109-097-5481
MOTC-IOT-107-IEB029

我國公共運輸車聯網實驗場域探討

著者：胡鈞祥、張俊哲、徐志偉、吳昆峰、
施穎瑜、彭正偉、郭岱儒、吳東凌、
陳其華、周家慶

交通部運輸研究所

中華民國 109 年 7 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

我國公共運輸車聯網實驗場域探討 / 胡鈞祥等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民109.07
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-159-9(平裝)

1.運輸系統 2.運輸管理

557 109008857

我國公共運輸車聯網實驗場域探討

著　　者：胡鈞祥、張俊哲、徐志偉、吳昆峰、施穎瑜、彭正偉、郭岱儒、吳東凌、陳其華、周家慶
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)23496789
出版年月：中華民國 109 年 7 月
印 刷 者：長達印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 57 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定　　價：560 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789
國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)2518-0207
五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號・電話：(04)2226-0330

GPN：1010900884　　ISBN：978-986-531-159-9（平裝）
著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：我國公共運輸車聯網實驗場域探討</td></tr>
<tr><td>國際標準書號(或叢刊號)
ISBN 978-986-531-159-9(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010900884</td><td>運輸研究所出版品編號
109-097-5481</td><td>計畫編號
107-IEB029</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：運輸資訊組
主管：吳東凌
計畫主持人：吳東凌、陳其華(前主管)
研究人員：周家慶
聯絡電話：02-23496756
傳真號碼：02-25450426</td><td colspan="2">合作研究單位：財團法人工業技術研究院
計畫主持人：胡鈞祥
研究人員：張俊哲、徐志偉、吳昆峰、施穎瑜、彭正偉、郭岱儒
地址：新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號
聯絡電話：886-3-582-0100</td><td>研究期間
自 107 年 12 月

至 108 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：車聯網、專用短距通訊、公共運輸、交通安全</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
「安全」與「效率」一向為各國推動智慧型運輸系統(ITS)之重要目標，兩者間互為影響。近年來國際在 ITS 發展趨勢方面，歐美日均體認由車輛(V)與道路基礎設施(I)之 V2I 以及車輛(V)與車輛(V)之 V2V 所形成之車聯網，可提供更安全、更順暢、更具環保與能源效率的友善運輸環境。本研究探究車聯網在我國「交通安全」與「交通資訊服務」應用模式，並於基隆市台 62 線與基金二路/三路所構建實驗場域進行我國第 1 個車聯網實地實驗。近年來，國際在 ITS 發展已朝向搭配專用短距通訊(DSRC)車聯網(Connected Vehicle, CV)發展，以及積極發展以先進駕駛輔助系統(ADAS)為基礎的自動駕駛車輛(Automated Vehicle, AV)，甚至進一步探討結合車聯網與自動駕駛車輛的自動駕駛聯網車(Connected Automated Vehicle, CAV)發展。

本研究呼應國際 ITS 發展趨勢，在基隆實驗場域實測結合車聯網與 ADAS，提供公共運輸車輛行車安全與藉由智慧安全路口提升路口行人通行安全，同時於中興新村建置自駕車運行所需高精地圖與相關試運作，為我國於後續進行車輛先進駕駛輔助系統與車聯網，進一步提升我國智慧運輸在交通安全面向成效，以及提供我國自動駕駛技術研發之測試與驗證基礎。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本出版品取得方式</td></tr>
<tr><td>109 年 7 月</td><td>480</td><td>560</td><td>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。</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：1. 本研究之結論與建議不代表交通部之意見。
2. 本研究係使用交通部經費辦理。</td></tr>
</table>

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: The Study of Connected Vehicle Experiment Field of Public Transportation in Taiwan			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-531-159-9 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010900884	IOT SERIAL NUMBER 109-097-5481	PROJECT NUMBER 107-IEB029

DIVISION: Information Systems Division
DIVISION DIRECTOR: Tung-Ling Wu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tung-Ling Wu and Chi-Hwa Chen
PROJECT STAFF: Ja-Ching Chou
PHONE:886-2-23496756
FAX:886-2-2545-0426

PROJECT PERIOD
FROM December 2018
TO December 2019

RESEARCH AGENCY: Industrial Technology Research Institute
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jing-Shyang Hwu, Chun-Che Chang, Chih-Wei Hsu, Kun-Feng Wu, Ying-Yu Shih, Cheng-Wei Peng, Tai-Ju Kuo
PROJECT STAFF:
ADDRESS: No.195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chutung, Hsinchu County, Taiwan
PHONE: 886-3-582-0100

KEY WORDS: Connected Vehicle, Dedicated Short Range Communication, Public Transportation, Traffic Safety

ABSTRACT:

"Safety" and "Efficiency" have always been important goals for all countries to promote Intelligent Transportation Systems (ITS), and the two influence each other. In terms of the development trend of ITS in the world in recent years, the Europe, the United States, and Japan have recognized that the Connected Vehicle formed by V2I of vehicles (V) and road infrastructure (I) and V2V of vehicles (V) and vehicles (V) can provide safer, smoother, more environmentally friendly and energy efficient transportation environment. This Study explores the application modes of Connected Vehicle in our Country's "Traffic Safety" and "Traffic Information Services", and conducts first Connected Vehicle field experiment in the experiment field constructed at Provincial Highway No. 62 of Keelung City and the Jijin 2nd Road / Jijin 3rd Road. In recent years, the international development of ITS has been moving towards the development of Connected Vehicle (CV) with Dedicated Short Range Communication (DSRC), and active development of Automated Vehicle (AV) based on Advanced Driver Assistance System (ADAS) , and even further exploring the development of Connected Automated Vehicle (CAV) that combines Connected Vehicle and Automated Vehicle.

This Study responds to the International ITS development trend to conduct field test in the Keelung Experiment Field combining Connected Vehicle and ADAS, to provide driving safety for public transportation vehicles and improve pedestrian traffic safety at intersections with smart safety intersections, and build the high precision maps and related test operations required for self-driving vehicles operation in Zhongxing New Village, for our Country to conduct follow-up Advanced Vehicle Driving Assistance Systems and Connected Vehicles, furthermore to improve the effectiveness of our Country's smart transportation in the aspect of traffic safety, and provide the basis for the testing and verification of Automated Driving Technology research and development for our Country.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
July 2020	480	560

1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.
2. The research is sponsored by the Ministry of Transportation and Communications

目錄

第一章 緒論.....1

1.1 計畫緣起.....1
1.2 研究目的.....2
1.3 研究內容.....2

第二章 文獻回顧.....5

2.1 先進駕駛輔助系統(ADAS)發展概況.....5
2.1.1 國際 ADAS 先進駕駛輔助系統發展概況.....5
2.1.2 我國 ADAS 先進駕駛輔助系統發展概況.....9
2.1.3 我國 ADAS 先進駕駛輔助實驗設備探討.....21
2.1.4 我國駕駛行為分析工具開發及行為特性探討計畫回顧.....28
2.1.5 我國營業大客車與 ADAS 所對應之目標事故型態分析.....33
2.2 車聯網技術發展概況.....35
2.2.1 美國車聯網計畫與應用探討.....35
2.2.2 5G 在車聯網相關技術與應用之發展.....48
2.3 自動駕駛技術發展概況.....52
2.3.1 我國自動駕駛技術發展概況.....52
2.3.2 國際自動駕駛發展概況.....61
2.3.3 高精地圖應用於自駕車之研究發展.....74

第三章 基隆車聯網實驗場域擴充及公共運輸車輛整備.....79

3.1 基隆場域路側實驗設備擴充.....79
3.1.1 前期場域設備及後台運作盤點.....79
3.1.2 基隆地區場域之路側實驗設備擴充.....81
3.1.3 基隆台 2 線基金公路段路側設備規劃與建置.....82
3.1.4 麥金路路段、國 1、國 3 路側設備規劃與建置.....86
3.2 車側端 ADAS 與 CV 整合規劃.....95
3.3 實驗場域設備間通訊標準設計.....108
3.3.1 公車優先號誌應用情境說明與演算法.....112
3.3.2 市區道路 SPAT 速度建議應用情境說明與演算法.....113
3.3.3 國道均勻車速應用情境說明與演算法.....114
3.3.4 智慧路口應用情境說明與演算法.....115
3.3.5 場域 RTCM 定位校正服務.....117
3.4 車聯網資訊安全機制.....117

第四章 實驗情境設計與量化績效指標設計 123

4.1 實驗情境設計.....123
4.1.1 安全應用整體實驗設計規劃.....123
4.1.2 功能測試規劃.....130
4.1.3 正式實驗測試規劃.....145
4.2 量化績效指標設計.....150
4.2.1 智慧安全路口績效指標.....150
4.2.2 實驗大客車 ADAS 與 CV 績效指標規劃.....151
4.2.3 號誌路口最佳行駛速率建議指標.....152
4.2.4 車流均勻建議速度指標.....152
4.3 類 CAMP 驗測量化績效規劃.....152
4.4 大規模驗測量化績效規劃.....158

第五章 實驗平台功能擴充與成果 161

5.1 實驗平台加值擴充設計與功能成果說明.....161
5.1.1 主要工作內容.....161
5.1.2 實驗平台功能設計.....162
5.1.3 自動化反應機制與規則庫設計.....166
5.1.4 平台成果操作設計.....168
5.1.5 智慧安全路口監控成果.....180
5.2 實驗平台系統開發.....186
5.2.1 實驗平台系統架構說明.....186
5.2.2 API 說明.....189
5.2.3 實驗平台資料庫設計.....189
5.2.4 車載機與實驗平台資料回傳與保存機制.....191
5.2.5 實驗平台與客運業者間訊息分享.....197

第六章 中興新村高精度圖資製作與情境測試.....201

6.1 高精度圖資製作及測試.....201
6.1.1 高精度圖資製作.....202
6.1.2 高精地圖資驗證項目.....214
6.1.3 高精地圖資試用.....217
6.1.4 中興新村實測感測器融合於自駕車定位分析.....222
6.2 中興新村實驗場域行車安全實驗資料分析.....226
6.3 自動駕駛影像資料庫實驗設計與階段成果.....233

第七章 實驗情境驗測之量化績效評估 245

7.1 類 CAMP 功能驗測之量化績效分析 245
7.1.1 第一次類 CAMP 實車功能驗測之績效分析 247
7.1.2 第二次類 CAMP 實車功能驗測之績效分析 252
7.1.3 事前與事後績效評估 259
7.1.4 智慧路口驗測之量化績效分析 277
7.2 大規模驗測之量化績效分析 280
7.2.1 第一次大規模驗測之量化績效分析 280
7.2.2 第二次大規模驗測之量化績效分析 306
7.2.2.1 ADAS 類應用績效分析 306
7.2.2.2 車聯網類應用績效分析 308
7.3 實驗車輛動態資訊品質績效分析 330
7.3.1 資料擷取 330
7.3.2 資料料回傳頻率及時間 331
7.3.3 資料定位分析 333
7.4 基隆場域 DSRC 通訊效能分析 334
7.5 RTCM 定位校正服務效能分析 337

第八章 結論與建議 339

8.1 結論 339
8.2 建議 341

參考文獻 345

附錄 349

附錄一：中英文專有名詞對照縮寫表 349
附錄二：期中審查意見與回覆表 355
附錄三：期末審查意見與回覆表 371
附錄四：UBI 車輛里程保險之 OBD 裝置建議規範 (v0.6) 389
附錄五：事件分類 391
附錄六：API 定義細部說明 393
附錄七：駕駛與車輛事件定義 421
附錄八：資料表格欄位說明 423
附錄九：高精地圖附件-正射影像檢核點誤差 433
附錄十：驗測執行計畫 435
附錄十一：智慧安全路口警示系統設置原則 451

圖目錄

圖 1.3-1 工作流程圖 4
圖 2.1.1-1 國際 ADAS 法規推動狀況 5
圖 2.1.1-2 國際 ADAS 系統範疇 7
圖 2.1.1-3 國際供應商發展 ADAS 情形 7
圖 2.1.1-4 ADAS 各系統全球產值成長率預估 8
圖 2.1.1-5 ADAS 各系統全球產值成長預估 8
圖 2.1.1-6 國際 ADAS 發展趨勢 9
圖 2.1.2-1 臺北市公車 ADAS 設備配置 19
圖 2.1.2-2 臺灣 ADAS 供應鏈 19
圖 2.1.3-1 廠牌 A 於阿囉哈客運安裝實績 22
圖 2.1.3-2 廠牌 B 車內監控影像顯示與車外盲點影像監控 22
圖 2.1.3-3 廠牌 C 駕駛人分心與瞌睡偵測 22
圖 2.1.3-4 廠牌 D 駕駛人分心與瞌睡偵測 23
圖 2.1.3-5 先進駕駛輔助系統示意圖 24
圖 2.1.3-6 小汽車的左、中、後盲點區示意圖 25
圖 2.1.3-7 公車盲點區導致事故示意圖 25
圖 2.1.3-8 廠牌 A 智慧影像辨識盲區偵測系統產品外觀 26
圖 2.1.3-9 廠牌 B 產品外觀 27
圖 2.1.3-10 廠牌 B 產品外觀 27
圖 2.1.3-11 廠牌 C 產品外觀 27
圖 2.1.4-1 職業駕駛人安全駕駛行為管理目標 28
圖 2.1.4-2 駕駛人診斷圖表示意圖 32
圖 2.1.5-1 警政署民國 100 至 106 年間之事故資料 33
圖 2.1.5-2 營業大客車於國道涉入事故之肇因分析(100-106 年) 34
圖 2.1.5-3 營業大客車於國道涉入事故之事故型態(100-106 年) 34
表 2.1.5-1 本研究所測試之整合型安全系統及所對應之目標事故型態 35
圖 2.2.1-1 美國車聯網應用(Connected Vehicle Application) 45
圖 2.2.1-2 CVPD 計畫時程 46
圖 2.2.2-1 DSRC 與 C-V2X 技術標準發展 49
圖 2.2.2-2 DSRC 與 C-V2X 通訊協定架構 49
圖 2.2.2-3 5G 於車聯網之通訊類型 50
圖 2.2.2-4 前方碰撞預警應用 50
圖 2.2.2-5 彎道速限警示應用 51
圖 2.2.2-6 遠距診斷及時維修通知應用 51
圖 2.2.2-7 行人碰撞警示應用 52
圖 2.3.1-1「亞洲·矽谷-自動駕駛運行暨資訊整合平臺先導計畫」自動駕駛運行

暨資訊整合平臺架構示意圖 54
圖 2.3.1-2 「自動駕駛感知次系統攻堅計畫」架構 54
圖 2.3.1-3 工研院資通所自動駕駛車輛系統架構 55
圖 2.3.1-4 工研院資通所研發 ITRI ADV 自動駕駛車輛外觀 55
圖 2.3.1-5 國內自動駕駛測試案例 60
圖 2.3.2-1 國外自動駕駛測試案例分布 62
圖 2.3.2-2 日本自駕小型巴士試驗案例 64
圖 2.3.2-3 新加坡自動駕駛發展的測試項目 64
圖 2.3.2-4 新加坡自動駕駛大巴士技術構想圖 65
圖 2.3.2-5 Volvo 7900 自動駕駛電動大巴士外觀示意圖 65
圖 2.3.2-6 達姆勒賓士 CityPilot 車輛外觀及內裝設計 66
圖 2.3.2-7 荷蘭阿姆斯特丹 CityPilot 自動駕駛大巴士測試 66
圖 2.3.2-8 美國內華達州里諾市 Proterra Catalyst 自動駕駛大巴示意圖 67
圖 2.3.2-9 韓國首爾 KT 5G 自動駕駛大巴士 68
圖 2.3.2-10 中國深圳 Alphabus 自動駕駛中巴 68
圖 2.3.2-11 美國自駕車相關法令頒布情形 70
圖 2.3.3-1 區域動態地圖架構 75
圖 3.1.1-1 基隆場域設備運作狀況 81
圖 3.1.1-2 中興新村場域設備運作狀況 81
圖 3.1.3-1 基金段路側設備(5 處)建置地點 82
圖 3.1.3-2 基金一路與基金一路 349 巷設備附掛示意 83
圖 3.1.3-3 基金一路與武崙街口設備附掛示意 83
圖 3.1.3-4 基金一路與武崙街口設備完工照 83
圖 3.1.3-5 基金一路/208 巷/135 巷事故類型分析 84
圖 3.1.3-6 基金一路/208 巷/135 巷設備附掛點位 84
圖 3.1.3-7 基金一路/208 巷/135 巷設備附掛示意 85
圖 3.1.3-8 基金一路與武嶺街口設備附掛示意 85
圖 3.1.3-9 基金一路與基金一路 112 巷設備附掛示意 86
圖 3.1.4-1 麥金段路側設備(5 處)建置地點 86
圖 3.1.4-2 麥金路與樂利三街事故類型分析 87
圖 3.1.4-3 麥金路/樂利三街設備附掛點位 87
圖 3.1.4-4 麥金路/樂利三街設備附掛示意 87
圖 3.1.4-5 麥金路/中油加油站前設備附掛示意 88
圖 3.1.4-6 麥金路/樂利二街/麥金路 421 巷設備附掛示意 88
圖 3.1.4-7 麥金路/樂利二街/麥金路 421 巷設備完工照 89
圖 3.1.4-8 麥金路/安樂派出所前路口設備附掛示意 89
圖 3.1.4-9 麥金路/長庚醫院設備附掛示意 89
圖 3.1.4-10 麥金路/長庚醫院設備完工照 90

圖 3.1.4-11 國 1 基隆交流道至汐止系統交流道間(5 處)、台 62 線往瑞濱(1 處)RSU 路側設備示意 90
圖 3.1.4-12 國 3 基金交流道往汐止交流道(3 處)RSU 路側設備示意 91
圖 3.1.4-13 國 1 點位 1 設備附掛示意 91
圖 3.1.4-14 國 1 點位 2 設備附掛示意 92
圖 3.1.4-15 國 1 點位 3 設備附掛示意 92
圖 3.1.4-16 國 1 點位 4 設備附掛示意 92
圖 3.1.4-17 國 1 點位 5 設備附掛示意 93
圖 3.1.4-18 台 62 線 7.2~7.3K 之間設備附掛示意 93
圖 3.1.4-19 台 62 7.2~7.3K 之間設備建置完工照 93
圖 3.1.4-20 國 3 點位 1 設備附掛示意 94
圖 3.1.4-21 國 3 點位 1 設備完工照 94
圖 3.1.4-22 國 3 點位 2 設備附掛示意 94
圖 3.1.4-23 國 3 點位 3 設備附掛示意 95
圖 3.2-1 車外偵測架構與功能應用 98
圖 3.2-2 車聯網與 ADAS 整合示意圖 98
圖 3.2-3 車側端車聯網與 ADAS 系統佈設規劃 100
圖 3.2-4 車側端車聯網與 ADAS 系統資訊整合規劃 103
圖 3.2-5 車機顯示畫面_1 105
圖 3.2-6 車機顯示畫面_2 106
圖 3.2-7 車機顯示畫面_3 106
圖 3.2-8 車機顯示畫面_4 107
圖 3.3-1 RSU 註冊及更新流程 109
圖 3.3-2 RSU 蒐集資訊流程 110
圖 3.3-3 RSU 發佈資訊流程 110
圖 3.3-4 RSU 即時分析路況及轉發服務 111
圖 3.3.1-1 公車優先號誌應用之演算法流程圖 112
圖 3.3.2-1 車輛經過路口可通過時間區間 114
圖 3.3.2-2 車輛經過路口可通過速度區間 114
圖 3.3.3-1 均勻車流速度彙整與分析 115
圖 3.3.4-1 行人防碰撞偵測警示示意圖 116
圖 3.3.4-2 左轉防碰撞警示示意圖 116
圖 3.4-1 舊版安全憑證管理系統架構 117
圖 3.4-2 新版安全憑證管理系統架構 118
圖 3.4-3 OBU 初始狀態取得憑證時序圖 120
圖 3.4-4 SCMS 伺服器提供 OBU/RSU 憑證機制 120
圖 3.4-5 OBU/RSU 簽章及驗證程序 121
圖 4.1.1-2 安全相關效益評估五大步驟 124

圖 4.1.1-3 警示事件與衝突事件之關聯 125
圖 4.1.2-1 LTA 測試示意圖 134
圖 4.1.2-2 IMA 測試示意圖 135
圖 4.1.2-3 EEBL 測試示意圖 136
圖 4.1.2-4 FCW 測試示意圖 137
圖 4.1.2-5 BSD 測試示意圖 139
圖 4.1.2-6 LDW 測試示意圖 140
圖 4.1.2-7 人車碰撞偵測警示測試示意圖 142
圖 4.1.2-8 路口防碰撞警示測試示意圖 143
圖 4.1.2-9 公車優先號誌 SRM 與 SSM 訊息傳遞流程 145
圖 4.1.3-1 正式實驗測試路線圖(國道與市區道路) 146
圖 4.1.3-2 行人防碰撞偵測警示示意圖 149
圖 5.1.1-1 車輛影像資訊與偵測事件示意圖 161
圖 5.1.2-1 實驗平台功能架構圖 162
圖 5.1.2-2 車輛 OBU 與 ADAS 裝置示意圖 163
圖 5.1.3-1 監控場域區域與設備分群示意圖 167
圖 5.1.3-2 反應事件處理示意圖 168
圖 5.1.4-1 RSU 資訊顯示示意圖 168
圖 5.1.4-2 OBU 與道路資訊顯示示意圖 169
圖 5.1.4-3 CCTV 顯示畫面 169
圖 5.1.4-4 VD 資訊顯示畫面 170
圖 5.1.4-5 CMS 資訊顯示畫面 170
圖 5.1.4-6 智慧公車即時資訊顯示畫面 171
圖 5.1.4-7 智慧公車資訊列表畫面 171
圖 5.1.4-8 ADAS 車載機功能顯示 172
圖 5.1.4-9 OBU 即時資訊 172
圖 5.1.4-11 場域緊急事件即時通報 174
圖 5.1.4-12 場域緊急事件列表 174
圖 5.1.4-13 場域緊急事件與外部 ITS 資訊整合 174
圖 5.1.4-14 異常事件列表 175
圖 5.1.4-15 場域緊急事件與外部 ITS 資訊整合 175
圖 5.1.4-16 RSA/TIM 下載功能- RSU 範圍顯示 176
圖 5.1.4-17 RSA/TIM 下載功能 176
圖 5.1.4-19 OBU 車機駕駛歷史軌跡查詢 177
圖 5.1.4-21 駕駛歷史安全事件查詢畫面 178
圖 5.1.4-23 智慧安全路口，整體監控畫面 179
圖 5.1.4-24 智慧安全路口，單一路口監控畫面 180
圖 5.1.5-1 智慧路口整體場域監控 180

圖 5.1.5-2 特定路口運行監控，麥金路樂利三街路口 181
圖 5.1.5-3 特定路口運行監控，基金一路 208 巷路口 181
圖 5.1.5-4 路口號誌資訊監控 182
圖 5.1.5-5 路口號誌資訊與 CMS 監控 182
圖 5.1.5-6 路口光達資訊監控 183
圖 5.1.5-7 路口雷達資訊監控 183
圖 5.1.5-8 智慧路口整體場域監控 184
圖 5.1.5-10 路口設備監控(2D View) 185
圖 5.1.5-11 路口 CV 事件還原功能 186
圖 5.2.1-1 實驗平台架構圖 186
圖 5.2.3-1 Web 端 DB 登入畫面 190
圖 5.2.4-1 BusGNSS_車牌_日期格式 192
圖 5.2.4-2 車上設備裝置圖 193
圖 5.2.4-3 影像存放在不同資料夾示意圖 193
圖 6.1-1 施作場域空照圖 201
圖 6.1-2 高精度圖資製作流程 202
圖 6.1.1.1-1 空拍機實體圖 203
圖 6.1.1.2-1 制點設置示意圖 204
圖 6.1.1.2-2 控制點設置分布示意圖 205
圖 6.1.1.2-3 外業控制點作業 205
圖 6.1.1.2-4 控制點坐標資訊 205
圖 6.1.1.2-5 控制點統計資訊 206
圖 6.1.1.3-1 正射影像控制點(紅)及檢核點(藍)分布 207
圖 6.1.1.3-2 正射影像檢核點誤差直方圖 208
圖 6.1.1.3-3 點雲控制點分布 209
圖 6.1.1.3-4 點雲檢核點分布 209
圖 6.1.1.3-5 點雲檢核點誤差直方圖 210
圖 6.1.1.3-6 點雲密度示意圖 211
圖 6.1.1.3-7 向量圖層套疊點雲(左)及正射影像(右) 211
圖 6.1.1.3-8 圖資檢核流程圖 214
圖 6.1.2-1 點雲密度檢核結果 215
圖 6.1.2-2 向量圖層檢核結果(1) 216
圖 6.1.2-3 向量圖層檢核結果(2) 216
圖 6.1.2-4 向量圖層檢核結果(3) 217
圖 6.1.3-1 本計畫試用之自駕車輛 218
圖 6.1.3.1-1 測試路線 1 219
圖 6.1.3.1-2 測試路線 2 219
圖 6.1.3.2-1 自駕系統畫面 1 220

圖 6.1.3.2-2 自駕系統畫面 2 220
圖 6.1.3.2-3 軌跡比對結果 1 221
圖 6.1.3.2-4 軌跡比對結果 2 221
圖 6.1.3.2-5 軌跡比對結果 3 222
圖 6.1.3.2-6 軌跡比對結果 4 222
圖 6.1.4-2 3D 光達點雲地圖示意圖 224
圖 6.1.4-4 中興新村場域 SLAM 順時針運行軌跡圖 225
圖 6.2-1 中興新村情境五測試結果 232
圖 6.2-2 中興新村情境六測試結果 232
圖 6.2-3 中興新村情境七測試結果 233
圖 6.2-4 中興新村情境九測試結果 233
圖 6.3-1 PC-Viewer 操作畫面 234
圖 6.3-2 匯出影像操作畫面 235
圖 6.3-3 大型車輛視線盲區範圍圖 235
圖 6.3-4 側撞(撞其他)/側撞(被撞)/同向擦撞示意圖 236
圖 6.3-5 模型訓練流程圖 237
圖 6.3-6 連續影格資料 237
圖 6.3-7 標記影像畫面@ Labeling tool 238
圖 6.3-8 車側影像物件偵測結果 238
圖 6.3-9 鏡頭成像方式 239
圖 6.3-10 以鏡頭成像方式推算距離結果 239
圖 6.3-11 以距離成像法計算誤差較大的例子 239
圖 6.3-12 標註 1*1 公尺方格的車側影像 240
圖 6.3-13 距離矩陣法計算說明 240
圖 6.3-14 距離矩陣計算之結果 241
圖 6.3-15 連續影格畫面的辨識結果 241
圖 6.3-16 物件軌跡追蹤結果 242
圖 6.3-17 保持適當距離的車輛 242
圖 6.3-18 未保持適當行車距離的車輛 243
圖 7.1.3.1-1 數位行車記錄器資料示意圖 260
圖 7.1.3.1-2 前方影像 261
圖 7.1.3.1-3 駕駛人影像 262
圖 7.1.3.1-4 左方影像 262
圖 7.1.3.1-5 右方影像 262
圖 7.1.3.1-6 後方影像 263
圖 7.1.3.1-7 先進駕駛輔助系統所回傳之資料示意圖 263
圖 7.1.3.3-1 FCW 事件數變化(縱軸為次數，橫軸為日期) 267
圖 7.1.3.3-2 LDW 事件數變化(縱軸為次數，橫軸為日期) 268

圖 7.1.3.7-1 09/15 至 09/30 每日超速累積事件數(縱軸為次數，橫軸為日期) ...271
圖 7.1.3.7-2 10/01 至 10/14 每日超速累積事件數(縱軸為次數，橫軸為日期) ...272
圖 7.2.1.2-1 33 秒內 CV 車輛位置資訊 ...283
圖 7.2.1.2-4 前方號誌與剩餘秒數 ...285
圖 7.2.1.2-5 車機顯示加速建議 ...285
圖 7.2.1.2-6 車機顯示減速建議 ...285
圖 7.2.1.2-7 車輛首次接受訊息位置 ...288
圖 7.2.1.2-8 車流順暢時速率比較 ...289
圖 7.2.1.2-9 車流壅塞時速率比較 ...290
圖 7.2.1.2-10 前方號誌轉換時速率比較 ...291
圖 7.2.1.2-11 車輛首次接收距離(往北/速度建議) ...293
圖 7.2.1.2-12 車輛首次接收距離(往南/速度建議) ...296
圖 7.2.1.2-13 速度建議與實際速率關係 ...297
圖 7.2.1.2-14 車輛首次接收距離(往北/禁行路肩) ...297
圖 7.2.1.2-15 車輛接收訊息情形-速度建議-北上 ...298
圖 7.2.1.2-16 單一車輛接收訊息情形-速度建議-北上 ...298
圖 7.2.1.2-17 車輛接收訊息情形-速度建議-南下 ...299
圖 7.2.1.2-18 單一車輛接收訊息情形-速度建議-南下 ...299
圖 7.2.1.2-19 車輛接收訊息情形-禁行路肩-北上 ...300
圖 7.2.1.2-20 單一車輛接收訊息情形-禁行路肩-北上 ...300
圖 7.2.1.2-21 RSA 影響最遠距離(往北/道路壅塞) ...301
圖 7.2.1.2-22 影響最遠距離(往南/道路壅塞) ...302
圖 7.2.1.2-23 影響最遠距離(往北/道路施工) ...302
圖 7.2.1.2-24 影響最遠距離(往南/道路施工) ...302
圖 7.2.1.2-26 單一車輛接收訊息情形-道路壅塞-北上 ...303
圖 7.2.1.2-27 車輛接收訊息情形-道路壅塞-南下 ...304
圖 7.2.1.2-28 兩車輛接收訊息情形-道路壅塞-南下 ...304
圖 7.2.1.2-29 車輛接收訊息情形-道路施工-北上 ...305
圖 7.2.1.2-30 車輛接收訊息情形-道路施工-南下 ...305
圖 7.2.1.2-31 單一車輛接收訊息情形-道路施工-南下 ...306
圖 7.2.2.2-1 車輛行經路口資訊接受情形-基金路武嶺街-北上 ...309
圖 7.2.2.2-2 兩車輛行經路口資訊接受情形 ...309
圖 7.2.2.2-3 車輛首次接受訊息距離 ...312
圖 7.2.2.2-4 綠燈且行車速度順暢之速率比較 ...313
圖 7.2.2.2-5 綠燈且行車速度緩慢之速率比較 ...314
圖 7.2.2.2-6 車輛首次接收距離-速度建議-北上 ...316
圖 7.2.2.2-7 車輛首次接收距離-速度建議-南下 ...319
圖 7.2.2.2-8 車輛首次接收距離-道路標誌 ...320

圖 7.2.2.2-9 車輛接收訊息情形-速度建議-北上.....321
圖 7.2.2.2-10 單一車輛接收訊息情形-速度建議-北上.....321
圖 7.2.2.2-11 車輛接收訊息情形-右匝會車/右道縮減/前方左彎.....322
圖 7.2.2.2-12 車輛接收訊息情形-注意號誌/測速照相/禁止迴轉.....322
圖 7.2.2.2-13 車輛接收訊息情形-路肩終點/路肩開放.....323
圖 7.2.2.2-14 單一車輛接收訊息情形-右匝會車.....323
圖 7.2.2.2-15 單一車輛接收訊息情形-右道縮減.....324
圖 7.2.2.2-16 單一車輛接收訊息情形-注意號誌.....324
圖 7.2.2.2-17 單一車輛接收訊息情形-前方左彎.....324
圖 7.2.2.2-18 單一車輛接收訊息情形-測速照相.....325
圖 7.2.2.2-19 單一車輛接收訊息情形-禁止迴轉.....325
圖 7.2.2.2-20 單一車輛接收訊息情形-路肩終點.....325
圖 7.2.2.2-21 單一車輛接收訊息情形-路肩開放.....326
圖 7.2.2.2-22 車輛首次接收距離(往南/道路壅塞).....326
圖 7.2.2.2-23 車輛首次接收距離(往南/道路施工).....327
圖 7.2.2.2-24 車輛首次接收距離(往北/道路施工).....327
圖 7.2.2.2-25 車輛接收訊息情形-道路壅塞-南下.....328
圖 7.2.2.2-26 單一車輛接收訊息情形-道路壅塞-南下.....328
圖 7.2.2.2-27 車輛接收訊息情形-道路施工-南下.....329
圖 7.2.2.2-28 兩車輛接收訊息情形-道路施工-南下.....329
圖 7.3.1-1 505 線公車 PTX 軌跡資料擷取成果.....330
圖 7.3.1-2 1815 線國道客運 PTX 軌跡資料擷取成果.....331
圖 7.3.1-3 PTX 記錄軌跡缺示意圖.....331
圖 7.3.2-1 PTX 紀錄遺漏範例.....332
圖 7.3.2-2 PTX 與 OBU 車輛定位頻率.....332
圖 7.3.2-3 PTX GNSS 接收時間與平臺更新時間比較.....332
圖 7.3.2-4 505 線公車 GNSS 接收到平臺更新時間.....333
圖 7.3.3-1 PTX 記錄之公車站停等時定位漂移情形.....333
圖 7.3.3-2 PTX 及 OBU 記錄公車停等公車站比較圖.....334
圖 7.3.3-3 PTX 紀錄速率異常圖.....334
圖 7.3.4-1 大武崙南下接台 62 線路段之封包遺失率.....335
圖 7.3.4-2 台 62 線北上到大武崙路段封包遺失率.....335
圖 7.3.4-3 國 1 北上路段封包遺失率.....336
圖 7.3.4-4 國 1 南下路段封包遺失率.....336
圖 7.3.4-5 國 3 南下路段封包遺失率.....336
圖 7.3.4-6 國 3 北上路段封包遺失率.....336
圖 7.3.4-7 基金一路往西路段封包遺失率.....336
圖 7.3.4-8 基金一路往東路路段封包遺失率.....337

圖 7.3.4-9 麥金路北上路段封包遺失率 337
圖 7.3.4-10 麥金路南下路段封包遺失率 337
圖 7.5-1 不同定位系統之定位軌跡圖(市區道路).....338
圖 7.5-2 不同定位系統之定位軌跡圖(高速公路).....338

表目錄

表 2.1.2-1 我國與歐盟駕駛輔助系統法規對照 14
表 2.1.3-1 市售 ADAS 產品所採用感測器比較表(工研院自行整理 2018.11)..... 26
表 2.1.4-1 偵測設備所能偵測之危險駕駛行為表 29
表 2.1.4-2 駕駛員之安全駕駛行為分數與排名 31
表 2.1.5-2 本研究所測試之整合型安全系統之偵測方式 35
表 2.2.1-1 盲區警示/變換車道警示實驗情境與量化指標 37
表 2.2.1-2 前方碰撞警示實驗情境與量化指標 39
表 2.2.1-3 十字路口防碰撞警示實驗情境與量化指標 41
表 2.2.1-4 電子煞車燈警示實驗情境與量化指標 42
表 2.2.1-5 紐約市 CVPD 計畫應用情境與績效評估指標..... 46
表 2.2.1-6 紐約市 CVPD 計畫應用 CV 裝置 47
表 2.2.1-7 坦帕市 CVPD 計畫應用情境與績效評估指標..... 47
表 2.2.1-8 懷俄明州 CVPD 計畫應用情境與績效評估指標..... 48
表 3.1.1-1 基隆場域設備盤點表 79
表 3.1.1-2 中興新村場域設備盤點表 80
表 3.2-1 基隆市區公車 505 路線安裝先進駕駛輔助系統設備項目表 95
表 3.2-2 先進駕駛輔助系統(ADAS)實驗車載設備行車輔助警示..... 99
表 3.2-3 目前規劃車內 ADAS 系統所偵測事件定義及資訊流程表 100
表 3.2-4 ADAS 警示由 OBU 車機呈現 UI 表..... 104
表 3.2-5 OBU 車機將事件記錄在 ADAS IPC 表..... 104
表 3.2-6 OBU 車機以字串傳送警示訊息到客運 ADAS IPC 表..... 107
表 3.2-7 國光客運安裝 ADAS 與 CV 系統的數量與車號統計表..... 108
表 3.2-8 基隆市區公車安裝 ADAS 與 CV 系統的數量與車號統計表..... 108
表 4.1.1-1 整合安全系統之功能測試地區統整 125
表 4.1.1-2 本案整合型安全系統衝突事件之偵測及驗證方式規劃 125
表 4.1.1-3 衝突事件之判中率 126
表 4.1.1-4 本案安全效益評估規劃 128
表 4.1.1-5 本研究整合型安全系統所輸出之資料 129
表 4.1.2-1 功能測試項目及目的 130
表 4.1.2-2 對時測試結果表格 131
表 4.1.2-3 RSU 廣播 SAEJ2735 RTCM 定位精度測試表格..... 131
表 4.1.2-4 硬體狀態偵測功能測試表格 132
表 4.1.2-5 結合 ADAS 與 CV 功能測試項目表..... 132
表 4.1.2-6 LTA 測試結果 134
表 4.1.2-7 IMA 測試結果 135
表 4.1.2-8 EEBL 測試結果 136

表 4.1.2-9 FCW 測試結果.....138
表 4.1.2-10 BSD 測試結果.....139
表 4.1.2-11 LDW 測試結果.....140
表 4.1.2-12 基金一路/135 巷/208 巷路口設備資料稽核表.....142
表 4.1.2-13 基金一路/135 巷/208 巷路口設備偵測與實際偵測數統計.....142
表 4.1.2-14 麥金路/樂利三街路口設備資料稽核表.....144
表 4.1.2-15 麥金路/樂利三街路口設備偵測與實際偵測數統計.....144
表 4.1.2-16 公車優先號誌功能測試結果表格.....145
表 4.1.3-1 實驗情境與實驗路線對應表.....146
表 4.1.3-2 實驗情境與測試地點對應表.....147
表 4.2.1-1 智慧安全路口事前/事後事故次數統計表.....151
表 4.3-1 類 CAMP 前方碰撞警示實驗情境與量化指標.....153
表 4.3-2 類 CAMP 盲區警示/變換車道警示實驗情境與量化指標.....154
表 4.3-3 類 CAMP 電子煞車燈警示實驗情境與量化指標.....155
表 4.3-4 十字路口防碰撞警示實驗情境與量化指標.....157
表 5.1.2-1 資料蒐集方式與來源彙整.....164
表 5.2.1-1 伺服器與儲存設備規格型號.....188
表 5.2.2-1 API 分類表.....189
表 5.2.3-1 平台資料表清單.....190
表 5.2.4-1 實驗產生測試表.....194
表 5.2.4-2 車載機事件影片格式測試表.....194
表 5.2.5-1 取得尖峰時間路段時速表.....197
表 6.1.1.1-1 空拍機規格.....202
表 6.1.1.1-2 自有地面路網資訊採集測繪車.....203
表 6.1.1.1-3 慣性測量儀等級分類.....204
表 6.1.1.3-1 正射影像控制點誤差值(節錄).....206
表 6.1.1.3-2 正射影像檢核誤差值(節錄).....208
表 6.1.1.3-3 點雲-控制點誤差值(節錄).....210
表 6.1.1.3-4 點雲-檢核點誤差值(節錄).....210
表 6.1.1.3-5 點雲密度等級分類.....211
表 6.1.1.3-6 圖層項目比較.....212
表 6.1.2-1 高精地圖資檢核項目及送審資料.....214
表 6.1.2-2 高精地圖資點雲密度檢核結果.....215
表 6.1.4-1 運用圖資 SLAM 定位誤差統計表.....226
表 6.2-1 中正路/中學路口北側路側系統警示結果統計.....229
表 6.2-2 中正路/中學路口南側路側系統警示結果統計.....229
表 6.2-3 中正路/中學路口北側路側系統警示穩定性及可靠度分析.....231
表 6.2-4 中正路/中學路口南側路側系統警示穩定性及可靠度分析.....231

表 7.1-1 基隆市大客車事故涉入車種 245
表 7.1-2 基隆市大客車事故型態 – 百分比 245
表 7.1-3 基隆市大客車事故型態 – 事件數 246
表 7.1-4 事件實際情況與設備偵測與否 247
表 7.1.1.1-1 各項警示事件之測試情況 247
表 7.1.1.1-2 未保持安全距離警示事件之性能分析 249
表 7.1.1.1-3 車道偏移警示事件之性能分析 250
表 7.1.1.1-4 盲點偵測警示事件之性能測試 250
表 7.1.1.1-5 左轉側撞警示事件之性能測試 251
表 7.1.1.1-6 路口交叉撞警示事件之性能測試 251
表 7.1.1.1-7 第一次類 CAMP 原始件數統計 251
表 7.1.1.1-8 第一次類 CAMP 判中率統計 252
表 7.1.2.1-1 各項警示事件之測試情況 253
表 7.1.2.2-1 未保持安全距離警示事件之性能測試 255
表 7.1.2.2-2 車道偏離警示事件之性能測試 255
表 7.1.2.2-3 盲點偵測警示事件之性能測試 256
表 7.1.2.2-4 左轉側撞警示事件之性能測試 256
表 7.1.2.2-5 路口交叉撞警示事件之性能測試 257
表 7.1.2.2-6 前方緊急剎車警示事件之性能測試 257
表 7.1.2.2-7 第二次類 CMAP 原始件數統計 258
表 7.1.2.2-8 第二次類 CMAP 判中率統計 258
表 7.1.3.1-1 數位行車記錄器資料欄位說明 260
表 7.1.3.2-1 判斷未保持安全距離之衝突事件準則 265
表 7.1.3.2-2 未保持安全距離之情境序列 265
表 7.1.3.3-1 事件類型之事件數 266
表 7.1.3.3-2 FCW 負二項式迴歸統計分析 267
表 7.1.3.3-3 LDW 負二項式迴歸統計分析 267
表 7.1.3.4-1 縱向加速度大於等於 0.2 g 至 0.9 g 之累計事件數 268
表 7.1.3.4-2 急減速事件之事前事後分析 269
表 7.1.3.5-1 縱向加速度小於等於-0.2 至-0.9 之累計事件數 269
表 7.1.3.5-2 急加速事件之事前事後分析 270
表 7.1.3.6-1 急遽橫向位移事件數 270
表 7.1.3.6-2 急遽橫向位移事件之事前事後分析 271
表 7.1.3.7-1 超速事件之事前事後分析 272
表 7.1.3.8-1 TTC 小於 1.2 秒、1.0 秒、0.6 秒、0.5 秒、0.4 秒等累計事件數 273
表 7.1.3.8-2 事件中低於 1.2 秒及低於 0.6 秒之事前事後分析 273
表 7.1.3.8-3 每趟次最低 TTC 小於 1.2 秒之事前事後分析 273
表 7.1.3.8-4 每趟次最低 TTC 小於 0.6 秒之事前事後分析 274

表 7.1.3.9-1 盲區警示系統之危險事件數 275
表 7.1.3.9-2 盲區警示系統之危險事件判中率 275
表 7.1.3.9-3 盲區警示系統之偵測事件數 275
表 7.1.3.9-4 盲區警示系統之偵測判中率 275
表 7.1.4-1 基金一路/208 巷路口路側系統警示結果統計 277
表 7.1.4-2 麥金路/樂利三街路口路側系統警示結果統計 277
表 7.1.4-3 基金一路/208 巷路口路側系統警示穩定性及可靠度分析 279
表 7.1.4-4 麥金路/樂利三街路口路側系統警示穩定性及可靠度分析 279
表 7.2.1.1-1 各項警示事件測試之觀察 281
表 7.2.1.1-2 各項警示測試結果 281
表 7.2.2.1-1 各項警示事件測試之觀察 307
表 7.2.2.1-2 各項警示測試結果 308
表 7.5-1 不同定位系統之定位誤差(市區道路) 337
表 7.5-2 不同定位系統之定位誤差(高速公路) 338

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

「安全」與「效率」一向為各國推動智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)之重要目標，近年來我國 ITS 發展在政府大力投入下，已在高快速公路與都會區之交通管理以及公共運輸上有長足進步，透過智慧型行動裝置的多元交通資訊服務，提供更貼近民眾「行」的交通資訊需求。交通部在我國智慧運輸發展已將「發展車路整合應用服務」列入 106 年至 109 年推動重點之一，期望透過我國車路整合在「交通安全」、「交通管理」、「交通資訊服務」、「節能減碳面」等創新應用模式研發及實驗場域之構建與實測，結合車輛智慧化及道路智慧化，提升道路交通的運作效率及安全性，期達到「創新智慧運輸車路整合、邁向安全低碳快捷交通時代」的願景，同時創造更大的數位商機範疇，帶動車輛工業下一階段的發展。近年來，國際在 ITS 發展已朝向搭配專用短距通訊(Dedicated Short Range Communication, DSRC)與車聯網(Connected Vehicle, CV)發展，以及積極發展以先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)為基礎的自動駕駛車輛(Automated Vehicle, AV)，甚至進一步探討結合車聯網與自動駕駛車輛的聯網自動駕駛車(Connected Automated Vehicle, CAV)發展。

本所 104 年與 105 年於基隆地區的基金公路、台 62 線快速公路、國道 1 號大華系統交流道上下游約 4 公里路段等範圍建置車聯網實驗場域，進行以車輛與路側設備所組成之車路整合通訊(Vehicle to Infrastructure, V2I)為主，在交通安全警示、路口節能駕駛與高速公路均勻車流速度建議等應用情境之實驗與測試。106 年進一步結合我國在車聯網(CV)、先進駕駛輔助系統(ADAS)、車路整合應用研發經驗與成果，在中興新村進行我國構建智慧運輸的車輛先進駕駛輔助系統與車聯網整合研發實驗場域，以利後續進行車輛先進駕駛輔助系統與車聯網在安全駕駛以及提高自動化駕駛程度之整合研發實驗。

政府為因應無人載具的快速發展，行政院已於 107 年 5 月 17 日通過「無人載具科技創新實驗條例」草案，送請立法院審議，並於 11 月 30 日三讀通過。交通部也已完成「道路交通安全規則」第 20 條及新增附件二十一「自動駕駛車輛申請道路測試作業規定」，其主要供車輛測試車輛性能與自動駕駛技術，而 108 年 10 月 15 日發布之「無人載具科技創新實驗計畫牌照核發辦法」，訂定核發牌照之法令適用、申請核發車輛試驗牌照之程序、車輛試驗牌照使用期限等相關規定。經濟部也於 108 年 10 月 25 日起受理申請無人載具科技創新實驗計畫，後續

自動駕駛車在經過模擬環境測試與封閉場域測試後，得依相關規定申請至開放道路進行測試。作為公共運輸系統第一哩與最後一哩路的自動駕駛公車發展，近年來也備受關注，同時交通部為提升公共運輸車輛行車安全也立法要求大型車輛加裝行車視野輔助系統。

1.2 研究目的

本研究目的為探討我國公共運輸車聯網實驗場域。過去公路總局執行 ADAS 計畫則是著重車輛安全，本研究並於基金與麥金建置兩處智慧安全路口，提醒路口行人與公車駕駛，藉由訪談駕駛是否警示過早、剛好或過慢，進而分析與探討系統成效。除此之外，因應自動駕駛大客車發展趨勢與行車安全，以及後續自動駕駛車經申請後於開放道路進行測試需求，因此參考國際上對於聯網自動駕駛車實驗需求，利用前期於基隆地區與中興新村所建置車聯網實驗場域，擴充對自動駕駛車的智慧道路行車輔助服務，以及探討公共運輸車輛在整合 ADAS 與 CV 後之行車安全強化等課題。本研究實驗場域為三角區域，包含路網為國道、省道與快速道路。藉由於國光客運、基隆市公車安裝車機蒐集常態資料，並於基隆海科館漁港一街附近規劃類美國運輸部碰撞預防衡量標準合作計畫(Crash Avoidance Metrics Partnership, CAMP)場域，於該場域驗證系統單元測試。

綜合上述，本計畫研究重點包括：(1)基隆地區場域之路側實驗設備擴充與公共運輸車輛加裝車聯網與 ADAS 實驗車載設備，(2)進行基隆地區車聯網與公車 ADAS 實測之實驗設計與測試，(3)進行中興新村自動駕駛車之高精度圖資製作與試用，以及進行實驗情境測試與資料分析等，(4)發展我國自動駕駛技術所需之影像資料庫雛型。

1.3 研究內容

本計畫研究內容如下：

1. 基隆車聯網實驗場域擴充及公共運輸車輛整備
   (1) 基隆場域路側實驗設備擴充。
   (2) 公共運輸車輛安裝車聯網與 ADAS 實驗設備。
   (3) 車聯網資訊安全機制與作法。
2. 實驗情境設計與量化績效指標設計
   (1) 實驗情境設計。
   (2) 量化績效指標設計。
   (3) 先期實驗測試與調整。

(4) 正式實驗測試與資料分析

3. 實驗平台之擴充與開發

(1) 實驗平台加值擴充設計
(2) 實驗平台系統開發

4. 中興新村高精度圖資製作與情境測試

(1) 高精度圖資製作與試用
(2) 中興新村實驗情境測試與資料分析

5. 建立自動駕駛影像資料庫雛型

6. 研究成果發表會活動辦理

本計畫研究流程如圖 1.3-1 工作流程圖。

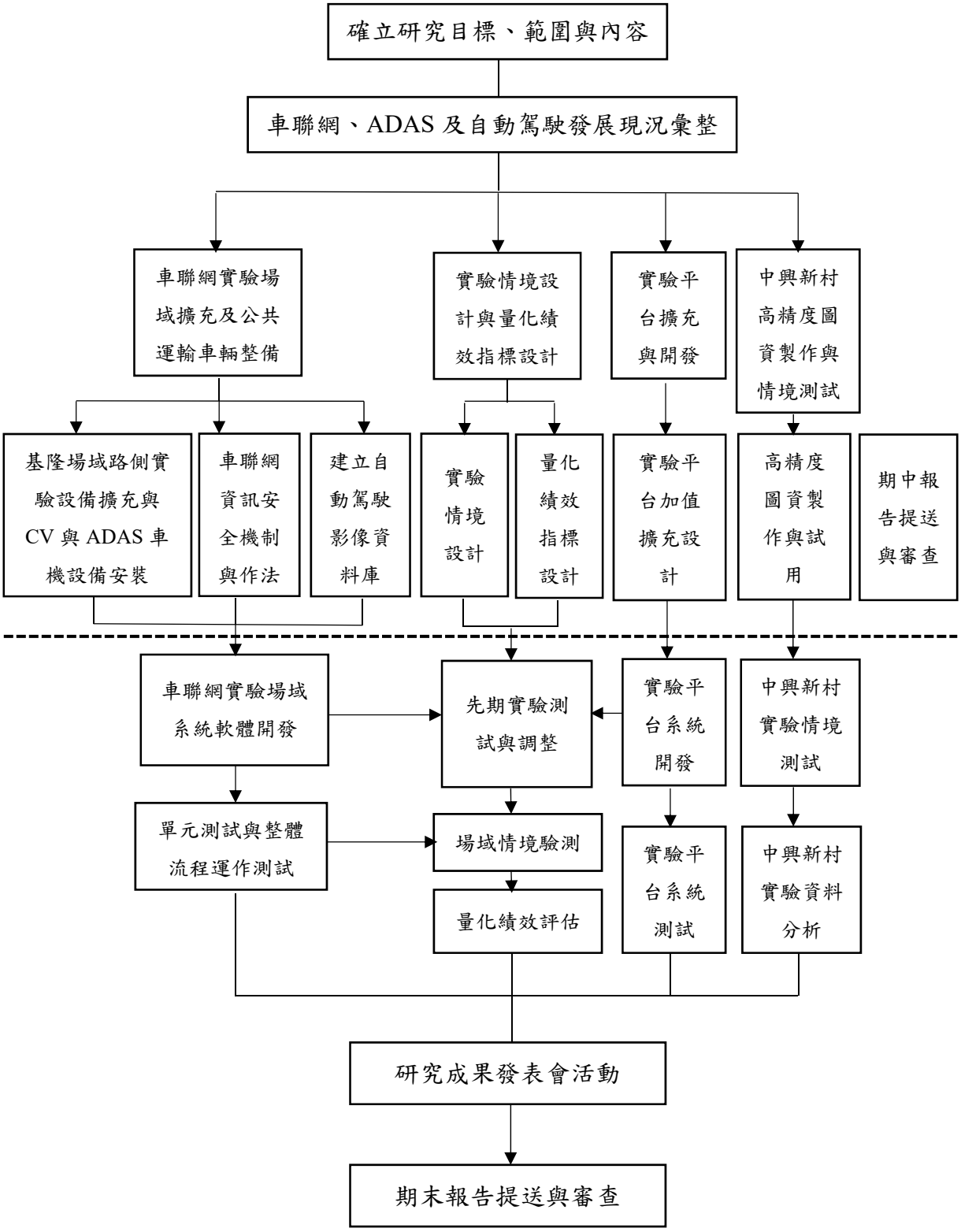

確立研究目標、範圍與內容
車聯網、ADAS 及自動駕駛發展現況彙整
車聯網實驗場域擴充及公共運輸車輛整備
實驗情境設計與量化績效指標設計
實驗平台擴充與開發
中興新村高精度圖資製作與情境測試
基隆場域路側實驗設備擴充與CV 與 ADAS 車機設備安裝
車聯網資訊安全機制與作法
建立自動駕駛影像資料庫
實驗情境設計
量化績效指標設計
實驗平台加值擴充設計
高精度圖資製作與試用
期中報告提送與審查
車聯網實驗場域系統軟體開發
先期實驗測試與調整
實驗平台系統開發
中興新村實驗情境測試
單元測試與整體流程運作測試
場域情境驗測
量化績效評估
實驗平台系統測試
中興新村實驗資料分析
研究成果發表會活動
期末報告提送與審查

圖 1.3-1 工作流程圖

第二章 文獻回顧

2.1 先進駕駛輔助系統(ADAS)發展概況

2.1.1 國際 ADAS 先進駕駛輔助系統發展概況

一、國際駕駛輔助法規

國外先進輔助駕駛法規推動狀況如圖 2.1.1-1，歐盟、美國、日本等國家自 2006 年開始已陸續制定車輛安全相關法規；胎壓偵測系統(Tire-pressure monitoring system, TPMS)、電子車身穩定控制系統(Electronic Stability Control, ESC)、自動緊急煞車系統(Autonomous Emergency Braking System, AEB System)、車道偏移警示系統(Lane Departure Warning System, LDWS)、前方防撞警示系統(Forward Collision Warning System, FCWS)、汽車駕駛人疲勞偵測及警告系統(Driver's Drowsiness Detecting and Warning System)，以及後視攝影機等系統自 2014 年起已逐漸列為強制裝載，優先規範大型車裝設，2018 年開始將逐漸規範小型車裝設，預計未來可能更進一步強制配備防止撞車的車對車(Vehicle-to-Vehicle，V2V)通訊裝置，以全面提升車輛駕駛安全性。

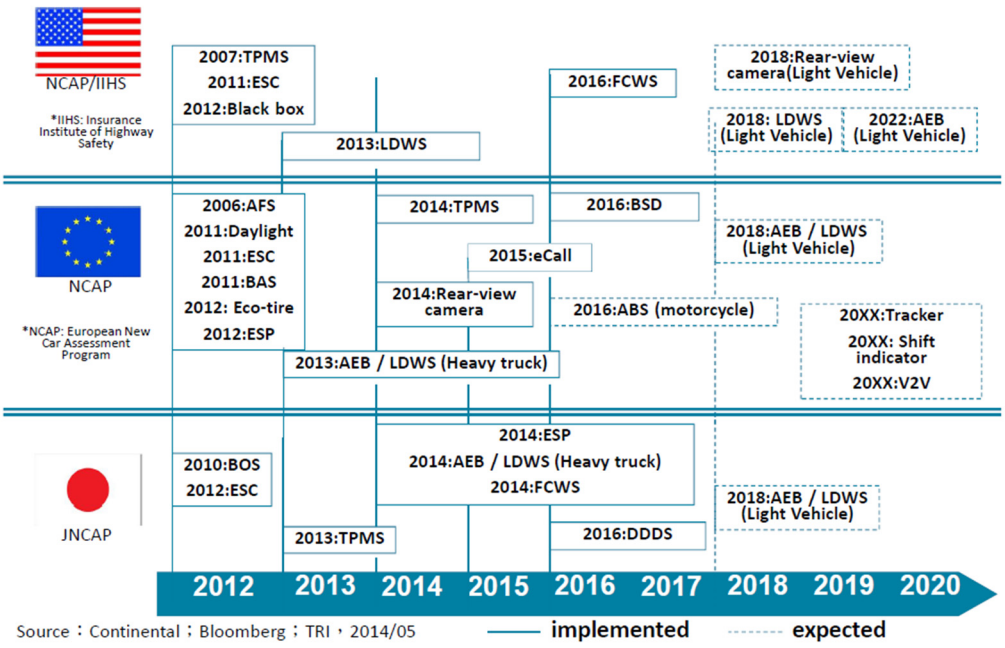


圖 2.1.1-1 國際 ADAS 法規推動狀況

美國國家公路交通安全交通管理局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)規定自 2011 年起汽車前撞預警 FCWS 納入車輛安全評分，自 2018 年開始五星安全標準車輛必須配備自動緊急煞車系統 AEB，2016 年

3 月美國汽車供應商同意自 2022 年起乘用車標配 AEB，包括通用、福特、菲亞特克萊斯勒、豐田、本田、日產、馬自達、三菱、富士重工業、現代、起亞、奧迪、寶馬、戴姆勒、大眾、保時捷、沃爾沃、瑪莎拉蒂、捷豹路虎、特斯拉等 20 家 (總計佔全美市場 99%以上)，豐田更主動表態自 2017 年開始為在美銷售新車標配自動緊急煞車系統 AEB；歐洲新車安全評鑑協會(New Car Assessment Program, NCAP)同樣在汽車安全評分中列入自動緊急煞車系統 AEB、適路性巡航控制(Adaptive Cruise Control, ACC)等；日本國土交通省(Ministry of Land, Infrastructure, MLIT)自 2014 年開始將自動緊急煞車系統 AEB 納入安全評分體系；中國大陸則效仿先進國家經驗於 2018 年開始將 ADAS 技術列入安全法規。

二、國際駕駛輔助技術發展

依據國際車輛工程師協會(International Society of Automotive Engineers, SAE International)發布 SAE J3016 對於自動駕駛之定義，自動駕駛等級 Level 1 及 Level 2 利用駕駛輔助系統操作車輛。其中，等級 Level 1 屬於駕駛輔助(Driver Assistance)，僅透過單一駕駛輔助系統操作車輛轉向或加速/減速，以及利用行車環境資訊，執行部份特定之駕駛模式(Driving Modes)；等級 Level 2 屬於部份自動化(Partial Automation)，透過單一或多種駕駛輔助系統操作車輛轉向與加速/減速，以及利用行車環境資訊，執行部份特定之駕駛模式。

依據歐洲自動駕駛車研究開發組織(European Road Transport Research Advisory Council, ERTRAC) (2016)[1]，2018 年以前屬於自動化程度等級 0~2 輔助駕駛技術，可符合各種特殊情況的部分自動駕駛，2018 年後將在輔助駕駛技術基礎上，開始發展自動化程度等級 3~5 自動駕駛技術。

由於自動駕駛(ADS)必須仰賴高度安全的先進輔助駕駛系統(ADAS)，以及政府相關安全法規支持，因而在自動駕駛普及之前，駕駛輔助系統才是廠商當前積極開發的重點。另外，除了自動駕駛發展趨勢以外，國際法規與新車評價 NCAP 也是促進 ADAS 快速成長及推升滲透率的重要因素；依據 EuroNCAP、JNCAP、NHTSA 等新車評價，目前欲獲得 5 顆星則至少須裝 1 到 2 項以上 ADAS 系統，已公告系統包括自動緊急煞車系統(AEB)、適應性巡航(ACC)、前方防撞警示(FCW)、車道偏移警示(LDW)、盲點偵測(Blind Spot Detection, BSD)、後方橫向車輛偵測(Rear Cross Traffic Alert, RCTA)、車道維持系統(Lane Keeping System, LKS)、夜視系統(Night Vision System, NVS)等 8 項。

[1] ERTRAC (2017). European Roadmap Electrification of Road Transport. Status: Final for publication. 3rd Edition, version10. June 2017. EPOSS.

依據財團法人車輛研究測試中心(2017)[2]，國際車輛產調趨勢預測 2025 年全自動駕駛(Fully Automated) 汽車將有機會實現，從人主導的駕駛漸漸轉換到機器人駕駛，在此過程 ADAS 將不斷的演進，因此國際上討論 ADAS 範圍亦會有不同的涵蓋；歸納 ADAS 系統的較完整範疇，如圖 2.1.1-2，主要分為縱向安全輔助、側方安全輔助、停車便利性輔助、視野輔助、駕駛狀態監控等五大區塊。

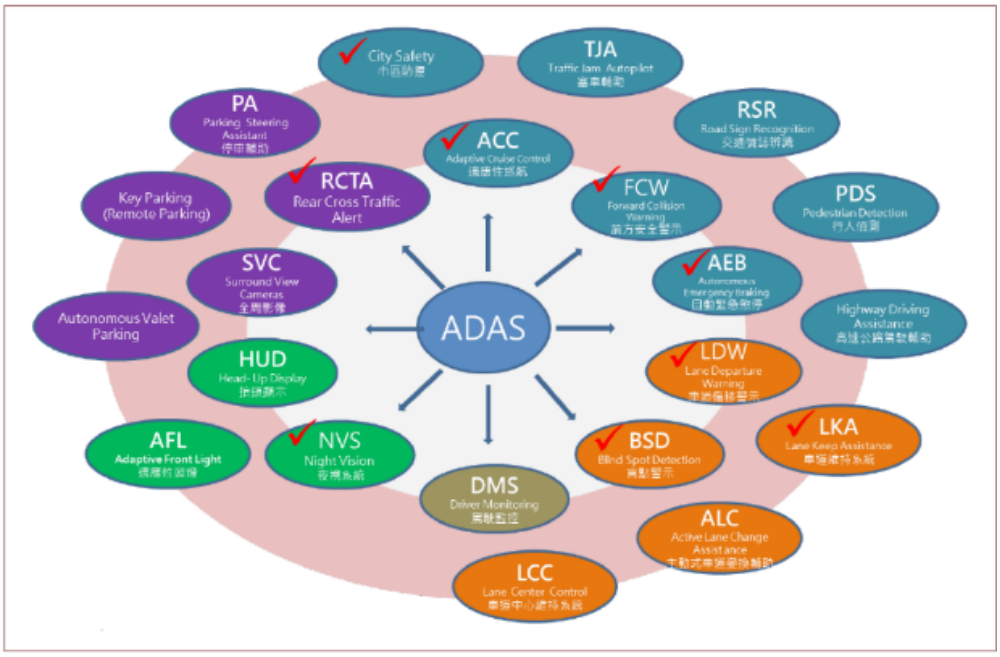


圖 2.1.1-2 國際 ADAS 系統範疇

國際上主要系統供應鏈廠商已經陸續投入研發生產各類 ADAS，國際供應商發展 ADAS 情形如圖 2.1.1-3。

Market Participants	ACC	LDW/ LKA	BSD	FCW	NV	PA
AutoLiv	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bosch	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Continental	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Delphi	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DENSO	✓	✓				
Hella	✓	✓		✓	✓	✓
TRW	✓	✓		✓		✓
Valeo		✓	✓	✓		✓

圖 2.1.1-3 國際供應商發展 ADAS 情形

[2] 陳建次(2017 年)。透過產業趨勢與專利地圖解析 ADAS 技術發展。財團法人車輛研究測試中心。檢自 https://www.artc.org.tw/upfiles/ADUpload/knowledge/tw_knowledge_559943680.pdf。

三、國際駕駛輔助產業趨勢

國際產調機構 Visiongain 預測 ADAS 系統搭載率將明顯跳躍上升，2020 年搭載率將達 40%，2025 年則可到達 60%，如圖 2.1.1-4；ADAS 全球整體產值將呈現顯著成長，2018 年之後平均成長率超過 10%，2025 年全球總產值將達到 723 億美元，如圖 2.1.1-5，產值排名前五名系統為全周影像行車輔助系統(Around View Monitoring System, AVMS)、適路性巡航控制(ACC)、停車輔助(Park Assist, PA)、前方防撞警示(FCW)、自動緊急煞車系統(AEB)，最主要是前方防撞警示(FCW)與停車輔助(PA)的產品區塊。

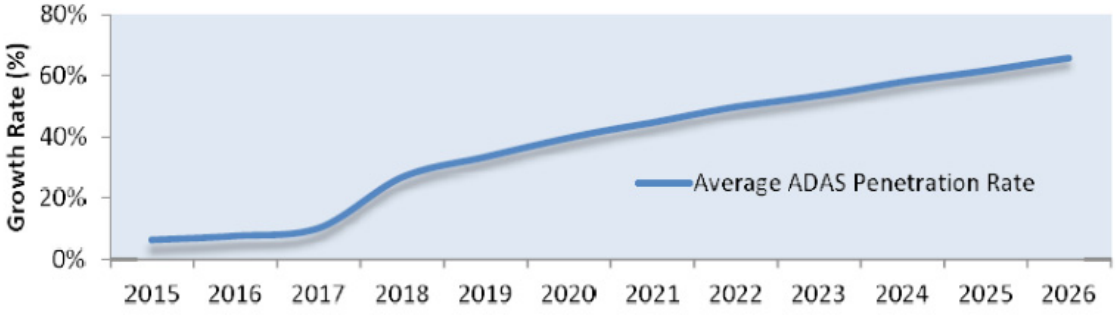


圖 2.1.1-4 ADAS 各系統全球產值成長率預估

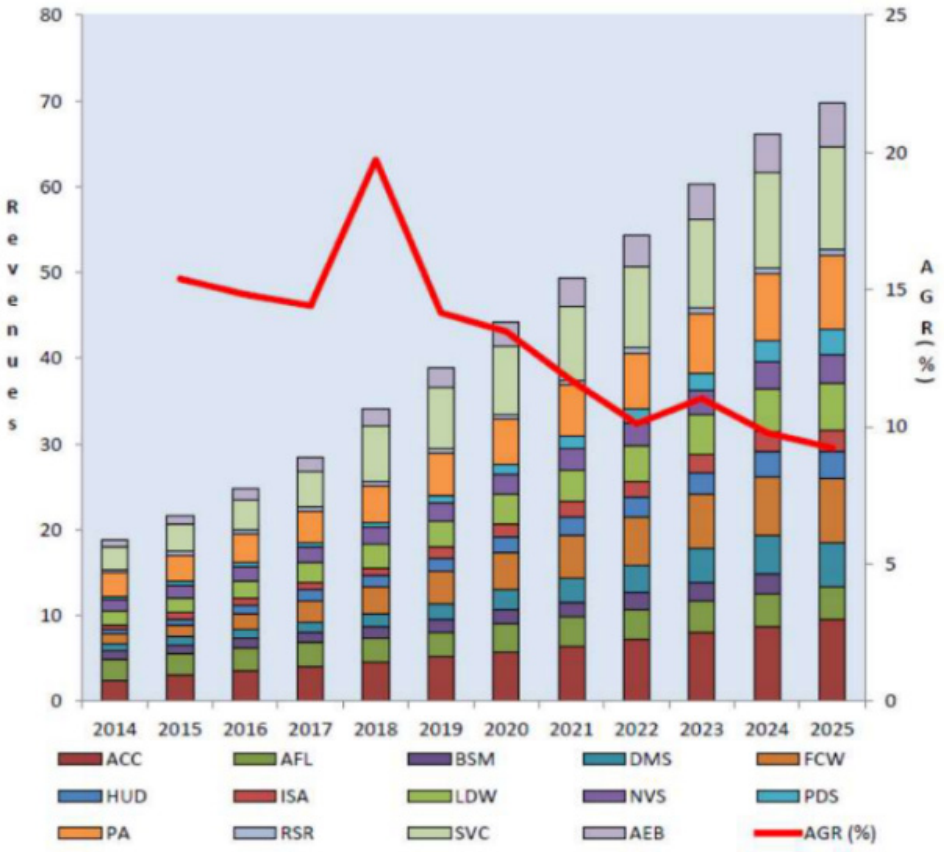


圖 2.1.1-5 ADAS 各系統全球產值成長預估

依據拓墣產業研究院(2018)[3]，各國法規強制規範 ADAS 以胎壓偵測(TPMS)、車道偏移警示(LDW)與自動緊急煞車系統(AEB)裝配程度為主；美國對電子車身穩定控制系統 (ESC)與胎壓偵測(TPMS)規範較早，滲透率也較高；歐洲地區則以自動緊急煞車系統(AEB)與車道偏移警示(LDW)為主；中國 ADAS 相關法規發展較緩慢，但龐大車市將成為全球 ADAS 發展重要驅動力。

目前已上市 ADAS 次系統達 30 多種，即便具有相同功能，但是各車廠推出產品功能名稱也不盡相同；搭載率較高的次系統，包括前碰撞預警系統(FCW)、車輛穩定性電子式控制系統(ESC)、車道偏離系統(LDW)、以及胎壓監測系統(TPMS)等五種；ADAS 最初技術發展重點在於辨識技術和感測融合等，主要功能在於向駕駛人發出警示，使其得以修正駕駛行為；目前技術發展重點在於主動操作和煞車、底盤系統控制和車輛定位技術等，許多 ADAS 次系統已直接介入車身控制，輔助駕駛員主動減輕或避免碰撞危害；預期在車身控制技術成熟後，發展 Level 3 以上自動駕駛功能，包括自動巡航(Auto Pilot)、以及怠速起停(Stop & Go)，技術發展重點在於精密圖資、智慧決策與整合控制等。(國際 ADAS 發展趨勢如圖 2.1.1-6)

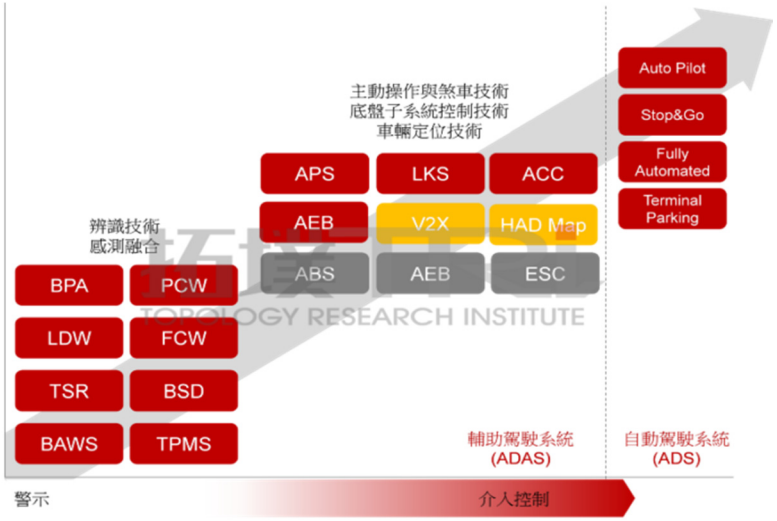


圖 2.1.1-6 國際 ADAS 發展趨勢

2.1.2 我國 ADAS 先進駕駛輔助系統發展概況

一、國內駕駛輔助法規

民國 100 年起交通部公路總局為降低大型車輛因轉彎形成視野死角造成交通事故，要求新大貨車等必須設置防捲入裝置，也就是在前後輪底盤、後懸處，必須加設鐵欄杆或鐵板等防護裝置，防止將機車、腳踏車、行人捲入，而被車輪

[3] 拓墣產業研究院(2018 年 4 月)。檢自 http://technews.tw/2018/04/27/topology-adas/。

輾過，釀成傷亡，但是大型車內輪差及疲勞駕駛所造成的車禍仍居高不下。因此，交通部為了提升大客車行車安全，藉由法規而逐步要求大客車強制安裝輔助駕駛設備。

審視國內與駕駛輔助法規相關之「車輛安全檢測基準」，已於民國 107 年 4 月 25 日修正發布，其中第 11 條、第 23 條與第 71 條，其與駕駛輔助條文內容，簡述如下：

(一)第 11 條 轉彎及倒車警報裝置安裝規定

1. 實施時間及適用範圍

(1) 裝載砂石、土方之傾卸式大貨車及傾卸式半拖車等車輛，自九十年七月一日起應裝設轉彎及倒車警報裝置；轉彎警報裝置燈具安裝位置應符合下列檢測標準之規定；轉彎及倒車警報聲響，可共用同一蜂鳴器或分別裝設，惟該裝置之警示功能要求應符合下列檢測標準之規定。

(2) 民國 107 年 1 月 1 日起，各型式之 M3、N3、O3 及 O4 類車輛應裝設符合本項規定之轉彎及倒車警報裝置。若 M2、N2 類車輛裝設有轉彎及倒車警報裝置，亦應符合本項規定。

2. 轉彎及倒車警報裝置安裝規定之適用型式及其範圍認定原則

(1) 車種代號相同

(2) 軸組型態相同

(3) 廠牌及車輛型式系列相同

(4) 底盤車軸組型態相同

(5) 底盤車廠牌相同

(6) 底盤車製造廠宣告之底盤車型式系列相同

3. 檢測標準

(1) 轉彎警報裝置燈具安裝位置

a. O3、 O4 類車輛及裝載砂石、土方之傾卸式半拖車應於輔助腳架後緣後方與貨廂外框中心點前方之範圍內，於貨廂左右二側之貨廂外框下緣，安裝轉彎警報裝置燈具，其燈具外緣至貨廂外緣不得超過五公分。

b. 除上述以外之車輛，應於前輪中心點與軸距中心點間之適當位

置,於車廂左右二側之車廂外框下緣,安裝轉彎警報裝置燈具,其燈具外緣至車廂外緣不得超過五公分。

(2) 轉彎警報裝置警示功能要求

a. 聲響音量及頻率：燈具安裝位置之外側距離一・五公尺，距地高度一公尺處,其聲響音量必須介於七十五分貝A至九十五分貝A；聲響應為間歇式，間歇頻率同方向燈。

b. 燈色：轉彎警報裝置燈色應與車輛之方向燈一致。

c. 車輛左右轉彎時，轉彎警報裝置應與方向燈聯動(含燈光與聲響警示)。

(3) 倒車警報裝置警示功能要求

a. 聲響音量及頻率:車寬中心線方向,車尾最末端之後側距離一・五公尺，距地高度一公尺處，其聲響音量必須介於七十五分貝A至九十五分貝A；聲響應為間歇式，間歇頻率同方向燈。

b. 與變速裝置聯動，亦即排檔桿置於「倒檔」 位置時應作動。

(二)第 23 條 間接視野裝置安裝規定

1. 實施時間及適用範圍

(1) 中華民國九十五年七月一日起，新型式之 L1 和 L3 類車輛及中華民國九十七年七月一日起，各型式之 L1、L2、L3 及 L5 類車輛，其間接視野裝置(照後鏡)安裝應符合本項規定，且應使用符合本基準規定之間接視野裝置(照後鏡)。

(2) 中華民國一００年一月一日起，新型式之M類和N類車輛，其間接視野裝置安裝應符合本項規定，且除 VI-A 類外應使用符合本基準規定之間接視野裝置。

(3) 中華民國一０一年一月一日起，既有型式 M2 和 M3 類車輛，應出具其間接視野裝置安裝符合本項 5.1.6 及 5.1.7 之聲明文件,必要時審驗機構得以實車查核方式確認。

(4) 中華民國一０二年一月一日起，各型式之M類和N類車輛，其間接視野裝置安裝應符合本項規定，且除 VI-A 類外應使用符合本基準規定之間接視野裝置。

2. 視鏡安裝位置

(1) M及N類車輛

a. 視鏡之位置應使駕駛者在正常駕駛操作位置下,具有良好之車

後及車側方向視野。

b. 車外視鏡應可經由側窗或雨刷掃掠擋風玻璃之區域看到。

c. 以底盤車量測視野時，製造者應陳述其最小與最大車身寬度，必要時並以虛擬板模擬。所有在試驗中考慮到車輛與視鏡搭配應載明於檢測結果中。

d. 車輛駕駛側之車外照後鏡裝置，應使車輛縱向中心面與通過後視鏡中心，及連接兩眼點六五公釐線段中心之垂直面夾角應不大於五五度。

e. 視鏡不應在非法規必要視野需求下明顯突出車身之外。

f. 車輛於全負載時，若車外視鏡底端距地高小於二公尺，則其不應突出全寬處二百五十公釐以上；惟 M2 及 M3 類車輛所安裝之 VI-A 類視鏡，其視鏡下緣距地高小於一．八公尺者，其視鏡外緣應不得超出車身全寬，配有碰撞緩衝設計者(使其具有內縮或上仰之機能)，其視鏡外緣不應超出車身五公分。

g. 車輛全負載時，所容許安裝之 V 類視鏡及 VI 類視鏡，不論其調整後之位置為何，其距地高度應不小於二公尺。提供間接視野的其他裝置不包含在此範圍。

(2) L 類車輛

a. 照後鏡之位置必須安裝或經由調整使得於水平面量測時，其反射面中心點距離通過車輛轉向把手中心之縱向垂直面至少二八0 公釐；轉向把手必須固定於朝正前方之方向，且照後鏡必須調整到其正常位置。

b. 所有 VII 類外部視鏡在正常使用狀態下，其固定必須維持牢固。

(三)第 71 條 行車視野輔助系統 (Driving Vision Assist Systems, DVAS)

1. 實施時間及適用範圍

(1) 中華民國一百零六年一月一日起，新型式之 M2 及 M3 類車輛及中華民國一百零七年一月一日起，各型式之 M2 及 M3 類車輛 應安裝符合本項規定之行車視野輔助系統。

(2) 中華民國一百零七年一月一日起，各型式 N2 及 N3 類車輛，應安裝車身兩側攝影鏡頭與車內顯示螢幕，申請者應提供符合性聲明文件予審驗機構。

(3) 中華民國一百零八年一月一日起，各型式 N2 及 N3 類車輛，應安裝符合本項規定之行車視野輔助系統。

(4) 下列車輛得免符合有關裝設倒車攝影鏡頭之相關規定。

a. N2 及 N3 類曳引車。

b. 申請者提出佐證文件經審驗機構確認 N 類車輛後方裝設有特殊裝備或於操作時會與倒車攝影鏡頭產生相互干涉情形者。

2. 行車視野輔助系統規定

(1) 設計符合性聲明事項：申請者應確保及聲明符合本項規定。

a. 系統解析度不得低於總像素二十七萬像素(pixels)，且最低照度應優於一 lux，訊號雜訊比不得低於四十分貝(dB)，並使攝影之影像能清晰顯示於螢幕。

b. 攝影鏡頭動態範圍值應大於七0分貝(dB)。

c. 本項系統之運作，應不受磁場或電場之不良影響。

d. 系統應由車輛本身進行供電，各項功能應於每次車輛啟動時自動開啟，且不得設置手動關閉裝置。

(2) 車輛安裝規定

a. 攝影鏡頭安裝數量與位置

(a) 應於車身兩側以及後方至少各裝設乙具攝影鏡頭，另車身兩側之鏡頭得視車身長度或使用需求增設額外之攝影鏡頭，車身各部之攝影鏡頭固定必須維持穩固。

(b) 車身兩側攝影鏡頭應裝設在距地高二公尺以上之位置(當車輛處於總重量時)；或若該攝影鏡頭之下緣距地高小於二公尺，M2 及 M3 類車輛者不應超出車輛全寬之外五十公釐，N2 及 N3 類車輛者不應超出車輛全寬之外二百五十公釐，測量車輛全寬時不含該裝置，且其邊緣曲率半徑不應小於二五公釐。

b. 車身兩側之攝影系統具備影像記錄留存功能者，留存影像之總時間應不小於三十分鐘。

c. 車身兩側攝影鏡頭視野：視野範圍應不小於車輛安全檢測基準「間接視野裝置安裝規定」中 II 類主要外部視鏡之視野範圍。

d. 倒車攝影鏡頭視野：應能在水平路面上看見一段寬度至少為車輛寬度之視野區域，其中心平面為汽車縱向基準面，並於距離車尾最外緣垂直水平面三十公分處往後延伸至少三公尺。

e. 影像顯示要求

(a) 車室內應設置至少乙組尺寸不小於七吋之顯示螢幕，且必

須於駕駛座能輕易判讀。 顯示螢幕應全時顯示車身兩側之影像或於方向燈作動時連動且於作動期間持續顯示該側影像。

(b) 倒車影像之顯示應於車輛排入倒車檔後二秒內顯示，並得暫時取代車身兩側之影像顯示。

(c) 倒車影像應於倒車行駛期間持續顯示。

目前我國車輛安全規定大多參考聯合國歐洲經濟委員會(the United Nations Economic Commission for Europe, UNECE)法規指引規定並與之接軌。表 2.1.2-1 規定各項輔助駕駛實施時程，其中，「動態煞車」規定自 2021 年起新出廠大客車需安裝，2021 年所有大客車皆需安裝；「車道偏移警示系統」規定自 2019 年起新出廠大客車需安裝，2021 年起所有大客車皆需安裝，已符合車輛安全檢測基準項次「四十二之二」規定者，除「四十二之三」1.2.1 所述以外，另應符合「四十二之三」6.9 規定之車輛穩定性電子式控制功能(Vehicle Stability Function, VSF)；行車視野輔助系統規定自 2017 年起新出廠大客車需安裝，舊車輔助補貼安裝，2018 年起所有大客車皆需安裝；「緊急煞車輔助系統」規定自 2019 年起新出廠甲類大客車需安裝，2021 年起所有甲類大客車皆需安裝，2021 年起新出廠乙類大客車需安裝，2023 年起所有乙類大客車皆需安裝。

表 2.1.2-1 我國與歐盟駕駛輔助系統法規對照

輔助駕駛技術	法規	聯合國/歐盟	國內實施時程
動態煞車 (Dynamic Brake, DB)	車輛安全檢測基準 42-4 (M2、M3、N2、N3)	UNECE R13 11-S13 UNECE R13H 01 UNECE R78 03-S3	新型式:2021/1/1 各型式:2023/1/1
車道偏移警示系統 (LDWS)	車輛安全檢測基準 70 (M2、M3、N2、N3)	UNECE R130 00	新型式：2019/1/1 各型式：2021/1/1
行車視野輔助系統 (DVAS)	車輛安全檢測基準 71 (M2、M3)	—	新型式：2017/1/1 各型式：2018/1/1
	車輛安全檢測基準 71 (N2、N3)	—	各型式：2019/1/1
緊急煞車輔助系統 (AEBS)	車輛安全檢測基準 72 (甲類大客車、N3)	UNECE R131 01-S1	新型式：2019/1/1 各型式：2021/1/1
	車輛安全檢測基準 72 (乙類大客車、N2)		新型式：2021/1/1 各型式：2023/1/1

註：

(1) M1：指以載乘人客為主之四輪以上車輛，且其座位數(含駕駛座)未逾九座者。

(2) M2：指以載乘人客為主之四輪以上車輛，且其座位數(含駕駛座)逾九座但車輛總重量未逾 5 公噸者。

(3) M3：指以載乘人客為主之四輪以上車輛，且其座位數(含駕駛座)逾九座且車輛總重量逾 5 公噸者。
(4) N1：指以裝載貨物為主之四輪以上車輛，且其總重量未逾 3.5 公噸者。
(5) N2：指以裝載貨物為主之四輪以上車輛，且其總重量逾 3.5 公噸但未逾 12 公噸者。
(6) N3：指以裝載貨物為主之四輪以上車輛，且其總重量逾 12 公噸者。
(7) 四十二之三、動態煞車(DB)，2021/1/1 起，已符合車輛安全檢測基準項次「四十二之二」規定者，除 1.2.1 所述以外，另應符合本項 6.9 規定之車輛穩定性電子式控制功能(VSF)。
(8) 七十一、行車視野輔助系統(DVAS)，2018/1/1 起各型式 N2 及 N3 應安裝車身兩側攝影鏡頭與車內顯示螢幕；2019/1/1 起各型式 N2 及 N3 應裝設規定之行車視野輔助系統；N2 及 N3 類曳引車免裝設倒車攝影鏡頭。

二、國內駕駛輔助計畫與技術發展

以下分述政府行政部會，如經濟部與交通部辦理駕駛輔助計畫之說明與採用技術內容。

(一)經濟部

主要為財團法人車輛測試中心(ARTC)科專計畫，2006 年起 ARTC 聚焦於先進駕駛輔助系統的研發，目前已完成車輛智慧安全相關 30 多項技術，包括自動緊急煞車系統、車道跟隨系統、影像式前方障礙物辨識系統、3D 光達障礙物偵測系統、轉向扭力角度感測器、全自動停車系統、先進停車導引系統、停車輔助系統、倒車影像式障礙物偵測系統、車道維持系統、車道偏移警示系統、前方碰撞警示系統、車輛翻覆警示系統、駕駛者狀態監控系統、盲點偵測系統、全周物體偵測暨自動校正系統、立體視覺前方安全警示系統、智慧化屏幕資訊整合顯示系統、智慧化節能駕駛輔助系統、轉向軸式電動輔助轉向系統、齒輪式電動輔助轉向系統、整合式扭力感測器、激發式轉角感測器、整合卡鉗式電子駐煞車系統、鋼索式電子駐煞車系統、電子式真空煞車助力系統、發光二極體(Light-emitting diode, LED)燈具設計、影像式適路性頭燈、車用頭燈分佈式照明系統、有機發光二極體(Organic Light-Emitting Diode, OLED)車尾燈之微結構增亮設計、微結構光導式車燈系統。

2015 年 ARTC 與國內 52 家產學研單位攜手成立「自動輔助駕駛產業平台」聯盟，發展自動輔助駕駛、感知辨識及車聯網三大領域技術，帶動產業技術升級，搶攻兆元自駕產業市場；聯盟成員包含有華創車電、中華汽車、上銀科技、奇美

車電等整車廠與系統場廠業者，更囊括中華電信研究所、中山大學、成功大學等學研單位。2016 年宏碁、致伸科技、光寶科技等 ICT 業者加入聯盟，讓聯盟成員可以藉由主動式安全產品的切入，從零組件到系統整合提供給國內業業者完整的自駕車解決方案；而 ICT 業者的加入，也預期以異業結盟方式，加速 ICT 產業進入車用市場。

透過此聯盟的運作，已有全週影像系統、影像式障礙物系統、盲點警示系統、前方安全警示系統、倒車動態軌跡系統、駕駛人監控系統、自動停車系統、自動緊急煞車系統、電動輔助轉向系統等 9 項 ADAS 技術成功技轉給國內 14 家業者進行應用。

除了上述的「自動輔助駕駛產業平台」聯盟外，ARTC 也與亞帝發、六和機械、慧展科技、創智車電發展「先進智慧安全重型 L5 機車研發計畫」，希望結合智慧化功能，打造具備主動式安全智慧輔助系統的 L5 三輪重型機車。此外，車輛中心也與多家業者組成「自動駕駛大眾接駁車開發聯盟」、「全方位智慧新能源電動大客車研發聯盟」、「自動輔助駕駛平台」、「智慧車載系統開發計畫」、「輕量化 Bi-Function LED 頭燈模組開發」等聯盟進行跨領域資源的整合。

(二)交通部

1. 中興新村「智慧運輸－車聯網」示範場域規劃建置

ADAS 相關研究內容如下：

(1) ADAS 和 CV 整合應用國際發展趨勢調查

蒐集國際 ADAS 與 CV 研究發展在專利與主要技術發展趨勢，內容可分為系統面、通訊面及應用面等。

(2) 結合 ADAS 和 CV 實驗場域與實驗車輛規劃構建

以中興新村為實驗場域，選定 4 個路口，包含(1)中正路-光華四路口、(2)光華四路-光華路口、(3)中正路-中學路口、(4)光華路-中學路口進行車聯網與交管系統建置，並安裝 CV 系統到 6 部實驗車輛，其中 2 部加裝 ADAS，包含攝影機(Camera)、雷達(Radar)、全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)、慣性測量單元(Inertial Measurement Unit, IMU)等感測器，以及行車記錄器(Digital Video Recorder, DVR)、車道偏移警示(Lane Departure, LDW)、前方防撞系統(Forward Collision System, FCW)、盲點偵測(Blind Spot Detection, BSD)與車輛定位等系統。

(3) 實驗案例、應用情境規劃與運行資料蒐集、分析

以十字路口為標的規劃汽機車混合車流實驗案例與應用情境，建立實驗運行資料蒐集平台，並透過數據分析評估不同模式不同情境下，車輛定位系統的定位差異分析，及行車安全系統作動的正確率。

2. 實施「使用中大型車輛加裝行車視野輔助系統補助規定」

106 年 10 月 23 日交通部公路總局公告相關規定，實施期間自公告日起至 107 年 12 月 31 日止。主要內容如下：

(1) 補助目的

為降低大型車輛因轉彎視野死角問題致生交通事故，鼓勵使用中大型車輛加裝行車視野輔助系統，以提高行車安全。

(2) 申請對象

使用中大型車輛未設置行車視野輔助系統等安全設備(不含使用中市區公車及公路客運車輛、政府機關及國營單位所屬大型車輛)，並優先補助領有臺灣港務股份有限公司核發國際商港港區車輛通行證之大型車輛(國際商港港區車輛通行證有效期限在 1 年以上)及營業遊覽大客車，107 年 7 月 1 日後若有餘額時，得提供予其他大型車輛申請。

(3) 補助經費來源

由交通部科技顧問室智慧運輸系統發展建設計畫項下支應。

(4) 補助設備：行車視野輔助系統係指將使用中大型車輛設置行車視野輔助系統安全設備，補助裝設行車視野輔助系統有 2 種類型。

a. 標準型行車視野輔助系統是指符合車輛安全檢測基準第 71 點規定之行車視野輔助系統及符合車輛安全檢測基準第 11 點規定轉彎及倒車警報裝置。

b. 替代型行車視野輔助設備指雷達偵測系統及符合車輛安全檢測基準第 11 點規定之轉彎及倒車警報裝置與符合車輛安全檢測基準第 23 點規定之外部近側視鏡。

(5) 補助金額(均未稅)

a. 第一階段：限額 2 千輛

申請標準型行車視野輔助系統補助者：以實際購置設備費用補助，每輛補助金額上限新臺幣 3 萬 2 千元。申請替代型行車視野輔助設備補助者：以實際購置設備費用補助，每輛補助金額上限新臺幣 7 千元。

b. 第二階段：限額 3 千輛

申請標準型行車視野輔助系統補助者：以實際購置設備費用 8 成補助，每輛補助金額上限新臺幣 2 萬 5 千 6 百元。申請替代型行車視野輔助設備補助者：以實際購置設備費用 8 成補助，每輛補助金額上限新臺幣 5 千 6 百元。

(6) 補助原則

補助類型以補助標準型行車視野輔助系統為主，替代型行車視野輔助設備為輔，先行受理標準型行車視野輔助系統申請，107 年 7 月 1 日後若有餘額時，開放替代型行車視野輔助設備申請，按申請時間先後順序之原則，並分二階段補助，第一階段限額 2 千輛，第一階段額滿後進入第二階段，第 2 階段限額 3 千輛，以補助共 5 千輛大型車為目標。

(7) 本規定實施前已完成設置之個別設備，於規定實施後不再對該個別設備提供補助。

3. 補助縣市政府提案申請安裝公車 ADAS

以臺北市為例，107 年臺北市政府公共運輸處向交通部提案，投入新台幣 500 萬元經費，試辦臺北市轄區內公車設置先進駕駛輔助系統，設備配置如圖 2.1.2-1，導入 ADAS 主要功能包括「前方碰撞預警」、「車道偏離預警」、「疲勞駕駛偵測」、「行車視野盲點警示」、「行車平穩度偵測」及「內輪差警示」等 6 項，臺北市公車 ADAS 希望藉由相關設備偵測駕駛行為，若有不當駕駛行為或危險情形發生，系統會適時發出警示提醒駕駛，同時記錄並回傳事件資訊供日後研究分析使用，希望提升公車行車安全、並減少因行車事故造成之生命、財產及經濟之損失。

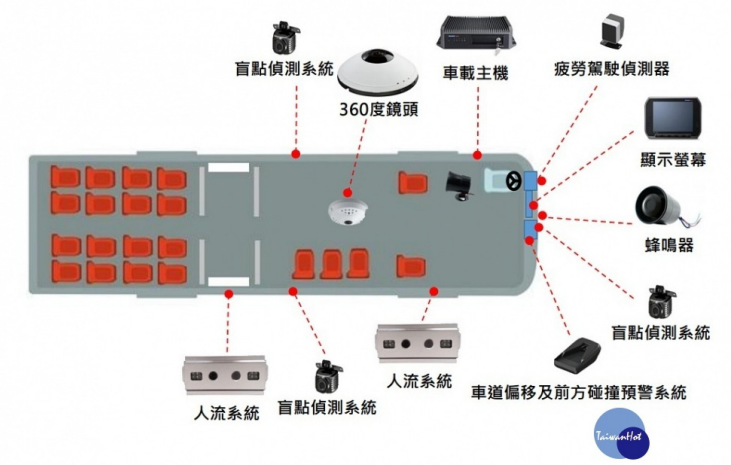


圖 2.1.2-1 臺北市公車 ADAS 設備配置

該計畫完成 20 輛公車建置 ADAS 系統，包括大都會客運 260 線、指南客運 208 線、新店客運 643 線、大有巴士 212 線及欣欣客運 611 線等 5 條營運路線各 4 部公車，預計蒐集試辦期間相關數據，作為後續優化服務及分析駕駛行為的參考，後續再視試辦成效而決定是否擴大辦理；另於 3 輛公車裝設偵測車內擁擠程度設備，傳送至後端平台，以了解公車於各站間車內情形，使用燈號表示車內擁擠情形(如紅燈表示擁擠)，並持續調整偵測精準度，作為後續加值便民服務之規劃參考。

三、國內駕駛輔助產業趨勢

依據 ARTC(107)分析，我國 ADAS 供應鏈如圖 2.1.2-2，完整涵蓋車輛與組件、車用電子、半導體及資通訊軟硬體等，發展自駕感測、決策與控制上已有初步根基，有利於切入自駕關鍵次系統或零組件，拓展國際車輛市場，但是需補強的技術缺口主要是感測器開發與感知融合系統單晶片(System on a Chip, SoC)、車輛定位與高精地圖、5G 無線傳輸、以及 AI 決策控制等。

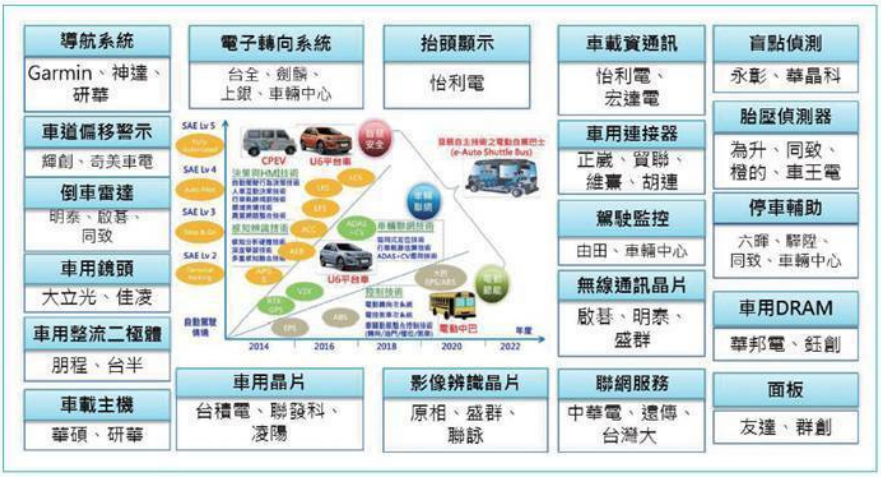


圖 2.1.2-2 臺灣 ADAS 供應鏈

依據拓墣產業研究院(2018)[4]分析，ADAS 發展商機可分為感測、分析與決策、以及執行等三個部份，分析與決策主要平台由國際大廠 NVIDIA、Intel Mobileye 等把持，執行部分則是我國缺乏相關資源和廠商，因而 ADAS 帶動的大量感測器需求將是我國廠商可著墨的方向。

毫米波雷達市場方面，目前我國廠商主要著力於後裝市場，目前儘管 ADAS 已發展多年，但是採用毫米波雷達的次系統整體滲透率仍不高，加上法規推進，後裝毫米波雷達將成為我國廠商重點發展方向；在前裝部分，儘管國際 Tier 1 廠商已占據大部分市占率，但毫米波雷達為高度客製化產品，依據車型視角和高度等不同，所需規格亦將有所差異，Tier 1 廠商主要聚焦大型車廠訂單，我國廠商除了可扮演 Tier 2 角色外，中國大陸有不少中、小型車廠，是我國廠商可以布局的方向。

胎壓感測器方面，我國廠商同樣鎖定後裝市場，而胎壓感器產品生命週期約 5～10 年，使得 2018～2019 年歐美市場將逐漸進入胎壓感測器汰換階段，將為臺灣廠商帶來不少商機；在前裝部分，由於歐美車廠主要採用 Schrader、Continental 與 Pacific 等廠商的產品，我國則可鎖定法規實施較晚的中國市場，其於 2019 年將強制裝配胎壓感測器，帶動前裝需求快速增長，包括同致和橙的電子等皆已陸續切入中國大陸車廠供應鏈。

車載鏡頭方面，由於因需要較廣的工作溫度範圍與較佳的透光性和耐刮度等，故在鏡片材質選擇上以非球面玻璃為主，主要採用模具製壓技術，此技術在程序上較為簡化，也較符合經濟效益，但模造技術門檻較高，目前擁有此技術且打入車廠的廠商並不多；由於需要車載鏡頭的次系統如 FCW、LDW、AEB 與 BSD 等，皆陸續於 2018～2022 年成為標準配備，帶動前裝車載鏡頭需求進入成長期，我國光學廠將有機會切入；未來隨著普及度提高，屆時成本較為降低的玻璃和塑膠混合的鏡片方案將逐漸被採用，使得同時擁有塑膠和玻璃鏡片模造技術的我國廠商，將有機會打入中、低階車款的前裝市場。

超聲波雷達方面，技術和市場皆已成熟，我國廠商已在全球占有一席之地，例如同致電子的倒車輔助系統已打入歐美車廠 Tier 1，供貨給 GM、Ford 與 Nissan 等車廠，中國大陸車廠亦為其布局重點，包括長城、長安與東風等皆已展開合作。

次系統方面，我國車電產品發展較傾重於單一零組件，次系統發展主要集中在 TPMS 和 BPA，儘管部分感測器發展成熟的我國廠商也希望朝向次系統的整

[4] 拓墣產業研究院(2018 年 4 月)。【拓墣觀點】自駕車 ADAS 台廠商機全解析。檢自 http://technews.tw/2018/04/27/topology-adas/。

合方案發展，但在執行端的煞車系統和傳動系統等，我國仍較缺乏相關資源、投入廠商也少，因而可從感知預警功能的次系統開始延伸、累積合作夥伴，再進一步發展至介入車身控制功能的次系統。

另外從地區別來看，我國車電產品以外銷美國，並以後裝市場為主，但在未能打入前裝的前提下，後裝也僅能以價格競爭較激烈的獨立售後維修服務為主；相較之下，近年車市快速發展的中國大陸，將成為我國打入前裝的重要機會，因我國廠商在毫米波和超聲波雷達已逐漸打入中國大陸前幾大車廠 OEM，藉由單一感測器開始向次系統延伸，並可透過 OEM 帶動我國廠商擴張中國大陸原廠委託售後維修服務市場。

2.1.3 我國 ADAS 先進駕駛輔助實驗設備探討

商務車輛由於職業特性與一般駕駛有所差異，往往會有因連續駕車時間過長，而導致疲勞與分心駕駛，進而造成違規與危險駕駛等疑慮，在資訊技術日漸蓬勃導入後，以安全行為駕駛管理為目的，針對中大型商務車(國道客運、遊覽車、物流車等)國內智慧車載系統應用也應運而生，透過資訊技術進行安全行為駕駛已廣泛應用於有下列應用：

1. 透過雲端管理後台結合影像記錄/行車記錄/先進駕駛輔助系統(Advanced Driver. Assistance Systems, ADAS)，進行駕駛行為的監控與分析：

透過資訊技術進行駕駛行為監控最普遍的應用為在車輛裝上衛星定位車機後，配合電子地圖進行車輛即時位置、行車記錄、車速等資料。並結合不同運輸應用或配送情境所需之感應器訊號(例如：冷鏈物流需搭配溫度感應器監控溫度、物流車隊需開關門感應器監控貨車車廂門是否異常開啟)，以無線傳輸方式即時回傳給後端管理人員，進行管理人員出勤、車輛油耗、送貨時間等監控，藉以降低管理風險及成本。

而在大數據分析技術的導入下，結合駕駛行為感知技術(偵測急加速、緊急煞車、連續駕車時間、快速變換車道與超車等)與駕駛行為評分模型蒐集並分析行車數據，進而發展損害防止與駕駛行為模式基礎保險(Usage-Based Insurance, UBI)相關應用也日漸成熟，產險業者可透過分析平台的資訊彙整掌握職業車隊每位駕駛員的駕駛行為，並依照分析平台所給予的建議修正管理策略，降低車隊的損失發生頻率及度。

2. 由即時事件感知技術(影像感知、駕駛異常事件感知)進行提醒與警示駕駛：

廠牌 A 將專有的圖像處理算法技術商品化。發展基於影像辨識的先進駕駛

輔助系統，包含車道偏離警示系統、前方碰撞預警系統、車距檢測及預警、城市低速行駛碰撞警告以及行人碰撞警告等系統，目前已同步於國內客運業者(如首都之星、基隆客運、國光客運等)進行推廣與佈建，如圖 2.1.3-1 所示。



圖 2.1.3-1 廠牌 A 於阿囉哈客運安裝實績

圖 2.1.3-2，廠牌 B 推出「車訊快遞行車影像服務」，提供完整的車隊管理、即時監控、盲點警示、前端防碰撞、車道偏移、車外盲點監控、事故影像還原功能，獲國內客運業者葛瑪蘭客運採用。其中為了加強行車安全與避免大客車行車死角造成之交通事故，廠牌 B 車訊快遞行車影像服務更在大型車輛盲點區域結合雷達偵測，避免在變換車道或轉彎時形成危險的死角。



圖 2.1.3-2 廠牌 B 車內監控影像顯示與車外盲點影像監控

而國內廠牌 C 與廠牌 D 亦發展影像辨識技術，如圖 2.1.3-3 與圖 2.1.3-4 所示，分別應用於大客車與大貨車行車安全相關應用，透過偵測瞳孔與臉部表情，進行司機疲勞與分心駕駛偵測，一旦發現異常便立即發出警示並即時通報後台，若此早前預警仍無法防範，監控系統便嚴加針對偏移車道或車距過短時提出警示，防範駕駛在執勤過程中因遠距關係而業者無法如實掌控。



圖 2.1.3-3 廠牌 C 駕駛人分心與瞌睡偵測



圖 2.1.3-4 廠牌 D 駕駛人分心與瞌睡偵測

ADAS 的主要功能並不是控制汽車，而是為駕駛人提供車輛的工作情形與車外環境變化等相關資訊進行分析，且預先警告可能發生的危險狀況，讓駕駛人提早採取因應措施，避免交通意外發生。ADAS 是由多個系統所組成，如圖 2.1.3-5 所示，包括盲點偵測系統(Blind Spot Detection System)、支持型停車輔助系統(Backup Parking Aid System)、後方碰撞警示系統(Rear Crash Collision Warning System)、偏離車道警示系統(Lane Departure Warning System)、緩解撞擊煞車系統(Collision Mitigation System)、適應性車燈系統(Adaptive Front-lighting System)、夜視系統(Night Vision System)、主動車距控制巡航系統(Adaptive Cruise Control System)、碰撞預防系統(Pre-Crash System)、停車輔助系統(Parking Aid System)，甚至更多功能的系統組成。每個系統主要包含 3 個程序：

(一) 資訊蒐集：不同的系統需藉由不同類型的車用感測器，包含互補性氧化金屬半導體(Complementary Metal-Oxide Semiconductor, CMOS)/感光耦合元件(Charge Coupled Device, CCD)影像感測器、毫米波雷達、超聲波雷達、紅外線雷達、雷射雷達、及輪速感測器等來蒐集整車的工作狀態及其參數變化情形，並將不斷變化的機械運動變成電參數(電壓、電阻及電流)，舉例來說，車道偏離警告系統使用 CMOS 影像感測器、夜視系統則使用紅外線感測器、適應性定速控制通常使用雷達、停車輔助系統則會使用超聲波等；

(二) 電子控制單元(Electronic Control Unit；縮寫 ECU)：其功能在將感測器所蒐集到的資訊進行分析處理，然後再向控制的裝置輸出控制訊號；

(三) 執行器：依據 ECU 輸出的訊號，讓汽車完成動作執行。

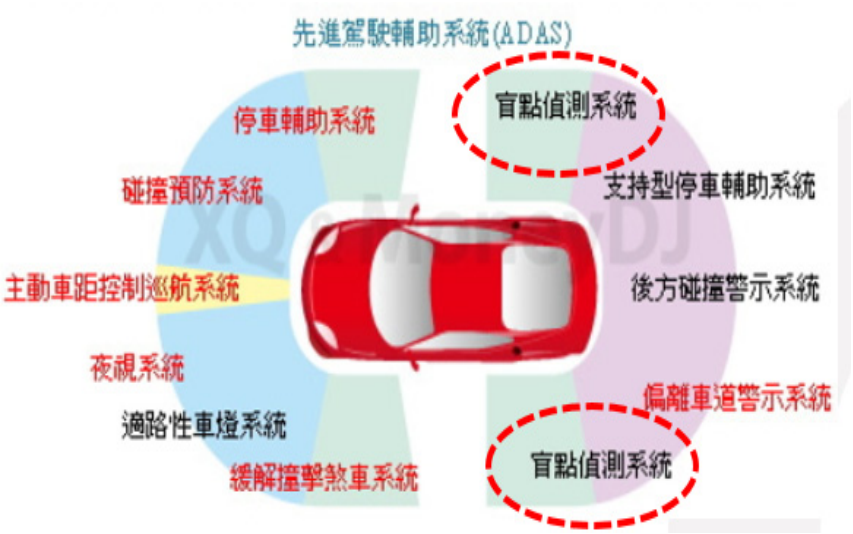


圖 2.1.3-5 先進駕駛輔助系統示意圖

以下為比較 ADAS 所採用各種車用感測器，其傳輸優缺點：

(一) CMOS/CCD 影像感測器: 攝影機的構造與人眼非常相似，基本的攝影機模組，由光學鏡頭、IR 濾鏡、影像感測器、機構外殼所組成：光學鏡頭中包含了透鏡組以及光圈，透鏡就好比人眼的角膜，好的透鏡組可以減少像差，也決定了焦距和視角，視角越大則可視範圍越廣，光圈就如同眼睛的虹膜，隨著環境變化控制進光量；最後，負責感光成像的影像感測器就如同視網膜，影像感測器可分為以下 2 類：CMOS (互補性氧化金屬半導體)：優點為尺寸小、低耗電、低成本，為現今之車用影像感知主流，但感光較差、雜訊多；CCD (感光耦合元件)：優點為低雜訊、感光度高，但高耗電、製程複雜故成本相對較高。

(二) 紅外線及超聲波雷達：因測量距離相對雷射雷達及毫米波較短，所以主要應用於汽車停車輔助系統，超音波雷達應用於倒車輔助較多，而紅外線雷達則應用於夜視系統。

(三) 雷射雷達：優點為高方向性、測量精度高、測量距離較長，但缺點包含雨、雪、霧等惡劣環境下，測量性能會下降，多使用於預防碰撞警示及盲點偵測警示系統。按測量原理不同，可分為脈衝式激光測距雷達和相位式激光測距雷達。

(四) 微波雷達：按測量原理不同，分為脈衝調頻(Pulse Frequency Modulation，PFM)和調頻連續波(Frequency Modulation Continuous Wave，FMCW)，使用頻率主要集中在 23~24，60~61，76~77GHz 3 個頻段，波長均為毫米級，所以也稱為毫米波雷達，優點為測量距離遠、運行較穩定，比較不受外在天候影響，可測量車輛間的距離及相對速度，但缺點是穿透力較差，多應用於停

車輔助系統、盲點碰撞預防系統、主動車距控制巡航系統及緩解撞擊剎車系統等。

本計畫採用影像感測器適合公車主動安全系統的需求，並且無需與車上ECU 連結，軟體上透過深度學習(Deep learning)技術提供物件訓練的模型建立，進而分析車側與車後的盲點警示與危險程度。目前小汽車的盲點區是指駕駛三面後視鏡，左、右、內看不到的區域，大約在兩側車道從車本身中段，算 1.5 個車身的距離，如圖 2.1.3-6 所示。而公車僅有左與右後視鏡，並無內後視鏡，其盲點區(死角)相對小汽車較大，相對容易發生事故，如圖 2.1.3-7 所示。

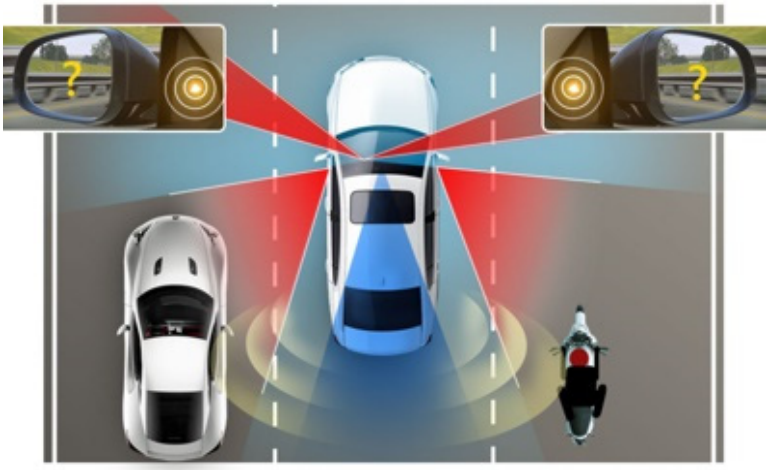


圖 2.1.3-6 小汽車的左、中、後盲點區示意圖



圖 2.1.3-7 公車盲點區導致事故示意圖

(一)ADAS 實驗車載設備產品現況說明

以下為目前 ADAS 產品所採用感測器比較表，各家所推出的攝影機或雷達技術解決方案，大多提供前方碰撞警示應用與車道偏移應用，較少提供車側盲點偵測應用，該應用亦納入本計畫所需探討的項目，另外針對駕駛人行為偵測方面，也有部分產品採用影像偵測技術。表 2.1.3-1 中廠牌 A 智慧影像辨識盲區偵測系統、廠牌 B 與廠牌 C 為 ADAS 市佔率較高的產品。

表 2.1.3-1 市售 ADAS 產品所採用感測器比較表(工研院自行整理 2018.11)

ADAS 產品	感測器	應用	產品定位
廠牌 A	攝影機(CMOS)	• 行車視野盲點警示	後裝
廠牌 B	攝影機(CMOS)	• 前方碰撞警示應用 • 車道偏離應用	前裝(車廠、tier 1)/後裝
廠牌 C	攝影機(CMOS)	• 前方碰撞警示應用 • 車道偏離應用	後裝
廠牌 D	攝影機(CMOS)	• 車道偏離應用	前裝(車廠、tier 1)
廠牌 E	攝影機	• 車道偏離應用	前裝(車廠、tier 1)
廠牌 F	攝影機	• 前方碰撞警示應用 • 車道偏離應用	前裝(車廠、tier 1)
廠牌 G	雷達模組	• 前方碰撞警示應用(77GHz) • 盲點偵測應用 (24GHz)	前裝(車廠、tier 1)
廠牌 F	雷達模組	• 盲點偵測應用(毫米波)	前裝(車廠、tier 1)

廠牌 A 智慧影像辨識盲區偵測系統的功能與外觀，如圖 2.1.3-8 所示，產品功能：前車防撞警示(Front collision warning, FCW)，與前方車輛未保持安全距離時，而有碰撞風險時藍色警示燈閃爍加警報音；車道偏移偵測(Lanes Departure Warning, LDW)，當車輛未打方向燈或打錯方向燈並跨越車道線時，藍色警示燈閃爍加警報音；疲勞駕駛偵測，具疲勞偵測(闔眼秒數與頻率)、分心偵測(未注視前方路況、接聽手機、吃東西)、適用低照度駕駛環境、不受日照、光線折射之干擾、優化震動辨識，降低行駛中震動之影響、即時警示及即時回傳風險訊號到雲端，以利資訊交叉分析與監測駕駛距離提高至 1 公尺。

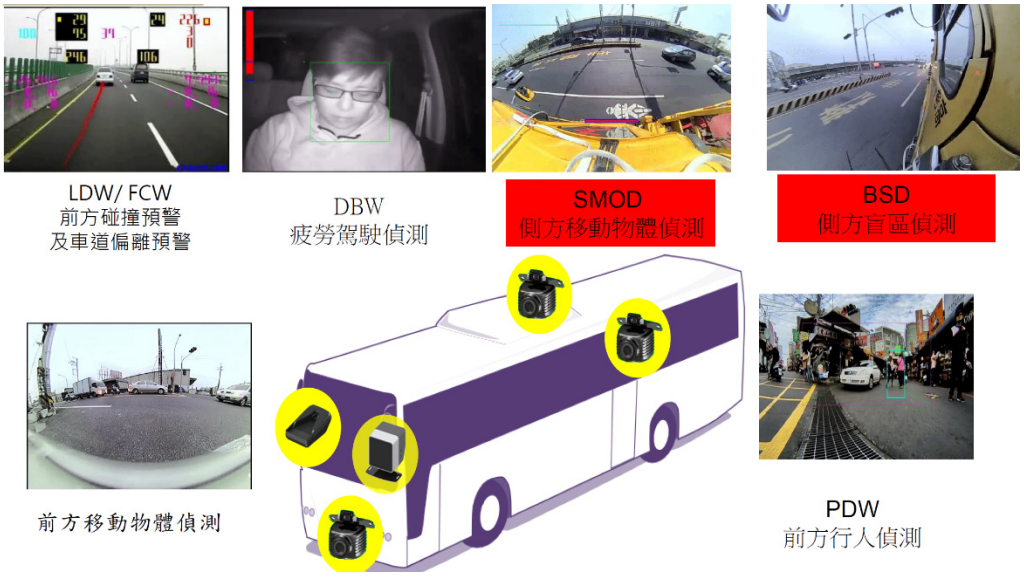


圖 2.1.3-8 廠牌 A 智慧影像辨識盲區偵測系統產品外觀

廠牌 B 的功能與外觀，如圖 2.1.3-9 所示，產品功能：前方汽機車(市區和高速公路)碰撞警示、可調校市區碰撞警示、可調校車道偏離警示靈敏度、可調校跟車距離警示的警報時間、可調校音量和顯示器光暗等級、自動顯示如低能見度等之系統半運作或不運作狀態與數據介面選擇(CAN bus、RS485 & J1939)與車輛訊號輸入(煞車燈、方向燈、車速、雨刷和遠光燈)。



圖 2.1.3-9 廠牌 B 產品外觀

廠牌 B 產品的功能與外觀，如圖 2.1.3-10 所示，產品功能：前方汽機車(市區和高速公路)碰撞警示、可調校市區碰撞警示、可調校車道偏離警示靈敏度、可調校跟車距離警示的警報時間、系統整合至單一萬向鏡頭座、利用藍牙無線技術與智慧型手機連線與簡化安裝為單一連接線組(最少只需 5 條線)。



圖 2.1.3-10 廠牌 B 產品外觀

廠牌 C 產品的功能與外觀，如圖 2.1.3-11 所示，產品功能：前車防撞警示，該應用為與前方車輛未保持安全距離時，而有碰撞風險時藍色警示燈閃爍加警報音；車道偏移偵測，該應用為當車輛未打方向燈或打錯方向燈並跨越車道線時，藍色警示燈閃爍加警報音。

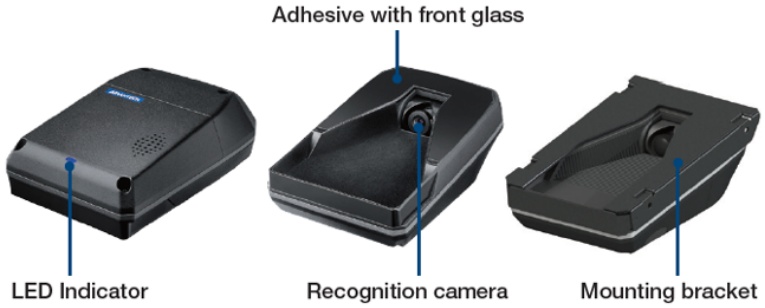


圖 2.1.3-11 廠牌 C 產品外觀

2.1.4 我國駕駛行為分析工具開發及行為特性探討計畫回顧

交通部運輸研究所於 107 年進行「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」研究，該研究根據我國警政署資料，民國 100 至 106 年間，我國汽車運輸業每年平均涉入 20,000 件交通事故(A1 及 A2)，其中以未保持行車安全距離、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。由此可知，有效的安全管理的核心應為針對駕駛員的管理，特別是安全駕駛行為監控及管理。(如圖 2.1.4-1 所示)

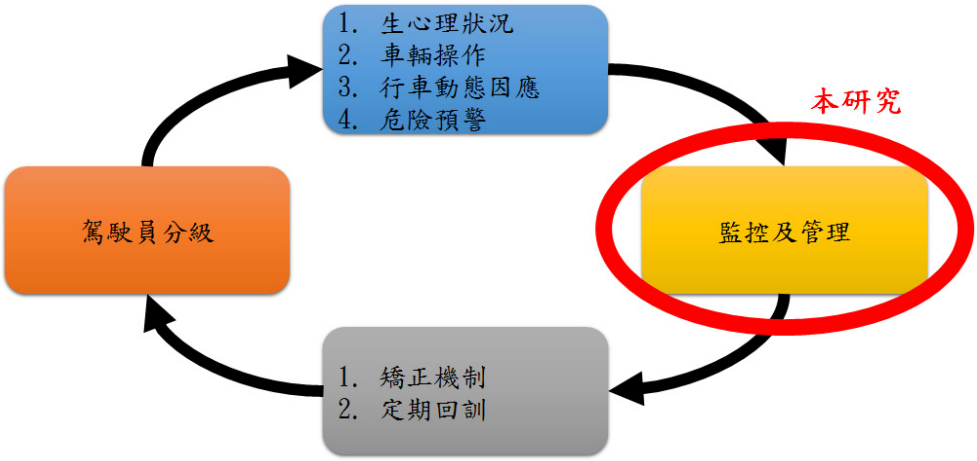


圖 2.1.4-1 職業駕駛人安全駕駛行為管理目標

隨著科技發展，導入車載資訊設備進行安全駕駛行為管理為未來運輸業的趨勢，但究竟業者該選擇什麼樣的駕駛人輔助系統或相關設備，來偵測及監控駕駛員的危險行車事件，以進行安全駕駛行為管理，則一直是個挑戰。目前許多國內業者所使用的危險駕駛行為偵測門檻係由國外車機(ADAS)廠商訂定，但國外路型條件、車流狀況、駕駛習慣等皆與我國不同，以致難以直接移植。在上述資料不足與未考量本土化之種種條件下，進行安全駕駛行為管理之效果自然不彰。該研究透過蒐集運輸業者之行車資料來建立本土化之安全駕駛行為指標與門檻值，並開發駕駛行為分析工具，幫助運輸業者在有限資料下，運用簡單的工具進行資料分析及後續安全管理，以提升我國交通安全環境品質。

有鑑於此，該研究首先藉由文獻回顧來定義適用於國內業者之相關危險駕駛行為型態；並藉由業者訪談與問卷調查了解目前業者運用車載資通訊系統於安全管理之現狀。接著透過蒐集運輸業者之行車資料來建立本土化之安全駕駛行為指標與門檻值，並開發駕駛行為分析工具，幫助運輸業者在有限資料下，運用簡單的工具進行資料分析及後續安全管理，以提升我國交通安全環境品質。研究目的整理如下:

1. 提供業者如何定義危險駕駛行為型態及導入車載資訊系統以進行安全駕駛

行為管理之相關資訊。

2. 以跟車距離過近、車道偏移、彎道超速為目標危險駕駛行為，發展本土化指標及門檻值、駕駛人安全分數、診斷及特性分析。

3. 藉由開發相關報表工具，作為導入汽車運輸業之道路交通安全管理系統，以達到事故預防之目的，提升我國交通安全環境品質。

2.1.4.1 文獻回顧與業者訪談

為了解國內之危險駕駛行為型態及車機裝載現況，該研究透過文獻回顧、運輸業者訪談，整理出各類危險駕駛行為之指標型態、危險駕駛行為的偵測方式及所需之偵測設備，以作為提供與管理之參考，結果如表 2.1.4-1 所示。

另外根據業者訪談、問卷調查結果，目前國內客運業者都裝設有 GNSS 系統與數位影像記錄器，然而僅有少數業者裝設 ADAS 與車況診斷器 OBD II。業者之 GNSS 系統主要運用於追蹤車輛位置、管理駕駛員行車安全，而數位影像記錄器主要則是運用於處理事故、客訴之依據，並監控駕駛員之行車狀態。但本研究認為該二設備可掌握之資訊不多，也造成國內業者運用於道路安全管理之指標仍停留於事故數、違規數、投訴件數等落後指標，管理成效相當有限。

表 2.1.4-1 偵測設備所能偵測之危險駕駛行為表

事件型態	偵測方式	所需之偵測設備						
		OBD II	GNSS	雷達	加速度計	地圖	車外影像	駕駛員影像
超速	速度 + 速限(位置)	√	√			√		
	速度 + 速限 (若無圖資)	√	√				√	
彎道超速	速度 + 速限(位置)	√	√			√	√	
	速度 + 側向加速度	√	√		√	√		
	速度 + 側向加速度 + 軌跡 + 彎道曲率	√	√		√	√	√	
急加速	速度變化	√	√		√			
	縱向加速度	√			√			
急減速	速度變化	√	√		√			
	縱向加速度	√			√			
跟車距離過近	速度 + 與前車距離 (1)	√		√				
	速度 + 與前車距離 (2)	√					√	
車道偏移	速度 + 距車道線距離	√	√				√	
變換車道不當	速度 + 距車道線距離	√	√				√	
	速度 + 側向加速度	√	√		√			

事件型態	偵測方式	所需之偵測設備						
		OBD II	GNSS	雷達	加速度計	地圖	車外影像	駕駛員影像
	速度 + 與鄰車距離 (1)	√	√	√				
	速度 + 與鄰車距離 (2)	√	√				√	
疲勞恍神	眼睛閉合時間							√
	呵欠、頭部偏擺頻率							√
	眼皮眨動頻率							√
駕駛員分心	用手機							√
操作不當	速度 + 轉速 + 位置 (如：下坡空檔滑行)	√				√		
	速度 + 轉向 + 鄰近車輛或行人 (右轉側撞)	√					√	

2.1.4.2 建立本土化指標與門檻值

透過 ADAS 本身預設之警示條件(如車輛碰撞時間 TTC (Time to Collision)<0.4 秒、TTC<1.2 秒)，可以用來當成一個較為量化的指標來衡量駕駛人的行為。然而即使觸發了 ADAS 之警示條件，僅能稱之為與安全有關事件，並不代表就真的是具有風險的危險事件。因此該研究以 100 個旅次，跟車距離過近行為為例，藉由行車影像之輔助，觀察事件發生當下之情境、車輛間之絕對距離與駕駛人之應對動作，逐一檢驗出真正之危險事件。在找出所有的危險事件後，運用接收者操作特徵曲線方法(receiver operating characteristic curve，ROC 曲線)，來找出適合國內用來定義危險事件之指標及所對應之本土化門檻值。結果顯示，在有裝設 ADAS 與沒有裝設 ADAS 的各種指標組合比較下，有 ADAS 所用之指標其真陽性率明顯優於沒有 ADAS 之指標，整體 ROC 值效力也較好。而在該研究嘗試多種指標組合後，建議在國道上採用之本土化門檻值如下：

一、有 ADAS 之單一指標： TTC<0.4 秒；

二、有 ADAS 之多重指標： TTC<0.4 秒+ 事件持續時間≥2 秒

三、無 ADAS 之單一指標： 5 秒內速度變化<-4 km/hr；

四、有 ADAS 之多重指標 ：速度>60 km/hr + 5 秒內速度變化<-4 km/hr

而在比較該研究指標與原始指標之差異後，結果顯示無論是有 ADAS 與沒有 ADAS 之指標，該研究所計算出之駕駛人安全分數的有效性都優於原始 ADAS 指標及以超速指標算出之駕駛人安全分數。

2.1.4.3 駕駛人安全駕駛行為分數

建立各項安全駕駛行為指標之目的為用以評估不同駕駛之駕駛行為危險程度以作為安全管理之用，然而單純依據不同駕駛過去在不同安全駕駛行為指標之表現，例如危險事件的總發生次數，來比較其危險程度未必合理，因其未將曝光量、駕駛行為、車輛因素及行駛環境等因素納入考量。

有鑑於此，該研究提出一個將駕駛動態資料分割為同質旅次(Homogeneous Trip Segment, HTS)以作為分析單位的作法，在這分割中駕駛行為、車輛因素及行駛環境都一樣，將有效降低環境變異，也因每一個 HTS 都是均質所以可以拿來作統計上的比較。接著再利用混合效果頻次模式(Mixed-Effect Model)計算出環境之固定效果(Fixed-Effect)與駕駛人間之不同駕駛行為的隨機效果(Random-Effect)，而此隨機效果即為本研究之駕駛人安全駕駛行為分數。

表 2.1.4-2 為以上述之 100 個旅次，21 位駕駛員之個人屬性的隨機效果所做成的排名，代表不同駕駛人間對於發生危險駕駛行為之程度，其值越大表示該名駕駛發生事故之風險就越高。

表 2.1.4-2 駕駛員之安全駕駛行為分數與排名

駕駛員	隨機效果	排名	駕駛員	隨機效果	排名
1	-1.196	1	12	0.446	16
2	0.588	18	13	-0.613	4
3	-0.210	8	14	0.072	11
4	0.157	12	15	0.717	21
5	-0.557	5	16	0.716	20
6	0.289	13	17	-0.080	10
7	-0.228	7	18	0.535	17
8	0.651	19	19	-0.244	6
9	-0.679	3	20	-0.158	9
10	0.293	14	21	0.306	15
11	-0.805	2	平均/標準差	0.000	0.534

2.1.4.4 駕駛人安全診斷與分析工具

而透過本研究之安全駕駛行為分數，所開發出之駕駛行為分析工具系統選擇以普及率高的 Excel 軟體作為基礎，只要業者將資料整理成本研究設定之格式後，匯入 Excel 表格中即可產出相關的駕駛人診斷，如圖 2.1.4-2 所示，以利客運公司管理者及駕駛員透過圖形視覺化表達方式，掌握危險駕駛行為的人事時地資訊：

一、人：駕駛員間之比較

二、事：好發的危險駕駛行為類型與件數

三、時：好發的時間及趟次

四、地：好發地點、好發道路類型、好發天候環境。

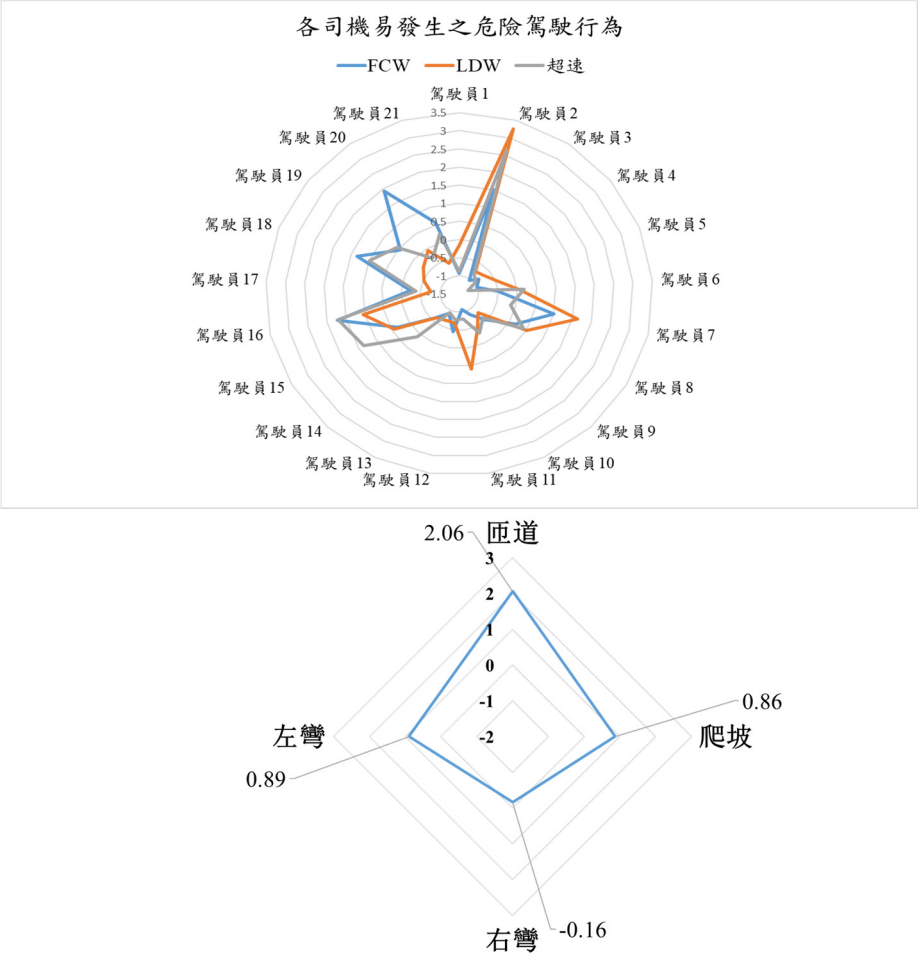


圖 2.1.4-2 駕駛人診斷圖表示意圖

總結該研究所彙析目前車載資訊設備於安全駕駛行為管理之設備及技術、國內業者目前所具備之系統等級、以及國內業者之安全駕駛行為之需求，該研究建議未來業者進行相關系統升級時，可參考該研究之總整理。目前國內業者之系統等級大多處於初級或中級，因此可偵測之危險事件相當有限，且準確度也不高。未來可透過改善車輛位置資訊及導入 OBD II，則將可在最成本有效的情況下，偵測更多種類的危險事件。此外，透過該研究的危險事件分析，未來業者將可在了解各類指標及門檻值所對應之真陽性率及真陰性率情況下，善用這些中介指標作為安全駕駛行為管理之基礎。而據此些危險事件所發展出之駕駛人安全駕駛分數及、駕駛人診斷報表工具也將協助業者及駕駛員來管理及改善駕駛員的駕駛行為，並進而降低事故風險。

總結來說，此駕駛行為分析研究以相當程度建立我國客運業如何運用車載資通訊系統來進行駕駛員安全駕駛行為管理。然而正如同該研究所指出，目前由於

ADAS 本身的技術限制，因此目前僅跟車距離過近及彎道速度過快等相關危險駕駛行為可進行較有效預警。且此些功能也僅限於國道上的路段，而無法於市區及平面道路做有效預警。該研究所進行之車路安全整合系統測試，除了可進一步擴大測試其他危險駕駛行為之偵測，也於市區及平面道路進行實車測試，此外，更透過車路整合系統來可擴大效益，如行車效率資訊。因此，本研究與該駕駛行為分析研究的互補性預計可顯著提升我國公路公共運輸業的營運效率及安全性。

2.1.5 我國營業大客車與 ADAS 所對應之目標事故型態分析

綜觀 2.1.3 節所探討 ADAS 設備特性與應用案例後，目前規劃於基隆市公車安裝一套 ADAS 設備。本節的研究目的為分析 100 年至 106 年我國警政署之事故資料，做為佐證大客車於事故的件數與型態，以做為 ADAS 設備架設的參考依據。如圖 2.1.5-1 所示，在民國 100 至 106 年間，我國每年約 2,693 件死亡及有人受傷之道路交通事故(A1 及 A2 事故)涉入營業大客車，七年內造成 538 人死亡及約 23,959 人受傷。其中 22%為擦撞、20%為側撞、17%為追撞、6%為與行人發生事故。

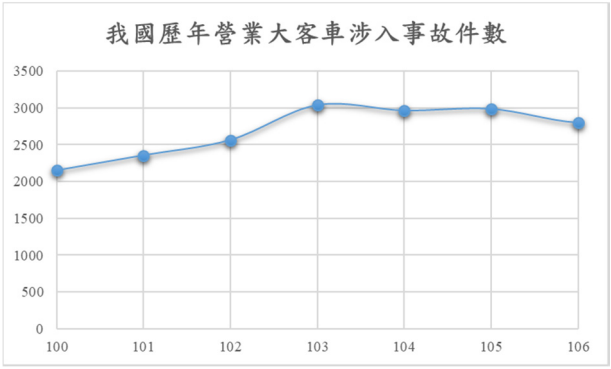


圖 2.1.5-1 警政署民國 100 至 106 年間之事故資料

由於營業大客車在國道之事故往往較為嚴重，以下就營業大客車在國道上之事故情形進行分析。圖 2.1.5-2 為我國營業大客車於國道涉入事故之肇因進行分析，由圖 2.1.5-2 可知過去 100-106 年中，「未保持安全距離」亦為營業大客車在國道涉入事故之主要的事故肇因，占了總比率的 62%，遠遠高於第 2、3 名「未注意車前狀況」、「其他引起事故之違規或不當行為」的 16%與 7.8%。由此可知「未保持安全距離」乃我國國道客運之一大待解決的問題。

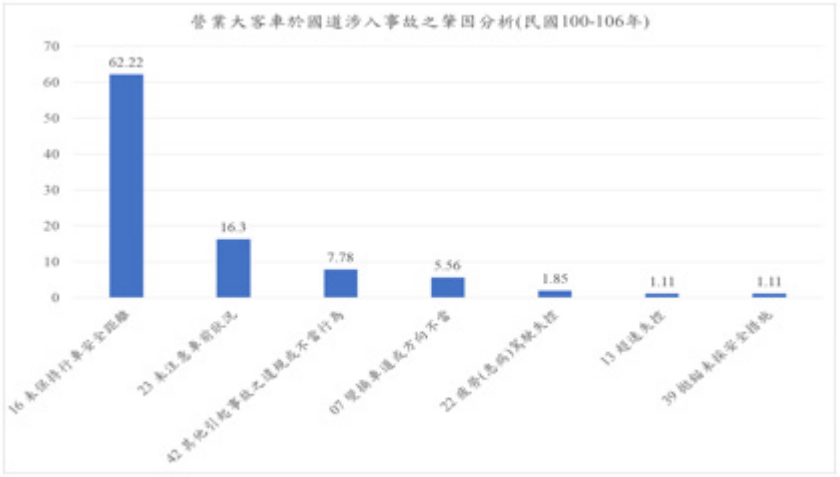


圖 2.1.5-2 營業大客車於國道涉入事故之肇因分析(100-106 年)

圖 2.1.5-3 為營業大客車於國道涉入事故之事故型態，由圖中可看出「追撞」為最主要的原因，占了 80%，與前面提到的肇因「未保持安全距離」互相呼應。另外如「撞護欄」、「同向擦撞」等分別占總事故型態的 5%，分列事故型態發生比率的第二、三名。撞護欄或同向擦撞事故的發生往往都與「車道偏移」有關，而造成車道偏移有一大部分的原因是疲勞駕駛導致。營業大客車於國道涉入事故之事故位置，「快車道」為最主要的肇事地點，占了 83.17%，「匝道」則居次，約占 7.62%。其中匝道為車流交會處，其造成的衝突頻率比其他事故位置還要高。



圖 2.1.5-3 營業大客車於國道涉入事故之事故型態(100-106 年)

為了能有效降低營業大客車之事故風險，本研究針對上述我國營業大客車之車聯網與 ADAS 之整合型安全系統之效益(Integrated Safety Systems)(以下簡稱整合型安全系統)進行實車及場域測試，以估算此整合型安全系統對我國營業大客車交通安全之效益。表 2.1.5-1 為本研究根據我國營業大客車之好發事故型態所測試之整合型安全系統。共有：

一、FCW：跟車距離過近警示

二、EEBL (Extended Electronic Brake Light)：電子煞車燈警示

三、CSW：彎道速度過快警示

四、LDW：車道偏離警示

五、BSW (Blind Spot Warning) (路段)：變換車道盲點警示

六、BSW (路口)：路口轉彎盲點警示

七、LTA (Left Turn Assist)：左轉側撞警示

八、IMA (Inter 秒 tion Movement Assist)：路口交叉撞警示

九、PED (Pedestrian Detection)：路口行人警示

而這些整合型安全系統所應用之偵測設備則如表 2.1.5-2 所示。如: 跟車距離過近警示係採用廠牌 A 利用影像辨識方式來偵測。

表 2.1.5-1 本研究所測試之整合型安全系統及所對應之目標事故型態

目標事故型態	FCW	EEBL	CSW	LDW	BSW (路段)	BSW (路口)	LTA	IMA	PED
追撞	√	√							
側撞					√		√		
自撞			√	√					
擦撞				√	√	√			
行人						√			√
交叉撞								√	

表 2.1.5-2 本研究所測試之整合型安全系統之偵測方式

	於本案之偵測方式	設備提供單位
FCW	影像辨識	廠商 A
EEBL	影像辨識 ＋CV	廠商 C
CSW	NA	廠商 C
LDW	影像辨識	廠商 A
BSW(路段)	影像辨識	廠商 B
BSW(路口)	影像辨識	廠商 B
LTA	CV＋ 路口雷達	廠商 C
IMA	CV＋ 路口雷達	廠商 C
PED	CV＋ 路口光達	廠商 C

2.2 車聯網技術發展概況

2.2.1 美國車聯網計畫與應用探討

美國從 1997 年至 2005 年 IVI 計畫進行駕駛人行為研究、車禍情境分析資料庫建立，後續延伸出三大重點計畫為：整合型車輛安全系統 IVBSS (Integrated Vehicle-Based Safety System)、協同式路口碰撞預警系統 CICAS

(Cooperative Inter 秒 tion Collision Avoidance System)、車輛基礎建設整合 VII (Vehicle Infrastructure Integration)，使美國 ITS 計畫由概念設計(POC, Proof of concept)階段，進展到 DSRC 系統雛型設計(Prototype design)與開發及實車通訊效能測試驗證(FOT, Field operational test)階段，VII 最主要的目地在於透過車間與車路通訊避免車禍發生，其計畫於美國的車輛上安裝通訊設備與 GNSS 以利車輛防撞資訊的傳遞，透過告知車輛彼此間的位置與行駛方向速度及煞車動作資訊等，來避免車禍的發生。

同期間由各大車廠共同組成的 CAMP (Crash Avoidance Metrics Partnership) 組織除了積極的投入 ITS 的研發，也與美國運輸部及標準制定組織合作，而由 CAMP 所主導的車輛安全通訊聯盟(Vehicle Safety Communication Consortium, VSCC)，負責車輛安全應用情境及系統功能定義的研究及評估，其工作項目包含有下列 4 個重點：

一、車間通訊基礎下安全應用潛在功效評估暨相關通訊需求之定義

二、研究 DSRC 通訊技術當中影響安全功能項目特定的技術課題

三、評估 DSRC 通訊協定是否能夠滿足車輛安全功能之應用需求

四、進行車間通訊安全應用技術發展及實現之可行性評估

在 2006 年開始的 VSC-A 的 3 年期計畫中 Mercedes-Benz、Ford、GM、Honda 與 Toyota，希望開發與測試基於通訊的車輛安全系統並確定 5.9 GHz 的 DSRC 與車輛定位結合是否能增進車輛自主安全系統效能或創造新的車輛安全應用，計畫項目包括：

一、評估如何透過 DSRC 與車輛定位系統來增進先前車輛自主系統的碰撞評估與辨識系統

二、定義一組基於 DSRC 與車輛定位系統的車輛安全應用與應用規範，包括最低的系統性能要求

三、開發一套可擴充的車輛安全通信架構，協定和傳遞框架，以實現不同車輛製造商之間的互通性。標準化此框架和通信協定以便未來部屬應用。

四、制定一套可與 5.9 GHz DSRC 相連的車輛定位技術要求以支援具有高潛在效益的安全應用

五、為了車輛安全通訊應用開發一套客觀的測試程序

在 VSC-A 計畫的最終報告(DOT HS 811 492A)，輔助駕駛系統測試程序：EEBL 進行 5 類測試；FCW 進行 9 類測試；BSW/LDW 進行 8 類測試；勿通行

警示 DNPW (Do Not Pass Warning)進行 3 類測試；IMA 進行 5 類測試；控制訊息封包遺失警示 CLW (Control Loss Warning)進行 3 類測試。

NHTSA 自 2014 年起先針對輕型車輛進行 V2V 研究，並以輕型車輛研究成果為基礎，2016 年推展至商用車輛，並預計未來延伸應用在公車上，故本計畫回顧 NHTSA 近年針對商用車輛具有 V2V 設備安全應用進行系列評估計畫，商用車輛為重車，其車重在 10,000 磅以上，計畫研究重點為開發測試程序情境設計，並評估 V2V 安全應用的性能，以下說明實驗項目：盲區警示/變換車道警示(BSW/LDW)、前方碰撞警示(FCW)、十字路口防撞警示(IMA)與電子緊急煞車燈警示(EEBL)。

一、盲區警示/變換車道警示

盲區警示/變換車道警示以通過次數/不通過次數做為評估指標。在該研究中評估的車輛的左右兩側的盲區範圍不同，右側盲區比左側短些。重車車頭加掛不同長度的拖車時，盲區範圍雖然有延長，但是盲區警示範圍未依據拖車組合長度延伸，而通常為一個固定長度；變換車道警示(方向燈信號開啟)情境下，變換車道警示範圍則確實增加延伸到拖車的區域。

盲區警示/變換車道警示在各實驗情境，實驗結果通過與不通過情況與量測項目，彙整於表 2.2.1-1。其中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫。每個測試系列都包含指定數量的有效試驗，如果測試通過百分比超過設定值判定為測試成功。

表 2.2.1-1 盲區警示/變換車道警示實驗情境與量化指標

實驗情境	通過情況	不通過情況	量測項目
BSW/LDW-1：RV 從左側通過 HV，直線測試	1. RV 進入 HV 盲區時發起 2. BSW/LDW 警報並在 RV 離開後警報熄滅	RV 在 HV 盲區時未發出 BSW/LDW 警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	1. 警報發生時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 2. 警報發生時 HV 車尾與 RV 車尾的縱向距離 3. HV 與 RV 行駛速度 4. 警報結束時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離
BSW/LDW-2：RV 從右側通過 HV，直線測試	1. RV 進入 HV 盲區時發起 2. BSW/LDW 警報並在 RV 離開後警報熄滅	RV 在 HV 盲區時未發出 BSW/LDW 警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	1. 警報發生時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 2. 警報發生時 HV 車尾與 RV 車尾的縱向距離 3. HV 與 RV 行駛速度

			4.警報結束時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離
BSW/LDW-3： HV 從左側或右側通過 RV，直線測試	1.RV 進入 HV 盲區時發起 2.BSW/LDW 警報並在 RV 離開後警報熄滅	RV 在 HV 盲區時未發出 BSW/LDW 警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	1.警報發生時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 2.HV 與 RV 行駛速度 3.警報結束時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 4.警報結束時 HV 車尾與 RV 車頭的縱向距離
BSW/LDW-4： RV 從兩側同時通過 HV，直線測試	1.RV 進入 HV 盲區時發起 2.BSW/LDW 警報並在 RV 離開後警報熄滅	RV 在 HV 盲區時未發出 BSW/LDW 警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	1.警報發生時 HV 車頭與 RV1 車頭的縱向距離 2.警報發生時 HV 車頭與 RV2 車頭的縱向距離 3.警報結束時 HV 車頭與 RV1 車頭的縱向距離 4.警報結束時 HV 車頭與 RV2 車頭的縱向距離
BSW/LDW-5： RV 尾隨 HV，直線測試	1.HV 未啟動 2.BSW/LDW 警報	HV 啟動 BSW/LDW 警報	假警報次數
BSW/LDW-6： HV 與 RV 間隔一個車道並行，直線測試	1.HV 未啟動 2.BSW/LDW 警報	HV 啟動 BSW/LDW 警報	假警報次數
BSW/LDW-7： RV 從右側通過 HV，彎道測試	1.RV 進入 HV 盲區時發起 2.BSW/LDW 警報並在 RV 離開後警報熄滅	RV 在 HV 盲區時未發出 BSW/LDW 警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	1.警報發生時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 2.警報發生時 HV 車尾與 RV 車尾的縱向距離 3.HV 與 RV 行駛速度 4.警報結束時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離
BSW/LDW-8： RV 從左側通過緩慢行駛的 HV，直線測試	1.HV 未啟動 2.BSW/LDW 警報	HV 啟動 BSW/LDW 警報	假警報次數
BSW/LDW-9： HV 從左側通過緩慢行駛的 RV，直線測試	1.HV 未啟動 2.BSW/LDW 警報	HV 啟動 BSW/LDW 警報	假警報次數

二、前方碰撞警示

前方碰撞警示以通過次數/不通過次數做為評估指標。直線測試全數通過，但在部分彎道測試或變換車道實驗有不通過情況發生，例如當 RV 在 HV 的外側車道的情況(FCW-6)，因為 V2V 設備誤判 HV 與 RV 的橫向距離，或是變換車道時，橫向距離量測不正確造成警報延遲告警(FCW-9)，以及假警報誤判(FCW-5)。

前方碰撞警示在各實驗情境，實驗結果通過與不通過情況與量測項目，彙整於表 2.2.1-2。其中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫，TTC 為碰撞時間 Time to Collision 的縮寫。每個測試系列都包含指定數量的有效試驗，如果測試通過百分比超過設定值判定為測試成功。

