

# 高精地圖標準及智能移動 測繪技術發展工作案 (109-110)

## 第 3 期成果報告

計畫主持人：江凱偉教授  
協同主持人：曾義星教授  
莊智清教授  
洪榮宏教授  
郭重言教授  
王驥魁教授  
呂學展副教授  
郭佩茶助理教授

委託單位：內政部

執行單位：國立成功大學

中 華 民 國 1 0 9 年 1 2 月 4 日

## 中文摘要

測繪與空間資訊相關應用領域，由於移動測繪系統的機動性、多元感測資訊以及對數位影像處理與蒐集的能力，可以明顯節省過去傳統測量所需要的人力及時間。故除了傳統的空間資訊與測繪應用以外，隨著移動裝置的普及、無人載具的發展與自駕車技術的研究，預期結合現有移動測繪技術、室內圖資建置技術、物聯網空間資訊應用將有效支撐適地性服務急速擴張的需求，這對深化空間資訊領域產業的發展有正面的助益。尤其目前移動裝置之發展備受矚目，基於硬體元件的逐年精進，移動裝置搭載的感測器越來越多樣化，同時體積越來越小、成本越來越低而精度卻漸漸提升，這使得移動裝置具有相當大的潛力成為新一代的移動測繪系統，並具備將移動測繪應用延伸至室內環境的可能性。另一方面，隨著智慧型運輸系統的發展，自動駕駛汽車成為未來全新的交通方式。自駕車用地圖在自駕車運行具有不可或缺之地位，提供自駕車決策系統輔助，降低技術門檻及所需經費，並且提升安全性。自駕車用高精地圖之製作方式主要依賴車載移動製圖測量方法獲取直接地理定位點雲與影像，並透過特徵萃取與人工輔助方式製作，國內已累積多年發展與應用車載移動製圖技術之經驗，並具備成熟的資料處理技術，惟對於產製自駕車用高精地圖並無統一標準製作程序、精度規範與地圖格式，恐會造成廠商格式不相符無法流通，導致重複資源投入並衍生行車安全與國安議題。

本團隊在內政部支持下持續推動高精地圖標準及智能移動測繪技術發展，並獲致相當之成果，冀望於本案能夠在既有成果上持續更進一步探討，並往應用面推廣，包含下列與新一代測繪技術相關之議題。**建立高精地圖標準及指引**項目中，持續修正高精地圖圖資內容標準、製圖作業指引及驗證流程指引，建立自駕車用動態地圖之圖資內容標準(草案)、作業指引(草案)及更新驗證指引(草案)。**發展高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術**項目中，發展高精地圖自動化生產技術，開發自動化工具，建立自駕車群眾外包之高精地圖製圖(含自駕車平台)系統及流程，並確定製圖系統符合動態更新使用。**發展移動裝置室內外智慧製圖技術**項目中，研發應用人工智慧技術之室內外影像匹配輔助行人慣性導航定位技術。**高精地圖國際事務推動**項目中，參與國際自駕車相關組織活動，持續研提或協助引進國外產製高精地圖之多平台製圖技術，推廣我國高精地圖相關事宜。

## Abstracts

In the application related to surveying and mapping, the mobile mapping systems can significantly save the workforce and time required. Based on hardware improvements, mobile sensors are becoming more diverse, smaller, and cheaper, while the accuracy is improving. On the other hand, with intelligent transportation systems, autonomous vehicles have become a new way of transportation in the future. The map for autonomous vehicles is indispensable in the operation of autonomous vehicles. It assists in autonomous vehicle decision-making systems and lowers the technical threshold. High-definition maps (HD maps) for autonomous vehicles mainly rely on the onboard sensors to obtain point clouds and images and is produced through feature extraction and manual assistance methods. However, if there is no unified standard production process, specification, and map formats for producing HD maps for autonomous vehicles, it may cause inconsistent format issues, resulting in unnecessary resource investment and safety issues of autonomous vehicles.

This team has promoted the development of HD map standards and mobile mapping technology with the Ministry of the Interior's support and has achieved significant results. It is expected that this project can continue to explore the existing results further and promote them to the application side, including the following and new issues related to the next generation of surveying and mapping technology. In establishing HD map standards and guidance projects, continue to revise the high-precision map standards, mapping guidelines, and verification process guidelines. Meanwhile, the drafts of dynamic map standards, production guidelines for dynamic maps, and the verification and update guidelines of dynamic maps for autonomous vehicles will be proposed in this project. In developing automated HD map production and crowdsourcing mapping technology projects, develop automated HD map production technology, develop automated mapping tools, and establish certified crowdsourcing of HD map updates systems and procedures. In developing indoor and outdoor intelligent mapping technology for mobile devices, research and development of indoor and outdoor image matching assisted pedestrian inertial navigation technology using artificial intelligence technology. In the HD map international affairs promotion project, participate in international self-driving-related organizations, continue to research or assist in introducing international HD map technology, and promoting Taiwan's HD map developments.

# 目 錄

<b>第一章、前言</b>	<b>1</b>
1.1 緣起與目的.....	7
1.2 背景分析.....	8
1.3 工作項目.....	27
1.4 工作時程.....	30
<b>第二章、建立高精地圖標準及指引</b>	<b>34</b>
2.1 持續修正高精地圖圖資內容標準、製圖作業指引及驗證流程指引 .	34
2.2 建立自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)1 件。.....	35
2.3 建立自駕車用動態地圖作業指引(草案)1 件.....	106
2.4 建立自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)1 件.....	110
2.5 推廣高精地圖標準及自駕車用動態地圖成為國內產業標準.....	113
2.6 本章小結.....	115
<b>第三章、發展高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術</b>	<b>116</b>
3.1 精進測繪車之高精地圖製圖技術，發展高精地圖自動化生產技術，開發自動化工具.....	116
3.2 建立自駕車群眾外包之高精地圖製圖(含自駕車平台)系統及流程，並確定製圖系統符合動態更新使用.....	121
3.3 高精地圖群眾外包之高精地圖製圖適地性服務案例試辦 109、110 年度各 1 處，試辦區之選定需經機關同意.....	132
3.4 本章小結.....	135
<b>第四章、沙崙試驗場域自駕車用高精地圖圖資服務</b>	<b>136</b>
4.1 依機關需求於維護試驗場域自駕車用高精地圖圖資，並提供虛擬平台所需圖資內容，109、110 年度各需產製至少 1 次更新圖資.....	136
4.2 提供試驗場域自駕車用地圖圖資諮詢服務.....	143
4.3 本章小結.....	145

<b>第五章、高精地圖與移動載台感測器整合驗證服務</b>	<b>146</b>
5.1 維護多平台製圖技術測試與率定設施、測繪車及影像感測器之儀器率定服務 .....	146
5.2 發展自駕車系統與高精地圖自動駕駛定位精度驗證，確保自駕車符合相關規範，並建置驗證設施及提供驗證服務.....	149
5.3 本章小結 .....	158
<b>第六章、高精地圖國際事務推動</b>	<b>159</b>
6.1 廠商應配合機關需求，109、110 年度各參加至少 1 場國際研討會協助推動自駕車用地圖相關計畫.....	159
6.2 參與國際自駕車相關組織活動，持續研提或協助引進國外產製高精地圖之多平台製圖技術，推廣我國高精地圖相關事宜.....	159
6.3 收集世界高精地圖格式，並比較其關聯性.....	162
6.4 本章小結 .....	167
<b>第七章、發展移動裝置室內外智慧製圖技術</b>	<b>168</b>
7.1 室內外無縫自駕車用地圖應用作業。.....	168
7.2 研發應用人工智慧技術之室內外影像匹配輔助行人慣性導航定位技術 .....	175
7.3 適地性服務案例試辦 109、110 年度各 1 處，試辦區之選定需經機關同意.....	183
7.4 配合機關辦理 109、110 年度行政院災害防救科技創新服務方案，協助災後快速智慧製圖技術研發相關作業.....	187
7.5 以移動測繪相關主題發展人工智能實驗室，強化產學合作 .....	188
7.6 本章小結 .....	189
<b>第八章、實證上路高精地圖驗證服務</b>	<b>190</b>
8.1 依照測製當時之高精地圖製圖作業指引、高精地圖圖資內容及格式標準、高精地圖檢核及驗證指引(草案)及實證上路高精地圖測製案契	

約規定，配合辦理實證上路高精地圖驗證服務，分別驗證測製案每個試驗場域作業計畫書及外業成果報告書、經平差處理點雲成果、道路特徵物件向量檔及台灣高精地圖格式.....	190
8.2 每個試驗場域皆需出具驗證報告 1 份，繳交期限依實證上路高精地圖測製案契約規定，另須於簽約日 1 個月內繳交驗證報告格式(初稿)1份 .....	197
8.3 廠商需配合參加實證上路高精地圖測製案成果審查會議，並於會議中報告驗證成果.....	198
8.4 精進高精地圖精度驗證流程.....	198
8.5 本章小結.....	200
<b>第九章、舉辦成果發表會議</b>	<b>202</b>
9.1 109、110 年度各辦理自駕車國際論壇 1 場，至少須包含 3 個以上外國之測繪領域學者或官員與會，邀請名單需經機關同意 .....	202
9.2 109 年度計畫成果發表活動：廠商需配合機關舉辦智能測繪應用相關之年度計畫成果發表(含研討會方式)活動，其時間、場地、參加人次、研習方式、議程規劃等內容與內政部討論定案後辦理，除受邀講者出席費由內政部其他專案負擔外，其餘所需費用由廠商負擔 .....	204
9.3 本章小結.....	205
<b>第十章、研究成果發表</b>	<b>206</b>
10.1 109、110 年度合計提送期刊或研討會論文文稿至少 10 篇，且其中 4 篇需提送國際期刊(SCI/EI 等級).....	206
10.2 109、110 年度合計發表至少 6 篇高精地圖相關新聞，並發布於公開網站上.....	206
10.3 109、110 年度各參加國內外實作或論文競賽 1 件.....	210
10.4 本章小結.....	210
<b>第十一章、成果效益評估、計畫進度管考</b>	<b>211</b>

11.1 成果效益評估及擴大科技應用 .....	211
11.2 廠商需配合機關填寫行政院政府計畫管理資訊網(GPM)管考作業所需表格內容，並適時接受諮詢，每月 25 日前需繳交月報表，說明工作執行進度.....	211
11.3 本章小結 .....	211
<b>第十二章、協助推動高精地圖相關計畫</b>	<b>212</b>
12.1 廠商以專案辦公室推動本案工作，協助機關推動國內高精地圖事務，且推動本契約事項及參與國際事務合作時，得使用該辦公室名義，並須適時配合機關作業，接受機關督導，機關亦得派員參與作業 .....	212
12.2 每月需整理 2 份高精地圖產業分析報告提供機關參考.....	213
12.3 廠商應組成專案工作小組，自行定期召開工作會議，並適時接受諮詢。其中 3 次需邀請使用者(名單需先與機關討論)參與交換意見，並作為後續應用方向或執行參考，所需費用由廠商負擔 .....	215
12.4 本章小結 .....	215
<b>第十三章、創意回饋項目：自駕車系統開源軟體導航定位技術之評析</b>	<b>216</b>
13.1 自駕車系統開源軟體文獻回顧.....	216
13.2 自駕車系統導航定位技術開源軟體定位技術簡介.....	222
13.3 研提自駕車系統開源軟體導航定位技術改善方案.....	231
13.4 本章小結 .....	232
<b>第十四章、期中成果與建議</b>	<b>233</b>
<b>參考文獻</b>	<b>237</b>
<b>附錄一、廠商訪談會議紀錄</b>	<b>A</b>
<b>附錄二、自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)</b>	<b>B</b>
<b>附錄三、自駕車用動態地圖作業指引(草案)</b>	<b>C</b>
<b>附錄四、自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)</b>	<b>D</b>
<b>附錄五、合作意向書及合作同意書</b>	<b>E</b>

附錄六、測繪點雲驗證報告	F
附錄七、線上會議報告	G
附錄八、驗證報告格式(初稿)	H
附錄九、測製案試驗場域驗證報告	I
附錄十、研究成果發表文稿	J
附錄十一、政府研究計畫摘要資料表	K
附錄十二、每月專案月報表	L
附錄十三、高精地圖產業分析報告	M
附錄十四、工作會議記錄	N
附錄十五、第二期成果專家學者意見回覆	O



# 圖 目 錄

圖 1.1 移動測繪系統可拓展之應用領域.....	6
圖 1.2 團隊歷年執行內政部工作案完成之工作項目及關聯性 .....	6
圖 1.3 本案研擬之執行主軸.....	8
圖 1.4 地理定位技術之演進.....	9
圖 1.5 汽車駕駛系統分類.....	10
圖 1.6 既有導航圖資與自駕車用地圖之差異.....	11
圖 1.7 車廠感測器平台配置：(a) Google；(b) Aptiv；(c) Audi (摘錄自 Pal et al., 2019).....	14
圖 1.8 車廠自駕車平台：(a) Ford；(b) Toyota.....	15
圖 1.9 Honda SENSING 自駕車平台 .....	15
圖 1.10 台灣高精地圖架構.....	16
圖 1.11 完整的高精地圖應用情境.....	17
圖 1.12 台灣高精地圖生產程序.....	18
圖 1.13 高精地圖相關安全領域.....	20
圖 1.14 安全性分析流程圖.....	21
圖 1.15 高精地圖與現實環境的差異處理措施.....	22
圖 1.16 行人慣導之定位技術概念.....	23
圖 1.17 行人慣導之定位技術流程圖.....	23
圖 1.18 低功耗藍牙差分改正程序.....	24
圖 1.19 低功耗藍牙差分改正概念圖.....	24
圖 1.20 藍牙無線網絡連結星狀架構.....	25
圖 1.21 AR 汽車導航 APP 使用介面.....	27
圖 1.22 工作進度甘梯圖(上半段).....	31
圖 1.23 工作進度甘梯圖(下半段).....	32
圖 1.24 執行進度管制表.....	33
圖 2.1 LDM 與 ITS 站的資訊關係.....	39
圖 2.2 LDM 架構.....	41
圖 2.3 SIP-adus 第一階段架構.....	42
圖 2.4 日本 SIP-adus 動態地圖架構 .....	42
圖 2.5 SIP-adus 整體架構 .....	43
圖 2.6 DSRC 歐規與美規之比較.....	44
圖 2.7 TCROS 標準示意圖 .....	45
圖 2.8 動態地圖標準之動態資訊分類架構.....	46
圖 2.9 即時路況資料種類.....	47
圖 2.10 Segment-Link-Section-Road 資料代表涵義示意圖 .....	49
圖 2.11 路段關係圖 .....	50

圖 2.12	VD 偵測雙向示意圖 .....	51
圖 2.13	VD (車輛偵測器)UML 圖 .....	52
圖 2.14	CMS 示意圖 .....	53
圖 2.15	CMS (資訊可變標誌)UML 圖 .....	54
圖 2.16	AVI / ETag 旅行時間示意圖 .....	54
圖 2.17	AVI(車輛自動識別)UML 圖 .....	56
圖 2.18	eTag(電子標籤)UML 圖 .....	58
圖 2.19	CVP UML 圖 .....	59
圖 2.20	GVP UML 圖 .....	59
圖 2.21	路段即時路況動態資訊 UML 圖 .....	60
圖 2.22	停車資料架構圖 .....	61
圖 2.23	新北市應用停車資料標準進行停車管理 .....	61
圖 2.24	路外停車資料架構圖 .....	62
圖 2.25	路外停車場剩餘位動態範例資料 XML 圖 .....	63
圖 2.26	路外停車場格位動態範例資料 XML 圖 .....	64
圖 2.27	路邊停車資料架構圖 .....	65
圖 2.28	路邊停車路段剩餘位動態範例資料 XML 圖 .....	66
圖 2.29	路邊停車格位動態範例資料 XML 圖 .....	66
圖 2.30	道路交通事件資料標準(草案)之事件分類 .....	67
圖 2.31	道路交通事件資料標準之 XML 範例 .....	68
圖 2.32	CAP-TWP 之 UML 圖 .....	72
圖 2.33	CAP-TWP 資料實例-道路施工 .....	73
圖 2.34	中央氣象局 XML 資料共通格式說明關係圖 .....	75
圖 2.35	警特報實例資料-大雨特報 .....	76
圖 2.36	市區道路管線挖掘工程資訊平台示意圖 .....	77
圖 2.37	第一種動態地圖標準發展架構 .....	79
圖 2.38	動態地圖標準發展架構 .....	80
圖 2.39	動態地圖標準之動態資訊分類架構 .....	81
圖 2.40	VD 動態資訊 UML 應用綱要 .....	82
圖 2.41	CMS 動態資訊 UML 應用綱要 .....	83
圖 2.42	AVI 配對路徑動態資訊 UML 應用綱要 .....	84
圖 2.43	ETag 配對路徑 UML 應用綱要 .....	85
圖 2.44	GVP 路段即時路況動態資訊 UML 應用綱要 .....	85
圖 2.45	CVP 路段即時路況動態資訊 UML 應用綱要 .....	86
圖 2.46	路段即時路況動態資訊 UML 應用綱要 .....	87
圖 2.47	路外停車資料架構圖 .....	87
圖 2.48	路邊停車資料架構圖 .....	88
圖 2.49	路外停車之剩餘位動態 UML 應用綱要 .....	89

圖 2.50 路外停車之格位動態 UML 應用綱要.....	90
圖 2.51 路外停車之停車場出入口 UML 應用綱要.....	91
圖 2.52 路外停車之費率 UML 應用綱要.....	93
圖 2.53 路外停車之營業時間 UML 應用綱要.....	94
圖 2.54 路邊停車之剩餘位動態 UML 應用綱要.....	95
圖 2.55 路邊停車之格位動態 UML 應用綱要.....	96
圖 2.56 路邊停車之費率 UML 應用綱要.....	97
圖 2.57 路邊停車之路段收費時段 UML 應用綱要.....	98
圖 2.58 路邊停車之格位收費時段 UML 應用綱要.....	99
圖 2.59 事件套件之 UML 圖.....	100
圖 2.60 自駕車用動態更新靜態高精地圖作業架構圖.....	109
圖 2.61 自駕車動態更新靜態高精地圖實際執行流程.....	110
圖 2.62 高精地圖供應鏈架構.....	111
圖 2.63 自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)架構圖.....	112
圖 3.1 LDM 四層架構.....	116
圖 3.2 靜態高精地圖生產流程圖.....	117
圖 3.3 特定格式之高精地圖產製流程圖.....	118
圖 3.4 利用 Uet 網路進行車道線與交通號誌、標誌之影像辨識成果示例(左圖為人工標記影像，右圖為預測結果).....	119
圖 3.5 車道線點雲萃取成果.....	120
圖 3.6 車道線之影像辨識成果與點雲融合成果.....	121
圖 3.7 靜態高精地圖變異物件辨識及更新流程.....	122
圖 3.8 類神經網路偵測流程圖.....	124
圖 3.9 使用 VIA 標註影像並輸入類別名稱.....	125
圖 3.10 由 Mask R-CNN 產生之遮罩.....	125
圖 3.11 RoIAlign 使用雙線性插值法提升遮罩位置.....	125
圖 3.12 路面速限之 VIA 標註範例.....	127
圖 3.13 Ray Ground Filter 示意圖，其中藍色點為地面點.....	128
圖 3.14 地上結構物初步分類示意圖.....	129
圖 3.15 多區域分割模型.....	129
圖 3.16 以車輛軌跡兩旁之點雲數量擬合高斯曲線.....	129
圖 3.17 多門檻值分割成果範例.....	129
圖 3.18 路面指向線分類示意圖.....	130
圖 3.19 物件變異情形分類示意圖.....	130
圖 3.20 整合多自駕車變異物件辨識成果之示意圖.....	131
圖 3.21 109 年度適地性服務之群眾外包運行規劃路線圖.....	132
圖 3.22 110 年度適地性服務之群眾外包運行規劃路線圖.....	133
圖 3.23 實驗車感測器實景圖.....	134

圖 4.1 (左) 108 年 7 月；(右) 109 年 4 月號誌倒數計時情況.....	136
圖 4.2 路邊布幕新增招牌.....	136
圖 4.3 掃瞄儀器設備型式與規格說明.....	137
圖 4.4 掃瞄範圍規劃.....	137
圖 4.5 基站涵蓋範圍圖.....	137
圖 4.6 資料蒐集外業施作情形.....	138
圖 4.7 掃瞄軌跡.....	138
圖 4.8 點雲成果.....	138
圖 4.9 點雲密度計算成果.....	138
圖 4.10 向量圖層成果.....	139
圖 4.11 (黃)標線；(紅)停止線；(藍)路面邊緣向量圖層成果.....	139
圖 4.12 (黃)指向線及行人穿越道；(紅)物件；(藍)隧道向量圖層成果.....	139
圖 4.13 停車格向量圖層成果.....	139
圖 4.14 (紅)桿；(黃)標誌向量圖層成果.....	139
圖 4.15 (紅)號誌；(黃)燈號向量圖層成果.....	139
圖 4.16 掃瞄範圍規劃.....	140
圖 4.17 資料蒐集外業施作情形.....	141
圖 4.18 掃瞄軌跡.....	141
圖 4.19 (左)今年度更新；(右)合併 108 年度點雲成果.....	141
圖 4.20 點雲密度計算成果.....	141
圖 4.21 向量圖層成果.....	142
圖 4.22 (紅)路面邊緣；(黃)停車格向量圖層成果.....	142
圖 4.23 (黃)物件向量圖層成果.....	142
圖 4.24 (紅)桿；(黃)標誌向量圖層成果.....	143
圖 4.25 (黃)標線；(紅)停止線向量圖層成果.....	143
圖 4.26 國土測繪中心測繪點雲驗證報告.....	143
圖 4.27 台灣高精地圖格式模擬測試.....	144
圖 4.28 高精地圖諮詢討論情況.....	144
圖 5.1 更新與維護圓盤率定場.....	147
圖 5.2 更新室內全景率定場.....	147
圖 5.3 率定解算成果：(a) 3 維視圖；(b)精度報表.....	148
圖 5.4 自動駕駛導航定位精度需求.....	150
圖 5.5 自駕車幾何邊界.....	150
圖 5.6 車輛在轉彎處最大容許誤差設計圖.....	153
圖 5.7 小客車定位精度設計.....	155
圖 5.8 貨車定位精度設計.....	155
圖 5.9 大客車定位精度設計.....	155
圖 6.1 參與 OADF 線上會議.....	161

圖 6.2 2020 APEC Policy Engineering on Autonomous Vehicle Development 自駕車論壇活動 .....	161
圖 6.3 OpenDRIVE 架構圖 .....	162
圖 6.4 Apollo OpenDRIVE 架構圖 .....	163
圖 6.5 NDS 系統架構圖 .....	164
圖 6.6 Autoware 支援其他高精地圖格式轉換示意圖 .....	164
圖 6.7 Autoware 運行流程圖 .....	165
圖 7.1 自駕車在多樓層室內停車場的軌跡圖 .....	169
圖 7.2 (a)語意地圖；(b) 語意地圖與路徑模擬 .....	169
圖 7.3 室內停車場地圖 .....	170
圖 7.4 於兩個多層室內停車場之行駛成果 .....	170
圖 7.5 基於影像辨識產製之室內停車語意地圖 .....	171
圖 7.6 車輛行駛軌跡圖 .....	171
圖 7.7 室內停車場之機率網格圖 .....	171
圖 7.8 室內基礎設施地圖和感測器的位置識別的遠程自動駕駛系統 .....	172
圖 7.9 遠程自動駕駛系統系統運作圖 .....	173
圖 7.10 室內停車場基礎設施圖 .....	173
圖 7.11 實際測試場地圖與實驗配置 .....	174
圖 7.12 兩個實驗場行駛軌跡成果 .....	174
圖 7.13 四元數之旋轉表示 .....	176
圖 7.14 Inception module 架構圖 .....	176
圖 7.15 不同的輸入值對於類神經網路最終之中值誤差 .....	178
圖 7.16 不同的 $\beta$ 值對於類神經網路的影響 .....	178
圖 7.17 作業流程架構圖 .....	179
圖 7.18 展廳軌跡 .....	180
圖 7.19 模擬之手機影像 .....	180
圖 7.20 不同參數設置之中值誤差結果 .....	181
圖 7.21 不同影像尺寸之中值誤差結果 .....	181
圖 7.22 繞圈、彎曲行走和來回走之軌跡 .....	182
圖 7.23 Areal 訓練模型之測試結果 .....	182
圖 7.24 故宮南院 Demo 影片截圖 .....	184
圖 7.25 預計服務功能 .....	184
圖 7.26 與東南地所人員進行初步討論 .....	185
圖 7.27 與東南地所人員進行第二次討論 .....	186
圖 7.28 東南地所業務办理流程 .....	186
圖 7.29 東南地所 Beacon 架設位置 .....	187
圖 8.1 控制點檢核現場施測照片 .....	190
圖 8.2 向量圖層檢核示意圖 .....	191

圖 8.3 點雲密度檢核成果示意圖.....	191
圖 8.4 無人載具實證運用高精地圖測製工作案(109-110)三方說明會現場照片.....	193
圖 8.5 無人載具實證運用高精地圖測製工作案(109-110)製圖及驗證說明會現場照片.....	194
圖 8.6 自動化檢查屬性欄位內容.....	199
圖 8.7 業界訪談問卷.....	200
圖 9.1 研討會議程.....	203
圖 9.2 研討會活動花絮.....	203
圖 9.3 發表會議程.....	204
圖 9.4 發表會活動花絮.....	205
圖 10.1 成功大學新聞中心報導.....	207
圖 10.2 DIGITIMES 新聞報導.....	208
圖 10.3 成功大學新聞中心報導.....	209
圖 12.1 高精地圖研究發展中心：(左)辦公室；(右)會議室.....	212
圖 12.2 (a)「高精地圖研究發展中心」Facebook 粉絲頁；(b)「高精地圖產學研資訊交流平台」網站.....	213
圖 13.1 Apollo 文獻整合定位架構.....	217
圖 13.2 Apollo 2.0 整合定位架構.....	217
圖 13.3 Apollo 慣性導航/衛星定位架構與原理.....	218
圖 13.4 Apollo 點雲定位演算法.....	218
圖 13.5 Autoware 點雲定位模組.....	219
圖 13.6 EB Robinos 系統架構.....	220
圖 13.7 NDS 與 EB Robinos 介接架構.....	220
圖 13.8 NVIDIA DRIVE 系統架構.....	221
圖 13.9 NVIDIA DRIVE Mapping 系統架構.....	221
圖 13.10 傳統 EKF(Extended Kalman Filter)/平滑器之鬆耦合架構與誤差行為(無 GNSS 更新之環境).....	225
圖 13.11 GPS/VO 整合架構.....	226
圖 13.12 視覺里程計流程圖.....	227
圖 13.13 影像匹配方法示意圖 (a)直接法 (b)特徵匹配法.....	227
圖 13.14 影像匹配方法流程圖 (a)直接法 (b)特徵匹配法.....	228
圖 13.15 核面約制條件.....	228
圖 13.16 本質矩陣拆解流程圖.....	229
圖 13.17 本質矩陣拆解之四組可能解示意圖.....	229
圖 13.18 基於地標點位置的即時定位與地圖建構地圖展示.....	230
圖 13.19 基於網格表示法的即時定位與地圖建構地圖展示.....	230

# 表 目 錄

表 1.1 自動駕駛分級與所需地圖種類.....	12
表 1.2 室內定位技術整理表.....	25
表 1.3 室內定位技術特性比較表.....	26
表 2.1 動態標準小組擬邀請單位名單.....	36
表 2.2 參考 LDM 相關之國際標準列表.....	38
表 2.3 ETSI TR 102 863 LDM 各層資料範例.....	40
表 2.4 動態地圖標準各類別之介接服務來源.....	46
表 2.5 即時路況資料更新頻率.....	48
表 2.6 交通事件資料標準欄位調查表.....	67
表 2.7 CAP：與自駕車有關之示警項目.....	69
表 2.8 NCDR 發布 CAP-TWP 氣象示警資料之空間單元.....	73
表 2.9 道路挖掘案件施工範圍資料之空間單元.....	78
表 2.10 納入動態地圖標準之即時路況資料.....	81
表 2.11 各資料與自駕車 ResponseCode 對應整理表.....	101
表 2.12 動態地圖圖層內容標準之規劃進度.....	105
表 2.13 資料採集車硬體規格說明.....	107
表 2.14 成大電機自駕車 MKZ 感測器規格及相關精度說明.....	107
表 2.15 測繪車與低成本資料採集車設備差異列表.....	108
表 2.16 自駕車用動態地圖作業指引之規劃項目與說明.....	108
表 2.17 高精地圖檢核及驗證查核列表.....	112
表 3.1 車道線影像辨識精確度.....	119
表 3.2 本案預期辨識類別.....	122
表 3.3 訓練設定參數說明.....	126
表 3.4 影像處理進度.....	126
表 3.5 變異物件辨識中的新增、移除、無變異事件比較表.....	131
表 3.6 變異物件辨識輸出之 CSV 格式.....	131
表 3.7 109 年度適地性服務之實驗車硬體規格.....	133
表 4.1 點雲密度計算成果統計.....	138
表 4.2 點雲密度計算成果統計.....	142
表 4.3 高精地圖諮詢討論.....	145
表 5.1 多平台製圖系統測試與率定實驗室提供各單位服務之統計表.....	146
表 5.2 感測器測試與率定之紀錄表範例.....	149
表 5.3 設計速率與每車道寬.....	151
表 5.4 公路等級與設計速率.....	151
表 5.5 設計車種各部尺寸.....	152
表 5.6 平曲線最小半徑.....	152

表 5.7 自駕車定位精度規範設計數值.....	154
表 5.8 車種場景精度規範.....	154
表 5.9 自駕車多感測器整合效能比較.....	156
表 5.10 自駕車定位精度驗證場域.....	157
表 5.11 自駕車精度驗證規劃方案.....	158
表 6.1 高精地圖格式比較.....	166
表 6.2 高精地圖格式關聯性.....	167
表 7.1 不同區域大小對於精度的影響.....	182
表 8.1 檢核及驗證查核列表.....	192
表 8.2 彰化場域送審資料審查日期列表.....	194
表 8.3 台南(I)場域送審資料審查日期列表.....	195
表 8.4 桃園場域送審資料審查日期列表.....	195
表 8.5 台南(II)場域送審資料審查日期列表.....	196
表 8.6 台中場域送審資料審查日期列表.....	196
表 8.7 台南場域送審資料審查日期列表.....	197
表 8.8 台灣資通產業標準協會「高精地圖檢核及驗證指引」專家會議參與 單位.....	198
表 10.1 本案已提送文章列表.....	206
表 12.1 各車廠自駕車規格比較.....	214
表 13.1 GNSS、INS 及 INS/GNSS 整合之特色比較.....	223
表 13.2 自駕車定位感測器適用場景比較.....	231



# 第一章、前言

為配合國家科技發展重點政策，落實測繪及空間資訊科技自主化，內政部地政司自民國 105 年起推動空間測繪應用發展計畫，在國內既有測繪技術基礎上，擴大各項測繪相關技術之本土研發面向，並深化自主性研究能量，厚植測繪軟硬體實力，最終目的乃在輔助國家經濟建設與社會貢獻產出。爰此，本團隊擬延續 105 至 108 年度之研究成果，持續研發通用於移動裝置人工智慧輔助室內定位技術並持續維護多平台製圖技術測試與率定設施，提供儀器率定服務，同時配合內政部(地政司)整體政策需求辦理相關成果發表會議並協助推動國際測繪合作事務，以擴大空間測繪技術流通應用，並以科學外交形式輔助國際事務媒合，以期於本案研究推動下培養國內科技專業人力累積移動測繪之技術能量，同時協助我國產業轉型技術服務輸出營利模式，帶動整體空間資訊產業之創新與發展。

另一方面，隨著智慧型運輸系統(Intelligent Transport System, ITS)的發展，自動駕駛汽車成為未來全新的交通方式。根據 Intel 2017 年 6 月分析報告預測，2050 年全自動駕駛車輛可創造 7 兆美元的乘客經濟；IHS Markit 預測 2040 年自駕車在全球三大地區(北美、歐洲、亞洲)的年銷售總量將超越 3,300 萬輛；我國工研院 IEK 預測，因自駕車、車聯網與共享時代來臨，將有 8,000 億美元市場規模。我國因具備車電產業基礎且感測系統供應鏈完備，極具發展自動駕駛技術車輛潛力；為因應世界發展自駕車潮流，我國也積極研發自駕車相關「感知」、「決策」、「控制」關鍵技術，期盼能逐步實現自駕系統國產化願景，促使臺灣成為全球自動駕駛次系統關鍵產業鏈及服務技術輸出國，其中自駕車用地圖在自駕車運行具有不可或缺之地位，提供自駕車決策系統輔助，降低技術門檻及所需經費，並且提升安全性(江凱偉等人，2019)。

高精地圖的資料應包含豐富且準確的場景語義資訊、即時路況資訊及駕駛經驗訊息用以輔助環境感知、車輛定位與規劃控制，實現當前情況下最優駕駛策略。支撐自動駕駛汽車的未來落地發展，結合資訊傳輸模型的特點及現有資料邏輯結構的資料類型特徵，高精地圖資料邏輯結構的內容構成應滿足三大要求：(一)要高精度，意味著地圖需要非常準確的幾何精度與詳細的內容資料，能真實反映出地圖目標在現實世界中的準確位置；(二)要動態，意味著地圖需要高度動態的道路資訊以刻畫真實的周邊環境，保證地圖的新鮮度以有效應對各種突發情況；(三)要自我調整，意味著地圖需要能主動適應各種複雜環境的適時變化，結合駕駛經驗資料集提供與當前情況最為匹配的駕駛與資訊服務。然而，上述關鍵包含自駕車用高精地圖建置技術及地圖內容標準的關鍵技術皆尚在起步階段。自駕車用高精地圖之製作方式主要依賴車載移動製圖測量方法獲取直接地理定位點雲與影像，並透過特徵萃取與

人工輔助方式製作，國內已累積多年發展與應用車載移動製圖技術之經驗，並具備成熟的資料處理技術，並據此製作全台通用版電子地圖，惟對於產製自駕車用高精地圖並無統一標準製作程序、精度規範與地圖格式，恐會造成廠商格式不相符無法流通，導致重複資源投入並衍生行車安全與國安議題。

在政策方面，為因應我國於 107 年度以前尚未明確訂定高精地圖標準及其相關規範，本案配合國家自駕車上路計畫以及開拓測繪及自駕車市場，協助內政部地政司建立國家層級之高精地圖內容標準與製圖作業和驗證指引。本團隊先於 107 年度針對封閉場域之高精地圖建置流程及作業指引，並透過台灣資通產業標準協會(Taiwan Association of Information and Communication Standards, TAICS)審議並完成發布「**高精地圖製圖作業指引**」。本團隊進一步於民國 108 年期間在內政部地政司「**108 年度自駕車用地圖標準及移動測繪技術發展工作案**」支持下，基於國內在地化非封閉場域之實證經驗，透過台灣資通產業標準協會於 108 年 10 月 17 日通過審議並完成發布適用國內在地化非封閉場域「**高精地圖製圖作業指引 v2**」。同時彙整圖資檢核流程，於 109 年 6 月 5 日，「**高精地圖檢核及驗證指引**」通過審查同時公布，提供受檢單位參考其檢查項目、檢核方式與建議之通過標準，該指引目前已提交台灣資通產業標準協會進行審議。為了提昇高精地圖之可用性，並考量資料互操作性之課題、圖資流通與分享之需求，本團隊參考國際相關之規範及依據嚴謹的流程研擬「**高精地圖圖資內容及格式標準**」，該標準目前已通過台灣資通產業標準協會審議並順利通過專家會議審查，於 109 年 6 月 12 日公布。

如前述，為落實自駕車用高精地圖應用評估，本團隊將「**高精地圖製圖作業指引 v2**」、「**高精地圖檢核及驗證指引**」與「**高精地圖圖資內容及格式標準**」提送至台灣資通產業標準協會，期望經審查發布後作為未來自駕車產業之參考依據與準則。透過 ISO (International Organization for Standardization) 標準文件的內容研讀，有關自駕車的安全性不僅需要先進的車載感測器和人工智慧(Artificial Intelligence, AI)判釋與決策技術，還需要準確的車輛定位與即時動態地圖的資訊整合，突顯出即時動態地圖之重要性，並以文獻回顧的方式歸納出多元感測器融合與高精地圖成為整合式系統，可提升自駕正確性和安全性，並且針對室內外無縫自駕車應用之高精地圖需求與本團隊研擬之「**高精地圖圖資內容及格式標準**」進行差異分析。

本團隊於 108 年度另與國內興創知能公司合作共同著手研發自駕車圖資格式範例(Autoware)的轉檔工具模組，也與日商 ZENRIN 商討高精地圖之相關產製技術，持續推動高精地圖相關應用。本團隊針對上述實驗場域製作符合規格的自駕車用高精地圖並提供給成功大學電機系莊智清教授的自駕車團隊與其他自駕車團隊進行持續的測試，以持續修正自駕車用地圖之實用性，落實車圖整合一的發展方向。為了與國際自駕車相關組織連結高精地圖

標準及相關技術，本團隊加入 OADF 與 dSPACE 會員，蒐集所有公開資訊、簡報與技術報告，提供本團隊推動高精地圖相關事務(江凱偉等人，2019)。

本團隊於 107 年在內政部地政司與經濟部工業局共同支持下參與國內目前臺中水湳與臺南沙崙二個官方設置的自駕車場域之自駕車用高精地圖內容與規格制訂、製圖作業指引與成果檢核等高精地圖生產程序之先期研究等工作項目。並於 108 年度配合內政部試驗場域自駕車用高精地圖圖資服務需求，委託測繪廠商依照「高精地圖製圖作業指引 V2」、「高精地圖檢核及驗證指引」與「高精地圖圖資內容及格式標準」之高精地圖生產程序進行沙崙試驗場域之資料蒐集，並且完成相關的驗證與檢核程序，並針對沙崙試驗場域符合規格的高精地圖提供給成功大學莊教授研究團隊的自駕車系統進行測試，透過有效運用資源的合作模式，持續修正高精地圖之實用性(江凱偉等人，2019)。

本團隊於 105 至 108 年度持續執行多平台製圖技術測試與率定設備之維護作業，並提供多平台系統測試與率定服務，透過檢查系統的運行狀況及原始資料作為精度驗證的依據。此外，本團隊於 108 年度安排專業人員針對沙崙試驗場域提供圖資諮詢以及媒合相關的測繪服務，今年度主要針對莊老師研究團隊、豐榮客運與理立之 G bus 團隊、宏碁團隊以及 MSC Software Taiwan 分別進行自駕車系統與模擬平台測試，持續修正高精地圖之實用性並且加速介接機制之完整性。

同時本團隊於 107 與 108 年度也配合內政部需求建立並推廣高精地圖的精度驗證服務。目前本團隊累計的高精地圖經驗證後完成自駕車實證之累計里程超過 20 公里，其中 107 年度針對臺中水湳與臺南沙崙場域之圖資完成精度驗證，108 年度除針對沙崙試驗場域更新的圖資完成精度驗證之外，亦針對中興新村圖資提供初步的驗證與建議(江凱偉等人，2019)。

內政部地政司及本團隊於 107 年度與故宮南院合作，完成建置一個具備擴增導覽的室內定位 APP 並提供測試，包含了使用藍牙 Beacon 結合行人慣性導航室內定位技術，將遊客導引至館中各個展物、顯示平面圖記錄遊客目前行走軌跡、以及擴增實境功能。但因展覽場域限制了藍牙 Beacon 的設置彈性，影響了定位的效能(江凱偉等人，2018)，故本團隊進一步於 108 年計畫中加入影像室內定位輔助與地圖輔助行人慣性導航技術，期提供更穩定的定位效能後將此 APP 供館方運用，改良透過陀螺儀來取得方位角，避免受到環境磁場干擾，而深度類神經網路技術部分，在 Posenet 之 CNN 訓練階段設計不同尺寸的輸入影像，實驗成果顯示位置和方向誤差都能被優化。而基於室內地圖輔助之行人慣導演算法，透過三種手機規格與四位測試人員實測，在結合地圖輔助技術下，能將慣性室內定位的成果修正於較合理的路徑上，同時其成效不侷限於起、終點之閉合誤差。並委託相關專業外包廠商優化

APP 介面外觀，並且新增調整字體大小與文字底色之功能(江凱偉等人，2019)。

本團隊與內政部地政司於 108 度持續召開一系列的自駕車用高精地圖推廣活動，包含自駕車上路高精圖資如何營運新創產業座談會、高精地圖介接國內自駕車系統座談會、高精地圖研究發展中心開幕儀式暨實現真正的安全自駕產業論壇與於 108 年 10 月 28 日假臺北行政院人事行政總處公務人力發展中心福華國際文教會館辦理「2019 自駕車用地圖技術之新南向國際研討會」方面，活動本旨在於整合國內外相關圖資與空間資訊產業之技術和資訊，作為推動高精地圖建置流程和評估標準的參考，並促成產官學界的合作意向與共識，未來發展自駕車的技術與應用。本研討會一共觸及了上百個不同領域的單位一同參與討論，包含政府部門、各大學校、測繪產業，以及電信業、汽車工業、車輛研究產業、電子業亦為發展我國高精地圖而群起響應。

本次研討會特別邀請印尼、泰國、越南、香港與加拿大相關領域的產官學代表人員共同與會、交流，開幕儀式中很榮幸邀請到內政部花敬群 次長與交通部科技顧問室王穆衡 參事的蒞臨開幕儀式與致詞，透過國際研討會的交流，分享國內外高精地圖與自駕車相關研發技術及成果。研討會中除了邀請相關的政府和學術單位外，國內外的業界廠商也展示各自的技術與產品，期望透過交流落實技術的整合和發展，提升高精地圖與自駕車產業的競爭力(江凱偉等人，2019)。

本團隊基於 108 年度工作案之研究成果，提送 3 篇國際期刊(SCI)，2 篇已經完成審查獲接受，而 1 篇正在審查中。有關研討會論文，今年度投稿「The 11<sup>th</sup> International Conference on Mobile Mapping Technology」(國際移動測繪技術研討會)論文文稿 1 篇，獲接受並完成口頭發表並獲得最佳學生論文獎，同時也與內政部地政司共同投稿國內「108 年第 38 屆測量及空間資訊研討會」論文文稿 8 篇，皆獲接受並完成口頭發表(江凱偉等人，2019)。

本團隊於 108 年度協助推動專案中心，命名為「**高精地圖研究發展中心**」。宗旨在於整合國內外相關圖資與空間資訊產業之技術和資訊，作為推動高精地圖建置流程和評估標準的參考，並促成產官學界的合作意向與共識，未來以高精地圖為基底發展自駕車技術與應用，任務範疇包含推廣相關活動、技術發展、重要政策等重要的參考資訊，並且提供協助內政部推動高精地圖事務、引進國際製圖技術、圖資檢核與技術諮詢與國際交流與合作。該中心迄今已協助內政部地政司陸續接待了多個單位的拜訪與交流，包含交通部公路總局及高速公路局參訪、台灣車聯網產業協會參訪、印尼、泰國、越南、香港貴賓參訪(江凱偉等人，2019)。

另一方面，為了推廣高精地圖技術發展設立「高精地圖研究發展中心」Facebook 粉絲頁(<https://www.facebook.com/HDMAPCenter>)，定期發布相關活

動與技術資訊，同時本團隊也架設「高精地圖產學研資訊交流平台」並完成建置且網站正式上線。平台的任務將持續蒐集動態訊息、科技政策、成果展示、知識情報文章等相關資訊，定期推播高精地圖相關訊息以及不定期系統程式維護與更新，落實協助推動高精地圖相關計畫之工作範疇(江凱偉等人，2019)。

易言之，本案除基於「108 年度自駕車用地圖標準及移動測繪技術發展工作案」既有延續研究工項外，將進一步基於上述本團隊先期並已具備相關成果之研究能量，持續探討自駕車用動態高精地圖標準、利用人工智慧精進自駕車用地圖製圖技術、建置自駕車用地圖圖資管理及供應機制、提升自駕車定位精度、進行高精地圖檢核及品質管控、發展室內外智慧化製圖技術，期望透過本工作案完成高精地圖標準及作業流程指引、發展高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術、高精地圖國際事務推動、發展移動裝置室內外智慧製圖技術，以提升自駕車用高精地圖產製的效率及正確性，同時及早制定標準有助於我國自駕車用高精地圖之產業規格統一，達到資源共享的願景，更藉由本案持續參與世界自駕車的相關國際組織，進一步確保本案所建立之高精地圖地圖標準符合實際需求並與國際接軌，以利我國產業及早進行自駕車測試及前瞻技術布局，未來政府單位評估組建國家級圖資產業聯盟具有正面助益。

綜觀而言，測繪與空間資訊相關應用領域，由於移動測繪系統的機動性、多元感測資訊以及對數位影像處理與蒐集的能力，可以明顯節省過去傳統測量所需要的人力及時間。故除了傳統的空間資訊與測繪應用以外，隨著移動裝置的普及、無人載具的發展與自駕車技術的研究，預期結合現有移動測繪技術、室內圖資建置技術、物聯網空間資訊應用將有效支撐適地性服務急速擴張的需求，這對深化空間資訊領域產業的發展有正面的助益。有關移動測繪系統之應用面請參考圖 1.1，至於本案之重點發展領域：室內定位、防救災與自駕車用地圖，於下圖以紅框標示。

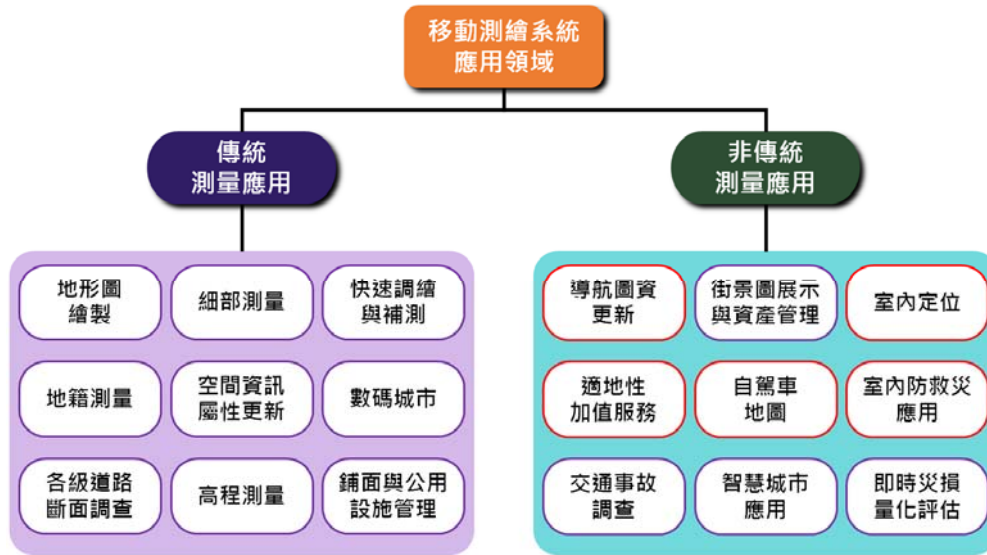


圖 1.1 移動測繪系統可拓展之應用領域

總結回顧，內政部於民國 100 年起開始推動自主研发之多平台製圖技術，基於先期工作案針對發展與應用多平台遙測製圖技術進行關鍵技術研發、民國 101 年至 104 年研究多平台製圖技術和民國 105 年至 108 年發展移動載台測量製圖技術，多年以來持續自主發展各項核心技術並致力將此類技術推廣至相關的空間資訊領域。本團隊於民國 100 年至 108 年間如期如實如質妥善執行內政部所辦理的各年度工作案，除順利發表相關的研究成果、參與年度計畫成果發表辦理教育訓練與活動推廣外，也完成技術與應用的研發，圖 1.2 說明各工作項目之目的及延續關係。

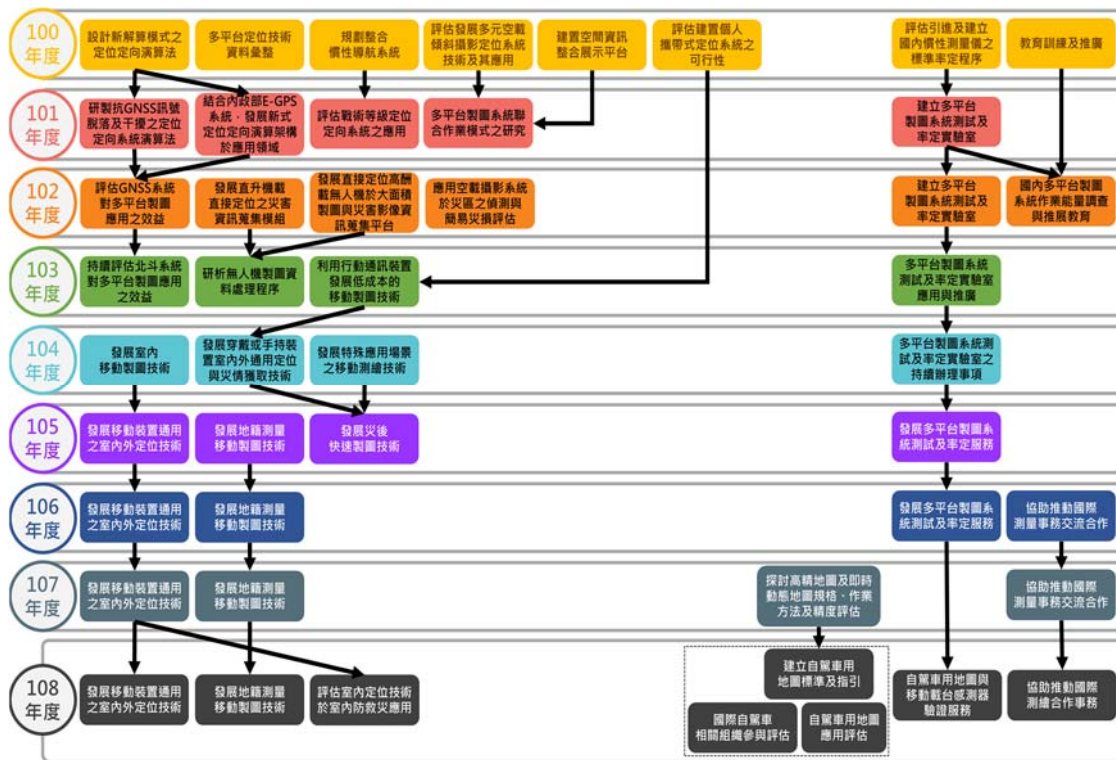


圖 1.2 團隊歷年執行內政部工作案完成之工作項目及關聯性(摘錄自江凱偉等人，2019)

## 1.1 緣起與目的

隨著測量與空間資訊技術的革新，結合傳統製圖技術與整合式定位定向系統，搭配多種感測器發展多平台移動測繪技術並逐步實現快速、即時、移動式測量及空間資訊之收集作業。透過使用多平台移動測繪技術建置三維空間資訊，可更快速及有效規劃國土發展，進而推動空間資訊產業之成長、促進適地性加值應用之拓展。尤其目前移動裝置之發展備受矚目，基於硬體元件的逐年精進，移動裝置搭載的感測器越來越多樣化，同時體積越來越小、成本越來越低而精度卻漸漸提升，這使得移動裝置具有相當大的潛力成為新一代的移動測繪系統，並具備將移動測繪應用延伸至室內環境的可能性。因此，全球多平台移動測繪系統相關之空間資訊與非空間資訊產業應用未來還將持續成長(江凱偉等人，2018)，故本案將持續提升室外多平台移動測繪技術的效能，以推廣至更多的應用領域，像是快速防救災、傳統測繪業務、自駕車用地圖需求等面向，同時延伸發展室內定位技術與移動測繪技術，共同開發對應的室內外市場潛力。另外，工業化時代的發展造就每年平均上千萬的車輛出廠與買賣，雖然帶來許多民生便利，但也無可避免衍生交通方面的負面影響，尤其以駕駛及乘客的安全問題最為嚴重。根據世界衛生組織(World Health Organization, WHO)統計(江凱偉等人，2019)，每年有五千多萬人在車禍中受傷，其中大多是人為所致，有鑑於此，眾多廠牌的汽車系統開始導入先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)，提供駕駛者有關車輛的工作情形與外部環境變化等資訊，進而輔助駕駛者本身判斷周遭情況，同時藉由預先發出危險狀況的警告智能，讓駕駛者及早反應，從而採取相對的因應措施。基於智慧型無人載具的興起，發展自駕車技術的同時須具備自駕車用高精地圖，亦可稱之為高精地圖，以此作為圖資基底才能夠確保自駕車運行於正確的路徑上。

因應行政院科技會報辦公室指定內政部地政司為自駕車用高精地圖之主管機關，本團隊擬持續協助內政部地政司規劃自駕車用地圖規格制訂、製作程序與成果檢核等相關項目，並持續與自駕車地圖相關之國外產學研機構保持密切聯繫與引入相關技術。期望建立國家層級之自駕車用高精地圖標準與指引，提升圖資產製效率及正確性，確保自駕車產業可以安全無虞的使用合法製作與內容合格的高精地圖。綜合以上之目的，本案研擬之執行主軸如圖 1.3 所示。

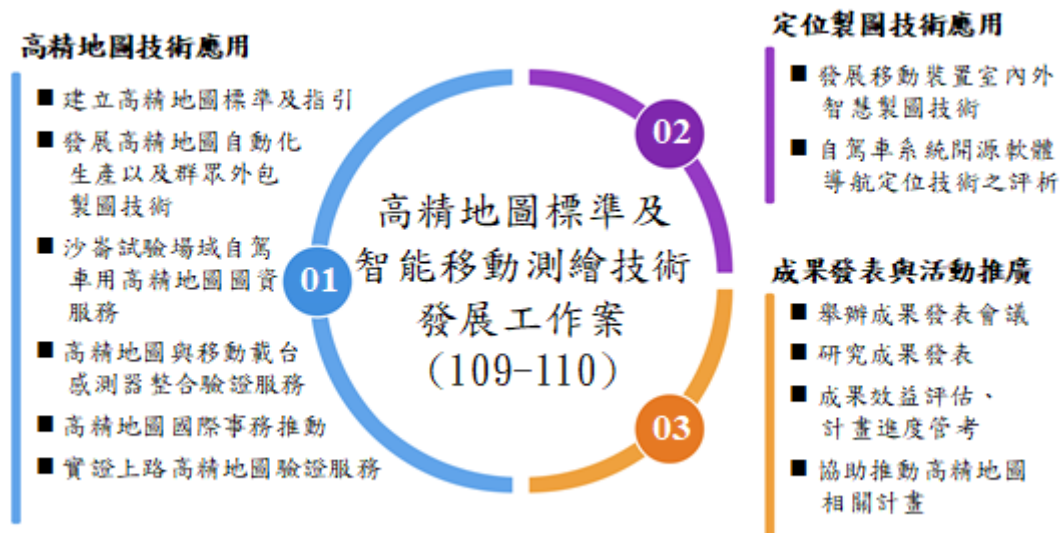


圖 1.3 本案研擬之執行主軸

## 1.2 背景分析

移動測繪系統的載台可以是衛星、飛機、直昇機、船舶、汽車、人或各種新興的移動裝置，所搭載的定位定向感測器可能包括全球導航衛星系統 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 接收儀、慣性導航系統 (Inertial Navigation System, INS)、磁力計及里程計數器等；觀測感測器系統則可以是相機、攝影機、多光譜掃描儀或光達 (Light Detection and Ranging, LiDAR) 等。配合不斷進步之軟硬體，多平台移動測繪系統能在相應的領域上發揮相應價值，更能拓展至更高精度、更多元化的應用範疇。本案除了持續智慧移動測繪系統之核心技術外，尤針對室內測繪與自駕車用地圖之應用多加著墨，對於多平台移動測繪技術的未來願景，將能夠達成室內外的無縫式定位與測繪，以及產製適用於自駕車用的高精地圖，以下針對相關的移動測繪技術與自駕車用地圖之沿革歷程擇要提供精簡的回顧。

### 1.2.1 移動測繪技術之回顧與現況

移動測繪系統 (Mobile Mapping System, MMS) 的原理可追溯到 20 世紀初的航空攝影測量，以飛機為平台搭載相機，利用地面控制點及影像重疊共軌點量測影像方位，此種定位方式稱為間接式地理定位 (Indirect Georeferencing)，此技術為移動遙測製圖系統的原始形式。隨著衛星定位技術的發展與慣性感測器的演進，透過整合 GNSS 和 INS 可以克服單一系統之缺點，具有互補之特性，能夠提供更穩定的定位定向成果。約於 1995 年前後，利用 INS/GNSS 整合式系統發展直接地理定位 (Direct Georeferencing) 技術實現，此技術開始應用於飛機及汽車移動測繪系統，1996 年加拿大



Applanix 公司發展了第一套商用的直接地理定位產品，圖 1.4 為直接地理定位技術的發展演進。

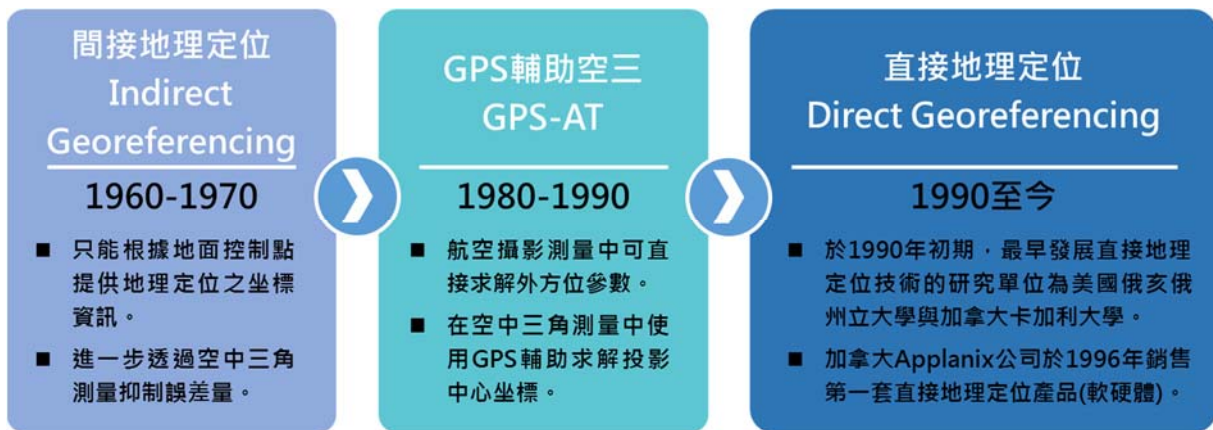


圖 1.4 地理定位技術之演進

與傳統測量技術相較，車載移動測繪系統具備低侵入性與較佳空間資訊擷取效率，同時因待測目標與影像系統距離遠小於空載系統，故車載系統可以提供較完整的涵蓋面，並且能夠在較差的天氣條件下運作。然而車載系統之缺點為其定位精度隨待測目標與影像系統之距離增加而變差，整合式定位定向系統精度受 GNSS 訊號遮蔽狀況遠較空載系統嚴重，而其作業環境亦受既有路網的限制。

本團隊於民國 97 年開始國內關於車載移動測繪系統的完整相關研發工作，自主研發影像級車載移動測繪技術(包含軟硬體)，稱為鷹眼系統。部份成果亦於美國導航學會 GNSS 2010 年會發表，並獲得最佳論文獎。本團隊自行研發了多元感測器系統整合與觀測量同步、機電設計、精密定位定向演算法、感測器率定與直接地理定位模組等移動測繪之關鍵技術，也成功驗證移動測繪技術確實能夠滿足空間資訊相關領域，成為快速採集資料的解決方案。

國內公路管理單位於民國 102 年起，在公路設施清查與水利單位諸多大型相關應用計畫中亦陸續導入多平台移動測繪技術，如此可見多平台移動製圖技術已逐漸被不同領域的使用者接受，並逐漸深化此類技術在空間資訊相關領域的應用範疇。而內政部國土測繪中心為公務機關之翹楚，率先於民國 101 年執行中的通用版電子地圖工作案中以官方身份評估車載移動測繪系統於通用版電子地圖實作之效益，並於民國 104 年著手開發自有的車載移動測繪系統。

### 1.2.2 輔助駕駛技術與自駕車用地圖之回顧與現況

近年來發展智慧型無人載具快速興起，其中更以自駕車之發展日益進步，根據國際自動機工程師學會(Society of Automotive Engineers, SAE)提出

的分類方法，汽車駕駛系統可以分成六個層級，其分類核心概念如圖 1.5 所示。

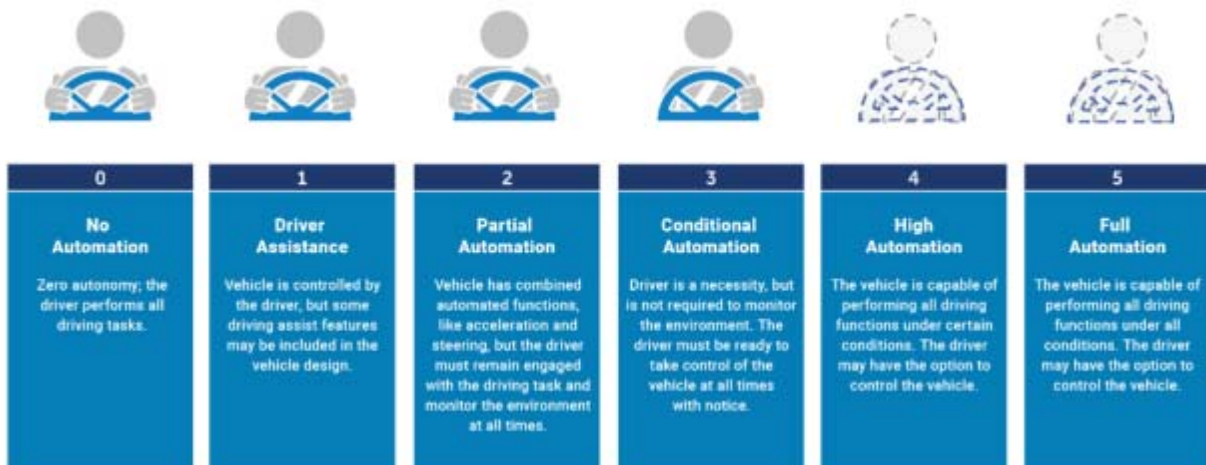


圖 1.5 汽車駕駛系統分類(摘錄自 <https://www.sae.org>)

汽車駕駛系統中第一個層級(Level 0)為最原始的操作系統，由駕駛者自行掌控車輛的機械以及物理功能，並無任何自動駕駛功能介入；為了提升整體駕駛感與行車安全性而增添個別功能或裝置幫助行車安全，例如電子穩定程式(Electronic Stability Program, ESP)或防鎖死煞車系統(Anti-lock Braking System, ABS)，則該系統即可提升至 Level 1；現今市面上部分的中高階車款，主要由駕駛者自行控制車輛，但額外增加自動化功能以期減輕使用者操作負擔，如主動式定速巡航(Adaptive Cruise Control, ACC)系統結合自動跟車和車道偏離警示，而自動緊急煞停系統(Autonomous Emergency Braking System, AEB System)透過盲點偵測和汽車防撞系統的部分技術結合，降低因碰撞造成的車輛行駛意外，該系統則為 Level 2；Level 3 則屬有條件之自動駕駛範疇，即遭遇緊急狀況時駕駛仍須隨時介入操作；Level 4 以上則屬完全自動駕駛範疇；Level 5 則是具備完善汽車通訊系統以進行車輛之間的溝通。然而，為了達成完全自動駕駛等級，目前自駕車尚面臨下列三大挑戰：

