

111-053-3511
IOT-110-SCB001

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發展



交通部運輸研究所

中華民國 111 年 6 月

111-053-3511
IOT-110-SCB001

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發展

著者：鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峰、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

交通部運輸研究所

中華民國 111 年 6 月

國家圖書館出版品預行編目資料

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發展/鍾易詩, 邱裕鈞, 吳昆峰, 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, 黃士軒著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 111.06

面 ; 公分
ISBN 978-986-531-416-3(平裝)

1. CST: 交通安全 2. CST: 交通管理 3. CST: 人工智慧

557.16

111009174

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發展

著者：鍾易詩、邱裕鈞、吳昆峰、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

出版機關：交通部運輸研究所

地址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)

電話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 111 年 6 月

印刷者：全凱印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 75 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：550 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)2349-6789

五南文化廣場：400002 臺中市市區中山路 6 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：1011100783 ISBN：978-986-531-416-3(平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：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發展			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-416-3(平裝)	政府出版品統一編號 1011100783	運輸研究所出版品編號 111-053-3511	計畫編號 110-SCB001
主辦單位：運輸安全組 主管：葉祖宏 計畫主持人：葉祖宏 研究人員：賴靜慧、黃士軒 聯絡電話：02-2349-6859 傳真號碼：02-2545-0429	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：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 地址：新竹市大學路 1001 號 聯絡電話：03-571-2121 #57652		研究期間 自 110 年 4 月 至 110 年 12 月
關鍵詞：交通安全、異常事件、影像辨識、行車動態、國道客運、先進駕駛輔助系統、人工智慧			
摘要： 過去由於鮮少蒐集駕駛過程的資料，在肇因判斷上多以事故發生當下的近因為主，然近因並不一定為肇事主因，僅預防近因也未必能有效預防肇事。本計畫之目標在將目前以事故資料為基礎的道路交通安全管理程序，提升為以事故資料、異常事件以及駕駛行為為基礎的道路交通安全管理程序。本計畫為四年期計畫之第一年計畫，以車外影像分析為主；主要工作內容在應用影像辨識技術，藉由車外行車影像資料分析篩選異常事件，並據以找出可能造成事件及提高事故風險的高風險駕駛行為。 本期計畫首先訪談財團法人車輛安全審驗中心及九家客貨運業者與設備商，同時以問卷調查 25 家國內客運業者，了解先進駕駛輔助系統(ADAS)之法規趨勢，以及業者對 ADAS 設備之應用現況與需求。接著透過事故分析與文獻回顧，定義未保持安全距離、車道偏移、過彎或匝道車速過快等三大類國道客運常見異常事件；各類事件並依各種可能發生情境，衍生成數個事件發生序列與子序列，同時依照事件發生當下之危險程度、與前車相對距離以及駕駛人因應動作等三個準則，定義異常事件之三個風險等級：不為異常、可能異常、異常。 本計畫接著發展車外影像辨識分析架構，橫向以車道、縱向以 20 公尺為單位，以本車為核心劃分出行車動態 12 宮格，並發展每一宮格之影像辨識指標，例如該格位車輛與本車相對距離、該格位是否有大車等。透過 Canny 邊緣檢測、Cascade Mask R-CNN、YOLO (You Only Look Once)等演算法的發展，進行實際影像的辨識訓練。透過近兩萬幀影像真值的比對，本計畫發展之影像辨識演算法，在各宮格各指標之辨識正確率可達九成或以上；但在匝道、該格位有三台車或以上、雨天以及本車低速行駛下，正確率可能下降至六到八成。 經分析本計畫蒐集國內某客運業 200 趟次行車資料、2,531 個警示事件，其中僅有 102 件(約 4%)的警示事件為異常事件；若客運業者單純以 ADAS 設備警示，做為行車即時警示或事後駕駛教育訓練之參考，恐存在偽陽性過高的情況。經 XGBoost 分析發現，以影像為主之異常事件預測召回(recall)率與以 ADAS 為主之異常事件預測召回率相仿，可見本研究提出之 12 宮格架構，的確可有效分析國道客運行車動態異常。若將 ADAS 及影像資料同時納入預測模式，可進一步提高異常事件之預測準確度。另經由時空分析結果發現，內側路肩窄、直線段未保安距警示較多，事故亦較多；駕駛資歷豐富即使發生異常事件，其嚴重程度相對較輕，但 72 小時內排班越多，若發生異常事件的嚴重度則可能較為嚴重。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
111 年 6 月	336	550	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: Applying Artificial Intelligence Techniques to Identifying Accident-prone Road Sections: Development of Driving Behavior Analysis and Image Recognition Using Out-of-vehicle Camera Videos			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-531-416-3(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011100783	IOT SERIAL NUMBER 111-053-3511	PROJECT NUMBER 110-SCB001
DIVISION: Safety Division DIVISION DIRECTOR: Tsu-Hurng Yeh PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tsu-Hurng Yeh PROJECT STAFF: Ching-Huei Lai; Shih-Hsuan Huang PHONE: 886-2-2349-6859 FAX: 886-2-2545-0429			PROJECT PERIOD FROM April 2021 TO December 2021
RESEARCH AGENCY: National Yang Ming Chiao Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yi-Shih Chung PROJECT STAFF: Yu-Chiun Chiou; Kun-Feng Wu; Chao-Lieh Chen; Wei-Hsun Lee; Yu-Shiuan Lin; Shin-Hui Lin; Yu-Hsing Wang; Tzu-Yin Pai; Yeh-Ting Chao; Hung-Yi Wu; Ssu-Man Huang; Zong-Yan Ho; Lin-Kuei Huang; Shin-Pei Ho; Yu-Fong Ho ADDRESS: 1001 University Road, Hsinchu, Taiwan 300, R.O.C. PHONE: 886-3-571-2121# 57652			
KEY WORDS: Traffic Safety, Dangerous Events, Image Recognition, Driving Dynamics, Highway Bus Operators, Advanced Driver Assistance System, Artificial Intelligence			
ABSTRACT: In the past, the data while driving was seldom collected, and the proximate cause of the accident was the main factor in determining the cause of the accident, but the proximate cause is not necessarily the main cause of the accident, and the prevention of proximate cause alone may not be effective in preventing the accident. The project aims to shift road safety management from a nearsighted accident view to a comprehensive perspective that includes not only accidents but also dangerous driving events and driving behaviors in the analysis. This report presents the efforts conducted in the first year of a four-year project; the aim is to apply image recognition technology to screen abnormal events through off-road image data analysis and identify high-risk driving behaviors that may cause and increase the risk of accidents. The project first interviewed the Vehicle Safety Certification Center to identify the regulation trend of ADAS (advanced driver assistance system) equipment. We then conducted an in-depth interview with nine large-vehicle operators and ADAS equipment vendors, and also a questionnaire survey to 25 bus operators to explore the current needs of ADAS, especially in driver and fleet safety management. Based on literature review and road accident analysis, the study defined three common dangerous events in highway driving, including insufficient vehicle-following distances, lane drifting, and speeding on the curve or ramp. We then deduced event sequences and subsequences for each event category and defined three levels of event danger level, not dangerous, possibly dangerous, and dangerous, based on the interaction between the subject vehicle and the vehicles around, the absolute distance from the leading vehicle, and the driver response at the onset of the event. Based on lane marking and car-following distances, the study proposed a conceptual framework that divided the subject vehicle and its surrounding space into 12 grids, 20 meters each; evaluation indicators, such as large vehicle presence, or the distance relative to the subject vehicle, were then specified for each grid. The study then developed image recognition algorithms based on Canny edge detection, Cascade Mask R-CNN, and YOLO. Using approximately 20,000 image frames with ground truth labeled, the analysis showed that the developed image recognition algorithm had an accuracy of at least 90%; yet, the accuracy may deteriorate to 60–80% on ramps, rainy days, low-speed driving, or to grids with three vehicles or more. Based on the developed 12-grid framework and image-recognition algorithms, the study examined 200 trips with 2,531 warnings. Among the warnings, only 102 (or 4%) were dangerous events. The extremely high false-positive rate implies the inappropriateness of using the ADAS warning as the only indicator of dangerous driving behaviors. The study then applied XGBoost for predicting dangerous driving events. The analysis results showed that the prediction accuracy of the image-based analysis was similar to that of the ADAS. The prediction accuracy was further enhanced when both image and ADAS data were included. Based on spatiotemporal analysis, the study identified the concurrence of forward collision warnings and road accidents in segments with a narrow inner shoulder. Dangerous events associated with experienced drivers were less severe, but yet more severe when the events were associated with drivers with multiple shifts within 72 hours.			
DATE OF PUBLICATION June 2022	NUMBER OF PAGES 336	PRICE 550	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

目錄.....	III
圖目錄.....	VII
表目錄.....	XII
第一章 緒論	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 計畫目的	4
1.3 計畫工作項目	5
1.4 計畫範圍與整體架構及流程	6
1.4.1 四年期計畫關係.....	7
1.4.2 本期計畫架構與流程.....	8
第二章 文獻回顧	13
2.1 自然駕駛與異常事件研究	13
2.1.1 自然駕駛研究計畫.....	13
2.1.2 自然人駕駛研究計畫資料.....	15
2.1.3 異常事件.....	16
2.2 前期計畫回顧	17
2.2.1 目標異常事件之定義.....	17
2.2.2 異常事件分析.....	18
2.2.3 駕駛人安全駕駛行為評估.....	21
2.2.4 駕駛行為特性分析.....	24
2.3 駕駛行為分析之影像辨識技術	25
2.4 道路交通事故地理資訊系統與行車影像辨識應用	30
2.4.1 交通事故與地理資訊系統資料整合案例	30
2.4.2 行車影像辨識案例.....	34
2.5 車載設備與行車影像紀錄器國內外規範與應用	43
2.5.1 國內相關規範與計畫.....	43
2.5.2 國內相關補助.....	46
2.5.3 國外相關規範與應用.....	46
2.5.4 其他補助案例.....	49
2.5.5 車載設備應用於車隊管理之國內外案例	49
2.6 道路交通事故空間分析	55
2.6.1 事故空間分析與預測模式.....	55
2.6.2 駕駛行為事件分析.....	59
第三章 利害關係人調查與訪談	63

3.1	國內市場概況	63
3.2	問卷設計與調查	68
3.2.1	利害關係人深度訪談內容	69
3.2.2	業者車載設備安裝狀況調查內容	70
3.3	利害關係人訪談結果	71
3.3.1	法規面	71
3.3.2	需求面	72
3.3.3	供給面	78
3.3.4	客貨運業者比較	82
3.4	業者問卷調查分析及前後期比較	84
3.4.1	本期計畫問卷調查分析	84
3.4.2	與前期計畫問卷訪談比較	90
3.5	小結	91
第四章	國道交通事故資料分析	95
4.1	事故資料分析	95
4.1.1	資料來源與變數定義	95
4.1.2	事故頻次分析	99
4.1.3	事故嚴重度分析	106
4.1.4	事故嚴重度分析小結	111
4.2	國道事故影像事故鏈分析	112
4.2.1	事故鏈定義	112
4.2.2	事故鏈分析方法	113
4.3	小結	123
第五章	車外異常事件定義與衡量指標發展	125
5.1	車外異常事件定義	125
5.1.1	未保持安全距離	125
5.1.2	車道偏移	129
5.1.3	過彎或匝道車速過快	131
5.1.4	本計畫精進與限制	133
5.2	車外異常事件採用之衡量指標	137
5.2.1	是否有車及是否為大型車輛	138
5.2.2	影像三階段加工	139
5.2.3	異常事件數值化樣態	143
5.3	小結	145
第六章	車外異常事件影像辨識技術開發	147
6.1	車外異常事件辨識架構與流程：12 宮格影像辨識	147

6.2	車外異常事件影像辨識技術	150
6.2.1	本車影像辨識	151
6.2.2	前方影像辨識	153
6.2.3	兩側影像辨識	163
6.3	智慧車載設備及行車影像紀錄器之功能限制	165
6.3.1	影像辨識問題	165
6.3.2	影像真值標示	171
6.4	建立車外行車影像辨識之設備分析	173
6.4.1	車外影像辨識技術開發項目之分析	173
6.4.2	建立行車影像辨識之設備分析	174
6.5	小結	176
第七章	影像盤點及異常事件分析	179
7.1	影像盤點統計分析	179
7.1.1	資料欄位說明	179
7.1.2	警示事件和異常事件交互統計分析	181
7.1.3	多重警示事件分析	187
7.1.4	異常事件分析	191
7.2	類真值分析	192
7.2.1	行車動態真值標示	192
7.2.2	車輛偵測結果與真值的比較	193
7.2.3	車輛辨識正確率交叉分析	194
7.2.4	影像辨識前車車距之類真值評估	197
7.3	異常事件預測	201
7.4	小結	208
第八章	異常事件時空分析	211
8.1	整合資料庫之建立	211
8.1.1	資料庫架構規劃	211
8.1.2	整合資料庫主要產出	213
8.2	高速公路高風險路段時空分析	215
8.2.1	以路段為基礎之分析	216
8.2.2	以趟次為基礎之分析	222
8.2.3	以單一事件危險度為基礎之分析	226
8.2.4	分析小結	231
8.3	高速公路風險路段時空分析平台	233
8.4	駕駛風險指跡分析	238
8.4.1	風險指跡分析的概念	238

8.4.2	SAX 轉換與風險分數.....	240
8.4.3	駕駛風格與序列.....	243
8.4.4	風險指跡分析結果.....	248
8.4.5	駕駛風險指跡編碼.....	252
8.5	小結	252
第九章	結論與建議	255
9.1	結論	256
9.2	建議	259
	參考文獻.....	261
	附錄一、業者車載設備安裝調查表	265
	附錄二、利害關係人訪談設備名詞定義	271
	附錄三、財團法人車輛安全審驗中心訪談會議紀錄	273
	附錄四、期中報告審查意見處理情形表	281
	附錄五、期末報告審查意見處理情形表	301

圖目錄

圖 1.1-1 澳洲 TV 3777 遊覽車事故行車路徑	2
圖 1.1-2 澳洲 TV 3777 遊覽車事故相關資訊	2
圖 1.1-3 以事故為基礎之道路交通安全管理程序	4
圖 1.1-4 以事故、異常事件與駕駛行為基礎之道路交通安全管理程序	4
圖 1.4-1 整合模組架構.....	9
圖 1.4-2 本期計畫流程圖.....	11
圖 2.1-1 SHRP2 變數.....	14
圖 2.1-2 NDS 車前影像與數據同步顯示畫面	16
圖 2.2-1 事故前兆及安全相關事件之關係圖	18
圖 2.2-2 駕駛行為分析工具本土化指標及門檻值與行為特性分析流程圖	19
圖 2.2-3 駕駛人影像.....	19
圖 2.2-4 車前影像.....	19
圖 2.2-5 車旁兩側影像.....	19
圖 2.2-6 運用混合效用模型評估駕駛個人事故風險範例	23
圖 2.2-7 各駕駛人易發生之危險事件比較圖	24
圖 2.2-8 駕駛人 18 在不同道路環境「未保持安全距離」駕駛表現	24
圖 2.2-9 各項事件統計數據與趨勢之對比	24
圖 2.3-1 KITTI 資料集中不同路況的影片行向偵測情形	26
圖 2.3-2 採用光流技術進行車輛姿態與前方開闊區域 (深度估計) 估測	27
圖 2.3-3 採用影像物件偵測技術辨識車輛與車道線協助光流分類	28
圖 2.3-4 肢體動作辨識 (左欄：動作前，右欄：動作後).....	29
圖 2.3-5 車身左右兩側攝影機對於車旁物件的偵測情形	30
圖 2.4-1 GIS 系統空間疊圖示意圖	31
圖 2.4-2 A1 事故發生地點與交通疏導崗哨相關位置	32
圖 2.4-3 (a)事故斑點圖、(b)事故熱力圖、(c)事故件數泡泡圖.....	33
圖 2.4-4 碰撞構圖.....	33
圖 2.4-5 交通事故空間分布圖.....	34
圖 2.4-6 影像輸入至深度神經網路學習與分類之過程	35
圖 2.4-7 KITTI 影像辨識資料庫	35
圖 2.4-8 Cityscapes 影像辨識資料庫	36
圖 2.4-9 Mobileye 發展的三大主軸	37
圖 2.4-10 REM 技術的三大步驟.....	38
圖 2.4-11 定義無車道線之車輛運行路線	39
圖 2.4-12 Mobileye 資料服務流程圖	40
圖 2.4-13 Mobileye 蒐集道路資產資料	40
圖 2.4-14 Mobileye 蒐集鋪面狀況資料	41

圖 2.4-15 Mobileye 蒐集動態交通資料	42
圖 2.5-1 GM 汽車採用 ADAS 系統事故改善程度	50
圖 2.5-2 前方碰撞警示與 AEB 對追撞事故的影響	51
圖 2.5-3 安裝防碰撞系統與保險索賠率之綜合變化	52
圖 2.5-4 防碰撞相關設備未來成長預測	52
圖 2.5-5 吉田計程車隊駕駛評分分類變化	55
圖 3.1-1 Mobileye ADAS 系統	64
圖 3.1-2 銳倂科技車上單元	65
圖 3.1-3 馥鴻科技車上單元	66
圖 3.1-4 銓鼎車載終端主機	67
圖 3.1-5 寶錄公司車上單元	67
圖 3.1-6 寶儷明車上單元	68
圖 3.5-1 車隊管理服務模式	92
圖 4.1-1 國道總事故數 (國道一號、國道三號)	99
圖 4.1-2 國道總事故數 (國道五號、東西向國道)	100
圖 4.1-3 大客車國道總事故數	101
圖 4.1-4 國道大客車每百萬公里事故數	102
圖 4.1-5 大客車國道事故類型	103
圖 4.1-6 大客車國道事故 第一二當事者動態	104
圖 4.1-7 大客車國道事故 第一二當事者肇事因素	105
圖 4.1-8 大客車國道事故 天氣燈光	106
圖 4.1-9 追撞事故嚴重度分析 變數影響占比	108
圖 4.1-10 追撞事故嚴重度分析 變數影響力	109
圖 4.1-11 同向擦撞事故嚴重度分析 變數影響占比	110
圖 4.1-12 同向擦撞事故嚴重度分析 變數影響力	111
圖 4.2.1-1 事故鏈四階段	112
圖 4.2.2-1 可預防事故類型篩選流程	113
圖 4.2.2-2 可預防事故示意圖	113
圖 4.2.2-3 事故鏈編碼流程圖	114
圖 4.2.2-4 本計畫事故鏈之編碼項目	115
圖 4.2.2-5 客運公司 A 事故影像資料	119
圖 4.2.2-6 客運公司 B 事故影像資料	119
圖 4.2.2-7 事故鏈要素	122
圖 4.2.2-8 異常事件要素	122
圖 4.3-1 本計畫使用之前方、左側、右側影像示意圖	137
圖 4.3-2 攝影方向示意圖 (上) 前方 (下左) 左方 (下右) 右方	138
圖 4.3-3 右側影像物件框示意圖	139
圖 4.3-4 車外異常事件影像分析三階段	140

圖 4.3-5 影像辨識技術展示-前方鏡頭	140
圖 4.3-6 影像辨識示意圖	141
圖 4.3-7 第二階段案例展示-本車因應車速	141
圖 4.3-8 第二階段案例展示-衝突指標(前方秒距)	142
圖 4.3-9 第二階段案例展示-行車動態(與前車絕對距離)	142
圖 4.3-10 可能異常之秒距樣態	143
圖 4.3-11 異常之秒距樣態	144
圖 6.1-1 格位代碼與變數代碼對照示意	148
圖 6.2-1 影像與 CAN 資料時間對齊示意	151
圖 6.2-2 左右車道線之連續延伸辨識結果示意	152
圖 6.2-3 Cascade mask R-CNN 網路模型架構	154
圖 6.2-4 Cascade mask R-CNN 網路模型添加分割分支	155
圖 6.2-5 雙線性插值點位運算說明示意	157
圖 6.2-6 多區域相對距離計算說明示意	158
圖 6.2-7 Bounding Box 相對距離運算示意	159
圖 6.2-8 深度學習前方影像辨識範例	159
圖 6.2-9 深度學習兩側影像辨識範例	163
圖 6.3-1 鏡頭視角不佳易造成誤差示意	166
圖 6.3-2 辨識率不佳時輸出值產生跳動結果示意	166
圖 6.3-3 辨識率不到時輸出值為 0 結果示意	167
圖 6.3-4 夜晚有無路燈辨識率不佳之畫面	167
圖 6.3-5 日間有雨辨識率不佳之畫面	167
圖 6.3-6 夜間有雨辨識率不佳之畫面	168
圖 6.3-7 後方鏡頭擺放俯角問題之畫面	168
圖 6.3-8 後方鏡頭成像品質明顯影響偵測能力之畫面	169
圖 6.3-9 後方鏡頭本車前段位置偵測能力不佳之畫面	169
圖 6.3-10 後方鏡頭夜晚受車頭燈影響辨識不佳之畫面	169
圖 6.3-11 後方鏡頭因夜晚情境影響辨識不佳之畫面	170
圖 6.3-12 VIA 軟體標示介面	172
圖 6.3-13 VIA 軟體輸出之 CSV 檔案格式	172
圖 6.3-14 本計畫規定之 CSV 檔案格式	172
圖 6.4-1 車外影像方向與其他車輛相對位置示意	174
圖 7.2-1 行駛車速(GPS)與正確率之關係	195
圖 7.2-2 車機偵測誤差範例-變換車道、前車切入	198
圖 7.2-3 車機前車車距與影像偵測車距關係圖	198
圖 7.2-4 車機偵測誤差範例	199
圖 7.2-5 車機系統性低估範例	200
圖 7.2-6 車機前車車距與影像偵測車距關係圖-FCW+SDW	200

圖 7.2-7 車機前車車距與影像偵測車距關係圖-LDW.....	201
圖 7.3-1 異常事件預測流程.....	201
圖 7.3-2 創造平移變數示意圖.....	202
圖 7.3-3 交叉驗證說明.....	202
圖 7.3-4 資料不平衡處理.....	203
圖 7.3-5 前車車距與可能異常關係	205
圖 7.3-6 格位 1 有無車輛與可能異常關係	205
圖 7.3-7 格位 3 有無車輛與可能異常關係	206
圖 7.3-8 前車車距與異常關係.....	206
圖 7.3-9 異常事件好發情境.....	207
圖 7.3-10 本車車速與異常事件關係	207
圖 7.3-11 方向盤轉向角度與異常事件關係	208
圖 8.1-1 資料庫設計.....	212
圖 8.1-2 分析流程示意圖.....	212
圖 8.2-1 高速公路高風險路段時空分析流程	215
圖 8.2-2 路段為基礎之分析流程	216
圖 8.2-3 路段風險管理象限圖.....	222
圖 8.2-4 趟次分析樣本分割示意圖	223
圖 8.2-5 單一事件危險度分析樣本示意圖	227
圖 8.3-1 高速公路風險路段時空分析平台發展構想	233
圖 8.3-2 高速公路風險路段時空分析平台-系統架構.....	234
圖 8.3-3 高速公路風險路段時空分析平台-里程定位	234
圖 8.3-4 高速公路風險路段時空分析平台-圖層套疊.....	235
圖 8.3-5 高速公路風險路段時空分析平台-底圖(一般).....	235
圖 8.3-6 高速公路風險路段時空分析平台-底圖(灰階).....	236
圖 8.3-7 高速公路風險路段時空分析平台-圖層(風險路段).....	236
圖 8.3-8 高速公路風險路段時空分析平台-圖層(交通事故).....	237
圖 8.3-9 高速公路風險路段時空分析平台-圖層(警示事件).....	237
圖 8.3-10 高速公路風險路段時空分析平台-圖層(異常事件).....	238
圖 8.3-11 高速公路風險路段時空分析平台-進階篩選(以風險路段為例).238	
圖 8.4-1 Autoencoder 示意圖.....	239
圖 8.4-2 駕駛風險指跡分析流程圖	240
圖 8.4-3 PAA 之示意圖.....	241
圖 8.4-4 符號化示意圖.....	242
圖 8.4-5 激進駕駛風格序列規則—1	245
圖 8.4-6 激進駕駛風格序列規則—1 之可能狀況示意圖	246
圖 8.4-7 激進駕駛風格序列規則—2	246
圖 8.4-8 激進駕駛風格序列規則—2 之可能狀況示意圖	247

圖 8.4-9 激進駕駛風格序列規則—3	247
圖 8.4-10 疲勞駕駛風格序列規則—1	248
圖 8.4-11 激進駕駛風格序列—1 偽陽性對比曲線圖	250
圖 8.4-12 激進駕駛風格序列—2 偽陽性對比曲線圖	250
圖 8.4-13 激進駕駛風格序列—3 偽陽性對比曲線圖	250
圖 8.4-14 疲勞駕駛風格序列—1 偽陽性對比曲線圖	251

表目錄

表 1.4-1	分年研究重點彙整.....	10
表 2.1-1	危險駕駛行為之異常事件	16
表 2.2-1	異常事件之判斷準則與參考因素	20
表 2.2-2	前期計畫建議在國道上可採用之安全管理指標與門檻值	20
表 2.2-3	車載設備與資訊系統資料可得性等級與可偵測駕駛行為	21
表 2.2-4	前期計畫採用之 HTS 分類.....	22
表 2.3-1	常見之危險駕駛行為與可能之行為指標	25
表 2.4-1	Mobileye 道路資產數據流通格式	40
表 2.4-2	Mobileye 鋪面條件評估數據流通格式	42
表 2.4-3	Mobileye 動態交通資訊數據流通格式	42
表 2.5-1	系統整合類型.....	45
表 2.5-2	駕駛監測系統各國法規要求	48
表 2.6-1	事故頻次研究整理.....	58
表 3.1-1	臺灣主要車機車輛資通訊系統廠商	63
表 3.1-2	各廠商代表性車機設備功能簡介	65
表 3.2-1	利害關係人深度訪談大綱	69
表 3.3-1	深度訪談案例中客貨運業者設備安裝情形比較	82
表 3.3-2	客貨運受訪者目前車速與影像設備使用狀態	83
表 3.3-3	異常事件受訪者回饋之建議指標	84
表 3.4-1	國內車載設備安裝狀況調查結果	86
表 3.4-2	資料應用分析調查.....	89
表 3.4-3	駕駛行為管理使用之異常指標調查	90
表 3.4-4	後台管理系統與車機設備安裝規劃調查	90
表 4.1-1	道路交通事故調查報告表 (一).....	96
表 4.1-2	道路交通事故調查報告表 (二).....	97
表 4.1-3	道路交通事故調查報告表 (肇事因素索引表).....	98
表 4.1-4	事故嚴重度分析變數說明	107
表 4.2.2-1	國道車外可預防事故涵蓋情形	114
表 4.2.2-2	本計畫事故鏈之編碼項目及參考來源	115
表 4.2.2-3	按公路等級分類事故發生位置	116
表 4.2.2-4	警示事件.....	117
表 4.2.2-5	行車動態變數定義表	118
表 4.2.2-6	客運事故統計表.....	120
表 4.2.2-7	事故鏈編碼結果.....	121
表 4.2.2-8	事故鏈編碼對應變數需求	122
表 4.3-1	前期研究未保持安全距離之序列分類	126

表 4.3-2	前期研究車道偏移之序列分類	129
表 4.3-3	前期研究過彎或匝道車速過快之序列分類	131
表 4.3-4	未保持安全距離序列分類比較	134
表 4.3-5	車道偏移序列分類比較	135
表 4.3-6	過彎或匝道車速過快序列分類比較	136
表 4.3-7	未保持安全距離序列統計	136
表 4.3-8	車道偏移序列統計	137
表 4.3-9	進行影像辨識之指標	138
表 4.3-10	異常事件衝突指標	143
表 6.1-1	12 宮格變數表	148
表 6.2-1	本車影像辨識之變數輸出項目	153
表 6.2-2	YOLO 各版本的優缺點比較	157
表 6.2-3	YOLO 各版本架構比較	157
表 6.2-4	前方影像辨識之變數輸出項目	160
表 6.2-5	兩側影像辨識之變數輸出項目	163
表 6.3-1	影像辨識率改善作法	170
表 6.4-1	車外影像辨識系統功能項目	173
表 6.4-2	大型車輛盲點資訊系統系統功能類別	174
表 6.4-3	行車影像辨識之設備評估指標	175
表 7.1-1	資料欄位說明	179
表 7.1-2	警示事件數量	180
表 7.1-3	200 趟次以及部分變數之時間曝光量	180
表 7.1-4	警示事件與自變數之交互統計	183
表 7.1-5	異常事件與自變數之交互統計	183
表 7.1-6	警示事件與車輛之交互統計	184
表 7.1-7	警示事件與駕駛之交互統計	184
表 7.1-8	異常事件與車輛之交互統計	185
表 7.1-9	異常事件與駕駛之交互統計	186
表 7.1-10	速度與自變數之交互統計	187
表 7.1-11	組成多重警示事件之單一警示事件數	188
表 7.1-12	獨立警示事件在多重警示事件中的次數與佔比	188
表 7.1-13	多重警示事件羅吉斯迴歸模式建立	189
表 7.1-14	Model 2 勝算比	189
表 7.1-15	先驗演算法三項指標	190
表 7.1-16	關聯性分析結果	190
表 7.1-17	順序型態分析結果	191
表 7.1-18	順序型羅吉斯迴歸變數 P 值	192
表 7.1-19	順序型羅吉斯迴歸勝算比	192

表 7.2-1 人工動態標示事件類型分佈	193
表 7.2-2 不同方向格位車輛偵測之正確率	194
表 7.2-3 車外交叉分析之彎道、南北向、車道區域辨識率結果	195
表 7.2-4 前方六個格位是否有車之真值加總與天氣之正確率比較	196
表 7.2-5 前方六個格位是否有車之真值加總與日夜之正確率比較	196
表 7.2-6 前方六個格位是否有車之真值加總與之正確率比較	196
表 7.2-7 前方有無車之人工標示真值與 ADAS 系統偵測之前車距分佈	197
表 7.2-8 不同事件類別之影像與車機距離偵測差異	200
表 7.3-1 車機與外部資訊預測結果	204
表 7.3-2 影像與外部資訊預測結果	204
表 7.3-3 車機與影像及外部資訊辨識預測結果	204
表 7.3-4 重要性排序表	204
表 8.1-1 整合資料庫欄位定義說明	213
表 8.2-1 警示事件分類及其數量	215
表 8.2-2 不同分析路段長度下資料分布情形	216
表 8.2-3 被解釋變數之敘述性統計	217
表 8.2-4 解釋變數之敘述性統計(連續變數)	217
表 8.2-5 解釋變數之敘述性統計(類別變數)	218
表 8.2-6 路段分析模式推估結果	219
表 8.2-7 事故及事件關鍵影響因素	220
表 8.2-8 駕駛警示事件數預測交通事故數模式	221
表 8.2-9 不同分析路段長度下未保持安全距離警示事件分布情形	223
表 8.2-10 不同分析路段長度下車道偏移警示事件分布情形	223
表 8.2-11 解釋變數之敘述性統計(連續變數)	224
表 8.2-12 解釋變數之敘述性統計(類別變數)	225
表 8.2-13 駕駛人排班 24 小時內趟次統計	225
表 8.2-14 發車時間之時段區分統計	225
表 8.2-15 趟次分析模式推估結果	226
表 8.2-16 單一事件危險度分析樣本示意圖	227
表 8.2-17 解釋變數之敘述性統計(連續變數)	228
表 8.2-18 解釋變數之敘述性統計(類別變數)	229
表 8.2-19 解釋變數之駕駛人 24、72、168 小時內排班趟次統計	229
表 8.2-20 解釋變數之發車時間之時段區分統計	229
表 8.2-21 事件危險度次序普羅比模式校估結果	230
表 8.2-22 事件危險度與影響因素表	231
表 8.2-23 未保持安全距離事件發生及危險度之影響因素	233
表 8.4-1 高斯分布之斷點表	242
表 8.4-2 激進駕駛風格序列	244

表 8.4-3 駕駛序列代號說明表.....	245
表 8.4-4 SAX 風險分數平均數及標準差	249
表 8.4-5 激進駕駛風格序列轉換數量表	249
表 8.4-6 疲勞駕駛風格序列轉換數量表	251
表 8.4-7 駕駛風險指跡內容表.....	252

第一章 緒論

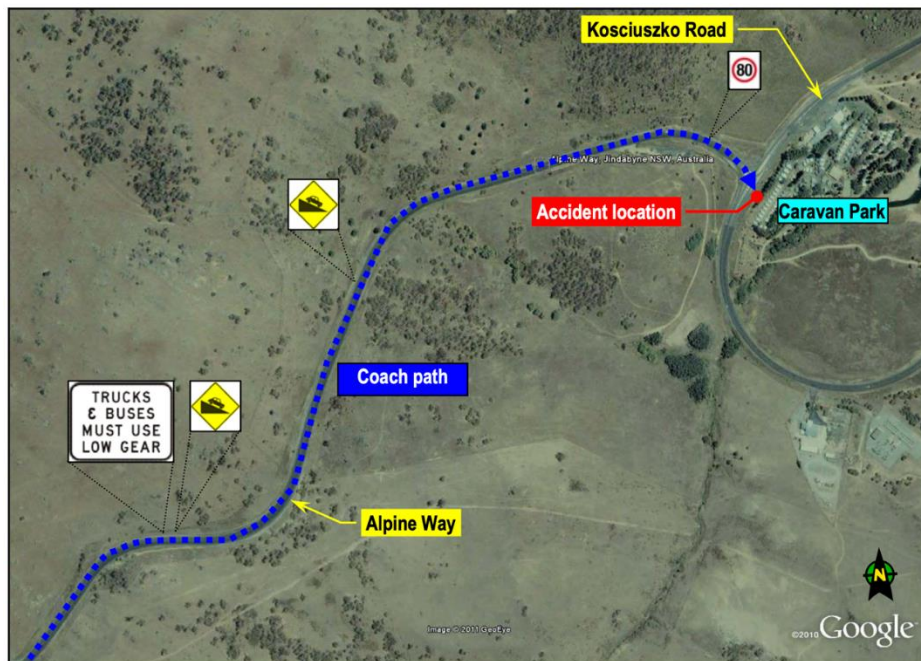
1.1 計畫緣起

依據近年道路交通事故統計，我國自 107 年起事故件數與傷亡人數持續上升，至 109 年達到最高，全年發生 362,259 件道路交通事故，共計造成 2,972 人死亡、482,333 人受傷（僅採計 A2 以上，並以事故發生 30 天內死亡為計算基準）（交通部道安資訊查詢網，2021），其中與大型車相關者為 10,317 件、12,775 人受傷，各占整體事故之 2.85%、2.65%，但死亡人數卻高達 435 人，占整體事故 14.64%；觀察上述事故趨勢可知，道路交通安全改善刻不容緩，與大型車息息相關之運輸業安全管理更是重中之重。

為改善道路交通安全，從工程觀點，各級政府皆有定期針對易肇事路段進行改善，以交通部運輸研究所（以下簡稱本所）為例，本所自 69 年開始辦理第 1 期「臺灣地區易肇事路段改善計畫」，迄今已完成 39 期，目的在於降低都市及一般公路易肇事路段交通事故之傷亡人數與發生次數，除此之外，各縣市政府針對轄管道路亦會自行規劃各項改善計畫。此類改善計畫之安全改善績效及相關分析往往以事故件數、死亡人數、受傷人數等呈現安全水準，並據以篩選出易肇事路段/路口，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) 往往必須多起事故發生後方得進行，難以在事故發生前預先篩選出潛在地點；再者，易肇事路段篩選過程中，僅能就事故本身紀錄之人、車、路、環境及各項碰撞型態等資料進行分析，及研判事故發生肇因，無法實際得知駕駛人於該地點的真實行為。另從運輸業管理角度觀之，其較常採取的安全管理作為多以轄下駕駛人發生道路交通事故件數、違規件數及客訴件數為績效指標，同樣受到稀少性、隨機性且難以了解行為特性之限制。

事實上，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。然而過去鮮少蒐集駕駛過程的資料，在肇因判斷上多以事故發生當下的近因為主，然近因並不一定是肇事的主因亦非肇事成因的全貌，預防近因也未必能有效預防肇事。以澳洲發生在 2011 年 TV 3777 遊覽車事故為例 (OTSI, 2011)，

其事故型態為衝出路外，近因為剎車失靈，但導致剎車失靈的主因不是機械故障，而是該名駕駛對山路路況不熟（如圖 1.1-1），下坡時過度頻繁減速所致（如圖 1.1-2）。若能透過行車資料，了解不同路況可能導致的不安全駕駛行為，在行車前提供給駕駛相關注意，即有可能避免類似事件發生，甚至可透過相關資料的蒐集、整理與分析，做為職業駕駛人初訓或定期訓練的參考資料；對一般駕駛人而言，也可預防同樣類型不安全駕駛行為的發生，進而降低交通事故發生的可能性。



資料來源：OSTI (2011)

圖 1.1-1 澳洲 TV 3777 遊覽車事故行車路徑



資料來源：OSTI(2011)

圖 1.1-2 澳洲 TV 3777 遊覽車事故相關資訊

為達到事先防範、預先改善之目的，必須從日常車流、駕駛行為當中，預先定義出與事故發生具有高度相關的事故前兆 (precursor) 或高風險駕駛行為，並從行為層面篩選駕駛人出現高風險駕駛行為的好發熱區與情境，進而依據不同類

型之高風險駕駛行為研提改善方案；未達此目的，近年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，並透過觀察其於行車過程中發生的失誤或偏差等領先指標 (leading indicator)，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) 負責執行之 100-car 計畫為例，該案招募受測者於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。

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 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、高風險駕駛行為分析、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，供業者進行駕駛人安全診斷。另於 108 年「應用車聯網與先進駕駛輔助系統於我國公路公共運輸行車安全」計畫案，於基隆地區車聯網實驗場域建置結合先進駕駛輔助系統 (ADAS)，提升公路公共運輸車輛在行經高速公路與市區號誌化路口之行車與行人交通安全。在以空間資訊整合異常駕駛行為方面，日本國土交通省為改善沖繩地區外國觀光客自駕事故頻仍的狀況，透過與當地租車公司合作蒐集車載 ETC2.0 及行車紀錄器，抽樣調查自駕觀光客緊急剎車、突然加速、突然轉動方向盤等動作的所在場所，再以此做為基準分析不同國籍之行為特性，掌握「這個國家或地區的人，容易在這個地方發生這樣的車禍」，然後用該國語言在該地進行宣導。

綜合言之，本計畫目標在將目前以事故資料為基礎的道路交通安全管理程序 (圖 1.1-3)，提升為以異常事件以及駕駛行為為基礎的道路交通安全管理程序 (圖 1.1-4)，以達事故預防與零死亡重傷之長期目標。

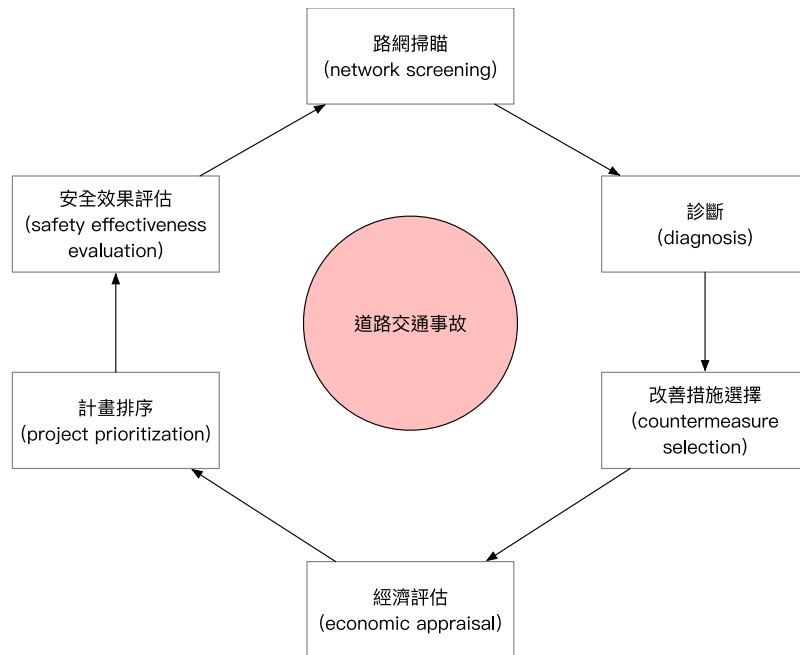


圖 1.1-3 以事故為基礎之道路交通安全管理程序

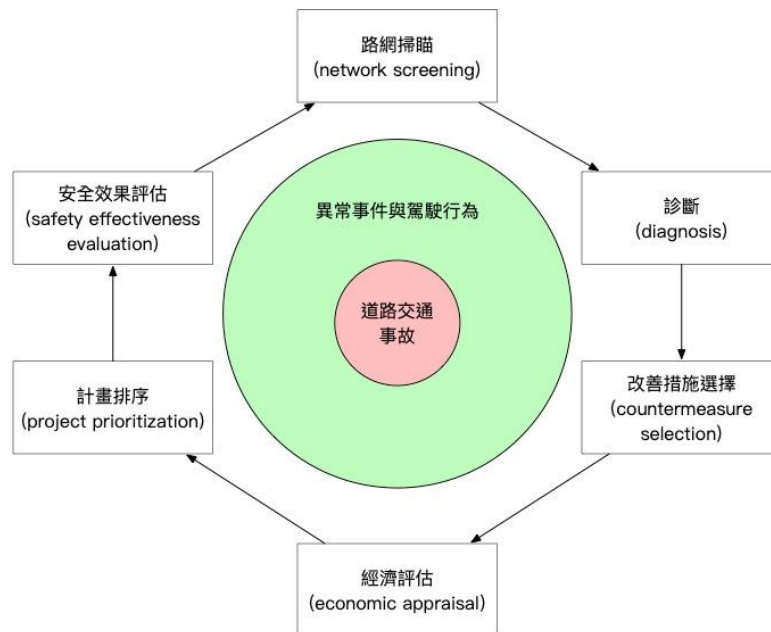


圖 1.1-4 以事故、異常事件與駕駛行為為基礎之道路交通安全管理程序

1.2 計畫目的

本計畫為四年期計畫之第一年計畫，以車外影像分析為主，將分析結果應用至運輸業安全管理及高風險路段分析改善，主要計畫目的如下：

1. 奠基於近年已逐漸發展成熟的各項智慧車載系統，以前期計畫案成果為基礎，持續蒐集自然駕駛資料之區間、樣態。
2. 應用影像辨識技術，藉由車外行車影像資料分析篩選異常事件，進而做為後

續年其高風險駕駛行為分析工具優化之基礎。

3. 深化自然駕駛資料之應用，透過整合空間資訊，例如以 GPS 定位資料整合路段坡度、車道數、速限、曲率及車流資料等，分析探索高風險駕駛行為/異常事件之特性。
4. 探索各類高風險駕駛行為/異常事件的空間集中性，找出駕駛人高風險駕駛行為/異常事件的好發路段與情境，提升道路主管機關對潛在易肇事路段事先防範、預先改善之能力。

1.3 計畫工作項目

1. 探討影像辨識技術於駕駛行為分析之應用情形
 - (1) 回顧國內外文獻，包含車外影像辨識技術、行車影像應用實例、自然駕駛資料、駕駛行為分析、安全管理等相關文獻，並著重在各項智慧車載系統與車外行車影像資料的整合應用，據以了解「透過車外行車影像篩選異常事件」所需資料與相關作法。
 - (2) 回顧國內外相關法規，了解各項智慧車載設備、行車影像紀錄器之裝設要求、補助規定及相關規範。
 - (3) 辦理專家學者、利害關係人訪談，了解車外行車影像資料及其他智慧車載設備產生之相關駕駛行為資料的實際應用狀況，以及未來應用至分析管理之潛在需求。
2. 駕駛行為模式研析
 - (1) 回顧國內外文獻，探討國道事故態樣分析方法、分析根本肇因之技術及所需資料，事故分析部分以事故鏈 (accident chain) 為概念，探討駕駛人本身行為、駕駛人特性、工作特性、車與車互動、環境影響等多重因素交互作用對事故發生之影響。
 - (2) 應用事故資料，分析國道重要事故態樣，選擇重要事故態樣探討潛在肇因，並以事故鏈概念為基礎，建立異常事件捕捉及判別邏輯、發展車外衝突指標。
 - (3) 歸納大客車在國道行駛過程中與其他車輛的各種互動狀況，歸納可能造成事故的重要行為態樣 (車與車互動、駕駛人本身行為)、環境因素、駕駛人特性及工作特性組合，彙整分析此等行為分析所需資料。

3. 車外異常事件影像辨識技術之架構分析與技術開發

- (1) 依據駕駛行為模式分析結果，以及目前國內運輸業已普遍使用之智慧車載設備為基礎，提出本計畫後續進行影像辨識之異常事件種類，異常事件應以現有設備可提供之警示事件為基礎，配合車外動、靜態特性（例如周遭車流、天候、道路環境等）定義不同類型異常事件的操作型定義。
- (2) 探討現有智慧車載設備及行車影像紀錄器之功能限制，包含在日夜、晴雨、夜間有無燈光等狀態下的工作能力，及上述能力限制對異常事件影像辨識技術之影響。
- (3) 建立應用行車影像辨識之設備最低標準，包含應有的智慧車載設備種類（可產生之資料類別、取樣率等）、行車影像鏡頭（數量、拍攝方向等）及相關軟硬體設備。

4. 車外異常事件影像辨識技術訓練

- (1) 依據本期計畫對各項異常事件之操作型定義，將所蒐集行車影像 200 趟次（南下、北上各 100 趟次）納入異常事件影像辨識技術之訓練（車外影像部分）。
- (2) 應用本計畫開發之異常事件影像辨識技術，將行車影像資料納入分析，篩選行車過程中的所有異常事件。

5. 車外異常事件分析

- (1) 分析車外異常事件特性，包含時間（日夜、尖離峰）、天候（晴雨）、異常事件發生時間序及空間集中性等特性。
- (2) 透過所蒐集之趟次 ADAS 觸發之警示事件資料，結合影像辨識結果，找出異常行為特性。
- (3) 結合事件資料、道路幾何資料、交通特性及事故資料等，找出影響車外異常事件之件因素。

1.4 計畫範圍與整體架構及流程

本計畫以前期計畫為基礎，並回顧國內外文獻，針對國道環境，分析大客車駕駛本身駕駛行為，同時結合空間資訊預測高風險路段。本期計畫主要為完成車外異常事件行車影像辨識工具之建立，並藉由所建立之行車影像辨識工具分析車

外異常事件。

1.4.1 四年期計畫關係

本四年期計畫：「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」，係透過車內外影像與車機資料，並結合現今科技發展之 ADAS 系統（例如 Mobileye），針對駕駛運行車輛時之狀態與異常事件進行判別與訓練。藉由前述各類資料，以 ADAS 系統產生之警示事件解析異常事件，再從綜整建成之資料庫中進行與道路交通環境資料之時空環境分析、關聯，以及駕駛行為之評估，探索容易發生異常事件之條件與情境，並供業者、政府在營運與管理上能有實務上之策略與幫助。本計畫執行之所需資料來源與開發程序，至分析模組與預期應用之步驟羅列如下。

本計畫前期，著重於車內外行車資料之整合，以確立 ADAS 警示事件資料與駕駛實際有操作錯誤之異常事件之分辨能力，藉由客運環景錄影資料，獲得車輛外部周遭之影像。第一年側重於影像辨識模組開發訓練之產出，將車輛運行之動態資料偕同車機資訊，與 ADAS 警示事件資料進行比對。由於前期計畫車隊之 ADAS 主要透過 Mobileye 以 TTC 之時間大小做為警示標準，難以直接分辨是駕駛因素或外在因素觸發告警，因此本次四年期計畫透過人工辨識一定數量趟次，先確立異常事件，再供影像訓練進行大量驗證以建立可行之車外異常事件判斷模組。第二年期則增加車內影像之應用，開發能辨識駕駛狀態與分析其行為的車內、外異常事件判斷模組，最後擴展大量且完善之異常事件資料庫。

至此，以既有車輛異常事件資料基礎，結合道路幾何與天候資料獲得之特性，可針對異常事件及交通事故之時空與交通環境、駕駛行為進行初探分析，並針對 count model 進行細節之校估與定式之建立，確立異常事件以及交通事故資料，探索關鍵影響因素並兩相比對。同時，隨著駕駛人資料與行為加入，能針對駕駛行為探勘並分析，除可評估駕駛績效外，或可擷取適當時長，分析好發異常事件種類與時序組合。第三、第四年比對驗證影像訓練以及計數模式之影響因素進行調校，並找出具有代表性之結果。

在各項模組成熟之餘，且預期將可從客運業者取得一定車輛發生事故的錄影與車機資料，計畫將以個案分析方式進行事故鏈分析模組化，與異常事件判斷模組進行比對，確認是否一定項目的異常事件，將與發生事故之結果有關聯，能較異常事件與交通事故之關聯分析模組獲得更微觀的駕駛行為影響之資訊，並可驗證異常事件判斷模組確實可實際應用。最後，由異常事件、交通事故以及駕駛特

性之關聯與模式模組所得結果，將可提供營運公司訓練要求員工、政府部門策略改善道安。

本計畫預期主要研究成果包含：ADAS 系統之組成與規格，除了攝影設備所需之規格標準外，擬著重於將異常事件判斷模組功能加入系統，結合道路幾何、天候、交通特性及設施特性等，找出高風險路段所具備特徵；透過駕駛風險指跡研究，找出異常駕駛序列風格及風險等級，結合時空分析特性，得到異常駕駛行為之好發情境，可監督駕駛行為並供客運公司建構車隊安全管理系統。最終，異常事件雲端資料庫之內容、運算功能與規格，將可進行異常事件時空與交通環境之分析應用。

本團隊針對此四年期計畫之整體構想繪如圖 1.4-1 所示，分年研究重點則整理如表 1.4-1 所示。

1.4.2 本期計畫架構與流程

本計畫研究流程關係如圖 1.4-2 所示，工作項目包含：1) 文獻回顧、專家學者與利害關係人訪談；2) 異常事件影像辨識技術架構之建立與技術開發；3) 異常事件影像訓練與判別；4) 車外異常事件分析；以及 5) 空間特性分析初探。本計畫整體之影像分析架構於本年度建立，以車外影像為主，討論現有車載設備與數位行車紀錄器之限制時，亦同時考量車內外異常事件分析之需求，建立異常事件影像辨識技術訓練，整合資料庫找出車外異常事件型態與時空特性，最後提供業者駕駛人管理及主管機關易肇事地點管理。

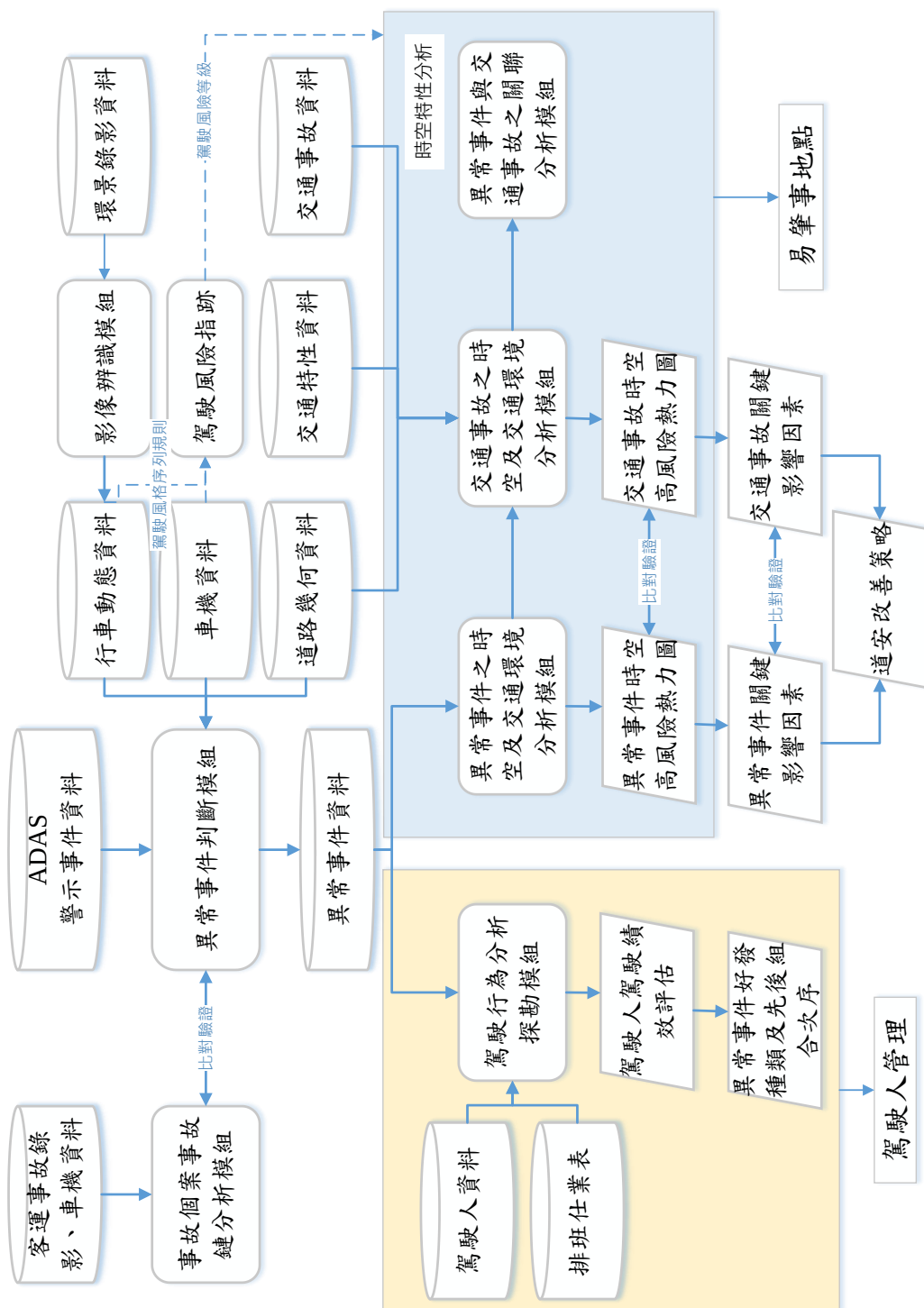


表 1.4-1 分年研究重點彙整

模組	第一年	第二年	第三年	第四年
異常事件判斷	1.國道客運 2.車外影像 3.各類型異常事件	1.國道客運 2.車外+車內影像 3.各類型異常事件	1.國道客運 2.車外+車內影像 3.各類型異常事件	1.國道客運 2.車外+車內影像 3.異常事件待定
影像辨識	1.車外影像 2.影像品質分析 3.車外攝影設備規格標準	1.車外+車內影像 2.影像品質分析 3.車內攝影設備規格標準	1.車外+車內影像 2.影像品質關鍵影響因素分析	1.車外+車內影像 2.攝影設備規格標準
事故個案事故鏈分析	國道客運	1.國道客運 2.事故鏈定序	1.國道客運 2.事故鏈定序	1.國道客運 2.事故鏈定序
異常事件之時空及交通環境分析	國道客運 (初探)	國道客運 (定式)	國道客運 (定式)	國道客運 (定式)
駕駛行為探勘分析	國道客運 (初探)	國道客運 (定式)	國道客運 (定式)	國道客運 (定式)
交通事故之時空及交通環境分析	國道 (初探)	國道 (初探)	國道 (定式)	國道 (定式)
異常事件與交通事故之關聯分析			國道	國道

註：主要研究成果含 1) ADAS 系統組成及規格 (含攝影設備規格標準、異常事件判斷模組功能)；2) 駕駛及車隊安全管理系統 (含駕駛行為探勘模組功能)；以及，3) 異常事件雲端資料庫及大數據運算設備之組成及規格 (含異常事件時空及交通環境分析模組功能)

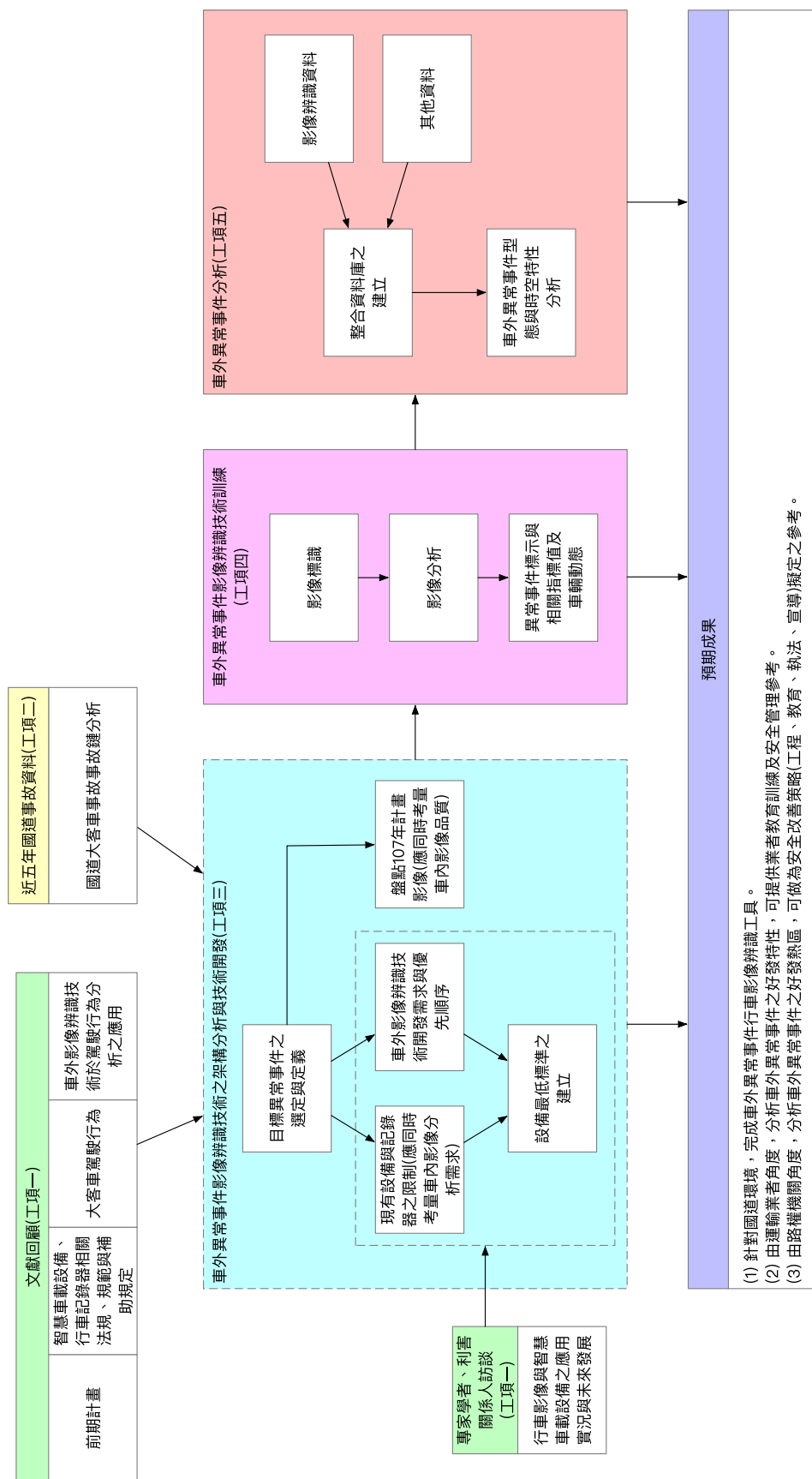


圖 1.4-2 本期計畫流程圖

第二章 文獻回顧

本章針對自然駕駛與異常事件研究 (2.1 節)、前期計畫成果 (2.2 節)、駕駛行為分析之影像辨識技術 (2.3 節)、智慧車載系統與行車影像資料整合應用於大客車職業駕駛安全管理 (2.4 節)、道路交通事故空間分析 (2.5 節) 以及車載設備與行車影像紀錄器國內外規範 (2.6 節)，進行相關文獻回顧。

2.1 自然駕駛與異常事件研究

2.1.1 自然駕駛研究計畫

隨著科技演進，各國陸續發展自然駕駛研究 (Naturalistic Driving Study)，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。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、觀察事故及近似事故之發生經過，進一步探討其發生原因和背後機制，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 (Charlton *et al.*, 2013; Guo and Fang, 2013; Sparrow *et al.*, 2016)。以下彙整國內外之自然駕駛研究：

1. 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 0.7g、縱向加速度大於 0.6g、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 3000 位駕駛人。該計畫蒐集駕駛過程

中的資料如圖 2.1-1 所示，其變數主要分為事件潛在因素和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 4 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)、根據影像紀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。

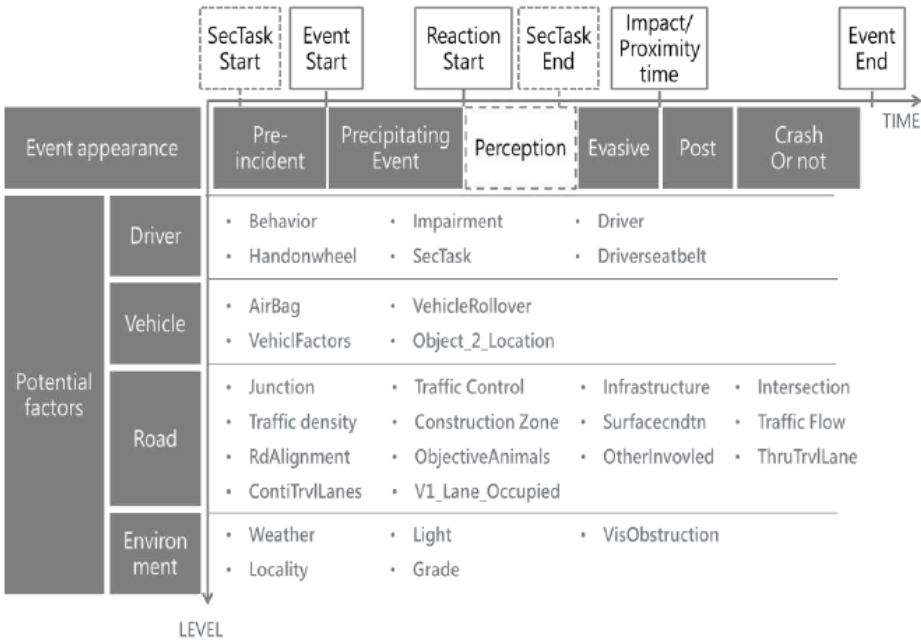


圖 2.1-1 SHRP2 變數

2. 歐洲

UDRIVE 是歐洲第 1 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 2 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 (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。

2-BE-SAFE (2-Wheeler Behaviour 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。

3. 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輛診斷系統 (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。

2.1.2 自然人駕駛研究計畫資料

自然駕駛研究資料的特色之一即可蒐集大量近似事故之資料，取代過去使用事故資料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的中介指標 (Guo *et al.*, 2010; Wu and Jovanis, 2012 Wu *et al.*, 2014)；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，並針對各事件提供了項目多元且完整的相關資訊。

以美國 SHRP2 NDS 為例，該計畫主要透過車內攝影鏡頭、行車影像、車輛動向數據紀錄、雷達、GPS 等設備，記錄駕駛人本身、車輛動向、外在環境等數據。利用長時間、非介入式的資料蒐集，針對各事件擷取特定資訊，包含：事件前後 30 秒之影像、與影像同步之車輛數據、事件屬性資料 (如圖 2.1-2)。根據 SHRP 2 資料分析報告 (SHRP 2 Project S08, 2012)，自然駕駛資料運用於 4 個安全主題，分別為：車道偏移、左轉車道偏移、高速公路壅塞下之追撞事故、駕駛分心及碰撞風險，其利用各事件中兩車之車速及關鍵時間點 (例如：衝突起始、關鍵動作、衝突排除) 的車輛資訊，以分析其發生追撞之原因。



圖 2.1-2 NDS 車前影像與數據同步顯示畫面

2.1.3 異常事件

早期業者利用 GPS 偵測超速及急加速或急減速來做為異常事件指標，惟此類指標誤差偏高，目前鮮少使用；近期導入 ADAS 後業者改採跟車距離過近及車道偏離等警示事件做為安全管理之用，惟此類警示事件有誤報率過高問題，因此必須進一步認定該警示事件是否屬於有安全隱憂之異常事件，方能進行後續安全管理。而在資源有限的情況下，難以同時偵測並驗證所有異常事件，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。

以美國為例，SHRP2 在 2010 至 2013 年期間蒐集了 6,559,367 個旅次檔案，相關研究透過這些自然駕駛數據提出不同的異常事件，進而估算出不同駕駛行為、道路環境特徵所造成的風險。該計畫所訂定異常事件之觸發門檻值如表 2.1-1 所示：

表 2.1-1 危險駕駛行為之異常事件

指標	事件門檻值
縱向減速度	縱向減速度大於等於 0.65g，且超過門檻值的持續時間至少 0.001 秒，而在 2 秒內發生將算成同一個事件
縱向加速度	縱向加速度大於等於 0.50g，且超過門檻值的持續時間至少 0.001 秒，而在 2 秒內發生將算成同一個事件
高速公路 縱向減速度	當車輛行駛在高速公路上時，縱向減速度大於等於 0.3g，且超過門檻值的持續時間至少 0.001 秒，而在 2 秒內發生將算成同一個事件。
橫向加速度	橫向加（減）速度大於等於 0.75g，且超過門檻值的持續時間至少 0.2 秒，而在 2 秒內發生將算成同一個事件。
轉向	當車輛以 11mph 或更高的速度行駛時，偏航率(yaw rate)經微分後，其最大或最小正弦波在兩秒內變化超過 15 度時。

表 2.1-1 危險駕駛行為之異常事件 (續)

指標	事件門檻值
偏航率	當車輛以 30mph 或更高的速度行駛時，在 0.75 秒內，車頭的偏移角度大於等於 8 度者，而在 2 秒內發生將算成同一個事件。
縱向變加速度	當車輛以 11mph 或更高的速度行駛時，縱向加速度導數小於-1.0g/s，並持續 1 秒。
側向變加速度	當車輛以 11mph 或更高的速度行駛時，側向加速度導數的絕對值大於 1.0g/s，並持續 0.8 秒。

2.2 前期計畫回顧

吳昆峯等 (2020) 於本所前期計畫「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」中，以所蒐集的 100 個旅次自然駕駛行為資料為例，針對國道客運業者進行異常事件判定指標與門檻值之建立、異常事件分析¹、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，供業者快速進行駕駛人安全診斷，以協助業者進行安全駕駛行為管理，達到預防事故發生之終極目標，也可以做為未來政府政策規劃之參考與業者裝載車機設備之依據。

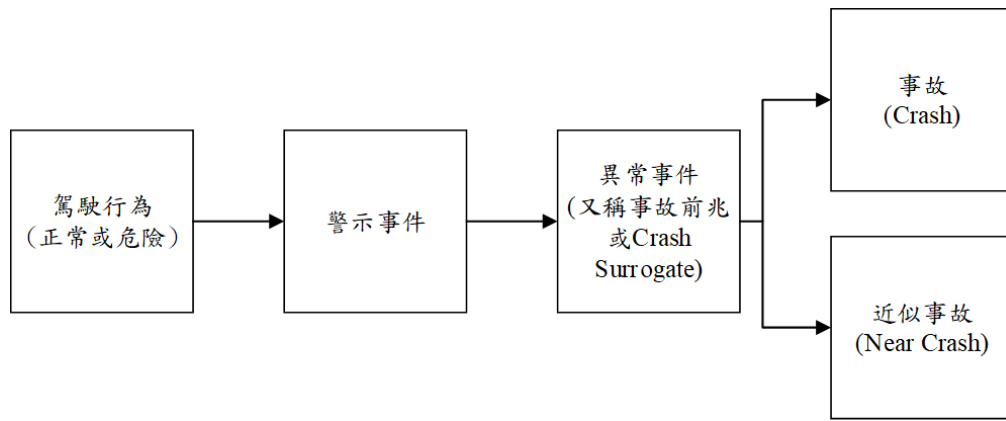
2.2.1 目標異常事件之定義

異常事件為學理上狹義之事故前兆，為與事故關聯性高的特定型態安全相關事件，而警示事件為根據特定偵測指標及門檻值所定義之事件，但這些警示事件未必與事故有明確的因果關係，但警示事件的發生，在特定駕駛環境與行為互動的情境下，可能進一步導致異常事件或事故的發生。警示事件、異常事件及事故發生之關係如圖 2.2-1 所示。

在前期計畫中，考量到 100-106 年間營業大客車在國道事故肇因、國道事故型態與事故位置分析結果，綜合業者訪談之意見以及資料蒐集之可行性，選出三大異常事件做為目標異常事件，包含：

1. 未保持安全距離：考量為大客車常見之事故肇因（佔營業大客車國道事故肇因的 62%），且為目前 ADAS 所能輸出之警示事件。

¹ 本計畫公告需求說明書中之「異常事件」及「警示事件」分別為前期計畫報告書中之「危險事件」及「與安全有關事件」，本計畫書採用需求說明書之用語，統一為「異常事件」及「警示事件」。



資料來源：吳昆峯等 (2020)

圖 2.2-1 事故前兆及安全相關事件之關係圖

2. 車道偏移：考量為大客車常見之事故型態 (撞護欄、同向擦撞分別占總事故型態的 5%)，且為目前 ADAS 所能輸出之警示事件。
3. 過彎 (匝道) 車速過快：考量客運大客車若在彎道速度過快易有車輛翻覆之重大傷亡事故。

為了更準確分析事件成因與風險，及整理歸納符合異常事件定義之駕駛序列，前期計畫進一步透過事故前兆之 Logit 模型，探討不同行車動態 (前車與本車動態)、道路屬性 (主線、匝道等) 及環境 (晴、雨) 等條件下，對於異常事件發生之影響。其結果指出，相對於「因前車等速或慢速行駛」的一般行車動態，「前車變換車道且前車剎車」、「本車變換車道且前車剎車」與「前車突然減速且本車未剎車」具有顯著較高的機率發生異常事件，分別為近似一般行車動態的 3.45、3.55、及 4.84 倍，推論在觸發未保持安全距離警示條件下，剎車與否對於行車風險有很大的影響；另外也發現雨天之行車風險相對於晴天高出 5 倍。

2.2.2 異常事件分析

在前期計畫中，考量到營業大客車在國道事故肇因分析結果、業者訪談意見與資料蒐集之可行性，選擇以「未保持安全距離」做為目標駕駛行為，分別量化有裝載 ADAS 與沒有裝載 ADAS 下的本土化指標與門檻值，流程如圖 2.2-2 所示。前期計畫共計蒐集 2018 年 11 月-2019 年 2 月，共約 4,313 趟、85,728 小時之行駛里程資料進行分析，包含全程數位行車紀錄器之資料、Mobileye 系統偵測之資料，動態行車影像 (車前、車旁兩側、駕駛人，如圖 2.2-3 至圖 2.2-5)，以及駕駛員排班等資訊。



資料來源：吳昆峯等 (2020)

圖 2.2-2 駕駛行為分析工具本土化指標及門檻值與行為特性分析流程圖



圖 2.2-3 駕駛人影像



圖 2.2-4 車前影像



圖 2.2-5 車旁兩側影像

首先以 ADAS 所偵測之「警示事件」為基準，包括車道偏移、未保持安全距離且 $TTC < 0.4$ 秒、未保持安全距離且 $TTC < 1.2$ 秒、急加速、急減速等。綜合行車影像可得知資訊與駕駛教練之專業判斷，提出適合做為危險行為之判定依據的三個準則，如表 2.2-1。接著以該三準則為判斷依據，逐一以人工過濾 ADAS 警示事件是否為真正的異常事件。在找出所有的異常事件後，運用 ROC²方法，評估

² ROC 值較大者為較適宜做為偵測危險事件之門檻值。

所發展出來之指標及門檻值針對預測異常事件的準確度，以最小化偽陰性與偽陽性為佳，並找出較適合運用於我國之指標及門檻值。

表 2.2-1 異常事件之判斷準則與參考因素

	判斷準則	參考因素
準則 1	事件發生當下之情境是否危險	(1) 車速 (2) 車流量 (3) 本車與前車距離 (4) 本車與後車距離 (5) 鄰近車道是否有車 (6) 前車或旁車是否為大車 (7) 事件發生地點 (如匝道、交流道附近等)
準則 2	與前車之相對距離	使用三個等級代表相對距離之遠近： 等級 1：不危險 (與前車距離大於 40 公尺) 等級 2：普通 (與前車距離小於 40 公尺、大於 20 公尺) 等級 3：危險 (與前車距離小於 20 公尺)
準則 3	駕駛人之因應動作	(1) 本車有無減速 (2) 減速幅度與減速時機 (是否太晚) (3) 駕駛變換車道是否有打方向燈、看後照鏡 (4) 超車或變換車道的時機是否適當 (5) 駕駛是否有注意或觀看旁側車道是否有車 (6) 駕駛是否有注意或觀看後方是否有來車加速

然而，目前裝設完整 ADAS 系統且有完善後台功能之業者仍屬少數，若單以 ADAS 系統才能偵測到之數據當成績效指標，應用相當受限。因此前期計畫進一步以已知的異常事件為基準，回推在沒有裝設 ADAS 系統下，純粹以 OBD-II、GPS 資料之速度變化、剎車等數據來當成指標與門檻值是否能有效預測異常事件之發生，並研提國道上建議採用之安全管理之指標與門檻值，如表 2.2-2。

表 2.2-2 前期計畫建議在國道上可採用之安全管理指標與門檻值

有無裝載 ADAS	單一/ 多重指標	門檻值	ROC	真陽性率	真陰性率
有裝載	單一	TTC<0.4 秒	0.790	74.3%	84.5%
有裝載	多重	TTC<0.4 秒+ 事件持續時間≥2 秒	0.653	34.6%	96.0%
無裝載	單一	事件 3 秒前 2 秒後速度變化<-4 km/hr	0.399	69.6%	12.5%
無裝載	多重	速度>60km/hr + 事件 3 秒前 2 秒後速度變化<-4 km/hr	0.578	25.7%	89.9%

在有裝載 ADAS 系統之下，以 TTC<0.4 秒為單一指標，其 ROC 值為 0.79、真陽性率為 74.3% (漏報率為 25.7%)、真陰性率為 84.5% (誤報率為 15.5%)。由於真陽性及真陰性率皆高，且誤報及漏報率亦低，因此可得知 TTC<0.4 秒不論是在即時性行車預警及後端駕駛人安全分析之目的，皆為具有相當效力之指標。

在多個指標組合比較下，「TTC<0.4 秒 + 事件持續時間≥2 秒」指標之結果較佳，真陽性率達 34.6%，真陰性率達 96%，在後台管理階層講求低誤報率的原則下，該指標也可以做為衡量駕駛人行車安全的依據；且過去門檻值訂定多以速度、加速度、偏移率等車輛動態為主，卻忽略事故發生可能係因是駕駛人在事件當下無及時反應所致，因此，若 ADAS 持續發出警示，表示駕駛人並未及時進行相對應的反應，將事件持續時間納入考量有其必要。

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 值效力明顯優於沒有裝設 ADAS 之指標，顯見 ADAS 確實可提升異常事件偵測的準確度。然而無論是有裝設 ADAS 的指標或是沒有裝設 ADAS 的指標，兩者皆優於原始的 ADAS 警示及單以超速為基準之指標準確率。

2.2.3 駕駛人安全駕駛行為評估

根據訪談、問卷調查結果以及國內外文獻回顧，前期計畫將目前之車載設備與資訊系統依據不同程度之資料可得性分成 4 個等級如表 2.2-3：

表 2.2-3 車載設備與資訊系統資料可得性等級與可偵測駕駛行為

車載設備與資訊系統等級	可偵測之駕駛行為
Level 1：有些許配備，但無 IT 管理系統 (如：僅有行車影像但無回傳或僅有 GPS 但無行車影像)	超速 (無法驗證)
Level 2：有些許設備，有基本 IT 管理系統 (如：有行車影像或 GPS，且有回傳行控中心；或有採用 ADAS，但 IT 系統尚無法介接)	超速 (無法驗證) 跟車距離過近 車道偏移
Level 3：採用 ADAS 輔助，有較完整之 IT 管理系統與基本圖資 (如： OBD-II +GPS+ADAS+行車影像)	超速 (可驗證) 匝道/彎道超速 跟車距離過近 車道偏移
Level 4：除採用 ADAS 輔助，且搭配 IT 系統及圖資 (如： OBD-II +GPS++ADAS+行車影像+地圖 (道路屬性))	超速 (可驗證) 匝道/彎道超速 跟車距離過近 車道偏移

目前國內客運業及貨運業者之設備等級多數僅停留在 level 2，業者若欲升級，除了需花費大量成本建置 IT 系統和設備購買，還得針對每個警示事件進行異常事件之驗證，相當耗費成本。因此建議未來能以 level 2 為基礎，發展出一套 AI 影像辨識系統，來辨識行車影像中真正具有危險之異常事件，對於駕駛人安全行為管理將會有諸多助益。

另外，Level 4 資料還有一大好處是能夠進行同質旅次 (Homogeneous Trip

Segment, HTS) 分析。即透過駕駛行為、車輛因素及行駛環境因素來進行分割，使得各 HTS (試驗) 為均質。以前期計畫為例，使用所蒐集之資料 (level 4) 為基礎，將 101 個旅次分割為 2,543 個 HTS。將行車過程中的危險事件整合至所屬的 HTS 後，即可分析 HTS 屬性及其曝光量對危險事件發生次數的影響。

表 2.2-4 前期計畫採用之 HTS 分類

坡度	彎道	道路狀態	道路屬性
平路	直線	上匝道	
平路	直線	下匝道	
平路	直線	市區道路	
平路	直線	國 1	交流道間路段
平路	直線	國 1	下匝道前路段
平路	直線	國 1	上匝道前路段
平路	直線	國 1	主線道
平路	右彎	國 1	交流道間路段
平路	右彎	國 1	下匝道前路段
平路	右彎	國 1	主線道
平路	左彎	國 1	交流道間路段
平路	左彎	國 1	主線道
爬坡	直線	國 1	交流道間路段
爬坡	直線	國 1	上匝道前路段
爬坡	直線	國 1	主線道
爬坡	右彎	國 1	交流道間路段
爬坡	右彎	國 1	上匝道前路段
爬坡	右彎	國 1	主線道
爬坡	左彎	國 1	交流道間路段
爬坡	左彎	國 1	主線道

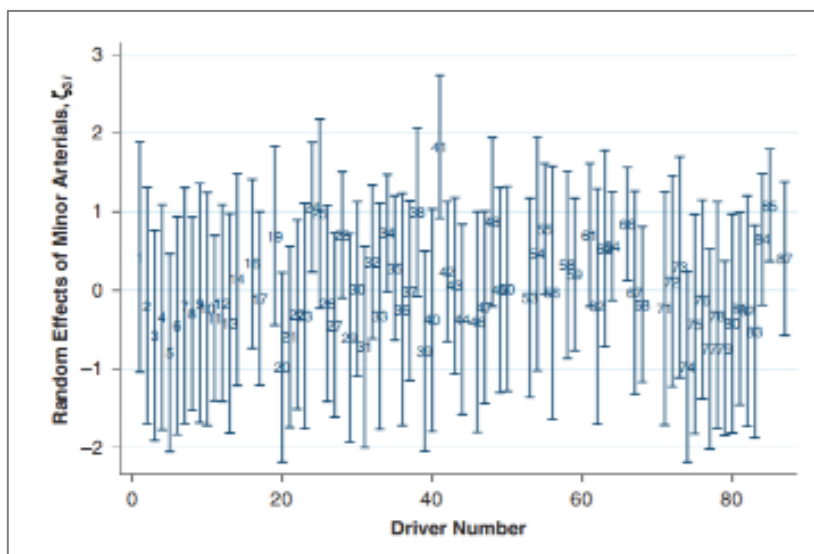
註：HTS 之分類變數除表中四因素外，尚包含行車動態類型、是否超速、是否為危險事件以及曝光量等四個因素。

即便在 HTS 控制之下，每個駕駛人還是存在本身與其他駕駛人不同的駕駛行為及事故風險 (Driver-specific effects)，因此使用混合效果頻次模型 (Multilevel mixed-effects Poisson) 來對駕駛人事故風險進行評估較為合適。以異常事件數為因變數，第一個層次為 HTS 屬性，第二層次為駕駛個人屬性，最後推估出每位駕駛人之駕駛風險，其關係式如下：

$$\begin{aligned} \text{異常事件數}_{it} = & (\beta_0 + \zeta_{1i}) + \text{坡度}_{it} (\beta_{\text{坡度}} + \zeta_{\text{坡度 } i}) + \text{彎道}_{it} (\beta_{\text{彎道}} + \zeta_{\text{彎道 } i}) \\ & + \text{曝光量}_{it} (\beta_{\text{曝光量}} + \zeta_{\text{曝光量 } i}) + \text{道路類型}_{it} (\beta_{\text{道路類型}} + \zeta_{\text{道路類型 } i}) + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{警示事件數}_{it} = & (\beta_0 + \zeta_{1i}) + \text{坡度}_{it}(\beta_{\text{坡度}} + \zeta_{\text{坡度 } i}) + \text{彎道}_{it}(\beta_{\text{彎道}} + \zeta_{\text{彎道 } i}) \\ & + \text{曝光量}_{it}(\beta_{\text{曝光量}} + \zeta_{\text{曝光量 } i}) + \text{道路類型}_{it}(\beta_{\text{道路類型}} + \zeta_{\text{道路類型 } i}) + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

其中 ζ_{1i} 代表駕駛 i 個人屬性的隨機效果，為控制其他變數影響後，此駕駛與其他駕駛人不同的駕駛行為，其值越大表示駕駛本身之風險越高。圖 2.2-6 呈現每位駕駛的分數及信賴區間，當長條包含 0 時，則代表此駕駛之潛在事故風險並未顯著與其他駕駛不同。



資料來源：Wu and Jovanis (2013)

圖 2.2-6 運用混合效用模型評估駕駛個人事故風險範例

為探討不同車載設備等級和環境因素在駕駛風險評估結果上的差異，針對不同 level 間的排名結果進行 Spearman 等級相關係數測試，發現評估結果存在一定程度差異。此差異之原因在於不同車載設備與資訊系統等級可以觀察的安全駕駛人行為指標不同，而每個駕駛員在不同指標的表現也不同。例如某一駕駛員雖然容易有超速行為但行車距離保持得當，因此在 level 1 中表現很差，但因 level 2 中有基本 IT 管理系統，因此在 level 2 的排名會比在 level 1 中要好。由此可知，level 較高之系統可透過影像驗證危險事件，且納入環境因素（如彎道匝道等）一併考量，能更正確地進行評估。另針對相同 level 的系統在納入曝光量因素（如改以延車公里事件數取代超速次數）前後之駕駛人排名結果進行相同測試，也發現「是否考量曝光量」對排名會產生很大差異。

經由混合效用模型所評估出之分數，除了用於計算排名之外，也可以進一步進行駕駛人間的綜合比較如圖 2.2-7，以及個別駕駛人之進階分析如圖 2.2-8。藉由最終開發之簡易報表分析工具，業者只需依照自身的車載設備與資訊系統等級，

輸入其從車載設備取得之資料並輸入分析工具中，便可產生相對應的圖表來供業者參考，正確掌握所有駕駛人之安全駕駛行為表現，達到預防事故發生之成效。

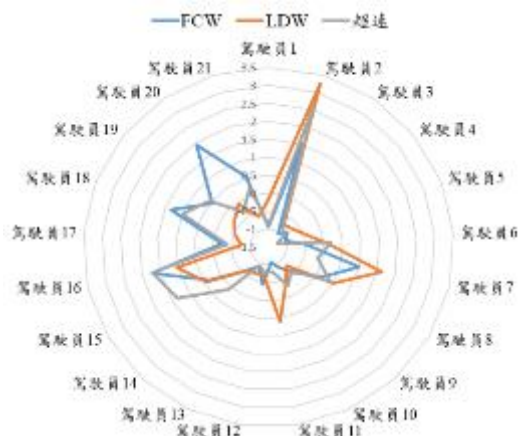


圖 2.2-7 各駕駛人易發生之危險事件比較圖

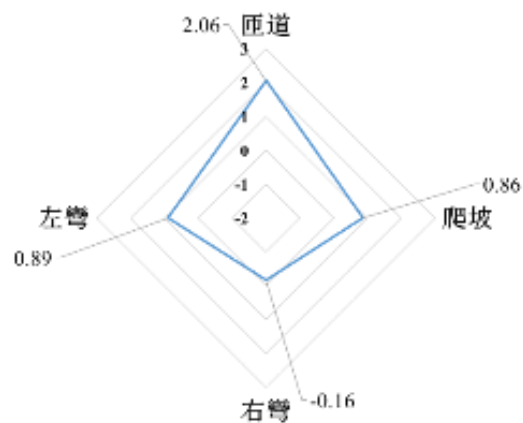


圖 2.2-8 駕駛人 18 在不同道路環境「未保持安全距離」駕駛表現

2.2.4 駕駛行為特性分析

前期計畫以抽樣之 21 位駕駛的 100 趟旅次為基礎，扣除駕駛在過去一週內未排班之趟次，最後針對 71 趟旅次進行分析。將總事件 (All events)、未保持安全距離 (FCW)、彎道超速 (CSW)、超速 (OVS) 做皮爾森相關 (Pearson correlation) 分析，發現這四項事件相互影響的程度很高 (相關係數皆在 0.7 以上，如圖 2.2-9)。另針對全部事件數發展多層次普瓦松迴歸模型 (Multilevel Poisson Regression Model)，可以指出駕駛距離與總事件數及未保持安全距離事件數呈現顯著正相關，以及當趟次駕駛時間較短時容易出現車道偏移、彎道超速與超速事件。

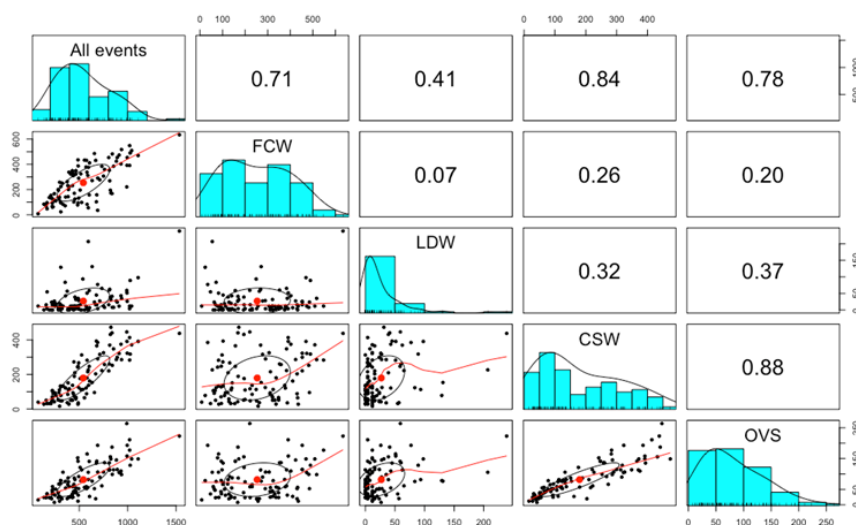


圖 2.2-9 各項事件統計數據與趨勢之對比

2.3 駕駛行為分析之影像辨識技術

隨著汽車科技的發展，車內的智慧化配備種類越來越多，其中為提昇安全進而發展先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance System, ADAS) 被認為可以降低交通事件的發生率。ADAS 配備有不同角度攝影機，內部最主要的部分為影像處理與辨識子系統，用來辨識前方車距、車道偏移、駕駛盲點、夜晚燈光狀態、甚至是周邊車輛，然後建立警示或是介入駕駛，例如：

1. NV: Night Vision System 夜視系統
2. LDW: Lane Departure Warning System 車道偏移警示系統
3. FCW: Forward Collision Warning 前方碰撞預警系統
4. BSD: Blind Spot Detection 盲點資訊系統
5. ACC: Adaptive Cruise Control 自適性車距控制巡航系統
6. PA: Park-assist System 停車輔助系統

上述影像辨識子系統攝影機主要向外拍攝，部分車載系統也配備向車內拍攝的攝影機以記錄車內狀況，包含駕駛人、乘客行為及對駕駛人分心提出警示，藉由影像可觀察駕駛者行為整理如表 2.3-1 所示。

表 2.3-1 常見之危險駕駛行為與可能之行為指標

類別	危險事件	行為指標
A. 速度改變	速度過快、急剎車	速度
B. 行向改變	不當轉向	未/晚打方向燈即改變行向
C. 侵略性駕駛	與其他車縱向距離過近	跟車距離
D. 道路忿怒	不停按喇叭	頻繁之喇叭使用
E. 交通違規	違反標誌標線	違規停車 跨越雙白線、雙黃線等
F. 疲勞駕駛	眼睛閉合	眼睛閉合頻率、頭部點頭狀態
G. 駕駛分心	注意力不集中	頭部擺向、使用手機
H. 其他	與其他車距離過近	他車切入

1. 車身姿態估計
 - (1) 需要攝影機：拍向前方之攝影機
 - (2) 搭配感測器：方向燈
 - (3) 辨識用途：行向改變

圖 2.3-1 將部分舉例測試結果進行說明，圖中紅點表示視線消失點 (Vanishing Point, VP)，綠點為 FOE (Focus of Expansion)，可以用來表示車輛的

左右偏移程度。圖 2.3-1 (a) 左：為鄉間道路行駛中些微向右行，因此 FOE 偏右。圖 2.3-1 (a) 右：同路段繼續行駛到路口處更向右偏。圖 2.3-1 (b) 左：剛從路口出來準備右轉，VP 和 FOE 重；圖 2.3-1 (b) 右：從路口出來右轉之後 FOE 向右遠離 VP。繼續行駛，如圖 2.3-1 (c) 左：前方路邊停車，開始左偏；圖 2.3-1 (c) 右：已經靠近路邊停車的車輛，進行閃避，因此 FOE 向左偏離 VP。圖 2.3-1 (d) 左：前方有來車，準備閃避；圖 2.3-1 (d) 右：靠近來車開始閃避，FOE 偏左；圖 2.3-1 (d) 下：閃避完畢 FOE 會回到中間，但因為要回歸道路行進方向，因此方向盤右打，FOE 右偏。

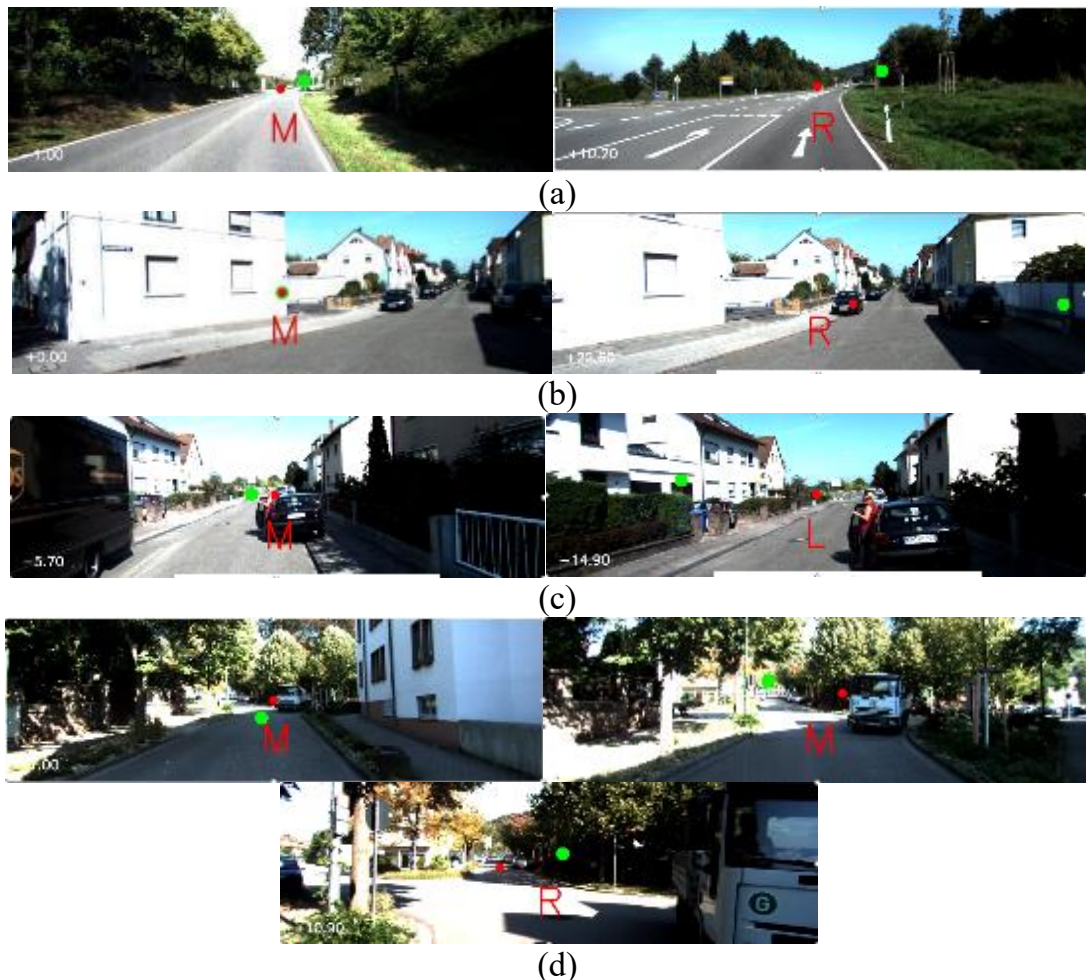


圖 2.3-1 KITTI 資料集中不同路況的影片行向偵測情形

2. 開闢區域與車身姿態偵測

- (1) 需要攝影機：拍向前方之攝影機
- (2) 搭配感測器：OBD-II
- (3) 辨識用途：速度改變、侵略性駕駛、其他

結合光流與其他前方視覺影像處理技術，將光流長短與方向分類以偵測

路面、來車以及景物，初步實驗可以做到基本開闊區域與車身姿態偵測如下圖 2.3-2，車速快速改變時，景物與地面之光流會迅速變化，與正常行駛時不同。姿態方面，圖中青箭頭表示 ROLL、黃箭頭為 PITCH、紅箭頭為 YAW、藍箭頭為 KITTI 資料集中所記載感測器的量測值 (視為 Ground Truth, GT)，紅色文字為當下以本計畫方法與 KITTI 感測器之數值。圖 2.3-2 用光流向量的分類初步估計深度，行車紀錄器畫面右側為深度估計時 MSE 的誤差比例 (包含障礙物深度)，此一方法誤差雖然偏高，但在未進行最佳化或者進一步處理 (例如卡爾曼濾波器) 前，其 MSE 可穩定在一個範圍內。