表 2.2.1-2 前方碰撞警示實驗情境與量化指標

實驗情境	通過情況	不通過情況	量測項目
FCW-1： 前車靜止在同一車道，直線測試	HV 與前車距離短於 TTC7 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度
FCW-2： 前車緩慢行駛在同一車道，直線測試	HV 與前車距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度
FCW-3： 前車減速行駛在同一個車道，直線測試	HV 與前車距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時 TTL 3. 警報發生時縱向距離 4. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度 5.RV 開始減速縱向距離 6.RV 平均減速率
FCW-4： 前車靜止於左右車道，直線測試	HV 未啟動 FCW 警報	HV 啟動 FCW 警報	假警報次數
FCW-5： 前車靜止於同	HV 與前車距離短於 TTC 之前	HV 與前車距離短於 TTC 之後	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離

一車道，彎道測試	啟動 FCW 警報	啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	3. 警報發生時橫向距離 4. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度
FCW-6： 前車靜止於左側車道，彎道測試	HV 與前車距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時橫向距離 4. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度
FCW-7： 前車變換車道，直線測試	HV 與前車距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時橫向距離 4. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度
FCW-8： 前後車緊貼行駛，直線測試	HV 未啟動 FCW 警報	HV 啟動 FCW 警報	假警報次數
FCW-9： 前方目標置換，直線測試	HV 與前車 RV1 距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報後，HV 與前車 RV2 距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報，或者警報順序顛倒	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時橫向距離 4. 警報發生時 HV 與 RV1 行駛速度 5. 第二次警報時 TTC 6. 第二次警報時縱向距離 7. 第二次警報時 HV 與 RV2 行駛速度

三、十字路口防碰撞警示

十字路口防碰撞警示以通過次數/不通過次數做為評估指標。十字路口防碰撞警示共設計 6 種情境，實驗過程中可能因為速度快慢或車輛初始位置前後偏移導致警報提早發生，例如，IMA-2 實驗設計為 RV 等速通過路口，HV 在橫向道路從靜止開始朝向路口移動，預計 HV 在接收到 IMA 警報時再開始煞停，數次試驗中 HV 尚未前進已經收到 IMA 警報，問題在 IMA 警示對速度與距離相當敏感。

十字路口防碰撞警示在各實驗情境，實驗結果通過與不通過情況與量測項目，彙整於表 2.2.1-3。其中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫，TTC 為碰撞時間 Time to Collision 的縮寫。每個測

試系列都包含指定數量的有效試驗，如果測試通過百分比超過設定值判定為測試成功。

表 2.2.1-3 十字路口防碰撞警示實驗情境與量化指標

實驗情境	通過情況	不通過情況	量測項目
IMA-1： RV 在路口前煞停，HV 等速通過橫向道路	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報解除	警報提早發生，或者 HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報仍未解除	1. 煞車發生時 RV 與路口距離 2. 煞停時 RV 與路口距離 3. RV 煞車距離與減速度 4. 警報發生時 HV 與路口的距離及 TTC 5. 警報發生時 RV 與路口的距離及 TTC 6. 警報時 HV 行駛速度 7. 警報時 RV 行駛速度
IMA-2： RV 等速通過路口，HV 在橫向道路從靜止開始朝向路口移動	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，RV 已通過路口後警報解除	警報提早發生，或者 RV 已通過路口後警報仍未解除	1. 警報發生時 RV 與路口的距離及 TTC 2. 警報時 RV 行駛速度
IMA-3： RV 靜止於路口，HV 通過橫向道路	HV 在接近與通過路口時未啟動 IMA 警報	HV 啟動 IMA 警報	1. 判讀到潛在威脅時 HV 與路口距離 2. HV 行駛速度
IMA-4： RV 緩慢接近路口，HV 通過橫向道路	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報解除	警報提早發生，或者 HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報仍未解除	1. 警報發生時 HV 與路口的距離及 TTC 2. 警報發生時 RV 與路口的距離及 TTC 3. 警報時 HV 行駛速度 4. 警報時 RV 行駛速度
IMA-5： HV 煞停避免路口碰撞，RV 通過橫向道路	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，RV 已通過	警報提早發生，或者 RV 已通過路口或 HV 已減速不會進入路口後	1. 警報時 HV 行駛速度 2. 警報時 RV 行駛速度

	路口或 HV 已減速不會進入路口後警報解除	警報仍未解除	
IMA-6： HV 與 RV 緩慢接近路口	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報解除	警報提早發生，或者 HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報仍未解除	1. 警報發生時 HV 與路口的距離及 TTC 2. 警報發生時 RV 與路口的距離及 TTC 3. 警報時 HV 行駛速度 4. 警報時 RV 行駛速度

四、電子煞車燈警示

電子煞車燈警示以通過次數/不通過次數做為評估指標。實驗結果發現在彎道測試情境，V2V 系統在某些情況下因為車輛間的橫向距離估算誤差，當 RV 與 HV 在不同車道上不應該有警報發生時，卻發生 FCW 和 EEBL 假警報。電子煞車燈警示在各實驗情境，實驗結果通過與不通過情況與量測項目，彙整於表 2.2.1-4。其中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫。每個測試系列都包含指定數量的有效試驗，如果測試通過百分比超過設定值判定為測試成功。

表 2.2.1-4 電子煞車燈警示實驗情境與量化指標

實驗情境	通過情況	不通過情況	量測項目
EEBL-1： RV2、RV1、HV 以前中後位置在同一車道， HV 會受 RV1 遮蔽看不到 RV2 煞車，直線測試	RV2 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生 EEBL 警報，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.RV2 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 2.RV2 煞車時的減速度 3. 廣播延遲秒數 4. 警報延遲秒數
EEBL-2： HV、RV1、RV2 以前中後位置在同一車道， RV2 會受 RV1 遮蔽看不到 HV 煞車，直線測試	HV 的 OBE 系統廣播煞車事件，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.HV 煞車時 RV1 與 RV2 的行駛速度 2.HV 煞車時的減速度

EEBL-3： RV 在 HV 前方同一車道且 RV 輕踩煞車，直線測試	HV 未啟動 EEBL 警報	HV 啟動 EEBL 警報	假警報次數
EEBL-4： RV 在 HV 前方相鄰車道且 RV 緊急煞車，直線測試	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生低階警報，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數
EEBL-5： RV 在 HV 前方同一車道且 RV 緊急煞車，彎道測試	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生 EEBL 警報，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數
EEBL-6： RV 在 HV 前方外側車道且 RV 緊急煞車，彎道測試	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生低階警報，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數
EEBL-7： RV 在 HV 前方同一車道且 RV 緊急煞車， EEBL 警報啟動後，HV 煞車	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生 EEBL 警報，警報開始 1 秒內 HV 煞車，警報在指定時間內解除	警報未發生或警報未在指定時間內解除	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數
EEBL-8： RV 在 HV 前方同一車道且 RV	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定	警報未發生或警報未在指定時間內解除	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離

緊急煞車，EEBL 警報啟動後，HV 變換車道	時間內發生 EEBL 警報，且警報持續一段指定時間		3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數

目前美國車聯網計畫進展，除了 CAMP 與 VSC-A 計畫外，2014 年 8 月 NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration)宣布準備進行小型車輛 V2V 通訊標準立法，預計於 2022-2024 強制規範所有新出廠車輛搭載 V2V 安全功能通訊設備與系統，之後運輸部公布車聯網先導佈署計畫(Connected Vehicle Pilots Deployment, CVPD)計畫，期望藉此計畫刺激前期的車載應用布建。此計畫希望達到目標如下：

一、 以實際使用 NHTSA 贊助研發之車載相關應用解決真實世界問題，如生命安全、交通壅塞、旅行補助、道路維護等。
二、 進入實際建置階段，以成為永久建置為目標。
三、 從建置場域中取得各種資料來研究與分析實際效益。
四、 瞭解各種技術整合與實際建置問題，例如成本等。

2015 年 ITS 五年規劃(2015-2019)主題為「改變社會前進方式」，技術目標是「實現聯網汽車應用」與「加快自動駕駛」，定義六大類發展項目，包括加速佈署 (Accelerating Deployment) 、聯網汽車 (Connected Vehicles) 、自動駕駛 (Automation)、新興能力(Emerging Capabilities)、相互操作(Interoperability)、以及企業數據(Enterprise Data)；其中，加速佈署是所有發展項目的最終目標，聯網汽車、自動駕駛、以及新興能力是技術發展的三條路徑，而相互操作與企業數據則是 ITS 發展的基礎。

2015 年 CVPD 計畫開始分兩階段進行，目標在於透過更大規模的場域佈建，並利用之前美國運輸部計畫研究開發的車載應用，如圖 2.2.2-4 所列，包括 V2I Safety、V2V Safety、Road Weather、Environment、Agency Data、Mobility、Smart Roadside 幾大類的應用來解決真實世界的問題，提供駕駛、乘客、行人，以及道路施工人員之安全應用服務，讓交通移動具備可預測性、可靠性，與迅速性，提供個人(含行動不便者)在不同交通工具間(步行、騎車、開車、搭乘火車與公車等)獲取安全服務，同時增進事故處理之系統管理能力，並從中學習各種技術整合經驗，以及評估建置成本。

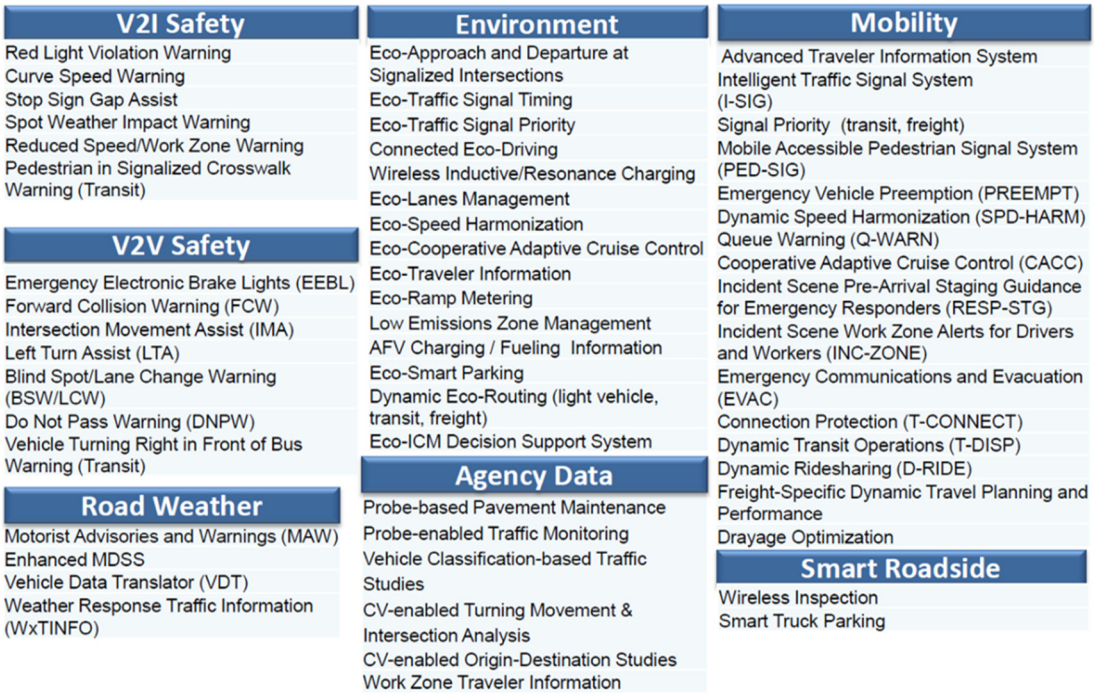


圖 2.2.1-1 美國車聯網應用(Connected Vehicle Application)

CVPD 計畫以密西根州安娜堡市作為測試基地，具有一般街道與高速公路的大型試煉場域，鼓勵各州政府部門與研究機構提案，提案內容須包含所欲解決的交通問題，預計所使用的車載應用以及成果的效能指標。

2015 年 9 月 14 日宣布 CVPD WAVE1 計畫獲補助城市，包括 New York City、Tampa，以及 Wyoming，補助金額共計 4 千 2 百萬美元。其中，New York City 部署側重於安全應用，藉由車間通訊(V2V)、車路通訊(V2I)、以及車與行人通訊(Vehicle-to-Pedestrian, V2P)技術，提供警示訊息給駕駛人，以便於駕駛人採取措施避免民眾傷亡、以及降低車輛或基礎設施損壞程度；Tampa 藉由車間通訊(V2V)與車路通訊(V2I)技術，改善市中心交通安全與交通狀況；Wyoming 運用車間通訊(V2V)、以及車路通訊(V2I 及 I2V)技術，改進 I-80 道路狀況監測、以及提供資訊給車輛。

美國運輸部 CVPD 計畫分為三個階段，如圖 2.2.1-2 所示，目前已完成第一階段發展規畫與第二階段細部設計、現場設備開發和採購、軟體開發以及車載設備和路側設備安裝測試，計畫邁入第三階段的營運與維護期，第三階段於第三階段的營運與維護期(2018 年秋季-2020 年秋季)。開始在 1 萬多輛測試車上安裝車載單元(On board Unit, OBU)及售後市場裝置(Aftermarket Safety Device, ASD)。

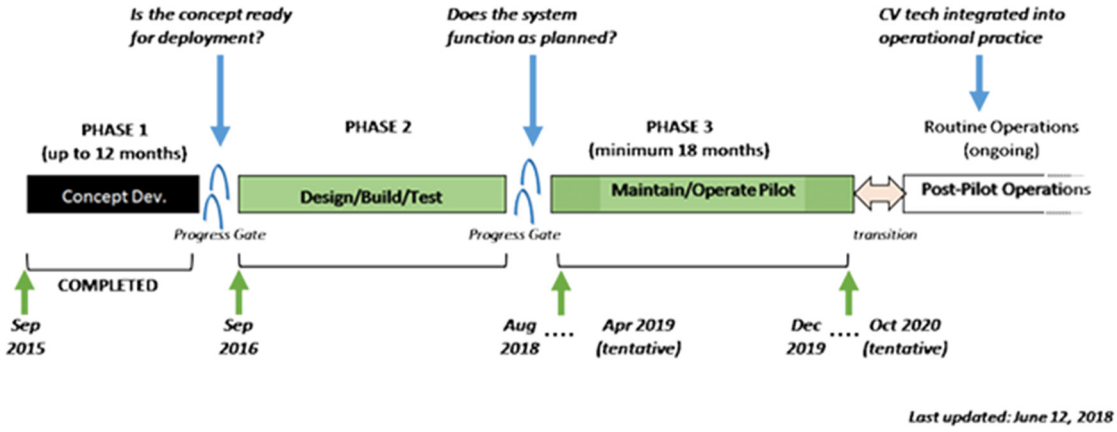


圖 2.2.1-2 CVPD 計畫時程

一、紐約州紐約市 CVPD 計畫 (104 年~109 年)

美國運輸部 CVPD 計畫補助的三個城市中以紐約州紐約市 CVPD 計畫規模最大，紐約市目標在 2024 年達到交通零事故，CVPD 計畫側重在交通安全應用，規劃 8,000 輛以上營運車輛至少 5 類車種安裝 V2V 技術，車輛將運行於 Midtown 與 Manhattan 間，並搭配 V2I 技術升級交通號誌系統，布建路側設施在高事故率的 Manhattan 與 Brooklyn 幹道上。基於安全需求運用 V2V、V2I、V2X 技術，研擬 15 項安全應用功能與績效評估方式，以及各 CV 設備數量如表 2.2.1-5 與表 2.2.1-6 所示。

表 2.2.1-5 紐約市 CVPD 計畫應用情境與績效評估指標

項目	應用面向	應用功能項目	績效評估指標
1	V2I/I2V 安全	速度規定	● 停等次數 ● 排隊長度 ● 行車速度 ● 汽車排放量 ● 違規次數 ● 速度變化 ● 通過量 ● 警告次數 ● 過彎速度 ● 事故次數 ● 闖紅燈次數 ● 反應時間
2		彎道速度規定	
3		施工區速度規定	
4		闖紅燈警示	
5		車輛規格規定	
6		緊急通訊與疏散資訊	
7	V2V 安全	前方碰撞警示	
8		緊急電子煞車燈	
9		盲點警示	
10		變換車道警示/輔助	
11		路口移動輔助	
12		汽車在公車前右轉警示	
13	V2I/I2V 行人	號誌路口行人穿越	● 事故次數 ● 警示次數 ● 車輛緊急煞車次數 ● 違規次數
14		動態行人號誌系統	

			● 碰撞反應時間
15	移動性	智慧交通號誌系統	● 警示次數 ● 車輛違規次數 ● 區域速度 ● 旅行時間

表 2.2.1-6 紐約市 CVPD 計畫應用 CV 裝置

紐約市搭載設備運具	預估數量
曼哈頓、布魯克林、富蘭克林羅斯福 RSU 數數量	353
計程車搭載車載裝置	5,850
都市交通管理局(MTA)車隊搭載車載裝置	1,250
聯合包裹服務(UPS)車隊搭載車載裝置	400
紐約市車隊搭載車載裝置	250
紐約市衛生局車隊搭載車載裝置	250
弱勢道路使用者(行人/自行車)	100
行人偵測系統	10+1
總數量	8,000

二、佛羅里達州坦帕 CVPD 計畫 (104 年~109 年)

坦帕 CVPD 著重在中型城市環境中進行多種 CV 技術應用，實施車聯網應用目的在解決市中心尖峰時刻之壅塞問題，保護行人通行安全。為解決晨峰壅塞問題與提高行車安全性，坦帕於市區中心將車聯網 V2V 及 V2I 技術應用於調撥車道及鄰近三條主要幹道，驗測情境與量化績效指標設計，如表 2.2.1-7 所示。

表 2.2.1-7 坦帕市 CVPD 計畫應用情境與績效評估指標

項目	應用面向	應用功能項目	績效評估指標
1	V2I 安全	前方道路關閉減速警示	● 警示次數 ● 事故次數 ● 綠燈百分比 ● 闖紅燈 ● 行人等候時間 ● 車輛等候時間 ● 車輛停等長度
2		調撥車道行駛方向錯誤	
3		行人穿越號誌路口警示	
4		行人碰撞警示	
5		行人在大眾運輸前移動警示	
6	V2V 安全	緊急電子煞車燈	
7		前方碰撞警示	
8		路口移動輔助	
9		汽車在電車前右轉警示	
10	移動性	動態行人號誌系統	
11		智慧交通號誌系統	
12		大眾運輸優先號誌	

13	數據管理	以探偵車進行交通監控	● 移動性提升度 ● 安全性提升度 ● 顧客滿意度

三、懷俄明州 CVPD 計畫 (104 年~109 年)

懷俄明州 CVPD 實施重點在於州際公路環境監控與商用車輛應用以減少交通事故次數。通過懷俄明州的州際公路 I-80 是一條重要的貨運走廊，使得懷俄明州在全國各地以及美國、加拿大和墨西哥之間的貨物運輸中發揮著關鍵作用，其中貨車交通量佔總交通量的 70%。懷俄明州交通部(WYDOT)專注在解決商用車運營商的問題，開發車輛到基礎設施(V2I)間和車到車(V2V)間通訊應用，提供客製化服務包括：路邊警報、停車通知和安全行車指示，預計將減少路廊中的爆胎事故和惡劣天氣相關事件的數量，提高道路安全並減少與事故相關的停等延誤，應用情境與績效評估指標，如表 2.2.1-8 所示。

表 2.2.1-8 懷俄明州 CVPD 計畫應用情境與績效評估指標

項目	應用面向	應用功能項目	績效評估指標
1	V2V 安全	前方碰撞警示	● 警示次數 ● 警報覆蓋率 ● 告警更新頻率 ● 0~6 小時預報正確性 ● 事故次數 ● 告警接收率
2	V2I/I2V 安全	I2V 緊急路況警示	
3		施工區警示	
4		區域異常天候警示	
5	V2I/V2V 安全	遇險通知	

2.2.2 5G 在車聯網相關技術與應用之發展

一、5G 車聯網技術與系統概述

車聯網技術可區分為兩大類，分別為專用短距無線通訊 DSRC 與蜂巢式車聯網通訊 C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything)。圖 2.2.2-1 為現今全球短距無線通訊 DSRC 與 C-V2X 技術發展走向，美國致力於 DSRC 系統開發與應用驗證，其實體層採用 IEEE 802.11p，目前 DSRC 系統已進入到成熟期，全球已有多個城市與公路建置 DSRC-based 測試場域，以驗證其標準與應用，DSRC 目前已有美國電機工程協會(IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers)與歐洲電信標準協會(ETSI, European Telecommunications Standards Institute)兩大標準組織制定多年；反觀 C-V2X 於技術標準的制定，則以中國大陸與歐盟電信商最為積極參與投入，C-V2X 系統以建置電信基地台為主，與 C-V2X 技術標準相關的有 3GPP eV2X (enhanced V2X)標準，該標準底層採用 LTE-Uu/PC5 架構。

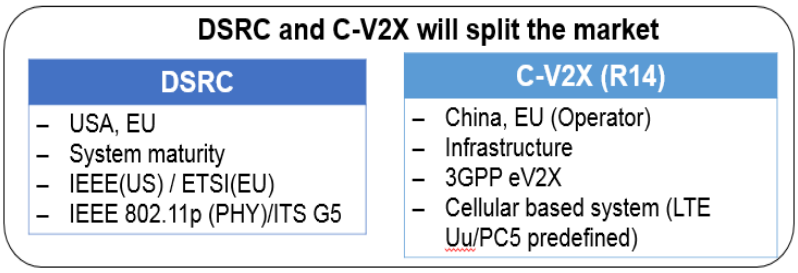


圖 2.2.2-1 DSRC 與 C-V2X 技術標準發展

無論是 DSRC 或 C-V2X，兩項標準相互融合是未來發展方向，因為各有其優劣勢之分，如在有網路、有基地台狀況下，採用 C-V2X 會更有效率，同時 C-V2X 具備技術前瞻性，有逐漸升級可能；相對而言，DSRC 目前標準亦已成熟，其優勢是系統的穩定，與隨時可進入量產階段的能力。綜合這兩項技術的各種面向，預期兩種通訊未來將採取相互融合發展趨勢前進。如圖 2.2.2-2 所示，DSRC 跟 C-V2X 車聯網於標準制定上雖底層(L1~L3)不同，但兩大標準的上層(App)可共用，亦可透過 Gateway 連接與串聯兩大系統，形成車聯網單一整合之解決方案。

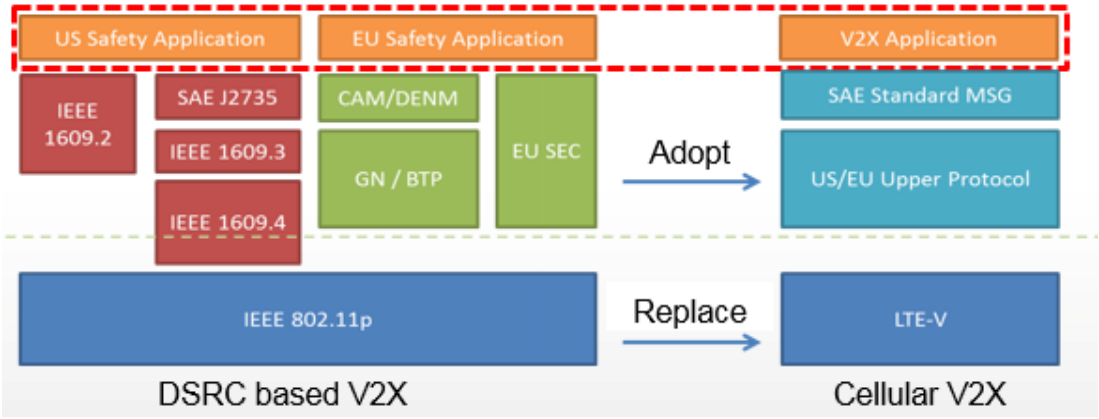


圖 2.2.2-2 DSRC 與 C-V2X 通訊協定架構

二、車聯網於 5G 應用簡介

車聯網於 5G 的應用泛指汽車對各種物體通訊，是車輛與外部環境的連結，各個交通實體，包括車輛、交通基礎設施及任何道路使用者，都可以經由周遭的其他交通實體所提供之訊息而受益；進而延伸出車與車(V2V)、車與交通基礎設施(V2I)、車與行人(V2P)以及車與核心網路(Vehicle to Network, V2N)等多種形式，如圖 2.2.2-3 所示。



圖 2.2.2-3 5G 於車聯網之通訊類型

5G 支援車聯網的 V2X 通訊應用包含以下四種形式：

(一)Vehicle-to-Vehicle (V2V)車間通訊

以廣播為主要傳送方式，在不同使用者裝置(UE, User Equipment)間交換 V2V 相關應用資訊。讓車輛之間能即時互傳訊息，了解彼此動態以避免碰撞發生。車輛間可以直接通訊；或者受限於通訊距離也可以透過支援 V2V 服務的基礎設施，如路側裝置(RSU, Roadside Unit)或是應用伺服器等來轉送訊息。以圖 2.2.2-4 前方碰撞預警應用為例，該應用警示駕駛即將發生與同車道及相同行駛方向的前車發生追撞。使用車間通訊可以減少甚至避免碰撞造成的傷害。前車週期性的廣播自己的位置、速度、加速度、行車方向等資訊。前車經計算周遭車輛行車資訊後發覺同車道後方即將發生碰撞，將此結果反應在廣播訊息中，後車接收到前車廣播出來的警示訊息後提醒駕駛採取相對應的措施來避免可能發生的追撞。

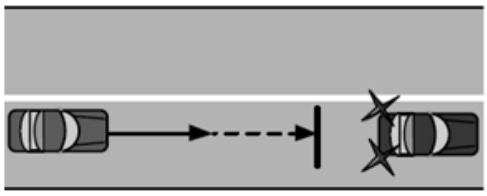


圖 2.2.2-4 前方碰撞預警應用

(二)Vehicle-to-Infrastructure (V2I)車與交通基礎設施通訊

支援 V2I 應用的使用者裝置與路側裝置互相傳送應用層資訊。V2I 使車輛及路側裝置作為點對點網路中之通訊節點，互相傳遞有用訊息，特別是與交通壅塞及危險事故有關之訊息，大幅提升了行車安全與效能。以圖 2.2.2-5 彎道速限警示應用為例，一個支援 V2I 服務的路側裝置架設於彎道之前，週期性的廣播包括位置、彎道速限、坡度、路況等資訊的訊息。裝設支援 V2I 服務裝置之車輛進入該路側裝置的通訊範圍內，便開始接收到其所廣播的訊息；經計算車輛速度、加速度等資訊後警示駕駛採取對應措施，以達提醒駕駛以合適的速度過彎之綜效。



圖 2.2.2-5 彎道速限警示應用

(三)Vehicle-to-Network (V2N)車與核心網路通訊

此通訊形式是指使用者裝置與服務實體彼此透過長期演進技術 LTE (Long Term Evolution)網路互相溝通，V2N 應用將相關資料傳輸至核心網路之後台應用伺服器進行資料儲存、使用與交換。由於路側裝置具有連網能力，以遠距診斷車況並提供及時維修通知為例，如圖 2.2.2-6 所示，當一輛已註冊該服務的汽車在進入支援 V2N 服務之路側裝置的通訊範圍後，開始回報目前功能狀態給遠端診斷中心並接收及時維修通知。車輛維修中心位於車輛服務中心內，需要週期性的獲得並分析車輛資訊，依據分析結果提供車主相關維修保養建議，此舉可優化車輛檢測並降低車輛功能失效的風險。

支援 V2N 服務的車輛內建診斷裝置蒐集車內相關感測器的資料，包括引擎、傳動系統、穩定控制系統、安全氣囊、噴射系統、防鎖死煞車系統、胎壓等資訊，當車輛經過支援 V2N 服務的路側裝置時會將所蒐集之資料傳送給該路側裝置，路側裝置將資料傳送給汽車維修中心進行分析及診斷。若檢測到有零件需要維修或更換，汽車維修中心會將檢測資料、最接近的維修地點、維修的急迫性等資訊透過電子郵件或是支援 V2N 服務的裝置通知車主，車主可依此通知及時進行維修，並可要求車輛診斷中心刪除所儲存的車輛資料。

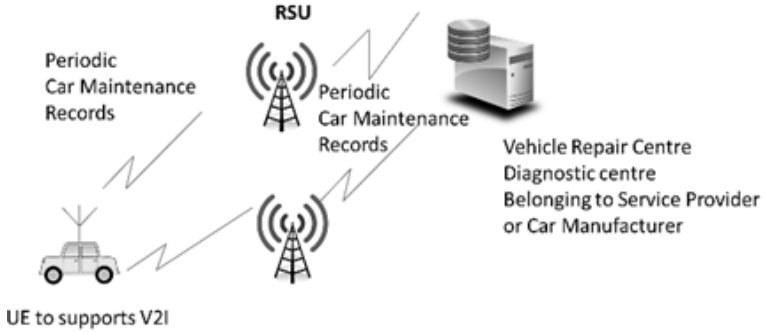


圖 2.2.2-6 遠距診斷及時維修通知應用

(四)Vehicle-to-Pedestrian (V2P)車與行人通訊

支援 V2P 應用的使用者裝置傳送應用層資訊，此資訊可被支援 V2X 服務的車輛廣播以對行人提供警示，或是由行人端支援 V2X 服務的使用者裝置向路過車輛廣播。車輛與行人間可直接交換 V2P 相關應用資訊；或者受到傳輸距離的限制，透過支援 V2X 服務的基礎設施來互傳資訊。如圖 2.2.2-7 所示，在行人附近，當一輛支援 V2X 服務的汽車即將穿越人行道或交叉路口，車上的使用者裝置週期性的傳送 V2P 通訊訊息，訊息中提供了該車輛的速度及方向等行車資訊。行人的裝置接收到附近車輛所傳送的 V2X 訊息後，得知周遭車輛的存在情況，計算碰撞風險並以視覺、聽覺、震動等方式提供必要的警示，使穿越路口的行人可以採取預防措施，以提前避開造成行人的傷害。

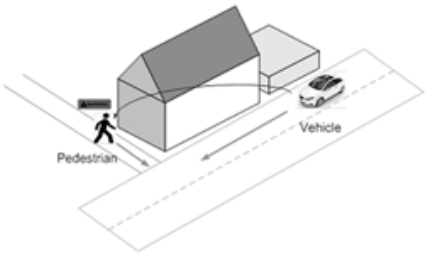


圖 2.2.2-7 行人碰撞警示應用

2.3 自動駕駛技術發展概況

2.3.1 我國自動駕駛技術發展概況

一、政府自動駕駛相關計畫

蒐集國內自駕車技術研發相關計畫，包括經濟部-自動駕駛感知次系統攻堅計畫、經濟部-智慧城鄉生活應用補助計畫-創新服務類-自動駕駛領域、交通部-智慧運輸系統發展建設計畫、國家發展委員會-「亞洲·矽谷-自動駕駛運行暨資訊整合平臺先導計畫」、科技部-「自駕車次系統關鍵技術研發專案計畫」五大項。簡介如下：

(一)國家發展委員會

為推動物聯網產業發展，及完善臺灣整體的新創生態體系為主軸，行政院於 105 年 9 月通過「亞洲·矽谷推動方案」，以期結合國際、未來及在地的三大連結，整合全球先進科技研發能量，掌握國際物聯網商機。其中，與自動駕駛相關計畫為「亞洲·矽谷-自動駕駛運行暨資訊整合平臺先導計畫」，簡介如下：

1. 計畫執行期程：107 年 9 月 20 日至 108 年 12 月 25 日止。

2. 計畫緣起與目的

行政院 105 年 9 月通過「亞洲·矽谷推動方案」，以推動物聯網產業發展，及健全創新創業生態體系為推動主軸，輔以連結國際、連結未來及連結在地的三大連結，並透過四大策略積極推動，期連結全球先進科技研發能量，搶進下一世代產業，掌握國際物聯網商機。

由於自動駕駛與車聯網等相關技術之發展，已成車輛產業重要發展趨勢，先進國家皆積極發展自動駕駛相關產業，科技大廠亦相繼投入技術開發與實證。為完善我國自動駕駛產業發展環境，並促進自駕車上下游產業之企業合作，亞洲·矽谷計畫將「自動駕駛」列為未來發展重要議題，已納入「亞洲·矽谷試驗場域計畫」並於 106 年 9 月 5 日奉行政院核定。

為因應國內各自駕車試驗場域之營運需求，並增進我國在發展自駕車時之交通安全，本計畫擬委託專業廠商規劃自駕車先導運行可能方式，並蒐集車載感測元件等訊號，透過實地驗證，發展智慧交通運輸，以利國內自駕車產業發展。且將以資訊整合平臺，顯示自駕車行車資訊及道路狀況，協助行控中心即時掌握自駕車運行狀況，以增進交通安全，作為發展自駕車公共運輸營運系統之參考。此外，亦可有助解決由地方政府各自發展自駕車行車資訊整合平臺，面臨資源不足及跨縣市不相容之問題。

3. 工作項目

(1) 規劃自動駕駛先導運行之可行模式，進行評估及提供推動建議，並促進跨產業合作。
(2) 規劃自駕車資訊整合平臺，提升整體管理效率，以增進行車安全並掌控即時交通狀況及事故處理。(架構如圖 2.3.1-1)
(3) 規劃自駕車資訊整合平臺之通訊網路架構，以確保通訊品質及驗證自駕車資訊整合平臺之可靠性，作為後續優化參考。
(4) 蒐集自駕車車載感測元件訊號，以發展智慧交通管理，並盤點國內外感測元件供應商之技術能量，作為協助國內業者拓展國際市場之參考依據。
(5) 自動駕駛人才培育及知識擴散。

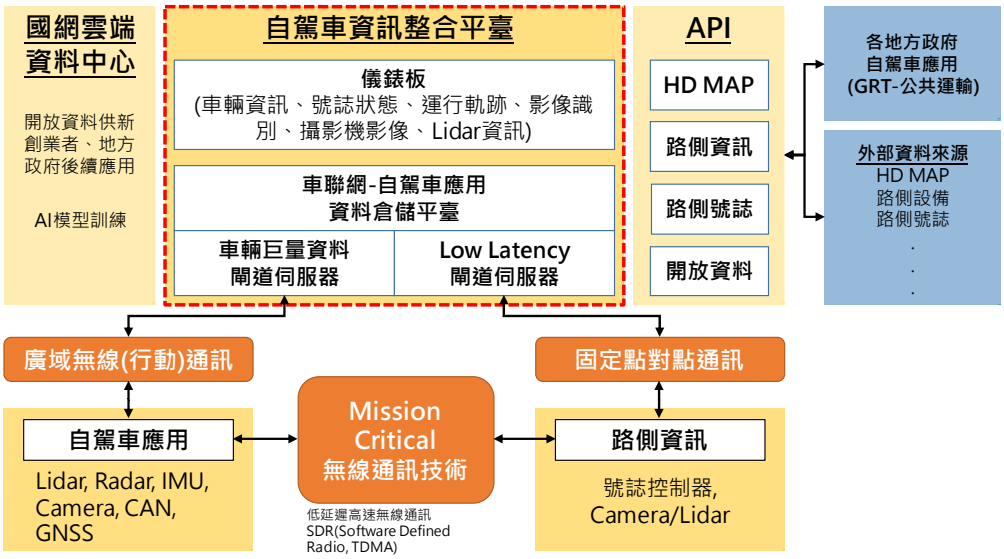


圖 2.3.1-1「亞洲·矽谷-自動駕駛運行暨資訊整合平臺先導計畫」自動駕駛運行暨資訊整合平臺架構示意圖

(二)經濟部

自動駕駛相關執行計畫包括自動駕駛感知次系統攻堅計畫、智慧城鄉生活應用補助計畫-創新服務類-自動駕駛領域等。簡介如下：

1. 自動駕駛感知次系統攻堅計畫

執行期間 2018 至 2021 年，執行研究由經濟部技術處補助財團法人工業技術研究院與資策會、以及中科院合作組成，預計研發自動駕駛感知次系統自主技術(Surrounding Sensing Subsystem, S3)，包括感測分析硬體、深度學習影像辨識、多重感測融合、即時事件推理、以及感知次系統驗證等多項技術，以符合自動駕駛安全與可靠性要求。(計畫架構如圖 2.3.1-2)



圖 2.3.1-2 「自動駕駛感知次系統攻堅計畫」架構

該計畫主要工作重點如下：

(1) 泛用車輛環境感知次系統：對週遭任何駕駛相關物件即時感知其物件類別、相對位置、相對速度及未來軌跡，並具備事件推理能力。

(2) 特定場域自駕車接駁：自主研發我國首套自動接駁系統，民眾可透過 APP 定點呼叫自駕車(預計 108 年可定點接駁)。

(3) 自駕車規之資安及可靠度：協助我國廠商建立自主「快速反應、高可靠與高安全性」自駕車資安系統。

該計畫研發國內首部自動駕駛中巴，搭載 S3 環週感知次系統，整合多重感測器與 AI 演算技術，並針對臺灣特殊道路環境設計，可提供自動駕駛車即時物件偵測與事件預測能力。(系統架構如圖 2.3.1-3，車輛外觀如圖 2.3.1-4)

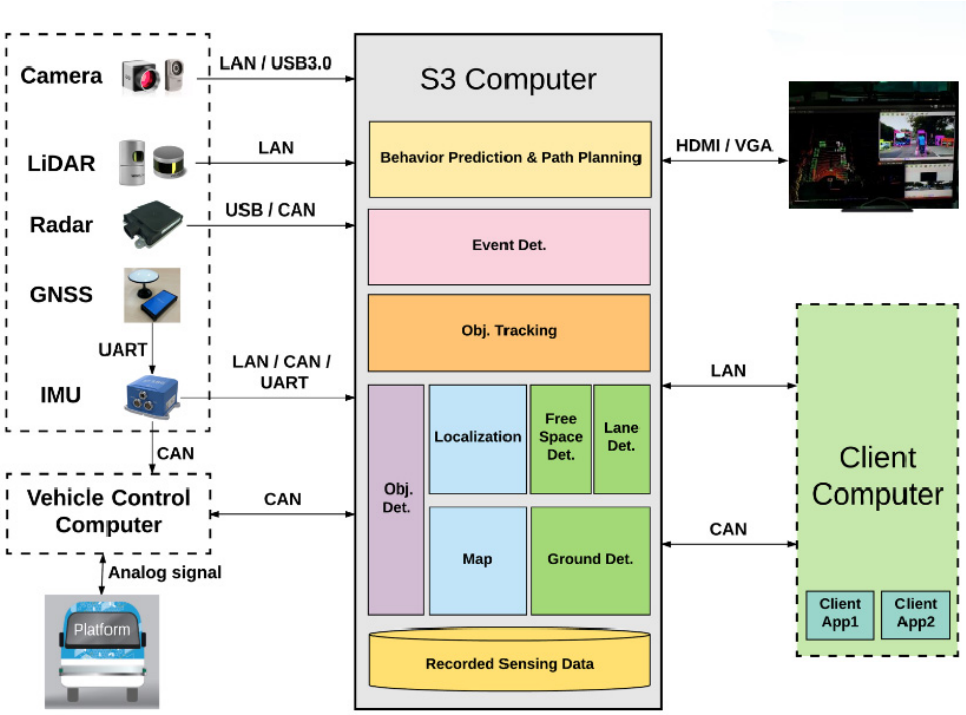


圖 2.3.1-3 工研院資通所自動駕駛車輛系統架構



圖 2.3.1-4 工研院資通所研發 ITRI ADV 自動駕駛車輛外觀

該計畫研發自動駕駛功能包括自動定速巡航、自動車道維持轉向控制、自主防撞煞車/減速、迴轉道自動迴車、定點停靠、精準進站停靠、路口號誌連動車速控制、路口避撞車速控制、繞越靜止車輛、繞越同向機慢車等，可於封閉式/開放式固定路線場域行駛，提供指定 A 點到 B 點之自動接駁能力，可乘載 20 人以上，具備市區號誌路口通行能力，預計於 2018 年支援半封閉式固定路線場域(最高車速 20KM/H)，2019 年支援開放式固定路線場域(最高車速 30KM/H)。

2. 智慧城鄉生活應用補助計畫-創新服務類-自動駕駛領域

(1) 政策依據

本計畫主要依據行政院 106 年 4 月 5 日「前瞻基礎建設計畫」項下綠能建設、數位建設、水環境建設、軌道建設與城鄉建設等五大主軸之「數位建設」，主要乃為因應數位經濟時代演進，在寬頻網路建設加強投資，以確保產業發展需求及民眾的網路公民權。

爰此，「數位建設」主軸特別著重縫合城鄉網路落差、發展數位內容應用、及整備數位學習環境，期望在數位科技快速發展與普及下，積極推動臺灣數位經濟發展，讓全體國民能不受教育、所得、區域、身心等因素限制，透過多元管道享受經濟、方便、安全又貼心的優質數位服務，達成「實現超寬頻網路社會生活、營造智慧國土國際典範、成為全球數位科技標竿國家」之願景。

「數位建設」乃為針對我國邁入超寬頻網路社會必要之重點基礎建設項目，項下更規劃「推動資安基礎建設，提供網路安心服務」、「完備數位包容，保障寬頻人權」、「發展數位文創，普及高畫質服務」、「建構開放政府及智慧城鄉服務」及「建設下世代科研與智慧學習環境」等五大推動主軸，本計畫即屬於推動主軸「建構開放政府及智慧城鄉服務」下之「普及智慧城鄉生活應用計畫」。

爰此，經濟部工業局在前瞻基礎建設的目標下，擬透過執行「智慧城鄉生活應用發展計畫」，於全臺推動智慧城市應用服務，促成智慧生活普及。

(2) 計畫期程

全期程(107 年至 109 年)計畫目標預計於全臺 19/22 縣市(含金門、馬祖、澎湖等離島)等地推動。廠商提案之執行期間以最短 6 個月，最長 24 個月為原則。

(3) 計畫目標

a. 建立自動駕駛公共運輸整體解決方案，打造國際輸出旗艦隊。

b. 以自動駕駛增進公共運輸接駁效率，並降低人為因素導致之交通事故，提升行車安全。

c. 配合臺灣交通、路況、氣候等特性，進行自動駕駛之實際場域測試及驗證，打造自動駕駛在地服務。

(4) 推動概況

目前已辦理兩次徵案，第一次於 106/12/25-107/1/24 受理申請，第二次於 107/5/15-107/6/14 受理申請。

(5) 計畫營運情境 (第二次徵案，擇一或提出多項皆可)

a. 封閉型場域

如遊樂園區及度假村等主題樂園，接駁遊客往返園區停車場、餐飲區域，或旅客於機場不同航廈間之接駁。

b. 半封閉型及開放型場域

半封閉場域如工業區、科學園區、大學校區內固定路線接駁；開放型場域如市區固定路線(如公車專用道)提供自動駕駛公車運行服務，或於機場接駁攜帶行李的乘客往返停車場或大眾運輸轉乘站，或於偏鄉及農村等市郊地區接駁高齡居民或農產貨物配送，增進運輸服務之機動性(本項情境涉及法規調適，俟實驗條例立法通過後，亞洲矽谷計畫執行中心協助廠商與相關部會協調，並申請實驗條例，以協助後續營運)。

(6) 計畫執行車輛基本系統要求 (第二次徵案)

a. 車輛介面須有控制器區域網路(Controller Area Network, CAN Bus)或乙太網路(Ethernet)等可線控與相關指令集。

b. 若非可線控，須將如下 4 個介面數位化、介接至傳統驅動系統：電動液壓動力轉向、檔位、煞車、油門。

c. 車輛須有包含軟硬韌體可線控之完整套件，線控套件必須符合 UL/CE 等第三方認證，或已經是標準產品且能提供至少 1 年以上維修保證。

d. 各項車載感知元件整合：攝影機、高功率雷達、光達、慣性測量單元 IMU、差分全球定位系統(Differential Global Positioning System, DGPS)，其驗

收係以驗證各車載元件間之系統整合能力，非僅確認各單一元件之運作品質等。

(三) 科技部

自動駕駛相關計畫為「自駕車次系統關鍵技術研發專案計畫」，簡介如下：

1. 計畫執行期程

全程執行期間為 107 年 12 月 1 日至 111 年 7 月 31 日止，第一階段為 107 年 12 月 1 日至 108 年 7 月 31 日，第二階段為 108 年 8 月 1 日至 111 年 7 月 31 日。

2. 計畫依據

落實「數位國家•創新經濟發展方案」、「智慧機械產業推動方案」、「亞洲•矽谷推動方案」等行政院重要科技政策中有關自駕車創新技術之自主研發。

3. 計畫目標

(1) 發展具前瞻研究之核心技術與具產業價值之顛覆式創新應用次系統開發，國內學術界與車輛製造/車輛零組件業者或相關領域行業共同攜手合作，針對適合臺灣道路駕駛環境與在地產業需求之關鍵核心技術，進行研發與實車驗證，其衍生之技術成果，期能帶動我國「無人駕駛核心技術」的創新與突破，打入自駕車技術供應鏈。

(2) 針對目前業界還無法克服之技術瓶頸，藉由學術界的創新研發能量與優質研發人力，協助產業突破技術瓶頸，有效帶動自駕車次系統之自主研發及國產化，提升我國自駕車產業的核心技術能量與國際競爭力。

4. 計畫內容與重點研究項目：導航定位、環境感知、決策規劃、自主控制

(四) 交通部

依據「智慧運輸系統發展建設計畫」-「車聯網科技發展應用計畫」，補助各縣市政府進行自動駕駛測試與試運行，包括「高雄生態交通智慧社區示範計畫」細部規劃及實驗建置委託專業服務案(已完成)、「107 年基隆市自動駕駛車建置營運規劃計畫委託勞務採購」(已完成)、以及「高雄市自動駕駛電動巴士系統運行評鑑計畫」委託專業服務案(執行中)等三項。

(五) 內政部

內政部自動駕駛相關計畫以高精地圖為主要發展方向，包括建立高精地圖移

動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)，其涵蓋探測感應器測繪平台架構規劃、以及移動測繪系統發展等。108 年 6 月開始「高精地圖於自駕車資通訊系統整合研發實證工作案(108-109)」，此計畫為推動自駕車上路計畫，需介接自駕車資訊整合平台，並針對高精地圖於自駕車感知決策系統整合、高精地圖即時動態更新、高精地圖於路側設施整合等技術進行研發及實證。

由內政部委託國立成功大學成立的「高精地圖研究發展中心」也於 108 年 9 月正式成立，該中心成立目標為整合國內外相關圖資與空間資訊產業技術，推動高精地圖標準及建置流程。透過內政部地政司的支持，近兩年陸續由台灣資通產業標準協會制定「高精地圖製圖作業指引」，由高精地圖研究發展中心制定「高精地圖圖資內容標準(草案)」、「高精地圖驗證指引(草案)」。

內政部地政司與高精地圖相關計畫：

1. 100 年度：發展與應用多平台遙測製圖技術工作案
2. 101 年度至 104 年度：多平台製圖技術工作案
3. 105 年度至 107 年度：移動載台測量製圖技術發展工作案
4. 108 年度：自駕車用地圖標準及移動測繪技術發展工作案、自駕車用地圖供應平台建置及三維圖資與數值地形模型成果加值應用服務案、高精地圖於自駕車資通訊系統整合研發實證工作案(108-109)國內自駕車測試及試運行相關案例

二、國內自駕車測試及試運行相關案例

國內自動駕駛巴士最早於 106 年 6 月開始在高雄駁二園區測試運行，目前總計有 14 個場域，包括臺北市臺大水源校區、臺北市信義路公車專用道、彰化縣高鐵綠廊道、高雄市駁二園區、高雄市哈瑪星、高雄市亞洲新灣區、臺北市北士科、桃園市農博/虎頭山、臺中市花博/水湳經貿園區、臺南市沙崙科學城(包括開放場域及封閉場域)、新北市林口世大運選手村(規劃中)、ARTC 自駕車測試驗證場域(屬於封閉場域，規劃中)、高雄市(規劃中)、基隆市(規劃中)等；其中，已完成測試之案例以小型巴士為主，目前正進行或規劃中案例則開始有中型及大型巴士，包括 107 年 9 月臺中花博/水湳經貿園區開始進行中型電動巴士及大型柴油巴士自動駕駛測試，107 年 10 月基隆市開始規劃，107 年 11 月臺南沙崙科學城預計進行中型巴士測試，107 年 12 月高雄市預計開始規劃電動巴士自動駕駛測試；另外，ARTC 自駕車測試驗證場域尚在規劃中，預計提供各型自動駕駛車輛進行測試。(如圖 2.3.1-5)

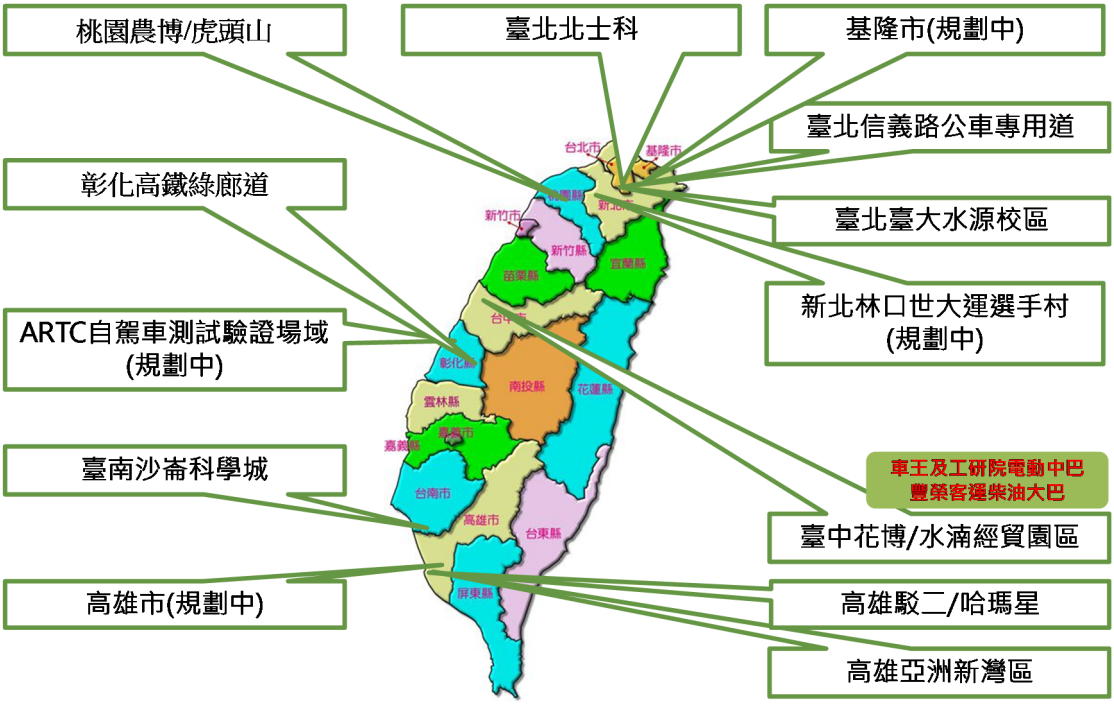


圖 2.3.1-5 國內自動駕駛測試案例

三、我國自動駕駛相關法規

國內目前與自駕車相關之法規為《無人載具科技創新實驗條例》。該條例制定目的為鼓勵自動駕駛車輛之研發與應用，賦予產學研各界於實際場域進行自動駕駛車輛的技術、服務及營運模式之創新實驗及測試時，能夠於特定範圍及條件下，透過法律暫行排除相關監理規範之適用，以利建構包含安全性、責任規範與道路行駛測試等機制之創新實驗環境。另交通部提出《道路交通安全規則第二十條修正條例》已將自駕車測試活動納入現有道路交通安全規則的管制下。

(一)《無人載具科技創新實驗條例》

1. 自動駕駛車輛定義

108 年 6 月 1 日正式實施，規制對象為「無人載具」，因此除自駕車外，無人船舶和航空器亦為該法規制範圍。在對無人載具的定義上採取運用技術作為判斷標準，當一交通工具具備有感測、定位、監控和決策與控制技術時，始得謂該法中之無人載具。

2. 上路許可之申請

上路實驗前，實驗申請人應先向交通目的事業主管機關檢具申請書及創新實驗計畫，其中創新實驗計畫內須含創新性之說明、實驗之範圍、期間(以一年為限申請人得於該創新實驗期間屆滿六十日前，檢具理由並說明具體成效，向主管機關申請核准展延)、參與實驗者人數及實驗所投入之預算金額，並應檢附交通影響分析及因應措施、實驗安全性證明、與參與實驗者間契約及保險規劃等文件。

3. 測試資料應用

申請人應將實驗內容、期間、範圍等資訊於主管機關網站公布，亦明定主管機關應建立創新實驗安全資訊管理機制，讓申請人得以電子方式申報相關資料，並強制申請人應通報實驗期間以人為方式介入無人載具之控制權次數與原因；此外，對事故處理規範之安排，即若有事故發生申請人應立即暫停實驗進行調查，主管機關倘認繼續實驗有風險更得停止該實驗繼續實施；另測試完畢後，主管機關應參酌各實驗辦理情形，以進行相關法規檢討與增修訂、提供相關應用服務技術與經營模式改善資源協助等方式，鼓勵無人載具之創新發展。

4. 歸責及免責機制

在此條例中，法條則統一抽象規範如有違反任何法律規定時，應以申請人為處罰對象；另草案中有明定主管機關得在實驗期間排除全部或部分的法規適用，此包括《公路法》、《道路交通管理處罰條例》、《船舶法》及《民用航空法》。

(1) 《道路交通安全規則第二十條修正條例》

於現有《道路交通安全規則》中與試行汽車牌照申請相關之第二十條條文後加入自駕車試車牌照申請之規定。規定如下：依法領有公司、商業或工廠登記證明文件之業者或汽車研究機構，因研究、測試業務而有試行有條件自動化、高度自動化及完全自動化駕駛車輛需要，得依附件二十一規定申領試車牌照及行駛，且行駛時應有適當管制措施，並遵守相關道路交通安全之規定。新增之附件二十一(自動駕駛車輛申請道路測試作業規定)中必須包含下列項目：試車牌照之適用範圍、申請及審查程序、申請者承諾、檢附相關文件、核准其縣、測試車輛規定、駕駛操控人員、測試環境安全及道路使用注意事項等。

2.3.2 國際自動駕駛發展概況

一、國際自動駕駛道路測試案例

國外最早於 2009 年由 Google 於美國加州舊金山山景城進行無人自駕車測試，並於 2015 年後蓬勃發展，Google、Uber、Otto、DeNA、nuTonomy、Daimler、Navya、SNUber、百度及各國政府紛紛投入發展，目前測試道路以一般道路為主，如有特別需求或欲更進一步測試穩定性，則會以其他道路做測試，其中包括高速公路、州際公路、丘陵地形、人行道及校園等。(案例分布如圖 2.3.2-1)

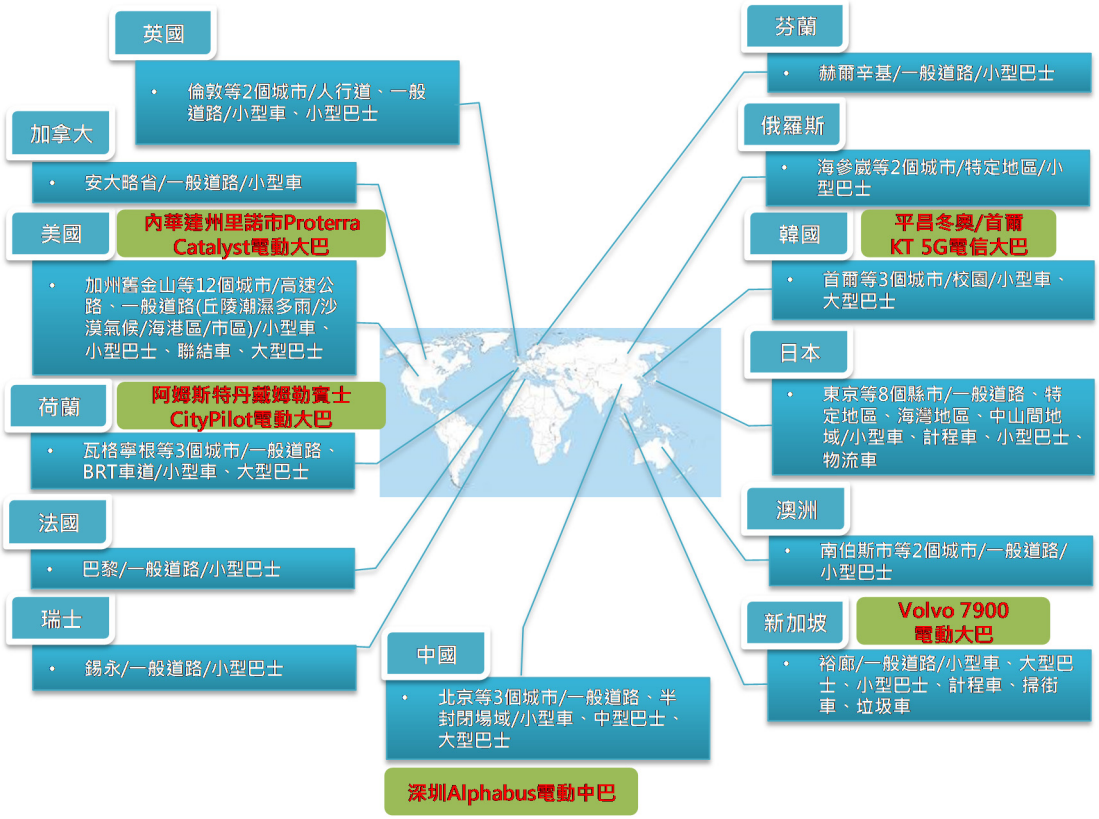


圖 2.3.2-1 國外自動駕駛測試案例分布

小型車方面，以 Google 為例，其最早於美國加州舊金山山景城的一般道路進行測試，後續再於丘陵地形(潮濕多雨)及一般道路(沙漠氣候)進行車輛測試，以確保自駕車在各種情況下於實際道路之穩定性;計程車方面,新加坡 nuTonomy 為世界首例的自動駕駛計程車隊，日本 DeNA、ZMP、丸之內交通公司合作預計於 2020 年東京奧運展示自動駕駛計程車；小型巴士方面，案例數量最多，屬於新發展之自動駕駛電動運具，大多以一般市區道路或特定地區為測試場域；中型及大型巴士方面，案例數量較少，最早為戴姆勒賓士 CityPilot 電動大巴士在荷蘭阿姆斯特丹公車捷運系統 BRT (Bus Rapid Transit)車道進行測試，近年則有美國內華達州里約市 Proterra Catalyst 電動大巴、中國深圳阿爾法巴 Alphabus、韓國平昌及首爾 KT 5G 電信大巴測試，新加坡與 Volovo 合作並預計於 2019 年開始進行 Volvo 7900 電動大巴測試；貨運方面，以 Otto 聯結車運送貨物最為著名，其示範場域主要為州際公路；宅配服務方面，日本 DeNA 與 YAMATO 運輸公司合作在神奈川縣藤澤市實驗下一個世代自動駕駛宅配服務「Roboneko-Yamato」，以及自動駕駛技術新創業者 ZMP 推出 CarriRo Delivery 宅配新服務；公用服務方面，新加坡國家環境署(National Environment Agency)測試掃街車及垃圾車自動駕駛。

針對日本之小型電動巴士、以及新加坡、荷蘭、美國、韓國、中國大陸等國家之中大型電動巴士自動駕駛道路測試案例，說明如下：

(一) 日本

雖然日本尚未開放自駕車上路，但日本 IT 企業 DeNA 與法國 EasyMile 自動駕駛車輛業者聯手合作，以提供前所未有的自由與便利移動手段作為任務，2016 年 8 月開始在局部地區進行電動巴士 Robot Shuttle 測試。(案例照片彙整如圖 2.3.2-2)

場域地點分別位於千葉縣千葉市 AEON MALL 幕張新都心、秋田縣仙北市田澤湖畔、福岡市九州大學伊都校區、神奈川縣藤澤市慶應義塾大學湘南藤沢校區(慶應 SFC)、神奈川縣橫濱市金澤動物園、大分縣大分市水族館海之卵、栃木縣栃木市等。

場域類型包括私有購物中心、自然觀光地區、校園、動物園、海灣遊憩區、以及中山間地域之不同空間與地形環境，涵蓋豐富的公共設施、商業設施、大學校園、以及公共道路的重複演練及示範運行；除了應用於私有土地範圍內，例如發電廠、工廠、大學、商業設施、度假村等，未來也將規劃應用於公共道路上之人口衰退地區及旅遊景點。

	
千葉市 AEON MALL 幕張新都心	秋田縣仙北市田澤湖畔
	
福岡市九州大學伊都校區	慶應義塾大學湘南藤沢校區
	
橫濱市金澤動物園	大分海洋宮殿水族館海之卵

	
栃木市鄉間車站及主要據點接駁	Robot Shuttle 無障礙設施

圖 2.3.2-2 日本自駕小型巴士試驗案例

測試情境設計考量各種使用者最後一哩之近距離移動需求、不同天候條件、超高齡社會面臨的駕駛員人力不足、以及地方政府預算削減而導致公共運輸營運服務減少的不同面向問題。

(二) 新加坡

新加坡自動駕駛發展的測試項目總計四大類，包括固定班表定線服務(Fixed & Scheduled Services)、點對點需求反應式服務(Point-to-Poing Mobility on-Demand Services)、貨運(Freight)、公用(Utility)等。其中，固定班表定線服務項目包括 NTU-Clean Tech Park 自駕車測試、自駕大巴士測試、Gardens by the Bay 自駕接駁車測試；點對點需求反應式服務包括 One-North 自駕車需求反應服務測試、Sentosa 自駕接駁車測試；貨運包括港埠自駕貨車列隊行駛；公用服務包括掃街車、垃圾車。(如圖 2.3.2-3)



圖 2.3.2-3 新加坡自動駕駛發展的測試項目

新加坡政府預計 2022 年在幾個地區部署自動駕駛巴士。小型巴士方面，與 NAVYA 合作進行測試，並仿造實際的新加坡道路，建造一個 2 公頃小鎮作為測試基地，包括交叉路口、號誌、巴士停靠站、行人穿越道、山坡、高樓、人造雨機器等設施。

大型巴士方面，新加坡南洋大學(NTU)及陸路交通局(LTA)提出自動駕駛大巴士技術構想如圖 2.3.2-4，預計導入相關技術包括慣性測量單元(Inertial Measurement Unit)、車聯網車載機(V2X on-board units)、差分衛星定位接收器(Differential GNSS receiver)、處理與內建軟體計算單元(Processing and embedded software computing units)、受電弓沖電梶桿(Pantograph Charge Mast)、光達(LiDARs)、高敏感度夜視立體攝影機(High sensitivity, night vision stereoscopic cameras)、雷達(Radar)。

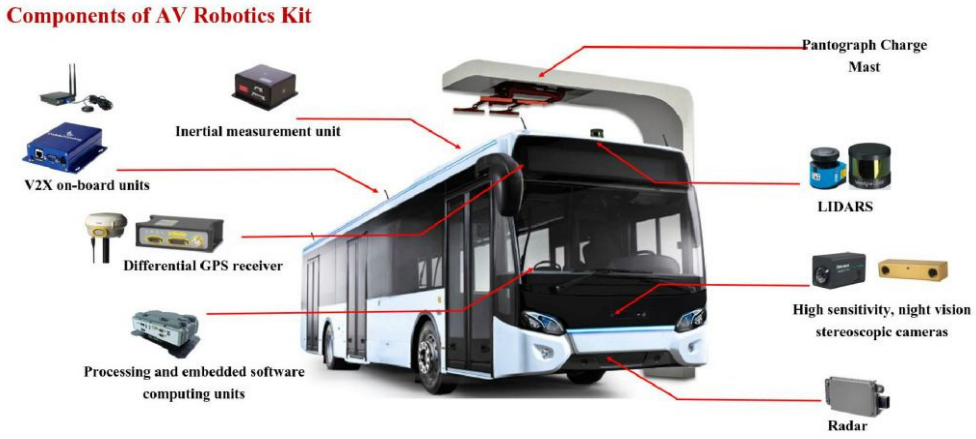


圖 2.3.2-4 新加坡自動駕駛大巴士技術構想圖

2018 年 1 月新加坡 Volvo 與南洋理工大學(NTU)簽署自動電動公車研發計畫兩年期的合作協議，規劃於 2019 年導入兩輛全電動 12 公尺 Volvo 7900 電動巴士，由 Volvo 與 NTU 在 Volvo 平台上構建自動駕駛解決方案。其中一輛自動電動巴士將用於 2017 年 11 月落成的自動駕駛汽車新測試設施 CETRAN，在一個圍欄區域內測試新功能並研究巴士如何在各種條件下與其他道路使用者互動；第二輛巴士將與公共交通運營商 SMRT 合作在車站進行測試，目標在於電動巴士能夠透過自動駕駛而進行完全自主的充電、通過車廠開車到車輛清洗和停車。(車輛外觀如圖 2.3.2-5)



圖 2.3.2-5 Volvo 7900 自動駕駛電動大巴士外觀示意圖

(三) 荷蘭

德國戴姆勒賓士集團(DAIMLER Mercedes-Benz)研發未來自動駕駛巴士CityPilot，以 2014 年高速公路示範大貨車自動駕駛(Mercedes-Benz Actros)為基礎，加上許多附加功能，內裝及外觀設計參考全球最暢銷的 Citaro，車身長度約 12 公尺，具有開創的柔和線條與不對稱輪廓外觀、照明、車門佈設、信息系統設計，沒有傳統的方向盤及煞車踏板，能夠依照路況而自動加減速，以符合安全、效率、舒適的未來都市公共運輸需求。(車輛外觀及內裝設計如圖 2.3.2-6)



圖 2.3.2-6 達姆勒賓士 CityPilot 車輛外觀及內裝設計

CityPilot 曾經短時間展示於歐洲最長的荷蘭 BRT 車道，長度約 20 公里，銜接阿姆斯特丹史基浦機場(Amsterdam's Schiphol airport)與哈勒姆鎮(Haarlem)，此一路段包含多個彎道、隧道、巴士停靠站、號誌化路口、以及高速車流。CityPilot 的開創性設計及技術平台能夠減輕駕駛工作負荷，改善大巴士運行安全，提高運作效率與順暢性，降低燃料消耗與污染排放，以及提高乘客舒適性。CityPilot 擁有車聯網功能，配備長距/短距離雷達與攝影機監控前方路況、以及 GNSS 衛星定位系統，經由資料融合來產生精確圖像，提高定位精確度至公分等級，能夠辨識號誌並與其溝通且安全地通過交叉路口，能夠辨識路上障礙物及行人並自動煞車，能夠精確地自動停靠站、開啟/關閉車門、以及離站，並自動行駛穿越隧道，駕駛員完全不需要操作加速器或踩煞車，除非遇到交通法令規範對向交通或其他有需要的情況下才需要進行干預並改為手動操控。(車輛外觀如圖 2.3.2-7)



圖 2.3.2-7 荷蘭阿姆斯特丹 CityPilot 自動駕駛大巴士測試

(四) 美國

巴士製造商 Proterra 公司位於美國加利福尼亞州 Burlingame，2016 年 9 月 Catalyst E2 電動巴士曾經創造在測試條件下一次充電行駛 600 英哩(966 公里)的記錄，可滿足美國大城市中心及其周圍 200 至 300 英哩範圍內的大多數公共運輸需求。

2017 年 1 月 Proterra 籌集 1.4 億美元，4 月初開始安裝傳感器，5 月內華達州政府核准 Poterra 經由生活實驗室法案(Living Lab initiative)協調測試行動技術，與里諾大學(University of Reno)及其生活實驗室聯盟夥伴合作，以 Catalyst 進行改裝，在里諾市街道上進行進行自動駕駛巴士實際測試，6 月底完成車輛定位、地圖測繪、以及偵測的評估。(車輛外觀如圖 2.3.2-8)



圖 2.3.2-8 美國內華達州里諾市 Proterra Catalyst 自動駕駛大巴示意圖

此項示範計畫之目的在於考量公共交通系統相較於普通汽車，面臨特殊的不同挑戰，包括視線遮蔽、複雜的避撞導航、車輛尺寸、交通條件、車輛動力等，希望瞭解公共運輸自動駕駛系統應該如何因應不同道路條件、交通密度程度、動態環境、以及快速緊急反應的需求，因而研發一套強大及新型的機器感知演算法，以作為定位、映射、以及物體偵測，並研究多模式融合、偵測交通、預測交通，以及提高安全性。

執行時程第一階段於 2017 年完成，專注於透過內華達州瓦肖郡(Washoe County)區域交通委員會營運在特定路線運行的 Proterra 公共電動巴士，檢測與蒐集數據；第二階段於 2018 年開始，側重於數據採礦、開發演算法、以及通信；第三階段時程未定，將致力於取得政府許可與商業化。

(五) 韓國

韓國 KT 電信公司 2018 年初在平昌冬奧及首爾市測試 KT 5G 電信大巴士，預計於 2018 年底前進入未來技術工業園區 Pangyo Zero City 公共道路進行測試。

2018 年 1 月韓國國土交通部(Ministry of Land, Infrastructure and Transport)核發第一張大型自動駕駛車輛道路許可證給 KT 電信公司，允許大型自動駕駛巴士

在首爾市高速公路與城市道路進行測試，1 月 5 日 KT 5G 電信大巴士已行駛於江南區兩條主幹道，包括江南大路(Gangnamdae-ro)與德黑蘭路(Teheran-ro)，成功地完成一次四小時連續試驗。(車輛外觀如圖 2.3.2-9)



圖 2.3.2-9 韓國首爾 KT 5G 自動駕駛大巴士

首爾市 KT 5G 電信大巴士為 45 人座，長 12 公尺，寬 2.5 公尺；配備基於 5G 與 LTE 行動網路的 V2X (Vehicle-to-Everything)技術，可支援自動駕駛功能；除了傳感器與攝影機等一般應用以外，還能夠利用 KT 無線網路取得高精度定位資料而增加駕駛安全；具有視覺盲點障礙物偵測、以及計算到下一個紅綠燈的距離與即時啟發式決策之能力；高速公路行駛速度可達每小時 70 公里；能夠行駛彎繞路線與進行左轉/右轉；能夠藉由偵測技術而保證行人安全；藉由道路測試而蒐集數據將可應用於 KT 全面自動化公車服務，以及協同式智慧運輸系統 C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems)。

(六) 中國大陸深圳 Alphabus

2017 年 12 月 2 日中國大陸海梁科技攜手深圳巴士集團、深圳福田區政府、安凱客車、東風襄旅、速騰聚創、中興通訊、南方科技大學、北京理工大學、北京聯合大學聯合打造的自動駕駛客運巴士「阿爾法巴(Alphabus)」，正式在深圳福田保稅區開放道路進行路線資訊蒐集與試運行，並於「中國未來新能源與智慧公交論壇」進行展示，此項成果被命名為 CBSF(中國下一代新能源智慧公交系統示範計畫)，接受國家智慧交通系統工程技術研究中心及中國大陸道路運輸協會城市客運分會指導，屬於一個國家級智慧駕駛示範工程計畫。(如圖 2.3.2-10)



圖 2.3.2-10 中國深圳 Alphabus 自動駕駛中巴

阿爾法巴(Alphabus)採用深圳巴士，包括安凱及東風等兩款車型，兩者皆為電動巴士，東風巴士站立空間較少，設有 16 個座位，安凱巴士站立空間較大，設有 7 個座位；試運行路線總長度約 1.6 公里，位於福田保稅區西南角，緊鄰深圳河(深圳及香港邊界)；道路種類包括單向雙車道、雙向雙車道、多個轉彎、紅綠燈、路邊車輛停靠等；沿線設置 3 個停靠站；車上安裝付費刷卡機及行駛路線動態顯示圖；全程車速在 20 公里限速路段速度維持在 10 多公里/小時，30 公里限速路段有少數時間能超過 20 公里/小時；試運行期間仍設有駕駛座，全程由一位司機監控車輛運行狀態，同時前車門位置也有工程師藉由筆記型電腦進行監控，筆記型電腦螢幕可顯示自動駕駛功能的運行狀態。

阿爾法巴(Alphabus)以中國大陸自製及自主可控的智慧駕駛技術為基礎，具有人工智慧、自動控制、視覺計算等眾多技術，車身四周安裝 7 種感應器，包括雷射雷達、毫米波雷達、鏡頭、GNSS 天線等設備感知周圍環境，形成車身周圍 0.5 至 90 公尺偵測範圍，且感應器之間能夠互補及避免單一感應器弱點，能夠即時因應其他道路使用者與突發狀況而進行反應，例如感測道路兩側行人走動而煞車，擁有自動駕駛車輛偵測、減速避讓、緊急停車、障礙物繞行、變換車道、自動靠站停車等多項功能，官方宣稱其系統安全性及穩定性已完全符合公共巴士試運行的要求。

二、國際自動駕駛相關法規

對於自動駕駛最具影響力的國際公約莫過於「維也納道路交通公約」，2016 年 3 月已修正允許自動駕駛技術應用於交通運輸上，公約修訂後大幅影響各國的交通法規，各國紛紛透過修法或訂立專法，允許自駕車可以進行道路測試。各國立法概況如下：

(一) 美國

儘管美國運輸部(U.S. Department of Transportation)與 NHTSA 定期更新自駕車相關之準則(如 2018 年發布的 “Automated Driving Systems 3.0: Preparing for the Future of Transportation 3.0.”)，各州為鼓勵自駕輔助駕駛發展，近年內開始考量制定自駕車相關之法規，例如國際最早允許自駕車上路為美國內華達州，該州議會在 2011 年通過自駕車的法令，由內華達州機動車輛管理局(NDMV, Nevada Department of Motor Vehicles)負責訂定安全與性能標準，以及指定自駕車能夠進行測試之地區，該法令要求測試時車內需有駕駛與乘客。

依據美國 NCSL (National Conference of State Legislatures)發布各州自駕車立法推動情形，至 2017 年已有 33 個州提出立法，自 2012 年以來至少有 41 個州和 D.C.已經考慮了與自動駕駛汽車相關的立法。其中，包括阿拉巴馬州等 29 個州、

以及華盛頓特區已經頒布與自動駕駛汽車相關的立法；包括亞利桑那州等 11 個州的州長已經發布與自動駕駛汽車有關的行政命令。(如圖 2.3.2-11)

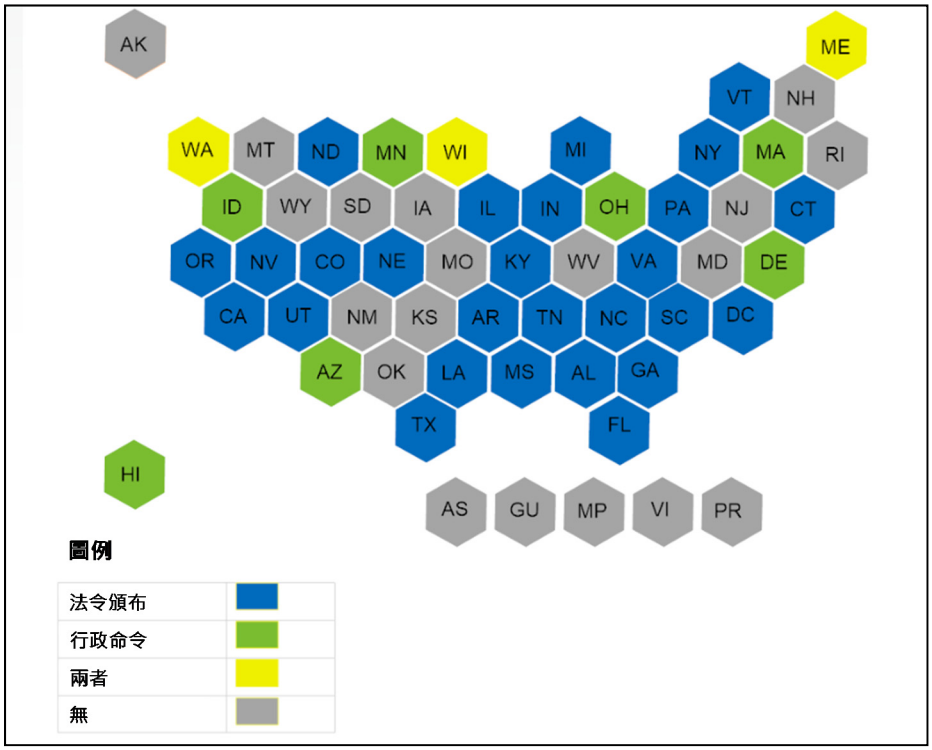


圖 2.3.2-11 美國自駕車相關法令頒布情形

由於各州對自身道路條件、法規與立法程序、產業環境等都有所不同，故針對自駕車測試也具有不同的開放程度。其中，加州的法令調整可加速自駕車的發展，因大多的自駕車技術廠商據點在加州，另外佛羅里達、密西根與賓州等也是自駕車的重點測試區域。

儘管州政府積極的推動自駕車的相關法令，但聯邦政府在通過相關法令的考量上較全面，影響其通過的期程。州政府的法規多為規範駕駛，聯邦的法規則多為規範車輛。

2017 年 9 月美國眾議院(the US House of Representatives)通過自駕法案(The Safely Ensuring Lives Future Deployment and Research In Vehicle Evolution Act, The SELF DRIVE Act)，為美國國會制定的第一個重大的自駕車相關法令，其主要目的為鼓勵自駕車的測試與運用，以提高自駕車在設計、建制與表現上的安全，透過限制州政府與自治區(municipalities)對自駕車的生產制定不合理的規範，使各州的自駕車相關產業均可自由發展。

此一法案為美國持續發展自駕車的重要關鍵，除了放寬自駕車數量以外，並明文排除適用傳統汽車的規定，例如需具備方向盤及油門踏板等，以及規定對消費者有告知義務、網路安全要求、車前燈標準、汽車隱私權保護及自駕車的安全標準等。惟需注意該法僅有架構性規定，細節性的內容仍待各州立法明確化。

2017 年 10 月參議院商業科學和交通委員會(US Senate Committee on Commerce, Science & Transportation)，草擬一份搭配自駕法的法案(companion Bill)：(AV START Act：the American Vision for Safer Transportation through Advancement of Revolutionary Technologies (AV START)，該法案的重點包含：將自動駕駛車輛投放到市場的數量減少到 8 萬部，將為自主車輛製造商提供一個可測試和蒐集數據以推動自駕車技術；允許第 1 年向市場投放之自動駕駛汽車從 5 萬減少到 1 萬 5 千，第 2 年從 7 萬 5 千減少到 4 萬，第三年由 10 萬減少到 8 萬，後續維持在 8 萬；以及自動駕駛車輛的允許範圍限制於重量 1 萬磅(約 4.5 公噸)或以下的車輛。將不包括重型車輛，例如卡車。

在自駕車的技術發展上，許多的州政府也頒布相關的法規鼓勵技術的研究與研發。多個州政府也通過了成立自駕車法令的專門研究委員會，以建議自駕車的相關法規，本計畫整理 2017-2018 年有制定相關自駕車研究的法令。

(二) 英國

英國政府為了吸引車商與自駕車技術新創公司的進駐，2013 年由交通部允許自駕車技術可在低度交通量的郊區與鄉村道路進行測試；2017 年，英國通過了需研擬自駕車的責任與保險政策的法令，顯示其企圖持續發展自駕車的意圖。

(三) 德國

2017 年 1 月德國議會通過「自動駕駛汽車法」，規範自動駕駛汽車的交通參與，允許所有自駕車技術可在公共道路上進行測試，規定自動駕駛車輛裡面必須配備司機，隨時監控車外路況以及以車內設備的運行情況，遇到緊急情況必須馬上採取人工駕駛措施進行干預，無測試人員進行自駕車測試的範圍僅限於有特定有圍欄之區域，例如停車場。

2017 年 5 月修正「道路交通法」(StVG)，有別於美國的概念式規定，直接針對第三級自駕車進行詳盡規範，包含駕駛人有義務在特定時機重新接管、提高事故賠償上限、釐清車廠與駕駛人的責任歸屬、自駕車需裝設黑盒子等。

依據「道路交通法」(StVG)，目前雖然開放上路車輛可以配備自動駕駛功能，但原則上仍需要駕駛人全程對自動駕駛系統進行監控，自動駕駛系統僅為輔助工具。當自駕系統要求駕駛人接管，或駕駛人自身意識到自駕系統已無法正常發揮功能時，駕駛人負有立即介入接管汽車控制的義務。

此法規要求自駕車上應安裝有駕駛數據記錄儀器(類似飛機的黑盒子)，用以記錄自駕車在各行駛時點究竟是由駕駛人抑或自駕系統操控。尤其當自駕系統遭遇技術障礙，或系統有要求駕駛人介入接手控制車輛時，記錄儀器須一併產生相應數據記錄以作為後續改進參考。未來該數據記錄內容將會成為追究事故責任時

的重要參酌指標，即即若數據顯示事故發生時是由駕駛人自行駕駛，則駕駛人應當承擔較多責任；反之，若是由自駕系統操控車輛，則車商方面應承擔較高比例的肇事責任。

此外，考量自駕車尚涉及諸多利益權衡的問題，德國由 14 位科學家和法律學者組成的道德委員會共同制定一套道德準則，在八月提出「自駕車道德準則」，共計 15 條自駕系統的駕駛決策道德準則，讓自駕車的開發廠商得以依循。

該準則明確指出人類的生命安全優先於動物以及財產的保護；而在人與人之間的衝突時，則主張一律平等，不得考慮年齡、性別、種族或殘疾等因素。不可否認，此準則並無法解決所有的倫理與道德的衝突問題。

(四) 荷蘭

荷蘭在發展自駕車的同時亦建設了多達 3 萬處的充電站並建置完整的無線網路以達到自駕車互相傳遞資訊之作用，為協助自駕車的發展，荷蘭政府另外花費了 90 百萬歐元改善超過 1,000 個的號誌，以利號誌系統可與自駕車進行資訊傳遞。

2015 年部長議會(Council of Minister)首次通過自駕車可在公共道路進行測試的法令。2016 年在市中心推出 Wepods 電動自駕小巴士，可乘坐 6 人，行駛於固定路線。2017 年頒布《自駕車輛實驗性使用草案》(Experimenteerwet zelfrijdende auto)、以及修訂《道路交通法》，允許民間公司申請許可證，以便在公共道路上以無駕駛員方式進行自駕車測試，並透過實際測試之結果評估該草案之適用性，找出草案修改方向。此草案明定自駕車測試前應先提出其提案申請並須經過主管機關之同意，允諾自駕車測試實驗之相關條件及規定。詳細相關規定將由荷蘭車輛管理局(RDW)與專家合作於測試進行前先評估測試條件，並請道路管理局及警察單位協辦。

另在荷蘭的倡議下，28 個歐盟國的交通部長已簽署《自駕車領域合作宣言》(Declaration of Amsterdam on Cooperation in the Field of Connected and Automated Driving)，致力推動自駕車發展及測試，目標是在 2019 年之前建構一個連通全歐洲的自駕車系統框架。

(五) 日本

日本政府考量自駕車可能會在 2020 年至 2025 年間開始蓬勃發展，有意在此之前擬訂相關法規和法律方向；2018 年 3 月 30 日未來投資會議公布將針對自駕車實施一系列控管原則，並計畫最快在 2019 年將相關法規呈交國會；預計將先針對第三級自駕車擬訂法規，也就是駕駛在特定情況下可以讓汽車自動駕駛，之後才會討論第四、五級自駕車或無人車相關的法規。

日本政府打算讓自駕車車主在發生車禍時,必須像普通車輛的車主一樣承擔責任,汽車業將因此減緩對承擔責任的擔憂,同時也有助加快將自駕車商業化的進度;與普通車輛相同,自駕車若在以自駕方式行進時發生車禍,車主必須為此負責,也可以由政府強制購買的汽車險理賠;只有在汽車系統明顯出現問題時,車廠才須要負責;由於日本車主都須保強制車險,預料保險業者也會開發新的保險業務;另外,也將要求自駕車架設裝置,以記錄地點、方向盤轉向、以及自駕系統行駛狀態,藉此協助釐清車禍原因。

(六) 中國大陸

2018 年 4 月 12 日中國工業和信息部、公安部、交通運輸部發布《智能網聯汽車道路測試管理規範(試行)》通知,規範中第二條規定,所有省、市級政府相關主管部門可依據當地實際狀況並遵守此規範展開自駕車道路測試。在此之前,只有北京以及其他少數城市,如上海、重慶可以進行自駕車道路測試。

規範針對測試駕駛人(安全駕駛員)的規定包括應該擁有駕照並具有 3 年以上駕駛經驗以及最近一年無嚴重交通違法記錄,如酒後駕車、因車禍導致他人死亡或重傷等;對於自動駕駛車輛的規範也相當嚴格,例如測試車輛應該在封閉道路、場地等特定區域進行過充分的測試,符合國家相關測試要求後方可進行道路測試。此外,測試車輛還必須具備即時回傳車輛控制模式、車輛位置、速度與加速度等應用狀態,並且自動記錄和儲存各項資訊,例如在車輛事故或失效狀況發生前至少 90 秒的數據等。

(七) 澳洲

澳洲各州有不同的自動駕車輛的監管措施。最早修改道路交通法規、允許自動駕駛車運行的是南澳;隨後,墨爾本所在的維多利亞州也引入「道路安全法案」修正案,允許無人駕駛車輛在有組織的實驗條件下在公共道路上行駛。

(八) 韓國

韓國政府允許車廠在 320 公里的公共道路上進行測試,並且預計在 2018 年在首爾南部的華城建設完成一條測試道路,韓國汽車廠商現代計畫在 2020 年銷售自動駕駛車型。

2016 年 3 月 29 日,韓國政府預告關於機動車輛運作績效與標準、以及零件的相關法規修訂,使得轉向技術之特定安全標準能夠適用於自動駕駛車輛轉向系統測試與研究。

2016 年 2 月 4 日,韓國政府通過實施自動駕駛車輛安全營運及測試操作要求之相關法規,並配合修訂「機動車輛管理法」及「機動車輛管理執法規定」,以建立詳細要求及確定之安全營運方法。

2018 年 1 月韓國政府核發第一張測試牌照允許 KT 5G 電信大巴士在首爾市區主要幹道上進行道路測試。

(九)新加坡

新加坡政府考量自動駕駛車輛技術處於發展的初期階段，管理法規之訂定必須具備其適應性及靈活性以配合現今科技發展之速度，同時可提供適當且快速之監管能力。

其作法係於現有《道路交通法》之修訂中帶入自駕車規範，另由於自駕車技術尚未成熟，試驗期間之意外往往不可預期，為避免自駕車事故之發生，自駕車在正式上路測試前皆須通過安全評估，並要求開發商須為測試制定事故緩解計畫，如培訓安全駕駛員，以便在必要時控制車輛。

2.3.3 高精地圖應用於自駕車之研究發展

自駕車會使用到的區域動態地圖(Local Dynamic Map, LDM)是由歐洲電信標準協會(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)所制定，來管理車輛感測器數據以及地圖資料。LDM 採用了四層模式，其架構如圖 2.3.3-1 所示，第一層為常態性的靜態數據(Permanent static data)，是最基礎的圖層，包含的資料為道路資料，像是車道中心線、道路標線等；第二層為瞬時靜態數據(Transient static data)，像是不包括在基礎圖層中的交通號誌；第三層為瞬時動態數據(Transient dynamic data)，涵蓋塞車狀況、車禍等資訊；第四層為高度動態數據(Highly dynamic data)，包含周邊車輛的行車關係、行人資訊等。以最底層的靜態地圖為基礎，越往上層的動態 訊息越多，更新頻率也越即時。

目前有國際上有不同的組織、公司發展出各自的高精地圖規格，包括 OpenDrive、Open Lane Model、Autoware 等等，臺灣高精地圖中心於 2019 年 5 月宣布選定 OpenDrive 為標準格式，希望以 OpenDrive 開源的特性，未來能進一步開放讓相關業者自行轉換為所需的格式，提供給自駕車使用。

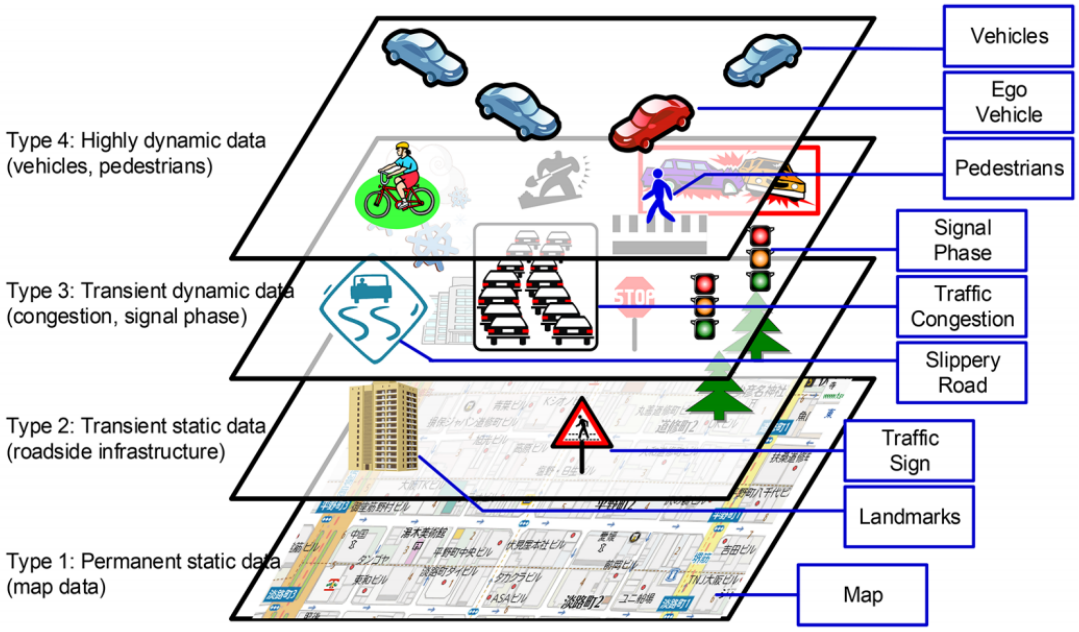


圖 2.3.3-1 區域動態地圖架構

本研究整理國際上各地圖測繪公司與自駕車相關技術研發公司對於高精地圖與自駕車之發展，觀察目前世界上各國在自駕車以及高精地圖的發展，朝向技術整合及高精地圖動態更新的發展趨勢，許多國際地圖廠商正與車廠或是自駕車研發技術相關之公司進行策略聯盟，相關簡介如下：

一、DMP

DMP (Dynamic Map Platform)是由三菱電機、Zenrin、Pasco 等日本測繪公司、自駕車技術相關廠商及多家車廠出資組成之動態交通地圖公司，其與日本 SIP-adus 合作共同訂定一套高精地圖規格。DMP 高精地圖製作能力目前已達精度 25 公分，也已經完成日本全國 29,205 公里高速公路的初步數據準備工作，並且自 2019 年 3 月底開始提供這些數據。

二、HERE

芬蘭地圖商 HERE Maps 原本隸屬諾基亞旗下，在 2015 年被德國汽車集團(Audi、BMW 及 Daimler)收購，2018 年 HERE 與中國四維圖新(NavInfo)、日本 Increment P (IPC)/Pioneer 和韓國 SK 電訊公司組成 OneMap 聯盟，目標在制定全球地圖標準，為自駕車提供全球性、標準化及動態的高精地圖，以 HERE HD Live Map (HERE HDLM)的標準為主，並預計於 2020 年開始投入使用動態三維高精地圖。

HERE HDLM 為一網路服務，提供使用者存取高精度且持續更新的地圖資料，這些資料是由圖磚圖層所組成，包含車道和道路的幾何圖形和拓樸，以及道

路等級和車道等級的屬性資料。這些圖層可以歸類為以下三種：

(一)Road Centerline Model：提供道路拓撲、幾何形狀和相關的道路等級屬性資料。
(二)HD Lane Model：包含車道等級的幾何形狀和屬性資料。
(三)HD Localization Model：包含多種的道路特徵，像是道路標誌、交通號誌等。

三、TomTom

荷蘭地圖廠商 TomTom，近年運用其既有高精地圖並推出 RoadDNA 技術，將 3D 高精地圖點雲資料壓縮成 2D 平面影像，其 RoadDNA 資料庫每公里地圖僅需 25KB 容量，壓縮過後的圖像不影響機器辨識解讀，透過道路特徵的比對演算出相對坐標，此項技術也可解決車輛網路運輸與傳輸效能限制等問題。

且其高精地圖已覆蓋超過 38 萬公里，涵蓋美國、西歐以及日本，2019 年 3 月更與芬蘭無線技術開發商 Elektrobit (EB)宣布，雙方將發布業內首款自動駕駛車載高清地圖。TomTom HD Map 的幾項特徵及其對自駕車的幫助條列如下：

(一)Lane geometry: 增強 ADAS 應用設備中橫向及縱向的控制程度
(二)Lane-level speed limits: 增強 ADAS 應用設備的速度控制
(三)Lane markings: 確保車輛遵守交通規則並作為路徑規劃
(四)Traffic signs: 確保車輛遵守交通規則
(五)Road borders and guardrails: 提供改進的駕駛方案
(六)Lane connectivity: 幫助車輛行進在在安全且平順的路徑上

四、四維圖新

四維圖新是中國大陸主要的導航電子地圖廠商，近年也投入高精地圖及自動駕駛技術研發。2018 年由 HERE、四維圖新、日本 Increment P (IPC)/Pioneer 和韓國 SK 電訊公司組成的 OneMap 聯盟，目標是為自駕車提供全球性、可跨區域的、標準化的動態高精地圖。

今年度也與 BMW 合作，共同發展自動駕駛地圖及相關服務，四維圖新將提供 2021 年-2024 年在中國銷售的 BMW 車輛自駕用高精地圖，四維圖新將也將透過車聯網數據平台蒐集、蒐集及處理 BMW 車輛所得到的空間資訊，往地圖動態更新的方向邁進。

五、高德

高德也是中國主要的電子地圖商，已完成中國超過 32 萬公里的高速及城快公路的高精地圖數據蒐集。2018 年凱迪拉克也宣布其在中國販售的 Super Cruise

自駕系統(Level 2 半自動駕駛等級)將使用高德的高精地圖數據，。其發展高精地圖將分為三個階段進行，第一階段是為滿足商業化需求，建議高精地圖資料蒐集與更新的標準作業程序；第二階段則是融合定位，利用高精地圖及感測設備的資料融合達到高精度相對定位能力；第三階段則是動態訊息，基於精準定位的基礎上，提供如紅綠燈、道路施工等動態訊息。

六、Autoware

發展自動駕駛軟體公司 Apex.AI、Tier AI 和開源協作組織 Linaro 96Boards 於 2018 年成立 Autoware 基金會，旨在發展和資助自動駕駛開源協作軟體，Autoware 雖然不是地圖廠商，但除了發展自駕系統外，也開發 Vector Map Builder 和 Point Cloud Map Builder 等不同的工具，供開發商使用，國內也有許多自駕車廠商應用 Autoware。

(一) Vector Map Builder：

是一個有助於從點雲資料創建向量地圖的工具，其與 ADAS Map 兼容。向量地圖表示道路固有的一組特徵，例如車道，停車線，交通燈和交叉路口。Autoware 利用這些資訊來增強路徑規劃，物體檢測，交通燈號識別和其他關鍵任務的功能。

(二) Point Cloud Map Builder：

是一種可輕鬆構建 3D 點雲圖的工具。使用先前記錄的 ROSBAG 文件作為輸入，其可包括由 LiDAR 傳感器捕獲的範圍信息，Point Cloud Map Builder 將生成文件作為包含 3D 點雲圖的輸出。例如，生成的地圖可用於在捕獲的區域中定位自動駕駛車輛。

第三章 基隆車聯網實驗場域擴充及公共運輸車輛整備

本計畫完成基隆車聯網實驗場域設備擴充、公共運輸車輛 CV 與 ADAS 設備安裝、系統架構及介面的設計與開發，並確認所建置系統及場域的妥善性。本章節所完成場域的路側端與車載端實驗設備建置成果，提供給第四章實驗測試情境基本功能及效能驗測的前置作業，最終於實驗場域進行大規模驗測，依據大規模驗測結果進行系統校調，完成後提供場域驗測效益分析與成果。

3.1 基隆場域路側實驗設備擴充

3.1.1 前期場域設備及後台運作盤點

前期場域設備及後台運作盤點如表 3.1.1-1、表 3.1.1-2 所示，此為 107 年 12 月所盤點之運作情況；運作正常與否包括現場與設備直接連線，檢視是否正常運作，以及透過場域後台檢視設備是否正常連線並回報狀態。如果現場設備正常運作，但後台呈現設備斷線(簡稱後台異常)，則表示 4G 寬頻連線異常；由於場域中多個 RSU 會透過 multi-hop 的方式共用 4G 頻寬網路，如果其中有節點設備故障，也會呈現連線異常的情況。

表 3.1.1-1 基隆場域設備盤點表

設備名稱(計畫年度)	正常/異常	異常狀況
RSU01 (104 年)	設備正常、後台異常	日間無供電
RSU02 (104 年)	設備正常、後台異常	透過 RSU03 回後台
RSU03 (104 年)	設備異常、後台異常	RSU 設備故障
RSU04 (104 年)	設備正常、後台異常	透過 RSU03 回後台
RSU05 (104 年)	設備正常、後台正常	
RSU06 (104 年)	設備正常、後台正常	
RSU07 (104 年)	設備異常、後台異常	RSU 設備故障
RSU08 (104 年)	異常	機箱無供電
RSU09 (104 年)	設備正常、後台異常	透過 RSU11 回後台
RSU10 (104 年)	設備正常、後台異常	透過 RSU11 回後台
RSU11 (104 年)	異常	機箱無供電
RSU21 (105 年)	設備正常、後台異常	4G Router 異常
RSU22 (105 年)	設備正常、後台異常	透過 RSU23 回後台
RSU23 (105 年)	設備正常、後台異常	4G Router 異常
RSU24 (105 年)	設備正常、後台正常	
RSU25 (105 年)	設備正常、後台正常	

RSU26 (105 年)	設備正常、後台異常	4G Router 異常

表 3.1.1-2 中興新村場域設備盤點表

設備名稱(計畫年度)	正常/異常	異常狀況
CV-RSU01 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
CV-RSU02 (106 年) 中學-光華	設備正常、後台正常	
CV-RSU03 (106 年) 光華-光華四	設備正常、後台正常	
CV-RSU04 (106 年) 光華四-中正	設備正常、後台正常	
eTag01 (106 年)	設備正常、後台異常	4G Router 異常
eTag02 (106 年)	設備正常、後台正常	
VD01 (106 年)	設備正常、後台正常	
Radar01 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
Radar02 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
Radar03 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
Radar04 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
Radar05 (106 年) 光華-光華四	設備正常、後台正常	
Radar06 (106 年) 光華-光華四	設備正常、後台正常	
Radar07 (106 年) 光華-光華四	設備正常、後台正常	
CCTV01 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
CCTV02 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
CCTV03 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
CCTV04 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
CCTV05 (106 年) 光華-光華四	設備正常、後台正常	
CCTV06 (106 年) 光華-光華四	設備正常、後台正常	
CMS01 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
CMS02 (106 年) 中正-中學	設備正常、後台正常	
CMS03 (106 年) 光華-光華四	設備正常、後台正常	

以上異常情況已全部排除，確認前期所有設備及後台運作都恢復正常，以便與今年擴充的設備及後台進行整體驗測。以下為兩個前期場域(基隆及中興新村)後台呈現的正常狀況。



圖 3.1.1-1 基隆場域設備運作狀況

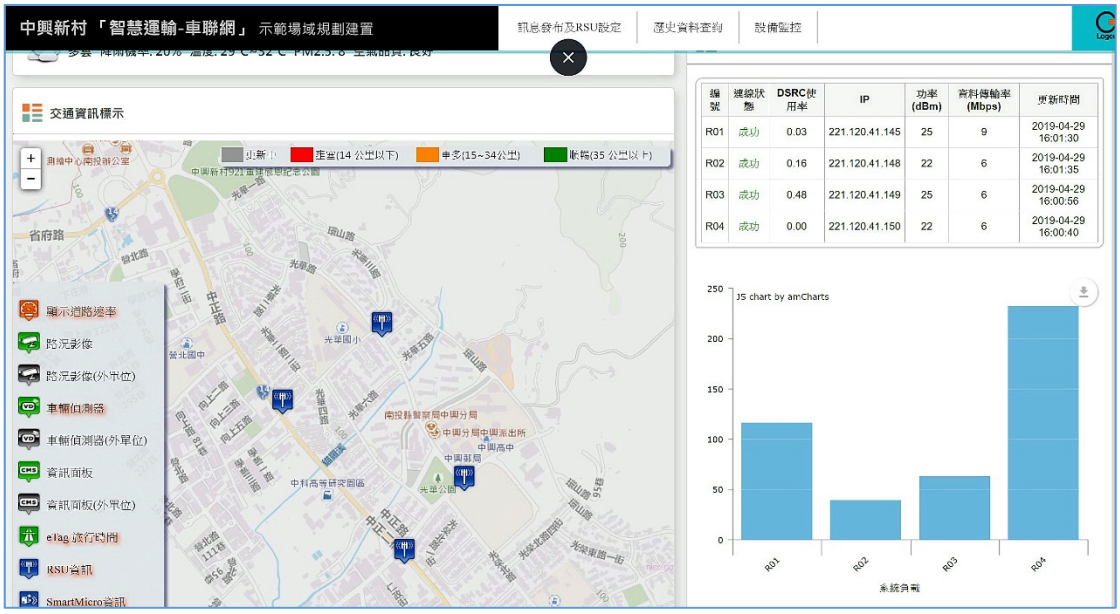


圖 3.1.1-2 中興新村場域設備運作狀況

3.1.2 基隆地區場域之路側實驗設備擴充

本期中階段工作進行基隆地區場域之路側實驗設備擴充，其主要內容包含：

一、 考量本系列計畫延續性，在車聯網 DSRC 實驗設備部分採用前期計畫美規 DSRC 2016 年相關最新標準。

二、固定式路側實驗設備擴充部分：

(一)RSU 路側設備擴充

1. 利用 5 個 DSRC RSU 擴充延伸納入台 2 線基金公路在台 62 線與國

道 3 號基金交流道間路段。

2. 利用 14 個 DSRC RSU 擴充延伸納入下列區段：

(1) 6 處架設 DSRC RSU 涵蓋國道 1 號八堵交流道(含)至汐止系統交流道(含)間路段全線，以及麥金路與八堵交流道路口。

(2) 3 處架設 DSRC RSU 涵蓋國道 3 號基隆隧道至基金交流道(含)間路段。

(3) 5 處架設 DSRC RSU 於麥金路在安樂路二段路口(含)至樂利三街路口(含)間路段。

(二)建置 2 處智慧安全路口

針對基金一路/208 巷/135 巷，以及麥金路/樂利三街之路口，建置智慧安全路口，提供行經該路口之本計畫實驗車輛與公共運輸車輛，以及行人與行車的相關交通安全警示。

3.1.3 基隆台 2 線基金公路段路側設備規劃與建置

基金段路側設備 5 處建置地點(包含一處智慧路口)如圖 3.1.3-1 所示，表 3.1.3-1 則為 RSU 設備編號與架設方式說明。



圖 3.1.3-1 基金段路側設備(5 處)建置地點

一、RSU01-基金一路與基金一路 349 巷

設備建置如圖 3.1.3-2 所示。

(一)RSU 附掛於基金一路 347 號前的號誌桿

(二)RSU 使用號誌電源



圖 3.1.3-2 基金一路與基金一路 349 巷設備附掛示意

二、RSU02-基金一路與武崙街口

設備建置如圖 3.1.3-3 所示。

(一)RSU 附掛於基金一路 226 號前的號誌桿

(二)RSU 使用號誌電源



圖 3.1.3-3 基金一路與武崙街口設備附掛示意

建置完工照片如圖 3.1.3-4 所示。



圖 3.1.3-4 基金一路與武崙街口設備完工照

三、RSU03-智慧安全路口：基金一路/208 巷/135 巷

圖 3.1.3-5 為分析過去 105~107 年基金一路/208 巷/135 巷所發生的事故類型，其中共有 2 起車輛左轉撞到斑馬線行人的事故(原因請見圖中第 5、第 6 項)，經與基隆交通隊討論過後，選擇防護行走於斑馬線的行人，並實際架設 CMS (Changable Message Sign)看板警示行人。

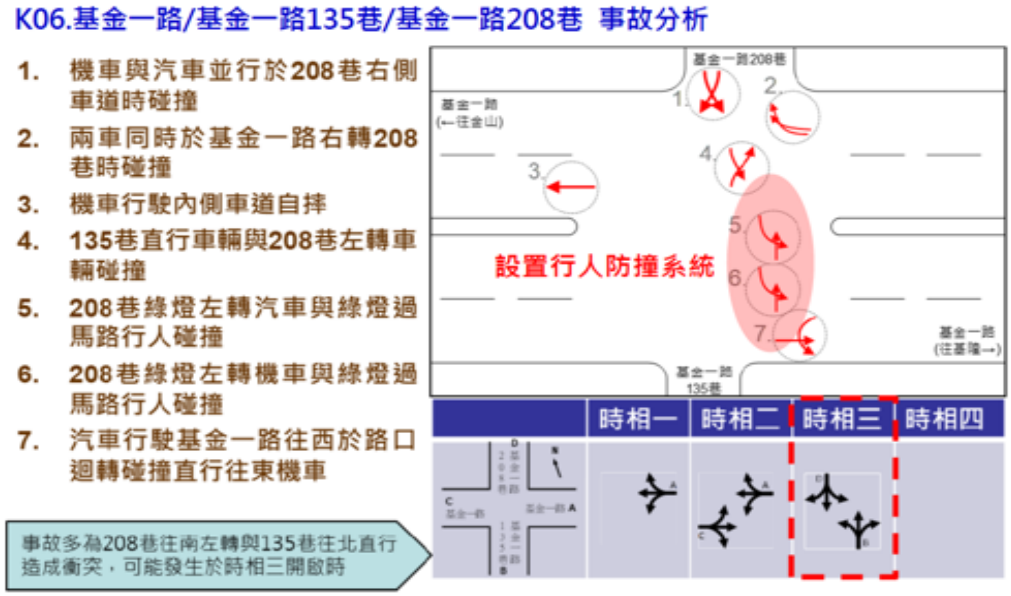


圖 3.1.3-5 基金一路/208 巷/135 巷事故類型分析

圖 3.1.3-6 為依據防護的類型所建置之智慧路口設備附掛點位圖，設備共包含光學雷達、毫米波雷達、RSU、警示行人用 CMS 看板與大機箱。圖 3.1.3-7 為基金一路/208 巷/135 巷設備附掛示意圖。

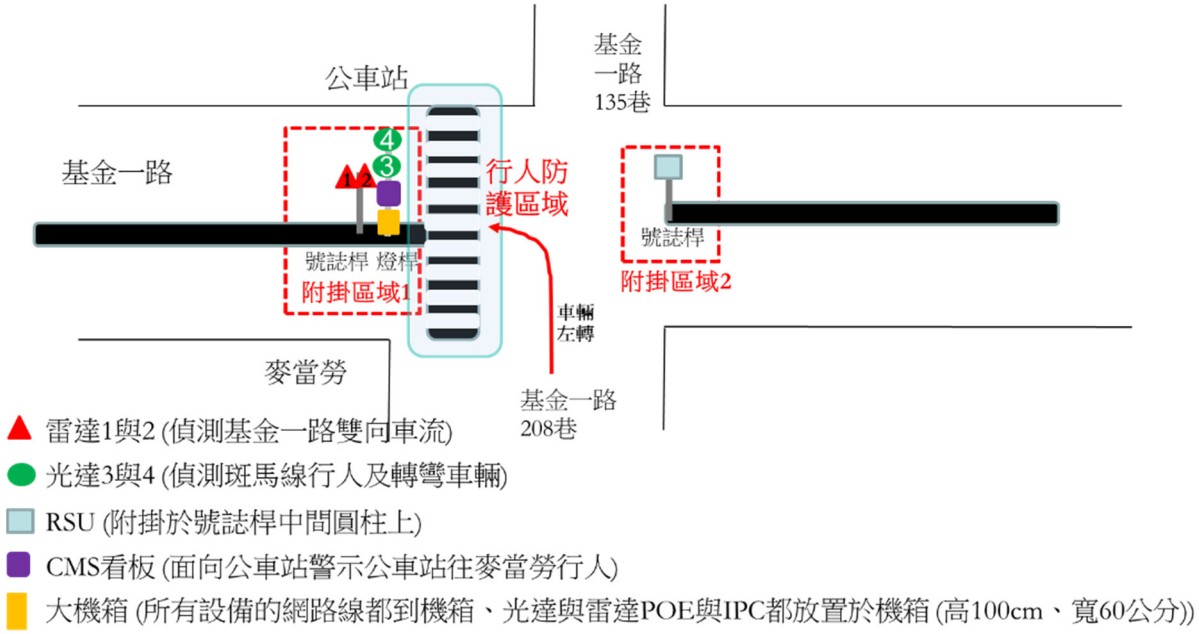


圖 3.1.3-6 基金一路/208 巷/135 巷設備附掛點位



圖 3.1.3-7 基金一路/208 巷/135 巷設備附掛示意

四、RSU04-基金一路與武嶺街口

設備建置如圖如圖 3.1.3-8 所示：

(一)RSU 附掛於基金一路 133-2 號前號誌桿

(二)RSU 使用號誌電源



圖 3.1.3-8 基金一路與武嶺街口設備附掛示意

五、RSU05-基金一路與基金一路 112 巷

設備建置如圖 3.1.3-9 所示：

(一)RSU 附掛於基金一路 110-87 號基隆家扶中心前方號誌桿

(二)RSU 使用號誌電源



圖 3.1.3-9 基金一路與基金一路 112 巷設備附掛示意

3.1.4 麥金路路段、國 1、國 3 路側設備規劃與建置

麥金段路側設備 5 處建置地點如圖 3.1.4-1 所示，表 3.1.4-1 則為 RSU 設備編號與架設方式說明。



圖 3.1.4-1 麥金段路側設備(5 處)建置地點

一、RSU01-智慧安全路口：麥金路/樂利三街

圖 3.1.4-2 為分析過去 105~107 年麥金路與樂利三街所發生的事故類型，其中共有 3 起麥金路左轉樂利三街的車輛發生事故(原因請見圖中第 5、第 6 與第 7 項)，經與基隆交通大隊討論過後，選擇防護麥金路左轉樂利三街的車輛，實際架設 CMS 警示看板給左轉的車輛，達到提早預警之功效。

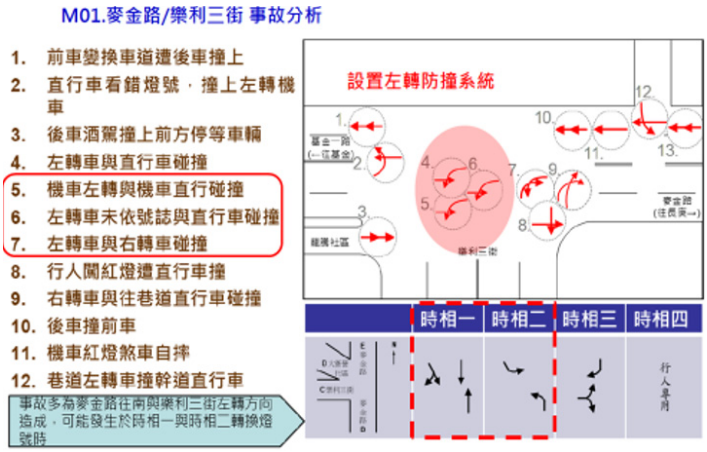
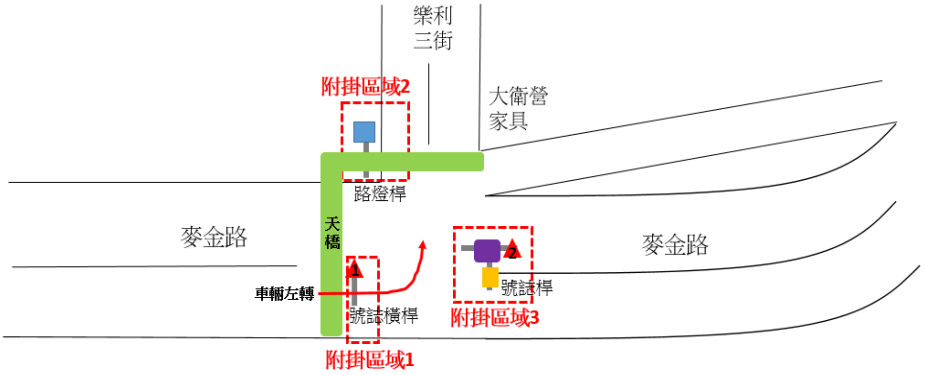


圖 3.1.4-2 麥金路與樂利三街事故類型分析

圖 3.1.4-3 為依據防護的類型所建置之智慧路口設備附掛點位圖，設備共包含雷達、RSU、警示車輛用 CMS 看板與大機箱。圖 3.1.4-4 為麥金路/樂利三街設備附掛示意圖。



▲ 雷達1 (附掛於號誌橫桿偵測麥金路往長庚醫院直行車輛)、雷達2 (附掛於號誌橫桿偵測麥金路往基金路直行車輛)
■ RSU (附掛路燈桿天線高度勿比天橋高 ，路燈編號63487)
■ CMS看板 (附掛於號誌桿的T字部位，建議尺寸120cm*160cm)
■ 大機箱 (所有設備的網路線都到機箱、CMS電源、雷達POE與IPC都放置於機箱 (高100cm、寬60公分))

圖 3.1.4-3 麥金路/樂利三街設備附掛點位



圖 3.1.4-4 麥金路/樂利三街設備附掛示意

二、RSU02-麥金路/中油加油站前閃黃光號誌桿

設備建置如圖 3.1.4-5 所示。

(一)RSU 附掛於麥金路/中油加油站前閃黃光號誌桿

(二)RSU 使用號誌電源



圖 3.1.4-5 麥金路/中油加油站前設備附掛示意

三、RSU03-麥金路/樂利二街/麥金路 421 巷

設備建置如圖 3.1.4-6 所示。

(一)RSU 附掛於麥金路/樂利二街/麥金路 421 巷的號誌桿

(二)RSU 使用號誌電源

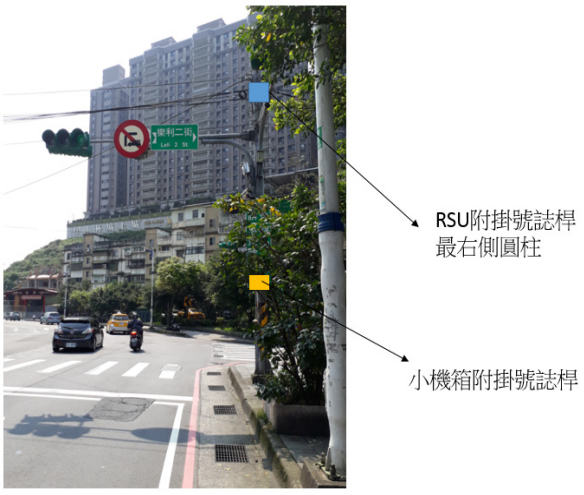


圖 3.1.4-6 麥金路/樂利二街/麥金路 421 巷設備附掛示意

施工完工照如圖 3.1.4-7 所示。



圖 3.1.4-7 麥金路/樂利二街/麥金路 421 巷設備完工照

四、RSU04-麥金路/安樂派出所前路口

設備建置如圖 3.1.4-8 所示。

(一)RSU 附掛於麥金路/安樂派出所前號誌桿

(二)RSU 使用號誌電源

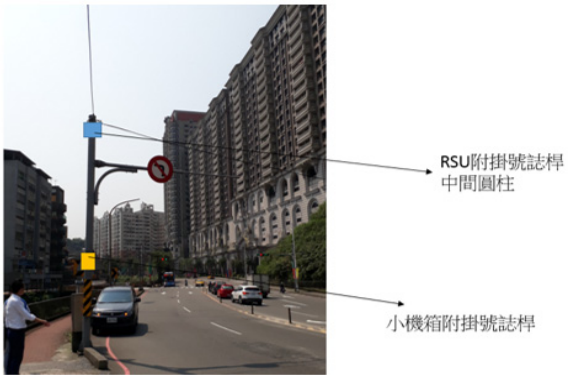


圖 3.1.4-8 麥金路/安樂派出所前路口設備附掛示意

五、RSU05-麥金路/長庚醫院

設備建置如圖 3.1.4-9 所示。

(一)RSU 附掛於麥金路/長庚醫院前方號誌桿

(二)RSU 使用號誌電源



圖 3.1.4-9 麥金路/長庚醫院設備附掛示意

施工完工照如圖 3.1.4-10 所示。



圖 3.1.4-10 麥金路/長庚醫院設備完工照

本計畫於基隆場域涵蓋國道與快速道路路段，並於國 1 基隆交流道至汐止系統交流道間共架設 5 處 RSU 路側設備、台 62 線往瑞濱路段架設 1 處 RSU 路側設備，如圖 3.1.4-11 所示。國 3 基金交流道往汐止系統交流道共架設 3 處 RSU 路側設備，如圖 3.1.4-12 所示。

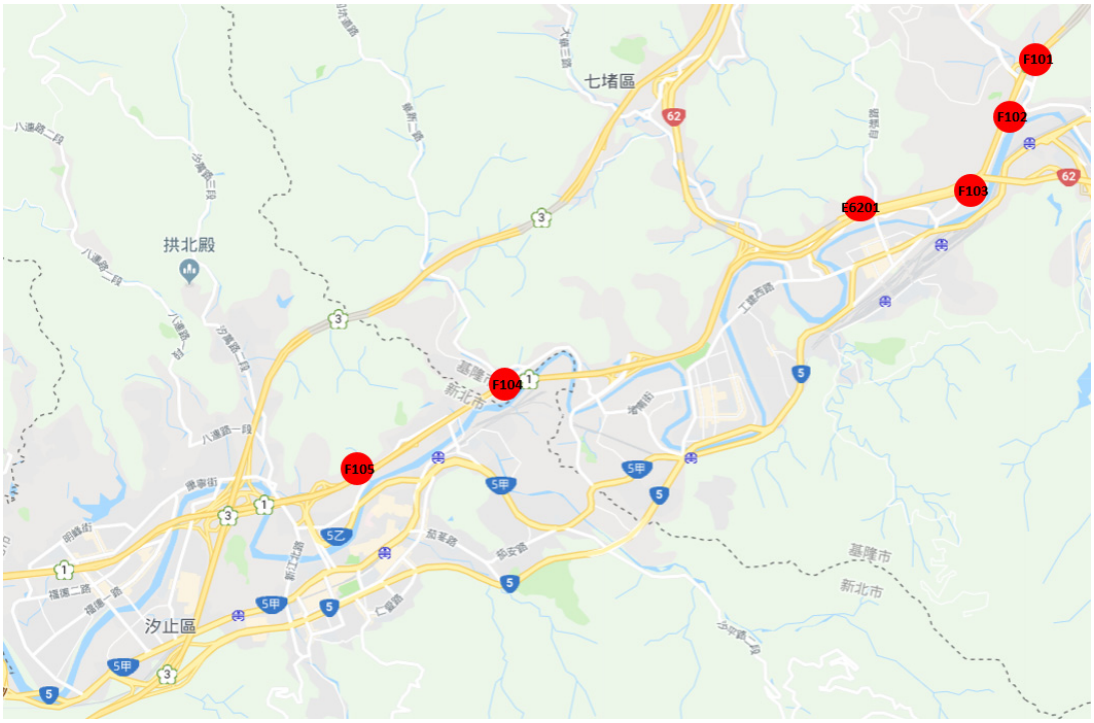


圖 3.1.4-11 國 1 基隆交流道至汐止系統交流道間(5 處)、台 62 線往瑞濱(1 處)RSU 路側設備示意

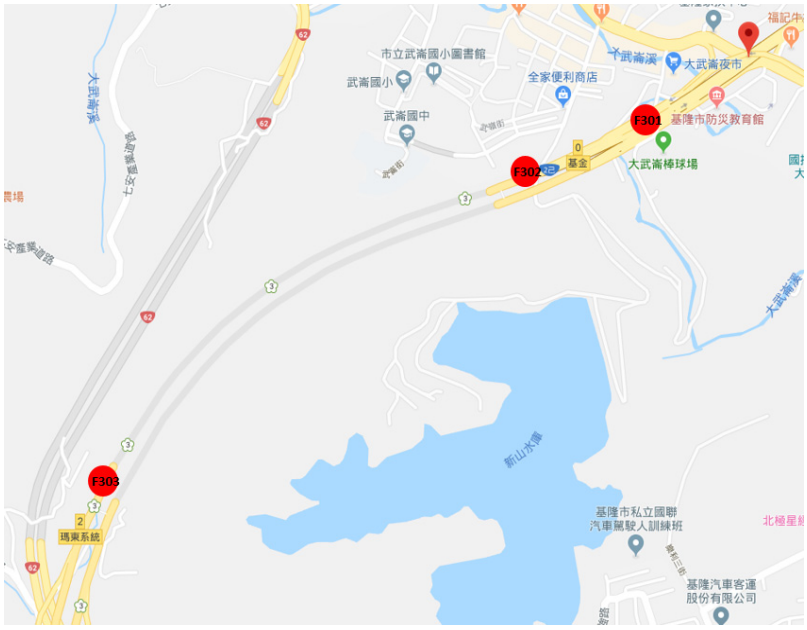


圖 3.1.4-12 國 3 基金交流道往汐止交流道(3 處)RSU 路側設備示意

國 1 基隆交流道至汐止系統交流道間共架設 5 處 RSU 路側設備、台 62 線往瑞濱路段架設 1 處 RSU 路側設備，其中國 1 點位 1 (F101)為基隆交流道附近的 CCTV 塔，如圖 3.1.4-13 所示。



圖 3.1.4-13 國 1 點位 1 設備附掛示意

國 1 點位 2 (F102)為 1.9K 處 CMS 看板，如圖 3.1.4-14 所示。



圖 3.1.4-14 國 1 點位 2 設備附掛示意

國 1 點位 3 (F103)為靠近五堵交流道的 CCTV 塔，如圖 3.1.4-15 所示。

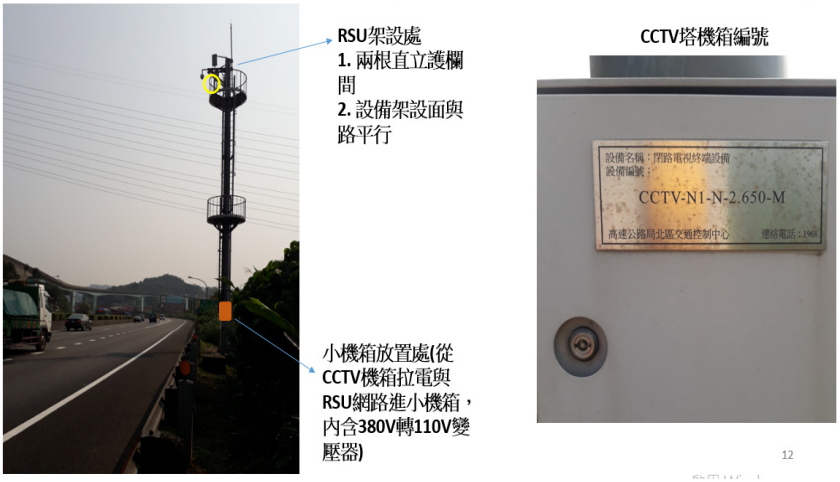


圖 3.1.4-15 國 1 點位 3 設備附掛示意

國 1 點位 4 (F104)為靠近汐止交流道的 CCTV 塔，如圖 3.1.4-16 所示。



圖 3.1.4-16 國 1 點位 4 設備附掛示意

國 1 點位 5 (F105)為汐止交流道指示路牌門架，如圖 3.1.4-17 所示。



圖 3.1.4-17 國 1 點位 5 設備附掛示意

台 62 線往瑞濱路段架設 1 處 RSU 路側設備，架設地點為 7.2~7.3K 之間，如圖 3.1.4-18 所示。



圖 3.1.4-18 台 62 線 7.2~7.3K 之間設備附掛示意

圖 3.1.4-19 為設備建置完工照。



圖 3.1.4-19 台 62 7.2~7.3K 之間設備建置完工照

國 3 基金交流道往汐止共架設 3 處 RSU 路側設備，其點位 1 (F301)為上基金交流道、匯入國三主線匝道儀控號誌處(北往南、往汐止方向)，其建置示意圖

如圖 3.1.4-20 所示。

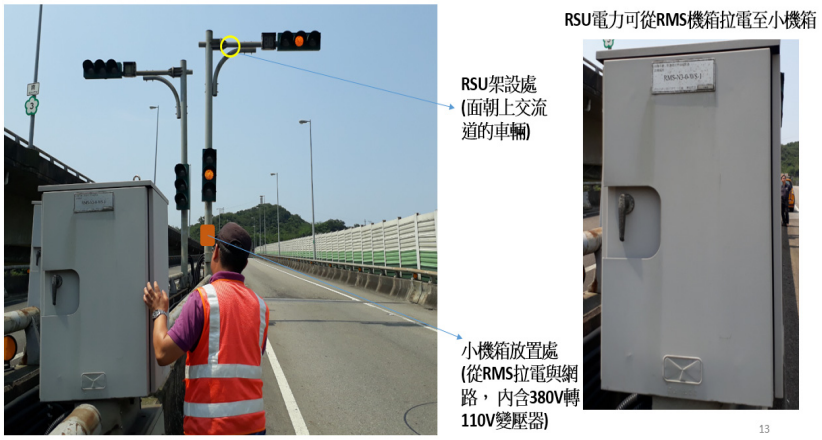


圖 3.1.4-20 國 3 點位 1 設備附掛示意

施工完工照如圖 3.1.4-21 所示。



圖 3.1.4-21 國 3 點位 1 設備完工照

點位 2 為入基隆隧道前的 CMS 看板(北往南、往汐止方向)，其建置示意圖如圖 3.1.4-22 所示。



圖 3.1.4-22 國 3 點位 2 設備附掛示意

點位 3 為出基隆隧道的路燈桿(北往南、往汐止方向)，其建置示意圖如圖 3.1.4-23 所示。



圖 3.1.4-23 國 3 點位 3 設備附掛示意

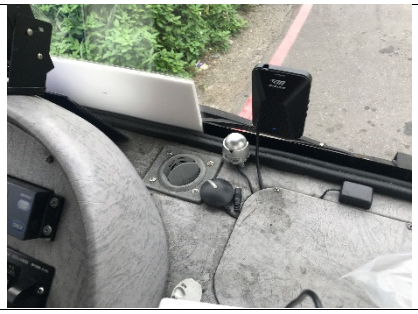
3.2 車側端 ADAS 與 CV 整合規劃

本計畫選擇廠商 A 的前側後方盲點偵測及駕駛行為偵測產品，搭配廠商 B 前方 FCWS/LDWS 警示系統與廠牌 C 的車內運算平台，進行與車聯網設備整合並安裝於公共運輸車輛上，如表 3.2-1 所示為安裝先進駕駛輔助系統於基隆市區公車 505 路線。整合安裝車聯網與 ADAS 實驗設備示意圖 3.2-1，包括車外偵測架構與功能應用及車內資訊匯流。前側後方盲點偵測及駕駛行為偵測產品可安裝在車前、車後及車輛的左右側用來提升視野輔助區域，本計畫採用車前後及車左右側來偵測盲區，減少因視野盲區及車輛轉彎產生之內輪差所造成的意外事故。

表 3.2-1 基隆市區公車 505 路線安裝先進駕駛輔助系統設備項目表

安裝單位	基隆市公車處		
安　裝　項　目	先進駕駛輔助系統(ADAS)整合車聯網(CV)		
各項車載設備一覽			
項次	名稱	照片	安裝位置與用途
1	盲點偵測 廠牌 A (前)		安裝於車輛前方，做前方盲點偵測。

2	盲點偵測 廠牌 A (後)		安裝於車輛後方，做後方盲點偵測。
3	盲點偵測 廠牌 A (左)		安裝於車輛左方，做左側盲點偵測。
4	盲點偵測 廠牌 A (右)		安裝於車輛右方，做右側盲點偵測。
5	前方防碰撞/車道偏移 廠牌 B		安裝於車輛前方擋風玻璃，做前方防碰撞與車道偏移偵測。
6	駕駛行為警示 DBW 廠牌 C		安裝於駕駛座前方，做駕駛行為偵測(如疲勞與分心偵測)。

7	全時錄影 攝影鏡頭		安裝於車輛前方擋風玻璃附近，做前方影像錄影。
8	車載電腦、錄影主機		安裝於駕駛座後方，車載主機做警示運算；錄影主機做影像存檔。
9	工研院 DSRC OBU 車機		安裝於駕駛座右前方，做車聯網通訊與應用警示。

車輛四週所裝設各個方位的偵測系統，都是可獨立運作的，不會因一方位的故障，而造成整個系統無法運作，並搭配車輛訊號來整合並控制警示的方式。

一、行車視野盲點警示-前後方防護

依參數設定固定偵測範圍，隨車行方向偵測，就偵測範圍之物體包含汽車、機車、行人等，可辨識進入偵測範圍之物體。

二、行車視野盲點警示-側方防護

依參數設定固定偵測範圍，車行左右兩側方向偵測；就偵測範圍之物體包含汽車、機車、行人等，可辨識進入偵測範圍之物體，本案將側方偵測範圍設定為 1.5 公尺，因標準大客車為 12 公尺長度，其建議安全距離為 1/3 長度，此距離亦可有效涵蓋一個車道。車外偵測架構與功能應用，如圖 3.2-1 所示。此外，本計畫採用駕駛行為偵測系統 DBWS (Driving Behavior Warning System)利用實際影像來偵測駕駛疲勞狀態偵測。



圖 3.2-1 車外偵測架構與功能應用

圖 3.2-2 中的 IPC 採用工業級雙核心處理器車載電腦，提供車輛追蹤和定位功能，車載電腦支援多種車輛通訊協定(例如：J1939、車上診斷系統 OBD-II (On-Board Diagnostics II)/ ISO 15765)，廣泛運用在車輛診斷和駕駛員行為分析管理，並支援 8 個攝影機影像輸入，每一連接埠提供每秒 30 幅 H.264 的影像格式錄影。工業電腦 IPC (Industrial PC)根據 Mobileye 換算距離，依據標準版訊協定內容 CAN message 0x700 在 CIPV (close in path vehicle)為 on 時，可以輸出以 0.1 秒為單位，範圍在 0.1~2.5 秒間的車間距 (0.1~1 秒間隔 0.1 秒、1~2 秒間格 0.2 秒、2~2.5 秒間格 0.5 秒，加上其他來源的速度(或是 Mobileye CAN message 0x760)參數後應可以換算為距離，算式如下所示：

一、TTC*Speed=distance

二、Distance/speed=TTC

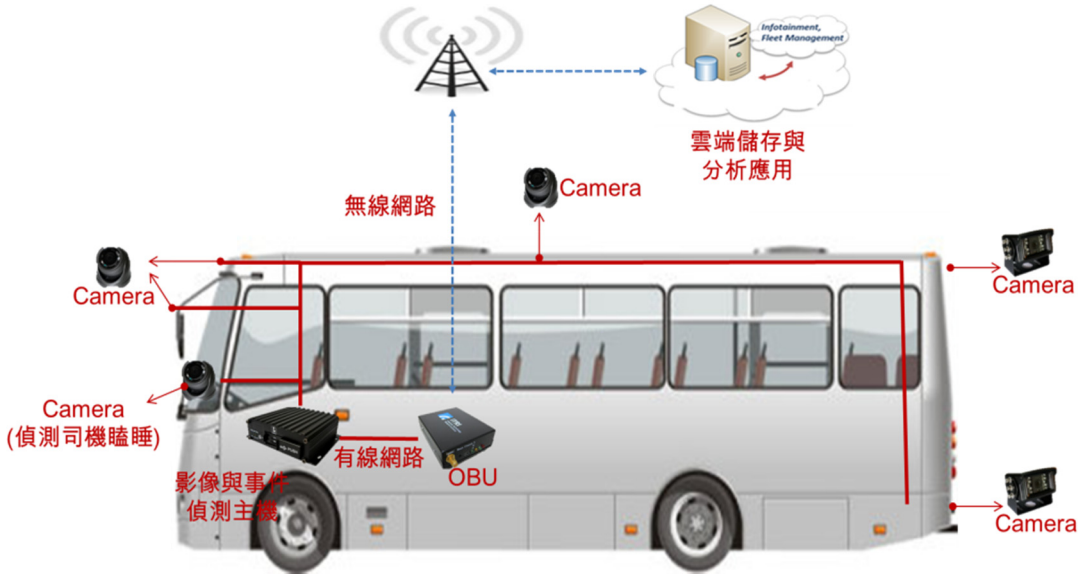


圖 3.2-2 車聯網與 ADAS 整合示意圖

表 3.2-2 先進駕駛輔助系統(ADAS)實驗車載設備行車輔助警示

項目	功能
前方碰種警示	➢ 車道偏移偵測 Lanes Departure Warning (LDW) ➢ 前車防撞警示 Front Collision Warning (FCW)
疲勞駕駛偵測	➢ 疲勞偵測：人臉辨識偵測，包含打哈欠、闔眼秒數與頻率等 ➢ 駕駛行為偵測：包含未注視前方路況、接聽手機、吃東西、抽菸等狀態 ➢ 適用低光源、低照度駕駛環境 ➢ 即時警示語音提醒駕駛
行車視野盲點偵測系	➢ 超廣角水平 180 度的偵測角度 ➢ 高解析百萬畫素解析度 ➢ IP68 戶外防水 ➢ 鏡頭模組整合偵測主機，提供高解析度畫面，同時偵測移動中風險物體
IPC 車載電腦	➢ 支援 8 個攝影機影像輸入，AVI 影像格式 ➢ 提供 USB 3.0 連接埠、雙 SIM 卡和 CFast 卡插槽，可替換式硬碟(支援 SSD 及 SATA) ➢ 符合車用標準規格含無線、GNSS、4G、藍芽、G-Sensor 等，可進行遠程監控
HD 攝影機	➢ 支援 720P 影像解析度 ➢ 水平視角 80 度以上 ➢ 垂直視角 50 度以上
車規數位視訊 DVR	➢ 支援 H.264 影像壓縮 ➢ 8CH AHD 1080P@15fps (Total 1080P@120fps) ➢ 支援 2.5 吋 SATA3 HD/SSD

ADAS 設備於車內的安裝位置示意如圖 3.2-3。

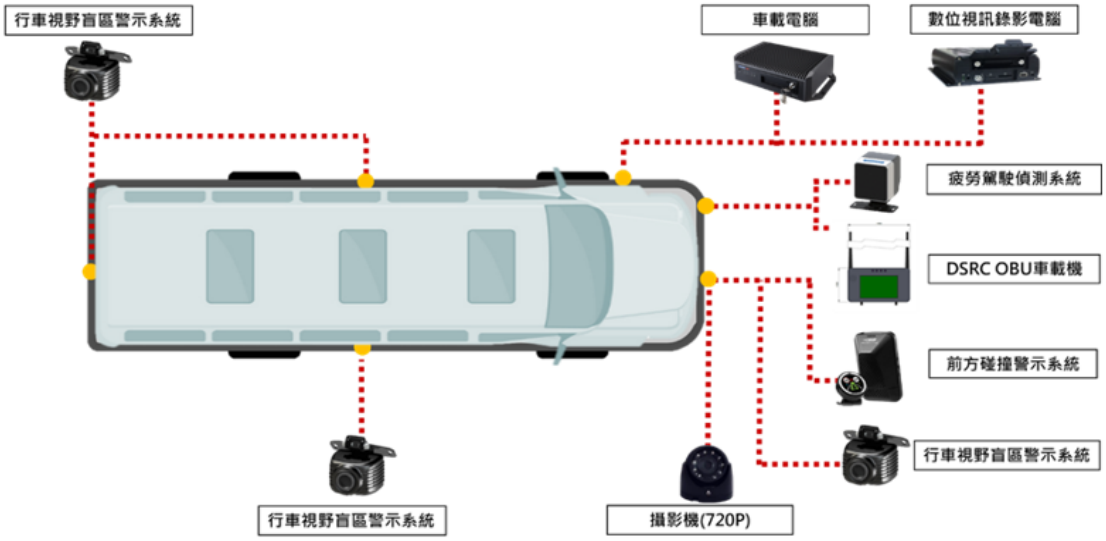


圖 3.2-3 車側端車聯網與 ADAS 系統佈設規劃

其中車內影像與事件偵測主機以有線方式串接不同位置的攝影機與感測器，包含偵測車外死角、駕駛專注力/瞌睡等攝影機與感測器。所偵測的事件會同時記錄事件發生位置(GNSS)、時間並同時儲存當下影像。可作為後續標準的參考值(ground truth)與事件還原相關應用。車內影像與事件偵測主機將所偵測的事件與影像，透過無線網路的方式與 OBU 介接，將事件與影像以無線方式傳送給車外 RSU 或雲端平台。作為統一與車外 RSU、雲端平台溝通之開道。

表 3.2-3 目前規劃車內 ADAS 系統所偵測事件定義及資訊流程表

項目	事件代碼	事件名稱	事件定義	偵測設備	資料流程
1	LDWL	左轉未打方向燈	速度超過 55km/h 時，未打左轉方向燈，車道往左偏移	車道偏移警示(廠牌 B)	廠牌 B→廠牌 C → server 與 OBU
2	LDWR	右轉未打方向燈	速度超過 55km/h 時，未打右轉方向燈，車道往右偏移	車道偏移警示(廠牌 B)	廠牌 B→廠牌 C → server 與 OBU
3	FCW	前車碰撞	在與前方車輛可能發生碰撞前，FCW 會最多提前 2.7 秒發出警示音。	前方防碰撞警示 (廠牌 B)	廠牌 B →廠牌 C → server 與 OBU
4	PCW	行人警示	在日間速度低於 50km/h 時啟用，行人穿過車輛前面的行駛路徑時發出警報	行人防碰撞警示 (廠牌 B)	廠牌 B → 廠牌 C → server 與 OBU

5	SDW	未保安全距離	車距時間等於或低於預先設定的車距時間值時,即會觸發警報,系統預設(Default)的車距時間設置為 0.8 秒。	車距過近警示(廠牌 B)	廠牌 B→廠牌 C→ server 與 OBU
6	CLOS	mobileye 鏡頭異常	無通訊或故障	通訊異常偵測(廠牌 B)	廠牌 B→廠牌 C→ server
7	MLOS	mobileye 主機異常	無通訊或故障	主機異常偵測(廠牌 B)	廠牌 B→廠牌 C→ server
8	LOSP	超速	在車速超出規定速度時發出警報(透過鏡頭判定限速標誌，超過速限就警示)	超速警示 (廠牌 B)	廠牌 B→廠牌 C→ server
9		前方防撞&安全距離	自訂演算法	前方防撞警示(廠牌 C)	廠牌 C→server
10	EISP	急加速	車速 > 0 & Gy > 0.15G	急加速警示 (廠牌 C)	廠牌 C→server
11	EDSP	急減速	車速 > 0 & Gy < -0.15G	急減速警示 (廠牌 C)	廠牌 C→server
12	IDLE	怠速	車速 = 0 & time > 3 分鐘	怠速警示(廠牌 C)	廠牌 C→server
13		轉彎車速過高	G 值大於 0.15，且超過車速門檻值	轉彎車速過高警示 (廠牌 C)	廠牌 C→server
14	14	輪胎壓力異常	超過門檻值 (125-135psi)	胎壓壓力異常警示 (廠牌 C)	胎壓偵測器→ 廠牌 C→ server
15	15	輪胎溫度異常	超過門檻值	輪胎溫度異常警示 (廠牌 C)	胎壓偵測器→ 廠牌 C→ server
16		吃東西	吃東西	駕駛行為警示 DBW (廠牌 C)	DBW→廠牌 C→ server 與 OBU
17		行車不專心	轉頭(+判斷方向燈)	駕駛行為警示 DBW (廠牌 C)	DBW→廠牌 C→ server 與 OBU
18		講手機	講手機	駕駛行為警	DBW→廠牌 C→

				示 DBW (廠牌 C)	server 與 OBU
19		抽菸	抽菸	駕駛行為警示 DBW (廠牌 C)	DBW→廠牌 C→ server 與 OBU
20	NODOFF	瞌睡事件	駕駛瞇眼或閉眼	駕駛行為警示 DBW (廠牌 C)	DBW→廠牌 C→ server 與 OBU
21		GNSS 故障 (GNSS 1Hz)	無點位資料	GNSS 故障 (廠牌 C)	GNSS 天線→ V→ server
22	VLOS2	DVR 鏡頭訊號遺失[1]	無 Data	攝影機/DVR (廠牌 A、C)	廠牌 A→廠牌 C→ server
23	VLOS3	DVR 鏡頭訊號遺失[2]	無 Data	攝影機/DVR (廠牌 A、C)	廠牌 A→廠牌 C → server
24	VLOS4	DVR 鏡頭訊號遺失[3]	無 Data	攝影機/DVR (廠牌 A、C)	廠牌 A→廠牌 C→ server
25	VLOS5	DVR 鏡頭訊號遺失[4]	無 Data	攝影機/DVR (廠牌 A、C)	廠牌 A→廠牌 C→ server
26	VLOS6	DVR 鏡頭訊號遺失[5]	無 Data	駕駛行為警示 DBW (廠牌 C)	DBW→廠牌 C→ server
27	VLOS7	DVR 鏡頭訊號遺失[6]	無		
28		視野盲區偵測_前	前方盲區出現移動物體	攝影機、車載電腦 (廠牌 A、C)	廠牌 A→廠牌 C→ server 與 OBU
29		視野盲區偵測_後	後方盲區出現移動物體	攝影機、車載電腦 (廠牌 A、C)	廠牌 A→廠牌 C→ server 與 OBU
30		視野盲區偵測_左	移動物體從側邊盲區左方往前移動	攝影機、車載電腦 (廠牌 A、C)	廠牌 A→廠牌 C→ server 與 OBU
31		視野盲區偵測_右	移動物體從側邊盲區右方往前移動	攝影機、車載電腦 (廠牌 A、C)	廠牌 A→廠牌 C→ server 與 OBU
32		行駛中車門開啟	車門 I/O 於行車間發出訊號	車載電腦 (廠牌 C)	車門 I/O→ 廠牌 C→ server

為了讓車內的使用者介面統一，本計畫設計利用車聯網 OBU 來呈現給駕駛的資訊(畫面及語音)，因此規劃 ADAS IPC 與車聯網 OBU 之間的資訊種類，包括由 ADAS IPC 傳到 OBU 的事件資訊；另一方面，為了記錄車聯網的事件，並進一步將其傳回到實驗平台，也規劃由 OBU 傳到 ADAS IPC 的記錄資訊，規劃如圖 3.2-4 所示。

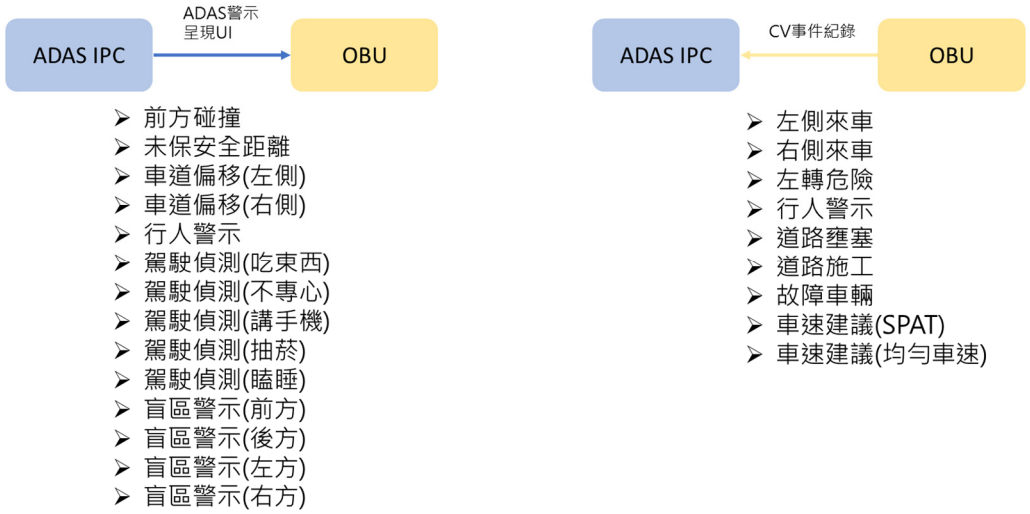


圖 3.2-4 車側端車聯網與 ADAS 系統資訊整合規劃

本計畫於實驗車輛內整合車聯網與 ADAS 實驗設備，針對車聯網及 ADAS 系統運作產生的警示事件，會統一於車內進行彙整並產生記錄(Log)，同時會利用所裝設的攝影機及搭配的車內數位視頻錄影機 DVR (Digital video recorder)系統，將事件前後時間(例如 10 秒)內影像錄製並透過 4G 網路回傳至實驗平台，以供後續分析使用。

一、具備顯示介面之 DSRC 車機 (OBU with UI)

(一) ADAS 車機警示訊息格式說明

具備顯示介面之車機包含兩個部分，第一為處理 DSRC 通訊的 threadx 子版，是 craton1 threadx 系統，第二為 linux 主板，負責顯示介面(UI, User Interface)、音效，及與 ADAS IPC 通訊，呈現 ADAS 警示畫面，同時具備將事件記錄到 ADAS IPC 功能。ADAS 車機警示後由 Wi-Fi 的通訊方式傳給 OBU linux 主板，以下為訊息內容。

表 3.2-4 ADAS 警示由 OBU 車機呈現 UI 表

ADAS 警示由 OBU 車機呈現 UI	
訊息內容	{ "ADAS_UI": { "FCW":1, "FC":1, "LDW_L":1, "LDW_R":1, "PCW":1, "DBW":1, "BSW_F":1, "BSW_B":1, "BSW_L":1, "BSW_R":1, } }

