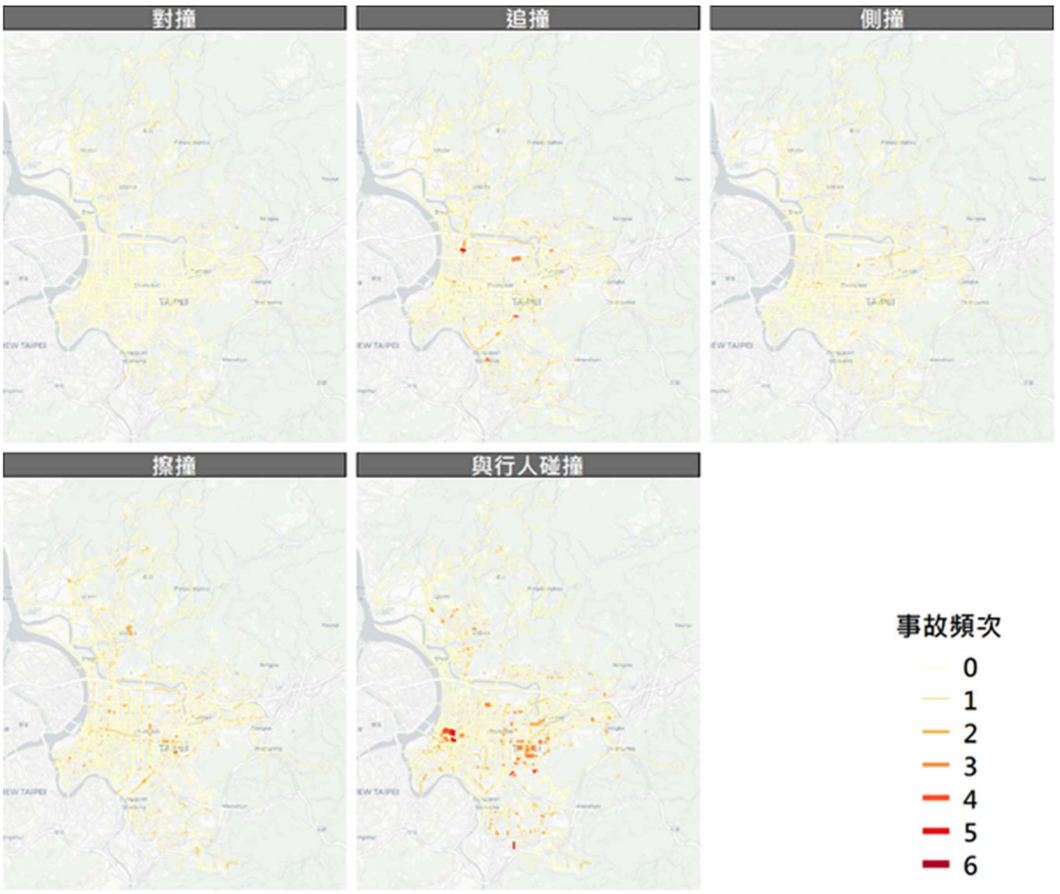


圖 3-17 臺北市各碰撞型態事故空間熱力圖

圖 3-17 為臺北市各碰撞型態事故空間熱力圖，初步觀察可發現對撞事故多發生於山區道路，如陽明山山區；追撞多發生於高架道路，如水源快速道路、基隆高架道路、建國高架道路等；側撞多發生於鄰近橋梁路段，

如民權西路、中山北路三段、民權東路四段、萬大路等，靠近橋梁路段者通常具有較多的側撞發生；擦撞則好發於臺北市主要運輸廊帶上，公車班次密集之路段；與行人碰撞之事故則易發生於行人聚集之處，如臺北車站周遭、信義區等，即便當地有更完善的人行設施，惟因行人曝光量較高，致使整體與行人碰撞之事故頻次亦明顯較為突出。

圖 3-18 為新北市各碰撞型態事故空間熱力圖。新北市為直轄市中事故頻次最高者，其可能原因包含新北市公車頻次相對較高，且因道路路幅相對狹窄所致。對撞事故在新北市呈高度離散之空間分布，主要分布於山區道路、郊區聯外道路或彎道較多的地帶。追撞事故明顯集中於都會區及中高車流路段，尤位於板橋、中和、永和、新店周邊之走廊，多鄰近快速道路所在地。側撞事故則好發於路口密度高、土地使用混合度高的地區；擦撞事故的熱點較為集中，主要發生於高度商業化區域，如板橋與新莊一帶。最後，與行人碰撞事故呈現最明確的核心聚集現象，熱點高度侷限在舊城區及轉運節點周邊，如三重與板橋等地。

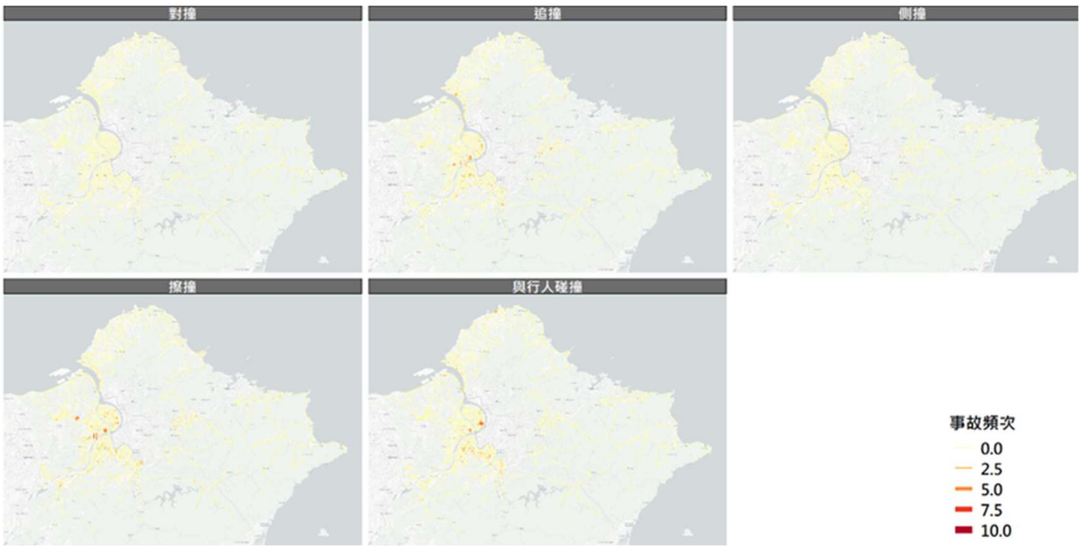


圖 3-18 新北市各碰撞型態事故空間熱力圖

圖 3-19 為桃園市各碰撞型態事故空間熱力圖，各種類型事故的聚集位置與道路環境特徵具高度相關性。追撞事故在桃園市主要聚集於都市化程度較高的區域，尤其是桃園區、中壢區與蘆竹沿線的主要幹道，顯示高車流量與頻繁的減速、停靠行為可能係造成追撞風險提高之主因。相較之下，對撞事故的空間分布較為零散，主要出現在外圍之山區道路與較聯外幹道，整體頻次較低。側撞事故則多分布於路口密集或道路型態複雜的區域，如

桃園車站周邊、中壢市區與龜山工業區附近。此類事故常與轉向行為、混合交通流及動態變換車道有關，因此高度集中於交通衝突點密集的地帶。擦撞事故的熱點更為明顯，從地圖中可見其在桃園與中壢間的主要交通走廊形成一條南北向的高風險帶，顯示其好發於高密度商業活動區。最後，與行人碰撞事故除在桃園市中心如火車站周遭行人密集處外，最好發此類碰撞型態者係位於龜山區 (近林口一帶者)，當地公共運輸資源相較充足，行人穿梭亦甚為頻繁，致使人與市區公車間衝突較多，故針對行經該區域之路線加強防範或駕駛員教育宣導應為重要手段。

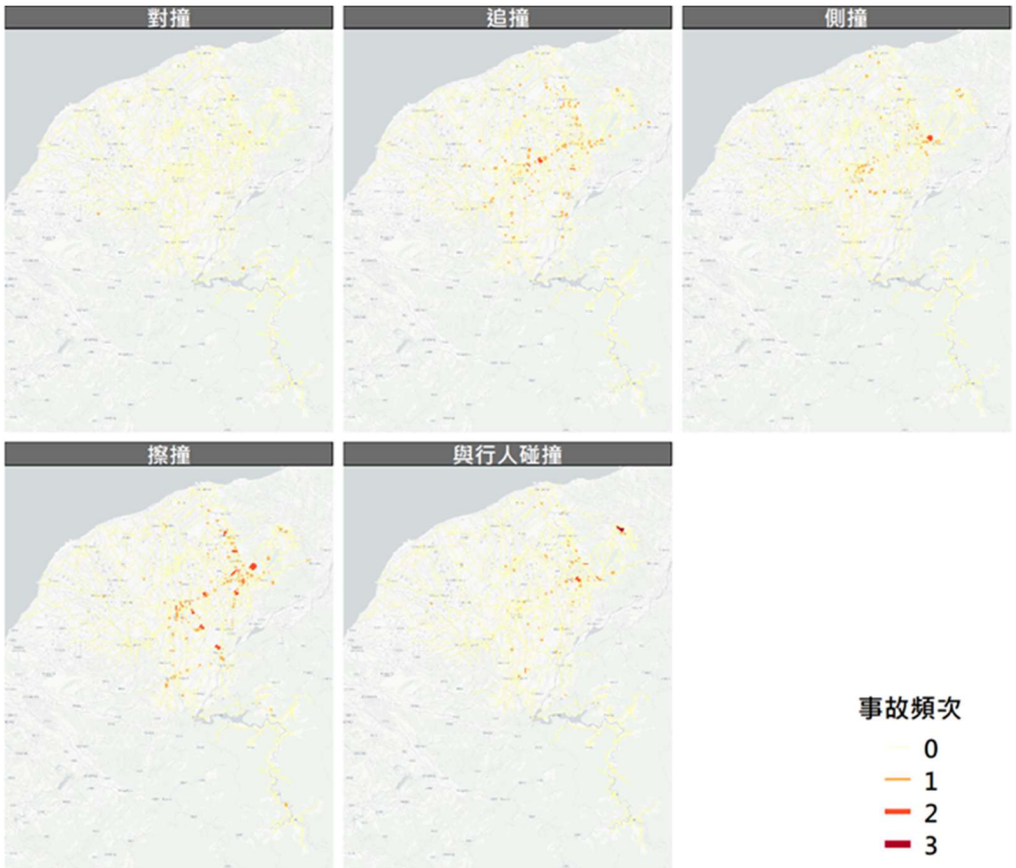


圖 3-19 桃園市各碰撞型態事故空間熱力圖

圖 3-20 為臺中市各碰撞型態事故空間熱力圖。對撞事故在臺中市呈現最為分散與低密度的空間特徵，僅於大肚山一帶呈現高密度分布，與前述直轄市雷同，主要皆發生於山區路段。追撞事故呈明顯都會集中形態，主要熱點集中於臺中車站至北區、中區、西區之市中心地帶，以及我國大道沿線的主要交通廊帶，該路廊車流密度高。側撞事故則呈現更廣泛的都市擴散型分布，惟事故發生頻次相較於所有碰撞類型為低。擦撞事故的熱點最為顯著且密度最高，其高度集中於臺中市中心的商業核心，如一中商圈、

草悟道周邊、我國大道沿線與大里及太平的都市發展走廊。最後與行人碰撞事故呈現非常集中且核心化的分布型態，主要聚集於臺中火車站周邊、市中心商業區與公共運輸樞紐，亦因行人曝光量高影響所致。綜上所論，臺中市事故分布呈現相當密集之空間分布，其中與行人碰撞的事故空間分布更為集中，擦撞則次之，且多分布於都會發展之核心。



圖 3-20 臺中市各碰撞型態事故空間熱力圖

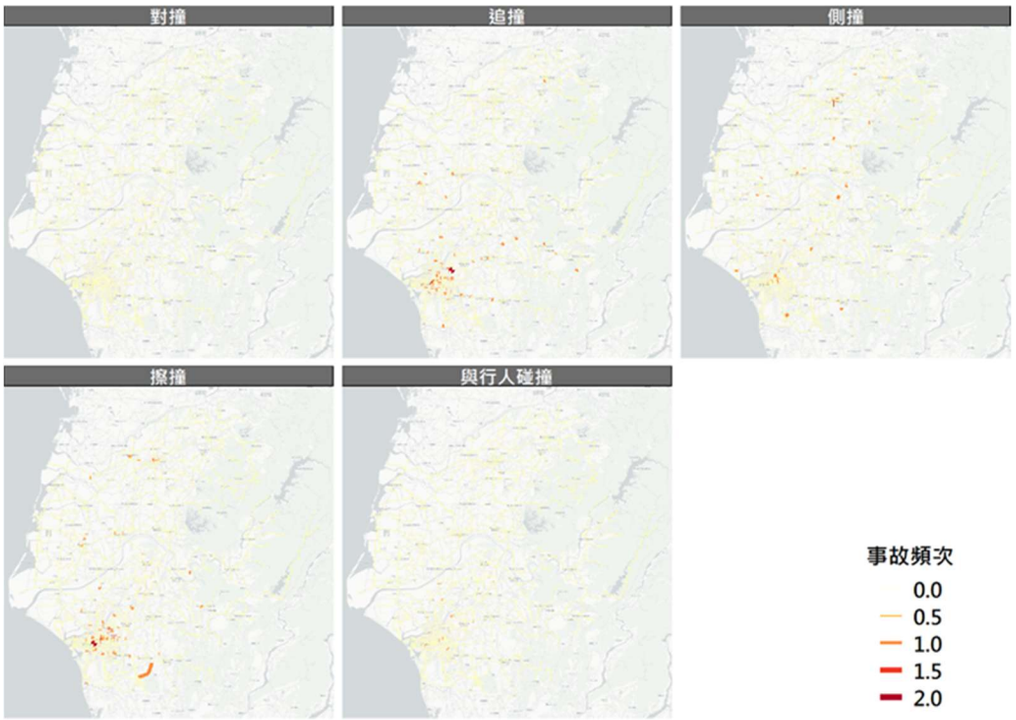


圖 3-21 臺南市各碰撞型態事故空間熱力圖

圖 3-21 為臺南市各碰撞型態事故空間熱力圖，其中對撞事故由於頻次甚少，難以辨識其主要發生之空間型態。追撞事故的分布呈現高度都會化，主要集中於臺南市中心、永康區與南科周邊的主要幹道；側撞事故則主要出現在於主要幹道交會處，惟市中心相對的事故頻次較低，較屬空間分散

之分布型態。擦撞事故的熱點最為明顯，且具有高度的商業活動依附性，主要集中於臺南市中西區、北區及永康核心地帶，尤在商圈、學區、醫療院所及高混合性土地使用區更為明顯。最後，與行人碰撞事故大多集中於市中心，惟頻次較低，亦難以剖析其分布之空間型態。

圖 3-22 為高雄市各碰撞型態事故空間熱力圖，對撞事故的空間分布零散且密度最低；追撞事故則呈現高度都市化的聚集分布，該區域通常具密集車流。側撞事故則較屬離散分布，熱點沿著主要幹道交會點分布。相較於其他碰撞型態而言，擦撞事故的空間聚集性最為顯著，熱點最明顯集中於苓雅—新興—前金市中心軸帶，與鳳山一帶。最後，與行人碰撞事故密度雖低，但多發生於市中心處。

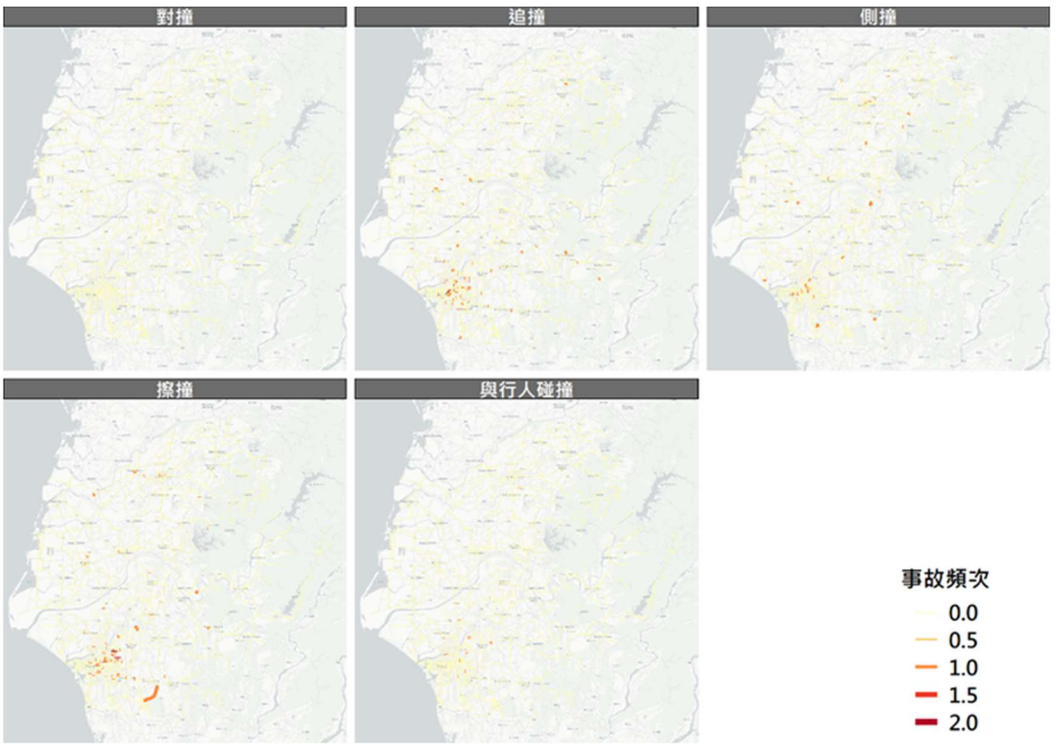


圖 3-22 高雄市各碰撞型態事故空間熱力圖

除各直轄市的空間分析外，圖 3-23 進一步透過事故發生位置之周遭建成環境予以分析，並依據行政區與碰撞型態取各屬性平均值，以瞭解不同事故樣態的環境特徵。與行人碰撞所發生之處，多發生於大型路段上，尤以臺中與高雄兩地發生該事故所在路段的平均路寬最寬。此外，亦好發於活動人口及設施及商家密度高之處。擦撞所發生之處，臺北市約有五成之路段設有自行車道 (註：非單車專用道，包含所有位於一般道路上之自行車道)；高雄則次之，約莫三成，是故可能需採取措施以降低自行車與公車

間交織所發生之衝突。與行人碰撞所發生之處，以桃園市、臺中市兩地之公車站牌密度明顯較高；反觀雙北地區整體的公車站牌密度最高，然其事故發生所在位置的站牌密度未若此二直轄市為高。綜上建成環境分析可發現，不同的環境因子在不同行政區與碰撞型態下，其可能會有所差異，因此後續 3.3 節之事故頻次模型中應將空間與碰撞型態之因子納入考量。

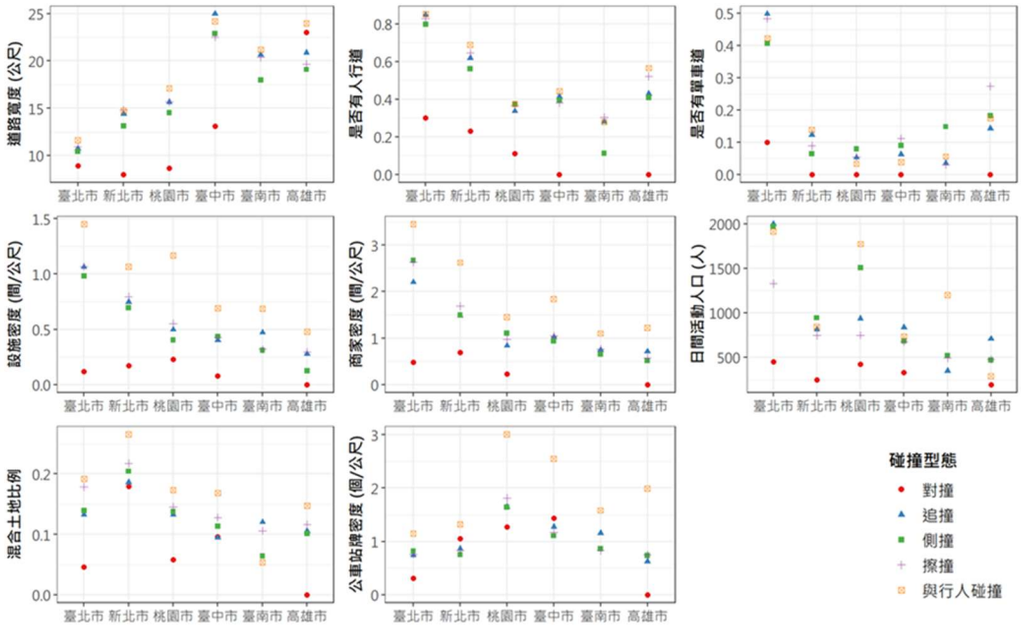


圖 3-23 客運事故各碰撞型態之建成環境分析

綜合六都的事故熱力圖可發現，不同碰撞型態呈雷同空間分布樣態，顯示事故發生可能具有跨區域的結構性特徵，惟由建成環境分析可進一步推敲各環境因子對於不同碰撞型態及行政區可能有不同程度的影響。整體而言，對撞事故普遍出現於都市外圍或速率較高的聯外道路，呈現低密度但高風險的分布；追撞事故則集中於各都市的主幹道與通勤走廊，受高車流量與頻繁停等行為所影響；側撞事故多聚集在路口密度較高或混合車流頻繁的路段；擦撞事故則於六都皆呈最明顯的核心化聚集，主要發生於商業活動密集、交通混合度高之市中心；而與行人碰撞事故則高度依附於人行活動的空間分布，幾乎皆集中於公共運輸節點與市街商圈。整體趨勢雖相當，惟不同地區各變數的影響程度可能有所不同，故後續於 3.3 小節將蒐集諸多解釋變數，透過事故頻次模型之建構，以細部瞭解各因子的潛在影響，並比較其空間上的差異。

3.3 事故頻次模型

根據 3.2 節之分析，路口與路段事故樣態有所不同，且不同碰撞型態其駕駛行為亦有所不同，顯見此二事故類別須分別建模，以瞭解各解釋變量對不同類型事故的影響。本章節聚焦於事故頻次模型，透過頻次模型探索各變量對不同碰撞型態之頻次的影響。「路段」係指由上游路口至下游路口的區間，本分析中篩選「路段」之事故係依據事故調查表中發生地點之類別判斷，篩除「交叉路口、穿越道、機車停等區、機車待轉區」等位處路口或鄰近路口的事故。須注意的是，由於本計畫聚焦於市區道路，且市區道路的路口甚為密集，故事故空間定位可能仍然相當接近路口，惟本分析統一以警方於調查表填寫之紀錄為準。篩選待分析的樣本後，接著將所有事故依據空間點位匹配至最鄰近的路段，而後統計每一路段發生事故的頻次，依此做為事故頻次模型中的應變量。此外，根據 3.2.3 節碰撞型態與駕駛當事者動態的交叉分析可知，不同的駕駛行為亦會影響碰撞的類別，若將所有事故合計於路段上，將無法觀察駕駛行為的影響，故本計畫針對所有發生於路段之事故 (共計 9,122 起) 另建立碰撞型態類別模型，以觀察各解釋變量 (含括行為與駕駛背景等各獨立事故相關之因素) 的影響。

此外路口的事故型態與路段有別，其影響因子亦有所不同，其定義係指路段的兩端點，在 TDX 平臺中雖能蒐集全臺所有路口的數據，惟關於路口相關特性，諸如路口號誌、標線設計、岔路數等並未具完整數據，致使分析受限。因此，本計畫以臺北市的路口交通流量之資料為基礎，其中詳載各路口的特性以及交通量特徵，有利於將其納入影響因子探討。另外，雖然事故資料表中已記錄事故發生位置，惟經過空間定位後可發現有許多事故事實上鄰近路口，卻在警方初判時單純記錄為車道，恐無法充分反映路口的潛在風險。是故，本計畫將所蒐集的臺北市路口進一步透過環域分析擷取所有鄰近路口的事故，以包容更多的樣本及路口事故發生之樣態。此外，進一步透過事故資料調查表將所擷取的事故依據發生位置將其分類為兩者：路口內事故、鄰近路口事故，以將此特徵做為解釋變數於模型中。

綜上所論，本節聚焦於事故頻次之影響因素探討，其中 3.3.1 小節說明以路段為基礎的事故頻次模型，並以全國做為範例；3.3.2 小節則以全臺六個直轄市為基礎，橫向比較不同行政區間的差異；3.3.3 小節呈現路口事故頻次分析之結果。

3.3.1 以路段為基礎之事故頻次模型：全國

本分析中所挑選的路段為所有市區公車路線行經的路段，本計畫蒐集所有 110 年至 113 年的公車路線圖資，並將所有路線與我國通用電子地圖取交集，以蒐集所有匹配之路段。此外，部分客運事故並非發生於營運路線上，可能係總站與路線起點或終點之間的路程，亦即空車行駛之路段。為將所有路段事故皆納入樣本，本計畫另外將所有無法匹配至既有公車路線所在路段的事故，匹配予該事故最鄰近的路段，並亦將其納入樣本中。綜上所述，全國所有路段樣本共計 177,867 條，公車路線之空間分布詳如圖 3-6 所示。根據 3.2.2 節之事故統計可發現，雙北市為全國事故頻次最高之行政區，係因該二行政區具最密集的公車班次，因此必須另考量公車的曝光量，亦即行駛於各路段的公車班次數，做為其一自變量。本計畫亦自交通部運輸資料流通服務平臺 (TDX) 介接所有歷年班表資料，惟當前僅提供 110 年度以後的數據，並未涵蓋所有事故分析年度的資料。

本計畫所建立之模型採用的事故資料係自 108 年至 113 年，乃因在此之前的所有事故並無完整空間定位資料，為避免造成頻次計算有所偏誤，故僅統計自 108 年始的事故資料。另外，理想上每一年度的解釋變數會有所不同，舉例而言，每年的公車班次數、活動人口數、道路路網皆有異，惟本計畫無法逐一蒐集各年度的完整資料，故所有模型的應變數皆為 108 年至 113 年各路段合計的事故數，而各自變數則為所有可蒐集資料年度的平均值，反映整體平均的趨勢，而無法表達不同年度的趨勢或影響效果。由模型建構之技術面而論，本計畫所建構的事故頻次模型或碰撞型態類別模型，皆以所有年度的總計或平均做為變量，並非時間序列相關之模型，以簡化模型的複雜度、提升可解釋性，並符合資料之使用限制。以公車班次數為例，縱然分析中所涵蓋的事故年度泛及 108 年至 113 年，惟因公車班次數最久遠僅能蒐集至 110 年的資料，故模型中各路段的公車班次數係依據所能蒐集資料的所有月份 (共計四年，110 至 113 年) 取平均值，以表示該變量對於事故頻次之平均效果。綜上所述，事故頻次模型中所使用之應變數與自變數的敘述性統計彙整如表 3-2 所示，關於各變數之定義與資料來源參見表 3-1。

表 3-2 路段事故頻次模型各變數敘述性統計

連續型變數									
變數	單位	統計方式與資料時間	平均值	標準差	中位數	最小值	最大值	偏度	峰度
路段所有事故	事故件數	108~113 年事故加總	0.051	0.317	0.000	0.000	24.000	14.081	475.40
路段追撞事故	事故件數		0.009	0.105	0.000	0.000	6.000	14.544	316.99
路段擦撞事故	事故件數		0.012	0.121	0.000	0.000	10.000	15.689	521.83
路段側撞事故	事故件數		0.005	0.074	0.000	0.000	4.000	16.091	325.80
路段對撞事故	事故件數		0.000	0.020	0.000	0.000	1.000	49.330	2431.5
路段與行人碰撞事故	事故件數		0.010	0.122	0.000	0.000	6.000	16.360	374.16
路段其他事故	事故件數		0.015	0.139	0.000	0.000	5.000	12.259	209.66
道路長度	百公尺	110 年道路圖資	1.348	1.888	0.857	0.088	131.82	0.125	4.214
道路寬度	公尺		14.035	8.720	12.000	1.000	88.000	1.810	6.328
日間活動人口數	萬人口	109 年最小統計區資料	0.040	0.155	0.012	0.000	5.030	0.002	0.062
商業土地使用比例	比例	108-113 年土地使用資料平均	0.037	0.078	0.006	0.000	0.948	4.112	22.904
住宅土地使用比例	比例	108~113 年土地使用資料平均	0.128	0.160	0.059	0.000	0.970	1.606	2.052
混合土地使用比例	比例		0.052	0.111	0.002	0.000	0.928	3.012	10.214
工業土地使用比例	比例		0.031	0.102	0.000	0.000	0.982	5.023	28.737
公園土地使用比例	比例		0.018	0.073	0.000	0.000	0.980	6.526	51.155
農業土地使用比例	比例		0.252	0.284	0.113	0.000	0.978	0.791	-0.828
設施密度	十間/公尺	114 年 OSM 資料	0.015	0.066	0.000	0.000	2.123	0.712	7.786
商家密度	十間/公尺		0.034	0.145	0.000	0.000	4.749	0.906	12.755
公車站牌密度	個/公尺	110-113 年公車資料平均	0.442	1.122	0.000	0.000	34.239	4.511	37.298
公車班次數	百班		4.595	9.490	1.470	0.000	177.96	0.052	0.403

二元變數					
變數	統計方式與資料時間	變數=1		變數=0	
		路段數	百分比	路段數	百分比
是否為省道	110 年道路圖資	36,576	20.6%	141,291	79.4%
是否為縣道		25,042	14.1%	152,825	85.9%
是否為橋樑		4,787	2.7%	173,080	97.3%
是否有人行道	111 年人行道圖資	29,631	16.7%	148,236	83.3%
是否有自行車道	113 年自行車道圖資	28,812	16.2%	149,055	83.8%
是否有測速照相	113 年測速照相資料	2,518	1.4%	175,349	98.6%

針對全國 108-113 年所有公車行經路段，建立以路段為基礎之各碰撞型態事故之零膨脹卜瓦松頻次模型 (zero-inflated Poisson regression) 如表 3-3 所示，樣本共計 177,867 條路段。由於有將近 95%之路段並未發生任何事故，故本模型須處理大量零資料。模型分為兩大部分，其一為計數模型，亦即假設事故件數卜瓦松分布；另一則為零膨脹模型，即羅吉特模式 (logit model)，用以估計各路段發生零事故的機率。

除針對全國事故樣本建模外，為避免因將全國樣本接納考量，受到各縣市不同道路背景之資訊所干擾，致使未來模型之應用或預測有所偏頗，是故本計畫特別獨立篩選出所有臺北市路段，共計 9,981 條 (約占全國路段之 5.6%)，用以建構臺北市各碰撞型態之頻次模型，同時針對該模型示範事故頻次預測之結果，以瞭解不同公車路線的潛在事故風險，模型結果如表 3-4 所示。惟後續主要仍以全國事故頻次模型之解讀無主，並輔以利用臺北市之頻次模型比較說明。

表 3-3 與表 3-4 中最左側欄位為「所有事故」的頻次模型，含括所有發生於路段上但排除路口的事故資料。除所有事故以外，另針對各碰撞型態分別建立模型，以觀察各類別的影響因子與程度，而不歸屬於表中所列之各類型碰撞型態者 (即「其他事故」) 予以排除，係因由事故資料表中無法確切將其歸類，亦無法合理討論最終的結果。另須注意的是，由於臺北市的事故樣本中僅含三起對撞事故，無法準確校估係數值，故各碰撞型態類別的頻次模型中，並未含括之。

由表 3-3 之全國事故頻次模型結果顯示，所有事故模型中除設施密度以外，大部分變數皆具顯著性，且不同道路環境、運輸特性與土地使用指標在各類事故型態上呈明顯異質性。截距項在所有碰撞型態中皆呈顯著負值，顯示在控制其他因素後，基準條件下的道路其事故期望值相對偏低。然而，不同事故型態的截距幅度差異顯著，例如對撞事故的截距值最低，意謂此類事故在無其他危險因子時亦具有最低頻次之發生率，而與行人碰撞事故的截距值最高，反映行人與大客車間衝突相對具高頻次。

就土地使用而論，設施密度大部分並未造成顯著影響，而設施與商家密度兩者於零膨脹模型中顯示此二密度之愈高，該路段發生零事故之機率愈低，顯見路段周遭存在愈多的興趣點，其愈可能發生事故。日間活動人口數則正向影響所有事故頻次，尤其對「追撞事故」及「與行人碰撞事故」

的影響最大。我國大部分地區皆屬混合土地使用比例，亦即同時存在高密度之商業區與住宅區，而其亦是造成事故的重要因素。尤其對於「追撞事故」及「與行人碰撞事故」而言，混合土地使用對頻次的影響最為劇烈。然觀察臺北市頻次模型亦可發現，對於整體事故頻次而言，設施與商家密度愈高確實會使零事故之可能性愈低，然在各類別碰撞型態中不顯著影響，顯見土地使用對於臺北市的事故頻次較非重要因子。

就交通與道路設施相關變數而論，「是否有自行車道」對各類事故呈現負向影響，代表自行車道之設置可降低事故衝突。然在與行人碰撞事故中則出現不顯著之效果，可能意謂自行車道常配置於人行道周遭或混合使用路段，使得人車混合度反而提高，此結果亦說明自行車道雖改善車流安全性，但其與行人活動空間的介面管理仍需再強化。公車站牌的密度對全國事故頻次有正向關聯，其中又以「與行人碰撞事故」的關係較其他類型事故明顯為高。此一情境主要可能發生於公車停靠區或鄰近公車站牌處，無論是否有人行道，與行人的潛在衝突皆明顯提升。若市區道路屬於省道或縣道，其事故頻次亦會較一般市區道路為高，然而此一情形僅對「追撞事故」與「擦撞事故」有顯著影響。另外大部分的事故皆與是否有橋樑呈負相關，亦謂大部分的事故並非發生於橋樑上，尤其以「與行人碰撞事故」的效果最負，乃因大部分的行人並不會步行或靜立於橋樑上。每周公車班次數可做為曝光量之因子，由模型結果顯示，該變量對於所有事故以及各碰撞類型事故之頻次的影響相當，變化幅度甚低。此一結論顯示公車班次數可有效做為曝光因子，影響頻次的程度無論於何種情境皆相當。然對於對撞的事故，曝光量因子的效果並不顯著，其意謂對撞衝突可能具較高的隨機性。最後，道路長度亦可做為曝光量，因道路長度愈長，其事故的發生總次數亦應越高，其中該變量對於「側撞事故」的影響最大。

就零膨脹模型而論，所挑選的變數多與曝光量及土地使用相關，意謂在愈多人流、公車曝光的環境下，愈不可能為零事故的路段。由表 3-3 之全國事故頻次模型結果可發現，大部分的係數值皆為負，意謂曝光程度愈高，愈不可能屬於零事故，與預期結果相符。綜觀所有全國路段之事故模型的表現績效而論，所有事故之模型結果的 ρ^2 達約 0.169，而在所有碰撞類型中，又以與行人碰撞事故的績效最高，約為 0.254。至於側撞與對撞事故，在本分析中所建構的事故模型表現明顯較差，並未能透過所蒐集的外

在環境變數有效解釋其變異，當中可能充滿更多隨機性與未被模型捕捉的因子。

由於事故之樣態隨不同城市型態而有所異，故本分析進一步將頻次模型拆解為市區、郊區與鄉村，此三者的分類係依據行政區 (在此以村里為分析單元) 人口密度與信令資料活動人口密度予以分類，使用信令人口的原因係在都會區中有許多區域以運輸場站或商業區為核心，居住人口數甚少，故單純使用居住人口對於分類可能有所失真。若人口數或信令人口數其一超過其數據之第三四分位數，即將該行政區歸類為都市；反之若兩指標其一低於第一四分位數則歸類為鄉村，最後其他類別則歸屬郊區。根據此一分類原則，分別建構事故頻次模型，其中市區之樣本達 31,047 條路段；郊區之樣本最多，上達 88,607 條路段；鄉村樣本則為 57,313 條路段。所有模型結果彙整如表 3-5 所示，其中最左側為所有事故頻次之模型結果與表 3-3 最左側的模型結果一致，以供參照。模型結果顯示，是否有設置自行車道的效果以郊區與鄉村情境最顯著，因此此二情境改善自行車道可致最明顯的安全效益。混合土地使用比例對事故頻次的關聯以郊區最大，顯示改善郊區複雜的土地使用與交通環境為迫在眉睫的議題。公車站牌密度與道路層級 (省道、縣道) 以市區的關聯程度最高。其他變數則在三種不同情境下的關聯程度相當，並無明顯差異。

表 3-3 以路段為基礎之各碰撞型態事故頻次模型 (全國路段)

	所有事故		追撞事故		擦撞事故		側撞事故		對撞事故		與行人碰撞事故	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
計數模型												
截距	-1.821	0.000***	-3.774	0.000***	-3.325	0.000***	-3.939	0.000***	-6.138	0.000***	-3.297	0.000***
是否有自行車道	-0.112	0.000***	-0.209	0.002***	-0.132	0.026**	-0.273	0.004***	-1.480	0.013**	0.057	0.327
設施密度	0.003	0.742	-0.013	0.568	-0.023	0.298	-0.048	0.229	-0.165	0.405	0.026	0.101
日間活動人口數	0.007	0.000***	0.008	0.000***	0.006	0.002***	0.001	0.572	-0.036	0.402	0.008	0.000***
混合土地比例	1.125	0.000***	0.445	0.011**	1.389	0.000***	1.064	0.000***	-0.129	0.905	1.621	0.000***
公車站牌密度	0.161	0.000***	0.140	0.000***	0.114	0.000***	0.131	0.000***	0.179	0.003***	0.223	0.000***
是否為省道	0.110	0.000***	0.408	0.000***	0.166	0.004***	-0.116	0.192	-0.451	0.189	-0.073	0.242
是否為縣道	0.092	0.000***	0.266	0.000***	0.193	0.003***	0.042	0.664	-0.497	0.195	-0.210	0.008***
是否為橋樑	-0.734	0.000***	-0.582	0.004***	-0.860	0.000***	-0.374	0.171	-10.321	0.937	-1.550	0.000***
每周公車班次數	0.001	0.000***	0.001	0.000***	0.001	0.000***	0.001	0.000***	-0.002	0.416	0.001	0.000***
道路長度	0.001	0.000***	0.001	0.000***	0.001	0.000***	-0.001	0.000***	0.000	0.214	0.003	0.000***
零膨脹模型												
截距	2.670	0.000***	2.570	0.000***	2.626	0.000***	3.184	0.000***	2.781	0.000***	3.527	0.000***
設施密度	-0.374	0.000***	-0.699	0.000***	-0.353	0.002***	-0.333	0.042**	-1.566	0.148	-0.380	0.000***
商家密度	-0.275	0.000***	-0.419	0.000***	-0.239	0.000***	-0.220	0.001***	-0.453	0.130	-0.284	0.000***
日間活動人口數	-0.001	0.005***	0.003	0.026**	0.001	0.491	-0.066	0.000***	-0.015	0.854	-0.001	0.248
每周公車班次數	-0.012	0.000***	-0.018	0.000***	-0.016	0.000***	-0.011	0.000***	-0.009	0.204	-0.012	0.000***
道路長度	0.000	0.000***	0.000	0.060*	0.000	0.717	-0.008	0.000***	-0.008	0.037**	0.002	0.000***
樣本數		177,867		177,867		177,867		177,867		177,867		177,867
模型績效統計量												
LLC		-28,788.195		-7,925.242		-9,727.331		-5,177.573		-610.069		-7,024.257
LL0		-34,646.652		-9,119.647		-11,250.083		-5,666.237		-642.278		-9,419.865
ρ^2		0.169		0.131		0.135		0.086		0.050		0.254

1. *: p<0.1; **:p<0.05; ***:p<0.01
2. 本模型係以**全國**所有公車行經之**路段**建模，共計 177,867 條路段。

表 3-4 以路段為基礎之各碰撞型態事故頻次模型 (臺北市路段)

	所有事故		追撞事故		擦撞事故		側撞事故		與行人碰撞事故	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
計數模型										
截距	-1.980	0.000***	-3.829	0.000***	-3.043	0.000***	-4.434	0.000***	-3.181	0.000***
是否有自行車道	0.072	0.150	0.396	0.003***	0.259	0.021**	-	-	-0.080	0.345
設施密度	-0.126	0.532	1.078	0.178	-0.636	0.234	-0.900	0.266	1.148	0.000***
日間活動人口數	0.716	0.000***	1.038	0.000***	-0.234	0.387	0.855	0.002***	0.827	0.000***
混合土地比例	0.435	0.003***	0.123	0.772	0.800	0.016**	-0.485	0.424	0.886	0.000***
公車站牌密度	0.285	0.000***	0.244	0.000***	0.187	0.000***	0.211	0.001***	0.366	0.000***
是否為省道	0.303	0.000***	0.431	0.012**	0.345	0.016**	0.305	0.222	0.236	0.032**
是否為縣道	0.665	0.000***	1.427	0.000***	-0.159	0.760	1.383	0.002***	0.472	0.132
是否為橋樑	-0.644	0.001***	-0.624	0.189	-0.541	0.185	-1.059	0.188	-1.223	0.003***
每周公車班次數	0.006	0.000***	0.008	0.177	-0.005	0.237	0.009	0.093*	0.006	0.003***
道路長度	0.153	0.000***	0.007	0.889	0.155	0.000***	0.298	0.006***	0.242	0.000***
零膨脹模型										
截距	1.719	0.000***	2.842	0.000***	2.586	0.000***	1.462	0.029**	2.126	0.000***
設施密度	-1.725	0.019**	0.829	0.502	-2.333	0.122	-15.975	0.292	1.059	0.121
商家密度	-0.604	0.032**	-1.171	0.184	0.113	0.780	-3.345	0.367	-1.594	0.000***
日間活動人口數	-0.224	0.245	0.530	0.218	-3.067	0.005***	0.583	0.422	-0.293	0.192
每周公車班次數	-0.051	0.000***	-0.021	0.202	-0.077	0.000***	-0.063	0.010**	-0.045	0.000***
道路長度	-0.092	0.000***	-1.515	0.000***	-0.076	0.077*	0.122	0.234	0.032	0.436
樣本數		9,981		9,981		9,981		9,981		9,981
模型績效統計量										
LLC		-4769.52		-1086.46		-1433.67		-625.608		-2190.58
LL0		-5484.37		-1215.71		-1581.28		-686.385		-2585.99
ρ^2		0.130		0.106		0.093		0.089		0.153

一、 *: p<0.1; **:p<0.05; ***:p<0.01

二、 本模型係以**臺北市**所有公車行經之**路段**建模，共計 9,981 條路段。

表 3-5 以路段為基礎之市區、郊區、鄉村事故頻次模型 (全國路段)

	所有事故		市區事故		郊區事故		鄉村事故	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
計數模型								
截距	-1.821	0.000***	-1.530	0.000***	-1.918	0.000***	-2.936	0.000***
是否有自行車道	-0.112	0.000***	-0.010	0.779	-0.240	0.000***	-0.240	0.057*
設施密度	0.003	0.742	0.009	0.407	-0.031	0.372	0.006	0.983
日間活動人口數	0.007	0.000***	0.007	0.000***	0.016	0.000***	0.000	0.978
混合土地比例	1.125	0.000***	0.650	0.000***	1.470	0.000***	0.060	0.974
公車站牌密度	0.161	0.000***	0.171	0.000***	0.147	0.000***	0.090	0.025**
是否為省道	0.110	0.000***	0.297	0.000***	0.097	0.044***	0.050	0.687
是否為縣道	0.092	0.000***	0.450	0.000***	0.002	0.971	0.177	0.207
是否為橋樑	-0.734	0.000***	-0.764	0.000***	-0.905	0.000***	-0.662	0.021**
每周公車班次數	0.001	0.000***	0.001	0.000***	0.001	0.000***	0.000	0.007***
道路長度	0.001	0.000***	0.002	0.000***	0.000	0.513	0.000	0.147
零膨脹模型								
截距	2.670	0.000***	1.674	0.000***	3.018	0.000***	3.278	0.000***
設施密度	-0.374	0.000***	-0.134	0.001***	-0.429	0.000***	-0.223	0.652
商家密度	-0.275	0.000***	-0.090	0.000***	-0.179	0.000***	-0.707	0.017**
日間活動人口數	-0.001	0.005***	-0.002	0.157	0.004	0.211	-0.010	0.087
每周公車班次數	-0.012	0.000***	-0.005	0.000***	-0.013	0.000***	-0.036	0.000***
道路長度	0.000	0.000***	-0.001	0.000***	-0.005	0.000***	-0.003	0.000***
樣本數		177,867		31,947		88,607		57,313
模型績效統計量								
LLC		-28,788.195		-13,819.468		-11,534.787		-2,419.238
LL0		-34,646.652		-15,633.413		-13,002.282		-2,638.290
ρ^2		0.169		0.116		0.113		0.083

1. *: p<0.1; **:p<0.05; ***:p<0.01
2. 本模型係以**全國**所有公車行經之**路段**建模，共計 177,867 條路段。

表 3-4 之臺北市路段事故頻次模型可進一步用以預測事故頻次，以呈現市區道路客運發生事故之風險，預測結果如圖 3-24 所示。圖中顯示路段每百公尺的年事故件數，其中顏色愈深且線條愈粗者意謂路段單位距離的預估事故頻次愈高。交通當局可根據此一結果進一步改善路段之幾何條件，抑或提升行經高風險路段之客運路線的駕駛教育訓練，以期能降低事故之發生。



圖 3-24 臺北市市區道路每百公尺年客運事故件數

此外，將所有市區客運路線行經之路段的事故頻次加總，即可得知每一路線的潛在年事故頻次，如是可瞭解各公車路線行經道路的相對風險。表 3-6 呈現臺北市市區客運前十大事故頻次之路線，並彙整公車路線分布如表中右側所示。在此須特別當心解讀，此一事故頻次之結果「並非」表示該路線、駕駛、營運業者等的風險較高，而是該路線所營運之「路段」較具高風險性，故相較於其他營運之路線須格外注意行經路段的潛在風險。

表 3-6 臺北市路段事故預測頻次之前十大市區客運路線彙整

路線名稱	行經路段總年頻次	行經路段每百公尺年總頻次	路線距離(公尺)
557	6.673	0.140	4773
644	19.254	0.139	13835
670	11.745	0.139	8447
671	26.213	0.136	19210
253	25.882	0.135	19237
648	18.546	0.134	13810
松江新生幹線	26.412	0.130	20332
902 區	8.956	0.124	7195
重慶幹線	31.091	0.124	25161
羅斯福路幹線	27.436	0.123	22246



3.3.2 以路段為基礎之事故頻次模型：六都

根據 3.2.6 節之事故碰撞型態空間分析與建成環境分析可發現，不同直轄市各碰撞型態發生事故周遭的主要環境因子有所不同，因此本節進一步依據不同直轄市的路段建構都市、郊區、鄉村的事故頻次模型，以瞭解其潛在關聯差異。由於 18 個模型 (六都、三種不同區域情境) 難以同時呈現與比較，故本節採視覺化圖表的方式表達係數值間的差異如圖 3-25 所示。圖中將所有不顯著的係數予以去除，聚焦於顯著關聯的因子。

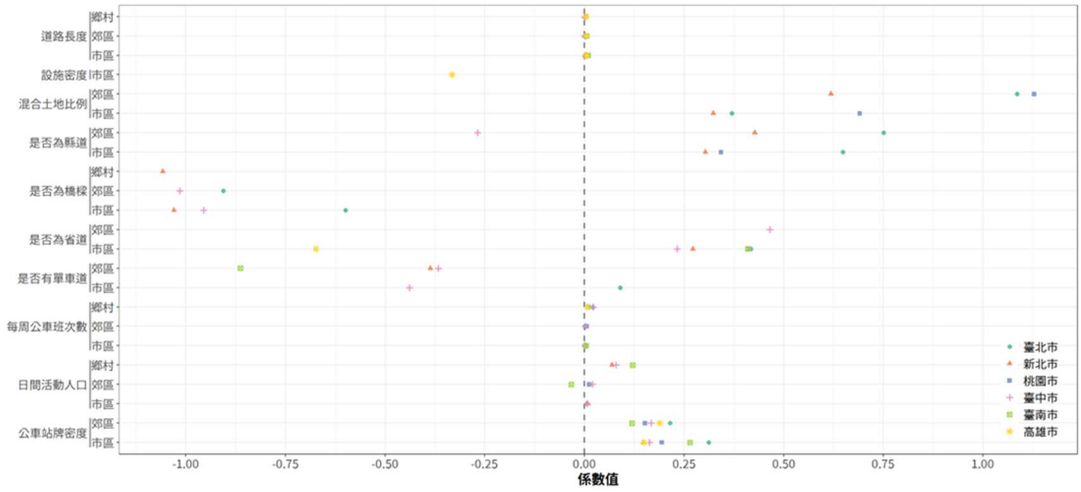


圖 3-25 六都各區域情境頻次模型細數分布圖

整體而言，六都的係數值間方向一致但關聯幅度不同，此一現象呼應 3.2.6 節之事故碰撞型態空間分析結果，並從中可萃取重要特徵，以供後續導入影像辨識技術於潛在道路風險偵測之參數。

首先，道路長度對於各城市與各情境而言，其關聯效果相當，亦即道路長度在路段事故頻次模型中為良好的曝光量因子，可有效控制因道路長度所增加的事故頻次，進而探討其他外在變量的潛在影響。設施密度在前述的事故頻次模型中 (如表 3-3 所示) 不具有顯著性，而在本分析中亦呈雷同現象，惟僅高雄市市區路段的設施密度對事故頻次有負向的影響，與其他情境與城市截然不同。此一情形可能說明因高雄市幅員較為遼闊，相對設施密度較低之處，反而容易因車流速度較快，更容易發生市區客運之事故，故針對高雄市應在市區內設施相對稀少之處加強市區客運之風險管理。縣道之道路層級尤其在臺北市與新北市的影響更大，顯見其相對於一般市區道路而言有較高的風險，且郊區縣道對事故的影響較市區而言略高。反觀，省道之道路層級則在中南部的城市如臺中市與臺南市有較顯著正向的關聯性，凸顯該路段市區客運風險管理之必要性。

橋梁之設置明顯皆與事故頻次負向關聯，與前述綜合所有頻次的結果相符，顯示大部分的事故發生位置並非位於橋梁上。自行車道對多數直轄市之事故頻次則具負向關聯，意謂設置自行車道普遍能有效避免各車輛與市區客運發生碰撞之情形，然臺北市市區內的自行車道為唯一正相關者，可能與該市單車曝光量較高之原因所致，故除設置與否之考量外，更需進一步檢視其設計之安全性。公車站牌密度與日間活動人口兩者的係數在六

都皆為正值，顯示人群與運輸集散點增加均會提升事故風險。然而，其幅度存在顯著差異，尤以臺北市市區內最為明顯；反之，在臺南市郊區的關聯程度最低。土地使用相關變項呈現高度異質性，以北部直轄市之混合土地比例對事故頻次的關聯性最為顯著，其中又以臺南市與臺北市的郊區為高。普遍而言，郊區的混合土地比例關聯程度較市區為高，主要原因乃郊區的組成更為複雜，且可能缺乏更多的資源做道路改善，尤其諸多市區公車行經的路段道路過於狹窄，土地利用又紊亂，致使市區客運更容易在此處發生事故。綜上所論，所有六都市區客運事故頻次影響因素之整體比較彙整如表 3-7。

表 3-7 六都市區客運事故頻次影響因素之整體比較

變項	關聯方向	情境差異	意涵
道路長度	正向	六都與各情境間效果一致。	為良好的曝光量因子，可有效控制因道路長度增加所帶來的事故頻次，適合做為基準控制變量，以利辨識其他外在因素的影響。
設施密度	多數不顯著	僅高雄市市區呈負向關聯。	高雄市設施密度較低區域可能伴隨較高行車速度，反而提升事故風險，顯示應針對設施稀少之市區路段加強風險管理。
縣道路層級	正向	臺北市、新北市影響最為顯著；郊區略高於市區。	相較一般市區道路，縣道具有較高事故風險，尤以北部直轄市為然。
省道路層級	正向	臺中市、臺南市關聯性較顯著。	中南部省道路段之市區客運事故風險較高，凸顯其風險管理與改善之必要性。
橋梁	負向	六都一致。	多數事故並非發生於橋梁上，與整體事故頻次模型結果相符。
自行車道	多數負向	僅臺北市市區呈正向。	自行車道多能降低事故風險；惟臺北市可能因單車曝光量高，顯示除設置與否外，仍需檢視設計安全性。
公車站牌密度	正向	臺北市市區影響最顯著；臺南市郊區最低。	運輸集散點增加會提升事故風險，但影響幅度具有明顯空間差異。
日間活動人口	正向	與站牌密度相似，臺北市市區最高。	人群聚集提高衝突機會，對事故頻次具正向影響。
混合土地使用比例	正向 (高度異質)	北部直轄市最顯著；臺南市與臺北市郊區尤高。	郊區土地組成複雜、道路資源不足，且部分公車路段狹窄，導致事故風險較高。

綜上所論，六都在各變數的係數方向上表現一致，但其影響幅度因城市與空間情境而異，此現象與先前事故碰撞型態的空間分析結果相互呼應。上述分析揭示，各種道路特性與城市情境不僅影響事故發生頻次，亦反映道路環境特徵與市區客運風險之間的關聯性。本節自歷史事故資料分析與建模的角度，間接呈現未來市區客運導入影像辨識技術需考量各城市或情境下不同的環境差異，針對不同場域或許可建立客製化的參數或偵測模組，以強化情境化風險警示之能力，並建立以不同區域型態為基礎的風險特徵資料庫。

3.3.3 以路口為基礎之事故頻次模型：臺北市

有鑑於路段與路口的特性截然不同，本計畫於 3.3.1、3.3.2 節聚焦於路段之事故分析與建模，而本節則探討路口處發生事故之影響因素，並同樣以各碰撞型態分別建模，以瞭解各解釋變量對於不同碰撞型態影響之差異。路口處的事故型態通常較為複雜，不僅會受環境的影響，更有甚者與路口的交通特性有關。儘管路段亦應受交通特性如車流量之影響，惟此一變數不容易蒐集，且無法針對全臺路段蒐集完整資料，故 3.3.1、3.3.2 節中並未將交通特性納入考量，而係以道路設施與交通環境做為替代。同樣地，路口交通量並非全國統一調查之資料，目前僅臺北市每年定期調查，並屬於公開資料 (可於臺北市開放資料平臺下載之)，故本節之分析將以臺北市具有交通量調查之路口，且亦具公車行經之路口做為分析對象。所有符合條件之路口共計 229 個，其空間分布如圖 3-26 所示，其中包含平均尖峰一小時交通量 (PCU)、左轉彎、右轉彎、小型車比例、機車比例與大型車比例等六項交通特性。

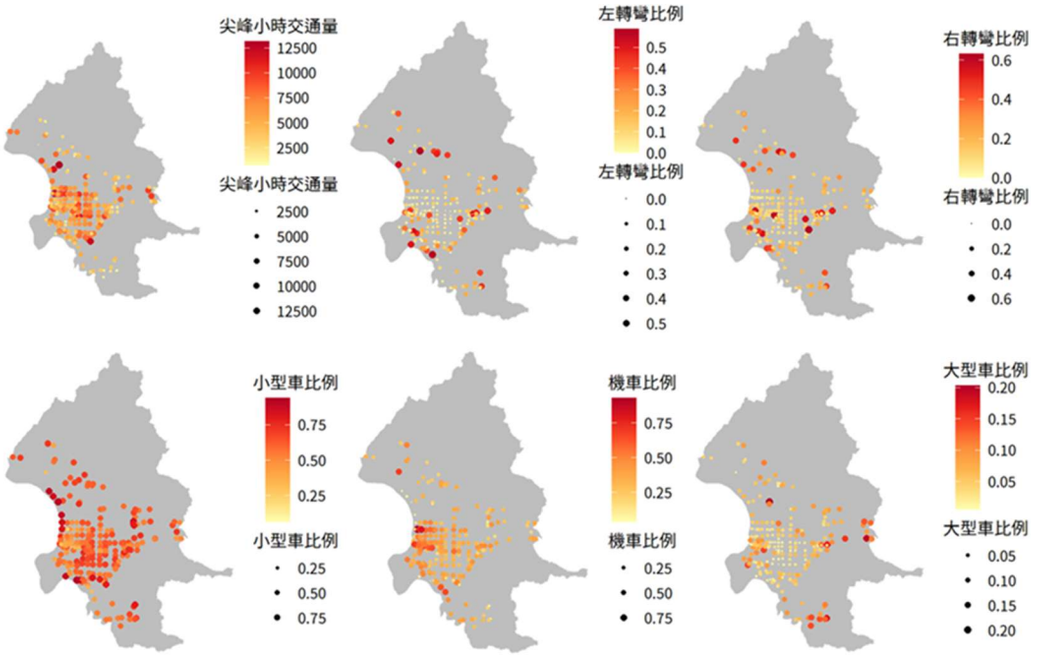


圖 3-26 臺北市路口分布與交通流量特性

本節取 112 年之調查結果為例，並假設各年度的調查結果相當 (即不同路口之間的差異於各年度保持一致)，依此使用同一份交通量調查資料做為後續模型使用與推論。除交通特性之外，分析中亦利用道路設施如人行道、自行車道、行人專用號誌、路口周邊停車格等；而亦含括人為活動與土地使用相關之變數，所有解釋變數之資料來源與處理方式詳見表 3-1，臺北市路口事故頻次模型中所使用之應變數與自變數的敘述性統計則彙整如表 3-8 所示。

表 3-8 臺北市路口事故頻次模型各變數敘述性統計

連續型變數									
變數	**單位**	**統計方式與資料時間**	**平均值**	**標準差**	**中位數**	**最小值**	**最大值**	**偏度**	**峰度**
路段所有事故	事故件數	108~113 年事故加總	2.607	2.661	2.000	0.000	16.000	1.794	4.635
路段追撞事故	事故件數		0.341	0.765	0.000	0.000	7.000	4.434	29.547
路段擦撞事故	事故件數		0.541	0.803	0.000	0.000	4.000	1.513	1.969
路段側撞事故	事故件數		0.362	0.659	0.000	0.000	4.000	2.209	6.037
路段對撞事故	事故件數		0.013	0.114	0.000	0.000	1.000	8.508	70.699
路段與行人碰撞事故	事故件數		0.559	0.970	0.000	0.000	6.000	2.290	6.260

表 3-8 臺北市路口事故頻次模型各變數敘述性統計(續)

連續型變數									
變數	單位	統計方式與資料時間	平均值	標準差	中位數	最小值	最大值	偏度	峰度
路段其他事故	事故件數		0.790	1.055	0.000	0.000	6.000	1.604	2.895
日間活動人口數	萬人口	109 年最小統計區資料	0.130	0.210	0.051	0.001	1.178	3.053	10.161
商業土地使用比例	比例	108~113 年土地使用資料平均	0.116	0.156	0.029	0.000	0.645	1.435	1.300
住宅土地使用比例	比例		0.064	0.117	0.007	0.000	0.676	2.845	9.247
混合土地使用比例	比例		0.144	0.156	0.092	0.000	0.571	0.736	-0.655
工業土地使用比例	比例		0.006	0.040	0.000	0.000	0.376	7.197	53.792
公園土地使用比例	比例		0.047	0.123	0.000	0.000	0.761	3.424	12.218
農業土地使用比例	比例		0.002	0.012	0.000	0.000	0.128	9.203	87.700
設施個數	間	114 年 OSM 資料	1.611	1.954	1.000	0.000	11.000	1.635	3.199
商家個數	間		3.520	5.373	2.000	0.000	43.000	3.397	17.192
公車站牌數	百個	110~113 年公車資料平均	1.786	2.630	1.000	0.000	15.000	2.166	5.033
公車班次數	百班		60.768	42.682	55.05	0.000	216.16	0.968	1.069
自行車道路線數	條	113 年自行車道資料	2.004	1.543	2.000	0.000	7.000	0.741	0.080
公車專用道路線數	條	113 年公車專用道資料	0.297	0.537	0.000	0.000	2.000	1.616	1.678
路口周遭停車格數	個	113 年路邊停車格資料	2.738	9.094	0.000	0.000	112.000	8.574	92.817
機車比例	比例	112 年臺北市路口交通量調查資料	0.360	0.131	0.362	0.037	0.932	0.420	1.632
小車比例	比例		0.583	0.127	0.579	0.063	0.941	-0.179	1.397
重車比例	比例		0.058	0.036	0.052	0.006	0.203	1.171	1.596
右轉彎比例	比例		0.172	0.123	0.129	0.000	0.633	1.860	3.012
左轉彎比例	比例		0.133	0.131	0.093	0.000	0.588	1.561	1.904
待轉比例	比例		0.015	0.015	0.013	0.000	0.062	0.744	-0.185
路口 PCU	千小客車當量		5.298	2.362	5.009	0.735	13.171	0.521	0.078
車道總數	個		12.441	4.446	12.000	4.000	31.000	0.537	0.950
岔路數	個		4.096	0.397	4.000	2.000	6.000	2.479	13.634
車道平均寬度	公尺		25.380	9.560	23.761	9.116	63.153	1.085	1.412
周遭人行道最大寬度	公尺	111 年人行道圖資	6.941	3.902	6.000	0.000	22.870	1.438	2.504
周遭人行	公尺		1.851	1.262	1.330	0.000	14.220	4.694	38.710

表 3-8 臺北市路口事故頻次模型各變數敘述性統計(續)

連續型變數									
變數	單位	統計方式與資料時間	平均值	標準差	中位數	最小值	最大值	偏度	峰度
道最小寬度									

二元變數					
變數	統計方式與資料時間	變數=1		變數=0	
		路口數	百分比	路口數	百分比
是否有測速照相	113 年測速照相資料	8	3.5%	221	96.5%
是否有行人專用號誌	112 年臺北市路口交通量調查資料	27	11.8%	202	88.2%
是否有行人穿越斜交路口		11	4.8%	218	95.2%

臺北市以路口為基礎之各碰撞型態事故頻次模詳如表 3-9 所示，其中由於路口對撞事故在整體分析樣本中僅占 3 起，難以校估係數值及計算標準誤(會出現奇異矩陣)，故本分析並未臚列該事故之頻次模型結果。由所有事故之頻次模式觀之，可發現交通特性為至關重要的因子，其中右轉彎之重車比例顯著增加該路口發生市區客運事故之頻次；反觀，左轉彎之重車比例對於整體事故而言較無顯著影響。由此一結果顯見，一般熟知之左轉彎行為在涉及市區客運的事故中可能並無明確顯著的影響，反而是平常認定風險較低的右轉行為可能更具關聯。多年來致力於左轉彎的教育宣導，其中包含導入指叉確認等措施以降低左轉彎的事故，而今右轉彎行為之潛在風險可能被忽略，尤其在大客車右轉彎時容易有死角，與周邊慢車產生擦撞，故更應重視客運駕駛右轉彎的安全。

就路口叉路數而論，愈複雜之路口 (如五叉、六叉) 會提升市區客運事故頻次，惟模型結果該變數較不顯著。就土地使用而論，活動人口數與土地混合使用之比例愈高之路口，對於事故頻次有正向關聯，此一結果與路段頻次之結果相當。最後，具有行人專用號誌的路口可有效降低所有市區客運事故之發生。就曝光量而論，公車班次數與事故頻次具正向關聯，且在零膨脹模型中之係數亦為負值，說明公車曝光量愈高之路口，愈不可能為零事故。最後，路口上游之公車站點數顯著正向影響事故頻次；反觀路口下游之站牌數則無顯著影響。此一結果說明若在近路口處須設置站牌數，應盡可能避免設置於路口上游處，乃因該處通常具有更複雜的交織行為，包含不同運具的交織以及變換車道之交織等，導致發生事故之頻次明

顯為高。而若設置在路口下游處，則相對而言車流較為單純，且變換車道行為降低許多，有利於市區客運安全地停靠。

縱使所有事故的頻次模型表現績效佳，且有諸多變數具顯著影響，然在個別類型之事故的影響效果不一。以追撞事故為例，交通流量與路口上游公車站牌數為重要因子；擦撞事故則與右轉彎之重車比例最為相關；側撞事故以重車比例與機車比例為主要正向因子；與行人碰撞之事故則在叉路數較多之路口環境具更高之頻次。

表 3-9 以路口為基礎之各碰撞型態事故頻次模型 (臺北市)

	所有事故		追撞事故		擦撞事故		側撞事故		與行人碰撞事故	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
計數模型										
截距	-1.327	0.010***	-3.684	0.007***	-1.844	0.122	-3.685	0.009***	-2.186	0.035**
機車比例	1.609	0.001***	1.527	0.161	1.352	0.125	3.037	0.004***	-1.352	0.174
右轉彎之重車比例	3.140	0.000***	-	-	5.015	0.000***	6.224	0.000***	3.202	0.025**
左轉彎之重車比例	0.045	0.823	0.258	0.639	-0.445	0.398	0.301	0.521	0.141	0.740
路口 PCU	0.061	0.012**	0.174	0.045**	0.081	0.089*	0.025	0.688	0.021	0.720
路口叉路數	0.155	0.152	0.287	0.259	-0.062	0.809	0.134	0.648	0.236	0.263
平均道路寬度	0.004	0.525	-0.010	0.585	0.000	0.997	0.015	0.345	-0.003	0.845
最大人行道寬度	-0.018	0.176	-0.045	0.295	-0.033	0.248	-0.029	0.439	0.024	0.371
日間活動人口數	0.003	0.118	-	-	0.000	0.991	-	-	0.006	0.335
混合土地使用比例	0.770	0.030**	-1.121	0.246	1.003	0.167	0.270	0.737	0.565	0.479
每周公車班次數	0.170	0.010***	0.048	0.816	0.003	0.980	0.185	0.331	0.343	0.008***
路口下游公車站點數	-0.116	0.162	-	-	-0.001	0.993	-0.609	0.019**	-0.208	0.280
路口上游公車站點數	0.001	0.000***	0.002	0.000***	0.000	0.054*	0.001	0.024**	0.001	0.002***
公車專用道	-0.323	0.007***	-0.450	0.182	-0.207	0.387	-0.923	0.008***	0.047	0.851
行人專用號誌	-0.287	0.073*	-0.034	0.941	-0.803	0.052*	-0.453	0.321	0.079	0.808
自行車道	0.005	0.878	-0.126	0.151	0.102	0.101	0.047	0.534	-0.054	0.441
零膨脹模型										
截距	1.269	0.112	-3.514	0.390	2.200	0.057*	1.180	0.447	1.595	0.215
路口周遭設施個數	0.260	0.281	-0.016	0.961	-0.482	0.542	1.133	0.204	-1.322	0.171
路口周遭商家個數	-0.036	0.592	-0.147	0.448	0.189	0.516	-0.930	0.257	0.298	0.067*
日間活動人口數	-0.121	0.334	0.019	0.420	-0.023	0.721	-0.090	0.466	0.079	0.060*
每周公車班次數	-0.008	0.003***	0.002	0.240	-0.012	0.079*	-0.008	0.277	-0.010	0.089*
樣本數	229		229		229		229		229	
模型績效統計量										
LLC	-432.782		-159.327		-197.032		-150.827		-195.415	
LL0	-519.570		-178.901		-226.421		-180.572		-235.769	
ρ^2	0.167		0.109		0.130		0.165		0.171	

*: p<0.1; **:p<0.05; ***:p<0.01

本模型係以**臺北市**所有發生於**路口 (包含路口內與鄰近路口)** 市區客運事故建模，共計 229 個路口具完整屬性資料，可做為本模型樣本。

3.4 事故碰撞型態模型

由 3.3 節之事故頻次模型可知，由於為將所有事故歸類至各路段上，並統計路段的事故頻次，致使無法探討個別事故駕駛人的動態與背景資訊，然駕駛行為係造成事故及其不同碰撞類型的重要因素，故為合理反映客運駕駛的行為，本計畫另於本節建構以事故為基礎之碰撞型態類別模型。3.4.1 小節針對路段建構碰撞類別模型，主要呈現全國路段之分析結果，同時亦呈現臺北市之模型結果，由於其他直轄市分析成果皆與前二者相當，為避免過於冗長瑣碎，僅呈現與解讀上述兩模型；3.4.2 小節則呈現臺北市路口之碰撞類別模型。

3.4.1 以路段事故為基礎之碰撞型態類別模型：全國

以路段事故為基礎之碰撞型態類別模型結果如表 3-10 所示，其中羅列五大種碰撞型態：追撞事故、擦撞事故、側撞事故、對撞事故，以及與行人碰撞事故。模型中的係數係以「其他類別」為基準，亦即不可歸類為上述五大碰撞型態的事故，故解釋各變數的效果皆是相較於其他類別而論，而係數的大小意謂影響程度。為便於解讀與探索各類型事故最至為相關的因素組合，本分析中將所有係數值呈現於圖 3-27 所示。此外，本計畫亦針對臺北市路段事故建構碰撞型態類別模型，模型結果如表 3-10 所示，而由於大致的趨勢與全國路段所得結果略同，故後文的模式結果解讀仍以全國之路段事故模型為基礎。

就道路寬度而論，道路寬度愈窄須格外當心對撞事故，推測乃因公車車體龐大，在無實體分隔的情況下容易與對向來車發生衝突，此外於路口轉彎處，亦可能因路段之路幅過窄而與對向車輛對撞。人行道之設置對「與行人對撞」的影響最大，此一結論同樣與前述頻次模型雷同，意謂在具有人行道處通常人流較多，且若無實體欄杆阻隔將可能提升人車碰撞之風險。同樣地，在具設置自行車道之路段，愈有可能產生「與行人對撞」之事故。就道路層級而言，位於省道之事故，其碰撞型態有更高之機率屬於「對撞」及「追撞」意外，推測乃因車速較快，煞車不及所致。位於縣道者，該事故之碰撞類別以追撞之機率最高，而「與行人對撞」之事故在省道與縣道上相對發生的機率較低，乃因大多之人行事故肇發於一般市區道路。

表 3-10 路段事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式 (全國事故)

	追撞事故		擦撞事故		側撞事故		對撞事故		與行人碰撞事故	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
截距	-0.522	0.026**	-0.050	0.025**	-0.759	0.024**	-0.886	0.001***	-2.474	0.022**
道路設施										
道路寬度	0.001	0.003***	-0.005	0.003***	0.003	0.003***	-0.097	0.012**	-0.005	0.004***
是否有人行道	-0.156	0.030**	-0.107	0.041**	-0.366	0.012**	-0.925	0.000***	0.047	0.016**
是否有自行車道	0.032	0.013**	0.125	0.016**	-0.014	0.006***	-0.870	0.000***	0.222	0.009***
是否為省道	0.326	0.027**	0.121	0.032**	-0.186	0.003***	0.249	0.000***	-0.090	0.004***
是否為縣道	0.182	0.017**	0.071	0.021**	0.004	0.005***	-0.176	0.000***	-0.349	0.004***
是否為橋樑	0.160	0.000***	-0.310	0.000***	0.168	0.000***	-1.829	0.000***	0.091	0.000***
人為活動/土地使用										
設施密度	0.162	0.027**	-0.270	0.025**	-0.340	0.037**	0.323	0.002***	0.319	0.025**
商家密度	-0.282	0.013**	-0.060	0.011**	0.021	0.016**	-0.410	0.001***	0.163	0.011**
日間活動人口	0.011	0.000***	-0.443	0.000***	-0.015	0.000***	-1.364	0.000***	0.411	0.000***
混合土地比例	-0.719	0.003***	0.020	0.004***	-0.582	0.003***	-2.674	0.000***	0.971	0.004***
交通與駕駛環境										
公車站牌密度	0.000	0.018**	-0.042	0.018**	-0.041	0.025**	-0.052	0.001***	0.103	0.018**
每周公車班次數	-0.003	0.000***	-0.003	0.000***	-0.007	0.000***	-0.005	0.000***	0.008	0.000***
夜間駕駛	-0.017	0.033**	-0.161	0.045**	-0.215	0.009***	-0.279	0.000***	-0.274	0.008***
駕駛行為與身分										
客運為第一當事人	-0.521	0.031**	-0.286	0.032**	-0.330	0.028**	-1.065	0.000***	2.662	0.029**
客運右轉彎	-1.135	0.001***	-0.121	0.002***	1.303	0.004***	-2.155	0.000***	-1.911	0.001***
客運左轉彎	-2.027	0.000***	-0.077	0.002***	1.328	0.004***	-2.421	0.000***	-1.682	0.001***
客運變換車道	-0.596	0.004***	0.049	0.005***	0.147	0.002***	-1.422	0.000***	-1.443	0.001***
客運急煞或急停	0.068	0.001***	-2.158	0.000***	-1.970	0.000***	0.227	0.000***	1.270	0.001***
駕駛違規情形										
客運未注意前方	1.119	0.011**	0.189	0.005***	0.594	0.007***	0.224	0.000***	-1.643	0.002***
客運未保安全距離	1.504	0.006***	1.966	0.008***	0.910	0.003***	0.315	0.000***	-2.230	0.001***
客運未依規定變換車道	1.094	0.005***	0.333	0.004***	0.208	0.002***	-0.444	0.000***	-2.987	0.000***
客運違規停車	0.266	0.002***	-0.883	0.001***	-1.199	0.000***	-2.420	0.000***	0.376	0.001***
客運初判無肇因	0.601	0.036**	0.332	0.035**	0.376	0.025**	0.333	0.001***	-0.175	0.007***

表 3-10 路段事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式 (全國事故) (續)

	追撞事故		擦撞事故		側撞事故		對撞事故		與行人碰撞事故	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
樣本數		1,626 (17.8%)		2,098 (23.0%)		906 (9.9%)		73 (0.8%)		1,799 (19.7%)
模型績效統計量										
LLC										-12,303.876
LL0										-14,521.438
ρ^2										0.153

1. *: p<0.1; **:p<0.05; ***:p<0.01
2. 本模型係以**全國**所有發生於**路段 (即非路口)** 之市區客運事故建模，108-113 年共計 9,122 起事故，其中「其他事故」為 2,620 起 (28.7%)。

表 3-14 路段事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式 (臺北市事故)

	追撞事故		擦撞事故		側撞事故		對撞事故	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
截距	-0.608	0.006***	-0.533	0.026**	-1.351	0.002***	-2.931	0.019**
道路設施								
道路寬度	-0.001	0.012**	0.024	0.012**	-0.013	0.015**	0.061	0.012**
是否有人行道	-0.083	0.009***	-0.205	0.033**	-0.219	0.004***	-0.259	0.022**
是否有自行車道	0.374	0.011**	0.277	0.044**	-0.027	0.004***	0.061	0.029**
是否為省道	0.504	0.053*	0.129	0.047**	0.085	0.069*	0.750	0.045**
是否為縣道	-0.362	0.021**	-0.166	0.017**	-0.030	0.024**	-0.209	0.016**
是否為橋樑	0.066	0.000***	-0.360	0.000***	0.172	0.000***	0.190	0.000***
人為活動/土地使用								
設施密度	-0.809	0.002***	0.454	0.005***	-0.363	0.001***	0.591	0.004***
商家密度	-0.082	0.061*	-0.107	0.055*	-0.013	0.046**	0.096	0.053*
日間活動人口	0.010	0.003***	-0.047	0.007***	-0.073	0.001***	-0.045	0.003***
混合土地比例	0.427	0.001***	-1.133	0.001***	0.276	0.000***	-0.237	0.001***
交通與駕駛環境								
公車站牌密度	-0.371	0.001***	-0.264	0.002***	-0.563	0.001***	0.068	0.001***
每周公車班次數	-0.002	0.000***	-0.003	0.000***	0.002	0.000***	0.009	0.000***
夜間駕駛	-0.499	0.006***	-0.047	0.038**	-0.300	0.003***	3.431	0.027**

表 3-10 路段事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式 (臺北市事故) (續)

	追撞事故		**擦撞事故**		**側撞事故**		**對撞事故**	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
駕駛行為與身分								
客運為第一當事人	-1.757	0.000***	0.244	0.001***	0.908	0.001***	-2.012	0.001***
客運右轉彎	-8.078	0.000***	-1.222	0.001***	1.132	0.001***	-2.643	0.000***
客運左轉彎	-0.263	0.004***	0.265	0.013**	0.127	0.002***	-1.298	0.002***
客運變換車道	0.289	0.001***	-8.751	0.000***	-0.647	0.000***	1.549	0.001***
客運急煞或急停	-0.289	0.002***	-0.126	0.012**	-0.214	0.001***	-0.357	0.008***
駕駛違規情形								
客運未注意前方	1.314	0.001***	-0.301	0.001***	-0.344	0.000***	-2.063	0.001***
客運未保安全距離	1.718	0.002***	1.355	0.002***	1.178	0.001***	-4.100	0.000***
客運未依規定變換車道	0.536	0.003***	0.225	0.009***	0.726	0.002***	-3.963	0.000***
客運違規停車	-0.349	0.001***	-1.929	0.000***	-1.235	0.000***	-0.284	0.001***
客運初判無肇因	0.301	0.001***	0.455	0.004***	0.511	0.001***	-0.461	0.006***
樣本數		263 (12.7%)		366 (17.7%)		128 (6.2%)		729 (35.2%)
模型績效統計量								
LLC								-3,032.827
LL0								-2,350.113
ρ^2								0.225

1. *: p<0.1; **:p<0.05; ***:p<0.01
2. 本模型係以**臺北市**所有發生於**路段 (即非路口)** 之市區客運事故建模，108~113 年共計 2,070 起事故，其中「其他事故」為 584 起 (28.2%)。

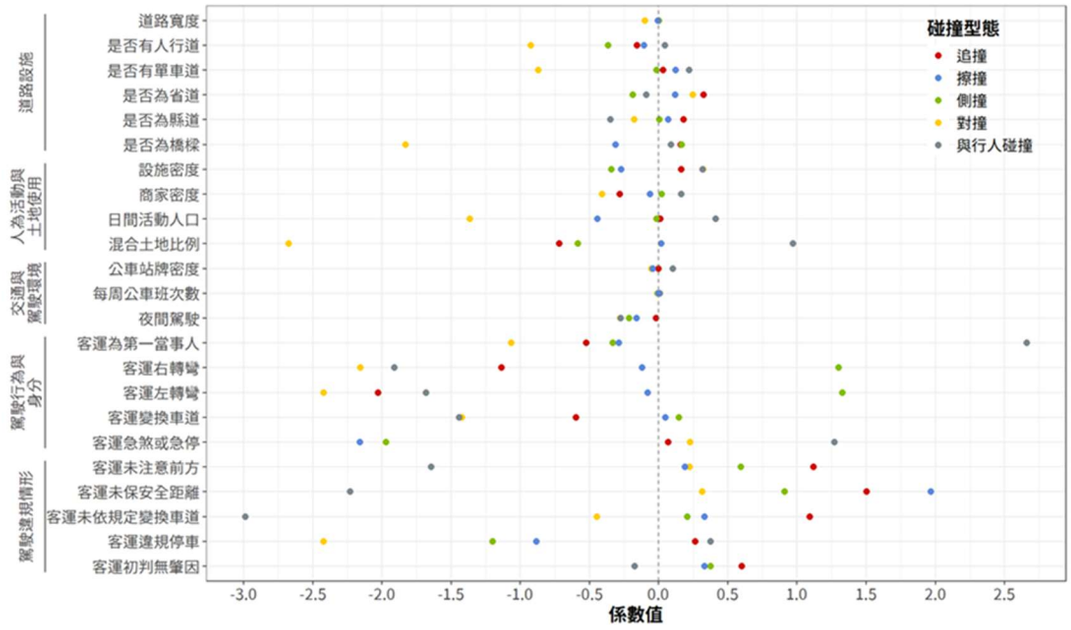


圖 3-27 路段事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式係數彙整

就人為活動與土地使用觀之，所有變量皆明顯提升「與行人對撞」事故發生之機率，再次驗證在複雜的市區道路環境，行人安全為首當其衝之課題。尤其混合土地使用之比例為相當關鍵之因素，顯見在該地區的行人安全措施更需受到保障，以避免發生與市區客運之衝突。就交通與駕駛環境之變量而論，公車站牌密度的影響大致皆同，其中又以對「與行人碰撞」之影響最大。每周公車班次數的係數值近乎一致 (標準差甚低)，凸顯此一變量相當適合做為頻次模型之曝光量，碰撞型態的類別大多不會受此一變量的影響，此一發現與前述頻次模型之結果相同。夜間駕駛的環境最有可能發生追撞之事故，推測乃因光線不足造成視距不良之結果。