- 自駕車須確切得知其位置及導航資訊。
- 克服自駕車上的車載感測器因遮蔽或距離太遠而無法感知的問題。
- 自駕車和其他交通工具進行連結溝通，使車輛能安全行駛。

為達成 Level 4 以上級別的安全功能(Functional Safety)，獲取車輛在道路上的精確位置資訊是自駕車在已知道路環境中能夠行駛在正確車道上的最基本要求。此外，依先進駕駛車輛安全研究指出，若要將導航設備提升至自動駕駛層級，勢必要將車輛導航精度提升至次公尺級以上。由於衛星定位技術於都市地區受限遮蔽或者反射訊號影響，無法準確將自駕車定位於車道內，基於安全及硬體成本考量，除整合包含相機、光達、GNSS、INS 等感知

元件在內，使用具備車輛導航資訊之自駕車用地圖，提供可靠穩健之環境先驗資訊已是自動駕駛技術運行的重要關鍵。

相較於現今導航基於人類視覺觀點所使用的二維電子地圖，自駕車則需在行駛過程中透過地圖反饋資訊即時作出決策，讓乘客安全地抵達目的地，故自駕車用地圖的所有資訊皆顯示於三維空間中，且須以等比例真實呈現所有外界的環境資訊，方能輔助自駕車順利進行導航。故提供資訊的圖資精度須提升到具備平面 20 公分與三維 30 公分精度成果等級才能確實滿足自動駕駛需求(Farrell et al., 2016)，讓導航系統得以準確的引導車子移動，方能處理如高架橋、地下道等非平面的情況。此外，適用於自駕車用之地圖，其效益必須建構在空間及屬性資料時效性以及正確性的前提下，才能藉此發揮它的功能並表示真實世界的現象。圖 1.6 所示為車載導航系統使用之電子地圖、先進駕駛輔助系統使用的 ADAS 地圖與自駕車用高精地圖的差異與精度需求。

部分學者認為，高精地圖在自動駕駛中也不是必需的。人類駕駛員通過自身的「感測器」(眼睛、耳朵)與「智慧」(人腦)協作完成駕駛任務，這類似於現在自動駕駛「感測器+AI」的技術路線，自動駕駛汽車完全可以在無圖或普通地圖環境下按照機器邏輯與感知資料行駛。然而，一方面即使使用人工智慧技術與感測器相結合以提高環境感知能力，仍舊難以完全彌補車載感測器的限制(包括性能限制、覆蓋範圍限制等)；傳統導航電子地圖與傳統機器人導航地圖(障礙物地圖、特徵地圖、物件地圖、語意地圖)提供的資訊也不足以實現當前情況下最優駕駛策略，難以滿足自動駕駛汽車作為商業可行性產品的安全性與舒適性需求。



圖 1.6 既有導航圖資與自駕車用地圖之差異

另一方面，高精地圖的車道標誌線、拐彎交通標誌牌等的位置三維坐標和相關參數(如曲率、坡度等)具有對駕駛行為具有輔助判斷的功能，是在視覺或雷達等車載環境感知系統失效時最後的駕駛判斷依據，為車輛安全行駛提供重要的多重保障，這種地圖的控制功能是感測器與傳統地圖所不具備

的。可能未來到了機器超過人類所具有的即時感知、推理、決策與控制能力的時候，人工智慧技術充分安全且舒適的指引車輛行駛，可能就不需要高精地圖。但在目前人機共駕環境下，通過高精地圖實現自動駕駛汽車的導航與研發是具有其必要性的。表 1.1 為依據圖 1.5 與圖 1.6 自動駕駛分級與所需地圖種類與精度需求列表。

表 1.1 自動駕駛分級與所需地圖種類

等級	分類	地圖類別	地圖的精度	高精地圖使用條件
人為駕駛				
1 (DA)	駕駛輔助	ADAS 地圖	次公尺級	選配
2 (PA)	部分自動	ADAS地圖	次公尺級	選配
自動駕駛				
3 (CA)	條件自動駕駛	ADAS 地圖 + 高精地圖	次公尺級+ 公分級	選配
4 (HA)	高度自動駕駛	ADAS 地圖 + 高精地圖	次公尺級+ 公分級	標配
5 (FA)	全自動駕駛	ADAS 地圖 + 高精地圖	公分級	標配 (自動更新)

### 1.2.2.1 國際高精地圖相關產業發展現況

在產業趨勢方面，由於自動駕駛及其圖資技術可見未來的龐大商機，國際廠商已相繼進行先期布局競爭。除了 Google 持續發展基於街景技術的各式應用外，Apple 也於 2014 年起落實自主發展移動測繪技術，開發專屬 Apple Van 來補足相對於 Google 在空間資訊上的劣勢；原芬蘭 Nokia 旗下圖資公司 HERE 總攬包含資料蒐集、圖資處理及使用者地圖設計等完整供應鏈，於全球擁有超過 300 輛測繪車同步進行高精圖資產製，為 BMW、Mercedes-Benz、Audi、Volkswagen 等傳統車廠自動駕駛技術研發的主要圖資供應商之一，Intel 公司的 Mobileye 也與 HERE 展開合作，整合 HERE Live Map；另一國際圖商 TomTom，其包含地圖授權與汽車工業合作等既有業務範疇在內，於全球擁有超過 150 國、道路總和超過 6 千萬公里的車用圖資，近年專注於生產基於自駕車導航技術需求為主的高精圖資成果，提出 RoadDNA 三維製圖技術用於高精地圖建置及更新應用。TomTom 日前更與 Vlovo 展開合作，目標是發展結合多感測器與高精地圖的 Level 5 等級自駕車；韓國現代汽車則利用自行開發的 MNSOFT 技術來開發高精地圖產製以及相關應用的平台，2018 年冬季奧運會期間，現代汽車邊利用 MNSOFT 以及高精地圖，示範其自駕車的；日本方面則在政府單位之國家資源支持下，偕同電子資訊業者與日本車廠合作成立動態地圖基礎平台公司(Dynamic Mapping Platform, DMP)，以期快速推動滿足日本汽車產業自駕車用地圖之需求。綜上所述，目前國際各大製圖廠及車廠皆根據其製圖技術及自動駕駛技術需求，藉由車載行動測繪系統為製圖平台產製未來自駕車用地圖，與我國目前主流製圖平台一致，即言之，此一趨勢將提供我國測繪製圖產業鏈結自駕車輛產值之絕佳切入利基。

英國地形測量局(Ordnance Survey, OS)是英國一個行政機構，同時也是全世界最大地圖製作商之一。2019年，英國地形測量局與英國 Zenic Ltd 合作，進行一系列調查以及諮詢，於2020年發表了一篇報告「Geodata report - analysis and recommendations for self-driving vehicle testing」(以下稱 OS 報告)，針對未來高精地圖格式以及相關應用給出建議。就未來高精地圖資料格式的建議，OS 報告中首先建議採用 LAS1.2 或壓縮後的 LAZ 格式紀錄光達點雲資料，主要是考量到資料處理的效率以及各家軟體的支援程度，LAS 格式是最能滿足這兩個需求的資料格式。

OS 報告中另外分別針對三維物件或三維地形，以及向量圖層分別建議採用 OBJ 以及 SHP 格式的檔案，因為這些格式可以較完整的表示高精地圖中的各種環境物件以及屬性，然而報告中也探討了使用 SHP 檔案時可能受限的因素，例如 SHP 檔案容量限制在 2GB 以下，同時也有檔案壓縮的限制，在屬性的表示則受到屬性欄位長度的限制(文字不超過 10，數字不超過 255)，屬性中空值(null)會設定為 0；也因為這樣的限制條件，OS 報告另外建議可以採用 GeoPackage 或是 GeoJSON 格式來表示向量資料。針對高精地圖表示道路網的格式，OS 報告中建議採開放資料格式的 OpenDRIVE 或是 OpenSCENARIO 格式，這當中牽涉到英國政府與民間致力於利用數位分身(digital twins)的概念來建構自駕車系統與高精地圖的虛擬測試環境，可以創造安全的測試情境來對自駕車系統進行各種測試，而 OpenDRIVE 的資料格式本身就適合用來描述道路路網的關係以及各類型道路相關物件，因此能夠逼真的模擬道路環境進行自駕車系統的測試。

總結 OS 報告中的建議，對未來自駕車的發展，需要有品質保證的高精地圖，在資料格式與內容標準上也要明確定義並適時彈性調整，以便契合自駕車市場的演進的速度。本團隊於 108 年首先協助內政部地政司規劃，提出基於 OpenDRIVE 加台灣擴充模組的台灣高精地圖基礎架構，這個架構的設計概念也與 OS 報告中提到對高精地圖資料格式與標準的見解不謀而合，足見本案的發展是貼近國際發展趨勢。

除了高精地圖圖資的發展，近年來歐美及日本等先進國家的汽車產業及商用平台發展提升自駕車自動化程度的關鍵技術，其中一個重要環節便是透過發展多感測器整合的定位技術。例如由 Google 成立的獨立子公司 Waymo 發展的自駕車感測器平台在道路運作時失控機率最小，大約每 1000 英里時只會有 0.2 次的失控事件，該公司發展的平台同時整合光達、雷達與影像感測器在車體周圍及車頂，進行定位以及障礙物偵測，感測器配置如圖 1.7(a)；汽車零部件製造公司 Aptiv 致力發展的套件可以安置在不同廠牌汽車上運作，套件中包含多組的光達、雷達與影像感測器以及 IMU (Inertial Measurement Unit)/GNSS 定位系統，感測器配置如圖 1.7(b)；德國 Audi 車廠致力發展適用於自家車型的駕駛輔助系統 zFAS，該系統除了整合前述的三

種影像感測器之外，另外整合了超音波感測器以及紅外線感測器，加強車輛在夜間環境以及停車輔助的功能，感測器配置如圖 1.7(c)；德國 BMW 車廠發展的整合平台目標在 2021 達到 Level 4，整合了 GNSS、光達、雷達、影像以及超音波感測器達到周圍 360 度完全偵測的能力。瑞典 Volvo 與矽谷的 Luminar 共同合作，預計 2022 年會在旗下 SPA2(Scalable Product Architecture 2)模組化平台新車，在車頂導入光達及雷達感測器，在高速公路的環境下，啟動自動駕駛模式。Volvo 近期更與 Waymo 達成獨家合作的夥伴協議，期望與 Waymo 的技術合作可以讓旗下車輛達到 Level 4 的駕駛等級。

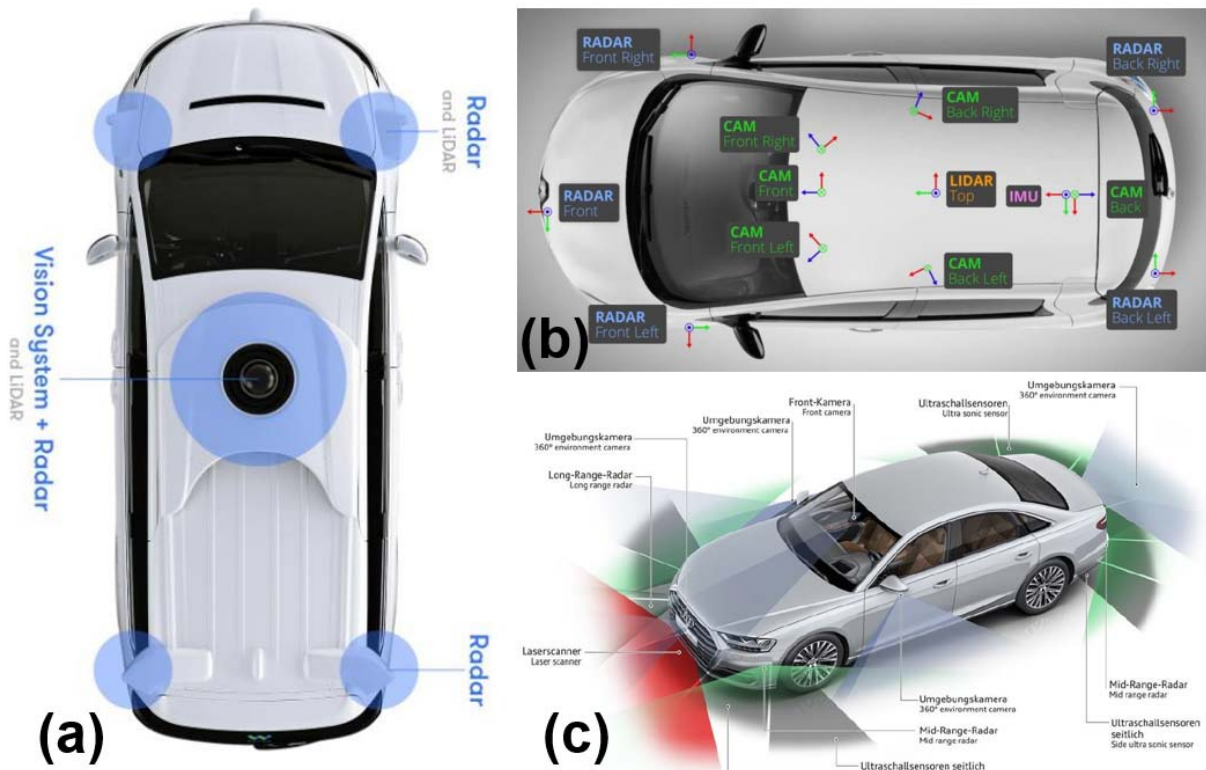


圖 1.7 車廠感測器平台配置：(a) Google；(b) Aptiv；(c) Audi (摘錄自 Pal et al., 2019)

美國 Ford 與德國 Volkswagen 合作，並且投資 Argo AI 公司發展自動駕駛系統包括光達、雷達、相機與光線探測器等感測器，開發全自動自動駕駛系統如圖 1.8(a)所示；美國 GM 車廠 2017 年開始發展整合點雲地圖、雷達、相機及 GNSS 的 Super Cruise 自動駕駛系統，2019 年延續 Super Cruise 的技術發展升級版的 Ultra Cruise 系統目標是在 2022 至 2023 年完善旗下車輛的自動駕駛功能；美國 Tesla 開發 Autopilot 系統時整合感測器與 Google 為首的其他廠家採用不同整合策略，Tesla 認為採用光達感測器的成本過高，因此在整合時排除光達，以超音波、雷達及相機作為其主要的影像感測器；Intel 的 Mobileye 一開始也只使用相機的策略，但是近年其系統也開始逐步整合光達與雷達，以克服在惡劣天氣下無發運作的情形；日本 Nissan 目前的 Pro Pilot 自動駕駛技術，已經配備於旗下 Nissan Serena、X-Trail、Rogue 等車型

上，2017 年起更是著手開發下一代 Pro Pilot 系統，整合光達、雷達、相機以及聲納感測器，期望達到更高解的自動駕駛功能；日本 Toyota 旗下北美 Toyota 研究中心(TRI)在 2019 年展示全新的自動駕駛車 TRI-P4，整合了光達、雷達及相機，如圖 1.8(b)所示，目前 Toyota 已經宣布與 NVIDIA 進行合作，先前已經確認採用 NVIDIA 旗下 Xavier 超級電腦作為自駕車運算中樞，同時也與 Uber 合作發展自駕車項目，推動相關技術成長；日本 Honda 發展 Honda SENSING，搭配 GNSS、光達、雷達及相機，如圖 1.9 所示，目標是在 2020 達到 Level3 的自動駕駛能力。因此，綜觀前述各車廠的發展，不難發現未來在發展自動駕駛的技術，皆須要考量多感測器整合及高精地圖的應用，才能進一步提升自動駕駛的能力。

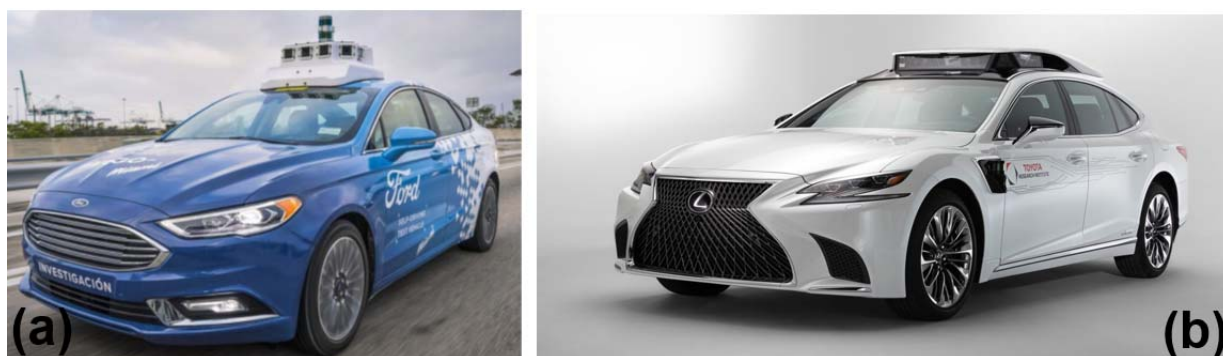


圖 1.8 車廠自駕車平台：(a) Ford (摘錄自 Pal et al., 2019)；(b) Toyota (摘錄自 <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/26057919.html>)

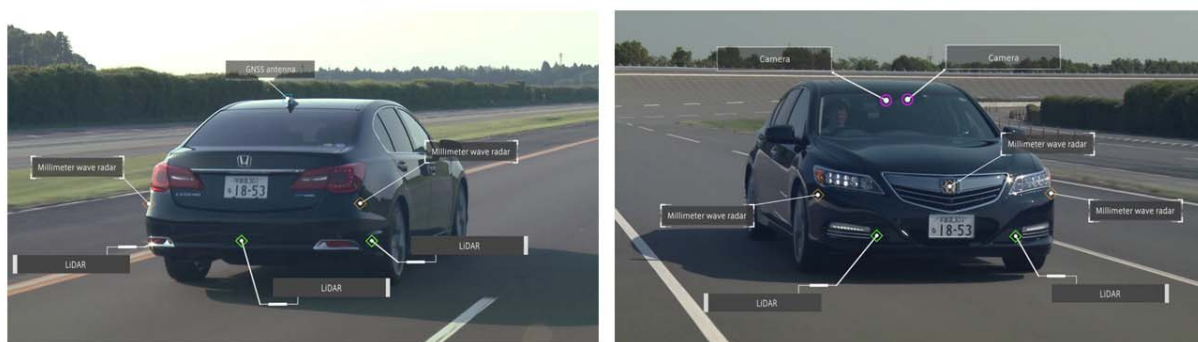


圖 1.9 Honda SENSING 自駕車平台(摘錄自 <https://www.carstuff.com.tw/car-news/item/31289-honda-7-level-3-legend.html>)

### 1.2.2.2 國內高精地圖發展現況

本團隊於 108 年首先協助內政部地政司規劃，由遵循「高精地圖製圖作業指引 v2」，以及經由「高精地圖檢核及驗證指引」驗證合格的點雲、合格的向量圖層與基於 OpenDRIVE 加台灣擴充模組的台灣高精地圖基礎架構，這個架構的設計除了透過開放底圖的格式概念，提供圖資業者與自駕車業者自行增值轉換到不同自駕車平台之特定使用者格式外，亦希望透過通過檢核的高精度點雲與多元化的向量圖層設計，可以支援如防救災、資產管理與傳

統測繪領與等非自駕車用途的使用，如此可以達到資料共享的目的。目前內政部地政司鼓勵國內圖資商與自駕車業者使用內政部地政司提供的測試區開放底圖，利用自行開發的轉換工具或開源的轉換工具自行加值爭取使用不同自駕車地圖格式之客源，如圖 1.10 所示。圖中所列不同終端使用者的格式與台灣高精地圖之轉換工具多數都可以由網路資源取得(江凱偉等人，2019)，若有不足之處，終端使用者也可以透過內政部地政司所提供完成檢核程序的點雲或檢覈完成的向量圖層自行補充加值與營利。

為加速協助終端使用者快速用圖，基於目前台灣多數的自駕車團隊多數使用日本 Tier4 公司的 Autoware 開源自駕車軟體，少數使用 OpenDRIVE 格式，本團隊與內政部地政司亦針對前述內政部地政司參與實作的二個測試區製作台灣高精地圖格式與自駕車示範圖資 Autoware 雙格式供不同的終端使用者使用，同時本團隊擬於新年度的計畫中，開發台灣高精地圖與部分終端者格式的轉換工具，未來將交由內政部地政司視政策規劃提供給相關業者使用(江凱偉等人，2019)。

本團隊於 108 年度基於區域動態地圖(Local Dynamic Map, LDM)的概念提出完整的高精地圖使用情境，如圖 1.11 所示。通過通信傳感器交換時間數據(例如交通信號燈信號變換)和交通參與者的地理空間數據(例如 GNSS 位置資訊)能夠提供即時的資訊來增進運輸系統的安全，效率及舒適性，並減少交通對環境的衝擊，將靜態、臨時和動態交通資訊在地理空間環境中整合，引入帶有時間戳記(Time-Stamped)和地理參考(Geo-Referenced)資料 LDM 概念作為一個整合平台。



圖 1.10 台灣高精地圖架構(摘錄自江凱偉等人，2019)





圖 1.11 完整的高精地圖應用情境(摘錄自江凱偉等人，2019)

LDM 是一個將即時自動駕駛車輛與交通資訊整合到高精地圖中實現動態地圖數據共享的資料庫，其中「Local」的含義取決於自駕車周圍距離感興趣的區域很近，因此需要地理參考資訊；「Dynamic」的含義取決於動態交通狀況響應時間在很短條件下避免碰撞的最高指導要求，因此需要時間戳記；「Map」的含義取決於與地圖相關聯。區域動態地圖包含(Shimada et al., 2015)：

- 靜態資訊(Static Information/Permanent Static Data)：初始層來自於地理資訊系統(GIS)地圖提供者，包括道路、車道、交叉路口、道路標誌、交通號誌、道路設施、興趣點(Point Of Interest, POI)、位相數據和建築物位置資訊的地圖，其透過使用專業化車載移動測繪系統來創建。更新資訊頻率為每月至少一次(更新資訊頻率<1 個月)。這層即是今年度建立高精地圖標準所涵蓋之範圍。
- 半靜態資訊(Semi-static Information/Transient Static Data)：主要包含路側的基礎設施的資訊。包括道路交通管制部門提供的交通法規、交通管制時間表、進一步的道路工程交通屬性和廣域天氣預報。資訊從自動駕駛車輛外部獲得。更新資訊頻率為至少每小時一次(更新資訊頻率<1 小時)。
- 半動態資訊(Semi-dynamic Information/Transient Dynamic Data)：主要包括臨時區域交通資訊、交通管制資訊、事故資訊、擁堵資訊、道路或交通號誌紅綠燈的相位狀況和當地天氣等。資訊從自動駕駛車輛外部獲得。更新資訊頻率為至少每分鐘一次(更新資訊頻率<1 分鐘)。
- 動態資訊(Dynamic Information/Highly Dynamic Data)：包含動態通信節點 V2X (Vehicle to Everything)信息檢測到的資訊、周邊車輛、行

人等交通參與者和交通信號的時間安排等即時狀態資訊。更新資訊頻率是即時(更新資訊頻率<1 秒鐘)，動態資訊是由以下兩種不同類型的資訊組成。

- (1) 環境資訊：車輛通過車載傳感器直接收集。
- (2) 前方道路資訊：來自智慧型運輸系統(ITS)，通過車輛到車輛通信，車輛到基礎設施通信和 5G 獲得的。

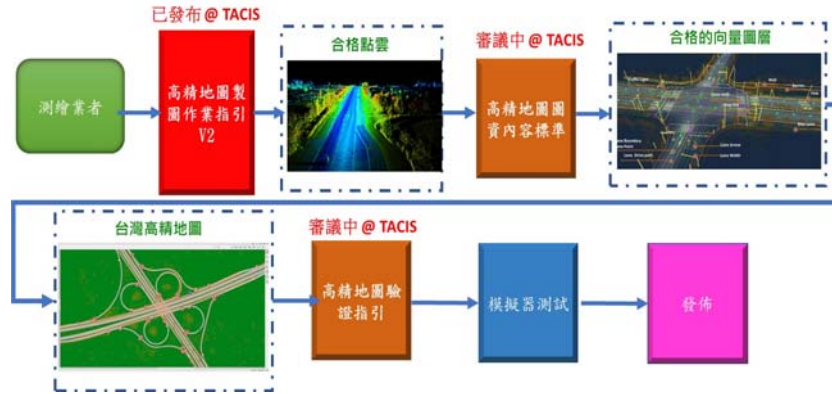


圖 1.12 台灣高精地圖生產程序(摘錄自江凱偉等人，2019)

為提升我國在測繪及自駕車市場的發展規模，建置我國自駕車試驗場域，進行國家層級之統一版本圖資規範已刻不容緩。靜態地圖層是當前製圖的重點，主要目的在於精準刻畫靜態駕駛環境，提供豐富的道路語義資訊約束與控制車輛行為。主要包含車道網、交通設施、道路網、與定位圖層。故本團隊與內政部地政司首先於 108 年基於圖 1.10 的台灣高精地圖架構與「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖檢核及驗證指引」與「高精地圖圖資內容及格式標準」提出針對利用專業車載行動測繪系統實施台灣高精地圖靜態圖層之生產程序(圖 1.12)以滿足未來自駕車用地圖的製作、維護及檢核需求，及正確性。同時透過自駕車模擬器與實車評估自駕車用地圖之應用，進一步確保本案所建立之圖資標準和服務符合實際需求與國際接軌，凝聚我國各界對自駕車用地圖的發展共識(江凱偉等人，2019)。

自駕車用地圖需要在前述靜態圖層疊加高度動態的道路資訊以刻畫真實的周邊環境，動態高精地圖的動態圖層確保了地圖的新鮮度以有效應對各種突發情況。故本團隊擬於 109 與 110 年度持續針對使用認證的第三方平台以群眾外包技術實施靜態圖資之圖徵動態更新研擬「自駕車用動態高精地圖作業指引」、「自駕車用動態高精地圖標準」與「自駕車用動態高精地圖驗證指引」，透過實證持續滾動修正相關內容。

### 1.2.3 高精地圖及自駕車安全性之回顧與現況

2019 年由 Audi、BMW 等車廠為首，總共 11 家公司組成的聯盟發佈了一份白皮書「Safety First For Automated Driving」(以下簡稱 SaFAD)，描述安

全自駕車的開發、測試和驗證框架。它結合了來自汽車製造商、供應商和科技行業關鍵公司的專業知識，幫助指導安全自動駕駛汽車的開發。為此，SaFAD 宣導 12 種自動駕駛的指導原則如下：

1. 安全操作
2. 安全性
3. 車輛駕駛發起的移交
4. 操作設計領域
5. 用戶責任
6. 車輛發起的移交
7. 車輛駕駛和自動駕駛系統之間的相互依賴性
8. 安全評估
9. 資料記錄
10. 被動安全
11. 交通行為
12. 安全層

聯盟建議，如果安全相關的功能或系統元件因任何原因而變得危險，自動駕駛系統能夠補償並將車輛轉移到安全狀態，同時確保有足夠的時間讓駕駛接管，同時規定了參與和脫離機制，這些機制需要明確的駕駛員互動，防範安全威脅，並識別駕駛員的狀態，以便讓他們瞭解自己的責任和駕駛模式轉換。

關於自動駕駛系統中的網路安全，SaFAD 推薦了安全開發生命週期 (Security Development Lifecycle, SDL)，這是一個適應安全性的過程，適合產品開發生命週期，考慮風險處理策略，系統狀態和風險處理表現等問題。該聯盟還建議自動駕駛系統通過感測器，地圖資料和感測器融合演算法，以防止在受限制區域內進行自動駕駛。SaFAD 支持採用預期功能安全 (Safety Of The Intended Functionality, SOTIF)，這是一種範例，旨在避免可能發生的不合理風險，即使車輛的所有元件都在正常工作，將把已知的潛在行為和未知的潛在行為降低到可接受的風險水準。聯盟認為，風險可能降低的另一個方法是確保車輛的感知感測器 (包括攝影相機，光達，雷達，超音波和麥克風)，捕獲有關周圍環境的所有相關外部資訊，如行人，障礙物，交通標誌，和聲音信號。

綜上所述，這些策略適用於 SaFAD 定義為設計安全的分析工程方法，這些方法以基於場景的自動駕駛技術開始，最後分析系統在現實世界中的表現。然而不論現今 Level 3 及 Level 4 車輛無論設計多完善，都面臨著巨大的挑戰。根據 SaFAD，自動化系統中的每個元件都需要進行全面驗證，依賴於機器學習的核心部件必須使用新的驗證方法進行測試，以確保安全性。

2018 年，芬蘭 Elektrobit 科技公司與中國百度合作發表「Reliable and safe maps for automated driving」，是業界第一份全面探討高精地圖安全的技術文檔。白皮書探討了功能安全 (ISO 26262)、預期功能安全 (SOTIF)、使用安全

(Safety in use)等安全分析方法以及高精地圖品質相關標準，為相關產業人員提供安全實踐的參考以及為未來相關標準的制定奠定基礎。文件中表示高精地圖為一種具備高可靠度的地圖，對於安全性相關的作用而言，通常並不需要整個地圖都具有非常高精度，通常只有一小部分的地圖屬性需要比較高的精度，可靠性與完好性，這些屬性通常被稱為高可靠的地圖屬性 (Reliable Map Attributes, RMA)。

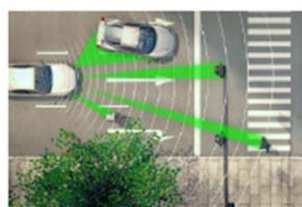
高精地圖不會取代自駕車上感測器的功能，因為感測器具有感知偵測環境的功能，但是可以作為感測器的一種擴展，在自動駕駛區域結束之前向駕駛發出接管通知，並在感測器性能不足時(例如：惡劣天候環境)提供支援以及獲取部分無法透過感測器得到的相關訊息，同時與 GNSS 等桿測器搭配，提供定位功能。在前述各種應用場景下，目前有兩個具挑戰性的地方，首先是地圖資料的精確度、更新頻率、完整性及正確性；另外就是自駕車與高精地圖後端的數據傳輸功能安全性的保證。

探討車輛安全時，必須考量多個不同領域，其中對於高精地圖安全性最相關的領域，如圖 1.13 所示：包含功能安全(ISO 26262)、預期功能安全(SOTIF)、使用安全(Safety in use)三者之的關係如下：

- ◆ 功能安全性(Functional safety, according to ISO 26262)
  - 與車輛軟硬體相關
  - 降低由於軟硬體不符合規範的風險
  - 不包括安全操作所需的“標稱性能”(nominal performance)
- ◆ 預期功能安全性(SOTIF)
  - 與車輛的功能相關
  - 解決安全操作所需的“標稱性能”
- ◆ 使用安全(Safety in use)
  - 預防有意或是無意間的誤用
  - 預防心理超負荷和分心



功能安全性  
(ISO26262)



預期功能安全



使用安全

預防目標

軟硬體功能不符合規範

感測器/演算法/致動器的性能欠佳

操作錯誤、誤解、濫用

圖 1.13 高精地圖相關安全領域

由於目前沒有用於高度自動化的駕駛功能的標準化程序整合與系統設計關的安全性分析，文件中介紹了一種方法，可以用來做到這一點。此方法使用迭代設計來降低複雜度。在每次迭代中都包含功能安全、使用安全性、預防功能安全和可用性分析等分析方式，分析結果用於改進功能和系統的設計以及功能，安全性分析的流程圖如圖 1.14 所示。

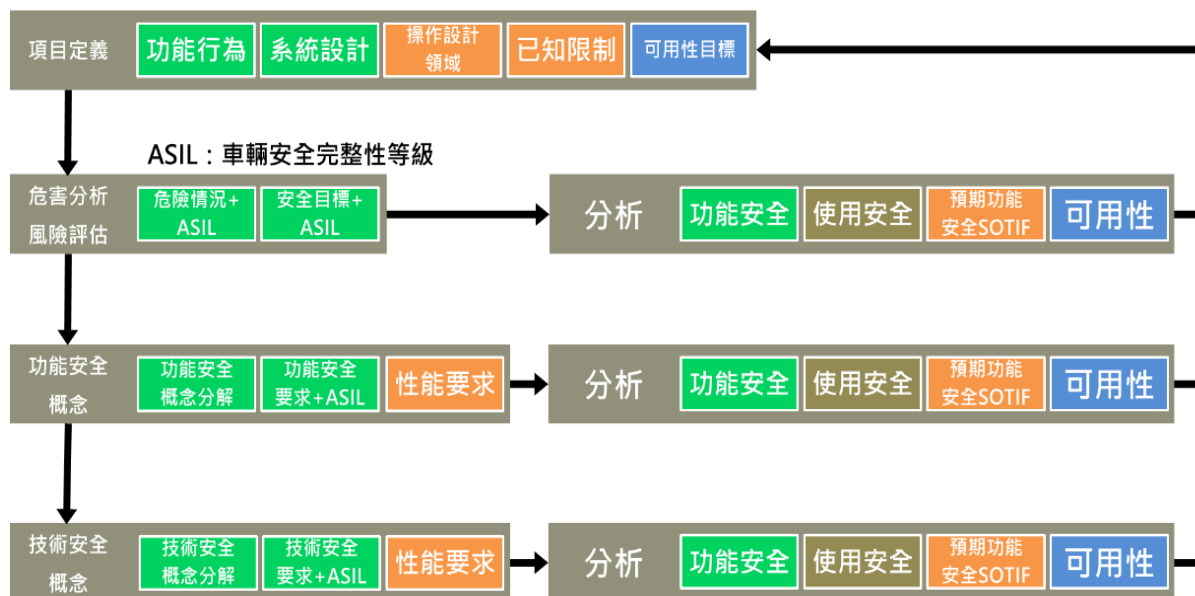


圖 1.14 安全性分析流程圖

相對於傳統車輛功能，**高精地圖與現實環境的差異**是一種新型態的錯誤類別，這可能會造成引起自駕車無法運作，這一類型的錯誤包含：地圖資料部精確、地圖資料錯誤、現實環境改變、地圖更新中斷、定位錯誤。文件中探討了前四項錯誤的應對措施如**錯誤! 找不到參照來源**。所示，分別採取不同的方式來降低**高精地圖與現實環境的差異**錯誤造成的風險。對應到本案發展的工作項目，可發現本案中針對高精地圖格式標準以及驗證流程可以減低地圖資料部精確與地圖資料錯誤發生的機會；針對現實環境改變的應對措施，本案例中動態地圖標準納入交通訊息以及制訂動態地圖作業流程的變異偵測，同時發展群眾外包製圖技術，與文件中針對現實環境改變的應變與地圖更新中斷措施相符；雖然本文件中針對定位誤差的處理方式並未納入討論，然而本案亦針對自駕車定位精度驗證的流程及規範進行探討，實務上可以降低定位誤差造成的風險。

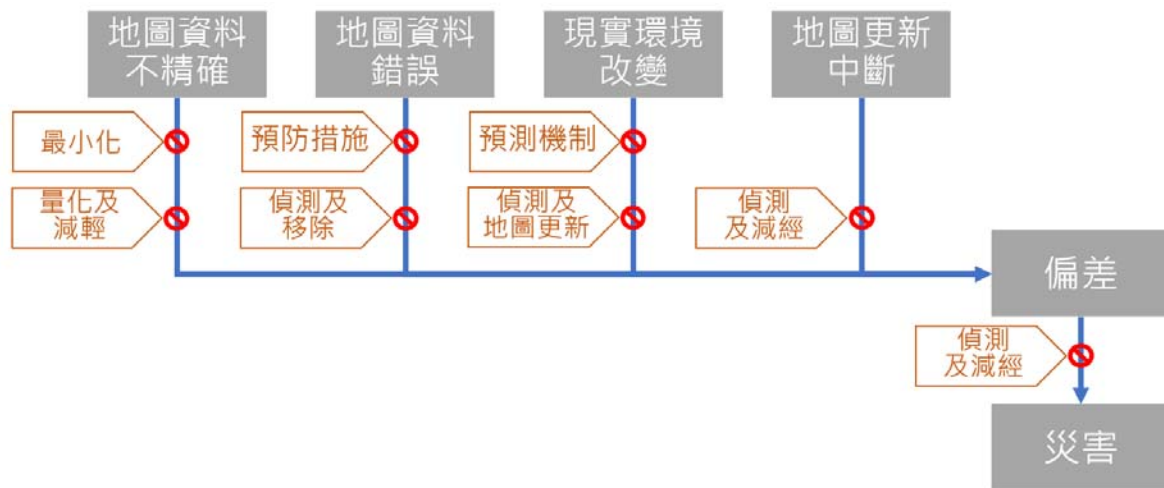


圖 1.15 高精地圖與現實環境的差異處理措施

#### 1.2.4 室內定位技術之回顧與現況

根據美國 2015 年的統計調查中顯示，18 歲至 29 歲使用智慧型手機的人口中，約有 80% 使用到手機中的個人導航服務，而 30 歲到 49 歲的使用者也有超過 70% 使用導航功能，可見智慧型手機結合使用者位置提供關聯性資訊所擁有的潛力 (Smith, 2015)。

室內定位技術也具有相當的發展歷史，過去的主流多為架設多套感應器，探測出使用者位置的外部系統，例如紅外線定位系統。然而近代在減少布設外部感測器的要求下，發展以無線電訊號為主的定位系統，例如射頻標籤 (Radio Frequency Identification, RFID) 與低功耗藍牙 (Bluetooth Low Energy, BLE) 技術最為受到關注，兩者都具有硬體體積小且輕便的優點，但定位精度與標籤布設密度和讀取距離高度相關，同時訊號頻率與能量等級也會影響定位精度。WiFi 室內定位技術亦是另一主流，因 WiFi 設備已高度普及，所以也頗受業界重視，但需要建置並訓練一套訊號強度資料庫，再應用訊號指紋辨識技術或是 Time of Arrival (ToA) 等技術進行定位演算，因此定位精度同樣不可避免地受限於環境穩定程度與訊號源的密度。影像定位系統則需要建置室內環境影像資料庫，透過影像的匹配與比對，求得使用者的位置，對於動態變化的環境定位可靠度較低，同時匹配效能受到拍攝當下的天氣與燈光影響。而室內定位技術中，行人慣導或行人航位推算 (Pedestrian Dead-Reckoning, PDR) 演算法則不需收集外部訊號，僅利用慣性感測器來偵測使用者行為模式下的一種定位技術，該技術不受外部訊號影響，但其精確度會隨著使用者行走步數增多而精度下降，且初始位置需事先給定。

值得一提的是，PDR 是目前最常應用在行人室內定位的慣性技術，尤其是智慧型手機的相關應用。其概念是透過加速度計、陀螺與磁力計，推估使用者的步伐、步長與方位，進而得到使用者的二維位置，概念及流程圖如圖 1.16 及圖 1.17 所示。但是估計的過程中不可避免的會遇到步伐的遺漏、步

長與方位估計的誤差，這些誤差會隨著移動步數的增加而持續累積(Brajdic and Harle, 2013；Weinberg, 2002)。要能得到準確的步伐偵測與步長，大多需事前或事後模型的調校與率定，這對於即時應用來說並不便利(Ho et al., 2016)。表 1.2 為常見的室內定位技術整理與規格比較。

本團隊於 106 年度提出影像後方交會輔助之概念，因此特別針對影像定位技術作進一步的回顧。過去室內影像定位系統多是從機器或電腦視覺領域出發，像是視覺里程或同步定位與地圖構建同步定位與地圖構建(Simultaneous Localization and Mapping, SLAM) (Núñez et al., 2011)都需要多台相機同時拍照，或單一相機連續拍照，以取得立體像對進行定位解算，對於一般使用智慧型手機的使用者來說相當不便。另一類傳統影像定位技術則是透過建置環境影像資料庫，進行影像匹配進而獲得使用者位置(Deretey et al., 2015)。這些方法都會面臨影像匹配和特徵萃取的問題，對於硬體效能要求較高。因此影像定位系統也需要考慮整合其他絕對地理定位系統，以改善前述的不便利性與高效能的硬體需求(Grießbach et al., 2014)。總結來說，影像定位技術應用在室內行人導航會面臨以下問題：多相機的需求、連續拍攝影像的需求、影像處理的負擔以及相對坐標系統無法與室外連結等問題。

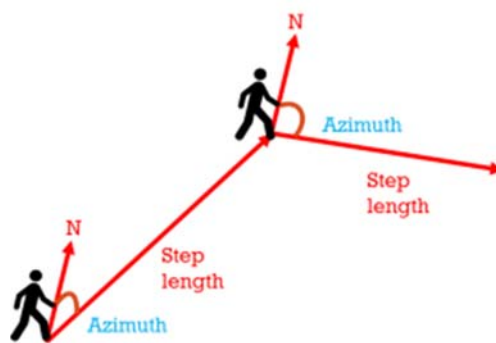


圖 1.16 行人慣導之定位技術概念

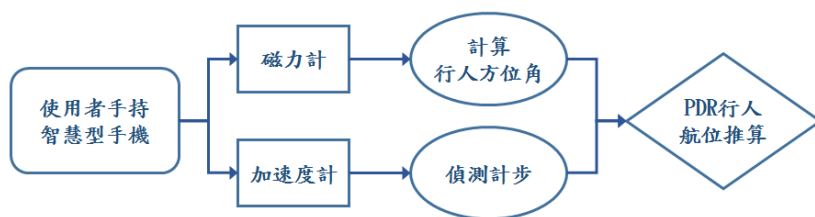


圖 1.17 行人慣導之定位技術流程圖

本團隊於 107 年度研發低功耗藍牙(BLE)差分演算法，使用 Beacon 所發送之接收訊號強度指標(Received Signal Strength Indicator, RSSI)進行一系列的定位程序，如圖 1.18 所示，首先 RSSI 將進行低通濾波處理，而後藉由距離轉換模型將 RSSI 轉換為距離。同時使用距離差分法，透過設置已知參考站，計算出各 Beacon 在同一環境下的距離改正數(如圖 1.19 所示)，修正使用者端接收到，並經過換算推求的 Beacon 原始距離資訊，進而利用此距離

觀測量使用三邊交會演算法，量測使用者與各已知點間的距離，來計算未知點位置。本團隊於同年也使用 BLE 差分演算法開發室內定位 APP 中之藍牙定位技術。BLE 差分演算法的特點在於提升交會定位之精準度，因此將針對 BLE 定位技術作進一步的回顧。隨著藍牙通訊技術之發展，藍牙於 2010 年發展至 4.0 版本，低功耗藍牙技術具有低成本、低耗能及長時間運作等特性 (Bluetooth Special Interest Group, 2010)。除此之外，大部分智慧型裝置如手機、平板、筆電等皆具備藍牙功能，無需額外增加接收端設備成本使其相對於其他無線通訊網路定位技術更具優勢，相關成果獲得美國導航學會 ION GNSS 2018+學生論文獎(Kuo, 2018)。



圖 1.18 低功耗藍牙差分改正程序

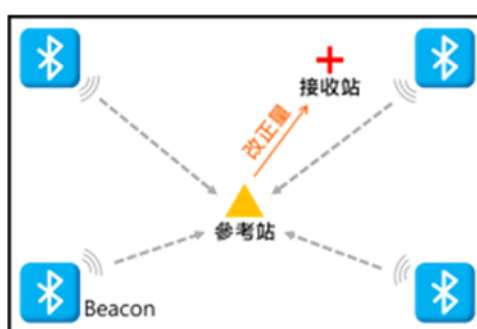


圖 1.19 低功耗藍牙差分改正概念圖

BLE 以無線電波傳遞資訊，所採用的是 2.4 GHz ISM(Industrial Scientific Medical)頻段，並包含 40 個頻段，其訊號可穿透部分物理障礙並避開 Wi-Fi 的頻段，傳輸數據的同時可降低訊號的干擾。BLE 技術採星狀架構的主從式連結，如圖 1.20 所示。此架構中存在著主從關係(Master/Slave)，主動要求連線之裝置為藍牙主裝置，而被要求連線者為藍牙從屬裝置。主裝置可以控制從屬裝置間的數據傳輸，且單一個主裝置可以同時連接多個從屬裝置。換言之，一從屬裝置僅能連結一主裝置。此外，連結關係僅在當從屬裝置需要被連結時，才開啟與主裝置之連結，因此當兩者未連接時，主從裝置間將不會有任何數據傳輸，不僅降低未連結時之電力損耗，更大幅提升了系統之穩定性及精確度(Čabarkapa et al., 2015)。



表 1.2 室內定位技術整理表(摘錄自 Mautz, 2012)

設備/技術	精度	覆蓋距離 (公尺)	定位原理
Cameras	0.1mm-dm	1-10	Angel measurmenents from images
Infrared	cm-m	1-5	Thermal imaging, active beacons
Tactile & Polar Systems	$\mu$ m-mm	3-2000	Mechanical, interferometry
Sound	cm	2-10	Distances from time of arrival
WLAN/WiFi	m	20-50	Fingerprinting
RFID	dm-m	1-50	Proximity detection, fingerprinting
Ultra-Wideband	cm-m	1-50	Body reflection, time of arrival
High Sensitive GNSS	10m	Global	Parallrl correlation, assistant GPS
Pseudolites	cm-dm	10-1000	Carrier phase ranging
Other Radio Frequencies	m	10-1000	Fingerprinting, proximity
Inertail Navigation	1%	10-100	Dead reckoning
Magnetic Systems	mm-cm	1-20	Fingerprinting, ranging
Infrastructure Systems	cm-m	Building	Fingerprinting, capacitance

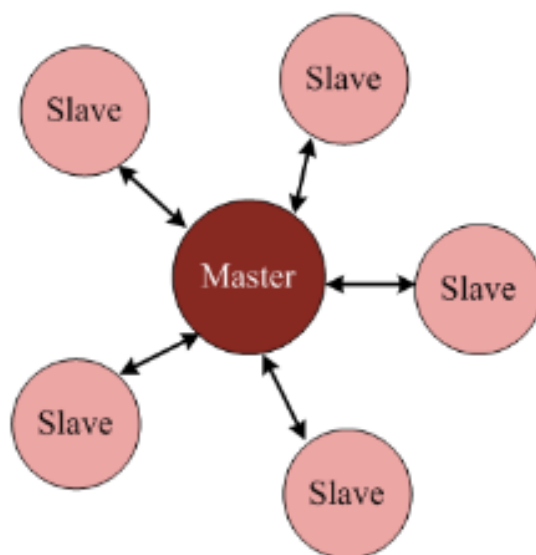


圖 1.20 藍牙無線網絡連結星狀架構

與 BLE 定位相關的文獻中，Chiang 等人(2015)應用近似定位(Proximity)的方式設定接收訊號強度指標(RSSI)之門檻值作為 PDR 的位置更新，當手機接收到來自附近藍牙裝置所發送之 RSSI 大於預先設定的門檻值，將把手機已偏移的推算位置更新為該藍牙裝置之位置，大大減少 PDR 因慣性感測器累積誤差所造成的位置偏移(Chiang et al., 2015)。

綜合以上，常見的室內定位技術之差異可整理成表 1.3。常見的技術區分以 Wi-Fi 作為代表的無線訊號定位技術，而 iBeacon(Bluetooth)與 RFID 因常使用 Proximity 方法進行單點近似定位而另外表列；此外還有基於影像的定位技術，此處所指之技術不包含使用移動測繪系統產製的直接地理定位影像。超寬頻技術(Ultra-wideband, UWB)定位原理和衛星導航定位原理相似，

其主要特點有，低功耗、抗干擾能力強、穿透性較強，具有很高的定位準確度和定位精度，建置成本較高昂。而基於慣性的傳統慣性導航(INS)與行人慣導(PDR)技術也因其概念原理有明顯差異而各自表列。如表所示，各方法都有其優缺點。故本團隊提出整合式的室內定位系統，讓各技術達成互補，期讓室內定位系統具備絕對坐標，且符合3%至5%的定位精度需求(Kuo, 2018)。

表 1.3 室內定位技術特性比較表(摘錄自江凱偉等人，2018)

現行常見之室內定位技術	額外基礎設施	建置定位資料庫	資料庫建置難易度	環境變化影響程度	定位誤差累積程度	定位解模式	室外導航坐標系統契合
WiFi	少量	大型	高	高	低	相對位置	無
iBeacon	大量	小型	低	中	低	近似位置	無
RFID	大量	小型	低	中	低	近似位置	無
Image-based	無	大型	高	中	低	相對位置	無
UWB	大量	小型	低	中	低	準確位置	無
INS	無	無	無	低	高	相對位置	無
PDR	無	無	無	低	中	相對位置	無

### 1.2.5 室內空間資訊應用之回顧與現況

本團隊在 107 與 108 年度選定故宮南院作為適地性服務試辦區，根據故宮南院的需求，除了發展室內導航功能外，也結合擴增實境(Augmented Reality, AR)應用。AR 是一個在既有的物體中，額外擴增顯示其他資訊的一項技術，相較於虛擬實境(Virtual Reality, VR)，最大的差異在於 VR 的整個世界都是虛擬的，而 AR 則是將虛擬物件與真實世界結合，讓我們可以更簡單的方式去獲得更多的資訊。AR 科技已經出現近五十年，第一個應用出現在 1960 至 1970 年代間，但直到 1990 年才由波音前研究者 Thomas Caudell 首先提出「AR」的名稱。AR 的技術目前主要可分為兩大類，一種是利用空間定位技術，依照使用者所在位置，在裝置如手機上擴增資料，另一類則是利用影像辨識，當裝置掃描到資料庫中的某項特徵時，將資訊顯示出來，當然可以結合二者來擁有更佳的擴增功能。

現今的 AR 技術在應用方面相當的廣泛，也很貼近我們的生活，諸如行動設備、醫療、學習、導航系統以及娛樂等方面皆可使用此類技術。AR 技術搭配 GNSS 定位技術亦可運用在汽車導航，利用手機中的相機及 GNSS 定位，加上以 AR 技術所設計的手機汽車導航系統，使用者可直接依照攝影畫

面中所擴增的虛擬路徑導引前進，除了減少駕駛人需對應地圖與現實周圍道路的情況，當駕駛人觀看導航畫面時，也不會遺漏車況而影響行車安全。圖 1.21 所示為此 APP 使用介面(由 Walter Hsieh 開發)。



圖 1.21 AR 汽車導航 APP 使用介面(摘錄自

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.w.argps&hl=zh\\_TW](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.w.argps&hl=zh_TW))

AR 可以應用的案例與場景不勝枚舉，而隨著移動裝置大幅度成長的銷售量，以及雲端應用等相關科技的進步和 4G 網路的建立，AR 技術更成為一個廣大的市場。相信隨著 AR 技術的不斷發展與成熟，其成本會越來越低，漸漸帶動各種產業的蓬勃發展，成為生活中不可或缺的一部分。

### 1.3 工作項目

#### 一、工作計畫書

廠商應於簽約日 1 個月內，就以下各項工作規劃繳交「工作計畫書」。廠商並應依工作計畫書核定方式(或更優方式)辦理相關工作，並以目標管理法(OKR)自行訂定各項工作目標(Objectives)及關鍵成果(Key Results)。

#### 二、建立高精地圖標準及指引

- (一)持續修正高精地圖圖資內容標準、製圖作業指引及驗證流程指引。
- (二)建立自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)1 件。
- (三)建立自駕車用動態地圖作業指引(草案)1 件。
- (四)建立自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)1 件。
- (五)推廣高精地圖標準及自駕車用動態地圖成為國內產業標準。

#### 三、發展高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術

- (一)精進測繪車之高精地圖製圖技術，發展高精地圖自動化生產技術，開發自動化工具。

(二)建立自駕車群眾外包之高精地圖製圖(含自駕車平台)系統及流程，並確定製圖系統符合動態更新使用。

(三)高精地圖群眾外包之高精地圖製圖適地性服務案例試辦 109、110 年度各 1 處，試辦區之選定需經機關同意。

#### **四、沙崙試驗場域自駕車用高精地圖圖資服務**

(一)依機關需求於維護試驗場域自駕車用高精地圖圖資，並提供虛擬平台所需圖資內容，109、110 年度各需產製至少 1 次更新圖資。

(二)提供試驗場域自駕車用地圖圖資諮詢服務。

#### **五、高精地圖與移動載台感測器整合驗證服務**

(一)維護多平台製圖技術測試與率定設施、測繪車及影像感測器之儀器率定服務。

(二)發展自駕車系統與高精地圖自動駕駛定位精度驗證，確保自駕車符合相關規範，並建置驗證設施及提供驗證服務。

#### **六、高精地圖國際事務推動**

(一)廠商應配合機關需求，109、110 年度各參加至少 1 場國際研討會協助推動自駕車用地圖相關計畫。

(二)參與國際自駕車相關組織活動，持續研提或協助引進國外產製高精地圖之多平台製圖技術，推廣我國高精地圖相關事宜。

(三)收集世界高精地圖格式，並比較其關聯性。

#### **七、發展移動裝置室內外智慧製圖技術**

(一)室內外無縫自駕車用地圖應用作業。

(二)研發應用人工智慧技術之室內外影像匹配輔助行人慣性導航定位技術。

(三)適地性服務案例試辦 109、110 年度各 1 處，試辦區之選定需經機關同意。

(四)配合機關辦理 109、110 年度行政院災害防救科技創新服務方案，協助災後快速智慧製圖技術研發相關作業。

(五)以移動測繪相關主題發展人工智能實驗室，強化產學合作。

#### **八、實證上路高精地圖驗證服務**

- (一)依照測製當時之高精地圖製圖作業指引、高精地圖圖資內容及格式標準、高精地圖檢核及驗證指引(草案)及實證上路高精地圖測製案契約規定，配合辦理實證上路高精地圖驗證服務，分別驗證測製案每個試驗場域作業計畫書及外業成果報告書、經平差處理點雲成果、道路特徵物件向量檔及台灣高精地圖格式。
- (二)每個試驗場域皆需出具驗證報告 1 份，繳交期限依實證上路高精地圖測製案契約規定，另須於簽約日 1 個月內繳交驗證報告格式(初稿)1 份。
- (三)廠商需配合參加實證上路高精地圖測製案成果審查會議，並於會議中報告驗證成果。
- (四)精進高精地圖精度驗證流程。

## 九、舉辦成果發表會議

- (一)109、110 年度各辦理自駕車國際論壇 1 場，至少須包含 3 個以上外國之測繪領域學者或官員與會，邀請名單需經機關同意。
- (二)109 年度計畫成果發表活動：廠商需配合機關舉辦智能測繪應用相關之年度計畫成果發表(含研討會方式)活動，其時間、場地、參加人次、研習方式、議程規劃等內容與內政部討論定案後辦理，除受邀講者出席費由內政部其他專案負擔外，其餘所需費用由廠商負擔。

## 十、研究成果發表

- (一)109、110 年度合計提送期刊或研討會論文文稿至少 10 篇，且其中 4 篇需提送國際期刊(SCI/EI 等級)。
- (二) 109、110 年度合計發表至少 6 篇高精地圖相關新聞，並發布於公開網站上。
- (三) 109、110 年度各參加國內外實作或論文競賽 1 件。

## 十一、成果效益評估、計畫進度管考

- (一)成果效益評估及擴大科技應用：依據科技計畫績效管考平台(<http://stprogram.stpi.narl.org.tw/>)提供格式，配合機關辦理本案計畫「科技發展計畫績效評估作業」自評作業需求，參考機關提供之相關績效作業範本，填寫本案相關成果效益報告書、績效指標、佐證資料、政府科技發展計畫績效評估；另配合將本案各期資訊登載政府研究資訊系統(GRB, <https://www.grb.gov.tw/>)，且將登載結果繳附於各

期工作成果，並適時接受諮詢。

- (二)廠商需配合機關填寫行政院政府計畫管理資訊網(GPM)管考作業所需表格內容，並適時接受諮詢，每月 25 日前需繳交月報表，說明工作執行進度。

## 十二、協助推動高精地圖相關計畫

- (一)廠商以專案辦公室推動本案工作，協助機關推動國內高精地圖事務，且推動本契約事項及參與國際事務合作時，得使用該辦公室名義，並須適時配合機關作業，接受機關督導，機關亦得派員參與作業。
- (二)每月需整理 2 份高精地圖產業分析報告提供機關參考。
- (三)廠商應組成專案工作小組，自行定期召開工作會議，並適時接受諮詢。其中 3 次需邀請使用者(名單需先與機關討論)參與交換意見，並作為後續應用方向或執行參考，所需費用由廠商負擔。

## 十三、創意回饋項目：自駕車系統開源軟體導航定位技術之評析

- (一)自駕車系統開源軟體文獻回顧
- (二)自駕車系統導航定位技術開源軟體定位技術簡介
- (三)研提自駕車系統導航定位技術開源軟體定位技術改善方案

### 1.4 工作時程

本案工作期程自簽約日起至 110 年 12 月 1 日止，本團隊將依工作時程規定繳交各工作項目預定之成果進度。以 22 個月工作期間，**錯誤! 找不到參照來源。**及圖 1.23 **錯誤! 找不到參照來源。**為本案所有工作項目與其繳驗時程，**錯誤! 找不到參照來源。**為本案執行進度管制表。



圖 1.22 工作進度甘梯圖(上半段)

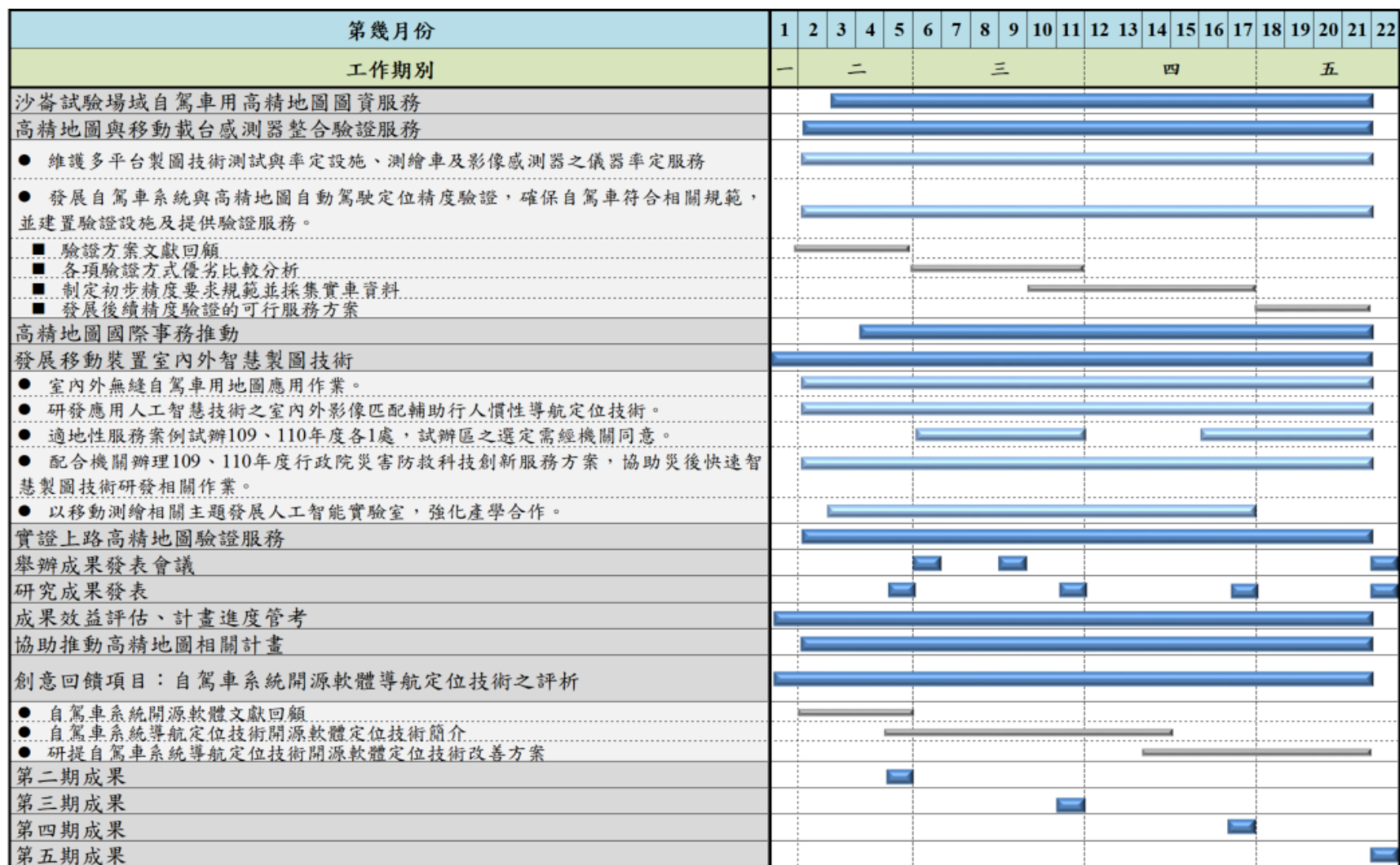


圖 1.23 工作進度甘梯圖(下半段)



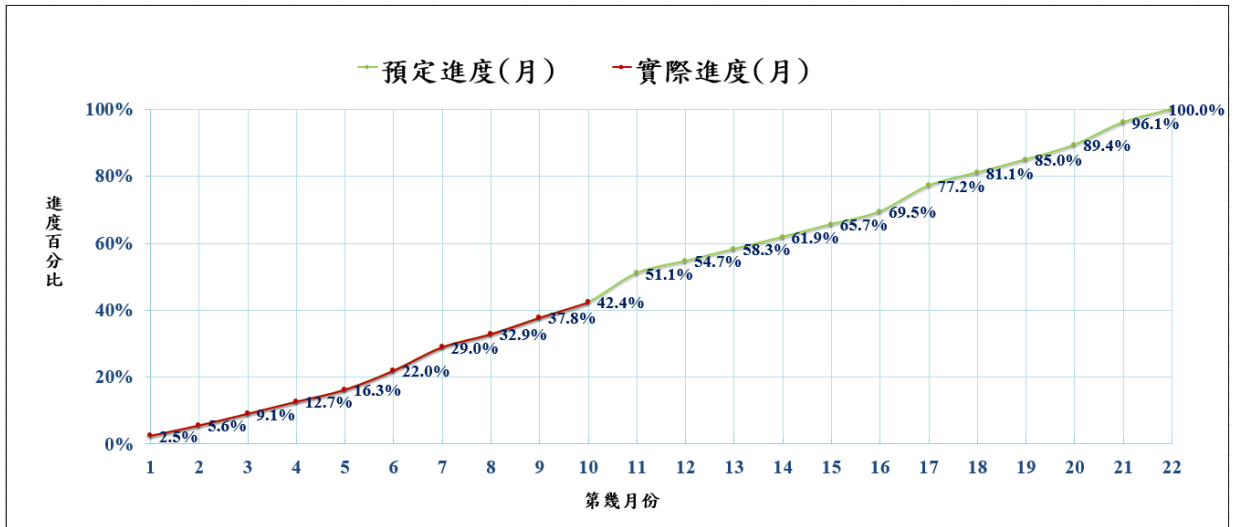


圖 1.24 執行進度管制表

## 第二章、建立高精地圖標準及指引

近年來智慧型無人載具興起，為了使自駕車正確且安全行駛於規劃路徑上，自駕車用高精地圖成為新一代的地圖輔助資訊。與傳統二維導航地圖不同處在於使用者從人轉移到機器，人腦直覺式因應外界路況的邏輯過程，自駕車電腦則必須仰賴融合多項感測器與具備環境先驗資訊之精確三維圖資，才得進而做出行駛判斷決策。故必須為自駕車量身打造專用的地圖資訊，使自駕車本身的定位精度，以及圖資上的道路屬性，包含車道、交通號誌、道路的幾何關係都被精確定義，才能與自駕車本身之軟體技術及硬體設備進行整合，進一步使自駕車在無人為介入的情況下仍可安全行駛。