參數說明：

訊息內容	訊息格式	備註說明
前方碰撞	"FCW":A	A:1(有)、0(無)
未保安全距離	"FC":A	A:1(有)、0(無)
車道偏移(左側)	"LDW_L":A	A:1(有)、0(無)
車道偏移(右側)	"LDW_R":A	A:1(有)、0(無)
行人警示	"PCW":A	A:11(右)、12(左)、0(無)
駕駛偵測	"DBW":A	A:1(有)、0(無)
盲區警示(前方)	"BSW_F":A	A:1(有)、0(無)
盲區警示(後方)	"BSW_B":A	A:1(有)、0(無)
盲區警示(左方)	"BSW_L":A	A:1(有)、0(無)
盲區警示(右方)	"BSW_R":A	A:1(有)、0(無)

(二)車機傳送到 CV 車訊息格式說明

車機警示後 OBU linux 主板會以 Wi-Fi 的通訊方式將發生的事件傳送到 ADAS IPC 做記錄，以下為訊息內容。

表 3.2-5 OBU 車機將事件記錄在 ADAS IPC 表

OBU 車機將事件記錄在 ADAS IPC	
訊息內容	{ "CV_event_record": { "IMA":1, "LTA":1, "PCW":1, "RHS":1, “RW":1, "BV":1, "Speed_spat_adv":1, "Speed_avg_adv":1, "SPaT_state":1, "SPaT_秒":1, } }

參數說明：

訊息內容	訊息格式	備註說明
左右側來車	"IMA":A,	A:1:(右)、2(左)、0(無)
左轉危險	"LTA":A	A:1(有)、0(無)
行人警示	"PCW":A	A:11(右)、12(左)、0(無)
道路擁塞	"RHS":A	A:1(有)、0(無)
道路施工	“RW":A	A:1(有)、0(無)
故障車輛	"BV":A	A:1(有)、0(無)
車速建議(SPaT)	"Speed_spat_adv":A	A:1(加速)、2(減速)
車速建議(均勻車速)	"Speed_avg_adv":A	A:1(加速)、2(減速)
紅綠燈狀態	"SPaT_state":A	A:紅綠燈狀態
紅綠燈剩餘秒數	"SPaT_秒":A	A:剩餘秒數

(三)車機顯示畫面

以下將依序呈現車機的顯示畫面，圖3.2-5由左到右、由上到下分別為車機開機後的初始畫面、車機顯示前方碰撞畫面、車機顯示未保安全距離畫面、車機顯示車道偏移(右側)畫面、車機顯示車道偏移(左側)畫面與車機顯示行人警示(右側)畫面。圖3.2-6由左到右、由上到下分別為車機顯示行人警示(左側)畫面、車機顯示駕駛偵測畫面、車機顯示盲區警示(前方)畫面、車機顯示盲區警示(後方)畫面、車機顯示盲區警示(左方)畫面與車機顯示盲區警示(右方)畫面。

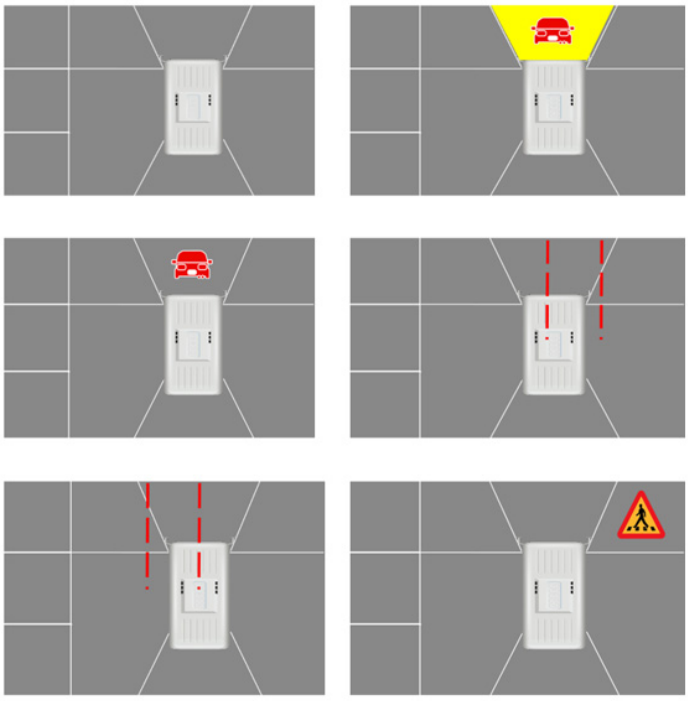


圖 3.2-5 車機顯示畫面_1

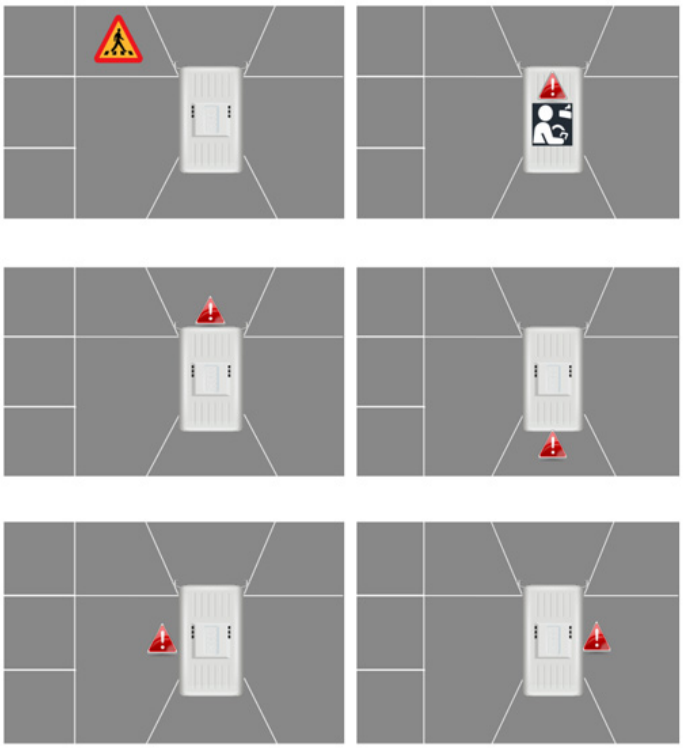


圖 3.2-6 車機顯示畫面_2

圖 3.2-7 由左到右、由上到下分別為車機顯示左側來車畫面、車機顯示右側來車畫面、車機顯示左轉危險畫面、車機顯示道路擁塞畫面、車機顯示道路施工畫面與車機顯示故障車輛畫面。

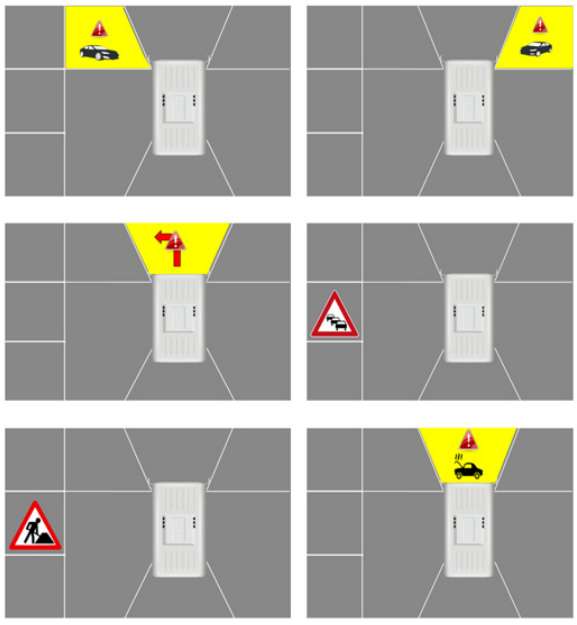


圖 3.2-7 車機顯示畫面_3

圖 3.2-8 由左到右、由上到下分別為車機顯示車速建議(加速)畫面、車機顯示車速建議(減速)畫面與車機顯示紅綠燈狀態(紅燈)畫面。

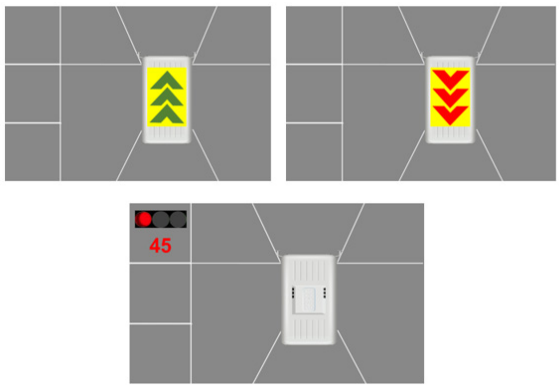


圖 3.2-8 車機顯示畫面_4

二、不具備顯示介面之車機 (OBU without UI)

(一) 車機傳送到 ADAS IPC 訊息格式說明

不具備顯示介面之車機只有處理DSRC通訊的threadx子版，是craton1 threadx系統只負責將事件傳送到ADAS IPC功能，主要是運用於國光客運公司車輛已具備完整ADAS系統之車輛，提供車聯網相關服務與ADAS系統整合，以下為訊息內容。

表 3.2-6 OBU 車機以字串傳送警示訊息到客運 ADAS IPC 表

OBU 車機以字串傳送警示訊息到客運 ADAS IPC	
訊息內容	A#B#C#

參數說明：

訊息內容	訊息格式	備註說明
左側來車	2#0#0#	
右側來車	1#0#0#	
左轉危險	9#0#0#	
行人警示	A#0#0#	A:11(右)、12(左)
道路擁塞	101#0#0#	
道路施工	100#0#0#	
故障車輛	102#0#0#	
車速建議(SPaT)	52#A#0#	A:1(加速)、2(減速)
車速建議(均勻車速)	53#A#0#	A:1(加速)、2(減速)
紅綠燈狀態及秒數	51#A#B#	A:紅綠燈狀態 B:剩餘秒數

三、國光客運與基隆市區公車 ADAS 與 CV 裝機統計

表3.2-7為國光客運安裝ADAS與CV系統的數量與車號統計，其中10台裝設

國光客運既有ADAS系統車輛加裝CV功能車機，另於15台一般車輛裝設有 UI功能之CV功能車機。表3.2-8為基隆市區公車505路線與501路線安裝ADAS與CV系統的數量與車號統計。

表 3.2-7 國光客運安裝 ADAS 與 CV 系統的數量與車號統計表

車號 / 序號	本計畫新增 CV 功能車輛	本計畫於國光客運既有 ADAS 車輛整合 CV 功能
1	FAB-228	500-FZ
2	FAB-229	702-FW
3	FAB-283	705-FW
4	FAB-285	706-FW
5	FAB-919	722-FW
6	FAB-921	725-FW
7	FAB-925	727-FW
8	FAB-926	100-U7
9	FAB-965	101-U7
10	FAB-967	FAB-918
11	KKA-1857	
12	KKA-1966	
13	721-FW	
14	729-FW	

表 3.2-8 基隆市區公車安裝 ADAS 與 CV 系統的數量與車號統計表

車號 / 序號	本計畫新增 ADAS 與 CV 整合車輛
1	289-U6 (505 路線)
2	627-FZ (505 路線)
3	520-FW (505 路線)
4	316-FQ (505 路線)
5	123-U6 (505 路線)
6	FAC-058 (501 路線)

3.3 實驗場域設備間通訊標準設計

本計畫設計及規劃的實驗平台/RSU/OBU 場域架構主要是參考美國 Southeast Michigan Test Bed 驗測場域的架構，在本計畫設計架構下之 RSU 負責下列工作：

一、資訊蒐集(蒐集轉送車輛動態資訊給實驗平台)

二、資訊發佈(依據訂閱狀態發佈服務資訊)

三、資訊分析(區域性即時資訊分析，結果回報實驗平台及通報鄰近 RSU)

RSU 初始透過設備註冊及訂閱路段服務的方式與實驗平台建立連結關係，之後定期更新 RSU 狀態(IP、CPU Util.、DSRC Util.)，讓實驗平台可隨時掌握路側 RSU 的狀態及建立連線。詳細流程見圖 3.3-1。

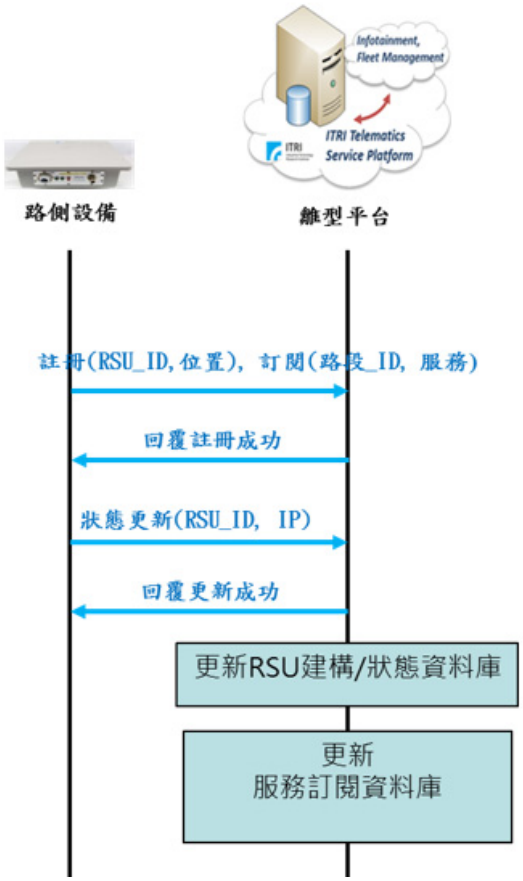


圖 3.3-1 RSU 註冊及更新流程

於場域運作過程中，RSU 同時扮演資訊蒐集及資訊發佈的角色，見圖 3.3-2 及圖 3.3-3。

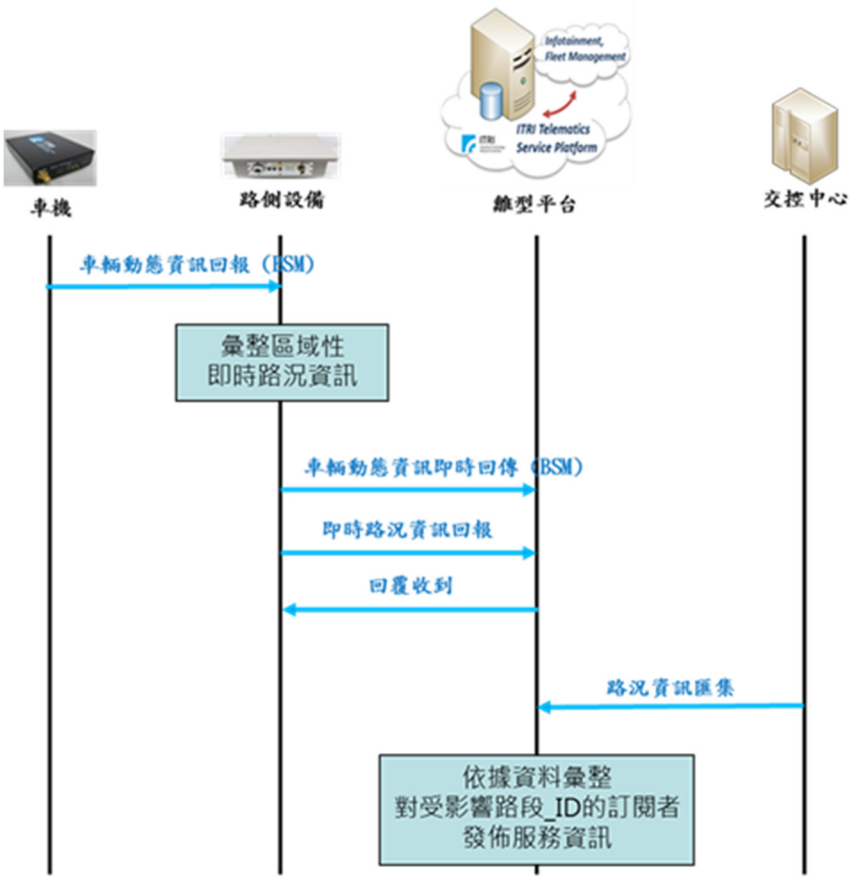


圖 3.3-2 RSU 蒐集資訊流程

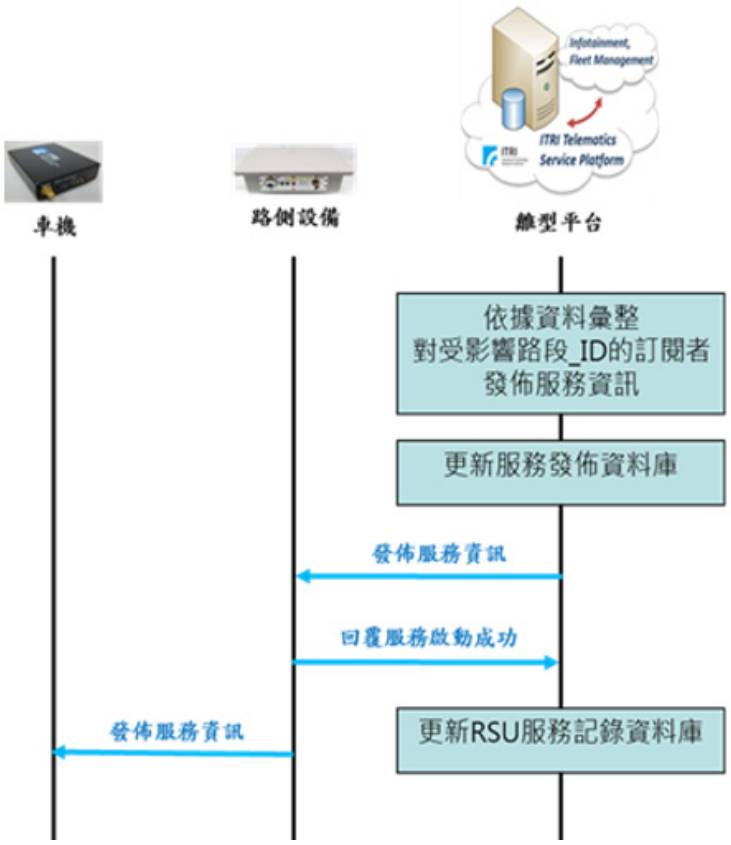


圖 3.3-3 RSU 發佈資訊流程

RSU 除了蒐集及發佈資訊外，對於需要即時處理的資訊也可以立即運算並將結果即時廣播發佈及回傳實驗平台。例如以路況分析為例，RSU 除了將蒐集的車輛動態資訊轉發至實驗平台外，也會即時運算區域內的路況分析，並將分析結果回傳至實驗平台，同時轉發給上游 RSU 發佈即時區域路況資訊服務，如圖 3.3-4 所示。

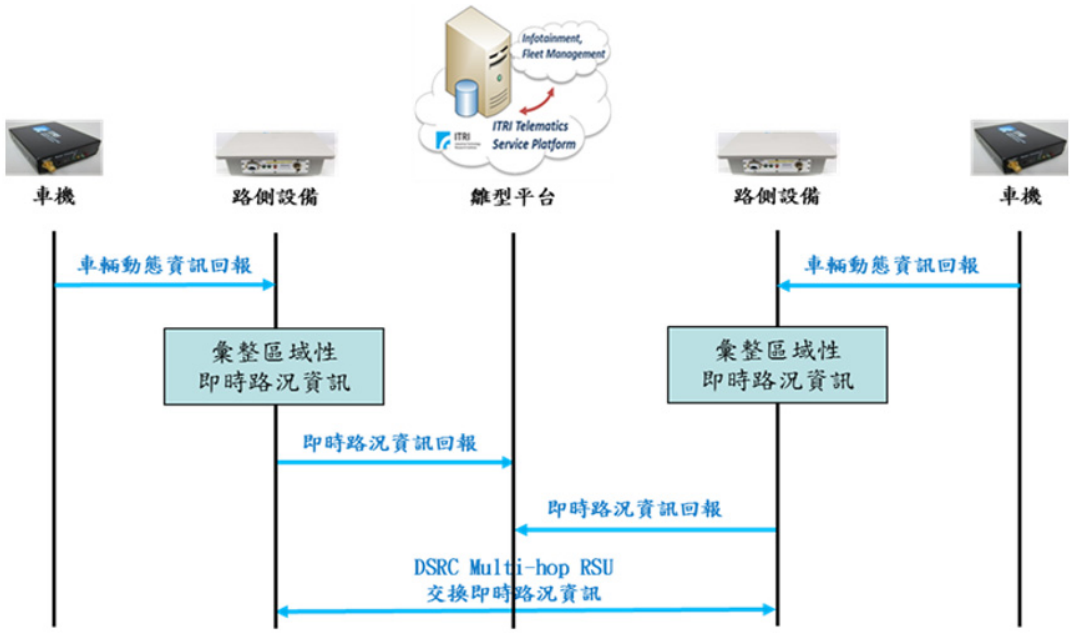


圖 3.3-4 RSU 即時分析路況及轉發服務

資訊會在路側 RSU 現場(I)或是實驗平台中心(C)運算處理與發佈的原則，係依需求面進行分析評估：

一、針對屬於路口區域性資訊，並講求時效及安全需求較高的服務，會將運算處理畫分給現場(I)路側設備，分析完立刻進行區域性廣播，同時將資訊更進一步回報給中心(C)，作後續宏觀的處理。

二、針對需要廣大區域資料進行彙整分析的服務，則將運算處理畫分給中心(C)，由中心取得大區域的資訊(來源包括與其他系統介接以及路側設備回報)，進行宏觀的彙整分析，再透過服務訂閱發佈系統，發佈給訂閱特定區域服務的使用者(可能是其他服務伺服器或路側設備)，作後續的服務處理。

至於本年度於實驗車輛內整合車聯網與 ADAS 實驗設備，公共運輸車輛運作產生的警示事件，統一於車內進行彙整並產生紀錄(Log)，同時會利用所裝設的攝影機及搭配車內 DVR 系統，將事件前後時間(10 秒)內影像錄製，並透過 4G 網路回傳至實驗平台，以供後續分析使用。

3.3.1 公車優先號誌應用情境說明與演算法

本計畫另一重點為參考美國號誌狀態訊息 SSM (Signal Status Message)與號誌請求訊息 SRM (Signal Request Message)標準訊息格式，於麥金路與樂利三街路段擇一處號誌控制器實現公車優先號誌應用。其演算法流程圖與訊息交換，如圖 3.3.1-1 所示。

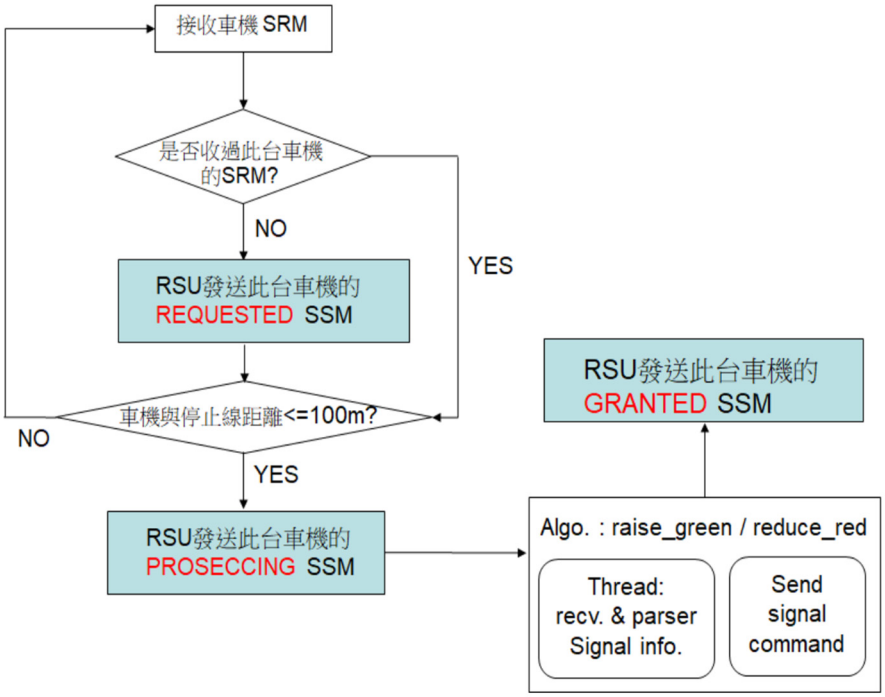


圖 3.3.1-1 公車優先號誌應用之演算法流程圖

以下以基隆長庚醫院前路口為範例說明場域路口透過 SSM/SRM 訊息實現公車優先號誌應用。

一、REQUESTED SSM

RSU 在車機與停止線距離 309.505421 公尺的地方收到第一個車機 ID= "00 e2 00 1a 的 SRM 後，廣播 REQUESTED SSM。

```
"SSM":  {
        "intertionID": 3701,   "approachID": 3, "vehID": "00 e2 00 1a",
        "refLat": 251200190,   "refLong": 1217214430,
        "vehLat": 251228550,   “vehLong”: 1217218670,
        "dist": “309.505421","signalPhase": 0, "phase 秒": 0,
        "responseStatus":     "REQUESTED", "action": "Do_Nothing",
        "action 秒": 0,          "timestamp": "2019-10-08 09:45:16.830" }
```

二、PROCESSING SSM

在此車機與停止線距離小於 100 公尺後，RSU 廣播 PROCESSING SSM，並處理此車機發出的 SRM 要求。

"SSM": {
"intertionID": 3701, "approachID": 3, "vehID": "00 e2 00 1a",
"refLat": 251200190, "refLong": 217214430, "vehLat": 251206880,
“vehLong”: 1217218670, "dist": “74.37883", "signalPhase": 129,
"phase 秒": 44, "responseStatus": "PROCESSING",
"action": "Do_Nothing", "action 秒": 0, "timestamp": "2019-10-08 09:45:16.842" }

三、GRANTED SSM

此時此車機即將經過的路口號誌燈態為紅燈，秒數為 44 秒；此時 RSU 將路口號誌的紅燈降低 39 秒變成燈態紅燈，秒數 5 秒，讓車機可以快速通過此路口。

"SSM": {
"intertionID": 3701, "approachID": 3, "vehID": "00 e2 00 1a",
"refLat": 251200190, "refLong": 1217214430, "vehLat": 251206880,
“vehLong”: 1217218670, "dist": “74.37883", "signalPhase": 129,
"phase 秒": 44, "responseStatus": "GRANTED", "action": "reduce_red",
"action 秒": 39, "timestamp": "2019-10-08 09:45:16.862" }

3.3.2 市區道路 SPAT 速度建議應用情境說明與演算法

實驗車輛經過號誌化路口，可接收到路側設施(RSU)發送之號誌時相秒數資訊(SPaT/MAP)，系統透過 SPaT、MAP 訊息取得路口位置、號誌時相資訊後，再考慮目前車輛時速與位置，可透過演算法計算出通過此路口的理想時速，以下將說明演算法步驟：

1. 首先先定義由收到訊息的時間點起算車輛可通過路口之時間區間(t_{signal})：當前號誌為綠燈時，車輛可通過路口的時間為由現在時間(0)到號誌轉為紅燈(t_{r1})的時間區間為$[0, t_{r1})$，考量到此段時間可能不夠長(燈號馬上要轉為紅燈，勢必要等下一次綠燈才能通過路口)，加入下一次號誌轉為綠燈的時間(t_{g1})至第二次號誌轉為紅燈(t_{r2})的時間區間($[t_{g1}, t_{r2})$)，故，當前號誌為綠燈時，定義車輛可通過路口的時間為 $t_{signal} = [0, t_{r1}) \cup [t_{g1}, t_{r2})$；若當前號誌為紅燈時，則定義的車輛可通過路口之時間區間為當號誌轉為綠燈(t_{g1})至再度轉回紅燈(t_{r1})這段時間區間為$[t_{g1},t_{r1})$。

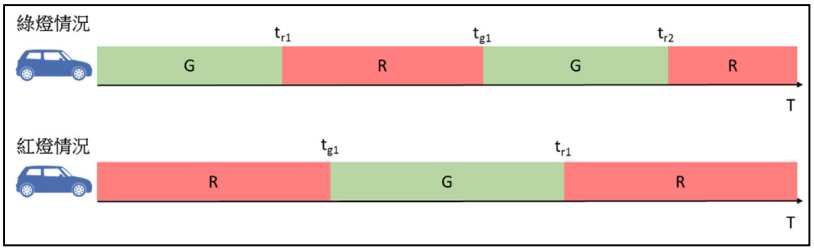


圖 3.3.2-1 車輛經過路口可通過時間區間

2. 有了車輛可通過路口之時間區間後，可由目前與路口距離(d0)計算出可能通過路口的時速範圍，如圖所示，綠燈情況下，車速在大於 V1 以及小於 V2 大於 V3 之間可以通過路口，紅燈情況下則車速在小於 V1 至大於 V2 之間可以通過路口。

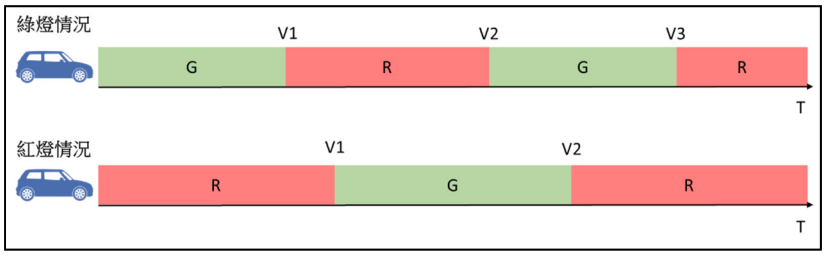


圖 3.3.2-2 車輛經過路口可通過速度區間

依據計算出的最佳速率，給予以下加減速建議。

1. 定速通過(綠燈狀態下，維持現在速度可通過路口)
2. 加速通過(綠燈狀態下，加速可避免到路口為紅燈)
3. 和緩減速至停止(紅燈狀態下，無法避免到路口為紅燈)

3.3.3 國道均勻車速應用情境說明與演算法

實驗平台利用蒐集路段車流資訊及 Google Map 資訊後，由平台融合運算產生路段速率，進而研擬車流均勻建議速度。此車流均勻速度再經由適當時間、地點由 RSU 或運算平台，提供給駕駛人調整其行駛速度，以達到均勻車流的目的。

此均勻車流速度彙整分析及產生建議的機制規劃如圖 3.3.3-1，RSU 彙整通訊區域內所有車輛的動態資訊(車速)，即時分析路段間均勻車流速度；分析的過程包括：

1. 可彈性分段，於 RSU 涵蓋的區域中，依據交通狀態調整分段，各自評估不同分段的平均車速。

2. 可依據速差(不同段或是不同區域)決定給予警示或建議速度的判斷條件，例如上下游速差過大(下游遠低於上游)，表示下游突然壅塞，此時應該提供給駕駛

前方壅塞警告，而不是建議速度；也可以依據速差來決定調節車輛行駛速度的幅度。

3. 可依據分段或區域給予不同的建議速度。

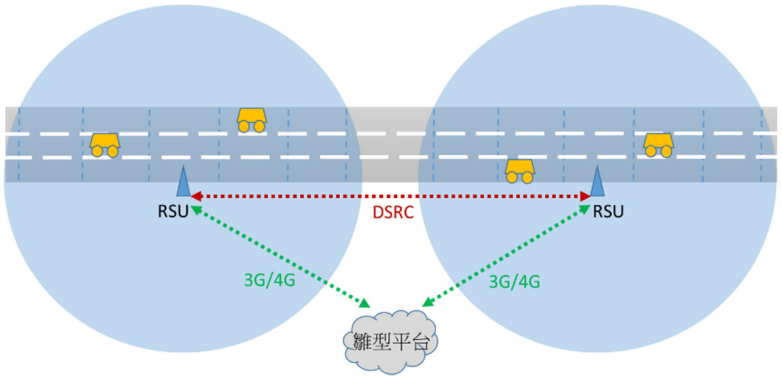


圖 3.3.3-1 均勻車流速度彙整與分析

在實行車速建議策略時，所給予的建議應考量車輛與速度控制系統的時空關係，以漸進式、階段式地調節速度，須至少符合三項速度建議調節邏輯，分別為啟動速度及解除的門檻、調整速度建議的時間間距及速度調整之級距因素。本研究均勻車速建議的實作，係將場域內的道路每 500 公尺劃分為一路段，同時依據 RSU 通訊的範圍，將每個路段分配給個別的 RSU 負責，RSU 根據分配負責的路段，以固定的週期(如每 30 秒)計算每個路段的平均車速，並依據相鄰兩路段的速度差異給予上游路段速度建議。

3.3.4 智慧路口應用情境說明與演算法

本計畫設置兩處智慧路口，分別位於基金一路及麥金路，提供之安全警示服務如下：

1. 路口行人穿越安全警示(基金一路/基金一路 208 巷路口)

於公車站牌與麥當勞間之行人穿越道設有偵測行人之光達，行人於行人綠燈時由公車站牌往麥當勞方向行走於行人穿越道，當光達偵測到行人穿越道有行人，且行人穿越道延伸保護區域有左轉車輛進入時，將偵測資料傳送於路口 RSU，RSU 經過安全演算判斷左轉車輛進入行人穿越道的 TTC<門檻值(例如 3 秒)時，會傳送警示至 CMS 系統，警示行人左側來車，同時也將此行人動態資訊透過 DSRC 通訊廣播給接近路口之車輛，OBU 可以依此判斷並給予駕駛前方有行人即將穿越的安全提醒，示意圖如圖 3.3.4-1：

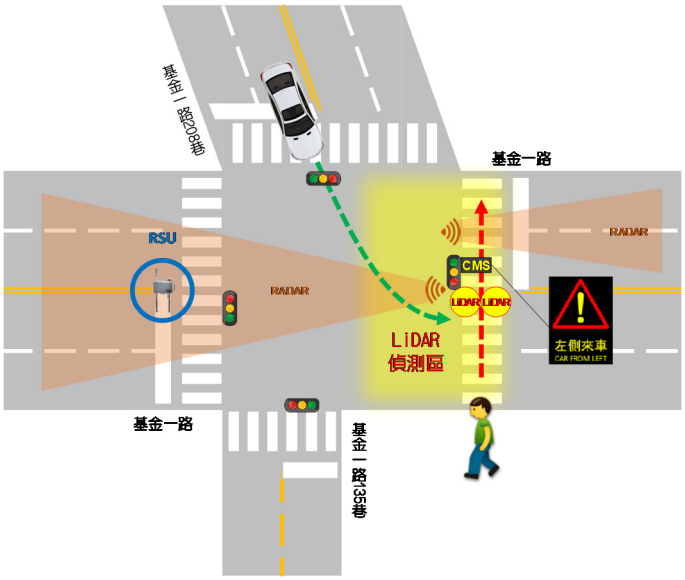


圖 3.3.4-1 行人防碰撞偵測警示示意圖

(1) 左轉防碰撞警示(麥金路/樂利三街路口)

於麥金路-樂利三街設有偵測車輛之雷達與 CMS 系統，當路口左轉車輛進入雷達設定觸發範圍時，如果雷達同時偵測到對向直行車輛，雷達會傳送偵測資訊至路口 RSU 後，RSU 依據安全演算判斷直行車輛進入路口的 TTC<門檻值(例如 3 秒)時，會傳送警示資訊至路測 CMS 系統，同時將直行車輛的動態資訊透過 DSRC 通訊廣播給左轉待轉車輛，車上 OBU 依據左轉方向燈啟動狀態及直行車輛動態，運算並給予駕駛左轉危險之警示。

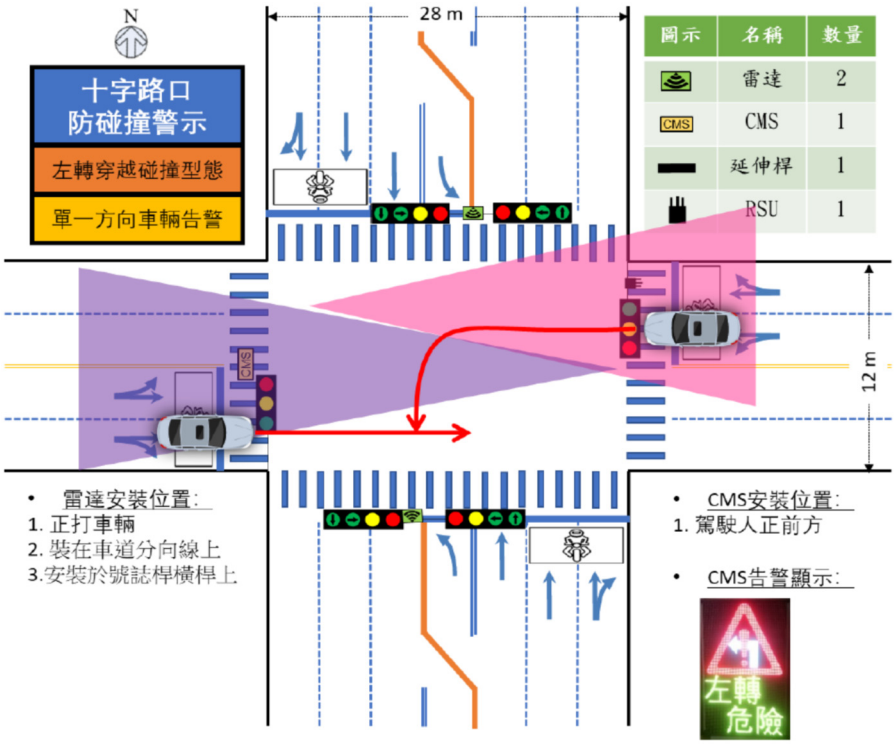


圖 3.3.4-2 左轉防碰撞警示示意圖

3.3.5 場域 RTCM 定位校正服務

於實驗平台透過網路介接國土測繪中心 e-GNSS 定位校正服務，取得 RTCM 校正資訊；RSU 執行轉接實驗平台 RTCM 校正資訊之程式，將 RTCM 校正資訊透過 DSRC 廣撥給車輛 OBU；OBU 執行接收 DGNSS 校正服務之程式，進行 DGNSS 校正服務。

當驗證定位精準度時，必須有一組絕對精準坐標軌跡來當作計算基準，本計畫將採用高精度支援多衛星系統及 RTK 定位校正的 GNSS 定位儀(COMTECHSYS MB5000)來當作移動中定位軌跡的 Golden Sample，提供近似絕對精準坐標的計算基準。初步測試中發現，於空曠環境中，其移動軌跡相當貼合空照影像的車道，可當作移動中定位誤差的計算基準；然而於市區高樓大廈林立的環境，其移動軌跡並不連續，判斷應該是其無法進入差分校正模式確保定位精度達一定水準，因此評估時會將部分定位解算結果捨棄。

3.4 車聯網資訊安全機制

本計畫 105 年度建置的車路資訊安全認證服務，主要參考當時美國運輸部針對車載通訊安全機制所定義的安全憑證管理系統(秒 urity Credential Management System, SCMS)，其架構如圖 3.4-1 所示，由憑證機構(Certificate Authority, CA)、註冊機構(Registration Authority, RA)，與連結機構(Linkage Authority, LA)所組成。註冊機構主要接收並處理車載設備之憑證需求，並傳送予憑證機構，再由憑證機構產生憑證。

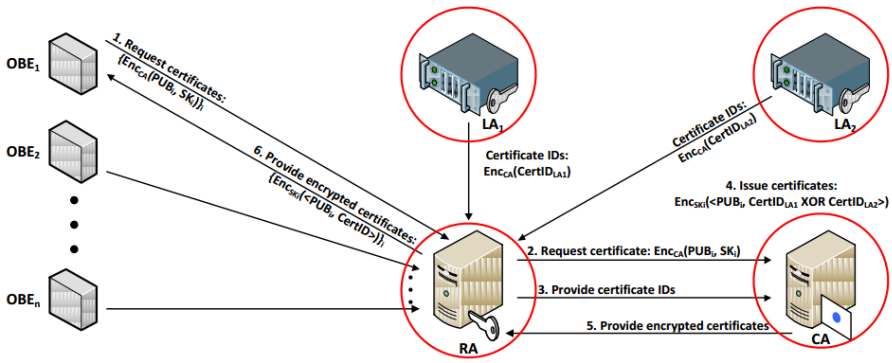


圖 3.4-1 舊版安全憑證管理系統架構

今年標準組織針對 SCMS 的架構有微幅地調整，主要是將 SCMS 中的機構(Authority)角色做了一些調整，並修改申請取得憑證的流程，說明如下：

美國運輸部最新針對車載通訊安全機制所定義的安全憑證管理系統(秒 urity Credential Management System, SCMS)，其架構如圖 3.4-2 所示，由登記憑證機構

(Enrollment Certificate Authority, ECA)、匿名憑證機構(Pseudonym Certificate Authority, PCA)、與註冊機構(Registration Authority, RA)所組成。註冊機構主要接收並處理車載設備之憑證需求，並傳送予憑證機構，再由憑證機構產生憑證。其中憑證可以區分成登記憑證(Enrollment Certificate)和匿名憑證(Pseudonym Certificate)，分別由登記憑證機構和匿名憑證機構所簽發。

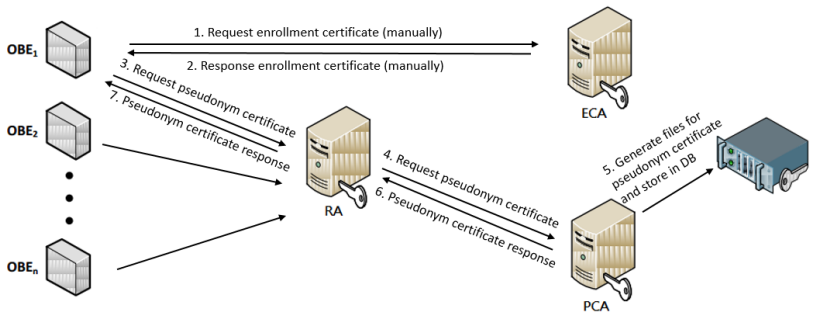


圖 3.4-2 新版安全憑證管理系統架構

以下將針對圖 3.4-2 新版安全憑證管理系統架構做說明：

1. 各個車載設備 OBU 會向 ECA 請求登記憑證。
2. ECA 產生登記憑證，透過手動的方式將憑證安置到 OBU。
3. 各個車載設備 OBU 會向 RA 請求匿名憑證。
4. RA 會將所有 OBU 的請求轉送至匿名憑證機構 PCA。
5. PCA 產生大量的匿名憑證並儲存於資料庫中。
6. PCA 回覆匿名憑證的請求。
7. RA 回覆 OBU 請求，並提供匿名憑證下載資訊。
8. OBU 按照 7.所提供的資訊下載所需的匿名憑證。

SCMS 的設計架構上，匿名憑證的的匿名性主要是確保 OBU 行為的隱私性，任何單一個機構(Authority)皆無法知道此張匿名憑證是哪一個 OBU 要求或是該 OBU 擁有哪些憑證。如 PCA 只知道有一請求需要匿名憑證，但無法知道所產生之匿名憑證是哪一個 OBU 所需；RA 亦無法知道該張匿名憑證對應 PCA 端所記錄之 ID，只知道該次 PCA 所回傳的匿名憑證將要給某一個 OBU。

如同傳統網路架構，在網路上執行各種瀏覽與登入作業時，除了伺服器端會告知使用者其所擁有之合法憑證供其檢驗之外，使用者端亦須提供本身所擁有之憑證供伺服器端檢驗，以確保身分的正確性與合法性。在一個複雜且資訊流龐大的 WAVE/DSRC 車載環境中如被要求任何執行訊息交換過程中，須要擁有由第三方認可及發行之合法憑證，則車載設備必需透過 IEEE 1609.2 所定義的方式向 SCMS 架構中之 RA 要求(request)憑證，然後得到由 PCA 發出的憑證，

同時也拿到公鑰(Public Key)與私鑰(Private Key)。1609.2 安全機制服務的部分也提供加密與解密的服務。當一訊息只想被特定人士讀取時，由於在安全機制環境之下，發送端可拿到欲傳送特定接收者的公鑰，因此可利用接收者的公鑰加密訊息，這樣一來只有該特定接收者才可以透過其自身的私鑰解開訊息內容，確保其他人士無法惡意監看內容。

本計畫所需要架構的車聯網資訊安全認證系統包括：

一、SCMS 伺服器

提供憑證的產生及發放機制，發放的對象為場域中的 RSU 及 OBU，RSU 可以透過 4G 寬頻無線網路取得初始的憑證以及後續更新的憑證；OBU 的憑證使用因考慮匿名性保護需求，需要大量的憑證供其隨機採用，故於初始狀態先透過網際網路取得大量的憑證，之後才依其需求動態透過 RSU 取得少量的更新憑證。

二、場域中的 RSU 及 OBU

RSU 及 OBU 均可依據 SCMS 定義或類似的安全協定向 SCMS 伺服器提出需求並取得憑證(匿名憑證)。憑證的使用方式初步規劃將參考美國 CVPD 計畫：以 OBU 來說，每週有 20 張有效憑證可重複使用，三年總共有 3120 張憑證可以用，憑證的請求效能會依賴到 PCA 的計算能力和資料庫存取效率。以 RSU 來說，則是每週有 1 張有效憑證可使用，1 週後更換。後續 RSU 及 OBU 所發送的訊息均依據 IEEE 1609.2 訊息簽章機制加上安全簽章以證明來源及確保完整性；RSU 及 OBU 於接收訊息後，也會依據 IEEE 1609.2 訊息驗證機制來驗證訊息的完整性及來源的正確性。

圖 3.4-3 為 OBU 初始狀態取得憑證的時序圖，SCMS 伺服器分為 RA、ECA、PCA 三個 Module。車載設備向 SCMS 伺服器要求登記憑證，此步驟又稱為 OBU 靴帶流程(Bootstrapping)，在流程剛開始時，OBU 沒有任何憑證，也沒有任何與 SCMS 連結和認證資訊，現階段須透過人工手動的方式執行匿名憑證的安裝。在取得登記憑證之後，SCMS 和 OBU 彼此都可以藉此互相驗證身分，OBU 並可以藉此執行進一步的匿名憑證的申請，匿名憑證的申請要求可由 OBU 裝置自動發出給 RA，RA 收到申請之後會先驗證 OBU 的身分，然後再將產生憑證的相關資訊轉發給 PCA，PCA 收到後就會開始產生量的匿名憑證，匿名憑證有其時效性，之後 OBU 便可按照需求下載。

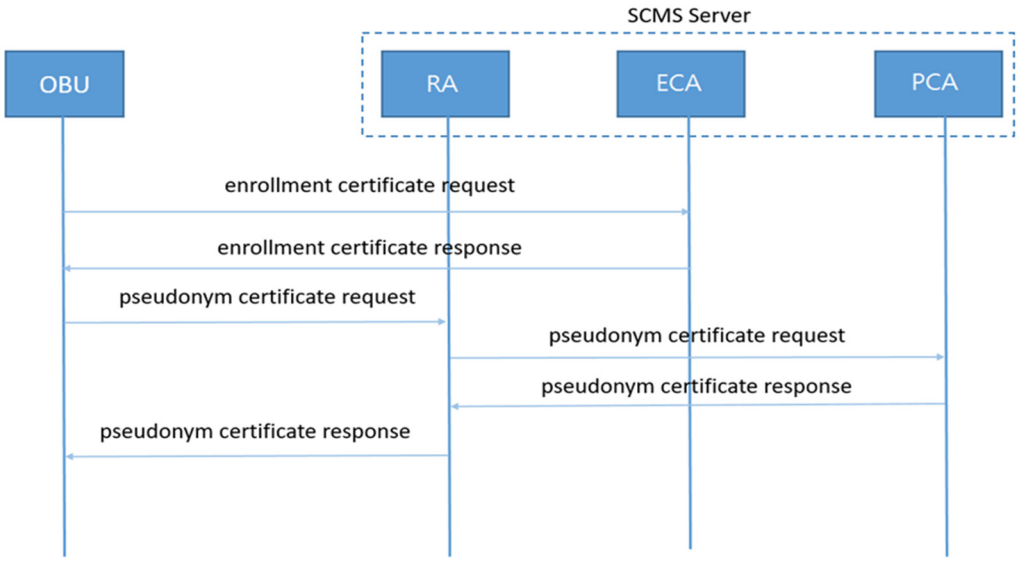


圖 3.4-3 OBU 初始狀態取得憑證時序圖

本計畫將參考目前 SCMS 的架構，於本年度實作憑證產生及發放的基本功能，如圖 3.4-4 顯示 OBU、RSU 透過 SCMS 伺服器來取得或更新憑證，OBU 於初始狀態時先和 SCMS 伺服器取得 3 年份的憑證數量，之後依需求動態透過 RSU 更新少量的憑證；而 RSU 不論是初始狀態或更新憑證都是直接透過 SCMS 伺服器取得憑證。

OBU 或 RSU 向 SCMS 伺服器取得憑證後，可利用憑證對訊息作簽章與驗證，如圖 3.4-5 所示，本計畫中 OBU 利用取得的憑證將 J2735 BSM 訊息透過 1609.2 簽章模組作簽章後，再將訊息送出，收到的 OBU 再用憑證將訊息透過 1609.2 驗證模組作驗證才能取得 BSM 訊息內容；RSU 則是利用取得的憑證將 RSA/TIM/SPAT/MAP 等訊息透過 1609.2 簽章模組作簽章後，再將訊息送出，收到的 OBU 再用憑證將訊息透過 1609.2 驗證模組作驗證才取得 J2735 訊息內容，以確保車載資訊的安全性。

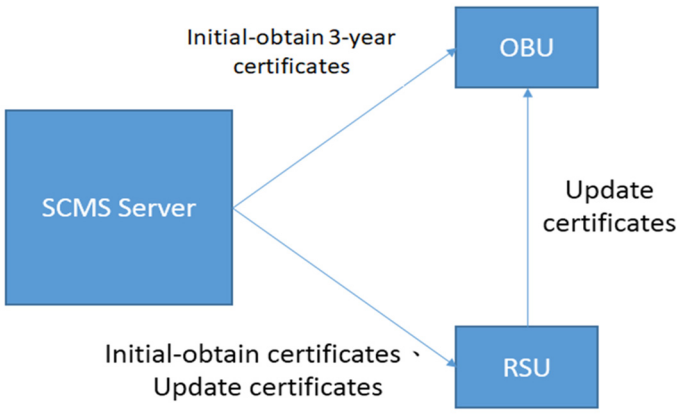


圖 3.4-4 SCMS 伺服器提供 OBU/RSU 憑證機制

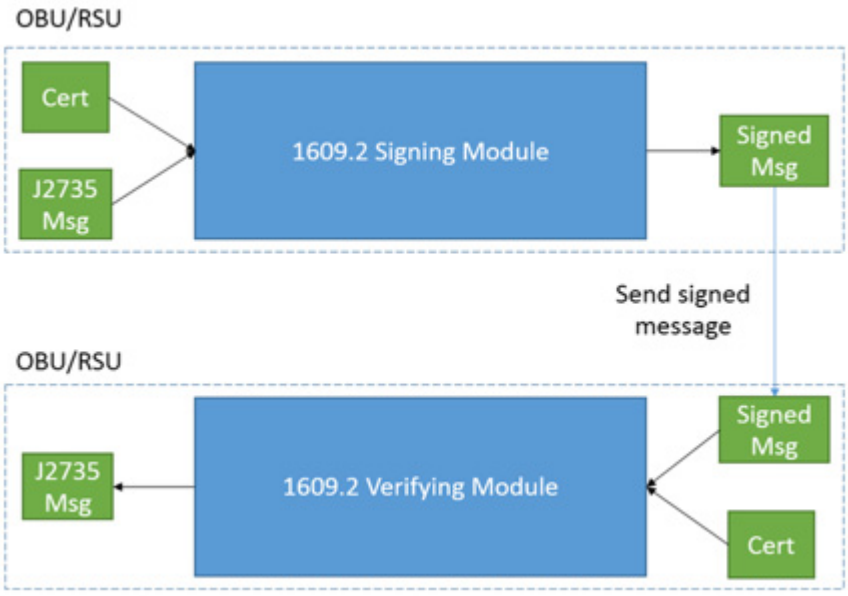


圖 3.4-5 OBU/RSU 簽章及驗證程序

本計畫成果，完成構建本計畫資訊安全認證服務包括：SCMS 伺服器提供憑證的產生及發放機制，發放的對象為場域中的 RSU 及 OBU，RSU 及 OBU 均可依據 SCMS 定義的安全協定向 SCMS 伺服器提出需求並取得憑證。憑證的使用方式參考美國 CVPD 計畫，RSU 及 OBU 所發送的訊息均依據 IEEE 1609.2 訊息簽章機制加上安全簽章以證明來源及確保完整性；RSU 及 OBU 於接收訊息後，也會依據 IEEE 1609.2 訊息驗證機制來驗證訊息的完整性及來源的正確性。

第四章 實驗情境設計與量化績效指標設計

本章節針對基隆地區的基隆市公車 505 線、501 線公車與國道客運的車聯網與 ADAS 研擬實驗情境與量化績效指標設計。本計畫於已完成 ADAS 與 CV 功能驗證，驗測除了使用表格方式統計系統警示的次數正確率與警示時間是否提早或延後，亦會利用問卷，來蒐集與統計駕駛對於本案實驗車載設備警示功能的感受與意見回饋，例如：約分為 3 類，警示時機過早、恰當、過慢等外，並會利用車內攝影機鏡頭，透過駕駛行為偵測系統 DBWS 所蒐集駕駛人影像來評估駕駛人行為與各項警示間的關聯與效益。

4.1 實驗情境設計

4.1.1 安全應用整體實驗設計規劃

為了使得大客車可利用整合型安全系統來減少上述之目標事故型態: 追撞、側撞、自撞、擦撞、行人、及交叉撞，理論上即為利用此整合型安全系統來定義出一組全方位之安全駕駛參數(Optimal ADAS and CV algorithm parameter sets)，而這組安全駕駛參數即代表安全的駕駛行為。因此，若是有其他駕駛行為所反映之參數超過此安全參數，則為交通衝突，而衝突即為可能演化為危險事件或甚至事故之中介指標(或稱事故前兆，crash surrogate)。舉例而言，以縱向安全駕駛參數為例，目前公認的一組參數為駕駛人的跟車距離除以駕駛人的車速(又稱為即將碰撞時間，time-to-collision，TTC)，應高於 1.5 秒。而跟車距離過近所導致之可能發生追撞的衝突或危險事件，即為 TTC 小於 1.5 秒時的事件。

在本計畫中所採用之整合型安全系統可用以降低縱向、橫向、及路口相關衝突。在降低縱向衝突方面，有跟車距離過近警示(FCW)、前方車流緊急剎車警示(EEBL)、及彎道速度過快警示(CSW)。在降低橫向衝突部分 (與鄰近車道之車輛發生衝突)有車道偏離警示(LDW)及變換車道盲點警示(BSD)。而在降低路口相關衝突部分則有路口轉彎盲點警示(BSD)、左轉側撞警示(LTA)、路口交叉撞警示(IMA)、及路口行人警示(PED)。如圖 4.1.1-1 所示。

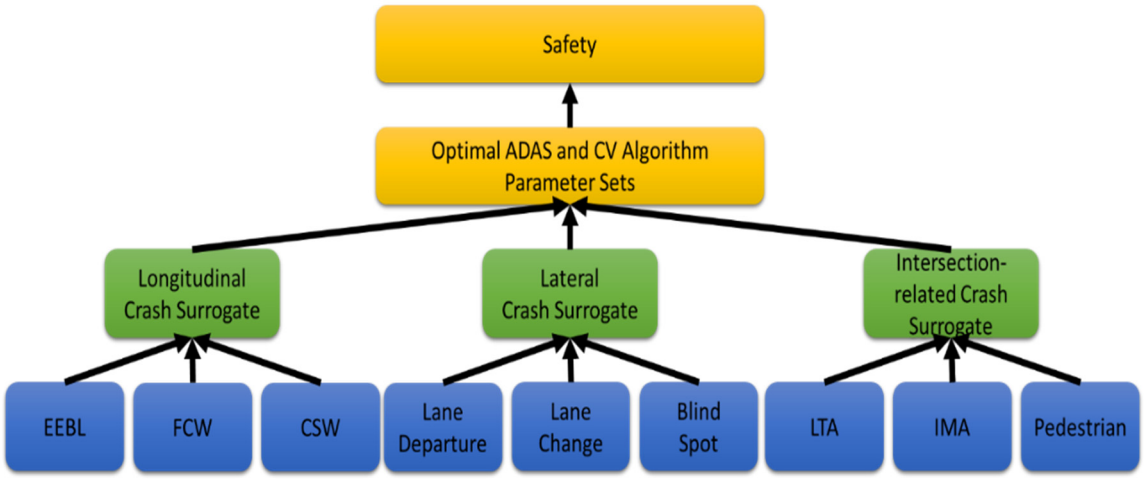


圖 4.1.1-1 整合型安全系統中，各警示類型之關聯

因此，在上述概念下，為了測試此整合型安全系統之效益，本研究規劃之安全效益評估之五大步驟如圖 4.1.1-2 所示:

- 步驟 1：CV 及 ADAS 之基本性能測試
- 步驟 2：發展各類衝突事件之定義及偵測、驗證方式
- 步驟 3：實車場域測試及資料蒐集(實驗設計)
- 步驟 4：資料分析
- 步驟 5：績效評估: 估計此整合型安全系統可減少之衝突件數、判中率、及駕駛人表現之改善。

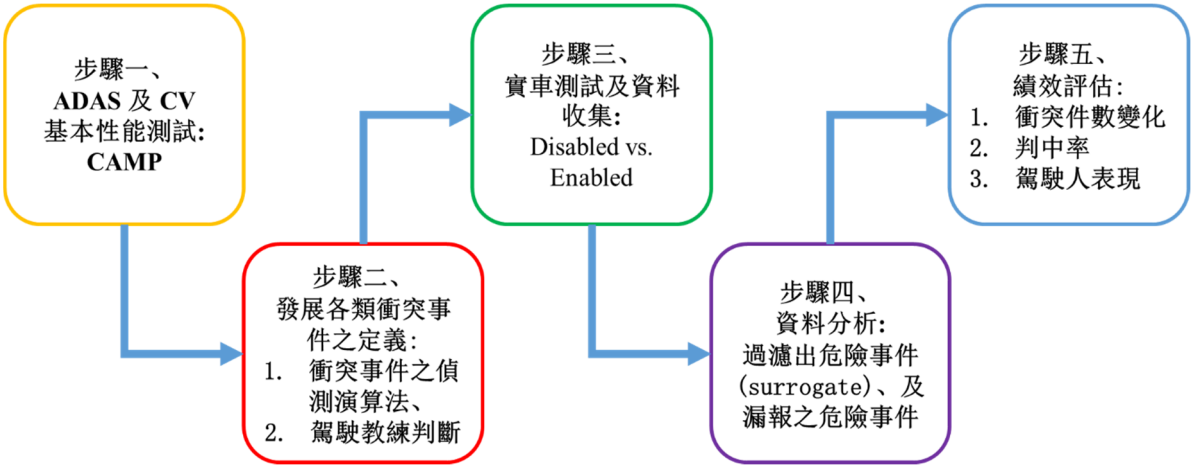


圖 4.1.1-2 安全相關效益評估五大步驟

於步驟一中，本案將逐一測試所採用之整合型安全系統之功能及精確度。預計採取 CAMP 所建議之測試步驟來進行功能及性能測試，以與國際規格接軌。此外，有些部分功能並無法於高速公路或市區道路進行測試，如高速公路上並無路口，因此部分功能並無法於高速公路或市區道路進行測試，如表 4.1.1-1 所示。

表 4.1.1-1 整合安全系統之功能測試地區統整

	FCW	LDW	BSD	EEBL	IMA	LTA	PED
國道	✔	✔		✔			
市區	✔		✔	✔	✔	✔	✔

於步驟二中，本研究將首先利用安全邊界法或影像來偵測可能的衝突事件，再比對本案之整合型安全系統所觸動之警示事件，是否成功判斷此事件為衝突事件(真陽性)。本案整合型安全系統衝突事件之偵測及驗證方式規劃，如表 4.1.1-2 所示。

表 4.1.1-2 本案整合型安全系統衝突事件之偵測及驗證方式規劃

	偵測方式	驗證方式
跟車距離過近警示	安全邊界法	影像、專業教練
前方車流緊急剎車警示	安全邊界法	影像、專業教練
彎道速度過快警示	NA	NA
車道偏離警示	LDW	影像 + 方向燈
變換車道盲點警示	BSW	影像
路口轉彎盲點警示	BSW	影像
左轉側撞警示	左轉衝突	影像、專業教練
路口交叉撞警示	路口衝突	影像、專業教練
路口行人警示	行人衝突	影像、專業教練

步驟三之實驗設計目前規畫為兩階段：第 1 階段只記錄不警示階段(Disabled)；及第 2 階段記錄且警示階段(Enabled)(以時間分階段)。在步驟四中，衝突事件之判中率主要在於探討此整合型安全系統在實車測試環境中是否可提供正確警示。如圖 4.1.1-3 所示，在正常行駛環境中，若駕駛人的駕駛行為超過了安全駕駛參數的範圍，則此整合型安全系統即會發出警示提醒駕駛人，為觸動警示事件。

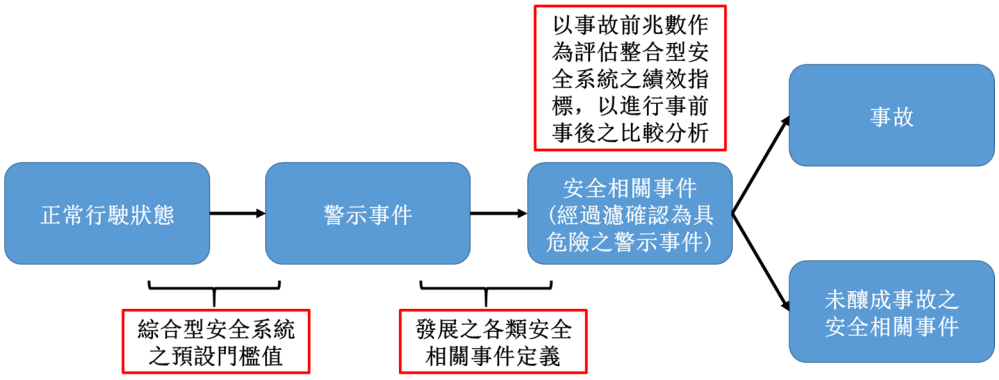


圖 4.1.1-3 警示事件與衝突事件之關聯

學理上而言，安全相關事故 SRE (Safety-related Event)與事故的關係可表示為:λ＝π*c。其中，λ 為事故件數，而 c 為 SRE 件數，π 則為事故件數與衝突件數的轉換關係。此整合型安全系統的效益即在與減少衝突事件，因而最終透過上式減少事故件數。在正常行駛環境中，若駕駛人的駕駛行為超過了安全駕駛參數的範圍，則此整合型安全系統即會發出警示提醒駕駛人，為觸動警示事件。但警示事件數卻無法作為此整合型安全系統對安全之效益評估基礎。因此需進一步計算駕駛人所涉入之安全相關事件於使用此整合型安全系統事前(disabled)及事後(enabled)之變化。本研究於進行安全效益評估分析時，將透過以 ADAS 及 CV 等車機回報資料，對照行車記錄器影像與車內攝影機之影像，進行 SRE 事件之篩選。同時透過分析資料之建置，以作為後續建立更為適合及更準確的指標及門檻值之參考。

步驟五之效益評估部分主要可評估以下 3 大類指標在第 1 及第 2 階段的變化情形。此 3 大類指標可分為:

1. 衝突事件之判中率
2. 衝突事件之變化率
3. 駕駛人表現(礙於設備限制，未能於本期執行)

判中率之判斷如表 4.1.1-3 所示，以門檻值診斷為警示事件或正常駕駛及以由影片中判斷實際上為衝突事件亦或正常駕駛，可以區分為真陽性(sensitivity)、誤報(False alarm)、漏報(Missed)、及真陰性(Specificity)等四種類型之判斷結果。

表 4.1.1-3 衝突事件之判中率

	衝突事件	正常行駛
門檻值診斷為警示事件	真陽性 True positive (sensitivity)	誤報 (False alarm)
門檻值診斷為正常行駛	漏報 (Missed)	真陰性 True negative (Specificity)

關於衝突事件之變化率在於評估駕駛員在此兩階段觸發的衝突事件數(過濾後確認為危險事件之警示事件)。本研究將過濾所有警示事件，並用過濾後的衝突事件，作為此整合型安全系統安全效益的評估指標之一。在評估模式方面，本研究將採用負二項迴歸，並調整曝光量及行駛環境等因素(如: 白天/晚上、市區/快速道路等)，以評估第 1 及第 2 階段的衝突件數的變化。儘管礙於本期研究之設備限制，第 3 大類之駕駛人表現指標未能於本期執行，但後續仍建議採用此些指標進行人因工程方面之評估。這些駕駛人表現指標如: 駕駛人反應時間、煞車時間、進入彎道前減速情形、進入路口前減速情形、車輛位移等(如表 4.1.1-4)。本期計畫利用車內攝影機鏡頭，透過 DBWS 所蒐集駕駛人影像來評估駕駛人行

為與各項警示間的關聯與效益。

表 4.1.1-4 本案安全效益評估規劃

	警示項目								
	FCW	EEBL	CSW	LDW	BSW (路段)	BSW (路口)	LTA	IMA	PED
1. 警示方式	影像偵測	CV	NA	影像偵測	影像偵測	影像偵測	雷達+CV	雷達+CV	光達+CV
2. 是否通過國際上認可之性能測試(如: CAMP 測試程序)	Yes/No	Yes/No	NA	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
3. 本案實驗情境 (行車動態)									
高速公路	請參見4.2.1 節	請參見4.2.1 節	NA	請參見4.2.1 節	請參見4.2.1 節	NA	NA	NA	NA
市區路段	請參見4.2.1 節	NA	NA	請參見4.2.1 節	請參見4.2.1 節	請參見4.2.1 節	請參見4.2.1 節	請參見4.2.1 節	請參見4.2.1 節
4. 效益評估(Disabled vs. Enabled)									
(1) 衝突事件之判中率	真陽性真陰性	真陽性真陰性	真陽性真陰性	真陽性真陰性	真陽性真陰性	真陽性真陰性	真陽性真陰性	真陽性真陰性	真陽性真陰性
(2) 衝突事件之變化率 (Disabled vs. Enabled)	與前車衝突數	與前車衝突數	側向衝突數	偏離車道數、側向衝突數	與鄰車衝突數	與鄰車衝突數	與對向左轉車輛衝突數	與路口來車衝突數	與路口行人衝突數
(3) 駕駛人表現(礙於設備限制，未能於本期執行)	反應時間	反應時間	進入彎道前減速情形	車輛位移	反應時間	進入路口前減速情形	進入路口前減速情形	進入路口前減速情形	反應時間

表 4.1.1-5 本研究整合型安全系統所輸出之資料

	FCW	EEBL	CSW	LDW	BSW(路段)	BSW(路口)	LTA	IMA	PED
即將碰撞時間(TTC)	√						√	√	
本車是否偏離車道				√					
本車縱向速度	√	√	√		√	√	√	√	√
本車側向速度									
本車縱向減速度	√	√	√		√	√	√	√	√
本車側向減速度									
前車速度									
前方車流速度		√					√	√	
前車減速度		√					√	√	
前方車流減速度		√					√	√	
與前車距離	√	√							
駕駛人反應時間									
彎道曲率									
車道邊線				√	√				
本車方向燈				√	√	√			
偵測是否有鄰車					√	√			
與鄰車之距離									
鄰車速度									
鄰車加減速									
對向左轉車輛軌跡							√	√	
對向左轉車輛速度							√	√	
對向左轉車輛加減速							√	√	
偵測是否有行人									√
與行人之距離									√
本車行進方向									

4.1.2 功能測試規劃

進行本計畫相關設備的功能能否正常運作之相關測試，規劃於基隆海科館漁港一街進行兩次類 CAMP 功能測試，透過功能測試的結果與改善，可做為大規模測試的驗測基礎，各項測試的項目及測式目的列示如下：

表 4.1.2-1 功能測試項目及目的

測試編號	功能測試項目	測試目的	解決問題
1	對時測試	驗測設備蒐集記錄時間的一致	解決計畫相關設備時間同步問題，提升資料蒐集析的精確性。
2	RSU 廣播 SAE J2735 RTCM (Radio Technical Commission for Maritime) 定位精度測試	驗測設備定位精度	確認 RSU 廣播 SAE J2735 RTCM 能提供高精度定位服務。
3	硬體狀態偵測功能測試	驗測設備的後端記錄功能	確認本計畫相關設備的事件記錄，能正確回傳實驗平台記錄，作為後續資料分析基礎。
4	結合 ADAS 與 CV 功能測試	驗測本計畫 ADAS 與 CV 設備功能	確認本計畫所安裝的 ADAS 與 CV 能正確運作，以提供必要的安全警示訊息。
5	智慧路口功能測試	驗測本計畫智慧路口相關設備功能	確認雷達及光達掃描路口之周遭人車動態資訊的正確性，且在有碰撞危險的情況時，於可變電子資訊看板提供人車相關安全警示資訊
6	公車優先號誌功能測試	驗測公車優先號誌功能	確認優先號誌的請求、運算邏輯及回應的資訊正確性，以提供後續測試車優先號誌服務。

一、對時測試

(一) 驗測設備：包括實驗平台、RSU、OBU、號誌控制器、車上 ADAS 相關設備等。

(二) 測試方法：依設備是否內建 GNSS 或是採用網路時間協定 NTP (Network Time Protocol)網路對時方式而不同。

1. GNSS 對時測試：確認設備對時頻率及每次對時誤差秒數，資料並回傳實驗平台記錄。
2. NTP 網路對時測試：設備是利用 NTP 網路對時協定或是連線至特定伺服器進行對時，需確認設備對時頻率、連網情形及對時誤差，資料回傳實驗平台記錄。

(三) 測試記錄表格

表 4.1.2-2 對時測試結果表格

設備名稱	測試時間	對時方式	對時成功否	秒數誤差
		GNSS/網路對時		

二、RSU 廣播 SAE J2735 RTCM 定位精度測試

本年度由於場域廣大，為讓所有 RSU 均可提供 RTCM 定位校正服務，利用實驗平台與國土測繪中心之 e-GNSS 即時定位服務介接，從 E-GNSS 服務取得 RTCM 校正資訊，透過 Client-Server 架構，由場域內的所有 RSU 向實驗平台 Server 取得即時 RTCM 資料，並將其編碼成符合 SAE J2735 之標準 RTCM 訊息廣播，以提供 RTCM 定位校正服務。

(一) 驗測設備：包括實驗平台、RSU、OBU。

(二) 測試方法：

1. 實驗車搭載高精度之 GNSS 設備(COMTECHSYS MB5000)，沿本計畫路徑移動，記錄軌跡當作移動中的精準坐標參考點
2. 實驗車另以 RSU 廣播之 RTCM 訊號進行定位，記錄定位資訊
3. 比較不同定位方式的誤差值。

(三) 測試記錄表格

表 4.1.2-3 RSU 廣播 SAEJ2735 RTCM 定位精度測試表格

設備代號	接收時間	高精度 GNSS 定位值	RTCM 解算定位值	定位誤差值(公尺)

三、硬體狀態偵測功能測試

(一) 驗測設備：包括實驗平台、智慧安全路口設備、RSU、OBU、號誌控制器、車上 ADAS 相關設備等。

(二) 測試方法：

1. 產生設備單元通訊狀態異常。
2. 確認異常資訊會回報故障訊號至實驗平台，並於實驗平台顯示設備異常告警。

(三) 測試記錄表格

設備名稱	測試時間	設備錯誤類型	記錄回傳否	錯誤是否顯示

表 4.1.2-4 硬體狀態偵測功能測試表格

四、結合 ADAS 與 CV 功能測試

本計畫於基隆市公車 505 線及國道客運 1815 線(含支線)作為 ADAS 與 CV 與行車安全警示應用範圍，規劃下列 15 種應用情境，並研擬 ADAS 與 CV 功能測試如表 4.1.2-5。考量測試時可能會造成其他車輛之危險，以下測試項目規劃於封閉場域進行，安排於基隆海科館漁港一街附近，於可控制的環境下，進行類 CAMP 應用情境的效能測試。

表 4.1.2-5 結合 ADAS 與 CV 功能測試項目表

項次	項目代號	目的	測試場域
1	LTA-1	實驗大客車靜止於路口打左轉燈時，若對向來車將於注意(INFORM)時間門檻值(10 秒)內迫近路口，提供駕駛警示	封閉場域
2	LTA-2	實驗大客車於路口打左轉燈停車起步，速度大於 1km/hr 時，若對向來車將於警告(WARN)時間門檻值(5 秒)內迫近路口，提供駕駛警示。	封閉場域
3	IMA-1	當實驗大客車停在十字路口時與探偵車(Probe Car)接近衝突點時，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之觸發警示訊息，並使實驗大客車駕駛接收到 IMA 警示訊息。	開放場域
4	IMA-2	雙方來車於十字路口接近衝突點時，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之觸發警示訊息，並使實驗大客車駕駛接收到 IMA 警示訊息。	開放場域
5	EEBL-1	當探偵車(Probe Car)在 EEBL 警示範圍內且實驗大客車擷取到探偵車(Probe Car)的煞車燈號，實驗大客車顯示前方煞車警示。	封閉場域
6	EEBL-2	當探偵車(Probe Car)在 EEBL 警示範圍內且實驗大客車擷取到探偵車(Probe Car)的煞車燈號，且當探偵車	封閉場域

		(Probe Car)緊急煞車之減速度大於 0.5G±10%，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之觸發警示訊息，並使實驗大客車駕駛接收到 EEBL 警示，然後發出 FCW 警示。	
7	FCW-1	測試探偵車(Probe Car)靜止於前方同一車道，實驗大客車達到指定速度以定速朝向探偵車(Probe Car)，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之觸發警示訊息，並使實驗大客車駕駛接收到 FCW 警示。	封閉場域
8	FCW-2	測試探偵車(Probe Car)緩慢行駛在實驗大客車前方同一車道時，實驗大客車達到指定速度，探偵車(Probe Car)急停，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之不觸發警示訊息，實驗大客車駕駛未接收到 FCW 警示。	封閉場域
9	FCW-3	測試探偵車(Probe Car)在實驗大客車前方同一車道減速，實驗大客車維持定速與探偵車(Probe Car)間距逐漸減小，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之不觸發警示訊息，實驗大客車駕駛未接收到 FCW 警示。	封閉場域
10	FCW-4	測試實驗大客車前方同車道之(複數)車輛有急停以及有阻礙形成碰撞風險，實驗大客車可提供警示。	封閉場域
11	FCW-5	測試探偵車(Probe Car)靜止於前方相臨車道，實驗大客車達到指定速度以定速朝向探偵車(Probe Car)，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之不觸發警示訊息，實驗大客車駕駛未接收到 FCW 警示。	封閉場域
12	BSD-1	測試車輛從左側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Left」警報觸發。	封閉場域
13	BSD-2	測試車輛從右側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Right」警報觸發。	封閉場域
14	BSD-3	測試實驗大客車從左方相臨車道超越車輛，「Inform」警報觸發。	封閉場域
15	LDW-1	測試實驗大客車行駛時未打方向燈，車身左偏壓過車道線，警報觸發。	開放場域
16	LDW-2	測試實驗大客車行駛時未打方向燈，車身右偏壓過車道線，警報觸發。	開放場域
17	LDW-3	測試實驗大客車行駛時有打方向燈，車身左偏壓過車道線，警報不觸發。	開放場域
18	LDW-4	測試實驗大客車行駛時有打方向燈，車身右偏壓過車道線，警報不觸發。	開放場域

(一)LTA

1. 測試示意圖：

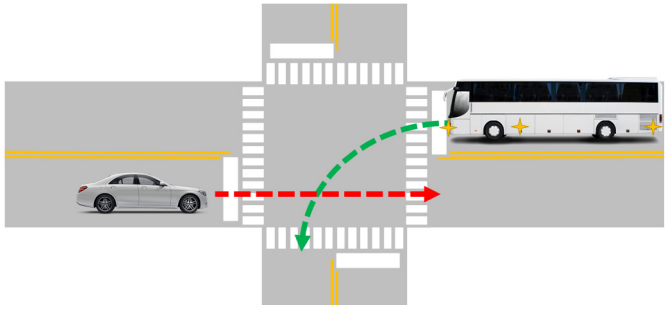


圖 4.1.2-1 LTA 測試示意圖

2. 測試內容

(1) LTA-1：實驗大客車靜止於路口打左轉燈時，若對向來車(探偵車(Probe Car))將於注意(INFORM)時間門檻值(10 秒)內迫近路口，提供駕駛警示。

(2) LTA-2：實驗大客車於路口打左轉燈停車起步，速度大於 1km/hr 時，若對向來車(探偵車(Probe Car))將於警告(WARN)時間門檻值(5 秒)內迫近路口，提供駕駛警示。

3. 測試方法：實驗大客車分別以靜止於路口打左轉燈，以及 10 kph 速度行駛，於路口左轉待轉；對向來車(探偵車(Probe Car))以 20 kph 速度行駛。各測試 10 次。

4. 測試記錄：本計畫將測試實驗大客車行車安全警示的結果，並記錄成功警示與失敗警示次數。

表 4.1.2-6 LTA 測試結果

測試編號	LTA-1 測試結果	LTA-1 測試結果	系統警示時間(提早或落後多少時間提出警示)
1~10	偵測數量/實際數量/誤差數量	偵測數量/實際數量/誤差數量	
偵測誤差率 (誤差總量/實際總量)			

(二)IMA

1. 測試示意圖

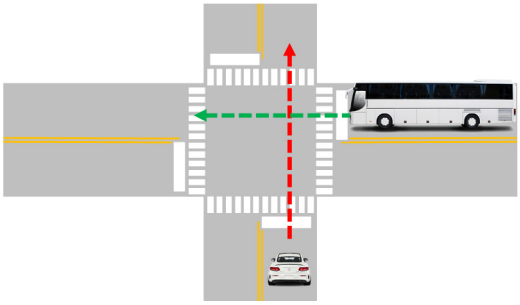


圖 4.1.2-2 IMA 測試示意圖

2. 測試內容

(1) IMA-1：當實驗大客車靜止於停止線以前而對方車輛(探偵車(Probe Car))進入注意範圍時(“INFORM” range)所提供的警示。在此注意範圍 (INFORM range)定義為在十字路口從左方到實驗大客車的衝突點相對速度於注意(INFORM)時間門檻值 (10 秒)內之距離。

(2) IMA-2：當對方車輛(探偵車(Probe Car))進入警告範圍(“WARN” range)時，且實驗大客車非停止的情況速度高於 1kph，則會產生該警告。在此警告範圍(WARN range)定義為在十字路口從左方到實驗大客車的衝突點相對速度於警告(WARN)時間門檻值(5 秒)內之距離。

3. 測試方法：實驗大客車分別以靜止於路口，以及 20 kph 速度行駛，接近路口；對向來車(探偵車(Probe Car))以 20 kph 速度行駛。各測試 10 次。

4. 測試記錄：本計畫將測試實驗大客車行車安全警示的結果，並記錄成功警示與失敗警示次數。

表 4.1.2-7 IMA 測試結果

測試編號	IMA-1 測試結果	IMA-2 測試結果	系統警示時間(提早或落後多少時間提出警示)
1~10	偵測數量/實際數量/誤差數量	偵測數量/實際數量/誤差數量	
偵測誤差率 (誤差總量/實際總量)			

(三)EEBL

1. 測試示意圖

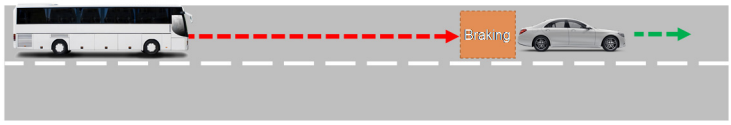


圖 4.1.2-3 EEBL 測試示意圖

2. 測試內容

(1) EEBL-1：當前車(探偵車(Probe Car))在 EEBL 警示範圍內且實驗大客車擷取到前車(探偵車(Probe Car))的煞車燈號，實驗大客車顯示前方煞車警示。

(2) EEBL-2：於實驗大客車時速 20 kph 條件下，警示範圍內且實驗大客車擷取到前車(探偵車(Probe Car))的煞車燈號，且當前車(探偵車(Probe Car))緊急煞車之減速度大於 0.5G±10%，即提供駕駛前方急煞畫面與聲音警示。

3. 測試方法：兩車以 20 kph 速度行駛，保持 50 公尺安全距離，行駛一段後探偵車(Probe Car)分別以輕踩煞車及緊急煞車進行實驗大客車 EEBL 警示測試，各測試 10 次。

4. 測試記錄：本計畫將測試實驗大客車行車安全警示的結果，並記錄成功警示與失敗警示次數。

表 4.1.2-8 EEBL 測試結果

測試編號	EEBL-1 測試結果	EEBL-2 測試結果	系統警示時間(提早或落後多少時間提出警示)
1~10	偵測數量/實際數量/誤差數量	偵測數量/實際數量/誤差數量	
偵測誤差率 (誤差總量/實際總量)			

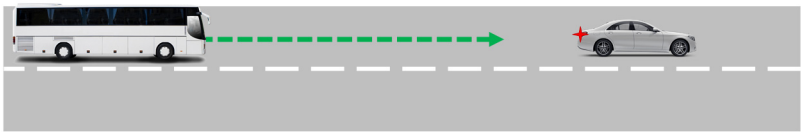
(四)FCW

1. 測試示意圖

(1) 前車靜止於同線道(FCW-1)



(2) 前車在同線道急停(FCW-2)



(3) 前方車輛在同線道降速且有碰撞風險(FCW-3)



(4) 前方(複數)車輛有急停以及有阻礙形成碰撞風險的情形(FCW-4)



(5) 前車靜止於相臨車道(FCW-5)



圖 4.1.2-4 FCW 測試示意圖

2. 測試內容

當同車道的前車(探偵車(Probe Car))停止、緩慢前進、煞車或速度小於實驗大客車時，若實驗大客車可能於警告(WARN)時間門檻值(5 秒)內追撞前車，即提供駕駛前車追撞畫面與聲音警示。

3. 測試方法：

(1) FCW-1

測試探偵車(Probe Car)靜止於前方同一車道，實驗大客車達到指定速度以定速朝向探偵車(Probe Car)，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之觸發警示訊息，並使實驗大客車駕駛接收到 FCW 警示。測試 10 次。

(2) FCW-2

測試探偵車(Probe Car)緩慢行駛在實驗大客車前方同一車道時，實驗大客車達到指定速度，探偵車(Probe Car)急停，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之觸發警示訊息，實驗大客車駕駛接收到 FCW 警示。測試 10 次。

(3) FCW-3

測試探偵車(Probe Car)在實驗大客車前方同一車道減速，實驗大客車維持定速與探偵車(Probe Car)間距逐漸減小，探偵車(Probe Car)必須發佈 BSM 至實驗大客車，實驗大客車須驗證來自於探偵車(Probe Car)發佈之 BSM 之觸發警示訊息，實驗大客車駕駛接收到 FCW 警示。測試 10 次。

(4) FCW-4：三車以 20kph 速度行駛，保持 50 公尺安全距離，行駛一段後第一輛探偵車(Probe Car)緊急煞車，第二輛探偵車(Probe Car)緊急變換車道。

(5) FCW-5：探偵車(Probe Car)靜止於實驗大客車前方相臨車道，並保持 50 公尺安全距離，實驗大客車以 20 kph 速度向前行駛接近探偵車(Probe Car)後，進行實驗大客車之 FCW 不警示測試，測試 10 次。

4. 測試記錄：本計畫將測試實驗大客車行車安全警示的結果，並記錄成功警示與失敗警示次數。

表 4.1.2-9 FCW 測試結果

測試 編號	FCW-1 測試結果	FCW-2 測試結果	FCW-3 測試結果	FCW-4 測試結果	FCW-5 測試結果	系統警示時間 (提早或落後多少時間提出警示)
1~10	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	
偵測誤差率 (誤差總量/實際總量)						

(五)BSD

1. 測試示意圖

(1) 測試車輛從左側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Left」警報觸發(BSD-1)。



(2) 測試車輛從右側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Right」警報觸發(BSD-2)。



(3) 測試實驗大客車從左方相臨車道超越車輛，「Inform」警報觸發(BSD-3)。



圖 4.1.2-5 BSD 測試示意圖

2. 測試內容

當相臨車道的後車(探偵車(Probe Car))加速超越實驗大客車時，或實驗大客車加速超越相臨車道的前車(探偵車(Probe Car))時，即提供駕駛盲區偵測畫面與聲音警示。

(1) BSD-1：測試車輛從左側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Left」警報觸發。

(2) BSD-2：測試車輛從右側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Right」警報觸發。

(3) BSD-3：測試實驗大客車從左方相臨車道超越車輛，「Inform」警報觸發。

3. 測試方法

(1) BSD-1、BSD-2：兩車以 20kph 速度於相臨車道行駛，實驗大客車在前方，保持 50 公尺安全距離，行駛一段後探偵車(Probe Car)加速至 40kph 超越實驗大客車，探偵車(Probe Car)分別以左側超車及右側超車各測試 10 次。

(2) BSD-3：兩車以 20kph 速度於相臨車道行駛，實驗大客車在後方，保持 50 公尺安全距離，行駛一段後實驗大客車加速至 40kph 超越探偵車(Probe Car)。

4. 測試記錄：本計畫將測試實驗大客車行車安全警示的結果，並記錄成功警示與失敗警示次數。

表 4.1.2-10 BSD 測試結果

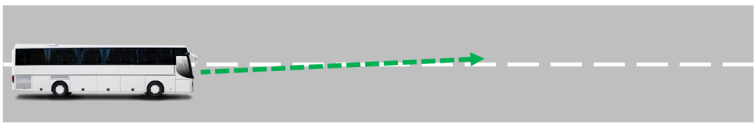
測試編號	BSD-1 測試結果	BSD-2 測試結果	BSD-3 測試結果	系統警示時間(提早或落後多少時間提出警示)

1~10	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	
偵測誤差率 (誤差總量/實際總量)				

(六)LDW

1. 測試示意圖

(1) 實驗大客車由右側車道向左側車道偏離，警報觸發。



(2) 實驗大客車由左側車道向右側車道偏離，警報觸發。

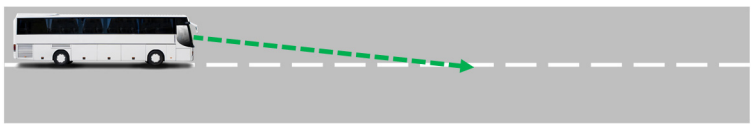


圖 4.1.2-6 LDW 測試示意圖

2. 測試內容

(1) LDW-1：測試實驗大客車行駛時未打方向燈，車身左偏壓過車道線，警報觸發。

(2) LDW-2：測試實驗大客車行駛時未打方向燈，車身右偏壓過車道線，警報觸發。

(3) LDW-3：測試實驗大客車行駛時有打方向燈，車身左偏壓過車道線，警報不觸發。

(4) LDW-4：測試實驗大客車行駛時有打方向燈，車身右偏壓過車道線，警報不觸發。

3. 測試方法(LDW-1、LDW-2、LDW-3、LDW-4)

LDW 系統設計為時速超過 55kph 提供車道偏離警示，本計畫參考美國 CAMP 測試計畫，以實驗大客車以 70 kph 速度於車道行駛，行駛一段後分別以往左偏離車道及往右偏離車道至壓線為止，並分別就有打方向燈與未打方向燈各測試 10 次。

4. 測試記錄：本計畫將測試實驗大客車行車安全警示的結果，並記錄成功警示與失敗警示次數。

表 4.1.2-11 LDW 測試結果

測試編號	LDW-1 測試結果	LDW-2 測試結果	LDW-3 測試結果	LDW-4 測試結果	系統警示時間 (提早或落後多少時間提出警示)
1~10	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	
偵測誤差率 (誤差總量/ 實際總量)					

五、智慧路口功能測試

本計畫於基隆場域內 2 處智慧安全路口以透過 RSU 掌握雷達及光達掃描路口之周遭人車動態資訊，當判斷路口有碰撞危險的情況時，於可變電子資訊看板提供人車相關安全警示資訊，使未裝載 OBU 的車輛也能得到安全保障，並針對各偵測設備進行功能測試。

而就硬體狀態偵測功能測試，實驗平台提供設備監控介面，當路側設備單元(RSU)、偵測設備通訊狀態異常時，會回報故障訊號至本計畫實驗平台，並於實驗平台顯示設備異常狀態。

(一)行人防碰撞警示

1. 功能：當於行人紅燈時偵測到停等區有行人行走時顯示請勿穿越；當有判斷有人車碰撞滿足碰撞條件時顯示注意左側來車、當行人綠燈偵測到行穿線有行人通行且有來車要靠近且滿足碰撞條件下顯示注意左側來車資訊。

2. 設置地點：基金一路/135 巷/208 巷

3. 設備配置：CMS 1 面、RSU 1 台、光達 2 台、雷達 2 台、工業電腦 1 台

4. 情境示意圖：

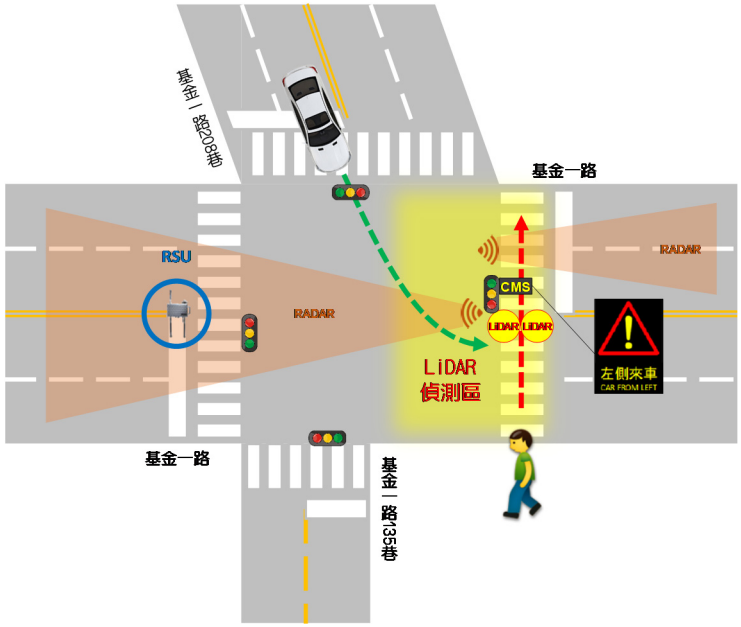


圖 4.1.2-7 人車碰撞偵測警示測試示意圖

5. 硬體狀態偵測功能測試

在本次計畫內容規範系統驗測指標，硬體偵測功能測試中有以下 2 點：

(1)當路口有車輛及行人進入偵測設備接收範圍時，能判別車輛及行人位置及數量，並將資訊傳送至路側設備單元(RSU)路側設備單元(RSU)能依現場路口時制計畫運算及判別警示資訊，並傳送警示資訊至路側 CMS 及實驗平台，測試時間至滿足 10 個號誌週期為止。

表 4.1.2-12 基金一路/135 巷/208 巷路口設備資料稽核表

測試編號(週期)	雷達 1 資料	雷達 2 資料	光達 1 資料	光達 2 資料	號誌控制器資訊	CMS 警示次數	系統警示時間(提早或落後多少時間提出警示)
1~10							

(2)當有車輛及行人進入偵測設備偵測範圍時，偵測設備能測得車輛及行人數量，並與實際數量(廠商自行調查或透過其他設備取得資料)進行比對，測試時間至滿足 10 個號誌週期為止，需符合正確率至少 90%之規定。

研究將以表 4.1-13 方式，分別對應測項內容滿足該測項要點，以隨機選取一完整週期進行測試同時針對每項測項之測試過程與結果作說明。

表 4.1.2-13 基金一路/135 巷/208 巷路口設備偵測與實際偵測數統計

測試編號(週期)	雷達 1 資料	雷達 2 資料	光達 1 資料	光達 2 資料	號誌控制器資訊	CMS 警示次數	系統警示時間(提早或落後多少時間提出警示)

1~10	偵測數量/實際數量/誤差數量	偵測數量/實際數量/誤差數量	偵測數量/實際數量/誤差數量	偵測數量/實際數量/誤差數量	偵測數量/實際數量/誤差數量	偵測數量/實際數量/誤差數量	
偵測誤差率(誤差總量/實際總量)							

(二)左轉防碰撞警示

1. 功能：結合號誌時制及車輛動態資料，計算車輛到達碰撞點時間
2. 設置地點：麥金路/樂利三街口
3. 設備配置：CMS 1 面、RSU 1 台、雷達 2 台、工業電腦 IPC 1 台
4. 情境示意圖：

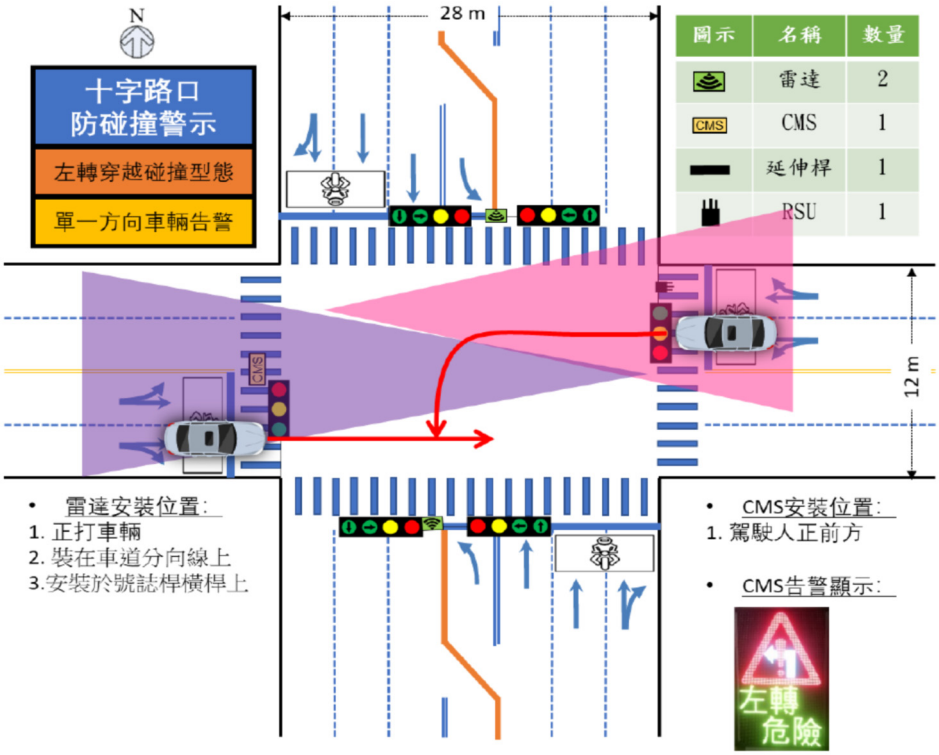


圖 4.1.2-8 路口防碰撞警示測試示意圖

5. 硬體狀態偵測功能測試

另在本次計畫內容規範系統驗測指標，分為偵測功能測試與硬體狀態偵測功能測試。偵測功能測試中有以下 2 點:

(1) 當路口有車輛及進入偵測設備接收範圍時，能判別車輛位置及數量，並將資訊傳送至路側設備單元(RSU)，路側設備單元(RSU)能依現場路口時制計畫運算及判別警示資訊，並傳送警示資訊至路側 CMS 及實驗平台，測試時間至滿足 10 個號誌週期為止。

表 4.1.2-14 麥金路/樂利三街路口設備資料稽核表

測試編號 (週期)	雷達 1 資料	雷達 2 資料	號誌控制器 資訊	CMS 警示次數	系統警示時間 (提早或落後多少時間提出警示)
1~10					

(2) 當有車輛偵測設備偵測範圍時，偵測設備能測得車輛數，並與實際數量(廠商自行調查或透過其他設備取得資料)進行比對，測試時間至滿足 10 個號誌週期為止，需符合正確率至少 90%之規定。

本計畫以表 4.1-15 方式，分別對應測項內容滿足該測項要點，以隨機選取一完整週期進行測試同時針對每項測項之測試過程與結果作說明。

表 4.1.2-15 麥金路/樂利三街路口設備偵測與實際偵測數統計

測試編號 (週期)	雷達 1 資料	雷達 2 資料	號誌控制器資訊	CMS 警示次數	系統警示時間 (提早或落後多少時間提出警示)
1~10	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	偵測數量/ 實際數量/ 誤差數量	
偵測誤差率 (誤差總量/實際總量)					

六、公車優先號誌功能測試

1. 測試目的：確認本計畫公車優先號誌路口能否正常運作
2. 驗測場域：本計畫公車優先號誌服務訊息路口(麥金路/樂利二街路口)
3. 測試方法

(1) 測試車輛距離路口固定距離處(例如 50 公尺)，OBU 發送 SRM (Signal Request Message)作為優先號誌請求服務的 request，如圖 4.1.2-9 流程圖所示。

(2) 路口 RSU 接收 SRM 訊息並依本計畫優先號誌邏輯演算，控制路口號誌控制器調整時相，如圖 4.1.2-9 流程圖所示。

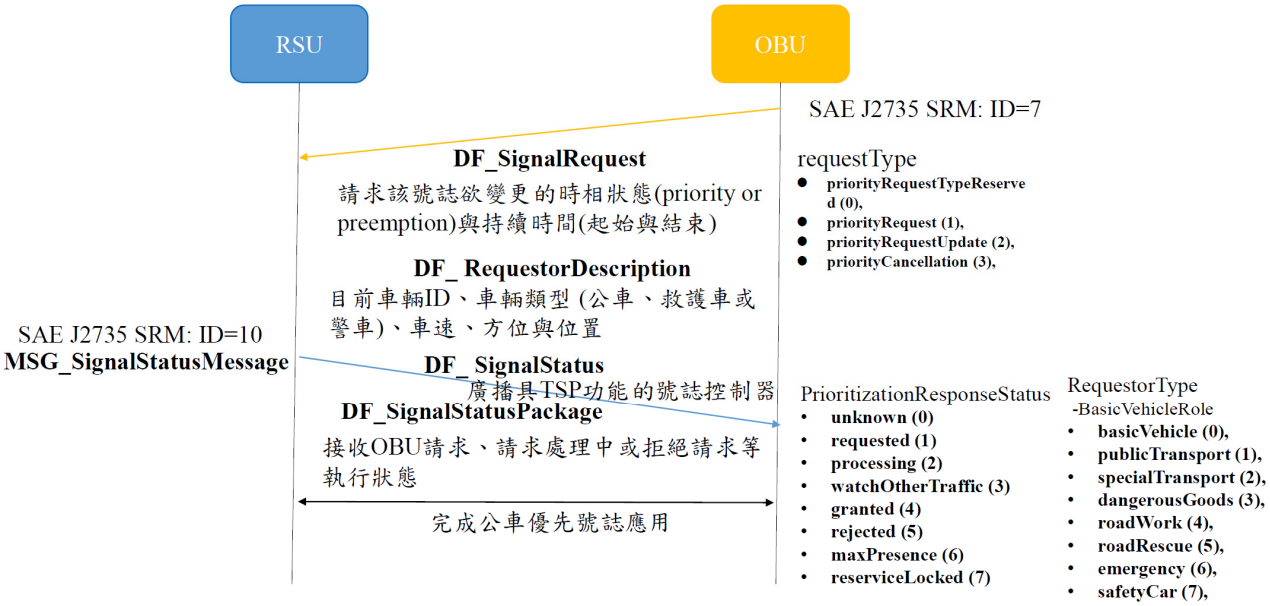


圖 4.1.2-9 公車優先號誌 SRM 與 SSM 訊息傳遞流程

(3) 觀測時相秒數是否依設定值調整。

(4) 確認路口 RSU 是否廣播正確 SSM (Signal Status Message)給測試車上 OBU，如圖 4.1.2-9 流程圖所示。

(5) 確認上述步驟設定值會回傳至實驗平台。

4. 測試記錄表格

表 4.1.2-16 公車優先號誌功能測試結果表格

測試編號	步驟編號	設備名稱	開始時間	作動時間	成功與否
1	A	OBU 發送 SRM			
1	B	RSU 接收 SRM			
1	C	優先號誌策略			
1	D	下達號誌控制器			
1	E	時相秒數調整			
1	F	RSU 回應 SSM			
1	G	OBU 接收 SSM			

4.1.3 正式實驗測試規劃

本次計畫參考前期計畫執行經驗，進行 2 天非假日與 2 天假日等各 8 小時，共計 4 天，每小時路線測試 1 車次；非假日包括晨峰與昏峰時段各 2 小時正式測試，驗測情境包括前述整合測試的項目，本年度正式實驗計畫情境構想如下：

一、實驗場域

依實驗大客車行駛路線，在本計畫範圍內分為二條路線，如圖 4.1.3-1 所

示：

(一) 路線 1 –基隆市公車 505 線，由起點(基金二路)至麥金路

(二) 路線 2 –國光客運 1815 線，由起點(基金二路)至國一

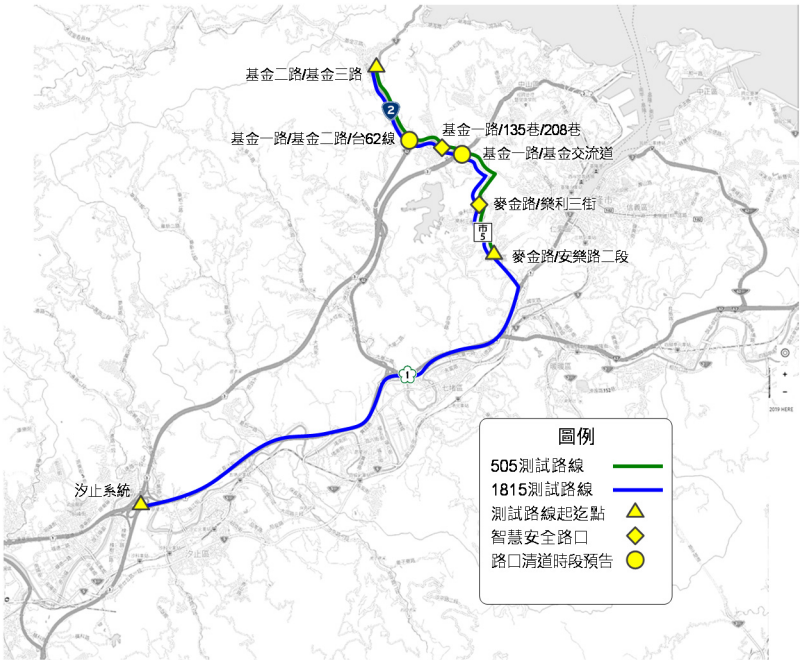


圖 4.1.3-1 正式實驗測試路線圖(國道與市區道路)

二、實驗情境

包括前述系統整合測試的情境，交通安全訊息廣播、公車優先號誌服務、實驗大客車 ADAS、智慧安全路口整合、號誌路口最佳行駛速率建議測試、車流均勻建議速度，其各實驗情境與相對應實驗路線如下表 4.1.3-1 所示。

表 4.1.3-1 實驗情境與實驗路線對應表

實驗情境	國道客運 (1815 線)	基隆市公車 (505 線)
車流均勻速度建議 (國道)	v	
交通安全資訊提供 (交通壅塞、道路施工、障礙物)	v	v
大客車 ADAS 與 CV 測試		v
智慧安全路口	v	v
號誌路口最佳行駛速率建議	v	v
公車優先號誌服務	v	v

三、驗測車輛

(一)路線 1：基隆市公車 505 線、501 線公車上除駕駛員 1 人及隨車觀察員 1 人； 探偵車(Probe Car)5 輛，每輛車各配置駕駛員 1 人。

(二)路線 2：1815 線客運車駕駛員 1 人及隨車觀察員 1 人；探偵車(Probe Car) 5 輛，每輛車各配置駕駛員 1 人。

四、驗測方式

(一)配合實驗大客車班表，各路線探偵車(Probe Car)按實驗大客車排班出發時間，隨後出發。

(二)實驗大客車出發前，確認對時功能正常。

(三)驗測路線分為二群(505 線公車、1815 國道客運)，每群各 5 輛車。

(四)蒐集各項測試所需分析資料並記錄。

五、實驗情境說明

正式實驗測試情境與其測試地點如表 4.1.3-2：

表 4.1.3-2 實驗情境與測試地點對應表

實驗情境	測試地點	實驗路線
交通安全訊息廣播	實驗路線全線	公車 505 線 國光客運 1815 線
大客車 ADAS 與 CV 測試	實驗路線全線	公車 505 線 國光客運 1815 線
智慧安全路口整合 (行人防碰撞偵測警示與左轉防碰撞警示)	1. 基金一路/135 巷/208 巷 (行人防碰撞偵測警示) 2. 麥金路/樂利三街 (左轉防碰撞警示)	公車 505 線 國光客運 1815 線
號誌路口行駛速率建議	SPaT 服務路口	公車 505 線 國光客運 1815 線
車流均勻速度建議	國道一號(基隆交流道-台 62 線、台 62 線-國道一號測試迄點)	國光客運 1815 線
公車優先號誌資訊	公車優先號誌之路口	公車 505 線 國光客運 1815 線

(一)交通安全資訊提供

實驗大客車與探偵車(Probe Car)於實驗路線全線行駛中，接受 RSU 所發佈之交通安全資訊。由 RSU 廣播交通安全資訊予實驗大客車與探偵車(Probe Car)，其中資訊類型包括：道路壅塞資訊、OBU 故障車輛警示與移動 RSU 道路施工。

(1) 道路壅塞資訊：實驗平台蒐集資訊處理分析轉換後予 RSU 發佈，提供車載設備前方路段壅塞資訊，或由下游路側 RSU 蒐集區域內車載設備資訊，

透過運算分析等方式判別為交通壅塞，傳給上游路側 RSU 發布壅塞資訊，即時提供給上游車輛，預先提供駕駛人注意車流狀況。

(2) OBU 故障車輛警示：由探偵車(Probe Car)車載設備發送故障車輛警示，提供其他駕駛人注意情況。

(3) 移動 RSU 道路施工：由路側機動架設之 RSU 提供車載設備前方之道路施工警示，使駕駛即時對前方障礙做出反應。

(二)大客車 ADAS 與 CV 測試

依沿線大客車與一般車輛或探偵車(Probe Car)互動，在車行安全無虞情況下，記錄可能的 FCW、BSD 與 LDW 等情境。測試時，蒐集以下警報及設備執行相關記錄。

(1) FCW

A. 警報發生時 TTC (Time to Collision)

B. 警報發生時縱向距離

C. 警報發生時實驗大客車與它車行駛速度(如果為探偵車(Probe Car))

(2) BSD

A. 警報發生時實驗大客車頭與它車(如果為探偵車(Probe Car))車頭的縱向距離

B. 警報發生時實驗大客車車尾與它車(如果為探偵車(Probe Car))車尾的縱向距離

C. 實驗大客車與它車行駛速度(如果為探偵車(Probe Car))

D. 警報結束時實驗大客車車頭與它車(如果為探偵車(Probe Car))車頭的縱向距離

(3)LDW

A. 警報發生時實驗大客車與左側車道線邊緣的距離

B. 警報發生時實驗大客車與右側車道線邊緣的距離

(三)智慧安全路口整合

(1)行人防碰撞警示

於智慧安全路口基金一路-基金一路 208 巷/135 巷路口中，於公車站牌與麥當勞間之行人穿越道設有偵測行人之光達，行人於行人綠燈時由公車站牌往麥當勞方向行走於行人穿越道，同時探偵車(Probe Car)由基金一路 208 巷行

駛左轉至基金一路，透過雷達偵測左轉車輛，傳送於路口 RSU，RSU 傳送警示至 CMS 系統，警示行人左側來車，示意圖如圖 4.1.3-2。

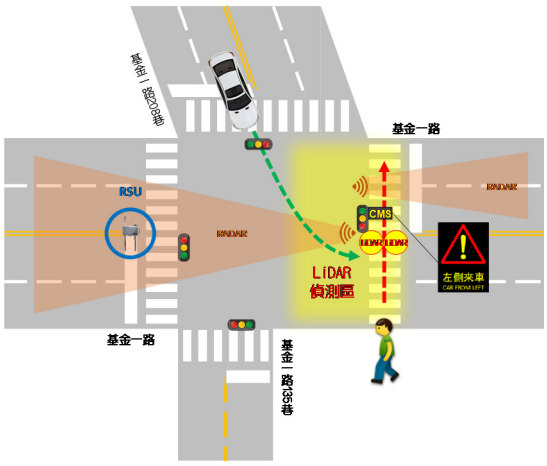


圖 4.1.3-2 行人防碰撞偵測警示示意圖

(2)左轉防碰撞警示

於麥金路-樂利三街設有偵測車輛之雷達與 CMS 系統，實驗大客車於返程通過麥金路-樂利三街路口時，探偵車(Probe Car)由對向行駛，當路口車輛進入雷達偵測範圍時，由雷達傳送資訊至路口 RSU 後，RSU 能依現場路口時制計畫運算及判別警示資訊，並傳送警示資訊至路測 CMS 系統，給予實驗大客車左轉危險之警示。

(四)號誌路口行駛速率建議

實驗大客車與探偵車(Probe Car)車載設備(OBU)接收路測設施(RSU)發送之號誌時相秒數資訊(SPaT, Signal Phase and Timing)，運算得到最佳行駛速率建議，在以下三種所規劃的驗測情境下，利用實驗平台記錄車速及通過狀態的情況。

(1)定速通過(綠燈狀態下，維持現在速度可通過路口)
(2)加速通過(綠燈狀態下，加速可避免到路口為紅燈)
(3)和緩減速至停止(紅燈狀態下，無法避免到路口為紅燈)

(五)車流均勻速率建議

實驗平台利用蒐集路段車流資訊及 Google Map 資訊後，由平台融合運算產生路段速率，進而研擬車流均勻建議速度。此車流均勻速度再經由適當時間、地點由 RSU 或運算平台，提供給駕駛人調整其行駛速度，以達到均勻車流的目的。

(六)公車優先號誌資訊

實驗大客車與探偵車(Probe Car)經過優先號誌路口，記錄通過路口時優先號誌的請求及接受資訊。實驗大客車與探偵車(Probe Car)車輛距離路口固定距離處，OBU 發送 SRM (Signal Request Message)作為優先號誌請求服務的 request；路口 RSU 接收 SRM 訊息並依本計畫優先號誌邏輯演算，記錄調整時相。

4.2 量化績效指標設計

4.2.1 智慧安全路口績效指標

本計畫所研擬之智慧安全路口警示系統目的在預防碰撞發生、提昇路口行人安全，規劃評估指標除了減少事故次數外，減少事故嚴重性亦是重要評估指標。此外，為了評估 CV 與 ADAS 系統運作效能，系統運作次數、運作正確性及警示資訊對車輛駕駛行為影響也納為評估指標。

因本計畫系統運作設計資訊發布方式為透過路側 CMS 提供所有用路人警示訊息，因此研擬績效評估方式為事前與事後分析方法(Before and After Study)。而績效評估所需資料初步規劃包含警示產生時的 RSU 決策資訊及事故資料。其中 RSU 決策資訊將由系統提供，包含當下的雷達/光達訊息、號誌訊息、CMS 訊息等；事故肇事資料則將透過基隆市警察局取得，包含事故類別(A1、A2、A3)、事故位置等。

一、績效評估方式

智慧路口安全警示系統主要目的在於警示駕駛與行人預防碰撞發生，本計畫選擇行人事故率高之基金一路/135 巷/208 巷，以及行車左轉事故率高之麥金路/樂利三街進行智慧路口安全警示系統示範路口，期以降低事故發生，參考美國運輸部辦理之 Connected Vehicle Pilot Deployment (CVPD)計畫評標。在考慮資料蒐集可行性與系統可操作性之下，本計畫研擬進行系統警示次數與事故次數 (等級)，評估方式說明如下：

(一)系統警示次數評估

擬進行系統運作後警示次數統計分析，並透過系統發出警示訊息的時間與行人偵測資料進行勾稽，以瞭解系統警示訊息發布正確性，於系統建置完成後至保固前進行一次評估分析。

(二) 事故次數(等級)評估

擬進行系統運作後行人事故次數(等級)統計分析，瞭解系統運作後是否有減少事故次數、降低事故等級，有鑑於事故改善非短期可達到效益，故後

續從執行時間統計一年資料進行評估分析。本計畫後續將針對 2 處智慧安全路口進行事前/事後事故肇事資料統計，事前基金一路/135 巷/208 巷路口事故型態以左轉車輛追撞行人為主、麥金路/樂利三街路口事故型態以左轉車輛與直行車輛碰撞為主。事前/事後事故次數統計表整理如表 4.2.1-1 所示。

表 4.2.1-1 智慧安全路口事前/事後事故次數統計表

路口	事故型態	事前 (行人事故/所有事故)	事後 (行人事故/所有事故)
基金一路/135 巷 /208 巷	左轉穿越側撞	2/5	
	同向直行擦撞	1/4	
	左轉側撞	3/3	
	直行追撞	0/2	
	左側交叉撞	1/2	
	右側交叉撞	1/1	
	右轉側撞	0/1	
	同向右轉擦撞	0/1	
	打滑失控車輛	0/1	
麥金路/樂利三街	左轉穿越側撞	1/5	
	左側交叉撞	0/4	
	停等追撞	0/4	
	同向直行擦撞	0/3	
	右側交叉撞	1/2	
	同向右轉擦撞	0/2	
	直行追撞	0/1	
	直行對撞	0/1	
	打滑失控車輛	0/1	

註：事前事故件數時間為 104 年至 107 年全年統計資料。

4.2.2 實驗大客車 ADAS 與 CV 績效指標規劃

本計畫所研擬之 ADAS 目的在協助實驗大客車預防碰撞發生、提昇路口行人安全，為了評估 ADAS 與 CV 系統運作效能。針對基隆市公車 501 線、505 線 CV 與 ADAS 與國道客運 1815 線(含支線)之 CV 設備 FCW 與 BSD 安全情境研擬及相關功能測試，並就系統警示次數、運作正確性及警示資訊對車輛駕駛行為影響也納為評估指標進行績效評估分析。

一、系統警示次數評估

進行系統警示次數統計分析，並透過系統發出警示訊息的時間與實驗大客車上監測資料進行勾稽，以瞭解系統警示訊息發布正確性。

二、車輛速度變化評估

進行系統運作前/後車輛速度變化分析，結合系統運作情形，在系統建置完成開始運作後先不提供警示訊息，以進行事前資料蒐集，至少一個月時間；評估基準測試及效能測試時實驗大客車在警示訊息發生前車輛速度差異程度。

三、事故次數(等級)評估

進行系統運作後事故次數(等級)統計分析，瞭解系統運作後是否有減少事故次數、降低事故等級，有鑑於事故改善非短期可達到效益，故後續從執行時間統計一年資料進行評估分析。

4.2.3 號誌路口最佳行駛速率建議指標

本計畫所研擬之號誌路口最佳行駛速率建議，目的在於減少車輛於路口停等次數，進而達到減少油耗量和排碳量。故分析指標包括：

一、停等次數

二、油耗及排碳量：於基準測試下建立停等次數、額外停等時間與緊急減速情況下的油耗模型，作為油耗計算之基準。再於效能測試時記錄即時油耗，與基準測試所量測的油耗模型，比較減少的油耗及排碳量。

4.2.4 車流均勻建議速度指標

本計畫所研擬之號誌路口最佳行駛速率建議，目的在於減緩衝擊波，減少行車速度變異數與旅行時間。因此將比較基準測試與效能測試間的行車速度變異數與旅行時間減少值差異。

4.3 類 CAMP 驗測量化績效規劃

本章節說明類 CAMP 實驗項目：盲區警示/變換車道警示(BSW/LDW)、前方碰撞警示(FCW)、交叉路口防撞警示(IMA)與前方車流緊急剎車警示(EEBL)。

一、前方碰撞警示(FCW)

前方碰撞警示以通過次數/不通過次數做為評估指標。直線測試全數通過，但在部分變換車道實驗有不通過情況發生，例如變換車道時，橫向距離量測不正確造成警報延遲告警，以及假警報誤判。

前方碰撞警示在各實驗情境，實驗結果通過與不通過情況與量測項目，彙整於表 4.3-1。其中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote

Vehicle 的縮寫，TTC 為碰撞時間 Time to Collision 的縮寫。每個測試系列都包含指定數量的有效試驗，如果測試通過百分比超過設定值判定為測試成功。

表 4.3-1 類 CAMP 前方碰撞警示實驗情境與量化指標

實驗情境	通過情況	不通過情況	量測項目
FCW-1： 前車靜止在同一車道，直線測試	HV 與前車距離短於 TTC7 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度
FCW-2： 前車緩慢行駛在同一車道，直線測試	HV 與前車距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度
FCW-3： 前車減速行駛在同一個車道，直線測試	HV 與前車距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時 TTL 3. 警報發生時縱向距離 4. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度 5.RV 開始減速縱向距離 6.RV 平均減速率
FCW-4： 前車變換車道，直線測試	HV 與前車距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時橫向距離 4. 警報發生時 HV 與 RV 行駛速度
FCW-5： 前方目標置換，直線測試	HV 與前車 RV1 距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報後，HV 與前車 RV2 距離短於 TTC 之前啟動 FCW 警報	HV 與前車距離短於 TTC 之後啟動 FCW 警報，或者試驗期間沒有警報，或者警報順序顛倒	1. 警報發生時 TTC 2. 警報發生時縱向距離 3. 警報發生時橫向距離 4. 警報發生時 HV 與 RV1 行駛速度 5. 第二次警報時 TTC 6. 第二次警報時縱向距離 7. 第二次警報時 HV 與 RV2 行駛速度

二、盲區警示/變換車道警示 (BSW/LDW)

盲區警示/變換車道警示以通過次數/不通過次數做為評估指標。在該研究中評估的車輛的左右兩側的盲區範圍不同，右側盲區比左側短些。重車車頭加掛不同長度的拖車時，盲區範圍雖然有延長，但是盲區警示範圍未依據拖車組合長度延伸，而通常為一個固定長度；變換車道警示(方向燈信號開啟)情境下，變換車

道警示範圍則確實增加延伸到拖車的區域。

盲區警示/變換車道警示在各實驗情境，實驗結果通過與不通過情況與量測項目，彙整於表 4.3-2。其中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫。每個測試系列都包含指定數量的有效試驗，如果測試通過百分比超過設定值判定為測試成功。

表 4.3-2 類 CAMP 盲區警示/變換車道警示實驗情境與量化指標

實驗情境	通過情況	不通過情況	量測項目
BSW/LDW-1：RV 從左側通過 HV，直線測試	RV 進入 HV 盲區時發起 BSW/LDW 警報並在 RV 離開後警報熄滅	RV 在 HV 盲區時未發出 BSW/LDW 警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	1. 警報發生時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 2. 警報發生時 HV 車尾與 RV 車尾的縱向距離 3. HV 與 RV 行駛速度 4. 警報結束時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離
BSW/LDW-2：RV 從右側通過 HV，直線測試	RV 進入 HV 盲區時發起 BSW/LDW 警報並在 RV 離開後警報熄滅	RV 在 HV 盲區時未發出 BSW/LDW 警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	1. 警報發生時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 2. 警報發生時 HV 車尾與 RV 車尾的縱向距離 3. HV 與 RV 行駛速度 4. 警報結束時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離
BSW/LDW-3：HV 從左側或右側通過 RV，直線測試	RV 進入 HV 盲區時發起 BSW/LDW 警報並在 RV 離開後警報熄滅	RV 在 HV 盲區時未發出 BSW/LDW 警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	1. 警報發生時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 2. HV 與 RV 行駛速度 3. 警報結束時 HV 車頭與 RV 車頭的縱向距離 4. 警報結束時 HV 車尾與 RV 車頭的縱向距離
BSW/LDW-4：RV 尾隨 HV，直線測試	HV 未啟動 BSW/LDW 警報	HV 啟動 BSW/LDW 警報	假警報次數

三、電子煞車燈警示 (EEBL)

電子煞車燈警示以通過次數/不通過次數做為評估指標。實驗結果發現在彎道測試情境，V2V 系統在某些情況下因為車輛間的橫向距離估算誤差，當 RV 與 HV 在不同車道上不應該有警報發生時，卻發生 FCW 和 EEBL 假警報。

電子煞車燈警示在各實驗情境，實驗結果通過與不通過情況與量測項目，彙整於表 4.3-3。其中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫。每個測試系列都包含指定數量的有效試驗，如果測試通過百分比超過設定值判定為測試成功。

表 4.3-3 類 CAMP 電子煞車燈警示實驗情境與量化指標

實驗情境	通過情況	不通過情況	量測項目
EEBL-1： RV2、RV1、HV 以前中後位置在同一車道， HV 會受 RV1 遮蔽看不到 RV2 煞車，直線測試	RV2 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生 EEBL 警報，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.RV2 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 2.RV2 煞車時的減速度 3.廣播延遲秒數 4.警報延遲秒數
EEBL-2： HV、RV1、RV2 以前中後位置在同一車道， RV2 會受 RV1 遮蔽看不到 HV 煞車，直線測試	HV 的 OBE 系統廣播煞車事件，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.HV 煞車時 RV1 與 RV2 的行駛速度 2.HV 煞車時的減速度
EEBL-3： RV 在 HV 前方同一車道且 RV 輕踩煞車，直線測試	HV 未啟動 EEBL 警報	HV 啟動 EEBL 警報	假警報次數
EEBL-4： RV 在 HV 前方相鄰車道且 RV 緊急煞車，直線測試	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生低階警報，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數
EEBL-5： RV 在 HV 前方同一車道且 RV 緊急煞車，彎道測試	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生 EEBL 警報，且警報持續一段	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數

	指定時間		
EEBL-6： RV 在 HV 前方外側車道且 RV 緊急煞車，彎道測試	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生低階警報，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未持續一段指定時間	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數
EEBL-7： RV 在 HV 前方同一車道且 RV 緊急煞車，EEBL 警報啟動後，HV 煞車	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生 EEBL 警報，警報開始 1 秒內 HV 煞車，警報在指定時間內解除	警報未發生或警報未在指定時間內解除	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數
EEBL-8： RV 在 HV 前方同一車道且 RV 緊急煞車，EEBL 警報啟動後，HV 變換車道	RV 的 V2V 系統廣播煞車事件，HV 在指定時間內發生 EEBL 警報，且警報持續一段指定時間	警報未發生或警報未在指定時間內解除	1.RV 煞車時的縱向距離 2.警報發生時的縱向距離 3.RV 煞車時 HV 與 RV 的行駛速度 4.RV 煞車時的減速度 5.廣播延遲秒數 6.警報延遲秒數

四、交叉路口防碰撞警示 (IMA)

十字路口防碰撞警示以通過次數/不通過次數做為評估指標。十字路口防碰撞警示共設計 6 種情境，實驗過程中可能因為速度快慢或車輛初始位置前後偏移導致警報提早發生，例如，IMA-2 實驗設計為 RV 等速通過路口，HV 在橫向道路從靜止開始朝向路口移動，預計 HV 在接收到 IMA 警報時再開始煞停，數次試驗中 HV 尚未前進已經收到 IMA 警報，問題在 IMA 警示對速度與距離相當敏感。

十字路口防碰撞警示在各實驗情境，實驗結果通過與不通過情況與量測項目，彙整於表 4.3-4。其中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫，TTC 為碰撞時間 Time to Collision 的縮寫。每個測試系列都包含指定數量的有效試驗，如果測試通過百分比超過設定值判定為測試成功。

表 4.3-4 十字路口防碰撞警示實驗情境與量化指標

實驗情境	通過情況	不通過情況	量測項目
IMA-1： RV 在路口前煞停，HV 等速通過橫向道路	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報解除	警報提早發生，或者 HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報仍未解除	1.煞車發生時 RV 與路口距離 2.煞停時 RV 與路口距離 3.RV 煞車距離與減速度 4.警報發生時 HV 與路口的距離及 TTC 5.警報發生時 RV 與路口的距離及 TTC 6.警報時 HV 行駛速度 7.警報時 RV 行駛速度
IMA-2： RV 等速通過路口，HV 在橫向道路從靜止開始朝向路口移動	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，RV 已通過路口後警報解除	警報提早發生，或者 RV 已通過路口後警報仍未解除	1.警報發生時 RV 與路口的距離及 TTC 2.警報時 RV 行駛速度
IMA-3： RV 靜止於路口，HV 通過橫向道路	HV 在接近與通過路口時未啟動 IMA 警報	HV 啟動 IMA 警報	1.判讀到潛在威脅時 HV 與路口距離 2.HV 行駛速度
IMA-4： RV 緩慢接近路口，HV 通過橫向道路	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報解除	警報提早發生，或者 HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報仍未解除	1.警報發生時 HV 與路口的距離及 TTC 2.警報發生時 RV 與路口的距離及 TTC 3.警報時 HV 行駛速度 4.警報時 RV 行駛速度
IMA-5： HV 煞停避免路口碰撞，RV 通過橫向道路	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發生 IMA 警報，RV 已通過路口或 HV 已減速不會進入路口後警報解除	警報提早發生，或者 RV 已通過路口或 HV 已減速不會進入路口後警報仍未解除	1.警報時 HV 行駛速度 2.警報時 RV 行駛速度
IMA-6： HV 與 RV 緩慢接近路口	在 RV 接近路口且其速度或距離超過 TTCmin 時 HV 發	警報提早發生，或者 HV 已通過路口或	1.警報發生時 HV 與路口的距離及 TTC

	生 IMA 警報，HV 已通過路口或 RV 已減速不會進入路口後警報解除	RV 已減速不會進入路口後警報仍未解除	2. 警報發生時 RV 與路口的距離及 TTC 3. 警報時 HV 行駛速度 4. 警報時 RV 行駛速度

4.4 大規模驗測量化績效規劃

本節主要內容在於正式實驗測試中，對各項目測試時所蒐集之資料分析，針對不同測試項目進行前後比較，測試項目包含：交通安全訊息廣播、公車優先號誌服務、實驗大客車 ADAS 加上 CV 測試、智慧安全路口整合測試、號誌路口最佳行駛速率建議、車流均勻建議速率等六項，以下小節將對各項目進行正式實驗測試績效分析。

一、交通安全訊息廣播測試

實驗大客車於實驗路線全線行駛時，接收交通安全訊息廣播，包含前方交通壅塞資訊、號誌時相秒數資訊、易肇事路段警示、道路施工與障礙物等，此實驗分析項目包含以下項目：

1. 交通安全訊息接受次數
2. 接收警示時之位置與距離
3. 實驗大客車駕駛員駕駛行為對於訊息廣播有無改變。

二、公車優先號誌資訊測試

實驗大客車與探偵車(Probe Car)經過優先號誌路口，記錄通過路口時優先號誌的請求及接受資訊。實驗大客車與探偵車(Probe Car)車輛距離路口固定距離處，OBU 發送 SRM (Signal Request Message)作為優先號誌請求服務的 request；路口 RSU 接收 SRM 訊息並依本計畫優先號誌邏輯演算，記錄調整時相。

三、實驗大客車 ADAS 與 CV 測試

正式實驗測試中，實驗大客車 ADAS 與 CV 測試包含 FCW、BSD 與 LDW 警示，針對不同項目蒐集各自實驗數據並分析。

1. FCW
   (1) 警報發生時 TTC (Time to Collision)
   (2) 警報發生時縱向距離
   (3) 警報發生時實驗大客車與它車行駛速度(如果為探偵車(Probe Car))
2. BSD

(1)警報發生時實驗大客車頭與它車(如果為探偵車(Probe Car))車頭的縱向距離

(2)警報發生時實驗大客車車尾與它車(如果為探偵車(Probe Car))車尾的縱向距離

(3)實驗大客車與它車行駛速度(如果為探偵車(Probe Car))

(4)警報結束時實驗大客車車頭與它車(如果為探偵車(Probe Car))車頭的縱向距離

3. LDW

(1)警報發生時實驗大客車與左側車道線邊緣的距離

(2)警報發生時實驗大客車與右側車道線邊緣的距離

四、智慧安全路口整合測試

正式實驗測試中，以基金一路-基金一路 135 巷/208 巷與麥金路-樂利三街為智慧安全路口，分別測試人車碰撞偵測警示與路口防碰撞警示。

1. 行人防碰撞警示

行人防碰撞警示透過 CMS 系統警示行人穿越路口時注意左側來車，此實驗項目分析項目包含：

(1)CMS 警示次數

(2)車輛偵測數量

(3)行人偵測數量

2. 左轉防碰撞警示

左轉防碰撞警示透過 CMS 系統警示左轉車輛警示危險，此實驗項目分析項目包含：

(1)CMS 警示次數

(2)車輛偵測數量

五、號誌路口行駛速率建議

實驗大客車與探偵車(Probe Car)車載設備(OBU)接收路測設施(RSU)發送之號誌時相秒數資訊(SPaT)，運算得到最佳行駛速率建議，在以下三種所規劃的驗測情境下，利用實驗平台記錄車速及通過狀態的情況。

(1) 定速通過(綠燈狀態下，維持現在速度可通過路口)

(2) 加速通過(綠燈狀態下，加速可避免到路口為紅燈)

(3) 和緩減速至停止(紅燈狀態下，無法避免到路口為紅燈)

六、車流均勻建議速率

實驗平台利用蒐集路段車流資訊及 Google Map 資訊後，由平台融合運算產生路段速率，進而研擬車流均勻建議速度。此車流均勻速度再經由適當時間、地點由 RSU 或運算平台，提供給駕駛人調整其行駛速度，以達到均勻車流的目的。

第五章 實驗平台功能擴充與成果

5.1 實驗平台加值擴充設計與功能成果說明

本章節針對本年度實驗平台工作項目與擴充功能進行說明。

5.1.1 主要工作內容

本年度實驗平台因應今年度基隆場域擴充計畫佈建路口與大客車駕駛安全應用所需，以下列概念功能進行延伸與擴充，簡述如下：

一、多元資料蒐集

整合中央與縣市政府 ITS 資訊(國道與各縣市 CMS、CCTV、VD 等資訊)、第三方資訊(Google 圖資供應商)、合作夥伴(國道客運業者、市區公車)、本計畫自建智慧路口資訊(Radar、LiDAR、CCTV、CMS)與國道沿線 DSRC 路側設備(RSU)，並同時將整合車輛 OBU 與車輛 ADAS、影像資訊，其中車輛 OBU 與 ADAS、影像資訊，將透過車載設備蒐集車輛警示事件、事件當時不同角度影像(如圖 5.1.1-1 車輛影像資訊與偵測事件示意圖)。由上述資訊來源透過實驗平台進行資料蒐集、資料運算、資料庫、操作與顯示介面功能擴充



圖 5.1.1-1 車輛影像資訊與偵測事件示意圖

二、導入自動化反應機制：

本平台整合前期成果，並擴充相關功能以滿足本期所需要之功能，場域管理範圍與整合的即時交通資訊也有所增加，為減少人力維運成本，將自動化反應機制來提升系統自動化，在緊急事件發生/道路壅塞/設備故障等待解決之狀況發生時，可主動提供管理者所需之資訊與切換監控畫面，讓整合式的平台管理更有彈

性。

5.1.2 實驗平台功能設計

本年度實驗平台擴充前期既有平台之功能模組，配合實驗分析需求，新增與擴充相關軟體模組如圖 5.1.2-1 所示。

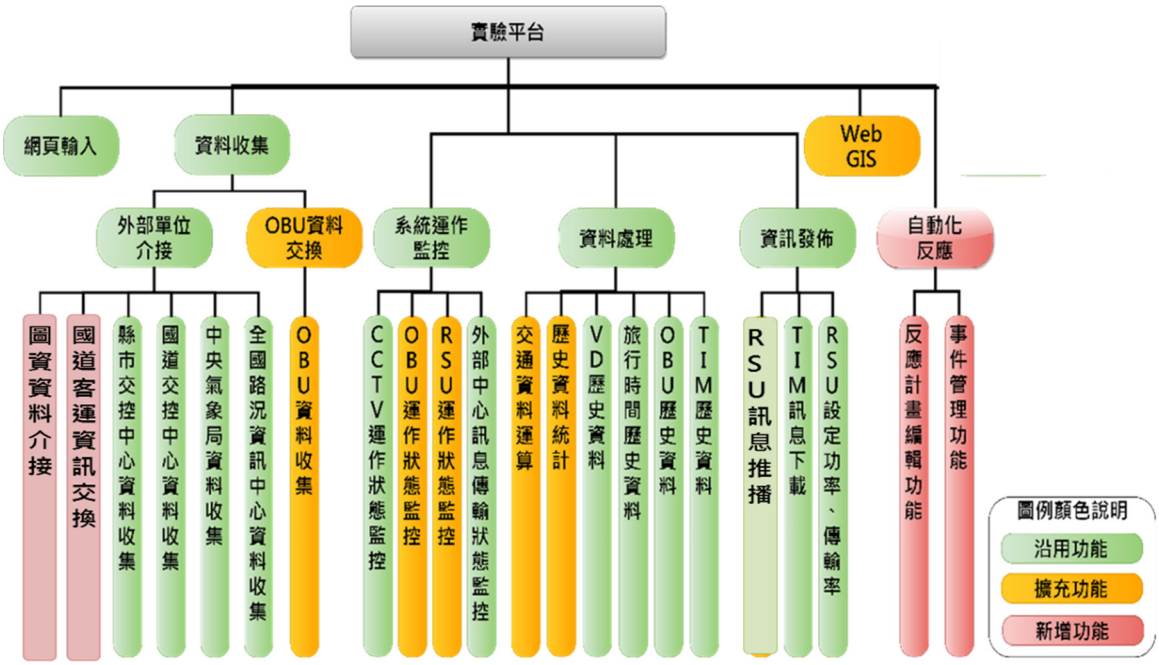


圖 5.1.2-1 實驗平台功能架構圖

大致分為沿用功能與擴充功能三大類：

一、沿用功能

沿用功能為整合前期之實驗平台功能，不異動其原本功能，並視情況擴增設備或是組態。例如，已經串接之外部單位資料(公共運輸整合資訊流通服務平臺 PTX(Public Transport Data eXchange)、電子收費系統 ETC(Electronic Toll Collection)、中央氣象局、等即時資料)，就直接進行資料引用與作為分析之參考，而不重新異動其原本功能。

二、擴充功能

擴充功能是為達本次所規劃之目標，擴充原先已制定之規格或功能，使其與本期之需求吻合。例如：本次規劃中，實驗平台需可進行大客車駕駛安全的監控與分析，在車載機端就需將前期的 OBU 與 ADAS 功能進行擴充(如圖 5.1.2-2 所示)，實驗平台亦需將 OBU 資料交換功能與格式進行擴充，讓車輛 OBU 與 ADAS 蒐集之即時影像、ADAS 緊急事件、GNSS 軌跡與時間資訊可回傳至平台進行同步與資料分析。

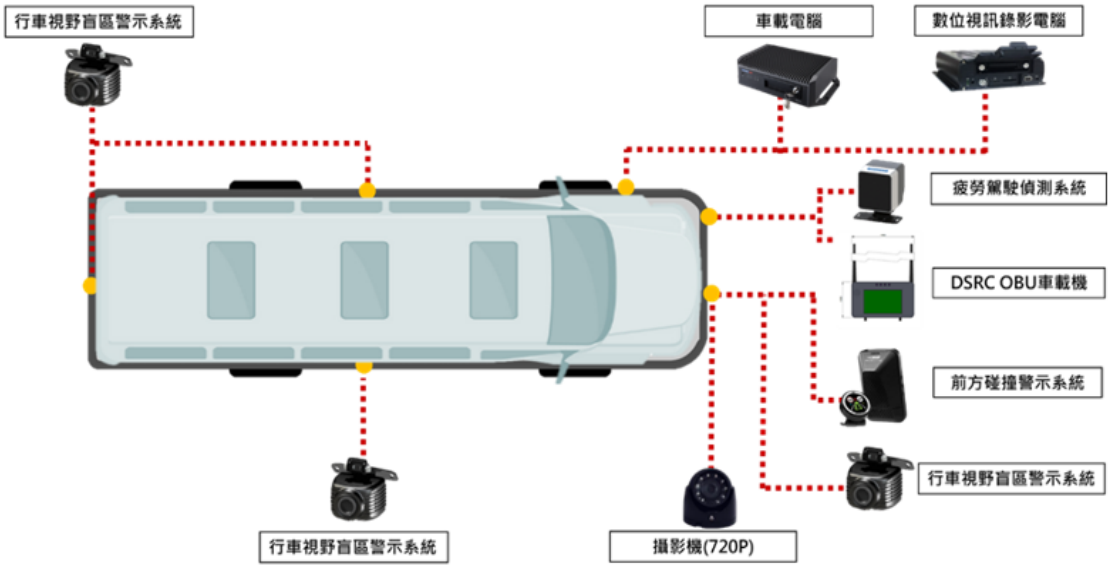


圖 5.1.2-2 車輛 OBU 與 ADAS 裝置示意圖

三、新增功能

本計畫平台所新增之功能為自動化反應。自動化反應以資料分析為主軸，讓管理者設定事件分級(那些事件需緊急通報與顯示)與相對應的處置方式(例如：以路側設備發布顯示訊息)，讓管理者可於最短時間內了解場域內發生的緊急事件(例如：壅塞、駕駛人瞌睡、車輛故障等)以及可進行的操作。

實驗平台主要功能分述如下：

(一)資料蒐集功能

資料蒐集包含外部單位介接功能及 OBU 資料交換功能，透過可延伸標記式語言 XML (Extensible Markup Language)、基於 XML 的標記語言 KML (Keyhole Markup Language)、JavaScript 物件表示法 JSON (JavaScript Object Notation)等資料交換格式，蒐集包含縣市交控中心、高速公路交控中心、全國路況資訊中心、中央氣象局、公路總局等單位之即時壅塞程度、CCTV、CMS、駕駛人與路況事件、天氣等資料，今年更擴充 OBU 資料交換功能，接收安裝於大客車上的 DSRC OBU 與 ADAS，整合與同步大客車行駛過程中 ADAS 資訊(DVR 事件影像、ADAS 緊急事件)、DSRC OBU 車機資訊(GNSS 軌跡與車輛狀態)，本平台資料蒐集方式與來源彙整如表 5.1.2-1 所示：

表 5.1.2-1 資料蒐集方式與來源彙整

資料面向	資料類別	次類別	資料項目	來源單位	取得方式
政府部門 ITS 資訊	國道 1、國道 3	車輛偵測器(VD)資訊	VD 一分鐘動態資訊	交通部	發文申請
			VD 五分鐘動態資訊		
	台 62、台 2	車輛偵測器(VD)資訊	VD 一分鐘動態資訊	交通部	發文申請
			VD 五分鐘動態資訊	交通部	
	國道 1、國道 3、台 62、基金二路、基金三路	OBU	BSM 每秒鐘 10 筆	本案	自動介接
			每秒車輛狀態資訊(如：位置、速度、Heading 等)		
	國道 1、國道 3、台 62、基金二路、基金三路	CCTV	CCTV 所在位置靜態資訊	交通部	發文申請
			CCTV 動態資訊		
	國道 1、國道 3、台 62、基金二路、基金三路	CMS	CMS 所在位置靜態資訊	交通部	發文申請
			CMS 動態資訊		
	國道 1、國道 3	ETC	站間各車種平均行駛車速(TDCS_M05A)	交通部	Open Data
	基隆市公車 505 與 501 線、國光客運 1815 線	PTX	公車即時動態	交通部	線上申請
氣象	基隆市、新北市	氣象	天氣狀況、降雨機率、PM2.5、溫度與空氣品質	中央氣象局	自動介接
ITS 設備管理	基隆市	系統狀態	智慧路口：RSU、CMS、Radar、LiDar、號誌每秒設備運作狀態 智慧路側：RSU 運作狀態	本案	自動蒐集
駕駛安全	--	OBU	道路事件與故障車輛	本案	自動蒐集
		ADAS 設備	車道偏移、前車防碰撞、行人防撞警示、超速警示	本案	自動蒐集
		IPC	急加減速、怠速、轉彎車速過高	本案	自動蒐集

資料面向	資料類別	次類別	資料項目	來源單位	取得方式
		Camera	前/後/左/右盲區偵測	本案	自動蒐集
車輛設備管理	--	ADAS 設備	ADAS 設備鏡頭與主機異常	本案	自動蒐集
		Camera	鏡頭異常	本案	自動蒐集
		GNSS	訊號微弱或失去訊號	本案	自動蒐集
駕駛人分心警示	--	DBW	吃東西	本案	自動蒐集
			講手機	本案	自動蒐集
			抽菸	本案	自動蒐集
			分心駕駛	本案	自動蒐集
			打瞌睡	本案	自動蒐集
圖資資料整合		圖資 API	旅行時間、交通圖層(順暢/普通/壅塞)	本案	經授權後取得

(二)資料處理功能

本平台除沿用前期結果，由資料蒐集功能所取得之即時資料進行分析以外，並依據 RSU 蒐集之 OBU 資料，由此資料運算 OBU 平均速度、旅行時間，傳送至 RSU。並將相關資料儲存為歷史資料，提供後續進行相關分析統計；同時亦蒐集與彙整 ADAS 車機、DBW 與影像資訊，經由訊號處理與時間同步等機制，結合車輛位置，完整彙整智慧公車行駛資訊(例如：駕駛安全事件、智慧路口警示、位置資訊與軌跡、異常事件觸發之影像等)，並提供緊急事件通報與影像軌跡同步查詢之功能。

(三)Web GIS

以圖資 API 結合 JavaScript 進行電子地圖開發，經由資料進行相關處理彙整後，並可於 WebGIS 平台展示，以提供後端管理使用。今年度將依據驗測場地範圍之擴大，以 Web 形式呈現路側設備狀況、原始資料數據、大客車安全即時 ADAS 事件等相關結果。

(四)資訊發布功能

依據 DSRC 採用之 SAE J2735 規範，按照 TIM 及 RSA 格式將前方壅塞資訊、多事故路段警示、異常天候資訊、緊急路況資訊等，可經由資訊發布模組推播給 RSU 再透過 OBU 提供給駕駛人，以達到提供詳細路況資訊或交通安全告警目的。

(五)系統運作監控功能

監控場域範圍內之設備(例如：RSU、Radar、CMS、CCTV、ADAS 車機)與其運作狀態(如：連線狀態、DSRC 傳輸量、設備功率與資料傳輸率、位置資訊等)；並蒐集之外部中心訊息傳輸狀態以確實掌握資料蒐集與設備情形，採用 JSON 將監控設備狀態的訊息傳送回平台進行監控及記錄。

5.1.3 自動化反應機制與規則庫設計

本年度實驗平台新增自動化反應機制，讓管理者可事先依據設定之事件分級與監控場域設備分群，在監控場域發生緊急事件時，讓管理者可於最短時間內了解場域內發生的緊急事件(駕駛人分心與瞌睡、車輛故障等)以及可進行的操作。自動化反應機制包含下列設計：

一、即時資料介接蒐集

為有效掌握整體場域狀況，本年度實驗平台除需整合計畫執行佈建之智慧路口、智慧路側設備外，尚需申請並蒐集公部門之交控設施即時資訊，計畫已整合之資訊如表 5.1.2-1 所整理。

二、自動化反應規則庫

本年度實驗平台整合車聯網設備與 ADAS 車載設備，平台可接收場域內不同的緊急事件，管理者可依據事件分級、特性、發生地點，透過自動化反應規則庫之建立，提供事件即時顯示，作為管理者進行事件處理策略研擬之參考。

自動化反應規則庫中規則可分成三部分：

(一)反應事件分級 (Condition)

由於本年度緊急事件眾多，但不同的緊急事件會有不同的事件時效性，本實驗平台可依據管理者處理與事件時效性之需求，進行緊急事件分級，時效性較高的事件(例如：ADAS 設備故障)發生時就即時顯示於提醒畫面，提醒管理者確認並進行處理。

(二) 監控場域區域與資訊定義

由於實驗場域所整合之交控設備數量繁多且介接資訊複雜，若未依據地理位置與設備特性進行，過多的資訊將造成管理者操作上的困擾，因此透過監控場域區域與設備分群，將場域區分為不同的區塊，並定義區塊內需顯示的交控設備、交控設備需預先提供監控的設備與內容，例如 CCTV 畫面或 VD 資訊。讓管理者可避免每次登入之後又要重新點擊大量設備，透過事先定義(preset)之方式，定義不同監控區域對應的交控設備，以及設備需預設提供的內容(如圖 5.1.3-1 所示意)，降低管理者操作的繁瑣與複雜度。



圖 5.1.3-1 監控場域區域與設備分群示意圖

(三) 反應事件處理 (Action)

反應事件處理則是發生事件之後該怎麼處理，例如：目前可選擇透過 RSU 進行資訊廣播。以圖 5.1.3-2 為例，當系統警示發生異常事件時，系統提供 RSU/旅行資訊訊息 TIM (Traveler Information Message)下載功能，讓管理者可發布不同提示訊息(車流疏導、宣導、路況提醒等)透過 RSU 進行廣播，藉以提醒用路人用路安全。



圖 5.1.3-2 反應事件處理示意圖

5.1.4 平台成果操作設計

本平台操作介面採 Web GIS 技術開發，以提供後端管理與監看使用，主畫面區分為圖層控制選單等操作功能。以下就本計畫平台的成果進行說明。

一、ITS 與設備資訊查詢

本實驗平台介接大量 ITS 設備與相關資訊，包含蒐集包含縣市交控中心、高速公路交控中心、全國路況資訊中心、中央氣象局、公路總局等單位之即時壅塞程度、CCTV、CMS、天氣等資料，為讓管理者可透過視覺化的方式進行管理與操作，將結合電子地圖與搜尋功能，彙整 ITS 設備與相關資訊，如圖 5.1.4-1 選 RSU 圖示，可呈現 RSU 系統負載/IP/功率/傳輸功率等即時資訊。



圖 5.1.4-1 RSU 資訊顯示示意圖

管理者亦可同時點選多種資訊進行檢視，例如，點選 RSU 資訊後，可再點選 OBU 資訊與顯示道路速率，即可同時檢視道路速率與 OBU 資訊，如圖 5.1.4-2 所呈現。