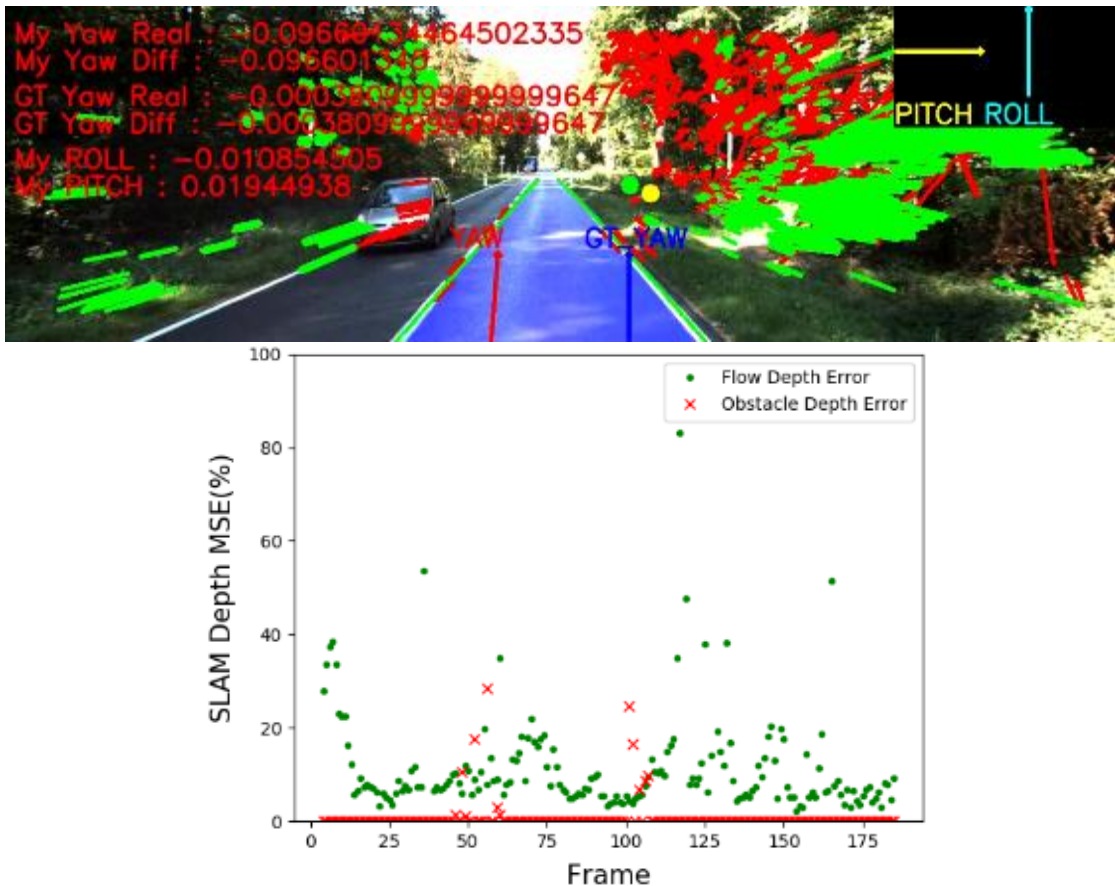


圖 2.3-2 採用光流技術進行車輛姿態與前方開闊區域 (深度估計) 估測

前項技術將結合前車物件與車道線辨識，如圖 2.3-3，物件框 (淡藍色框) 與車道線 (紅色線條部分) 可以做為光流遮罩，可以更精準分類出光流種類是車道線、景物、移動中車輛、靜止車輛所造成，藉此可以更精準的估計出各類車輛以及景物的深度 (與本車距離)。

3. 人體動作辨識

- (1) 需要攝影機：拍向車內駕駛之攝影機
- (2) 辨識用途：道路忿怒、疲勞駕駛、駕駛分心

此技術主要是針對駕駛人的身體部位進行動作的估計，並可參考 RULA (Rapid Upper Limb Assessment，快速上肢估計)。RULA 最初開發用於評估工人與上肢相關人因工程危險因素的暴露程度，參考 RULA 做為影像辨識的評估基準，可以用來評估駕駛者的安全課題。



圖 2.3-3 採用影像物件偵測技術辨識車輛與車道線協助光流分類

4. 標線與鄰近人車辨識

- (1) 需要攝影機：車側拍向外之攝影機
- (2) 搭配感測器：無
- (3) 辨識用途：交通違規、其他

如圖 2.3-5，透過兩側攝影機，可針對鄰近車道線、車道、人等鄰近物件進行偵測。

5. 標線與鄰近人車辨識

- (1) 需要攝影機：車側拍向外之攝影機
- (2) 搭配感測器：無
- (3) 辨識用途：交通違規、其他

如圖 2.3-5，透過兩側攝影機偵測鄰近車道線、車道、人等鄰近物件。

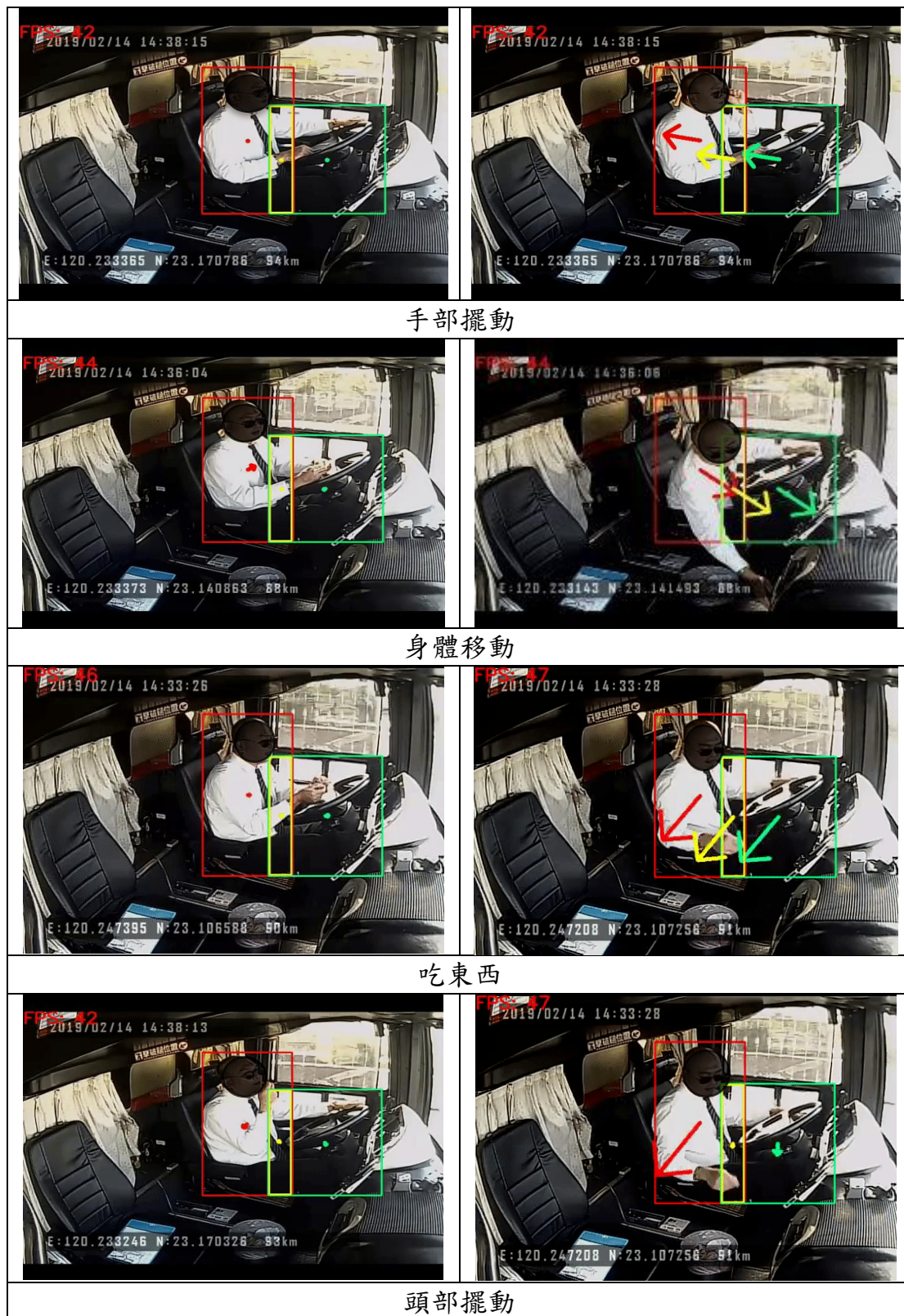


圖 2.3-4 肢體動作辨識 (左欄：動作前，右欄：動作後)



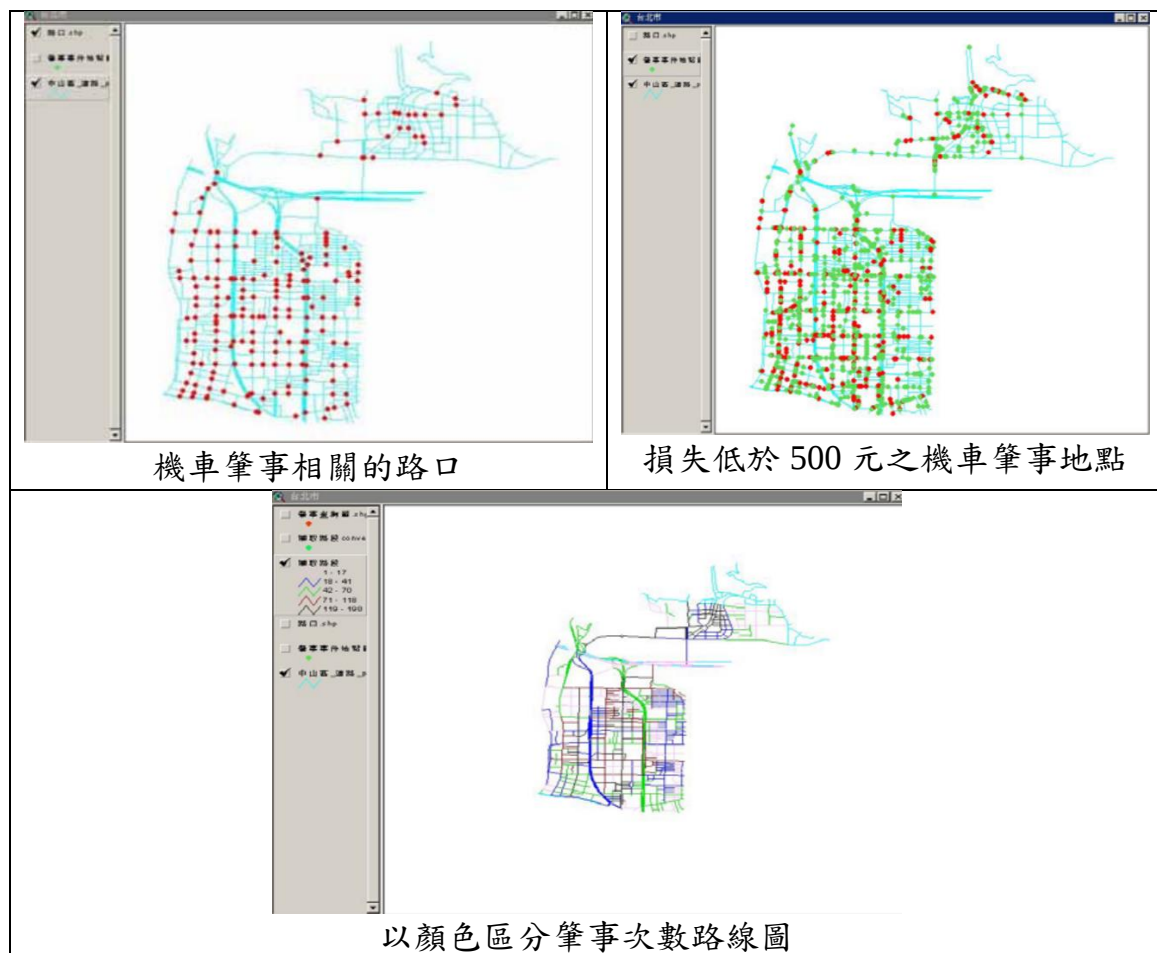
圖 2.3-5 車身左右兩側攝影機對於車旁物件的偵測情形

2.4 道路交通事故地理資訊系統與行車影像辨識應用

2.4.1 交通事故與地理資訊系統資料整合案例

吳健生等人 (2002) 認為為降低肇事發生的可能性以及嚴重度，執法單位及工程單位應僅早掌握易發生肇事之地點資訊，擬定因應對策並有效執行，基於地理資訊系統 (Geographical Information System, GIS) 強大的資料收集、處理、分析及展示能力，該研究將地理資訊系統與交通肇事資料做結合，並以民國 90 年臺

北市中山區肇事資料為例，利用 GIS 系統的空間疊圖技術，以套疊分析 (Overlay)、環域分析 (Buffer Zone) 以及鄰近分析 (Proximity Analysis) 等功能建立出台北市中山區的肇事地圖如圖 2.4-1，提供工程及執法單位應用，有效掌握交通事故空間特性，以期降低事故發生機率與嚴重度。



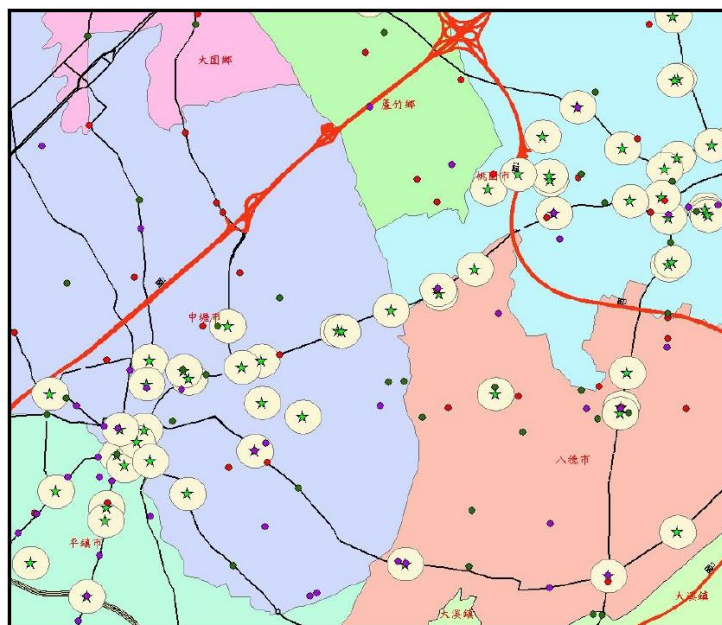
資料來源：吳健生等人 (2002)

圖 2.4-1 GIS 系統空間疊圖示意圖

內政部警政署於 2002 年建置交通事故處理系統供全國各單位使用，蘇志強等人 (2005) 認為此系統有改善空間，例如：該系統採中央集中管理，當各縣市在上傳或下載資料時容易發生壅塞而無法做到即時更新；交通事故處理系統僅提供資料下載與表報分析，尚未提供統計分析和圖表呈現等功能，若要做到此項目則需進行繁瑣的資料查詢與分析，使作業效率下降；易肇事地點分析在當時僅以各路段事故發生次數做為依據，尚未導入相關的計算模式，使得該結果較缺乏公正客觀的計算方式。因此蘇志強等人 (2005)，主要參考國內外易肇事地點與統計分析以進行歸納與探討，提出整合歸納事故地點分析之地理資訊系統，此系統蒐集各交通事故處理小組以及基層派出所負責之 A1、A2 以及 A3 交通事故資料，

將資料數位化後，再藉由系統將資料導入至 GIS 圖層，便可在空間資料庫之地圖圖層展示事故發生地點、事故發生區段及全區域之事故發生分佈狀態，更可進一步透過相對嚴重指標和相對頻率指標來對易肇事地點進行分析與計算，可幫助進行交通事故行為分析、縮短交通事故統計處理時間等目標。

王銘亨等人 (2011) 以原桃園縣 2009 至 2011 交通事故資料及本所臺灣路網數值圖，建立地區性道路交通事故 GIS 資料庫和相關作業程序，並可做為分析區域性道路交通事故之基礎。建立交通事故 GIS 資料庫的主要流程有以下四步驟，首先是確認事故發生地址格式，並將事故發生地點的座標進行轉換，以利後續將事故發生點繪置於圖上；接著為標記省道公里數和道路標的物定位座標，由於許多事故資料是以道路的公里數或是附近標的物為記錄方式，例如路側電線桿或路燈編號，並無確切的地址或經緯度，故此步驟係為使各個事故資料能被精確地標示在圖上；最後則是建立交通事故 GIS 資料庫和系統，以做為交通事故空間及其他各種分析的基礎資料來源。在建立完原桃園縣的事故 GIS 資料庫系統後，王銘亨等人 (2011) 更將其配合警察交通疏導崗哨資料，以分析其中的關連性。圖 2.4-2 為 A1 事故發生地點與交通疏導崗哨相關位置圖，從圖上以及統計資料面來看，可看出有警方站交通崗哨的路口其 A1 事故發生的比例是較其他路口低。

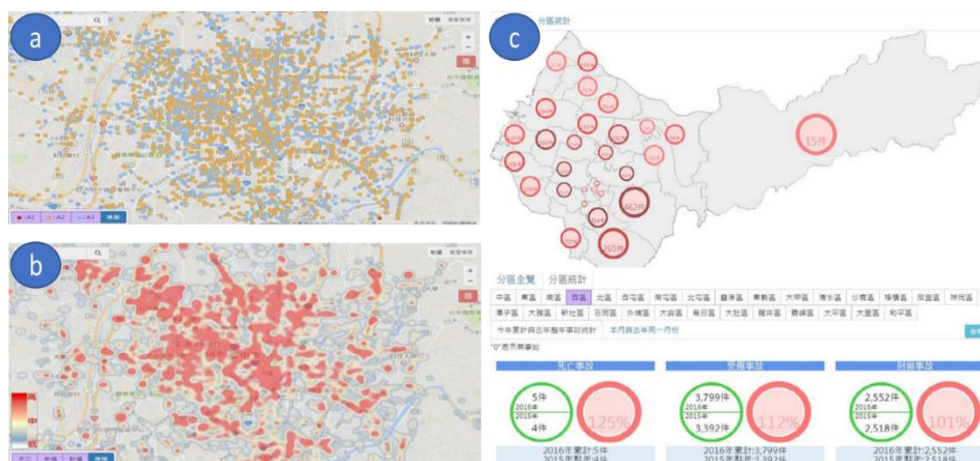


資料來源：王銘亨等人 (2011)

圖 2.4-2 A1 事故發生地點與交通疏導崗哨相關位置

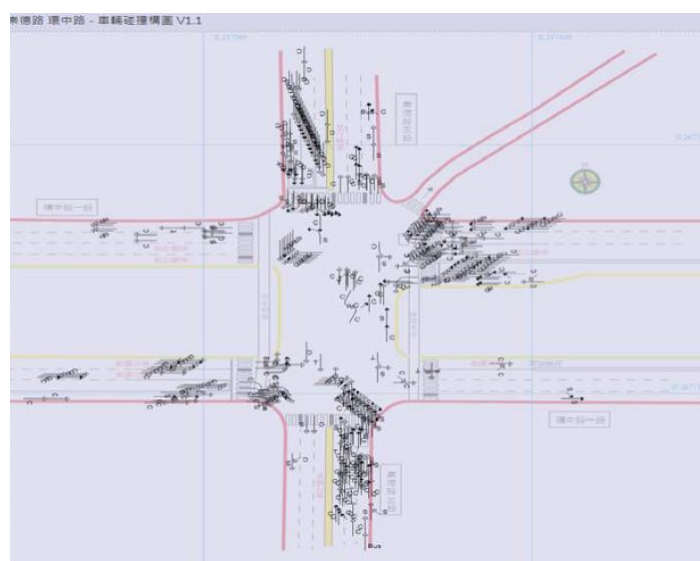
馮輝昇等人 (2017) 建置完成臺中市高風險路口整合平台，如圖 2.4-3 所示，該平台整合事故斑點圖、事故熱力圖、事故件數泡泡圖等功能，並將碰撞構圖分析納入高風險路口資訊，同時配合臺中交通網 APP 主動向民眾推播高風險路口

訊息。而使用者可根據欲查詢的時間區間，看到肇事路口其事故發生的時間、數量以及碰撞型態，如圖 2.4-4 所示。除此之外，該系統建置「改善歷程與績效平台」，讓管理單位可將路口進行改善或維護的時間點、案號、改善策略等資訊輸入，讓系統將改善前後的事故資料匯出統計表格與碰撞構圖，以利各路口的改善策略進行交互比對。



資料來源：馮輝昇等人 (2017)

圖 2.4-3 (a)事故斑點圖、(b)事故熱力圖、(c)事故件數泡泡圖

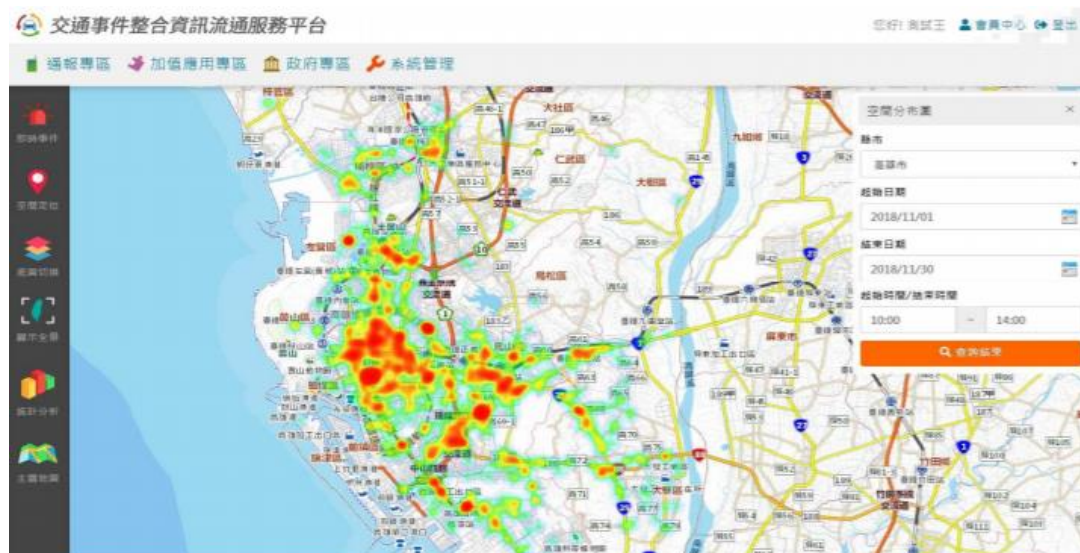


資料來源：馮輝昇等人 (2017)

圖 2.4-4 碰撞構圖

本所於 2019 年推動交通事件資訊整合服務與經濟計畫，目的為精進於 105 年度至 106 年度所開發建置的都市交通事件資訊整合與發佈平台，並希望藉由此計畫之執行，能達到增進智慧城市發展、提升用路人的便利性與舒適性，以及行車的便捷性和安全性等目的。此平台之發展項目其一為「主題圖」，希望能藉由簡易之視覺化操作，提升道路資訊的易讀性，也冀管理單位能因而盡早針對道路

上出現的突發事件做出相對應之反映。此計畫一共規劃了 18 項道安主題圖，其中的交通事故空間分布圖、各行政區交通事故統計圖兩項與本計畫較為相關為交通事故空間分布圖於系統之畫面。除了提供易讀取的交通資訊畫面外，此計畫更將交通事件的發生與公車站牌、路線做比對，當交通事件發生時，迅速探勘出受影響的範圍，如單車道或雙車道、影響的道路長度等，隨後便可比對受影響的公車站牌和路線，並回報智慧運輸中心以採取相關措施。



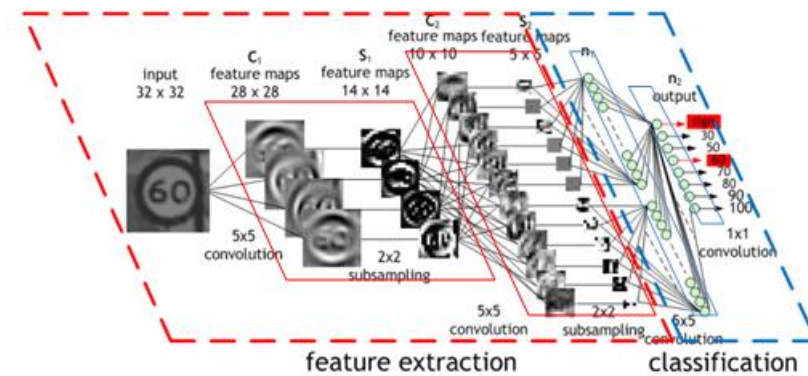
資料來源：交通部運輸研究所 (2019)

圖 2.4-5 交通事故空間分布圖

2.4.2 行車影像辨識案例

近年來因人工智慧影像辨識技術功能日益強大，但仍存在許多技術困難度，以行車影像的交通物件辨識為例，不僅包含剛性近線性邊緣的車輛偵測，還有柔性物件邊緣的行人偵測。行車影像辨識技術開發重點項目如下。

1. 物件辨識：物件的樣貌特徵分析與偵測，多採用深度學習辨識技術。
2. 事件辨識：將全周物體的動態，以感測裝置與通訊技術，記錄位置的變化，以做為事件完整描述與記錄的依據。
3. 影像辨識技術：影像物件於成像過程中會受到攝影機硬體規格（光學鏡頭、感光元件）、場景（光源強弱、光源角度、物件材質反光背光）等因素影響其成像及辨識準確率。目前行車影像辨識多以深度神經網路 (Deep Neural Network, DNN) 學習影像各物件之像素與特徵分佈（技術原理如下圖所示），以深層多元學習神經網路架構來克服過往影像辨識於複雜環境、光影、物件下低辨識率的缺點，並進而提昇高精度之辨識準確率。



資料來源：資料分析和機器學習(2017)

圖 2.4-6 影像輸入至深度神經網路學習與分類之過程

4. 多元環境辨識訓練資料蒐集與標記：為能適應多元環境（如各種氣候、道路層級、混合人車流、...）之行車影像辨識能力，需要多元且大量的深度學習影像辨識訓練資料集 (Dataset)，以有效提升行車影像辨識準確度與標記效率，且可降低人工費用與時間成本。

相關實際案例如下：

1. 行車訓練影像資料庫

目前在歐洲已有兩個主要以行車影像資料訓練為目的之影像資料庫，分別為 KITTI 及 Cityscapes，其相關內容描述如下。

KITTI

KITTI is created by Karlsruhe Institute of Technology, Germany

- Data: Image, GPS, IMU, LiDAR
- Object Class: Car, Van, Truck, Pedestrian, Person (sitting), Cyclist, Tram, Misc (e.g., Trailers, Segways)
- Each object is assigned a class and its 3D size (height, width, length)
- Benchmark for:
 - Stereo Matching
 - Optical Flow Estimation
 - Visual Odometry / SLAM
 - 3D Object Detection
 - Orientation Estimation

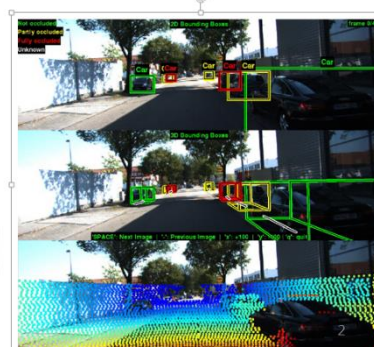
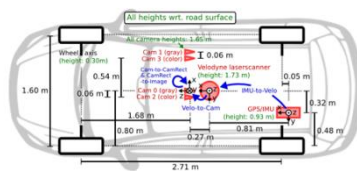


圖 2.4-7 KITTI 影像辨識資料庫

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，並以人工方式標記汽車、行人、騎士等六種物件。

Cityscapes Dataset

The Cityscapes Dataset

- Type of Annotations
 - Semantic
 - Instance-wise
 - Dense Pixel Annotations
- Complexity
 - 30 classes
- Diversity
 - 50 cities
 - Several months (spring, summer, fall)
 - Daytime
 - Good/medium weather conditions
 - Manually selected frames
- Volume
 - 5,000 annotated images with fine annotations
 - 20,000 annotated images with coarse annotations
- Benchmark
 - Pixel-level semantic labeling
 - Instance-level semantic labeling

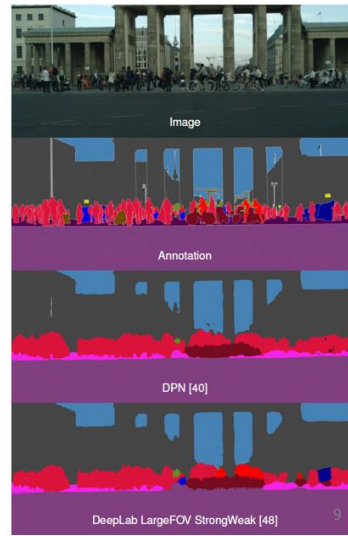


圖 2.4-8 Cityscapes 影像辨識資料庫

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。

2. 以色列 Mobileye 以群眾外包蒐集道路資訊

Mobileye 是以色列一家以電腦視覺 (Computer Vision, CV) 為核心的汽車科技研發公司，於 1999 年創立，並於 2017 年 3 月被英特爾以 150 億美元併購，目前已有 27 家車廠採用 Mobileye 的設備，且全球有超過 6 千 5 百萬輛車裝設 Mobileye 的先進駕駛輔助系統。目前 Mobileye 的自駕車也在以色列耶路撒冷、德國慕尼黑、美國底特律完成運行測試。

2021 年美國消費電子展 (Consumer Electronics Show, CES)，Mobileye 執行長 Amnon Shashua 重申 Mobileye 發展的三大主軸 (如圖 2.4-9)：首先為以 Vision Zero 為目標持續發展 ADAS，其次為透過裝設 ADAS 設備之車輛，以群眾外包 (Crowdsourcing) 概念自動化建置自駕車地圖 (AV Map) 與資料服務 (Data Services)，透過車側先進駕駛輔助系統、或自駕車感知設備共同進行資料蒐集與融合，以提升自駕車地圖地圖與資料服務之即時性與可擴展性。

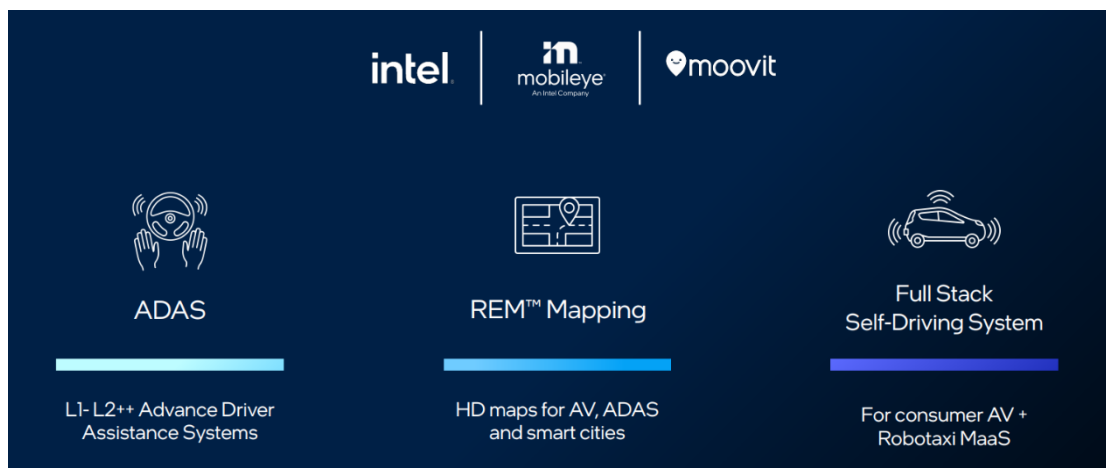


圖 2.4-9 Mobileye 發展的三大主軸

3. Mobileye 自駕車地圖地圖發展

近年來，眾多圖資業者以及相關研究單位紛紛投入於高精地圖 (HD Map) 研究與繪製，其中多數以傳統測繪車蒐集道路資訊的方式進行，將測繪車裝載光達 (LiDAR)、雷達 (Radar)、攝影機 (Camera) 等感知器，並使其運行在道路上蒐集目標路段的道路原始資料，隨後再將車隊蒐集到的資料整合、編譯，以製作出供自駕車使用之高精地圖。

然而，Mobileye 認為此傳統製圖方式將面臨三大挑戰，包含規模化、更新頻率以及精確度。首先，規模化的部分，Mobileye 認為高精地圖即是自駕車運行時必須依賴的重要資訊，倘若無法建置具規模之大範圍高精地圖，每當自駕車運行到未建立高精地圖的區域時，自駕車系統便需要將駕駛權歸還給人類駕駛，導致平均故障間隔時間 (Mean Time between Failure, MTBF) 無法有效提高。

其次為更新頻率，Mobileye 認為目前多數高精地圖廠商多以每月為單位對地圖進行更新，而此頻率對自駕車來說是遠遠不足的。最後則是精確度，Mobileye 認為不僅是自駕車本身，所有道路上的使用者、路測的物件或告示牌等，都應該被以公分級的精確度定位在地圖上，目前單靠 GPS 技術為主的定位方式無法滿足此需求。

為了克服上述眾多的挑戰及問題，Mobileye 從 2015 年開始便開始開發的道路經驗管理 (Road Experience Management, REM) 技術，透過該技術讓自駕車地圖的資料蒐集透過群眾外包 (Crowdsourcing) 的概念得以實現，達到規模化的資料蒐集。圖 2.4-10 所示，REM 技術共分為三個步驟來進行。首先是資料蒐集 (Mobileye 稱之為 Harvesting)，Mobileye 和各大車廠合作，將

其生產的車輛配置 Mobileye ADAS，相較於傳統搭載許多貴重儀器的測繪車，Mobileye ADAS 系統採用攝影鏡頭搭配電腦視覺技術，其成本遠低於建置一台測繪車，搭載此 ADAS 系統之車輛在街道上運行時，會自動蒐集所有拍攝到的道路資訊，同時上傳雲端系統儲存並供後續分析使用。

第二步驟為將蒐集到的資訊整合，由於 REM 為透過群眾外包以達到規模化的資料蒐集，相較於測繪車車隊沿著指定道路運行，此技術可蒐集大量資料，但其複雜度也較高。因此如何快速且有效地將眾多裝載先進駕駛輔助系統的車輛所蒐集到的道路資訊分類、整合，為此步驟的主要目的。

最後一步驟即是建置地圖和語意資訊。藉由第二步驟已將眾多車輛所蒐集道路不同方向、角度的資料彙整後，可再配合車輛運行資訊進一步分析各種道路訊息，包含可行駛路線、號誌優先權設計、號誌與其所控制之車道關係、停讓標示或道路合理運行速度等。

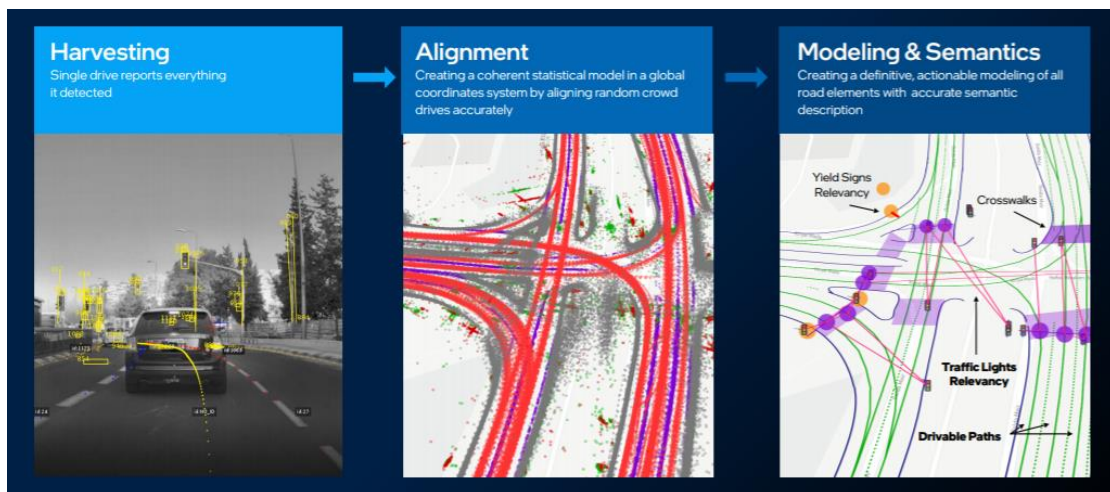


圖 2.4-10 REM 技術的三大步驟

Mobileye 使用的 REM 技術便受惠於群眾外包技術能產製出更貼近實際情況的自駕車地圖 (AV Map)。如圖 2.4 9 所示，以一條沒有車道分隔線的鄉間道路為例，傳統用測繪車建置的高精地圖 (HD Map) 可能僅能標示出道路定位、寬度等資訊，但 REM 技術所繪製出的地圖則可以藉由眾多車輛的駕駛行為進一步分析出該道路合理的駕駛路線。右圖的紅色線條為眾多駕駛的實際運行路線，藉由分析這些路線後便能在地圖上繪製出如綠色線條所示的合理運行路線。



圖 2.4-11 定義無車道線之車輛運行路線

4. Mobileye 資料服務發展

智慧城市發展為各國正在重要發展目標之一，而道路資產數位化、設施自動化巡檢及動態交通資訊監控和發布，都是發展過程中的重要課題。我國現行道路資產數位化、巡檢作業流程多採人工巡查方式進行，此方法耗時耗力且難以即時反應交通現況。另一方面，若能掌握到即時交通資訊，亦能同時將資訊發布給用路人，以降低道路壅塞的機率，提升整體都市運輸效率。Mobileye 透過先進駕駛輔助系統及群眾外包能量，盡可能蒐集所有路面上的物件、狀態以及相關交通資料，再透過資料分析、疊圖等方法產生最新 GIS 圖層，進一步發展資料服務 (Data Services)，為政府機關發展智慧城市應用提供新利器。Mobileye 的資料蒐集方法可分為四個步驟如下：

- (1) 首先在車輛上裝載 Mobileye ADAS 設備，透過其攝影鏡頭蒐集道路上所有資料。
- (2) 將所蒐集到的資訊進行處理並過濾出重要的資料。
- (3) 對資料進行去個資及加密等動作 (Mobileye 並不會回傳原始影像資料，一來基於個資保護，二來影像傳輸花費高昂)。
- (4) 產出 AI GIS 圖層 (AI GIS Layers)，包含：道路資產資料 (如圖 2.4-13)：項目包含車道線、道路護欄、道路標示、車道標示、車道寬度、停止線、斑馬線、斜坡及險升降坡、交通標誌、交通號誌、電塔及電線杆、行道樹、人孔蓋 (格式請參考表 2.4-1)。



資料來源：公車先進駕駛輔助系統加值道路資訊自動化蒐集服務
(<https://smartcity.taipei/projdetail/272>)

圖 2.4-12 Mobileye 資料服務流程圖

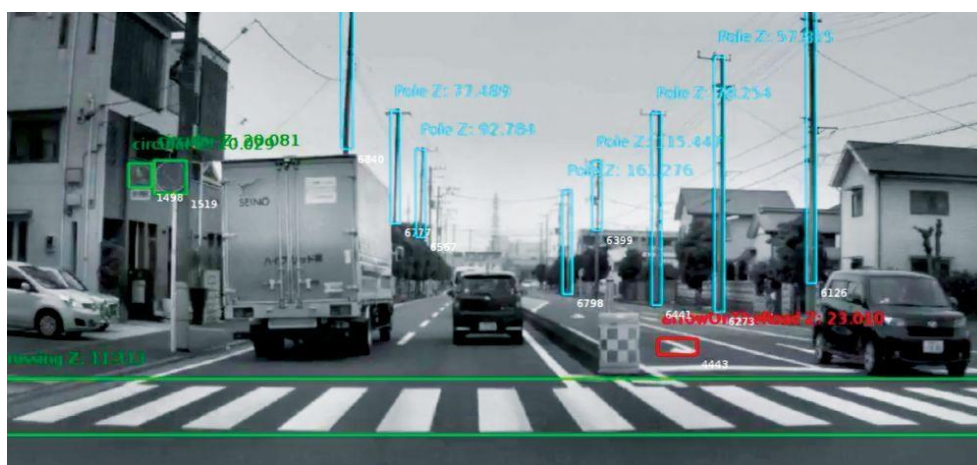


圖 2.4-13 Mobileye 蒐集道路資產資料

表 2.4-1 Mobileye 道路資產數據流通格式

GIS 圖層	屬性資料
道路邊緣	位置、長度、高度、道路邊緣型態 (側欄、護欄，停車、緣石等...)
道路標線	位置、長度、車道標線型態 (例如：實線、虛線)
車道標線	位置、長度、車道標線型態 (例如：實線、虛線)
穿越道	位置、邊界尺寸 (寬度、長度)、型態
停止線	位置、長度、型態
道路寬度	位置、寬度
車道寬度	位置、寬度

表 2.4-1 Mobileye 道路資產數據流通格式 (續)

GIS 圖層	屬性資料
邊坡	位置、路段坡度百分比，每十公尺取樣
交通標誌型態	位置、型態、尺寸 (寬度、高度)
交通號誌 (紅綠燈)	位置、號誌的尺寸細節 (寬度、高度)
燈桿	位置、角度、寬度 (在中線位置)
指示標誌桿	位置、寬度 (在中線位置)、高度、角度
交通號誌桿	位置、寬度 (在中線位置)、高度、角度
交通標誌桿	位置、寬度 (在中線位置)、高度、角度
路燈柱	位置、寬度 (在中線位置)、高度、角度
電線桿	位置、寬度 (在中線位置)、高度、角度
人孔蓋	位置、型態、尺寸細節 (寬度、高度)
排水道	位置、型態、尺寸細節 (寬度、高度)
樹幹	位置、寬度 (在中線位置)、高度、角度

資料來源：Mobileye (2021)

- 鋪面狀況資料 (如圖 2.4-14)：項目包含坑洞、裂縫、鋪面粗糙分數、鋪面條件分數 (格式請參考表 2.4-2)。



圖 2.4-14 Mobileye 蒐集鋪面狀況資料

- 2 動態交通資料 (如圖 2.4-15)：項目包含交通流、施工區域、道路風險、行人和單車騎士在高速道路上、路肩的停等車輛 (格式請參考表 2.4-3)。

表 2.4-2 Mobileye 鋪面條件評估數據流通格式

GIS 圖層	屬性資料
坑洞	位置、尺寸 (坑洞的寬度和長度)
裂縫	位置、尺寸 (橢圓的邊框)
鋪面粗糙分數	基於路面粗糙度的數值介於 0 和 5 之間 (0 是最差值，5 是最佳值) 基於視覺的自我運動信號可感測到車身的垂直運動並找出道路輪廓的差異。
鋪面條件分數	0 到 5 之間的數字表示路面的一般狀況 (0 是最差的，5 是最好的)。該計算考慮了有關裂縫，坑洞和粗糙度的數據。

資料來源：Mobileye (2021)



圖 2.4-15 Mobileye 蒐集動態交通資料

表 2.4-3 Mobileye 動態交通資訊數據流通格式

GIS 圖層	屬性資料	定義
交通流	路段平均交通流：以公里/小時為單位	根據上述的情況，資訊可能會以平均 10 分鐘的時間延遲。
施工區域	特定路段 檢測時間 到期時間	除非標示三次，施工區域才會被通報，大約一段時間之後，通報將會逾期。第三次標示後的 24 小時之內，如果施工區域仍存在，將會繼續延長 24 小時的 GIS 圖層上標示
道路風險	GPS 點位 檢測時間 到期時間 尺寸：平方公尺為單位 寬度與高度：公分為單位	在行車路線上的車輛發現高度超過 15 公分的物體。
行人和單車騎士在高速道路上	GPS 點位 檢測時間 到期時間	在平均時速大於 95KM/H 的區域，從行駛中的車輛識別出行人或是單車騎士
路肩的停等車輛	GPS 點位 檢測時間 到期時間	路肩車輛的識別方法：在檢測後的 15 分鐘除非再次檢測，在此情況下，以最後檢測的 15 分鐘為主要數據。

2.5 車載設備與行車影像紀錄器國內外規範與應用

車輛影像資料常做為 ADAS 影像辨識之資料源之一，其又可進一步區分為車輛外部及內部攝影鏡頭兩類。車輛外部影像資料整合應用，為車輛安裝外置攝影鏡頭，將影像之即時影像以幀 (frame) 做為輸入資料，針對道路邊線、位置或是前方車輛及行人等進行偵測及校正，經由其電子控制器 (Electronic Control Unit, ECU) 進行資料分析，並設定偵測門檻值實現偏離車道警示及前方碰撞預警等功能。

車輛內部影像較常應用於商用車輛，如：大客車、貨車或公車等，Maria Celaya-Padilla *et al.* (2019) 以及 Zhang *et al.* (2020)，利用架設駕駛前方、側面車內攝影機，紀錄駕駛員身體運動行為以及面部表情，後配合卷積神經網路 (CNN) 萃取抽象的特徵，針對駕駛人臉部以及瞳孔進行辨識，達到疲勞、分心、手機使用等駕駛人異常狀態偵測，並可透過示警，告知駕駛專注進行駕駛行為，另透過行動網路回傳雲端平台，可使管理人員即時監控管理及在後端進行安全績效評估。

2.5.1 國內相關規範與計畫

依「道路交通安全規則」第三十九條之一第一項第十八款規定：總聯結重及總重量在 20 公噸以上之新登檢領照汽車，自民國 88 年 9 月 23 日，本規則修正發布施行日起，應裝設行車紀錄器；自民國 90 年 1 月 1 日起新登檢領照之 8 公噸以上未滿 20 公噸汽車、自民國 96 年 7 月 1 日起經車輛型式安全審驗、自民國 97 年 1 月 1 日起新登檢領照之 8 公噸以下大客車及自民國 96 年 2 月 1 日起營業大客車，亦同；應裝設行車紀錄器，並應檢附行車紀錄器經定期檢測合格之證明。

營業大客車、總重量八噸以上貨車，根據法規都須裝設可記錄車輛瞬間速度、行駛時間、行車距離等內容的行車紀錄器，過去車輛多使用機械式行車紀錄器。交通部修正車輛安全檢測基準第 16 點之 1 規定，要求 110 年 1 月 1 日起，新形式大客車、大貨車新車，112 年 1 月 1 日起既有型式大客車、大貨車新車，需安裝數位式行車紀錄器。

1. 國內規範

(1) 數位式行車紀錄器

公路總局為了建立數位式行車紀錄器之統一標準，委請財團法人車

輛安全審驗中心依公路總局制定相關規則。財團法人車輛安全審驗中心參考，參考歐盟 EC 561/2006 功能規範 (司機駕駛時間相關規範)，分別於 106 年 8 月 29 日及 9 月 5 日開會確認草案；於 106 年 9 月 6 日將基準草案函報公路總局參考。

交通部於 107 年 1 月 31 日修正「車輛安全檢測基準」第十六點之一規定「數位式行車紀錄器」，於 110 年 1 月 1 日實施。法規規定各型式 M2、M3、N2 及 N3 類車輛應裝設數位式行車紀錄器，相關設置標準應符合法規規定。「車輛安全檢測基準」第十六點之一定義紀錄設備目的為記錄、儲存、顯示及輸出與駕駛活動相關之資料，須記錄與儲存至少 30 天之行車資訊。另外，「道路交通管理處罰條例第 18 條之 1」目前已通過修正案，未來將規定一定重量以上之汽車未依規定裝設具有連續記錄汽車瞬間行駛速率及行車時間功能行車紀錄器者將處以新台幣九千到兩萬元不等之罰鍰。

(2) 車載設備

台灣車載資通訊產業協會 (TTIA) 為了加速 ITS 在運輸系統上之發展，針對多元票證系統、車載機等標準與規範希望能建立一套可供參考之指標，遂與業界成立共同工作小組，陸續召開工作小組會議。經交通部、設備廠商、客運業者多方踴躍建議修訂產出「營業大客車車載機與週邊產業標準及驗證測試規範 3.0 版」，並於 2020 年 10 月 21 日公告。營業大客車車載機與週邊產業標準及驗證測試規範適用於九人座以上之大客車，標準規範包含功能需求、系統架構、硬體規格、通訊技術、資料格式與內容五大部分，並建立功能需求四大主要方向，分別為行車資訊串接、安全輔助、駕駛輔助、輔助車隊管理。因此整套標準以功能需求為主，硬體規格、通訊技術與資料格式與內容為輔。

政府法規方面，依據「汽車運輸業管理規則第十九條之四」，公路及市區汽車客運業，應依公路主管機關之規定裝置車機設備，並維持正常運作及納入該管公路主管機關建置或指定之動態資訊管理系統監控列管。為了使汽車運輸業管理規則 19-4 能夠順利推行並提供給客運業者有執行之參考，遂在行政命令層級制定「公路汽車客運動態資訊管理系統管理要點」。在管理要點中明確規定相關裝載規定應符合 TTIA 所制定之「營業大客車車載機與週邊產業標準及驗證測試規範」，將民間制定之

產業標準以法規層面要求大客車業者執行。

由此歸納出現行車載機相關產業標準是以 TTIA 所制定之「營業大客車車載機與週邊產業標準及驗證測試規範 3.0 版」為主，並以「汽車運輸業管理規則第十九條之四」強制要求國內大客車業者強制安裝車載機相關設備，並以「公路汽車客運動態資訊管理系統管理要點」將 TTIA 所制定之產業標準法制化。

2. 國內計畫：大型車輛裝設主動預警輔助系統之試運行使用成效評估

交通部為了促進國內主動預警輔助系統的發展並且強化大型車輛的道路駕駛安全，同時配合以法規強制安裝相關安全輔助系統的國際趨勢，110 年起推動「交通部大型車輛裝設主動預警輔助系統」科研計畫 (110-113 年)，111 年度編列 1 億 1000 萬元預算，總經費新台幣 3 億 3000 萬元，納入包含行車視野輔助系統、盲點警示系統、酒精鎖、車道偏離警示系統、車前防撞警示系統、數位式行車紀錄器(具駕駛人身份識別功能)、胎壓偵測系統、疲勞偵測系統等 8 項在內之主動預警輔助系統 (分為車輛狀態偵測次系統、駕駛人狀態偵測次系統及完整系統)，如表 2.5-1 所示，並透過成效評估了解裝設主動預警輔助系統之大型車輛在道路行駛上的實際成果。

此計畫之預期成果為透過真實駕駛情境之成效評估，建立透過主動預警輔助系統所收集到的資料的基本內容與格式，並制定出在真實駕駛環境中最佳的使用條件，後續經過適當的驗證程序提供給政府制訂相關標準規範還有業者未來裝設主動預警輔助系統的參考依據，希望強化道路交通安全同時也能協助帶動車機產業的發展。

表 2.5-1 系統整合類型

品項	車輛狀態偵測次系統	駕駛人狀態偵測次系統	完整系統
行車視野輔助系統	V		V
盲點警示系統	V		V
酒精鎖		V	V
車道偏離警示系統	V		V
車前防撞警示系統	V		V
數位式行車紀錄器	V	V	V
胎壓偵測系統	V		V
疲勞偵測系統		V	V

2.5.2 國內相關補助

近年來為了強化公路運輸業者整體競爭力，遂開始積極推廣 ITS 相關發展，其中行政院提出「102 年至 105 年公路公共運輸提昇計畫」，針對車輛汰舊換新、偏遠路線補助、多元票證與車載相關設備等皆有規定補助金額與標準。車載機部分，公共運輸提升計畫中規定受到補助之車輛需裝設車機，但並未限制車機種類，受補助之車輛包含偏遠地區票價補貼之車輛與舊車汰舊換新購置補貼之車輛；另外在 106 年訂定之「公共運輸補助電動大客車作業要點」中也有規定電動大客車須裝載車機及相關設備。

現階段法規與相關計畫較針對票價與汰舊換新有詳細之補助金額規定，車載設備之補助大多為子項目之部分或是附帶之性質，但交通部對於行車視野輔助系統和防撞警示系統之補助有較為詳細之規定，以下進行說明。

1. 行車視野輔助系統相關補助

為提升道路行車安全，目前已強制大客車業者須加裝行車視野輔助系統，補助之對象為中大型車輛未曾受補助行車視野輔助系統設備者，但不包含政府機關及國營單位所屬大型車輛、申請環保署補助淘汰老舊大型柴油車。經費部分來自行政院第二預備金與公路公共運輸提升計畫，依據裝設型態差異，每輛車補助金額介於 1,000 元至 4,000 元。

2. 防撞警示系統

為減少碰撞事故之發生，政府透過公路公共運輸提升計畫補助方式，鼓勵公路汽車客運業者裝置防撞警示系統。防撞警示系統分為車前防撞警示系統 (FCWS) 和車道偏離警示系統 (LDWS)，每車補助該兩功能系統設備契約憑證金額 (未稅) 49%，並以 20,000 元為上限 (包含軟、硬體、線材及設定安裝等相關費用)。

2.5.3 國外相關規範與應用

以下分別以行車紀錄器、車載診斷系統 (OBD-II)、偏離車道警示、前方碰撞預警系統及駕駛監測系統說明國外相關設備之規範及應用。

1. 行車紀錄器規範

(1) 歐盟

歐盟自 1985 年起規範 3.5 噸以上客/貨運車輛應裝設行車紀錄器；

2006 年 5 月起，歐盟規範所有 3.5 噸以上車輛及乘坐 9 人以上之新車均需強制安裝數位式行車紀錄器。

(2) 美國

美國於 1937 年規範所有做為商業使用的車輛需安裝機械式行車紀錄器；1998 年美國聯邦安全汽車委員會 (Federal Motor Carrier Safety Administration, FMCSA) 訂定自動車載紀錄器 (Automatic Onboard Recording Device, AOBDR) 規範，並要求所有用於商業運輸使用之貨車皆需安裝；2015 年 FMCSA 進一步提出電子紀錄儀規範 (Electronic Logging Device)，要求所有 2017 年後生產的商業運輸用之貨車及公車皆需安裝，2019 年 12 月 16 後所有商業運輸用之貨車及公車皆需安裝。

(3) 日本

1951 年「運送車輛法」中規定 8 噸以上或載重量 5 噸以上貨運車輛、聯結車及部分地區之計程車必須加裝行車紀錄器，並規定行車紀錄器應定期檢修以維持其既定功能，紀錄紙卡需保存一年；1998 年起規範全面改為使用數位式行車紀錄器；2005 年，日本國土交通省將具雙向通訊功能之數位式行車紀錄器列入可被認可使用的行車紀錄器裝置。

2. 車載診斷系統 (OBD-II) 規範

(1) 美國

美國汽車工程師學會 (SAE) 和加州空氣資源局 (CARB) 等機構制定 OBDII 的標準和相關規範，目前一般車輛的標準是使用 SAE-J1979 規範，大型重車則是使用 SAE-J1939 規範。

(2) 歐盟

在歐盟主要的標準訂定機構為國際標準組織 (ISO)，目前一般的車輛標準使用 ISO-15031 規範；較新的規範為 ISO-27145。

(3) 日本

日本主要的標準訂定機構為日本汽車標準組織 (JASO)，目前一般標準的車輛是 JOBD-II，內容與美國針對 OBD-II 之標準大致相同。OBD 系統設計起於 1980 年代中期的美國，同時美國也是最早規定車輛必須裝配 OBD 系統之國家，之後歐盟、日本、台灣等國家也開始跟進。OBD-

II 是基於 OBD-I 的基礎上，增加了資料容量並將其標準化。相關標準大多是由民間非政府組織以自身專業標準訂定，政府則參考民間標準訂立法規要求車輛需依照不同車型安裝不同標準之 OBD 系統。

3. 駕駛監測系統規範

駕駛監測系統 (Driver Monitor System, DMS) 是以車艙內感測器監測駕駛狀態。過往監測系統以被動方式取得駕駛人油門、煞車等駕駛行為，現階段產品以攝影機直接拍攝駕駛監測，另有安全帶、方向盤感測等輔助設施，透過感測器偵測的駕駛狀態、運算辨識出之駕駛行為，以此進行決策並提出互動警示。各國對駕駛監測系統的要求如表 2.5-2 所示，在各國法規的要求下，駕駛監測系統需求增加，影像辨識朝向更精準細微之判讀，範圍也由駕駛擴展到全艙偵測。

表 2.5-2 駕駛監測系統各國法規要求

國家/機關	駕駛監測系統
歐盟	2022 年起，所有車輛必須安裝駕駛監測系統
Euro NCAP	將駕駛監測系統列為安全評分項目
中國	班線客車、遊覽包車、危險貨物道路運輸車輛、客運列車、重型管運貨車需配備駕駛監測系統
美國	美國國家公路安全交通管理局 NHTSA 建議車廠安裝於自駕車上，以確保駕駛保持足夠意識由自動駕駛轉為人為駕駛

4. 偏離車道警示系統應用

Gaikwad et al. (2015) 提出結合歐基里德距離轉換 (Euclidean distance transform) 與分段線性拉伸函數 (Piecewise linear stretching function, PLSF) 進行道路偏移的即時偵測。該研究以實車的即時影像進行測試，車子的速率變化於 30 至 120km/h 之間，影像幀數為 337 個，其準確率可高達 97%。

Bhujbal et al. (2015) 同樣利用歐基里德距離轉換搭配 Hough transform，在低解析度的影像環境中 (320 x 240)，透過感興趣區域 (Region of Interest, ROI) 的選擇，個別獨立出左右車道線進行偵測。該研究以實車拍攝的 697 幀之影片進行測試，其準確率亦高達 97.8%。

5. 前方碰撞預警系統應用

前方碰撞預警系統 (Forward Collision Warning, FCW) 為最普遍被應用的駕駛安全輔助系統，惟其往往受到不當偵測門檻設定值 (如估算前車的距離時間) (Winsum, 1999)，導致對駕駛頻繁的發出錯誤的警示，造成許多用路人

直接關閉這套系統。

商業應用方面，以色列廠商 Mobileye 研發的 ADAS，係安裝於擋風玻璃上之單一攝影機，提供包括車道偏移、前方碰撞預警等各種即時警示功能。其偵測項目包括車輛種類或行人、車輛尺寸、碰撞時間 (Time-To-Collision, TTC)。比起「空間上的距離」和「減速的能力」，Mobileye 利用「時間上的距離」來估測該事件之嚴重程度，並提出以即將碰撞時間少於 1.5 秒來定義衝突 (Hydén et al., 1984)。

2.5.4 其他補助案例

1. 中國

中國對於相關車載資訊設備之補助沒有統一的標準，基本上由省、市、縣級人民政府自行訂定補貼額度與標準，以廣東省深圳市為例，深圳交通運輸委員會在 2018 年曾以總金額 1000 萬人民幣之預算補助每輛客運車輛 2,000 人民幣之額度建置相關車機設備；山東省臨沂市於 2020 年 9 月到 11 月透過補助方式鼓勵大客車或和柴油重車安裝 OBD-II 來監控排放狀態。

2. 美國

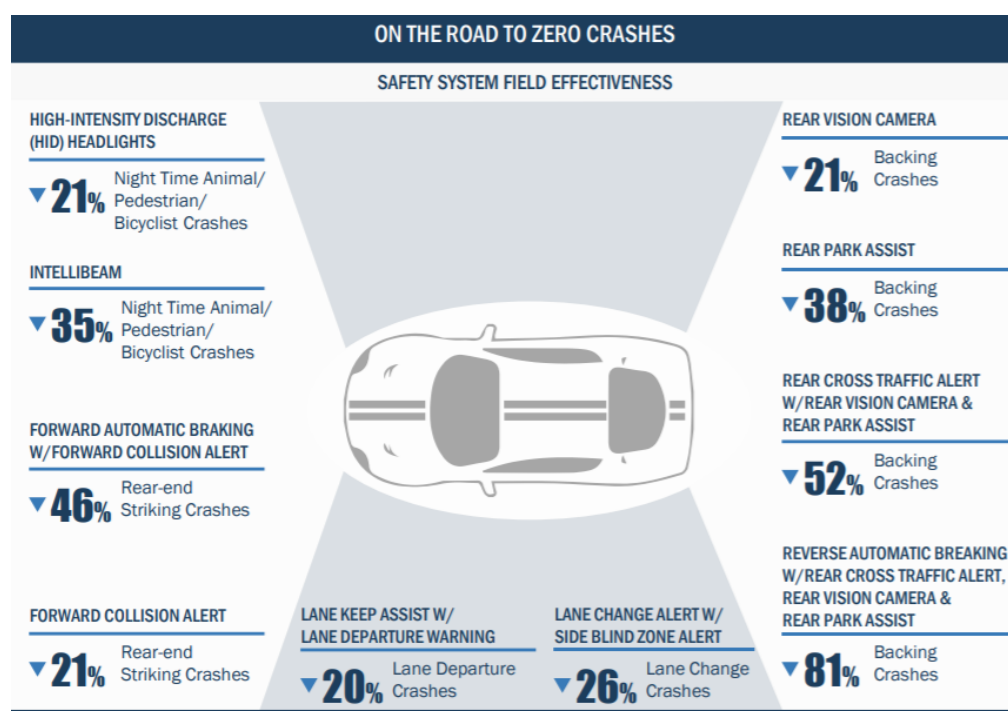
美國近年來積極在各大都會區推廣公共運輸 ITS 之發展，車載機設備補助設置與美國 ITS 推行計畫有著密不可分之關係。根據美國聯邦運輸部在 2020 年 3 月所公布之 ITS 推行計畫 (Intelligent Transportation Systems Joint Program Office Strategic Plan 2020-2025)，該計畫為聯邦運輸部和 ITS JPO 辦公室及其他相關部會合作完成，目前聯邦政府已在全美 75 個大型都會區投資與補助超過 250 億美元建設 ITS 系統及其他有助 ITS 發展之設備。另依據 FAST 法案 (Fixing America's Surface Transportation)，聯邦公路管理局依據第 23 章 512-518 節提撥資金補助公路系統 ITS 發展，2016 至 2020 年每年提供超過 1 億美元之補助。

2.5.5 車載設備應用於車隊管理之國內外案例

1. 美國通用汽車 (General Motor, GM)

通用汽車與密西根大學運輸研究中心在 2013 到 2017 年針對旗下 370 萬輛 20 款不同車型做統計，發現在安裝了 15 種不同的 ADAS 安全系統之後，各項事故的發生比率皆有顯著降低，例如安裝車道偏離警示系統之後，車道偏

移相關事故降低了 20%，其他事故改善程度如圖 2.5-1 所示。通用汽車近年更強化與高通的長期合作，希望能夠將下一代的 ADAS 系統引入到新型車款上，以追求更佳完善的駕駛體驗與更高的安全性。

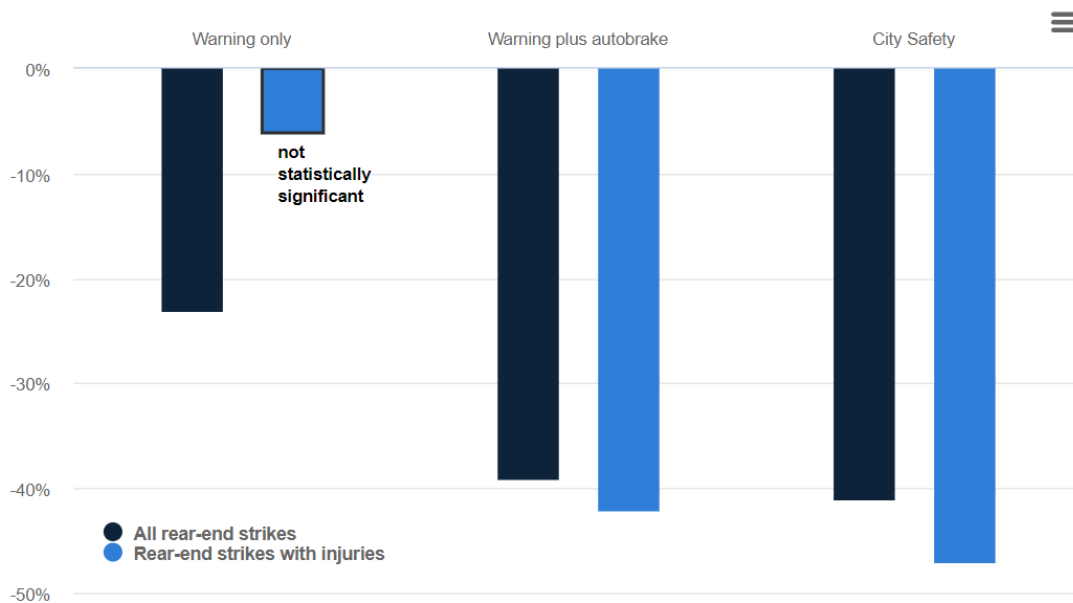


資料來源: Pete Lancia , Mauricio Lopez-Hodoyan (2021)

圖 2.5-1 GM 汽車採用 ADAS 系統事故改善程度

2. 美國 Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) 調查報告

美國 2018 年涉及大型車事故死亡人數為 4136 人，比起 2009 年創下歷史新低以來增加了 1/3，其中的 119 人死於追撞事故。根據 IIHS 針對 62 家擁有大型車輛車隊的業者，研究範圍涵蓋了 2017 至 2019 年間約 2,000 起追撞事故，配備前方碰撞警示與自動緊急剎車系統 (AEB) 的車輛分別減少了 44% 和 41% 的追撞事故。針對自用小客車，IIHS 和 Highway Loss Data Institute 針對警方事故報告的研究指出，若只安裝前方碰撞警示，追撞事故可減少 23%；若前方碰撞警示與 AEB 皆有安裝，追撞事故更可減少 39%，詳細如圖 2.5-2 所示。相關研究也表明透過前方碰撞警示與 AEB 即使發生了碰撞事故，因為事故發生當下車速有所降低達 50% 以上，因此所造成的損害能夠控制在一定的範圍內。



資料來源: Joe Young (2020、2016)

圖 2.5-2 前方碰撞警示與 AEB 對追撞事故的影響

美國目前沒有要求大型車安裝前方碰撞警示與 AEB 系統的強制法規，近年在 IIHS、美國聯邦公路總局與國內 20 家大型車製造商的合作下，車廠願意在 2022 年 9 月 1 日以前為所有的新車制定一套 AEB 標準。

3. 美國 The Highway Loss Data Institute (HLDI) 調查報告

HLDI 針對車輛安裝防撞技術相關設備進行相關的評估與報告，並調查 Audi、BMW、賓士、別克、GM、馬自達、日產、Volvo 共 12 家的車廠安裝防碰撞系統的前後事故的嚴重程度、保險索賠率及金額等資料，同時也採用了 IIHS 的調查報告，在 2020 年 12 月發表了一份安裝防碰撞系統與索賠頻率之間變化關係的研究調查。

HLDI 針對的防碰撞系統包含：前方碰撞警示 (FCW)、自動煞停系統 (AEB)、車道偏離警示 (LDW)、盲點偵測 (BSW)、停車輔助系統 (Parking sensors)、彎道自適應車頭燈 (Curve-adaptive headlights)、後方攝影機 (Rear camera)，並針對財產損害、碰撞、身體傷害責任、個人傷害保護、醫療支付五種保險理賠，利用迴歸分析量化防碰撞系統對索賠頻率的影響，計算出加權平均值，評估各種防碰撞系統對於每家車廠生產的車輛的綜合影響，結果如圖 2.5-3 所示。

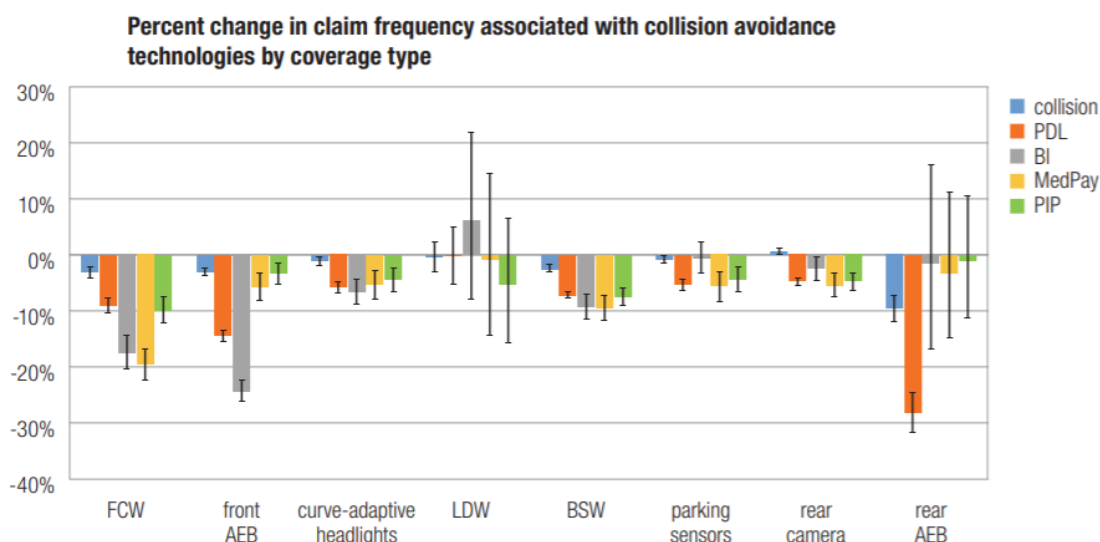
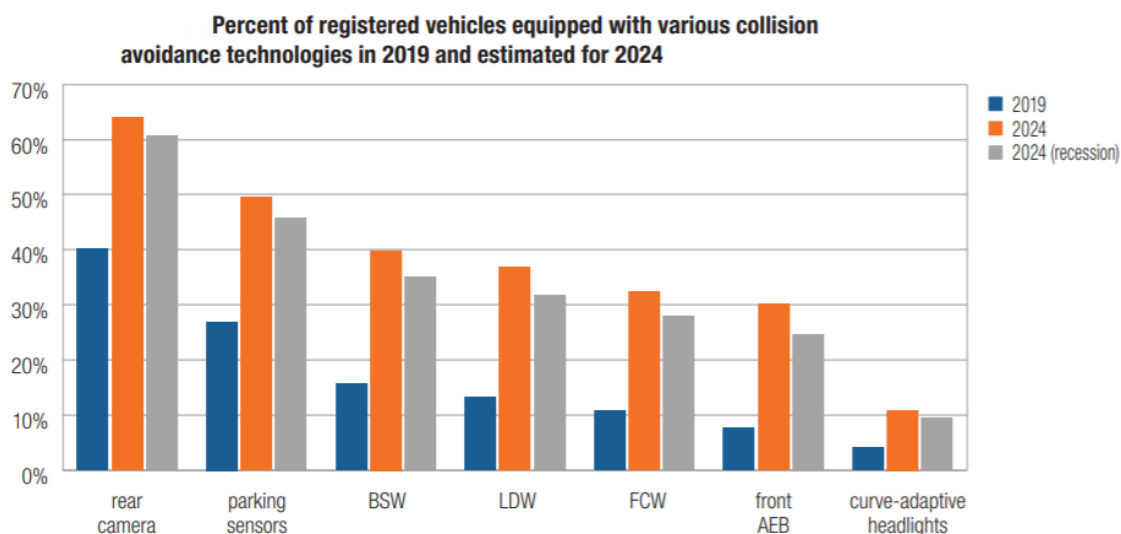


圖 2.5-3 安裝防碰撞系統與保險索賠率之綜合變化

從圖 2.5-3 中可以得知除了 LDW 之外，安裝其他的防碰撞系統皆有助於降低保險索賠率，此外，因為安裝防碰撞系統對於行車安全甚至是未來自駕車的應用佔有重要的地位，HLDI 預測 BSW 在 2024 年市占率可達 40%，LDW 可達將近 40%，如圖 2.5-4 所示。



資料來源: HLDI Bulletin (2020)

圖 2.5-4 防碰撞相關設備未來成長預測

4. 美國 AmbuTrans

AmbuTrans 為美國的緊急救護車隊，在安裝 ADAS 系統之後，降低了 45% 的事故發生率，嚴重事故的發生頻率更是大幅降低了 91% (Mobileye, 2018)。

5. 加拿大 P&B Transport

P&B Transport 為加拿大的貨運車隊，車隊採用了 ADAS 系統之後降低了

80%的碰撞事故，也讓 P&B 在保險評比等級當中得到了 AAA 的評價 (Mobileye, 2018)。

6. 美國 Washington State Transit Insurance Pool (WSTIP)

WSTIP 將華盛頓州內的公車分為有 ADAS 系統與沒有 ADAS 系統兩個分類，結果發現有安裝 ADAS 系統的公車並未發生事故而未安裝的則發生了 284 件事故，駕駛安裝了 ADAS 系統公車的駕駛員其駕駛行為也有獲得很大的改善 (Mobileye, 2017)。

7. 英國 ABELLIO

Abellio 為英國倫敦公車業者，在倫敦營運 48 條路線，車隊數量大約有 740 輛。Abellio 與倫敦交通局期望透過推廣 ADAS 系統應用強化公車系統安全性。在 2018 年到 2019 年，Abellio 為了減少公車與行人、自行車和其他車輛的碰撞事故，決定在 49 號、345 號和 414 號 3 條路線共 66 輛公車上安裝 Mobileye 先進安全輔助系統，以視覺或聽覺的方式提供駕駛前方碰撞警告、行人與自行車碰撞警告、監控與前車之距離、車道偏離警示和超速警示，倫敦交通局從公車安全創新基金 (Bus Safety Innovation Fund) 來支持這一項計畫。試驗後結果顯示，可避免的碰撞 (指由駕駛員控制以防止的事故) 減少了 29%，造成的傷害減少了 60% (Abellio, 2019)。

8. 荷蘭 Ministry of Transport of Netherland

荷蘭交通部門針對車輛行駛總里程達到 77 百萬公里的 2400 輛卡車進行調查，當中 400 輛卡車沒有裝設 ADAS 系統，其他 2000 輛則有安裝，結果發現未安裝 ADAS 系統的 400 輛卡車發生了 5 件事故，其他 2000 輛沒有發生事故，過程中也發現透過 ADAS 系統，駕駛行為有了更好的表現 (Mobileye, 2018)。

9. 西班牙 Autonomous Ready 計畫

Mobileye、西班牙交通局 (Directorate General of Traffic) 和巴塞隆納市共同合作，將大力推廣政府與私人車隊安裝 Mobileye ADAS 系統，並給予安裝 ADAS 系統之車輛提供優待，同時為歐盟 2022 年車隊車輛強制安裝 ADAS 系統做準備。合作計畫中主要採用 Mobileye 8 Connect 的設備與系統，現階段在近千輛的車輛中安裝測試。該計畫除了提供警示警告駕駛外，還能夠蒐集城市街道中的數據，這些數據會透過雲端傳遞到後台進行蒐集與分析，並標示將高

風險路段、具有潛在危險的基礎設施、事故熱點，相關成果可用於提升交通安全、改善道路基礎設施，並做為未來自駕車發展的道路基礎資料和支援 Mobileye 全球雲端地圖資料庫 (Mobileye RoadBook)。

10. 澳洲 Winslow Group

Winslow Group 為澳洲的土木營建業者，旗下擁有約 400 輛大型車車隊，負責運送原料與建材至施工地。因為車輛需要在建築工地間往返，容易造成施工人員意外，為了強化車隊駕駛安全與降低碰撞事故的發生，Winslow Group 首先在 60 輛車上安裝 ADAS 系統，在試驗期間這 60 輛車達成零事故目標，駕駛員透過 ADAS 系統其駕駛行為也有所改善。

11. 臺灣台塑集團

2019 年前，台塑集團車隊所採用的五期環保法規大型車並未安裝 ADAS 系統，考量所載運貨品屬於高危險之石化產品，經過市場探詢與需求分析，台塑集團決定在載運危險物品的車輛中測試「Mobileye 630」系統，包含車道偏移警示、前方碰撞警示、限速標誌識別與行人及機慢車預警。評估成果發現，在裝設「Mobileye 630」系統之前，台塑貨運車隊每年平均發生 5.3 件車前碰撞事故，造成約 170 萬元損失。但是在 300 輛車輛安裝「Mobileye 630」系統之後，從 2019 年 2 月安裝到 2019 年 10 月，並未發生車前碰撞事故。

除了警示駕駛之外，台塑貨運透過後端安全管理平台紀錄車道偏移警示、前方碰撞警示次數，做為車隊駕駛行為管理基準。經評估，車道偏移警示次數下降 45%，車前防碰撞次數下降了 52%，顯示 ADAS 系統可幫助改善駕駛行為 (台塑企業刊物，2019)。

12. 日本吉田計程車車隊 (ヨシダ交通株式会社)

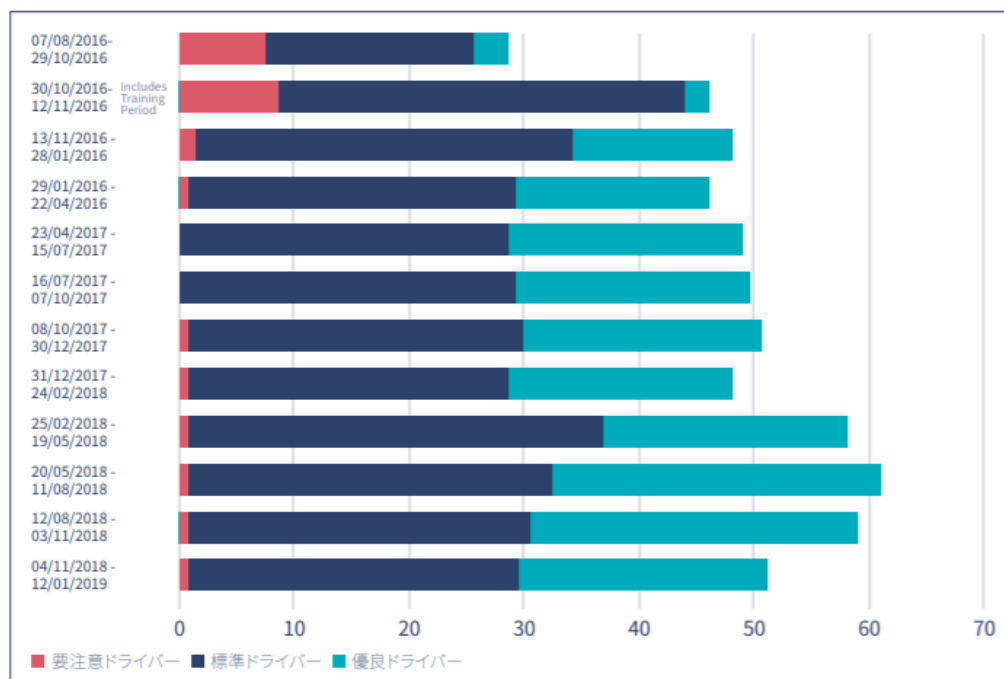
吉田計程車隊的駕駛平均年齡為 63 歲，在年齡偏高的情況下一旦發生事故對於駕駛傷害可能較為嚴重，吉田計程車隊為了提升車隊的安全性並維護優良的企業形象，因此積極推動改善行車安全的措施。

在其採用 ADAS 系統的前一年，車隊發生了 14 件交通事故，其中 1 件屬於重大事故，當車隊車輛採用 ADAS 系統之後，事故數降低為 2 件，前方警示頻率也從安裝初期 1 萬件以上，改善到不到 1000 件，保險支出也因此降低 10%。該車隊另利用 ADAS 資料分析駕駛行為，並將駕駛分數分為須注意、標準、優良，對於駕駛習慣比較不好的員工再進行教育，從圖 2.5-5 可以得知，

採用了 ADAS 系統之後，「須注意」類的駕駛相較初期明顯減少。

13. 韓國大邱廣域市

Mobileye 為推廣 ADAS 系統以及 MaaS (Mobility-as-a-Service) 在全球的布局，在 2020 年 1 月宣布與韓國大邱廣域市合作，推動基於 Mobileye 的 Robotaxis - 自動駕駛計程車車隊之運行。合作內容與方式和西班牙 Autonomous Ready 計畫相似，該計畫利用 ADAS 系統蒐集資料，並據以分析高風險路段和事故熱點，除了可做為強化交通安全的參考外，也提供未來 MaaS 服務所需要的資料支援。



資料來源: セクセスストーリー (2016)

圖 2.5-5 吉田計程車隊駕駛評分分類變化

2.6 道路交通事故空間分析

本節先整理以巨觀環境解釋變因與道路系統常見之變數所建立計數模式之文獻，再針對時間順序與駕駛行為面之相關文獻探討。

2.6.1 事故空間分析與預測模式

在道路交通安全議題研究中，過去研究已找出眾多相關之議題，如與道路交通安全具有高相關性之事件、高風險駕駛行為或徵兆事件，期能在大量事故發生之前預先進行防範及改善。本計畫為分析異常事件發生與時空分布之關聯性，進

行模式推估及找出高風險的路段，並據此研擬改善對策。本節首先回顧事故統計模式分析之相關文獻，以了解過去研究採用的方法、時空分割方式以及如何設定解釋變數。而受限於事故資料本身之特性及分析目的，事故分析模式大致可區分事故頻次及事故類別兩大類之計數模式，以下分別整理相關之文獻內容。

Abdel Aty *et al.* (2000) 採用負二項迴歸模式分析事故頻次，針對 1992 至 1994 年佛羅里達 50 號國道共 1,606 筆事故資料進行模式校估，道路分割方式是以地理環境或道路幾何（例如車道數及中央分隔寬度等）的改變為依據，共分割成 566 個事故分析路段。解釋變數包含每年每日平均交通量 (AADT)、車道數、路肩寬度、道路鋪面、水平曲率、中央分隔型式、行車速度以及是否為城際道路等，研究結果顯示當每年每日的平均交通量增加、超速、道路寬度縮減、多車道以及是否為城際道路等變數對提高事故發生機率有顯著影響。

Anastasopoulos and Mannering (2009) 採用負二項迴歸模式建構事故頻次模式，分析美國印第安那州 1995 至 1999 年間事故資料，欲找出顯著影響事故發生頻率之解釋因子。作者依據內外路肩寬度、中央分隔帶寬度、速限、車道數與鋪面性質等特性，將具有相同道路特徵之路段分類，共分割成 322 個研究路段，解釋變數包含日平均交通量、鋪面摩擦係數、路面水平曲率、路段長度、內側與外側路肩寬度、中央分隔帶寬度、每英哩橋樑數以及是否有中央分隔護欄等。而研究結果顯示日平均交通量、日平均聯結車比例、路段長度、鋪面性質、中央分隔帶寬度、內外側路肩寬度及每英哩橋樑數等均對路段事故發生之頻率有顯著影響。

黃珮芬 (2014) 首先採用基因演算法，以樣本間同質性最高為目標對樣本資料進行時空分割，再根據求得之樣本分割結果利用卜瓦松模式、負二項模式、零膨脹卜瓦松模式、零膨脹負二項模式建構事故頻次模式，並以績效指標針對時空最佳化分割下之事故頻次模式與傳統時空分割下之模式進行比較。該文獻採用我國 2004 年至 2008 年國道一號依南北向串連之事故資料進行模式建構與分析，解釋變數包含路段之最大上坡坡度、最大下坡坡度、對大坡度差、曲率半徑、克羅梭曲線參數、每日平均小車車流量、每日平均大車（大型車+聯結車）車流量與平均車道數。研究結果顯示，該研究所提最佳時空切割之負二項迴歸模式有最佳模式預測能力，且最大上坡坡度、最大下坡坡度、曲率半徑、克羅梭曲線參數與小型車車流量、大型車車流量、車道數等變數顯著影響事故之頻次。

盛郁淳 (2014) 分別建立單變量與多變量事故頻次模式，單變量事故頻次使用單變量之卜瓦松迴歸模式、負二項迴歸模式與廣義卜瓦松迴歸模式進行模式建

構；分時段之多變量事故頻次模式則採用多變量卜瓦松迴歸模式與多變量廣義卜瓦松迴歸模式進行建構，用以推估及預測各路段各時段之事故頻次。作者使用我國 2005 年國道 1 號交通事故資料，空間相關解釋變數包含道路幾何特性、設施與環境特性以及交通特性等三類，時間相關解釋變數則考量日夜光線亮度、光線照射角度以及不同時段車流量對事故頻次在時間分布上造成之影響。研究結果顯示，整體表現以負二項迴歸與分群整合模式為最佳，事故發生件數與最大下坡度、克羅梭曲線參數、測速照相點數量以及重車比例呈反向影響，與曲率、鄰近都會區及小車車流量呈正向影響；此外各時段之事故數會特定集中於不同路段群，日間 (07~14) 事故較易於鄰近系統交流道路段發生，傍晚 (14~20) 事故較易於非鄰近系統交流道之路段發生，而夜間 (20~23) 與清晨 (23~07) 事故則較易於郊區路段發生。

邱裕鈞、傅強 (2015) 採用多變量廣義卜瓦松 (Multivariate Generalized Poisson) 模式分析不同事故類別 (嚴重程度、碰撞型態) 之高速公路事故頻次，此方法改善傳統單變量模式之分析限制，可計算事故類別間之關聯性及資料離散程度。該研究以我國 2005 年國道 1 號高速公路的事故統計案例進行分析，並依照交流道界定分析路段單元，解釋變數包含上下坡度、曲率、克羅梭曲線參數、車道數、總交通量、小車比例、大車比例、聯結車比例、平均年雨量、速限、收費站、休息站、固定式測速照相、路段設置戰備道、鄰近重要都會區與鄰近港口、機場及工業區等。研究結果顯示多變量模式精確度確較單變量模式佳，且 A1 與 A2 事故有高度正向關聯。

以上研究提供合理且適切的變數分類與選取，包含道路環境、曝光量，以及時段路段 (時空分割)，事故頻次模式相關文獻彙整如表 2.6-1。

表 2.6-1 事故頻次研究整理

作者 (年份)	使用模式	研究地點	資料期間	時空分段類型	解釋變數
Abdel Aty <i>et al.</i> (2000)	負二項迴歸模式	佛羅里達 50 號國道	1992~1994	以地理環境或幾何的改變進行分段。	每年每日的平均交通量 (AADT)、車道數、路肩寬度、道路鋪面、水平曲率、中央分隔型式、行車速度以及是否為城際道路。
Anastasopoulos and Mannering (2009)	負二項迴歸模式	美國印第安那州	1995~1999	以具有相同道路特徵之路段進行分類。	日平均交通量、鋪面摩擦係數、路面水平曲率、路段長度、內外側路肩寬度、中央分隔帶寬度、每英哩橋樑數及是否有中央分隔護欄。
黃珮芬 (2014)	卜瓦松模式 負二項模式 零膨脹卜瓦松模式 零膨脹負二項模式	我國道一號	2004~2008	採用基因演算法進行時空分割。	路段之最大上坡坡度、最大下坡坡度、對大坡度差、曲率半徑、克羅梭曲線參數、每日平均小車車流量、每日平均大車 (大型車+聯結車) 車流量與平均車道數。
邱裕鈞、傅強 (2015)	廣義卜瓦松模式 多變量廣義卜瓦松模式	我國道一號	2005	-	上下坡度、曲率、克羅梭曲線參數、車道數、總交通量、小車比例、大車比例、聯結車比例、平均年雨量、速限、收費站、休息站、固定式測速照相、路段設置戰備道、鄰近重要都會區與鄰近港口、機場及工業區。

表 2.6-1 事故頻次研究整理(續)

作者 (年份)	使用模式	研究地點	資料 期間	時 空 分 段 類 型	解釋變數
盛郁淳 (2014)	卜瓦松迴歸 模式 負二項迴歸 模式 廣義卜瓦松 迴歸模式	我國國 道一號	2005	-	路段長、速限、曲率、曲率半徑、克羅梭曲線參數、坡度、車道數、左轉車道數、右轉車道數、車道寬、路肩寬、道路寬、分隔島寬、視距、縱坡度、最大上坡坡度、最大下坡坡度、最大坡度差、平曲線與豎曲線長度、路面摩擦力、總道路里程、國道與縣道分別佔總道路之比例、天候、光線、霧區路段、年雨量、降雨天數、年降雪量、路面狀態、路面缺陷、障礙物、左轉車道線、左轉車道緣石、右轉車道、地形、道路類型、行人數、城鄉區域、收費站、休息站、鄰近都會區、鄰近港口、機場或工業區、鄰近系統交流道、鄰近戰備道、交流道數、匝道數、橋梁數量、坡道數量、照明設備、測速照相機、路旁特徵、環境特徵、年平均日交通量 (AADT)、平均每日交通量 (ADT)、平均每日小車流量、平均每日大車流量、平均每日聯結車流量、小車比例、大車比例、聯結車比例、重車比例、平均每日車流量、尖峰小時係數 (PHF)、駕駛人數、登記車輛數、人口數、家戶收入、駕駛特性、總車公里數、城鄉公路分別佔總車公里數之比例、各種旅次之產生數與吸引數。

2.6.2 駕駛行為事件分析

由於車載資訊系統能將駕駛人駕駛行為紀錄，因此可將特殊或異常事件種類與時間等資訊詳實記載並分析研究，早期如 Musicant *et al.* (2010) 利用蒐集之資料進行事件分類，包含加減速、急轉彎、突然切換車道等，並利用旅次的旅行時間長度與事件發生率以負二項迴歸進行預測，並整理出在旅次起迄、夜晚時，事件發生的機率普遍較高。隨著 ADAS 發展逐漸成熟與更能說服駕駛安裝以獲得更

多資料，並落實至管理意涵，現已有更多研究針對職業駕駛蒐集資料，並將事件定義更細緻。本節針對安裝分析駕駛之前端資料、後端整理與評估方法之分析回顧。

國內初期由本所導入之行車偵測系統，從駕駛資料分析能源與駕駛行為之議題，期能在教育駕駛節能之外，也能改善其駕駛習慣，亦增進安全。故 2012 年進行「都會區安全駕駛行為與節能策略之研究」，在耗能因子之外，也偵測危險因子，並延伸建立行為回饋課程，供節能與安駕之訓練，該研究成果除改善耗能狀況，教育訓練後經統計檢定，駕駛習慣與跟車距離獲得顯著差異，顯見安駕之培訓實用、有用，亦能降低大客車肇事機率。

車載資訊系統能記載駕駛員開車時的操作任務，Li *et al.* (2013) 針對 20 名選定駕駛進行車內操作導航、收音機等車內其他儀器次要任務對分心程度影響之分析；研究發現若將主要與七個次要任務當中，僅以主、次要之二分法分類進行訓練，其模式準確度可達 77%；而若將次要任務各自獨立，共有八項主、次要任務，準確度雖僅有 41%，但仍已顯著反映車載系統之判讀解釋變數（如：眨眼頻率、視線離開道路頻率與時長等）進行建模分析已有一定成效；並且，透過後者之模式，能看出不同次要任務對分心之影響程度與重要度，即特定任務會使更容易分心，該研究利用高斯混合模型 (Gaussian Mixture Models, GMMs) 量化駕駛員行為與預期之差距。

Lyu *et al.* (2021) 採取讓駕駛員實地駕車方式測試 ADAS 系統作動與駕駛人反應之分析，操作測試選定在中國大陸武漢之固定路線場域，捕捉遇到事件時駕駛反應的初象與最大風險等級之評定。該研究由 ADAS 系統前方碰撞預警、車道偏移警示與車距監控等事件，依據時間車距與車輛加減速之門檻觸發警示機制，及標記警示與採取動作時點，針對事件紀錄前後共 20 秒，對微觀資料所需的時段性進行切割，並以減速率與動能折損率兩指標進行集群分析，再以 k-means 分三群，訂為輕度、中度、高度風險（依照跟車距離與時間車距、反應時間計算的 Safety margin, SM 值）。由於挑選之駕駛有經驗較資淺與經驗較豐富者，並透過事前事後 min SM 與 SM 於剎車當下之值分析出 ADAS 對輕中度風險與資淺駕駛有正效果，對高度風險與資深駕駛則偏負效果；然而，正向改善的程度比受影響程度大。

Higgs and Abbas (2013) 使用兩階段演算法之方式，先定義與分割車輛跟車時的時段，說明時間之分布，再以 K-mean 針對縱向加速度、橫向加速度、偏向率、

車速、車道偏移、偏向角、範圍等駕駛行為分群。此研究設立三個假說，包含：所有駕駛的同質性假設、車隊跟車環境下駕駛有異質性，但每單一駕駛是否操作有同質性、以及一般跟車時單一駕駛是否能維持不變駕駛行為，依據研究結果駕駛人依照所被蒐集的資料，可被分為高度風險、中度風險以及低度風險之駕駛。

Chiou *et al.* (2013) 使用兩階段資料探勘之演算法針對駕駛遭遇的危險情境分析，雖是以較巨觀之國道高速公路單車輛事故資料 (2003~2007 年)，然而透過事故資料登記欄位，道路因素與駕駛人於事故當下狀態變數之資料獲得完整記錄，針對重要危險情境的因子可進行組合，並將事故嚴重度做為被解釋變數分析。該研究處理的失誤鏈 (error-chain) 之根據，即車輛事故可能歸因於不只一件，而為一連串的因素影響。是故，第一階段先以遺傳探勘方法 (Genetic mining rule, GMR) 將此些變數以規則之方式探勘，包含生成、覆蓋與關聯之建立。由於研究中有 21 個變數且不全然是二元變數，該研究以逐步探勘之方式提升效率，挑選適當訓練規則數，並將訓練結果與決策樹比較，確認該研究探勘方式較佳且易於解釋。基此，第二階段則以混合羅吉特模式 (Mixed logit model)，將各變數與嚴重度建模，分類安全與危險因子。此研究亦提及，當時條件無法包含微觀的駕駛人心智狀態、反應行為、疲勞度、事故當下車流交通狀況。

而以目前車載資訊系統，已獨立進行駕駛人行為之資訊，分析危險事件之發生及頻率，甚至能更佳地整合既有的巨觀環境資訊等，即為本計畫主軸之探勘高風險路段，整合安全之計數模式分析。

第三章 利害關係人調查與訪談

3.1 國內市場概況

車機設備功能眾多，各家廠商所生產的車機設備也不盡相同，基本上包含行車紀錄、車輛定位、導航、即時通訊、貨物追蹤、車輛狀態、違規警示等功能。國內因為行動通訊訊號的涵蓋範圍大，使得車機設備得以透過快速且方便的行動通訊訊號來傳輸與儲存，也讓國內的車機市場呈現高度競爭的態勢；以下針對國內主要廠商簡介其服務項目。

1. 臺灣主要車輛資通訊系統廠商

表 3.1-1 彙整目前國內車輛資通訊系統的廠商，主要分為硬體設備製造(代理)商、應用服務整合商、行動通訊服務商三類。

表 3.1-1 臺灣主要車機車輛資通訊系統廠商

公司名稱	硬體設備製造 (代理) 商	應用服務整合商	行動通訊服務商
中華電信 (中華車訊)	○	○	○
遠傳電信		○	○
台灣大哥大		○	○
台灣之星			○
亞太電信			○
冠宇國際	○	○	
環隆科技	○		
敦陽科技		○	
勤崴科技		○	
銳徕科技	○	○	
友邁科技		○	
康訊科技		○	
艾德斯科技	○	○	
馥鴻科技	○		
寶錄電子	○		
華夏科技	○	○	
九福科技		○	
樺崎實業	○		
崧旭資訊		○	
寶儷明公司	○	○	
銓鼎科技	○		

資料來源：陳偉業等 (2007)、本計畫自行整理

2. 臺灣車輛資通訊系統廠商車機設備簡介

表 3.1-2 簡介各家車機硬體製造 (代理) 商旗下車機產品所包含的功能，部分廠商的車機產品種類眾多，在此僅以目前廠商主要產品為介紹對象，同時列舉幾家較具代表性的硬體設備廠商對其公司背景與產品簡要介紹。

(1) 艾德斯科技

艾德斯科技為以色列 Mobileye 在臺灣的授權代理商，提供 Mobileye 全系列產品之推廣、銷售、安裝、及技術介接支援等服務。Mobileye 為全球最大的 ADAS 技術開發與製造商，於前裝市場已經廣泛被全球八成以上汽車製造商所採用。Mobileye 目前主要有「Mobileye 630」、「神盾系統」、「Mobileye 8」3 項產品，提供前方與車側的防碰撞警示、車道偏移警示、行人偵測與標誌辨識等功能。根據全球使用者使用經驗分析顯示，能有效降低 50% 的交通事故。