### 2.1 持續修正高精地圖圖資內容標準、製圖作業指引及驗證流程指引

本團隊於 107 年度執行經濟部工業局專案計畫—「**高精地圖圖資標準及規範**」，於該計畫中研提自駕車用之「**高精地圖(HD Maps)圖資內容標準**」及「**高精地圖製圖作業指引**」之草案，並在該計畫執行期間將兩草案提案至台灣資通產業標準協會(TAICS)進行審查，並依 TAICS 審查程序所需，於 107 年 10 月 22 日召開產業專家會議，徵求產業界專家之意見，目前「**高精地圖製圖作業指引**」已於 107 年 12 月 26 日公布，後續於 108 年度針對開放場域的測製條件進行指引內容修正，並於 108 年 7 月 26 日再次召開產業專家會議，經專家會議審議後通過，於 108 年 10 月 17 日由台灣資通產業標準協會發布與公告「**高精地圖製圖作業指引 v2**」(台灣資通產業標準協會, 2019)，該指引後續也將配合內政部與產業界需求持續更新。而「**高精地圖(HD Maps)圖資內容標準**」則延續至 108 年繼續滾動修正，並經專家建議後改名為「**高精地圖圖資內容及格式標準**」(台灣資通產業標準協會, 2020)，並於 109 年 3 月 16 日正式公布。

本團隊於 108 年度在內政部地政司「**108 年度自駕車用地圖標準及移動測繪技術發展工作案**」支持下，延續「**高精地圖圖資內容及格式標準**」審議和提交「**高精地圖檢核及驗證指引**」至台灣資通產業標準協會。本團隊於 108 年 12 月 23 日完成兩件提案之專家會議，藉由蒐集業界先進建議及經驗，滾動修正內文以更貼切產業界及大眾所需。目前「**高精地圖圖資內容及格式標準**」內容已達收斂，由 TAICS 正式於 109 年 3 月 16 日公告與發布。另由於「**高精地圖檢核及驗證指引**」內容經 108 年 12 月之專家會議後，專家提出諸多建議，本團隊進行彙整後並持續與內政部地政司進行討論，並於 109 年 3 月 31 日再次舉辦專家會議，此時完成修正後之驗證指引草案內容已達成收斂。

本案今年度持續於台灣資通產業標準協會(TAICS)進行審查，將「**高精地圖檢核及驗證指引**」配合內政部與產業界需求持續更新，同時分別於 109 年

4月24日TC8會議以及109年5月22日TMC會議進行草案審查程序，並且皆以審議通過。TAICS完成校稿之後，已於109年6月5日「高精地圖檢核及驗證指引」(台灣資通產業標準協會, 2020)正式出版。

目前「高精地圖圖資內容及格式標準」以及「高精地圖檢核及驗證指引」完成出版，本團隊將持續與測製廠商以及自駕車使用者保持聯繫，藉此廣納各方之使用建議，進而持續精進與完善相關標準與指引文件。

內政部於今年進行「無人載具實證運用高精地圖測製工作案(109-110)」，委託本團隊在本案中執行高精地圖驗證服務。為了蒐集使用者實際透過以上標準之使用感想回饋，本團隊於11月份完成邀請參與實證上路高精地圖測製案之廠商進行訪談，藉此蒐集各使用單位之回饋意見，本團隊將整理並評估是否於進行精進。同時，本團隊將重新檢視各標準以及指引文件之間的對應、參照以及引用之處，確保使用者不會有因為不同文件之間的定義不同，造成使用上混淆的情況。詳細之會議紀錄，參閱附錄一。

## 2.2 建立自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)1件。

近年來自動駕駛技術快速發展，搭載ADAS之自用車已大幅增加，而為了達到SAE J3016標準之自動化駕駛，不僅需要先進的車載感測器和人工智慧(AI)判釋與決策技術，還需要準確的車輛定位、靜態高精地圖及動態地圖(Dynamic Map)。內政部已訂定高精地圖圖資內容標準作為台灣高精地圖之靜態地圖，本項工作將訂定自駕車用動態地圖圖資內容標準，其內容包含隨時間更新之路況資訊，帶有時間戳記(Time-Stamp)及空間參考(Geo-Reference)，可與靜態之高精地圖結合，輔助自駕車進行決策。本項工作之自駕車用動態地圖圖資內容標準之重要策略如下：

1. 首先須蒐集相關國際標準，動態地圖之相關國際標準，主要為歐洲電信標準協會(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)及ISO之標準，本案將評估是否引用國際標準來訂定我國自駕車用動態地圖圖資內容標準。
2. 考量與靜態的高精地圖整合，自駕車用動態地圖圖資內容標準應採用區域動態地圖(Local Dynamic Map, LDM)之架構精神，以此架構作為與靜態高精地圖整合之基礎。
3. 蒐集納入動態地圖之相關資料現況，釐清定期更新之資料種類及不可預期之事件資料種類，決定優先納入自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)之資料種類，並對應至LDM之架構內。
4. 依據包含之資料種類，研擬自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)之概念綱要及編碼格式，採用格式須可轉換至自駕車用高精地圖之相關格式。

5.釐清動態地圖圖資內容標準(草案)與車聯網(Vehicle to Everything, V2X)之關聯性，以兼容車聯網之網路環境，使得後續動態地圖上路後仍可與車聯網架構結合。

6.撰寫自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)，並依據實證成果及需求持續滾動修正，以符合自駕車產業需求。

動態地圖包含來自各單位的即時性資料服務，為徵詢各產學研代表意見以凝聚共識，在貴部同意下，成立自駕車用動態地圖圖資內容標準籌備小組(以下簡稱動態地圖標準小組)，在草案擬定階段由本團隊負責自駕車用動態地圖圖資內容標準的草案撰寫，過程中須徵詢相關產官學研代表之意見，待草案完成後，再召開工作小組會議討論。

動態地圖標準小組邀請單位如表 2.1 所示，主要涵蓋可能提供相關資訊之政府單位、負責標準相關作業之單位、相關學術單位及未來將使用動態地圖之產業單位代表，以建立具有共識之資訊內容設計、包裝及使用模式。在邀請單位中，本團已經與財團法人資訊工業策進會取得合作意向書(參閱附錄五)，最終邀集的單位仍將在內政部同意後決定；召集人由洪榮宏教授擔任。動態地圖之來源資料隸屬不同部會，動態地圖與靜態高精地圖之整合可預期是動態地圖推動重點之一，靜態高精地圖之統籌單位為內政部地政司，由內政部地政司協助本團隊有關動態資訊與靜態高精地圖之整合工作。標準之內容將於本年度草案通過後，於動態地圖標準小組之會議中逐步修正，直至形成共識為止。

表 2.1 動態地圖標準小組擬邀請單位名單

分類	單位名稱
政府機關	內政部地政司 內政部國土測繪中心 內政部營建署 科技部前瞻司 交通部科技顧問室 交通部運輸研究所 交通部管理資訊中心 交通部高速公路局 交通部公路總局 交通部氣象局
研究單位	國立成功大學測量及空間資訊學系 國立成功大學電機工程學系 國立臺灣大學土木工程學系 國家災害防救科技中心
產業單位	財團法人工業技術研究院資訊與通訊研究所 財團法人資訊工業策進會智慧系統研究所 財團法人車輛研究測試中心 臺灣車聯網產業協會

	中華智慧運輸協會 中華測繪聯合會
--	---------------------

本團隊在草案訂定過程當中已與動態地圖標準小組之部分單位洽談，各單位洽談之重點摘要如下：

1. 交通部管理資訊中心：已於 109 年 2 月 21 日、109 年 11 月 25 日至交通部管理資訊中心與李霞組長洽談，組長及同仁提供即時路況服務、停車資料服務之說明，並解釋其路況發布之空間單元以交通資訊基礎路段編碼為基礎。本團隊說明動態地圖之架構及推動模式，組長表示原則上同意即時路況服務及停車服務做為自駕車動態資訊，建議如需要可介接即時路況服務及停車資訊服務。另外提供交通部運輸研究所正在研訂試辦之道路交通事件資料標準(草案)之資訊。
2. 國家災害防救科技中心：已於 109 年 10 月 30 日進行洽談，本團隊說明動態地圖之架構及推動模式，國家災害防救科技中心表示原則上同意示警資訊服務作為自駕車動態資訊，可介接或轉發示警資訊服務，並說明 CAP-TWP 資訊內容及發布程序。
3. 內政部營建署：以於 109 年 11 月 23 日交流意見，本團隊說明動態地圖之架構及推動模式，營建署表示原則上同意管線挖掘施工資訊之資料作為自駕車動態資訊，並說明道路管線挖掘工程資訊平台之服務內容。

本團隊與內政部於 109 年 2 月 25 日在高精地圖中心進行工作會議，針對動態地圖標準小組之籌備已達成初步共識。目前動態地圖標準小組之重要事項摘要如下：

1. 在草案擬定階段，由本團隊負責草案起草及撰寫，過程中須徵詢小組產學研代表之意見。草案完成(於第三期 109 年 12 月 4 日繳交草案文件)之後召開小組工作會議，考量多數單位位於北部，優先於北部進行會議。
2. 在第三期完成自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)初稿之後，後續可藉由實證過程進行討論，持續滾動修正。
3. 車聯網(V2X)之相關標準亦是小組討論之項目，經由討論以凝聚共識，使動態地圖資料可與適合之車聯網相關標準接軌。
4. 本團隊於 109 年度完成自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)初稿，今年度內政部與交通部運研所於南投中興新村有合作協議，若本團隊評估有需求且能夠進行情境驗證，屆時將請內政部協調安排情境驗證事宜。

5. 動態標準小組之實證成果以成大自駕車之資料為主，莊智清教授實驗室團隊已申請「無人載具科技實證運行補助計畫」之專案計畫，於臺南沙崙場域進行自駕車上路實驗。
6. 動態資料可包含即時路況、停車資訊、道路封閉、道路管制、災害及氣象示警等資訊，動態標準小組應用動態資料時應注意免責條款，說清楚介接資料來源及如何提供自駕車參考輔助。在確認納入資料範疇時，須同時與提供資料之單位確認資料品質是否經過驗證。

## 2.2.1 LDM 國際相關標準蒐集分析

LDM 之架構為自駕車地圖廣泛採用之概念，國外相關標準包括歐洲電信協會之 ETSI TR 102 863 標準及 ISO/TR 17424、ISO 18750 標準，請參考表 2.2。雖然各標準之運作模式及設計概念不盡相同，但整體而言，所需提供之資料內容大致相同。以下分別介紹各國際標準之重要內容。

表 2.2 參考 LDM 相關之國際標準列表

項次	標準名稱
1.	ETSI TR 102 863
2.	ISO/TR 17424
3.	ISO 18750

### 2.2.1.1 ETSI TR 102 863

歐洲電信協會(ETSR)於 2011 年公布 LDM 之標準 ETSI TR 102 863，作為為 ITS-S (ITS Station)內之概念資料庫，其內容主要儲存 ITS-S 環境周遭各種物體之位置與相關資訊。ETSI 將 LDM 定位是 ITS Station (ITS-S) 站台內的一個共享的動態區域地圖資料庫，裡面包含與 C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) 應用安全相關的資訊。由前述介紹可得知 LDM 是一種新的空間資料庫概念，呈現不同階層的地圖，包含靜態、半靜態、半動態及動態等不同分類之地圖圖層。當車聯網及 ITS-S 系統架構完成後，車輛的 ITS-S 可以廣泛獲取各類 LDM 資料，包括路側設施的 ITS-S、交控中心的 ITS-S 及車輛的 ITS-S 等各類資料，也就是說，LDM 構成 ITS 各種應用中的重要資訊來源，其架構示意圖如圖 2.1。

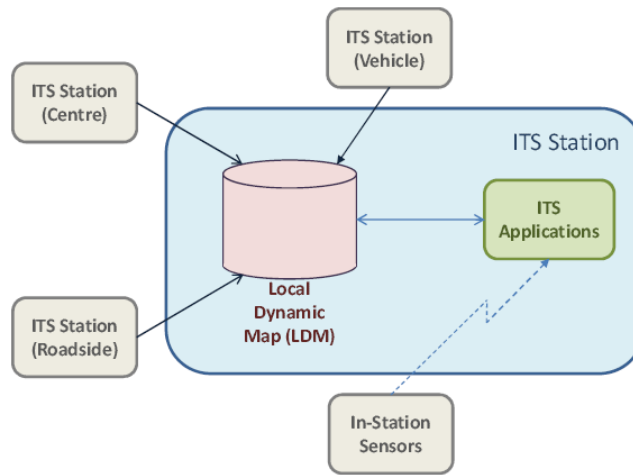


圖 2.1 LDM 與 ITS 站的資訊關係(摘錄自 ETSI TR 102 863, 2011)

LDM 將現實世界物體的各种資料分為以下四層：

1. permanent static data，可視為本研究定義之靜態高精地圖。
2. transient static data，半靜態資訊，描述狀態的位置維持靜止不變，更新頻率較低。
3. transient dynamic data，半動態資訊，描述狀態的位置可變，更新頻率較高。
4. highly dynamic data，即是 CAM (Cooperative Awareness Message)，為 ITS-S 之間傳遞資訊，其格式另有 ETSITS 102 637-2 標準，屬高度動態資訊。

上述四層資料之內容可參考表 2.3。第一層是靜態高精地圖，包含車道等級的道路幾何及路網，並涵蓋交通號誌、標誌、景點及公共服務(例如停車)之位置及類型。第二層主要是第一層靜態高精地圖因更新週期因素而未包含之交通號誌、標誌、景點及服務之位置及類型，當現實世界已新增相關之設施或現象，但時間未達到高精地圖更新週期，則由第二層半靜態資訊提供。

第三層則是臨時發生事件或天氣預警，包括事故、氣象、災害、預防性交通管制等各類影響交通之事件或預警，須提供相關資訊之位置及類型，也須提供相關之管制路段之位置(例如封閉或車道調整、調撥)，並包含臨時之標誌、號誌資訊，在輔助方面則提供停車之動態資訊。此外，第三層之動態資訊亦包括各種分鐘等級的交通輔助資訊，為各種不同的感測器所收集，經過物聯網方式彙整後，由權責單位發布成為資料服務(例如交通部依據各路側設施進行監測而得的即時路況服務)。第四層則是 ITS-S 之間傳遞的動態資訊，除了各類資訊以外，還包含 ITS-S 之當前速度、位置及方向。

LDM 定義之四層架構使得各種動態資訊可具有分類之基礎架構，動態資訊可依此架構具有基本之分類，但某一種動態資訊並非只能屬於哪一層，

層與層之間之差異主要是依據資料之更新週期或更新頻率，第一層或第二層之描述對象基本上位置是固定，第三層則是臨時性之動態資訊，或者第一層或第二層之描述對象之最新現況。以交通號誌而言，其號誌燈號現況可歸類於第三層，然而在第四層 CAM 資訊中，亦須包含 ITS-S 之間溝通之所有訊息，當中也包含交通資訊之燈號。美規 DSRC 相關標準 SAE J2735 中具有交通號誌之 SPaT 資料，提供車道與號誌燈號之關係，同樣可歸類於第四層。

表 2.3 ETSI TR 102 863 LDM 各層資料範例

Layer	資料名稱
Layer1	車道等級的道路幾何
	永久性本地景點(POI)和服務(包括公共停車)位置
	收費站位置
	限速標誌位置
Layer2	標誌及號誌之位置與資訊
	新增之標誌、號誌之位置與類型
	新增之景點(POI)和服務(包括公共停車)的位置
	收費站通行費
Layer3	道路施工的位置
	臨時交通號誌位置及資訊
	臨時限速之位置及資訊
	交通號誌之即時燈號
	災害位置及維度
	臨時道路方向變更或車道調撥
	臨時之景點 POI 和服務(包括公共停車)位置
	所有停車(永久性及臨時)之即時動態資訊
Layer4	範圍內所有 ITS-S 的當前速度、位置和方向

### 2.2.1.2 ISO/TR 17424 & ISO 18750

ISO/TR 17424 標準參考 ETSI 之定義，將其架構納入到 ISO ITS 相關標準內，因此對於 LDM 之基本架構，ISO 之 ITS 相關標準與 ETSI 是一致的。在 ISO 18750 標準中，LDM 的內部架構如圖 2.2 錯誤! 找不到參照來源。所示，LDM 的組成為 LDM 管理、介面、服務、維護和資料存儲，因此 LDM 除了具備動態地圖的功能以外，還具有與其他 ITS-S 的各種功能關係。

- ITS-S management entity：註冊及管理 LDM。
- ITS-S security entity：註冊、註銷和撤銷 ITS-S 申請，在註冊時驗證 ITS-S 申請所要求的存取權限，與 LDM service(LDM 服務)介接。
- ITS-S application process：新增、更新、刪除、存取、訂閱及訂閱時的通知，與 LDM service 介接。



- LDM service：管理註冊，註銷請求和撤銷 ITS-S 申請流程、存取請求中的安全檢查、管理 ITS-S 應用程序進程的存取請求(新增、更新、刪除、訂閱、查詢、通知)、將接收的資訊存儲在資料庫。
- LDM knowledge：具有詮釋資料，組成資料典，維護資料一致性，並且處理 ITS-S 應用程序的註冊事宜，具有 LDM 工具模組。
- LDM Maintenance：管理資料庫相關的資訊，支援對資料庫中的 LDM-DO 實體資料進行插入、更新、刪除，處理應用程式的需求。

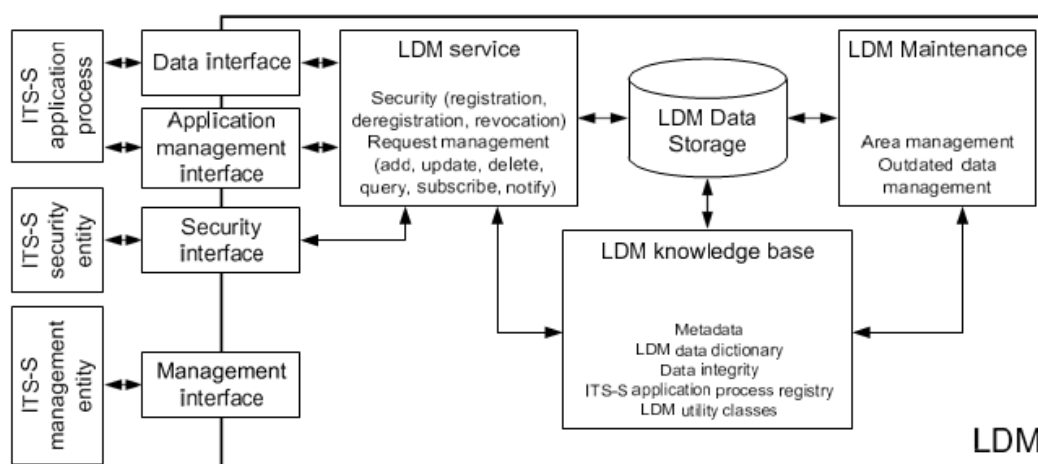


圖 2.2 LDM 架構(摘錄自 ISO 18750, 2018)

### 2.2.1.3 日本 SIP-adus 之 LDM 動態地圖發展現況分析

日本為研發並且推動自駕車產業，於 2014 年成立 SIP-adus 計畫(Cross-Ministerial Strategic Innovation Promotion Program Innovation of Automated Driving for Universal Services)，以國家重點政策大力推動自動駕駛系統之技術研究。降低交通事故死亡率為 SIP-adus 之首要任務，期望運用自動駕駛系統來支援駕駛者降低事故與遠離危險，以達成日本設定降低車禍死亡率、創造新服務讓日本的汽車工業更具競爭性、因應 2020 年東京奧運實現並商業化下一代之都市交通系統等目標，並預計在 2020 達到 SAE Level 3，2025 達到 SAE Level 4 之智能駕駛目標。在日本的自駕車發展體系當中，SIP-adus 作為核心，DMP 則肩負高精地圖之測繪任務。SIP-adus 在第一階段計畫(2014-2018)當中完成基礎建設，包括靜態高精地圖測繪(總計 760km 里程)、資訊安全的設計與部署、人機介面整合設計、行人交通意外避免、新世代交通運輸等重點項目，請參考圖 2.3。

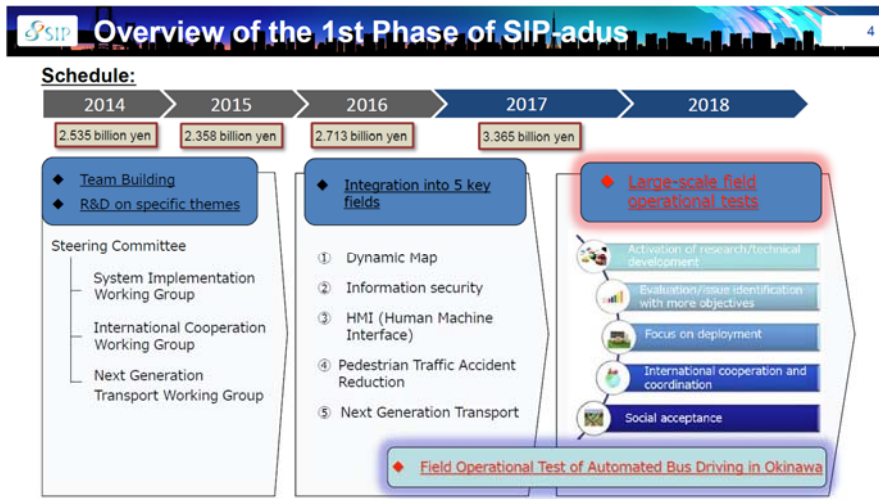


圖 2.3 SIP-adus 第一階段架構(擷取自 SIP-adus 簡報檔)

目前日本 SIP-adus 動態地圖之 LDM 包含四層，如圖 2.4。各層之說明如下：

1. 第一層之靜態高精地圖，更新資訊頻率須小於一個月。
2. 第二層為半靜態地資料，包括可變標誌資訊、概略天氣資料，更新資訊頻率小於 1 小時。
3. 第三層為半動態資訊，包括右邊藍色之可變號誌內容、意外、交通阻塞、更詳細之天氣資料，更新資訊頻率小於 1 分鐘。
4. 第四層為高度動態資訊，更新資訊頻率須小於 1 秒鐘。



圖 2.4 日本 SIP-adus 動態地圖架構(Sugimoto and Kuzumaki, 2019)

SIP-adus 所訂定之高精地圖相關規範包括靜態高精地圖(Map Data Specification)規範、編碼格式(Map Data Encoding Specification)，以及動態地圖的半動態/半靜態資料(Dynamic Map Semi-dynamic/Semi-static Information Data Specifications)規範。換句話說，除了 LDM 內的第 4 層動態資訊層，其

他3層已有訂定圖資規範，但並未於其網頁公開，未能取得其內容，將持續追蹤其推動之進度及嘗試取得相關資料。

- The Automated Driving System Map Data Specification Proposal Ver.1.1
- Automated Driving System Map Data Encoding Specification Proposal (Test Data Encoding Specifications) Ver.1.0
- Dynamic Map Semi-dynamic/Semi-static Information Data Specifications (Proposal) Ver.1.0

SIP-adus 第一階段是基礎建設，設計 LDM 架構作為動態地圖的基礎，其資料包含靜態高精地圖及其他三層之半靜態資料、半動態資訊及動態資訊，同時進行高精地圖之測繪，提供為大規模實驗之基礎。目前 SIP-adus 處於第二階段計畫(2019-2025)，SIP-adus 之研究報告顯示第二階段計畫須維護跟建構動態交通環境數據，請參考圖 2.5。藉由整合交通系統的各種動態資訊服務，提供自駕車所需要之動態資訊。資料包括 crowdsourcing(群眾外包)、跨部會情報提供、交通號誌情報提供等等，這些資料規範都定義在 SIP-adus 訂定的規範文件。

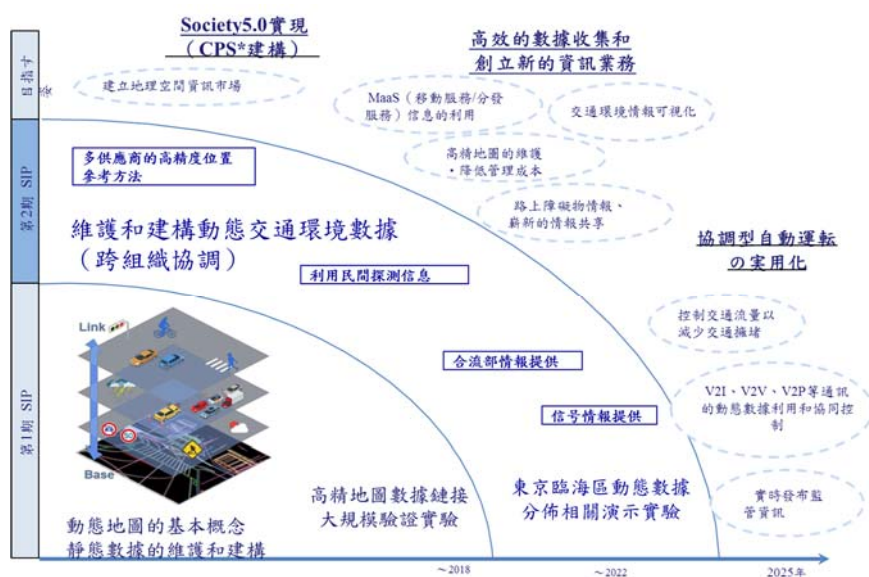


圖 2.5 SIP-adus 整體架構(擷取自「SIP-adus 研究開發計畫について」)

#### 2.2.1.4 車聯網與 LDM 之相關標準

車聯網(V2X)是動態地圖發展必須參考的國際標準，車聯網是指車對外界的信息交換，是一系列車載通訊技術的總稱，在美國又稱為 Connected Vehicle。V2X 包含車輛到車輛(Vehicle to Vehicle, V2V)、汽車對路側設備(Vehicle to Roadside, V2R)、車輛到基礎設施(Vehicle to Infrastructure, V2I)、汽車對行人(Vehicle to Pedestrian, V2P)、汽車對機車(Vehicle to Motorcycle, V2M)及汽車對公車(Vehicle to Transit, V2T)等六大類。

V2X 是低延遲的動態(目標是毫秒等級)資訊交換，如與 LDM 之架構做對應，其範疇屬於第四層之動態資訊。換言之，自駕車所應用之 LDM 第四層動態資訊與車載感測器、路側設施及 V2X 高度且各有不同標準。

目前 V2X 有兩種主流技術，一是短距無線通訊技術(Dedicated Short Range Communication DSRC)，二是蜂窩車聯網技術(C-V2X)，其中 DSRC 技術在美國及歐洲推動皆已有一段時間，技術較為成熟，又因此被稱為美規及歐規之 DSRC，請參考圖 2.6。圖左側是 ETSI 代表的歐規，傳輸內容為 CAM、DENM(Decentralized Environmental Notification Message)、MAP 及 SPAT(Signal Phase and Timing)等資料，圖右側是 SAE 與 IEEE 為主的美規，傳輸內容為 SAE J2735 及 SAE J2945 標準。可看出兩者採用技術有所不同，而最下層的實質網路層皆為 IEEE 802.11P 標準。



圖 2.6 DSRC 歐規與美規之比較(摘錄自 Anritsu EMEA, 2018)

C-V2X 之傳輸內容則另有其他相關標準，根據 GSA 統計，全球已有 25 個 C-V2X 案例正在進行試驗，包括美國密西根 V2V C-V2X radio performance tests、法國 Towards 5G、英國 UK CITE、西班牙 RACC track、德國 ConVeX、Mobilfunk、DT、Car2MEC、5G-CM、MEC pilot project、中國大陸 Car2X Wuzhen、ICV pilot projects、南韓 5G and cellular communication showcase trials 等，預計這些案例將有機會陸續於 2021 年前實現商用化。

DSRC 跟 C-V2X 車聯網於標準制定上雖具有不同之底層，但綜合 DSRC 與 C-V2X 這兩項技術的各種面向後，兩大標準的上層(應用端)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。

台灣車聯網產業協會(Taiwan Telematics Industry Association，簡稱 TTIA)目前有針對號誌控制器、交控中心至 Road Side Unit(RSU)之間的傳輸內容，制定一個名為號誌控制器與車聯網路側設施間資通訊標準 (Traffic Controller to Roadside Open Standard，簡稱 TCROS)，圖 2.7 所示，目前正研擬草案，TCROS 目標是使得交控中心或號誌控制器傳送到 RSU 之資訊可標準化，其內容包含地圖及 SPAT 資料。如 TCROS 之記錄內容已標準化，可

搭配 SAE J2735、SAE J2945 標準，使 RSU 與車載 OBU 之間傳遞之地圖及 SPaT 資訊可具有一致之內容。

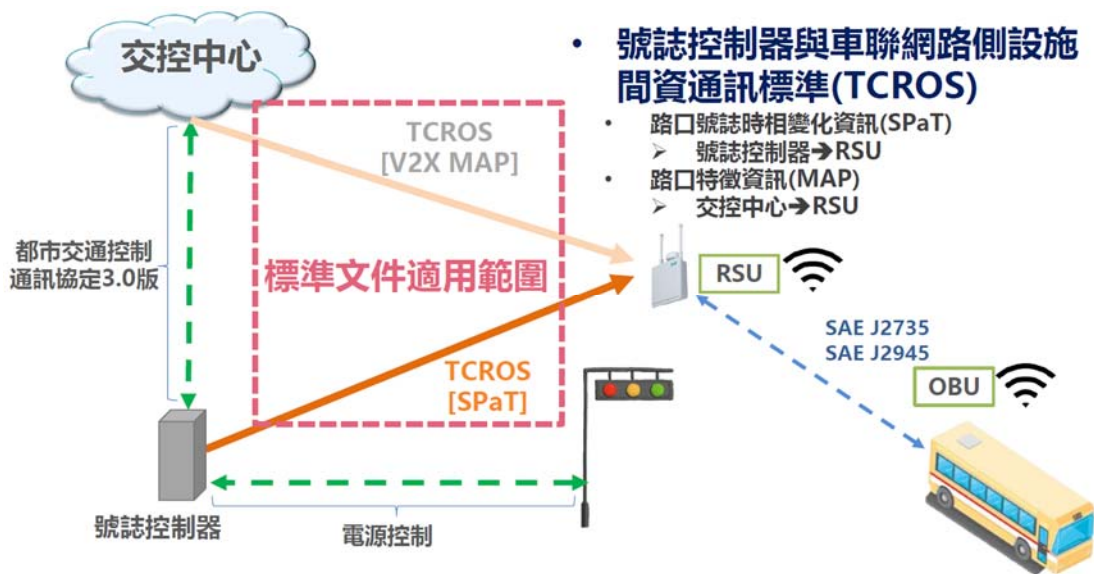


圖 2.7 TCROS 標準示意圖

## 2.2.2 動態地圖標準之 LDM 規劃

基於前述 LDM 相關標準之分析，可歸納 LDM 第四層動態資訊傳輸內容及標準將依據採用之 V2X 技術而有所不同，而目前德國、美國、英國、日本、南韓等先進國家亦沒有訂定 LDM 第四層傳輸內容之趨勢，因此建議動態地圖標準以第二層半靜態及第三層半動態之內容為範疇，制定相關內容，第四層先不納入本計畫動態地圖標準之範疇。

ISO 所公布之動態地圖相關標準隸屬智慧運輸系統的生態系，其架構包括 ITS 系統之設計及套件，不單僅是設計動態地圖之 LDM 架構，若要參考 ISO 相關標準，則可能需要引入較龐大之 ITS 設計，需要尋求更廣之跨領域共識。本團隊因此建議本案動態地圖相關標準可參考 ETSI 之 LDM 架構，暫以資料內容為主，依據國內需求及現有發布之動態資訊自行定義半靜態及半動態之適用資料，提供動態地圖發展之基礎，暫不直接採用 ISO 國際標準之架構。

## 2.2.3 動態地圖標準之範疇

動態地圖標準之範疇決定可納入之資料種類，以對自駕車有直接影響之動態資訊為主，經本團隊蒐集分析且於工作會議討論決策後，目前優先納入之動態資訊可分為兩大套件(package)：「輔助」及「事件」，輔助內包含停車及路況兩大資訊，輔助類型之動態資訊主要用以協助自駕車進行一般決策評估之參考，例如車速狀態、可使用停車位、路徑規劃等。事件套件則主要描述可能影響道路行進之事件，主要分為 3 個子類別：道路管制、災害及氣象

示警，道路管制包含各種人為的道路施工、道路封閉、事故及活動。災害則為由權責單位所預先發布之災害示警或已發生之災害事件，兩者之存在均可能對自駕車之運作造成影響。氣象示警主要為氣象之狀態，可能影響行車之安全。事件類型之動態資訊主要供自駕車判斷在其規劃之路徑當中，道路是否仍可通行(車道等級)或完全封閉，道路是否受到特定災害或氣象影響，是否有交通管制(管制之時間及範圍)，使其可做出改變路徑之判斷。當可取得之半靜態及半動態資訊愈完整，自駕車就可更迅速做出回應，甚至預先進行修正。

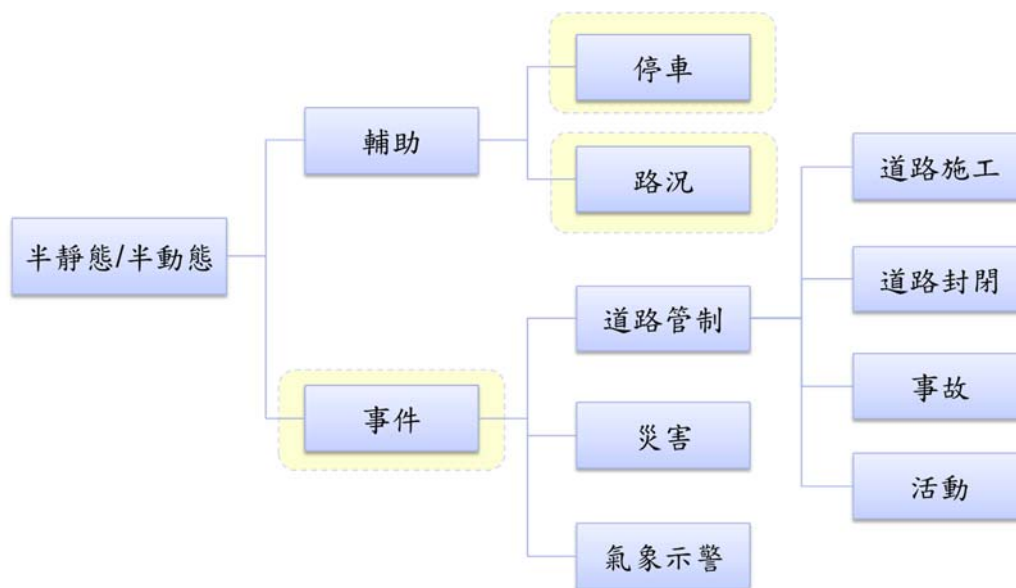


圖 2.8 動態地圖標準之動態資訊分類架構

表 2.4 動態地圖標準各類別之介接服務來源

套件	類別	子類別	介接服務來源	發布單位
輔助	停車	-	停車服務	交通部
	路況	-	即時路況服務	交通部
事件	道路管制	道路施工	道路管線挖掘資訊平台	內政部營建署
		道路封閉	交通事件服務	交通部
		事故	交通事件服務	交通部
		活動	交通事件服務	交通部
	災害	-	CAP-TWP	NCDR
	氣象示警	-	CAP-TWP、警特報	氣象局

為順利推動動態地圖之各類資訊，須藉助各類權責單位所發布之資訊，因此理想條件為該類資料已有權責單位、該權責單位會持續提供資訊，且已具有標準化之綱要架構及服務 API 介面。經審慎評估後，介接服務來源包括交通部之停車服務、即時路況服務、交通事件服務(目前僅於臺南市、高雄市

試辦)，營建署之道路管線挖掘，NCDR 所發布之災害 CAP-TWP 資料，氣象局發布的 CAP-TWP 資料、警特報等，相關服務與動態地圖標準之對應情形請見表 2.4。由目前納入動態地圖之相關資訊，可提供動態之輔助資訊(路況車速、停車資訊)，及道路管制資訊(各類事件造成交通堵塞、管制、封閉)或警報(氣象、災害預警)資訊，使得自駕車除了靜態高精地圖以外可掌握更多動態資訊，在路徑規劃、停車等情境時可提供進一步之決策參考，以避開危險路段或交通壅塞路段。以下分別介紹各介接服務來源。

### 2.2.3.1 即時路況資料標準

為了促進不同層級之相關交通單位所發布之即時交通資訊格式統一，交通部在 2018 年公布「即時路況資料標準 V2.0」，該標準定義各級交通資訊中心與交通控制中心所發布之路側設施及多元資訊之格式內容及更新頻率。各級交控中心之路況資訊已彙整至交通部的即時路況平台 (<https://traffic.transportdata.tw/>)，需要即時路況的各使用者及應用端程式可由 M2M (Machine to Machine) 之方式向即時路況平台，透過 API 查詢取得符合標準格式之即時路況，此即時路況資料標準所涵蓋之資料種類如圖 2.9 所示，涵蓋路側設施資訊、多元資訊、路況發布與最新消息。路側設施資訊包含車輛偵測器、閉路電視、資訊可變標誌、自動車輛辨識、電子標籤等，多元資訊包含 GVP 即時路況動態資訊、CVP 即時路況動態資訊。

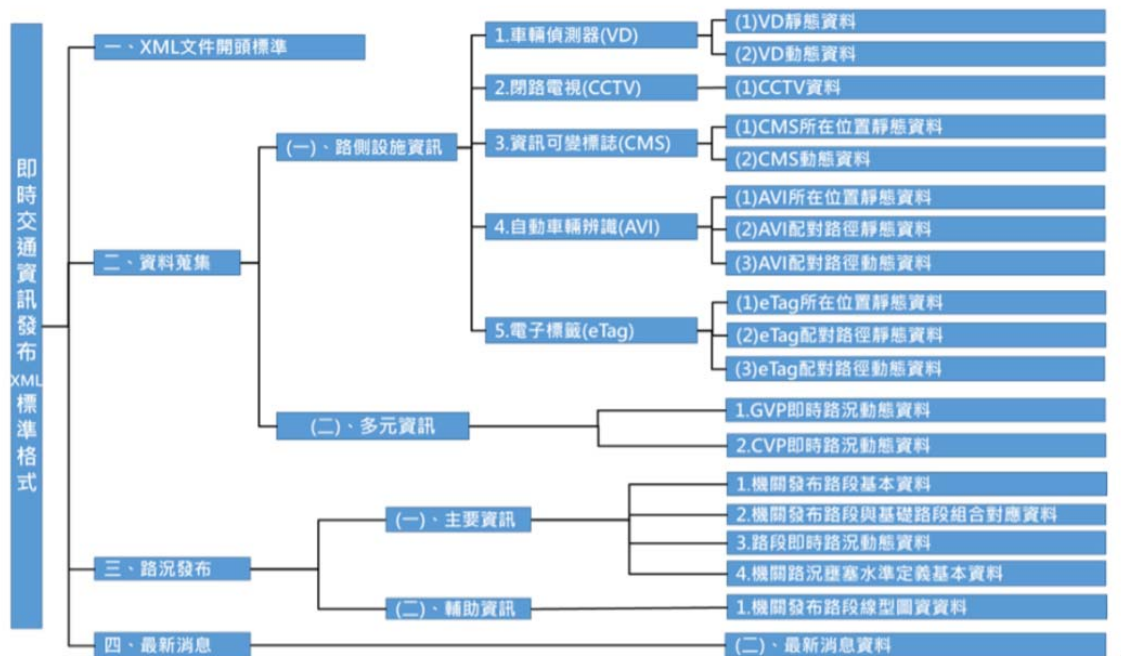


圖 2.9 即時路況資料種類(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

各資料之更新週期如表 2.5 所示，所有交換項目每天第一筆資料之更新時間為 00:00:00 AM，陸續更新時間再依據每項交換項目之更新週期決定。例如「路段動態資訊」每天更新時間依序為 00:00:00、00:01:00、00:

02:00、...，而「VD 一分鐘動態資訊」則每天更新時間依序為 00:00:00、00:01:00、00:02:00、...。本次規劃之草案選用下表藍底的七種動態資訊，再搭配該資料相關的靜態資料，提供自駕車完整的即時路況資訊。

表 2.5 即時路況資料更新頻率(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

資料分類	資料項目名稱	更新週期	資料檔案名稱
路側設施	VD 靜態資料	每天	VD.xml
路側設施	VD 動態資訊	1 分鐘(註)	VDLive.xml
路側設施	CCTV 資料	每天	CCTV.xml
路側設施	CMS 所在位置靜態資料	每天	CMS.xml
路側設施	CMS 動態資訊	2 分鐘	CMSLive.xml
路側設施	AVI 所在位置靜態資料	每天	AVI.xml
路側設施	AVI 配對路徑靜態資料	每天	AVIPair.xml
路側設施	AVI 配對路徑動態資訊	5 分鐘	AVIPairLive.xml
路側設施	eTag 所在位置靜態資料	每天	ETag.xml
路側設施	eTag 配對路徑靜態資料	每天	ETagPair.xml
路側設施	eTag 配對路徑動態資訊	5 分鐘	ETagPairLive.xml
多元資料	GVP 路段即時路況動態資訊	5 分鐘	GVPLiveTraffic.xml
多元資料	CVP 路段即時路況動態資訊	5 分鐘	CVPLiveTraffic.xml
路段發布	機關發布路段基本資料	每天	Section.xml
路段發布	機關發布路段與基礎路段組合對應資料	每天	SectionLink.xml
路段發布	路段即時路況動態資訊	1 分鐘	LiveTraffic.xml
路段發布	機關路況壅塞水準定義基本資料	每天	CongestionLevel.xml
路段發布	機關發布路段線型圖資資料	每天	SectionShape.xml
最新消息	最新消息資料	不定期	News.xml

交通部所發布之即時路況資料是以 LinkID 為基本單元，但高公局之國道及公路總局之省道之發布路況則多以交流道與交流道間及省道為基礎，其路況發布即可依照自定義之發布路段(Section)來發布。以下依序針對圖資線段(Segment)、基礎路段(Link)、路況發布用發布路段(Section)及道路(Road)間之差異來做說明，如圖 2.10 所示

1. SegmentID: 線段編碼。為路網數值圖資中的基本線段，如臺灣通用電子地圖。其分段原則為圖資節點到節點。



2. LinkID：交通資訊基礎路段編碼。為交通部所發布用的交通資訊基礎路段。其分段原則以改變均勻車流之節點為「道路分段點」，原則以匝道(A1)、平交道 (A2)、隧道(A3)、橋梁(A4)、平面道路路口(A5)、地下道(A6)與 1 公里路長上限(B1) 等，外加縣市界(B2)等共計 8 類為分段點，並視應用之必要性進行調整。
3. SectionID：發布路段編碼。為道路交通管理機關，以路況蒐集、發布及交通管理需求所定義之發布路段，如高公局、公路總局等。其分段原則一般都是路口到路口、閘道到閘道、門架到門架。
4. RoadID：道路編碼。為全國道路的基本資料，如台 1 線、國 1 及國 3 等。



圖 2.10 Segment-Link-Section-Road 資料代表涵義示意圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

車輛偵測器(VD)、車道(Lane)、基礎路段(Link)與路況發布用發布路段(Section)間之關係可以圖 2.11 說明：

1. 每一個車輛偵測器(VD)可視為一個偵測站(station)，基本上它能夠偵測單一方向及多個車道(Lane)的動態車流資訊，所以在 VD 動態資訊中可以得到逐車道級別的車流數據，包含速度 Speed、流量 Volume 與佔有率 Occupancy。
2. 車輛偵測器(VD)通常被裝置在單一基礎路段(Link)資訊上，因此經由車輛偵測器(VD)所偵測到的車流動態數據後，再經過計算，即可轉換到此基礎路段之即時路況資訊(旅行時間、旅行速度)。
3. 路況發布路段(Section)基本上由多個基礎路段(Link)所組成，再經過轉換機制，即可得到此發布路段的即時路況資訊。

4. 經由以上說明可以得知經車輛偵測器(VD)測得數據，其數據對應之空間單元，最大的是路況發布路段 Section Level、其次是基礎路段 Link Level、再者是站點 Station Level，最細緻的是車道 Lane Level。

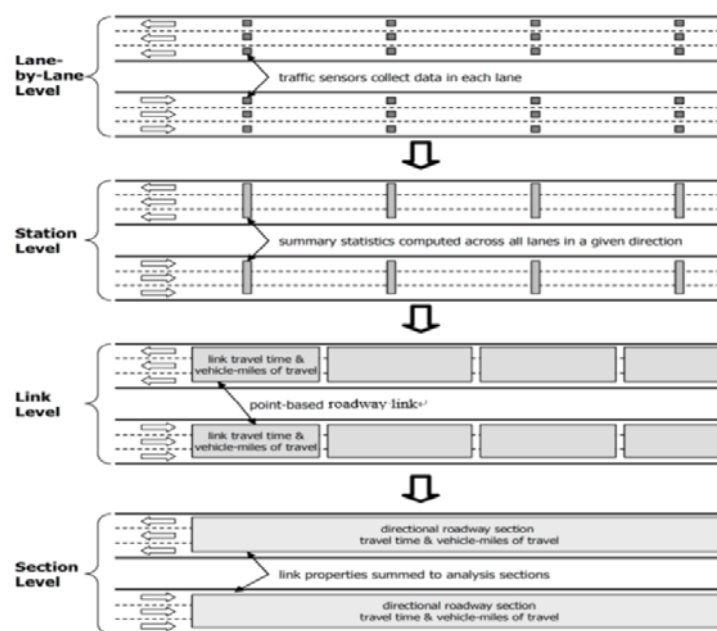


圖 2.11 路段關係圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

以下是即時路況服務之七種動態資訊與其對應的靜態資料說明:

1. 車輛偵測器(VD):

車輛偵測器的位置如圖 2.12 紅箭頭處，其位置可能會被安裝在路側、道路中央分隔島或快慢分隔島等其他位置來進行偵測。同時可以進行不同車道的偵測，如圖 2.12 情況，其可偵測到的車道為 Lane0、Lane1 與 Lane2，並且會對應到不同的車道類型，如公車專用道或一般車道等。

另外，每一個車輛偵測器都會記載著所能偵測到的路段代碼，偵測單元為 LinkID，若該偵測器為能偵測雙向道路的偵測器，則會有兩筆不同的 LinkID 資料。如下圖情況，其所偵測到的 LinkID 為 300020000080F 與 300020100080F。

而高公局或公路總局所發布的即時路況如同前面所說明的，經由計算 VD 偵測之每一段 LinkID 動態資訊後，即可得到該 SectionID 的動態資訊，如圖 2.7 所示，相關機關即可發布 SectionID 為 11-0020-003-01F 與 SectionID 為 11-0020-003-01D 之即時路況。

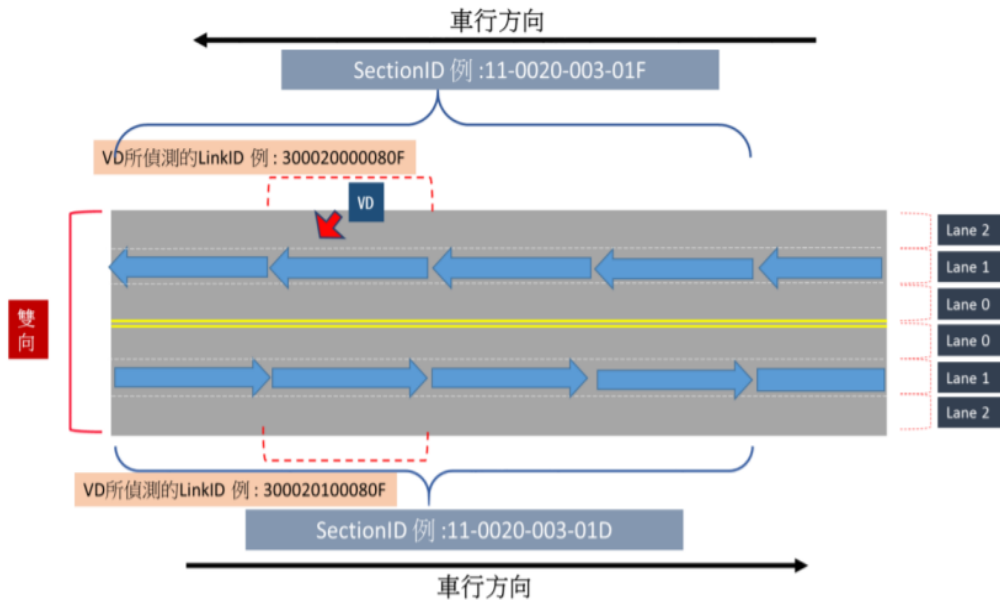


圖 2.12 VD 偵測雙向示意圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

VD 資料類型主要可以分為靜態與動態兩部分。其概念可由圖 2.13 之 VD(車輛偵測) UML 圖來表示，紅框為靜態、藍框為動態，其包含的資料內容如下說明。

- 靜態部分:

- i. VDDType VD 靜態資訊資料型別: 用以說明 VD(車輛偵測)設備屬性資料，內容包含設備代碼(VDID)、是否為雙向偵測(BiDirectional)、設備在該基礎路段代碼所能偵測之車流(DetectionLinks)、VD 類別(VDDType)、設置地點位置類型(LocationType)、車流偵測類型(DetectionType)、設備架設置(PositionLon、PositionLat)、道路代碼(RoadID)、道路名稱(RoadName)、道路分類(RoadClass)、所在道路路段描述(RoadSection)、所在方向里程數(LocationMile)及路側設備佈設簡圖 URL(LayoutMapURL)。
- ii. DetectionLinkType 設備所能偵測車流之基礎路段代碼資料型別:描述該設備可偵測到基礎路段代碼(LinkID)，基礎路段方位(Bearing)、基礎路段所屬道路方向(RoadDirection)、設備於該方向基礎路段可偵測到的車道數(LaneNum)及該方向基礎路段的實際車道數(ActualLaneNum)。

- 動態部分

- i. VDLiveType VD 動態資訊型別:描述 VD(車輛偵測)所取得的當前路況資訊，內容包含設備代碼(VDID)、路段車

流偵測資訊(LinkFlows)、當前設備的狀態(Status)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。

- ii. LinkFlowType 路段車流偵測資訊型別:描述 VD(車輛偵測)在各個基礎路段代碼(LinkID)中，所偵測到所有車道中的車流資訊。
- iii. LaneType 車道資訊資料型別:描述 VD(車輛偵測)在各個基礎路段代碼中，所偵測到交通部「即時路況資料標準」各車道中的所有車種的車流資訊，內容包含車道代碼(LaneID)、車道種類(LaneType)平均速率偵測值(Speed)、佔有率偵測值(Occupancy)及車道內車輛資訊(Vehicles)。
- iv. VehicleType 偵測車輛數資料型別:描述 VD(車輛偵測)在各個基礎路段代碼中，所偵測到的各車道中各個車種的車流資訊，內容包含車種代碼(VehicleType)、流量偵測值(Volume)及平均速率偵測值(Speed)。

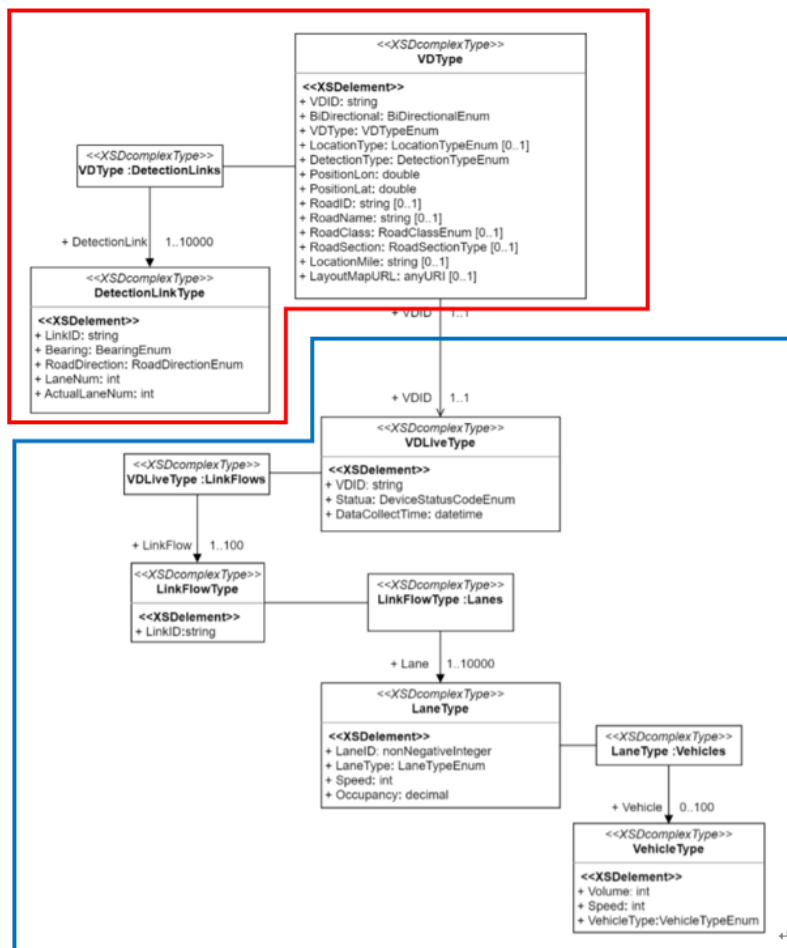


圖 2.13 VD (車輛偵測器)UML 圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

## 2. 資訊可變標誌(CMS)

CMS 之概念如圖 2.14，即為平時用路人可能會在道路上看到的一些交通電子資訊看板，其包含不同類型的交通訊息種類，如施工資訊、事故資訊或壅塞資訊等等。



圖 2.14 CMS 示意圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

CMS 資料類型主要可以分為靜態與動態兩部分。其概念可由圖 2.15 之 CMS (資訊可變標誌) UML 圖來表示，紅框為靜態、藍框為動態，其包含的資料內容如下說明。

- 靜態部分:

- i. CMSType CMS 所在位置靜態資訊資料型別:用以說明 CMS(資訊可變標誌)設備屬性資料，內容包含設備代碼(CMSID)、設備所在基礎路段代碼(LinkID)、設置地點位置類型(LocationType)、設備架設位置坐標(PositionLon、PositionLat)、道路代碼(RoadID)、道路名稱(RoadName)、道路分類(RoadClass)、所屬道路方向(RoadDirection)、所在道路路段描述(RoadSection)、所在方向里程數(LocationMile)、路側設備佈設簡圖 URL(LayoutMapURL)。

- 動態部分:

- i. CMSLiveType CMS 動態資訊型別:描述 CMS(資訊可變標誌)目前發布的訊息內容及狀態，內容包含設備代碼(CMSID)、訊息發布狀態(MessageStatus)、循環訊息內容(Messages)、設備狀態(Status)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。
- ii. MessageType 循環訊息內容資料型別:描述 CMS(資訊可變標誌)目前發布的正在循環的訊息內容，內容包含訊息種類(Type)、顯示優先順序(Priority)、文字訊息(Text)及圖片(Image)訊息。

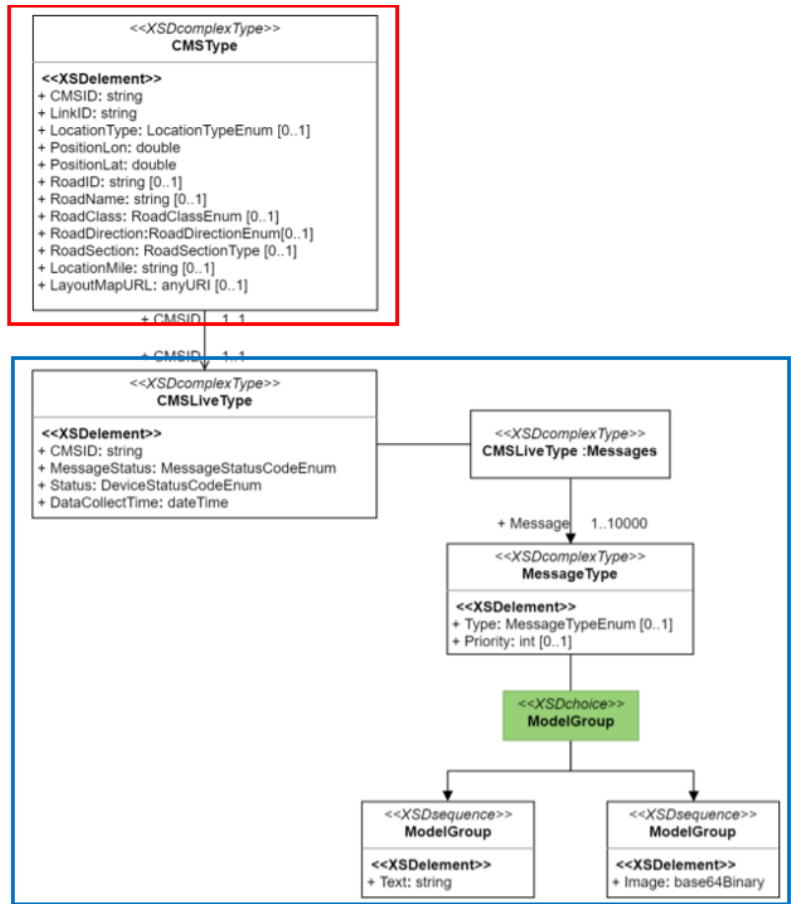


圖 2.15 CMS (資訊可變標誌)UML 圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

### 3. AVI 車輛自動識別

AVI 為車輛自動辨別系統，意即透過起訖點兩個 AVI 設備之車牌影像辨識技術來進行相同車輛的偵測，並計算出旅行時間，即可得知目前該路段之路況資訊。概念如圖 2.16，先抓取起訖點的 AVI 偵測器的 10 分鐘範圍資料...