除路段的空間與環境相關屬性外，本模型另使用事故資料表駕駛行為相關資料，探討人因對事故碰撞型態的影響。當一起事故中客運屬於第一當事人時，有相當高之機率該事故類別屬於「與行人碰撞」。客運在左右轉時所發生之事故，最可能為「側撞」，其次則為「擦撞」，此外在變換車道時，則以兩者的發生機率相當。一起事故若市區客運出現急煞之情形，愈有可能為「與行人碰撞」事故，其次則為「追撞」與「對撞」。就駕駛違規情形而論，客運未注意前方之行為最有可能導致「追撞」事故；而若未保持安全距離則有更高的機率屬於「追撞」與「對撞」之事故。客運違規停車之情形，將會使發生之事故有愈高之機率屬於「與行人碰撞」及「對撞」。

由圖 3-27 縱向觀察所有變量之係數值，可進一步萃取出各碰撞型態關聯的重要因子，如圖 3-28 所示。圖中挑選出多項羅吉特模式係數值為正者，且每一影響因素挑選出最可能的兩大碰撞型態繪圖，其中線條粗細表示影響因素與碰撞型態關聯的程度，亦即係數值的大小，而顏色係以影響因素的類別區分。由圖中可觀察，追撞事故大部分與駕駛違規情形及道路設施有關，其中位於縣道、省道，且駕駛未注意前方與保持安全距離時，最容易發生追撞。擦撞的關聯因素繁多，涵蓋大部分影響因素類別，顯見造成擦撞的因素較為多元，其中又以未保持安全距離及變換車道影響最巨，此外在縣道與具設置自行車道之環境，更容易發生擦撞事故。側撞容易發生於車輛左右轉時，且商家密度較高之環境，亦更容易使事故之發生屬於側撞，顯見複雜的人為活動環境與側撞高度相關。對撞最好發於省道上，且路段周遭設施密度高之環境，並在客運急煞時最容易有對撞之風險。最後，與行人碰撞與人為活動環境的複雜度至為相關，在有人行道或自行車道的環境中，由於弱勢用路人的曝光量較高，而更容易產生此類事故。此外，在客運違規停車或急煞急停時，更有可能屬於與行人碰撞事故。

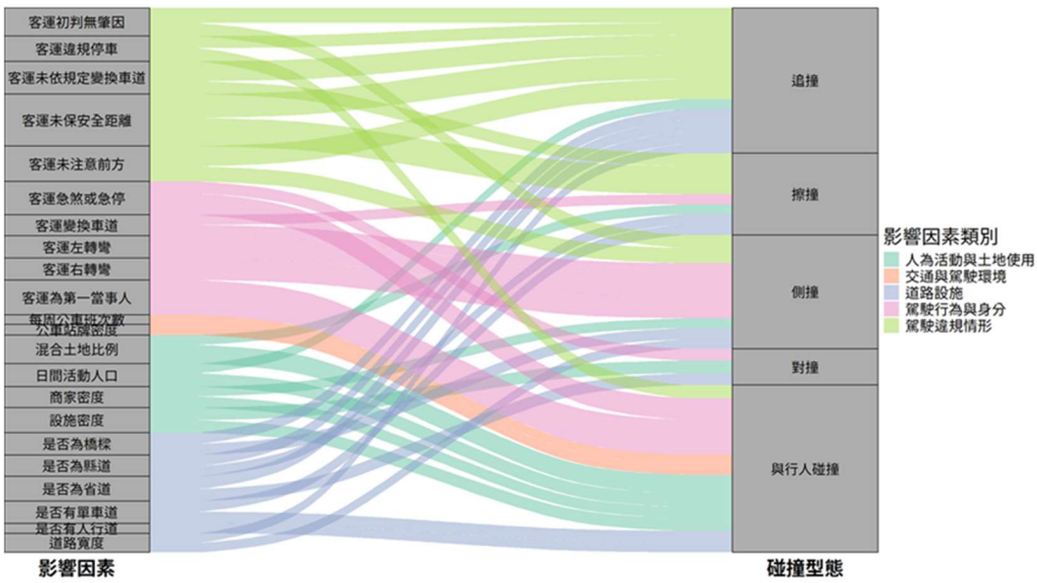


圖 3-28 各碰撞型態類別相關因素之萃取

綜上所論，由圖 3-27 與圖 3-28 之結果可綜觀一件事故之發生其最有可能發生的碰撞型態，此一分析結果有助於後續 GPS、ADAS 或車內影像辨識萃取出相對應的環境及駕駛行為，進而推判可能發生事故的碰撞型態，進而透過碰撞類型評估其風險，做為指標設計之初探。

3.4.2 以路口事故為基礎之碰撞型態類別模型：臺北市

路口事故型態與路段事故可能有所別，其影響因子亦有所不同，故本計畫將兩種事故發生位置獨立建模。路口的定義係指路段兩端點，在 TDX 平臺中雖能蒐集全臺所有路口數據，惟關於路口號誌、標線設計、岔路數等特性並未完整數據。因此，本計畫以臺北市路口交通流量之資料為基礎，其詳載各路口的特性以及交通量特徵，有利於將其納入影響因子探討。另外，雖然事故資料表中已記錄事故發生位置，惟經過打點後可發現有許多事故事實上鄰近路口，卻在警方初判時單純記錄為車道，恐無法充分反映路口的潛在風險。是故，本計畫將所蒐集的臺北市路口進一步透過環域分析擷取所有鄰近路口的事故，以包容更多的樣本及路口事故發生之樣態。此外，進一步透過事故資料調查表將所擷取的事故依據發生位置將其分類為兩者：路口內事故、鄰近路口事故，以將此特徵做為解釋變數於模型中。

以臺北市路口事故為基礎之碰撞型態類別模型結果詳如表 3-11 所示，其中羅列四大種碰撞型態：追撞事故、擦撞事故、側撞事故，以及與行人碰撞事故。由於對撞事故在所有樣本中僅含括三起，為避免影響分類模型之係數校估，將其予以剔除。此外，為便於模型解讀，並瞭解不同碰撞型態較為關鍵的相關因子，將所有係數結果彙整於圖 3-29 中。

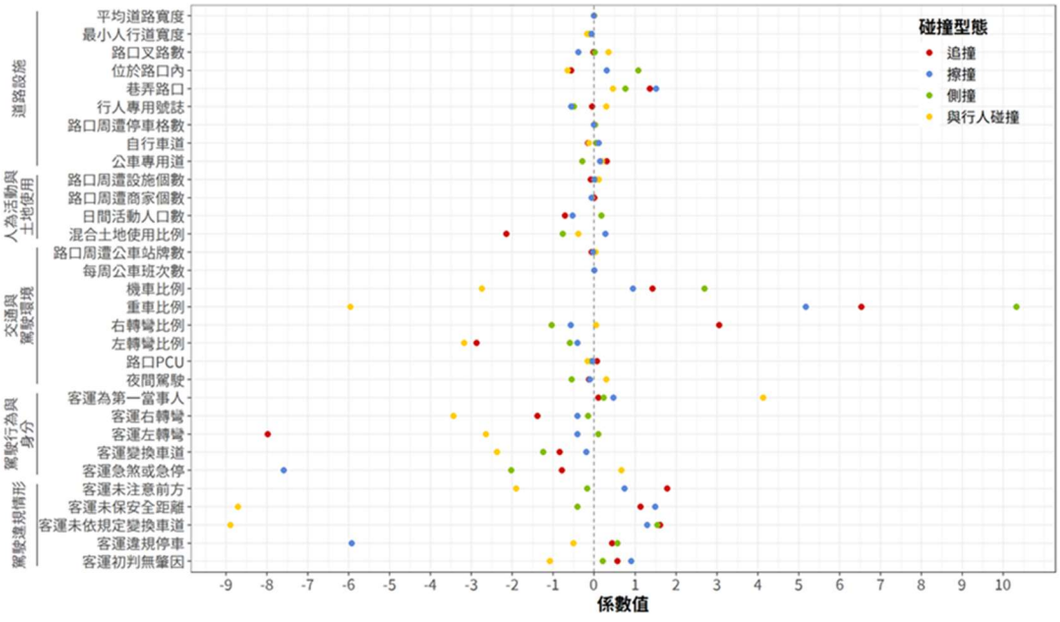


圖 3-29 臺北市路口事故之碰撞型態類別多項羅吉特模式係數彙整

表 3-11 以路口為基礎之碰撞型態類別模型 (臺北市)

	追撞事故		擦撞事故		側撞事故		與行人碰撞事故	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
截距	-1.709	0.003***	0.109	0.003***	-2.258	0.003***	-1.546	0.003***
道路設施								
平均道路寬度	0.006	0.016**	0.000	0.014**	0.009	0.016**	0.003	0.018**
最小人行道寬度	-0.097	0.020**	-0.064	0.017**	-0.139	0.011**	-0.164	0.032**
路口叉路數	-0.013	0.012**	-0.381	0.012**	0.017	0.011**	0.357	0.014**
位於路口內	-0.563	0.001***	0.314	0.001***	1.082	0.001***	-0.643	0.002***
巷弄路口	1.369	0.001***	1.512	0.001***	0.767	0.001***	0.465	0.001***
行人專用號誌	-0.045	0.001***	-0.557	0.001***	-0.498	0.001***	0.303	0.002***
路口周遭停車格數	0.016	0.046**	-0.001	0.038**	0.023	0.040**	0.005	0.040**
自行車道	-0.149	0.017**	0.119	0.056*	0.050	0.031**	-0.130	0.012**
公車專用道	0.309	0.005***	0.145	0.005***	-0.286	0.005***	0.194	0.005***
人為活動/土地使用								
路口周遭設施個數	-0.084	0.049**	0.003	0.049**	0.034	0.054*	0.109	0.048**
路口周遭商家個數	0.001	0.024**	-0.056	0.026**	-0.049	0.027**	-0.047	0.026**
日間活動人口數	-0.717	0.000***	-0.524	0.000***	0.181	0.000***	-0.522	0.000***
混合土地使用比例	-2.150	0.001***	0.282	0.001***	-0.770	0.001***	-0.390	0.001***
交通與駕駛環境								
路口周遭公車站牌數	-0.059	0.050*	-0.031	0.040**	-0.015	0.049**	0.043	0.044**
每周公車班次數	0.001	0.000***	0.001	0.000***	0.001	0.000***	0.007	0.000***
機車比例	1.429	0.001***	0.949	0.001***	2.702	0.001***	-2.748	0.001***
重車比例	6.541	0.000***	5.177	0.000***	10.329	0.000***	-5.965	0.000***
右轉彎比例	3.055	0.001***	-0.572	0.001***	-1.035	0.001***	0.053	0.001***
左轉彎比例	-2.871	0.001***	-0.410	0.001***	-0.591	0.001***	-3.184	0.001***
路口 PCU	0.075	0.000***	-0.038	0.000***	-0.066	0.000***	-0.156	0.000***
夜間駕駛	-0.130	0.001***	-0.100	0.001***	-0.546	0.001***	0.304	0.001***
駕駛行為與身分								
客運為第一當事人	0.107	0.002***	0.477	0.001***	0.235	0.002***	4.134	0.003***
客運右轉彎	-1.384	0.000***	-0.404	0.001***	-0.143	0.001***	-3.439	0.000***
客運左轉彎	-7.984	0.000***	-0.405	0.001***	0.106	0.001***	-2.642	0.001***
客運變換車道	-0.840	0.001***	-0.191	0.001***	-1.242	0.001***	-2.376	0.001***

表 3-11 以路口為基礎之碰撞型態類別模型 (臺北市) (續)

	追撞事故		**擦撞事故**		**側撞事故**		**與行人碰撞事故**	
	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性	係數	顯著性
客運急煞或急停	-0.787	0.000***	-7.591	0.000***	-2.030	0.000***	0.671	0.001***
駕駛違規情形								
客運未注意前方	1.788	0.001***	0.746	0.000***	-0.163	0.000***	-1.910	0.001***
客運未保安全距離	1.135	0.001***	1.496	0.001***	-0.407	0.000***	-8.707	0.000***
客運未依規定變換車道	1.612	0.001***	1.302	0.001***	1.545	0.001***	-8.901	0.000***
客運違規停車	0.440	0.000***	-5.933	0.000***	0.575	0.001***	-0.501	0.000***
客運初判無肇因	0.570	0.002***	0.908	0.003***	0.217	0.003***	-1.085	0.001***
樣本數	92		132		97		159	
模型績效統計量								
LLC								-796.101
LL0								-1067.563
ρ^2								0.254

1. *: p<0.1; **:p<0.05; ***:p<0.01
2. 本模型係以**臺北市**所有發生於**路口 (包含路口內與鄰近路口)** 市區客運事故建模，共計 682 起事故樣本。

觀察各主類別變量之係數分布可知，道路設施、人為活動與土地使用兩者對事故類別的影響差異不大，然交通與駕駛環境、駕駛行為及違規等個人因素對事故分類的影響較為明顯，此一結果顯示，碰撞類別的不同較為可能是由於駕駛人及交通環境所致。就道路設施觀之，平均道路寬度、最小人行道寬度的係數值差異不明顯，意謂此二變量對於碰撞型態的影響不明顯。路口岔路數愈多愈可能會使事故屬於與行人碰撞之型態，而造成「擦撞」之情形為所有類別中最低者，顯見愈複雜之路口對於行人具更大威脅。路口事故又可細分為鄰近路口與發生於路口內，其中可發現位於路口內者較易發生「側撞」與「擦撞」。發生於巷弄路口之事故更傾向於屬於「擦撞」及「追撞」之碰撞型態，而在有行人專用號誌之情形，事故最有可能為「與行人對撞」之事故，此一現象乃因設有專用號誌之路口通常具有較龐大的人流量，致使該類型事故發生之可能性更高。如表 3-8 之路口事故頻次模型所示，在具有設置專用號誌的路口，其所有類型事故的頻次皆變低，顯見專用號誌確實對事故之頻次有遏阻之作用，惟在事故發生之分類上，有較高可能性屬於「與行人對撞」，此一現象亦可由表 3-8「與行人對撞」頻次模型中設有專用號誌的係數相較於其他類別為最大者所應證。最後，停車格數、自行車道，及公車專用道等三變量對於事故分類的影響未若其他具明顯差異，惟在有公車專用道時最不可能被屬於「側撞」。

就人為活動與土地使用之變量類別而論，混合土地使用比例是造成碰撞型態不同之最主要因素。若混合土地使用比例愈高時，路口所發生之事故有愈高傾向屬於「擦撞」，反觀最低者則為「追撞」。在交通與駕駛環境類別中，公車站牌與班次的影響差異甚小，而不同的車種組成比例為相當關鍵的因素。當路口機車與重車比例較高時，最有可能發生之碰撞類別皆為「側撞」，而最不可能屬於「與行人碰撞」，兩種車種組成的比例對事故類別的影響趨勢雷同，顯見在車種組成較為複雜的情況下，「側撞」為客運最須預防之碰撞型態。轉彎所導致的型態類別亦有明顯差異，在右轉比例較高之情境下，以「追撞」為最有可能發生之事故類別；反觀在左轉比例較高之情境則以「擦撞」及「側撞」較有可能發生。路口車流量對於碰撞型態類別的影響並無甚大差異，而若客運在夜間行駛之情況下更有可能發生「與行人碰撞」，推測乃因在夜間時，更不容易辨識路口周遭行人，故對於客運而言，夜間更須格外注意路口處行人的動向。

造成碰撞型態類別有所差異的最關鍵因素為駕駛行為與身分、客運駕駛違規情形兩類別，顯見碰撞型態的分類與駕駛人之因素更為相關。在客運為第一當事人之情形，愈有可能屬於「與行人碰撞」之事故，此一結果與前述路段碰撞型態分類結果雷同。客運無論在左轉彎或右轉彎的動態下，最有可能發生側撞，顯見大客車於路口轉彎處須格外注意對向來車之動態。在變換車道時則以「擦撞」為主要碰撞型態，而若客運發生急煞時，愈有較高可能屬於「與行人碰撞」。就駕駛違規情形而論，未注意前方車況及未保持安全車距所導致的事故有較高之可能性屬於「追撞」；違規停車所致事故最有可能為「追撞」與「側撞」兩碰撞型態。最後，客運初判若無肇因所發生之事故最不可能屬於「與行人碰撞」類別，此一結果與前述「客運為第一當事人」的解讀雷同。

綜上所論，在路口處與碰撞型態關聯的因素以交通與駕駛環境、駕駛人的行為與違規情形為主，顯示事故型態的差異愈有可能與人為因素有關，而非外在建成環境的不同。此外，車種的組成是導致事故碰撞型態類別不同的最關鍵因素，所造成的類別差異最為明顯。此一結果顯示，未來車機與影像辨識資料中可透過車內外的環境及駕駛行為，判斷駕駛人潛在發生之事故最有可能的碰撞類別，以此評估其風險性，進而對於客運駕駛有相當程度的警示，以降低事故發生的風險。

3.5 事故嚴重程度模型

3.3 節建構頻次模型瞭解各情境、城市、碰撞型態事故發生與外在交通與建成環境的關聯，3.4 節則建立類別模型瞭解不同碰撞型態的影響因素，以萃取相對關鍵因子。事故風險分析除頻次外，另一維度為嚴重程度，如發生涉及死亡事故之機率。本節首先建立事故嚴重程度模型，瞭解各因子對於事故嚴重程度之關聯性，而後透過預估頻次與事故嚴重程度建構風險矩陣，以檢視我國各路段之道路風險。

3.5.1 事故嚴重程度影響因素探討：全國

針對所有事故 (亦即包含路段與路口者)，本計畫建構費斯修正邏輯斯迴歸 (firth logistic regression) 模型探討影響事故嚴重程度的因素，其中應變數為該事故是否為涉及死亡之二元變數。由於涉及死亡之事故佔整體事

故之 1.22%，屬於罕見事件 (rare events)，利用費斯修正之懲罰似然法 (penalized likelihood approach) 可降低係數較估之偏誤。該方法係於原始的概似函數中加入一個懲罰項，以處理極端或不合理的係數值，避免其趨近無限大，進而引導模型尋找更穩定且合理的估計結果。根據上述，事故嚴重程度模型結果如表 3-12 所示。

表 3-12 事故嚴重程度模型

	嚴重程度模型	
	係數	顯著性
截距	-5.611	0.000***
道路設施與事故發生位置		
設置人行道	-0.139	0.403
事故發生於路口內	0.534	0.003***
事故發生於橋梁	1.656	0.000***
事故發生於圓環	1.181	0.239
事故發生於隧道內	1.861	0.096*
事故發生於兩段式左轉區	2.557	0.207
事故發生於曲路	1.092	0.006***
碰撞對象		
與行人碰撞	2.176	0.000***
與自行車碰撞	1.285	0.002***
與機車碰撞	0.682	0.001***
人為活動/土地使用		
農業土地使用比例	1.644	0.000***
交通與駕駛環境		
夜間駕駛	0.307	0.084*
駕駛行為與身份		
高齡 (65 歲以上) 駕駛	1.270	0.057*
駕駛行車疲勞	1.296	0.457
客運左轉彎	0.072	0.760
客運超速	1.449	0.004***
客運急煞或急停	-1.984	0.043**
客運駕駛未注意前方	0.348	0.138
駕駛違規情形		
客運違反號誌管制	0.921	0.073*
客運駕駛使用手機	1.155	0.368
客運未依規定讓車	0.828	0.013**
客運未依規定變換車道	-2.141	0.023**
樣本數		14,298
模型績效統計量		
LLC		-830.405
LL0		-925.148
ρ^2		0.102

3.5.1 *: p<0.1; **:p<0.05; ***:p<0.01

3.5.2 本模型係由所有 108 年至 113 年之所有市區客運事故樣本所建構，共計 14,298 起事故，其中涉及死亡之事故共計 174 起 (1.22%)。

就道路環境與設施而論，設置人行道對於嚴重事故之發生機率具負向影響，可能意謂人行道布設可提升行人與車輛間的安全分隔，並降低事故

風險，惟其整體效果並不顯著。發生於路口內之事故相較於路段而言更具高風險，係因路口的交織情形更複雜所致。位於橋梁、隧道內、曲路之事故風險則顯著增加發生涉及死亡事故之機率，顯示以上行經之環境限制可能加劇事故後果。至於圓環或兩段式左轉區對於整體事故嚴重程度效果皆為正向，惟統計上並無充分證據顯示此兩道路設施對涉及市區客運事故之嚴重程度的影響。此外，事故發生時所涉及的各用路人亦為重要的因素，而用路人弱勢程度與事故的嚴重度呈正比，如與行人碰撞所造成之嚴重程度最高，而自行車次之，最後則為機車，此一結果凸顯對於弱勢用路人保護之重要性。

就土地使用面之因子而論，高度農業土地使用比例亦顯著提高事故嚴重程度，亦即在鄉村或人煙稀少之區域，其發生事故之風險更高，可能乃因公車駕駛在該環境中更易忽略安全之守則所致。此外，夜間駕駛如預期地將使風險顯著增加，故良好的視距與夜間照明應可降低事故之危害。就駕駛行為與身份而論，高齡 (65 歲以上) 之客運駕駛所造成之事故風險明顯較高，而當今我國諸多市區客運的駕駛年齡層漸出現老化問題，是故年輕駕駛招募為亟待解決之課題。在所有駕駛行為中，關聯程度最高的因子為客運超速與否，顯見對於市區客運之速限管理為重要策略之一。反觀，一般認為與行車風險有關聯之左轉彎行為、駕駛行車疲勞狀況、駕駛未注意前方等並未顯著造成嚴重程度之增加。惟須注意的是，此三項行為皆與嚴重程度正相關，意謂對於事故風險仍可能具有微弱之效果。此外，急煞或急停行為通常意謂駕駛有更迅速的反應，平均而言可降低事故風險。最後，就駕駛違規情形而論，違反號誌管制、未依規定讓車之違規情形將使事故嚴重程度提高，然未依規定變換車道則相較於其他違規情形所造成之事故嚴重性較為輕微。透過以上結果可知，在客運駕駛超速、違反號誌管制、未依規定讓車為三大造成嚴重事故之駕駛行為面因素，未來可透過影響辨識或車機資料等萃取其行為，進而給予上述三者提供更明確的警示。

3.5.2 事故風險矩陣

前述事故嚴重程度模型係以各事故為樣本，故建立於已知為事故的情境，惟在預測時將面臨諸多問題，如無法帶入駕駛人相關的變因，亦無法使用碰撞對象之自變數，故若欲預測各路段的嚴重程度，本計畫另建構以

路段為基礎之事故嚴重程度模型，進而預測其發生涉及死亡事故之機率。最終將全臺所有路段的預估事故頻次及事故嚴重程度透過「頭尾分割法」(Head/Tail Breaks) 將數據切分為多個類別，該演算法可在一個「頭部」數值很大但數量很少、「尾部」數值很小但數量極多的數據集中，不斷地利用「平均值」將數據分割，直至數據不再呈現重尾特性為止，進而尋找風險矩陣中各維度變量之自然切分點。事故風險矩陣劃分結果如圖 3-30 所示，其中事故頻次係採平均道路長度之事故件數，以合理反映道路長度與該變量之間的關聯，其切分點分別為在六個年度中 (因本計畫頻次模型中採用的係六年度資料，故在此時間單位為六年) 每公尺 0.004 與 0.017 次；而嚴重程度係透過路段涉及死亡事故之機率反映，其切分點分別為 1.5%與 2.6%。在矩陣左下角綠色區塊為相對低風險的路段，亦為大部分路段所屬類別；而中間黃色區塊則為中度風險；最後高風險則以紅色區塊呈現，共計 409 條路段。此高風險路段於六都中大多皆分布於主要幹道且連結主要市區和郊區的重要幹道上，其重要特徵係車流量較大，尖峰壅塞情形可能較為嚴重者。至於非六都的高風險路段較少，無法明確觀察分布型態的集中性並萃取其主要特徵。

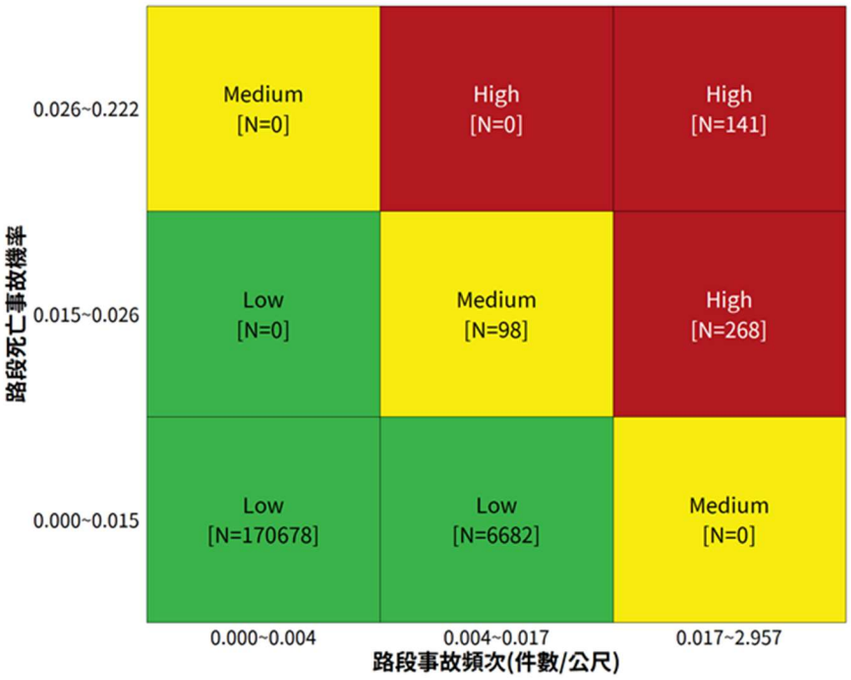


圖 3-30 全臺路段事故頻次與嚴重程度風險矩陣

根據此一矩陣切分結果，圖 3-31 進一步以臺北市及其近郊為例具體呈現各路段的風險，由於低風險占大宗，為避免圖表判讀困難，圖 3-31

中去除低風險路段，僅呈現中度風險與高風險之路段。由地圖可判斷，雙北市區客運大部分高風險路段集中於三重、中永和來往臺北市區的交通要道上，同時在臺北車站以西之南北幹道，尤其中華路一段之風險甚高。此一結果與圖 3-24 之臺北市市區道路頻次分布圖相呼應。

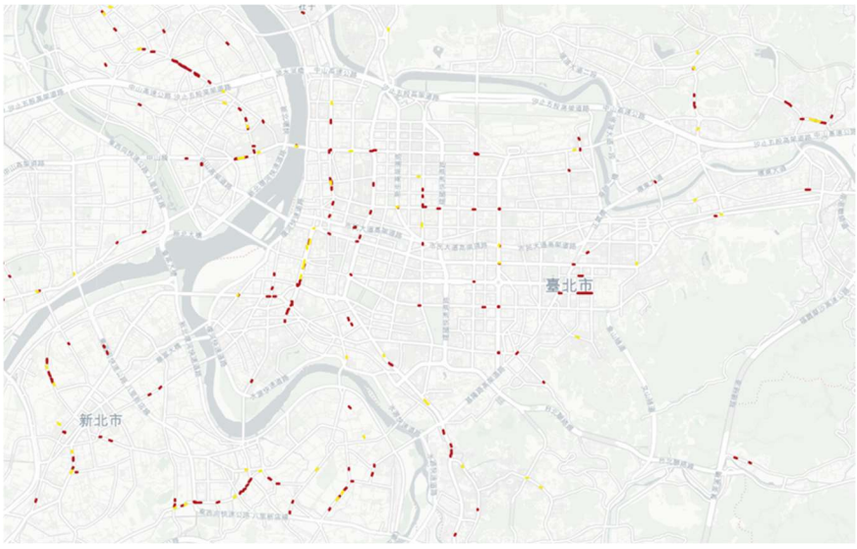


圖 3-31 臺北市內及其周遭之市區客運事故風險路段分布地圖

3.6 小結

本章旨在探討全臺市區客運發生事故之關聯因素，依序透過事故頻次模型、碰撞型態類別模型，以及嚴重程度模型，瞭解市區公車在不同情境下造成高風險的潛在因子，並透過模型結果給予道路改善或教育訓練之相關建議。此外，本章其一目標在於透過觀察歷史事故資料，瞭解潛在與事故相關聯之變量，並提供本計畫風險評估指標設計在不同情境設定上可參考或優先採納的指標，同時頻次與嚴重程度模型中的顯著關聯變量可做為影像辨識評估架構之參考依據。在模型建構上，由於路口與路段的事故特徵明顯不同，且所能蒐集的解釋變量與資料可得性亦有所異，故本計畫將兩者模型獨立建構，以觀察不同場域下的影響因素。以下根據本章所建立之事故模型結果，就路段及路口的事故預防提供具體建議，最後延伸後續影像辨識開發的潛在關注變量或指標。

以路段而言，自行車道的設置有助於明顯降低郊區與鄉村地區的事故頻次，由於此區域通常缺乏完善的自行車道，且車流紊亂與道路設計不足問題較市區嚴重，建議在此類路段積極劃設慢車道，並依據車速分流不同運具，以降低事故風險。日間活動人口與土地混合使用比例對都市與郊區

的事故頻次均有顯著影響，尤以郊區影響更大，故建議在郊區強化行人專用道、中央分隔島或護欄等設施，確保人車動線分離。公車站牌對於路段的事故頻次影響於市區甚為顯著，顯示路段高密度的站點設計可能增加用路人衝突，故建議應透過站點合理配置、設置安全候車空間，以及改善站牌周邊人行道。最後就道路環境及層級而論，省道與縣道在市區的事故風險明顯高於市區道路，顯示主要幹道在都會區內存在更高潛在風險，建議加強此類道路行經之公車路線的駕駛教育訓練，並針對車流量大之路段優先投入改善資源。此外，聚焦於臺北市道路路段，本研究亦透過頻次模型預估個公車路線行經路段之風險，此一分析架構可做為未來篩選高風險公車路線之方法，並針對該路線行經路段予以改善，或針對特定路線強化駕駛教育訓練。駕駛行為與碰撞型態甚為相關，如急煞或急停行為會提高行人碰撞風險；而違規行為如未注意前方或未保持安全距離，亦顯著增加追撞與對撞之風險，違規停車更提升行人碰撞與對撞的可能。對於路段事故之嚴重程度而言，超速、違反號誌、未依規定讓車三項因素為事故嚴重程度之關鍵因子。而鄉村或人煙稀少地區，駕駛較可能因鬆懈而忽略安全守則，進而加劇事故後果，故應積極針對該區域之市區公車行經路段的安全管理。

以路口而言，本研究囿於資料可得性限制，以臺北市具有交通量調查資料之 229 個路口做為主要分析對象。路口事故型態受環境與交通特性影響甚鉅，其中右轉重車比例對事故頻次具顯著正向影響，反映相較於現行致力推行之左轉安全相關政策，右轉公車比例高的路口亦需加強安全管理，如強化右轉指叉之教育訓練。公車站點位置亦具影響，下游設站對事故頻次無顯著效果，而上游設站則大幅增加追撞與擦撞事故，因車輛在接近路口時受公車停靠干擾而產生衝突。若需設站，建議設於下游側，或在上游與路口保持足夠距離，並優先考慮設置停靠彎，以降低主線干擾。另就事故碰撞型態而論，與路段之結果雷同，最關鍵因素仍在於駕駛人行為。轉彎時常發生側撞，變換車道則以擦撞居多，而急煞或急停則提高與行人碰撞的風險。違規行為中，未注意前方與未保持安全距離最易導致追撞，違規停車則增加追撞與側撞的發生率。

綜上所論，本研究針對路口與路段的市區公車事故分析建模，瞭解影響事故的潛在因子，可供交通主管機關參考，並根據預測結果優先針對行

經高風險路段之公車路線加強教育訓練或提升道路與行車環境。此外，本計畫所分析之結果亦可供未來車機與影像辨識為基礎之先進輔助系統參考，模型所揭櫫的顯著變數可做為事故鏈風險分析的其一因子。具體而論，由模型結果顯示，不同道路層級在事故風險上的敏感度有所異，未來影像辨識技術可將道路類型納入考量，並依其調整偵測與警示邏輯。駕駛行為辨識需列為核心功能，因其對事故的嚴重程度影響甚鉅，其中包含急煞、急停、未保持安全距離、未注意前方、違規停車、不當變換車道等，對不同碰撞型態而言亦有微幅差異，惟駕駛人行為及動作與事故之間的關聯可能具序列之關係，故未來應透過實際車機資料訓練之。最後弱勢用路人 (如行人) 與複雜地景之辨識能力為未來可開發之目標，乃因在公車站牌密度高、混合土地使用高、日間活動人口高等情境下，事故頻次及風險愈高，故未來開發之系統應致力於辨析環境，並針對不同場域給予警示。

第四章 客運自然駕駛與事故影像資料蒐集

除了第三章的事故分析需蒐集相關資料外，本計畫為定義納入分析之重要行車異常事件或行為，研提各項異常事件對應之風險分析指標，並進行小樣本分析與檢定。也需蒐集客運自然駕駛與對應資料 (包含 OBD、GPS 與 ADAS 資料) (4.1 節) 及市區客運事故影像資料 (4.2 節)。本章節將說明上述兩項資料蒐集的狀況，包含資料蒐集對象與資料蒐集範圍、時段與路線，及各資料集之結構。最後，本計畫亦會描述資料盤點情形與變數定義。

4.1 客運自然駕駛資料蒐集

4.1.1 資料蒐集對象

在都市中心內與非都市中心內或偏遠郊區之市區汽車客運業者 (含肩負市區內交通運輸之公路汽車客運業者) 中，本計畫蒐集首都客運資料，蒐集路線之營運範圍包含臺北市與新北市。具體而言，本計畫蒐集的首都客運路線為包括營運於都市中心內之 284 路及藍 36 路，以及營運於非都市中心內或偏遠郊區之 536 路及棕 13 路。其中，上述四條路線所使用的車型均為大巴，惟車輛類型 (284 路與藍 36 路均為電車；536 路與棕 13 路均為柴油車)、車輛廠牌、硬體架構有些許差異，以下簡要介紹各路線與車輛廠牌硬體設備之異同。

一、 創奕金旅電車 (284、藍 36)

該車輛廠牌配有前方測距、車輛兩側之前方攝影機 (由前往後照)、車輛兩側之後方攝影機 (上；由後往前照) 與盲區警示 (下)、車輛後方攝影機、車內車前攝影機 (駕駛艙附近)、車外車前攝影機、車內兩側盲區警示以及車內中間與後方攝影機。上述照片如圖 4-1 所示。

二、 成運電車 (藍 36)

該車輛廠牌之硬體設備大致與創奕金旅電車雷同，亦配有前方測距、兩側前方攝影機、兩側後方攝影機、車前攝影機 (裝設於車外)、車內盲區警示及車內中間與後方攝影機。該車型雖無車外後方攝影機，但有額外裝設車外車中間的環景設備。上述照片如圖 4-2 所示。



圖 4-1 創奕金旅電車車輛硬體設備



圖 4-2 成運電車車輛硬體設備

三、 總盈電車 (藍 36)

基本上，總盈電車之硬體設備與創奕金旅相同，配有前方測距、車輛兩側之前方攝影機 (由前往後照)、車輛兩側之後方攝影機 (上；由後往前照) 與盲區警示 (下)、車輛後方攝影機、車內車前攝影機 (駕駛艙附近)、車外車前攝影機、車內兩側盲區警示以及車內中間與後方攝影機。上述照片如圖 4-3 所示。



圖 4-3 總盈電車車輛硬體設備

四、 成運五期柴油車 (536、棕 13)

成運五期柴油車亦有前方測距、側邊前方攝影機、側邊後方攝影機、車內車前攝影機、兩側盲區警示及車輛後方攝影機。此外，該車廠是使用雷達感測進行警示。上述照片如圖 4-4 所示。



圖 4-4 成運五期柴油車車輛硬體設備

五、 成運四期柴油車 (棕 13)

成運四期柴油車之車內外硬體設備大致與五期相同，但成運四期缺少側邊前方攝影機，因此車側僅保留由後往前照的影像資料。此外，圖 4-5 中下方的車內四格攝影機，在中間門打開時，會聚焦於車內中間的攝影機，使駕駛員可以著重於乘客上下車畫面。



圖 4-5 成運四期柴油車車輛硬體設備

另外，針對國道客運業者 (市區營運路段) 方面，本計畫預計使用前期計畫「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」所蒐集之和欣客運於平面道路營運段的駕駛資料。

4.1.2 資料蒐集內容

根據 4.1.1 節所述，本計畫之自然駕駛資料乃蒐集自首都客運與和欣客運。其中，蒐集範圍與路線將於 4.1.2.1 節詳述，4.1.2.2 及 4.1.2.3 則簡要敘述兩者資料蒐集時間、結構與可得變數之異同。

4.1.2.1 資料蒐集範圍與路線

有關本計畫蒐集首都客運與和欣客運的 OBD、GPS、ADAS 及車內影像資料部分，首都客運方面必須考量都市中心與郊區兩種道路情境對於大客車事故風險樣態的不同影響，其警示事件異常程度之相關影響因素亦可能有所差異需囊括都市中心內與非都市中心內或偏遠郊區之路線，因此，本計畫蒐集的市區客運路線包括都市中心內的 284 路與藍 36 路，以及非都市中心內的 536 路與棕 13 路。此外，即便使用同樣的異常事件或高風險駕駛行為指標，也可能獲得不同的分析結果。據此，透過路線的選擇，本計畫希望可以探索兩種道路情境與交通安全評估之異同。

本計畫選定之首都客運路線的路線圖及路線轉彎處彙整如圖 4-6 至圖 4-9。以市區客運 284 路線為例，該路線由汐止社后往返臺北市景美，行經路口之轉彎處含括福德一路、中興路、康寧街與東湖路、康寧路三段、成功路五段四段與三段路口、成功路三段二段與向陽路路口、忠孝東路六段、永吉路、中坡北路、松隆路、松山路、忠孝東路五段、松仁路、松壽路、基隆路一段與二段路口、和平東路三段與二段路口、新生南路三段、羅斯福路四段與五段路口、興隆路一段與景興路路口等。

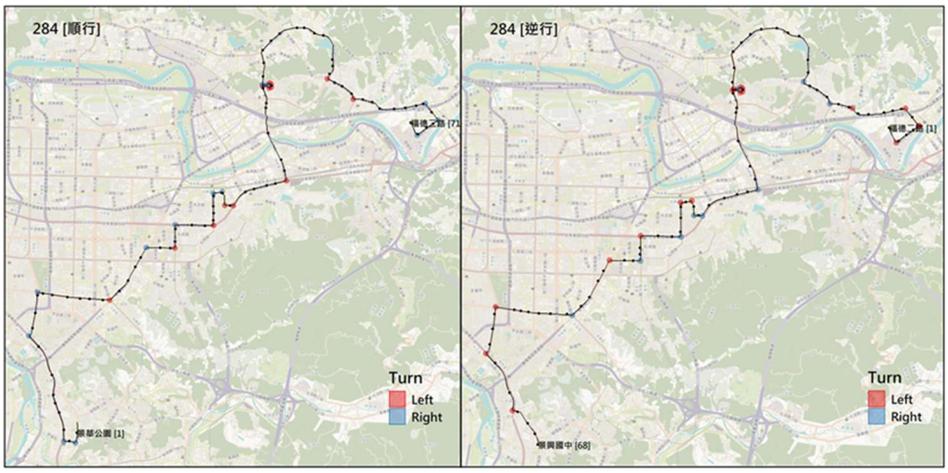


圖 4-6 市區客運 284 (都市中心內) 路線圖及轉彎處

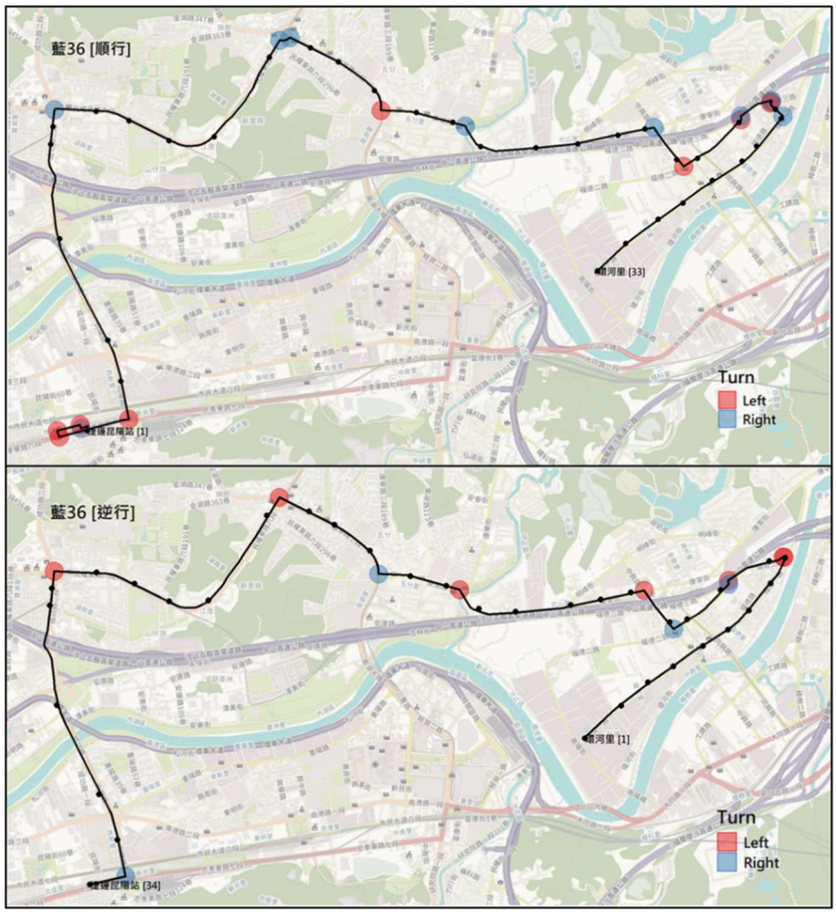


圖 4-7 市區客運藍 36 (都市中心內) 路線圖及轉彎處

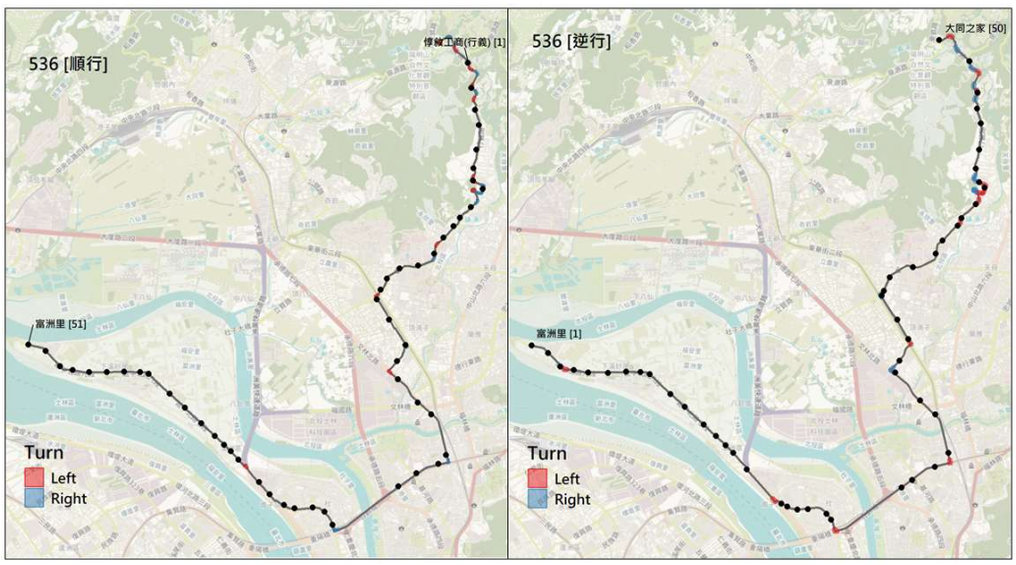


圖 4-8 市區客運 536 (非都市中心內) 路線圖及轉彎處

即便本計畫將首都客運路線區分為都市中心內與非都市中心內，非都市中心內的 536 與棕 13 兩條路線仍有部分路段是行駛於都市中心內。因此，本計畫進一步使用人口密度，挑選出位於郊區的路段。圖 4-10 為四條

路線的空間分布圖。圖中灰色與黃色區塊為人口密度小於 1,158 人/平方公里的最小統計區 (內政部國土管理署對都市化地區之定義) (中華民國內政部國土管理署，2010)。其中，根據圖 4-10，在棕 13 路方面，本計畫以大崙尾山至外雙溪 (故宮) 為郊區的劃分 (即自強隧道以北為郊區；以南為市區)；而 536 路的部分，則較為複雜，本計畫擬定富洲里至社子市場，以及榮總站至大同之家，做為該路線郊區段的劃分。

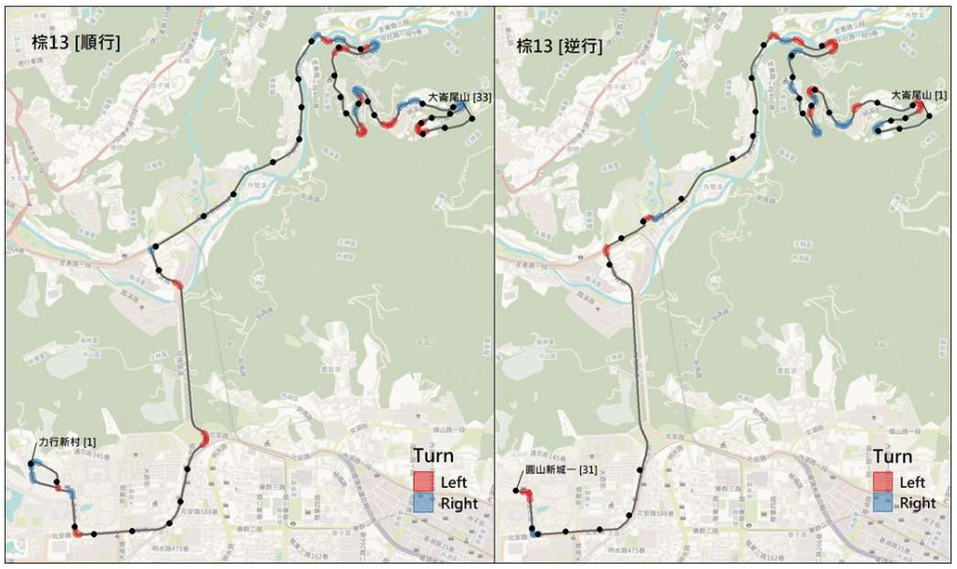


圖 4-9 市區客運棕 13 (非都市中心內) 路線圖及轉彎處

在國道客運業者 (市區營運路段) 方面，本計畫將使用前期計畫所蒐集之和欣客運職業駕駛員自然駕駛資料於市區營運之部分。在營運路線方面，若以整趟旅次而言，共有 8 種路線，即臺北與臺南往返、板橋與臺南往返、臺北與高雄往返及板橋與高雄往返。在臺北與臺南往返之兩種路線中，會在平面道路上行駛的路段有臺北轉運站至三重交流道間、下桃園交流道、新竹交流道、臺中交流道與朝馬轉運站、下新營交流道、麻豆交流道與永康交流道，最後抵達臺南轉運站之路程。而板橋與臺南往返之兩種路線中，會在平面道路上行駛之路段包括板橋客運站至土城交流道間、下中壢交流道、新營交流道、麻豆交流道與永康交流道，最後抵達臺南轉運站之路程。在臺北與高雄往返之兩種路線中，則會在臺北轉運站至三重交流道之間、下桃園交流道、新竹交流道、新營交流道，最後抵達建國客運站間行駛於平面道路上。最後，在板橋與高雄之兩種路線中，會行經板橋客運站至土城交流道間的平面道路，以及下中壢交流道、新營交流道、楠梓交流道及高雄交流道，最後抵達建國客運站。

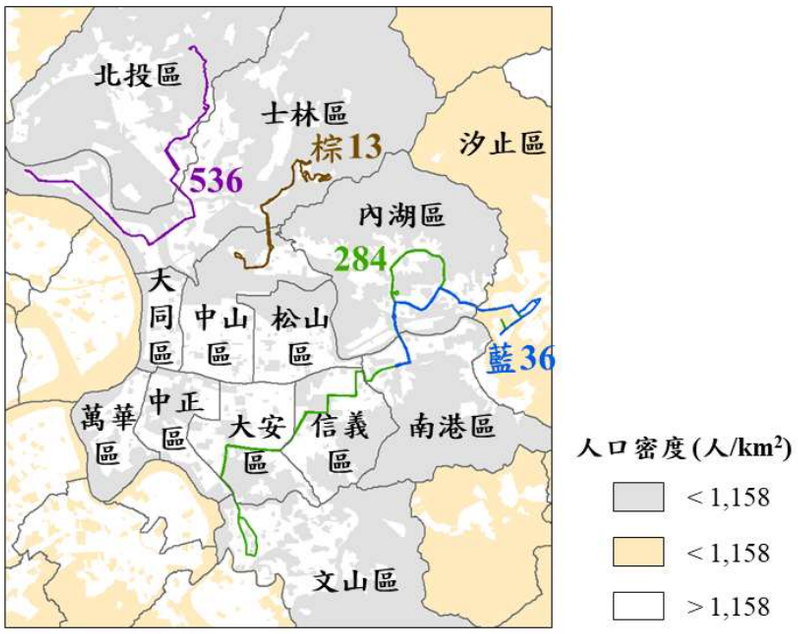


圖 4-10 284、藍 36、536 及棕 13 之路線分布圖

4.1.2.2 資料盤點

本計畫之目的在於以影像辨識技術為核心建立市區客運風險分析工具之架構。據此，本計畫所需資料含括所有行車影像與各車機數據，由 ADAS 資料與車內影像資料可進一步探勘警示下的行為分析，透過人工標示，判斷各警示與相對應時間下的影像紀錄是否屬於異常行為，將其依據可能發生之事故的嚴重程度予以分類。此外，透過 OBD 資料可監控駕駛當下對客運本身的操作行為，諸如車速、轉速等資訊，有利於還原實際駕駛狀況，並進一步藉由空間軌跡進行時空分析。最後綜整所有數據，可利用影像辨識所得的分析行為判別、ADAS 警示訊息等做為解釋變數，探索影響潛在事故嚴重程度的因子。

據此，本計畫於本年度蒐集來自首都客運四條路線 (284、藍 36、536 及棕 13) 的行車影像、OBD、GPS 及 ADAS 資料。本計畫共蒐集到 12 輛車的資訊。其中，284 路有 5 輛；藍 36 路有 1 輛；536 路有 3 輛；棕 13 路也有 3 輛；其中，本計畫所選車輛均為一人駕駛之客運。然而，有些車輛的 ADAS 警示回傳並不完全，故能進一步分析之車輛亦不多。表 4-1 為各路線所選車輛數、蒐集時間與天數、攝影機數量與位置、警示數量、駕駛員年資與年齡等資訊。

表 4-1 首都客運各路線所選車輛數、蒐集時間與天數、攝影機數量與位置、警示數量、駕駛員年資與年齡

路線	車輛數	編號	蒐集時間與天數	攝影機數量與位置	警示數量	年資	年齡
284	5	1	2025/06/06-2025/06/19 (14 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	184	3.56	62
		2	2025/05/31-2025/06/16 (17 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	37	1.22	48
		3	2025/06/05-2025/06/19 2025/07/08-2025/07/30 (38 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	4,717	6.01	42
		4	2025/06/02-2025/06/16 (15 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	27	13.70	42
		5	2025/06/02-2025/06/16 (15 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	129	7.23	39
藍 36	1	6	2025/06/01-2025/06/16 2025/07/15-2025/07/31 (33 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	2,263	21.88	51
536	3	7	2025/04/21-2025/07/29 (100 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	6,708	23.23	58
		8	2025/05/17-2025/06/16 (31 天)	4 (車前、車內駕駛艙附近、左側*1、右側*1)	0	20.10	55
		9	2025/04/19-2025/07/29 (102 天)	4 (車前、車內駕駛艙附近、左側*1、右側*1)	9,218	2.19	44
棕 13	3	10	2025/05/21-2025/07/29 (70 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	5,253	22.24	57
		11	2025/04/26-2025/07/29 (95 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近，但幾乎沒照到駕駛、左側*2、右側*2)	6,886	6.74	36
		12	2025/05/02-2025/06/19 (49 天)	6 (車前、車內駕駛艙附近、左側*2、右側*2)	0	14.23	59

從表 4-1 可以發現，普遍而言，都市中心內的兩條路線的蒐集天數介於 14-38 天，而非都市中心內的兩條路線的蒐集天數則變異較大，介於 31-102 天之間。由於存放於每台車輛的硬碟容量相同，故可推斷都市中心內的客運班次較密集，故可容納天數較短；而非都市中心內的班次頻率則較低，故可容納天數較長。另外，大部分車輛的影像回傳均有六顆鏡頭 (圖 4-11)。一顆拍攝方向為車前；一顆為車內駕駛艙附近；其他四顆則分別是左側與右側，由前往後照與由後往前照的方向。然而，536 路有兩台車僅配有四顆鏡頭，即左側與右側各一顆，導致其影像辨識之成效較為受限。另外，雖大部分車輛均配有六顆鏡頭，但都市中心內的路線之解析度較佳，非都市中心之攝影機解析度較差。更甚者，即便是同一條路線，攝影機架設位置與角度亦有些許差異，並未完全相同。



圖 4-11 首都客運攝影機拍攝方向與角度

警示數量方面，前述提到有部分車輛的 ADAS 警示回傳並不完全，如車輛編號 8、12 的警示數量為 0，即為回傳失敗的案例。此外，雖然車輛編號 1、2、4、5 之警示數量大於 0，但其與其他車輛的警示數量差異甚大，應亦有回傳之問題。此外，從表 4-1 可以發現，本計畫現階段蒐集的 12 台公車，其駕駛員年資介於 1.22-23.23 年 (標準差為 8.02)，年齡則介於 36-62 歲 (標準差為 8.39)，顯示駕駛人特性之廣泛程度。

在國道客運業者 (市區營運路段) 方面，本計畫使用前期計畫 (應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (3/4) - 行車異常事件及高風險駕駛行為分析) 所蒐集之自然駕駛資料。資料蒐集之時間範圍為 2023 年 5 月，共包含 20 輛車、360 趟旅次。

4.1.2.3 資料結構與變數定義

由於首都客運與和欣客運自然駕駛資料複雜，且分為數個資料集。因此，本章節將一一說明各資料集於各客運業者之狀況，並比較兩間客運業者在資料取得上之異同。

一、車上診斷系統 (on-board diagnostics, OBD)

和欣客運的 OBD 資料包含車機回傳資料，如車速、左、右方向燈訊號、煞車燈、大燈訊號、車道偏移、前車碰撞、行人警示、車距等。然而，首都客運各路線的 OBD 資料僅有車速與轉速，缺乏車身相關資訊，故無法知道首都客運駕駛員操作方向燈等之資訊。表 4-2 整理和欣客運與首都客運 OBD 原始資料集內容之異同。

表 4-2 和欣客運與首都客運 OBD 原始資料集內容

變數	變數定義	和欣客運	首都客運	單位	頻率
車速	車輛行駛當下車速	✓	✓	km/hr	每秒
轉速	車輛行駛當下轉速	×	✓	RPM	每秒
方向燈訊號	左、右方向燈是否開啟	✓	×	0/1	每秒
剎車燈訊號	剎車燈是否觸發	✓	×	0/1	每秒
大燈訊號	大燈是否觸發	✓	×	0/1	每秒
車道偏移	車輛是否向左或向右偏移車道	✓	×	0/1	每秒
前車碰撞	是否發生前車碰撞警示	✓	×	0/1	每秒
行人警示	是否發生行人警示	✓	×	0/1	每秒
車距	與前車距離	✓	×	m	每秒

二、全球定位系統 (global positioning system, GPS)

在 GPS 方面，兩間客運業者均有車機回傳之經緯度資料與車速，惟和欣客運之資料頻率為每秒一筆，而首都客運則不一定，約 2-10 秒傳回一筆 GPS 資料。此外，首都客運之 GPS 資料亦包含車輛行駛總公里數，而和欣客運則另有車機傳回之轉向角度。除此之外，首都客運僅有電車的兩條路線 (284、藍 36) 能夠回傳 GPS 資料，柴油車的兩條路線 (536、棕 13) 則沒有 GPS 資料。表 4-3 為和欣與首都客運之 GPS 資料盤點。

表 4-3 和欣客運與首都客運 GPS 原始資料集內容

變數	變數定義	和欣客運	首都客運	單位
經、緯度	車輛行駛當下經、緯度	✓	✓	度
總公里數	車輛行駛當下總公里數	×	✓	km
車速	車輛行駛當下車速	✓	✓	km/hr
轉向角度	車輛行駛當下方向盤轉向角度	✓	×	度

註：和欣客運資料蒐集頻率為每秒一筆；首都客運則無固定頻率，約 2-10 秒一筆。

三、 先進駕駛輔助系統 (advanced driver assistance systems, ADAS)

和欣客運與首都客運之 ADAS 資料集中包含警示事件類型、警示發生時間 (和欣客運保有發生起迄時間；首都客運則僅有發生當下一秒的時間，時間尺度為秒)、警示事件發生之經、緯度，以及警示發生當下之車速等。表 4-4 為和欣與首都客運之 ADAS 資料集盤點。

表 4-4 和欣客運與首都客運 ADAS 原始資料集內容

變數	變數定義	和欣客運	首都客運	單位
警示事件類型	警示事件發生類型 (表 4-5)	✓	✓	無
警示發生時間	警示事件發生時間 (和欣為起迄時間；首都為當下時間)	✓	✓	hh:mm:ss
警示發生經、緯度	警示事件發生時之經、緯度座標	✓	✓	度
車速	警示事件發生時車速	✓	✓	km/hr

和欣客運與首都客運之 ADAS 資料集內容雖相同，但其警示類型則有所差異，表 4-5 羅列和欣客運與首都客運的 ADAS 警示類型及其門檻值。其中，車道偏移或變換車道、追撞相關風險或與前車碰撞、行人警示、急加、減速等項目在兩家客運業者之 ADAS 系統中均有呈現。然而，由於和欣客運主要營運段仍著重於國道高速公路，故其有超速、低速行駛及緊急剎車等警示類型。此外，在急加速與急減速門檻值方面，首都客運分別為每秒 10、12 km/hr，此門檻值對於乘客舒適度而言較高，故其門檻值的定義應為預防事故的發生，而非考慮乘客之舒適程度。

表 4-5 和欣客運與首都客運 ADAS 警示之異同比較

項目	和欣客運	首都客運
車道偏移與變換車道	車道偏移 (右)：未打方向燈，車輛向右偏移壓線；並發出警示。 車道偏移 (左)：未打方向燈，車輛向左偏移壓線；並發出警示。 中度車道偏移：480 秒內發生 3 次左/右車道偏移。 嚴重車道偏移：300 秒內發生 2 次左/右車道偏移。	右側偏移：本車車速 0 km/hr 以上，且鏡頭模擬車輪壓到車道線。 左側偏移：本車車速 0 km/hr 以上，且鏡頭模擬車輪壓到車道線。 頻繁變換車道：本車車速達 20 km/hr 以上，變換車道達一分鐘五次以上 (含打方向燈)。 多次變換車道：本車車速達 20 km/hr 以上，變換車道達兩分鐘三次以上 (未打方向燈)。
追撞相關風險	低速前車碰撞：車速 30 km/hr 以下，碰撞前 2 秒；並發出警示。 高速前車碰撞：車速 30 km/hr 以上，碰撞前 2 秒；並發出警示。 輕微未保安全距離：與前方車輛安全距離低於 1.2 秒；並發出警示。 嚴重未保安全距離：與前方車輛安全距離低於 0.4 秒；並發出警示。	他車切入：前方有車 (H1)，或本車車速大於 30 km/hr (F1)，導致瞬間車距低於安全車距 (1.8 秒)。 不當變換車道：前方有車且跟車過近，加上本車不當變換車道 (H2)，或本車車速大於 30 km/hr (F2)，導致車距低於安全車距 (1.8 秒)。 不當跟車：不當跟車 (H3)，或本車車速大於 30 km/hr (F3)，車距持續減少，低於安全車距 (1.8 秒)。 持續跟車：持續跟車過近，低於安全車距 (1.8 秒) 持續 15 秒。 危險跟車：危險跟車，低於車距門檻值 (1.0 秒)。
行人相關警示	行人警示：碰撞前 2 秒發出警示訊息 (僅適用於車前出現的行人，而未考慮車側行人的出現)。	車輛周圍移動物體：本車車速大於 7 km/hr，且車輛周圍 (1.5-2 m) 有移動物體 (如行人、自行車)。 車輛周圍固定物體：本車車速小於 30 km/hr，且車輛周圍 (1.5-2 m) 有固定物體。

表 4-5 和欣客運與首都客運 ADAS 警示之異同比較(續)

項目	和欣客運	首都客運
超速	輕微超速：時速 ≥ 110 km/hr，且 < 120 km/hr。 嚴重超速：時速 ≥ 120 km/hr。	無
低速行駛	嚴重低速行駛：時速 ≥ 70 km/hr 且 < 91 km/hr，且 MOBILEYE 偵測前方無車持續 180 秒。 輕微低速行駛：時速 ≥ 91 km/hr 且 < 95 km/hr，且 MOBILEYE 偵測前方無車持續 180 秒。	無
急加速、急減速	急加速：車速大於 70 km/hr，且每秒增加 7 km/hr。 急減速：車速大於 70 km/hr，且每秒減速 7 km/hr。	急加速：每秒增加 10 km/hr。 急減速：每秒減少 12 km/hr。
緊急剎車	緊急剎車：每秒降速 > 12 km/hr。	無

4.1.3 選用資料與警示類型比較

本計畫在第五章的行車異常事件與風險評估指標中，以小樣本的形式進行分析。在都市中心內的路線，本計畫選擇 284 路的編號 3 車輛進行分析；在非都市中心內的路線，本計畫則以 536 路的編號 7 車輛進行分析。據此，本計畫比較和欣客運行駛於平面段、首都都市中心段 (284 路) 及非都市中心段 (536 路) 之 ADAS 警示類型及其數量，檢視不同車輛種類 (和欣與首都) 及不同路線 (都市中心與非都市中心) 差異下，警示類型之數量是否也具有顯著差異，相關統計如表 4-6。

表 4-6 和欣客運平面段與首都客運都市及非都市中心路線警示類型與數量分布

警示類型	和欣平面段 (10 輛車，臺南廠[a]，無 SDW 1.2) (112/5/1-5/7)	首都都市中心段[a] (1 輛車，284) (114/6/1-6/7)	首都非都市中心段[a] (1 輛車，536) (114/6/9-6/14、6/16)
前車碰撞警示 (追撞相關風險)	1,619 (97%)	512 (38%)	85 (8%)
車道偏離警示	53 (3%)	277 (21%)	422 (38%)
急加、減速	0 (0%)[b]	15 (1%)	265 (24%)
周圍物體	該類型警示僅做提醒用，並不會記錄於資料集中。	534 (40%)	324 (30%)

[a] 在和欣客運平面段中，依據臺南廠路線差異，停靠站約為 8-9 個；首都客運 284 路去程與返程停靠站分別為 68 與 71 個；536 路去程與返程停靠站則分別為 50 與 51 個。
[b] 因和欣客運急加速與急減速的門檻值為車速大於 70 km/hr，在平面段較不會達到此車速，故警示數量為 0。

首先，雖本計畫於 4.1.2.1 節已詳細說明本計畫所選之路線通過的區域，但在此仍對 284 路與 536 路行駛之道路與車流環境稍作敘述。284 路行經都市中心，其行經道路多為多車道，且車流組成複雜，更行經人流匯集處 (如臺北市政府、國立臺北教育大學、國立臺灣大學、松山車站等)，因此，該路線駕駛長的駕駛任務較為多元，也須負擔較多的認知負載。另一方面，536 路行經非都市中心，尤其本計畫所選擇之警示事件皆分布於郊區路段，其行經道路多為雙向兩車道，周圍人、車流較少，駕駛長的駕駛任務較為單純，外在環境之影響亦顯著較低。

從表 4-6 可以發現，和欣客運行駛於平面路段，以及首都客運的都市與非都市中心路線，在警示類型數量的分布有較大的落差。以前車碰撞警示而言，和欣客運為 97%，而首都客運 284 路為 38%，536 路則為 8%。本

計畫認為可能受到幾點因素影響：(1)路線差異：和欣客運平面段路線較複雜，遍及交流道與轉運站間；而首都客運的兩條路線則有固定路線，駕駛員對於周遭車流型態與環境應較為熟悉，而使前車碰撞警示數量之比例較低；(2)門檻值差異：首都客運的前車碰撞警示門檻值為 1.8 秒，而和欣客運則為 0.4 秒。

另一方面，本計畫也發現首都客運的都市與非都市中心路線，在警示類型數量的分布也存在顯著差異。其中，前車碰撞警示數量比例在 284 與 536 路分別為 38%及 8%；而車道偏離警示之數量比例則分別為 21%及 38%，呈現相反的結果。在都市中心內，由於車流量較多，尤其在尖峰時段，大客車前方或周遭經常出現許多車輛，而導致前車碰撞警示較多 (圖 4-12)；反之，在非都市中心內 (郊區)，駕駛員常行駛於雙向兩車道的道路幾何中，也常因路側臨停車輛或其他障礙物阻擋行車動線，而行駛於車道線上，或甚至跨越行車分向線，行駛於對向車道，而增加車道偏離警示的數量 (圖 4-13)。



圖 4-12 市區客運 284 路之行駛環境



圖 4-13 市區客運 536 路之行駛環境

據此，本計畫從警示類型數量之分布，發現首都客運的都市中心與非都市中心路線 (284 與 536 路)，駕駛員的駕駛操作、警示的類別與道路、

車流條件均有所差異，因此，第五章的異常事件與風險評估指標之定義與分析中，本計畫會將分析對象區分為兩條不同路線的警示事件，以進一步顯示市區與非市區在行車風險上的差異。

4.2 市區客運事故影像資料蒐集

4.2.1 資料蒐集對象

在市區客運事故影像資料蒐集的部分，本計畫蒐集首都客運所有營運路段 112-114 年的事故，包含事故發生時完整影像 (所有攝影機畫面) 及各事故案件明細。後者之資料集則包含肇事案號 (首都客運編碼)、站別、路線、車號、肇事日期、時間、地點、肇事原因、肇責等。此外，本計畫亦從臺北市交通大隊蒐集到 113 年之臺北市大客車事故資料表 (一) 及表 (二)。該資料集亦包含許多事故相關屬性，如發生時間、肇事地點、案號 (交通大隊編碼)、死亡人數、受傷人數、當事人序、車種、肇因、天候、光線、道路類別、道路型態、事故類型、事故位置等豐富資訊。據此，本計畫透過首都客運提供的事故，以及臺北市交通大隊提供的大客車事故，篩選出 113 年兩個資料來源均有紀錄的事故，做為本計畫事故影像的分析資料來源與參考資料集。除此之外，臺北市交通大隊亦有提供 113 年大客車事故之事故現場圖，但並非所有事故均配有事故現場圖。惟有搭配事故現場圖之事故，本計畫可更深入了解道路寬、道路設計配置等；若事故無對應現場圖，本計畫則以 Google Maps 之街景服務，了解事故發生地點的道路設施狀況。4.2.2 節將更詳細說明上述提及之資料的蒐集狀況與屬性定義。

4.2.2 資料蒐集內容

根據 4.2.1 節所述，本計畫之事故影像資料乃蒐集自首都客運。其中，蒐集範圍將於 4.2.2.1 節詳述，4.2.2.2 及 4.2.2.3 則簡要敘述資料蒐集時間、資料結構與相關變數。

4.2.2.1 資料蒐集範圍

如 4.2.1 節所示，首都客運事故影像包含 112-114 年所有首都客運車輛所發生的事故，因此，其資料涵蓋的空間範圍非常廣大，遍布臺北市、新北市、宜蘭縣與基隆市等。然而，因本計畫蒐集之臺北市交通大隊 113 年之事故資料表 (一) 及表 (二) 僅涵蓋臺北市的大客車事故，為求兩個資料

源之資料能相互匹配，本計畫目前僅使用首都客運 113 年於臺北市發生的事故，且需與事故資料表匹配之事故，才會納入後續分析。

4.2.2.2 資料盤點

首都客運事故資料方面，113 年共有 776 件事故 (含括所有首都客運營運路線及地點，如表 4-7 所示)。

表 4-7 首都客運 113 年事故件數

月份	事故數	月份	事故數	月份	事故數	月份	事故數
一月	76	二月	60	三月	62	四月	74
五月	72	六月	65	七月	63	八月	65
九月	73	十月	46	十一月	61	十二月	59

另一方面，本計畫從臺北市交通大隊取得的臺北市 113 年大客車事故數量則為 2,147 件，如表 4-8。

表 4-8 記錄於臺北市事故資料之首都客運事故件數

月份	事故數	月份	事故數	月份	事故數	月份	事故數
一月	20	二月	27	三月	10	四月	17
五月	20	六月	19	七月	14	八月	12
九月	14	十月	13	十一月	12	十二月	20

如上所述，因本計畫希望首都客運事故影像資料能與臺北市事故資料搭配交互參照，故需進一步篩選兩個資料集均有出現的事故。經過篩選後，113 年共有 198 筆事故是有出現於臺北市事故資料的首都客運事故 (表 4-8)。本計畫後續即使用這 198 筆事故進行分析。因該資料為 113 年整年度首都事故影像與臺北市事故資料之結合，故其應用於後續分析具有足夠的代表性。

4.2.2.3 資料結構與變數定義

本章節將分為首都客運事故影像與資料，以及臺北市事故資料表 (一) 及表 (二) 兩種資料集進行資料結構與變數定義之說明。

首先，首都客運提供每個事故發生前後數秒的影像，其檔案格式為.dvr，需使用 GoodTekPlayer 或 PC Viewer 軟體才能開啟。普遍而言，每台車輛均有八顆攝影鏡頭，包含車前、左、右兩側各兩個 (由前往後照及由後往前照)、駕駛艙附近、車內中間車門及車內後方往前照。因此，透過影像觀看，可從多個角度檢視事故發生的完整過程。

在結構化資料方面，首都客運亦提供其公司內部統整的案件明細，事

故屬性包含肇事案號 (首都客運編碼)、站別、路線、肇事車號、肇事日期、肇事時間、肇事地點、肇事原因與肇責等，顯示其內部之行車事故整理具有系統性，且含括屬性亦相當豐富。

另一方面，臺北市交通大隊所提供的 113 年事故資料表 (一) 及表 (二) 亦含有許多事故資訊，包含發生時間、肇事地點、案號 (交通大隊編碼)、死亡人數、受傷人數、當事人序、車種、肇因、天候、光線、道路類別、道路型態、事故類型、事故位置等。

第五章 市區客運行車異常事件與風險評估指標之定義與分析

5.1 分析構想

本計畫主要工項之一為擬定行車異常事件與風險分析評估指標。本計畫定義行車異常事件為在 ADAS 警示事件發生的前提下，駕駛員的車內駕駛行為，以及本車行車動態的變化，乃至本車與他車在警示事件前後的互動，導致的結果事件。因此，行車異常事件會有程度上的區別，而程度上區別的來源則是車內駕駛行為及本車與他車互動之結果。

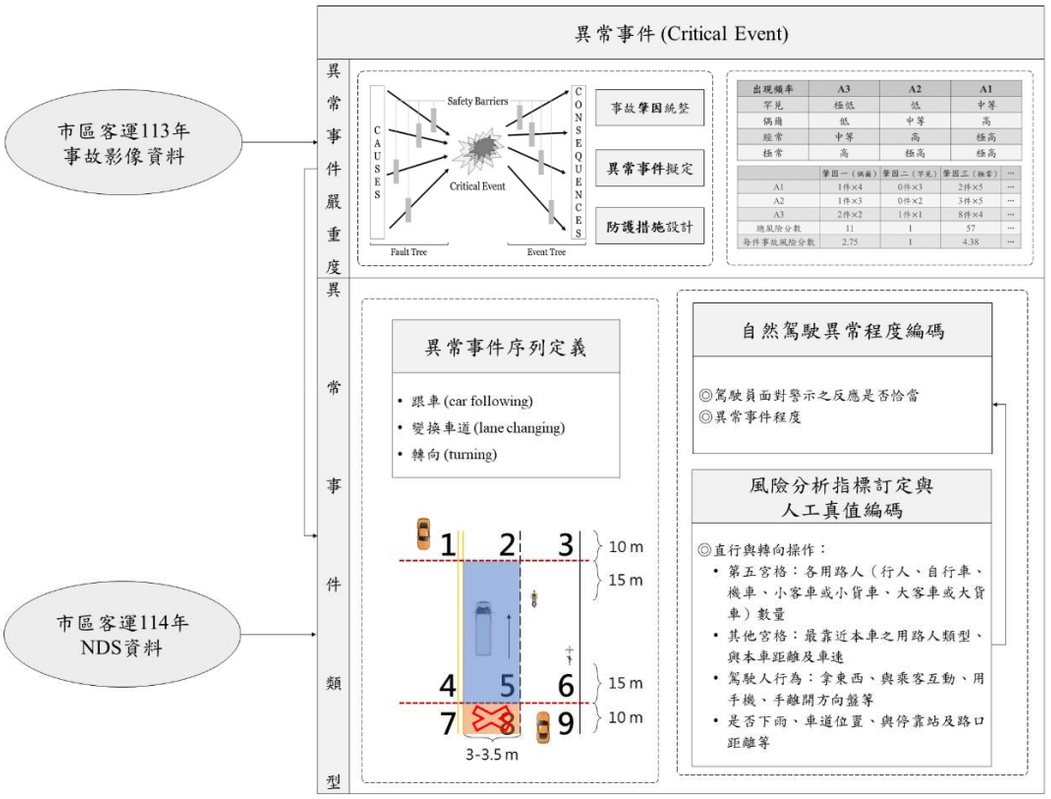


圖 5-1 行車異常事件與風險評估指標之定義與分析架構圖

本計畫將行車異常事件之討論，區分為異常事件「嚴重度」與異常事件「類型」 (圖 5-1)。前者的分析使用的資料為市區客運事故影像 (4.2 節之資料)，透過檢視大客車事故的發生經過，擬定公車行駛於路口及公車進、出站之異常事件嚴重度。接著，基於 Bow-tie 架構之半量化風險評估模型的建立，本計畫藉由風險矩陣，以及肇因與事故的連結，量化每一個肇因對事故發生的影響大小，客觀地進行行車之風險評估架構，以了解駕駛員

行駛風險，並釐清高風險駕駛或事故的潛在因素。

另一方面，後者分析則使用自然駕駛資料 (4.1 節之資料)，定義異常事件序列，並提出風險評估分析指標，亦進行小規模樣本的分析，探討行車異常程度與周遭車流及本車車速之關係。本章節小節安排如下：5.2 節統整市區客運駕駛長之訪談內容與結果；5.3 節為基於 Bow-tie 架構之半量化風險評估模型之建立與案例分析；5.4 節定義行車異常事件序列及擬定風險評估分析指標；最後，5.5 節則基於 5.4 節擬定之內容，進行跟車行為與變換車道之小樣本測試分析。

5.2 市區客運駕駛長訪談結果

本計畫希望透過與第一線客運駕駛長 (站長與教育班長) 的訪談，了解以下課題：其一，市區客運業者針對公車進、出站、行經路口、變換車道等駕駛行為是否有固定的操作流程；其二，透過事故影像的分析，本計畫想了解事故的潛在肇因，以及因應個案事故，資深駕駛長、站長或教育班長可能會如何教育其駕駛長；其三，透過事故影像的分析，舉辦座談會也希望能借助資深駕駛長的經驗，了解可用的行車風險指標，並設定後續影像辨識之標的。據此，本計畫於 114 年 7 月 18 日至首都客運汐止二站進行與首都客運的訪談會，座談對象為首都客運課長、站長與教育班長。

座談會流程如下：首先，鍾易詩教授利用前期計畫和欣客運之不同行車風險情境，以影片的方式，揭示座談的目的，為了解不同行車情境下的風險，以及能夠使用何種指標量化不同情境的異常程度。

接著，本次座談主要是透過首都客運事故影像的呈現，聚焦於每起事故發生背後的原因與可蒐集的指標內容。本計畫挑選數起路口與公車進、出站的事故影片，並經由影片的裁剪，達成上述目的。具體而言，每起事故的討論流程如下所示：

一、 觀看影片至事故發生前一刻，並請與會者寫下該起事故可能的肇因；

二、 觀看完整的事故發生影片，並請與會者補充該起事故的肇因。此外，由於每一個肇因對事故的影響程度均不相同，本計畫也請與會者為每個肇因對事故的影響程度評分 (1-10 分)。

三、 綜合討論：針對每一個事故的肇事原因、教育訓練內容、預防措

施、高風險駕駛行為與可能可以判斷異常事件的風險指標，在流程一、二結束後，會與與會者進行完整的討論與延伸的看法。

以下將分別撰寫座談會時每起事故的討論結論，以及針對不同情境固定操作流程，與風險指標分析的統整性結論。

一、事故一

(一)發生過程：大客車為躲避路邊臨停小客車，欲向左變換車道，但鄰近路口處，且號誌由綠燈轉為紅燈，內一車道第一台小客車緊急剎車，小客車後方之機車亦緊急剎車。大客車在變換車道時，前方號誌亦剛好轉變為紅燈，其剎車不及側撞左前方之機車 (事故現場圖如圖 5-2 所示)。



圖 5-2 事故一事故現場圖

(二)座談對象看法與延伸討論：

1. 本車前方有一輛大車，且前方大車已準備要變換車道，表示前方可能有狀況 (實際上為路邊臨停車輛)，該車道無法繼續往前行駛。當駕駛員看見前方車輛打方向燈時，本車就不應該繼續往前行駛 (因前方路幅更窄，若要變換車道風險愈高；即使沒有碰撞到左邊車輛，也可能與右邊臨停車輛擦撞)，而應該準備變換車道 (因為後方直行車通常不會禮讓)。
   - 可能之風險指標：前車正在變換車道時，本車與前車

的距離。

2. 在變換車道前，需確認左側無來車 (必要時須停止車輛，不再繼續向前行)。移動完車輛後，須再馬上看前方的車流狀況。在駕駛員教育訓練時，上述變換車道的基本操作可視為 SOP。
   - 本車車速亦為可考慮指標之一 (如行駛於複雜環境時，車輛的移動狀況為異常事件的判定標準之一)。

(三)事故肇因統整：

1. 肇因一：變換車道時未注意車側與車前車流狀況。
2. 肇因二：為閃避路邊違停車輛，影響變換車道。
3. 肇因三:跟前方大車行駛,且車距過短 (未保持安全距離),反應時間較短。
4. 肇因四：未注意前方號誌轉換。

二、事故二

(一)發生過程：在抵達駛出路段的行穿線時，左側小客車亦欲繼續行駛福德街，小客車先微靠右行駛，此時大客車靠右行駛的角度較小，而發生側撞 (事故現場圖如圖 5-3 所示)。

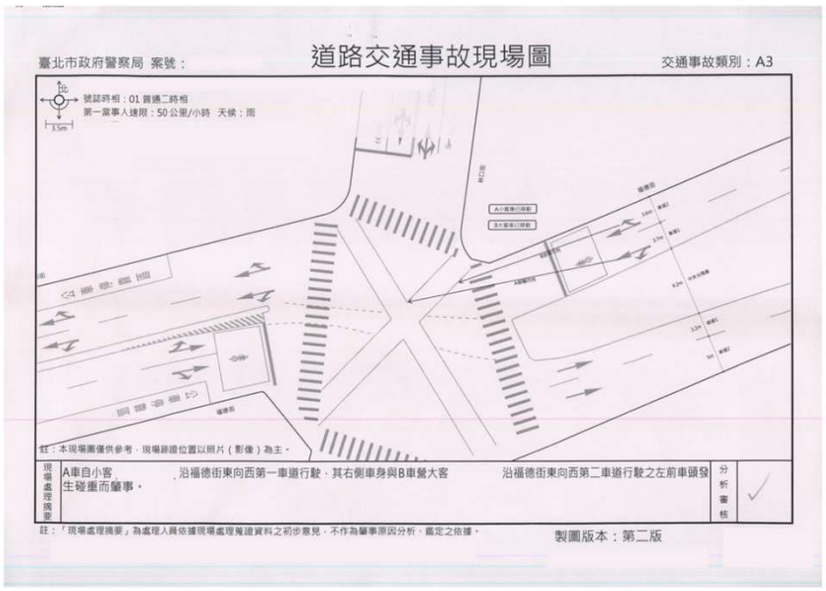


圖 5-3 事故二事故現場圖

(二)座談對象看法與延伸討論：

1. 左側小客車在駛出路段 (路口附近) 時已經踩剎車，而駕駛員看到左側小客車踩剎車時，應該就要降低車速，必須

要有防禦駕駛的觀念。

2. 車輛行駛於路口附近時 (進入路口前、路口內與駛入車道後)，車速本來就必須降低 (即便是綠燈)，首都客運的準則為「速度必須降到隨時可以煞停的狀態」。因此，若愈靠近路口，車速愈高，絕對是不好的駕駛行為。
   - 可結合 OBD 與 GPS 資料，判斷車輛在靠近路口時是否確實降低車速，視為一個高風險駕駛行為的判斷依據。
3. 以該路口而言，道路設計是有問題的。因為路幅偏右，大客車寬度已經與車道寬相同，只要車輛一往右，車輛後面都會壓到車道線或鄰近車道。因此，首都客運站長亦指出，若站上駕駛會行經到類似路口，會要求駕駛員不要跨線。
4. 以這個路口為例，大客車一定要再往路口多直行一點，若往右邊轉，可能會撞到騎樓。若教育新進駕駛，在這種不對稱路口的道路環境下，若左側小客車在本車大客車前方，須小心小客車會提早往右邊轉。必要時，若左、右方有車輛，最好的避免碰撞的方法為降低車速，甚至於停駐車輛，讓車側的小客車先行。
5. 在該事故中，因為大客車在右轉彎時，若左側確認沒問題，會將大部份心力放在右邊，但往往事故就會發生於與左側車輛發生碰撞，而上述內容就是常常發生的盲點。