(2) 銳倂科技

銳倂科技以移動資源管理科技結合衛星定位 (GPS)、地理資訊系統 (GIS)、以及各式感應器與軟硬體設備，幫助客貨運車隊進行車隊管理。在 2000 年推出的「瞰車大衛星車隊」管理服務，主要功能包含盲點資訊系統、OBD-II、行車視野輔助、胎壓偵測等一共九大安全監控功能，並協助客戶建立後端平台。



資料來源: 艾德斯科技, <https://www.adasmobile.com/>

圖 3.1-1 Mobileye ADAS 系統

表 3.1-2 各廠商代表性車機設備功能簡介

廠商	產品	行車紀錄 (影像/ 數位)	定位或 導航	即時通 訊	貨物追 蹤	車輛狀態 紀錄或違 規警示
冠宇國際	VPC300	○(數位)	○	○		
環隆科技	多模式汽車盲點偵 測雷達防撞系統					○
艾德斯科技	Mobileye8					○
馥鴻科技	VVG-CBN33B	○(影像)	○			○
馥鴻科技	VVH-MDE43	○(皆有)	○	○		○
寶錄公司	BR 系列	○(數位)	○	○		○
華夏科技	3iBox	○(數位)	○	○	○	
樺崎實業	VDR MN DTG 4	○(數位)	○			○
寶僂明公 司	BE905AF		○	○		○
銓鼎科技	M01		○	○	○	○
銳倂科技	瞰車大	○(數位)	○	○	○	○
中華電信	車訊快遞專用車機		○	○	○	○
遠傳電信	遠傳電信車聯網	○(數位)	○			○
台灣大哥 大	車隊大管家 3.0	○(數位)	○		○	○

資料來源：陳偉業等 (2007)、本計畫自行整理



瞰車大車機

車機螢幕介面

資料來源：瞰車大，<https://www.elocation.com.tw/>

圖 3.1-2 銳倂科技車上單元

(3) 馥鴻科技

馥鴻科技的產品以「影像監控系統」、「移動監控系統」等為主，從監視器錄影設備、穿戴式紀錄器到行車紀錄器、行車視野輔助系統等車

機設備都是馥鴻科技的業務範疇，馥鴻旗下的產品種類多樣，包含 VVG-MD55A 移動式影像行車紀錄器內建 GPS 追蹤功能，及 VVH-MDE43 車機系統提供駕駛行為分析、車輛監控、GPS 定位、即時通訊等功能。



資料來源:馥鴻科技，<https://www.vacron.com.tw/Index.php>

圖 3.1-3 馥鴻科技車上單元

(4) 華夏科技 (<https://www.maxwin.com.tw/product.html>)

華夏科技最早以代理國外車隊管理相關的軟硬體系統為主，配合國外 ITS 智慧型運輸系統的風潮與國內政府機關針對 ITS 的相關政策，成立 ITS 產業部門，將 GPS 與行動通訊網路等專業技術加以應用，建立人、車、路的車輛監控系統。華夏科技除了提供車機硬體設備之外，也為客戶整合軟硬體設施，建立車隊管理的解決方案與客製化服務。華夏科技的「3iBOX」車機結合 GPS 可即時追蹤車輛速度與位置，即時回傳至後端的管理平台，並結合 GIS 系統即時追蹤貨物，更新到站或訂單的狀態。

(5) 銓鼎科技

銓鼎科技以車機設備、智慧型站牌、公車動態資訊與物聯網建立為主要業務，目前為國內最大的公車動態系統服務商，並接受客戶要求提供客製化服務。ITS 智慧型運輸系統為銓鼎目前發展主軸，藉由整合無線通訊、全球衛星定位及地理資訊技術，提供先進大眾運輸服務與車隊管理方案。銓鼎的車載主機「M01」如圖 3.1-4 可運用在車隊的派遣調度、位置追蹤、資訊交換和管理控制車上其他設備；銓鼎也提供行車影像紀錄設備、OBD-II、胎壓偵測器等設備。



資料來源: 銓鼎科技, <https://www.maxwin.com.tw/product.html>

圖 3.1-4 銓鼎車載終端主機

(6) 寶錄公司

寶錄以開發硬體設備與軟體為主要業務，提供軟硬體整合服務與後端平台建立，目前主要客戶為大眾運輸業者與貨運車隊管理。硬體設備除了車機之外，大眾運輸使用的電子票證讀卡機也是主力產品。寶錄車機設備「BR 系列」提供車輛位置監控、駕駛行為管理、即時通訊與異常事件紀錄，針對不同車種提供不同樣式的車機設備。

(7) 寶麗明公司

寶麗明以車輛嵌入式車機設備與車隊管理軟體的提供為主要業務，為客戶提供客製化服務。寶麗明主要的車機設備為 BE950AF，整合了車隊管理軟體、行車紀錄影像雲端儲存還有雲端平台，提供業者方便整合其他現有設備。寶麗明希望透過軟硬體設備的整合還有雲端平台的建立幫助客戶達成節省油耗、降低保險成本、防止貨物交付延誤、追蹤車輛、改善駕駛行為等多項目標。

	
BR-8360	BR-8361
	
BR-6856	BR-6828

資料來源: 寶錄公司, <http://www.baoruh.com/index.php>

圖 3.1-5 寶錄公司車上單元



資料來源:寶儷明公司，<http://fms.bolymin.com.tw/bolymin-fms-introduction/>
圖 3.1-6 寶儷明車上單元

(8) 中華電信 (中華車訊)

中華車訊快遞由中華電信研發，以 GPRS/3G 行動通信網路為通信媒介，由自行研發完成之車機設備及車隊管理伺服系統共同組成，可以即時回報車輛衛星定位資訊，並傳送接收相關訊息。藉由後臺統整車機所得之資料，製作成統計報表來進行駕駛行為管理。

(9) 遠傳電信

由遠傳電信自行研發的系統，透過 NB-IoT 網路服務將資料回傳至後端平台，利用雲端儲存來使用並分析資料，即時監控車輛位置、行駛路徑、駕駛行為等，目前主要應用在共享機車的服務上。

(10) 台灣大哥大

台灣大哥大與創星物聯合作研發「車隊大管家 3.0」系統。「車隊大管家 3.0」導入 AI 加值服務，運用即時數據演算法和雲端系統平台，瞭解駕駛行為與車輛狀態，並即時追蹤車輛位置。平台還提供「電子圍籬」功能，進一步預先設定如超速、怠速、失聯等異常事件，可自動以系統、簡訊或 APP 將異常狀態通報車隊管理者。

3.2 問卷設計與調查

為更了解目前國內相關業者對於車載資訊設備之發展、裝設、運用於安全駕駛行為管理之發展狀況，本計畫以深度訪談方式，針對以需求為導向之貨運與客運業者，調查車載資訊系統目前裝設狀況、資料記錄狀況、及車載資訊系統應用於安全管理之情況與期許；車機業者部分則以供給面為導向，了解廠商對車載資

訊系統之看法、對車隊提供之服務內容及產業界經驗回饋。此外，因車輛相關車載資訊系統的強制性安全法規規範會影響相關產品的市場滲透率，故本計畫也訪談財團法人車輛安全審驗中心 (VSCC) 了解國內外車輛安全法規的現況與趨勢。

總計深度訪談對象共有 10 家公司，分別為：財團法人車輛安全審驗中心 (VSCC)、3 家客運業者、3 家貨運業者及 3 家車機設備商。

此外，為能全面性了解國內客運業裝設車載資訊系統及其應用狀況，本計畫以中華民國公共汽車客運商業同業公會全國聯合會及所屬客運業者為對象，辦理「2021 年業者車載設備安裝狀況調查」(問卷內容請參考附錄二)，調查國內目前客運使用及導入車載資通訊系統之應用情況，並了解業者對於車機系統需求、未來希望發展及應用之方向。

3.2.1 利害關係人深度訪談內容

深度訪談內容依據受訪者特性不同，設計不同訪談大綱 (如表 3.2-1)，並分為以下幾項主要項目，針對客貨運業者與車機設備商所詢問有關車載資訊設備或產品的項目則包括：數位行車紀錄器、GPS 車機、OBD-II (或 CAN bus)、車載數位錄影系統、行車視野輔助系統、G-sensor、車道偏離警示系統、前方碰撞警示系統、盲點資訊系統、駕駛影像監控系統，針對設備的名詞定義可參考附錄三。

1. 財團法人車輛安全審驗中心 (VSCC)：如法規現況與趨勢、行車視野輔助系統與其他安全設備制定經驗、提升車輛交通議題之看法。
2. 客貨運業者：如目前車輛監控管理概況、車載數位錄影系統或行車視野輔助系統使用情形、若無車載資訊系統如何進行安全管理、及目前面臨之課題與想法。
3. 車機設備商：如目前提供之設備與服務、影像資料服務內容、目前面臨之課題與想法。

表 3.2-1 利害關係人深度訪談大綱

對象	項目	訪談大綱
VSCC	法規現況與趨勢	• 國內強制性法規中，可提升車輛安全的相關設備有哪些； • 有關車輛影像相關之 ADAS 系統為何； • 國內強制性法規管理的做法； • 國內未來法規發展趨勢；
	行車視野輔助與其他安全設備制定經驗	• 過去制定國內安全法規的經驗； • 法規執行過程中的經驗或注意事項； • 要如何透過安全設備的功能，有效提高駕駛安全；

表 3.2-1 利害關係人深度訪談大綱 (續)

對象	項目	訪談大綱
VSCC	提升車輛交通議題之看法	- 國內外針對車輛行駛異常事件之定義； - 國內現有設備對於做為異常事件改善情形或做為異常事件判斷指標之看法； - 法規中有關安全設備資料欄位與傳輸或記錄方式為何； - 資料蒐集資料的頻率之規劃與想法為何？
客運業者	目前車輛監控管理概況	- 現有車輛安全管理系統概況； - 針對幾個主要設備使用狀況、車輛安裝比例、使用目的； - 是否有車輛車載資訊監控管理後台供管理者即時管控？裝設原因？後台整合狀況；
	車載數位錄影系統或行車視野輔助系統使用情形	- 設備使用經驗、使用設備或服務之功能、紀錄欄位、取樣率、準確度； - 攝影機安裝數量、位置、角度與紀錄格式； - 影像紀錄格式、解析度、儲存位置、保存時間； - 如何蒐集、儲存與分析所蒐集到的資料； - 異常事件採用之安全駕駛行為指標及其成效；
	若無車載資訊系統如何進行安全管理	- 無車載資訊系統的輔助下，如何了解駕駛人的行為並矯正其不安全的行為； - 設備不安裝之原因；
	面臨課題與想法	- 未來想安裝設備或項目； - 對組織既有管理作法之看法； - 供應商提供之異常事件偵測指標之看法與建議； - 設備導入進行應用之主要障礙； - 對於影像資料、車載設備未來應用與評估指標之看法；
車機設備商	提供之設備與服務選項	- 車載資訊系統的設備與服務內容； - 產品紀錄資料之來源、內容與取樣率；
	影像資料服務	- 影像服務提供的應用需求； - 異常事件採用之安全駕駛行為指標及看法；
	面臨課題與想法	- 市售產品的差異性、客戶導入設備或應用時之主要考量、及設備和車機整合時應注意事項； - 對於未來相關車載設備與現有影像資料應用之期許；

3.2.2 業者車載設備安裝狀況調查內容

業者設備調查表包含 7 大問項，第 1 部分詢問設備安裝之狀態，如 OBD-II (或 CAN bus)、數位影像紀錄器、G-Sensor、車載數位錄影系統、行車視野輔助系統、車道偏離警示系統、前方碰撞警示系統、盲點資訊系統及駕駛影像監控系統；第 2 部分為安裝比例；第 3 部分為裝設此些設備之原因；第 4 部分為此設備可輸出的資料；第 5 部分為未來是否有裝設相關設備之意願；第 6 部分為業者車載資訊管理後台管理系統之使用情形；第 7 部分為業者對於車載系統未來應用的期許。

3.3 利害關係人訪談結果

本項工作已完成所有業者之訪談，本節將依法規面、需求面及供給面彙整訪談結果說明如下。

3.3.1 法規面

法規面訪談主要以財團法人車輛安全審驗中心（以下簡稱安審中心）為對象，了解相關設備在法規面之強制規範、規格及未來發展；本次訪談會議之詳細內容另說明於附錄四。

1. 法規現況與趨勢

國內車輛型式安全審驗的強制性法規中，與車輛影像檢測有關主要有兩種：調和聯合國 UN R130 的「車道偏移輔助警示系統(LDWS)」(我國車輛安全檢驗基準第 70 項)及國內自行制定之「行車視野輔助系統」(我國車輛安全檢驗基準第 71 項)。

針對我國車輛型式安全審驗規範主要調和聯合國法規，近年聯合國與 ADAS 有關明確討論之項目共有三項：

- (1) 盲點資訊系統 (BSIS)：歐盟在 2022 年起，貨車與巴士均需安裝盲點資訊系統，目的為解決大型車輛內輪差的視野死角，安審中心目前已與交通部進行初步技術研析，國內實施期程討論中。
- (2) 自動車道維持系統 (ALKS)：聯合國 2022 年發佈 UN R157 規範。
- (3) 倒車影像：國內大型車輛之「行車視野輔助系統」已有類似規定。因國內市場規模不大，制定新規範時需先了解可能受到衝擊之對象、國外是否有要求，也需充分考量與評估規範制定之合理性及可行性。

2. 制定經驗與看法

國內法規測試規範只能在預設情境下執行，設定應達到之性能測試要求，並非設定一個規範值，以前方碰撞之緊急剎車系統為例，是以固定速度靠近偵測物體，在要求時間內發出警示及煞車。

目前國內之行車視野輔助主要功能是提供影像，仍需要駕駛人注意螢幕才會發揮其功能，其安裝位置與最低安裝數量在安全檢驗基準也有規定，如視野的系統解析度不得低於總像素 27 萬像素 (pixel)，兩側攝影機具備影像紀錄

留存功能者，留存時間應不小於 30 分鐘；間接視野裝置部分，所規範之指標為解像度 (Resolution)，指能夠從較大範圍中分辨出之最小部分，對人眼的解像度則是以視力 (Visual acuity) 表示，與影像之解析度定義並不完全相同。

現階段法規規範之設備是在特定情境下，給予駕駛人警示，並未要求儲存感測器監測到的資訊，目前聯合國 UN R160 Event Data Recorder (事件資料紀錄器) 草案正進行討論，主要應用在 M 類與 N 類車輛，目的是用來記錄車輛的動態、事件或碰撞事故發生前、發生中與發生後的車輛和乘客保護設備之時間序列資料，於事件發生後擷取出來做判讀，所記錄的事件並未包括聲音與影像資料，也尚未擴展至所有大型車。故目前在車輛行駛資料傳輸的欄位與頻率與使用目的有關，多是使用者依據需求進行蒐集。

ADAS 設備的需求與法規制定的目的有關，如緊急剎車輔助系統則是以大型車為主要規範對象，有些 ADAS 設備則是由小型車開始發展，其原因除因大型車輛與小型車輛的市場規模不同外，也可能因大型車因多為職業駕駛人，在防禦性駕駛的概念與行車安全的重視程度也與一般小型車駕駛人不同。

3.3.2 需求面

需求面訪談主要針對 3 家客運業者、3 家貨運業者，了解其使用先進安全輔助設備之經驗及相關管理用途。

1. 客運業者 A

(1) 公司簡介

客運業者 A 公司主要為提供公路汽車客運、市區客運及遊覽車服務的客運公司，主要經營蘭陽地區民眾往台北都會區之國道路線，車隊規模約 150 台。

(2) 訪談內容說明

客運業者 A 公司與系統整合商合作，將現有車機設備、ADAS 數據與車隊管理後台系統做介接，後台可提供之功能包括：車輛追蹤、異常事件影像紀錄、事件管理、駕駛行為管理、遠端監控與稽核、數據分析等。客運業者 A 公司安全管理的架構主要是透過即時事件管理與即時駕駛行為管理的概念，當後臺系統發現駕駛人有異常行為之事故風險時，系統會通知後台管理中心人員，藉由後台人員遠端查詢車內即時影像，

了解目前駕駛是否有身心處於不適合駕駛的情況，以即時提醒駕駛人來提升行車安全。

針對不同事件，客運業者 A 會依照其管理目的設定不同程度的警戒值，並定期檢討事件管理指標及汰換硬體設備，目前車載資訊系統主要服務之功能包含 GPS 軌跡、車速、急加（減）速、急過彎、超速、車道偏移、前車車距，其中針對 ADAS 設備使用為以色列公司之產品，早期購入時 ADAS 系統並未有資料傳輸功能，僅有警示駕駛，目前 ADAS 設備所紀錄的事件資料均可傳輸到車機，再提供給管理者使用，可提供之功能包括：車道偏移、前車碰撞、與前車未保持安全距離、超速等

另客運業者 A 公司也會參考 ADAS 設備所提供的警示做為其駕駛行為異常事件評估指標，以異常事件（未保持安全距離）為例，該公司將 1 小時內偵測到 2 次與前車距離小於 0.5 秒或 5 次小於 0.8 秒為警戒值，所有紀錄皆會產生事件，後台人員也會即時了解警示事件是否與駕駛人操作不當有關，服勤後教練也會約談駕駛人。

後台參數設定得宜且系統穩定的話，可有效協助駕駛行為管理，透過後台管理的方式除可分析駕駛行為，做為異常事件指標與參數設定的標準，也可節省人力成本。業者需隨時檢討參數設定與設備選用適切性，並與駕駛員溝通，以了解第一線的想法與使用經驗。

(3) 面臨課題或看法

目前市面上之駕駛行為影像辨識技術及盲點資訊系統產品準確度較差，故尚未安裝；此外，主動式防禦駕駛介入之功能因在後裝市場無法安裝，也是目前實務上車輛執勤作業無法達到完全即時預防前方碰撞事故之困擾。

車隊管理之做法與業者的態度、規劃與重視程度有關，希望透過政府相關計畫的推動，持續強化與教育業者透過車機系統改善行車安全的重要性。

2. 客運業者 B

(1) 公司簡介

客運業者 B 公司主要為提供公路汽車客運、市區客運及遊覽車服務的客運公司，主要經營臺南市往新北市、臺北市、桃園市、臺中市及高雄市

之國道路線，也有臺中市公車路線，營運範圍涵蓋整個西部交通走廊。

(2) 訪談內容說明

客運業者 B 公司除與影像車機商合作進行設備系統整合外，近年也開發內部使用的行車安全管理輔助系統，透過整合管理系統除可直接更新影像車機設備之事件判斷參數，也可查詢事件與影像資料，進行駕駛行為管理。該公司目前裝設的車載資通訊系統有數位影像紀錄器、GPS 車機、行車視野輔助系統、胎壓偵測器及 ADAS 系統等，其中 ADAS 系統是選用以色列公司產品。

客運業者 B 公司目前除使用 ADAS 系統所傳回之警示事件進行安全管理及監控 (包含：車道偏離、行人警示、碰撞警示、未保持安全距離、超速、低速行駛等)，蒐集之影像資料用以驗證該警示事件之真偽，以做為駕駛員考核之依據。目前該公司用以評估駕駛員駕駛表現的指標包括：車道偏移、前車碰撞、行人警示、未保持安全距離、超速、急剎車等，並給與指標不同的權重分數，透過平台收集到的資料為駕駛評分，分數未達標的駕駛需再回公司接受再教育訓練。

(3) 面臨課題或看法

客運業者 A 公司提到行車視野輔助功能是否可替代盲點資訊系統功能之疑義，故目前尚未安裝；在安全駕駛行為管理部分，透過目前車機設備整合後，整體效果不錯，未來希望針對駕駛人精神狀態管控有更好的產品來進行應用；此外，因為後台影像的解析度相對低於車上硬碟，人員不易判讀也相當耗時。對車隊業者來說，在導入車隊管理系統時設備導入時除要與司機持續溝通外、設備的保養與管理、前端設備與後台的妥善整合等，業者都需納入考量。

3. 客運業者 C

(1) 公司簡介

客運業者 C 公司主要為提供公路汽車客運、市區客運及遊覽車服務的客運公司，服務區域主要為桃園市，並以市區公車為主，目前車隊規模約 630 台。

(2) 訪談內容說明

客運業者 C 公司主要透過 OBD-II 了解駕駛行為，透過產生之報表

了解駕駛者行車狀態與油耗，當偵測到駕駛人異常事件時，會立即警示，並進行事後檢討。而 OBD-II 紀錄異常事件有：異常停留次數、異常時間超速、經濟轉速過高、急加速急減速、嚴重減速等。

車隊目前使用的 ADAS 設備有車道偏移、前方碰撞系統及盲點資訊系統，車道偏移、前方碰撞系統主要是配合政府針對國道客運的補助案，盲點資訊系統有兩套系統，其中一套是近期配合市政府的測試計畫所安裝的產品，主要安裝於市區公車上，此設備除警示聲音外也有影像的功能，可提供駕駛額外視野輔助。客運業者 C 公司所採用之 ADAS 設備僅有警示駕駛，並未有記錄功能，礙於資料傳輸成本的考量，後台並未即時傳輸與紀錄影像資料，若要使用後台管理與影像傳輸系統則須先進行設備汰換與主機升級，考量車輛的年限與設備汰換問題，未來舊車年限已到要進行汰換時，會再評估更新與否，故現在仍是以公車動態資訊系統做為車輛監控後台。

實務上有調閱影像資料需求時，會拔除車上硬碟做讀取，但因目前使用的監視器為不同廠商之產品，資料調閱較不便，未來新購置車輛會統一選用相同的監視器產品。

(3) 面臨課題或看法

市區公車目前以盲點資訊系統做為主要的安全警示設備，未來市區公車有考慮納入前方碰撞與車道偏離系統，且因車上安裝設備相當多，希望設備故障偵測能有提醒功能；目前主要遭遇困擾主要為：當補助或測試以單一設備或車機為主時，目前業者無法針對每項市售產品做測試，故對於設備採購、業者設備整合與配置均無統一標準可遵循，同時因設備間系統整合不足，除資料應用有限外，也易有設備安裝不慎而影響其他設備運作之困擾。

4. 貨運業者 A

(1) 公司簡介

貨運業者 A 公司主要經營模式是以運輸物流配送服務為主，透過物流中心與配送車隊，滿足客戶對於全溫層「常溫、恆溫、冰溫、冷藏、冷凍」物流需求。

(2) 訪談內容說明

使用車載資訊系統服務進行車隊後台管理，主要使用目的為監控物流士配送狀況、掌握配送品質、計畫及非計畫性派車、到店時間推播、動態材積等功能，透過後台管理系統可進行即時與事後管理；目前後台系統整合與駕駛人行為車載資訊系統有關的項目為 GPS 車機及溫度記錄器，用以進行配送路線編排與人車派遣、配送車輛行駛歷程、到店品質管控及駕駛行為分析，由 GPS 車機找出駕駛行為異常（如超速、急加速及急減速）的人員進行輔導。

目前後台管理系統並未紀錄影像資料，現有影像資料主要儲存於車上記憶卡，用以處理客訴案件、物流士駕駛行為改善、降低危險駕駛及行車風險與系統路線編排等。針對 ADAS（車道偏離警示、前方碰撞警示及駕駛影像監控）系統目前安裝比例不高，貨運業者 A 公司規劃將持續裝設數位行車紀錄器、盲點與胎壓偵測系統及其他各種 ADAS 系統，另該公司期望相關設備可以協助辨識駕駛未繫安全帶、闖紅燈、雙黃線迴轉、逆向行駛等異常事件。其他設備如 OBD-II（或 CAN bus）及 G-sensor 則尚未納入裝設評估。

(3) 面臨課題或看法

貨運業者 A 公司有資料分析需求時會於後台管理系統撈取相關資料，針對安全管理做法所使用之設備（如 ADAS）目前安裝比例不高，仍尚未滿足管理需求，故也規劃在未來導入相關設備，但導入車載資訊系統進行應用時，主要障礙為是否能完善地整合車載資訊系統提供的資料與各項車機設備。

5. 貨運業者 B

(1) 公司簡介

主要營運範圍為西部與東部高速公路兩種路線為主的郵件配送，自有車隊規模約為 45 台，並以夜間行駛居多，且除自有車輛外，也有部分車輛屬於外包性質。

(2) 訪談內容說明

現有車輛安全管理主要依賴 GPS 系統，針對超速還有其他駕駛狀態會記錄在每日報表中，對於駕駛行為有異常的同仁會進行特別管理，管理指標有時間、里程、最高速度、平均行駛速度、超速次數、逾時停留

次數等，同時也可以透過即時監看車輛的 GPS，隨機挑選車輛進行即時監控，透過這些指標來管理物流士的超速、失聯及碰撞等事件。

目前並未使用車載資訊系統服務進行車隊後台管理，行車紀錄器影像主要使用目的為紀錄用，只有事故或發生異常事件才會調閱。現階段使用之 ADAS 系統為盲點資訊系統，目前僅做為駕駛行車時輔助工具，且在市區與隧道行駛會有誤判情形，故仍在試用階段。其中針對視野輔助系統則有使用環景、側邊、多鏡頭行車紀錄器，選用的廠牌多元，主要原因在於部分產品導入時會先試用在 1~2 輛車上，依據試用結果評估是否進行擴增。

(3) 面臨課題或看法

因營運車輛行駛里程偏長，現有影像紀錄設備之解析度與儲存空間不敷使用，有時候會發生儲存空間不足或影像解析度不夠導致判讀困難之情形，就公司營運特性來看，以 1080P 儲存一個月的時間會較符合使用需求。

現有車機採購由總公司全權負責，新車購置並未直接安裝車機設備，都是陸續加裝，且購置設備的技術與規格差異對車輛安全與駕駛使用上也會產生困擾，造成設備整體使用上與預防效果不如新車原廠時就配置好之規格；此外，目前 ADAS 系統也仍未大規模裝設，未來期許以 ADAS 系統設置為目標，透過 ADAS 系統強化偵測周遭車輛，提升駕駛安全，優先想要應用之功能為自動煞停系統，其他如前車碰撞警示、車道偏移警示、車道維持系統等，以強化車輛行車安全。

6. 貨運業者 C

(1) 公司簡介

貨運業者 C 公司主要的經營型態是以運輸物流配送服務為主，業務包含連鎖通路的零售物流配送和生產工廠的製造物流運送。服務的物流士人數約 2,000 位，車隊規模約 1,600 輛，其中有 95% 車輛與為外包性質。

(2) 訪談內容說明

貨運業者 C 公司有使用車載資訊系統服務進行車隊後台管理，主要目的為：車輛監控 (GPS、熄火等)、駕駛行為管理與異常事件偵測與紀

錄(超速、急加減速等)、語音告警與事先提醒(危險路段、特殊門市的規定)、班表展示(每日上傳班表至車機)、是否準時到站、溫度偵測與失溫提醒。

目前裝設的車載資通訊系統也有整合車輛的 OBD-II 資訊、ADAS 系統的事件資訊，所使用的 ADAS 系統同樣為以色列公司的產品，可判斷項目有：車道偏移警示、前方碰撞警示、行人及自行車碰撞警示、前方車距監測、道路號誌識別，裝設車輛主要為 2020 年後的新車，針對舊車駕駛若有過多異常事件會要求其安裝，其餘則是透過鼓勵的方式請物流士安裝。

針對駕駛行為主要是透過 KPI 來管理，管理指標包括超速、急煞車、預冷失溫與配送失溫為主，後台雖有蒐集到的 ADAS 紀錄資料，但目前尚未納入駕駛員安全管理指標中，未來有考慮將其納入。針對影像部分，考量傳輸費用與車機流量限制，並未將影像傳輸至後台，主要為當發生客訴或是事故時才會去調閱影像資料。

(3) 面臨課題或看法

目前使用的 GPS 系統會有定位偏移的情形，需再強化 GPS 設備之精準度；然而，因外包靠行的物流士眾多，部分物流士會抗拒使用新設備，也因此對於異常事件的管理會相對困難，故貨運業者 C 公司也持續在思考如何能在不使物流士花費額外成本的情況下，改進現有車機設備可再應用之功能，同時也與司機保持良好的溝通管道，持續的溝通與協調。

未來設備安裝需求部分，新購車輛已預計在年底汰換為新污染期別的车辆，除均要安裝 ADAS 系統外，也有自動煞停之功能，更可提升車輛安全性。過去有評估過盲點資訊系統，但因採用的偵測技術與準確度有差異，所以暫無安裝規劃，未來針對新的安全管理設備都會持續了解與評估是否適宜於車隊內安裝。

3.3.3 供給面

供給面訪談主要針對 3 家設備商業者，了解其產品主要功能，及未來相關設備技術演進。

1. 設備商業者 A

(1) 公司簡介

設備商 A 公司主要為影像設備及車機製造商，產品範疇包含車機設備、個人穿戴攝影機、各式車輛影像紀錄器及軌道車輛專用的影像設備，軟硬體服務項目包括：影像與車機之軟硬體整合、影像儲存與分析、各式車輛影像紀錄器、設備整合與後台管理等，目前也持續發展 AI，持續強化車機設備的服務功能。

設備商 A 公司目前所提供之產品包括：數位行車紀錄器、車機影像設備（內含 GPS 車機與 OBD-II 或 CAN bus）、車載數位錄影系統、行車視野輔助系統；盲點資訊系統、G-Sensor、陀螺儀；車道偏離警示系統、前方碰撞警示系統、駕駛影像監控系統等。

設備商 A 公司主要為客運業者 B 之車載資訊系統服務廠商，協助客運業者 B 蒐集多項設備的資料，由客運業者所定義之規則來偵測車輛行駛狀態，經車機運算發現事件符合使用者定義時，會將發生之異常事件回傳至後台伺服器，交由客運業者 B 管理者針對這些資料進行後端分析及應用。

(2) 訪談內容說明

設備商 A 公司針對車外影像及駕駛人異常事件所判讀的類別有：前車跟車太近、前車碰撞、車道偏移、未保持安全距離、前方碰撞警示、急加速、急減速、急轉彎、緊急煞車、嚴重超速、輕微超速、設備異常警示等，另有車內影像辨識之駕駛人分心或疲勞等異常行為。

設備商 A 公司表示透過單一的感測器不容易判斷事件，多要透過多種感測器計算來判斷事件是否發生；車機要收集哪些資料及其取樣率，除可透過設備商端來進行調整外，也開放客戶依其需求透過後台進行調整；但針對設備與事件判斷的準確度，與感測器提供的頻率及資料來源等息息相關，需要透過經驗來判斷，與具有經驗的車機整合商合作也是相當重要的一環。

此外，業者對於大量資料的需求及使用目的也是要考慮的，以 GPS 為例，雖然 GPS 取樣頻率可以到 1 秒鐘 5 筆，但一般使用者仍是以 1 秒 1 筆（以上）為主，若以 1 秒 1 筆來進行駕駛行為分析之取樣率可能有

不足之情形。同時，除非客戶有特別需求，車機不會一直紀錄連續的資料，只會儲存所判斷事件的結果。

(3) 面臨課題或看法

國內未特別重視影像車機的資安認證，考量國內車機設備中的行車視野輔助器多來自中國，臺灣廠商在提升產品穩定性、功能性及品質的同時，又要與中國產品競爭，在產品價格上會相對處於劣勢；AI 軟體面是未來的技術發展趨勢，但演算法發展並不容易，國內學界有強大的軟體研發能力，期許國內能有媒合管道，透過與學界或業界之相互合作，讓學界的成果可以落實到產業中，鼓勵業者投入研發也可提升產業競爭力。

2. 設備商業者 B

(1) 公司簡介

為國外以色列 ADAS 設備之總代理商，專注於自駕車及 ADAS 技術發展，前裝市場已廣泛被全球八成以上汽車製造商所採用，後裝市場則以電腦視覺技術，提供碰撞警示、內輪差警示等系統，以減低交通事故，提供車隊即時駕駛行為資訊及計算駕駛行為分數，此外也已與國內多家車隊管理系統廠商完成介接，代理之設備也是本計畫深度訪談中，部分客貨運業者選購之產品。

原廠提供產品的功能主要有：車道偏離警示、前方碰撞警示、盲點資訊系統，可偵測事件包括：前車跟車太近、前車碰撞、車道偏移、未保持安全距離、前方碰撞警示、急加速、急減速、急轉彎、緊急煞車、超速、設備異常警示、速限牌、車內駕駛偵測等，2020 年上市的新一代晶片產品除運算速度增加及線上更新外，更改善前一代產品夜視功能不足之問題。

(2) 訪談內容說明

設備商 B 公司提到車輛若只有安裝預警設備只能在當下保護駕駛者，對車隊管理者來說並沒有辦法知道駕駛者行為狀態；而 ADAS 設備所讀取的資料龐大，故記錄的項目會由使用者依據需求與成本決定取樣率或只提供觸發事件，同時設備的警示條件、持續時間、觸發條件也是由使用者決定，以符合使用者實際使用情況；影像的部分，ADAS 設備

並未紀錄，也不會偵測他車方向燈信號，影像必須透過使用者所裝設之車機觸發其他設備來記錄。

電腦視覺運算是複雜的演算法，天氣環境因素也會影響到電腦判斷結果，市售設備之規格雖符合法規，但警示可靠度差異很大，使用者在選擇產品時，需考量產品的保固期限、車機設備是否能夠有效整合、車機設備是否能有效提升駕駛安全。

(3) 面臨課題或看法

設備商 B 公司提到客戶若基於成本考量，可能購置到便宜但效果不佳的產品，導致減低其對行車安全的預防效果，強制性法規與補助鼓勵也會影響客戶使用意願，另設備品質及是否能相互整合也相當重要。

3. 設備商業者 C

(1) 公司簡介

設備商 C 公司成立超過 20 年，由生產螢幕面板開始，逐漸擴展到面板與 CPU 等電子零件結合之領域，其後因應客戶需求，導入 GPS 與無線通訊技術，並將軟硬體設備整合，使客戶能透過後台及行動裝置監看與查詢目前車隊狀態。此外，設備也可提供異常事件，如超速、疲勞駕駛、進站、出站、車輛碰撞前後等事件影像資料存取及雲端傳送功能。

(2) 訪談內容說明

目前客戶提出的設備需求相當多元，除了本計畫一般性 ADAS 系統外，還有提供車隊管理後臺系統、駕駛行為分析系統、工時管理、駕駛酒測、設備管理、肇因肇責分析等服務。

設備商 C 以數位式行車紀錄器為主要車速量測來源，GPS 車載機、OBDII、CAN bus、駕駛行為分析設備等設備的車速資料則為備用，同時也可依照客戶需求，調整車速來源及取樣率，而在駕駛行為分析的部分，該公司認為取樣率為 1 秒 1 筆是足夠的。

車機周邊設備整合的種類多寡取決於客戶之需求，當客戶所提出要求的資料無法來自既有已整合的周邊硬體時，會再進行整合評估與實車測試。

(3) 面臨課題或看法

針對系統整合面的車機產品目前雖有「營業大客車車載機產業標準

3.0」 (2020 年 10 月 21 號揭露)，但客貨運業者的需求持續新增，所以車載軟硬體系統廠商會提前研發與生產符合客戶需求的產品。透過政府訂立規範的主要優點在於系統介接共通性，但被整合方也有可能不願意提供整合介面或通訊協定，造成整合上的障礙。

3.3.4 客貨運業者比較

1. 客貨運受訪者設備安裝情形比較

表 3.3-1 為前述所提六家客、貨運業者訪談中，本計畫所詢問之車機設備的安裝情況，可初步發現客運業者設備種類多於貨運業者，可能與業者的營運特性與目的有關，針對行駛過程中記錄車輛運行細節與駕駛時間部分，業者以使用數位行車紀錄器與傳統大餅紀錄，其中貨運 A 因多數為 3.5 噸車輛，故車隊多數屬於免安裝之車輛，此外，受訪的客貨運業者全部都有裝設 GPS 車機及行車視野輔助系統，主要原因是因為法規要求與管制之必要性；針對 OBD-II (CAN bus)，客運 A、客運 B 及貨運 C 全數車輛皆有安裝，客運 C 的 OBD-II 主要安裝於 2010 年後之車輛，但訪談業者中都有提到 OBD-II (CAN bus) 擷取的欄位需求，仍需看車輛製造商是否有將資訊開放出來。

表 3.3-1 深度訪談案例中客貨運業者設備安裝情形比較

設備名稱		客運 A	客運 B	客運 C	貨運 A	貨運 B	貨運 C
數位行車紀錄器		部分 (56%)	未使用	部分* (6%)	未使用	部分 (5%)	未使用
傳統行車紀錄器		全部	全部	部分 (94%)	部分** (22%)	部分 (96%)	全部
GPS 車機		全部	全部	全部	全部	全部	全部
OBD-II(CAN bus)		全部	全部	部分 (78%)	未使用	未使用	全部
車載數位錄影系統		全部	全部	未使用	未使用	未使用	未使用
行車視野輔助系統		全部	全部	全部	全部	全部	全部
G-sensor		全部	全部	未使用	未使用	未使用	未使用
ADAS	車道偏離警示系統	全部	全部	部分* (7%)	部分 (12%)	未使用	部分 (20%)
	前方碰撞警示系統	全部	全部	部分* (7%)	部分 (12%)	未使用	部分 (20%)
	盲點資訊系統	未使用	未使用	部分* (8%)	未使用	部分 (26%)	未使用
	駕駛影像監控系統	全部	全部	全部	部分 (12%)	未使用	未使用

2. 車速與影像設備使用狀態

進一步觀察車速資料與影像的紀錄方式 (如表 3.3-2)，可發現業者針對 GPS 取樣頻率不一，貨運業者以 30 秒 1 筆居多，而客運業者因車速資料會做為 ADAS 設備與駕駛行為指標之判斷參數，故取樣率相對較高。影像設備部分，保留時間與規格各業者都有所差異，貨運業者所紀錄之影像時間少於客運業者，所安裝鏡頭數量則有 4~8 支不等，其中客貨運業者均有安裝的位置為：車輛前方、後方、左方與右方。

表 3.3-2 客貨運受訪者目前車速與影像設備使用狀態

業者	車速	影像設備				鏡頭數量	補充說明
		雲端		車上硬碟			
		紀錄與否	保留時間	紀錄與否	保留時間		
客運A	GPS (5 筆/秒)	有； 規格(b)	1 年	有；	2 週	8 支	後台只記錄異常事件
客運B	CAN bus (1 筆/秒) GPS (1 筆/20 秒)	有； 規格(e)	60 天	有； 規格(c)	未提供	6~7 支	事件及同步錄影；異常事件永久保存
客運C	OBD-II (1 筆/秒) GPS (配合動態車機)	無	無	有； 規格(b)	2 週	8 支 (甲類)	-
貨運A	GPS (1 筆/30 秒)	無	無	有； 規格(b)	3 天	5 支	-
貨運B	GPS (1 筆/30 秒)	無	無	有；規格(a)(d)	依設備	4 支	2018 年後為規格(a)
貨運C	OBD-II (1 筆/30 秒) GPS (1 筆/30 秒)	無	無	有； 規格(b)	2~3 天	4 支	-

註*影像規格代號：(a)1080P:1920*1080@30fps，(b)720P:1280*720@30fps，(c)960H: 960 x 480 @30fps，(d)D1: 720 x 480 @30fps，(e) 352*240。

3. 異常事件判斷指標

為了解目前客貨運業者對於駕駛者異常行為事件的判斷指標或對於指標之看法，本計畫針對「與前車未保持安全距離」、「車道偏移」、「過彎或匝道車速過快」、「不當變換車道」4 項異常事件詢問受訪者目前之作法或建議 (如表 3.3-3)，其中貨運業者尚未應用 ADAS 設備的事件紀錄，現階段僅以警示提醒

駕駛；針對上述 4 項異常事件，客運 A 及客運 B 在設定指標上都是採用 ADAS 設備的警示紀錄，但門檻值與判斷準則會有些許差異。本次訪談過程中，受訪者也提到針對所使用的 ADAS 設備警示指標門檻值是可進行調整的，部分業者會依據使用目的與經驗，進行調整與設定。

表 3.3-3 異常事件受訪者回饋之建議指標

異常事件	業者	採用或建議之指標
與前車未保持安全距離	安審中心	與當時車速、前車車速、車輛性能、載重有關，可參考安全檢驗基準第 72 項(緊急剎車輔助系統)
	客運 A	分階段警示與前方車輛安全距離(秒)，如： 前方車輛安全距離小於 00 秒，ADAS 發出警示(不紀錄) 前方車輛安全距離小於 00 秒，ADAS 發出第一次警示 前方車輛安全距離小於 00 秒，ADAS 發出第二次警示
	客運 B	分階段警示與前方車輛安全距離(秒)，如： 前方車輛安全距離小於 00 秒，ADAS 發出第一次警示 前方車輛安全距離小於 00 秒，ADAS 發出第二次警示
	設備商 B	與周遭車輛距離(秒)、車速
車道偏移	安審中心	可參考安全檢驗基準第 70 項(車道偏離輔助警示系統)
	客運 A	方向燈、車道線
	客運 B	未打方向燈，車輛向右(左)偏移壓線，ADAS 發出警示 00 秒內發生 00 次車道偏移
	設備商 B	與車道線距離、打方向燈、車速
過彎或匝道車速過快	安審中心	可參考 VSF(車身動態穩定)功能
	客運 A	可參考車機設備(如 G-sensor)
	客運 B	僅有超速警示，並未判斷空間資訊
	設備商 B	可參考與車道線距離、車速
不當變換車道	安審中心	若非車道偏移但駕駛人又超過車道可能是不當變換車道，可參考安全檢驗基準第 70 項(車道偏離輔助警示系統)
	客運 A	可參考方向燈、車道線
	客運 B	並未特別針對此項做警示
	設備商(B)	是否打方向燈

3.4 業者問卷調查分析及前後期比較

3.4.1 本期計畫問卷調查分析

為了解國內客運業者使用車載設備資訊系統的情況，本次問卷透過中華民國公共汽車客運商業同業公會全國聯合會協助，一共回收 25 家國內客運業者的使

用狀況問卷。除了調查使用車載設備資訊系統現況外，本次問卷也會了解業者對於車機系統未來的規劃與需求、資料如何分析應用、異常事件指標使用及期許整體車機產業的未來發展方向，最後會與前期計畫所做之問卷結果做簡單的比較。

本次問卷主要有七大項目，第一為是否有安裝 OBD-II(或 CAN bus)、數位行車紀錄器、G-Sensor、車載數位錄影系統、行車視野輔助系統、車道偏離警示系統、前方碰撞警示、盲點資訊系統、駕駛影像監控；第二為業者車隊之安裝比例，分為五個級距，為 $\leq 10\%$ 、約 1/3、約 1/2、約 2/3、 $\geq 90\%$ ；第三為裝設的考量因素；第四為設備能夠輸出的資料；第五為資料應用分析；第六為駕駛行為管理之異常事件指標；第七為業者對於車機設備的未來規劃與期待。

問卷中將 OBD-II(或 CAN bus)、數位行車紀錄器分類為車輛行駛紀錄器，G-Sensor、車載數位錄影系統、行車視野輔助系統分類為影像紀錄系統，車道偏離警示、前方碰撞警示、盲點資訊系統、駕駛影像監控分類為先進駕駛輔助系統(ADAS)。本調查之詳細結果如表 3.4-1 至表 3.4-4 所示。結果簡要說明如下：

1. 設備使用情況：業者安裝率較高的設備為數位行車紀錄器、車載數位錄影系統、行車視野輔助，安裝率多數超過 90%。ADAS 系統目前安裝率不高，經由訪談業者表示目前多數還在測試 ADAS 系統效果和準確性。少數幾家業者 ADAS 系統安裝率較高，進一步訪談得知多數為國道客運，而市區客運業者如果有國道路線，負責國道路線的车辆多數也會安裝。
2. 使用設備目的：主要為車隊、駕駛行為管理及車輛狀態監控，除了安全之外主要也會用來做為處理客訴之依據，而對業者而言，政府補助會增加 ADAS 系統的安裝意願。
3. 資料分析：多數業者不會將車機設備所記錄的資料做分析，少數會做資料分析的業者，考量成本與資料外流風險只會在公司內部由專責人員負責，不會委託第三方。
4. 駕駛行為管理之異常指標：目前業者以超速、與前車未保持安全距離、不當變換車道、急加減速次數、交通違規次數等做為駕駛行為的安全管理指標，除了針對駕駛行為，業者對於駕駛的服務品質也是列為駕駛行為管理的指標，例如：乘客投訴件數。
5. 數位行車紀錄器：多數業者已將傳統的行車紀錄器（傳統大餅）全面或部分汰換成數位行車紀錄器，尚未全面汰換的業者係為配合車輛汰舊換新，未來新車皆會改用數位行車紀錄器。政府已在法規中規定，要求數位行車紀錄器在民國 110 年 1 月 1 日出廠的車皆要安裝，民國 112 年 1 月 1 日之後強制各

型式車輛全面安裝（只針對要領牌的車輛）。

6. G-sensor：經由後續進一步訪談與資料查詢之後發現，G-sensor 基本上都會與 DVR 設備搭配，當初填答問卷時多數業者並不清楚，所以單獨詢問 G-sensor 會傾向回答未安裝。G-sensor 主要功能為幫助 DVR 即時記錄事故影像，但因為特別紀錄碰撞前的影像資料會佔據硬碟空間或是目前設備無此功能，因此未來需重新檢視詢問 G-sensor 安裝比例的必要性或是進行修正。
7. 車載數位錄影系統影像儲存：多數業者將車輛的影像紀錄存放在車機上的硬碟或是 SD 卡中，透過雲端儲存在後台的業者較少，經由進一步訪談業者得知，主要是考量傳輸費用與擴充儲存空間的成本。
8. 後台管理系統：有建置後台的業者約占填答問卷業者的一半，經由進一步的訪談發現，業者主要會使用公路總局的動態資訊系統，部分則是使用自行或委外建立的後台管理系統。業者有說明雖然有建立後台，但是目前不同車機設備可能使用不同平台，彼此之間的整合性不佳，如何整合不同功能的是業者目前努力的方向。
9. 行車視野輔助系統：為了節省安裝費用，多數業者表示，如果有採用行車視野輔助系統的話，行車視野輔助系統會與車載數位錄影系統採用相同鏡頭。

表 3.4-1 國內車載設備安裝狀況調查結果

類別	問題	選項-數量 (比例)	車隊使用-數量 (比例)	裝設之考量因素 (數量) 選項	所能輸出之欄位 (數量) 選項
車輛 行駛 紀錄 器	一、 是否有安 裝 OBD- II(或 CANb us)	有- 10(40%)	<10%：2 (20%) 大約 1/3：1 (10%) 大約 1/2：1 (10%) 大約 2/3：4 (40%) >90%：2 (20%)	(0)政府有補助 (6)駕駛員管理 (6)油耗管理 (6)車輛維修管理 (2)路線班表管理 (2)處理客訴依據 (1)學術合作 (1)數據分析	(9)車速 (5)電池電量 (6)行駛軌跡 (6)油耗資料 (6)煞車訊號 (8)里程統計 (7)方向燈訊號 (8)引擎轉速 (9)怠速狀況 (7)急加減速 (7)車燈訊號 (1)前車車距
		無 15(60%)	-		

表 3.4-1 國內車載設備安裝狀況調查結果 (續 1)

類別	問題	選項-數量 (比例)	車隊使用-數量 (比例)	裝設之考量因素 (數量) 選項	所能輸出之欄位 (數量) 選項
車輛 行駛 紀錄 器	二、是 否 有 安 裝 數 位 車 錄 器	有- 24(96%)	<10% : 3 (12.5%) 大約 1/3 : 2 (8.3%) 大約 1/2 : 1 (4.1%) 大約 2/3 : 2 (8.3%) >90% : 16 (66.6%)	(5)政府有補助 (16)駕駛員管理 (10)油耗管理 (11)車輛維修管理 (10)路線班表管理 (13)處理客訴依據 (13)駕駛工時管理 (1)電動車配備 (1)車速檢查	(24)車速 (23)時間 (17)加減速度 (18)怠速狀況 (19)里程統計 (14)行駛軌跡 (1)不清楚
		無-1(4%)	-		
影像 紀錄 系統	三、是 否 有 安 裝 G- Senso r	有-5(20%)	<10% : 1(20%) 大約 1/3 : 0(0%) 大約 1/2 : 1(20%) 大約 2/3 : 0(0%) >90% : 3(60%)	(2)政府有補助 (5)駕駛員管理 (4)處理客訴依據	(4)車速 (2)縱向加速度 (2)橫向加速度 (2)橫擺角速度 (2)角加速度 (2)車頭與車道中 心夾角 (2)不清楚
		無 20(80%)	-		
先進 駕駛 輔助 系統 (AD AS)	四、是 否 有 安 裝 車 載 數 位 影 錄 系 統	有- 19(76%)	<10% : 1(5.2%) 大約 1/3 : 0(0%) 大約 1/2 : 1(5.2%) 大約 2/3 : 0(0%) >90% : 17(89.4%)	(1)政府有補助 (18)駕駛員管理 (7)車輛維修管理 (5)路線班表管理 (19)處理客訴依據 (1)駕駛員教育訓練	(19)車前影像 (18)車後影像 (18)車左影像 (18)車右影像 (19)車內影像(駕 駛) (18)車內影像(乘 客) (1)下層行李箱
		無-6(24%)	-		
	五、是 否 有 安 裝 行 車 視 野 輔 助 系 統	有- 24(96%)	<10% : 1(4.1%) 大約 1/3 : 0(0%) 大約 1/2 : 0(0%) 大約 2/3 : 1(4.1%) >90% : 22(91.6%)	(5)政府有補助 (20)駕駛員管理 (18)處理客訴依據 (2)配合政府法規 要求	(20)車前影像 (19)車後影像 (21)車左影像 (21)車右影像 (1)不清楚
		無-1(4%)	-		

表 3.4-1 國內車載設備安裝狀況調查結果 (續 2)

類別	問題	選項-數量 (比例)	車隊使用-數量 (比例)	裝設之考量因素 (數量) 選項	所能輸出之欄位 (數量) 選項
先進 駕駛 輔助 系統 (AD AS)	六、是 否 有 安 裝 車 道 偏 離 警 示	有 16(64%)	<10% : 6(37.5%) 大約 1/3 : 4(25%) 大約 1/2 : 1(6.2%) 大約 2/3 : 3(18.7%) >90% : 2(12.5%)	(11)政府有補助 (14)駕駛員管理 (7)處理客訴依據 (1)廠商贊助 (1)交通局要求	(10)車速 (9)車道偏移率 (10)車輛偏移方向 (8)方向燈 (1)影像 (1)蜂鳴警示 (5)不清楚
		無-9(36%)	-		
	七、是 否 有 安 裝 前 方 碰 撞 警 示	有 17(68%)	<10% : 7(41.1%) 大約 1/3 : 4(23.5%) 大約 1/2 : 0(0%) 大約 2/3 : 3(17.6%) >90% : 3(17.6%)	(11)政府有補助 (14)駕駛員管理 (8)處理客訴依據 (1)車輛配備 (1)廠商贊助 (1)交通局要求	(11)車速 (9)與前車距離 (8)TTC (1)影像 (1)蜂鳴警示 (6)不清楚
		無-8(32%)	-		
	八、是 否 有 安 裝 盲 點 資 訊 系 統	有-9(36%)	<10% : 3(33.3%) 大約 1/3 : 4(44.4%) 大約 1/2 : 0(0%) 大約 2/3 : 2(22.2%) >90% : 0(0%)	(5)政府有補助 (8)駕駛員管理 (3)處理客訴依據 (1)交通局要求	(5)物體/人位置 (5)盲點區物體/ 人距離 (4)不清楚
		無-16(64%)	-		
先進 駕駛 輔助 系統 (AD AS)	九、是 否 有 安 裝 駕 駛 影 像 監 控	有-11(44%)	<10% : 1(9%) 大約 1/3 : 0(0%) 大約 1/2 : 0(0%) 大約 2/3 : 1(9%) >90% : 9(81.8%)	(4)政府有補助 (11)駕駛員管理 (11)處理客訴依據 (1)駕駛教育訓練	(10)車內影像(駕駛) (8)車內影像(乘客) (4)駕駛分心 (1)駕駛艙聲音警示 (1)不清楚
		無-14(56%)	-		

表 3.4-1 國內車載設備安裝狀況調查結果 (續 3)

類別	問題	選項-數量 (比例)	車隊使用-數量 (比例)	裝設之考量因素 (數量) 選項	所能輸出之欄位 (數量) 選項
先進駕駛輔助系統(ADAS)	十、是否有安裝其他的先進駕駛輔助系統(ADAS)	● 調查結果顯示目前受訪客運業者並未有安裝其他的先進駕駛輔助系統(ADAS)的計畫。			

表 3.4-2 資料應用分析調查

問題	選項-數量 (比例)	延伸子問題	(數量) 選項或文字說明
一、是否將資料額外進行分析抑或是僅利用現有資料不額外進行分析？	會再另外匯出資料進行額外資料分析-9 (36%)	會再匯出資料進行另外資料分析的設備有哪些？	(1) OBD-II (4) GPS 系統 (8) 數位行車紀錄器 (5) 傳統行車紀錄器 (8) 車載數位錄影系統 (1) G-Sensor (3) 行車視野輔助系統 (4) 車道偏離警示系統 (4) 前方碰撞警示系統 (2) 盲點資訊系統 (3) 駕駛影像監控系統
		額外進行資料分析的考量點？	● 駕駛員與行車安全管理 ● 駕駛員考核及教育訓練 ● 駕駛行為管理
		額外進行資料分析的委託對象？	(9) 公司內部專責人員 (0) 委託第三方團隊 (0) 其他
	目前設備紀錄資料直接使用，不會再做任何分析 -16 (64%)		

表 3.4-3 駕駛行為管理使用之異常指標調查

問題	(數量) 選項	延伸子問題	(數量) 選項
一、運用哪些異常事件或指標來對駕駛行為進行管理？	(16) 異常事件數 (21) 超速次數 (18) 交通違規次數 (9) 出險次數 (23) 乘客投訴件數 (13) 急加減速次數 (9) 準點率 (1) 獎懲分數 (1) 出勤及肇事件數	對駕駛行為進行管理採用之指標「異常事件數」包含哪些？	(14) 與前車未保持安全距離 (9) 車道偏移 (9) 過彎或匝道車速過快 (14) 不當變換車道 (1) 低速行駛

表 3.4-4 後台管理系統與車機設備安裝規劃調查

問題	(數量) 選項	延伸子問題	文字說明
一、採用「後輛車隊管理系統」現況	有-13 (52%) 無-12 (48%)	採用公路總局系統抑或是自行(委外)建立？	多數以公路總局的系統為主。部分業者說明不同的車機設備也會有不同的後台，因此比較多是不同的後台並用，使用整合性平台的業者較少。
二、有意願(或持續)裝設車載設備資訊系統業者家數	有-15 (60%) 無-10 (40%)	預計裝設之設備優先順序？	OBD-II (或 CAN bus)、車載數位錄影系統、行車視野輔助系統、數位行車紀錄器等是目前受訪業者希望能優先安裝的設備。

業者對於車載設備資訊系統未來應用的期待，以條列的方式簡要說明如下：

1. 持續有效減低意外發生。
2. 未來廠商是否可整合各種車機設備資訊，藉由雲端下載所需資料提供駕駛行為及車輛動態等分析使用，但是整合後的設備軟、硬體價格也是考慮因素。
3. 希望各系統可有統一標準介面，並提供業者統一性之規格參考，以利安裝與資訊整合，讓使用者比較輕易使用。
4. 現行設備較多是事後查詢，希望能夠有更多的設備有即時回饋的功能。
5. 互動式的駕駛行為管理。

3.4.2 與前期計畫問卷訪談比較

前期計畫之問卷訪談透過中華民國公共汽車客運商業同業公會全國聯合會的協助，一共回收了 18 份問卷，主要目的為調查國內客運使用及導入車載資訊系統之應用情況，並了解業者對於車機系統需求、未來發展及應用之方向。

本期計畫與前期計畫問卷訪談之比較以條列式的方式逐一說明如下：

1. 根據前期計畫調查，使用 ADAS 系統的業者僅有 11%，但本期計畫調查使用 ADAS 相關設備的業者有明顯上升的趨勢，顯示業者對於 ADAS 系統有比較多的認識也比較願意去安裝 ADAS 系統來測試。前期計畫中業者說明 ADAS 設備操作較複雜且容易故障，所以維護成本很高，但隨著車機業者的技術進步，ADAS 系統的操作介面漸趨人性化，穩定性及準確性也有很大提升，經由本次訪談也得知業者對於目前 ADAS 系統的準確性、穩定性與操作性都有比較高的評價。
2. 前期計畫中駕駛行為管理之異常指標主要是事故件數、交通違規數、乘客投訴件數等指標，分析表示僅用這些指標對於安全管理的成效有限。經由這次的調查因為採用 ADAS 系統的業者有增加的趨勢，因此部分業者也開始將與前車未保持安全距離、車道偏移、不當變換車道等指標列為駕駛行為管理之異常指標。
3. 調查顯示安裝 OBD-II 的業者並沒有明顯增加。根據本次的訪談，業者說明 OBD-II 會受到對接口、不同車種 OBD-II 資料讀取程度不同、與其他車機設備整合等問題，使得採用 OBD-II 有一定難度。但業者有說明以 OBD-II 來讀取車速等資料比起 GPS 準確度更高，也能有效監控車輛轉速、引擎溫度等車輛狀態，這幾項優勢讓業者有意願去安裝 OBD-II，惟相關技術性的問題有待克服與改善。
4. 前期計畫中業者就有說明希望車載設備資訊系統可以有較為統一的規格，以利不同設備得以順利整合，並能夠有效且即時掌握車輛狀態。本次調查，業者同樣有提出類似的訴求，顯示在這一方面車機業者、客貨運業者與政府機關還有持續努力的空間。
5. 前期計畫中有詢問 G-sensor 的安裝比例以及考量因素，但經由本次訪談及問卷調查結果回顧後發現 G-sensor 主要是安裝在 DVR 系統當中，用來即時記錄事故影像，免去人工調閱的麻煩。因此 G-sensor 比較屬於 DVR 系統當中的「零件」，單獨把 G-sensor 做為車機設備來做詢問可能需要再進行討論

3.5 小結

供給面各家設備商目前都有其市場定位，可再細分為車機設備、影像監控與警示設備、系統整合、平台功能設計等，單一車機產品之供應商需考量與其他設備之整合問題，而系統整合商除了硬體整合外，也包含軟體整合。就車隊管理架

構來看，客貨運業者依據營運特性與管理重點決定裝設之設備（如車機設備、影像監控與警示設備），並藉由系統整合商，整合業者的車機與相關設備系統，圖 3.5-1 也說明大致上概念，客貨運業者提出指標需求給已經系統整合商開發後之車機，車機再整合所需設備之訊號，運算後將業者所需資料回傳到使用者的車隊管理後台，對於車隊管理著墨較多的業者除使用系統整合商建置之平台外，另考量新增設備與實務上業務之需求，滾動式檢討車機運算指標，自己本身也會視需要建置可修改車機事件判斷指標與異常警示之功能的內部管理之業務平台。



圖 3.5-1 車隊管理服務模式

國內設備商除代理國外設備商，國內部分車機設備、影像監控與警示設備業者也具備技術開發能量，透過產學合作持續投入研發來提升業者市場競爭力。本次訪談過程中，受訪者均反應車機系統整合是客貨運業者導入設備及設備商擴大市場滲透率的最大障礙，由政府訂立車機最低規範的主要優點在於系統介接的共通性，但系統整合面的車載機產業標準仍跟不上客貨運業者需求的腳步。故實務上，整合市場上多家設備與軟體有其困難度，設備被整合方可能不願意提供整合介面或通訊協定，或現有車機設備規格不足，造成設備與車機整合上的障礙，設備商透過與客戶合作，提升自己本身整合項目與服務選項。

此外，對客貨運業者來說，除無一致性的採購或建議標準來評斷設備的優劣外，也無法針對每一項產品均進行測試，都是導入時的考量點；再者，是否有強制性法規與補助也會影響使用意願。另在影像設備市場（如行車視野輔助系統）或 ADAS 設備有許多中國製價格便宜的產品，國內設備業者價格上相對處於劣勢，但在功能上也無評斷設備產品優劣之一致性標準，使用者若僅考量價格，容易買到便宜且警示效果不佳的產品，減低行車安全的預防效果。

影像資料記錄應用部分，深度訪談過程中僅有選用電信費率吃到飽專案之客貨運業者有將影像傳輸後台備份之功能，也可由後台介入車上車機來解讀駕駛目前行車狀況，但影像資料因檔案過大不利即時回傳、儲存及預警管理，且影像查詢都需要人工進行判讀，相當耗費時間，此訪談意見也顯示本計畫之成果不論在即

時或回放後判斷，都有相當程度之應用價值。但目前各家客貨運業者車速紀錄頻率與影像紀錄規格不一，未來在計畫成果應用上，可在給予建議客貨運業者適宜之規格。

對使用者需求面來看，深度訪談之客貨運業者均有裝設 GPS 車機與行車視野輔助系統，ADAS 也多有安裝，使用者普遍認同 ADAS 該設備對於行車安全提升的效果；另觀察 25 家客運業者的調查結果，對於過去調查數據，ADAS 安裝的比例有所增加（依據設備不同，由 11%提升到三成至六成），前兩項安裝原因為：政府有補助及駕駛員管理。針對 25 家客運業者的設備調查中也發現，本次受訪業者以異常事件數做為判斷指標的比例也有所增加（前兩項主要是：與前車未保持安全距離及不當變換車道），代表隨著 ADAS 系統使用，這些指標也是客運業者判斷駕駛行為的依據。因用來判斷異常事件之指標多非單一指標，同一事件不同業者的判斷指標門檻值與警示條件也不同，也是本計畫期許能透過事故鏈分析業者目前所蒐集到的資料，給予業者更多實務上可提升車隊行車安全的數據加值應用。

此 25 家客運業者的訪談結果中，雖有 13 家業者目前有使用車隊管理系統，但只有 9 家業者會再將資料另外匯出進行分析（前三項主要為數位行車紀錄器、傳統行車紀錄器及錄影系統），代表目前業者對於資料再分析的應用面仍不多，多是使用設備提供之基礎功能，且可能不同設備會有各自的資料查詢後台，對客運業者來說，查詢資料要使用多個後台也相當不便；其中針對 ADAS 的前方碰撞與車道偏移系統的後端資料分析，僅有四家有在使用，是較為可惜的地方。未來隨著市售 ADAS 設備安裝的客貨運業者日益增多，但僅有警示並未有留存紀錄，當發生事故時，是無法得知駕駛當時行為狀態，僅能透過車上之影像行車紀錄器來做初步解讀，易有模糊與解釋空間。

由本計畫的深度訪談與業者設備安裝調查發現，車隊管理之作法與業者的態度、規劃與重視程度有關，未來政府、車機技術產業及業者間的緊密合作已成為趨勢，也希望透過政府相關計畫的推動，除持續強化與教育業者透過車機系統改善行車安全的重要性外，也提供實務上可運用之工具給業者使用與參考。

第四章 國道交通事故資料分析

本章利用國道事故資料，分析國道大客車事故特性，並透過事故影像事故鏈分析，找出國道事故形態及其碰撞發生前之事故經過，藉以找出導致事故因素。

4.1 事故資料分析

本章節利用內政部警政署道路交通事故資料，分析國道大客車事故特性，探討影響事故發生及嚴重度的外部環境以及當事者行為、動態。4.1.1 簡介資料來源與變數定義，4.1.2 節針對事故頻次進行敘述性統計分析，4.1.3 節利用 BRT (Boosted Regression Trees)方法分析事故嚴重度。

4.1.1 資料來源與變數定義

本計畫利用之交通事故調查表格式如表 4.1-1 至表 4.1-3 所示，其中道路交通事故調查報告表（一）（以下簡稱表一）紀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）（以下簡稱表二）則記載事故當事人的特性，如當事人姓名、受傷程度、當事人區分類別（車種）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，並依據肇事程度紀錄區分為第幾當事人。

表 4.1-1 道路交通事故調查報告表 (一)

警察 局 名 稱		總 編 號		轄區分局名稱處 理 編 號		分局		交通事 故 類 別 (請打勾)		A1	A2	A3			
①發生時間		②發生地點		③發生地點		④發生地點		⑤發生地點		③死傷人數					
										(1)死亡人	(2)受傷人				
年 月 日 時 分 星期		區(市) 里 鎮(鄉) (村)		路 段 巷 弄 號前 公尺處 (街)口 (東) (南) (西) (北) 側 (附近)		車道 公里 公尺處 向		平交道(平交道專用) 公里 公尺處		③死傷人數 (1)死亡人 (2)受傷人 24小 時內 230 日內					
④天候		⑤光線		⑥道路類別 (第1當事人)		⑦速限 (第1當事人)		⑧道路型態		⑨事故位置					
1 暴雨 2 強風 3 風沙 4 霧或煙 5 雪 6 雨 7 陰 8 晴		1 日間自然光線 2 晨或暮光 3 夜間(或隧道、地下道、涵洞) 有照明 4 夜間(或隧道、地下道、涵洞) 無照明		1 國道 2 省道 3 縣道 4 鄉道 5 市區道路 6 村里道路 7 專用道路 8 其他		1 國道 2 省道 3 縣道 4 鄉道 5 市區道路 6 村里道路 7 專用道路 8 其他		1 國道 2 省道 3 縣道 4 鄉道 5 市區道路 6 村里道路 7 專用道路 8 其他		⑧道路型態 (一)平交道 01 有遮斷器 02 無遮斷器 03 三岔路 04 四岔路 05 多岔路 (二)交岔路 06 隧道 07 地下道 08 橋樑 09 涵洞 10 高架道路 11 彎曲路及附近 (三)單路部分 12 坡路 13 巷弄 14 直路 15 其他 (四)圓環廣場 16 圓環 17 廣場 18 其他					
⑩路面狀況		⑪道路障礙		⑫號誌		⑬車道劃分設施-分向設施									
(1)路面鋪裝 1 柏油 2 水泥 3 碎石 4 其他鋪裝 5 無鋪裝		(2)路面狀態 1 水雪 2 油滑 3 泥濘 4 濕潤 5 乾燥		(3)路面缺陷 1 路面鬆軟 2 突出(高低)不平 3 有坑洞 4 無缺陷		(1)障礙物 1 道路工事(經)中 2 有堆積物 3 路上有停車 4 其他障礙物 5 無障礙物		(2)視距 (一)不良 1 彎道 2 坡道 3 建築物 4 樹木、農作物 5 路上停放車輛 6 其他 (二)良好 7 良好		(1)號誌種類 1 行車管制號誌 2 行車管制號誌 (附設行人專用號誌) 3 閃光號誌 4 無號誌		(2)號誌動作 1 正常 2 不正常 3 無動作 4 無號誌		(一)中央分向島 01 寬式 (50公分以上) 02 窄式附柵欄 03 窄式無柵欄 (二)雙向禁止超車線 04 附標記 05 無標記 (三)單向禁止超車線 06 附標記 07 無標記 (四)行車分向線 08 附標記 09 無標記 (五)無 10 無分向設施	
⑭車道劃分設施-分道設施															
(1)快車道或一般車道間 1 禁止變換車道線(附標記) 2 禁止變換車道線(無標記) 3 車道線(附標記) 4 快慢車道線(無標記) 5 未繪設車道線		(2)快慢車道間 1 寬式快慢車道分向島(50公分以上) 2 窄式快慢車道分向島(附柵欄) 3 窄式快慢車道分向島(無柵欄) 4 快慢車道分向島 5 未繪設快慢車道分向島		(3)路面邊緣 1. 有 2. 無		(一)人與汽(機)車 01 對向通行中 02 同向通行中 03 穿越道路中 04 在路邊作業中 05 在路中作業中 06 街道中 07 從停車後(或中)穿出行立路邊(外) 08 其他		(二)車與車 10 對撞 11 對向擦撞 12 同向擦撞 13 追撞 14 側車撞 15 路口交岔撞 16 側撞 17 其他		(三)汽(機)車本身 18 路上翻車、摔倒 19 衝出路外 20 撞護欄(橋) 21 撞號誌、標誌桿 22 撞收費亭 23 撞交通島 24 撞非固定設施 25 撞橋樑、建築物		(四)平交道事故 26 撞路樹、電桿 27 撞動物 28 撞工程施 29 其他 30 衝過或撞壞遮斷器 31 正越過平交道中 32 暫停位置不當 33 在平交道內無法行動 34 其他			

表 4.1-2 道路交通事故調查報告表 (二)

警察 局 名 稱 總 編 號		轄 區 分 局 名 稱 總 編 號		分局		理 編 號							
⑩當事者姓名		⑦(性)別		⑧身分證字號		⑨出生年月日		⑪住址		⑫電話		⑬備註	
1 男													
2 女													
3 無或物(動物、堆置物)													
4 肇事逃逸向未查獲													
⑭受傷程度		⑮主要傷處		⑯保護裝備		⑰行動電話		⑱當事者區分(類別)		⑲車輛牌照號碼			
1. 24 小時內死亡		01 頭部		1 戴安全帽或安全帶		1 未使用		(一)大貨車		G05 其他車			
2. 受傷		02 頸部		2 未戴安全帶或未繫安全帶(未使用幼童安全椅)		2 使用手持		(二)小貨車		G06 其他車			
3. 未受傷		03 胸部		3 全帶(未使用幼童安全椅)		3 使用肩帶		(三)機車		F01 腳踏自行車			
4. 不明		04 腹部		4 不明		4 不明		(四)半聯結車		F02 電動自行車			
5. 2-30 日內死亡		05 腰部		5 其他(行人、機車駕駛人、汽車後座乘客)		5 非汽(機)車駕駛人		(五)輕便車		F03 人力車			
		06 背脊部						(六)輕便車		F04 人力車			
								(七)其他車		F05 腳踏自行車			
								(八)其他車		F06 其他車			
								(九)其他車		G01 拼裝車			
								(十)其他車		G02 農耕用車(或機械)			
								(十一)其他車		G03 動力機械			
								(十二)其他車		G04 拖車(架)			
⑳車輛用途		㉑當事者行動狀態		㉒駕駛執照種類		㉓飲酒情形							
1 砂石車		01 起步		1 有適當之駕照		1 經觀察未飲酒							
2 幼童專用車		02 停車		2 無照(未達考照年齡)		2 經檢驗無酒醉反應							
3 校車		03 停車		3 無照(已達考照年齡)		3 經呼吸器檢測未超過 0.15 mg/L 或血液檢測未超過 0.08%							
4 殘障特製車		04 停車		4 超級駕駛		4 經呼吸器檢測 0.16-0.25 mg/L 或血液檢測 0.081%-0.08%							
5 輕便車		05 左轉彎		5 駕駛執照		5 經呼吸器檢測 0.26-0.40 mg/L 或血液檢測 0.081%-0.08%							
6 裝載危險物品車		06 右轉彎		6 駕駛執照(註銷)		6 經呼吸器檢測 0.41-0.55 mg/L 或血液檢測 0.081%-0.11%							
7 其他		07 向左變換車道		7 不明		7 經呼吸器檢測 0.56-0.80 mg/L 或血液檢測 0.11%-0.16%							
8 非駕駛人及乘客		08 向右變換車道		8 非汽(機)車駕駛人		8 經呼吸器檢測超過 0.80 mg/L 或血液檢測超過 0.16%							
		09 向前直行		9 普通車型		9 無法檢測							
		10 插入行列		10 普通車型		10 非駕駛人，未檢測							
		11 迴轉或減速避讓中		11 輕型									
		12 急起或急停止		12 中型									
		13 停止(引擎熄火)		13 重型									
		14 停車(引擎未熄火)		14 特種車									
		15 其他		15 其他									
		16 步行		16 其他									
		17 站立(止)		17 其他									
		18 其他		18 其他									
		19 上、下車		19 不明									
		20 其他		20 不明									
		21 不明		21 不明									
		22 不明		22 不明									
		23 不明		23 不明									
㉔車輛撞擊部位		㉕肇因研判		㉖肇事逃逸		㉗職業		㉘旅次目的					
① 前車頭		1 是		01 警察代表、行政主管、企業主管及經理人員		14 小學生		1 上、下學					
② 右側車身		2 是		02 專業人員		15 國中生		2 上、下學					
③ 後車尾				03 技術員及助理人員		16 高中生		3 業務聯繫					
④ 左側車身				04 事務工作者		17 專科生		4 運輸					
⑤ 右前車頭(身)				05 服務工作者		18 大學(研習)生		5 社交活動					
⑥ 右後車尾(身)				06 警員		19 家庭主婦(夫)		6 觀光旅遊					
				07 農林漁牧工作者		20 無業者		7 購物					
						21 其他		8 其他					
						22 不明		9 不明					
						23 未就學兒童							

填表人： 主管： 刑事蒐證人員(現場死亡事故)： 處理單位： (單位戳章) 填表日期： 年 月 日

表 4.1-3 道路交通事故調查報告表（肇事因素索引表）

肇事因素索引表					
(一)駕駛人	(三)裝載	(五)無（車輛駕駛人因素）	(七)行人(或乘客)	(八)交通管制(設施)	
01 違規超車	30 裝載貨物不穩妥	44 尚未發現肇事因素	51 未依規定行走行人穿越道、地下道、天橋而穿越道路	61 路況危險無安全（警告）設施	
02 爭(搶)道行駛	31 載貨超重而失控	(六)機件	52 未依標誌、標線、號誌或手勢指揮穿越道路	62 交通管制設施失靈或損毀	
03 蛇行、方向不定	32 超載人員而失控	45 煞車失靈	53 穿越道路未注意左右來車	63 交通指揮不當	
04 逆向行駛	33 貨物超長、寬、高而肇事	46 方向操縱系統故障	54 在道路上嬉戲或奔走不定	64 平交道看守疏失或未放柵欄	
05 未靠右行駛	34 裝卸貨不當	47 燈光系統故障	55 未待車輛停妥而上下車	65 其他交通管制不當	(九)無（非車輛駕駛人因素）
06 未依規定讓車	35 裝載未盡安全措施	48 車輪脫落或輪胎爆裂	56 上下車輛未注意安全	66 動物竄出	
07 變換車道或方向不當	36 未待乘客安全上下開車	49 車輛零件脫落	57 頭手伸出車外而肇事	67 尚未發現肇事因素	
08 左轉彎未依規定	37 其他裝載不當肇事	50 其他引起事故之故障	58 乘坐不當而跌落		
09 右轉彎未依規定	(四)其他		59 在路上工作未設置適當標誌		
10 迴轉未依規定	38 違規停車或暫停不當而肇事		60 其他引起事故之疏失或行為		
11 橫越道路不慎	39 拋錨未採安全措施				
12 倒車未依規定	40 開啟車門不當而肇事				
13 超速失控	41 使用手持行動電話失控				
14 未依規定減速	42 其他引起事故之違規或不當行為				
15 搶越行人穿越道	43 不明原因肇事				

4.1.2 事故頻次分析

本小節統整 2015 年至 2021 年 6 月國道 A1 與 A2 總事故數(A3 資料未能取得)，另 2020~2021 年資料未提供第一二當事詳細資料。其中國道一號與國道三號車流量較大，故發生之事故數較多。如圖 4.1-1 所示，國道一、三號 A1 事故件數隨時間呈現上下震盪，然而 A2 事故卻有穩定逐年增加之趨勢。

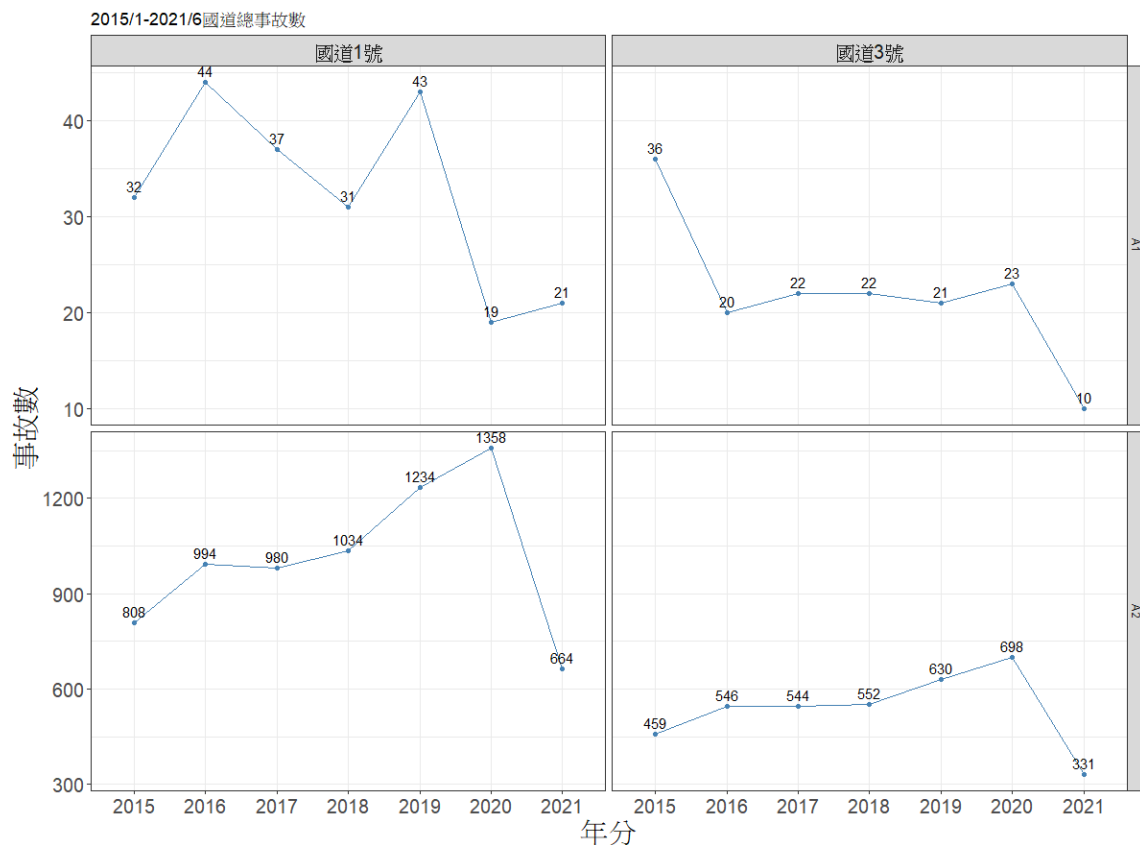


圖 4.1-1 國道總事故數 (國道一號、國道三號)

國道五號與東西向國道則因車流量較低，事故件數也較少，其逐年事故數如圖 4.1-2 示。其中國道五號 A1 事故逐年遞減，A2 事故則持平；國道二號與十號 A2 事故有逐年增加趨勢。其餘國道事故數相對較少，呈現波動現象。圖 4.1-3 呈現大客車涉入之國道事故數，大客車 A1 事故多發生於國道一號與三號，其中以國道一號為主，平均約每年 4 件。A2 事故數則在國道一號呈現下滑之趨勢，其餘國道呈現持平、並無明顯波動。

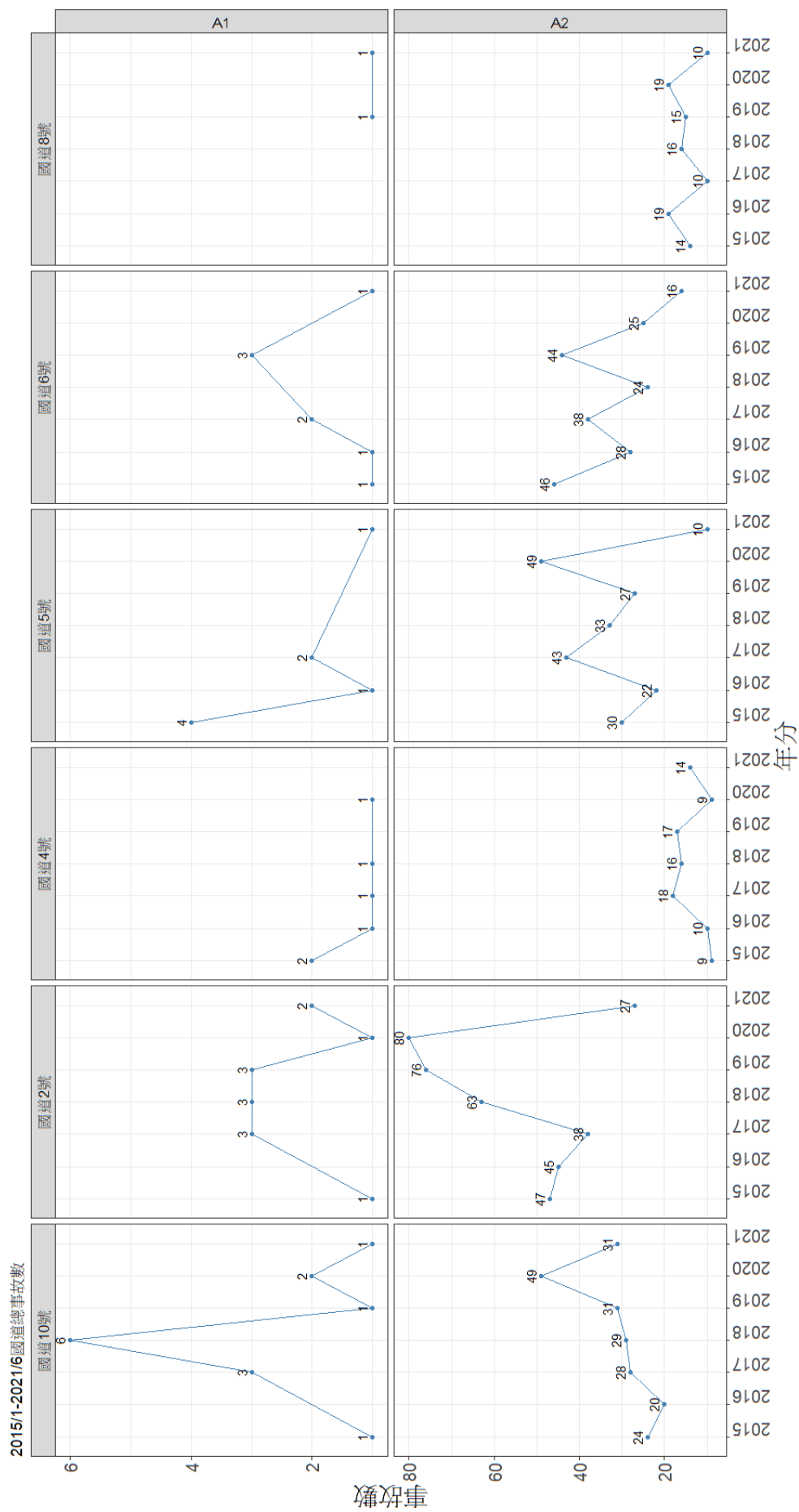


圖 4.1-2 國道總事故數 (國道五號、東西向國道)

2015/1-2021/6 國道總事故數

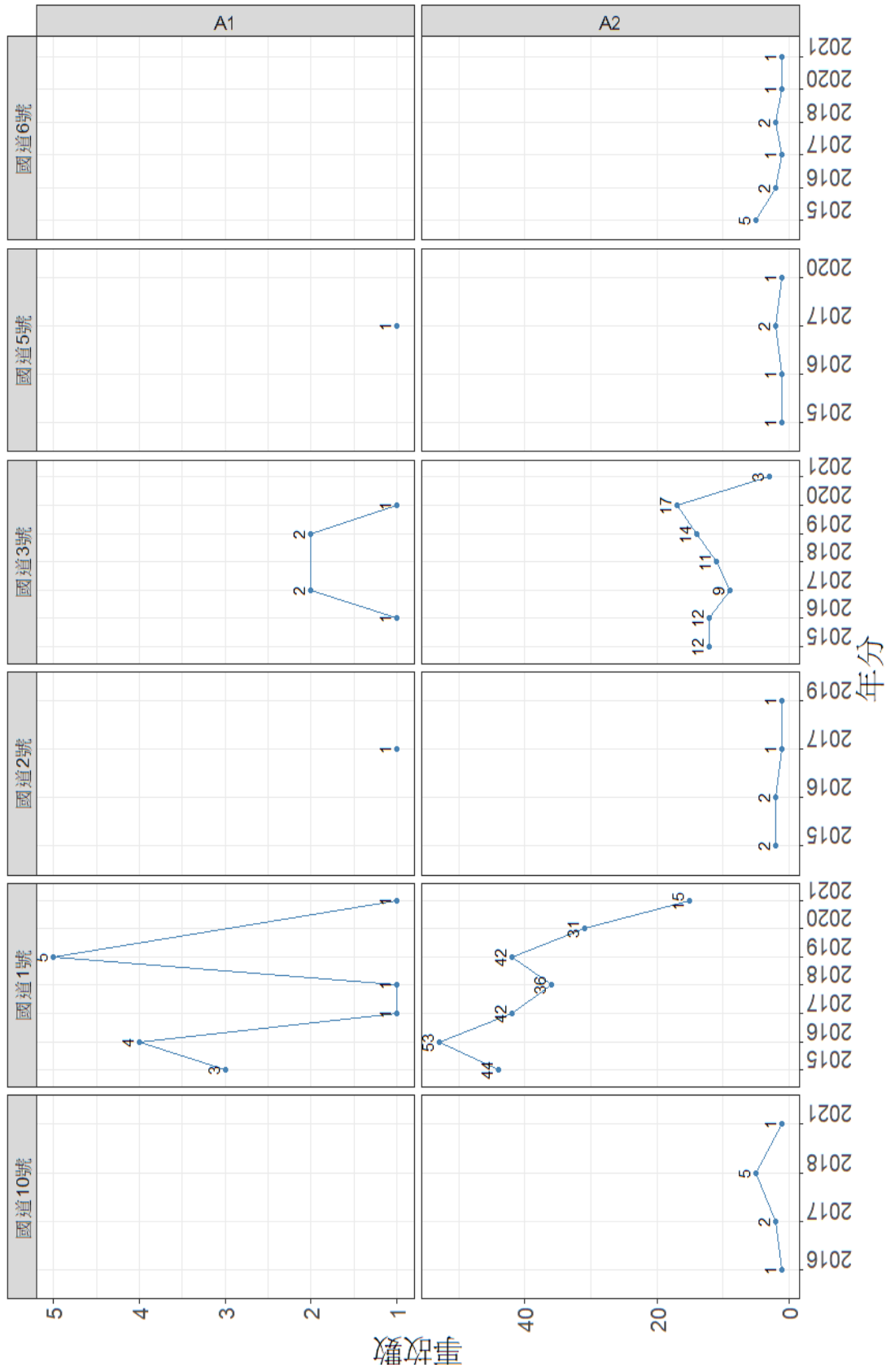


圖 4.1-3 大客車國道總事故數

圖 4.1-4 國道大客車每百萬公里總事故數，計算方式為事故件數除以公路客運行駛里程（單位；百萬公里）。行駛公里資料來源為交通部統計查詢網，其中包含非國道路段。加入曝光量觀察後，可發現 A1 每百萬公里事故數在 2019 年有較多的現象，而 A2 事故則是呈現上升趨勢，平均約為每百萬公里 1.21 件。

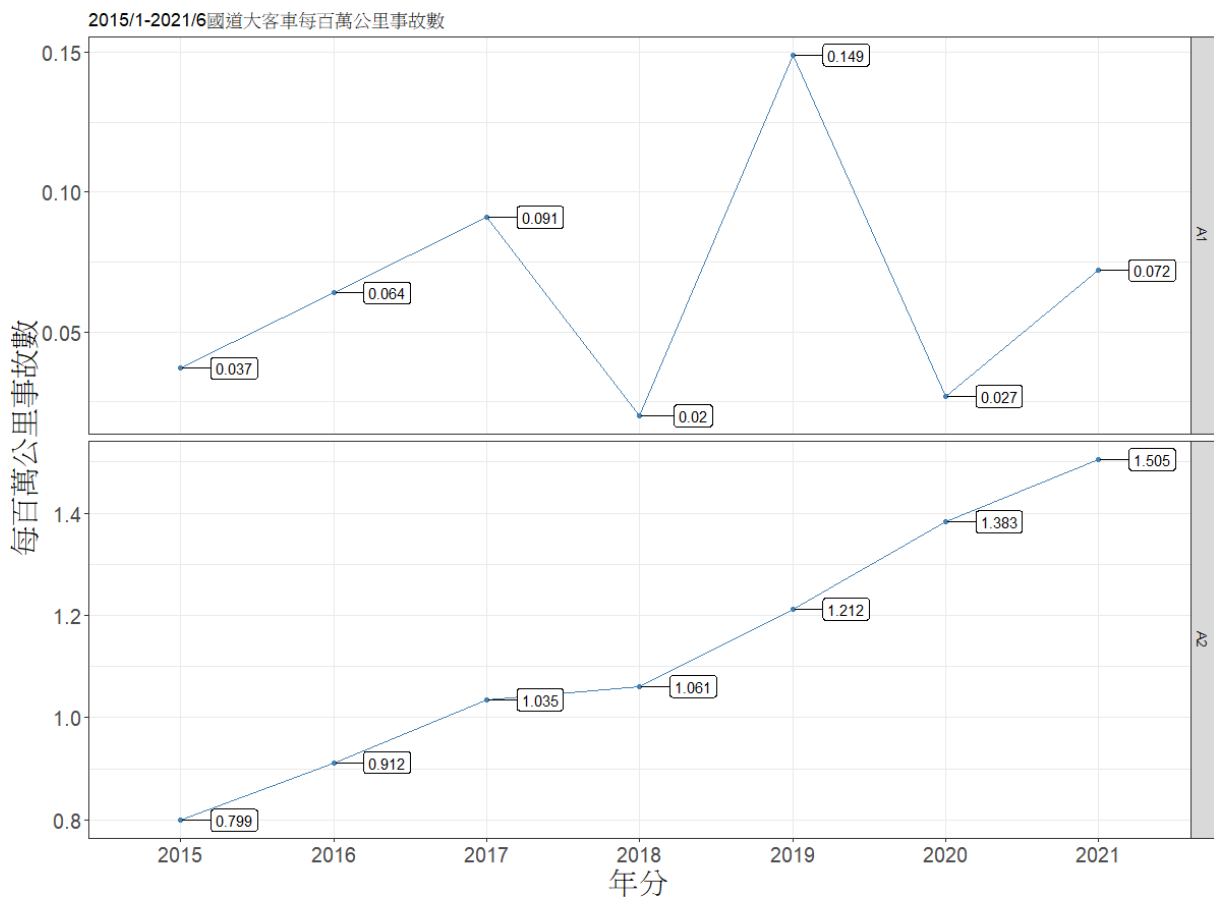


圖 4.1-4 國道大客車每百萬公里事故數

圖 4.1-5 為大客車國道事故類型，可以發現在大客車為第一當事者時，事故類型多為追撞事故，僅有少數比例的同向擦撞與自撞護欄。然而若大客車為第二當事者，意即大客車是遭受波及的一方，則同向擦撞的事故數與佔比大幅攀升。

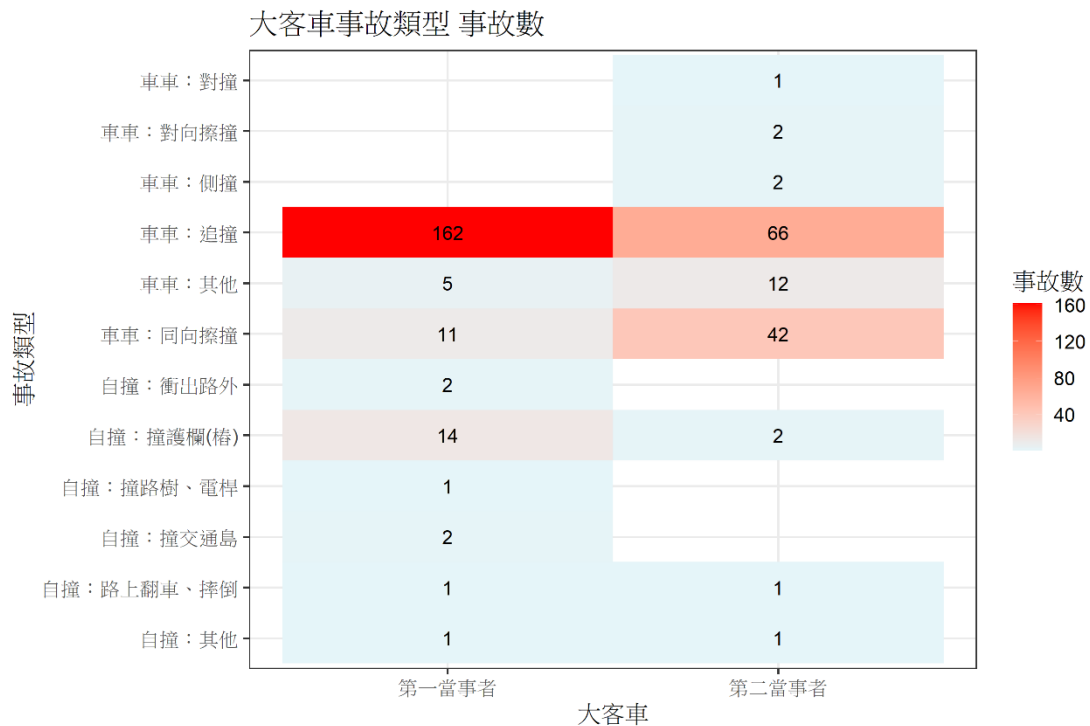
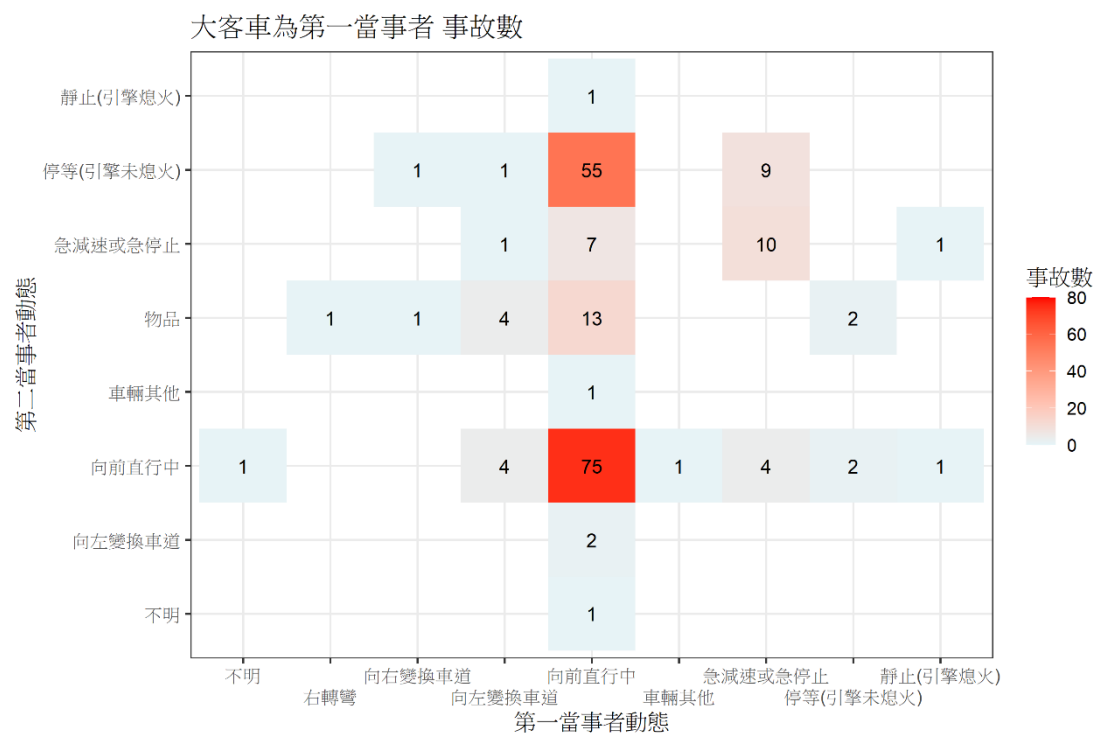