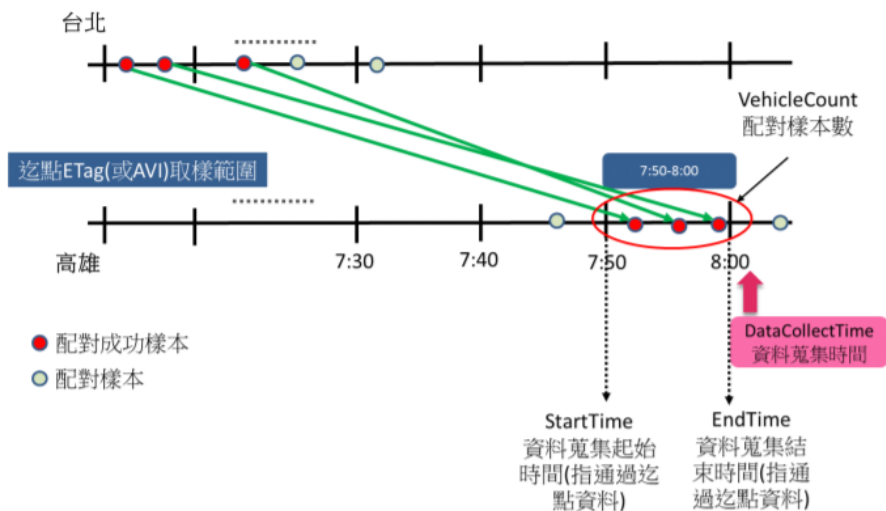


圖 2.16 AVI / ETag 旅行時間示意圖

AVI 資料類型主要可以分為靜態與動態兩部分。其概念可由圖 2.17 之 AVI(配對路徑) UML 圖來表示，紅框為靜態、藍框為動態，其包含的資料內容如下說明。

- 靜態部分:

- i. AVIType AVI 所在位置靜態資訊資料型別:用以說明 AVI(車輛自動識別)設備屬性資料內容，內容包含設備代碼(AVIID)、設備所在基礎路段代碼(LinkID)、設置地點位置類型(LocationType)、辨識設備架設位置坐標(PositionLon、PositionLat)、道路代碼(RoadID)、道路名稱(RoadName)、道路分類(RoadClass)、所屬道路方向(RoadDirection)、所在道路路段描述(RoadSection)、所在方向里程數(LocationMile)及路側設備佈設簡圖 URL(LayoutMapURL)。
- ii. AVIPairType AVI 配對路徑靜態資訊資料型別:用以說明 AVI(車輛自動識別)在該條路徑上所配對的兩個設備間的屬性資料內容，內容包含 AVI 配對路徑代碼(AVIPairID)、配對起始點設備代碼(StartAVIID)、配對結束點設備代碼(EndAVIID)、配對路徑文字描述(Description)、配對路徑長度(Distance)、配對路徑所涵蓋之基礎路段代碼組合(起迄之基礎路段代碼(StartLinkID 及 EndLinkID、LinkIDs、SectionID 三選一)及配對路徑線型圖資資料(Geometry)。

- 動態部分:

- i. AVIPairLiveType AVI 配對路徑動態資訊型別:描述 AVI(車輛自動識別)在該條路徑上所配對的兩個設備間的狀態及旅行時間，內容包含資料 AVI 配對路徑編號(AVIPairID)、兩端設備的狀態(StartAVIStatus、EndAVIStatus)、平均旅行時間(TravelTime)、配對成功樣本數(VehicleCount)、配對樣本數之旅行時間標準差(StandardDeviation)、資料蒐集起始時間(StartTime)、資料蒐集結束時間(EndTime)、資料蒐集時間(DataCollectTime)。

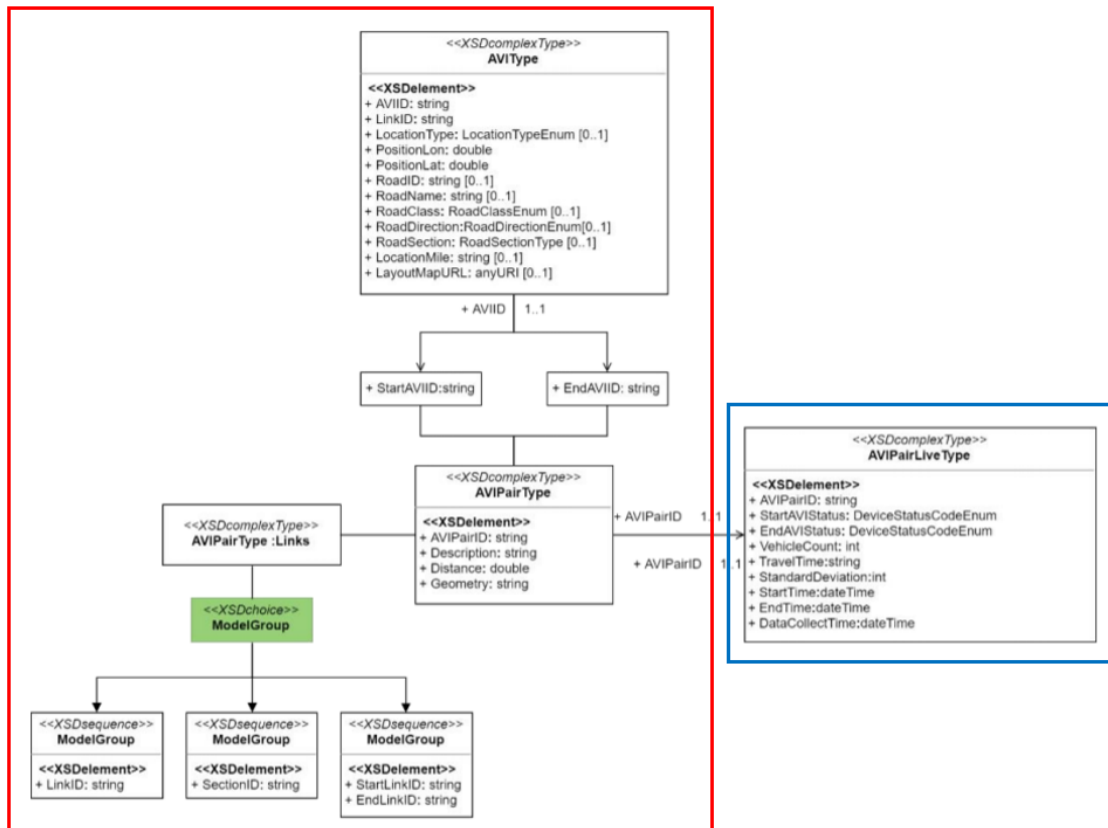


圖 2.17 AVI(車輛自動識別)UML 圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

#### 4. eTag 配對路徑資料

eTag 為電子標籤，意即透過起訖點兩個 eTag 設備來進行車輛的偵測，並計算出不同車種的旅行時間，即可得知目前該路段之路況資訊。概念與 AVI 配對路徑相同，如圖 2.16。

eTag 資料類型主要可以分為靜態與動態兩部分。其概念可由圖 2.18 之 eTag(電子標籤)UML 圖來表示，紅框為靜態、藍框為動態，其包含的資料內容如下說明。

- 靜態部分:

- i. ETagType ETAG 所在位置靜態資訊資料型別:用以說明 ETag(電子標籤)門架的屬性資料內容，內容包含設備代碼(ETagGantryID)、設備所在基礎路段代碼(LinkID)、設置地點位置類型(LocationType)、辨識設備架設位置坐標(PositionLon、PositionLat)、道路代碼(RoadID)、道路名稱(RoadName)、道路分類(RoadClass)、所屬道路方向(RoadDirection)、所在道路路段描述(RoadSection)、所在方向里程數(LocationMile)及路側設備佈設簡圖 URL(LayoutMapURL)。



- ii. ETagPairType ETag 配對靜態資訊資料型別 ETag(電子標籤):用以說明 ETag(電子標籤)在該條路徑上所配對的兩個門架間的屬性資料內容，內容包含 ETag 配對路徑代碼 (ETagPairID)、配對起始點設備代碼 (StartETagGantryID)、配對結束點設備代碼 (EndETagGantryID)、配對路徑文字描述(Description)、配對路徑長度(Distance)、配對路徑所涵蓋之基礎路段代碼組合(起迄之基礎路段代碼(StartLinkID 及 EndLinkID、LinkIDs、SectionID 三選一)及配對路徑線型圖資資料 (Geometry)。
  - iii. VehicleType 偵測車輛數資料型別:描述 ETag(電子標籤)門架各個車種的交通量。
- 動態部分:
- i. ETagPairLiveType ETag 配對路徑動態資訊型別:描述 ETag(電子標籤)在該條路徑上所配對的兩個門架間的狀態及所有車種的旅行時間，內容包含資料 ETag 配對路徑編號(ETagPairID)、兩端設備的狀態(StartETagStatus、EndETagStatus)、偵測車流資訊(Flows)、資料蒐集起始時間(StartTime)、資料蒐集結束時間(EndTime)、資料蒐集時間(DataCollectTime)。
  - ii. FlowType 偵測車流資訊資料型別:描述 ETag(電子標籤)在該條路徑上所偵測到各個車種的車流資訊，內容包含車種代碼(VehicleType)、平均旅行時間(TravelTime)、平均車速(SpaceMeanSpeed)及配對樣本數(VehicleCount)、配對樣本數之旅行時間標準差(StandardDeviation)。

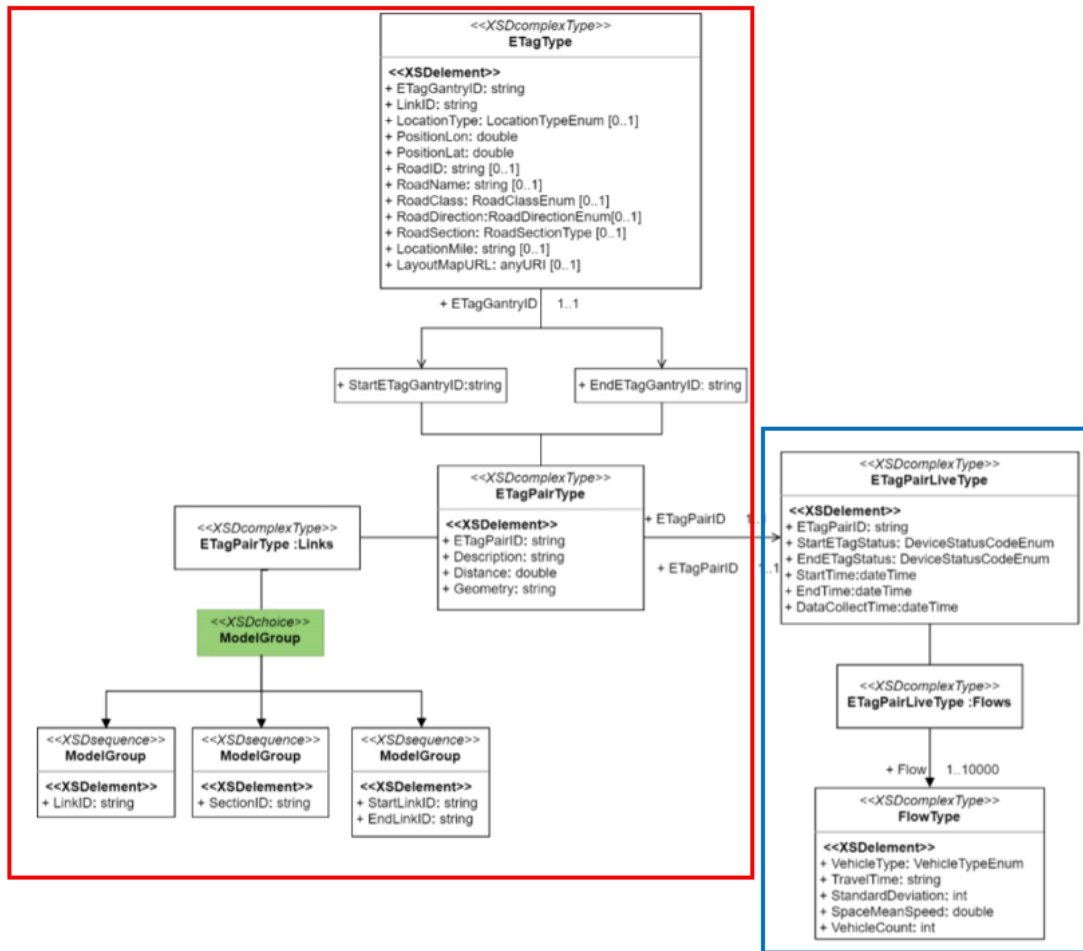


圖 2.18 eTag(電子標籤)UML 圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

## 5. CVP 即時路況動態資訊

CVP 即為手機網路信令探偵，其概念是以手機基地台為基礎的方式，來偵測即時路況。連續追蹤手機的定位資訊並計算某路斷之車流狀態，進而判斷目前交通是否順暢或壅塞等。

CVP 之資料類型僅有動態部分，其 UML 如圖 2.19 表示。其包含的資料內容如下說明。CVPLiveTrafficType CVP 即時路況動態資訊型別:描述該機關所定義的發布路段透過 CVP 所獲得的即時路況動態資訊，其資訊應包含樣本數之旅行時間標準差(StandardDeviation)、機關發布路段代碼(SectionID)、機關基礎路段代碼集合(LinkIDs)、路段平均旅行時間(TravelTime)、路段平均旅行速度(TravelSpeed)、即時路況資訊來源樣本數(SampleSize)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。

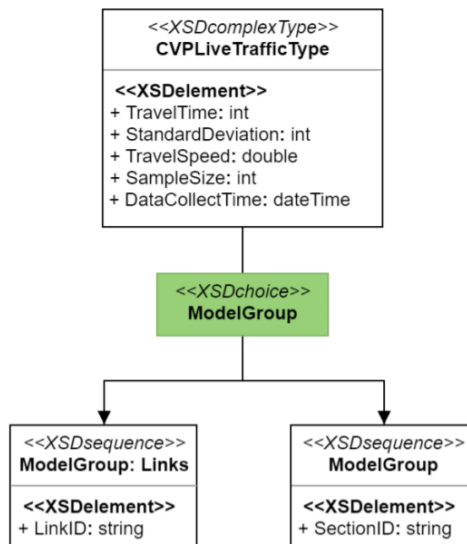


圖 2.19 CVP UML 圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

## 6. GVP 即時路況動態資訊

GVP 即為車載 GPS 探偵，其概念是透過 GPS 定位資訊進行追蹤並計算車速，進而可以判斷目前該路段是否順暢或壅塞。

GVP 之資料類型僅有動態部分，其 UML 如圖 2.20 表示。其包含的資料內容如下說明。GVPLiveTrafficType GVP 即時路況動態資訊型別:描述該機關所定義的發布路段透過 GVP 所獲得的即時路況動態資訊，其資訊應包含樣本數之旅行時間標準差(StandardDeviation)、機關發布路段代碼(SectionID)、機關基礎路段代碼集合(LinkIDs)、路段平均旅行時間(TravelTime)、路段平均旅行速度(TravelSpeed)、即時路況資訊來源樣本數(SampleSize)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。

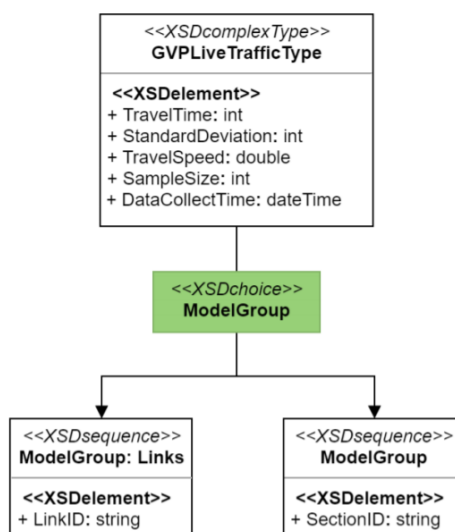


圖 2.20 GVP UML 圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

## 7. 路段即時路況動態資訊

GVP 即為車載 GPS 探偵，其概念是透過 GPS 定位資訊進行追蹤並計算車速，進而可以判斷目前該路段是否順暢或壅塞。

路段即時路況動態資訊，其 UML 如圖 2.21 表示。其包含的資料內容如下說明。

- i. LiveTrafficType 路段即時路況動態資訊型別:描述該機關所定義的發布路段或是該處的基礎路段代碼所代表的即時路況動態資訊，其資訊應包含機關發布路段代碼(SectionID)、基礎路段代碼(LinkID)、路段平均旅行時間(TravelTime)、路段平均旅行速度(TravelSpeed)、壅塞級別(CongestionLevel)、壅塞水準組別代碼(CongestionLevelID)、即時路況資訊來源種類(DataSources)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。
- ii. DataSourcesType 即時路況資訊來源種類型別:描述該機關透過何種資料來源來計算出該路段之即時路況，其資訊應包含是否包含歷史資料(HasHistorical)、是否包含 VD 資料(HasVD)、是否包含 AVI 資料(HasAVI)、是否包含 ETag 資料(是否包含 ETag 資料)、是否包含 GVP 資料(HasGVP)、是否包含 CVP 資料(HasCVP)及是否包含其他多元路況資料(HasOthers)。

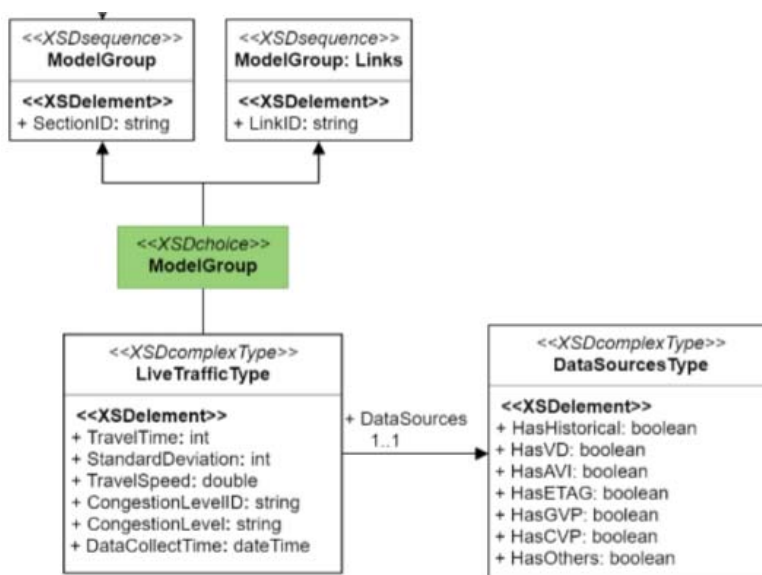


圖 2.21 路段即時路況動態資訊 UML 圖(摘錄自交通部即時路況資料標準 V2.0)

### 2.2.3.2 停車資料標準

交通部另一資料標準為停車資料標準。為了健全停車資訊交流與通透性，落實停車資訊共用分享，故交通部在 2019 年發布了「停車資料標準」，其內容涵蓋路外停車及路邊停車，可描述停車格之空間位置及屬性，各單位可藉此發展停車管理系統。停車資料架構如圖 2.22，而路外停車又可分為停車場與停車格位；路邊停車又可分為停車路段與停車格位。

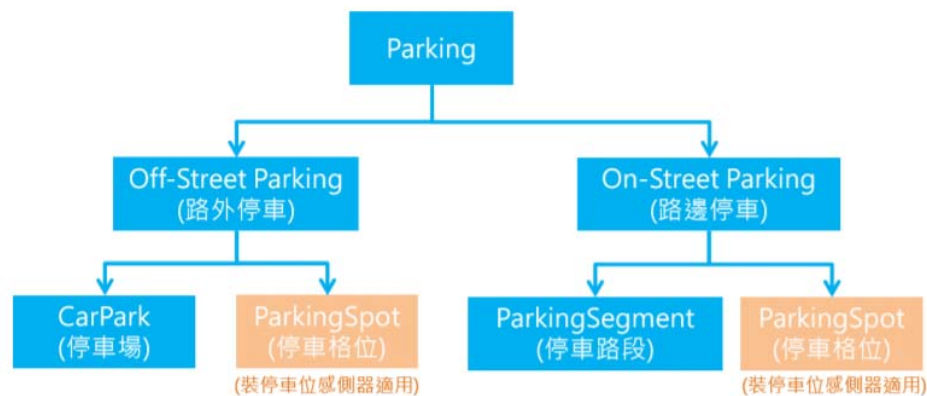


圖 1 停車資料標準架構示意圖

圖 2.22 停車資料架構圖(摘錄自交通部停車資料標準)

此標準目前已有許多單位開始發展智慧停車系統，包括臺北市政府、新北市政府及桃園市政府，如圖 2.23 為新北市政府建立之系統，可顯示查詢路邊停車格之資訊。



圖 2.23 新北市應用停車資料標準進行停車管理(摘錄自交通部停車資料標準)

路外停車資料:包含停車場基本資料(Carpark)、停車場出入口資料(ParkingEntranceExit)、停車場設施資料(ParkingFacility)、停車場售票服務資料(ParkingTicketing)、停車場車位數資料(ParkingSpace)、停車場費率資料

(ParkingRate)、停車場營業時間資料(ParkingServiceTime)、停車場剩餘位動態資訊(ParkingAvailability)、停車場格位基本資料(ParkingSpot)與停車場格位動態資訊(ParkingSpotAvailability)。在這些資料中，具有空間屬性的有停車場基本資料以及出入口資料，其資料內容為代表點坐標(WGS84)。請參考圖 2.24。

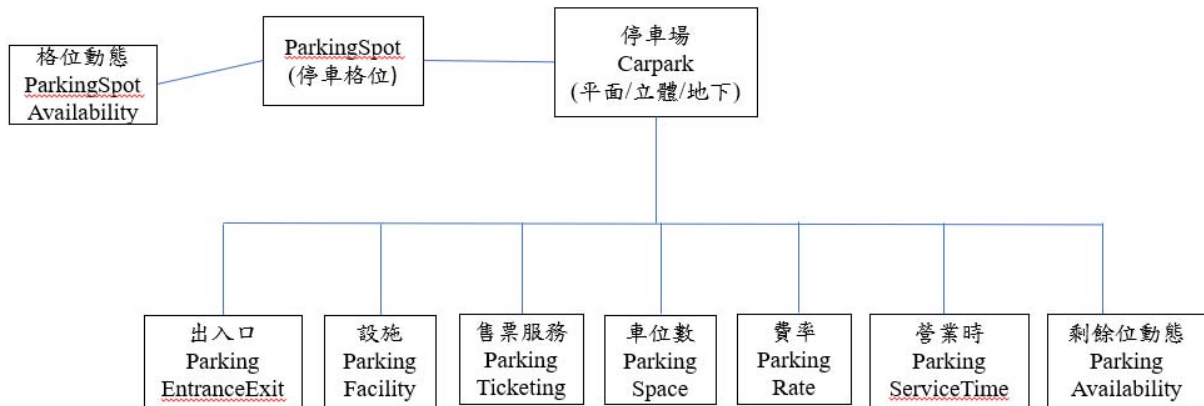


圖 2.24 路外停車資料架構圖

路外停車場剩餘位動態可以提供一個停車場之剩餘位資訊，圖 2.25 是剩餘位動態之範例資料，透過此範例資料可以得知其為停車場代碼為 001 且名稱為府前地下停車場之剩餘位動態資訊，可以看出第一筆即時剩餘停車位資料為小客車 (SpaceType:1)，可以看出目前還有 37 個空位 (AvailableSpaces:37);第二筆資料為機車位(SpaceType:2)，目前剩餘車位為 0，其餘以此類推。接著可以得知該停車場目前營業中(ServiceStatus:1)，而停車場格位狀態目前尚有空位(FullStatus:0)，最終可看到資料蒐集時間為 2017-05-03 17:29:08+08:00。

```

<ParkingAvailabilityList>
  <UpdateTime>2017-05-03T17:30:08+08:00</UpdateTime>
  <UpdateInterval>86400</UpdateInterval>
  <AuthorityCode>TPE</AuthorityCode>
  <ParkingAvailabilities>
    <ParkingAvailability>
      <CarParkID>001</CarParkID>
      <CarParkName>
        <Zh_tw>府前廣場地下停車場</Zh_tw>
        <En>...</En>
      </CarParkName>
      <Availabilities>
        <Availability>
          <SpaceType>1</SpaceType>
          <NumberOfSpace>...</NumberOfSpace>
          <AvailableSpace>37</AvailableSpace>
        </Availability>
        <Availability>
          <SpaceType>2</SpaceType>
          <NumberOfSpace>...</NumberOfSpace>
          <AvailableSpace>0</AvailableSpace>
        </Availability>
        <Availability>
          <SpaceType>7</SpaceType>
          <NumberOfSpace>...</NumberOfSpace>
          <AvailableSpace></AvailableSpace>
        </Availability>
        <Availability>
          <SpaceType>12</SpaceType>
          <NumberOfSpace>...</NumberOfSpace>
          <AvailableSpace>4</AvailableSpace>
        </Availability>
      </Availabilities>
      <ServiceStatus>1</ServiceStatus>
      <FullStatus>0</FullStatus>
      <ServiceAvialableLevel>...</ServiceAvialableLevel>
      <AlmostFullLevel>...</AlmostFullLevel>
      <FullLevel>...</FullLevel>
      <OverCrowdingLevel>...</OverCrowdingLevel>
      <DataCollectTime>2017-05-03T17:29:08+08:00</DataCollectTime>
    </ParkingAvailability>
  </ParkingAvailabilities>
</ParkingAvailabilityList>

```

圖 2.25 路外停車場剩餘位動態範例資料 XML 圖

路外停車場格位動態資訊，則提供一個格位之動態，圖 2.26 是路外停車場格位動態之範例資料，透過此範例資料可以得知其為停車場代碼為 056 且名稱為大安森林公園地下停車場之格位動態資訊，我們可以看到第一筆資料(SpotAvailability)為停車格位代碼 B1-001 的資料(ParkingSpotID: B1-001)，其停車位類型為小客車(SpaceType:1)，接著可以得知該停車場目前營業中(ServiceStatus:1)，而停車格位狀態目前為使用中(SpotStatus:1)、設備狀態正常(DeviceStatus:1)、其所在樓層為 B1(Floor:B1)、停車收費狀態為正常收費(ChargeStatus:1)，最終可看到資料蒐集時間為 2017-05-03 17:29:08+08:00。接著，第二筆資料(SpotAvailability)的概念以此類推。

```

<ParkingSpotAvailabilityList>
  <UpdateTime>2017-05-03T17:30:08+08:00</UpdateTime>
  <UpdateInterval>86400</UpdateInterval>
  <AuthorityCode>TPE</AuthorityCode>
  <ParkingAvailabilities>
    <ParkingAvailability>
      <CarParkID>056</CarParkID>
      <CarParkName>
        <Zh_tw>大安森林公園地下停車場</Zh_tw>
        <En>...</En>
      </CarParkName>
      <SpotAvailabilities>
        <SpotAvailability>
          <ParkingSpotID>B1-001</ParkingSpotID>
          <SpaceType>1</SpaceType>
          <ServiceStatus>1</ServiceStatus>
          <SpotStatus>1</SpotStatus>
          <DeviceStatus>1</DeviceStatus>

          <Floor>B1</Floor>
          <ChargeStatus>1</ChargeStatus>
          <Remark>...</Remark>
          <DataCollectTime>2017-05-03T17:29:08+08:00</DataCollectTime>
        </SpotAvailability>
        <SpotAvailability>
          <ParkingSpotID>B1-002</ParkingSpotID>
          <SpaceType>1</SpaceType>
          <ServiceStatus>1</ServiceStatus>
          <SpotStatus>1</SpotStatus>
          <DeviceStatus>1</DeviceStatus>
          <Floor>B1</Floor>
          <ChargeStatus>1</ChargeStatus>
          <Remark>...</Remark>
          <DataCollectTime>2017-05-03T17:29:08+08:00</DataCollectTime>
        </SpotAvailability>
        .....
      </SpotAvailabilities>
    </ParkingAvailability>
  </ParkingAvailabilities>
</ParkingSpotAvailabilityList>

```

圖 2.26 路外停車場格位動態範例資料 XML 圖

路邊停車資料:包含路邊停車路段基本資料(CurbParkingSegment)、路段車位數資料(CurbParkingSegmentSpace)、路段費率資料(CurbParkingSegmentRate)、路段收費時段資料(CurbParkingSegmentChargeTime)、路段剩餘位動態資訊(CurbParkingSegmentAvailability)、格位基本資料(CurbParkingSpot)、格位收費時段資料(CurbParkingSpotChargeTime)、格位動態資訊(CurbParkingSpotAvailability)。在這些資料中,具有空間屬性的有路邊停車路段基本資料以及格位基本資料,其資料內容為代表點坐標(WGS84)。請參考圖 2.27。



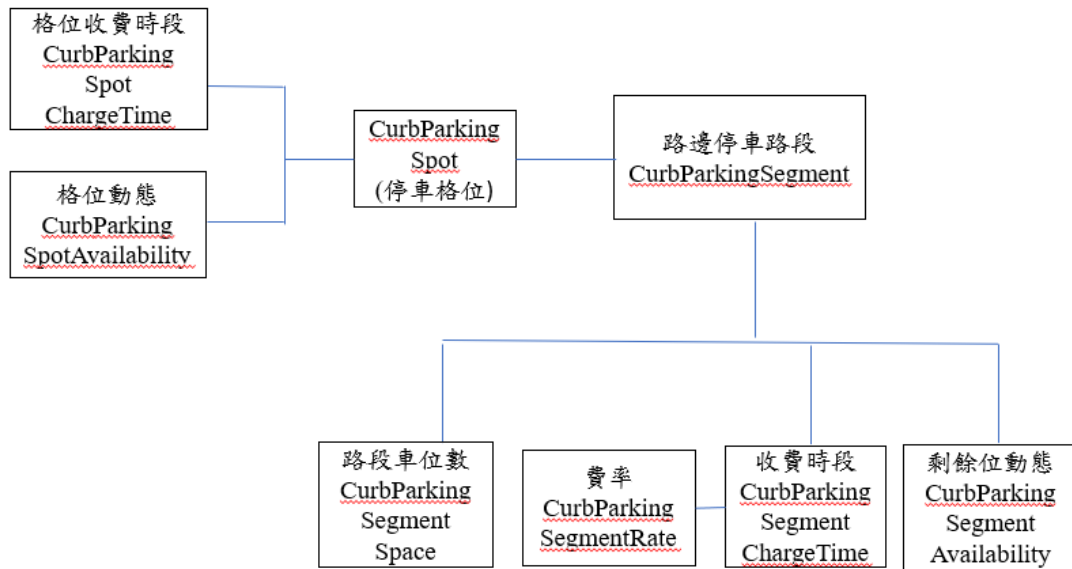


圖 2.27 路邊停車資料架構圖

路邊停車路段剩餘位動態可以提供一個路段之停車資訊，範例資料請參考圖 2.28，透過此範例資料可以得知其為停車路段代碼為 1002053 且名稱為中山北路一巷 53 弄之剩餘位動態資訊，可以看出第一筆即時剩餘停車位資料為小客車(SpaceType:1)，且其停車位總數為 10 個(NumberOfSpaces:10)、目前有 1 個空位(AvailableSpaces:1)。接著可以得知該停車場路段營業中(ServiceStatus:1)，而停車路段格位狀態為車位將滿(FullStatus:1)、停車收費狀態為正常收費(ChargeStatus:1)、蒐集時間為 2017-05-03 17:29:08+08:00。

```

<CurbParkingSegmentAvailabilityList>
  <UpdateTime>2017-05-03T17:30:08+08:00</UpdateTime>
  <UpdateInterval>86400</UpdateInterval>
  <AuthorityCode>TPE</AuthorityCode>
  <ParkingAvailabilities>
    <ParkingAvailability>
      <ParkingSegmentID>1002053</ParkingSegmentID>
    </ParkingAvailability>
  </ParkingAvailabilities>
</CurbParkingSegmentAvailabilityList>
  
```

```

<ParkingSegmentName>
  <Zh_tw>中山北路一段53巷</Zh_tw>
  <En>...</En>
</ParkingSegmentName>
<Availabilities>
  <Availability>
    <SpaceType>0</SpaceType>
    <NumberOfSpaces>10</NumberOfSpaces>
    <AvailableSpace>1</AvailableSpace>
    <Occupancy>...</Occupancy>
  </Availability>
</Availabilities>
<ServiceStatus>1</ServiceStatus>
<FullStatus>1</FullStatus>
<ServiceAvialableLevel>...</ServiceAvialableLevel>
<AlmostFullLevel>...</AlmostFullLevel>
<FullLevel>...</FullLevel>
<OverCrowdingLevel>...</OverCrowdingLevel>
<ChargeStatus>1</ChargeStatus>
<Remark>...</Remark>
<DataCollectTime>2017-05-03T17:29:08+08:00</DataCollectTime>
</ParkingAvailability>
  </ParkingAvailability>
</ParkingAvailabilities>
</CurbParkingSegmentAvailabilityList>

```

圖 2.28 路邊停車路段剩餘位動態範例資料 XML 圖

路邊停車格位路邊停車格位動態之範例資料請參考圖 2.29，透過此範例資料可以得知其為停車場代碼為 056 且名稱為大安森林公園地下停車場之格位動態資訊，我們可以看到資料為停車格位代碼 00821 的資料 (ParkingSpotID: 00821)，其位在的停車路段代碼為 1002053 (ParkingSegmentID: 1002053)，接著可以得知停車格位狀態目前為使用中 (SpotStatus:1)、設備狀態正常 (DeviceStatus:1)，最終可看到資料蒐集時間為 2017-05-03 17:29:08+08:00。

```

<CurbParkingSpotAvailabilityList>
  <UpdateTime>2017-05-03T17:30:08+08:00</UpdateTime>
  <UpdateInterval>86400</UpdateInterval>
  <AuthorityCode>TPE</AuthorityCode>
  <ParkingAvailabilities>
    <ParkingAvailability>
      <ParkingSpotID>00821</ParkingSpotID>
      <ParkingSegmentID>1002053</ParkingSegmentID>
      <Status>1</Status>
      <DeviceStatus>1</DeviceStatus>
      <DataCollectTime>2017-05-03T17:29:08+08:00</DataCollectTime>
    </ParkingAvailability>
  </ParkingAvailabilities>
</CurbParkingSpotAvailabilityList>

```

圖 2.29 路邊停車格位動態範例資料 XML 圖

### 2.2.3.3 道路交通事件資料標準(草案)

為促進中央及地方政府各類交通事件管理單位所發布之道路交通事件資訊格式統一，以提高資料建置、流通及共享能力，並期未來相關單位(含民間增值廠商)得以統一格式接收與促進其應用發展，爰此，交通部制定「道路交通事件資料標準」(草案)，目標為提供國內跨機關道路交通事件多元資料共享基礎，避免各單位採用不同之格式發布道路交通事件之動態資訊。藉此實現各種事件相關資訊與資料得以透過統一標準格式相互流通，提升道路交通事件資料共享流通及整合運作，降低資料使用者面對不同格式資料之困擾，並且加速國內道路交通事件資料與國際資訊交換平台接軌發布。道路交通事件資料標準之分類如圖 2.30，包括事故、施工、壅塞、災害、活動、預防性交管及其他。



圖 2.30 道路交通事件資料標準(草案)之事件分類

道路交通事件採用同一個資料架構描述不同分類之事件，其資料架構包含業管機關、事件資訊、時間版本、空間資訊、影響範圍、基礎路段等資料，其欄位可參考表 2.6，表中各欄位之填寫條件 M 代表必填，O 代表選填。在其分類當中，事故、壅塞、災害、其他等分類，是事件發生後，則交通管制進行，表 2.6 中的開始時間及結束時間是交通管制時間。施工、活動及預防性交管是事先申請核准之交通管制，除了開始時間到結束時間須交通管制以外，在事件發生前一段時間，(表 2.6 中的預期開始時間到預期結束時間)也會進行交通管制。

表 2.6 交通事件資料標準欄位調查表(交通部運研所，2019)

欄位資訊/廠商類別			資料提供商	系統建置商	圖資業者	導航業者
欄位名稱	英文名稱	填寫條件				
統一識別碼	ID	M				V
原事件識別碼	UID	M		V	V	
業管機關簡碼	AuthorityCode	M			V	
事件主類別	EventType	M	V	V	V	V
事件子類別	EventType2	O				
事件紀錄版本	Version	M		V	V	V
事件簡要說明	title	M		V	V	V

事件發生內容描述	Description	O	V			
預期開始時間	ExpectedStartTime	O	V			V
預期結束時間	ExpectedEndTime	O	V			V
開始時間	ActualStartTime	M	V	V	V	V
結束時間	ActualEndTime	O	V	V	V	V
資料版本更新時間	VersionUpdateTime	M	V	V	V	V
事件發生空間坐標位置	GISArea	M	V	V	V	V
事件參照類型	ReferenceType	M			V	
事件位置描述	LocationDescription	M	V		V	
事件影響範圍	ImpactGISArea	O			V	
事件影響道路名稱	RoadName	O			V	
受阻車道	RestrictedLanes	O			V	V
基礎道路編碼	LinkID	O			V	V
基礎路段方位	Bearing	O			V	V
基礎路段所屬道路方向	RoadDirection	O	V		V	V
道路分類	RoadClass	O			V	V

道路交通事件資料標準之 XML 範例請見圖 2.31。此範例是交通事故，提供了事件發生之位置(點資料)，以及發生地點(鳳屏二路及江山路)，影響的車道是 0,1，代表由內車道開始排序的第 1、第 2 車道(此車道代碼來自於交通部路側設施資料標準之設計)。影響範圍是線狀資料。

This XML file does not appear to have any style information associated with it. The document tree is shown below.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<info>
  <version>V1.0</version>
  <listname>公路交通事件資料標準</listname>
  <updateTime>2019-10-25T17:30:08</updateTime>
  <interval>300</interval>
</info>
<event>
  <ID>KHH001:2019051400062</ID>
  <AuthorityOID>2.16.886.101.90029.20002.20007.20003</AuthorityOID>
  <UID>A12447788</UID>
  <AuthorityCode>KHH</AuthorityCode>
  <EventType>1</EventType>
  <EventType2>102</EventType2>
  <Version>2</Version>
  <title>高雄市大寮區鳳屏二路和江山路發生交通事故</title>
  <Description>高雄市大寮區鳳屏二路和江山路發生機車與汽車追撞交通事故，已知1人受傷，現場仍進行車輛管制</Description>
  <ExpectedStartTime/>
  <ExpectedEndTime/>
  <ActualStartTime>2019/5/14 13:14:00</ActualStartTime>
  <ActualEndTime>2019/5/14 16:00:00</ActualEndTime>
  <VersionUpdateTime>2019/5/14 16:00:00</VersionUpdateTime>
  <GISArea>POINT(121.54921 25.07221)</GISArea>
  <ReferenceType>3</ReferenceType>
  <LocationDescription>高雄市大寮區鳳屏二路/高雄市大寮區江山路</LocationDescription>
  <ImpactGISArea>LINESTRING(121.54921 25.07221, 121.54921 25.07221)</ImpactGISArea>
  <RoadName>鳳屏二路、江山路</RoadName>
  <RestrictedLanes>0,1</RestrictedLanes>
  <LinkID>6208890600000E,6198460000000E</LinkID>
  <Bearing>NW</Bearing>
  <RoadDirection>NW</RoadDirection>
  <RoadClass>市區一般道路</RoadClass>
</event>
</info>

```

圖 2.31 道路交通事件資料標準之 XML 範例(交通部運研所，2019)

### 2.2.3.4 示警協議標準-CAP-TWP

有鑑於政府開放資料風氣盛行及相關防救災產業的呼聲，結構化標準資訊促進組織 (Organization for Advancing Structured Information Standard, OASIS) 發布了共通示警協議 (Common Alerting Protocol, CAP)，其目的在於標準化各個不同組織間所發布之示警的結構內容，以便能夠提升資訊傳達的效能與可讀性，同時也讓各界能夠介接取用不同的示警訊息進而加值應用，促進相關產業發展。

為了能夠與國際接軌，本國以 OASIS CAP 1.2 版為基礎並針對我國不同的情況進行版本調整，稱之示警協議標準-臺灣子標準 (Common Alerting Protocol Taiwan Profile, CAP-TWP)。經由此標準的訂定，除了能加速不同機關間的資訊傳遞，也能夠提升相關防救災的效能。

示警資訊目前仍係由國家災害防救科技中心負責，除初期階段以災害防救法主管機關所負責之災害種類為主外，近年陸續有許多中央與地方政府單位加入，提供不同種類之示警，不但涵蓋主題範圍日趨多元，服務對象也因增加更多之模式而使更廣大之民眾可接受到各類示警資訊，若能擴及自駕車，國家災害防救科技中心原則上樂觀其成，並歡迎介接目前所發佈之各類示警資訊。目前示警類別與自駕車操作有之項目如表 2.7 所示

表 2.7 CAP：與自駕車有關之示警項目

示警名稱	權責單位	類型
颱風	中央氣象局	氣象
地震		
海嘯		
降雨		
雷雨		
強風		
濃霧		
淹水	水利署	災害
土石流	農委會水土保持局	
防空	內政部警政署民防指揮管制所	
道路封閉	交通部公路總局	道路封閉
道路施工	臺中市政府建設局	
國家公園入園示警	營建署	
地下道積淹水	新竹市政府消防局	

就目前之示警作業體系而言，可大致歸納以下之重點

1. 災害示警係由權責單位負責監控及評估是否需發布示警，因此非權責機關並不能發布示警，內容滿足正確性之要求。國家災害防救科技中心透過與權責單位之討論與協調，形成一致共識後，才會將其納入國家災害示警之體系內。

2. 權責單位必須瞭解我國 CAP-TWP 之相關規定，並於單位開發完成發布 CAP-TWP 之系統或使用災害防救科技中心所提供之 Web 介面建置示警內容，以建立符合 CAP-TWP 標準之示警資料。
3. 建置完成之示警資訊將由災害防救科技中心之管理系統進行基本的檢核，此動作以內容是否缺漏為主要之條件，確保符合 CAP-TWP 之相關規定，基於爭取時效之需求，內容之正確性並非災害防救科技中心在此階段之工作重點，需由發布機關確保。
4. 符合 CAP-TWP 之示警資料即可於網路環境進行發布，包括 API、email、RSS 等不同種類之推送模式，使用者在訂閱之前提下，可持續取得示警之資訊。例如發佈之示警資訊提供為 google crisis map 之發布依據。
5. 超過設定嚴重程度之示警資訊，將由災害防救科技中心傳算至電信公司，再由國內目前五大電信公司之細胞廣播系統發布，被威脅區域內之行動裝置均可接受相關訊息，提供一般民眾即時性之示警。示警內容係以 CMAC 資料格式記錄(精簡版之 CAP-TWP 內容)，但此格式並未對外公佈，也未提供非電信公司介接，僅使用於災害防救科技中心與電信廠商間的資訊交換。
6. 示警之內容包括「預先示警」(例如豪大雨)及「發生後才發布示警」(例如道路封閉)等兩類狀態，但原則上都包括 expiration time 的設計考量，意味特定示警都有一個設定的時間範圍，示警內容僅在該設定時間範圍中有效。權責單位在評估有發布示警之需要時，即會依災害之嚴重程度發布示警，示警內容將在 expiration time 到達時自動失效，若該狀態尚未解除，則權責單位可能採取更新(update)或重新發布示警之方式，使同一時間僅有一個有效狀態。若狀態於 expiration time 之前解除，則會發布 cancel 之示警。
7. 原則上只要可以持續收到所有的示警訊息，並正確更新其狀態，使用者可以建立即時與完整的示警狀態，此在未來可考量由服務中心執行。
8. CAP-TWP 雖提供多元之空間範圍表示方式，但許多災情的範圍並沒有辦法在短時間精準判定，有時也會透過行政區域來指定可能受威脅之空間範圍，未必可以明確描述受到影響的區域。
9. CAP-TWP 之設計內容包括許多預設項目，但原則上以提供人類閱讀決策為主，與自駕車之決策仍存在差距，必須進一步探討如何轉換為控車參考之資訊，例如完全禁止進入或建議小心通過，此原則上可考慮緊急狀態或嚴重狀態項目之記錄內容，但必須評估其 codelist 之設計是否可以完全滿足唯一轉換。

一份 CAP-TWP 資料都由四個元素所組成，分別為<Alert>、<Info>、<Resource>與<Area>，如圖 2.32 所示，其中粗體為必填項目、加註\*號者為允許多個項目同時存在。

1. <Alert> 記載著示警資訊的基本訊息，包括示警訊息識別碼 (identifier)、發送者(sender)、發送日期與時間(sent)、類別狀態碼(status)、指令類別碼(msgType)、來源簡述(source)、接收者範圍(scope)、說明接受者條件(restriction)、接收者列表(addresses)、處理代碼(code)、處理代碼(note)、相關的識別碼(references)、相關資訊列表(incidents)。
2. <Info> 記載了語言代碼(language)、訊息種類(category)、示警類型名稱(event)、應變代碼(responseType)、緊急代碼(urgency)、嚴重代碼(severity)、確定代碼(certainty)、描述可能對象(audience)、系統定義之事件代碼(eventCode)、生效日期與時間(effective)、預期影響日期與時間(onset)、到期日期與時間(expires)、發送單位名稱(senderName)、標題(headline)、描述(description)、描述建議採取應變方案(instruction)、其他資訊連結(web)、聯絡資訊(contact)、系統用參數傳遞(parameter)。
3. <Resource> 記載著資源類型(resourceDesc)、MIME(mimeType)、資源檔案大小(size)、資源檔案 URL(uri)、資源檔案 base64 編碼(derefUri)、資源檔案 hash 碼(digest)。
4. <Area> 記載著區域描述(areaDesc)、多邊形各點的座標(polygon)、中心點座標及半徑(circle)、事先定義之區域代碼(geocode)、高度(altitude)、區域的最高高度值(ceiling)。

一份 CAP-TWP 當中僅能擁有一個<Alert>元素存在，而一個<Alert>元素中必須包含一個或多個<Info>元素。一個<Info>元素可以再對應到多個<Resource>元素。而一個<Info>元素中至少要包含一個<Area>元素。

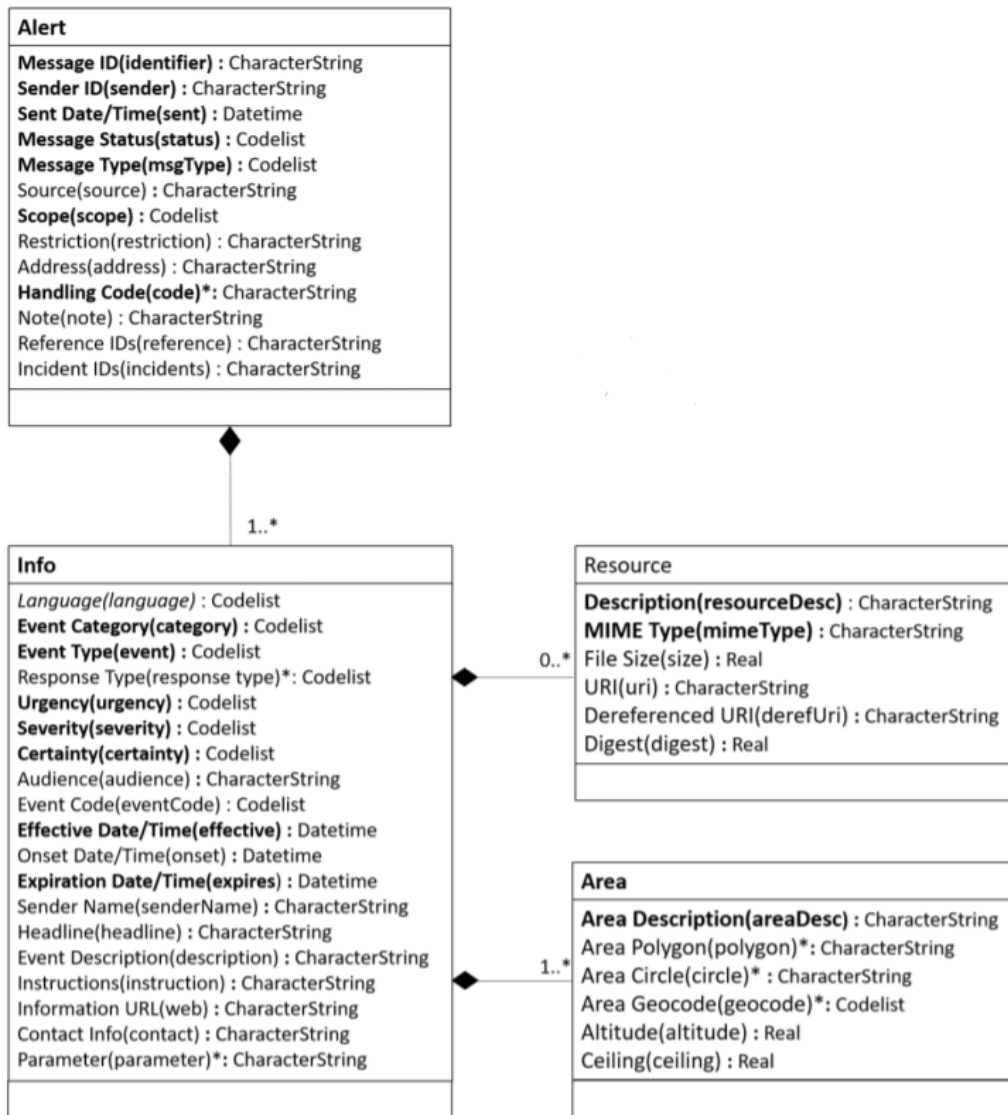


圖 2.32 CAP-TWP 之 UML 圖(摘錄自 CAP Taiwan Profile)

接著透過 CAP-TWP 示警實例-道路施工來說明 CAP-TWP 的架構，如圖 2.33。紅色框框標示權責單位之資訊，藉由 sender 和 senderName 來標示發布者為台中市政府建設局。橙色框框標示時間資訊，sent 記錄發布時間為 10 月 29 號 16 點左右、effective 記錄示警生效的時間為 10 月 29 號 16 點、expires 記錄示警到期的時間為 10 月 30 號 16 點。黃色框框記錄有關地點的資訊，area 記錄地點描述以及經緯度資訊。綠色框框為有關示警的基本資訊，category 記錄示警為交通種類、event 記錄示警名稱為道路施工、description 記錄對於示警描述的內容。



```

<alert xmlns="urn:oasis:names:tc:emergency:cap:1.2">
  <identifier>TC_roadConstruction_202010290800152285</identifier>
  <sender>www.taichung.gov.tw</sender>
  <sent>2020-10-29T08:00:15+08:00</sent>
  <status>Actual</status>
  <msgType>Alert</msgType>
  <scope>Public</scope>
  <code>CAP-TWP:1.0</code>
  <info>
    <language>zh-TW</language>
    <category>Transport</category>
    <event>道路施工</event>
    <urgency>Immediate</urgency>
    <severity>Minor</severity>
    <certainty>Observed</certainty>
    <eventCode>
      <valueName>profile:CAP-TWP:Event:1.0</valueName>
      <value>TC_roadConstruction</value>
    </eventCode>
    <effective>2020-10-29T08:00:15+08:00</effective>
    <expires>2020-10-30T08:00:00+08:00</expires>
    <senderName>臺中市政府建設局</senderName>
    <headline>道路施工</headline>
    <description>路面異常，恐影響民眾安危</description>
    <web>https://opendata.taichung.gov.tw/dataset/3ac86a9b-1a9f-11e8-8f43-00155d021202</web>
    <area>
      <areaDesc>東湖街一段(興社街一段~新社第四公墓)</areaDesc>
      <circle>24.215626208058787,120.82009979887752 0.01</circle>
    </area>
  </info>
</alert>

```

圖 2.33 CAP-TWP 資料實例-道路施工

### 2.2.3.5 氣象資料

氣象資料的來源主要分為兩部分。一為中央氣象局提供給 NCDR 而發布之 CAP-TWP 氣象示警資料，另一部分為中央氣象局所發布之警特報資料。NCDR 所發布的氣象 CAP-TWP 資料目前有九個項目，經由本團隊討論後，選擇七項與自駕車駕駛安全較有關的氣象示警資料，分別為颱風、地震、海嘯、降雨、雷雨、強風與濃霧。此七種類型的資料發布空間單元如表 2.8。

表 2.8 NCDR 發布 CAP-TWP 氣象示警資料之空間單元

示警類型	空間單元		
	文字描述	幾何範圍	代碼描述
颱風	縣市或海上範圍	海上範圍 polygon 坐標	縣市 Geocode
地震	最大震度 X 級地區	X	縣市 Geocode
海嘯	xx 沿海地區...(臺灣海嘯警戒區域分為六區)	X	鄉鎮市區 Geocode
降雨	鄉鎮市區	X	鄉鎮市區 Geocode
雷雨	縣市及鄉鎮市區	影響區域的 polygon 點坐標	X
強風	縣市或鄉鎮市區	X	鄉鎮市區 Geocode
濃霧	縣市	X	縣市 Geocode

警特報資料的部分主要為中央氣象局所發布的災害性天氣特報資料，以天氣警特報事件為主要結構設計之 XML，適用於想了解各別天氣警特報之內容及所影響之區域。而災害性天氣特報資料項目包含豪(大)雨特報、低溫

特報、陸上強風特報、濃霧特報與即時天氣訊息五個項目。其 XML 資料共通格式規範說明如圖 2.34，其中警特報資料主要發布的類別資訊為 cwbopendata 氣象共用資料根元素、dataset 氣象共用資料集元素、datasetInfo (子標籤) 資料集輔助說明資訊、location 地點、contents (子標籤) 資料內容相關說明、hazardConditions(子標籤)劇烈天氣狀態。

1. cwbopendata 氣象共用資料根元素: identifier 資料唯一識別碼、sender 資料提供單位、sent 發布日期、status 資料狀態、scope 資料公開對象以及 msgType 訊息類型。
2. datasetInfo (子標籤)資料集輔助說明資訊: datasetDescription 資料集描述、datasetLanguage 資料集使用的語言、issueTime 資料集發布時間、validTime(子標籤)資料集有效時間 {startTime 資料開始時間、endTime 資料結束時間} 以及 update 資料集更新時間。
3. contents (子標籤)資料內容相關說明: contentDescription 資料內容描述、content 資料內容 {contentLanguage 描述內容的語系、contentText 記載資料內容}。
4. hazardConditions(子標籤)劇烈天氣狀態: hazards(子標籤)劇烈天氣集、hazard (子標籤)劇烈天氣 {info(子標籤)劇烈天氣資訊 {language 記載資訊語系、phenomena 天氣現象、significance 重要性與 affectedAreas(子標籤)受影響地區 {locations (子標籤)地點集合 {location 地點名稱}}}}



圖 2.34 中央氣象局 XML 資料共通格式說明關係圖

接著透過警特報實例資料來說明資料架構，如圖 2.35。紅色框框標示權責單位，sender 記錄發布者中央氣象局。橙色框框的部分記錄有關時間的資訊，sent 記錄發布時間為 7 月 16 號 14 點左右、startTime 記錄警特報開始的時間為 7 月 16 號 14 點左右、expires 記錄警特報結束的時間為 7 月 16 號 23 點。黃色框框的部分記錄有關地點的資訊，location 記錄哪些縣市為在警特報範圍內。綠色框框為有關警特報的內容資訊，datadescription 和 phenomena 記錄警特報的名稱、contentText 記錄對於警特報描述的內容。