(三)事故肇因統整：

1. 肇因一：未注意車側與車前車流狀況。
2. 肇因二：行經路口時未放慢車速。
3. 肇因三：未注意周遭車輛已對車流有反應 (如左側車輛已剎車)。
4. 肇因四：路口設計不當 (非對稱型路口，即使直行仍要稍微偏轉角度)。
5. 肇因五：車體龐大，轉彎半徑較大，偏轉軌跡與小型車不同。

三、事故三

(一)發生過程：綠燈後，大客車駕駛員行駛至行穿線前有將車輛停止，待行人通過後，準備起步前，有做指差確認 (頭亦有擺動)。此時一輛機車亦欲從民生西路右轉至承德路二段，並於行穿線前，停止於大客車右側，大客車起步右轉時側撞機車(事故現場圖如圖 5-4 所示)。

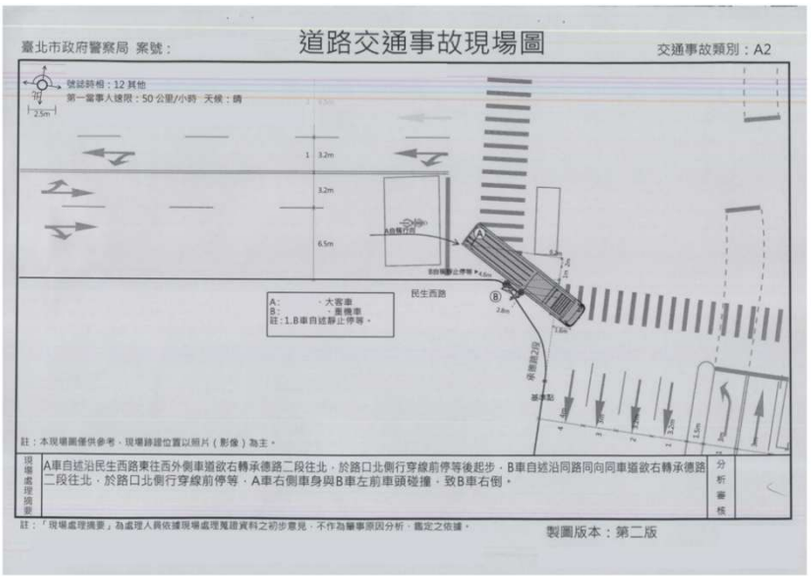


圖 5-4 事故三事故現場圖

(二)座談對象看法與延伸討論：

1. 大客車右轉時，一定會於右側預留空間，不會完全貼緊最右側右轉，通常機車或自行車都會有空間從右側進入。因此，路邊臨停車輛對該事故之發生影響不大。
2. 由於大客車視線死角多，因此指差確認必須搭配擺頭與前傾的動作，才能更加確保行經路線沒有其他用路人。
3. 由於現在客運右轉需要停車，執行指差確認後再開。因此，有許多用路人會在大客車停止時，突然插進來，可能導致事故發生。因此，在起步時，大多會要求駕駛員再確認周遭無車輛或其他用路人。
4. 首都客運右轉彎及左轉彎有固定的標準操作流程 (SOP)。首先，(1)車輛於行穿線前須停止；(2)手先比向左邊，頭跟著擺向左邊確認，此時整體身軀需前傾；(3)接著，手再比向右邊，頭亦跟著擺向右邊確認，此時整體身軀需前傾；

(4)起步前，再擺頭確認最後一遍，也可以再看一次車上攝影機畫面 (輔助作用，並無含括於標準流程內)；(5)起步。

5. 在該事故案例中，駕駛員並未完全落實指差確認，其僅用眼睛稍微看向左側與右側。若能落實完整的指差確認流程，該事故可能不會發生。
6. 該事故發生的路口之行穿線太過靠近路口，並未退縮，也是該起事故的原因之一。
    - 路口的行穿線退縮程度，也可視為計算行車風險的指標之一。

(三)事故肇因統整：

1. 肇因一：僅注意行人通行，未注意車側機車。
2. 肇因二：未落實指差確認。
3. 肇因三：路口行穿線未退縮。
4. 肇因四：大客車內輪差。
5. 肇因五：機車出現位置為大客車視線死角。

四、 事故四

(一)發生過程：由於大客車右側與左側均有車輛要左轉，故大客車被迫遵行固定軌跡，且原行駛於內二車道之大客車需左轉至內一車道之公車專用道，原行駛於內一車道之小客車則需左轉至內二車道，兩者左轉路徑產生衝突。雖大客車左轉時，其左側之小客車有放慢速度，兩輛車輛仍發生側撞事故 (事故現場圖如圖 5-5 所示)。

(二)座談對象看法與延伸討論：

1. 該事故主要為道路設計的問題，車道導引線的設計不佳。因為每一車道的寬度是相同的，大客車轉彎時有非常高的機率會壓到車道線，甚至橫跨到別的車道；而國外交通工程的車到導引線畫法會有不同的寬度，但目前我國的交通工程設計並沒有考慮到這麼詳細的內容。此外，大客車欲左轉至公車專用道，勢必會與其他車輛產生行車路線交織衝突。
2. 首都客運相關人員認為大客車花較多精力注意右側車輛，

而較忽略左後方的車輛，因此與其發生側撞。

3. 在該事故中，首都客運站長與教育班長均強調「慢」與「讓」，將車輛保持於自己的車道，因為左、右側均有車輛要左轉，唯有慢才能避免該事故發生。若小客車在大客車車頭前方，也必須要預防該車輛會提早轉彎等行駛軌跡。
4. 在臺北市公車路線中，有很多案例是上游有一公車停靠站，但一離站後，就必須到最內側車道左轉，停靠站與路口間的距離非常短。若因車流量大，無法順利變換車道至最左側車道，有時候駕駛員可能會以違規的方式，在直行車道左轉。

(三)事故肇因統整：

1. 肇因一：大客車內輪差。
2. 肇因二：未注意車側車輛；未保持安全間隔。
3. 肇因三：大客車轉向操作出現誤判，太早轉向 (左轉)。

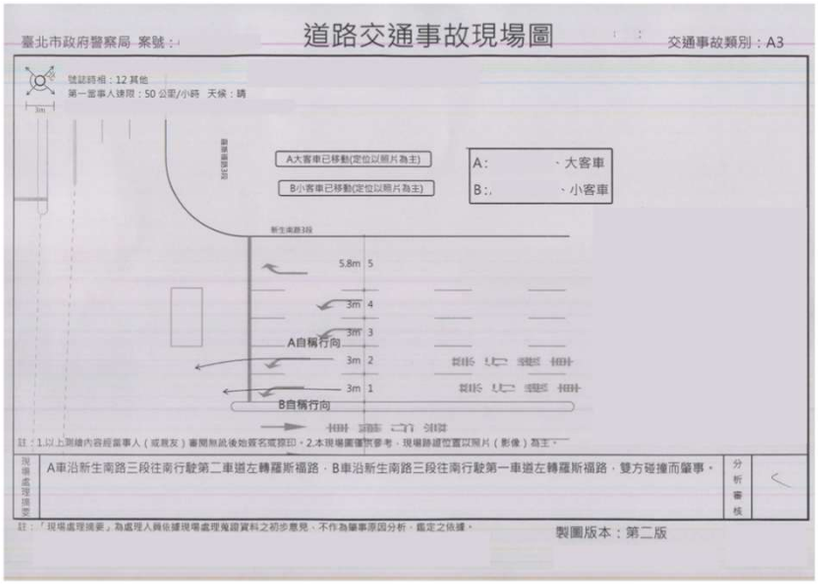


圖 5-5 事故四事故現場圖

五、 事故五

(一)發生過程：大客車所駛出路段為閃紅燈，而康寧路三段直行路段為閃黃燈。此時康寧路三段有車輛直行，但大客車並未禮讓直行車先行，因而與直行車輛發生路口交叉撞 (事故現場圖如圖 5-6 所示)。

(二)座談對象看法與延伸討論：

1. 駕駛員執行指差確認之目的為確定沒有行人。但停再開後，也並非未禮讓直行車，惟該直行車車速也較快，閃避不及，導致事故發生。
2. 該事故發生時，大客車於支線道右側有車輛，必須先注意該右側車輛；而右側視線也有被乘客影響。因此，駕駛員必須花很大的注意力在右側車流狀況上，而忽略左側直行車輛。

(三)事故肇因統整：

1. 未注意車側車輛。
2. 乘客影響駕駛員視線。
3. 未禮讓直行車。

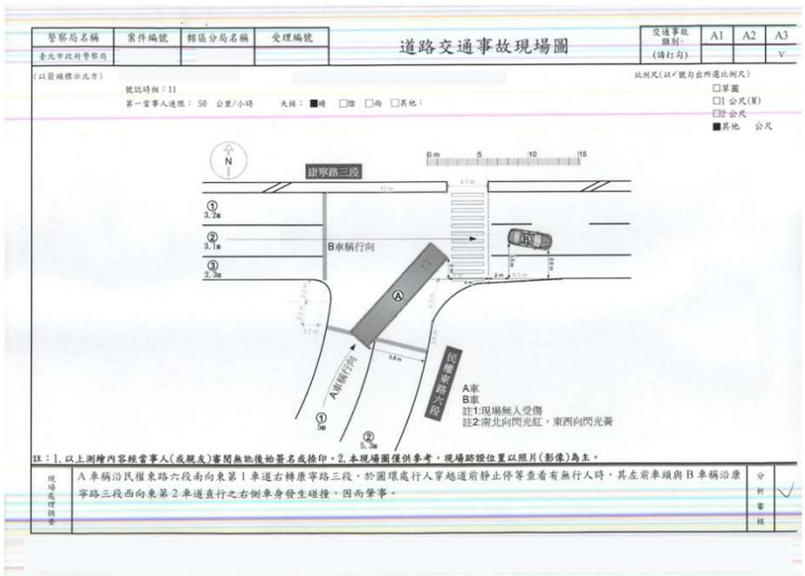


圖 5-6 事故五事故現場圖

六、事故六

(一)發生過程：大客車於基湖路內一車道直行，過基湖路 35 巷口欲變換車道停靠基湖站公車站，未注意右方車流與內二車道直行之小客車發生同向擦撞 (事故現場圖如圖 5-7 所示)。

(二)座談對象看法與延伸討論：

1. 若能調整公車站牌位置為佳，盡量不要貼近路口，可以將其設置於更下游處 (原先的公車站牌設置於路口下游不遠處)。
2. 首都客運會教育駕駛員，若站牌之間距離不遠，應盡量都

行駛於最外側車道，避免複雜且反覆的變換車道駕駛行為。然而，最外側車道有時為右轉車道，會有車流較大的問題，駕駛員為求較快，可能不會一直行駛最外側車道。

3. 在變換車道方面，需確認與他車的距離，確保本車可以安全地移動到欲變換的車道上，再執行變換車道任務，必要時須等待能夠變換車道的時機。
4. 經過路口時，最重要的部分仍為放慢車輛速度，並確認安全間距後再變換車道至最外側車道。
5. 首都客運並不會要求距離公車停靠站幾公尺內需行駛於最外側車道，但其建議快要到站時，能夠盡量將車輛維持在最外側車道。
    - 一個明顯的風險因素是「即將靠站的停靠區是在路口下游不遠處」，而若靠站前的車速仍較高，亦可以視為其中一個風險因素。

(三)事故肇因統整：

1. 接近路口未減速。
2. 變換車道時未注意車側車輛，且未禮讓直行車。
3. 公車進站時車速過快。

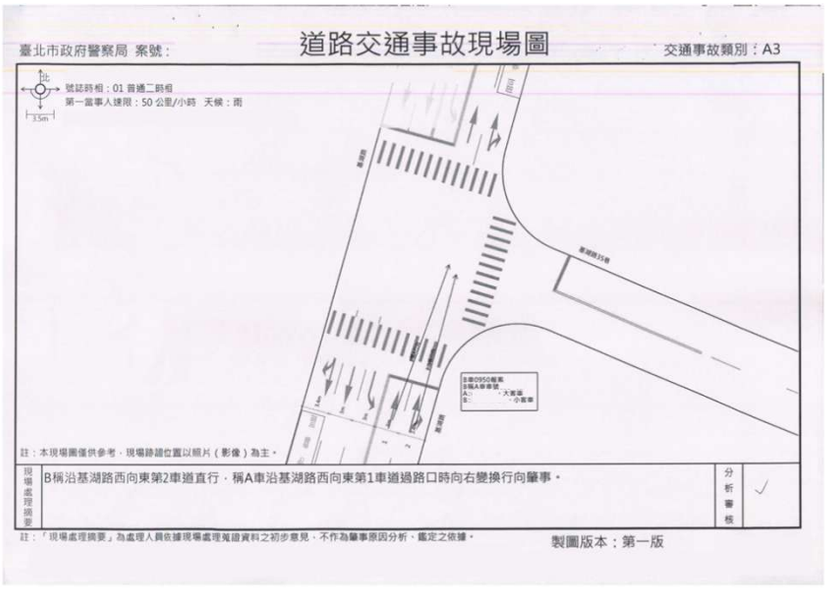


圖 5-7 事故六事故現場圖

七、事故七

(一)發生過程：大客車直行於金湖路內一車道，過成功路五段圓環路口後向右變換車道至金湖路內二車道欲停靠金湖路口公車站，後方機車直行於金湖路內二車道，因剎車不及先與路邊臨停之小客車發生同向擦撞而後與大客車發生同向擦撞(事故現場圖如圖 5-8 所示)。

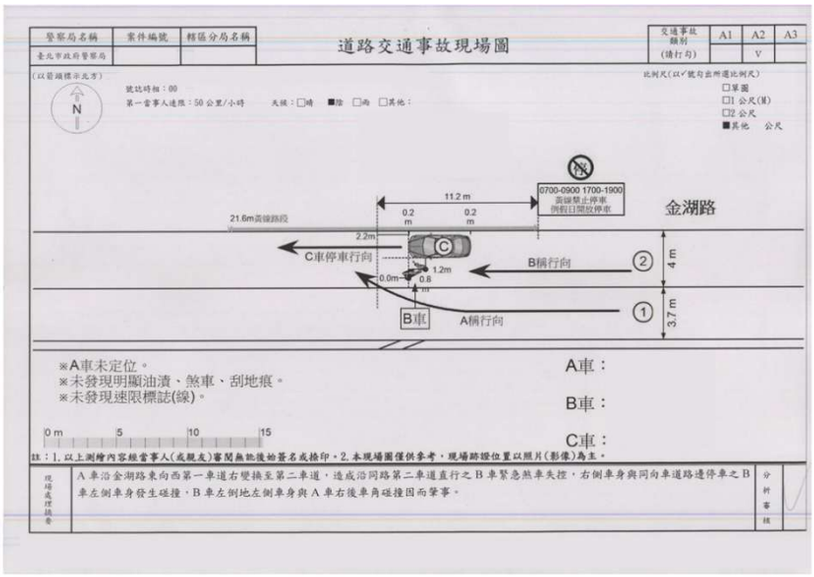


圖 5-8 事故七事故現場圖

(二)座談對象看法與延伸討論：

1. 大客車駕駛員行駛至行穿線時，其實公車停靠站後方的小客車已經在移動，應有防禦駕駛的概念，且後續又有機車跟隨於大客車後方，因此應該可以預防該事故的發生。
2. 公車駕駛員進站速度仍太快，且該駕駛員又有變換車道的行為，應該更加減速進站。
   - 可以考慮設定一個風險指標為，若大客車在停靠站幾公尺以外，仍在非最外側車道，為一事故風險；且當車輛愈靠近公車停靠站 (距離方面)，且仍在非最外側車道，行車風險愈高；另外，當車輛愈靠近公車站，愈不是在最外側車道，行車風險也愈高。
   - 車速也可以做為公車進站時的風險指標之一。
   - 「車速」、「是否位於最外側車道」及「與停靠站距離」三個要素綜合考量，可以視為公車進站的綜合風險指

標。

3. 理論上，駕駛員應該要看到右後方之機車。因為準備要向右變換車道時，眼睛應該要看右後照鏡，而看右後照鏡，應會看到右後方機車。
4. 駕駛員可能會將注意力轉移至車內乘客 (因為要準備停站)，或是注意前方，而沒有注意到右後方機車。
5. 方向燈打哪一邊，駕駛員視線應該就必須朝那邊，注意方向燈側的車流環境 (95%)。

(三)事故肇因統整：

1. 未禮讓直行車。
2. 未注意車側車流狀況。
3. 公車進站時未減速。

八、 事故八

(一)發生過程：大客車駛出林森北路華山公園公車站，直行林森北路內三車道，小客車由內二車道變換至內三車道，欲再向右往路緣停靠，未注意左方大客車而產生同向擦撞 (事故現場圖如圖 5-9 所示)。

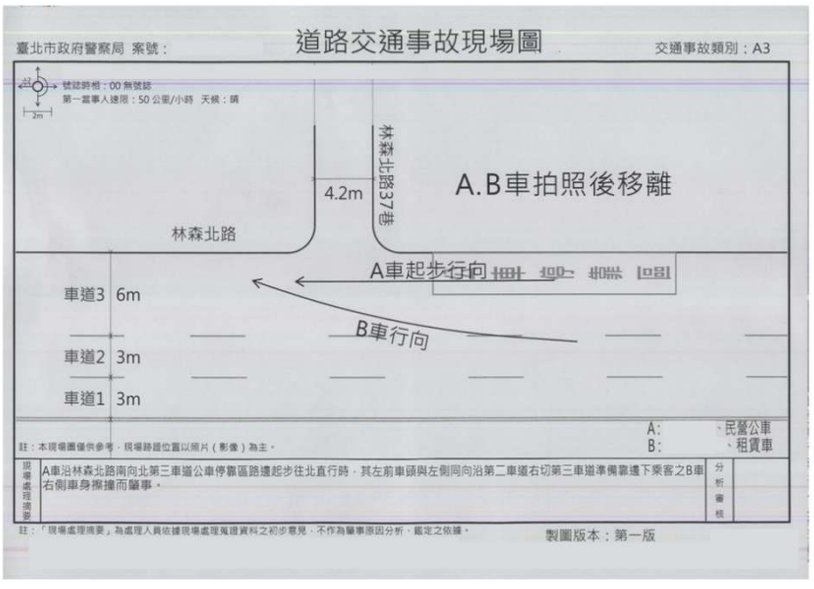


圖 5-9 事故八事故現場圖

(二)座談對象看法與延伸討論：

1. 公車站牌接近路口 (公車站牌設於路口上游)，駕駛員可能要注意較多車流狀況。

2. 該事故主要原因可能是駕駛員起步時想搶快，並認為左後方車輛會禮讓。
3. 首都客運在教育駕駛員時，公車出站的駕駛操作重點在於「慢」及「讓」，有許多事故都是駕駛員並未禮讓後方來車所導致。
4. 首都客運有規定須等乘客上車坐好後，才能移動車輛。

(三)事故肇因統整：

1. 車輛起駛時未注意車側車流狀態，且未禮讓直行車。
2. 起步太快。

根據訪談內容，以下為訪談結果之一般性結論，主要分為數種駕駛操作的固定操作流程 (SOP)，以及透過訪談，得到可用於後續異常事件定義之風險指標。

一、變換車道 SOP

(一)欲變換車道前，首先須使用左、右後照鏡確認後側無來車 (必要時須停止車輛)；

(二)開始執行變換車道動作；

(三)移動完車輛，使車輛完全在變換後之車道後，須馬上關注前方車流狀況。

二、 左轉及右轉 SOP

(一)行駛至行穿線前須完全停止車輛；

(二)用手比出左側區域，同時頭跟著擺向左側，此時整體身軀需前傾；

(三)用手比出右側區域，同時頭跟著擺向右側，此時整體身軀需前傾；

(四)起步前，應再向左與向右擺頭一次，或可查看車內攝影機畫面，再次確認車輛行駛方向無其他用路人，方可起步。

三、 可設定之異常事件風險指標與適用情形 (表 5-1)：

表 5-1 情境與對應之異常事件風險指標擬定

情境	異常事件風險指標
前車正在變換車道	(一) 本車與前車距離
車輛行駛於路口附近、車輛進、出公車站	(二) 本車車速
車輛行向為左轉或右轉時	(三) 路口行穿線退縮程度
公車進、出站	(四) 欲進、出站之公車停靠站與上、下游路口的距離，或公車停靠站是否位於路口上、下游數公尺內
公車進站	(五) 當車輛愈靠近公車停靠站 (以距離表示)，且仍在非最外側車道，行車風險愈高。 (六) 當車輛愈靠近公車站，愈不是在最外側車道，行車風險也愈高。 (七) 總結：「車速」、「位於車道位置」及「與停靠站距離」三個要素綜合考量，可以視為公車進站的綜合風險指標。

四、 車輛行駛於路口附近時 (進入路口前、路口內與駛入車道後)，車速必須降低 (即便是綠燈)，降到隨時可以煞停的狀態。

五、 假設不同駕駛員駕駛於相似的車流環境、時間等，那麼 ADAS 警示的數量能夠反映該駕駛的風險程度，將會比前期計畫更仰賴 ADAS 警示系統。

上述內容為與首都客運訪談結果之統整，本計畫於 5.3 節及 5.4 節的「半量化風險評估模型」與「異常事件序列定義與風險評估指標擬定」中，參考首都客運事故個案分析與訪談結果進行分析。

5.3 基於 Bow-tie 架構之半量化風險評估模型

本計畫將本章節之分析架構分為兩種行車情境：路口與公車進、出站。其中，「路口」事故可依據事故發生地點，再細分為駛出路段、路口處與駛入路段；而路口處又依據轉向，分為左轉、直行與右轉。另一方面，「公車進、出站」事故則較為單純，可分為公車進站與公車離站。

基於 4.2 節之市區客運事故影像資料與臺北市大客車事故之道路交通事故調查報告表兩個資料集 (表 4-8)，在 113 年的 198 件首都客運事故中，

有 69 件為路口事故 (34.8%)；有 36 件為公車進、出站事故 (18.2%)；其中，有 9 件事故同時被歸類於路口事故與公車進、出站事故。因此，全部共有 96 件事故被完整分析 (48.5%) (圖 5-10)。

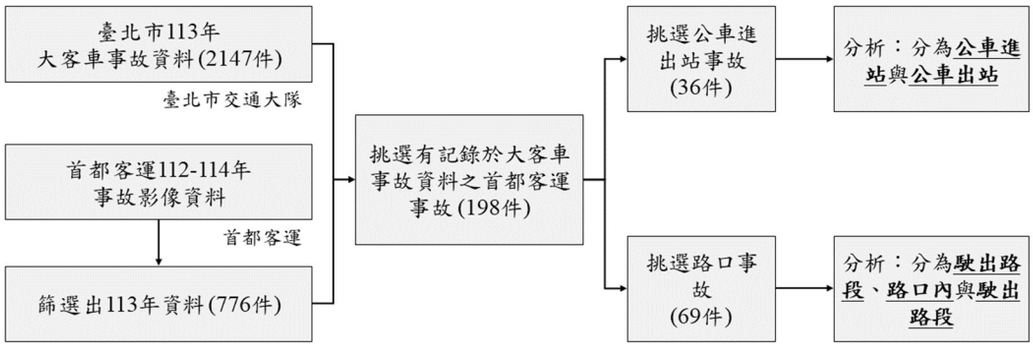


圖 5-10 行車異常事件與風險分析指標定義之資料來源

除了首都客運事故分析外，本計畫已於 114 年 7 月進行市區客運駕駛長座談會，訪談對象為首都客運課長、站長與教育班長。透過首都客運事故影像的討論，本計畫團隊從第一線駕駛長及相關人員獲得許多事故肇因的討論、日常教育訓練之內容，以及部分駕駛任務之流程準則。此部分之訪談結果已於 5.2 節呈現；而後續之異常事件分析，亦會將訪談所得到的資訊融合，以建立全面性之異常事件嚴重度分析。

5.3.1 風險評估模型

5.3.1.1 質性分析：Bow-tie 架構

Bow-tie 質性分析分為兩步驟進行，首先，本計畫分別建立記錄路口與公車進、出站事故之 Excel 工作表，透過事故影像、事故資料表與事故現場圖的檢視，記錄每件事故的詳細資訊。在「路口」事故方面，記錄內容包括時間、肇事地點、案號 (交通大隊編碼)、首都客運車號、路線、天候、光線、路口種類 (正交、斜交 (轉彎為鈍角或銳角) 或多叉路口)、本車行向 (僅路口內事故記錄)、駕駛員有無執行指差確認 (僅路口內事故記錄)、環境、發生過程、碰撞類型、碰撞結果、事故影響因素 (分為人、車、道路及車流因素類別)、可預防事故發生之措施、影像可辨識指標及可能之異常事件。在「公車進、出站」事故方面，則額外記錄肇事位置，指出是在哪一車道發生事故。

表 5-2 與表 5-3 分別呈現一起路口與公車進、出站事故之紀錄，惟肇事時間、肇事地點、案號、車號、路線屬事故資訊，牽涉到個人資訊，故

表 5-2 與表 5-3 僅呈現部分資訊。本計畫即依據此事故記錄方式，完成 69 件路口事故與 36 件公車進、出站事故的檢視。

其中，若本計畫認為該事故是可預防的 (preventable)，則會在「影響因素」欄位中填寫駕駛員應注意而未注意的項目，如表 5-2 的「注意力分配失誤」即代表駕駛員當下專注於其他駕駛項目，而未注意右側機車。據此，若該欄位有填寫「人」的肇因，則會於「預防措施」欄位進一步思考應可如何預防人為失誤導致的事故，如盲區攝影機確認，代表駕駛員若能更加注意左、右側盲區或衝突區域，可能可以避免事故的發生。

此外，本計畫也從個案的角度，思考若能透過影像辨識出定義標的，是否能降低事故發生的可能性。換言之，在事後分析中，若能透過影像辨識出左、右邊盲區車輛，並使用該標的計算風險分數，就能夠得到該事故發生前的風險高低，並將此架構告知業者或駕駛員，希望未來在此情境下，駕駛員能夠更加注意，以降低行車風險。

最後，根據首都客運管理階層的說明，絕大多數事故發生前，ADAS 警示均有觸發，意即事故發生前的告警機率幾乎高達 100%。因此，本計畫在「可能異常事件」欄位中的內容，為在 ADAS 行車警示的出現下，駕駛員仍執行某些動作，就可能被視為是異常事件。舉例而言，若事故發生前，大客車旁有盲區或衝突區域車輛 (盲區警示觸發)，但車輛仍持續進行轉換行駛，則會被視為異常事件。圖 5-11 為步驟一的分析構想與流程。

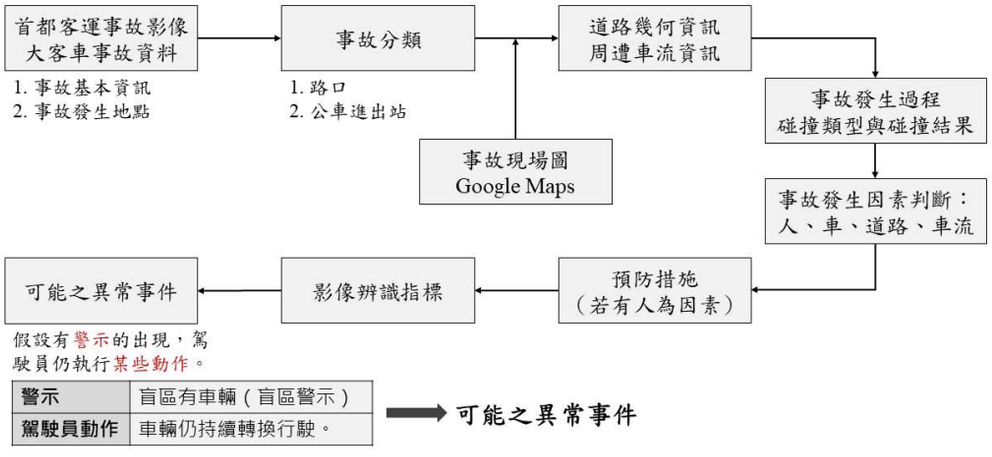


圖 5-11 首都客運事故記錄分析構想與流程 (步驟一)

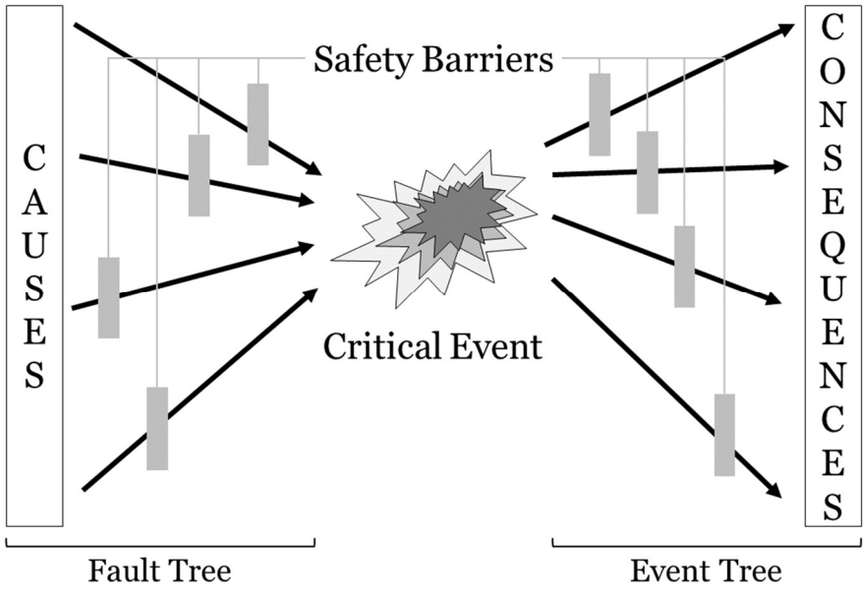
表 5-2 「路口」事故完整紀錄例子

天候	晴	光線	日間自然光線
路口種類	斜交 (銳角)	本車行向	右轉
有無指差	有	碰撞類型	側撞
環境	大客車行駛於民生西路內二車道 (右轉與直行車道)，路寬 6.5 公尺，欲從民生西路右轉至承德路二段，承德路二段最外側車道寬 4 公尺。於民生西路，大客車右側停靠一輛小客車，故大客車無法沿最右側行駛右轉。路口幾何為正交，天候晴朗，光線為日間自然光線。	發生過程	綠燈後，大客車駕駛員行駛至行穿線前有將車輛停止，待行人通過後，準備起步前，有做指差確認 (頭亦有擺動)。此時一輛機車亦欲從民生西路右轉至承德路 2 段，並於行穿線前，停止於大客車右側，大客車起步右轉時側撞機車。
碰撞結果	碰撞位置為大客車右側與機車左側，碰撞後，機車倒地。	影響因素	注意力分配失誤、內輪差、視野盲區、駛出車道過寬，寬 6.5 公尺、大客車旁有停靠一輛車，使大客車無法靠最右側右轉
預防措施	盲區攝影機確認	影像辨識指標	左、右盲區車輛
可能異常事件	右轉時盲區有車輛 (警示)，但仍持續行駛。		

表 5-3 「公車進、出站」事故完整紀錄例子

天候	晴	光線	日間自然光線
路口種類	正交	肇事位置	林森北路內三車道
環境	大客車駛出林森北路華山公園公車站，直行林森北路內三車道。小客車由內二車道變換至內三車道，欲再向右行駛。	發生過程	大客車駛出林森北路華山公園公車站，直行林森北路內三車道，小客車由內二車道變換至內三車道，欲再向右往路緣停靠，未注意左方大客車而產生同向擦撞。
碰撞類型	同向擦撞	碰撞結果	碰撞位置為大客車左前方，小客車右側
影響因素	公車站起始未注意左方車流	預防措施	起駛時須注意左右車流狀況
影像辨識指標	盲區車輛	可能異常事件	向左出站時盲區有車輛 (警示)，但仍繼續行駛。

基於步驟一的事故個案分析，步驟二為建立 Bow-tie 架構與行車異常事件嚴重度；本計畫分別彙整路口與公車進、出站的主要肇因。在步驟二中，肇因探討偏向於一般性肇因，而非僅以個案為基礎 (event-based) 之人、車、道路、車流等因素。接著，本計畫使用 Bow-tie 分析架構描繪由關鍵事件 (critical event) 及其前後的故障樹 (fault tree) 與事件樹 (event tree) 組成之肇因與碰撞結果之關係，如圖 5-12 所示。在本計畫基於事故影像資料的行車異常事件擬定架構下，關鍵事件即為「行車異常事件」，包含其定義、發生條件及事件的衝突型態；故障樹為各肇因 (causes) 導致異常事件的過程；事件樹則為異常事件導致碰撞結果 (consequences) 的過程。此外，在肇因到異常事件間，以及異常事件到碰撞結果間，均有特定之安全防護措施 (safety barriers) (De Dianous & Fiévez, 2006)。



圖片來源：De Dianous & Fiévez, 2006; Jacinto & Silva, 2010

圖 5-12 Bow-tie 架構

5.3.1.2 半量化分析：風險評估

基於 Bowtie 之分析架構，肇因與碰撞結果間勢必存在顯著性的關係，且不同肇因對事故的影響大小亦有所差異。在行車風險評估方面，若能從一系列的人、車、道路與車流環境中，識別出風險高低，對於事故發生的可能性與嚴重度防制，具有極大的貢獻。據此，本計畫透過肇因與碰撞結果的半量化風險評估分析，達成上述目的。

首先，本計畫建立一個風險矩陣，如表 5-4 所示。其中，「肇因出現頻次」為各個肇因在所有事故出現的次數，故各個肇因僅會被歸類至某一特

定頻次 (罕見、偶爾、經常或極常)，頻次的分類數量與對應百分比數值乃參考自 Jacinto & Silva (2010)，並依照本計畫資料脈絡進行主觀微調。另外，各個肇因所發生事故之嚴重度，則區分為 A3 (即僅有財物損失之交通事故)、A2 (即造成人員受傷或超過二十四小時死亡之交通事故) 及 A1 (即造成人員當場或二十四小時內死亡之交通事故)。風險從極高至極低共分為五個等級，分數則分別為 5、4、3、2、1。而風險分數的分布亦參考自 Jacinto & Silva (2010)，並根據本計畫設定之嚴重度 (A3、A2、A1) 進行主觀微調。舉例而言，若某一肇因出現頻次為「經常」，且其某一事故之嚴重度為 A2，則該事故的風險分數則為高 (4 分)。

表 5-4 肇因出現頻次與事故嚴重度之風險矩陣

肇因出現頻次	A3	A2	A1
罕見 (< 5%)	極低 (1)	低 (2)	中等 (3)
偶爾 (5%-20%)	低 (2)	中等 (3)	高 (4)
經常 (20%-40%)	中等 (3)	高 (4)	極高 (5)
極常 (> 40%)	高 (4)	極高 (5)	極高 (5)

表 5-5 各事故肇因風險分數範例

事故肇因	A3	A2	A1	總風險分數	每件事故風險分數
肇因一 (偶爾)	2 件×2	1 件×3	1 件×4	11	2.75
肇因二 (罕見)	1 件×1	0 件×2	0 件×3	1	1
肇因三 (極常)	8 件×4	3 件×5	2 件×5	57	4.38
…	…	…	…	…	…

根據表 5-4 的風險矩陣，本計畫將各個肇因分類，並根據不同事故嚴重度等級，生成如表 5-5 之各事故肇因風險分數。以表 5-5 的數值為例，肇因一出現的頻次為「偶爾」，應對應於表 5-4 的第二列，而該肇因導致的事故中，有 2 件 A3、1 件 A2 及 1 件 A1 事故。接著，透過表 5-4 的風險矩陣，可計算出該肇因的總風險分數為 11，而因其有 4 件事故，故每件事故的風險分數為 2.75。

綜上所述，本計畫透過半量化的風險評估方法論，可以計算出每個肇因在不同情境 (行駛路口時及公車進、出站) 的風險值，檢視人、車、道路與車流各肇因的嚴重程度，並提出相對應的行車安全管理意涵。此半量化之 Bow-tie 風險評估模型可用以標註事件觸發情境、駕駛行為反應與風險演進過程，做為後續研究之異常事件模型建構與驗證之依據。透過半量化的風險評估流程，不僅可量化肇因對事故發生之影響大小，更可於無實際事故情境下進行行為評估，提升管理與訓練成效。

5.3.2「路口」行車異常事件嚴重度分析與風險評估結果

在 198 件大客車事故中，有 69 件為路口事故。依據事故發生地點，本計畫將路口事故分為駛出路段 (12 件；17%)、路口內 (47 件；68%) 及駛入路段 (10 件；15%)。而「路口內」事故可再依據大客車行向，分為左轉 (8 件)、直行 (23 件) 及右轉 (16 件)。

根據事故個案分析結果，本計畫依據駕駛員行為 (人)、車輛特性 (車)、道路幾何 (道路) 及交通流量 (車流) 等類別，彙整主要肇因如下：

一、 駕駛員行為：

(一)未保持安全距離或間距 (ID1)：大客車車體龐大，若未維持適當安全車距，易於路口處發生事故。

(二)駕駛員注意力分配失誤 (ID2)：由於駕駛員須注意周遭的車輛或其他用路人，以致於未能於需要時將注意力投向所欲行進的方向。

(三)於駛出及駛入路段時變換車道不當 (動線誤判) (ID3)：駕駛員變換車道時，未注意周遭車流，導致發生追撞或同向擦撞等事故類型，或與他車道之車輛變換至同一車道，導致兩車發生側撞事故。

(四)無確實執行指差確認 (ID4)：駕駛員行經行穿線前，若未完整執行指差確認，易與行人、自行車或其他用路人發生事故。

(五)轉向軌跡不當 (ID5)：除了未與周遭車輛保持安全距離或間距外，大客車駕駛員左、右轉時的轉向軌跡與小客車轉向動線發生衝突，亦為造成事故的一大原因。

(六)違規行為 (ID6)：如未依標線行駛、號誌燈號無法通行時仍

繼續行駛。

二、 車輛特性：

(一)大客車左、右轉路徑與他車衝突 (IC1)：由於道路設計及車體龐大限制，使大客車與他車之轉彎路徑交叉重疊，而發生路口內事故。

(二)駕駛員視野盲區 (IC2)：變換車道或於路口處左、右轉時，容易出現駕駛員視野盲區，若此時衝突區域有其他用路人，則容易發生事故。

(三)內輪差 (IC3)：駕駛員執行路口左、右轉任務時，若指差確認執行效果不佳，極有可能因為大客車內輪差特性，與行人、自行車或機車發生側撞。

三、 道路幾何：

(一)非對稱道路 (IR1)：有些道路幾何的規劃，容易導致大客車與其他用路人發生衝突，如上游路段與下游路段並非對稱道路，使駕駛員即使欲直行，仍需稍微轉動方向盤，而容易產生與其他車輛的衝突空間。

(二)無畫設車道導引線 (IR2)：路口左轉行向若無畫設車道導引線，容易導致不同車道的車輛行向軌跡有所衝突，提高事故風險。

(三)道路或公車停靠站設計使車輛行駛路線產生衝突 (IR3)：部分道路設計主要針對小客車的轉向，而大客車的轉向操作則易與小客車的行駛路徑產生衝突。此外，公車停靠站與路口距離過近，使公車在離站後，若須在下游路口左轉，則須連續變換車道，亦會增加事故發生的風險。

四、 交通流量：

(一)路口車流及用路人交織多 (IT1)：如路邊臨停車輛、行人、自行車、機車或轉彎車輛等。

異常事件的擬定原則為「此事件之減少，應有助於類似事故的減少」，因此其擬定應為「可預防」。所謂「可預防」，係指事故發生前原可透過標準操作程序或合理注意義務予以避免。針對行駛於路口情境，本計畫定義以下行為為應為而未為之代表：

- 左轉或右轉：未完成完整指差確認即起步，或未降低車速。
- 直行：變換車道未遵守固定操作流程，或未降低車速。

以下為行駛路口時的三個行車異常事件：

一、 路口行駛時之異常事件#1：操作固定流程失誤 (未遵守客運業者訂定之標準作業程序 (Standard Operating Procedures, SOP))：

(一) 定義：駕駛員未依照規定程序完成左轉或右轉指差確認，或變換車道時之必要任務。固定操作流程如 5.2 節所示。若上述條件成立，且本車周圍之潛在衝突區域有其他用路人，可能導致潛在衝突或實際衝突，則行駛風險提高。

(二) 條件：

- 未遵守 SOP 行為。
- 若衝突區域內有其他用路人，則事故風險提高。

(三) 衝突型態：

- 迫使衝突區域內的行人、自行車或機車須緊急移動位置。
- 本車剎車。
- 與車輛動線交會之風險情境。
- 實際發生與行人、自行車等用路人發生路口事故，或變換車道時與其他車輛發生追撞、側撞等碰撞型態。

此異常事件為行經路口或變換車道時，最基礎之安全駕駛行為，且上述動作均容易操作，定義明確；因此，若客運駕駛員有上述標準流程執行時之失誤，反映駕駛員風險察覺程序之缺漏，可視為第一層風險源頭。此外，該異常事件可透過車內駕駛艙的影像，檢視駕駛員是否有確實執行必要之動作，以判斷駕駛行為是否為異常事件。

二、 路口行駛時之異常事件#2：駕駛員有遵守標準作業流程，但轉彎時衝突區域內有車輛仍持續行駛，導致潛在衝突或實際衝突：

(一) 定義：駕駛員執行左、右轉駕駛任務時，與路徑上之潛在衝突區內存在其他車輛 (非指駕駛員未依規定程序執行指差確認)，且車輛仍持續行駛，直接或間接導致潛在衝突或實際衝突。

(二) 條件：

- 衝突區域內有車輛。

- 且大客車仍持續進行轉向操作。

(三) 衝突型態：

- 迫使衝突區域內車輛須緊急移動車輛或按喇叭。
- 與車輛動線交會之風險情境。
- 本車或他車緊急剎車。
- 實際發生追撞、側撞或同向擦撞等事故碰撞型態。

此異常事件與事件#1 並無直接關聯，意即該類事件的發生並非源自於駕駛員未完成完整的指差確認，而是在執行轉向操作時，與他車未保持適當安全距離；且公車駕駛員未仔細察覺，而與他車產生風險較高的互動，或甚至發生碰撞事故。舉例而言，因為車體龐大或道路標線劃設問題，本計畫蒐集到的首都市區客運業者的事故影片中，常觀察到大客車在右轉或左轉時，與前方或後方之車側車輛發生擦撞。

三、 路口行駛時之異常事件#3：駕駛員出現違規行為：

(一) 定義：大客車駕駛員於行駛途中出現違規行為，且若本車周圍之潛在衝突區域有其他用路人，可能導致潛在衝突或實際衝突，則行駛風險提高。

(二) 條件：

- 大客車駕駛員出現違規行為。
- 若衝突區域內有其他用路人，則事故風險提高。

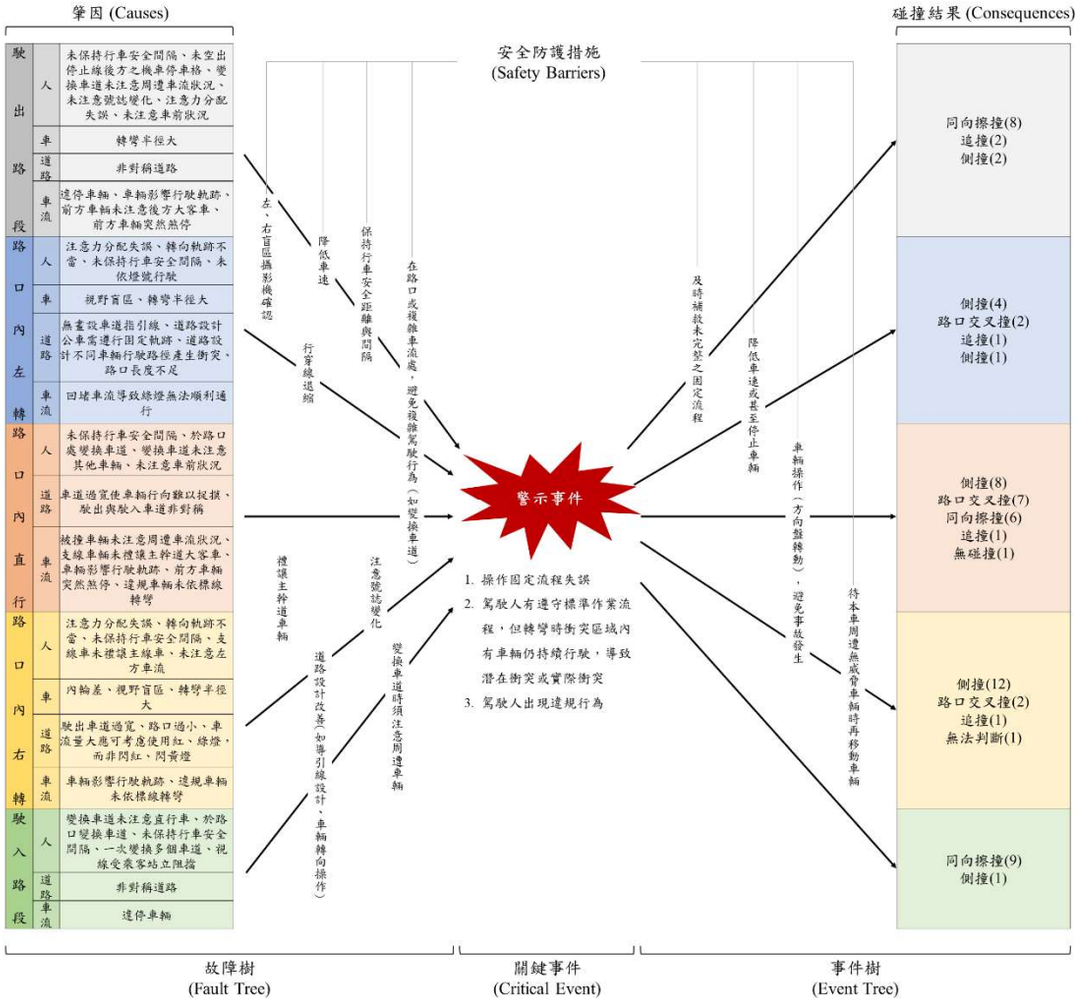
(三) 衝突型態：

- 本車或他車緊急剎車。
- 迫使衝突區域內車輛須緊急移動車輛或按喇叭。
- 實際發生追撞、側撞或同向擦撞等事故碰撞型態。

大客車駕駛員若出現違規行為，將對道路環境之行車風險有顯著影響。在觀看首都市區客運業者的事故影像時，本計畫發現大客車駕駛員最常出現的違規行為有二，分別為號誌轉換為紅燈時，車輛仍持續移動，以及未依道路標線行向直行、左轉或右轉。據此，若出現違規行為，則被本計畫視為其中一個異常事件類型，且若行駛路徑之衝突區內有車輛或其他用路人，則行車風險將進一步提高。

圖 5-13 為公車行駛路口時之 Bow-tie 架構。從故障樹到異常事件之間，應為避免事件的發生，本計畫並列出多個安全防護措施，如降低車速、道

路與號誌的設計改善、駕駛員的不當駕駛行為修正等。當有些許肇因出現時，駕駛員應有能力或應盡量掌握道路風險，以避免發生異常事件。另一方面，當行車異常事件不幸發生時，駕駛員則應致力於減緩風險惡化的情況，或掌控異常事件，如透過補救未實施完整之固定操作流程、車輛操作改善等，使行車動態回到原始的狀況。若上述駕駛任務過於困難，也應盡量降低事故嚴重度。最後，根據圖 5-13 的 Bow-tie 架構，路口事故的碰撞類型樣態相當多元，若事故地點位於駛出路段或駛入路段，事故碰撞類型多為同向擦撞；若事故地點位於路口內，則碰撞類型多為側撞及路口交叉撞。



註：碰撞結果中，括弧內數值為該碰撞類型之事故件數

圖 5-13 公車行駛路口時之異常事件 Bowtie 架構

根據彙整後的肇因，ID1-ID6 為駕駛員行為相關的肇因；IC1-IC3 則為車輛特性；IR1-IR3 為道路幾何肇因；最後，IT1 則為交通車流相關肇因。表 5-6 為公車行駛路口時各肇因的風險分數計算結果。由於每件事故可能不僅由一個肇因導致，故事故肇因的件數多於 69 件為正常之分析結果。以

各肇因導致的事故件數觀察，未保持安全距離或間距 (ID1) 導致的事故數最多，且每件事故的風險分數亦為最高 (4.12)；次之為駕駛員注意力分配失誤 (ID2)，其導致的每件事故風險分數為 4.11。此外，轉向軌跡不當 (ID5) 主要出現在大客車左轉或右轉時，因大客車車體龐大及轉彎半徑大的限制，駕駛員應更注意轉向操作，避免於右轉時與右側及左後方；左轉時與左側及右後方車輛發生碰撞。然而，由於這類肇因導致的事故通常較輕微，故該肇因的每件事故風險分數僅 2.00。反之，雖無確實執行指差確認 (ID4) 僅導致 4 件事故，但由於指差確認的無確實執行，容易導致大客車與弱勢用路人 (如行人、自行車) 發生較嚴重的事故 (如 A1 或 A2 事故)，因此該肇因導致的每件事故風險分數較高 (2.50)。

在車輛特性方面，左、右轉路徑與他車衝突 (IC1)、駕駛員視野盲區 (IC2) 及內輪差 (IC3) 分別造成 8、9 及 3 件事故，顯現車體龐大對交通衝突的危害，也指出在路口內或路口處附近，大客車與其他車輛的共存，因為轉向軌跡的基本差異，容易產生許多潛在衝突或實際衝突。更甚者，若衝突區域剛好處於大客車駕駛員的視野盲區，則事故風險的危害將有所提升。

在道路幾何方面，非對稱道路 (IR1) 間接導致 4 起事故。如上所述，非對稱道路代表即便大客車行向為直行，仍需稍為偏轉方向盤，而此時若車側有其他車輛，則會因為轉向時機的差異，而容易發生事故。因此，雖該肇因導致的事故皆為 A3 事故，但未來的道路設計仍需釐清非對稱道路帶來的潛在風險，避免類似的道路幾何結構。

最後，路口車流及用路人交織多 (IT1) 亦導致 25 件事故，顯現本計畫之研究範圍的道路有大量的用路人，且用路人的駕駛行為、臨停、違停與車輛交織，顯著地影響大客車駕駛員的駕駛操作；該肇因導致的每件事故風險分數亦達 3.24。

表 5-6 公車行駛路口時各肇因風險分數 (事故數 = 69)

事故肇因	A3	A2	A1	總風險分數	每件事故風險分數
ID1 (34 件；極常)	30×4	4×5	0×5	140	4.12
ID2 (28 件；極常)	25×4	3×5	0×5	115	4.11
ID3 (6 件；偶爾)	5×2	1×3	0×4	13	2.17
ID4 (4 件；偶爾)	2×2	2×3	0×4	10	2.50
ID5 (12 件；偶爾)	12×2	0×3	0×4	24	2.00

表 5-6 公車行駛路口時各肇因風險分數 (事故數 = 69)

事故肇因	A3	A2	A1	總風險分數	每件事故風險分數
ID6 (3 件；罕見)	2×1	1×2	0×3	4	1.33
IC1 (8 件；偶爾)	8×2	0×3	0×4	16	2.00
IC2 (9 件；偶爾)	8×2	1×3	0×4	19	2.11
IC3 (3 件；罕見)	2×1	1×2	0×3	4	1.33
IR1 (4 件；偶爾)	4×2	0×3	0×4	8	2.00
IR2 (2 件；罕見)	2×1	0×2	0×3	2	1.00
IR3 (1 件；罕見)	1×1	0×2	0×3	1	1.00
IT1 (25 件；經常)	19×3	6×4	0×5	81	3.24

5.3.3「公車進、出站」行車異常事件嚴重度分析與風險評估結果

在 198 件分析事故中，共有 34 件為公車進、出站事故。其中，在公車進站時發生的事故件數為 10 件 (29%)，而公車出站時發生的事故則有 24 件 (71%)。

根據事故個案分析結果，本計畫彙整主要肇因如下：

一、 駕駛員行為：

(一) 未保持安全距離或間距 (SD1)：大客車車體龐大，若未維持適當安全車距，易於進、出站時發生事故。

(二) 駕駛員注意力分配失誤，未注意到正在進行交織之車輛 (SD2)：由於駕駛員須注意的周遭的車輛或其他用路人多，以致於未能於需要時將注意力投向所欲行進的方向。

(三) 與周遭車輛之速差造成誤判，注意錯置與判斷失誤 (SD3)：由於駕駛員所需處理資訊量大，甚至可能超過其即時認知處理能力，可能造成認知過載，影響風險辨識。例如：駕駛員可能忽略關鍵風險來源 (如後方快速接近的機車)，導致判斷失誤。

(四) 於進站或出站作業時，變換車道不當 (SD4)：駕駛員變換車道時，未注意周遭車流，導致後方車輛追撞，或與他車道之車輛變換至同一車道，導致兩車發生側撞事故。

(五) 公車停靠時未完全停入停靠區 (SD5)：若客運駕駛員在進站

操作時，未能完全將車輛停靠至停靠區，可能導致後方車輛容易追撞大客車，或因閃避不及而與其他車道之車輛發生事故。

二、 道路幾何：

(一) 公車停靠站過於靠近上、下游路口 (SR1)：公車進站作業時，若停靠站距離上游路口距離過近，容易增加行車風險；另一方面，公車執行出站操作時，若距離下游路口過近，亦容易與其他用路人駕駛軌跡重疊，導致風險提升。

三、 交通流量：

(一) 公車停靠區周遭車流交織多 (ST1)：如路邊臨停車輛或轉彎車輛等。

針對公車進、出站情境，本計畫定義以下行為為應為而未為之代表：未確認周邊環境即起步。此類行為反映駕駛員在操作流程中發生疏失，導致風險辨識不足，是事故前常見的認知與行為性失誤。

因此，本計畫提出兩個層次公車進、出站有關之行車異常事件，對應駕駛員操作失誤導致風險提升、潛在衝突乃至實際衝突的過程。這些指標具可觀測性、可量測性，並可做為事故預警與行為改善之依據：

一、 公車進、出站有關之異常事件#1：操作固定流程失誤：

(一) 定義：駕駛員未依照規定程序完成起步前之視覺確認作業。

(二) 標準流程：

- 就欲行進方向之可能衝突區，首先確認影像 (間接視區)；
- 就欲行進方向之可能衝突區，查看後視鏡 (後方機車/車輛) (間接視區)；
- 就欲行進方向之可能衝突區，親自轉頭查看直接視區。

(三) 條件：

- 未遵守 SOP 行為。

此指標反映駕駛員風險察覺程序之缺漏，可視為第一層風險源頭。

二、 公車進、出站有關之異常事件#2：操作固定流程失誤導致潛在衝突或實際衝突：

(一) 定義：駕駛員未確認即起步，且於起步方向之潛在衝突區內存在其他車輛或道路使用者；若為實際衝突，則代表接近程

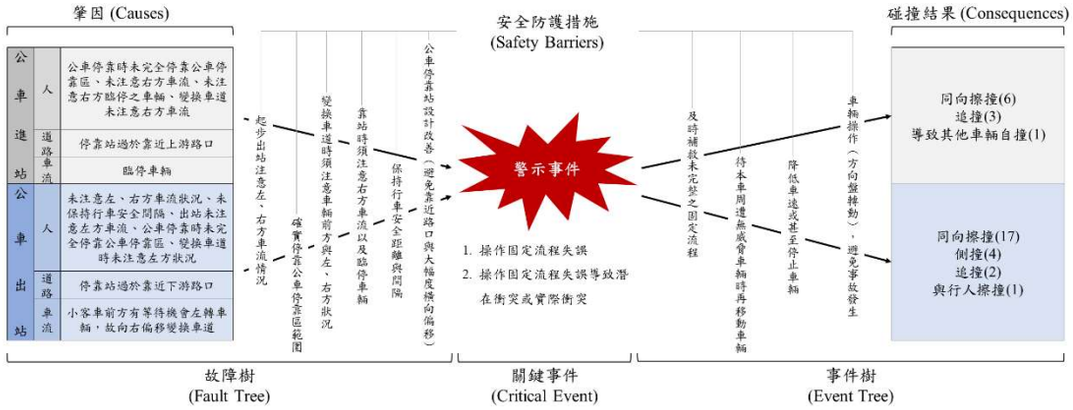
度達到預警門檻。

(二)條件：

- 駕駛員未完成操作流程所述流程。
- 衝突區內有車輛靠近。
- 接近程度達定義門檻值 (若為實際衝突)。

(三)衝突型態：

- 迫使他車緊急剎車或變換路線。
- 與他車或用路人動線交會之風險情境。
- 他車按喇叭或明顯閃避。



註：碰撞結果中，括弧內數值為該碰撞類型之事故件數

圖 5-14 公車進、出站之異常事件 Bowtie 架構

圖 5-14 為公車進、出站之 Bow-tie 架構。當潛在肇因出現時，駕駛員應可透過車載設備輔助，加強其評估行車風險之能力。此外，由於進、出站操作需要大量使用後視鏡，以檢視後方是否有車輛，故駕駛員視線也應當更專注於間接視區，以確保變換車道乃至後續的進站操作，或出站時之變換車道，可有效降低行車風險。在公車停靠站與道路設計部分，政府單位則應避免將公車站設置於路口附近，客運業者應亦避免公車路線須大幅度的橫向偏移 (如停靠路側公車站牌後，需在短距離內左轉)。另一方面，當異常事件發生時，駕駛員則應致力於減緩風險惡化的情況，或掌控行車狀況，使行車動態回到原始的狀況。若上述駕駛任務過於困難，也應盡量降低事故嚴重度。在碰撞類型方面，公車進、出站最常出現的碰撞類型為同向擦撞 (23 件)，次之為追撞 (5 件)、側撞 (4 件) 及其他 (2 件)。

表 5-7 為公車進、出站各肇因之風險分數。其中，每件事故風險分數

較高者均為發生頻率為「極常」的肇因，風險分數由高至低分別是駕駛員注意力分配失誤，未注意到正在進行交織之車輛 (SD2)、未保持安全距離或間距 (SD1) 及於進站或出站作業時，變換車道不當 (SD4)。上述之肇因為駕駛員進、出停靠站時一系列的操作是否合宜，也可以對應於公車進、出站異常事件#2，駕駛員可能在特定環節忽略重要之駕駛操作流程，而發生與用路人的碰撞事故。因此，本計畫認為市區客運業者應發展公車進、出站的固定操作流程，使駕駛員能有效遵從，降低因複雜駕駛行為導致的負面效果，提升行車安全。

另外，與周遭車輛之速差造成誤判 (SD3)、公車停靠站過於靠近上、下游路口 (SR1) 及公車停靠區周遭車流交織多 (ST1) 三個肇因的發生頻率均為「經常」。其中，SR1 肇因之每件事故風險分數略高於其餘兩個肇因，且 10 件事故中，有 3 件為 A2，比例較高，顯示公車停靠站的位置設計有精進改善的空間。若停靠站鄰近下游路口，則可能容易發生其他用路人欲右轉，駕駛員對兩車速差有所誤判，而導致交叉撞或側撞之情境。另一方面，若路口下游緊鄰停靠站，則駕駛員常需在路口處附近變換車道至最外圍車道，而增加行車複雜度；此時，駕駛員注意力可能會分散，而提高行車風險。據此，本計畫認為公車進、出站的駕駛操作容易增加行車風險，應訓練駕駛員遵守可發展之固定操作流程，以及改變停靠站位置，盡量設置於遠離路口處，避免複雜的駕駛行為。

表 5-7 公車進、出站各肇因風險分數 (事故數 = 34)

事故肇因	A3	A2	A1	總風險分數	每件事故風險分數
SD1 (22 件；極常)	19×4	3×5	0×5	91	4.14
SD2 (20 件；極常)	17×4	3×5	0×5	83	4.15
SD3 (8 件；經常)	7×3	1×4	0×5	25	3.13
SD4 (16 件；極常)	14×4	2×5	0×5	66	4.13
SD5 (5 件；偶爾)	5×2	0×3	0×4	10	2.00
SR1 (10 件；經常)	7×3	3×4	0×5	33	3.30
ST1 (8 件；經常)	8×3	0×4	0×5	24	3.00

5.3.4 討論與管理意涵

5.3.4.1 風險評估結果討論

在大客車事故分析的方法論方面，計量統計模型或機器學習演算法較常被使用 (Mangones *et al.*, 2024; Zhu *et al.*, 2023)。僅依賴結構化資料執行事故探討，往往只能透過事故發生當下的資訊，提出相對應之行車安全管理策略。然而，基於客運業者的車隊管理與駕駛員訓練之考量，行車安全管理策略可能過於淺薄，無法確切了解事故或行車異常事件背後更深層的原因，故而無法有效降低事故風險。另一方面，雖然自然駕駛研究資料或行車影片可以補足上述研究缺口，但較少學者聚焦於大客車做為研究資料。其中，Loo *et al.* (2023) 以公車行駛影像資料，使用深度學習與電腦視覺技術，辨識公車事故發生頻率之高風險因素。Barnes *et al.* (2023) 使用事故資料與影像探討車內乘客事故的原因。

據此，基於自然駕駛研究與行車影像之應用層面，本計畫透過首都客運事故發生前後之影像及客運業者駕駛長深入訪談等質化分析方法，搭配 Bow-tie 分析架構建立行車異常事件，並使用一半量化風險評估模型，建構一套完整的分析流程，以較微觀的觀點，建立事故發生的時序變化過程，並探討每個肇因的風險分數，量化其與行車風險之關係。此方法論具一般性，可應用於不同國家或地區的不同車流環境，或應用於各種肇事位置與情境 (如路口、路段、公車專用道等)。

在公車行駛路口之風險評估分析結果中，未保持安全距離或間距及駕駛員注意力分配失誤兩個肇因發生的頻次為「極常」，亦是在事故資料表中可能出現的肇因。雖上述兩個肇因較為籠統，但本計畫發現許多公車事故的主因實為與他車距離過近，尤其在市區的混合車流環境下，小汽車與機車的行經軌跡變化較快，而難以捉摸，故行經路口時降低車速，降低事故發生機率或事故嚴重度，為重要之行車安全標準 (Liu, 2007)。另外，肇因為無確實執行指差確認之事故件數雖不多，但每件事故風險分數較高，是因為事故嚴重度較高 (A2 事故佔 50%)，反映在路口行駛時，公車與弱勢用路人發生碰撞之結果較嚴重之事實 (Park *et al.*, 2019; Samerei *et al.*, 2021)。

在公車進、出站之風險評估結果方面，出站事故較進站事故多，雖本計畫使用的事故數較少，但仍可呼應 Qi *et al.* (2021) 之公車停靠站中、下游風險較高之分析結果。肇因之量化分析中，駕駛員注意力分配失誤，未注意到正在進行交織之車輛、未保持安全距離或間距及於進站或出站作業時，變換車道不當，為風險分數前三高之肇因，代表駕駛員進行進、出站

操作時，基本的作業流程有其缺漏之處。因此，本計畫認為市區客運業者應提出公車進、出站之 SOP，供駕駛員遵循，降低在混合車流情境下發生事故之可能性。例如駕駛員應於進站前一定距離內，變換至最外側車道；亦可制定一套如首都客運業者已發展之變換車道 SOP，供駕駛員依循，以提升公車進出站的行駛安全。另外，公車停靠站過於靠近上、下游路口之肇因，導致 10 件進、出站事故。其中，共有 9 起事故為出站事故；這 9 起事故均為路口位於停靠站下游之道路配置 (near-side)，以事故頻次而言，與過去研究之分析結果一致 (Cheung *et al.*, 2008; Shahla *et al.*, 2009)。上述分析結果代表若受限於街廓較小之道路配置，停靠站應可設置於路口下游 (far-side)，較設置於路口上游更為安全。

5.3.4.2 客運業者管理意涵

首先，客運業者可遵循該分析架構，建立 SMS 管理工具，透過異常事件擬定、風險量化評估與管理流程，讓駕駛員有跡可循、逐項執行，最終達到安全目標。具體而言，若管理業者得以利用本計畫發展的分析流程，那麼駕駛員不再會被告知籠統的肇事原因，而是再更細節地指出是何處的駕駛任務執行不周，而導致上述提及之籠統的肇事原因，最後產生事故。另一方面，此概念可回推，意即駕駛員也得以遵循固定的駕駛流程，降低高風險駕駛行為發生的機率，避免可能發生事故的不利環境，進而達成減少事故發生機率的目標。

在肇因風險評估方面，本計畫以肇因出現頻次與事故嚴重度量化每個肇因的風險分數。基於客運業者的管理策略，由於事故的發生頻次不高，可能須以平時之自然駕駛做為教育訓練的基準；據此，上述之半量化風險評估模型，則可用於一般駕駛情境或基於 ADAS 警示事件之影像，檢視 Bow-tie 架構中故障樹的部分。舉例而言，管理階層可統整警示事件發生前的肇因種類，並將每個肇因的風險分數加總，得出不同警示事件之總風險分數，量化每位駕駛員的行車狀況。在量化風險分數的輔助下，客運業者在進行駕駛員風險管理時，管理階層能依此系統架構發展駕駛員教育訓練課程主題及辨識須再教育之對象；另一方面，駕駛員也能更清楚明瞭自身駕駛情況，例如常出現之高風險駕駛情境或行為，以提升教育訓練之效果。

根據上述之嶄新的方法論，本計畫使用公車行駛路口及公車進、出站的情境做為案例，擬定行車異常事件及評估行車風險。客運業者的管理階

層與駕駛員即可根據後續蒐集的自然駕駛影像與異常事件定義，拆解駕駛員行駛於路口與進、出公車站的高風險駕駛行為與潛在影響因素。舉例而言，若大客車駕駛員右轉時，不慎擦撞右側機車，則在事故肇因統整的資料集中，通常會以「未保持行車安全間隔」記錄之。儘管事故資料表上呈現的事故肇因確實如此，但此「肇因」其實亦可謂「結果」。上述意涵代表本計畫更關心的是為何兩車間會有未保持行車安全間隔之問題，以及既然已無安全間隔，為何仍要持續移動，而導致發生事故。其一，兩個未能保持安全間隔可能是因為道路幾何、交通流量等因素導致；其二，在未保持安全間隔下，車輛持續移動的原因可能有很多種，包括未能完整執行指差確認、注意力分配失誤等。據此，透過影像與本計畫擬定之異常事件，即可細究事故發生原因。駕駛員在行穿線前未完全停止車輛、駕駛員完全沒有執行指差確認，抑或是駕駛員有執行但不確實等不同風險層級的異常事件，就可以進行判定。爾後，管理階層應針對駕駛員失誤或分心的環節，特別加強個別的教育訓練，避免一般性的管理方式，才是能有效降低事故風險的方法。

綜上所述，透過基於 ADAS 警示事件或事故之自然駕駛影像資料，本計畫提供客運業者管理階層進行駕駛員安全管理時，可遵循之步驟及預期成效，期望能藉此有效降低高風險駕駛與事故數：

一、 管理階層須預先定義欲探討之行車動態或情境，如行經路口、公車進、出站、變換車道等。

二、 擷取 ADAS 警示事件或事故發生前後的影像；若有 OBD、GPS 及 ADAS 等相關資訊，也可勾稽交互參照。

三、 若管理階層欲評估本計畫已探討之公車行駛路口或進、出站情境之風險，則可直接檢視並統整 ADAS 警示事件或事故發生前有出現的肇因類別；然而，若管理階層欲評估變換車道或行駛於公車專用道等其他情境的駕駛風險，則須先觀看一定數量之影像，列出所有可能的肇因後，再進行後續之其他事件的風險評估。

四、 為能有效降低高風險駕駛行為，風險的量化是必要之流程。而透過步驟三的影像檢視，可得到每一個異常事件的風險分數，也可進一步計算每一位駕駛每天行駛的總風險分數。因此，管理階層得以區分不同駕駛情境 (公車進、出站、行駛路口、變換車道等)

在不同環境 (晴天或雨天、白天或夜晚、尖峰或離峰等) 的風險分數，擬定客製化的教育訓練教材、針對特定情境加強訓練，或擬訂特定情境之行駛 SOP 等。

五、 市區客運業者 ADAS 警示資料的使用，通常較國道客運業者有較多限制。然而，若能根據本計畫之分析結果加以使用，管理階層則可以有效使用該資料進行駕駛員安全管理，而駕駛員面對日常複雜的駕駛任務，也能透過具體的教育訓練過程，更了解自身駕駛狀況，進而有效提升行車安全。

5.3.4.3 政府部門管理意涵

在交通運輸相關主管機關或政府單位部分，本計畫亦提出四項管理意涵，做為政策推動與制度設計之參考。

首先，主管機關可建立以自然駕駛影像為核心之事故資料整合與共享機制。現行事故資料多僅限於結構化欄位與事後調查報告，欠缺事故發生前後之時序性資訊，致使事故肇因多停留於結果描述層次，難以反映駕駛行為與外部環境之交互關係之真正肇因。本計畫所發展之自然駕駛影像分析與半量化 Bow-tie 風險評估流程，提供主管機關建構具時序性與可追溯性之事故資料整合平台之參考架構。透過要求客運業者定期回傳事故影像、ADAS 警示事件及車載感測資料，可提升事故研析之完整性與實證價值，並促進跨業資料共享與後續研究應用。

其次，主管機關可導入風險導向之監理與稽核制度。傳統監理指標多著重於事故件數與違規紀錄，本計畫顯示駕駛行為風險可藉由風險分數量化，做為駕駛員風險管理與教育訓練之依據。主管機關可進一步將「平均風險分數」或「高風險事件比例」納入業者安全評鑑與監理指標，建立以風險預警為核心之監理機制，使監理模式由事後反應轉為事前預防。

第三，客運業者主管機關應制定行車異常事件與駕駛教育訓練之標準化指引。本計畫以大客車行駛路口及進、出站情境為例，建立異常事件之定義與風險分數計算方式。主管機關可建立跨業共通之異常事件清單與 SOP 內容，並納入職能訓練與再教育制度中，以確保駕駛員在高風險情境下具備一致的行車判斷標準與操作流程。

最後，主管機關可推動科技輔助之安全監理與智慧化管理制度。隨著 OBD、GPS 及 ADAS 等資料可得性提升，主管機關可結合本計畫之分析架

構，建立科技輔助安全監理平台，將影像、感測與警示資料納入持續性風險監測流程。此舉不僅有助於掌握市區客運車隊之整體安全水準，亦可與政府推動之智慧公共運輸政策相互銜接，形成自下而上之安全治理體系。

綜上所述，政府部門若能依據本計畫方法論與研究結果發展資料整合、風險監理及教育標準化制度，將可有效進行市區客運業者之安全管理，並促進大客車安全管理體系之制度化發展。

5.4 行車異常事件序列定義與風險評估指標擬定

本計畫於 5.3 節討論行車異常事件之嚴重度，並透過 Bow-tie 分析架構，將事故肇因與事故碰撞型態連結起來，以討論不同肇因之風險高低。本章節從另一個角度出發，討論大客車行車異常事件的類型，接著訂定風險評估分析指標。

5.4.1 行車異常事件序列

根據 5.1 節的敘述，行車異常事件之定義是以 ADAS 警示事件為前提發展而來，在考慮車內駕駛分心或次級任務，以及車外與他車互動之情況，得出不同警示事件之異常事件程度。基於上述定義，行車異常事件序列是指「發生 ADAS 警示事件前後的車流互動狀況」。透過發展不同「駕駛行為」的異常事件序列，本計畫得以捕捉各種行車動態的異常事件。接著，本計畫可以進一步分析相異之行車動態的異常事件程度之影響因素，檢視車內、外重要因素與行車風險之關係。簡言之，異常事件序列的發展是一個分類駕駛行為的工具，而本計畫則受益於此工具，了解不同駕駛行為行車風險高低之影響因素。具體而言，本計畫將異常事件序列分為三大項：跟車 (car following)、變換車道 (lane changing) 及轉向 (turning)。以下三個子章節分別介紹這三大類的序列。

5.4.1.1 跟車

本計畫將「跟車」序列再細分為三個情境，分別為「前車突然減速」、「前車等速行駛」及「前車由左側/右側變換車道」 (表 5-8)。

表 5-8 跟車之異常事件序列分類

序列或子序列	與行車安全之相關性
序列一：前車突然減速	

表 5-8 跟車之異常事件序列分類

序列或子序列	與行車安全之相關性
1-1：且本車未剎車、保持原速或加速	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故之發生。
1-2：且鄰近車道有車輛	鄰近車道有車輛可能導致本車無法以變換車道做為反應警示事件之動作，而容易發生同向擦撞或追撞事故。
1-3：且近路口處 (10 m 以內)	根據 5.2 節的訪談結果，車輛行駛於近路口處或路口內屬於行車高風險情境。
1-4：且公車即將進入停靠站 (20 m 以內)	根據 5.2 節的訪談結果，公車駕駛員進行進站駕駛動作時，會提高行車風險，容易發生追撞或同向擦撞事故。
1-5：且公車正執行出停靠站操作	根據 5.2 節的訪談結果，公車駕駛員進行出站駕駛動作時，會提高行車風險，容易發生追撞或同向擦撞事故。
序列二：前車等速行駛	
2-1：且本車未剎車、保持原速或加速	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故之發生。
2-2：且鄰近車道有車輛	鄰近車道有車輛可能導致本車無法以變換車道做為反應警示事件之動作，而容易發生同向擦撞或追撞事故。
2-3：且近路口處 (10 m 以內)	根據 5.2 節的訪談結果，車輛行駛於近路口處或路口內屬於行車高風險情境。
2-4：且公車即將進入停靠站 (20 m 以內)	根據 5.2 節的訪談結果，公車駕駛員進行進站駕駛動作時，會提高行車風險，容易發生追撞或同向擦撞事故。
2-5：且公車正執行出停靠站操作	根據 5.2 節的訪談結果，公車駕駛員進行出站駕駛動作時，會提高行車風險，容易發生追撞或同向擦撞事故。
序列三：前車由左側/右側變換車道 (3L/3R)	
3-1：且前車剎車	本車之駕駛員可能來不及反應，易導致追撞事故。
3-2：且本車正在加速	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故之發生。
3-3：且近路口處 (10 m 以內)	根據 5.2 節的訪談結果，車輛行駛於近路口處或路口內屬於行車高風險情境。
3-4：且公車即將進入停靠站 (20 m 以內)	根據 5.2 節的訪談結果，公車駕駛員進行進站駕駛動作時，會提高行車風險，容易發生追撞或同向擦撞事故。
3-5：且公車正執行出停靠站操作	根據 5.2 節的訪談結果，公車駕駛員進行出站駕駛動作時，會提高行車風險，容易發生追撞或同向擦撞事故。

- **序列一：前車突然減速**

本車 (subject vehicle, SV) 穩定行駛於道路時，前方車輛 (leading vehicle, LV) 突然剎車減速，造成車輛間的距離短時間內縮小而觸發 ADAS 警示事件 (圖 5-15)；此序列包含許多子序列，描述在主序列發生的情境下，更為細節的本車動態與本車與他車之互動過程 (表 5-9)。

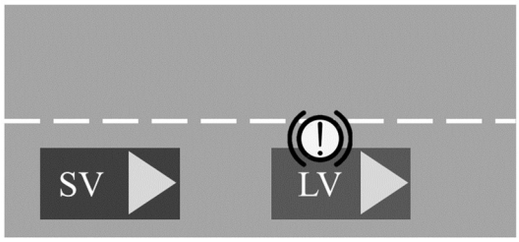
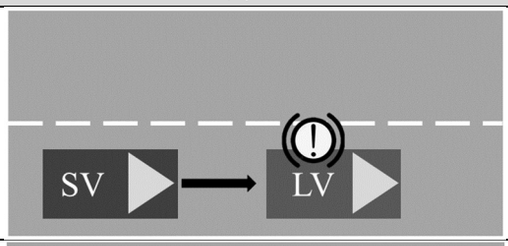
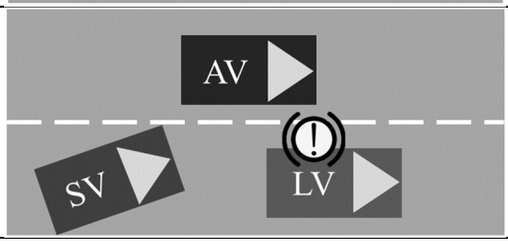
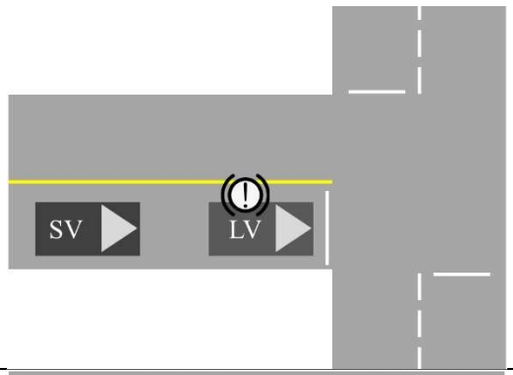
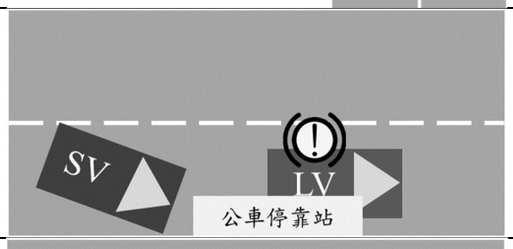
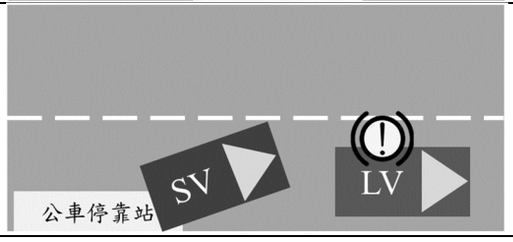


圖 5-15 序列一：前車突然減速示意圖

表 5-9 序列一與序列二之子序列說明與對應之圖示

子序列	圖示
序列 1-1：且本車未剎車、保持原速或加速：當前車突然剎車後，本車因故而無剎車行為，會使兩車距離持續接近，而容易導致追撞事故。	
序列 1-2：且鄰近車道有車輛：當前車突然剎車時，若鄰近車道有車輛(adjacent vehicle, AV)，使本車無法以變換車道的方式反應警示事件，易導致同向擦撞或追撞事故。	
序列 1-3：且近路口處 (10 m 以內)：車輛行駛至近路口處或路口內，因車流結構與車流方向較為複雜，易提升行車風險。	
序列 1-4：且公車即將進入停靠站 (20 m 以內)：公車在執行進站作業時，往往需搭配變換車道之駕駛行為，而容易發生同向擦撞或追撞事故。	
序列 1-5：且公車正執行出停靠站操作：公車在執行出站作業時，若未小心注意車前車輛，可能導致追撞或同向擦撞事故。	

- **序列二：前車等速行駛**

前車 (LV) 以等速行駛於道路上，本車 (SV) 緊隨前車，造成兩車間的距離過小而觸發 ADAS 警示事件 (圖 5-16)。

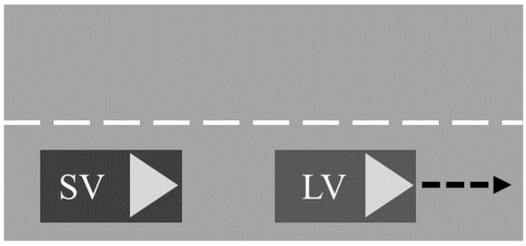


圖 5-16 序列二：前車等速行駛

序列二亦包含許多子序列，描述在主序列發生的情境下，更為細節的本車動態與本車與他車之互動過程，由於序列二的子序列與序列一完全相同 (惟前車由突然減速改為等速行駛)，故本計畫不再進行贅述，子序列意義與圖示可參考表 5-9。