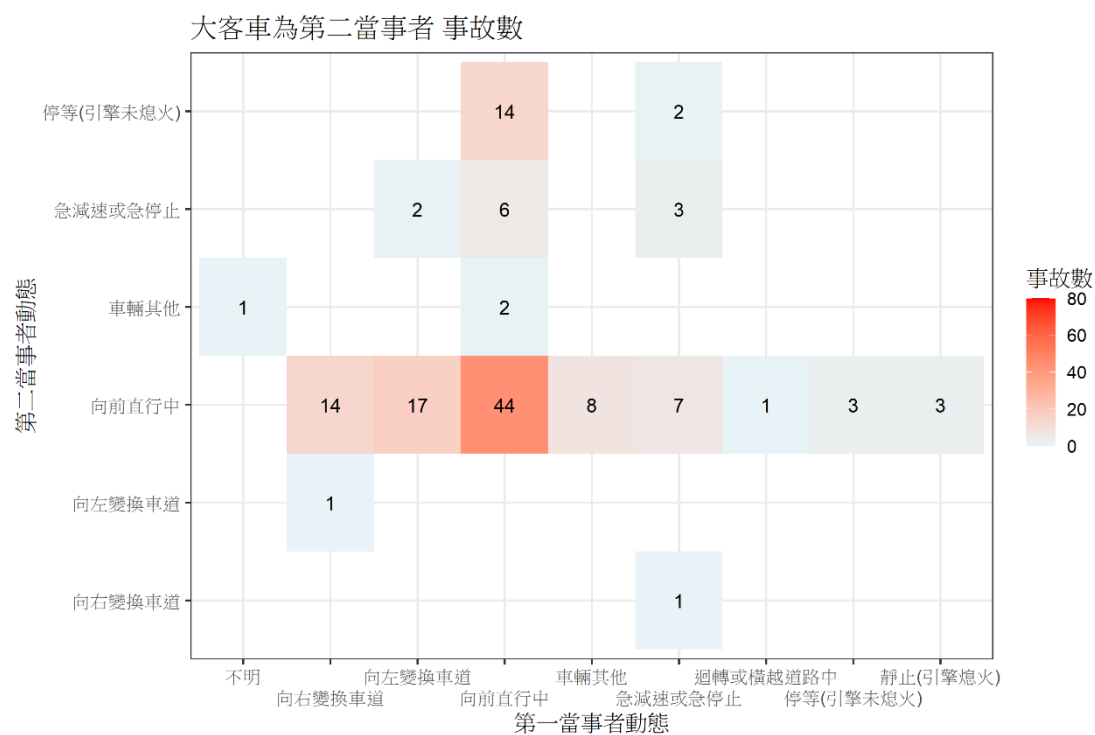
圖 4.1-5 大客車國道事故類型

接續觀察大客車發生事故時兩車的動態，如圖 4.1-6 所示。在大客車為第一當事者時，大客車多處於直行狀態，屬於追撞事故，而第二當事者除了也在向前直行外，另有一定比例是在停等中。但若是大客車為第二當事者，則第一當事者在變換車道（向左或向右）的比例大幅攀升。

圖 4.1-7 依照大客車事故第一二當事者的肇事因素分類，橫軸為第一當事者肇事因素，縱軸則為第二當事者。大客車為第一當事者時，多為未注意車前狀況與未保持安全距離，故事故類型多為追撞事故。大客車為第二當事者時，第一當事者變換車道或方向不當的比例大幅提升，故在事故類型上有不少同向擦撞的發生。

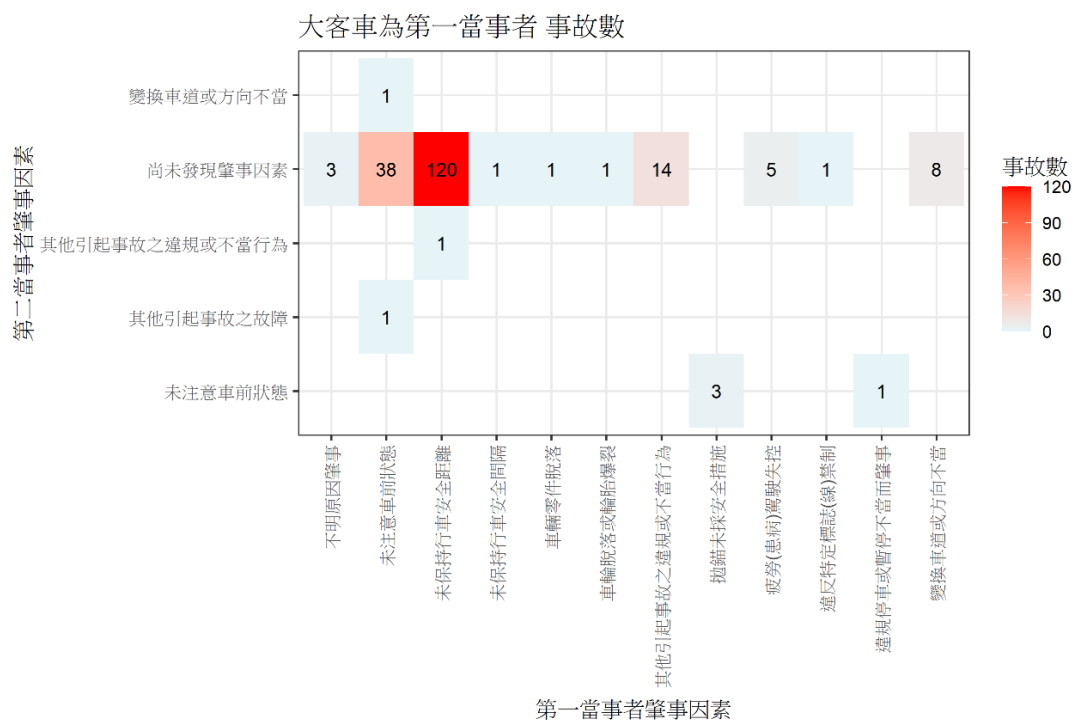


(a) 大客車為第一當事者

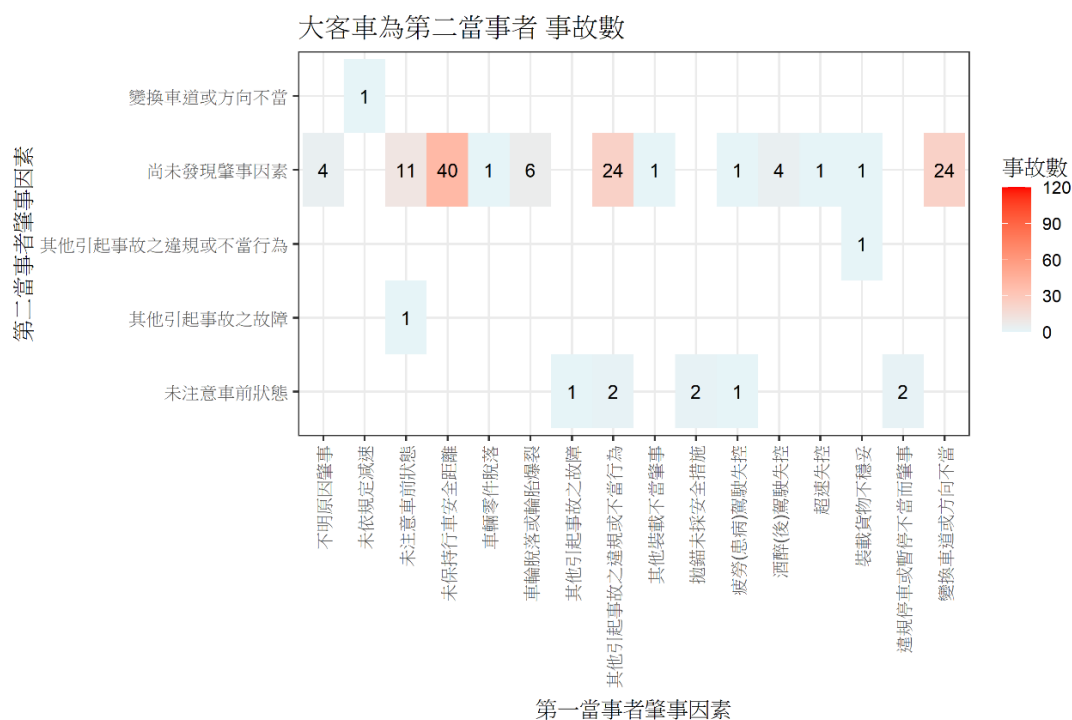


(b) 大客車為第二當事者

圖 4.1-6 大客車國道事故 第一二當事者動態



(a) 大客車為第一當事者



(b) 大客車為第二當事者

圖 4.1-7 大客車國道事故 第一二當事者肇事因素

圖 4.1-8 依據大客車發生事故當下天氣與燈光分類，無論大客車第一或第二當事者，兩者分布情形類似，此也與天氣之曝光量有關，多半天氣情形皆為晴天。

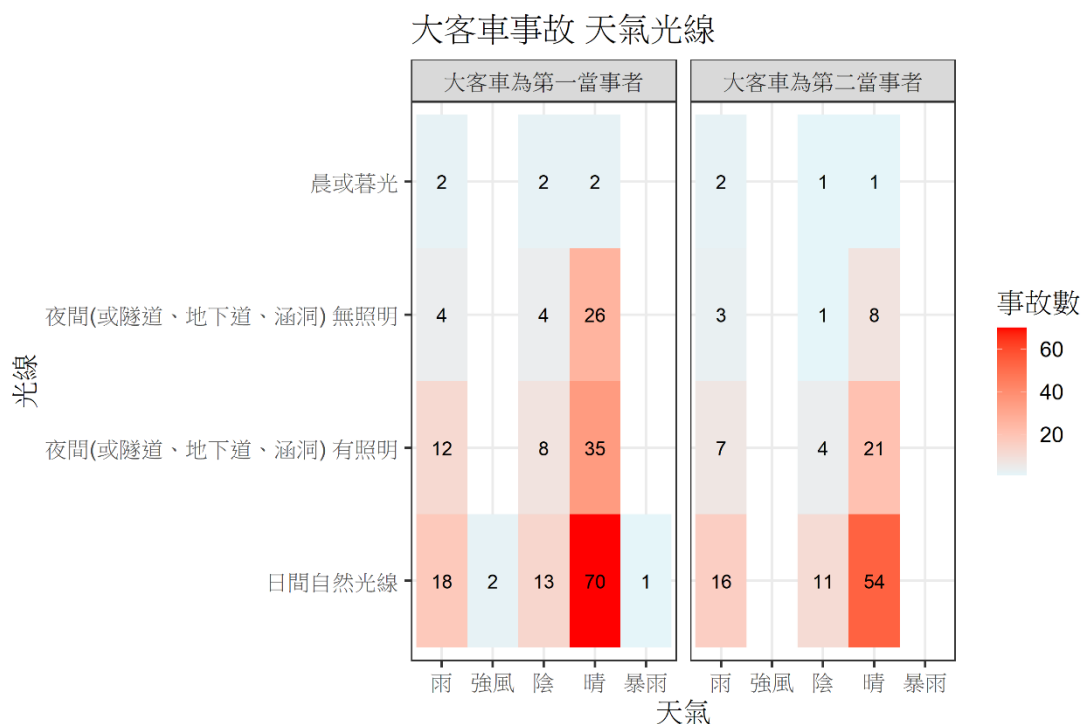


圖 4.1-8 大客車國道事故 天氣燈光

總結頻次分析一節，相對於國內整體 A1 事故逐年增加，多數國道之大客車 A1 事故多呈現持平或降低，但 A2 事故仍有增加之趨勢。大客車為第一當事者，多為追撞前車，且有一定比例前車為停等中，肇事因素多為未保持距離與未注意車前狀況，顯示前後距離仍為大客車事故重要課題。大客車為第二當事者時，多為他車不當變換車道時，與大客車發生擦撞，而產生側撞事故，顯示如何察覺鄰車變換車道行為不當，避免左右間隔不足為提升大客車安全重要課題。

4.1.3 事故嚴重度分析

為分析影響國道事故嚴重度之原因，本小節使用統計學習方法中的 BRT 方法進行分析，其基本概念類似分類樹，能考慮眾多自變數及應變數之間可能的非線性關係的能力。更重要的是，BRT 方法融合了縮減技術 (shrinkage technique)，可減少分類的變異數 (variance) 和偏差 (bias)；由於交通事故具獨特性與稀少性，採用 shrinkage 可避免分類樹之模式結果過於龐大。

本分析之應變數為國道大客車事故之嚴重度，僅討論 A1 與 A2 事故，並將 A1 事故視為嚴重事故。本小節分析資料以 2015 年至 2019 年資料進行分析(因 2020~2021 年資料未提供第一二當事詳細資料)，大客車涉入之國道 A1、A2 事故總件數為 409 起，依據表一之事故類型及型態，本計畫針對最常發生之兩種事故

類型進行分析，分別為追撞 (282 起) 與同向擦撞 (72 起)。自變數部分如表 4.1-4 所示，資料內容皆來自交通事故調查表。

表 4.1-4 事故嚴重度分析變數說明

變數名稱	變數說明
國道	事故發生之國道地點
年分	事故發生年分
天氣	事故發生時天氣狀態
光線	事故發生時光線狀態
障礙物	事故發生處有何種障礙物
視距	事故發生處視距良好或何種不良
第一車種	第一當事者車種
第二車種	第二當事者車種
第一動態	事故發生時第一當事者行動狀態
第二動態	事故發生時第二當事者行動狀態
第一肇因	第一當事者肇事因素
第二肇因	第二當事者肇事因素
第一撞擊	第一當事者車輛撞擊部位
第二撞擊	第二當事者車種撞擊部位
第一酒駕	第一當事者車種飲酒情形
第二酒駕	第二當事者車種飲酒情形

1. 追撞事故

在大客車涉入的追撞事故中，變數影響占比如圖 4.1-9 所示，影響事故嚴重度最多者依次為第一肇因、第一車種、第二動態與第一酒駕，此四變數影響力如圖 4.1-10 所示，以下分別敘述較常發生之嚴重事故情境。

(1) 第一肇因 (圖 4.1-10(a))

- 未依速限因素：超速失控、未依規定減速。此類事故情境是由於駕駛者未依速限駕駛，導致嚴重事故發生。
- 車輛突發因素：車輪脫落或輪胎爆裂、其他引起事故之故障、違規停車或暫停不當而肇事、拋錨未採安全措施。若發生此類事故情境，則其餘車輛駕駛者需專心注意車前狀況，才能即使反應並將事故傷害降至最低，如駕駛者有分心、疲勞駕駛等情形，則很可能演變為嚴重事故。
- 酒後駕駛因素：此類事故情境是由於駕駛者於酒後駕車，導致嚴重事故發生。

- 駕駛分心因素：未注意車前狀況。此類事故是由於駕駛分心，導致未能注意前方道路狀況，導致嚴重事故之發生。

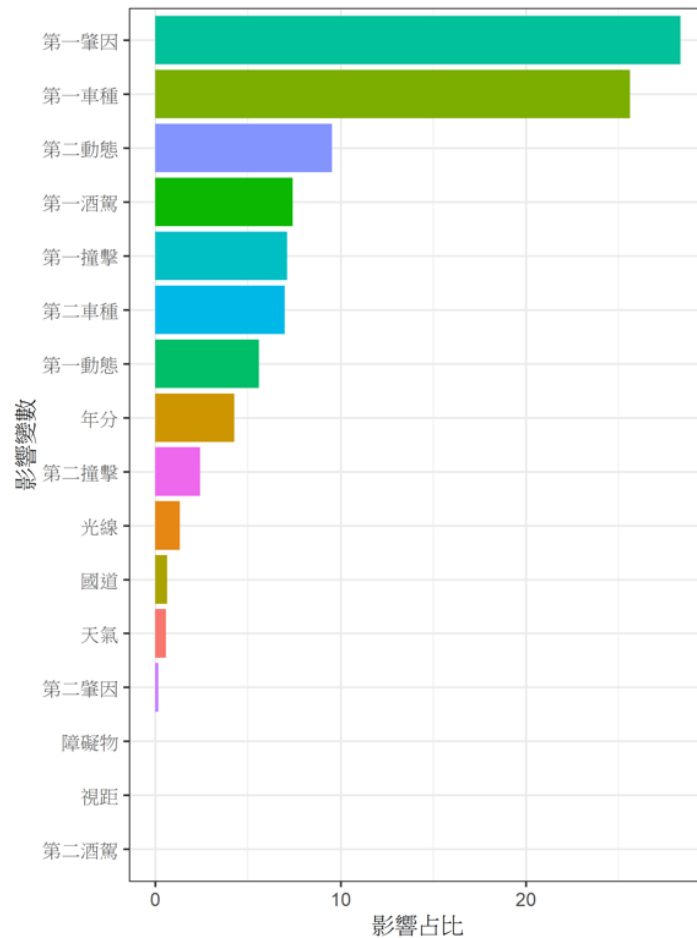


圖 4.1-9 追撞事故嚴重度分析 變數影響占比

- (2) 第一車種 (圖 4.1-10(b))：若大客車遭大貨車追撞，因大貨車車型較大，則追撞事故更容易演變為嚴重事故。
- (3) 第二動態 (圖 4.1-10 (c))：被追撞之第二當事者，若其動態處於變換車道或急減速、急停止時，則該事故嚴重度較高。
- (4) 第一酒駕 (圖 4.1-10(d))：駕駛有飲酒狀況下，事故嚴重度較高，且幾與呼氣酒精濃度呈現正向關係。

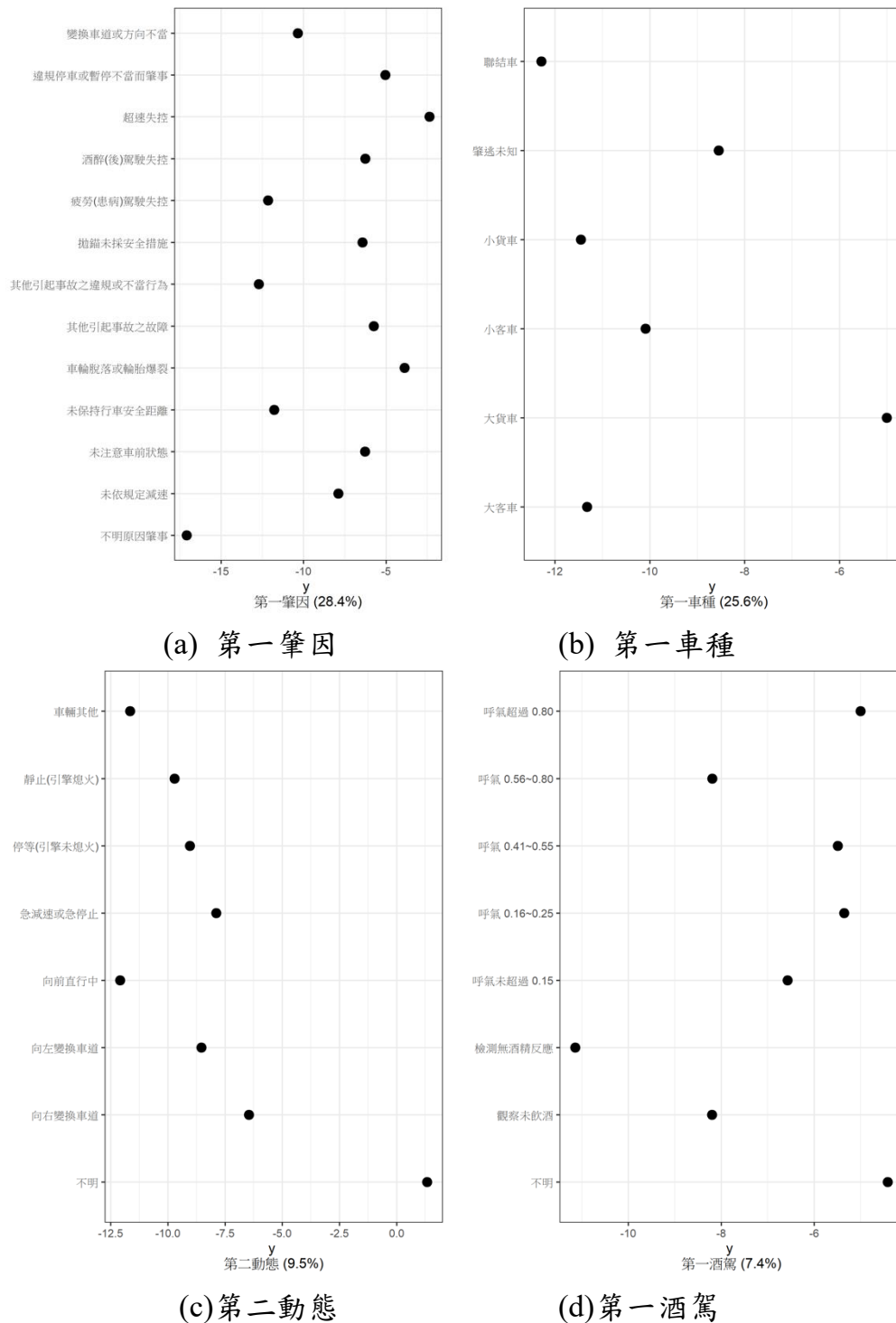


圖 4.1-10 追撞事故嚴重度分析 變數影響力

2. 同向擦撞

在大客車涉入的同向擦撞事故中，變數影響占比如圖 4.1-11 所示，影響事故嚴重度最多者依次為第一撞擊、年分、第二撞擊與第一肇因，此四變數影響力如圖 4.1-12 所示，以下分別敘述較常發生之嚴重事故情境。

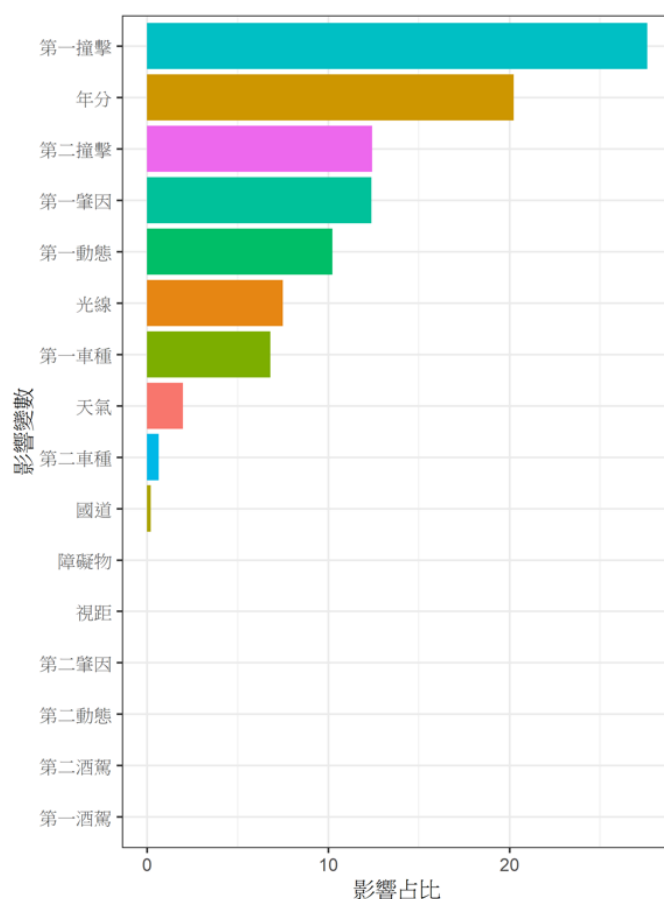


圖 4.1-11 同向擦撞事故嚴重度分析 變數影響占比

- (1) 第一撞擊 (圖 4.1-12 (a))：若第一當事者車輛撞擊位置為左側車身，表示其撞擊點鄰近駕駛且無保險桿的保護，故事故嚴重度較高。
- (2) 年分 (圖 4.1-12 (b))：2019 年事故嚴重度較其他年份高。
- (3) 第二撞擊 (圖 4.1-12 (c))：若第二當事者撞擊位置為左後車尾 (身) 或右後車尾 (身)，則車輛易有失控、旋轉的可能性，故事故嚴重度較高。
- (4) 第一肇因 (圖 4.1-12 (d))
 - 駕駛分心因素：未注意車前狀況、疲勞 (患病) 駕駛失控。此類事故是由於駕駛分心或疲勞駕駛，導致未能注意前方道路狀況，導致嚴重事故之發生。
 - 安全距離因素：未保持行車安全間隔。此類事故情境是因為駕駛對行車間距觀念不佳導致。
 - 車輛突發因素：車輪脫落或輪胎爆裂。若發生此類事故情境，則其餘車輛駕駛者需專心注意車前狀況，才能即使反應並將事故傷害降至最低，如駕駛者有分心、疲勞駕駛等情形，則很可能演變為嚴重事故。

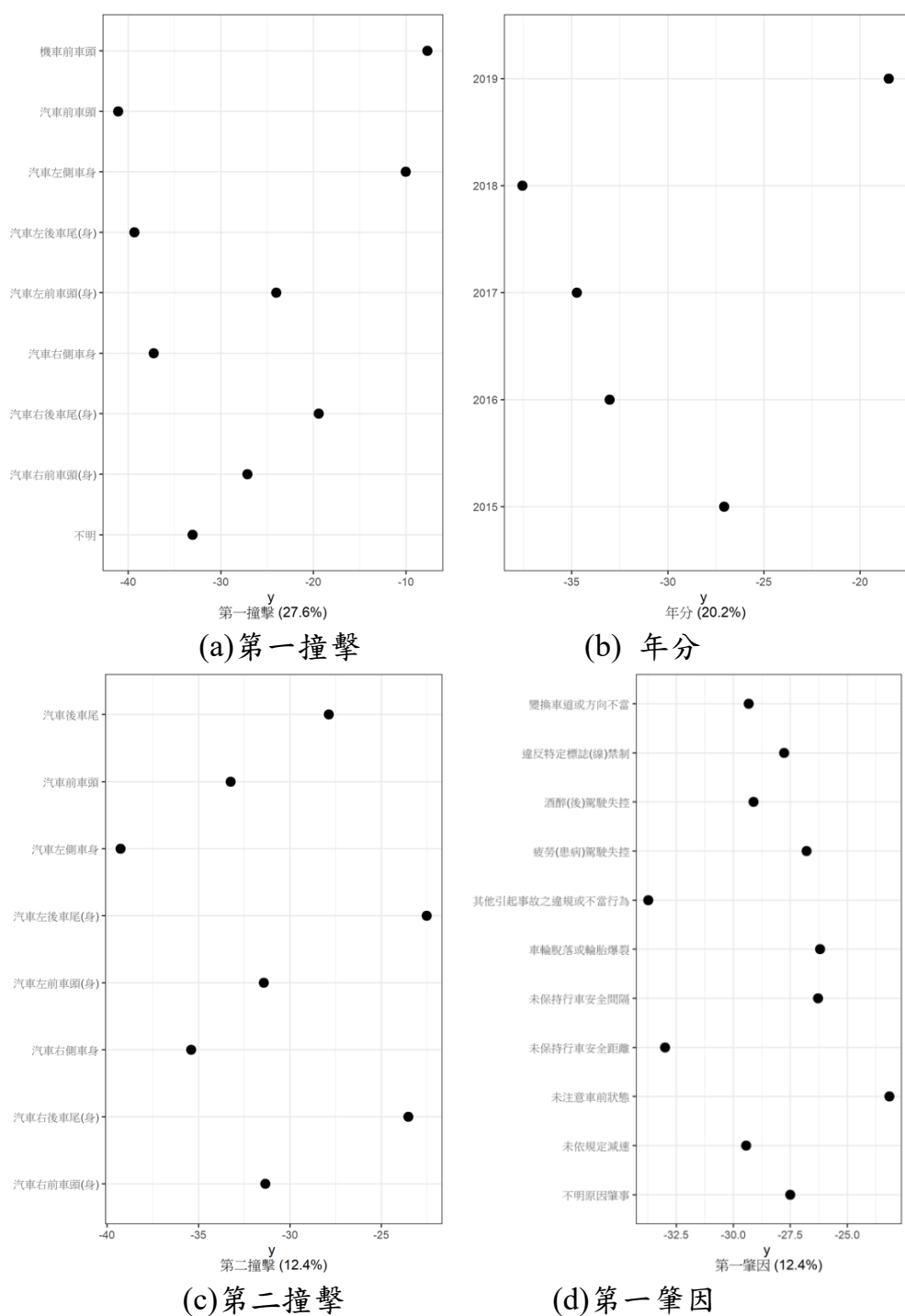


圖 4.1-12 同向擦撞事故嚴重度分析 變數影響力

4.1.4 事故嚴重度分析小結

綜合以上大客車涉入之追撞與同向擦撞兩種事故型態，影響追撞事故嚴重度最劇之變數為第一當事者肇事因素，使事故嚴重性增加之原因可分為未依速限行駛、車輛突發狀況、酒後駕車與駕駛分心；影響同向擦撞事故嚴重性最劇之變數為第一當事者撞擊位置，使事故嚴重度增加之撞擊位置為左側車身。故大客車於

國道行駛時，應注意遵守速限並維持安全距離，更需保持專注駕駛，才能在其他車輛發生突發狀況時，隨即做出反應，降低事故風險。

4.2 國道事故影像事故鏈分析

國道事故影像事故鏈分析主要之目的為盤點營業大客車在國道上的事故型態及其碰撞發生前之事故經過，並找出導致事故的重要因素，以發展預防對策。本計畫利用我國國道客運實際發生事故時所記錄之行車紀錄影像資料，逐一解構事故發生過程，進而找到事故發生前的異常事件及影響事故發生之事故鏈、建立異常事件判定之邏輯。

4.2.1 事故鏈定義

事故鏈為描述從正常駕駛、警示事件（或稱關鍵事件）的觸發，異常事件（或稱事故前兆或危險事件）的發生、到最後形成事故或近似事故的一系列過程，將事故過程主要區分成以下四個階段，如下圖 4.2.1-1 所示。

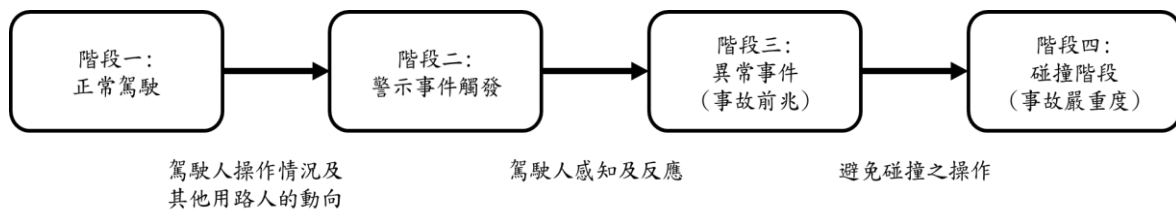


圖 4.2.1-1 事故鏈四階段

1. 階段一：正常駕駛

駕駛人面對任何問題發生前的一種正常駕駛狀態。於道路環境中，與周遭物件（含其他用路人）互動正常，未發生任何未預期狀況，駕駛人從容應對當下所發生的任何事件，並無過量的資訊必須處理而致使注意力負載，亦即道路交通系統中的人車路各元素間互動需求，處於一個最佳平衡狀態的階段。

2. 階段二：警示事件觸發（或稱擾亂階段，Rupture phase）

起因於一個非預期的事件破壞駕駛人的正常駕駛狀態，干擾且危害道路交通系統內各元素間的互動平衡。事件可能是因為其他用路人出現在不可預見的地方，或是其他用路人突如其來的行為，或是不在預期內的道路設計配置，引發駕駛人的資訊蒐集過量負載，致使系統中的人車路各元素間互動需求頓時大增，急需駕駛人提供額外更多的能力應付。

3. 階段三： 緊急階段 (或稱異常事件、事故前兆、或危險事件)

代表駕駛人嘗試恢復正常駕駛狀態的緊急操作過程。在系統中人車路各元素間互動突然發生非預期的變化或缺陷之後，存在一短暫時間段與道路空間，提供駕駛人有機會避免其發生危害，時間段長短取決於不同的發生情境，空間則受限於當下交通環境內的鄰近車輛與交通設施。另外，駕駛人緊急操作所能發揮空間則與車輛本身設計、維修狀況有關，以及車輛輪胎與鋪面間的接觸狀況。

4. 階段四： 碰撞或影響階段 (Crash or Impact phase)

決定物件損壞與人身傷害嚴重程度的過程。取決於在前一個緊急階段之中，駕駛人所採取避免碰撞之操作行為，以及人車路三元素間的互動；特別的是不同的個體屬性，容易發生不一樣的碰撞影響結果，例如：年長者較容易受傷、完善的車輛安全防護能降低事故的嚴重性等。

4.2.2 事故鏈分析方法

本計畫篩選營業用大型車可預防事故手冊中所列舉之事故，找出我國國道客運之可預防事故，鎖定本計畫可協助預防之範圍 (如圖 4.2.2-1)，再將其進行事故鏈編碼、分析。

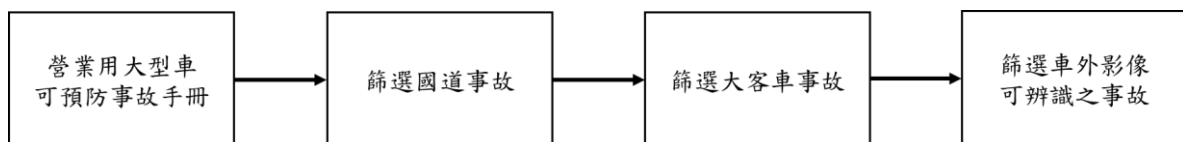


圖 4.2.2-1 可預防事故類型篩選流程

聯邦汽車運輸安全管理局 (FMCSA) 所頒布之營業用大型車可預防事故手冊，列舉 28 項駕駛員和/或業者能以合理預期的方式採取行動來預防之事故，包含：追撞前車、變換車道時之擦撞、內輪差等 (如圖 4.2.2-2)，協助業者鎖定可預防之事故進行控管，並精進車隊安全管理。

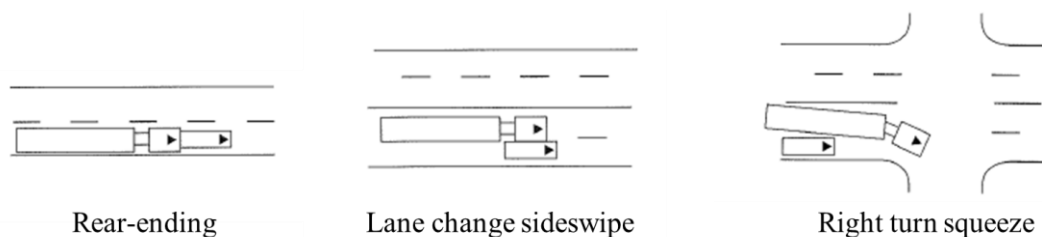


圖 4.2.2-2 可預防事故示意圖

本計畫欲利用所發展之影像辨識工具，使商用車隊在未來可透過自動偵測異常事件，有效控管可預防事故；並利用我國警政署資料以及業者提供之事故行車影像資料，盤點本計畫定義之異常事件所涵蓋的可預防事故比率。其中，會發生於國道之大客車車外事故，除「匯入車道時對交通造成影響」外，皆被本案之異常事件捕捉（如表 4.2.2-1）；又我國國道大客車事故類型多為未保持行車安全距離、變換車道或方向不當及未注意前車狀態，故本計畫所定義之異常事件可涵蓋一定比率之國道可預防事故。

表 4.2.2-1 國道車外可預防事故涵蓋情形

可預防事故	異常事件
追撞	未保持安全距離、過彎超速
變換車道擦撞	不當變換車道
右側擠壓旁車	車道偏移、過彎超速
左側擠壓旁車	車道偏移、過彎超速
匯入時阻礙交通	-

盤點異常事件涵蓋足夠之可預防事故類型後，本計畫將利用所蒐集之國道事故及其事故當下之影像進行資料編碼準則及變數定義。此事故鏈之編碼將根據影像所呈現之事故發生過程進行資料編碼。由於本計畫的研究主要為利用事故發生當時的影像資料來解析事故發生的過程，並進而確認及量化異常事件。

本計畫事故鏈編碼流程如圖 4.2.2-3。將事故發生過程逐一解構、發展資料編碼項目，並將客運公司 A 及客運公司 B 所提供之國道事故編碼，包含：人為因素、行車動態、關鍵事件等，最後歸納事故鏈之組成、發展異常事件之分析邏輯。

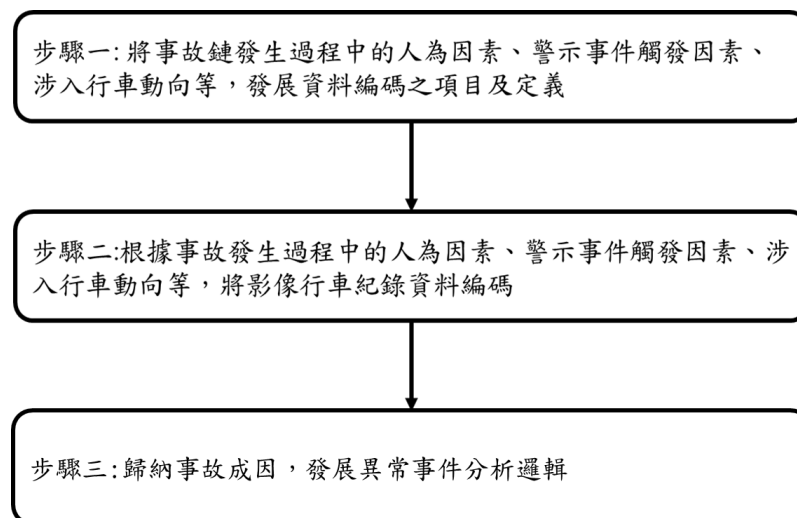


圖 4.2.2-3 事故鏈編碼流程圖

1. 步驟一：將事故鏈發生過程中的人為因素、警示事件觸發因素、涉入行車動態等，發展資料編碼之項目及定義。

本計畫預計發展的事故鏈之編碼項目共計 9 大項，如圖 4.2.2-4 所示。各編碼項目的定義之參照來源為美國的 FARS 資料庫 (所有發生在美國的死亡事故)、歐盟的 TRACE、以及我國警政署的事故調查表。目前僅有 FARS 及 TRACE 對事故鏈有較為清楚的定義，如表 4.2.2-2 所示。

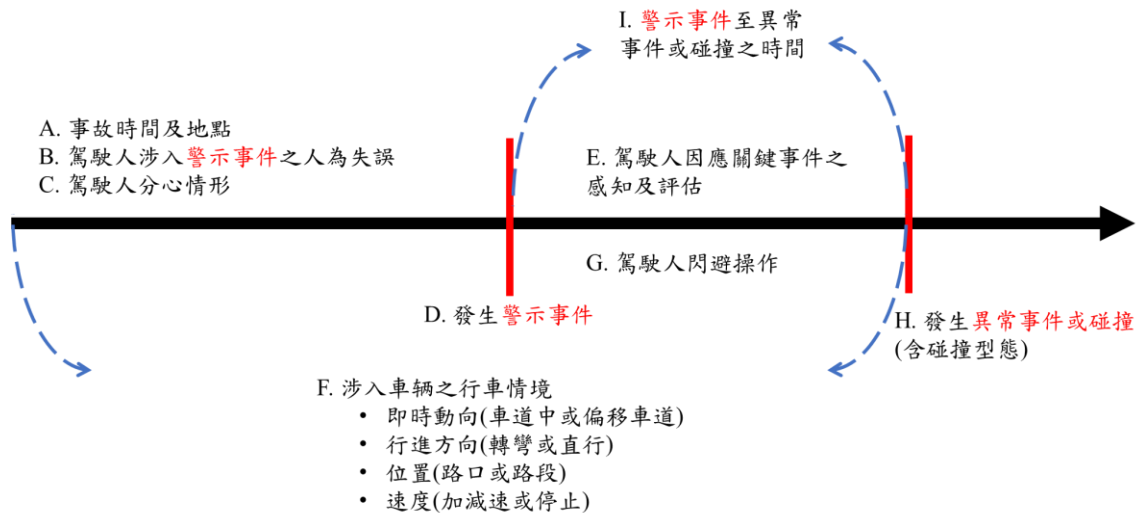


表 4.2.2-2 本計畫事故鏈之編碼項目及參考來源

編碼項目	參考來源
1.事故時間及位置	NA
2.駕駛人涉入警示事件之人為失誤	TRACE
3.駕駛人是否分心	TRACE
4.警示事件	FARS
5.駕駛人因應警示事件之感知及評估	TRACE
6.涉入車輛之行車動態	TRACE
7.駕駛人閃避操作	TRACE
8.發生碰撞及碰撞型態	我國警政署定義
9.警示事件至碰撞之時間	本計畫

本計畫事故鏈之編碼項目如圖 4.2.2-4 本計畫事故鏈之編碼項目所示，編碼欄位定義之參照則如表 4.2.2-2 所示，本計畫將同時參考維吉尼亞理工學院運輸研究所(VTTI)在進行相關研究 (100-car study 及 SHRP2 自然駕駛實驗) 所發展出之相關編碼人員的訓練過程及編碼品質控管方式 (Klauer *et al.*, 2014) 控管編碼流程。

(1) 事故時間及位置

表 4.2.2-3 按公路等級分類事故發生位置

一級路/二級路		三級路以下	
路段	交流道	路段	交岔路口
除交流道以外	加速車道 減速車道 直線匝道 環道匝道	交通島 (含槽化線) 迴轉道 快車道 慢車道 一般車道 (未劃分快慢車道) 公車專用道 機車專用道 機車優先道 路肩、路緣	交岔路口內 交岔路口附近 機車待轉區 機車停等區

(2) 駕駛人涉入警示事件之人為失誤

- F1 失誤：行車速度過快 (Too fast for conditions)
- F2 失誤：與前車距離過近 (Following too closely to respond to unexpected actions)
- F3 失誤：錯誤評估/未預期其他用路人的駕駛行為 (Mistaken understanding of another user's Manoeuvre)
- F4 失誤：不適當的操作 (Inadequate evasive action)
- F5 失誤：疲勞駕駛行為 (Drowsiness, fatigue, not asleep)

(3) 駕駛人分心情形

- D1 分心動作：移動車內物品 (By a Moving Object in Vehicle)
- D2 分心動作：接聽或操作手持電話 (While Manipulating or Listening to Cellular Phone)
- D3 分心動作：調整車上裝 (While Using Other Component/Controls Integral to Vehicle)
- D4 分心動作：吃喝東西 (Eating or Drinking)
- D5 分心動作：抽菸 (Smoking Related)

(4) 警示事件

本計畫在參考 FARS 定義後，縮小「警示事件」類別下的子項目個數，且微幅調整用字，詳細分類如下表 4.2.2-4 警示事件警示事件類別下的子項目所示，共 16 項「警示事件」項目。

表 4.2.2-4 警示事件

類別	事件
1. 本車 (This Vehicle Traveling)	1. 偏離左邊車道線至左側車道或路肩 (Over the Lane Line on Left Side of Travel Lane) 2. 偏離右邊車道線至右側車道或路肩 (Over the Lane Line on Right Side of Travel Lane) 3. 完全偏離車道至左側路緣 (Off the Edge of the Road on the Left Side) 4. 完全偏離車道至右側路緣 (Off the Edge of the Road on the Right Side) 5. 於交岔路口左轉 (Turning Left at Junction) 6. 於交岔路口右轉 (Turning Right at Junction) 7. 通過交岔路口 (Crossing Over (Passing Through) Intersection)
2. 行駛車道內的其他車輛 (Other Motor Vehicle In Lane)	1. 定點停車或故障 (Other Vehicle Stopped) 2. 以相對較低的速度行駛 (Traveling with Lower Steady Speed) 3. 減速度行駛(剎車燈亮) (Traveling While Decelerating) 4. 剛完成轉向並匯入同車道 (In Crossover)
3. 鄰近車道內的其他車輛 (Other Motor Vehicle Encroaching Into Lane)	1. 偏離至本車之左邊車道線 (From Adjacent Lane Over Left Lane Line) 2. 偏離至本車之右邊車道線 (From Adjacent Lane Over Right Lane Line)

(5) 駕駛人因應警示事件之感知及評估

- P1 失誤：因視覺阻礙而無法感知 (Non-detection in visibility approaching constraints conditions)
- P2 失誤：感知僅關注於某部分資訊 (Information acquisition focused on a partial component of the situation)
- P3 失誤：蒐集資訊過於慌亂匆忙 (Cursory or hurried information acquisition)
- P4 失誤：瞬間中斷/忽略蒐集資訊的需要 (Neglecting the need to search for information)
- T1 失誤：錯誤評估車間距

(6) 涉入事故車輛之行車動態

車輛以有發生碰撞結果的兩輛車為主，如遇兩次以上之碰撞事故情

況，則以發生第一次碰撞的兩輛車為主。如遇明顯為兩輛車以上涉入事故中，但其中有一輛以上之車輛未發生碰撞，仍特別註明其行車動態。

表 4.2.2-5 行車動態變數定義表

駕駛情境	行車動態
1. 穩定行車 (Stabilized Situation)	1. 直線行車 (Going ahead on a straight road) 2. 沿左彎直線行車 (Going ahead on a left bend) 3. 沿右彎直線行車 (Going ahead on a right bend)
2. 交岔路口 (Intersection Situation)	1. 接近交岔路口 (Approaching an intersection) 2. 直行通過交岔路口 (Going straight on an intersection) 3. 左轉彎 (Turning left on an intersection) 4. 右轉彎 (Turning right on an intersection) 5. 迴轉 (U-turn on an intersection) 6. 停等於交岔路口內 (Stopped at an intersection) 7. 停等於轉彎專用車道 (Stopped in turning lane waiting to turn)
3. 駕駛操作 (Manoeuvre Situation)	1. 向左變換車道 (或偏離) (Moved into lane on left) 2. 向右變換車道 (或偏離) (Moved into lane on right) 3. 以減速度行駛 (Traveling While Decelerating) 4. 減速臨停路邊 (Slowing and parking roadside) 5. 起步匯入車道 (Starting and leaving roadside parking space)
4. 其他情境 (Other Situation)	1. 在等候車隊中停滯 (含停等紅綠燈) (Stopped in traffic queue)

(7) 駕駛人閃避操作

- A1 閃避動作：抓穩方向盤並剎車 (Braking)
- A2 閃避動作：左打方向盤並剎車 (Braking and Steering Left)
- A3 閃避動作：右打方向盤並剎車 (Braking and Steering Right)
- A4 閃避動作：加速通過 (Accelerating)

(8) 發生碰撞及碰撞型態：根據我國警政署定義。

(9) 警示事件至碰撞之時間：同時記錄警示事件持續時間長，以秒為單位。
舉例而言，行駛車道內的其他車輛由影片時間 4：55 開始警示至影片時間 4：57，即記錄 2 秒代表期持續時間長。

2. 步驟二：根據事故發生過程中的人為因素、警示事件觸發因素、涉入行車動態等，將影像行車紀錄資料編碼。

本計畫將使用之資料為國道客運公司過去事故之影像行車紀錄器資料，截至目前所蒐集之 109 年國道事故影像資料中，8 件為客運公司 A (如圖 4.2.2-5)、5 件為客運公司 B (如圖 4.2.2-6)，共 13 件；其中 5 件本車追撞前車、4 件同向擦撞、3 件後車追撞本車。排除一件影像難以辨識之事故後，將其餘 12 件事故進行編碼，並逐一盤點事故鏈所需之變數是否完備。



圖 4.2.2-5 客運公司 A 事故影像資料



圖 4.2.2-6 客運公司 B 事故影像資料

此次分析之國道 12 件事故中，包含兩類型之異常事件，為未保持安全距離和不當變換車道。客運公司 A 之 8 件事故中，2 件為未保持安全距離、2 件為不當變換車道，其餘 4 件為他車失誤並撞擊本車所造成之事故，並非本車可預防事故；客運公司 B 之 5 件國道事故中，有 4 件為未保持安全距離、1 件為不當變換車道 (如表 4.2.2-6)。

表 4.2.2-6 客運事故統計表

異常事件	客運公司	件數	共計件數
未保持安全距離	客運公司 A	2	6
	客運公司 B	4	
車道偏移	客運公司 A	0	0
	客運公司 B	0	
過彎或匝道車速過快	客運公司 A	0	0
	客運公司 B	0	
不當變換車道	客運公司 A	2	3
	客運公司 B	1	

此外，客運公司於車隊所有車輛皆配戴 6 台攝影機 (左右後照鏡、車前、車後、駕駛員及乘客)，由總公司擷取從車輛發車時至該事故發生所有影像，並製作成光碟留存；而本計畫事故鏈之編碼結果如表 4.2.2-7 所示。

表 4.2.2-7 事故鏈編碼結果

影片編號	事故時間點	駕駛失誤	駕駛人分心	拍攝影片車輛 警示事件發生前 至碰撞間的 所有行車動態	第一次撞擊之車輛 警示事件發生前至碰撞間的 所有行車動態	涉入事故中之車輛 警示事件發生前至 碰撞間的所有行車 動態	警示事件	警示事件 時間 長 (秒)	對於 警示 事件 駕駛 失誤	駕駛 人避 免碰 撞之 操作	事故型態
2	0'07	0	0	11,33,31	11,34(停在車道上) (前方紅色小客車)	11,31 (左方白色小客車)	21	3	0	A2	追撞
6	2'22	F4	0	11,33,31	11 (左方藍色小客車)	11 (前方藍色小貨車)	11	6	P2	A1	同向擦撞
7	6'27	0	D1	11	11,31 (右方砂石車)	-	32	17	0	0	同向擦撞
8	4'04	0	0	11	11,31 (右方大貨車)	-	32	4	0	A2	同向擦撞
9	0'17	F2	0	11,33	11,33 (前方白車)	-	23	3	0	A1	追撞
10	2'08	-	-	11,32	11 (右方白車)	-	12	-	-	0	同向擦撞
11	0'15	F3	D1	11,33	11,33 (前方銀車)	-	23	5	0	A1	追撞
12	1'21	0	D5	11,33	11,33 (前方貨車)	-	23	2	P4	A2	追撞
13	1'08	F3	0	11,33	11,33 (前方貨車)	-	23	3	P3	A1	追撞

3. 步驟三：歸納事故成因、剖析事故發生機制，發展異常事件分析邏輯。

藉由步驟二之編碼結果，將事故發生過程關鍵要素歸納如下圖 4.2.2-7：找出導致該事故之關鍵事件(本計畫以警示事件捕捉)，並觀察駕駛員是否於警示事件前後發生失誤及分心，以及駕駛員防止事故發生的閃避行為，最後記錄所有涉入車輛之行車動態；記錄以上要素，進而捕捉事故發生之全貌。

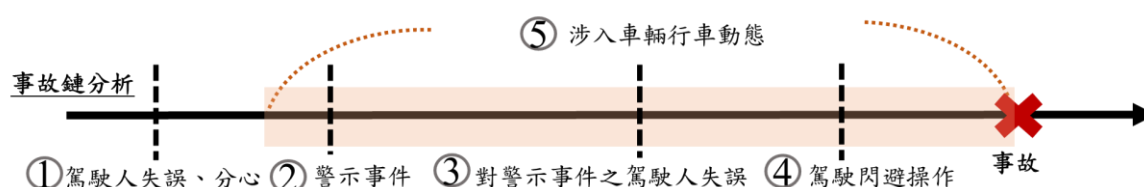


圖 4.2.2-7 事故鏈要素

根據前述方法，本計畫擬將上述人工辨識之內容自動化，以影像辨識之成果為基礎，再使其得以還原事件發生經過；本計畫之異常事件組成要素如圖 4.2.2-8，惟本期影像辨識並無納入車內影像，故利用周遭環境、行車動態、及駕駛因應捕捉近似事故發生經過，再判別該事件異常與否；編碼項目及其對應之需求變數如表 4.2.2-8，拆解各階段影響因素、發展捕捉該因素之需求變數。



圖 4.2.2-8 異常事件要素

表 4.2.2-8 事故鏈編碼對應變數需求

編碼項目	編碼依據	需求變數
駕駛人失誤及分心	警示事件發生前駕駛狀態	本計畫未捕捉，僅以人工編碼
警示事件	導致警示的車輛(POV 或本車)之位置、行車動態、道路型態	車輛(POV&本車)之位置、行車動態、道路型態
對警示事件之駕駛人失誤	警示事件發生時駕駛狀態	本計畫未捕捉，僅以人工編碼
警示至碰撞時間內涉入車輛行車動態	車輛(本車、POV、其他車輛)之行車動態、道路型態	車輛(POV&本車)之行車動態、道路型態
駕駛閃避操作	駕駛面臨警示事件的反應	本車之行車動態

註: POV - Principal Other Vehicle

事故鏈中，未保持安全距離事故有八成警示事件為本車道前車減速行駛(煞

車燈亮)，又其中七成五的駕駛具不當之駕駛行為，故前車之駕駛動態及駕駛因應相關變數在此項異常事件扮演重要的角色：本計畫會利用 6.2 節中所提及之變數「是否有車」、「是否大車」判斷前車之車種及周遭情境，並利用「前車速度」、「前車加減速」以及「相對距離」、「相對速度」串聯車機資料，建構出兩車行車動態，再輔以本車之「加減速」、「偏移程度」判斷駕駛因應是否得宜，以此方法捕捉「未保持安全距離」這項異常行為。

而不當變換車道事故則多與駕駛人對於警示事件之感知失誤較為相關，且多與後車或目標車道之後車產生衝突，故後方車輛和本車之互動成為重要的因素：此處將利用「是否有車」、「是否大車」判斷後車之車種及周遭情境，並利用「車輛佔畫面比例」判斷目標車道之間距是否足夠，再輔以本車之「加減速」、「偏移程度」判斷駕駛因應是否得宜，以此方法捕捉「不當變換車道」這項異常行為。

本期計畫受疫情及期程影響，109 年 3 月至 9 月所蒐集可運用於發展本案國道大型車異常事件之事故數量僅 9 件，故事故鏈分析於本計畫所扮演之角色僅限於建立異常事件捕捉及判別邏輯、發展車外衝突指標；若後續研究範圍擴大至市區，事故樣本數則可大幅增加，更進一步分析事故鏈各階段影響因素的重要程度。

4.3 小結

本節利用交通事故調查表資料，分析國道大客車事故特性，另以國道客運實際發生事故時之行車影像資料，逐一解構事故發生過程，找出事故發生前之異常事件及影響事故發生之事故鏈，綜整結果如下：

1. 事故頻次分析

相對於國內整體 A1 事故逐年增加，多數國道之大客車 A1 事故多呈現持平或降低，但 A2 事故仍有增加之趨勢。大客車為第一當事者，多為追撞前車，且有一定比例前車為停等中，肇事因素多為未保持距離與未注意車前狀況，顯示前後距離仍為大客車事故重要課題。大客車為第二當事者時，多為他車不當變換車道時，與大客車發生擦撞，而產生側撞事故，顯示如何察覺鄰車變換車道行為不當，避免左右間隔不足為提升大客車安全重要課題。

2. 事故嚴重度分析

綜合大客車涉入之追撞與同向擦撞兩種事故型態，影響追撞事故嚴重度最劇之變數為第一當事者肇事因素，使事故嚴重性增加之原因可分為未依速

限行駛、車輛突發狀況、酒後駕車與駕駛分心；影響同向擦撞事故嚴重性最劇之變數為第一當事者撞擊位置，使事故嚴重度增加之撞擊位置為左側車身。故大客車於國道行駛時，應注意遵守速限並維持安全距離，更需保持專注駕駛，才能在其他車輛發生突發狀況時，隨即做出反應，降低事故風險。

3. 國道事故影像事故鏈分析

本計畫針對所蒐集之 12 件行車事故進行事故鏈分析，盤點營業大客車的事故型態，並建立異常事件判定之邏輯：從行車影像了解事故發生經過，依據事故鏈編碼之項目與內容，發展事件各階段之變數需求，藉以捕捉各階段之重要影響因素。惟本期計畫之事故影像蒐集受期程限制及疫情影響僅以此發展分析邏輯，後續若蒐集更多事故影像資料，則可針對事故鏈各階段進行統計分析，建立更具體的關聯。

第五章 車外異常事件定義與衡量指標發展

5.1 車外異常事件定義

本期計畫針對未保持安全距離、車道偏移、匝道車速過快等三項車外異常事件進行分析。異常事件定義將沿用前期計畫整理、歸納出之駕駛序列與定義，同時加以精進其內容以更符合本期資料特性。

以下將針對前期「未保持安全距離」、「車道偏移」以及「彎道或匝道車速過快」之異常事件序列說明，同提出本期精進方案與資料限制，並說明與前期計畫定義相異之處。

5.1.1 未保持安全距離

我國道路交通管理處罰條例中第 33 條條文中雖有明訂汽車行駛於高速公路、快速公路或設站管制之道路時，若有未保持安全距離行為出現，處汽車駕駛員新臺幣三千元以上六千元以下罰鍰，但對於何謂未保持安全距離沒有給予明確的定義。美國聯邦汽車運輸安全總署 (FMCSA) 對未保持安全距離定義為：「如果一輛車與前車的距離過近，即使後車的駕駛員全神貫注地注視著前方的車輛，但當前方駕駛突然剎車時，後車駕駛員仍然無法避免與前車碰撞。」

前期計畫綜整美國運輸部的整合車輛安全系統 (Integrated Vehicle-Based Safety System, IVBSS) 計畫 (IVBSS, 2011) 與 Najm (2006) 在過往研究中所提出來的序列，發現「前車動態」對於未保持安全距離行為的分析相當重要。故在前期計畫中，以 IVBSS 與 Najm 學者之研究為基礎，將其序列依照目標車與前車的互動方式加以細分。前期計畫序列與詳細說明如下：

1. 序列 1 前車變換車道

目標車輛 (SV) 行駛於車道中時，另一車道之車輛 (AV) 突然變換車道至目標車輛所行駛的車道之中，因而造成與前方車輛距離過近並觸發事件。

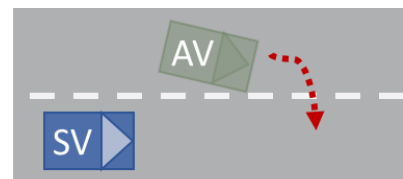
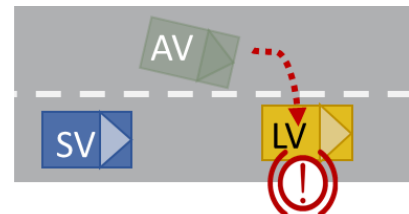


表 4.3-1 前期研究未保持安全距離之序列分類

序列 1 前車變換車道	
1-1 且前車剎車	目標車輛之駕駛來不及反應，易形成追撞事故。
1-2 且目標車輛正在加速	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故的發生。
序列 2 目標車輛變換車道	
2-1 且前車剎車	目標車輛之駕駛來不及反應，易形成追撞事故。
2-2 且後車正在加速	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故的發生。
序列 3 前車突然減速	
3-1 且目標車輛未剎車	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故的發生。
3-2 且鄰近車道有車輛	目標車輛若有向外閃避的動作，易造成與鄰近車輛擦撞。
3-3 且後車距離過近	目標車輛跟著前車減速後造成後車反應不及而追撞目標車輛。
序列 4 前車等速行駛 (慢速)	
4-1 且目標車輛未剎車	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故的發生。
4-2 且鄰近車道有車輛	目標車輛進行變換車道的動作，若未注意鄰近車輛，易造成擦撞。
序列 5 未注意前車的前車	
5-1 且目標車輛未剎車	兩車間的距離會急速縮小，易造成追撞事故的發生。
5-2 且前前車突然剎車	目標車輛與前前車的距離會急速縮小，易造成追撞事故的發生。

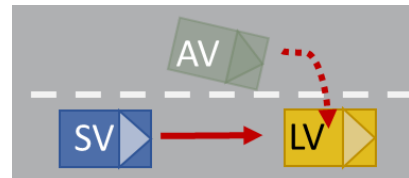
2. 序列 1-1 且前車剎車

當前車一切進車道後，卻有剎車的行為，易造成目標車輛駕駛反應不及而與前車 (LV) 追撞。



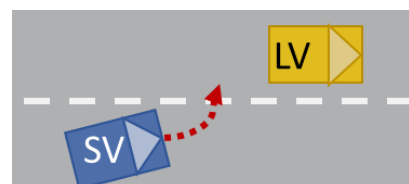
3. 序列 1-2 且目標車輛正在加速 (或無減速)

當前車切進車道後，目標車輛因故而未注意前車而正在加速或沒有剎車的動作，比起一般的狀況更易造成追撞。



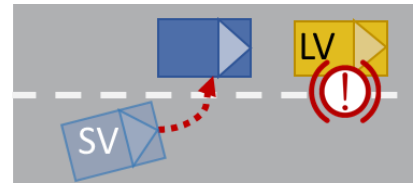
4. 序列 2 目標車輛變換車道

目標車輛 (SV) 行駛於車道中時，因前方障礙物或車輛車速過慢等因素，突然變換車道並導致與另一車道之前車 (LV) 過近，而觸發事件。



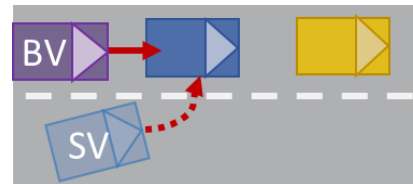
5. 序列 2-1 且前車剎車

當目標車輛一切進車道後，前車卻突然有剎車的行為，易造成目標車輛駕駛反應不及而與前車追撞。



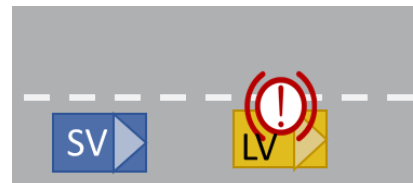
6. 序列 2-2 且後方車輛正在加速 (或無減速)

當目標車輛切進車道後，後車 (BV) 因故而未注意前車而正在加速或沒有剎車的動作，比起一般的狀況更易造成追撞。



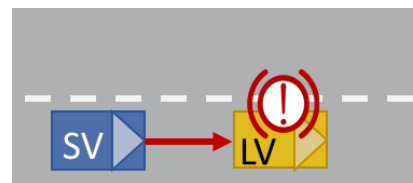
7. 序列 3 前車突然減速

目標車輛 (SV) 穩定行駛於道路中時，前方 (LV) 車輛突然剎車，造成車輛間的距離突然縮小而觸發事件。



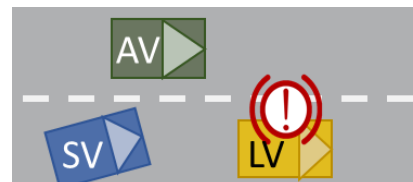
8. 序列 3-1 且目標車輛未剎車

當前車一剎車後，目標車輛因故而無剎車行為，易造成目標車輛與前車追撞。



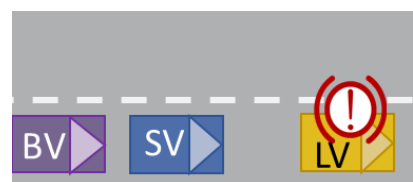
9. 序列 3-2 且鄰近車道有車輛

當前車一剎車後，目標車輛往鄰近車道進行閃避，但鄰近車道有車輛 (AV) 正在行駛，易與旁車擦撞。



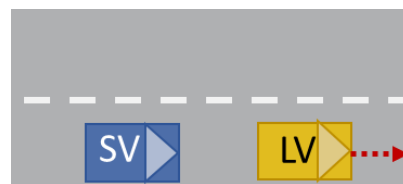
10. 序列 3-3 且後車距離過近

當前車一剎車後，目標車輛跟著急剎車，但後方車輛 (BV) 距離過近，易與目標車輛追撞。



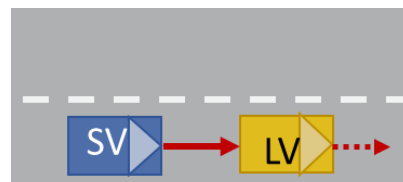
11. 序列 4 前車等速或慢速行駛

前車 (LV) 以等速行駛於車道中，目標車輛 (SV) 因車速較前車快，造成兩車間的距離過小而觸發事件。



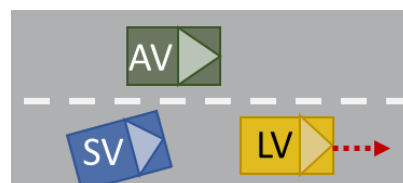
12. 序列 4-1 且目標車輛未剎車

當目標車輛持續接近前方車輛，且目標車輛因故而無剎車行為，易造成目標車輛與前車追撞。



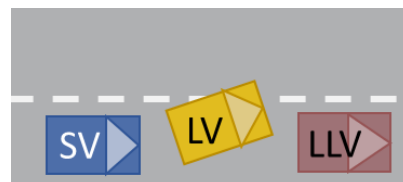
13. 序列 4-2 且鄰近車道有車輛

當目標車輛持續接近前方車輛，目標車輛向鄰近車道進行閃避，但鄰近車道有車輛 (AV) 正在行駛，易與旁車擦撞。



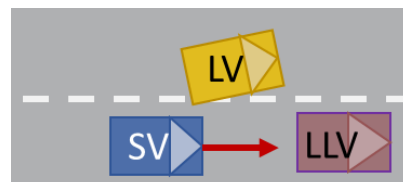
14. 序列 5 未注意前車的前車

目標車輛 (SV) 行駛於車道中時，前方車輛因其前方車輛 (LV) 車速過慢因而突然變換車道，但目標車輛未注意到前車的前車 (LLV)，導致與前車的前車距離過近，此時目標車輛車必須剎車或變換車道才能避免與其追撞。



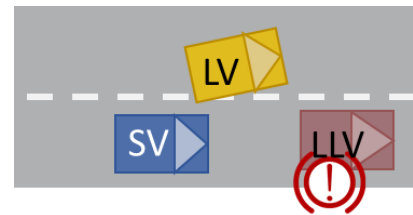
15. 序列 5-1 且目標車輛未剎車

當前車變換車道後目標車輛持續接近前車的前車，且目標車輛因故而無剎車行為，易造成目標車輛與前車追撞。



16. 序列 5-2 且前車突然剎車

當前車變換車道後目標車輛持續接近前車的前車，且前車的前車突然剎車，易造成目標車輛與前車的前車追撞。



5.1.2 車道偏移

車道偏移顧名思義為行駛中的車輛其輪胎超出或壓到標線所標示之車道線上。根據美國國家公路交通安全管理局 (NHTSA) (Najm, 2006)，在死亡事故肇事原因的統計數據顯示，因駕駛員疏忽而導致非預期偏離車道的意外事故，約佔所有肇事原因的 42%。美國聯邦汽車運輸安全總署 (FMCSA) 對於車道偏移系統成本效益評估分析的研究中指出 (FMCSA, 2013)，車道偏移防治系統有 3 大主要功能，分別為偵測在車輛前方的標線、監控車輛與車道中的位置、避免駕駛員在未打方向燈的情況下偏離出車道線外。

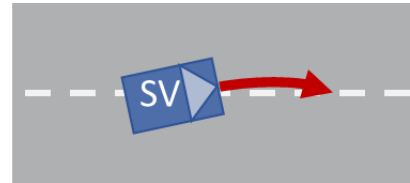
雖然美國運輸部在整合車輛安全系統 (Integrated Vehicle-Based Safety System) 計畫中指出，車道偏移因為其完全取決於駕駛員當下之駕駛行為故難以掌握，並無對其分類。前期計畫另綜整 Najm (2006) 分析美國小型車事故時與事故前的駕駛行為時，所分別提出之 6 個、與 10 個車道偏移序列，並進一步考慮車輛間彼此的動態後篩選出更符合事故前兆定義之事件序列 (見表 4.3-2)。

表 4.3-2 前期研究車道偏移之序列分類

序列 1 偏離車道	
1-1 且鄰近車道有車	鄰近車輛之駕駛來不及反應，易形成同向擦撞事故。
1-3 且目標車輛無立即返回車道	易形成同向擦撞事故或駕駛可能處於分心恍神狀態。
序列 2 因閃避動作而偏離車道	
2-1 且鄰近車道有車	鄰近車輛之駕駛來不及反應，易形成同向擦撞事故。
序列 3 彎道上或匝道上偏移	
3-1 且鄰近車道有車	鄰近車輛之駕駛來不及反應，易形成同向擦撞事故。
3-2 且目標車輛無立即返回車道	易形成同向擦撞事故或駕駛可能處於分心恍神狀態。

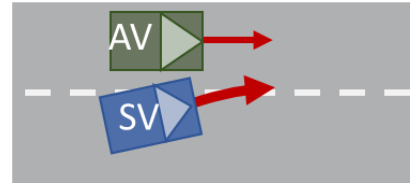
1. 序列 1 直線偏離車道：

行駛於道路中的目標車輛 (SV) 偏離出原先行駛的車道之中。



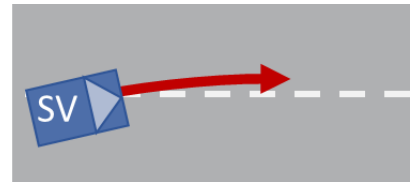
2. 序列 1-1 且鄰近車道有車

行駛於道路中的目標車輛偏離出原先行駛的車道之中，而鄰近車道有車輛 (AV) 經過，若目標車輛的偏移幅度過大容易與鄰近車輛發生擦撞。



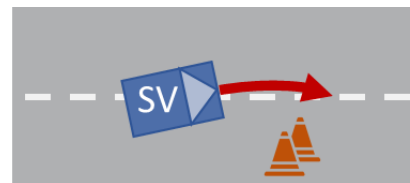
3. 序列 1-2 且目標車輛無立即返回車道

行駛於道路中的車輛偏離出原先行駛的車道之中後，並未立即返回，而繼續橫跨兩車道中行駛，此序列的發生通常與司機的恍神與分心有關係。



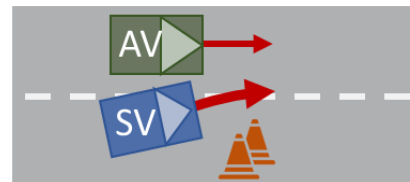
4. 序列 2：因閃避動作而偏離車道

行駛於道路中的目標車輛 (SV)，因其他車輛、障礙物等之影響，而進行閃避動作，因而造成車輛偏離出原先行駛的車道之中。



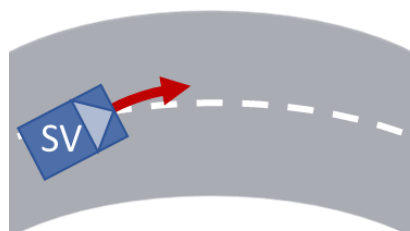
5. 序列 2-1 且鄰近車道有車

行駛於道路中的目標車輛因障礙物而偏離原先行駛的車道之中，而鄰近車道有車輛 (AV) 經過，若目標車輛的偏移幅度過大容易與鄰近車輛發生擦撞。



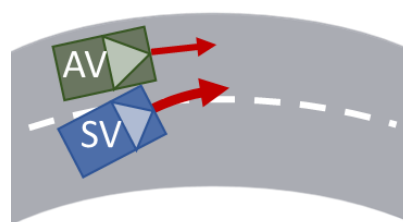
6. 序列 3：彎道上或匝道上偏移

行駛於道路中的目標車輛 (SV)，在過彎時偏離出原先行駛的車道之中。



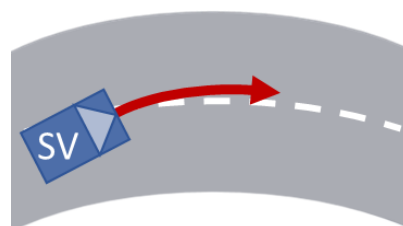
7. 序列 3-1 且鄰近車道有車

行駛於道路中的目標車輛因過彎而偏離原先行駛的車道之中，且鄰近車道有車輛 (AV) 經過，若目標車輛的偏移幅度過大容易與鄰近車輛發生擦撞。



8. 序列 3-2 且目標車輛無立即返回車道

行駛於道路中的目標車輛偏離出原先行駛的車道之中後，並未立即返回，而繼續橫跨兩車道中行駛，此序列的發生通常與司機的恍神與分心有關。



5.1.3 過彎或匝道車速過快

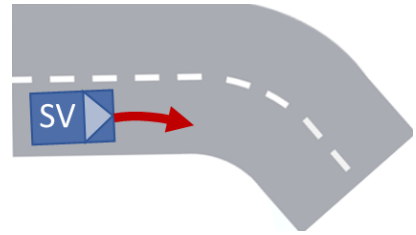
過彎超速為極其危險的駕駛行為，車輛在彎道上車速過快時，容易引發自撞或衝出護欄的風險，進而致生嚴重的傷亡。美國密西根運輸研究中心 (UMTRI) 在 2006 年的車道偏移系統的場域研究中 (LeBlanc *et al.*, 2006)，將過彎超速依發生地點進行分類，除探討彎道前的超速行為，也考慮了匝道的影響。另外，Najm (2003) 於 IVBSS 計畫中，亦將過彎超速分成「過彎超速」、「過彎前車速過快，且與前車距離過近」、「過彎失控 3 個序列」來探討：

表 4.3-3 前期研究過彎或匝道車速過快之序列分類

序列 1：彎道前或匝道未減速	
1-1 且鄰近車道有車	彎道前未減速容易造成車道偏移與車輛失控，當鄰近車輛之駕駛來不及反應，易形成同向擦撞事故。
1-2 且正在下雨	天雨路滑更容易造成車道偏移與車輛失控
序列 2：彎道前或匝道超速	
2-1 且鄰近車道有車	彎道前「超速」較「未減速」更容易造成車道偏移與車輛失控，當鄰近車輛之駕駛來不及反應，易形成同向擦撞事故。
2-2 且目標車輛未減速	在彎道超速且未減速的情形下，其發生車道偏移與失控，甚至衝出路外或擦撞護欄的機率甚高。

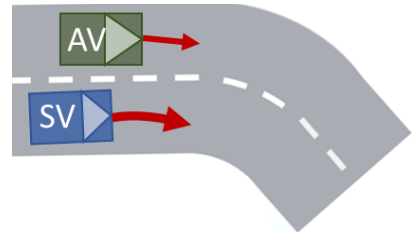
1. 序列 1 彎道前或匝道未減速

彎道前未減速容易造成車道偏移與車輛過彎失控，而在匝道口因有車流的匯入，會比一般車流狀況具有更多的衝突發生。



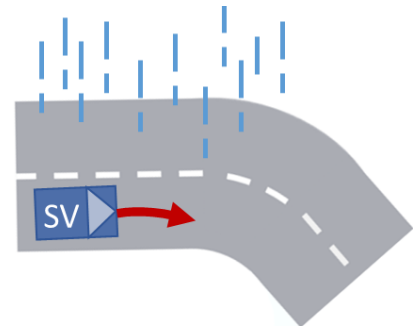
2. 序列 1-1 且鄰近車道有車

彎道前未減速容易造成車道偏移與車輛過彎失控，若此時旁邊車道有其他車輛，容易波及旁車而造成更大的風險。



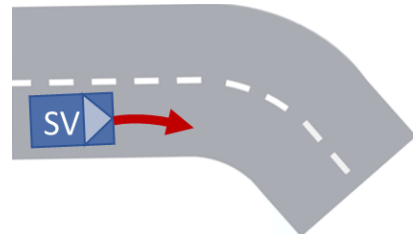
3. 序列 1-2 且正在下雨

在下雨狀態下路面摩擦係數下降，相較於一般天氣情況，車輛未減速通過彎道或匝道，更容易有失控、偏移，甚至衝出路外或擦撞護欄的情況產生。



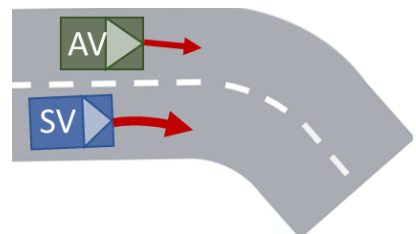
4. 序列 2 彎道前或匝道超速

彎道前超速會比序列 1 更容易造成車道偏移與車輛過彎失控，而在匝道口因有車流的匯入，會比一般車流狀況具有更多的衝突發生，若超速很容易與其他車輛發生追撞或擦撞。



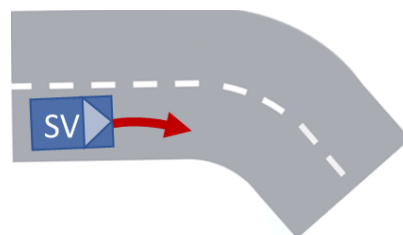
5. 序列 2-1 且鄰近車道有車

彎道前超速容易造成車道偏移與車輛過彎失控，若此時旁邊車道有其他車輛，容易波及旁車而造成更大的風險。



6. 序列 2-2 且目標車輛未減速

在彎道超速且未減速的情形下，其發生車道偏移與失控，甚至衝出路外或擦撞護欄的機率將會比序列 1 還要高。



5.1.4 本計畫精進與限制

考量本計畫辨別異常事件之行車影像角度以及道路幾何分類與前期研究略有不同，本計畫將調整異常事件序列與定義以符合本案需求。

前期採用影像包含車輛前方、左方、右方、後方以及駕駛艙鏡頭，本期未採用後方影像，因此部分序列無法滿足；另外，對於道路幾何分類亦有所差異，前期主要區分為高速公路主線之直線路段、主線上之彎道以及匝道，本計畫則區分主線與匝道。此外，針對前期計畫回饋，本計畫亦將精進異常事件細節，使事件描述更臻完整。

以下分別對本計畫未保持安全距離、車道偏移以及匝道車速過快採用之序列與前期進行異同比較，並針對相異之處進行說明；另整理本期判斷整理出序列分布狀況。

1. 未保持安全距離

- (1) 涉及目標車輛或他車變換車道時，增加註記變換方向，以更細緻探討事件成因。
- (2) 據前期經驗回饋，新增子序列同時滿足之情境，更符合真實行車情況。如同時滿足序列 1-1 與序列 1-2，則成為序列 1-12。
- (3) 因應本案未採用後方鏡頭，刪除與後車相關之序列。
- (4) 根據前期經驗回饋與因應本案影像辨識限制，較難清楚辨別前前車燈號狀況，因此刪除前期「序列 5-2 前前車突然剎車」。
- (5) 根據前期經驗回饋，新增「序列 6 前車向左/右變換車道且目標車與前車距離過近」，以更加符合實際行車情況。

本計畫與前期未保持安全距離異常事件序列異動比較，整理如表 4.3-4 所示。

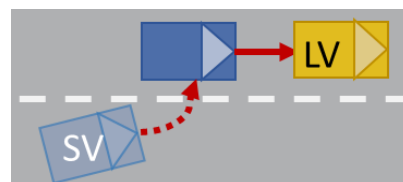
表 4.3-4 未保持安全距離序列分類比較

前期研究	本期研究	異動說明
序列 1 前車變換車道	序列 1L/1R 前車由左/右變換車道	新增方向
1-1 且前車剎車	1-1 且前車剎車	
1-2 且目標車輛正在加速	1-2 且目標車輛正在加速	
	1-12 同時滿足 1-1 及 1-2	同時滿足
序列 2 目標車輛變換車道	序列 2 目標車輛向左/右變換車道	新增方向
2-1 且前車剎車	2-1 且前車剎車	
2-2 且後車正在加速		刪除序列
	2-2 且目標車正在加速 (未減速)	新增序列*
	2-12 同時滿足 2-1 及 2-2	同時滿足
序列 3 前車突然減速	序列 3 前車突然減速	
3-1 且目標車輛未剎車	3-1 且目標車輛未剎車	
3-2 且鄰近車道有車輛	3-2 且鄰近車道有車輛	
3-3 且後車距離過近		刪除序列
	3-12 同時滿足 3-1 及 3-2	同時滿足
序列 4 前車等速行駛 (慢速)	序列 4 前車等速行駛 (慢速)	
4-1 且目標車輛未剎車	4-1 且目標車輛未剎車	
4-2 且鄰近車道有車輛	4-2 且鄰近車道有車輛	
	4-12 同時滿足 4-1 及 4-2	同時滿足
序列 5 未注意前車的前車	序列 5 未注意前前車狀況 = 前車向左/右變換車道且目標車與前前車距離過近	新增說明及方向
5-1 且目標車輛未剎車	5-1 且目標車輛未剎車	
5-2 且前前車突然剎車		刪除序列
	5-2 且相鄰車道有車	新增序列*
	5-12 同時滿足 5-1 及 5-2	同時滿足
	序列 6 前車向左/右變換車道且目標車與前車距離過近	新增序列及方向*
	6-1 且目標車輛未剎車	新增序列*

本期新增序列說明與示意圖，整理如下：

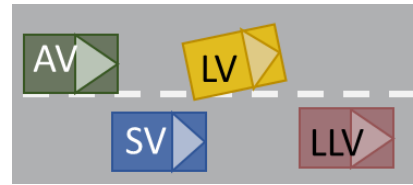
(1) 序列 2-2 目標車輛向左/右變換車道且目標車輛正在加速 (或無減速)

當目標車輛切進車道後，目標車輛因故而未注意前車而正在加速或沒有煞車的動作，比起一般的狀況更易造成追撞。



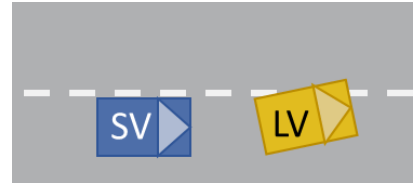
(2) 序列 5-2 未注意前車狀況且相鄰車道有車

當目標車輛持續接近前車的前車，目標車輛向相鄰車道進行閃避，但相鄰車道有車輛正在行駛，易與旁車擦撞。



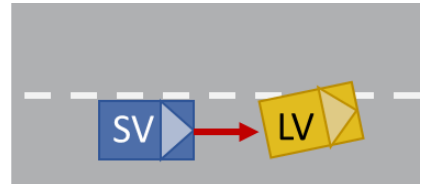
(3) 序列 6 前車向左/右變換車道

當前車變換車道時，目標車輛持續接近前車，若前車未順利變換車道至相鄰車道，易造成目標車輛與前車追撞。



(4) 序列 6-1 且目標車輛正在加速 (或無減速)

當前車變換車道時，目標車輛持續接近前車，若前車未順利變換車道至相鄰車道，且目標車輛因故正在加速或無煞車行為，易造成目標車輛與前車追撞。



2. 車道偏移

因應本案道路幾何僅區分主線與匝道，調整前期「序列 3 彎道上或匝道上偏移」為「序列 3 匝道上偏移」，並新增子序列同時滿足之情境。本計畫與前期車道偏移序異常事件序列異動比較，如表 4.3-5 所示。

表 4.3-5 車道偏移序列分類比較

前期研究	本期研究	異動說明
序列 1 偏離車道	序列 1 偏離車道	
1-1 且鄰近車道有車	1-1 且鄰近車道有車	
1-2 且目標車輛無立即返回車道	1-2 且目標車輛無立即返回車道	
	1-12 同時滿足 1-1 及 1-2	同時滿足
序列 2：因閃避動作而偏離車道	序列 2：因閃避動作而偏離車道	
2-1 且鄰近車道有車	2-1 且鄰近車道有車	
序列 3 彎道上或匝道上偏移	序列 3 匝道上偏移	修改地點
3-1 且鄰近車道有車	3-1 且鄰近車道有車	
3-2 且目標車輛無立即返回車道	3-2 且目標車輛無立即返回車道	
	3-12 同時滿足 3-1 及 3-2	同時滿足

3. 過彎或匝道車速過快

因應本案道路幾何僅區分主線與匝道，調整前期「序列 1 彎道前或匝道未減速」為「序列 1 匝道未減速」以及「序列 2 彎道前或匝道超速」為「序列 2 匝道超速」，並新增子序列同時滿足之情境。本計畫與前期過彎或匝道車速過快異常事件序列異動比較，如表 4.3-6。

表 4.3-6 過彎或匝道車速過快序列分類比較

前期研究	本期研究	異動說明
序列 1 彎道前或匝道未減速	序列 1 匝道未減速	修改地點
1-1 且鄰近車道有車	1-1 且鄰近車道有車	
1-2 且正在下雨	1-2 且正在下雨	
	1-12 同時滿足 1-1 及 1-2	同時滿足
序列 2 彎道前或匝道超速	序列 2 匝道超速	修改地點
2-1 且鄰近車道有車	2-1 且鄰近車道有車	
2-2 且目標車輛未減速	2-2 且目標車輛未減速	
	2-12 同時滿足 1-1 及 1-2	同時滿足

4. 序列分布整理

扣除無法辨識異常事件之影像以及無法確切分類出序列之事件，共計有 2,411 件，其中未保持安全距離有 1,968 件如表 4.3-7、車道偏移有 443 件(表 4.3-8)，另本期匝道車速過快之異常將用於後面異常事件分析章節應用。

表 4.3-7 未保持安全距離序列統計

主序列	副序列	數量
序列 1 前車由左/右變換車道	無副序列	37/66
	1-1 且前車剎車	14/18
	1-2 且目標車輛正在加速	210/153
	1-12 同時滿足 1-1 及 1-2	9/8
序列 2 目標車輛向左/右變換車道	無副序列	54/17
	2-1 且前車剎車	7/1
	2-2 且目標車正在加速 (未減速)	446/113
	2-12 同時滿足 2-1 及 2-2	7/2
序列 3 前車突然減速	無副序列	14
	3-1 且目標車輛未剎車	4
	3-2 且鄰近車道有車輛	58
	3-12 同時滿足 3-1 及 3-2	15
序列 4 前車等速行駛 (慢速)	無副序列	25
	4-1 且目標車輛未剎車	123
	4-2 且鄰近車道有車輛	201
	4-12 同時滿足 4-1 及 4-2	294

表 4.3-7 未保持安全距離序列統計 (續)

主序列	副序列	數量
序列 5 未注意前車狀況 = 前車向左/右變換車道且目標車 與前車距離過近	無副序列	0
	5-1 且目標車輛未剎車	0
	5-2 且相鄰車道有車	0
	5-12 同時滿足 5-1 及 5-2	1/4
序列 6 前車向左/右變換車道且目 標車與前車距離過近	無副序列	2/7
	6-1 且目標車輛未剎車	3/52

表 4.3-8 車道偏移序列統計

主序列	副序列	數量
序列 1 偏離車道	無副序列	163
	1-1 且鄰近車道有車	54
	1-2 且目標車輛無立即返回車道	0
	1-12 同時滿足 1-1 及 1-2	0
序列 2：因閃避動作而偏離車道	無副序列	1
	2-1 且鄰近車道有車	25
序列 3 匝道上偏移	無副序列	133
	3-1 且鄰近車道有車	67
	3-2 且目標車輛無立即返回車道	0
	3-12 同時滿足 3-1 及 3-2	0

5.2 車外異常事件採用之衡量指標

本計畫採用行車紀錄器攝影方向如圖 4.3-1 所示，分別以前方、左右兩側照後畫面做為車外異常事件影像分析之用，實際影像範例如圖 4.3-2 所示。本小節整理本期計畫所使用之衡量指標以及其在三項異常事件中的應用，進行影像辨識之指標綜整如表 4.3-9，最後針對影像三階段加工過程說明如下。



圖 4.3-1 本計畫使用之前方、左側、右側影像示意圖



圖 4.3-2 攝影方向示意圖 (上) 前方 (下左) 左方 (下右) 右方

表 4.3-9 進行影像辨識之指標

指標	影像	操作定義	單位
是否有車	前方	影像範圍內是否有車	0/1
	左側		
	右側		
是否為大型車輛	前方	影像辨識物件是否為大型車輛	0/1
	左側		
	右側		
相鄰車道車輛占畫面比例	左側	物件框 (bounding box) 佔攝影機畫面之比例	浮點數
	右側		
與前車相對距離	前方	前車車尾到本車車頭距離 (縱向)	公尺
前車車速	前方	正前、左前、右前方車輛速度	km/h
與前車相對速度	前方	本車車速減正前、左前、右前方車車速	km/h
相鄰車道前車占本車道線比例	前方	左前、右前方車輛物件框在本車道佔比	浮點數
本車車速	前方	影像辨識車道線推算本車車速	km/h

5.2.1 是否有車及是否為大型車輛

用以判別前方、相鄰兩側、以及斜後方是否有車輛，於分析時可以了解周圍環境以及對應之情境序列。大型車輛容易對本車駕駛形成視線上的遮蔽，較難留意到其他車輛，且大型車輛對於所處車道正後方之視野不佳，若本車跟車過近，若有鄰近之大型車輛驟然變換車道、或是突發事件也較難以安全因應。

1. 相鄰車道車輛占畫面比例：

用以判斷相鄰、斜後方車輛的行車動態，如車輛正加速接近本車，車輛物件框（見圖 4.3-3）占畫面之比例也會隨之提升。若本車在未保持安全距離情境下，需變換車道以閃避前方立即危險，相鄰車道過近之車輛將不利本車之閃避行為。

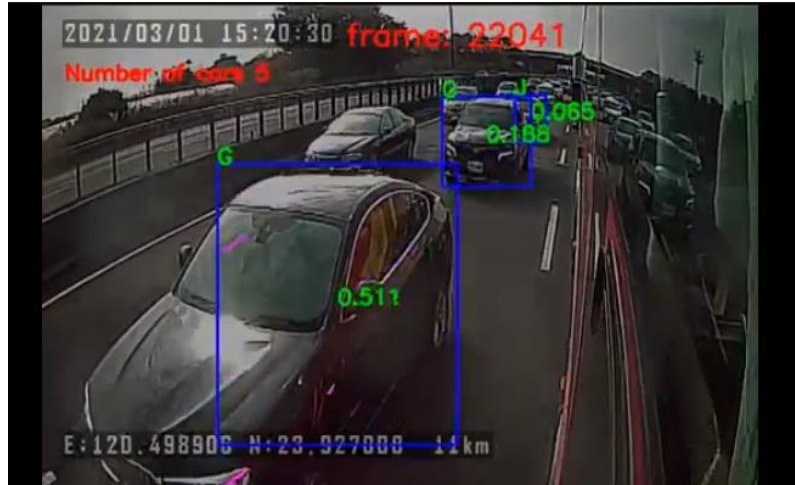


圖 4.3-3 右側影像物件框示意圖

2. 與前車相對距離、前車車速、與前車相對速度、前車加減速：

針對正前方、斜前方前車的行車動態指標，旨在了解前車與本車行駛之相對距離與速度變化。舉例而言，本車變換車道時雖距離目標車道前車稍近，但由於前車正處於加速行駛的狀態，且前車之前方並無車輛，便不致演化成異常事件；如果在相對複雜的車流情況下，前車有減速的可能，則本車的變換車道行為可能就屬不當。

3. 相鄰車道前車占本車道線比例：用以判別相鄰車道前車變換車道行為，以異常事件序列分類。

4. 除了表列之影像相關指標之外，還須結合天氣、日夜、是否為匝道等道路幾何資訊，對行車環境做通盤考量後，始能篩選出高風險之異常事件。

5.2.2 影像三階段加工

本計畫針對影像行車紀錄器資料進行三階段加工處理（如圖 4.3-4 所示），將影像畫面藉由影像辨識技術產出原始數據，進行周遭環境、行車動態以及駕駛因應判斷，進而透過數據與情境之搭配判定是否為一異常事件。

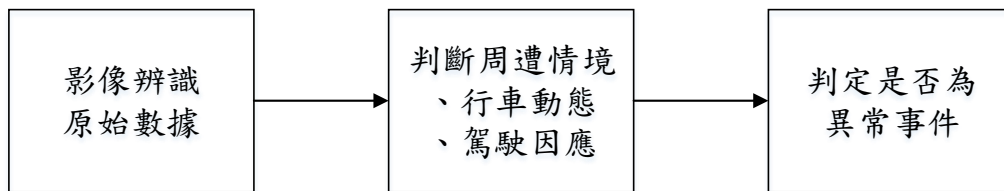


圖 4.3-4 車外異常事件影像分析三階段

1. 第一階段加工—影像辨識原始數據

為能清楚描述異常事件發生之客觀細節，本階段將由原始影像畫面萃取完整道路及周遭車輛狀態原始數據，做為後續判斷周遭情境、行車動態、駕駛因應以及分析與篩選異常事件之用。透過影像畫面中的本車、他車與車道標線相對位置及變化，辨識本車速度、本車與他車之相對距離、相對速度 (如圖 4.3-5 所示)；另外藉由影像辨識技術辨認他車是否為大車、他車佔畫面比例 (兩側鏡頭) 等資訊。

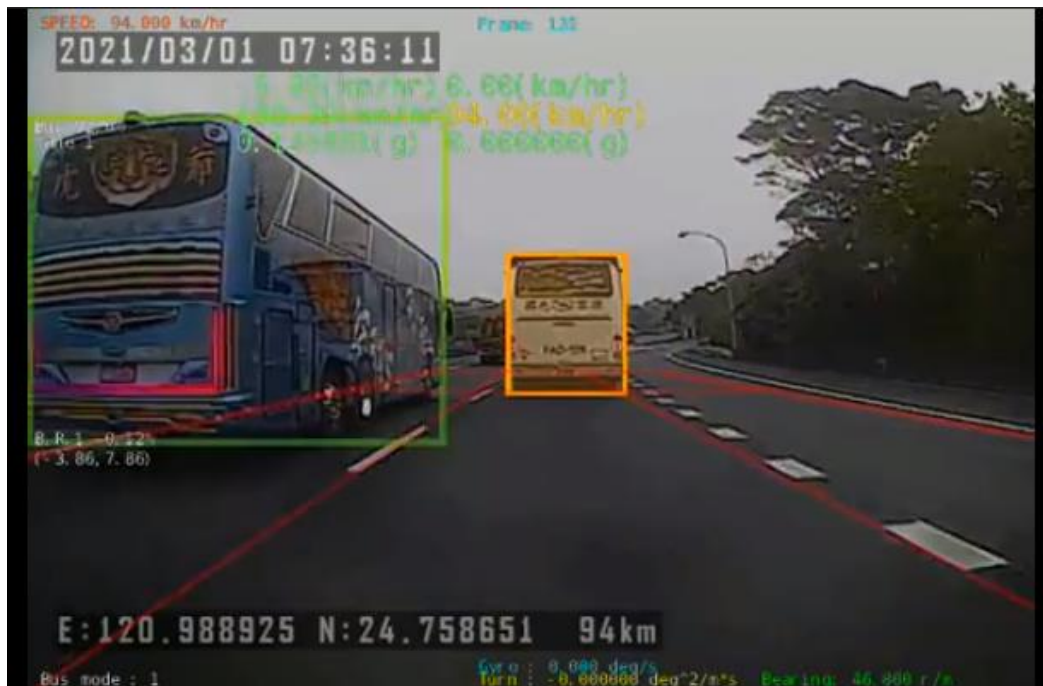


圖 4.3-5 影像辨識技術展示-前方鏡頭

2. 第二階段加工—判斷周遭情境、行車動態、駕駛因應

隨時間變化之原始數據經交叉搭配後，轉換成具意義之周遭情境、行車動態、駕駛因應等可能導致警示事件或異常事件之關鍵要素。周遭情境係指以目標車輛為中心之目標車輛與他車相對位置、目標車輛與他車運行狀態、所在路段等；本計畫中警示事件之分類—未保持安全距離、車道偏移以及匝道車速過快序列，各有其對應之情境序列，詳細請見 5.1 節車外異常事件定義。