```

{
  "cwbopendata": {
    "@xmlns": "urn:cwb:gov:tw:cwbcommon:0.1",
    "identifier": "CWB-Weather hazards 20200716061333",
    "sender": "weather@cwb.gov.tw",
    "sent": "2020-07-16T06:13:33+08:00",
    "status": "Actual",
    "scope": "Public",
    "msgType": "Update",
    "dataset": {
      "datasetInfo": {
        "datasetDescription": "大雨特報",
        "datasetLanguage": "zh-TW",
        "issueTime": "2020-07-16T06:05:00+08:00",
        "validTime": {
          "startTime": "2020-07-16T06:06:00+08:00",
          "endTime": "2020-07-16T15:00:00+08:00"
        },
        "update": "2020-07-16T06:13:33+08:00"
      },
      "contents": {
        "content": {
          "contentLanguage": "zh-TW",
          "contentText": "西南風影響，易有短時強降雨，今（16）日雲林、嘉義及臺南地區有局部大雨發生的機率，請注意雷擊及強陣風。"
        }
      },
      "hazardConditions": {
        "hazards": {
          "hazard": {
            "info": {
              "language": "zh-TW",
              "phenomena": "大雨",
              "significance": "特報",
              "affectedAreas": {
                "location": [
                  {
                    "locationName": "雲林縣"
                  },
                  {
                    "locationName": "嘉義市"
                  },
                  {
                    "locationName": "嘉義縣"
                  },
                  {
                    "locationName": "臺南市"
                  }
                ]
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}

```

圖 2.35 警特報實例資料-大雨特報

### 2.2.3.6 營建署道路管線挖掘資訊平台

公共管線資料為都市發展民生之必需設施，但因常設置於地底下，過去多僅有管線單位擁有施工或竣工圖資，且多由管線單位自行管理，因此常會發生道路挖掘時誤挖管線之情形，嚴重時甚至可能造成災情。有鑑於此，部分城市開始在早年即開始推動地下管線 GIS 系統，協助道路挖掘之業務，並獲致初步之成效。營建署後續開始於全國各縣市推動地下管線圖資之建置及道路挖掘系統 GIS 化之整體規劃，由各縣市政府就其管轄範圍內之管線資料進行建置之工作，並全面推動公共管線資料管理及應用之機制。歷經多年之發展，已有豐碩之成果，並於近年開始進一步推動三維管線資料之建置與技術發展工作。基於道路挖掘業務之推動，其中一項重要的工作為所有道路挖掘工作均必須預先申請，由縣市政府核准後方得施工，且部分縣市政府還進一步要求挖掘作業必須進行打卡及現場拍攝及即時錄影之工作，以達到掌握工作情形之目的。除各縣市政府透過網頁公布每日之道路挖掘施工資訊外，營建署也要求縣市政府必須將該資訊上傳至營建署之管理系統，以掌握全國每日之道路挖掘情形。為有效統合各縣市上傳之資料內容，營建署特別頒佈標準化之資料內容及格式規定，統一以 XML 之綱要及資料格式運作。該系統平台由政威資訊公司開發，該公司亦為營建署執行全國公共管線考評之

PMO 公司，對於全國之公共管線資料推動具有完整之掌握。至今該平台資料蒐集來源已包含 21 個直轄市及縣市政府。在該平台透過申辦會員即可申請一般案件熱點分佈圖與道路挖掘案件施工範圍資料。

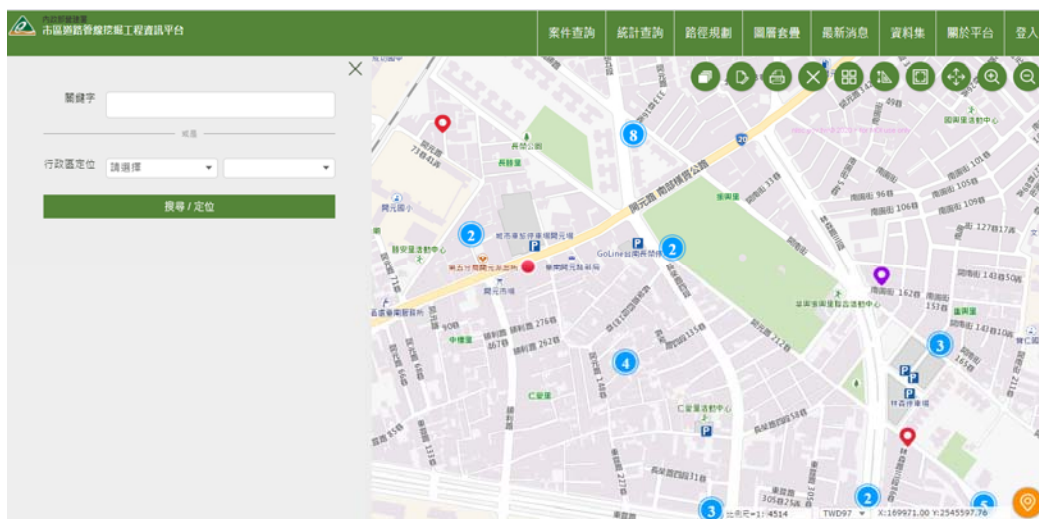


圖 2.36 市區道路管線挖掘工程資訊平台示意圖

經與政威該專案之主要負責人討論後，具體之推動狀況及後續可推動之策略歸納如下

1. 各縣市公共管線之建置進度並不相同，規劃之資料內容及格式也可能略有差異。但基於營建署之標準規定，管線單位上傳至縣市政府管理系統之管線資料統一以 GML 格式記錄，各縣市內部系統所使用之管線資料格式則由其採用之資料庫決定。亦即所有流通之管線資料均依「公共管線資料標準」之規定建立，該標準為國土資訊系統正式通過之資料標準。
2. 各縣市公共管線管理系統之功能由各縣市政府自行規劃，主要以支援各類公共管線管理操作及道路挖掘申請核准業務之功能為主。內部功能及展示介面之設計並沒有一致之規定，代表各縣市之操作模式未必相同。
3. 道路挖掘之申請通常由管線單位於管理系統之介面提出，經縣市政府或區公所核定後，方可於申請時程內進行施工。縣市政府可掌握每日之所有核准案件。
4. 為便利道路挖掘資訊之公布與彙整，營建署另外針對核准之挖掘申請資料制訂標準化之規定，同樣以 XML 之模式運作，並要求各縣市政府需將核准之道路挖掘申請上傳至營建署之系統，因此營建署將可掌握全國每日之道路施工作業。若可介接其系統，將可以標準方式取得全國之資料。

5. 該標準化之資料內容規定主要包括以下項目，可由 5W1H 之觀點分析：
  - 地點、行政區域、地址、坐標、範圍點位、起始公里、結束公里。
  - 案件編號、工程名稱、管線單位名稱
  - 核定挖掘起日、核定挖掘迄日
  - 施工狀態、案件類型
6. 當具有坐標表示時(通常為由地圖上標示)，可提供較為精準之施工範圍描述，但實務經驗顯示仍有可能因申請時無法確實標定而導致實際施工範圍超過申請範圍。
7. 上傳資料中所記錄之時間內容為核定挖掘起日及核定挖掘迄日，但此為管線單位申請時所預估之施工日期範圍，實際施工之日期(可能因此影響自駕車行進)未必與申請日期範圍相同，只能解釋為「可能」進行施工。
8. 時間因素可藉由現場打卡機制輔助判斷，但此類資訊並未規劃於現行之標準內，部分縣市已成功推動打卡機制，並可由系統進行即時之監控。

本團隊目前決定使用的資料為道路挖掘案件施工範圍資料，其中對於地理定位較重要的部分為空間資訊，故整理與分析出資料之空間發布單元特性，如表 2.9。藉由此表可以看出資料的空間單元表示方法多元，具有文字描述、幾何範圍描述與代碼描述的方式。其中幾何描述中包含了點坐標以及範圍點位座標。

表 2.9 道路挖掘案件施工範圍資料之空間單元

道路挖掘案件施工範圍資料			
空間單元	文字	TOWN_NAME 行政區名稱、LOCATION 工程地點、ADD_VI 村里、DG_ROAD 街路大道名、ADD_DAN 段、ADD_SH 巷、ADD_NA 弄、ADD_NO 號、DG_ROAD2 省縣市鄉道名、DG_ROAD2_BE 省縣市鄉道起始公里、DG_ROAD2_EE 省縣市鄉道結束公里	
	幾何範圍	點 面	CENTER_COORDS_X 施工範圍中心點 X 坐標、 CENTER_COORDS_Y 施工範圍中心點 Y 坐標
		面	geometry 案件範圍點位
	代碼		TOWN_CODE 行政區代碼、 COUNTY_CODE 縣市代碼(A~Z)

## 2.2.4 動態地圖標準發展架構

動態地圖標準之半靜態/半動態部分，總共包含即時路況資料、停車資料、交通事件、CAP-TWP 資料、道路管線挖掘施工、氣象預警等資料。氣象資料在 ETSI TR 102 863 及 ISO 17424 中皆有涵蓋，因此建議納入。前述六種資料服務目前由各單位開發及維護，各具有 API 服務之網址(交通事件 API 服務尚未公布，目前於高雄市及臺南市試辦)。然而這些服務並非為了自駕車量身打造，因此為建構後續自駕車用動態地圖之應用環境，應思考如何發展出自駕車可應用之動態地圖服務，將各服務可應用於自駕車之部分挑選後進行整合，提供自駕車介接使用。六類資料在後續進行整合及設計時，將以自駕車需求為主要考量，將資料轉換為 LDM 之動態資訊，以供自駕車使用。

為進行動態地圖之驗證，除了資料標準文件設計以外，由於動態資訊需透過網路傳輸至自駕車，由自駕車接收並處理後方可使用，因此需考量動態資訊傳輸的方式，本團隊依據目前國內現況設計 2 種可能的動態地圖標準發展架構，分述如下。

第一種動態地圖標準發展架構，各單位維持其原格式及運作模式，由自駕車負責資料的轉換及應用。自駕車須接收各單位的原始格式，例如接收交通部之即時路況服務內的 VD 動態資訊。



圖 2.37 第一種動態地圖標準發展架構

第二種動態地圖標準發展架構，各單位維持其原格式及運作模式，動態地圖標準之角色則是評估各單位之動態資訊內容，挑選適合部分後納入標準範疇，並定義出可使用之資料類別。並由一個服務營運單位，架設動態地圖標準服務基站，由服務基站將各單位之動態資訊轉換為動態地圖標準之格式，並再傳送給其服務範圍內之自駕車。



圖 2.38 動態地圖標準發展架構

綜合前述分析，本團隊建議採用混和模式，動態地圖標準中輔助部分包括交通部即時路況服務及停車服務，建議採第一種模式，動態地圖標準之角色則是評估各單位之動態資訊內容，挑選適合部分後納入標準範疇，並定義出可用資料類別。在此架構中並沒有一個雲端服務平台將各單位之動態資訊轉換為動態地圖標準之格式，需要自駕車端系統進行轉換，並且再執行後續之判斷及應用。

動態地圖標準之事件部分須整合並篩選其中部分項目，建議採用第二種模式轉換並發布供自駕車應用。自駕車僅須接收解讀動態地圖標準之格式，而不須處理各單位的原始格式，並且再執行後續之判斷及應用。本團隊建議目前可採用此發展架構，優點是各單位不須修改其發布格式，自駕車之負擔較小，由動態地圖標準之服務營運單位架設實驗區域基站，配合自駕車業者進行各種情境驗證。

### 2.2.5 動態地圖標準 UML 應用綱要

動態地圖標準之半靜態/半動態共包含兩個上層套件，輔助及事件，輔助包含停車及路況兩個套件，此兩個套件為交通部停車資料標準及交通部即時路況資料標準之內容，如圖 2.39 所示，本團隊從兩標準內挑選可供自駕車應用之部分，自駕車直接介接交通部發布之服務。事件套件則用以記錄來自於不同單位之道路管制、災害示警及氣象示警，因此相關資訊須經過轉換並重新發布。以下分別介紹各套件內容。



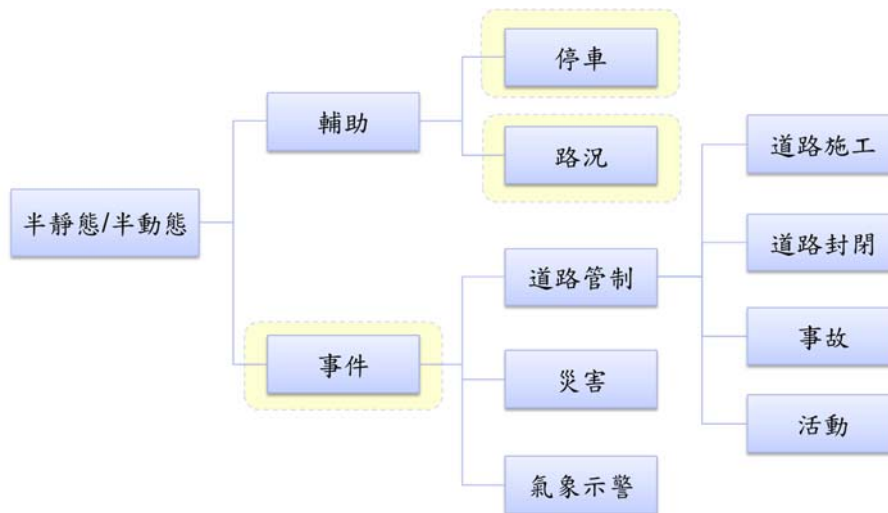


圖 2.39 動態地圖標準之動態資訊分類架構

### 2.2.5.1 輔助-路況

路況套件之包含類別列表如表 2.10，分別為路側設施中的 VD 動態資訊、CMS 動態資訊、AVI 配對路徑動態資訊與 eTag 配對路徑動態資訊，多元資料中的 GVP 路段即時路況動態資訊、CVP 路段即時路況動態資訊，以及路段發布的路段即時路況動態資訊，因動態資訊並不包含設備之完整屬性，部分類別再納入所須之靜態資料屬性，以提供給自駕車完整的即時路況資訊。

表 2.10 納入動態地圖標準之即時路況資料

資料分類	類別名稱	更新週期	資料檔案名稱
路側設施	VD 動態資訊	1 分鐘(註)	VDLive.xml
路側設施	CMS 動態資訊	2 分鐘	CMSLive.xml
路側設施	AVI 配對路徑動態資訊	5 分鐘	AVIPairLive.xml
路側設施	eTag 配對路徑動態資訊	5 分鐘	ETagPairLive.xml
多元資料	GVP 路段即時路況動態資訊	5 分鐘	GVPLiveTraffic.xml
多元資料	CVP 路段即時路況動態資訊	5 分鐘	CVPLiveTraffic.xml
路段發布	路段即時路況動態資訊	1 分鐘	LiveTraffic.xml

各動態資訊皆具有 List 資料作為開頭，記錄更新時間(UpdateTime)、更新週期(UpdateInterval)及權責單位代碼(AuthorityCode)等資訊。例如 VDList、CMSList...等。其他各種動態資訊之設計類別說明如下。

VD 動態資訊包括 VDLive、LinkFlow、Lane 及 Vehicle 等類別。各類別說明如下：

1. VDLive 包含設備代碼(VDID)、當前設備的狀態(Status)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。

2. LinkFlow 代表在各個基礎路段代碼(LinkID)中，所偵測到所有車道中的車流資訊。
3. Lane 記錄各車道中的所有車種的車流資訊，內容包含車道代碼(LaneID)、車道種類(LaneType)平均速率偵測值(Speed)、佔有率偵測值(Occupancy)。
4. Vehicle 記錄各車道中各個車種的車流資訊，內容包含車種代碼(VehicleType)、流量偵測值(Volume)及平均速率偵測值(Speed)。

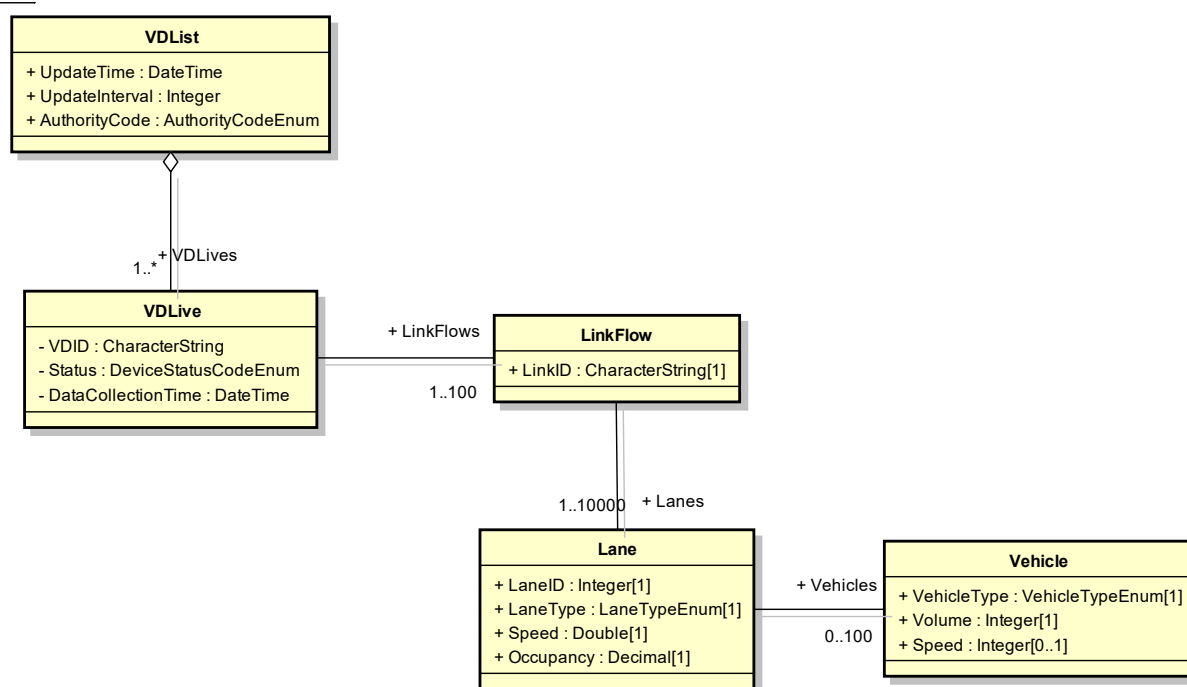


圖 2.40 VD 動態資訊 UML 應用綱要

CMS 動態資訊包括 CMSLive、Message 等類別，說明如下：

1. CMSLive 記錄訊息內容及狀態，內容包含設備代碼(CMSID)、訊息發布狀態(MessageStatus)、設備狀態(Status)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。
2. Message 記錄正在循環的訊息內容，內容包含訊息種類(Type)、顯示優先順序(Priority)，並以文字訊息(Text)及圖片(Image)訊息顯示訊息。

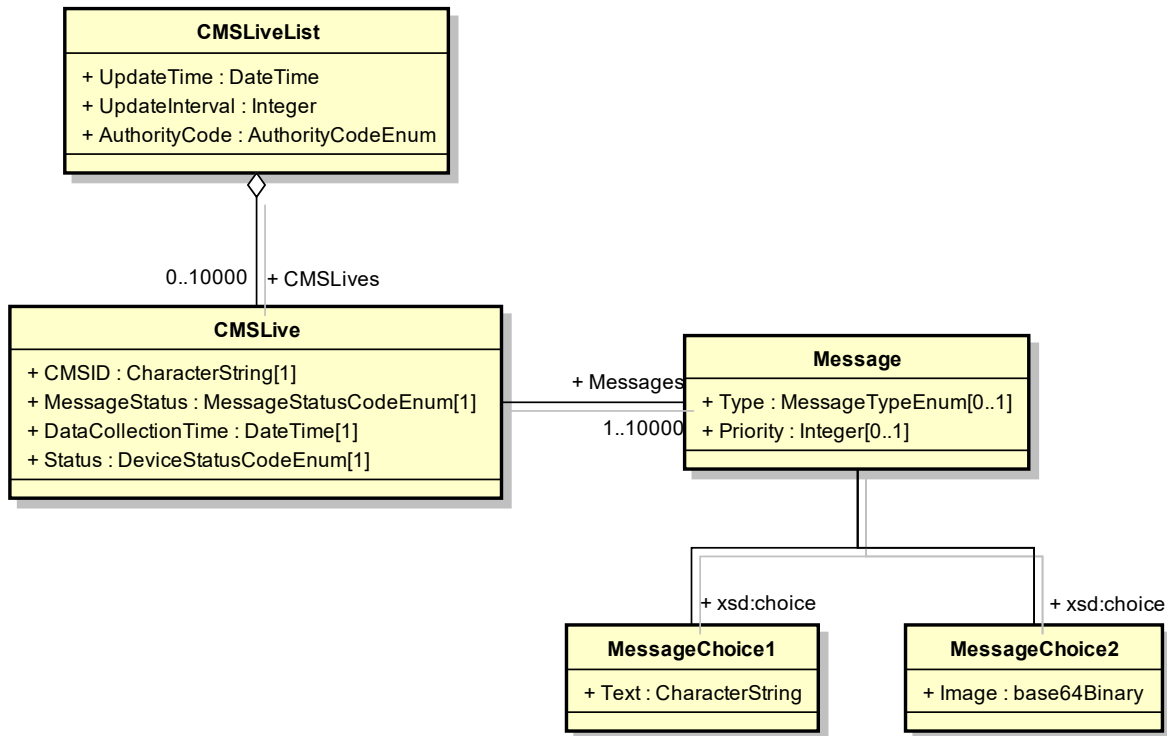


圖 2.41 CMS 動態資訊 UML 應用綱要

AVI 配對路徑動態資訊包括 AVIPairLive、AVIPair 等類別，說明如下：

1. AVIPairLive 記錄 AVI 配對路徑編號(AVIPairID)、兩端設備的狀態 (StartAVIStatus、EndAVIStatus)、平均旅行時間(TravelTime)、配對成功樣本數 (VehicleCount)、配對樣本數之旅行時間標準差 (StandardDeviation)、資料蒐集起始時間(StartTime)、資料蒐集結束時間(EndTime)、資料蒐集時間(DataCollectTime)。
2. AVIPair 則是靜態資料，包括 AVI 配對路徑代碼(AVIPairID)、配對起始點設備代碼(StartAVIID)、配對結束點設備代碼(EndAVIID)、配對路徑文字描述(Description)、配對路徑長度(Distance)、配對路徑線型圖資資料(Geometry)。配對路徑對應之基礎路段代碼，則是三選一：StartLinkID 及 EndLinkID、LinkIDs、SectionID，可因應不同之情形。

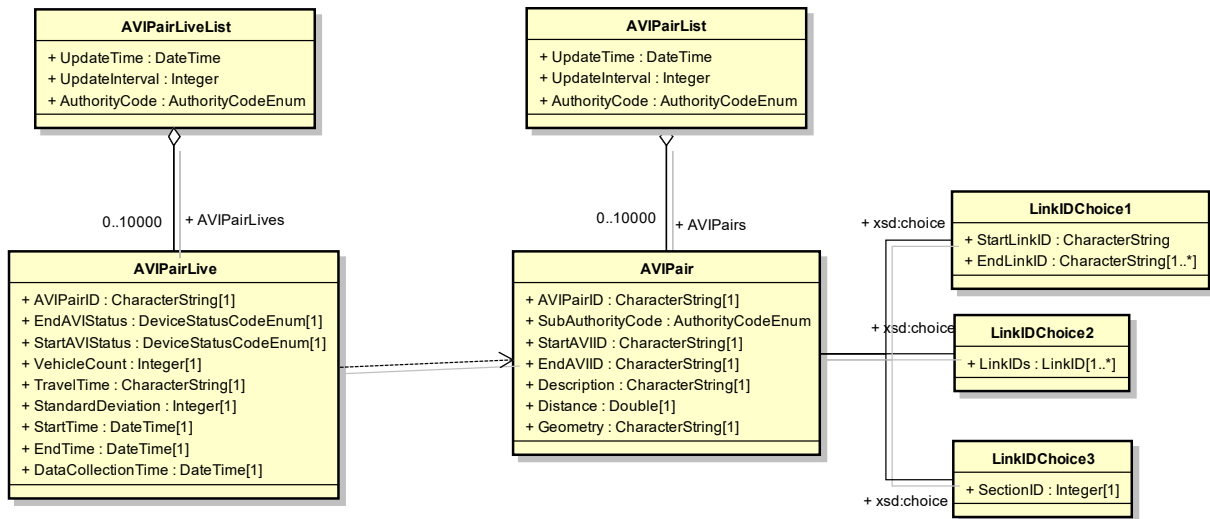


圖 2.42 AVI 配對路徑動態資訊 UML 應用綱要

ETag 配對路徑包括 ETagPairLive、Flow、ETagPair 等類別，說明如下：

1. ETagPairLive 描述 ETag 在該條路徑上所配對的兩個門架間的狀態及所有車種的旅行時間，內容包含資料 ETag 配對路徑編號 (ETagPairID)、兩端設備的狀態 (StartETagStatus、EndETagStatus)、偵測車流資訊 (Flows)、資料蒐集起始時間 (StartTime)、資料蒐集結束時間 (EndTime)、資料蒐集時間 (DataCollectTime)。
2. Flow 描述 ETag 在該條路徑上所偵測到各個車種的車流資訊，內容包含車種代碼 (VehicleType)、平均旅行時間 (TravelTime)、配對樣本數之旅行時間標準差 (StandardDeviation)、平均車速 (SpaceMeanSpeed) 及配對樣本數 (VehicleCount)。
3. ETagPair 記錄配對的兩個 ETag 門架間的屬性資料內容，內容包含 ETag 配對路徑代碼 (ETagPairID)、配對起始點設備代碼 (StartETagGantryID)、配對結束點設備代碼 (EndETagGantryID)、配對路徑文字描述 (Description)、配對路徑長度 (Distance)、配對路徑線型圖資資料 (Geometry)，配對路徑對應之基礎路段代碼，則是三選一：StartLinkID 及 EndLinkID、LinkIDs、SectionID，可因應不同之情形。

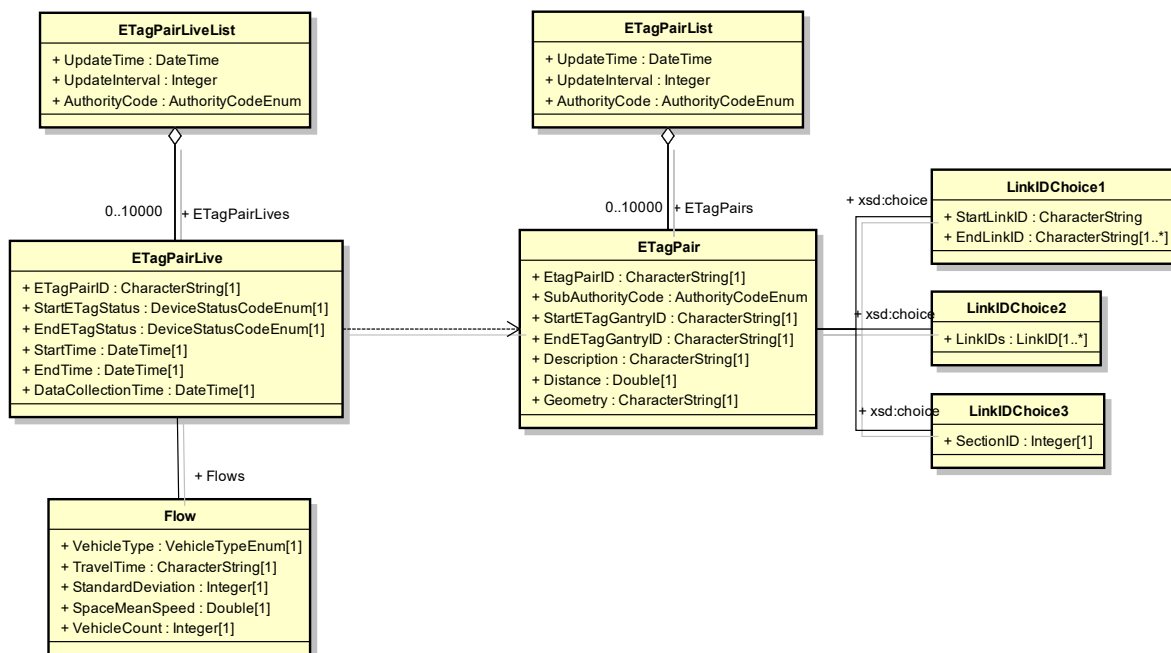


圖 2.43 ETag 配對路徑 UML 應用綱要

GVP 路段即時路況動態資訊包括 GVPLiveTraffic 類別，透過 GVP 所獲得的即時路況動態資訊，其資訊包含權責機關代碼(SubAuthorityCode)、路段平均旅行時間(TravelTime)、樣本數之旅行時間標準差(StandardDeviation)、路段平均旅行速度(TravelSpeed)、即時路況資訊來源樣本數(SampleSize)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。其關聯之基礎路段編碼則為二選一：機關發布路段代碼(SectionID)或是機關基礎路段代碼集合(LinkIDs)、

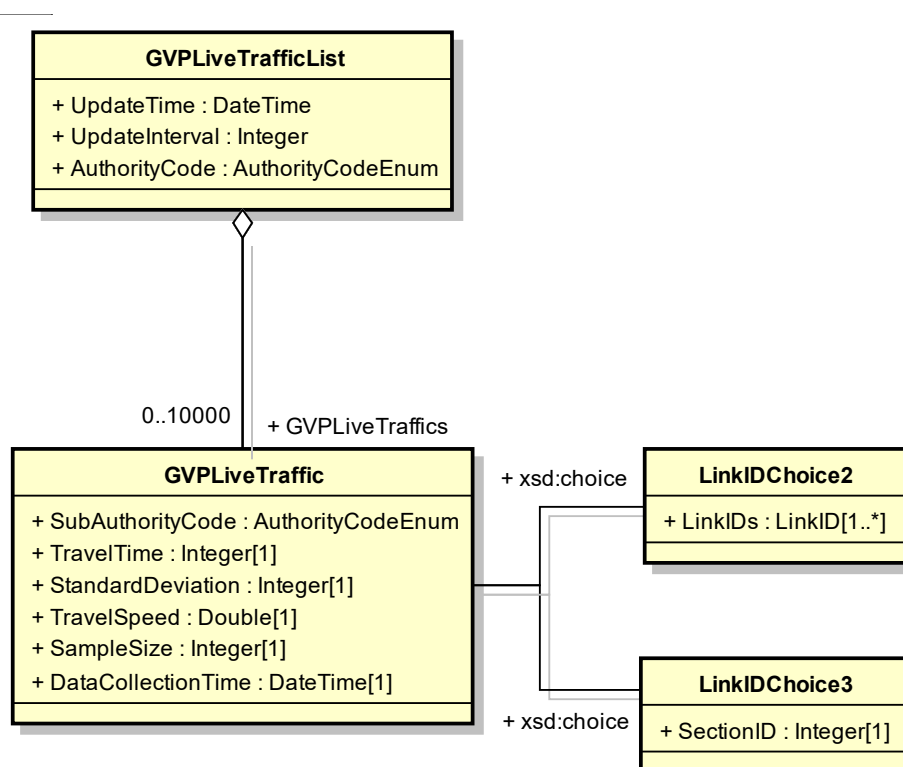


圖 2.44 GVP 路段即時路況動態資訊 UML 應用綱要

CVP 動態資訊設計 CVPLiveTraffic 類別，透過 CVP 所獲得的即時路況動態資訊，其資訊包含權責機關代碼(SubAuthorityCode)、路段平均旅行時間(TravelTime)、樣本數之旅行時間標準差(StandardDeviation)、路段平均旅行速度(TravelSpeed)、即時路況資訊來源樣本數(SampleSize)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。其關聯之基礎路段編碼則為二選一：機關發布路段代碼(SectionID)或是機關基礎路段代碼集合(LinkIDs)。

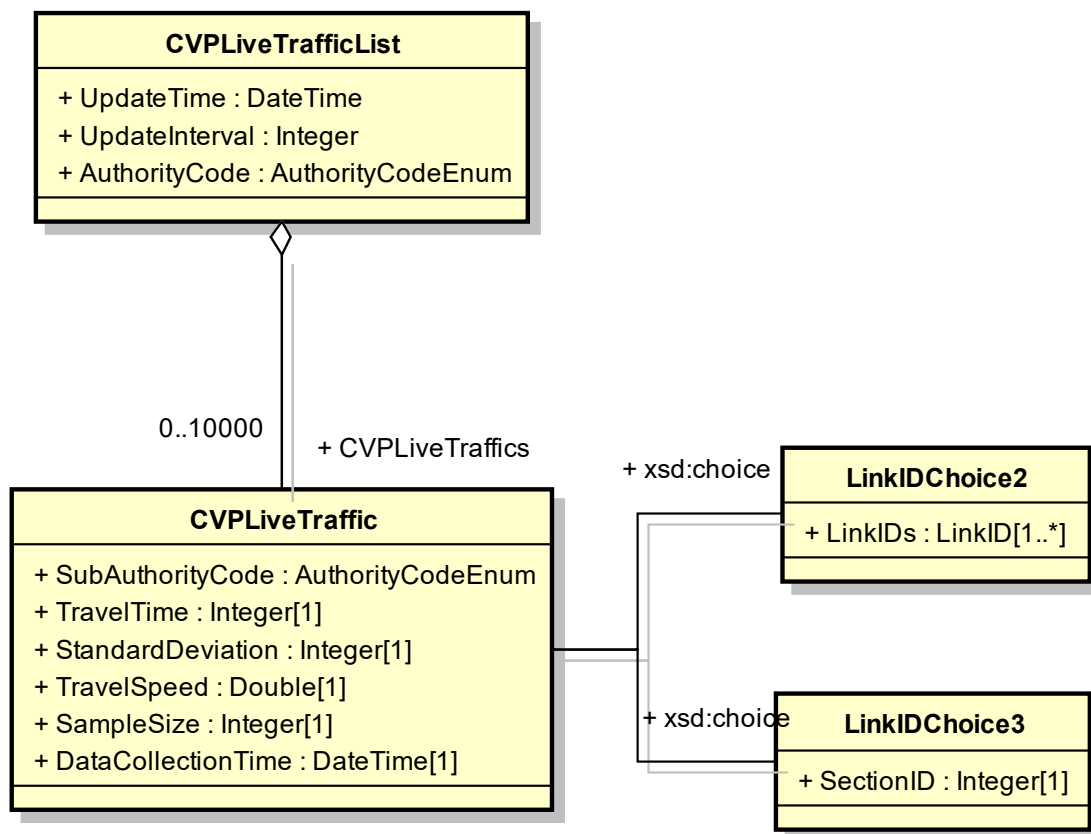


圖 2.45 CVP 路段即時路況動態資訊 UML 應用綱要

路段即時路況設計 LiveTraffic、DataSources 等類別，說明如下：

1. LiveTraffic 記錄某一路段之即時路況動態資訊，其資訊應包含路段平均旅行時間(TravelTime)、路段平均旅行速度(TravelSpeed)、壅塞級別(CongestionLevel)、壅塞水準組別代碼(CongestionLevelID)、即時路況資訊來源種類(DataSources)及資料蒐集時間(DataCollectTime)。基礎路段記錄則依據路段之實際情形從機關發布路段代碼(SectionID)、基礎路段代碼(LinkID)當中二選一。
2. DataSourcesType 則說明路況資訊來源，包含是否包含歷史資料(HasHistorical)、是否包含 VD 資料(HasVD)、是否包含 VI 資料(HasAVI)、是否包含 ETag 資料(是否包含 ETag 資料)、是否包含 GVP 資料(HasGVP)、是否包含 CVP 資料(HasCVP)及是否包含其他多元路況資料(HasOthers)。

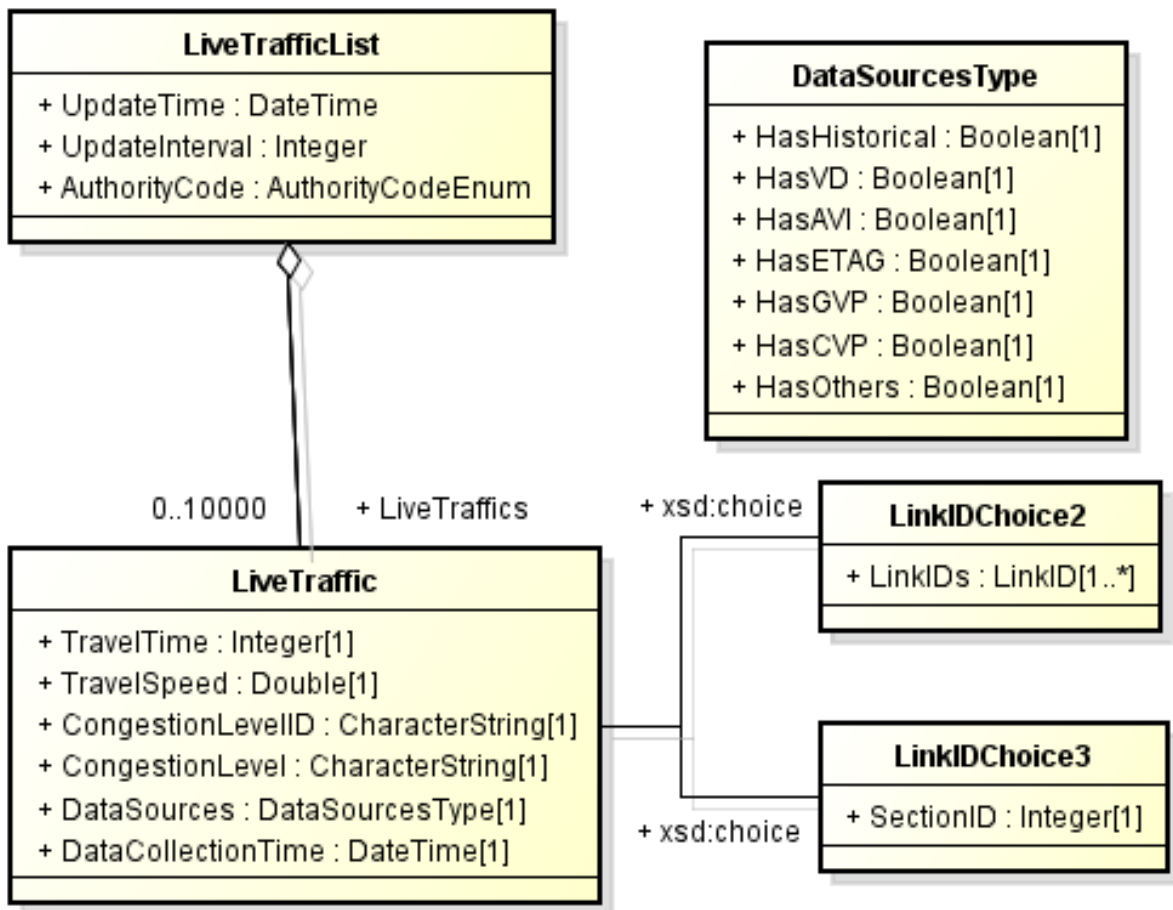


圖 2.46 路段即時路況動態資訊 UML 應用綱要

### 2.2.5.2 輔助-停車

停車套件區分為路外停車和路邊停車，其架構如圖 2.47 與圖 2.48，動態地圖標準選用部分為紅色框之相關類別，路外停車選用費率、營業時間以及動態資訊，路邊停車的資料為費率、收費時段以及動態資訊。同樣在選用過程中，動態資訊不包含所有相關資料之靜態資料屬性，在部分類別再納入所須之靜態資料屬性，以提供給自駕車完整的停車資訊。

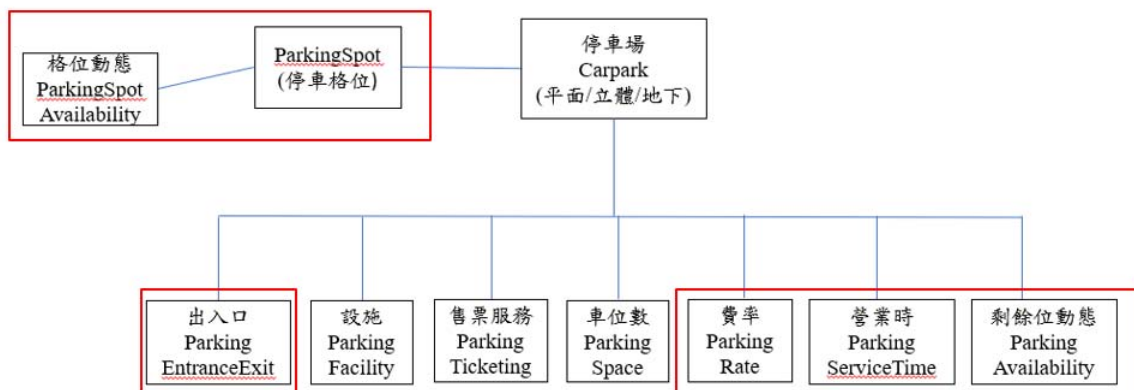


圖 2.47 路外停車資料架構圖

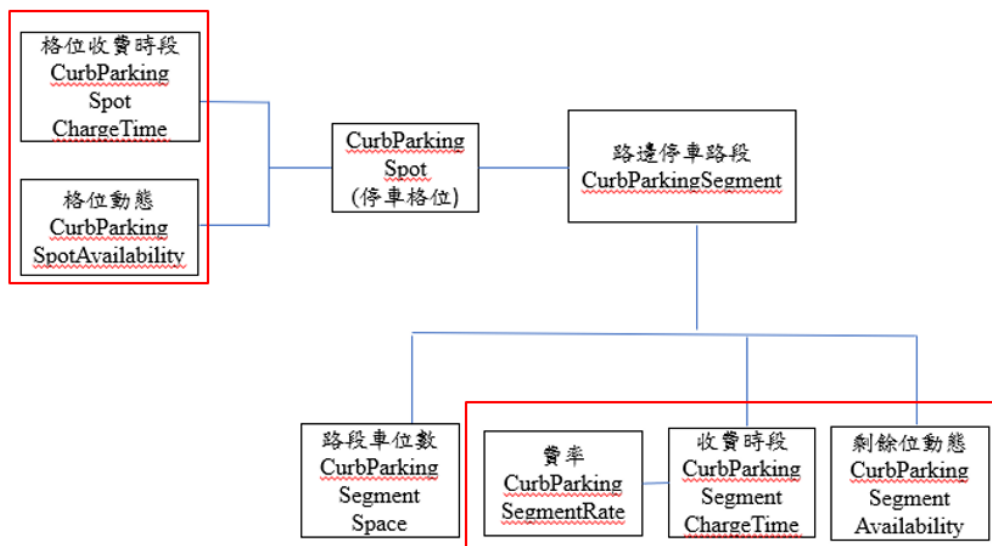


圖 2.48 路邊停車資料架構圖

路外停車剩餘位動態設計 ParkingAvailability、Availability、AreaAvailability、Name 等類別，說明如下：

1. ParkingAvailability 類別設計屬性包含停車場代碼(CarParkID)、停車場名稱(CarParkName)、停車場營業狀態(ServiceStatus)、停車場格位狀態(FullStatus)、尚有空位門檻(ServiceAvailableLevel)、車位將滿門檻水準(AlmostFullLevel)、車位已滿門檻水準(FullLevel)、與過度擁擠門檻水準(OverCrowdingLevel)、停車收費狀態(ChargeStatus)、備註(Remark)、資料產製時間(DataCollectTime)。
2. Availabilities 類別屬性包含停車位類型(SpaceType)、停車位總數(NumberOfSpaces)與目前剩餘車位數(AvailableSpaces)。
3. AreaAvailabilities 類別記錄停車場中分區之剩餘位，屬性包括停車場區域代碼(ParkingAreaID)及停車位類型(SpaceType)。
4. Name 類別設計為停車場名稱，可記錄繁體中文(Zh\_tw)、英文(En)、簡體中文(Zh\_cn)、日文(Ja)、韓文(Ko)等名稱。



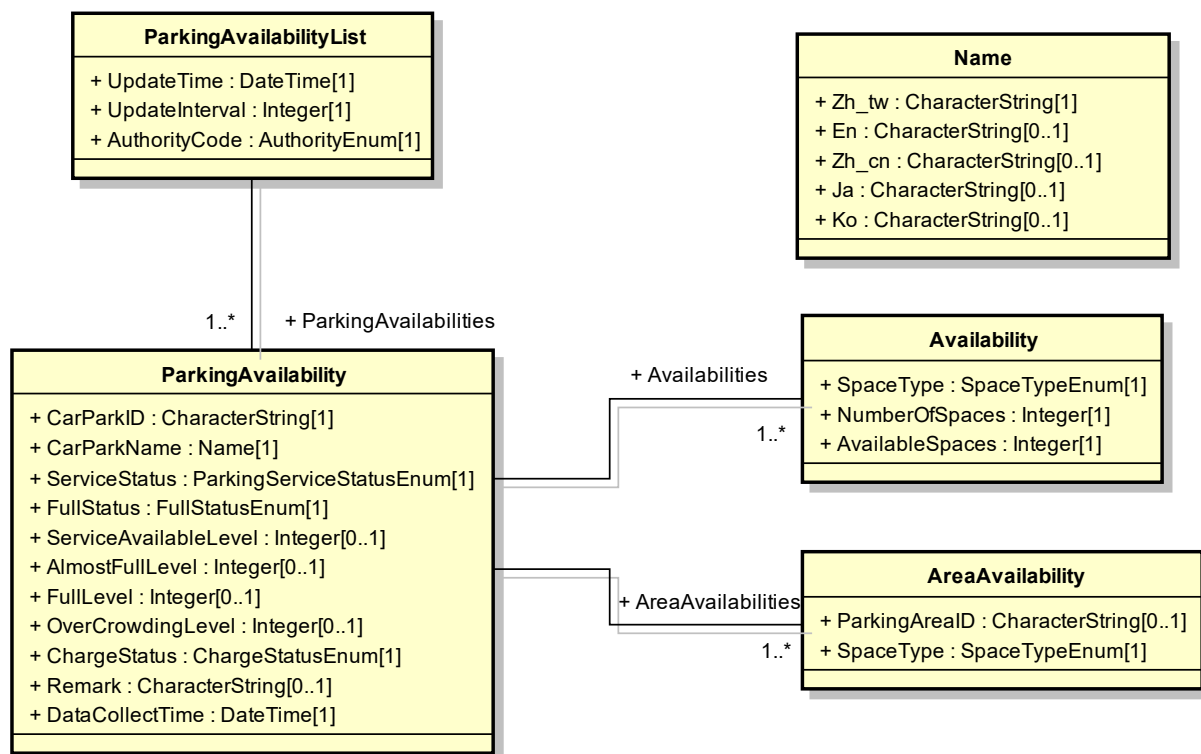


圖 2.49 路外停車之剩餘位動態 UML 應用綱要

路外停車之格位動態設計類別包括 ParkingAvailability、SpotAvailability、Name、Spot、ParkingSpot 等類別，後兩者是需納入之靜態資料類別，說明如下：

1. ParkingAvailability 類別屬性包含停車場代碼(CarParkID)、停車場名稱(CarParkName)、停車場區域代碼(ParkingAreaID)、
2. SpotAvailabilitie 類別記錄停車格位動態資訊，屬性包含停車格位代碼(ParkingSpotID)、停車位類型(SpaceType)、停車場營業狀態(ServiceStatus)、停車格位狀態(SpotStatus)、設備狀態(DeviceStatus)、停車格位所在樓層(Floor)、停車收費狀態(ChargeStatus)、備註(Remark)及資料產製時間(DataCollectTime)。
3. Name 類別設計為停車場名稱，可記錄繁體中文(Zh\_tw)、英文(En)、簡體中文(Zh\_cn)、日文(Ja)、韓文(Ko)等名稱。
4. Spot 類別屬性包含停車格位代碼(ParkingSpotID)、停車位類型(SpaceType)、是否附屬充電樁(HasChargingPoint)、停車格位長度(Length)、停車格位寬度(Width)、停車格位所在樓層(Floor)。
5. ParkingSpot 類別屬性包含停車場代碼(CarParkID)、停車場名稱(CarParkName)。

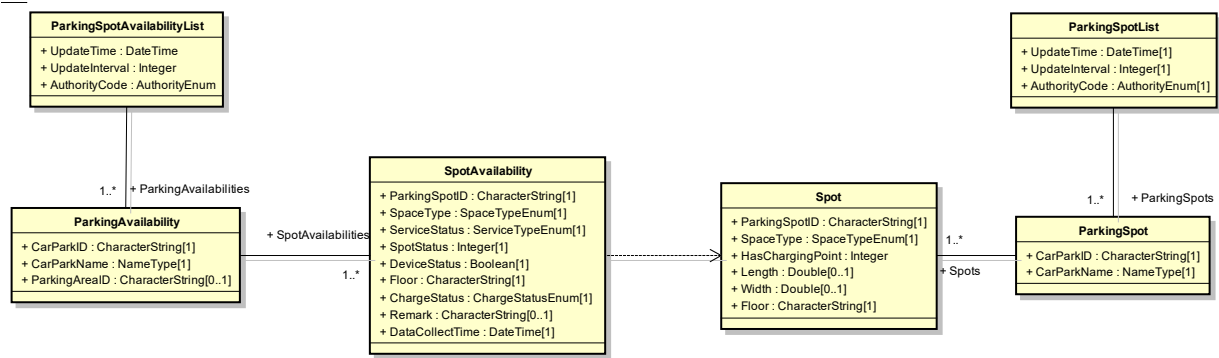


圖 2.50 路外停車之格位動態 UML 應用綱要

停車場出入口之類別包括 ParkingEntranceExit、Exit、Entrance、EntrancesExit、Name、Point 等類別，皆屬於靜態資料，以提供停車場出入口位置資訊。說明如下：

1. ParkingEntranceExit 類別屬性包含停車場代碼(CarParkID)、停車場名稱(CarParkName)、出入口類型(EntranceExitType)。
2. Exit 類別屬性包含出口標示名稱(ExitName)、出口坐標位置(Position)、出口方式(Type)、出口限制寬度(MaxAllowedWidth)、出口限制高度(MaxAllowedHeight)、車位限制重量(MaxAllowedWeight)、出口所在道路路名碼(RoadID)、出口所在道路名稱(RoadName)、停車場所在交叉道路名稱(CrossRoadName)、出口所在路段基礎編碼(LinkID)、出口所在路段之方位(Bearing)。
3. Entrance 類別屬性包含入口標示名稱(ExitName)、入口坐標位置(Position)、入口方式(Type)、入口限制寬度(MaxAllowedWidth)、入口限制高度(MaxAllowedHeight)、車位限制重量(MaxAllowedWeight)、入口所在道路路名碼(RoadID)、入口所在道路名稱(RoadName)、停車場所在交叉道路名稱(CrossRoadName)、入口所在路段基礎編碼(LinkID)、入口所在路段之方位(Bearing)。
4. EntrancesExit 類別屬性包含出入口標示名稱(ExitName)、出入口坐標位置(Position)、出入口方式(Type)、出入口限制寬度(MaxAllowedWidth)、出入口限制高度(MaxAllowedHeight)、車位限制重量(MaxAllowedWeight)、出入口所在道路路名碼(RoadID)、出入口所在道路名稱(RoadName)、停車場所在交叉道路名稱(CrossRoadName)、出入口所在路段基礎編碼(LinkID)、出入口所在路段之方位(Bearing)。
5. Name 類別設計為停車場、出口、入口、出入口名稱，可記錄繁體中文(Zh\_tw)、英文(En)、簡體中文(Zh\_cn)、日文(Ja)、韓文(Ko)等名稱。

6. PointType 類別設計為出入口的坐標位置，記錄位置緯度 WGS84(PositionLat)、位置經度 WGS84(PositionLon)。

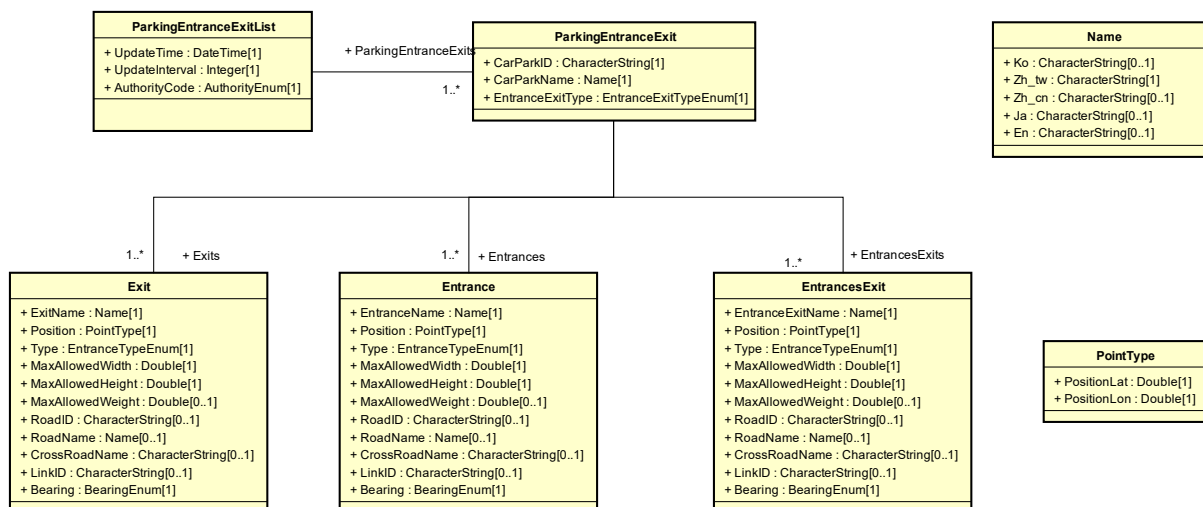


圖 2.51 路外停車之停車場出入口 UML 應用綱要

停車場費率之類別包括 ParkingRate、FreeRate、FlatRate、RentRate、HourlyRate、ProgressiveRate、BandRate、Name、ServiceDayType、ParkingTime、Rate、Rate1 等類別，皆屬於靜態資料，以提供停車場費率資訊。說明如下：

1. ParkingRate 類別屬性包含停車場代碼(CarParkID)、停車場名稱(CarParkName)、全部費率之文字性描述(Description)。
2. FreeRate 類別屬性包含免費方案費率名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、最長免費停留時間(FreeMaxStay)、服務日型態(ServiceDay)。
3. FlatRate 類別屬性包含計次方案費率名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、費率價格(RatePrice)、最長免費停留時間(FreeMaxStay)、最多停留時間限制(MaxStay)、多久重新計算一次(ResetInterval)、當日重新計算時間(ResetTime)、服務日型態(ServiceDay)。
4. RentRate 類別屬性包含租賃方案費率名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、租賃類型(RentType)、租賃天數(RentDays)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、費率價格(RatePrice)、限制說明(Restriction)。

5. HourlyRate 類別屬性包含計時方案費率名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、最長免費停留時間(FreeMaxStay)、計費基準單位(分)(RateQualifier)、費率價格(RatePrice)、每日最高計費上限(MaxPrice)、最多停留時間限制(MaxStay)、停車未滿 30 分鐘是否以半小時計費(MinHalfHourCharge)、限制說明(Restriction)、計費開始時間(StartTime)、計費結束時間(EndTime)、服務日型態(ServiceDay)。
6. ProgressiveRate 類別屬性包含累進費率方案名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、每日最高計費上限(MaxPrice)、最多停留時間限制(MaxStay)、停車未滿 30 分鐘是否以半小時計費(MinHalfHourCharge)、限制說明(Restriction)、計費開始時間(StartTime)、計費結束時間(EndTime)、服務日型態(ServiceDay)。
7. BandRate 類別屬性包含區間費率方案名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、計費開始時間(StartTime)、計費結束時間(EndTime)、服務日型態(ServiceDay)。
8. Name 類別設計為費率名稱，可記錄繁體中文(Zh\_tw)、英文(En)、簡體中文(Zh\_cn)、日文(Ja)、韓文(Ko)等名稱。
9. ServiceDayType 類別屬性包含服務日標籤(ServiceTag)、星期一收費與否(Monday)、星期二收費與否(Tuesday)、星期三收費與否(Wednesday)、星期四收費與否(Thursday)、星期五收費與否(Friday)、星期六收費與否(Saturday)、星期日收費與否(Sunday)、國定假日收費與否(NationalHolidays)。
10. ParkingTime 類別屬性包含服務日型態(ServiceDay)、計費開始時間(StartTime)、計費結束時間(EndTime)。
11. Rate 類別屬性包含費率說明(RateNote)、費率排序(RateSequence)、停留時間區間(起)(StayStart)、停留時間區間(迄)(StayEnd)、計費基準單位(分)(RateQualifier)、費率價格(RatePrice)。
12. Rate1 類別屬性包含停留時間區間(起)(StayStart)、停留時間區間(迄)(StayEnd)、費率價格(RatePrice)。

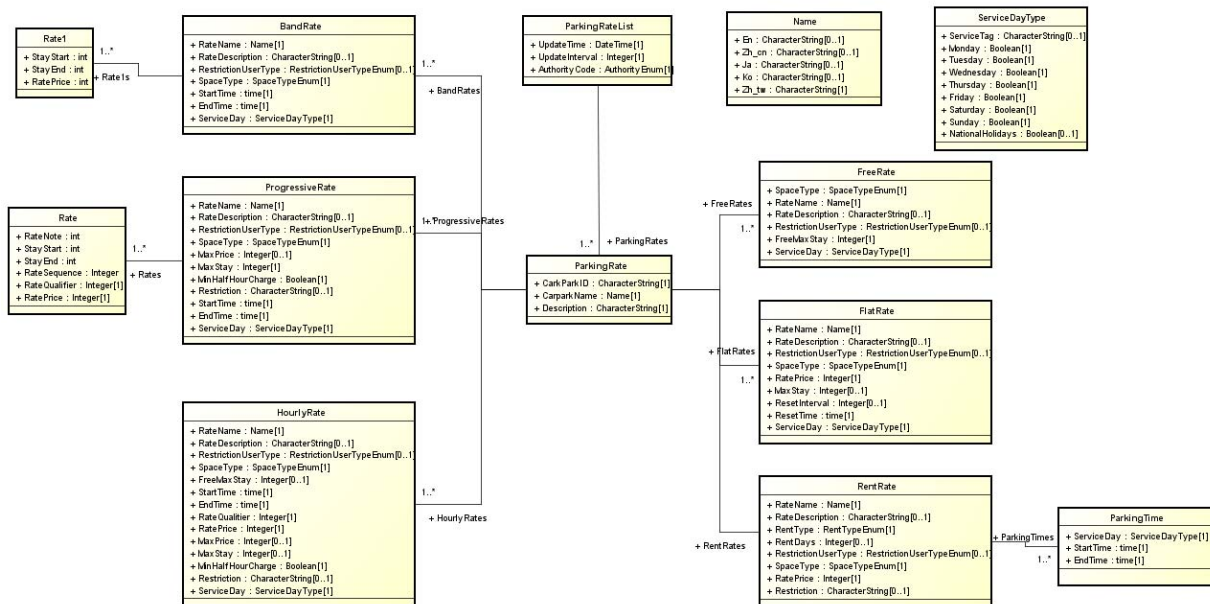


圖 2.52 路外停車之費率 UML 應用綱要

停車場營業時間之類別包括 ParkingServiceTime、OpeningHour、Name、ServiceDayType 等類別，皆屬於靜態資料，以提供停車場營業時間資訊。說明如下：

1. ParkingServiceTime 類別屬性包含停車場代碼(CarParkID)、停車場名稱(CarParkName)。
2. OpeningHour 類別屬性包含服務日型態(ServiceDay)、時段名稱描述(Description)、開始營業時間(StartTime)、結束營業時間(EndTime)、該時段是否免費(FreeOfCharge)、最晚入場時間(LastEntranceTime)。
3. ServiceDayType 類別屬性包含服務日標籤(ServiceTag)、星期一收費與否(Monday)、星期二收費與否(Tuesday)、星期三收費與否(Wednesday)、星期四收費與否(Thursday)、星期五收費與否(Friday)、星期六收費與否(Saturday)、星期日收費與否(Sunday)、國定假日收費與否(NationalHolidays)。

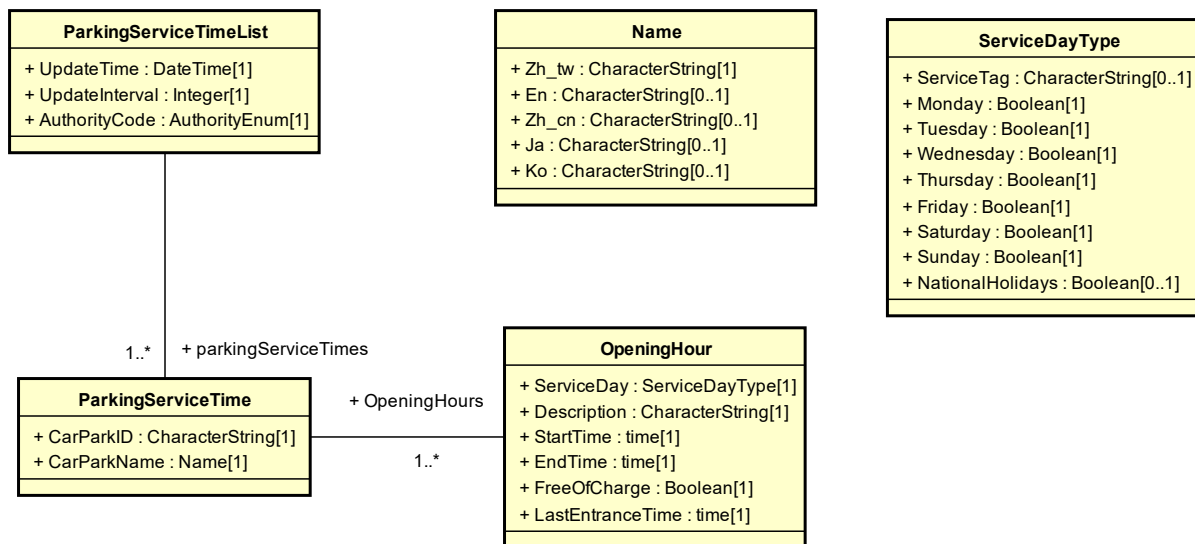


圖 2.53 路外停車之營業時間 UML 應用綱要

路邊停車剩餘位動態設計類別包括 ParkingAvailability、Availability、Name 等類別，說明如下：

1. ParkingAvailability 類別設計屬性包含停車路段代碼 (ParkingSegmentID)、停車路段名稱(ParkingSegmentName)、停車路段營業狀態(ServiceStatus)、停車路段格位狀態(FullStatus)、尚有空位門檻(ServiceAvailableLevel)、車位將滿門檻水準(AlmostFullLevel)、車位已滿門檻水準 (FullLevel)、與過度擁擠門檻水準 (OverCrowdingLevel)、停車收費狀態(ChargeStatus)、備註(Remark)、資料產製時間(DataCollectTime)。
2. Availabilities 類別屬性包含停車位類型(SpaceType)、停車位總數 (NumberOfSpaces)、目前剩餘車位數(AvailableSpaces)與停車位使用率(Occupancy)。
3. Name 類別設計為停車場名稱，可記錄繁體中文(Zh\_tw)、英文(En)、簡體中文(Zh\_cn)、日文(Ja)、韓文(Ko)等名稱。

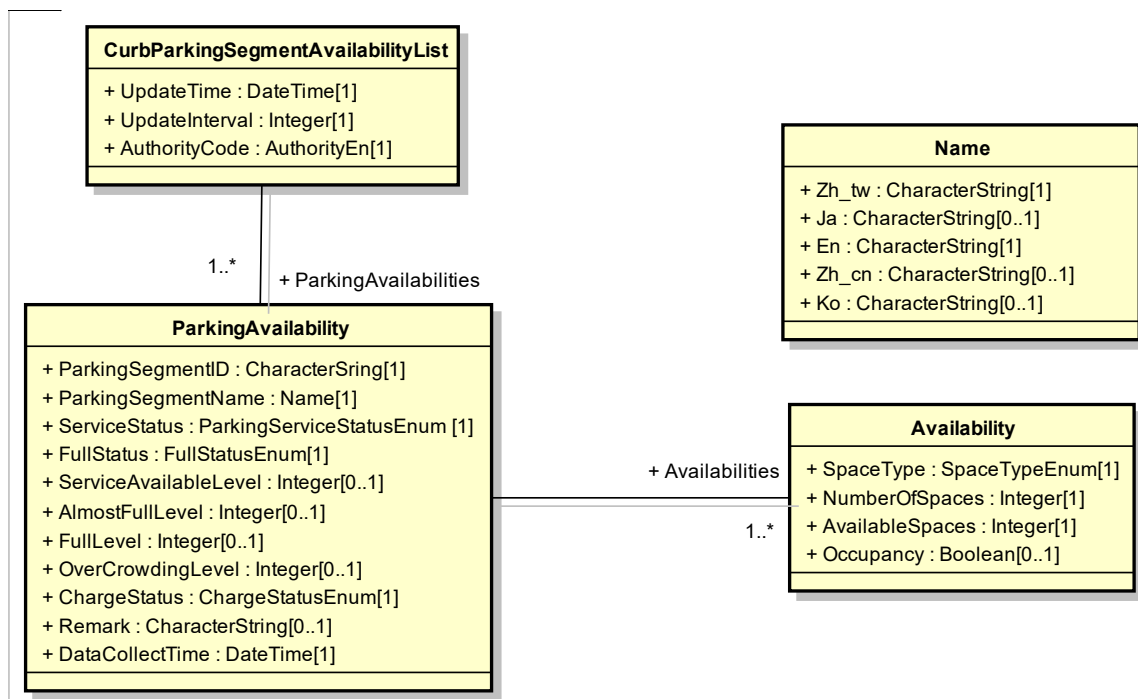


圖 2.54 路邊停車之剩餘位動態 UML 應用綱要

路邊停車之格位動態設計類別包括 ParkingAvailability、ParkingSpot、PointType 等類別，後兩者是需要納入之靜態資料類別，說明如下：

1. ParkingAvailability 類別屬性包含停車格位代碼(ParkingSpotID)、停車路段代碼(ParkingSegmentID)、停車路段營業狀態(ServiceStatus)、停車格位狀態(SpotStatus)、設備狀態(DeviceStatus)、停車收費狀態(ChargeStatus)、備註(Remark)、資料產製時間(DataCollectTime)。
2. ParkingSpot 類別記錄停車格位動態資訊，屬性包含停車格位代碼(ParkingSpotID)、停車路段代碼(ParkingSegmentID)、出入口坐標位置(Position)、停車位類型(SpaceType)、是否附屬充電樁(HasChargingPoint)、停車格位長度(Length)、停車格位範圍坐標(Geometry)、停車格位寬度(Width)、路段基礎編碼(LinkID)。
3. PointType 類別設計為出入口的坐標位置，記錄位置緯度 WGS84(PositionLat)、位置經度 WGS84(PositionLon)。

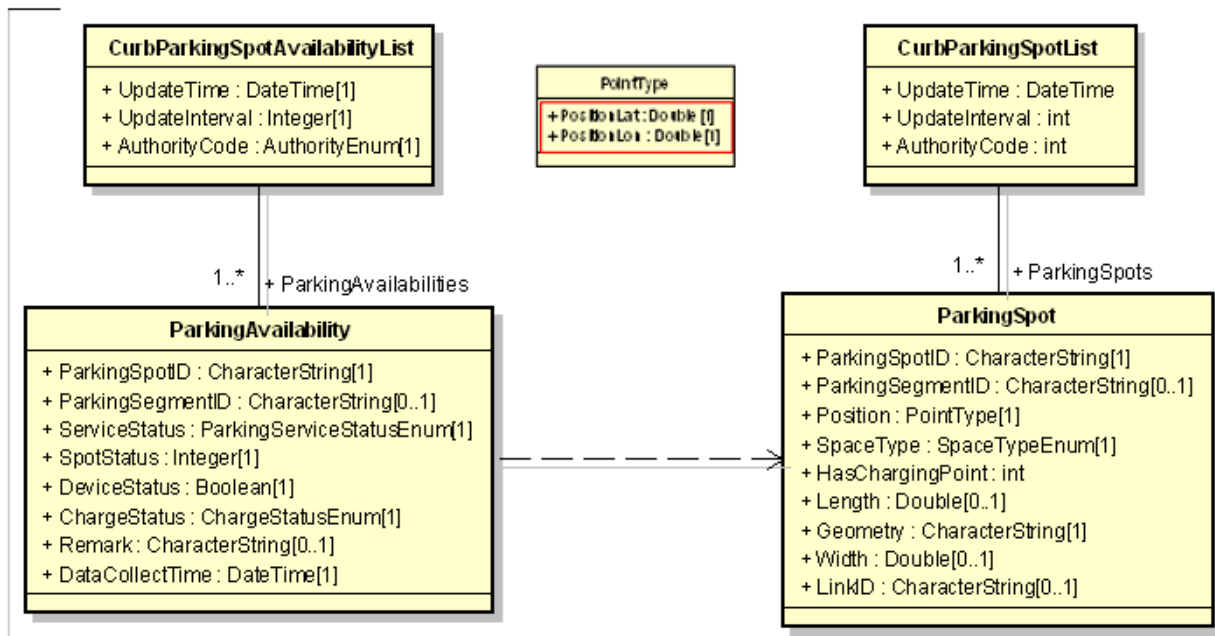


圖 2.55 路邊停車之格位動態 UML 應用綱要

路邊停車費率之類別包括 ParkingRate、FreeRate、FlatRate、HourlyRate、ProgressiveRate、Name、Rate 等類別，皆屬於靜態資料，以提供路邊停車費率資訊。說明如下：

1. ParkingRate 類別屬性包含全部費率之文字性描述(Description)。
2. FreeRate 類別屬性包含費率代碼(RateID)、免費方案費率名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、最長免費停留時間(FreeMaxStay)、限制說明(Restriction)。
3. FlatRate 類別屬性包含費率代碼(RateID)、計次方案費率名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、費率價格(RatePrice)、最長免費停留時間(FreeMaxStay)、最多停留時間限制(MaxStay)、多久重新計算一次(ResetInterval)、當日重新計算時間(ResetTime)、限制說明(Restriction)。
4. HourlyRate 類別屬性包含費率代碼(RateID)、計時方案費率名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、最長免費停留時間(FreeMaxStay)、計費基準單位(分)(RateQualifier)、費率價格(RatePrice)、每日最高計費上限(MaxPrice)、最多停留時間限制(MaxStay)、停車未滿 30 分鐘是否以半小時計費(MinHalfHourCharge)、限制說明(Restriction)。



5. ProgressiveRate 類別屬性包含費率代碼(RateID)、累進費率方案名稱(RateName)、費率文字描述(RateDescription)、費率適用之使用者類型限制(RestrictionUserType)、停車位類型(SpaceType)、每日最高計費上限(MaxPrice)、最多停留時間限制(MaxStay)、停車未滿 30 分鐘是否以半小時計費(MinHalfHourCharge)、限制說明(Restriction)。
6. Name 類別設計為費率名稱，可記錄繁體中文(Zh\_tw)、英文(En)、簡體中文(Zh\_cn)、日文(Ja)、韓文(Ko)等名稱。
7. Rate 類別屬性包含費率說明(RateNote)、費率排序(RateSequence)、停留時間區間(起)(StayStart)、停留時間區間(迄)(StayEnd)、計費基準單位(分)(RateQualifier)、費率價格(RatePrice)。

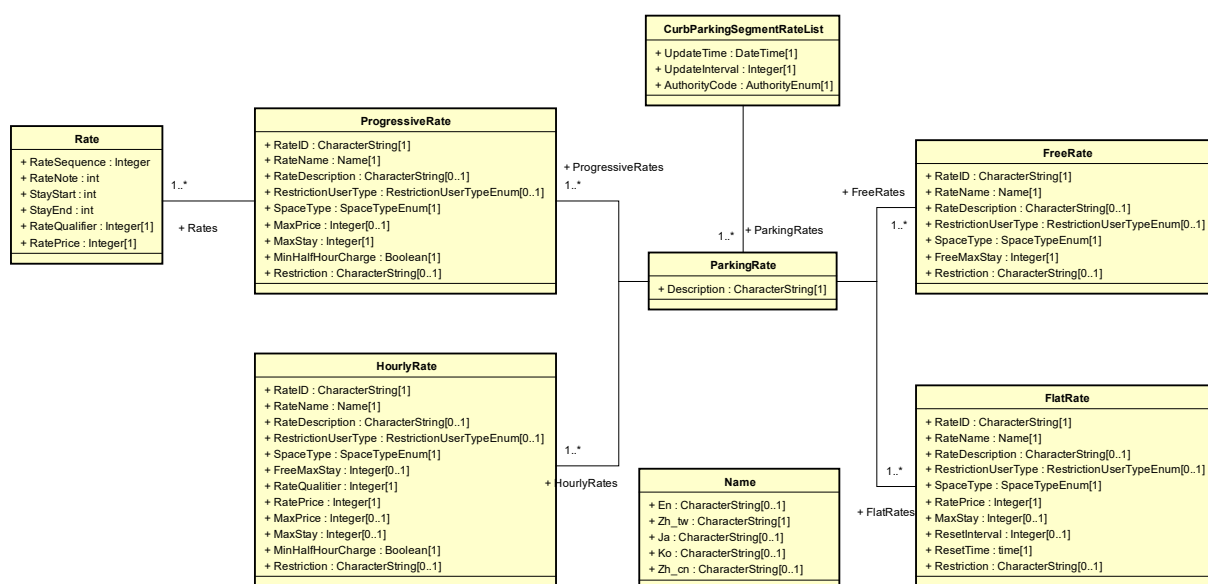


圖 2.56 路邊停車之費率 UML 應用綱要

路邊停車路段收費時段之類別包括 ParkingChargeTime、ChargeTime、HasNoParkingTime、Rate、Name、ServiceDayType、ParkingSpot 等類別，皆屬於靜態資料，以提供路邊停車路段收費時段資訊。說明如下：

1. ParkingChargeTime 類別屬性包含停車路段代碼(ParkingSegmentID)、停車路段名稱(ParkingSegmentName)、是否有限制時段(HasNoParkingTime)。
2. ChargeTime 類別屬性包含服務日型態(ServiceDay)、收費開始時間(StartTime)、收費結束時間(EndTime)。
3. HasNoParkingTime 類別屬性包含停車位類型(SpaceType)、服務日型態(ServiceDay)、限制開始時間(StartTime)、限制結束時間(EndTime)。
4. Rate 類別屬性包含費率類型(RateType)、費率代碼(RateID)。

- Name 類別設計為路段名稱，可記錄繁體中文(Zh\_tw)、英文(En)、簡體中文(Zh\_cn)、日文(Ja)、韓文(Ko)等名稱。
- ServiceDayType 類別屬性包含服務日標籤(ServiceTag)、星期一收費與否(Monday)、星期二收費與否(Tuesday)、星期三收費與否(Wednesday)、星期四收費與否(Thursday)、星期五收費與否(Friday)、星期六收費與否(Saturday)、星期日收費與否(Sunday)、國定假日收費與否(NationalHolidays)。
- ParkingSpot 類別屬性包含停車格位代碼(ParkingSpotID)。

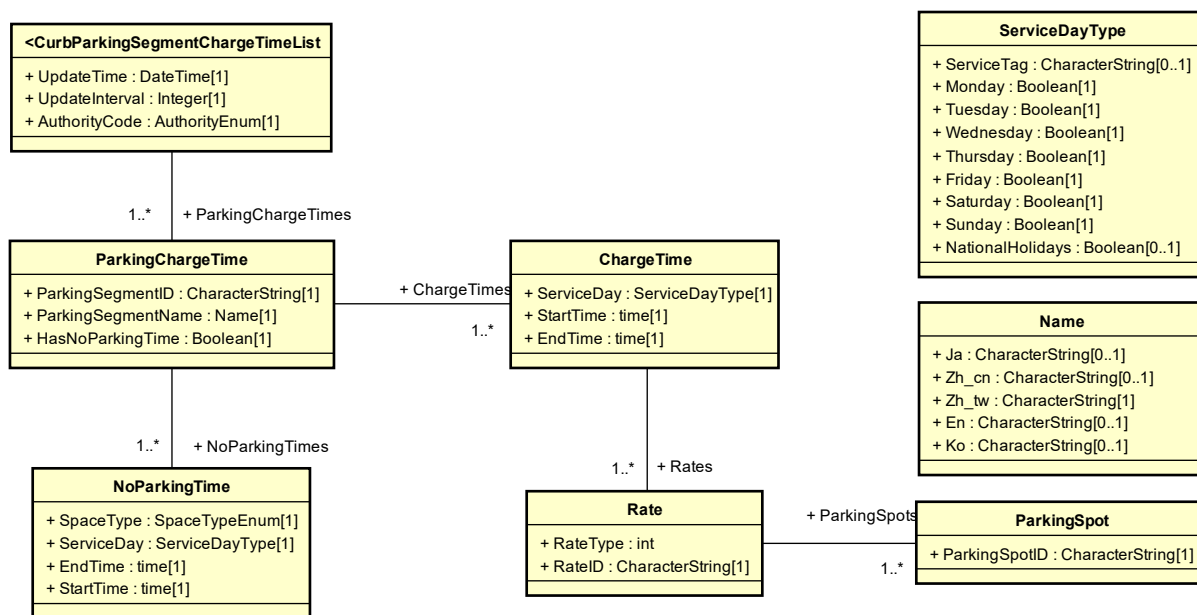


圖 2.57 路邊停車之路段收費時段 UML 應用綱要

路邊停車格位收費時段之類別包括 ParkingChargeTime、ChargeTime、HasNoParkingTime、Rate、ServiceDayType 等類別，皆屬於靜態資料，以提供路邊停車格位收費時段資訊。說明如下：

- ParkingChargeTime 類別屬性包含停車格位代碼(ParkingSpotID)、是否有限制時段(HasNoParkingTime)。
- ChargeTime 類別屬性包含服務日型態(ServiceDay)、收費開始時間(StartTime)、收費結束時間(EndTime)。
- HasNoParkingTime 類別屬性包含停車位類型(SpaceType)、服務日型態(ServiceDay)、限制開始時間(StartTime)、限制結束時間(EndTime)。
- Rate 類別屬性包含費率類型(RateType)、費率代碼(RateID)。
- ServiceDayType 類別屬性包含服務日標籤(ServiceTag)、星期一收費與否(Monday)、星期二收費與否(Tuesday)、星期三收費與否(Wednesday)、星期四收費與否(Thursday)、星期五收費與否(Friday)、星期六收費與否(Saturday)、星期日收費與否(Sunday)、國定假日收費與否(NationalHolidays)。

(Friday)、星期六收費與否(Saturday)、星期日收費與否(Sunday)、  
國定假日收費與否(NationalHolidays)。

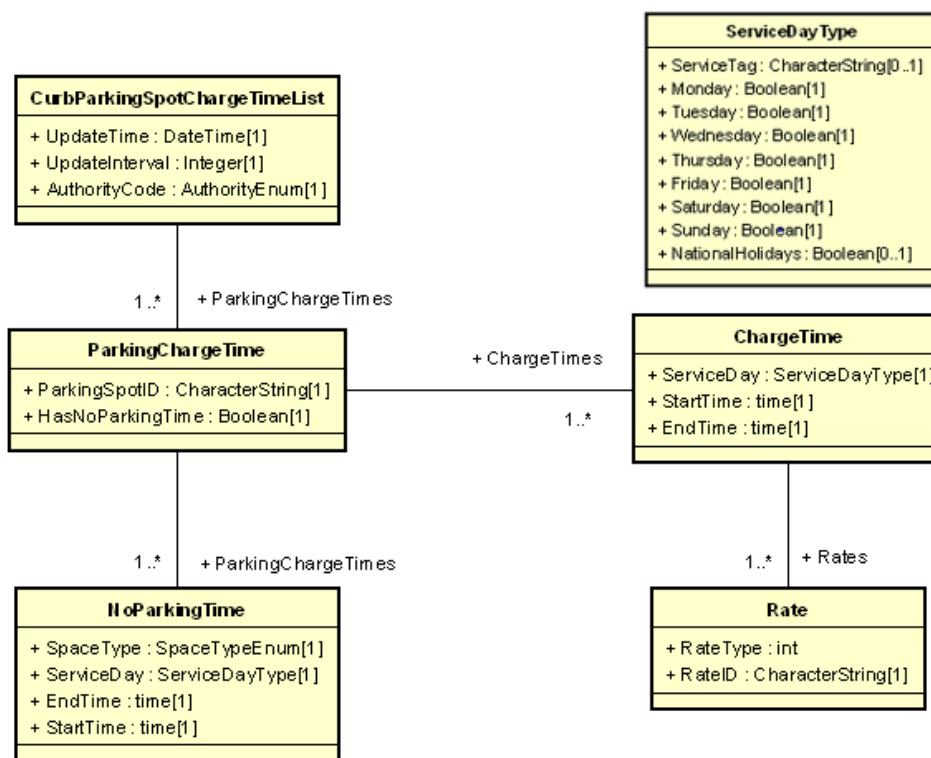


圖 2.58 路邊停車之格位收費時段 UML 應用綱要

### 2.2.5.3 事件

事件套件涵蓋之資料來源包括交通事件、災害示警及氣象示警，由營建署道路管線挖掘工程、CAP-TWP、氣象局警特報、道路交通事件等服務平台做為服務介接之來源，四類資料來源之屬性各有部分差異，本團隊以5W1H(Who、When、Where、What、Why、How)之觀點，針對自駕車設計事件之類別，可記錄道路管制、災害及氣象示警之重要資訊，並與四類資料來源做對應分析。四類資料在描述同一類的資訊，也可能使用不同之綱要，例如空間位置部分，CAP-TWP 可記錄點狀空間位置、文字描述、多邊形，而營建署的道路管線挖掘提供經緯度，道路交通事件之事件位置主要為點資料，影響範圍則可包括點、線、面資料，氣象資料主要是以行政區代碼為影響範圍。另外關於事件及示警之主題分類各自不同，因此本團隊亦以自駕車觀點規劃相關之事件、示警分類。

綜合前述分析，本團隊重新設計一個事件類別，參考 CAP 標準之原型，並以提供自駕車使用之觀點，依據 5W1H 觀點設計相關屬性。Who 指的就是與事件相關之權責單位、When 與 Where 意即相關的時間以及發生的位置或影響位置、What 指的是事件內容、Why 意即事件參考資訊、How 為因應事件而應採行之相關應變措施。

事件套件之 UML 應用綱要如圖 2.59，每一份事件都以 Event 類別記錄，並且由另外兩個類別 Info、Resource 構成一個完整的事件或示警描述。Location 類別、MileAge 類別皆為位置表現之類別，記錄事件或示警的各種位置。另外設計有 MessageType、CategoryCode、EventTypeCode、UrgencyCode、ResponseCode、LocationTypeCode、TrafficControlCode 等 CodeList 代碼。

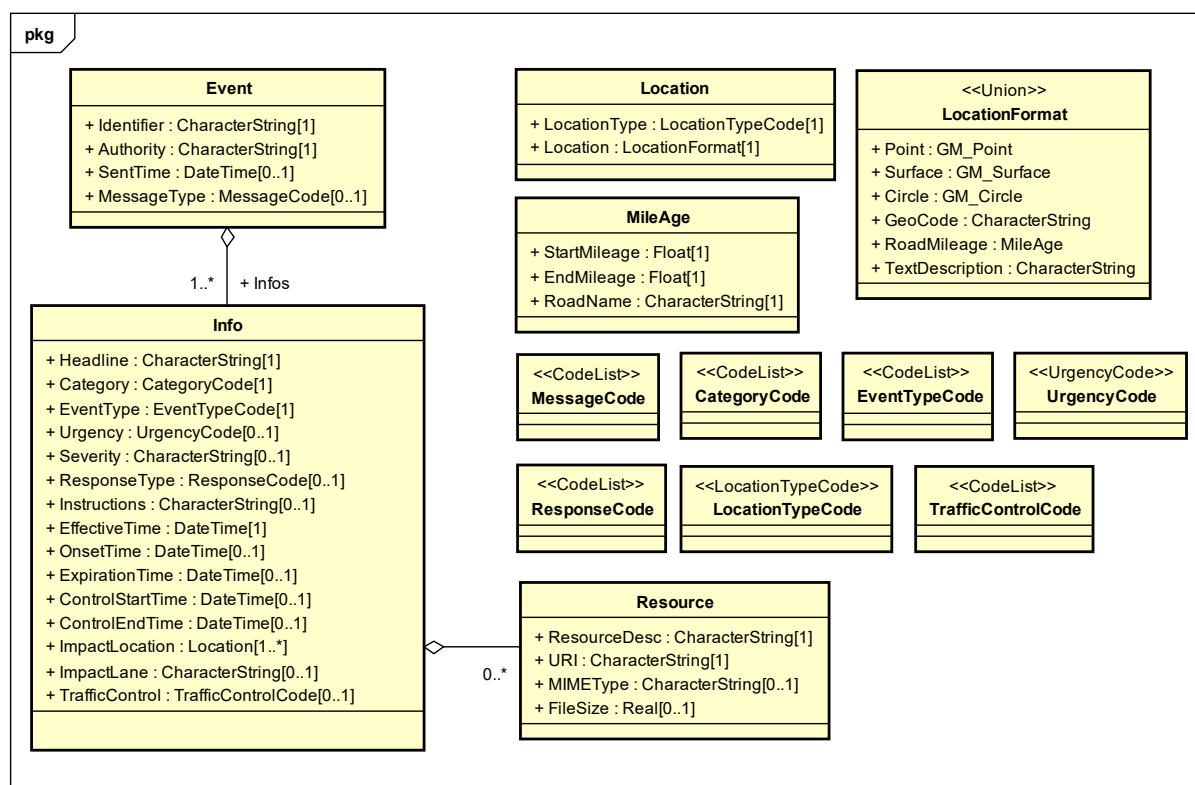


圖 2.59 事件套件之 UML 圖

以下說明各類別之設計內容：

1. Event 類別記載著示警資訊的基本訊息，包括事件/示警之識別碼 (Identifier)、權責單位(Authority)、發送日期與時間(SentTime)、訊息類別碼(MessageType)。
2. Info 類別記載著事件標題(Headline)、事件分類(Category)、事件類別(EventType)、緊急程度代碼(Urgency)、嚴重程度代碼(Severity)、應變代碼(ResponseType)、描述建議採取應變方案(Instruction)、示警生效開始日期與時間(EffectiveTime)、示警預期影響日期與時間(OnsetTime)、到期日期與時間(ExpirationTime)、交通管制開始時間(ControlStartTime)、交通管制結束時間(ControlEndTime)、影響範圍(ImpactLocation)、影響車道(ImpactLane)、交通管制狀態(TrafficControlCode)。

3. Resource 類別記載著數位資源描述(ResourceDesc)、資源或網頁位址 (URI)、網際網路媒體型別(MimeType)、資源檔案大小(FileSize)。
4. Location 類別設計有位置型態(LocationType)屬性，說明位置類型。位置(Location)以 Location 類別記錄點坐標(Point)、區域描述 (Surface)、中心點座標及半徑(Circle)、行政區代碼(GeoCode)、道路里程(Millage)、文字描述(Text)，其中道路里程又透過 MileAge 類別記錄起始里程(StartMileage)、結束里程(EndMileage)及道路名稱 (RoadName)。

ResponseType 用以提供自駕車對於事件或示警之道路通行參考，使用代碼給予自駕車判讀，ResponseCode 包含禁止(prohibit)、避免(avoid)、評估(assess)、無(none)等四個代碼，prohibit 代表禁止進入、avoid 是建議不要進入，但非強制，assess 代表無立即危險或道路阻斷，可由自駕車綜合各資訊再判斷是否進入，none 代表資訊不足，無法提供建議。依據納入之各資料來源之定義，挑選出重大災害、道路完全封阻等情形，本標準建議禁止自駕車進入之整理可參考表 2.11。

表 2.11 各資料與自駕車 ResponseCode 對應整理表

資料來源	類別名稱	屬性	意義	對應之 ResponseCode
道路交通事件	Event	CauseEvent =0	道路全封閉	禁止(prohibit)
	Event	EventType2=111、112、113	重大事故	禁止(prohibit)
	Event	EventType2=303、304	嚴重堵塞	禁止(prohibit)
	Event	EventType1=5	災害	禁止(prohibit)
CAP-TWP	Info	eventCode=earthquake、debrisFlow、tsunami、barrierLake、flood、evacuation、nuclear	重大災害	禁止(prohibit)
	Info	eventCode=airRaidAlert	防空	禁止(prohibit)
	Info	eventCode=roadClose	道路封閉	禁止(prohibit)
中央氣象局	hazard	significance=淹水、土石流、海嘯	重大災害	禁止(prohibit)

一個事件或示警皆以一個 Event 類別記錄，而一個 Event 中必須包含一個或多個由 Info 記錄的同一類型之事件或示警。四類資料之原始記錄內容可經轉換為設計類別之對應內容，例如空間位置；可轉換為 Event 之 ImpactLocation 描述內容。在後續應用情境中，如有此四類之示警資訊，將透過 Event 類別包裝，發布成半動態資訊，供自駕車使用。

## 2.2.6 動態地圖標準之資料典及 XML 綱要

依據路況、停車及事件等套件之 UML 應用綱要，動態地圖標準整理出對應之資料典，而路況、停車目前 XML 綱要則可參考交通部之資料標準，事件之 XML 應用綱要，則將其 targetNamespace 設定為 <https://land.moi.gov.tw/schema/ldm/semidynamic>，prefix 使用 ldm。以下為 XML 綱要檔案內容。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<schema xmlns:ldm="https://land.moi.gov.tw/schema/ldm/semidynamic"
xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
targetNamespace="https://land.moi.gov.tw/schema/ldm/semidynamic"
elementFormDefault="unqualified" attributeFormDefault="unqualified">
  <element name="Event" type="ldm:Event">
    <annotation>
      <documentation>Comment describing your root element</documentation>
    </annotation>
  </element>
  <element name="Info" type="ldm:Info"/>
  <complexType name="Event">
    <sequence>
      <element name="Identifier" type="string"/>
      <element name="Authority" type="string"/>
      <element name="SentTime" type="dateTime" minOccurs="0"/>
      <element name="MessageType" type="ldm:MessageCode" minOccurs="0"/>
      <element name="Infos">
        <complexType>
          <sequence>
            <element ref="ldm:Info" maxOccurs="unbounded"/>
          </sequence>
        </complexType>
      </element>
    </sequence>
  </complexType>
  <complexType name="Info">
    <sequence>
      <element name="Headline" type="string"/>
      <element name="Description" type="string" minOccurs="0"/>
      <element name="UpperCategory" type="ldm:UpperCategoryCode"/>
      <element name="Category" type="ldm:CategoryCode"/>
      <element name="Urgency" type="ldm:UrgencyCode" minOccurs="0"/>
      <element name="Severity" type="ldm:SeverityCode"/>
      <element name="ResponseType"/>
      <element name="Instructions"/>
      <element name="EffectiveTime" type="dateTime"/>
      <element name="OnsetTime" type="dateTime" minOccurs="0"/>
    </sequence>
  </complexType>
</schema>
```

```

<element name="ExpirationTime" type="dateTime" minOccurs="0"/>
<element name="ControlStartTime" type="dateTime" minOccurs="0"/>
<element name="ControlEndTime" type="dateTime" minOccurs="0"/>
<element name="ImpactLocation" maxOccurs="unbounded">
  <complexType>
    <sequence>
      <element name="Type" type="ldm:LocationType"/>
      <element name="Location" type="ldm:Location"/>
    </sequence>
  </complexType>
</element>
<element name="ImpactLane" type="string" maxOccurs="unbounded"/>
</sequence>
</complexType>
<complexType name="Location">
  <choice>
    <element name="Point" type="string"/>
    <element name="Curve" type="string"/>
    <element name="Surface" type="string"/>
    <element name="Geocode" type="string"/>
    <element name="RoadMileage" type="ldm:Mileage"/>
    <element name="Text" type="string"/>
  </choice>
</complexType>
<simpleType name="MessageCode">
  <restriction base="string">
    <pattern value="alert"/>
    <pattern value="update"/>
    <pattern value="end"/>
  </restriction>
</simpleType>
<simpleType name="UpperCategoryCode">
  <restriction/>
</simpleType>
<simpleType name="CategoryCode">
  <restriction/>
</simpleType>
<simpleType name="UrgencyCode">
  <restriction/>
</simpleType>
<simpleType name="SeverityCode">
  <restriction/>
</simpleType>
<simpleType name="LocationType">
  <restriction/>
</simpleType>
<complexType name="Mileage">