- **序列三：前車由左側/右側變換車道 (3L/3R)**

本車 (SV) 行駛於道路上，另一車道之車輛 (AV) 變換車道至本車所行駛之車道上，使本車與前方車輛距離過近，而觸發 ADAS 警示事件。其中，若該序列為 3L，代表前車由左側變換至本車行駛之車道上；若該序列為 3R，代表前車由右側變換至本車行駛之車道上 (圖 5-17)。

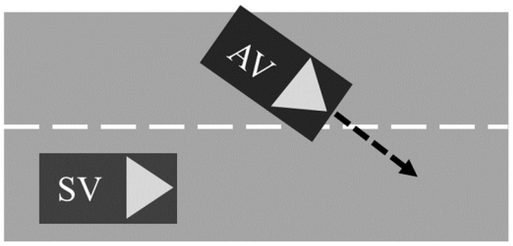
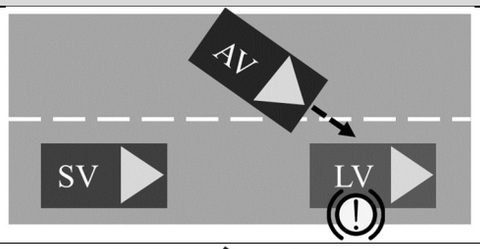
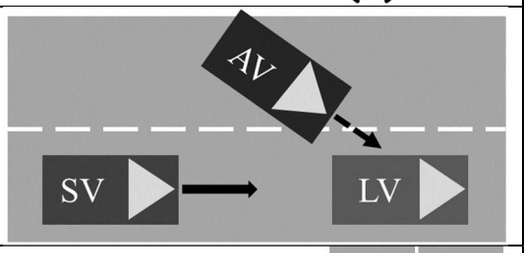
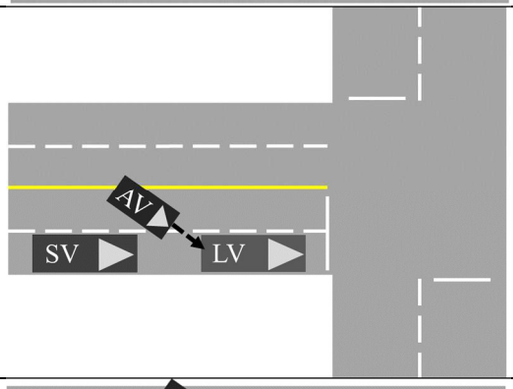
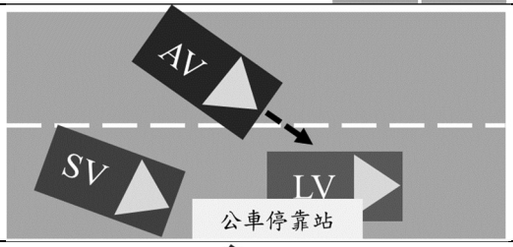
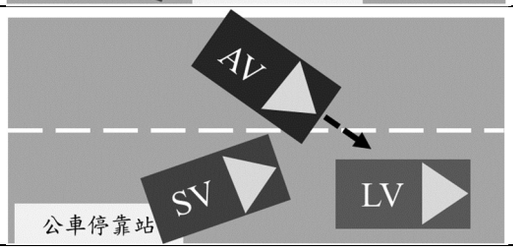


圖 5-17 序列三：前車由左側/右側變換車道 (3L/3R)

序列三亦有許多子序列，描述在主序列發生的情境下，更為細節的本車動態與本車與他車之互動過程 (表 5-10)。

表 5-10 序列三之子序列說明與對應之圖示

子序列	圖示
序列 3-1：且前車剎車：當前車一切進本車行駛之車道後，緊接有剎車的駕駛行為，亦導致本車駕駛員反應不及而與前車 (LV) 發生追撞事故。	
序列 3-2：且本車正在加速：當前車切進車道後，本車未注意前車而正在加速，容易與前車發生追撞事故。	
序列 3-3：且近路口處 (10 m 以內)：車輛行駛至近路口處或路口內，因車流結構與車流方向較為複雜，易提升行車風險。	
序列 3-4：且公車即將進入停靠站 (20 m 以內)：公車在執行進站作業時，往往需搭配變換車道之駕駛行為，而容易發生同向擦撞或追撞事故。	
序列 3-5：且公車正執行出停靠站操作：公車在執行出站作業時，若未小心注意車前車輛，可能導致追撞或同向擦撞事故。	

5.4.1.2 變換車道

本計畫將「變換車道」序列再細分為三個情境，分別為「本車向左/向右變換車道」、「本車向左/向右偏離車道」及「本車因閃避動作而向左/向右偏離車道」 (表 5-11)。

表 5-11 變換車道之異常事件序列分類

序列或子序列	與行車安全之相關性
序列四：本車向左/向右變換車道 (4L/4R)	
4-1：且前車剎車	本車之駕駛員可能來不及反應，易導致追撞事故。
4-2：且後車正在加速	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故之發生。
4-3：且近路口處 (10 m 以內)	根據 5.2 節的訪談結果，車輛行駛於近路口處或路口內屬於行車高風險情境。
4-4：且公車即將進入停靠站 (20 m 以內)	根據 5.2 節的訪談結果，公車駕駛員進行進站駕駛動作時，會提高行車風險，容易發生追撞或同向擦撞事故。
4-5：且公車正執行出停靠站操作	根據 5.2 節的訪談結果，公車駕駛員進行出站駕駛動作時，會提高行車風險，容易發生追撞或同向擦撞事故。
序列五：本車向左/向右偏離車道 (5L/5R)	
5-1：且鄰近車道有車輛	若本車偏離車道，且鄰近車道有車輛，極有可能發生同向擦撞或對撞事故，行車風險提高。
5-2：且本車無立即返回車道	若本車偏離車道，且並未立即返回車道，則可能與對向或同向車輛發生事故。
序列六：本車因閃避動作而向左/向右偏離車道 (6L/6R)	
6-1：且鄰近車道有車輛	若本車偏離車道，且鄰近車道有車輛，極有可能發生同向擦撞或對撞事故，行車風險提高。
6-2：且本車無立即返回車道	若本車偏離車道，且並未立即返回車道，則可能與對向或同向車輛發生事故。

- **序列四：本車向左/向右變換車道 (4L/4R)**

本車 (SV) 行駛於車道上，因前方有障礙物或前方車輛車速過慢等眾多因素，而變換車道，導致與另一車道之前車 (LV) 過近，觸發 ADAS 警示事件。其中，若該序列為 4L，代表本車向左變換車道；若該序列為 4R，代表本車向右變換車道 (圖 5-18)。

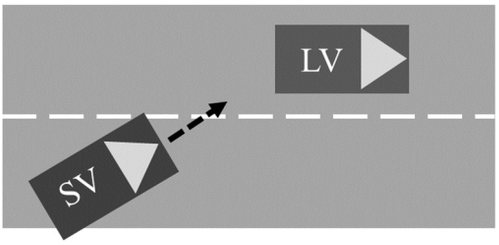
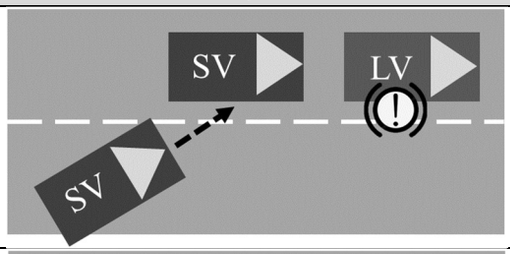
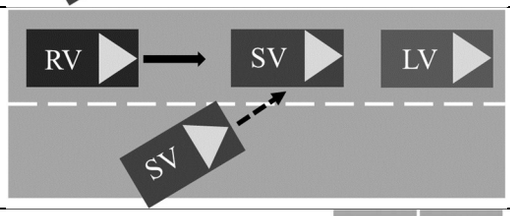
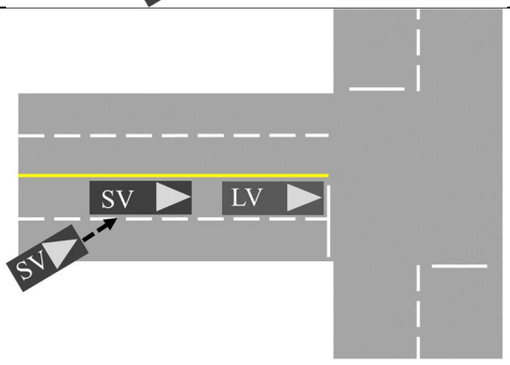
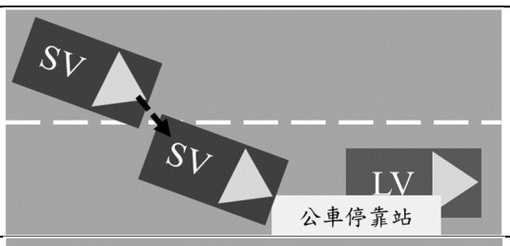
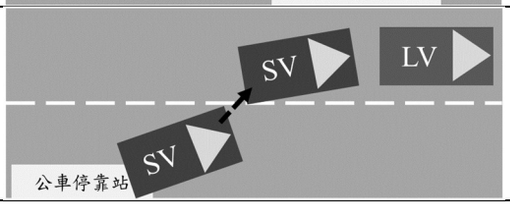


圖 5-18 序列四：本車向左/向右變換車道 (4L/4R)

序列四有許多子序列，描述在主序列發生的情境下，更為細節的本車動態與本車與他車之互動過程 (表 5-12)。

表 5-12 序列四之子序列說明與對應之圖示

子序列	圖示
序列 4-1：且前車剎車：當本車一切進車道後，前車有剎車的駕駛行為，易導致本車駕駛員反應不及，而與前車發生追撞事故。	
序列 4-2：且後車正在加速：當本車切進車道後，後車 (rear vehicle, RV) 未注意前車，而正在加速，比較一般情境更容易導致追撞事故。	
序列 4-3：且近路口處 (10 m 以內)：車輛行駛至近路口處或路口內，因車流結構與車流方向較為複雜，易提升行車風險。	
序列 4-4：且公車即將進入停靠站 (20 m 以內)：公車在執行進站作業時，容易發生同向擦撞或追撞事故。	
序列 4-5：且公車正執行出停靠站操作：公車在執行出站作業時，若馬上變換車道，可能增加事故風險，並導致追撞或同向擦撞事故。	

- **序列五：本車向左/向右偏離車道 (5L/5R)**

行駛於道路中的本車 (SV) 偏離出原先行駛之車道上。其中，若該序列為 5L，代表本車向左偏離車道；若該序列為 5R，代表本車向右偏離車道 (圖 5-19)。

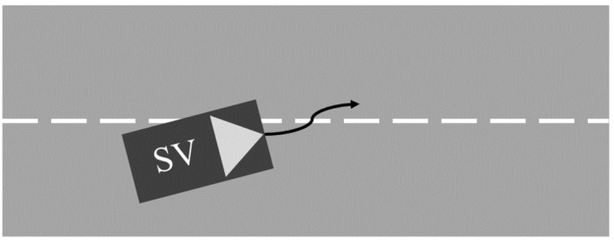
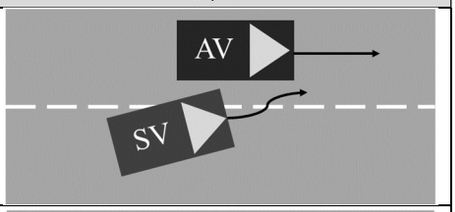
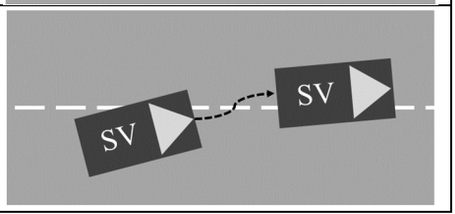


圖 5-19 序列五：本車向左/向右偏離車道 (5L/5R)

同樣地，序列五有許多子序列，描述在主序列發生的情境下，更為細節的本車動態與本車與他車之互動過程 (表 5-13)。

表 5-13 序列五與序列六之子序列說明與對應之圖示

子序列	圖示
序列 5-1：且鄰近車道有車輛：行駛於道路中的本車，偏離出原先行駛的車道中，而鄰近車道有車輛 (AV) 經過，若本車的偏移幅度過大，易與鄰近車輛發生同向擦撞。	
序列 5-2：且本車無立即返回車道：行駛於道路中的車輛偏離原先行駛的車道後，並未立即返回，繼續跨越車道中行駛，此序列通常與駕駛員的恍神或分心有關，抑或是道路幾何限制，使駕駛員無法立即返回原先之車道。	

- **序列六：本車因閃避動作而向左/向右偏離車道 (6L/6R)**

行駛於道路中的本車 (SV)，因路側臨停或違停車輛，或障礙物等影響，而進行閃避動作，因而造成本車偏離出原先行駛之車道上。其中，若該序列為 6L，代表本車向左偏離車道；若該序列為 6R，代表本車向右偏離車道 (圖 5-20)。

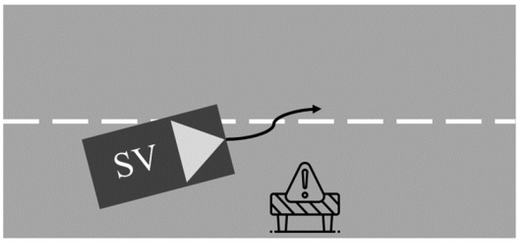


圖 5-20 序列六：本車因閃避動作而向左/向右偏離車道 (6L/6R)

序列六亦包含許多子序列，描述在主序列發生的情境下，更為細節的本車動態與本車與他車之互動過程，由於序列六的子序列與序列五完全相同 (惟本車由單純偏離車道改為因閃避動作而偏離車道)，故本計畫不再進行贅述，子序列意義與圖示可參考表 5-13。

5.4.1.3 轉向

本計畫將「轉向」序列再細分為兩個情境，分別為「本車在路口右轉」及「本車在路口左轉」 (表 5-14)。這兩個情境的子序列是相同的；然而，本計畫認為本車在路口右轉與左轉之風險可能並不相同，因此將其視為兩種不同的序列。具體而言，由於大客車駕駛座在車輛左側，故大客車右轉時擁有較寬闊的視野，視野盲區較小，事故風險可能較低，因而對於行車風險的意義與左轉並不相同。另一方面，由於大客車常需行經機會左轉或無號誌化之路口，而左轉需留意的道路環境較右轉複雜許多 (左轉須注意對向來車及行穿線上的行人或自行車等)，且也可能因為行車軌跡，導致左轉行駛至行穿線前之車速較快，故在這個方面，左轉的行車風險應大於右轉。

表 5-14 轉向之異常事件序列分類

序列或子序列	與行車安全之相關性
序列七：本車在路口右轉	
7-1：且行穿線上有行人或自行車等用路人	本車右轉時，若行穿線上剛好有弱勢用路人，會提高事故發生的風險，且兩者相撞之事故通常較為嚴重。
7-2：且本車右側有車輛	本車右轉時，若右側有其他車輛，容易導致同向擦撞，事故風險提高。
7-3：且本車左側有車輛	本車右轉時，由於大客車車體龐大，本車左後側可能會與左側車輛產生衝突，故亦可能增加行車風險。
序列八：本車在路口左轉	
8-1：且行穿線上有行人或自行車等用路人	本車左轉時，若行穿線上剛好有弱勢用路人，會提高事故發生的風險，且兩者相撞之事故通常較為嚴重。
8-2：且本車右側有車輛	本車左轉時，由於大客車車體龐大，本車右後側可能會與右側車輛產生衝突，故亦可能增加行車風險。
8-3：且本車左側有車輛	本車左轉時，若左側有其他車輛，容易導致同向擦撞，事故風險提高。

- **序列七：本車在路口右轉**

本車在路口處右轉，容易受到內輪差與視野盲區影響，導致側撞或同向擦撞的事故風險提高 (圖 5-21)。

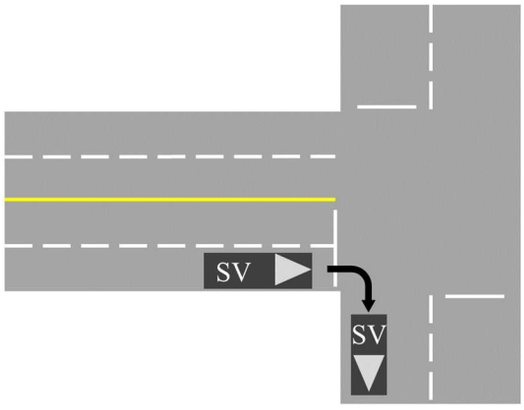
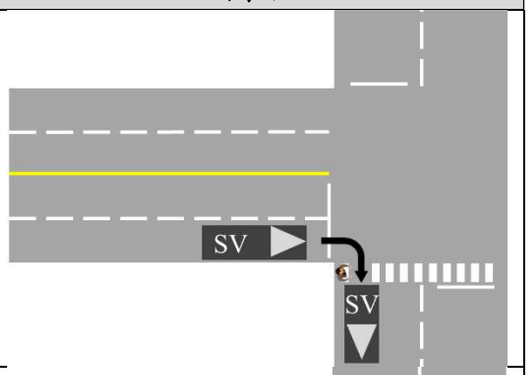
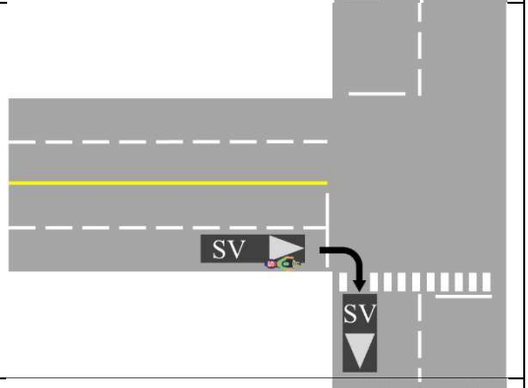
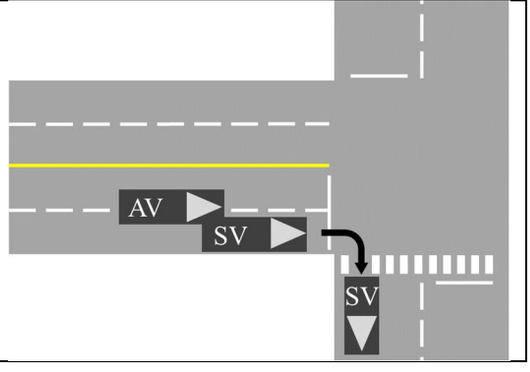


圖 5-21 序列七：本車在路口右轉

序列七有三個子序列，描述在主序列發生的情境下，更為細節的本車動態與本車與他車之互動過程 (表 5-15)。

表 5-15 序列七與序列八之子序列說明與對應之圖示

子序列	圖示
序列 7-1：且行穿線上有行人或自行車等用路人：本車動態為右轉時，若右轉動線之行穿線上有行人或自行車，則會大大地提高車輛與弱勢用路人碰撞的機率；且兩者發生之事故通常較為嚴重。	
序列 7-2：且本車右側有車輛：本車動態為右轉時，若右側有車輛，則會增加兩車間發生側撞或同向擦撞之機率；又大客車視野盲區較大，可能無法看見右側車輛，則會進一步提高發生事故之風險。	
序列 7-3：且本車左側有車輛：雖本車行向為右轉，但因大客車車體龐大，右轉時，左後側往往需要一定的軌跡，而可能與左側車輛產生衝突點，增加側撞或同向擦撞的機率。	

- **序列八：本車在路口左轉**

本車在路口處左轉，亦容易受到內輪差與視野盲區影響，導致側撞或同向擦撞的事故風險提高 (圖 5-22)。

序列八亦包含三個子序列，描述在主序列發生的情境下，更為細節的本車動態與本車與他車之互動過程，由於序列八的子序列與序列七完全相同 (惟左轉與右轉之差異)，故本計畫不再進行贅述，子序列意義與圖示可參考表 5-15。

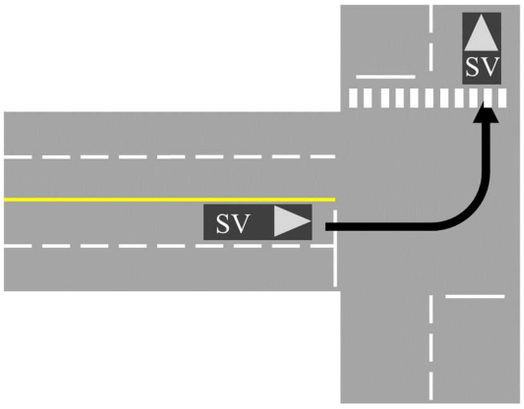


圖 5-22 序列八：本車在路口左轉

5.4.2 風險評估指標擬定

在定義行車異常事件序列後，本計畫需進一步擬定車外與車內之風險評估指標，以及警示事件之異常程度與駕駛員反應，以了解潛在風險來源與異常程度之關係 (圖 5-1 下半部)。其中，5.4.2.1 為車外評估指標；5.4.2.2 為車內評估指標。

5.4.2.1 車外評估指標

本計畫參考前四年之「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」案，在車外評估指標擬定的部分，使用「九宮格」的方式了解車外用路人與本車之互動狀況。九宮格之示意圖如圖 5-23 所示。

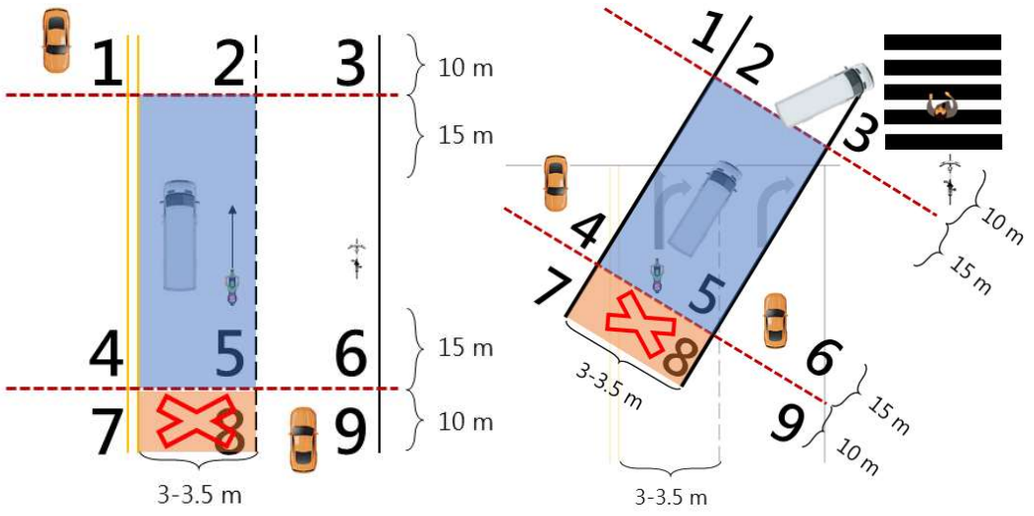


圖 5-23 車外評估指標之九宮格示意圖

本計畫將九宮格區分為完全不可反應範圍與可反應範圍，對應於第五宮格與其他宮格。以市區客運車速約 40 km/hr (11.1 m/s)，以及駕駛員反應時間 1.5 秒計算，反應距離為$11.1 \times 1.5 = 16.7m$，對應於第五宮格車輛前方之 15 公尺。另外，剎車距離約為 8.81 m，再加上反應時間距離，為$16.7 + 8.8 = 25.5m$。對應於第二宮格的 10 公尺。

在車外評估指標方面，本計畫根據第五宮格與其他宮格對於行車風險之影響不同而設定不同的指標。具體之車外評估分析指標如下所示：

- 第五宮格：由於第五宮格為車輛無法反應之道路空間，因此本計畫以「用路人數量」做為評估指標。具體而言，在觀看影片進行編碼時，本計畫以各用路人 (行人、自行車、機車、小客車或小貨車、大客車或大貨車) 數量做為該宮格之風險評估分析指標。
- 其他宮格：其他宮格為駕駛員可反應之空間，因此，本計畫在其他宮格擬定之評估指標，以「距離本車最近之用路人」為主要對象。具體而言，在人工編碼方面，本計畫會記錄各宮格距離本車最近之用路人類型 (行人、自行車、機車、小客車或小貨車，或是大客車或大貨車)、與本車之歐基里德距離。另外，在影像辨識方面，則會增加該用路人車速之辨識標的。

5.4.2.2 車內評估指標

同樣地，本計畫參考前四年之「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」案，將車內駕駛艙之駕駛長次要動作或分心動作分為數個「以肢體為基礎」的辨識標的，此部分將由人工真值編碼與影像辨識共同評估。車內

評估指標有拿東西、與乘客互動 (駕駛長周圍有乘客)、用手機、手靠近嘴巴、單手離開方向盤、雙手離開方向盤、操作車內設備、輕微與嚴重擺頭與指差確認。其中，由於本計畫之研究場域為市區客運，且臺北市與新北市均強制客運業者駕駛長行經路口左、右轉時，在行穿線前須執行指差確認，以確保弱勢用路人通過行穿線之安全性，因此，指差確認為本計畫增加之車內評估動作。需要注意的是，由於指差確認為一連續動作，因此不論是人工真值編碼或影像辨識，並非單一秒數即可以判斷該駕駛長是否有執行指差確認，或檢視指差確認是否執行完全，而是需要長秒數的連續影像方能了解指差確認之完整性。

5.5 行車異常程度與風險評估指標之小樣本測試

根據 5.4 節的內容，本計畫針對市區客運的警示事件進行小樣本的分析。具體而言，在都市中心行駛之路線 (首都客運 284 路) 而言，本計畫從 114 年 6 月 5 日至 114 年 6 月 19 日中，選擇 50 個警示進行分析。其中，本計畫依據白天/夜晚、是否為雨天、尖峰/離峰等標準抽取樣本。在 50 個警示中，有 20 個在白天、30 個在夜晚；12 個警示在雨天；38 個警示無下雨、13 個警示在尖峰時段；37 個警示在非尖峰時段。另外，在非都市中心行駛之路線 (首都客運 536 路) 中，本計畫則從 114 年 6 月 17 日至 114 年 7 月 29 日間，選擇 50 個警示進行分析 (由於 536 路亦有行駛於都市中心之路段 (見圖 4-10)，本計畫僅篩選其行駛於非都市中心之路段所發生的警示事件)。其中，有 32 個警示在白天、18 個在夜晚；7 個警示在雨天；43 個警示無下雨、22 個警示在尖峰時段；28 個警示在非尖峰時段。上述分析內容除了可揭示行車異常程度與本車動態、本車與他車互動之關係，亦可了解上述關係於不同道路環境之差異。

5.5.1 人工真值編碼

在人工真值編碼部分，本計畫分為三個部分進行，以下分別敘述這三個部分之編碼工作，以及其關聯性。

一、 序列與子序列紀錄：

本計畫請四位具備交通運輸背景之學生，各記錄 25 件警示事件發生時的序列與子序列。每個警示事件均會被歸類為特定的主序列

(跟車、變換車道或轉向)。另外，根據 5.4.1 節的說明，主序列一到主序列四均有 5 個子序列，因此，編碼表格額外新增五個欄位，分別代表子序列一至子序列五。據此，若該警示事件有符合子序列描述，則編碼為 1，若無則 0。而未滿 5 個子序列的主序列 (即主序列五到主序列八)，則在無對應子序列之欄位中記錄為 NA。

最後，本計畫團隊也於每個警示再新增一欄為在警示前 5 秒至後 3 秒，是否需要駕駛員執行指差確認。若不需要執行指差確認則編碼為 NA；若需要但完全沒有執行則為 0；若需要且有執行，但執行不完整則為 1；若需要且有完整執行指差確認流程則為 2。圖 5-24 為第一部分之編碼內容擷取。其中，表格中的每一列為一個警示事件。C 欄為車號，為維護客運業者之隱私，並未呈現於圖 5-24。K 欄為主序列編碼；L 欄到 P 欄則為子序列編碼；Q 欄則為指差確認之欄位。

	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	no	route	date	time	eventlb	eventid	lon	lat	speed	sequence	subsequence_1	subsequence_2	subsequence_3	subsequence_4	subsequence_5	point
2	3001	284	20250605	22:26:25 PM	WARN	H4	121.55646	25.02767166	34	2	1	0	0	0	0	NA
3	3002	284	20250605	22:28:03 PM	PERS	U2	121.5592616	25.03230333	6	1	0	1	0	0	0	NA
4	3003	284	20250605	22:30:24 PM	WARN	H1	121.5596316	25.03324666	37	3L	0	0	1	1	0	NA
5	3004	284	20250605	22:31:35 PM	WARN	H3	121.562365	25.03587	31	1	0	1	0	0	0	NA
6	3005	284	20250605	22:32:57 PM	PERS	U2	121.563225	25.03583333	8	1	0	1	1	0	0	NA
7	3006	284	20250605	22:32:59 PM	PERS	U2	121.56327	25.03583666	2	1	0	1	1	0	0	NA
8	3007	284	20250605	22:37:53 PM	WARN	H5	121.5706066	25.04092666	37	2	1	1	0	0	0	NA
9	3008	284	20250605	22:37:55 PM	WARN	H4	121.570815	25.04091833	37	2	1	1	0	0	0	NA
10	3009	284	20250605	22:37:59 PM	LDWS	L4	121.57123	25.04089833	37	5L	0	1	NA	NA	NA	NA
11	3010	284	20250605	22:52:47 PM	WARN	H5	121.59203	25.04991	34	1	1	1	0	0	0	NA
12	3011	284	20250605	22:52:51 PM	WARN	H4	121.5924316	25.05166666	38	2	1	0	1	0	0	NA
13	3012	284	20250605	22:54:07 PM	LDWS	L3	121.5955316	25.06645	36	5R	0	0	NA	NA	NA	NA
14	3013	284	20250605	22:54:31 PM	WARN	H3	121.5952116	25.05302166	30	1	1	0	0	0	0	NA
15	3014	284	20250605	22:54:33 PM	LDWS	L4	121.5951583	25.05318	35	6L	1	0	NA	NA	NA	NA
16	3015	284	20250605	22:59:36 PM	PERS	U2	121.590745	25.083	13	1	0	0	0	1	0	NA
17	3016	284	20250605	22:59:37 PM	PERS	U2	121.5907483	25.06861666	9	1	0	0	0	1	0	NA
18	3017	284	20250605	23:02:00 PM	WARN	H3	121.5906866	25.06963166	35	2	0	1	1	0	0	NA
19	3018	284	20250605	23:02:12 PM	WARN	H4	121.5902933	25.07061666	31	2	0	0	0	1	0	NA
20	3019	284	20250605	23:02:47 PM	WARN	H3	121.5898066	25.07179166	36	2	1	0	1	0	0	NA
21	3020	284	20250605	23:03:01 PM	WARN	H3	121.58994	25.07308833	35	1	0	0	1	0	0	NA

圖 5-24 序列與子序列之編碼內容擷取

二、 警示事件異常程度與駕駛員反應：

本計畫將警示事件異常程度，以及駕駛員面對警示之反應分為三個層級。異常程度部分為「異常」、「可能異常」及「無異常」；駕駛員反應為「恰當」、「中間值」及「不恰當」。由於此部分編碼較需要資深駕駛長協助，方能準確評估行車安全與駕駛員反應是否得當。因此，本計畫邀請兩位首都客運駕駛班長，在觀看警示發生前後之影像 (尤其是車前影像與車內駕駛艙影像) 後，統整車速與上述資訊，評估駕駛長對不同警示之反應 (1= 不恰當；2= 中間值；3= 恰當)。此外，綜合判斷與他車互動、本車行車動態與駕駛長反應後，亦能判斷該警示事件之異常程度 (1= 無異常；2= 可能異常；3= 異常)。本計畫在請兩位駕駛班長編碼前，有舉辦小型討論會議，並共同觀看 3 個警示

事件，檢視兩位對於駕駛人反應與異常程度編碼之想法。

	A	B	D	E	F	G	H	I	S	T	V	W
1	no	route	date	time	eventlb	eventid	lon	lat	reaction_driver_A	reaction_driver_B	surrogate_driver_A	surrogate_driver_B
2	3001	284	20250605	22:26:25 PM	WARN	H4	121.55646	25.02767166	3	3	1	1
3	3002	284	20250605	22:28:03 PM	PERS	U2	121.5592616	25.03230333	2	3	2	1
4	3003	284	20250605	22:30:24 PM	WARN	H1	121.5596316	25.03324666	3	3	1	1
5	3004	284	20250605	22:31:35 PM	WARN	H3	121.562365	25.03587	2	3	1	1
6	3005	284	20250605	22:32:57 PM	PERS	U2	121.563225	25.03583333	1	3	2	1
7	3006	284	20250605	22:32:59 PM	PERS	U2	121.56327	25.03583666	2	3	2	1
8	3007	284	20250605	22:37:53 PM	WARN	H5	121.5706066	25.04092666	3	3	1	1
9	3008	284	20250605	22:37:55 PM	WARN	H4	121.570815	25.04091833	3	3	1	1
10	3009	284	20250605	22:37:59 PM	LDWS	L4	121.57123	25.04089833	3	3	1	1
11	3010	284	20250605	22:52:47 PM	WARN	H5	121.59203	25.04991	3	3	1	1
12	3011	284	20250605	22:52:51 PM	WARN	H4	121.5924316	25.05166666	3	3	1	1
13	3012	284	20250605	22:54:07 PM	LDWS	L3	121.5955316	25.06645	3	3	1	1
14	3013	284	20250605	22:54:31 PM	WARN	H3	121.5952116	25.05302166	2	3	1	1
15	3014	284	20250605	22:54:33 PM	LDWS	L4	121.5951583	25.05318	2	3	1	1
16	3015	284	20250605	22:59:36 PM	PERS	U2	121.590745	25.083	2	3	1	1
17	3016	284	20250605	22:59:37 PM	PERS	U2	121.5907483	25.06861666	2	3	1	1
18	3017	284	20250605	23:02:00 PM	WARN	H3	121.5906866	25.06963166	3	3	1	1
19	3018	284	20250605	23:02:12 PM	WARN	H4	121.5902933	25.07061666	3	3	1	1
20	3019	284	20250605	23:02:47 PM	WARN	H3	121.5898066	25.07179166	3	3	1	1
21	3020	284	20250605	23:03:01 PM	WARN	H3	121.58994	25.07308833	3	3	1	1

圖 5-25 警示事件異常程度與駕駛長反應之編碼內容擷取

圖 5-25 為第二部分之編碼內容擷取。其中，S 與 T 欄為兩位駕駛班長針對駕駛長反應之編碼結果；V 與 W 欄則為兩位駕駛班長針對警示事件異常程度之編碼結果。

三、 警示事件逐秒之車外與車內評估指標紀錄：

由於本計畫欲探討車外與車內評估分析指標與異常程度之關係。因此評估指標的紀錄為須執行與編碼之內容。然而，由於本車與他車動態及車內駕駛長之次要任務或分心動作是隨時間變化之指標，故每件警示事件須長時間的紀錄，以反映隨時間變化的指標變數值。具體而言，本計畫記錄每件警示時間發生當下前 25 秒與後 10 秒之每秒的評估指標變數值 (故每件警示事件均有 36 秒的資料)。其中，編碼之變數包含：

(一)第五宮格各用路人種類 (行人、自行車、機車、小客車或小貨車、大客車或大貨車) 之數量。

(二)第一宮格中，與本車距離最近之用路人類型，以及該用路人與本車之歐基里德距離。

(三)第二宮格中，與本車距離最近之用路人類型，以及該用路人與本車之歐基里德距離。

(四)第三宮格中，與本車距離最近之用路人類型，以及該用路人與本車之歐基里德距離。

(五)第四宮格中，與本車距離最近之用路人類型，以及該用路人與本車之歐基里德距離。

(六)第六宮格中，與本車距離最近之用路人類型，以及該用路人與本車之歐基里德距離。

(七)第七宮格中，與本車距離最近之用路人類型，以及該用路人與本車之歐基里德距離。

(八)第九宮格中，與本車距離最近之用路人類型，以及該用路人與本車之歐基里德距離。

(九)駕駛長之次要任務或分心動作 (若有則編碼為 1，否則 0)：拿東西、與乘客互動 (駕駛長周圍有乘客)、用手機、手靠近嘴巴、單手離開方向盤、雙手離開方向盤、操作車內設備、輕微與嚴重擺頭與指差確認。

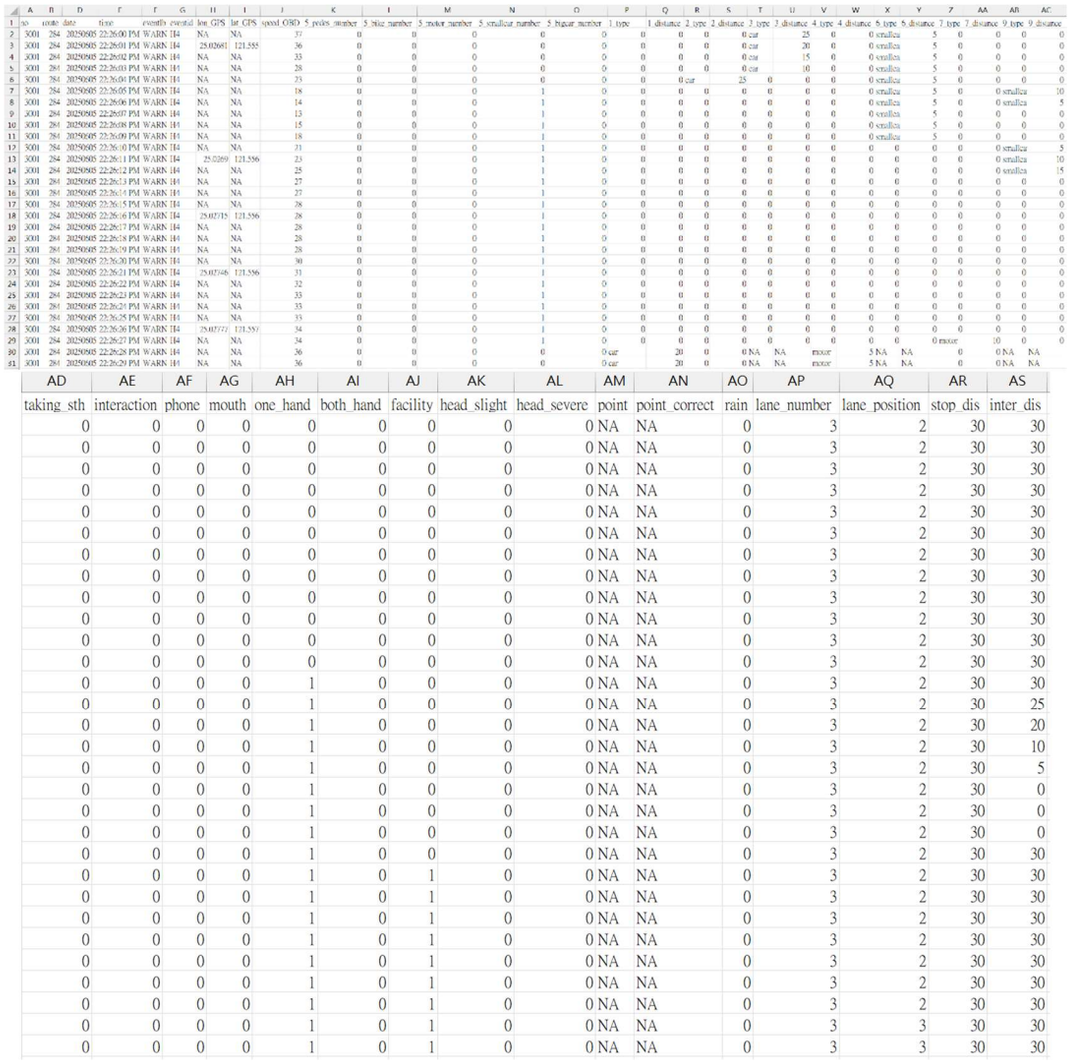
(十)是否下雨。

(十一) 單向車道數與本車行駛於第幾車道。

(十二) 與下游公車站距離。

(十三) 與下游路口距離。

上述列舉變數之編碼頻率均為每秒 1 筆，故每一個變數在每一個警示事件均有 36 筆資料 (圖 5-26)。



no	route	date	time	eventh	event	lon_GPS	lat_GPS	speed_OBD	5_peds_number	5_bike_number	5_motor_number	5_smallcar_number	5_bigcar_number	1_type	1_distance	2_type	2_distance	3_type	3_distance	4_type	4_distance	5_type	5_distance	7_type	7_distance	9_type	9_distance
3001	284	20250605	22:26:00 PM	WARN	14		NA	NA	37	0	0	0	0	0	0	0	0	car	25	0	0	smallca	5	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:01 PM	WARN	14		25.02681	121.555	36	0	0	0	0	0	0	0	0	car	20	0	0	smallca	5	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:02 PM	WARN	14		NA	NA	33	0	0	0	0	0	0	0	0	car	15	0	0	smallca	5	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:03 PM	WARN	14		NA	NA	28	0	0	0	0	0	0	0	0	car	10	0	0	smallca	5	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:04 PM	WARN	14		NA	NA	23	0	0	0	0	0	0	0	0	car	25	0	0	smallca	5	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:05 PM	WARN	14		NA	NA	18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	smallca	5	0	0	smallca	10
3001	284	20250605	22:26:06 PM	WARN	14		NA	NA	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	smallca	5	0	0	smallca	5
3001	284	20250605	22:26:07 PM	WARN	14		NA	NA	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	smallca	5	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:08 PM	WARN	14		NA	NA	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	smallca	5	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:09 PM	WARN	14		NA	NA	18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	smallca	5	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:10 PM	WARN	14		NA	NA	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	smallca	5
3001	284	20250605	22:26:11 PM	WARN	14		25.0269	121.556	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	smallca	10
3001	284	20250605	22:26:12 PM	WARN	14		NA	NA	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	smallca	15
3001	284	20250605	22:26:13 PM	WARN	14		NA	NA	27	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:14 PM	WARN	14		NA	NA	27	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:15 PM	WARN	14		NA	NA	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:16 PM	WARN	14		25.02735	121.556	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:17 PM	WARN	14		NA	NA	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:18 PM	WARN	14		NA	NA	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:19 PM	WARN	14		NA	NA	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:20 PM	WARN	14		NA	NA	30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:21 PM	WARN	14		25.02746	121.556	31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:22 PM	WARN	14		NA	NA	32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:23 PM	WARN	14		NA	NA	33	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:24 PM	WARN	14		NA	NA	33	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:25 PM	WARN	14		NA	NA	33	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:26 PM	WARN	14		25.02777	121.557	34	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:27 PM	WARN	14		NA	NA	34	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3001	284	20250605	22:26:28 PM	WARN	14		NA	NA	36	0	0	0	0	0	car	20	0	0	NA	NA		motor	5	NA	NA	0	0	NA	NA
3001	284	20250605	22:26:29 PM	WARN	14		NA	NA	36	0	0	0	0	0	car	20	0	0	NA	NA		motor	5	NA	NA	0	0	NA	NA

taking_sth	interaction	phone	mouth	one_hand	both_hand	facility	head_slight	head_severe	point	point_correct	rain	lane_number	lane_position	stop_dis	inter_dis
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	25
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	20
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	10
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	5
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	1	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	1	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	1	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	1	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	1	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	1	0	0	NA	NA	0	3	2	30	30
0	0	0	0	1	0	1	0	0	NA	NA	0	3	3	30	30
0	0	0	0	1	0	1	0	0	NA	NA	0	3	3	30	30

圖 5-26 警示事件逐秒之車外與車內評估指標之編碼內容擷取

5.5.2 分析結果

本計畫首先針對本計畫挑選之 100 個警示事件進行簡單的敘述性統計。表 5-16 為警示類型之統整 (部分警示經過合併)。從表 5-16 可以發現，「低於安全車距」與「左、右側偏移」之相關警示類型在不同路線上呈現顯著差異，284 路的低於安全車距警示數量遠高於 536 路；而 536 路的車道偏移警示數量則較 284 路多，與表 4-6 的統計結果呈現一致的結果，在一定程度上反映都市中心與非都市中心之車流與道路環境之差異。

表 5-16 100 件警示事件之類型統整

警示類型	284 (都市中心)	536 (非都市中心)
車距低於安全車距 (1.8 秒)	23	5
急加速	0	1
急減速	0	2
頻繁或多次變換車道	1	0
右側偏移	2	4
左側偏移	9	14
車輛周圍有移動或固定物體	15	24
總計	50	50

表 5-17 為主序列之敘述性統計。同樣地，284 路的跟車序列 (序列一至序列三) 數量多於 536 路；而 536 路的變換車道序列 (序列四至序列六) 之數量則多於 284 路，與表 5-16 的警示類型統計結果呈現一致。

表 5-17 100 件警示事件之序列統整

警示類型	284 (都市中心)	536 (非都市中心)
序列一：前車突然減速	14	4
序列二：前車等速行駛	23	12
序列三：前車由左側/右側變換車道 (3L/3R)	1	1
序列四：本車向左/向右變換車道 (4L/4R)	1	5
序列五：本車向左/向右偏離車道 (5L/5R)	10	15
序列六：本車因閃避動作而向左/向右偏離車道 (6L/6R)	1	11
序列七：本車在路口右轉	0	1
序列八：本車在路口左轉	0	1
總計	50	50

表 5-18 為兩位首都客運駕駛班長針對駕駛人反應的編碼結果。從表中可以發現，駕駛班長 B 認為在 100 個警示事件中，駕駛人面對所有警示之反應均為最恰當，而駕駛班長 A 則認為有 2 件為不恰當；15 件為中間值；83 件為恰當。從上述統計結果可以發現，有兩個事件的編碼結果為駕駛班長 A 認為不恰當，但駕駛班長 B 認為恰當。本計畫進一步檢視這兩個影像，發現其中一個事件為前方車輛欲變換車道，但由於目標車道有許多車輛，故暫時停止車輛，而本車剎車較晚，與前車距離非常接近。而另一個事件為前方大客車停靠於公車停靠站，本車亦欲停靠，同樣剎車較晚，與前車距離非常接近。因此，從事件影像可以發現，駕駛班長 A 較為注重與

前車須保持一定距離，避免急煞，防止追撞事故發生，但駕駛長 B 可能認為在市區道路環境下，因車流組成複雜，車輛駕駛長有時難以避免緊急剎車現象，為可接受之行車動態。整體而言，本計畫進一步利用 Gwet's AC1 檢定，發現駕駛班長的編碼結果有顯著的一致性。

表 5-18 駕駛人反應之編碼結果統整

駕駛人反應 (數量)	駕駛班長 A	駕駛班長 B
2	不恰當	恰當
15	中間值	恰當
83	恰當	恰當

表 5-19 為兩位首都客運駕駛班長針對警示事件異常程度之編碼結果。從表中可以發現，兩位班長均認為「無異常」的事件有 58 件；均認為「可能異常」的事件僅有 1 件；而兩位意見相歧的件數則有 41 件。另外，本計畫所挑選的 100 個警示事件中，均無出現「異常」程度的警示事件。在後續分析中，本計畫將兩位班長均認為「無異常」的事件，視為無異常之異常程度；而將其餘事件均視為「可能異常」事件。據此，在 100 件警示事件中，共有 58 件為無異常事件；42 件為可能異常事件。最後，根據 Gwet's AC1 檢定，兩位駕駛班長對異常程度之編碼，亦呈現顯著之一致性。

表 5-19 警示事件異常程度之編碼結果統整

異常程度 (數量)	駕駛班長 A	駕駛班長 B
1	可能異常	可能異常
9	可能異常	無異常
32	無異常	可能異常
58	無異常	無異常

本小節之章節安排為：5.5.2.1 呈現「跟車」序列之分析結果；5.5.2.2 則呈現「變換車道」序列之分析結果。此外，由於「轉向」序列事件數不足以分析，本計畫目前不分析「轉向」序列中，異常程度與風險評估指標之關係。

5.5.2.1 跟車

在所有警示事件中，284 路有 38 件為「跟車」警示，其中有 9 件為可能異常，29 件為無異常；536 路則有 17 件為「跟車」警示，其中有 8 件為可能異常，9 件為無異常。

- **車速**

本計畫首先檢視警示事件異常程度與警示前後車速之關係 (圖 5-27)。本計畫針對警示前 5 秒 (第 21-25 秒) 與警示後 3 秒 (第 27-29 秒) 之車速平均值進行檢定，以檢視警示前與警示後的車速是否有顯著差異。本計畫預期若駕駛長對警示發生之反應得當，警示後的車速應較警示前的車速低，且就「可能異常」與「無異常」警示而言，「可能異常」事件的車速下降幅度應該更大，反映情境之危險性較高，導致駕駛長須以較激進的減速率，避免事故之發生。

表 5-20 為跟車警示中，警示事件異常程度與車速變化之檢定結果。從分析結果可以發現，警示發生後的車速均低於警示發生前的車速，符合本計畫之預期結果，代表以車速而言，駕駛長面對警示之反應得當。其中，在全部警示方面，284 路的車速平均下降 4.0 km/hr，536 路則下降 6.0 km/hr。若比較可能異常事件與無異常事件，可以發現在 284 路中，可能異常事件車速下降的程度大於無異常事件，符合上述之本計畫預期結果；然而，在 536 路的部分則呈現相反的結果，即無異常事件的車速下降程度大於可能異常事件。

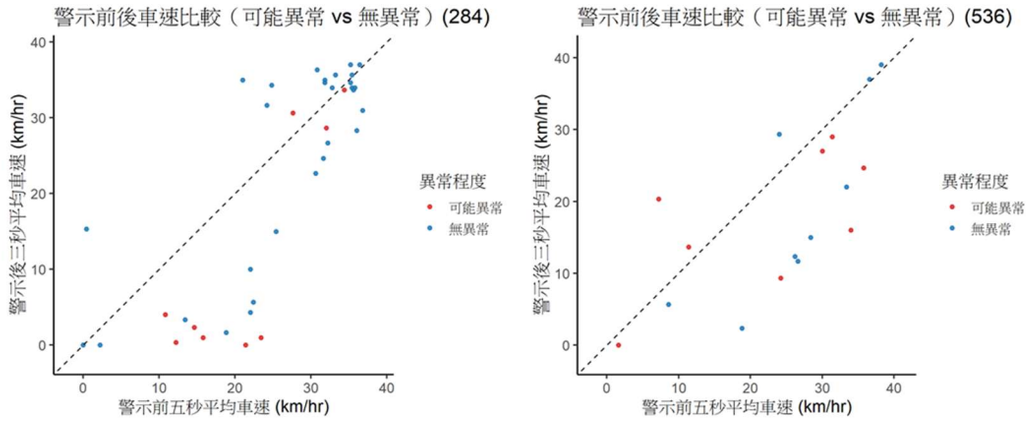


圖 5-27 跟車警示中，警示事件異常程度與車速關係圖

表 5-20 跟車警示中，警示事件異常程度與車速變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果

路線	全部警示事件		可能異常事件		無異常事件	
	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value
284 路	-4.0 km/h	0.009	-10.1 km/h	0.009	-2.1 km/h	0.18
536 路	-6.0 km/h	0.01	-4.5 km/h	0.25	-7.4 km/h	0.03

本計畫在後續觀看實際之行車影片後，認為可能原因為在都市中心內之路線 (284 路)，駕駛長通常以減速的方式反應跟車事件，因此「可能異常」事件多因為跟車太近，使駕駛長需反應的速差較大。至於非都市中心內之路線 (536 路) 的部分，駕駛長通常以偏離車道到對向或車道線附近的方式，反應跟車過近警示，而不是以減速的方式反應，故車速與異常程度之關係較小。

- **第五宮格用路人**

接著，本計畫檢視第五宮格是否有機車、小客車或小貨車、大客車或大貨車與異常程度之關係。表 5-21 為 284 路之檢定分析結果。從分析結果可以發現，以跟車警示而言，第五宮格是否有機車、小客車或小貨車、大客車或大貨車與異常程度之關係並不顯著。

表 5-21 跟車警示中，警示事件異常程度與第五宮格是否有用路人之關係 (284 路)

車種/異常程度	警示前 5 秒		車種/異常程度	警示後 3 秒	
機車 ($p = 1.00$)	無車輛	有車輛	機車 ($p = 1.00$)	無車輛	有車輛
可能異常	8 (26%)	1 (14%)	可能異常	8 (26%)	1 (14%)
無異常	23 (74%)	6 (86%)	無異常	23 (74%)	6 (86%)
小車 ($p = 0.73$)	無車輛	有車輛	小車 ($p = 0.72$)	無車輛	有車輛
可能異常	3 (20%)	6 (26%)	可能異常	3 (18%)	6 (29%)
無異常	12 (80%)	17 (74%)	無異常	14 (82%)	15 (71%)
大車 ($p = 0.22$)	無車輛	有車輛	大車 ($p = 0.66$)	無車輛	有車輛
可能異常	6 (20%)	3 (38%)	可能異常	6 (21%)	3 (33%)
無異常	24 (80%)	5 (62%)	無異常	23 (79%)	6 (67%)

表 5-22 為 536 路之檢定分析結果。從分析結果可以發現，以跟車警示而言，第五宮格是否有機車、大客車或大貨車與異常程度之關係並不顯著。然而，不論是警示前或警示後，第五宮格若有小客車或小貨車，則該警示成為「可能異常」程度之事件的機率較高 (若無小客車或小貨車，可能異

常之事件比例為 36%；若有小客車或小貨車，則可能異常之事件比例為 100%。上述關係之檢定 *p*-value 為 0.07，呈顯著差異)。

表 5-22 跟車警示中，警示事件異常程度與第五宮格是否有用路人之關係 (536 路)

車種/異常程度	警示前 5 秒		車種/異常程度	警示後 3 秒	
機車 ($p = 1.00$)	無車輛	有車輛	機車 ($p = 0.35$)	無車輛	有車輛
可能異常	5 (46%)	3 (50%)	可能異常	6 (60%)	2 (29%)
無異常	6 (54%)	3 (50%)	無異常	4 (40%)	5 (71%)
小車 ($p = 0.07$)	無車輛	有車輛	小車 ($p = 0.07$)	無車輛	有車輛
可能異常	5 (36%)	3 (100%)	可能異常	5 (36%)	3 (100%)
無異常	9 (64%)	0 (0%)	無異常	9 (64%)	0 (0%)
大車 ($p = 0.59$)	無車輛	有車輛	大車 ($p = 0.48$)	無車輛	有車輛
可能異常	7 (54%)	1 (25%)	可能異常	8 (53%)	0 (0%)
無異常	6 (46%)	3 (75%)	無異常	7 (47%)	2 (100%)

- **第二宮格用路人**

在第二宮格方面，本計畫討論警示前 5 秒與警示後 3 秒，最近之用路人與本車之距離變化。其中，若第二宮格無車輛，其與本車之距離以 40 公尺做為代表。表 5-23 為上述關係之檢定結果，從分析結果發現，在跟車警示中，不論是 284 或 536 路，警示事件之異常程度與第二宮格用路人與本車距離之變換並無顯著差異。

表 5-23 跟車警示中，警示事件異常程度與第二宮格之用路人與本車距離變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果

路線	全部警示事件		可能異常事件		無異常事件	
	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value
284 路	+1.36 m	0.43	+1.11 m	0.75	+1.43 m	0.47
536 路	+0.16 m	0.92	-2.76 m	0.30	+2.75 m	0.16

5.5.2.2 變換車道

在所有警示事件中，284 路有 12 件為「變換車道」警示，而這 12 個警示事件皆被編碼為「無異常」事件；536 路則有 31 件為「變換車道」警示，其中有 23 件為可能異常，8 件為無異常事件。由於 284 路並無「可能異常」事件，因此，本小節僅探討 536 路之警示事件異常程度與車外車流之關係。

- **車速**

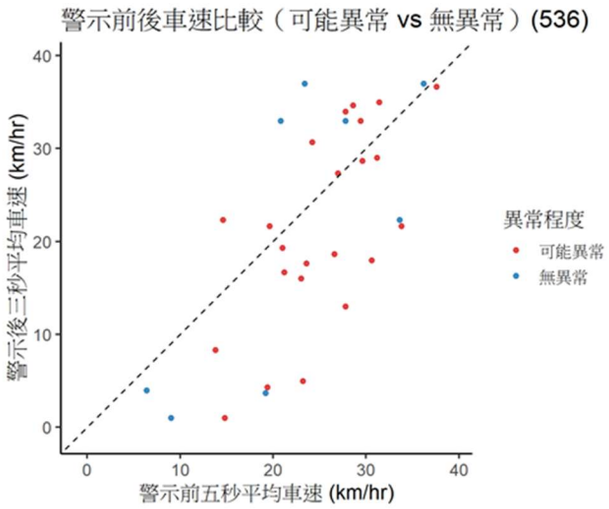


圖 5-28 變換車道警示中，警示事件異常程度與車速關係圖

同樣地，本計畫首先檢視警示事件異常程度與警示前後車速之關係(圖 5-28)。本計畫針對警示前 5 秒 (第 21-25 秒) 與警示後 3 秒 (第 27-29 秒) 之車速平均值進行檢定，以檢視警示前與警示後的車速是否有顯著差異。

表 5-24 變換車道警示中，警示事件異常程度與車速變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果

路線	全部警示事件		可能異常事件		無異常事件	
	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value
536 路	-3.0 km/h	0.06	-3.8 km/h	0.03	-0.7 km/h	0.86

表 5-24 為變換車道警示中，警示事件異常程度與車速變化之檢定結果。從分析結果可以發現，警示發生後的車速低於警示發生前的車速，符合本計畫之預期結果，代表以車速而言，駕駛長面對警示之反應得當。其中，在全部警示方面，536 路的車速平均下降 3.0 km/hr。若比較可能異常事件與無異常事件，可以發現在 536 路中，可能異常事件車速下降的程度大於無異常事件，符合上述之本計畫預期結果。

- **第五宮格用路人**

接著，本計畫檢視第五宮格是否有機車、小客車或小貨車、大客車或大貨車與異常程度之關係。表 5-25 為 536 路之檢定分析結果。從分析結果可以發現，若警示後 3 秒有機車，警示事件成為「可能異常」的機率大大

地提升 (所有事件均為可能異常事件)，具有統計上的顯著性。另一方面，若警示前 5 秒有大客車或大貨車，則警示事件成為可能異常的可能性則降低，亦存在統計上的顯著性。然而，此關係在警示發生後並不存在，可能代表本車駕駛長對於警示反應得當，降低車速，使在警示前存在於第五宮格的大客車或大貨車，在警示後不再存在於第五宮格，也間接導致上述關係不復存在。

表 5-25 變換車道警示中，警示事件異常程度與第五宮格是否有用路人之關係 (536 路)

車種/異常程度	**警示前 5 秒**		**車種/異常程度**	**警示後 3 秒**	
機車 ($p = 0.19$)	無車輛	有車輛	機車 ($p = 0.01$)	無車輛	有車輛
可能異常	10 (63%)	13 (87%)	可能異常	10 (56%)	13 (100%)
無異常	6 (37%)	2 (13%)	無異常	8 (44%)	0 (0%)
小車 ($p = 0.38$)	無車輛	有車輛	小車 ($p = 0.38$)	無車輛	有車輛
可能異常	13 (68%)	10 (83%)	可能異常	12 (67%)	11 (85%)
無異常	6 (32%)	2 (17%)	無異常	6 (33%)	2 (15%)
大車 ($p = 0.05$)	無車輛	有車輛	大車 ($p = 0.22$)	無車輛	有車輛
可能異常	22 (79%)	1 (33%)	可能異常	22 (73%)	1 (100%)
無異常	6 (21%)	2 (67%)	無異常	8 (27%)	0 (0%)

- **第二宮格用路人**

在第二宮格方面，本計畫同樣討論警示前 5 秒與警示後 3 秒，最近之用路人與本車之距離變化。其中，若第二宮格無車輛，其與本車之距離以 40 公尺做為代表。表 5-26 分析結果發現，在變換車道警示中，警示事件之異常程度與第二宮格用路人與本車距離之變換並無顯著差異。

表 5-26 變換車道警示中，警示事件異常程度與第二宮格之用路人與本車距離變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果

路線	**全部警示事件**		**可能異常事件**		**無異常事件**	
	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value
536 路	+1.27 m	0.59	+1.42 m	0.51	+0.81 m	0.91

- **其他宮格用路人**

由於變換車道之動態與他車的互動並不僅限於第五宮格及第二宮格，亦與其他宮格之車輛與本車距離有所關係。因此，本計畫也探討第一、三宮格、第四、六宮格及第七、九宮格之用路人與本車之距離，在警示前與警示後有無顯著差異。第一、三宮格代表本車左前與右前方；第四、六宮

格代表本車左側與右側；第七、九宮格則代表本車左後與右後方。其中，若本車變換或偏離車輛的方向為左側，則檢視之宮格為第一、四、七宮格；若方向為右側，則檢視之宮格為第三、六、九宮格。至於檢定內容則與第二宮格相同，為最近用路人與本車之距離，在警示前 5 秒與後 3 秒是否有顯著差異。

表 5-27 為檢定結果，在第七與第九宮格中，用路人與本車距離在警示前與警示後呈現顯著差異，警示發生後，與本車距離明顯增加，代表本車駕駛長反應得當，可能透過變換車道或加速的方式，與鄰近車道 (左後或右後方) 之車輛保持距離，避免潛在事故發生的機率。然而，其餘宮格用路人與本車距離在警示前、後之差異則未達顯著水準。

表 5-27 變換車道警示中，536 路警示事件異常程度與其他宮格之用路人與本車距離變化 (警示前 5 秒與警示後 3 秒) 檢定結果

宮格	全部警示事件		可能異常事件		無異常事件	
	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value	警示前後差異	*p*-value
一、三	+2.39 m	0.41	+4.82 m	0.17	-4.58 m	0.32
四、六	+3.79 m	0.33	+3.52 m	0.48	+4.58 m	0.36
七、九	+5.71 m	0.08	+3.85 m	0.31	+11.05 m	0.08

5.5.2.3 小結

表 5-28 為跟車與變換車道序列中，警示事件異常程度與車速變化之統整表。除了 284 路的變換車道警示未達統計上的顯著水準外，其餘情境之車速變化均為警示後 3 秒小於前 5 秒，符合本計畫之預期結果。然而，車速下降的變化程度則呈現相異之結果，在跟車警示中，536 路的車速變化程度為可能異常小於無異常，本計畫認為其可能原因為在都市中心內之路線的部分，駕駛長通常以偏離車道到對向或車道線附近的方式，反應跟車過近警示，而不是以減速的方式反應，故車速與異常程度之關係較小。

表 5-28 警示事件異常程度與車速變化之關係統整

路線	跟車	變換車道
284	• 車速：警示後三秒 < 前五秒 • 車速變化程度：可能異常 > 無異常	• 車速：後三秒 > 前五秒 (無顯著差異)
536	• 車速：警示後三秒 < 前五秒 • 車速變化程度：可能異常 < 無異常	• 車速：後三秒 < 前五秒 • 車速變化程度：可能異常 > 無異常

表 5-29 為警示異常程度，以及不同宮格用路人有無或距離變化之關係統整表。其中，第五宮格檢定內容為有無該車種 (機車、小客車或小貨車、大客車或大貨車) 與異常程度之關係；而其他宮格檢定內容為本車與他車距離 (所有事件、可能異常事件、無異常事件)。

根據分析結果，在跟車行為中，536 路的第五宮格若有小車，則該警示事件較易成為「可能異常」事件。至於變換車道行為中，284 路的第一、三宮格及 536 路的第七、九宮格，皆顯示警示後的與本車距離較長，代表駕駛長面對警示之反應得當。最後，536 路的第五宮格中，統計分析結果顯示若警示前有大車，則該事件較不會成為「可能異常」事件；而若警示後有機車，則較可能成為「可能異常」事件。

表 5-29 警示事件異常程度與不同宮格用路人有無或距離變化之關係統整

路線	宮格	跟車	變換車道
284	五	無顯著相關性	無顯著相關性
	一、三	NA	與本車距離：後 3 秒 > 前 5 秒
	二	無顯著相關性	無顯著相關性
	四、六	NA	無顯著相關性
	七、九	NA	無顯著相關性
536	五	警示前或後有小車 → 較可能成為「可能異常」事件	警示前有大車 → 較不會成為「可能異常」事件 警示後有機車 → 較可能成為「可能異常」事件
	一、三	NA	無顯著相關性
	二	無顯著相關性	無顯著相關性
	四、六	NA	無顯著相關性
	七、九	NA	與本車距離：後 3 秒 > 前 5 秒

註：由於在跟車中，本計畫並無探討宮格一、三、四、六、七、九之用路人與本車距離與警示事件異常程度之關係，故以 NA 代表無相關分析。

5.6 小結

本章節有兩大探討議題，其一為行車異常事件之嚴重度分析與肇因及事故結果之連結；其二為行車異常事件之分類與風險評估指標的擬定。本計畫於前者分析中，使用 Bow-tie 架構，發展一個半量化風險評估模型，藉由量化事故肇因與事故碰撞結果之關係，考量肇因出現頻次與碰撞嚴重度，了解駕駛員行為、車輛特性、道路幾何與交通流量等類型之肇因或可能原因對事故發生之影響。

在後者分析中，本計畫首先定義行車異常事件序列，並將其分為三個大類：跟車、變換車道與轉向。接著，本計畫擬定車外與車內評估指標，並探討這些風險分析指標與警示事件異常程度之關係。

本章節的分析屬於小樣本的測試，首都客運的都市中心與非都市中心僅各選擇 50 個警示進行上述關係之探討，較難以得出一般性之結論。另外，首都客運駕駛班長針對警示異常程度之編碼，亦沒有「異常」程度的事件可供檢視。據此，雖本章節提出一完整性的研究架構，但基於此研究架構之研究資料與結果並不那麼完整。因此，若後續計畫能基於此研究架構，應蒐集更多警示事件，建立更完善的資料庫，使駕駛長反應與異常程度之編碼更加多元，也可納入更多不同序列之警示類型。此外，本計畫僅以車速與車外之車流與本車互動之變數，解釋警示事件異常程度，並未探討車內駕駛長動作及其他環境變數與異常程度之關係，此部分待樣本數增加後，亦可納入分析探討。最後，受限於樣本數，本計畫之統計檢定方法的使用較為基礎，且並未使用迴歸分析探討自變數 (車外與車內指標) 與異常程度之關係。後續計畫仍可以基於此分析架構，在樣本數增加後，即可以透過迴歸分析更清楚變數間之關係。

第六章 影像辨識資料之分析架構

6.1 影像辨識評估架構

6.1.1 首都客運

一、 車輛前方

首都客運的前方影像是透過裝在車頭的相機向前拍攝，如圖 6-1，影像解析度為 960x480。不過需要注意畫面的左右兩側會明顯出現扭曲，如圖 6-2，這種狀況可能影響物件辨識的準確度。建議需使用扭曲校正演算法或透過相機內參和外參進行校正，以提升辨識與測距準確性。



圖 6-1 首都客運提供之車前影像



圖 6-2 首都客運提供之車側影像

二、 車輛側方

根據首都客運提供的車側影像資料，相機安裝位置分為兩種：一種由車尾向前拍攝，另一種則由車頭向後拍攝。影像解析度為 960x480。畫面呈現方面，影像底部靠近車身處有明顯的扭曲現象，可能影響後續辨識效果。

三、 車輛內部

車內相機的安裝位置依所需觀察資訊而定。根據首都客運提供的影像資料如圖 6-3，相機主要設置於車頭內部高處向下拍攝，後門處亦設有相機，主要用於觀察乘客上下車情形，前門相機則同時拍攝到駕駛。影像解析度為 960×480。畫面中駕駛約佔整體畫面的六分之一。為了清楚掌握乘客動態，相機採近似俯視角度進行拍攝。



圖 6-3 首都客運提供之車內影像

6.1.2 和欣客運

一、 車輛前方

和欣客運的前方影像解析度根據安裝的相機有所不同，主要是 940×480 或 704×480 兩種規格。影像的扭曲現象相對輕微，大多數都出現在畫面的外側邊緣，對整體辨識的影響不算太大如圖 6-4。



圖 6-4 和欣客運提供之車前影像

二、 車輛側方

和欣客運提供的車側影像主要由車頭向後拍攝。影像解析度依車輛所

裝設相機而異，分別為 940x480 或 704x480。畫面雖有扭曲現象，但多發生於車輛外側，且程度相對輕微如圖 6-5。

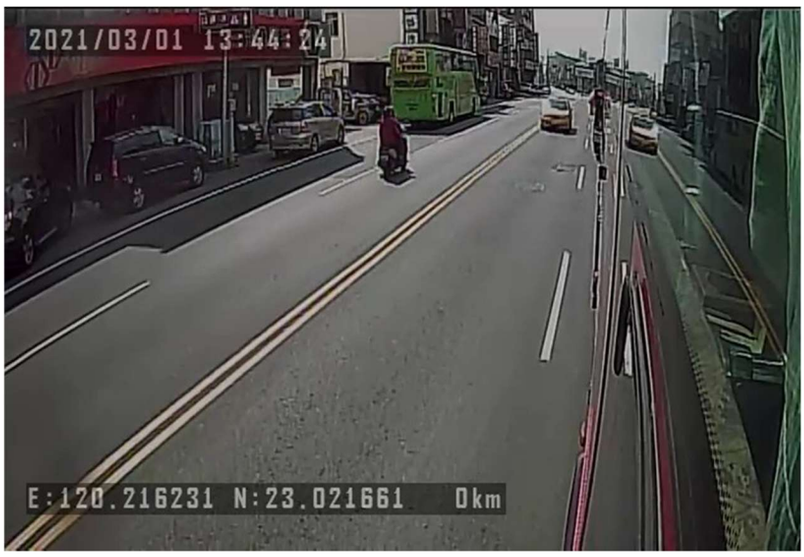


圖 6-5 和欣客運提供之車側影像

三、 車輛內部

車內相機的安裝位置依觀察重點而定。和欣客運的影像主要由 A 柱附近拍攝駕駛行為，並未直接拍攝臉部，對駕駛造成的壓迫感較小。影像解析度為 940x480 或 704x480。畫面中駕駛約佔整體畫面三分之一以上如圖 6-6。



圖 6-6 和欣客運提供之車內影像

6.2 客運業者影像資料品質之盤點：業者、車型與路線差異

市區客運的車型普遍較國道客運低矮，駕駛視野和相機安裝位置也較

為貼近地面，因此在設計 FCW 系統時需特別考量車輛前方的近距離區域辨識能力。此外，市區道路情境複雜且路況多變，行駛區域常涵蓋住宅區、學校、商業區和捷運站等人車高度混雜地帶，尤其需重視行人、機車、自行車等弱勢用路人的辨識與預警。

在光線條件方面，市區道路夜間照明條件較國道複雜且不穩定，光源可能來自路燈、廣告招牌、商家及各種交通工具的燈光，多樣光源干擾會對影像清晰度與辨識準確性產生影響。建議應特別針對市區特有的光線變化進行影像處理，例如適應性曝光調整，以提高辨識的穩定性與準確性。

另外，相較於國道情境的高速直線行駛，市區 FCW 系統還需考量低速、高頻率停車與啟動的情況，因此專業建議應設計適合低速行駛條件的距離與時間警示閾值，避免頻繁的誤警或漏警如圖 6-7。



資料來源：https://i.ytimg.com/vi/6FZNoiNe3ns/maxresdefault.jpg、
https://tse2.mm.bing.net/th/id/OIP.p858M-_Pk0JjYcjs8h43HAHaEK?rs=1&pid=ImgDetMain&o=7&rm=3

圖 6-7 和欣客運 (上) 和首都客運 (下) 提供之車型影像比較

國道客運因為乘客大多是坐在上層，相較於市區公車乘客大多是和駕駛在同一高度，所以車型上來說國道客運大多會比較高，長度部份則不會差太多。雖然國道客運車高較高，但車側相機未必安裝至車頂位置，因此整體而言，其相機安裝高度略高於市區公車，但各車輛間仍存在顯著差異。

路線方面，國道客運主要行駛高速公路，市區段則涵蓋上下車站點、休息站與停車場等；首都客運則行駛市區路線，涵蓋住宅區、學校、捷運站等人車混雜區域，這些較熱鬧的區域在夜間也會有比較複雜光線來源，可能來自路燈、店家、汽車、機車等如圖 6-8。



資料來源：https://zh.wikipedia.org/zh-tw/File:HoHsinBus_821-FS_01.jpg、
https://www.flickr.com/photos/151735605@N04/53258841167/in/photostream/

圖 6-8 和欣客運 (左) 和首都客運 (右) 提供之車型影像比較

6.2.1 和欣客運 (國道客運)

和欣客運主要營運路線涵蓋國道與部分平面道路，其影像資料具有以下特徵：

一、 影像解析度：提供的影像解析度主要為 940x480 或 704x480 兩種規格。相較於 Full HD 影像，此解析度在遠距離物件的特徵保留上較具挑戰，但對於中近距離的 FCW 應用仍屬足夠。

二、 鏡頭畸變 (distortion)：影像的扭曲現象相對輕微，大多數扭曲僅出現在畫面的極外側邊緣。這對於基於幾何投影 (如 IPM) 的距離估算較為有利，因為畫面中央主車道區域的線性度較高，無需過度激烈的校正即可取得相對準確的縱向距離。

三、 安裝視角：相機安裝位置較高 (因國道客運車體較高)，視野較為開闊，不易受前方車輛遮擋。這使得和欣客運 551-U9 在車距保持與前方路況判讀上具有先天優勢。

6.2.2 首都客運 (市區客運)

首都客運主要行駛於人口稠密的都會區，其車載影像系統呈現出與國道客運截然不同的特性，且面臨更嚴峻的環境挑戰。其中在鏡頭畸變部分，首都客運影像最顯著的問題在於畫面左右兩側及底部 (靠近車頭處) 有明顯的扭曲 (barrel distortion)。這種光學特性會導致畫面下方的水平車道線變成弧形，若未經校正直接進行距離推估，會產生較大誤差，特別是在近距離 (Grid 4/6) 區域。

針對首都客運，本研究進一步分析兩條特性迥異的路線：

一、市區核心路線：284 路 (汐止社后—景美)

- 路線特性：284 路為臺北都會區極具代表性的「跨區長程幹線公車」。其路線橫跨新北市汐止區、臺北市內湖區、南港區、松山區、信義區、大安區至文山區 (景美)。該路線行經多個核心商業與文教熱點，包括內湖科學園區周邊、松山車站、信義計畫區 (世貿中心)、國立我國大學等。
- 影像挑戰與分析：高密度混合車流、光影變化劇烈、頻繁起步煞停等特徵使得 284 路成為最具挑戰性的測試路線之一。

二、郊區山麓路線：536 路 (臺北海大—大同之家)

- 路線特性：536 路屬於「郊區至山麓」的連絡路線。其起點位於淡水河畔的社子島 (臺北海大)，沿途行經百齡橋、捷運芝山/明德/石牌站，最終抵達陽明山腳下的大同之家 (近天母/榮總)。
- 影像挑戰與分析：車速與背景差異、山區光照不足、特殊場景 (如榮總醫院周邊的高齡行人) 等因素影響辨識性能。

6.3 市區客運業者影像辨識技術之盤點

本研究旨在協助市區客運業者建立車外影像辨識系統，並透過科學化方法評估影像模型於真實道路中的實際表現。在市區客運情境中，攝影機通常安裝於公車前擋風玻璃後方，其視角、焦距、畸變程度、俯仰角、以及環境光線條件均具有高度變動性。為使辨識結果能進入後續的風險判斷流程 (如前方距離、相對速度、TTC、行進方向與九宮格區域分類)，必須先建立一套能將 2D DVR 影像轉換為 3D 世界座標的影像轉換模型。本節即針對現行能用於商用車輛的影像幾何技術進行盤點，並說明本研究為何

最終採用特定模型組合做為核心演算法。

一、車輛前方

市區 FCW (前方碰撞警示) 辨識，第一步透過影像偵測畫面內的各種物件，特別是要留意行人、機車和腳踏車這些比較容易被忽略卻可能產生嚴重後果的物件。此外，還需要估算物件距離，或者設定一個需要特別留意的區域 (例如 TTC=2 秒內，最少 5 m)，才能有效提醒駕駛注意前方可能的碰撞風險。

採用深度學習模型如 YOLO 系列，並配合有效的非極大值抑制 (NMS) 演算法來提高物件偵測的精確度。此外，建議改用透過車道線進行影像校正，並結合安裝高度量測，或其他更適合的替代量測相機參數的方法，以估算物件距離。

在市區客運情境中，攝影機通常安裝於公車前擋風玻璃後方，其視角、焦距、畸變程度、俯仰角、以及環境光線條件均具有高度變動性。為使辨識結果能進入後續的風險判斷流程 (如前方距離、相對速度、TTC、行進方向與九宮格區域分類)，必須先建立一套能將 2D DVR 影像轉換為 3D 世界座標的影像轉換模型。本節即針對現行能用於商用車輛的影像幾何技術進行盤點，並說明本研究為何最終採用特定模型組合做為核心演算法。

(一)射線－平面交點法 (ray－plane intersection)

射線－平面交點法是計算 3D 距離時最常見的幾何方法之一，其原理是以相機光心為射線起點，從每個像素座標 (u, v) 投射出一條 3D 向量，並求出該射線與地面平面 Z=0 的交點。此方法在靜態、固定角度的工業場景中相當有效，但在市區公車 DVR 影像中卻面臨重大限制。由於公車擋風玻璃常具有向上傾斜角度，使鏡頭呈現正俯仰角 (Pitch＞0) 的安裝方式，導致射線的 Z 分量無法朝向地面。換言之，射線實際上可能完全與地面平行甚至逐漸向上偏移，使得三維幾何方程式永遠無解，造成所有距離推估結果皆為 N/A。

本研究初期的 v1 模型即採用此方法；然而在大量實測影片中，本計畫觀察到只要鏡頭略微朝天，畫面中絕大多數物件的距離皆無法求解，甚至會造成後續速度與 TTC 計算整體失效，因此，本

技術在客運真實場景中並不適用。此限制屬於物理幾何層級，而非演算法可修補之問題，故最終不採用。

(二)反透視變換 (IPM / homography) 之採用

為解決射線法的物理限制，本研究改採反透視變換 (inverse perspective mapping, IPM) /單應性 (homography) 做為距離推估演算法核心。此方法不依賴射線是否指向地面，而是透過一個 3x3 之投影矩陣 H 建立影像平面與地面平面之間的幾何映射。由於市區公車 DVR 影像可視為固定焦距、固定中心點之單眼攝影機，因此只要能取得正確的相機高度、俯仰角、側傾角以及畸變參數，即能建立穩定且可重現的影像至世界座標轉換模型。

IPM 模型的一大優勢，是無需射線指向地面，因此能完全支援 Pitch > 0 的真實公車安裝條件。加上本研究自行開發的校準工具，本計畫能透過實際道路的固定距離標記 (如 4 公尺車道線間距)，以互動式方式估測相機高度與俯仰角，使模型不需攝影棚標定即可直接於公車環境使用。此外，本研究透過 height－pitch－fx 之耦合調整方法，成功解決 homography 在 fx 和場景尺度上常見的模糊性問題，讓距離推估結果具一致性與可重現性。

完整的 v2/v11 模型包含七項物理參數：相機高度、俯仰、偏航、側傾、焦距 (fx, fy) 與畸變 (k1)。透過組合 K、rvec、tvec 並計算 H_inv，即可將像素 (u, v) 映射到世界座標 (X, Y)。此外，本研究將 X 軸以 x_m = -(X'/W') 形式重定義，使其遵循 ADAS 系統中「右正左負」的慣例，以利後續九宮格區域判定。

最終，本研究的 v2/v11 IPM 模型可穩定輸出五項核心 3D 衍生指標，包括縱向距離 y_m、橫向距離 x_m、兩軸相對速度 rv_x 與 rv_y (使用 KalmanBEVTracker 平滑座標變化)，以及物件與本車之歐氏距離 dist_m。在確認物件位於主車道且相對速度 rv_y > 0 時，系統並能進一步計算 TTC 做為風險指標。此套模型廣泛應用於本研究後續所有評估章節。

二、 車輛側方

針對車輛側方，特別是駕駛盲點區域的危險物件偵測，目前市面上常見的技術依感測器類型大致可分為兩種方法：

(一) 雷達感測技術：當物件非常靠近車輛或進入盲點時，系統會發出警示或提示。雷達的優點是能夠偵測一定範圍內是否有物件靠近，但缺點是無法辨識物件的類別，因此無法根據物件種類與情境精確判斷是否需要警示。