行車動態指目標車輛與他車相對之縱向距離變化、相對速度變化等，藉此

捕捉不同速度之下，兩車之間連續的相對運行狀態變化。駕駛因應指警示事件發生之際，目標車輛行車速度變化或行車方向變化，藉此表示駕駛是否作出各種情境序列下得宜的判斷與行動，以避免警示事件演變成異常事件或事故。

以未保持安全距離序列 3-1 前車突然減速且鄰近車道有車輛為例 (如圖 4.3-6 所示)。因前方車輛突然減速，造成目標車輛與前車快速迫近，進而觸發未保持安全距離警示。



圖 4.3-6 影像辨識示意圖

以影像辨識數據隨時間變化呈現案例完整過程如圖 4.3-7~圖 4.3-9，由上而下分別為車速、目標車輛與前方秒距(time headway)以及目標車輛與前方車輛絕對距離。縱線為處觸發未保持安全距離之時間點，圖 4.3-7 三角形圖示顯示前車減速，圓點圖示下降反映駕駛人減速因應；因駕駛人因應得宜，衝突指標之兩車秒距雖降至警示門檻(秒距 0.4 秒)後立即回升圖 4.3-8；此行車動態過程也反映在警示後逐漸拉開之本車與前車絕對距離如圖 4.3-9。

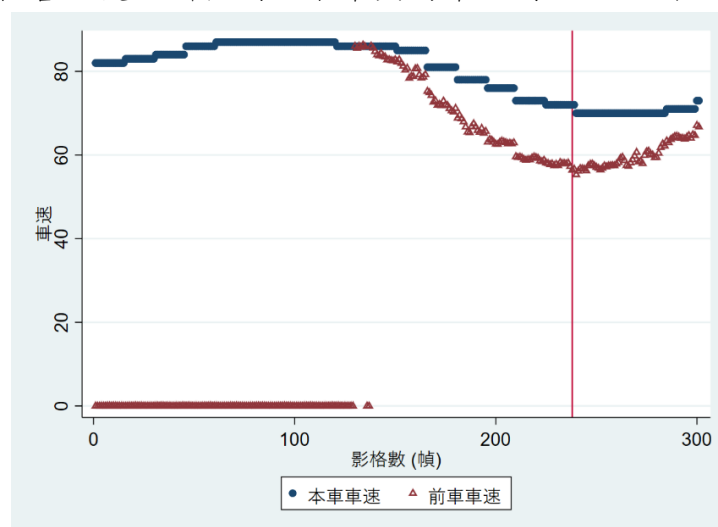


圖 4.3-7 第二階段案例展示-本車因應車速

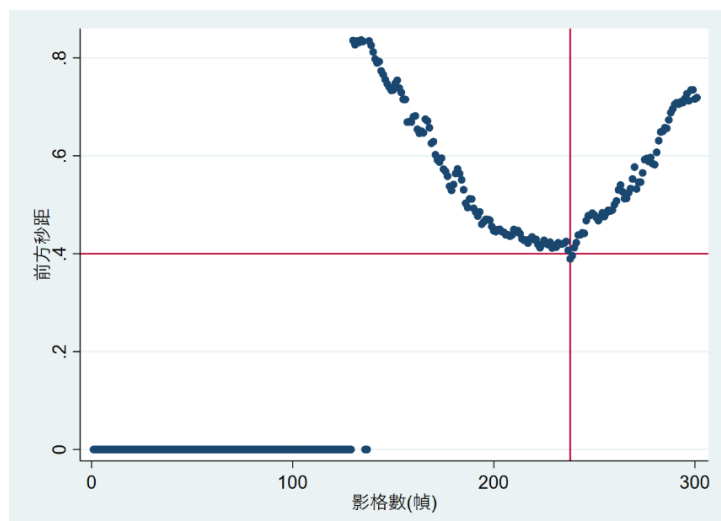


圖 4.3-8 第二階段案例展示-衝突指標(前方秒距)

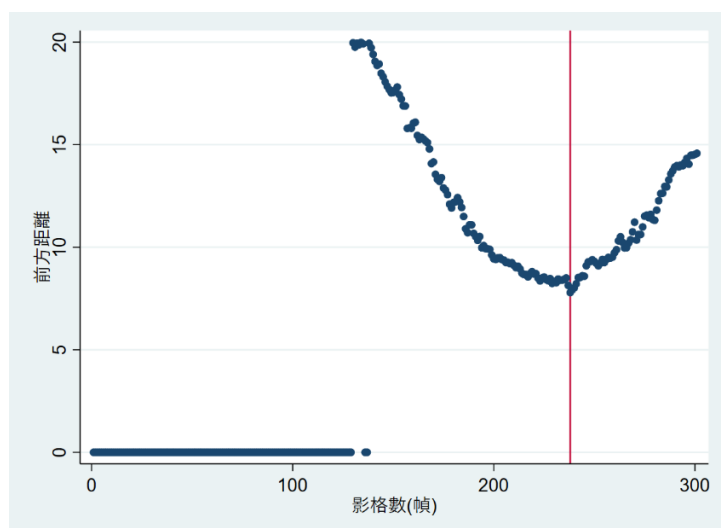


圖 4.3-9 第二階段案例展示-行車動態(與前車絕對距離)

經由原始數據轉換成異常事件分析要素 (周遭情境、行車動態、駕駛因應)，能夠清楚還原事件發生過程與發展，以利後續分析以及異常事件門檻值之發展。

3. 第三階段加工—判定是否為異常事件

以「衝突指標」搭配情境序列，針對目標車輛「未保持安全距離」、「車道偏移」以及「匝道車速過快」行為建立一套判定機制。在特定周遭環境之下，原始數據萃取出之衝突指標若低於門檻值，該時刻前後一定時間內將被視作警示事件。本計畫中的衝突指標包含與前車秒距、超過速限等，各有其對應之事件，詳細如下表 4.3-10 所示。

表 4.3-10 異常事件衝突指標

異常事件	衝突指標
未保持安全距離	目標車輛與前車秒距、相鄰車道是否有車
車道偏移	相鄰車道後車佔畫面比例、及其變化率
匝道車速過快	目標車輛與前車秒距、目標車輛車速、超過速限

然而警示事件產生並不必然導致異常事件發生，將視當下周遭情境以及後續車輛間行車動態與駕駛因應而定。即一般而言，單一指標或單一時刻之數值無法有效辨識出異常事件，複合指標包含當下情境及衝突指標搭配，首先幫助我們將警示事件危急程度產生更細緻的分級，加上駕駛因應及後續行車動態幫助釐清事件是否發展成為異常事件。

5.2.3 異常事件數值化樣態

本期計畫參採前期計畫異常事件定義，經由人工觀看影片方式，標示警示事件之風險程度（異常、可能異常、不為異常）；初步歸納未保持安全距離事件，典型的衝突指標（秒距）樣態與對應的風險程度分級，大致遵循以下規則：

1. 不為異常：觸發秒距 0.4 秒之警示後，秒距立即回升，且明顯大於 0.4 秒；前車與目標車輛過近之持續時間短，影響程度甚小。不為異常之秒距樣態如圖 4.3-9 所示。
2. 可能異常：觸發秒距 0.4 秒之警示後，秒距稍微回升、持平，持續維持在 0.4 至 0.6 秒之間；前車與目標車輛雖不致立即危險，但是仍維持在秒距可能於短時間內惡化至 0.4 秒以下的狀態。可能異常之秒距樣態如圖 4.3-10 所示。

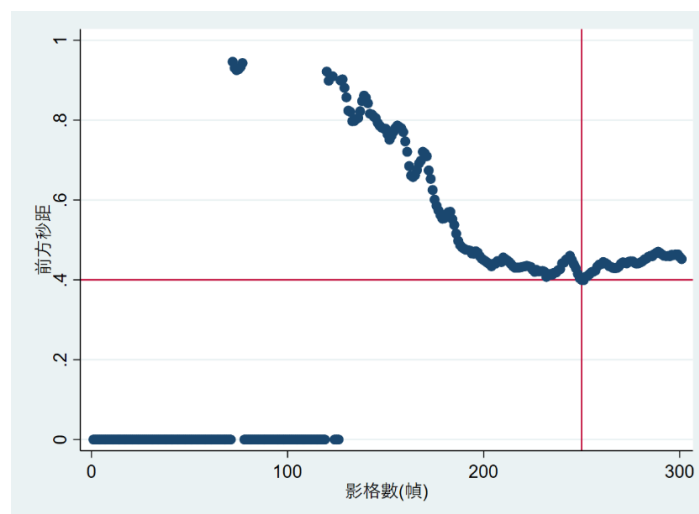


圖 4.3-10 可能異常之秒距樣態

- 3 異常：觸發秒距 0.4 秒之警示後，秒距持續下降且低於 0.4 秒；目標車輛若未有足夠減速率或改變行車動態，則非常可能與前車發生碰撞，此刻目標車輛位在立即危險狀態。異常之秒距樣態如圖 4.3-11 所示。

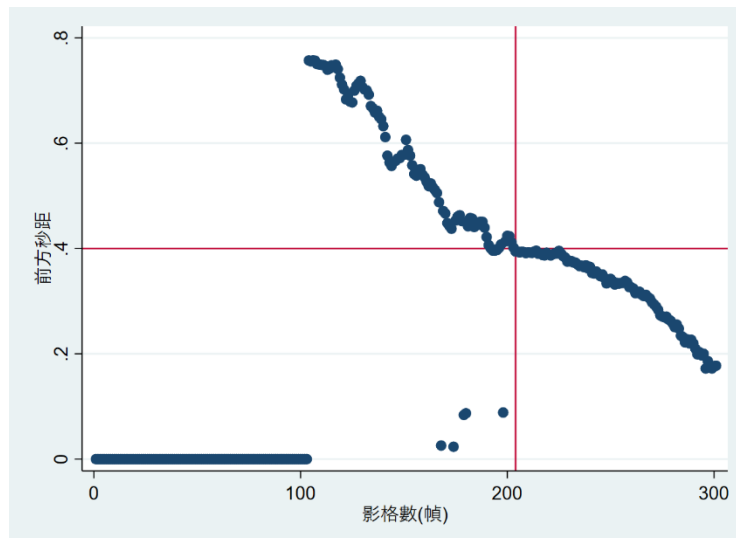


圖 4.3-11 異常之秒距樣態

異常事件判定方法除衝突指標之外，同時須考量周遭情境、行車動態等，如「可能異常」之警示事件，其秒距可能隨時遠離 0.4 秒，脫離前車威脅，也可能在短時間內惡化，與前車過近；此時，若相鄰車道有車，或相鄰車道後方有車快速接近，將不利於目標車輛改變行車動態，阻礙目標車輛迴避前方危險，其情況下該警示事件即形成「異常事件」。

車道偏移異常事件則以「相鄰車道後車佔畫面比例」及其比例隨時間之變化率做為衝突指標。若相鄰車道後車在車輛左或右側鏡頭內佔有一定比例，表示該鄰車可能位在目標車輛左或右側，或者距目標車輛非常相近；若在影像辨識加工畫面中，該鄰車的物件框(bounding box)隨時間漸大，表示該車離目標車輛越來越近，以上兩種情況之下，目標車輛若發生車道偏移，很可能與相鄰車道之車輛產生碰撞。因此車道偏移風險程度分級，大致遵循以下規則：

1. 不為異常：觸發車道偏移之警示時，相鄰車道無車或相鄰車道後車佔畫面比例小，且目標車輛立即返回原車道。
2. 可能異常：觸發車道偏移之警示時，相鄰車道後車佔畫面比例達第一階(較第二階段低)門檻值且比例逐漸增加，表示相鄰後車正接近本車。
3. 異常：觸發車道偏移之警示，相鄰車道後車佔畫面比例達第二階門檻值，表示目標車輛側邊正有其他車輛；或可能異常之條件下，目標車輛未立即返回原車道。

匝道車速過快是以目標車輛 GPS 座標與國道圖資結合，藉由線下(offline)非即時的數據篩選目標車輛通過匝道之時間，判斷目標車輛是否超過匝道速限，以及應用目標車輛與前方車輛秒距輔助判定是否因車速過快而未與前車保持安全距離。本計畫將於後續繼續探討車道偏移及匝道車速快過之異常事件樣態。

原始影像畫面透過一系列三階段處理，由產生原始數據至萃取警示事件判斷要素，最終透過複合指標與後續行車動態追蹤，能精準反應車外異常事件連續且細微的變化。進一步地，藉由警示事件的各項指標門檻值與風險指標樣態搭配，篩選出真正可能危及行車安全的異常事件，正是本計畫後續之發展。

5.3 小結

本期計畫針對未保持安全距離、車道偏移、匝道車速過快等三項車外異常事件進行分析，應用行車影像萃取相關數值，將異常事件判別方法自動化及數據化，期望發展異常事件樣態與門檻值，做為未來智慧化分析之用。本計畫沿用前期計畫整理、歸納出之異常事件以及駕駛序列定義，同時加以精進其內容以更符合本期資料特性。

精進內容參考前期計畫之執行意見回饋，包含新增註記行車動態方向性、增列子序列同時滿足之情境等，另考量本期計畫影像資料範圍以及道路幾何分類條件，調整部分需採用後方影像之序列，並將「匝道或彎道車速過快」情境整合成「匝道車速過快」。

車外異常事件透過影像辨識三階段發展，將行車影像畫面萃取出原始數值；透過原始數值組合判斷異常事件三要素（周遭情境、行車動態以及駕駛因應）；經由衝突指標與情境搭配，建立異常事件數值化樣態，做為未來發展異常事件自動化辨識技術及數據門檻值之基礎。

第六章 車外異常事件影像辨識技術開發

本期計畫以高速公路直線行駛時之車外影像辨識為目標，未來將針對車內影像完成辨識技術開發。本章 6.1 節以 12 宮格概念說明車外異常事件辨識架構與流程，6.2 節說明本計畫車外異常事件影像辨識技術，6.3 節為智慧車載設備及行車影像紀錄器之功能限制，6.4 節為建立車外行車影像辨識之設備分析。

6.1 車外異常事件辨識架構與流程：12 宮格影像辨識

本計畫以 12 宮格之概念架構進行車外異常事件辨識，車外異常事件影像主要採集車上三個鏡頭方位（車前、左後、右後側方照後鏡視角）之輸入影像與本車車身網路數據(Controller Area Network, CAN bus)，對 12 宮格方位經運算後進行輸出之變數數據，以利後續車外異常事件行為分析。其中，前方鏡頭之影像辨識主要影響 A、B、C、D、E、F 變數之結果，本車影像與 CAN 影響 H 變數之結果，左後鏡頭影像影響 G、J 變數之結果，右後鏡頭影像影響 I、K 變數之結果，其格位代碼與變數代碼對照如圖 6.1-1 所示。

12 宮格產生之相關變數及資料來源，整理如表 6.1-1 所示，詳細變數解釋將於以下小節說明。以此概念來標示影像辨識時的各種數據，除了大、小車的類別辨識、車流量（該畫面時間內的車輛數），包含前方車輛相對距離等幾何關係、左右兩側車輛的幾何關係等，這些數值將做為異常駕駛事件辨識的特徵。

本期依據所蒐集的資料，包含影像檔（三個鏡頭之影像）及本車 CAN bus 資料，影像輸入機器進行辨識前，需先檢視本車 CAN bus 資料時間軸及相關資訊是否與影像檔相符，再進行影像辨識，最後依據 5.2 節所列之車外異常事件採用衡量指標輸出其相對應變數結果。

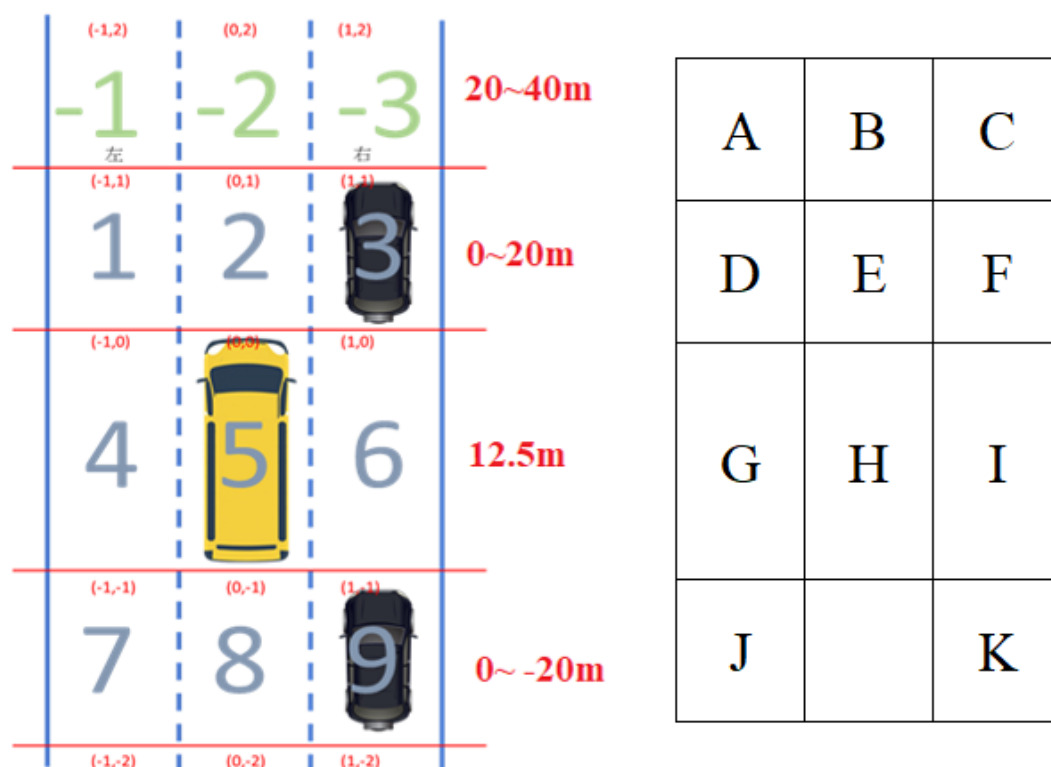


圖 6.1-1 格位代碼與變數代碼對照示意

表 6.1-1 12 宮格變數表

代碼	變數名稱	變數定義說明	單位	資料來源
A1	-1_是否有車	左前方 20m-40m 內是否有車	0/1	影像
A2	-1_是否大車	左前方 20m-40m 內影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
A3	-1_相對距離	格 1 無車時，左前車車尾到本車車頭距離(前車定義：該格內距離本車最近的車)	m	影像
D1	1_是否有車	左前方 20m 內是否有車	0/1	影像
D2	1_是否大車	左前方 20m 內影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
D3	1_車輛軌跡	Bounding_box 是否壓到車道線 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例	m	影像
D4	1_相對距離	左前車車尾到本車車頭距離：縱向距離	m	影像
D5	1_相對速度	本車車速減左前車車速	km/h	影像
D6	1_前車車速	左前方車輛速度	km/h	影像
D7	1_前車加減速	左前方車輛加減速度	g	影像
B1	-2_是否有車	前方 20m-40m 內是否有車	0/1	影像
B2	-2_是否大車	前方 20m-40m 內影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
B3	-2_相對距離	格 2 無車時，前車車尾到本車車頭距離	m	影像

表 6.1-1 12 宮格變數表 (續 1)

代碼	變數名稱	變數定義說明	單位	資料來源
E1	2_是否有車	前方 20m 內是否有車	0/1	影像
E2	2_是否大車	前方 20m 內影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
E3	2_車輛軌跡	Bounding_box 是否壓到車道線 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例	m	影像
E5	2_相對距離	前車車尾到本車車頭距離	m	影像
E6	2_相對速度	本車車速減前車車速	km/h	影像
E7	2_前車車速	前方車輛速度	km/h	影像
E8	2_前車加減速	前方車輛加減速度	g	影像
C1	-3_是否有車	右前方 20m-40m 內是否有車	0/1	影像
C2	-3_是否大車	右前方 20m-40m 內影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
C3	-3_相對距離	右前車車尾到本車車頭距離	m	影像
F1	3_是否有車	右前方 20m 內是否有車	0/1	影像
F2	3_是否大車	右前方 20m 內影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
F3	3_車輛軌跡	Bounding_box 是否壓到車道線 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例	m	影像
F4	3_相對距離	右前車車尾到本車車頭距離	m	影像
F5	3_相對速度	本車車速減右前車車速	km/h	影像
F6	3_前車車速	右前方車輛速度	km/h	影像
F7	3_前車加減速	右前方車輛加減速度	g	影像
G1	4_是否有車	影像內是否有車	0/1	影像
G2	4_是否大車	影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
G3	4_車佔畫面比例	物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例	%	影像
H1	5_本車軌跡 3	攝影機中心(假設為車輛中心)離左車道線距離	m	影像
H2	5_本車軌跡 4	攝影機中心(假設為車輛中心)離右車道線距離	m	影像
H3	5_本車左方向燈	本車左方向燈是否亮起	0/1	CAN
H3	5_本車右方向燈	本車右方向燈是否亮起	0/1	CAN
H4	5_本車位於第幾車道	內到外(1,2,3,...)	N	影像
H5	5_本車車速	本車行駛速度	km/h	影像/CAN

表 6.1-1 12 宮格變數表 (續 2)

代碼	變數名稱	變數定義說明	單位	資料來源
I1	6_是否有車	影像內是否有車	0/1	影像
I2	6_是否大車	影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
I3	6_車佔畫面比例	物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例		影像
J1	7_是否有車	影像內是否有車	0/1	影像
J2	7_是否大車	影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
J3	7_車佔畫面比例	物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例		影像
K1	9_是否有車	影像內是否有車	0/1	影像
K2	9_是否大車	影像辨識物件是否為大車	0/1	影像
K3	9_車佔畫面比例	物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例	%	影像
L	天氣	前方影像為晴天(0)雨天(1)	類別	影像
M	日夜	前方影像為白天(0)或是晚上(1)	0/1	影像
P	匝道	非匝道(0)匝道(1)	0/1	圖資
Q	車道數	該路段車道總數		圖資

6.2 車外異常事件影像辨識技術

影像辨識擔任如物聯網中的感測器，和所有感測器一樣，取得的初步資料，未來需經過濾波、差補、前處理之後，才能交給雲端大數據中心進行事件的辨識。辨識的方法上，主要由下列三種技術進行：

1. 物件辨識：以深度學習模組辨識畫面中的車輛以及車輛種類（大小車）、車道線，並進行車輛數量的計數。
2. 空間幾何關係辨識：以車道線為依據，進行相對距離之辨識以及視覺上車輛物件的大小（以佔據畫面的比例進行換算）。
3. 空間幾何速度變化辨識：影像畫面每幀之間的間隔為一個時間單位，將空間幾何關係辨識的數據對應時間，得到：相對車速、軌跡等。

以下將分別以本車（格位 5）影像、前方鏡頭影像及兩側（後方）影像說明其各別辨識方式及所影響變數。

6.2.1 本車影像辨識

本車影像辨識主要針對前方輸入影像與本車車身網路數據(CAN)進行分析變數輸出，過程中需先進行影像與 CAN 資料對齊、車道線辨識、感興趣之區域設定，之後再將結果變數輸出，下列分別說明相關作法。

1. 影像與 CAN 資料對齊

統整影像與 CAN 資料對齊格式 (輸入 CAN 1Hz，影像 25fps，輸出 1fps)，瞭解 CAN 輸入資料頻率為 1 Hz，輸入影片為每秒顯示影格數(Frames Per Second, FPS) 25 FPS，輸出資料如果為 1fps 因為影像間隔時間為 0.04 秒，在輸出固定為 0.1 秒時，採取最接近的影像來輸出偵測結果，故輸出影像為 frame0,frame3,frame5,frame8, frame10, frame13, frame15, frame18, frame20, frame23, frame25, frame28, frame30, frame33, frame35, frame38, frame40, frame43, frame45, ...，如圖 6.2-1。

Can data													
frame no.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
output time	0.0			0.12		0.20			0.32		0.4		
frame no.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
output time	0.52		0.60			0.72		0.80			0.92		
frame no.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
output time	1.0			1.12		1.20		1.32			1.4		
frame no.	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
output time	1.52		1.6			1.72		1.8			1.92		
frame no.	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
output time	2.0			2.12		2.2		2.32			2.4		

圖 6.2-1 影像與 CAN 資料時間對齊示意

2. 車道線辨識

本計畫車道線辨識方法採 Canny 邊緣檢測，需要檢測圖像中的邊緣才能正確檢測車道線。Canny 邊緣檢測器是一種邊緣檢測算子，使用多階段算法來檢測圖像中的各種邊緣。Canny 算法包括以下步驟：

(1) 對圖像進行灰度縮放：Canny 邊緣檢測算法測量每個像素的強度梯度。

因此，我們需要將圖像轉換為灰度以檢測邊緣。

(2) 高斯平滑：由於所有的邊緣檢測結果都容易受到圖像雜訊的影響，因此必須過濾掉雜訊以防止雜訊引起的誤檢。為了平滑圖像，應用高斯濾

波器與圖像進行卷積。這一步會稍微平滑圖像，以減少明顯雜訊對邊緣檢測器的影響。

(3) 找出圖像的強度梯度。

(4) 應用非最大抑制來消除對邊緣檢測的虛假響應。

(5) 應用雙閾值來確定潛在的邊緣。

(6) 通過滯後跟踪邊緣：通過抑制所有其他弱且未連接到強邊緣的邊緣來完成邊緣檢測。如果邊緣像素的梯度值高於高閾值，則將其標記為強邊緣像素。如果邊緣像素的梯度值小於高閾值且大於低閾值，則將其標記為弱邊緣像素。如果邊緣像素的值小於低閾值，它將被抑制。這兩個閾值是憑經驗確定的，它們的定義取決於給定輸入圖像的內容。

3. 感興趣之區域設定

我們對成像鏡頭對面的區域感興趣，藉由車道區域界定車道線與車輛型態及位置，因此將應用區域遮罩去除其他不相關區域，以減少干擾與增加結果正確性。本計畫採用霍夫變換方式，一種可用於隔離圖像中特定形狀特徵的技術，以檢測選擇的影像區域。

因車道線偵測可能被陰影所干擾，故作法乃將過濾斜率小的車道線，在不同天候和鏡頭角度要重新調整內部參數，目標為左右車道線之連續延伸，其車道線辨識結果如下圖所示。



圖 6.2-2 左右車道線之連續延伸辨識結果示意

4. 本車影像辨識之變數輸出

經由本車影像辨識結果後，所產生變數輸出之項目如下表 6.2-1 所示，相關說明與計算方式如下所述。

表 6.2-1 本車影像辨識之變數輸出項目

代碼	變數名稱	變數定義說明	單位
H1	5_本車軌跡 3	攝影機中心(假設為車輛中心)離左車道線距離	m
H2	5_本車軌跡 4	攝影機中心(假設為車輛中心)離右車道線距離	m
H3	5_本車左方向燈	本車左方向燈是否亮起	0/1
H3	5_本車右方向燈	本車右方向燈是否亮起	0/1
H4	5_本車位於第幾車道	內到外(1,2,3,...)	N
H5	5_本車車速	本車行駛速度	km/h

- (1) H1：本車軌跡判斷，以攝影機中心假設為車輛中心為前提，也就是判斷攝影機中心離左車道線的距離。
- (2) H2：本車軌跡判斷，以攝影機中心假設為車輛中心為前提，也就是判斷攝影機中心離右車道線的距離。
- (3) H3：本車左方向燈的判斷，由 CAN 取得依結果輸出為 0(沒亮) 或 1(左方向燈有亮)。
- (4) H3：本車右方向燈的判斷，由 CAN 取得依結果輸出為 0(沒亮) 或 1(右方向燈有亮)。
- (5) H4：本車位於第幾車道，利用前方攝影機來做車道線辨識，然後以車道線和攝影機中心（假設為車輛中心）的相對數量關係來判斷左方無車道（左方車道線數：1），判斷本車位於 1 車道，左方僅有一個車道（左方車道線數：2），判斷本車位於 2 車道，左方有兩個車道（左方車道線數：3），判斷本車位於第 3 車道，右方無車道（右方車道線數：1），判斷本車位於外側車道。
- (6) H5：計算每秒有幾個白色線段經過，一個線段間隔 6 公尺，線長 4 公尺，有 n 個白色車道線經過就是 $10*n$ 公尺，速度為 $10*n$ (m/s)。

6.2.2 前方影像辨識

前方影像辨識適用人工智慧訓練的模型來偵測及分類，採用 Detectron2 的 Cascade mask R-CNN 模型架構及 YOLO (You Only Look Once)演算法進行物件偵測，以專注於道路車輛環境偵測的資料集進行訓練。前方影像辨識需先對前方影像進行物件偵測，接著以雙線性插值點位進行運算，最後進行多區域相對距離計

算，之後再將結果變數輸出。本計畫將採用兩種演算法後，評估最後辨識狀況取較佳結果應用，下列分別說明相關作法。

1. 物件偵測

(1) Cascade mask R-CNN 演算法

在目標檢測中，兩個矩形交集的面積除以兩個矩形的並集面積之 IOU (Intersection over Union) 閾值被用來定義正樣本 (positive) 與負樣本 (negative)，若使用較低的 IOU 閾值，將辨識學習到大量的背景框，產生大量的雜訊預測。但若採用較高的閾值，其檢測器的表現往往會變得很差，兩個主要的原因，第一就是隨著 IOU 閾值的增加，正樣本的數量會呈指數級的減小，因此產生過擬合。第二就是推理過程中出現於 IOU 的誤匹配，也就是在訓練優化感知器的過程中的最優 IOU 與輸入 proposal 的 IOU 不相同，出現誤匹配，這樣很大程度上降低了檢測精度。detector 通常在 proposal 自身的 IOU 值與 detector 訓練的 IOU 閾值較為接近的時候才會有更好的結果，如果二者差異較大那麼很難產生良好的檢測效果。

因此為了解決這個問題，發展出多階段(multi-stage)的 Cascade RCNN。它由多個感知器構成，這些感知器通過遞增的 IOU 閾值分級段訓練。一個感知器輸出一個良好的數據分布來做為輸入訓練下一個高品質感知器，這樣對於假陽性的問題會好很多，在 inference 階段使用同樣的網路結構合理的提高了 IOU 的閾值而不會出現之前所說的 mismatch 問題。由於很難訓練一個能應付所有 IOU 水平的 regressor，可以把回歸任務分解成一個級聯的 regression 問題，架構如圖 6.2-3 所示。

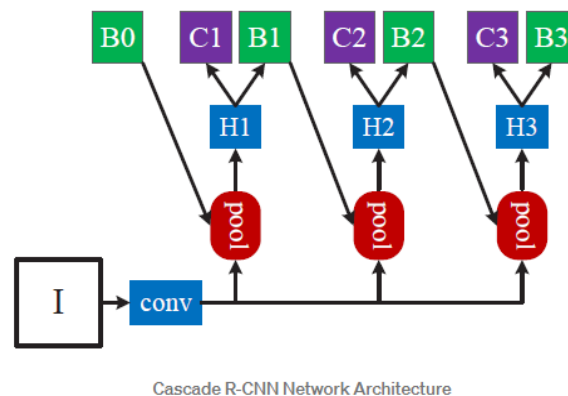


圖 6.2-3 Cascade mask R-CNN 網路模型架構

與使用相同 H1 的疊代 Bounding Box 不同，不同階段使用不同的 head，即如上圖所示使用 H1、H2、H3，或如下公式所示的 $f_1, \dots, f_{T-1}, f_T$ 。它們中的每一個都是針對一個從小到大的特定 IOU 閾值而設計的。

$$f(x, \mathbf{b}) = f_T \circ f_{T-1} \circ \dots \circ f_1(x, \mathbf{b})$$

級聯回歸是一個重採樣過程，而不是後處理步驟，為下一階段提供良好的正樣本。並且訓練和推理之間沒有差異，因為在訓練和推理期間架構和 IOU 閾值是相同的。T 是級聯階段數，每個 regressor f_i 對於當前的級聯輸入都是最優的，隨著階段的深入，Bounding box 在不斷的提升。Detectron2 是 Facebook AI Research 的下一代 library，可提供最先進的檢測和分割算法，它是 Detectron 和 maskrcnn-benchmark 的繼承者，它支持 Facebook 中的許多計算機視覺研究項目和生產用程序。實例分割(Instance Segmentation)是一個和物體檢測非常相關但是更難的問題，在物體檢測的基礎上，還要求分割出物體的像素。如果直接將 Mask R-CNN 和 Cascade R-CNN 結合起來，獲得的提升是有限的，因此我們需要更多探索檢測和分割任務的關聯。

- 添加分割分支的位置：考慮了三種 mask 預測策略，在級聯 R-CNN 的第一級或最後一級添加了單個 mask 預測 head S，如圖 6.2-4 (b)及圖 6.2-4 (c)。
- 要添加的分割分支：為每個級聯階段添加了一個分割分支：如圖 6.2-4 (d)，最大化了用於學習 mask 預測任務的樣本的多樣性。

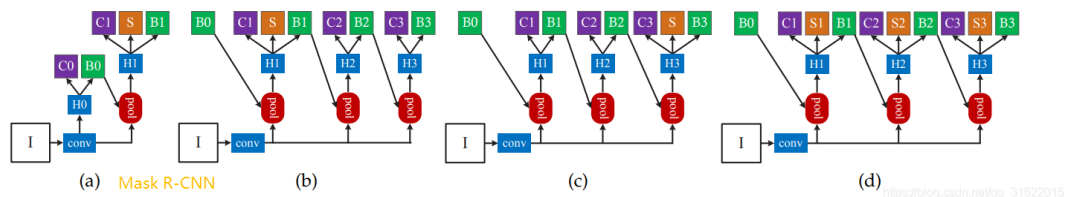


圖 6.2-4 Cascade mask R-CNN 網路模型添加分割分支

(2) YOLO

Redmon *et al.* (2016) 提出 YOLO (You Only Look Once) 是一個 one-stage 的 object detection 演算法，將整個影像輸入只需要一個 CNN 就可以一次性的預測多個目標物位置及類別，這種 end-to-end 的算法可以提升辨識速度，能夠實現 real-time 偵測並維持高準確度。YOLO 第一個版本在 2015 年 6 月由 Joseph Redmon 提出發表至今，歷經 Redmon

et al. (2017) 提出的 YOLOv2 和 Redmon *et al.* (2018) 提到的 YOLOv3。本計畫採用 YOLOv4 進行車輛的偵測及定位，包含車輛位置及類型，該方法使用 Coco dataset 所訓練，可偵測多達 80 種物件，包含數種車輛類型，如：car、truck、bus、bicycle、motorbike 等。

YOLO 各版本優缺點如表 6.2-2，最早期的 YOLOv1 主要比較對象是 Fast R-CNN，比較快但是對於小物件的精確度較低，到 YOLOv2 的時候，主要不同是採用 Anchor Box 改良了召回率 (recall rate)，因此通用性也獲得改善；YOLOv3 利用金字塔池化結構(Spatial Pyramid Pooling) 提升了精準度(precision)，乃至於 YOLOv4 再利用路徑聚合網路(Path Aggregation Network)，對於不同物件的大小都能夠提升精準度，詳細網路架構的比較如表 6.2-3，重要名詞解釋如下：

- R-CNN: 基於區域的卷積神經網路(Region Convolution Neural Network)，R-CNN 演算法提出在影象中建立多個邊界框，檢查這些邊框中是否含有目標物體。組成目標物體通常有四個要素：變化尺度、顏色、結構、所佔面積。R-CNN 使用選擇性搜尋來確定物體在圖片中的這些特徵，然後基於這些特徵突出不同區域的邊框。
- SPP: 金字塔池化結構(Spatial Pyramid Pooling)，在一般的 CNN 中，通常需要輸入固定大小的圖片進行訓練，而 SPP 能使我們建構的網路，可以輸入任意大小的圖片，不須經過裁切、縮放等預先處理的動作。
- FPN+PAN: 指的是特徵金字塔網路(Feature Pyramid Networks) 以及路徑聚合網路(Path Aggregation Network)。FPN 是自頂端向下，將高層的語義特徵傳遞下來，對整個金字塔的進行增強，但沒有傳遞定位訊息。PAN 就是針對這一點，在 FPN 的後面添加一個從底向上的金字塔，對 FPN 進行補強，將底層的定位特徵傳遞上去。

表 6.2-2 YOLO 各版本的優缺點比較

版本	優點	缺點
YOLOv1	使用單個神經網路，速度快 background error 比 Fast R-CNN 少了一半	容易產生物體的定位錯誤 對小物體的偵測效果不好 物體偵測精準度低於 Fast R-CNN 系列演算法
YOLOv2	改用 anchor box，recall 提升 pipeline 簡單、通用性強	識別物體位置精準性差 recall 相比 R-CNN 系列低
YOLOv3	採用 SPP 及 darknet-53 網路架構，精準度提升	recall 相比 R-CNN 系列還是偏低
YOLOv4	在 YOLOv3 的基礎上進行改良 對不同大小目標的偵測精準度提升	

表 6.2-3 YOLO 各版本架構比較

版本	BackBone	Neck	Head	Prediction
YOLOv1	GoogleNet	None	Fc →7x7x (5+5+20)	MSE Loss
YOLOv2	Darknet-19	None	Conv →13x13x5x(5+20)	MSE Loss
YOLOv3	Darknet-53	FPN	Conv →13x13x5x(5+80) →26x26x5x(5+80) →52x52x5x(5+80)	MSE Loss
YOLOv4	Darknet-53	SPP FPN+PAN	Conv →13x13x5x(5+80) →26x26x5x(5+80) →52x52x5x(5+80)	DIoU Loss

2. 雙線性插值

雙線性插值是對線性插值在二維直角網格上的擴展，用於對雙變量函數 (例如 x 和 y) 進行插值。其核心思想是在兩個方向分別進行一次線性插值，點位運算說明如圖 6.2-5 所示。

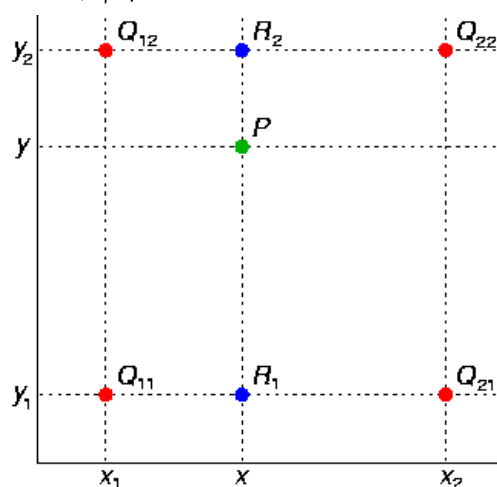


圖 6.2-5 雙線性插值點位運算說明示意

其算法目的為紅色的數據點與待插值得到的綠色點，假如欲得到未知函數 f 在點 P 的值，假設我們已知函數 f 在四個點的值。其作法要點如下所示：

- 首先在 x 方向進行線性插值，得到 $R1$ 及 $R2$
- 然後在 y 方向進行線性插值，得到 P
- 注意此處如果先在 y 方向插值、再在 x 方向插值，其結果與按照上述順序雙線性插值的結果是一樣的。

3. 多區域相對距離計算

藉由上述之物件偵測與雙線性插值運算結果，進行多區域相對距離計算。以本車前方影像為例，實際車道線長度 4 公尺，前後間隔 6 公尺，左右間隔 3.6 公尺，前方影像畫面分成六大區域，區域 1~3 分為 3 小區，區域-1~-3 再分為 2 小區，以增加距離內插準確度，其示意如下圖。

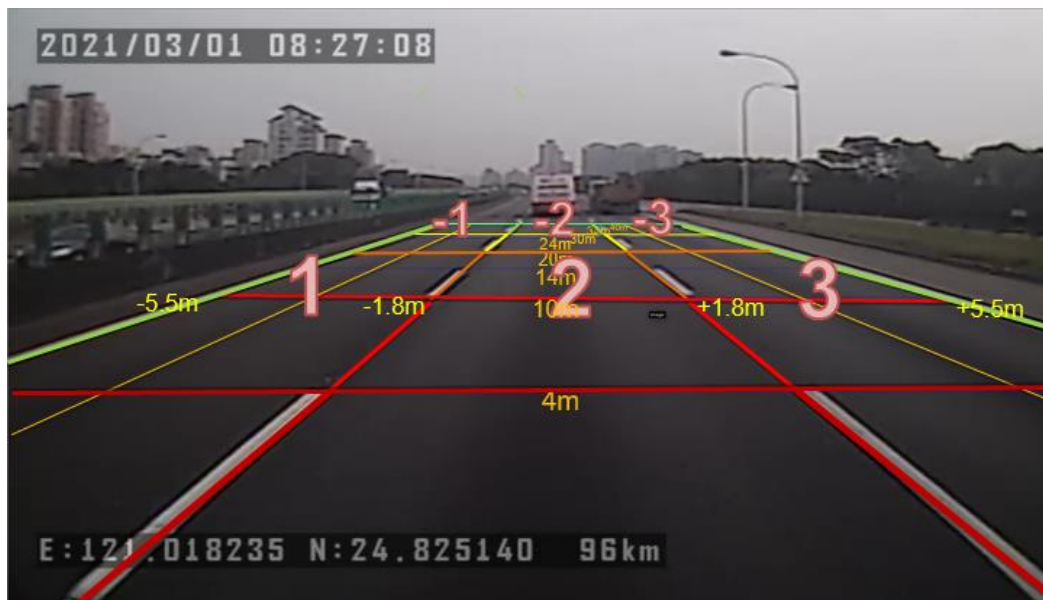


圖 6.2-6 多區域相對距離計算說明示意

多區域畫分後以攝影機中心 (假設為車輛中心) 為原點，分水平距離 (-左偏移, +右偏移) X 公尺和前方距離 $+Y$ 公尺，相對距離計算說明如下。

- Y 值計算：以兩條水平線之間的像素和兩條水平線的垂直距離來內插算出 Bounding Box 底部相對距離
- X 值計算：以兩條車道線之間的像素和兩條車道線的水平距離來內插算出 Bounding Box 底部中心相對距離



圖 6.2-7 Bounding Box 相對距離運算示意

4. 前方影像辨識之變數輸出

深度學習辨識範例如下圖 6.2-8 所示，物件外框(Bounding Box)紅色表示為大車、藍色表示為小車。前方相對距離定義為前方車輛外框到本車面前地面水平線的垂直距離，車道線以粉紅色標示，藉由車輛物件的種類註記是否有大車以及車輛數量。



圖 6.2-8 深度學習前方影像辨識範例

經由前方影像辨識結果後，所產生變數輸出之項目如下表所示，對應相關說明如下所述。

表 6.2-4 前方影像辨識之變數輸出項目

代碼	變數名稱	變數定義說明	單位
A1	-1_是否有車	左前方 20m-40m 內是否有車	0/1
A2	-1_是否大車	左前方 20m-40m 內影像辨識物件是否為大車	0/1
A3	-1_相對距離	格 1 無車時，左前車車尾到本車車頭距離(前車定義：該格內距離本車最近的車)	m
D1	1_是否有車	左前方 20m 內是否有車	0/1
D2	1_是否大車	左前方 20m 內影像辨識物件是否為大車	0/1
D3	1_車輛軌跡	Bounding_box 是否壓到車道線 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例	m
D4	1_相對距離	左前車車尾到本車車頭距離：縱向距離	m
D5	1_相對速度	本車車速減左前車車速	km/h
D6	1_前車車速	左前方車輛速度	km/h
D7	1_前車加減速	左前方車輛加減速度	g
B1	-2_是否有車	前方 20m-40m 內是否有車	0/1
B2	-2_是否大車	前方 20m-40m 內影像辨識物件是否為大車	0/1
B3	-2_相對距離	格 2 無車時，前車車尾到本車車頭距離	m
E1	2_是否有車	前方 20m 內是否有車	0/1
E2	2_是否大車	前方 20m 內影像辨識物件是否為大車	0/1
E3	2_車輛軌跡	Bounding_box 是否壓到車道線 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例	m
E5	2_相對距離	前車車尾到本車車頭距離	m
E6	2_相對速度	本車車速減前車車速	km/h
E7	2_前車車速	前方車輛速度	km/h
E8	2_前車加減速	前方車輛加減速度	g
C1	-3_是否有車	右前方 20m-40m 內是否有車	0/1
C2	-3_是否大車	右前方 20m-40m 內影像辨識物件是否為大車	0/1
C3	-3_相對距離	右前車車尾到本車車頭距離	m
F1	3_是否有車	右前方 20m 內是否有車	0/1
F2	3_是否大車	右前方 20m 內影像辨識物件是否為大車	0/1
F3	3_車輛軌跡	Bounding_box 是否壓到車道線 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例	m
F4	3_相對距離	右前車車尾到本車車頭距離	m
F5	3_相對速度	本車車速減右前車車速	km/h
F6	3_前車車速	右前方車輛速度	km/h
F7	3_前車加減速	右前方車輛加減速度	g

- (1) A1：利用深度學習模型判斷是否為車輛，並輔以車道線辨識技術，然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在-1 區域。
- (2) A2：利用深度學習模型判斷是否為大車，然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在-1 區域。
- (3) A3：格 1 無車時，前車車尾到本車車頭距離（前車定義：該格內距離本車最近的車），利用深度學習模型判斷是否為最近車輛，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在-1 區域及相對距離，以車道線長度（4 公尺）與間隔（6 公尺）為基準。
- (4) D1：左前方 20m 內是否有車，利用深度學習模型判斷是否為車輛，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 1 區域。
- (5) D2：左前方 20m 內影像辨識物件是否為大車，利用深度學習模型判斷是否為大車，然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在 1 區域。
- (6) D3：利用前方攝影機來做車道線辨識，利用深度學習模型判斷是否為車輛，然後以 Bounding_box 是否壓到車道線及 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例判斷車輛軌跡。
- (7) D4：左前車車尾到本車車頭距離，利用深度學習模型判斷是否為最近車輛，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 1 區域及計算縱向距離。
- (8) D5：本車車速減左前車車速，計算出本車車速後利用深度學習模型偵測前車連續三次的相對位移可得相對速度（接近為正值，遠離為負值），然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在 1 區域。
- (9) D6：左前方車輛速度，本車車速減去相對速度可得左前方車速，然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在 1 區域。
- (10) D7：左前方車輛加減速度(g)，計算一秒內的前車車速變化， $a = (V - V_0)/9.8$ ，然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在 1 區域。
- (11) B1：前方 20m-40m 內是否有車，利用深度學習模型判斷是否為車輛，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在-2 區域。
- (12) B2：前方 20m-40m 內影像辨識物件是否為大車，利用深度學習模型判斷是否為大車，然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在-2 區域。
- (13) B3：前車車尾到本車車頭距離，利用深度學習模型判斷是否為最近車輛，

然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在-2 區域及相對距離。

- (14) E1：前方 20m 內是否有車，利用深度學習模型判斷是否為車輛，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 2 區域。
- (15) E2：前方 20m 內影像辨識物件是否為大車，利用深度學習模型判斷是否為大車，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 2 區域。
- (16) E3：利用前方攝影機來做車道線辨識，利用深度學習模型判斷是否為車輛，然後以 Bounding_box 是否壓到車道線及 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例判斷車輛軌跡。
- (17) E5：利用深度學習模型判斷是否為最近車輛，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 2 區域及相對距離。
- (18) E6：計算出本車車速後利用深度學習模型偵測前車連續三次的相對位移可得相對速度(接近為正值，遠離為負值) 然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 2 區域。
- (19) E7：本車車速減去相對速度可得前方車速，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 2 區域。
- (20) E8：計算一秒內的前車車速變化， $a = (V-V_0)/9.8$,然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 2 區域。
- (21) C1：利用深度學習模型判斷是否為有車，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在-3 區域。
- (22) C2：利用深度學習模型判斷是否為大車，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在-3 區域。
- (23) C3：利用深度學習模型判斷是否為最近車輛，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在-3 區域及相對距離。
- (24) F1：利用深度學習模型判斷是否為車，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 3 區域。
- (25) F2：利用深度學習模型判斷是否為大車，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 3 區域。
- (26) F3：利用前方攝影機來做車道線辨識，利用深度學習模型判斷是否為車輛，然後以 Bounding_box 是否壓到車道線及 Bounding_box 底線(下緣)佔格位 2 比例判斷車輛軌跡。

- (27) F4：利用深度學習模型判斷是否為最近車輛，然後以 Bounding Box 底部位置判斷判斷是否在 3 區域及相對距離。
- (28) F5：計算出本車車速後利用深度學習模型偵測前車連續三次的相對位移可得相對速度(接近為正值，遠離為負值) 然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在 3 區域。
- (29) F6：本車車速減去相對速度可得右前方車速，然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在 3 區域。
- (30) F7：計算一秒內的前車車速變化， $a = (V - V_0) / 9.8$ ，然後以 Bounding Box 底部位置判斷是否在 2 區域。

6.2.3 兩側影像辨識

深度學習辨識範例如下圖 6.2-9 所示，物件外框(Bounding Box)藍色表示為小車，可辨識物件外框佔全畫面的比例，車輛種類和數量則和前方視覺相同。



圖 6.2-9 深度學習兩側影像辨識範例

表 6.2-5 兩側影像辨識之變數輸出項目

代碼	變數名稱	變數定義說明	單位
G1	4_是否有車	影像內是否有車	0/1
G2	4_是否大車	影像辨識物件是否為大車	0/1
G3	4_車佔畫面比例	物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例	%
I1	6_是否有車	影像內是否有車	0/1
I2	6_是否大車	影像辨識物件是否為大車	0/1

表 6.2-5 兩側影像辨識之變數輸出項目 (續)

代碼	變數名稱	變數定義說明	單位
I3	6_車佔畫面比例	物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例	%
J1	7_是否有車	影像內是否有車	0/1
J2	7_是否大車	影像辨識物件是否為大車	0/1
J3	7_車佔畫面比例	物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例	%
K1	9_是否有車	影像內是否有車	0/1
K2	9_是否大車	影像辨識物件是否為大車	0/1
K3	9_車佔畫面比例	物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例	%

1. G1：左側攝影機影像內是否有車辨識同 A1，但以左側攝影機影像進行辨識。
2. G2：左側攝影機影像辨識物件是否為大車辨識同 A2，但以左側攝影機影像進行辨識。
3. G3：左側攝影機辨識車輛物件佔畫面比例，物件 bounding box 佔攝影機畫面之比例。
4. I1：右側攝影機影像內是否有車，同 A1 但以右側攝影機影像進行辨識。
5. I2：右側攝影機影像辨識物件是否為大車，同 A2 但以右側攝影機影像進行辨識。
6. I3：右側攝影機辨識車輛物件佔畫面比例，物件 bounding box 佔攝影機畫面之比例。
7. J1：左側攝影機影像內是否有車，同 A1 但以左側攝影機影像進行辨識，且辨識格位是否為本車尾端之後。
8. J2：左側攝影機影像辨識物件是否為大車，同 A2 但以左側攝影機影像進行辨識，且辨識格位是否為本車尾端之後。
9. J3：左側攝影機辨識車輛物件佔畫面比例，物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例，且辨識格位是否為本車尾端之後。
10. K1：右側攝影機影像內是否有車，同 A1 但以右側攝影機影像進行辨識，且辨識格位是否為本車尾端之後。
11. K2：右側攝影機影像辨識物件是否為大車，同 A2 但以右側攝影機影像進行辨識，且辨識格位是否為本車尾端之後。
12. K3：右側攝影機辨識車輛物件佔畫面比例，物件 Bounding box 佔攝影機畫面之比例，且辨識格位是否為本車尾端之後。

6.3 智慧車載設備及行車影像紀錄器之功能限制

6.3.1 影像辨識問題

影像資料源為車上三個鏡頭方位（車前、左後、右後側方照後鏡視角）之輸入影像與本車車身網路數據，下列分別針對影像與 CAN 之分析資料問題整理，包含前方鏡頭問題、後方鏡頭問題及其限制說明。

1. 分析資料問題與限制

(1) 影像檔與本車資料時間須校正

影像檔主要來源有三個鏡頭方位（車前、左後、右後側方照後鏡視角），預設為同一行車影像記錄器(Digital Video Recorder, DVR)系統輸出影像檔，故其三個影像檔之時間軸為同步。而本車資料時間來自於 CAN 或數位行車紀錄器(Digital tachograph)，且其輸出頻率與影像不同（影像為 25 FPS），因此須先確認影像檔與本車資料時間同步及校正。

(2) 車速資料一秒一筆容易有誤差

由整合前影像資料源 CAN 所提供之車速資料輸出頻率為 1 Hz（一秒一筆），對應影像畫面之瞬時速度所運算之車速及時間相關變數，將容易產生誤差。

(3) 影像輸出分析資料對應

本計畫預計輸出分析資料，將對應影像輸入頻率 25fps 畫面輸出結果，並視其分析資料之可用性適當調整輸出頻率。

(4) 本車變換車道時有變數挑戰

本車在變換車道時，由於過程中影像畫面相對位置變換，導致於分析資料變數中之對應上有挑戰（需藉由影像切換比對）。

2. 前方鏡頭問題與限制

(1) 鏡頭視角不佳易造成誤差

鏡頭視角偏下時不適合俯瞰轉換，造成鏡頭邊緣處之成像畫面彎曲程度較大，在計算相對距離及相對速度誤差較大，如圖 6.3-1 所示。



鏡頭視角較為正常



鏡頭視角偏右下，不適合俯瞰轉換



鏡頭視角偏右下，不適合俯瞰轉換



鏡頭視角偏下，不適合俯瞰轉換

圖 6.3-1 鏡頭視角不佳易造成誤差示意

(2) 辨識率不佳時，輸出值易中斷

辨識率不佳時情況下 (如受限辨識率無法 100%)，針對分析變數結果之輸出值將會產生中斷 (跳動) 之情況，如圖 6.3-2 (灰底，數值為 0) 所示。

時間	B1 (是否有車)	B2 (是否大車)
14:26:04.1	1	0
14:26:04.2	1	0
14:26:04.3	0	0
14:26:04.4	1	0
14:26:04.5	0	0
14:26:04.6	1	0



圖 6.3-2 辨識率不佳時輸出值產生跳動結果示意

(3) 辨識不到時，輸出值 0

辨識率不到情況下 (如受限辨識率或遮蔽影響)，針對分析變數結果之輸出值將會產生中斷 (跳動) 之情況，如圖 6.3-3 (灰底，數值為 0) 所示。

時間	F1 (是否有車)	F2 (是否大車)
14:29:20.5	1	1
14:29:20.6	0	0
14:29:20.7	0	0
14:29:20.8	0	0
14:29:20.9	0	0



圖 6.3-3 辨識率不到時輸出值為 0 結果示意

(4) 夜晚有無路燈辨識率不佳

夜晚有無路燈之情境下，將面臨辨識率不佳情況，導致沒有正確的辨識結果而影響影像分析成果，其畫面如圖 6.3-4 所示。左圖為無路燈之情境，由肉眼觀察影像僅能由前方後車燈猜測車輛。右圖為有路燈之情境下，因鏡頭光圈和 ISO 調整不恰當產生噪點、過曝和暈光效應，造成車燈產生輪廓擴大效應而較難偵測，將造成辨識率不佳狀況。



圖 6.3-4 夜晚有無路燈辨識率不佳之畫面

(5) 日間有雨辨識率不佳

日間有雨之情境下，若雨勢較大在畫面干擾前方辨識結果，其畫面如圖 6.3-5 所示。在難以辨識之情況下，針對分析變數之輸出值將會產生中斷（跳動）結果。

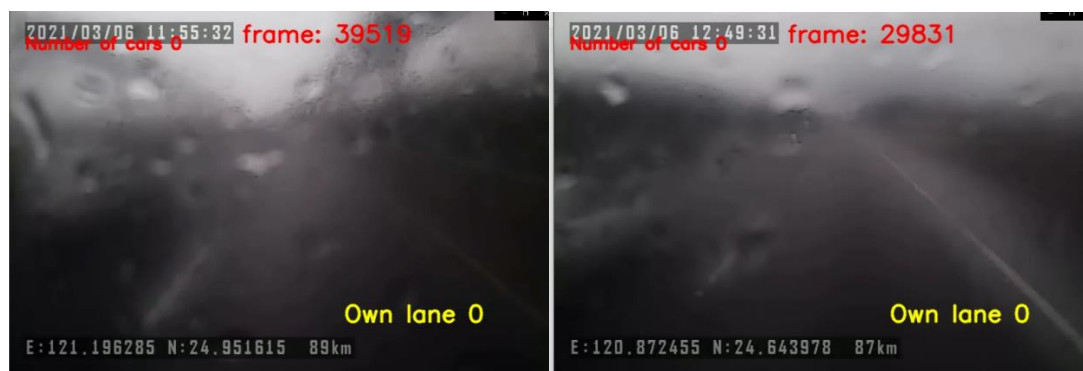


圖 6.3-5 日間有雨辨識率不佳之畫面

(6) 夜間有雨辨識率差

夜間有雨之情境下，雨滴滯留在畫面干擾前方辨識結果，其畫面如圖 6.3-6 所示。在辨識率不佳時情況下，針對分析變數之輸出值將會產生中斷（跳動）結果。



圖 6.3-6 夜間有雨辨識率不佳之畫面

3. 後方鏡頭問題與限制

- (1) 相機擺放俯角太大的時候，會造成可偵測範圍縮小，最嚴重的案例只能看到本車車尾處

下圖 6.3-7 範例之左圖鏡頭裝設角度低，造成可以偵測物件的範圍非常小，本車車尾之後的物件幾乎無法觀察。鏡頭偵測不到區域之情況預計不採用此變數結果。右圖之相機鏡頭視角較平，但較遠的物件偵測效果不佳。



圖 6.3-7 後方鏡頭擺放俯角問題之畫面

- (2) 成像品質明顯影響偵測能力

圖 6.3-8 成像品質明顯影響偵測能力，相較下圖之相機鏡頭擺放角度較平，成像相對較上圖示結果平滑，偵測能力明顯較好，遠距離依然偵測結果佳。



圖 6.3-8 後方鏡頭成像品質明顯影響偵測能力之畫面

(3) 物件位置在本車中段到本車後段範圍偵測能力最佳，本車前段位置偵測能力不佳

圖 6.3-9 範例之左圖車輛物件接近本車車頭的位置偵測能力較差，右圖為大型車在偵測時候僅在看到車頭時才能辨識為大車。



圖 6.3-9 後方鏡頭本車前段位置偵測能力不佳之畫面

(4) 夜晚受車頭燈影響，不容易看到車的形體，辨識偵測能力普遍不佳

後方鏡頭夜間有雨辨識效果差，在路段光線差之情境下，由肉眼觀察影像僅能由車燈猜測車輛。來車快速通過，基本上無法看清車的型體亦無法進行辨識。



圖 6.3-10 後方鏡頭夜晚受車頭燈影響辨識不佳之畫面

(5) 部分夜晚片段幾乎無法觀察，可能該路段較暗，或鏡頭成像問題

夜晚來車在到本車中段之前觀念為一團光源，在遠處時較難分辨光源為車燈光或建築光，且在原始影像之光源鏡頭會在彩色和黑白之間切換，使得辨識結果更具挑戰。



圖 6.3-11 後方鏡頭因夜晚情境影響辨識不佳之畫面

影像分析結果受影像成像效果 (晴天辨識率較優於雨天、白天較夜晚佳、近距離物件影像較優於遠小物件影像) 品質影像大，當影像內容無法以肉眼判讀時，亦無法由影像分析辨識影像資訊，此狀況預期在夜晚或下雨時將特別嚴重，為建立行車影像辨識功能成效之挑戰。另外，在不同設備時間軸之同步問題，亦是後續篩選影像進行分析之重要考量因素。

在演算法面，因採用深度學習方式，蒐集與標記學習各種情境多樣化之訓練資料可提昇辨識率。但若超出辨識演算法之外在物理性限制因素，其治本解決方式仍為改善物理性因素手段，如下表所示：

表 6.3-1 影像辨識率改善作法

	影像辨識率不佳因素	建議改善作法
1	鏡頭視角不佳造成誤差	將鏡頭視野角度置中於車輛前方，並取得成像鏡頭之內外參數。
2	日間辨識率不佳	影像辨識訓練模型架構及演算法精進，並配合多元且大量的深度學習影像辨識訓練資料集(Dataset)。
3	夜晚有無路燈，辨識率不佳	選取夜間成像效果較佳的影像鏡頭感光元件，低光源下高清晰低噪點之影像可提昇辨識率。
4	日間有雨辨識率不佳	選取可降低鏡頭前凝水效果之方法 (如使用防潑水劑)，將可降低大範圍水珠遮蔽情況以提昇辨識結果。
5	夜間有雨辨識率差	同時結合因素 3、4 作法，選取夜間成像效果較佳的影像鏡頭感光元件，並降低鏡頭前凝水效果，以提昇辨識結果。。
6	側方鏡頭擺放俯角不佳	將欲辨識視野範圍置中於鏡頭畫面，避免鏡頭外緣處物件成像彎曲失真或解析度過小。

6.3.2 影像真值標示

針對本計畫所使用之影像真值標示，考量本計畫旨在偵測大小車為主，並非用以分類何種車輛，故影像真值標示之目的也同樣以大小車為主要分類之依據。在此階段，本計畫使用國道客運所提供之 110 年 3 月和 6 月之行車紀錄器資料，為挑選出具代表性之影像，本計畫選擇以下特定情境：

1. 天候：日晴、日雨及夜無雨；
2. 路段：高速公路主線、交流道口；
3. 車輛：大車、小車。

針對各情境之狀況，本計畫將路面潮濕且前擋風玻璃有雨滴之情境定義為有雨；路面乾燥且前擋風玻璃乾燥之情況為無雨。夜間則以無雨且有足夠人工光源之影像為主，若有影像取得之困難，則以無雨且能辨識車輛種類之影像為輔。值得注意的是，因夜雨之情境辨識準確率較低，故本期並未納入影像辨識，因此本節所選擇之情境僅有日晴、日雨及夜無雨。

路段之定義部分，道路為三線車道且無路肩開放之情境定義為高速公路主線；若近交流道處且有最外線之加減速車道之出現，則本計畫將其定義為交流道口，為避免造成路段定義上的困難與誤解，本計畫將不會選擇路肩開放之情形做為真值標示之影像。

為更詳細區分車種，本計畫將所挑選之大車細分為：聯結車(Trailer)、客運(Bus)及大貨車(Heavy truck)，其中，大貨車之定義為長度約 6 至 12 公尺以上之大型車輛，如大型吊車、水泥預拌車等；小車則細分為轎車(Sedan)、休旅車(SUV)及小貨車(Small truck)，為方便區分，小貨車之定義為長度 6 公尺以下之小型車輛，如發財車、汽車貨運車輛等，休旅車則定義為無車尾之所有自用小客車。

真值影像數量部分，本計畫共挑選 146 張相片。其中，大車共 61 張，分別為日晴 31 張 (主線 14 張；交流道 7 張)、日雨 19 張 (主線 10 張；交流道 9 張)、夜無雨 21 張 (主線 11 張；交流道 10 張)；小車共 85 張，分別為日晴 33 張 (主線 21 張；交流道 12 張)、日雨 31 張 (主線 20 張；交流道 11 張)、夜無雨 21 張 (主線 13 張；交流道 8 張)。

影像標記方式部分，本計畫使用 VGG Image Annotator (VIA) 做為影像真值標示之軟體，並以本計畫所制定之 12 宮格範圍標示，本計畫針對每一張影像截圖中出現的車輛做個別標記，值得注意的是，因本計畫定義於車輛前的 6 個宮格為車輛前方至車輛前方 40 公尺內，本計畫考量畫面解析度及影像偵測範圍，僅標示車輛前方至 40 公尺內之車輛（四段車道線以內），並將符合之車輛標記於方形標記框線中如圖 6.3-12 所示，接著使用軟體內建之下載功能，將其在圖中之位置輸出為一 CSV 檔案，如圖 6.3-13 所示；最後將該 CSV 檔案中之 X、Y 依本計畫規定之檔案格式要求輸入其 Xmin、Ymin、Xmax 及 Ymax 等座標及影像當下之車種與情境，完成影像真值標示作業，如圖 6.3-14 所示。



圖 6.3-12 VIA 軟體標示介面

region_count	region_id	region_shape_attributes	region_attributes
1	0	{"name":"rect","x":168,"y":438,"width":317,"height":165}	{}

圖 6.3-13 VIA 軟體輸出之 CSV 檔案格式

Class	Xmin	Ymin	Xmax	Ymax	Weather	Time	Road
Sedan	168	438	485	603	Sun	Day	Main

圖 6.3-14 本計畫規定之 CSV 檔案格式

進行影像真值標示後，將所標示完成之各種情境結果，交由本影像辨識團隊，依據本影像真值標示結果進行影像辨識之調整，使影像辨識率更加提升，改善整體辨識率。

6.4 建立車外行車影像辨識之設備分析

6.4.1 車外影像辨識技術開發項目之分析

本計畫以車上三個鏡頭方位（車前、左後、右後側方照後鏡視角）影像，進行相關技術開發與事件分析參考，以前方影像（車前鏡頭）可辨識之事件如前車碰撞、未保安全距離、車道偏移，與左方影像（左方鏡頭）及右方影像（右方鏡頭）可辨識之事件如本車變換車道可能與鄰車碰撞，業者依其提供相對應安全警示系統功能如 FCWS、LDWS、BSIS、LCAS 等，其相關系統功能項目及其適用情境說明如下表所示。

表 6.4-1 車外影像辨識系統功能項目

來源	可辨識之事件	系統功能項目	適用情境
車前鏡頭	• 前車碰撞 • 未保安全距離	前車防撞警示系統(Forward Collision Warning System, FCWS)	• 行進高快速道路 • 一般市區道路
	• 車道偏移	車道偏離警示系統(Lane Departure Warning System, LDWS)	• 快速行駛道路，非擁塞之交通環境
車側鏡頭	• 盲區碰撞	盲點資訊系統(Blind Spot Information System, BSIS)	• 行駛道路準備過彎時
	• 本車變換車道	車道變換輔助系統(Lane Change Alert System, LCAS)	• 行駛道路準備變換車道時
後方鏡頭	• 倒車碰撞	倒車警示系統(Rear Cross Traffic Alert, RCTA)	• 倒車行進時

大型車輛因車型體積龐大的緣故，存在著許多視覺盲區（如 A 柱、過彎時產生內輪差）易發生行車安全問題，因此現行許多大型車先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)業者，針對大型車各盲區架設鏡頭，以不同鏡頭視角方向提供各式盲點資訊主動警示系統。根據盲區車側鏡頭位置與視角方向可分為三種類型（車前向後側方向-M、車前向 A 柱方向-A、車後向前側方向-W）如下圖表所示。

車外影像辨識技術開發項目優先順序，在系統成本考量下（全數主動安全系統安裝時鏡頭數量將達到 8 顆以上），可依據車輛特性、主要行駛區域與情境，以及車隊運行常發異常事件等因素，提供適當警示功能系統與行車安全教育訓練，以提昇習駕駛及用路人之道路環境安全。

表 6.4-2 大型車輛盲點資訊系統系統功能類別

車側鏡頭位置	鏡頭視角方向	適用情境說明
車頭之側方(M)	左右側方向車尾方向	- 行駛道路準備變換車道或過彎時 - 提醒駕駛左右側方向來車需注意 - 較常應用於行駛在直線道路及高快速道路，側方有來車之情況
車頭之側方(A)	左右側方向左右前方	- 行駛道路準備行進或過彎時 - 提醒駕駛 A 柱區域有人需注意 - 較常應用於行駛在市區道路剛起步與轉彎路口之弱勢用路人 (行人、二輪車)
車尾之側方(W)	左右側方向車頭方向	- 行駛道路準備行進或過彎時 - 提醒駕駛內輪差區域有人需注意 - 較常應用於行駛在狹路及市區道路轉彎路口之處弱勢用路人 (行人、二輪車)

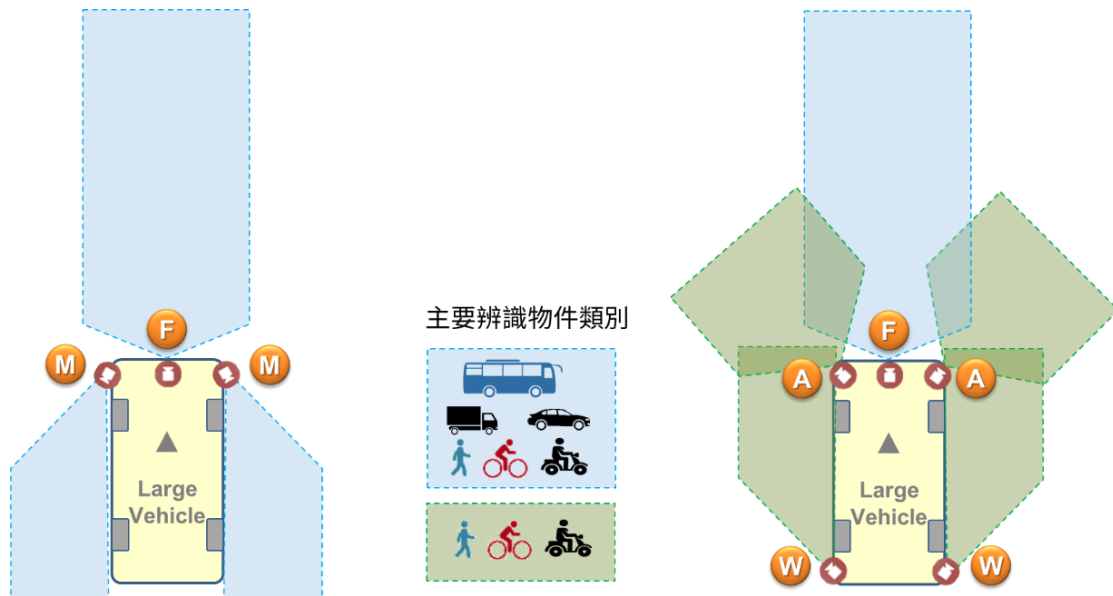


圖 6.4-1 車外影像方向與其他車輛相對位置示意

6.4.2 建立行車影像辨識之設備分析

基於行車影像辨識設備在成本與效益之考量，本計畫以三項主要設備 (如影像鏡頭、運算平台、整體系統)，依其特性列出對應之評估項目，以提供建立行車影像辨識設備規格或功能評估之參考，相關資訊如表 6.4-3 所示。

表 6.4-3 行車影像辨識之設備評估指標

設備項目	評估項目	評估指標	評估方式／單位
影像鏡頭	感光元件	夜間成像效果	(低光源下高清晰低噪點)
	影像視野	視場廣域度	角度(°)，Field of View (FOV)
	解析度	成像畫質解析度	畫素(Pixels)，如 1920x1080
	影格率	成像幀數	每秒幀數(frame per second, fps)
	影像傳輸	影像傳輸之延遲	毫秒(ms)，由實際接收畫面時間
運算平台	運算速度	運算力	TOPS (Tera operations per second)
	影格率	處理影像幀數	每秒幀數(frame per second, fps)
	影像來源	影像來源數	能同時處理之影像來源數
整體系統	辨識率	辨識物件正確性	百分比(%)，於各行車環境中
	鏡頭數量	盲區涵蓋範圍	(駕駛視覺盲區涵蓋範圍)
	反應時間	警示時間之延遲	毫秒(ms)，由實際發生至警示時差

1. 影像鏡頭

- (1) 感光元件：外部光線進入鏡頭後立即由感光元件所接收，進而轉換成數位影像。感光元件尺寸越大，其成像畫素及所捕捉的光源成正比，因此成像效果越清晰、噪點也越低。
- (2) 影像視野：視野(Field of View, FoV)角度即為寬廣的攝錄範圍，然而太過廣角的鏡頭不但會造成周邊畫面嚴重變形，也會讓成像畫面清晰度降低，因此通常選擇較高的廣角視野主要在近距離需要寬域範圍的成像應用，而選擇較低的廣角視野主要需要在遠距離取得清晰的成像應用。
- (3) 解析度：高解析度可確保影像清晰完整被記錄，而在擷取放大顯示時，也可清楚辨識畫質細節。
- (4) 影格率：每秒幀數(FPS)越高的鏡頭錄影，在高速動態成像上影像流暢不掉格，同時在定格放大顯示時，也可清楚辨識畫面細節。
- (5) 影像傳輸：由鏡頭實際接收光源到成像畫面，傳輸至運算平台之傳輸時間，其延遲越低將影響後端感知及警示之反應時間。

2. 運算平台

- (1) 運算速度：運算力(TOPS)越高之運算處理晶片，其所能夠提供辨識速度與準確度越佳，在車載運算平台的有限資源中，充份有效運用運算資源為功能成本取捨的挑戰之一。
- (2) 影格率：每秒幀數(FPS)越高的運算處理，主要為感知系統反應能力，

亦影響辨識速度與其警示效果。

(3) 影像來源：在多鏡頭影像來源（如大型車輛盲區）接收情況下，能同時處理各影像辨識訓練模型架構及演算法之影像來源數，可為運算效能評估指標之一。

3. 整體系統

(1) 辨識率：影像辨識率為整體系統最為直覺的評估指標方式，在設計上可依各種不同的實際天候環境，評估各項交通物件之影像辨識正確率。

(2) 鏡頭數量：由於大型車輛有較大範圍的盲點區域，因此在鏡頭數量與位置之考量，可做為駕駛視覺盲區涵蓋範圍之指標。

(3) 反應時間：由鏡頭實際接收光源到成像畫面，經由傳輸、運算並產生警示訊息（光學、聲音、觸覺）其整體時間差，可做為輔助駕駛警示的評估指標之一。

綜合行車影像辨識設備之各項指標，可依照實際應用情境與預期成效，提出所需之基本規格。然而各系統在基本規格架構上並不一定能達成預期成效，因此建議在評估指標上以「整體系統」項目為主，將可協助建置系統提供駕駛各項安全警示的服務，以期提升整體行車安全。

6.5 小結

本計畫主要透過車輛相對位置的 12 宮格之影像辨識方式，進行車外異常事件辨識架構與流程，藉由車外異常事件影像之物件、空間幾何關係及空間幾何速度變化辨識等技術，以本車、前方與左右側方等影像完成辨識解析異常事件。車外異常事件影像辨識技術研究過程中，受到行車影像在成像與影像辨識率所造成的功能限制與挑戰，故提出車外影像辨識技術開發項目與設備相關建議。

綜合本章之分析結果，歸納車外異常事件影像辨識之技術開發與建置，應考量技術、規格、功能與成本，說明如下。

1. 技術方面：人工智慧深度學習影像辨識技術，可適應各種天候環境（晴陰雨夜）與交通物件（大車、小車、二輪車、行人）之良好辨識效果。
2. 規格方面：影像辨識以人眼可視的鏡頭成像品質為基本要求（尤其是在夜雨環境中），透過支援需求算力足夠的運算平台，提供整體系統之辨識成效。
3. 功能方面：依照不同的行車區域（如高快速道路、市區、場區）環境特性，

提供相對應之安全警示系統與功能 (如 FCWS、LDWS、BSIS、LCAS、RCTA)，並可針對區域特性設定或自動調整其系統相關參數。

4. 成本方面：參考技術、規格、功能在建置系統的成本考量下，將面臨性能價格等取捨問題。因此可依據車輛特性、主要行駛區域與情境，以及車隊運行常發異常事件等因素，提供適當的警示功能與駕駛行為訓練，以提昇習駕駛及用路人之道路安全。

第七章 影像盤點及異常事件分析

本章節以研究計畫資料進行盤點統計及資料說明 (7.1 節)，將影像辨識結果進行類真值比較 (7.2 節)，最後進行異常事件分析與預測 (7.3 節)。

7.1 影像盤點統計分析

7.1.1 資料欄位說明

本計畫統計分析所使用之變數以及各變數的說明如表 7.1-1 所示。使用資料為一國道客運業者，分析期間為 2021 年 3 月以及 6 月、行駛路線為經國道一號、分析趟次南下及北上共計 200 趟次、5 輛車和 22 位駕駛在 ADAS 觸發警示事件發生時的相關行車資訊，共計七種警示事件類別，2,558 件警示事件和三種異常事件，分析情境為日晴、日雨及夜晚晴天，分析路段範圍為國道一號主線道及匝道。

其中警示事件 SDW_1.2 類別，是依照日夜及尖離峰隨機抽取 500 件，另外 6 種警示事件類別數量統計如表 7.1-2 所示；異常事件經第三階段加工（詳細判斷見 5.2 節）判定是否為異常事件，2,558 件警示事件最後判斷為異常事件共 102 件，其中有 27 件因為天氣嚴重不佳或是光線不足導致影像品質不佳無法進行辨識。

表 7.1-1 資料欄位說明

自變數	意義	說明
license	車輛車牌號碼	客運公司提供
employee_id	駕駛編號	客運公司提供
speed	車輛速度	來源為 CAN BUS
night	白天/晚上	以事件當天之日出日落時間為基準
location	車輛位置	GPS 定位判斷在主線/匝道上
rain	晴天/雨天	以事件當下中央氣象局資料為基準
dir	北上/南下	客運公司提供
車道數	3/4/5 車道	GPS 定位與國道道路資訊比對
沿線狀況_爬坡	爬坡/非爬坡	GPS 定位與國道道路資訊比對
沿線狀況_轉彎	直線段/非直線段	GPS 定位與國道道路資訊比對

表 7.1-1 資料欄位說明 (續)

應變數	意義	說明
event_id (警示事件)	FCWH 高速前車碰撞 FCWL 低速前車碰撞 LDWL 向左車道偏移 LDWR 向右車道偏移 SLDW 嚴重車道偏移 SDW_0.4 未保安全距離 0.4 SDW_1.2 未保持安全距離 1.2	● 與前車可能發生碰撞時會提前 2.7 秒發出警示音；低速狀態為時速低於 30 公里，高速則大於 30 公里。 ● 車道偏離指未使用方向燈而偏離車道，且時速高於 55 公里；嚴重車道偏離指 300 秒內發生 2 次車道偏移。 ● 未保持安全距離 0.4 以及 1.2 分別代表距離前車之秒距
是否為多重警示	獨立警示事件組合	某一警示事件開始到結束這段時間往前 15 秒和往後 5 秒內有其他獨立警示事件的話，將其合併為多重警示事件。
Surrogate2 (異常事件)	異常事件 可能異常事件 非異常事件	透過車外影像判定警示事件當下之情境是否危險(車流、車距等)和利用車內影像來判定駕駛人是否有相對的因應動作。

表 7.1-2 警示事件數量

應變數	數量
event_id (警示事件)	FCWH 高速前車碰撞：90 件 FCWL 低速前車碰撞：201 件 LDWL 向左車道偏移：202 件 LDWR 向右車道偏移：189 件 SLDW 嚴重車道偏移：61 件 SDW_0.4 未保安全距離 0.4：1,315 件 SDW_1.2 未保持安全距離 1.2：500 件
是否為多重警示	多重警示：169 件
Surrogate2 (異常事件)	異常事件：102 件 可能異常事件：485 件 非異常事件：1,945 件 無法清楚辨識：27 件

200 趟次總旅行時間共計 914 小時 18 分 19 秒，因本次研究範圍不包含夜晚雨天，因此雨天時間相較低，而本次選用分析範圍為國道主線道及匝道，詳細時間說明如表 7.1-3。

表 7.1-3 200 趟次以及部分變數之時間曝光量

變數	時間曝光量
200 趟次總旅行時間	914 小時 18 分 19 秒
晴天/雨天	818 小時 23 分 39 秒；95 時 54 分 40 秒
高速公路/匝道/平面道路與其他	601 小時 05 分 10 秒；17 小時 40 分 50 秒；295 小時 32 分 19 秒

7.1.2 警示事件和異常事件交互統計分析

本小節說明七種警示事件以及異常事件與 7.1.1 節說明之自變數的交互關係和統計量，如表 7.1-4 和表 7.1-5 所示，其中標註*字號表示為值得注意之要點，說明如下。

1. 警示事件交互統計分析如下：

- (1) LDWL、LDWR、SLDW 此三種警示類別，較容易在較高的平均時速以及晚上發生。
- (2) FCWL 在匝道上發生的機會相對其他警示事件機率較高。
- (3) 下雨時較易有 FCWL 與 SDW_1.2 之發生。
- (4) 在 3 車道以上路段容易有 FCWL 發生。
- (5) FCWL、SDW_0.4 以及 SDW_1.2 在南北向發生比例較未接近 1:1 之比例。
- (6) SLDW 跟其他警示事件相比在爬坡段發生的比例較低。
- (7) FCWL 跟其他警示事件相比在直線段發生的比例較高。

2. 異常事件交互統計分析如下：

- (1) 可能異常發生之平均速度較高，經檢定與非異常事件有顯著差異。
- (2) 異常事件與可能異常較集中在高速公路主線路段。
- (3) 異常事件在未下雨的天氣、南下車輛以及爬坡段比例較高。
- (4) 3 車道以上異常事件比例較少。

表 7.1-6 和表 7.1-7 分別為車輛和駕駛發生之警示事件數量統計，因部分駕駛發生的警示事件數偏少，在此僅列出發生事件數超過 100 件之駕駛。表格內標註*字號部分，表示此車輛或駕駛相對其他車輛和駕駛有比較高的機率發生某一類別警示事件；表格內標註**字號部分，表示此車輛或駕駛相對其他車輛和駕駛有比或低的機率發生某一類別警示事件。例如：車輛 A 相對其他車輛，比較容易發生 LDWR；駕駛 3 相對其他駕駛，比較容易發生 LDWL。

表 7.1-8 與表 7.1-9 分別為車輛和駕駛發生之異常事件數量統計，與警示事件相同僅列出事件數超過 100 件之駕駛，從異常事件與車輛的交互統計可以發現 (表 7.1-8 內標註*表示相對其他車輛此事件占比較高)，車輛 B 以及車輛 D 在異常事件與可能異常事件中比例比較高 (約 25~26%)，車輛 A 以及

車輛 E 非異常事件的佔比較高。針對駕駛的部分，如果將異常事件和可能異常事件整合分析 (表 7.1-9 內標註*表示異常事件和可能異常事件佔比總和超過 20%；**表示非異常事件相對其他駕駛佔比較高)，駕駛 7 佔比最高，而駕駛 3 和駕駛 9 為非異常事件中佔比較高的駕駛。

另，如 7.1.1 所述，其中有 27 件警示事件因為天氣嚴重不佳或是光線不足導致影像品質不佳無法進行辨識，爰表 7.1-6 至表 7.1-9 數字加總不相等。

表 7.1-4 警示事件與自變數之交互統計

警示事件/解釋變數	平均速度 (km/h)	白天/晚上	高速公路/ 匝道	晴天/下雨	車道數 (3/4/5)	北上/南下	坡道/非坡道	直線段/ 非直線段
高速前車碰撞	81.4	1.25 : 1	*1 : 0	29 : 1	1 : 0.1 : 0	0.96 : 1	0.11 : 1	0.84 : 1
低速前車碰撞	2.7	3.28 : 1	*2.79 : 1	*5.09 : 1	*1 : 0.36 : 0	*1.48 : 1	0.12 : 1	*1.87 : 1
向左車道偏移	*95.7	*0.47 : 1	49.5 : 1	21.44 : 1	1 : 0.08 : 1	0.85 : 1	0.14 : 1	0.54 : 1
向右車道偏移	*93.8	*0.82 : 1	26 : 1	17.9 : 1	1 : 0.08 : 1	0.91 : 1	0.17 : 1	0.31 : 1
嚴重車道偏移	*96.1	*0.42 : 1	60 : 1	14.25 : 1	1 : 0.09 : 1	0.85 : 1	*0.07 : 1	0.53 : 1
未保安全距離 0.4	90.2	3.75 : 1	1,314 : 1	23.35 : 1	1 : 0.07 : 0.005	*0.77 : 1	0.13 : 1	0.66 : 1
未保持安全距離 1.2	81	1.67 : 1	99 : 1	*3.35 : 1	1 : 0.07 : 0.004	*2.21 : 1	0.14 : 1	0.68 : 1
總計	82.04	1,723/835	2,487/71	2,330/228	1,970/179/8	1,292/1,266	306/2,252	1,033/1,525

表 7.1-5 異常事件與自變數之交互統計

警示事件/解釋變數	平均速度 (km/h)	白天/晚上	高速公路/ 匝道	晴天/下雨	車道數 (3/4/5)	北上/南下	坡道/非坡道	直線段/ 非直線段
異常事件	*82.74	*3.43 : 1	*102 : 0	*101 : 1	*80 : 11 : 0	*0.55 : 1	*0.23 : 1	0.62 : 1
可能異常事件	*86.24	*2.65 : 1	*160.33 : 1	14.13 : 1	197.5 : 19.5 : 1	0.97 : 1	0.15 : 1	0.65 : 1
非異常事件	81.19	1.88 : 1	28.47 : 1	9.93 : 1	246 : 22.17 : 1	1.06 : 1	0.13 : 1	0.69 : 1
總計	82.04	1,701/831	2,463/69	2,321/211	1951/183/8	1276/1256	300/2232	1,024/1,508

表 7.1-6 警示事件與車輛之交互統計

警示事件/車輛	車輛 A		車輛 B		車輛 C		車輛 D		車輛 E	
	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例
高速前車碰撞	38	4.8%	15	3.1%	13	3.2%	13	2.9%	11	2.5%
低速前車碰撞	50	6.4%	27	5.6%	30	7.3%	*68	*15.2%	26	6.0%
向左車道偏移	51	6.5%	59	12.2%	46	11.2%	**13	**2.9%	33	7.5%
向右車道偏移	*107	*13.7%	20	4.1%	14	3.4%	21	4.7%	27	6.2%
嚴重車道偏移	27	3.5%	15	3.2%	9	2.2%	0	0.0%	10	2.3%
未保安全距離 0.4	406	52.0%	232	48.0%	213	52.0%	250	56.1%	214	49.0%
未保持安全距離 1.2	**103	**13.1%	115	23.8%	85	20.7%	81	18.2%	116	26.5%
總計	782	100.0%	483	100.0%	410	100.0%	446	100.0%	437	100.0%

表 7.1-7 警示事件與駕駛之交互統計

警示事件/駕駛	駕駛 1		駕駛 2		駕駛 3		駕駛 4		駕駛 5	
	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例
高速前車碰撞	6	4.0%	17	5.3%	4	3.8%	4	1.8%	2	1.3%
低速前車碰撞	5	3.2%	7	2.2%	8	7.7%	*38	*17.1%	2	1.3%
向左車道偏移	4	2.5%	11	3.4%	*27	*26.0%	4	1.8%	*26	*17.2%
向右車道偏移	8	5.2%	20	6.2%	8	7.7%	4	1.8%	18	11.8%
嚴重車道偏移	1	0.7%	3	0.9%	5	4.8%	0	0.0%	9	5.9%
未保安全距離 0.4	67	44.4%	*223	*69.3%	23	22.1%	109	49.1%	*95	*62.5%
未保持安全距離 1.2	*60	*40.0%	41	12.7%	29	27.9%	63	28.4%	0	0.0%
總計	151	100.0%	322	100.0%	104	100.0%	222	100.0%	152	100.0%

表 7.1-7 警示事件與駕駛之交互統計 (續)

警示事件/駕駛	駕駛 6		駕駛 7		駕駛 8		駕駛 9		駕駛 10	
	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例
高速前車碰撞	14	4.2%	9	3.2%	5	4.0%	2	1.4%	12	3.6%
低速前車碰撞	36	10.7%	19	6.8%	4	3.2%	*21	*15.2%	23	6.9%
向左車道偏移	32	9.5%	19	6.8%	8	6.4%	10	7.2%	32	9.6%
向右車道偏移	*71	*21.1%	6	2.2%	11	8.8%	7	5.0%	15	4.5%
嚴重車道偏移	17	5.0%	4	1.4%	0	0.0%	1	0.7%	9	2.7%
未保安全距離 0.4	105	31.2%	*188	*67.4%	73	58.4%	50	36.0%	174	52.4%
未保安全距離 1.2	62	18.3%	34	12.2%	24	19.2%	48	34.5%	67	20.3%
總計	337	100.0%	279	100.0%	125	100.0%	139	100.0%	332	100.0%

表 7.1-8 異常事件與車輛之交互統計

異常事件/車輛	車輛 A		車輛 B		車輛 C		車輛 D		車輛 E	
	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例
異常事件	27	3.4%	*20	*4.1%	12	3.1%	*29	*6.5%	14	3.2%
可能異常事件	143	18.3%	*113	*23.4%	79	20.3%	86	19.3%	63	14.6%
非異常事件	*611	*78.3%	350	72.5%	298	76.6%	331	74.2%	*355	*82.2%
總計	781	100.0%	483	100.0%	389	100.0%	446	100.0%	432	100.0%

表 7.1-9 異常事件與駕駛之交互統計

異常事件/駕駛	駕駛 1		駕駛 2		駕駛 3		駕駛 4		駕駛 5	
	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例
異常事件	4	2.7%	*15	*4.7%	0	0.0%	8	3.6%	*5	*3.3%
可能異常事件	19	12.8%	*59	*18.4%	6	6.0%	32	14.5%	*34	*22.5%
非異常事件	**125	**84.5%	247	76.9%	**95	**94.0%	**181	**81.9%	112	74.2%
總計	148	100.0%	321	100.0%	101	100.0%	221	100.0%	151	100.0%
異常事件/駕駛	駕駛 6		駕駛 7		駕駛 8		駕駛 9		駕駛 10	
	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例	事件數	比例
異常事件	6	1.8%	*12	*4.4%	*7	*5.6%	1	0.7%	*13	*3.9%
可能異常事件	60	17.8%	*73	*26.9%	*30	*24.0%	17	12.2%	*89	*26.8%
非異常事件	**271	**80.4%	186	68.7%	88	70.4%	**121	**87.1%	230	69.3%
總計	337	100.0%	271	100.0%	125	100.0%	139	100.0%	332	100.0%

3. 速度與其他自變數交互統計分析

透過比對不同類別變數之平均速度來觀察是否有值得注意的特徵，結果如表 7.1-10 所示。平均時速之顯著差異是透過變異數分析來進行。重點條列如下：

- (1) 晚上、晴天和南下有較高平均時速。
- (2) 3 車道以上平均時速較低，可能受到當下車流量影響，或是資料較少而產生誤差結果。
- (3) 非直線段平均時速較高，根據表 7.1-4 所示低速前車碰撞警示事件發生在直線段居多，可能間接使得直線段平均時速較低。
- (4) 除了 4 車道和 5 車道、3 車道和 5 車道、爬坡/非爬坡之外，平均時速皆有顯著差異。但是在非爬坡道上平均時速還是稍微較高一些。

表 7.1-10 速度與自變數之交交互統計

自變數	平均時速	顯著差異
白天/晚上	80.62/84.98	有
高速公路/匝道	83.86/18.45	有
晴天/雨天	83.22/70	有
北上/南下	79.49/84.64	有
3 車道/4 車道/5 車道	<u>86.19/70.16/76</u>	有(整體) 有(3 車道 VS.4 車道) <u>沒有(4 車道 VS.5 車道)</u> <u>沒有(3 車道 VS.5 車道)</u>
爬坡/非爬坡	80.43/82.26	<u>沒有</u>
直線段/非直線段	77.19/85.33	有

7.1.3 多重警示事件分析

1. 基本統計

多重警示事件共計有 169 件，組成多重警示事件之獨立警示事件數目如表 7.1-11 所示，以 2 件獨立警示事件組合成多重警示事件占多數。而不同種類之警示事件數出現在多重警示之次數與佔比如表 7.1-12 所示，其中 SDW_1.2 並未納入多重警示事件分析中。FCWH 相對其他警示事件在多重警示事件中出現的佔比較高，SLDW 則只會出現在多重警示事件中。

表 7.1-11 組成多重警示事件之單一警示事件數

獨立警示事件數	組成雙重警示事件數和比例	
	事件數	百分比%
2 件	110	65.0%
3 件	49	29.0%
4 件	3	1.8%
5 件	6	3.6%
8 件	1	0.6%
總計	169	100.0%

表 7.1-12 獨立警示事件在多重警示事件中的次數與佔比

事件類別	獨立警示事件次數	在多重警示事件中之次數(佔比)	總計
高速前車碰撞	34	56(62.2%)	90
低速前車碰撞	156	45(22.4%)	201
向左車道偏移	140	62(31%)	202
向右車道偏移	141	48(25.4%)	189
嚴重車道偏移	0	61(100%)	61
未保安全距離 0.4	1,170	145(11%)	1315
總計	1,641	417	2,058

2. 二元羅吉斯迴歸(Binomial Logistic regression)分析

以二元羅吉斯迴歸來分析那些因素對於是否發生多重警示事件有顯著影響。二元羅吉斯迴歸應變數為二元類別變數，例如：是或否、有或無、同意或不同意……)，而自變數可以是連續變數，也可以是類別變數。自變數對於應變數是以指數來變動，因此不需要一般迴歸當中對於母體的常態分布假設。

在二元羅吉斯迴歸中，設定會發生多重警示事件為「成功」，不會發生多重警示事件為「失敗」。成功與否是以機率來判定，設為 P，主要是受自變數影響，成功與失敗之機率計算方式如式 1 和式 2 所示。P 值介於 0~1 之間，接近 0 的時候表示應變數成功之機會很小，接近 1 時則成功機會較大，0.5 左右表示兩者都有可能。同時也可利用羅吉斯迴歸針對類別變數計算勝算比(Odds ratio)指標來判斷自變數對於應變數的影響強度，計算方式為自變數之參數取對數值。

$$p = \frac{e^{f(x)}}{1 + e^{f(x)}} \quad \text{式 1}$$

$$1 - p = \frac{1}{1 + e^{f(x)}} \quad \text{式 2}$$

分析結果如表 7.1-13 所示，首先加入所有欲分析之自變數至 model 1，車道數目因為缺失值相對來說較多因此暫不納入分析，而變數彼此之間經過相關性檢定之後並未出現共線問題，最後利用 SMOTENC 法平衡兩邊的資料數量。結果發現天氣、時段和位置對於多重警示有顯著影響，之後以這三個變數分別建立 model 2、3 和 4，model 2 為最佳模式 (AIC 值最小)。顯示出天氣、時段和位置為多重警示事件是否容易發生的重要因子。最後計算出這三個變數的勝算比，如表 7.1-14 所示，結果顯示當下雨的時候，比起未下雨發生多重警示的機會多了 1.41 倍；夜間發生多重警示的機會多了 2.13 倍；在國道上發生多重警示為匝道上的 0.49 倍，表示匝道上更容易有多重警示發生。

表 7.1-13 多重警示事件羅吉斯迴歸模式建立

解釋變數	被解釋變數				
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
截距項	0.444*	0.403*	-0.271***	0.577**	0.440*
速度	-0.001				
雨天	0.381*	0.345*	0.357*	0.067	
夜晚	0.761***	0.754***	0.736***		0.725***
地點	-0.595**	-0.708***		-0.596**	-0.716***
方向(南下/北上)	-0.083				
沿線狀況_爬坡	-0.123				
沿線狀況_轉彎	-0.099				
AIC	4039.987	4036.398	4047.935	4125.649	4038.788
BIC	4087.982	4060.395	4065.933	4143.647	4056.786
Log Likelihood	-2011.994	-2014.199	-2020.967	-2059.824	-2016.394
Deviance	4023.987	4028.398	4041.935	4119.649	4032.788
觀察值	2979	2979	2979	2979	2979

*** P < 0.001; ** P < 0.01; *P < 0.05

表 7.1-14 Model 2 勝算比

自變數	勝算比
rain	Exp(0.345)=1.41
night	Exp(0.754)=2.13
location	Exp(-0.708)=0.49

3. 多重警示事件關聯性分析(Association Rules)

關聯性分析的目的為試圖在大量的資料集中，找出項目之間的規律或是關聯性。經常應用在商品交易內容的分析，透過收集消費者購買了那些商品，以及哪些商品經常被一起購買，找出購買商品之間的關聯性，以此為基準改變銷售模式，來增加營業額。