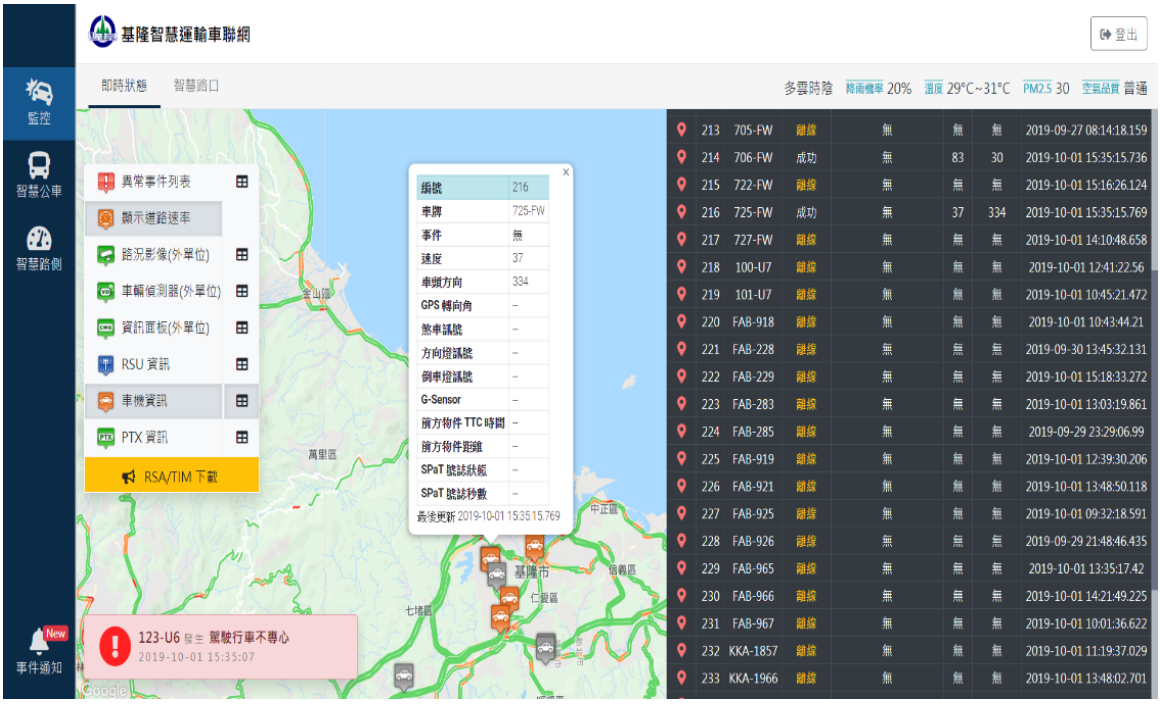


圖 5.1.4-2 OBU 與道路資訊顯示示意圖

本功能亦同時提供 CCTV、VD、CMS 等資訊，管理者可以列表進行場域內所有設備的呈現，亦可點選位置資訊，來即時顯示各項 ITS 設備的即時資訊(如圖 5.1.4-3、5.1.4-4、5.1.4-5 所示)。

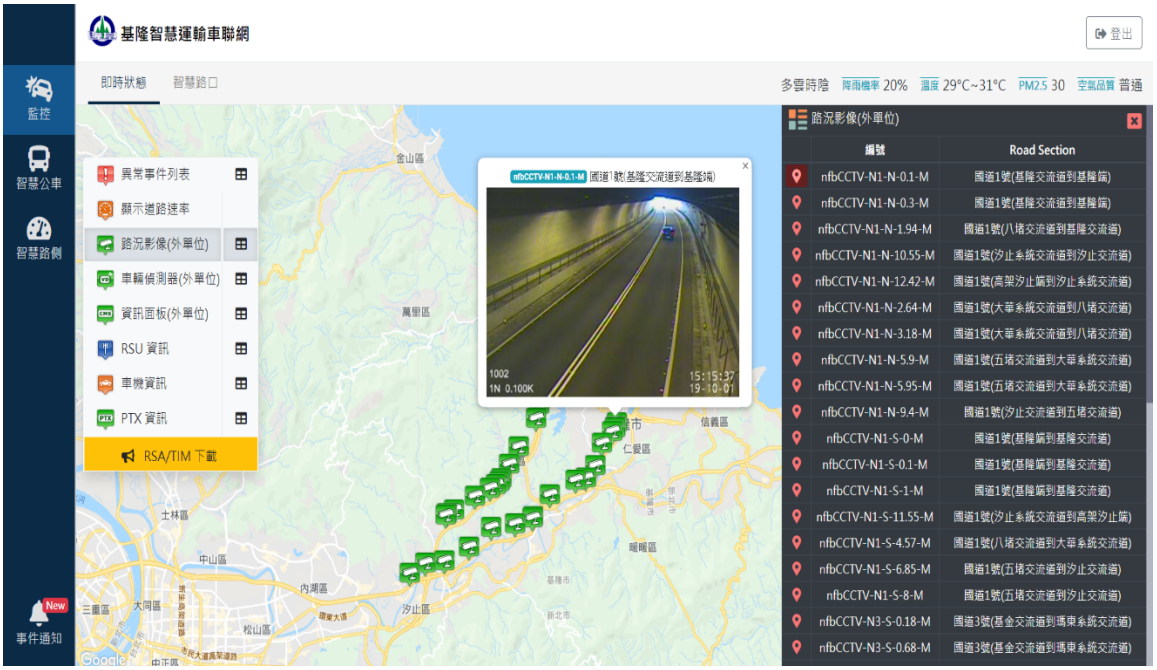


圖 5.1.4-3 CCTV 顯示畫面

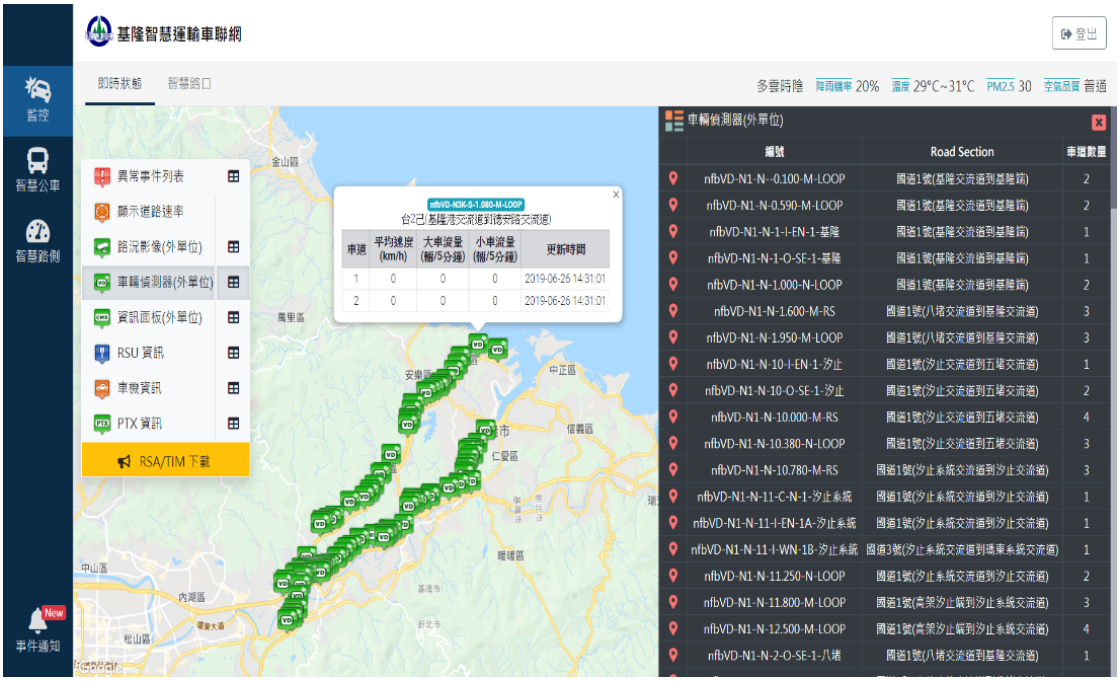


圖 5.1.4-4 VD 資訊顯示畫面

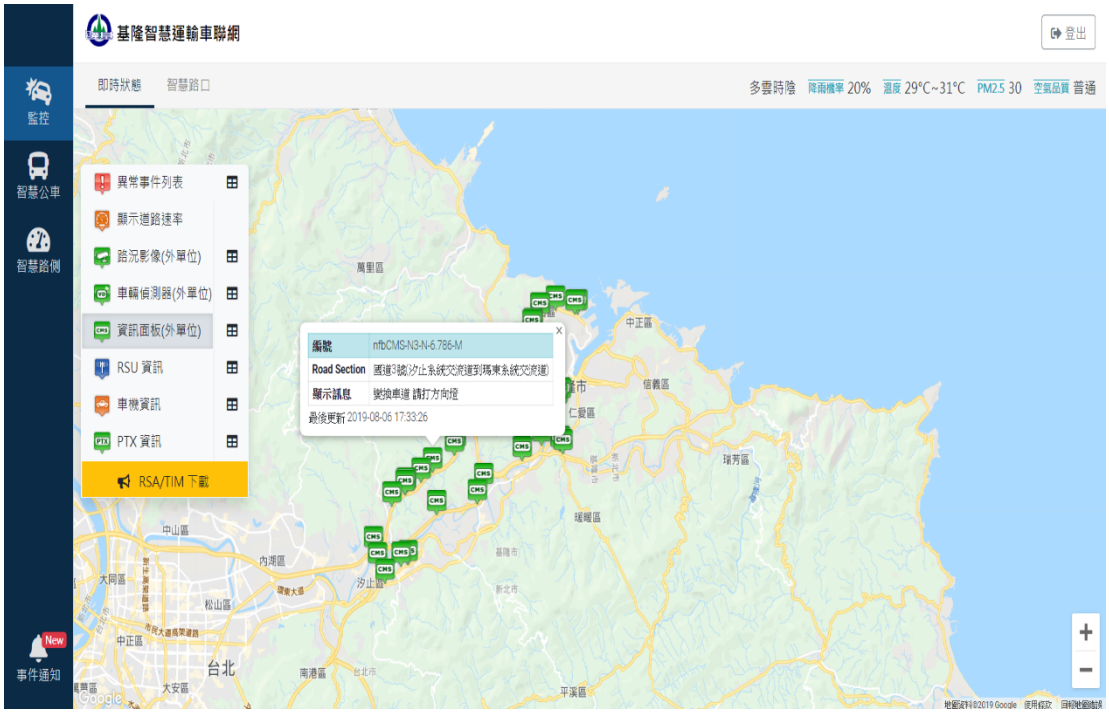


圖 5.1.4-5 CMS 資訊顯示畫面

二、智慧公車即時資訊查詢

本年度計畫於基隆市公車、國光客運安裝 OBU、ADAS 車載設備，並整合交通部 PTX 資訊，提供管理者單一整合介面便於查詢 OBU、ADAS 車載設備、PTX 整合資訊，在查詢介面上系統以不同顏色區分 PTX、車載設備(包含 OBU 與 ADAS 車載設備)，以灰色表示車輛未上線或車載機未啟動(如圖 5.1.4-6)。

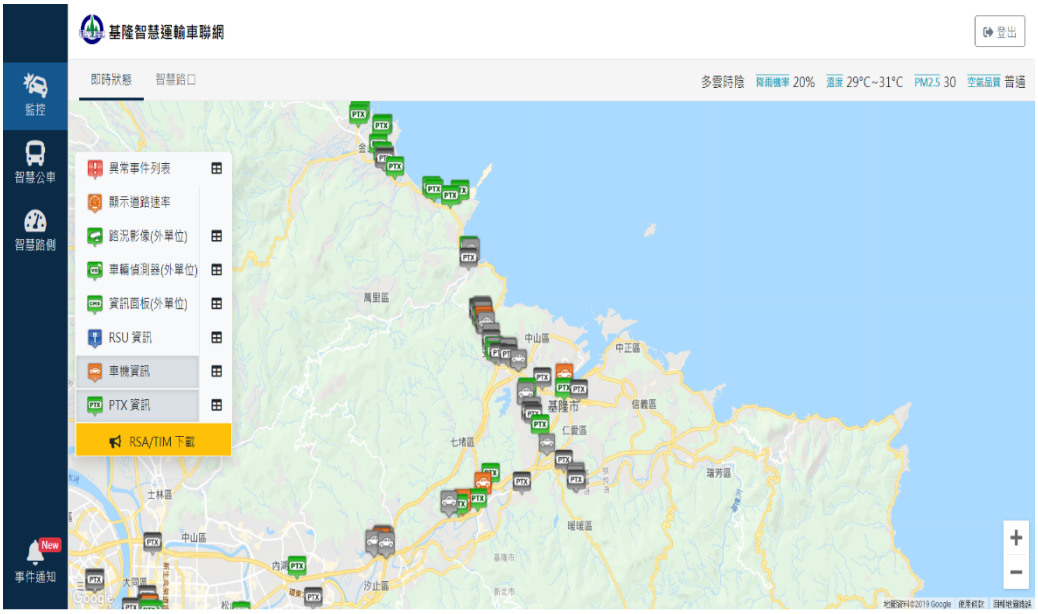


圖 5.1.4-6 智慧公車即時資訊顯示畫面

當管理者點選車機資訊，首先可檢視場域內智慧公車的資訊列表，可由列表中檢視智慧公車安裝的 OBU 編號、車牌、連線狀態(成功或離線)、OBU 或 ADAS 車載機偵測的事件、速度、車頭方向(如圖 5.1.4-7 所示)。

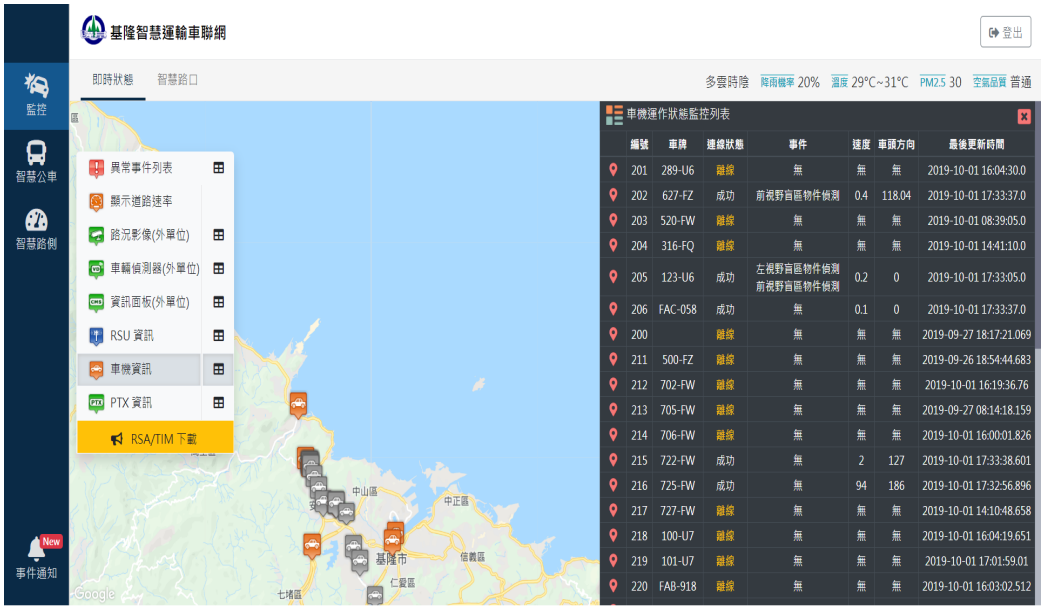


圖 5.1.4-7 智慧公車資訊列表畫面

其中，若智慧公車安裝 ADAS 車載機，將可顯示 ADAS 車載機偵測之事件、GNSS 轉向角、煞車與方向燈訊號、倒車燈訊號、G-Sensor、偵測前方物件 TTC 時間與物件距離、SPaT 號誌狀態與秒數(如圖 5.1.4-8)。而安裝 OBU 之智慧公車，則可透過 RSU 回傳車頭方向、OBU 定位資訊、速度、OBU 偵測之事件(如圖 5.1.4-9)。

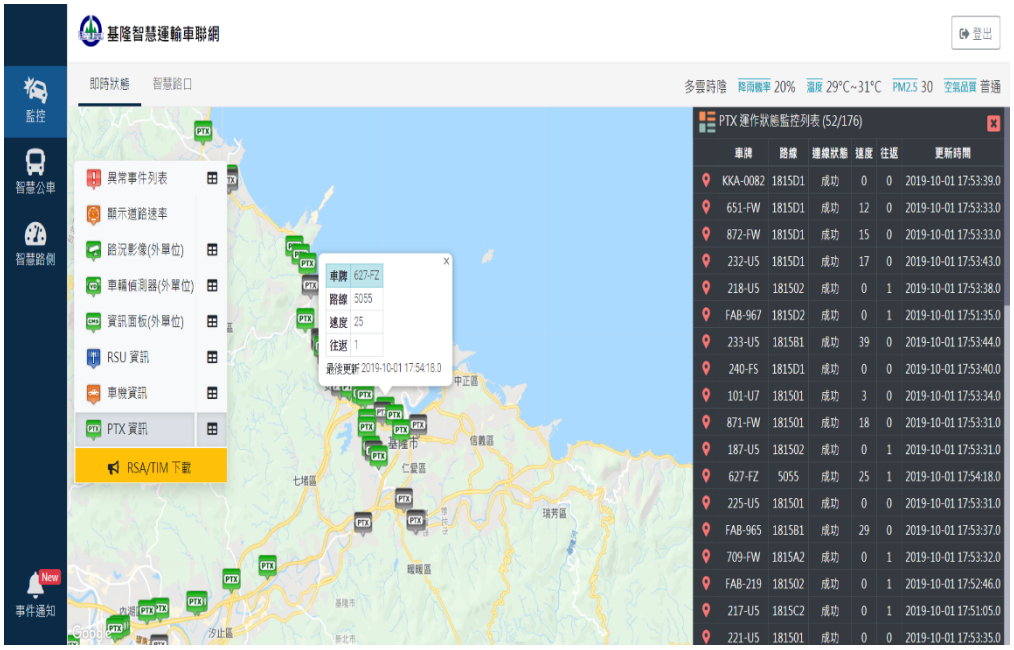


圖 5.1.4-8 ADAS 車載機功能顯示

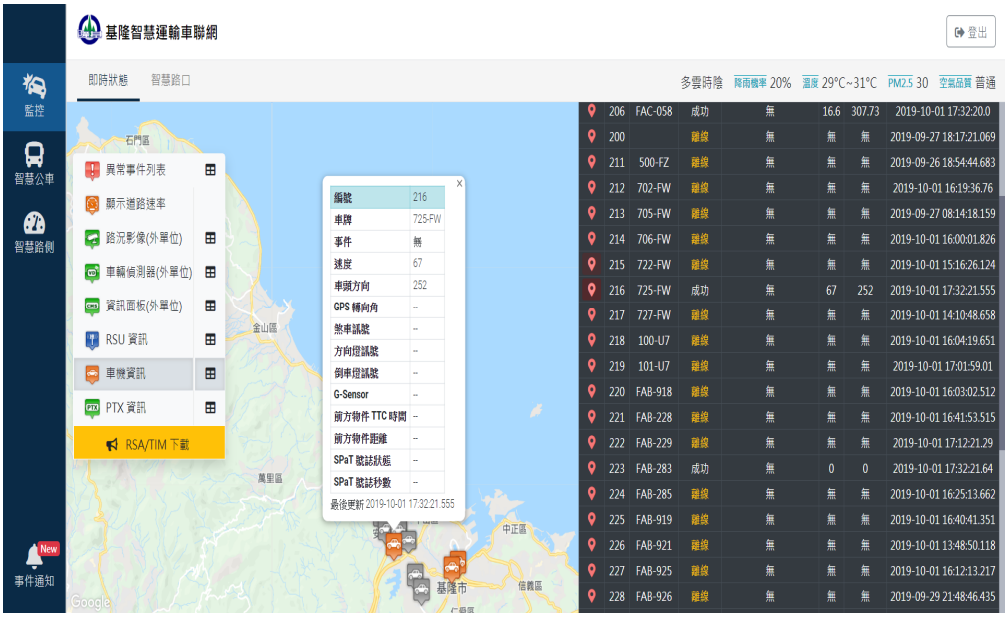


圖 5.1.4-9 OBU 即時資訊

而當管理者選擇 PTX 資訊查詢功能時，平台將彙整與呈現國光客運 1815 路線、基隆公車 501 與 505 路線資料，介面上同樣提供列表與特定車輛資訊兩種模式顯示，其中，當管理者點選有興趣的車牌時，將以電子地圖整合呈現車牌、路線、速度、往返方向與位置資訊(如圖 5.1.4-10)。

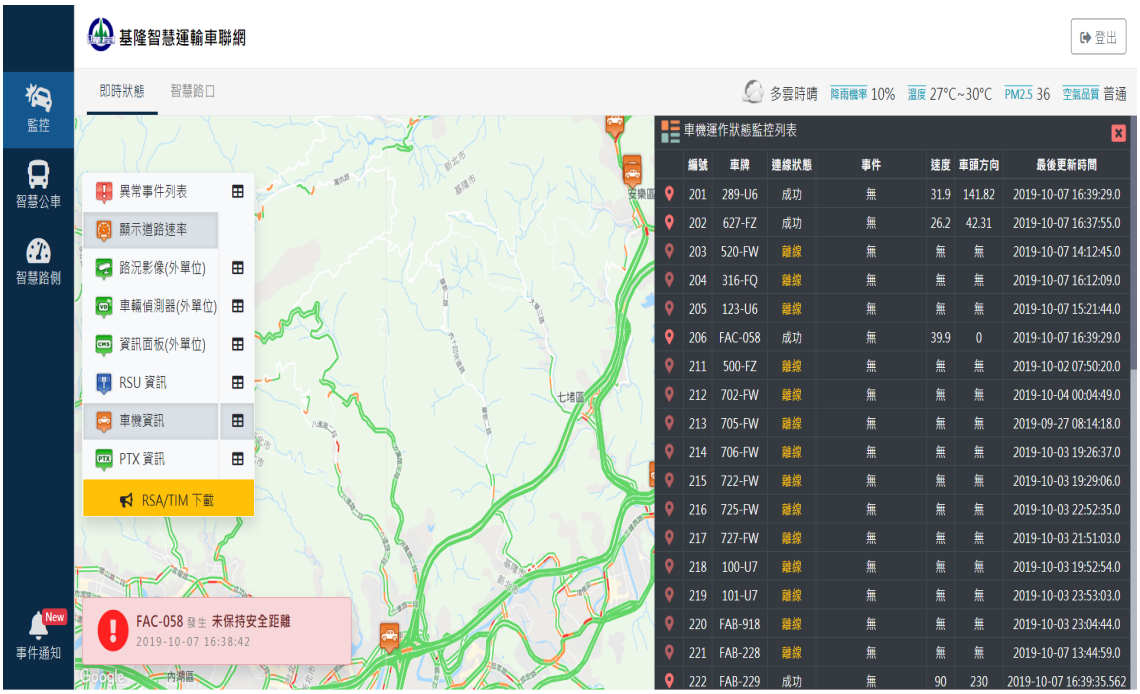


圖 5.1.4-10 PTX 即時資訊

三、場域緊急事件即時通報與處理機制

本年度計畫導入場域緊急事件即時通報機制，讓管理者可由整合化的通報與管理介面，即時知道須處理的場域緊急事件(包含：駕駛分心與車輛異常事件等)，並結合 RSU 訊息廣播與即時影像等，迅速讓管理者可了解事件發生位置、時間、影響範圍與時間，協助管理者進行決策與事件排除。本平台為考量管理者操作介面一致性與流暢度，依據不同使用者情境設計不同通報流程，將分述如以下段落說明。

(一)場域緊急事件即時通報

本年度計畫設計緊急事件即時通報機制，當事件發生時，系統會即時通知管理者(如圖 5.1.4-11 所示)，讓管理者在不同畫面操作時都可以知道是否有緊急事件需處理，並可點選事件通知列表(如圖 5.1.4-12)檢視目前場域內發生的緊急事件為何、車號與緊急事件發生時間；管理者點選需注意或亟需處理的事件後，透過規則庫針對車輛偵測器、路況影像、資訊面板的預先分群，系統可直接以電子地圖顯示緊急事件發生位置且整合周遭可取得的外部資訊(車輛偵測器資訊與安裝位置、路況影像與攝影機位置、資訊面板資訊與安裝位置)，讓管理者進行後續的處理(如圖 5.1.4-13)。

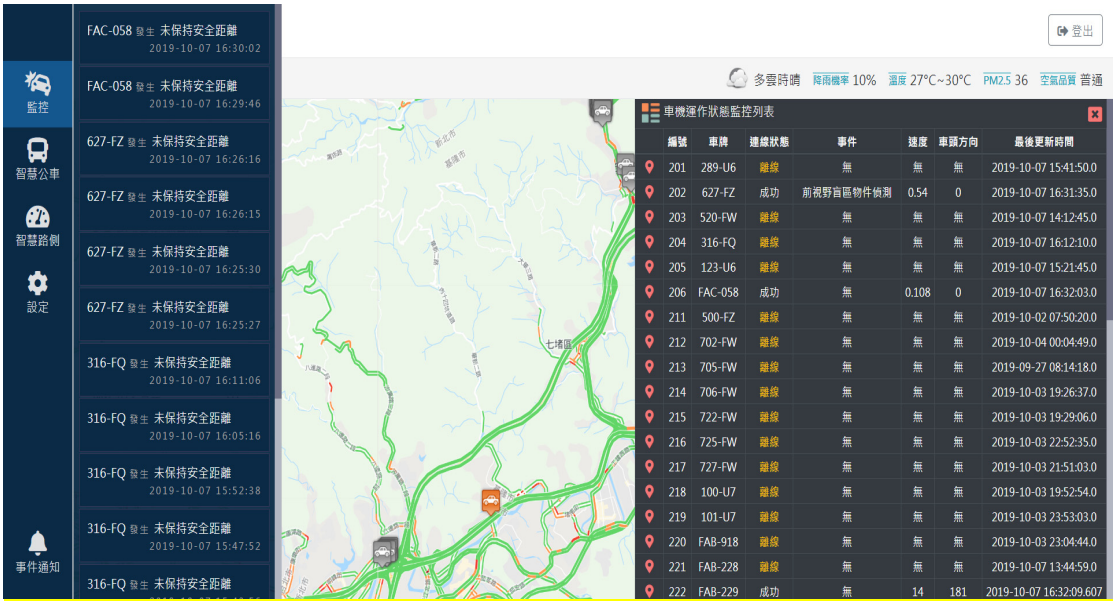


圖 5.1.4-11 場域緊急事件即時通報

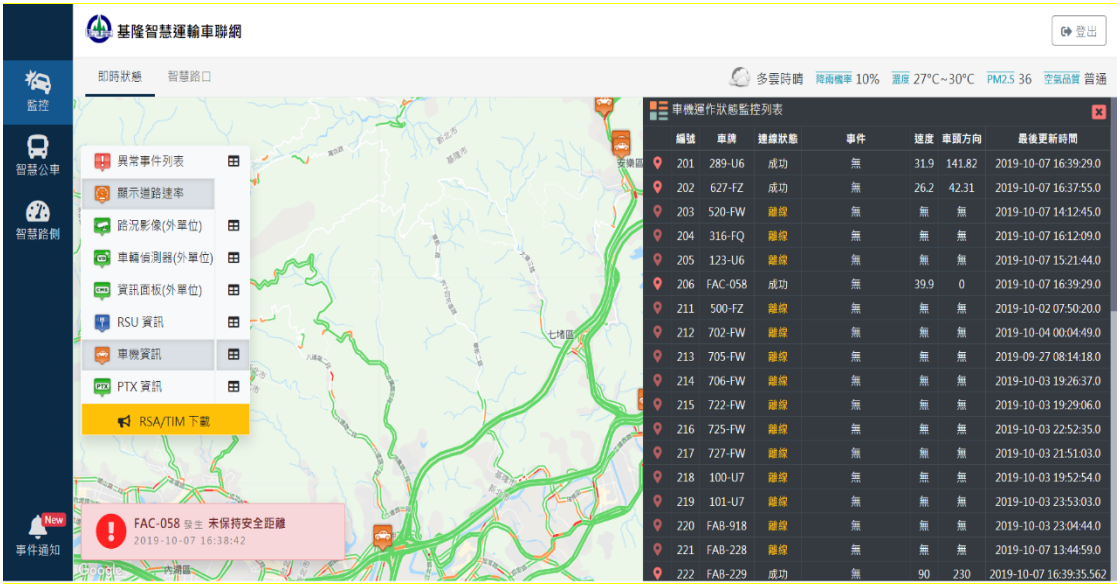


圖 5.1.4-12 場域緊急事件列表

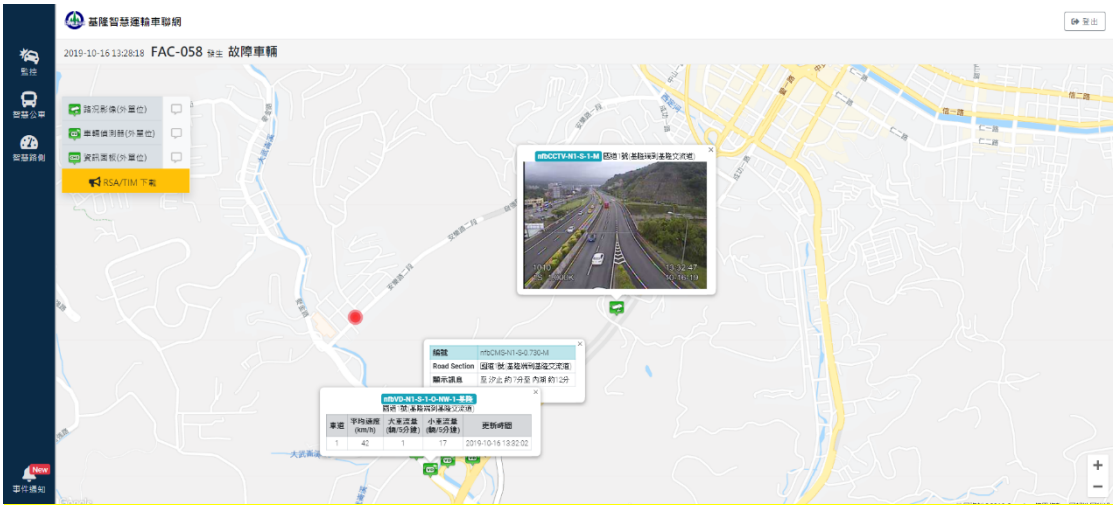


圖 5.1.4-13 場域緊急事件與外部 ITS 資訊整合

(二)透過異常事件列表進行通報

場域內緊急事件除上述通報方式外，管理者亦可透過異常事件列表檢視過去發生的場域緊急事件(如圖 5.1.4-14)，由異常事件列表中管理者可以檢視異常事件發生時間與位置、車牌、異常事件類型與當下車速。

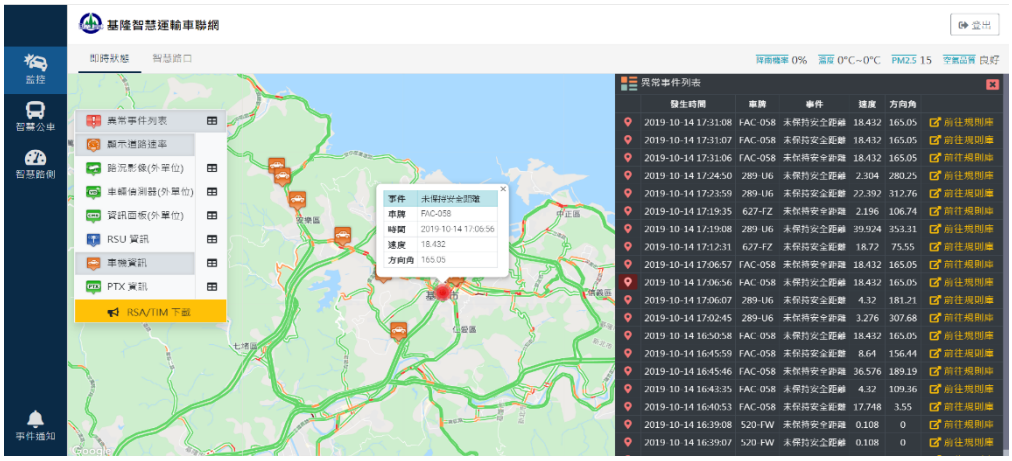


圖 5.1.4-14 異常事件列表

同樣，管理者可點選”前往規則庫”功能直接切換至特定事件的資訊顯示畫面(如圖 5.1.4-15)，系統結合電子地圖顯示緊急事件發生位置且整合周遭可取得的外部資訊(車輛偵測器資訊與安裝位置、路況影像與攝影機位置、資訊面板資訊與安裝位置)；然而，針對緊急事件可能對於採取之處理，系統提供 RSU/TIM 下載功能，讓管理者可發布不同提示訊息(車流疏導、宣導、緊急路況提醒等)透過 RSU 進行廣播。管理者可透過此功能了解各 RSU 間的警示路段，系統將以起訖位置標記 RSU 作用路段 (圖 5.1.4-16)，接著可依據管理者事件處理或警示訊息廣播的需求，設定訊息廣播的時間、距離範圍、訊息內容(圖 5.1.4-17 RSA/TIM 下載功能)，設定完成系統即放入排程中，讓指定的 RSU 進行訊息更新以及後續的資訊廣播。



圖 5.1.4-15 場域緊急事件與外部 ITS 資訊整合



圖 5.1.4-16 RSA/TIM 下載功能- RSU 範圍顯示



圖 5.1.4-17 RSA/TIM 下載功能

四、 駕駛歷史軌跡查詢功能

管理者可透過本平台 GIS 畫面，查詢 ADAS 車機與 OBU 歷史軌跡資訊，分述如下：

(一)ADAS 車機駕駛歷史軌跡查詢

可顯示安裝 ADAS 車輛過去行駛軌跡、緊急事件與車輛動態、SPaT 與前方物件 TTC 時間與物件距離等資訊變化(如圖 5.1.4-18：ADAS 車機駕駛歷史軌跡查詢)，車輛動態包含車速、方向角與轉向角、方向燈與倒車燈、煞車訊號、G-Sensor，SPaT 包含前方號誌資訊與秒數。當管理者點選緊急事件列表中特定事件時，系統將結合電子地圖顯示事件發生當下車輛位置、與車輛動態、SPaT 與前方物件 TTC 時間與物件距離。

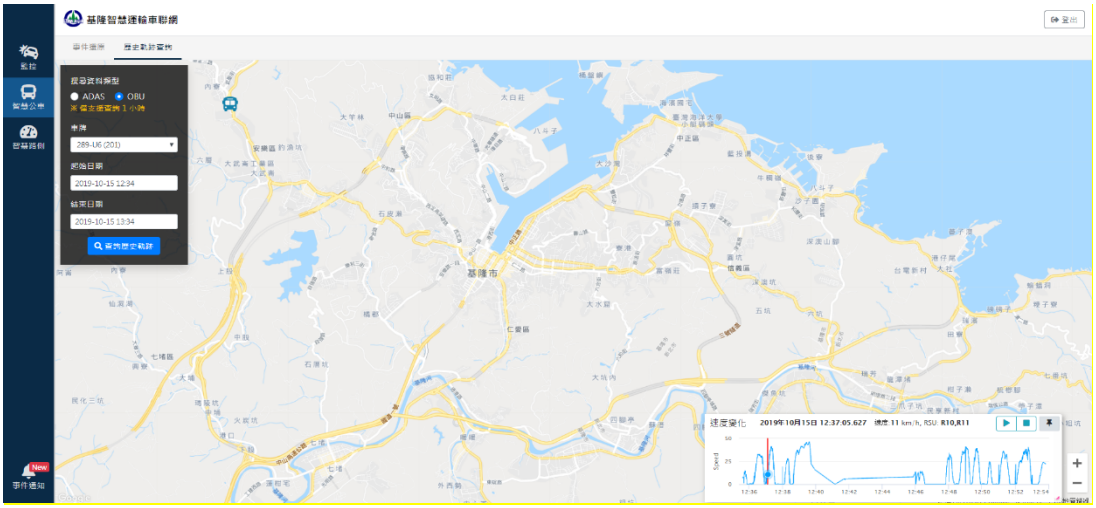


圖 5.1.4-18 ADAS 車機駕駛歷史軌跡查詢

(二)OBU 車機駕駛歷史軌跡查詢

可顯示安裝 OBU 車輛過去行駛軌跡、車速變化(如圖 5.1.4-19：OBU 車機駕駛歷史軌跡查詢)，為方便管理者了解 OBU 車機與 RSU 間通訊狀況，同時顯示 OBU 由哪個 RSU 進行資料回傳，讓管理者更容易掌控場域內 OBU、RSU 設備狀況。

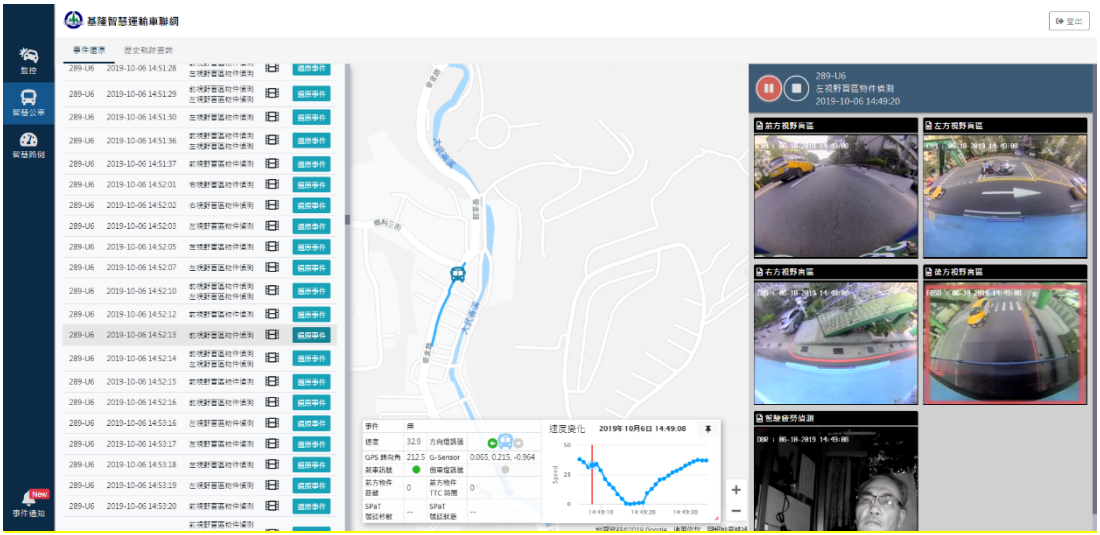


圖 5.1.4-19 OBU 車機駕駛歷史軌跡查詢

五、駕駛事件還原功能

管理者可透過本平台 GIS 畫面，查詢車輛過去發生軌跡、緊急事件與事件觸發之影像，進行緊急事件影像與環周資訊整合，可用作肇事釐清、司機駕駛行為評測、ADAS 車機感測正確性等相關應用(圖 5.1.4-20：駕駛事件還原結果)。

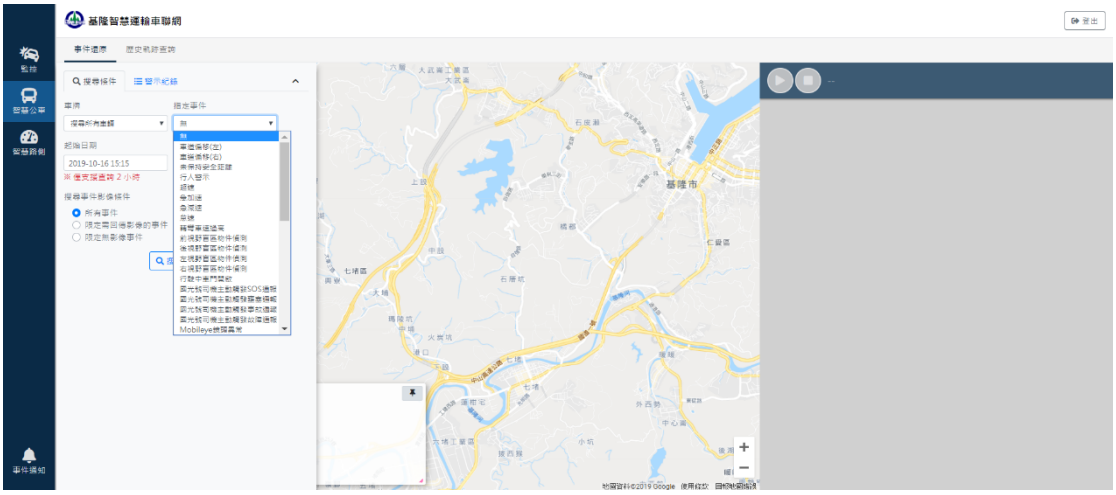


圖 5.1.4-20 駕駛事件還原結果

本功能與「四、 駕駛歷史軌跡查詢功能」差別在於，駕駛歷史軌跡查詢功能主要讓管理者查詢特定時間內駕駛歷史軌跡與行車資訊，而駕駛事件還原功能則以緊急事件為主軸，讓管理者可選擇需處理與進行資訊整合的緊急事件進行查詢(圖 5.1.4-21：駕駛歷史安全事件查詢畫面)。

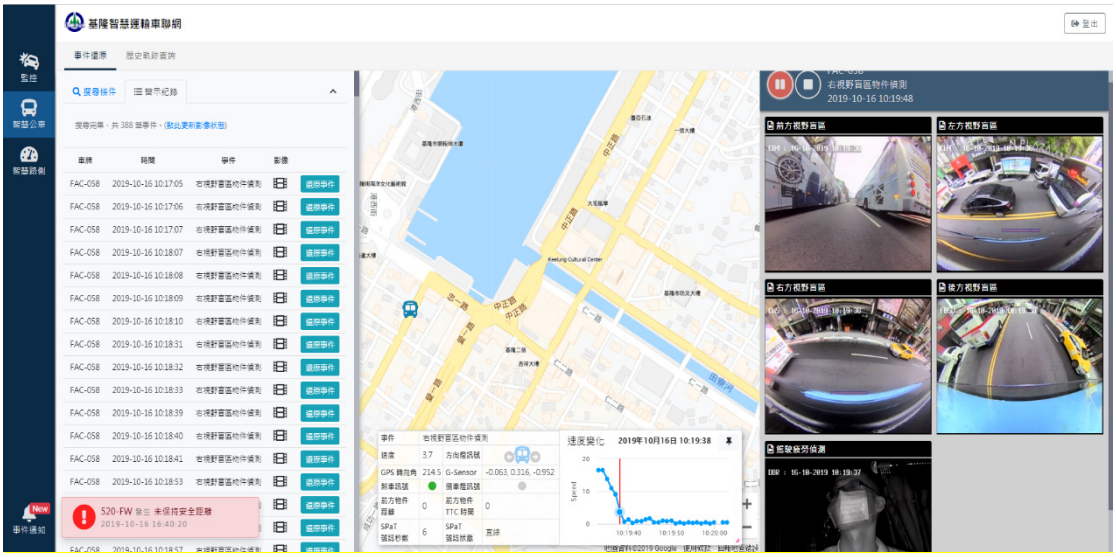


圖 5.1.4-21 駕駛歷史安全事件查詢畫面

查詢介面中，提供車號、事件、時間區間等查詢項目給予管理者進行查詢，查詢後將顯示不同緊急事件名稱、車號、事件發生時間以及影像整合狀況。點選”還原事件”後，系統即匯入緊急事件發生前後的影像、車輛動態、SPaT 號誌資訊等資訊，系統更提供同步撥放功能讓環周鏡頭影像、DBW 駕駛人影像與車輛動態、SPaT 號誌資訊隨時間進行撥放(圖 5.1.4-22：駕駛歷史安全事件查詢結果)。讓管理者可以同時檢視環周資訊與影像，進行肇事釐清、司機駕駛行為評測、ADAS 車機感測正確性等不同應用。

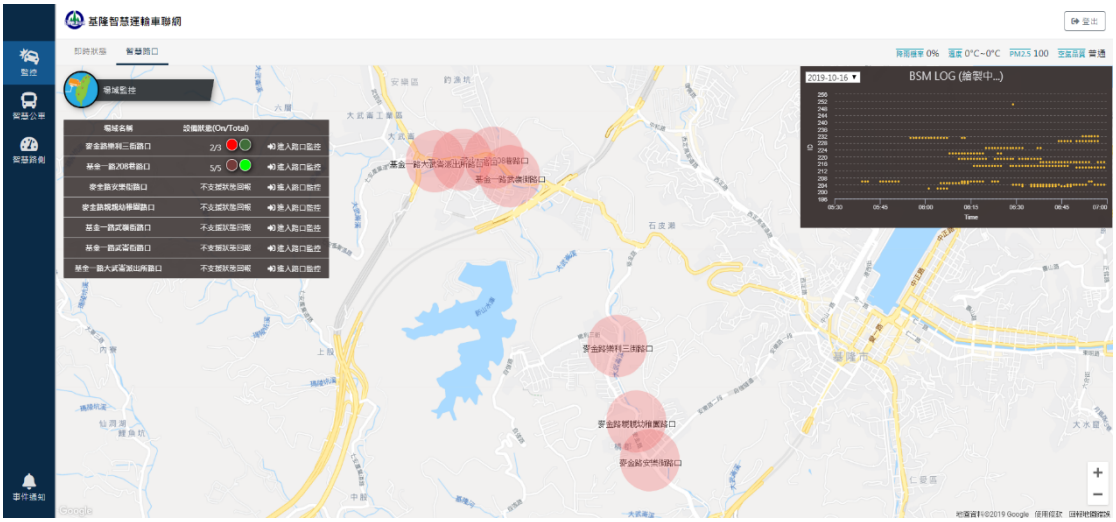


圖 5.1.4-22 駕駛歷史安全事件查詢結果

六、智慧安全路口管理

本計畫於基隆市區建置智慧安全路口，導入行人防碰撞與左轉防碰撞等安全警示功能，提供用路人更好的用路環境。因此實驗平台已開發智慧路口管理功能(圖 5.1.4-23 智慧安全路口，整體監控畫面)，讓管理者可於最短時間內了解場域動態。

以圖 5.1.4-23 智慧安全路口，整體監控畫面與圖 5.1.4-24 智慧安全路口，單一路口監控畫面進行說明，在路口設備發生異常時，系統可即時警示哪個路口設備有狀況，管理者點選特定路口後，就可同步由 CCTV 影像輔助，了解號誌、雷達、CMS 運作是否有誤，並了解各特定路口是否正確警示行人防碰撞與左轉防碰撞等事件給予用路人，進一步細節請參閱 5.1.5 智慧安全路口監控與運作分析。

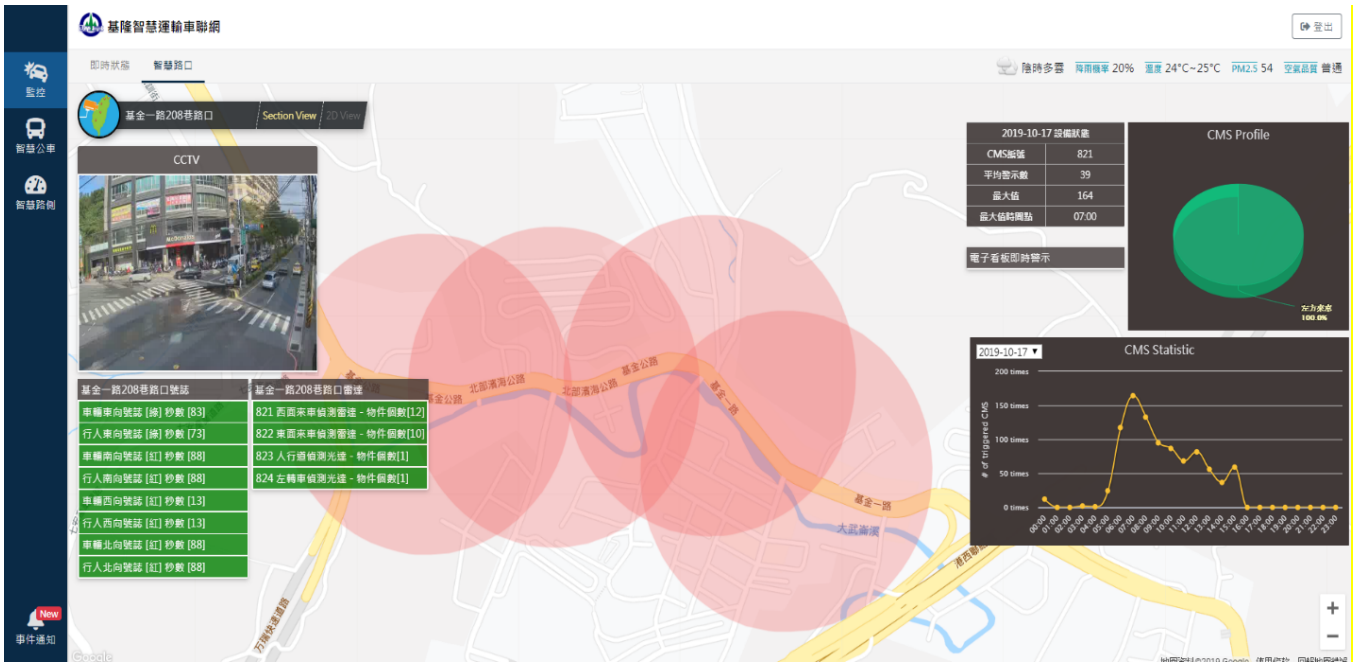


圖 5.1.4-23 智慧安全路口，整體監控畫面

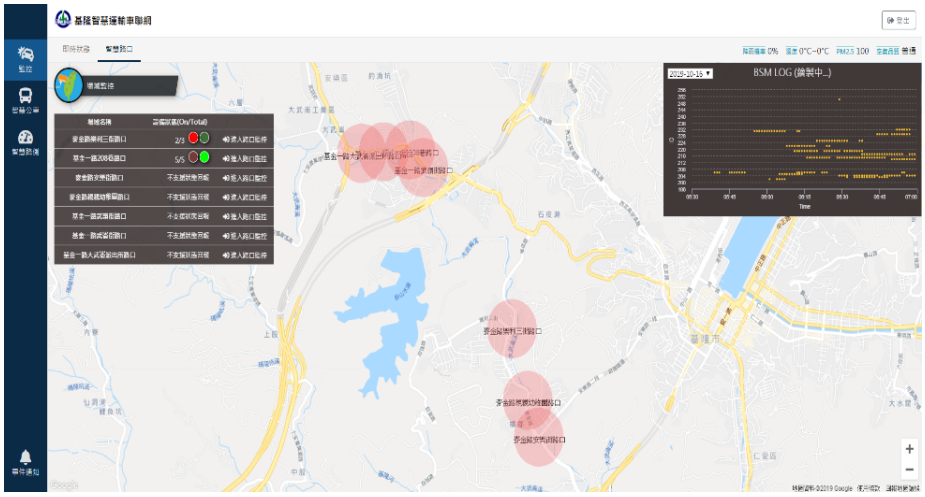


圖 5.1.4-24 智慧安全路口，單一路口監控畫面

5.1.5 智慧安全路口監控成果

本計畫今年於基隆場域建置 2 處智慧安全路口，藉以透過 RSU 掌握雷達及光達掃描路口周遭人車動態資訊；如果判斷路口有碰撞危險的情況時，於 CMS 資訊看板提供人車相關安全警示資訊，使通過路口的人、車皆能得到安全警示。智慧路口所偵測之安全警示事件資料(如行人防碰撞與左轉防碰撞等)、路口攝影機影像與感測資料 raw data 將回傳於實驗平台，實驗平台提供設備監控介面，當路側設備單元(RSU)、偵測設備通訊狀態異常時，會回報故障訊號至本計畫實驗平台，並於實驗平台顯示設備異常狀態，實驗平台針對智慧安全路口設計之監控與運作分析功能敘述如下：

一、整體路口監控

提供管理者統一管理介面，可由此功能檢視各路口目前設備狀態，以不同燈號做為區隔(紅色：故障、綠色：正常)，讓管理者一目了然各路口設備狀態(如圖 5.1.5-1 智慧路口整體場域監控所示)，各智慧路口位置以紅色區塊標記。

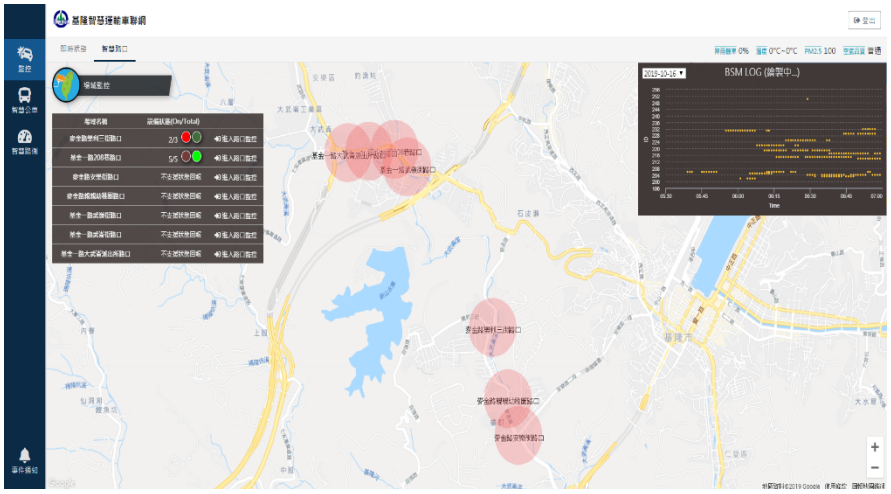


圖 5.1.5-1 智慧路口整體場域監控

二、特定路口運行監控與分析

提供管理者統一管理介面監控與檢視智慧路口狀況(如圖 5.1.5-2 特定路口運行監控，麥金路樂利三街路口與圖 5.1.5-3 特定路口運行監控，基金一路 208 巷路口所示)，其中，管理者可了解路口號誌時相變化與即時秒數、路口雷達與光達偵測物件狀況、CMS 設備狀態與警示分析(平均警示次數、CMS 最大警示時間點與次數、智慧路口事件觸發分析)、即時路口 CCTV 影像。

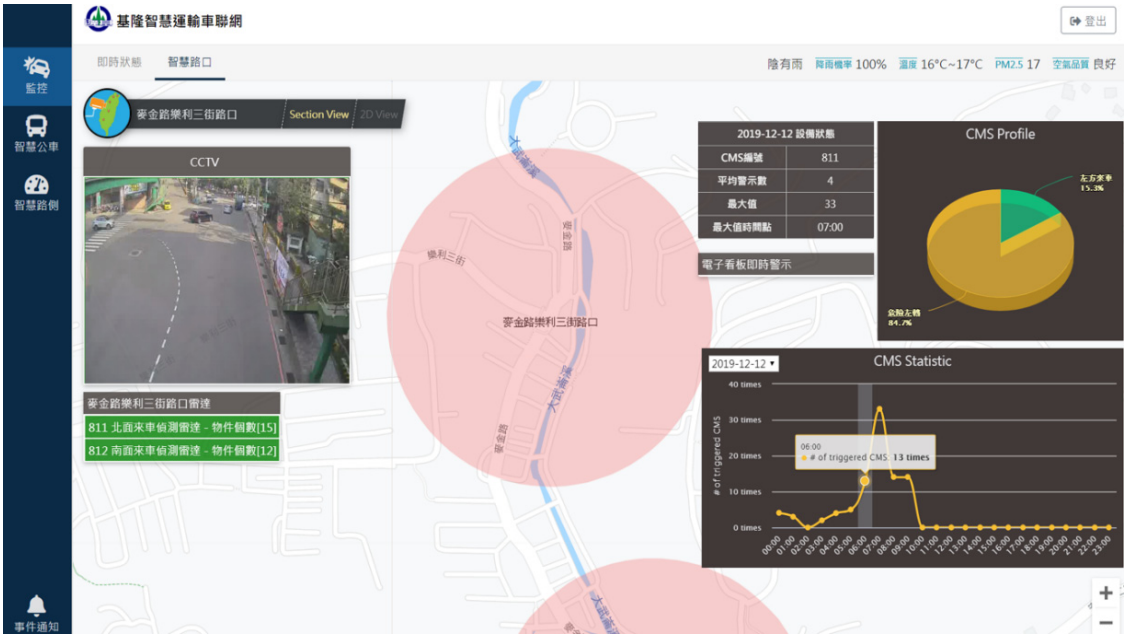


圖 5.1.5-2 特定路口運行監控，麥金路樂利三街路口



圖 5.1.5-3 特定路口運行監控，基金一路 208 巷路口

三、特定路口號誌與感測設備監控

針對路口號誌與感測設備監控，智慧路口監控功能同時提供 2D view 讓管理者可同時監控 CMS 即時訊息、LiDAR 與 Radar 感測資訊、號誌燈號與秒數同步功能。其中介面亦提供路口 Camera 影像，讓管理者可透過即時影像的比對，了解 LiDAR 與 Radar 等感測設備運作是否有誤?號誌資訊是否正常顯示?CMS 是否顯示正確提醒文字。

以實際系統畫面做為說明，首先，管理者可以由監控畫面中檢視號誌時相變化與倒數秒數資訊，其中號誌資訊不只包含路口紅綠號誌亦包含行人紅綠燈(如圖 5.1.5-4 路口號誌資訊監控與圖 5.1.5-5 路口號誌資訊與 CMS 監控)。同時，系統也同時顯示 CMS 即時訊息(例:左轉來車警示),管理者可同步監控路口 Camera 影像，了解 CMS 警示訊息內容正確性與發送時機是否合宜(如圖 5.1.5-5 路口號誌資訊與 CMS 監控)。

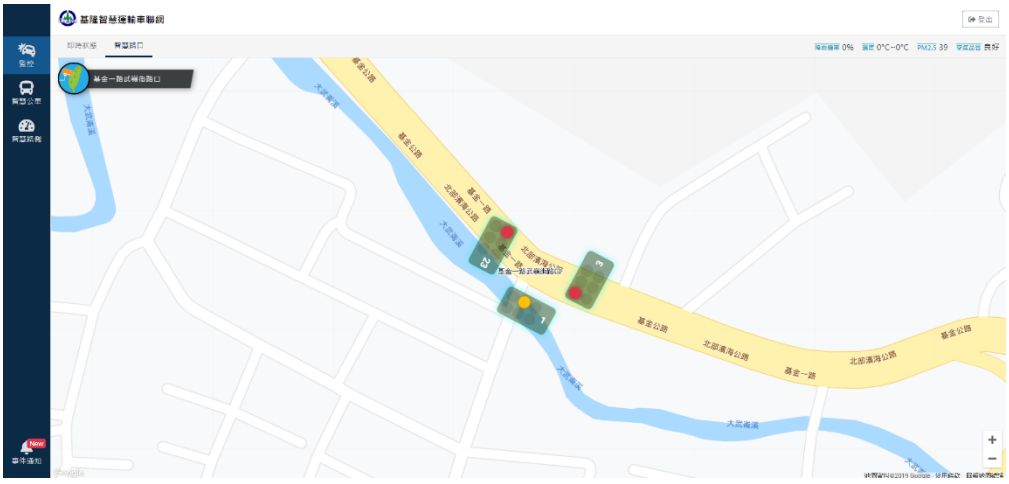


圖 5.1.5-4 路口號誌資訊監控

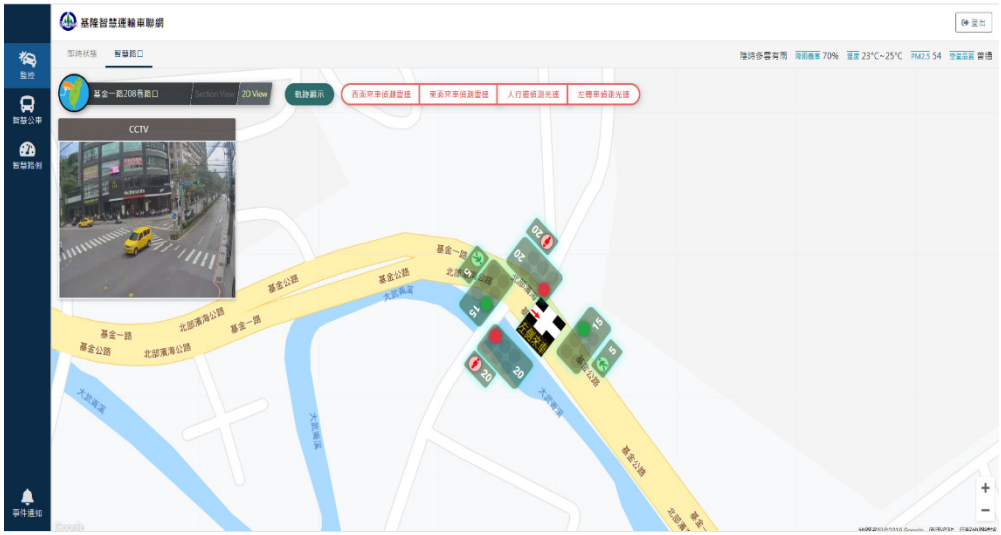


圖 5.1.5-5 路口號誌資訊與 CMS 監控

由於智慧路口針對緊急事件的判斷與警示，皆有賴於路口感測設備(LiDAR、Radar)即時偵測與判斷，因此系統亦提供即時光達物件顯示功能，讓管理者可由系統畫面中檢視光達偵測物件資訊(物件類型、物件個數)，如圖 5.1.5-6 路口光達資訊監控所呈現，人行道與左側車輛光達分別偵測出行人與車輛，可由系統畫面中即時檢視。對於雷達偵測資訊，系統亦提供監控功能，讓管理者可以搭配 Camera 比對雷達即時偵測物件資訊，檢視雷達物件偵測的正確性。以圖 5.1.5-7 路口雷達資訊監控為例，系統顯示基金一路 208 巷路口西面來車偵測雷達的物件即時資訊，包含物件類型、個數以及物件軌跡。

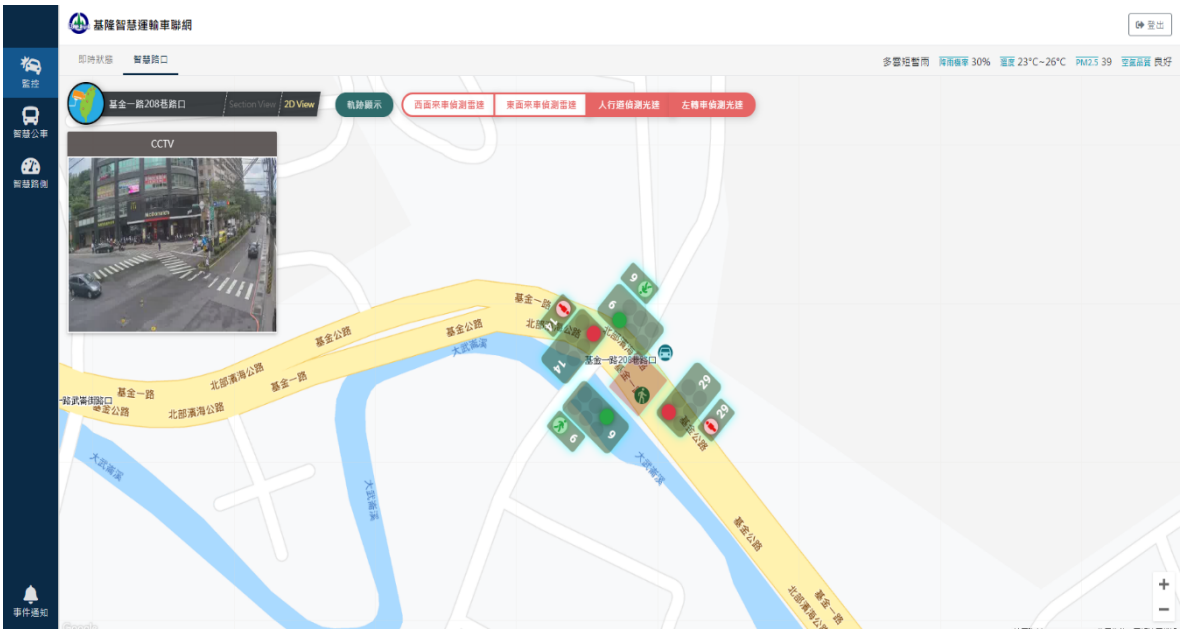


圖 5.1.5-6 路口光達資訊監控

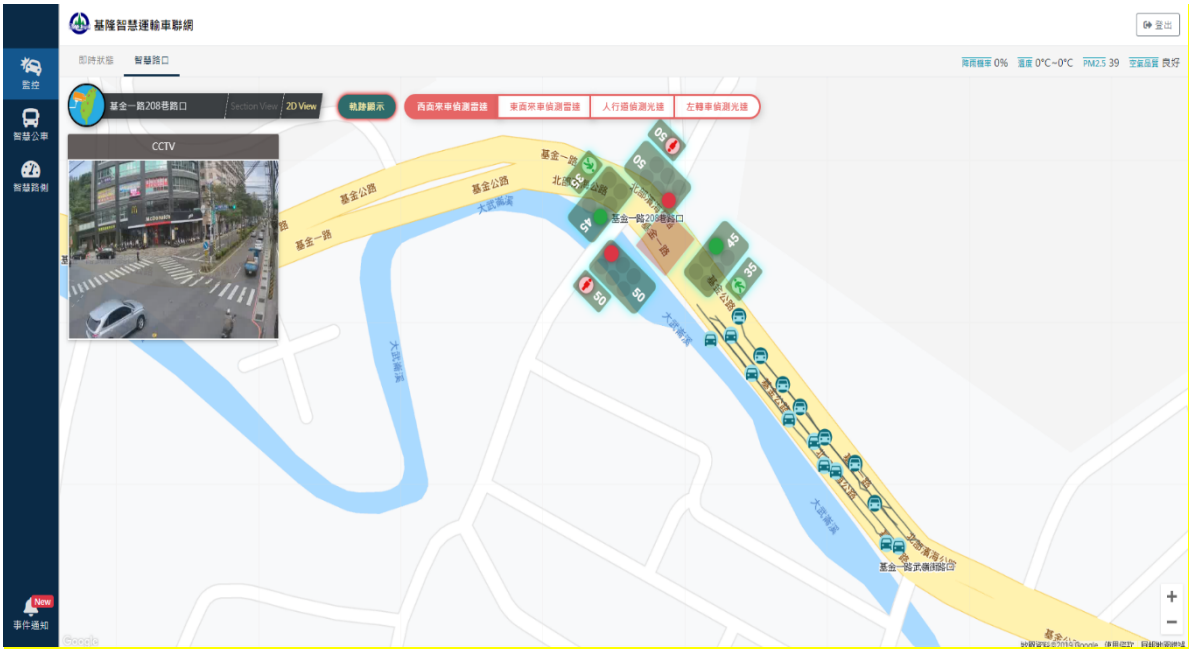


圖 5.1.5-7 路口雷達資訊監控

四、智慧安全路口監控

本計畫今年於基隆場域建置 2 處智慧安全路口，藉以透過 RSU 掌握雷達及光達掃描路口周遭人車動態資訊；如果判斷路口有碰撞危險的情況時，於 CMS 資訊看板提供人車相關安全警示資訊，使通過路口的人、車皆能得到安全警示。智慧路口所偵測之安全警示事件資料(如 PCW 與 LTA)、路口攝影機影像與感測資料 raw data 將回傳於實驗平台，實驗平台提供設備監控介面，當路側設備單元(RSU)、偵測設備通訊狀態異常時，會回報故障訊號至本計畫實驗平台，並於實驗平台顯示設備異常狀態，實驗平台針對智慧安全路口設計之監控與運作分析功能敘述如下：

1. 整體路口監控：

提供管理者統一管理介面，可由此功能檢視各路口目前設備狀態，以不同燈號做為區隔(紅色：故障、綠色：正常)，讓管理者一目了然各路口設備狀態(如圖 5.1.5-8 所示)。

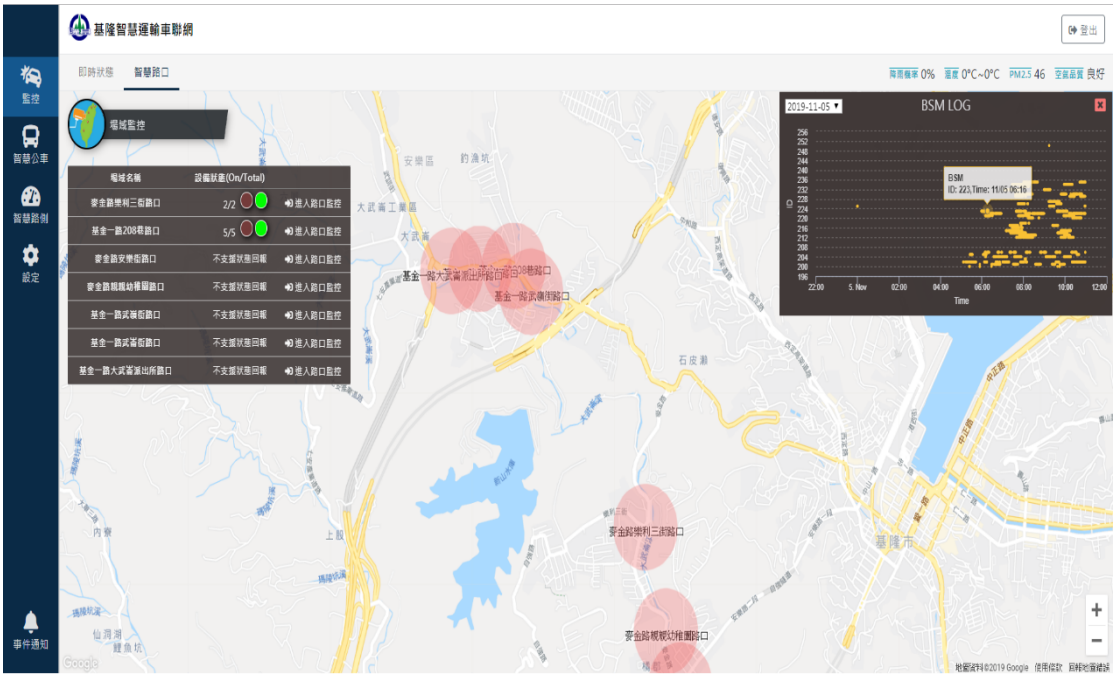


圖 5.1.5-8 智慧路口整體場域監控

2. 特定路口運行監控與分析

提供管理者統一管理介面，檢視智慧路口 Radar、LiDAR、CMS 即時感測資訊，提供 CMS 警示分析(平均警示次數、CMS 最大警示時間點與次數、智慧路口事件觸發分析)，與即時路口 Camera 影像(如圖 5.1.5-9 所示)。

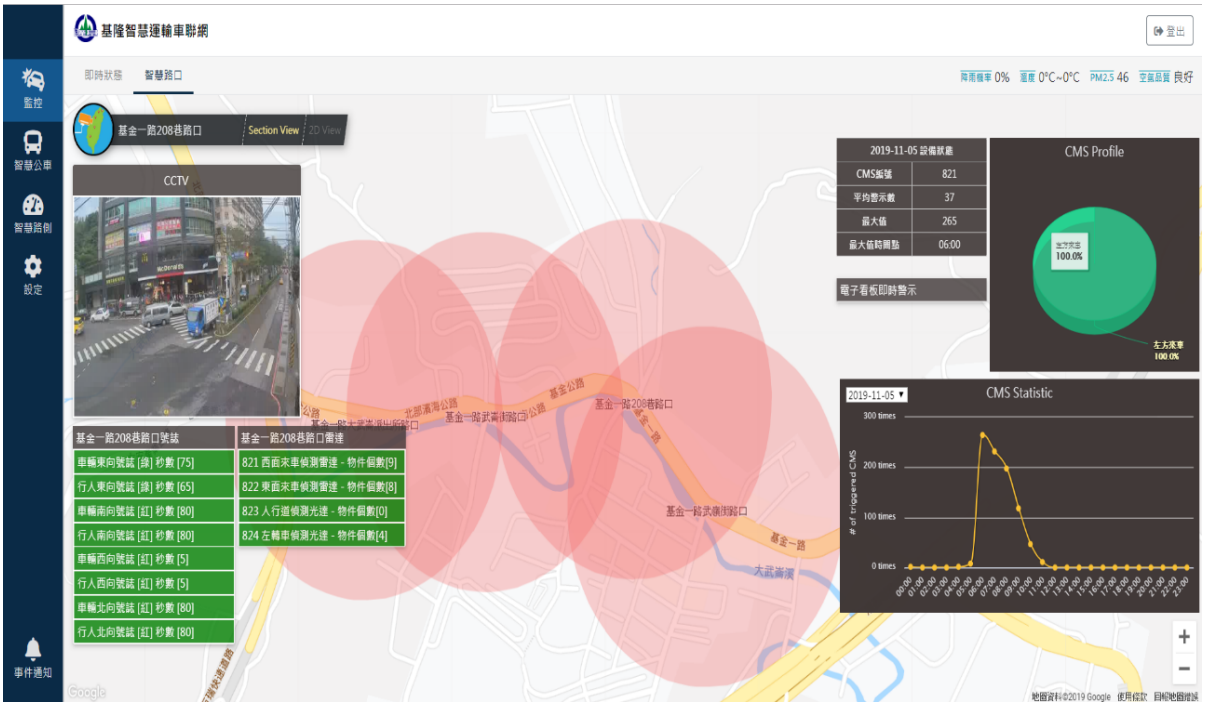


圖 5.1.5-9 特定路口運行監控

3.特定路口號誌與感測設備監控：

圖 5.1.5-10 針對路口號誌與感測設備監控，智慧路口監控功能同時提供 2D view 讓管理者可同時監控 CMS 即時訊息、LiDAR 與 Radar 感測資訊、號誌燈號與秒數同步功能。其中介面亦提供路口 Camera 影像，讓管理者可透過即時影像的比對，了解 LiDAR 與 Radar 等感測設備運作是否有誤?號誌資訊是否正常顯示? CMS 是否顯示正確提醒文字。



圖 5.1.5-10 路口設備監控(2D View)

4.路口 CV 事件還原功能

本年度計畫中實驗平台提供 CV 路口事件還原功能，整合智慧路口偵測的危險事件(行人警示、左轉危險等)與 OBU 回傳之 V2V log，以時間進行事件、OBU 資訊、路口位置、RV 與 HV 移動軌跡、速度變化同步，在電子地圖上呈現 RV 與 HV 的移動變化，讓管理者與監控人員可了解智慧路口設備運作、事件判斷機制整體執行狀況，如圖 5.1.5-11 所示。

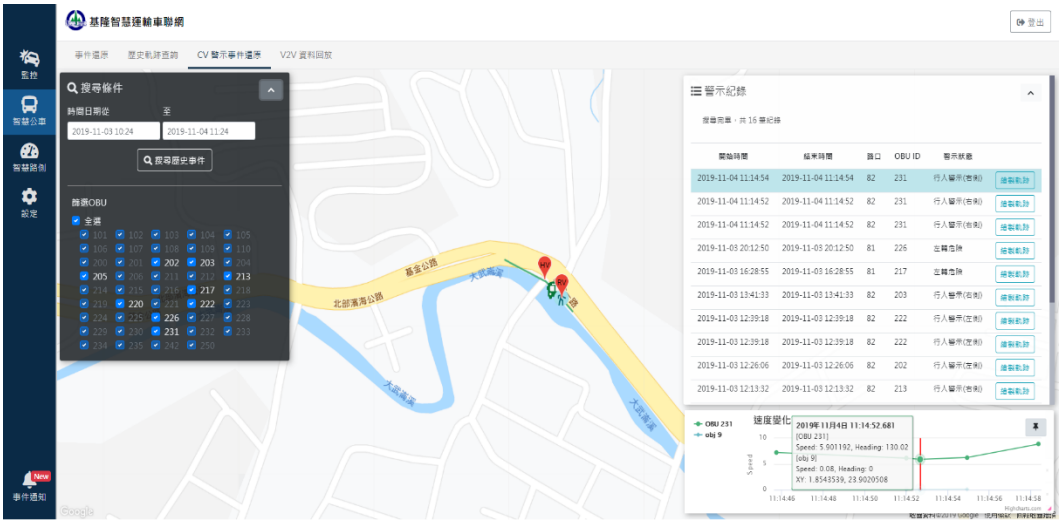


圖 5.1.5-11 路口 CV 事件還原功能

5.2 實驗平台系統開發

本章節針對本年度實驗平台系統架構、應用程式編程介面 API (Application Programming Interface)設計、資料庫與資料表設計進行說明。

5.2.1 實驗平台系統架構說明

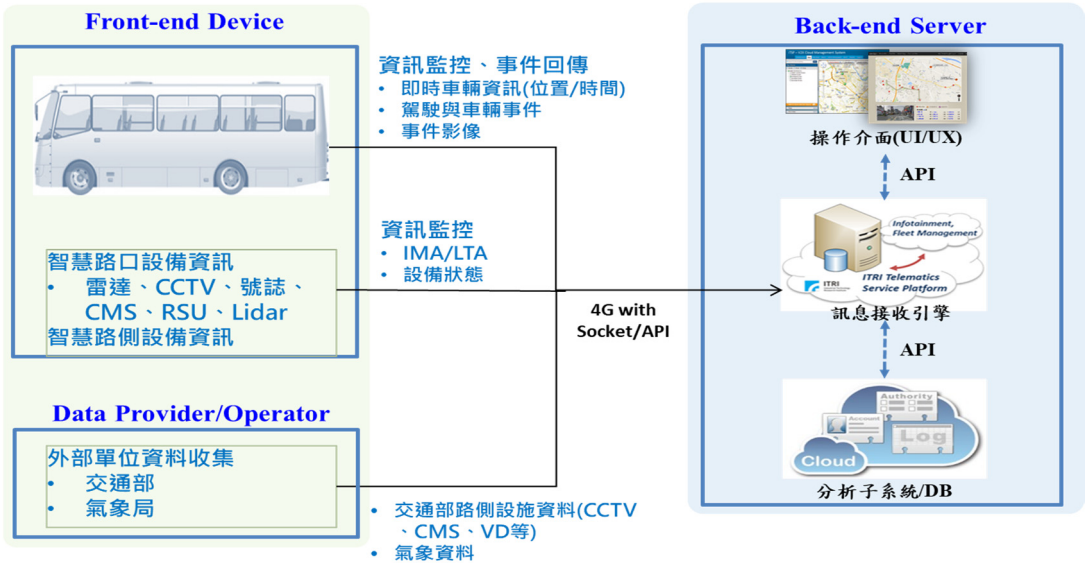


圖 5.2.1-1 實驗平台架構圖

本計畫實驗平台以 Java Web Project 架構(Servlet 結合 JSP)為主進行開發，開發與執行環境為：JDK 1.8、JRE 1.8、Tomcat 7，搭配 MySQL 5.6 進行資料庫設計與資料分析。本計畫實驗平台系統架構如圖 5.2.1-1，可區分為 Front-end Device (前端設備)、Data Provider/Operator (外部資料界接)、Backend Server (實驗平台)三個區塊，各區塊間以本計畫定義之 API 進行資訊交換與資料傳輸，其中，Front-end Device (智慧路口設備、智慧路側資訊、智慧公車)以無線網路傳輸方式與實驗平台通訊，並定義 API 進行資料回傳與解析；Data Provider(交通部與公部門資料)與實驗平台間以有線網路進行通訊，而 Data Provider 提供之資料則依據公部門定義之格式進行解析。

各區塊細部說明分述如下：

一、Front-end Device (前端設備)

前端設備是本計畫實驗平台蒐集資料的來源，可分為移動式資料蒐集(ADAS 車載設備)與固定式資料蒐集(智慧路口設備)兩類：

(一)ADAS 車載設備

本計畫將安裝 ADAS 車載設備於基隆市區公車，以 GNSS、ADAS、Camera、Motion Sensor 等裝置、蒐集駕駛與車輛事件(超速、瞌睡等)、車輛位置資訊，藉以讓 Back-end Server 蒐集駕駛行為、車輛與車體資訊。

(二)智慧路口設備與智慧路側資訊

本計畫將建置智慧路口於基隆場域，佈建雷達、光達、CCTV、號誌、RSU 路側設備於智慧路口，將蒐集與偵測路口安全事件(PCW 與 LTA)、各項設備偵測路口車輛與行人原始資料。

二、外部資料界接 (Data Provider/Operator)

為有效整合基隆場域內交通部建置路側設施資料(CCTV、CMS、VD、ETC)、縣市政府建置 CCTV、CMS 及速率資訊、氣象與天候資訊，本計畫同步整合交通部與氣象局公開資料。

三、實驗平台 (Back-end Server)

本實驗平台分為訊息接收引擎、分析子系統與資料庫 DB (Database)與使用者操作介面(Web UI)三部分。

(一)訊息接收引擎

訊息接收引擎為本實驗平台核心，也是所有 API 訊息與資訊解析的單一窗口。本訊息引擎以 JSON 定義所有 API，API 規格定義請參閱後續章節說明。

(二)分析子系統與資料庫

分析子系統是本系統平台各分析單元(Agent)的組合，依據計畫所需批次分析與資料統計需求，設計不同之分析單元，每個分析單元可依據不同計算週期與頻率已排程進行啟動。

(三)使用者操作介面 (Web UI)

本計畫依據不同使用情境與即時警示內容設計使用者操作介面。

為因應系統功能擴充，本計畫實驗平台系統規劃下列硬體配置(系統硬體設備建議規格請參閱表 5.2.1-1)：

(一) 2 台中心伺服器

分別作為 Database Server (架設分析子系統與資料庫)與 Web Server (架設訊息接收引擎與 Web 操作介面)。

(二) 1 台儲存系統

用以儲存本年度計畫由場域蒐集之重要事件影像與智慧公車全時影像。

表 5.2.1-1 伺服器與儲存設備規格型號

項次	設備名稱	數量	型號
1	中心伺服器	2 台	機型：HPE ProLiant DL380 Gen10 1. 處理器：Intel Xeon Gold 5118 處理器 2. 記憶體：8G DDR4 × 2 3. 光碟機：DVD-ROM 4. 儲存控制器：1 個 HPE Smart Array E208i-a
2	儲存系統	1 台	機型：HPE StoreEasy 1660 16TB SAS 1. 容量：16 TB 2. 記憶體：16GB DDR4-2666MHz

5.2.2 API 說明

針對已定義之 API 分類、API 訊息狀態回覆整理如表 5.2.2-1 所示。

表 5.2.2-1 API 分類表

API 編號	說明	分類
M8.2.adas001	上傳車機的 GNSS 與事件資訊	回傳 ADAS 與 OBD II、異常事件資訊
M8.2.adas002	上傳車機的 OBD II	
M8.2.adas003	回報已上傳完成的影像	
M8.2.adas004	上傳車機的 OBD II 故障碼	
M8.2.adas101	查詢特定車輛在指定日期時間區間的 GNSS 資料	提供給合作夥伴 3rd Party 開發智慧交通應用
M8.2.adas102	查詢特定車輛的最新 GNSS 資訊	
M8.2.adas103	查詢特定裝置指定期間內的事件記錄	Back-end Server 系統查詢 API
M8.2.adas104	查詢特定裝置在指定日期時間區間的 GNSS 資料	
M8.2.adas105	查詢特定裝置在指定日期時間區間的 OBD II 資料	
M8.2.adas106	取得智慧路口目前所有即時回傳資料	
M8.2.adas107	取得智慧路口指定日期和 OBU_id 區間所有 BSM log	
M8.2.adas108	取得智慧路口指定 CMS 各狀態警示次數統計	
M8.2.adas201	回傳雷達偵測資料	智慧路口回傳設備資訊
M8.2.adas202	回傳光達偵測資料	
M8.2.adas203	回傳號誌目前顯示時相	
M8.2.adas204	回傳電子看板警示觸發記錄	

5.2.3 實驗平台資料庫設計

本平台資料庫所需設定與記錄之資料表現已設計如表 5.2.3-1 所示，後續會再依分析與服務應用之需求增修資料表。資料表根據資料記錄內容將資料表分作四種類型：設備資料表、設定資料表、原始資料表與其他資料表。

為增進管理相關效率，實驗平台資料庫將加入 Web 端管理介面，由瀏覽器網址列輸入 DB 連線網址，即可以 Web 方式登入 DB 管理介面，完成身分驗證後即可瀏覽資料庫各項表單(Form)與資料表(Table)內容。

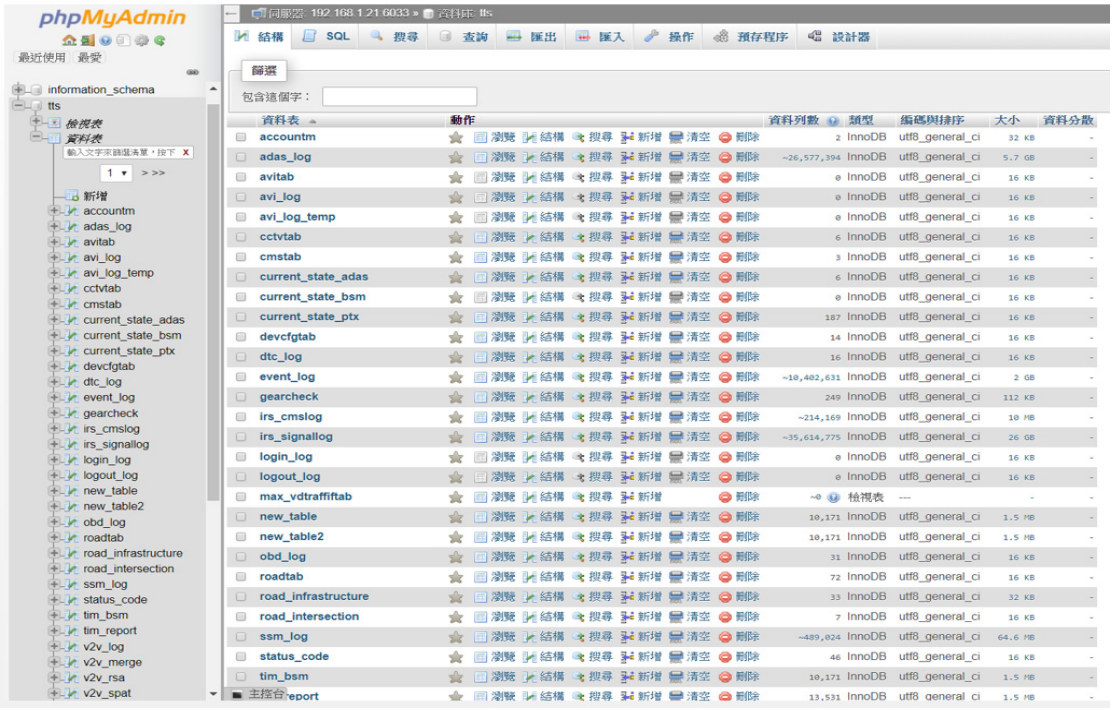


圖 5.2.3-1 Web 端 DB 登入畫面

表 5.2.3-1 平台資料表清單

表格		用途
1.設備資料表	roadtab	路口資料表
	road_inter 秒 tion	智慧路口場域資料表
	road_infrastructure	智慧路口設備資料表
	c2c_cctv_info_v1p1	CCTV 設備資料表(外單位)
	c2c_cms_info_v1p1	CMS 設備資料表(外單位)
	c2c_vd_info_v1p1	VD 設備資料表(外單位)
2.設定資料	v2x_alarm_radar_config	RADAR 基本設定資料表
	v2x_alarm_radar_newest	RADAR 最新資料表
	v2x_obu_mapping	OBU 名稱對應表
	v2x_obu_newest	OBU 最新位置資料表
	v2x_rsu_report	RSU 設備狀態資料表
	v2x_rsa_schedule	RSA 排程設定資料表
	v2x_rsu_config	RSU 基本設定資料表
	v2x_rsu_subscribe	設定 RSU 監控路口資料表
	v2x_tim_device	TIM 路況資訊警示排程設定表
	v2x_tim_weather	TIM 天氣資訊警示排程設定表

	current_state_adas	ADAS 最新位置資料表
	current_state_ptx	PTX 最新位置資料表
	ptx_schedule	PTX 預定班表及班距資料
	c2c_cctv_value_v1p1	CCTV 設備最新狀態資訊表(外單位)
	c2c_cms_value_v1p1	CMS 設備最新狀態資訊表(外單位)
	c2c_vd_value5_v1p1	VD 設備最新狀態資訊表(外單位)
	air_quality_data	空氣品質最新資訊(外單位)
	weather_forecast	天氣預測最新資訊(外單位)
3.原始資料	AVI_log	OBU 旅行時間資料表
	AVI_log_temp	ETag 旅行時間資料表
	v2x_collision_history	OBU 碰撞記錄
	v2x_obu_historydata	OBU 原始資料表
	v2x_obu_lost_rate	OBU 漏失率記錄
	v2x_rsa_download_log	RSA 下載記錄
	v2x_tim_device_download_log	TIM 下載記錄(路況)
	v2x_tim_weather_download_log	TIM 下載記錄(天氣)
	vdtraffiftab	車輛偵測器五分鐘交通資料
	adas_log	ADAS 車機上傳的 GNSS 與事件資訊
	event_log	另存 ADAS 車機上傳的異常事件
	obd_log	OBD II log
	dtc_log	OBD II DTC log
	video_log	上傳的影像記錄
	ptx_realtime_a1	PTX 車輛動態資料
	irs_cmslog	智慧路口電子看板資料
	irs_signallog	智慧路口號誌動態資料
4.其他	accountm	網站使用者的登入帳號/密碼
	login_log	使用者登入網站記錄
	logout_log	使用者登出網站記錄
	status_code	事件分類對應表

5.2.4 車載機與實驗平台資料回傳與保存機制

本年度計畫於國道客運與市區公車安裝 OBU 與 ADAS 車載設備，將用以偵

測與回傳駕駛於行車過程中發生之危險與異常事件(包含：駕駛人分心事件、行車盲點警示、未保持安全距離等駕駛危險事件)，並同時擷取與回傳異常事件發生時之行車影像，為確保資料回傳與保留不受環境等不可外力因素所影響，設計下列上傳與資料保存機制，茲說明如下：

一、車載機定期上傳資料

(一) 車載機呼叫 API 回傳資料，車載機與實驗平台間以 socket 結合 UDP 方式回傳資料

1. 網路訊號正常時：

(1) GNSS 與車輛控制資訊(煞車、方向燈、倒車燈訊號)每秒取樣一次，每 5 秒呼叫 API 一次回傳 GNSS 與車輛控制資訊(煞車、方向燈、倒車燈訊號、G Sensor)

(2) 上述資料同步寫入車載機 local storage，以 csv 格式進行保存，每天以 FTP 上傳前一天的 csv 檔案

a. GNSS 與車輛控制資訊 csv 命名方式

檔名：BusGNSS_車牌_日期

格式：

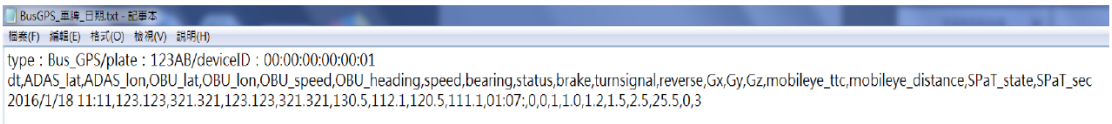


圖 5.2.4-1 BusGNSS_車牌_日期格式

二、車載機即時回傳事件

當下列情形發生：(1)危險駕駛行為與路況警示；(2)車輛故障通報；(3)駕駛分心事件時，車載機需緊急呼叫 API 回傳事件與感測器資訊，事件觸發與判斷機制，詳附錄五事件分類表。

(一) 危險駕駛行為與路況警示、車輛故障通報、駕駛分心事件

(二) 即時呼叫 API 回傳事件與事件相關資訊回實驗平台

(三) 由事件發生的時間點為影像擷取起始點，擷取車內 5 支鏡頭(鏡頭編號 01~05)，事件發生前後 10 秒影像(影像長度共 20 秒)。車內鏡頭編號與位置如圖 5.2.4-2 所示。

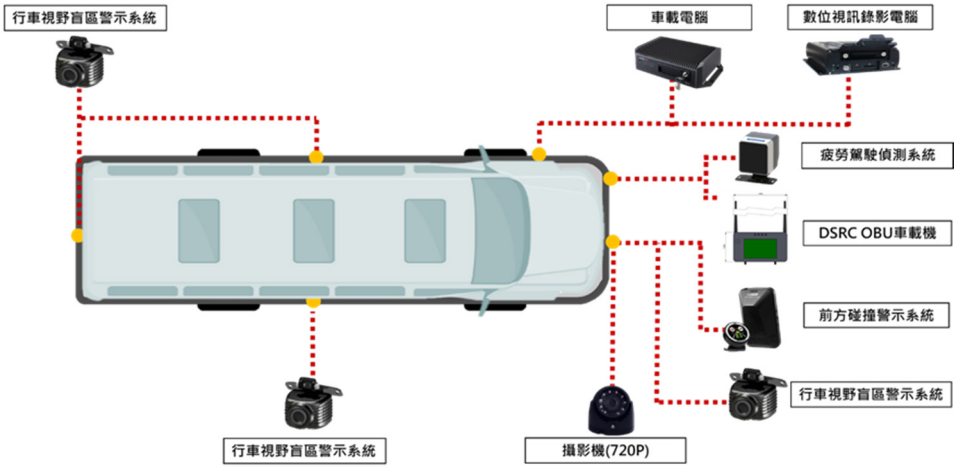


圖 5.2.4-2 車上設備裝置圖

(四) 車內五支鏡頭(鏡頭編號 01~05)影像擷取 20 秒長度影像，影像格式為 AVI。

- 檔名命名方式：車牌_ yyyymmdd-hh-mm-ss_鏡頭編號
- 檔名命名範例：ABC123_20190325-16-22-15_01 (車牌 ABC123，2019/3/2516:22:15 鏡頭一影像)

(五) 壓縮完成後，以 FTP 上傳至實驗平台

1. 每天的影像存放在不同資料夾底下，FTP 上傳時請先自行檢查日期是否存在對應之資料夾，如圖 5.2.4-3 所示。

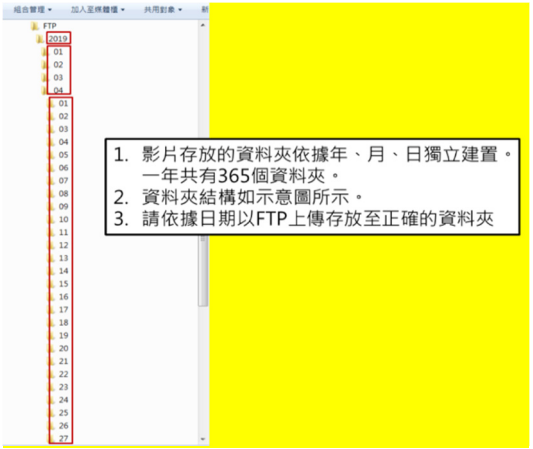


圖 5.2.4-3 影像存放在不同資料夾示意圖

(六) 影像以 FTP 上傳完成後，呼叫 API 回報實驗平台檔案已上傳完成的檔名

三、實驗平台與車載機階段測試成果

本年度計畫中車載機是否可依據規定之格式與傳輸方式進行資料上傳？實驗平台是否可以將上傳之影片進行轉檔？轉檔過後影片是否可透過 Web 技術進行同步撥放？上述課題將影響本年度計畫執行的完整性與資料可用程度，為避免

裝機後系統邏輯更新的不便，實驗平台與設備裝機期間同步與廠商進行車載機與實驗平台間整合測試，並透過本年度計畫中大規模測試期間同步監測實驗平台轉檔效率與品質，整合測試如下所述。

(一)確保車載機可依據雙方定義之 API 透過 4G 網路進行資料上傳

(二)確保車載機上傳的影片格式 AVI 格式與 API 資訊無誤

(三)確保轉檔流程與結果正確無誤

表 5.2.4-1 實驗產生測試表

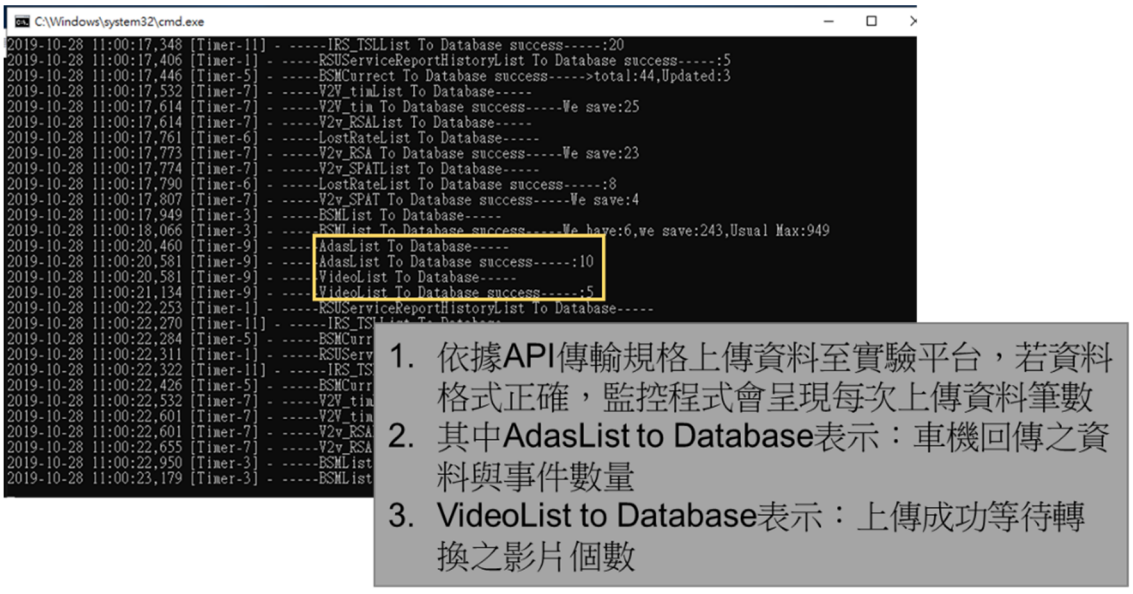
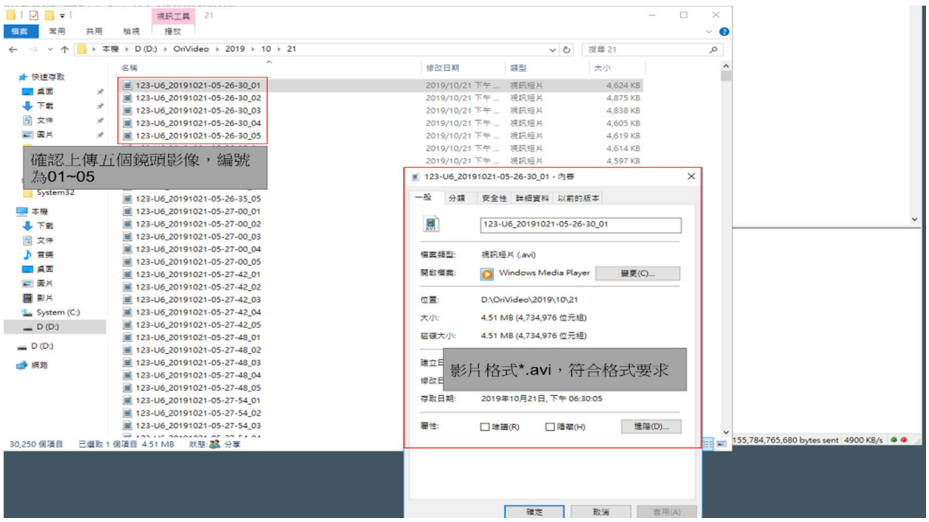
車載機與實驗平台通訊測試
目的：確保車載機可依據雙方定義之 API 透過 4G 網路進行資料上傳
測試日期：2019-10-28
測試過程說明：
實驗平台收取車載機資料，請廠商依據 API 傳輸規格上傳資料至實驗平台，測試結果如下：車載機資料可正確透過 API 以 UDP 回傳至實驗平台，回傳資料欄位與格式亦符合 API 所規範。

測試結果：通過

表 5.2.4-2 車載機事件影片格式測試表

車載機事件影片格式與資訊驗證
目的：由於車機效能限制，無法將上傳之影片於車載機 local 端直接進行轉檔，因此轉檔將由實驗平台進行，為確保轉檔可有效進行，車載機上傳的影片格式需正確(*.AVI)，同時影片上傳完成後需以 API 回報正確的影片資訊。



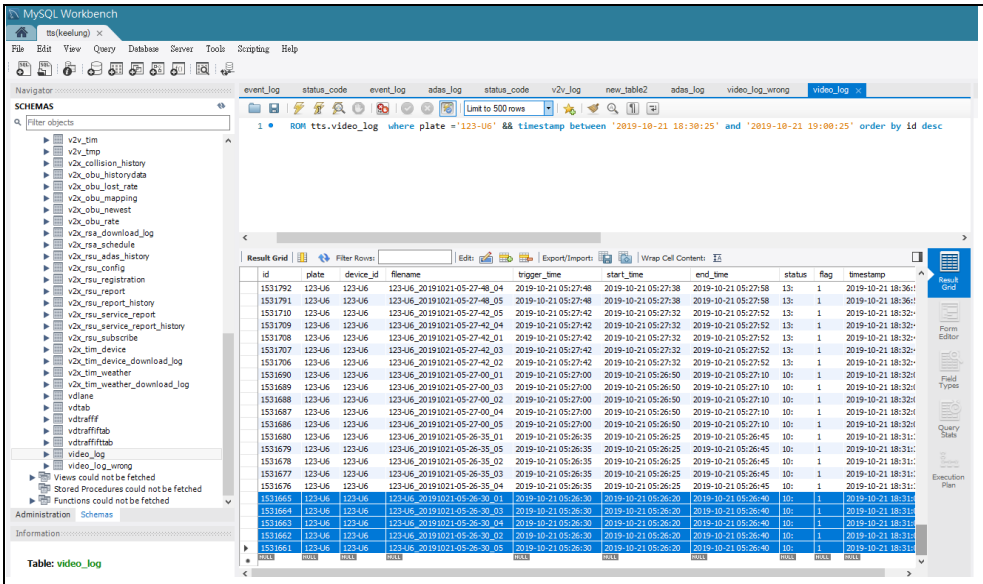
測試日期：2019-10-25

測試過程說明：

實際至 NAS 確認影像上傳情形，可由圖確認車機回傳之影像格式(*.AVI)與鏡頭數正確。以第三方播放軟體檢視檔案可讀性與正確性，檔案格式正確(*.AVI)長度也符合規格所規範。



以第三方播放軟體檢視檔案(MySQL_workbench)檢視資料庫記錄車機回傳資料正確性，回傳資訊也符合規格要求(如圖)。



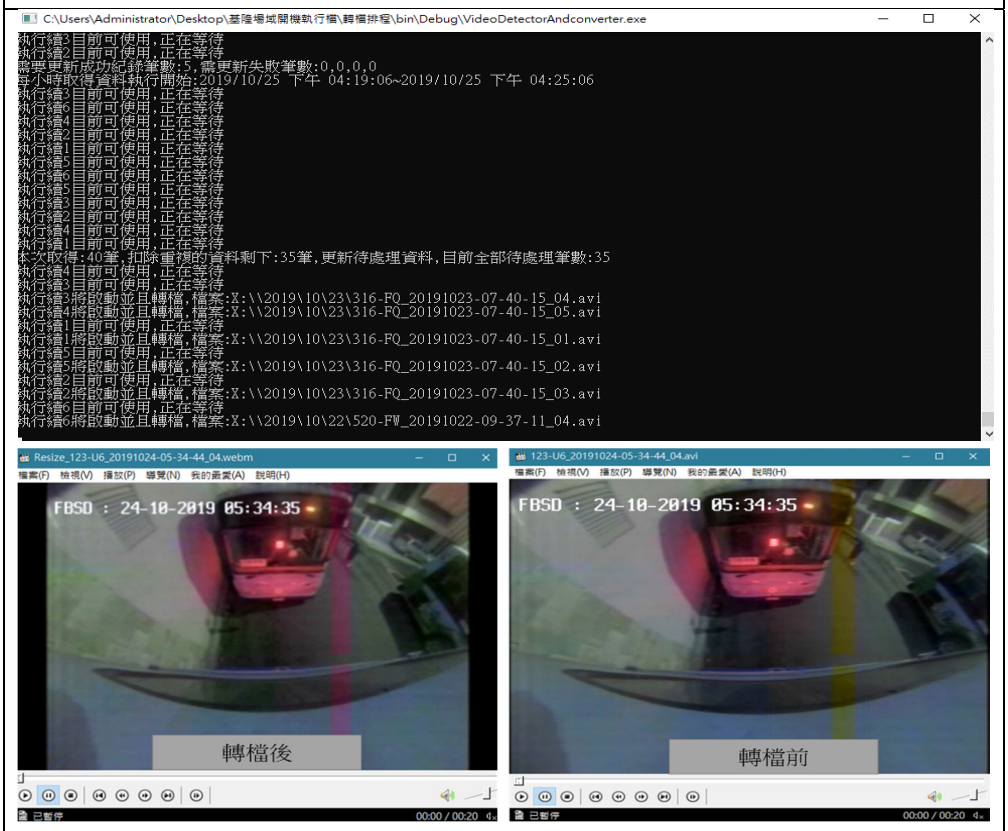
測試結果：通過

實驗平台轉檔流程測試

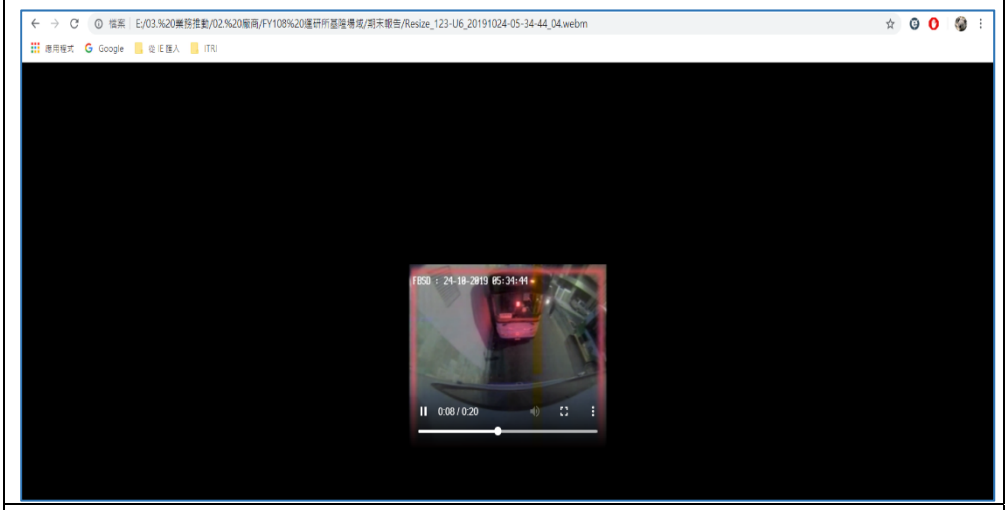
目的：確保車載機上傳之鏡頭影像可正確被轉檔成功，並可於 web 介面中播放。

測試日期：2019-10-28

測試過程說明：考量系統 CPU 負載實驗平台每五分鐘批次處理要轉換的車載機影像，為避免 CPU 負載過高，每次同時以六個執行緒進行轉檔，可由下方監控畫面截圖確認轉檔程式執行無誤。



比較轉檔前後影像正確性，可由圖比較圖可知轉檔後的影像與轉

檔前一致，並無因轉檔與壓縮導致影像有失真之狀況 將轉好的檔案拖曳至瀏覽器 (Chrome)進行播放，可由圖可知轉換後的檔案可正確於瀏覽器中播放。 
測試結果：通過

5.2.5 實驗平台與客運業者間訊息分享

本年度實驗平台將安裝 ADAS 車載設備與 OBU，並與客運業者進行資訊交換，內容包含：

一、以雙方定義好之 API 進行資料交換

考量平台與平台間的資料交換彈性、資安考量，將與客運業者平台定義平台間資料交換 API。目前已初步定義 M8.2.its001 取得尖峰時間路段時速，讓客運業者可取得各路段於尖峰時刻的平均車速。

表 5.2.5-1 取得尖峰時間路段時速表

資料格式	JSON
使用時機	查詢尖峰時間各路段平均車速，路段起訖點以 GNSS 作為標記，系統每五分鐘更新一次平均車速分析數據。客運業者後台可依據各路段起訖點 GNSS 資訊了解各路段壅塞狀況，或搭配電子地圖進行車隊管理相關應用開發

客運業者
後台
送出字串
	{
	"type":"M8.2.its001",
	"account":"fleet_account",
	"pwd":"fleet_pwd",
	}

字串說明	type：訊息類型，格式參照系統命名規則 account：登入帳號

	pwd：登入密碼

實驗平台
回覆字串
	{
	"type":"M8.2.its001",
	"update_time":"2019-04-25 11:11:11",
	"router_count": 2,
	"router_list":
	[
	{
	"dt":"2019-04-25 11:11:11",
	"distance": 25.2,
	"start_address":"國道一號基隆交流道",
	"start_location":{
	"lat":23.123,
	"lon":121.00},
	"end_address":"國道一號八堵交流道",
	"end_location":{
	"lat":23.124,
	"lon":121.021},
	"speed": 25.2
	},
	{
	"dt":"2019-04-25 11:11:11",
	"distance": 15.0,
	"start_address":"國道一號八堵交流道",
	"start_location":{
	"lat":23.124,
	"lon":121.021},
	"end_address":"國道一號大華系統交流道",
	"end_location":{
	"lat":123.123,
	"lon":321.321},
	"speed": 25.2
	}
	]
	}

字串說明	type：訊息類型，格式參照系統命名規則 update_time：資料更新時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss， router_count：路段個數,

	router_list：路段資訊列表，包含單筆或多筆資料，內容如下： dt：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss， distance：路段起訖點(start_address 至 end_address 間距離)，單位公里， start_address：路段起點名稱， start_location：路段 GNSS 位置， lat：GNSS 緯度資訊，單位為度， lon：GNSS 經度資訊，單位為度， end_address：路段中點名稱 end_location：路段 GNSS 位置 speed：路段起訖點間平均車速，單位為 公里/小時

二、實驗平台操作介面

客運業者平台已根據自家營運管理所需，建置與開發符合營運需求之管理平台，大多數為車隊管理、票務與 帳務管理功能為主，然而本實驗平台界接多元化資料(ADAS 車載機與 OBU、政府與第三方 open data、智慧路口與智慧路側等)，所開發之整合性應用服務也有別於傳統之車隊管理功能，將開放對於客運業者有效之應用和權限，允許客運業者可登入本實驗平台，進一步達到資訊共享與回饋之目的。

第六章 中興新村高精度圖資製作與情境測試

一般封閉式實驗場域的自駕車多為使用點雲所建構的高精度圖資，尚未應用完整的車道屬性資訊，本研究旨在探討非封閉式場域的高精度圖資應具備那些圖層及屬性資訊，本研究參考 OpenDrive 高精度圖資格式規範及國內交通規則，歸納出臺灣自駕車應用的圖層資料，應包含車道中心線、車道資訊等，詳細說明如下章節。

6.1 高精度圖資製作及測試

本研究的高精度圖資繪製區域位於南投中興新村，範圍為中正路、中學路、光華路、光華四路所圍成之區域進行施作，實際施作場域，請參考圖 6.1-1。

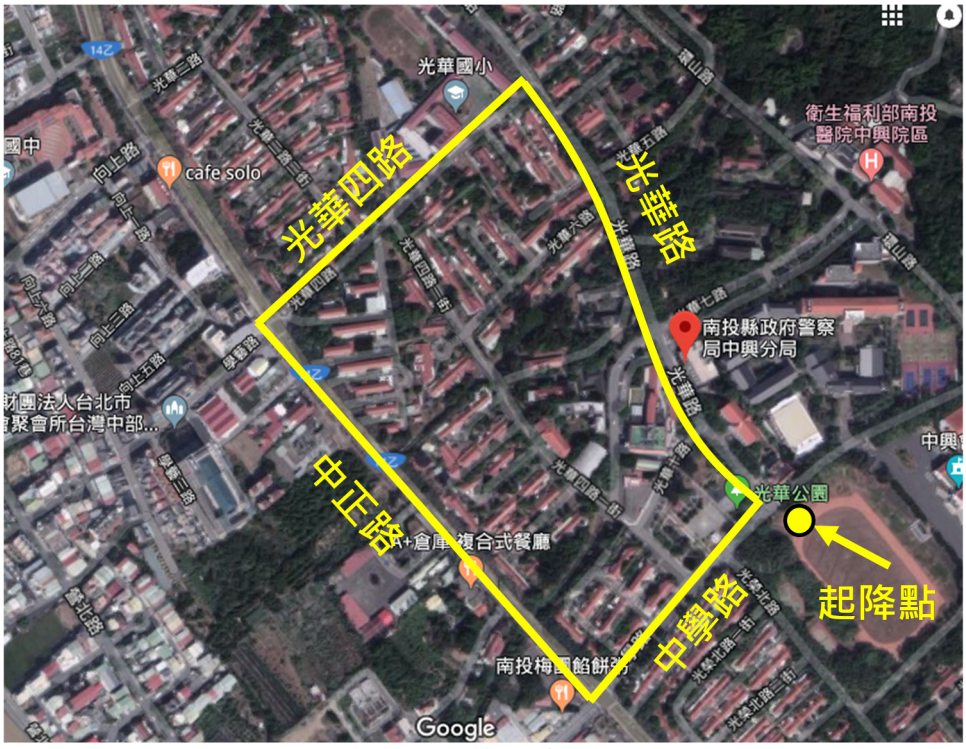


圖 6.1-1 施作場域空照圖

高精度圖資製作的作業流程如圖 6.1-2，於實際外業蒐集資料前會先擬定測圖計畫，實際作業將採用空拍機及測繪車，並於外業作業時取得控制點坐標資訊，作為後續影像處理校正，外業作業完成後將處理空拍影像及點雲資料，並進行車道資訊數化等作業，最後檢核數化後之資料是否符合精度要求及屬性資料是否有誤等。

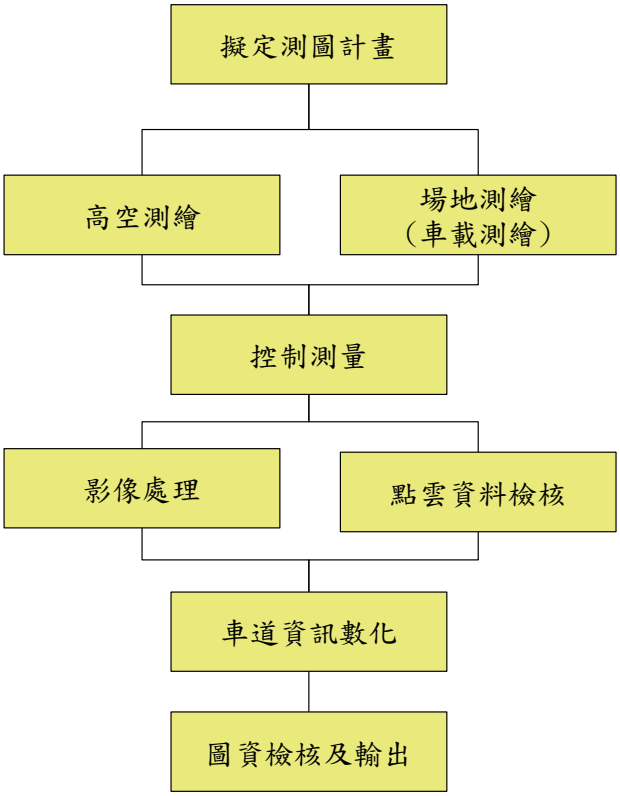


圖 6.1-2 高精度圖資製作流程

6.1.1 高精度圖資製作

6.1.1.1 作業規劃

一、高空測繪

本研究使用四軸空拍機，配備 28mm 定焦鏡，飛航高度維持離地面 100 公尺，地面解析度約 5 公分以內。本載具採取垂直起降飛行模式，並具備自動導航、返航能力，航攝任務皆由地面控制站進行規劃及控制，空拍機型號及規格請參見表 6.1.1-1 表，空拍機實體圖如圖 6.1.1.1-1 所示。拍攝作業需於鄰近測繪場域進行，本實驗場域於中興大操場進行空拍作業。

表 6.1.1.1-1 空拍機規格

空拍機類型	四軸空拍機
空拍機型號	DJI PHANTOM 3
翼展/機身長度(公尺)	0.35
機身空重(不含燃量/酬載)	1216g
最大籌載(公斤)	0
使用燃料	電力
最大起飛總重(公斤)	1.216
最大升限(英呎)	1640

滯空時間	25 分鐘
最大航程	12.95 浬
最大巡航速度(浬/時)	31.1015232
爬升/下降率(呎/分)	984.252/590.5512
遙控方式/頻率	5.725 GHz-5.825 GHz
導航方式	APP DJI GO





圖 6.1.1.1-1 空拍機實體圖

二、場地測繪 (車載測繪)

本研究採用 MEMS 戰術等級的數據採集車，並結合 32 線的光達設備及技術整合而成，其中技術包含：Novatel SPAN INS/GNSS 緊耦合技術、接收 Civil-NET【網路 RTK】多星系差分訊號 、慣性感測器誤差校準技術及道路坡度資訊擷取技術。測繪車輛硬體配置詳表 6.1.1.1-2 所列。其中慣性感測器 IMU (Inertial Measurement Unit)達高階戰術等級(慣性測量儀等級分類如表 6.1.1.1-3 所列)，全套 MMS (Mobile Mapping System)經第三方(國立成功大學)律定校正，確保測繪成果準確。

車載測繪作業原則應於道路離峰時間進行拍攝，避免道路上車輛擁擠之情形，並於執行測繪作業前確認天氣狀況，避免在雨天作業。執行測繪作業前將確認儀器正常運作，進行系統初始化作業後開始進行資料蒐集作業。

表 6.1.1.1-2 自有地面路網資訊採集測繪車

關 鍵 品 項
GNSS 雙頻接收機/雙頻天線
IMU 慣性感測器
車架與機電整合
32 線光達 LiDAR 設備
Wheel Encoder

關 鍵 品 項
NVIDIA PX 2 自駕車等級電腦
數位攝影機(光學攝影鏡頭)
監控錄影級儲存硬碟
運算伺服器

表 6.1.1.1-3 慣性測量儀等級分類

效能	戰略等級 INS	導航等級 INS	戰術等級 INS	微機電等級 IMU
定位誤差 (純慣性導航模式)	<30 公尺/小時	2-4 公里/小時	20-40 公里/小時	50-500 公尺/分鐘
陀螺漂移 (度/小時)	0.0001	0.1-0.001	0.1-10	10-3600
加速度漂移	1μg	50-100μg	100g-1000μg	0.1-0.5g

6.1.1.2 控制測量

執行測繪任務前，在測繪區域設置若干控制點及檢核點，設置原則為平均分布於實驗區，並應以現地天然物(如道路標線邊角)為控制點，如圖 6.1.1.2-1 所示，本研究以作業指導原則為基礎，另依據定位解算結果加密控制點位 20-30 公尺設置一次完成後續製圖精度需求，會先以衛星照片畫出 20x20 公尺的方格，如圖 6.1.1.2-2 所示，以此為依據，在每一方格範圍內挑選適合的現地天然物作為控制點，進行測繪作業時會再依據現場狀況調整控制點。



圖 6.1.1.2-1 制點設置示意圖



圖 6.1.1.2-2 控制點設置分布示意圖

一、控制點精度檢核

本研究採用 Novatel (GNSS)衛星接收機搭配 Civil-NET 多星修正量，以達公分等級的定位精度，使用其整合定位解來製作控制點，可將正射影像及光達三維坐標校準。外業測繪時透過衛星接收機蒐集每個控制點的坐標位置，確認該控制點是否可用，如該點所蒐集的坐標資訊不具識別度，判斷該點為不可用，會尋找另一可用之控制點。外業控制點照片如圖 6.1.1.2-3，衛星接收機記錄之坐標資訊如圖 6.1.1.2-4 及圖 6.1.1.2-5，此坐標資訊作為影像校正之坐標參考值(此衛星接收機為 WGS84 坐標系)。



圖 6.1.1.2-3 外業控制點作業

GPS控制點WGS84坐標

點名	序號	外業觀測數據						坐標均值					
		緯度	經度	大地高	WGS84 X	WGS84 Y	WGS84 Z	緯度	經度	大地高	WGS84 X	WGS84 Y	WGS84 Z
Pt18	a1	N23°57'06.8394"	E120°41'26.508"	121.271	-2976785.790	5015333.549	2573464.857	N23°57'06.8394"	E120°41'26.508"	121.267	-2976785.788	5015333.546	2573464.855
	a9	N23°57'06.8393"	E120°41'26.508"	121.258	-2976785.785	5015333.539	2573464.851						
	b7	N23°57'06.8394"	E120°41'26.508"	121.268	-2976785.788	5015333.546	2573464.856						
	a6	N23°57'06.8394"	E120°41'26.5079"	121.273	-2976785.790	5015333.551	2573464.858						

圖 6.1.1.2-4 控制點坐標資訊

統計

中誤差(mm)	5
Δ平面max(mm)	8
Δ高程max(mm)	-15
采集總數	20
合格點數	20
超限點數	0
北坐標最大值	2649730.6886
北坐標最小值	2649730.6746
東坐標最大值	218519.2025
東坐標最小值	218519.1906
高程最大值	121.2811
高程最小值	121.2507
合格率(%)	100

圖 6.1.1.2-5 控制點統計資訊

6.1.1.3 資料後處理

一、影像處理 (正射影像誤差分析)

正射影像為空拍機所拍攝之所有照片套疊且經修正而成，利用全區鑲嵌影像元尺寸為 0.10m 之正射影像，使用數值影像處理工作站或同等精度之航測儀器，配合空中三角測量、數值高程模型資料，將投影之航空像片，以微分糾正方法消除像片上因像機傾斜及地表所造成傾斜移位及高差位移，逐點糾正為正射投影，製作正射影像檔，表 6.1.1.3-1 為正射影像控制點誤差值(節錄)。

表 6.1.1.3-1 正射影像控制點誤差值(節錄)

點名	正射影像 X	正射影像 Y	RTK 東坐標	RTK 北坐標	X 軸誤差(CM)	Y 軸誤差(CM)	二維誤差(CM)
CP01	218397.927	2649614.71	218397.91	2649614.69	1.935	2.168	2.905
CP02	218415.901	2649585.8	218415.9	2649585.79	0.069	0.97	0.972
CP03	218440.126	2649550.93	218440.13	2649550.89	-0.677	4.603	4.652
CP04	218460.507	2649523.67	218460.53	2649523.66	-2.17	0.976	2.379
CP05	218476.438	2649508.33	218476.42	2649508.3	1.567	3.514	3.847

正射影像製作使用之數值高程模型資料，其網格間距為地面 2 公尺以內。鐵、公路、橋樑等對地圖判讀有重要意義的基礎建設，必須依其實際測量高度進行正

射微分糾正，因而產生之無影像遮蔽區應以鄰影像補足，若無影像可供補足，將以特定顏色區塊填補。

攝影過程因光線角度及天候狀況等條件不一，影像色彩之亮度及對比都會有所不同，因此需進行事後的影像色調調整。經過影像處理後之影像，即可配合進行正射影像作業。經過正射處理之影像，將在影像工作站進行無縫拼接，而為了減少影像拼接之誤差，作業時需注意下列事項：

1. 採用像主點附近之影像進行拼接。
2. 接縫處選在平坦且色調均勻處如道路、河川天然界，儘量避免
3. 在建物、橋樑等地物處進行併接。相鄰圖幅正射影像之接邊應良好，影像接邊相對移位應小於 50 公分。
4. 接縫處將進行影像色調均化處理。

本次拍攝影像一共選用 28 個控制點進行校正，控制點均勻分佈於影像之上，其分佈如圖 6.1.1.3-1 所示。完成控制點選取後，進行區域光束法平差，28 個控制點中最大的改正量為 4.806 公分，最小的改正量為 0.619 公分，平均改正量為 2.6 公分，控制點精度要求達「自駕車用地圖驗證精度流程指引」中絕對平面精度需小於 10 公分之標準。



圖 6.1.1.3-1 正射影像控制點(紅)及檢核點(藍)分布

「自駕車用地圖驗證精度流程指引」對於檢核點之標準包括：

1. 抽驗實際檢核點成果數量至少 50 點為原則。
2. 絕對平面精度需小於 20 公分，絕對三維精度需小於 30 公分。

以下說明正射影像及點雲檢核點的精度數據及分布，正射影像其平面精度達小於 20 公分之標準，點雲其三維精度達 30 公分之標準。正射影像作為高精地圖二維資訊數化依據，影像經校正後，使用檢核點檢核其精度，共使用 50 點檢核點進行檢核，最大平面誤差為 7.574 公分，最小平面誤差為 0.049 公分，圖 6.1.1.3-2 為檢核點分布圖，表 6.1.1.3-2 正射影像檢核誤差值(節錄)。

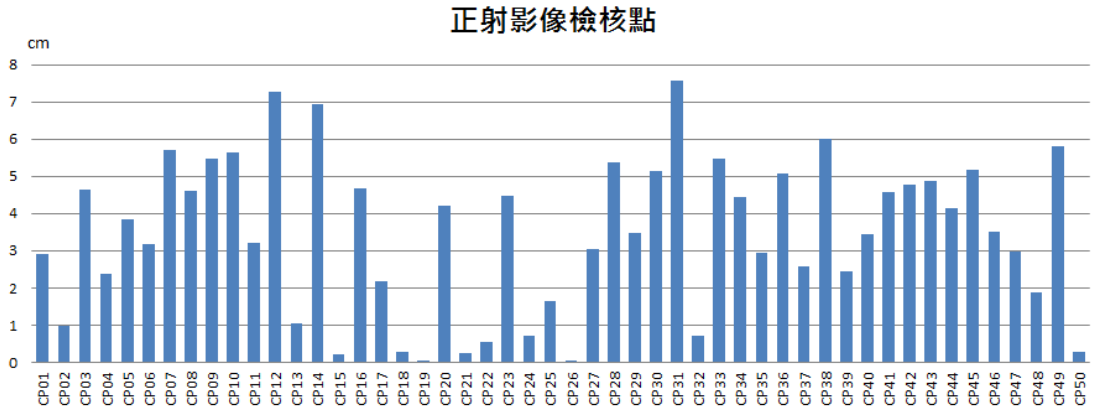


圖 6.1.1.3-2 正射影像檢核點誤差直方圖

表 6.1.1.3-2 正射影像檢核誤差值(節錄)

點名	正射影像 X	正射影像 Y	RTK 東坐標	RTK 北坐標	X 軸誤差 (CM)	Y 軸誤差 (CM)	二維誤差 (CM)
CP01	218397.9273	2649614.708	218397.908	2649614.686	1.935	2.168	2.905
CP02	218415.9007	2649585.801	218415.9	2649585.791	0.069	0.970	0.972
CP03	218440.1262	2649550.931	218440.133	2649550.885	-0.677	4.603	4.652
CP04	218460.5073	2649523.671	218460.529	2649523.661	-2.170	0.976	2.379
CP05	218476.4377	2649508.33	218476.422	2649508.295	1.567	3.514	3.847
CP06	218492.3867	2649489.521	218492.398	2649489.491	-1.133	2.954	3.164

二、點雲資料檢核

(一)點雲校正後檢核點分析

點雲的精度檢核同樣透過現地測繪所接收的控制測量點坐標與點雲位置進行校正及檢核，分別使用 64 點控制點及 50 點檢核點，圖 6.1.1.3-3 與圖 6.1.1.3-4 分別為控制點及檢核點的分布位置。圖 6.1.1.3-5 為點雲檢核點誤差直方圖。表 6.1.1.3-3 為點雲-控制點誤差值(節錄)、表 6.1.1.3-4 為

點雲-檢核點誤差值(節錄)。控制點最大二維誤差為 9.8 公分，最大三維誤差為 13.6 公分；檢核點最大二維誤差為 8.6 公分，最大三維誤差為 28.3 公分。

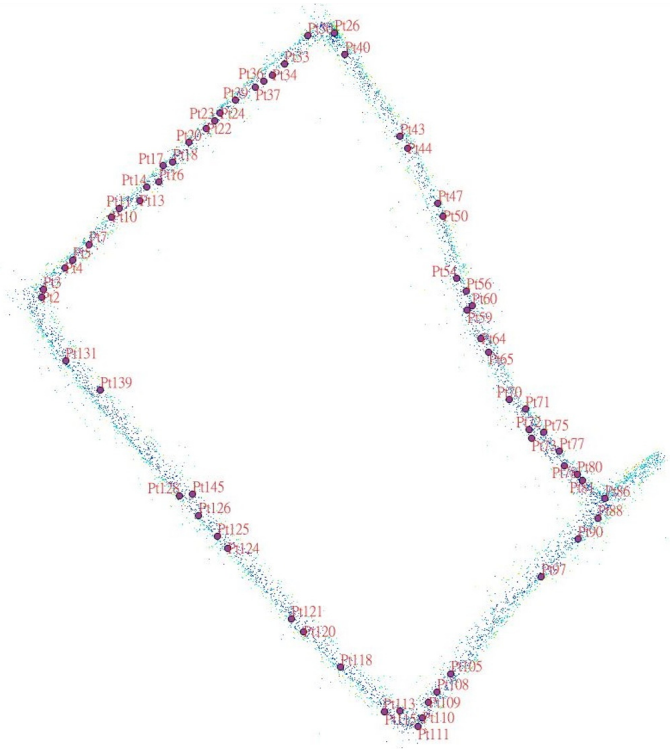


圖 6.1.1.3-3 點雲控制點分布

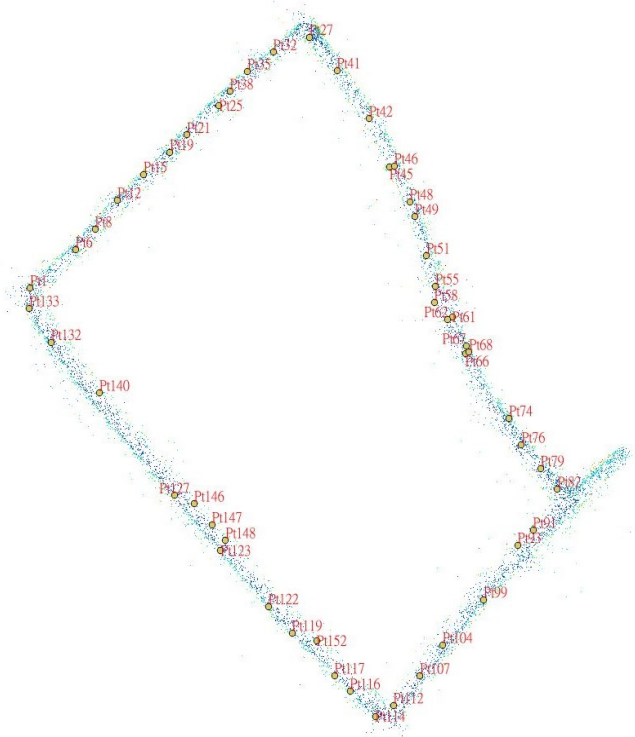


圖 6.1.1.3-4 點雲檢核點分布

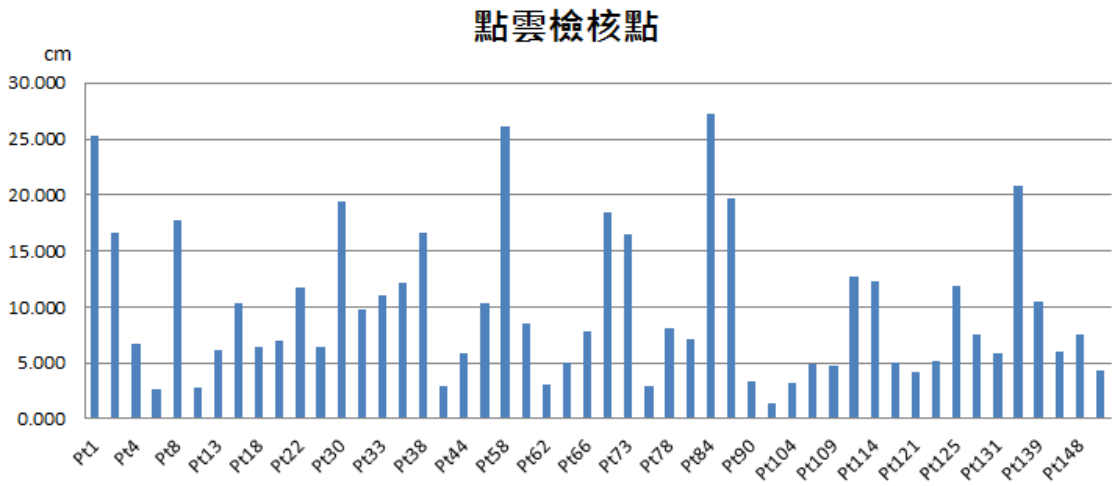


圖 6.1.1.3-5 點雲檢核點誤差直方圖

表 6.1.1.3-3 點雲-控制點誤差值(節錄)

點號	RTK 97X	RTK 97Y	高程	點雲 97X	點雲 97Y	點雲 高程	X 差值 (M)	Y 差值 (M)	平面 誤差 (M)	高程 差值 (M)	三維 誤差 (M)
Pt2	2649611.385	218403.757	117.549	2649611.333	218403.747	117.576	-0.0518	-0.0095	0.0527	0.0267	0.0591
Pt3	2649618.002	218405.196	117.793	2649618.002	218405.201	117.793	0.0002	0.0047	0.0047	0.0004	0.0047
Pt4	2649637.063	218424.17	118.327	2649637.063	218424.174	118.327	0.0004	0.0040	0.0040	0.0002	0.0040
Pt5	2649643.951	218431.421	118.612	2649643.951	218431.426	118.612	0.0004	0.0048	0.0048	0.0004	0.0048
Pt7	2649657.881	218445.475	118.759	2649657.89	218445.475	118.784	0.0094	0.0000	0.0094	0.0250	0.0267

表 6.1.1.3-4 點雲-檢核點誤差值(節錄)

點號	RTK 97X	RTK 97Y	高程	點雲 97X	點雲 97Y	點雲 高程	X 差值 (M)	Y 差值 (M)	平面 誤差 (M)	高程 差值 (M)	三維 誤差 (M)
Pt1	2649616.997	218396.396	117.496	2649617.045	218396.421	117.584	0.0477	0.0249	0.0538	0.0879	0.1031
Pt6	2649651.030	218438.406	118.674	2649651.030	218438.403	118.674	-0.0005	-0.0028	0.0029	0.0002	0.0029
Pt8	2649669.060	218456.510	119.258	2649669.061	218456.509	119.258	0.0005	-0.0010	0.0011	0.0001	0.0011
Pt12	2649694.860	218477.266	119.873	2649694.882	218477.277	119.904	0.0217	0.0111	0.0244	0.0306	0.0392
Pt15	2649717.891	218501.501	120.418	2649717.872	218501.518	120.564	-0.0194	0.0167	0.0256	0.1460	0.1483

(二)點雲密度檢核

依據「高精地圖製圖作業指引」，點雲密度等級可分為三級，如表 6.1.1.3-5 所示，本研究於場域進行多次掃描，將多次掃描之點雲套疊後，計算每平方公尺的點雲密度，作業區域內的點雲密度達第一級，點雲密度示意圖如圖 6.1.1.3-6 所示。

表 6.1.1.3-5 點雲密度等級分類

點雲密度等級	應用場景(三維定位精度)	點雲密度值(pt/m^2)
第一級	主動控制(Active Control) (0.1m)	2500-10000
第二級	車道內(Where in Line) (0.5m)	400-2500
第三級	車道級(Which Lane) (1.5m)	100-400

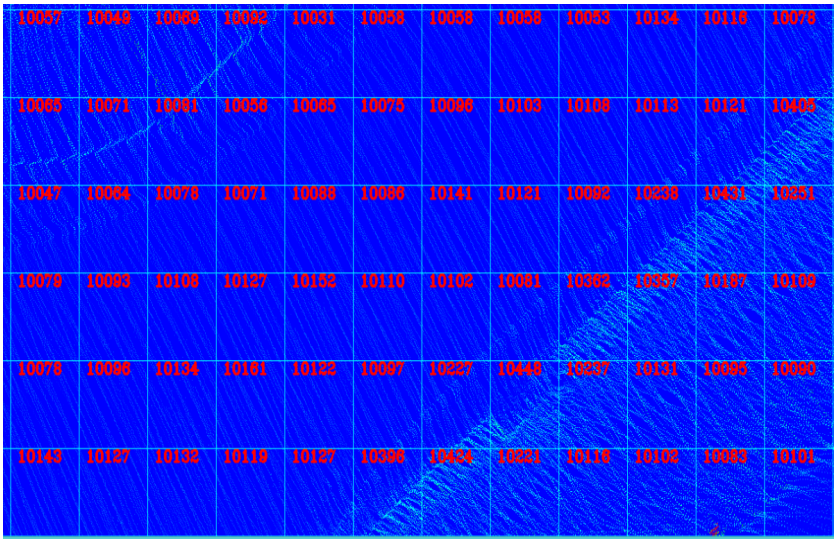


圖 6.1.1.3-6 點雲密度示意圖

三、向量圖層數化 (車道資訊數化)

自駕車是透過裝載的光達、鏡頭及各式感測器感知周遭的環境，蒐集資訊後並搭配高精度圖資，由運算平台進行決策，因此地圖的資訊越完整，運算平台需即時運算的負擔也可降低。目前有多種自駕車運算平台，不同運算平台使用的圖資格式及類別不盡相同，本研究蒐集道路上的各種屬性，以利各家運算平台根據其需求擷取所需資訊進行應用。

本研究採用空拍機及測繪車雙軌進行外業拍攝，是為運用正射影像具有場景真實色彩，以利向量圖層數化作業的進行，並透過點雲建立完整的三維向量資料，同時檢視正射影像與點雲特徵位置一致，確保數化資料的正確性，其作業示意圖如圖 6.1.1.3-7 所示。

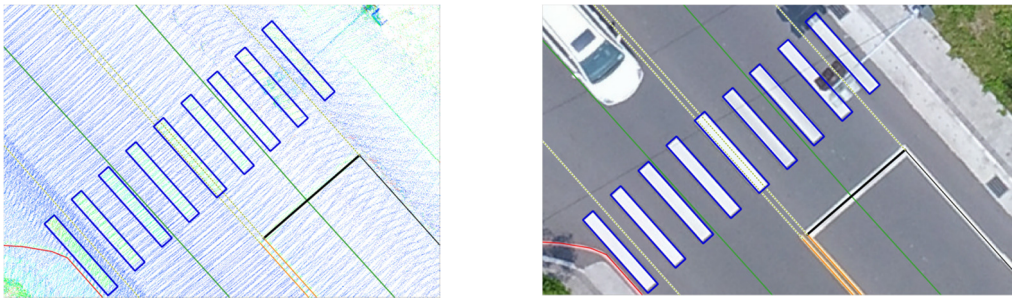


圖 6.1.1.3-7 向量圖層套疊點雲(左)及正射影像(右)

本研究交付之向量圖層類別、分類方式與現有相關作業指引提及之資料不盡相同，本研究整理「自駕車用地圖驗證精度流程指引」中向量檔案項目與本研究提供之向量圖層類別如表 6.1.1.3-6 所示。

表 6.1.1.3-6 圖層項目比較

沙崙自駕車試驗場圖層及型態		本研究實驗場域是否有此道路特徵	本研究圖層及型態		
圖層	型態		圖層	圖層說明	型態
枕木紋行人穿越道	面	V	M_R_LANE	道路標線(面域)	面
停止線	面	V	STOP_P	停止線	點
行人專用號誌	面	V	ROAD_INFORMATION	道路資訊點位	點
行車管制號誌	面	V	ROAD_INFORMATION	道路資訊點位	點
特種閃光號誌	面	V	ROAD_INFORMATION	道路資訊點位	點
路燈	面	V	ROAD_INFORMATION	道路資訊點位	點
標字	面	V	ROAD_INFORMATION	道路資訊點位	點
交通標誌	面	V	3D_SIGN	標誌牌	點
停車格	面	V	M_P_LANE	道路標線(線型)	線
網格線	面	V	M_P_LANE	道路標線(線型)	線
黃實線	面	V	M_P_LANE	道路標線(線型)	線
轉彎線	面	X	無		
自行車穿越道	面	X	無		
左轉待轉區	面	X	無		
車道線	面	V	M_P_LANE	道路標線(線型)	線
車道邊線	面	V	M_P_LANE	道路標線(線型)	線
機慢車左轉待轉區	面	X	無		
指向線	面	X	無		
分向限制線	面	X	無		
機車停等區	面	X	無		
車道中心線	線	V	CLANE	車道中心線	線
道路中心線	線	V	NAV_CROAD_ADD	導航路網	線
道路節點	點	X	無		
車道節點	點	X	無		
車道範圍	面	X	無		
鐵路	面	X	無		
移動街廓與場景	面	X	無		
金屬鐵橋路面	面	X	無		

沙崙自駕車試驗場圖層及型態		本研究實驗場域是否有此道路特徵	本研究圖層及型態		
圖層	型態		圖層	圖層說明	型態
道路範圍	面	X	無		
中央分隔帶	面	X	無		
隧道	面	X	無		

本研究之高精度圖資，關於交通號誌之屬性資料包括號誌坐標位置、號誌高度以及該號誌對應的車道中心線與路網方向，提供自駕車影像辨識計算。

在封閉式場域可透過場域中的 DSRC 將訊號傳輸到車子，並由人工智慧 AI (Artificial Intelligence)判斷前方應加速前進或減速停止，而開放式場域無法確保所有路側設備均具有 DSRC 或是 DSRC 維持正常運作，較難提前得知前方路口的交通號誌是可通行還是禁止通行，需依靠自駕車即時判斷前方的影像。若在沒有任何資訊提前告知前方有交通號誌時，須不斷的即時運算、辨識前方是否有號誌以及號誌代表的通行狀態，會較為耗費自駕車運算平台的運算資源。

因此透過向量圖資所提供的屬性資料，包括號誌燈桿的坐標、號誌的高度，讓自駕車在接近號誌時才啟動號誌燈號的辨識，透過這樣的資訊，提供運算平台決策車子應該加速還是減速。比較 OpenDrive 地圖格式規範，OpenDrive 除了本研究之高精度圖資所涵蓋的屬性資料外，也將高度區分為號誌燈桿的高度以及號誌本身的高度，還具有交通號誌的寬度等屬性，較詳細地描述燈具的位置。

目前國內自駕車的發展，主要是透過鏡頭辨識道路上的交通號誌，以大量的影像模擬不同高度、角度、或如號誌遭路樹遮蔽等特殊狀況，讓 AI 深度學習，考量到高精度圖資及影像辨識上的誤差，自駕車透過地圖中交通號誌的位置，得知前方有交通號誌的情況下鎖定前方較大的範圍進行影像判釋，以減少運算平台的負擔，並避免因判釋範圍較小未涵蓋到實際號誌的情形。

四、圖資檢核

為確保本計畫高精度圖資數化成果之品質，本研究利用相關程式與工具軟體進行周全的檢核作業，核對空間資料有無遺漏之處(特徵區塊範圍及道路形狀)，並檢核屬性資料(如車道種類、區率、限速、方向等)是否正確，本研究之檢核作業流程如圖 6.1.1.3-8。檢核流程可概分為四大步驟，依序為平日檢核、每週抽驗檢核、出圖檢核以及成果抽驗檢核，並分別以目視、工具和程式檢核空間資料及屬性資料是否正確。

(一) 目視檢核：由品管人員目視檢核，核對空間資料有無遺漏之處及屬性資料輸

入是否正確，挑出有差異的部分退回數化人員進行確認及修正。

(二) 工具檢核：由品管人員利用檢核工具於 ArcGIS 軟體中進行，核對空間資料及屬性資料輸入是否正確，挑出有疑慮的部分退回數化研究進行修正及確認。

(三) 程式檢核：由品管人員執行開發工具，核對屬性資料輸入是否正確，挑出有差異的部分退回數化人員參考，並依照挑出之內容逐一確認是否需要進行修正。

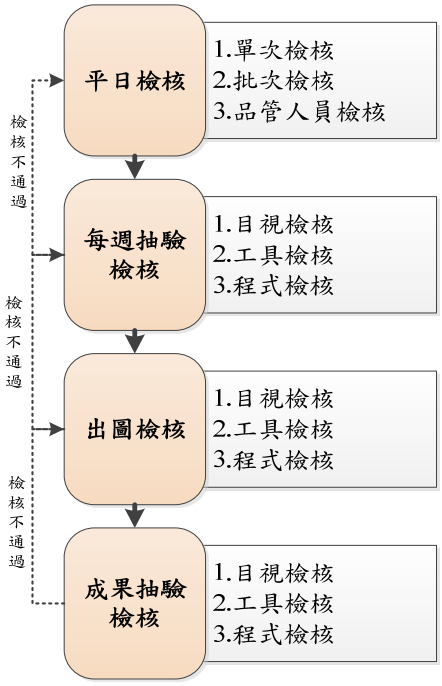


圖 6.1.1.3-8 圖資檢核流程圖

6.1.2 高精地圖資驗證項目

本計畫高精度圖資製作結果由內政部地政司協調第三方單位-高精地圖研究發展中心協助驗證，其依據「高精地圖驗證指引(草案)」進行，表 6.1.2-1 為該流程指引的檢核項目及送審資料，以下說明高精度圖資驗證成果。

表 6.1.2-1 高精地圖資檢核項目及送審資料

項次	項目	送審資料
一	作業規劃	測繪車掃描儀器設備型式與規格說明，包含 IMU、LiDAR、相機、車上 GNSS。
		POS 儀器性能測試及率定書面報告須提供 IMU 與 GNSS 的規格、系統參數以及實測成果的精度。
		掃描範圍規劃圖，需檢附 SHP、CAD 或其他通用之流通格式範圍圖檔。
		各規劃路線之掃描設定參數，包含雷射測點密度、視