(二) 相機感測技術：透過影像進行物件辨識，當特定類別的物件進入盲點區域時發出警示或提示。相機的優點是能夠辨識物件類別並依此判斷是否需要警示，但缺點是容易受到雨天、光線變化及鏡頭髒污影響，此外還需額外判斷物件距離，以確認物件是否位於需警示的盲區範圍內

本研究所採用的車側影像辨識技術，需先對影像進行物件偵測，確認畫面中物件種類，接著估算物件距離或定義需注意範圍 (如車側 3.5 公尺內)，再整合資訊進行判斷與輸出。此外，此技術需進行事前處理，包括針對各車輛左右相機進行相機參數推估，因為每輛車的相機安裝高度與角度不同，需藉由相機參數估算物件距離。

選擇此技術的原因是考量客運業者原本已安裝 DVR 與車側相機，可直接利用現有設備進行影像辨識，無需額外加裝雷達等感測器。且相機可辨識物件類別，有助於進一步分析與判斷。

三、 車輛內部

針對車輛內部，駕駛者監控系統可為行車安全增添防護。市面上常見技術通常在駕駛正前方安裝鏡頭，結合近紅外線技術蒐集面部動作特徵，如眨眼、注視方向、頭部運動等，以監控駕駛行為與生理狀態，並在偵測異常時發出警示或啟動輔助駕駛系統，提升行車安全、降低事故風險。應用範疇包括疲勞駕駛預防、分心偵測、不當駕駛與未授權駕駛等。

本研究所採用的車內影像辨識技術，需先對影像進行物件偵測，定位駕駛位置後辨識其關節點，並結合方向盤、手機等物件資訊與定義區域範圍。方向盤與手機位置透過深度學習網路預測，區域範圍則需針對每輛車定義。接著根據關節點與相關資訊分析駕駛上半身動作，以判斷是否存在分心行為。判斷項目包括：手是否離開方向盤、是否擺頭、手是否靠近嘴巴、身體是否前傾或右傾、手是否在操作設備附近、是否伸手拿物、是否使用手機等。

選擇此技術的原因是考量客運業者現有車內相機多架設於距離駕駛較遠處，主要拍攝駕駛行為而非臉部，壓迫感較小。雖然無法取得臉部細節，但能拍攝較多比例的駕駛軀幹，有助於分析其動作與行為。

6.4 評估客運業者影像適用性

一、車輛前方

評估市區客運的影像適用性，建議 FCW 系統應特別針對市區特有的物件種類進行調整。由於市區情境中行人與二輪車 (機車、自行車) 較多，且移動模式複雜，必須增加相應的偵測類別，確保能有效辨識並警示這些物件。

市區環境的光線條件較為複雜，尤其夜間可能出現局部過亮或過暗的情況，以及路燈、商業招牌、汽機車頭燈等多元光源干擾，可能造成影像辨識誤判或漏判 (如圖 6-9 與圖 6-10 所示)。建議透過適應性曝光，以提高系統在不同光線條件下的辨識穩定性。



圖 6-9 市區車前影像於夜間受光源干擾之實例



圖 6-10 市區車前影像光源導致曝光程度不一致的問題

另外，雨天鏡頭上的水氣或雨滴會產生炫光，在舊國道專用模型判斷

造成影響，例如圖 6-11。



圖 6-11 市區車前影像套用國道偵測網路所產生物件辨識類別問題

最後，由於市區影像可能存在較嚴重的扭曲問題，特別是在首都客運影像中尤為明顯，和欣客運的影像扭曲多發生在離車輛較遠的外側，如圖 6-12 (上) 所示，且程度較輕微；首都客運的影像則多在接近車輛處出現較嚴重的扭曲，如圖 6-12 (下) 所示，甚至影響水平線條。建議透過相機校正與人工標記 ROI 的方式來降低距離估算的誤差，確保 FCW 系統的準確性與可靠性。

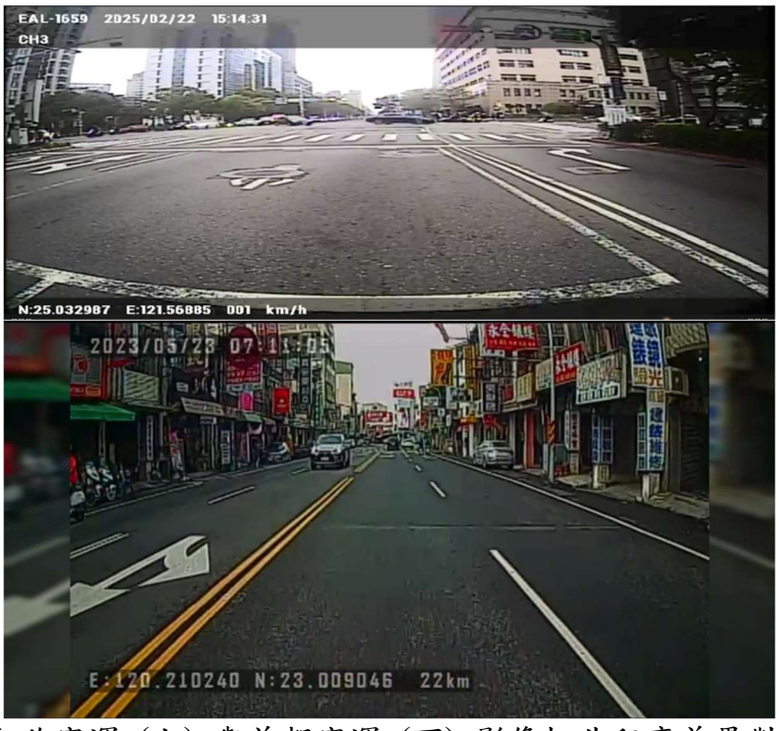


圖 6-12 和欣客運 (上) 與首都客運 (下) 影像扭曲程度差異對範圍判斷的影響與誤差

綜合 6.2 節的資料盤點與 6.3 節的技術架構，本節針對前方防撞警

(Front FCW) 系統的開發與調校提出具體評估與建議。

(一) 物件偵測類別的調整 (object detection adaptation)

傳統國道 FCW 系統主要關注四輪車輛 (轎車、貨車、大客車)。然而，評估市區客運 (如 284、536 路) 影像後發現，市區情境充滿了「弱勢用路人 (VRU)」。影像中大量出現行人、機車與自行車，且這些物件的移動軌跡難以預測。適用性結論：直接套用國道偵測網路會導致嚴重的漏報。期末模型必須針對「行人」與「二輪車」進行專項訓練，這點在後續 6.5 節和欣客運 551-U9 與 284 路的量化數據中已得到驗證 (需具備高 Recall)，辨識類別包含行人、自行車、機車、小客車、大客車、大貨車。

(二) 鏡頭畸變與距離估算的修正

和欣客運 (551-U9)：影像扭曲輕微，適用於標準的 IPM (反透視變換) 模型，可直接透過相機高度與俯仰角推算距離。首都客運 (284/536)：由於影像底部與兩側扭曲嚴重，若使用標準幾何模型會導致近距離物體的測距誤差放大。適用性結論：針對首都客運影像，必須引入「畸變校正演算法」或採用「人工標記 ROI (感興趣區域) 」的方式。建議透過多邊形標記來定義車道範圍，而非單純依賴水平線假設，以確保 FCW 系統在近距離 (如 5 公尺內) 警示的準確性。

(三) 環境光源與天候的強健性

夜間場景：市區夜間的多重光源 (招牌、車燈) 易造成過曝或炫光。評估認為，單靠攝影機硬體的自動曝光 (AE) 可能不足，後端演算法需具備適應性直方圖均衡化 (CLAHE) 或夜間增強能力。雨天場景：雨滴附著於擋風玻璃會造成明顯的光學畸變與反光，導致物件辨識誤判或距離推算失效。適用性結論：FCW 系統應具備「環境感知分類」能力 (如本報告 6.6 節所述之 Day/Night/Rain 分類)。當偵測到雨天模式時，應動態調整 TTC 警示閾值 (增加安全緩衝距離)，以補償影像品質下降帶來的測距誤差。

二、 車輛側方

車輛側方影像的適用性，首先需考量物件偵測網路。原本用於國

道的偵測網路主要辨識四輪車輛，包括汽車、貨車及各類大型車輛；然而市區除了四輪車輛外，還有行人、機車與腳踏車等弱勢用路人，而這些物件在原本的偵測網路中無法被辨識，如圖 6-13 所示。因此，建議市區使用的物件偵測網路應將偵測類別調整為：行人與二輪車(機車與腳踏車)，因為在市區情境中，這些弱勢物件相較於四輪車輛更需要被注意。此外，需考量市區的光線特性。白天的光源主要來自陽光，與國道情境差異不大；但在夜間，雖然市區較少出現光源不足的情況，光源卻較不穩定，可能出現一段路段明亮、一段路段昏暗的情形。除了路燈外，還可能有店家光源、汽車與機車的車頭燈等。當局部區域出現強光時，可能導致該區域過亮甚至細節消失；相機為了補償過亮區域，可能自動降低整體曝光，導致其他區域相對變暗，如圖 6-14 左側。此外，由於市區光源較多，雨天若鏡頭上附著水氣或雨滴，也容易產生炫光，如圖 6-14 右側。



圖 6-13 市區車側影像直接套用國道偵測網路所產生的物件辨識類別問題



圖 6-14 市區車側影像於夜間受光源干擾之實例

影像成像品質亦需考量。根據客運業者提供的行車影片，首都客運各

車輛相機品質差異大，部分車輛成像模糊或解析度低，影響物件偵測與距離估算。以 284 路線為例，雖解析度為 960x480，但畫面模糊且有顆粒感；536 路線右側相機解析度僅 352x240，成像模糊，偵測與距離估算誤差更大。此外，部分車輛影像扭曲相對較嚴重，如 284 路線，若仍假設無扭曲進行相機參數推估，將導致範圍判斷誤差。和欣客運影像扭曲多發生於遠離車輛處且程度輕微；首都客運則多在接近車輛處出現較嚴重扭曲。

結論而言，和欣客運與首都客運在市區的影像皆需調整物件偵測網路的偵測類別，建議由原本的四輪車輛改為行人、二輪車 (機車和腳踏車)，因為這些弱勢物件在市區環境中更需注意。除了物件類別的差異外，市區在夜間容易店家光源或是汽車和機車的車頭燈影響，光源較不穩定，尤其雨天還可能造成炫光，是市區相較於國道更容易影響偵測的因素。另外，首都客運相機品質差異大，部分車輛成像模糊或解析度低，影響偵測與距離估算。還有，部份車輛相機畫面扭曲較嚴重且發生在接近車輛處，容易影響範圍判斷。

一、 車輛內部

和欣客運的車內影像考量車內的鏡頭較不受車外環境 (國道或市區) 影響，主要著重觀察市區環境下可能與國道不同的影響因素。市區白天光源主要來自陽光，車內光線是否充足取決於陽光照射角度與車輛行駛方向。在市區行駛時，會有比較多大幅度的轉向，可能導致車內光線在短時間內變化明顯，如圖 6-15 左側，但偵測網路大多仍可正常運作。而市區夜間光源主要來自路燈、店家光源及其他車輛燈光，這些光源可能直射駕駛，造成局部過亮，也可能使車外 (窗外) 過亮。相機為補償過亮區域，可能自動調整 IR 補光，導致車內變得相對過暗，如圖 6-15 右側，造成短時間內突然變暗，但偵測網路目前看來仍可正常偵測。

首都客運的影像在駕駛佔畫面比例與視角方面與和欣客運有明顯差異，首都客運車內相機主要用於觀察乘客上下車情形，前門相機雖拍攝到駕駛，但其僅佔畫面約六分之一，相對和欣客運三分之一左右的駕駛佔比來說明顯較小。且駕駛大致落在畫面邊緣，駕駛容易被遮蔽或超出畫面範圍，許多駕駛互動的物件也因為視角和拍攝範圍關係而看不到。另外，各車輛相機架設位置、角度與解析度差異大，視角

與拍攝範圍不固定，而較低的解析度也會造成駕駛物件過小。另外也有觀察到有部份車輛的車內相機沒有 IR 補光功能，導致在夜間或是白天但是車內光線不足時，可能會幾乎完全看不到駕駛，各項和駕駛互動的物件也容易看不到。舉例來說，284 路線和 536 路線的車內相機沒有 IR 補光功能，而 536 路線的車內相機解析度只有 352x240，如圖 6-16。



圖 6-15 和欣客運車內影像受市區光線變化影響之情形



圖 6-16 客運車內相機沒有 IR 補光功能之情形

結論而言，和欣客運在市區的車內影像較不受車外環境 (國道或市區) 影響，比較有差異的部份在於市區光線變化可能使偵測較為困難，但整體而言偵測網路仍可正常運作，分心行為判斷方式亦可沿用國道系統。而首都客運的車內影像各車差異較大，但整體來說首都客運車內影像因為駕駛佔比低、視角不佳、解析度低與缺乏 IR 補光，導致駕駛與互動物件難以辨識，所以難以進行駕駛分心行為判斷。

6.5 風險評估指標辨識分析結果

6.5.1 車外評估指標辨識品質

一、 車輛前方

本節旨在評估影像辨識模型於真實市區公車場景中的整體表現，並以六區域九宮格方式量化模型在不同距離與不同車道位置的警示與距離推估能力。由於市區交通具有高度不確定性，包括行人穿越、機車切換動線、慢速車輛接近等情況，因此準確取得每一幀的 ground truth (GT) 對評估結果至關重要。本研究採用逐影格比對 Pred 與 GT 的方式，從分類性能 (TP/FP/FN/TN) 與迴歸誤差 (MAE) 兩方面進行全面分析。

(一) 基準真相建立流程

為求得可靠之基準真相，本研究建立一套「多階段人工標記與驗證流程」。首先透過 process_video_v11_ZoneReport.py 使用 Yolov5 模型進行初步自動偵測，再由人工審閱所有物件並修正邊界框位置，以確保 2D 辨識結果完全符合實際攝影畫面。於此之後，再透過 6.3 節之 IPM 模型重新推算 x_m、y_m、rv_x、rv_y 與 dist 等五項衍生指標，確保最終 GT 的距離與速度結果不受初次自動偵測的影響。最終所有資料整合為 gt_log_manual.csv 做為性能比較基準。

GT 以三階段方式建立：(1)Yolov5 自動偵測產生粗框；(2)人工逐幀校正；(3)由 v2/v11 IPM 模型推算 3D 指標。此方式能將人工標記工作量降至可接受範圍，同時保留距離與速度推估的科學性與一致性，是本研究評估流程的基礎。

(二) 評估區域 (evaluation zones)

為更精確觀察模型於不同風險情境下的表現，本研究依據物體縱向距離 (0-15 m 為近距、15-25 m 為遠距) 及橫向位置 (左道、主道、右道) 將前視影像劃分為六區域。此區域切割方式能明確反映市區公車行車時的實際風險層級，例如近距主車道通常代表高風險環境，而遠距左右側物件在風險上則較不急迫。

(三) 量化結果 (1)：TP/FP/FN/TN

分類評估以逐幀比對 Pred 與 GT 的方式進行。TP 表示模型成功偵測到 GT 中的物件；FP 表示模型誤報 (GT 無、Pred 有)；FN 則表示模型漏報 (GT 有、Pred 無)，此情況在遠距小型物件或雨天及夜間情境較常發生；TN 則代表兩者皆無。六區域分類統計可使本計畫更精確觀察模型在不同距離與不同車道下的偵測行為模式。例如 yolov5s 在 Near-Main 區域通常可達 90%以上之召回率，但在 Far-Left 區域則可能因物件縮小與遮蔽而使召回率下降至 70%~75%。

(四) 量化結果 (2)：迴歸準確度 (MAE per zone)

在距離與速度推估方面，本研究採用 MAE (平均絕對誤差) 比較 Pred 與 GT。由於 IPM 模型會將像素 jitter 放大至距離誤差，因此遠距區域 (特別是 Far-Main、Far-Left、Far-Right) 往往具有較高誤差；反之，在近距主車道下，物件尺寸較大且偵測框較穩定，MAE 可維持在 0.2 公尺左右，速度誤差在 1.5~2 km/h 之間。此現象符合攝影幾何特性，也突顯出後續若要提升遠距物件的穩定性，需從偵測模型本身或影像品質著手。

(五) 現階段無法辨識之指標

本研究 IPM 模型假設所有物體皆位於 Z=0 地平面，因此針對位在高差位置 (如人行道上的行人、站牌區域、路緣等) 之距離推估會固定偏移，通常會被系統誤判為距離較遠。此外，影像中的遮蔽物、夜間眩光、雨滴附著在鏡頭上等情況，均會使偵測框產生 jitter 或中斷，進而影響距離與速度計算。未來可透過立體攝影機、深度模型或多感測器融合方式改善此限制，如圖 6-17。

(六) 六宮格量化評估 (今年首都客運 284 路線+ 今年首都客運 536 路線+ 和欣客運 551-U9)

本節整合路線 284、536 以及 551-U9 的六宮格 (6-Grid) 辨識性能，並依照 Grid 5 類別計數（284 如表 6-1、536 如表 6-3、551-U9 如表 6-5）與 Grids 1/2/3/4/6（284 如表 6-2、536 如表 6-4、551-U9 如表 6-6）最近物件規則，提供 Precision、Recall、F1、TP、FP、FN 之完整比較。

今年首都客運路線 284 — Grid 5 (依類別計數)

表 6-1 今年首都客運路線 284 Grid 5 辨識性能 (依類別計數)

類別	Precision	Recall	F1	TP	FP/FN
行人	82.06%	83.80%	0.829	1702	FP=372/FN=329
自行車	34.80%	100.00%	0.516	71	FP=133/FN=0
機車	95.71%	96.89%	0.963	34133	FP=1531/FN=1096
小客車	80.14%	98.98%	0.886	90829	FP=22514/FN=937
大客車	86.66%	81.48%	0.840	34332	FP=5286/FN=7804
大貨車	59.94%	82.24%	0.693	5336	FP=3566/FN=1152

Grid 5 (路線 284) 總計：Precision = 83.28%、Recall = 93.63%、F1 = 0.882、TP = 166,403、FP = 33,402、FN = 11,318。

今年首都客運路線 284 — Grids 1/2/3/4/6 (最近物件)

表 6-2 今年首都客運路線 284 Grids 1/2/3/4/6 辨識性能 (最近物件)

Grid	Precision	Recall	F1	TP	FP/FN
Grid 1	66.86%	81.66%	0.735	70987	FP=35186/FN=15941
Grid 2	62.34%	79.96%	0.701	59108	FP=35711/FN=14812
Grid 3	60.00%	74.99%	0.667	30919	FP=20615/FN=10312
Grid 4	72.98%	85.25%	0.786	95987	FP=35543/FN=16611
Grid 6	74.32%	85.32%	0.794	62079	FP=21450/FN=10681

284 (Grids 1/2/3/4/6) 總計：Precision = 68.24%、Recall = 82.36%、F1 = 0.746、TP = 319,080、FP = 148,505、FN = 68,357。

路線 284 全區：Precision = 72.74%、Recall = 85.90%、F1 = 0.788。

今年首都客運路線 536 — Grid 5 (依類別計數)

表 6-3 今年首都客運路線 536 Grid 5 辨識性能 (依類別計數)

類別	Precision	Recall	F1	TP	FP/FN
行人	37.57%	97.15%	0.542	1844	FP=3064/FN=54
自行車	58.94%	77.16%	0.668	1757	FP=1224/FN=520
機車	55.84%	99.98%	0.717	23105	FP=18271/FN=4
小客車	66.40%	98.25%	0.792	23680	FP=11980/FN=421
大客車	87.94%	82.19%	0.850	15939	FP=2185/FN=3455
大貨車	79.28%	85.46%	0.823	11518	FP=3010/FN=1960

Grid 5 (536) 總計：Precision = 66.21%、Recall = 92.39%、F1 = 0.771。

表 6-4 今年首都客運路線 536 Grids 1/2/3/4/6 辨識性能 (最近物件)

Grid	Precision	Recall	F1	TP	FP/FN
Grid 1	57.28%	73.57%	0.644	50653	FP=37776/FN=18195
Grid 2	54.00%	76.46%	0.635	20264	FP=17263/FN=6231
Grid 3	54.77%	79.95%	0.650	35369	FP=29204/FN=8871
Grid 4	67.88%	76.11%	0.718	72566	FP=34330/FN=22774
Grid 6	64.02%	83.86%	0.726	61338	FP=34477/FN=11807

536 (Grids 1/2/3/4/6) 總計：Precision = 61.08%、Recall = 77.97%、F1 = 0.685。路線 536 全區：Precision = 62.26%、Recall = 81.06%、F1 = 0.704。

和欣客運 551-U9 — Grid 5 (依類別計數)

表 6-5 和欣客運 551-U9 Grid 5 辨識性能 (依類別計數)

類別	Precision	Recall	F1	TP	FP/FN
行人	82.39%	97.84%	0.895	19180	FP=4100/FN=424
自行車	67.14%	87.23%	0.759	1038	FP=508/FN=152
機車	84.36%	92.95%	0.884	55952	FP=10376/FN=4246
小客車	87.53%	98.07%	0.925	180896	FP=25764/FN=3552
大客車	82.50%	88.16%	0.852	60981	FP=12935/FN=8186
大貨車	87.49%	69.36%	0.774	43890	FP=6277/FN=19390

Grid 5 (路線 551-U9) 總計：Precision = 85.79%、Recall = 90.96%、F1 = 0.883、TP = 361,937、FP = 59,960、FN = 35,950。

和欣客運 551-U9 — Grids 1/2/3/4/6 (最近物件)

表 6-6 和欣客運 551-U9 Grids 1/2/3/4/6 辨識性能 (最近物件)

Grid	Precision	Recall	F1	TP	FP/FN
Grid 1	80.51%	82.32%	0.814	438999	FP=106298/FN=94314
Grid 2	61.56%	66.24%	0.638	190718	FP=119113/FN=97180
Grid 3	71.20%	79.03%	0.749	436599	FP=176638/FN=115850
Grid 4	81.12%	60.53%	0.693	492608	FP=114662/FN=321283
Grid 6	67.14%	76.49%	0.715	446061	FP=218356/FN=137115

551-U9 (Grids 1/2/3/4/6) 總計：Precision = 73.17%、Recall = 72.36%、F1 = 0.728、TP = 2,004,985、FP = 735,067、FN = 765,742。

和欣客運 551-U9 全區：Precision = 74.86%、Recall = 74.70%、F1 = 0.748。

綜觀三條市區客運路線 (284 如圖 6-18、536 如圖 6-19、和欣客運 551-U9 如圖 6-20) 的六宮格評估結果，可發現不同路線的營運環境、交通密度與車種組成，對感知模型的量化表現有顯著影響。本節從整體指標、主車道風險辨識、以及周邊區域穩定性三個維度進行比較：

- 整體全區表現比較

在全區 (Grids 1~6) 的綜合 F1-score 表現上，呈現 284 (0.788) > 和欣客運 551-U9 (0.748) > 536 (0.704) 的趨勢。路線 284 展現

了最均衡的性能，在精確率與召回率之間取得最佳平衡。路線和欣客運 551-U9 雖然樣本數極為龐大 (TP 總數超過 230 萬，遠高於其他兩條路線)，仍維持了接近 0.75 的高水準 F1 分數，顯示模型在長時間、長距離的運行下具有相當的強健性 (robustness)。路線 536 則因行經路段的混合車流複雜度較高，導致誤報率 (FP) 偏高，拉低了整體精確率。

• Grid 5 (主車道) 關鍵風險物體辨識

Grid 5 為 ADAS 系統中計算碰撞風險 (TTC) 最核心的區域。在此區域中，路線和欣客運 551-U9 與 284 皆展現了極高的可靠度 (F1 分別為 0.883 與 0.882)，顯著優於 536 (0.771)。行人辨識突破方面，和欣客運 551-U9 在 Grid 5 的行人辨識上達到了 F1=0.895 的優異成績，遠高於 284 (0.829) 與 536 (0.542)。這代表在該路線的主車道正前方，模型能極為精準地捕捉行人動態，對於預防最嚴重的行人碰撞事故具有高度實用價值。此外，和欣客運 551-U9 對小客車的 F1 更是高達 0.925，顯示其對標準車輛的辨識已臻成熟。

• 周邊區域 (Grids 1/2/3/4/6) 的表現特徵

相較於主車道的穩定表現，周邊區域的性能隨路線特性呈現明顯差異。在路線 284 中，Grid 4 (左車道近處 0m - 15m) 與 Grid 6 (右車道近處 0m - 15m) 表現突出，F1 分別達到 0.786 與 0.794，顯示這些近距離區域的辨識穩定性優異，這可能歸因於該路段視野開闊、遮蔽物較少。相對地，路線 536 的 Grid 4 表現較為中等 (F1 = 0.718)，而 Grid 6 則為周邊區域中表現最佳者 (F1 = 0.726)。

路線和欣客運 551-U9 在周邊區域呈現較大的性能落差。Grid 1 (左車道遠處 15m - 25m) 表現優異 (F1 = 0.814)，但 Grid 2 (主車道遠處 15m - 25m) 相對較弱 (F1 = 0.638)，Grid 4 (左車道近處 0m - 15m) 的召回率更僅有 60.53%，儘管其精確率高達 81.12%。這顯示和欣客運 551-U9 路線的左車道近處區域存在較高的漏檢率，可能是該區域存在複雜的背景、路樹遮蔽，或大角度切入車輛較多所致。此現象提示未來需針對特定路線的環境特徵進行模型優化。

• Grid 6 (右車道近處 0m - 15m) 的路線差異分析

Grid 6 在三條路線中展現了顯著的性能差異，反映出右側近距離區域環境複雜度的不同影響。路線 284 在此區域達到 F1 = 0.794 (Precision = 74.32%；Recall = 85.32%)，為三條路線中表現最佳者，展現出高召回率特徵，顯示該路線右車道近處的物體能被穩定偵測；路線 536 為 F1 = 0.726 (Precision = 64.02%、Recall = 83.86%)，雖維持高召回率，但精確率明顯較低，反映出該區域誤報率較高；路線和欣客運 551-U9 則為 F1 = 0.715 (Precision = 67.14%、Recall = 76.49%)，呈現召回率相對較低的特徵。此差異主要源於不同路線右車道近處的場景特性：路線 284 做為市區路線，右側車道相對固定且背景較為單純，遮蔽物較少，因此能維持高召回率與相對穩定的精確率；路線 536 做為郊區路線，右側可能存在機車混流、臨時停車、複雜路邊背景等干擾因素，導致精確率下降 (誤報增加) 但召回率仍保持較高水準；路線和欣客運 551-U9 做為國道路線，車輛高速行駛下右側路肩或硬路肩上的物體 (如道路標誌、反光錐等) 可能因為距離判斷、動態模糊或小型物體特徵不明顯而產生較高的漏檢率，導致召回率為三者最低。

整體而言，雖然三條路線因場景不同而有數據落差，但所有模型在 Recall (召回率) 指標上皆維持高水準 (全區皆 > 74%)。路線和欣客運 551-U9 的加入證實了模型在極大規模數據下，仍能於核心區域 (Grid 5) 維持與最優路線 (284) 同等的最佳效能。然而，周邊區域特別是 Grid 6 (右車道近處) 的表現差異，凸顯了環境適應性優化的重要性。建議未來針對特定路線的環境特徵進行模型微調：市區路線 (284) 可著重降低誤報率以提升精確率；郊區路線 (536) 需強化複雜背景下的物體區分能力以減少誤報；國道路線 (551-U9) 則應加強高速場景下右側區域的小型物體偵測與距離判斷準確性。此外，建議考慮引入場景自適應機制與運動補償技術，以進一步提升全方位的防護能力。

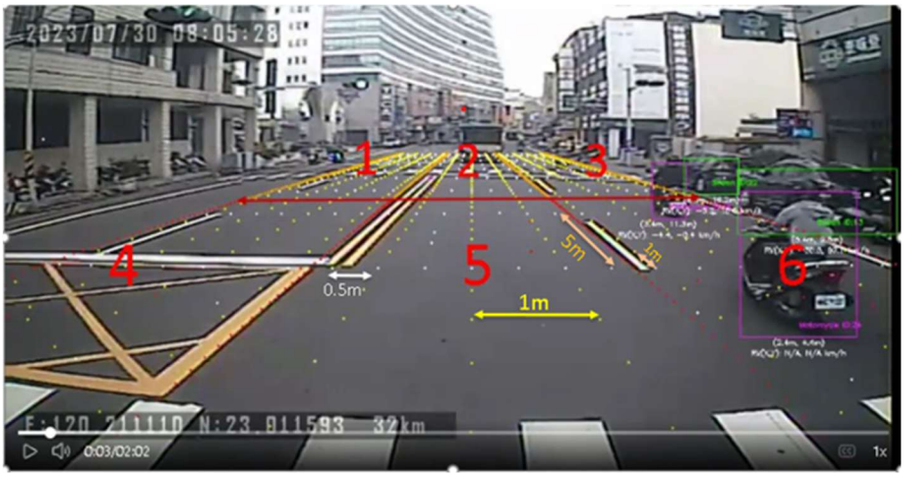


圖 6-17 新九宮格視覺化校準



圖 6-18 今年首都客運 536 路線車輛前方物件偵測情形



圖 6-19 今年首都客運 284 路線車輛前方物件偵測情形

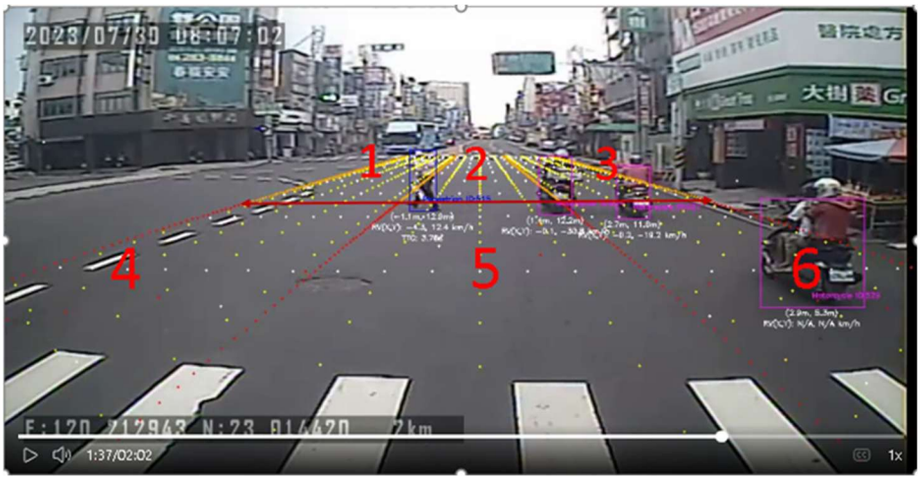


圖 6-20 和欣客運 551-U9 車輛前方物件偵測情形

(七) 情境分析 (environmental analysis)

為驗證車外影像辨識模型在實際道路營運中的穩定性，本研究進一步將測試資料集依據「光照條件 (Day / Night)」與「天候狀況 (No-Rain / Rain)」進行分類評估。此分析旨在量化環境因子對模型感知能力 (F1-Score) 與距離推估準確度 (MAE) 的具體影響。

• 各路線情境量化結果

以下表格如表 6-7~6-9 彙整路線和欣客運 551-U9、536 與 284 在不同情境下的詳細評估數據。

表 6-7 和欣客運 551-U9 情境評估表

	F1-Score	Precision	Recall	MAE (m)
日間	0.862	86.0%	86.5%	4.26
夜間	0.782	79.3%	77.1%	5.76
無雨	0.843	84.2%	84.4%	4.41
雨天	0.824	83.0%	81.8%	5.75

表 6-8 今年首都客運路線 536 情境評估表

情境	F1-Score	Precision	Recall	MAE (m)
日間	0.790	71.2%	88.8%	10.78
夜間	0.749	65.0%	88.3%	11.86
無雨	0.766	67.2%	88.9%	11.02
雨天	0.785	71.2%	87.6%	13.25

註：路線 536 雨天樣本數較少，且該路線基礎 MAE 較高，可能受路面坡度或相機校正影響

表 6-9 今年首都客運路線 284 情境評估表

情境	F1-Score	Precision	Recall	MAE (m)
日間	0.852	82.5%	88.0%	6.24
夜間	0.774	69.6%	87.3%	5.77
無雨	0.792	71.4%	89.0%	5.73
雨天	0.786	72.7%	85.5%	7.31

• 光照影響分析 (Day vs. Night)

比較三條路線在日間與夜間的表現，可觀察到一致的性能下降趨勢：

1. F1-Score 下降：

- 和欣客運 551-U9：從 0.862 降至 0.782 (Δ -0.080)；
- 536：從 0.790 降至 0.749 (Δ -0.041)；
- 284：從 0.852 降至 0.774 (Δ -0.078)。

分析：夜間環境因光線不足、車頭燈眩光以及動態模糊 (motion blur) 影響，導致 Precision 與 Recall 同步下降。特別是 Recall 的下降 (如和欣客運 551-U9 從 86.5%降至 77.1%)，顯示在低照度下模型較容易遺漏暗處的物件。

2. 距離估測誤差 (MAE)：

大部分路線在夜間的 MAE 略有增加 (如和欣客運 551-U9 增加約 1.5m)，這主要歸因於夜間辨識框 (bounding box) 的邊緣抖動 (jitter) 較日間嚴重，影響了 IPM 投影的接地點判定。

• 天候影響分析 (No-Rain vs. Rain)

雨天對感測器的影響主要體現在「距離推估的穩定性」上，而非單純的辨識率：

1. F1-Score 的抗性：

令人意外的是，模型在雨天的 F1 分數下降幅度並不如夜間劇烈 (例如 284 路線 F1 僅微幅下降 0.006)。這顯示現今的深度學習模型 (yolov5s) 對於雨刷干擾或擋風玻璃水滴具有一定的特徵抗性，仍能正確框出車輛與行人。

2. MAE (距離誤差) 顯著惡化：

- 和欣客運 551-U9：MAE 從 4.417m 惡化至 5.750m
- 536：MAE 從 11.021m 惡化至 13.253m

• 284：MAE 從 5.737m 惡化至 7.315m

分析：所有路線在雨天的距離誤差皆顯著上升。這是由於地面潮濕產生的反光 (reflection) 破壞了地平面的特徵假設，加上擋風玻璃上的水珠會造成光學畸變，使得基於單一視角幾何的 IPM 距離推估產生較大偏差。

• 結論

綜合環境測試結果，本研究模型在日間情境下表現最佳 (F1 > 0.85)，具備高度實用性。在夜間情境下，雖然辨識率下降約 8-10%，但仍維持在 F1 > 0.75 的可接受範圍。唯需特別注意的是雨天的距離推估誤差 (MAE) 普遍增加 1.3m - 2.2m，建議在實際應用中，若偵測到雨刷啟動訊號，應在 ADAS 系統中動態增加安全距離的緩衝區，以補償視覺測距的物理限制。

二、 車輛側方

車輛側方影像辨識技術首先需針對影像進行物件偵測，確認畫面中的物件種類，才能進行後續分析。由於國道環境中不會出現二輪車與行人，原本用於國道的偵測網路主要辨識四輪車輛，包括汽車、貨車及各類大型車輛；然而市區除了四輪車輛外，還有行人、機車與腳踏車等弱勢用路人，這些物件在原偵測網路中無法辨識，因此需更換物件偵測模型以適用市區環境。

表 6-10 用於國道的車側物件偵測網路數據

	測試影像數量	物件數量	Precision	Recall	mAP50
汽車 (小型車輛)	5,000	14,614	0.824	0.851	0.873
巴士 (大型車輛)	5,000	369	0.429	0.775	0.632
機車	5,000	6,876	0	0	0
腳踏車	5,000	90	0	0	0
行人	5,000	1,944	0	0	0

為評估新模型的偵測能力，本計畫從客運業者提供的各車輛影片中擷取影像，並將其輸入 III 預標記系統，以其輸出做為真值 (ground truth)，同時也將這些影像輸入新的物件偵測模型以取得偵測結果，兩者比較後計算評估數據。測試的資料來源如以下列出，首都客運資料：第一批由交大透過硬碟提供，第二批於交大 NAS 下載；和欣客運市區段資料：由交大透過硬碟提供。表 6-10 是使用原本用在國道的網路物件偵測數據，可以看到

因為該網路沒辦法偵測行人、機車與腳踏車這些弱勢用路人物件，這幾個類別的偵測數據為 0。而表 6-11 是使用更新後模型的物件偵測數據，可以看到更新後的網路就可以偵測這些弱勢用路人物件。

表 6-11 更新後的車側物件偵測網路數據

	測試影像數量	物件數量	Precision	Recall	mAP50
汽車 (小型車輛)	5,000	14,614	0.824	0.851	0.873
巴士 (大型車輛)	5,000	369	0.429	0.775	0.632
機車	5,000	6,876	0.967	0.688	0.893
腳踏車	5,000	90	0.856	0.556	0.694
行人	5,000	1,944	0.886	0.317	0.521

此外，本計畫也將各車輛影像分別進行驗證，結果如表 6-12 所示。可觀察到在五台車中，284 路線與 536 路線的偵測能力相對較差。實際觀察影像可發現，536 路線左側相機解析度為 960x480，成像尚可，但右側相機解析度僅為 352x240，畫面模糊，偵測困難，如圖 6-21 所示。284 路線左右側相機雖解析度為 960x480，但成像品質不佳，畫面模糊且有顆粒感，且影像底部靠近車身處有明顯扭曲現象，影響物件偵測效果，如圖 6-22 所示。

表 6-12 各車輛分別車側物件偵測網路數據

		測試影像數量	物件數量	Precision	Recall	mAP50
首都客運 284 路線	汽車 (小型車輛)	1,000	679	0.719	0.749	0.738
	巴士 (大型車輛)	1,000	68	0.266	0.647	0.507
	機車	1,000	240	0.931	0.167	0.428
	腳踏車	1,000	2	1	0	0.0662
	行人	1,000	621	0.92	0.13	0.444
首都客運 536 路線	汽車 (小型車輛)	1,000	1,488	0.569	0.682	0.646
	巴士 (大型車輛)	1,000	44	0.325	0.795	0.536
	機車	1,000	693	0.882	0.577	0.772
	腳踏車	1,000	23	0.894	0.368	0.542
	行人	1,000	438	0.815	0.252	0.391
和欣客運 KKA-7772	汽車 (小型車輛)	1,000	3,354	0.878	0.865	0.911
	巴士 (大型車輛)	1,000	114	0.59	0.895	0.846
	機車	1,000	1,580	0.986	0.743	0.938
	腳踏車	1,000	33	0.9	0.667	0.848
	行人	1,000	297	0.932	0.599	0.835
和欣客運 KKA-	汽車 (小型車輛)	1,000	6,093	0.849	0.904	0.917
	巴士 (大型車輛)	1,000	59	0.283	0.644	0.434

表 6-12 各車輛分別車側物件偵測網路數據

		測試影像數量	物件數量	Precision	Recall	mAP50
7782	機車	1,000	3,649	0.975	0.748	0.94
	腳踏車	1,000	21	0.766	0.81	0.811
	行人	1,000	190	0.86	0.55	0.747
和欣客運 KKA-7783	汽車 (小型車輛)	1,000	3,000	0.842	0.838	0.874
	巴士 (大型車輛)	1,000	84	0.54	0.833	0.699
	機車	1,000	714	0.961	0.553	0.79
	腳踏車	1,000	11	0.944	0.545	0.628
	行人	1,000	398	0.936	0.44	0.636

除了相機解析度與成像品質外，天候與光源也是影響物件偵測的重要因素。雨天可能導致鏡頭附著水氣或雨滴，造成局部甚至大範圍模糊；地面濕滑也可能產生反光或反射，夜間更可能出現炫光，導致誤判。市區夜間光源不穩定，除路燈外，還有店家光源、汽機車車頭燈等，可能出現明暗交錯的路段。局部強光可能使該區域過亮、細節消失，相機為補償過亮區域可能自動降低整體曝光，導致其他區域變暗。舉例來說，圖 6-23 就是一個夜間下雨的例子，車燈因為雨水造成炫光導致物件偵測困難。



圖 6-21 536 路線車輛側方物件偵測情形

完成物件偵測後，下一步需對每個物件進行距離估算，以判斷是否位於新九宮格範圍內，並整合資訊進行判斷與輸出。距離估算需事前推估各車輛左右相機的參數，因為相機安裝高度與角度各異。由於無法實際進行相機參數校正，本計畫僅能參考影像中的車道線資訊，並假設相機無扭曲來推估參數。在此架構下，影像扭曲程度與解析度是影響距離估算精度的主要因素。



圖 6-22 284 路線車輛側方物件偵測情形



圖 6-23 車輛側方夜間下雨造成炫光範例 (此例為和欣客運)

扭曲問題源於未進行參數校正，無法還原影像變形。首都客運部分車輛在接近車身處出現嚴重扭曲，若以無扭曲假設推估參數，在接近車身處會不太符合，舉例來說，圖 6-24 是畫出 284 路線右側的新九宮格的範圍。

解析度則影響距離估算誤差，影像中距離相機越遠的物件所佔畫面越小。而解析度越低，每個像素誤差對應的實際距離也越大。本計畫以橫軸為距離區間，縱軸為每像素誤差對應距離 (cm/pixel) 繪製折線圖，觀察誤差狀況。圖 6-25 為 284 路線右方相機 (960x480) 理論誤差圖，圖 6-26 為 536 路線右方相機 (352x240) 理論誤差圖。可見在距離相機 30 公尺處，前者每像素誤差約為 72 公分，後者則高達 185 公分。圖 6-27 是畫出 536 路線右側的新九宮格的範圍，右側是局部放大圖，可見範圍 9 幾乎無面積且非常模糊。



圖 6-24 284 路線車側新九宮格的範圍畫出

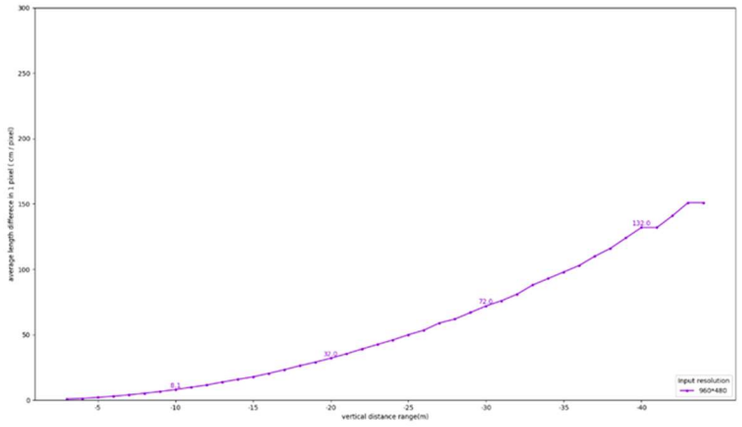


圖 6-25 284 路線右方相機 (960×480) 理論誤差圖

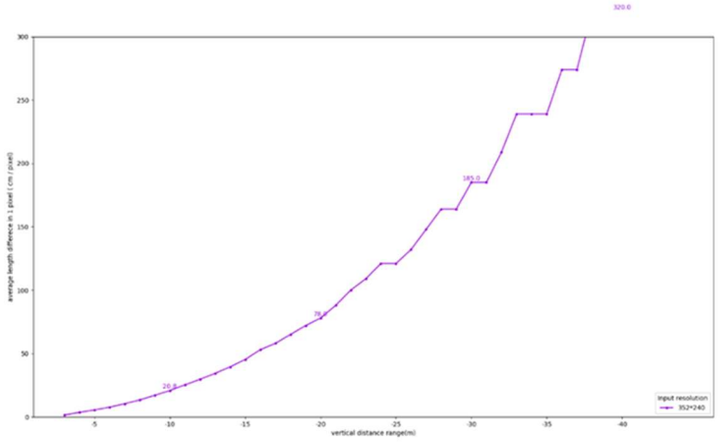


圖 6-26 536 路線右方相機 (352x240) 理論誤差圖



圖 6-27 536 路線車側新九宮格的範圍畫出與放大圖

最後，要計算新九宮格各區域是否有物件以及物件類別，另外本期還需要額外計算距離本車最近物件的距離及速度。物件與類別取決於前述偵測結果的準確性；距離與速度則依賴前述距離估算的精度。速度計算方式為距離本車最近物件的距離變化除以經過時間得到，所以若最近物件變動或偵測不穩定，可能導致錯誤結果。

6.5.2 車內評估指標辨識品質

分心事件的偵測依賴於人體姿態資訊，特別是關節點位置的變化，關節點偵測的穩定性將直接影響分心判斷的準確性。為評估客運於市區路段中，分心事件判斷中關節點偵測的穩定性，本研究設計一套評估機制，用以觀察關節點在分心事件期間的穩定度，並進一步分析其變動原因。測試的資料來源如以下列出，首都客運資料：第一批由交大透過硬碟提供，第二批於交大 NAS 下載；和欣客運市區段資料：由交大透過硬碟提供。

穩定性評估的核心判斷依據為：若連續兩張影格中，關節點的總位移量過大，則可視為關節點偵測不穩定，可能出現明顯晃動或錯位情形。評估中選取共 12 個關節點進行分析，這些關節點來自全身共 25 個標記點中，扣除偵測較困難且非本應用重點的腳部節點，以及受限於相機視角較常缺失的左耳節點後所篩選而得。

在每個影格中，分別計算該 12 個關節點相較於前一影格的位置變化(位移量)，並將其總和做為該影格的總位移量。若某關節點於該影格未被成功偵測，則賦予固定懲罰值 (34) 以計入總位移量中。若總位移量超過設定門檻值 (100)，則將該影格標記為「關節點偵測不穩定」。進一步地，若某一事件中，不穩定影格佔整體影格數超過 10%，則該事件即被判定為「關節點偵測不佳」事件，代表此分心事件期間的姿態資料品質不足，可

能影響後續行為判斷準確性。

表 6-13 關節點偵測數據

	總測試影片數量	關節點偵測不穩定影片數量	關節點偵測不穩定影片比例
和欣客運國道路段	2,104	66	3.14%
和欣客運市區路段	19	3	15.79%
首都客運 284 路線	20	20	100%
首都客運市區路段	49	37	75.51%

本研究針對來自和欣客運和首都客運的市區路段分析，檢視 ViTPose 關節點偵測穩定性的表現，並和前期和欣客運於國道路段的數據比較。表 6-13 在前期和欣客運國道路段中，共分析 2,104 段影片，其中僅有 66 段被判定為關節點偵測不穩定，佔比約 3.14%，整體偵測表現穩定。然而在和欣客運市區路段的 19 段影片中，則有 3 段出現關節點不穩定情形，佔比達 15.33%，明顯高於國道路段，顯示市區環境對關節點偵測的穩定性有較大挑戰。而在首都客運市區路段的 69 段影片中，則有 56 段出現關節點不穩定情形，佔比達 81.16%，明顯看得出來首都客運提供的車內影像辨識難度更高。

首先，分析和欣客運市區路段，共有三段市區路段偵測不穩定的影片進行個別觀察與歸因，發現導致不穩定的主要因素包括：

一、 車內光線變化與遮蔽（圖 6-28）：如座椅顏色較暗、駕駛動作造成遮擋，導致系統難以準確辨識關節。



圖 6-28 光線變化與遮蔽導致關節偵測不良

二、 車窗外物件干擾（圖 6-29）：如騎士靠近窗戶，導致系統誤判為駕

駛動作，為市區特有案例，後續應可增加判斷消除影響。



圖 6-29 窗外物件干擾

三、 非正常駕駛行為（圖 6-30）：上下客過程反覆離開駕駛座，影響關節點定位，應視為無效樣本排除。



圖 6-30 駕駛上下車導致偵測不良

整體而言，本實驗結果指出，ViTPose 於封閉與視野穩定的國道路段表現穩定，但在市區場景中則受限於複雜背景、上下車動作與遮蔽問題，需進一步調整演算法對的抗擾能力以提升關節點追蹤穩定性。

接著，分析首都客運市區路段，共有 56 段市區路段偵測不穩定的影片進行個別觀察與歸因，發現導致不穩定的主要因素包括：

一、 駕駛佔比低（圖 6-31）：駕駛僅占畫面六分之一，且落在畫面角落，相對來說和欣客運駕駛約占畫面三分之一。



圖 6-31 駕駛佔畫面比較低且落在畫面角落 (此例為 284 路線)

二、 解析度低與成像較模糊（圖 6-32）：284 路線車內影像解析度為 960x480，但成像較為模糊。536 路線車內影像解析度僅有 352x240，對關節點偵測更為挑戰。



圖 6-32 車內影像解析度低且成像較模糊 (此例為 536 路線)

三、 缺乏 IR 補光（圖 6-33）：284 路線和 536 路線車內相機皆缺乏 IR 補光，導致在夜間或是白天但是車內光線不足時，可能會幾乎完全看不到駕駛。



圖 6-33 車內相機缺乏 IR 補光 (此例為 536 路線)

首都客運部分車輛 (如 284 路線和 536 路線) 車內相機缺乏 IR 補光，而車內司機處平時不會開燈，只有乘客區域有燈，僅在開啟前門時駕駛處燈光才會亮起，另外前門開關瞬間會造成明顯光線變化，使相機短時間內無法適應。而駕駛處光線不足，最主要影響的是駕駛關節點偵測，關節點可能錯誤或是駕駛物件選擇錯誤。駕駛物件選擇錯誤主要是因為乘客區域比較亮且視角比較接近直視。

表 6-14 駕駛進行指差確認影片片段關節點偵測數據

	總測試影片數量	關節點偵測不穩定影片數量	關節點偵測不穩定影片比例
駕駛進行指差確認時影片片段	6	5	83.33

另外，也從首都客運市區路段的影片中找出，找出 6 段駕駛正在進行指差確認的片段，對其進行關節點偵測並觀察關節點偵測的穩定性，如表 6-14。6 段影片中，則有 5 段出現關節點不穩定情形，佔比達 83.33%。駕駛在進行指差確認時動作並沒有很明顯，尤其是駕駛用右手指右邊時，幅度不大且會自我遮蔽，如圖 6-34 左方。而其他有些動作也可能大幅度揮動手臂，例如大幅度轉方向盤、拿東西、操作設備等等，如圖 6-34 右方。



圖 6-34 駕駛正在進行指差確認時關節點偵測結果與類似行為比較

首都客運車內影像問題除了影響駕駛關節點預測網路外，駕駛周遭或與駕駛互動的設備也會看不太到，所以在駕駛分心行為判斷上存在困難，各項行為判斷可能遇到的問題如表 6-15 所示。

表 6-15 首都客運車內影像於各項駕駛分心行為判斷上面臨之困難

駕駛分心行為	分心行為判斷所面臨的困難
手是否離開方向盤	• 方向盤可能因為拍攝範圍關係，只能看到部分 • 使用和欣客運影像資料訓練的方向盤偵測網路，因為視角、大小、成像差異較大關係，較難偵測到首都客運車內影像中的方向盤。
是否擺頭	• 臉部五官位置因為視角、駕駛物件大小的關係會擠在一起較難定位，較難以用來判斷擺頭
手是否靠近嘴巴	• 駕駛關節點如果正確偵測應可以判斷
身體是否向前傾或右傾	• 身體傾斜判斷會使用身體軀幹關節點，而由於視角關係，身體軀幹可能會被駕駛自己遮蔽 (如駕駛前傾時) 難以正確判斷位置。
手是否在操作設備附近	• 市區公車和國道客運的車內配置會不太一樣 • 因為拍攝範圍關係，看不到任何車內設備
是否伸手拿物	• 因為拍攝範圍關係，向前伸手可能會超出畫面，看不到手部 • 市區公車駕駛右方通常沒有空間可以放東西 (副駕駛座)
是否使用手機	• 駕駛佔整個畫面的比例大概只有六分之一，手機物件也相應更小，偵測上更為困難 • 駕駛使用手機的位置也可能因為拍攝範圍關係而看不到

結論而言，和欣客運在市區的車內影像較不受車外環境 (國道或市區) 影響，比較有差異的部份在於市區光線變化可能使偵測較為困難，但整體而言偵測網路仍可正常運作，分心行為判斷方式亦可沿用國道系統。而首

都客運的車內影像各車差異較大，但整體來說首都客運車內影像因為駕駛佔比低、視角不佳、解析度低與缺乏 IR 補光，駕駛容易有太暗或被遮蔽等問題，導致關節點預測錯誤，而駕駛分心行為判斷上除了關節點資訊問題外，許多駕駛互動的物件也因為光線不足和拍攝範圍關係而看不到，所以難以在首都客運車內影像進行駕駛分心行為判斷。

6.6 市區客運影像辨識技術開發之建議

綜合市區客運影像資料品質盤點、前方與側方辨識結果、距離推估誤差、六宮格風險評估指標與各路線之比較，本研究在此提出未來影像辨識技術開發的四大面向建議。本節不僅針對現階段能辨識的項目提出具體的優化方向，也討論短期內難以辨識的項目可採取之替代方案，同時導入軌跡追蹤與動態預測以提升整體系統的穩健性，並針對設備端提出客運業者在未來部署時可參考的標準化建議。此系列建議旨在協助市區客運建立可長期維運、可逐年升級、可跨車隊複製的 AI 影像辨識能力，使整體系統朝向更精準、更穩定、更安全的方向發展。

6.6.1 可辨識指標未來精進之方式

透過 6.5 節的大量量化結果可以發現，市區客運影像辨識在核心任務(如前方物件偵測、行人/機車辨識、距離推估與速度計算等) 中，其表現與市區環境的複雜程度高度相關。因此，未來技術開發的第一個重點，是提升目前已能辨識之指標的穩健度，使模型能在光線極端、鏡頭扭曲、遮蔽頻繁與交通混雜等市區典型場景中保持高準確率。

首先，在物件偵測方面，弱勢用路人 (行人、機車、自行車) 是最具挑戰性也最需要強化的類別。市區中 VRU 的行為多變，且常以各種角度切入主車道，包括人行穿越道、斑馬線外越線、機車突然從路邊起步等。這些動線複雜的情境在原本以國道為主的訓練資料中相對稀少，因此未來可透過建立更多市區專屬資料集 (特別是夜間、逆光、雨天等高難度條件)，以提升模型在各光照情境下的召回率。此外，可導入具備多尺度語意融合架構的模型，以改善遠距 VRU 的辨識能力，尤其在 20-30 公尺之區間，二輪車的邊界框極小且容易受噪訊干擾，透過多尺度特徵抽取可有效提高辨識成功率。

其次，距離與速度推估是市區 FCW 的核心，而本研究採用的 IPM 模型雖已能有效推估位置與速度，但仍受影像抖動與幀間 jitter 的影響。未來建議進一步加入時序穩定化機制，例如引入 Kalman 濾波器或基於 BEV 的時序網路，使距離與速度能夠透過「多影格平滑」方式獲得更高穩定度。此外，由於距離推估對相機高度與俯仰角高度敏感，建議建立「每車輛專屬的相機校正參數檔案」，確保不同車隊、不同車型能以相對一致的幾何模型進行距離轉換。

最後，針對市區場景中常見的光線不穩定問題，本研究觀察到夜間車燈、路燈、店家招牌、反光地面等皆會造成物件辨識的誤判，因此建議導入光源遮罩、影像亮度正規化、或直方圖增強 (如 CLAHE) 等前處理方式，以提升模型對光線劇烈變化的抵抗性。若能搭配即時光源分析與自動曝光修正，更可提升整體辨識表現的穩定度。

6.6.2 無法辨識指標之建議處理方式

雖然影像辨識技術已能應付大部分市區場景，但仍有部分指標由於受限於單眼 DVR 設備、光線物理特性或場景幾何因素，短期內難以以單純影像方式直接取得。本研究的建議方向並非強求模型「辨識所有項目」，而是針對這些無法辨識的部分提出替代措施，以確保系統能在安全性與穩定性間取得平衡。

其中最典型的例子，是高差造成的距離推估偏移。市區常出現位於公車站、人行道或路緣上的行人與二輪車，由於其高度並非處於 Z＝0 平面，若直接以 IPM 推估距離會導致系統誤認為其位置較遠。這類誤差難以透過影像本身解決，因此建議採用「類別特定補償」方式，例如為行人與二輪車設定固定的高度偏移，使距離推估結果更符合實際道路情形，如此可避免 TTC 計算因高度差而產生系統性誤差。

另一類無法辨識的情境在於駕駛監控系統 (DMS)。市區客運因車內相機多安裝在高處且解析度有限，加上部分車內相機未具備 IR 補光，使得駕駛臉部細節常無法穩定辨識。在此情境下，建議改以「上半身動作」做為主要判斷依據，避免因臉部影像品質不佳而導致分心偵測失效。例如可透過肢體動作、方向盤手部位置、上半身傾斜程度等來進行判斷，使系統仍能提供合理的安全判斷。

此外，遮蔽問題是影像辨識無法避免的限制，尤其在市區環境中，車輛、樹木、柱體、路邊招牌等皆可能造成瞬間遮蔽。短期內無法透過偵測模型完全避免，但可透過追蹤機制補償，使物件在短暫遮蔽期間仍能維持 ID 與軌跡，避免偵測中斷造成距離與速度推估跳動。

6.6.3 人車物件追蹤與預測

若要讓影像辨識從「僅能看見當下」進入「能夠預測下一秒」的階段，多物件追蹤 (MOT) 與軌跡預測是必須納入的重要能力。市區交通情境具有高度動態特性，尤其 VRU 的行為常呈現急煞、急轉、斜切等不規則運動，若僅依單一影格進行判斷，極易造成距離跳動、速度錯估與警示延遲。因此，本研究建議後續系統導入追蹤演算法，使辨識流程由靜態偵測升級為動態追蹤。

透過 Kalman 追蹤器、DeepSORT、ByteTrack 等演算法，可確保每個物件在連續影格中維持一致的 ID，並可提供更平滑的速度與加速度估算，使系統能以更穩定的方式推算 TTC。此外，透過軌跡預測模型 (如 Constant Velocity / Constant Acceleration)，則能進一步預測行人或機車於未來短時間內的可能軌跡，提升系統的反應前瞻性。此機制對市區情境尤為重要，例如行人在路緣有跨步傾向、機車於右側逐漸靠近公車、或自行車於路口可能突然左轉，皆可藉由軌跡預測提前辨識風險。

若未來計畫導入深度學習式的軌跡預測 (如 Social-LSTM、Trajectory Transformer) 或 BEV-based 行為預測，系統將能進入次世代 ADAS 所需的「行為理解」層級，但其開發與計算成本較高，因此本研究建議先採用輕量追蹤預測技術，再視設備性能逐年擴充。

6.6.4 市區客運影像設備之建議

一、 車輛前方

最後，設備端是影像辨識成功與否最關鍵的基礎。從 6.1-6.4 的影像盤點可發現，相機解析度、畸變程度、安裝角度、畫面是否清晰、是否具備 IR 補光、鏡頭是否有雨滴或污漬等，都會直接影響辨識結果。在設備水準不一致的情況下，即使演算法能力再好，仍會因硬體輸入不足而受限。因此，本節提出市區客運在未來更換或新增影像設

備時可採用的建議基準。

首先，前方相機解析度建議至少提升至 1280x720 (720p)，以確保足夠的細節可供辨識，特別是在遠距 VRU 辨識方面。其次，鏡頭應選用低畸變鏡頭，或於系統端進行基本的畸變校正，避免距離推估受到幾何彎曲影響。相機安裝角度亦需標準化，例如前方相機應避免過大仰角，使近距區域不被遮蔽；

此外，市區情境中雨水、灰塵與污漬常造成鏡頭模糊，導致辨識能力大幅下降。建議於鏡頭上加裝親水或防污塗層，並建立車隊清潔維護機制，確保影像品質穩定，避免因鏡頭骯髒造成大量 FP/FN 問題。

二、 車輛側方

側方相機架設高度建議安裝於車身側面距地面約 2.0-3.0 公尺。架設角度建議略向下傾斜 10°-25°，取決於架設高度，避免過度拍攝天空，並確保各類車輛可以完整拍到不會被切掉。

相機解析度至少要 480p (640x480)，考量到遠方物件的偵測與距離估算誤差，建議解析度 1080p (1920x1080)。

相機成像品質的部分，建議選用具備 WDR 的相機，以平衡亮部與暗部的細節，避免過度曝光或曝光不足，並且具備 IR 補光，支援低光感應模式，確保夜間仍能辨識車輛與行人。另外，DVR 設備的影像壓縮率也需要控制，過大的壓縮率會導致細節損失或成像模糊。

三、 車輛內部

車內相機架設需要考慮車內空間限制，但基本上安裝在車內前上方，約在前車門到 A 柱周遭區域，高度大概介於 1.5-2.0 公尺，相機角度相對於駕駛，俯仰角約 0°-15° (0°為平視，正為向下傾斜)，偏擺角約 10°-40° (0°為從駕駛正側方拍攝，90°為從駕駛正前方拍攝) 確保駕駛上半身與駕駛互動物件能同時入鏡 (方向盤、車內設備等)。另外，駕駛應至少占畫面 30%，確保駕駛物件夠大，能夠清楚辨識。

相機解析度至少要 480p (640x480)，更高的解析度對駕駛的辨識分析有正面的幫助。

相機成像品質的部分，建議選用具備 WDR 的相機，以平衡亮部與暗部的細節，避免過度曝光或曝光不足，並且具備 IR 補光，支援低

光感應模式，尤其是夜間只有乘客處會開燈，駕駛處很容易過暗，而白天時雖然車外光線充足，但車內取決於光線入射的角度，也有可能會有過暗的狀況。另外，DVR 設備的影像壓縮率也需要控制，過大的壓縮率會導致細節損失或成像模糊。

6.7 小結

本章整合市區客運環境中前方、側方與車內影像之品質盤點、技術評估與實證分析，全面呈現市區影像辨識在真實運行條件下所面臨的挑戰與機會。透過首都客運與和欣客運兩類車型、三條代表路線 (284、536 與和欣客運 551-U9) 的大量影像資料，本研究不只揭露影像品質差異對辨識模型的影響，也具體量化了各類物件在不同情境下的偵測能力、距離推估誤差分佈與六宮格風險指標的整體表現，形成一套具有科學基礎的市區客運影像辨識評估架構。

本章首先從影像品質出發，指出市區環境相較國道更具複雜度：弱勢用路人密度高、光源變動劇烈、遮蔽物頻繁、相機安裝位置高度差異、鏡頭畸變影響顯著，加上各車輛之硬體規格不一致，使辨識模型在不同車隊間呈現出具體且可量化的性能差異。透過定量分析可觀察到，行人與機車的辨識表現尤其敏感於光線與相機品質，遠距區域的偵測框 jitter 亦會直接轉換為速度與距離推估的明顯誤差，並進一步影響 TTC 計算的可靠度。此結果顯示：市區影像辨識系統若要達到可商用的穩定度，光靠單幀偵測已不足以應付市區交通高度動態的特性。

接續的分析顯示，各路線的交通組成與環境特性會直接影響模型表現。例如，路線 284 因行經都會核心且 VRU 密度高，使模型在近距主車道區域面臨最嚴峻的挑戰；路線 536 則因山麓地形、樹蔭、暗巷與光照變化劇烈，導致遠距物件易受遮蔽；而和欣客運 551-U9 在高速直線道路中，雖有較大視野優勢，但行人樣本較少，使 VRU 類別的泛化能力需更強化。三條路線的差異性，再次強調了市區資料分散、多源、多變的特性，而本研究亦透過大量定量數據驗證：建立市區專屬資料集與環境專屬模型，是開發市區 FCW/BSD 系統不可或缺的基礎。

在量化評估之後，本章提出四大面向的技術建議。其一，是對目前可辨識指標的精進策略，包括提升弱勢用路人辨識能力、改善距離與速度推

估的時序穩定度，以及加入前處理強化夜間與雨天的影像品質。其二，是針對短期內難以辨識之指標提出替代機制，例如高差物件的距離補償、上半身姿態影像的完整性需求、遮蔽物件的軌跡延伸，以及超遠距物件的風險再定義。此類處理方式能確保系統在硬體條件有限的前提下，仍可維持合理的安全判斷品質。

其三，本章強調導入多物件追蹤與軌跡預測的重要性。透過追蹤，可讓辨識由「單幀的靜態結果」轉為「多幀的連續理解」；透過短期軌跡預測，可使系統提前辨識潛在風險，如行人起步、機車斜切、自行車轉向等，提升 FCW 與 BSD 的反應效率與準確度。此能力對市區環境的安全性提升至關重要，也是後續系統朝向行為理解 (behavior prediction) 邁進的必經階段。

其四，是設備端的改善建議。本研究清楚指出，影像辨識性能的上限取決於影像輸入，而輸入品質又受到相機解析度、鏡頭畸變、安裝角度、鏡頭清潔度、是否具備 IR 補光等要素影響。若硬體品質不佳，即使演算法具備高性能，整體系統效益仍會受到嚴重限制。因此，本章提出標準化的設備建議，包括最低畫質規格、可接受之畸變度、相機安裝角度的合理範圍、鏡頭防護與清潔機制，以及車內鏡頭應具備的最低採樣條件。這些建議可做為客運業者後續採購、車隊升級或跨廠商整合的依據。

整體而言，第六章從資料、技術、設備與評估指標多層次整合，完整勾勒出市區客運影像辨識的技術現況與挑戰，也提出可落地、可執行、可逐年量化追蹤的改善方向。這些觀察與建議將做為後續章節制定「整體系統建置策略」、「市區模型調校原則」與「後續部署計畫」的重要基礎，使本研究能真正協助客運業者建立可長期維運且具備產業價值的 AI 安全防護能力。

第七章 市區與國道客運業者座談會

7.1 座談會內容簡述

7.1.1 座談會目的

本計畫探討市區客運安全管理領域，相較前期計畫分析國道客運安全，所面對的挑戰與困難更加嚴峻，包括：市區道路交通環境多變、用路人組成複雜、行人與機車密度高、車道配置混雜、停靠站頻繁等因素，使得市區客運駕駛所面臨之風險型態與國道客運截然不同。

基於前期計畫在國道客運所建立之影像辨識架構、ADAS 警示事件分析方法、自然駕駛資料處理流程皆以「相對單純之國道環境」為基礎，故本計畫需要透過與市區客運業者深度交流，藉由座談會互動，輔以問卷調查 (附錄二) 等方式，具體掌握其在實務操作、風險來源、管理制度與教育訓練上的需求、實務執行的經驗與困難、安全管理系統的運用與期望，以利後續風險分析、技術調整與系統開發。

因此，本座談會目的如下：

一、 確認市區客運駕駛之標準作業流程 (SOP)：包含指差確認、變換車道、進站、出站、路口左右轉等情境，並釐清各業者標準作業流程之執行情形。

二、 盤點市區客運可能之高風險情境：包含環境、交通、用路人行為、車流互動、天候等因素，做為後續影像辨識風險情境定義之依據。

三、 瞭解市區客運業者對 ADAS 警示資料之使用狀況：包含線上即時管理、線下管理、教育訓練方式，並探討警示誤報、後續改善需求等議題。

四、 蒐集市區客運業者對未來駕駛安全管理系統之功能期待：做為本計畫安全管理系統 PoS 發展方向。

7.1.2 座談會邀請與出席業者

為瞭解市區客運業者之安全管理現況與實務需求，本計畫於座談會邀請全臺主要公共汽車客運經營業者參與。考量市區客運路網橫跨北、中、南、東多個區域，各地交通環境、道路特性、乘客組成、機車與行人密度

均顯著差異，因此本次邀請名單涵蓋六都與非六都客運業者，以確保所蒐集之意見具備代表性、區域完整性與多元實務經驗。

本次座談會邀請對象包含中華民國公共汽車客運商業同業公會全國聯合會，以及全臺具指標性、具有市區營運比例或跨區域營運經驗之客運業者。業者名單如下：

一、 北部地區業者：光華巴士、中興大業巴士、新北客運、淡水客運、指南客運、首都客運、大都會客運、臺北客運、三重客運、大南汽車、欣欣客運、大有巴士、新店客運、東南客運、基隆客運、桃園客運、中壢客運等。

二、 中部地區業者：新竹客運、苗栗客運、豐原客運、臺中客運、總達客運、全航客運、彰化客運、中鹿客運、南投客運等。

三、 南部與東部業者：嘉義客運、新營客運、興南客運、高雄客運、屏東客運、港都客運、員林客運等。

四、 全國性及市區與國道路線兼營業者：和欣客運、統聯客運、國光客運、葛瑪蘭客運等。

上述業者多具有長期市區客運營運經驗，亦包含部分兼營國道路線之業者，可提供市區行車風險、駕駛 SOP 執行狀況、違停干擾、市區停靠站配置、行人穿越行為、ADAS 使用限制等多樣化的現場觀察。此外，本次亦邀請同業公會代表參與，以利蒐集整體產業層級之安全管理需求與政策建議。

本次座談之組成具備跨區域、跨路線類型及跨公司規模之特色，使得會議過程中所蒐集之意見能完整反映目前市區客運業者在駕駛風險管理、技術設備使用、教育訓練制度以及未來安全管理系統期待等面向之真實需求。此部分亦為本計畫後續影像辨識風險模型建置、市區風險情境定義與駕駛安全管理系統發展方向提供重要基礎。

本次座談會實際參與之客運經營業者與其代表，多屬具備市區路線營運經驗之客運公司，並由行車管理、教育訓練與安全監理等相關主管或管理人員代表出席。與會者提供之意見多基於第一線市區營運環境與長期駕駛管理經驗，內容涵蓋 SOP 執行實務、行車風險來源、違停與機車干擾、ADAS 警示應用限制及駕駛行為管理困難等面向。本次出席組成雖未涵蓋所有受邀公司，但其背景具高度代表性，足以反映目前市區客運之主要安

全管理特性與制度需求，並為後續系統功能設計與風險分析提供重要參考。

7.1.3 討論議題

本次座談會之討論議題係依據本計畫研究需求、前期國道客運研究成果以及市區客運營運環境特性所規劃，目的在於全面掌握市區駕駛之作業流程、行車風險特性、安全管理現況與系統導入需求。整體議題設計兼顧駕駛操作、車輛設備運作、管理制度與系統需求四大面向，除座談會口頭交流之資訊外，本次亦同步設計紙本問卷，做為蒐集業者第一線經驗與制度現況之輔助工具。具體內容如下：

一、 駕駛行為之標準作業流程 (SOP) 與高風險駕駛情境

本議題主要聚焦於市區客運駕駛在不同情境下之操作流程與實務執行限制，包括指差確認、變換車道、進站與出站、路口左右轉等關鍵行為。透過與業者的討論，旨在瞭解 SOP 的實際執行方式、執行負荷與潛在風險，並盤點市區行車中常見的高風險情境，如路口人車混流、違停干擾、機車併行、視線遮蔽與複雜交叉口等，以做為後續風險情境定義與影像辨識模型建置之核心依據。

二、 基於 ADAS 警示資料之安全管理制度

本議題針對市區與國道客運業者現行使用 ADAS 之方式進行討論，包括線上 (即時) 管理模式、線下 (事後) 管理作業、教育訓練流程與資料應用困難點。議題內容涵蓋警示誤報比例、市區環境下警示觸發原因、駕駛接受度，以及警示資料與影像資料如何相互搭配以供管理人員研判。此議題可協助釐清市區 ADAS 資料使用上的限制與改善方向。

三、 市區客運駕駛安全管理系統之功能與需求

本議題旨在蒐集業者對未來安全管理系統功能與操作模式之具體需求。討論內容包括資料整合方式、異常事件自動篩選、駕駛行為評分機制、教育訓練輔助功能、使用者介面設計與管理負擔考量。透過本議題，可了解現行管理制度中的痛點與改善期待，做為本計畫規劃駕駛安全管理系統 PoS 之設計依據。

7.2 駕駛行為之 SOP 與高風險駕駛情境

市區客運行車環境具備高密度、多變化與高互動等特性，使得駕駛於行車過程中必須同時面對行人、機車、違停車輛、路口號誌與複雜交叉口等多元風險來源。相較於國道路況相對單純、車流較為穩定、行人與機車干擾較少，市區駕駛之操作負荷更高，對 SOP 之依循程度也深受環境限制影響。因此，本節從業者回饋、問卷調查及座談會討論內容出發，整理市區客運駕駛在操作流程、執行挑戰與高風險情境之整體現況。

7.2.1 指差確認之 SOP

指差確認為目前多數市區客運業者用以強化駕駛注意力與降低操作風險之重要 SOP。在我國，其推動源自日本鐵路與客運系統的安全管理經驗，透過同步進行「看、說、指」三個動作，使駕駛在接近路口、人行道或高風險區段時提高認知覺察程度，進而降低因注意力分散所造成的事故。

為補充座談會中各業者就指差確認執行經驗之討論，本計畫亦透過問卷方式蒐集業者對指差確認之安全效益、駕駛員負擔與可能增加行車風險之看法。採用五點量表 (1＝非常不同意、5＝非常同意)，分別就「執行指差確認是否有助提升安全效益」、「指差確認是否增加駕駛負擔」，以及「在哪些情況下指差確認可能反而提升行車風險」等面向進行評估。問卷設計除量化駕駛對指差確認效益與負荷之感受外，亦提供開放式填答，請業者舉例說明在何種情境下執行指差確認可能導致風險升高，例如於大型路口左轉、人車分流明確或行人出現機率極低之環境中，駕駛為遵循 SOP 而刻意停車或放慢速度，反可能造成後方來車逼近、機車併行或追撞等潛在危害。透過此問卷資訊，可更全面掌握業者在不同營運場景下對指差確認效益與限制的實務觀察，提供後續調整 SOP、建立情境化風險分類與修正安全管理策略之依據。

表 7-1 為指差確認 SOP 之問卷回覆統計，顯示多數受訪者認同指差確認具有正向的安全效益。其中，「執行指差確認可以提高安全效益」之平均得分為 4.2 分 (滿分 5 分)，顯示業者普遍認為指差確認能提升駕駛注意力並降低疏忽風險；在 1 至 5 分的評分分布中，選擇 4 分及 5 分者共計 24

人，佔 80%以上，具有高度一致性。然而，關於「指差確認會增加駕駛員負擔」之題項，平均得分亦達 3.6 分，顯示業者雖肯定安全效益，但同時認為指差確認在市區高密度交通環境下確實增加駕駛之工作負荷與心理壓力。開放式回應中亦指出，頻繁指差確認動作、集中注意力的需求以及與後車互動的壓力，皆會提高駕駛的精神負擔，特別是在尖峰時段或路口密集區域行駛時。

表 7-1 指差確認之 SOP 回覆

問項	1	2	3	4	5	平均值	問卷數
(1) 執行指差確認可以提高安全效益	0	2	4	9	15	4.2	30
(2) 執行指差確認會增加駕駛員負擔	5	3	7	8	7	3.3	30
(3) 指差確認增加行車風險之情境	• 後車追撞 (燈號轉換時愈嚴重，因後車可能搶黃燈通行) • 乘客摔傷 • 機會左轉路口 • 有左轉專用號誌 (行人燈號為紅燈)，於行穿線前仍須停車；且可能使行人誤以為車輛讓其先過路口而增加事故發生的機率 • 右轉指差確認時，機車或自行車從右側通行						

在「指差確認可能增加行車風險之情境」部分，多數受訪者提供具體事例，反映 SOP 在實務上之限制與潛在反效果，回應內容主要可歸納為四類：

一、 後車追撞風險：多位受訪者指出，在燈號切換或路口車流密集時停車執行指差確認，常使後車誤判或未注意，增加追撞機率。

二、 機車與行人衝突風險：駕駛於執行指差動作時視線需短暫離開部分方向，若同時機車由側方通過或行人突然穿越，可能提高碰撞風險。

三、 誤導其他用路人之風險：特別是在左轉專用號誌 (行人燈紅燈) 之情境中，駕駛仍須依 SOP 執行指差確認，可能使行人或他車誤以為公車要先行通過，而增加誤判風險。

車內乘客之安全感與穩定性：部分受訪者指出指差確認使車輛於路口或減速帶前「不自然停頓」，恐導致乘客站立不穩、跌倒或前傾等安全疑慮。

整體而言，問卷結果顯示駕駛對指差確認的態度呈「安全效益高，但操作負擔亦高」的雙重感受，並具體反映指差確認 SOP 在市區多變環境下之使用限制。座談會討論、問卷結果與業者實務經驗，指差確認雖具提升

駕駛注意力與降低疏失風險之安全效益，但在市區高密度交通環境中亦存在若干潛在風險與執行負擔。常見事故風險包含：路口暫停指差時易遭前後車追撞、於複雜路口頻繁執行指差確認造成駕駛疲勞與警覺力下降等情形，反而可能使整體安全性受到影響。

業者亦提出多項改善建議，包括利用車外鏡頭或側方 ADAS 警示輔助駕駛辨識盲區，以減輕駕駛需自行確認的負荷；並建議長期可從交通工程面改善視距不足、違停嚴重或動線混雜之路段，以降低駕駛依賴指差確認補強視野的必要性。此外，部分駕駛反映在人車分流或風險較低之路口是否仍需強制執行完整 SOP，亦屬未來制度檢討的重要議題。

整體而言，指差確認應視做為市區複雜環境中「強化風險辨識」的基礎流程，但其執行方式需因應不同路型、風險程度與交通狀況調整強度，並搭配科技輔助及工程改善，以兼顧安全效益與駕駛負荷，提升 SOP 在市區客運安全管理中的適用性與可行性。

7.2.2 其他駕駛情境之 SOP

為了解客運業者在多種行車情境中需遵循之標準作業流程，並補充座談會中各業者對不同駕駛操作經驗的分享，本計畫特別在問卷中設計駕駛情境之 SOP 項目，問卷請各業者填寫其公司於各類實務情境中所訂定的標準作業流程，包括但不限於變換車道、進站與出站、路口左、右轉、倒車、雨天或夜間行駛等。透過此開放式填寫方式，本計畫得以更完整掌握各業者在不同交通環境下的標準作業流程，做為後續整理共通性、差異性與改善需求的重要參考。

除指差確認外，客運駕駛在多種行車環境下均需依循公司所制定之 SOP，以因應市區道路高度複雜、動態干擾頻繁之特性。本計畫透過問卷蒐集各業者針對不同駕駛情境所訂定之流程，並依其性質進行分類。回覆顯示於表 7-2，業者所制定之 SOP 大致可分為五類：路口操作、路段行駛、站點作業、車輛操作準備、乘客服務情境。其中，路口類情境 (如行近路口、左轉、右轉、專用號誌路口、無號誌路口) 為 SOP 訂定最為詳細且一致者，反映路口為市區事故與人車衝突風險最高之位置；路段類則包括變換車道與狹窄路段行駛，主要在於降低機車併行與車流混入之風險；站點作業類涵蓋公車進站、出站、開關車門等流程，多與乘客上下車安全相關；

車輛操作與出車前檢查則確保設備正常性；另有部分業者針對服務身障者等特殊乘客服務情境訂定 SOP，以提升弱勢乘客乘車安全。整體而言，業者回覆呈現市區營運環境下多元且高度情境化之 SOP 設計，有助於後續歸納各類情境之風險特性。

表 7-2 其他駕駛情境之 SOP 回覆

類型	情境
7.2.1 路口	• 行近路口 • 左轉 • 右轉 • 行經專用號誌路口 (左轉專用燈、行人專用號誌等) • 無號誌路口
7.2.2 路段	• 變換車道 • 行駛於狹窄或易受干擾路段
7.2.3 站點作業	• 公車進站 • 公車出站 • 開啟車門 • 關閉車門
7.2.4 車輛操作與出車前準備	• 出車 (出車前檢查) • 車輛設備確認 (燈光、鏡面、煞車等)
7.2.5 乘客協助與特殊服務情境	• 服務身障者 (斜坡板、輪椅固定等)

7.2.3 高風險駕駛情境

為掌握客運行車中最常導致事故或肇事風險升高之情境，座談會透過問卷方式請業者就各駕駛情境之「事故發生頻率」與「嚴重程度」進行評估，並依類型區分為行車操作、交通環境及人車互動三大類。此調查提供不同交通脈絡下之風險排序，做為後續影像辨識、ADAS 事件分類與安全管理系統之風險分級依據。問卷設計中，各駕駛情境皆以五點量表進行評估，其中事故發生頻率以 1 至 5 分代表從極少發生 (1 分) 至非常頻繁 (5 分) 之程度；嚴重程度則同樣以 1 至 5 分反映事故一旦發生時對營運安全之影響，從影響輕微 (1 分) 至極度嚴重 (5 分)。為綜合呈現各情境之整體風險，本計畫以事故發生頻率乘上嚴重程度計算其風險值，風險值越高，代表該情境在市區行車中越可能形成事故並造成較嚴重後果。藉由此風險指標可比較不同情境之相對危險性，做為後續影像辨識開發 ADAS 事件判