本小節之研究目標為找出多重警示事件中不同單一警示事件之間的關聯性，採用關聯性分析中最常用到的研究方法-先驗演算法(Aprior)來進行。先驗演算法由「支持度(Support)」、「信賴度(Confidence)」和「提升度(lift)」三項指標來衡量，演算過程簡單，結果呈現方式容易了解且對資料要求度低。指標說明如表 7.1-15 所示。

表 7.1-16 為分析結果，依照提升度的大小進行排序，部分提升度接近 0 的警示事件在此不列出來。可以發現多重警示事件以車道向右或向左偏移和嚴重車道偏移有最大的關聯性。顯示出車道偏移的相關警示事件容易引起多重警示事件的發生。而未保持安全距離與高速前車碰撞也有相當程度的關聯性存在。

表 7.1-15 先驗演算法三項指標

指標	說明	數學模式
支持度	項目 A 與 B 同時發生的機率	$p(A, B)$
信賴度	在項目 A 發生的情況下，B 也發生的機率	$p(B A)$
提升度	項目 A 增加了多少項目 B 出現的機率 若提升度>1，A 與 B 為正向關係 提升度=1，A 與 B 沒有關係 提升度<1，A 與 B 為負向關係	$\frac{p(B A)}{p(B)}$

表 7.1-16 關聯性分析結果

警示事件	提升度
{向左車道偏移，向右車道偏移} => 嚴重車道偏移	3.29
向右車道偏移 => 嚴重車道偏移	3.19
嚴重車道偏移 => 向右車道偏移	3.19
向左車道偏移 => 嚴重車道偏移	2.96
嚴重車道偏移 => 向左車道偏移	2.96
未保安全距離 0.4 => 高速前車碰撞	1.59
高速前車碰撞 => 未保安全距離 0.4	1.59

4. 多重警示事件順序型態分析(Sequential Pattern Analysis)

順序型態分析與關聯性規則相似，但順序型態分析中的數據具有次序以及時間的先後順序關係，並以支持度為基準計算哪些項目之排序較常出現。表 7.1-17 為順序型態分析之結果，在此僅列出支持度前五大的警示事件序列。從表中可以得知未保持安全距離之重複警示最多，第二多的是高速前車碰撞警示接續未保持安全距離，第三到第五則是車道偏移的相關序列。

表 7.1-17 順序型態分析結果

警示事件	支持度
未保安全距離 0.4 => 未保安全距離 0.4	0.26
高速前車碰撞 => 未保安全距離 0.4	0.21
向左車道偏移 => 嚴重車道偏移	0.17
嚴重車道偏移 => 向左車道偏移	0.17
向右車道偏移 => 嚴重車道偏移	0.13

7.1.4 異常事件分析

本小節使用順序型羅吉斯迴歸(Order Logistic Regression)建立異常事件、可能異常事件和非異常事件的預測模式。順序型羅吉斯迴歸主要用來分析具有排序關係的應變數，因此在本計畫中我們將異常事件依照發生與否或可能發生來排序，將異常事件設為 3、可能異常事件設為 2、非異常事件設為 1，並利用累積機率的概念來表示不同層級之間的關係，並計算出不同層級的切點(Cutpoints)，如公式 3 所示，J 與 j 分別表示類別個數和切點個數，在本計畫中 J=3，因此 j=3-1=2。公式 4 表示小於或等於特定類別的機率，Y 為 J 類別之計算結果，最後對公式 4 取對數，得到順序型羅吉斯迴歸的標準式，如公式 5 所示，其中 β_{j0} 為切點、 η_p 為係數、 X_p 為自變數。

$$J = J-1 \quad \text{式 3}$$

$$\frac{P(Y \leq j)}{P(Y > j)} \quad \text{式 4}$$

$$\log \frac{P(Y \leq j)}{P(Y > j)} = \text{logit}(P(Y \leq j)) = \beta_{j0} - \eta_1 X_1 - \dots - \eta_p X_p \quad \text{式 5}$$

經過計算之後的模式如公式 6 和公式 7 所示，切點分別為 2.595 和 4.595，變數顯著性則透過 P 值檢定來驗證，如表 7.1-18 所示，可以發現除了沿線狀況_轉彎這個變數不顯著之外，其他變數皆有一定程度的顯著性，其中 dir 雖然沒有小於最常用來假設的 α 值 0.05，但如果在 $\alpha=0.1$ 的條件下便會顯著，因此在此視為顯著影響模式之變數。最後將係數轉換成勝算比，結果如表 7.1-19 所示，透過勝算比可以歸納出兩項重點，如下所示：

1. 車速較快、高速公路路段與爬坡段容易有異常事件和可能異常發生。
2. 下雨天、晚上和北上行駛異常事件與可能異常發生機率較小。

$$\begin{aligned} \text{Logit}(\hat{p}(Y \leq 1)) = & 2.595 - 0.004 * \text{speed_c} + 0.472 * \text{night} - 1.681 * \text{location} + 0.691 * \text{rain} + 0.172 * \text{dir} - \\ & 0.323 * \text{沿線狀況_爬坡} + 0.048 * \text{沿線狀況_轉彎} \end{aligned} \quad \text{式 6}$$

$$\text{Logit}(\hat{p}(Y \leq 2)) = 4.595 - 0.004 * \text{speed_c} + 0.472 * \text{night} - 1.681 * \text{location} + 0.691 * \text{rain} + 0.172 * \text{dir} - 0.323 * \text{沿線狀況_爬坡} + 0.048 * \text{沿線狀況_轉彎}$$

式 7

表 7.1-18 順序型羅吉斯迴歸變數 P 值

解釋變數	係數值	P 值
speed_c (去中心化速度)	0.004	0.05
night	-0.472	0.000001
location	1.681	0.006
rain	-0.691	0.0006
dir	-0.172	0.07
沿線狀況_爬坡	0.323	0.02
沿線狀況_轉彎	-0.048	0.6

表 7.1-19 順序型羅吉斯迴歸勝算比

解釋變數	勝算比
Speed_c	1.0041907
Rain	0.5008257
Night	0.6237162
Location	5.3733809
Dir	0.8413600
沿線狀況_爬坡	1.3818183

7.2 類真值分析

7.2.1 行車動態真值標示

本計畫希望在應用影像辨識技術捕捉周遭車流環境的數據進行其他分析之前，針對所辨識之資料品質先有初步的掌握，故藉由車機資料、以及人工觀看影片紀錄本車及周圍 12 宮格車輛行車動態的方式，和影像辨識的結果交互比較，影像辨識應用在高速公路車輛偵測的正確率。

本期從 2,558 件警示事件影像辨識結果，挑選出 766 個事件進行人工真值標示，主要仍以未保持安全距離(SDW)、前方碰撞警示(FCW)與車道偏移警示(LDW)為主。挑選原則為所有雙重警示事件全數進行標示，針對獨立警示事件，以業者重點管理之警示類別(SDW_0.4 和 FCWH)挑選出較多樣本數進行標示，其餘獨立警示類別除了 SDW_1.2 因原樣本數較多選出 100 件標示，其餘類別則各挑出 30 件進行標示。766 個事件經整理後，將 417 個事件合併為 169 件雙重警示，其餘 347 件則做為獨立警示事件分析，詳細事件類型分佈如下表 7.2-1 所示。

表 7.2-1 人工動態標示事件類型分佈

事件代碼	事件類別	雙重警示包含之事件數	獨立警示事件數	事件數量總計
SDW_0.4	未保持安全距離 0.4	145	121	266
FCWH	高速前車碰撞	56	34	90
FCWL	低速前車碰撞	45	31	76
SDW_1.2	未保持安全距離 1.2	0	100	100
SLDW	嚴重車道偏移	61	0	61
LDWL	向左車道偏移	62	32	94
LDWR	向右車道偏移	48	31	79
總計		417	349	766

影片經過影像辨識輸出後，招募工讀生觀看影片並逐秒進行真值標示，依照 12 宮格之概念分別標示 12 個格位在當前影像中的車輛辨識情況，以及相對距離變化與變換車道行為，每個格位所記錄之內容包含：

1. 是否辨識錯誤物件，檢查是否偵測到對向來車、超出 12 宮格範圍之外的車輛、誤判天橋及車道線為車輛等情況。
2. 該格位有無車輛。
3. 若該格未有車，是否為大型車輛。
4. 該格位車輛和本車的相對距離變化，兩車距離拉近、維持等距、或是兩車正在遠離)。
5. 該格位車輛是否正在變換車道，分別紀錄向左變換與向右變換車道行為。
6. 本車是否正在變換車道，分別紀錄向左變換與向右變換車道行為

人工標示完成後，將會針對偵測錯誤物件、有無車輛、大小車的判斷進行正確率的檢視，將影像辨識的車輛偵測結果與真值初步做基本的比較。

7.2.2 車輛偵測結果與真值的比較

是否偵測錯誤物件的真值標示欄位用意為初步篩選保留正確的辨識物件，若是辨識到對向車道車輛、範圍內有車卻未標示、將空橋或車道線辨識為車輛等錯誤，可以在後續分析時使用此真值進行篩選，只要偵測的物件錯誤，辨識錯誤物件的車速、距離等指標也無法用於分析。將偵測錯誤物件視為辨識不正確，進行正確率的計算，各個格位的辨識結果皆很準確，表示偵測到錯誤物件的機會較低。人工標示之有無車輛、是否為大型車則是分別去對應影像辨識的欄位，計算各個

格位的正確率。例如該格在影片中有車輛經人工標示為有車，且影像辨識為有車，就視為便是正確；影片中若無車輛，即需辨識為無車才算是正確。12 宮格在這三個偵測項目之正確率計算結果如表 7.2-2。

從結果可以發現，在偵測是否有車的方面，前方距離較近的車輛辨識結果（格位 1、2、3、4、6）大多比遠處（格位-1、-2、-3、7、9）的辨識更為準確，左側與右側在有無車輛的辨識結果差異不大。大型車輛的辨識結果也可以看出，格位 3、6、9 相較其他格位的正確率稍低，推論造成此現象之原因為本車為大型客運車輛，無法行駛在最內側車道，長程國道客運也不需要頻繁上下匝道，大多都行駛在中間車道，格 1、4、7 在多數情況即是位於最內側車道的位置，故較少有機會出現大車，曝光量較低，大車的辨識上前方的 2、-2 和右側的格 3、6、9 有更高的機率出現大型車的辨識錯誤。

表 7.2-2 不同方向格位車輛偵測之正確率

方向	真值欄位	正確率	方向	真值欄位	正確率
前方	-1_是否偵測錯誤物件	93.1%	左側	4_是否偵測錯誤物件	96.9%
	-2_是否偵測錯誤物件	92.5%		7_是否偵測錯誤物件	95.9%
	-3_是否偵測錯誤物件	94.2%		4_有車	94.7%
	1_是否偵測錯誤物件	96.0%		7_有車	93.0%
	2_是否偵測錯誤物件	98.1%		4_大車	97.0%
	3_是否偵測錯誤物件	95.8%		7_大車	97.4%
	-1_有車	87.7%	右側	6_是否偵測錯誤物件	96.6%
	-2_有車	84.5%		9_是否偵測錯誤物件	94.7%
	-3_有車	87.7%		6_有車	95.1%
	1_有車	87.4%		9_有車	92.4%
	2_有車	87.5%		6_大車	93.9%
	3_有車	89.6%		9_大車	93.7%
	-1_大車	96.7%			
	-2_大車	91.6%			
	-3_大車	93.4%			
	1_大車	95.0%			
	2_大車	94.3%			
	3_大車	90.3%			

7.2.3 車輛辨識正確率交叉分析

使用人工動態標示後的 766 件的逐秒資料，進一步比較不同的行車與幾何環境之下辨識正確率差異，希望了解在何種狀況下影像辨識的車輛偵測可能會較為不準確，討論是否行駛在彎道、行駛方向（南下/北上）、匝道與主線、天氣、日夜，

不同的行車速度、與周圍車輛數是否會對正確率產生影響。

是否在彎道上行駛，以及南下與北上對辨識正確率的影響不大，但是行駛在主線上的車輛辨識較匝道要來得準確，匝道的車速較慢且車道線的劃設與主線不同、範圍與距離的測量不易，車輛在接近出口也較容易停等，以主線的辨識方式套用到匝道會使正確率降低為可預期之影響。使用 GPS 車速繪圖可以觀察到，本車車速在行駛速度較慢的時候正確率稍低，車速較低易出現在匝道與塞車的情境，車輛間距離較近，畫面容易受到前方車輛遮蔽，正確率下降也符合預期。

表 7.2-3 車外交叉分析之彎道、南北向、車道區域辨識率結果

彎道	正確率	樣本數	行駛方向	正確率	樣本數	車道區域	正確率	樣本數
非彎道	90%	7,321	北上	89%	9,159	主線	91%	17,605
右彎	91%	5,422	南下	92%	8,895	匝道	81%	449
左彎	91%	5,345	N/A	90%	34	N/A	90%	34
總計	90%	18,088	總計	90%	18,088	總計	90%	18,088

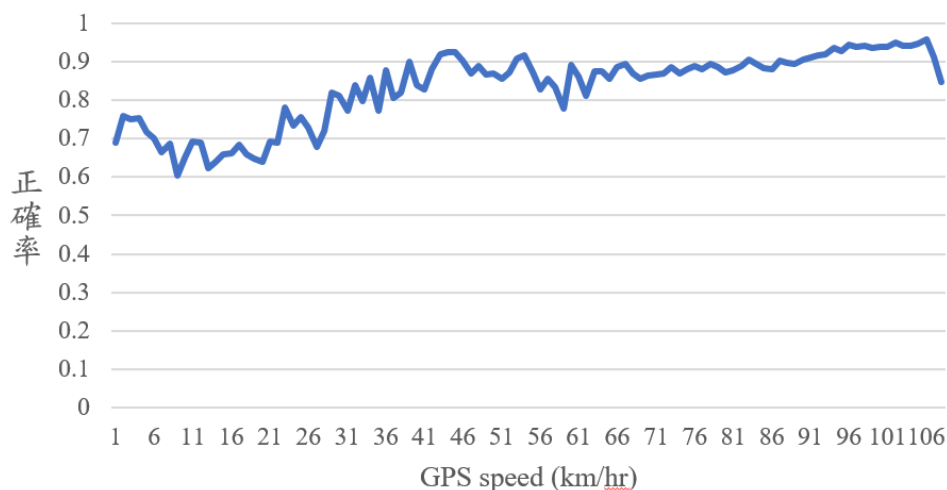


圖 7.2-1 行駛車速(GPS)與正確率之關係

另外，由於普遍認為情境的複雜度對影像辨識的準確度具有一定的影響，車輛越多、越複雜的行車環境會使得影像辨識的準確度下降，故使用人工真值標示之前方-1、-2、-3、1、2、3 六格的是否有車欄位加總，計算「前方六個格位是否有車加總」做為替代行車環境複雜度的指標，檢視前方車輛多寡是否會對正確度產生影響。

綜合天氣因素一併進行觀察如表 7.2-4，可以發現晴天的正確率高於雨天。觀察前方車輛數，也可以發現，隨著前方車輛數增加，車輛辨識的正確率隨之下降。前方六個格位是否有車加總數值與日夜一同觀察如表 7.2-5，也可以看出雖

然整體而言白天的正確率比夜晚低，但可以夜晚的「前方六個格位是否有車加總」數值都分佈在 0-4，較少出現車多複雜的情境，如果逐列比較在相同車輛數的情況下的正確率，白天的正確率大多還是較夜晚來得高。當前方 6 格位有 5-6 輛車時，影像辨識正確率較低，形成此現象最可能的原因為前方車輛互相遮蔽的問題，造成車輛部件無法完整被辨識，容易出現漏掉沒有辨識到車輛或是物件框框選範圍錯誤。

表 7.2-4 前方六個格位是否有車之真值加總與天氣之正確率比較

前方六個格位是 否有車加總	晴天		雨天		列平均正 確率
	正確率	樣本數	正確率	樣本數	
0	99%	6,302	100%	129	99%
1	91%	4,297	92%	273	91%
2	87%	2,869	88%	524	87%
3	81%	1,867	87%	267	82%
4	76%	770	78%	93	77%
5	72%	322	48%	56	69%
6	59%	227	59%	58	59%
欄平均正確率	91%	16,654	87%	1,400	90%

表 7.2-5 前方六個格位是否有車之真值加總與日夜之正確率比較

前方六個格位是 否有車加總	白天		晚上		列平均正 確率
	正確率	樣本數	正確率	樣本數	
0	98%	711	99%	1,773	99%
1	92%	2,045	89%	1,189	91%
2	89%	2,521	83%	477	87%
3	84%	1,681	76%	360	82%
4	76%	775	77%	61	77%
5	69%	375	-	-	69%
6	58%	277	-	-	59%
0-4 平均正確率	88%	7,733	92%	3,860	91%
欄平均正確率	86%	8,385	92%	3,860	90%

表 7.2-6 前方六個格位是否有車之真值加總與之正確率比較

前方六個格位 是否有車加總	SDW_0.4	FCWH	FCWL	SDW_1.2	SLDW	LDWL	LDWR	列平均
0	99%	100%	97%	99%	100%	98%	100%	99%
1	93%	89%	84%	95%	91%	84%	92%	91%
2	88%	86%	77%	92%	84%	75%	87%	87%
3	83%	84%	72%	89%	78%	57%	69%	82%
4	76%	79%	66%	92%	88%	-	72%	77%
5	71%	86%	59%	89%	-	-	-	69%
6	67%	83%	57%	73%	-	-	-	59%
欄平均	88%	90%	69%	92%	96%	91%	96%	90%

綜合天氣因素一併進行觀察如表 7.2-4，FCW 在低速環境下較難辨識，FCWH (高速) 可以有 90% 的正確率但 FCWL (低速) 僅 69%。LDW 事件周圍車輛較少，情境相對單純，前方比較沒有車輛，使得正確率之平均值較高。

以目前和欣客運重點關注的事件類型在影像辨識的車輛偵測都有不錯的正確度。整體而言前方六個格位是否有車加總的前方車輛數對正確率的影響較明顯，在周圍車輛較少、車速較快的環境下擁有較高的正確率。

7.2.4 影像辨識前車車距之類真值評估

前方車距為安全領域中重要的分析指標之一，故本計畫除了檢視車輛偵測的正確率之外，另針對影像辨識對於前車車距之估計，透過與 CAN 之車距類真值進行比較與評估。本計畫使用之類真值為業者安裝之 ADAS 系統所偵測的前車距離，於業者資料庫中以 CaSpacing 做為該指標的命名。使用人工標示格-2 和格 2 都沒有車輛的情況下，視作前方 40 公尺內沒有車輛的真值；格-2 和格 2 任一格只要經人工標示有車，即視作前方 40 公尺內有車之真值。

表 7.2-7 前方有無車之人工標示真值與 ADAS 系統偵測之前車距分佈

	CaSpacing=0	CaSpacing>0	列總和
人工標示 40m 以內無車	44.7% (8,066) 前方 85m 以內無車	15.1% (2,727) 前方 40m 以內無車，但前方 40m-85m 有車	59.8% (10,793)
人工標示 40m 以內有車	8.6% (1,547) 車機偵測誤差	31.6% (5,710) 前方 40m 以內有車	40.2% (7,257)
欄總和	53.2% (9,613) 前方 85m 以內無車	46.7% (8,437) 前方 85m 以內有車	100% (18,050)

備註：()內數字為樣本數

經確認 ADAS 系統實際偵測前車距離最遠可以達到 85 公尺，CaSpacing 為零應表示前方 85 公尺內無車，但是卻有 8.6% 的資料被人工標示為有車，經由確認影片發現可能為車機偵測誤差所造成的誤判，皆為發生在在本車變換車道、他車切入本車前方、本車和前車一起變換車道的情境之下，如圖 7.2-2 範例所示。

針對 CaSpacing>0 的樣本，分為「影像辨識值 < CaSpacing」，和「影像辨識值 > CaSpacing」進行討論。在盒鬚圖中可以看到淺灰色的部分是代表影像辨

識值 $>$ CaSpacing，而下半部的深灰色表示影像辨識值 $<$ CaSpacing 之樣本，分別統計在各個 Caspacing 距離之下，影像辨識距離數值的分佈情型，標示出四分位數及平均數，圖中之連線即為平均數的趨勢變化。從圖中也可以看出隨著 CaSpacing 增加，影像偵測距離之四分位數的差異變大，顯示車距增加會使辨識難度提高、辨識結果變異程度越大。

本車變換車道	 CaSpacing : 0 影像辨識 : 7.8	 Caspacing : 0 影像辨識 : 19.2
左右前車切入	 Caspacing : 0 影像辨識 : 24.3	 Caspacing : 0 影像辨識 : 0

圖 7.2-2 車機偵測誤差範例-變換車道、前車切入

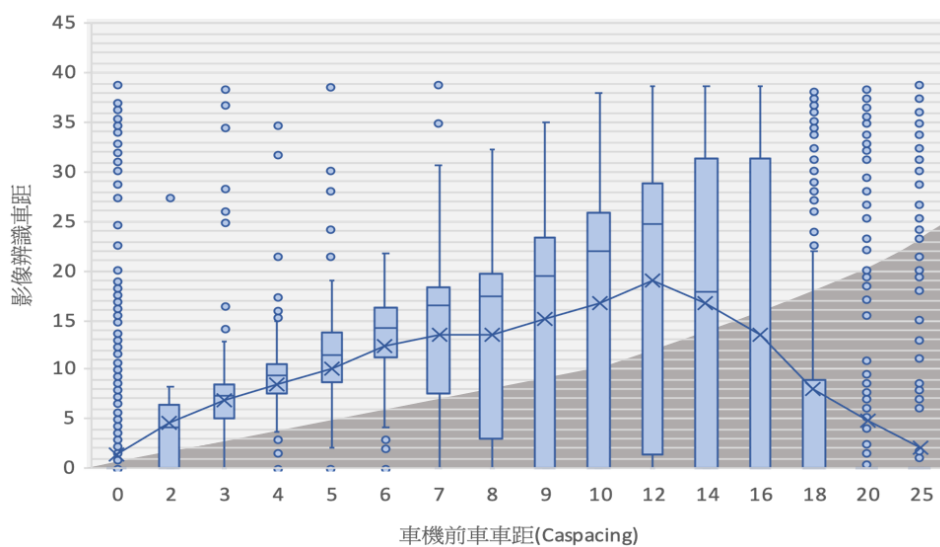


圖 7.2-3 車機前車車距與影像偵測車距關係圖

1. 影像辨識值 < CaSpacing

即圖 7.2-3 中以深灰色標示之區域，由於影像辨識值為 0 與影像辨識值大於 0 的情境有所不同，故將分開討論。

(1) 影像辨識值為 0，超出影像辨識範圍之外：

影像辨識範圍設定在前方 40 公尺內之範圍，若超出約 40 公尺之外，影像就有可能辨識不到該車輛，但 40-85 公尺仍在 ADAS 系統偵測範圍內，故產生影像辨識值為 0 但 CaSpacing 有值的情況。

(2) 影像辨識值大於 0，可能偵測到鄰車物件框或是偵測誤差：

影像辨識會使用物件框去判斷車輛位置，兩側相鄰大型車輛的物件框可能會因為部分超過車道線而被誤判為正前方的車輛，造成前車車距偵測錯誤；另一種情形為 CaSpacing 的偵測誤差，影像偵測距離則是正確的，範例見圖 7.2-4。

2. 影像辨識值 < CaSpacing

即圖 7.2-3 中以深灰色標示之區域。由於在分析過程中發現，雖然 ADAS 系統實際偵測前車距離最遠可以達到 85 公尺，但是資料中的 CaSpacing 數值最大只到 25 公尺。影像辨識值大於 CaSpacing 的樣本，經確認影片後發現本次使用之 ADAS 系統偵測前方車距數值(CaSpacing)出現系統性低估的問題，從圖 7.2-3 也可以看出影像辨識車距之中位數和平均數的位置都高於顏色的交會處，皆落在淺色區塊，且會隨著 CaSpacing 增加而增加如圖 7.2-5 所示。

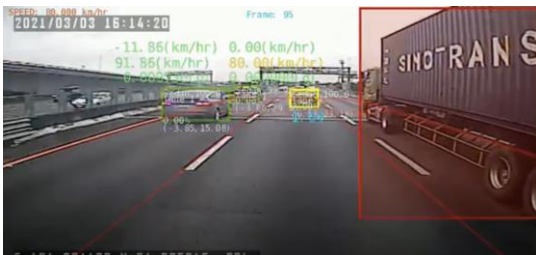
偵測到鄰車物件框	 CaSpacing : 4 影像辨識 : 2.3	 CaSpacing : 12 影像辨識 : 1.5
車機偵測誤差	 CaSpacing : 12 影像辨識 : 3.4	

圖 7.2-4 車機偵測誤差範例

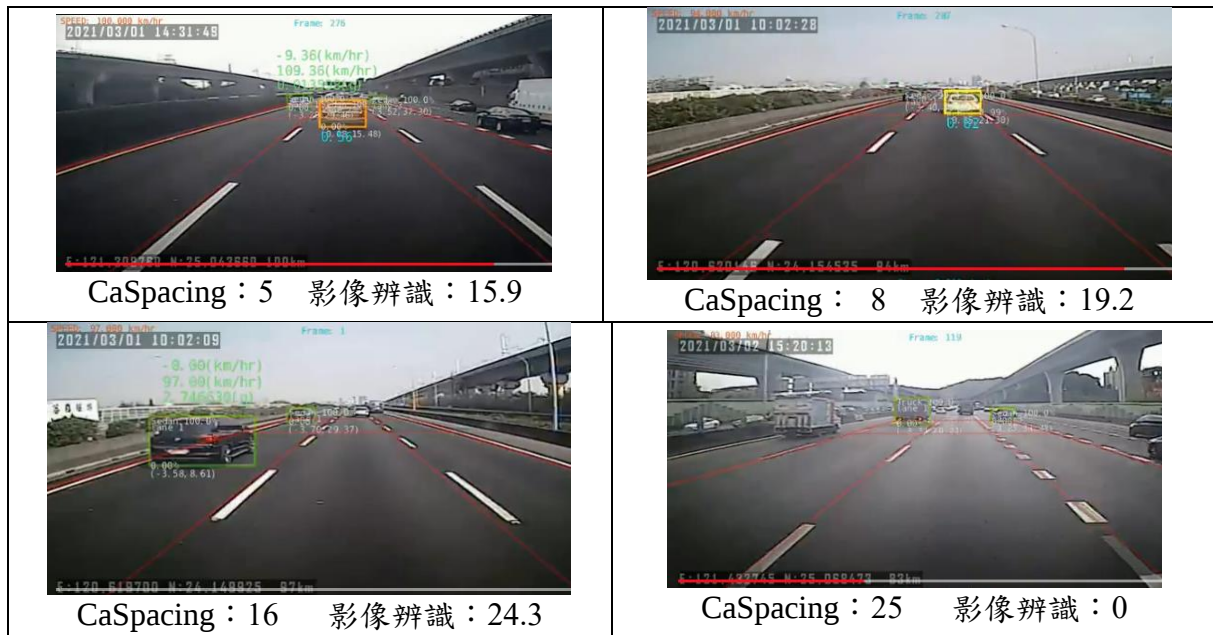


圖 7.2-5 車機系統性低估範例

表 7.2-8 不同事件類別之影像與車機距離偵測差異

事件代碼	事件類別	標準差(abs)	平均值(abs)
FCWH	高速前車碰撞	4.35	7.93
FCWL	低速前車碰撞	4.67	8.24
SDW_0.4	未保持安全距離 0.4	5.77	8.72
SDW_1.2	未保持安全距離 1.2	5.20	7.17
SLDW	嚴重車道偏移	5.96	12.46
LDWL	向左車道偏移	4.40	12.92
LDWR	向右車道偏移	3.15	10.80
所有事件		5.70	10.83

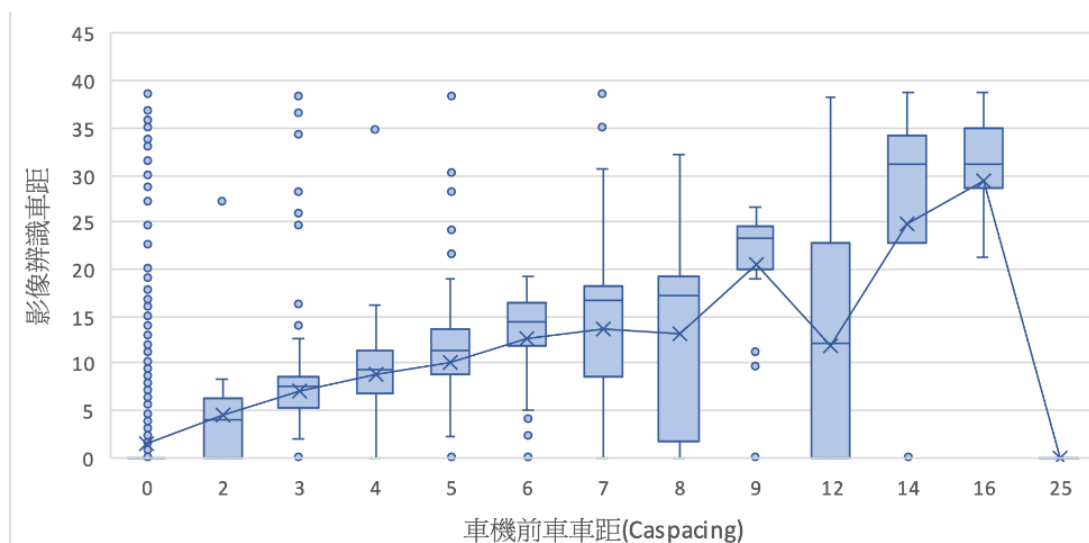


圖 7.2-6 車機前車車距與影像偵測車距關係圖-FCW+SDW

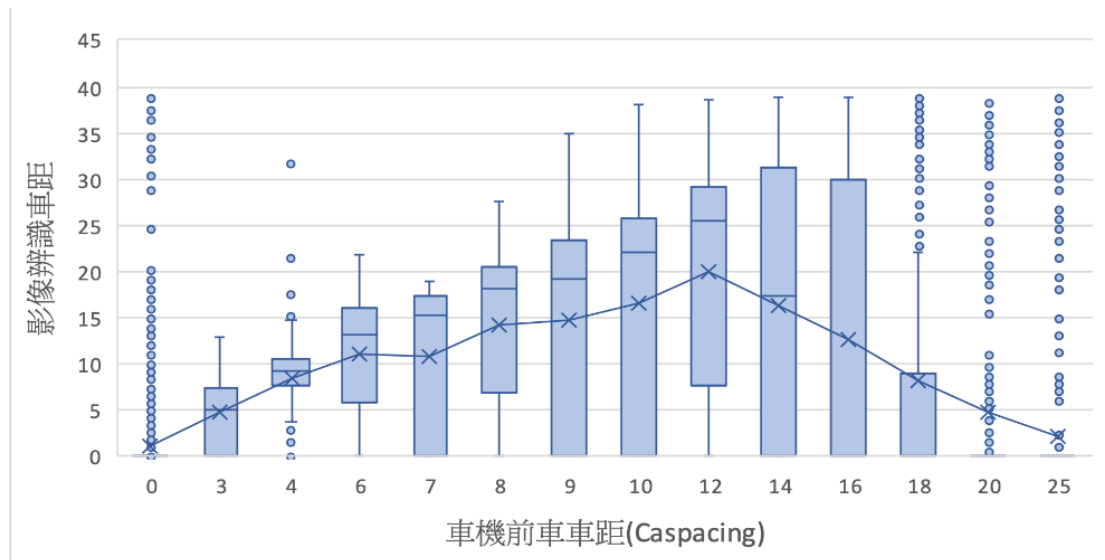


圖 7.2-7 車機前車車距與影像偵測車距關係圖-LDW

7.3 異常事件預測

根據前 (5.2 節) 所定義之警示事件是否為異常之三種狀態，藉由車機、外部資料以及影像辨識所蒐集之行車資訊，以此建立異常行為之預測模型。

警示事件數共計 2,558 件，剔除警示非於研究範圍 (匝道、高速公路路段)、雨勢過大而無法進行異常狀態判定之 27 筆資料，以 2,531 件做為最終異常事件預測件數。模型建立流程如下圖 7.3-1，為了解行車動態，以平移變數方式呈現行車狀態的改變，針對資料中遺失值處理，利用 MICE(Multiple Imputation by Chained Equations)，將具有遺失值的欄位視為預測值，透過剩餘變數進行預測，以此填補遺失值。資料處理完成後，利用 XGBoost 機器學習模型進行預測，以內部驗證呈現異常與否好發情境說明。

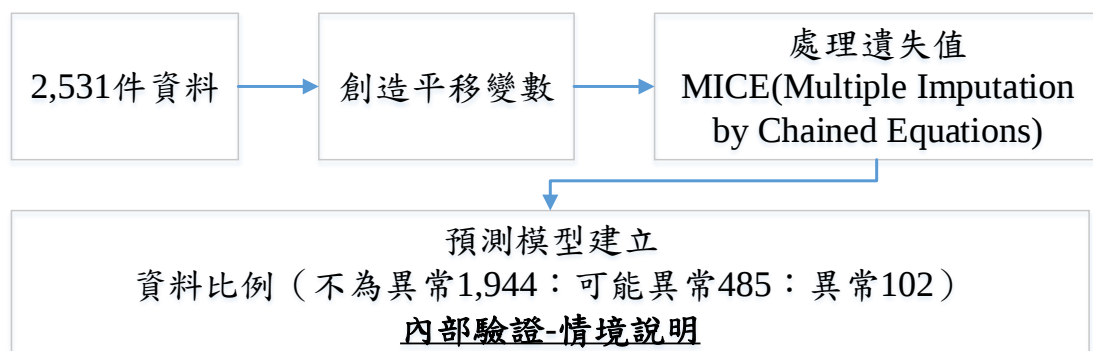


圖 7.3-1 異常事件預測流程

1. 預測流程說明

此部分依照圖 7.3-1 中預測流程，分為 3 部分依序細部說明流程：

(1) 創造平移變數

本計畫為萃取警示發生前後，車輛資訊的變化，透過創造變數平移的欄位如下圖 7.3-2，以本車車速為例，警示觸發當下之時間為 t ，以建立出警示 5 秒前($t-5$)依序至警示觸發 5 秒後($t+5$)之該變數狀態。

距離警示觸發時間	本車車速_警示5秒前	...	本車車速	...	本車車速_警示5秒後
0	$X(t-5)$		$X(t)$		$X(t+5)$

圖 7.3-2 創造平移變數示意圖

(2) 遺失值處理

本計畫針對資料中遺失值的處理，以 MICE(Multivariate Imputations by Chained Equations)，將每一個不完整的變數分別用獨立的模型來預測遺失值。

(3) 預測模型簡介

本計畫利用 Chen *et al.*, (2016) 提出的極端梯度提升(eXtreme Gradient Boosting; XGBoost)做為預測模型，該模型透過改善極端梯度決策樹的複雜度算法，讓此方法在各大領域的預測、分類皆有突破性的發展 (Dong *et al.*, 2018; Qu *et al.*, 2019 ; Ma *et al.*, 2019)。

藉由模型建立後，以內部驗證的模型進行三種異常事件狀態之好發情境說明，利用 Lundberg and Lee(2017) 所提出 SHAP(SHapley Additive exPlanations)以特徵依賴圖視覺化單一特徵與預測結果之間的關係，其中預測結果即為 XGBoost 之三種異常狀態的 log-odds。以異常事件為例，異常事件之 log-odds 為 $\log \frac{p(\text{異常事件})}{1-p(\text{異常事件})}$ 。

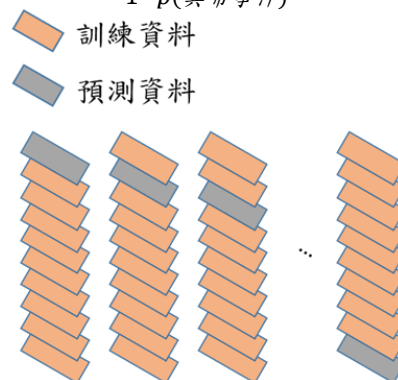


圖 7.3-3 交叉驗證說明

2. 預測結果說明

資料結構包含車機(CAN)與外部資訊、影像辨識與外部資訊變數，外部資訊係指表 7.1-1 中，以客運公司提供相關資訊及 GPS 定位與國道道路資訊比對所得相關欄位，本計畫利用兩種變數資訊個別建立預測模型，接著再以兩者變數資訊結合，探討不同變數所提供之資訊對於異常事件預測是否有所差異。

原始資料分布中，三種異常狀態資料比例為不為異常 1,944：可能異常 485：異常 102 異常事件僅占整體約 4%，為避免資料不平衡影響模型訓練能力，針對訓練資料進行類不平衡處理，將三種異常狀態比例利用 SMOTENC(Synthetic Minority Over-sampling Technique Nominal and Continuous) 針對少類樣本相似的特徵空間創造新的人工樣本，如下圖 7.3-4。

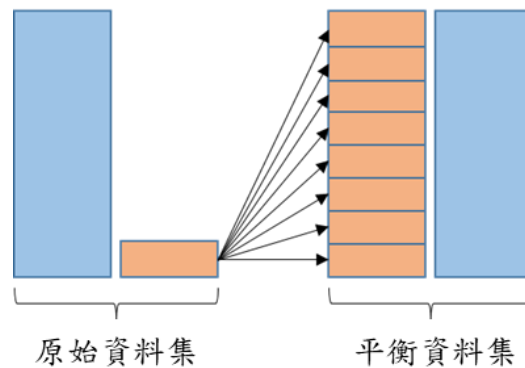


圖 7.3-4 資料不平衡處理

針對連續型變數，選擇一少類樣本(x_i)，計算其 KNN，於 K 個鄰近樣本中，隨機挑選其一($\hat{x}_i$)，修改某一特徵，並偏移一定大小，偏移的大小為該少類樣本與該近鄰差距乘以一個小的隨機比率(0,1)，就此生成新樣本。類別型變數，則選擇一少類樣本，於 KNN 中，選出現頻率最高之離散數據生成新樣本。

(1) 內部驗證

預測結果藉由混淆矩陣(confusion matrix)，並分別計算出實際不同異常狀態中，能真實預測的能力(Recall)，以車機包含外部資訊變數之預測結果如表 7.3-1 以影像辨識包含外部資訊變數所提供之預測結果如表 7.3-2。

表 7.3-1 車機與外部資訊預測結果

預測/真實	不為異常	可能異常	異常
不為異常	1,524	271	32
可能異常	338	1,309	215
異常	82	364	1,697
總和	1,944	1,944	1,944
Recall	78.4%	67.3%	87.3%

表 7.3-2 影像與外部資訊預測結果

預測/真實	不為異常	可能異常	異常
不為異常	1,438	377	23
可能異常	374	1,271	164
異常	132	296	1,757
總和	1,944	1,944	1,944
Recall	71.3%	64.5%	90.2%

將車機與影像變數資訊結合，並加入外部資訊如道路幾何，結果呈現如表 7.3-3，三種異常狀態之預測結果均有較單一變數資訊更為提升。結果顯示可能異常之預測能力相對不為異常、異常低，推斷可能原因在於可能異常做為不為異常與異常兩者間狀態，模型較難清楚界定可能異常狀態與其他兩狀態的細部差異。

表 7.3-3 車機與影像及外部資訊辨識預測結果

預測/真實	不為異常	可能異常	異常
不為異常	1,552	322	20
可能異常	310	1,390	117
異常	82	232	1,807
總和	1,944	1,944	1,944
Recall	79.8%	71.5%	93.0%

藉由內部驗證之結果呈現各狀態好發情境探討，表 7.3-4 顯示預測結果之個別三種異常判定狀態重要性排序為前五名的變數。

表 7.3-4 重要性排序表

	不為異常重要性排序	可能異常重要性排序	異常重要性排序
1	未保安距與否(0.4)	與前車車距_1 秒前	與前車車距_1 秒後
2	與前車車距_1 秒後	格位 1 是否有車_2 秒後	前車加減速
3	與前車車距_5 秒前	與格位-1 車輛相對距離	是否未保安距(0.4)
4	與前車車距_1 秒前	與前車車距_3 秒後	與前車車距_1 秒前
5	與前車車距_3 秒後	格位 3 是否有車_2 秒後	是否為多重警示

(2) 可能異常、異常之好發情境解說

本計畫以內部驗證探討可能異常、異常好發情境。若警示觸發一秒前，本車車頭與前車車尾相距約莫 9 公尺以下，而警示觸發後，本車可能有相應減速措施，拉大與前車車距，如圖 7.3-5 分別顯示一秒前 9 公尺以下以及一秒後 5 公尺以上所呈現可能異常之 log-odds 較高。可能異常之重要判定變數包含格位 1 有無車輛，圖 7.3-6 顯示當警示一秒前，格位 1 有車，但警示觸發後，該格位車輛可能變換車道或者加速遠離，因此觸發兩秒後，該範圍無車輛之影響，因此僅判定為可能異常。

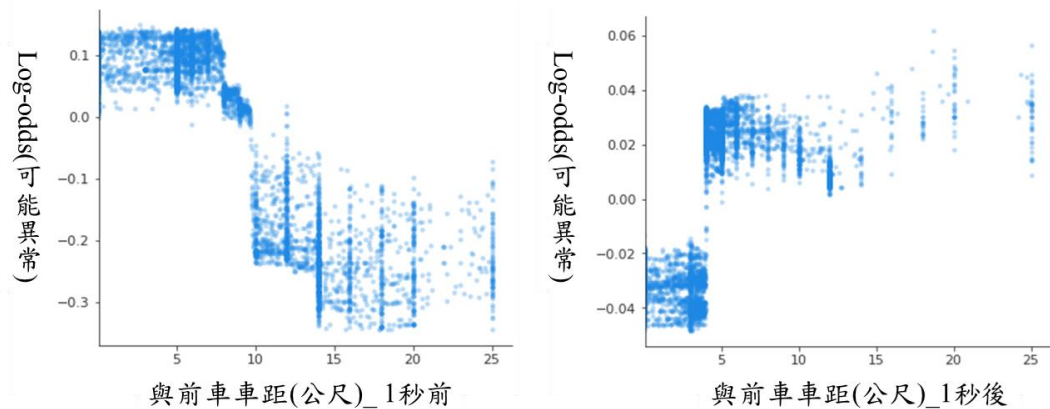


圖 7.3-5 前車車距與可能異常關係

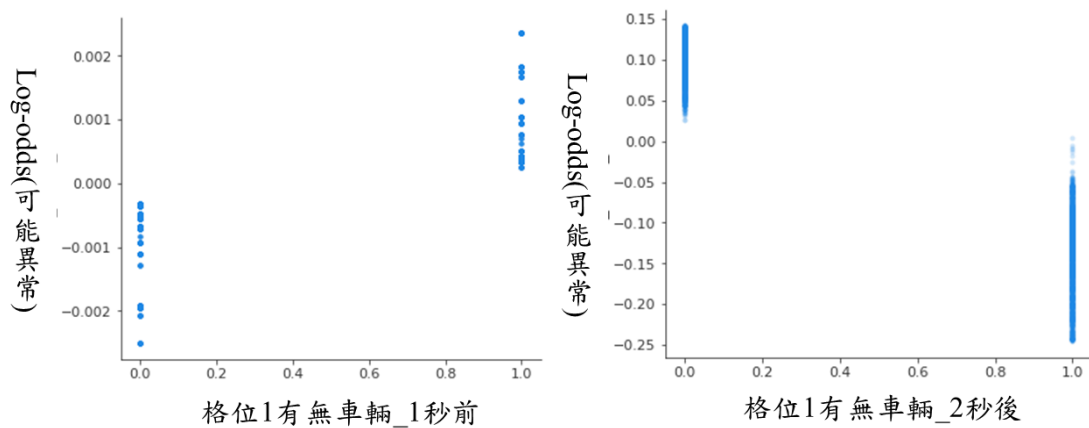


圖 7.3-6 格位 1 有無車輛與可能異常關係

圖 7.3-6 說明本車左前方之情形，圖 7.3-7 則說明本車右前方之情形，同樣與上述相同，皆顯示警示觸發前有車，而警示觸發後該範圍車輛已駛離，而無異常之疑慮。

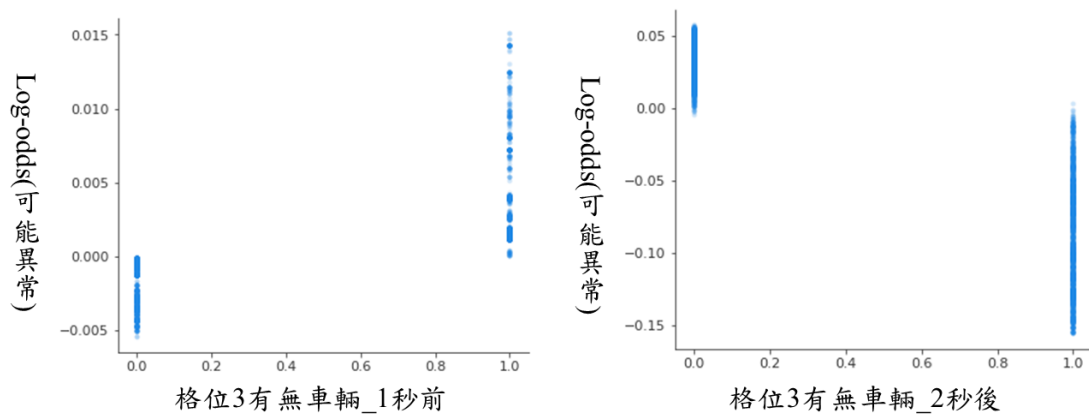


圖 7.3-7 格位 3 有無車輛與可能異常關係

可能異常中，與格位-1 車輛相對距離小於 40 公尺時，為可能異常之好發情境。上述說明顯示，影響可能異常主要因素，多為與左右前方有無車輛以及與前車車距之關係變化。

與可能異常之前車車距好發情境相比，圖 7.3-8 則顯示警示觸發一秒前前車車距相距大，但觸發一秒後，兩車相距在 5 公尺以下，該情境可能好發原因在於當兩車相距很遠，但可能受於前車突然剎車，又或者鄰近車道突然有車輛插入，因此兩車相距瞬間縮減至 5 公尺以下，而該狀況可能造成本車駕駛須立即做出相對應措施，以避免陷入危險的駕駛狀態。

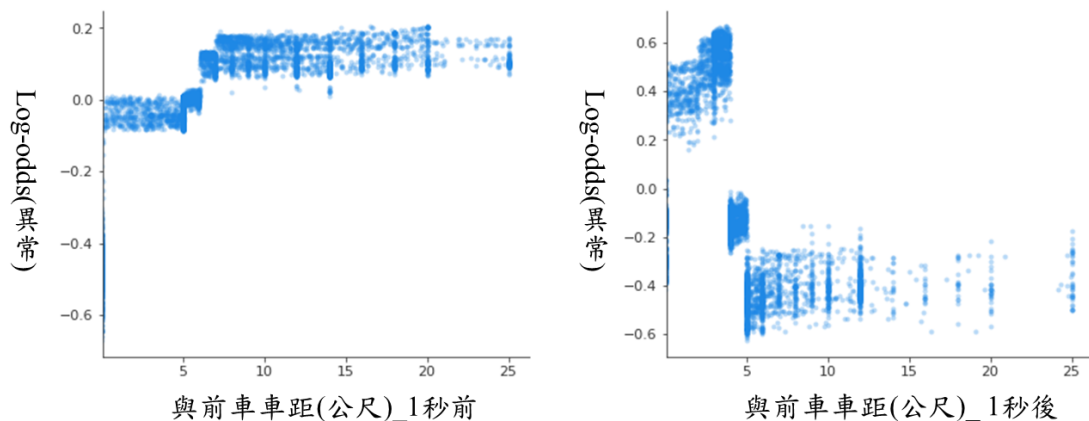


圖 7.3-8 前車車距與異常關係

若警示事件為未保持安全距離(0.4 秒)，判定為異常之可行性高，圖 7.3-9(左)單就是否為多重警示而言，以多重警示之異常 log-odds 高。藉由交互作用圖，如圖 7.3-9(右)呈現出多重警示中，又以包含未保持安全距離(0.4 秒)之可能性更為明顯。由多重警示事件之關聯性分析結果可知，多重警示中之未保持安全距離(0.4 秒)常伴隨著高速前車碰撞警示；換言

之，當出現第一次與前車距離過近之相關警示，但在五秒內本車車輛未有適當應對，未拉開與前車間距，此警示事件很有可能屬於異常事件。

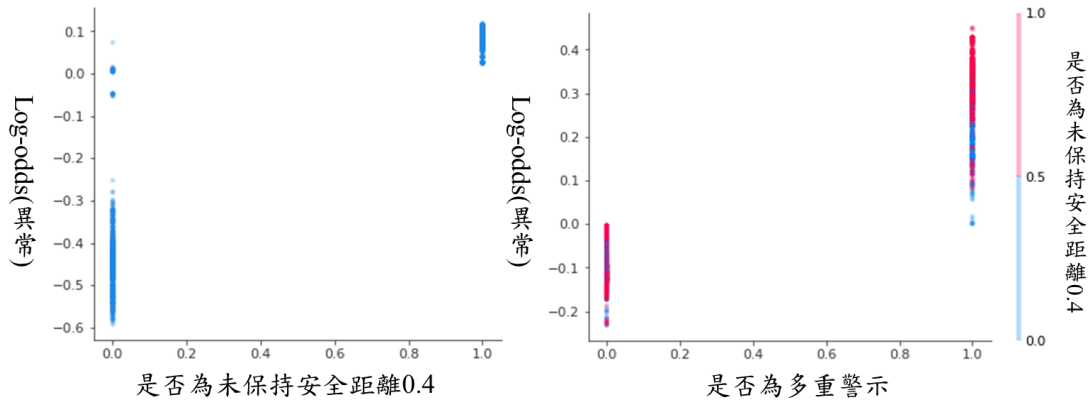


圖 7.3-9 異常事件好發情境

進一步觀察本車在警示觸發前後之車速，當本車車速於警示觸發一秒前低於時速 80 公里，如圖 7.3-10，警示 4 秒後，車速仍沒有提升，時速低於 79 公里時，推斷前方狀況無法回復至理想車速狀況，因此該狀況較容易出現異常可能。

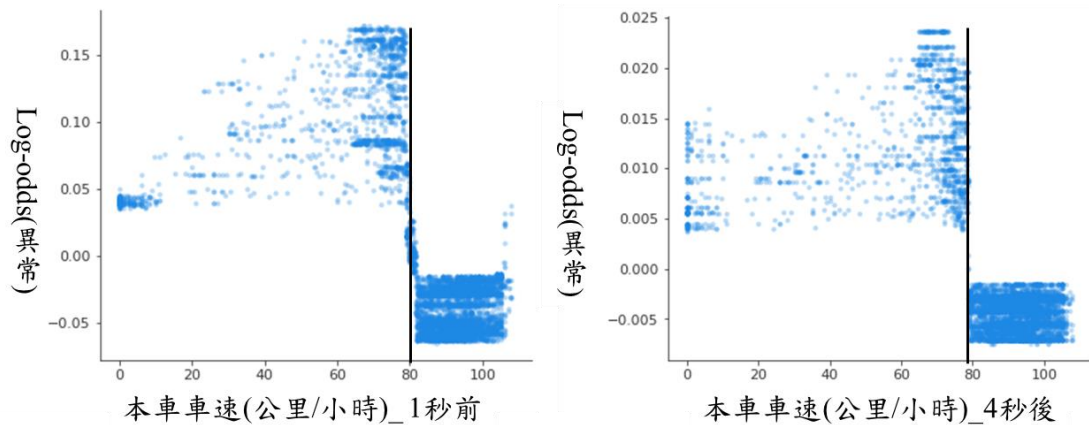


圖 7.3-10 本車車速與異常事件關係

觀察本車方向盤轉向角度與異常事件關係，藉由圖 7.3-11 可以發現，當警示發生前 1 秒，方向盤有一較大幅度轉動，且警示觸發一秒後，駕駛仍可能有明顯方向盤轉向動作，推斷駕駛面對前方狀況仍須立即做出因應動作，因此判定為異常的可能性較高。

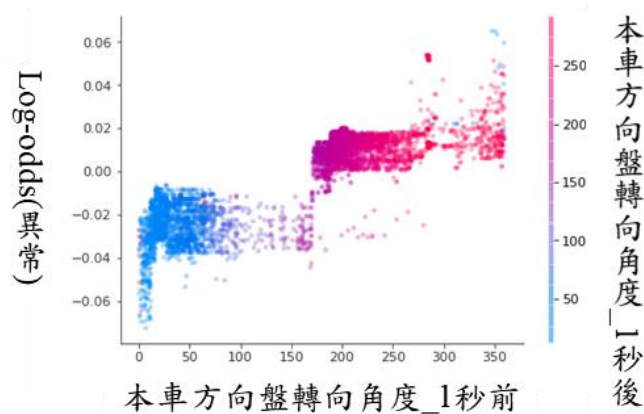


圖 7.3-11 方向盤轉向角度與異常事件關係

本計畫藉由蒐集車機、影像辨識及外部資訊做為預測變數，結果顯示，車機所提供之相關資訊如本車車速、與前車車距，以及影像所提供如前方格位是否有車輛等資訊，能呈現出異常狀態可能發生之因素，且透過創造平移變數表達車輛行車動態，亦可呈現出行車變化與異常事件之關係。

7.4 小結

本計畫蒐集國道客運公司蒐集之 200 趟次 (5 輛車、22 位駕駛) 影像、車機資料及外部環境資料，分析 ADAS 觸發之警示事件結合人工智慧影像辨識結果，進行車外異常事件分析，綜整結果如下：

1. 2,558 件警示事件最後判斷為異常事件共 102 件，其中有 27 件因為天氣嚴重不佳或是光線不足導致影像品質不佳無法進行辨識，異常事件佔警示事件 4%。
2. 透過順序型邏輯迴歸分析，發現車速較快、高速公路路段與爬坡段容易有異常事件和可能異常發生；另下雨天、晚上和北上行駛異常事件與可能異常發生機率較小。
3. 影像辨識的正確率容易受到外在環境的影響，在車輛多的複雜情境之下正確度容易降低，使用影像的條件較車機來得嚴苛一些。但在本車變換車道及前車切入本車前方的情境下，影像辨識可以在 ADAS 系統偵測到之前更快的捕捉到切入的車輛，甚至可以從在兩側時就開始提早追蹤，不過同樣的方法就會使得相鄰大型車物件被誤判為位於本車前方。
4. 影像辨識與車機資料在應用上能夠互補，車機排除系統性的誤差，在針對前方的偵測還是較為精準，可偵測的距離較遠，除了變換車道的過程之外也較不易出現誤判，但偵測的範圍只受限於正前方，無法偵測左右車道的車輛動

態，且車輛切入需過較久才能夠偵測到變化。可以透過影像辨識進行更全面的行車環境監控，在車流較單純但出現本車或他車變換車道行為時，更早的偵測到，就可以更快速的做出提示與反應，也可以藉由掌控周圍的動態進行危險事件類型的預測及預防，強化行車偵測資料在安全管理上的應用。

5. 異常事件分析之可能異常中，與格位-1 車輛相對距離小於 40 公尺時，為可能異常之好發情境，影響可能異常主要因素，多為與左右前方有無車輛以及與前車車距之關係變化。
6. 藉由蒐集車機、影像辨識及外部資訊做為預測變數之結果顯示，車機所提供之相關資訊如本車車速、與前車車距，以及影像所提供如前方格位是否有車輛等資訊，能呈現出異常狀態可能發生之因素，且透過創造平移變數表達車輛行車動態，亦可呈現出行車變化與異常事件之關係。

第八章 異常事件時空分析

本章節針對異常事件之時空分析進行說明，先以整合資料庫的架構(8.1 節)說明使用資料，再針對高風險路段之時空分析結果和平台(8.2 節及 8.3 節)進行說明，最後(8.4 節)為駕駛風險指跡分析說明駕駛人風格及管理應用。

8.1 整合資料庫之建立

8.1.1 資料庫架構規劃

1. 資料庫基本說明

本計畫以日常行車環境、駕駛行為等因素，預先定義出與事故發生具有高度相關的事故前兆或高風險駕駛行為，進而依據不同類型高風險駕駛行為研擬改善方案，為了能夠滿足分析需求、未來即時平臺的運用，本計畫建立整合資料庫，蒐集模型開發所需之相關資料，該資料透過程式清洗並整理成分析所需相關資料，依分析需求產出本計畫之整合資料庫。

2. 資料庫架構

本計畫之系統資料庫架構設計如圖 8.1-1、圖 8.1-2 所示，欲針對高風險路段、駕駛行為進行分析及預測，本計畫使用資料來源如下：

(1) 高公局

- VD 靜態資料：VD 編號、公里數等資訊
- 5 分鐘即時/歷史交通量資料：VD 編號、交通量、速率
- 設施特性資料
- 國道幾何資料

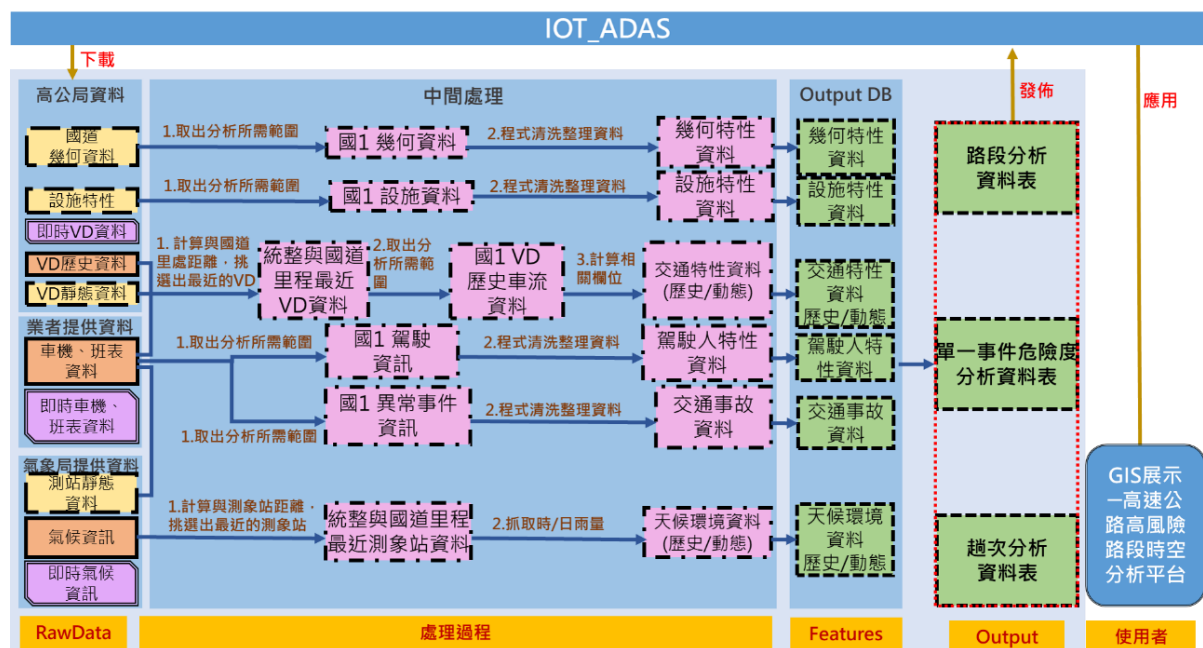
(2) 客運業者

- 車機紀錄資料：行駛時間、行駛距離、異常事件
- 班表資料：駕駛資料、班次資訊

(3) 氣象局

- 氣象站靜態資料：氣象站基本資料(測站編號、座標)
- 氣象站觀測資料：氣象站觀測資料(雨量)
- 日出日沒時刻表：日出日落時間

依上所述為離線資料庫所需資料表，以及處理過程與產出，未來針對即時高風險預測，會將高公局 VD 資料、業者車機、班表資料與氣象局氣候資料，更改為即時資訊，幫助預測即時高風險駕駛行為及路段，防範事故發生。



圖例

靜態資料 歷史資料 即時資料 處理過程 產出資料表 API應用

圖 8.1-1 資料庫設計

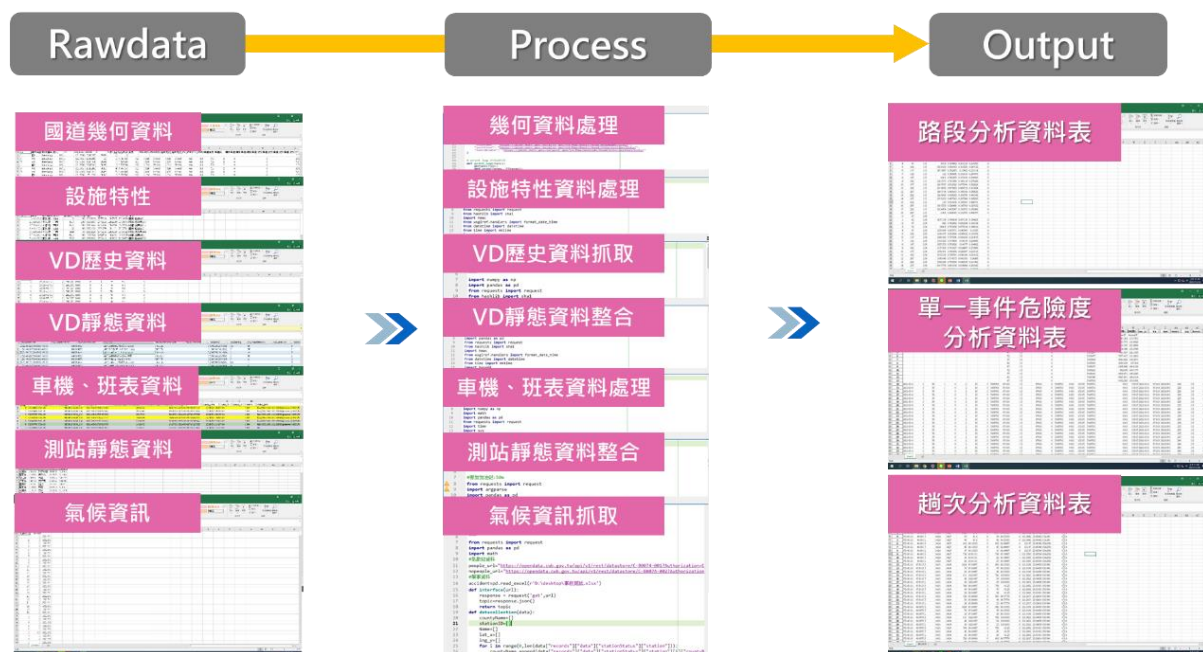


圖 8.1-2 分析流程示意圖

8.1.2 整合資料庫主要產出

本計畫產出資料，以空間分為三個尺度，詳細說明如下

1. 路段分析資料表

以微觀角度分析車輛行經路線，並以 5 公里為區間分析，針對幾何、設施特性車機、班表資料都與行經區間有關，而車流、氣候狀況則是依路段所涵蓋之測象站、VD 而定。

2. 單一事件危險度分析資料表

針對發生異常事件周圍進行分析，幾何、設施特性車機、班表資料都與行經公里數有關，而車流、氣候狀況則是依最近測象站、上下游 VD 而定。

3. 趟次分析資料表

以巨觀角度分析車輛行經路線，並以 15 公里為區間分析，針對幾何、設施特性車機、班表資料都與行經區間有關，而車流、氣候狀況則是依路段所涵蓋之測象站、VD 而定。

資料庫格式與欄位說明部分，本計畫以異常事件、微觀、巨觀三個空間尺度建構分析資料表。針對設施特性資料、車機、班表資料主要是針對行經路線決定與空間尺度無關，另在 VD 歷史資料、氣象局測站資料、國道一號幾何資料則會依空間尺度不同而改變，於異常事件 VD、氣象只採最近 VD、觀測站資料，於微觀、巨觀情況 VD、氣象則採定義區間內所有 VD、觀測站資料，國道一號幾何資料僅用於微觀、巨觀資料表中，欄位說明如表 8.1-1 所示。

表 8.1-1 整合資料庫欄位定義說明

資料來源	項次	欄位名稱	說明	型態	長度
國 1 幾何資料	1	彎道半徑	以公尺為單位	FLOAT	
	2	最大上坡度	特定範圍內最大上升公尺數(m/100m)	FLOAT	
	3	最大下坡度	特定範圍內最大下降公尺數(m/100m)	FLOAT	
	4	車道寬	以公尺為單位，取小數一位	FLOAT	
	5	車道數	不含爬坡車道數	INT	
	6	路肩寬	以公尺為單位，取小數一位	FLOAT	

表 8.1-1 整合資料庫欄位定義說明(續)

資料來源	項次	欄位名稱	說明	型態	長度
VD 歷史 資料	7	平均每日交通量	當月不分車種平均交通量	FLOAT	
	8	小車比例	小車數佔小客車當量數比例	FLOAT	
	9	大車比例	大車數佔小客車當量數比例	FLOAT	
	10	聯結車比例	聯結車數小客車當量數比例	FLOAT	
	11	五分鐘 交通量	特定 VD 五分鐘小客車當量數	FLOAT	
	12	平均速度	特定 VD 偵測平均速度(Km/Hr)	FLOAT	
設施特性 資料	13	速限	路段速度限制(Km/Hr)	INT	
	14	速限座標	經緯度(WGS84)	FLOAT	
	15	休息站	休息站名稱	NVARCHAR	(500)
	16	休息站座標	經緯度(WGS84)	FLOAT	
	17	固定式 測速照相	固定式測速照相編號	NVARCHAR	(500)
	18	固定式 測速照相座標	經緯度(WGS84)	FLOAT	
	19	交流道	交流道名稱	NVARCHAR	(500)
	20	交流道公里數	交流道公里數(Km)	INT	
氣象局測 站資料	21	月平均雨量	當月平均雨量(mm)	FLOAT	
	22	平均時雨量	特定時段平均雨量(mm)	FLOAT	
	23	天氣狀況	事件發生當下晴雨狀況	NVARCHAR	(500)
	24	日夜	事件發生當下日夜情形	NVARCHAR	(5)
車機、班 表資料	25	行駛時間	完成旅次花費的時間	FLOAT	
	26	行駛距離	完成旅次行駛的距離	FLOAT	
	27	發車時間	特定旅次起程時間	DATETIME	
	28	發車時間時段區分	分為五時段，含凌晨、晨峰、白 天、昏峰、晚上	NVARCHAR	(5)
	29	班表星期	平假日	NVARCHAR	(5)
	30	旅次方向	旅次行經方向(S,N)	NVARCHAR	(1)
	31	駕駛員排班 24 小 時內 趟次數	特定駕駛 24 小時內負責班次 數	FLOAT	
	32	駕駛員排班 72 小 時內 趟次數	特定駕駛 72 小時內負責班次 數	FLOAT	
	33	駕駛員排班 168 小 時內趟次數	特定駕駛 168 小時內負責班次 數	FLOAT	
	34	駕駛年齡	行車駕駛年齡	INT	
	35	駕駛年資	行車駕駛年資	FLOAT	

8.2 高速公路高風險路段時空分析

本章節將藉由 8.1 節資料庫中各類資料，分別以路段、趟次和單一事件危險度為基礎進行異常事件時空分析，同時因本計畫的 200 趟次大客車行駛路線為從臺北（或板橋）至臺南，大多數的時間行駛於國道 1 號上，加上市區道路環境較為複雜，因此本章節研究範圍將訂為 200 行車趟次於國道 1 號上行經的路段，即 2021 年 3 月和 6 月國道一號的 27K 至 320K。另外，考量到異常事件發生之稀少性，因此亦納入由本計畫 200 行車趟次的 ADAS 系統產生之原始警示事件做為分析對象，涵蓋警示事件發生的所有情境，並將用於解析異常事件之警示事件，歸納為未保持安全距離與車道偏移兩種類別，如表 8.2-1 所示。期能初步探索事件與高速公路之道路環境間的關係，以及評估駕駛行為，識別容易發生警示與異常事件之條件與情境，並供業者、政府在營運與管理上能有實務上之策略與幫助。高速公路高風險路段時空分析流程如圖 8.2-1 所示，亦將結果以 GIS 平台視覺化呈現高速公路高風險路段。

表 8.2-1 警示事件分類及其數量

警示事件類別	ADAS 系統偵測警示事件	數量(件)	
未保安距	未保持安全距離 0.4	1,289	9,440
	未保持安全距離 1.2	7,934	
	低速前車碰撞	133	
	高速前車碰撞	84	
車道偏移	車道偏移(左)	206	450
	車道偏移(右)	186	
	嚴重車道偏移	58	

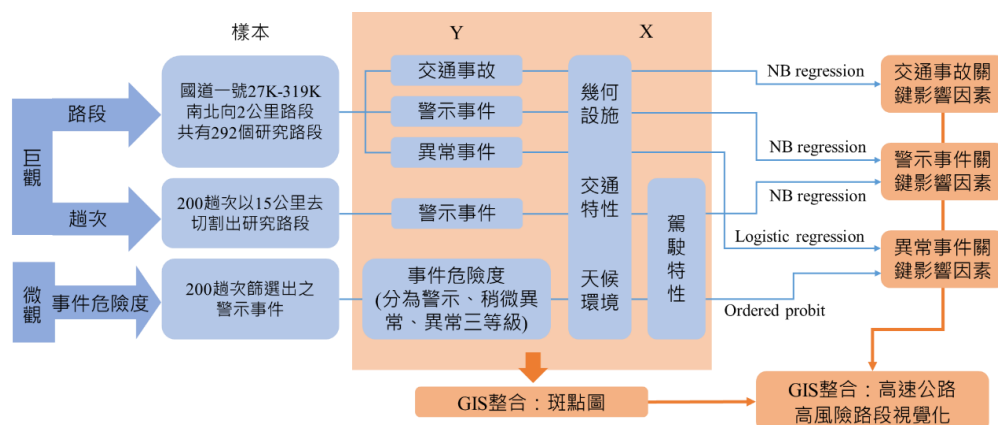


圖 8.2-1 高速公路高風險路段時空分析流程

8.2.1 以路段為基礎之分析

以路段為基礎之分析目的在於找出駕駛事件好發的道路交通環境，並藉由客運駕駛的駕駛事件於路段之分布情形，連結至該路段的總事故件數，探索客運駕駛事件的發生與道路上實際事故發生之關係，並兩相比對關鍵影響因素。分析方法與使用之解釋變數均參考過去在分析道路交通事故頻次時之作法，並採用計數模式進行分析。

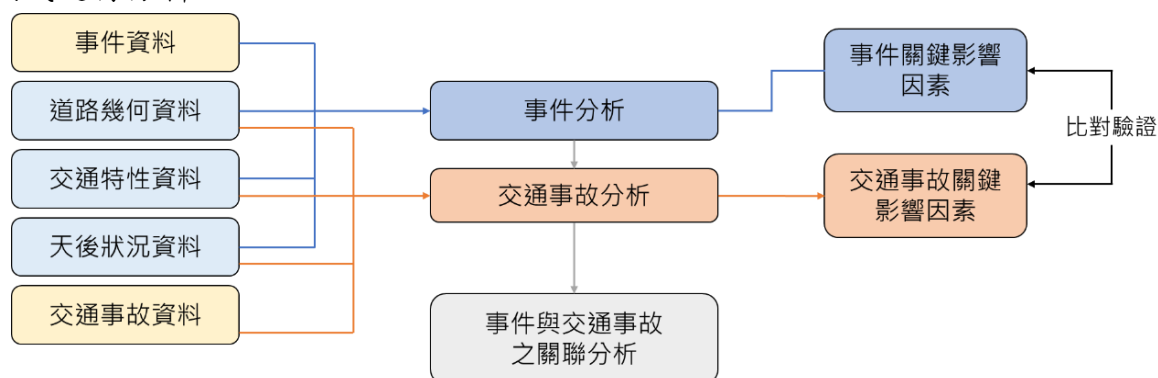


圖 8.2-2 路段為基礎之分析流程

首先將高速公路以固定長度切割成多個路段做為研究樣本，在決定路段長度時須考量到事件及交通事故資料分布情形。以本計畫蒐集客運 200 趟次客運事件之時空條件為基礎，即 2021 年 3 月和 6 月國道一號 27K 至 320K 的時空範圍，蒐集交通事故資料，並將事件及交通事故資料與高速公路進行連結，觀察資料分部情形，且將南北向視為兩條高速公路，嘗試分別以一公里、兩公里和五公里做為道路分段依據，結果如表 8.2-2 所示。其中，最後一欄代表在不同道路分段依據之下，事故與事件之相關係數，並可觀察到當路段長度越長，事故與事件之相關性越高。考量到樣本數量、路段事件和事故資料計數為零之樣本占總樣本的比例以及事故與事件之相關係數，後續將以路段長兩公里做為路段分析樣本切割依據。

表 8.2-2 不同分析路段長度下資料分布情形

路段長	樣本數	資料	平均值	標準差	範圍	計數零占比	總和	相關係數
一公里	586	總事故	3.03	4.44	0-35	26%	1,777	0.27
		總事件	16.88	7.78	3-47	0%	9,890	
兩公里	292	總事故	6.08	7.54	0-24	8%	1,774	0.35
		總事件	33.84	13.44	10-87	0%	9,881	
五公里	116	總事故	15.12	15.75	1-101	0%	1,754	0.49
		總事件	84.59	28.16	37-164	0%	9,813	

將國道一號南北向 27K 至 320K 以兩公里進行分段後，去除長度未滿兩公里之剩餘路段，最終共有 292 個分析路段，在分析路段中發生交通事故件數、未保持安全距離警示事件件數、車道偏移警示事件件數、未保持安全距離異常事件件數及車道偏移異常事件件數即為路段基礎分析之被解釋變數。對所有分析路段中之被解釋變數進行敘述性統計，如表 8.2-3 所示，其中因異常事件數量稀少，未保持安全距離異常事件與車道偏移異常事件分別發生 89 件及 4 件，因此將異常事件於路段分布情形改以該路段「有無」發生異常事件做為統計基礎。針對交通事故和警示事件資料採用負二項迴歸(Negative Binomial regression)分析，並僅對未保持安全距離異常事件採用羅吉斯迴歸 (Logistic regression)分析，未對車道偏移異常事件進行後續分析。

表 8.2-3 被解釋變數之敘述性統計

被解釋變數	平均值	標準差	範圍	路段資料為零比例	總和
交通事故	6.08	7.54	0-24	8%	1,774
未保安距(警示)	32.30	13.27	7-86	0%	9,432
車道偏移(警示)	1.54	1.85	0-9	38%	449
未保安距(異常)	0.24	0.43	0-1	76%	70
車道偏移(異常)	0.01	0.12	0-1	99%	4

後續模式以道路交通環境資料做為解釋變數，大致可區分為幾何特性、交通特性以及設施特性等三大類，分別說明如表 8.2-4 與表 8.2-5。由表 8.2-4 可知，幾何特性中之內外側路肩寬以各分析路段最小值做為代表值，而上下坡度及車道數則以各分析路段最大值做為代表值，並且當各分析路段之彎道半徑小於三千公尺時視其為大彎道路段。交通特性則皆為連續變數，交通量以小客車當量值 (pce) 折算後的 pcu 表之，並依此計算各車種之比例，車種以高速公路車輛偵測器 (VD) 紀錄之車種代碼為分類依據，小車為小型車，而大車則包括大型車及聯結車；行車趟次數則為本計畫之客運行經各分析路段之趟次數。設施特性皆以類別變數表之，其中的開放路肩、服務區及交流道用於反應高速公路車流交織情形。

表 8.2-4 解釋變數之敘述性統計(連續變數)

解釋變數	平均值	標準差	最小值	最大值
幾何特性				
最小內側路肩寬(公尺)	0.74	0.31	0.00	4.00
最小外側路肩寬(公尺)	1.12	1.41	0.00	3.70
最大上坡度(%)	0.33	0.75	0.00	2.04
最大下坡度(%)	0.32	0.73	0.00	2.02
最大車道數	3.13	0.49	0.00	6.00

表 8.2-4 解釋變數之敘述性統計(連續變數)(續)

解釋變數	平均值	標準差	最小值	最大值
交通特性				
總交通量(千小客車當量)	61.24	15.16	26.74	119.46
小車比例(小型車流量*1.0/總交通量)	0.57	0.10	0.21	0.91
大車比例((大型車流量*2.0+聯結車流量*3.0)/總交通量)	0.43	0.10	0.09	0.79
行車趟次數	194.66	17.12	140.00	200.00

表 8.2-5 解釋變數之敘述性統計(類別變數)

解釋變數	定義	計數 (比例)		
		0	1	2
幾何特性				
彎道	分析路段是大彎道為 2，彎道為 1，直線為 0	50 (17%)	130 (45%)	112 (38%)
設施特性				
速限	分析路段之公告速限 110km/hr 為 1，餘為 0	128 (44%)	164 (56%)	
固定式測速照相	分析路段上有設置為 1，餘為 0	250 (86%)	42 (14%)	
開放路肩	分析路段開放行駛路肩為 1，餘為 0	257 (88%)	35 (12%)	
服務區	分析路段上有設置為 1，餘為 0	282 (97%)	10 (3%)	
交流道	分析路段有包含為 1，餘為 0	194 (66%)	98 (34%)	

針對總交通事故數、未保持安全距離警示事件數、車道偏移警示事件數以及未保持安全距離異常事件數個別發展迴歸式，總交通量與行車趟次數兩變數取自然對數，做為曝光量之指標。表 8.2-6 為模式推估結果，推估係數旁之星號為該係數之顯著性（三個星號代表 p 值低於 0.001、兩個星號代表 p 值低於 0.01、一個星號代表 p 值低於 0.05），而括號內則為該係數之估計標準誤。當係數為正值時，代表該變數對事故或事件數有正向影響，亦即事故或事件數越高。

表 8.2-6 路段分析模式推估結果

解釋變數	被解釋變數			
	交通事故	未保安距 (警示)	車道偏移 (警示)	未保安距 (異常)
截距項	-15.109 *** (2.359)	-10.280 *** (1.775)	-2.518 (7.209)	-31.046 * (15.593)
幾何特性				
最小內側路肩寬	-0.460 ** (0.165)	-0.151 ** (0.058)	-0.449 (0.307)	-0.135 (0.441)
最小外側路肩寬	-0.029 (0.045)	-0.018 (0.016)	0.054 (0.064)	-0.108 (0.138)
最大下坡度	0.087 (0.076)	0.039 (0.028)	0.173 (0.105)	0.268 (0.245)
最大車道數	0.181 (0.101)	-0.070 (0.049)	0.218 (0.215)	-0.058 (0.394)
彎道	-0.218 (0.136)	-0.086 (0.051)	0.386 (0.227)	-0.377 (0.410)
大彎道	-0.833 *** (0.169)	-0.199 ** (0.063)	0.853 ** (0.270)	-0.727 (0.518)
交通特性				
小車比例	3.189 *** (0.575)	1.492 *** (0.211)	-0.131 (0.865)	4.115 * (1.804)
總交通量	1.335 *** (0.214)	0.860 *** (0.078)	-0.148 (0.319)	1.669 * (0.682)
設施特性				
速限 110km/hr	-0.226 (0.153)	-0.101 (0.056)	0.027 (0.228)	0.840 (0.500)
有固定式測速照相	-0.038 (0.143)	0.190 *** (0.050)	-0.060 (0.205)	0.177 (0.418)
開放路肩	0.136 (0.147)	0.049 (0.054)	-0.264 (0.229)	-0.050 (0.453)
有服務區	0.375 * (0.154)	-0.033 (0.060)	0.318 (0.231)	-0.475 (0.515)
有交流道	0.480 ** (0.150)	-0.019 (0.051)	-0.072 (0.197)	0.086 (0.461)
模式績效				
AIC	1512.522	2130.642	996.634	331.279
BIC	1571.350	2193.147	1059.139	390.107
LL(C)	-841.629	-1145.936	-496.567	-160.823
LL(β)	-748.038	-1052.555	-480.246	-149.905
ρ_c^2	0.111	0.081	0.033	0.068
觀察值	292	292	292	292

根據模式推估結果，將對事故及事件之關鍵影響因素整理如表 8.2-7 所示，括號內正負號代表變數對事故或事件數是正向還是負向影響，星號意涵與表 8.2-6 內相同，表示該變數推估係數之顯著性。結果顯示高速公路幾何特性影響事故或事件發生機率，多數與過去相關研究發現一致。「路段最小內側路肩寬」與事故和未保持安全距離警示事件發生呈現負向關聯，此一發現與 Anastasopoulos and

Mannering (2009)結果一致，當駕駛人行駛於內側路肩寬度較窄的路段時，若違規占用、行駛或利用路肩超車，更易造成事故發生。至於「路段最大上坡度」正向影響總事故與未保持安全距離異常事件，表示上坡坡度越陡，事故與未保持安全距離異常事件數越多。另外，「路段彎道」對事故及不同類型事件則有不同影響，明顯的過彎（彎道半徑越小）將影響視距及整體車輛操控性，易產生車道偏移警示事件；但總體事故及未保持安全距離警示事件則較易發生於直線路段上。

表 8.2-7 事故及事件關鍵影響因素

關鍵影響因素	交通事故	未保安距(警示)	車道偏移(警示)	未保安距(異常)
幾何特性				
最小內側路肩寬	(-)**	(-)**		
最大上坡度	(+)*			(+)*
大彎道	(-)**	(-)**	(+)**	
交通特性				
小車比例	(+)**	(+)**		(+)*
總交通量	(+)**	(+)**		(+)*
行車趟次數		(+)**		
設施特性				
固定式測速照相		(+)**		
鄰近服務區	(+)*			
鄰近交流道	(+)**			

交通特性方面，「小車比例」結果顯示當路段上車種愈趨同質，將降低駕駛心理壓力及專注力，故提高路段整體平均速率，使駕駛未保持安全距離事件增加，進而導致事故發生風險。反之，若路段上車流愈為異質（小車比例下降，大車及聯結車比例增加），將增加駕駛心理壓力及專注力，兩車間較易保持安全行車距離，降低路段事故發生風險。其次，總交通量對交通事故和未保持安全距離事件均呈現顯著正影響，表示當路段交通量愈高，事故及未保持安全距離事件發生機率也愈高。另外，「行車趟次數」也反映出當行經該路段的大客車班次數越多，未保持安全距離警示事件發生機率自然愈高，同時也說明行車趟次數為曝光量一重要指標。

「固定式測速照相」設置之路段與未保持安全距離事件則呈現正向關聯，越接近測速設施時，駕駛人通常會降低行車速度，在速度變化過程中，易導致未保持安全距離事件之發生。路段鄰近「服務區」與鄰近「交流道」之效果類似，此類變數用於說明當駕駛人行經這些路段時，車流交織情形複雜，影響行車秩序，而容易發生事故。

為探索客運駕駛事件的發生與道路上實際事故發生之關係，用以識別道路高風險位置，首先計算出未保持安全距離與車道偏移警示事件之相關係數為 0.02，可知兩者相互影響的程度可能較低，因此將此兩類警示事件同時做為解釋變數，採用負二項迴歸(Negative Binomial regression)分析，觀察兩者對交通事故之影響，結果如表 8.2-8 所示。結果顯示客運駕駛的未保持安全距離警示事件，較具備對於預測事故和識別高速公路上高風險位置的可能性，因此以表 8.2-7 內影響未保持安全距離警示事件發生之關鍵因素做為解釋變數建立模式，預測各路段未保持安全距離警示事件數，並分別以預測數值之第一三分位數和第二三分位數做為判斷低中高風險路段之門檻值，以利後續以 GIS 系統視覺化高風險路段。

表 8.2-8 駕駛警示事件數預測交通事故數模式

	交通事故
截距項	0.827 *** (0.162)
未保安距警示事件	0.028 *** (0.004)
車道偏移警示事件	-0.007 (0.032)
模式績效	
AIC	1649.488
BIC	1664.195
LL(C)	-841.629
LL(β)	-820.744
ρ_c^2	0.025
觀察值	292

同時，針對不同風險程度的路段應研提不同之改善對策，將資源進行最有效率之運用，因此將路段依據「交通事故觀察值」和「未保持安全距離警示事件預測值」分成四個象限，坐標軸分別代表兩者之平均數，如圖 8.2-3 所示。以下說明路段落在各象限內所具備特性：

1. 第一象限：事故多且事件多

為於此象限內的路段除了實際發生的交通事故較多，預測可能會發生的事件數也較多，代表此象限內的路段屬高風險路段，需要第一優先改善，本計畫內 292 個分析路段共有 61 個路段落在第一象限。

2. 第二象限：事故多但事件少

第二象限內的路段雖然預測發生的事件數相對較少，但實際發生的交通事故卻是比較多的，表示此路段雖然不比第一象限內的路段危險，但也是需盡量改善的路段，共有 27 個路段落在第二象限。

3. 第三象限：事故少且事件少

此象限內的路段不論在實際發生的交通事故或是預測的事件都較其他象限內的路段還要低，因此可被稱為低風險路段，要將數值降到零可能需要投注大量資源，在管理策略上可先維持現狀。共有 147 個路段落在第三象限。

4. 第四象限：事故少但事件多

第四象限內的路段實際發生的事故較少，但預測發生的事件數卻偏多，代表這些路段具備潛在的風險，需要對其進行長期的觀察，並且考慮進行改善，共有 57 個路段落在第四象限。

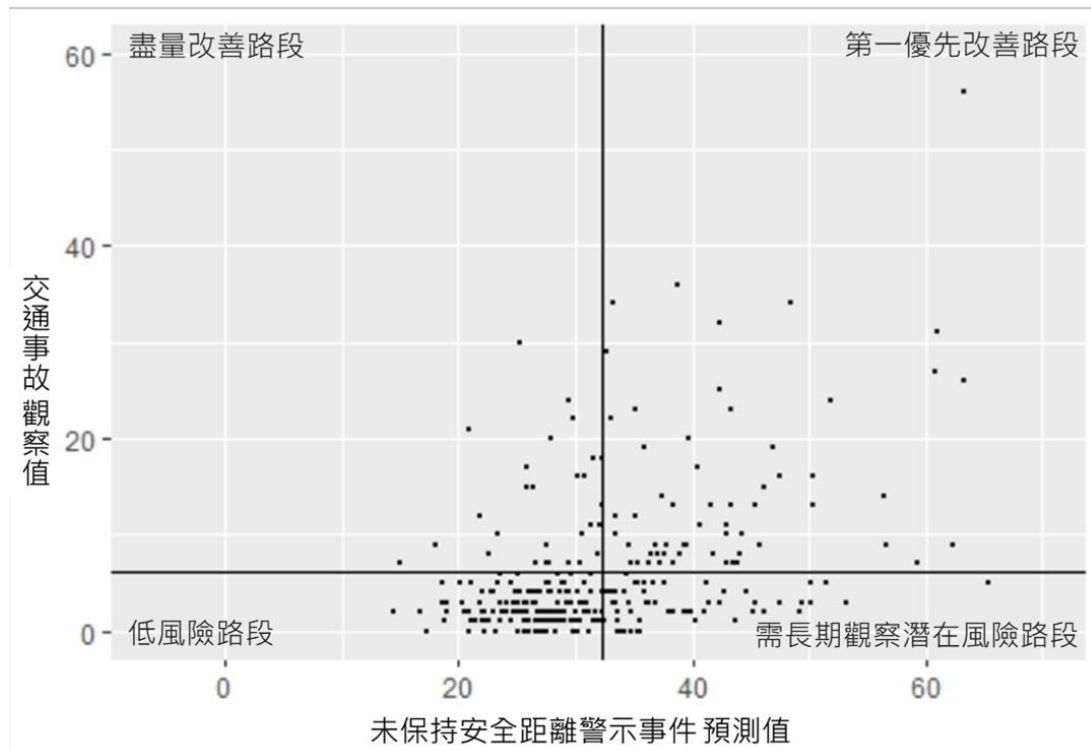


圖 8.2-3 路段風險管理象限圖

8.2.2 以趟次為基礎之分析

前一節以路段為基礎之分析雖能與實際發生事故連結，探索以客運駕駛事件做為替代事故發生之可行性，找出交通事故與事件好發情境，但不論是交通事件或事故，駕駛人因素也為影響其發生之重要因素。因此本章節以本計畫 200 趟次客運行車資料為基礎，觀察各趟次的各類型事件資料在國道上分布情形，做為樣本分段參考依據，此種分析方法除可連結較為微觀之道路交通環境因素，即事件發生當下之環境狀況，亦能納入駕駛人因素。然而各趟次內發生的異常事件數量稀少，多數行車趟次內只發生一次甚至沒有發生任何異常事件，會導致以各趟次

切割出的樣本路段中有過多零事件的情形，不利於後續分析，因此後續將針對警示事件進行以趟次為基礎的分析。



圖 8.2-4 趟次分析樣本分割示意圖

將各趟次未保持安全距離警示事件與車道偏移警示事件資料與高速公路進行連結，考量到相對路段分析而言，因此時已先分開各趟次，資料會較為分散，因此嘗試以五公里及其倍數為單位去做為道路分段依據，結果如表 8.2-9 及表 8.2-10 所示。考量到路段事件資料計數為零之樣本占總樣本的比例，後續將以路段長十五公里做為趟次分析路段切割依據，並且因各趟次之車道偏移事件發生件數較為稀少，在趟次為基礎之分析後續僅針對未保持安全距離警示事件採用負二項迴歸(Negative Binomial regression)分析，此部分分析共計包含 3,314 個趟次路段，即為趟次分析之樣本數。

表 8.2-9 不同分析路段長度下未保持安全距離警示事件分布情形

路段長	樣本數	平均值	標準差	範圍	計數零占比	總和
5 公里	10,958	0.82	1.26	0-11	6,246 (57%)	9,368
10 公里	5,274	1.65	2.30	0-16	2,110 (40%)	9,368
15 公里	3,314	2.47	2.84	0-19	994 (30%)	9,199
20 公里	2,334	3.30	3.60	0-24	583 (25%)	9,056

表 8.2-10 不同分析路段長度下車道偏移警示事件分布情形

路段長	樣本數	平均值	標準差	範圍	計數零占比	總和
5 公里	10,958	0.04	0.23	0-4	10,301(94%)	445
10 公里	5,274	0.08	0.35	0-6	4,958 (94%)	445
15 公里	3,314	0.12	0.44	0-5	2,983(90%)	445
20 公里	2,334	0.16	0.53	0-6	2,054 (88%)	441

使用道路交通環境資料和客運班表資料建構趟次分析模式，大致可區分為幾何特性、交通環境特性、設施特性以及駕駛特性等四大類解釋變數，分別說明如表 8.2-11 至表 8.2-14。

由表 8.2-11 可知，幾何特性中之內側路肩寬以各分析路段最小值做為代表值，而上下坡度及車道數則以各分析路段最大值做為代表值，並且當各分析路段

之最小彎道半徑小於三千公尺時視其含有大彎道路段。交通環境特性則皆為連續變數，交通量變數代表行車趟次經過分析路段時該路段平均交通量，並以小客車當量值 (pce) 折算後的 pcu 表之，平均降雨量則是介接氣象局各地區測站蒐集路段平均時雨量，與路段分析時不同，此時的交通環境特性變數更能反映事件發生當下的交通環境狀況。設施特性同樣用於反映高速公路車流交織情形，惟在十五公里的高速公路路段中均含有至少一座交流道，因此交流道變數定義調整為十五公里內的交流道數量。

駕駛特性變數之駕駛資歷以該位駕駛人到職時之時間起算至事件發生時經過之月數，可反映駕駛人對路況熟悉程度；班表星期是由班表紀錄該趟旅次之日期，分為週一至週五之平日和假日之週六、週日；駕駛人排班 24 小時內趟次數則能反映駕駛疲勞程度；並依據國道尖離峰時段，將駕駛人的發車時間分為凌晨(0am~6am)、晨峰(6am~8am)、白天(8am~5pm)、昏峰(5pm~7pm)、晚上(7pm~12pm)等五個時段。

表 8.2-11 解釋變數之敘述性統計(連續變數)

解釋變數	平均值	標準差	最小值	最大值
幾何特性				
最小內側路肩寬(公尺)	0.51	0.18	0.00	0.80
最大上坡度(%)	0.73	0.97	0.00	2.04
最大下坡度(%)	0.75	0.97	0.00	2.02
最大車道數	3.34	0.72	3.00	6.00
交通環境特性				
總交通量(小客車當量)	1.56	0.80	1.53	4.00
平均降雨量(毫米)	0.09	0.83	19.09	0.00
設施特性				
交流道數量	2.54	1.44	1.00	7.00
駕駛特性				
駕駛資歷(月)	102.97	75.93	13.00	227.00

表 8.2-12 解釋變數之敘述性統計(類別變數)

解釋變數	定義	計數(比例)	
		0	1
幾何特性			
彎道	分析路段含大彎道為 1，餘為 0	1,802 (54%)	1,512 (46%)
設施特性			
開放路肩	分析路段開放行駛路肩為 1，餘為 0	2,405 (73%)	909 (27%)
服務區	分析路段上有設置為 1，餘為 0	2,558 (77%)	756 (23%)
駕駛特性			
班表星期	由班表紀錄該趟旅次之日期，週六和週日為 1，週一至週五為 0	2,692 (81%)	622 (19%)

表 8.2-13 駕駛人排班 24 小時內趟次統計

駕駛人排班 24 小時內趟次	計數(比例)
1	527(16%)
2	2,413(73%)
3	374(11%)
總計	3,314

表 8.2-14 發車時間之時段區分統計

發車時間之時段區分	計數
凌晨	696(21%)
晨峰	459(14%)
白天	1,259(38%)
昏峰	184(5%)
晚上	716(22%)
總計	3,314

將總交通量取自然對數，做為曝光量之指標進行模式推估，結果如表 8.2-15 所示，當估計係數為正值時，代表該變數對未保持安全距離警示事件數有正向影響，亦即事件數越多，而右方欄位之星號代表該係數顯著性（三個星號代表 p 值低於 0.001、兩個星號代表 p 值低於 0.01、一個星號代表 p 值低於 0.05）。結果顯示高速公路幾何特性中的「路段最小內側路肩寬」與未保持安全距離警示事件發生呈現負向關聯，此一發現路段分析結果一致。至於「總交通量」對未保持安全距離事件呈現顯著正影響，表示當路段交通量愈高，未保持安全距離事件發生機率也愈高，同時也說明交通量為曝光量一重要指標。路段鄰近「服務區」表示當駕駛人行經這些路段時，車流交織情形複雜，駕駛員易發生未保持安全距離的事

件。最後在有關駕駛特性方面，「駕駛資歷」對事件數為顯著負影響，表示駕駛人對路況越熟悉，越不易發生未保持安全距離的行為，而當該趟次發車時段為「昏峰」或「晚上」時，相對於在「白天」發車的趟次，發生的未保持安全距離事件數會較少。

表 8.2-15 趟次分析模式推估結果

	未保安距警示事件			
	推估係數	估計標準誤	Z 值	顯著性
截距項	-5.381	0.327	-16.446	***
幾何特性				
最小內側路肩寬(公尺)	-0.561	0.110	-5.111	***
最大上坡度(%)	-0.014	0.028	-0.479	
最大下坡度(%)	0.018	0.035	0.526	
最大車道數	-0.021	0.030	-0.702	
彎道	0.065	0.050	1.281	
交通環境特性				
總交通量(千小客車當量)	0.907	0.042	21.564	***
平均降雨量	0.011	0.017	0.654	
設施特性				
交流道數量	0.033	0.019	1.711	
開放路肩	0.056	0.046	1.204	
服務區	0.097	0.048	2.020	*
駕駛特性				
駕駛資歷(月)	-0.001	0.000	-3.395	***
班表星期	0.001	0.042	0.020	
24 小時內排班 2 趟	0.000	0.045	0.005	
24 小時內排班 3 趟	0.071	0.062	1.133	
發車時間時段 凌晨	-0.043	0.058	-0.735	
發車時間時段 晨峰	0.026	0.046	0.560	
發車時間時段 昏峰	-0.225	0.078	-2.891	**
發車時間時段 晚上	-0.366	0.060	-6.123	***
模式績效				
AIC	12991.079			
BIC	13113.198			
LL(C)	-7117.488			
LL(β)	-6475.540			
ρ_c^2	0.090			
觀察值	3314			