項次	項目	送審資料
		角角度大小、雷射發射頻率、掃描頻率。
二	控制測量成果檢核	控制測量果報告書，內容應包含:作業方法、坐標成果(含.xls 檔)、控制點與檢核點之分佈圖。
三	作業成果檢核	測繪車掃描報告書:包含掃描路線圖、掃描參數、GNSS 軌跡、GNSS 基站分佈圖、GNSS 基站衛星觀測 PDOP 圖、車載雷射掃描儀檢定報告書。
		掃描儀器所下載未經處理前之資料:包含 GNSS、INS、輪速計原始資料以及影像原始資料。
四	資料後處理成果檢核	測繪點雲資料：經平差處理點雲之 LAS 格式檔，需包含各掃描點的地面三維坐標值、反射強度值等資料，並剔除不合理點群，以相片真實色彩影像著色。
		向量檔案：包含 2D/3D 向量圖檔 SHP，SHP 檔需記錄屬性欄位。

一、點雲密度檢核成果

高精地圖中心是以 1*1 平方公尺為樣本單位，以道路邊緣線向外延伸 1 公尺的範圍為界檢核點雲密度，本計畫點雲密度檢核結果如表 6.1.2-2 及圖 6.1.2-1，99%以上的樣本單位符合第一級點雲密度。

表 6.1.2-2 高精地圖資點雲密度檢核結果

點雲密度	網格數	百分比
第一級(>2500pt/m^2)	20641	99.96%
第二級(400pt/m^2-2500pt/m^2)	1	0.04%
第三級(100 pt/m^2-400pt/m^2)	0	0.00%
總和	20642	100%

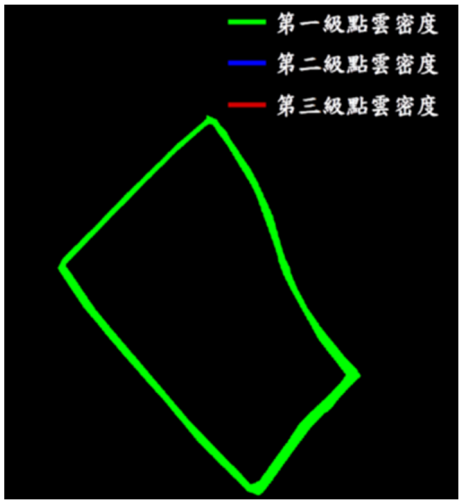


圖 6.1.2-1 點雲密度檢核結果

二、向量圖層檢核成果

本計畫向量圖層檢核採相對精度檢核，共檢核 20 個向量物件，檢查標準為確定向量物件範圍及形狀是否正確，檢查絕對或相對位置精度。平面位置較差須小於 20 公分，三維較差須小於 30 公分。本計畫檢核成果多數檢核合格，如圖 6.1.2-2、圖 6.1.2-3 與圖 6.1.2-4 所示，號誌牌、路段停止線等點資料高層錯誤問題亦修正完畢。

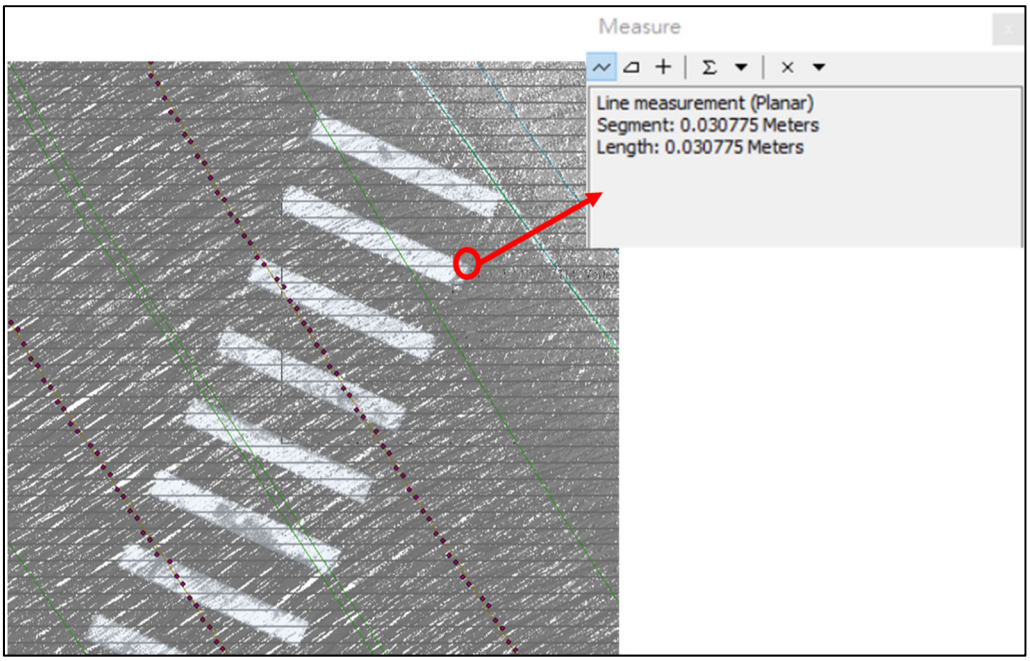


圖 6.1.2-2 向量圖層檢核結果(1)



圖 6.1.2-3 向量圖層檢核結果(2)

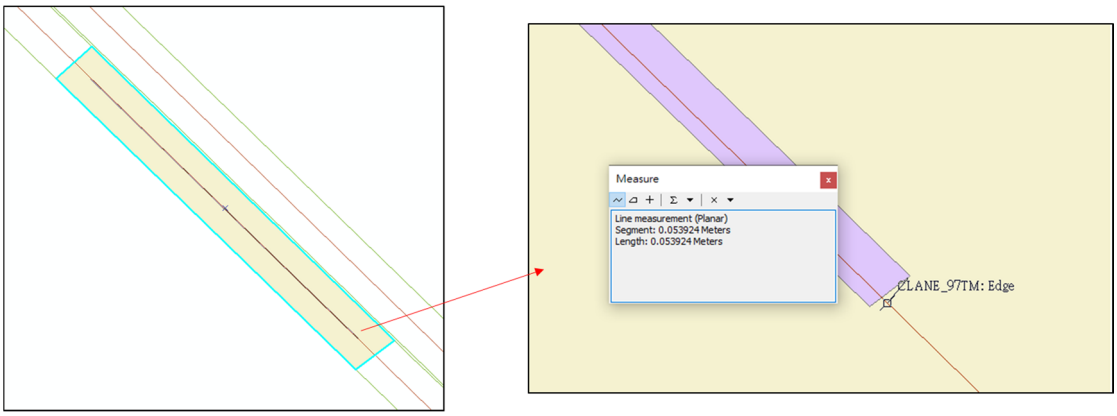


圖 6.1.2-4 向量圖層檢核結果(3)

6.1.3 高精地圖資試用

本研究使用研究團隊自有自駕車進行地圖試用，自駕車輛 5 人座休旅車，外觀如圖 6.1.3-1 所示，其運算平台、設備說明如下。

線性驅動車輛透過 CAN BUS 存取及控制，可記錄及回傳各式感應器之讀取資料與驗算結果，包含轉向、油門及剎車功能；配有電池管理系統；可拆卸式感測設備則包含影像(Camera)、雷射雷達(LiDAR)、毫米波雷達(Radar)，以及定位系統 GNSS、IMU，透過各項感測器進行資料感知；自動駕駛平台則係 NVIDIA DRIVE PX2，處理感測器及車輛資料、推論 NNs model 以及執行自動駕駛演算法；另包含資料中心儲存運行資料；以及運算中心係 NVIDIA DGX，用以訓練 NNs model 以及自動駕駛演算法。

車輛自動駕駛主要透過 AI 控制系統及核心技術深度學習來完成。而 AI 控制則係由 Global Planning 及 Local Planning 兩大步驟完成。

1. 第一步驟 Global Planning 為定位導航，自駕車透過 IMU 增強型 GNSS 結合高清地圖(HD map)，透過圖資及定位元件進行精準定位、並進行整體路徑規劃，完成自動駕駛第一步驟，決定車輛大方向路徑規劃並進行路徑跟隨。
2. 第二步驟 Local Planning 即為環境感知，亦即於車輛行駛中透過辨識目標物、車道判斷所進行之即時路線調整、微幅變換之決策，此部分即是由 AI 控制，需仰賴感測器提供之資訊，包含 Camera(影像), Radar(雷達回波), LiDAR(雷射雷達)進行目標物判斷與車道判斷，綜合感測器回饋資訊進行區域端路徑規劃(車道選擇、障礙物規避等)。

自駕車須不斷進行深度學習(Deep Learning)，累積各場景經驗，學會應對不同場景，以逐漸趨於人的操作模式，並逐漸降低感測器的仰賴程度，提升自動化

程度等級。各核心技術詳細說明如下：

三、航點追蹤模組開發

航點追蹤模組係由導航系統根據起訖點及事先建制的靜態地圖規劃的行駛路線(Global Path)，當作行進路線的大致方向。航點追蹤主要工作在於讓車輛可以即時定位出現在的位置，以確認是否仍在規劃的路徑中，而自駕車採用方法為透過 IMU 增強型 GNSS 結合 HD map 進行即時定位及即時路徑，精準定位及路徑規劃。

四、感知模型整合與決策模組

感知模型可分為兩大關鍵功能，分別為目標物辨識以及可行駛空間辨識，而感知模型核心邏輯即為透過不間斷運算辨識目標物以及可行駛空間，讓自動駕駛車輛理解可行駛區域以及須避開之障礙物，以做出正確路線選擇之決策。



圖 6.1.3-1 本計畫試用之自駕車輛

6.1.3.1 高精度圖資試用情境

本計畫於 108 年 9 月 16 日晚間在實施交通維持管制下，使用自駕車於中興新村測試場域進行圖資試用，測試情境分為兩部分。

(一)情境一

驗證情境一為本次測試計畫主要情境，以中學路、光華路口→中學路→中正路→光華四路→光華路方向繞行，如圖 6.1.3.1-1 之路線。



圖 6.1.3.1-1 測試路線 1

(二)情境二

基於本計畫前期於中學路口兩側紅綠燈架設 DSRC 通訊設備，如圖 6.1.3.1-2 所示位置，透過路側端的 DSRC 通訊機制，將訊號傳遞給接近車輛的車載單元(OBU)，接收對應的紅綠燈號誌訊息，由自駕系統判斷前方是否該停止或前進。驗證情境二將於中學路上進行，從光華/中學路口出發，往中正/中學路口前進，測試遇紅燈時自駕車輛是否在停止線前停止。



圖 6.1.3.1-2 測試路線 2

6.1.3.2 高精度圖資試用紀錄

本次試用時自駕系統畫面如圖 6.1.3.2-1 與圖 6.1.3.2-2 所示，使用點雲及向量圖資協助自駕系統運行，使用 IMU 與圖資進行定位，並未使用 GNSS 定位，向量圖資是運用車道中心線進行 Global Planning，在自駕系統得知當下方位後依照車道中心線規劃路徑；也根據高精地圖中紅綠燈、路燈、標誌等位置資訊，搭配車上攝影機、光達等感測設備在行駛中辨識目標物，進行 Local Planning，進行即時的路線微調。



圖 6.1.3.2-1 自駕系統畫面 1



圖 6.1.3.2-2 自駕系統畫面 2

本研究於高精度圖資試用期間，記錄車輛行駛之軌跡，將軌跡與高精地圖之車道中心線進行比對。整體來看，道路中段的軌跡和車道中心線差距較小，如圖

6.1.3.2-3 所示；轉彎處和當天光華四路中段有臨時停車的區段差異則較為明顯，如圖 6.1.3.2-4 與圖 6.1.3.2-5 所示。本次試用所記錄之軌跡與車道中心線的誤差範圍從 10 公分以內~1 公尺以上，如圖 6.1.3.2-6 所示。

推估差距原因有二種可能，第 1 是來自於自駕車所記錄之軌跡未經過控制點校正，其精度與後製校正後所產製的車道中心線精度會有所差異；第 2 是來自駕車並非完全依照車道中心線行駛，在轉彎處會因為車體尺寸、軸距等因素，依照車輛自身的特性調整轉彎時的路徑，以及前方道路有車輛或障礙物阻擋，導致無法依照規劃的路徑行駛，需依靠感測設備微調路徑。同樣的自駕車在不同時間依照同樣的路徑行駛其軌跡也會根據當時狀況而有差異，本次高精地圖在自駕車之應用主要是用於路徑跟隨，進行整體的路徑規劃。

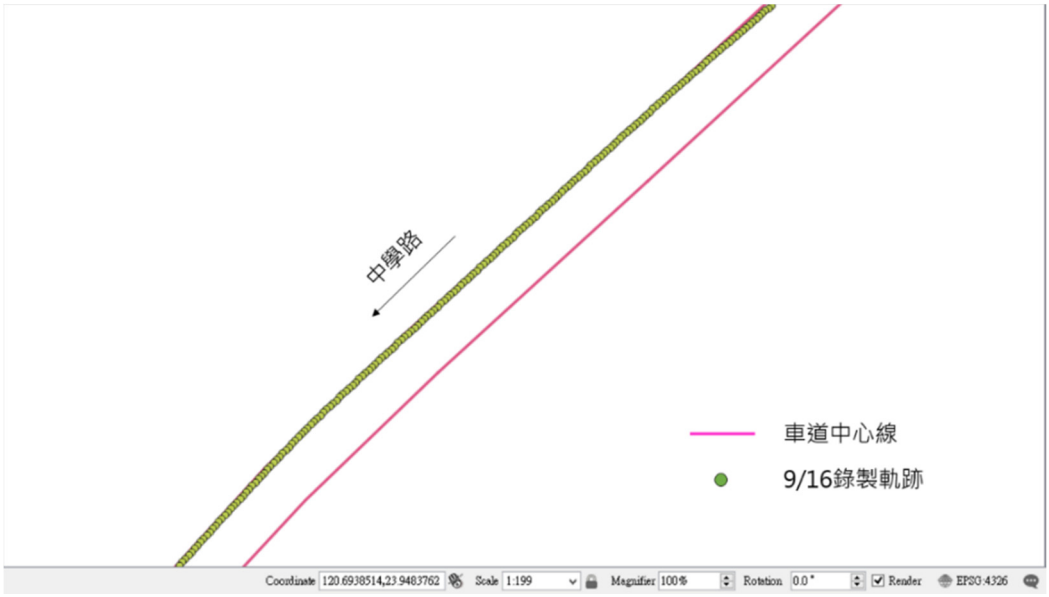


圖 6.1.3.2-3 軌跡比對結果 1

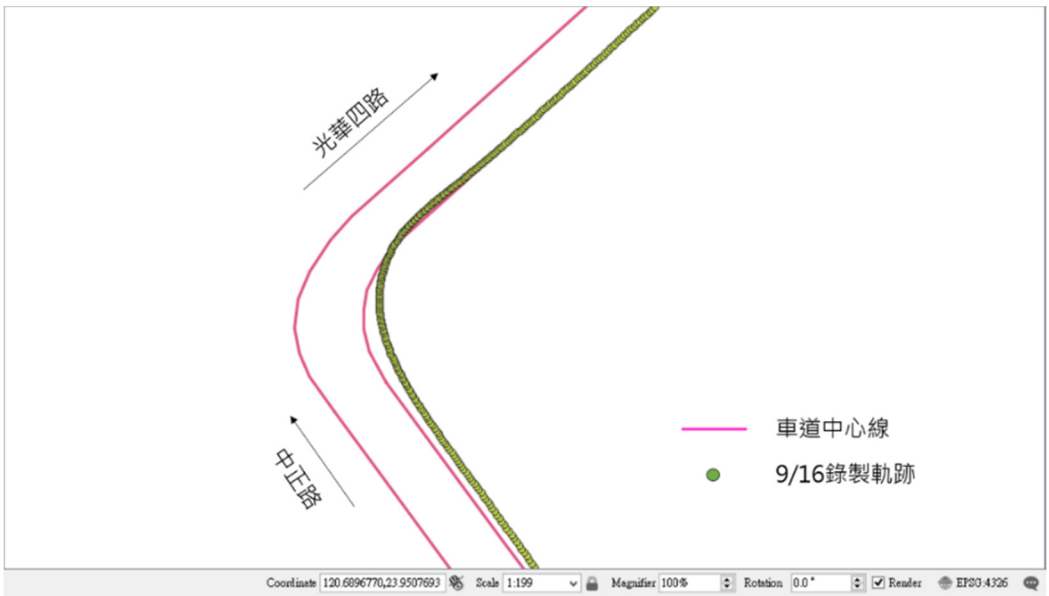


圖 6.1.3.2-4 軌跡比對結果 2

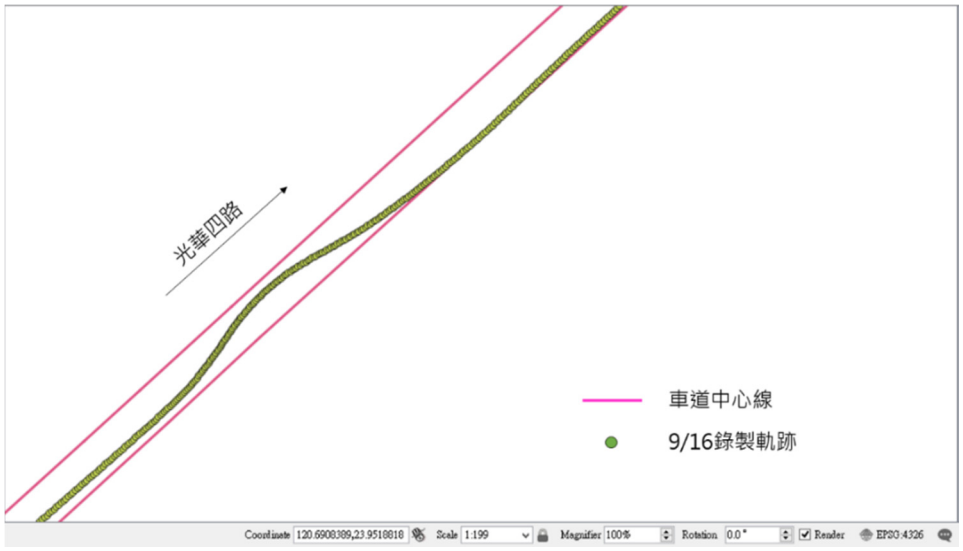


圖 6.1.3.2-5 軌跡比對結果 3

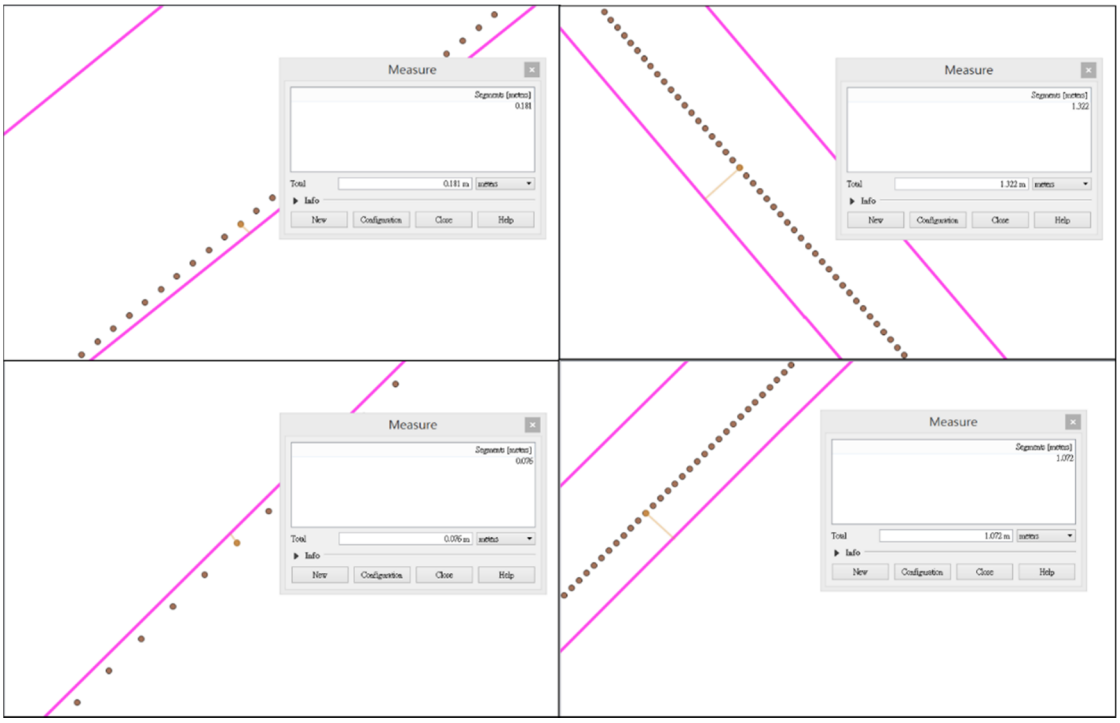


圖 6.1.3.2-6 軌跡比對結果 4

6.1.4 中興新村實測感測器融合於自駕車定位分析

自駕車並不像人類一樣有五官知覺，需要透過各種感測器來探索世界，而定位模組為自駕車了解自己身在世界何處的核心，定位之所以為核心，可以從其需要之應用來看，車輛控制做任何一個決策，首要條件是知道自己位置在哪、相對其他物件位置，才可以做出下層控制決策，這些都需要有定位的資訊。傳統定位有透過 GNSS 進行定位，但須忍受其 1~2 公尺的誤差，這部分需要透過其他感測器以及演算法來補償，自駕車需要的定位精準度須達車道內維持需求的公分等級，進而演變到透過即時動態技術 RTK (Real Time Kinematic)達到公分等級之高精準

定位，但單純透過 RTK 雖然解決了精準度上的問題，但單靠此感測器仍然有遮蔽造成的定位誤差以及本身更新頻率上的問題，故仍須結合其他感測器來達到修正以及提速的需求。近幾年 3D 光達感測器的開始活躍於各種領域，伴隨著自駕車議題的升溫，配合上機器人領域早已有透過雷射其雷射光精準的特性進行建圖與定位，相當適合用於公分等級的定位，改善 GNSS 系統精準度穩定的問題，而 IMU(Inertial Measurement Unit)擁有高更新頻率的特性可用於估測定位狀態，並透過感測器融合演算法 UKF (Unscented Kalman Filter)進行感測器資訊融合達到即時高精準度之定位。

整體光達感測器融合於自駕車定位模組架構圖如圖 6.1.4-1 所示，包含定位相關模組以及相關應用。在電子地圖模組產出場域地圖資訊，此資訊將與即時點雲資料處理進行光達點雲特徵比對，求得光達定位結果。而 GNSS (Global Navigation Satellite System)加上 INS (Inertial Navigation System)除了提供光達特徵比對之初始以及內部估測以外，另會進行 GNSS/INS 定位演算法求得定位結果，最後配合 INS 進行位置估測，提供給定位感測器演算法之 UKF 所需資訊，最終輸出至車控單元 VCU (Vehicle Control Unit)所需之即時定位資訊。

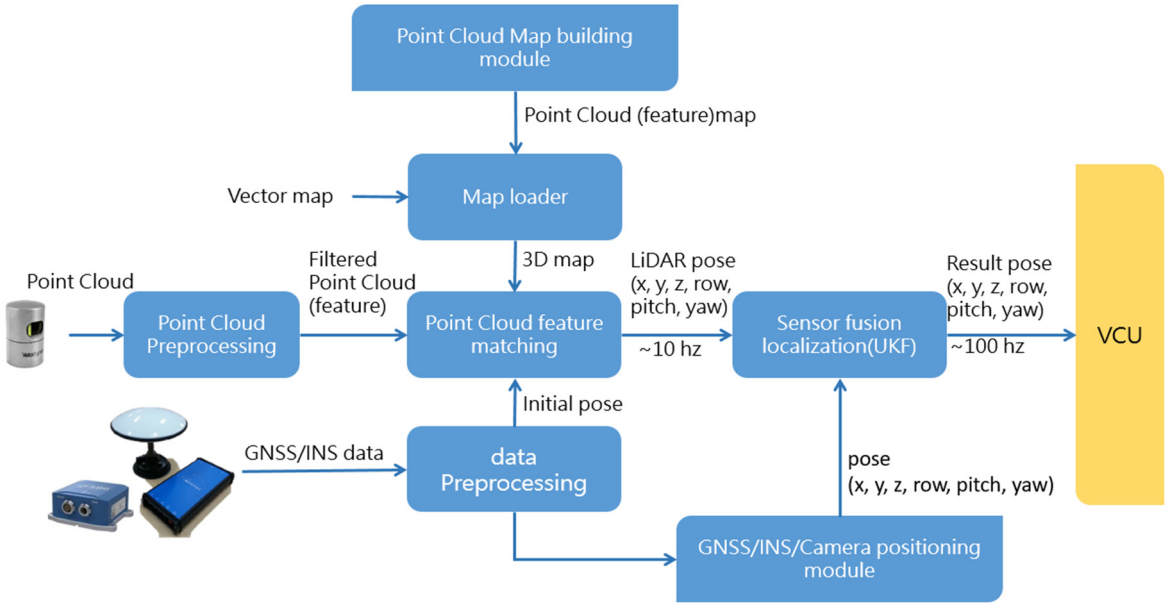


圖 6.1.4-1 自駕車定位模組架構圖

定位模組首先須為場域建立電子地圖，需先透過繪圖車或相關移動繪圖載具 MMS (Mobile Mapping System)進行場域資料的蒐集，包含 GNSS、IMU、光達點雲特徵等資訊，將這些結果蒐集起來後透過建圖演算法將場域內之電子地圖在離線下建立，如圖 6.1.4-2 所示，其電子地圖資訊包含 3D 點雲特徵、車道、停止線以及路段編號等等資訊，若自駕車需要其他資訊也可以在蒐集或建圖時建立，此建圖需經過精準度測試以及定位測試，以達到自駕車定位的需求。

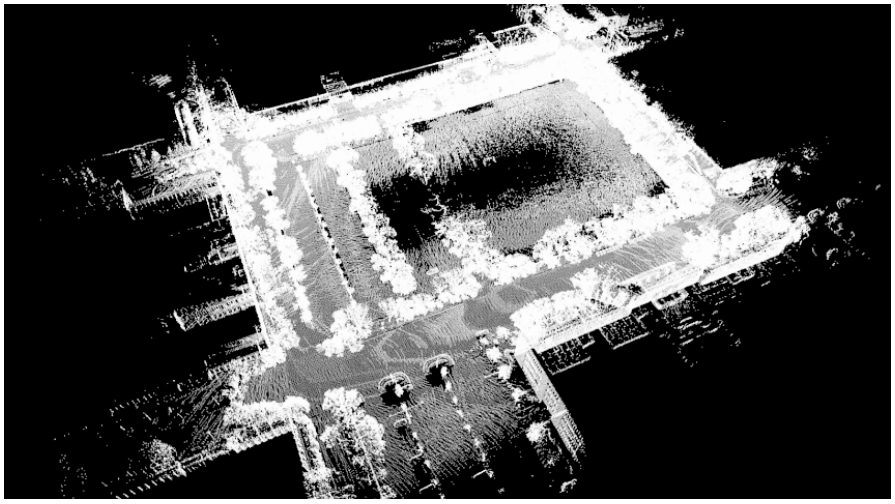


圖 6.1.4-2 3D 光達點雲地圖示意圖

為了測試定位演算法，需先擁有前面所建立之電子地圖，其電子地圖包含高精準度的 GNSS 資料以及點雲特徵之相關資訊，3D 電子地圖將可透過轉換至車用坐標進行即時的車輛控制，定位架構包含以下幾塊模組(如圖 6.1.4-3 所示 UKF)，其使用到之感測器包含 GNSS sensor、IMU 與 LIDAR，定位演算法將蒐集所有可做為定位參考之資訊進行卡爾曼濾波，首先為 GNSS 之定位坐標，此部分由於視場域環境，偶爾會有遮蔽的情況造成定位及大的誤差。另一定位資訊來源為光達，光達透過點雲特徵掃描比對地圖上之特徵，計算出相對於地圖之坐標，將兩者感測器配合 IMU 之估測結果，透過 UKF 計算出自駕車需求之定位結果，在感測器融合部分，由於在光達以及 GNSS 系統下的定位更新頻率較低約只有 10Hz，在狀態預測部分加入 IMU 進行位置估測，並將整體定位更新頻率提升至 100Hz。

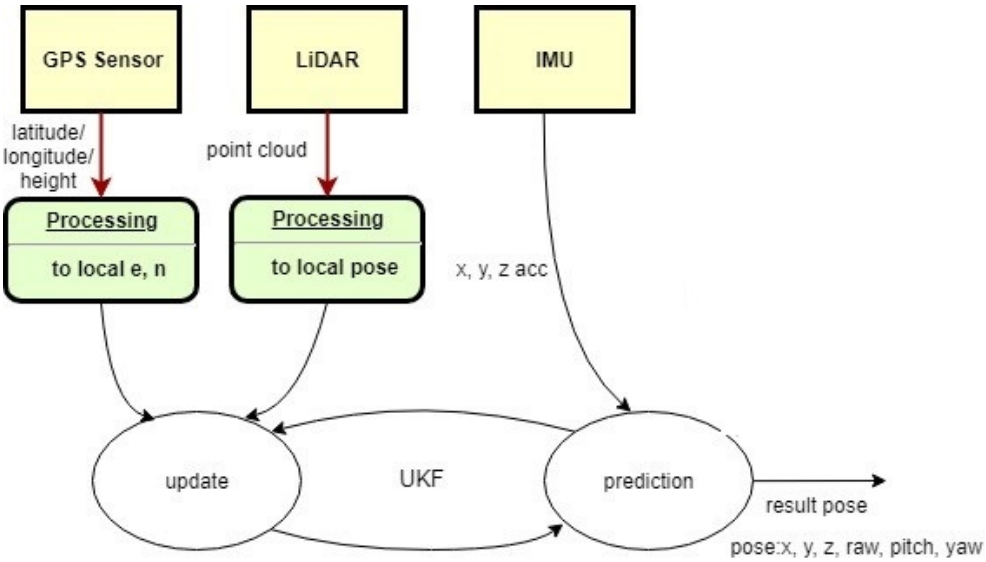


圖 6.1.4-3 UKF 架構圖

依據前述的演算法，本計畫搭配使用所建置的高精度點雲圖，與中興新村場域進行圖資使用的測試，其結果如下列圖示。

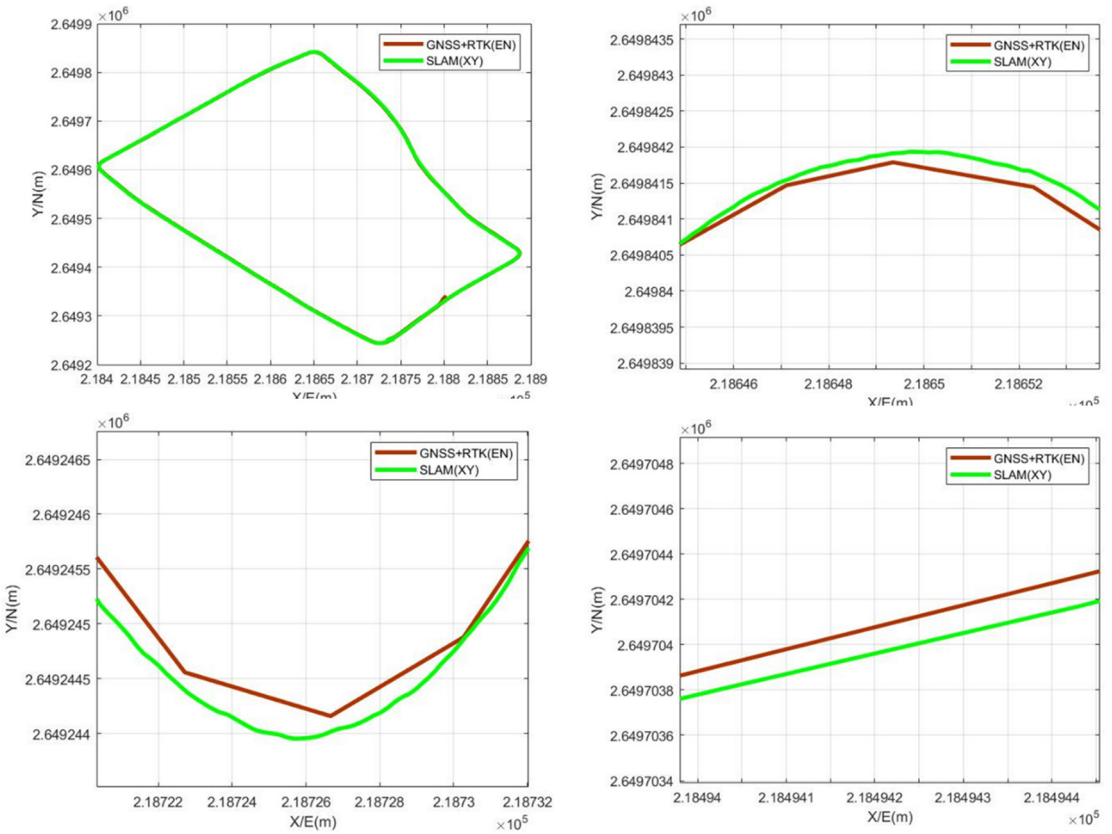


圖 6.1.4-4 中興新村場域 SLAM 順時針運行軌跡圖

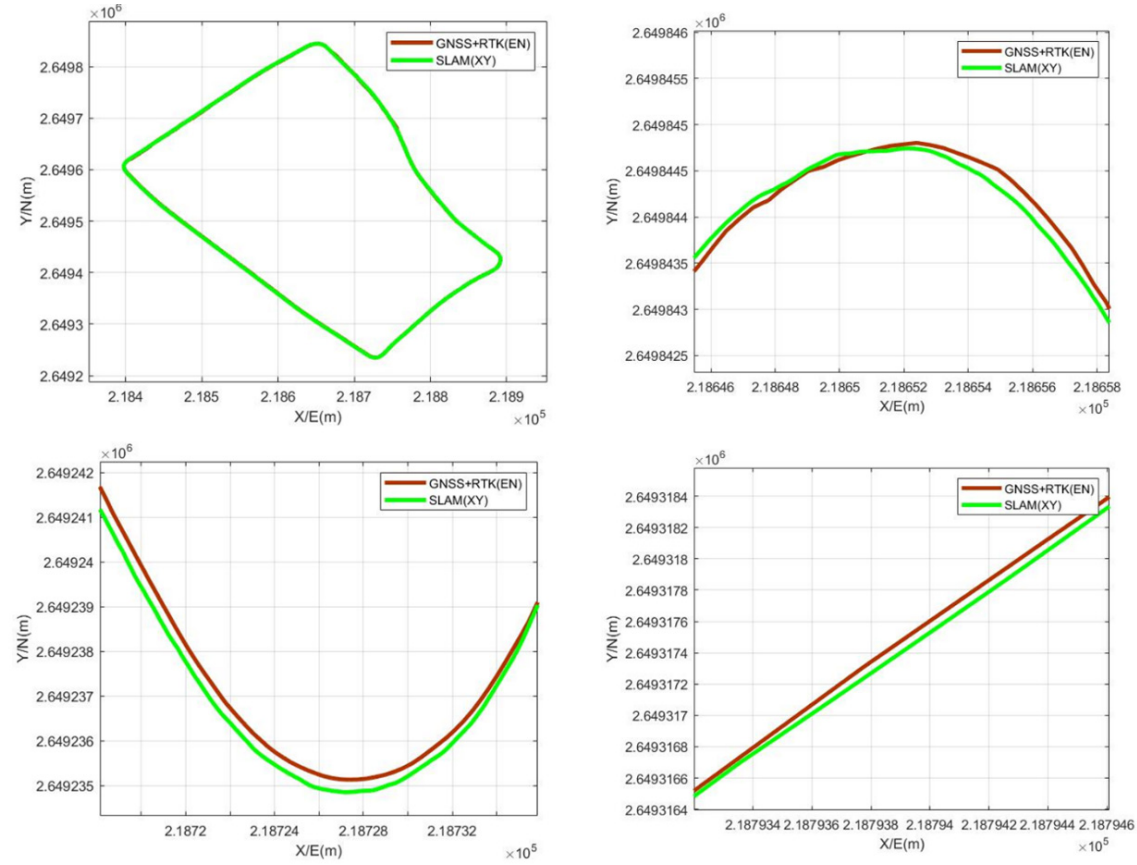


圖 6.1.4-5 中興新村場域 SLAM 逆時針運行軌跡圖

將搭配圖資點雲圖利用 SLAM 運算出的軌跡與 GNSS+RTK 精準軌跡比較，

統計其定位誤差如下表，其誤差皆小於 50cm，符合自駕車的運行需求。

表 6.1.4-1 運用圖資 SLAM 定位誤差統計表

順時針	最大值	最小值	平均值		逆時針	最大值	最小值	平均值
直線	0.5488m	0.3363m	0.42m		直線	0.4655m	0.0103m	0.1842m
彎道	0.5268m	0.0201m	0.1371m		彎道	0.3899m	0.0094m	0.1819m

6.2 中興新村實驗場域行車安全實驗資料分析

本章節成果為參考前期計畫於中興新村場域規劃的實驗測試情境，針對其中 6 項情境，進行至少各 15 次實驗，以及包括警示時間與訊息可靠度在內之資料分析。106 年於中興新村場域內以 V2X 路口安全預警系統與 ADAS+CV 為應用範圍規劃九種應用情境如下：

一、情境一 (V2V 車對車行車安全警示)：當車輛通過路口時，駕駛人經常因為視線阻隔(如建築物或大型車輛)或人為疏忽而沒有查覺橫向、對向或同向車輛動態，進而造成車禍。V2X 路口行車安全預警可透過 V2V 車間通訊非直視性 None-light-of-sign (NLOS)的特性，直接讓車輛交換彼此的位置、車速等資訊，以警示駕駛人危險方向的來車，提供包括 IMA、LTA、EPBL 及 FCW 等行車安全警示，達到安全預警的效果。

二、情境二 (R2V 路對車行車安全警示)：為了克服市場初期 OBU 裝機率較低的問題，本計畫另外結合路側通訊、雷達偵測與號誌資訊，建置符合 V2X 路口行車安全預警應用需求之路側系統。此系統利用架設於路口之毫米波雷達偵測不同方向的來車，使未裝載 OBU 的車輛一樣可以被偵測到，同時結合即時號誌時相資訊，以判斷來車是否即將闖越紅黃燈，給予駕駛更適當的警示。透過 RSU 路側單元轉換雷達掃描路口之周遭車輛資訊並將車載資訊封裝於基本安全訊息中(SAE J2735 BSM, Basic Safety Message)，透過 DSRC 專屬短距通訊技術定期廣播，當 OBU 收到此訊息並解析後，與本身車子的資訊經由安全防撞系統演算法判斷是否會產生碰撞來警示駕駛者。

三、情境三 (CMS 資訊看板路口行車安全警示)：此系統還會連結至道路資訊看板，提供車外的警示資訊，使未裝載 OBU 的車輛也能得到安全保障，而裝有 OBU 的車輛則可得更即時的車內警示。以 IMA 路口防撞警示為例，系統於橫向車輛即將闖越紅黃燈 5 秒前，在 CMS 看板以閃爍"左方來車"或"右方來車"的方式提供警示。當 RSU 收到號誌狀態為黃紅燈(更新頻率達 1Hz)，且透過毫米波電偵測到橫向來車(更新頻率達 50Hz)，此路側系統依據車輛之

位置及速度、速度、加減速度判斷該車輛是否將於 5 秒後通過該方向路口停止線，如條件滿足將觸發 CMS 看板提供警示對應方向之來車警示，並持續閃爍 2 秒鐘，給縱向來車有足夠的時間反應。

四、情境四 (ADAS 車輛之感測器於十字路口會因路口建築物影響感測器之感測範圍，進而導致感測失效發生碰撞危險)：利用 CV 技術，RSU 偵測十字路口左右來車，當有車輛接近十字路口時，利用 CV 技術將來車資訊(車速、與路口距離、等等)傳送給其他方向來車。當其他來車接收到 CV 資料後，依據車速、與路口距離等訊息判斷是否有碰撞危險，如有碰撞危險，則依據危險程度進行警示圖、警示燈、警示音通知駕駛者。

五、情境五 (ADAS 技術於十字路口場景協助 CV 車輛進行防撞警示)：假設存在一 CV 車輛 Car 2 於十字路口，且同時存在一無安裝 ADAS 與 CV 之車輛 Car 1 於對向路口接近十字路口。因 Car 1 無 ADAS 設備且無 CV 設備，因此當 Car 1 接近路口時，CV 車輛 Car 2 無法得知 Car 1 存在，因此兩車會有碰撞危險發生。當 Car 1 後方存在一 ADAS 車輛，ADAS 車輛可利用所偵測到與 Car 1 的相對距離以及 ADAS 車輛與路口的距離而得知 Car 1 與路口的距離，ADAS 車輛將 Car 1 與路口的距離以及 Car 1 車速經由 CV 技術傳送給 Car 2，當 Car 2 接收到 CV 資料後，依據車速、與路口距離等訊息即可判斷是否有碰撞危險，如有碰撞危險，則依據危險程度進行警示圖、警示燈、警示音通知駕駛者。

六、情境六 (ADAS 與 CV 技術於十字路口協助路側設施進行車輛偵測)：雖然在十字路口裝設路側設施，仍然會有偵測不到的情況發生。當路側設施架設於路口進行來車偵測時，有可能因為其他車輛的遮蔽而造成偵測不到被遮蔽的車輛，進而造成碰撞危險發生；因此當存在有 ADAS 車輛時，ADAS 車輛可利用 BSD 協助偵測被遮蔽的車輛。BSD 系統利用安裝於車輛左右後照鏡下方的攝影機進行車輛左右車道的物體偵測。因此當有車輛被 BSD 偵測到時，ADAS 車輛可利用 CV 技術將偵測到的車輛訊息傳送到 RSU 進行告知，RSU 再利用 CV 技術將警示訊息傳送給其他方向來車，以解決因車輛遮蔽而造成碰撞危險發生的情形。

七、情境七 (CV 技術協助 ADAS 或 CV 車輛進行前方事故(或塞車)警示)：假設於同向多路口裝設路側設施，RSU 利用 CV 技術可將路側設施所偵測到的車流訊息進行廣播，當 ADAS 車輛或 CV 車輛上的 OBU 接收到來自前方遠處的車流訊息時，如發現前方有事故發生或是塞車，則 ADAS 系統進行警示提醒駕駛者注意。因此 ADAS 駕駛者可因應交通流量情況改變駕駛路徑，

進而改善車流。

八、情境八 (闖紅燈車輛警示)：路側 RSU 即時取得號誌資訊，透過 SAE J2735 中的 SPaT 及 MAP (MapData)訊息定期廣播路口號誌時相資訊，同時搭配路側雷達偵測路口來車動態，並利用 SAE J2735 BSM 訊息將路口車輛動態廣播給周遭車輛。當車輛接近路口時，OBU 透過 SPAT 及 MAP 取得路口時相，當本車行車方向為綠燈(即前方路口橫向為紅燈)，且接收到前方路口橫向來車速度過快時，啟動前方有闖紅燈車輛警示，提醒駕駛注意前方闖紅燈車輛。

九、情境九 (故障車輛警示)：當車輛故障時，駕駛啟動故障警示燈，OBU 會將此警示狀態利用 SAE J2735 RSA (RoadSideAlert) 路側警示訊息廣播給周遭車輛，其他車輛接收到該警示訊息且即將行經該故障車輛所在位置前，OBU 會透過警示介面及聲音提醒駕駛注意前方故障車輛。

本計畫針對其中 6 項情境，已完成進行至少各 15 次實驗以及包括警示時間與訊息可靠度在內之資料分析。

一、情境三 (CMS 資訊看板路口行車安全警示)

表 6.2-1 與 6.2-2 中，分別記錄中正路/中學路口北側路側與南側路側系統警示次數，該警示次數亦為系統經演算後下達警示的次數，實際觀看次數則為現場看到 CMS 實際警示的次數，誤報種類與次數則是測試人員依據現場實際觀看記錄下系統誤報的狀況 (例如該警示未警示、不該警示而警示)；其中，系統記錄警示次數與實際觀看次數的統計，主要是確認系統運算下達指令與現場 CMS 顯示的一致性，兩者應為相同。

測試結果除了統計系統之警示種類與次數之外，並分別統計

1. 真陽性(TP, true positive)：判斷有警示(positive)且正確(true)、應警示而有警示
2. 真陰性(TN, true negative)：判斷沒警示(negative)且正確(true)、不應警示而沒警示
3. 偽陽性(FP, false positive)：判斷有警示(positive)且錯誤(false)、不應警示而有警示
4. 偽陰性(FN, false negative)：判斷沒警示(negative)且錯誤(false)、應警示而沒警示
5. 誤報率(FPR, false positive rate) = FP/(FP+TN)
6. 漏報率(FNR, false negative rate) = FN/(FN+TP)
7. 準確率(ACC, accuracy) = (TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)

表 6.2-1 中正路/中學路口北側路側系統警示結果統計

週期	CMS 位置	系統記錄警示次數	實際觀看次數	誤報種類與次數	誤報原因
1	中學路北側 9/16(一) 15:53	左側來車 1 右側來車 0	左側來車 1 右側來車 0	0	N/A
2	中學路北側 9/16(一) 15:55	左側來車 1 右側來車 0	左側來車 1 右側來車 0	0	N/A
3	中學路北側 9/16(一) 15:57	左側來車 1 右側來車 0	左側來車 1 右側來車 0	0	N/A
4	中學路北側 9/16(一) 16:13	左側來車 1 右側來車 2	左側來車 1 右側來車 2	0	N/A
5	中學路北側 9/16(一) 16:15	左側來車 1 右側來車 1	左側來車 1 右側來車 1	右側來車 誤報 1	右側來車 煞停
6	中學路北側 9/16(一) 16:19	左側來車 1 右側來車 1	左側來車 1 右側來車 1	0	N/A
7	中學路北側 9/16(一) 16:23	左側來車 3 右側來車 0	左側來車 3 右側來車 0	0	N/A
8	中學路北側 9/16(一) 16:25	左側來車 2 右側來車 0	左側來車 2 右側來車 0	0	N/A
9	中學路北側 9/16(一) 16:27	左側來車 1 右側來車 1	左側來車 1 右側來車 1	0	N/A
10	中學路北側 9/16(一) 16:29	左側來車 1 右側來車 1	左側來車 1 右側來車 1	0	N/A
11	中學路北側 9/16(一) 16:31	左側來車 1 右側來車 2	左側來車 1 右側來車 2	0	N/A
12	中學路北側 9/16(一) 16:33	左側來車 1 右側來車 1	左側來車 1 右側來車 1	0	N/A
13	中學路北側 9/16(一) 16:35	左側來車 2 右側來車 0	左側來車 2 右側來車 0	0	N/A
14	中學路北側 9/16(一) 16:37	左側來車 1 右側來車 1	左側來車 1 右側來車 1	0	N/A
15	中學路北側 9/16(一) 16:39	左側來車 2 右側來車 0	左側來車 2 右側來車 0	0	N/A

表 6.2-2 中正路/中學路口南側路側系統警示結果統計

週期	CMS 位置	系統記錄警示次數	實際觀看次數	誤報種類與次數	誤報原因

1	中學路南側 9/16(一) 15:32	左側來車 0 右側來車 2	左側來車 0 右側來車 2	0	N/A
2	中學路南側 9/16(一) 15:35	左側來車 0 右側來車 0	左側來車 0 右側來車 0	0	N/A
3	中學路南側 9/16(一) 16:51	左側來車 0 右側來車 1	左側來車 0 右側來車 1	0	N/A
4	中學路南側 9/16(一) 16:53	左側來車 0 右側來車 0	左側來車 0 右側來車 0	0	N/A
5	中學路南側 9/16(一) 16:55	左側來車 1 右側來車 2	左側來車 1 右側來車 2	0	N/A
6	中學路南側 9/16(一) 16:59	左側來車 0 右側來車 1	左側來車 0 右側來車 1	0	N/A
7	中學路南側 9/16(一) 17:03	左側來車 0 右側來車 1	左側來車 0 右側來車 1	0	N/A
8	中學路南側 9/16(一) 17:05	左側來車 0 右側來車 0	左側來車 0 右側來車 0	0	N/A
9	中學路南側 9/16(一) 17:09	左側來車 0 右側來車 2	左側來車 0 右側來車 2	0	N/A
10	中學路南側 9/16(一) 17:13	左側來車 0 右側來車 1	左側來車 0 右側來車 1	0	N/A
11	中學路南側 9/16(一) 17:15	左側來車 0 右側來車 2	左側來車 0 右側來車 2	0	N/A
12	中學路南側 9/16(一) 17:17	左側來車 2 右側來車 0	左側來車 2 右側來車 0	0	N/A
13	中學路南側 9/16(一) 17:19	左側來車 1 右側來車 1	左側來車 1 右側來車 1	0	N/A
14	中學路南側 9/16(一) 17:21	左側來車 1 右側來車 1	左側來車 1 右側來車 1	0	N/A
15	中學路南側 9/16(一) 17:25	左側來車 2 右側來車 1	左側來車 2 右側來車 1	0	N/A

系統之穩定度與可靠度，其統計結果如表 6.2-3 與 6.2-4 所示，分別記錄中正路/中學路口北側路側與南側路側系統穩定度與可靠度。由於測試是採取正常統計情境發生次數，並未刻意製造情境發生，因此不應警示發生的清況為多數，統計方便起見，研究依據 CMS 警示時間以 3 秒為單位，如果在 3 秒內沒有警示情境發生，且系統也沒警示，則計為真陰性(TN, true negative)的次數(不應警示而沒警示)。

表 6.2-3 中正路/中學路口北側路側系統警示穩定性及可靠度分析

週期	系統警示 真陽性 TP	系統警示 真陰性 TN	系統警示 偽陽性 FP	系統警示 偽陰性 FN
1	1	39	0	0
2	1	39	0	0
3	1	39	0	0
4	3	37	0	0
5	1	38	1	0
6	2	38	0	0
7	3	37	0	0
8	2	38	0	0
9	2	38	0	0
10	2	38	0	0
11	3	37	0	0
12	2	38	0	0
13	2	38	0	0
14	2	38	0	0
15	2	38	0	0
總次數	29	570	1	0

	誤報率(FPR, false positive rate) = FP/(FP+TN)	漏報率(FNR, false negative rate) = FN/(FN+TP)	準確率(ACC, accuracy) = (TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)
百分比	0.18%	0.00%	99.83%

表 6.2-4 中正路/中學路口南側路側系統警示穩定性及可靠度分析

週期	系統警示 真陽性 TP	系統警示 真陰性 TN	系統警示 偽陽性 FP	系統警示 偽陰性 FN
1	2	38	0	0
2	0	40	0	0
3	1	39	0	0
4	0	40	0	0
5	3	37	0	0
6	1	39	0	0
7	1	39	0	0
8	0	40	0	0
9	2	38	0	0
10	1	39	0	0

11	2	38	0	0
12	2	38	0	0
13	1	39	0	0
14	1	39	0	0
15	3	37	0	0
總次數	20	580	0	0

	誤報率(FPR, false positive rate) = FP/(FP+TN)	漏報率(FNR, false negative rate) = FN/(FN+TP)	準確率(ACC, accuracy) = (TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)
百分比	0.00%	0.00%	100.00%

二、情境四 (ADAS 車輛之感測器於十字路口會因路口建築物影響感測器之感測範圍，進而導致感測失效發生碰撞危險)

三、情境五 (ADAS 技術於十字路口場景協助 CV 車輛進行防撞警示)，經測試過後，平均在 4.8 秒前 IMA 警示，如圖 6.2-1 所示



圖 6.2-1 中興新村情境五測試結果

四、情境六 (ADAS+CV 技術於十字路口協助路側設施進行車輛偵測)，經測試過後，平均在 4.3 秒前 IMA 警示，如圖 6.2-2 所示。



圖 6.2-2 中興新村情境六測試結果

五、情境七 (CV 技術協助 ADAS 或 CV 車輛進行前方事故(或塞車)警示)，經測試過後，平均在 4.7 秒前 IMA 警示，如圖 6.2-3 所示。



圖 6.2-3 中興新村情境七測試結果

六、情境九 (故障車輛警示)，經測試過後，平均可達 150 公尺前警示，如圖 6.2-4 所示。



圖 6.2-4 中興新村情境九測試結果

本計畫完成前述 6 項應用情境測試，完成至少各 15 次實驗以及包括警示時間與訊息可靠度在內之資料分析後，針對 2 輛前期計畫改裝的 CV 與 ADAS 實驗公務車，進行復舊工作並歸還使用單位。

6.3 自動駕駛影像資料庫實驗設計與階段成果

本計畫成果透過場域內的基隆市 505 線公車所蒐集車上各方向至少 100 小時影像進行物件標示(Labeling)，研究物件資料的蒐集與訓練模型的建立，進而使公車車側攝影機所擷取影像可供感測與辨識，提高安全行車預警可靠性，並據以發展成為我國自動駕駛技術之影像資料庫實驗。

在 ADAS 系列產品中的車用攝影機不僅扮演監看的角色，本計畫利用有安裝 ADAS 系統之實驗車輛平時所累積的行駛影像，研究物件資料的蒐集與訓練模型的建立，進而使公車車側達到感測與辨識的功能，提高安全預警的可靠性。本計畫用於車用監控之設備為車用錄放影機(型號 DV6008H)，其影像需要以特定的 DVR 播放軟體 PC-Viewer(如圖 6.3-1)方能播放、擷取或轉檔為利於後續影像偵測的一般的影像格式檔案(如圖 6.3-2)。以下將依序說明車輛盲點等問題來源、事故類型、訓練物件偵測模型、車側影像物件偵測、計算物件距離、物件軌跡追蹤與車側影像處理成果。



圖 6.3-1 PC-Viewer 操作畫面



圖 6.3-2 匯出影像操作畫面

一、問題來源

一般車輛通常由駕駛座前方或左、右、後方之視野區域受車內 A、B 柱、後照鏡位置或車身之阻擋，皆會有其視線盲點區(Blind Zones)，然而大型車輛例如貨卡車、聯結車、公車由於車輛之長、寬遠較一般客車等小型車大，故使駕駛之視線盲區範圍更大影響程度更劇，如圖 6.3-3 所示，而更容易無法看到或注意到周遭之其他車輛或行人，進而導致許多因視線受阻而造成之相關交通事故的發生。

(一) 盲點

(二) 大車車長

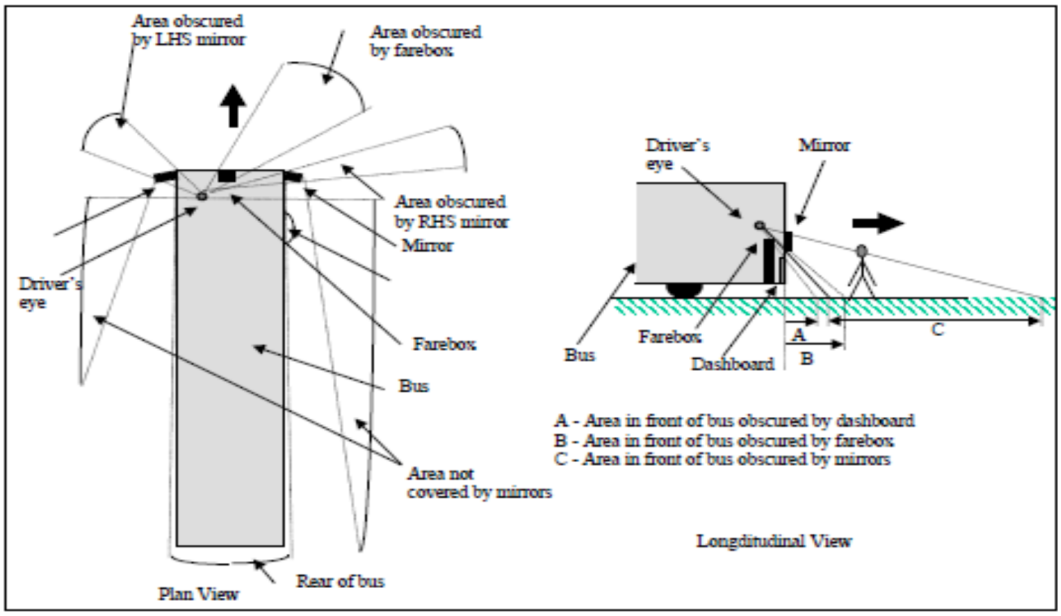


圖 6.3-3 大型車輛視線盲區範圍圖

針對駕駛盲點區之問題，許多駕駛輔助相關產品與應用已被提出，早期由簡單的加裝輔助鏡、攝影機、接著有雷達等物件感測器之應用甚至是具有特定危險情境警示功能之駕駛輔助系統，例如盲點偵測與警示系統BSDWS (Blind Spot Detection and Warning System)、側邊盲區警示SBZA (Side Blind Zone Alert)、側邊碰撞警示系統SCWS (Side Collision Warning System)、車道切換警示系統LDW (Lane Change Warning system)等皆為針對駕駛盲區輔助偵測或因駕駛盲區衍伸出之危險情境所提出之應用。其中某些適用於大型車輛，然而如前述提及大型車輛之體積於移動範圍所涵蓋之面積與一般小型車輛相比大得多，衍伸出的事故類型或情境亦會有所不同，例如大型車轉彎時當其他車輛或汽機車因進入駕駛盲點區而未被發現，車輛轉彎之內輪差將可能造成嚴重之事故發生，故亦有針對大型車發展相關不同應用之可能性。

二、事故類型

如圖6.3-4所示，針對大型車輛(因視線盲點區)與其他車輛或行人互動可能導致之事故類型可列出如下。

(一) 側撞(撞其他) (Angle striking)

(二) 側撞(被撞) (Angle struck)

(三) 追撞(被撞) (Rear-end struck)

(四) 進入或移出停車位置 (Entering or leaving a parking place or driveway)

(五) 同時變換車道 (Both changing lanes)

(六) 同向擦撞 (Sideswipe)

(七) 追撞(撞其他) (Rear-end striking)

(八) 碰撞行人 (Collision with pedestrian)

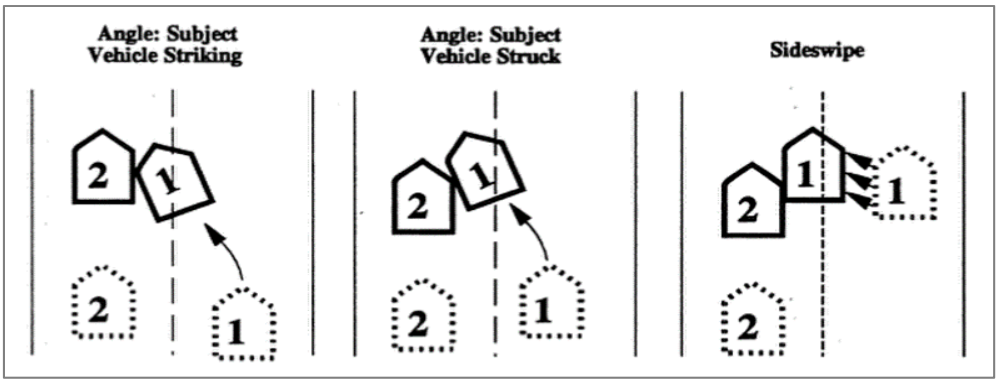


圖 6.3-4 側撞(撞其他)/側撞(被撞)/同向擦撞示意圖

駕駛輔助系統可針對上述某些目標事故型態進行偵測情境之設定，而其中可發現，這些事故類型之發生大多發生於大型車在變換車道、匯入匯出、轉彎時。

依上述三種的情境下，例如公車離開主線進入公車停等區或離開公車停等區時、轉彎時與直行或同時欲轉彎之內側車輛或機車自行車甚至是站在超越路側邊緣車道上之行人等，由於大型車之體積較大，有方向變換之情形時整體車身涵蓋路面之面積增加，此時與其行駛路徑有衝突或進入其涵蓋區域內之其他車輛或行人若無法及時反應將會有碰撞情形發生。然而對於大型車駕駛本身，主要因其他物件進入視線盲點區而未能察覺故認為可進行上述之動作，實則一旦採取動作時便已進入兩者衝突之情況而反應不及。因此駕駛輔助系統之功能在於在駕駛欲進入上述之情境時甚至在有意圖而尚未進行動作前便提供駕駛其視覺盲區內未能看到之區域內之其他物件動向及可能的危險，甚至當駕駛欲進行動作時適時警示駕駛應立即停止該動作。

四、訓練物件偵測模型

物件偵測模型為一深度學習影像辨識模型，其訓練流程圖請參照圖6.3-5，首先以公開資料集與本計畫蒐集的DVR影像資料集做為訓練資料，而DVR影像須先擷取成一張張影格畫面(圖6.3-6)並且標記特定類型的物件，如圖6.3-7之車輛與人，Feature Extraction則為透過深度學習運算找出圖像之特徵，然後以Gradient Decent方法反覆迭代訓練找到車側影像資料最適合之權重檔案。

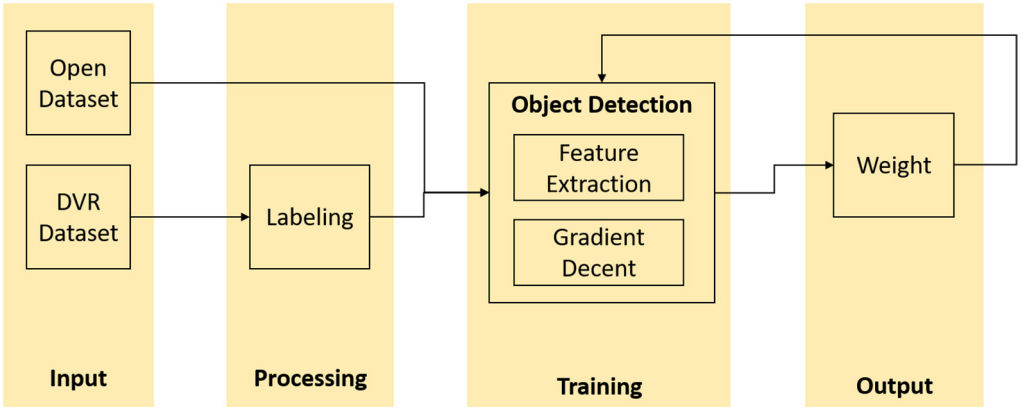


圖 6.3-5 模型訓練流程圖

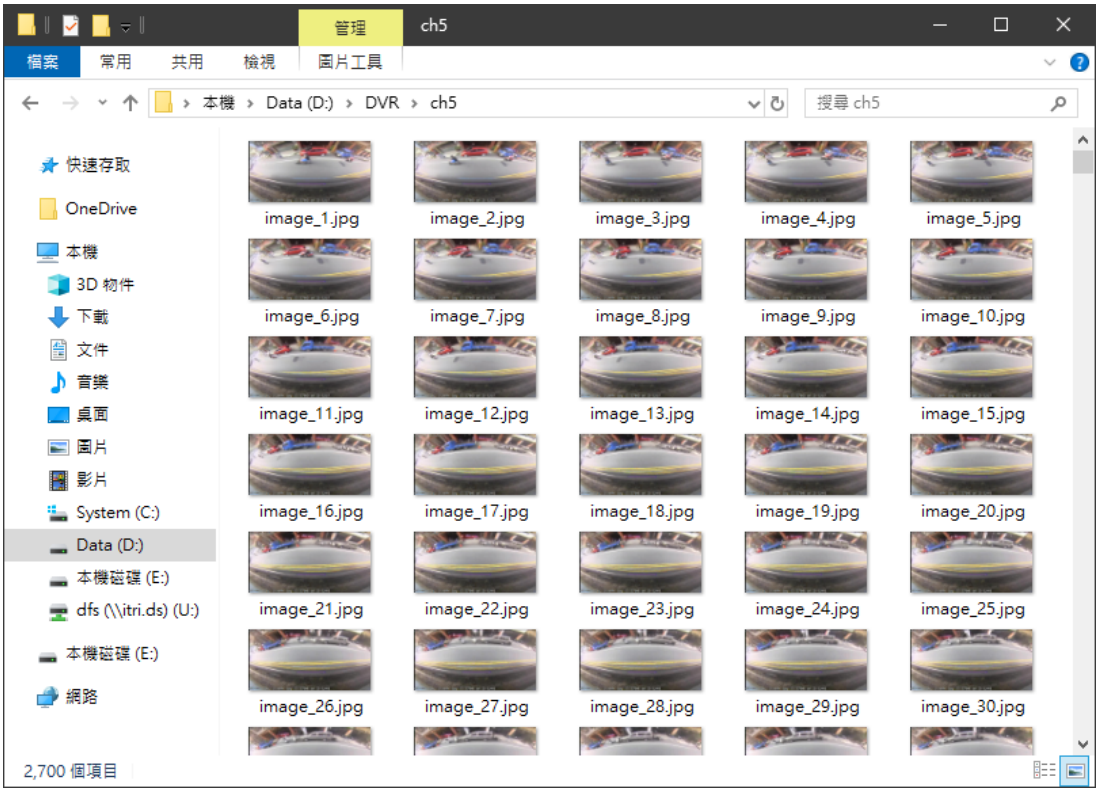


圖 6.3-6 連續影格資料



圖 6.3-7 標記影像畫面@ Labeling tool

五、車側影像物件偵測

本計畫建立的物件偵測模型針對路上可能會出現的物件類型進行訓練，如：人(person)、自行車(bicycle)、汽車(car)、機車(motorbike)、公車(bus)，當車側影像包含這幾類物件則會以邊界框(Bounding Box)方式將該物件進行框選並且標記物件類型如圖6.3-8。

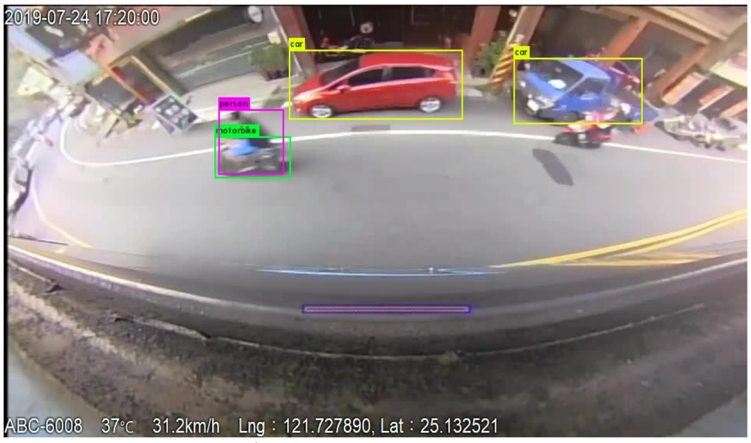


圖 6.3-8 車側影像物件偵測結果

六、計算物件距離

根據物件偵測模型框選的物件偵測結果，加入計算該物件距離車側的相對距離公式。本計畫使用兩種方法來計算車側物件之相對距離：

(一)鏡頭成像原理

距離(m) = 焦距(mm) * 物件實際高度(m) / 影像長度(pixels) (圖 6.3-9)

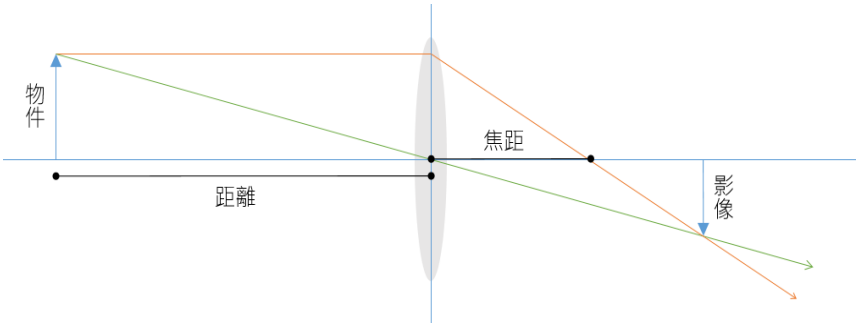


圖 6.3-9 鏡頭成像方式

已知 DVR 鏡頭焦距為 35mm，但物件實際高度無法取得，只能以大多數情況定義，例如一般小客車車身高度為 1.3 公尺、一般機車車身高度為 1-1.2 公尺...，然後再以物件框選長度帶入上述公式即推算出車輛相對距離，如圖 6.3-10。



圖 6.3-10 以鏡頭成像方式推算距離結果

然而，以物件成像原理推算距離的方式在物件偵測模型框選無法框選到整個物件時會產生較大的誤差。若只有框選到車頭、車尾，或是車身受其他物件遮擋，而未能完整框選到車身最高處，當與定義的物件高度差距愈大則計算距離的誤差也愈大。如圖 6.3-11，該張影像標註三個物件，其中右邊界的兩個物件因只標註到物件部分，而造成計算距離誤差過大，其距離車側之相對距離應與畫面中間的物件計算出的距離(4.28235m)差不多才是較為正確的相對距離。



圖 6.3-11 以距離成像法計算誤差較大的例子

(二)距離矩陣

錄製在車側鏡頭的可視範圍內標註 1 公尺*1 公尺的方格的影像(如圖 6.3-12)，然後將方格建立為距離矩陣。計算距離的方式請參照圖 6.3-13，首先取得物件框選之物件中心點 C (x,y)，然後以迴圈方式找到 C 坐落的方格，然後按照投影公式計算 C 投影至方格左邊界 AB 線段的 D 點、AD 線段長度，以及 AD 線段與 AB 線段的比例，且已知 AB 線段長度為 1 公尺，即可推算出 BD 線段長度，亦即相對距離。

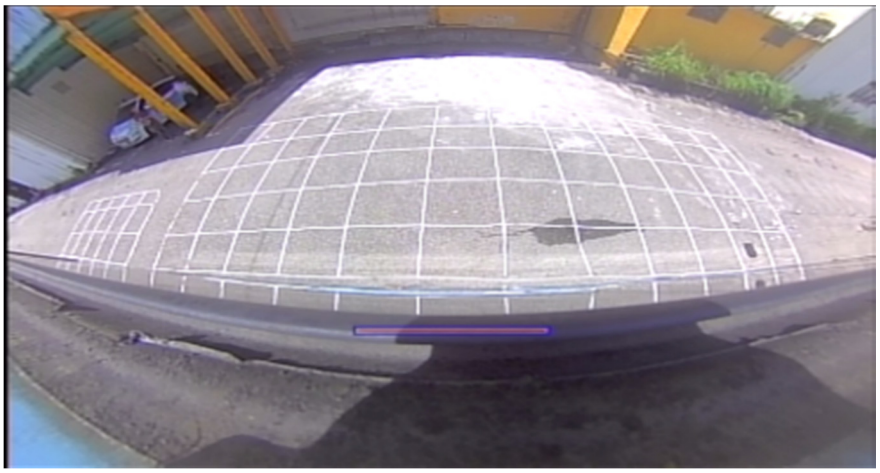


圖 6.3-12 標註 1*1 公尺方格的車側影像

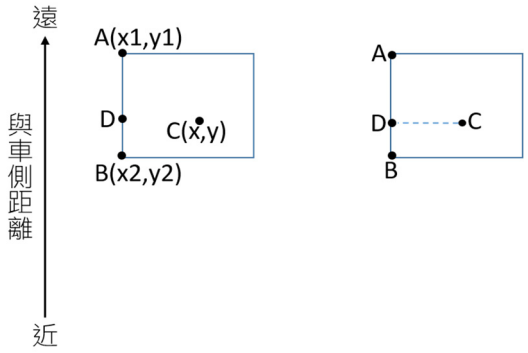


圖 6.3-13 距離矩陣法計算說明

以距離矩陣計算的結果如圖 6.3-14，若物件重心有落在標註的矩陣內即可計算而得，而若是距離太遠的物件、沒有落在事先標註好的距離矩陣內，則無法推算相對距離。



圖 6.3-14 距離矩陣計算之結果

圖 6.3-10 與圖 6.3-14 分別是用鏡頭成像法和距離矩陣計算之結果，兩相比較下，兩者計算的結果大概差距 40-50 公分；鏡頭成像法可以計算距離較遠的物件而不會受距離矩陣的範圍限制，而距離矩陣則適合處理受到較多遮蔽的物件，且不易受影像扭曲過大而影響計算結果。

七、物件軌跡追蹤

物件軌跡追蹤是由物件偵測模型的結果進行推論，對於移動中的車輛進行軌跡追蹤，再由本車車速推算出該車輛的相對速度。依據影格時間排序，計算每張辨識結果的物件重心，若物件重心之坐標 x 持續沿著 x 軸左或右移動，但坐標 y 一直保持在一定範圍內即表示該物件正在水平移動，則判斷為同一物件在不同時間的移動結果，如圖 6.3-15 所示。物件軌跡追蹤將標註為同一物件的每張影格辨識結果繪成軌跡，如圖 6.3-16 所示。



圖 6.3-15 連續影格畫面的辨識結果



圖 6.3-16 物件軌跡追蹤結果

八、車側影像處理

由物件偵測模型得到車側鄰近物件，並計算其相對距離，然後再加入物件軌跡追蹤模組推算出鄰近物件的相對速度，進而判斷該物件對於本車的危險程度。圖 6.3-17 為保持適當行車距離之車輛，畫面中的車輛始終與本車保持 2-3 公尺左右的距離，不會突然靠近或遠離，且由行駛軌跡推算出該車相對於本車的加速度為 5.4km/hr，故推測該車車速為本車車速 77.2km/hr 加上 5.4km/hr 為 82.6km/hr。



圖 6.3-17 保持適當距離的車輛

圖 6.3-18 畫面中可以看到其中一台以綠色框選之車輛(計算與本車距離為 1.72038 公尺)，因本車距離小於兩公尺且本車時速非為 0km/hr 的情況下，而該車相對於本車加速度為 7.2km/hr，則將該車判定為未保持適當行車距離的車輛。



圖 6.3-18 未保持適當行車距離的車輛

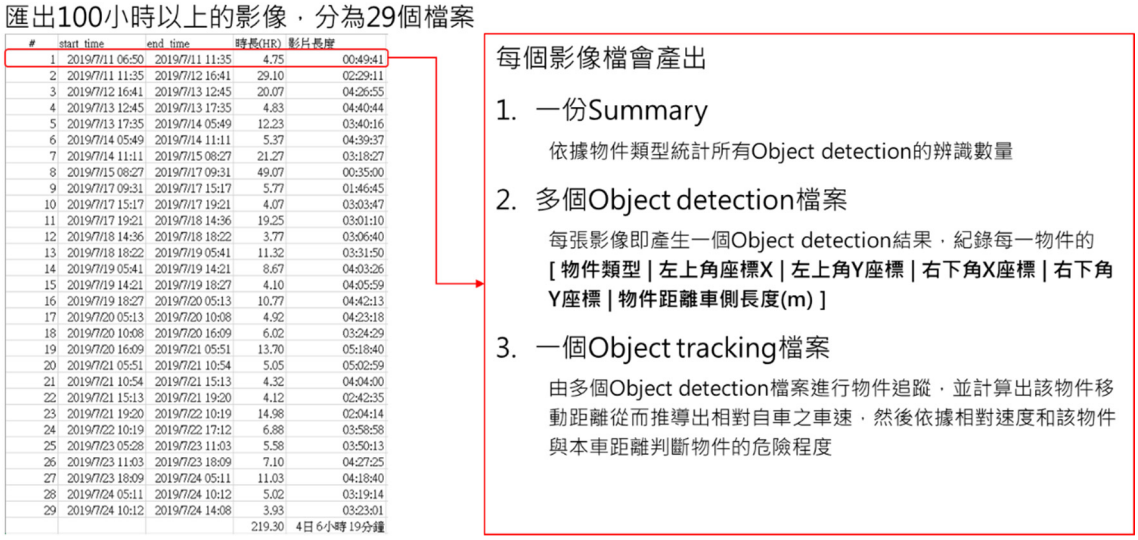
依據前述處理方式，針對兩側鏡頭錄下的影像檔，每個影像檔會產出如下。

1. 一份 Summary：依據物件類型統計所有 Object detection 的辨識數量。
2. 多個 Object detection 檔案

每張影像即產生一個 Object detection 結果，記錄每一物件的[物件類型|左上角坐標 X|左上角 Y 坐標|右下角 X 坐標|右下角 Y 坐標|物件距離車側長度(m)]。

3. 一個 Object tracking 檔案

由多個 Object detection 檔案進行物件追蹤，並計算出該物件移動距離從而推導出相對自車之車速，然後依據相對速度和該物件與本車距離判斷物件的危險程度。例如，以本計畫來說，兩側各會匯出 100 小時以上的車側影像，分為 29 個檔案。



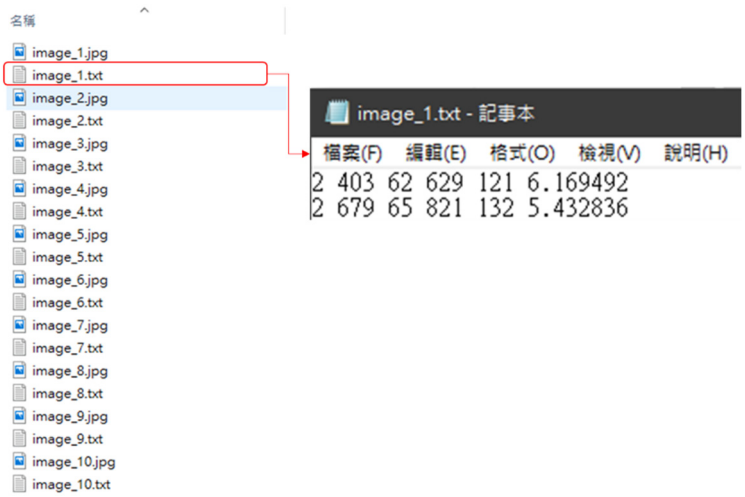
#	start_time	end_time	時長(HR)	影片長度
1	2019/7/11 06:50	2019/7/11 11:35	4.75	00:49:41
2	2019/7/11 11:35	2019/7/12 16:41	29.10	02:29:11
3	2019/7/12 16:41	2019/7/13 12:45	20.07	04:26:55
4	2019/7/13 12:45	2019/7/13 17:35	4.83	04:40:44
5	2019/7/13 17:35	2019/7/14 05:49	12.23	03:40:16
6	2019/7/14 05:49	2019/7/14 11:11	5.37	04:39:37
7	2019/7/14 11:11	2019/7/15 08:27	21.27	03:18:27
8	2019/7/15 08:27	2019/7/17 09:31	49.07	00:35:00
9	2019/7/17 09:31	2019/7/17 15:17	5.77	01:46:45
10	2019/7/17 15:17	2019/7/17 19:21	4.07	03:03:47
11	2019/7/17 19:21	2019/7/18 14:36	19.25	03:01:10
12	2019/7/18 14:36	2019/7/18 18:22	3.77	03:06:40
13	2019/7/18 18:22	2019/7/19 05:41	11.32	03:31:50
14	2019/7/19 05:41	2019/7/19 14:21	8.67	04:03:26
15	2019/7/19 14:21	2019/7/19 18:27	4.10	04:05:59
16	2019/7/19 18:27	2019/7/20 05:13	10.77	04:42:13
17	2019/7/20 05:13	2019/7/20 10:08	4.92	04:23:18
18	2019/7/20 10:08	2019/7/20 16:09	6.02	03:24:29
19	2019/7/20 16:09	2019/7/21 05:51	13.70	05:18:40
20	2019/7/21 05:51	2019/7/21 10:54	5.05	05:02:59
21	2019/7/21 10:54	2019/7/21 15:13	4.32	04:04:00
22	2019/7/21 15:13	2019/7/21 19:20	4.12	02:42:35
23	2019/7/21 19:20	2019/7/22 10:19	14.98	02:04:14
24	2019/7/22 10:19	2019/7/22 17:12	6.88	03:58:58
25	2019/7/23 05:28	2019/7/23 11:03	5.58	03:50:13
26	2019/7/23 11:03	2019/7/23 18:09	7.10	04:27:25
27	2019/7/23 18:09	2019/7/24 05:11	11.03	04:18:40
28	2019/7/24 05:11	2019/7/24 10:12	5.02	03:19:14
29	2019/7/24 10:12	2019/7/24 14:08	3.93	03:23:01
			219.30	4日 6小時 19分鐘

其中，每個影像檔會產生三份資料，包括一個 Summary 檔案，針對該影像檔每個 frame 統計偵測到的物件種類及數量。

file	car	motorcycle	person	total
影像辨識檔案	汽車數量	摩托車數量	行人數量	物件總數

file	car	motorcycle	person	total
image_1.txt	1	0	0	1
image_2.txt	1	0	0	1
image_3.txt	1	0	0	1
image_4.txt	1	0	0	1
image_5.txt	1	0	0	1
image_6.txt	1	0	0	1
image_7.txt	1	0	0	1
image_8.txt	1	0	0	1
image_9.txt	1	0	0	1
image_10.txt	1	0	0	1
image_11.txt	1	0	0	1
image_12.txt	0	0	0	0

每個 frame 偵側的結果會記錄在 Object Detection 檔案。



最後，會將物件追蹤的結果(包括相對速度及危險程度)紀錄於 Object Tracking 檔案。

obj_id	start_file	end_file	relative_speed	level
物件編號	起始辨識檔案	結束辨識檔案	相對速度	危險程度

obj_id	start_file	end_file	relative_sp	level
1	image_10.t	image_12.t	5.22	2
2	image_18.t	image_23.t	-0.19	0

後續運用上，可將歸類為不同危險程度的 Object Tracking frame 檔案提供給警示事件判斷模型進行訓練及分析測試。

本計畫於處理車側影像資料庫的過程中，發現目前採用的偵測模型準確度尚未達到需要的水準，造成會有漏偵側物件的情形，以至於後續的追蹤物件效果不好，改善的方式需要累積更多的真值影像，幫助模型改進其偵側準確性；另外，由於單純仰賴影像來測量距離，其誤差會導致後續計算相對速度不準，進而影響判斷危險程度的正確性，未來可考慮配合其他測距較準的感測設備，如光達或雷達協助提供量測距離，進而提高危險程度的判斷正確性。

第七章 實驗情境驗測之量化績效評估

7.1 類 CAMP 功能驗測之量化績效分析

根據民國 100-107 年交通事故統計資料顯示，基隆市大客車八年間共發生 457 起交通事故，其中以機車涉入事件為主(62%)，呈現出臺灣汽機車混合之交通環境的隱憂。

表 7.1-1 基隆市大客車事故涉入車種

涉入車種	小客車	機車	腳踏車	行人	大客車
事故件數	110	284	5	56	457
事故比例	24%	62%	1%	12%	100%

資料來源：民國 100-107 年交通事故統計資料

為探討該如何改善基隆大客車事故，需先釐清事故成因，在檢視所有事故的肇事原因後得知前三名分別為：(1)尚未發現肇事因素(34%) (2)未注意車前狀況(19%) (3)未保持行車安全間隔(8%)，在事故中約有三成四的大客車事故肇因與事故發生並無關係，也代表大客車駕駛普遍遵守交通規則且具備職業水準，然而約有二成七的大客車事故與車前狀況(包含未注意車前狀況和未保持行車安全間隔)有關係，呈現出車前狀況是大客車駕駛須更加注意且關鍵的改善方向之一。其次探討各項事故發生之型態，各事故涉入車種除小客車外以同向擦撞為主(28%)，而小客車涉入事故以追撞(30%)為主，此結果與大客車之特性相關，因大客車駕駛須至外側車道進行載客之行為，而在一般行駛時需行進於內側車道避免行駛在複雜車流狀況的混合車道和避免轉彎不易，這使得大客車會頻繁進行切換車道之行為使其他駕駛容易與其發生同向擦撞，而小客車駕駛則會因為大客車的停車載客和切換車道時追撞大客車，因此在變換車道時大客車四周之盲點警示系統也是改善交通事故的改善關鍵之一。

表 7.1-2 基隆市大客車事故型態 – 百分比

	小客車涉入	機車涉入	腳踏車涉入	總計
1	追撞(31%)	同向擦撞(38%)	同向擦撞(60%)	同向擦撞(28%)
2	同向擦撞(22%)	側撞(21%)	側撞(20%)	追撞(19%)
3	側撞(21%)	追撞(16%)	對向擦撞(20%)	側撞(16%)

資料來源：民國 100-107 年交通事故統計資料

表 7.1-3 基隆市大客車事故型態 – 事件數

	小客車涉入	機車涉入	腳踏車涉入	總計
1	追撞(34)	同向擦撞(109)	同向擦撞(3)	同向擦撞(129)
2	同向擦撞(26)	側撞(60)	側撞(1)	追撞(85)
3	側撞(24)	追撞(46)	對向擦撞(1)	側撞(74)
總計	84	215	5	288

根據基隆市大客車事故資料我們可以得到兩項改善方向，分別為：(1)車前狀況之警示 (2)變換車道時大客車四周之盲點警示。此兩項改善方向與目前計畫之 ADAS 系統中的 FCW(跟車距離過近警示)和 BSD(盲點警示)之目標相符，因此，透過改善此二警示系統之警示門檻和警示系統的穩定度，能提升整體基隆大客車之行車安全。

本章節就實車性能測試結果及實際行駛狀況下之事前事後之結果討論整合型安全系統之效益及後續改善建議。實車性能測試方面，係根據兩次類 CAMP (Crash Avoidance Metrics Partnership)測試及四天大規模實車測試。測試內容則根據不同情境其對應之警示成功定義，逐一測試各系統是否正確偵測及警示。在實際駕駛情況下之事前事後比較方面，安全事件分析所使用之資料期程包含事前期間及事後期間各七日之資料。其日期之篩選條件包含排除進行類 CAMP 測試與大型實車測試與數位行車記錄器資料中有欄位資料不完整之日期。急加速、急減速、急遽橫向位移、超速、前方碰撞安全相關等事件則使用事前及事後期間各兩週之資料，即係根據兩週只記錄不警示階段(9/15 – 9/30)(Disabled)；及兩週記錄且警示階段(10/1 – 10/15)(Enabled)。

關於性能測試之主要評估指標為系統判中率(有實際危險且成功警示)與系統漏報率(有實際危險，但無實際警示)。參考表 7.1-3 可知，性能測試之系統判中率即為真陽性事件數除以實際有危險之總事件數，而系統漏報率即漏報事件數除以實際有危險之總事件數。

實際行駛狀況之效益評估主要指標則有系統判中率(有實際危險且成功警示)與系統誤報率(有實際危險，但無實際警示)。同樣參考表 7.1-4 可知，效益評估之系統判中率即為真陽性事件數除以設備有警示之總事件數，而系統誤報率為誤報事件數除以設備有警示之總事件數。

表 7.1-4 事件實際情況與設備偵測與否

		實際狀況		
		有危險	無危險	事件數
偵測狀況	有警示	真陽性	誤報	設備有警示
	無警示	漏報	真陰性	設備無警示
	事件數	實際有危險	實際無危險	總事件數

7.1.1 第一次類 CAMP 實車功能驗測之績效分析

本研究於 108 年 8 月 27 號進行第一次類 CAMP 實車測試，本次受測之警示系統包含未保持安全距離(FCW)、車道偏移(LDW)、盲點偵測(BSD)、左轉側撞警示(LTA)、路口交叉撞警示(IMA)等五種警示系統，各警示系統分別有一到四種不等之情境。測試之成功與失敗警示之詳細結果於下文以表格方式呈現。此外，因測試場域為開放式場域，當下車流狀況會影響測試進行，導致各警示系統之測試次數皆有所不同。

7.1.1.1 各項警示事件測試之觀察

本研究除記錄各類警示事件之警示時間是否提早或延遲(即警示時機過早、恰當、過慢等)，同時也完成系統警示正確率的統計。各項警示事件測試情況統整於表 7.1.1.1-1。

表 7.1.1.1-1 各項警示事件之測試情況

項目	測試目的	本研究之觀察
LTA-1	實驗大客車靜止於路口打左轉燈時，若對向來車將於注意(INFORM)時間門檻值(10 秒)內迫近路口，提供駕駛警示	因 OBU UI 無警示顯示，故不進行測試。
LTA-2	實驗大客車於路口打左轉燈停車起步，速度大於 1km/hr 時，若對向來車將於警告(WARN)時間門檻值(5 秒)內迫近路口，提供駕駛警示。	與原始功能測試項目表描述符合。
IMA-1	當實驗大客車停在十字路口時與來車接近衝突點時的來車警示。	因 OBU UI 無開啟警示顯示功能，故不進行測試。
IMA-2	雙方來車於十字路口接近衝突點時的來車警示。	雙方來車於接近路口(時速大於 0km/hr)衝突點，便會有警示。本車近乎停止，來車

		時速約 30km/hr 時，警示發出距本車真正看見路口出現車輛約間隔 1-2 秒，但間隔秒數依兩車車速變動而有所變化。
EEBL-1	當前車在 EEBL 警示範圍內，且當前車緊急煞車之減速度大於 0.5G±10%，即提供駕駛前方急煞畫面與聲音警示。	未成功出現警示。
FCW-1	測試前車靜止在同一車道，實驗大客車達到指定速度以定速朝向前車，實驗大客車可提供警示。	在本車車速 40-35km/hr 之情況下，行車記錄器與原始 ADAS UI 皆於距離前車約 15m 時發出警示，但 OBU UI 無語音出現且延遲 2-3 秒才出現畫面警示。
FCW-2	測試前車緩慢行駛在同一車道時，實驗大客車達到指定速度，前車煞車，實驗大客車可提供警示。	在本車車速 35km/hr 之情況下，行車記錄器與原始 ADAS UI 皆於距離前車約 15m 時發出警示，但 OBU UI 無語音出現且延遲 2-3 秒才出現畫面警示。
FCW-3	測試前車減速在同一車道，實驗大客車維持定速與前車間距逐漸減小，實驗大客車可提供警示。	無進行測試。
FCW-4	測試前方(複數)車輛有急停以及有阻礙形成碰撞風險，實驗大客車可提供警示。	當前車切出車道時，本車與前前車距離小於 5m 時，無法正確發出警示；當前車切出車道時，本車與前前車距離大於 10m 十，則可正常警示。
BSD-1	測試車輛從左側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Left」警報觸發。	後方盲區：警示過於頻繁 左方盲區：行車記錄器與原始 ADAS UI 皆正常警示，但 OBU UI 延遲約 1 秒。 前方盲區：過於敏感，時常未偵測到物體即警示，可能因其偵測影像範圍過遠。
BSD-2	測試車輛從右側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Right」警報觸發。	後方盲區：警示過於頻繁 右方盲區：行車記錄器與原始 ADAS UI 皆正常警示，但 OBU UI 延遲約 1 秒。 前方盲區：過於敏感，時常未偵測到物體即警示，可能因其偵測影像範圍過遠。
BSD-3	測試實驗大客車從左方相臨車道超越車輛，「Inform」警報觸發。	無進行測試。
LDW-1	測試實驗大客車行駛時車身左偏壓過車道線，警報觸發。	連續車道偏移，兩事件需間隔 2 秒以上才能全部成功警示。

LDW-2	測試實驗大客車行駛時車身右偏壓過車道線，警報觸發。	

7.1.1.2 各項警示事件測試之性能分析

一、未保持安全距離(FCW)

本次未保持安全距離(FCW)僅進行 FCW-1、FCW-2 以及 FCW-4 之測試，FCW-1 通過率為 75%；FCW-2 通過率為 35%；FCW-4 通過率為 17%。初步推斷因測試場域有坡度且直線路段不足導致 HV 之速度無法達觸發警示之標準且因駕駛會擔心撞擊 RV，HV 早在警示觸發前便已持續減速。另在進行部分測試(FCW-2)時，RV 無完全停止導致當下情境不符合 FCW -2，故容易無法觸發警示。

表 7.1.1.1-2 未保持安全距離警示事件之性能分析

項目代號	通過		不通過		總件數
FCW-1	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之前啟動警示。 • 距離前車約 5m、10m 處發出警示	12 件	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之後啟動警示或試驗期間無警示。原因： 1.無觸發警示 2.距離前車小於 5m 處觸發警示 3.外界因素影響	4 件	16 件
FCW-2	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之前啟動警示。 • 距離前車約 5m、10m、20m 處發出警示	6 件	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之後啟動警示或試驗期間無警示。原因： 1.無觸發警示 2.距離前車小於 5m 處觸發警示 3.無完全依照測試條件進行	11 件	17 件
FCW-4	HV 與前車 RV1 距離短於門檻 TTC 之前啟動警示後，前車 RV2 距離短於門檻 TTC 之前亦啟動警示。 • 前車較早變換車道，HV 距離 RV 大於 15m。	2 件	HV 與前車 RV1、RV2 距離短於門檻 TTC 之後啟動警示或試驗期間無警示。 • 前車較晚變換車道，HV 計距離 RV 小於 10m，無警示	10 件	12 件

二、車道偏移(LDW)

本次車道偏移(LDW)兩種情境皆有進行研究，LDW-1 通過率為 63%；LDW-2 通過率為 60%。在測試中發現，連續車道偏移需要間隔 2 秒以上才會警示，且當車速介於 45-50kph 車道偏移事件時警示系統較為穩定。另測試期間常誤觸左、

右盲區警示。

表 7.1.1.1-3 車道偏移警示事件之性能分析

項目代號	通過		不通過		總件數
LDW-1	HV 壓過左側車道線時觸發警示。 • 於壓線當下警示 • 於壓過車道線後警示	5 件	RHV 壓過左側車道線時無觸發警示，測試期間亦無觸發警示。原因： 1.延遲約 2 秒發出警示 2.測試過程無發出警示	3 件	8 件
LDW-2	HV 壓過右側車道線時觸發警示。 • 於壓線當下警示 • 於壓過車道線後警示	3 件	HV 壓過右側車道線時無觸發警示，測試期間亦無觸發警示。原因： 1.延遲約 2 秒發出警示 2.測試過程無發出警示	2 件	5 件

三、盲點偵測(BSD)

此階段主要測試 BSD 之左、右兩側，以下兩項目分別統計通過/不通過的數量，其中通過的條件為 RV 進入 HV 左、右盲區內時會觸發警報，並在 RV 離開後警報熄滅；而不通過的條件則為 RV 在進入盲區內未發出警示，或離開盲區時警報未解除。最後測試結果發現，雖然大部分的事件都有警示，但警示時間都稍晚，大多都是 RV 已經位於 HV 的左、右前方才警示，建議可提早 2 秒以上，更有助於駕駛人判斷。

表 7.1.1.1-4 盲點偵測警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
BSD-1	RV 進入左側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	8 件	• RV 在 HV 盲區時未發出警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。	0 件	8 件
BSD-2	RV 進入 HV 右側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	10 件	RV 在 HV 盲區時未發出警報(轉彎處)，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。 原因： 1.RV 已經超越 HV 卻無警示。 2.RV 都已經超越 HV 了才警示。	3 件	13 件

四、左轉側撞警示(LTA)

本次左轉側撞警示(LTA)僅進行 LTA-2，其通過率為 60%。本次測試 HV 和 RV 分別是以 10kph 以及 30kph 之速度行進，另發現相較於警示聲，OBU UI 的警示約延遲 1~2 秒。

表 7.1.1.1-5 左轉側撞警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
LTA-2	RV 進入 HV 偵測範圍時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。 • 距離約 20m、30m 處發出警示	3 件	RV 在 HV 偵測範圍時未發出警報，或者 RV 離開 HV 偵測範圍後警報仍未解除 原因： 1.無警示 2.太晚警示	2 件	5 件

五、路口交叉撞警示(IMA)

此階段主要測試 IMA-2，以下統計通過/不通過的數量，其中通過的條件為當 HV 以 10kph 速度接近一路口，RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報，並在 RV 離開後警報熄滅；而不通過的條件則為 RV 在 HV 盲區時未發出警報(轉彎處)，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。發現有一半以上測試時是 HV 已經準備進入路口，也看到 RV 從右側駛出，警報才警示，明顯時機過晚，建議類 CAMP 測試能再修正。表 7.1.1.1-6 為路口交叉撞警示事件之性能測試表，7.1.1.1-7 為原始件數統計表，表 7.1.1.1-8 為事件判中率的統計表。

表 7.1.1.1-6 路口交叉撞警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
IMA-2	HV 以 10kph 速度接近一路口，RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報，並在 RV 離開後警報熄滅。	5 件	• RV 在 HV 盲區時未發出警報(轉彎處)，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。 原因： 1.先看到 RV，且 HV 已經進入入口，才警示 2.看到 RV 時，警示同時出現	7 件	12 件

表 7.1.1.1-7 第一次類 CAMP 原始件數統計

	通過條件	通過件數	不通過件數	總件數
FCW-1	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之前	12	4	16

	啟動警示。			
FCW-2	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之前啟動警示。	6	11	17
FCW-4	HV 與前車 RV1 距離短於門檻 TTC 之前啟動警示後，前車 RV2 距離短於門檻 TTC 之前亦啟動警示。	2	10	12
LDW-1	HV 壓過左側車道線時觸發警示。	5	3	8
LDW-2	HV 壓過右側車道線時觸發警示。	3	2	5
BSD-1	RV 進入 HV 左側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	8	0	8
BSD-2	RV 進入 HV 右側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	10	3	13
IMA-2	RV 進入 HV 偵測範圍時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	5	7	12
LTA-2	HV 以 10kph 速度接近一路口，RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報，並在 RV 離開後警報熄滅。	3	2	5

表 7.1.1.1-8 第一次類 CAMP 判中率統計

	是否進行測試	判中率	誤判率	總計
FCW-1	是	75%	25%	100%
FCW-2	是	35%	65%	100%
FCW-4	是	17%	83%	100%
LDW-1	是	63%	38%	100%
LDW-2	是	60%	40%	100%
BSD-1	是	100%	0%	100%
BSD-2	是	77%	23%	100%
IMA-2	是	42%	58%	100%
LTA-2	是	60%	40%	100%

7.1.2 第二次類 CAMP 實車功能驗測之績效分析

本研究於 108 年 9 月 26 號進行第二次類 CAMP 實車測試，當天為陰雨的天氣且有延至夜間進行測試，本次受測之警示系統包含未保持安全距離(FCW)、車道偏移(LDW)、盲點偵測(BSD)、左轉側撞警示(LTA)、路口交叉撞警示(IMA)等五種警示系統，各警示系統分別有一到四種不等之情境，並針對第一次類 CAMP 尚未測試及測試結果較不理想的項目進行二次測驗。測試之成功與失敗警示之詳

細結果於下文以表格方式呈現。此外，因測試場域為開放式場域，當下車流狀況會影響測試進行，導致各警示系統之測試次數皆有所不同。

7.1.2.1 各項警示事件測試之觀察

本研究除記錄各類警示事件之警示時間是否提早或延遲(即警示時機過早、恰當、過慢等)，同時也完成系統警示正確率的統計。各項警示事件測試情況統整於表 7.1.2.1-1。

表 7.1.2.1-1 各項警示事件之測試情況

項目	測試目的	本研究之觀察
LTA-1	實驗大客車靜止於路口打左轉燈時，若對向來車將於注意(INFORM)時間門檻值(10 秒)內迫近路口，提供駕駛警示	並未成功警示。
LTA-2	實驗大客車於路口打左轉燈停車起步，速度大於 1km/hr 時，若對向來車將於警告(WARN)時間門檻值(5 秒)內迫近路口，提供駕駛警示。	無進行測試。
IMA-1	當實驗大客車停在十字路口時與來車接近衝突點時的來車警示。	因 OBU UI 無警示顯示，故不進行測試。
IMA-2	雙方來車於十字路口接近衝突點時的來車警示。	雙方來車(HV 和 RV 皆以時速 30kph)接近路口，HV 最後煞停在路口停止線前，RV 最後於路口右轉。警示發出距本車真正看見路口出現車輛約間隔 1-2 秒(約距路口 5 公尺以上)，但間隔秒數依兩車車速變動而有所變化。
EEBL-1	當前車在 EEBL 警示範圍內，且當前車緊急煞車之減速度大於 0.5G±10%，即提供駕駛前方急煞畫面與聲音警示。	當前車煞停在前方 EEBL 警示範圍內，後車的 OBU UI 會於距離前車約 15 公尺時發出警示並語音提醒。
FCW-1	測試前車靜止在同一車道，實驗大客車達到指定速度以定速朝向前車，實驗大客車可提供警示。	無進行測試。
FCW-2	測試前車緩慢行駛在同一車道時，實驗大客車達到指定速度，前車煞車，實驗大客車可提供警示。	與原始功能測試項目表描述符合。惟因駕駛預期煞車會導致與前車車速速差不夠，不會產生警示。
FCW-3	測試前車減速在同一車道，實驗大客車維持定速與前車間距逐漸減	無進行測試。

	小，實驗大客車可提供警示。	
FCW-4	測試前方(複數)車輛有急停以及有阻礙形成碰撞風險，實驗大客車可提供警示。	因雨天較難煞車關係，駕駛會預期煞車，導致與前車速差不大，使警示事件不易發生。
BSD-1	測試車輛從左側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Left」警報觸發。	後方盲區：警示過於頻繁 左方盲區：行車記錄器與原始 ADAS UI 皆正常警示，但 OBU UI 延遲約 1 秒。 前方盲區：過於敏感，時常未偵測到物體即警示，可能因其偵測影像範圍過遠。
BSD-2	測試車輛從右側之相臨車道通過實驗大客車，「Inform Right」警報觸發。	後方盲區：警示過於頻繁 右方盲區：行車記錄器與原始 ADAS UI 皆正常警示，但 OBU UI 延遲約 1 秒。 前方盲區：過於敏感，時常未偵測到物體即警示，可能因其偵測影像範圍過遠。
	測試行人站在實驗大客車右轉的路徑邊側，警報觸發。	右方盲區行人：可能因為 BSD 偵測不到非移動中的物體，而行人沒有移動，所以無警示。
BSD-3	測試實驗大客車從左方相臨車道超越車輛，「Inform」警報觸發。	無進行測試。
LDW-1	測試實驗大客車行駛時車身左偏壓過車道線，警報觸發。	連續車道偏移，兩事件需間隔 2 秒以上才能全部成功警示。
LDW-2	測試實驗大客車行駛時車身右偏壓過車道線，警報觸發。	

7.1.2.2 各項警示事件測試之性能分析

一、未保持安全距離(FCW)

本次未保持安全距離(FCW)僅進行 FCW-2 以及 FCW-4 之測試， FCW-2 通過率為 84%；FCW-4 並未成功警示。本次測試為雨天，使 HV 煞車不易，導致駕駛容易預期煞車使得 HV 和 RV 之速差不夠，造成無法成功警示。

表 7.1.2.2-1 未保持安全距離警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
FCW-2	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之前啟動警示。 • 距離前車約 5m、10m、20m 處發出警示	5 件	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之後啟動警示或試驗期間無警示。原因為與前車速差不夠大。	1 件	6 件
FCW-4	HV 與前車 RV1 距離短於門檻 TTC 之前啟動警示後，前車 RV2 距離短於門檻 TTC 之前亦啟動警示。 • 前車較早變換車道,HV 距離 RV 大於 15m。	0 件	HV 與前車 RV1、RV2 距離短於門檻 TTC 之後啟動警示或試驗期間無警示。原因為駕駛於接近時會提早煞車，導致系統無法辨識警示事件。	5 件	5 件

二、車道偏移(LDW)

本次測試並無針對 LDW 事件進行單一情境之測試，而是與夜間 BSD 同時進行，因此難以判斷成功與失敗件數，僅提供當下之警示事件件數。

表 7.1.2.2-2 車道偏離警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
LDW-1	HV 壓過左側車道線時觸發警示 • 於壓線當下警示 • 於壓過車道線後警示	17 件	RHV 壓過左側車道線時無觸發警示，測試期間亦無觸發警示。	0 件	17 件
LDW-2	V 壓過右側車道線時觸發警示 • 於壓線當下警示 • 於壓過車道線後警示	15 件	HV 壓過右側車道線時無觸發警示，測試期間亦無觸發警示。	0 件	15 件

三、盲點偵測(BSD)

此階段主要測試 BSD 之左、右兩側，以下兩項目分別統計通過/不通過的數量，此次會主要針對行人的偵測狀況測試，其中通過的條件為行人進入 HV 左、右盲區內時會觸發警報，並在行人離開後警報熄滅；而不通過的條件則為行人在進入盲區內未發出警示，或離開盲區時警報未解除。最後測試結果發現，只要行人有在偵測範圍內走動，會成功偵測並警示，但一旦行人靜止，系統會無法偵測。

表 7.1.2.2-3 盲點偵測警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
BSD-1	• RV 進入左側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	2 件	• RV 在 HV 盲區時未發出警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。 原因： 1.誤認專用道分隔島而警示。 2.連續兩台車通過警示範圍時，只會警示偵測到前車，後車會有偵測不到的情形。 3.車速較快時，會有偵測不到的情形發生。	3 件	5 件
BSD-2	• RV 進入 HV 右側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。 • 行人進入 HV 右側盲區時觸發警報並在行人離開後警報熄滅。	3 件	RV 在 HV 盲區時未發出警報(轉彎處)，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。 原因： 1.誤認專用道分隔島而警示 2.誤認路側護欄而警示 3.當行人站在車身右側不動時，會沒有警示	9 件	12 件

四、左轉側撞警示(LTA)

本次左轉側撞警示(LTA)僅進行 LTA-1 之測試，且均無法成功警示。初步推論為 HV 之方向燈號並沒有被順利接收，導致事件門檻不符合，故無法成功警示。

表 7.1.2.2-4 左轉側撞警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
LTA-1	RV 進入 HV 偵測範圍時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅	N/A	RV 在 HV 偵測範圍時未發出警報，或者 RV 離開 HV 偵測範圍後警報仍未解除，原因為 HV 未偵測到 RV	N/A	N/A

五、路口交叉撞警示(IMA)

此階段主要測試 IMA，以下兩項目分別統計通過/不通過的數量，其中 IMA-1 通過的條件為當 HV 靜止於一路口停止線前，RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅；IMA-2 通過的條件為當 HV 以

30kph 速度接近一路口，RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報，並在 RV 離開後警報熄滅。而不通過的條件皆為 RV 在 HV 盲區時未發出警報(轉彎處)，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。發現 IMA-1 還是有偵測不到的情形發生，但 IMA-2 已較前次改善許多，都能 HV 抵達路口前 10 公尺提前發出警報。

表 7.1.2.2-5 路口交叉撞警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
IMA-1	• HV 靜止於一路口停止線前，RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	3 件	• RV 在 HV 盲區時未發出警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。原因為 HV 未偵測到 RV	1 件	4 件
IMA-2	• HV 以 30kph 速度接近一路口，RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報(於 RV 通過前 2 秒前警示)，並在 RV 離開後警報熄滅。	7 件	• RV 在 HV 盲區時未發出警報(轉彎處)，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除。	0 件	7 件

六、前方緊急剎車警示(EEBL)

此階段主要測試 EEBL，以下統計通過/不通過的數量，其中通過的條件為在 HV 的 EEBL 警示範圍能順利偵測到 RV 時，且當前車緊急煞車之減速度大於 0.5G±10%，即提供駕駛前方急煞畫面與聲音警示。不通過之情形為 RV 在 HV 偵測範圍時未發出警報，或者 RV 離開 HV 偵測範圍後警報仍未解除。發現都能成功警示。表 7.1.2.2-6 為前方緊急剎車警示事件之性能測試表，7.1.2.2-7 為原始件數統計表，表 7.1.2.2-8 為事件判中率的統計表。

表 7.1.2.2-6 前方緊急剎車警示事件之性能測試

項目代號	通過		不通過		總件數
EEBL-1	• RV 進入 HV 的 EEBL 警示範圍內，且當前車緊急煞車之減速度大於 0.5G±10%，即提供駕駛前方急煞畫面與聲音警示。	3 件	• RV 在 HV 偵測範圍時未發出警報，或者 RV 離開 HV 偵測範圍後警報仍未解除	0 件	3 件

表 7.1.2.2-7 第二次類 CMAP 原始件數統計

	通過條件	通過件數	不通過件數	總件數
FCW-2	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之前啟動警示。	5	1	6
FCW-4	HV 與前車 RV1 距離短於門檻 TTC 之前啟動警示後，前車 RV2 距離短於門檻 TTC 之前亦啟動警示。	0	5	5
LDW-1	HV 壓過左側車道線時觸發警示。	17	0	17
LDW-2	HV 壓過右側車道線時觸發警示。	15	0	15
BSD-1	RV 進入 HV 左側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	2	3	5
BSD-2	RV 進入 HV 右側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	3	9	12
IMA-1	RV 進入 HV(停止狀態)偵測範圍時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	3	1	4
IMA-2	RV 進入 HV(慢速接近路口)偵測範圍時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅。	7	0	7
LTA-1	HV 停止於路口,RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報，並在 RV 離開後警報熄滅。	N/A	N/A	N/A
EEBL-1	HV 以 10kph 速度接近一路口，RV 從右方路口駛出，在進入 HV 偵測範圍時觸發警報，並在 RV 離開後警報熄滅。	3	0	0

表 7.1.2.2-8 第二次類 CMAP 判中率統計

	是否進行測試	判中率	漏報率	總計
FCW-2	是	83%	17%	100%
FCW-4	是	0%	100%	100%
LDW-1	是	100%	0%	100%
LDW-2	是	100%	0%	100%
BSD-1	是	40%	60%	100%
BSD-2	是	25%	75%	100%
IMA-1	是	75%	25%	100%
IMA-2	是	100%	0%	100%
LTA-1	否	N/A	N/A	N/A
EEBL-1	是	100%	0%	100%

7.1.3 事前與事後績效評估

本研究使用基隆市市區公車提供之影像行車機記錄器及數位行車記錄器資料來整合出與行車安全相關屬性之資料，以作為市區公車交通安全事前事後效益評估所用。本研究安全事件事前事後分析所使用之資料期程，包含事前期間及事後期間各 7 日資料。本研究資料使用日期之篩選條件有二，一為排除進行類 CAMP 測試與大型實車測試之四天資料，二為排除數位行車記錄器資料中有欄位資料不完整之日期。急加速、急減速、急遽橫向位移、超速、前方碰撞安全相關等事件則使用事前及事後期間各兩週之資料，即 2019 年 9 月 15 日至 2019 年 10 月 14 日。

7.1.3.1 與安全有關之事件分析資料

本小節針對事前事後效益評估所使用之資料來源、資料欄位及資料初步分析進行介紹與探討。本研究所使用之資料期程由 108 年 9 月 15 日至 108 年 10 月 14 日，包含 6 輛市區公車、2 條路線(505 號線、501 號線)、300 個行車趟次、30 天之事件影像資料。分析所使用之資料包含下列三大部分。

1. 數位行車記錄器資料
2. 影像行車記錄器資料
3. 先進駕駛輔助系統所回傳之事件資料

其中，事件發生前後 10 秒之影像行車記錄器資料與先進駕駛輔助系統所回傳之事件資料，將由本研究實驗平台「基隆智慧運輸車聯網」整合，並提供即時監控及歷史回溯之功能。以下依照上述分析所使用之資料三大部分進行說明。

1. 數位行車記錄器資料:

市區公車所配載之數位行車記錄器，其紀錄與車輛相關之資訊包含車牌號碼、車速、車頭方向、方向燈、加速度、經緯度；事件類型、碰撞時間、碰撞距離、資料時間等與行車安全相關屬性之資料；時相、時相倒數秒數等路口號誌相關資料。資料取樣率為每秒一筆之時間序列資料如圖 7.1.3.1-1 與表 7.1.3.1-1 所示。

plate	device_id	lat	lon	speed	bearing	status	brake	turn_signal
289-U6	289-U6	25.15578	121.6957	0.2	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.15578	121.6957	0.2	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.1558	121.6957	0.5	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.15579	121.6957	0.3	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.1558	121.6957	1	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.1558	121.6957	1	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.15579	121.6957	0.6	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.15579	121.6956	0.6	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.15579	121.6956	0.1	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.15579	121.6956	0.1	0	00:00		0
289-U6	289-U6	25.15579	121.6956	0.1	0	00:00		0

reverse	gx	gy	gz	mobileye_ttc	mobileye_distance	SPaT_state	SPaT_sec
	0.003	0.023	-1.026	0	0	-1	-1
	0.019	-0.022	-1.007	0	0	-1	-1
	0	0.027	-1.019	0	0	-1	-1
	0.026	0.004	-1.011	0	0	-1	-1
	0.038	-0.011	-1.019	0	0	-1	-1
	0.03	0.031	-1.022	0	0	-1	-1
	-0.004	0.047	-1.022	0	0	-1	-1
	0.015	0.023	-1.034	0	0	-1	-1
	0.026	-0.026	-1.011	0	0	-1	-1
	0.003	0.031	-1.003	0	0	-1	-1
	0.003	0.031	-1.003	0	0	-1	-1

datetime	timestamp	obu_lat	obu_lon	OBU_speed	OBU_heading
2019/10/15 05:04	2019/10/15 05:05	0	0	0	0
2019/10/15 05:04	2019/10/15 05:05	0	0	0	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6957	0.072	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6957	0.144	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6957	0.108	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6957	0.144	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6957	0.144	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6956	0.036	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6956	0.18	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6956	0.036	0
2019/10/15 05:05	2019/10/15 05:05	25.15575	121.6956	0.036	0

圖 7.1.3.1-1 數位行車記錄器資料示意圖

表 7.1.3.1-1 數位行車記錄器資料欄位說明

欄位名稱	描述	變數類型
Plate	車輛之車牌號碼	文字
Device_id	車輛之車牌號碼	文字
Lat	車輛所在之緯度	連續變數
Lon	車輛所在之經度	連續變數
Speed	車輛速度	連續變數
bearing	車頭方向	連續變數
status	事件狀態	文字
方向燈	車輛之左右轉方向燈	文字
Gx	縱向加速度	連續變數

Gy	側向加速度	連續變數
Gz	垂直加速度	連續變數
Mobility_TTC	碰撞時間	連續變數
Mobility_distance	自碰撞時間換算之碰撞距離	連續變數
SPaT_state	智慧路口之時相	文字
SPaT_秒	智慧路口之時相倒數秒數	連續變數
datetime	資料時間	連續變數
Obu_lat	車輛所在之緯度	連續變數
Obu_lon	車輛所在之經度	連續變數
Obu_speed	車輛速度	連續變數
Obu_heading	車頭方向	連續變數

2. 影像行車記錄器資料

「基隆智慧運輸車聯網」實驗平台中，歷史事件查詢呈現五種不同照攝方向之影片，分別由裝設於市區公車內駕駛人前、前方、左方、右方、後方之攝影機回傳，如圖 7.1.3.1-2 至圖 7.1.3.1-6。車前、車旁、車後之影像可用以了解環境變數，如道路線型、道路鋪面狀態、車道數、交通流量、交通密度、環境照明、天候狀況、雨刷使用狀況等。完整的駕駛人影像有助於高度還原駕駛人在當下行車情況，以協助判斷駕駛人反應是否適當，亦可用以觀察駕駛人在駕駛時的實際狀況，如駕駛人是否使用手機或耳機等電子產品、是否飲食、是否注意車前狀況、或駕駛人是否顯示疲勞狀態等。



圖 7.1.3.1-2 前方影像



圖 7.1.3.1-3 駕駛人影像



圖 7.1.3.1-4 左方影像



圖 7.1.3.1-5 右方影像



圖 7.1.3.1-6 後方影像

3.先進駕駛輔助系統所回傳之事件資料

「基隆智慧運輸車聯網」實驗平台亦提供每事件前後 10 秒之先進駕駛輔助系統所回傳之資料，如圖 7.1.3.1-7 所示。其欄位包含事件名稱、速度、GNSS 轉向、剎車訊號、方向燈訊號、G-Sensor、前方物件距離、前方物件 TTC 時間、SPaT 號誌狀態、SPaT 號誌秒數等欄位。

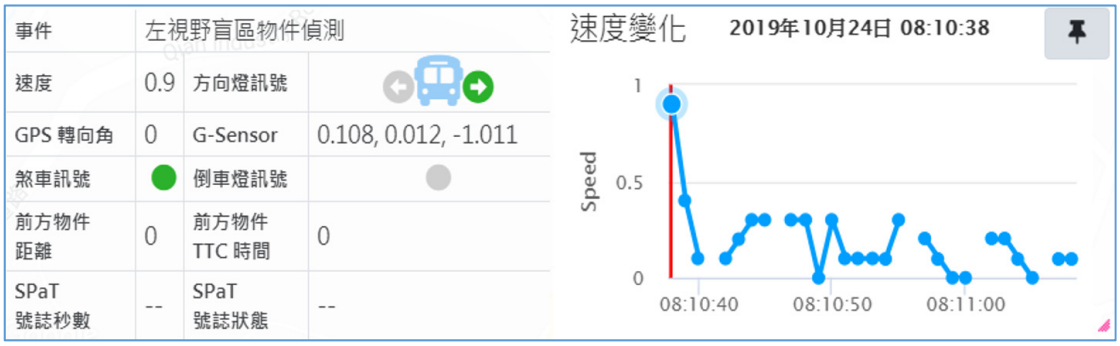


圖 7.1.3.1-7 先進駕駛輔助系統所回傳之資料示意圖

7.1.3.2 危險事件之指標及判定方法

整合型安全系統所偵測到的事件大多為警示事件，但並非所有警示事件皆為具有立即性事故風險之衝突，且在事件發生的當下，駕駛人的狀態(是否分心)、遇到狀況時的反應動作(是否有剎車)以及駕駛人與道路環境的互動(彎道及雨天)等，往往是決定該事件是否會變成事故或危險事件之關鍵。因此，本研究邀請專業駕駛教練來協助本研究判斷事件是否為衝突。本研究整理出三個適合作為判斷衝突事件之準則：

1. 事件發生當下之情境是否危險

在該事件發生當下，若駕駛人沒有做出適當反應則會有立即性的事故風險。在經過本研究與專業教練討論以及事件影像判讀之經驗與整合，建議在判斷事件

之情境危險性時應考慮以下幾項：

(1) 車速
(2) 車流量
(3) 本車與前車距離
(4) 鄰近車道是否有車
(5) 本車與後車距離
(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)

2. 與前車之絕對距離

在該事件發生當下，車輛與前車之絕對距離(不考慮車速)是否過於接近。在車速為 50kph 前提下，若碰撞時間大於等於 2.5 秒即為不危險，換算為距離及大於等於 35 公尺；若碰撞時間大於 1.0 秒且小於 2.5 秒即為普通(可能有危險)，換算為距離為大於等於 15 公尺且小於 35 公尺；若碰撞時間小於等於 1.0 秒即為危險，換算為距離及小於等於 15 公尺。故本研究之與前車距離區分成以下三種等級：

等級 1：不危險(與前車距離大於 35 公尺)
等級 2：普通(與前車距離小於 35 公尺、大於 15 公尺)
等級 3：危險(與前車距離小於 15 公尺)

3. 駕駛人之因應動作

在整合型安全系統示警後，駕駛人是否有依照當時之行車動態、道路環境等在對的時機點執行正確之因應動作。此一衡量準則主要是要了解駕駛是否有清楚掌握當時的行車狀況，並保持一定的警覺性，本研究建議之應考慮項目如下：

(1) 本車有無減速
(2) 減速幅度與減速時機(是否太晚)
(3) 超車或變換車道的時機是否適當
(4) 駕駛變換車道是否有打方向燈及看後照鏡
(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

以未保持安全距離(FCW)事件為例，如表所示，應考慮情境序列、警示條件與門檻值(TTC)、與前車之絕對距離、駕駛人因應動作、及事件發生當下之情境等五類。如表 7.1.3.2-1 所示。

表 7.1.3.2-1 判斷未保持安全距離之衝突事件準則

序列	1. 前車變換車道 2. 目標車輛變換車道 3. 前車突然減速 4. 前車等速行駛(慢速) 5. 前車切出車道，導致與前車的前車距離過近
TTC	1.5 秒
與前車之絕對距離	等級 1: 不危險 等級 2: 普通 等級 3: 危險
駕駛人因應動作	1. 本車有無減速 2. 減速幅度與時機 3. 超車或變換車道之時機 4. 駕駛是否注意旁側車道 5. 駕駛是否注意後方來車
事件發生當下情境	1. 車速 2. 車流量 3. 本車與前前車之距離 4. 鄰近車道是否有車 5. 本車與後車之距離 6. 前車或旁車是否為大車 7. 事件發生地點

在經過以上 3 點之行車影像判讀與綜合判斷後，即可判斷出由整合型安全系統偵測得與安全有關之事件是否為衝突事件。由於並非所有警示事件皆為真正安全相關之事件，因此有可能為誤報，或甚至可能有漏報之情形(該發出警示卻未發出警示)。如表 7.1.3.2-2 所示。

表 7.1.3.2-2 未保持安全距離之情境序列

事件類別	事件描述
事件 1:前車變換車道	
1-1 且前車煞車	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。
事件 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。
事件 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。
事件 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。
事件 5:前車切出車道，造成與前車的前車跟車距離過近	
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。

7.1.3.3 危險事件之事件數

本研究之危險事件針對未保持安全距離(FCW)與車道偏移(LDW)事件進行過濾與分析。本研究中未保持安全距離(FCW)與車道偏移(LDW)事件類型之事件數如下表 7.1.3.3-1。

表 7.1.3.3-1 事件類型之事件數

事件類型	事件危險程度			總計事件數
	1	2	3	
FCW	1025	109	5	1139
LDW_left	559	45	4	608
LDW_right	309	19	10	338

未保持安全距離(FCW)資料經趟次切割及過濾同一事件連續警示之篩選後，以負二項式迴歸進行統計分析。由表 7.1.3.3-2 可知於負二項式回歸分析且定義變數為日期之分析結果中，應變數「事後」之係數為 0.178。若係數為正數時，則該變數對件數的影響為 (exp(係數) – 1)*100%。因此分析結果顯示事後階段之危險事件事前階段上升 18%，但其 p 值為 0.672 遠超過 0.05，故統計上不顯著。統計結果如下表 7.1.3.3-2 及圖 7.1.3.3-1。

表 7.1.3.3-2 FCW 負二項式迴歸統計分析

統計方法	應變數	係數	P 值
負二項式回歸分析	事後	0.184	0.612
	路線	0.429	0.000
	常數	-2.292	0.000
負二項式回歸分析 (定義變數為日期)	事後	0.178	0.672
	路線	0.372	0.001
	常數	-2.592	0.000

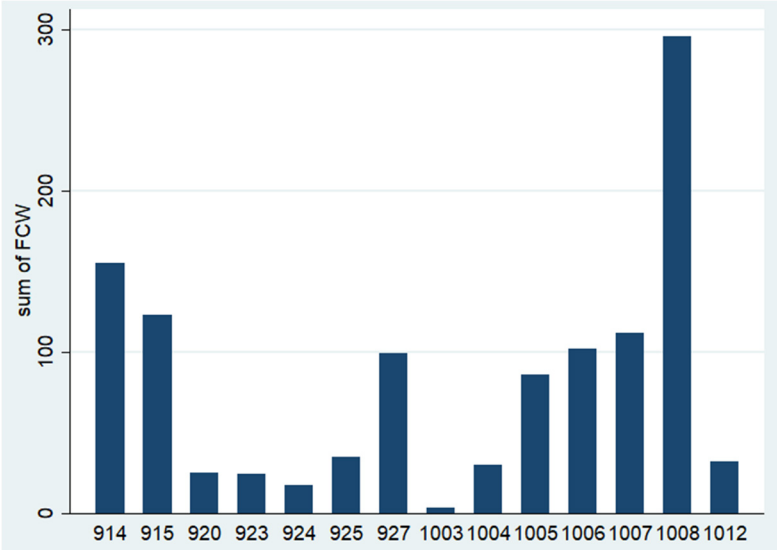


圖 7.1.3.3-1 FCW 事件數變化(縱軸為次數，橫軸為日期)

車道偏移(LDW) 資料經趟次切割及過濾同一事件連續警示之篩選後，以負二項式迴歸進行統計分析。由表 7.1.3.3-3 可知於負二項式回歸分析且定義變數為日期之分析結果中，應變數「事後」之係數為-0.374。若係數為負數時，則該變數對件數的影響為 (1 - exp(係數)*100%)。因此分析結果顯示事後階段之危險事件相較事前階段下降 30%，但其 p 值為 0.322 遠超過 0.05，故統計上不顯著。統計結果如下表 7.1.3.3-3 及圖 7.1.3.3-2。

表 7.1.3.3-3 LDW 負二項式迴歸統計分析

統計方法	應變數	係數	P 值
負二項式回歸分析	事後	-0.648	0.096
	路線	-0.135	0.281
	常數	-0.319	0.481
負二項式回歸分析 (定義變數為日期)	事後	-0.374	0.322
	路線	-0.139	0.266
	常數	-1.083	0.025

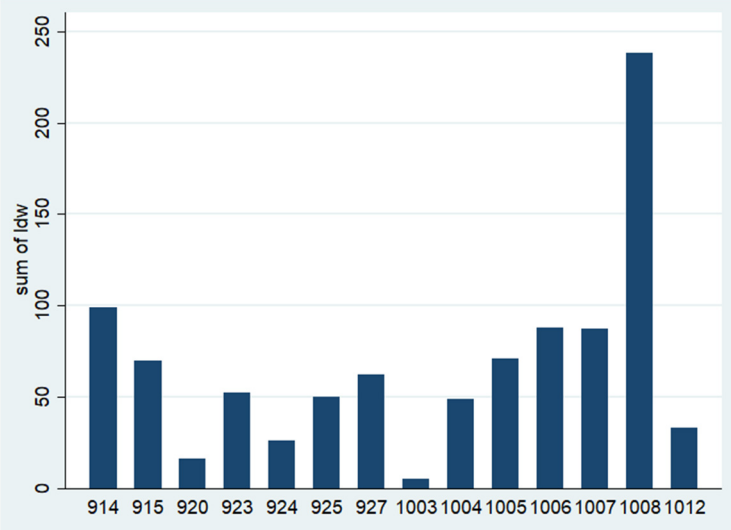


圖 7.1.3.3-2 LDW 事件數變化(縱軸為次數，橫軸為日期)

7.1.3.4 急減速事件數

經本研究篩選急減速事件後，進行警示開啟之前後事件數比較。本研究急減速事件定義為縱向加速度大於 0.2g、0.3g、0.4g、0.5g，即為急減速度事件。表 7.1.3.4-1 呈現經篩選後之急減速事件數。

表 7.1.3.4-1 縱向加速度大於等於 0.2 g 至 0.9 g 之累計事件數

	縱向減速度	縱向減速度及車速 10kph	縱向減速度及車速 20kph
0.2 g	1,471,216	431,344	335,584
0.3 g	1,373,459	377,840	299,594
0.4 g	1,090,677	281,004	225,990
0.5 g	143,083	51,213	38,857
0.6 g	7,459	2,967	2,173
0.7 g	208	106	85
0.8 g	18	11	8
0.9 g	7	7	4

急減速事件資料經趟次切割及過濾同一事件連續警示之篩選後，以迴歸進行統計分析，其結果顯示，縱向加速度大於等於 0.2g 至 0.5g 的事後階段之危險事件相較事前階段分別下降 0.8%、1%、0.7%、0%且統計上顯著。統計結果如下表 7.1.3.4-2。

表 7.1.3.4-2 急減速事件之事前事後分析

Gy 值	應變數	係數	P 值
0.2	事後	-0.008	0.000
	趟次	-0.015	0.000
	路線	0.028	0.000
	常數	0.006	0.000
0.3	事後	-0.010	0.000
	趟次	-0.014	0.000
	路線	0.027	0.000
	常數	-0.000	0.958
0.4	事後	-0.007	0.000
	趟次	-0.011	0.000
	路線	0.021	0.000
	常數	0.001	0.000
0.5	事後	-0.000	0.002
	趟次	-0.002	0.000
	路線	0.003	0.000
	常數	0.007	0.000

7.1.3.5 急加速事件數

經本研究篩選急加速事件後，進行警示開啟之前後事件數比較。本研究急加速事件定義為縱向加速度小於-0.2g、-0.3g，即為急減加度事件。表 7.1.3.5-1 呈現經篩選後之急加速事件數。

表 7.1.3.5-1 縱向加速度小於等於-0.2 至-0.9 之累計事件數

	縱向加速度	縱向加速度及車速 10kph	縱向加速度及車速 20kph
-0.2g	34,635	27,302	18,821
-0.3g	5,757	4,647	3,439
-0.4g	1,353	1,081	823
-0.5g	330	266	197
-0.6g	112	88	63
-0.7g	29	21	17
-0.8g	12	9	7
-0.9g	2	2	2

急加速事件資料經趟次切割及過濾同一事件連續警示之篩選後，以迴歸進行統計分析，其結果顯示，縱向加速度小於等於-0.2 至-0.3 的事後階段之危險事件

相較事前階段上升約 0.2%、0.1%且統計上顯著。統計結果如下表 7.1.3.5-2。

表 7.1.3.5-2 急加速事件之事前事後分析

Gy 值	應變數	係數	P 值
-0.2	事後	0.002	0.000
	趟次	0.000	0.000
	路線	-0.000	0.917
	常數	0.001	0.000
-0.3	事後	0.001	0.000
	趟次	0.000	0.000
	路線	-0.000	0.000
	常數	0.001	0.000

7.1.3.6 急遽橫向位移事件數

經本研究篩選急劇橫向位移事件後，進行警示開啟之前後事件數比較。本研究急遽橫向位移事件定義為橫向加速度大於等於正 0.2g、0.3g、0.4g、0.5g 及小於負 0.2g、0.3g、0.4g、0.5g，即為急遽橫向位移事件。表 7.1.3.6-1 呈現經篩選後之急遽橫向位移事件數。

表 7.1.3.6-1 急遽橫向位移事件數

	橫向加速度	橫向加速度及車速 10kph	橫向加速度及車速 20kph
0.2g	101,305	79,070	69,428
0.3g	10,861	8,446	7,841
0.4g	976	776	751
0.5g	127	103	101
0.6g	24	20	20
0.7g	7	5	5
0.8g	1	0	0
0.9g	0	0	0

急遽橫向位移事件資料經趟次切割及過濾同一事件連續警示之篩選後，以迴歸進行統計分析，其結果顯示橫向加速度大於等於 0.2g 至 0.3g 與小於等於-0.2g 至-0.3g 的事後階段之危險事件相較事前階段分別上升 0.4%、0.1%且統計上顯著。統計結果如下表 7.1.3.6-2。

表 7.1.3.6-2 急遽橫向位移事件之事前事後分析

Gx 值	應變數	係數	P 值
0.2	事後	0.004	0.000
	趟次	0.000	0.000
	路線	-0.000	0.000
	常數	0.018	0.000
0.3	事後	0.001	0.000
	趟次	-0.000	0.000
	路線	0.000	0.000
	常數	0.009	0.000
0.4	事後	0.000	0.620
	趟次	-0.000	0.000
	路線	0.000	0.000
	常數	0.008	0.000
0.5	事後	-0.000	0.936
	趟次	-0.000	0.000
	路線	0.000	0.000
	常數	0.008	0.000

7.1.3.7 超速事件數

經本研究篩選超速事件後，進行警示開啟之前後事件數比較。本研究超速事件定義有輛種，分別為欄位「obu_speed」大於 50 或大於 60，即為超速事件。由圖 7.1.3.7-1 與圖 7.1.3.7-2 可發現 10 月 1 日至 10 月 14 日之每日累積急加速事件平均上比 9 月 15 日至 9 月 30 日增加。

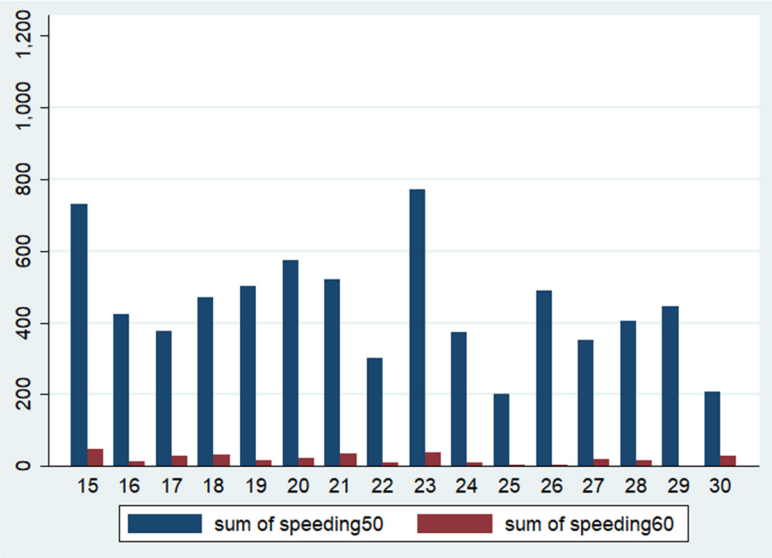


圖 7.1.3.7-1 09/15 至 09/30 每日超速累積事件數(縱軸為次數，橫軸為日期)

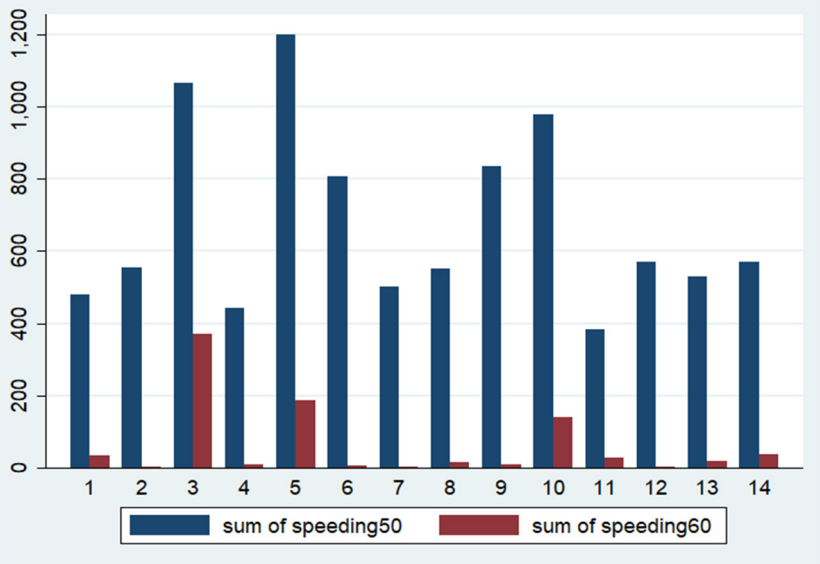


圖 7.1.3.7-2 10/01 至 10/14 每日超速累積事件數(縱軸為次數，橫軸為日期)

超速事件資料經趟次切割及過濾同一事件連續警示之篩選後，以負二項式迴歸進行統計分析，其結果顯示事後階段之危險事件相較事前階段，車速大於 50kph 之事件下降 63%，而車速大於 60kph 之事件下降 65%且統計上顯著。統計結果如下表 7.1.3.7-1。

表 7.1.3.7-1 超速事件之事前事後分析

Obu_speed	應變數	係數	P 值
50kph	事後	-0.981	0.000
	趟次	0.008	0.573
	路線	0.377	0.000
	常數	4.961	0.000
60kph	事後	-1.036	0.000
	趟次	0.010	0.489
	路線	0.381	0.000
	常數	4.914	0.000

7.1.3.8 前方碰撞安全相關事件數

本小節以欄位“mobileye_TTC”進行進一步之前方碰撞安全相關事件篩選，在分別針對事件中 TTC 低於 1.2 秒及低於 0.6 秒之總事件數、每趟次最低 TTC 小於 1.2 秒及小於 0.6 秒之累積次數進行事前事後比較。同時也針對最小 TTC 之變化進行事前事後比較，以了解事件嚴重程度是否降低。

表 7.1.3.8-1 為原始資料中 TTC 小於 1.2 秒、1.0 秒、0.6 秒、0.5 秒、0.4 秒等累計事件數及經處理(刪除同一事件重複警示)之累計事件數。

表 7.1.3.8-1 TTC 小於 1.2 秒、1.0 秒、0.6 秒、0.5 秒、0.4 秒等累計事件數

欄位名稱	件數	
	原始	collapse by EventID1
TTC 1.2 秒	19143	6193
TTC 1.0 秒	19143	6193
TTC 0.6 秒	1269	747
TTC 0.5 秒	1269	747
TTC 0.4 秒	112	93

經負二項回歸分析，事件中低於 1.2 秒及低於 0.6 秒之事後變化皆較事前增加，但增加幅度極微小且統計上顯著。結果如表 7.1.3.8-2 所示。而每趟次最低 TTC 小於 1.2 秒及小於 0.6 秒之累積次數進行事前事後比較結果，事後變化皆較事前增加，但統計上不顯著。結果如表 7.1.3.8-3 與表 7.1.3.8-4 所示。

表 7.1.3.8-2 事件中低於 1.2 秒及低於 0.6 秒之事前事後分析

TTC	應變數	係數	P 值
1.2 秒	事後	0.0003	0.000
	趟次	-0.0001	0.000
	路線	-0.0003	0.000
	常數	0.0031	0.000
0.6 秒	事後	0.0000	0.177
	趟次	-0.0000	0.000
	路線	-0.0000	0.000
	常數	0.0004	0.000

表 7.1.3.8-3 每趟次最低 TTC 小於 1.2 秒之事前事後分析

TTC 1.2 秒	應變數	係數	P 值
負二項式回歸分析	事後	0.174	0.022
	趟次	-0.109	0.000
	路線	0.192	0.000
	常數	1.363	0.000
負二項式回歸分析 (定義變數為日期)	事後	0.1889	0.019
	趟次	-0.031	0.002
	路線	0.167	0.000
	常數	-0.871	0.000

表 7.1.3.8-4 每趟次最低 TTC 小於 0.6 秒之事前事後分析

TTC 0.6 秒	應變數	係數	P 值
負二項式回歸分析	事後	0.115	0.283
	趟次	-0.129	0.000
	路線	0.182	0.000
	常數	-0.609	0.000
負二項式回歸分析 (定義變數為日期)	事後	0.133	0.212
	趟次	-0.105	0.000
	路線	0.217	0.000
	常數	-0.876	0.000

針對最小 TTC 之變化進行事前事後比較之分析結果，事後階段之最小 TTC 相較於事前階段有降低且統計上顯著。分析結果如表 7.1.3.8-5 所示。

表 7.1.3.8-5 最小 TTC 變化之事前事後分析

TTC 1.2 秒	應變數	係數	P 值
負二項式回歸分析	事後	-0.013	0.081
	趟次	0.012	0.000
	路線	0.02	0.000
	常數	1.509	0.000

7.1.3.9 盲區警示(BSD)判中率

本小節透過對照實際行車影像與先進駕駛輔助系統所回傳之資料，進一步了解盲區警示系統(BSD)之偵測判中率及危險事件判中率。此外，本研究將盲區警示(BSD)依照偵測方向細分為前方盲區警示、左側盲區警示及右側盲區警示等三項。

表 7.1.3.9-1 呈現各方向盲區警示系統之危險事件與非危險事件之事件數，由該表可知各盲區偵測方向之真正危險事件數少，而偵測範圍內無物體之事件數極多。表 7.1.3.9-2 則呈現各方向盲區警示系統之危險事件判中率與誤報率，危險事件判中率為危險事件數除以總計事件數，而誤報率則為非危險事件除以總計事件數。由此可知前方盲區警示之判中率最低，而右側盲區判中率最高。

本研究將先進駕駛輔助系統所回傳之盲區偵測事件資料區分為偵測範圍內有物體、偵測範圍內無物體兩類事件，並進一步計算物前方、左側、右側之盲區偵測之偵測判中率與誤報率。表 7.1.3.9-3 與表 7.1.3.9-4 呈現盲區警示系統(BSD)之偵測判中率。表 7.1.3.9-3 可知所有警示事件中，實際上有物體與實際上無物體

之事件數比例，而表 7.1.3.9-4 則呈現前方、左側、右側盲區警示之偵測判中率。由此可知前方盲區警示之判中率最低，而右側盲區判中率最高。

表 7.1.3.9-1 盲區警示系統之危險事件數

	危險事件(A)	非危險事件，但偵測範圍內有物體(B)	偵測範圍內無物體(C)	總計(D)
前方盲區警示	19	606	305	930
左側盲區警示	9	126	17	151
右側盲區警示	47	998	138	1184

表 7.1.3.9-2 盲區警示系統之危險事件判中率

	判中率(A/D)	誤報率(B+C)/D	總計
前方盲區警示	2%	98%	100%
左側盲區警示	6%	94%	100%
右側盲區警示	4%	96%	100%

表 7.1.3.9-3 盲區警示系統之偵測事件數

	有物體(A+B)	無物體(C)	總計(D)
前方盲區警示	625	305	930
左側盲區警示	135	17	151
右側盲區警示	1045	138	1184

表 7.1.3.9-4 盲區警示系統之偵測判中率

	判中率(A+B)/D	誤判率(C/D)	總計
前方盲區警示	67%	33%	100%
左側盲區警示	89%	11%	100%
右側盲區警示	88%	12%	100%

綜上，本小節就實車性能測試結果及實際行駛狀況下之事前事後比較之結果討論整合型安全系統之效益及後續改善建議。首先，在實車性能測試方面，此測試係根據兩次類 CAMP(Crash Avoidance Metrics Partnership) 測試及四天大規模實車測試。測試內容為根據不同情境下，逐一測試各系統是否正確偵測及預警，因此，性能之主要評估指標為

1. 系統判中率(有實際危險，且成功警示)
2. 系統漏報率(有實際危險，但卻無發出警示)

性能測試之主要結果說明如下：

1. 前方碰撞警示之判中率於白天無雨狀態最高達 75%，於夜晚且雨天之狀態最高亦達 83%，漏報率分別為 25% 及 17%。惟漏報多因車速不達啟動偵測之門檻而導致，若調整偵測門檻，其判中率預計能達 100%。
2. 車道偏離警示在排除連續壓線及虛線之情況下，其判中率為 100%。
3. 車聯網(CV)(IMA、LTA、EEBL)之判中率最皆達 100%，漏報率則為 0%。
4. 盲區警示(BSD)在白天時之判中率約 88%，漏報率亦低於 10%，但夜間的判中率則為 30%，而漏報率則高達 60%以上。

在實際行駛狀況下之事前事後比較方面，本研究安全事件事前事後分析所使用之資料期程包含事前期間及事後期間各 7 日資料。在日期篩選條件上，排除進行類 CAMP 測試與大型實車測試與數位行車記錄器資料，欄位資料不完整之日期；急加速、急減速、急遽橫向位移、超速、前方碰撞安全相關等事件，則使用事前及事後期間各兩週之資料，即 108 年 9 月 15 日至 108 年 10 月 14 日。係根據兩週只記錄不警示階段(9/15~9/30)(Disabled)，以及記錄且警示階段(10/1~10/15)(Enabled)。主要評估標的為在實際行駛狀況下，駕駛員涉入危險事件及安全相關事件的事前事後變化情形。

主要評估指標有：

1. 前方碰撞危險事件數
2. 前方碰撞安全相關事件數(發生 TTC 低於 1.2 秒及 0.6 秒的事件數、事件中 TTC 低於 1.2 秒及 0.6 秒的時間、及事件中最小 TTC)
3. 急煞車事件數
4. 急遽橫向位移事件數
5. 超速事件數
6. 側向碰撞危險事件數(BSD、LDW)

實際行駛狀況下之事前事後比較之主要結果為：

1. 超速事件數顯著減少 63%~65% (P-value < 0.0001)
2. 前方碰撞危險事件數在事前事後並無產生變化(p-value = 0.6，遠大於 0.05 之顯著水準)
3. 前方碰撞安全相關事件數(發生 TTC 低於 1.2 秒的事件)顯著增加 19% (p-value = 0.019)；發生 TTC 低於 0.6 秒的事件雖增加 12%，但並不顯著(p-value = 0.212)。
4. 事件中最小 TTC 顯著減少 0.013 秒(p-value = 0.083)。
5. 側向碰撞危險事件數(LDW)在事後約減少約 48% (p-value = 0.096，雖未達 0.05 之顯著水準，但仍達可接受之情況)。
6. 側向碰撞危險事件及安全相關事件方面，雖然 BSD 的正確偵測物件判中率可

達 89%，但危險事件判中率卻僅約 6% (誤報率為 94%)。

7.1.4 智慧路口驗測之量化績效分析

表 7.1.4-1 與表 7.1.4-2 分別系統記錄基金一路/208 巷路口與麥金路/樂利三街路口的智慧路口之警示結果統計，其警示次數為系統演算後下達警示的次數，實際觀看次數則為現場看到 CMS 實際警示的次數，誤報種類與次數則是測試人員依據現場實際觀看記錄下系統誤報的狀況(例如：該警示未警示、不該警示而警示)；其中，系統記錄警示次數與實際觀看次數的統計，主要是確認系統運算下達指令與現場 CMS 顯示的一致性，兩者應為相同。

表 7.1.4-1 基金一路/208 巷路口路側系統警示結果統計

週期	CMS 位置	系統記錄警示次數	實際觀看次數	誤報種類與次數	誤報原因
1	基金一路上 9/12(五) 11:13	左側來車 0	左側來車 0	0	N/A
2	基金一路上 9/12(五) 11:15	左側來車 0	左側來車 0	0	N/A
3	基金一路上 9/12(五) 11:17	左側來車 1	左側來車 1	0	N/A
4	基金一路上 9/12(五) 11:19	左側來車 0	左側來車 0	0	N/A
5	基金一路上 9/12(五) 11:21	左側來車 0	左側來車 0	0	N/A
6	基金一路上 9/12(五) 11:37	左側來車 1	左側來車 1	0	N/A
7	基金一路上 9/12(五) 11:39	左側來車 0	左側來車 0	0	N/A
8	基金一路上 9/12(五) 11:41	左側來車 0	左側來車 0	0	N/A
9	基金一路上 9/12(五) 11:43	左側來車 0	左側來車 0	0	N/A
10	基金一路上 9/12(五) 11:45	左側來車 0	左側來車 0	0	N/A