讀與駕駛安全管理系統風險分級的重要依據。

問卷之統計結果顯示於表 7-3，市區客運行車情境的事故風險呈現明顯差異，整體風險值 (事故發生頻率×嚴重程度) 顯示，人車互動情境與路口操作情境為最主要的高風險來源。在人車互動部分，包括「機車在車側併行或超車」、「周遭車流違規或違規切入」及「行人突然穿越」等項目皆呈現最高風險值，其中「機車在車側併行或超車」風險值達 15.47，為所有情境之首，反映機車貼靠、公車盲區與併行動態常使駕駛難以即時判斷；而「周遭車流違規或切入」與「行人突然穿越」亦因其不可預測性，使事故發生機率及嚴重程度同步升高，成為市區肇事件的最主要風險因子。

表 7-3 高風險駕駛情境之回覆統計

駕駛情境	事故發生頻率		嚴重程度		風險值
	平均值	標準差	平均值	標準差	
行車操作					
一、 於路口處變換車道	3.4	1.1	3.3	1.0	11.33
二、 行經非對稱或複雜交叉路口	3.5	1.0	3.1	1.0	10.97
三、 公車出站	3.5	1.2	3.0	1.0	10.28
四、 路口左轉	3.0	1.0	3.4	1.1	10.19
五、 路段變換車道	3.4	1.2	3.0	0.8	9.99
六、 路口右轉	3.0	1.0	3.3	1.1	9.91
七、 行經狹窄巷道或違停車輛區段	3.3	1.2	2.9	1.0	9.46
八、 公車進站	3.2	1.1	2.9	0.9	9.38
九、 行經無號誌路口或閃黃燈路口	2.8	1.1	3.3	1.1	9.22
交通環境					
十、 行駛於雨天或夜間能見度不佳時	3.2	1.3	3.5	1.0	11.21
十一、 行經學校、夜市等人車混雜區	2.7	1.3	3.1	1.2	8.37
十二、 行經施工區或道路改道區段	2.9	1.1	2.8	0.9	8.12
十三、 行經郊區或山區路線時	2.3	1.1	2.8	1.0	6.44
周遭用路人互動					
十四、 機車在車側併行或超車	4.0	1.0	3.9	0.8	15.47
十五、 周遭車流逼近或違規切入	4.0	1.0	3.5	0.9	13.87
十六、 行人突然穿越	3.0	1.3	4.3	0.9	12.66
十七、 行人於行穿線上慢速通行	3.0	1.3	3.2	1.3	9.39

註：每一問項之問卷數皆為 30 份

在行車操作類情境中，「於路口處變換車道」、「行經非對稱或複雜交叉口」及「公車出站」風險值均超過 10，顯示路口操作涉及多重確認、視線

死角、機車接近速度與後方車流反應等因素，使公車駕駛在短時間內需處理高資訊量而承受較大決策壓力。公車進站、變換車道及路口右轉等項目亦呈現高於一般水準的風險值，與座談會反映的違停佔道、機車貼靠與轉彎死角情況相符。

至於交通環境類情境中，「雨天或夜間能見度不佳」風險值達 11.21，屬於高風險等級，顯示環境條件對視距、反應時間及駕駛辨識能力有顯著影響；而行經狹窄巷道、施工區段及人車混雜區 (如學校或夜市) 之風險值雖略低於前述情境，但仍維持中高程度，反映環境複雜度與臨時性干擾對行車安全具不容忽視的影響。

整體而言，本問卷結果顯示市區客運事故風險主要來自「高度動態、人車交織的行為不確定性」，其次為須於短時間同時執行多項確認的「路口與出站操作」，而惡劣天候與特殊道路環境則提高事故一旦發生時的嚴重程度。此結果說明，未來市區安全管理與影像辨識技術之設計，需優先針對上述高風險情境建置更精確的偵測與風險分級架構，以提升整體行車安全。綜合座談會與問卷回覆可知，各業者所訂定的 SOP 已大致涵蓋市區營運中最主要且最具代表性的行車風險情境，並依操作性質形成清楚的分類架構。整體來看，路口操作仍為風險最高、最需嚴謹遵循 SOP 的場域；路段行駛與站點作業則因高度暴露於機車貼靠、違停佔道與乘客動態等外在干擾，需強化駕駛風險辨識與情境化操作流程；而車輛操作準備與乘客服務情境則補強整體安全基礎，確保車輛設備正常並提升弱勢乘客乘車安全。上述分類與風險特性，不僅反映市區客運營運之真實需求，也提供後續影像辨識模型、市區風險情境定義與駕駛安全管理系統設計之重要依據。

7.3 客運業者使用 ADAS 警示之方式

為了解市區客運業者對 ADAS 警示資料之使用方式及安全管理流程，座談會中透過問卷蒐集各公司現行採用之線上 (on-line) 與線下 (off-line) 管理措施。線上管理著重於第一時間掌握高風險行為，包括異常行為即時通知、警示回饋紀錄及監控中心通報；線下管理則以教育訓練、違規輔導與月報分析為主，透過趟次影像抽查與行車事件彙整，加強駕駛的防禦性駕駛觀念與行為改善。

ADAS 警示資料在各公司的使用方式大致可分為線上即時管理與線下

事後管理兩類，且兩者採用程度差異明顯。表 7-4、7-5 分別為線上與線下 ADAS 警示使用之客運業者問卷結果，整體而言，業者較少具備完善的線上即時通報系統，僅少數公司能在偵測到高風險行為時立即進行通知或回饋，例如僅有 6 家業者提供「駕駛異常行為即時通知」功能，而具備「系統警示回饋」的公司亦僅有 7 家，多數業者尚未將 ADAS 與後台管理系統完全整合。另有 3 家業者設置監控中心，可即時接收警示資訊並進行通報，但仍屬少數，顯示目前多數市區客運公司在即時監控與快速介入方面仍處於導入初期階段。

表 7-4 線上安全管理系統之回覆統計

項目	有使用	沒有使用
1. 駕駛異常行為及時通知	6 家	13 家
2. 系統警示回饋	7 家	12 家
3. 監控中心通報	3 家	16 家

表 7-5 線下安全管理系統之回覆統計

項目	從未實施	每季一次	每月一次	每週一次	每日
1. 行車事件月報分析	4	1	10	1	3
2. 駕駛教育訓練課程	2	4	7	4	2
3. 違規輔導機制	2	2	2	10	3
4. 隨機抽查檢視趟次	1	3	2	7	6
5. 事故地點熱力圖	匿名客運業者提出				

相較之下，線下管理為業者最普遍採用的安全管理方式，多以教育訓練、行車事件彙整與違規輔導做為主要工具。其中，「行車事件月報分析」最為普遍，多數業者每月固定彙整並檢討警示事件，甚至有部分公司每日進行資料檢視，以掌握駕駛行為變化。「駕駛教育訓練課程」亦為常態性作法，七成業者每月辦理訓練課程，將警示影像做為教材，加強防禦性駕駛觀念；「違規輔導機制」則多以每週為頻率進行追蹤與面談，顯示線下的行為輔導機制逐漸制度化。此外，部分業者亦會定期抽查影像或進行視覺化趟次檢查，並以熱力圖方式整理事故與警示發生位置，做為後續改善行車

路線或加強教育重點的依據。

目前市區客運業者在 ADAS 警示資料的運用上仍以線下事後管理為主、線上即時介入為輔。僅少數公司具備即時通知或監控中心通報的整合能力，多數業者尚未建立完整的線上監控與警示回饋機制；相對地，月報分析、駕駛教育訓練、違規輔導及影像抽查等線下管理已逐漸制度化，並成為改善駕駛行為的主要手段。此現象反映業者普遍已具備基本設備，但在資料運用、後台整合及即時風險處理能力上仍存在提升空間，未來安全管理系統的設計亦需朝整合警示資訊、提升即時辨識能力與降低管理負荷方向發展，以強化市區客運整體行車安全。

7.4 客運業者對駕駛安全管理系統之期望

為掌握市區客運業者對未來駕駛安全管理系統之功能需求與使用情境，本計畫於座談會中以問卷方式調查業者對各項系統功能的有用性與易用性之評估。問卷採用 1 至 10 分量表，其中 1 代表完全無用／非常不易使用，10 代表非常有用／非常容易使用。此設計目的在於同時掌握系統功能的實質價值與操作負荷，做為後續系統介面、資料呈現與功能開發的優先順序依據。

安全管理系統期望之問卷結果顯示於表 7-6，多數系統功能的「有用性」評分皆落於 8 分以上，顯示業者普遍認為駕駛安全管理系統能有效支持現行管理作業；在「易用性」方面亦大致達 8 分以上，顯示業者期待系統以簡潔、直覺方式呈現警示事件與風險資訊。然而，不同項目之間仍呈現明顯優先順序，其中以影像資料、提醒列表與異常事件統整功能最受重視。

首先，在有用性方面，業者高度認同的功能為「行車異常事件影像資料庫」 (9.5 分)，顯示影像仍是最具說服力的管理工具，無論用於事件釐清、風險還原或教育訓練，皆屬不可或缺。其次，「駕駛行為提醒列表」、「行車異常事件列表」與「駕駛綜合報表」等項目 (皆為 9.1 分) 亦獲高分，顯示業者需要能快速回顧駕駛近期表現、事件趨勢與特定高風險行為之工具，以利人員輔導與制度性管理。此外，「駕駛員出車前提醒」、「高風險駕駛象限圖」與「事件地圖」等項目亦獲得 8 分以上之肯定，反映業者

對即時提示與場域特性分析的需求逐漸增加。

表 7-6 駕駛安全管理系統有用性與易用性之回覆統計

項目	有用性		易用性		問卷數
	平均值	標準差	平均值	標準差	
1. 行車異常事件統整資料庫	8.8	2.5	8.5	2.4	27
2. 高風險駕駛管理象限圖	8.6	2.6	8.3	2.3	27
3. 風險趨勢圖	7.6	2.9	8.1	2.3	27
4. 駕駛員出車前提醒	8.2	2.2	8.6	2.2	27
5. 個人警示列表	8.9	1.5	8.9	1.4	28
6. 駕駛行為提醒列表	9.1	1.4	8.9	1.4	28
7. 行車異常事件列表	9.1	1.5	8.9	1.5	27
8. 行車異常事件地圖	8.4	2.3	8.1	2.2	27
9. 行車異常事件影像資料庫	9.5	0.9	9.3	1.0	28
10. 駕駛綜合報表	9.1	1.8	8.7	2.1	27
11. 其他	(1) 駕駛員年資、時數整合 (2) 易肇事、超速路段與地點 (3) 肇事分析				

在易用性評估中，「行車異常事件影像資料庫」同樣獲得最高評分 (9.3 分)，反映業者期待系統提供方便、快速且可查詢的影像介面，避免增加管理者的操作負擔。「駕駛行為提醒列表」、「行車異常事件列表」與「駕駛綜合報表」也達到 8.7 至 8.9 分，顯示若系統設計清楚、資訊分群合理，將可大幅提升管理效率。整體而言，「有用性高且易用性高」的項目大多與事件整理、影像查詢與提醒機制相關，是未來系統開發應優先關注的方向。

綜合上述問卷結果可見，業者對駕駛安全管理系統的核心期待集中於三大面向：一、影像為、事件為輔」的風險還原與管理能力，以利事後釐清與教育訓練；二、能支持日常管理的提醒、列表與報表功能，降低管理人力負荷並提高追蹤效率；三、簡單、直覺且能快速查詢的介面設計，避免操作複雜造成使用門檻。此結果顯示，未來系統開發宜強調資料視覺化、操作簡便與警示整合三項特色，使系統能真正融入業者日常管理流程，提升整體行車安全管理效能。

7.5 綜合座談

本次市區客運業者座談會的討論內容涵蓋駕駛操作行為、ADAS 警示運用、影像辨識技術需求以及不同營運場域之系統差異等多項議題，協助本計畫理解市區客運在行車安全管理上的實務挑戰與改善方向。整體而言，業者普遍認同駕駛操作標準化與科技輔助對提升行車安全具有實質助益，但市區環境相較國道更為複雜，使相關設備與流程在執行上面臨更高難度。

首先，指差確認與風險議題上，業者指出市區交通流量大、變化快，駕駛若於擁擠路口或號誌切換時執行指差確認，可能增加前、後車追撞風險，且頻繁操作亦易造成駕駛負荷。業者建議未來可透過鏡頭輔助、ADAS 側方警示與長期交通工程改善來降低操作負擔，使 SOP 能在兼顧安全與可行性的前提下執行。

其次，針對 ADAS 與事故風險的關聯，警示事件與事故件數之間不具直接關係，警示不應視為事故前兆，但可做為辨識潛在高風險場景的重要輔助工具。業者期待未來系統能以更智能化的方式整合警示與影像，協助辨識高風險模式，以做為教育訓練與行為改善的重要依據。

在影像辨識與指差確認整合方面，業者表示若能將影像與辨識結果結合，並以視覺化方式呈現駕駛操作是否到位，將能有效協助行車教育與違規改善。此外，可參考新加坡等案例，結合 ADAS、影像分析與人為管理的混合模式有助於提升駕駛防禦性行為，因此國內市區客運也盼能朝此方向逐步推動。

最後，針對市區與國道路線在車輛設備與系統應用上的差異，業者普遍認為國道路網相對單純，系統較容易發揮效益；反之市區路況多變、人車互動複雜、道路空間受限，使科技系統在市區營運中面臨較高誤警與辨識限制。然而，儘管國道經驗難以直接複製，仍能為市區客運提供參考，並做為本計畫後續系統設計的基礎。

整體而言，本次座談會顯示業者對安全管理的核心期待包括：提升駕駛操作標準化的可行性、使 ADAS 警示更貼近市區環境特性、加強影像判讀與數據整合能力，以及建立能反映市區行車脈絡的專屬安全管理機制。上述建議將做為本計畫後續模型調整、系統開發與政策建議的重要依據。

7.6 座談會結論

本次市區客運業者座談會結合口頭討論與問卷調查，完整呈現市區營運環境下之駕駛風險特性、標準作業流程執行困難、ADAS 警示資料使用限制及未來安全管理系統之整體需求。整體觀察顯示，市區客運所面臨的安全挑戰遠較國道路線複雜，其行車風險來源高度集中於多元用路人、機車貼靠與違停干擾，且交通節點密集，使得駕駛在極短時間內需處理大量資訊並作出操作判斷；相對地，現行 SOP 與科技設備雖提供一定程度之協助，但在市區環境下之適用性、可行性與辨識準確度仍須進一步調整。

首先，駕駛 SOP 雖被業者普遍認為具有提升注意力與降低疏忽風險之效益，但在市區動態環境中亦可能因頻繁停頓、視線切換或操作負荷增加而衍生追撞風險與駕駛疲勞。業者強調 SOP 未必能以固定方式套用於所有場景，未來需搭配交通工程改善、科技輔助與風險分級策略，使 SOP 更貼近實際營運需求。

其次，在 ADAS 警示資料使用方面，市區業者普遍反映線上即時管理仍有限，多因後台整合、人力配置與警示誤觸發等因素，使得 ADAS 更常被運用於線下教育訓練、事件分析與違規輔導。這反映現階段市區客運對 ADAS 系統的依賴主要集中於事後管理，而非即時介入。業者期待未來系統能提升警示準確度，並加入影像整合與自動化分析，以降低管理負擔並提升事件研判效率。

第三，業者對駕駛安全管理系統的期待集中於提升影像與事件資料的整合能力、降低管理負擔並強化系統介面的使用效率。多數業者認為，未來系統最重要的功能在於能夠強化影像資料庫與事件還原能力，以協助事故釐清與駕駛教育訓練；同時，系統應簡化管理流程，提供如駕駛行為提醒列表、異常事件統整報表等工具，使管理人員能更快速掌握風險事件與行為模式。此外，業者也高度重視介面操作便利性與資料視覺化呈現，期待系統能在有限人力下提升管理效率，使重要資訊能以更直覺、快速的方式被掌握，反映出市區客運對「高易用性、高資訊整合度」系統的核心需求。最後，座談會亦指出市區與國道營運環境之間的本質差異，使得前期國道研究成果無法直接套用至市區環境。市區道路空間受限、用路人行為高度多變且缺乏一致性，使得辨識模型、警示邏輯與 SOP 設計皆需市區化調整。本計畫後續之技術研發亦需依此特性進行優先排序與專門化設計。

在本次座談會中，多家業者除提出實務經驗及改善建議外，亦表達對未來合作之高度意願，期盼能與本計畫共同推動市區客運安全管理之技術提升。包含五家客運業者，均表示樂於參與後續系統測試、資料提供或實地情境驗證，並願意協助評估影像辨識模型與安全管理介面之實務適用性。這些業者的參與意願，不僅展現產業端對安全管理議題的重視，也有助於本計畫在後續推動時能以更貼近營運現場的方式驗證與優化系統功能。

整體而言，座談會成果為後續系統開發、風險模型建置與安全管理策略提供了具體且方向明確的實務依據，顯示未來市區客運安全管理的關鍵在於：將駕駛行為標準化、科技輔助智慧化、風險辨識精確化與管理流程自動化。本計畫將依據本次意見整合，進行技術優化與系統架構規劃，以逐步提升市區客運整體行車安全水準。

第八章 國道客運業者安全管理系統 PoS 之執行

根據前期計畫「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (4/4) - 空間特性分析」所開發之安全管理系統，其已達概念驗證 (PoC) 階段。該系統結合量化之行車風險計算與質性之業者管理為主要核心概念，提出出車前提醒、高風險駕駛評估、行車異常事件檢視、駕駛綜合報表探究等實質內容，在事後分析的前提下，發展業者安全管理系統之整體架構，並界定該系統的目標市場為我國的國道客運業者及其職業駕駛員。據此，本計畫欲進一步將該系統發展至服務驗證 (PoS) 階段，透過與客運業者的合作，希望將前期計畫開發之安全管理系統，融入其日常管理中，達到提升客運業者駕駛員行車安全之目標。基於營運計畫之準備，PoS 階段最主要之概念為用原型做為驗證產品是否為使用者所接受之手段，因此，PoS 的產品 (或指原型) 並不需要像驗證技術可行階段 (PoC) 如此仿真，只要達到與使用者溝通、互動及討論產品改善方式之目的即可 (McElroy, 2020)。另外，由於 PoS 主要目的為驗證該商品之可行性，因此其重點之一亦為建立服務 (或試營運) 團隊，並投入產品試產，或改善產品之穩定性。本章節之小節安排如下：8.1 節為安全管理系統介紹，以及該系統與和欣客運現有管理策略之結合構想；8.2 節為 PoS 實施構想與管理執行流程；8.3 節為本計畫團隊於本計畫執行初期與和欣客運之訪談結果敘述；8.4 節說明本計畫針對 PoS 執行，所擬定之關鍵績效指標；8.5 節則說明本計畫研究團隊協助和欣客運使用管理系統下的技術導入事項；8.6 節為本計畫後期 (10 月後)，和欣客運實際操作該管理系統之時間的成效評估，以及研究團隊與其管理階層定期討論結果。最後，8.7 節為本章節之小結。

8.1 安全管理系統介紹

本小節首先回顧前期計畫「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (4/4) - 空間特性分析」所開發之駕駛安全管理系統介紹與操作使用說明。另外，由於本系統之角色並非取代和欣客運現有的駕駛員安全管理制度。因此，本章節後續呈現在和欣客運既有之駕駛員管理策略下，本系統如何以輔助的角色，與其結合，指出該系統後續實施 PoS 計畫與管理執行流程之前提，希望能使國道客運業者之安全管理愈趨完整。

8.1.1 登入系統

業者使用本駕駛安全管理系統時，需透過網頁瀏覽器進行，並依照以下步驟操作：

一、 開啟網頁瀏覽器

二、 在網址列輸入伺服器位址 (例如：http://10.200.114.119/driver)，以進入系統登入頁面 (圖 8-1)。

三、 使用已建立之帳號與密碼登入系統。



圖 8-1 駕駛安全管理系統登入畫面

本系統提供三種使用者身分層級：

一、 Administrator：系統管理者；

二、 Manager：駕駛管理者；

三、 Driver：駕駛員。

使用者登入後，系統將根據其身分設定顯示對應之頁面及功能。

一、 Administrator (系統管理者)、Manager (駕駛管理者)：系統將顯示「首頁頁面」、「行車異常事件頁面」、「駕駛綜合報表頁面」、「出車提醒頁面」及「資料上傳頁面」，如圖 8-2 所示。

二、 Driver (駕駛員)：系統將顯示「出車提醒頁面」，如圖 8-3 所示。



圖 8-2 系統畫面 (系統管理者、駕駛管理者)



圖 8-3 系統畫面 (駕駛員)

8.1.2 首頁

一、 行車異常事件：右方的下拉選單「單一場站行車異常事件比例」，可選擇車隊場站。左方表格顯示資料庫中所有行車異常事件數，並與所選的場站異常事件數比較。系統會以圓餅圖呈現所選場站內各類行車異常事件的比例，並以紅色標示出差異比例超過 10%

的行車異常事件類別 (圖 8-4)。行車異常事件包含 SDW (安全距離警示)、FCW (前車碰撞警示)、LDWR (向右車道偏移警示)、LDWL (向左車道偏移警示) 及 SLDW (嚴重車道偏移警示) 五項。



圖 8-4 首頁之行車異常事件數據顯示

二、 高風險駕駛管理：包含三項圖表 (圖 8-5)，左側圖表為全體駕駛警示分析，該圖表分為六個區域：持續保持區、持續觀察區、精準改善區、首要改善區、精準觀察區及首要觀察區，根據駕駛的風險值與次數進行分類；此圖表所呈現的時間區間，為全時段累積的資料。中間圖表為高風險駕駛列表，顯示高風險駕駛的編號、姓名及風險值。使用者可透過上方的下拉選單「年」、「月」，選擇數據年份、月份，另外可選擇高風險分數百分比，以顯示相應的高風險駕駛數據。此外，該表格具有排序功能，可以在搜尋欄位中輸入數字或名稱進行搜尋。右側圖表為駕駛警示趨勢分析，與中間駕駛列表連動，展示單一駕駛在下拉選單選定的時間段 (年、月)，其風險值變化，做為駕駛行為改進的參考依據。



圖 8-5 首頁之高風險駕駛數據顯示

三、 隨時間演變警示圖：使用者可透過下拉選單「日期」，選擇特定日期，系統將顯示該日期的風險值與風險次數。此外，使用者可透過第二個下拉選單「比較」，選擇與過去一週單日、過去一週平均或過去一月平均進行比較 (圖 8-6)。

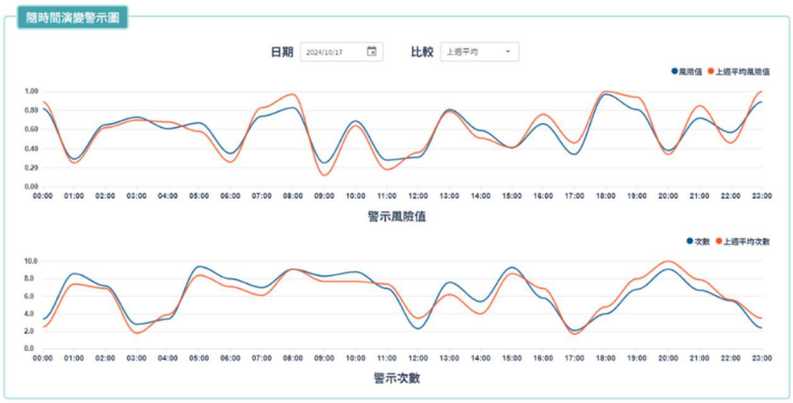


圖 8-6 首頁之隨時間演變警示圖

8.1.3 出車提醒

一、 出車提醒：可透過下拉選單「時段」與「路線」，選擇凌晨、晨峰、白天、昏峰、夜晚五個時段，以及客運路線，並從地圖中檢視即將發車的客運路線圖與容易出現高風險事件的地點 (圖 8-7)。地圖中會以小圖示標示容易出現風險事件的地點，點選小圖示可顯示該地點的詳細資訊。地圖下方將依照高速公路里程，每兩公里顯示風險值，透過上方「權重」下拉選單，可調整風險值計算比例。例如：選擇「趟次 10%：路段 90%」，風險值為 10%趟次風險分數加 90%路段風險分數。若不選擇，預設值為「趟次 50%：路段 50%」。在路線圖中，一般路段會以綠色標示 (風險值 0-0.6)，中度風險路段以橙色標示 (0.6-0.8)，高風險路段則以紅色標示 (0.8-1.0)。

二、 個人警示：以雷達圖顯示駕駛各項風險事件數值 (包含 FCW、SDW、SLDW、LDWL、LDWR 五項)，並與所有駕駛平均值做比對；下方以表格顯示駕駛高風險事件 (圖 8-8)。

三、 駕駛行為：以表格方式對駕駛顯示行車時橫向與縱向該注意的事項，並提供優良駕駛影片範例做為參考 (圖 8-9)。



圖 8-7 出車提醒

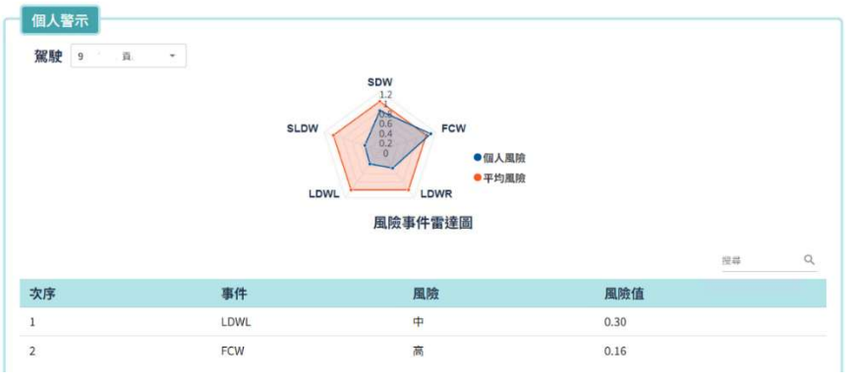


圖 8-8 個人警示



圖 8-9 駕駛行為提醒

8.1.4 行車異常事件列表

一、 行車異常事件：以表格方式列出系統中所有駕駛行車異常事件，可用下拉選單「事件」，篩選事件類別 (包含 SDW、FCW、SLDW、LDWL 及 LDWR 五項)、使用下拉選單「風險」選擇風險等級 (低、

中、高) 以及使用「日期」選擇時間段 (圖 8-10)。表格內容包含事件類別、風險等級、時間、駕駛員、風險值、初始車速、地點(經緯度)，以及經過車內、車外行車異常事件辨識後的影像片段。



圖 8-10 行車異常事件列表

如圖 8-10 表格所列，點選「地點」欄小圖示，則會跳出地圖視窗，顯示該事件發生地點 (圖 8-11)。

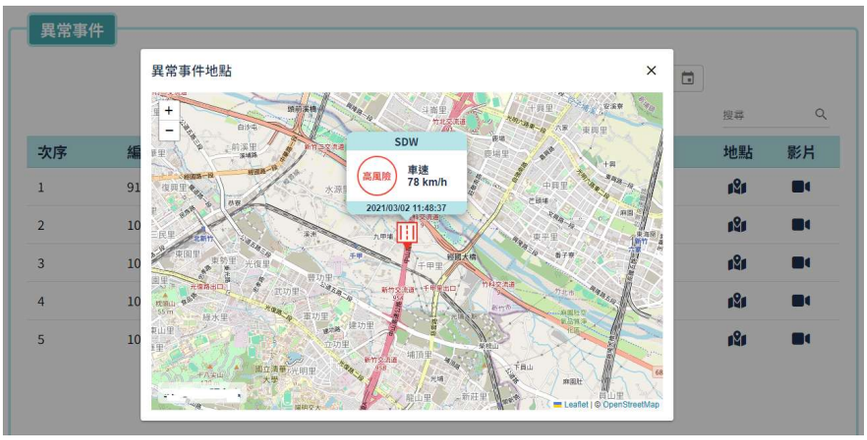


圖 8-11 行車異常事件地圖

在表格中點選「影片」欄位的小圖示，開啟影像視窗 (圖 8-12) 顯示行車異常事件的影像片段 (本功能僅適用於具備影像資料的業者)。

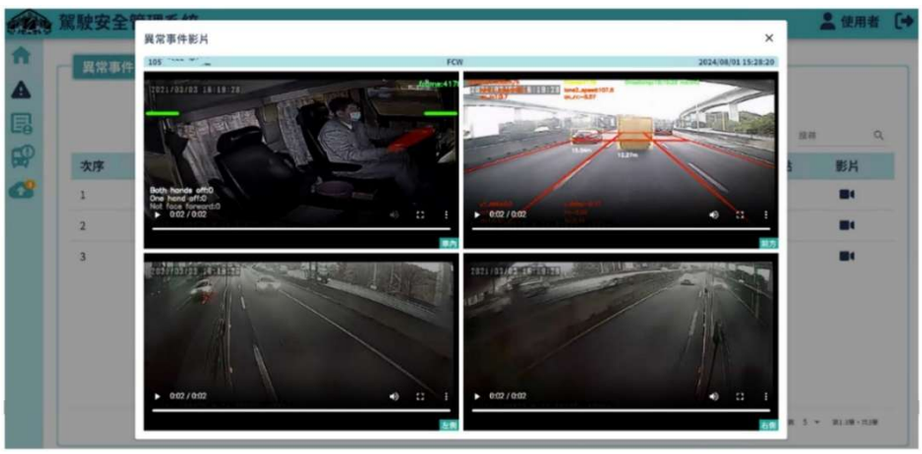


圖 8-12 行車異常事件影像

8.1.5 駕駛綜合報表

在駕駛綜合報表頁面中，可以選取任一位駕駛員，系統將顯示該駕駛員的風險告警程度、風險事件雷達圖與近期表現趨勢圖。首先，從頁面上方左邊的下拉選單選擇一位駕駛員 (圖 8-13)，再從右邊的下拉選單「年」、「月」，選取欲察看的時間區段。

一、 駕駛告警程度：使用紅、黃、綠燈號呈現，分別代表應對該駕駛進行「關注」(紅燈) 或「觀察」(黃燈)，綠燈則代表「無異常」。

(一)紅色燈號：在選擇的時間區段內，駕駛員的風險值大於 0.73；或是風險事件雷達圖中的任一種行車異常事件高於全體平均。

(二)黃色燈號：在選擇的時間區段內，駕駛員的風險值小於或等於 0.73，且大於 0.28。

(三)綠色燈號：在選擇的時間區段內，駕駛員的風險值小於或等於 0.28。

二、 風險事件雷達圖：顯示駕駛員的各項風險事件數值 (包含 FCW、SDW、SLDW、LDWL 及 LDWR)，並與所有駕駛員平均值做比較，此圖表數值將會隨著使用者選擇的時間區段自動調整。

三、 駕駛警示趨勢分析：顯示駕駛員於該時間區段內的風險分析結果。

四、 風險變化趨勢圖：顯示時間區段內，駕駛員的風險值變化趨勢。

五、 行車異常事件列表：以表格方式顯示駕駛員於該時間區段的行車異常事件，該列表的資訊及操作功能與第 8.1.4 節相同，請參閱第 8.1.4 節操作說明。



圖 8-13 駕駛綜合報表

8.1.6 資料上傳與影像辨識分析

本系統的資料輸入是將車載診斷系統 (OBD) 資料、全球定位系統 (GPS) 資料、先進駕駛輔助系統 (ADAS) 警示資料、駕駛員影像資料 (車內影像)、行車視野輔助系統資料 (車外影像)，透過系統的資料上傳頁面進行資料輸入。

進行資料上傳前，首先需確認各項資料檔案依照以下命名規則，並放置於同一個資料夾中，再將資料夾壓縮成為一個.zip 檔案：

一、 車內影像檔案：*-Cam1.mp4；

二、 車外影像檔案：*-Cam2.mp4；

三、 ADAS 檔案：event_log.csv；

四、 OBD 檔案：obd.csv；

五、 GPS 檔案：gps.csv；

進入資料上傳頁面 (圖 8-14)會看到資料上傳按鈕和影像辨識工作表。表格中顯示車號、駕駛員姓名、趟次時間，以及目前的資料上傳工作狀態 (包括已完成、影像辨識、資料上傳、等待中、已取消)。此外，表格還會顯示進度及剩餘時間。後續欄位則標示是否選用輕量化功能。最後一欄提供「取消」按鈕，可以用來終止進行中的影像辨識和風險分析作業流程。



圖 8-14 資料上傳按鈕與影像辨識工作表

點選畫面右上方的「上傳」按鈕，開啟資料上傳視窗 (如圖 8-15 所示)。在資料上傳視窗中，輸入趟次相關資訊，包含車號、駕駛員姓名、行車日期與時間。另外可選擇是否開啟「輕量化處理」選項。接著請點選「+」按鈕，從檔案瀏覽視窗中選擇前述已準備好的資料壓縮檔。最後點選下方之「確定」按鈕，開始上傳資料。



圖 8-15 資料上傳視窗

開始進行資料上傳後，本系統將會依序自動進行以下動作：

一、 檔案檢查：若輸入檔案名稱或是格式不符，將會出現提示，並終止影像辨識程序。正確則會繼續進行後續步驟。

二、 車內外風險事件影像辨識：分別使用主機 GPU 資源進行車內外影像辨識。

三、 資料分析：將資料輸入各項風險分析模組進行計算，以得到風險事件相關數據，並存入資料庫中。

處理程序完成後將可在資料上傳主畫面看到該項目標示已完成。若中途想停止風險事件辨識工作流程，可以按最後一欄「取消」鈕，停止進行中的作業。

8.1.7 安全管理系統與現有管理策略之結合構想

在國道客運方面，目前與本計畫合作之客運業者為和欣客運業者。和欣客運在日常駕駛員管理中，主要是依賴 ADAS 警示觸發狀況，針對行車時出現 ADAS 警示較多之駕駛員進行安全教育輔導。具體而言，客運業者管理階層可能更依照警示類型，採取不同的教育方式，並給予適當的行車安全提示。舉例而言，若特定駕駛員較常出現縱向警示 (如前方車距警示 (SDW 0.4) 或前方碰撞警示 (FCWH) 等)，則可能是本車變換車道時操作不當，或是他車變換車道時所引起之警示，但若駕駛員的反應不當，則可能引發進一步之異常事件。另一方面，在日常管理中，駕駛員也可能被隨機抽取，進行行車安全的提醒與抽查，以確保每位駕駛員在日常行車活動與業者營運時，都能維持一定水準之行車安全。

然而，上述兩種和欣客運實施的日常駕駛員管理方式，均有可改善之處，使其能更準確地管理應管理之駕駛員；且在教育訓練內容中，也能做出適當改變，以降低駕駛員行車風險。其一，和欣客運主要依賴 ADAS 警示觸發狀況，進行駕駛員的教育訓練；然而，根據前期計畫「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」的研究分析發現，ADAS 警示有許多「假警示 (false alarm)」，許多警示的出現乃是因為本車與他車移動的過程與情境下所出現的，但若駕駛員針對不同情境的反應良好，則該警示被視為「異常事件」的機率較低，意即後續產生之事故風險較低。換言之，警示數量固然與駕駛員特性有所關係，但與周遭車流環境、道路幾何設計與他車駕駛行為亦有顯著關係，故單以警示數量做為駕駛員行車安全或績效之評比有失公允，也無法對症下藥，準確地針對高風險駕駛進行教育訓練。另一方面，管理階層隨機抽取駕駛員進行定期的教育訓練或行車安全指導，雖能達到「日常管理」，也確保每位駕駛員能維持一定程度的良好駕駛習慣，但實施上較不具效率。

據此，國道客運業者安全管理系統得以有效協助駕駛員管理，透過異常事件的篩選與駕駛風險的計算，可補足現有業者僅依賴 ADAS 警示評估

駕駛員行車風險的部分，以挑選行車風險較高的駕駛員進行教育安全的訓練。在教育安全訓練中，駕駛員亦能查看自己的個人警示次數與駕駛行為，並於系統中提供優良的駕駛行為供駕駛員參考。透過這種方式，駕駛員可以學習在同一種情境下，應可如何反應，避免發生潛在的交通事故，提升行車安全。

此外，和欣客運每個月會根據警示數量、事故數量、違規數量等量化指標，公告每位駕駛員的績效排名，做為行車安全與風險衡量之重要評估項目。本計畫認為上述內容可與管理系統之「高風險駕駛排名」對照使用，抑或將本計畫開發之風險分數納入指標之一。

最後，和欣客運稽核人員會於每一趟次事後觀看整趟行車影片，其主要著重於車輛前方與車內駕駛艙鏡頭，檢視駕駛員是否出現異常行為或分心動作。其中，每位駕駛員每個月會被抽查 1-2 次，而每位稽核人員平均每日需花費約 5-6 小時執行該任務。因此，本計畫亦希望透過影像辨識的結果，使和欣客運在駕駛員管理方面能有效降低人力成本。此部分關於與 PoS 導入之訪談內容與結果，將於 8.3 節詳述。

綜上所述，國道客運業者安全管理系統主要以兩個部分，與現有和欣客運之管理策略結合。其一，業者管理階層可透過該系統 (異常事件與風險分數) 選擇欲輔導之駕駛員，而非僅依據 ADAS 警示次數做為單一評斷指標；其二，透過出車提醒、異常事件列表及駕駛綜合報表等功能，管理階層與駕駛員本身可以根據事後分析結果，更準確地了解其行車風險及可改善之處，提升行車安全。藉由該系統之功能，本計畫希望實施 PoS 之管理執行流程，對不同駕駛員的不同駕駛習慣、警示類別、風險異常程度對症下藥，以更有效率的方式提升客運營運之道路安全。

8.2 安全管理系統 PoS 實施構想與管理執行流程

根據 8.1.7 節之內容，本計畫欲以和欣客運為對象，將國道客運業者安全管理系統以服務驗證 (PoS) 的方式實施，並融入和欣客運之日常管理流程。圖 8-16 為本計畫之 PoS 實施構想與管理執行流程，本小節將具體說明各環節之實際內容與時程安排。

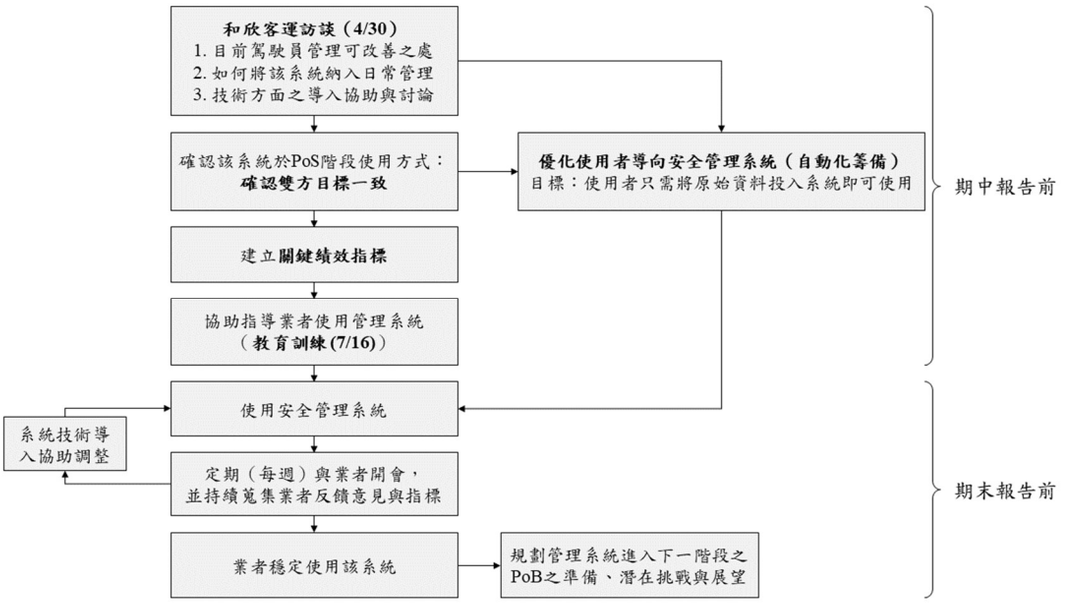


圖 8-16 PoS 實施構想與管理執行流程

一、 和欣客運訪談

本計畫團隊已於 114 年 4 月 30 日至和欣客運新營總站，與和欣客運管理階層舉行訪談。本計畫首先再向其介紹一次駕駛安全管理系統，其中包含 8.1 節的所有功能。另外，圖 8-16 之實施構想也說明此管理系統須朝向完全自動化的使用者導向邁進，意即使用者僅需投入資料，或藉由自動介接其內部資料，即可完成更新資料之影像辨識、風險計算等分析模組，使使用者不須花費太多時間，即可使用該系統，便於和欣客運管理階層之應用與駕駛員管理。因此，本計畫團隊也於訪談當天討論系統的自動化分析流程。最後，同時也是此次訪談最重要的目的，即本計畫欲了解和欣客運平時的駕駛員管理方式，並試圖基於「事後分析」(而非即時偵測) 的前提下，探討本系統之功能應如何融入客運業者的日常安全管理作業，以系統互補，而非取代的方式，定位該系統所能扮演的重要角色與潛在機會。詳細之訪談結果將呈現於 8.3 節。

二、 建立關鍵績效指標

在與和欣客運討論如何使用安全管理系統，在雙方對此均有相同共識的情況下，本計畫也已與和欣客運討論建立 PoS 計畫的關鍵績效指標，以評估實施 PoS 前後的績效差異。在績效指標類別方面，主要分為駕駛員管理與行車安全指標兩大部分。其中，本計畫希望這些指

標能以每週至每兩週的頻率蒐集，以了解本系統對和欣客運的效用高低。各大項所含之關鍵績效指標的內容、操作型定義及蒐集方式，將呈現於 8.4 節。

三、 指導和欣客運使用安全管理系統 (教育訓練)

本計畫已於 114 年 7 月 16 日於和欣客運新營總站舉行教育訓練，與會人員為和欣客運管理階層與稽查課。教育訓練主要目的為使後續主要的系統使用者，清楚系統功能、操作方法等，以利後續能夠順利使用。

四、 開始使用該系統，並定期與和欣客運開會

針對國道客運業者安全管理系統的使用架構與流程，在雙方均取得共識，也擬定關鍵績效指標後，本計畫已於 114 年 9 月開始讓和欣客運使用該系統。而在使用時，本計畫以定期 (每週) 與和欣客運管理階層開會的方式，了解其使用狀況與問題，並針對兩個部分進行討論。其一為安全管理系統的改善與優化，業者在實際應用該系統時，可能會遇到系統軟體技術上的困難，或發現部分功能有優化及改善的潛在機會，因此，透過定期與業者的開會討論，本計畫團隊可得知在實際應用上，客運業者管理駕駛員之痛點為何，以及本系統能夠進一步改善之處。然而，由於該系統已進入 PoS 之階段，因此功能的設定上已大約固定，並不會做出技術上太大的變動，僅會根據和欣客運使用上之回饋，針對該系統進行簡單的優化與改善。據此，在與客運業者定期開會的過程中，本團隊可能會修正系統的使用方式，與時俱進地配合客運業者管理駕駛員的方式。此部分有關於技術導入協助與針對和欣客運使用系統之客製化事項，將於 8.5 節分項說明。其二為檢視關鍵績效指標的達成率與其表單回覆狀況，檢討績效指標達成率，審視已達成及未達成之指標，並討論未達標準之潛在原因為何。

五、 規劃管理系統進入商業驗證 (PoB) 之準備與展望

若國道客運業者安全管理系統 PoS 的實施順利，應可進一步朝向商業驗證 (PoB) 邁進，提出並規劃 PoB 之準備、潛在問題與挑戰及未來的展望。

8.3 安全管理系統 PoS 導入訪談結果

如 8.1.7 節與 8.2 節所述，本計畫於 114 年 4 月 30 日前往和欣客運新營總站，與和欣客運管理階層進行訪談，訪談目的為：(1)向和欣客運再次展示國道客運安全管理系統；(2)討論資料串連流程；(3)討論本管理系統於和欣客運管理上的角色及潛在機會；(4)訂定後續使用管理系統之關鍵績效指標。

表 8-1 和欣客運駕駛員管理機制與對應之 PoS 可協助之處

現有駕駛員管理機制	PoS 可協助與結合之處
• 每個月會依照警示、事故及違規數量等指標公告每位駕駛員的績效排名。	• 可與管理系統的「高風險駕駛排名」對照使用，或將風險分數納入指標之一。
• 即時監控行駛中的本車與前車距離、車道偏移等高風險駕駛行為。	• 因本計畫開發之國道客運安全管理系統聚焦於事後分析，針對即時監控管理並無對應功能。
• 稽核人員於趟次完成後，會抽查並觀看整趟行車影片，主要著重於車輛前方與車內駕駛艙鏡頭，檢視駕駛員是否出現異常行為。每位駕駛員每個月會被抽查 1-2 次。 • 共有四位稽核人員執行該部分，每一位每天須至少觀看四個趟次，花費時間約 5-6 小時。 • 和欣客運每週一會綜整上週觀看的影片，若有檢視出異常行為 (如精神不濟)，則會進行駕駛員訓練。	• 透過影像辨識篩選異常事件，和欣客運可針對異常事件發生前後數秒的影片，再進行更仔細的影像觀看，也提高該任務之效率。 • 透過影像辨識出分心行為或異常事件，稽核人員可挑選特定時間段觀看即可，而使可觀看趟次數增加，或減少相關人力。 • 直接在影像上顯示與前車距離及速差等資訊，會較準確，也能使稽核人員觀看影像時更有效率。 • 風險分數或好發異常事件型態可以給管理階層參考，有無駕駛員可能需要優先被抽查。
• 駕駛艙均配有平板電腦，即時顯示路段與行車相關資訊提醒駕駛員 (如改道資訊、路況提醒、違規檢舉資訊、車速、車距違規提醒等)。	• 安全管理系統的出車提醒若可以介接平板電腦，駕駛員可以直接在出車前觀看。

表 8-1 為本計畫透過訪談，所了解之和欣客運現有駕駛員管理機制，以及針對對應之管理機制，本系統可進一步協助，與融入其管理機制之功能。其中，本計畫希望可以透過影像辨識之技術，首先從警示事件篩選出具風險的「異常事件」，並挑選出駕駛員有分心行為或異常事件之行為的時間段，亦能直接在影像辨識的畫面上，顯示與前車距離及速差等資訊，使

稽核人員觀看影像時更有效率。本計畫期待上述技術均能使和欣客運的駕駛員管理事半功倍，減少相關的人力成本。

除此之外，在資料 (如 OBD、GPS、ADAS、班表、影像資料等) 串連流程上，本計畫團隊成員也於當天與和欣客運討論，以直接抓取和欣客運 NAS 與伺服器的資料 (即時回傳的資料)，可以省去資料上傳、匯入資料及硬碟輸送的時間，以朝向該系統之運作完全自動化的方向前進。

8.4 安全管理系統 PoS 執行之關鍵績效指標

本計畫須建立關鍵績效指標，以評估實施 PoS 前後與實施時長之績效差異。在與和欣客運討論後，本計畫預計使用包含駕駛員管理與行車安全面向之內容，做為績效指標來源。由於和欣客運對於駕駛員安全注重與風險降低，已有許多現行策略，如 8.3 節有提及之車上平板，提供駕駛員了解改道資訊、路況提醒、違規檢舉資訊、車速、車距違規提醒等；亦有每週針對駕駛員的安全管理課程與提醒。因此，本計畫執行之 PoS 暫不針對駕駛員進行額外課程與操作，以免其負擔過大，反而對安全駕駛造成反效果。以下將說明駕駛員管理與行車安全所包含之指標、操作型定義、目標與數據資料取得方式。

一、 管理面向：由和欣客運管理階層每週填寫網路問卷的方式，即可蒐集每週之績效指標數值及其變化。在這方面，本計畫聚焦於使用安全管理系統後，人力成本或投入人數減少；或是人力成本持平，但可執行任務增加。網路問卷之題目如附錄三所示。舉例而言，透過管理階層填答使用該系統前後，每天觀看整趟行車影片的時間比較，可以知道人力成本減少之程度。此外，本計畫欲檢視其使用管理系統各功能之頻率，及各功能對其之幫助大小，以評估各功能對和欣客運管理流程上之效用。

(一)關鍵績效指標：與未使用安全管理系統前，以及使用管理系統後的時長相比，在駕駛員安全管理方面，減少之投入人力。

(二)對應附錄三各問題，本計畫設定以下數個目標：

1. 使用安全管理系統後，每天觀看整趟行車影片的時間減少；或是/以及，
2. 使用安全管理系統後，每天觀看整趟行車影片的趟次增加。

3. 使用安全管理系統後，觀看一趟行車影片的時間減少。

二、 安全面向：透過 PoS 實施期間，每兩週安全相關變數的次數蒐集，以獲得客觀的安全面向指標。安全面向指標包含警示事件數量、異常事件數量、分心動作數量 (即高風險駕駛行為) (如使用手機、拿東西、雙手離開方向盤等影像辨識動作) 等。

(一)關鍵績效指標：駕駛員警示事件、異常事件及車內高風險駕駛行為減少。

(二)在安全面向之關鍵績效指標，本計畫設定之目標如下：

1. 使用安全管理系統後，平均每趟次的 ADAS 警示事件數量減少。
2. 使用安全管理系統後，平均每趟次的異常事件數量減少。
3. 使用安全管理系統後，駕駛員車內之高風險駕駛行為減少。

8.5 安全管理系統 PoS 之技術導入協助事項

安全管理系統 PoS 之技術導入，包含環境建置、資料前處理、PoS 新增之需求功能、以及進行系統操作教育訓練等事項，詳述於下列小節。

8.5.1 環境建置

安全管理系統之環境建置，首先需準備單一電腦做為系統運作之載體，亦或選購由各軟體廠商提供之雲端環境，如：Amazon AWS、Microsoft Azure 等，用以實施安全管理系統之安裝。經評估，若選用雲端環境，基於相同的成本做比較，其硬體資源遠遜於自行準備的電腦規格。因此，本計畫自行準備一部電腦，做為安全管理系統之執行環境，其規格如下：

- CPU：Intel Core I7-14700；
- GPU：NVIDIA RTX 5070；
- HDD：4 TB 儲存空間之硬碟；
- Memory：32 GB 記憶體；
- OS：Ubuntu 22.04。

由於安全管理系統包含車內與車外影像 AI 辨識功能，因此採用 Ubuntu 為其作業系統，並搭配使用 Docker 容器做為執行環境。Docker 是運行於 Linux 的開源容器化 (containerized) 平台，每一個 Docker 容器在各自獨立

的環境下執行任務 (應用程式或微型服務)，相互之間可以透過網路協定互動，因此也可做為大軟體架構中，各模組運行的環境，具有高彈性與快速部署的優點，更可以避免執行環境與不同軟體之間的版本相容性問題。安全管理系統包含了前端網頁操作界面、後端系統 (含分析模組)、以及車內與車外辨識模組等，即各自運行於獨立的容器中。

8.5.2 資料前處理

8.5.2.1 行車趟次之資料前處理

行車趟次的資料前處理主要包括記錄車輛上下交流道及進出匝道的時間點，並篩選出發生於國道及匝道上的事件。由於每輛車均配有 GPS 點位資訊，透過程式可將經緯度資料與國道的地理幾何特性進行比對，確認車輛的行駛路徑及上下國道與匝道的時間，並將相關資訊加以記錄。圖 8-17 為程式自動整理的趟次與行駛路徑類別資料範例。

如圖 8-17 所示，車牌號碼 KKA-7782 之大客車，在 2023 年 5 月 2 日的 18 點 03 分 13 秒至 19 點 32 分 03 秒的時間區段，行駛於國道上。

trip	car	driver	start_time	end_time	location	trip_start	dir
1,002	KKA-7782		2023-05-02 17:50:37	2023-05-02 18:02:43	road	2023-05-02 17:00:01.000	N
1,002	KKA-7782		2023-05-02 18:02:43	2023-05-02 18:03:13	ramp	2023-05-02 17:00:01.000	N
1,002	KKA-7782		2023-05-02 18:03:13	2023-05-02 19:32:03	highway	2023-05-02 17:00:01.000	N
1,002	KKA-7782		2023-05-02 19:32:03	2023-05-02 19:32:33	road	2023-05-02 17:00:01.000	N
1,002	KKA-7782		2023-05-02 19:32:33	2023-05-02 19:33:03	ramp	2023-05-02 17:00:01.000	N
1,002	KKA-7782		2023-05-02 19:33:03	2023-05-02 20:53:40	highway	2023-05-02 17:00:01.000	N

圖 8-17 趟次與行駛路徑類別資料範例

此外，白天與夜晚的判斷則依據中央氣象署公布的日出日落時間，判定事件發生時段為白天或夜晚。這些氣象資料可事先下載並儲存於系統中，方便快速調用。最後，根據警示事件的種類、發生時段 (白天或夜晚) 以及尖峰或離峰時間等條件，進行篩選，以利後續分析使用。

8.5.2.2 車內與車外辨識模組之資料前處理

車內與車外辨識模組於使用前，需先繪製車內駕駛區域、與車前警戒線，並儲存成檔案匯入系統，雖然此兩項作業自動化尚有難度，但仍可透過工具導入使用，與固定的作業流程依序完成。

一、 車內設備要求與區域劃分工具導入：

業者需調整車內駕駛艙的攝影機角度，能完整拍攝駕駛員之各項動作 (範圍包含完整駕駛員之上半身及以下區域：前方儀表板區、冷

氣與音響設備、左邊車門置物區、方向盤附近、駕駛座與副駕駛座中間、副駕駛座附近、駕駛座後方，依序定義為 A 至 G 區域) 如圖 8-18、適時檢查攝影機之運作狀態、夜視能力及錄影畫面比例正常，並請確認錄影時間有透過 GPS 進行調整，以免影響資料串接之正確性。標記時，可以透過各種開源工具，例如：LabelMe，以多邊形方式標記車內區域，製作車內辨識區域劃分定義檔。



圖 8-18 車內空間攝影範例與區域劃分

每部車輛在進行車內辨識時，皆需有車內辨識區域劃分定義檔。若沒有則需使用標註工具 (LabelMe) 製作。圖 8-19 為車內辨識資料前處理流程圖。

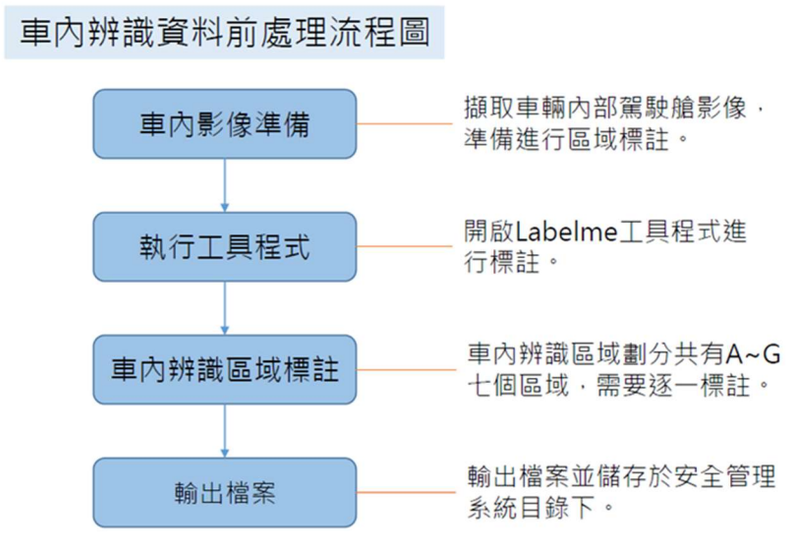


圖 8-19 車內辨識資料前處理流程圖

系統執行車內辨識模組時，會先確認是否已經有區域劃分定義檔 (regionA - regionG 區域)，如果沒有，則系統會從標註工具 (LabelMe)

產出的 json 檔產生區域劃分定義檔，以利後續進行車內辨識。圖 8-20 為標註工具與車內辨識模組流程整合。

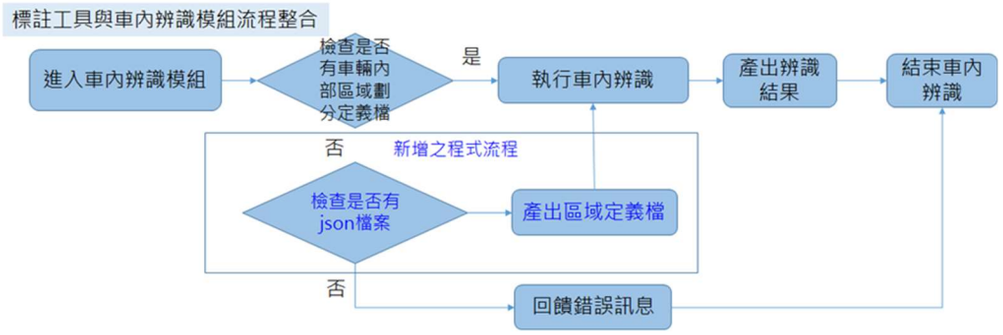


圖 8-20 標註工具與車內辨識模組流程整合

二、 車外警示區域劃分工具導入：

每部車輛在進行車外警示辨識時，皆需有車外辨識區域劃分定義檔。若沒有則需使用標註工具 (LabelMe) 製作。圖 8-21 為車外辨識資料前處理流程圖。

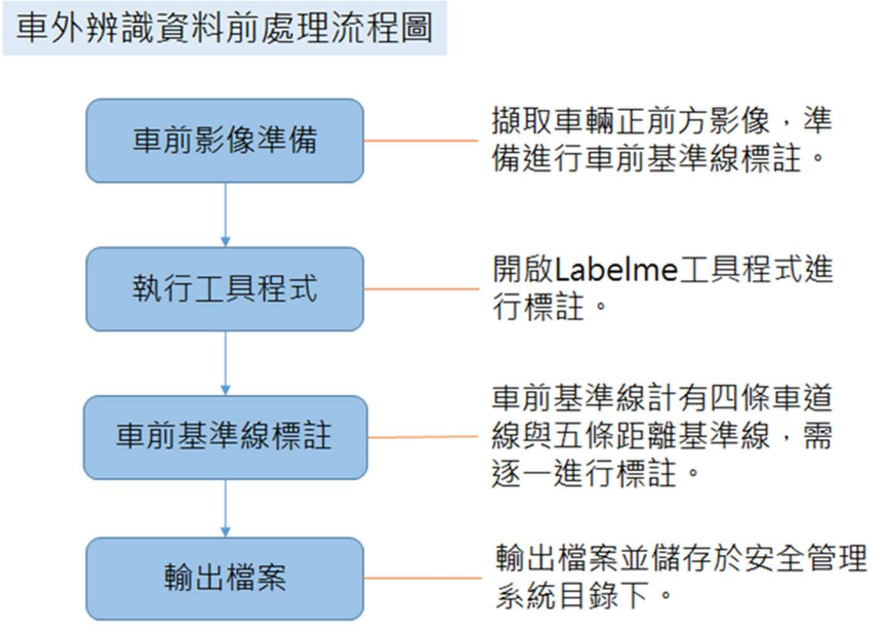


圖 8-21 車外辨識資料前處理流程圖

車外警示區域之劃分，首先需挑選車前影像，讓車子位於三線車道的正中間，如圖 8-22。

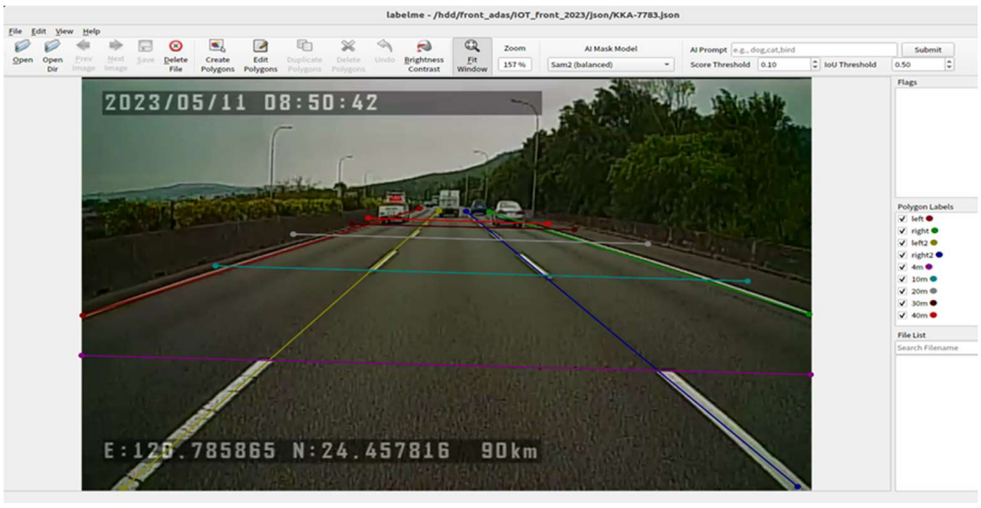


圖 8-22 車前影像與標註工具

標註時首先分別標示左車道、外左車道、右車道、外右車道，接著計算車前五段安全警示距離，畫出警戒線，系統將自動取得定位點，如圖 8-23 所示。

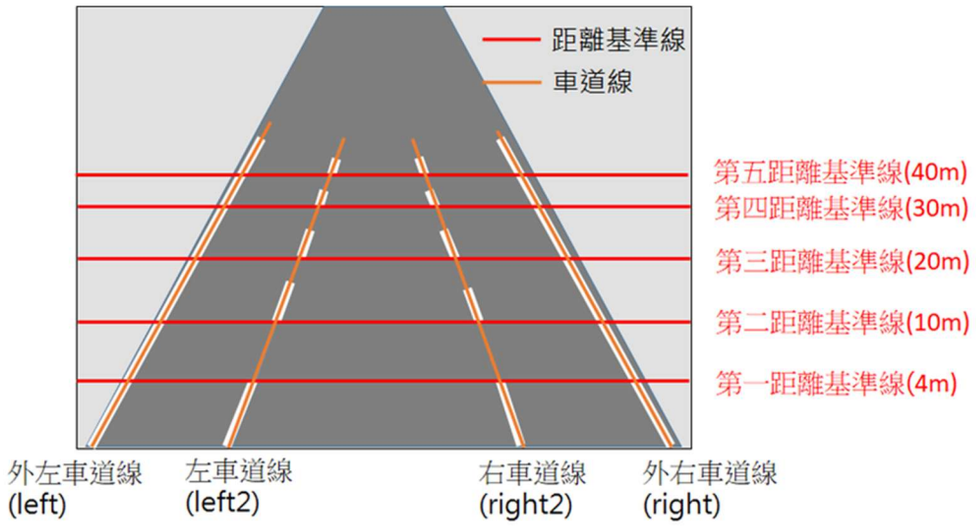


圖 8-23 車道線與警示區域基準線

需注意的是，第一段距離基準線到車身的距離為 4 公尺，第二段到車身的距離為 10 公尺，依次為 20 公尺、30 公尺、40 公尺，距離基準線與車道線的交點為定位點，其座標將由系統自動計算得出。車外警示區域劃分所需之功能，已整合於一個軟體工具組，包含影片轉檔為 jpg、車道線與距離基準線繪製等。車外區域劃分工具之導入，亦採用實際操作教學方式，逐步說明車道線與警戒線如何繪製，完成單一車輛車前區域劃分。

系統執行車外辨識模組時，會先確認是否已經有區域劃分定義檔(車道線與距離基準線)，如果沒有，則系統會從標註工具 (LabelMe) 產出的 json 檔產生區域劃分定義檔，以利後續進行車外辨識。圖 8-24 為標註工具與車外辨識模組流程整合。

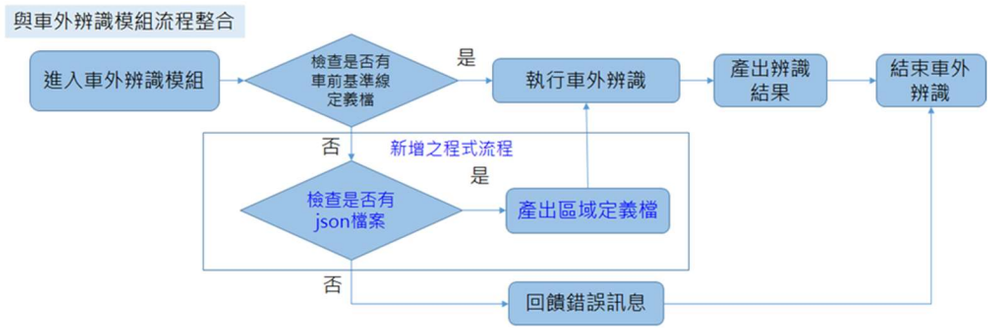


圖 8-24 標註工具與車外辨識模組流程整合

8.5.3 安全管理系統 PoS 導入之需求功能

為了完成安全管理系統 PoS 之技術導入需求，以下功能需加入安全管理系統：

一、帳號管理功能 (系統管理員使用)：由於本系統獨立運作，未與客運業者資料庫直接連線，因此提供獨立的使用者帳號管理功能，使系統能夠新增使用者帳號，並可修改帳號、密碼 (見圖 8-25)。

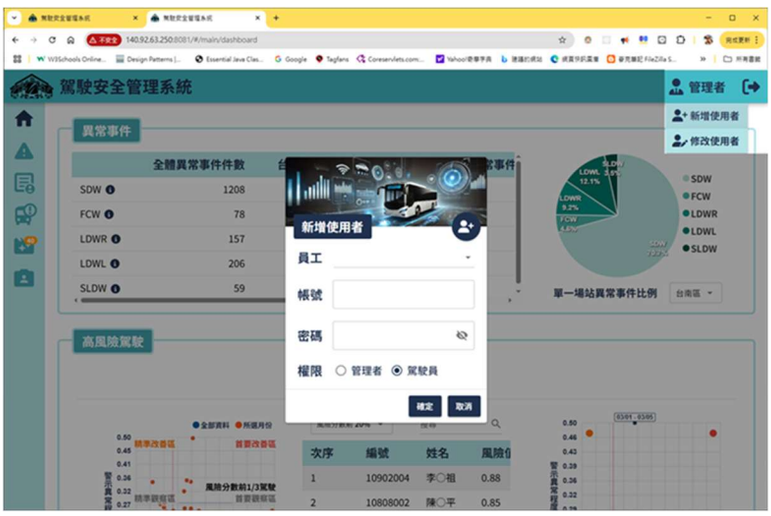


圖 8-25 帳號管理功能

二、佈告欄內容自動上架功能：安全管理系統之佈告欄資訊，由系統每分鐘從交通部高速公路局的開放資料，取得最新五筆之國道路況並發布，無需人力輸入進行更新 (見圖 8-26)。

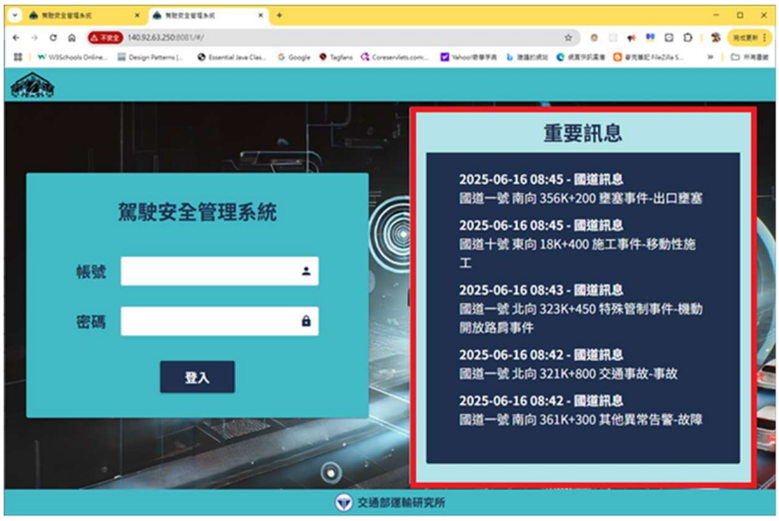


圖 8-26 佈告欄訊息

三、 使用紀錄與統計：為能了解客運業者使用本系統頻率與黏著度，加入使用紀錄與統計功能，做為日後系統改良之參考數據。使用頻率為客運業者每日、每週、每月使用次數，黏著度則是通過用戶的回訪率、使用時長來衡量。圖 8-27 為資料庫中的使用者 API 呼叫紀錄。

id	method	ip	url	duration	status	timestamp	sessionId
1	GET	140.92.63.171	/bulletin	101	200	2025-07-02 07:39:46.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
2	POST	140.92.63.171	/login/	84	200	2025-07-02 07:41:23.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
3	GET	140.92.63.171	/number_of_jobs	74	200	2025-07-02 07:41:24.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
4	POST	140.92.63.171	/time_trend_counts	83	200	2025-07-02 07:41:24.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
5	POST	140.92.63.171	/time_trend_prob	91	200	2025-07-02 07:41:24.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
6	POST	140.92.63.171	/all_driver_plot	105	200	2025-07-02 07:41:24.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
7	POST	140.92.63.171	/high_risk_drivers	108	200	2025-07-02 07:41:24.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
8	GET	140.92.63.171	/stations	100	304	2025-07-02 07:41:24.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
9	POST	140.92.63.171	/all_driver_plot	2	200	2025-07-02 07:41:24.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC
10	POST	140.92.63.171	/station_proportions	4	200	2025-07-02 07:41:24.000	GRm1u9JnLEMZo_aaPv7WCBUBRBQ7kiZC

圖 8-27 使用者 API 呼叫紀錄

8.5.4 系統操作教育訓練

系統操作教育訓練於 7 月 16 日在和欣客運新營總站實施，參與者有和欣客運管理人員與駕駛員。透過此次教學，期望協助使用者能夠快速地熟悉系統完整的操作流程。圖 8-28 為教育訓練時程安排，課程講義請參閱附件「安全管理系統_客運業者教育訓練_課程講義」。



圖 8-28 教育訓練時程安排



圖 8-29 於和欣客運新營總站施行教育訓練

圖 8-29 於和欣客運新營總站施行教育訓練，系統操作之課程內容從不同的使用者角色切入，透過使用情境的說明，讓使用者逐步熟悉系統功能。本系統使用者可分為管理員 (Administrator)、駕駛員 (Driver)。使用者登入

後，系統依照身分設定顯示對應的頁面和功能。

- 駕駛員：登入後可進入「出車提醒頁面」。教學內容強調說明本功能提供給駕駛員的協助，使其認識此功能確實能在出發前提供有用資訊，加強行車安全準備。
- 系統管理員：登入後則可進入「首頁頁面」、「異常事件頁面」、「駕駛綜合報表頁面」、「出車提醒頁面」、「資料上傳頁面」進行操作，課程內容逐一詳細說明。

8.5.5 影像解析度調整與 OCR 辨識說明

原先安全管理系統預設之影像解析度為 704×480，幀率為 24 fps。本次 PoS 所使用的影像為和欣客運伺服器所提供之 640×480 解析度影像，幀率為 10 fps，可於安全管理系統進行影像辨識。但值得注意的是，和欣客運提供之影像包含兩種 OCR 格式，安全管理系統能夠處理的為舊版的 OCR 格式，而新版的由於字體、位置以及字型大小差異較大，雖偶爾能夠完成辨識，但是辨識率較差，難以取得每幀的正確時間，無法產出辨識結果。圖 8-30 與圖 8-31 是影像中舊版與新版的 OCR 字體比較。



圖 8-30 舊版 OCR 字體

此外，由於幀率調整與影像品質略有降低，舊版的 OCR 辨識率也有所下降，從原先 95%以上的辨識率，略下降為 90%。



圖 8-31 新版 OCR 字體

8.5.6 影像辨識之趟次起訖時間選擇優化說明

安全管理系統之影像辨識，原先是採使用者上傳的方式，將檔案存入系統中。本次 PoS 進行過程中，為了讓系統能夠更貼近使用者需求，影像改成由和欣客運伺服器介接上傳，並以趟次發車時間為起始，再加三小時為結束時間。後來經使用者反饋後，在趟次影像辨識的操作上，再加入了優化功能，可以由使用者選擇趟次影像辨識的起訖時間，系統會依據起訖時間的設定，進行該區間影像辨識。



圖 8-32 趟次影像辨識起訖時間設定

如圖 8-32 所示，趟次起訖時間選擇亦可跨到隔天清晨，以便客運業者觀看深夜時間駕駛員的開車狀況。

8.5.7 PoS 系統調整紀錄

以下各表（表 8-2～8-10）為 PoS 系統調整紀錄：

表 8-2 PoS 系統調整總表

項次	調整說明	調整月份
001	行車資料前處理	2025/04
002	系統整合辨識區域繪製	2025/05
003	公告欄內容自動更新	2025/05
004	資料上傳方式與 UI 調整	2025/06
005	使用者帳號、身份管理	2025/06
006	車內行為檢視	2025/06
007	系統建置調整	2025/06~2025/07
008	行車影像辨識起始時間調整	2025/08~2025/11

表 8-3 行車資料前處理調整紀錄

項次	001
調整說明	行車資料前處理： 1. 行車趟次 (國道行駛時間區段) 自動化處理 2. 日夜時間自動化處理
調整前	無
調整後	完成所列兩項行車資料前處理

表 8-4 系統整合辨識區域繪製調整紀錄

項次	002
調整說明	系統整合辨識區域繪製： 整合標註工具 Labelme，半自動化完成車內辨識區域與車前警戒區域之系統資源檔案。
調整前	使用標註工具，手動繪製警戒區域，使用另外的程式匯出系統資源檔，手動將系統資源檔存放到指定的資料夾中。
調整後	使用標註工具，手動繪製警戒區域，儲存後於系統運行時自動產出資源檔，並儲存於指定的資料夾。

表 8-5 公告欄內容自動更新調整紀錄

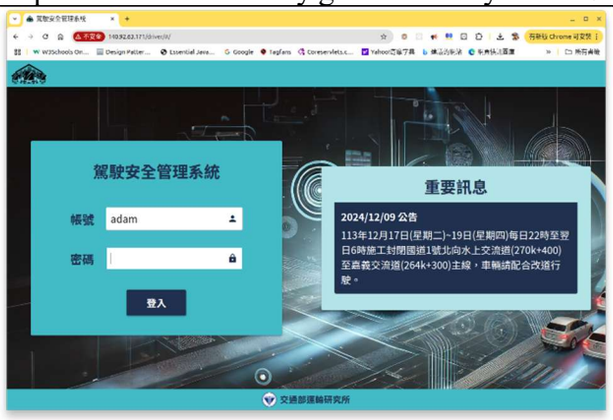
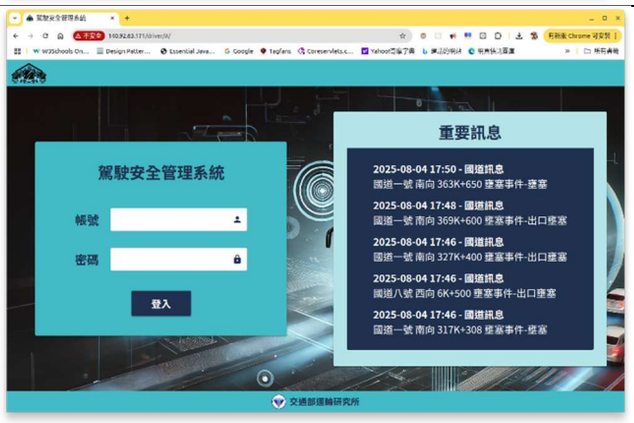
項次	003
調整說明	公告欄內容自動更新： 顯示高公局國道即時路況 (open data) https://tisvcloud.freeway.gov.tw/history/motc20/News.xml
調整前截圖	
調整後截圖	

表 8-6 資料上傳方式與 UI 調整紀錄

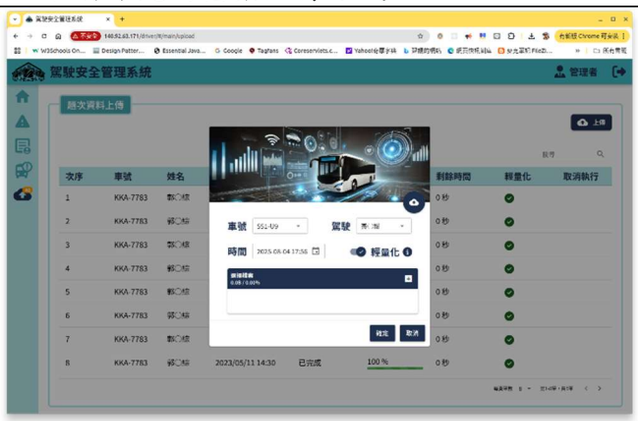
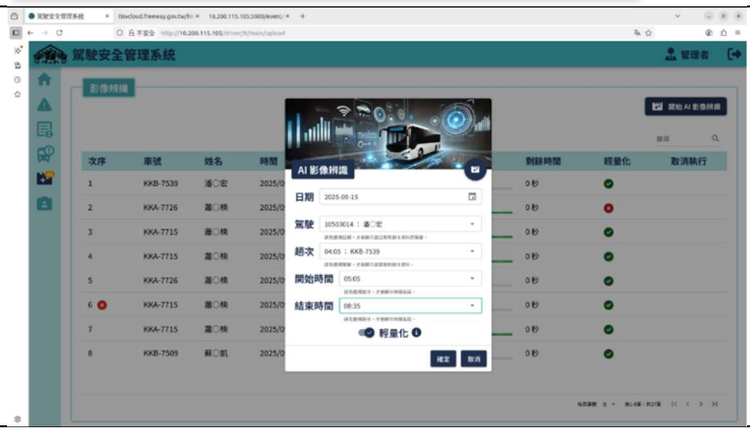
項次	004
調整說明	資料上傳方式與 UI 調整： 資料上傳修改為自動與客運業者內部伺服器連線，介接行車影像、ADAS、GPS、OBD 資料。並加入了影像辨識起訖時間的選項。 UI 取消原先的檔案上傳方式。
調整前截圖	
調整後截圖	

表 8-7 使用者帳號、身分管理調整紀錄

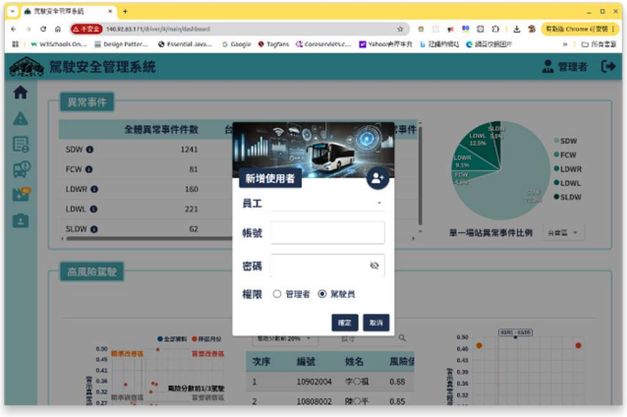
項次	005
調整說明	使用者帳號、身份管理： 加入使用者帳號、身份新增與修改。
調整前截圖	無
調整後截圖	

表 8-8 車內行為檢視調整紀錄

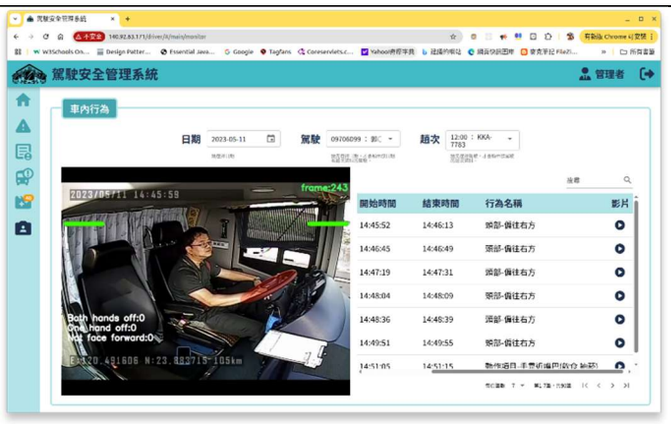
項次	006
調整說明	車內行為檢視： 經訪談後，因應客運業者需求，加入車內行為檢視。
調整前截圖	無
調整後截圖	

表 8-9 系統建置調整紀錄

項次	007
調整說明	系統建置調整： 因應新版顯示卡，重新建立影像辨識模組容器與環境。
調整前	顯卡：NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti Python 版本：3.6.10 Pytoch 版本：1.8.0
調整後	顯卡：NVIDIA GeForce RTX 5070 Python 版本：3.11.0 Pytoch 版本：2.8.0

表 8-10 行車影像辨識起始時間調整紀錄

項次	008
調整說明	行車影像辨識起始時間調整： 因應客運業者於 7/16 教育訓練時回饋，駕駛在前一個小時通常精神狀況良好，因此將影像辨識起始時間調整為趟次起始時間後一個小時開始進行。
調整前	擷取趟次開始時至其後三小時影像，進行辨識。
調整後	系統依照該趟次影像辨識的起訖時間進行辨識。