```

```

    <sequence>
      <element name="StartMileage" type="float"/>
      <element name="EndMileage" type="float"/>
      <element name="RoadName" type="string"/>
    </sequence>
  </complexType>
</schema>

```

### 資料範例

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ldm:Event      xsi:schemaLocation="https://land.moi.gov.tw/schema/ldm/semidynamic
event.xsd"      xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:ldm="https://land.moi.gov.tw/schema/ldm/semidynamic">
  <Identifier>swcb.gov.tw_debrisFlow_201305232100.cap</Identifier>
  <Authority>swcbfema@mail.swcb.gov.tw</Authority>
  <SentTime>2013-05-23T21:00:00+08:00</SentTime>
  <MessageType>alert</MessageType>
  <Infos>
    <ldm:Info>
      <Headline>台中市土石流紅色警戒</Headline>
      <Description>依據中央氣象局風雨資料研判：計 16 條土石流潛勢溪流達紅色
警戒(相關詳細土石流警戒資訊請上土石流防災資訊網(http://246.swcb.gov.tw/) 查詢)</Description>
      <UpperCategory>Hazard</UpperCategory>
      <Category>Debris</Category>
      <Severity>RoadClosed</Severity>
      <EffectiveTime>2013-05-23T21:00:00+08:00</EffectiveTime>
      <ExpirationTime>2013-05-23T23:00:00+08:00</ExpirationTime>
      <ControlStartTime>2013-05-23T21:00:00+08:00</ControlStartTime>
      <ControlEndTime>2013-05-23T23:00:00+08:00</ControlEndTime>
      <ImpactLocation>
        <Type>Geocode</Type>
        <Location>
          <Geocode>6601000-014</Geocode>
        </Location>
      </ImpactLocation>
      <ImpactLocation>
        <Type>Geocode</Type>
        <Location>
          <Geocode>6601000-011</Geocode>
        </Location>
      </ImpactLocation>
      <ImpactLocation>
        <Type>Geocode</Type>
        <Location>
          <Geocode>6601000-016</Geocode>
        </Location>

```