表 7.1.4-2 麥金路/樂利三街路口路側系統警示結果統計

週期	CMS 位置	系統記錄警示次數	實際觀看次數	誤報種類與次數	誤報原因

1	麥金路側 9/12(五) 12:28	左轉危險 10	左轉危險 10	0	N/A
2	麥金路側 9/12(五) 12:30	左轉危險 1	左轉危險 1	0	N/A
3	麥金路側 9/12(五) 12:32	左轉危險 0	左轉危險 0	0	N/A
4	麥金路側 9/12(五) 12:34	左轉危險 1	左轉危險 1	左轉危險誤報 1	左轉車輛煞停
5	麥金路側 9/12(五) 12:36	左轉危險 1	左轉危險 1	0	N/A
6	麥金路側 9/12(五) 12:38	左轉危險 0	左轉危險 0	0	N/A
7	麥金路側 9/12(五) 12:40	左轉危險 0	左轉危險 0	0	N/A
8	麥金路側 9/12(五) 12:42	左轉危險 0	左轉危險 0	0	N/A
9	麥金路側 9/12(五) 12:44	左轉危險 1	左轉危險 1	0	N/A
10	麥金路側 9/12(五) 12:46	左轉危險 0	左轉危險 0	0	N/A

測試結果除了統計系統之警示種類與次數之外，並分別統計下列指標。

1. 真陽性(TP, true positive)：判斷有警示(positive)且正確(true)、應警示而有警示。
2. 真陰性(TN, true negative)：判斷沒警示(negative)且正確(true)、不應警示而沒警示。
3. 偽陽性(FP, false positive)：判斷有警示(positive)且錯誤(false)、不應警示而有警示。
4. 偽陰性(FN, false negative)：判斷沒警示(negative)且錯誤(false)、應警示而沒警示。
5. 誤報率(FPR, false positive rate) = FP/(FP+TN)
6. 漏報率(FNR, false negative rate) = FN/(FN+TP)
7. 準確率(ACC, accuracy) = (TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)

為了呈現系統之穩定度與可靠度，統計兩處智慧路口，其結果如表 7.1.4-3 與 7.1.4-4 所示。由於測試是採取正常統計情境發生次數，並未刻意製造情境發生，因此不應警示發生的清況為多數。統計方便起見，本研究依據 CMS 警示時間以 3 秒為單位，如果在 3 秒內沒有警示情境發生，且系統也沒警示，則計為真陰性(TN, true negative)的次數(不應警示而沒警示)。

表 7.1.4-3 基金一路/208 巷路口路側系統警示穩定性及可靠度分析

	系統警示 真陽性 TP	系統警示 真陰性 TN	系統警示 偽陽性 FP	系統警示 偽陰性 FN
1	0	40	0	0
2	0	40	0	0
3	1	39	0	0
4	0	40	0	0
5	0	40	0	0
6	1	39	0	0
7	0	40	0	0
8	0	40	0	0
9	0	40	0	0
10	0	40	0	0
總次數	2	398	0	0

	誤報率(FPR, false positive rate) = FP/(FP+TN)	漏報率(FNR, false negative rate) = FN/(FN+TP)	準確率(ACC, accuracy) = (TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)
百分比	0.00%	0.00%	100.00%

表 7.1.4-4 麥金路/樂利三街路口路側系統警示穩定性及可靠度分析

	系統警示 真陽性 TP	系統警示 真陰性 TN	系統警示 偽陽性 FP	系統警示 偽陰性 FN
1	10	30	0	0
2	1	39	0	0
3	0	40	0	0
4	0	39	1	0
5	1	39	0	0
6	0	40	0	0
7	0	40	0	0
8	0	40	0	0
9	1	39	0	0
10	0	40	0	0
總次數	13	386	1	0

	誤報率(FPR, false positive rate) = FP/(FP+TN)	漏報率(FNR, false negative rate) = FN/(FN+TP)	準確率(ACC, accuracy) = (TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)
百分比	0.26%	0.00%	99.75%

7.2 大規模驗測之量化績效分析

7.2.1 第一次大規模驗測之量化績效分析

本研究於 108 年 10 月 5 日進行第一次大規模實車測試，以大客車於實際營運路線行駛與正常停靠站載客之方式進行，並在行駛過程中蒐集車聯網與 ADAS 運行資料進行分析，項目包括：(1)車聯網類的交通安全類(RSA)訊息廣播、智慧安全路口、公車優先號誌資料流、號誌化路口行駛加減速建議、高速公路車流均勻速度建議，以及(2)ADAS 類的未保持安全距離(FCW)、車道偏移(LDW)、盲點偵測(BSD)等。以下分析方式將從 ADAS 類應用與車聯網類應用，分別進行運作績效分析。

7.2.1.1 ADAS 類應用績效分析

大規模實車測試受限於大客車實際運行與正常停靠站載客，因此相關測試情境發生機率屬隨機，以下就所觀察未保持安全距離(FCW)、車道偏移(LDW)、盲點偵測(BSD)等三種情境的警示測試目的及本次測試之觀察彙整於表 7.2.1.1-1。

FCW 為測試大客車於實際公車路線行駛過程中，當同一車道前方有另一車輛靜止、緩慢行駛後突然剎車、減速行駛等，使得兩車間距縮短的情況下，提供大客車前方防碰撞警示。於測試過程中觀察到，若大客車以 35-40 kph 車速行駛情況下，與前車距離約 15 公尺時能夠成功發出警示；此外，當大客車車速小於 35 kph 且前方車輛突然剎車時，兩車車距約尚相距 5 公尺時，但仍會發出急迫的警示聲提醒大客車駕駛員。然因基隆市公車 505 線運行路線多彎道與上下坡道路型態，導致車速不易達到觸發警示門檻，因此發生案例警示較少，意即會有漏報現象。

LDW 為測試大客車於實際公車路線行駛過程中，車身偏移壓過車道線，致使觸發警示，以提醒大客車駕駛員。於測試過程中觀察到，基隆市公車 505 線運行路線多彎道，大客車車體較長與較寬，致使行經彎道時，車身容易壓過車道線，甚至短暫偏移至對向車道；因此在實驗設備 LDW 警示門檻為車速 35 kph，以及於此路段大客車行駛速度多為 30-35 kph 下，因此發生案例警示偏低，意即會有漏報現象。

BSD 為測試大客車於實際公車路線行駛過程中，於偵測範圍相鄰左右側(車道)是否有其它車輛經過，以產生警示提醒大客車駕駛員。於測試過程中觀察到，本次測試 BSD 前方有漏報與誤報情況；漏報情況包括：無法偵測到轉角行人及機車、陸橋旁的機車，誤報情況包括：車頭前方無任何機車或行人但卻產生警示。同時左右側盲區警示於離峰期間貨車量量較低之情境，其偵測準確度較高，但兩

側皆尚有誤報之情況，如轉彎後與安全島過近而觸發警報、下坡轉彎時偵測到路邊停車之車輛、靠站停止後右側偵測到欲上車之乘客。

表 7.2.1.1-1 各項警示事件測試之觀察

項目	測試目的	本研究觀察
FCW	測試大客車於實際公車路線行駛時，前車在同一車道靜止、緩慢行駛後剎車、減速等，在與大客車車間距縮小，可提供大客車警示。	實驗大客車車速 35-40 kph 情況下，於距離前車約 15m 時發出警示。另外，當大客車車速低於 35 kph，與前車距離約 5m 時則發出急迫警示聲。
BSD	測試大客車於實際公車路線行駛時，其他車輛從左右側之相臨車道通過，提供警示。	前方、左方、右方之偵測皆過於敏感，尤其經隧道、陸橋等道路型態時，其偵測準確度明顯降低。
LDW	測試大客車於實際公車路線行駛時，車身偏移壓過車道線，提供警示。	大客車行駛路線多彎道，車身容易偏移至對向車道，因而發出警示。

根據上述觀察，除定義 FCW、BSD、LDW 測試項目內容(成功與失敗)外，並將各項警示事件之測試結果整理於表 7.2.1.1-2；表中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫，TTC 為碰撞時間 Time to Collision 的縮寫。

表 7.2.1.1-2 各項警示測試結果

測試項目	FCW	BSD	LDW
通過定義	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之前啟動警示	RV 進入左右側盲區提出警示，並於 RV 離開後解除警示	HV 壓過左右側車道線時觸發警示
通過情境	距離前車約 5m、10m 處發出警示	後方來車進入偵測範圍便警示	●於壓線當下警示 ●於壓過車道線後警示
失敗定義	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之後啟動警示或無警示	RV 在 HV 盲區時未發出警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	HV 壓過左右側車道線時無觸發警示
失敗情境	●無觸發警示 ●距離前車小於 5m 處觸發警示 ●車速不達觸發警示之門檻	●漏報：有車經過目標車輛左右側，但無警示 ●誤報：前方無物體但警示	無觸發警示

本研究透過實車測試及實際行駛狀況下之事前事後比較來評估此整合型安全系統之效益。實車測試係指透過類 CAMP 及大規模實車測試來測試此整合型安全系統之效能及性能，如各測試情境下之判中率。

本研究在實車測試部分(效能及性能)的主要發現如下：

1. 前方碰撞(FCW)於白天無雨狀態其判中率最高達 75%，於夜晚且雨天之狀態最高亦達 83%，具實務可用性；惟測試前方(複數)車輛有急停以及阻礙形成碰撞風險之情境，其判中率最高為 17%且於雨天夜晚性能表現不佳。
2. 車道偏離(LDW)之判中率在排除連續壓線及虛線之情況，無論日夜、晴雨天，最高達 100%，已達實際大規模應用水準。
3. 車聯網(CV)之判中率，LTA、IMA、EEBL 分別為 60% 、100%、 100%。
4. 盲區警示(BSD)於白天無雨時判中率約 88%，於夜晚雨天時約 30%。

本研究在經實車測試部分(效能及性能)對後續建議如下。

1. 針對駕駛人回饋

駕駛人提出警示聲出現時，在行車過程中無法立即判別，不知道當下是什麼危險情境，且警示類別太多不清楚其功能，需透過教育訓練才能上手；因此建議若能在測試前讓駕駛人了解警示系統的設置再進行實車測試，可能會得到更有效的回饋。

2. 針對測試情境設計

基隆市路多上下坡與彎道，而駕駛常常於彎道時偏移切入至對向車道，下坡時車速較快、彎道視距短小，當車輛偏移至對向車道駕駛反應時間較短，門檻值要求與目前設置之情境可能會有所差異。

3. 針對警示門檻設定

基隆道路狹窄，駕駛在轉彎及直線行駛時容易偏移至左右相鄰車道，而 LDW 原門檻值設置為 35KPH 以上才會警示，但在該路段上道路擁擠，駕駛車速通常為 30-35KPH 難以達到原門檻值，建議可以下修至 30KPH 左右。

7.2.1.2 車聯網類應用績效分析

本計畫於驗測過程將車聯網相關運作訊息記錄於「V2V_LOG」，以供資料分析之用，「V2V_LOG」分為三部分，分別為號誌燈態的「SPaT V2V_LOG」、交通訊息的「TIM V2V_LOG」，以及道路安全警示的「RSA V2V_LOG」。

- 「SPaT V2V_LOG」記錄收到的號誌燈態秒數、車輛 ID 與經緯度、與路口的距離、模式所產生建議速度、車速、方位、時間等資訊，資料內容範例為「51#燈態#秒數#HV 與路口距離#時間#OBU ID#速度建議#自車車速#自車 heading#緯度#經度#路口 ID#」。

- 「TIM V2V_LOG」記錄收到的 TIM 事件種類、內容、有效範圍、事件經緯度、與事件之距離、車輛 ID 等資訊，資料內容範例為「31#時間#tim_frame_type#tim_itis#tim_regions_num#tim 緯度#tim 經度#tim_extent#OBU 與 TIM 距離#OBU ID#」。
- 「RSA V2V_LOG」記錄收到的 TIM 事件種類、內容、有效範圍、事件經緯度、與事件之距離、車輛 ID 等資訊，資料內容範例為「31#時間#tim_frame_type#tim_itis#tim_regions_num#tim 緯度#tim 經度#tim_extent#OBU 與 TIM 距離#OBU ID#」。

以下針對 SPaT、TIM、RSA 等三類應用說明其績效分析的結果。

一、號誌時相秒數資訊(SPaT)

於正式大規模實驗測試中，CV 車輛行經裝有 RSU 設備之路口時，RSU 設備根據路口號誌剩餘時間及時態提供 CV 車輛行駛加減速建議，使 CV 車輛能減少因路口號誌所產生之停等，以下為 CV 車輛通過路口時所接收之 SPaT 資訊分析。

1.資料擷取說明

當 CV 車輛進入路口偵測範圍時，每秒約接受 2 至 8 筆資訊，直至通過路口，如圖 7.2.1.2-1 為 33 秒內 CV 車輛之位置資訊(約 0.1 秒一筆)，其中另外包含 33 筆 SPaT 資訊(約 1 秒一筆)。



圖 7.2.1.2-1 33 秒內 CV 車輛位置資訊

每一筆 SPaT 資訊皆包含車輛之行經十字路口、號誌時態、接收時間、

車輛 ID、車頭方位、號誌剩餘秒數、車輛實際車速、建議車速、經度、緯度與路口距離(公尺)。

2.資料篩選

雖然車輛行經裝有路測設備路口時，每秒約接受 2 至 8 筆資料，仍有部分車輛行經時因通訊品質而有資料缺漏，如圖 7.2.1.2-2 所示，每一個圈代表一筆資料，同一色圈代表同一車輛，橫軸為時間，縱軸為與路口距離，圖 7.2.1.2-2 各實驗車輛行經路口時與路口距離之變化，有部分車輛接近路口時並未持續收到資訊，推測可能受到阻隔或因封包碰撞造成資料遺失。

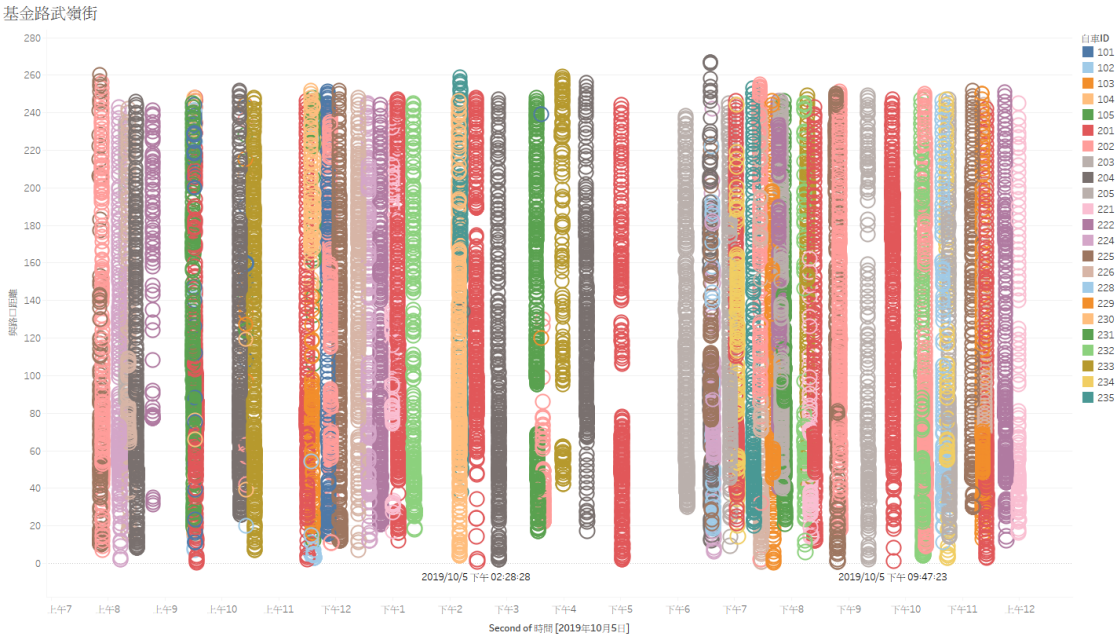


圖 7.2.1.2-2 車輛行經路口資訊接受情形-基金路武嶺街-北上

圖 7.2.1.2-3 為單一車輛行經基金路武崙街路口時，車輛與路口距離時空圖，每一個圈代表一筆資料。

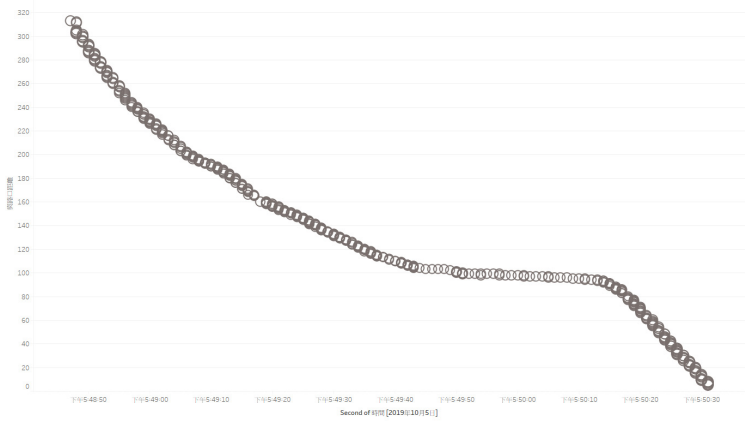


圖 7.2.1.2-3 車輛行經路口資訊接受情形

3.實際顯示畫面

於車機顯示畫面中，當車輛接近路口時，駕駛人會收到前方號誌剩餘秒速及加減速建議，如圖 7.2.1.2-4、圖 7.2.1.2-5 與圖 7.2.1.2-6 所示。為了避免過度干擾駕駛，針對建議加速或建議減速的提示其設計邏輯如下。

(1) 建議加速

本功能適用於依照速限行駛之車輛，在市區環境，車速較慢，當前方是綠燈且系統認定剩餘秒數不足當下車速通過路口時，演算法先行計算若要安全通過此路口所需之速度，若此建議速度與當下車速差值大於 3kph 且小於 10kph，判定為可以加速到達的數值，即會給予駕駛加速的建議，當然系統會先初步確認此時公車前方是否有塞車，故在車速低於 5kph 時，此功能將不會作動。而在國道環境，車速較高，由 RSU 給出的 TIM 做速度建議的判斷，當建議速度差值大於 10kph，小於 20kph，判定為可以加速到達的數值，即會給予駕駛加速的建議，而不作動最低速限調整為 60kph。

(2) 建議減速

本功能適用於依照速限行駛之車輛，在市區環境，車速較慢，當前方是紅燈且剩餘秒數大於 5 時，判定為車輛需守法在停止線前煞停，故系統會給予駕駛減速的建議。當車速低於 5kph 時，此功能將不會作動。而在國道環境，車速較高，由 RSU 給出的 TIM 做速度建議的判斷，當建議速度差值大於 10kph，小於 20kph，判定為可以減速到達的數值，即會給予駕駛減速的建議，而不作動最低速限調整為 60kph。

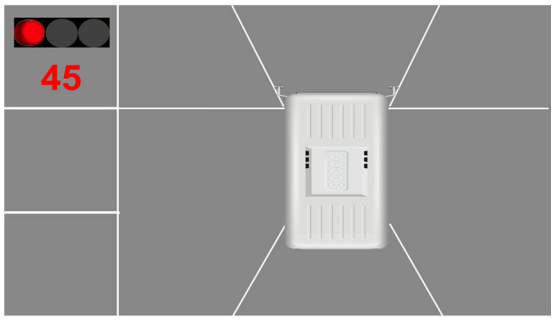


圖 7.2.1.2-4 前方號誌與剩餘秒數

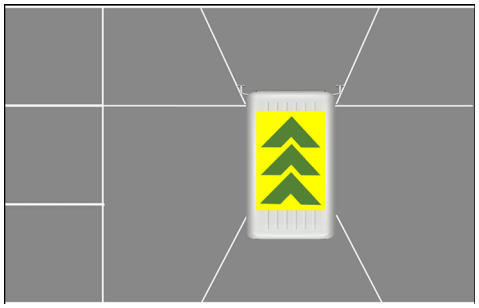


圖 7.2.1.2-5 車機顯示加速建議

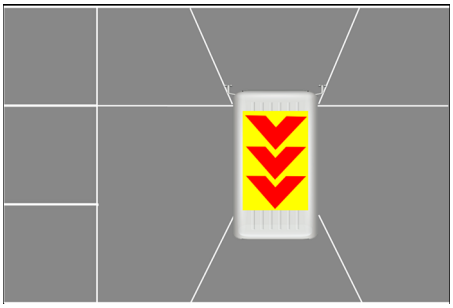
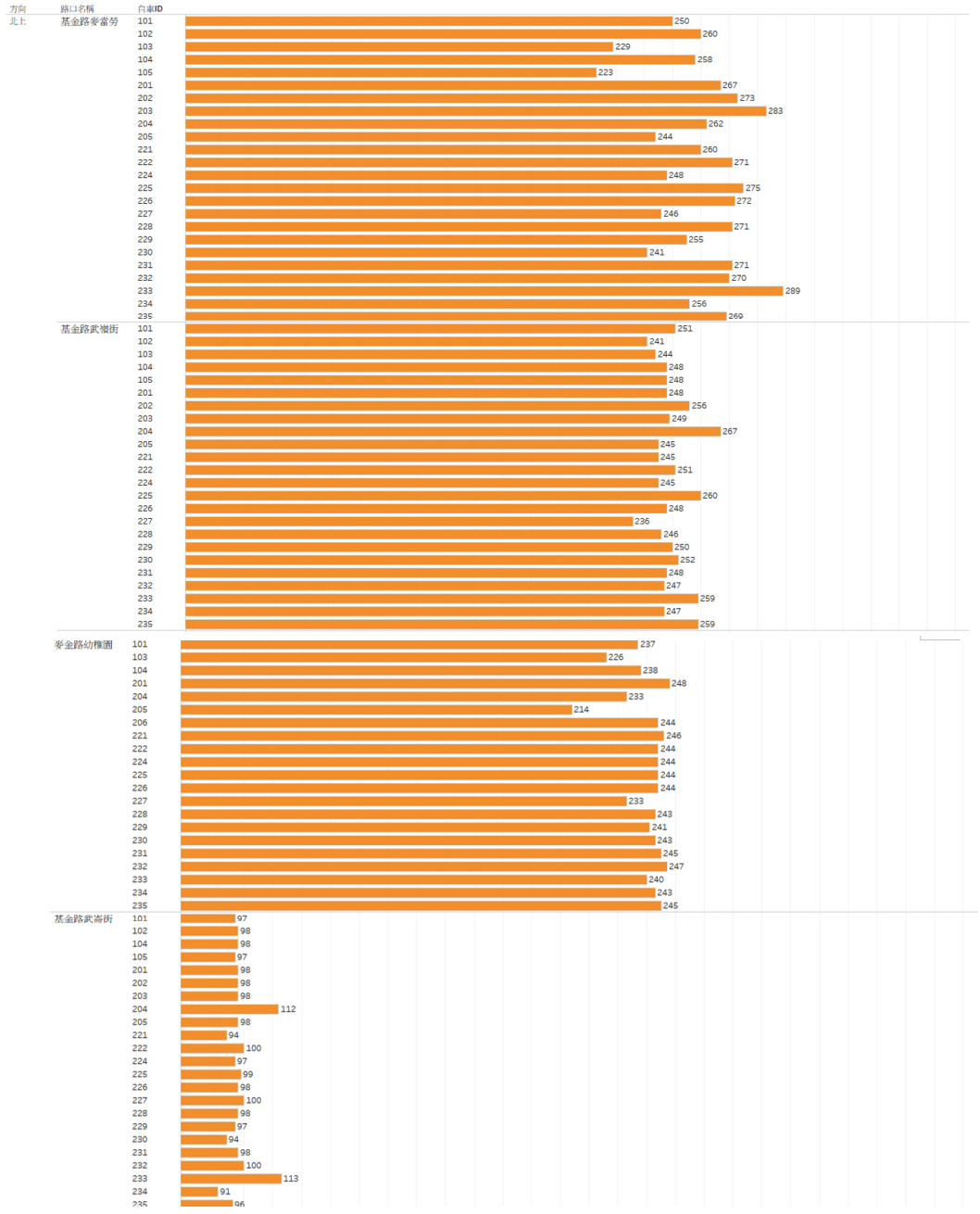
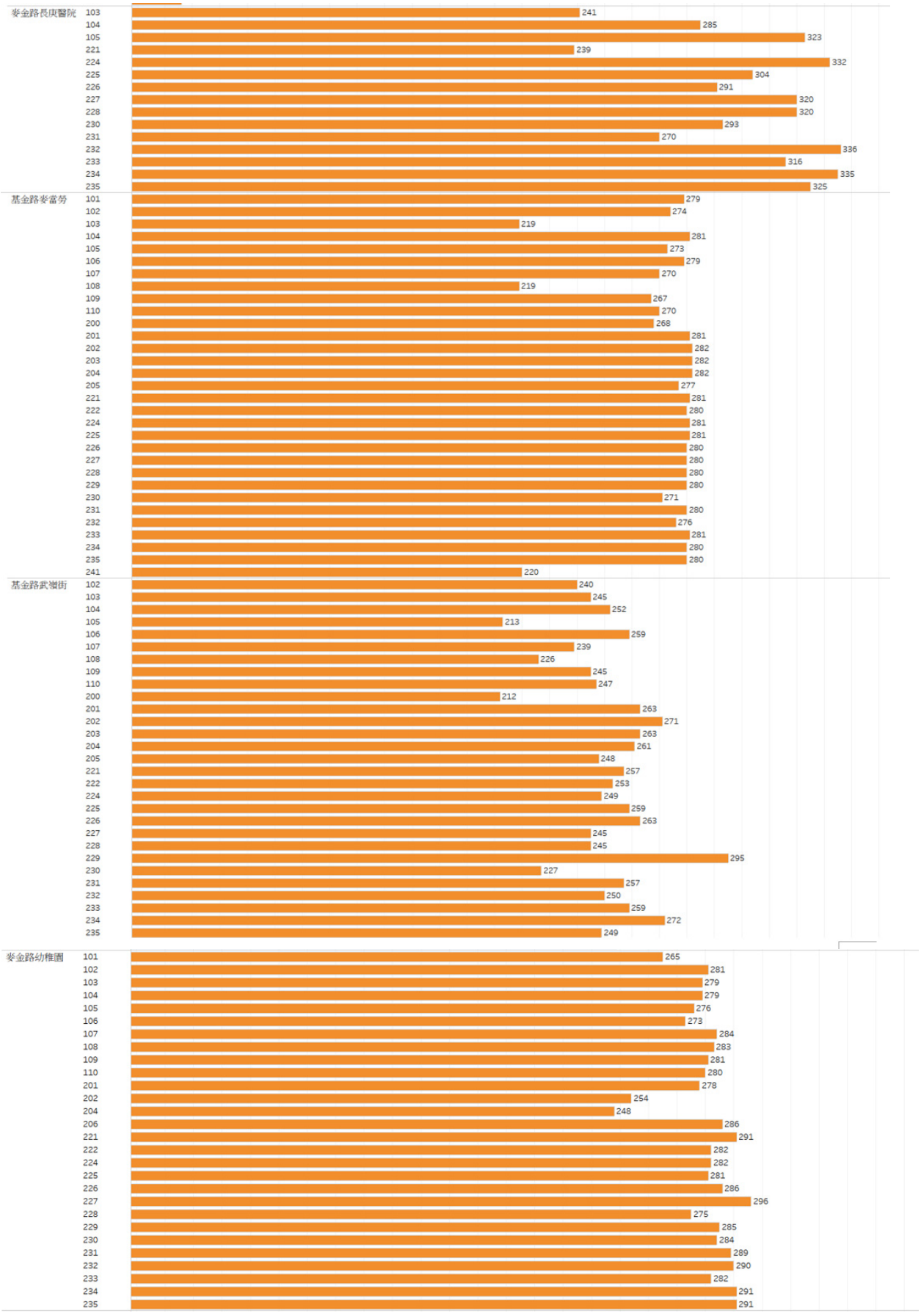


圖 7.2.1.2-6 車機顯示減速建議

4.接受訊息距離

CV 車輛行經路口時，首次收到 SPaT 資訊時，與路口距離約為 200~300 公尺，圖 7.2.1.2-7 為各測試車輛行經各路口時首次接收訊息之與路口距離，每個號誌路口都區分為北上及南下兩個來車方向進行分析，所有車輛於所有路口首次收到訊息之與路口距離總平均為 239 公尺。其中基金路武崙街北上以及基金路長庚醫院南下兩個路段的接收距離明顯比其他路段短，主要是因為該路段為彎曲路段，RSU 通訊的範圍受彎曲路段上的建築物阻隔，但基本上都可以在路口 100 公尺前提供號誌時相資訊，可滿足使用者需求。




麥金路長庚醫院
103 241
104 285
105 323
221 239
224 332
225 304
226 291
227 320
228 320
230 293
231 270
232 336
233 316
234 335
235 325
基金路麥當勞
101 279
102 274
103 219
104 281
105 273
106 279
107 270
108 219
109 267
110 270
200 268
201 281
202 282
203 282
204 282
205 277
221 281
222 280
224 281
225 281
226 280
227 280
228 280
229 280
230 271
231 280
232 276
233 281
234 280
235 280
241 220
基金路武嶺街
102 240
103 245
104 252
105 213
106 259
107 239
108 226
109 245
110 247
200 212
201 263
202 271
203 263
204 261
205 248
221 257
222 253
224 249
225 259
226 263
227 245
228 245
229 295
230 227
231 257
232 250
233 259
234 272
235 249
麥金路幼稚園
101 265
102 281
103 279
104 279
105 276
106 273
107 284
108 283
109 281
110 280
201 278
202 254
204 248
206 286
221 291
222 282
224 282
225 281
226 286
227 296
228 275
229 285
230 284
231 289
232 290
233 282
234 291
235 291

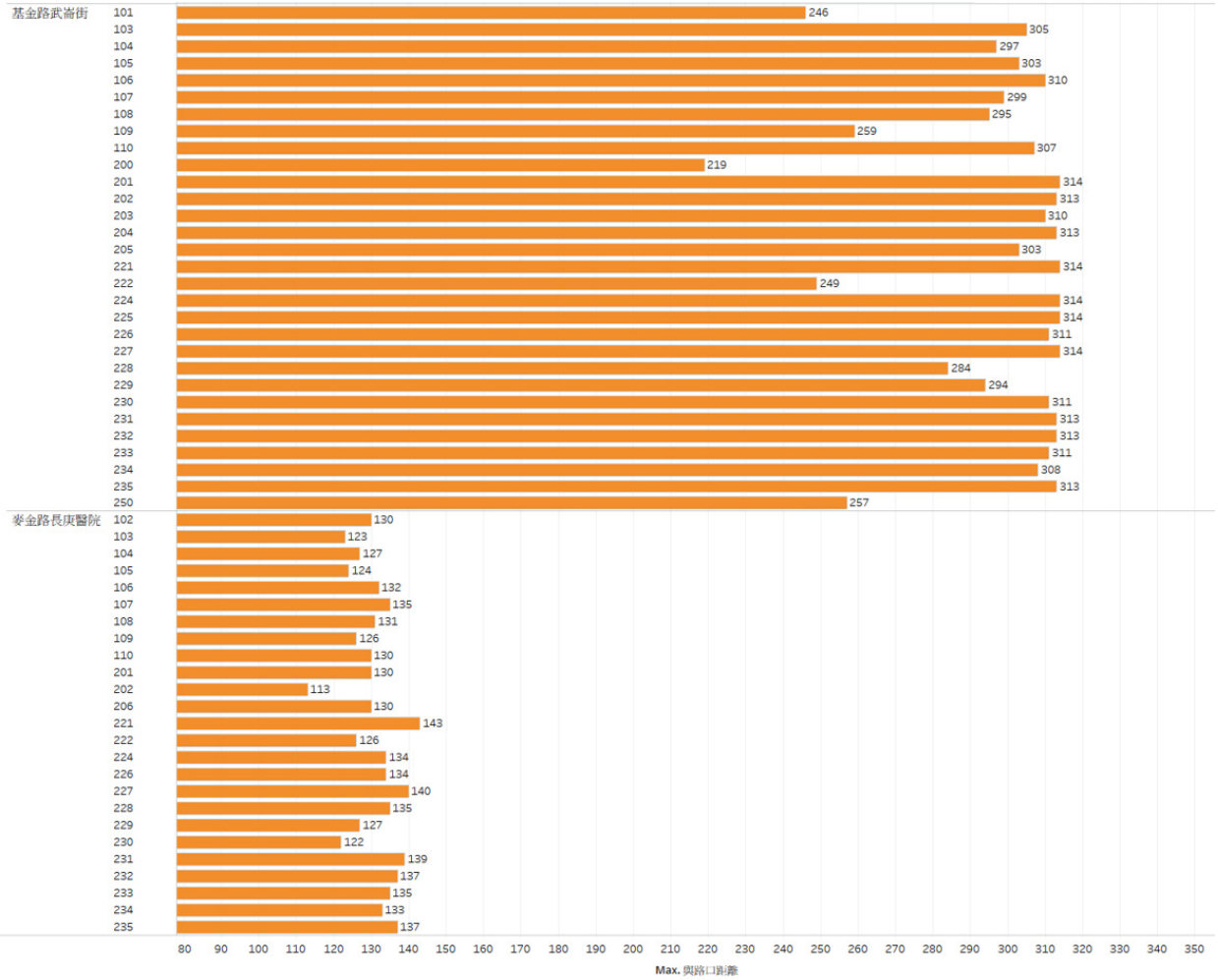


圖 7.2.1.2-7 車輛首次接受訊息位置

5.速率比較

當車輛行駛至 RSU 通訊範圍時，RSU 根據前方號誌燈號提供建議速率以使車輛能順利通過路口，當車輛行駛之速率無法順利通過路口時，OBU 會提醒駕駛人加速以便順利通過路口，若前方號誌為紅燈時，則提醒駕駛人減速以便行駛至路口時接續號誌轉換，以下針對不同情形時之速率建議比較進行說明。

(1)前方號誌為綠燈且車流順暢

圖 7.2.1.2-8 為前方號誌為綠燈且行車速度順暢時，建議速率與實際速率的比較，橫軸為時間，左縱軸為速率，右縱軸為車輛與路口距離(公尺)，圈形符號為實際速率，叉形符號為建議速率，紅線為與路口距離曲線。由圖可知，當車輛行駛之速率由系統判斷能夠順利通過前方路口時，系統提拱之建議速率與實際速率相同，此過程中，系統不會提醒駕駛加/減速直至車輛順利通過路口。

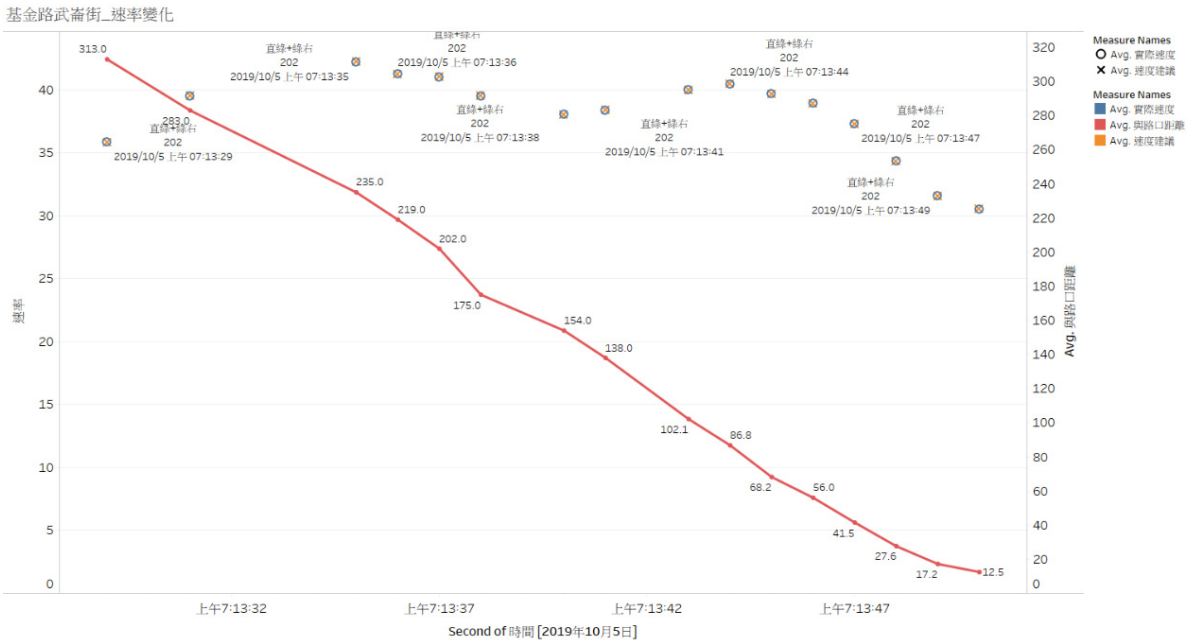


圖 7.2.1.2-8 車流順暢時速率比較

(2)前方號誌為綠燈且行車速度緩慢

圖 7.2.1.2-9 為前方號誌為綠燈且行車速度緩慢時，建議速率與實際速率的比較，橫軸為時間，左縱軸為速率，右縱軸為車輛與路口距離(公尺)，圈形符號為實際速率，叉形符號為建議速率，紅線為與路口距離曲線。由圖可見，一開始車輛加速行駛進入路口，此時因系統判斷車輛行駛之速率能夠順利通過前方路口，故系統不提供駕駛加減速建議，此時建議速率與實際速率相同，接著實驗車輛遇前方壅塞路段，駕駛減速使車速下降，此時系統為使車輛能夠順利通過路口，故提醒駕駛加速提高速率，此時建議速率高於實際速率，且因綠燈剩餘時間越少，建議速率逐漸上升，待前方壅塞車流紓解後，駕駛行駛之實際車速上升至可順利通過路口之時速時，系統判斷車輛速率可順利通過路口，則不再提醒駕駛加減速建議，此時建議速率與實際速率相同。

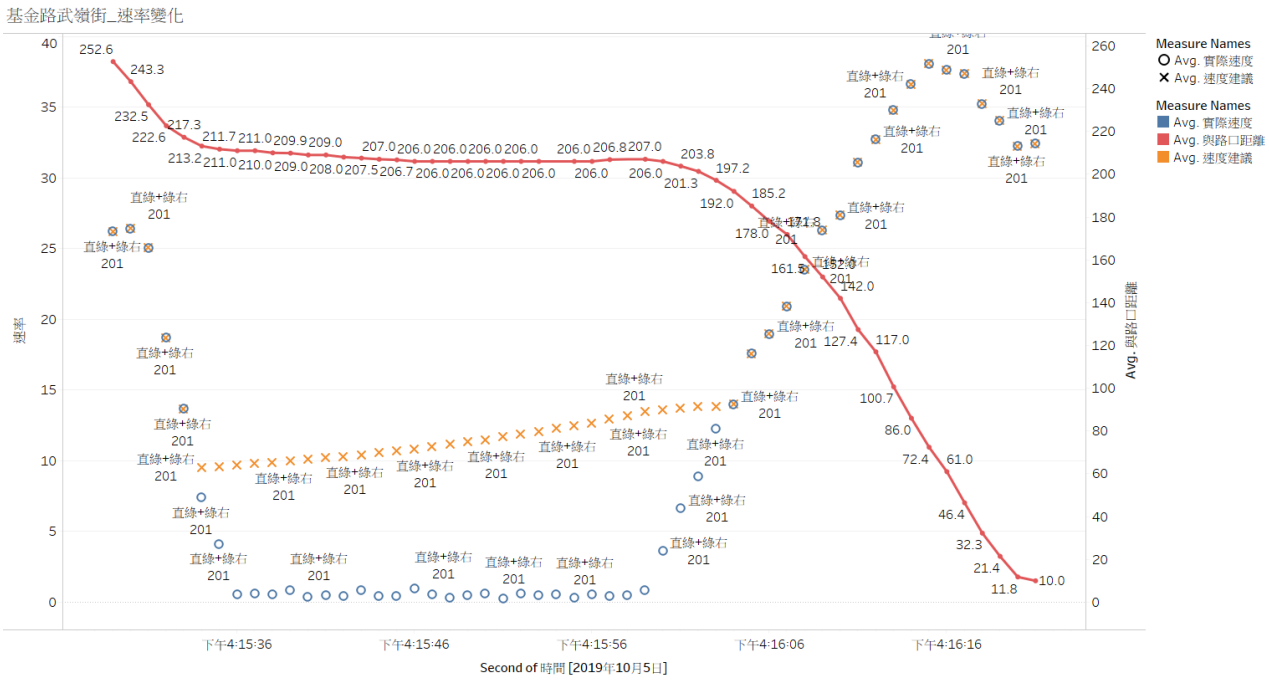


圖 7.2.1.2-9 車流壅塞時速率比較

(3)前方號誌轉換(由綠燈轉紅燈再轉綠燈)

圖 7.2.1.2-10 為前方號誌為綠燈且車速緩慢時，建議速率與實際速率的比較，橫軸為車輛通過路口時之時間，左縱軸為速率，右縱軸為車輛與路口距離(公尺)，圈形符號為實際速率，叉形符號為建議速率，紅線為與路口距離曲線。由圖可見，當車輛進入路口時，因前方綠燈號誌時間剩餘不足，車輛無法以當時之速率通過路口，故系統建議駕駛加速，此時建議速率高於實際速率，隨著愈接近號誌燈號轉換時間點，建議速率愈趨高，最高建議速率以該路段速限為建議值，此時系統並不會給予駕駛不合理的加速建議，號誌轉換後，車輛因停等紅燈故實際車速降至 0 為停等狀態，建議速率則為負值，待號誌再度轉換後，車輛逐漸加速至可順利通過路口之速率且實際速率與建議速率一致。

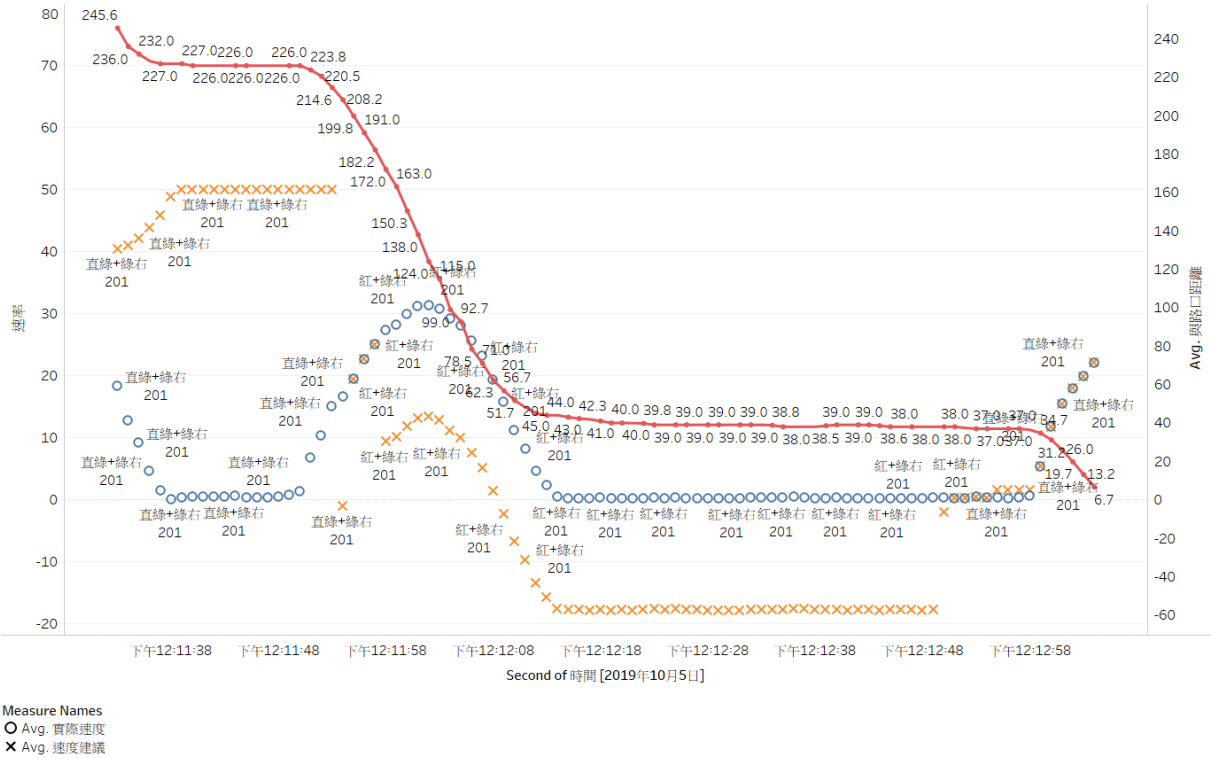


圖 7.2.1.2-10 前方號誌轉換時速率比較

由上述三種情形結果可知，當車輛實際行駛速率可順利通過路口時，車機設備之建議速率則與實際速率相同，若車輛實際速率無法於號誌綠燈時順利通過路口，則車機設備建議駕駛提高速率以通過路口，若發生於號誌即將轉換過程中，則可能發生計算出的建議速率不合理之情形，此時系統並不會給予駕駛不合理的加速建議。

二、旅行者資訊(TIM)

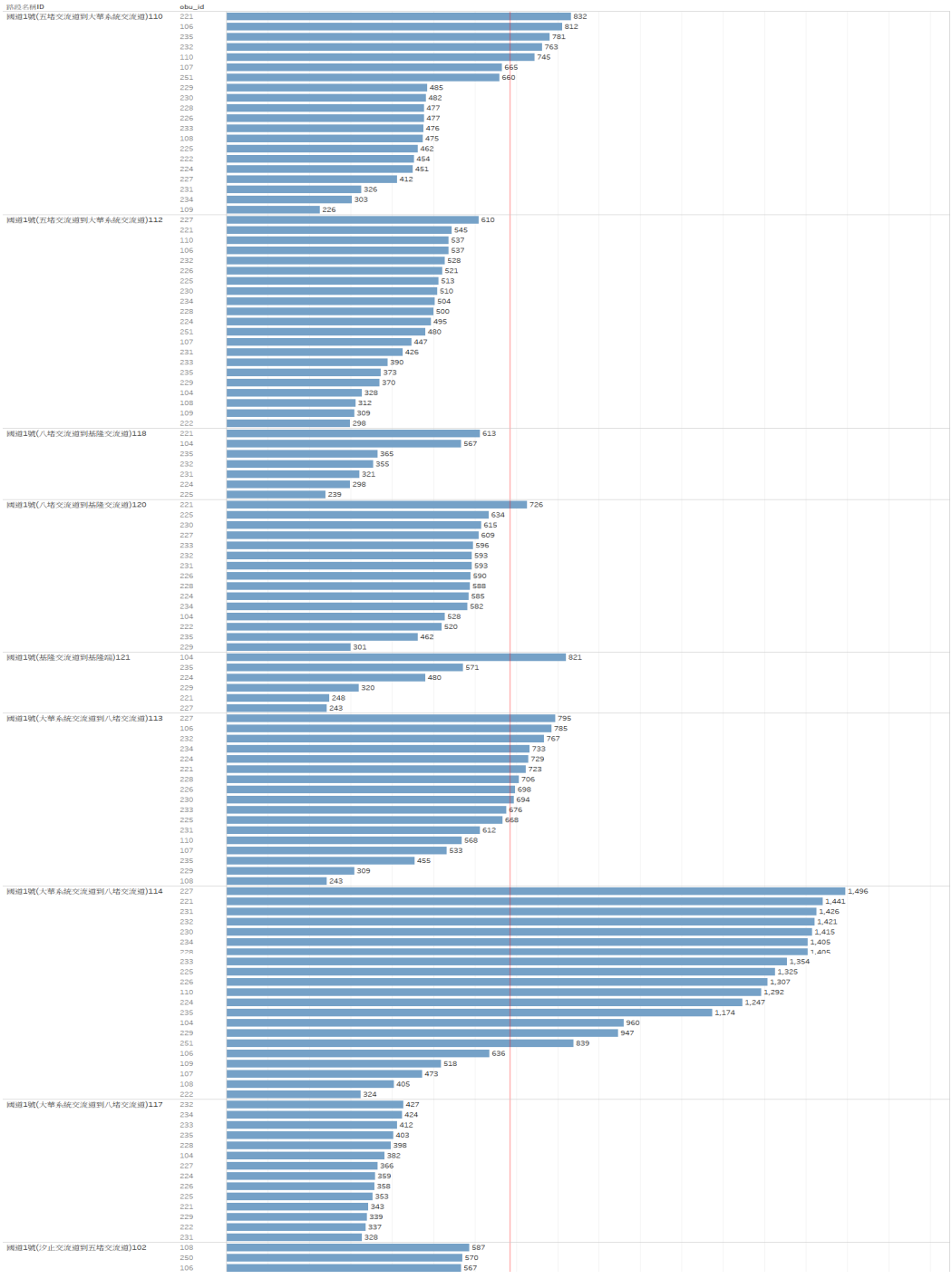
此項實驗目的在於提供駕駛人前方標誌警示，以便駕駛人能提早接收前方道路標誌警示，本計畫路側 RSU 於高速公路上通訊範圍可涵蓋約 1 公里範圍，TIM 訊息的發布會依據訊息所在位置，由涵蓋該位置之路側 RSU 以及上游 RSU 共 2 個 RSU 來廣播該訊息，目的在協助 OBU 車機提早取得資訊，以便給予提醒及反應。以下針對本次實驗結果進行分析，包含車輛接收訊息時之與警示告示牌之位置及接收訊息次數頻率情形。

1.接受訊息位置

以下為旅行者資訊中速度建議與禁行路肩之資料蒐集結果，包含其首次接受訊息時之位置距離與該次接收訊息過程中最後一次接收訊息時之位置，本實驗包含南向與北向兩種情境。

(1)速度建議

於往北實驗中，有 16 條路段發出速度建議訊息，其訊息影響範圍約 2-5 條鄰近路段，將駕駛車輛後方道路提供之速度建議訊息過濾，僅保留前方道路速度建議訊息，下圖 7.2.1.2-11 中，第一欄為發出訊息之路段名稱與編號，第二欄為車輛 ID，第三欄為車輛收到訊息時與發出訊息路段之最遠距離，由圖可知，車輛最遠於距離警示地點 1604 公尺處接收訊息，圖中紅色為整體車輛接收該訊息之平均距離位置，整體而言，車輛平均於距離 685 公尺處首次接受訊息。



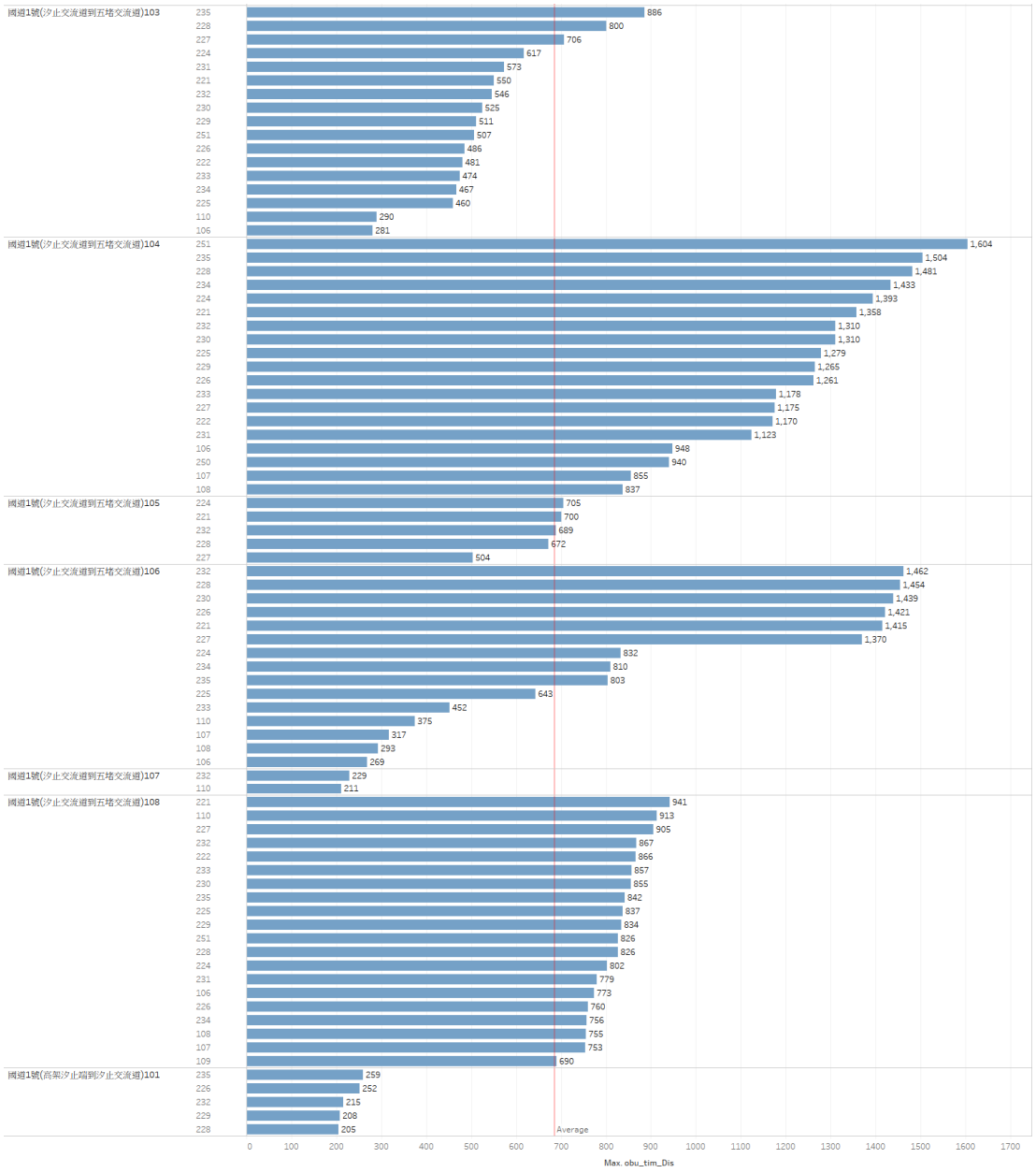
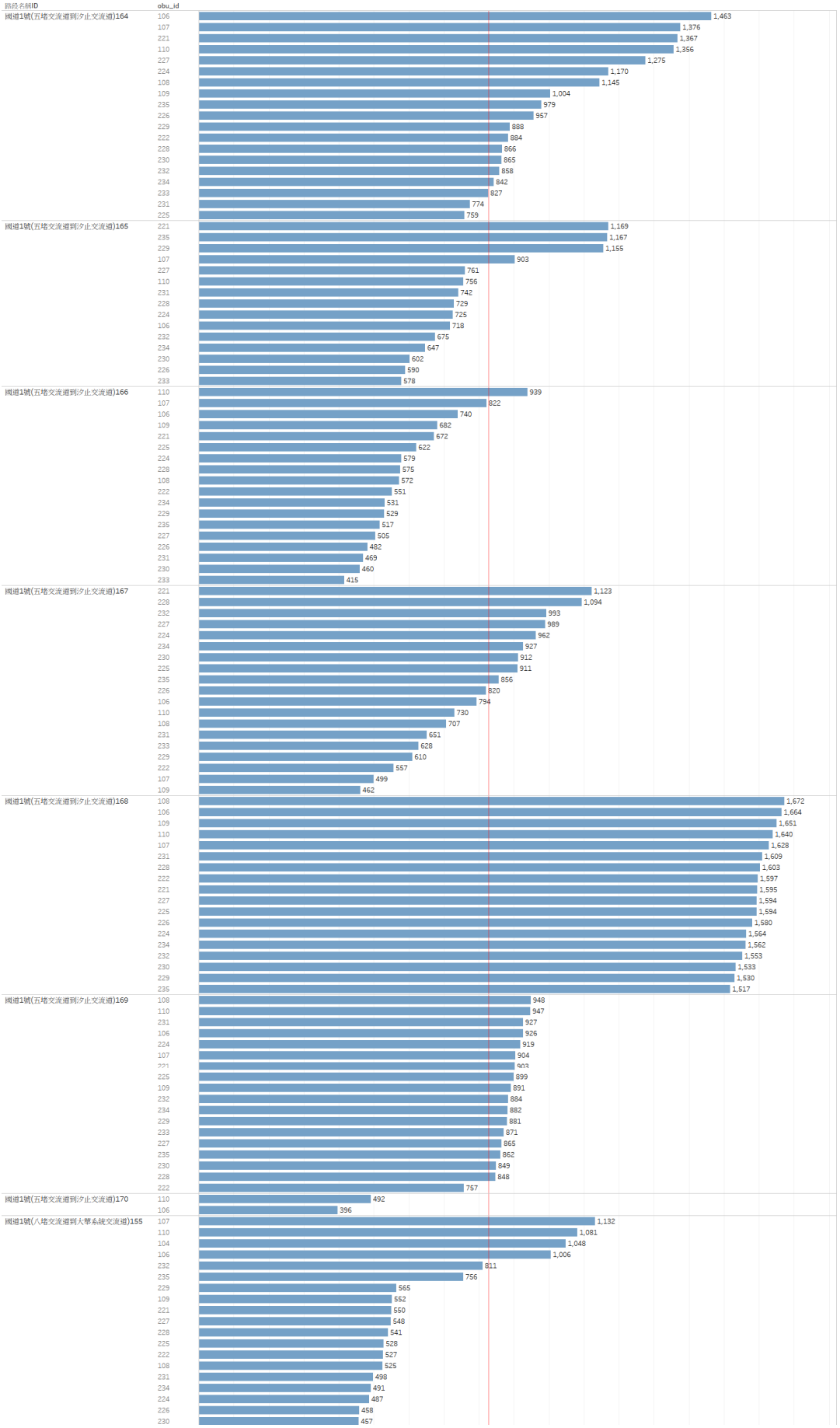
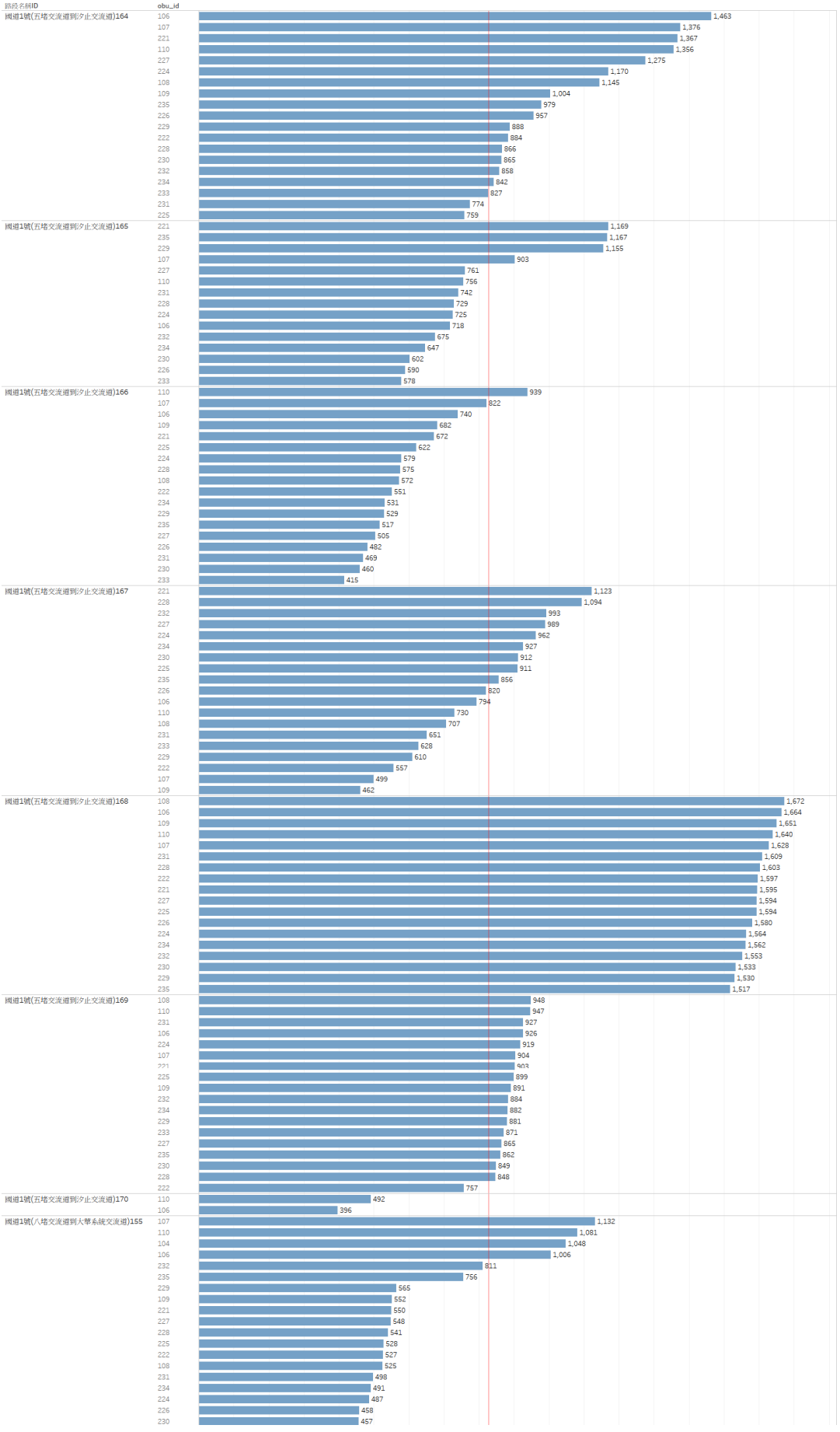


圖 7.2.1.2-11 車輛首次接收距離(往北/速度建議)

於往南實驗中，有 22 條路段發出速度建議訊息，其訊息影響範圍約 2-5 條鄰近路段，將駕駛車輛後方道路提供之速度建議訊息過濾，僅保留前方道路速度建議訊息，下圖 7.2.1.2-12 中，第一欄為發出訊息之路段名稱與編號，第二欄為車輛 ID，第三欄為車輛收到訊息時與發出訊息路段之最遠距離，由圖可知，車輛最遠於距離警示地點 1672 公尺處接收訊息，圖中紅色為整體車輛接收該訊息之平均距離位置，整體而言，車輛平均於距離 827 公尺處首次接受訊息。


路段名稱ID
obu_id
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)164
106 1,463
107 1,376
221 1,367
110 1,356
227 1,275
224 1,170
108 1,145
109 1,004
235 979
226 957
229 888
222 884
228 866
230 865
232 858
234 842
233 827
231 774
225 759
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)165
221 1,169
235 1,167
229 1,155
107 903
227 761
110 756
231 742
228 729
224 725
106 718
232 675
234 647
230 602
226 590
233 578
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)166
110 939
107 822
106 740
109 682
221 672
225 622
224 579
228 575
108 572
222 551
234 531
229 529
235 517
227 505
226 482
231 469
230 460
233 415
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)167
221 1,123
228 1,094
232 993
227 989
224 962
234 927
230 912
225 911
235 856
226 820
106 794
110 730
108 707
231 651
233 628
229 610
222 557
107 499
109 462
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)168
108 1,672
106 1,664
109 1,651
110 1,640
107 1,628
231 1,609
228 1,603
222 1,597
221 1,595
227 1,594
225 1,594
226 1,580
224 1,564
234 1,562
232 1,553
230 1,533
229 1,530
235 1,517
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)169
108 948
110 947
231 927
106 926
224 919
107 904
225 899
109 891
232 884
234 882
229 881
233 871
227 865
235 862
230 849
228 848
222 757
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)170
110 492
106 396
國道1號(八堵交流道到大華系統交流道)155
107 1,132
110 1,081
104 1,048
106 1,006
232 811
235 756
229 565
109 552
221 550
227 548
228 541
225 528
222 527
108 525
231 498
234 491
224 487
226 458
230 457


路段名稱ID
obu_id
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)164
106 1,463
107 1,376
221 1,367
110 1,356
227 1,275
224 1,170
108 1,145
109 1,004
235 979
226 957
229 888
222 884
228 866
230 865
232 858
234 842
233 827
231 774
225 759
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)165
221 1,169
235 1,167
229 1,155
107 903
227 761
110 756
231 742
228 729
224 725
106 718
232 675
234 647
230 602
226 590
233 578
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)166
110 939
107 822
106 740
109 682
221 672
225 622
224 579
228 575
108 572
222 551
234 531
229 529
235 517
227 505
226 482
231 469
230 460
233 415
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)167
221 1,123
228 1,094
232 993
227 989
224 962
234 927
230 912
225 911
235 856
226 820
106 794
110 730
108 707
231 651
233 628
229 610
222 557
107 499
109 462
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)168
108 1,672
106 1,664
109 1,651
110 1,640
107 1,628
231 1,609
228 1,603
222 1,597
221 1,595
227 1,594
225 1,594
226 1,580
224 1,564
234 1,562
232 1,553
230 1,533
229 1,530
235 1,517
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)169
108 948
110 947
231 927
106 926
224 919
107 904
225 899
109 891
232 884
234 882
229 881
233 871
227 865
235 862
230 849
228 848
222 757
國道1號(五堵交流道到汐止交流道)170
110 492
106 396
國道1號(八堵交流道到大華系統交流道)155
107 1,132
110 1,081
104 1,048
106 1,006
232 811
235 756
229 565
109 552
221 550
227 548
228 541
225 528
222 527
108 525
231 498
234 491
224 487
226 458
230 457

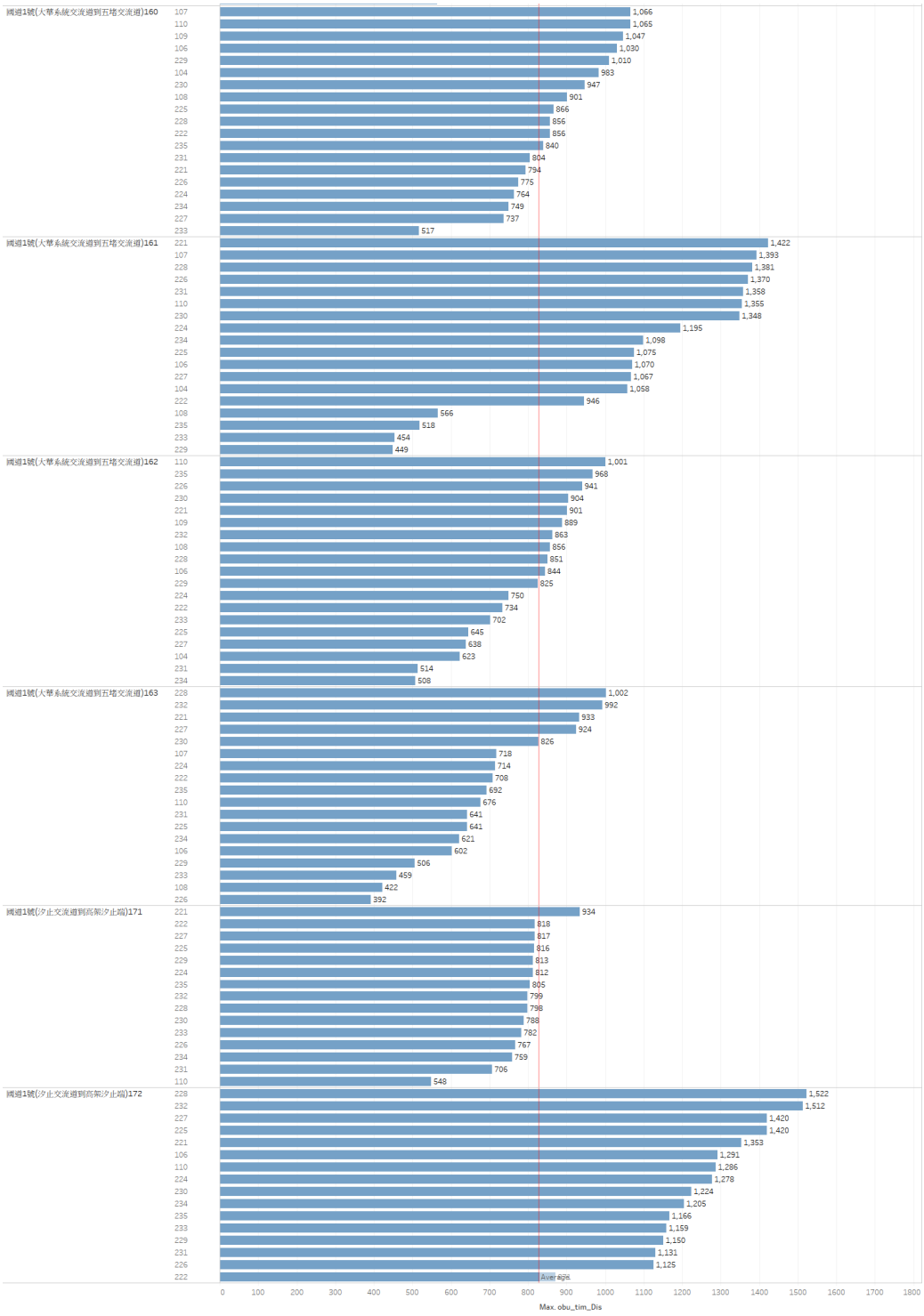


圖 7.2.1.2-12 車輛首次接收距離(往南/速度建議)

另針對速度建議訊息發佈中，欲探討駕駛對於速度建議訊息之反應，下圖 7.2.1.2-13 中，為路段 158 至路段 165，駕駛之行駛速率與建議速率關係，紅圈代表該路段建議速率，綠叉表駕駛實際速率，可發現駕駛速率有時會隨著建議速路增減，如於路段 160 時，建議速率低於實際速率，此時駕駛逐漸下降車速，至路段 164 時，建議速率高於實際速率，駕駛逐漸提高行駛速率。

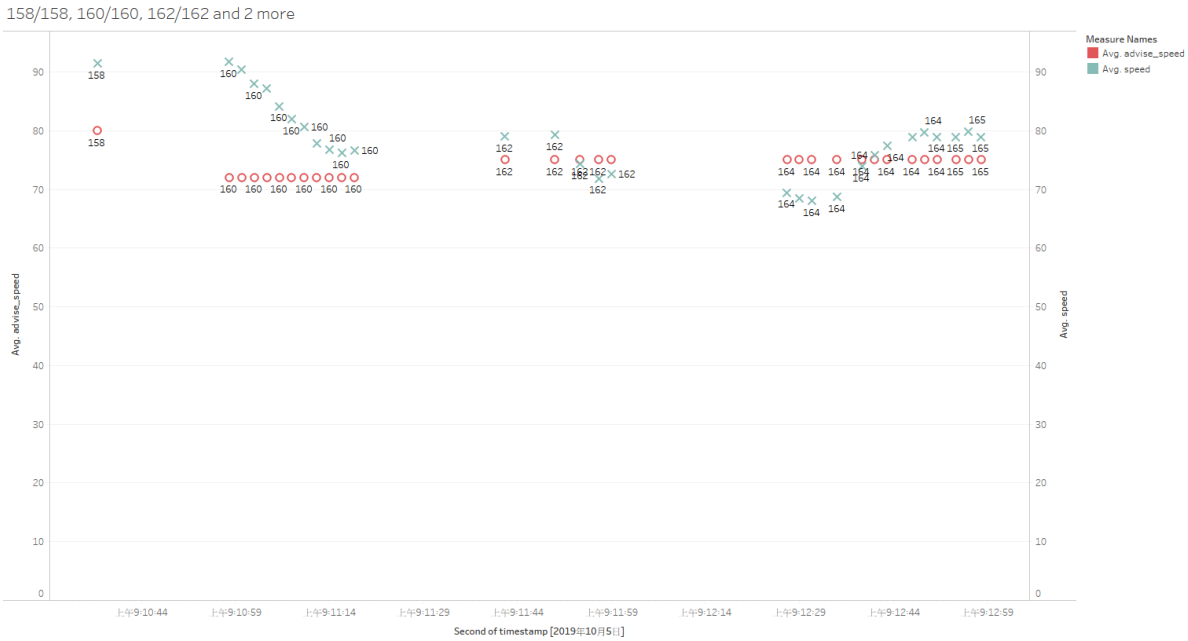


圖 7.2.1.2-13 速度建議與實際速率關係

(2)禁行路肩

於往北實驗中，有 18 輛車輛接收禁行路肩訊息，圖 7.2.1.2-14 中橫軸為距離(公尺)，第一欄為路段編號，第二欄為車輛編號，禁行路肩訊息大約由國道 1 號五堵交流道發出，由圖中可知，車輛最遠於距離警示地點 2198 公尺處接收訊息，圖中紅色為整體車輛接收該訊息之平均距離位置，整體而言，車輛平均於距離 2002 公尺處首次接受訊息。

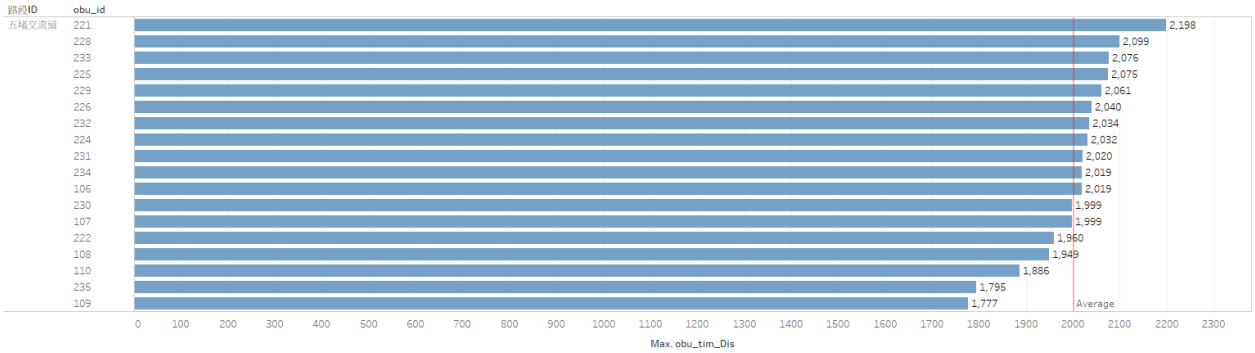


圖 7.2.1.2-14 車輛首次接收距離(往北/禁行路肩)

2.接受訊息次數

除接收訊息時之距離外，該車輛行經該路段所接收訊息次數亦是本實驗研究目的之一，本計畫設定速度建議發布頻率為每秒 1 次，標誌訊息(如禁行路肩)發布頻率為每秒 2 次，但因為需要發布的標誌訊息數量不定(約 3~6 個)，且採用輪播的方式進行廣播，同一標誌接收頻率大約是每 2 秒 1 次。

(1)速度建議

圖 7.2.1.2-15 為路段 118 整日北上所有車輛接收訊息情形，每一個圓圈代表一筆資料，圖 7.2.1.2-16 為單一車輛接收速度建議訊息情形，約兩秒接收一筆資料。

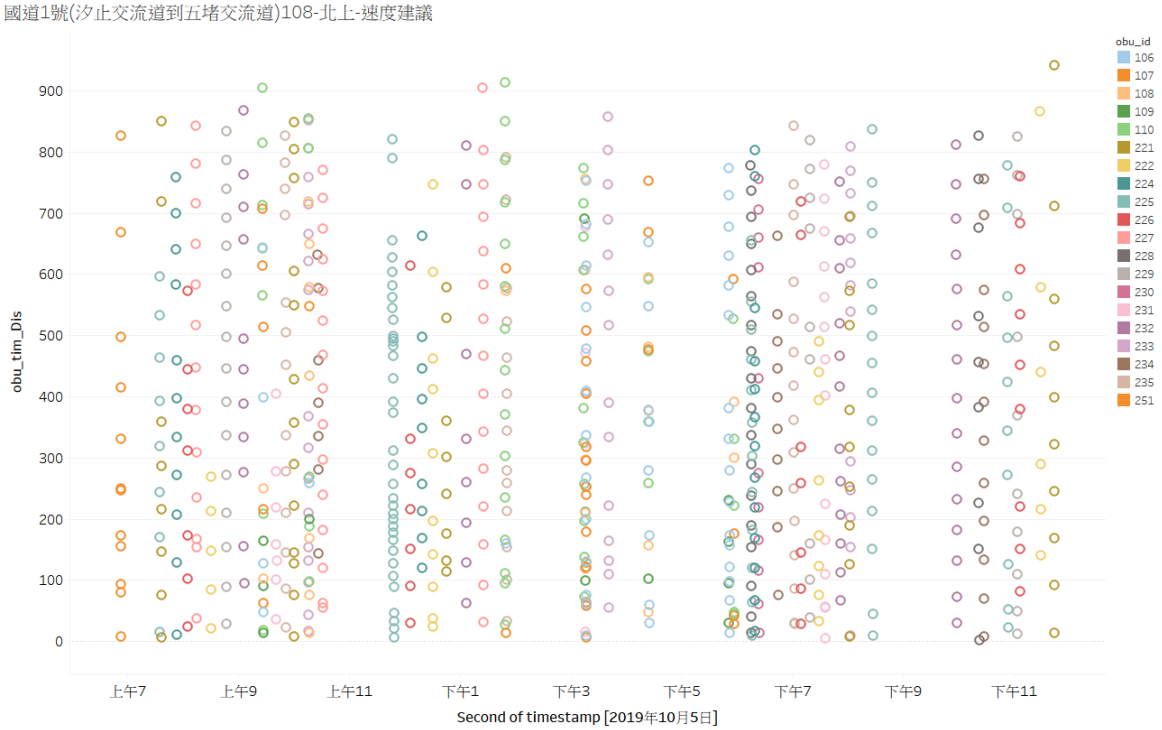


圖 7.2.1.2-15 車輛接收訊息情形-速度建議-北上

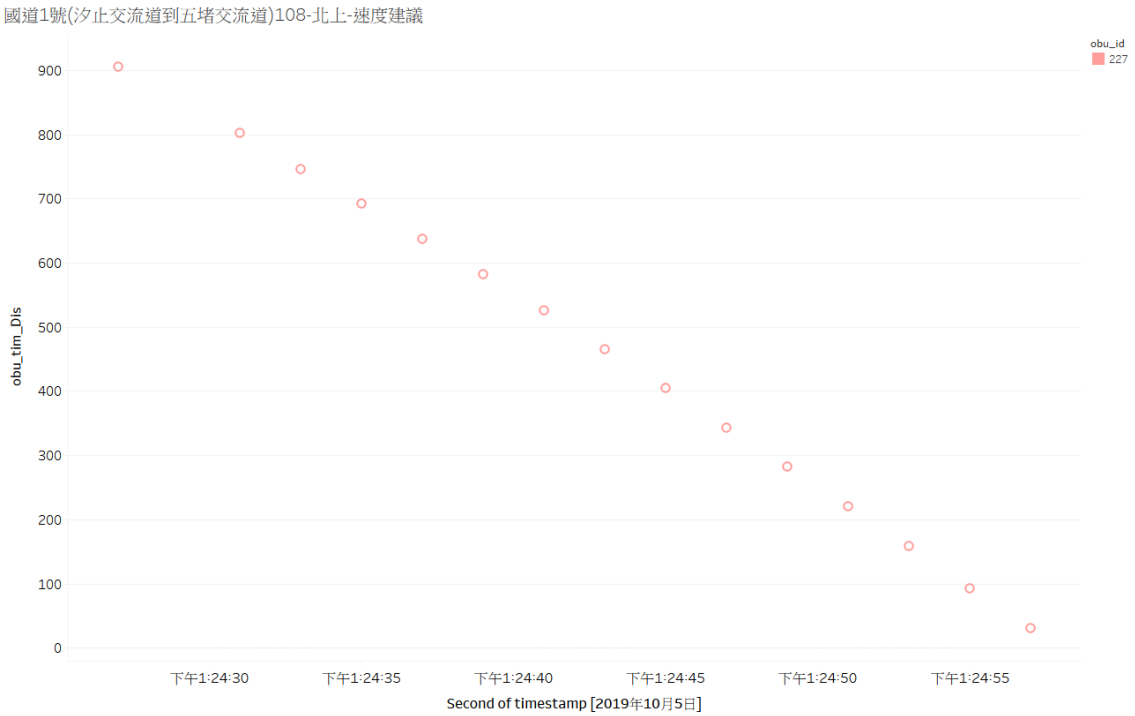


圖 7.2.1.2-16 單一車輛接收訊息情形-速度建議-北上

圖 7.2.1.2-17 為路段 153 整日南下所有車輛接收訊息情形，每一個圓圈代表一筆資料，圖 7.2.1.2-18 為單一車輛接收速度建議訊息情形，約兩秒接收一筆資料。

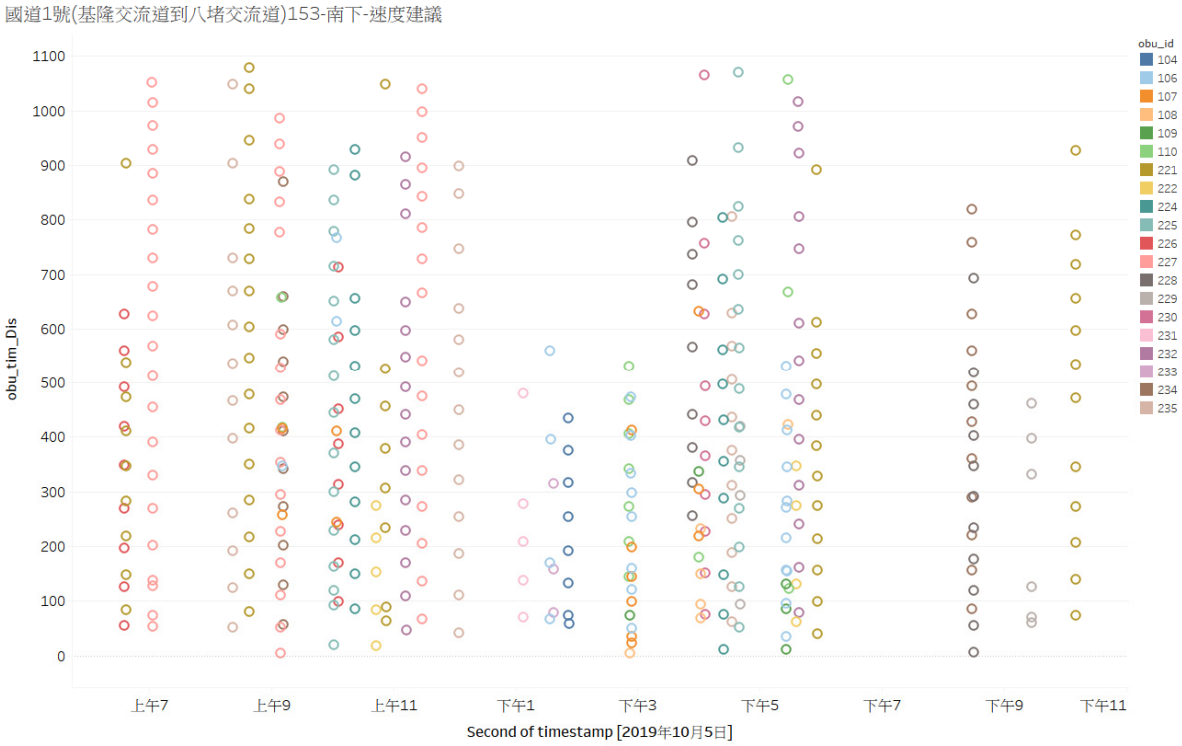


圖 7.2.1.2-17 車輛接收訊息情形-速度建議-南下

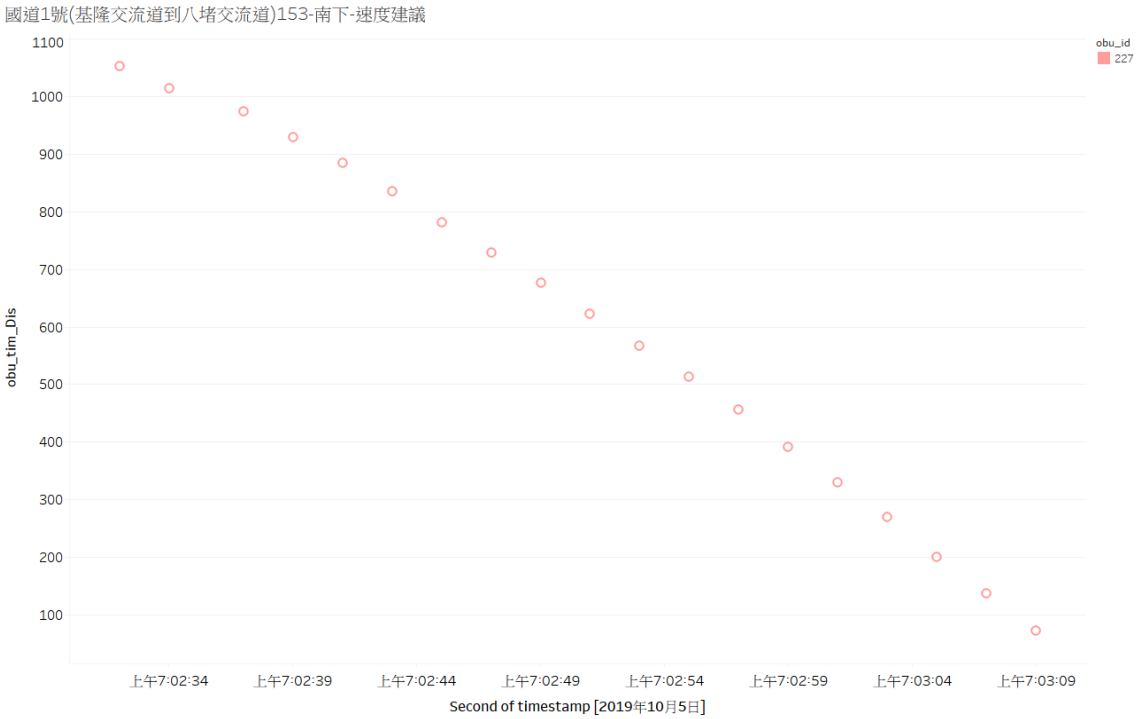


圖 7.2.1.2-18 單一車輛接收訊息情形-速度建議-南下

(2)禁行路肩

禁行路肩警示訊息僅有往北之資料，於往北的實驗中，包含 18 輛車輛接收五堵交流道發出之禁行路肩訊息，並過濾掉於通過禁行路肩路段後仍收到的警示訊息，圖 7.2.1.2-19 為北上所有車輛整日接收五堵交流道進行路肩訊息情形，圖 7.2.1.2-20 為單一車輛接收情形，約 1-2 秒接收一筆資料。其中有部分距離間，大部分的車輛都未收到標誌訊息，後來檢查發現有個 RSU 並未設定發送此標誌資訊，後續將進行改進。

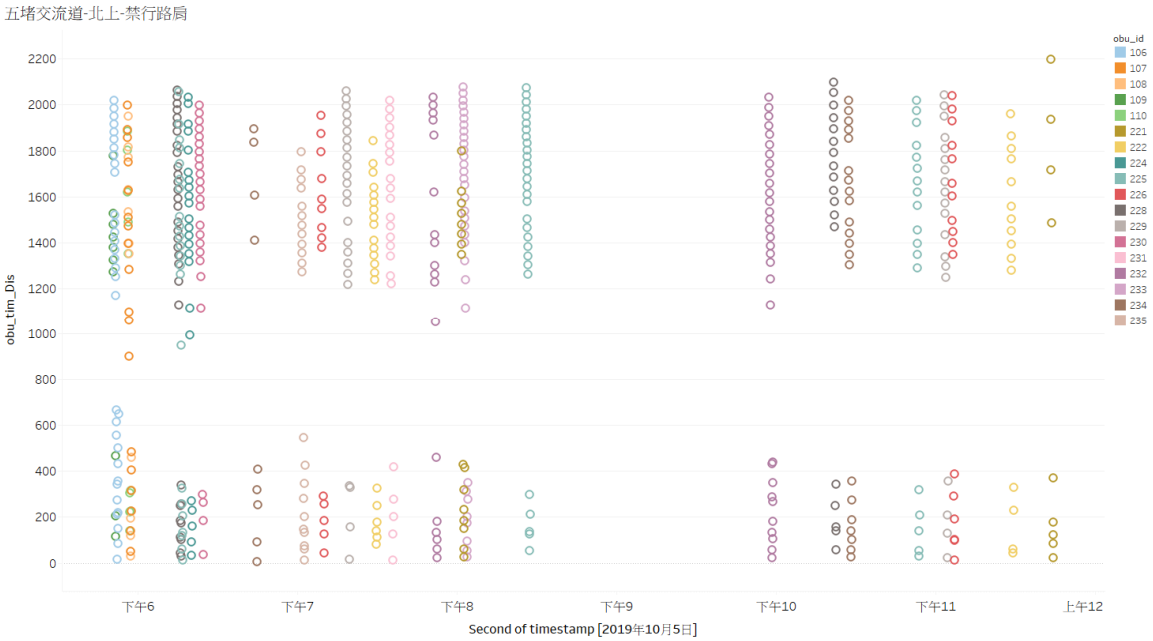


圖 7.2.1.2-19 車輛接收訊息情形-禁行路肩-北上

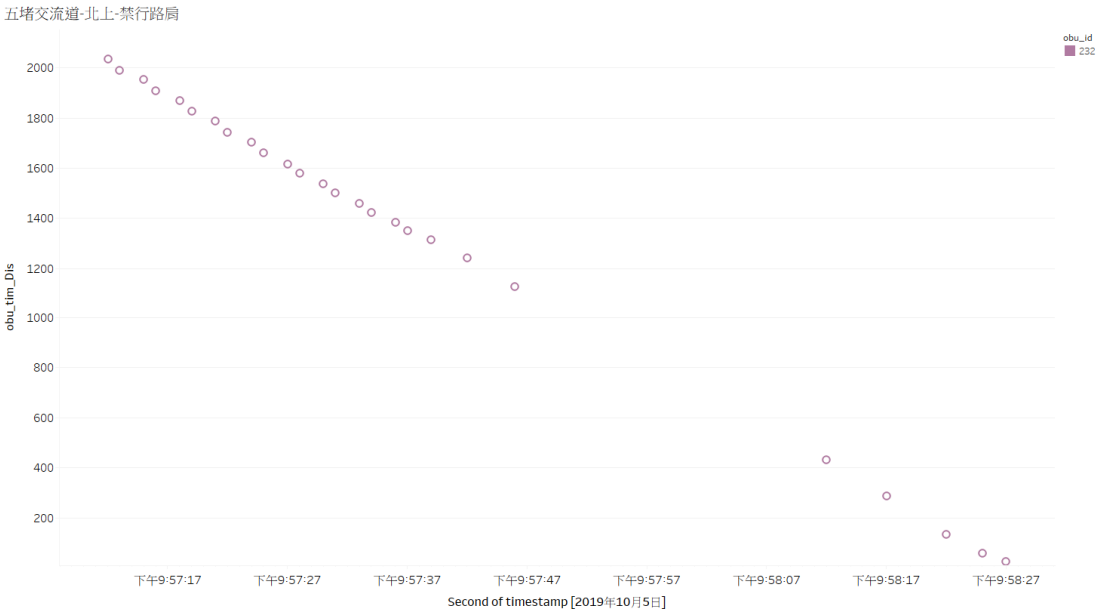


圖 7.2.1.2-20 單一車輛接收訊息情形-禁行路肩-北上

三、路側警示(RSA)

此項實驗目的在於提供駕駛人前方路側警示(RSA)，以便駕駛人能提早反應進行減速，本計畫路側 RSU 於高速公路上通訊範圍可涵蓋約 1 公里範圍，RSA

訊息的發布會依據訊息所在位置，由涵蓋該位置之路側 RSU 以及上游 RSU 共 2 個 RSU 來廣播該訊息，目的在協助 OBU 車機提早取得資訊，以便給予提醒及反應。針對道路施工情境除了利用現有架設的 RSU 協助廣播 RSA 訊息之外，也採用機動架設 RSU 的方式進行道路施工訊息推播，由於機動架設的 RSU 通訊範圍較短(約 300~500 公尺)，也會影響 OBU 車機接收訊息的距離。以下針對本次實驗結果進行分析，包含車輛接收訊息時之與警示告示牌之位置及接收訊息次數頻率。

1.接受訊息位置

以下為路側警示中道路壅塞與道路施工之資料蒐集結果，包含其首次接受訊息時之位置距離與該次接收訊息過程中最後一次接收訊息時之位置，本實驗包含南向與北向兩種情境。

(1)道路壅塞

於往北實驗中，保留由車輛前方發出道路壅塞之訊後，有 12 輛車輛接收 12 個地點發出之道路壅塞訊息，圖 7.2.1.2-21 表不同地點發布道路壅塞影響範為，影響範為最遠達 2958 公尺，平均而言道路壅塞訊息影響範圍約 1403 公尺。

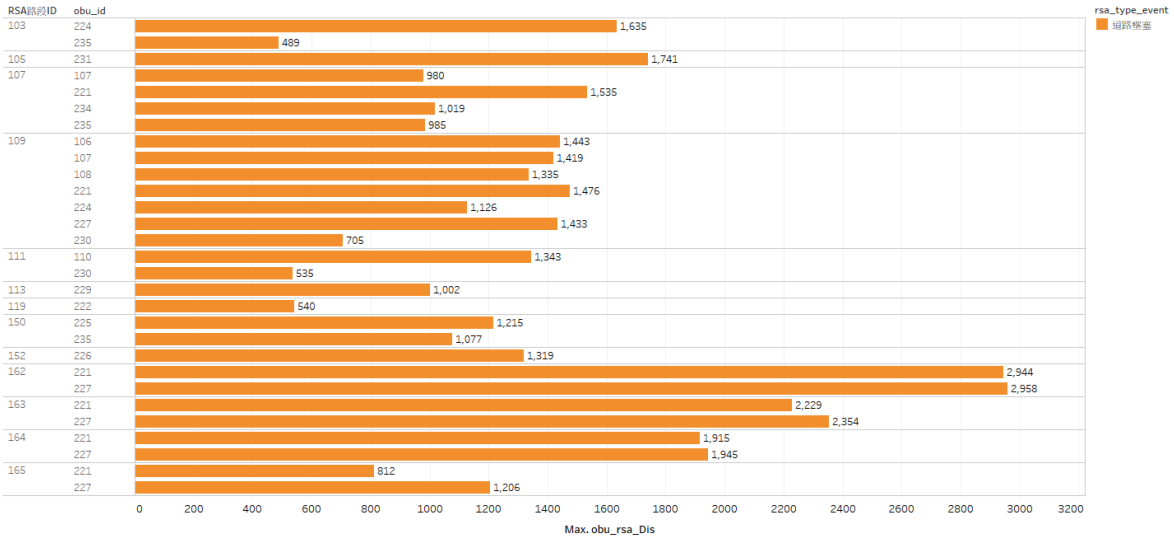


圖 7.2.1.2-21 RSA 影響最遠距離(往北/道路壅塞)

於往南實驗中，有 17 輛車輛接收 4 個地點發出之道路壅塞訊息，圖 7.2.1.2-22 表不同地點發布道路壅塞最遠影響範為，影響範為最遠達 1052 公尺，平均而言道路壅塞訊息影響範圍約 804 公尺。

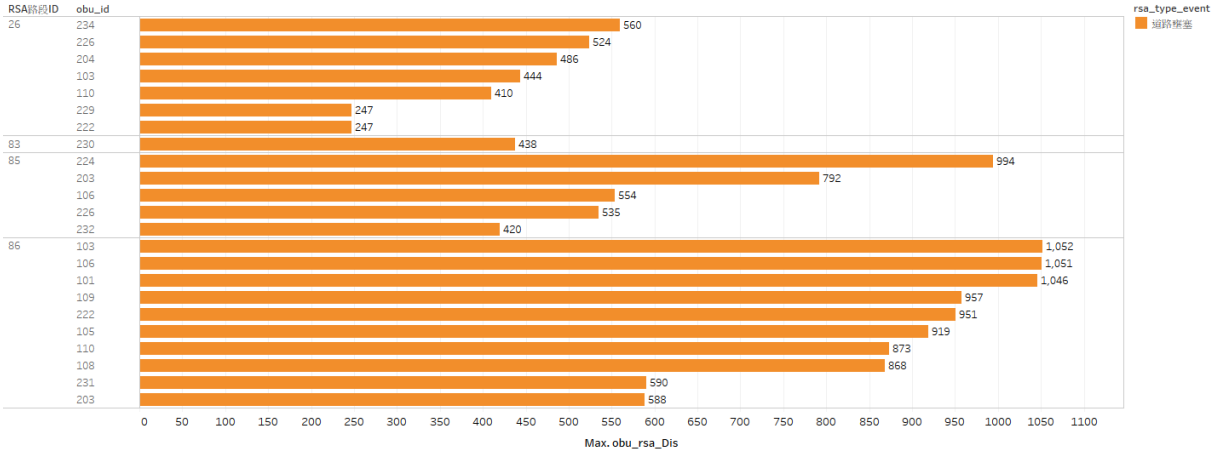


圖 7.2.1.2-22 影響最遠距離(往南/道路壅塞)

(2)道路施工

於往北實驗中，該處道路施工訊息是採用機動架設 RSU 來廣播，通訊範圍約 300 公尺，僅有 1 輛車輛接收 1 處所發出之道路施工訊息，圖 7.2.1.2-23 中表示某一地點發出道路施工訊息所影響的最遠範為，為 332 公尺。

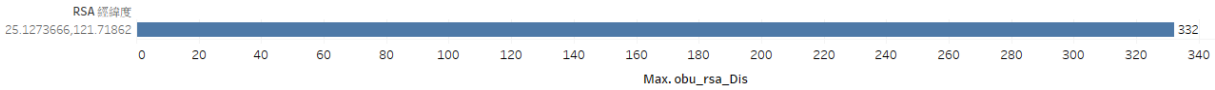


圖 7.2.1.2-23 影響最遠距離(往北/道路施工)

於往南實驗中，有 24 輛車輛接收 17 個地點發出之道路施工訊息，地點因無對應路段 ID 故以經緯度位置表示，圖 7.2.1.2-24 表不同地點發布道路施工最遠影響範為，影響範為最遠達 1050 公尺，平均而言道路壅塞訊息影響範圍約 640 公尺。

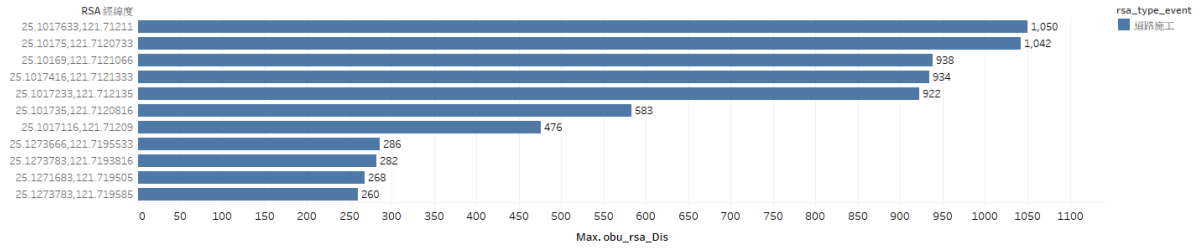


圖 7.2.1.2-24 影響最遠距離(往南/道路施工)

2.接受訊息次數

除接收訊息時之距離外，該車輛行經該路段所接收訊息次數亦是本實驗研究目的之一，本計畫設定 RSA 發布頻率為每秒 1 次，以下針對道路壅塞與道路施工訊息發布次數做說明。

(1)道路壅塞

圖 7.2.1.2-25 為道路壅塞所有事件地點中，整日北上所有車輛接收訊息情形，每一個圓圈代表一筆資料，圖 7.2.1.2-26 為單一車輛接收道路壅塞訊息情形，約一秒接收一筆資料。有部分車輛因通訊問題未持續收到訊息，但因訊息只要收過一次即可於接近道路壅塞位置前提供警示，因此並不會影響應用的正確性，不過建議後續應該探討封包遺失的原因。

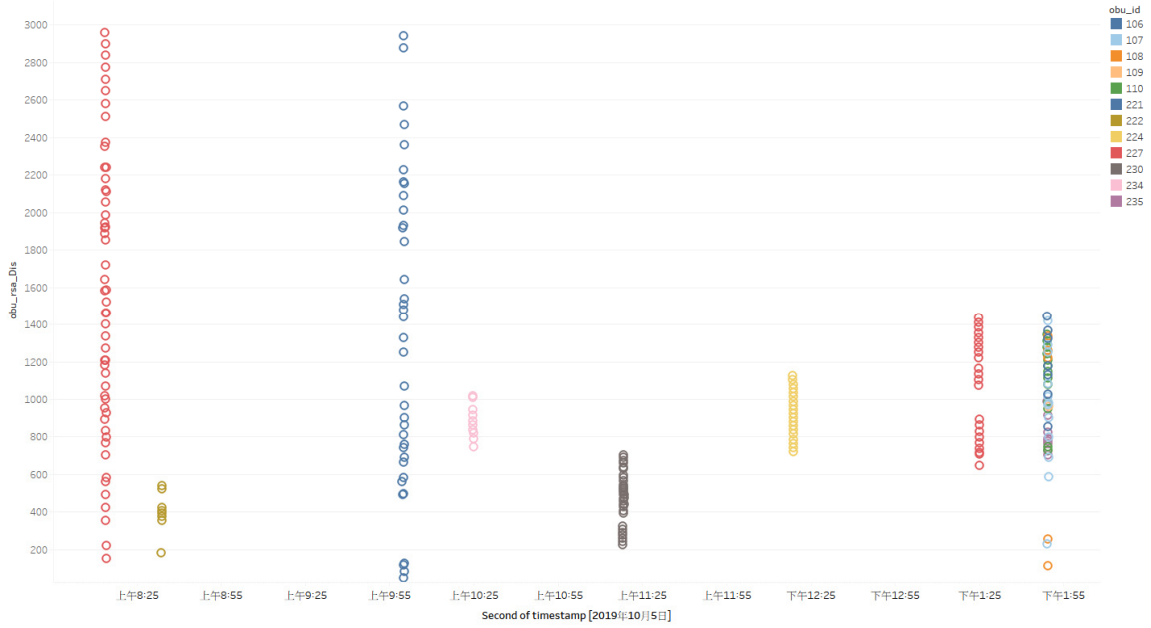


圖 7.2.1.2-25 車輛接收訊息情形-道路壅塞-北上

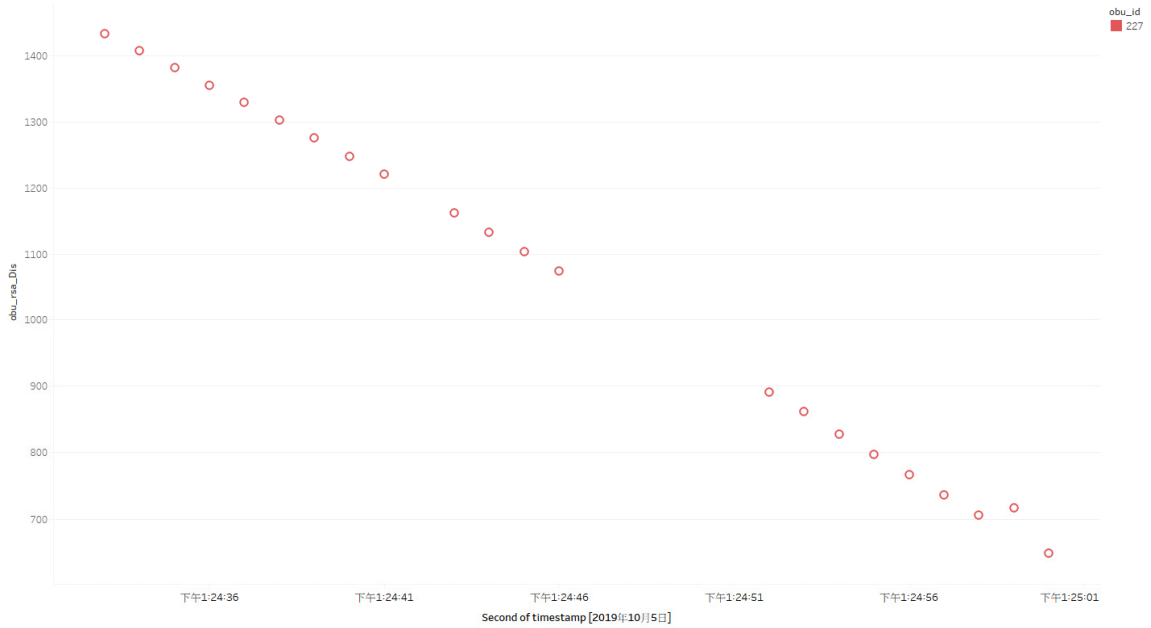


圖 7.2.1.2-26 單一車輛接收訊息情形-道路壅塞-北上

圖 7.2.1.2-27 為道路壅塞單一事件地點中，整日南下所有車輛接收訊息情形，每一個圓圈代表一筆資料，圖 7.2.1.2-28 為兩車輛接收道路壅塞訊息情形，約一秒接收一筆資料。

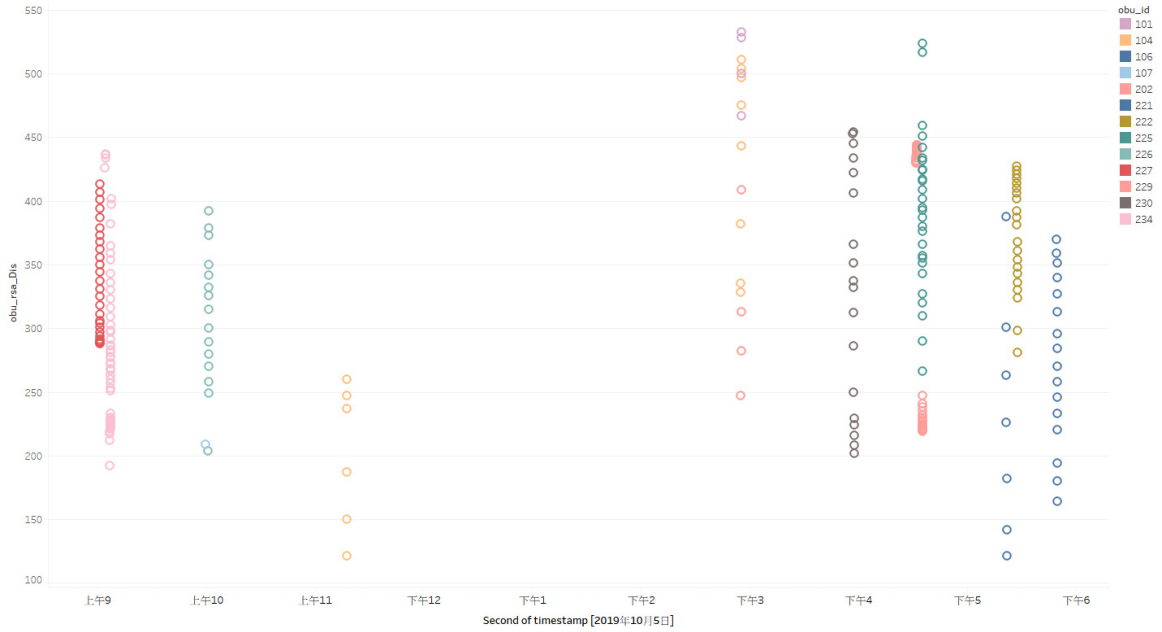


圖 7.2.1.2-27 車輛接收訊息情形-道路壅塞-南下

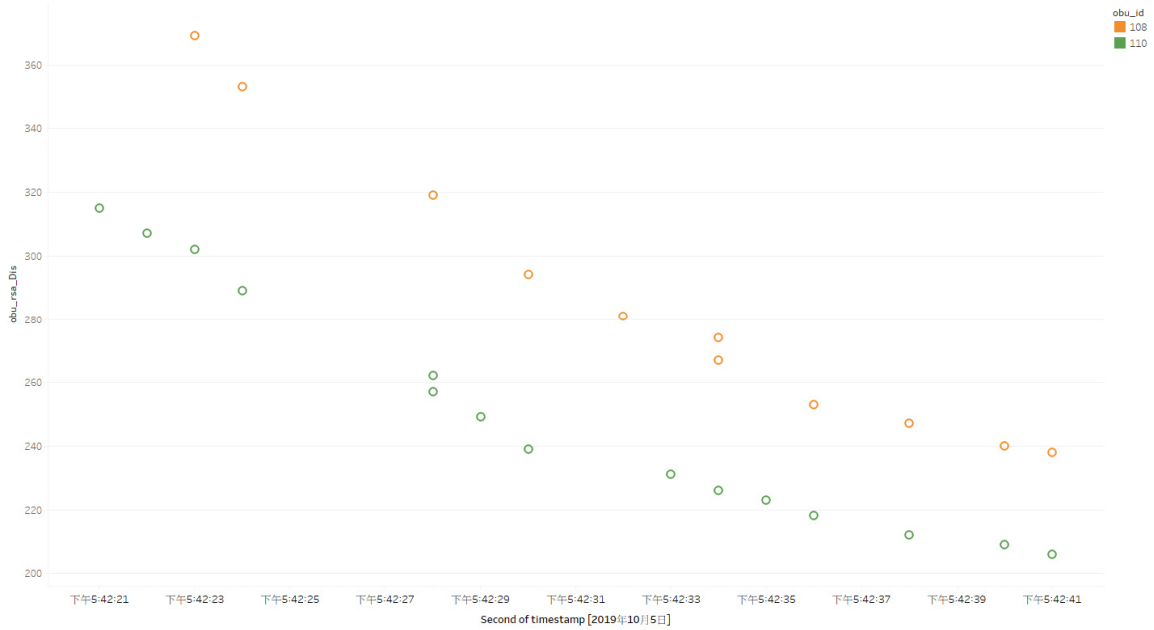


圖 7.2.1.2-28 兩車輛接收訊息情形-道路壅塞-南下

(3)道路施工

圖 7.2.1.2-29 為道路施工車輛接收訊息情形，北上僅有一輛車接收一處道路施工資訊，每一個圓圈代表一筆資料，約 1-2 秒接收一筆資料。

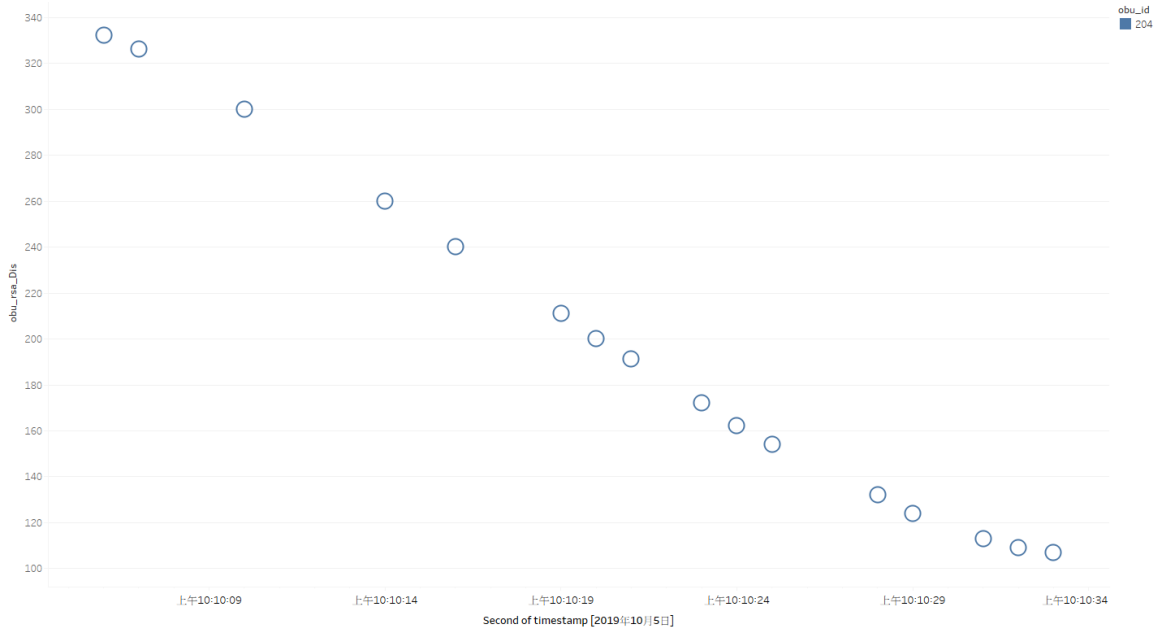


圖 7.2.1.2-29 車輛接收訊息情形-道路施工-北上

圖 7.2.1.2-30 為道路施工所有事件地點中，整日南下所有車輛接收訊息情形，每一個圓圈代表一筆資料，圖 7.2.1.2-31 為單一車輛接收道路壅塞訊息情形，約一秒接收一筆資料。



圖 7.2.1.2-30 車輛接收訊息情形-道路施工-南下

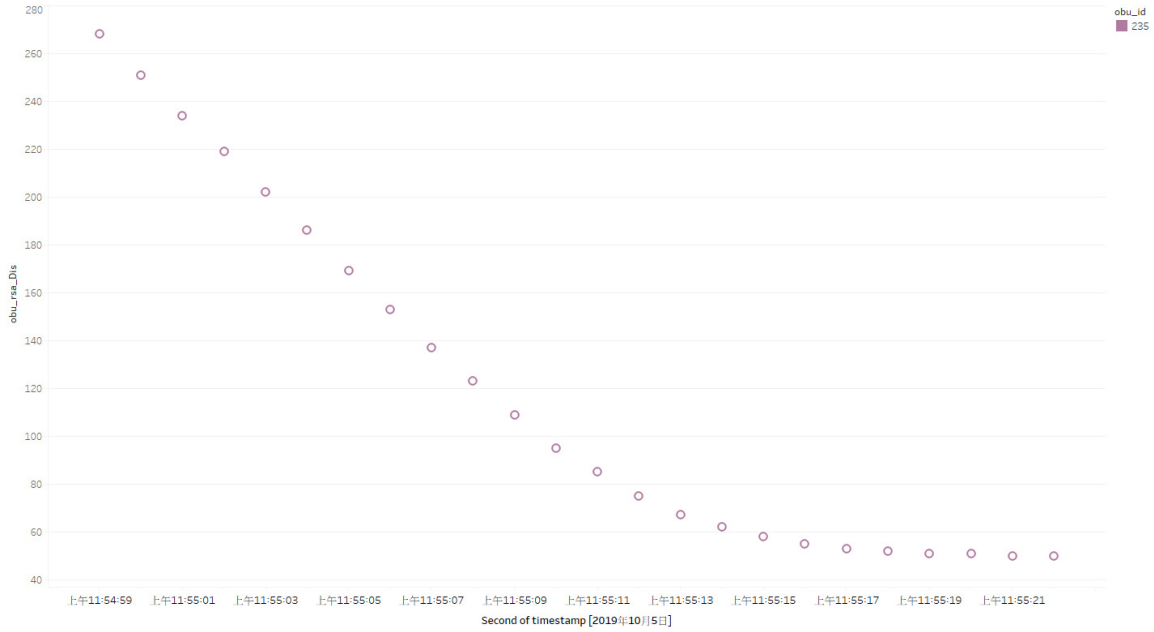


圖 7.2.1.2-31 單一車輛接收訊息情形-道路施工-南下

7.2.2 第二次大規模驗測之量化績效分析

本研究於 108 年 10 月 5 日進行第二次大規模實車測試，以大客車於實際營運路線行駛與正常停靠站載客之方式進行，並在行駛過程中蒐集車聯網與 ADAS 運行資料進行分析，項目包括：(1)車聯網類的交通安全類(RSA)訊息廣播、智慧安全路口、公車優先號誌資料流、號誌化路口行駛加減速建議、高速公路車流均勻速度建議，以及(2)ADAS 類的未保持安全距離(FCW)、車道偏移(LDW)、盲點偵測(BSD)等。以下分析方式將從 ADAS 類應用與車聯網類應用，分別進行運作績效分析。

7.2.2.1 ADAS 類應用績效分析

本次觀察到的未保持安全距離(FCW)、車道偏移(LDW)、盲點偵測(BSD)等三種警示系統之測試目的及本研究之觀察整理於表 7.2.2.1-1。

FCW 為測試實驗大客車於實際公車路線行駛過程中，同一車道前方有一車輛靜止、緩慢行駛後突然剎車、減速等，使得兩車間距縮短的情況下，提供實驗大客車警示。於測試過程中觀察到，因基隆市公車實際公車路線多轉彎、上下坡，導致車速難以提高並達觸發警示之門檻。但當實驗大客車車速未達觸發條件(小於 35 kph)時，而前方車輛突然剎車或遇到前方車輛於紅燈緩慢停止，仍會發出急迫的警示聲告知駕駛。此外，亦有誤報之情況，如車輛於左右車道經過但未切入前方之警示、行人於車輛靜止時通過前方之警報、對向來車因車道狹窄而靠近雙黃線行駛所觸發之警報。

BSD 為測試實驗大客車於實際公車路線行駛過程中，於偵測範圍內之相鄰

的左右車道中有其他車輛經過，便會觸發警示功能提醒駕駛。於測試過程中觀察到，本次測試 BSD 前方尚有誤報及漏報之情況。前方盲區警示誤報部分分為二種情況，一為前方有車但非危險狀況，如兩車距離遙遠且車速不快卻持續觸發警示，二為車頭前方無任何機車或行人，如轉彎後與安全島過近但卻觸發警示；漏報部分如無偵測到轉角行人及機車。左/右側盲區警示於中午到下午車流量較少期間視線較佳之情境，其偵測準確度較高，但兩側皆尚有誤報之情況，如在連續彎道或大灣處行駛、與路邊人行道和電線桿或標示牌過近而觸發警報、上坡轉彎時偵測到路邊停車之車輛、靠站停止後右側偵測到欲上下車之乘客、車輛倒車時接近民宅等。此外，旁邊通過車輛於測試車輛左右車道行駛，距離 1.5m 以上且非危險情況之警示，以及測試車輛靜止時從旁通過之車輛警示，亦皆視為誤報。

LDW 為測試實驗大客車於實際公車路線行駛過程中，車身偏移壓過車道線，使得觸發警報以提醒駕駛。於測試過程中觀察到，因實驗大客車行駛路線部分過於狹窄、彎曲且坡度變化大，使得車速約為 30-35 kph，而 LDW 原門檻值為車速 35 kph，故車道偏移警示偶爾出現漏報。誤報情況多出現在當左側有中央實體分隔島、靠近雙黃線或車道線。另外，因設備辨識機制之原因，無法偵測持續壓線之情況，使得基隆市區多彎道情形下之應用程度較低。

表 7.2.2.1-1 各項警示事件測試之觀察

項目	測試目的	本研究之觀察
FCW	測試大客車於實際公車路線行駛時，前車在同一車道靜止、緩慢行駛後剎車、減速等，在與大客車車間距縮小，可提供大客車警示。	實驗大客車車速 35-40 kph 情況下，於距離前車約 15m 時發出警示。另外，當大客車車速低於 35 kph，與前車距離約 5m 時則發出急迫警示聲。
BSD	測試大客車於實際公車路線行駛時，其他車輛從左右側之相臨車道通過，提供警示。	前方、左方、右方之偵測皆過於敏感，尤其經隧道、陸橋等道路型態時，其偵測準確度明顯降低。
LDW	測試大客車於實際公車路線行駛時，車身偏移壓過車道線，提供警示。	大客車行駛路線多彎道，車身容易偏移至對向車道，因而發出警示。

根據上述觀察，除定義 FCW、BSD、LDW 測試項目內容(成功與失敗)外，並將各項警示事件之測試結果整理於表 7.2.2.1-2；表中 HV 為主要車輛 Host Vehicle 的縮寫，RV 為遠程車輛 Remote Vehicle 的縮寫，TTC 為碰撞時間 Time to Collision 的縮寫。

表 7.2.2.1-2 各項警示測試結果

測試項目	FCW	BSD	LDW
通過定義	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之前啟動警示	RV 進入左右側盲區時觸發警報並在 RV 離開後警報熄滅	HV 壓過左右側車道線時觸發警示
通過情境	距離前車約 5m、10m 處發出警示	後方來車一進入攝影範圍，且為危險狀況便警示	● 壓線當下警示 ● 壓過車道線 2 秒內警示
失敗定義	HV 與前車距離短於門檻 TTC 之後啟動警示或無警示	RV 在 HV 盲區時未發出警報，或者 RV 離開 HV 盲區後警報仍未解除	HV 壓過左右側車道線時無觸發警示
失敗情境	● 無觸發警示 ● 距離前車小於 5m 處觸發警示或車輛停止後才觸發警示 ● 車速不達觸發警示之門檻 ● 左右車道通過車輛所引發之警示	● 誤報：前方或左右方無物體但觸發警示、車輛靜止但有乘客上下車觸發警報、前方或左右方有物體但非危險情況 ● 漏報：有車進入攝影範圍且為危險狀況，但無觸發警示	● 無觸發警示 ● 無壓線卻警示

本研究在第二次大型實車測試主要發現如下：

1. 前方碰撞(FCW)於白天無雨狀態其偵測判中率最高達 87%，偵測事件誤判率則為 13%。
2. 車道偏離(LDW)之偵測判中率在排除連續壓線及虛線之情況，於白天無雨之前提下，最高達 90%，已具實務可用性。
3. 盲區警示(BSD)於白天無雨時判中率約 84%，偵測事件誤判率則為 16%。

7.2.2.2 車聯網類應用績效分析

一、號誌時相秒數資訊(SpaT)

於第二次大規模驗測實驗中，其中 SPaT 的資料擷取、資料篩選與車機顯示畫面之邏輯相同，以下為第二次 SPaT 資料分析結果說明。

1. 接收訊息情形

圖 7.2.2.2-1 中為第二次實驗測試於單一路口車輛接收 SPAT 訊息情形，每一個圈代表一筆資料，同一色圈代表同一車輛，橫軸為時間，縱軸為與路口距離，而圖 7.2.2.2-2 表兩車輛行經路口時與路口距離之變化。

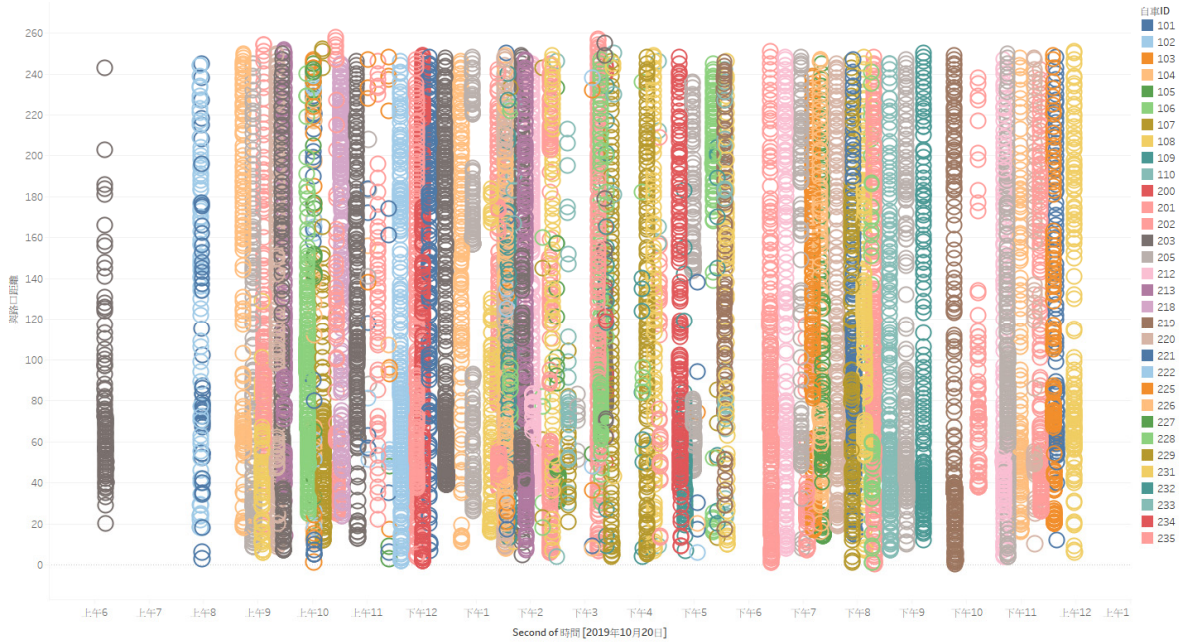


圖 7.2.2.2-1 車輛行經路口資訊接受情形-基金路武嶺街-北上

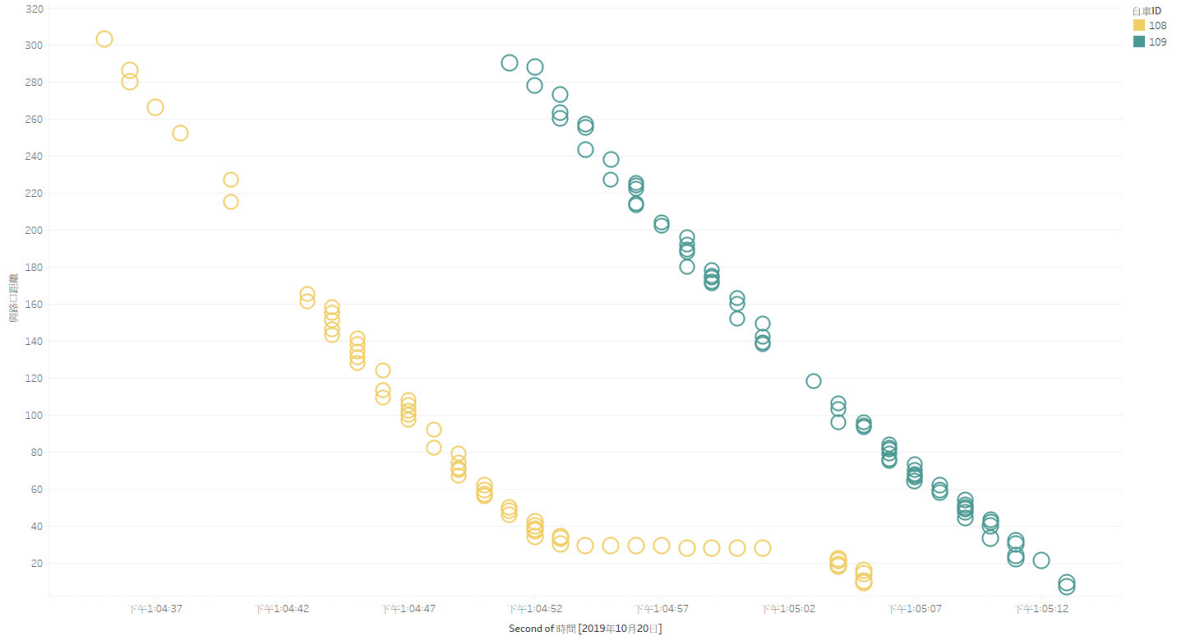
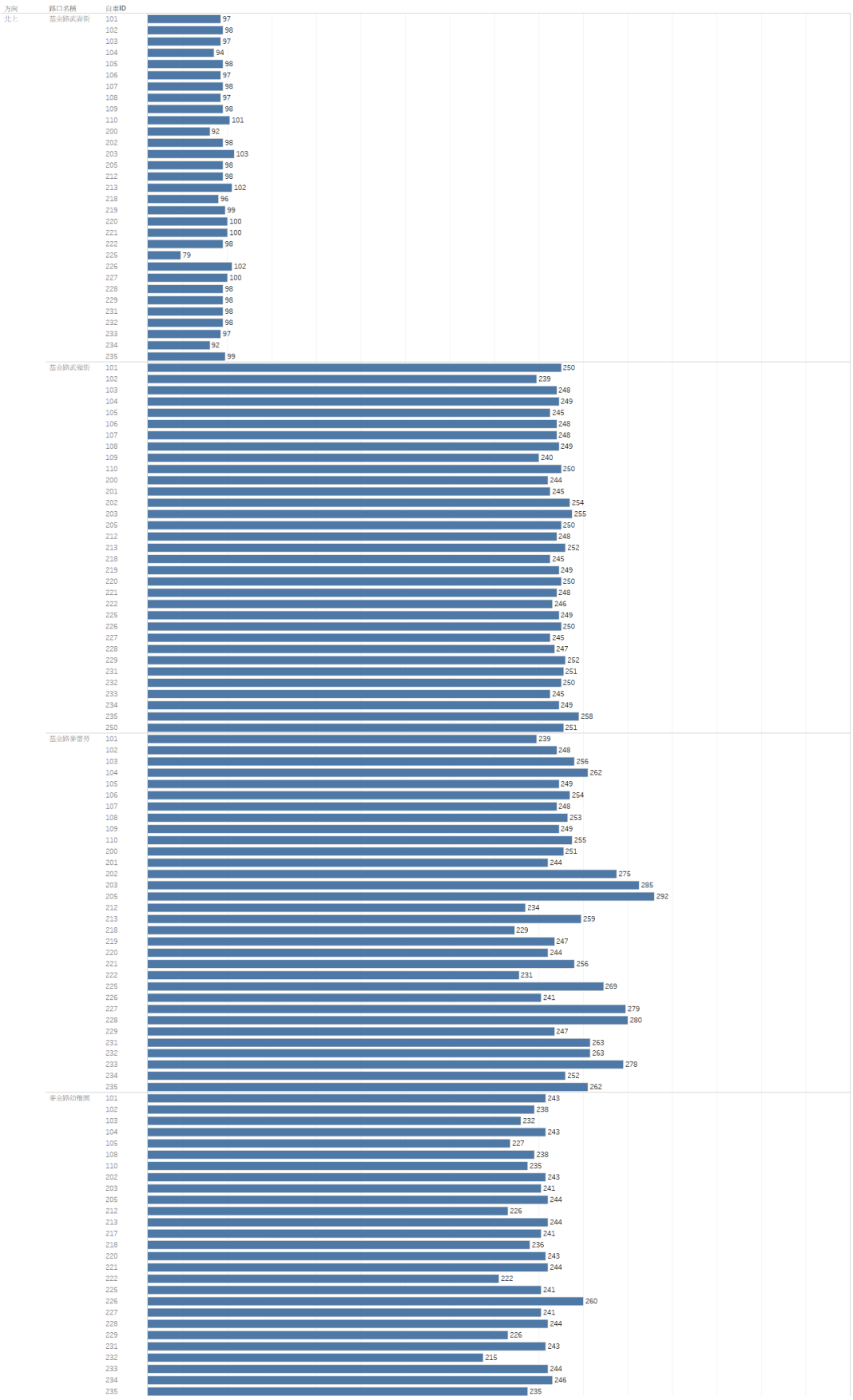
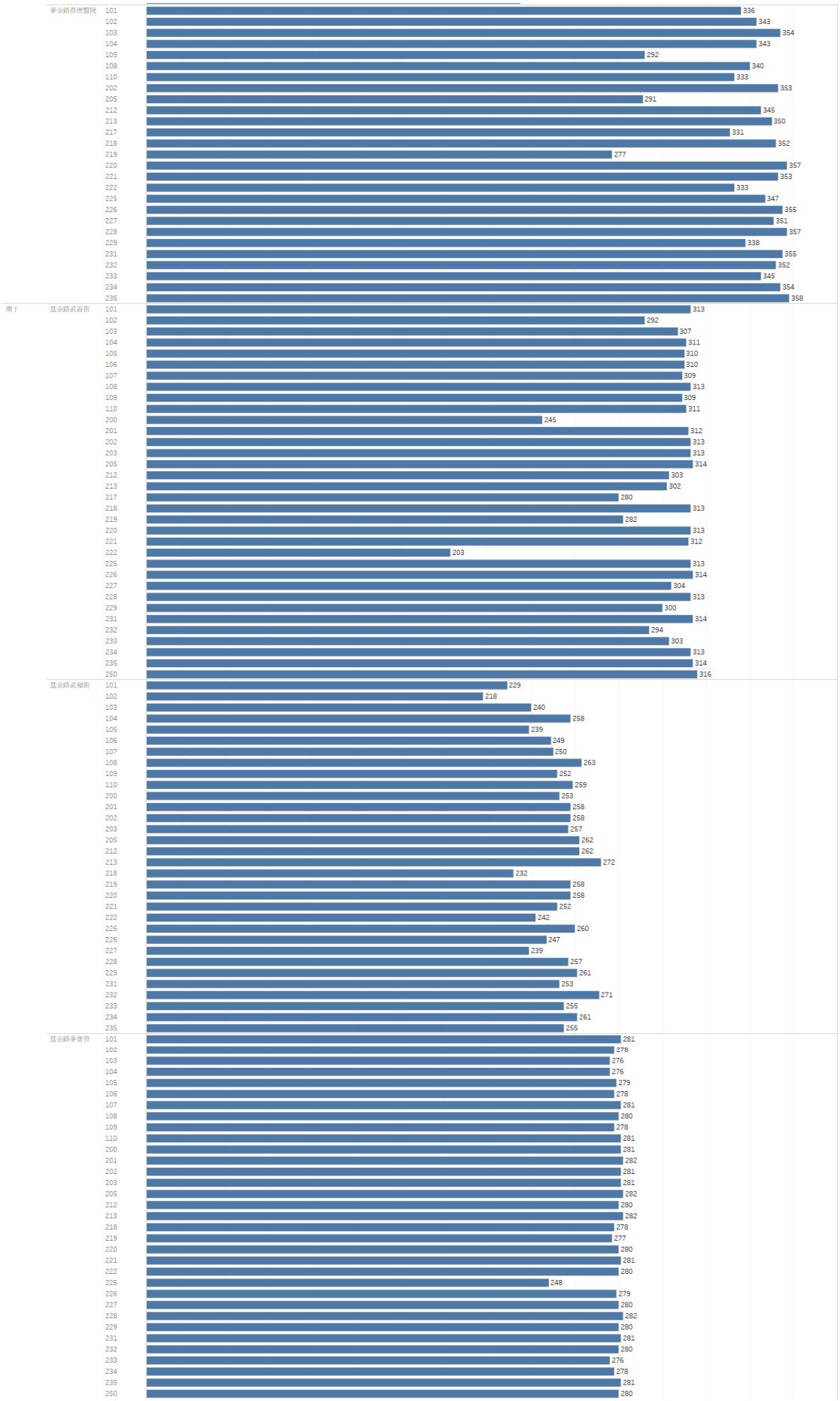


圖 7.2.2.2-2 兩車輛行經路口資訊接受情形

2. 接受訊息距離

CV 車輛行經路口時，首次收到 RSU 資訊時，與路口距離約為 2 至 3 百公尺，圖 7.2.2.2-3 為各測試車輛行經各路口與不同方向時首次接收訊息之與路口距離，所有車輛於所有路口首次收到訊息之與路口距離總平均為 241 公尺。同樣基金路武崙街北上以及基金路長庚醫院南下兩個路段的接收距離，因為該路段為彎曲路段明顯比其他路段短，但基本上都可以在路口 100 公尺前提供號誌時相資訊，可滿足使用者需求。


方向
路口名稱
自車ID
北上
基金路武嶺街
101 97
102 98
103 97
104 94
105 98
106 97
107 98
108 97
109 98
110 101
200 92
202 98
203 103
205 98
212 98
213 102
218 96
219 99
220 100
221 100
222 98
225 79
226 102
227 100
228 98
229 98
231 98
232 98
233 97
234 92
235 99
基金路武嶺街
101 250
102 239
103 248
104 249
105 245
106 248
107 248
108 249
109 240
110 250
200 244
201 245
202 254
203 255
205 250
212 248
213 252
218 245
219 249
220 250
221 248
222 246
225 249
226 250
227 245
228 247
229 252
231 251
232 250
233 245
234 249
235 258
250 251
基金路秀雲勞
101 239
102 248
103 256
104 262
105 249
106 254
107 248
108 253
109 249
110 255
200 251
201 244
202 275
203 285
205 292
212 234
213 259
218 229
219 247
220 244
221 256
222 231
225 269
226 241
227 279
228 280
229 247
231 263
232 263
233 278
234 252
235 262
秀金路幼稚園
101 243
102 238
103 232
104 243
105 227
108 238
110 235
202 243
203 241
205 244
212 226
213 244
217 241
218 236
220 243
221 244
222 222
225 241
226 260
227 241
228 244
229 226
231 243
232 215
233 244
234 246
235 235


豪金路長庚醫院
101 336
102 343
103 354
104 343
105 292
108 340
110 333
202 353
205 291
212 345
213 350
217 331
218 352
219 277
220 357
221 353
222 333
225 347
226 355
227 351
228 357
229 338
231 355
232 352
233 345
234 354
235 358
南下
基金路武省街
101 313
102 292
103 307
104 311
105 310
106 310
107 309
108 313
109 309
110 311
200 245
201 312
202 313
203 313
205 314
212 303
213 302
217 280
218 313
219 282
220 313
221 312
222 203
225 313
226 314
227 304
228 313
229 300
231 314
232 294
233 303
234 313
235 314
250 316
基金路武福街
101 229
102 218
103 240
104 258
105 239
106 249
107 250
108 263
109 252
110 259
200 253
201 258
202 258
203 257
205 262
212 262
213 272
218 232
219 258
220 258
221 252
222 242
225 260
226 247
227 239
228 257
229 261
231 253
232 271
233 255
234 261
235 255
基金路豪富芳
101 281
102 278
103 276
104 276
105 279
106 278
107 281
108 280
109 278
110 281
200 281
201 282
202 281
203 281
205 282
212 280
213 282
218 278
219 277
220 280
221 281
222 280
225 248
226 279
227 280
228 282
229 280
231 281
232 280
233 276
234 278
235 281
250 280

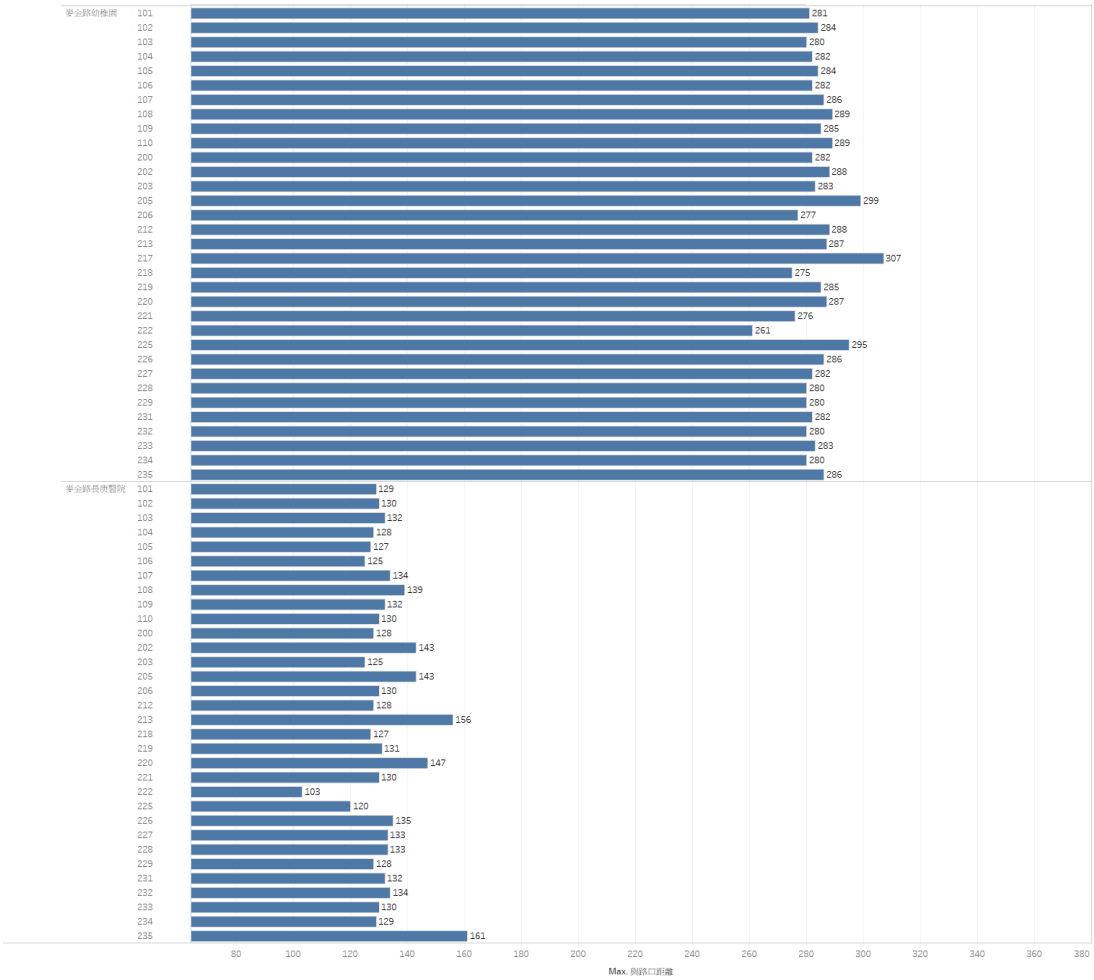


圖 7.2.2.2-3 車輛首次接受訊息距離

3. 速率比較

當車輛行駛至 RSU 偵測範圍時，RSU 將根據前方號誌時相提供建議速率使車輛能順利通過路口，當車輛行駛時之速率無法順利通過路口時，OBU 會提醒駕駛人加速以便順利通過路口，若前方號誌為紅燈時，則提醒駕駛人減速以便行駛至路口時接續號誌轉換，以下針對不同情形時之速率建議比較做說明。

(1)前方號誌為綠燈且行車速度順暢

圖 7.2.2.2-4 為前方號誌為綠燈且行車速度順暢時，建議速率與實際速率的比較，橫軸為車輛通過路口時之時間，左縱軸為速率，右縱軸為車輛與路口距離(公尺)，圈形符號為實際速率，叉形符號為建議速率，紅線為與路口距離曲線。由圖可知，於車輛速率可順利通過路口時，從車輛進入路口至離開路口，建議速率皆與實際速率相同。

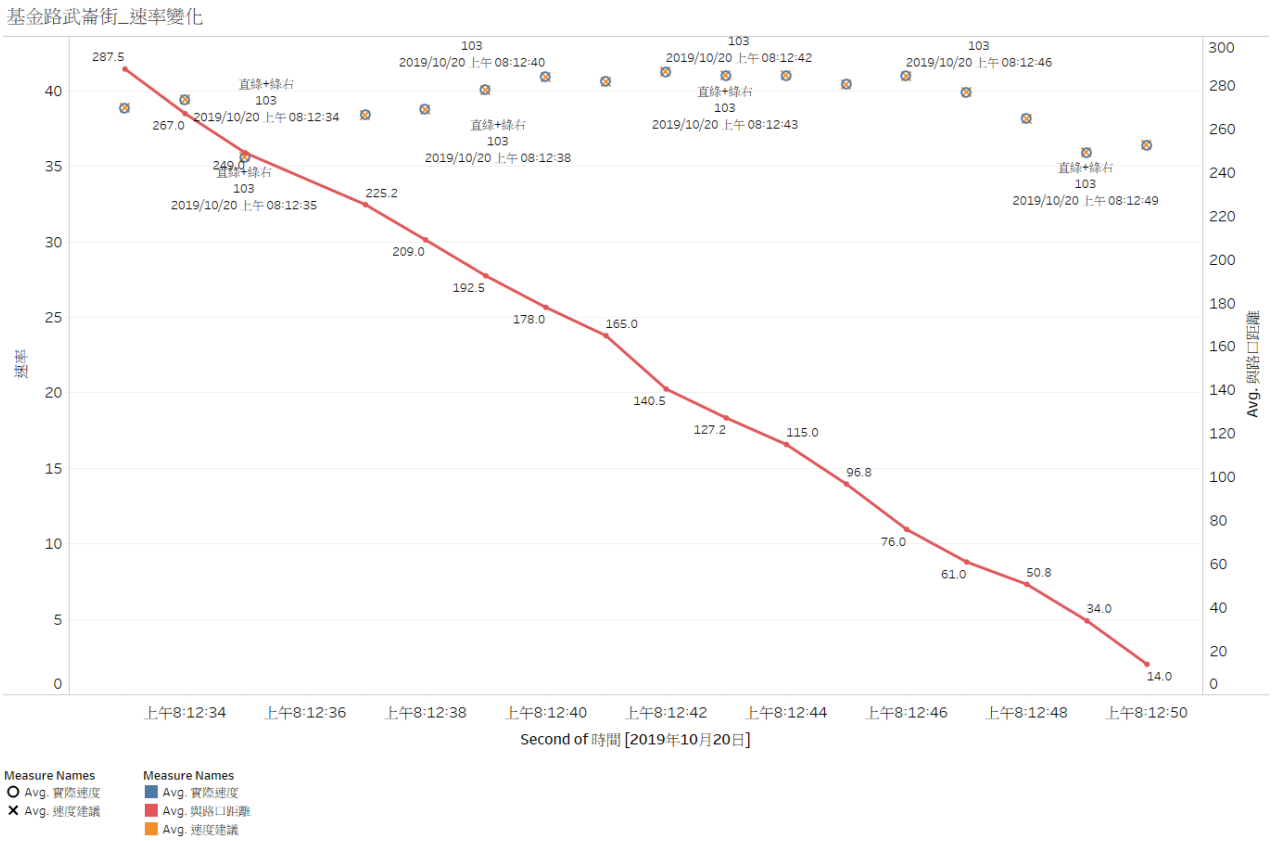


圖 7.2.2.2-4 綠燈且行車速度順暢之速率比較

(2)前方號誌為綠燈且行車速度緩慢

圖 7.2.2.2-5 為前方號誌為綠燈且行車速度緩慢時，建議速率與實際速率的比較，橫軸為車輛通過路口時之時間，左縱軸為速率，右縱軸為車輛與路口距離(公尺)，圈形符號為實際速率，叉形符號為建議速率，紅線為與路口距離曲線。由圖可見，一開始車輛加速行駛進入路口，此時實際速率與建議速率相同，接著車輛遇前方壅塞路段，車速下降，此時建議速率高於實際速率，待車流紓解後，實際車速上升至可順利通過路口之時速時，建議速率與實際速率相同。