8.6 安全管理系統 PoS 實施成效評估與定期討論結果

在安全管理系統上線與使用過程中，根據和欣客運業者端的使用體驗進行線上問卷調查。問卷填答結果如下表 8-11 所示：

表 8-11 和欣客運管理階層使用安全管理系統之問卷回覆內容

問項	和欣客運管理階層問卷回覆		
	使用前	使用後 (第一次)	使用後 (第二次)
1. 觀看一趟行車影片所需時間。	61 分鐘以上	61 分鐘以上	10 分鐘以內
2. 每天觀看整趟行車影片趟次數。	5-6 趟	1-2 趟	9 趟以上
3. 每天觀看整趟行車影片總時長。	5 小時以上	1 小時以內	1 小時以內
4. 若觀看時間減少或觀看次數增加，您認為下列原因對此的影響程度為何？		3 (最有幫助)：顯示「與前車距離」及「速差」等資訊。 2:「異常事件」的篩選。 1 (最沒有幫助)：辨識出「駕駛員分心行為」。	3 (最有幫助)：顯示「與前車距離」及「速差」等資訊。 3 (最有幫助):「異常事件」的篩選。 3 (最有幫助)：辨識出「駕駛員分心行為」。
5. 請問該安全管理系統是否還有哪些部分，可以讓您減少駕駛員管理時間？		無	異常事件列表
6. 在管理駕駛員上有用的程度？		首頁儀錶板、異常事件列表、駕駛綜合報表及出車提醒均為「最沒用」。	5 (最有用)：首頁儀錶板、異常事件列表、駕駛綜合報表 1 (尚未使用)：出車提醒
7. 使用管理系統各功能頻率？		異常事件列表：很少 首頁儀錶板、駕駛綜合報表及出車提醒:從不	異常事件列表：經常 首頁儀錶板、駕駛綜合報表：很少 出車提醒：從不
8. 何種狀況會應用安全管理系統？		1. 追蹤或確認高/低風險駕駛員時。 2. 確認各駕駛異常事件之分布情況時。	

本計畫提出相關問卷調查，問題如表 8-11，共提出八個問項。和欣客運第一次填答問卷時間為 114 年 10 月 29 日，第一次討論會議則在問卷填答後 (亦為 114 年 10 月 29 日)；第二次填答問卷時間為 114 年 11 月 10 日，第二次討論會議則為 114 年 11 月 11 日。在觀看單趟影片部分，使用系統前需要 61 分鐘以上，使用系統後，第一次填答仍為 61 分鐘以上，但第二次填答則縮短至 10 分鐘以內，代表本系統對管理階層觀看趟次影片時間節省的部分，有顯著的幫助。更甚者，每日觀看整趟行車影片趟次數在使用前約 5 至 6 趟，而在使用後可觀看 9 趟以上，亦說明本系統可增加觀看

行車影片之趟次數。根據上述之管理面向指標，本計畫發展之安全管理系統確實可以提升和欣客運在「觀看整趟行車影片」之管理策略之效率，且不論是觀看時間或觀看趟次數上，使用前與使用後均有顯著改善。

此外，本計畫欲了解具體而言，是何種功能使其觀看影像的效率增加。在第一次問卷填答時，業者認為「因影像上顯示『與前車距離』及『速差』等資訊，使觀看影像時更有效率」之因素對效率提升最有幫助；而「因『異常事件』的篩選，可關注特定影像即可」幫助次之；最後，「因辨識出『駕駛員分心行為』，可關注特定影像即可」則幫助最小。本計畫團隊於第一次討論會議時，進一步詢問為何駕駛員分心行為之辨識對效率的提升幫助最小。而和欣客運管理階層表示異常事件與影像資訊 (如與前車距離、速差等) 對駕駛員管理而言是有幫助的；但駕駛員肢體上分心行為的判別，相較於疲勞上的分心動作 (如眼睛閉合、因疲勞引起的抖腳或移動腳的動作)，較不重要。反之，單手離開方向盤、手靠近嘴巴及拿東西等動作上的次要任務，和欣客運較能接受。

從系統對於減少駕駛員管理時間是否有幫助的角度，第一次填答使用時為較無幫助，第二次填答時則說明「異常事件列表」可幫助減少駕駛員管理時間，說明本系統在管理上可逐漸調整並增進管理效率。另外，以管理系統各個功能而言，在駕駛員管理上有用的程度，第一次填答結果為所有功能均較無幫助；但在第二次填答時，其表示首頁儀錶板、異常事件列表以及駕駛綜合報表三個面向均有改善效果，即最有用，而出車提醒依然是對於系統使用體驗上較沒有用的管理輔助，代表在目前階段，和欣客運尚未給駕駛員使用出車提醒之功能。此外，本計畫亦詢問管理階層在各功能的使用頻率，其第一次問卷回覆時，說明異常事件列表很少使用，且從不使用首頁儀錶板、駕駛綜合報表及出車提醒等功能；然而，第二次填答問卷的結果顯示除了從不使用出車提醒功能外，首頁儀錶板以及駕駛綜合報表比較少使用，最常使用的就是異常事件列表功能。

同時，本計畫團隊於兩次的討論會議中，亦有針對管理方在使用過程中，是否有遇到「技術」上的問題進行提問。其回覆為異常事件於管理系統上顯示的時間與影像上的時間並不一致，容易導致使用者產生混淆的情形，不清楚應以哪個時間為觀看基準。本計畫團隊後續已將此情況排除，使兩種時間格式得以一致，方便使用者參考事件發生之準確時間。另外，

本計畫所選擇的投入影像辨識與管理系統的十輛大客車，有六輛之影像格式為舊版 OCR，四輛為新版 OCR，而在管理系統中，新版 OCR 之車輛辨識容易產生辨識錯誤之情形 (詳見 8.5.5 節)，因此，本計畫後續僅先以六輛舊版 OCR 之車輛投入管理系統進行辨識，以及後續之行車風險評估分析。

另外，由於和欣客運尚未從管理系統中發現高風險駕駛員或高風險駕駛趟次，因此，在第一次討論會議時，和欣客運預計提供其發現高風險駕駛員之影像片段 (駕駛員用手機與精神不濟)，並將其投入系統，檢視辨識成功率。然而，由於影像規格與管理系統不相容，因此，後續改以提供高風險駕駛員編號，並以投入該駕駛員其他趟次之影像，檢視是否與和欣客運內部之風險評估結果一致。經過該駕駛員其他趟次的辨識，管理系統確實有辨識出該駕駛員較高風險之型態。因此，本計畫所執行的系統對於客運業者在辨識高風險駕駛員之目的上，可達到一定程度，也可進一步依此進行教育訓練，以降低行車風險。

在執行過程中，本研究團隊持續與業者緊密地聯繫，目的是優化業者在使用上所遭遇的困難與回饋，和欣客運亦提出管理系統相關之改善建議，其中一項即為未來是否有機會增設駕駛抽菸辨識功能，在車輛行駛過程中偵測與辨識駕駛吸菸行為之需求，以及現有鏡頭之像素與辨識度尚有一定限制，管理方提出增加鏡頭自由縮放功能與探照駕駛細節等需求是否可行。

本計畫於期末報告繳交後，和欣客運將持續在使用管理系統，本計畫團隊亦會持續與其討論管理系統之應用與風險管理策略，希望能實際改善駕駛員行車風險，降低異常事件與分心行為之發生頻率。

8.7 小結

本計畫延續前期計畫，將前期所開發是國道客運業者安全管理系統實際應用於和欣客運。然而，在實際導入前，本計畫團隊仍持續精進該系統的自動化系統，使使用端可以將資料投入系統，即可獲得相關的分析結果。另外，本計畫亦於 114 年 7 月辦理教育訓練，指導和欣客運管理階層使用該系統，並說明各個功能於駕駛員風險管理之角色。在系統實際導入後，本計畫也持續與和欣客運召開討論會議，獲得許多使用技術上的問題，並持續給予技術導入協助。此外，在安全管理部分，本計畫亦根據系統擁有

的功能，辨識高風險駕駛員在趟次或警示上的行車風險。在期末報告後，本計畫團隊仍持續與和欣客運討論如何改善現有問題，並已針對 OCR（Optical Character Recognition）字體問題，以及系統時間與影像時間無法匹對之問題進行改善，惟改善幅度並不大，將於後續年期計畫持續改善精進。最後，在 PoS 導入後，本計畫也會進一步審視該系統成為 PoB 之可能性，在持續蒐集使用意見與技術調整後，成為客運業者駕駛員管理有用的工具之一。

第九章 結論與建議

本所於 110 年至 113 年間導入影像辨識技術及自然駕駛方法，蒐集行車影像、駕駛行為、ADAS 警示及環境資訊等資料，開發以影像辨識為核心之高風險駕駛行為分析與風險管理平台，相關技術可協助提升國道客運駕駛自主安全管理能量。惟就計畫成果僅侷限在相對單純的國道環境，未能將技術進一步擴充至市區環境，然而考量市區無論在道路環境、車流、車種混合等複雜程度高，對於影像辨識技術之導入存在相當程度之技術門檻。因此，本計畫透過與市區客運業者合作，蒐集行車影像、駕駛行為、ADAS 警示及環境資訊等資料，探討導入影像辨識技術建立高風險駕駛行為分析模式之可行性；此外，本計畫亦與和欣客運持續合作，以 PoS 角度進行前期計畫成果之實作，做為後續擴大辦理之參考依據。

9.1 結論

由於本計畫內容涵蓋許多章節，且資料取得與對應之分析內容較為複雜，在本小節呈現方式將分為數個部分，以清楚顯示各分析區塊之重要性結論。最後，亦會提供統整性結論，含括本計畫所有內容。

首先，關於市區客運事故資料分析部分，有以下四點結論：

一、 本計畫透過構建事故頻次、碰撞型態及嚴重程度模型，剖析不同道路情境 (路段與路口) 下之潛在風險因子，同時亦針對不同區域情境 (都市、郊區、鄉村)、直轄市等分別建構模型，以瞭解關聯因子在空間上的差異性。研究結果顯示建成環境、道路交通設施與駕駛行為對行車安全的具體影響，並根據不同碰撞型態萃取出至為相關的因子。

二、 路段模型結果顯示道路環境與土地使用特性對事故風險具顯著異質性，在郊區與鄉村路段，自行車道之設置可有效降低事故頻次；郊區路段中混合土地使用、高密度的日間活動人口與事故頻次有最突出的關聯；在都會區之事故頻次則與主要幹道的關聯性最高。

三、 路口模型結果顯示公車站牌的設置位置會直接干擾車流動線，路口上游設站因公車進出站軌跡與原車道/其他車道車輛交織，大幅增加了追撞與擦撞的風險。因此建議鄰近路口設站時應優先考量

下游設站。

四、 模型結果除可用以驗證各變量與事故的關聯程度外，亦可藉此預測事故頻次與嚴重程度，進而建構風險矩陣，並挑選出高風險的路段或公車路線，以供交通主管機關參考，針對行經高風險路段的公車路線加強駕駛員教育訓練或優先改善沿線道路環境。

針對異常事件定義與風險指標擬定，及其後續之小樣本測試分析，本計畫提供以下三點結論：

一、 在本計畫實施的 Bow-tie 半量化風險評估模型中，「路口」行車異常事件風險值較高的因素包括「未保持安全距離或間距」、「駕駛員注意力分配失誤」、「無確實執行指差確認」及「路口車流及用路人交織多」；而「公車進、出站」行車異常事件風險值較高的因素則為「未保持安全距離或間距」、「駕駛員注意力分配失誤，未注意到正在進行交織之車輛」、「於進站或出站作業時，變換車道不當」及「公車停靠站過於靠近上、下游路口」。

二、 在警示事件異常程度與警示前後車速變化之關係中，警示後三秒之車速均普遍小於警示前五秒，而「可能異常」與「無異常」事件車速下降的幅度則有所差異。以跟車警示為例，在 284 路公車中，都市中心段路線可能異常事件之車速下降幅度大於無異常事件；反之，在 536 路公車中，非都市中心段路線可能異常事件之車速下降幅度則小於無異常事件，顯現駕駛長在不同道路環境與車流互動下之駕駛行為差異。

三、 在 536 路公車的跟車警示中，若在警示前後數秒內，第五宮格有小型車，則該事件較容易成為「可能異常」事件；另在變換車道警示中，警示前若有大車出現，較不會成為「可能異常」事件，但此關係在警示後隨即消失。此外，變化車道警示後若有機車出現，則該事件之異常程度較可能為「可能異常」。

在影像辨識方面，本計畫共提供五點結論：

一、 市區環境的影像特性，使影像辨識的可行性主要受限於設備品質，而非模型能力本身。

本研究發現，市區客運的 DVR 影像在解析度、畸變、亮度變化與壓縮品質上的差異遠大於國道場景，尤其影像畸變、逆光、

夜間爆亮與雨滴遮蔽等問題皆明顯降低物件偵測的穩定度。這些輸入端的限制使得模型的性能上限大幅地被影像品質所綁定，導致許多在國道場景中表現良好的方法無法於市區落地。因此市區辨識的挑戰與限制不在於演算法本身，而在於影像輸入的可用性是否足以支撐模型運作。

二、 車前辨識結果顯示，市區弱勢用路人的高密度與不規則行為，使前方前方碰撞警示系統（Forward Collision Warning，FCW）的核心挑戰轉向距離推估的穩定性與近距辨識能力。

市區影像中的行人與機車常於近距離 (0-5 公尺) 快速穿越或切入公車行徑，使「4 點網格系統」（4-Point Grid）與「5 點網格系統」（5-Point Grid）成為高度敏感的風險區。但由於市區前方影像常伴隨明顯畸變與光線干擾，導致物件邊界會在近距位置出現抖動 (jitter)，使距離推估更為困難。本研究實證每分鐘影像數（Images Per Minute）在低畫質 DVR 下仍能維持一定的可解性，並可穩定輸出縱向距離與相對速度，而射線法在市區完全失效。此差異顯示市區 FCW 的核心挑戰在「正確定位目標物件」而非「是否能偵測出目標物件」。

三、 車側影像分析指出，盲點偵測系統（Blind Spot Detection）在市區的主要困難不只在於辨識物件，而在於鏡頭位置、解析度與畸變造成的場景解讀錯誤。

市區車側影像的解析度差異極大，甚至可能低至 352x240，畫面壓縮亦造成細節損失，加上車身側邊的光學變形，使得靠近車身的弱勢用路人容易被誤判或偵測框不穩定。此外，市區二輪與行人於側方穿越的頻率極高，且會隨交通流量快速變動，本研究證據顯示側方模型必須具備足夠且穩定之弱勢用路人類別偵測能力，才能反映市區真實風險。

四、 車內影像的特性證實，可依上半身動進行駕駛分析辨識。

由於市區客運車內多數 DVR 缺乏 IR 補光、畫質壓縮明顯、駕駛位置偏邊且占畫面比例小，導致臉部特徵在真實運作中常因低光、反光或遮蔽而無法辨識，上半身偵測比臉部偵測有更高的可行性與穩定性，可做為 Driver Monitoring System（駕駛者監控

系統）的核心技術方向。

五、 三類影像的分析均指出：市區辨識要可落地，需從模型導向轉向「設備標準＋資料品質＋連續偵測」的整合式策略。

車前、車側與車內的研究結果展現了共同性：輸入影像的不一致性大幅限制模型表現；弱勢用路人的動態行為需要連續幀而非單幀判斷；距離推估依賴幾何模型可解性，而非僅依賴深度學習。因此要讓 ADAS 在市區落地，需同時提升影像設備規格、多物件連續偵測，形成跨車型、跨鏡頭的一致技術架構。

本計畫從四個面向整理本年度之研究成果 (圖 9-1)。其一為「分析工具」對本計畫之貢獻。具體而言，在第三章的市區客運事故資料分析中，本計畫使用多種統計計量方法，揭示建成環境、道路幾何、車輛行向等與事故發生風險之關係，也獲得許多實務上的管理意義。細項如下所示：

一、 事故頻次模型：又分為以路段為基礎 (全國與六都做為研究範圍) 與以路口為基礎 (臺北市做為研究範圍) 之模型；

二、 事故碰撞型態模型：又分為以路段為基礎 (全國做為研究範圍) 與以路口為基礎 (臺北市做為研究範圍) 之模型；

三、 事故嚴重度模型：以全國為尺度的嚴重度探討。

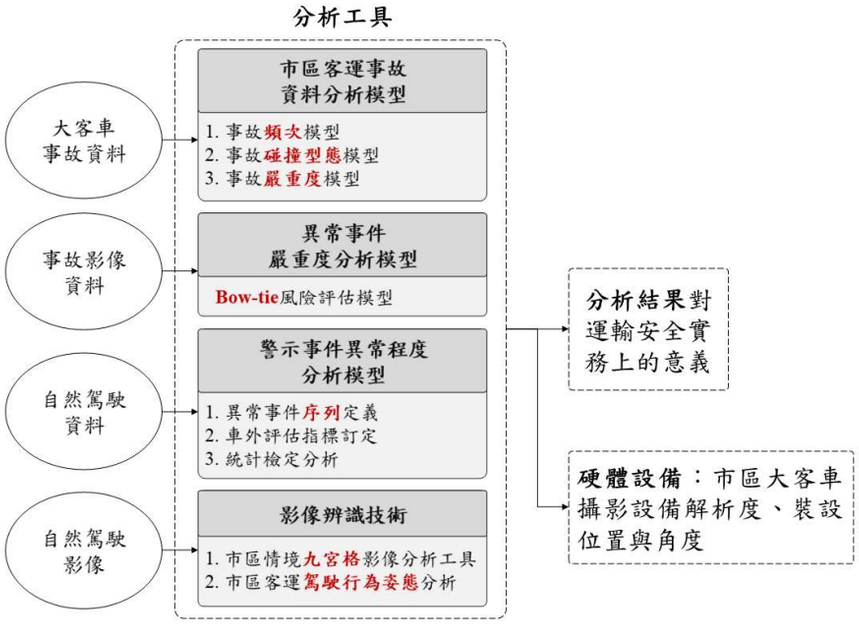


圖 9-1 計畫架構之整體關係

在第五章的警示事件異常程度小樣本測試分析中，雖使用的統計檢定

方法較為基礎，但仍藉此探討車內、外指標與異常程度之關係，也發現駕駛長行駛於都市中心與非都市中心路線之駕駛習慣差異。具體而言，本計畫在這個部分之工具使用包括：

一、 Bow-tie 風險評估架構：以質性的 Bow-tie 架構，將事故肇因 (或因素)、本計畫擬定之行車異常事件與事故碰撞結果連結，並使用一個半量化的風險評估模型，量化各肇因之風險程度；

二、 車外評估指標訂定：本計畫使用車外九宮格的框架，簡化本車與他車的行車動態，並界定第五宮格車輛對本車之風險較高；而其他宮格之車輛與本車之距離較遠，因此對本車行進的風險較低；

三、 透過統計檢定分析，本計畫將車外風險評估指標及本車車速與異常程度做關聯性的分析，以此了解何種車流環境較容易或不容易導致異常事件之發生。

最後，本計畫以影像辨識技術為核心，目的為自動量化風險分析指標，以用於後續的車隊風險管理。因此，當影像辨識技術視為工具時，本計畫則致力於評估其辨識標的物之能力。然而，受限於自然人駕駛（NDS，Naturalistic Driving Study）影像的解析度大小，影像辨識之評估仍有改善空間，也成為未來研究需先予以關注之部分。

其二為「硬體設備」在本計畫之角色與限制。如上所述，在本計畫中，「硬體設備」與大客車上的攝影設備幾乎可以畫上等號。由於本計畫屬於評估案，故硬體設備之評估成為重要的一環，在以影像辨識為基礎的研究案的前提下，良好的設備系統對於研究之可信度、精準度等皆會有所貢獻。據此，本計畫已於第六章提出相關設備改善之系統性建議，使未來研究或安全管理應用之實務有可遵循之最低規範。其中，本計畫認為攝影設備含括的內容廣泛，包含解析度、裝設位置與角度，均會顯著地影響拍攝品質與後續辨識的能力。在此前提下，本計畫認為上述硬體設備的內容須達到一定程度之門檻值，方能使用該資料進行影像辨識；而達到該門檻值後，則是影像設備愈佳，辨識分析之相關指標可達到愈好的評估結果。

其三為「分析結果」對運輸安全實務上的意義。本計畫於此部分之貢獻應歸功於第一部分「分析工具」的應用，因為不同分析工具在不同議題上的適用性的發掘，讓本計畫得以在對的主題上使用對的方法，以得到可用於實務管理之意涵與建議 (如第三章之事故特性的完整分析與第五章之

NDS 小樣本的評估)。不同分析結果之安全意涵與管理意義已於本計畫不同章節仔細說明。

其四為「實務管理」之應用。本計畫延續前期計畫，將國道客運安全管理系統落地應用於和欣客運。藉由分析工具的選擇，進行不同模型的分析，得到預期之分析結果，最後自動化地呈現於管理系統上。上述分析之連結即為第一部分至第三部分之內容。

經過本計畫與和欣客運的PoS討論,其管理階層認為「異常事件列表」的功能對其管理及營運較有幫助，亦較常使用該功能。而本計畫團隊也持續提供客製化之協助，使其使用上更符合原先之駕駛員管理理念。惟在此架構下，該系統要推廣至普遍客運業者皆能直接使用，須將硬體設備、作業系統等標準化，而有其困難性。

另本計畫目標將市區客運的駕駛行車風險予以量化，並能實際應用於實務管理。惟此一部分需多年期持續進行，本計畫之市區客運風險分析尚屬於「分析結果」之步驟。

9.2 建議

比照 9.1 節架構，本小節以各分析區塊之後續研究建議分別呈現。最後，本計畫會針對所有分析內容，提供統整性之後續研究建議。

首先，在市區客運事故資料分析部分，有以下兩點建議：

一、 模型分析結果所萃取的重要變量可為後續風險評估指標設計及先進駕駛輔助系統與影像辨識開發提供基礎，如不同道路層級與環境 (如高密度站牌區、混合土地使用區) 的風險敏感度有別，未來系統可將此變量納入參考，具備辨識道路環境之能力，以動態調整警示邏輯。

二、 事故模型主要是奠基於歷史事故資料，且以較為宏觀的角度觀察事故的潛在肇因，未來建議可整合實際事故資料與車機資料，以完整考量事故當下的駕駛反應與行為。

針對第五章之行車異常事件與對應之風險分析指標之建立，與後續之統計檢定分析，本計畫有以下幾點建議：

一、 此部分之分析在今年的計畫中屬於小樣本之測試，首都客運的都

市中心與非都市中心僅各選擇 50 個警示，探索異常事件程度與車內、外指標之關係，較難以得出一般性之結論。另外，在警示異常程度之編碼部分，這 100 個警示均未出現「異常」程度的事件可供檢視。因此，若後續計畫能基於此研究架構，應進一步蒐集更多警示事件，建立更完善的資料庫，使駕駛長反應與異常程度之編碼結果更加多元，也可納入更多不同序列之警示類型。

二、 本計畫僅以車速與車外之車流與本車互動之變數，解釋警示事件異常程度，並未探討車內駕駛長動作及其他環境變數與異常程度之關係。後續計畫應基於上述研究成果，再投入車內駕駛長之次要任務或分心動作之變數，以探討其與警示事件異常程度之關係。

三、 同樣地，受限於樣本數，本計畫之統計檢定方法較為基礎，且並未使用迴歸分析探討自變數 (車外與車內指標) 與異常程度之關係。後續計畫仍可以基於此分析架構，在樣本數增加後，透過迴歸分析更清楚變數間之關係。

在影像辨識部分，本計畫提供五點建議：

一、 建議以 IPM 做為市區 DVR 的主要距離推估技術，並持續提升其畸變補償能力。由本研究驗證，IPM 是唯一能在市區常見的上仰鏡頭、低畫質、扭曲影像中仍能維持數學可解性的距離推估方法。未來可透過地平面仿射校正、Pitch/Yaw 補償與鏡頭畸變參數估測等方式提升其近距離精度。同時建議建立跨車型的相機校正模板，使 IPM 能以更統一的參數結構套用於不同車隊。

二、 可搭配我國市區專屬的弱勢用路人資料集 (如我國街景深度學習資料庫 FORMOSA)，以改善偵測在夜間、雨天與遮蔽情境下的泛化能力。市區交通的核心風險來自行人與二輪車，但目前公車 DVR 影像的資料特性 (低光、扭曲、壓縮) 會使弱勢用路人在多種情境下失去完整邊界資訊。因此需仰賴使用一個涵蓋白天、夜晚、雨天、逆光、反光、部分遮蔽與部分框出現的弱勢用路人專屬資料集 (如我國街景深度學習資料庫 FORMOSA)，以支撐後續的市區 FCW、BSD 感知模型。這將是提升整體準確度最關鍵的基礎工程。

三、 建議制定市區公車影像設備標準，提升車前、車側與車內三類影

像的一致性與可辨識度。包含最低解析度、可接受的畸變範圍、相機角度範圍、側方鏡頭高度、車內 IR 補光、DVR 壓縮比上限等內容。影像設備若能標準化，不僅可降低因鏡頭差異造成的模型落差，也能使未來進行跨車隊訓練與模型部署時，降低調校成本並提升泛化能力。

四、車內 DMS 建議正式採用「上半身姿態辨識」做為核心技術，並搭配 IR 補光設備以確保夜間可用性。由於市區客運的真實影像條件不利於臉部辨識，因此未來應將 DMS 的重心放在偵測駕駛的上半身動作，例如手離方向盤、突然側身、彎腰撿物、向後張望等行為。若業者能採用具 IR 補光與 WDR 功能的鏡頭，則可有效提升夜間辨識的穩定性，使市區 DMS 同時具備實用性與可靠性。

五、建議建立市區影像品質評測流程，使客運業者能客觀判斷設備是否能支援 ADAS 應用。包括亮度均勻度、模糊程度、畸變程度、雨滴遮蔽影響、DVR 壓縮比例、近距 Grid 清晰度、夜間可視度等標準化檢查項目。此流程可成為未來政府補助或設備驗收的客觀基準，確保各車隊的影像輸入皆能達到最低可辨識品質門檻。

由於市區道路與車流環境較前期計畫之國道複雜許多，不僅道路用路人種類增加，車輛動態也不如國道客運單純。據此，若未來之資料取得方式為整段行車影像，本計畫建議可依照特定情境之有無，以及駕駛員是否根據不同情境做出適當反應，根據警示、異常與事故分為三個層面。第一個層面為駕駛員可預測之情況，其可提前做出適當反應，因此警示事件與後續事故皆未發生。第二個層面為駕駛員可理解也可控制之道路狀況，因此，雖有出現 ADAS 警示事件，但駕駛員當下可做出適當規避動作或其他駕駛操作，以避免嚴重異常事件或事故的發生。最後，第三個層面為駕駛員面對完全無法預測之事件，如突然有車輛衝出，或其他車輛靠近本車，使其完全無法反應，而此類事件事故發生風險極高，應盡量避免上述之衝突事件的發生。

在指差確認部分，基於本計畫實施的市區與國道客運業者座談會之座談結果，許多客運業者非常看重指差確認所帶來的效益；但針對指差確認是否對駕駛員帶來一定程度的負擔，則多家業者間有歧異的意見，代表在

指差確認議題上，客運業者的管理面向與駕駛人的認知仍有非常大的研究空間，未來研究亦可進一步分析，了解指差確認帶來的實質效益為何，以及其衍伸的負面影響或負擔為何。

縱使市區道路環境之複雜度極高，本計畫仍嘗試簡化本車行車動態，分類為跟車、變換車道與轉向動態，並以可評估與量化之分析指標，探討其與行車風險之關係。針對這個部分，後續計畫之執行除上所述，可增加樣本數，建立變數間的一般化關係外，本計畫也預期後續可針對不同類型的行車動態建立風險統計模型，透過 GPS 介接道路幾何資訊、車流量、駕駛長分心或次要動作及天候等，發展市區公車的風險評估模型，並量化每一個警示事件的風險分數，秉持唯有量化才能管理之精神，持續往駕駛員管理之方向邁進。

若針對不同客運業者進行分析，在後續將本計畫之分析結果應用至管理層面，則不同業者的 ADAS 警示定義與門檻值皆不相同，可能會導致應用上的限制。因此，若後續可進一步分析大量的自然駕駛資料，找出適當的警示類型門檻值，應可就該想法，橫跨不同業者，提出相對應的建議。另外，由於不同客運業者使用 ADAS 警示資料的成熟度差異頗大，本計畫也建議未來主管機關在推動 ADAS 應用時，可依客運業者成熟度訂定分階段導入或管理指引，並評估相關資料整合及人力負荷，以利研究成果後續轉化為可行之管理政策。

最後，由於每條公車路線是不變的，因此若能根據整趟行車影像，建立道路的時、空間分析、以 GIS 為基礎之空間模型分析及後續之行車風險量化，對於客運業者的路線營運與風險控管，應為有極大的幫助。

參考文獻

中華民國內政部國土管理署 (2010)。擷取日期：2024 年 11 月 15 日。取自：https://www.nlma.gov.tw/。

日本国土交通省ドライブレコーダーの映像を活用した指導・監督マニュアル。

何璋慰 (2024)，公車進出站牌區行車安全改善之研究，逢甲大學建設碩士在職學位學程碩士論文。

吳昆峯、邱裕鈞、鍾易詩、施朝欽、黃韋嘉、李宜靜、吳品蓁、張開國、葉祖宏、黃士軒 (2020)，駕駛行為分析工具開發及行為特性探討，交通部運輸研究所。

林彤、王佑星、洪大成、胡守任 (2021)，公車停靠區設計對人車行為之影響：以毫米波雷達資料進行安全分析，中華民國運輸學會 110 年學術論文研討會會議論文。

道安總動員 (2025)。擷取日期：2025 年 3 月 17 日。網址：https://roadsafety.tw/。

劉莛妤 (2022)，市區公車停靠區與周遭路側停車格之配置對交通安全之影響，國立陽明交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。

獨立特派員 日本巴士安全：https://www.youtube.com/watch?v=P8ty6IGgAKc。

賴萱珉 (2023)，公車停靠時離路緣距離對車流安全與效率之影響分析，國立陽明交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。

鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峯、余嘉萱、王佑星、顏君潔、彭信瑋、劉曜峯、吳碩捷、朱浩瑄、何玉鳳、葉祖宏、黃明正、黃士軒 (2024)，應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (3/4) - 行車異常事件及高風險駕駛行為分析，交通部運輸研究所。

鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峯、陳朝烈、李威勳、吳素絢、王佑星、顏君潔、楊欣樺、趙燁庭、何玉鳳、葉祖宏、賴靜慧、黃士軒 (2023)，應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (2/4) - 車內異常事件影像辨識技術開發，交通部運輸研究所。

鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峯、陳朝烈、李威勳、林育瑄、林欣慧、王佑星、白梓吟、趙燁庭、吳泓億、黃思曼、何宗晏、黃琳桂、何昕蓓、何玉

鳳、葉祖宏、賴靜慧、黃士軒 (2022)，應用人工智慧分析技術探勘高風險路段 (1/4) - 駕駛行為模式研析及車外異常事件影像辨識技術開發，交通部運輸研究所。

AASHTO, A. (2001). Policy on geometric design of highways and streets. *American Association of State Highway and Transportation Officials*, *Washington, DC*, *1*(990), 158.

Ahmed, M. M., Khan, M. N., Das, A., & Dadvar, S. E. (2022). Global lessons learned from naturalistic driving studies to advance traffic safety and operation research: A systematic review. *Accident Analysis & Prevention*, *167*, 106568. https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106568.

Al-Quraishi, M. S., Ali, S. S. A., Muhammad, A. Q., Tang, T. B., & Elferik, S. (2024). Technologies for detecting and monitoring drivers' states: A systematic review. *Heliyon*, *10*(20).

Anwari, N., Abdel-Aty, M., Goswamy, A., & Zheng, O. (2023). Investigating surrogate safety measures at midblock pedestrian crossings using multivariate models with roadside camera data. *Accident Analysis & Prevention*, *192*, 107233. https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107233.

Arvin, R., Kamrani, M., & Khattak, A. J. (2019). The role of pre-crash driving instability in contributing to crash intensity using naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention*, *132*, 105226. https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.07.002.

Bagdadi, O. (2013). Assessing safety critical braking events in naturalistic driving studies. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, *16*, 117-126. https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.08.006.

Bagdadi, O., & Várhelyi, A. (2011). Jerky driving—an indicator of accident proneness? *Accident Analysis & Prevention*, *43*(4), 1359-1363. https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.02.009.

Barnes, J., Brown, L., Morris, A., & Stuttard, N. (2023), “Bus passenger injury prevention: Learning from onboard incidents,” Traffic injury prevention, Vol. 24, No. 1, pp. 98-102.

https://doi.org/10.1080/15389588.2022.2146982.

Bella, F., & Russo, R. (2011). A collision warning system for rear-end collision a driving simulator study. *Procedia-social and behavioral sciences*, *20*, 676-686. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.08.075.

Blades, L., Douglas, R., Early, J., Lo, C. Y., & Best, R. (2020). *Advanced driver-assistance systems for city bus applications* (No. 2020-01-1208). SAE Technical Paper. https://doi.org/10.4271/2020-01-1208.

Brown, T. L., Lee, J. D., & McGehee, D. V. (2001). Human performance models and rear-end collision avoidance algorithms. *Human Factors*, *43*(3), 462-482. https://doi.org/10.1518/001872001775898250.

Chen, P., Zeng, W., & Yu, G. (2019). Assessing right-turning vehicle-pedestrian conflicts at intersections using an integrated microscopic simulation model. *Accident Analysis & Prevention*, *129*, 211-224. https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.05.018.

Chen, P., Zeng, W., Yu, G., & Wang, Y. (2017). Surrogate Safety Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflict at Intersections Using Unmanned Aerial Vehicle Videos. *Journal of Advanced Transportation*, *2017*(1), 5202150. https://doi.org/10.1155/2017/5202150.

Chen, S., Xue, Q., Zhao, X., Xing, Y., & Lu, J. J. (2021). Risky driving behavior recognition based on vehicle trajectory. *International journal of environmental research and public health*, *18*(23), 12373. https://doi.org/10.3390/ijerph182312373.

Chengula, T. J., Mwakalonge, J., Comert, G., Sulle, M., Siuhi, S., & Osei, E. (2024). Enhancing advanced driver assistance systems through explainable artificial intelligence for driver anomaly detection. *Machine Learning with Applications*, *17*, 100580. https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2024.100580.

Cheung, C., Shalaby, A. S., Persaud, B. N., & Hadayeghi, A. (2008). Models for safety analysis of road surface transit. *Transportation Research Record*, *2063*(1), 168-175. https://doi.org/10.3141/2063-20.

Chimba, D., Sando, T., & Kwigizile, V. (2010). Effect of bus size and operation

to crash occurrences. *Accident Analysis & Prevention*, *42*(6), 2063-2067. https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.06.018.

Cordts, M., Omran, M., Ramos, S., Scharwächter, T., Enzweiler, M., Benenson, R., ... & Schiele, B. (2015, June). The cityscapes dataset. In *CVPR Workshop on the Future of Datasets in Vision* (Vol. 2, p. 1).

Cunto, F., & Saccomanno, F. F. (2008). Calibration and validation of simulated vehicle safety performance at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, *40*(3), 1171-1179. https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.01.003.

Dai, B., Hudson, J. G., Ettelman, B., & Park, E. S. (2021). Influence of lane width on bus crashes. *Transportation research record*, *2675*(2), 87-97. https://doi.org/10.1177/0361198120953794.

De Dianous, V., & Fiévez, C. (2006). ARAMIS project: A more explicit demonstration of risk control through the use of bow–tie diagrams and the evaluation of safety barrier performance. *Journal of Hazardous Materials*, *130*(3), 220-233. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.07.010.

Deligianni, S. P., Quddus, M., Morris, A., Anvuur, A., & Reed, S. (2017). Analyzing and modeling drivers' deceleration behavior from normal driving. *Transportation research record*, *2663*(1), 134-141. https://doi.org/10.3141/2663-17.

Deng, W., & Wu, R. (2019). Real-time driver-drowsiness detection system using facial features. *Ieee Access*, *7*, 118727-118738. 10.1109/ACCESS.2019.2936663.

Ding, T., Yin, H., Li, Z., He, X., Zheng, L., & Xi, J. (2024). Analysis of Risk Bus Driver Characteristics and Research on Risk Level Evaluation Methods for Bus Drivers. *IEEE Access*. 10.1109/ACCESS.2024.3498936.

Docomo business：https://www.ntt.com/business/services/docodesucar/safety.html.

Duan, Y., Shao, Q., Lin, Z., Wang, Y., & Bai, Q. (2024). A Comprehensive Double Index Left-Turn Conflict Model at Contraflow Left-Turn Lane Intersections. *Promet-Traffic&Transportation*, *36*(6), 1054-1067.

https://hrcak.srce.hr/324624.

Essa, M., & Sayed, T. (2018). Traffic conflict models to evaluate the safety of signalized intersections at the cycle level. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *89*, 289-302. https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.02.014.

Farhat, W., Geusani, M., Rhaiem, O. B., Zaghdoud, R., Faiedh, H., & Souani, C. (2025). A Robust Deep Learning-Based System for Pedestrian-Aware Collision Prevention in Autonomous Vehicles. *International Journal of Transportation Science and Technology*. https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2025.05.007.

Feng, F., Bao, S., Sayer, J. R., Flannagan, C., Manser, M., & Wunderlich, R. (2017). Can vehicle longitudinal jerk be used to identify aggressive drivers? An examination using naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention*, *104*, 125-136. https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.04.012.

Feng, S., Li, Z., Ci, Y., & Zhang, G. (2016). Risk factors affecting fatal bus accident severity: Their impact on different types of bus drivers. *Accident Analysis & Prevention*, *86*, 29-39. https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.09.025.

Fleischer, J. P., Pallack, R., Mishra, A., De Andrade, G. R., Poddar, S., Posadas, E., ... & Ranka, S. (2024, September). Video-Based Pedestrian and Vehicle Traffic Analysis During Football Games. In *2024 IEEE 27th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 2013-2020). IEEE. 10.1109/ITSC58415.2024.10920157.

Fu, C., & Sayed, T. (2021). Comparison of threshold determination methods for the deceleration rate to avoid a crash (DRAC)-based crash estimation. *Accident Analysis & Prevention*, *153*, 106051. https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106051.

Geiger, A., Lenz, P., Stiller, C., & Urtasun, R. Vision meets robotics: The kitti dataset. the international journal of robotics research. *Int. J. Rob. Res*, 1-6. https://doi.org/10.1177/0278364913491297.

Gettman, D., & Head, L. (2003). Surrogate safety measures from traffic simulation models. *Transportation Research Record*, *1840*(1), 104-115. https://doi.org/10.3141/1840-12.

Gettman, D., Pu, L., Sayed, T., & Shelby, S. G. (2008). *Surrogate safety assessment model and validation* (No. FHWA-HRT-08-051). Turner-Fairbank Highway Research Center.

Ghamari, A., Rezaei, N., Malekpour, M. R., Azadnajafabad, S., Jafari, A., Ahmadi, N., ... & Farzadfar, F. (2022). The effect of non-punitive peer comparison and performance feedback on drivers' behavior using the telematics: the first randomized trial in Iran. *Journal of safety research*, *82*, 430-437. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.07.010.

Gitelman, V., Bekhor, S., Doveh, E., Pesahov, F., Carmel, R., & Morik, S. (2018). Exploring relationships between driving events identified by in-vehicle data recorders, infrastructure characteristics and road crashes. *Transportation research part C: emerging technologies*, *91*, 156-175. https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.04.003.

Glaser, Y. G., Guo, F., Fang, Y., Deng, B., & Hankey, J. (2017). Investigate moped-car conflicts in China using a naturalistic driving study approach. *Journal of safety research*, *63*, 171-175. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2017.10.008.

Goh, K. C. K., Currie, G., Sarvi, M., & Logan, D. (2013). Road safety benefits from bus priority: an empirical study. *Transportation research record*, *2352*(1), 41-49. https://doi.org/10.3141/2352-05.

Goyani, J., Paul Aninda, B., Gore, N., Arkatkar, S., & Joshi, G. (2021). Investigation of Crossing Conflicts by Vehicle Type at Unsignalized T-Intersections under Varying Roadway and Traffic Conditions in India. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, *147*(2), 05020011. https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000479.

Guyonvarch, L., Lecuyer, E., & Buffat, S. (2020). Evaluation of safety critical event triggers in the UDrive data. *Safety Science*, *132*, 104937. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104937.

Hallmark, S. L., Boyle, L. N., & Qiu, Y. (2012). *Relationship between lane departure events and roadway characteristics* (No. MTC Project 2009-03).

Hallmark, S. L., Hsu, Y. Y., Maze, T. H., McDonald, T. J., & Fitzsimmons, E. J. (2009). Investigating factors contributing to large truck lane departure crashes using the federal motor carrier safety administration's Large Truck Crash Causation Study (LTCCS) database.

Han, L., Du, Z., & Wang, S. (2025). The impact of spiral tunnel characteristics on driver HRV and stress perception: A naturalistic driving experiment. *Accident Analysis & Prevention*, *214*, 107983. https://doi.org/10.1016/j.aap.2025.107983.

Hayward, J. C. (1972). Near miss determination through use of a scale of danger.

Hu, X., Zhou, J., Yang, Y., Chen, Q., & Zhang, L. (2024). Assessing the collision risk of mixed lane-changing traffic in the urban inter-tunnel weaving section using extreme value theory. *Accident Analysis & Prevention*, *200*, 107558. https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107558.

Hydén, C. (1987). The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. *Bulletin Lund Institute of Technology, Department*, (70).

Islam, Z., Abdel-Aty, M., Anwari, N., & Islam, M. R. (2023). Understanding the impact of vehicle dynamics, geometric and non-geometric roadway attributes on surrogate safety measure using connected vehicle data. *Accident Analysis & Prevention*, *189*, 107125. https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107125.

Jacinto, C., & Silva, C. (2010). A semi-quantitative assessment of occupational risks using bow-tie representation. *Safety Science*, *48*(8), 973-979. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.08.008.

Jiang, B., Qian, J., Sun, J., Guo, H., Wang, D., Zhao, Z., & Kong, L. (2024, September). Visual Blind Spot Detection System for Bus Drivers Based on Lightweight Model. In *Proceedings of the 2024 4th International Joint Conference on Robotics and Artificial Intelligence* (pp. 188-192).

https://doi.org/10.1145/3696474.3708460.

Jovanis, P. P., & Wu, K. F. K. (2013, June). A Cohort-Based Data Structure Design for Analyzing Crash Risk Using Naturalistic Driving Data. In *Driving Assessment Conference* (Vol. 7, No. 2013). University of Iowa. https://doi.org/10.17077/drivingassessment.1537.

Jovanis, P. P., Aguero-Valverde, J., Wu, K. F., & Shankar, V. (2011). Analysis of naturalistic driving event data: Omitted-variable bias and multilevel modeling approaches. *Transportation research record*, *2236*(1), 49-57. https://doi.org/10.3141/2236-06.

Kamrani, M., Arvin, R., & Khattak, A. J. (2018). Analyzing highly volatile driving trips taken by alternative fuel vehicles. *arXiv preprint arXiv:1807.03861*. https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.03861.

Kaplan, S., & Prato, C. G. (2012). Risk factors associated with bus accident severity in the United States: A generalized ordered logit model. *Journal of safety research*, *43*(3), 171-180. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2012.05.003.

Kathryn McElroy (作者)、王薾君 (譯者) (2020)。原型設計：善用原型設計和使用者測試創造成功產品。臺北市：歐萊禮。

Keeling, K. L., Glick, T. B., Crumley, M., & Figliozzi, M. A. (2019). Evaluation of bus-bicycle and bus/right-turn traffic delays and conflicts. *Transportation research record*, *2673*(7), 443-453. https://doi.org/10.1177/0361198119849063.

Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D. J. (2006). *The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: An analysis using the 100-car naturalistic driving study data* (No. DOT HS 810 594). United States. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. https://doi.org/10.21949/1530253.

Knight, I., Dodd, M., & Edwards, A. (2019). Assessing the case for requiring AEB on city buses and developing technical requirements and test procedures. In *Eindhoven: Proceedings of the International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, NHTSA. Netherlands: US*

DoT. Eindhoven.

Kong, X., Das, S., & Zhang, Y. (2021). Patterns of near-crash events in a naturalistic driving dataset: applying rules mining. *Accident Analysis & Prevention*, *161*, 106346. https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106346.

Li, Y., Wu, D., Lee, J., Yang, M., & Shi, Y. (2020). Analysis of the transition condition of rear-end collisions using time-to-collision index and vehicle trajectory data. *Accident Analysis & Prevention*, *144*, 105676. https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105676.

Liu, B. S. (2007), "Association of intersection approach speed with driver characteristics, vehicle type and traffic conditions comparing urban and suburban areas," Accident Analysis & Prevention, Vol. 39, No. 2, pp. 216-223. https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.07.005.

Liu, Q., Qiu, X., Xie, L., Wang, J., & Fang, S. (2017). Anti-collision warning time algorithm based on driving speed of vehicle. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, *33*(12), 99-106.

Lollett, C., Kamezaki, M., & Sugano, S. (2022, June). Driver's drowsiness classifier using a single-camera robust to mask-wearing situations using an eyelid, lower-face contour, and chest movement feature vector gru-based model. In *2022 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 519-526). IEEE. 10.1109/IV51971.2022.9827229.

Loo, B. P., Fan, Z., Lian, T., & Zhang, F. (2023). Using computer vision and machine learning to identify bus safety risk factors. *Accident Analysis & Prevention*, *185*, 107017. https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107017.

Ma, Y., & Zhu, J. (2021). Left-turn conflict identification at signal intersections based on vehicle trajectory reconstruction under real-time communication conditions. *Accident Analysis & Prevention*, *150*, 105933. https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105933.

Ma, Y., Xie, Z., Chen, S., Qiao, F., & Li, Z. (2023). Real-time detection of abnormal driving behavior based on long short-term memory network and regression residuals. *Transportation research part C: emerging*

technologies, *146*, 103983. https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103983.

Mahajan, V., Katrakazas, C., & Antoniou, C. (2020). Crash risk estimation due to lane changing: A data-driven approach using naturalistic data. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, *23*(4), 3756-3765. 10.1109/TITS.2020.3042097.

Makhmudov, F., Turimov, D., Xamidov, M., Nazarov, F., & Cho, Y. I. (2024). Real-time fatigue detection algorithms using machine learning for yawning and eye state. *Sensors*, *24*(23), 7810. https://doi.org/10.3390/s24237810.

Mangones, S. C., Bulla-Cruz, L. A., & Darghan, E. (2024). Safety performance of dedicated and preferential bus lanes using multivariate negative binomial models for Bogotá, Colombia. *Accident Analysis & Prevention*, *202*, 107595. https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107595.

Masello, L., Sheehan, B., Castignani, G., Shannon, D., & Murphy, F. (2023). On the impact of advanced driver assistance systems on driving distraction and risky behaviour: An empirical analysis of irish commercial drivers. *Accident Analysis & Prevention*, *183*, 106969. https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.106969.

Michael, P. G., Leeming, F. C., & Dwyer, W. O. (2000). Headway on urban streets: observational data and an intervention to decrease tailgating. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *3*(2), 55-64. https://doi.org/10.1016/S1369-8478(00)00015-2.

Milanés, V., Pérez, J., Godoy, J., & Onieva, E. (2012). A fuzzy aid rear-end collision warning/avoidance system. *Expert Systems with Applications*, *39*(10), 9097-9107. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.054.

Mohamed, M. G., & Saunier, N. (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. https://doi.org/10.1080/19439962.2016.1255690.

Mora, R., Waintrub, N., & Figueroa-Martinez, C. (2024). Bus drivers and their

interactions with cyclists: an analysis of minor conflicts. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, *25*, 101074. https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101074.

Nguyen, T. T., & Cao, P. T. (2022, September). Assessment of Traffic Safety Between Pedestrians and Vehicles Using Traffic Conflict Technique. In *International Conference on Sustainability in Civil Engineering* (pp. 763-769). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2345-8_79.

Ni, Y., Wang, M., Sun, J., & Li, K. (2016). Evaluation of pedestrian safety at intersections: A theoretical framework based on pedestrian-vehicle interaction patterns. *Accident Analysis & Prevention*, *96*, 118-129. https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.07.030.

Oh, C., Park, S., & Ritchie, S. G. (2006). A method for identifying rear-end collision risks using inductive loop detectors. *Accident Analysis & Prevention*, *38*(2), 295-301. https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.09.009.

Onelcin, P., & Alver, Y. (2023). A new lane change index for lane change conflicts at weaving segments. *Traffic injury prevention*, *24*(7), 559-566. https://doi.org/10.1080/15389588.2023.2219796.

Panigrahi, S., Lu, J., & Hong, S. (2017). *Real-time Crash Detection and Its Application in Incident Reporting and Accident Reconstruction* (No. 2017-01-1419). SAE Technical Paper. https://doi.org/10.4271/2017-01-1419.

Papazikou, E., Quddus, M., Thomas, P., & Kidd, D. (2019). What came before the crash? An investigation through SHRP2 NDS data. *Safety Science*, *119*, 150-161. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03.010.

Park, H. C., Joo, Y. J., Kho, S. Y., Kim, D. K., & Park, B. J. (2019). Injury severity of bus–pedestrian crashes in South Korea considering the effects of regional and company factors. *Sustainability*, *11*(11), 3169. https://doi.org/10.3390/su11113169.

Peer, S., Muermann, A., & Sallinger, K. (2020). App-based feedback on safety to novice drivers: Learning and monetary incentives. *Transportation*

research part F: traffic psychology and behaviour, *71*, 198-219. https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.04.005.

Phillips, R. O., Hagen, O. H., & Berge, S. H. (2021). Bus stop design and traffic safety: An explorative analysis. *Accident Analysis & Prevention*, *153*, 105917. https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105917.

Qi, W., Ruan, L., Zhi, Y., & Shen, B. (2021). Risk area identification model of bus bay stops based on distribution of conflicts. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, *2021*(1), 9663966. https://doi.org/10.1155/2021/9663966.

Quistberg, D. A., Koepsell, T. D., Johnston, B. D., Boyle, L. N., Miranda, J. J., & Ebel, B. E. (2015). Bus stops and pedestrian–motor vehicle collisions in Lima, Peru: a matched case–control study. *Injury prevention*, *21*(e1), e15-e22. https://doi.org/10.1136/injuryprev-2013-041023.

Saccomanno, F. F., Cunto, F., Guido, G., & Vitale, A. (2008). Comparing Safety at Signalized Intersections and Roundabouts Using Simulated Rear-End Conflicts. *Transportation Research Record*, *2078*(1), 90-95. https://doi.org/10.3141/2078-12.

Samerei, S. A., Aghabayk, K., Shiwakoti, N., & Karimi, S. (2021). Modelling bus-pedestrian crash severity in the state of Victoria, Australia. *International journal of injury control and safety promotion*, *28*(2), 233-242. https://doi.org/10.1080/17457300.2021.1907597.

Sayed, T., Brown, G., & Navin, F. (1994). Simulation of traffic conflicts at unsignalized intersections with TSC-Sim. *Accident Analysis & Prevention*, *26*(5), 593-607. https://doi.org/10.1016/0001-4575(94)90021-3.

Seo, H., Shin, J., Kim, K. H., Lim, C., & Bae, J. (2022). Driving Risk Assessment Using Non-Negative Matrix Factorization With Driving Behavior Records. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *23*(11), 20398-20412. 10.1109/TITS.2022.3193125.

Shahla, F., Shalaby, A. S., Persaud, B. N., & Hadayeghi, A. (2009). Analysis of transit safety at signalized intersections in Toronto, Ontario, Canada.

Transportation research record, *2102*(1), 108-114. https://doi.org/10.3141/2102-14.

Shangguan, Q., Wang, J., Fu, T., Fang, S. E., & Fu, L. (2023). An empirical investigation of driver car-following risk evolution using naturistic driving data and random parameters multinomial logit model with heterogeneity in means and variances. *Analytic methods in accident research*, *38*, 100265. https://doi.org/10.1016/j.amar.2022.100265.

Singh, D., Das, P., & Ghosh, I. (2024). Conflict-Based safety evaluations at unsignalized intersections using surrogate safety measures. *Heliyon*, *10*(5). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27665.

Soccolich, S. A., Blanco, M., Hanowski, R. J., Olson, R. L., Morgan, J. F., Guo, F., & Wu, S. C. (2013). An analysis of driving and working hour on commercial motor vehicle driver safety using naturalistic data collection. *Accident Analysis & Prevention*, *58*, 249-258. https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.06.024.

Songchitruksa, P., & Tarko, A. P. (2006). Practical Method for Estimating Frequency of Right-Angle Collisions at Traffic Signals. *Transportation Research Record*, *1953*(1), 89-97. https://doi.org/10.1177/0361198106195300111.

Sotelo, M. A., Barriga, J., Fernández, D., Parra, I., Naranjo, J. E., Marrón, M., ... & Gavilán, M. (2007). Vision-based blind spot detection using optical flow. In *Computer Aided Systems Theory–EUROCAST 2007: 11th International Conference on Computer Aided Systems Theory*, *Las Palmas de Gran Canaria*, *Spain*, *February 12-16, 2007*, *Revised Selected Papers 11* (pp. 1113-1118). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75867-9_139.

Sternlund, S. (2017). The safety potential of lane departure warning systems—A descriptive real-world study of fatal lane departure passenger car crashes in Sweden. *Traffic injury prevention*, *18*(sup1), S18-S23. https://doi.org/10.1080/15389588.2017.1313413.

Stipancic, J., St-Aubin, P. G., Ledezma-Navarro, B., Labbe, A., Saunier, N., &

Miranda-Moreno, L. (2021). Evaluating safety-influencing factors at stop-controlled intersections using automated video analysis. *Journal of Safety Research*, *77*, 311-323. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.03.006.

Sun, P., Kretzschmar, H., Dotiwalla, X., Chouard, A., Patnaik, V., Tsui, P., ... & Anguelov, D. (2020). Scalability in perception for autonomous driving: Waymo open dataset. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 2446-2454).

Sun, Q., Zhang, H., Li, Z., Wang, C., & Du, K. (2019). ADAS acceptability improvement based on self-learning of individual driving characteristics: A case study of lane change warning system. *IEEE Access*, *7*, 81370-81381. 10.1109/ACCESS.2019.2923822.

Sushmitha, R., Reddy, V. B. P., & Ravishankar, K. V. R. (2023). Influence of sight distance characteristics on safety of intersections using surrogate safety measures. *Signal*, *9*(2,839), 8-890.

Svensson, Å. (1998). A method for analysing the traffic process in a safety perspective.

Tandler, J., Zimmerman, E., Muntean, V., Seipel, B., Koch, T., Willersinn, D., ... & Diez, M. (2008). A new pre-crash system for side impact protection. *International journal of crashworthiness*, *13*(6), 679-692. https://doi.org/10.1080/13588260802411499.

Teng, T. L., Chang, K. C., & Wu, C. H. (2007). Development and validation of side-impact crash and sled testing finite-element models. *Vehicle System Dynamics*, *45*(10), 925-937. https://doi.org/10.1080/00423110701560068.

Tran, D., Do, H. M., Lu, J., & Sheng, W. (2020, October). Real-time detection of distracted driving using dual cameras. In *2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 2014-2019). IEEE. 10.1109/IROS45743.2020.9340921.

Uno, N., Iida, Y., Itsubo, S., & Yasuhara, S. (2002, June). A microscopic analysis of traffic conflict caused by lane-changing vehicle at weaving section. In *Proceedings of the 13th mini-EURO conference-handling uncertainty in the*

analysis of traffic and transportation systems, Bari, Italy (pp. 10-13).

Van der Horst, R. (1991). Time-to-collision as a cue for decision making in braking. *Vision in vehicles*.

Vogel, K. (2003). A comparison of headway and time to collision as safety indicators. *Accident Analysis & Prevention*, *35*(3), 427-433. https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00022-2.

Wang, T., Chen, Y., Yan, X., Chen, J., & Li, W. (2020a). The relationship between bus drivers' improper driving behaviors and abnormal vehicle states based on advanced driver assistance systems in naturalistic driving. *Mathematical Problems in Engineering*, *2020*(1), 9743504. https://doi.org/10.1155/2020/9743504.

Wang, X., & Xu, X. (2019). Assessing the relationship between self-reported driving behaviors and driver risk using a naturalistic driving study. *Accident Analysis & Prevention*, *128*, 8-16. https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.03.009.

Wang, X., Liu, Q., Guo, F., Xu, X., & Chen, X. (2022). Causation analysis of crashes and near crashes using naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention*, *177*, 106821. https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106821.

Wang, X., Xu, R., Asmelash, A., Xing, Y., & Lee, C. (2020b). Characteristics of driver cell phone use and their influence on driving performance: A naturalistic driving study. *Accident Analysis & Prevention*, *148*, 105845. https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105845.

Wu, D., Liao, M. W., Zhang, W. T., Wang, X. G., Bai, X., Cheng, W. Q., & Liu, W. Y. (2022). Yolop: You only look once for panoptic driving perception. *Machine Intelligence Research*, *19*(6), 550-562.

Wu, J., Wen, H., & Qi, W. (2020). A new method of temporal and spatial risk estimation for lane change considering conventional recognition defects. *Accident Analysis & Prevention*, *148*, 105796. https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105796.

Wu, K. F., & Jovanis, P. P. (2016). Cohort-based analysis structure for modeling

driver behavior with an in-vehicle data recorder. *Transportation research record*, *2601*(1), 24-32. https://doi.org/10.3141/2601-04.

Wu, K. F., Aguero-Valverde, J., & Jovanis, P. P. (2014). Using naturalistic driving data to explore the association between traffic safety-related events and crash risk at driver level. *Accident Analysis & Prevention*, *72*, 210-218. https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.07.005.

Wu, K. F., Ardiansyah, M. N., & Jovanis, P. P. (2021). Development and initial testing of a time-related road safety analysis structure. *Transportation research part C: emerging technologies*, *125*, 102992. https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.102992.

Xian, H., Hou, Y., Wang, Y., Dong, S., Kou, J., & Li, Z. (2022). Influence of Risky Driving Behavior and Road Section Type on Urban Expressway Driving Safety. *Sustainability*, *15*(1), 398. https://doi.org/10.3390/su15010398.

Ye, W., Xu, Y., Zhou, F., Shi, X., & Ye, Z. (2021). Investigation of bus drivers' reaction to ADAS warning system: Application of the Gaussian mixed model. *Sustainability*, *13*(16), 8759. https://doi.org/10.3390/su13168759.

Yu, B., Bao, S., Chen, Y., & LeBlanc, D. J. (2021). Effects of an integrated collision warning system on risk compensation behavior: An examination under naturalistic driving conditions. *Accident Analysis & Prevention*, *163*, 106450. https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106450.

Zhao, Y., Bai, L., Lyu, Y., & Huang, X. (2019). Camera-based blind spot detection with a general purpose lightweight neural network. *Electronics*, *8*(2), 233. https://doi.org/10.3390/electronics8020233.

Zheng, L., & Sayed, T. (2019a). Bayesian hierarchical modeling of traffic conflict extremes for crash estimation: A non-stationary peak over threshold approach. *Analytic Methods in Accident Research*, *24*, 100106. https://doi.org/10.1016/j.amar.2019.100106.

Zheng, L., & Sayed, T. (2019b). Comparison of Traffic Conflict Indicators for Crash Estimation using Peak Over Threshold Approach. *Transportation*

Research Record, *2673*(5), 493-502. https://doi.org/10.1177/0361198119841556.

Zhu, T., Qin, D., & Jia, W. (2023). Examining the associations between urban bus drivers' rule violations and crash frequency using observational data. *Accident Analysis & Prevention*, *187*, 107074. https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107074.

Zhu, Y., Jiang, M., & Yamamoto, T. (2024). Changes in older drivers' risky driving behavior over time: Insights from a naturalistic study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *104*, 318-333. https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.06.009.

Ziryawulawo, A., Mduma, N., Lyimo, M., Mbarebaki, A., Madanda, R., & Sam, A. (2023, November). An Integrated Deep Learning-based Lane Departure Warning and Blind Spot Detection System: A Case Study for the Kayoola Buses. In *2023 First International Conference on the Advancements of Artificial Intelligence in African Context (AAIAC)* (pp. 1-8). IEEE. 10.1109/AAIAC60008.2023.10465276.