```

</ImpactLocation>
<ImpactLocation>
  <Type>Geocode</Type>
  <Location>
    <Geocode>6601000-017</Geocode>
  </Location>
</ImpactLocation>
<ImpactLocation>
  <Type>Geocode</Type>
  <Location>
    <Geocode>6602600-016</Geocode>
  </Location>
</ImpactLocation>
<ImpactLocation>
  <Type>Geocode</Type>
  <Location>
    <Geocode>6602600-007</Geocode>
  </Location>
</ImpactLocation>
</ldm:Info>
</Infos>
</ldm:Event>

```

### 2.2.7 後續成果產出及時程規劃

本項工作將建立自駕車用動態地圖圖層內容標準，本團隊已完成半靜態/半動態之動態地圖圖資內容資料標準之草案初稿設計，規劃時程請參考表 2.12，後續工作包括召開小組工作會議，並持續滾動修正草案、籌備標準案實證發表會，第五期完成標準案實證發表會及自駕車用動態地圖圖層內容標準。

表 2.12 動態地圖圖層內容標準之規劃進度

期程	第二期 109/7/3	第三期 109/12/4	第四期 110/6/25	第五期 110/12/1
規劃進度	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 完成國際標準蒐集分析</li> <li>◆ 初步擬定資料範疇</li> <li>◆ 完成資料標準主要架構</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 完成自駕車用動態地圖圖層內容標準(草案)初稿(參閱附錄二)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 召開小組工作會議</li> <li>◆ 持續滾動修正草案</li> <li>◆ 籌備標準案實證發表會</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 完成標準案實證發表會</li> <li>◆ 完成自駕車用動態地圖圖層內容標準(草案)定稿</li> </ul>

## 2.3 建立自駕車用動態地圖作業指引(草案)1 件

目前國內製作高精地圖是採用搭載整合式定位定向感測器以及觀測感測器(包括相機、攝影機、多光譜掃描儀、雷射或光達)的專業測繪車，製圖作業依據本團隊於台灣資通產業標準協會審議發布之「高精地圖製圖作業指引 v2」為基準，確保國內製作之高精地圖滿足自動駕駛技術之需求。

但產製高精地圖後不代表著項目的完結，地圖定期更新是保障自動駕駛安全最重要的一道屏障。若高精地圖無法定期更新，其價值和可靠度會不斷降低，甚至會帶給自動駕駛汽車極大的安全風險。為滿足高精地圖定期更新的需求，目前高精地圖主要的更新方式分為兩種：一、專業測繪廠商集中製圖，依靠自身測繪能力實現實時更新，如利用專業測繪車；二、利用較低成本或自駕車同等規格之資料採集車，透過認證第三方進行資料採集。第一種方式由專業測繪車進行大規模的採集更新，獲得之數據資料精度及可信度很高，但專業測繪車數量及成本耗費是一項龐大支出。然而，透過認證第三方透過低規設備進行更新是實現定期更新的低成本和量產化的可行方案，在專業測繪車的技術基礎上，可利用較低成本資料採集車，如自駕車，雖然感測器精度較低，但可透過成果檢核、數據融合等技術來不斷更新高精地圖。因此若以一高精地圖為基礎，通過較低成本之資料採集車方式來進行定期更新，確實是個低成本可量產的可行方案。隨著大數據技術的發展以及 AI 技術的突破，技術門檻會逐步降低，同時精度和可信度將逐步提高。透過較低成本之資料採集車進行更新雖是目前認可之主流，但仍然面臨許多挑戰，例如自動駕駛車輛採用的傳感器的種類很多，有相機、攝影機、光達、毫米波雷達、超聲波雷達等，其性能差異非常大，不同感測器所採集的數據精度也會不同，因此如何確保製圖作業及產製精度是一大難題。

綜上所述，如果只透過專業測繪車以集中製圖的方式進行更新，無論是數據量或是成本資金，都是天文數字，但僅依靠較低成本之資料採集車繪製高精地圖，數據整合技術仍存在瓶頸，精度有待提升。因此兩種製圖方式的結合，才是定期更新高精地圖實現的必經之路。如果能制定統一的製圖作業指引，充分利用專業測繪車及較低成本的採集車資源，以集中方式形成一個基礎的高精地圖網，再採用較低成本採集車採集資料的方式來進行原有高精地圖中物件變異偵測，若其採集資料精度通過相關驗證指引檢核亦可針對原有之高精地圖進行局部更新，若沒通過相關檢核驗證則透過測繪車進行原有高精地圖的更新與維護，並將更新後成果反饋給自駕車使用者，以實現數據共享。

目前國內專業測繪車已有遵循之製圖作業指引「高精地圖製圖作業指引 v2」，本案將針對低成本之資料採集車，如低成本自駕車等，建立「自駕車用動態地圖作業指引」，針對高精地圖中靜態圖層動態更新之相關標準作業程

序，透過自駕車執行原有高精地圖之物件變異偵測，後續經驗證單位執行 QA(Quality Assurance)/QC(Quality Control)確認所偵測出之變異處將進行圖資更新，以確保產製效率及產出成果達絕對位置精度平面 20 公分與三維 30 公分之高精度需求，使原先產製之高精地圖能持續提升其價值與效用。

本案之低成本或自駕車同等規格之資料採集車係指非專業測繪等級之車輛，主要以自駕車為主。由於國內外各家自駕車廠商所能搭載之設備組合性多元，故無法詳細定義各項設備規格，僅能針對其基本硬體需求定義之，如表 2.13 所示。另外，以本團隊實證之成大電機系自駕車 MKZ 作為參考依據，其相關感測器規格及相關精度說明如表 2.14；專業測繪車之相關規格需求可參考台灣資通產業協會所審議發佈之「高精地圖作業指引 v2」。低成本或自駕車同等規格資料採集車及專業測繪車之設備差異如表 2.15 所示。

表 2.13 資料採集車硬體規格說明

硬體	規格	說明
光達	至少 16 線程 (如 Velodyne VLP-16)	需事先與相機進行相對方位率定，並提供率定成果檔
相機	無特別需求	需事先與光達進行相對方位率定及相機內方位率定，並提供率定成果檔
GNSS	可進行 DGNSS 或 RTK 定位	GNSS 天線與光達或相機間之相對方位率定成果(非必須)
IMU (非必須)	戰術等級以上 (如 Epson G320N)	無

表 2.14 成大電機自駕車 MKZ 感測器規格及相關精度說明

<b>Scanner - VLP-16er</b>	
轉速	5-20Hz
掃描線數	16 線程
距離精度	±3 公分
掃描速率	300,000 點/秒
<b>Cameras - SF3325-100</b>	
解析度	1928 x 1208
像素尺寸	1.46 公厘 x 1.46 公厘
水平視角	60度
<b>GNSS/IMU/DMI - MTi-G-710-2A5G4</b>	
絕對位置精度	1 公尺
陀螺儀偏差	10度/小時
加速度計偏差	15 µg

表 2.15 測繪車與低成本資料採集車設備差異列表

設備規格	專業測繪車	低成本資料採集車(自駕車)
光達	高精度光達系統 (如 RIEGL VMQ-1HA/VMX-250)	至少 16 線程 (如 Velodyne VLP-16)
相機	Ladybug 系列相機或 高階工業相機	無特別需求但須完成相機及 相機與光達間關係率定作業
GNSS	可進行 DGNSS 或 RTK 定位	可進行 DGNSS 或 RTK 定位
IMU	高階戰術等級以上 (如 SPAN-LCI)	戰術等級以上(非必須) (如 Epson G320N)

當低成本或自駕車同等規格之資料採集車執行高精地圖中靜態圖層之動態更新時，建議利用靜態高精地圖輔助定位以提升整體作業可靠度，其作業步驟包含：(1)執行測繪任務前通常包括任務規劃、實地踏勘與系統檢測。(2)測繪任務當下則包括系統初始化與資料蒐集作業。(3)後續內業任務進行資料後處理、變異偵測警示通知及相關報告書撰寫作業。(4)執行相關成果自我檢核機制，本案規劃自駕車用動態地圖作業指引應包含之項目如表 2.16 所示。

表 2.16 自駕車用動態地圖作業指引之規劃項目與說明

規格需求	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 為了符合自駕車用地圖之應用目的，配合所需系統及測量環境提出原則性的建議規格，蒐集地圖資訊之系統再依現行規範並參酌作業程序落實在自駕車用地圖的建置流程中。</li> </ul>
建置流程	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 執行測繪任務前：                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a.任務規劃 / b.實地踏勘 / c.系統檢測</li> </ul> </li> <li>◆ 執行測繪任務當下：                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a.系統初始對準 / b.資料蒐集作業</li> </ul> </li> <li>◆ 內業作業：                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a.資料後處理 / b.作業成果檢核 / c.變異偵測警示通知及報告書撰寫</li> </ul> </li> </ul>
檢核機制	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 定位定向成果自我檢核：                             <p>檢測 INS/GNSS 定位定向整合系統發生衛星訊號脫落、衛星訊號斷訊、慣性測量元件漂移時造成的誤差累積，其影響量級是否仍符合合理精度範圍。</p> </li> <li>◆ 直接地理定位成果自我檢核：                             <p>檢測並提升直接地理定位網型平差結果，確保求解之外方位參數符合合理精度範圍。網型平差應包含相當數量且經正確匹配之連結點，同時相關誤差因子(包含固定臂與同步誤差)應一同納入整體平差解算，使剩餘誤差最小化。搭配區域內之高精地</p> </li> </ul>

圖既有資料，偵測定位定向整合系統與本地坐標基準間的區域平移誤差，並進行補償。

本團隊目前研擬之自駕車用動態地圖作業架構如圖 2.60 所示。主要可分成三大部分：(1)低成本資料採集車進行資料採集(掃圖)，並將相關資料(如光達點雲、影像、GNSS/IMU 資料等)上傳至自駕車資訊整合平台儲存。(2)利用公告版高精地圖與步驟(1)採集之相關資料進行變異偵測，並將結果回饋給驗證單位，進行品質檢核與確認是否需進行圖資更新。(3)如變異物件之成果精度通過驗證單位之相關規範，其成果可用於高精地圖局部更新作業；若其成果精度不合乎相關規範，則須委由測繪業者辦理圖資更新作業，相關測設規定及精度需求則根據「高精地圖作業指引 v2」辦理，在通過驗證單位核可後即可公告新版高精地圖圖資供自駕車使用，新版圖資與原公告版圖資之差異為新增或刪減前述變異偵測之物件，新版圖資即為下一代公告版圖資(如 2020.06 公告版、2020.12 公告版)，繼續提供後續低成本或自駕車同等規格之數據採集車進行變異偵測使用，新版圖資公告頻率則視該場域變異偵測更新頻率(如：三個月、六個月、一年等)進行公告。

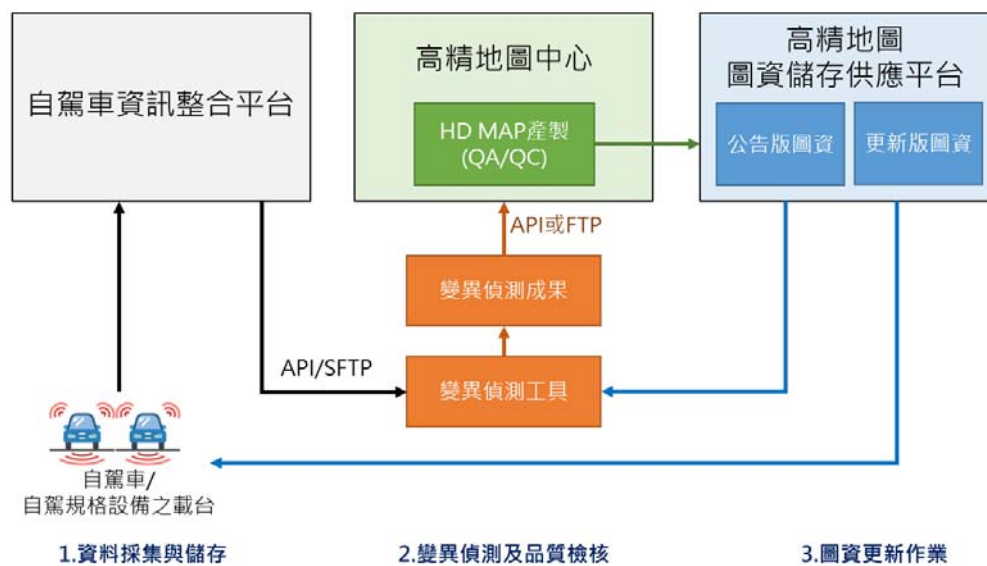


圖 2.60 自駕車用動態更新靜態高精地圖作業架構圖

自駕車用動態地圖更新實際執行流程如圖 2.61 所示，相關權責單位互相配合情形可分為以下四道步驟：

- (1) 低成本或自駕車同等規格之資料採集車經蒐集資訊並通過變異偵測後，發送變異通知事件(正常、新增或移除事件)至驗證單位。
- (2) 若低成本或自駕車同等規格之資料採集車成果精度不合乎驗證單位規範，則由驗證單位委託測繪業者進行更新圖資測製。
- (3) 測繪業者提供圖資測製成果予驗證單位進行檢核驗證(QA/QC)。

(4)驗證單位負責圖資檢核及驗證，通過檢核及驗證之圖資將上傳至國網中心。

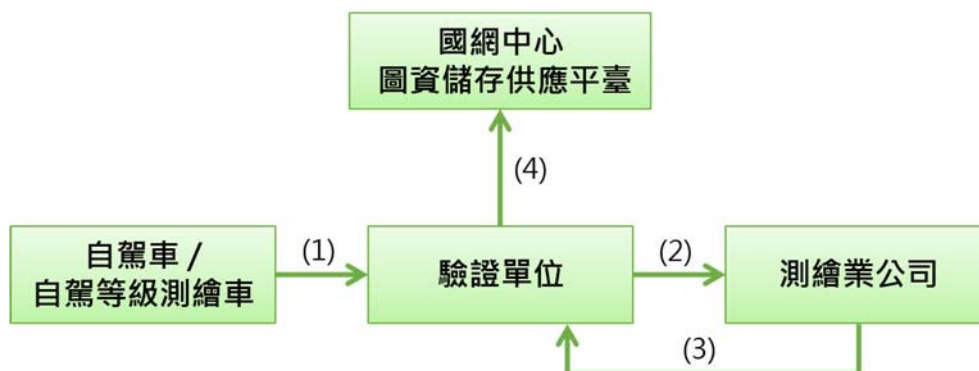


圖 2.61 自駕車動態更新靜態高精地圖實際執行流程

目前自駕車用動態地圖作業指引(草案)已於第三期(本期)完成自駕車用動態地圖作業指引(草案)初稿，參閱附錄三，預計於第四期持續精進及更新草案內容，並預計於第五期完成自駕車用動態地圖作業指引(草案)，並規劃在本案結案前將自駕車用動態地圖作業指引(草案)初稿先行提送 TAICS 審查。

#### 2.4 建立自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)1 件

目前國內製作高精地圖是採用測繪等級之光達或整合式光達車載系統參照台灣資通產業標準協會審議發布之「**高精地圖製圖作業指引 v2**」所製作，為確保繪製成果於自駕車行駛過程中能滿足安全性之最終目的，需建立精度檢核及品質管控流程，作為評鑑測繪產業繪製高精地圖之根據。

然而若是高精地圖實時更新頻率無法滿足自駕車行駛對於具高度變異性的道路、地標等圖層時效性之要求，將給自動駕駛汽車帶來極大的安全風險。由專業測繪廠商進行圖資更新雖然獲得之數據資料精度及可信度很高，但是龐大的成本支出也是需要考量之重點。因此，利用較低成本之資料採集車透過認證第三方進行數據採集為另一種低成本產製的方案。利用較低成本資料採集車如自駕車，其感測器精度較測繪等級之儀器為低，因此成果檢核更為重要，同時較低成本之資料採集車使用之感測器種類亦十分多元，如何進行驗證確保產製之圖資精度是一重要課題。

本團隊基於研擬「**高精地圖檢核及驗證指引**」之經驗，進行規劃自駕車用動態地圖更新驗證方式並建立指引，將針對較低成本之資料採集車進行數據採集以及靜態圖資之動態更新，其適用之高精地圖供應鏈架構範圍如圖 2.62 虛線框列所示。自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)之草案整體架構設計，其架構圖如圖 2.63 所示，其涵蓋之適用範圍如圖中紅色虛線所示之處。

本案規劃之指引查核項目如同專業測繪車產製圖資之檢核流程，藉由低成本或自駕規格設備之資料採集車執行測繪任務。倘若於執行測繪任務前已有指定場域待進行數據採集，需先進行任務規劃、實地踏勘與系統檢測，於此階段需進行作業規劃檢核，其項目如表 2.17。測繪任務當下則需進行系統初始化與資料蒐集作業，同時需將相關測繪資料(如光達點雲資料、影像資料、GNSS/IMU 等)上傳至自駕車資訊整合平台儲存。驗證單位同時進行作業成果之檢核。透過這些採集資料與內政部公告版高精地圖進行圖資比對。利用相關變異偵測工具與技術進行變異分析，並將結果回饋予驗證單位進行檢查。由驗證單位完成檢查之後決定該區域是否進行圖資更新。由於物件辨識演算法將針對特徵物(如交通標誌牌)進行辨識，若特徵物之方向沒有朝向車輛行進方向時，可能會造成演算法之誤判，因此這類型之錯誤需要透過後續檢核作業進行判定。

低成本或自駕規格設備之資料採集車執行完成測繪作業後，所取得之點雲資料，需通過「高精地圖檢核及驗證指引」之精度要求，才能加以評估是否能納為高精地圖圖資更新使用。若不符合精度要求，則僅作為變異偵測分析使用。

如需進行靜態圖資更新則需委由測繪業者辦理，相關測設規定及精度需求參照「高精地圖作業指引 v2」、「高精地圖圖資內容及格式標準」以及「高精地圖檢核及驗證指引」辦理，並需經由驗證單位進行檢核及驗證作業後即可公告更新版圖資提供自駕車用。

本團隊已於第三期完成自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)初稿，參閱附錄四，第四期將規劃持續精進及更新草案內容，並於第五期完成自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)，並規劃在本案結案前將成自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)先行提送 TAICS 審查。

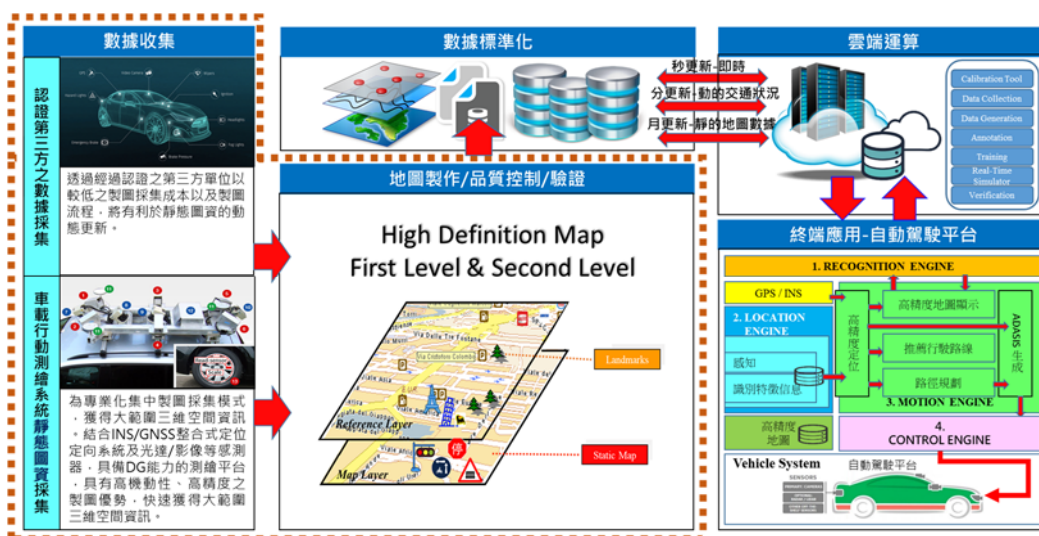


圖 2.62 高精地圖供應鏈架構

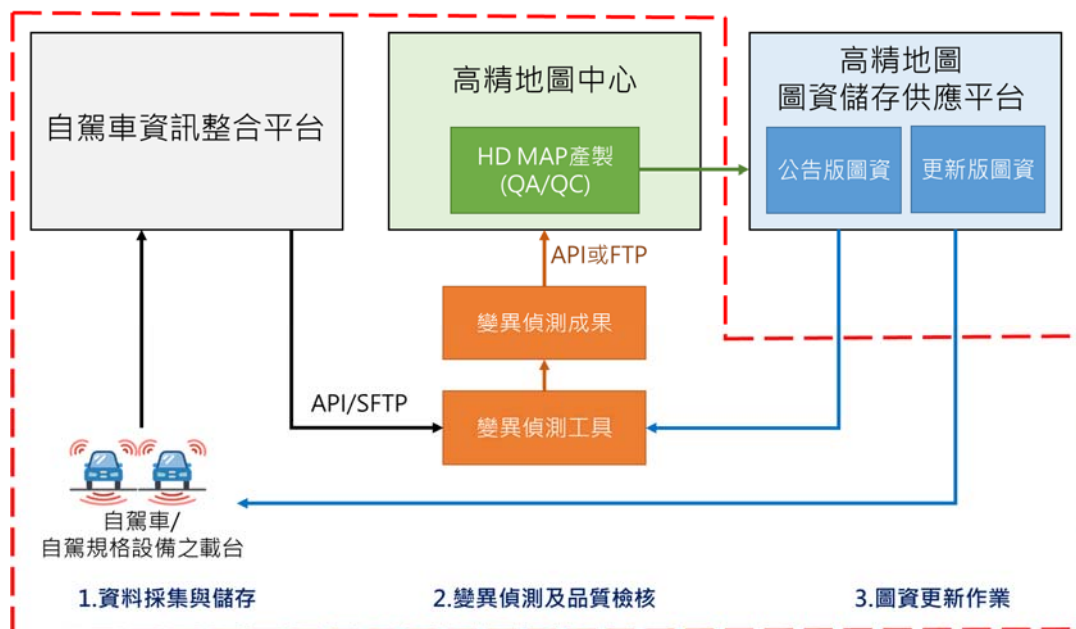


圖 2.63 自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)架構圖

表 2.17 高精地圖檢核及驗證查核列表

工作項目	查核項目	查核方式
作業規劃檢核 (指定場域)	掃瞄儀器設備型式與規格說明	受檢單位提供校準書面報告以供查核。
	INS/GNSS 定位定向整合系統性能測試及校準書面報告	
	規劃路線之掃瞄設定參數	檢查掃瞄範圍是否涵蓋測區。
	光達與相機相對方位校準	光達與相機需事先進行相對方位校準，並提供校準成果檔。
作業成果檢核	掃瞄成果報告書：包含掃瞄路線圖、掃瞄參數、GNSS 軌跡(含坐標、時間)	1. 檢查 GNSS 基站分佈與 GNSS 衛星觀測時段之幾何條件與時間記錄是否符合要求。



		2. 檢查車載雷射掃瞄儀檢定報告書，其車載雷射掃瞄儀形式是否符合要求。
	掃瞄儀器所下載未經處理前之資料	1. GNSS、INS、輪速計及影像原始資料。
	點雲資料	1. 應繳交 LAS 格式
變異偵測警示成果檢核	變異偵測警示成果	透過掃瞄儀器之相關原始資料(如光達點雲資料、影像資料)以公告版圖資進行比對，檢查變異警示是否正確。
高精地圖圖資更新評估	點雲成果驗證	檢查成果是否符合 TAICS TR-0016「高精地圖檢核及驗證指引」所訂定之要求，評估資料是否能列入後續製圖使用
	向量圖層驗證	動態更新之向量圖層成果，需檢查其成果是否符合 TAICS TR-0016「高精地圖檢核及驗證指引」TAICS TS-0024 以及「高精地圖圖資內容及格式標準」所訂定之內容格式。

## 2.5 推廣高精地圖標準及自駕車用動態地圖成為國內產業標準

台灣資通產業標準協會(TAICS)為建立一資通標準技術合作與開發平台，針對未來資通技術的發展，選定臺灣適合領域，制定產業標準，推進至國際標準，提升國內產業競爭力。為使自駕車用高精地圖標準可通過產業之驗證，本團隊擬將高精地圖標準及自駕車用動態地圖標準提交至台灣資通產業標準協會進行審查，期望兩標準皆可成為國內產業之用圖標準。另將不定期舉辦產業座談會或專家會議或於國際研討會中推廣我國高精地圖標準及自駕車用動態地圖標準，期許推廣觸角延伸至全國各地，應用項目亦在自駕車用高精地圖技術的範疇內以多元面貌呈現。

台灣資通產業標準協會於技術管理委員會下設有八個技術工作委員會(TC)，本團隊提案隸屬於 TC8—車聯網與自動駕駛技術工作委員會，目前本

案計畫主持人江凱偉教授是該委員會裡第三組高精地圖小組組長。本團隊於108年度提交至TAICS之相關提案，與TAICS之合作意向書參閱附錄五，工作與時程進度如表2.18所示。

表 2.18 本團隊於台灣資通產業標準協會提案之審查時程表

文件	時間	摘要說明
高精地圖製圖作業指引 v2	108.07.26	技術專家策略會議(TMC#9)
	108.08.23	技術工作委員會會議(TC8#16)
	108.09.27	技術專家策略會議(TMC#9.1)
	108.10.17	經台灣資通產業標準協會發布並公告
高精地圖檢核及驗證指引	108.08.23	技術工作委員會會議(TC8#16)
	108.09.27	技術專家策略會議(TMC#9.1)
	108.11.22	技術工作委員會會議(TC8#17)
	108.12.23	產業專家會議(WG#2)
	109.02.13	技術工作委員會會議(TC8#18)
	109.03.31	產業專家會議(WG#3)
	109.04.24	技術工作委員會會議(TC8#19)
	109.05.22	技術專家策略會議(TMC#11)
高精地圖圖資內容及格式標準	109.06.05	經台灣資通產業標準協會發布並公告
	108.08.23	技術工作委員會會議(TC8#16)
	108.11.22	技術工作委員會會議(TC8#17)
	108.12.23	產業專家會議(WG#2)
	109.02.13	技術工作委員會會議(TC8#18)
	109.02.21	技術專家策略會議(TMC#9.2)
	109.03.06	第二屆第五次理監事聯席會議
109.03.16	經台灣資通產業標準協會發布並公告	

將高精地圖標準與相關指引成為產業標準，透過明確之驗證流程的建立，確保自動駕駛產業能有穩固健全之高精地圖使用。為了降低測繪產業於高精地圖產業之製圖與發展成本，本案將研擬圖資之動態更新，同時為了使高精地圖圖資內容更加完整，予以自駕車使用者能有完整之道路資訊內容使用，本團隊將著手研擬自駕車用動態地圖相關標準草案，藉由研擬「自駕車用動態地圖圖資內容標準」、「自駕車用動態地圖作業指引」、「自駕車用動態地圖更新驗證指引」等草案，在內政部指導與支持下，規劃在本案第五期間案前能夠將相關草案提送TAICS審查，與高精地圖靜態圖資相互連結，能帶動高精地圖市場成長以及自駕車發展加速普及，同時也能促使臺灣籌組國家級產業聯盟，由民間業者測製圖資、由政府管理圖資，確保高精地圖和自駕車的產業鏈。

## 2.6 本章小結

對於「**持續修正高精地圖圖資內容標準、製圖作業指引及驗證流程指引**」之工作項目，本案將持續配合台灣資通產業標準協會審查時程，目前已完成「**高精地圖檢核及驗證指引**」與「**高精地圖圖資內容及格式標準**」兩草案之審查程序，並且已經由 TAICS 公告與出版。高精地圖相關標準文件之內容將視內政部以及產業界使用者之需求，藉由舉辦業者訪談，蒐集各單位之使用意見回饋，必要時提出更新。

對於「**建立自駕車用動態地圖圖資內容標準(草案)1 件**」之工作項目，本案蒐集分析相關國際標準，採用區域動態地圖(LDM)之架構精神，納入動態地圖之相關服務並選用各標準之其中部分內容而訂定動態地圖標準，設定之 LDM 架構為半靜態及半動態資訊，車聯網 V2X 之動態資訊則建議由各自駕車業者依據其需要而參考對應之設備及技術標準。目前建議之資料範疇，包含半靜態及半動態之六種資料，分為輔助及事件兩類，輔助部分則包含車位、路況等兩種資料，事件部分則包含道路交通事件、CAP-TWP、道路管線挖掘施工及氣象示警，並依據目前國內現況，建議混和模式之動態地圖標準發展架構。

對於「**建立自駕車用動態地圖作業指引(草案)1 件**」之工作項目，為提升自駕車之自動安全駕駛層級，制定統一的製圖作業指引，充分利用專業測繪車及較低成本的採集車資源，以集中方式形成一個基礎的高精地圖網，再採用較低成本之資料採集車的方式進行原有高精地圖中物件變異偵測，最後透過測繪車進行原有高精地圖的更新維護，以實現數據的共享。

對於「**建立自駕車用動態地圖更新驗證指引(草案)1 件**」之工作項目，藉由流程指引說明可明確得知針對自駕車用地圖靜態圖資之動態更新之需求，依此指引進行測製作業之規劃。驗證單位同時進行作業成果之檢核。透過這些採集資料與內政部公告版高精地圖進行圖資比對。利用相關變異偵測工具與技術進行變異分析，並將結果回饋予驗證單位。確保變異偵測警示資訊之可靠度，避免不必要之圖資更新造成測製成本浪費。

對於「**推廣高精地圖標準及自駕車用動態地圖成為國內產業標準**」之工作項目，本案將推動自駕車用地圖標準成為國內產業標準。本團隊具有至台灣資通產業標準協會提送標準與指引草案之經驗，期望可成為國內產業之用圖標準。另將不定期舉辦產業座談會或專家會議或於國際研討會中推廣我國高精地圖標準及自駕車用動態地圖標準，期許推廣觸角延伸至全國各地，應用項目亦在自駕車用高精地圖技術的範疇內以多元面貌呈現。

### 第三章、發展高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術

隨著自動駕駛時代來臨，高精地圖成為輔助自駕車之核心技術之一。有別於傳統二維電子導航地圖，更具備高精度、豐富且更細緻的道路交通元素與屬性資料，詳細地描繪道路形狀、幾何拓撲關係、車道中心線、交通號誌、交通標誌等，且所有的元素皆被建置在三維空間下，提供自駕車道路先檢驗資訊，作為多餘觀測量降低時，可防止感測器失靈之意外事件發生。Bosch 公司最早於 2007 年提出區域動態地圖(LDM)的概念，引入其 LDM 之四層圖資架構：(1)靜態圖層：描述道路幾何拓撲及連接關係，與交通號誌、標誌等訊息；(2)半靜態圖層：包含施工資訊、交通管制；(3)半動態圖資：如交通事故、路況等訊息；(4)動態圖層：如行人、車輛等(Shimada et al., 2015)。此架構為現今高精地圖架構設計之重要參考依據，LDM 之圖層架構圖如圖 3.1 所示。本節開發基於測繪車蒐集資料之自動化製圖技術，以及利用自駕車群眾外包之技術比對既有高精地圖之物件變異辨識及更新系統，以利動態訊息於靜態高精地圖之更新使用，並評估於 109、110 年之高精地圖群眾外包之高精地圖適地性服務案例試辦場域。

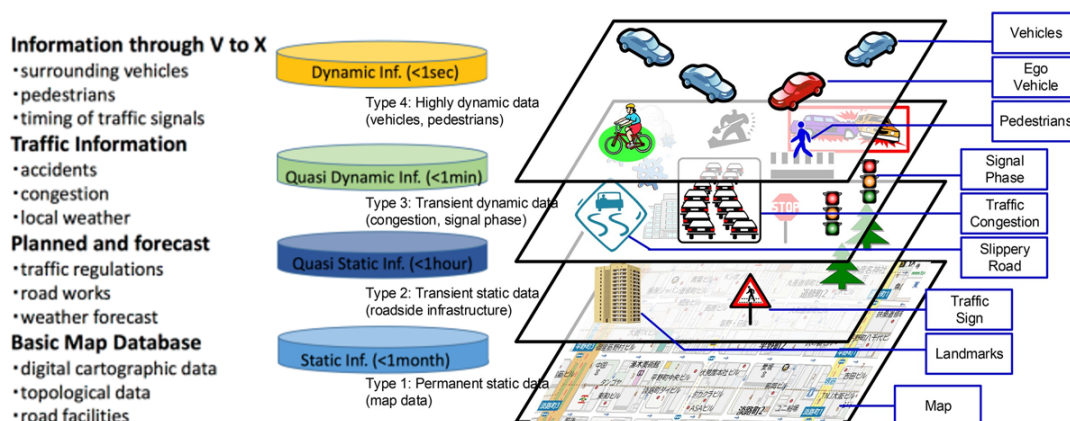


圖 3.1 LDM 四層架構(摘錄自 Shimada et al., 2015)

#### 3.1 精進測繪車之高精地圖製圖技術，發展高精地圖自動化生產技術，開發自動化工具

在 LDM 中之靜態地圖為當前製圖之重點，必須符合高精地圖之需求：須達到平面 20 公分且三維 30 公分之精度、建置於三維空間中、豐富道路資訊、與現實世界等比例建置。這類高精地圖之變異情形較低，因此更新頻率的需求也相對較低。為了獲取高精度之環境資訊，現今製圖作業多以高精度定位定向移動式測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)掃描施測場域，獲取感測器採集之空間資訊，如軌跡、影像、光達點雲，經由資料前處理後，必須先進行資料精度檢核之驗證程序，確保由測繪業者掃描之資料滿足高精地圖製圖作業指引之精度要求，進而透過人工數化程序，完成高精度的圖資

產製作業程序。利用移動式測繪平台技術能快速且有效率的處理龐大的空間資訊，然而人工數化的過程往往需要耗費數月以及投入龐大人力資源才得以完成，倘若施測範圍越大，所需耗費的人力及時間資源也越多，間接造成圖資更新的困難。為了提升高精地圖產製效率且降低更新成本，發展自動化產製高精地圖的工具勢在必行。

高精地圖生產流程可區分成環境資料採集、資料處理、自動化或人工產製道路環境圖徵，最後進行成果檢核程序，以產製高精地圖，產製流程圖如圖 3.2 所示。目前國內推動基於 OpenDRIVE 格式訂定的台灣高精地圖標準，以其作為國內統一的高精地圖格式，各家車廠能開發圖資轉換工具，將台灣高精地圖格式轉換成車廠自駕車可使用的地圖格式，其中國內車廠使用的圖資格式以 Autoware 為大宗，因此本工作項將開發自動化生產符合 OpenDRIVE 與 Autoware 圖格式之高精地圖工具，以利自動駕駛技術之發展。目前本團隊擬邀請詮華國土測繪有限公司以及興創知能股份有限公司進行自動化生產符合 OpenDRIVE 與 Autoware 圖格式之高精地圖工具研發，雙方合作同意書參閱附錄五，同時本團隊與日本名古屋大學 Dr. Hatem Darweesh 研究團隊，合作開發圖資格式轉檔工具及圖資轉檔服務事項，後續將利用本案之高精地圖進行開發及測試。

高精地圖產製流程之自動圖徵萃取與產製的程序可進一步以圖 3.3 說明，將利用測繪車收集到的軌跡資訊、影像、點雲資料，依照台灣高精地圖或是 Autoware 圖層，針對部分圖層進行自動化特徵萃取，其餘則仍使用人工數化方式產製，自動化萃取後的物件需再透過模型化產製符合圖資格式之圖層，接著必須驗證自動化及人工數化成果之品質是否符合高精地圖之精度以及屬性等資料面之需求，最後才得以產製出可使用的高精地圖。

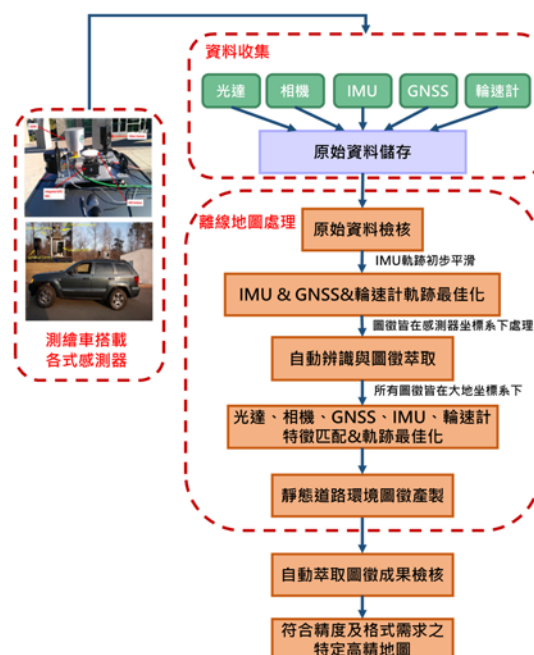


圖 3.2 靜態高精地圖生產流程圖

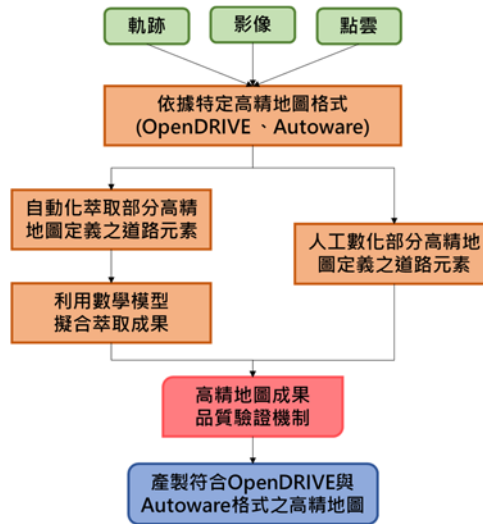


圖 3.3 特定格式之高精地圖產製流程圖

本案從測繪車採集的道路環境感知資訊中，自動化萃取特定道路元素，包含道路邊緣線、車道線、車道中心線、交通號誌與特定交通號誌，為了產製符合特定高精地圖格式之圖資，除了特徵物的三維幾何資訊外，必須包含特徵物的屬性資訊，參考國內外道路元素自動化萃取之相關文獻，本案採用 Unet 神經網路進行影像特徵物辨識，從測繪車自測試場中採集の影像進行人工標記，標記種類包含白色車道線、黃色的車道線、車用交通號誌、行人交通號誌、警告標誌與禁止標誌，圖 3.4 為車道線與交通號誌、標誌の網路預測成果示例，表 3.1 則是車道線の辨識精度，於車道線の辨識方面，由於指向線の特徵和白色車道線較為相似因此會有較多誤判の情形，於影像上半部也會存在部分雜訊，但整體而言車道線大部分都有被分類到正確的類別，可進而透過點雲處理修正影像錯誤判釋の情況；於交通號誌、標誌の部分，由於在測繪車收集到的影像中，目標特徵物在影像中太小且模糊，導致辨識成果不佳，未來可嘗試利用不同資料來源の影像進行模訓練以提升影像辨識の精度。

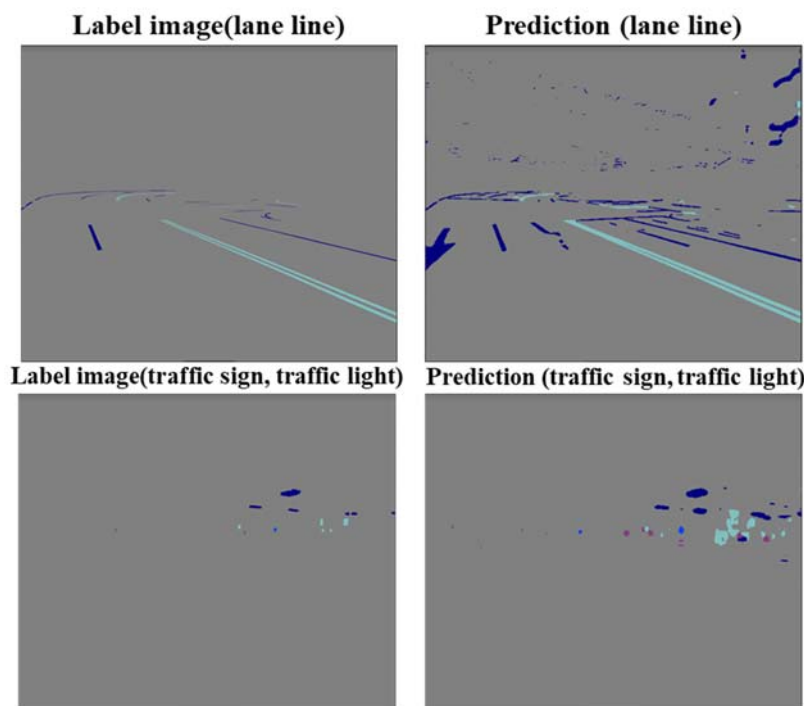


圖 3.4 利用 Uet 網路進行車道線與交通號誌、標誌之影像辨識成果示例(左圖為人工標記影像，右圖為預測結果)

表 3.1 車道線影像辨識精確度

	白色車道線	黃色車道線
Precision	0.954	0.881
Recall	0.237	0.585
F1-score	0.380	0.735

另一方面，於地面特徵物(如：道路邊緣、車道線)之點雲處理方面，大部分文獻指出，由於道路兩側具有路緣石的結構，可透過路緣石與路面之高程差萃取道路邊緣的位置，進而獲取路面範圍以萃取路面上的路面標記(包含指向線、車道線等)，然而此演算法不適用於具備路緣石的道路或是較為複雜的道路情境，因此本案參考 Yadav 等人(2017)提出的演算法沙崙台灣智駕測試實驗場之路段進行車道線萃取，採集測試區之點雲資料為使用 RIEGL VMX-250 移動式測繪系統獲取點雲密度符合高精地圖製圖作業指引中 400pt/m<sup>2</sup> 的需求，萃取成果如圖 3.5 所示，由於柏油路面的點雲強度值較低，可先利用強度值濾波器獲取柏油路面，接著基於局部區域生長濾波演算法(Region growing-based filtering)得到路面範圍(圖 3.5(b))，上述過程為了定義路面範圍會先將強度值高的點雲(如：路面標記)剔除，因此必須進行路面點雲還原(Road point recovery)，如圖 3.5(c)所示，根據上述步驟能大幅減少非路面點雲的干擾，獲取更準確的路面標記，有利於後續特徵物之建模。為了獲取車道線，將萃取之路面標記進行分類，即可得到車道線(圖 3.5(e))、指向線、斑馬線、停止線等路面標記，由於萃取的车道線點雲為由一系列點雲

組成的線形特徵物，這些點雲必須經過疏化並利用數學式進行擬合，圖 3.5(f) 展示疏化之車道線，除了能降低圖資的資料量，也有助於後續產製特定高精地圖格式圖資之程序。

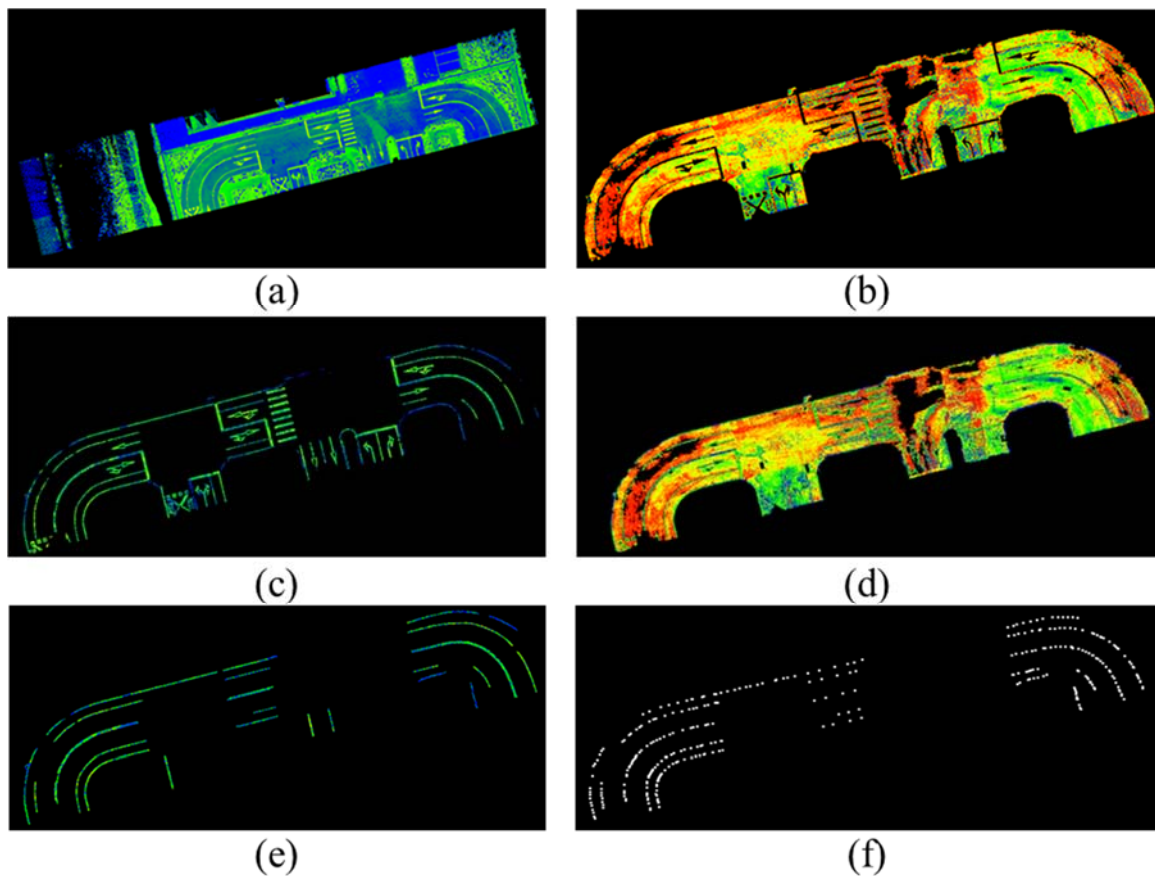


圖 3.5 車道線點雲萃取成果((a)地面點雲；(b)路面點雲；(c)經點雲還原演算法得到的路面標記點雲；(d)完整路面點雲，即(b)與(c)套疊後的成果；(e)經點雲分類後得到的車道線成果；(f)疏化後的車道線)

經過上述影像辨識與點雲幾何演算法處理後，基於攝影測量中共線式的概念，透過相機之內、外方位資訊獲取影像和點雲之間的幾何關係，將萃取之車道線點雲投影回至經由 Unet 人工智慧演算法所辨識後的影像上，以獲取每個點雲的語義資訊，由於最後的高精地圖必須富含三維絕對坐標，因此必須將得到屬性的點雲再反投影回三維絕對坐標系下，以達到融合點雲及經由人工智慧演算法所辨識後之影像的成果，將影像的屬性資訊成功賦予至萃取之車道線點雲上，成果如圖 3.6 所示，圖中紅色的點雲代表黃色車道線，藍色點雲則代表白色的車道線，藉由基於幾何演算法下的點雲處理機制，剔除樹木、草地、人工建物等雜訊點雲，只保留路面上的車道線等路面標記，如此在進行點雲投影時就能避免獲取到影像錯誤辨識的物件。利用點雲高精度幾何資訊的優勢與影像視覺語義資訊的結合，降低了影像辨識誤判的情形同時補足點雲缺乏視覺資訊的缺點。未來將持續提升影像辨識精度，並完善



點雲建模演算法機制，提升自動化製圖工具於測試場域的適用性，並產製符合特定高精地圖格式需求之圖資，以利自動駕駛技術之演進。

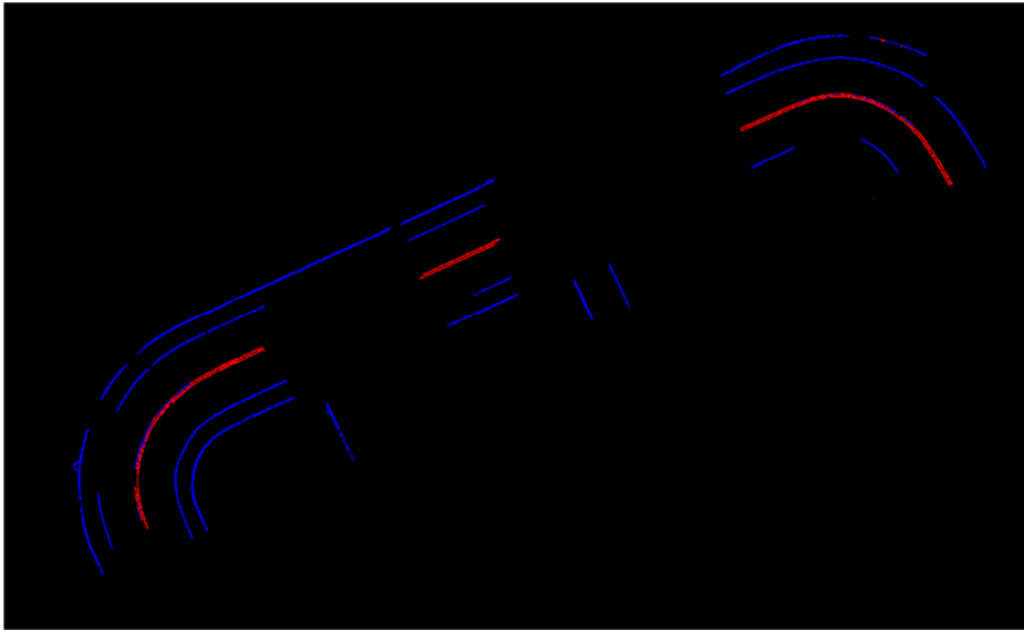


圖 3.6 車道線之影像辨識成果與點雲融合成果

### 3.2 建立自駕車群眾外包之高精地圖製圖(含自駕車平台)系統及流程，並確定製圖系統符合動態更新使用

自駕車有賴於靜態高精地圖的輔助，得以完成安全行駛的任務，然而靜態地圖的更新頻率受測繪車蒐集感知資料、資料後處理以及最後向量化圖資產製所需耗費的時間以及測製成本所限制，若道路環境在靜態圖資更新前有明顯變異，例如道路標線重畫、設立新的交通號誌等，則靜態地圖無法即時反應自駕車行駛當下周遭的環境，因此本案認為動態更新高精地圖並結合自駕車群眾外包才是可行的解決方案。

自駕車群眾外包即透過整合來自多台自駕車分別運行於不同路線的物件偵測結果，來提升高精地圖變異物件辨識的準確率。具體而言，可藉由自駕車收集到的感知資訊進行自動化的物件偵測，並與已建置的靜態高精地圖進行比較以達到變異物件辨識的目的。然而，由於感測器觀測視野、物體遮蔽及物件偵測演算法的限制，單一自駕車無法完整且準確地偵測道路上所有的目標物件，而導致錯誤的變異物件辨識結果，也因此本案引入群眾外包技術來克服上述問題，圖 3.7 展示了利用自駕車群眾外包進行高精地圖變異物件辨識及更新之流程。首先，由各個自駕車團隊上傳感知資訊至自駕車資訊整合平台，感知資訊至少需包含 GNSS 定位資訊、影像與光達點雲，並可視資料類型決定是否即時上傳，如影像、點雲等儲存容量較大的檔案，可於自駕車完成當日行駛後再一併上傳資料。接著，感知資訊經由 API 及 SFTP 下載後，透過本案開發之演算法進行高精地圖的變異物件辨識，辨識結果將包

含物件三維坐標及其對應的影像、點雲等，以供國立成功大學高精地圖研究發展中心進行人工 QA/QC 確認成果，若辨識成果精度在相關指引規範下通過驗證，可直接用於更新圖資，若不通過，將針對確實變異處通知測繪業者進行場域的高精地圖圖資測製及更新，以符合目前的高精地圖測製標準。最後將更新成果上傳至國網中心的圖資儲存供應平臺，供自駕車團隊進行後續使用。

上述完整流程將以天為單位更新靜態高精地圖，同時為確保偵測成果達一定準確度，對於自駕車或是搭載與自駕車同規格設備之載台，本案的硬體規劃則同 2.3 小節中表 2.13 所列說明。

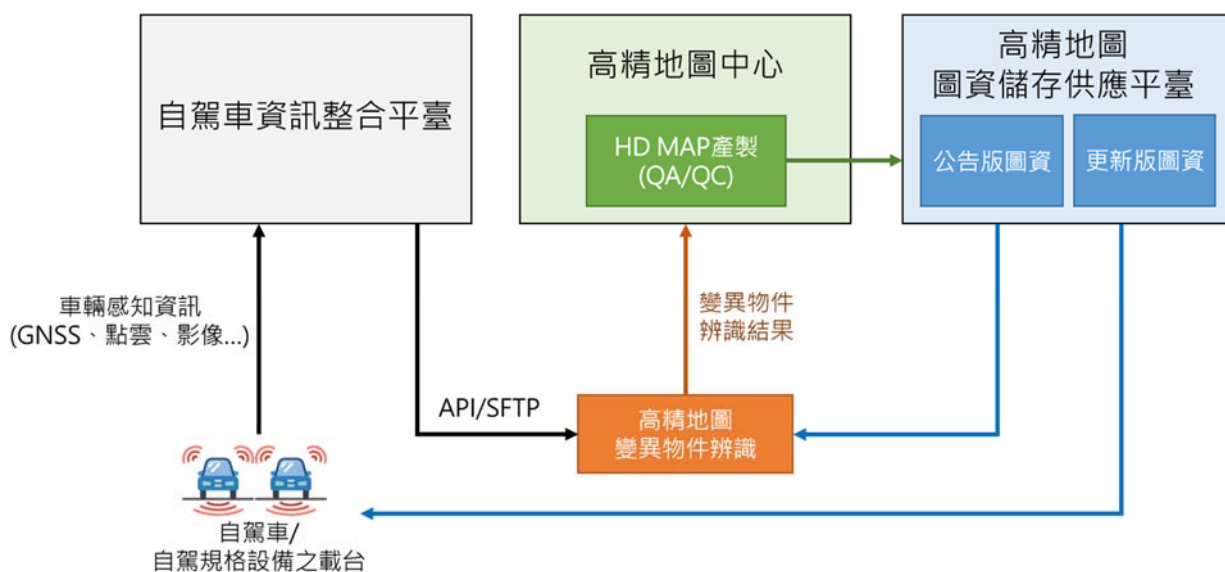


圖 3.7 靜態高精地圖變異物件辨識及更新流程

表 3.2 則為目前本案預期辨識之物件類別，包含紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線、車道標線中的「虛線」及標字中的「速限」等八種類別。其中，各個類別預期皆會融合影像及點雲得到最終辨識成果。

表 3.2 本案預期辨識類別

類別 (資料來源)	圖示	說明
紅綠燈 (影像及點雲)		以橫向且圓形的紅綠燈為主。
行人穿越燈 (影像及點雲)		以直向且方形的行人穿越燈為主。

類別 (資料來源)	圖示	說明
限制標誌 (影像及點雲)		以紅色外框的圓形標誌為主，包含限速、限高等。
禁止標誌 (影像及點雲)		以紅色外框且有斜線的圓形標誌為主，包含禁止停車與禁止轉彎等。
警告標誌 (影像及點雲)		以紅色外框的三角形標誌為主，包含當心行人與轉彎提醒等。
指向線 (影像及點雲)		車道上之白色箭頭。
車道標線_虛線 (影像及點雲)		包含行車分向線(黃虛線)、車道線(白虛線)。
標字_速限 (影像及點雲)		路面速限標字。

目前自駕車的感知資訊主要為影像及光達點雲，其中點雲雖然可提供目標物件的三維坐標以及強度值資訊，但由於點雲密度較為稀疏，因此不足以識別所有的目標物；另一方面，影像雖然具備光達所缺少的視覺屬性而可以進行物件的辨識與分類，但卻無法提供準確的三維坐標訊息。因此，本團隊認為僅有結合影像及點雲的處理結果、融合兩者的優點，才能達到物件辨識及變異偵測的目的，而在相關文獻中，主要可分為兩類融合方法：基於影像或基於點雲的融合方法。

在基於影像的方法中，有學者利用多尺度影像分割輔以形狀識別等作法辨識影像中的標誌，並透過點雲提供的三維幾何資訊：如坐標、高度、大小等，濾除非目標物而獲得最後的辨識成果(Li et al., 2016)，而在最近的研究中，也有人利用卷積神經網路預測影像中不同形狀的交通標誌邊界框(Bounding Box)，並進一步運用分類模型辨識其類別，而點雲在整個流程中僅提供該分類標誌的三維坐標資訊，最後透過半徑搜索的方式濾除重複的標誌(Balado et al., 2020)。而在另一類基於點雲的方法中，則是透過如地面點分割、強度值過濾、聚類等點雲前處理方法篩選出候選點雲分群後，將點雲投影回影像上並裁切出子影像，接著以事先訓練好的支持向量機或神經網路進行子影像的類別預測(Wen et al., 2015；Soilán et al., 2016；Arcos-García et al., 2017；Guan et al., 2018)。在這些文獻中，所使用的數據皆透過移動測繪系統蒐集得到，同時系統也經過良好的率定，因此儘管其辨識流程極度依賴於單一數據，仍能取得不錯的辨識精度。然而，自駕車等級之感知資訊無法達到上述方法的需求，因此本團隊將同時於影像及點雲進行物件辨識的處理，並針對不同的物件擬定不同的融合策略以達到最佳的辨識成果，以下將分別就影像及點雲的處理流程進行說明。

現今使用類神經網路進行物體偵測已非常普遍，包含 Mask R-CNN、YOLO 等網路，其目的除了對影像進行辨識與分類，也能標示出該物體在影像中的相對位置，因此於影像處理方面，本案使用 Mask R-CNN 類神經網路來偵測自駕車系統畫面上之紅綠燈以及交通標誌等，將這些物件進行類別辨識並且在畫面上標示，完整過程包含資料收集、資料處理、模型訓練、實際測試，如圖 3.8 所示。

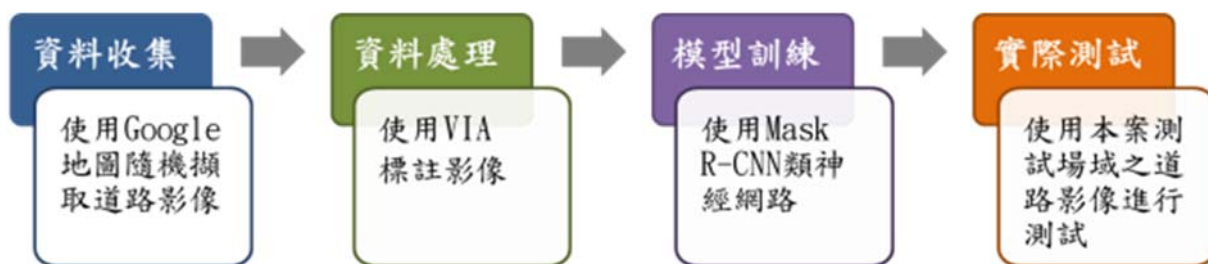


圖 3.8 類神經網路偵測流程圖

在資料蒐集及處理的部分，由於目前國內並無相關的資料庫，本案將以隨機的方式在 Google 地圖上擷取道路影像，預計收集臺中、桃園及臺南的道路影像，影像尺寸至少為 400 x 400，總共約 3000 張影像。透過圖像標註工具 VGG Image Annotator (VIA)，標註包含紅綠燈及交通標誌等類別，由於在真實影像中，物體不會是完美的圓形或四邊形，所以在標註影像時需要使用大量的點形成多邊形以完整的框選物體，才得以清晰且正確的標記大量影像，提供神經網路作為訓練的樣本，最後在所框選的物體上標註類別名稱，

如圖 3.9 所示。輸出檔案的格式為 JSON，包含檔案名稱、檔案大小、物體的輪廓點位與物體類別。



圖 3.9 使用 VIA 標註影像並輸入類別名稱

圖 3.10 為 Mask R-CNN 執行接近像素等級的遮罩之示意圖，其主要的做法為一次計算出整張影像的特徵值，對應由類神經網路產生的候選區域，並從對應的實際位置取出各自區域的特徵值，使用雙線性插值法(在兩個方向分別進行一次線性插值)，此時輸出的像素值為四周像素強度的加權平均，像素值相對連續，遮罩位置也更加精準，Mask R-CNN 將此方法稱為 RoIAlign (He et al., 2017)，如圖 3.11 所示。



圖 3.10 由 Mask R-CNN 產生之遮罩(摘錄自 He et al., 2017)

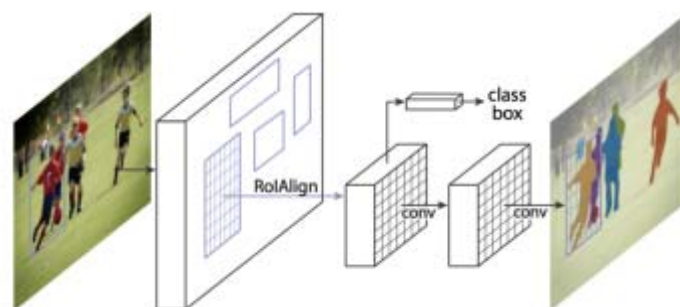


圖 3.11 RoIAlign 使用雙線性插值法提升遮罩位置(摘錄自 He et al., 2017)

在模型訓練及測試的部分，訓練的設定參數如表 3.3，設定總類別數，讀取訓練資料的標記檔案取得訓練影像及標記資料，接下來根據訓練參數(初始學習率及總迭代次數)的設定訓練模型，最後輸出模型到存檔位置。檢查影像標註的資料並完成類神經網路的訓練之後，以本案之臺南沙崙測試場域進行神經網路模型的測試，並檢驗其分類精度。根據以往經驗，在 RTX 2080 Ti 顯示卡上執行 Mask R-CNN 的 FPS 為 4，即每秒辨識 4 張影像。

表 3.3 訓練設定參數說明

參數名稱	說明
NUM_CLASSES	總類別數
DATASET_DIR	訓練資料的檔案位置
ANNOTATIONS	訓練資料的標記檔案
LEARNING_RATE	初始學習率
EPOCHS	總迭代次數
LOGS_DIR	存檔位置

今年度本團隊於影像處理方面之進度如表 3.4 所示：已完成紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線、標字(速限)類別之 VIA 標註。對於路面速限類別，考量常見的速限並非任意數值，因此本案並無分開標記單一數字，而是將速限當作單一物件進行標記(見圖 3.12)，此方法可明顯增加物件的特徵數量。路面限速的標註已完成 600 張，並在加入模型訓練時，更改訓練參數，其做法為將總類別數新增一類”speed mark”，即增加一新類別為路面限速，其他參數如先前之模型訓練設定。

表 3.4 影像處理進度

類別	VIA 標註完成	加入模型訓練
紅綠燈	✓	✓
行人穿越燈	✓	✓
限制標誌	✓	✓
禁止標誌	✓	✓
警告標誌	✓	✓
指向線	✓	✓
車道標線 (虛線)		
標字 (速限)	✓	✓



圖 3.12 路面速限之 VIA 標註範例

目前本團隊已完成路面速限之模型訓練，接著將進行測試模型的準確度。在模型準確度評估部分，本案預計使用 mAP (Mean Average Precision) 來做為評估指標。首先，讀取測試結果檔案及真值標記檔案：(1)測試結果檔案包含偵測框位置、其類別及類別信心值，在讀取檔案時可透過設定信心值門檻值過濾偵測框；(2)真值標記檔案包含標記框位置及其類別。mAP 與 IoU、Precision、Recall 和 AP 這四個指標有關，以下說明各指標及其公式：

- IoU(Intersection over Union)：偵測框與真值標記框的重疊比例，重疊比例越高代表預測物件位置越準確。

$$\text{IoU} = \frac{\text{交集區域面積}}{\text{聯集區域面積}} \quad (3.1)$$

- Precision(精確率)：精確率為辨識到的物件中，有多少物件是正確的。

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \quad (3.2)$$

其中 TP 為辨識正確的物件，FP 為辨識錯誤的物件。

- Recall(召回率)：真值的所有物件中，有多少被正確辨識出來。

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \quad (3.3)$$

其中 FN 為未被辨識到的物件。

- AP(Average Precision)：在指定 IoU 的 precision-recall 曲線面積。依據 VOC 競賽在 2010 後的 AP 算法需要針對每一個不同的 Recall 值(包括 0 和 1)，選取其大於等於這些 Recall 值時的 Precision 最大值。

$$\sum_{n=0} \text{AP} = \sum_{n=0} (r_{n+1} - r_n) \rho_{\text{interp}}(r_{n+1}) \quad (3.4)$$

$$\rho_{\text{interp}}(r_{n+1}) = \max_{\tilde{r}: \tilde{r} \geq r_{n+1}} \rho(\tilde{r}) \quad (3.5)$$

其中  $\rho(\tilde{r})$  是 recall 等於  $\tilde{r}$  時的精確度。

- mAP(Mean Average Precision)：mAP 是每一個類別的 AP 算完後的平均值。

$$mAP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AP_i \quad (3.6)$$

首先讀取測試結果檔案及真值標記檔案，測試結果檔案包含偵測框位置、其類別及類別信心值，在讀取檔案時可透過設定信心值門檻值過濾偵測框，真值標記檔案包含標記框位置及其類別。接下來計算辨識正確的物件數 (TP)，輸入一偵測框後，會對同影像上所有類別相同的真值標記框計算 IoU 並取其中的最大值，然後判斷此 IoU 值是否大於等於門檻值，若大於等於門檻值則辨識正確，小於則辨識錯誤，在本案中 IoU 門檻值皆設為 0.5。輸入完所有偵測框後即可得到辨識正確的物件數量，再計算偵測框與標記框總數即可計算 Precision 和 Recall。

於點雲資料處理方面，本案將利用自駕車蒐集到的點雲資料進行自動化物件偵測與變異情形分析，以利更新高精地圖的資訊。首先，可利用 Ray Ground Filter (Himmelsbach et al., 2010) 分類出地面與非地面的點雲(圖 3.13)，並針對地上結構物及地面標線分別進行處理。

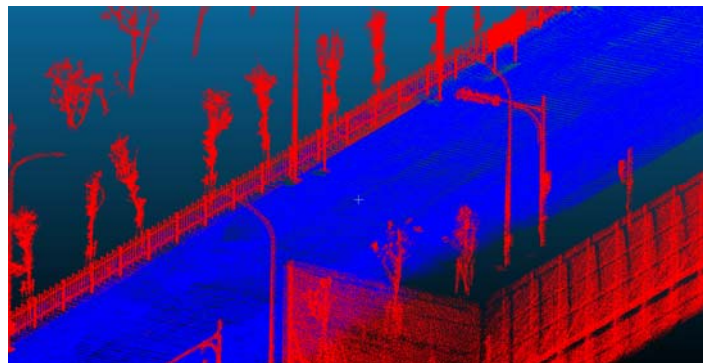


圖 3.13 Ray Ground Filter 示意圖，其中藍色點為地面點

對於地上結構物中的交通號誌及交通標誌牌，由於兩者分別具有極低與極高的點雲強度值，因此可設定一組點雲強度門檻值，並透過 Intensity Filter 過濾出候選點後，使用群集分析法，如 ISO-Data (Tou et al., 1974)、DBScan (Ester et al., 1996) 等，初步對點雲進行分群，如圖 3.14 所示。而在地面標線部分，雖然標線較柏油路面有較高的點雲強度值，但由於光達掃描距離及角度變化較大的關係，屬於相同地面標線的點雲可能具有不同的強度值，因此較難以單一的門檻值達到好的點雲過濾成果。為了處理前述的問題，有學者以車輛軌跡為中心線，以固定距離向外劃分不同的區域，並在各個區域使用不同的強度門檻值以獲得較好的分割效果(Yu et al., 2014)，如圖 3.15 所示。除了直接以距離劃分不同分割區域外，也有人透過車輛軌跡兩旁的點雲數量擬合高斯曲線(如圖 3.16)，並以各個標準差位置作為分割區域的範圍，在各



個區域使用 Otsu 演算法(Otsu, 1979)自適應地進行二值化分割(Guan et al., 2014)，此方法可完全免除門檻值設定，其成果範例可見圖 3.17。



圖 3.14 地上結構物初步分類示意圖(摘錄自 Yu et al., 2014)

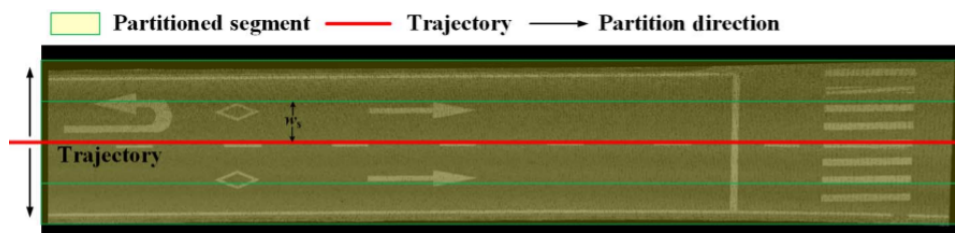


圖 3.15 多區域分割模型(摘錄自 Yu et al., 2014)

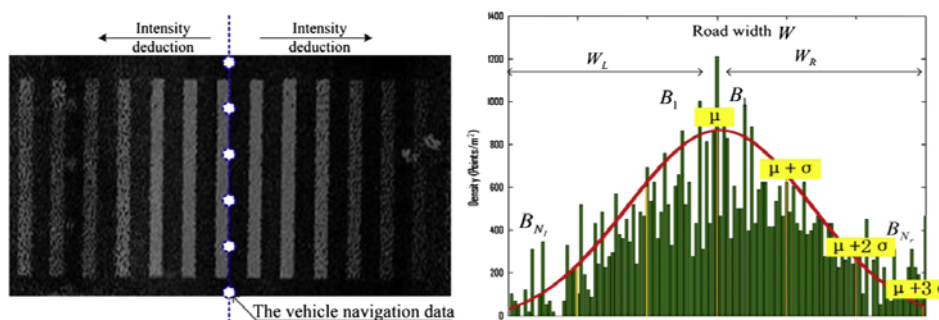


圖 3.16 以車輛軌跡兩旁之點雲數量擬合高斯曲線(摘錄自 Guan et al., 2014)

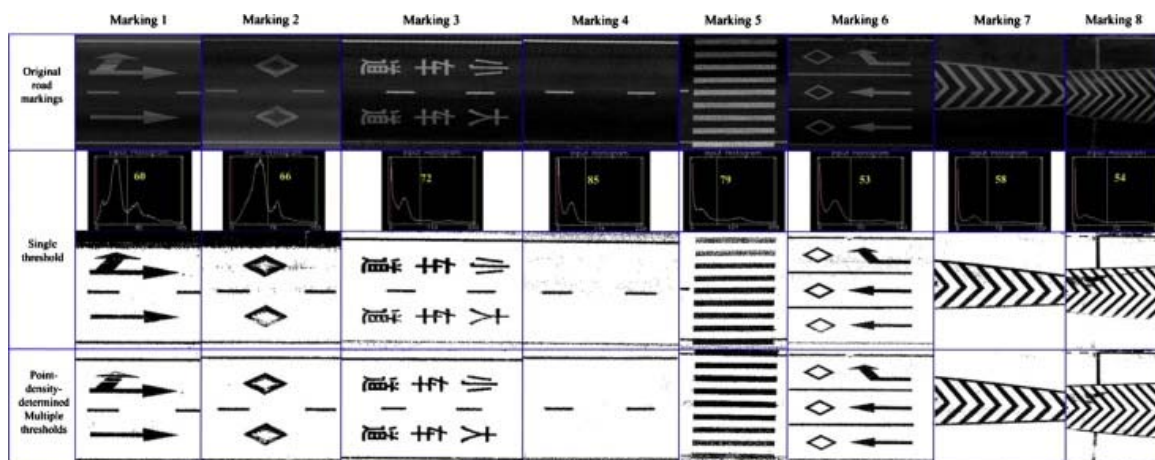


圖 3.17 多門檻值分割成果範例(摘錄自 Guan et al., 2014)

完成初步的點雲分群後，可依據目標物件的法定尺寸進一步篩選出候選分群點雲，例如使用幾何特徵篩選出車道標線中的虛線，包含長寬比、

Rectangularity、標線軸向等等，而對於速限標字或指向線，則可使用模板匹配進行物件的類別偵測(Soilán et al., 2017; Yao et al., 2018)，如圖 3.18 所示。為了進一步獲得語義資訊，本團隊將利用事先率定之光達與相機間的相對方位及相機內方位參數，將初步分群的點雲反投影至影像上，並與前述類神經網路之偵測結果相結合，便可同時獲得偵測物件的語義及三維坐標資訊。

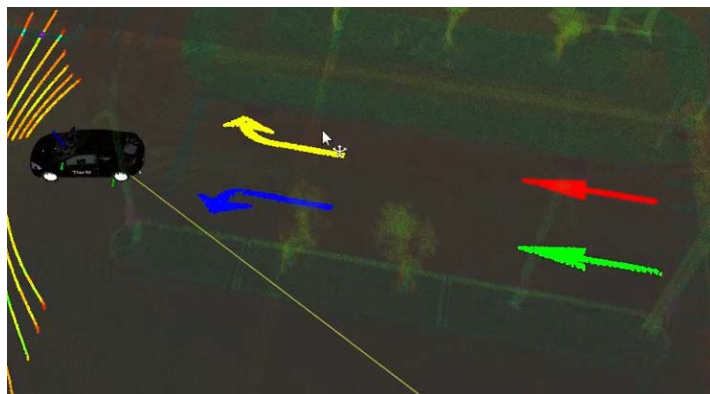


圖 3.18 路面指向線分類示意圖

在高精地圖中，物件變異事件可分成四種：新增、移除、移動、無變異，其中移動可視為移除後新增的物件，因此本案僅將物件變異情形區分成新增、移除和無變異三類，如圖 3.19 所示，而三者的比較可見表 3.5。對於新增事件，單一台自駕車的物件偵測結果會與高精地圖中所有目標物件進行比較，當以偵測結果為中心的一定範圍內無目標物件時，則判定該偵測結果為新增的物件，反之則表示該物件已存在於地圖中，因此判定無變異。由於利用自駕車等級之感測器量測的結果並不精確，因此可利用 Distance-based Clustering 演算法合併來自多輛自駕車的物件辨識結果以提升量測精度(Jo et al., 2018)，如圖 3.20 所示，也有學者利用分層式的 Spectral Clustering (Von Luxburg, 2007)先獲得物件總數量，再以 K-means 合併辨識結果(Dabeer, et al., 2017)。接著，本團隊擬以投票方式進一步確認該新增物件的可信度，只有當物件成功被偵測與未被偵測的次數比例大於門檻值時，演算法才會判定該物件確實屬於新增的物件。

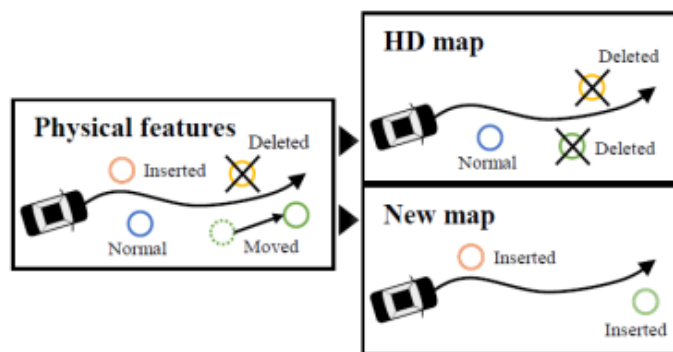


圖 3.19 物件變異情形分類示意圖(摘錄自 Jo et al., 2018)

表 3.5 變異物件辨識中的新增、移除、無變異事件比較表

事件種類	新增	移除	無變異
比較物件	高精地圖中所有目標物件	高精地圖中車輛行經之目標物件	
資料需求	1. 物件偵測結果 2. 高精地圖	1. 物件偵測結果 2. 高精地圖 3. 車輛行駛路徑	

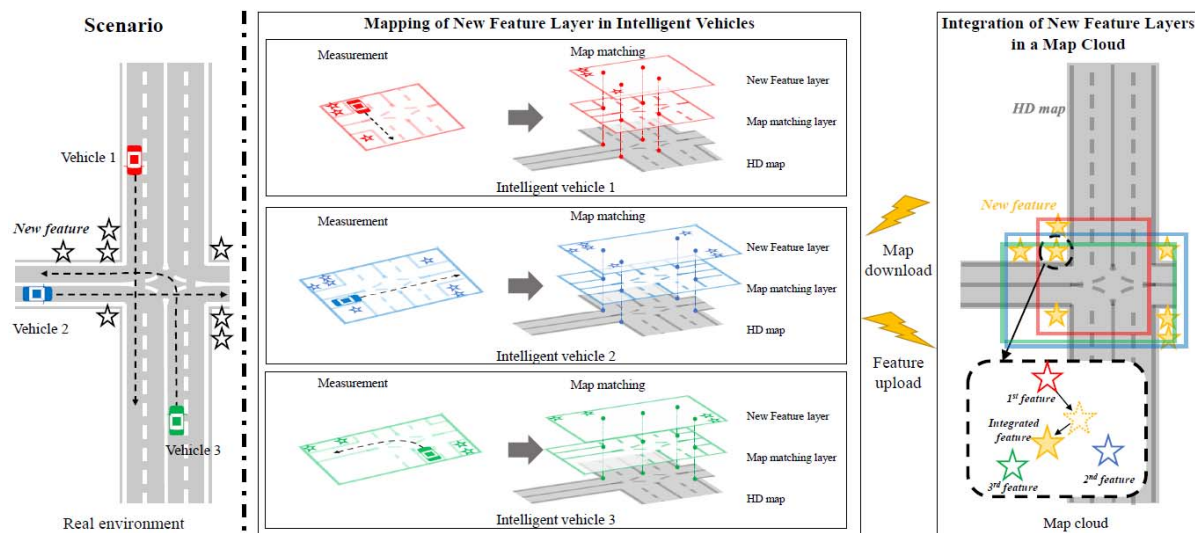


圖 3.20 整合多自駕車變異物件辨識成果之示意圖(摘錄自 Jo et al., 2018)

而對於移除事件，由於自駕車的感知範圍有限，因此需先從高精地圖中提取出行駛路線周遭的目標物件做為比對項目，當蒐集的目標物件與物件偵測結果距離小於門檻值時，判定為無變異，否則該目標物件為移除物件。接著，多輛自駕車的變異物件辨識結果將進行投票，只有當移除與無變異的次數比例大於門檻值時，該目標物件才會被判定為移除物件。

最後，這些變異物件辨識結果將會儲存為 CSV 文字檔，輸出格式可見表 3.6。若辨識成果之精度在相關指引規範下通過驗證，可直接用於更新圖資，若不通過，將針對確實變異處通知測繪業者進行場域的高精地圖圖資測製及更新，以符合目前的高精地圖測製標準。

表 3.6 變異物件辨識輸出之 CSV 格式

欄位	說明
Time	辨識結果之輸出時刻
DataLocationType	物件坐標格式(Point/Polygon)
DataLocation	坐標資訊，格式依據 DataLocationType
Event	事件(新增/移除/無變異)
ObjectType	物件類別名稱
ObjectID	移除時為物件唯一碼(id)，新增時為-1

目前，本團隊已就本案辨識類別蒐集相關文獻，並於影像處理方面完成部分類別之標註與模型訓練，同時完成擬定群眾外包之變異物件辨識方法及輸出格式，下一期將實際利用自駕車資料完成六項類別的偵測與精度分析，包含紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線等，同時驗證本案變異物件辨識流程之可行性。

### 3.3 高精地圖群眾外包之高精地圖製圖適地性服務案例試辦 109、110 年度各 1 處，試辦區之選定需經機關同意

#### 3.3.1 適地性服務試辦區

本團隊所規劃之 109、110 年度之高精地圖群眾外包試辦區皆位於臺南沙崙地區，其位置及規劃路線如下：

##### ■ 109 年度試辦區

圖 3.21 為 109 年度試辦區範圍，其鄰近臺南高鐵站與沙崙火車站並切割成兩區塊，其中區塊 1 行經沙崙國中，路段包含高鐵二路-歸仁十路-歸仁大道-歸仁十二路，區塊 2 則行經台糖智慧綠能循環住宅園區，路段為高發二路-歸仁五路-高發三路-歸仁十三路，兩個區段之路線總長度約為 3.24 公里，其中包含路面標記相對缺乏之地區，可作為檢測自駕車感知能力之場景。藉由本案測試當地之地緣關係，若能實現地圖之動態更新，預期能舒緩當地環境交通，故本案選定此區域作為 109 年度高精地圖群眾外包之驗證場域。



圖 3.21 109 年度適地性服務之群眾外包運行規劃路線圖

##### ■ 110 年度試辦區

圖 3.22 為 110 年度試辦區範圍，路段包含大武路一段-高發三路-歸仁十三路-歸仁大道，總長約為 2.52 公里。此範圍鄰近台灣智駕車測試實驗場域

(又稱臺南沙崙自駕車場域)與行控中心、綠能科技聯合研究中心、綠能科技示範場域、中研院南部院區、智慧綠能循環住宅園區等，為新創產官學研聚落園區。此區適合從事新創研發事項，之後因規劃搭配自駕車運行，若能將智慧交通搭配即時動態地圖，將是未來智慧城市藍圖的一角，故本案挑選此園區之周邊道路系統作為 110 年度高精地圖群眾外包之試辦區。



圖 3.22 110 年度適地性服務之群眾外包運行規劃路線圖

### 3.3.2 適地性服務內容規劃

#### ■ 109 年度適地性服務

本案 109 年度適地性服務將由本團隊之實驗車搭載自駕車等級之製圖感測器運行於臺南沙崙地區，目的為驗證本案建立之自駕車群眾外包系統及流程，並確定此系統符合動態更新使用。實驗車之硬體規格見表 3.7，各項感測器皆符合表 2.13 所列之資料採集車硬體規格，圖 3.23 則為各項感測器之實景圖。

表 3.7 109 年度適地性服務之實驗車硬體規格

項目	硬體名稱	說明
光達	Velodyne VLP-16	16 線光達
相機	MYNT-EYE D1000-50	1. 影像解析度：640 x 480 2. 像元尺寸：3.75 $\mu\text{m}$ 3. 焦距：2.45 mm
GNSS/IMU	Pwrpak 7	1. RTK 定位 2. 戰術等級 IMU



圖 3.23 實驗車感測器實景圖