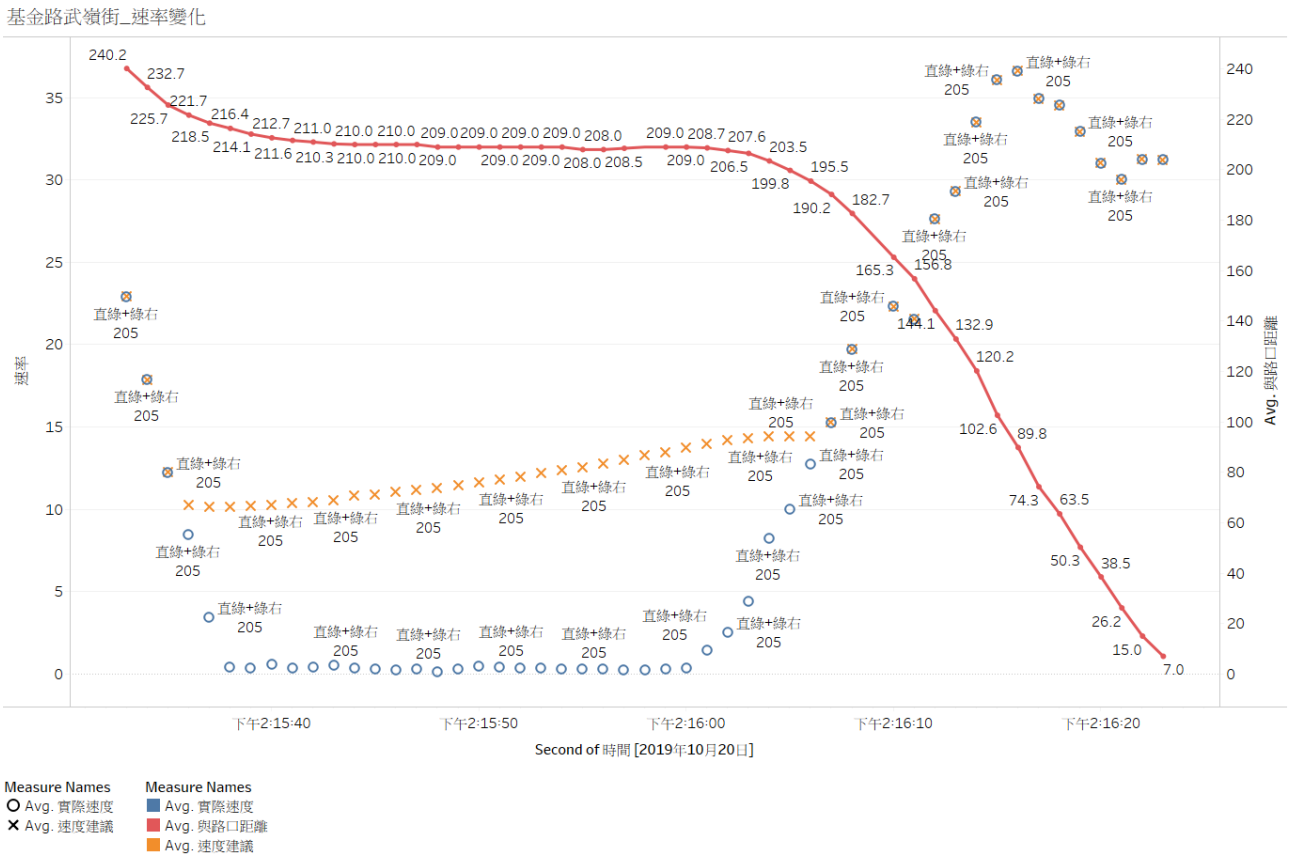


圖 7.2.2.2-5 綠燈且行車速度緩慢之速率比較

由上述情形結果可知，當車輛實際行駛速率可順利通過路口時，車機設備之建議速率則與實際速率相同，若車輛實際速率無法於號誌綠燈時順利通過路口，則車機設備將建議駕駛提高速率以通過路口。

二、旅行者資訊(TIM)

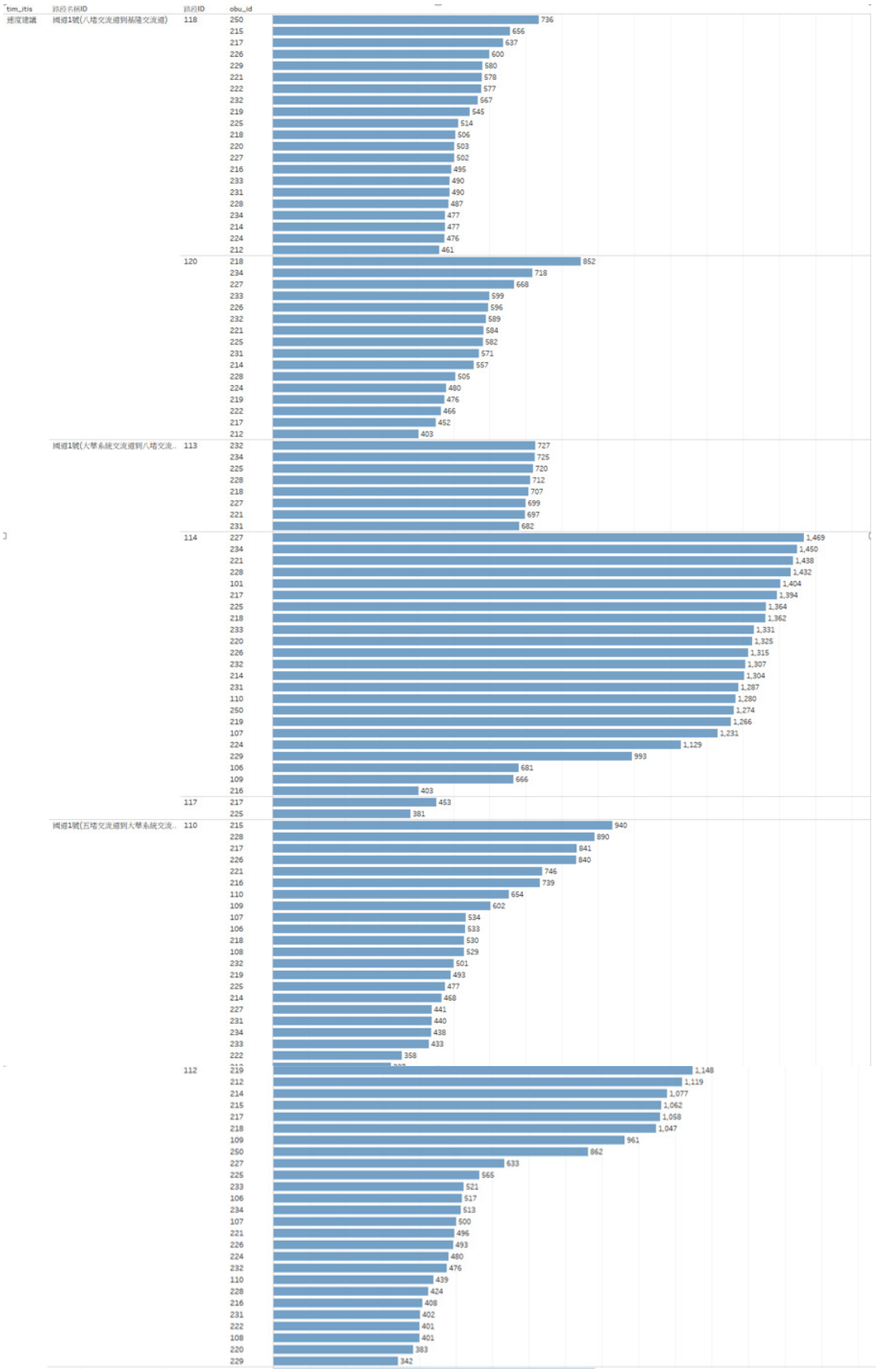
第二次大規模實驗測試中，於旅行者資訊實驗項目中，增加了額外資訊提供項目，如：注意號誌、路肩開放、速限降低與禁止迴轉等，本計畫路側 RSU 於高速公路上通訊範圍可涵蓋約 1 公里範圍，TIM 訊息的發布會依據訊息所在位置，由涵蓋該位置之路側 RSU 以及上游 RSU 共 2 個 RSU 來廣播該訊息，目的在協助 OBU 車機提早取得資訊，以便給予提醒及反應。本小節將針對本次額外項目進行分析說明。

1. 接受訊息位置

(1) 速度建議

於往北實驗中，有 13 條路段發出速度建議訊息，28 台車輛接收到訊息，其訊息影響範圍約 2-5 條鄰近路段，將駕駛車輛後方道路提供之速度建議訊息過濾，僅保留前方道路速度建議訊息，下圖 7.2.2.2-6 中，第一欄為發出訊息之路段名稱，第二欄路段 ID，第三欄為車輛收到訊息時與發出

訊息路段之最遠距離，由圖可知，車輛最遠於距離警示地點 1512 公尺處接收訊息，整體而言，車輛平均於距離 793 公尺處首次接受訊息。



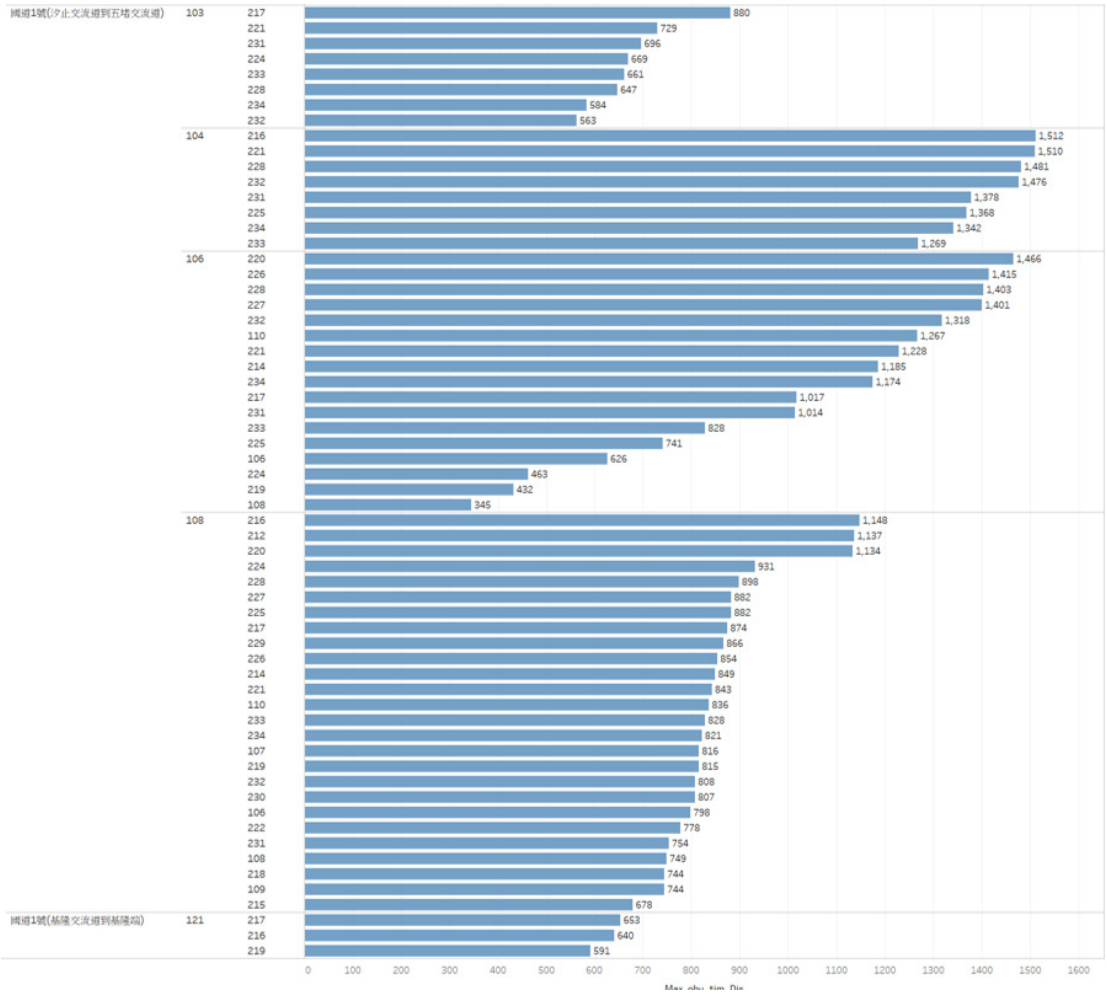
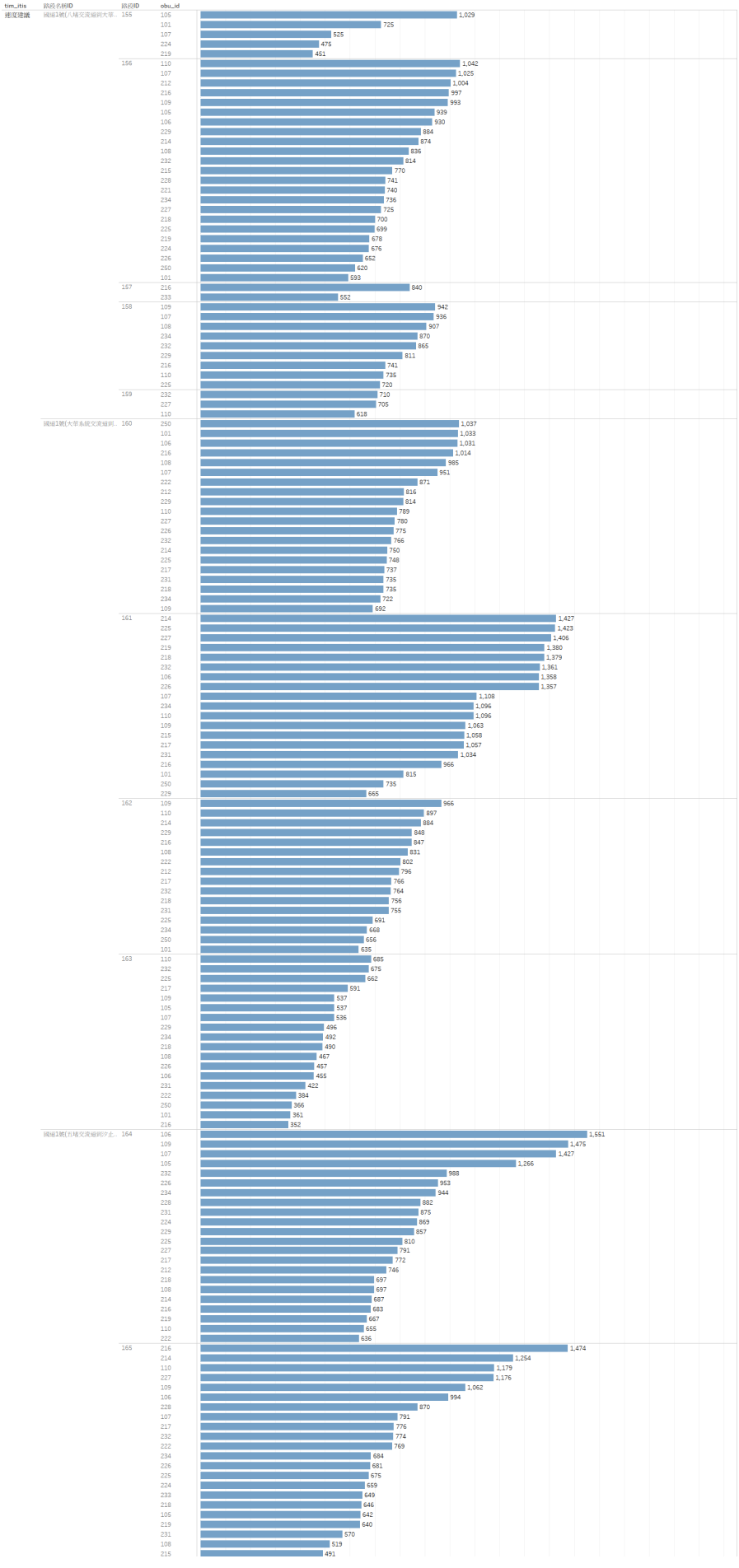
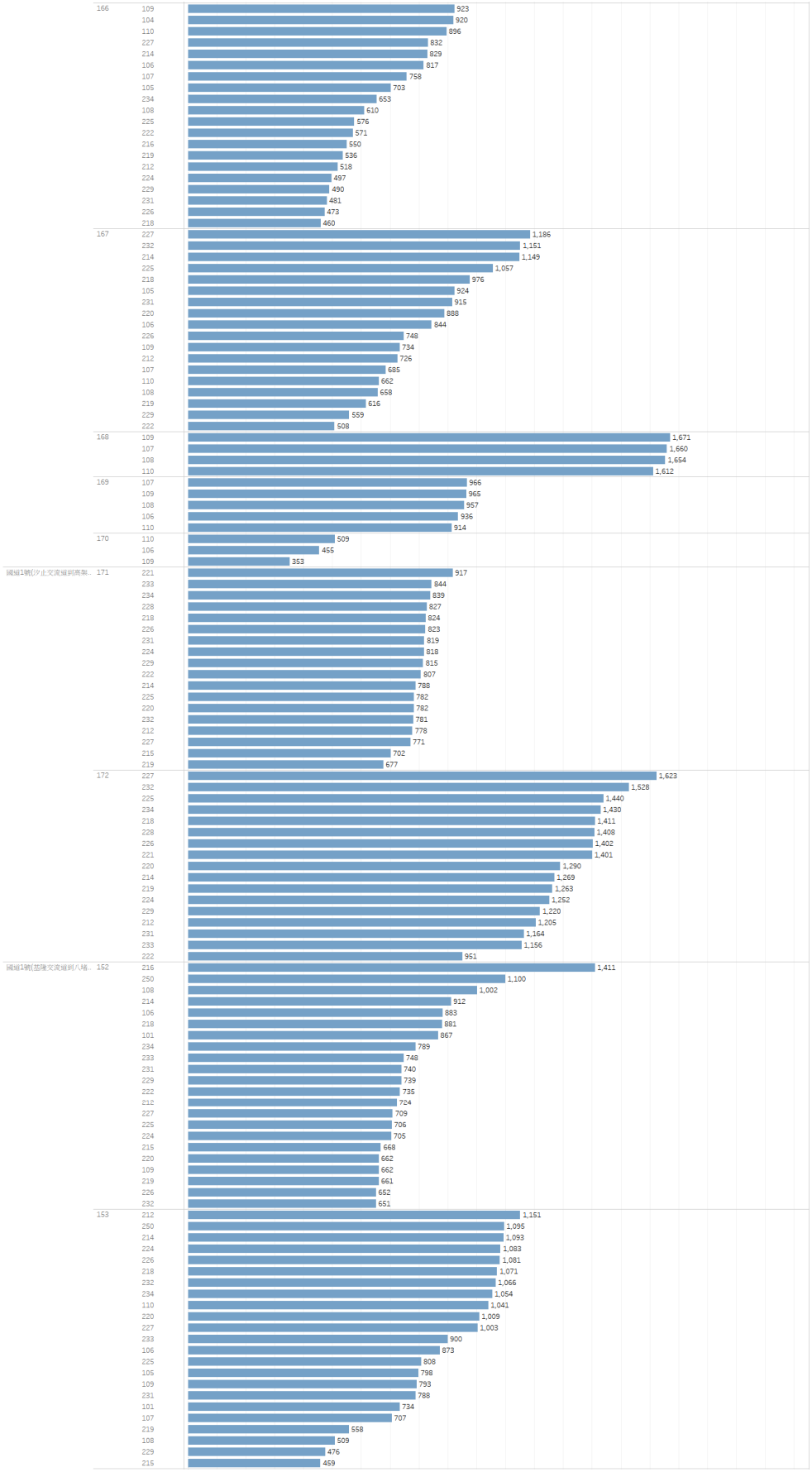


圖 7.2.2.2-6 車輛首次接收距離-速度建議-北上

於往南實驗中，有 17 條路段發出速度建議訊息，28 台車輛接收到訊息，其訊息影響範圍約 2-5 條鄰近路段，將駕駛車輛後方道路提供之速度建議訊息過濾，僅保留前方道路速度建議訊息，下圖 7.2.2.2-7 中，第一欄為發出訊息之路段名稱，第二欄路段 ID，第三欄為車輛收到訊息時與發出訊息路段之最遠距離，由圖可知，車輛最遠於距離警示地點 1783 公尺處接收訊息，整體而言，車輛平均於距離 824 公尺處首次接受訊息。


tim_itis
路段名稱ID
路段ID
obu_id
連續建議
155
105 1,029
101 725
107 525
224 475
219 451
156
110 1,042
107 1,025
212 1,004
216 997
109 993
105 939
106 930
229 884
214 874
108 836
232 814
215 770
228 741
221 740
234 736
227 725
218 700
225 699
219 678
224 676
226 652
250 620
101 593
157
216 840
233 552
158
109 942
107 936
108 907
234 870
232 865
229 811
216 741
110 735
225 720
159
232 710
227 705
110 618
160
250 1,037
101 1,033
106 1,031
216 1,014
108 985
107 951
222 871
212 816
229 814
110 789
227 780
226 775
232 766
214 750
225 748
217 737
231 735
218 735
234 722
109 692
161
214 1,427
225 1,423
227 1,406
219 1,380
218 1,379
232 1,361
106 1,358
226 1,357
107 1,108
234 1,096
110 1,096
109 1,063
215 1,058
217 1,057
231 1,034
216 966
101 815
250 735
229 665
162
109 966
110 897
214 884
229 848
216 847
108 831
222 802
212 796
217 766
232 764
218 756
231 755
225 691
234 668
250 656
101 635
163
110 685
232 675
225 662
217 591
109 537
105 537
107 536
229 496
234 492
218 490
108 467
226 457
106 455
231 422
222 384
250 366
101 361
216 352
164
106 1,551
109 1,475
107 1,427
105 1,266
232 988
226 953
234 944
228 882
231 875
224 869
229 857
225 810
227 791
217 772
212 746
218 697
108 697
214 687
216 683
219 667
110 665
222 636
165
216 1,474
214 1,254
110 1,179
227 1,176
109 1,062
106 994
228 870
107 791
217 776
232 774
222 769
234 684
226 681
225 675
224 659
233 649
218 646
105 642
219 640
231 570
108 519
215 491


166
109 923
104 920
110 896
227 832
214 829
106 817
107 758
105 703
234 653
108 610
225 576
222 571
216 550
219 536
212 518
224 497
229 490
231 481
226 473
218 460
167
227 1,186
232 1,151
214 1,149
225 1,057
218 976
105 924
231 915
220 888
106 844
226 748
109 734
212 726
107 685
110 662
108 658
219 616
229 559
222 508
168
109 1,671
107 1,660
108 1,654
110 1,612
169
107 966
109 965
108 957
106 936
110 914
170
110 509
106 455
109 353
國道1號(汐止交流道到高架..
171
221 917
233 844
234 839
228 827
218 824
226 823
231 819
224 818
229 815
222 807
214 788
225 782
220 782
232 781
212 778
227 771
215 702
219 677
172
227 1,623
232 1,528
225 1,440
234 1,430
218 1,411
228 1,408
226 1,402
221 1,401
220 1,290
214 1,269
219 1,263
224 1,252
229 1,220
212 1,205
231 1,164
233 1,156
222 951
國道1號(楊梅交流道到八堵..
152
216 1,411
250 1,100
108 1,002
214 912
106 883
218 881
101 867
234 789
233 748
231 740
229 739
222 735
212 724
227 709
225 706
224 705
215 668
220 662
109 662
219 661
226 652
232 651
153
212 1,151
250 1,095
214 1,093
224 1,083
226 1,081
218 1,071
232 1,066
234 1,054
110 1,041
220 1,009
227 1,003
233 900
106 873
225 808
105 798
109 793
231 788
101 734
107 707
219 558
108 509
229 476
215 459

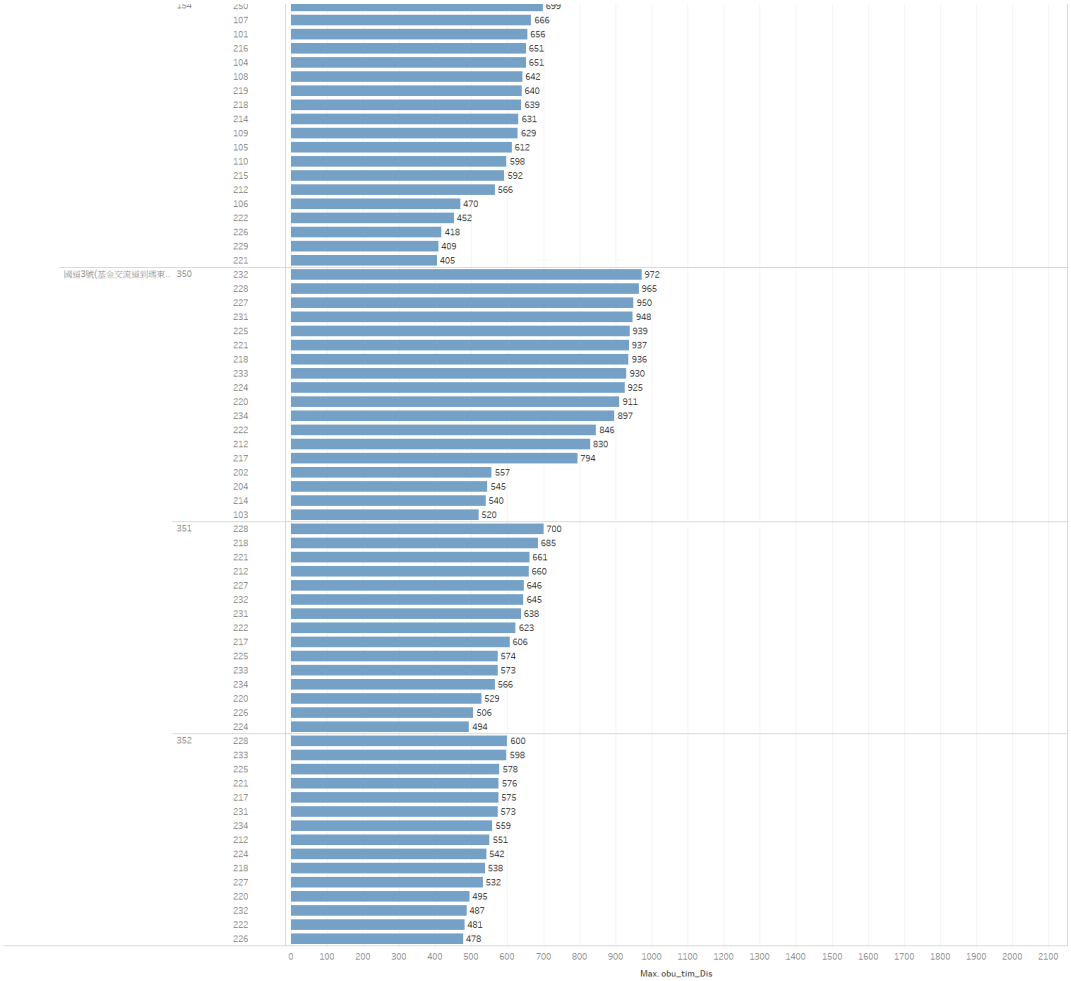


圖 7.2.2.2-7 車輛首次接收距離-速度建議-南下

(1) 道路標誌

於實驗中，有 38 輛車輛接收 37 個地點發出不同之道路標誌訊息，圖 7.2.2.2-8 表不同地點發布道路標誌訊息最遠影響範為北上右匝會車，距離為 3015 公尺。

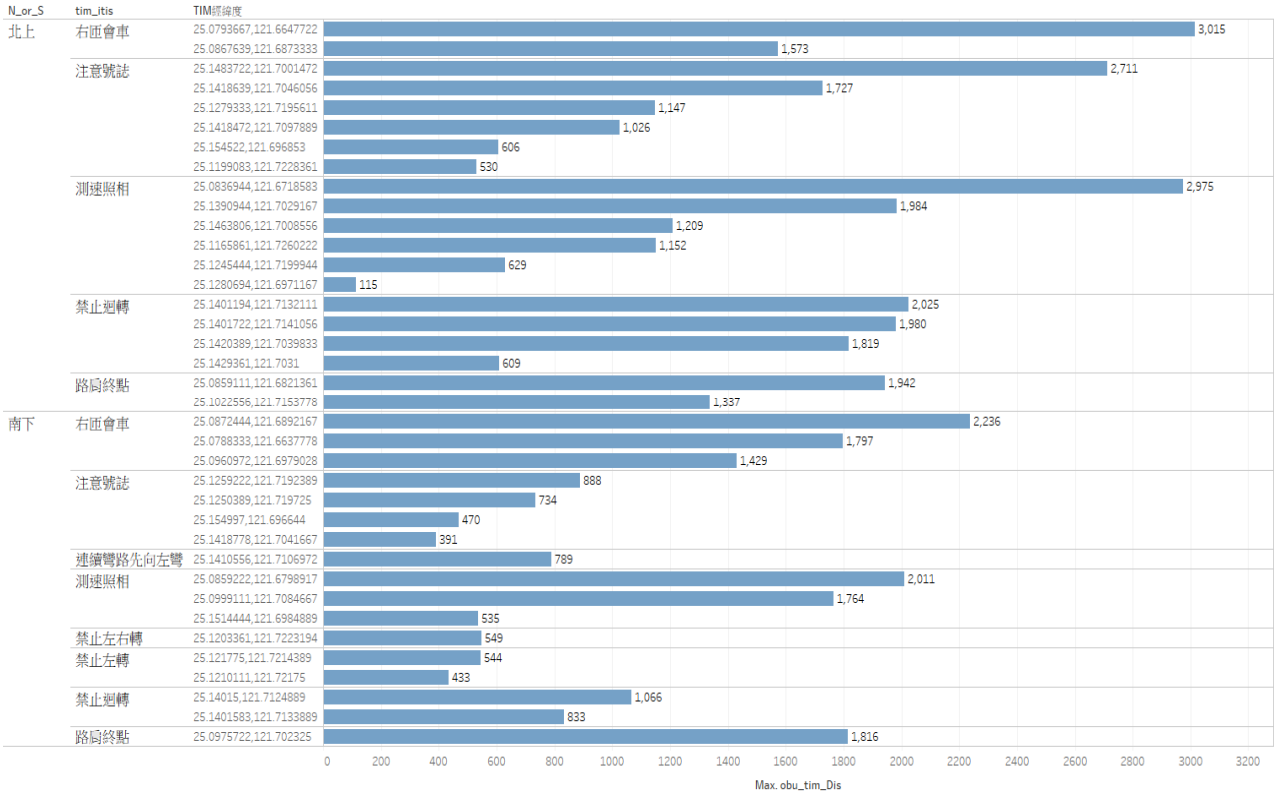


圖 7.2.2.2-8 車輛首次接收距離-道路標誌

2.接受訊息次數

除接收訊息時之距離外，該車輛行經該路段所接收訊息次數亦是本實驗研究目的之一，本計畫設定速度建議發布頻率為每秒 1 次，標誌訊息(如禁行路肩)發布頻率為每秒 2 次，但因為需要發布的標誌訊息數量不定(約 3~6 個)，且採用輪播的方式進行廣播，同一標誌接收頻率大約是每 2 秒 1 次。

(1) 速度建議

下圖 7.2.2.2-9 為國道 1 號大華系統交流道至八堵交流道整日北上所有車輛接收速度建議訊息情形，每一個圓圈代表一筆資料，圖 7.2.2.2-10 為單一車輛接收速度建議訊息情形，約 2 秒接收一筆資料。

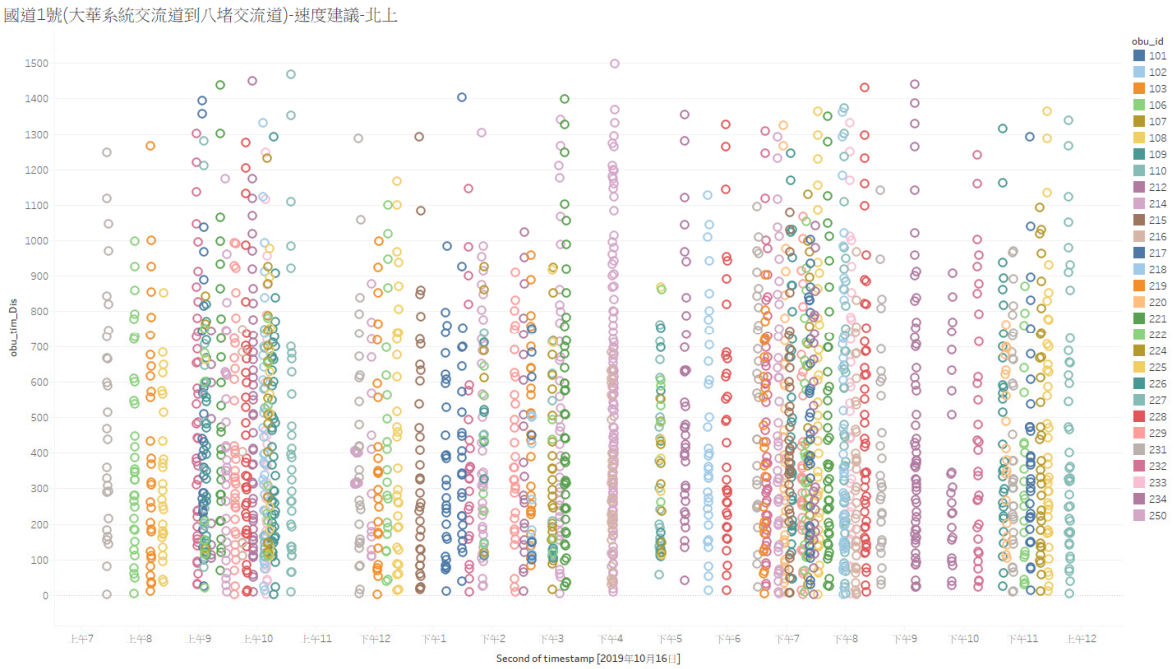


圖 7.2.2.2-9 車輛接收訊息情形-速度建議-北上

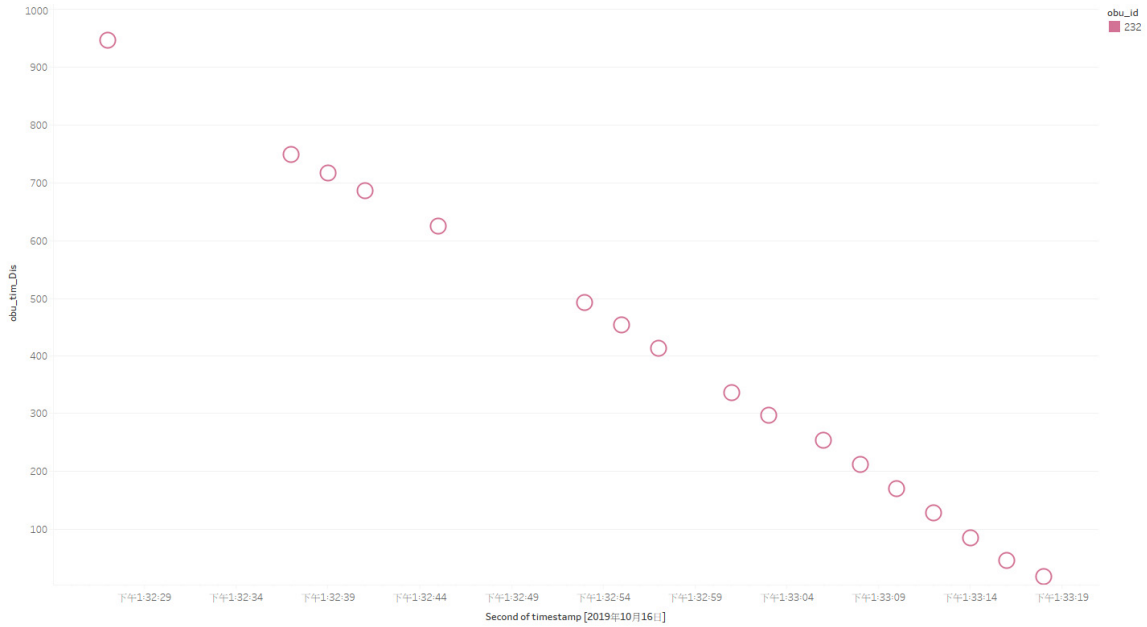


圖 7.2.2.2-10 單一車輛接收訊息情形-速度建議-北上

(2) 道路標誌

第二次實驗測試中，道路標誌訊息提供包含注意號誌、路肩開放、速限降低與禁止迴轉等，以經緯座標表示道路標誌訊息之地點，下圖 7.2.2.2-11 至圖 7.2.2.2-13 為車輛北上中，各道路標誌單一地點發出訊息之情形。

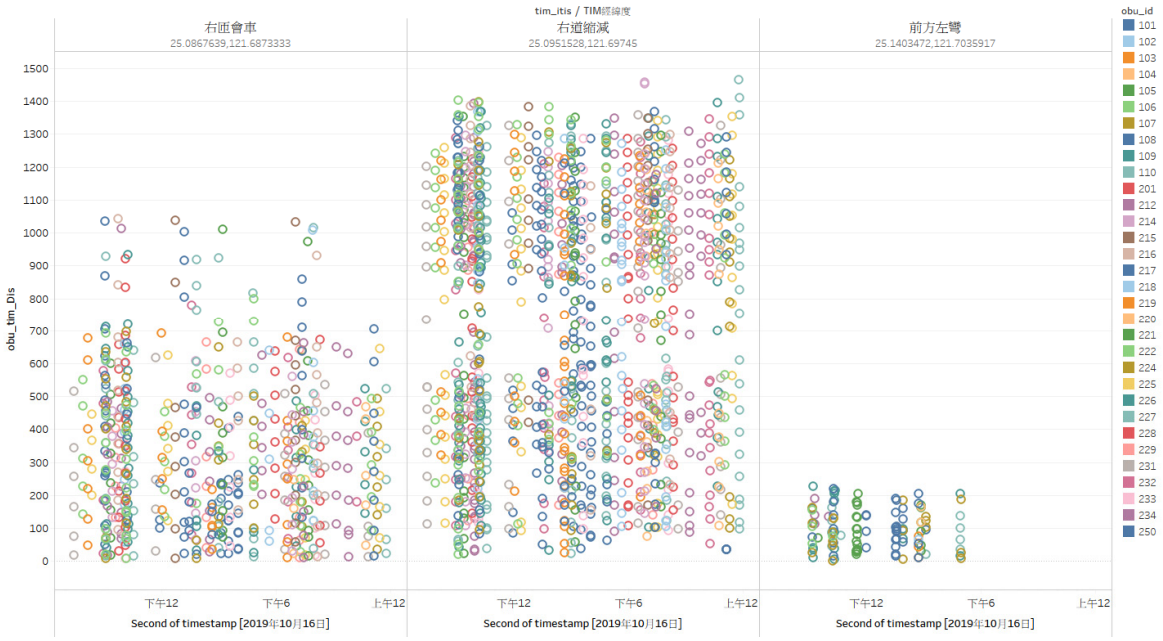


圖 7.2.2.2-11 車輛接收訊息情形-右匝會車/右道縮減/前方左彎

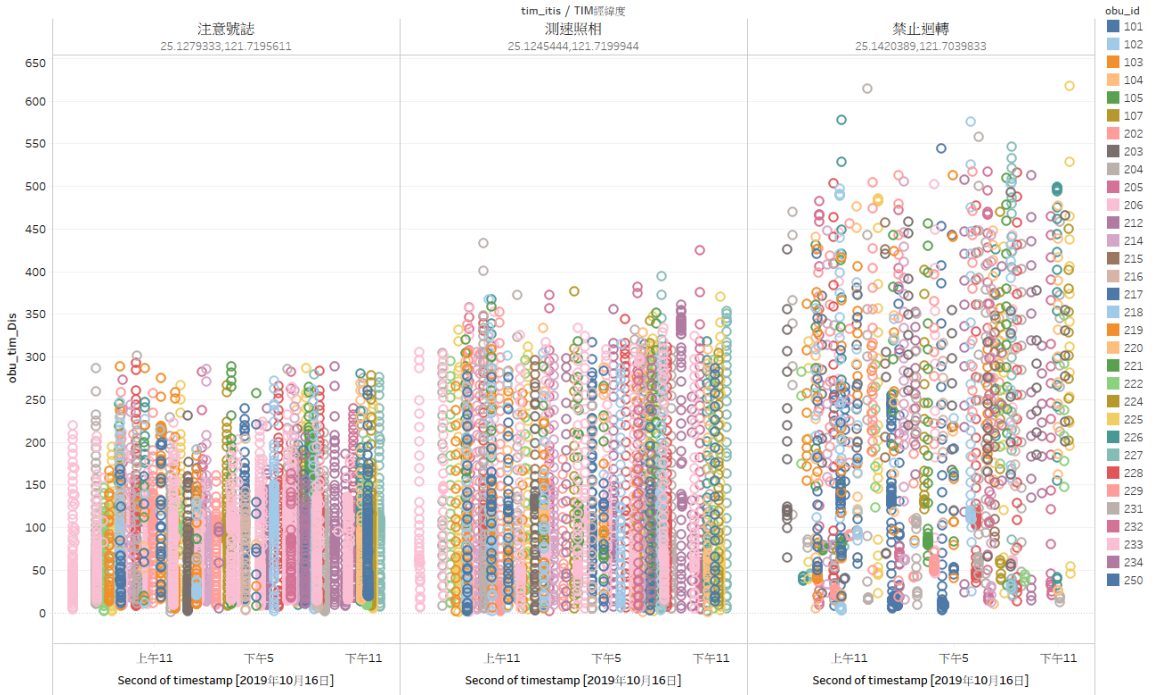


圖 7.2.2.2-12 車輛接收訊息情形-注意號誌/測速照相/禁止迴轉

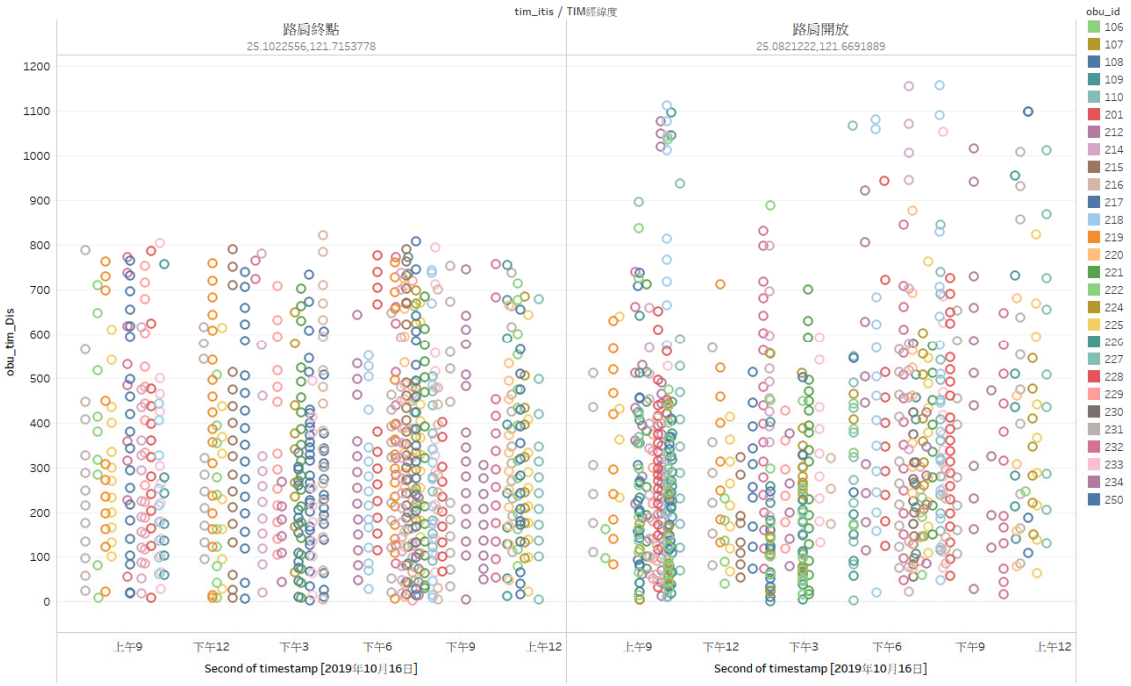


圖 7.2.2.2-13 車輛接收訊息情形-路肩終點/路肩開放

圖 7.2.2.2-14 至圖 7.2.2.2-21 為各道路標誌單一車輛接收訊息情形，除險降低檔因資料量較少，大部分車輛單方向一趟僅接收一次訊息，其餘道路標誌訊息發布，車輛約 1-3 秒接收一次。雖然有部分車輛未能持續收到標誌訊息，但因標誌訊息只要收到一次，就會記錄下來，當接近標誌位置前給予駕駛提示，因此封包遺失並不會影響應用的正確性，但建議要探討其封包遺失的原因。

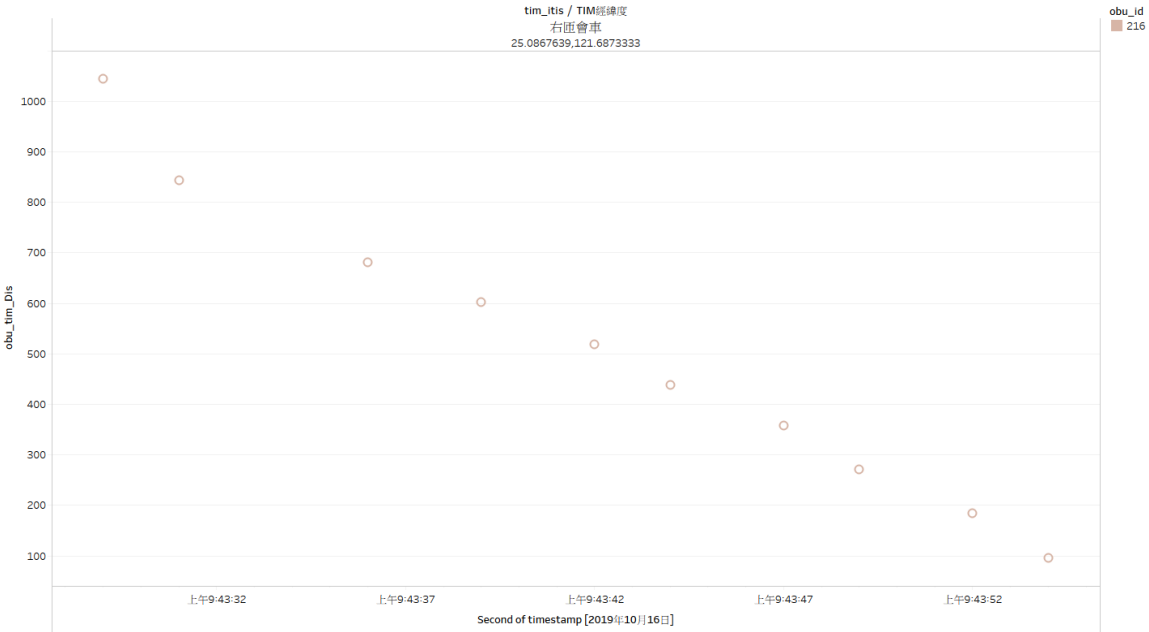


圖 7.2.2.2-14 單一車輛接收訊息情形-右匝會車

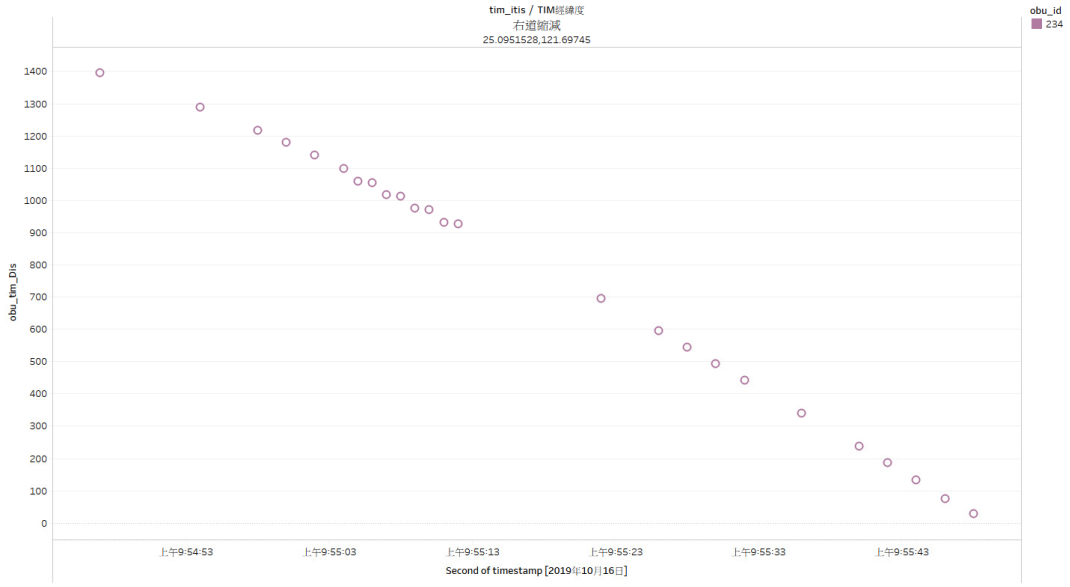


圖 7.2.2.2-15 單一車輛接收訊息情形-右道縮減

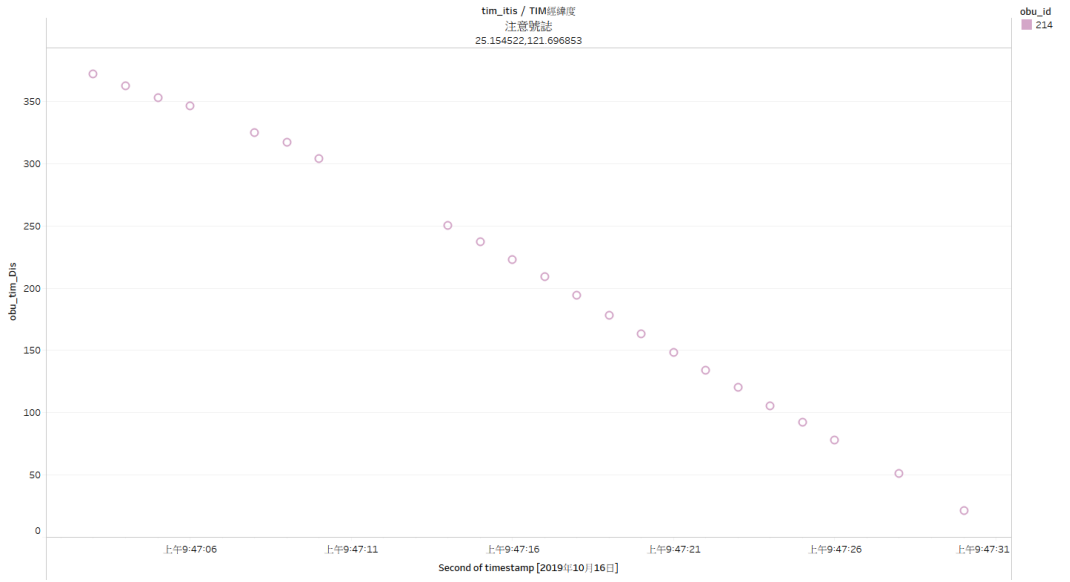


圖 7.2.2.2-16 單一車輛接收訊息情形-注意號誌



圖 7.2.2.2-17 單一車輛接收訊息情形-前方左彎

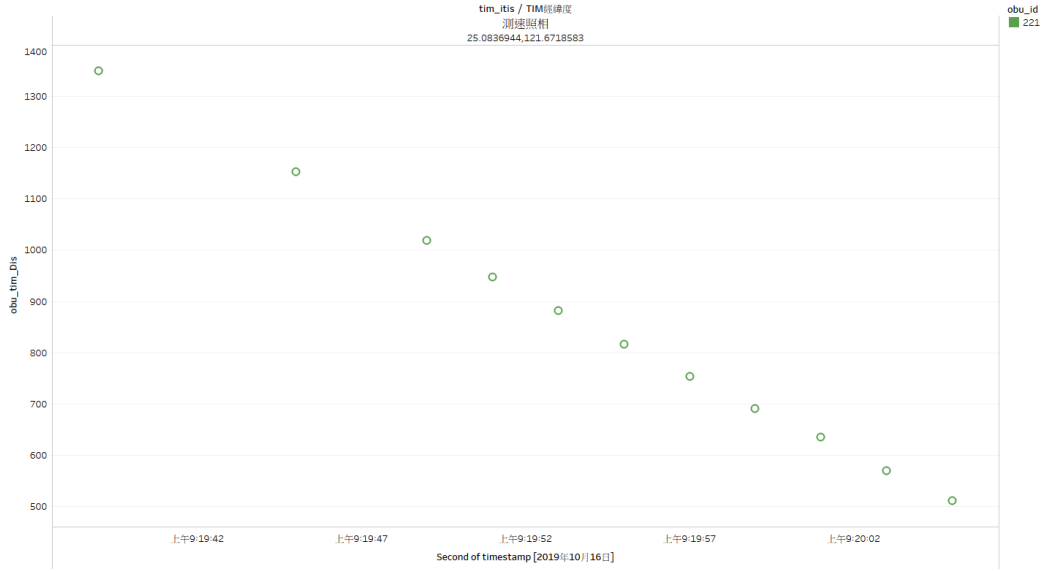


圖 7.2.2.2-18 單一車輛接收訊息情形-測速照相

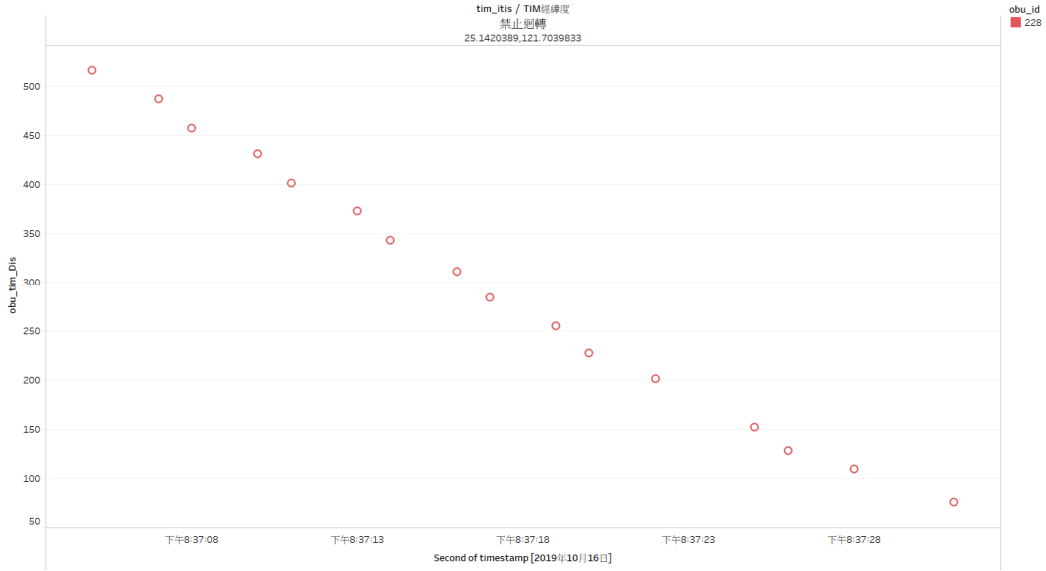


圖 7.2.2.2-19 單一車輛接收訊息情形-禁止迴轉

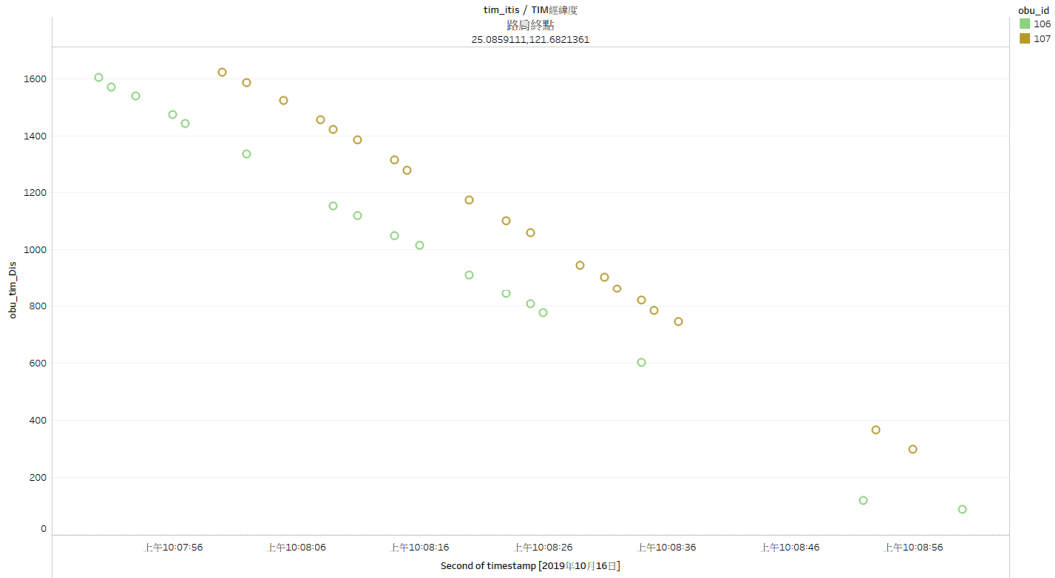


圖 7.2.2.2-20 單一車輛接收訊息情形-路肩終點

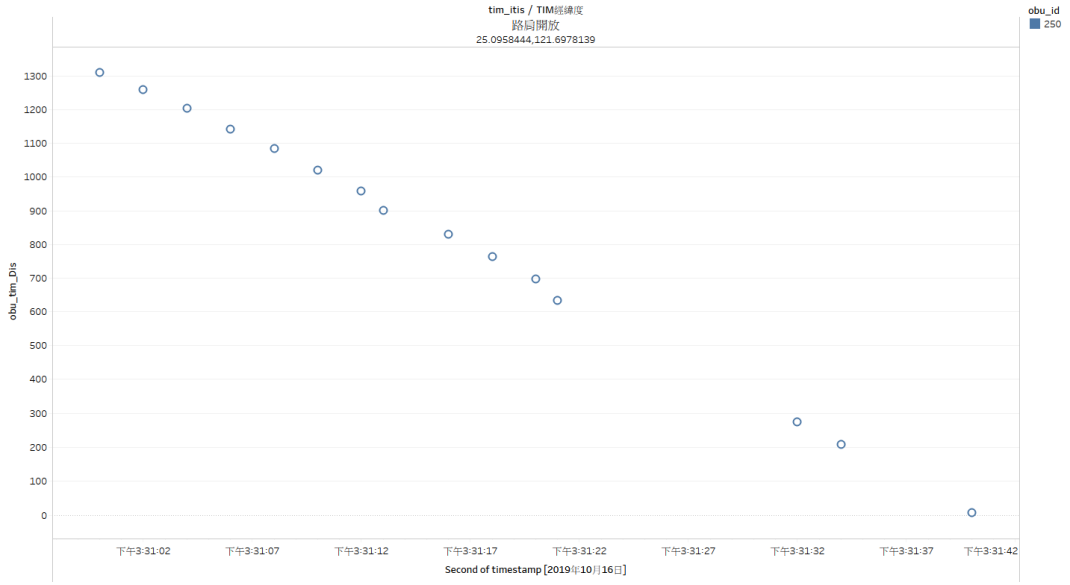


圖 7.2.2.2-21 單一車輛接收訊息情形-路肩開放

三、路側警示(RSA)

1.接受訊息位置

以下為路側警示中道路壅塞與道路施工之資料蒐集結果，包含其首次接受訊息時之位置距離與該次接收訊息過程中最後一次接收訊息時之位置，本實驗包含南向與北向兩種情境。本計畫路側 RSU 於高速公路上通訊範圍可涵蓋約 1 公里範圍，RSA 訊息的發布會依據訊息所在位置，由涵蓋該位置之路側 RSU 以及上游 RSU 共 2 個 RSU 來廣播該訊息，目的在協助 OBU 車機提早取得資訊，以便給予提醒及反應。針對道路施工情境除了利用現有架設的 RSU 協助廣播 RSA 訊息之外，也採用機動架設 RSU 的方式進行道路施工訊息推播，由於機動架設的 RSU 通訊範圍較短(約 300~500 公尺)，也會影響 OBU 車機接收訊息的距離。

(1)道路壅塞

第二次實驗中，道路壅塞資料僅有南下方向，於往南實驗中，保留由前方路段發出之道路壅塞訊息後，有 10 輛車輛接收道路壅塞警示以及一條路段提供道路壅塞訊息，圖 7.2.2.2-22 為各車輛首次接收道路壅塞訊息距離，最遠為 625 公尺。

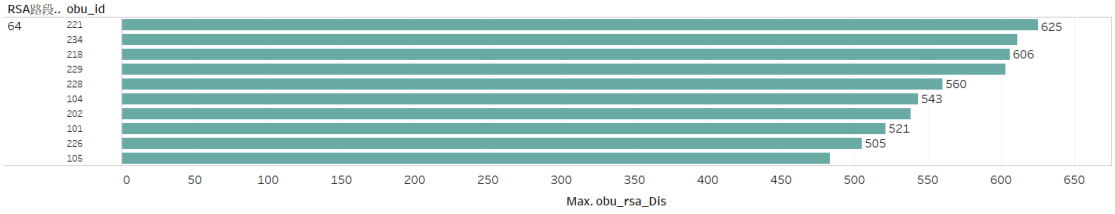


圖 7.2.2.2-22 車輛首次接收距離(往南/道路壅塞)

(2)道路施工

於往南實驗中，保留由前方路段發出之道路壅塞訊息後，有 34 輛車輛接收道路壅塞警示以及 2 條路段提供道路壅塞訊息，圖 7.2.2.2-23 為各車輛首次接收道路壅塞訊息距離，最遠為 1824 公尺。

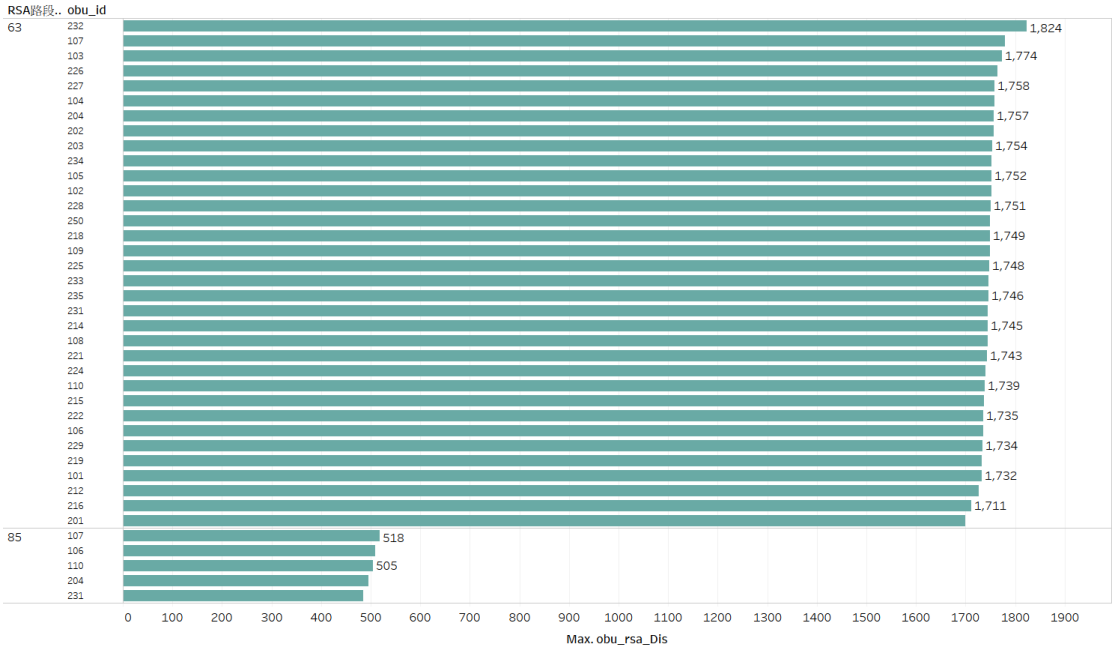


圖 7.2.2.2-23 車輛首次接收距離(往南/道路施工)

於往南實驗中，保留由前方路段發出之道路壅塞訊息後，有 29 輛車輛接收道路壅塞警示以及 1 條路段提供道路壅塞訊息，圖 7.2.2.2-24 為各車輛首次接收道路壅塞訊息距離，最遠為 1624 公尺。

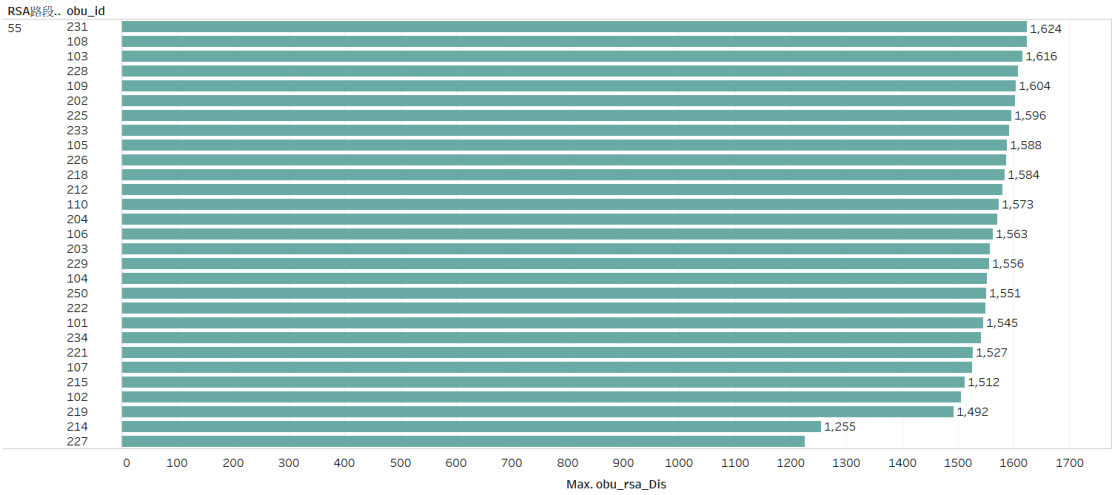


圖 7.2.2.2-24 車輛首次接收距離(往北/道路施工)

2.接受訊息次數

除接收訊息時之距離外，該車輛行經該路段所接收訊息次數亦是本實驗研究目的之一，本計畫設定 RSA 發布頻率為每秒 1 次，以下針對道路壅塞與道

路施工訊息發布次數做說明。

(1) 道路壅塞

圖 7.2.2.2-25 為道路壅塞單一地點發布道路壅塞訊息中，整日南下所有車輛接收訊息情形，每一個圓圈代表一筆資料，圖 7.2.2.2-26 為單一車輛接收道路壅塞訊息情形，約一秒接收一筆資料。

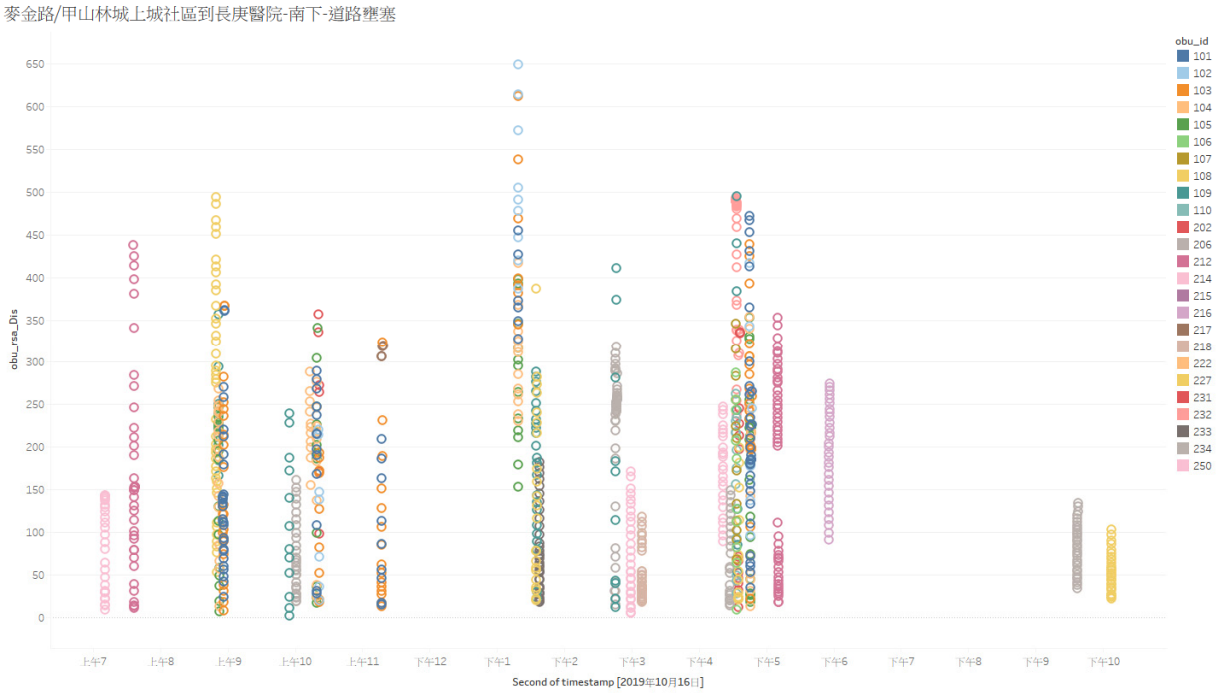


圖 7.2.2.2-25 車輛接收訊息情形-道路壅塞-南下

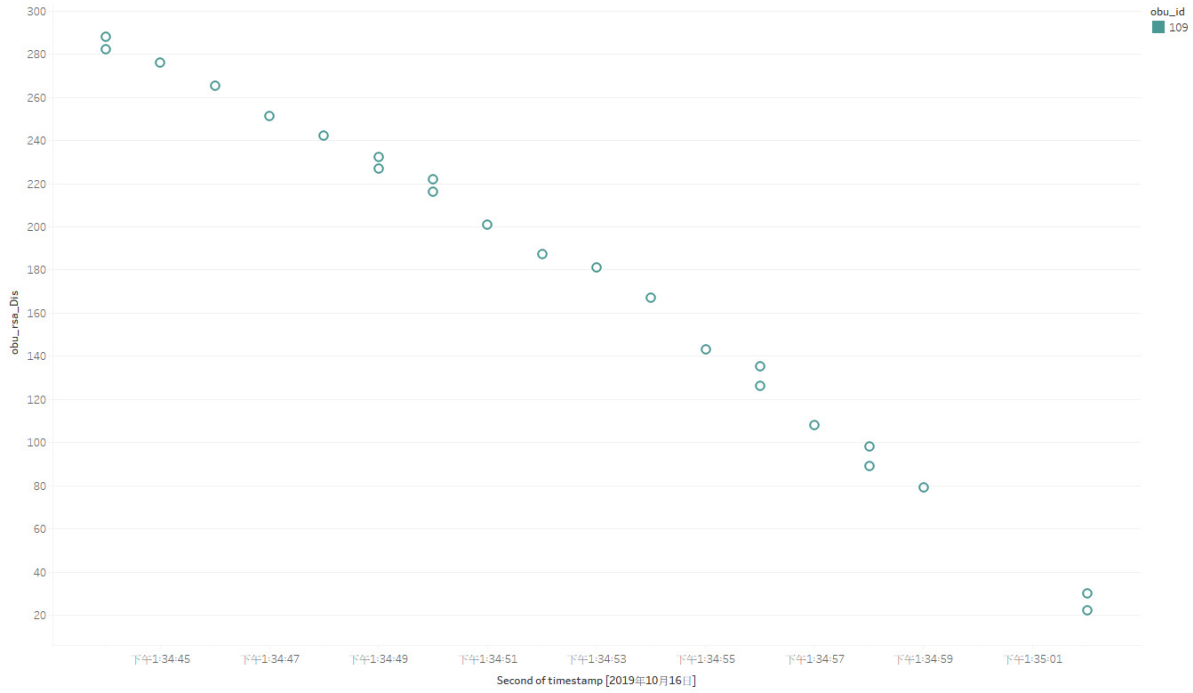


圖 7.2.2.2-26 單一車輛接收訊息情形-道路壅塞-南下

(2) 道路施工

圖 7.2.2.2-27 為道路施工單一地點發布道路施工訊息中，整日南下所有車輛接收訊息情形，圖中每一個圓圈代表一筆資料，圖 7.2.2.2-28 為兩車輛接收道路施工訊息情形，約一秒接收一筆資料。



圖 7.2.2.2-27 車輛接收訊息情形-道路施工-南下

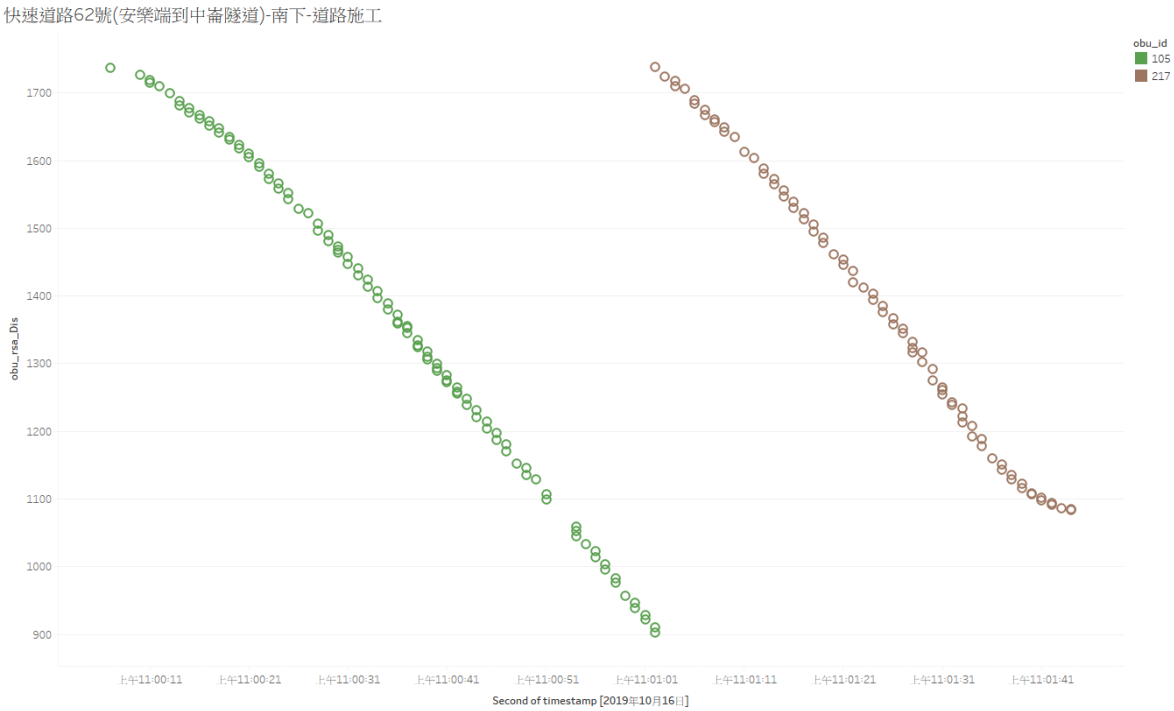


圖 7.2.2.2-28 兩車輛接收訊息情形-道路施工-南下

7.3 實驗車輛動態資訊品質績效分析

交通部「公共運輸整合資訊流通服務平臺」(Public Transport Data eXchange，PTX)提供全國尺度之公路、 軌道、航空及航運等 4 大類公共運輸旅運相關動靜態資料，本計畫蒐集基隆市 505 線公車與國道客運 1815 線交通部 PTX 公路客運動態資料及 DSRC 車聯網技術所蒐集車輛動態資訊，進行資料品質分析。

7.3.1 資料擷取

配合一般市區公車動態資料回傳頻率(20~30 秒)，故實驗平臺由 PTX 固定每 20 秒一次，擷取 505 線公車及國道客運 1815 線公車動態資料儲存於計畫實驗平台。完整公車動態路徑疊合於於 Google Map 平台，其中 505 線完整 PTX 記錄軌跡，參見圖 7.3.1-1 所示。1815 線國道客運完整軌跡(2019-07-18 10:00:07~2019-07-18 11:14:16)，如圖 7.3.1-2 所示。但也部分路徑中間沒有回傳資料，造成公車動態資料缺漏的情形，如圖 7.3.1-3 所示。

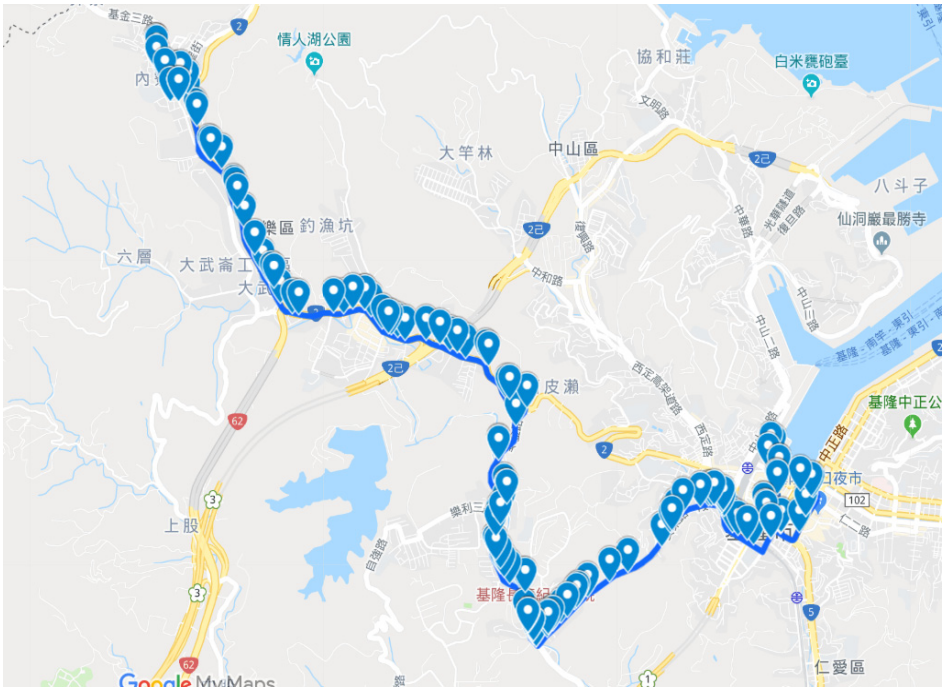


圖 7.3.1-1 505 線公車 PTX 軌跡資料擷取成果

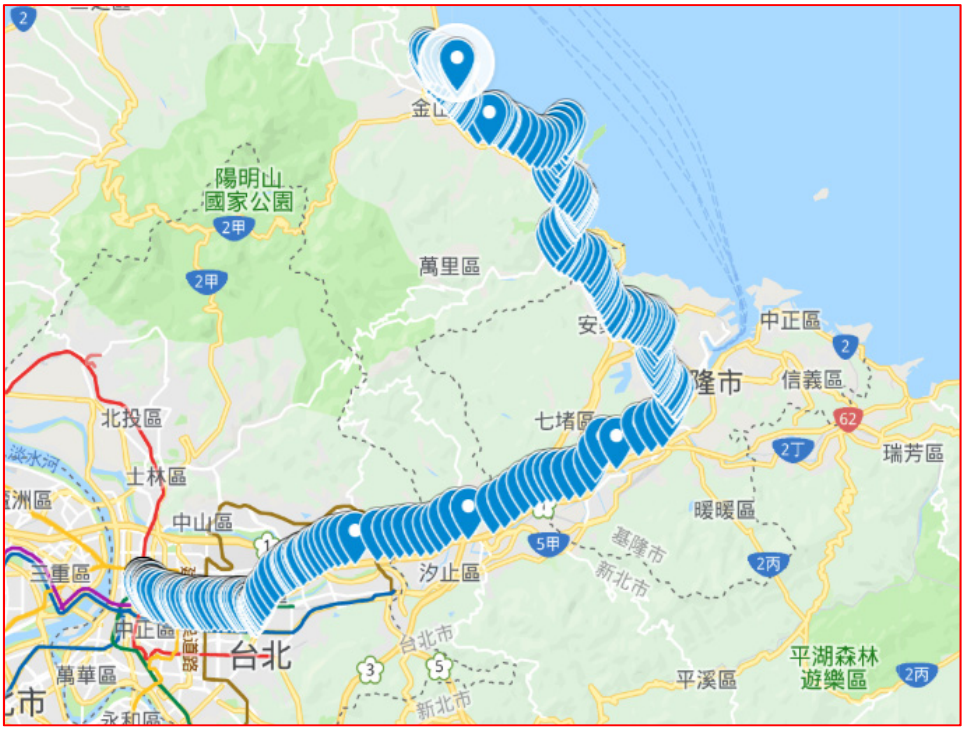


圖 7.3.1-2 1815 線國道客運 PTX 軌跡資料擷取成果



圖 7.3.1-3 PTX 記錄軌跡缺示意圖

7.3.2 資料料回傳頻率及時間

目前公路總局之公車動態定時 A1 資料，原則每 20-30 秒更新一次，PTX 平臺會即時更新並保留每台車輛最新一筆的 GNSS 點位資訊，惟考量部分車機訊號會因故較慢（超過好幾分鐘以上）回傳，故 PTX 平臺會保留每台車輛最近 2 小時內的最新一筆資料。而 DSRC OBU 則是約每 0.1 秒記錄定位資訊。茲比較平臺路線範例資料如下。

一、回傳頻率分析

PTX 所記錄的 GNSS 時間固定間距時間約 20~30 秒，但偶爾有較長時間才

回傳的情況，如圖 7.3.2-1 所示。由於 OBU 記錄甚為密集，故以國 1 記錄資料為例，PTX 記錄的鄰近二點記錄(20 秒間隔)中，OBU 即有 200 點以上的定位資訊，定位資訊套疊參見圖 7.3.2-2。

2019-07-18 10:58:25	KEE5052	121.719367980957	25.1272964477539	5.15782022476196	0	2019-07-18 10:58:08
2019-07-18 10:58:54	KEE5052	121.719711303711	25.1280155181885	24.8186511993408	0	2019-07-18 10:58:38
2019-07-18 10:59:23	KEE5052	121.720184326172	25.1294116973877	25.8909606933594	0	2019-07-18 10:59:09
2019-07-18 10:59:52	KEE5052	121.719596862793	25.1322612762451	48.5631446838379	0	2019-07-18 10:59:39
2019-07-18 11:00:20	KEE5052	121.720878601074	25.1344585418701	30.4561405181885	0	2019-07-18 10:59:54
2019-07-18 11:01:44	KEE5052	121.721687316895	25.1356773376465	21.1387271881104	0	2019-07-18 11:01:39
2019-07-18 11:02:12	KEE5052	121.720367431641	25.1362152099609	31.3062076568604	0	2019-07-18 11:02:09
2019-07-18 11:02:40	KEE5052	121.718818664551	25.1383958740234	33.4600830078125	0	2019-07-18 11:02:25
2019-07-18 11:03:08	KEE5052	121.716491699219	25.1392669677734	37.5826377868652	0	2019-07-18 11:02:40

圖 7.3.2-1 PTX 紀錄遺漏範例

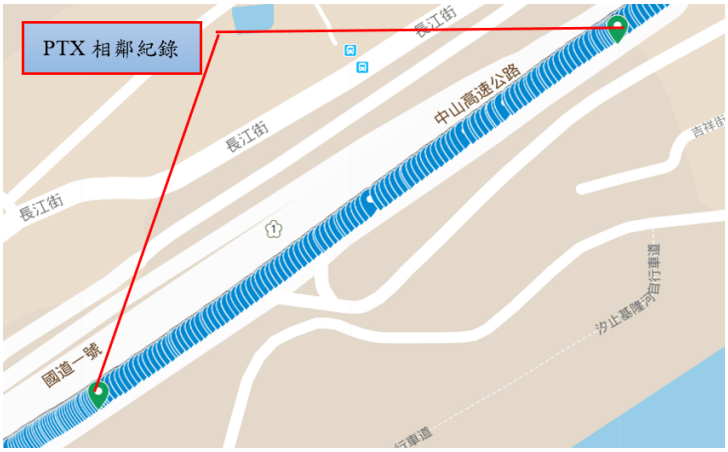


圖 7.3.2-2 PTX 與 OBU 車輛定位頻率

二、回傳時間分析

1. 國道客運 1815 線

由 GNSS 接收到平臺更新時間有數秒至 1 分鐘左右的差距，如圖 7.3.2-3 所示。

gpsTime	routeId	x	y	speed	dutyStatus	updateTime
2019-07-18 10:37:19	THB181501	121.519298333333	25.0475133333333	0	0	2019-07-18 10:38:33
2019-07-18 10:38:37	THB181501	121.519305	25.047535	0	0	2019-07-18 10:38:38
2019-07-18 10:38:57	THB181501	121.519306666667	25.04753	0	0	2019-07-18 10:38:58
2019-07-18 10:39:17	THB181501	121.519315	25.047525	0	0	2019-07-18 10:39:19
2019-07-18 10:39:37	THB181501	121.519318333333	25.0475166666667	0	0	2019-07-18 10:39:39
2019-07-18 10:39:57	THB1					2019-07-18 10:39:59
2019-07-18 10:40:17	THB1					2019-07-18 10:40:20
2019-07-18 10:41:05	THB181501	121.518763333333	25.0479283333333	0	0	2019-07-18 10:41:21
2019-07-18 10:41:33	THB181501	121.518781666667	25.0478683333333	0	0	2019-07-18 10:41:36
2019-07-18 10:41:53	THB181501	121.518758333333	25.0478483333333	0	0	2019-07-18 10:41:56
2019-07-18 10:42:13	THB181501	121.518755	25.04788	0	0	2019-07-18 10:42:17
2019-07-18 10:42:33	THB181501	121.518756666667	25.0478916666667	0	0	2019-07-18 10:42:37
2019-07-18 10:42:53	THB181501	121.518775	25.04791	0	0	2019-07-18 10:42:57
2019-07-18 10:43:13	THB181501	121.518766666667	25.0479333333333	0	0	2019-07-18 10:43:18
2019-07-18 10:43:33	THB181501	121.518793333333	25.04792	0	0	2019-07-18 10:43:38
2019-07-18 10:43:53	THB181501	121.5188	25.0479016666667	0	0	2019-07-18 10:43:59
2019-07-18 10:44:13	THB181501	121.518843333333	25.0478183333333	0	0	2019-07-18 10:44:14

圖 7.3.2-3 PTX GNSS 接收時間與平臺更新時間比較

2. 505 線公車

由 GNSS 接收到平臺更新時間有數秒至 1 分鐘左右的差距，如圖 7.3.2-4 所示。

gpsTime	routeId	x	y	speed	dutyStatus	updateTime
2019-07-18 10:00:07	KEE5052	121.695594787598	25.1557636260986	0.04444799944758420		2019-07-18 10:00:01
2019-07-18 10:01:02	KEE5052	121.695602416992	25.1557712554932	0.01296399999409910		2019-07-18 10:00:47
2019-07-18 10:01:32	KEE5052	121.695602416992	25.1557712554932	0.02407599985599520		2019-07-18 10:01:02
2019-07-18 10:01:58	KEE5052	121.695602416992	25.1557712554932	0.00925999972969290		2019-07-18 10:01:48
2019-07-18 10:02:26	KEE5052	121.695617675781	25.15576171875	4.45220804214478	0	2019-07-18 10:02:19
2019-07-18 10:03:21	KEE5052	121.694000244141	25.1576480865479	34.0175361633301	0	2019-07-18 10:02:50
2019-07-18 10:03:54	KEE5052	121.693901062012	25.158447265625	4.12810802459717	0	2019-07-18 10:03:52
2019-07-18 10:04:22	KEE5052	121.693908691406	25.1584339141846	1.61494398117065	0	2019-07-18 10:04:07
2019-07-18 10:04:50	KEE5052	121.694320678711	25.1571331024170	34.6305465698242	0	2019-07-18 10:04:38
2019-07-18 10:05:19	KEE5					2019-07-18 10:05:08
2019-07-18 10:05:47	KEE5052	121.69556427002	25.1566600799561	0.02963200025260450		2019-07-18 10:05:39
2019-07-18 10:06:15	KEE5052	121.695922851562	25.1565608978271	9.26740837097168	0	2019-07-18 10:06:10
2019-07-18 10:06:51	KEE5052	121.696388244629	25.1554298400879	35.8713874816895	0	2019-07-18 10:06:41
2019-07-18 10:07:20	KEE5052	121.696830749512	25.1542987823486	21.6535835266113	0	2019-07-18 10:07:11
2019-07-18 10:07:49	KEE5052	121.697845458984	25.1518611907959	40.8088188171387	0	2019-07-18 10:07:42
2019-07-18 10:08:18	KEE5052	121.699745178223	25.1492748260498	25.683536529541	0	2019-07-18 10:08:12
2019-07-18 10:08:46	KEE5052	121.69979095459	25.1491317749023	0.02592799998819830		2019-07-18 10:08:43
2019-07-18 10:09:14	KEE5052	121.700576782227	25.1474304199219	43.7386856079102	0	2019-07-18 10:08:58
2019-07-18 10:09:43	KEE5052	121.701934814453	25.1444873809814	47.6019554138184	0	2019-07-18 10:09:29

圖 7.3.2-4 505 線公車 GNSS 接收到平臺更新時間

7.3.3 資料定位分析

本計畫在同一輛大客車同樣方向上路線，分別蒐集 PTX 及 OBU 所記錄的行車軌跡，因此，將兩者的定位資訊與 Google 地圖進行套疊分析，說明如下。

一、定位漂移狀況

PTX 公車動態資料在都市建築物較多下有較高的漂移情形，如圖 7.3.3-1、7.3.3-2 所示。而 OBU 所記錄的定位資料，因接收差分修正的 RTCM 校正資料，因此較不會出現短時間偏移情況。

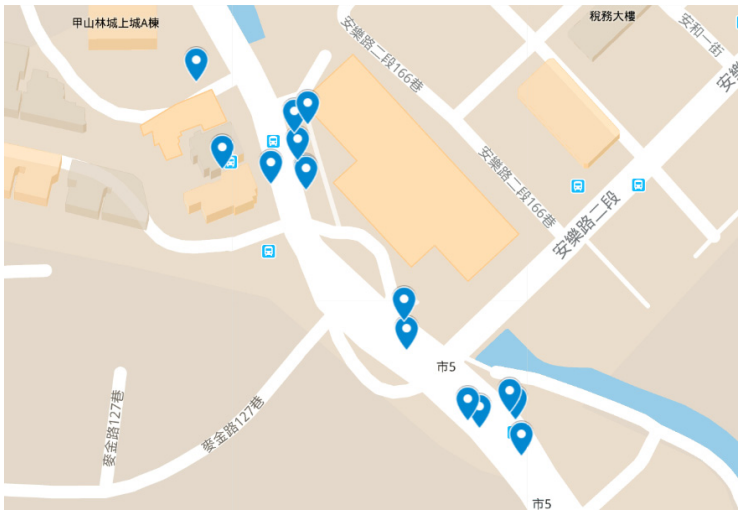


圖 7.3.3-1 PTX 記錄之公車站停等時定位漂移情形

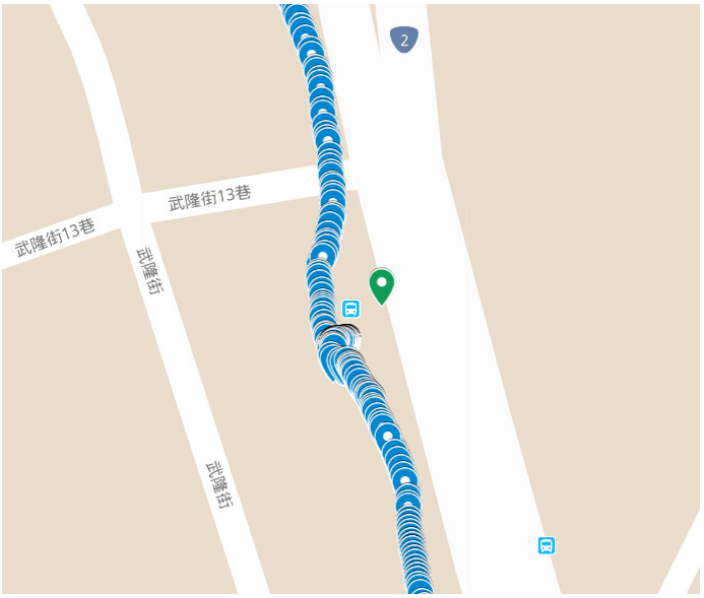


圖 7.3.3-2 PTX 及 OBU 記錄公車停等公車站比較圖

二、比較同一趟次的 PTX 及 OBU 定位的差異

比較國道客運 1815 線 FAB-229 車輛在國 1 上的行駛速率，發現 PTX 所記錄速率只有 39km/hr，與 OBU 所記錄之 91km/hr 有很大的差距，進一步檢核 PTX 的定位及時間，可以發現在 20 秒內約行進 513m (時速約為 92km/hr)，故可推論 PTX 所收到的該車輛的速率值有較大的偏誤，如圖 7.3.3-3 所示。

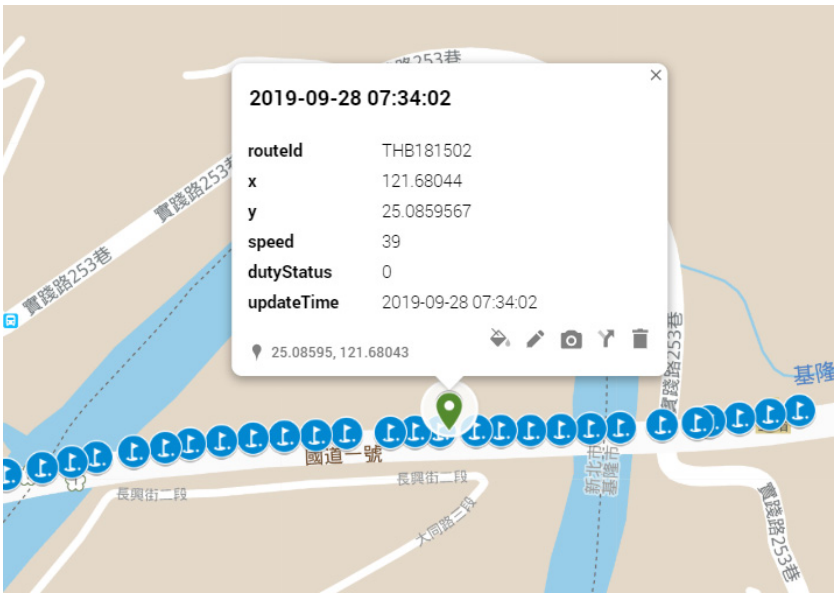


圖 7.3.3-3 PTX 紀錄速率異常圖

7.4 基隆場域 DSRC 通訊效能分析

本章節針對基隆場域路側設備 DSRC 通訊效能做分析，測試車上裝設 OBU 車機當發送端(Sender)、RSU 當接收端(Receiver)，於每個 RSU 接收端記錄所有封包(包括封包序號、封包發送時經緯度坐標位置等)，分析不同 RSU 在不同通訊

範圍下(<100m、100~300m、<300m)的封包遺失率。本年度 RSU 建置於基隆場域，共區分為 10 個路段，分別為(1)大武崙南下接台 62 路段；(2)台 62 北上到大武崙路段；(3)國 1 北上路段；(4)國 1 南下路段；(5)國 3 南下路段；(6)國 3 北上路段；(7)基金一路往西路段；(8)基金一路往東路段；(9)麥金路北上路段；(10) 麥金路南下路段。圖 7.3.4-1 至圖 7.3.4-10 分別為封包遺失率的測試結果。

從測試結果顯示，通訊品質於可視距離 300 公尺之內，封包遺失率均低於 10%，100 公尺內封包遺失率更低於 5%，部分區域因受路型及建築物遮蔽，封包遺失率較高，針對本年度 CV 結合 ADAS 應用情境，距離路口 100 公尺內，封包遺失率<5%，可確保訊息能順利推播至車機。此外，OBU 車機只要接收到一筆資訊即可適時提供給駕駛，封包遺失率不至於影響太大。

	RSU2			RSU3			RSU5			RSU6		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	47	91	105	105	20	N/A	N/A	N/A	11	78	67	N/A
Recv Num.	47	91	92	102	18	N/A	N/A	N/A	4	75	63	N/A
Loss rate	0	0	0.12	0.03	0.1	N/A	N/A	N/A	0.64	0.04	0.07	N/A

	RSU7			RSU8			RSU9			RSU10		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	189	44	N/A	744	159	N/A	238	162	N/A	322	31	N/A
Recv Num.	174	40	N/A	743	147	N/A	234	153	N/A	306	28	N/A
Loss rate	0.08	0.1	N/A	0.001	0.08	N/A	0.02	0.06	N/A	0.05	0.10	N/A

	RSU11			RSU46		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	496	209	N/A	N/A	449	N/A
Recv Num.	490	190	N/A	N/A	332	N/A
Loss rate	0.01	0.09	N/A	N/A	0.26	N/A

圖 7.3.4-1 大武崙南下接台 62 線路段之封包遺失率

	RSU21			RSU22			RSU23			RSU24		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	75	71	27	80	103	270	99	73	55	67	64	182
Recv Num.	72	64	22	79	92	203	93	63	40	64	63	120
Loss rate	0.04	0.1	0.19	0.01	0.11	0.25	0.06	0.13	0.27	0.04	0.01	0.34

	RSU25			RSU30			RSU31			RSU32		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	71	78	146	66	49	414	70	72	290	93	78	358
Recv Num.	68	75	137	62	43	347	67	66	240	91	78	242
Loss rate	0.04	0.04	0.06	0.06	0.12	0.16	0.04	0.08	0.17	0.02	0	0.32

	RSU33			RSU34			RSU35			RSU36		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	32	69	278	69	69	147	117	94	65	99	112	143
Recv Num.	30	60	221	65	69	110	114	94	48	94	100	80
Loss rate	0.06	0.13	0.20	0.05	0	0.25	0.03	0	0.26	0.05	0.11	0.44

圖 7.3.4-2 台 62 線北上到大武崙路段封包遺失率

	RSU2			RSU3			RSU5			RSU6		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	123	143	27	109	31	N/A	N/A	N/A	74	124	72	39
Recv Num.	122	130	20	106	29	N/A	N/A	N/A	56	121	65	26
Loss rate	0.01	0.09	0.26	0.03	0.09	N/A	N/A	N/A	0.24	0.02	0.1	0.33

	RSU7			RSU8			RSU9			RSU10		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	284	905	N/A	201	118	N/A	444	102	N/A	219	329	N/A
Recv Num.	270	841	N/A	196	108	N/A	442	93	N/A	215	306	N/A
Loss rate	0.05	0.07	N/A	0.02	0.08	N/A	0.01	0.09	N/A	0.02	0.07	N/A

	RSU11			RSU46		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	286	246	N/A	N/A	140	N/A
Recv Num.	285	215	N/A	N/A	126	N/A
Loss rate	0.01	0.13	N/A	N/A	0.10	N/A

圖 7.3.4-3 國 1 北上路段封包遺失率

	RSU30			RSU42			RSU47			RSU48			RSU49		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	83	61	183	129	160	N/A	813	827	35	53	845	N/A	105	77	N/A
Recv Num.	81	53	138	118	144	N/A	765	803	20	50	778	N/A	100	69	N/A
Loss rate	0.02	0.13	0.24	0.09	0.10	N/A	0.06	0.03	0.42	0.06	0.08	N/A	0.05	0.10	N/A

圖 7.3.4-4 國 1 南下路段封包遺失率

	RSU21			RSU22			RSU23			RSU24		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	73	89	40	78	72	92	108	134	228	64	62	144
Recv Num.	71	78	29	76	65	81	107	119	135	59	61	114
Loss rate	0.03	0.12	0.28	0.03	0.10	0.12	0.01	0.11	0.40	0.08	0.02	0.21

	RSU25			RSU30			RSU31			RSU32		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	71	70	156	71	74	415	67	75	133	78	83	150
Recv Num.	70	69	98	68	66	317	60	63	90	75	82	123
Loss rate	0.01	0.01	0.37	0.04	0.10	0.24	0.10	0.16	0.32	0.04	0.01	0.18

	RSU33			RSU34			RSU35			RSU36		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	56	83	284	68	75	18	123	138	220	139	116	121
Recv Num.	53	75	267	66	75	11	118	137	184	136	103	70
Loss rate	0.06	0.10	0.06	0.03	0	0.39	0.04	0.01	0.16	0.02	0.11	0.42

圖 7.3.4-5 國 3 南下路段封包遺失率

	RSU30			RSU42			RSU47			RSU48		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	95	113	104	221	118	N/A	102	242	101	87	98	165
Recv Num.	93	109	83	217	109	N/A	102	210	79	87	94	121
Loss rate	0.02	0.04	0.20	0.02	0.08	N/A	0	0.13	0.22	0	0.04	0.27

圖 7.3.4-6 國 3 北上路段封包遺失率

	RSU42			RSU43			RSU44			RSU45		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	166	130	79	168	168	49	163	197	376	455	168	120
Recv Num.	166	110	46	168	165	32	162	185	266	454	163	71
Loss rate	0	0.15	0.41	0	0.02	0.34	0.01	0.06	0.29	0.01	0.03	0.41

	RSU46			RSU47		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	177	187	50	N/A	227	592
Recv Num.	176	163	29	N/A	201	331
Loss rate	0.01	0.13	0.42	N/A	0.11	0.44

圖 7.3.4-7 基金一路往西路段封包遺失率

	RSU42			RSU43			RSU44			RSU45		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	220	163	140	240	222	49	535	223	112	131	273	109
Recv Num.	220	150	113	239	202	34	535	199	60	131	237	63
Loss rate	0	0.08	0.19	0.01	0.09	0.31	0	0.11	0.46	0	0.13	0.42

	RSU46			RSU47		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	130	124	76	N/A	264	79
Recv Num.	129	123	55	N/A	233	45
Loss rate	0.01	0.01	0.27	N/A	0.11	0.43

圖 7.3.4-8 基金一路往東路路段封包遺失率

	RSU35			RSU36			RSU37			RSU38		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	136	146	177	N/A	278	190	796	134	189	223	121	257
Recv Num.	133	143	149	N/A	240	98	796	122	157	223	109	167
Loss rate	0.02	0.02	0.16	N/A	0.14	0.48	0	0.09	0.17	0	0.10	0.35

	RSU39			RSU40			RSU41		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	240	576	N/A	732	302	N/A	743	550	N/A
Recv Num.	220	556	N/A	731	275	N/A	700	495	N/A
Loss rate	0.08	0.04	N/A	0.01	0.09	N/A	0.06	0.10	N/A

圖 7.3.4-9 麥金路北上路段封包遺失率

	RSU35			RSU36			RSU37			RSU38		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	119	103	58	166	581	144	455	668	69	265	985	48
Recv Num.	119	103	42	159	567	69	455	663	46	265	896	28
Loss rate	0	0	0.28	0.04	0.02	0.52	0	0.01	0.33	0	0.09	0.42

	RSU39			RSU40			RSU41		
距離	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300	<100	100-300	>300
Send Num.	672	261	N/A	366	635	9	849	134	N/A
Recv Num.	672	224	N/A	366	611	8	844	126	N/A
Loss rate	0	0.14	N/A	0	0.04	0.11	0.01	0.06	N/A

圖 7.3.4-10 麥金路南下路段封包遺失率

7.5 RTCM 定位校正服務效能分析

為了分析定位效能，透過高精度之 GNSS 設備(COMTECHSYS MB5000)記錄車輛移動軌跡，當作精準移動坐標參考點，並分別於市區道路場域及高快速道路場域進行以下測試。DSRC RSU 執行轉接基站 RTCM 校正資訊之程式，將校正資訊透過 DSRC RSU 廣播給車輛 DSRC OBU；OBU 則分為兩類，一類 OBU 執行接收 DGNSS 校正服務之程式，進行區域性 DGNSS 校正服務；另一類 OBU 則不執行定位校正服務的程式，以利進行比對。測試結果如下表所示，實驗結果發現 DGNSS 廣播定位校正服務確實可以提供較好的定位校正效能；圖 7.5-1 及圖 7.5-2 為三種不同定位設備分別在市區道路及高速公路的軌跡(綠色為高精度設備記錄的精準軌跡，藍色為 DGNSS 校正定位的軌跡，紅色為 GNSS 定位的軌跡)。

表 7.5-1 不同定位系統之定位誤差(市區道路)

市區道路	DGNSS 校正定位	GNSS 定位
平均值	3.18	8.73
變異數	1.21	5.42
最小值	0.40	0.98
最大值	6.88	16.11

表 7.5-2 不同定位系統之定位誤差(高速公路)

高速公路	DGNSS 校正定位	GNSS 定位
平均值	2.11	8.48
變異數	0.59	3.99
最小值	0.50	0.92
最大值	4.86	14.31

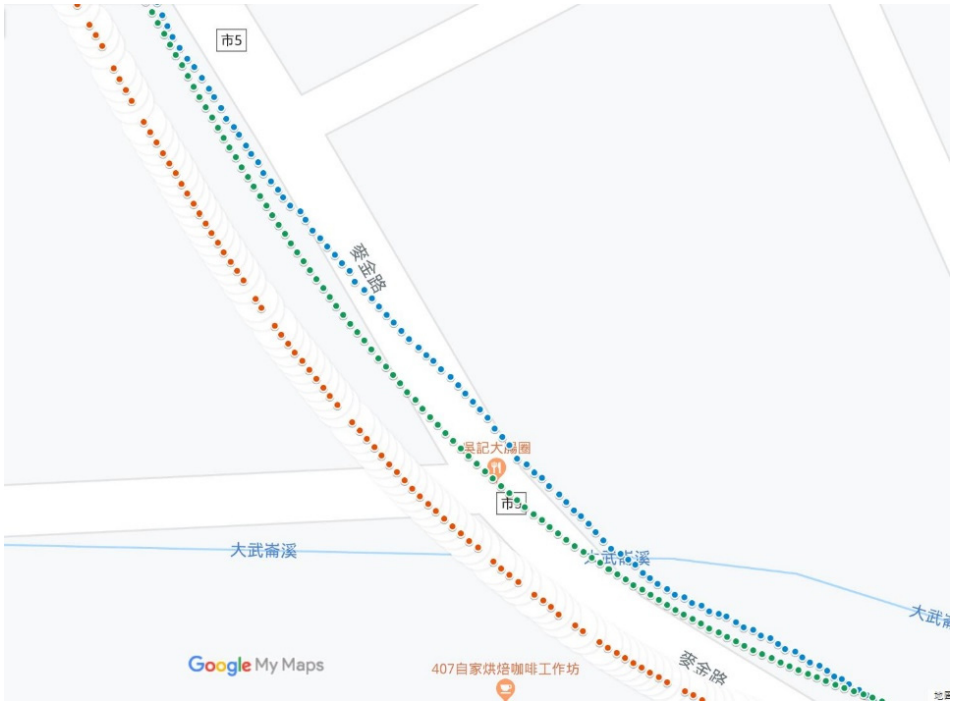


圖 7.5-1 不同定位系統之定位軌跡圖(市區道路)



圖 7.5-2 不同定位系統之定位軌跡圖(高速公路)

第八章 結論與建議

8.1 結論

本年度計畫擴充基隆場域基金公路段、麥金路段、國道 1 號與 3 號 DSRC RSU 實驗路側端設備，以及於基隆市公車 505 線與國光客運 1815 線安裝實驗車機端設備，並提供 CV 結合 ADAS 應用與服務。此外，於既有實驗平台功能與整合彈性，已完成多項功能擴充與效能提升，以下為今年度計畫亮點成果及結論：

1. 擴充基隆車聯網實驗場域，實現 CV 與 ADAS 多元應用整合

本研究為能夠完整評估我國公共運輸車輛整合 CV 與 ADAS 應用模式運作，以及瞭解整合 CV 與 ADAS 應用情境之可行性與其涉及之技術特性，因此提出多項應用情境，分別為交通安全資訊提供(交通壅塞、移動式 RSU 道路施工、OBU 故障車輛)、大客車 ADAS 前方防碰撞與盲點偵測警示、智慧安全路口、路口即時號誌資訊提供與加減速建議、車流均勻加減速建議。

2. 導入訊息接收引擎架構，提高實驗平台擴充性與整合彈性

本研究場域內所需監控之路側設備、智慧路口裝置與智慧公車車載機(ADAS、OBU)數量較往年提升，每秒所需處理的緊急事件與封包個數也隨著應用的擴增與設備數增加而有倍數上的成長，因此架構上導入訊息接收引擎為本實驗平台核心，也是所有 API 訊息與資訊解析的單一窗口。實測結果顯示本架構可有效處理大量測試資料回傳，確保資料未遺失並維持平台使用介面正常運作。

3. 依據不同系統警示與事件處理情境，完成不同系統事件處理流程與介面設計

本研究相對於歷年計畫整合智慧路口與智慧公車(ADAS、事件影像)兩大應用，為有效顧及管理者即時事件提醒、事後事件追蹤與還原等不同時效性應用，實驗平台已成功結合規則庫設計即時監控與資訊整合機制，讓管理者可第一時間了解事件發生位置與周遭整合環境資訊；同時，也設計事故還原機制，結合車載環周影像與 ADAS 事件，讓管理者可了解緊急事件發生當下車輛動態/駕駛狀況/事件前後影像/盲點區域狀況/前方號誌等資訊。

4. 接軌國際，進行類 CAMP 功能測試與大規模測試

本研究共進行兩次類 CAMP 功能測試與四次大規模測試。類 CAMP 功能測試的主要目的為採取美國 CAMP 所建議之測試步驟來進行功能及性能測試，以與國際規格接軌，兩次的類 CAMP 測試皆安排在基隆海科館漁港一街，共測試跟車距離過近警示(FCW)、前方車流緊急煞車警示(EEBL)、車道偏離警示 (LDW)、

變換車道盲點警示(BSD)、路口轉彎盲點警示(BSD)、左轉側撞警示(LTA)、路口交叉撞警示(IMA)，及路口行人警示(PED)等功能。大規模測試共進行為期四天的測試，其中安排兩天為假日(108/10/6、108/10/20)及兩天為非假日 (108/10/5、108/10/16)，每日 8 小時，每小時各路線測試 1 車次，驗測時間安排為上午 8 點至 11 點(上午尖離峰)與下午 13 點至 18 點(下午尖離峰)。除了基隆市公車 505 線與 501 線、國光客運公司 1815 線等大客車參與驗測外，亦搭配 10 輛一般轎車做為驗測的探偵車(Probe Car)，且驗測過程配合進行錄影、資料自動記錄、隨車觀察記錄，以提供做為績效評估之用。

5. 整合車輛動態及車內外環周影像資訊，建立行車安全系統驗證分析平台

本研究針對所蒐集 ADAS 警示事件紀錄、車輛即時動態資訊(包括車速、方向角、方向燈與倒車燈、煞車訊號、G-Sensor 等)以及車內外環周影像等，於實驗平台進行資料同步及整合，提供查詢介面及事件還原功能，可用作駕駛員駕駛行為與 ADAS 警示系統正確性驗證等分析，以及成為行車安全系統驗證平台基礎，未來亦可進一步擴充提供駕駛營運管理參考，以及改善 ADAS 警示系統之用。

6. 針對 ADAS 與 CV 整合型安全系統，完成性能測試及事前事後績效評估

本研究針對所建置之 ADAS 與 CV 整合型安全系統，透過類 CAMP 測試進行效能測試，主要評估系統判中率(有危險且有警示)及系統漏報率(有危險卻無警示)，以及分析系統啟用之事前(Disabled)/事後(Enabled)資料，進行事前事後績效評估，主要評估系統判中率(有危險且有警示)及系統誤報率(無危險卻有警示)。結果顯示 ADAS 系統中之前方防撞(FCW)、車道偏移(LDW)，其判中率、漏報率、誤報率都達實務可用性，但 ADAS 系統之盲區警示(BSD)於夜晚或雨天時表現不佳，漏報率偏高，且於實際道路行駛時誤報率高，容易造成駕駛忽略其警示訊息，未來可設法改善盲區警示系統。

7. 號誌時相秒數資訊(SPaT)、旅行者資訊(TIM)或路側警示(RSA)效益

本研究大規模實驗場域驗測中，不論號誌時相秒數資訊(SPaT)、旅行者資訊(TIM)或路側警示(RSA)，於實驗進行過程中不斷提供駕駛人道路資訊與行駛速率建議，每秒約 1 至 2 次，進而協助駕駛人更好掌握行車動向，號誌時相秒數資訊之特色在於當前方號誌轉換時，能即時提醒駕駛減速或加速以便順利通過路口；旅行者資訊能夠透中心發布訊息，提早告知駕駛前方交通狀況，以避免道路壅塞或施工路段；路側警示則是能夠提供駕駛路側標誌牌之訊息，除能夠提供路側資訊外，亦能避免因遮蔽物或行駛過程不及觀看情形。

8. 首創於中興新村，完成高精地圖建置及試用

本年度計畫建置中興新村實驗場域高精地圖並實際運用高精地圖於自駕車上，評估高精地圖之可用性，探討高精地圖與自駕車技術之關係。本期中興新村實驗場域為雙向單線的開放道路，未來可配合本期計畫建置基隆實驗場域之高精地圖，針對複雜的開放道路進行研究及試用。此外，亦可與內政部共同合作建構我國高精地圖平台。

8.2 建議

一、技術面議題

本年度計畫目標在導入新形態車聯網技術，於可控環境下導入於大客車運行情境，進行車聯網技術與應用的分析，因此設備與技術的可行性、耐用性、駕駛人與管理者的回饋將是重要的議題，也是本研究後續可否進一步將成果推展至實際應用場域的關鍵，因此後續計畫可進行下列功能擴充：

1. 多元性測試：由於本研究實際行駛狀況相當多元，然無論類 CAMP 功能測試或大規模測試觀測所得情境仍受限，後續建議可規劃更多情境來進行前方防碰撞、車道偏離、盲區等警示與車聯網等交通安全效益評估與分析。

2. 自動化設備與應用(包含路側、智慧路口與車載設備)錯誤通報：本研究實驗平台已納入即時運作監控機制，然而不同的應用與設備建議由不同的監控機制主動進行監控，並提供下列機制進行監控，例如：(1)應用服務與設備斷線時主動通報、(2)路側與智慧路口設備/應用故障通報時間與層級不應相同，需提供設定介面允許管理者設定、(3)應用與設備斷線主動通報方式，應包含 Web 平台、SMS 簡訊、APP 等方式。

3. 智慧路口事故還原：本研究實驗平台已設計智慧公車事故還原機制，後續年度應針對智慧路口設計路口事件事故還原機制，同樣以結合智慧路口事件與影像的方式做為設計，藉以了解智慧路口事件正確性與可用性，提升整體警示的穩定與準確度。建議進一步設計導入違規事件偵測，達到科技執法之綜效。

4. 提升系統準確性：本研究測試過程在疲勞駕駛、分心，及盲點偵測誤報率過高，導致駕駛員對該系統失去信任，建議未來相關研究可進一步探討誤報率過高之原因。

   (1) ADAS 系統誤報率：例如前方碰撞相關的指標設計，一方面前方碰撞危險事件及安全相關事件數增加，但最小碰撞時間卻減少，推測為駕駛員

對系統警示產生依賴性，建議未來延長事前事後測試時間，以確認此效果。目前 ADAS 系統之警示判中率已達一定水準，建議後續持續探討誤報產生之原因，並以現有資料來逐一過濾，並輔以使用者經驗訪談之內容，逐步精進危險事件及安全相關事件之警示門檻條件。如現有資料經由複合條件篩選，先分別以日夜或晴雨天分類，再針對該情況以數位車機資料之欄位進行篩選等。

(2) 智慧路口系統：由於今年度智慧路口的系統於實際行駛時之系統效益與配備車聯網之車輛數有相當大的關係，因此，建議後續擴大參與實驗車輛數，以進一步觀察其實際效益。

5. 建立系統資料蒐集與整合機制：因測試與資料蒐集期間，針對駕駛人回饋部分，資訊蒐集較為零散、訪談次數與內容不夠充分。建議後續經由再次說明設備運作機制與使用方法後，以問卷方式，系統性蒐集駕駛人對 ADAS 與 CV 警示訊息信賴度與遵循度之資訊。系統資訊過多，容易導致發生資訊過載，或駕駛員直接選擇忽略安全資訊。建議未來進一步設計及改善安全資訊的呈現方式、介面、及時間點。

6. 探討危險行車動態：建議未來可再針對如彎道超速、不當超車、不當轉彎、不當變換車道、危險行車動態等再進行更進一步之研究，並且後續分析時須查看非先進駕駛輔助系統事件發生之當下影像，故建議未來影像資料可分為事件發生當下截錄之影像與全程影像資料，並分別以合適方法提供分析研究使用。

7. SPaT 訊號取得受限：目前 SPaT 訊號以號誌控制器 5F03 指令運算取得，受限資料來源只能以每秒 1 次頻率廣播，若號誌控制器延遲傳送將會使得紅燈倒數秒數消失，易造成駕駛者誤判以為號誌要變換了。建議後續研究增加 RSU 具有號誌剩餘秒數倒數機制，並提高資訊發送頻率，以確保 OBU 不會有倒數秒數消失的情形。

8. 強化車機使用者介面：車路整合(V2I)為未來道路交通運輸之趨勢，但相關資訊之使用及使用者介面尚須考慮駕駛人因素(Human factors)，建議未來應進一步探討此議題。

9. 高精地圖更新機制：本研究建置之高精地圖是運用測繪車蒐集完整道路資訊後經由專業人員校正、數化後所產製的靜態圖層。然而道路標誌標線或是號誌隨時都有可能變動，如何能快速得知道路環境的變化並更新高精地圖，可從自駕車方面著手。建議自駕車本身在道路上行駛時也同時在蒐集道路資訊，

這代表自駕車能夠第一手得知道路是否有變化，若能直接從自駕車上所蒐集的資訊，與既有高精地圖進行比對，得出新舊圖資間的差異，將這些資訊回饋至高精地圖，形成動態更新機制。

10. 訂定安全輔助系統測試標準規範：目前我國自行研發之防碰撞警示系統之準確性與國際大廠仍有相當程度之差距，建議未來交通部應訂定國內駕駛人安全輔助系統之測試標準，以供相關車對業者進行採購時之參考。

11. 強化安全管理：運用車載資訊設備來更即時的監控駕駛人駕駛行為及危險事件為未來趨勢，亦為運用中介指標來進行道路交通安全管理系統之實踐方式之一，建議我國監理單位應可提早規劃因應，以求極大化安全管理綜效。

參考文獻

1. 社團法人台灣資通產業標準協會，高精地圖製圖作業指引，民國 107 年。

2. 拓墣產業研究院，107 年 4 月，【拓墣觀點】自駕車 ADAS 台廠商機全解析，檢自 http://technews.tw/2018/04/27/topology-adas/

3. 李玉忠，106 年 10 月，「智慧車輛自動駕駛系統發展趨勢」，財團法人車輛測試研究中心。

4. 陳建次，106 年，透過產業趨勢與專利地圖解析 ADAS 技術發展，財團法人車輛研究測試中心。 https://www.artc.org.tw/upfiles/ADUpload/knowledge/tw_knowledge_559943680.pdf

5. 交通部運輸研究所，106 年，中興新村「智慧運輸－車聯網」示範場域規劃建置

6. 交通部運輸研究所，107 年 7 月，我國電動大客車推動策略規劃與自動輔助駕駛技術導入初探(期中報告)

7. 交通部，107 年 4 月 25 日，車輛安全檢測基準，中華民國 107 年 4 月 25 日交通部交路字第 10750036901 號令修正發布

8. 李夏新，107 年 4 月 26 日，台灣自動駕駛巴士發展現況，【Mobility Asia 2018】未來自駕車與車聯網應用研討會

9. 台灣好新聞，107 年 9 月 20 日，「推動智慧安全公車　北市導入 ADAS 系統試裝 20 輛公車」，http://www.taiwanhot.net/?p=633524

10. 吳碧娥，107 年 10 月 19 日，2030 年全球自動駕駛市場達 8,000 億美元 台灣車廠組團搶商機 (https://udn.com/news/story/6871/3431023)

11. 雷鋒網，106 年 12 月 4 日，無人大巴真在中國上路了！來看看深圳打造的「阿爾法巴」。https://www.inside.com.tw/2017/12/04/china-self-driving-bus-alphabus

12. Commerical Connected Vehicle Test Procedure Development and Test Results – Blind Spot Warning/Lane Change Warning, National Highway Traffic Safety Administration, November 2016.

13. Commerical Connected Vehicle Test Procedure Development and Test Results – Forward Collision Warning, National Highway Traffic Safety Administration, July 2016.

14. Commerical Connected – Vehicle Test Procedure Development and Test Results – Intersection Movement Assist, May 2016.

15. Commerical Connected Vehicle Test Procedure Development and Test Results – Emergency Electronic Brake Light, September 2016.

16. http://www.its.dot.gov/pilots/cv_pilot_progress.htm

17. Robot Shuttle, July 24, 2018, https://robot-shuttle.com/

18. Singapore Land Transport, April 4, 2017, Self-Driving Vehicle Initiatives in Singapore

19. Valerie Koh, Oct. 19, 2016, First driverless bus trial launch as early as 2018 in Jurong West, https://www.todayonline.com/singapore/singapore-kick-first-self-driving-bus-trial-jurong

20. Volvo Bus Global. Pioneering Automation: VOLVO Demonstrates Autonomous Bus. https://www.volvobuses.com/en-en/news/2018/jun/pioneering-automation-volvo-demonstrates-autonomous-bus.html

21. CityPilot, https://www.daimler.com/innovation/autonomous-driving/future-bus.html

22. Government of Netherlands, July 28, 2016, Successful test with first self-driving bus on a public road. News of Government of Netherlands website, https://www.government.nl/latest/news/2016/07/28/successful-test-with-first-self-driving-bus-on-a-public-road

23. PROTERRA, https://www.proterra.com/products/40-foot-catalyst/

24. Korea Bizwire in Technology, January 9, 2018, KT's 45-Seat Self-Driving Bus Latest Chapter in S. Korea's Push for Driverless Vehicles, http://koreabizwire.com/kts-45-seat-self-driving-bus-latest-chapter-in-s-koreas-push-for-driverless-vehicles/106929

25. National Conference of State Legislatures, http://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-self-driving-

vehicles-enacted-legislation.aspx

26. Implementation and Evaluation of Local Dynamic Map in Safety Driving Systems, March 2015.

27. Mathworks, https://ww2.mathworks.cn/help/driving/ug/create-configuration-for-here-hd-live-map-reader.html

28. TomTom, HD MAP with RoadDNA

29. Autoware tools, https://tools.tier4.jp/

30. S. McNeil, C. Thorpe, and C. Mertz, “A new focus for side collision warning systems for transit buses,” in Intelligent Transportation Society of America’s 10th Annual Meeting and Exposition, May 2000.

31. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration”Lane Change/merge Crashes: Problem Size Assessment and Statistical Description” January 1, 1994.

32. OpenDRIVEFormatSpecRev1.5M, http://www.opendrive.org/docs/OpenDRIVEFormatSpecRev1.5M.pdf

33. Dissanayake, M. G., Newman, P., Clark, S., Durrant-Whyte, H. F., & Csorba, M., 2001, A solution to the simultaneous localization and map building (SLAM) problem. IEEE Transactions on robotics and automation, 17(3), 229-241.

34. Levinson, J., Montemerlo, M., & Thrun, S., June 2007, Map-Based Precision Vehicle Localization in Urban Environments. In Robotics: Science and Systems (Vol. 4, p.1).

35. Wan, G., Yang, X., Cai, R., Li, H., Wang, H., & Song, S., 2017, Robust and Precise Vehicle Localization based on Multi-sensor Fusion in Diverse City Scenes. arXiv preprint arXiv:1711.05805.

36. Kummerle, R., Hahnel, D., Dolgov, D., Thrun, S., & Burgard, W., May 2009, Autonomous driving in a multi-level parking structure. In Robotics and Automation, 2009. ICRA'09. IEEE International Conference on (pp. 3395-3400). IEEE.

37. Julier, S. J., & Uhlmann, J. K., 2004. Unscented filtering and nonlinear estimation. Proceedings of the IEEE, 92(3), 401-422.

附錄

附錄一：中英文專有名詞對照縮寫表

第一章	
中文	英文
智慧型運輸系統	ITS (Intelligent Transportation Systems)
專用短距通訊	DSRC (Dedicated Short Range Communication)
車聯網	CV (Connected Vehicle)
先進駕駛輔助系統	ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)
自動駕駛車輛	AV (Automated Vehicle)
聯網自動駕駛車	CAV (Connected Automated Vehicle)
車路整合通訊	V2I (Vehicle to Infrastructure)
碰撞預防衡量標準合作計畫	CAMP (Crash Avoidance Metrics Partnership)
第二章	
胎壓偵測系統	TPMS (Tire-pressure monitoring system)
電子車身穩定控制系統	ESP (Electronic Stability Control)
自動緊急煞車系統	AEB System (Autonomous Emergency Braking System)
車道偏移警示系統	LDWS (Lane Departure Warning System)
前方防撞警示系統	FCWS (Forward Collision Warning System)
車對車通訊	V2V (Vehicle-to-Vehicle)
汽車駕駛人疲勞偵測及警告系統	Driver’s Drowsiness Detecting and Warning System
美國國家公路交通安全管理局	NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration)
新車安全評鑑協會	NCAP (New Car Assessment Program)
適路性巡航控制	ACC (Adaptive Cruise Control)
日本國土交通省	MLIT (Ministry of Land, Infrastructure)
國際車輛工程師協會	SAE International (International Society of Automotive Engineers)
駕駛輔助	Driver Assistance
駕駛模式	Driving Modes
部份自動化	Partial Automation
歐洲自動駕駛車研究開發組織	ERTRAC (European Road Transport Research Advisory Council)
盲點偵測	BSD (Blind Spot Detection)
後方橫向車輛偵測	RCTA (Rear Cross Traffic Alert)
車道維持系統	LKS (Lane Keeping System)
夜視系統	NVS (Night Vision System)
全自動駕駛	Fully Automated

全周影像行車輔助系統	AVMS (Around View Monitoring System)
停車輔助	PA (Park Assist)
自動巡航	Auto Pilot
怠速起停	Stop & Go
聯合國歐洲經濟委員會	UNECE (the United Nations Economic Commission for Europe)
車輛穩定性電子式控制功能	VSF (Vehicle Stability Function)
動態煞車	DB (Dynamic Brake)
行車視野輔助系統	DVAS (Driving Vision Assistance Systems)
發光二極體	LED (Light-emitting diode)
有機發光二極體	OLED (Organic Light-Emitting Diode)
攝影機	Camera
雷達	Radar
全球導航衛星系統	GNSS (Global Navigation Satellite System)
慣性測量單元	IMU (Inertial Measurement Unit)
行車記錄器	DVR (Digital Video Recorder)
系統單晶片	SoC (System on a Chip)
駕駛行為模式基礎保險	UBI (Usage-Based Insurance)
支持型停車輔助系統	Backup Parking Aid System
後方碰撞警示系統	Rear Crash Collision Warning System
緩解撞擊煞車系統	Collision Mitigation System
適應性車燈系統	Adaptive Front-lighting System
主動車距控制巡航系統	Adaptive Cruise Control System
碰撞預防系統	Pre-Crash System
停車輔助系統	Parking Aid System
互補性氧化金屬半導體	CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor)
感光耦合元件	CCD (Charge Coupled Device)
電子控制單元	ECU (Electronic Control Unit)
脈衝調頻	PFM (Pulse Frequency Modulation)
調頻連續波	FMCW (Frequency Modulation Continuous Wave)
深度學習	Deep learning
車況診斷器	OBD II
車輛碰撞時間	TTC (Time to Collision)
接收者操作特徵曲線方法	ROC (Receiver Operating Characteristic curve)
同質旅次	HTS (Homogeneous Trip Segment)
混合效果頻次模式	Mixed-Effect Model
固定效果	Fixed-Effect
隨機效果	Random-Effect
整合型安全系統	Integrated Safety Systems

電子煞車燈警示	EEBL (Extended Electronic Brake Light)
盲點警示	BSW (Blind Spot Warning)
左轉側撞警示	LTA (Left Turn Assist)
交叉撞警示	IMA (Inter 秒 tion Movement Assist)
行人警示	PED (Pedestrian Detection)
整合型車輛安全系統	IVBSS (Integrated Vehicle-Based Safety System)
協同式路口碰撞預警系統	CICAS (Cooperative Inter 秒 tion Collision Avoidance System)
車輛基礎建設整合	VII (Vehicle Infrastructure Integration)
概念設計	POC (Proof of concept)
雛型設計	Prototype design
實車通訊效能測試驗證	FOT (Field operational test)
車輛安全通訊聯盟	VSCC (Vehicle Safety Communication Consortium)
勿通行警示	DNPW (Do Not Pass Warning)
控制訊息封包遺失警示	CLW (Control Loss Warning)
主要車輛	HV (Host Vehicle)
遠程車輛	RV (Remote Vehicle)
聯網先導佈署計畫	CVPD (Connected Vehicle Pilots Deployment) Project
加速佈署	Accelerating Deployment
新興能力	Emerging Capabilities
相互操作	Interoperability
企業數據	Enterprise Data
車與行人通訊	V2P (Vehicle-to-Pedestrian)
車載單元	OBU (On board Unit)
售後市場裝置	ASD (Aftermarket Safety Device)
蜂巢式車聯網通訊	C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything)
美國電機工程協會	IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
歐洲電信標準協會	ETSI (European Telecommunications Standards Institute)
車與核心網路	V2N (Vehicle to Network)
使用者裝置	UE (User Equipment)
路側裝置	RSU (Roadside Unit)
長期演進技術	LTE (Long Term Evolution)
自動駕駛感知次系統自主技術	S3 (Surrounding Sensing Subsystem)
控制器區域網路	CAN (Controller Area Network)
乙太網路	Ethernet
差分全球定位系統	DGPS (Differential Global Positioning System)
移動測繪系統	MMS (Mobile Mapping System)
公車捷運系統	BRT (Bus Rapid Transit)
慣性測量單元	IMU (Inertial Measurement Unit)

車聯網車載機	V2X OBU (Vehicle-to-Everything On-Board Units)
差分衛星定位接收器	Differential GNSS receiver
處理與內建軟體計算單元	Processing and embedded software computing units
受電弓沖電梶桿	Pantograph Charge Mast
光達	LiDARs
高敏感度夜視立體攝影機	High sensitivity, night vision stereoscopic cameras
雷達	Radar
協同式智慧運輸系統	C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems)
區域動態地圖	LDM (Local Dynamic Map)
靜態數據	Permanent static data
瞬時靜態數據	Transient static data
瞬時動態數據	Transient dynamic data
高度動態數據	Highly dynamic data
第三章	
可變訊息標誌	CMS (Changable Message Sign)
駕駛行為偵測系統	DBWS (Driving Behavior Warning System)
車上診斷系統	OBD-II (On-Board Diagnostics II)
工業電腦	IPC (Industrial PC)
數位視頻錄影機	DVR (Digital video recorder)
顯示介面	UI (User Interface)
號誌狀態訊息	SSM (Signal Status Message)
號誌請求訊息	SRM (Signal Request Message)
安全憑證管理系統	SCMS (秒 urity Credential Management System)
憑證機構	CA (Certificate Authority)
註冊機構	RA (Registration Authority)
連結機構	LA (Linkage Authority)
登記憑證機構	ECA (Enrollment Certificate Authority)
匿名憑證機構	PCA (Pseudonym Certificate Authority)
登記憑證	Enrollment Certificate
匿名憑證	Pseudonym Certificate
公鑰	Public Key
私鑰	Private Key
第四章	
事故前兆	Crash surrogate
即將碰撞時間	TTC (Time-to-Collision)
國際海運系統無線電技術委員會	RTCM (Radio Technical Commission for Maritime)
網路時間協定	NTP (Network Time Protocol)
安全相關事故	SRE (Safety-related Event)

事前與事後分析方法	Before and After Study
號誌時相秒數資訊	SPaT (Signal Phase and Timing)
第五章	
公共運輸整合資訊流通服務平臺	PTX (Public Transport Data eXchange)
電子收費系統	ETC（Electronic Toll Collection）
可延伸標記式語言	XML（Extensible Markup Language）
基於 XML 的標記語言	KML (Keyhole Markup Language)
JavaScript 物件表示法	JSON (JavaScript Object Notation)
旅行資訊訊息	TIM (Traveler Information Message)
應用程式編程介面	API (Application Programming Interface)
前端設備	Front-end Device
外部資料界接	Data Provider/Operator
實驗平台	Backend Server
資料庫	DB (Database)
分析單元	Agent
表單	Form
資料表	Table
檔案傳輸協定	FTP（File Transfer Protocol）
第六章	
慣性感測器	IMU（Inertial Measurement Unit）
人工智慧	AI（Artificial Intelligence）
深度學習	Deep Learning
即時動態技術	RTK (Real Time Kinematic)
感測器融合演算法	UKF (Unscented Kalman Filter)
車控單元	VCU (Vehicle Control Unit)
非直視性	None-light-of-sign (NLOS)
基本安全訊息	BSM (Basic Safety Message)
地圖訊息	MAP (Map Data) Message
路側警示訊息	RSA (Road Side Alert) Message
盲點區	Blind Zones
盲點偵測與警示系統	BSDWS (Blind Spot Detection and Warning System)
側邊盲區警示	SBZA (Side Blind Zone Alert)
側邊碰撞警示系統	SCWS (Side Collision Warning System)
車道切換警示系統	LDW (Lane Change Warning system)
側撞(撞其他)	Angle striking
側撞(被撞)	Angle struck
追撞(被撞)	Rear-end struck
進入或移出停車位置	Entering or leaving a parking place or driveway

同時變換車道	Both changing lanes
同向擦撞	Sideswipe
追撞(撞其他)	Rear-end striking
碰撞行人	Collision with pedestrian
邊界框	Bounding Box
第七章	
真陽性	TP (True Positive)
真陰性	TN (True Negative)
偽陽性	FP (False Positive)
偽陰性	FN (False Negative)
誤報率	FPR (False Positive Rate)
漏報率	FNR (False Negative Rate)
準確率	ACC (Accuracy)
場域運作測試	FOT (Field Operational Test)
不警示階段	Disabled Phase
警示階段	Enabled Phase