8.2.3以單一事件危險度為基礎之分析

於 8.2.1 與 8.2.2 節，本計畫將涵蓋 ADAS 系統產生之資料，基於路段與趟次

解析異常與警示事件，是巨觀分析方法分別針對資料尺度的巨（路段）微觀（趟次）進行探討。本節則將此些事件以件為單位，在微觀尺度根據 200 趟旅次所紀錄到未保持安全距離、車道偏移，進行異常駕駛行為好發情境之探討。此節分析方式將每件事件之危險度進行分級，包含：警示、稍微異常、異常，解釋變數方面，則能捕捉當下交通、幾何、環境之特性，亦仍能將駕駛特性考量，將各類型因素與危險度進行連結。圖 8.2-5 為在此 200 趟次資料下，以單一事件危險度為基礎之示意圖。

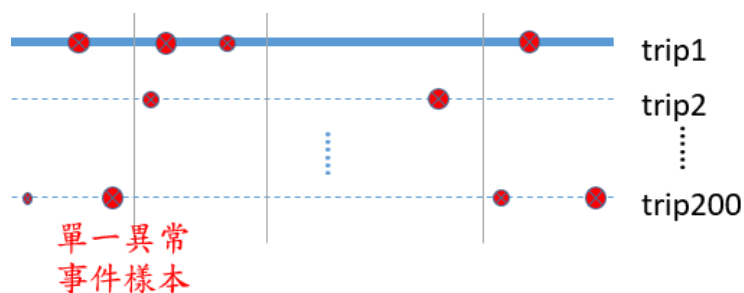


圖 8.2-5 單一事件危險度分析樣本示意圖

相較於前兩小節需先針對分割趟次與路段長度下，須檢核計數為零的比例並尋求適當的模式，本小節則以次序普羅比 (Ordered Probit) 模式，將第六章針對標示事件風險，進行資料清洗，排除資料有異，如：同類型事件連續判讀兩次，檢核為同一事件者，最後計有 2,246 筆資料，危險度與事件類型綜整如表 8.2-16。

表 8.2-16 單一事件危險度分析樣本示意圖

事件分類	樣本數	危險度	
總事件	2,246	警示	1,703
		稍微異常	452
		異常	91
未保安距	1,860	警示	1,368
		稍微異常	404
		異常	88
車道偏移	386	警示	335
		稍微異常	48
		異常	3

除了將所有事件聚合進行好發因素危險度分析外，由於事件樣本再分為未保安距與車道偏移兩大類，因此以次序普羅比分析全模式、未保安距模式、車道偏移模式共三類。以上模式使用風險標示判斷的分級做為事件危險度的被解釋變數，探討好發情境的解釋變數則以 8.1 節資料庫中所整理挑選，並先將候選變數中檢視，剔除部分相關係數過高之變數，其類似者僅保留一項變數納入分析模式。

本節所採用變數，可區分為幾何特性、交通環境特性以及駕駛特性，依照變數為連續變數或類別變數，如表 8.2-17 至表 8.2-20 所示，並整理全部資料之敘述性統計資訊。由表 8.2-17 連續變數之交通環境特性相比路段與趟次模型，本事件危險度分析藉由蒐集當下車輛的車速，並依照其發生事件地點，挑選其上、下游各最接近的 VD 資料，確認 VD 資料為非資料遺失者後進行平均，反應交通車流影響因子。相關變數包含：上下游 5 分鐘 VD 流量、小型車比例。另外，以相同方式進行銜接氣象資料之當地時雨量，將上下游平均，有利於處理資料為跨區時，參採雨量之合理依據。駕駛特性方面，則透過蒐集資料時獲得駕駛年齡，以及車輛發生該事件當下距離發車已經過多長時間(分鐘)。表 8.2-18 紀錄事件發生當下之道路幾何特性與交通環境特性中，屬於類別變數者，包含該處是否為彎道、該趟次是否為假日、方向是南下或北上、事件發生是否在夜間(夜間定義：日落後至隔日日出前)。而表 8.2-19 則為駕駛在開此趟車時，包含該趟次在內，於 24、72、168 小時中(即：1 日、3 日、7 日中)，總共駕駛了多少趟次；表 8.2-20 則表示該趟次發車時的時段為何，共分為凌晨(0a.m.~6a.m.)、晨峰(6a.m.~8a.m.)、白天(8a.m.~5p.m.)、昏峰(5p.m.~7p.m.)以及晚上(7p.m.~12p.m.)五個時段。最後表 8.2-20 展示此 200 趟次中所有事件發車時間以時段區分之統計表。

ADAS 系統雖將警示事件分為七項，但囿於樣本限制以及事件類型之本質，概分為跟車上的未保持安全距離，以及駕駛時左右方向的車道偏移兩類，分別選取前述解釋變數進行次序普羅比模式建構。

表 8.2-17 解釋變數之敘述性統計(連續變數)

解釋變數	平均值	標準差	最小值	最大值
交通環境特性				
事件發生時車速(公里/小時)	84.28	23.35	0.00	108.00
上下游 5 分鐘 VD 平均(小客車當量)	310.70	155.14	0.00	1043.00
上下游 VD 平均小車比例	0.77	0.14	0.17	0.97
上下游 VD 處平均時雨量(毫米)	0.06	0.45	0.00	7.50
駕駛特性				
年齡	42.09	9.44	27.50	58.58
該趟次已行駛時間	153.24	62.30	10.30	309.56

表 8.2-18 解釋變數之敘述性統計(類別變數)

解釋變數	定義	計數(比例)	
		0	1
幾何特性			
大彎道	事件發生處是否為大彎道	1,656(74%)	590(26%)
彎道	事件發生處是否為彎道	1,534(68%)	712(32%)
環境特性			
假日	假日為 1，平日為 0	1,829(81%)	417(19%)
南下	南下為 1，北上為 0	1,126(50%)	1,120(50%)
夜間	由事件發生當下若已日落則為 1，否則為 0	1,547(69%)	699(31%)

表 8.2-19 解釋變數之駕駛人 24、72、168 小時內排班趟次統計

24 小時內	計數(比例)	72 小時內	計數(比例)	168 小時內	計數(比例)
1	331(15%)	1	8(<1%)	5	24(1%)
2	1,673(74%)	2	42(2%)	6	64(3%)
3	242(11%)	3	317(14%)	7	84(4%)
		4	356(16%)	8	111(5%)
		5	902(40%)	9	179(8%)
		6	607(27%)	10	792(35%)
		7	14(1%)	11	428(19%)
				12	480(21%)
				13	84(4%)
總計	2,246	總計	2,246	總計	2,246

表 8.2-20 解釋變數之發車時間之時段區分統計

解釋變數	計數(比例)
凌晨	388(17%)
晨峰	371(17%)
白天	1,139(50%)
昏峰	80(4%)
晚上	268(12%)
總計	2,246

表 8.2-21 為將樣本分為全模式、未保安距、車道偏移後得到之校估參數結果。其中，參數係數值下方括弧內數值為其標準誤(係數旁的星號，三個代表該參數校估達 0.001、兩個代表達 0.01、一個代表達 0.05，句點符號則為達 0.1 之顯著性)。

表 8.2-21 事件危險度次序普羅比模式校估結果

解釋變數	被解釋變數		
	全部事件	未保安距	車道偏移
幾何特性			
大彎道	0.024 (0.074)	0.029 (0.081)	0.543* (0.232)
彎道	-0.033 (0.067)	-0.044 (0.072)	0.215 (0.254)
幾何特性			
坡道	0.155 (0.088)	0.179 (0.097)	-0.189 (0.271)
交通環境特性			
事件發生時車速(公里/小時)	0.002 (0.001)	0.004* (0.001)	-0.020 (0.012)
上下游 5 分鐘 VD 平均 (小客車當量)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.002* (0.001)
上下游 VD 平均小車比例	-0.155 (0.236)	-0.677* (0.266)	1.068 (0.639)
上下游 VD 處平均時雨量 (毫米)	-0.095 (0.003)	-0.063 (0.073)	-8.381 (455.111)
假日	0.070 (0.075)	0.157 (0.097)	0.279 (0.219)
交通環境特性			
南下班次	0.127* (0.064)	0.152* (0.069)	0.114 (0.218)
夜間	0.056 (0.090)	0.157 (0.097)	-0.878** (0.324)
駕駛特性			
年齡	-0.010** (0.003)	-0.009* (0.003)	-0.023 (0.124)
該趟次已行駛時間	-0.000 (0.000)	0.000 (0.001)	-0.002 (0.018)
駕駛特性			
駕駛 24 小時內排班趟次	-0.033 (0.061)	-0.013 (0.067)	-0.126 (0.190)
駕駛 72 小時內排班趟次	0.078* (0.033)	0.071* (0.035)	0.016 (0.101)
駕駛 168 小時內排班趟次	-0.023 (0.022)	-0.016 (0.024)	-0.045 (0.065)
發車時段為凌晨	-0.256** (0.095)	-0.257* (0.105)	-0.025 (0.298)
發車時段為晨峰	0.340*** (0.080)	0.346*** (0.083)	-0.129 (0.356)

根據模式校估結果，幾何特性中，發生事件處若為坡道，對事件危險度發生有正向影響，對整體模式亦達 0.1 顯著，表示發生危險機率較高。但針對車道偏移，事件危險度則更加好發於彎道半徑較小處(大彎道)，明顯的彎道處將易影響行車視距與車輛操控性；但對未保安距的影響則不顯著。

交通環境特性方面，事件發生時車速與 5 分鐘交通量雖具顯著但係數校估結果對事件好發程度影響相對小，時雨量則不顯著。而當車種比例(小車)越高時，發生危險度較高之事件機率影響為負向。其他顯著影響因素包含班次南下為正向影響，夜間對車道偏移則為負向。駕駛特性方面，年齡具有些微的負向影響，推測與駕駛操控的經驗與成熟度略有相關；而該趟車次已行駛時間、24 與 168 小時內排班趟次影響並不顯著。但 72 小時內排班趟次對未保安距以及事件全體模式有正向影響。受限於無法確定該些排班趟次變數之數值(尤其以多日的 72 與 168 小時)是否為輪班中剛上線，或是已經連續開第二趟等，未來可獲得更詳細資料進行預測對於事件的影響關係。發車時段針對未保安距與事件全體模式之危險度，以白天發車為基底，略有晨峰發車較白天更易發生危險；凌晨、昏峰、夜晚則依序較為不傾向發生且較安全於基底的白天時段。針對顯著之關鍵因素，則整理如表 8.2-22，其顯著性與表 8.2-21 判讀方式相同。

表 8.2-22 事件危險度與影響因素表

事件危險度影響因素	全部事件	未保安距	車道偏移
幾何特性			
大彎道			(+)*
坡道	(+)	(+)	
交通環境特性			
事件發生時車速 (公里/小時)	(+)	(+)*	(-)
上下游 5 分鐘 VD 平均小客車當量			(-)*
上下游 VD 平均小車比例		(-)*	(+)
南下班次	(+)*	(+)*	
夜間			(-)**
駕駛特性			
年齡	(-)**	(-)*	(-)
駕駛 72 小時內排班趟次	(+)*	(+)*	
發車時段為凌晨	(-)**	(-)*	
發車時段為晨峰	(+)**	(+)**	
發車時段為昏峰	(-)	(-)*	
發車時段為夜晚	(-)**		

8.2.4 分析小結

綜合上述三類以事故或事件為基礎之巨微觀時空資料分析，分別能夠找出影響事故或事件發生之關鍵影響因素，以未保持安全距離事件為例，將影響事件發生及危險度之關鍵影響因素整理如表 8.2-23 所示。值得注意的是，交通環境特性的「小車比例」顯示當路段上小車比例越高，將使客運駕駛未保持安全距離事件

增加，但卻有較低之危險程度，說明駕駛行駛在此種情境時，雖然會發生較多的未保持安全距離事件，但若車種同質性高、路況較為單一穩定，事件發生的危險程度普遍不高。其餘相同關鍵影響因素則在模式中正負大致相仿，而隨資料尺度微觀，趟次與單一事件危險度分析有駕駛相關變數，及更即時的交通特性變數。而路段、趟次主要針對事件好發情境；事件危險度針對事件好發條件時解釋其危險程度。

目前時空分析所校估的模式結果，可得到路段、趟次、單一事件已涵蓋幾何、交通環境、駕駛各方面特性，皆具部分情形可能使異常事件好發或發生後更傾向有不同的危險度。其中，幾何特性經過長年改善，或已不易再有大幅調整空間(靜態資訊)，但從圖 8.2-3 路段分析的四個象限，仍可先供路權機關鎖定高風險路段，再輔以屬於動態資訊的交通、天候狀況提醒用路人。如趟次分析模式中，交通量可以審視該一定區間的車流增加時，異常事件可能增加；單一事件危險度分析模式中，小車比例較低時道路狀況較複雜，此時若發生異常事件可能較危險。雖然本期計畫樣本受限尚無法有相當全面的定論，但動態資訊若具備以上針對異常事件發生危險的情境存在時，路權機關可適時透過 CMS、無線廣播等即時提醒鄰近路段，尤其高風險路段處之用路人，以當下動態影響變數之狀態，使駕駛提高警覺，並建議維持車流順暢之平穩駕駛為上。

相同地，針對業者部分，也能訓練、告知旗下駕駛，哪些路段風險較高，如接獲 CMS 等管道所提供即時的提醒資訊，更應小心駕駛；以及趟次分析之結論，若在交織較多處，如：服務區附近，需加注意。而針對風險較高的時段趟次以及不同駕駛資歷的駕駛，都應友善提醒與教育駕駛，培養其正視風險的態度。在第一線之外，內部排班也應針對司機趟次數自我規範，以免使異常事件過度好發。

路段與趟次之時空分析，其與道路交通環境等相關因素可做為道路改善之參考依據，並推動路權機關必要時主動提供資訊、營運業者檢視內部員工排班狀態。更期望日後能藉由「高速公路高風險路段時空分析平台」，標示出風險較高之危險路段，結合即時資訊協助有關單位研擬出改善方案，系統性大範圍推播(不只侷限於 CMS 等方式)，尤針對風險較高區間，主動防制異常事件乃至事故。另外，趟次與單一事件危險度基礎之分析，未來期能再找出與駕駛人特性有關且更確定之影響因素，則可以在業者內部之教育訓練，以及針對駕駛人獎懲管理上有進一步之做為，以降低異常駕駛行為。

表 8.2-23 未保持安全距離事件發生及危險度之影響因素

關鍵影響因素	路段分析	趟次分析	危險度分析
幾何特性			
最小內側路肩寬	(-)**	(-)**	
最大上坡度			(+)
大彎道	(-)**		
交通環境特性			
小車比例	(+)**		(-)*
總交通量	(+)**	(+)**	
行車趟次數	(+)**		
事件發生時車速 (公里/小時)			(+)*
南下班次			(+)*
設施特性			
有固定式測速照相	(+)**		
鄰近服務區		(+)*	
駕駛特性			
駕駛資歷(年齡)		(-)**	(-)*
72 小時內排班趟次			(+)*
發車時間時段凌晨			(-)*
發車時間時段晨峰			(+)**
發車時間時段昏峰		(-)**	(-)*
發車時間時段晚上		(-)**	

8.3 高速公路風險路段時空分析平台

本計畫已透過地理資訊系統技術建置「高速公路風險路段時空分析平台」呈現本計畫重要產出資料，以斑點圖呈現交通事故、警示事件、異常事件等點資料，以及風險路段之線資料等。如圖 8.3-1 所示，未來將基於本期計畫成果發展預測模式，持續擴充本平台之功能外，也期待未來能發展成服務給導航系統使用。

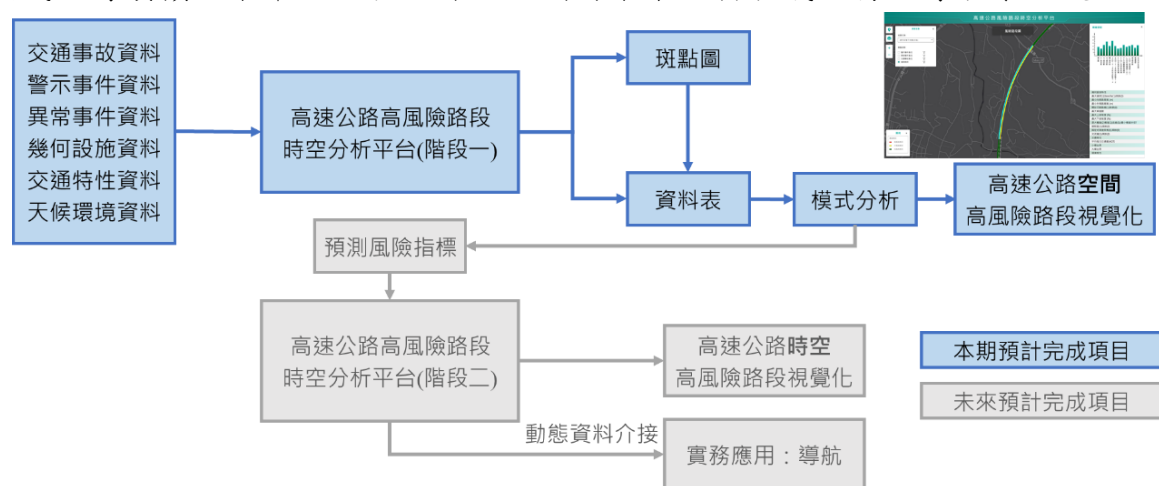


圖 8.3-1 高速公路風險路段時空分析平台發展構想

1. 系統架構

如圖 8.3-2 所示，高速公路風險路段時空分析平台之主要功能包含基本圖台操作、里程定位、圖層套疊功能三大項。其中圖層套疊包含了底圖與交通事故、警示事件、異常事件、風險路段四大主題圖，另規劃進階篩選功能讓使用者可透過欄位屬性、時間區間進行資料篩選。

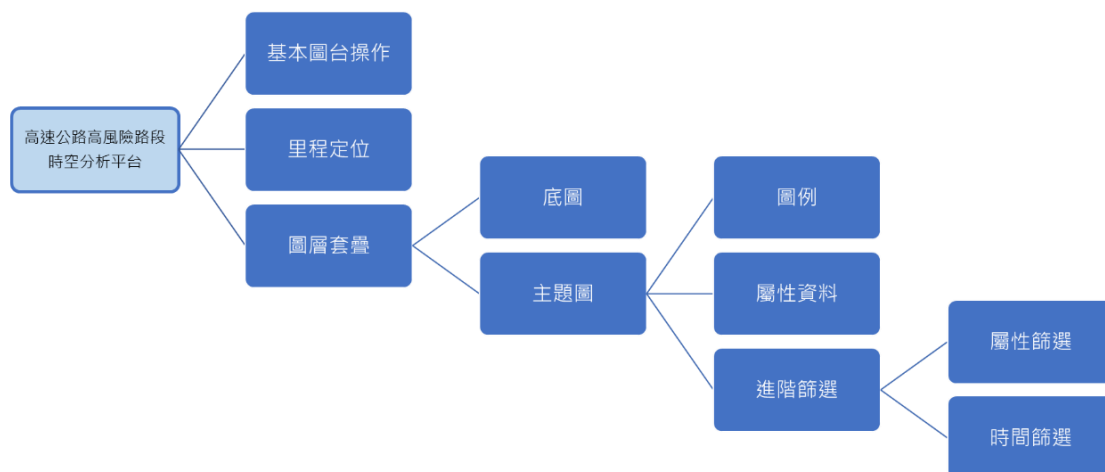


圖 8.3-2 高速公路風險路段時空分析平台-系統架構

2. 里程定位

定位功能為地理資訊系統常見之輔助功能，常用的定位方法多為坐標定位、地址定位，惟考量本計畫之研究範圍為國道一號，特別設計透過國道之里程樁進行定位。如圖 8.3-3 所示，使用者可透過左側下拉式選單與輸入框，輸入國道編號、南北向、里程(公里)數，系統將自動定位至對應之地圖位置。



圖 8.3-3 高速公路風險路段時空分析平台-里程定位

3. 圖層套疊

圖層套疊如圖 8.3-4 所示，主要分為底圖(電子地圖)與本產產出之四大主

題圖，包含交通事故(點)、警示事件(點)、異常事件(點)、風險路段(線)。

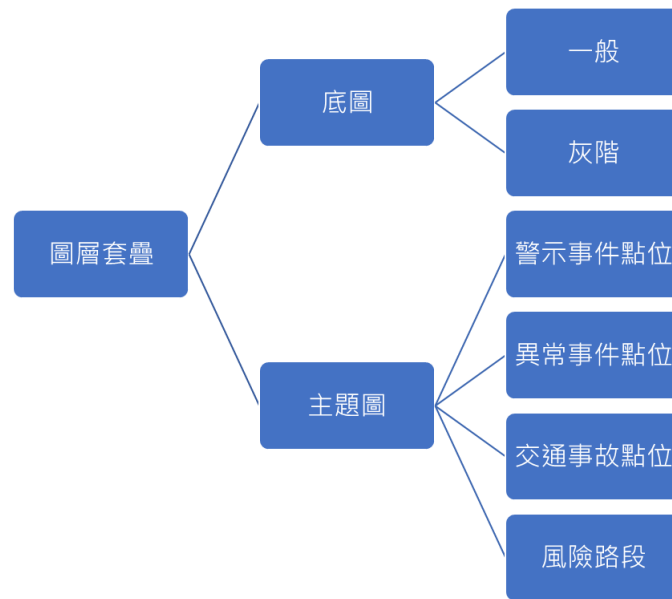


圖 8.3-4 高速公路風險路段時空分析平台-圖層套疊

4. 底圖

本平台之底圖除介接一般配色(如圖 8.3-5)之 Open Street Map(OSM)外，亦提供灰階版本(圖 8.3-6)之 OSM 供選擇，灰階版本之地圖可突顯本案產出之主題圖層。



圖 8.3-5 高速公路風險路段時空分析平台-底圖(一般)



圖 8.3-6 高速公路風險路段時空分析平台-底圖(灰階)

5. 風險路段

風險路段主題圖以線資料呈現，每 2 公里為單位，並區分南北向，並以不同顏色區分高(紅)、中(黃)、低(綠)風險之路段。使用者可進一步點擊路段，查看資訊窗內詳細資訊，並透過長條圖將事故數等資訊進行視覺化，方便使用者了解風險評估之依據。



圖 8.3-7 高速公路風險路段時空分析平台-圖層(風險路段)

6. 交通事故

本計畫取得 110 年 3 月、110 年 6 月之交通事故資料，交通事故資料無位置之坐標值，只有國道里程數之參考值，故本平台將每筆事故資料透過國道里程數關聯至對應之里程樁坐標，方能呈現於圖台(如圖 8.3-8)，進一步點擊事故點，將出現資訊窗顯示該事故之詳細資訊。



圖 8.3-8 高速公路風險路段時空分析平台-圖層(交通事故)

7. 警示事件

警示事件為 ADAS 產出之資訊，包含車道偏移與未保持安全距離兩大類，因此可得知實際之坐標值，透過坐標值呈現於圖台(圖 8.3-9)，進一步點擊事故點，將出現資訊窗顯示該事故之詳細資訊。

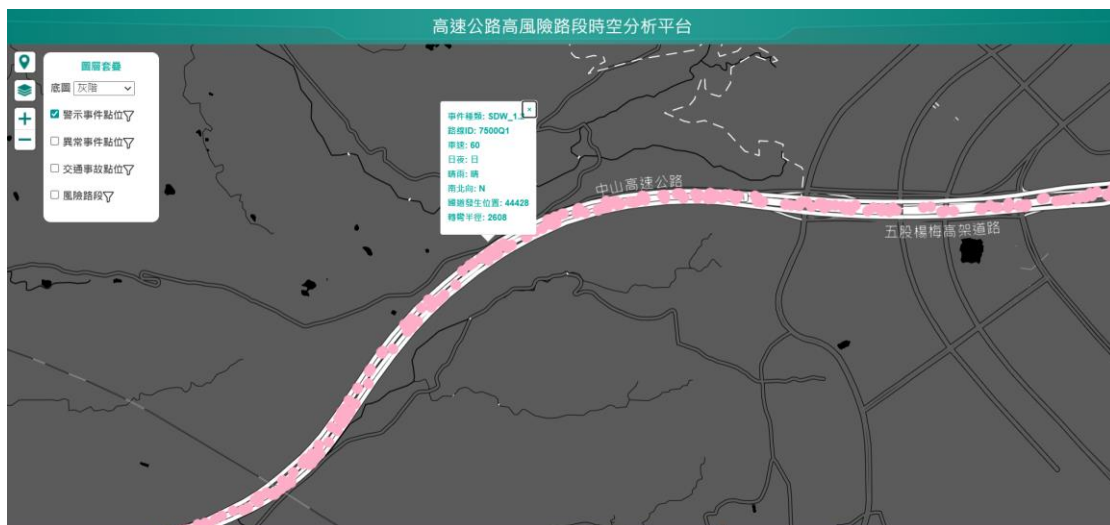


圖 8.3-9 高速公路風險路段時空分析平台-圖層(警示事件)

8. 異常事件

異常事件是從所有警示事件中篩選得出，同樣透過坐標值呈現於圖台(圖 8.3-10)，進一步點擊事故點，將出現資訊窗顯示該事故之詳細資訊。



圖 8.3-10 高速公路風險路段時空分析平台-圖層(異常事件)

9. 進階篩選

針對四大主題地圖，本平台皆設有進階篩選功能，包含類型篩選與時間篩選，圖 8.3-11 以風險路段為例，若只勾選「高風險」、「中風險」、「2021 年 3 月資料」，地圖上就只會出現符合篩選條件之資料內容。

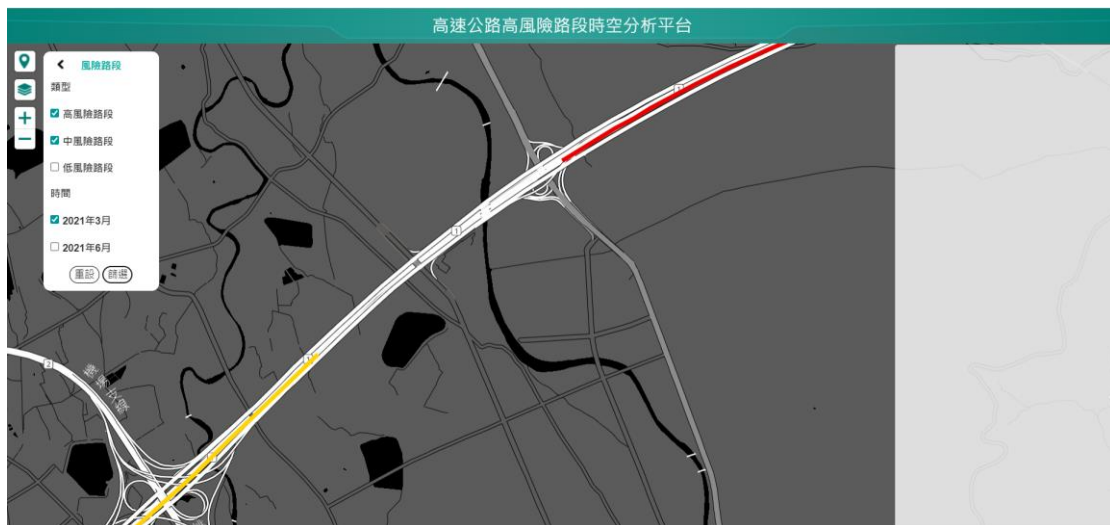


圖 8.3-11 高速公路風險路段時空分析平台-進階篩選(以風險路段為例)

8.4 駕駛風險指跡分析

8.4.1 風險指跡分析的概念

自動編碼器(Autoencoder)是人工智慧深度學習中一種非監督學習演算法，如圖 8.4-1 形狀如同漏斗狀的多層神經網路，可用於資料的壓縮、還原，萃取資料特徵，減少人工標計成本。其架構的前半部稱為編碼器(Encoder)，後半段則稱為

(Decoder)，分別進行壓縮及解壓縮的動作。高維度的輸入值 x 經過編碼器壓縮後，會編碼成一段低維向量 Encoded code (又稱 encoded features、embedding code)，再將這段 code 經過解碼器解碼還原，輸出重新建立的 input x' 。整個自動編碼器的目標是使最後輸入及輸出趨於相等 $x \approx x'$ ，透過不斷迭代訓練、修正參數，中間的低維向量 Encoded code 會自動萃取輸入值的重要特徵。最後可以將訓練好的 Autoencoder 模型參數，透過轉移學習(Transfer learning)，只截取前半部之 Encoder，做為壓縮數據之編碼器，轉移至任意地方執行。由於，Encoded code 是一段具有高階特徵的低維向量，其具有以下優點：

1. 能夠萃取輸入值的高階特徵。
2. 維度變小，資料量大幅變小。
3. 為一段固定長度向量，並不帶有個人隱私資訊。

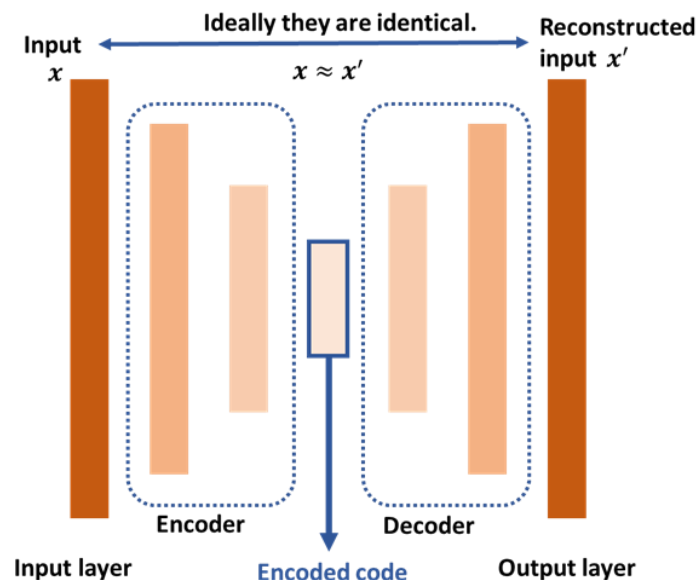


圖 8.4-1 Autoencoder 示意圖

本計畫擬透過監督式深度時序網路模型(如 1D-CNN、RNN)學習車輛動態中的駕駛風險特徵，由深度神經網路萃取高風險駕駛動態操作；再利用 Autoencoder 萃取關鍵特徵和壓縮高維度資料，解決人工標記成本以及過去對於駕駛風格未針對駕駛具風險操作動態問題，本計畫利用 Autoencoder 自動編碼器，將時間序列資料以固定時間窗格滑動的方式，將每段旅程的多元時間序列資訊進行壓縮編碼(encoder)，將萃取出帶有駕駛特徵的 encoded features，在本計畫將這段 encoded features 稱之為駕駛風險指跡(Risk-aware fingerprint)。在模型中定義監督與非監督的兩種損失誤差最小化的最佳化目標函數訓練神經網路，使車輛動態即時編碼成

以駕駛風險為先驗知識的駕駛風格指跡。建立帶有駕駛個人風險指跡(Risk-aware fingerprint)，未來可採用此指跡分析預測出駕駛員風險。

面對未訓練過資料時，資料因為已訓練過的網路將專注於之前所學習的風險先驗知識，具有良好的特徵萃取能力(監督式學習的優點)，autoencoder 則針對風險先驗知識特徵編碼風格指跡，可以視為是將先驗知識嵌入資料結構當中的手段，讓風格指跡之間具有群組內凝聚和不同群組可分性(非監督式學習的優點)，這樣的編碼特性將讓後續分類器更容易去進行分類，而低維度的編碼也能加速程式運算效率。

帶有駕駛個人風險指跡(Risk-aware fingerprint)架構顯示如圖 8.4-2 所示，車輛動態資料(GPS、CAN-Bus)分別匯入本計畫的模型中，由於駕駛行為在實際之駕駛場景中，具有前後之因果關係，因此考慮到動作在時間上的連續關係，本計畫將時序資料進行滑動窗格處理，意即將時序資料切成每 6 秒一個的時間窗格(time windows)，並且將每一窗格進行二分之一的重疊；隨後經過 AutoEncoder 的編碼壓縮等訓練，而後取得的編碼器(Encoder)再經過一次的行車風險模型訓練，萃取出編碼出來的 Risk-aware fingerprint 是一段據有高階特徵的低維矩陣，配合 SAX 計算出之駕駛風險等級以及駕駛風格序列所產出之駕駛風格，組合成每六秒一個的駕駛風險指跡。

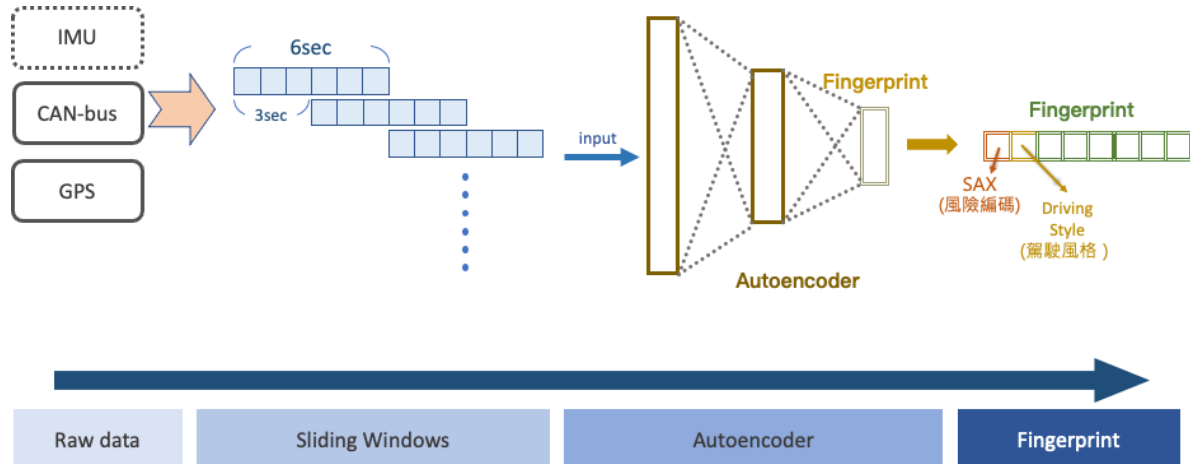


圖 8.4-2 駕駛風險指跡分析流程圖

8.4.2 SAX 轉換與風險分數

1. SAX (Symbolic Aggregate approximation)

SAX 是一種基於 PAA 離散符號化的表示方式，這個算法最初是由 Lin et

al. (2007)提出的，它擴展了基於 PAA 的方法並繼承了原始方法的簡單和低複雜度的特點，具有能夠將數據降低維度、進行數據壓縮的特性。SAX 算法包括兩個步驟：一、將原始時間序列數據轉換為分段聚合近似法(PAA)特徵表示。二、將 PAA 數據轉換為字符串。

首先，可利用 PAA 將數據降維，將正規化後的 n 維時間序列 $C = c_1, c_2, \dots, c_n$ 轉換為 w 維的向量 $(\bar{c}_1, \bar{c}_2, \dots, \bar{c}_w)$ ，其中，第 i 個 $\bar{c}_i$ 是按照下式計算：

$$\bar{c}_i = \frac{w}{n} \sum_{j=\frac{n}{w}(i-1)+1}^{\frac{n}{w}i} c_j \quad \text{式 1}$$

為了將 n 維原始的時間序列降到 w 維，將原始時間序列資料劃分為 w 個片段，也就是數據被分成 w 個相同大小的區域， $\bar{c}_i$ 是第 i 個片段的平均值，其中 $\frac{w}{n}$ 稱為壓縮率，必須保證為整數。

圖 8.4-3 為例，PAA 後的時間序列被分成 8 個相同大小的片段， $\bar{c}$ 則代表此片段的平均值。

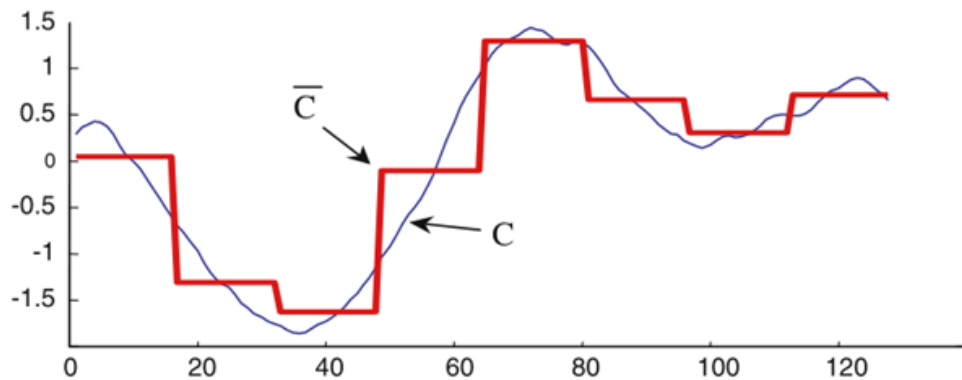


圖 8.4-3 PAA 之示意圖

將每個時間序列資料正規化，再將其轉換為 PAA 後，由於正規化後的時間序列具有高斯分佈，因此方便實現時間序列的離散化。通過高斯分佈的時間序列，可以透過查詢斷點列表，找到欲劃分等級(a 值)之斷點 β (breakpoints)，相鄰兩斷點內的區間被劃分成任意數量且等機率值的範圍，在斷點區域範圍內的 PAA 序列值可以進行符號化，如圖 8.4-4 為範例，序列依照斷點被分割成三個機率相同的部分，也就是分成三個等級($a=3$)，小於最小斷點(β_1)的所有

PAA 值被映射到符號 0，大於或等於最小斷點並且小於第二小段點(β_2)的所有數值則被映射到符號 1，依此類推，將轉換成一串「10012212」的符號，將會以利後續的分數計算，然而，除了將 PAA 值轉成數值型符號(123 等)之外，亦可以轉換成字符串形式，例如：「baabccbc」。(Lin, J.N.(2021))

表 8.4-1 高斯分布之斷點表

β_i	3	4	5	6	7	8	9	10
β_1	-0.43	-0.67	-0.84	-0.97	-1.07	-1.15	-1.22	-1.28
β_2	0.43	0	-0.25	-0.43	-0.57	-0.67	0.76	-0.84
β_3		0.67	0.25	0	-0.18	-0.32	-0.43	-0.52
β_4			0.84	0.43	0.18	0	-0.14	-0.25
β_5				0.97	0.57	0.32	0.14	0
β_6					1.07	0.67	0.43	0.25
β_7						1.15	0.76	0.52
β_8							1.22	0.84
β_9								1.28

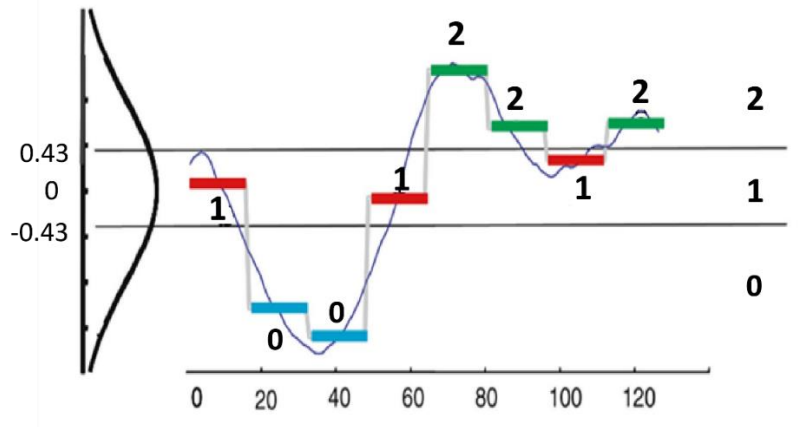


圖 8.4-4 符號化示意圖

2. 風險分數計算 (Scoring)

Chen *et al.* (2019) 針對前進方向上的加速度(y 軸)，提出了一屬於汽車駕駛的風險分數，我們針對這一公式進行了改編。式 2 代表的是前進方向上的加速度(y 軸)此一維度中每一時間窗格之風險分數，在本計畫中，時間窗格的長度暫定為六秒鐘。

$$score = abs[mean(CODE) - 3] + 0.5 * std(CODE) \quad \text{式 2}$$

式 2，score 是每一時間窗格之駕駛行為風險評估分數之公式，其中 CODE 代表的是駕駛模式正規化後之風險評估代碼，例如：「123」，而 mean 和 std 分別用為該筆 CODE 的平均值與標準差，代碼「123」的平均值是 $(1+2+3)/3=2$ ，標

準差為 1，abs 函數為計算絕對值。該計算分數的方法是基於數值的幅度與變化，以反應駕駛行為的安全性，舉例來說，「666」的駕駛模式近似於急加速度，平均值為 6，標準差為 0，分數計算為 $|6 - 3| + 0.5 * 0 = 3$ ，因此此時間的風險分數為 3，「456」為緩加速，分數為 2.41，「333」為滑行，分數為 0，分數越高代表此時間內駕駛行為越危險，分數越低表示較安全。

在式 2 的版本中，僅使用了前進方向加速度的單維度駕駛資訊，但在駕駛特性上，我們更需要探討加速度在各個維度上的變化，因此我們改良式 2 每一維度的駕駛風險分數乘以各維度的風險比重，得到多維度每一時間窗格之風險分數：

$$SCORE_j = \frac{\sum_i w_i \cdot score_{ji}}{\sum_i w_i} \quad \text{式 3}$$

式 3 中， i 表示第 i 維度， j 表示第 j 個時間窗格， w_i 表示第 i 維度的權重。本計畫將各個權重暫且設定為相同比重（都為 1）。

8.4.3 駕駛風格與序列

駕駛風格是由駕駛技巧、外部條件（如：週末、天氣、心情等）以及其他因素之間相互影響後所進行之決策，而駕駛風格則由不同駕駛行為序列所組成，意即同一位駕駛在不同之條件下可能表現出不同的駕駛風格。(Marina Martinez *et al.*, 2018)

本計畫奠基於現有車載 ADAS 系統所記錄之事件，利用專家法逐一過濾每筆車機紀錄事件之過程當中，依據其時間長度及因果關係，找出可能是為激進駕駛風格，或是困倦駕駛風格之駕駛序列模式，經由此駕駛序列模式定義出駕駛風格之判別規則，再經由行駛影像比對驗證自定義之駕駛風格之正確率，並於驗證後標記其駕駛風格做為駕駛風險指跡編碼之一部分；本計畫提出 3 條激進駕駛風格序列以及一條疲勞駕駛風格序列。詳細步驟如下所示：

1. 統整車機標記之危險事件中之多數真實情況：例如車道偏移中，大多數之真實情況為分心，而未保持安全距離中，大多數為變換車道。
2. 駕駛事件驗證：利用前一階段所記錄之事件時間區間段，以及車機標記事件時所一同回傳之 GPS 等資訊，建構上述之多數真實駕駛行為，卻非為車機

所記錄之駕駛事件之過濾條件。

3. 駕駛風格定義：經由前述之駕駛事件定義，進一步定義並過濾出與駕駛風格相關之過濾條件。

4. 駕駛事件與風格驗證：利用行駛影像以及前一階段所標記之真實情況，進行比對驗證，確定前述之自定義駕駛事件以及自定義駕駛風格之過濾條件之正確率。

以下針對 3 條激進駕駛風格序列及 1 條疲勞駕駛風格序列說明其定義：

1. 激進駕駛風格序列

本計畫奠基於車機標記之「未保持安全距離 0.4」以及「未保持安全距離 1.2」事件，研擬序列規則，配合車輛動態數據，可辨識出大客車之變換車道行為，並進一步訂定激進變換車道的序列規則，辨識出變換車道中之激進變換車道行為，用以標記為激進駕駛風格。

本計畫車輛行經路線集中於國道一號，本計畫利用「未保持安全距離 0.4」以及「未保持安全距離 1.2」事件紀錄時間點前後 3 秒之經度差，做為變換車道行為之判定。而國道一號雖因本國之地理因素，而有稍微斜往東北方向，並非正南北向，但由於本計畫採用短時間進行經度差計算，因此國道一號之斜向問題可忽略。

但變換車道行為中包含不同之駕駛風格，且大多變換車道行為仍為正常駕駛風格，而由行駛影像中發現，有時駕駛於欲變換之鄰近車道有車之狀況下，仍變換車道，導致變換車道後距離前車非常近之激進駕駛狀況，因此本計畫奠基於此進一步定義激進變換車道的序列規則，詳細條件如下所示：

表 8.4-2 激進駕駛風格序列

編號	駕駛風格序列	駕駛風格
Rule 1.	$if \frac{{}^3[S_{0.4}]^3}{LC}$	then 激進駕駛風格
Rule 2.	$if \frac{[S_{0.4} S_{1.2}]>3}{[LC]^5}$	then 激進駕駛風格
Rule 3.	$if [S_{0.4} S_{1.2}]>5$	then 激進駕駛風格

8.4-3 駕駛序列代號說明表

代號	說明
LC	變換車道
$S_{0.4}$	未保持安全距離 0.4
$S_{1.2}$	未保持安全距離 1.2
LD	車道偏移
$x[]y$	x =事件發生前秒數區間 y =事件發生後秒數區間
事件代碼 $_i$	i =事件持續秒數

(1) 激進駕駛風格序列規則－1 (Aggressive-1)：

本計畫觀察到第一種激進駕駛風格序列為，當 ADAS 車機偵測到「未保持安全距離 0.4」事件之前 3 秒或是後 3 秒間完成變換車道行為，則判定為「激進駕駛風格序列規則－1」。詳如以下公式，示意如圖 8.4-5。

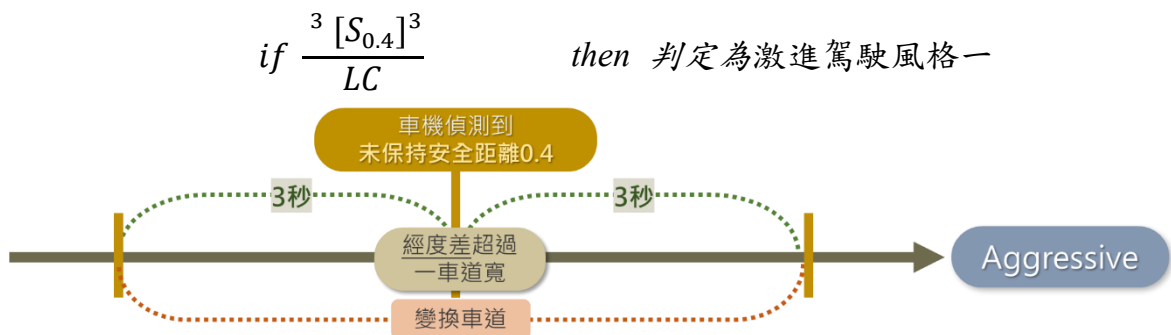


圖 8.4-5 激進駕駛風格序列規則－1

本項激進風格常見於本車預計進行變換車道行為，過度逼近本車道之前車導致 ADAS 車機偵測到「未保持安全距離 0.4」之事件，或於鄰近車道前方有車狀況下，仍進行變換車道行為（下圖案例 A），導致在完成變換車道後過度逼近前方車輛，而觸發「未保持安全距離 0.4」事件（下圖案例 B），詳如以下條件及圖 8.4-6 所示。

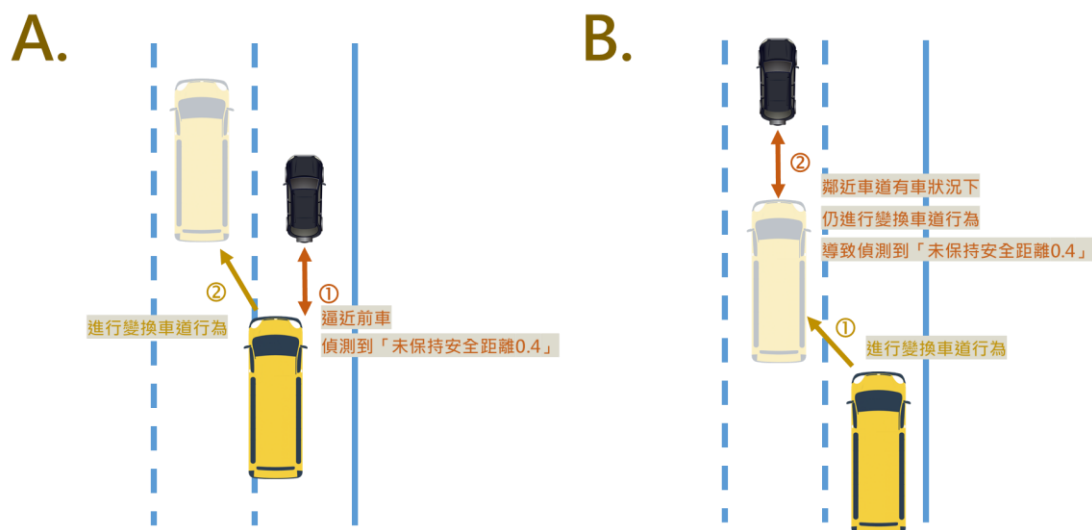


圖 8.4-6 激進駕駛風格序列規則—1 之可能狀況示意圖

(2) 激進駕駛風格序列規則—2 (Aggressive-2)：

第 2 種激進駕駛風格序列為，當本車於 5 秒內即完成變換車道行為的前提之下，且車機事件記錄數據中，未保持安全距離的告警事件持續時間超過 3 秒，常見於本車預計進行變換車道行為，過度逼近本車道之前車導致 ADAS 車機偵測到「未保持安全距離 1.2」或「未保持安全距離 0.4」之事件，並且遲遲未減速，持續逼車達三秒以上，詳如以下條件及圖 8.4-7、圖 8.4-8 所示。

$$\text{if } \frac{[S_{0.4} | S_{1.2}] > 3}{[LC]^5} \quad \text{then 判定為激進駕駛風格二}$$

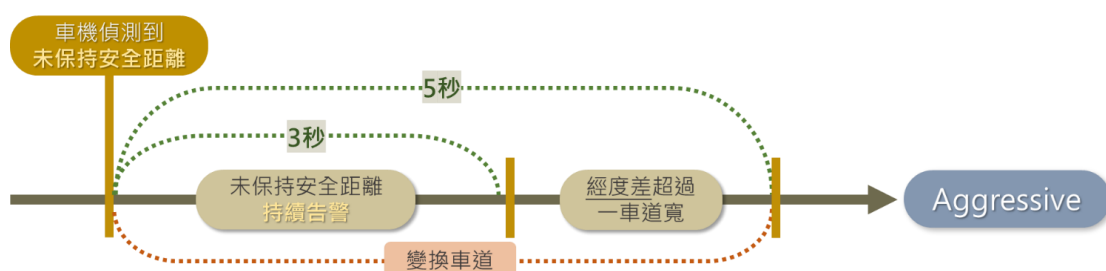


圖 8.4-7 激進駕駛風格序列規則—2

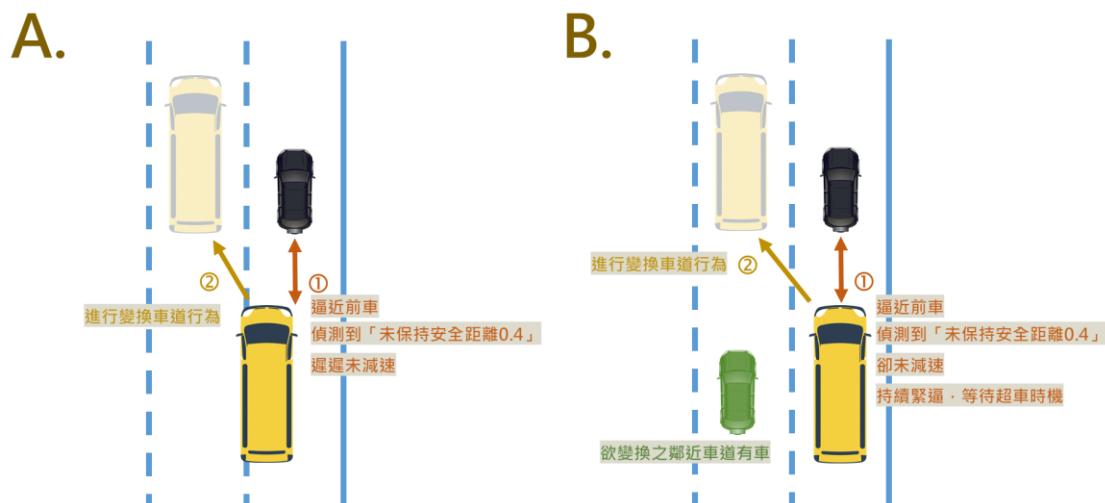


圖 8.4-8 激進駕駛風格序列規則—2 之可能狀況示意圖

(3) 激進駕駛風格序列規則—3 (Aggressive-3)：

第 2 種激進駕駛風格序列為，當本車 ADAS 發出未保持安全距離事件，該事件持續超過 5 秒則判定為激進駕駛風格三，常見之情況與前述之激進駕駛風格序列規則—2 之可能狀況類似，但更進一步涵蓋了長時間逼車的狀況，詳如以下條件及圖 8.4-9 所示。

$if[S_{0.4} | S_{1.2}] > 5$ then 判定為激進駕駛風格三



圖 8.4-9 激進駕駛風格序列規則—3

2. 疲勞駕駛風格序列

疲勞駕駛風格是由不同駕駛行為序列所組成之較長時間駕駛模式，尤其駕駛於長時間駕駛於高速公路等，周邊風景如出一轍之道路時，容易出現注意力不集中等情形，而於本計畫當中，將分心之情形納入疲勞駕駛之範疇當中。本計畫經由行駛影像資料，觀察其真實狀況，發現出現車道偏移狀況，絕大多數皆為駕駛者出現分心之情形，例如：拿手機、查看資料、講電話、吃東西等，且大多在事件紀錄前 15~25 秒，即明顯看出駕駛之分心行為，而導致後續出

現車道偏移狀況而被標記。

車道偏移於某國道客運業者所使用之車機硬體設備中，將其「車道偏移(左)」以及「車道偏移(右)」標記為不同之事件特徵，本計畫奠基於車機所標記之車道偏移事件，及其他經觀察行車影像後所判定，與疲勞駕駛行為序列有關之事件，研擬駕駛風格序列規則，可辨識出車道偏移中之分心駕駛狀況，用以標記為疲勞駕駛風格。詳細條件如下所示：

本計畫提出來的疲勞駕駛風格法則為，當車機偵測到「車道偏移」事件，以偏移事件時間點做為中心，前後五分鐘以內，並且除去前後 30 秒之時間區段中，有發生以下任一事件，則判定並標記為疲勞駕駛風格：

- (1) 未保持安全距離 1.2
- (2) 未保持安全距離 0.4
- (3) 嚴重車道偏移

$if [S_{0.4} | S_{1.2}]^{5 \times 60} \rightarrow {}^{30}[LD]$
or
 $if [LD]^{30} \rightarrow [S_{0.4} | S_{1.2}]^{5 \times 60}$

then 判定為疲勞駕駛風格一

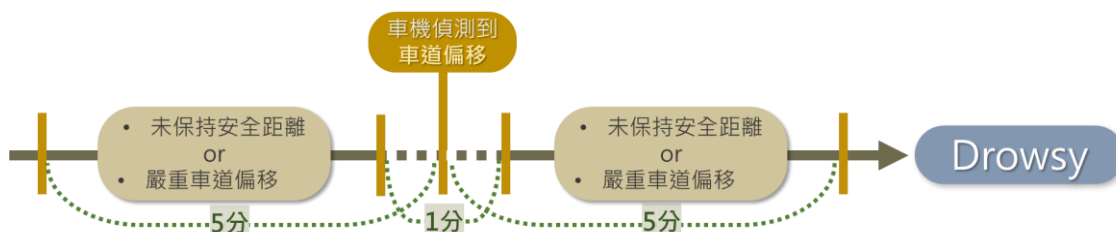


圖 8.4-10 疲勞駕駛風格序列規則—1

8.4.4 風險指跡分析結果

1. SAX 轉換與風險分數

駕駛行為在實際之駕駛場景中，具有前後之因果關係，因此考慮到動作在時間上的連續關係，本計畫將時序資料進行滑動窗格處理，意即將時序資料切成每 6 秒一個的時間窗格(time windows)，並且將每一窗格進行二分之一的重疊，意即以 3 秒為間隔往後取得下一個 windows，並且將每個 window 進行以下 SAX 轉換：

(1) 正規化

(2) 降維轉換為 PAA 特徵

(3) 將 PAA 數據轉換為字符串(0~6)

經由以上步驟計算後取得風險分數，並將每一維度之風險分數進行加權平均，最終 241 個旅次之風險分數平均數以及標準差如下表 8.4-4 所示。

表 8.4-4 SAX 風險分數平均數及標準差

	平均數	標準差
風險分數	0.1674	0.5170

2. 駕駛風格

(1) 激進駕駛風格

本計畫將五部大客車之 ADAS 車機事件資料，以及 GPS 車輛動態數據，套用上述 3 條激進駕駛風格序列規則後，符合本計畫所提出之激進駕駛風格序列規則之實驗結果數量如表 8.4-5 所示，其中激進駕駛風格序列規則—1 總計為 766 筆，激進駕駛風格序列規則—2 總計為 160 筆，激進駕駛風格序列規則—3 總計為 143 筆，合計符合激進駕駛風格之事件，於本計畫所採用之五部車共 13 日數據當中，總筆數為 1,069 筆。

表 8.4-5 激進駕駛風格序列轉換數量表

駕駛風格 序列 車輛	激進駕駛風格序列—1	激進駕駛風格序列—2	激進駕駛風格序列—3
	$if \frac{^3[S_{0.4}]^3}{LC}$	$if \frac{[S_{0.4} S_{1.2}]>3}{[LC]^5}$	$if [S_{0.4} S_{1.2}]>5$
車輛 1	194	35	34
車輛 2	138	21	16
車輛 3	147	50	64
車輛 4	149	32	10
車輛 5	138	22	19
合計數量	766	160	143

本計畫透過第三方人員經由行駛影像比對驗證自定義之駕駛風格之正確率，實驗結果顯示，本計畫所提出之三項激進駕駛風格序列，與其相對應之 ADAS 車機事件相比，最多分別降低 29% (Aggressive-1 對比於 $[S_{0.4}]$)、54.4% (Aggressive-2 對比於 $[S_{1.2}]$)、以及 65.4% (Aggressive-3 對比於 $[S_{1.2}]$)，詳細結果如下圖 8.4-11 ~ 8.4-13 所示。

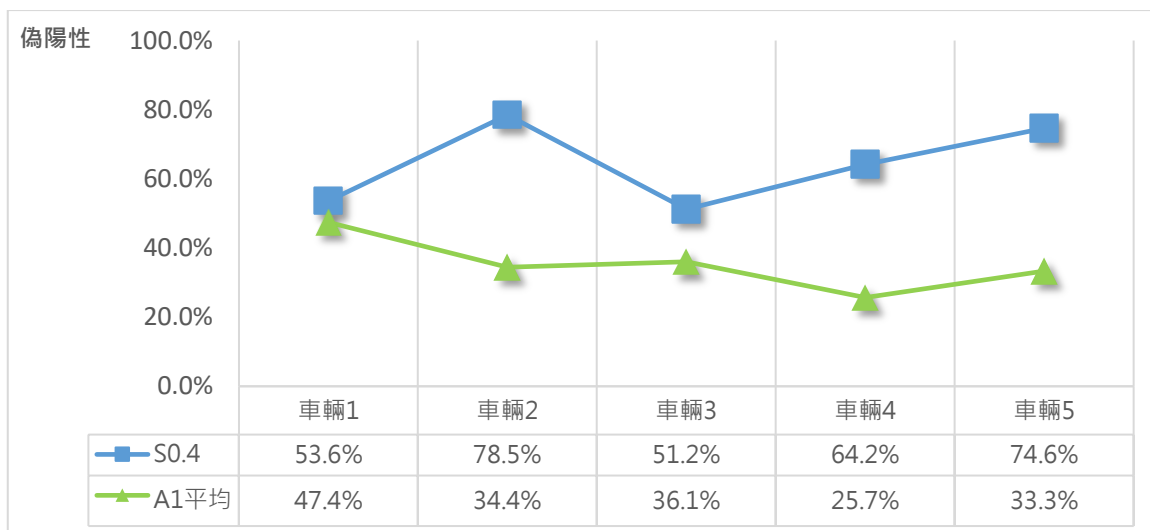


圖 8.4-11 激進駕駛風格序列－1 偽陽性對比曲線圖

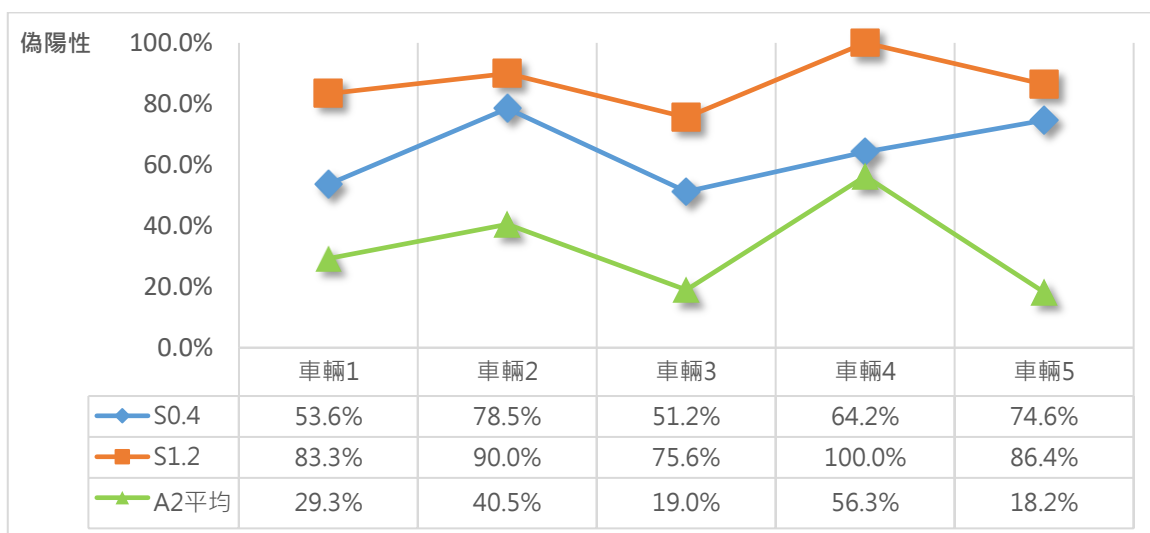


圖 8.4-12 激進駕駛風格序列－2 偽陽性對比曲線圖

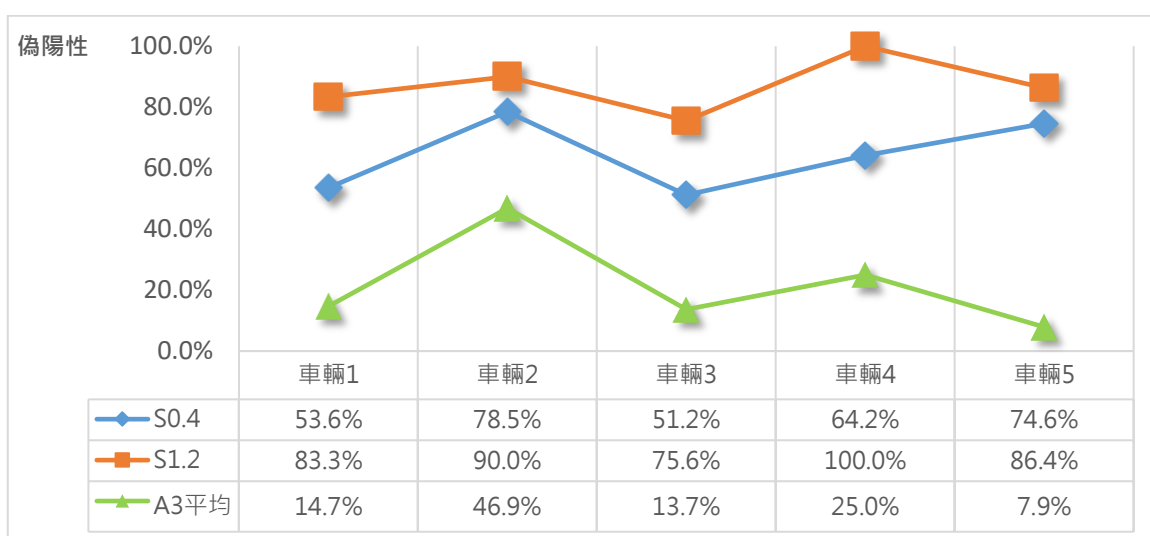


圖 8.4-13 激進駕駛風格序列－3 偽陽性對比曲線圖

(2) 疲勞駕駛風格

本計畫之疲勞駕駛風格序列轉換過程，將未保持安全距離 1.2、未保持安全距離 0.4、嚴重車道偏移，以車道偏移事件點為中心前後分別進行序列轉換，而前後共 10 分鐘中，出現其中一次符合以上之序列轉換條件，則視為同一事件，並且標記為疲勞駕駛風格；經疲勞駕駛風格序列轉換後，不重複合計數量為 168 筆，ADAS 車機所標記之車道偏移事件數量為 434 筆，詳細數量如下所示。

表 8.4-6 疲勞駕駛風格序列轉換數量表

事件		數量	不重複合計數量
車道偏移(右)總事件數		186	434
車道偏移(左)總事件數		248	
高速前車碰撞總事件數		105	
疲勞駕駛風格序列－1	$if [S_{0.4} S_{1.2}]^{5 \times 60} \rightarrow {}^{30}[LD]$ or $[LD]^{30} \rightarrow [S_{0.4} S_{1.2}]^{5 \times 60}$	260	

如下圖 8.4-14 所示，ADAS 車機所標記之「高速前車碰撞」事件，其偽陽性率最低落在車輛 3 的 28.4%，平均五部車之偽陽性率為 14.7%。

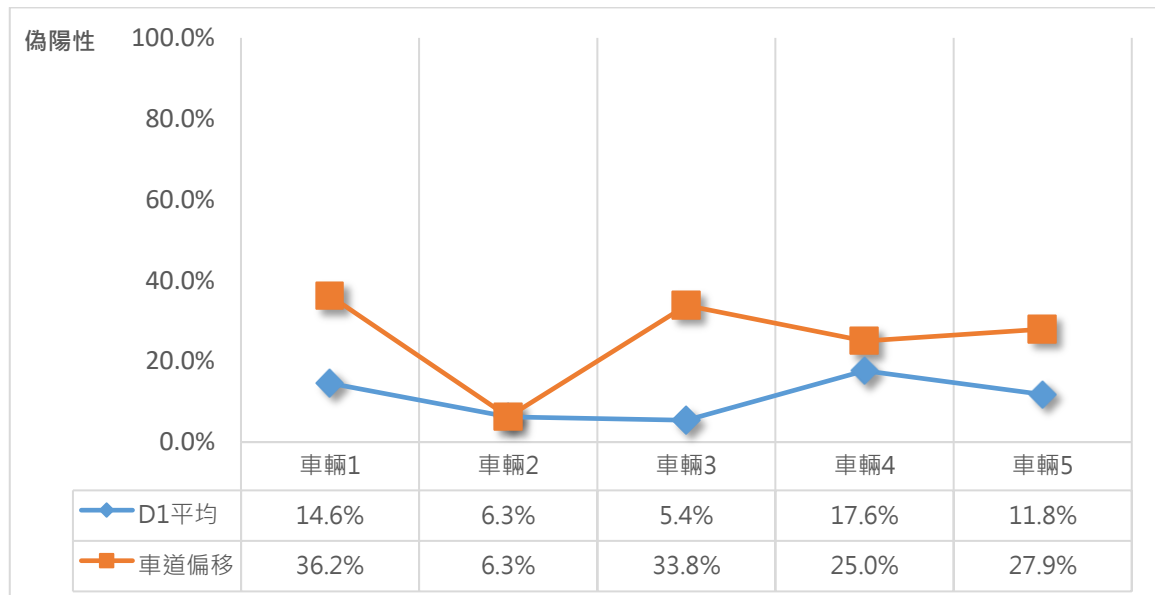


圖 8.4-14 疲勞駕駛風格序列-1 偽陽性對比曲線圖

8.4.5 駕駛風險指跡編碼

本計畫利用大客車之車輛動態資料(GPS、CAN-Bus)分別匯入本計畫的模型中，將時序資料進行滑動窗格處理，意即將時序資料切成每 6 秒一個的時間窗格(time windows)，並且將每一窗格進行二分之一的重疊；隨後經過 AutoEncoder 的編碼壓縮等訓練，而後取得的編碼器(Encoder)再經過一次的行車風險模型訓練，萃取編碼出來的 Risk-aware fingerprint 是一段據有高階特徵的低維矩陣，配合 SAX 計算出之駕駛風險等級以及駕駛風格序列所產出之駕駛風格，組合成每六秒一個的駕駛風險指跡，組合完成之駕駛風險指跡表格如下表 8.4-7 所示。

其中 Driving_style 欄位即為前述之駕駛風格序列所產出之駕駛風格，而 SAX 欄位，則為前述之 SAX 方法計算過後所產出之風險分數，而 Fingerprint 欄位，則為本計畫將 GPS 以及 CAN-Bus 車輛動態資料，經 Autoencoder 進行壓縮後之低維度資料。

編碼後的駕駛風險指跡能夠在低維度的空間中保有高維度的駕駛風險特徵，並在實驗、T-SNE 圖形中驗證此特性。使用駕駛風險指跡做為模型輸入，可以減少大量的資料前處理時間、特徵選取的過程；低維度的特性可大幅降低傳輸、儲存、系統運行成本，經由駕駛風格以及風險分數，可進一步篩選出異常駕駛風格以及高風險駕駛之時間窗格秒數資料後，經由本計畫之 Autoencoder 進行反向還原之解壓縮，即可還原 GPS 及 CAN-bus 資料進行檢視以及分析。

表 8.4-7 駕駛風險指跡內容表

Fingerprint		
Data_time	Datetime	第一秒資料記錄時間
Windows_ID	Char(10)	窗格對應流水號
Reserved	Varchar(10)	保留欄位 (可保留多個)
Driving_style	Char(1)	駕駛風格欄位
SAX	Float	SAX 分數欄位
Fingerprint	Float	指跡編碼欄位

8.5 小結

本計畫藉由 ADAS 系統產生之資料，基於路段與趟次解析警示與異常事件，以巨觀分析方法分別針對資料尺度的巨 (路段) 微觀 (趟次) 進行探討，並透過地理資訊系統技術建置「高速公路風險路段時空分析平台」呈現本計畫重要產出資

料，以斑點圖呈現交通事故、警示事件、異常事件等點資料，以及風險路段之線資料等，最後以大客車之車輛動態資料(GPS、CAN)找出駕駛人風格，綜整結果如下：

1. 目前時空分析所校估的模式結果，可得到路段、趟次、單一事件已涵蓋幾何、交通環境、駕駛各方面特性，皆具部分情形可能使異常事件好發或發生後更傾向有不同的危險度。其中，幾何特性經過長年改善，或已不易再有大幅調整空間（靜態資訊），但從路段分析的四個象限，仍可先供路權機關鎖定高風險路段，再輔以屬於動態資訊的交通、天候狀況提醒用路人。
2. 趟次分析模式中，交通量可以審視該一定區間的車流增加時，異常事件可能增加；單一事件危險度分析模式中，小車比例較低時道路狀況較複雜，此時若發生異常事件可能較危險。雖然本期計畫樣本受限尚無法有相當全面的定論，但動態資訊若具備以上針對異常事件發生危險的情境存在時，路權機關可適時透過 CMS、無線廣播等即時提醒鄰近路段，尤其高風險路段處之用路人，以當下動態影響變數之狀態，使駕駛提高警覺，並建議維持車流順暢之平穩駕駛為上。
3. 駕駛風險指跡分析中，透過駕駛風格以及風險分數，可進一步篩選出異常駕駛風格秒數，經由 Autoencoder 將本計畫所提出之駕駛風險指跡進行反向還原之解壓縮，即可還原 GPS 及 CAN 資料進行檢視及分析。
4. 使用低維度之駕駛風險指跡做為模型輸入，可以減少大量的資料前處理時間、特徵選取的過程，且編碼後的駕駛風險指跡能夠在低維度的空間中保有高維度的駕駛風險特徵，可大幅降低傳輸、儲存、系統運行成本。
5. 有別於過去國內之駕駛風格研究大多針對自小客車或將國外自小客車之駕駛行為及風格定義，直接套用於本國大客車進行研究及分析；本計畫之研究背景，奠基於本國之大客車以及國道，研究資料皆來自國內之國道大客車業者之真實數據，有助於提升提出之駕駛風格序列規則及駕駛風格辨識模型之可靠性，以及做為大客車主動安全管理指標。本年度計畫利用特徵萃取提取駕駛指跡特徵，對比於各種不同的風險、風格標籤，得到一定數量的樣本後，後續可套用深度學習的模型進行訓練與預測，未來將有機會利用駕駛指跡來直接評估駕駛風險，達到即時風險管理之應用。
6. 本計畫提出 3 條激進駕駛風格序列以及一條疲勞駕駛風格序列，其中 3 條激進駕駛風格序列皆可有效降低相對應 ADAS 車機事件之偽陽性，激進駕駛風格序列規則—1 與相對應之「未保持安全距離 0.4」事件相比，平均偽陽性降低達 29%%，激進駕駛風格序列規則—2 與相對應「未保持安全距離 1.2」及

「未保持安全距離 0.4」事件相比，平均偽陽性分別降低達 54.4%及 31.2%，激進駕駛風格序列規則－3 與相對應「未保持安全距離 1.2」及「未保持安全距離 0.4」事件相比，偽陽性率則分別降低 65.4%及 42.8%；疲勞駕駛風格序列規則－1 與相對應之「車道偏移」事件相比，偽陽性率則降低平均 14.7%。

第九章 結論與建議

道路交通事故具稀少性與隨機性，過去在進行易肇事地點判定時，通常先發展安全績效函數，在控制曝光量下，辨識肇事傾向相對高的地點。在進行事故改善時，則必須依賴數量不一之 A1 及 A2 事故之撞擊型態。然在先進駕駛輔助系統(ADAS)與各種偵測科技的發展，以及政府補貼大型車加裝相關設備的趨勢下，每一次的行車旅次皆可蒐集豐富的駕駛行為、車輛動態以及周遭車流狀況資料；然如何綜整、分析以及應用此大數據資料，做為道路主管機關辨識易肇事地點之參考，以及業者車隊與駕駛人管理之依據，為本計畫主要探討的課題。

本計畫為四年期計畫的第一年期計畫，主要目的在建立應用人工智慧分析技術探勘高風險路段的雛型架構，並著重在車外異常事件影像辨識技術之開發。本計畫以本所前期計畫「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討(2020)」為基礎，在計畫範圍內(以國道客運為主，並以一家國道客運之影像與 ADAS 資料為主要分析對象)，首先以文獻回顧、業者訪談以及業者問卷調查方式，綜整車外影像辨識技術應用於駕駛行為分析之國內外概況，接著分析國道大型車事故撞擊型態，同時蒐集 109 年兩家國道客運共 13 件事故，剖析事故發生前、中、後，由駕駛失誤、駕駛人分心以及行車動態形成之事故鏈。

在前期計畫基礎下，本計畫定義 11 種行車序列，釐清國道大客車本車或與其他車輛可能發生之潛在衝突型態。為因應 ADAS 警示、車機以及行車影像資料特性，本計畫並以本車角度建立 12 宮格分析架構，包含本車前方六宮格、左右及本車各一宮格以及後方三宮格，亦針對各宮格與本車的關係，發展對應之車流特性與互動指標，透過人工智慧深度學習影像辨識技術，捕捉周遭車流行車動態資訊，並以車機資訊與人工辨識方式，比對確認影像指標之正確性，分析車機資料與影像資料之差異。最後亦以人工辨識的方式，標示 200 趟次、2,558 個抽樣警示事件之異常程度，共分不為異常、可能異常以及異常三個等級。

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，本計畫透過機器學習及計量分析方法，辨識 ADAS 警示事件發生之相關性與先後順序型態，並透過機器學習方法辨識不同環境與駕駛因應下，可能異常與異常事件發生之主要影響原因。另以時空分析方法，分別就路段與駕駛趟次進行分析，找出易發生 ADAS 警示之情境與地點。本計畫並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，大幅降低前述整合資料

之維度，可做為未來高風險路段及駕駛人管理之參考依據。本計畫最後並產製一地理資訊系統(GIS)平台，展現分析之結果，包含各路段道路幾何與車流特性、道路交通事故件數、ADAS 警示件數以及異常事件件數。

以下提出本計畫產出之主要結論，並針對未來研究提出建議。

9.1 結論

本計畫研究成果結論說明如下：

1. 利害關係人調查與訪談

- (1) 國內車輛安全法規為在特定情境下之性能測試要求，並與國際法規調和，在車輛型式安全審驗的強制性法規中，與車輛影像相關規範有「車道偏移輔助警示系統(LDWS)」及「行車視野輔助系統」，另針對聯合國近年推動之盲點資訊系統(BSIS)及自動車道維持系統(ALKS)也正處於討論階段。
- (2) 透過深度訪談方式了解客貨運業者與車機設備商對於車載設備與影像之看法，因客運與貨運業者之營運特性與行駛區域差異，對於裝設 ADAS 設備項目之需求、數據取樣頻率資料、影像紀錄方式與儲存位址等均有所不同，其原因在於業者對於大量資料的需求及其資料使用目的不同而導致。
- (3) 相對前期計畫，本年度所調查之 25 家客運業者中，ADAS 設備不同安裝比例由 11%提升到 3 成至 6 成(依據不同設備)；使用後台車隊管理系統業者(13 家)中，僅有 9 家業者會再匯出資料進行分析(前三項主要為數位行車紀錄器、傳統行車紀錄器及錄影系統)，其中 ADAS 的前方碰撞與車道偏移系統的後端資料分析，僅 4 家有在使用，代表目前業者對於資料再分析的數值加值應用仍相當有限。

2. 車外影像辨識技術開發項目與設備：

- (1) 本案基於管理面之需求所進行之影像辨識與分析，屬於事後分析，和 ADAS 系統的即時辨識需求不同。特別是無法事先得到設備安裝時之各項參數，除了攝影機內部的曝光、動態範圍、快門、時脈（標準參考時鐘）等，還有攝影機安裝角度、高度等，因此分析時仍須要些微人工假設，類似 ADAS 安裝時之事先校準工作。

(2) 從攝影機畫面的觀察，如果畫面中人眼無法看出的物件與事件，例如夜晚天雨時的車道線、強逆光下的車輛物件等，已接近物理限制，本期辨識率仍有待精進。

(3) 技術方面：人工智慧深度學習影像辨識技術，可適應各種天候環境（晴陰雨夜）與交通物件（大車、小車、二輪車、行人）達良好辨識效果。

(4) 規格方面：影像辨識以人眼可視的鏡頭成像品質為基本要求（尤其是在夜雨環境中），透過支援需求算力足夠的運算平台，提供整體系統之辨識成效。

(5) 功能方面：依照不同的行車區域（如高快速公路、市區、場區）環境特性，提供相對應之安全警示系統與功能（如 FCWS、LDWS、BSIS、LCAS、RCTA），並可針對區域特性設定或自動調整其系統相關參數。

(6) 成本方面：參考技術、規格、功能在建置系統的成本考量下，將面臨性能價格等取捨問題。可依據車輛特性、主要行駛區域與情境，以及車隊運行常發異常事件等因素，提供適當的警示功能與駕駛行為訓練，以提昇駕駛及用路人之道路安全。

3. 車外影像辨識及車外異常預測：

(1) 本期計畫參採前期計畫異常事件定義，經由人工觀看影片方式，標示警示事件之風險程度，同時以警示事件的影像辨識結果，初步歸納異常事件衝突指標可能的樣態，做為後續數值化定義及數據門檻值的發展基礎。

(2) 由人工標示結果發現於異常事件中：未保持安全距離警示事件中，演變成異常事件比例以「前車突然減速」(12.0%)最高，其次為「前車由右變換車道」(8.2%)以及「前車由左變換車道」(5.5%)。由此顯示前車急煞車行為是駕駛人較難應對的任務，同時本期計畫將情境序列區分方向性，加深本計畫對異常事件好發種類之了解。

影像辨識可以偵測周圍的車流狀況，並且在車輛偵測上有一定的正確率，可以與 ADAS 設備在前方車輛的偵測上互相配合，及早對左右相鄰車道的車輛進行追蹤，較能藉由辨識後的數據捕捉到周圍行車的動態。

4. 車外異常事件時空與駕駛人指跡分析：

(1) 透過異常行為之辨識及其時空定位之確立，可進一步用於高風險交通環境及駕駛人之分析。本計畫以 200 趟資料為主，分別進行路段總體、趟

次總體及事件個體等三個模式之分析。分析結果發現：

- 由路段總體模式分析結果知，內側路肩窄、直線段未保安距警示較多、事故較多。而總交通量多、小車比例高事故與事件也較多。
 - 由趟次總體模式分析結果知，一定區段內有服務區或交通量大時，發生未保安距警示較多，另駕駛資歷及發生時段亦會對未保安距警示發生次數造成影響。
 - 由事件微觀模式分析結果知，駕駛資歷豐富即使發生異常事件也較易傾向非嚴重，但 72 小時內排班越多，若發生異常則容易較嚴重。不同發車時段其異常事件嚴重度也明確不同，其中以之清晨及白天較為嚴重。
 - 本計畫也將上述分析結果以視覺化方式透過 GIS 平台加以展示，以利使用者可清楚掌握各路段之行車風險狀況，並進一步查詢其相關道路交通資料。
- (2) 由上述分析知，道路主管機關可針對好發事故及異常事件之地點及交通環境，透過 CMS 提醒用路人或匝道儀控穩定主線車流，以提高行車安全。而營運業者則可掌握那些路段及情境風險較高，並做為駕駛獎懲及安駕訓練的參考。
- (3) 本計畫之研究背景，奠基於國內大客車之真實數據、真實情況所定義，提出之駕駛風格序列規則本土化定義，更具可靠性。其中 3 條激進駕駛風格序列皆可有效降低相對應 ADAS 車機事件之偽陽性，激進駕駛風格序列規則—1 與相對應之「未保持安全距離 0.4」事件相比，平均偽陽性降低達 29%，激進駕駛風格序列規則—2 與相對應「未保持安全距離 1.2」及「未保持安全距離 0.4」事件相比，平均偽陽性分別降低達 54.4% 及 31.2%，激進駕駛風格序列規則—3 與相對應「未保持安全距離 1.2」及「未保持安全距離 0.4」事件相比，偽陽性率則分別降低 65.4% 及 42.8%；疲勞駕駛風格序列規則—1 與相對應之「車道偏移」事件相比，偽陽性率則降低平均 14.7%。
- (4) 使用低維度之駕駛風險指跡做為模型輸入，可以減少大量的資料前處理時間、特徵選取的過程，且編碼後的駕駛風險指跡能夠在低維度的空間中保有高維度的駕駛風險特徵，並可大幅降低傳輸、儲存、系統運行成本。
- (5) 經由駕駛風格以及風險分數，可進一步篩選出異常駕駛風格秒數，經由本計畫之 Autoencoder，將本計畫所提出之駕駛風險指跡進行反向還原

之解壓縮，即可還原 GPS 及 CAN-bus 資料進行檢視及分析。

9.2 建議

囿於期程與所取得資料限制，提出整體及業者與主管機關相關後續研究建議如下：

1. 對整體影像辨識之建議：

- (1) ADAS 安裝時之事先校準工作，有些部分已經可交給電腦進行所謂的前處理(pre-processing)來完成，未來有更多樣本資料時可以進行自動化，以減少在大量車隊影片分析時的人力。
- (2) 針對影像畫面，未來除了將攝影機外部環境改良之外，可以透過前述的前處理演算法優化，包含更深度的分析周圍場景來加強辨識的效果。

2. 對車外影像辨識及車外異常預測之建議：

- (1) 本期計畫對於影像辨識結果應用方法與解讀有初步探討，未來本計畫將建立在衝突指標（秒距）樣態的基礎上，更進一步探討不同情境序列下，指標以及周遭環境、車輛動態搭配，與異常事件之關聯。
- (2) 未來可以考慮兩者互相搭配，綜合 ADAS 系統在前方的準確偵測與影像兩側及側向範圍的監控，使用影像辨識之指標與 ADAS 系統之建立異常事件之門檻值，有助於提升異常事件分析在安全管理上的精度與準確度。

3. 對車外異常事件時空與駕駛人指跡分析之建議：

- (1) 本計畫後續年度將持續擴大趟次資料之蒐集，俾利蒐集更完整豐富的異常駕駛行為事件，以提高模式分析結果之代表性。另外，分析範圍也可再擴大至車內影像及市區道路，以提高本計畫之駕駛安全層面及道路路網之涵蓋率。
- (2) 本計畫中目前所定義之駕駛風格序列，僅針對未保持安全距離以及車道偏移等少數事件訂定，雖序列定義之狀況可視為該駕駛風格，但並非該類駕駛風格中僅用提出之序列即可全數概括，真實之駕駛風格中，應包含更多元之駕駛行為序列；建議可參考過去有關駕駛風格以及駕駛行為之相關文獻，或實際採訪大客車業者或駕駛員，找尋可用現有之車機事件紀錄數據以及車輛動態數據進一步定義駕駛風格序列之可能。

(3) 未來可考慮將車頭角度 (bearing) 數據，納入做為變換車道判定之依據，使變換車道行為之過濾精準度可進一步改善。

(4) 本計畫目前是以常態分佈做為風險等級之切分的標準，未來可以透過統計檢定的方式，檢驗出母體的實際分佈情形，設計出合適的閾值切分標準，進而可以針對大眾的交通運輸行為作未來交通管理應用面的探討。

(5) 本計畫目前是設計一風險規則做為旅次的風險等級評估，但旅次內可能存在數百個風險等級樣本，風險極高的駕駛行為可能因為占總體旅次的比例太低，而被歸類在風險等級低的等級中，因而無法完全掌握風險評估，故未來可以利用統計與時間序列上變化，更進一步探討旅次內的各個風險等級。

4. 對業者之建議：

(1) 車機市場中，供給面設備商均有其市場定位，需求面的客貨運業者則是依其營運特性與管理重點購置車機產品，故車機系統整合是客貨運業者導入設備及設備商擴大市場滲透率的最大障礙，產業標準雖可提供系統介接的共通性，但仍需定期更新以滿足供應商與使用者之需求。

(2) 客貨運業者影像儲存時間及影像格式不一，建議未來可再依據管理需求時，訂立影像資料相對應之設備規格與儲存格式規範供使用者參考。

5. 對主管機關之建議：車隊管理之作法與業者的態度、規劃與重視程度有關，未來政府、車機技術產業及業者間的緊密合作已成為趨勢，期透過政府相關計畫的推動，除持續強化與教育業者透過車機系統改善行車安全的重要性外，也提供實務上可運用之工具給業者使用與參考。

參考文獻

中文文獻

- セクセスストーリー(2016),“ヨシダ交通株式会社が交通事故を85%削減”,
Mobileye
- TAICS TS-0020-1 v2.0-智慧巴士資通訊系統資安標準-第一部_一般要求 v2_1
- TAICS TS-0020-2 v2.0-智慧巴士資通訊系統資安標準-第二部_車載機 v2_1
- Yeh James,資料分析&機器學習(第 5.1 講)卷積神經網絡介紹,2017 年。
- 王銘亨、郭正成、陳武正,應用地理資訊系統於道路交通事故與交通執法勤務
及道路區域特性之相關性分析,道路交通安全與執法研討,2001 年。
- 台塑企業刊物(2019),第 50 卷 第 6 期,P83~86
- 交通部公路總局加速推動大型車輛裝設行車視野輔助系統補助規定。
- 交通部公路總局補助公路汽車客運車輛裝置防撞警示系統作業要點。
- 交通部運輸研究所 (2019),交通事件資訊整合服務與精進計畫。
- 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。
- 吳健生、李嘉祺、曾招雄、楊雲榮,結合地理資訊系統特性之事故分析研究,
道路交通安全與執法研討會,2002 年。
- 林柏湖、許元皇、黃如妙、張生萬,適用「未注意車前狀況」之情形與案例探
討,道路交通安全與執法研討會,2012 年。
- 邱裕鈞、傅強,「不同嚴重程度及碰撞型態之多變量高速公路事故頻次模式」,
運輸學刊,27 (3),345 - 384,2015 年。
- 商用運輸系統智慧化整體研究發展計畫-商用車輛智慧化車上單元設備需求調
查、系統整合模組規劃及研發 (第二期),交通部運輸研究所,2007 年。
- 盛郁淳,「分時段高速公路事故頻次模式」,國立交通大學交通運輸研究所,碩
士論文,2014 年。
- 陳偉業、陳柏君、陳柏安、劉定一、王穆衡、翁美娟、史習平(2007)。商用運輸
系統智慧化整體研究發展計畫-商用車輛智慧化車上單元設備、需求調查、
系統整合模組規劃及研發(第二期),交通部運輸研究所。
- 馮輝昇、王義川,臺中市高風險路口整合平台,道路交通安全與執法研討會,
2017 年。
- 黃珮芬,「最佳時空分段下之高速公路事故頻次模式」,國立交通大學交通運輸
研究所,碩士論文,2014 年。

戴瑋劭，基於行車影像之危險駕駛偵測系統，國立交通大學碩士論文，2013 年。

營業大客車車載機產業標準網站，

<https://drive.google.com/file/d/1E14l3S1bERCwPKhB5Tbp4JOnFEQZ-wiQ/view>

蘇志強、王裕民、陳舒豪，交通事故 e 化圖文統計系統規劃之研究，道路交通安全與執法研討會，2005 年。

英文文獻

Abdel-Aty, M. A., & Radwan, A. E. (2000) . Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis & Prevention* , 32(5), 633-642.

Abellio(2019), “Abekkio launches mobileeye bus safety technology trial .”
safetywissen.

Amnon Shashua, Under the Hood with Prof.CES(2021)

Anastasopoulos, P.C., & Mannering, F.L. (2009). “ A note on modeling vehicle accident frequencies with random parameters count models. ”*Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 153-159.

Blumenthal, M. (1968). Dimensions of the traffic safety problem. *Traff. Saf. Res.* 12, 7–12.

Bhujbal, P. N., & Narote, S. P. (2015, 21-24 Dec. 2015). Lane departure warning system based on Hough transform and Euclidean distance. Paper presented at the 2015 Third International Conference on Image Information Processing (ICIIP).

Bochkovski, Alexey, Chien-Yao Wang, and Hong-Yuan Mark Liao. "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection." arXiv preprint arXiv:2004.10934 (2020).

Case Study, Mobileye in the Field, Read about our customers’ experiences(2018),
“Winslow Group experiences zero collisions with Mobileye ADAS.” Mobileye

Case Study(2017), “Winslow Group reduces fleet vehicle collisions with
Mobileye.”Mobileye

Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 785-794).

Chen, C., *et al.* (2019). A graphical modeling method for individual driving behavior and its application in driving safety analysis using GPS data. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 63, 118-134.

Chiou, Y. C., Lan, L. W., & Chen, W. P. (2013). A two-stage mining framework to explore key risk conditions on one-vehicle crash severity. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 405-415.

Chung, Y. S. (2013). Factor complexity of crash occurrence: An empirical demonstration using boosted regression trees. *Accident Analysis & Prevention*, 61, 107-118.

Dong, X., Lei, T., Jin, S., & Hou, Z. (2018, May). Short-term traffic flow prediction

- based on XGBoost. In 2018 IEEE 7th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS) (pp. 854-859). IEEE.
- Driving Style Recognition for Intelligent Vehicle Control and Advanced Driver Assistance: A Survey.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8002632/references#references>
- Gaikwad, V., & Lokhande, S. (2015). Lane Departure Identification for Advanced Driver Assistance. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(2), 910-918.
- Higgs, B., & Abbas, M. (2013). A two-step segmentation algorithm for behavioral clustering of naturalistic driving styles. In 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 857-862.
- HLDI Bulletin(2020), "Compendium of HLDI collision avoidance research." Highway Loss Data Institute(HLDI), Vol. 37, No. 12
- Hydén, C., & Linderholm, L. (1984). The Swedish Traffic-Conflicts Technique. *International Calibration Study of Traffic Conflict Techniques*, 133-139.
- Intelligent Transportation Systems (ITS) Joint Program Office: Strategic Plan 2020–2025.
- Joe Young(2020), "Study shows front crash prevention works for large trucks too." Insurance Institute for Highway Safety (IIHS)
- Joe Young(2016), "Front crash prevention slashes police-reported rear-end crashes."
- Lin, J., *et al.* (2007). Experiencing SAX: a novel symbolic representation of time series. *Data Mining and knowledge discovery*, 15(2), 107-144.
- Lin, J.N (2021). Analyzing Motorcyclist's Risk-aware Fingerprint for the Usage-based Insurance by Using Deep Learning.
- Li, N., Jain, J. J., & Busso, C. (2013). Modeling of driver behavior in real world scenarios using multiple noninvasive sensors. *IEEE transactions on multimedia*, 15(5), 1213-1225.
- Lundberg, S., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *arXiv preprint arXiv:1705.07874*.
- Lyu, N., Duan, Z., Ma, C., & Wu, C. (2021). Safety margins—a novel approach from risk homeostasis theory for evaluating the impact of advanced driver assistance systems on driving behavior in near-crash events. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 25(1), 93-106.
- Maria Celaya-Padilla, J., Eric Galvan-Tejada, C., Anaid Lozano-Aguilar, J. S., Alejandra Zanella-Calzada, L., Luna-Garcia, H., Issac Galvan-Tejada, J., . . . Gamboa-Rosales, H. (2019). "Texting & Driving" Detection Using Deep Convolutional Neural Networks. In (Vol. 9).
- Ma, J., Ding, Y., Cheng, J. C., Tan, Y., Gan, V. J., & Zhang, J. (2019). Analyzing the leading causes of traffic fatalities using XGBoost and grid-based analysis: a city management perspective. *IEEE access*, 7, 148059-148072.
- Musicant, O., Bar-Gera, H., & Schechtman, E. (2010). *Electronic records of undesirable driving events. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 13(2), 71-79.
- OTSI .(Office of Transport Safety Investigations)(2011). *Bus Safety Investigation*

- Report: coach overturned Jindabyne.* Sydney NSW.
- Pete Lancia , Mauricio Lopez-Hodoyan (2021), “General Motors and Qualcomm Extend Long-Standing Relationship to Transform Next Generation Vehicles.”Qualcomm
- Qu, Y., Lin, Z., Li, H., & Zhang, X. (2019). Feature recognition of urban road traffic accidents based on GA-XGBoost in the context of big data. *IEEE Access*, 7, 170106-170115.
- Redmon, Joseph, *et al.* "You only look once: Unified, real-time object detection." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016.
- Redmon, Joseph, and Ali Farhadi. "YOLO9000: better, faster, stronger." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2017.
- Redmon, Joseph, and Ali Farhadi. "Yolov3: An incremental improvement." *arXiv preprint arXiv:1804.02767* (2018).
- S.G. Klauer, F. Guo, B.G. Simons-Morton, M.C. Ouimet, S.E. Lee, T.A. Dingus (2014). Distracted driving and risk of road crashes among novice and experienced drivers, *N. Engl. J. Med.* 370, 54–59.
- Van Buuren, S., & Oudshoorn, K. (1999). Flexible multivariate imputation by MICE (pp. 1-20). Leiden: TNO.
- Winsum, W. V. (1999). The human element in car following models,. In *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* (Vol. 2, pp. 207-211).
- Wu, K.F. & Wang L. (2021). Exploring the combined effects of driving situations on freeway rear-end crash risk using naturalistic driving study data. *Accident Analysis & Prevention* , 150.
- Wu, K.F. & Lin, P.J. (2020). Using on-board video data for safety analysis – An analysis of right hook crashes involving large buses at signalized intersections IATSS Research.
- Wu, K.F. & P.P. Jovanis (2016). Cohort-based analysis structure for modeling driver behavior using an in-vehicle data recorder, *Transport. Res. Record J. Transport. Res.* Board 2601 24–32.
- Zhang, C., Li, R., Kim, W., Yoon, D., & Patras, P. (2020). Driver Behavior Recognition via Interwoven Deep Convolutional Neural Nets With Multi-Stream Inputs. *IEEE Access*, *Access, IEEE*, 8, 191138-191151.