附錄一 期中審查意見回覆

期中審查建議處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

計畫名稱：IOT-114-SCB003

影像辨識技術為核心之市區客運風險分析工具架構規劃

執行單位：國立陽明交通大學

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
(一)鄭永祥委員		
一、 針對市區客運路口、路段，頻次與嚴重度分為 4 個類別進行分析，在此分析框架下是否有考慮道路交通流(曝光量) 的概念？因為隨著路段、路口的車流量不同，事故型態應會有所差異，建請說明。	1. 感謝委員的提問。由於資料範圍分別是全國跟臺北市，主要的曝光量為公車行駛的班次數跟行經的路段長度，目前並沒有使用車流量做為曝光量。此外，本計畫也嘗試將樣本分類，如縣市、道路等級等，使分析更加具有同質性。	同意。
二、 公車左轉時發生的事故數量較多、嚴重度亦較為嚴重，請問在團隊分析時，是否有發現該現象？後續的工具架構規劃如何提出對應的改善策略？建請說明。	2. 感謝委員的提問。本計畫在 Bowtie 架構中有將車輛移動方向分為左轉、直行與右轉，但僅有極少部分有所差異，故目前之左、右轉仍合併為一個 Bowtie 架構。然而，後續分析之「異常事件序列」，將根據左、右轉兩種情境分別探討其風險情境與影像辨識標的之差異。其中，左轉可能會因為盲區較大或行車軌跡導致車速較快，使事故較多或較為嚴重，均會於後續異常事件序列定義呈現。	同意。
三、 針對駕駛員安全評分的部分，現階段除了針對車外做影像處理與分析外，亦針對駕駛員做影像分析，此評分方式與影像辨識與分析如何操作，建請說明。	3. 感謝委員的提問。本計畫透過車外與其他周遭車輛互動的影像，以及車內駕駛員的動作影像，進行影像辨識與人工真值的編碼，並根據本計畫擬定之風險分析指標，做小樣本測試，評估影像辨識在不同情境下之可行性，並規劃於後續年期計畫中，建立風險模	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	式，量化各個情境的風險分數。	
四、　以路段為基礎模型的事故頻次模型分析將分析區域分為市區、郊區與鄉村。請問市區、郊區與鄉村如何分類？建請說明。	4. 感謝委員的提問。本計畫使用居住人口密度與信令資料活動人口密度將不同區域分類為市區、郊區與鄉村。居住人口密度或信令資料人口密度高於第三四分位數者歸類為市區；居住人口密度低於第一四分位數者歸類為鄉村；居住人口密度介於其中者則定義為郊區。地方政府會想了解同一條路線有市區及郊區路段之情況下，其安全管理上的差異。後續在檢視 NDS 影像資料時，亦會嘗試討論市區與郊區之差異。此外，本計畫將於後續補充六都個別的市區、郊區與鄉村之分類模型，以探討不同縣市中，區域分類之管理意涵。	同意。
五、　在事故嚴重度模型部分，左轉彎、客運急煞、急停或未注意車前狀況等係數均顯著，但正、負號不一樣，因此其隱含的意義可能不同，是否可由成果說明管理意涵，建請補充。	5. 感謝委員的提問。事故的發生是最後的結果，而事故發生過程卻是許多原因綜合導致。本計畫目前將事故分析的角色定位為初步了解事故的輪廓狀態，並不會討論成因。舉例而言，急煞、急停為負號，代表上述情境相對其他駕駛員之行為較不嚴重，然此一結果亦可能係因駕駛員意識到潛在危險而激發之反應，故可避免更嚴重的衝突。該結果可能反映之意涵為若駕駛員沒有急煞、急停等操作，可能會導致事故更加嚴重。	同意。
六、　在臺北市以路口為基礎之事故頻次分析中，右轉彎之重車比例是顯著的，但左轉彎之重車比例未達顯著標準，團隊如何針對現有模型分析結果進行解讀？請補充說明。	6. 感謝委員的提問。臺北市路口事故頻次分析結果在轉彎相關變數與預期認知有所出入，這意味在交通管理上，過去著重於左轉彎的行為及潛在衝突，盡可能透過交通工程或教育訓練的手段，以降低市區公車發生事故，且成效應當是顯著的。然在右轉彎過去認為相對事故頻次較低或風險較	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	小者，於模型結果顯示其有更高的可能性發生事故，凸顯未來政策研擬更應關注右轉彎的衝突與危害。	
七、 團隊針對事故的發生肇因與結果，用Bowtie進行分析，請問最終想要呈現的結果是什麼？亦或是肇因統整與碰撞結果的分類與呈現已是最終分析？請補充說明。	7. 感謝委員的提問。本計畫後續會考慮是否執行更細的分類，目前的方向為路口與進出站兩大類。在針對客運事故分析部分，Bowtie 架構協助本計畫釐清事故肇因與碰撞結果間的連結，並量化不同肇因之風險程度，已是最終的分析結果。本計畫後續將以自然駕駛的影像與資料，持續進行警示事件與異常事件的分析與評估。	同意。
八、 本階段就AI影像辨識部分的驗證狀況如何？驗證準確率為何？請補充說明。	8. 感謝委員的提問。本計畫預期前半年以影像特性與調整方向為主；下半年則依據該方向，調整辨識類別與演算法等，並透過影像資料，藉由人工標記，建立真值，以驗證影像辨識精準度。	同意。
九、 隨著車型的不同，光線、雨天與否，或是裝設的攝影機角度，都會影響影像辨識的準確度。團隊如何克服不同情境下的影像辨識技術差異，請進一步釐清，對於後續的計畫執行亦可進行經驗傳承。	9. 感謝委員的提問，資策會過去建立FORMOSA我國道路街景深度學習資料庫，涵蓋了公車、國道客運、大、小貨車、轎車與休旅車不同車種、視角與攝影機設備之深度學習資料庫，覆蓋全台10萬公里、包含日夜晴陰雨等多元情境，透過多樣的深度學習資料庫，對於 AI 辨識模型進行微調可提升模型辨識之泛用能力，達到克服車種、鏡頭、視角與情境之AI辨識技術	同意。
十、 指差確認是目前公路局針對市區公車駕駛員之要求。然而，第一線駕駛員對指差確認的要求較為被動。從團隊分析的角度而言，有無機會探討指差確認對於事故風險的防範，是	10. 感謝委員的建議。本計畫重點聚焦於指差確認在目前的影像規格下，可辨識的精準程度。而指差確認對安全的影響效果，是一個重要的課題，本計畫後續將再評估探討該議題的深入程度。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
否具有正面的效果？請補充說明。		
(二)魏健宏委員		
一、 報告書第 185 頁，關於第七章有關於 PoS 的執行構想，在第一段的最後兩行提到「PoS 重點之一為建立服務或試營運團隊」，建議可以再補充說明客運業者未來若購買並建置這套安全管理系統，需要甚麼類型，以及多少數量的人力資源？另外，在 PoS 實施期間，和欣客運如何回饋安全管理系統的使用心得，以及這套系統與和欣客運現有運作中的管理平台之異同之處為何？這套系統如何融入和欣客運現有的管理機制？請補充說明。	1. 感謝委員的提問。以本計畫與和欣客運的討論結果，只要一位可以操作電腦的技術人員，即可使用該安全管理系統，並不用另外聘請資訊技術人員。對和欣客運而言，該系統具有節省成本的替代效果。在現有的系統架構下，可以節省一個人檢視的趟次數。此外，該系統可以增強行為管理的準確度，因為該系統可以在行車影像時直接標註行車速度、相對距離等資訊，具有判斷相關資訊之協助能力。另一方面，本計畫有設計與使用安全管理系統相關的問卷，包括觀看影片的時間有無縮短、趟次有無增加，以及使用各功能的頻次與有用的程度等，一方面可以檢視和欣客運使用該系統之情況，一方面則可以視其使用建議，做必要的改善。最後，本安全管理系統的使用並不是做為取代和欣客運現有運作的系統的角色，而是在影像辨識技術為基礎的架構下，能夠提供額外的資訊或技術的支援，使其駕駛員管理的流程上能夠事半功倍。	同意。
二、 報告書第 127 頁 4.1.2.1 小節提到「之所以需辨別都市中心與非都市中心，乃是因為這兩種道路情境對於大客車事故風險之樣態有不同影響，…」，我國 6 個直轄市均包含都市中心與非都市中心，對於地方政府的道安團隊而言，需要理解在其都市計畫區與非都市計畫	2. 感謝委員的建議。本計畫後續將嘗試把六都分開建模，以健全不同地區的道路安全討論。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
區，有關大客車或客運的營運風險特性上的差異與影響因子，上述分析將可提供地方政府做為道安工作推動的參考。		
三、 簡報第 36 頁的分析是針對所有大客車的結果，但對於個別運輸公司的管理會有所不同，尤其國道客運與市區公車都有市區環境的招呼站。舉例而言，首都客運與和欣客運的管理階層與駕駛長對車輛經過交流道附近的路段或招呼站時的感知、感覺或安全管理上的要求應該會不一樣，團隊有無可能或有無必要將和欣客運與首都客運的資料分開建構模式？請補充說明。	3. 感謝委員的建議。本計畫於下半期的異常事件定義中，會檢視相關的行車影像，討論國道客運跟市區客運業者對異常事件與事故型態之感知是否有異同之處。然而，在事故分析中並無法得知上述內容，因事故資料沒有分趟次及路線，僅知道事故的地點與時間。	同意。
四、 簡報第 40 頁有提到「路口上游的站牌與事故頻次之相關性更顯著」其中，路口上游的站牌稱為「近端設站」，而報告時似乎誤報為「遠端設站」。請團隊確認此部分之敘述。另外，在簡報第 40 頁表格中，變數「路口上游公車站點數」，應該是此次發生事故的車輛，其路線在該路口的上游是否近端設站？請團隊釐清該變數定義。	4. 感謝委員的指正，應為「近端設站」對於路口事故更具正向相關。變數「路口上游公車站點數」的定義為特定路口 (即模型中的樣本)在其上游的路段上所擁有的站牌數量。頻次模型中「並非」以「單一事故」為樣本，而係以「路口」為一樣本，並將該路口歷年來發生的總事故件數做為應變數，故並無法指認「此次發生事故的車輛」，此外公車站牌數亦非特定路線的站牌數，而是考量該特定路口所有行經公車路線所設置的站牌總數。	同意。
(三)林惠勇委員		
一、 本計畫對外部環境的風險分析與預測是	1. 感謝委員的提問。本計畫目前針對事故風險的討論，會從兩個因	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
以外部影像資料為基礎，如風險碰撞、激進駕駛等，而在本案提到以使用者或駕駛操作進行分析之異常行為，與一般以外部影像檢視的駕駛風險差異為何？請團隊釐清並補充。	素切入探討。除了駕駛本身的操作因素外，也會嘗試介接與地點相關的資訊，如停靠站設置地點、車輛與停靠站之距離等。	
二、 若要導入外部感知 (如影像、雷達等感測資訊)，通常可以藉由場景分析探討駕駛風險，了解本車、其他用路人或整體環境之互動資訊。請問團隊後續是否會增加上述內容，或僅以本車之自然駕駛影像 (包含本車 OBD、GPS、ADAS 的資訊) 為主進行分析？建請補充說明。	2. 感謝委員的提問。本計畫僅會使用業者提供的資料 (包含事故影像、自然駕駛影像與對應之 OBD、GPS 與 ADAS 資料) 分析，不會加入其他感測器設備的資料，如雷達等。	同意。
三、 市區客運與國道客運的應用應會有所不同。國道的畫面相對較為單純，而市區複雜度高，跟環境的互動、不同時間與天候等影響大。建議於期末報告說明整體差異性或難度為何，可做為後續分析的參考。	3. 感謝委員的建議，資策會團隊於期中報告中有提及市區主要挑戰會是光影變化，包含日照、霓虹燈、紅綠燈以及多變的陰影，當然天氣也會加劇光影變化 (雨天眩光、地面反光)，後續期末報告會持續著重論述都市區域之差異與挑戰。	同意。
四、 對於視覺分析需求，客運業者攝影機畫面解析度普遍不佳，或可將改善攝影機畫面品質納為建議或是規格要求。	4. 感謝委員的建議。本計畫後續會提供影像設備的改善需求與標準，亦會於與業者之訪談會議時，與客運業者溝通及討論。	同意。
五、 在外部感知的部分，可能後續會導入其他的感測裝置。目前大致包含物件偵測、前車	5. 感謝委員的提問。本團隊於前期計畫第四年有討論類似問題。先前的作法是依照設備完整性，分成不同層級的業者。而依據不同	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
偵測，或者未來有行人偵測等。上述類型偵測的技術較為成熟，建請說明未來導入這些技術對於風險分析的用處與關連性為何。	等級的設備完整性，可以得知資料的可得性差異，並在某些安全管理上會缺少部分資訊。針對風險分析而言，影像辨識技術之角色為辨識出周遭與車內的駕駛行為之綜合風險，並透過後續開發之統計模型等，評估不同風險指標之權重，以決定不同指標對於風險的影響。	
六、 車輛的攝影機有對內拍攝到駕駛員，可透過駕駛員姿態辨識駕駛員動作或分心行為，建請團隊說明車內駕駛員姿態於本計畫的後續應用。	6. 感謝委員的建議。在前期計畫中，駕駛員動作與分心有納入風險分數計算之參考，而本計畫也預期市區客運有類似的效果。因此，透過影像辨識技術，本計畫得以偵測車內駕駛員的次級任務行為，包含拿東西、用手機等行為。這些被辨識的行為將於後續分析中，納入變數討論，以評估其影響異常事件發生的程度，抑或是用於量化駕駛員行車之風險分數。	同意。
(四)陳柏華委員		
1. 簡報第 16 頁，本計畫涵蓋客、貨運各三業，營運屬性不同，對應的風險型態也不盡相同，現階段是否可根據風險程度，或政策推動的優先順序，針對不同業別進行分階段規劃？建議團隊納入明年度實地試辦業者的遴選考量。	1. 感謝委員的建議。本計畫主要以客運業者的資料為主要蒐集對象，因此，風險型態也是以客運業者營運時會遇到的情境做為分析對象，惟後續年期之計畫是否持續以首都客運的資料為蒐集對象，則有待評估。	同意。
2. 報告書第 75 頁 2.5 節影像辨識的文獻回顧部分，建議可增加小結，說明國道與市區客運在影像辨識上的差異，以更清楚觀察到問題的核心。	2. 感謝委員提問與建議，團隊針對國道與市區客運在影像辨識上的差異，於第六章有整理相關樣本與論述，針對光影、天氣與環境等不同面向進行探討，後續期末報告也將更細部描述問題挑戰與解決成果，並也於 2.5 節新增小結說明。	同意。
3. 在交通安全分析中，有一部分是以「事故」分	3. 感謝委員的建議。本計畫的事故資料欄位並不足以呈現事故發生	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
析為主，另一部分則較關注「代理人」。事故發生是偶發且相對少量的，故若欲探討客運的風險分析時，純粹檢視事故是否足夠？抑或是需觀察不同代理人，能夠更完整呈現客運的風險？然而，若事故數量蒐集足夠，資料健全度相對完整，純粹探討事故也許為可行之方案。請團隊針對該點進行釐清。	過程，僅能做事故剖面的描述，因此，事故發生的原因可能會透過後續的行車影像檢視，輔以過去觀察過的事故影像做交叉討論。	
4. 在影片分析的部分，主要是以辨識 (detection) 為主，若想做進一步的判斷，如煞車，是否純粹以偵測的辨識，就可以達到？或是需要額外做追蹤 (tracking)？若需做追蹤，那麼在影像的處理就會變得較為複雜，如市區的物件偵測 (如機車) 及夜間的光照等因素，會較困難。	4. 感謝委員的建議。在異常事件指標與定義撰寫中，目前交通組的老師是透過資料，將應該要有的指標均列出來，尚未考慮資策會是否能進行辨識。後續將考慮資策會影像辨識技術及影像品質限制，討論現有技術可以辨識到的東西。另外，團隊預計針對本計畫中所整理出影像辨識期望達成之目標，評估是否為偵測辨識可達成，或者是否需要導入其他機制 (如追蹤)，做為期末報告觀察重點之一。	同意。
5. 在報告書第 181 頁表 6-1 中提到關節點偵測的穩定度，是否應該以「影片」為單位檢視穩定度，抑或是以影片的「時長」看穩定度？也許會發現影像辨識出現問題的部分其實較少，建議團隊評估。	5. 感謝委員的建議。由於在前期計畫中，和欣客運的駕駛姿態的演變主要以事件切割，但若要觀察駕駛完整的姿態行為，中間若有數幀的關節點偵測跑掉，可能連續動作會不成立。	同意。
6. 國道客運與市區公車影像拍攝角度、扭曲程度等不盡相同，而計畫團隊是否有機會與客運業者討論調整既有硬體設	6. 感謝委員的建議。由於客運業者的攝影機裝設位置與拍攝角度有其營運考量，因此本計畫並不會調整既有硬體設備。然而，本計畫可以提供調整或加設攝影機之建	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
備，使後續分析更加容易？請補充說明。	議，以供後續年期計畫參考。	
7. 報告書第 183 頁，駕駛分心行為偵測挑戰度高，請團隊說明後續潛在解決方法。	7. 感謝委員的建議，報告書第 183 頁所提到之挑戰為受客運所安裝之攝影機視角之限制、無法拍攝駕駛完整姿態，導致前期研究成果中許多動作類別無法辨識，後續將針對本期關注之特定動作(如指差確認)，觀察分析特定動作之辨識可能性。	同意。
8. 異常事件的風險分析指標部分，若要檢視 SOP 操作流程失誤，以目前的駕駛員姿態偵測需要的精準程度為何？是否需要檢視所有的姿態？或是上肢與眼睛的偵測即可？請團隊後續進行補充與探討。	8. 感謝委員的提問。本計畫就駕駛員訪談的結果，有提及駕駛員身體可能沒有前傾，僅擺手及擺頭，就結束指差確認動作。本計畫後續將基於這些基礎流程動作，進一步討論影像辨識之可行性。	同意。
9. 在異常事件潛在衝突 (potential conflict) 的部分，若公車迫使機車緊急煞車或變換路線，可能與追蹤 (tracking) 較有關係，並非偵測 (detection) 可以達成。建議團隊可以探討是否有需要檢視機車是否煞車，或僅須檢視該機車是否有在衝突區即可；另行人與乘客動線的交會動態情境，此部分應也需要影像分析進行追蹤 (tracking)，以觀察車輛在未來的可能動線，使分析較為複雜。	9. 感謝委員的建議。本計畫目前確實並非以追蹤 (tracking) 做為主要的影像辨識技術；本計畫針對公車與周遭物件之潛在風險分析，透過九宮格之衝突區根據最接近之物件計算距離與相對速度等數據，做為碰撞風險之依據，周遭物件加減速皆可以由與本車之距離改變計算而得，而非衝突區之物件或物件軌跡目前認為影響性較有限。	同意。
10. 在報告書第 162 頁的異常事件實際衝突 (actual conflict) 部分，有提到駕駛人未完成視覺確認流程，應在姿態	10. 感謝委員的建議。在駕駛員次要任務的辨識上，由於畫面解析度限制，無法檢視駕駛員眼睛。然而，手部動作可以嘗試辨識，故指差確認動作應可進一步評估。其	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
的偵測上，需看到眼睛及手部動作。以目前的影像解析度與環境影響下，是否有辦法準確偵測上述內容；另他車按喇叭或明顯閃避等行為，可能牽扯到「音訊」的部分，有無辦法判斷是哪一台車按喇叭，可能也較為困難。建請釐清說明。	餘次要任務的辨識內容包括拿東西、乘客接近、用手機、手靠近嘴巴、單手離開方向盤、雙手離開方向盤、操作車內設備、輕微與嚴重擺頭。	
(五)洪百賢委員		
1. 建議可以在文獻回顧每一個章節增加小結，說明每個章節與研究計畫的相關性與貢獻。	1. 感謝委員的建議，遵照辦理。	同意。
2. 較缺少「運輸業安全」相關文獻回顧，包含近期國內外針對運輸業安全的技術發展，是否除了影像辨識外，有其他軟、硬體工具等，值得本研究借鏡，建請補充。	2. 感謝委員的建議，遵照辦理。	同意。
3. 在報告書第 37 頁的表 2-5 中，異常事件定義與需求說明書中之定義似有差異，建議請團隊再確認。	3. 感謝委員的建議。本計畫將於期末報告時修正該表格，使各個參考文獻與本計畫之異常事件產生關聯。	同意。
4. 在計畫的應用方面，未來應可開發一個安全管理的工具，讓客運業者使用。然而本計畫係與相對較重視安全管理的業者合作，其他還有許多經濟能力與安全管理能量較差的客運業者，這些業者是否有能力使用這些工具？針對技術或經濟弱勢的業者，建議補充說明他們應如何使用這套功能架構。另	4. 感謝委員的提問。對於不同規模或不同狀況的客運業者，是否需要使用這項工具，或是其對於安全管理的需求確實應有所不同。本計畫預計透過後續之業者座談會，了解各市區客運業者是否具備一定程度的資料，以及對於安全管理之需求，以提供後續開發管理系統功能架構之參考。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
一方面，業者究竟如何使用這些工具，他們對安全管理的需求是否與首都客運及和欣客運相同？或者有更多的需求？因此，建議團隊後續可以針對「客運業者需求分析」與「功能架構」做綜整的敘述。		
5. 事故分析多以車與車或車與人的碰撞為標的，然而「大客車若因急煞導致乘客跌倒受傷或死亡」這類事件並不算「事故」，即便如此，這種類型的事件相當重要，且公車的緊急煞車仍是因為與外界環境關係重大(如未保持安全距離等)。若要將車內乘客安全納入考量，那麼報告書第 136 頁的緊急煞車門檻值可能需要降低，建請評估。	5. 感謝委員的建議。本計畫在執行初期，有跟所方討論是否納入乘客受傷事件，後來沒有納入討論，視為其中一種樣態。然而，誠如委員所述，急煞的門檻值設定應特別注意，本計畫在後續討論與分析時會額外注意。	同意。
6. 本計畫主要目的為整合安全管理系統 (SMS)，未來應可進一步探討市區客運業者如何應用該系統來強化 SMS 流程，包括風險辨識與駕駛員回饋等，建請說明。	6. 感謝委員的建議。本計畫與 SMS 的結合主要聚焦於安全管理。在前期計畫中有稍微著墨。本計畫則主要聚焦於工具架構規劃，並會適度將 SMS 之結合納入期末報告中。	同意。
7. 在 6.3 節的部分，標題為影像辨識技術的盤點，但內容多聚焦於 YOLO 技術，建議可多盤點其他不同的技術並做比較。	7. 感謝委員的建議，考量本案技術預期與客運業者共同進行服務實證等實際落地導入以改善交通痛點，系統辨識效率與準確性之平衡亦為本次研究選用研究方法之考量之一，YOLO 系列為目前產學界公認在辨識精度與效率平衡取得較好效果之做法之一，故針對此方法進行著墨敘述，後續將納入其餘方法說明。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
8. 在影像辨識技術部分，辨識的標的為何？是外部車輛，或是外部車輛的行為，或是本車的安全距離？建請釐清。	8. 感謝委員的提問。目前規劃之影像辨識的標的分為車內及車外。其中，車內主要辨識內容為駕駛員的動作，包含拿東西、乘客接近、用手機、手靠近嘴巴、單手離開方向盤、雙手離開方向盤、操作車內設備、輕微與嚴重擺頭等。另一方面，車外辨識則以本車與他車互動為主，包含本車周遭 (第五宮格) 的各用路人車輛數，以及其他宮格中，距離本車最近之用路人種類、與本車距離及他車車速等。	同意。
9. 影像品質差異大，本計畫是否要做到能將所有品質的影像進行分析？或是提出一個最低影像品質規格，供未來的不同業者影像訓練參考？建請釐清。	9. 感謝委員的提問。影像品質較難以以硬體規格進行規範，需考慮感光元件、鏡頭視野角度、影像壓縮率等多元面向影響，團隊於開發深度學習辨識系統的角度會致力提升模型於不同影像品質的泛用程度，影像品質仍需實際觀察分析。	同意。
(六)劉嘉祐委員		
1. 過去 4 年計畫以和欣做為研究的合作對象，在和欣客運導入安全管理系統後，「安全」的部分有無改善？建請說明。	1. 感謝委員的提問。此部分為本計畫執行 POS 一個重點關注之指標。本計畫有發展異常事件量化改變的標準，可做為安全部分之改善績效，待和欣客運使用該系統一段時間後，本計畫亦會追蹤安全之績效指標有無明顯改善。	同意。
2. 臺北市已全面導入 ADAS 系統，經驗顯示警示訊息過多但又無法得知確切警示原因時，長期會造成駕駛長對警示音產生疲勞感；本計畫成果是否可能回饋給設備業者，使設備警示訊息可以更為精準。	2. 感謝委員的建議。本計畫在與首都客運訪談中，其也有反映假警報的問題，且首都的警示系統中，不同的警示類別有不同的警示聲響，但駕駛並無法判斷當下之警示類型為何，以及對應的駕駛反應。在前期計畫中，本團隊有為和欣客運處理假警報之議題，如後來和欣客運較無使用前方秒距 1.2 秒做為警示類別，而改為著重於 0.4 秒。對此，這是一個好的回饋，以讓業者降低人力成本，減少	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	觀看假警報的時間。然而，在市區客運的情境下，應透過實際分析才能解決或改善上述問題，但完整的分析亦不在今年計畫之範圍內，而在後續年期的計畫。因此，如何回饋至各業者的假警報的減少，透過線下的分析，是有機會達到的目標。	
3. 經與臺北市公車駕駛長座談發現，行車過程中的SOP可能會比ADAS更有效，本計畫是否可能透過車內影像監測判斷開車習慣有無問題？若有，則可以將內部管理的資訊，透過事後評分的機制，回饋給客運業者的管理單位，以執行駕駛員的管理。	3. 感謝委員的建議。本計畫主要目的在透過影像辨識，進行駕駛行為的風險評估。若後續的資料量持續擴大，則可以透過資料的蒐集，分析不同駕駛員的行駛習慣行為，再反饋到業者管理方面。	同意。
4. 建議針對每個事故提供事故平面圖，可以掌握現場的交通狀況；另就設備部分，建議可提供事故當下ADAS警示狀態，了解發生事故前有無對駕駛員提出告警，以及駕駛員的處理機制為何。	4. 感謝委員的建議。事故現場圖之相關資訊可提供，但後續須與運研所討論是否適合放入報告書。然而，由於本計畫使用的首都客運事故資料為113年之發生事故，已沒有保留事故發生前之 ADAS 資料，故無法提供事故當下之ADAS 警示狀態。	同意。
5. 市區客運環境相對複雜，影像辨識的可用性為何？以公車右轉為例，右轉時車側可能同時有機車跟自行車等用路人等側撞風險，此等情境是否可以透過影像辨識技術進一步檢視，並進行後續的風險分析，建請團隊進一步評估補充。	5. 感謝委員的建議。根據資策會的經驗而言，機車、行人等用路人都可以順利辨識清楚，反而 ADAS 的警示會一直被觸發。因此，ADAS 的系統應用於我國的混合車流情況下，有很多參數都需要進一步調整。本系統將根據團隊提出之九宮格分析架構，並搭配相對速度、距離與 TTC (碰撞時間) 進行分析，找出與本車存在碰撞風險之最近物件。	同意。
6. 報告書第76頁，臺北市為右轉指差確認，左轉	6. 感謝委員的建議，遵照辦理。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
是再三確認，請修正。		
7. 報告書第 104 頁，路段的客運事故件數是否能夠提供給臺北市做參考，以檢視事故發生件數較多之原因，並提出改善方法。	7. 臺北市市區道路每百公尺路段之客運事故件數，後續會再提供給臺北市參考。	同意。
8. 報告書第 133 頁，以首都客運而言，駕駛員的年齡層與年資分布較廣。就異常事件而言，駕駛員年齡與年資是否有顯著關聯性？建請補充說明。	8. 感謝委員的建議，遵照辦理。本計畫將在不影響個資透露的前提下，探討異常事件與駕駛員年資及年齡之關係。	同意。
9. 與客運業者訪談資料提到許多事故肇因，但路口設計不當、路口行穿線未退縮等因素僅為眾多「事故可能原因」之一，建請修正用字。	9. 感謝委員的建議，遵照辦理。	同意。
10. 報告書第 93 頁，「大宗」誤植為「大衝」，請修正。	10. 感謝委員的建議，遵照辦理。	同意。
(七)黃鈴婷委員		
1. 在報告書第 141 頁中，有提到「現階段的分析並無從得知，事故發生前是否有觸發 ADAS 警示，因此，本計畫在可能異常事件欄位中的內容，為假設有警示的出現，但駕駛員仍執行某些動作，就可能被視為是異常事件」，但依照過往經驗，事故發生前常常沒有發生 ADAS 警示事件，若直接將上述狀況歸類為駕駛員的異常行為，在評估駕駛員的風險值時，可能會有偏誤的結果；另如前述狀況，是否可回饋至業者	1. 感謝委員的建議。本計畫後續有與首都客運確認，在他們近期的事故中，當下檢視均有觸發警示事件。在期末報告書中，本計畫亦會修正用詞。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
端修正？建請釐清。		
2. 在影像辨識部分，不論是影像解析度或攝影機架設位置與角度，首都客運與和欣客運皆有所差異，報告書第八章時程規劃仍將首都客運自然駕駛資料蒐集與分析做為未來工作要項，惟考量客運業者原則上會因其營運需求而避免調整攝影機裝設位置與角度。然而，上述結論與本計畫目標是否相符？若研究團隊認為該部分影響不大，在報告書 184 頁中提到的「因為視角和拍攝範圍關係而看不到，所以難以在首都客運車內影像進行駕駛分心行為判斷」等字眼，可能並不適合放在報告書中，建請釐清修正。	2. 感謝委員的建議。前期計畫針對和欣客運的影像進行辨識，動作分心有其表格，如伸手拿東西、回頭等，需要大範圍的身體軀幹劃分空間。但在市區客運的駕駛空間與視角情境下，僅會有上半身，故前期計畫定義的類別可能都需盡一步評估，以探討是否能應用至本計畫。此外，關於報告書之文字說明部分，本計畫於期末報告時亦會加以修正。	同意。
3. 省道事故發生頻次較其他路段高，此部分屬公路局轄管路線可能有相關，若有相關資訊或改進策略，會後請團隊提供，可再轉請轄管分局參考應用。	3. 針對臺北市有分析路段預估事故頻次的熱力圖，後續將會提供相關的資訊 (如各縣市省道發生事故之期望值排序，以及期望事故件數)，使與公路局目前執行的易肇事地點做勾稽。	同意。
(八)中華民國公共汽車客運商業同業公會全國聯合會李明展秘書		
1. 簡報第 83 頁，有列出各類運具的偵測物件，請問此部分為全部列舉或部分列舉？在我國的道路環境上，並不會僅有一般的汽、機車、自行車或行人，亦會有代步車、電動二輪車、滑板車等運具。請問未來在	1. 感謝委員的建議。由於物件類別會一直隨時代更新，資策會過去亦有持續蒐集我國的道路資料，而標記許多深度學習的樣本。然而，若之前沒有看過該運具，無法進行訓練，則在影像辨識的分析上會有其困難度。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
運具的影像辨識偵測上，是否有納入上述列舉之新興運具？		
2. 在管理系統的開發中，若客運業者目前已有使用相關的安全系統工具，那麼本計畫開發的系統角色定位為何？是否希望可以跟既有系統介接，或直接取代客運業者現有的工具？若是後者，該如何讓業者願意使用這些工具？建請團隊補充說明。	2. 感謝委員的提問。以本團隊與和欣客運溝通的經驗，本計畫之安全管理系統並非取代其既有的系統，而是將該系統融入客運業者的 SMS 中，使其的安全管理更加完善。	同意。
3. 報告書第 103 頁，本研究指出公車站牌密度與全國事故頻次有關，但因部分地區站牌密度較高，故是否為有關係但非因果？請補充說明。	3. 感謝委員的提問。本計畫所有事故相關模型皆以「關聯程度」做解讀，而非「因果關係」。由於事故發生的成因錯綜複雜，且彼此間很難確切劃分因果，故在解讀上盡可能採取「關聯程度」，並針對相關聯的變數做政策建議。	同意。
4. 報告書第 119 頁，本研究指出事故型態差異可能與人為因素有關，而非外在環境，但是否有可能為人為因素為近因，外在環境為遠因？建請釐清。	4. 感謝委員的提問與建議。事故型態類別模型中同時有包含人為因素與外在環境，其中人為因素對分類的影響更為顯著，惟就外在環境而言雖亦會間接導致碰撞型態的差異，然通常只是特定環境下分類上的結果 (如靠近路口者愈可能屬與行人碰撞之事故)，故亦可如委員提到的解釋為「人為因素為近因，外在環境為遠因」。	同意。
5. 報告中第 157 頁，本研究指出某些道路環境規劃及車流均影響大客車及其他用路人衝突，以致進一步使駕駛產生高風險行為，是否會不利駕駛行為評估？建請說明。	5. 感謝委員的提問。本計畫從首都客運的事故發生過程，確實發現某些道路設計 (如非對稱路口、大客車與小客車左轉車道衝突等) 與周遭車流 (如臨停、違停車輛) 會對本車 (大客車) 之駕駛操作產生負面影響，此部分亦有呈現於報告書的 Bowtie 分析架構模型中，相關討論可見期中報告書第 156 頁 (路口) 及第 164 頁	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	(公車進出站)。	
6. 報告書第 185 頁，此處之「安全管理系統」似指本研究所開發之系統或網頁工具，但是否與運研所之「安全管理系統」計畫有關或連結，建議釐清。	6. 感謝委員的提問。運研所另案子為「推動汽車運輸業建立系統性安全管理制度」，與本計畫所開發之「國道客運業者安全管理系統」之管理工具並無任何關聯。	同意。
7. 報告書第 185 頁，本研究已說明希望將本系統融入日常管理中，建請補充說明如何融入日常管理？後續是否有維運問題？應如何處理。	7. 感謝委員的建議。安全管理系統 POS 部分已融入和欣客運的日常管理。該系統提供的影像辨識技術，可以讓客運業者管理階層更有效率地觀看整趟行車影片，可以擷取警示、異常事件或駕駛員分心動作前後的影像檢是即可。此外，前期計畫開發之風險分數、出車提醒等資訊，也可以使業者的教育訓練增加教材，進一步讓駕駛員更加安全地行駛。	同意。
(九)交通部交通科技及資訊司		
1. 在 PoS 執行的部分，有設定管理與安全層面的績效，建請評估納入更積極的效益指標，呈現對安全效益提升的幫助，俾利政策推廣與宣傳。	1. 感謝委員的建議。本計畫對於安全效益的改善，有設定效益指標，如警示事件、異常事件極高風險駕駛事件的減少。由於和欣客運駕駛發生事故的次數非常少，故本計畫並未將該指標納入分析。	同意。
2. 在附錄的 PoS 回饋問卷中，建議增加「性別」及「滿意度」等問項。	2. 感謝委員的建議，遵照辦理。滿意度部分，本計畫將透過管理系統各功能之使用頻率與有用程度進一步評估。	同意。
(十)臺北市政府交通局		
1. 目前公車前方的防碰撞功能是使用影像蒐集相關的資訊，但各廠牌的設備不盡相同，觸發的參數也不相同，造成不同車輛間觸發的次數差異甚大，使資料難以進一步分析。因此，建議研究成果可以訂定統一	1. 本團隊與運研所有討論過此議題。對不同的客運業者而言，其駕駛員習慣不盡相同。若從統一參數的角度來看，對公部門可能是好的，但實際的應用管理上，則無從得知統一參數之好壞。另一方面，該問題也體現本計畫之意義，可以透過此分析了解目前設定的參數標準是否有修改空間。舉例	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
的觸發參數標準。	而言，和欣客運與首都客運在車道偏移的警示定義不一樣。因此，本計畫將就首都客運的實際營運情況做討論，而後續也會再補充執行統一參數之優劣。	
2. 報告書第 165 頁，有關公車進出站風險分析的指標中，建議後續針對周遭車輛範圍與風險大小做定義，例如其他車輛的車速及與本車距離做分析；例如距離近且他車車速快即可能為高風險情境。上述分析可為後續的風險分數指標參數提出相關建議。	2. 感謝委員的建議。本計畫後續已定義出本車周遭九宮格區域，針對本車所在的宮格亦有額外定義，並透過其他用路人數量、與本車距離及車速等相關資訊，進行影像辨識。然而，如何將情境組合並量化風險高低，本計畫應僅會進行初步分析。深入的分析與風險分數的計算，規劃將於後續年期繼續執行。	同意。
3. 報告書第 177 頁，有關於重點結論一，除了在偵測與追蹤能力外，建議未來可以增加行人、機車及自行車的行為模式預測，如物體靜止較無風險；而若這些用路人有速度，並了解未來動向，則可以探討未來是否會有碰撞，強化防碰撞之預警能力。	3. 感謝委員的建議，本期研究計畫將針對市區路段分析影像辨識系統之可行性，前半年研究目標著重於 AI 辨識之效果分析並試圖改善 AI 模型所遭遇之挑戰，後半年將基於改善後適用於市區路段之 AI 模型，搭配研究團隊所建置之九宮格分析方法，搭配影像計算與物件距離、本車車速等資訊，取得本車周遭物件之移動資訊(方向、速度)，進一步分析潛在風險。	同意。
(十一)臺南市政府交通局		
1. 在報告書第 170-184 頁中，建議比較不同車型、路線下影像品質，並提出最低影像規格需求，以確保後續分析一致性。	1. 感謝委員的建議，影像品質較難以以硬體規格進行規範，需考慮感光元件、鏡頭視野角度、影像壓縮率等多元面向影響，團隊於開發深度學習辨識系統的角度會致力提升模型於不同影像品質的泛用程度，影像品質仍需實際觀察分析。	同意。
2. 在報告書第 185-210 頁中，肯定與和欣客運合作導入管理系統，建議將 KPI 成果量化呈現，	2. 感謝委員的建議，遵照辦理。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
並評估是否能推廣至市區客運。		
3. 在報告書第 211-213 頁中，建議於時程中增設階段性成果檢核點，並說明若進度延遲時之因應措施。	3. 感謝委員的建議，遵照辦理。	同意。
4. ADAS 係輔助駕駛行車視野以提升行車安全，而以 114 年 7 月 19 日公車轉彎肇事 (部桃醫師案件) 為例，公車與其他用路人均在移動過程，ADAS 能判斷各視野亦會隨之更新，而事故發生時間是瞬間發生，考量 ADAS 判讀、反應提醒時間及駕駛反應時間，實務上是否可能真正避免事故發生？建請納入評估。	4. 感謝委員的建議。在市區客運的 ADAS 警示架構下，警示發生當下與事故之關係並非立即發生，在多數情況下，駕駛員應有一定之反應時間，執行規避行為，以避免事故發生。另一方面，在建構風險分析指標時，本計畫有將本車所在之第五宮格，與其他宮格區分開來，目的即為分辨出本車駕駛員較可反應與不可反應之空間範圍，並預計應用於後續的風險計算分析中。	同意。
(十二)交通部運輸研究所運輸安全組黃明正組長		
1. 本階段成果已有進行文獻回顧、業者訪談及事故資料分析，此部分成果如何套用至下階段的指標建立與風險分析？請補充說明。	1. 感謝組長的提問。此部分之計畫整體架構規劃與各分析內容之關係，將於期末報告補充說明。	同意。
2. 第五章已呈現事件及指標定義之芻議，第六章則就目前所蒐集到的影響資料，盤點相關技術及限制，惟兩者間似無關連性，也看不出來目前所定義的指標與事件，就影像辨識角度的可行性為何；請補充說明，或說明後續預計進行方式。	2. 感謝組長的提問。此部分已於期中報告後執行。在影像辨識標的上，已由交通組老師們擬定風險分析指標，並與資策會討論辨識內容，兩者間達成一致，後續將針對車外與周遭車流互動與車內之駕駛員動作進行人工真值編碼與影像辨識標的之討論及評估。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
(十三)交通部運輸研究所運輸安全組		
1. 報告書第 22 頁，有關 TTC 及 MTTC 定義及差異部分較難理解，請詳細解釋以利了解。	1. 感謝運安組的建議。TTC 是指在當前行駛速度與相對位置不變的情況下，兩個交通使用者發生碰撞所需的時間，用來衡量事故迫近的風險。MTTC 則放鬆速度不變之假設，將車輛加速度與減速度納入考量，以衡量兩車在當前動態下發生潛在碰撞所剩餘的時間。	同意。
2. PICUD (第 22 頁)、PCCC (第 25 頁)、pPET (第 26 頁)、RTTC (第 27 頁)、Temporal/Spatial gap (第 28 頁) 等指標之定義與使用情境方式未於 2.3.1.1 節第一段對應說明，請檢視補充。	2. 所有指標在 2.3.2.1 小節內文中皆有詳細定義以及各研究之應用方式，惟因委員所羅列指標並非「常見」者，而第一段的描述主要是先羅列「常見」指標及其普遍應用，故並未全數臚列。若欲見詳細綜整比較，書面報告中對於所有指標 (包含較為罕見者) 的比較及參照研究，業已彙整於表 2-5~2-8。	同意。
3. 報告書第 27 頁，此段落說明路人行人與自行車事故指標，惟內文並未回顧自行車相關異常事件分析與對應指標，請檢視釐清。	3. 感謝運安組的指正與建議，後續將進一步補充與自行車相關的文獻，若目前文獻尚無相關資料，則將標題予以修正，以避免誤導之虞。	同意。
4. 報告書第 36 頁，本節多數指標並非針對「異常事件」，例如事故件數本身即為事故而非做為事故替代指標的異常事件，而上下游停車格距離部分較似環境因素對事故或異常事件發生的影響；另賴萱珉 (2023) 使用「公車靠路緣距離」做為替代指標部分，是否有對應不同距離與事故或異常事件的關聯性分析？請釐清並補充說明。	4. 感謝運安組的建議。本計畫當初誤把異常事件理解為事故本身，將會於期末報告中進行修改。賴萱珉 (2023) 探討重點為公車若未緊靠路緣停車對周遭及後方車流之影響，而當右側及路段上游有停靠車輛時，分別會增加 2.1 及 1.4 倍未停進停車格機率。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
5. 報告書第 49-51 頁，表 2-9 彙整各項指標、門檻及適用情境，就情境部分，請將車種獨立增加一欄，原「情境」欄位則對應至本節各項分類(例如：路口追撞)。	5. 感謝運安組的建議，遵照辦理。	同意。
6. 3.2.2 節分析成果顯示各縣市市區客運事故嚴重度、件數及特性存在差異，此差異成因可能為何？是否會本計畫預期將建立之影像辨識技術造成影響 (例如可能僅適用部分縣市之道路型態) ？若有，請補充說明。	6. 感謝運安組的提問。各縣市存在略微差異反映事故的發生存在空間異質性，造成此差異的原因可能為各縣市道路的設計差異 (各縣市的道路工程規範、施作略有差異)、道路使用者的差異等，並無法透過可蒐集的變數納入其中。至於本計畫所發展的影像辨識技術，其核心目的在於偵測潛在發生事故之事件，係依循影像處理之演算法，並不直接受限於區域性事故特徵或模型所得之相關因子。	同意。
7. 報告書第 94-98 頁，圖 3-7 至 3-16 呈現客運車輛為第一及第二當事者之事故件數分布狀態，可見除與行人事故可能因事故件數較少致使兩者分布樣態明顯不同外，客運車輛為第一及第二當事者之特性差異有限；另考量未來 ADAS 及安全管理應用主要為防範事故發生，而不盡然是防範「有責」事故發生，將兩者分別探討之必要性為何？請說明。	7. 感謝運安組的建議。本計畫主要討論內容並非大客車駕駛員是有責或無責，而是透過風險分析，減少駕駛員駕駛錯誤的機率。據此，本計畫將事故件數分布區分為第一或第二當事者，僅是為了檢視大客車駕駛員做為第一或第二當事者有無明顯差異。因此，本計畫透過以 ADAS 警示事件為基礎的分析，雖有可能是他車肇責，但若本車駕駛員能夠反應，亦可能會納入本計畫後續之分析情境。	同意。
8. 3.3 節事故頻次模式分析 結果相關意見，如下。 1. 路段及路口模式所納入變數包含商業	8. 感謝運安組的建議，後續會針對建議補充說明於書面報告中。 (1) 計算所有設施所採用的環域，路口以 20 公尺為範圍；路段則以道路沿線 50 公尺	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
密度、土地使用比例、周遭站牌數等，但未說明認定基準，例如路段延伸 500 公尺內、路口中心半徑 1 公里內等，請補充說明。 2. 本節係以事故頻次做為應變數，討論事故好發情境及影響因素，但未納入事故嚴重度分析，請評估納入之必要性；另圖 3-17 是否可透過嚴重度指標 (EPDO 或 ETAN)，結合頻次及嚴重程度找出路段熱區？請評估。 3. 擦撞事故是否包含同向及對向擦撞，請釐清修正。 4. 道路橫斷面越寬，事故頻次越低，但報告書第 102 頁出現「大型的路段其車道數較多，交織的情形較多，故會使總頻次較高」，前後論述衝突，請修正。 5. 日間活動人口數越多時，擦撞事故頻次反而較低 (全國及臺北市皆有同樣狀況，為臺北市模式不顯著)，與其他事故態樣校估結果相反，請說明可能原因。 6. 考量風險係事故機率及嚴重度乘積，第 107 頁表 3-5 並非顯示營運路段較具高	為範圍。其中路段模型相關資料皆以密度表達，係指道路沿線 50 公尺上所有設施的數量除以道路長度。 (2) 事故嚴重程度模型後續亦以建構完成，後續會納入書面報告中。嚴重度指標目前我國官方並無明確的權重定義，難以落實計算，故未來會參考運研所「道路交通事故成本推估之研究」相關指標予以計算，以同時反映頻次與嚴重程度之熱區。 (3) 擦撞事故係包含同向與對向擦撞。 (4) 感謝委員指正，後續會將衝突的論述予以修正或刪除。 (5) 對於日間活動人口數與擦撞不如預期的關係目前並無確切佐證或具說服力的解釋，其係數值的推估可能亦因與不同變數之間的相關性而出現偏誤，故後續會進一步檢視此變數在該碰撞型態模型中的適切性。 (6) 感謝委員指正，在此的確不應意指「風險」，而是在營運路段上受外在環境影響所產生的潛在頻次，後續會針對書面報告的解釋做修正。	

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
風險性，而是該營運路段可能因環境、道路及車流量等因素，導致事故頻次較高，具有介入觀察改善之必要性，請補充說明。		
9. 現已蒐集市區公車 4 路線 12 輛車之行車影像及駕駛行為、GPS 等資料，表 4-1 顯示 536、棕 13 路線內的攝影機數量、配置方式不一樣，是否會對影像辨識造成影響？另 284 路線 5 台車攝影機數量、配置方式雖相同，但影像品質、角度是否一致？請說明。	9. 感謝運安組的提問，相關提問將再補充於期末報告中。	同意。
10. 請確認目前所蒐集樣本，是否為合作業者(首都客運) 轄下車輛當中，資料欄位可得、資料品質、影像品質等的最佳水準，若否，建議再評估是否少量蒐集可提供最佳資料水準路線的相關資料。	10. 感謝運安組的建議。目前所蒐集的影像已是最佳品質，其他車輛之 ADAS 資料的回傳亦有其問題，故不能為本計畫所使用。	同意。
11. 第 159 頁，Bow-tie 分析的事件應為關鍵事件，而非產生衝突，請釐清修正，並就本計畫定義之行車異常事件說明適當之關鍵事件定義方式(例如對造車輛或行人出現在駕駛人可視範圍內，且行為可能造成潛在衝突之始點)，請補充說明。	11. 感謝運安組的建議。本計畫後續將 Bowtie 的關鍵事件定義為「異常事件」的發生。報告書內容的部分，亦將於期末報告時進行修改。	同意。
12. 部分文字或格式錯誤，請修正並使用一致性的	12. 感謝運安組的建議，遵照辦理。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
用語，避免誤解。 1. 內文關於提及本所部分，請統一簡稱為「本所」。 2. 做為計數用的數字，請統一使用阿拉伯數字。 3. 報告書第 22 頁，第 2 段「為更『加』的路口設計」。 4. 報告書第 56、57、66 頁，羅吉斯迴歸、邏輯迴歸或邏輯斯迴歸，請擇一使用。 5. 「做為」為動詞，「做為」為名詞，請檢視修正。		
13. 相對於國道客運，市區公車的車種、ADAS 設備及影像設備種類、駕駛環境等相對更複雜，同時還要思考城鄉差異，很難開發一套系統可以完整面對所有市區公車的威脅，因此，本計畫必須要有完整論述，說明所選的車種、事件、環境具有一定程度的代表性，同時也必須說明限制範疇，以利未來業者應用或持續發展。	13. 感謝運安組的建議，遵照辦理，此部分將於期末報告時呈現。	同意。
14. 另即便是首都客運此類大規模的業者，公司內部甚至同一路線在車種、設備等級、設備裝設方式等都會有所差異，未來應從安全管理需求出發，說明影像辨識可以容許的差異程度，若是超過可容許範圍，則應有適當的設備	14. 感謝運安組的建議，遵照辦理，此部分之硬體設備限制與規格建議將於期末報告時呈現。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
規格、安裝建議。		
15. 前期計畫已有相當成果，本期計畫 PoS 將是成果是否有後續商業應用的關鍵階段，請團隊應詳加記錄業者應用所遇到的困難及建議，並適度改善，以利本所評估後續相關技術發展。	15. 感謝運安組的建議，遵照辦理。	同意。
(十三)王穆衡副所長		
1. 本研究的著重點為「架構規劃」,而目前分析與報告已呈現工具分析能力，然而，因為題目為「工具架構」,在期末階段團隊應發展出一個「分析工具」,以及其對應的適用環境與分析方法，並提出該工具可應用的對象與情境等。	1. 感謝副所長的建議，遵照辦理。	同意。
2. 本計畫題目為「市區客運風險分析」,不過其實應是探討「客運於市區道路的風險分析」,可容納本計畫分析之國道客運於市區路段行駛之環境。然而，不同客運車輛的形式與分析的內容也有其關係，如國道客運車輛駕駛員位置較低，與傳統的市區客運設計不盡相同，研究過程應能反映此點差異。	2. 感謝副所長的建議。本計畫將於後續分析中，嘗試評估車種差異對安全分析之影響。	同意。
3. 由於本計畫所選擇的客運業者對行車安全要求較高，導致在資料蒐集階段即因此而預先篩選掉特定類型的風險，若更為廣泛地檢視其他客運業者，可能會發現其他類型行車風險，請團	3. 感謝副所長的建議。本計畫之研究團隊預計於後續之座談會，廣泛蒐集不同客運業者之管理困難、營運駕駛風險與對於安全管理之想法。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
隊評估。		
4. 本計畫可再思索資料與分析的整理方向：(1)工具本身的發現：本計畫使用影像辨識或統計模型的分析，發現過去未使用上述技術無法發現的結果應用；(2)設備本身的發現：使用既有設備 (如公車攝影機) 的資料後，能提出系統性的關於設備的改善與調整建議 (如攝影機裝設位置與角度)，讓未來研究或安全管理應用資料取得獲得改善；(3)實務本身的發現：從分析的結果來看，駕駛員行為與車輛與車外環境的互動關係 (如公車設站位置)，可提供主管機關參考並納入改善；(4)管理本身的發現：若客運業者有相對應的管理工具，並融入其 SMS 機制當中，將可對業者本身營運與安全改善做出貢獻。研究成果應能有對應之說明論述。	4. 敬悉。	同意。
5. 審查會議各委員及與會單位所提之口頭及書面意見，請國立陽明交通大學研究團隊整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	5. 敬悉。	同意。
6. 經徵詢審查委員意見，期中報告初稿審查原則通過，請國立陽明交通大學研究團隊後續依本	6. 敬悉。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
所出版品印製相關規定撰寫報告，並納入每月工作會議查核事項進行追蹤。		

附錄二 期末審查意見回覆

期末報告會議審查意見處理情形表

計畫名稱：IOT-114-SCB003 影像辨識技術為核心之市區客運風險分析工具架構規劃

執行廠商：國立陽明交通大學

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
(一)魏健宏委員		
11. 第三章著重於事故資料分析，由事故特性分析可以歸納出重要因子變數，這些變數應該可以儘量由影像辨識技術找出對應的分析方法，將有助於未來技術價值與落地應用。	11. 感謝委員建議。關於本節分析結果與事故統計模型之結論已於 3.6 節彙整，並扣合本計畫之分析，強調各影響事故之潛在因子，未來在開發影響辨識之技術時應納入事故風險評估的關鍵因子。	同意。
12. 報告書第 89 頁，與投影片第 32 頁，全國性以及臺北市為對象建立事故模型，但 3.3.2 節除了全國及臺北市外還有針對六都進行分析，3.4 節只有全國與臺北市，3.5 節又只剩全國，研究架構與內容難以理解為何在各項主題上會有此區別，亦無法從各小節之引言，理解章節的安排邏輯，建請釐清說明。	12. 感謝委員建議。3.3 節之事故頻次模型中主要分為全國、臺北市的模型建構，前者綜觀全國事故之潛在關聯因子，以供觀察各變量之平均效果，後者則聚焦於臺北市，以做為後續事故頻次預測之基礎與區域性之模型解讀。此外，鑒於本計畫旨在建立風險分析之指標，而不同區域或城市型態各變量的影響因素可能有所差異，故本計畫另針對直轄市六都與市區、郊區、鄉村三種不同城市型態建構頻次模型，以瞭解其關聯程度之差異，有助於後續指標設計與應用。3.4 節之事故類別型態模型分別以全國與臺北市建模，由於不同城市型態對於碰撞型態的類別並無明顯差異，且解讀上過於瑣碎，故在此僅呈現全國與臺北市模型之結果。3.5 節之事故嚴重程度模型則逕以全國的樣本為基礎，係因臺北市模型樣本數過少，若進一步區分碰撞型態、城市型態等將會使模型無法校估，故採用全國模型探討之。關	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	於章節安排邏輯與模型建構之範疇已補充說明於 3.1 節最末段。	
13. 報告書第 111 頁倒數第三行，應該是針對不同碰撞「頻次」的影響，建請釐清修正。	13. 感謝委員建議。此句修正為：「本章節聚焦於事故頻次模型，透過頻次模型探索各變量對**不同碰撞型態之頻次**的影響」。	同意。
14. 報告書第 123 頁第一段，文字篇幅過長，對讀者來講難以理解，建議將其濃縮以表格表現，以利閱讀。	14. 感謝委員建議，已將文字彙整為表格呈現，以利閱讀。	同意。
15. 報告書第 3.4 節，本節事故碰撞型態模式只有針對全國，但沒有分六都的分析成果，兩者之間是否相似或相異？為何沒有納入？建請說明。	15. 感謝委員的指正。由於事故碰撞型態在六都呈現之趨勢相當，故本計畫並未逐一呈現，以避免報告過於冗長而不易閱讀。此一說明亦已補充於 3.1 節最末段，以釐清各模型建構之範疇。	同意。
16. 報告書第 130 頁，第一段提到 3.4.3 節，但內文並沒有這小節，建請檢視修正。	16. 感謝委員的指正。已刪除錯誤文字說明，並修正如下：「3.4.1 小節針對路段建構碰撞類別模型，主要呈現全國路段之分析結果，同時亦呈現臺北市之模型結果，由於其他直轄市分析成果皆與前二者相當，為避免過於冗長瑣碎，僅呈現與解讀上述兩模型；3.4.2 小節則呈現臺北市路口之碰撞類別模型。」	同意。
17. 報告書第 143 頁，圖 3-30 呈現全國路段風險矩陣圖當中，有 409 條路段屬於高風險，是否為全國共 409 條路段，或是特定範圍的 409 條路段？此些路段在六都與非六都的分布狀態為何？高風險路段有何特徵或重	17. 感謝委員提問與建議。圖 3-30 所呈現之全國路段風險矩陣圖中的高風險 409 條路段係分布於全國的路段，其在六都大多皆分布於主要幹道且連結主要市區和郊區的重要幹道上，其重要特徵係車流量較大，尖峰壅塞情形可能較為嚴重者。以臺北市為例（參見圖 3-31），大多數集中於中永和進入臺北市區的主要廊帶上。至於非六都的高風險路段較少，無法明確觀察分布型態的集中性並	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
要因素？建請補充說明。	萃取其主要特徵。此段說明已補充於 3.5.2 小節第一段之最末句。	
18. 報告書第 267 頁，有關未來的發展建議「高差造成的距離推估偏移」部分，團隊口頭報告過程中有提到國道客運駕駛長位置高度較高，導致影像辨識技術必須加以克服，但實際上國道客運駕駛長實際高度應該沒有比市區客運高；另對應到報告書第 269 頁對於攝影機架設角度、高度等之建議，是否有因應高差提出解決方法？建請說明。	18. 感謝委員的指正。關於駕駛艙高度的說明，已於報告書中移除，避免讀者誤解。另外，報告書中所提到為行人、機車與自行車於公車站、人行道等建體上時，並非與本車同處相同平面，因存在高度差的情況下，會導致物件單影像測距存在誤差，是目前系統難以排除的情況。	同意。
(二)鄭永祥委員		
六、 有關市區客運業者之影像辨識評估，本研究針對有無下雨以及日/夜間的評估，也針對車內攝影進行評估，最後建議協調客運業者協助調整相機的視角及位置，建請說明不同情境組合下如何調整相機的視角及位置。	**四、** 感謝委員建議。本報告書中針對日/夜間、雨天等情境完成成像特性盤點，提出當前設備於不同情境下可能會遭遇過曝、眩光、光源不足等挑戰，並依據偵測結果彙整出相關設備可調整方向，包含 HDR/WDR 功能、或者可切換 IR 補光設備，可強化在日/夜間、晴雨不同情境之應對能力，減少成像上的限制。	同意。
七、 投影片 68 頁有關於風險評估的頻次與嚴重度之量化分析，針對 A1、A2、A3 肇因出現頻次及嚴重度的評分是如何給定？建請補充	**五、** 感謝委員提問。針對半量化的風險評估模型，本計畫是參考自 Jacinto & Silva (2010) 這篇文獻。雖該篇文獻討論主題之「嚴重度」分別五類，但其研究分析脈絡與本分析相似，故肇因出現頻次與事故嚴重度的風險矩陣的風險分數，是參考	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
說明。	自該文獻，以及本計畫的主觀判定權衡下的結果。此部分已於 5.3.1.2 節補充說明	
八、 有關市區客運公車容易因為地下道、建築物的情境造成光源的變化產生誤判，所以不曉得團隊是如何改善？微調後可以減少誤判的百分比是多少？建請補充說明。	六、 感謝委員提問。資策會投入車用影像感知近 10 年，建立 FORMOSA 我國街景深度學習資料庫，涵蓋全臺各縣市與日夜晴陰雨等多元情境及不同車種視角等資料，基於 FORMOSA 資料集調整本計畫使用之 AI 模型，使模型於光源過曝/不足情境中精準度提升約 24%。	同意。
九、 本研究針對硬體設備有所建議，也提出設備必須達到一定門檻時方能使用該資料進行影像辨識，本研究有針對市區客運影像設備的標準化進行建議，建請說明計畫所建議設備是否就能夠因應夜晚以及下雨等情境。	七、 感謝委員建議。本報告書中針對日/夜間、雨天等情境完成成像特性盤點，提出當前設備於不同情境下可能會遭遇過曝、眩光、光源不足等挑戰，並依據偵測結果彙整出相關設備可調整方向，包含 HDR/WDR 功能、或者可切換 IR 補光設備，可強化在日/夜間、晴雨不同情境之應對能力，減少成像上的限制。	同意。
十、 有關本研究針對不同的分析工具來分析不同的事故樣態，透過 Bow-tie 架構進行風險評估，並分析行車異常事件嚴重度，建請說明目前這部分模型初步結果發現。	八、 感謝委員建議。針對 Bow-tie 之半量化風險評估模型，首先說明該分析的研究資料為參考臺北市交通大隊提供的資料後，整年度所有的事故影片，是具代表性的，此部分已補充於 4.2.2.2 節。至於本計畫應用 Bow-tie 架構進行事故分析，可將結果發現分為三個部分。 • 質性分析結果：透過 Bow-tie 架構繪製行駛於路口及公車進、出站之 Bow-tie 模型，可了解不同事故地點或行車動態常見的肇因或事故因素，也能發現對應之常見的碰撞類型，如駛出路段常見的碰撞類型為同向擦撞，路口內左轉、直行及右轉則為側撞。 • 半量化分析結果：連結事故肇因	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	或因素及碰撞結果，本計畫得以發現較危險之肇因或因素，如行駛於路口案例中，風險分數較高的肇因或因素為「未保持安全距離或間距」及「駕駛員注意力分配失誤」等。未來客運在駕駛員行駛風險管理上，可判定這些肇因或因素出現的頻次，計算每個自然駕駛警示事件的分數，判定行駛風險高低。 • 管理意涵：基於上述內容，本計畫提出客運業者管理階層與交通運輸政府單位之對應的管理意涵，從最關鍵的兩個利害關係人間，應可有效改善整體之行車安全。	
十一、 不同業者對「指差確認」效果及衍伸風險的認知有些差異，此部分應需要更進一步的分析；然而，初步研究之相關成果或許可提供主管機關及業者推動各種安全管理政策之參考。	**九、** 感謝委員建議。本計畫已詳細補充後續研究分析的建議，此部分已補充於 9.2 節。	同意。
(三)林惠勇委員		
三、 本年度計畫針對市區環境，相較於前期計畫針對國道客運以及高速公路環境，建請說明相關技術應用在這兩個不同環境下的複雜度、交通車流特性及挑戰等之差異。	四、 感謝委員建議。在交通車流特性上，國道客運較為單純（僅有直行及變換車道等行車動態），而市區客運環境則複雜許多（包含跟車、變換車道、轉向等行車動態）；且市區客運所包含的道路幾何、用路人類型與光源的改變皆更為複雜，也連帶導致車流交織行為難以一般化的序列加以定義，亦會影像到影像辨識之成功率。在影像辨識方面，本年度研究由前期之國道高速場景轉為市區場景，兩者在影像辨識需求上具明顯差異。國道交通相對規則、光線	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	穩定、遮蔽少，影像主要聚焦於前方高速目標；市區則具低速高密度特性，行人與二輪車比例高，且光線變化、遮蔽、反光及道路元素複雜度皆顯著提高，且公車車種與相機、鏡頭設備差異大，導致市區場景的目標種類更多、影像品質落差更大。	
四、 本期計畫除了市區客運風險分析及工具架構的規畫，也同時針對國道客運之國道客運業者安全管理系統之 PoS 實施進行探討；此部分是否為延續前期內容，抑或是市區客運分析時須同時考量先前之國道安全管理系統，建請說明此二者之關聯性。	五、 感謝委員提問。本計畫分為兩部分：其一為市區客運風險分析及工具架構規劃；其二為國道客運業者安全管理系統之 PoS 實施。這兩部分為併行且獨立執行，而後者是延續前期計畫所發展之管理系統，並應用於和欣客運的管理階層實務操作上。	同意。
五、 在簡報第 17-18 頁之異常事件風險指標文獻回顧的部分，與本計畫影像偵測、環境變化與物件距離之相關性為何？建請說明。	六、 感謝委員提問。在本計畫回顧的異常指標及其門檻值，主要目的為了解不同行車動態或碰撞類型在過去文獻的分析結果。不過本期計畫並未針對異常事件訂定門檻值，此部分分析有賴於檢視更多的自然駕駛資料，方能進一步進行該分析。故本計畫回顧的指標應有助於後續研究的進行。	同意。
六、 簡報第 51 頁，在 GPS 方面，和欣客運資料蒐集頻率為每秒 1 筆，首都客運則為 2-10 秒 1 筆，這是否會造成簡報第 57 頁呈現首都客運樣本數偏低的狀況？建請說明。	七、 感謝委員提問。首都與和欣客運在自然駕駛資料的蒐集方面，皆分為不同資料；其中，GPS 與 ADAS 警示的資料來源是不同的。因此，雖首都客運在 GPS 資料的蒐集頻率與和欣客運不同，但其僅會影響到資料的精確度（因無法得知車輛每秒的位置），但與 ADAS 警示的蒐集並無關係，因 ADAS 是有警示作動即會記錄，並儲存當下資訊。	同意。
七、 客運業者目前使用的影像設備解	八、 感謝委員建議。就本計畫與客運業者的交流狀況，此部分應取決	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
析度確實相對較低，對影像辨識技術之應用造成限制，未來計畫執行可能會需要較高解析度的情形，建議可向客運業者建議優化設備。	於系統的定位。業者在更新設備除考慮設備本身的成本，亦須考量資料的傳輸成本與儲存成本。因此，業者應會在效果與成本間取捨。然而，客運業者也許可以針對特定高風險的需求改善其硬體設備，如夜間環境或右側的事故風險較高，那麼可以加強此攝影鏡頭，以改善特定鏡頭之解析度。此外，報告書亦有整理相關建議之感測設備規格。	
八、 針對夜間、進隧道等高風險狀況的影像類型，可能產生過曝或亮度不夠的問題，計畫團隊亦有提出相關修正建議。若為一般車載影像系統，HDR 應有辦法執行，不過客運業者的設備較不清楚，要獲得原始資料難度較高，此部分可與客運業者討論。此外，團隊亦有提出可以 IR 影像執行，亦為重要的研究方向，也存在後續之開發需求。	九、 感謝委員建議，遵照辦理。	同意。
九、 風險分析評估過程中，哪些資料來自於影像辨識技術？建請強化兩項技術的連結說明。	十、 感謝委員提問。本計畫已將不同工具間的關係說明清楚，並補充於 9.1 節。	同意。
(四)洪百賢委員		
三、 簡報第 6 頁描述整個研究架構；研究主題是「市區客運風險分析工具架構規劃」，但此頁的架構圖與計畫名稱的	三、 感謝委員提問與建議。簡報第 6 頁的研究架構與風險分析工具有所差異。研究架構係指本計畫每一步的分析模組與內容，客運業者的風險分析與管理乃基於此一架構所得之分析結果，進一步規劃為工具	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
風險分析工具架構是否可對應？未來若要針對客運業者的風險進行分析，是否也需要執行如第 6 頁的內容？亦或是有另一個「工具架構」？建請說明。	架構與可用系統。雖本計畫並未規劃至最後的管理系統，但於 9.1 節補充計畫架構之整體關係，可供客運業者應用此分析架構進行管理之簡易參考。	
四、 未來計畫所發展風險分析工具的輸入、輸出資料是什麼？除影像資料外，是否還需要其他操作或資料輸入？預期會得到什麼樣的結果？建請說明。	四、 感謝委員提問。未來計畫仍以自然駕駛資料為主要的資料來源，但其中仍包括許多其他的工具與所需資料；在工具部分，包含交通組團隊針對運輸安全的分析，惟此部分之分析方法與分析架構目前並未呈現；另一方面，未來計畫仍以影像辨識為主要工具，其更包括影像標記、車外、車內工具開發等，以輸出行車相關資訊，並供運輸安全之分析，最後產出如前期計畫之分析結果，如風險分數、時空分析等結果。	同意。
五、 報告書第 269 頁說明本計畫建議的設備最低需求，考量攝影機角度、高度等會影響拍攝範圍，或可於此段呈現拍攝影像在不同角度、高度與鏡頭（如車前、車側與車後）應拍攝範圍的範例，以利業者參考，建請評估。	五、 感謝委員建議。有關此節可參考涵蓋本案研究需求範圍或者分析得到之高風險區域為主。	同意。
六、 有些道路交通事故看似與客運駕駛員無關，但進一步分析之後發現其實與客運駕駛動態有關，例如公車出站後，可能未注意後方來車，導致後方車輛（如機車）鑽車縫，	六、 感謝委員建議。本計畫確實在首都客運的事故影像有發現類似的事故。由於本計畫的辨識是以宮格劃分，因此即便是車輛突然闖入宮格內，或者有機車鑽車縫的行為，皆可以有效捕捉。以影像辨識的角度而言，後方機車碰撞之情境，若鏡頭視野可涵蓋碰撞風險區域，則可透過影像辨識物件與本車互動經過，	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
而發生衝突。這樣的狀況是否可能透過影像辨識技術判斷出來？另在簡報第83 頁的九宮格示意圖中，事實上很多縣市的外側車道往往會高達 4.5 公尺以上的寬度，足以讓兩部小客車併行。此部分在影像辨識技術方面是否需要調整因應？建請說明。	依據本研究案中影像辨識技術目前可偵測距離皆可基本涵蓋至兩車道以上，實際範圍仍需視影像解析度與成像狀況而定。	
七、 在簡報第83頁的九宮格示意圖中，第五宮格客運前後之距離為 15 公尺，是以速度做為設定標準。然而，在特定行車狀況下，風險來源可能來自於後車，因此後車車速可能較高，此時 15 公尺的設定可能不夠？此類狀況是否能延伸 15 公尺，變為 20 公尺或更長；抑或是將此行車情境視為其他風險，建請說明。	七、 感謝委員建議。本計畫在設計九宮格與定義異常事件序列時，是基於一般化的原則加以定義，其可以應用於多數的行車動態環境。然而，誠如委員所述，本車或後車車速不同，會導致宮格的大小不一樣，在文獻上已多有著墨。但本計畫之所以並未考慮此情境導致的變化，是因為在影像辨識上所需的成本較高。因此，若計畫目的為一般化此風險分析工具，目前是以代表性的車速計算宮格大小。	同意。
八、 簡報第 56 頁，以首都客運為例，急加、減速門檻值設定分別為每秒 10、12 km/hr，但此門檻值似乎過高，是以緊急剎車做為判斷依據。然而，公車若有些微急加、急減速，就可能使車內乘客跌倒或發生危險情境。因	八、 感謝委員建議。本計畫後續仍須依靠大量的自然駕駛資料，才能訂定本土門檻。而較為舒適的急加、急減速約為 1/4-1/3 g，故業者目前門檻的定義應為預防事故的發生，而非考慮乘客的舒適程度，此部分已補充於 4.1.2.3 節。另外，首都客運提供的 ADAS 警示資料中，其僅記錄警示發生的開始時間（僅一秒），故並無法了解不同警示事件發生的時長。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
此，此門檻值是否有機會再調整，建請評估調整；另外，有關急加、急減速的時間是否能納入，如極為短暫的急減速可能是對車內乘客有影響；但較長時間的急踩煞車（如 1-2 秒），則可能對外面車輛有所影響。建請評估補充。		
九、 假設業者發現新型態的風險，對於風險分析工具觀點，是否需要將整個風險分析與工具開發的流程全部重新執行一次，或是只有針對新型態風險進行分析即可？建請說明。	九、 感謝委員提問。若業者發現新型態的風險，應可先定義此新風險的風險型態、風險來源等。若此風險可以在九宮格的框架內被解釋，則可以不用做其他處理。若無法根據九宮格架構捕捉到該風險，則應再透過其他風險定義的方式釐清。	同意。
十、 本計畫著重在於異常行為的判斷，有沒有可能探討並辨識「合理操作」的正常駕駛行為，然後進一步將正常駕駛行為期間以外的時間視為可能風險，並進行分析，進而找出已知或潛在未知的風險態樣，建請評估。	十、 感謝委員建議。本計畫認為應先定義何謂「合理操作與正常行為」，此定義的釐清較為困難。一般而言，點出不正常的駕駛行為或動作則較為容易。上述敘述為本計畫之所以以「不正常」的駕駛行為，做為分析指標之原因。	同意。
(五)劉嘉祐委員		
四、 和欣客運在導入國道客運業者安全管理系統後，對於道路交通事故的降低是否有明顯助	四、 感謝委員提問。對於和欣客運而言，駕駛員發生事故的次數非常少，故此部分較無顯著的改善。然而，和欣客運有提供研究團隊其認定風險較大的駕駛員，而經過辨識	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
益？建請補充。	這位駕駛員其他趟次後，系統確認有辨識出該駕駛員較高風險的型態。因此，本系統對於客運業者在辨識高風險駕駛員之目的上，可達到一定程度，也可進一步依此進行教育訓練，以降低行車風險，此部分已補充於 8.6 節。	
五、 以臺北市經驗，影像紀錄往往是為了事故責任釐清、乘客上下車刷卡確認等需求，影像解析度的需求不高，未來若要配合影像辨識技術的導入，建議可說明應導入的設備、規格與價格等，以突破目前計畫所面臨的困難，相關內容亦應該要整合至交通部及地方政府對於車輛、先進設備的補助項目與要求。	五、 感謝委員建議。後續持續配合研究計畫方向推進，以達成相關目的。	同意。
六、 報告書第三章，單車道應為自行車道，建請修正。	六、 感謝委員的指正，已全數將第三章內容中之單車道更正為自行車道。	同意。
七、 報告書第 3.6 節，內容提及公車招呼站應在路口下游設置、建議設置停車彎等，有關停車彎的部分是否有相關資料佐證，建請補充。	七、 感謝委員建議。3.6 節僅提及公車站牌建議設置於路口下游，並未提及設置停車彎。路口下游係由模型結果所得之解讀，而公車彎並無法從模型中推論，報告書中亦未論述。惟在文獻回顧 2.4.2.2 小節中，本計畫有針對以上兩者做綜合討論，內容摘錄如下：「Phillips et al. (2021) 比較挪威境內路緣停靠站與設有公車彎之站點後發現，前者在 60 公尺範圍內所發生事故的相對機率高於後者。多項研究亦指出，設於交叉路口上游（近端）的公車站，相較於設於下游（遠端）之站點，較易發生衝突與碰撞事故 (Cheung et al.,	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	2008; Shahla et al., 2009; Quistberg et al., 2015)。」此一回顧可同時佐證路口下游設站及停車彎設置之重要性。	
八、 各家業者對於ADAS定義不一樣，是否可建議相同標準？是否可建議業者建置的系統類別？建請說明。	八、 感謝委員提問與建議。此部分需要較大量的自然駕駛資料分析，並橫跨不同業者，方能有相對應的給各家客運業者的建議，此部分已補充於9.2節。	同意。
九、 建請說明駕駛班長挑選機制，以利未來樣本數增加後仍能確保不同駕駛班長對行車異常事件的認定標準。	九、 感謝委員建議。本計畫此次的挑選是著重於駕駛班長的年資，且挑選對象是有能力帶領該條路線其他駕駛長的人選，可視為客運業者駕駛之專家。	同意。
(六)交通部公路局		
五、 報告書第256頁，鑑於市區客運影像辨識面臨鏡頭畸變、解析度不足及光照不穩等挑戰，針對最終影像辨識指標的最小可接受影像規格為何？以及在實務應用中，若影像品質低於此規格時，系統將如何處理以確保風險評估的可靠性？建請說明。	四、 感謝委員提問。本研究針對市區影像常見之低光、反光、畸變與壓縮等問題，統計兩家業者影像品質後，提出影像辨識可運作之最低規格：前後側相機解析度至少720P(側方可接受480P但辨識距離受限)、具HDR/WDR能力並維持壓縮率不過度壓縮，以確保邊緣與輪廓可被辨識。由於本研究使用之DVR並非車規設備，其成像品質、光線容忍度與幾何穩定性本身即具有明確限制，因此對部分極端場景而言，並不以「消除限制」為目標。研究焦點在於透過大量場景觀察與測試，了解設備在市區環境中可能受限的條件、效能下降的情境與潛在挑戰，以做為未來技術與設備改善之參考，而非保證在所有情境下皆維持固定的可靠度。	同意。
六、 報告書第303頁，PoS（服務驗證）階段的成果顯示，安全管理系統在協助客運業者精準辨識	五、 感謝委員提問。在辨識高風險駕駛方面，和欣客運先前有提供其認定之高風險駕駛員；而本計畫團隊使用該駕駛員其他趟次資料投入系統，確實有辨識出該位駕駛員的	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
高風險駕駛和降低人力成本方面的具體成效為何？此外，鑑於不同客運業者在安全管理能量上存在差異，本系統能否以模組化或最低配置要求的方式，提供資源相對匱乏的中小型客運業者實質的安全管理幫助。	風險分數較高。據此，本計畫在確認高風險事件或駕駛員部分有一定能力，具有可信度。另外，透過本計畫與和欣客運管理階層的討論與問卷的填寫，也發現受益於車內駕駛員的辨識與車外相關資訊的提供，其在日常觀看駕駛員趟次上的時間有大幅縮短，可顯著降低人力成本。在技術方面，在導入安全管理系統後，一張 RTX-5070 顯卡每天可處理八個趟次，約莫一人的查核工作量，未來可透過擴充硬體逐漸取代人力查核方式。對於未來不同客運業者在安全管理能量上存在差異，本系統已有模組化設計，業者僅需選擇需要的功能進行配置，惟商業化之授權費用與訂閱方式尚需進一步討論與完善。	
(七)臺北市政府交通局（書面意見）		
三、 報告書第 323 頁結論第二點的部分，市區客運在都會區事故頻次與主要幹道的關聯性較高，此結論是否可納入公車發車密集度與道路環境等因素做綜合考量，建請補充說明。	四、 感謝建議。根據頻次模型結果顯示，公車班次數為其一關鍵因子，故亦間接導致主要幹道上的事故頻次明顯較其他為高。關於公車頻次與建成環境因子對事故頻次造成的影響於 3.3.1 小節有更深入的說明。	同意。
四、 報告書第 268 頁，考量市區公車與行人、自行車及機車的事故嚴重程度較高，建議 268 頁的 6.6.3 小節之人車物件追蹤與預測中，可以優先發展。	五、 感謝建議，後續計畫會將此納入考量依據。	同意。
(八)臺南市政府交通局（書面意見）		
四、 報告書第 93-96 頁，建議後續說明	四、 感謝建議。報告書第 93-96 頁之事故件數敘述性統計僅是呈現市	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
中可進一步強化與地方政府實務管理之連結，例如補充事故件數與實際稽查或改善措施之關聯性，提出可供主管機關研議之具體改善方向，以利後續政策應用。	區客運事故發生之趨勢，無法藉以推演實際稽查或改善措施之關聯性。關於具體改善方向與政策落地應用皆須透過事故模型之建構，以剖析不同變量的影響，進而延伸可能的改善方向。以上皆詳細說明於 3.3 至 3.5 節之分析結果中，並簡要彙整於 3.6 之小結中，強化分析結果與政策應用及本計畫主題之連結。	
五、 報告書第 106-111 頁，建議後續可進一步說明相關空間分析成果於地方政府實務應用之可行性，例如做為路口改善優先順序、站牌設置檢討或宣導重點區域之參考依據，以提升研究成果對主管機關之實務助益。	五、 感謝建議。報告書第 106-111 頁事故之敘述性統計僅是呈現市區客運事故發生之空間分布情形，無法藉以推演實務政策之應用。關於具體改善方向與政策落地應用皆須透過事故模型之建構，以剖析不同變量的影響，進而延伸可能的改善方向。以上皆詳細說明於 3.3 至 3.5 節之分析結果中，並簡要彙整於 3.6 之小結中，強化分析結果與政策應用及本計畫主題之連結。舉例而言，由頻次模型可知路口上游設置站牌造成之事故頻次較下游設置站牌為高，故各縣市政府應執行「站牌設置檢討」，檢視與盤點當前鄰近路口公車站牌設置情形，盡可能減少路口上游設站。	同意。
六、 報告書第 281-283 頁，建議後續可進一步說明主管機關於推動 ADAS 應用時，是否可依業者成熟度訂定分階段導入或管理指引，並評估相關資料整合及人力負荷，以利研究成果後續轉化為可行之管理政策。	六、 感謝建議，此部分已補充於 9.2 節。	同意。
(九)本所運輸安全處黃明正組長		
1. PoS 結果顯示確實對客運業者應用行車	1. 感謝組長的提問與建議，針對系統成本、業者意願及未來商業模式，說	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
影像進行安全管理有極大幫助，可提升效率與優化管理效果，和欣客運反應亦屬正面，惟此階段所提供專業服務之成本仍由計畫負擔，未來面對實際成本增加與必要之車輛設備增購等，業者持續使用之意願為何？業者認為可行之商業模式為何？請補充說明。	明如下： 未來客運業者需負擔電腦硬體與安全管理系統軟體授權成本。每部安全管理系統所使用的電腦主機約六萬元（規格如報告書第 8.5.1 節），每一天可處理 8 個趟次影像（每趟次以三小時計算）。若需處理更多趟次，則視需求添購主機。在業者使用意願部分，由於和欣客運本身建置的駕駛員管理系統已十分完善，其使用方式為挑選本安全管理系統部分功能使用，如檢視車內駕駛員動作、車外與車輛互動相關資訊等，在這些方面使用意願頗高，惟商業化與安全管理系統授權方式尚需討論。 目前常見的授權有下列兩種方式： • 單次授權，固定維護半年或一年。若後續仍有更新與維護需求，再延長維護費用。 • 月租授權，會持續更新模組與服務。若不續租，線上驗證機制會讓軟體終止服務。	
2. 報告書第九章，本章說明影像辨識技術開發之困難點及克服方式，惟似未說明技術開發與前段行車異常事件序列之關聯性，為完成本計畫設定之行車異常事件序列分析，目前影像辨識技術可提供多少程度的支援？係能自動偵測各序列對應之本車或他車行為，亦或是提供關鍵參數做為判斷依據？請補充說明。	2. 感謝組長的提問與建議。本計畫在前段以自然駕駛資料為主的分析模組中，資料來源多為人工真值編碼。然而，因本計畫已透過小樣本分析證實此分析架構可行。因此，在後續計畫中，即可使用影像辨識結果所呈現之資料，達到客運業者風險分析之結果。因此，就現階段而言，影像辨識主要提供的資料為關鍵參考之判斷依據，以用於分析異常事件的風險來源。	同意。
(十)本所運輸技術研究中心（書面意見）		

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
報告書第 240 頁，建議補充本計畫辨識物件的類別範疇，例如行人、自行車、機車、小客車、大客車、大貨車等。	遵照辦理。	
(十一)本所運輸安全組（書面意見）		
1. 報告書第 91-93 頁表 3-1，請說明資料來源年期，另圖資資料、車流資料等，請說明資料時間尺度，例如日、月、年等。	1. 已補充資料來源之年期與資料之時間尺度於表 3-1。	同意。
2. 報告書第 91-93 頁表 3-1，「駕駛行為」類別資料來源應即為警政署道路交通事故調查表，惟表 3-1 第一項資料類別又有「歷史事故資料」，且亦為警政署道路交通事故調查表，請做適當調整。	2. 已將用詞全數統一為：「警政署道路交通事故調查表」。	同意。
3. 報告書第 93 頁表 3-1、第 3.4 節、第 3.5 節、圖 4-14，道路交通事故調查表部分肇因業於 112 年 7 月修訂，例如「未注意前方動態」於此後拆分為分析等多項肇因，請說明處理方式並做適當修訂。	3. 根據 112 年 7 月修訂之肇因，本計畫將所有新定義之分心事件歸類為「未注意前方動態」，其中包括：打瞌睡或疲勞駕駛(包括連續駕車 8 小時)、飲食、抽（點）菸、拿（撿）物品分心駕駛、乘客、車上動（生）物干擾分心駕駛、觀看其他事故、活動、道路環境或車外資訊分心駕駛、恍神、緊張、心不在焉分心駕駛、用車輛自動駕駛或先進駕駛輔助系統設備（裝置）不符規定、操作、觀看行車輔助或娛樂性顯示設備等共計六項(肇因代碼 55-61)。如是即可將其與 112 年 7 月前之資料予以對應，確保模型建構與解讀之一致性。在第五章的 Bow-tie 的風險評估分析中，本計畫較著重於事故影像的觀	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	看，臺北市事故資料表中，本計畫僅使用到基本資訊與事故現場圖，並沒有使用到道路交通事故調查表中的肇因，故此部分並無相關疑慮。	
4. 報告書第 3.2.6 節，擦撞又可分為同向擦撞與對向擦撞，本節探討之擦撞為何者？若合併同向與對向，原因為何？請說明。	4. 本計畫將兩種不同的擦撞形式合併統計，係因對向擦撞的樣本數過少（參見圖 3-8），若逕在空間分布圖中呈現並不明顯，難以辨識其空間分布樣態。此外，後續模型建構亦是將兩者與以合併，以免樣本數過少而致使無法校估。	同意。
5. 報告書第 114 頁表 3-2，公車站牌密度單位「百個/公尺」似有誤，請釐清。	5. 已將該單位更正為「個/公尺」。	同意。
6. 報告書第 3.3.1 節，依據側撞之定義，兩車其中必須有一車處於轉彎動態，爰路段依正常狀況應不會有側撞發生，報告書第 116 頁說明因變換車道不當造成側撞事故一節即為錯誤定義 (變換車道應為擦撞)；惟實務上多數可能出現事故登載過程中對定義不清造成誤解。本節路段側撞事故之認定方式為何，是否為路口事故但採計路口前的路段特性？請釐清。	6. 3.3.1 小節已將錯誤定義之敘述予以刪除，以避免閱讀上之誤解。 目前本計畫係利用 TDX 上的路口中心點資料，並採固定 20 公尺的環域範圍內挑選路口事故，未包含在環域內者，則定義為路段事故。理論上依據定義側撞僅會發生於路口，惟在路段上亦可能會發生側撞的原因有四：(1) 我國市區道路過於密集，路段正中央的事故有很高的機率仍鄰近路口，導致路段事故包含路口特性；(2) 警方填寫之經緯度資料有所偏移，導致路口側撞事故被定位於路段上；(3) 路口中心點採固定 20 公尺環域，惟該環域在大型路口可能無法包含發生於鄰近路口之事故，導致被歸類為路段事故；(4) 警方調查表上填寫側撞事故，且發生於路段（即委員提及之對定義不清楚所致）。綜上原因，本計畫無法非常明確分離路口與路段事故，致使出現側撞發生於路段上之情形。未來若欲解決此一問題，需具備以下條件：(1) 提升 GPS 資料的精確度；(2) 警方、交通主管機關與分析團隊對於路段與路口須有更一致且明確	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	的定義。	
7. 報告書第 3.5.2 節，本節僅就路段事故產製風險矩陣，未探討路口事故風險矩陣原因為何？是否可能於本期期末後補充？請說明；另相關成果請另列出中、高風險路口清單，另提供雙北市政府交通局參考。	7. 風險矩陣係綜合考量頻次與嚴重程度之結果，其構成高風險之成因多樣，難以歸納具體因素（如行車風險高的路段可能是設施密度高，亦可能是公車站牌密度高之故，無法單就風險數值推論原因）。若欲探究高風險之「成因」，仍需由事故頻次與嚴重程度兩模型予以解讀（即 3.3 至 3.5 節之模型結果論述），而非單純由風險數值高低推論。惟本計畫亦可針對高風險路段之空間分布予以觀察，發現該路段大多皆分布於主要幹道且連結主要市區和郊區的重要幹道上，其重要特徵係車流量較大，尖峰壅塞情形可能較為嚴重者。以臺北市為例（參見圖 3-31），大多數集中於中永和進入臺北市區的主要廊帶上。此一觀察與說明已補充於 3.5.2 小節之第一段，而如是解讀僅為巨觀之觀察，未能針對細部成因做推論。	同意。
8. 報告書第 143 頁圖 3-31，此圖似為「臺北市公共運輸處轄管市區客運路線風險路段分布地圖」，但路線部分可能跨雙北市轄區，請補充說明。	8. 惟本計畫所挑選之市區客運並非僅「臺北市公共運輸處轄管」者，而是包含所有全我國之市區客運，故亦包含跨雙北市轄區者。圖中僅是聚焦於臺北市，故將圖名更正為「臺北市內及其周遭之市區客運事故風險路段分布地圖」。	同意。
9. 報告書第 5.3.1.2 節，本節風險矩陣分 5 級，分數從 1 至 5，此一分數計算方式是否有文獻基礎？請補充。	9. 風險矩陣分為 5 級，以及頻次分為 4 級（罕見、偶爾、經常、極常）是參考自 Jacinto & Silva (2010) 這篇文獻。然而，因探討主題有所差異，該文獻在「嚴重度」方面分為 5 級，與本計畫不同。因此，肇因出現頻次與事故嚴重度的風險矩陣的風險分數，是參考自該文獻，以及本計畫的主觀判定權衡下的結果，此部分已補充於 5.3.1.2 節。	同意。
10. 報告書第五章，前期	10. TITG 與 TETG 分別為與前車之時距	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
計畫加入 TITG、TETG 做為行車異常事件判定指標，市區環境是否適用？請說明。	與時間積分及與前車車距之累積時間。因此其應適用於跟車行為。據此，該指標應同樣適用於市區環境中的跟車行為，惟市區環境的行車動態較為複雜，且本計畫之評估案並未聚焦於此，實際上是否適合使用上述指標，仍須後續研究加以分析，方能確定。	
11. 報告書第六章，本年度計畫應用首都客運2條路線蒐集之影響進行影像辨識技術之調校，就未來長期應用觀點，此一流程係為所有須導入此項技術的路線皆應執行此一調校過程，或是每一台車安裝設備皆須調校，又或是滿足何項條件的路線或設備，可減低調校難度或方有調校可能，請就此節補充說明，以利設定未來技術開發之適用對象。	11. 因九宮格需考慮精準之物件距離與速度，設備必須經過校正方能推算物件位置，本年度資策會團隊已針對研究目標多台車輛，發展快速校正之調參工具，期望可降低校正工序與門檻，未來仍持續精進相關流程、朝向減少人為參與之方向。	同意。
(十二)主席裁示		
1. 執行計畫之動機與目的至關重要，以本計畫「市區客運風險分析架構」為例，應對「整體架構設計」著墨較多。然而，本計畫有些內容超過此計畫的架構，然其對安全改善與精進有其益處。	1. 感謝主席的建議。本計畫希望能在一定的整體架構設計下，盡量含括多種分析模組。本計畫已於 1.4 節與 9.1 節分別展示分析架構規劃與計畫多模組間的關係，嘗試定義本計畫所含括之分析內容。	同意。
2. 本計畫應思考計畫成果之使用者角色，此為另一需聚焦探	2. 本計畫延續前期國道客運安全分析的計畫，其最終目的為客運業者管理階層對於駕駛員之風險管理。本	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
討之議題，而使用者應為客運業者的內部公司管理單位，對其駕駛員之駕駛風險分析的掌握。另外，客運業者近幾年所安裝的設施與設備的價值，是否能充分發揮，是本案訴求重點之一。因此，若以客運業者後臺監督管理者身分而言，其目的應為檢視駕駛員是否有常態性之操作問題或風險的存在，因此，透過系統的歸納與風險的量化，即可在事後教育訓練，針對不同駕駛員特徵，給予行車風險或駕駛行為之分析報表，以改善個別駕駛員之行車安全。	計畫依循此概念，希望能透過多年的計畫，也提供一套適用於市區客運的安全管理系統。據此，如同主席之建議，本計畫擬定的系統使用者以客運業者管理階層為主，駕駛員為輔，並嘗試後續發展風險管理的功能，如風險量化、出車提醒與分析報表等，以提升市區客運的行車安全。	
3. 計畫團隊應審視分析內容與最後產出（客運業者管理意涵）之統整性與連結性。	3. 本計畫主要之客運業者管理意涵聚焦於事故分析與自然駕駛資料分析。此二部分資料輸入與工具架構的規畫已補充於 9.1 節的圖 9-1。	同意。
4. 前期計畫實施國道之安全管理系統，而今年的計畫則聚焦於市區；這兩種模組是否可合而為一，或是兩者為分開的模型，可進一步討論與評估。若為前者，客運業者就不須切換系統，且會針對不同路段給定適合的風險分數與評估指標。	4. 本計畫仍處在評估階段，在後續計畫的發展之下，本計畫將評估是否能將市區發展的模型與前期計畫合而為一，若能如此，使用者在軟體的使用上亦會較為便利。	同意。

參與審查人員及其所提之建議	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
5. 審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請國立陽明交通大學研究團隊整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	5. 遵照辦理。	同意。
6. 本計畫經徵詢審查委員意見，期末報告初稿審查通過，請國立陽明交通大學研究團隊於 114 年 12 月 29 日前提送報告書修正定稿。	6. 遵照辦理。	同意。

附錄三 市區與國道客運業者座談會問卷

市區客運風險及安全管理-市區客運業者座談會

各位客運業者您好：

本問卷旨在了解市區客運業者目前之車隊安全管理方式，以及對「駕駛安全管理系統」設計的意見與建議。本計畫將結合 ADAS 警示資料、駕駛行為 SOP 與風險指標分析，以協助業者提升駕駛風險控管與教育訓練成效。透過本次業者座談與問卷調查，我們希望深入掌握實務運作情形與需求，作為後續系統規劃與功能發展的重要參考。感謝貴公司撥冗填寫與協助！

交通部運輸研究所

國立陽明交通大學運輸研究中心 敬上

114 年 10 月 28 日

一、駕駛行為之 SOP 與高風險駕駛情境

1. 指差確認之安全效益、駕駛員負擔與行車風險評估

問項	非常不同意 ← 1	2	3	4	→ 非常同意 5
(1) 執行指差確認可以提高安全效益。	☐	☐	☐	☐	☐
(2) 執行指差確認會增加駕駛員負擔。	☐	☐	☐	☐	☐
(3) 在哪些情況下，執行指差確認會增加行車風險？（如於大路口左轉，行人出現機率極低，但仍執行指差確認之情況）					
a.					
b.					
c.					

2. 駕駛情境之 SOP

若貴公司已針對不同駕駛情境訂定操作 SOP，煩請於下列表格填寫相關情境。

駕駛情境	
(1)	(2)
(3)	(4)

1

3. **高風險駕駛情境**

請評估下列各駕駛情境**導致事故發生之頻率**及**嚴重程度**，如另有其他情境，請於表格中**(4) 其他**補充填寫。

- **事故發生頻率**：指該情境導致**事故發生之頻率**，可依下列等級評估：
  1＝極少發生　2＝偶爾發生　3＝有時發生　4＝經常發生　5＝非常頻繁
- **嚴重程度**：指該情境一旦發生事故時，其通常的**嚴重程度**，可依下列等級評估：
  1＝影響輕微　2＝影響有限　3＝中度影響　4＝嚴重影響　5＝極嚴重影響

駕駛情境	事故發生頻率	嚴重程度
(1) 行車操作		
a. 於路口處變換車道		
b. 行經非對稱或複雜交叉路口		
c. 公車進站		
d. 公車出站		
e. 路口右轉		
f. 路口左轉		
g. 路段變換車道		
h. 行經狹窄巷道或違停車輛區段		
i. 行經無號誌路口或閃黃燈路口		
(2) 交通環境		
a. 行經學校、夜市等人車混雜區		
b. 行經施工區或道路改道區段		
c. 行駛於雨天或夜間能見度不佳時		
d. 行經郊區或山區路線時		
(3) 人、車互動		
a. 周遭車流逼近或違規切入		
b. 行人突然穿越		
c. 行人於行穿線上慢速通行		
d. 機車在車側併行或超車		
(4) 其他		
a.		
b.		
c.		
d.		
e.		

二、基於 ADAS 之安全管理制度

1. 請勾選貴公司目前針對 ADAS 警示資料，是否進行**線上**（on-line）之管理／教育方式；如有其他方式，請於下方補充填寫。

項目	說明	是否使用
駕駛異常行為即時通知	當駕駛出現急煞、偏移或碰撞警示等異常行為時，系統即時通知駕駛員或管理人員。	□是 □否
系統警示回饋	駕駛員於行車中接收 ADAS 警示訊息後，系統即時記錄並回饋警示狀況與駕駛員反應。	□是 □否
監控中心通報	當偵測到高風險駕駛事件時，監控中心即時接收通報，並可主動聯繫駕駛員或指派後續處理。	□是 □否
		□是 □否
		□是 □否

2. 請勾選貴公司目前針對 ADAS 警示資料，進行之**線下**（off-line）管理／教育方式之頻率；如有其他方式，請於下方補充填寫。

（1＝從未實施　2＝每季約 1 次　3＝每月約 1 次　4＝每週約 1 次　5＝每日）

項目	說明	使用頻率				
		1	2	3	4	5
行車事件月報分析	定期彙整 ADAS 警示與異常事件資料，製作月報供管理層檢討與改善駕駛員行為。	□	□	□	□	□
駕駛教育訓練課程	依據警示與事件資料，安排駕駛員教育訓練或安全講習，加強防禦駕駛觀念。	□	□	□	□	□
違規輔導機制	針對多次警示或違規行為之駕駛員進行輔導、再訓練或個別面談，改善行車安全。	□	□	□	□	□
隨機抽查檢視趟次	管理階層隨機抽查駕駛員趟次影像，檢視公車與他車互動狀況與駕駛員分心行為或動作。	□	□	□	□	□

三、市區客運業者駕駛安全管理系統

1. 請貴公司針對下列駕駛安全管理系統功能，評估其**有用性**、**易用性**、及**改善或修正建議**；若有其他建議或功能，請於下方補充填寫。

- 有　用　性　：0＝非常無用　　10＝非常有用
- 易　用　性　：0＝非常難用　　10＝非常易用

項目	有用性	易用性	改善與修正建議
(1) 行車異常事件統整資料庫			
(2) 高風險駕駛管理象限圖			
(3) 風險趨勢圖			
(4) 駕駛員出車前提醒			
(5) 個人警示列表			
(6) 駕駛行為提醒列表			
(7) 行車異常事件列表			
(8) 行車異常事件地圖			
(9) 行車異常事件影像資料庫			
(10) 駕駛綜合報表			
(11)			
(12)			
(13)			

四、基本資料

1. 服務單位：_____
2. 服務部門：_____
3. 職稱：_____
4. 年資：_____
5. E-Mail：_____

您對於今日訪談內容的其他相關建議：

_____

_____

_____

===本問卷內容到此結束，再次感謝您的填寫。===

附錄四 安全管理系統 PoS 績效指標問卷

- 請問您使用該系統**前**，**觀看一趟行車影片**大約需要多少時間？

1. 10 分鐘以內
2. 11-20 分鐘
3. 21-30 分鐘
4. 31-40 分鐘
5. 41-50 分鐘
6. 51-60 分鐘
7. 61 分鐘以上

- 請問您使用該系統**後**，**觀看一趟行車影片**大約需要多少時間？

7.1 10 分鐘以內
7.2 11-20 分鐘
7.3 21-30 分鐘
7.4 31-40 分鐘
7.5 41-50 分鐘
7.6 51-60 分鐘
7.7 61 分鐘以上

- 請問您使用該系統**前**，**每天觀看整趟行車影片**的**趟次**有幾趟？

(a) 0 趟
(b) 1-2 趟
(c) 3-4 趟
(d) 5-6 趟
(e) 7-8 趟
(f) 9 趟以上

- 請問您使用該系統**後**，**每天觀看整趟行車影片**的**趟次**有幾趟？

(a) 0 趟
(b) 1-2 趟
(c) 3-4 趟
(d) 5-6 趟
(e) 7-8 趟

(f) 9 趟以上

- 請問您使用該系統**前**，**每天觀看整趟行車影片**的**時間**為多久？

(a) 1 小時以內

(b) 1-2 小時

(c) 2-3 小時

(d) 3-4 小時

(e) 4-5 小時

(f) 5 小時以上

- 請問您使用該系統**後**，**每天觀看整趟行車影片**的**時間**為多久？

(a) 1 小時以內

(b) 1-2 小時

(c) 2-3 小時

(d) 3-4 小時

(e) 4-5 小時

(f) 5 小時以上

- 若觀看時間減少或觀看次數增加，您認為下列原因對此的影響程度為何？ (請排序，3＝最有幫助，1＝最沒有幫助)

(a) 因「異常事件」的篩選，可關注特定影像即可。

(b) 因辨識出「駕駛員分心行為」，可關注特定影像即可。

(c) 因影像上顯示「與前車距離」及「速差」等資訊，使觀看影像時更有效率。

- 除了事後觀看整趟行車影片部分，請問該安全管理系統是否還有哪些部分，可以讓您**減少駕駛員管理時間**？ (複選)

(a) 無

(b) 首頁

(c) 異常事件列表

(d) 駕駛綜合報表

(e) 出車提醒

(f) 其他

- 請問您認為管理系統各功能對您在管理駕駛員上**有用的程度**為多少？ (1 為最沒用；5 為最有用)

(a) 首頁

(b) 異常事件列表

(c) 駕駛綜合報表

(d) 出車提醒

- 請問您使用管理系統各功能之**頻率**為何？ (從不、很少、偶爾、經常、總是)

(a) 首頁

(b) 異常事件列表

(c) 駕駛綜合報表

(d) 出車提醒

- 請問您什麼狀況下會應用到此安全管理系統？

(a) 追蹤或確認高/低風險駕駛員時。

(b) 確認各駕駛異常事件之分布情況時。

(c) 尋找教育訓練主題時。

(d) 完全沒有。

(e) 其他

- 請問您是否有關於「駕駛員管理」的其他建議與回饋？
- 請問您是否有關於「安全」的建議與回饋？
- 關於該安全管理系統，請問您在使用上有無任何建議或回饋？ (如系統功能、操作流程、系統效能等)