附錄二：期中審查意見與回覆表

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
(一) 國立臺北科技大學 蕭委員耀榮			
1	期中報告書中將所使用設備以不同代號表示，請確認前後之一致性。	遵照辦理，將於期中報告修訂版補充相關內容說明。	同意
2	請補充說明本研究在建置智慧安全路口時，對於 DSRC RSU、CMS、毫米波雷達、光學雷達等設備之建置與判斷標準作業程序(SOP)。	遵照辦理，將於期中報告修訂版第三章補充智慧路口建置與判斷標準作業程序(SOP)內容。	同意
3	請補充說明系統警示判斷之距離碰撞時間(Time to Collision, TTC)門檻值依據。	謝謝委員指教，本計畫採用事故指標法，以 Time to Collision (TTC)做為可行的事故指標法，參考依據為美國 Federal Highway Administration (FHWA)所訂定的建議 TTC 門檻值。	同意
4	建議可於後續透過問卷設計來蒐集駕駛使用系統經驗，以利系統改善與凸顯計畫成果效益。	謝謝委員寶貴建議。遵照指示辦理，並將於期末報告補充相關內容。	同意
5	目前規劃於封閉場域進行的類似美國 CAMP 單元測試，對於部分無交通安全疑慮(例如：左轉輔助駕駛 LTA 等情境)，建議可考慮於開放式場域(實際道路)進行驗證。	遵照辦理，針對無安全疑慮情境，後續規劃可於開放式場域進行驗測。	同意
6	請評估智慧安全路口大量佈建的可行性，因目前建置成本尚高，未來伴隨如矩陣式光學雷達，則可降低建置成本。	謝謝委員指教，未來朝向降低路口建置成本做為提升系統推廣的目標，並考量納入矩陣式光學雷達等先進偵測器做為物件的偵測。	同意
(二) 國立臺北大學 莊委員東穎			
1	請補充說明設備間的資料流與通訊介接方式。	遵照辦理，將於期中報告修訂版第三章補充相關內容。	同意
2	請補充說明目前所採用 TTC 為 5 秒，是依據何國際組織或單位的作法？是否適用於國內？	謝謝委員指教，TTC 參考依據為美國 Federal Highway Administration (FHWA)所訂定的建議門檻值。門檻值的設計將依國內路口規模與事	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		故發生類型而有所調整。	
3	請再強化 P. 110 表 3.2-3 資訊流程圖的說明內容，例如：資訊流程之設備 B 與 C 的功能與角色為何？	遵照辦理，將於期中報告修訂版第三章補充相關內容。	同意
(三) 內政部地政司 王委員成機			
1	目前期中報告章節編號結構有誤，請重新調整，以增加報告的可讀性。	遵照辦理，將於期中報告修訂版調整章節編號與結構。	同意
2	期中報告有許多專有名詞，建議將專有名詞，及其中英文對照縮寫、定義整理後列於附錄，以利閱讀。	遵照辦理，將於期中報告修訂版新增附錄中、英文專有名詞對照縮寫表。	同意
3	期中報告中政府各部會自駕車相關計畫部份，未包括 108 年度、109 年度計畫，建議可加以補充。	遵照辦理，將於期中報告修訂版第二章補充 108 年度、109 年度政府各部會自駕車相關計畫相關內容。	同意
4	請補充說明如何利用內政部國土測繪中心之 e-GNSS 定位修正訊號，以提高車聯網車輛定位精度。	謝謝委員指教，後續將於計畫執行中測試利用內政部國土測繪中心之 e-GNSS 定位修正訊號，以提高車聯網車輛定位精度，並於期末報告中說明。	同意
5	有關本案高精地圖(HD Map)精度部份，計畫要求需符合科技部沙崙試驗場域之相關圖資標準、格式與精度，但從報告書中無法看出測製圖資是否符合規定，建議加以補充說明。另內政部地政司正進行相關計畫，可協助進行第三方高精地圖成果檢核，驗證本案高精地圖成果精度，以確保後續自動駕駛車輛運行之安全性。	謝謝委員指教，本計畫將配合第三方檢核機構提供高精地圖資料進行精度檢核，其精度檢核標準、格式與精度請參閱 6.1.1 高精度圖資精度驗證項目。	同意
6	有關本案高精地圖製作輔以無人機(UAV)產製正射影像，作為為高精地圖向量化之依據，惟此方式是否能符合精度要求，且 UAV 使用受到民航相關法規管理，在都會區使用受限，因此本案所產製向量檔成果將如何驗證其精度？請補充說明。	謝謝委員指教，本計畫無人機產製之正射影像已經過本研究自我檢核，其控制點、檢核點絕對位置精度符合高精地圖要求，其控制點、檢核點精度數據請參閱 6.1.4 影像處理及 6.1.4 檢核點分析。若遇高精地圖測繪場域無法	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		使用無人機之狀況，將採用測繪車掃描的點雲資料繪製高精地圖。	
7	高精地圖測製，除描述產製方法外，檢核驗證流程也為一重要項目，有關本研究的正射影像誤差分析、點雲密度、檢核點分析等請於報告書中詳加補充。	謝謝委員指教，本計畫正射影像誤差分析、點雲密度及檢核點分析結果已補充於 6.1.4 資料後處理，詳細檢核數據請參閱附件。	同意
8	有關向量圖檔之數化流程，請補充說明如何應用 UAV 影像和光達點雲數化向量檔成果。	謝謝委員指教，本計畫採用正射影像及光達點雲，是為運用正射影像具有場景真實色彩，以利向量圖層數化作業的進行，並透過點雲建立完整的三維向量資料，同時檢視正射影像與點雲特徵位置一致，確保數化資料的正確性。相關說明請參閱 6.1.4 向量圖層數化(車道資訊)。	同意
9	建議補充說明與本研究相關之經濟部技術處「新世代移動交通深度學習智慧系統研發暨應用計畫」計畫內容，以利兩個計畫間得以相互交流與分享成果。	遵照辦理，將於期中報告修訂版第二章補充經濟部技術處「新世代移動交通深度學習智慧系統研發暨應用計畫」計畫內容。	同意
10	交通部在未來自動駕駛車運行與應用上扮演重要角色，建議本研究在執行過程避免與其他部會計畫資源有所重複，並適時在行政院科技會報相關會議中分享成果。	遵照辦理	同意
(四) 基隆市政府 蘇委員先知			
1	本案測試場域於基隆市佈設相關設施，若有執行需求，市府可行政協助。另建議相關設備、纜線應有清楚標示，以避免道路維管單位誤移除。	遵照辦理，將於路口建置設備、機箱與纜線黏貼計畫名稱與聯絡單位標籤。	同意
2	智慧安全路口部分： (1) 基金一路 208/135 巷智慧安全路口號誌於上下午尖峰時段有增加一行人早開時相，請修正，另碰撞警示亦需再考	(1) 遵照辦理，將於計畫書增加行人早開時相。 (2) 遵照辦理，將於計畫書增加光達可偵測行人偵測之	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	量設計。 (2) 請釐清 p.148 行人偵測之「停等區」或行穿線範圍如何明確判別？ (3) P.170 績效係採一次性統計評估，如何驗證係屬「偵測」、「反應(CMS) 」或「人車行為」階段都正確運作？建議納入錄影比較。 (4) P.185 智慧安全路口同步 CCTV 輔助監看 CMS 反映，惟路口配置(P.88 等)並未設 CCTV，請釐清。 (5) 建議績效評估可增加蒐集實際使用行人的意見或反應。另該行人參考 CMS，於發生高碰撞機率時，是否考量增加輔助音響警示。	「停等區」範圍。 (3) 遵照辦理，將於驗測階段設定之固定時間內，實驗平台所接收之物件偵測數量及位置、運算所產生之記錄，以及 CMS 作動之記錄，與路口 CCTV 所錄製之影像進行比對。 (4) 遵照辦理，將更正計畫書第三章內容，新增 CCTV 做為同步輔助監看 CMS 反映。 (5) 遵照辦理，計畫執行過程將調查行人於系統的意見與反應。增加輔助音響警示，考量過去台北市也有該做法，但被居民反應打擾安寧，因此取消輔助音響警示功能。	
3	ADAS 系統部分： (1) P.110 事件定義中部分內容建請再釐清或明確化，例如 LDWL 速度需達 55 公里以上、PCW 之「日間」時段及需低於 50 公里、LOSP 透過鏡頭判定速限(若無速限標誌或標線時)等。 (2) P.143 應用情境多係採 20 公里時速及 50M 安全距離測試，建議後續增加較符合實際車流狀態之速率及間距測試。 (3) P.146 對於 LDW 建議增加「有打方向燈」之反應測試。 (4) 請補充公車優先號誌的啟動策略定義及號誌配合運作邏輯。另請留意控制器設備及行車(行人)倒數燈的處理。 (5) 進行績效指標(如最佳行駛速率、公車優先號誌)評估時，建議避免所追求的僅為「個別目的」效率，但卻忽略路	(1) 遵照辦理，將更正計畫書第三章表 3.2-3 內容。 (2)此處屬功能測試內容，後續設備在實際道路運行時會蒐集更多情境資訊。 (3)補充「有打方向燈」之反應測試。 (4) 遵照辦理，將於計畫場域留意控制器設備及行車(行人)倒數燈的處理。本年度計畫於公車優先號誌應用為驗證路側設備與車機分別傳送與接收 SSM (Signal Status Message)與 SRM (Signal Request Message)訊息交換。此外，號誌優先會選一個路口在離峰時段進行測試，策略會採用最簡單綠燈延長。	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	口或路網整體績效可能下降的狀況。	(5)同意所提績效指標的個別限制，後續亦會觀察路口的績效有無影響。	
4	進行車載影像分析與訓練時，建議增加機車、自行車等類別之盲區偵測實驗設計，較能符合國內道路交通特性。	謝謝委員指教，本年度計畫於車載影像分析與訓練時，除了偵測左右側盲區汽車外，將納入機車、自行車等類別。	同意
(五) 國家發展委員會			
1	國發會歡迎本研究至南投中興新村進行 ADAS 結合車聯網測試。	謝謝委員指教，於後續計畫將納入考量。	同意
2	中興新村現住戶較多為高齡者，建議後續測試可將高齡者的行為與特性納入。	謝謝委員指教，於後續計畫將納入考量。	同意
3	中興新村約半年內會將部分路燈改變為智慧路燈，建議研究盤點目前設備是否有附掛在路燈桿，並預為因應。	遵照辦理，於計畫執行中進行設備附掛於路燈桿上數量的盤點。	同意
(六) 交通部路政司			
1	本計畫以營業大客車搭載 ADAS 系統，並以基隆地區道路為車聯網實驗場域進行 V2I 應用測試，預期未來研究成果對於我國公共運輸車輛導入 ADAS 以促進安全管理、降低事故及朝向自動化發展具有指標性助益，可予肯定。	謝謝委員指教	同意
2	我國自動駕駛車輛道路測試規定，本部已於 107 年 12 月 24 日修正發布道路交通安全規則第 20 條及附件 21，提供欲申請道路測試之自動駕駛車輛可依規定提出申請及請領試車牌照，經濟部「無人載具科技創新實驗條例」亦於 107 年 12 月 19 日奉總統令公布，法規及配套子法預計 108 年 6 月份上路，提供無人載具科技應用測試及厚植產業發展，建議報告書 P.13、60、61 參考最新辦理情形酌修。	遵照辦理，將更正計畫書第一章與第二章內容。	同意
3	有關 P.30 表 2.1.3-1 我國與歐盟駕駛輔助系統法規對照表，動態煞車(DB)援引本部 107 年 4 月 25 日修正發布之車輛	遵照辦理，將更正計畫書第二章內容。另於計畫中補充第七十一條、行車視野輔助	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	安全檢測基準內容，惟當時已配合更新版次為「四十二之四、動態煞車」，建請研究單位再予釐清；第 31 頁註 8：七十一、行車視野輔助系統規範對象除 N2 及 N3 類車輛，2018 年 1 月 1 日起各型式之 M2 及 M3 類車輛亦須符合該項規定，建議予以補充。	系統規範內容並於註 8 補充 2018 年 1 月 1 日起各型式之 M2 及 M3 類車輛亦須符合該項規定內容。	
4	另 4.2.1.2 節探討警示事件判斷為衝突事件之準則，其中表 4.2.1.2-1 追撞相關之衝突事件，事件 4(前車等速行駛)及事件 5(前車切出車道，造成與前車的前車跟車距離過近)兩種態樣，是否會受到後車正在加速或候車距離過近而有發生衝突事件之可能性？建請予以說明。	謝謝委員的指教。後車正在加速或候車距離過近而有發生衝突事件之可能性的確與:(1)與事件發生當下之情境及(2)駕駛人之因應動作，後續驗證危險事件時將會納入考量，並將於期末報告補充相關內容。	同意
5	其餘報告書中文字修正說明如次： (1) P.14 第一行，…立法要求「中」大型車輛…，「」內請刪除。 (2) P.25 下方第 7 行，歐洲新車碰撞測試項目，建議修正為「新車安全評價測試項目」。 (3) P.29，本報告中提及車道偏離輔助系統，其縮寫為 LDW 或 LDWS？自動緊急煞車系統，其縮寫為 AEB 或 AEBS？建議予以統一。 (4) P.29，第 2 段第 3 行，…以及胎壓「偵」測系統(TPMS)。 (5) P.38，第 2.1.4 節第 1 部分，第 2 段最後 1 行，…發生頻率及「嚴重」度。 (6) P.59，下方第 5 行，ARTC 自駕車測試驗證場域目前已開幕，建請修正。 (7) P.62，上方第 3 行，…核准「期限」，請修正。 (8) P.164-166，緊急「剎」車，請修正為「煞」車。 (9) P.185-186，外部資料「界」接，請修正為「介」接。	遵照辦理，將修正計畫書文字內容。	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	(10) P.193-194，進行「撥」放，請修正為「播」放。 (11) P.205，上方箭頭第 3 點，應接續第 2 點後方。		
(七) 交通部科技顧問室			
1	公車優先號誌施行策略建議，除須考量號誌時制因素，尚須納入因公車間班距所造成可能之前後公車通過路口停等時間差異過大課題。	謝謝委員的指教，本年度計畫於公車優先號誌應用為驗證路側設備與車機分別傳送與接收 SSM (Signal Status Message)與 SRM (Signal Request Message)訊息交換。此外，號誌優先會選一個路口在離峰時段進行測試，策略會採用最簡單綠燈延長。	同意
2	目前公車上已有多項顯示設備，而本研究在公車上再新增顯示設備是否會對駕駛造成困擾？是否可評估與現有顯示設備結合？	謝謝委員的指教，後續將於計畫執行過程中透過問卷的方式探詢駕駛的感受。未來將評估與現有顯示設備結合的方案。	同意
3	P.167 在 TTC 計算上相較於直線路段應用，本研究所探討是以路口為主，路口車輛進行轉彎，軌跡為弧線，所研擬之 TTC 是否適用?	謝謝委員的指教，可透過雷達偵測資訊做為路口車輛進行轉彎，軌跡為弧線時 TTC 的設計參考依據。	同意
4	P.159 車流建議速度部分，請補充說明其在高速公路與平面道路之產生依據與資料來源；另在平面道路時，車流建議速度功能是否會與優先號誌功能衝突，兩者間如何取得協調。	(1)車流建議速度將會利用 Google、TomTom 等公司所提供的車速資訊。 (2)計畫採用的優先號誌策略僅提供綠燈延長，不包括紅燈早開，因此仍會有停等紅燈的狀況，仍可給予車流建議速度。	同意
5	P.159 實驗大客車不停等綠燈之敘述似為筆誤，請再確認與修正。	謝謝委員的指教。已於期中報告修訂版修正為：「實驗大客車在路口遇到綠燈時相且能通過次數。」。	同意
6	智慧安全路口運作績效需長期(2~3 年)追蹤，本研究後續將如何進行此觀察統	謝謝委員的指教，計畫於後續保固期將持續追蹤與統計	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	計與評估。	智慧安全路口運作績效。	
7	P.137 所提封閉場域測試項目，在後續開放場域是否能會持續進行測試？因為封閉場域測試車輛數不多，但在開放場域時之車輛數較多，因此可以蒐集到更多測試數據，而數據分析後之成果將更有助於後續應用。	謝謝委員的指教，本計畫相關設備、功能在系統整合測試及正式實驗測試中將持續運作並蒐集資訊。	同意
8	請補充說明 RSU 於路口可服務不同行車方向的車輛數。	謝謝委員的指教，路口 RSU 可透過廣播方式服務不同行車方向的車輛，其服務範圍涵蓋半徑至少 100~300 公尺。	同意
(八) 公路總局			
1	台 62 與台 64 線交控路側設備(CCTV、VD、CMS 等) 資訊介接已由高公局移轉至公路總局，後續介接可洽本局處理。	遵照辦理	同意
(九) 臺北市政府交通局			
1	目前市府有接獲自動駕駛車業者詢問，在開放道路進行測試或實驗通過安全標準內容為何，不知本研究實驗平台對藉由 ADAS 設備在突發事件發生時，對於駕駛警示相關參數，是否可能換算成未來自動駕駛車輛偵測反應事件時間的安全標準。	謝謝委員的指教。後續於計畫執行過程中將透過實驗平台統計 ADAS 設備回傳參數，未來可提供給自動駕駛車輛偵測反應事件時間安全標準的參考依據。	同意
(十) 南投縣政府工務處			
1	因南投縣公車路線多行駛於山區，彎道多，目前所布設 eTag 讀取器偵測率不佳，未來如果有機會在南投縣山區設置智慧安全路口，是否會有類似偵測上的困難。	謝謝委員的指教。建置智慧安全路口將會於建置前量測偵測器可偵測的範圍與角度，會以滿足偵測效能(如準確率等)需求做為考量。	同意
(十一)本所運輸資訊組吳東凌組長			
1	目前本研究依契約要求之相關實驗設備尚未安裝完成，請加速進行，以利測試進行與數據蒐集分析工作。	遵照辦理	同意
2	測試情境績效的評估，除了判斷正確率	遵照辦理，將於第四章實驗	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	外，需考量 Type 1 與 Type 2 的誤差，如應警示而未警示、不應警示而警示。	情境設計與量化績效指標章節中說明。	
(十二)本所運輸安全組			
1	期中報告書 3.1.3 節基隆台 2 線基金公路段路側設備規劃與建置，P. 88 與 P.94，有關智慧路口 CMS 設置位置，建議考量用路人注意力因素，說明該位置之優缺點；尤其基金一路、麥金路兩路口之設置位置係採取不同邏輯概念，基金一路 CMS 設置於行人應注意方向(左側轉彎車)的另一側(右前方行人專用號誌旁)，其意義在於讓行人看專用號誌時看到左方來車警示，而麥金路 CMS 則是設置在威脅方向同側，直接加強警示；上述兩種設計邏輯不同，建議詳細說明，同時討論用路人前後行為改變。	謝謝委員的指教。於計畫書中詳細說明，同時討論用路人前後行為改變。	同意
2	期中報告書 P.94，麥金路與樂利三街路口的問題在於路口過大，事故可能肇因於駕駛人無法判斷通過時機，或是在號誌結束前全紅時段搶過；且依據街景圖，該路口設有左轉專用時相，對向車道停止線與衝突點尚有足夠停等距離，設置 CMS 提醒是否有必要？另考量麥金路兩方向停止線距離相當長，駕駛人能否清楚辨識 CMS 文字？進入路口前視線是否會被路橋遮蔽？請一併檢視。	謝謝委員的指教。於計畫執行過程中將透過問卷方式了解行經該路口的公車與客運駕駛，對於設置 CMS 提醒是否有幫助、CMS 警示文字是否清楚，並配合車機警示是否有雙重提醒的功效。	同意
3	期中報告書 P.171，智慧安全路口績效指標，以本案列入的兩智慧路口，以車輛速度變化做為指標是否能反應成效？基金一路 CMS 是針對行人並非左轉車輛，麥金路針對左轉車輛部分，轉彎車速度不至於太快，重點在於轉彎的時機，上述兩者皆非透過速度變化可評估安全改善。	謝謝委員的指教，經評估後已取消將車輛速度變化作為績效評估指，並將 104 年至 107 年之事前所有事故類型補上，加強事前事後事故次數(等級)評估。	同意
4	期中報告書 P.171，前後事故次數除針對表 4.2.4-1 所列兩目標事故型態外，	遵照辦理，將以行為觀察為準。	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	建議併列「所有事故」次數，藉以評估是否可能因新設 CMS 反而造成其他事故型態增加。另提醒研究研究，事故屬高度隨機、稀少事件，事故次數難以作為改善前後之安全績效，建議仍應以行為觀察為準。		
(十三)本所運輸工程組			
1	車聯網是物聯網的一環，建議報告對於物聯網相關資訊安全機制也加以著墨。	遵照辦理，將於計畫書第三章中補充說明。	同意
2	建議對於報告中的英文縮寫補充全名與說明。	遵照辦理，將於期中報告修訂版新增附錄中、英文專有名詞對照縮寫表。	同意
(十四)本所綜合技術組(書面意見)			
1	請補充說明本研究工作項目「(三)-2-(4)建置提供差分全球衛星導航…」之期中階段成果。	謝謝委員指教，後續將於計畫執行中測試此工作項目，並於期中報告修訂版中說明。	同意
(十五)本所運輸資訊組			
1	期中報告初稿請用 A4 尺寸，而非 Letter 尺寸進行製作與列印，同時請依統一格式(字體、行高、行距、前後段落)進行報告撰寫。	遵照辦理	同意
2	第一章緒論內容過於簡略，至少應包括本計畫緣起、目標、研究內容與研究流程等。	遵照辦理	同意
3	第二章文獻回顧部分： (1) 請重新調整文章結構為 2.1 節先進駕駛輔助系統(ADAS)，2.2 節車聯網，2.3 節自動駕駛技術。 (2) 文獻回顧內容若是引用自其他報告應加以註明出處，不宜全盤節錄於本報告。 (3) 調整後的 2.1 節先進駕駛輔助系統(ADAS)，請先就 ADAS 內涵與設備加以定義，接下來再分別就(a)國際上在法規面與技術面，(b)國內在法規面、技術面、產業面，以及各政府單位之發	遵照辦理	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	展與推動等分節進行說明。 (4) 請補充說明車輛安全檢驗基準第11、23、71 等條文之規定內容。 (5) 目前 2.1.5 節內容似為本研究分析我國營業大客車事故樣態後，根據第二章所回顧 ADAS 設備特性與應用案例後，所歸納出可能解決方案，兩者間關聯之論述不足，請再加強。應放置於第二章 2.1 節之最後一節。 (6) 目前 2.1.6 節有關本所前期在 107 年駕駛行為分析研究的回顧內容過於簡略，應具體說明該計畫如何應用 ADAS 資料來進行駕駛行為分析，以及其與本研究之差異與可能互補模式。 (7) 調整後的 2.2 節車聯網，請補充美國車聯網先導佈署(Connected Vehicle Pilot Deployment, CVPD)計畫執行情形，以及近年來 5G 在車聯網相關技術與應用之發展。另應就 CAMP 組織所發展測試內容，與本研究在公共運輸車輛同時加裝 ADAS 與車聯網實驗車載設備下，類似之單元與性能測試作法進行探討。 (8) 調整後的 2.3 節自動駕駛技術，請依序回顧國際上與國內在技術面、法規面、實驗計畫之發展，另由於本研究規劃於中興新村進行自動駕駛車輛高精地圖建置，因此回顧內容應包括國內外在自動駕駛車輛技術與高精地圖間關聯之研發或發展。另所回顧國內相關法規內容與計畫，請加以更新至最新狀態。		
4	第三章 3.1 節部分： (1) 在基隆地區實驗場域之路側實驗設備擴充部分，除說明本研究需求外，應具體說明針對需求進行相關規劃、設計與建置，例如：如何將 DSRC 路側設備與號誌控制器透過網路直接介接，提	遵照辦理	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	供即時號誌時相步階與剩餘秒數的SPaT 服務，以及公車優先號誌服務之SAE J2735 SignalStatusMessage (SSM)訊息，又如何廣播 SAE J2735 RTCM 相關訊息，以提高車聯網車輛定位精度等。 (2) 有關路側實驗設備擴充部分，請依本研究所訂需求與目前布設備容是否一致進行布設狀態之列表說明，例如：DSRC RSU 布設內容是否達到所要求之通訊覆蓋。 (3) 請補充說明在所選定路口分析交通事故型態後之智慧安全路口設計，所布設各式感測設備的偵測範圍與運作模式，以及如何來減少或避免類似型態交通事故的發生，同時若經統計後交通事故型態改變下，智慧安全路口所布感測設備與運作模式之調整可能性與作法。 (4) 請補充各路側實驗設備間，以及其與實驗平台間之通訊傳輸設計與構建內容。 (5) 請補充說明本研究在前期研發成果，例如：減少停等與節能行車最佳行駛速率，以及闖紅燈等行車建議與警示等精進與優化的執行作法。		
5	第三章 3.2 節部分： (1) 本節文章項目編號有誤，請再加以修正。 (2) 請具體說明本案所採用各式 ADAS 實驗設備安裝於公車後之偵測範圍與門檻值、偵測車速、距離、剩餘碰撞秒數(TTC)等參數值之設定與產生方式。 (3) 表 3.2-3 所規劃 ADAS 與 CV 事件偵測與資訊流內容不夠清楚，請再加以強化並補充說明 P.111 之自訂演算法內容。 (4) 請補充說明車載 IPC 在搭配各式	遵照辦理	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	ADAS 感測單元、DSRC OBU 有使用者介面與無使用者介面下之詳細資料流程。 (5) 請補充說明本案 DSRC OBU 與國光客運公司整合式車機間之運作方式與相關資料流，並請說明當車輛發生 SOS 事件時與本研究相關之邏輯與資料流內容。		
6	3.3 節車聯網資訊安全機制部分，請補充說明相較於前期 SCMS 作法，本研究強化或精進之處，以及如何在現有資通訊環境下進行。	遵照辦理	同意
7	第四章實驗情境設計與量化績效評估部分： (1) 針對 P.130 圖 4.1.1-2 之說明內容不完整，有缺漏，請加以補充。 (2) 請補充說明規劃利用國光客運公司金山站進行類似美國 CAMP 測試(或效能測試)之執行構想與實施方式。 (3) 本案在車載端導入 ADAS 與 CV 實驗設備，非僅是掌握駕駛人行為，並對於超過安全駕駛參數時提出警示，而是要進一步結合 DSRC 車間與車路通訊，以及智慧安全路口等路側設備來提供公共運輸車輛行駛安全，請再強化此部分之實驗情境設計。 (4) 在量化績效評估部分，除蒐集警示次數與正確錯誤外，應利用已安裝之 ADAS 設備，來蒐集駕駛人在 2 個階段實驗下，對於有無系統警示之反應時間表現。 (5) 請再強化先期實驗測試(或單元測試)正式實驗測試之前後關聯，以及在具體說明正式實驗測試規劃內容。	(1) 謝謝委員的指教。將於期中報告修訂版補充相關內容說明。 (2) 謝謝委員的指教。考量國光客運金山站的基地不夠大，故部分無安全疑慮者，將於開放道路進行，其它功能測試將以低速、靜態方式進行，參見第四章說明。 (3) 遵照辦理，車間與車路通訊相關內容參見第四章各節內容。 (4) 謝謝委員的指教。遵照指示辦理，並將於期末報告補充相關內容。 (5) 遵照辦理	同意
8	第五章實驗平台部分： (1) 請強化基隆實驗場域實驗平台部分之軟硬體、資料庫與通訊架構說明，以	謝謝委員的指教，將於修訂版計畫書第五章實驗平台補充內容簡述如下：	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	及增加 Web 式的遠端資料庫查詢介面。 (2) 2 個智慧安全路口的監控與運作效能分析。 (3) 請強化如何利用所儲存事件發生時影像，以及全時影像在資料分析時之方便調閱與資料同步分析模式。 (4) 請再強化當車載端事件發生時，事件反應式運作模式設計內容。	(1)請參閱 5.2.1~5.2.3 補充說明 (2)請參閱 5.2.7 智慧安全路口監控與運作分析小節說明 (3)請參閱 5.1.4 平台操作設計中[3.駕駛歷史安全事件查詢功能]說明 (4)反應式運作模式與規則庫設計，請參閱 5.1.3 自動化反應機制與規則庫設計；介面操作請參閱 5.1.4 平台操作設計中[2.場域緊急事件即時通報與處理機制]的部分	
9	第六章高精地圖製作與情境測試部分： (1) 請補充說明本案目前執行方式，與內政部高精地圖製作相關作業程序與精度檢核之異同。 (2) 請補充說明本案目前執行成果與國際自駕車開放高精地圖成果之差異，以及對於後續高精地圖為後與更新之可能作法。 (3) 請補充說明期中階段之後應用所製作高精地圖之試用規劃。 (4) 有關 6.3 節自動駕駛影像資料庫實驗部分，P.228 車輛攝影機布設位置不同於目前於基隆市公車上的布設方式，後續應如何進行左右兩側之物件模式訓練？	遵照辦理	同意
(十六)主席結論			
1	期中報告書章節結構需重新修訂，並於附錄新增專有名詞之中英文全名與縮寫，及其定義。	遵照辦理，將於期中報告修訂版新增附錄中、英文專有名詞對照縮寫表。	同意
2	請再強化實驗情境設計、量化績效指標之相關論述，並應說明情境設計之目標與欲解決的問題。	遵照辦理，將於期中報告修訂版補充修正內容參見報告第 4.1 節。	同意
3	請補充說明基隆場域實驗平台的軟硬體、資料庫、通訊架構等。	遵照辦理，請參閱期中報告修訂版 5.2.1~5.2.3 補充說	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		明。	
4	請補充說明高精地圖製作之作業程序與精度檢核，以及後續在內政部地政司協助下進行第三方驗證。	遵照辦理，將配合第三方檢核機構提供高精地圖資料進行精度檢核，其精度檢核標準、格式與精度請參閱 6.1.1 高精度圖資精度驗證項目。精度檢核相關說明請參閱 6.1.4 資料後處理。	同意
5	依契約規定，目前各項實驗設備尚未全數安裝完成，因此本次審查不通過。請研究加速進行各項實驗設備安裝，並依據各委員與各單位代表所提意見進行期中報告修訂。	遵照辦理	
6	經各委員同意與授權，請研究研究於 108 年 6 月 21 前完成各項實驗設備安裝與提送期中報告書修訂版，函送本所進行內部審查，不再辦理計畫複審會議。	遵照辦理	

附錄三：期末審查意見與回覆表

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
(一)交通部高速公路局 吳委員木富			
1	計畫執行時間短，重點為累積車聯網與ADAS經驗，建議可於報告書中提出目前尚未解決的問題與方向，可做為後續的探討。	遵照辦理	同意
2	請補充說明P.151表4.1.1-2彎道速度過快(CSW)警示為NA的意義，表P.153表4.1.1-4亦有相同現象。	謝謝委員的指教。雖然本研究案原先規劃建置彎道速度過快之警示，但礙於時程及經費上限制，本期研究並未著墨彎道速度過快警示。因此NA表示無相關說明。	同意
3	本報告已為期末報告，報告用詞應調整為最後作法，建議調整P.152末段語氣「將」與「可嘗試」等用詞。	遵照辦理	同意
4	請補充說明P.157表4.1.2-5，測試場域欄位為「封閉或開放場域」為哪一種場域。	謝謝委員的指教，已修正測試場域欄位為封閉場域。	同意
5	p.164、p.168各分項之英文編號(如FCW-1、LDM-1…)，建議補充加註在各測試子標題，以利對照。	遵照辦理	同意
6	請再確認P.183第一行「如前車開始剎車之後只要後車的行車距離大於前車的行車距離…」語意是否相反? 另圖4.2.1.1-1無法區分顏色，請加以改善。	謝謝委員的指教。此處行車距離意指為當前車開始剎車後，兩車車輛之剎車距離長度。因此，追撞發生之必要條件為後車的剎車距離大於前車的剎車距離。圖4.2.1.1-1中將以藍色及紅色表示不同情境，並強化資料標籤的說明。	同意
7	請補充說明P.184第二點不考慮車速，是	謝謝委員的指教。p.184	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	否係針對市區公車 50KPH 速限? 另請補充說明此車距分級與 P.308 不同之原因。	第二點的危險車距係根據國道車速 90 kph 與碰撞時間(1.5 秒, 1.2 秒, 1.0 秒)進行換算所得之距離；而 p.308 的危險車距則為根據市區公車 50 kph 所換算而得。	
8	4.2.2 節與 4.2.3 節內容均納入「誤報」與「漏報」之統計方法與資料說明，或兩者間之競合關係。	謝謝委員的指教。漏報及誤報之計算方式及競合關係詳見 7.1 節。但由於本研究資料蒐集設備之限制，以至於無法完整統計漏報情況。本研究將於未來研究建議部分納入此意見。	同意
9	P.208 國道 VD、CCTV、CMS 資料均以為開放資料，請補充說明為何需要發文交通部申請。	謝謝委員的指教。本年度實驗平台 VD、CCTV、CMS 資料皆透過申請交通部運輸研究所「交通服務 e 網通資料庫」取得 Open Data，完成實驗平台功能。申請過程需遞交「申請使用及授權書」與相關證明文件，經核定後才可取得授權。	同意
10	P.229 特定路口號誌與感測設備監控，是否用路口 CCTV 監看? 號誌時相及 CMS 顯示內容能清楚辨識?	謝謝委員的指教，說明如下： 1. 號誌時相與 CMS 內容皆以圖形進行顯示，與現場設備同步，可以清楚判別。 2. 為有效確保智慧路口現場警示事件可正確判斷與警示，同時監控	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		整個路口狀況，執行研究會依警示範圍與事件屬性，於路口適當位置建置 Camera，不使用路口既定之 CCTV。	
11	P.236 最末一行應為附錄四，另 P.421 附錄六、駕駛與車輛事件定義，名稱有誤，請加以修正。	遵照辦理	同意
12	P.251 編號 3 應取消，4 應該為 3。	遵照辦理	同意
13	P.288 第一行…「方別為」，應是「分別為」。第二段第二行多了「兩次」。	遵照辦理	同意
14	請釐清 P.289 7.1.1.1 節與 P.295 7.1.2.1 節均說明「本研究仍在進行系統警示正確率的統計」之用詞正確性。	謝謝委員的指教。本研究已完成警示正確率之統計。我們已於期末報告定稿修正此筆誤。	同意
15	P.299 說明 LTA 測試均無法成功警示，是否因為如此所以 P.301 與 P.302 均標示 NA，另為何不用 0%代表?	謝謝委員的指教。由於在進行測試時，因當天設備不正常，且經技術人員調整後，仍無法順利進行測試，故於第 301 頁、第 302 頁之表格中標示 NA (not applicable)，意即為無法評估。而有別於 0%。	同意
16	請補充說明 P.310 表 7.1.3.3 事件危險程度 0 級之定義。	謝謝委員的指教。此為誤植，我們將於期末報告定稿修正此錯誤。	同意
17	第七章各項指標統計分析，建議將「漏報」比較「誤報」，列為獨立項目統計，以分析系統之可用性。	謝謝委員的指教。由於本研究資料蒐集設備之限制，以至於無法完整統計漏報情況。本研究將於未來研究建議部分納入此意見。	同意
(二) 內政部地政司 吳俊毅			
1	請就本案所建置高精地圖資料格式，與內政部高精地圖標準草案間之差異進行比較。	謝謝委員的指教。高精地圖向量物件部分，由於本計畫相較於 108 年	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		高精地圖標準草案較早開始進行產製，因此圖資內容與高精地圖標準有所差異，並檢附圖資說明以便第三方檢核研究進行檢驗。	
2	請更新 P.79~P.80 有關內政部在高精地圖發展的最新內容。	遵照辦理	同意
3	第二章 Autoware 應為自駕車開放式平台，而非高精地圖產製商，請加以修正。。	遵照辦理，已於期末報告修訂版第二章更正相關內容。	同意
4	建議補充說明第二章中國大陸四維圖新與百度高德等兩家公司的高精地圖發展。	遵照辦理，已於期末報告修訂版第二章補充相關內容。	同意
5	請修正報告中關於高精地圖中比例尺，目前應為 20cm 至 1m。	遵照辦理，已補充高精地圖試用記錄的比例尺。	同意
6	請補充說明於中興新村車聯網場域進行高精地圖試用運行時，是否有使用 GNSS 定位，或僅利用 IMU 與圖資進行定位?	謝謝委員的指教。本研究自駕車試用高精地圖僅使用 IMU 與圖資進行定位，未使用 GNSS，將於期末報告修訂版第六章補充相關內容。	同意
7	建議於報告中關於高精地圖的資料表格加註單位，例如：公尺。	遵照辦理，相關表格單位已更改為公尺。	同意
8	請確認附錄六到附錄十二高精地圖之定義欄位正確性，該資訊可提供內政部地政司參考。	謝謝委員的指教。附錄七到十五為本研究內部自訂之標誌標線資訊代碼，其代碼係因本研究於高精地圖標準草案公布施行前已開始進行產製，故自行訂定。未來若有製作高精地圖需求將以內政部訂定之標準為主，以避免代碼不一造成混淆。	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
9	建議可就第五章本案實驗平台成果，與國發會所開發自駕車資訊整合平台進行比較，並盤點功能間的差異性，以及評估後續能否互相介接?	謝謝委員的指教。國發會資訊整合平台主要整合自駕車 sensor 與運行資訊，與本實驗平台整合場域資訊(智慧路側 RSU、智慧路口)與智慧公車(ADAS、OBU)的整體規劃有所不同，但執行研究後續將持續評估與盤點功能差異性，以及整合的可能性。	同意
10	內政部已將動態地圖標準納入明年工作項目，同時也將進行高精地圖更新機制建立，建議後續本案可與內政部進行合作。	遵照辦理	同意
(三)交通部 路政司 (書面意見)			
1	本計畫期末報告書 P.294、P.301，針對 14 種情境之警示事件及性能分析，並客觀訂定通過測試與否之條件門檻，其中未保持安全距離之事件(FCW)的 FCW-4(測試前車 RV1、RV2 距離短於 TTC 前啟動警示)，第一次與第二次類 CAMP 實車測試判中率皆偏低，除了因為道路坡度、雨天駕駛提前預警導致速差不足無法達到警示條件，是否為門檻條件之設計或其他客觀因素所造成？如何說明對實驗結果的影響？	謝謝委員的指教。本研究於觀察類 CAMP 性能測試時，除了向設備廠商了解偵測設備運作機制及原始門檻設定值外，並於測試期間針對各觀察道之現象與廠商討論。多數未警示成功之樣本是因為未達警示門檻而導致無觸發警示，如速度未達 35 kph、偏離車道當下路段無車道線等。同時，本研究亦有觀察到部份情況需調整偵測門檻。本研究於類 CAMP 單元性能測試結束後，亦有提出關於偵測門檻值之建議，如因大客車所需剎車時間	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		較長，建議 LTA 及 IMA 之時間門檻值由 5 秒調至 7 秒。	
2	交通部車輛安全檢測基準係以聯合國 UN/ECE 車輛安全法規為調和導入目標，並考量國內車流特性、駕駛行為及道路環境等因素檢討訂定實施，以滿足我國車輛安全管理之需求，經瞭解歐盟刻正就 19 項汽車安全套案預計分為 3 階段推動，其中第 2 階段將針對進階自動煞車系統、進階駕駛人分心警告系統、減弱衝擊裝置等，預計於 2024 年適用於新型式新車，並於 2026 年適用於各型式新車，本部及所屬財團法人車輛安全審驗中心將持續關注歐盟及聯合國 WP.29 有關 ADAS 系統相關法規之訂定，並適時檢討導入國內實施，以期藉由法規面完備引導車輛業者對應配備符合規範之 ADAS 系統。	遵照辦理	同意
3	其餘期末報告書中修正說明如次： (1) P.28，車輛安全檢「測」基準法規名稱誤植，並建議以「十一、轉彎及倒車警報裝置安裝規定」等呈現，不以法規條文論述。 (2) P.33，表 2.1.2-1，動態煞車目前最新版次為 42-4，新型式、各型式實施時間請再確認，另 LDWS 各型式實施時間亦請修正。 (3) P.41、P.54、P.273，圖表及說明文字格式錯誤。 (4) P.81，道路交通安全規則第二十條修正，請刪除條例之文字及調整下括號位置。P.82，請修正為自駕車試車牌照。	遵照辦理	同意
(四) 交通部 科技顧問室			
1	計畫內容豐富，同時以系統性方式進行闡述。	謝謝委員的指教	同意
2	建議於報告中補充說明安全指標設計與	遵照辦理	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	成效評估方施，以供其它計畫參考。		
3	計畫於安全性應用部分，如量化指標較不易呈現，可改採質化方式加以描述。	遵照辦理	同意
(五) 高速公路局			
1	依本局過去經驗，高速公路服務區曾經發生 eTag、4G、Wi-Fi 設備間互相干擾，不知本案車聯網 DSRC 設備是否會發生類似現象?	謝謝委員的指教。本研究所採用的車聯網 DSRC 設備，其使用頻段為 5.9GHz，與 eTag、4G、Wi-Fi 所使用的頻段不同，因此使用上不會造成干擾。	同意
2	請補充說明 DSRC 設備間所傳送訊息是否有納入加密機制。	謝謝委員的指教。本研究有提出 DSRC 設備間所傳送訊息，透過 SCMS 做為加密機制。	同意
3	本案所發展系統是否可商轉給廠商，透過廠商讓更多用路人使用，例如：高公局的事故派遣系統，另所設計系統是否有共通標準規範?	謝謝委員的指教。本研究所採用的 DSRC 車聯網設備是採用美國 IEEE 1609 與 SAE J2735 標準規範。意指可以與其他廠牌的 DSRC 設備互通，因此商轉給廠商亦可擴大車聯網應用與服務的市場性。	同意
4	目前實驗平台所使用的地圖為 Google map 圖資，後續如何因應目前的收費問題，配套措施為何?	謝謝委員的指教。本實驗平台使用 google map 圖資主要在下列兩部分： (一)電子地圖顯示：整合電子地圖顯示軌跡、位置。 (二)後端分析：透過 google map api 計算平均車速，並將結果與 ETC、RSU 均勻車速計算進行綜合比較。	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		考量google map收費問題，執行研究特別針對每個月可免費存取次數進行使用時數、次數的限制，若後續因使用頻率增加而需付費，執行研究便會進行圖資更新等後續配套處理。	
5	台62與台64交控路側設備(CCTV、VD、CMS等)資訊介接已由高公局移轉至公路總局，後續介接可洽本局處理。	遵照辦理	同意
(六)臺北市政府交通局			
1	請於報告中補充說明系統依功能建置所需經費，例如：智慧安全路口，可提供給地方政府做為建置參考。	遵照辦理	同意
(七)臺中市政府交通局 (書面意見)			
1	P.283請補充說明不同車側距離下，鏡頭成像法及距離矩陣判斷車側物體距離之誤差值比較，以及自駕車是否得依此切換判定方式。	謝謝委員的指教。已於期末報告中補充說明。	同意
2	P.308與P.309判斷事件當下之情境危險性(3)本車與前前車距離，意思是指與前方1輛車距離，或者同時考慮與前方2輛車距離?	謝謝委員的指教。此處為筆誤。正確描述應為(3)本車與前車距離，意即考慮本車與前方車輛之距離。	同意
3	P.312與P.313急加速事件及急減速事件標題及內文是否相反?	謝謝委員的指教。此係依據本研究中設備裝設方向之設定: 正號表示縱向減速度，負號則為縱向加速度。	同意
4	有關成果報告錯別字及漏字如下: (1) P.140，(2)「路」燈情況下，請修正為「綠」。 (2) P.302，7.1.3.1評估所使用之資料來「原」，請修正為「源」。 (3) P.305協助判斷「加使」人反應，請修正為「駕駛」。	遵照辦理	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	(4) P.310 事後階段之危險事件「較」事前階段上升，請補充字詞。 (5) P.321 討論及建議 2.建議「為」來延長事前事後測試時間，請修正為「未」。		
(八) 高雄市政府交通局 (書面意見)			
1	請說明有關系統警示判斷之時間門檻值訂定方式。	謝謝委員的指教。本研究有關系統警示判斷之時間門檻值，如果是ADAS 相關設備則以設備出廠所設定的預設值，如需修改，則會依道路環境與條件的不同而調整；而車聯網設備則是參考美國CAMP計畫，對於應用的建議警示門檻值。	同意
2	有關前方碰撞警示測試結果，漏報多因車速未達啟動門檻所致，研究提出若調整偵測門檻，判中率將能達 100%，惟是否會因此增加誤報?	謝謝委員的指教。根據本研究之觀察，由於當車速過高時，危險性相較於低速高，因此寧可誤報不可漏報。所以，儘管調整門檻值後可能增加誤報率，但本研究判斷此誤報之增加幅度有限，而在誤報之負作用有限之情況下，此誤報增加應是可以接受。	同意
3	建議可針對參與實驗大客車之駕駛進行使用者體驗調查，以評估計畫之質化績效。(期中報告亦有委員提出建議，回覆將於期末報告補充，惟未見於期末報告)	謝謝委員的指教。關於大客車之駕駛進行使用者體驗調查，此部分將於計畫結案後的保固期執行，將擇適當場合分享調查成果。	同意
4	建議研究彙整建置各分項功能所需經費，提供地方政府未來應用之參考、評估。	遵照辦理	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
5	有關 108 年工作項目包含辦理研究成果發表會、規劃後續推廣維運，建議補充發表會過程及後續推廣相關內容。	遵照辦理	同意
(九) 本所運輸安全組			
1	國際上已有綠燈倒數相關驗證，其對安全確有負面效果，且在需要相關警示的狀況下，代表該情境下決策時間已有不足，若還要花時間蒐集資訊、判斷的同時，都在耗損所剩的決策時間，而讓加速通過的風險增加，因此，在有疑慮的情況下，通常以減速為優先，避免給加速的指令(如 P.133 與 P.330)。	遵照辦理	同意
2	基金一路 208 巷/135 巷、麥金路/樂利三街智慧安全路口在期中報告回覆說明中，研究研究說明會就行為層面、行人行為特性、駕駛問卷作調查，但在期末報告未見相關成果，請說明處理方式。	謝謝委員的指教。關於大客車之駕駛進行使用者體驗調查，此部分將於計畫結案後的保固期執行，將擇適當場合分享調查成果。	同意
3	設備判中率低往往係受限車輛間的複雜互動，但在「偵測率」高的基礎上，其所扮演的角色在於提供正確資訊給駕駛人判斷，而非幫駕駛人判斷，此類設備的成果仍有應用價值，惟仍應配合良好的駕駛習慣。	遵照辦理	同意
4	請重新檢視文獻對照之正確性。	遵照辦理	同意
(十) 本所運輸經營管理組			
1	報告內容豐富，涵蓋人、車、路等各面向，可作為後續相關研究之參考。。	謝謝委員的指教	同意
2	車聯網為自駕車發展之基礎，未來可持續相關研究，以健全我國智慧運輸之發展。	謝謝委員的指教	同意
3	請補充 P.126 欄位的 G 值定義。	遵照辦理	同意
4	請檢視 P.168 文中的時速單位有 km/h 及 kph，是否需統一。	遵照辦理，皆統一為 kph。	同意
5	請補充說明 P.182 表 4.2.1(一)欄位的邏輯判斷。	謝謝委員的指教。由於本研究資料蒐集設備之限制，本次研究所使	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		用之判斷方法請參見 7.1 小節。	
6	請補充說明 P.189 公式的符號及單位。	謝謝委員的指教。由於本研究資料蒐集設備之限制，本次研究實車資料分析階段無進行內輪差之分析。我們已於期末報告定稿移除此部分討論。	同意
7	請補充說明 P.248 表 6.1.1.1-2 的 g，另與文中的 G 是否不同?	遵照辦理	同意
8	請補充說明 P.310 的上升及下降百分比(%)獲得方式，及其顯著水準。	謝謝委員的指教。在負二項迴歸中，若係數為負數時，則該變數對件數的影響為 (1 - exp(係數)*100%)；若係數為正數時，則該變數對件數的影響為 (exp(係數) – 1)*100%。舉例而言，FCW 在事後增加 (exp(0.178) – 1)*100% = 19.5%。其中，係數值為 0.178。但其 p 值為 0.672 遠超過 0.05，代表此增加在統計上並不顯著。	同意
9	簡報 P.22 的係數是指相關係數，還是負二項迴歸係數，顯著水準是 0.1?	謝謝委員的指教。此數值為負二項回歸之係數，本研究設定顯著為 10%，因此對應之 p 值即為 0.1。故若 p 值小於 0.1，即判斷該係數為統計上顯著。	同意
10	議將報告中的英文縮寫，補充其全名與說明。	遵照辦理，以於報告附錄一補充中、英文對照表。	同意
同意			

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
1	簡報 P.19 與 P..20，性能測試結果各項樣本數是否能在統計上有顯著性?	謝謝委員的指教。性能測試部分針對測試結果是否符合原預定系統應達之功能，即系統是否能於能於正確時間、偵測範圍內，正確偵測到目標物件。因此，此部分並無進行統計分析。	同意
2	簡報 P.24、P.25、P.29、P.30 等，SPaT 與 TIM 等訊息傳遞給駕駛人之判定準則為何?有無考量駕駛人對所行駛道路之熟悉程度差異，對這些訊息的需求是否不同?	謝謝委員的指教。已於期末報告修訂版第三章補充說明。	同意
(十二)	本所運輸資訊組		
1	請更新我國無人載具相關法規(P.19)、內政部高精地圖相關指引及標準草案(P.80)、自駕車運行案例(P.80)，以及美國 CVPD 計畫(P.66)發展與國際自動駕駛發展(2.3.2 節)為最新資訊。	謝謝委員的指教。已更新我國無人載具相關法規、內政部高精地圖相關指引及標準草案與自駕車運行案例，以及美國 CVPD 計畫發展與國際自動駕駛發展為最新資訊。	同意
2	請補充定義 P.157 表 4.1.2-5 各 ADAS 與車聯網(CV)測試項目之分析資料來源，例如：是採用 ADAS 資料還是車聯網資料？以表 4.1.2-5 來看，FCW 採用 CV 資料，但在第四章與第七章又以 ADAS 為資料分析來源，前後並不一致，請再釐清與修正。	遵照辦理	同意
3	P.187 表 4.2.1-4 中各事件資料來源的雷達部分，本案在車載端並未使用雷達，請再確認與修正。	謝謝委員的指教，已修正，並將雷達部份拿掉。	同意
4	請補充說明 P.189 相關公式如何 LTA 與 IMA 偵測中進行應用或判斷。	謝謝委員的指教。因本次研究中車聯網滲透率過低，因此無法於實車測試中評估其安全效益。本研究僅針對	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		LTA 及 IMA 進行性能測試。因此本研究並未用到P.189之相關公式。我們將於期末報告定稿移除此部分討論。	
5	請補充說明 6.1.4 節自駕車定位分析之量化數據。	遵照辦理。已於期末報告修訂版第六章補充說明。	同意
6	請再補充說明 6.3 節自動駕駛影像資料庫實驗部分之 P.279 訓練模型、分析與成效、具體成果(內容)，以及後續可再強化之處理建議。	遵照辦理。已於期末報告修訂版第六章補充說明。	同意
7	7.1.1 節 P.292 BSD 雖都有警示，但警示過晚是否仍為有效警示，請再加以審視與調整分析數據。	謝謝委員的指教。7.1 節的內容主要在於討論性能測試之結果，即確認盲區警示系統是否正確在有效偵測範圍內，能提醒駕駛員周遭的物件。BSD 的警示有效性則請參見 7.3 節。至於警示時機部分，本研究所採用之 BSD 系統並無任何警示時機的考量。本研究將於未來研究建議部分納入此意見。	同意
8	請補充說明兩次在基隆市海科館所進行類 CAMP 單元性能測試內容，及其對應之判中率與誤報率差異；並請探討是否應先探討警示門檻調校議題，而非逕將未達 ADAS 警示門檻，進而將未警示之樣本列為不通過之合理性。	謝謝委員的指教。本研究於觀察類 CAMP 性能測試時，除了向設備廠商了解偵測設備運作機制及原始門檻設定值外，並於測試期間針對各觀察道之現象與廠商討論。多數未警示成功之樣本是因為未達警示門檻而導致無觸發警示，如速度未	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		達 35 kph、偏離車道當下路段無車道線等。同時，本研究亦有觀察到部份情況需調整偵測門檻。本研究於類 CAMP 單元性能測試結束後，亦有提出關於偵測門檻值之建議，如因大客車所需剎車時間較長,建議 LTA 及 IMA 之時間門檻值由 5 秒調至 7 秒。	
9	測試數據分析除著重判中率與誤判率，誤報率高低將影響駕駛人對於該警示訊息之信心與可用性，請再綜合評估判中率、誤判率、誤報率等指標，產出更具實務參考性之綜合指標。	謝謝委員的指教。如同委員所建議，由於誤報率高低將影響駕駛人對於該警示訊息之信心與可用性，且個別呈現的判中率及誤判率對改善系統較有助益，且易於瞭解，因此本研究將判中率及誤判率個別顯示。目前結合評估判中率、誤判率、誤報率等指標之綜合性指標為 ROC Area (作業特性曲線區域)(請參見貴所今年度「駕駛行為分析工具開發及行為特性探討」研究案)。後續將與貴 所討論是否於期末報告定稿呈現此綜合指標。	同意
10	請再確認 P.301 表 7.1.2.2-7 表中數據之正確性，請再加以審視與調整。	感謝委員的指教，已確認並修正期末報告書內容。	同意
11	7.1.3.9 節內容稍凌亂，文章結構性不佳，請再加強；另請從駕駛人對 ADAS	遵照辦理	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	與 CV 警示訊息信賴度與遵循度角度，審視目前表 7.1.3.9-1 至 7.1.3.9-4 之分析方式，何者較反應或符合駕駛人需求；同時有關本節之討論與建議事項，請納入第八章，並提出具體改善或強化作法。		
12	建議再斟酌 P.326 對於 LDW 於市區適用性較低之論述，是否其它地區路型不像本案實驗場域多轉彎現象時之適用度可能較高。	感謝委員的指教。根據本研究對 LDW 系統之了解,LDW 適用於道路標線連續性較長之路段。理論上彎道路段並非 LDW 不適用之路段，而主要原因則在於我國市區道路較不符合道路標線連續性，以至於往往有漏報之情形。	同意
13	請補充說明 7.2.1.2 節造成車輛首次接受訊息位置差異之可能原因，是否是因為 DSRC RSU 架設位置或為受道路幾何限制？另表 7.2.1.2-1 中若干為「0」之意義為何？高速公路路段是否為較遠？	感謝委員的指教。除受各車輛天線擺放方式外，也會因車輛所在道路位置遮蔽情形影響訊號接受發佈，使得車輛首次接受距離不同。表 7.2.1.2-1 中 0 代表為無資料，本研究研究已修改為"-"。高速公路發佈之訊息邏輯與一般道路相同。	同意
14	請再強化 P.334 至 P.336 對於不同路況與號誌燈態下之速度建議與車輛動態分析敘述，以及補充說明建議速度不合理之原因與改善建議。	遵照辦理。針對不同號誌情形已補充說明於報告中，另外因系統本身未限制速度上限，故出現不合理速度建議情形。	同意
15	請補充說明 P.353 表 7.2.2-1 所欲表達之意義或想法。	遵照辦理。表 7.2.2-1 表示不同功能項目警示時間區間內警示次數，	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		整理成各功能警示平均頻率，詳細說明已補充於期末報告書中。	
16	根據 P.357 國道客運 1815 線與市區公車 505 線資料，似乎國道客運 PTX 的 GPS 時間會較更新時間為早 1 秒至 1 分鐘，而市區公車 505 線反而更新時間為較 GPS 時間早，市區公車部分是否合理，請再加以審視。	遵照辦理	同意
17	有關 P.358 的 FAB-229 國道客運資料誤差部分，請釐清是否為個案與再加以處理。	遵照辦理	同意
18	根據本所參與實測經驗，現場仍有多項行車加減速建議與警示無法穩定呈現，請再確實盤點本案在車載端各項實驗設備與 DRSC RSU 與 OBU 端，在配合實測過程所遭遇問題與限制，以及後續計畫之強化處理建議。	遵照辦理	同意
19	請補充說明內政部地政司協助本案進行中興新村車聯網實驗場域高精地圖驗證工作內容與本案配合之修正。	遵照辦理。已於期末報告修訂版第六章補充相關內容。	同意
20	有關車聯網公車優先號誌測試部分，依規劃將配合基隆市政府於計畫保固期間進行，惟仍請補充說明此部分之執行規劃與公車優先號誌演算法。	遵照辦理。已於期末報告修訂版第三章補充相關內容。	同意
21	請就實驗車載端與實驗平台之軟硬體與通訊部分，提出技術文件。	謝謝委員的指教。實驗平台部分，請系統架構參閱 5.2.1 實驗平台系統架構說明、硬體規格請參閱表 5.2.1-1、實驗平台資料格式與 API 請參閱附錄六：API 定義細部說明。	同意
22	有關期末報告初稿中錯別字、格式錯誤、表之橫軸/縱軸/符號定義、圖表清晰度不夠與資料來源未敘明部分，請於會後洽本所。	遵照辦理	同意

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
(十三) 主席結論			
1	請將報告第八章結論條列重點成果，以便向外界說明。	遵照辦理	同意
2	有關簡報對於提供綠燈秒數的建議研究課題，由於本所已有相關研究顯示其不安全性，請再斟酌該建議之妥適性。	遵照辦理	同意
3	對於後續與內政部在高精地圖發展之跨部會合作，請運資組納入評估處理。	遵照辦理	同意
4	請於報告中說明計畫執行相關設備之功能及其經費需求。	遵照辦理	同意
5	請盤點車載 DSRC OBU 與 RSU 測試時所遭遇的問題與解決方法，可供其他計畫參考。	遵照辦理	同意
6	本案期末計畫審查原則通過，請財團法人工業技術研究院於 108 年 12 月 16 日前完成期末報告修正定稿之提送。	遵照辦理	

附錄四：UBI 車輛里程保險之 OBD 裝置建議規範 (v0.6)

推動單位：台灣車聯網產業協會 (TTIA)
制定單位：台灣車聯網產業協會標準工作小組
指導單位：經濟部技術處、財團法人資訊工業策進會
發佈日期：2017 年 4 月 17 日

http://www.ttia-tw.org/catalog.php?wshop=ttia&Opt=detailed&tp=Catalog&lang=zh-tw&id=196

附錄五：事件分類

事件分類表

Status Code	分類	事件	是否需擷取事件發生前後 20 秒六個鏡頭影片
00	--	正常	--
01	危險駕駛行為與路況警示	車道偏移(左)	是
02		車道偏移(右)	是
03		前車碰撞	是
04		行人警示	是
05		超速	--
06		急加速	--
07		急減速	是
08		怠速	--
09		轉彎車速過高	是
10		前視野盲區物件偵測	是
11		後視野盲區物件偵測	是
12		左視野盲區物件偵測	是
13		右視野盲區物件偵測	是
14		行駛中車門開啟	是
15		國道客運司機主動觸發 SOS 通報	--
16		國道客運司機主動觸發壅塞通報	--
17		國道客運司機主動觸發事故通報	--
18		國道客運司機主動觸發故障通報	--
19	車輛故障通報	廠牌 A 鏡頭異常	--
20		廠牌 A 主機異常	--
21		輪胎壓力異常	--
22		輪胎溫度異常	--
23		GNSS 故障	--
24		廠牌 B_前鏡頭訊號遺失	--
25		廠牌 B _後鏡頭訊號遺失	--
26		廠牌 B _左鏡頭訊號遺失	--
27		廠牌 B _右鏡頭訊號遺失	--
28	駕駛分心	DBW 鏡頭訊號遺失	是
29		駕駛吃東西	是

30		駕駛行車不專心	是
31		駕駛講手機	是
32		駕駛抽菸	是
33		駕駛瞌睡事件	是
34	OBU 給 ADAS 事件	右側來車	--
35		左側來車	--
36		左轉危險	--
37		行人警示(左側)	--
38		行人警示(右側)	--
39		道路壅塞	--
40		道路施工	--
41		故障車輛	--
42		車速建議(SPaT)：加速	--
43		車速建議(SPaT)：減速	--
44		車速建議(均勻車速)：加速	--
45		車速建議(均勻車速)：減速	--

附錄六：API 定義細部說明

一、API 回覆代碼對應表

1.API 命名規則

編號	說明
M8.2.adasXXX	運輸研究所專案系統代號
M8.2.adas001~100	實驗平台 middleware 與智慧公車端專用資料格式
M8.2.adas101~200	實驗平台 Web 與 middleware 專用車側資料格式
M8.2.adas201~300	實驗平台 Web 與 middleware 專用智慧路口資料格式
M8.2.adas301~400	實驗平台 middleware 與智慧路口資料格式

2.Json 代碼說明

編號	說明
0	預設錯誤代碼
200	成功
201	部分操作失敗
204	DB 操作查無資料
205	DB 操作重複資料
400	Request 帶入的資料不正確
403	Request 帶入的 ID 不正確
406	Request 需要的 DB 操作錯誤
408	Request 逾時
412	Request 帶入的 JSON 格式不正確
422	Request 帶入的 JSON 欄位不正確

3.智慧路口路口裝置 type 定義(定義於 road_infrastructure)

編號	說明
1	Rader 雷達
2	CMS 智慧路口之警示顯示器
3	TSL 號誌東南
4	LiDAR 光達

二、M8.2.adas001-100 實驗平台 middleware 與智慧公車端專用資料格式

1.M8.2.adas001 上傳車機的 GNSS、Mobileye 與事件資訊

資料格式	JSON

送出字串	{
	"type":"M8.2.adas001",
	"plate":"123AB",
	"deviceID":"00:00:00:00:00:01",
	"status_list":
	[
	{"dt":"2016-01-18 11:11:12", "ADAS_lat":123.133, "ADAS_lon":321.341,
	"OBU_lat":123.134, "OBU_lon":321.345,
	"speed":100.0, "bearing":123.1, "status":"01:03:", "brake":1,
	"turnsignal":0,"reverse":0, "Gx":2.5, "Gy":1.0, "Gz":2.4,
	"mobileye_TTC":2.5, "mobileye_distance":25.5,
	"SPaT_state":0, "SPaT_秒":5 },
	{"dt":"2016-01-18 11:11:13", "ADAS_lat":123.133, "ADAS_lon":321.341,
	"OBU_lat":123.134, "OBU_lon":321.345,
	"speed":100.0, "bearing":122.1, "status":"01:04:", "brake":0,
	"turnsignal":1,"reverse":0, "Gx":-1.5, "Gy":0.0, "Gz":-1.5,
	"mobileye_TTC":1.5, "mobileye_distance":12.5,
	"SPaT_state":-1, "SPaT_秒":-1}
	]
	}

字串說明	type：訊息類型，格式參照系統命名規則 deviceID：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 status_list：狀態資訊列表，包含單筆或多筆資料，內容如下 dt：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss ADAS_lat：ADAS 車機自行取得的 GNSS 緯度資訊，單位為 度 ADAS_lon：ADAS 車機自行取得的 GNSS 經度資訊，單位為 度 OBU_lat：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 緯度資訊，單位為 度 OBU_lon：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 經度資訊，單位為 度 speed：車速，單位為 公里/小時 bearing：GNSS 轉向角資訊，單位為 度 brake：煞車訊號，0 表示未踩煞車 1 表示踩煞車 turnsignal：方向燈訊號，0 表示未打方向燈 1 表示左轉燈訊號 2 表示右轉燈訊號 reverse：倒車燈訊號，0 表示未倒車 1 表示倒車 Gx：G-Sensor x 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 Gy：G-Sensor y 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 Gz：G-Sensor z 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 mobileye_TTC：Mobileye 偵測前方物件 TTC 時間，單位秒(精準至 0.1 秒)

	mobileye_distance：Mobileye 偵測前方物件距離，單位公尺(精準至 0.1 公尺) SPaT_state：SPat 通知紅綠燈狀態，0 表示紅燈，1 表示綠燈，2 表示黃燈，-1 表示無接收 SPat 通知 SPaT_秒：SPat 通知紅綠燈秒數，-1 表示無接收 SPat 通知，其他正整數為紅綠燈秒數 status：狀態，同時發生之事件以「:」區分，為方便前端寫入，最後會以「:」結尾。status 狀態為必須欄位，請參閱事件分類表，回傳正確編號。 備註： "SPaT_state":-1, "SPaT_秒":-1 ➔ 表示無接收 SPaT 通知 "SPaT_state":0, "SPaT_秒":1 ➔ SPaT 通知紅燈、1 秒 "SPaT_state":-1, "SPaT_秒":1 ➔ 無接收 SPaT 通知卻有秒數，不可能存在此狀況 "SPaT_state":1, "SPaT_秒":-1 ➔ SPaT 通知綠燈卻沒有秒數，不可能存在此狀況
使用時機	回傳行車資訊，可單筆或批次上傳

2.M8.2.adas002 上傳車機的 OBD II

資料格式	JSON

送出字串	{
	"type":" M8.2.adas002",
	"plate":"123AB",
	"deviceID":"00:00:00:00:00:01",
	"VIN" :" WVWZZZ1JZYW2719XX",
	"OBD_list":
	[
	{"dt":"2016-01-18 11:11:11.100","speed":111.0, "rpm":2500.0, "engineload":50.5, "temp":38.5, "volt":9.08, "throttle":50.5
	},
	{"dt":"2016-01-18 11:11:11.200","speed":112.0, "rpm":2490.0, "engineload":50.5, "temp":38.5, "volt":9.08, "throttle":50.5
	}
	{"dt":"2016-01-18 11:11:11.300","speed":111.0, "rpm":2500.0, "engineload":50.5, "temp":38.5, "volt":9.08, "throttle":50.5
	}
	]
	}

字串說明	type：訊息類型，格式參照系統命名規則 deviceID：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌

	VIN：Vehicle Identification Number 車輛識別碼，由 17 位字母和數字組成的編碼 status：狀態資訊列表，包含單筆或多筆資料，內容如下 dt：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss fff (精準至 0.1 秒) speed：車速，單位為 公里/小時 rpm：引擎每分鐘轉速(轉/min) engineload：即時引擎出力與負載百分比(%) temp：引擎冷卻系統溫度 (℃) volt：電池電壓 (V) throttle：油門位置百分比 (%)
使用時機	回傳行車資訊，可單筆或批次上傳

3.M8.2.adas003 回報已上傳完成的影像

資料格式	JSON

送出字串	{
	"type":"M8.2.adas003",
	"plate":"123AB",
	"deviceID":"00:00:00:00:00:01",
	"vedio_list":
	[
	{"filename"："123AB_20190325-16-22-15_01","trigger_time":"2019-03-25 16:22:15", "start_time":"2019-03-25 16:21:55", "end_time":"2019-03-25 16:22:35","status":"01"},
	{"filename"："123AB_20190325-16-22-15_02","trigger_time":"2019-03-25 16:22:15", "start_time":"2019-03-25 16:21:55", "end_time":"2019-03-25 16:22:35","status":"01"}
	]
	}

字串說明	type：訊息類型，格式參照系統命名規則 deviceID：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 vedio_list：影片列表，包含單筆或多筆資料，內容如下 filename：影片檔名，格式為車牌_ yyyymmdd-hh-mm-ss_鏡頭編號 trigger_time：事件觸發時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss start_time：事件觸發前 20 秒的時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss end_time：事件觸發後 20 秒的時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss status：狀態。status 狀態為必須欄位，請參閱事件分類表，回傳正確編號。
使用時機	回傳行車資訊，可單筆或批次上傳

4.M8.2.adas004 上傳車機的 OBD II 故障碼

資料格式	JSON

送出字串	{
	"type":"M8.2.adas004",
	"plate":"123AB",
	"deviceID":"00:00:00:00:00:01",
	"VIN" :"WVWZZZ1JZYW2719XX",
	"dt":"2016-01-18 11:11:11.100",
	"ADAS_lat":123.133,
	"ADAS_lon":321.341,
	"OBU_lat":123.134,
	"OBU_lon":321.345,
	"speed":111.0,
	"rpm":2500.0,
	"engineload":50.5,
	"temp":38.5,
	"volt":9.08,
	"throttle":50.5,
	"DTC":"P1860"
	}

字串說明	type：訊息類型，格式參照系統命名規則 deviceID：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 VIN：Vehicle Identification Number 車輛識別碼，由 17 位字母和數字組成的編碼 status：狀態資訊列表，包含單筆或多筆資料，內容如下 dt：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss fff (精準至 0.1 秒) ADAS_lat：ADAS 車機自行取得的 GNSS 緯度資訊，單位為 度 ADAS_lon：ADAS 車機自行取得的 GNSS 經度資訊，單位為 度 OBU_lat：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 緯度資訊，單位為 度 OBU_lon：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 經度資訊，單位為 度 speed：車速，單位為 公里/小時 rpm：引擎每分鐘轉速(轉/min) engineload：即時引擎出力與負載百分比(%) temp：引擎冷卻系統溫度 (℃) volt：電池電壓 (V) throttle：油門位置百分比 (%) DTC: OBD II 標準化故障代碼(DTC, Diagnostic Trouble Codes)

使用時機	回傳行車資訊，可單筆或批次上傳

三、M8.2.adas101-200 實驗平台 Web 與 middleware 專用車側資料格式

1.M8.2.adas101 查詢指定來源(組合)所有車輛的最新 GNSS 資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas101", "source":2 }
字串說明	type：訊息類型及其編號 source：定義如下: 2:ADAS 3:BSM 4:PTX 6: ADAS + BSM(組合號碼為 2*3) 8: ADAS + PTX(組合號碼為 2*4) 12: BSM + PTX(組合號碼為 3*4) 24: ADAS+ BSM+ PTX(組合號碼為 2*3*4)
使用時機	查詢特定車隊名下所有車輛的最新 GNSS 資訊，用於及時車輛位置

回覆字串	{
	"messageObj": {
	"msgInfo": "Success",
	"msgCode": 200
	},
	"currentADASStatus": [
	{
	"brake": false,
	"datetime": "2019-05-07 15:55:06.0",
	"device_id": "00:00:00:00:00:01",
	"bearing": 285,
	"plate": "U2-0001",
	"ADAS_lat":123.133,
	"ADAS_lon":321.341,
	"OBU_lat":123.134,
	"OBU_lon":321.345,
	"turn_signal": 1,
	"reverse": false,
	"speed": 5,
	"Gx": 29,

	"Gy": 32,
	"Gz": 26,
	"mobileye_distance": 0,
	"mobileye_TTC": 0,
	"SPaT_秒": 0,
	"SPaT_state": 0,
	"status": "01:07:"
	} …….
	],
	"currentBSMStatus": [
	{
	"datetime": "2017-10-25 10:47:19.0",
	"heading": 232,
	"lon": 120.69075,
	"obu_id": 255,
	"plate": "U2-0001",
	"lat": 23.9490733,
	"speed": 19
	}…
	],
	"currentPTXStatus": []
	}

字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 currentADASStatus : 無資料或是無指定回傳空陣列 device_id：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 status：狀態，同時發生之事件以「:」區分。為方便識別需求，最後會以「:」結尾。 datetime：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss ADAS_lat：ADAS 車機自行取得的 GNSS 緯度資訊，單位為度 ADAS_lon：ADAS 車機自行取得的 GNSS 經度資訊，單位為度 OBU_lat：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 緯度資訊，單位為 度 OBU_lon：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 經度資訊，單位為 度 若回傳 0 或是-1000,表示無資料 speed：車速，單位為 公里/小時

	bearing：GNSS 轉向角資訊，單位為 度 brake：煞車訊號，false 表示未踩煞車 true 表示踩煞車 turn_signal：方向燈訊號，0 表示未打方向燈 1 表示左轉燈訊號 2 表示右轉燈訊號 reverse：倒車燈訊號，false 表示未倒車 true 表示倒車 Gx：G-Sensor x 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 Gy：G-Sensor y 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 Gz：G-Sensor z 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 mobileye_TTC：Mobileye 偵測前方物件 TTC 時間，單位秒(精準至 0.1 秒) mobileye_distance：Mobileye 偵測前方物件距離，單位公尺(精準至 0.1 公尺) SPaT_state：SPat 通知紅綠燈狀態，0 表示紅燈，1 表示綠燈，2 表示黃燈，-1 表示無接收 SPat 通知 SPaT_秒：SPat 通知紅綠燈秒數，-1 表示無接收 SPat 通知，其他正整數為紅綠燈秒數 備註： "SPaT_state":-1, "SPaT_秒":-1 ➔ 表示無接收 SPaT 通知 "SPaT_state":0, "SPaT_秒":1 ➔ SPaT 通知紅燈、1 秒 "SPaT_state":-1, "SPaT_秒":1 ➔ 無接收 SPaT 通知卻有秒數，不可能存在此狀況 "SPaT_state":1, "SPaT_秒":-1 ➔ SPaT 通知綠燈卻沒有秒數，不可能存在此狀況 currentBSMStatus : 無資料或是無指定回傳空陣列 這邊 BSM 僅回傳 OBU 透過 RSU 回傳的 BSM 之資料(帶有 OBU ID) datetime：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss heading :車頭方向 lon：GNSS 經度資訊，單位為 度 obu_id": 255, lat：GNSS 緯度資訊，單位為 度 speed ：車速，單位為 公里/小時 plate：車牌 currentPTXStatus : 無資料或是無指定回傳空陣列

2.M8.2.adas102 查詢 ADAS 所產生的記錄於 event_log 之指定條件之事件資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas102", "startTime":"2019-05-07 15:55:02", "endTime":"2019-05-07 15:55:08", "plate":"U2-0002", "status":"01:"}

字串說明	type：訊息類型及其編號 startTime：起始時間 endTime : 結束時間 plate:車牌(不指定時輸入空字串) status: 事件(不指定時輸入空字串) 當兩者都指定時,條件為 AND
使用時機	查詢 ADAS 所產生的記錄於 event_log 之指定條件之事件資訊

回覆字串	{
	"messageObj": {
	"msgInfo": "Success",
	"msgCode": 200
	},
	"Event_logList": [
	{
	"datetime": "2019-05-07 15:55:02.0",
	"device_id": "00:00:00:00:00:02",
	"plate": "U2-0002",
	"ADAS_lat":123.133,
	"ADAS_lon":321.341,
	"OBU_lat":123.134,
	"OBU_lon":321.345,
	"id": 692,
	"status ": "01"
	},….
	]
	}

字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 Event_logList : 無資料或是無指定回傳空陣列 id：位於資料庫的流水 id device_id：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 ADAS_lat：ADAS 車機自行取得的 GNSS 緯度資訊，單位為度 ADAS_lon：ADAS 車機自行取得的 GNSS 經度資訊，單位為 度 OBU_lat：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 緯度資訊，單位為度

	OBU_lon：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 經度資訊，單位為度 若回傳 0 或是-1000,表示無資料 status：狀態 datetime：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss

3.M8.2.adas103 查詢 OBD II 在指定時間內所產生的 DTC 事件資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas102", "startTime":"2019-05-07 15:55:02", "endTime":"2019-05-07 15:55:08", "plate":"U2-0002" }
字串說明	type：訊息類型及其編號 startTime：起始時間 endTime : 結束時間 plate:車牌(不指定時輸入空字串)
使用時機	查詢 OBD II 在指定時間內所產生的 DTC 事件資訊
回覆字串	{ "messageObj": { "msgInfo": "Success", "msgCode": 200 }, "Dtc_logList": [{ "throttle": 75, "temp": 31, "device_id": "00:00:00:00:00:02", "plate": "U2-0002", "ADAS_lat":123.133, "ADAS_lon":321.341, "OBU_lat":123.134, "OBU_lon":321.345, "speed": 1, "rpm": 98, "DTC": "P1", "datetime": "2019-05-02 14:05:47.0", "volt": 65, "engineload": 83, "VIN": "VINU2-0002", },…]

	}
字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 Dtc_logList : 無資料或是無指定回傳空陣列 device_id：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 VIN：Vehicle Identification Number 車輛識別碼，由 17 位字母和數字組成的編碼 datetime：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss fff (精準至 0.1 秒) ADAS_lat：ADAS 車機自行取得的 GNSS 緯度資訊，單位為 度 ADAS_lon：ADAS 車機自行取得的 GNSS 經度資訊，單位為 度 OBU_lat：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 緯度資訊，單位為 度 OBU_lon：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 經度資訊，單位為 度 若回傳 0 或是-1000,表示無資料 speed：車速，單位為 公里/小時 rpm：引擎每分鐘轉速(轉/min) engineload：即時引擎出力與負載百分比(%) temp：引擎冷卻系統溫度 (℃) volt：電池電壓 (V) throttle：油門位置百分比 (%) DTC: OBD II 標準化故障代碼(diagnostic trouble codes)，DTC

4.M8.2.adas104 查詢指定時間指定車牌之 ADAS GNSS 軌跡資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas104", "startTime":"2019-05-07 15:55:02", "endTime":"2019-05-07 15:55:08", "plate":"U2-0002" }
字串說明	type：訊息類型及其編號 startTime：起始時間 endTime : 結束時間 plate:車牌
使用時機	查詢指定時間指定車牌之 ADAS GNSS 軌跡資訊

回覆字串	{
	"messageObj": {
	"msgInfo": "Success",
	"msgCode": 200

```
        },
        "adaslog": [
            {
                "brake": false,
                "datetime": "2019-04-17 15:26:25.0",
                "device_id": "00:00:00:00:00:02",
                "bearing": 96,
                "plate": "U2-0002",
               "ADAS_lat":123.133,
                "ADAS_lon":321.341,
                "OBU_lat":123.134,
                "OBU_lon":321.345,
                "turn_signal": 1,
                "reverse": false,
                "speed": 0,
                "Gx": 29,
                "Gy": 32,
                "Gz": 26,
                "mobileye_distance": 0,
                "mobileye_TTC": 0,
                "SPaT_秒": 0,
                "SPaT_state": 0,
                "status": "01:07:"
            },
            {
                "brake": false,
                "datetime": "2019-04-17 15:26:26.0",
                "device_id": "00:00:00:00:00:02",
                "bearing": 333,
                "plate": "U2-0002",
                "ADAS_lat":123.133,
"ADAS_lon":321.341,
                "OBU_lat":123.134,
"OBU_lon":321.345,
                "turn_signal": 1,
                "reverse": false,
                "speed": 1,
                "Gx": 29,
                "Gy": 32,
```

	"Gz": 26, "mobileye_distance": 0, "mobileye_TTC": 0, "SPaT_秒": 0, "SPaT_state": 0, "status": "01:07:" },…] }
字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 adaslog : 無資料或是無指定回傳空陣列 device_id：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 datetime：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss ADAS_lat：ADAS 車機自行取得的 GNSS 緯度資訊，單位為度 ADAS_lon：ADAS 車機自行取得的 GNSS 經度資訊，單位為度 OBU_lat：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 緯度資訊，單位為 度 OBU_lon：OBU 給 ADAS 車機的 GNSS 經度資訊，單位為度 若回傳 0 或是-1000,表示無資料 speed：車速，單位為 公里/小時 bearing：GNSS 轉向角資訊，單位為 度 brake：煞車訊號，false 表示未踩煞車 ture 表示踩煞車 turnsignal：方向燈訊號，0 表示未打方向燈 1 表示左轉燈訊號 2 表示右轉燈訊號 reverse：倒車燈訊號，false 表示未倒車 ture 表示倒車 status：狀態，同時發生之事件以「:」區分 Gx：G-Sensor x 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 Gy：G-Sensor y 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 Gz：G-Sensor z 軸加速度數值，單位 g，其中 1 g = 9.8 m/s2 mobileye_TTC：Mobileye 偵測前方物件 TTC 時間，單位秒(精準至 0.1 秒) mobileye_distance：Mobileye 偵測前方物件距離，單位公尺(精準至 0.1 公尺) SPaT_state：SPat 通知紅綠燈狀態，0 表示紅燈，1 表示綠

	燈，2 表示黃燈，-1 表示無接收 SPat 通知 SPaT_秒：SPat 通知紅綠燈秒數，-1 表示無接收 SPat 通知，其他正整數為紅綠燈秒數 備註 1： "SPaT_state":-1, "SPaT_秒":-1 ➔ 表示無接收 SPaT 通知 "SPaT_state":0, "SPaT_秒":1 ➔ SPaT 通知紅燈、1 秒 "SPaT_state":-1, "SPaT_秒":1 ➔ 無接收 SPaT 通知卻有秒數，不可能存在此狀況 "SPaT_state":1, "SPaT_秒":-1 ➔ SPaT 通知綠燈卻沒有秒數，不可能存在此狀況

5.M8.2.adas105 查詢指定時間指定車牌之 OBD II 資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas105", "startTime":"2019-05-07 15:55:02", "endTime":"2019-05-07 15:55:08", "plate":"U2-0002" }
字串說明	type：訊息類型及其編號 startTime：起始時間 endTime : 結束時間 plate:車牌
使用時機	查詢指定時間指定車牌之 OBD II 軌跡資訊
回覆字串	{ "messageObj": { "msgInfo": "Success", "msgCode": 200 }, "Obd_log": [{ "throttle": 37, "temp": 119, "datetime": "2019-05-02 11:04:28.0", "device_id": "00:00:00:00:00:02", "volt": 70, "engineload": 71, "plate": "U2-0002", "VIN": "VINU2-0002", "speed": 0, "rpm": 62 },…]

	}
字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 Obd_log: 無資料或是無指定回傳空陣列 deviceID：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 VIN：Vehicle Identification Number 車輛識別碼，由 17 位字母和數字組成的編碼 datetime：時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss fff (精準至 0.1 秒) speed：車速，單位為 公里/小時 rpm：引擎每分鐘轉速(轉/min) engineload：即時引擎出力與負載百分比(%) temp：引擎冷卻系統溫度 (℃) volt：電池電壓 (V) throttle：油門位置百分比 (%)

6.M8.2.adas106 查詢指定觸發時間與車牌之影像資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas106", "triggerStartTime":"2019-05-07 15:55:02", "triggerEndTime":"2019-05-07 15:55:08", "plate":"U2-0002", "status":"01:"}
字串說明	type：訊息類型及其編號 triggerStartTime：事件觸發之起始時間 triggerEndTime: 事件觸發之結束時間 plate:車牌(不指定時輸入空字串) status:事件(不指定時輸入空字串)
使用時機	查詢指定觸發時間與車牌之影像資訊
回覆字串	{ "messageObj": { "msgInfo": "Success", "msgCode": 200 }, "video_log": [{ "start_time": "2019-04-30 16:38:41.0", "trigger_time": "2019-04-30 16:39:01.0", "filename": "U2-0002video2019-4-30

	16:39:013.mp4", "flag": 0, "device_id": "00:00:00:00:00:02", "end_time": "2019-04-30 16:39:21.0", "plate": "U2-0002", "status": "01:07:" },….] }
字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 video_log: 無資料或是無指定回傳空陣列 device_id：唯一的裝置識別碼，ADAS 車機 MAC 位址 plate：車牌 filename：影片檔名，格式為車牌_ yyyymmdd-hh-mm-ss_鏡頭編號 trigger_time：事件觸發時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss start_time：事件觸發前 20 秒的時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss end_time：事件觸發後 20 秒的時間，格式為 yyyy-mm-dd hh:mm:ss status：狀態。status 狀態為必須欄位，請參閱事件分類表，回傳正確編號 flag : 暫定轉檔記錄，0 表示尚未轉檔 1 表示已經成功轉檔

7.M8.2.adas107 取得所有 OBU ID 與車牌之資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas107" }
字串說明	type：訊息類型及其編號
使用時機	查詢所有 OBUID 以及車牌對應

回覆字串	{
	"messageObj": {
	"msgInfo": "Success",
	"msgCode": 200
	},
	"OBU2plateList": [
	{
	"plate": "289-U6",

	"obu_id": "201"
	},
	{
	"plate": "627-FZ",
	"obu_id": "202"
	},….
	]
	}

字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 OBU2plateList: 無資料或是無指定回傳空陣列 obu_id：obu 唯一的裝置識別碼 plate：車牌

8.M8.2.adas108 新增或是修改 OBU ID 與車牌之資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas108","obu_id":"201","plate":"289-U6" }
字串說明	type：訊息類型及其編號
使用時機	新增或是修改 OBU ID 與車牌對應

回覆字串	{
	"messageObj": {
	"msgInfo": "Save Success",
	"msgCode": 200
	}
	}

字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 Save Success 表示儲存成功, Update Success 表示更新成功

9.M8.2.adas109 刪除指定 OBU ID 對應車牌之資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas109","obu_id":"201" }
字串說明	type：訊息類型及其編號
使用時機	刪除 OBU ID 與車牌對應 通常可以用於當該 obu_id 已經不再使用時
回覆字串	{

	"messageObj": {
	"msgInfo": "Success",
	"msgCode": 200
	}
	}

字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息

10.M8.2.adas110 取得 OBU 透過 RSU 回傳之 GNSS 歷史資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas110", "startTime":"2019-04-24 15:43:16", "endTime":"2019-04-24 15:43:16","obu_id":"201","plate":"123-ABC" }
字串說明	type：訊息類型及其編號
使用時機	查詢透過 RSU 回傳之 OBU 歷史 GNSS 資訊,也就是 BSM,對應資料表為 v2x_obu_historydata,另外可允許指定 obu_id(此時車牌填空字串),指定車牌(此時 obu_id 填空字串)或是兩者都指定

回覆字串	{
	"messageObj": {
	"msgInfo": "Success",
	"msgCode": 200
	},
	"OBU_logList": [
	{
	"upload_time": "2019-04-24 15:43:16.0",
	"rsu_id": "R03",
	"lon": 121.0437091,
	"type": 0,
	"road_id": "FFFF",
	"obu_id": "9",
	"lat": 24.777095,
	"plate": "",
	},……..
	]
	}

字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 OBU_logList : 無資料或是無指定回傳空陣列 lat : 經度 lon:緯度 rsu_id:透過哪一個 RSU 回傳 road_id:道路 ID obu_id:透過哪一個 OBU ID plate:當時 OBU ID 安裝於哪台車之車牌 upload_time:時間

四、M8.2.adas201-300 實驗平台 Web 與 middleware 專用智慧路口資料格式

1.M8.2.adas201 取得所有智慧路口以及旗下所有裝置資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas201" }
字串說明	type：訊息類型及其編號
使用時機	取得所有智慧路口以及旗下所有裝置資訊
回覆字串	{ "messageObj": { "msgInfo": "Success", "msgCode": 200 }, "RoadIntersctions": [{ "road_id": 41, "road_lat": 24.111 "road_name": "測試路口 1", "road_lon": 121.111, "devices": [{ "device_name": "測試路口 41 雷達 1", "device_lat": 24.11265, "device_id": 41, "device_lon": 121.22335, "device_type": 1 }, {

	"device_name": "測試路口 41CMS1",
	"device_lat": 24.11682,
	"device_id": 41,
	"device_lon": 121.228822,
	"device_type": 2
	},
	{
	"device_name": "測試路口 41 雷達 2",
	"device_lat": 24.11265,
	"device_id": 41,
	"device_lon": 121.22335,
	"device_type": 1
	}
	],
	},….
	]
	}

字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息 RoadIntersctions: 無資料或是無指定回傳空陣列 road_id: 智慧路口編號 road_name: 智慧路口名稱 road_lat: 智慧路口經度 road_lon: 智慧路口緯度 devices: 路口下裝置:無資料或是無指定回傳空陣列 device_name: 裝置名稱 device_lat: 裝置經度 device_lon: 裝置緯度 device_id: 裝置名稱 device_type: 裝置型態,請參考智慧路口路口裝置 type 定義

2.M8.2.adas202 取的指定之智慧路口路口的資訊

資料格式	JSON
送出字串	{"type":"M8.2.adas202" , "roadID":2,"gettingRaderSystemInfo":true , "gettingCMS": true ,"gettingTSL" : true }
字串說明	type：訊息類型及其編號 RoadID:哪一個智慧路口之編號

	GettingRaderSystemInfo:是否要取得雷達或是系統資訊 GettingCMS:是否取得所有 CMS GettingTSL:是否取得所有交通號誌
使用時機	取的指定之智慧路口路口的資訊

回覆字串	<pre>{
	  "messageObj": {
	  "msgCode": 200,
	  "msgInfo": "Success"
	  },
	  "SystemInfo": {
	  "31": [
	  {
	  "receiveDate": 1555919196846,
	  "device": "311",
	  "status": true
	  }, ...
	  ], ...
	  },
	  "Radar": {
	  "31": {
	  "311": {
	  "receiveDate": 1555919197331,
	  "Timestamp": "2019/04/22 15:46:37.260",
	  "RadarID": 311,
	  "NumOfObj": 7,
	  "RadarObjList": [
	  {
	  "ObjID": 98,
	  "PX": 33.024,
	  "PY": -4.352,
	  "Lat": 22.593702,
	  "Lon": 120.31107,
	  "VX": 0,
	  "VY": 0,
	  "LN": 2
	  },...
	  ],
	  "lastUpdateTime": 1555919197331
	  }, ...</pre>

```
      }, ...
    },
    "CMS": {
      "38": {
        "381": {
          "Timestamp": "2019/04/22 15:46:35.493",
          "cms_id": 381,
          "status": 1,
          "remain 秒": 1
        }
      }
    },
    "TSL": {
      "31": {
        "phaseOrder": 4,
        "TSLs": {
          "0": {
            "phase": "10000000",
            "remain 秒": 6,
            "type": "car"
          }, ...
        }
      }, ...
    },
    "LRT":{
      "31":{
        "10":{
          "receiveDate":1555920084023,
          "Timestamp":"2019-04-22 16:01:23",
          "LightDirection":"10",
          "LightAspect":1,
          "Time4LightAspect":54,
          "Time4PassAC2":69
        }
      }, ...
    }
}
```

字串說明	messageObj：操作結果資訊，內容如下 msgCode：代碼，請參考 API 回覆代碼對應表 msgInfo：訊息

五、M8.2.adas301-400 實驗平台 middleware 與智慧路口資料格式

1.M8.2.adas301 IPC 回傳至後台 Radar 資料格式

資料格式	JSON
送出字串	無送出字串
字串說明	無須送出字串,IPC 將透過後台所制定的 UDP 傳回
使用時機	智慧路口 IPC 傳至後台的 Rader 資料格式

回覆字串	{
	"Radar":
	{
	"timestamp":"2019-01-23 16:55:42.000"
	"radar_id":412,
	"obj_no": 6
	"objects": [
	{
	"obj_id": "22",
	"x_pos": "13.57",
	"y_pos": "2.584",
	"lat": "24.123",
	"lon": "121.57",
	"x_speed": "5",
	"y_speed": "6",
	"length": "7"
	} …
	]
	}
	}

字串說明	Radar:記錄雷達所有資料 Timestamp :取的物件時間 radar_id :雷達的編號 obj_no :雷達掃描物件個數 objects : 物件詳細資訊 以陣列記錄 obj_id: 物件 ID x_pos: 與雷達 x 方向距離 k/m y_pos: 與雷達 y 方向距離 k/m

	lat:已換算過的經度 lon: 已換算過的緯度 x_speed: x 方向速度 km/hr y_speed: y 方向速度 km/hr length: 長度 m

2.M8.2.adas302 IPC 回傳至後台 Signal 訊息資料格式

資料格式	JSON
送出字串	無送出字串
字串說明	無須送出字串,IPC 將透過後台所制定的 UDP 傳回
使用時機	智慧路口 IPC 傳至後台的 Signal 訊息資料格式
回覆字串	{ "Signal": { "road_id": "61", "phaseOrder": "52", "signalCount": 4, "signalArray": [{ "head_direction": 0, "signalPhase": "10010000", "subPhase 秒": 10, "Phase 秒": 10, "type": "car" }, { "head_direction": 0, "signalPhase": "00000001", "Phase 秒": 10, "type": "pedestrian" }, { "head_direction": 2, "signalPhase": "10000100", "subPhase 秒": 10, "Phase 秒": 10, "type": "car" }, { "head_direction": 2,

	"signalPhase": "00000001",
	"Phase 秒": 10,
	"type": "pedestrian"
	},
	{
	"head_direction": 4,
	"signalPhase": "10010000",
	"subPhase 秒": 10,
	"Phase 秒": 10,
	"type": "car"
	},
	{
	"head_direction": 4,
	"signalPhase": "00000001",
	"Phase 秒": 10,
	"type": "pedestrian"
	},
	{
	"head_direction": 6,
	"signalPhase": "10000100",
	"subPhase 秒": 10,
	"Phase 秒": 10,
	"type": "car"
	},
	{
	"head_direction": 6,
	"signalPhase": "00000001",
	"Phase 秒": 10,
	"type": "pedestrian"
	}
	],
	"subPhaseID": 2,
	"stepID": 1,
	"signalMap": "01010101",
	"timestamp": "2018-10-04 05:59:09.233"
	}
	}

字串說明	Signal:記錄號誌所有資料 road_id :路口 ID 整數(XY，X:縣市編號，Y:路口編號)

	timestamp : IPC 收到號誌訊息的時間 yyyy-MM-dd HH:mm:ss.SSS phaseOrder : 時相類型編號 整數(0x00 ~ 0xFE) signalMap : 燈態方向用 bit map 表示使用方向 signalCoun t:岔路數目 整數(1 ~ 8) subPhaseID :分相序號 整數(1 ~ 8) stepID: 步階序號 整數(1 ~ 8) signal_array : 物件詳細資訊 以陣列記錄 head_direction:燈態方向 0:北向 1:東北向 2:東向 3:東南向 4:南向 5:西南向 6:西向 7:西北向 type : 時相類別 字串 car/pedestrian signalPhase:時相狀態,用 bit map 表示，index 由左至右分別為 0:紅 1:黃 2:綠 3:左綠 4:直綠 5:右綠 6:行綠 7:行紅 6&7 皆為 1:綠閃 Phase 秒:時相剩餘秒數，車輛分紅、黃、綠，行人分紅、綠、綠閃 subPhase 秒:分相剩餘秒數，每個不同的分相各自倒數（僅 type 為 car 的時相具備此欄位）

3.M8.2.adas303 IPC 回傳至後台 CMS 訊息資料格式

資料格式	JSON
送出字串	無送出字串
字串說明	無須送出字串,IPC 將透過後台所制定的 UDP 傳回
使用時機	智慧路口 IPC 傳至後台的 CSM 訊息資料格式

回覆字串	{
	"CMS":
	{
	"timestamp": "2019-01-23 16:55:42.000"
	"cms_id": 1,
	"status": 2,
	}
	}

字串說明	CMS:記錄 CMS 所有資料 timestamp :時間 cms_id :CMS 編號 status : 亮燈狀態 0:無狀況 1:左方來車 2:右方來車 3:危險左轉 4:自駕車接近

4.M8.2.adas304 IPC 回傳至後台 SensorChecker 訊息資料格式

資料格式	JSON
送出字串	無送出字串
字串說明	無須送出字串,IPC 將透過後台所制定的 UDP 傳回
使用時機	智慧路口 IPC 傳至後台的 SensorChecker 訊息資料格式

回覆字串	{
	"SensorChecker": {
	"411": true,
	"412": true,
	"823": true
	"CMS": true,
	"road_id": 41,
	"signal": true
	}
	"packet_count": 498127
	}

字串說明	SensorChecker:記錄裝置所有資料 road_id :道路編號 signal:號誌狀況 CMS:CMS 狀況 Rader:如範例中的 411/412,該路口雷達之狀況

附錄七：駕駛與車輛事件定義

一、駕駛與車輛事件定義：危險駕駛行為與路況警示

事件	說明	Device	Process
車道偏移(左)	速度超過 55km/h 時，未打左轉方向燈，車道往左偏移	Mobileye	Mobileye➔IPC➔Server &OBU
車道偏移(右)	速度超過 55km/h 時，未打右轉方向燈，車道往右偏移		
前車碰撞	TTC < 2.7 秒，觸發警示		
行人警示	在日間速度低於 50km/h 時啟用。 行人穿過車輛前面的行駛路徑時發出警報		
超速	透過鏡頭判定限速標誌，超過速限就警示		
急加速	車速> 0 & Gy >0.15G	IPC	IPC➔Server
急減速	車速> 0 & Gy < -0.15G		
怠速	車速 = 0 & 持續時間 > 3 分鐘		
轉彎車速過高	G 值大於 0.15，且超過車速門檻值		
前視野盲區偵測	前方盲區出現移動物體	廠牌 A	廠牌 A ➔IPC➔Server
後視野盲區偵測	後方盲區出現移動物體		廠牌 A ➔IPC➔Server
左視野盲區偵測	左方盲區出現移動物體		廠牌 A ➔IPC➔Server
右視野盲區偵測	右方盲區出現移動物體		廠牌 A ➔IPC➔Server
SOS/壅塞/事故/故障	司機主動回報	--	由國道客運後台取得

二、駕駛與車輛事件定義：車輛故障通報

事件	說明	Device	Process
廠牌 B 鏡頭異常	無通訊或故障	廠牌 B	廠牌 B➔IPC➔Server
廠牌 B 主機異常	無通訊或故障		
輪胎壓力異常	胎壓超過門檻值	TPMS	TPMS➔IPC➔Server
輪胎溫度異常	胎溫超過門檻值		
GNSS 故障	無點位資料 (經緯度出現 0,0)	IPC	GNSS 天線 ➔IPC➔Server
DVR 鏡頭訊號遺失[1]	無影像訊號	廠牌 A	廠牌 A ➔IPC➔Server
DVR 鏡頭訊號遺失[2]	無影像訊號	廠牌 A	廠牌 A ➔IPC➔Server
DVR 鏡頭訊號遺失[3]	無影像訊號	廠牌 A	廠牌 A ➔IPC➔Server
DVR 鏡頭訊號遺失[4]	無影像訊號	廠牌 A	廠牌 A ➔IPC➔Server
DVR 鏡頭訊號遺失[5]	無影像訊號	DBW	DBW➔IPC➔Server

三、駕駛與車輛事件定義：駕駛分心事件

事件	說明	Device	Process
吃東西	偵測駕駛人有吃東西	DBW	DBW-➔IPC➔Server& OBU
行車不專心	偵測駕駛人臉五官位置(辨識臉部注視方向)估算頭部(左、右)偏擺量		
講手機	偵測駕駛人有講手機的事件		
抽菸	偵測駕駛人有抽菸行為		
瞌睡事件	偵測駕駛人有瞇眼或閉眼		

附錄八：資料表格欄位說明

一、設備資料表

roadtab		
欄位	資料格式	說明
RoadID	VARCHAR(50)	(PK)路口編號
DistrictID	SMALLINT(5)	區域代碼
ZoneID	SMALLINT(5)	(欄位沒有使用)
RoadName	VARCHAR(50)	道路名稱
RoadType	CHAR(2)	道路等級
RoadGroupID	SMALLINT(5)	(欄位沒有使用)
Inter 秒 tionStart	VARCHAR(100)	起始路段名稱
Inter 秒 tionEnd	VARCHAR(100)	結束路段名稱
秒 tionName	VARCHAR(200)	路段中文名稱描述
StartX	DECIMAL(9,6)	起始路段經度
StartY	DECIMAL(9,6)	起始路段緯度
EndX	DECIMAL(9,6)	結束路段經度
EndY	DECIMAL(9,6)	結束路段緯度
CenterX	DECIMAL(9,6)	路段中心經度
CenterY	DECIMAL(9,6)	路段中心緯度
Length	SMALLINT(5)	路段長度
Azimuth	SMALLINT(5)	路段方位角
SpeedLimit	TINYINT(3)	最高速限
Description	VARCHAR(200)	(欄位沒有使用)
RouteID	VARCHAR(15)	(欄位沒有使用)
LocationPath	VARCHAR(100)	(欄位沒有使用)
StartLocationPath	VARCHAR(50)	(欄位沒有使用)
EndLocationPath	VARCHAR(50)	(欄位沒有使用)
FromKM	VARCHAR(50)	(欄位沒有使用)
ToKM	VARCHAR(50)	(欄位沒有使用)
Visible	BIT(1)	預設`0’
isExternal	BIT(1)	預設`0’
cctvtab		
欄位	資料格式	說明
ID	CHAR(7)	(PK)CCTV 編號
Location	VARCHAR(200)	CCTV 地點描述

X	DOUBLE	經度
Y	DOUBLE	緯度
ServerIP	VARCHAR(200)	影像串流路徑
MediaCode	VARCHAR(50)	MAC
Visible	BIT(1)	預設`1’
UpdateTime	DATETIME	資料寫入時間
Ip	VARCHAR(50)	影像 Server IP
cmstab		
欄位	資料格式	說明
ID	CHAR(7)	(PK)CMS 編號
Location	VARCHAR(200)	CMS 地點描述
X	FLOAT	經度
Y	FLOAT	緯度
Visible	BIT(1)	預設`1’
Message	VARCHAR(255)	(欄位沒有使用)
UpdateTime	DATETIME	資料寫入時間
vdtab		
欄位	資料格式	說明
ID	CHAR(7)	(PK)VD 編號
Location	VARCHAR(200)	VD 地點
X	FLOAT	經度
Y	FLOAT	緯度
Visible	BIT(1)	預設`1’
UpdateTime	DATETIME	資料寫入時間

二、設備基本設定資料

v2x_alarm_radar_config		
欄位	資料格式	說明
radar_id	INT(10)	(PK)RADAR 編號
lat	DOUBLE	緯度
lng	DOUBLE	經度
v2x_alarm_radar_newest		
欄位	資料格式	說明
radar_id	INT(10)	(PK)RADAR 編號

timestamp	TIMESTAMP(3)	資料時間
obj_no	INT(10)	物件數量
v2x_obu_mapping		
欄位	資料格式	說明
obu_id	VARCHAR(50)	(PK)OBU 編號
name	VARCHAR(50)	OBU 名稱
v2x_obu_newest		
欄位	資料格式	說明
rsu_id	VARCHAR(32)	(PK)RSU 編號
type	INT(11)	OBU 編號
obu_id	VARCHAR(32)	OBU 編號
road_id	VARCHAR(32)	路口編號
lat	VARCHAR(20)	緯度
lon	VARCHAR(20)	經度
speed	VARCHAR(8)	速度
heading	VARCHAR(8)	方位角
temperature	DOUBLE	溫度
humidity	DOUBLE	濕度
temperature_time	TIMESTAMP(3)	溫度資料時間
upload_time	TIMESTAMP(3)	rsu 資料更新時間
v2x_rsu_report		
欄位	資料格式	說明
rsu_id	VARCHAR(32)	(PK)RSU 編號
rsu_status	VARCHAR(2)	連線狀態(預設`1')
rsu_dsrc	VARCHAR(8)	DSRC 使用率
rsu_cpu	VARCHAR(8)	系統負載
transaction_id	VARCHAR(30)	Transation ID
ip	VARCHAR(30)	RSU IP
port	INT(10)	發布 RSA 訊息所用之 port
port2	INT(10)	記錄 RSU 資料所用之 port
port3	INT(10)	(保留欄位)
power	INT(10)	功率(dBm)
datarate	INT(10)	資料傳輸率(Mbps)
update_time	TIMESTAMP	資料更新時間

v2x_rsa_schedule		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
road_id	VARCHAR(50)	路口編號
type_event	INT(10)	警示事件類型
extent	INT(10)	警示通知範圍
start_time	TIMESTAMP	警示通知起始時間
end_time	TIMESTAMP	警示通知結束時間
inserted	TIMESTAMP	資料寫入時間
updated	TIMESTAMP	資料修改時間
v2x_rsu_config		
欄位	資料格式	說明
rsu_id	VARCHAR(10)	(PK)RSU 編號
host_name	VARCHAR(10)	RSU 名稱
lat	DOUBLE	RSU 設置所在緯度
lon	DOUBLE	RSU 設置所在經度
ip	VARCHAR(20)	RSU IP
port	INT(11)	發布 RSA 訊息所用之 port
port2	INT(11)	記錄 RSU 資料所用之 port
port3	INT(11)	(保留欄位)
v2x_rsu_subscribe		
欄位	資料格式	說明
rsu_id	VARCHAR(32)	(PK)RSU 編號
route_id	TEXT	記錄 road_id 陣列
service_type	VARCHAR(20)	用來記錄路段績效、CCTV URL、交通事件、天氣…. (欄位沒有使用)
update_time	TIMESTAMP	資料修改時間
transaction_id	VARCHAR(30)	Transation ID
v2x_tim_device		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
road_id	VARCHAR(50)	路口編號
cctv	VARCHAR(200)	CCTV 編號

cms_content	VARCHAR(50)	警示訊息
extent	INT(11)	警示通知範圍
start_time	TIMESTAMP	警示通知起始時間
end_time	TIMESTAMP	警示通知結束時間
inserted	TIMESTAMP	資料寫入時間
updated	TIMESTAMP	資料修改時間
v2x_tim_weather		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
lat	DOUBLE	緯度
lon	DOUBLE	經度
itis	INT(11)	ITIS code (e.g. alert / danger / hazard)
enabled	BIT(1)	預設‘1’
inserted	TIMESTAMP	資料寫入時間

1.原始資料

AVI_log		
欄位	資料格式	說明
秒 TORID	VARCHAR(50)	路段編號，但只有一個'L0001'
COSTMIN	FLOAT	旅行花費時間(四捨五入至整數)
MAPPINGS	INT(10)	v2x_obu_mapping 記錄的 OBU_ID
DATETIME	DATETIME	資料時間
RAWCOST	FLOAT	旅行花費時間原始數據
AVI_log_temp		
欄位	資料格式	說明
秒 TORID	VARCHAR(50)	路段編號，但只有一個'L0001'
COSTMIN	FLOAT	旅行花費時間(四捨五入至整數)
MAPPINGS	INT(10)	v2x_obu_mapping 記錄的 OBU_ID
DATETIME	DATETIME	資料時間
RAWCOST	FLOAT	旅行花費時間原始數據
v2x_collision_history		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
ext_id	BIGINT(20)	訊息影響範圍代碼

type	VARCHAR(50)	警示訊息
obu_id	VARCHAR(50)	OBU 編號
obj_lat	DOUBLE	OBU 緯度
obj_lon	DOUBLE	OBU 經度
timestamp	TIMESTAMP(3)	發生時間
inserted	TIMESTAMP	資料寫入時間
updated	TIMESTAMP	資料更新時間
correct	BIT(1)	事件判斷是否正確(0:誤判;1:正確)
v2x_obu_historydata		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
rsu_id	VARCHAR(32)	RSU 編號
type	INT(32)	OBU 編號
obu_id	VARCHAR(32)	OBU 編號
road_id	VARCHAR(32)	路口編號
message_id	VARCHAR(30)	預設‘0’
msgcnt	VARCHAR(3)	MsgCount
秒 merk	VARCHAR(30)	D 秒 ond
lat	VARCHAR(20)	緯度
lon	VARCHAR(20)	經度
elev	VARCHAR(10)	Elevation
accuracy_semi_major	VARCHAR(10)	Accuracy semi major
accuracy_semi_minor	VARCHAR(10)	Accuracy semi minor
accuracy_semi_orientation	VARCHAR(10)	Accuracy semi orientation
transmission	VARCHAR(20)	傳輸狀態
speed	VARCHAR(8)	速度
heading	VARCHAR(8)	方位角
angle	VARCHAR(8)	SteeringWheelAngle
accelset_lat	VARCHAR(8)	AccelerationSet4Way
accelset_lon	VARCHAR(8)	AccelerationSet4Way
accelset_vert	VARCHAR(8)	AccelerationSet4Way
accelset_yaw	VARCHAR(8)	AccelerationSet4Way
brakes	VARCHAR(20)	BrakeSystemStatus
width	VARCHAR(8)	Vehicle Width
length	VARCHAR(8)	Vehicle Length
full_position_vector_utctime	VARCHAR(30)	DDateTime
path_history_lat_offset	VARCHAR(8)	Path history latitude offset

path_history_lon_offset	VARCHAR(8)	Path history longitude offset
path_history_elevation_offset	VARCHAR(8)	Path history elevation offset
path_history_time_offset	VARCHAR(8)	Path history time offset
upload_time	TIMESTAMP(3)	資料上傳時間
receive_time	TIMESTAMP	資料接收時間
v2x_obu_lost_rate		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
rsu_id	VARCHAR(10)	RSU 編號
obu_id	VARCHAR(10)	OBU 編號
lostrate	TEXT	0-100/100-200/200-300/300 公尺以上遺失率
inserted	TIMESTAMP	資料寫入時間
v2x_rsa_download_log		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
msg_id	BIGINT(20)	DSRC 訊息種類代碼，預設‘0’
road_id	VARCHAR(12)	路段編號(預設`0’)
rsu_id	VARCHAR(12)	RSU 編號
type_event	INT(11)	事件類型
extent	INT(11)	訊息影響範圍代碼
payload	TEXT	payload 訊息
success	BIT(1)	下載是否成功
inserted	TIMESTAMP	資料寫入時間
v2x_tim_device_download_log		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
msg_id	BIGINT(20)	DSRC 訊息種類代碼，預設‘0’
road_id	VARCHAR(50)	路口編號
rsu_id	VARCHAR(50)	RSU 編號
cctv	VARCHAR(50)	CCTV 設備編號
cms_content	VARCHAR(50)	CMS 資訊
payload	TEXT	payload 訊息
success	BIT(1)	下載是否成功(0:失敗/1:成功)

inserted	TIMESTAMP	資料寫入時間
v2x_tim_weather_download_log		
欄位	資料格式	說明
id	BIGINT(20)	(PK)流水號，自動遞增
ext_id	BIGINT(20)	訊息影響範圍代碼
rsu_id	VARCHAR(50)	RSU 編號
lat	DOUBLE	緯度
lon	DOUBLE	經度
itis	INT(11)	事件編號
success	BIT(1)	下載是否成功(0:失敗/1:成功)
inserted	TIMESTAMP	資料寫入時間
vdtraffiftab		
欄位	資料格式	說明
DEVICEID	VARCHAR(7)	(PK)VD 編號
datetime	VARCHAR(16)	資料時間
LANEORDER	DECIMAL(1,0)	0:中正路往光華四路; 1:中正路往中學路
BIGVOLUME	DECIMAL(3,0)	大型車車流量
BIGSPEED	DECIMAL(3,0)	大型車車速
CARVOLUME	DECIMAL(3,0)	中型車車流量
CARSPEED	DECIMAL(3,0)	中型車車速
MOTORVOLUME	DECIMAL(3,0)	小型車車流量
MOTORSPEED	DECIMAL(3,0)	小型車車速
AVGSPEED	DECIMAL(3,0)	平均車速
LANEOCCUPY	DECIMAL(3,0)	佔有率
DATETIME2	DATETIME2	資料時間

三、其他資料

accountm		
欄位	資料格式	說明
username	VARCHAR(50)	帳號
password	VARCHAR(50)	密碼
email	VARCHAR(50)	登入時間
login_log		

欄位	資料格式	說明
username	VARCHAR(50)	帳號
IP	VARCHAR(50)	IP 位置
Time	DATETIME	登入時間
logout_log		
欄位	資料格式	說明
username	VARCHAR(50)	帳號
IP	VARCHAR(50)	IP 位置
Time	DATETIME	登出時間

附錄九：高精地圖附件-正射影像檢核點誤差

點名	正射影像 X	正射影像 Y	RTK 東坐標	RTK 北坐標	X 軸誤差 (CM)	Y 軸誤差 (CM)	XY 誤差 (CM)
CP01	218397.9273	2649614.708	218397.908	2649614.686	1.935	2.168	2.905
CP02	218415.9007	2649585.801	218415.9	2649585.791	0.069	0.970	0.972
CP03	218440.1262	2649550.931	218440.133	2649550.885	-0.677	4.603	4.652
CP04	218460.5073	2649523.671	218460.529	2649523.661	-2.170	0.976	2.379
CP05	218476.4377	2649508.33	218476.422	2649508.295	1.567	3.514	3.847
CP06	218492.3867	2649489.521	218492.398	2649489.491	-1.133	2.954	3.164
CP07	218512.4166	2649466.971	218512.418	2649466.914	-0.139	5.709	5.711
CP08	218523.002	2649455.246	218522.993	2649455.201	0.898	4.535	4.623
CP09	218538.2738	2649423.07	218538.248	2649423.022	2.581	4.832	5.478
CP10	218564.8347	2649406.438	218564.835	2649406.495	-0.031	-5.658	5.658
CP11	218572.1639	2649390.539	218572.132	2649390.536	3.191	0.286	3.203
CP12	218590.9613	2649379.165	218590.954	2649379.093	0.732	7.225	7.262
CP13	218614.8293	2649352.388	218614.826	2649352.378	0.329	0.996	1.049
CP14	218623.3925	2649328.547	218623.366	2649328.483	2.646	6.423	6.946
CP15	218639.009	2649310.292	218639.011	2649310.292	-0.204	-0.046	0.209
CP16	218666.6304	2649285.812	218666.616	2649285.767	1.439	4.462	4.688
CP17	218699.8942	2649266.726	218699.909	2649266.71	-1.480	1.613	2.190
CP18	218734.756	2649233.299	218734.754	2649233.301	0.198	-0.205	0.285
CP19	218751.5978	2649264.177	218751.598	2649264.177	-0.016	-0.047	0.049
CP20	218778.6238	2649299.533	218778.582	2649299.528	4.179	0.476	4.206
CP21	218843.274	2649365.286	218843.276	2649365.288	-0.205	-0.154	0.256
CP22	218848.1023	2649388.297	218848.103	2649388.292	-0.071	0.539	0.544
CP23	218860.2169	2649373.944	218860.21	2649373.9	0.685	4.422	4.475
CP24	218875.4142	2649398.51	218875.407	2649398.509	0.716	0.114	0.725
CP25	218893.0486	2649417.184	218893.032	2649417.185	1.656	-0.070	1.657
CP26	218899.2857	2649434.276	218899.286	2649434.275	-0.030	0.054	0.061
CP27	218879.3174	2649450.427	218879.292	2649450.444	2.539	-1.667	3.037
CP28	218851.6107	2649477.463	218851.654	2649477.495	-4.331	-3.205	5.388
CP29	218845.5111	2649492.255	218845.514	2649492.29	-0.287	-3.462	3.474

點名	正射影像 X	正射影像 Y	RTK 東坐標	RTK 北坐標	X 軸誤差 (CM)	Y 軸誤差 (CM)	XY 誤差 (CM)
CP30	218828.5962	2649503.943	218828.545	2649503.949	5.117	-0.614	5.154
CP31	218797.1181	2649563.368	218797.044	2649563.352	7.409	1.569	7.574
CP32	218790.3707	2649574.979	218790.364	2649574.977	0.674	0.221	0.710
CP33	218778.1802	2649599.888	218778.221	2649599.924	-4.077	-3.635	5.462
CP34	218752.8619	2649680.263	218752.903	2649680.246	-4.110	1.652	4.430
CP35	218733.8094	2649725.387	218733.812	2649725.358	-0.262	2.922	2.934
CP36	218659.643	2649846.751	218659.657	2649846.702	-1.401	4.867	5.064
CP37	218637.9119	2649841.679	218637.935	2649841.69	-2.313	-1.131	2.574
CP38	218617.442	2649816.67	218617.382	2649816.675	5.995	-0.508	6.016
CP39	218606.6215	2649807.197	218606.597	2649807.197	2.454	-0.031	2.454
CP40	218581.4193	2649791.508	218581.451	2649791.494	-3.170	1.381	3.458
CP41	218574.3208	2649784.878	218574.36	2649784.854	-3.918	2.398	4.593
CP42	218571.5046	2649778.958	218571.524	2649778.914	-1.935	4.357	4.767
CP43	218555.8674	2649766.882	218555.831	2649766.849	3.636	3.270	4.891
CP44	218533.171	2649747.523	218533.193	2649747.488	-2.198	3.520	4.150
CP45	218525.8941	2649737.642	218525.938	2649737.615	-4.389	2.723	5.165
CP46	218496.1351	2649708.305	218496.162	2649708.282	-2.689	2.259	3.511
CP47	218489.9589	2649696.612	218489.985	2649696.598	-2.612	1.409	2.968
CP48	218471.825	2649689.564	218471.839	2649689.551	-1.398	1.278	1.894
CP49	218438.3713	2649651.077	218438.406	2649651.03	-3.468	4.680	5.825
CP50	218405.1964	2649617.999	218405.196	2649618.002	0.037	-0.270	0.272

附錄十：驗測執行計畫

1. 計畫範圍

依據本計畫探討我國公共運輸車輛整合 ADAS 與 CV 實驗場域，在需求面上，未來我國公共運輸車輛整合 ADAS 與 CV 發展需求可歸納為交通資訊服務(號誌路口行駛速率建議、車流均勻速度建議與公車優先號誌資訊)、交通安全服務(交通安全訊息廣播與智慧安全路口)、交通管理服務(平台監控、分析與管理)等構面；在供給面上，未來可從需求面而進一步衍生各式各樣應用情境、以及發展出相應之營運模式、技術需求、以及系統功能設計。

本計畫為了能夠完整評估我國公共運輸車輛整合 ADAS 與 CV 應用模式運作，以及瞭解整合 ADAS 與 CV 應用情境之可行性與其涉及之技術特性，以作為我國未來推動整合 ADAS 與 CV 應用的參考，因而規劃進行應用情境之實際驗測工作。

1.1 目的及依據

本計畫研擬大規模測試計畫作為執行之依據，包括驗測情境描述、驗測技術及其應用情境。四天的大規模測試除了基隆市公車 505/501 線、國光客運 1815 線等大客車參與驗測外，亦會租用 10 輛一般轎車做為驗測的探偵車(Probe Car)，且驗測過程配合進行錄影、資料自動記錄、隨車觀察記錄，提供作為績效評估之用。大客車與探偵車(Probe Car)之驗測路線共分為兩條，第一條路線為基隆市公車 505/501 線，由起點(基金二路)至麥金路，該路線驗測情境包括交通安全資訊提供(交通壅塞、移動式 RSU 道路施工、OBU 故障車輛)、大客車 ADAS+CV 測試、智慧安全路口、號誌路口行駛速率建議與公車優先號誌訊息(SRM/SSM)，共五項驗測項目；第二條路線為國光客運 1815 線，由起點(基金二路)至國一，該路線驗測情境包括車流均勻速度建議、交通安全資訊提供(交通壅塞、移動式 RSU 道路施工、OBU 故障車輛)、大客車 ADAS+CV 測試、智慧安全路口、號誌路口行駛速率建議與公車優先號誌訊息(SRM/SSM)，共六項驗測項目。

2. 驗測規劃

2.1 驗測情境

(1) 交通安全訊息廣播

實驗大客車與探偵車(Probe Car)於實驗路線全線行駛中，接受 RSU 所發佈之交通安全資訊。由 RSU 廣播交通安全資訊予實驗大客車與探偵車(Probe Car)，其中資訊類型包括：道路壅塞資訊、OBU 故障車輛警示與

移動 RSU 道路施工。

①驗測情境 1：道路壅塞資訊

實驗平台蒐集資訊處理分析轉換後予 RSU 發佈，提供車載設備前方路段壅塞資訊，或由下游路側 RSU 蒐集區域內車載設備資訊，透過運算分析等方式判別為交通壅塞，傳給上游路側 RSU 發布壅塞資訊，即時提供給上游車輛，預先提供駕駛人注意車流狀況。

②驗測情境 2：OBU 故障車輛警示

由探偵車(Probe Car)車載設備發送故障車輛警示，提供其他駕駛人注意情況。

③驗測情境 3：移動 RSU 道路施工

由路側機動架設之 RSU 提供車載設備前方之道路施工警示，使駕駛即時對前方障礙做出反應。

(2) 智慧安全路口整合

①驗測情境 1: 行人防碰撞警示

如圖 2.1-1 所示，當實驗大客車行駛靠近智慧安全路口時，安排行人觸動警示訊息，透過 CMS 警示看板呈現警示畫面，並加以記錄。

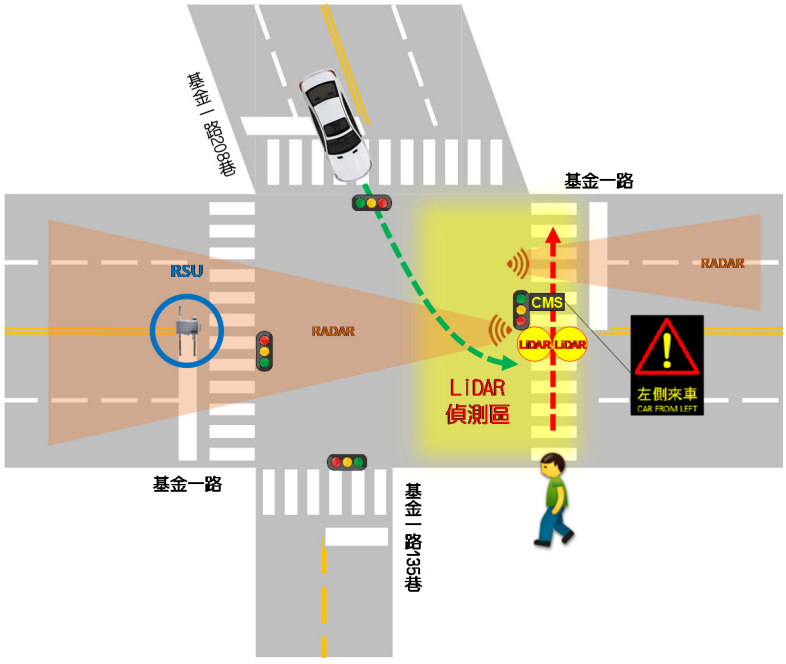


圖 2.1-1 行人防碰撞警示情境示意圖

②驗測情境 2: 左轉防碰撞警示

實驗大客車分別以靜止於路口打左轉燈，以及 10 kph 速度行駛，於路口左轉待轉；對向來車(探偵車(Probe Car))以 20 kph 速度行駛。如圖 2.1-2 所示，當實驗大客車行駛靠近智慧安全路口時，安排一般車輛觸動警示訊息，透過 CMS 警示看板呈現警示畫面，並加以記錄。

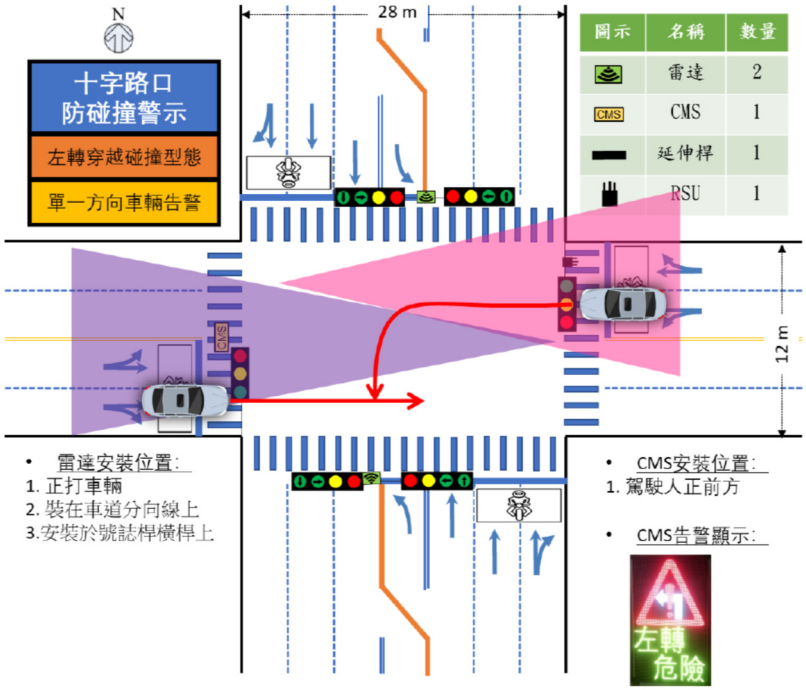


圖 2.1-2 左轉防碰撞警示情境示意圖

(3) 公車優先號誌資訊

驗測情境

實驗大客車與探偵車(Probe Car)經過優先號誌路口，記錄通過路口時優先號誌的請求及接受資訊。實驗大客車與探偵車(Probe Car)車輛距離路口固定距離處，OBU 發送 SRM (Signal Request Message)作為優先號誌請求服務的 request；路口 RSU 接收 SRM 訊息並依本計畫優先號誌邏輯演算，記錄調整時相。

(4) ADAS 與 CV 功能測試

依沿線大客車與一般車輛或探偵車(Probe Car)互動，在車行安全無虞情況下，記錄可能的 FCW、BSD 與 LDW 等情境。

測試時，蒐集以下警報及設備執行相關記錄：

1. FCW
   a. 警報發生時 TTC (Time to Collision)
   b. 警報發生時縱向距離

c. 警報發生時實驗大客車與它車行駛速度(如果為探偵車(Probe Car))

2. BSD

a. 警報發生時實驗大客車頭與它車(如果為探偵車(Probe Car))車頭的縱向距離

b. 警報發生時實驗大客車車尾與它車(如果為探偵車(Probe Car))車尾的縱向距離

c. 實驗大客車與它車行駛速度(如果為探偵車(Probe Car))

d. 警報結束時實驗大客車車頭與它車(如果為探偵車(Probe Car))車頭的縱向距離

3. LDW

a. 警報發生時實驗大客車與左側車道線邊緣的距離

b. 警報發生時實驗大客車與右側車道線邊緣的距離

(5) 號誌路口行駛速率建議

實驗大客車與探偵車(Probe Car)車載設備(OBU)接收路測設施(RSU)發送之號誌時相秒數資訊(SPaT)，運算得到最佳行駛速率建議，在以下三種所規劃的驗測情境下，利用實驗平台記錄車速及通過狀態的情況。

①驗測情境 1: 定速通過(綠燈狀態下，維持現在速度可通過路口)

②驗測情境 2: 加速通過(綠燈狀態下，加速可避免到路口為紅燈)

③驗測情境 3: 和緩減速至停止(紅燈狀態下，無法避免到路口為紅燈)

(6) 車流均勻速度建議

驗測情境

實驗平台利用蒐集路段車流資訊及 Google Map 資訊後，由平台融合運算產生路段速率，進而研擬車流均勻建議速度。此車流均勻速度再經由適當時間、地點由 RSU 或運算平台，提供給駕駛人調整其行駛速度，以達到均勻車流的目的。

2.2 驗測時程

(1) 安排 2 天假日(2019/10/6、2019/10/20)及 2 天非假日(2019/10/5、2019/10/16)，每日 8 小時，每小時各路線測試 1 車次。

(2) 驗測時間安排為上午 8 點至 11 點(上午尖、離峰)與下午 13 點至 18 點(下午尖、離峰)。

2.3 驗測場域

如圖 2.3-1 所示，大規模測試路線共分兩條，路線 1 –基隆市公車 505/501 線，由起點(基金二路)至麥金路；路線 2 –國光客運 1815 線，由起點(基金二路)至國一。

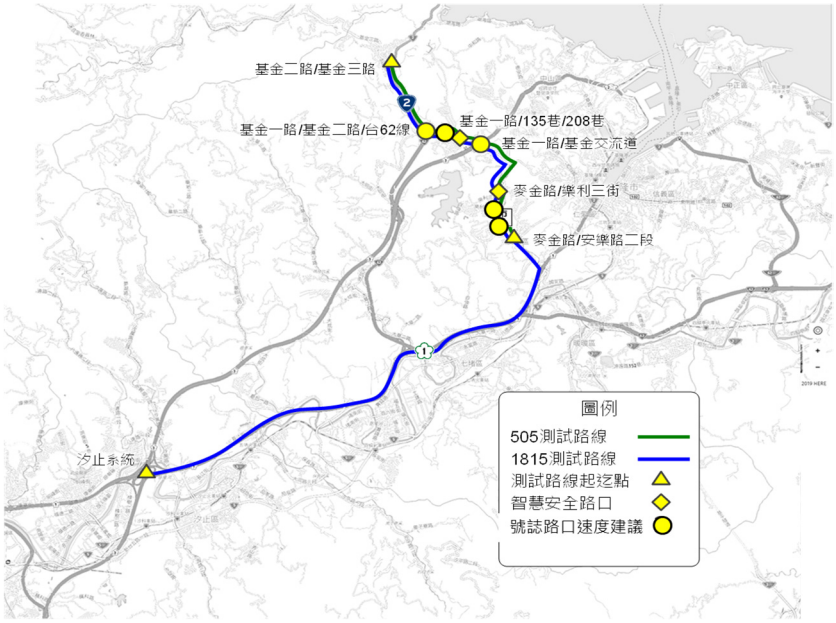


圖 2.3-1 大規模測試路線

(1) 場域提供 DGNSS 校正服務

於實驗平台透過網路界接國土測繪中心 EGNSS 定位校正服務，取得 RTCM 校正資訊；RSU 執行轉接實驗平台 RTCM 校正資訊之程式，將 RTCM 校正資訊透過 DSRC 廣撥給車輛 OBU；OBU 執行接收 DGNSS 校正服務之程式，進行 DGNSS 校正服務。

(2) 場域提供 SCMS 資訊安全服務

場域所有設備(RSU 及 OBU)均利用 SCMS 服務伺服器取得憑證，所有封包傳遞均經過簽章及驗證程序確認資料完整及安全性。

2.4 驗測設備

(1)路側設備(RSU)：依目前場域路口所建置的 RSU 做為驗測設備，除了道路施工情境需架設移動式 RSU 1 台。

(2)車載設備(OBU)：5 輛 505 路線基隆公車及 1 輛 501 路線基隆公車、25 輛 1815 路線國光客運、10 輛探偵車(Probe Car)架設 10 台 OBU，做為驗測情境測試用的驗測設備。

3. 驗測執行

3.1 驗測執行流程

驗測執行流程如圖 3.1-1 所示，說明如下。

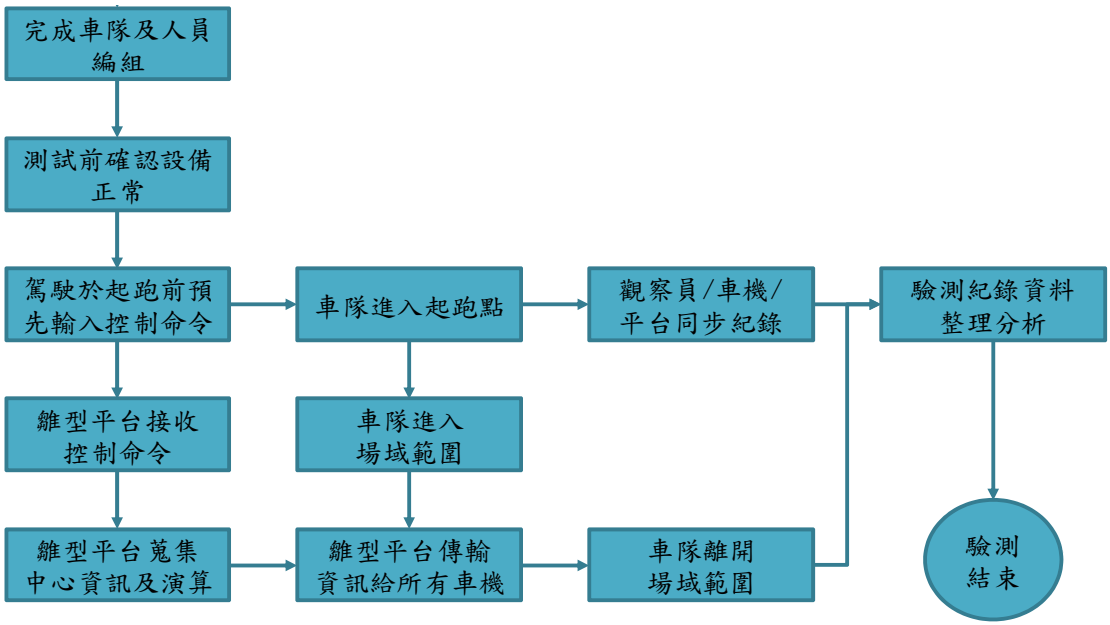


圖 3.1-1 驗測執行流程

(1)完成車隊及人員編組

①完成期限：2019/10/5 前

②車隊編組

(a) 路線 1：基隆市公車 505/501 線公車上除駕駛員 1 人及隨車觀察員 1 人；探偵車(Probe Car) 5 輛，每輛車各配置駕駛員 1 人。

(b) 路線 2：1815 客運車駕駛員 1 人及隨車觀察員 1 人；探偵車(Probe Car) 5 輛，每輛車各配置駕駛員 1 人。

(2)測試前確認設備正常

製作實驗平台、RSU 及 OBU 設備檢查表 1 份。

(3)駕駛於起跑前預先輸入控制命令

皆由系統自動控制，參與測試之駕駛不需手動輸入控制命令。

(4)實驗平台接收控制命令

皆由系統自動控制，參與測試之駕駛不需手動輸入控制命令。

(5)實驗平台蒐集中心資訊與演算

實驗平台蒐集以下不同實驗情境資訊，其歸類及區分方式如表 3-1 所示。

表 3-1 實驗情境資訊歸類及區分

實驗情境	實驗場域位置	路線
交通安全訊息廣播	偵測實驗路線之壅塞路段前	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
智慧安全路口整合	智慧安全路口(基金一路/135 巷/208 巷、麥金路/樂利三街)	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
實驗大客車 CV 測試(LTA)	智慧安全路口	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
實驗大客車 CV 測試(路口行人警示)	智慧安全路口	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
實驗大客車 ADAS 測試 (FCW)	實驗路線全線	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
實驗大客車 ADAS 測試 (BSD)	實驗路線全線	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
實驗大客車 ADAS 測試 (LDW)	實驗路線全線	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
公車優先號誌資訊(SRM/SSM)	SPaT 服務路口	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
號誌路口行駛速率建議	SPaT 服務路口	公車 505/501 線 國光客運 1815 線
車流均勻速度建議	國道一號(基隆交流道-台 62 線、台 62 線-國道一號測試迄點)	國光客運 1815 線

(6)車隊進入起訖點

各情境之車隊起跑點及測試記錄起始點，搭配公共運輸測試車輛路線(公車 505/501 線、國光客運 1815 線)，於場域內兩端點(北自基金二路/武隆街口，南自國一汐止系統交流道)進行來回折返。

(7)車隊進入場域範圍

各情境之場域範圍界定如下：

①第一條路線為基隆市公車 505/501 線，由起點(基金二路)至麥金路，該路線驗測情境包括交通安全資訊提供(交通壅塞、移動式 RSU 道路施工、OBU 故障車輛)、大客車 ADAS+CV 測試、智慧安全路口、號誌路口行駛速率建議與公車優先號誌訊息(SRM/SSM)，共五項驗測項目。

②第二條路線為國光客運 1815 線，由起點(基金二路)至國一，該路線驗測情境包括車流均勻速度建議、交通安全資訊提供(交通壅塞、移動式 RSU 道路施工、OBU 故障車輛)、大客車 ADAS+CV 測試、智慧安全路口、

號誌路口行駛速率建議與公車優先號誌訊息(SRM/SSM)，共六項驗測項目。

(8)觀察員/車載設備/路側設備/實驗平台同步記錄

①車載設備/路側設備/實驗平台：自動記錄 LOG 於系統儲存裝置內。

②觀察員：預先製作隨車記錄表 1 份，由觀察員記錄行動測試車通過各場域時之車載設備 UI 顯示狀態及受測駕駛員行為變化情形。

(9)車隊離開場域範圍

若車隊依序通過 RSU 設置地點並進入車輛行駛方向上之道路下游，界定為離開該場域之測試範圍。

(10)驗測記錄資料整理分析

①記錄方式

a. 系統(實驗平台、RSU、OBU)自動記錄蒐集原始資料/演算資訊，格式包含 RSA、TIM、BSM、SPaT、SRM、SSM、事件影像、ADAS 警示訊息
b. 實驗平台自動記錄蒐集異質資料，包含公路汽車客運動態資料、天氣
c. 測試車輛(大客車)之環周影像記錄於各場域相應情境下之 路況資訊
d. 隨車觀察員記錄資訊提供情形及受測者駕駛行為
e. 驗測後訪談受測者意見

②評量方式

a.藉由系統自動記錄資料(實驗平台、RSU、OBU)，評估系統面績效，評估指標包括通訊效能、原始資料、演算資訊等，評估接收信號強度、設備維護率、原始資料完整性、即時性、以及演算資訊即時性，以衡量系統面績效是否符合期望水準。

b.藉由系統自動記錄資料(OBU)，評估應用面績效，評估指標包括警示距離、警示次數、停等次數、停等時間、SPAT 秒數、建議車速(加速或減速)等。

c.藉由行車記錄器忠實記錄各情境下使用者收到系統提示/警示的時間點、位置及當時路況、驗測情境，用以呈現應用帶來的效益。

d.藉由隨車觀察員記錄資料，搭配系統自動記錄資料，可輔助評估駕駛行為，以瞭解於各場域相應情境下之資訊提供情形及受測者駕駛動作反應。

e.藉由事後訪談結果分析，評估參與測試者對於平台之功能易用性、助益性、遵從率看法。

3.2 大規模測試流程

1. 配合實驗公車、客運車班表，各路線探偵車(Probe Car)按實驗公車排班出發時間，隨後出發
2. 實驗公車出發前，確認對時功能正常
3. 驗測路線分為二群(505/501 線公車、1815 國道客運)，每群各 5 輛車
4. 出發後依隊型，由 2 台探偵車(Probe Car)分別於直行道路或轉彎處超越實驗公車； 其餘探偵車(Probe Car)則在車輛後側保持安全距離，保持隊型直到測試終點

3.3 驗測蒐集資料與分析項目

本次驗測將蒐集多項訊息項目資料，可做為分析應用效益使用，訊息 log 中其資料欄位定義與內容如下所示。

1. V2V (Vehicle to Vehicle)訊息: 分析車機間訊息交換的資訊，如車輛的車速、加速度、方向、經緯度、TTC (Time to Collision)等資訊

範例如下:

7#時間#0#0#自車燈號狀態#他車燈號狀態#警示狀態#0#自車 id#自車車速#自車加速度#自車方向#自車角速度#自車緯度#自車經度#雷達 id#物件 id#OBU 狀態#他車車速#他車加速度#他車方向#他車角速度#他車緯度#他車經度#自車坐標系之他車 X 位置#自車坐標系之他車 Y 位置#兩車直線距離#自車 TTC#他車 TTC#路徑預測時間#碰撞點緯度#碰撞點經度#兩車行進方向類別#警示 TTC 設定值#兩車方向差#RSSI 訊號強度

欄位[0] 7 #7#

欄位[1] 2019-01-18,12:52:46.765717#時間#

欄位[2] 0 #0#0#0#

欄位[3] 0 #自車燈號狀態#

欄位[4] 0 #他車燈號狀態#

欄位[5] 1 #警示狀態#

欄位[6] 0 #0#

欄位[7] 0 #0#

欄位[8] 160#自車 id# hv_id

欄位[9] 5.6671200#自車車速#
欄位[10] 0.0000000#自車加速度#
欄位[11] 70.0400000#自車方向#
欄位[12] 0.0000000#自車角速度#
欄位[13] 22.5937400#自車緯度#
欄位[14] 120.3109500#自車經度#
欄位[15] 55#雷達 id#
欄位[16] 109#物件 id#
欄位[17] 0#OBU 狀態#　7 表示故障車輛
欄位[18] 7.9000000#他車車速#
欄位[19] 0.0000000#他車加速度#
欄位[20] 327.3000000#他車方向#
欄位[21] 0.0000000#他車角速度#
欄位[22] 22.5936340#他車緯度#
欄位[23] 120.3111970#他車經度#
欄位[24] 19.7347067#自車坐標系之他車 X 位置#
欄位[25] 19.8105338#自車坐標系之他車 Y 位置#
欄位[26] 27.9627592#兩車直線距離#
欄位[27] 2.7083680#自車 TTC#
欄位[28] 2.5611167#他車 TTC#
欄位[29] 0.0000000#路徑預測時間#
欄位[30] 22.5937870#碰撞點緯度#
欄位[31] 120.3110900#碰撞點經度#
欄位[32] 1#兩車行進方向類別#
欄位[33] 5.0000000#警示 TTC 設定值#
欄位[34] 258.9000000#兩車方向差#
欄位[35] 0#RSSI 訊號強度

其中[5] 1#警示狀態#
1:注意右側來車　34
2:注意左側來車　35
5:與前車距離過近 03
9:左轉注意　36
11:注意右側行人　38
12:注意左側行人　37
非以上號碼　00
2.　TIM: 分析車機的旅行時間、距離、經度與緯度等資訊
範例如下:
31#時間# tim_frame_type # tim_itis # tim_regions_num # tim 緯度 # tim 經度

#tim_extent# OBU 與 TIM 距離#OBU ID#

3. RSA: 分析車輛所在的路段、方位(北上或南下)、經度與緯度等資訊

範例如下:

27#時間# 北上(1)或南下(2) # RSA head # RSA type_event # rsa extent# OBU 與 RSA 距離 # rsa 緯度 # rsa 經度 # OBU 所在路段 ID#OBU ID#

4. SSM: 分析公車優先號誌應用，取得十字路口的 ID、號誌燈態與剩餘秒數等資訊

範例如下:

30#時間#OBU ID#SRM 十字路口 ID#SSM ID#燈態#剩餘秒數#

5. SRM: 分析公車優先號誌應用，取得車機 ID 與十字路口 ID 等資訊

範例如下:

29#時間#OBU ID#十字路口 ID#

6. SPaT/MAP: 分析路口 ID，車輛 ID 與路口的距離、車速、方位、時間與經緯度等資訊

範例如下:

51#燈態#秒數#HV 與路口距離#時間#OBU ID#速度建議#自車車速#自車 heading#緯度#經度#路口 ID#

3.4 驗測觀察項目

表 3.4-1 為國道 1815 線驗測觀察記錄表，記錄交通安全訊息廣播、智慧安全路口整合、LTA 左轉側撞警示、PCW 行人防撞警示、EEBL 電子緊急煞車燈警示、FCW 前方碰撞警示、BSD 盲區警示、LDW 車道偏離警示、號誌路口最佳行駛速率建議與車流均勻速度建議。表 3.4-2 為 505 線公車驗測觀察記錄表，記錄交通安全訊息廣播、智慧安全路口整合、LTA 左轉側撞警示、PCW 行人防撞警示、EEBL 電子緊急煞車燈警示、FCW 前方碰撞警示、BSD 盲區警示、LDW 車道偏離警示與號誌路口最佳行駛速率建議。表 3.4-3 為驗測人員意見調查表，藉由詢問駕駛對於資訊是否容易使用、資訊是否有助於駕駛行車、是否會依照顯示資訊而調整駕駛行車等資訊，統計與分析駕駛對於應用的感受。

表 3.4-1 國道 1815 線驗測觀察記錄表

日　　期	108 年　　月　　日
天　　候	
時　　段	□上午(08:00~11:00) □下午(13:00~18:00)
趟　　次	第　　趟
開始時間	時　　分
結束時間	時　　分

分類	時間-項目	車上 UI 是否有正常顯示資訊	駕駛員是否有查看 UI 資訊	駕駛員是否有採取因應動作
交通安全訊息廣播	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
智慧安全路口整合	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
LTA 左轉側撞警示	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
PCW 行人防撞警示	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
EEBL 電子緊急煞車燈警示	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
FCW 前方碰撞警示	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否
	-	□是　□否	□是　□否	□是　□否

分類	時間-項目	車上 UI 是否有正常顯示資訊	駕駛員是否有查看 UI 資訊	駕駛員是否有採取因應動作
BSD 盲區警示	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
LDW 車道偏離警示	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
號誌路口最佳行駛速率建議	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
車流均勻速度建議	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否

表 3.4-2 505 線公車驗測觀察記錄表

日　　期	108 年　　月　　日
天　　候	
時　　段	□上午(08:00~11:00) □下午(13:00~18:00)
趟　　次	第　　趟
開始時間	時　　分
結束時間	時　　分

分類	時間-項目	車上 UI 是否有正常顯示資訊	駕駛員是否有查看 UI 資訊	駕駛員是否有採取因應動作
交通安全訊息廣播	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
智慧安全路口整合	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否

分類	時間-項目	車上 UI 是否有正常顯示資訊	駕駛員是否有查看 UI 資訊	駕駛員是否有採取因應動作
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
LTA 左轉側撞警示	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
PCW 行人防撞警示	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
FCW 前方碰撞警示	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
BSD 盲區警示	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
LDW 車道偏離警示	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
號誌路口最佳行駛速率建議	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否
	-	□是 □否	□是 □否	□是 □否

表 3.4-3 驗測人員意見調查表

分類	項目	資訊是否容易使用	資訊是否有助於駕駛行車	是否會依照顯示資訊而調整駕駛行車	其他意見
交通安全訊息廣播	道路壅塞資訊	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
	故障車輛警示	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
	道路施工與障礙物	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
智慧安全路口整合	車內資訊	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
	路側設備資訊	□是 □否	□是 □否	□是 □否	

ADAS	LTA 左轉側撞警示	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
	PCW 行人防撞警示	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
	FCW 前方碰撞警示	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
	BSD 盲區警示	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
	LDW 車道偏離警示	□是 □否	□是 □否	□是 □否	
號誌路口最佳行駛速率建議	資訊提供	□是 □否	□是 □否	□是 □否	

附錄十一：智慧安全路口警示系統設置原則

壹、設置目的

本系統主要係運用人車路相關偵測及感應設施，透過車與路、車與人、人與路之互動感應及訊息傳遞，提醒用路人注意路口人及車狀況，提升路口交通安全。而市區交通事故主要發生於交叉路口內，為提昇市區交通安全改善路口交通安全為刻不容緩的課題，交叉路口依交通控制方式可區分為號誌化路口與非號誌化路口，針對號誌化與非號誌化路口設置目的如下：

一、號誌化路口

號誌化路口應先檢討號誌轉換時段的時間是否充足，如果不足則調整號誌時制，然而針對同向行人防護、車輛闖紅燈及搶黃燈通過路口時，此時可透過建置本系統，以確保路口擁有路權之行人和車輛安全。本系統可進行防護之事故型態包含以下幾種：

(一)時相轉換過程中，由於全紅時間不足，造成車輛交叉撞
(二)等待綠燈車輛提早起步，橫向車輛快速通過，雙向車輛皆闖紅燈，造成車輛交叉撞
(三)行人違規闖越紅燈，造成車輛與行人交叉撞
(四)轉向車輛未注意同向行人，造成車輛與行人側撞

二、非號誌化路口

非號誌化路口由於無號誌建立車流通過路口次序，為了減少肇事率可建置本系統，在路口車流條件尚未達到設置號誌之前，利用警示系統針對易肇事點位進行行人與車輛安全防護。本系統可進行防護之事故型態包含以下幾種：

(一)車速過快，未注意他方車輛，造成車輛交叉撞。
(二)轉向車輛未注意同向行人，造成車輛與行人側撞。
(三)因地形、地物造成視距障礙而發生的車輛交叉撞。

貳、規劃設計

一、系統功能

「智慧安全路口警示系統」可分為三部分：a. CMS 路側安全警示、b. OBU 車內安全警示以及 c.車路資訊整合管理平台；其功能及所需設備分述如下，其中 CMS 路側安全警示為路口最基礎的防護系統，OBU 車內安全警示則可針對特殊車輛(如大眾運輸、警消車輛、緊急救護車輛等)的需求，搭配 CMS 路側安全警示提供特定車輛路口防護安全，車路資訊整合管理平台則針對智慧路口提供設備控管及場域監控的功能；如因預算考量，可優先建置 CMS 路側安全警示，再依經費及需求逐步擴增車路資訊整合管理平台及 OBU 車內安全警示。

a. CMS 路側安全警示

透過於路口佈設偵測設備(雷達/光達)，蒐集道路車輛及行人動態資料，透過路側設備(RSU)整合車輛與道路資訊(包含路口號誌交通資料)，再利用電子資訊看板(CMS)發佈預警訊息，以提供用路人掌握道路安全資訊。

建置設備用途及規格

(一)雷達

用途：

偵測特定區域(如車道、路口)內車輛(包括大型車、小型車、機車等)動態，提供偵測範圍內所有車輛即時位置、速度、方向等資訊

規格：

1.小型車偵測距離：160m
2.機車偵測距離：100m
3.最小偵測範圍：1.5m
4.速度準確度：+/-0.28m/sec
5.速度偵測間距：-68.3m/sec 至 0.1m/sec 及 0.1m/sec 至 68.3m/sec
6.同時追蹤目標數量：至少 64 個目標
7.操作溫度：-40 度~85 度
8.架設高度:1.5m~10m
9.通訊介面:RS485 或 Ethernet

設置原則：

1. 雷達設置位置以正對所偵測車輛來向為最佳，高度建議 3~5 公尺，可附掛於現有路口號誌桿橫桿上，如果角度無法正對偵測車輛來向，可利用橫桿延伸桿附掛。
2. 雷達主要需偵測來向車道停止線後方 80 公尺內區域，以便掌握即將進入路口之車輛動態，可同時偵測車道數至多為 4 個，如所需偵測車道數大於 4 個，需增設雷達協同偵測。

(二)光達

用途：

偵測特定區域(如行人穿越道)內弱勢用路人(包括行人、自行車等)動態，提供偵測範圍內所有弱勢用路人即時位置、速度、方向等資訊

規格：

1 偵測距離：半徑 50m
2.偵測區域：依需求至少可偵測行穿線 5m 寬，100m 長之區域
3.雷射光束：8 條（含以上）
4.位置準確度：<5cm
5.偵測角度：水平 360 度、垂直 20 度
6.同時追蹤目標數量：最多至 64 個目標
7.操作溫度：-40 度~85 度
8.架設高度：2m~5m
9.通訊介面：Ethernet

設置原則：

1. 光達設置位置如果現場環境許可，建議設置於所偵測區域(如行穿線)中央，以達到光達 360 度偵測特性的最佳利用方式，高度建議 2 公尺以上，搭配角度的調整以達到涵蓋所需偵測範圍的要求，設置時需注意是否會被其他物體遮蔽光達的雷射偵測光束。

(三) CMS 警告牌面

用途：

顯示路側設備所發佈之警示訊息功能

規格：

1.顯示顏色：RGB
2.模組輝度：5000cd/m2
3.輸入電壓：AC 110V / 220V
4.載入介面：Ethernet(TCP/IP)

設置原則：

1. CMS 警示牌面設置位置，建議依據所警示對象進入路口，視線所注意的方向優先設置，例如車輛駕駛進入路口會注意前方路口號誌燈號，給駕駛使用的 CMS 警示牌面即可設置於路口號誌燈號旁；又例如路口行人穿越馬路時，會注意行人號誌燈號，給行人使用的 CMS 警示牌面即可設置於行人號誌燈號旁。
2. 若要提供給行人觀看告警資訊，建議於行穿線前後各設置一面，一條行穿線建置數量 2 面（以上）。
3. 若要提供給車輛觀看告警資訊，建議每 2 車道配置 1 面 CMS，若該車道有分隔島阻隔，建議於分隔島 2 側車道個配置 1 面 CMS。

(四) IP Camera 槍型網路攝影機

用途：

監控路口即時情況，輔助檢視系統運作之功能

規格：

1.二百萬畫素
2.影像壓縮格式：H.264/MJPEG 兩種
3.像素解析度：1920 x 1080
4.解析度及錄影張數:

A. Full HD mode：1920 x 1080@60fps
B. WDR mode：1920 x 1080@30fps

5.具有亮度調整、自動白平衡及自動增益調整功能

設置原則：

1. IP Camera 槍型網路攝影機主要是監視路口狀況，所設立的位置以可以掌握路口重要防護角度為優先，若可以同時監看 CMS 警示牌面運作情形更佳。
2. 本設備屬於路口監控與監視牌面運作情況，其須根據現場路型、擺設位置做調整，因此於第二節中規劃建議擺設位置。

(五) RSU 路側設備

用途：

1.即時整合路口感測資訊
2.即時取得路口號誌資訊
3.進行路口防撞演算，透過 CMS 提供警示
4.提供路口車輛及用路人動態資訊(位置、速度、方向)廣播

規格：

1.支援 WAVE/DSRC 車載通訊
2.支援 IEEE 802.11p 和 IEEE 1609 系列 WAVE/DSRC 通訊協定
3.支援車載標準訊息 SAE J2735 BSM (Basic Safety Message)編解碼
4.具備 GNSS 定位及校時功能
5.操作溫度：-40 度~85 度
6.支援都市交控通訊協定 V3.0
7.支援網路 TCP/UDP 通訊協定
8.具備廣播路口車輛及用路人動態 BSM 訊息功能
9.具備路口防撞安全應用演算功能

設置原則：

1. RSU 路側設備同時具備與車輛無線通訊的功能,所設置位置需考慮

四周無遮蔽的制高點，高度建議在 3~5 公尺，位置盡量以可達到與四周來向車輛無遮蔽角度為最佳。

2. 另為考量整體系統運作之效果，故除行人偵測防護單一行人定時警示或行人即時偵測警示外可將 RSU 代替為 IPC 進行系統邏輯運算設備，其餘建議還是選用 RSU 作為系統整體邏輯運算之設備。

b. OBU 車內安全警示

透過於特定車輛安裝車機 OBU，可與所建置路口之路側設備 RSU 進行即時資訊交換，掌握前方路口車輛及用路人動態，並經過行車安全防護演算，提供最即時的行車安全警示給車輛駕駛。

建置設備用途及規格

(一) OBU 車機

用途：

1. 即時廣播行車動態(位置、速度、方向等)
2. 接收周遭廣播之動態資訊(包括車輛及用路人)，進行行車防撞演算，透過使用者介面(畫面及聲音)提供駕駛警示

規格：

1.通過振動測試與 FCC Part 95l(DSRC-OBUs)測試
2.支援 WAVE/DSRC 車載通訊
3.支援 IEEE 802.11p 和 IEEE 1609 系列 WAVE/DSRC 通訊協定
4.支援車載標準訊息 SAE J2735 BSM (Basic Safety Message)編解碼
5.具備 GNSS 定位功能
6.具備廣播行車動態 BSM 訊息功能
7.具備使用者介面提供安全警示
8.具備行車防撞安全應用演算功能
9.支援軟體開發套件(SDK)工具與文件

設置原則：

1. OBU 車機主要需與路口路側 RSU 進行車路間無線通訊，所設置位置以車輛擋風玻璃下為最佳。

c. 車路資訊整合管理平台

提供路口設備控管及場域監控的功能，包括警示事件發生前後之路口防撞演算紀錄(如車輛動態資訊、預測碰撞位置、預測碰撞時間等資訊)及路口號誌時相狀態資料紀錄，以供事後責任釐清以及效益評估分析使用。

建置設備用途及規格

(一)即時資料分析用工作站

用途：執行網頁伺服器、AP 應用伺服器以及資料庫管理伺服器

規格：至少符合中階伺服器規格

(二) 資料庫工作站，規格如下：

用途：儲存場域路口回傳之資料(運作紀錄及影像)

規格：至少符合中階網路儲存伺服器(NAS)規格

二、通訊傳輸系統

路口所有路側設備包含偵測設備(雷達/光達)、CMS 警示牌面、以及路口號誌資訊介接用 IPC 等所蒐集資訊可透過有線(架空線)或無線(WiFi AP)方式與 RSU 路側設備連線，由 RSU 統一彙整資訊，進行運算並發布資訊。

RSU 與 OBU 則是透過車載標準無線通訊技術 WAVE/DSRC 方式進行無線通訊及交換資訊。

路口 IP Camera 攝影機影像及 RSU 路側設備所回傳之資料，則透過寬頻(4G 或 ADSL 網路)回傳至中心車路整合管理平台，管理平台也可以透過寬頻(4G 或 ADSL 網路)對路口所有路側設備進行監控管理。

二、情境規劃

(一)行人偵測防護

- 功能：當於行人紅燈時偵測到停等區有行人行走時顯示請勿穿越；當有判斷有人車碰撞滿足碰撞條件時顯示注意左右來車、當行人綠燈偵測到行穿線有行人通行且有來車要靠近且滿足碰撞條件下顯示注意左右來車資訊。
- 設置地點：單條行穿線、單方向車道
- 設備配置：CMS 2 面（以上）、RSU 1 台、光達 1 台、雷達 1 台

(二)車輛偵測防護

- 功能：當判別幹支道來車滿足碰撞條件下，顯示注意左右來車資訊
- 設置地點：單一角撞類型碰撞
- 設備配置：CMS 2 面（以上）、RSU 1 台、雷達 2 台

三、建置範例

以下針對上述情境規劃就常見之路口型態及防護情境，提供建置範例供參

考。

(一) 行人偵測防護

1. 人車碰撞偵測警示

(1) 十字路口-單車道單行穿線

- 防碰撞型態：車道前方行穿線行人防護
- 警示情境：注意左/右側來車、紅燈勿行
- 警示對象：特定位置行穿線行人
- 基本設備配置：雷達 1 顆、CMS 2 面、光達 1 顆、RSU
- 建置成本：100~120 萬元

(二) 車輛偵測防護

1. 車對車碰撞偵測警示

(1) 十字路口防碰撞警示-單一方向角撞防護

- 防碰撞型態：車輛角撞
- 警示情境：注意右/左側來車
- 警示對象：幹、支道車輛
- 基本設備配置：雷達 2 顆、CMS 2 面、RSU
- 建置成本：130~150 萬元

(2) 十字路口防碰撞警示-左轉穿越防護

- 防碰撞型態：車輛左轉穿越側撞
- 警示情境：注意右/左側來車
- 警示對象：主幹道車輛
- 基本設備配置：雷達 2 顆、CMS 2 面、RSU
- 建置成本：130~150 萬元

(3) 車機防碰撞警示

- 防碰撞型態：行人/車輛、車輛角撞/左轉穿越側撞
- 警示情境：注意右/左側來車、行人
- 警示對象：安裝車機之車輛(如大眾運輸車輛、自駕車等)
- 基本設備配置：雷達 2 顆、光達 2 顆、RSU
- 建置成本：100~120 萬元（不含車機費用）