附錄一、業者車載設備安裝調查表

業者車載設備安裝狀況調查表 (2021 年)

先進您好：

本中心（國立陽明交通大學運輸研究中心）接受交通部運輸研究所委託，進行「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」計畫研究。本問卷之目的為調查目前國內客運、貨運業者使用及導入車載資通訊系統之應用情況，並了解業者對於車機系統需求、未來希望發展及應用之方向。您的寶貴意見將納入本案研擬本土化駕駛行為分析工具及未來相關政策之重要參考依據。

【問卷內容僅作研究分析參考，不對外公開，且報告書內將會以綜合整理方式呈現，敬請放心填寫，並感謝您的協助。】

敬祝 身體健康 旅途平安

交通部運輸研究所
國立陽明交通大學運輸研究中心 敬上

一、車輛行駛紀錄器

【問題一】：

1. 請問貴公司是否有裝設「OBD-II (或 CAN bus)」？
☐ 有裝設 ☐ 無裝設 (可跳至問題二)
2. 貴公司車隊使用「OBD-II (或 CAN bus)」的比例為何？
☐ 非常少 (安裝比例小於 10%) ☐ 少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐ 部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐ 大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐ 幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
3. 請問裝設的考量因素為何? (可複選)
☐ 政府有補助 ☐ 駕駛員安全管理 ☐ 油耗管理 ☐ 車輛維修管理
☐ 路線及班表管理 ☐ 處理客訴之依據 ☐ 其他 (如_____)
4. 貴公司裝設之 OBD-II (或 CAN bus) 設備能輸出之資料欄位有哪些？
☐ 車速 ☐ 電池電量 ☐ 行駛軌跡 ☐ 油耗資料
☐ 煞車訊號 ☐ 里程統計 ☐ 方向燈訊號 ☐ 引擎轉速
☐ 怠速狀況 ☐ 急加減速 ☐ 車燈訊號
☐ 不清楚 ☐ 其他 (如_____)

【問題二】：

5. 請問貴公司是否有裝設「數位行車紀錄器」？
☐ 有裝設 ☐ 無裝設 (可跳至第二部分)
6. 貴公司車隊使用「數位行車紀錄器」的比例為何？
☐ 非常少 (安裝比例小於 10%) ☐ 少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐ 部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐ 大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐ 幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
7. 請問裝設的考量因素為何? (可複選)
☐ 政府有補助 ☐ 駕駛員安全管理 ☐ 油耗管理 ☐ 車輛維修管理

- ☐路線及班表管理 ☐處理客訴之依據 ☐駕駛員工時管理
☐其他 (如_____)
8. 貴公司裝設之數位行車紀錄器設備能輸出之資料欄位有哪些?
☐車速 ☐時間 ☐加減速度 ☐怠速狀況 ☐里程統計
☐行駛軌跡 ☐不清楚 ☐其他 (如_____)

二、影像紀錄系統

【問題三】：

9. 請問貴公司是否有裝設「G-Sensor」?
☐有裝設 ☐無裝設 (可跳至問題五)
10. 貴公司車隊使用「G-Sensor」的比例為何?
☐非常少 (安裝比例小於 10%) ☐少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
11. 請問裝設的考量因素為何? (可複選)
☐政府有補助 ☐駕駛員安全管理
☐處理客訴之依據 ☐其他 (如_____)
12. 貴公司裝設之 G-Sensor 設備能輸出的資料欄位有哪些?
☐車速 ☐縱向加速度 ☐橫向加速度 ☐橫擺角速度
☐角加速度 ☐車頭與車道中心夾角 ☐不清楚 ☐其他 (如_____)

【問題四】：

13. 請問貴公司是否有裝設「車載數位錄影系統」?
☐有裝設 ☐無裝設 (可跳至問題六)
14. 貴公司車隊使用「車載數位錄影系統」的比例為何?
☐非常少 (安裝比例小於 10%) ☐少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
15. 請問裝設的考量因素為何? (可複選)
☐政府有補助 ☐駕駛員安全管理 ☐車輛維修管理
☐路線及班表管理 ☐處理客訴之依據 ☐其他 (如_____)
16. 貴公司裝設之車載數位錄影系統能輸出的資料欄位有哪些?
☐車輛前方影像 ☐車輛後方影像 ☐車輛左方影像 ☐車輛右方影像
☐車輛內部影像 (拍攝駕駛) ☐車輛內部影像 (拍攝乘客) ☐不清楚
☐其他 (如_____)

【問題五】：

17. 請問貴公司是否有裝設「行車視野輔助系統」?
☐有裝設 ☐無裝設 (可跳至問題七)
18. 貴公司車隊使用「行車視野輔助系統」的比例為何?
☐非常少 (安裝比例小於 10%) ☐少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
19. 請問裝設的考量因素為何? (可複選)
☐政府有補助 ☐駕駛員安全管理
☐處理客訴之依據 ☐其他 (如_____)

20. 貴公司裝設之車載數位錄影系統能輸出之資料欄位有哪些?
☐車輛前方影像 ☐車輛後方影像 ☐車輛左方影像 ☐車輛右方影像
☐不清楚 ☐其他 (如_____)

三、先進駕駛輔助系統 (ADAS)

【問題六】：

21. 請問貴公司是否有裝設「車道偏離警示系統」?
☐有裝設 ☐無裝設 (可跳至問題八)
22. 貴公司車隊使用「車道偏離警示系統」的比例為何?
☐非常少 (安裝比例小於 10%) ☐少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
23. 請問裝設的考量因素為何?(可複選)
☐政府有補助 ☐駕駛員安全管理
☐處理客訴之依據 ☐其他 (如_____)
24. 貴公司裝設之車道偏離警示系統能輸出的資料欄位有哪些?
☐車速 ☐車道偏移率 ☐車輛偏移方向 ☐方向燈
☐不清楚 ☐其他 (如_____)

【問題七】：

25. 請問貴公司是否有裝設「前方碰撞警示系統」?
☐有裝設 ☐無裝設 (可跳至問題九)
26. 貴公司車隊使用「前方碰撞警示系統」的比例為何?
☐非常少 (安裝比例小於 10%) ☐少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
27. 請問裝設的考量因素為何?(可複選)
☐政府有補助 ☐駕駛員安全管理
☐處理客訴之依據 ☐其他 (如_____)
28. 貴公司裝設之前方碰撞警示系統能輸出的資料欄位有哪些?
☐車速 ☐與前車距離 ☐與前方車輛之碰撞時間 (TTC)
☐不清楚 ☐其他 (如_____)

【問題八】：

29. 請問貴公司是否有裝設「盲點偵測警示系統」?
☐有裝設 ☐無裝設 (可跳至問題十)
30. 貴公司車隊使用「盲點偵測警示系統」的比例為何?
☐非常少 (安裝比例小於 10%) ☐少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
31. 請問裝設的考量因素為何?(可複選)
☐政府有補助 ☐駕駛員安全管理
☐處理客訴之依據 ☐其他 (如_____)
32. 貴公司裝設之盲點偵測警示系統能輸出的資料欄位有哪些?
☐物體/人位置 ☐與盲點區物體/人之距離 ☐不清楚
☐其他 (如_____)

【問題九】：

33. 請問貴公司是否有裝設「駕駛影像監控系統」？
☐有裝設 ☐無裝設 (可跳至問題十一)
34. 貴公司車隊使用「駕駛影像監控系統」的比例為何？
☐非常少 (安裝比例小於 10%) ☐少部分安裝 (安裝比例約 1/3)
☐部分安裝 (安裝比例約 1/2) ☐大部分安裝 (安裝比例約 2/3)
☐幾乎全部安裝 (安裝比例大於 90%)
35. 請問裝設的考量因素為何? (可複選)
☐政府有補助 ☐駕駛員安全管理
☐處理客訴之依據 ☐其他 (如_____)
36. 貴公司裝設之駕駛影像監控系統能輸出的資料欄位有哪些？
☐車輛內部影像 (拍攝駕駛) ☐車輛內部影像 (拍攝乘客)
☐駕駛分心
☐不清楚 ☐其他 (如_____)
- 【問題十】：
37. 除「車道偏離警示系統」、「前方碰撞警示系統」、「盲點偵測警示」、「駕駛影像監控系統」外，貴公司是否有安裝其他的先進駕駛輔助系統 (ADAS)？
☐有 ☐無 (可跳至問題十二)
38. 請問貴公司裝設項目為何？
-

39. 請問裝設此系統 (題 37 回答之項目) 的考量因素為何? (可複選)
☐政府有補助 ☐駕駛員安全管理
☐處理客訴之依據 ☐其他 (如_____)
40. 貴公司裝設此系統 (題 37 回答之項目) 能輸出之資料欄位有哪些? (請說明)
-

四、資料應用分析

【問題十一】：

41. 請問貴公司裝設之的資料除設備基本功能外，是否會再另外匯出進行額外資料分析，或是僅利用設備商提供之服務功能？
☐會再另外匯出資料進行額外資料分析 (跳至第 36 題)
☐目前設備紀錄資料有什麼資訊就直接使用，不會再做任何分析 (跳至第五部分)
42. 會再匯出資料進行額外資料分析的設備資料有哪些？
☐OBD-II ☐GPS 系統 ☐數位行車紀錄器 ☐傳統行車紀錄器
☐車載數位錄影系統 ☐G-Sensor ☐行車視野輔助系統
☐車道偏離警示系統 ☐前方碰撞警示系統
☐盲點偵測警示 ☐駕駛影像監控系統 ☐其他 (請說明_____)
43. 匯出資料進行額外資料分析，主要考量點為何？
-

44. 請問貴公司是委託誰進行資料的分析？
☐公司內部專責人員 ☐委託第三方團隊 ☐其他 (如_____)

五、駕駛行為管理之異常事件與指標

【問題十二】：

45. 貴公司運用哪些異常事件或指標來對駕駛行為進行管理？
☐ 異常事件數 (跳至第 46 題)
☐ 超速次數 ☐ 交通違規次數
☐ 出險次數
☐ 乘客投訴件數 ☐ 急加減速次數 ☐ 準點率
☐ 其他 (如_____)
46. 貴公司對駕駛行為進行管理的採用之異常事件數包含哪些？
☐ 與前車未保持安全距離
☐ 車道偏移
☐ 過彎或匝道車速過快
☐ 不當變換車道
☐ 其他 (如_____)

五、未來方向

【問題十三】：

47. 貴公司目前是否有使用車載資訊管理後台之車隊管理系統供管理者即時管控？
☐ 有採用 ☐ 沒有採用
48. 未來貴公司是否有意願 (或持續) 裝設車載資通訊系統？
☐ 有意願 ☐ 暫無意願
49. 貴公司預計裝設之設備為何者？ (請依據優先順序填寫)
☐ OBD-II (或 CAN bus) ☐ GPS 系統 ☐ 數位行車紀錄器
☐ G-Sensor ☐ 車載數位錄影系統 ☐ 行車視野輔助系統
☐ 車道偏離警示系統 ☐ 前方碰撞警示系統 ☐ 盲點偵測警示
☐ 駕駛影像監控系統 ☐ 其他 (如_____)
50. 貴公司目前對於車載系統未來應用的期待:

~感謝您耐心填寫，謝謝~

附錄二、利害關係人訪談設備名詞定義

【名詞解釋】

<設備名詞>

1. 車上診斷系統 (On-Board Diagnostics, OBD-II)：指具有經由車上電腦監控車輛空氣污染防制設備使用狀況及偵測故障之能力，並可儲存故障碼及顯示故障指示信號功能之系統。目前應用於車隊管理面時，主要裝置於車中，用以監控車輛運行狀態，並進行車輛狀態異常回報之系統。
2. 控制器區域網路 (Controller Area Network, 簡稱 CAN 或 CAN bus)：利用匯流排提供車輛電子控制單元 (ECU) 之間的通訊，構成車載網路系統，做為訊息的傳送。
3. 數位行車紀錄器：安裝於車輛，並以自動或半自動方式顯示及記錄車輛運行細節及駕駛實際駕駛時間 (如行車時之速度、時間、距離) 等資訊之設備。
4. 傳統行車紀錄器 (紙本大餅)：指機械式行車紀錄器，是將車輛行駛資訊，由指針刻畫於專用紀錄紙，判讀行車資訊時，需拆下紀錄紙張由專業人員進行資料判讀。
5. G-sensor (Gravity sensor)：又稱線性加速度計 (Accelerometer)，可以提供速度和位移的資訊，在車隊管理的應用主要在於事件觸發之影像紀錄。

<系統名詞>

1. 車載資訊系統：為整合車輛上多項功能 (車用導航、多媒體影音及無線通訊) 與提供資訊 (GPS 導航等) 之車上微型電腦。
2. 衛星定位系統 (Global Positioning System, 簡稱 GPS)：用以得知及量測車輛位置的一種系統。
3. 行車視野輔助系統：指透過裝設於車外之攝影鏡頭，並由顯示螢幕提供駕駛人車輛行駛時週邊路面影像之視野輔助系統，主要目的為提供駕駛視野輔助。
4. 車載數位錄影系統：除透過車用影像監控提供駕駛視野輔助外，能提供更多服務之功能，如營業車輛之遠端監控管理，讓駕駛與車隊管理者能隨時掌握監視車隊行車狀況。
5. 先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, 簡稱 ADAS)：為安裝車輛中提供偵測光、熱、壓力等數據之感測器，透過蒐集車內外環境資料，進行動/靜態物體之辨識與偵測與追蹤之資訊處理，提供駕駛預防事故發生之警示，常見的輔助駕駛系統有盲點偵測系統、停車輔助系統、後方碰撞警示系統、車道偏移警示系統等。
6. 盲點資訊系統 (Blind Spot Detection System, 簡稱 BSIS)：使用安裝在車輛兩側的電子偵測裝置來感應或是用攝影機拍攝畫面。當其中一個感測器偵測到盲點區內有物體時，會透過警示告訴駕駛，警示方式可能為圖像、聲音、震動或影像。
7. 前方碰撞警示系統 (Forward Collision Warning System, 簡稱 FCW)：透過感測器與辨識系統等方式偵測車輛與前方車輛之相對距離及相對速度，於達到預設之警示條件時，以聲音、光學或震動等方式提醒駕駛者減低車速或進行閃避之操作，以避免事故的發生。
8. 車道偏離輔助警示系統 (Lane Departure Warning System, 簡稱 LDWS)：指車輛非依駕駛意圖而偏離原行駛車道時，提供警示駕駛之系統。
9. 駕駛影像監控系統 (Driver Monitoring System, 簡稱 DMS)：利用影像感測器、攝影機系統等，追蹤駕駛人開車行為，對駕駛人提出警示。

附錄三、財團法人車輛安全審驗中心訪談會議紀錄

大型車影像與視野安全法規規範與趨勢訪談會議紀錄

計畫/案件編號：MOTC-IOT-110-SCB001

計畫名稱：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

時間：110 年 6 月 8 日 (星期二) 上午 10 時 00 分至 12 時 00 分

地點：視訊會議

主持人：鍾易詩副教授

出席者：陽明交通大學運輸研究中心：鍾易詩副教授、邱裕鈞教授、研究
助理林欣慧、研究助理吳泓億

交通部運輸研究所：葉祖宏組長、黃士軒副研究員、李晴瑄助理研究
員

財團法人車輛安全審驗中心：研究企畫一部謝昇蓉經理、研究企畫一
部黃鈺家專員、研究企畫一部鄭碩群專員

記錄：林欣慧、吳泓億

壹、討論議題

- 一、 國內強制性法規相關規範
- 二、 行車視野輔助系統制定經驗
- 三、 回饋與建議

貳、討論內容說明

一、 國內強制性法規相關規範

(一)、ADAS 在大客車 (M2、M3) 及貨車 (N2、N3) 已公告之強制性法規
包含哪些項目？

1. 國內 ADAS 駕駛輔助的強制性項目並不多，國內所參照調和之聯合國 (UN) 法規也是相同情形。
2. 國內車輛型式安全審驗的強制性法規中，與車輛影像檢測有關主要有兩種：調和聯合國 UN R130 的「車道偏移輔助警示系統

(LDWS) 」(我國車輛安全檢驗基準第 70 項) 及國內前幾年自行制定之「行車視野輔助系統」(我國車輛安全檢驗基準第 71 項)，唯「行車視野輔助系統」因制定時間較早，非屬聯合國規範之項目。

3. 其他如市面上小型車輛所使用先進駕駛轉向輔助系統，該系統主要是當發現車道偏移時，使車輛維持車道置中之功能，但此系統仍是選配為主，並無強制要求裝設，另未曾於大型車看過此類設備。

(二)、短期與中長期是否有新增規定項目要求?項目為何?對既有規定是否有影響?

1. 我國車輛型式安全審驗規範主要是參照聯合國進行調和，而聯合國近年比較明確與 ADAS 有關的項目有以下幾個：
 - (1) 盲點偵測警示系統 (BLIS)：主要管制目的為解決大型車輛內輪差的視野死角，VSCC 已與交通部進行本項內容初步技術研析，國內實施期程仍在討論中。
 - (2) 自動車道維持系統 (ALKS)：聯合國今年才發佈此項規範，此系統主要是與車輛轉向控制有關，類似有條件之 LEVEL3 自駕車，但各國導入時間不一，未來 VSCC 也會協助交通部進行此部分之研究。
 - (3) 倒車影像：聯合國於討論本項法規時即檢討納入大型車，惟國內大車之「行車視野輔助系統」已有規定。

(三)、後市場端的 ADAS 設備是否需符合相關規範?或者多為內定之廠規?目前有哪些產業標準?

1. 後市場端因非 VSCC 之業務範疇，故 VSCC 對於後市場之規範並無深入研究。
2. 就 VSCC 過去執行車輛安全檢驗之經驗，過去整車廠或零組件可能會將安全法規視為廠規，但這幾年業者的想法也有逐漸調整，以更高標準之規範做為產品設計參考。

(四)、ADAS 安裝位置規範為何?

1. 以車道偏移為例，該系統在大貨車與大客車的安裝方式就有所不同，大貨車的車頭(駕駛艙)因是由底盤廠生產，所以鏡頭安裝位置就會由底盤廠安裝在原廠設計處；但大客車是由底盤廠提供底

盤，再由車身打造廠組裝與安裝，故安裝好需在執行測試跟確認，確保安裝位置符合在原廠的設定條件內。

2. 針對行車視野輔助規範，對於安裝位置並不會強制規定，所規範之內容主要為所偵測之視野要達到規定範圍，如寬度與長度之空間大小，基本上，感測器所裝設的位置與所能偵測的範圍有多大是相互影響的，以 UN R151 盲點偵測系統為例，對於前方的偵測點與後方的偵測點要達多少都有規定。

(五)、鍾易詩老師提問：ADAS 警示方式是否有產品標準？警示方式有很多種，在規範上要如何做考量？

1. 一般警示方式有三種：光學、聲音及震動，而不同 ADAS 系統的警示作動條件不同，且依據不同的作動條件，給予駕駛的警示也不同。
2. 以前方碰撞警示及緊急煞車輔助系統 (AEB) 為例，法規要求第一階段 (提醒) 會有最低強度之警示，若駕駛未有反應，會進入第二階段之警示 (任兩種警示組合)，若駕駛仍未有動作，才會進入強制介入控制車輛的煞車動作。
3. 法規會針對不同系統會有不同的警示標準，如超出車道線之邊緣，車道偏移系統就會發出警示，而緊急煞車輔助系統 (AEB) 是以碰撞時間發出警示。
4. 法規測試規範只能預設測試之情境，以前方碰撞為例，是以固定速度靠近偵測物體，在要求時間內發出警示及煞車，且國內車輛安全檢測基準是以聯合國標準為參考依據，若要對警示條件做調整仍需要有充分之證據以免造成技術貿易障礙。

(六)、葉祖宏組長提問：ADAS 作動會有不同的警示或介入之功能，聯合國法規中對於車內駕駛人的人機介面 (Human Machine Interface, HMI) 是否有納入 ADAS 中或另有通用性之規範？

1. ADAS 警示主要有三類：聲音、光學與震動，但就目前 VSCC 蒐集到的資料中，聯合國對於 HMI 並無通用要求，目前僅有汽車控制器的光學警示符號對於駕駛人會有比較明確的互動，其他兩類並無特別要求，多是希望車廠有設計這樣的功能，但對於駕駛人是否有過度警示或更容易使駕駛人察覺則未有規範。
2. 警示對於一些駕駛來說會認定是一種噪音，在聯合國目前的倒車偵測系統，允許光學或聲學之訊號讓駕駛人獲得車後資訊 (如視

鏡、攝影機、電子後視鏡或倒車雷達)，而為減少駕駛人之不適感，在倒車雷達系統仍作動情況下，允許廠商可設定聲訊暫停功能，一旦車後物體與本車距離過短時，此訊號就要再作動，此外，依據與本車之距離遠近，警示頻率也不同。

(七)、葉祖宏組長提問：聯合國 (UN) 是否對於 ADAS 是否有名詞定義或僅是一個通稱？

1. 聯合國對於 ADAS 並無明確定義，主要是一個廣泛的通稱，在原文中有提到 ADAS 是一個屬於 driving 時所使用的輔助系統，也是代表在行駛過程中提供駕駛人輔助，警示或介入車輛都可以廣義視為它是一個 ADAS 系統。

(八)、葉祖宏組長提問：歐盟制定之 ADAS 功能之規範，當其他國家預進口車輛到歐盟時，都需要符合他們的規範，而國內法規主要是與聯合國做調和，若國內評估某一些法規有特定規範需求時，是否可參照行車視野輔助系統來納入管理？

1. 以歐盟為例，歐盟在進行法規目標宣誓後，會與各國於聯合國會議中進行討論，若聯合國討論期程過長無法於歐盟預定期程實施時，經歐盟評估後，也是有提早於歐盟境內實施之法規。
2. 當一個國家依據其國情有進行管制之規範需求時，可透過 WHO TBT (技術性貿易障礙協定) 事先告訴各國未來要管制之內容，讓各國針對規範內容提出意見，由制定國提出說明。
3. 因國內市場規模不大，新規範之要求需先了解影響對象為何、國外是否有要求，也需充分考量與評估規範制定之合理性及可行性。

(九)、邱裕鈞教授提問：對於大客車車身打造廠依照底盤廠建議安裝完的 ADAS 位置，VSCC 是否會再進行型式審驗或檢查？

1. 有關係統安裝部分，目前底盤廠及車體廠視情況皆有安裝之情形，安裝完成後的系統校正及確認大多數由底盤廠執行，部分廠牌於車體廠能力充足情況下，會交由車體廠執行相關校正及確認。

(十)、邱裕鈞教授提問：行車視野輔助系統與盲點偵測的主要差異為何？

2. 行車視野輔助讓原本只能透過鏡子看到環境之駕駛人，多了一個能觀察周圍環境周圍之工具 (如螢幕)，讓駕駛人能看到更廣的範

圍。

3. 盲點偵測不一定要有螢幕，其功能主要是安裝於離駕駛較遠的那一側，在偵測範圍有行人或物體時，給予駕駛人資訊，若進一步有再碰撞風險時，會再給予駕駛人警告。
4. 輔助設備要做到車輛控制或閃避動作的技術複雜度相對較高，目前行車視野輔助系統與盲點偵測只能提供資訊給駕駛人，均不會有強制介入車輛行駛之行為。

二、行車視野輔助系統制定經驗

(一)、何種情況下行車視野輔助系統之基準要求會調整？

1. 過去制定本條規範時，使用者也提出螢幕規格 (8 吋) 過小，安裝位置錯誤 (左轉時需觀察安裝在右邊的螢幕) 等問題點，此外，雖聯合國針對電子照後鏡的螢幕的大小、解析度、裝設位置有其要求，但制定當時考量國內過去並未有執行經驗，故本項規範推動之共識為初期以先蒐集到資訊為主，了解駕駛人確實遭遇到之問題後，再來檢討國內法規未來的修訂方向。

(二)、就 VSCC 經驗來說，要如何透過這些設備功能的強化與改善，在符合駕駛人使用習慣下，有效提高駕駛安全？

1. 行車視野輔助主要功能是提供影像，仍需要駕駛人注意螢幕才會發揮其功能。
2. 安裝兩個螢幕是否會有擋住 A 柱之情形、車內螢幕數量太多對駕駛者是否是困擾，都需要多面向進行考量。

(三)、黃士軒副研究員提問：本所委託執行之計畫主要目的是希望能應用車輛既有的設備 (如影像、OBD 等) 進行安全管理面之應用，而今年度計畫主要是進行影像分析，但在使用影像資料時，機器判讀所需之解析度是相當重要的，請問國外在影像應用的解析度是否有更多之要求或精進之作法？

1. 國內行車視野輔助系統是七年前所制定之規範，解析度規格要求約為當時市場中階等級 (如：解析度總像素不能低於 27 萬)，現在的市場規格已高於此數值許多，近年也因科技演進及電腦運算能力增加，才有比較多周邊產品的發展。
2. 目前聯合國對於電子照後鏡 (CMS) 針對解析度有類似的規定，如

最大解像度的要求、日夜模式的要求、遠方車燈照射時顯示內容等，但法規制定對於硬體設備多是以在特定之場景下，達到應有之性能測試要求，並非設定一個規範值。

(四)、葉祖宏組長提問：目前市面上的 ADAS 系統是透過感測器所監測的訊號來提供給使用者，現有法規面是否有要求這些訊號要進行儲存、儲存時間多久或是由產品各自發展，特定情境下進行儲存？

1. 現行以公告之型式認證法規中主要是在特定情境下，給予駕駛人警示，針對感測器監測到資訊的儲存並未有所要求，此部分之資料紀錄與使用需求主要會發生在智慧聯網車輛上。
2. 車廠有可能會去記錄車輛行駛資訊，但此資訊不一定會回饋給駕駛人，多是使用者（如客運業者）在針對特定事故要求要進行紀錄，才會有資料儲存。
3. 聯合國目前 EDR (UNR160)（事件資料記錄器）草案正進行討論，主要應用在小型車產生事故時所紀錄之資料，尚未擴展至大型車。

(四)、鍾易詩教授提問：目前市面上的 ADAS 系統主要為各自獨立之設備，未來是否會有整合性產品出現？

1. 目前 ADAS 系統以小車發展速度較快，車廠在設計這些功能多是以整合系統的概念進行車型開發，如本田或 SUBARU 的 EyeSight，但型式認證法規是以功能面來規範個別產品之性能，整合與優化面則由車廠自行發展。

(五)、葉祖宏組長提問：大型車的 ADAS 發展晚於小車型的主要原因為何？是否有大型車特有的規範？

1. 大型車輛的市場規模相對小於小型車，ADAS 主要是以高價位的小型車開始投入，俟技術發展逐漸成熟與市場接受度較高後，才會拓展至其他車款或車種。
2. 大型車輛多是職業駕駛人，政策對於其行為規範均有其要求，故大型車輛所要求項目與進度和小型車也會有所不同。
3. 聯合國與國內之緊急煞車輔助系統，是以大型車為規範對象，模擬情境為高速公路（車速 80kph），此功能也能應用到市區道路上，但當新功能之納入時，也會增加設備成本。

三、回饋與建議

(一)、針對幾項車輛行駛異常事件 (如 Q1-1 與前車未保持安全距離、Q1-2 車道偏移、Q1-3 過彎或匝道車速過快、Q1-4 不當變換車道)，在國內外是否有明確定義，對於這些事件的看法如何？

1. Q1-2 車道偏移可參照車道偏離輔助系統 (安全檢驗基準第 70 項) 法規有部分規範，但判定值要多少需再進行討論。Q1-4 不當變換車道與 Q1-2 車道偏移可視為一體兩面，對駕駛人來說，若非車道偏移但駕駛人又超過車道則可能是不當變換車道。
2. Q1-3 過彎或匝道車速過快類似 VSF (車身動態穩定) 之功能，系統會判斷車輛失控之邊界，而介入車輛控制，但法規規範內容是當有此事件發生時，儀表板會產生警示而介入作動，然而介入時，車輛當時情況 (如車速) 資料並不容易取得。
3. Q1-1 與前車未保持安全距離，和車輛當時之車速、前車車速、車輛性能、載重等都有關，對於判斷車輛是否發生碰撞較不易有一個明確之數值。

(二)、鍾易詩教授提問：現有安全檢驗基準 (如第 70 項、71 項及 72 項) 與本計畫設定之幾個異常行為事件有類似之指標，可否請 VSCC 協助本計畫檢視所設計之異常行為參數是否合理？

1. Q1-1 與前車未保持安全距離與安全檢驗基準第 72 項、Q1-2 車道偏移與 Q1-4 不當變換車道和安全檢驗基準第 70 項、Q1-3 過彎或匝道車速過快則是與車身動態穩定管理概念較為類似，會後可在協助團隊進行參數比對。

(三)、針對車載設備、ADAS 與現有影像資料，VSCC 期望未來需要有哪些指標或是能在有哪些應用？

1. 歐盟近期有討論到智慧車速，可透過影像辨識路邊速限牌，提醒駕駛人目前速限是多少，更可以介入車輛來控制目前行駛速度，抑或是可應用到行駛特定區域 (如校區)，提醒駕駛人降低車輛行駛速度等。
2. 影像辨識能協助駕駛人掌握周圍環境狀況，如市區行駛時提醒駕駛人路旁有行人或腳踏車，讓駕駛多加注意。

(三)、對於設備傳輸格式 (欄位) 與傳輸方式，蒐集資料頻率的規劃與想法為何？

1. 資料傳輸的欄位與頻率與使用目的有關，多是使用者依據需求進行蒐集。

(四)、國內市占率較大的車機設備商有哪些?其主要技術項目?是否可推薦能夠進行訪談的設備商，協助我們了解國內設備之發展現況。

1. VSCC 接觸業者以車廠居多，設備商較少，所以無市占率的資料供團隊做參考，建議可向 ARTC 或工研院進行洽談來了解 ADAS 相關產業。

(五)、葉祖宏組長提問：國內車機管理後端平台是車機業者開發，還是有另外的廠商負責? 車廠透過 ADAS 系統的管理平台的功能，除了即時性警示外，是否有其它管理面之應用?

1. 除國內中華電信有協助平台的開發外，國內客運業者 (如國光、葛瑪蘭、首都等) 都有後台監控，也可詢問他們取得相關資訊。
2. 由目前所看到的資訊，國外車廠並未有資訊主動回傳之功能，在歐盟小型車法規規範中有一項 E-call 之系統，主要當發生碰撞時，E-call 會回傳訊號到 call center，協助進行人員救治。

(六)、葉祖宏組長提問：針對數位行車紀錄器，除了記錄外，是否有其它的應用?

1. 數位行車紀錄器功能主要是資料儲存用，針對需儲存之事件與項目進行紀錄，目前檢測基準中並沒有應用面之要求，仍是由使用者依據其需求進行資料之應用為主。

附錄四、期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：IOT-110-SCB001

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

執行單位：國立陽明交通大學

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
國立成功大學魏教授健宏		
1. 本計畫如何定義高風險路段？係以異常行為次數，或以兩處交流道之區間路段中，平均每輛車有多少異常行為？請補充說明。	1. 高風險路段之定義會參考易肇事地點辨識(hot spot identification)作法，在考慮曝光量與道路幾何因素下，構建異常事件計數模式(count model)，以辨識高風險路段。	同意。
2. 報告書第五章及投影片 34 頁關於事故分析部分，研究團隊的分析結果呈現近年大客車涉入事故約略持平，但就曝光量角度，近年班次數可能是逐年降低，建議基本資料分析可將曝光量納入考量；此外，第一年度係以大客車為研究目標，大貨車部分是否得以考量納入分析？請補充說明。	2. 感謝委員建議，基本資料分析將納入大客車曝光量變數，分析結果將呈現於期末報告。本計畫原則以大客車為主要分析對象，大貨車部分建議可納入未來研究規劃。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
3. 造成異常行為之原因，除駕駛本身(例如恍神、身體狀況不佳)，外部環境也會有所影響，例如車道數、幾何線型、車流、車種組成及天候等外部因子，建議可嘗試建立異常事件發生次數與該等因子間的關係。	3. 本計畫在發展異常事件計數模式時，將考量委員所提之車外環境變數，分析結果將於期末報告呈現。駕駛本身行為之車內影像資料為第2期計畫範圍，本期計畫暫不討論。	同意。
國立臺灣海洋大學吳教授繼虹		
1. 訪談對象於該公司或組織內的角色與業務職掌，攸關其是否具有代表性及對於現有設備是否有足夠了解，建議團隊補充說明。	1. 針對訪談內容，計畫均先將訪談大綱提供給擬訪談之業者，由該公司內部進行初步討論後，指派有關人員等接受訪談，且針對設備調查若該公司無法立即回覆者，也會請其於會後進行內容補充，故本年度訪談結果應具備一定之參考價值。	同意。
2. 問卷調查部分，建議說明為何僅針對客運業者；現況大貨車之事故死傷比大客車高，雖資料較難掌握，惟未來大貨車亦會是主要安裝對象，因此未來年期研究建議可將大貨車納入考量。	2. 感謝委員建議，考量大客車駕駛行為、行車影像資料相關設備及資料蒐集制度相對完整，爰本計畫僅針對大客車進行分析研究，相關問卷亦以大客車為主要對象。大貨車部分，本計畫及前期計畫亦有針對貨運業者發放問卷，惟依據前期計畫經驗，問卷回收狀況不佳。	同意。
3. 本計畫的事件主要可分警示事件與異常事件(如報告書19頁)，但從異常事件到事故發生之間，是否還有「near crash」的階段？建議定義清楚。	3. 感謝委員建議，將嘗試納入near-crash於後續分析，結果呈現於期末報告。	同意。
4. 業者對新車安裝車機之想法為何？建議可將業者對於車機安裝、功能的期望回饋給相關單位。	4. 針對新車安裝車機部分，因為車機設備種類繁多，對客貨運業者來說，若法規有強制規定，業者一定會安裝，若法規無規定，業者則多會依據其營運需求與公司之	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	安全管理預防做法安裝車機設備。 本計畫第一年度主要著重於影像技術的開發，預期以今年度成果為基礎配合後期對高風險駕駛行為、空間特性等分析成果，可給予業者實務可應用之回饋，今年度規劃以階段性成果分享為主，並將提出應用行車影像辨識之設備最低標準給業者參考。	
5. 訪談中提到，業者可針對ADAS 警示門檻進行調整，請研究團隊說明業者是否有進行調整、如何調整？又其調整對後續應用之安全性是否有任何影響？請補充說明。	5. 根據訪談結果，部分業者會依實際駕駛狀況調整ADAS 回傳訊號門檻，例如連續發生車道偏移的時間間隔，以加強對駕駛之管理。此調整通常用於後台管理，不會做為調整警示之依據。	同意。
中原大學蘇教授志文		
1. 進行 12 宮格影像辨識時，是採取事前或事後進行校正？校正方式是採半自動或是人工校正？請補充說明。	1. 本計畫採事後進行校正，手法是採用人工方式，取車輛行駛國道車道中線之對齊畫面(車道線完整)，車道實線 4 公尺與虛線 6 公尺量測前方 20/40 公尺實際距離。	同意。
2. 影像辨識中之線道偵測採用 Canny 跟霍夫轉換等傳統影像偵測方法，往往有許多參數閾值須決定，所以不同情境難以用單一閾值統一偵測，團隊有何因應方案？請補充說明。	2. 本計畫由於業者提供影片來源多元，日夜間成像畫質會隨業者採購設備預算而有所限制，本計畫針對所分析之影片成像畫質分群，根據對應畫質來選用合適參數。	同意。
3. 簡報 60 頁之兩側影像似有偏離的問題，其原因為何？請補充說明。	3. 左右兩側以車身切齊為預設車道線估算，未來將以實際車道線為示意畫面演繹。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
4. 團隊採用 Mask R-CNN 和 YOLO 進行偵測，Mask R-CNN 好處在於可以做物件分割，但在標註上較困難，可能造成資料處理複雜度增加，請問團隊採用兩種分法的原因為何？請補充說明。	4. Mask R-CNN 其主要應用於物件分割，但也可以將其應用於物件偵測。Mask R-CNN 與 YOLO 系列在小物件偵測能力、偵測框貼合度、回復率(Recall)、誤判率(False Positive)等方面各有其優勢，本計畫以此兩種方法為基礎取得適用於本計畫較佳之模型。	同意。
5. 物件偵測通常需透過追蹤手段連結前後畫面的偵測結果，但報告書沒有看到有做追蹤動作，團隊可評估是否需加入追蹤技術。	5. 感謝委員意見，本期計畫僅進行物件辨識，不會做到物件追蹤。若需了解車輛動態，可透過影像與真值比對時，以不同指標來判斷行車動態及異常事件。	同意。
6. 車輛軌跡用到 Bounding box 的中心點位移部分，因車輛大小不同可能導致軌跡不同，建議團隊可偵測框下緣中心或下緣的左右兩個端點，或許會有比較好的表現。	6. 感謝委員建議，相關指標將納入後續分析。	同意。
交通部科技顧問室劉簡任技正建邦		
1. 報告書 32 頁提到自駕車有不同分級，現在自動駕駛大概是從 level 3~5，其中有部分是必須在操作設計範圍(Operational Design Domain, ODD)內才能滿足自駕的功能，所以當自動駕駛離開 ODD 轉換至傳統駕駛，或是進入 ODD 從傳統駕駛轉換至自動駕駛時的行為改變須要進一步釐清，不知是否可與現有研究進行搭配。	1. 本計畫主要係應用發展自駕過程中的各項 ADAS 設備及對應之影像辨識技術為基礎，發展辨識篩選異常事件的相關技術，惟計畫執行過程未涉入任何層級自駕操作及委員所述「進入或離開 ODD 之轉換」之行為，後續將修正報告書論述，以釐清本計畫目的及應用。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
2. 本計畫成果是否會匯流到道安資料庫平台，讓更多人可知道高風險路段。	2. 本期僅針對車外影像進行分析，俟來年完整考量車內影像與時間、空間因素，所歸納之異常事件/高風險駕駛行為好發熱區可做為判斷潛在高風險路段之參考，惟相關成果應用及是否可長期執行相關作業以達到公告目的，仍須視各主管機關規劃。	同意。
3. 承魏委員所提國道客運曝光量資料，交通部管理資訊中心 PTX 平台已有國道客運班次相關資料，建議研究團隊可參考應用。	3. 感謝委員建議，納入曝光量之分析將呈現於期末報告。	同意。
4. 目前路政司接受行政院科發基金補助辦理大型車主動預警系統整合相關計畫，建議研究團隊可進行了解。	4. 感謝委員建議，本計畫團隊成員亦有參與大型車主動預警系統整合計畫，後續可將兩案成果互相應用參照，以達最大效益。	同意。
5. 交通部 ITS 計畫有補助業者裝設 Mobileye 設備，若後續年期執行到市區客運，科顧室也可協助從客運業者取得相關資料。	5. 敬悉，後續倘有資料需求，將再洽交通部科顧室討論。	敬悉。
6. 報告書 93 頁提到主動式防禦駕駛介入之功能無法後裝，主要是因為臺灣沒有車輛產業，因此無法做主動式控制，這也是目前發展自駕車的困境。在行車安全上，ADAS 如何做到有主動式的防護，才能真正達到安全目的，現有困境可強化說明，以期在車輛技術上可做相關突破。	6. 敬悉，將與本所討論後納入期末報告。	敬悉。
7. 團隊是否有規劃透過聯盟式學習機制，讓各界可以共享 AI 模型。	7. 目前暫未考慮，後續是否公開模型宜由本所決定。	敬悉。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
8. 異常事件的門檻值，包含速度、方向、距離，建議團隊列的更清楚一點。	8. 行車動態與異常事件關係(例如門檻)，將呈現於期末報告。	同意。
9. 目前所看到都是事後分析的資料，未來如何做到安全性的預防？請團隊再補充說明。	9. 感謝委員建議，異常事件分析結果與駕駛及道路安全管理之關係，將呈現於期末報告。	同意。
交通部公路總局林主任秘書福山		
1. 本計畫為四年期計畫，具備人工智慧、高風險路段分析、駕駛行為模式研析、異常事件定義、影像辨識技術開發等專業，就整體而言是偏向實證計畫。其中設備應用之探討，商業市場上已有執行，爰請團隊思考本計畫各項研究重點之預期成果，未來如何在商業市場上或行車安全上提供何種協助？又本計畫每階段或每年期應有具體計畫成果產出，並導入至實務應用。	1. 感謝委員意見。本期計畫側重於整合車機與車輛影像資料，針對異常事件進行判別訓練，確立偵測異常與警示分辨之能力，並透過資料庫分析異常事件與道路交通資料之時空環境關聯、駕駛行為評估等。後兩年則分析影像品質之關鍵因素，以及事故鏈之定序，並進一步應用於道路交通環境更複雜的市區公車(後續年期計畫僅為本所暫定規劃，後續仍會滾動修正)。本計畫主要成果包含建立異常事件之自動判別模式、建立一套駕駛及車隊之管理系統，同時找出異常事件之好發情境(人事時地物)，以供業者辦理駕駛回訓及管理、道路主管機關改善道路交通環境之用。同時，針對不同影像辨識及車載資訊之判讀與整合，提出具體設備功能與裝設方式之建議。 同時，在研究期間，本計畫將遵照委員建議分別於各年度之期中、期末提出具體建議，並呈現階段性成果，以供相關單位推動 ADAS	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	計畫之參考。	
2. 四年期計畫成果若要能應用，車上端需有相應產品，如ADAS設備，又車上端產品，不論為車輛製造時就有或後續額外單品安裝，皆牽涉安裝工法，如第一年期計畫談及的車外影像，車前、車側之捕捉角度，皆是安裝工法應規範部分。同時，當影像資料以 12 宮格等相關影像辨識方法定義異常事件後，系統運作完成產出之成果，如何在事前、事中及事後應用？請補充說明。	2. 感謝委員意見。本計畫以影像資料 12 宮格進行異常事件辨識與警示，可據以篩選好發情境，相關成果可供業者納入駕駛行前之之任務簡報(Briefing)之用，以提醒駕駛行經危險路段之注意，事後則可做為業者進行駕駛回訓及道路主管機關改善道路交通環境之參考。而在影像辨識過程中，本計畫也會針對各項 ADAS 單品及攝影機之安裝工法（位置及角度）對辨識結果準確性之影響加以分析，以做為未來安裝工法的建議。	同意。
3. 研究團隊雖已與車輛安全審驗中心進行訪談，惟其中相關設備及規範，有些係屬於我國自訂之法規強制規範，有些則是依循聯合國國際通用規範，每項法規其用意皆與本計畫有相近關係，但有些非屬本計畫主要用途。因此建議團隊報告書 2.5 節有關車內設備的部分進一步重新整理，如：(1)不同之車道偏離輔助警示系統其運作原理有所差異、(2)依據國內車輛安全檢測基準，於 111 年、112 年車輛底盤出廠時便會配備應有設備，其與市面上額外安裝之單品會有不同的系統運作方式與要求、(3)期中報告所提及數位式行車紀錄器或行車	3. 感謝委員意見。針對智慧車載設備及行車影像紀錄器之功能限制，及對異常事件影像辨識技術之影響，將呈現於期末報告，本計畫亦會提出應用行車影像辨識之設備最低標準。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
攝影系統等相關名詞請重新檢視修正以符合法規定義避免混淆、(4)將 ADAS 相關設備加以分類(如有無鏡頭等)以瞭解現行商業市場上產品與種類有哪些、(5)盤點後針對相關系統提出建議(如鏡頭數量、解析度等)，並考量於現行法規下及過去國內已補助安裝相關設備之情況下是否得以整合，或是否有需要轉換相關法規項目(如行車影像系統，於車內或車外需安裝一定數量鏡頭且鏡頭應有相關規範等)。透過本次法規與設備之盤點，本計畫於第一年成果若可提出設備標準及安裝規範等，後續則可提供相關產業及國內設備商參考，並納入相關產業標準以協助產業發展。		
4. 高風險路段定義部分，建議團隊再思考不同天候情境是否要有不同定義。	4. 感謝委員建議，將納入後續分析參考。	同意。
5. 和欣客運相對其他業者使用行車控制系統起步較早，行車安全機制亦相對完整，因公路總局過去也有補助國道客運安裝相關設備，請研究團隊評估是否採納其他業者行車影像及駕駛行為資料進行研究。	5. 感謝委員建議，然本期計畫範圍僅包含前期計畫蒐集之資料，委員意見將納入未來研究建議。	同意。
6. 期待本計畫第一年研究成果，可對行車影像系統設備提出基本規範，並導入實務應用。	6. 感謝委員意見，期末報告將提出應用行車影像辨識之設備最低標準。	同意。
本所張前組長開國		
1. 本計畫雖著重在駕駛行為分析，但整體計畫最終的產出盼能在從異常事件的空間分析來	1. 感謝委員建議，本計畫將納入空間與幾何特性，對道路進行分段切割之分析，探勘	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
找出問題，同時也能進一步釐清所謂的高風險路段，目前較難看出與空間相關結果，建議應強化說明完整四年期的研究架構。	各類異常事件好發之空間影響因子，以指認高風險路段或行車環境。	
2. 期中報告納入較多技術面探討，規劃面探討則相對較少，如駕駛行為模式分析，事故鏈中最上層是人為因素，因此車內影像分析更重要，惟將車內、車外串聯成完整事故鏈並不容易，因此建議針對駕駛行為模式分析初步規劃如何串聯，方能做到後面之技術應用。	2. 感謝委員意見。車內影像資料分析為第 2 期計畫範圍，本期計畫將針對駕駛行為模式探討，在其分析架構中會將車內、車外行為對異常事件發生之影像納入討論，以期串聯本期及未來計畫內容。	同意。
3. 對駕駛人來說，加減速反應與 ADAS 警示其意義不同，加減速係駕駛已進行反應，等同於進入異常事件，而 ADAS 僅是做警示，還不到異常事件。前期計畫異常事件門檻值主要係針對加減速做判定，其意義為何？建議研究團隊可再補充相關文獻是否有較新的異常事件判斷指標。例如 ADAS 有無被使用、又如何使用，抑或都還是僅使用於警示事件。	3. 早期異常事件僅針對加減速設立門檻，主要原因為設備上的限制及對事故了解不夠全面。其意義為捕捉駕駛規避行為做為危險與否的單一指標。本計畫提出之異常事件則將由周遭環境、行車動態、駕駛因應多重指標綜合判定。	同意。
4. 利害關係人訪談中，客運業者 B 希望設備可精準判斷駕駛精神不濟，惟現今有部分系統係以車道偏移警示及前方防撞警示防範疲勞駕駛。本計畫是否能進一步瞭解車內駕駛狀況並提前掌握駕駛身心狀況，而毋需等到警示系統運作。	4. 車內影像資料分析為第 2 期計畫範圍，本期計畫暫不討論，委員意見將納入後續研究建議。另目前已有部分疲勞警示設備透過辨識臉部、眼球追蹤等技術偵測疲勞狀況，後續年期計畫可再納入討論。	同意。
5. 報告書 148 頁提及本計畫分析不納入 A3 事故之原因，惟就過去經驗瞭解，於國道上發生之 A3 事故相關紀錄相對完整，建	5. 感謝委員建議，將請本所協助取得國道 A3 資料。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
議考量納入分析。		
6. 12 宮格影像辨識架構當中，D、F 只有上半部被攝影機涵蓋，G、I 則是只有下半部，若出現影像不連續問題要如何處理？請補充說明。	6. 影像不連續問題將透過影像辨識演算法的修正，以及結合影像辨識指標與行車動態真值兩種方式處理，結果將呈現於期末報告。	同意。
7. 本車影像辨識中，資料擷取率是採 0.1 秒 1 筆，但速度在短時間起伏高下差異大，通常會以多個數據計算並用平滑方式推估，爰請研究團隊評估 0.1 秒是否恰當？請補充說明。	7. 簡報內容採用示意方式，實際研究中採用影像幀數(如：25 FPS)以 1 秒 25 筆資料數據計算並用平滑方式推估。	同意。
8. 變數 H4(本車位於第幾車道)於高速公路上容易判斷，但未來若應用於市區道路上，定義可能就有所不同，因此建議研究團隊進一步規劃。	8. 未來不同場景應用時，仍以本期 12 宮格為基礎。但由於市區道路場景極為複雜，包含各種型態的路口與路段，於直線路段時，擬延續本期方法；於路口時則參考道路幾何，由原行駛路段延伸來推斷格位與變數表中 H4 欄位車道編號之定義，此外，路口處將研議是否考慮其他車輛之行駛方向與動態。	同意。
9. 變數表中車佔畫面比例相關之變數(如 G3、I3)，若車輛直行，比例沒有疑慮，但當變換車道時，會隨車身角度能照攝角度與比例變化將不同，請研究團隊應再思考變換角度時應如何處理。	9. 影像辨識準確度問題將透過影像辨識演算法的修正，以及結合影像辨識指標與行車動態真值兩種方式處理，結果將呈現於期末報告。	同意。
10. 報告書 192 頁車外異常事件辨識技術發展，請研究團隊瞭解與檢核是否所有高速公路車道寬皆相同，避免後續相關計算有誤。	10. 國道車道寬資料來自高公局，192 頁僅為範例，已於報告書修正敘明。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
11. 序列未保持安全距離之序列，應再釐清是以目標車為主還是前車後車為主？建議著重在目標車產生之問題(如不當變換車、未保持安全距離或車道偏移)，而非其他車產生之問題，因此序列 2-2 建議視為不當變換車道形成之異常事件。	11. 感謝委員建議。本計畫目前以目標車為主，因此序列 2-2 將調整為因不當變換車道所形成之異常事件。	同意。
12. 過彎或匝道車速過快之相關序列中，序列 1-2 已將下雨變數納入，惟「下雨」係屬於前因，真正主因仍是超速或未減速導致碰撞，應再釐清於此情境下的行為模式，以納入序列當中。現在所有異常事件中，主要皆是車碰車之碰撞事故，但事故亦可能撞到或接近撞到護欄。因此建議異常事件分析中，應該納入碰撞路側設施或行人的情境，做為事故發生最後碰撞之物品。	12. 撞到或接近撞到護欄的事故通常前因有兩大類：(1) 疲勞恍神或車速過快失控、(2) 在變換車道過程當中，或閃避他車過程中失控。在本計畫所設定偵測之異常事件中，除了疲勞恍神依賴車道偏移警示來偵測以外，其他型態的異常事件已包含上述兩大類事故前因。	同意。
13. 不當變換車道有多種情境與狀況，例如不當變換車道直接撞上前車或致使後車追撞。不當變換車道如何警示，如何得知異常事件為何？雖本計畫以影片進行辨識，惟影片中左右側恐有不連續的情況，請研究團隊思考如何處理該類狀況。	13. 本計畫已發展與前車距離相關之異常事件序列，然受限於車外影像，本計畫無法討論後車追撞或跟車過近之情況。本計畫定義之不當變換車道行為，主要參考文獻及國內實務作法，包含未在變換車道四秒前打方向燈、變換車道時與目標車道前車距離低於 10~20 公尺、變換車道後與前車秒距低於 0.5 秒，分析結果將呈現於期末報告。	同意。
14. 報告書中許多圖表列印後不清晰，請研究團隊後續改善。	14. 將於期末報告修正。	同意。
公路總局		

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
1. 新興的輔助駕駛裝置名詞並非眾所皆知，雖部分專有名詞於報告書後面章節中有特別說明，建議於第一次出現該名詞時，得於當頁下方註記或說明。	1. 感謝委員建議，因本案專有名詞較多，將以附錄列表呈現。	同意。
2. 報告書 22 頁表 2.1-2 中提及的絕對距離，與 194 頁表 7.2-中的相對距離差異為何，請說明其定義。	2. 絕對距離為誤植，將統一修正為相對距離，感謝委員意見。	同意。
3. 報告書 57-58 頁所提之數位式行車紀錄器及影像式行車紀錄器並不相同，建議第 2.5.1 節「(一)影像式行車紀錄器」修正為「(一)影像式/數位式行車紀錄器」以表達其差異。	3. 遵照辦理。	同意。
4. 報告書中提及車載診斷系統有採用 OBD2 及 OBD-II 兩種寫法，建議統一修正。	4. 遵照辦理。	同意。
本所運輸安全組葉組長祖宏		
1. 委員對於本案成果應用相當關心，本計畫主要目的為應用各項設備的警示、行車影像、駕駛行為等進行技術開發，做到各項異常事件的事後管理，長期而言亦有精進事前及事中警示功能之潛力，惟未來還需考量與產品結合的方式進行開發。	1. 敬悉。	敬悉。
2. 對於委員們針對高風險路段之題目疑慮，因事故或事故前兆發生為人、車、環境之複雜組合，主軸還是在人、車之間的互動，以及業者對於轄下人、車的管理，但由於當時爭取預算過程中，為扣合上位計畫對於「空間資訊」的整體規劃，因此在研究題目上特別凸顯此等駕駛行為分析在空間分析之衍生應	2. 敬悉。	敬悉。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
用。		
3. 本所於 107 年研究已有針對有無 ADAS 用不同指標執行，即使無設備也能做到基本效果，惟其指標的準確性在有、無 ADAS 的應用情境下有明顯落差，顯示裝設 ADAS 確實有助於車隊安全管理。未來市場安全發展將以 ADAS 當作重要基本配備，以此為基礎提出建議，但是否能達成法規要求還需與主管單位再進一步討論。本計畫希望精準列出研究架構及指標，若汽車運輸業車輛皆有裝設相關設備並透過後端管理，對行車安全將會有相當大的改善空間。本計畫著重於技術研發及了解應用潛在場域，後續涉及政策面的廣泛應用問題將再與研究團隊進一步討論。	3. 敬悉，將在後續會議與本所討論。	敬悉。
4. 據了解，和欣客運已將本所 107 年研究成果納入做為其安全管理的指標之一，請團隊評估後續是否可洽和欣客運訪談，了解本所相關計畫成果應用狀況，以及本期計畫未來落實到客運業者駕駛安全管理的可能性。	4. 遵照辦理，將與和欣客運確認前期研究成果應用狀況。	同意。
高速公路局（書面意見）		
1. 報告書 1.2 節，(1)車流資料之整合，單以平均車速做為參考依據，是否會有不足的情況？(2)若於封閉路網中(高速公路)，是否考慮參考 VD 所收集之瞬時速率？請補充說明。	1. 感謝建議，本計畫針對車流資料，會針對時空進行分析，在高速公路將透過 VD 蒐集車速、交通量等交通狀況資料。	同意。
2. 報告書 27 頁，請提供該段落之相關模擬分析表格。	2. 遵照辦理。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
3. 報告書 33 頁，(1)煩請修正表格內錯字；(2)請確認 C、D 之危險事件，是否該清楚表示「橫向」與「縱向」等相關字眼。	3. 已修正表 2.3-1 中項目 H 之錯字；項目 C 中之危險事件加註為「縱向距離」。	同意。
4. 報告書 39 頁，請修正參考資料人名錯字。	4. 遵照辦理。	同意。
5. 報告書 51 頁，文中所提到「交通告示」與「交通標誌」，是否應合併？請補充說明。	5. 已調整報告書 2.4.2 節統一稱為「交通標誌」。	同意。
本所運輸資訊組 (書面意見)		
1. 報告書 7 頁，本計畫工作項目提及以大數據分析、資料探勘之技術探索高風險駕駛行為/事件之特性；查期中報告內容在數據分析上，似以深度學習之影像辨識分析內容為主，請補充說明未來是否評估其他資料探勘模式(如集群分析或決策樹分析)之應用。	1. 感謝委員建議，本計畫主要架構擬以從影像辨識、動態駕駛情境辨識、到異常事件辨識等三階段的方式來完成，計畫前期以車內外影像資料辨識車輛動態為主，辨識完成後，計畫後期將會評估使用各種資料探勘方法來達成後續的異常事件、行車風險指跡辨識等。	同意。
2. 報告書 77 頁，本節回顧多項負二項迴歸相關研究，惟亦提及隨著 ADAS 發展逐漸成熟，現今已有更多研究針對職業駕駛蒐集資料，並將事件定義更細緻，而採用巨量資料的探勘方式。請補充說明報告書 72 至 76 頁負二項迴歸研究相關文獻回顧內容與後續研究關聯性。	2. 感謝委員意見，本計畫擬透過負二項迴歸等相關模式探索異常事件好發之時空分析。而異常事件間是否有好發先後時序，則擬再透過駕駛行為之探勘分析加以探討。	同意。
本所綜合技術組 (書面意見)		
本計畫目的希望透過車輛既有設備，應用影像辨識技術，研提改善方案，未來應期反饋協助駕駛者、車隊管理業者乃至政府機關快速檢視駕駛者是否常處於危險駕駛中，則影像辨識準確度確為重要考量之一，目前尚有諸多技	影像辨識準確度之分析結果，將呈現於期末報告。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
術性問題待克服，在研究時間限制下恐難臻完善，試問本4年期計畫有無設定(公認)可接受之準確度？倘無，或不失為研究討論方向之一，因即便於實務應用尚有侷限性，倘能儘早提出階段性成果，進而降低交通事故發生的可能性，應有助改善臺灣道安死傷人數與件數居高不下之情形。		
本所運輸安全組(書面意見)		
1. 近年來各種 ADAS 系統越來越普及，甚至在很多小客車都成為標配，簡報 14 至 15 頁也列出韓國、西班牙等透過 Mobileye 找出高風險路段之案例，請在期末報告增加此類案例的回顧。另該等系統及本計畫同樣都是以影像辨識為基礎，為何本計畫還要再另外應用行車影像辨識技術進行分析？僅應用 Mobileye 單一系統能否取代？建議再強化說明。	1. 韓國、西班牙案例將補充於期末報告中。另本計畫與 Mobileye 確實都是基於 AI 影像辨識來進行道路風險分析，未來如 Mobileye 這種影像式 ADAS 技術完全成熟時，確實可以單一系統取代，但目前 Mobileye 仍有在地化之課題需要克服，Mobileye 為歐洲廠商，歐洲的道路環境與台灣之道路環境與駕駛行為有顯著之差異，因此本計畫著重於蒐集台灣道路環境資料，針對台灣在地化之道路情境進行分析；再者，前期計畫透過人工檢視各個警示事件是否確實存在行車安全風險，計畫研究成果發現其因屬即時警示系統，其預警邏輯為求降低漏報，導致誤報率偏高，此等警示對於後續安全管理及高風險路段研判會造成不良影響，爰在本期計畫透過整合 ADAS 系統及發展影像辨識技術，進一步對各個警示事件進行解析，以利找出真正具安全	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	隱憂之異常事件。	
2. 本期計畫及 107 年前期計畫皆有針對業者發送問卷，報告書 118 頁也有針對前後期差異進行說明；考量近年相關技術逐漸成熟，請團隊針對前後期問卷調查結果差異，說明「應用 ADAS 設備進行安全管理」技術發展的 SWOT，可做為未來長期技術發展的參考。	2. 由本年度訪談結果表示，業者均認同 ADAS 設備對於提升駕駛人及車隊的安全管理持正面肯定。未來針對 ADAS 設備之應用推廣，主要之關切點包含：車隊是否具有短中長期導入與設備升級之規畫、車隊對於設備技術是否具備專業知識、設備的準確度與紀錄指標是否滿足業者管理需求、設備導入之成本業者是否可負擔、設備紀錄資料之可取得性、導入設備與既有設備之整合性等，都是要業者導入前後需納入考量之因素。	同意。
3. 本計畫共計有 4 個異常事件，團隊針對此 4 個異常事件建立 24 個子序列，後續這些子序列與影像辨識異常事件的關聯為何？是否意味著後續將對此 4 大類共計 24 種異常事件進行區別及分析？請補充說明。	3. 本計畫先訂出形成四項異常事件可能發生的情境序列，前期計畫是藉由人工的方式觀看影片後填寫所屬序列，本期計畫希望能藉由影像辨識影片後所輸出之資料，以自動化的方式辨認該警示事件是屬於哪個情境，以及行車動態、駕駛人因應，最後給予風險等級評估，判斷該警示事件是否為異常事件。	同意。
4. 本計畫目前採取類似驗證性的分析，亦即在設定的異常事件架構下，搭配車載設備警示事件進行歸類，但在後續實際進行影像辨識時，是否可能出現無法歸類的警示事件？如何處理？是否可能採取類似探索性分析方式，適度增加異常事件類別或子序列。	4. 遵照辦理，將於期末報告補充。本計畫目前以我國國道客運公司提供之國道事故和前期研究為基礎，盡可能羅列所有異常事件。目前捕捉不到的異常事件多源自鄰車的不當行為。未來若在影像辨識過程中有目前無歸類到之異常事件，將適當	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	將目前分類進行調整及補充。	
5. 請說明過彎或匝道之定義，匝道是否包含加、減速車道？另車道偏移事件也有彎道，此部分與過彎過快如何區分？	5. 彎道根據美國 IVBSS 計畫定義為曲線半徑 $\leq 500\text{m}$ ，且本計畫所稱之匝道不包含加減速車道。車道偏移係指車輛位於彎道且未使用方向燈之情況下，瞬間轉向超過某一門檻，此彎道序列主要捕捉橫向操作不當、與鄰車之衝突，過彎超速則主要捕捉過彎時縱向操作不當。相關內容將於期末報告強化說明。	同意。
6. 僅有「過彎或匝道車速過快」異常事件包含「下雨」的子序列，但在未保持安全距離、車道偏移等，可能都會受到下雨路面濕滑或視線不佳影響，為何沒有納入「下雨」？請團隊說明。	6. 前期計畫中，下雨之子序列是由人工辨識、歸納，然而該情境對於影像辨識難度較高，故後續將再與本所討論是否要將其納入本計畫。	同意。
7. 報告書 5.1.2 節交通事故分析年期僅包含至 2019 年，請更新至 2020 年。	7. 感謝委員意見，將更新於期末報告。	同意。
8. 報告書 153 頁事故嚴重度分析結果顯示，針對追撞事故嚴重度而言，未依速限行駛為重要影響因素，但在對應的「未保持安全間距」異常事件下，未見速度相關子序列，請團隊評估是否納入。	8. 感謝委員建議。序列主要在於描述車與車間的行車動態及相對位置。由於本期研究透過影像辨識量測目標車及鄰車車速，因此未來將會納入子序列。	同意。
9. 表 5.2-1 列出可預防事故與異常事故類別，請依據事故資料列出本計畫可潛在預防的事故，佔整體國道大客車事故(及國道大客車可預防事故)之比例。	9. 遵照辦理，將更新於期末報告中。	同意。
10. 團隊已列出目前在影像辨識碰	10. 遵照辦理。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
到的問題，包含雨天、夜間、攝影機角度等，但是在報告當中並未說明處理方式，請在會後儘速補充，並與本所研商後續影像辨識的重點範圍，以利計畫執行。		
11. 「距離」為本計畫非常重要的參數，計畫團隊目前是以車道線為參考，此一技術是否經過驗證？請團隊思考如何驗證本計畫發展之各項影像辨識技術。	11. 車道線之白線線段與其之間間隔為標準，標線為白虛線，線段長 4 公尺，間距 6 公尺，除了利用這個標準來估計不同車道之前車距離之外，本期也用來估計本車車速，驗證時考慮條件如下：(1)影片中行車紀錄器影片所顯示車速(2)CAN bus 所記錄之車速(3)Mobileye 警示之 TTL 時間(4)直線行駛且車道線清晰可見。所獲得之車速估計約和所顯示之車速相當，因此推論距離之估計也相當。未來將依地面車道線之狀態發展各項影像辨識技術。	同意。
12. 報告書格式修正意見已另案提供給研究團隊，請參照本所於報告書的標註處檢視修正。	12. 遵照辦理。	同意。
主席裁示		
1. 有關公路總局葉副工程司所提專有名詞註記問題，因本案專有名詞較多，建議仍以附錄列表呈現。	1. 遵照辦理。	同意。
2. 自然駕駛經過影像辨識，可過濾掉占大宗的「正常」駕駛行為，從事故鏈分析可將警示事件推展至異常事件(或後續推展至 Near Crash)。警示事件、異常事件應有較明確之定義，	2. 遵照辦理。	同意。

參與審查人員及其提供意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
在經 AI 辨識可釐清事件發生的前因後果，後續方能有效分析。		
3. 4 年期計畫不能等到第 4 年才有成果，每年期每階段應有適當之成果展現，並對人、車、路等肇事成因提出不同建議，例如對客運業者駕駛人考評訓練、車輛安裝設備之規格、危險路段及環境車流時段等。	3. 遵照辦理。	同意。
4. 本計畫雖然是以大客車為主要研究對象，但期望研究成果對於大客車及大貨車行車安全都能夠有所助益，請團隊後續可將研究成果對大貨車行車安全的應用納入討論。	4. 遵照辦理。	同意。
5. 期中報告審查通過，請國立陽明交通大學團隊依據委員及與會單位意見列表回應。	5. 遵照辦理。	同意。

附錄五、期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

□期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：IOT-110-SCB001

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

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
本所張前組長開國		
1. 報告書第 3 頁回顧 107 年辦理之「駕駛行為分析工具及行為特性探討」研究成果，除此之外，本所歷年來還有辦理各項大型車資料分析、易肇事路段地理資訊分析等相關計畫，建議可納入回顧。	1. 已補充於報告書第 3 頁。	同意
2. 第二章文獻回顧部分資料未註明來源，例如報告書第 51 頁圖 2.4-14 雖有資料來源，但在參考資料列表中找不到對應的出處，請全面檢視修正。	2. 已修正於報告中。	同意
3. 透過訪談可知，業者普遍認為缺乏完善的管理系統，期望本計畫成果能夠滿足業者一致性的需求。	3. 敬悉。	同意
4. 目前第四章只有國道一號的事故分析資料，建議納入國道三號或其他國道的 A1 至 A3 類事故資料，將可更完整探討事故特性。	4. 已有行文索取相關資料，但未能取得完整資料納入分析。	同意
5. 報告書第 135 頁關於警示事件的定義，似多為其他車輛因素造成，駕駛人本身對事件形成是否也會造成影響，建議可再考量納入。	5. 感謝委員寶貴建議。此定義主要根據歐盟的 TRACE 計畫 (Traffic accident causation in Europe) 的成果。警示事件的定義，除了其他車輛因素造成，亦包括駕駛人本身對事件的	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
	因素。已於 4.2 小節修訂語意及文字。	
6. 報告書第 138 頁至第 146 頁的事故鏈編碼呈現方式有些混亂，例如圖 4.2-5 將事故鏈以 1-9 呈現，表 4.2-2 是以 A-I 呈現，其他如行車情境、行車動態、行車方向等，不同段落用字也有不一致的狀況，請檢視修正。	6. 遵照辦理，已修正相關說明於報告中。	同意
7. 報告書第 155 頁將過彎或匝道車速過快分為三個序列，但在表 5.1-3 僅有前 2 個序列，序列 3 是否已納入前 2 序列？序列 1 有正在下雨，但序列 2 沒有，為何有此差異？請研究團隊釐清。	7. 感謝委員寶貴建議。報告書 5.1.3 小節主要為回顧過去研究定義事故序列之方式，而非本期研究所定義之事故序列。	同意
8. 報告書第 158 頁表 5.1.4 將本車、目標車輛混用，建議統一用法。	8. 遵照辦理，已修改於報告書內。	同意
9. 報告書第 168 頁車道偏移僅有「相鄰車道後車佔畫面比例」單一衝突指標，是否足以呈現異常事件，請研究團隊說明。	9. 本計畫以「相鄰車道後車佔畫面比例」以及比例隨時間變化率做為車道偏移異常事件指標，並非單一指標，指標詳細說明補充於報告書內。	同意
10. 報告書第六章列出影像辨識率不佳的各種狀況，其中部分狀況有列出可透過特定演算法處理，但並未說明該演算法如何因應此等辨識率不佳的狀況，請研究團隊強化說明。	10. 本計畫依所列出影像辨識率不佳的各種狀況，以表方式對應相關處理之建議，強化說明如期末報告「6.3.1 影像辨識問題」中。	同意
11. 報告書第 212 頁，表 7.1-4 至 7.1-9 的星號意義不一樣，請於文中說明清楚。	11. 已於報告第 206 頁~207 頁補充說明。	同意
12. 報告書第 229 頁圖 7.2-3 較難理解，請進一步說明類似關係圖的解讀方式及意涵。	12. 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
13. 報告書第 236 頁至第 239 頁，圖 7.3-5、圖 7.3-6、圖 7.3-9、圖 7.3-10 與本文的對照有誤，另橫軸、縱軸代表的統計值或類別不清楚，請修正。	13. 遵照辦理。	同意
14. 報告書第 239 頁圖 7.3-8、圖 7.3-11 有兩個縱軸，以電子檔看可以透過不同顏色區別，但在黑白印刷則難以區分，請在顏色之外調整其他的標註方式(例如不同符號)。	14. 該使用軟體輸出圖為既定格式，無法透過修改符號改善，已加強文字敘述於報告內。	同意
15. 報告書第 247 頁至 255 頁，路段時空分析成果係以平均值的概念呈現整體趨勢，從路權機關角度難以連結至微觀的特定路段，反觀在象限圖可以明確找出特定的高風險路段，但是又無法呈現其特性，請研究團隊思考將微觀路段分析跟巨觀趨勢整合的呈現方式。	15. 感謝委員的寶貴意見。目前本計畫所蒐集的客運趟次樣本僅 200 趟，異常事件次數仍低。下一研究年度將嘗試以本年度計畫所開發之異常事件判斷邏輯演算法為基礎，進行其他趟次之應用分析，以診斷出更多異常事件之時空分佈。屆時將依據委員建議，將於高速公路高風險路段時空分析平台之各路段屬性資料中，增設一欄位為「事故風險評估」，並於該欄位下方呈現模式之顯著變數資訊，使用者可在事件事故分佈象限圖中，點選象限圖中之任一路段點，即能自動連結至資料庫，即時呈現該路段特性之資訊，俾利路權主管機關查詢高風險路段及其特性資訊。	同意
16. 報告書第 279 頁風險分數的公式及第 282 頁至 285 頁風險指	16. 修正版中已經強化 8.4.2、8.4.3 小節中各	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
跡呈現方式(如除號、箭頭等)較難理解，對於後續業者或路權主管機關應用可能造成困擾，請研究團隊強化說明，以利後續推動。	項公式之呈現與說明；並補充強化風險指跡之呈現方式與細部說明，使內容更容易理解。	
17. 報告書第 287 頁提到本計畫激進駕駛風格序列與對應之 ADAS 車機事件相比，最多降低 31.8%、54.5%及 65.5%，但此一結果與圖 8.4-11 不一致，請釐清說明。	17. 感謝委員指正，經細查後三個激進駕駛風格之判定，相對於使用 ADAS (未保持安全距離 0.4,1.2)之事件相比較，其偽陽性比例分別下降了 29%, 54.4%, 65.4%，相關說明與敘述均已修訂。	同意
交通部科技顧問室簡任技正劉建邦		
1. 交通部目前正在推動智慧道路，核心概念為「以道路為主體，資料為核心，以服務為目的」，110 年已完成初探，本計畫之目的亦為提供道路風險資訊，建議後續研議本計畫在推動智慧道路之定位，並納入智慧道路推動體系內。	1. 本計畫於智慧道路相關計畫可定位為提昇道路交通安全，透過本計畫研究成果，提供道路主管機關好發事故情境及異常事件之地點，可透過 CMS 提醒用路人或匝道儀控穩定車流以提高行車安全。	同意
2. 交通部路政司刻正推動「大型車輛裝設主動預警輔助系統」計畫，建立標準化的資料格式標準為大型車主動預警計畫未來推廣應用之重點，建議未來能將本計畫研究成果納入車聯網協會目前為大型車主動預警計畫建立之標準，並蒐集國際相關標準，以提供後續推動參考。	2. 敬悉。	同意
3. 報告書第 17 頁圖 2.1-2，兩者皆為 without ADAS，是否為誤植，請再檢視。	3. 遵照辦理，已修正於報告書內如圖 2.2-2。	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
4. 報告書第 46 頁，Mobileye 使用 REM 技術，以群眾外包方式產製高精地圖，惟其是否符合高精地圖對精準度之要求，請研究團隊確認。	4. 已參考委員意見調整。Mobileye 使用的名詞為 AV Map 而非 HD Map，Mobileye 主張傳統的 HD Map 採集難以規模化、且難以更新，因此自駕車不需 HD Map，而是需要靠影像式 ADAS 或未來自駕車之攝影機以群眾外包方式蒐集之 AV Map。	同意
5. 報告書第 57 頁，有關國內補助大型車視野輔助系統部分，請納入本部路政司正與台灣車聯網產業協會(TTIA)研訂「大型車輛裝設主動預警輔助系統」計畫及未來 3 年的補助推廣。	5. 已補充說明於 2.5.1 國內相關規範與計畫一節中。	同意
6. 報告書第 114 頁，業者訪談結論顯示，車機設備規範及系統功能標準等是推廣 ADAS 的最大障礙，建議本計畫未來能將訂定功能與設備標準、認驗證等納入研究。	6. 敬悉。	同意
7. 本計畫提及經由衝突指標與情境搭配，建立異常事件數位化樣態，做為未來發展異常事件自動化辨識及事件門檻值之基礎，本計畫似乎尚未完成此一部分，請說明未來規劃。	7. 本計畫異常事件自動化辨識及事件門檻值之分析結果，請參閱第 7.3 節說明。	同意
8. 報告書第 173 頁表 6.1-1，請說明 12 宮格變數表當中，有關距離及速度之影像辨識誤差為何，考量國道速度快，應降低誤差值，以確保安全。	8. 12 公格變數表當中，距離之影像辨識誤差受成像鏡頭內外參數、影像解析度及辨識率框(Bounding Box)的影響，速度之影像辨識誤差受距離計算結果及影格率(fps)的影響。以本計畫影像分析評估	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
	結果為例，在距離車前 40 公尺之影像誤差約 ± 60 公分。建議車外影像辨識開發時，強化影像成像結果及辨識率，可降低誤差值，以確保安全。	
9. 本計畫題目為「應用人工智慧分析技術探勘高風險路段」，其中人工智慧不僅是應用車內、外影像辨識，請說明人工智慧之應用在哪？未來是否可應用本計畫成果，透過人工智慧模式進行異常事件的推論。	9. 目前人工智慧用於車外影像辨識；另目前未規劃透過人工智慧模式進行異常事件的推論。	同意
10. 建議在每一章最後都加上該章的小結，總結該章重點成果。	10. 遵照辦理。	同意
交通部公路總局主任秘書林福山		
1. 本案為多年期計畫，如同期中審查時的建議，每一年度皆應有對應之階段性具體成果。以路權機關為例，易肇事路段是發生事故之後的結果，若有高風險駕駛行為資料，可以幫助路權主管機關在事故發生前找出潛在高風險路段；對汽車運輸業者及其主管機關而言，如何評估個別業者或駕駛人的風險水平，並且進行後續的風險控管、預警，對業者或監理機關會是非常有用的成果；對於車機後台廠商而言，高風險路段若能整合至導航系統或是其他管理平台，將可提供更多安全資訊。請研究團隊參考，包裝本計畫在各年期的階段性成果。	1. 敬悉。	敬悉
2. 目前僅使用一家國道客運業者資料，其樣本多樣性恐難代表整體運輸業，請研究團隊評估後續是否可能納入不同業者、	2. 將於後續年期計畫，再與甲方討論納入分析之資料範圍。	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
業別及車種，在確保樣本多樣性的前提下，各項指標、門檻值將更具代表性，長期而言，更可以讓業者、監理機關或路權主管機關應用，蒐集大量的影像及駕駛行為資料，據以找出高風險的路廊、公司或駕駛。		
3. 報告書第 255 頁的風險管理象限圖當中，第二象限「事故多、事件少」可能更為重要，請研究團隊進一步探究原因，例如是否可能係因該路段某些特性導致警示系統精準度較差，倘真有此現象，更應提醒駕駛人不應過度倚賴 ADAS 系統。	3. 感謝委員的寶貴意見。本計畫並不探討 ADAS 警示系統之精準度。而是以警示事件為基礎，進一步進行異常事件之判斷。而本計畫所產製之「風險管理象限圖」係以各路段之事故件數與事件件數之相對比較關係，繪製出四個象限。由於事件是事故之前兆，事件多表示交通狀況複雜，故能否減少事故端視駕駛人是否正確且及時地回應警示訊息。因此，「事故少，事件多」象限代表車流狀況較為複雜，但駕駛人仍能適當回應警示訊息，而避免事故發生。反之，「事故多，事件少」象限則代表駕駛人可能因不注意或分心而未能及時、適當地回應警示訊息，而導致事故發生。此一現象顯示幾何條件、交通狀況及天候環境對於「事件衍生成為事故」之轉化過程具有調節效果。本計畫下一年度將以本年度計	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
	畫所開發之異常事件判斷邏輯演算法為基礎，進行其他趟次之應用分析，以診斷出更多異常事件之時空分佈。屆時將利用多層次迴歸模式來分析幾何條件、交通狀況及天候環境等因素對「事件衍生成為事故」之轉化關係的調節效果。	
4. 不同駕駛人具有不同的駕駛特性，有些駕駛人習慣採取跟車近、超車等行為，此等行為可能會跟特定路段相關，建議未來可整合討論。	4. 將於後續年期計畫一併討論。	同意
5. 本計畫探討各個 ADAS 系統功能的侷限性或對規格的要求等，應可回饋至大型車輛裝設主動預警輔助系統計畫，讓未來交通部補助業者裝設 ADAS 系統時，能有所依據也更能達到安全提升之效益。	5. 敬悉。	敬悉
中原大學蘇志文教授		
1. 報告書第 224 頁，表 7.2-2 的「偵測錯誤」之偵測率容易造成混淆，請再釐清。	1. 已將偵測錯誤修正為是否偵測錯誤物件，並補充該真值欄位之詳細說明。	同意
2. 報告書第 179 頁，Cascaded Mask R-CNN 與 YOLO v4 為研究團隊主要採用之物件偵測法，但似未見最終選擇何者，或哪一項目採用哪一個偵測法，請再說明。	2. 本計畫同時採用 Mask R-CNN 與 YOLO v4 影像辨識模型架構，依實際最佳辨識結果取其模型為偵測法。	同意
3. 簡報第 51 頁，因相鄰車道大車的偵測框問題導致影像辨識前車距離錯誤一節，應可利用 Mask R-CNN 的遮罩，將其排除在自身車道外。	3. 謝謝委員建議。本計畫雖採用 Mask R-CNN，但訓練資料仍為 Bounding Box。因此所辨識出結果仍趨近為	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
	Bounding Box 效果而非完整 Segmentation 效果。未來可以針對主車道以外之偵測 Bounding Box 計算重心點來避免框架過大碰到主車道區域之誤判現象。	
4. 報告書第 192 頁，圖 6.3-2 中因辨識不佳而造成連續變化結果(有車/無車)，是否會造成後續處理上的明顯影響，請說明如何解決。	4. 透過前後值並考量行車動態連續性，進行遺漏值之填補。	同意
5. 報告書第 275 頁，auto encoder 除了用於特徵濃縮，也有不少深度學習技術應用 encoder-decoder 概念直接預測結果(例如風險程度)，或許可以更有效、直接地評估風險。	5. 本年度計畫利用特徵萃取提取駕駛指跡特徵，對比於各種不同的風險、風格標籤，得到一定數量的樣本後，將在明年度計畫套用深度學習的模型進行訓練與預測，未來將有機會利用駕駛指跡來直接評估駕駛風險，達到即時風險管理之應用。	同意
國立成功大學魏健宏教授		
1. 各章、各節建議可提出「小結」，以一致性呈現。	1. 遵照辦理。	同意
2. 報告書第 162 頁中，圖 5.2-1 的影像示意圖用了左方、右方，但在報告書第 163 頁表 5.2-1 則是用左前、右前、左側、右側等，建議調整為一致的用字。	2. 遵照辦理。	同意
3. 第六章在前 2 節呈現影像辨識的相關成果，但在後 2 節卻提到功能限制，此一呈現方式有些突兀，建議重新調整段落或強化說明。	3. 遵照辦理。	同意
4. 報告書 6.3 節、6.4 節，軟硬體的最高標準建議是否受到影像	4. 如委員意見，的確會受到影響。先從反向來看	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
分析(辨識)理論架構、演算法之影響？請研究團隊說明。	影像分析與辨識是否會受到硬體的規格所影響。影像辨識對於影像的成像品質有最低的要求，就如同人眼能辨識前物體有最低視力的需求，因此這就關係到所選用鏡頭的感光元件及解析度等等。再者，道路上多變的情況使我們需要去提防更多的未知狀況發生，這就會使演算法的複雜度增加、提高了對於運算能力的需求。 因此，我們採用的是標準 YOLO-v4 的模型、以及標準常用的影像處理工具(車道線採用 Hough transform 來偵測)，來探討設備的最低標準。未來有可能有更精確的機器學習模型和演算法工具，但是現階段採用目前大家普遍接受的標準模型與工具可以估計出來設備的最低標準。	
5. 報告書第 199 頁，表 6.3-3 顯示當前方 6 格位有 5-6 輛車時，影像辨識正確率皆偏低，請研究團隊說明可能原因。	5. 遵照辦理，已於表格處之段落補充可能原因。	同意
6. 報告書第 251 頁，模式截距項皆為負值且為顯著，此一結果是否有實質上或物理上的意義？	6. 感謝委員寶貴意見。本計畫所建構之迴歸式，並未將解釋變數加以平均值中心化 (mean centered)，故截距項代表當所有解釋變數均同時為 0 時，該路段之	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
	事故或事件之件數。但樣本中並無此種情境，這只是迴歸線的延伸效應。截距項之正負，並不具特殊意涵。本計畫後續年度也會評估是否將所有解釋變數均加以平均值中心化處理以避免此一現象。	
7. 報告書第 277 頁，圖 8.4-2 的指跡最左側為 GPS，但在 8.4 節分析過程中似乎沒有包含空間特性，此項風險指跡分析應用是否可以結合 8.3 節空間分析平台之功能，請研究團隊說明。	7. 8.4 節中萃取過後的駕駛指跡並未包含車輛當下的座標紀錄，以避免個資與隱私資訊的外露。但是平台保留的原始空間資訊，可以透過該指跡的編號關聯查詢取得，可以呈現空間特性。	同意
交通部公路總局		
1. 簡報 62 頁，本階段僅納入 22 位駕駛，計畫成果所分析真實路段的風險水準，究竟係因駕駛人本身駕駛風險、車輛性能差異或是道路環境特性造成，目前還難以區分，後續年度或許可以納入探討。	1. 敬悉。	敬悉
2. 研究成果發現南下趟次的事件數較多，或許是歸心似箭，但也可能是因為較長工時所造成，建議可納入討論。	2. 感謝委員寶貴建議。本年度為本計畫之第一年度，旨在建構及驗證異常事件之判斷邏輯，故所能判斷的駕駛人異常事件件數仍低，尚不足以判斷其累積駕駛時數對其安全駕駛行為的影響。下一研究年度將以本年度計畫所開發之異常事件判斷邏輯演算法為基礎，進行其他趟次之應用	敬悉

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
	分析，以診斷出更多異常事件之時空分佈。屆時將依據委員建議，嘗試將駕駛人累積行車時數納入分析。	
3. 國道客運大部分業者走國道一號，目前本計畫針對國道一號的資料相對完整，未來請評估可否擴及其他國道、省道及市區道路，並做更大規模應用，例如臺鐵在某些高風險路段會警示司機員注意，對於國道客運駕駛或許也可以有相關應用。	3. 敬悉。	敬悉
4. 本計畫成果應可建立駕駛人獎懲管理制度，請研究團隊評估未來能否提出相關建議，或可邀請業者加入試辦，以協助監理機關或業者了解如何應用本計畫成果。	4. 於業者訪談過程中，業者大多有駕駛員管理之需求，主管機關可考慮邀請業者參與試辦計畫。	敬悉
5. 國內汽機車密度相對高，都會人口密集，汽機車混流搶道狀況嚴重，形成交通亂象，近年公路總局補助安裝大型車視野輔助系統，協助業者改善安全，依據文獻，引進 ADAS 可以改善安全，相信國內引進相關技術將可提升安全。	5. 敬悉。	敬悉
交通部高速公路局		
1. 本計畫僅針對國道客運業者，其需要兼顧行車效率與品質；未來若增加貨運業者(較重視行車效率)，資料豐富度可增加。另因兩者駕駛行為相異，若後續一同納入分析時，其所判斷之高風險路段是否也有可能不一致。	1. 敬悉，將與委託單位討論後續系統發展。	敬悉
2. 建議未來研究路段，除國道封閉型路網以外，亦可將一般公路開放型路網納入，以增加研	2. 敬悉，將與委託單位討論後續系統發展。	敬悉

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
究案之廣度。		
中華民國公共汽車客運商業同業公會全國聯合會		
1. 研究報告相當精闢，業者裝設輔助設備相當多，但是過多警示可能造成駕駛人麻痺的狀況，久了就僅當做參考，沒有警覺，建議在裝設警示系統時可以做整合，讓駕駛人不要過度頻繁接受到無用的警示，甚至造成真正在危險時沒反應。	1. 根據前後期計畫，透過人工智慧及大數據分析，的確可增加異常事件的準確率及降低偽陽性警示。	敬悉
2. 不同廠商的設備效果可能不同，未來能否針對不同系統的警示功能提出整合建議。	2. 敬悉。	敬悉
3. 業者目前在各個警示出現之後，只能透過事故資料、人工看影像來判斷駕駛風險程度，本計畫研究成果對於業者管理會有相當助益。	3. 敬悉。	敬悉
財團法人車輛安全審驗中心（書面意見）		
1. 報告第 57 頁第 2.5.3 節提到國外行車影像紀錄器規範，但不論是傳統式或數位式行車紀錄器規範皆未要求應記錄影像，是否與另一項錄製影像之行車紀錄器有所混淆？	1. 已修正於報告中。	同意
2. 報告書第 60 頁，表 2.5-2 列出各國對駕駛監測系統，惟其中盲區偵測系統似非屬駕駛監測系統之範疇，請再確認。另歐盟規範 2022 年起要求貨車與巴士需安裝 BSIS 盲點資訊系統。	2. 已修正於報告中。	同意
3. 報告書第 66 頁第 2 行中間部分有漏字，第 13 行尾端有贅字「倫」。	3. 遵照辦理，已修正於報告內。	同意
4. 報告書第 294 頁第(6)點第 4 行有贅字「習」。	4. 遵照辦理，已修正於報告內。	同意
5. 有關盲點相關系統有不同名詞定義，是否可考慮調整一致。	5. 遵照辦理，已修正於報告內。	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
本所運輸安全組（書面意見）		
1. 報告書第 1 頁，交通部已更新 109 年道路交通事故統計，全年共計 2,972 人死亡、482,333 人受傷，請更新相關統計數據。	1. 遵照辦理。	同意
2. 請說明本計畫與過去相關計畫（包含本所前期計畫）之最大突破，例如過去以急加減速、引擎轉速、ADAS 警示次數為安全指標，其與本計畫採異常事件做為安全指標之差異；另前期計畫發現單採警示事件做為單一安全指標的誤報率偏高，請一併補充。	2. 本計畫從 ADAS 警示事件篩選出之異常事件佔 4%，透過大數據分析提升異常事件預測準確度，也透過指跡分析降低警示事件偽陽性，詳細結論請參考本計畫第九章。	同意
3. 座談會專家學者對於本計畫研提指標用做「即時警示」有所期待，惟「即時警示」及「後端管理」兩種用途的指標在準確率、誤報/漏報的要求不同，請強化說明本計畫指標之定位，及如何將「後端管理」指標成果應用在「即時警示」指標之精進。	3. 本計畫之目的為後端管理而非即時警示，已補充修正於報告書第 5 頁。	同意
4. 報告書第 19 頁，第二段真陽性及真陰性率與表 2-1-3 不一致，請檢視修正。	4. 遵照辦理。	同意
5. 報告書第 124 頁，有關事故及曝光量統計分別使用國道客運及公路客運，倘以公路客運總里程為曝光量評估國道大客車事故率，恐有兩者認定基準不一致的問題，請釐清確認。	5. 使用公路客運總里程可能低估事故率，但受限於資料限制，僅用公路客運總里程為曝光量，但 A2 事故結果仍有逐年上升之狀況。	同意
6. 報告書第 128 頁，國道無燈光的隧道或涵洞相對少，惟圖 4.1-8 顯示大客車為第一當事者在晴天、夜間無照明的事故比例相對高，請釐清確認是否有誤，或請說明此等事故之發生情境。	6. 經檢視原始資料，其分佈事故數無誤，本計畫「依據部頒交通工程規範僅在交流道、隧道、橋涵下、服務區、休息站、易肇事路段及其他經評估有必要設置處等地點設置路	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
	燈」，其他皆屬無照明路段。其事故比例較高原因，主要為加入曝光量(日間車子最多)。	
7. 報告書第 158 頁，針對期中報告審查會議，張委員開國建議串聯車內、外事故鏈以建立完整駕駛行為模式部分，期末報告似未見完整回應；請於本年期精進之異常事件序列進一步呈現各序列對應之車內行為，例如駕駛人應該看哪裡及對應之操作、決策等。	7. 感謝委員寶貴建議。本計畫之事故鏈分析主要有兩階段。第一階段之目的在於透過分析事故鏈，以釐清影像辨識所需辨識之項目。第二階段事故鏈分析則為張委員開國建議串聯車內、外事故鏈以建立完整駕駛行為模式部分。由於本期研究在事故鏈分析之進度僅規劃到第一階段，後續將於第二期研究利用影像辨識之資料陸續進行完整事故鏈分析。	同意
8. 報告書第 168 頁，表 5.2-2 已有列出三大異常事件之衝突指標，其中僅有針對車外異常事件僅有未保持安全車距訂定操作性定義 (P.168-170)，請補充說明其他 2 種異常事件之操作性定義。	8. 遵照辦理。	同意
9. 報告書第 173 頁，格位定義不清，例如 A1(格位-1)係指左前方 20m-40m，並非前方，請修正說明。	9. 遵照辦理。	同意
10. 報告書第 182 頁，請簡要說明 YOLO v1-v4 的差異，及對本案影像辨識技術開發的助益；另請補充 YOLOv4 之相關文獻。	10. 已將各優缺點補充於報告中第 179 頁。	同意
11. 報告書第 7.1.2 節，考量警示事件可再分為異常、可能異常及非異常事件，異常事件之總事件數應與警示事件總事件數一	11. 已於報告中第 207 頁補充說明原因。	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
致，表 7.1-6 至表 7.1-9 的事件數加總不一，請檢視修正。		
12. 報告書第 216 頁，表 7.1-10 顯示非直線段車速顯著高於直線段，此與一般認知不符，請透過本計畫透過影像辨識等方式蒐集之相關車流、環境或駕駛行為變數進一步解釋成因。	12. 已於報告書中補充說明。	同意
13. 報告書第 220 頁，表 7.1-17 呈現之部分順序型態為駕駛人從較輕微的警示漸進至另一個較嚴重的同質警示，例如向左車道偏移→嚴重車道偏移，未來應可透過車內、外駕駛行為資料整合，了解駕駛人針對先發生的輕微警示事件之處置，以進一步釐清駕駛人為何讓狀況惡化，亦或是駕駛人可以如何操作避免狀況惡化；請說明未來研究方向。	13. 將於後續年期計畫，結合車內影像進行分析。	同意
14. 報告書第 220 頁，部分表 7.1-17 呈現之部分順序型態為駕駛人從較嚴重的警示漸進至另一個較輕微的同質警示，與前述順序相反，請說明可能原因。	14. 可能與駕駛人行為有關，將於後續年期中納入車內影像後分析。	同意
15. 報告書第 227 頁，7.2.3 節內容與 6.3.2(報告書第 197 頁至 200 頁)內容重複，請修正內容。	15. 遵照辦理。	同意
16. 報告書第 234 頁，請說明本節用做預測之外部資訊、影像辨識相關變數，並說明後續如何應用，例如以此預測工具大規模進行異常事件之篩選之可能性。	16. 本節分析結果可佐證影像辨識結果準確度及使用 CAN 資料分析之準確度，若未來能驗證外部資料預測準確度，將可進行大規模進行異常事件之篩選之可能性。	同意
17. 報告書第 236 頁，表 7.3-2 無 Recall Rate，請修正。	17. 遵照辦理。	同意
18. 報告書第 236 頁至 239 頁，圖	18. 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
7.3-5、圖 7.3-6、圖 7.3-8、圖 7.3-9 應為錯置，請修正。		
19. 報告書第 260 頁、265 頁，「該趟次已行駛時間」為呈現駕駛人潛在疲勞程度之重要變數，但僅有在 8.2.3 節以單一事件危險度為基礎之分析部分有納入，8.2.2 以趟次為基礎之分析部分則無，請說明原因。	19. 感謝委員的寶貴意見。 本年度為本計畫之第一年度，旨在建構及驗證異常事件之判斷邏輯，故所能判斷的駕駛人異常事件件數仍低，尚不足以判斷其累積駕駛時數對其安全駕駛行為的影響。下一研究年度將嘗試以本年度計畫所開發之異常事件判斷邏輯演算法為基礎，進行其他趟次之應用分析，以診斷出更多異常事件之時空分佈。屆時將依據委員建議，將駕駛人累積行車時數納入分析，以探析駕駛人駕駛疲勞程度對異常事件的影響。	同意
20. 本計畫將駕駛行為或事件分為警示事件、異常事件、風險指跡 3 種層級，請說明三者間的關聯、差異及潛在應用。	20. 警示事件不一定是異常事件，異常事件與事故發生有相關；警示與異常為 ADAS 產出之資料，但 ADAS 可能出現偽陰性；而風險指跡可完整記錄趟次駕駛行為與風險程度資料。	同意
主席裁示		
1. 感謝國立陽明交通大學對本計畫的投入，經審閱本計畫期末報告成果內容，符合本案契約規定研究工作要求與目的，原則通過，請國立陽明交通大學針對委員之寶貴意見修正期末報告，並製作意見處理對照表(納為期末報告定稿附件)，於	1. 敬悉。	敬悉

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
110 年 12 月 23 日前將期末報告定稿函送本所。		
2. 本次採購為 4 年期計畫之前 2 年，經審查會議通過後，可由國立陽明交通大學執行第 2 年期計畫，請運安組儘速辦理相關程序。	2. 敬悉。	敬悉