目前，實驗車已於國立成功大學歸仁校區之室外率定場完成率定資料收集，同時也於 109 年度適地性服務試辦區蒐集 GNSS、影像與點雲資料，並藉由多次運行於試辦區路線以模擬群眾外包情境。在完成感測器率定後，上述感知資訊將由本團隊開發之物件偵測演算法進行分析，偵測之目標類別物件包含紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線等六類，透過比對既有的高精地圖，進行群眾外包之變異物件辨識，最後經人工 QA/QC 篩選變異偵測結果後依照圖 3.7 流程完成地圖更新。

針對變異物件辨識部分，本團隊將透過手動修改高精地圖來模擬變異事件，目前規劃於 109 年 12 月期間完成適地性服務案例試辦，並於下一期成果書撰寫試辦成果。

#### ■ 110 年度適地性服務

本案 110 年度適地性服務目前規劃由成大電機自駕車 MKZ 運行於規劃場域，以驗證不同的自駕車系統仍可符合動態更新使用。目標偵測類別物件包含紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線、車道標線中的「虛線」及標字中的「速限」等八類，整體流程則將視 109 年度之適地性服務案例試辦成果修正後擬定。

此外，本案邀請理立系統股份有限公司、緯創資通股份有限公司以及美商寶蘊凌網路科技有限公司台灣分公司在本工作項目提供技術支援；邀請測繪業者(自強工程顧問有限公司、經緯航太科技股份有限公司、台灣世曦工程顧問有限公司、詮華國土測繪有限公司以及中興測量有限公司)在本工作項目提供高精地圖建置服務；邀請興創知能股份有限公司(合作意向書參閱附錄五)，以及與日本名古屋大學 Dr. Hatem Darweesh 研究團隊開發在本工作項目進行圖資格式轉檔工具開發及圖資轉檔服務，以上試辦區及內容規劃將經內政部同意方進行測試。

### 3.4 本章小結

對於「**精進測繪車之高精地圖製圖技術，發展高精地圖自動化生產技術，開發自動化工具**」之工作項目，目前嘗試使用 Unet 網路針對車道線、交通號誌與交通標誌進行影像辨識，同時優化車道線點雲萃取演算法，透過融合影像辨識成果與點雲萃取演算法獲取之特徵物，賦予目標道路特徵物屬性與幾何資訊，以利後續建模演算法開發，未來將持續優化特徵萃取與辨識演算法，並完善建模機制以產製符合特定高精地圖格式需求的圖資。

對於「**建立自駕車群眾外包之高精地圖製圖(含自駕車平台)系統及流程，並確定製圖系統符合動態更新使用**」之工作項目，本團隊已就本案辨識類別蒐集相關文獻，並在影像處理方面完成除了車道標線，其餘 7 種類別之 VIA 標註，其中紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線、標字(速限)類別已加入模型訓練，而路面速限項目也已完成了 600 張的標註，並更改參數後加入了模型訓練。目前本團隊已完成路面速限之模型訓練，接著將進行測試模型的準確度，在模型準確度評估部分，本案預計使用 mAP (Mean Average Precision)來做為評估指標。除此之外，本團隊也完成擬定群眾外包之變異物件辨識方法及輸出格式，下一期將實際利用自駕車資料完成六項類別的偵測與精度分析，包含紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線等，同時驗證本案變異物件辨識流程之可行性。

對於「**高精地圖群眾外包之高精地圖製圖適地性服務案例試辦 109、110 年度各 1 處**」之工作項目，本團隊目前規劃兩年度之試辦區皆位於臺南沙崙地區。對於 109 年度之適地性服務案例試辦，本團隊已完成實驗車之硬體配置，並分別於國立成功大學歸仁校區之室外率定場收集率定資料、109 年度適地性服務場域蒐集感知資訊，且藉由來回多趟運行於場域路線模擬群眾外包情境。在完成感測器率定作業後，將會透過本案開發之演算法進行高精地圖的物件變異偵測，最後經人工 QA/QC 篩選變異偵測結果後供測繪車進行調繪更新圖資。對於 110 年度之適地性服務案例試辦，目前規劃由成大電機 MKZ 自駕車運行於規劃場域，整體流程則將視 109 年度之適地性服務案例試辦成果修正後擬定，以上試辦區及內容規劃將經內政部同意方進行測試。

## 第四章、沙崙試驗場域自駕車用高精地圖圖資服務

4.1 依機關需求於維護試驗場域自駕車用高精地圖圖資，並提供虛擬平台所需圖資內容，109、110 年度各需產製至少 1 次更新圖資

### ■ 沙崙試驗場域

本團隊分別於 109、110 年度，依內政部需求維護沙崙試驗場域自駕車用高精地圖圖資，並遵守國土測繪法之規定，依據「高精地圖製圖作業指引 v2」進行沙崙試驗場域之資料蒐集及光達點雲成果建置。維護的工作主要在於圖資內容參照內政部最新「高精地圖圖資內容及格式標準」，產製符合標準的沙崙試驗場域高精地圖，同時參照內政部最新「高精地圖檢核及驗證指引」驗證點雲密度以及向量物件，檢查絕對或相對位置精度，最後完成高精地圖檢核作業，確實更新圖資內容，作為後續應用與介接之靜態底圖。

本團隊於 109 年 7 月 21 日，委請測繪業者詮華國土測繪有限公司針對沙崙試驗場域進行圖資更新，並於 109 年 4 月 13 日至場域進行場勘，確認現場環境變異是否變異。經由與 108 年資料進行比對，試驗場域內號誌之倒數計時皆被拆除，圖 4.1 所示為 108 年 7 月及 109 年 4 月號誌情況；路邊布幕亦新增招牌如圖 4.2 所示。



圖 4.1 (左) 108 年 7 月；(右) 109 年 4 月號誌倒數計時情況



圖 4.2 路邊布幕新增招牌



圖 4.3 所示為詮華國土測繪有限公司之掃瞄儀器設備型式與規格說明，車載光達使用 RIEGL 公司的 RIEGL VMX-250，同時搭載 GNSS/IMU 及 DMI(Directional Movement Index)感測器。圖 4.4 所示為沙崙試驗場域掃瞄範圍規劃，規劃 6 條掃瞄路線作業，掃瞄參數規劃為測點頻率 300KHz 及掃瞄頭旋轉速率 100 line/sec，車速則設定為 30km/h。GNSS 基站規劃以內政部三等衛星控制點 R300 作為基站架設位置如圖 4.5 所示。

GNSS/IMU/DMI	
Position (absolute)*	20-50 mm
Position (relative)**	10 mm

\* One sigma values, no GNSS outage, with DMI option, post-processed using base station data.  
\*\* With a control point spacing < 100 m.

Scanners— VQ250	
PRR	600 khz (Max.)
LPS	Up to 200
Accuracy	10 mm
Precision	5 mm

Cameras— CS6	
Resolution	2452×2056
Pixel size	3.45µm
Field of View	80°×65°
Exposure	38µs-60s
備註	可搭載一般單眼相機

圖 4.3 掃瞄儀器設備型式與規格說明

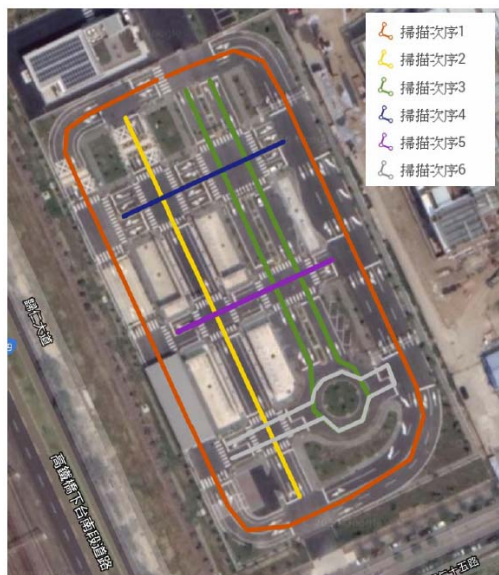


圖 4.4 掃瞄範圍規劃

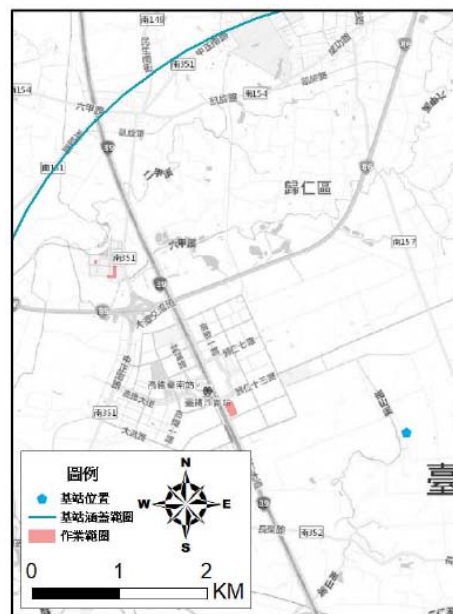


圖 4.5 基站涵蓋範圍圖

錯誤! 找不到參照來源。所示為當日資料蒐集外業施作情形。錯誤! 找不到參照來源。及錯誤! 找不到參照來源。所示為沙崙試驗場域之掃瞄軌跡及光達點雲成果建置，錯誤! 找不到參照來源。及表 4.1 所示為點雲密度檢核結果，樣本單位以 1×1 平方公尺之點雲，檢查所有樣本，資料檢核範圍以道路邊緣線(Road Edge)向外延伸 1 公尺為界，測區內合格率(點雲密度

>10000pts/m<sup>2</sup>)為 99.66%，符合測區內不合格網格數目比例應低於 5%。點雲相對平面及高程精度為 8.8 公分及 0.2 公分，符合較差估計值應小於 10 公分。

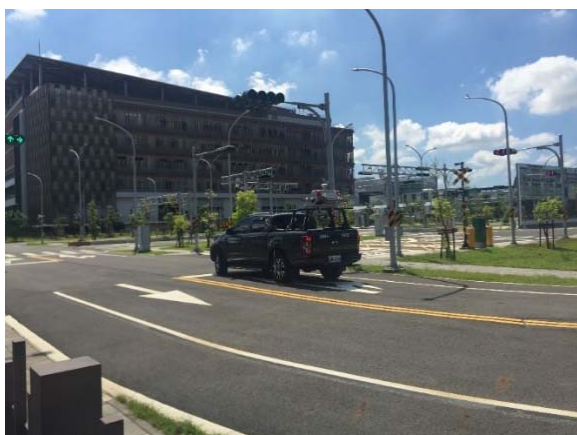


圖 4.6 資料蒐集外業施作情形



圖 4.7 掃瞄軌跡

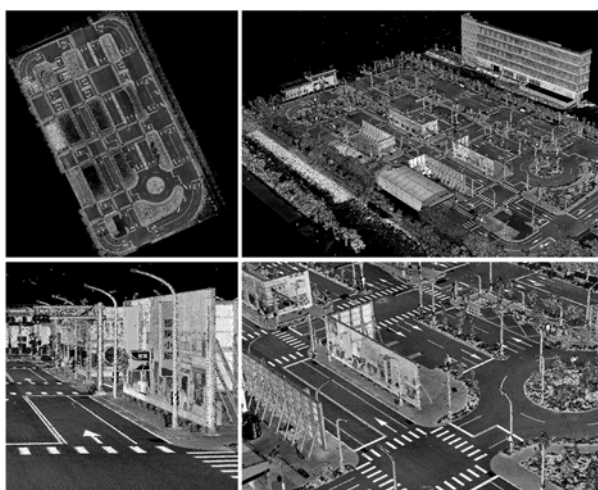


圖 4.8 點雲成果



圖 4.9 點雲密度計算成果

表 4.1 點雲密度計算成果統計

總格數	合格格數 (大於 1.0/cm <sup>2</sup> )	不合格格數 (小於 1.0/cm <sup>2</sup> )
10886	10850	36
每一網格面積為 1 公尺×1 公尺		
$\frac{\text{合格格數}}{\text{總格數}} = \frac{10850}{10886} = 0.9966 = 99.66\%$		

沙崙試驗場域之向量圖層成果如圖 4.10 所示，確認絕對或相對位置精度符合指引、圖元空間位相關係之合理性、資料邏輯一致性、屬性資料正確性等。圖 4.11 至圖 4.15 所示為各向量圖層包含道路、車道、標線、物體、

隧道、標誌、號誌、燈號、桿等檢核示意圖，於 11 月 3 日完成檢核，審查結果為合格。

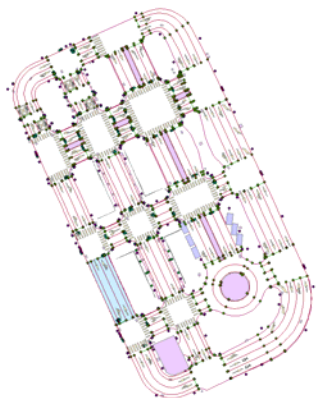


圖 4.10 向量圖層成果

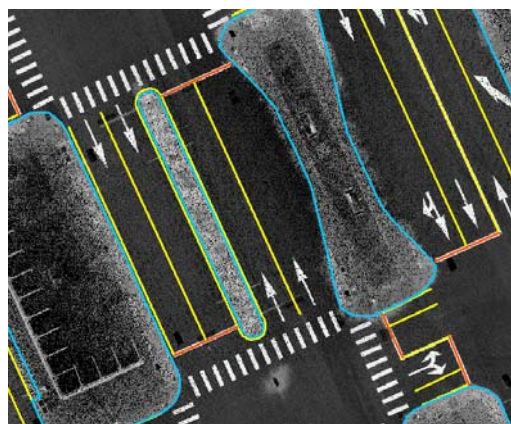


圖 4.11 (黃)標線；(紅)停止線；(藍)路面邊緣向量圖層成果

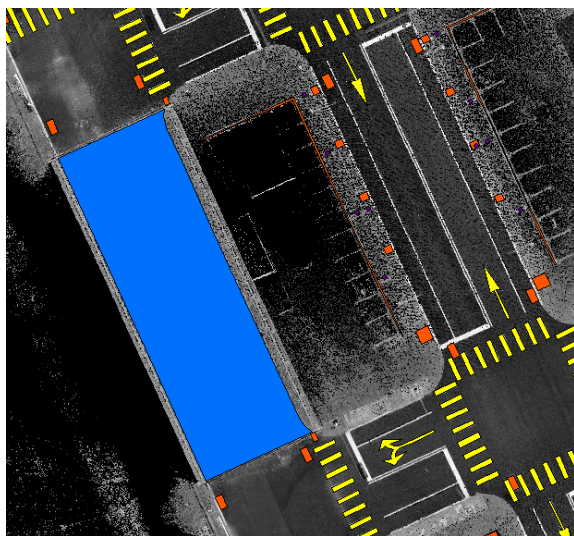


圖 4.12 (黃)指向線及行人穿越道；(紅)物件；(藍)隧道向量圖層成果

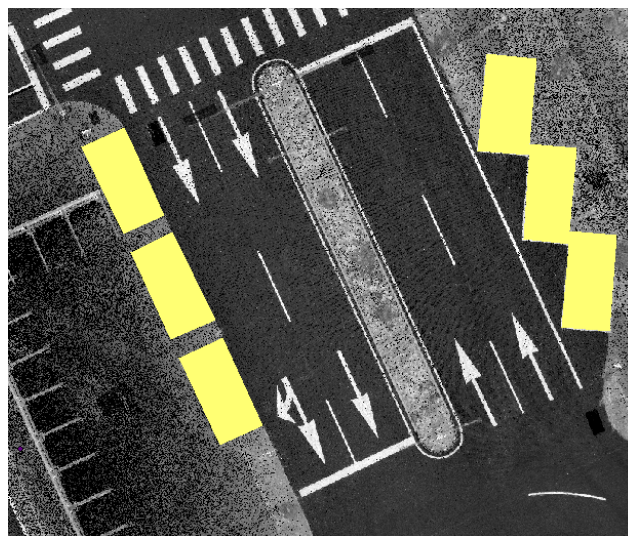


圖 4.13 停車格向量圖層成果

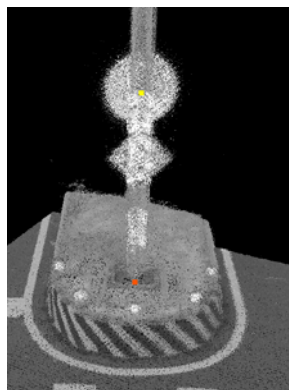


圖 4.14 (紅)桿；(黃)標誌向量圖層

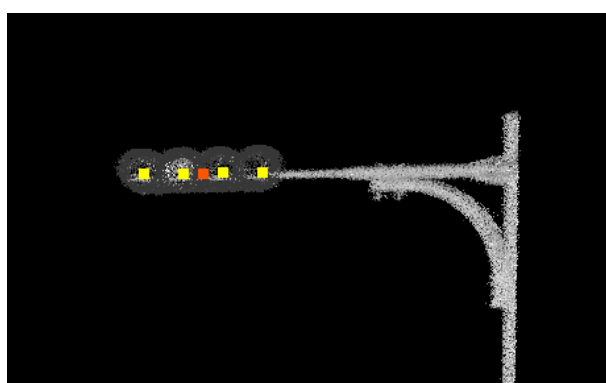


圖 4.15 (紅)號誌；(黃)燈號向量圖層

### ■ 成功大學歸仁校區場域

本團隊亦委請測繪業者詮華國土測繪有限公司進行成功大學歸仁校區場域圖資更新，於 109 年 7 月 21 日進行資料蒐集外業，並遵守國土測繪法之規定，依據「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖圖資內容及格式標準」、「高精地圖檢核及驗證指引」產製及驗證點雲及向量物件。車載光達使用 RIEGL 公司的 RIEGL VMX-250，同時搭載 GNSS/IMU 及 DMI 感測器(如圖 4.3)。圖 4.16 所示為成功大學歸仁校區場域掃瞄範圍規劃，本年度(109 年)僅針對部分場域進行更新，向量圖層與 108 年度資料進行套疊。掃瞄參數規劃為測點頻率 300KHz 及掃瞄頭旋轉速率 100 line/sec，車速則設定為 30km/h。GNSS 基站規劃以內政部三等衛星控制點 R300 作為基站架設位置如**錯誤! 找不到參照來源。**所示。



圖 4.16 掃瞄範圍規劃

圖 4.17 所示為當日資料蒐集外業施作情形。圖 4.18 及圖 4.19 所示為成功大學歸仁校區場域之掃瞄軌跡及光達點雲成果建置。圖 4.20 及表 4.2 所示為點雲密度檢核結果，樣本單位以 1×1 平方公尺之點雲，檢查所有樣本，資料檢核範圍以道路邊緣線(Road Edge)向外延伸 1 公尺為界，測區內合格率(點雲密度 $>10000\text{pts}/\text{m}^2$ )為 95.58%，符合測區內不合格網格數目比例應低於 5%。點雲相對平面及高程精度為 5.3 公分及 0.8 公分，符合較差估計值應小於 10 公分。



圖 4.17 資料蒐集外業施作情形



圖 4.18 掃描軌跡

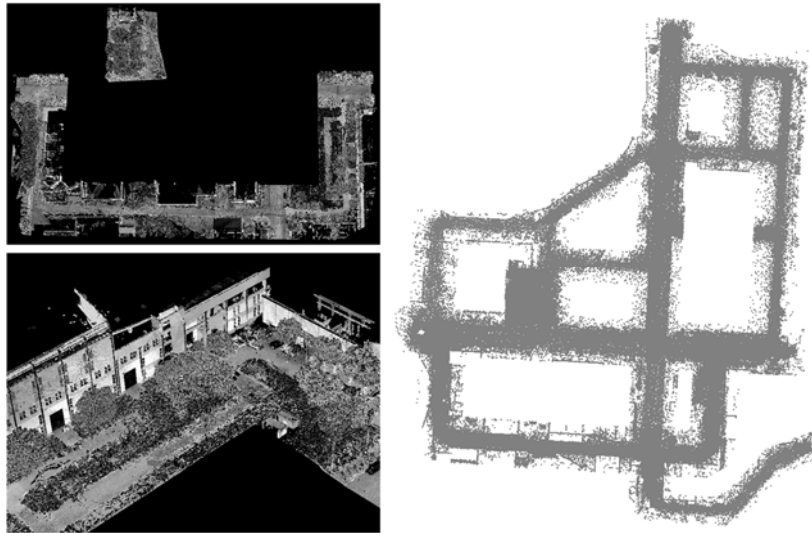


圖 4.19 (左)今年度更新；(右)合併 108 年度點雲成果

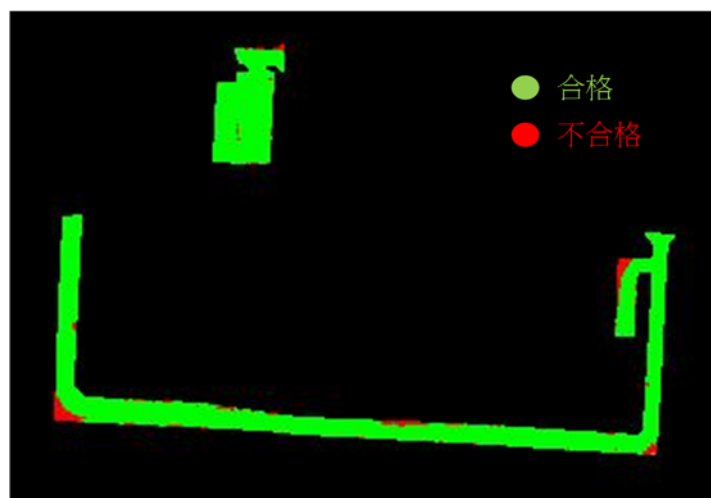


圖 4.20 點雲密度計算成果

表 4.2 點雲密度計算成果統計

總格數	合格格數 (大於 1.0/cm <sup>2</sup> )	不合格格數 (小於 1.0/cm <sup>2</sup> )
6810	6509	301
每一網格面積為 1 公尺×1 公尺		
$\frac{\text{合格格數}}{\text{總格數}} = \frac{6509}{6810} = 0.9558 = 95.58\%$		

成功大學歸仁校區場域之向量圖層成果如圖 4.21 所示，確認絕對或相對位置精度符合指引、圖元空間位相關係之合理性、資料邏輯一致性、屬性資料正確性等。圖 4.22 至圖 4.24 所示為各向量圖層包含路面邊緣、停車格、物體、標誌、桿等檢核示意圖，於 11 月 3 日完成檢核，審查結果為合格。因場域內未有標線，為了後續可提供自駕車使用，故繪製虛擬之車道線，並以合理性為原則進行屬性填寫，圖 4.25 所示為標線及停止線向量成果。

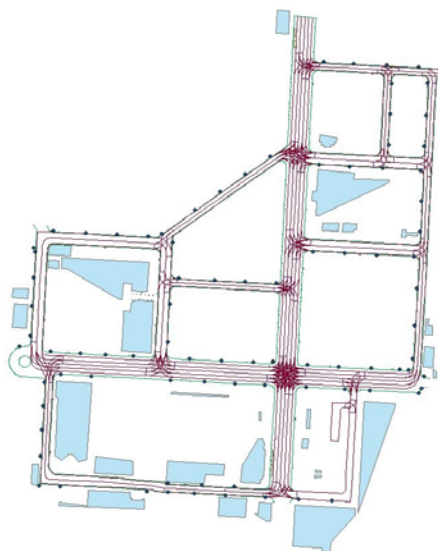


圖 4.21 向量圖層成果

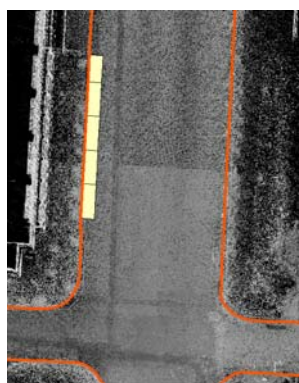


圖 4.22 (紅)路面邊緣；  
(黃)停車格向量圖層成果

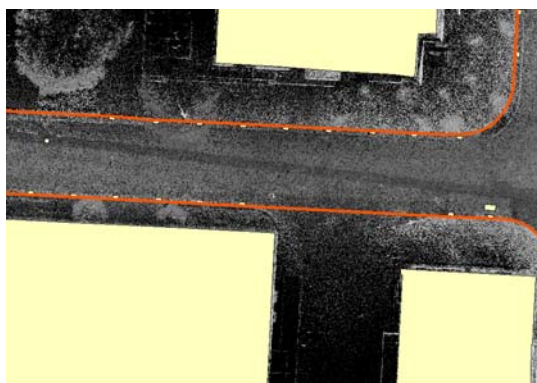


圖 4.23 (黃)物件向量圖層成果

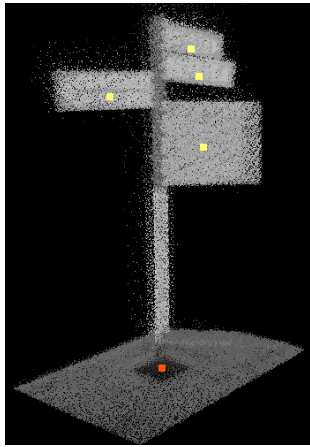


圖 4.24 (紅)桿；(黃)標誌  
向量圖層成果

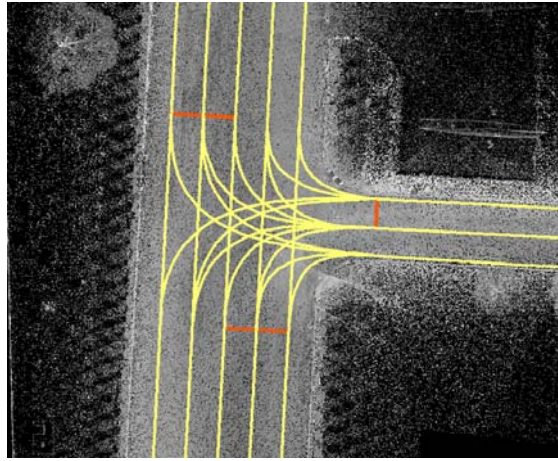


圖 4.25 (黃)標線；(紅)停止線  
向量圖層成果

#### 4.2 提供試驗場域自駕車用地圖圖資諮詢服務

本案設置專業人員提供試驗場域高精地圖圖資諮詢服務，即時解答相關業者與單位對於高精地圖圖資相關問題，可有效推廣高精地圖並統一窗口，避免資訊不一致之情形發生。本案於 109 年 4 月 16 日提供國土測繪中心相關外業作業諮詢服務，並針對送審之光達點雲資料檢核其密度及精度等，於 109 年 6 月 10 日出具測繪點雲驗證報告如圖 4.26，詳細報告請參閱附錄六。

##### 測繪點雲驗證報告

送檢單位：內政部國土測繪中心  
驗證單位：高精地圖研究發展中心

中華民國 109 年 06 月 10 日

圖 4.26 國土測繪中心測繪點雲驗證報告

本案針對沙崙試驗場域符合規格的高精地圖，提供美商麥格尼軒股份有限公司台灣分公司(MSC Software Taiwan)進行自駕車系統與模擬平台測試，合作同意書參閱附錄五。圖 4.27 所示為針對台灣高精地圖格式進行靜態三維可視化檢查以及動態的行徑邏輯模擬測試，透過有效運用資源的合作模式，持續修正高精地圖之實用性。

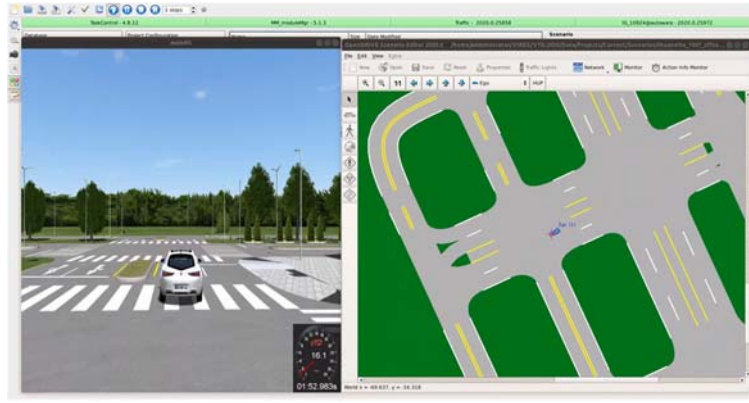


圖 4.27 台灣高精地圖格式模擬測試

本案亦針對實證上路高精地圖場域，提供諮詢服務協助測製廠商成功產製高精地圖，圖 4.28 所示為諮詢討論情況，表 4.3 所示為各廠商諮詢討論時間整理。同時亦針對測製廠商提出之問題及建議進行資料蒐集，並透過電子郵件、通訊軟體、電話聯繫等方式回覆高精地圖相關議題。

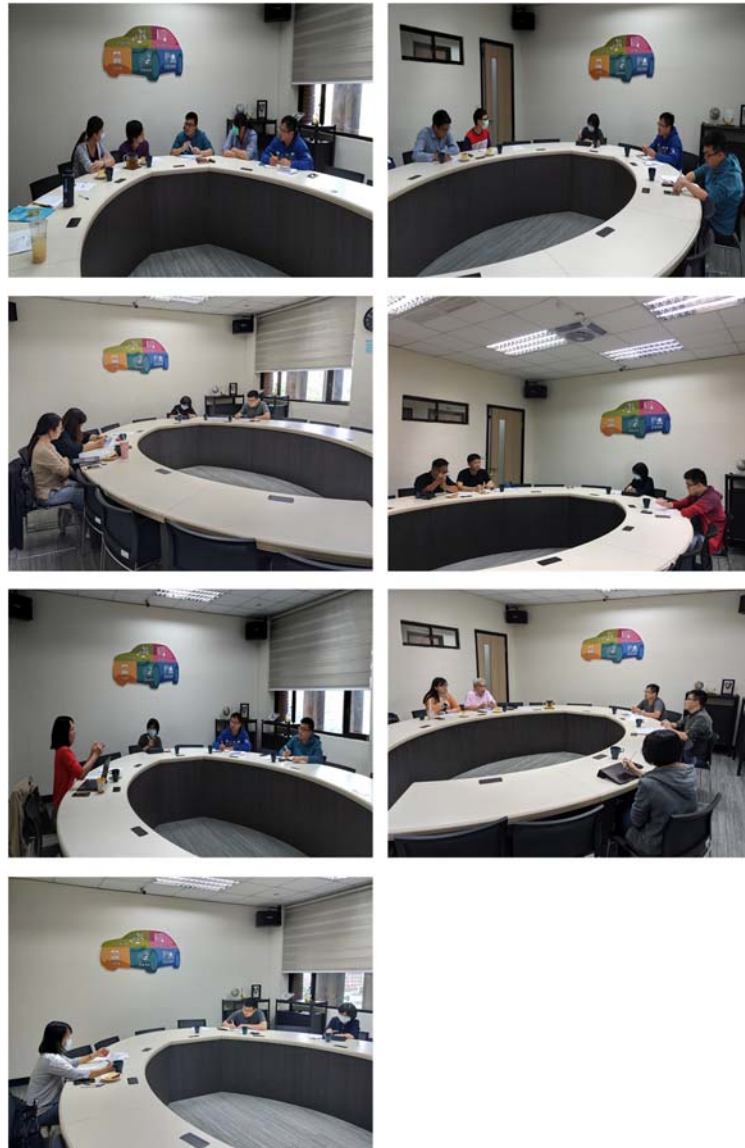


圖 4.28 高精地圖諮詢討論情況



表 4.3 高精地圖諮詢討論

諮詢日期	廠商
109.11.09	中興測量有限公司
109.11.10	興創知能股份有限公司
109.11.10	經緯航太科技股份有限公司
109.11.10	詮華國土測繪有限公司
109.11.12	自強工程顧問有限公司
109.11.12	台灣世曦工程顧問股份有限公司
109.11.12	勤崴國際科技股份有限公司

### 4.3 本章小結

本團隊依內政部需求維護沙崙試驗場域及成功大學歸仁校區場域自駕車用高精地圖圖資，委請測繪業者詮華國土測繪有限公司針對沙崙試驗場域進行圖資更新，於 109 年 7 月 21 日進行資料蒐集外業，並遵守國土測繪法之規定，依據「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖圖資內容及格式標準」、「高精地圖檢核及驗證指引」繪製符合標準的沙崙試驗場域高精地圖，於 11 月 3 日完成檢核，審查結果為合格。

本案設置專業人員提供國土測繪中心試驗場域高精地圖圖資諮詢服務，針對送審之光達點雲資料檢核其密度及精度等，於 109 年 6 月 10 日出具測繪點雲驗證報告。此外亦針對沙崙試驗場域符合規格的高精地圖，提供給本校電機系莊智清教授研究團隊，邀請美商麥格尼軒股份有限公司台灣分公司(MSC Software Taiwan)分別進行自駕車系統與模擬平台測試，檢查靜態三維可視化及動態行徑邏輯模擬測試等。

## 第五章、高精地圖與移動載台感測器整合驗證服務

### 5.1 維護多平台製圖技術測試與率定設施、測繪車及影像感測器之儀器率定服務

對於多平台製圖系統之規格與精度驗證，目前相關業者乃仰賴原廠型錄所提供之規格文件來參考，相關數據由國外原廠自行測試，其率定的環境條件與作業流程並未詳細說明與公開。然而多平台製圖技術現今已廣泛應用於國內各領域的專案中，針對相關儀器之精度，如原廠率定有誤，或是隨著長期使用而產生偏移，對於測繪成果將有所影響，這對業主與國內廠商皆具有相當大的風險。內政部地政司與本團隊過去積極發展測試與率定設施和程序，除了推動車載製圖系統作業手冊，並建立標準作業流程與提供專業的率定服務來確保系統穩定度與測繪成果之精度。本團隊自 101 年度至目前為止，提供至少 10 家國內業者相關技術諮詢(如表 5.1)，並且協助測試與率定服務。此外，108 年度參與臺中水滷及臺南沙崙的測繪自駕車用地圖之光達測繪車，即配合內政部地政司與本團隊研提之作業程序，完成相關設備硬體檢測後，再實施外業測圖。

表 5.1 多平台製圖系統測試與率定實驗室提供各單位服務之統計表

單位	整合式定位定向系統率定場	影像感測系統率定場	多平台製圖系統率定場
儀科中心	101	101	101
九晟電子	101、102		101、102
帕斯卡科技			102、103
自強工程	102、103	102、103	102、103、104、105
台灣國際航電	102、103、104	104	102、103、104
北極星測繪科技	102		102
經緯衛星資訊	101、102、103、104、108	101、102、103、104、105、107	101、102、103、104、105、107
日成航太	102	102	102
資策會	103	103	103
勤崙國際科技	103、104、105	103、104、107	103、104、107
工研院南分院	103		
內政部國土測繪中心	104	104	104、105、106、107
國家中山科學研究院	105、106、107	106、107	
邁威實業	106、107		
啟碁科技	108		

未來測繪車或自駕車在進行資料收集前，各感測器應需率定本身相關的內部參數之外，各感測器之間的軸角(Boresight angle)與固定臂(Lever arm)之外部參數亦須進行率定。系統率定便包含上述兩者。每次儀器經拆卸後，若發生儀器間相對關係改變時，即需重新率定。因此建議可定期率定，檢驗各感測器之間的相對方位。然而系統率定與表 8.1 查核項目之 INS/GNSS 定位定向整合的性能測試及校準書面報告有相關，可做為校準報告的參考依據。

針對內政部地政司與本團隊所建置的各測試與率定實驗室，本團隊持續進行實驗室與設備的維護作業及例行性更新。目前成果完成影像感測器率定場的相關更新與維護作業。如圖 5.1 所示，針對圓盤率定場調整其於室內空間之位置，並重新粉刷牆面與圓盤上之率定標面，未來可針對單臺相機進行內方位參數之率定。除此之外，如圖 5.2 所示，本團隊亦設置率定標燈箱於另一個室內全景率定場。可針對多相機系統(例如可攜式全景影像測繪系統)進行內方位參數與相對方位參數之相關系統率定。

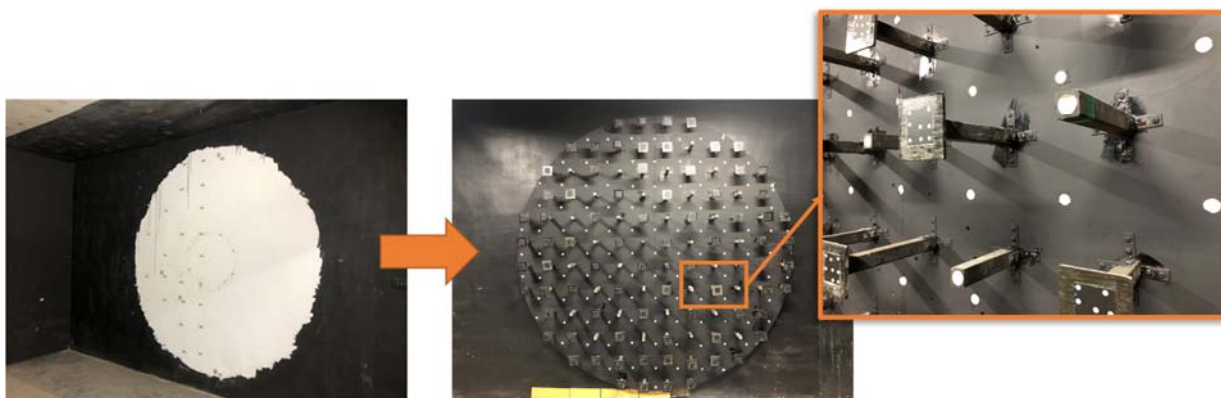


圖 5.1 更新與維護圓盤率定場



圖 5.2 更新室內全景率定場

此外，本團隊以現有的可攜式全景影像測繪系統進行測試，於室內全景率定場率定內方位參數，透過 Australis 軟體解算成果如圖 5.3 所示。由此驗證該率定場可正常使用。目前已規劃建置當地坐標系統之作業，將於地面布置控制點，透過相關儀器測得到觀測值，並設定原點與坐標軸方向，整體平

差後解算得到地面控制點坐標。進一步將施測牆面之率定標，使之亦轉換為當地坐標系統，以利後續率定多平台系統之相對方位。

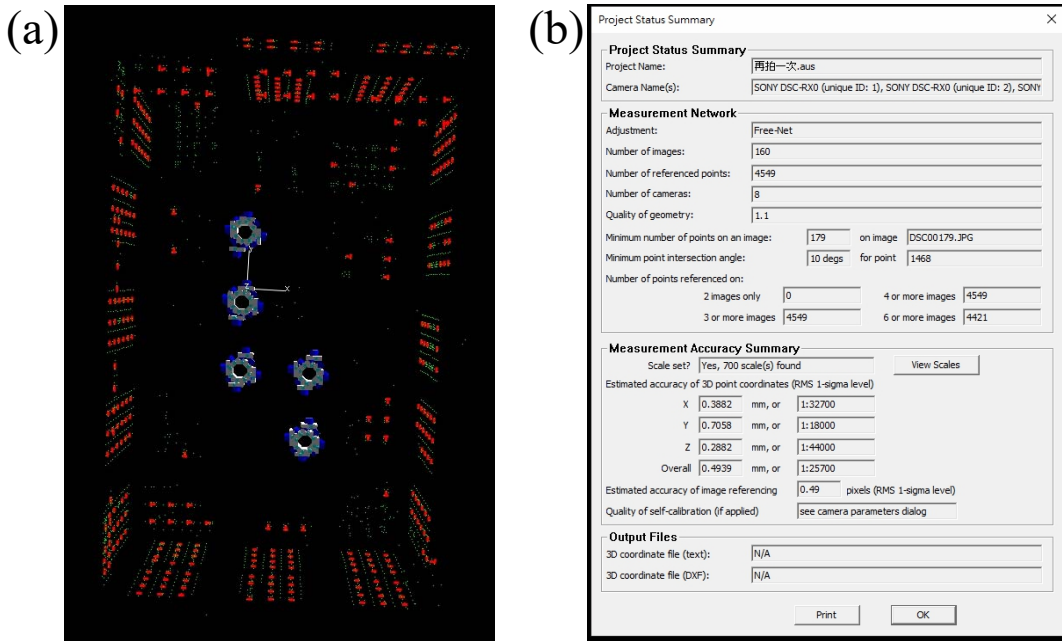


圖 5.3 率定解算成果：(a) 3 維視圖；(b) 精度報表

針對後續階段，本團隊今年亦持續提供國內多平台系統測試與率定服務，透過檢查系統的運行狀況及原始資料作為精度驗證的依據，感測器測試與率定之紀錄表範例如表 5.2 所示。期許帶給更多業者單位實質的幫助，亦提供應用於產製自駕車用地圖之車載移動測繪系統及光學感測器之專業分析與技術諮詢。然而因儀器率定後，較少進行更動，依此相關單位較少再進行率定。此外，INS/GNSS 等儀器出廠時亦有內部校準報告可參考，若精度合乎相關單位之定位要求，率定需求亦會較少。若相關單位與本團隊有合作，仍持續提供服務。

此外，108 年度內政部地政司與本團隊於自駕車用地圖適地性服務案例試辦當中，委託測繪業者透過測繪車高精度之地面光達掃描歸仁校區，建立全系統測試與檢核場之點雲資料庫，其成果已通過嚴謹之檢核，包含定位定向系統、GNSS 幾何條件、控制測量與點雲密度等相關要求。本團隊將據此提供未來測繪車與自駕車進行系統率定與定位效能評估之使用。另一方面，亦將致力於推廣製圖與率定技術至更多領域，包含測繪單位、防救災以及自駕車等相關應用。

表 5.2 感測器測試與率定之紀錄表範例

測試日期		測試廠牌		測試型號		
序 號		測試人員				
測試項目					合格	
1.系統外觀是否嚴重破損						
2.系統連線運作是否正常						
3.原始資料檢測						
衛星定位系統						
次數	鎖定時間 (秒)	緯度 (度)	經度 (度)	高度 (公尺)	衛星數 (顆)	PDOP
1	60	22.99608	120.21367	45.77	11	2.3
2						
3						
4						
5						
慣性測量儀						
次數	穩定時間 (秒)	加速度計 X,Y,Z 軸 (公尺/秒)			陀螺儀 X,Y,Z 軸 (度)	
1	30	0.0000	0.0002	0.0004	0.0002	0.0001
2						
3						
4						
5						

**5.2 發展自駕車系統與高精地圖自動駕駛定位精度驗證，確保自駕車符合相關規範，並建置驗證設施及提供驗證服務**

**5.2.1 自駕車系統定位精度要求規範評估**

為滿足未來自駕車高階自動駕駛能力的需求，定位技術的發展勢必朝多感測器整合方式進行

自駕車系統與高精地圖自動駕駛定位精度為目前發展自駕車系統的關鍵議題，為了確保自駕車未來上路運行時的安全性，確認其定位精度符合自駕車在高度自動化下運行所需的精度要求。根據 Basnayake 等人(2010)以及 Stephenson(2016)討論不同定位精度對應提供自駕車定位資訊的程度，如圖 5.4 中所示。為達到真正的自動駕駛功能，必須具備準確定位車輛在車道中

的位置(Where in lane)，因此對自駕車的定位精度要求至少需要 0.1 至 0.5 公尺以內。

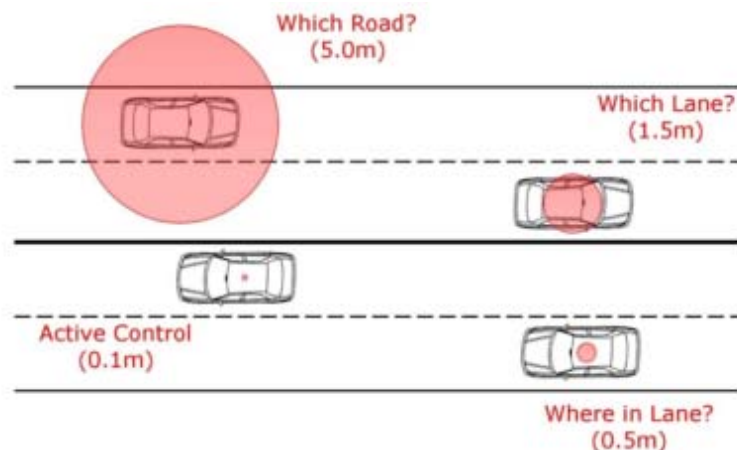


圖 5.4 自動駕駛導航定位精度需求(摘錄自 Stephenson, 2016)

如前所述，自駕車系統與高精地圖自動駕駛定位精度要求至少須達到 0.5 公尺以內的要求之外，還要確保自駕車必須行駛在車道範圍中，以維持自駕車系統運行的完整性(Integrity)以及可用性(Availability)。Reid 等人(2019)的研究中提出一套針對自駕車定位精度的評估機制，如圖 5.5(a)所示。以車道中心線為基準，界定自駕車實際的定位誤差必須小於幾何邊界 (Geometry Bounds)，其中幾何邊界由橫向(Lateral)、縱向(Longitudinal)以及垂直方向(Verital)三個方向構成。圖 5.5(b)以及圖 5.5(c)為車輛於直線路段及彎道時的幾何邊界，由圖 5.5 可知，設計幾何邊界的尺寸大小需要同時考量車輛尺寸以及道路幾何的影響，相同尺寸的車輛在直線車道與彎道時的幾何邊界並不相同；不同尺寸的車輛在同樣的道路幾何條件下，其幾何邊界也會有所不同。

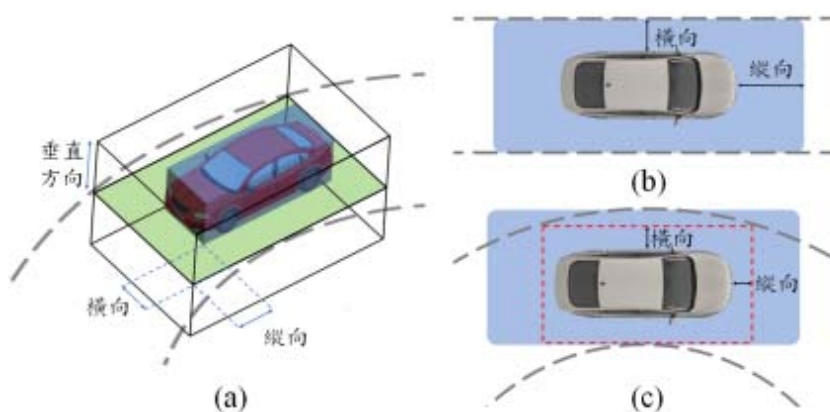


圖 5.5 自駕車幾何邊界(摘錄改編自 Reid et al.,2019)

根據交通部於 108 年 9 月頒布之「公路路線設計規範」(交通部, 2019) (以下簡稱設計規範)，規範了我國公路設計之規範，包含道路寬度的規範、車輛尺寸、道路平曲線最小半徑、立體交叉淨空等要素，作為本案設計自駕車精度規範的依據。

### 5.2.1.1 設計速率與車道寬度

根據設計規範 2.2 節，車道寬度的決定取決於道路設計速率( $V_d$ )，設計速率與車道寬度的關係如表 5.3 所示，而根據設計速率值的大小可以區分不同的公路等級，同時也考量了交通功能、地域特性以及行政系統的區分，根據設計規範 1.4 節，將道路等級的區分如表 5.4 所示。在本案中針對精度規範的設計，選定高速公路場景( $V_c=120$ )、快速公路場景( $V_d=100$ )、主要公路場景( $V_d=80$ )為範例設計精度規範，針對其他場景的需求可以依照本案例中提出的方法再設計出對應的精度規範數值。

表 5.3 設計速率與每車道寬(摘錄自交通部, 2019)

設計速率 $V_c$ (公里/小時)	每車道寬 $W$ (公尺)
$V_d \geq 80$	3.50~3.75
$50 < V_d < 80$	3.25~3.50
$V_d \leq 50$	3.00~3.50

表 5.4 公路等級與設計速率(摘錄自交通部, 2019)

公路等級	地域特性分類		最低設計速率 $V_d$	交通功能分類	行政系統分類
一級路	鄉區	平園區	120	高速公路	國道 省道
		丘陵區	100		
		山嶺區	80		
	市區	80			
二級路	鄉區	平園區	100	高速公路 快速公路	國道 省道 縣道
		丘陵區	80		
		山嶺區	60		
	市區	60			
三級路	鄉區	平園區	80	快速公路 主要公路	國道 省道 縣道
		丘陵區	60		
		山嶺區	50		
	市區	60			
四級路	鄉區	平園區	60	主要公路 次要公路	省道 縣道 鄉道
		丘陵區	50		
		山嶺區	40		
	市區	50			
五級路	鄉區	平園區	50	主要公路 次要公路	省道 縣道 鄉道
		丘陵區	40		
		山嶺區	30		
	市區	40			
六級路	鄉區	平園區	40	地區公路	縣道 鄉道
		丘陵區	30		
		山嶺區	20		

### 5.2.1.2 設計車種尺寸

根據設計規範 1.5 節，公路設計車種表如表 5.5 所示，在本案中針對精度規範的設計，選定小客車、貨車以及大客車為範例說明對應精度規範設計，針對其他車種的精度規範可以針對本案提出的方法進行設計。

表 5.5 設計車種各部尺寸(摘錄自交通部, 2019)

設計車種	車輛尺寸(公尺)		
	全長	全寬	全高
小客車(P)	5.5	2.1	2.0
貨車(SU)	9.0	2.5	4.1
大客車(BUS)	12.2	2.5	4.1
中型半聯結車(WB12)	15.0	2.5	4.1
大型半聯結車(WB15)	16.5	2.5	4.1
全聯結車(WB18)	20.0	2.5	4.1

### 5.2.1.3 平曲線最小半徑

平曲線最小半徑的數值根據設計速率( $V_d$ )以及最大超高率( $e_{max}$ )，根據設計規範 3.4 節，如表 5.6 所示，在本案中將先以最大超高率數值為 0.8 時對應的平曲線最小半徑數值為範例設計規範，因為根據設計規範，最大超高率數值為 0.8 時可以同時涵蓋各種區位(鄉區、市區)以及氣候(一般地區、冰雪地區)的狀況，針對其他最大超高率對應平曲線最小半徑的精度規範可以針對本案提出的方法進行設計。

表 5.6 平曲線最小半徑(摘錄自交通部, 2019)

設計速率 $V_d$ (公里/小時)	平曲線最小半徑 $R_{min}$ (公尺)			
	$e_{max}=0.04$	$e_{max}=0.06$	$e_{max}=0.08$	$e_{max}=0.10$
120	-	700	<b>620</b>	560
110	-	560	500	450
100	-	440	<b>390</b>	360
90	380	340	300	280
80	280	250	<b>230</b>	210
70	210	190	170	160
60	150	140	120	110
50	100	90	80	75
40	60	55	50	45
30	35	30	30	25
25	25	20	20	20
20	15	15	10	10



### 5.2.1.4 自駕車系統定位精度要求設計規範

根據 Reid 等人(2019)中針對提出的設計方法，自駕車定位精度設計規範所參考的要件如 5.2.1.2 至 5.2.1.4 小節中，根據我國公路設計規範之數值為依據，並且根據設計規範選擇部分情境作為本案設計範例，針對他不同車輛或是不同場景所需的精度規範，可依據本節所述的方式做各別的設計。如所述，在考量自駕車定位精度要求時，需要一併考量車輛在直線道與彎道時，在縱向以及橫向的最大容許誤差，如圖 5.6 所示。圖 5.6 為車輛在轉彎處最大容許誤差設計圖，其中  $x$  與  $y$  分別為考量車輛尺寸與定位誤差的平面幾何邊界； $w$  表示車道寬度； $r$  表示轉彎處的曲率半徑，在本案以平曲線最小半徑數值代表。

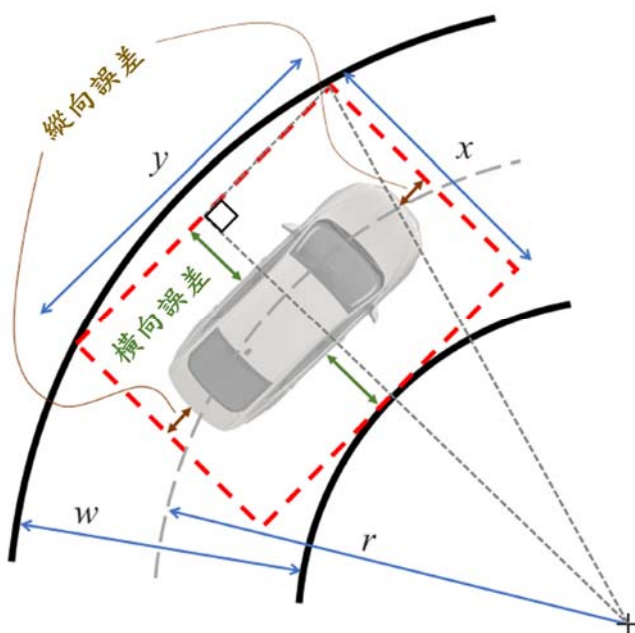


圖 5.6 車輛在轉彎處最大容許誤差設計圖(改編自 Reid et al.,2019)

根據畢氏定理，可將  $x$ 、 $y$ 、 $w$ 、 $r$  的關係整理如下所示：

$$\left(\frac{y}{2}\right)^2 + \left(r - \frac{w}{2} + x\right)^2 = \left(r + \frac{w}{2}\right)^2 \quad (5.1)$$

由於  $w$  與  $r$  可以為設計常數，可以將 5.1 式進一步整理為  $x$  與  $y$  的關係式，如下所示：

$$x = \sqrt{\left(r + \frac{w}{2}\right)^2 - \left(\frac{y}{2}\right)^2} + \frac{w}{2} - r \quad (5.2)$$

同時，由圖 5.6 中可以建立縱向及橫向誤差量與幾何邊界大小及車輛尺寸的關係為：

$$\begin{cases} AL_{lat} = (x - w_v)/2 \\ AL_{lon} = (y - l_v)/2 \end{cases} \quad (5.3)$$

$l_v$ 、 $w_v$ 分別代表車輛全長與全寬尺寸。根據前述 5.2 式與 5.3 式建立的關係式，可以調整適合的  $x$  與  $y$  值得到對應的  $AL_{lat}$  與  $AL_{lon}$  的最大容許值，意即自駕車在運行時，在平面上橫向與縱向最大容許的誤差值。在本案中初步選定的場景條件以及車輛尺寸，作為初步精度規範設計的數值如表 5.7 所示。

表 5.7 自駕車定位精度規範設計數值

設計元素	道路場景	設計速率 $V_d$ (公里/小時)	車道寬度 $w$ (公尺)	道路 曲率半徑 $r$
道路元素	高速公路	120	3.75	620
	快速公路	100	3.50	390
	主要公路	80	3.25	230
車輛元素	車種	車輛尺寸(公尺)		
		全長	全寬	全高
	小客車(P)	5.5	2.1	2.0
	貨車(SU)	9.0	2.5	4.1
	大客車(BUS)	12.2	2.5	4.1

根據表 5.7 的數值以及前述 5.2 式與 5.3 式，分別可以繪製出小客車、貨車、大客車在不同道路場景時的定位精度設計線圖，分別如圖 5.7 至圖 5.9 所示，在選定適合的精度規格時，會考量車輛感測器定位能力、應用場景以及其他特殊考量的條件限制，在 Reid 等人(2019)中針美國道路以及車輛定位精度規範的設計中，先針對 V2X 在傳輸上的應用需求以及精度合理性，先限制最大的縱向誤差為 1.5 公尺，在根據線圖尋找對應的橫向誤差數值，並確認橫向誤差設計的數值合理性。因此本案首先參照 Reid 等人(2019)提及的準則進行設計，得到選定車輛在三種場景的最大橫向以及最大縱向誤差值。同時在垂直方向容許誤差的設計，Reid 等人(2019)採用立體交叉道路淨值的三分之一為最大容許的垂直誤差根據設計規範 4.3.3 節中提及立體交叉處之行車道及路肩淨高宜大於 4.6 公尺，因此在本文中先以設定 1.53 公尺為垂直方向的最大容許誤差，與車輛的全高尺寸無直接關係。根據前述設計規則初步得到的車種場景精度規範如表 5.8 所示。往後可針對其他場景以及需求，根據本章節提出的方式進行不同的變化與設計。

表 5.8 車種場景精度規範

車種	場景	高速公路			快速公路			主要公路		
		橫向	縱向	垂直	橫向	縱向	垂直	橫向	縱向	垂直
小客車(P)		0.82	1.50	1.53	0.69	1.50	1.53	0.56	1.50	1.53
貨車(SU)		0.61	1.50	1.53	0.48	1.50	1.53	0.34	1.50	1.53
大客車(BUS)		0.60	1.50	1.53	0.36	1.50	1.53	0.31	1.50	1.53

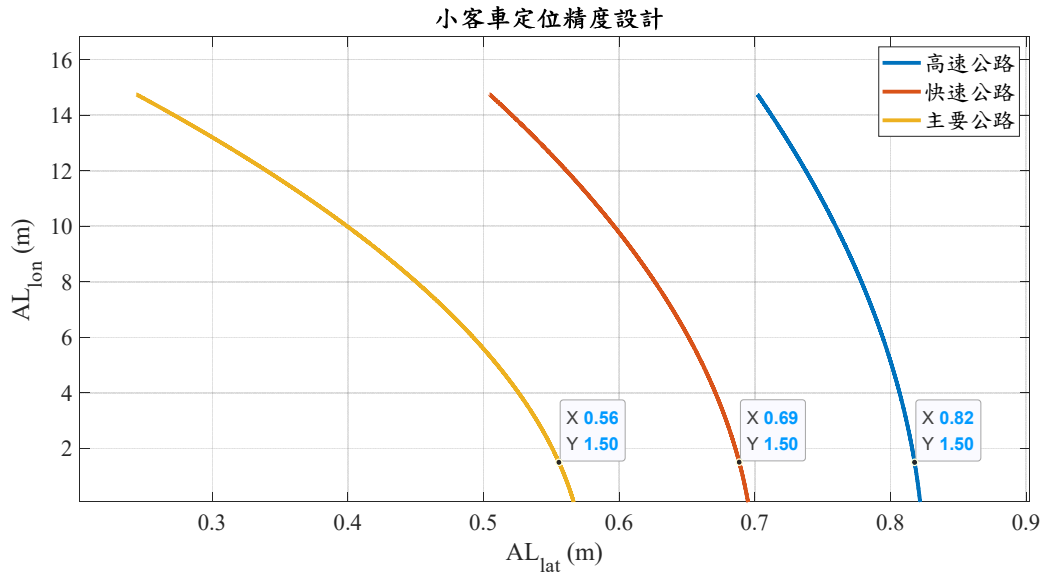


圖 5.7 小客車定位精度設計

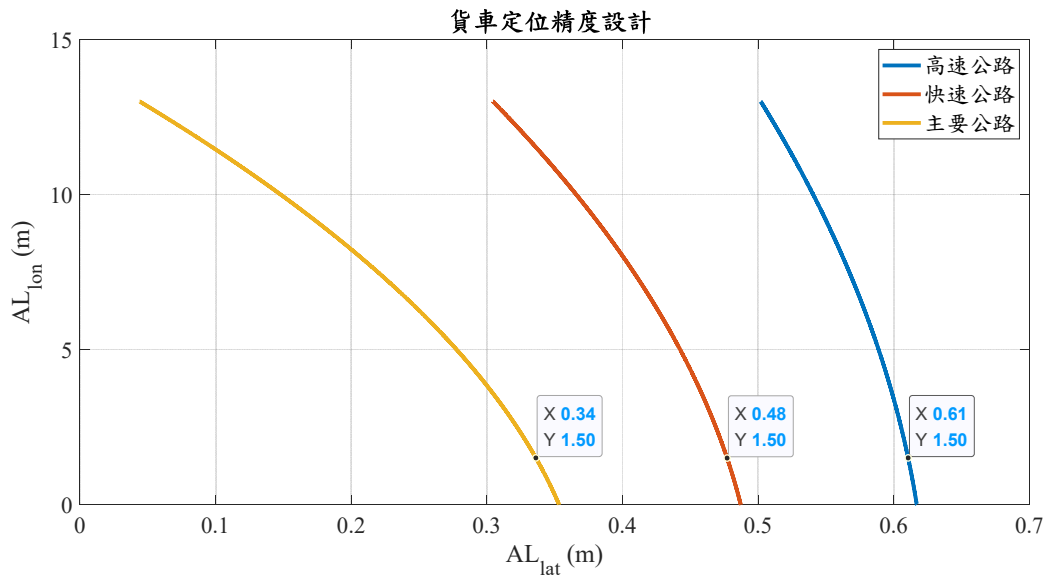


圖 5.8 貨車定位精度設計

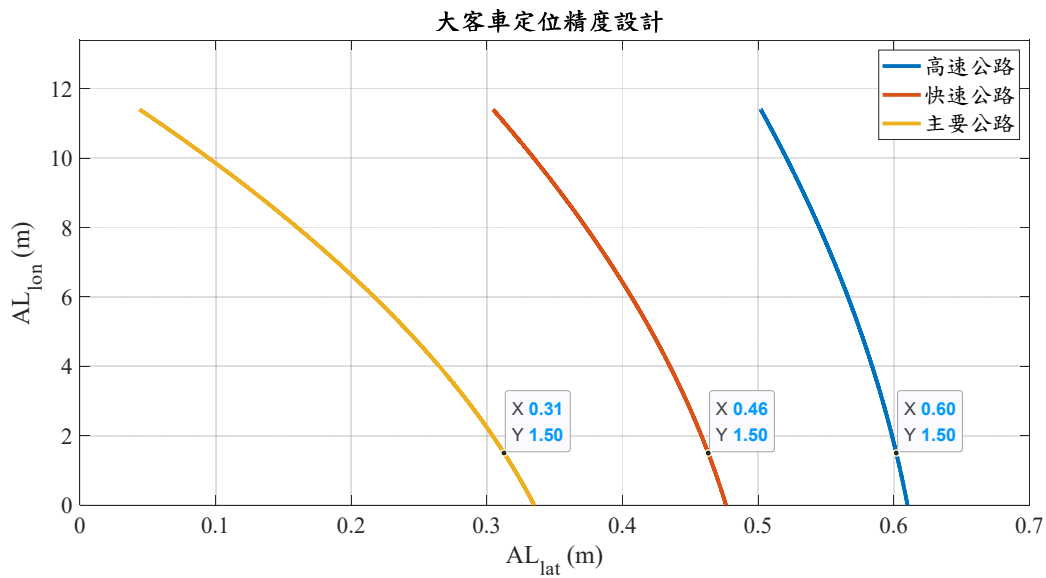


圖 5.9 大客車定位精度設計

## 5.2.2 自駕車系統定位感測器整合效能評析

自駕車在真實世界的運作須仰賴多感測器提供感知與定位功能，其中精確的定位能力是自駕車提升期自動化程度的關鍵之一，目前定位技術發展趨勢，皆希望透過整合多感測器來提升定位模組的效能與精度。目前在實務上最常使用的感測器，根據其特性可以分為三大類，第一類為依靠電子訊號進行定位的感測器，以 GNSS 最具代表性；第二類為利用航位推算原理定位的感測器，以 IMU 及輪速計(Odometry)為主；第三類為透過環境特徵的匹配定位的感測器，以光達，相機及雷達為主，此三類感測器的組合為目前不論在商用或學術研究中最常採用的感測器組合。

Kuutti 等人(2018)針對自駕車定位系統及多感測器整合配置進行比較分析，如表 5.9 中統整結果可知，純粹 IMU/GNSS 的整合在長時間衛星訊號不足或是受到多路徑效應影響時，定位誤差會隨時間累積，單獨使用相機的定位模式容易受到光線影響而無法提共定位解，亦不能滿足自駕車車道等級的定位精度，只有 IMU/GNSS 整合搭配光達，雷達或是相機的組合才能夠達到車道等級的定位精度並克服受到環境影響而沒有定位解的問題。

表 5.9 自駕車多感測器整合效能比較(摘錄自 Kuutti et al., 2018)

定位技術	使用感測器	定位精度 (公尺)	參考文獻
GNSS/IMU integration	GNSS、IMU	公尺級*	Zhang et al., 2012
Two-stage vision-based SLAM	相機	0.75**	Li et al., 2013
Vision-based localization with lane detection	相機、GNSS、IMU	0.73**	Kamijo et al., 2015
Vision-based localization with road marker detection	相機、GNSS、IMU	0.58 橫向** 1.43 縱向**	Suhr et al., 2017
Short range radar SLAM	雷達、GNSS、IMU	0.07 橫向** 0.38 縱向**	Ward and Folkesson, 2016,
LiDAR SLAM	光達、GNSS、IMU	0.017 橫向* 0.033 縱向*	Levinson et al., 2007 Levinson and Thrun, 2010 Hata and Wolf, 2015 Castorena and Agarwal, 2017 Kim, et al., 2017 Wolcott and Eustice, 2017
Camera localization within LiDAR map	相機、IMU	0.14 橫向* 0.19 縱向*	Wolcott and Eustice, 2014


\* : RMSE    \*\* : Mean Error

## 5.2.3 自駕車定位精度驗證場域規劃

為了有效驗證自駕車定位系統在不同環境的精度效能，在驗證自駕車定位系統時，必須一併考慮在不同場景中的效能。其中一個影響定位效能的因素為衛星收訊情形，因為衛星定位的精度會直接影響到定位系統整體的效能，例如 Tijero 等人(2019)在測試其自駕車定位系統時，先將測試場景區分為郊區、市郊區之間以及市區三種場景驗證定位精度；Zhang 等人(2019)的

測試則直接在無任何衛星訊號的的室內場景進行。在本工作項目中，也規劃根據不同場景進行精度驗證，以確保定位系統可以在不同環境中達到精度要求。在本工作項目中，前期針對測試場域的規劃如表 5.10 所示，將測試場景區分為三種：開闊地區、衛星訊號不良區、室內場景；同時針對不同場景先選定主要的代表區域，後續實際規劃驗證方式與場景時可在代表區域中規劃測試路徑，以驗證在不同環境中定位系統的效能。在本案中，預期進行之精度驗證內容主要依據 5.1 節中所述在不同場景中各型車輛的定位精度，未來根據應用需求，將再研擬針對定向精度驗證的規範，預計於第四期的成果中完成。

表 5.10 自駕車定位精度驗證場域

主要場景	代表區域	場景示意圖
開闊地區	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 市郊區(臺南沙崙)</li> </ul>	
衛星訊號不良地區	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高樓市中心(臺北市區、高雄市區)</li> <li>● 高架橋下或隧道(臺南高鐵橋下、88 快速道路)</li> </ul>	
室內場景	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地下停車場(臺南海安路地下停車場)</li> </ul>	

在本文中探討自駕車定位精度驗證時，本團隊擬參照前述說明，於合適的自駕車測試場域，嘗試建立滿足自駕車於該場域中運行的精度規範，其中將根據道路類型以及車輛種類建立對應的精度要求。本文中精度驗證的方式，目前本團隊規劃三種方案，包含：(1)根據參考系統、(2)根據道路中心線、(3)根據檢核點。由表 5.11 可知目前研擬方案之優劣所在，在本文中將持續評析三種方案用於自駕車定位精度驗證的可行性，並進一步提出改良版可行方案，這其中將包含針對台灣道路環境以及車種尺寸不同探討其精度規範，建議可行的精度驗證方式以及所需的設施，並研擬可行的定位精度驗證服務方式。

表 5.11 自駕車精度驗證規劃方案

方案	說明	優勢	劣勢
根據參考系統 (直接法)	於自駕車上搭載測繪車精度等級的參考系統，與自駕車定位解比較。	驗證方式已經相當成熟，高精度系統具備公信力。	軟硬體成本高昂，自駕車上未必有空間增設參考系統。
根據道路中心線 (間接法)	利用車端地圖的道路中心線為參考比較其偏移量。	僅使用自駕車本身的感測器，在軟體端完成驗證。	未考量軌跡的時序性，比較的成果會有所偏移。
根據檢核點 (間接法)	自駕車導航端測設檢核點，與其實測結果比較。	與地測精度等級檢核點比較。	非直接的精度驗證結果，車端軟體須具備製圖能力。

### 5.3 本章小結

對於「維護多平台製圖技術測試與率定設施、測繪車及影像感測器之儀器率定服務」之工作項目，本團隊於第三期成果完成影像感測器其率定場的相關更新與維護作業。同時基於標準流程和紀錄表建立儀器率定服務模式，持續推廣供國內多平台系統進行測試與率定。

對於「發展自駕車系統與高精地圖自動駕駛定位精度驗證，確保自駕車符合相關規範，並建置驗證設施及提供驗證服務」之工作項目，本團隊於第三期成果完成針對車種以及公路場景條件初步精度規範，於下一期成果中預計再精進精度規範的設計完成始驗證場域規劃。

## 第六章、高精地圖國際事務推動

### 6.1 廠商應配合機關需求，109、110 年度各參加至少 1 場國際研討會協助推動自駕車用地圖相關計畫

本案配合內政部需求於 109、110 年度各參加至少 1 場國際研討會，參加的國際研討會須具有一定規模與權威。為落實空間資訊與自駕車用高精地圖測繪相關領域技術的精進，本團隊預計將以參展或參與會議口頭報告、貼海報方式分享研究成果與技術發展。因應新冠肺炎情影響，目前已投稿的國際研討會時程有所變動，各研討會規劃及調整情形如下：

#### ■ XXIVth ISPRS Congress

日期：延期至 2021 年 7 月 4 日至 7 月 10 日，同時今年度的會議以線上模式舉行，會議日期為 2020 年 8 月 31 日至 9 月 2 日；地點：法國；今年已投稿文章，限定收錄於 2020 年文章集，文章刊登費用為每篇 100 歐元。2021 年摘要開放投稿日期為 2020 年 12 月 14 日至 2021 年 2 月 5 日。

#### ■ ION GNSS+ 2020

日期：2020 年 9 月 21 日至 9 月 25 日，非報告者可線上參加；地點：美國。

#### ■ ITS World Congress 2020

日期：2020 年 10 月 4 日至 10 月 8 日，更改為線上會議型式；地點：美國。

2021 年研討會日期預計為 2021 年 10 月 11 日至 10 月 15 日；地點：德國漢堡。

今年度分別線上參加了 XXIVth ISPRS Congress 以及 ION GNSS+ 2020，其中前者的線上會議可以免費註冊參加，而 ION 的線上會議則針對初次參加者給予免費註冊的優惠，其他參加者則給予註冊費部分減免的優惠。其中 ION GNSS+ 2020 同時還開放與會者可以下載部分全文或是投影片檔案，本團隊也派員線上參加兩場會議，並將開會報告收錄於附錄七。

### 6.2 參與國際自駕車相關組織活動，持續研提或協助引進國外產製高精地圖之多平台製圖技術，推廣我國高精地圖相關事宜

由於自駕車用高精地圖的標準制定，將促進測繪產業與圖資提供商對於地圖的研發速度，進而加快自駕車技術的發展。考量到企業間資料採集和產製方法、資料通用性、兼容性及項目推進時間均有差異，為了解決此類問題，

許多自駕車的相關國際組織陸續成立，目的在於統一進行資源互通傳輸和自駕車用地圖共享。為了將我國所建立之自駕車用高精地圖標準及服務體系與國際鏈結，本案將評估參與下列國際自駕車相關組織，其各組織運作模式與任務範疇之內容如下。

- NDS (Navigation Data Standards)：由歐美主流車廠共同成立的協會，旨在建立統一的圖層資料格式，使屬性資料具備兼容性與互通性，以利於不同單位建置、資料交換與圖資更新時使用，同時與 ADASIS (Advanced Driver Assistance Systems Interface Specifications)聯合成立 OADF (Open AutoDrive Forum)制定自駕車用地圖標準。
- ADASIS：由汽車產業所成立的歐洲組織，致力訂定 ADASIS v2.0 用於車載地圖資料庫，使得 ADAS 能與自駕車之間交換資訊。
- OpenDRIVE：針對地圖數據之物理儲存格式以及路網邏輯之描述方式制定規範(Format Specification)。
- SIP-adus (SIP Automated Driving for Universal Service)：日本政府單位資源支持下所成立的 DMP(Dynamic Map Platform)，其即隸屬於 SIP-adus 組織底下，目標在於制定重要的圖資標準和成立接口與歐洲 OADF、國際組織 ISO 標準對接。

目前本團隊已與 NDS、ADASIS 以及 DMP 團體進一步接觸，現階段取得 NDS 入會的學術版合作契約以及 ADASIS 入會的申請資料，作為先期評估之參考資料。同時自 106 年 8 月起，本團隊也多次受邀參與內政部地政司與 DMP 之合作意向協調會，從中了解 DMP 運作的商業模式，並對二國針對高精地圖技術與產業合作模式提出建議，未來將視協議落實進度再納入與 DMP 合作事項。

同時因應測繪產業與高精地圖圖資的更新速度，及我國目前自駕車測試平台快速相容需求，為解決企業間對於圖資採集和產製方法、資料通用性以及兼容性等問題，本團隊透過參與 Open Auto Drive Forum (OADF)線上會議，實際蒐集相關資訊和文件，除了協助讓我國自駕車產業與國際鏈結外，更希望對未來的政策推動、技術開發和學術研究提供實質的方向。第 13 屆 OADF 會議於 109 年 7 月 9 日舉行，因新冠肺炎影響採用線上會議方式參與，議題主要為高精地圖及自動駕駛技術發展，並邀請 Elektrobit 公司的 Martin Schleicher 探討 NDS 地圖標準格式、ERTICO 公司的 Jean-Charles Pandazis 發表目前先進駕駛輔助系統及車用地圖發展現況、東京大學的 Satoru Nakajo 針對 SIP- adus 使用動態地圖應用自動駕駛系統測試情況，並針對各資料格式轉換進行介紹。圖 6.1 所示為本團隊參與線上會議情形。





圖 6.1 參與 OADF 線上會議

近年來隨著大城市數量增加，人員運輸等相關議題逐漸受到重視，包含自動駕駛技術、油電混合及電動汽車開發、智慧城市發展等。2020 APEC Policy Engineering on Autonomous Vehicle Development 自駕車論壇活動於 109 年 11 月 12 日舉行，針對自動駕駛法規、科技創新、安全性、各國產業連結等，邀請各國成員探討自動駕駛技術未來政策及發展。圖 6.2 所示為自駕車論壇活動情形，因新冠肺炎影響國外成員採用線上會議方式參與。



圖 6.2 2020 APEC Policy Engineering on Autonomous Vehicle Development 自駕車論壇活動

### 6.3 收集世界高精地圖格式，並比較其關聯性

國際間已有許多自駕車用地圖之相關標準，以解決自駕車用地圖的圖資內容、繪製方法、數據通用性、兼容性及項目推進時間之差異問題。高精地圖領域的標準組織有 OpenDRIVE、NDS、Autoware、ISO TC204/WG3、ADASIS、SIP-adus、CAICV HD MAP WG 等，以下為介紹：

#### ■ OpenDRIVE

OpenDRIVE 是公開且適用於自駕車用地圖的交換標準，已有許多自駕車地圖廠商採用，其主要內容為透過 XML Schema 定義道路之車道、車道標線、道路設施及交通號誌等相關內容如圖 6.3 所示，使得不同車廠之間可具有共同標準。

OpenDRIVE 元素形狀的表達方式為基於輔助線加偏移，並採用方程式來描述，好處是資料量小，透過三至四個參數即可描述一條非常長的線。

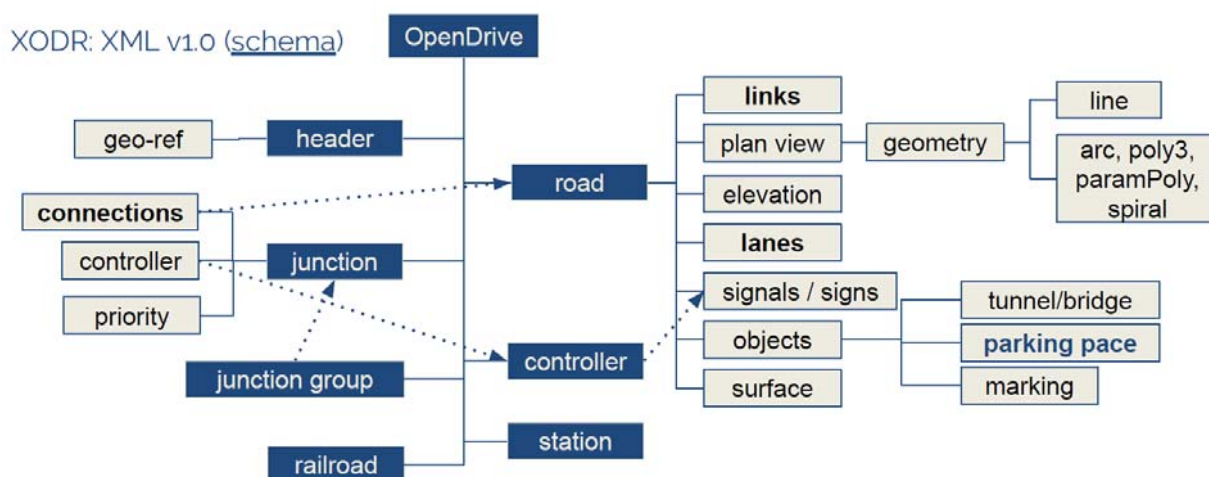


圖 6.3 OpenDRIVE 架構圖(摘錄自 OpenDRIVE 網站)

#### ■ Apollo OpenDRIVE

百度 Apollo 也開發屬於自己的 OpenDRIVE 格式，其架構圖如圖 6.4 所示。Apollo OpenDRIVE 是以坐標點的方式，資料量相較於傳統 OpenDRIVE 會較大一些，好處是對於使用端之計算較為方便，不需要重新對線進行點的採樣。Apollo 也進行元素類型的擴展如增加禁停區、人行道等元素的描述，另外也增加一些道路元素關係的描述如新增 Junction 與 Junction 內元素的關聯關係、停止線與紅綠燈的關聯關係及中心線到邊界的距離等。

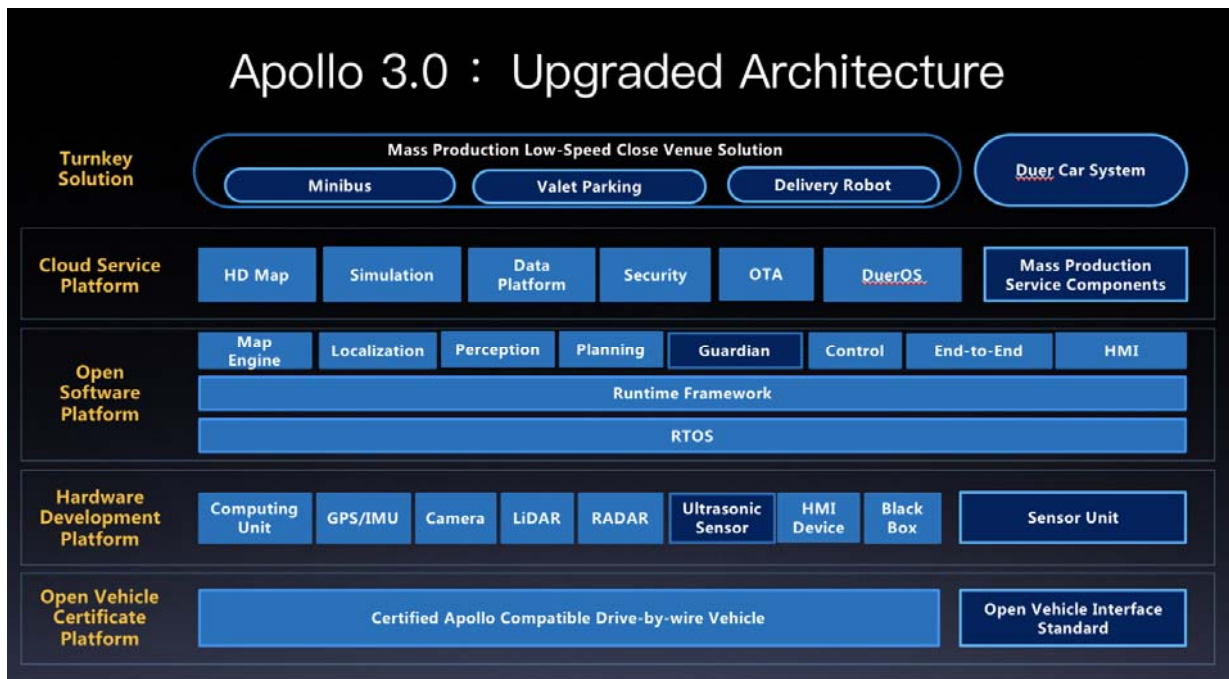


圖 6.4 Apollo OpenDRIVE 架構圖(摘錄自 Apollo 網站)

## ■ NDS

NDS 是由汽車製造商和供應商共同開發汽車級導航系統的標準化儲存格式，旨在建立統一的圖層資料格式，使圖層的屬性資料具備間容性與互通性，以利於不同單位建置、資料交換與圖資更新時使用。NDS 使用 SQLite 文件格式，並把資料庫做細分，且每個細分後的產品數據庫都能夠獨立更新升級。由於其資料庫充分運用 Level(尺度)技術概念，其含義類似傳統手機地圖功能中的比例尺，利用 Level 把整個地圖切成許多小格子，在每個小格子中填充資料，此特點也是使 NDS 的地圖格式規範全面到位的原因之一。

NDS 主要分成七大子系統，如圖 6.5: 高精度車道模型(HD Lane Model)、地標定位(Localization Landmarks)、障礙物(Obstacles)、叢聚點雲資料(Clustered point cloud)、資訊娛樂系統建構元組(Infotainment building blocks)、道路幾何(Road geometry)、道路拓樸(Road topology)(Sasse, 2017)，其中 NDS 的子系統 Open Lane Model 描述了道路模型車道建模需要的一般概念和結構，適用於高精度地圖的標準，為此提供了統一標準介面。



圖 6.5 NDS 系統架構圖(摘錄自 Sasse, 2017)

## ■ Autoware

Autoware 是世界上第一個用於自動駕駛技術的一體化開源軟體，最早由名古屋大學研究小組在加藤伸平教授領導下於 2015 年 8 月發佈，並於 12 月下旬創立 Tier IV，目的為維護 Autoware 並將其應用於自動駕駛汽車，同時也支援其他高精地圖格式的轉換(圖 6.6)。Autoware 整體運行流程如圖 6.7，並包含以下模組：

- 定位(Localization): 透過結合 GNSS 和 IMU 感測器的 3D 地圖和 SLAM 演算法來實現定位。
- 檢測(Detection): 使用相機和 LiDAR 結合感測器融合演算法和深度學習網路進行目標檢測。
- 預測和規劃(Prediction and Planning): 預測模組使用定位和檢測的結果來預測跟蹤目標。規劃模組主要是基於感知的輸出結果，進行全域路徑規劃和局部路徑規劃。
- 控制(Control): Autoware 向車輛輸出的是速度和角速度的扭曲量。

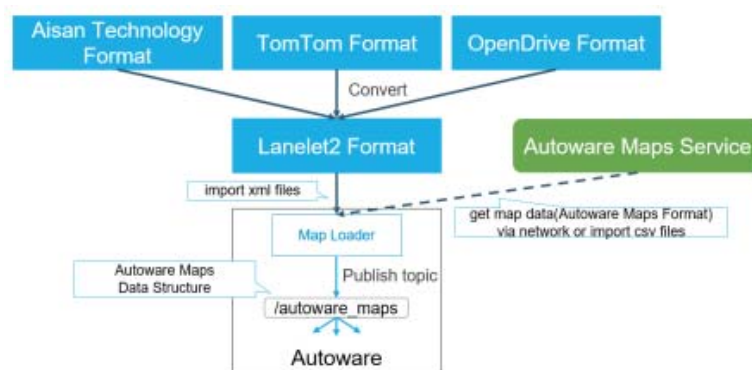


圖 6.6 Autoware 支援其他高精地圖格式轉換示意圖(摘錄自 Autoware 網站)

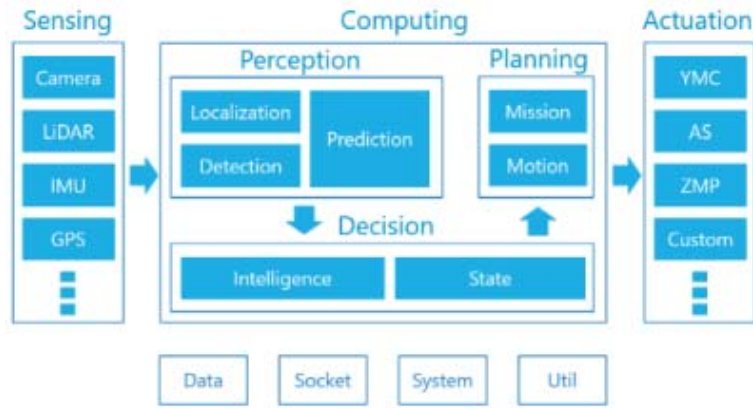


圖 6.7 Autoware 運行流程圖(摘錄自 Autoware 網站)

### ■ ISO TC204/WG3

國際標準化組織(ISO)是由製作全世界工商業國際標準的各國國家標準機構代表所成立的國際標準機構，於 1992 年成立與智慧運輸系統(ITS)相關的 TC204，致力於智慧型運輸相關標準的制定。國際上關於地圖標準是由 ISO TC204/WG3 制定，其內容針對智慧交通領域的地圖資料庫建設和數據交換標準。

### ■ ADASIS

ADASIS 是由汽車產業所成立的歐洲組織，針對地圖與車載應用之間的界面，發布 ADASIS protocol V3 以支持車內高精地圖分發，並於 2015 年 12 月與 NDS 聯合成立 OADF 推動自動駕駛地圖標準化。

### ■ SIP-adus

SIP-adus 是日本國內戰略性創新項目，推動跨產官學研單位合作，強調高精地圖與自動駕駛車的商業運轉，其參與 Open Auto Drive 論壇，並促進與 NDS 的合作。此外，日本各汽車製造商、零件供應商、地圖數據供應商聯合成立 DMP，共同制定高精地圖。

### ■ CAICV HD MAP WG

中國自動駕駛地圖工作組(CAICV HD MAP WG)，於 2018 年 5 月成立，與 NDS 和 DMP 展開合作，發展資料轉換機制，目標是實現中國自動駕駛和高精地圖的標準化。

而國內日前由內政部地政司宣告採用「OpenDRIVE + Extension」作為台灣高精地圖的格式，其含義是以 OpenDRIVE 為主要格式，再針對台灣在地化的物件進行延伸補充，以符合台灣的用路需求。表 6.1 所示為高精地圖格式比較，選用 OpenDRIVE 格式之優點為公開格式、通用底圖、互操作性、嚴謹檢核程序等，更重要的是其支援與其他格式轉換，與 Autoware、NDS、DMP 等格式皆有轉換工具，表 6.2 所示為高精地圖格式關聯性，OpenDRIVE

做為自駕車用地圖的交換標準，其 XML Schema 定義道路之車道、車道標線、道路設施及交通號誌等相關內容，針對同一條道路，可藉由道路參考線與 Node 節點、道路中心線與 WayPoint 點位、車道線等方式表示，OpenDRIVE 資訊記錄不同的格式，並可與各格式進行轉換，使得不同車廠之間可具有共同標準，未來能與國際主流標準格式接軌。

表 6.1 高精地圖格式比較(摘錄自 Autoware 網站)

Criteria	Vector Map Format	OpenDrive	Lanelet (OSM XML)	NDS
<b>Ease of Creation</b>	There are multiple available tools.	Not many tools to write map.	They are node based, which is probably easier than defining continuous curves.	Seems difficult to create all information.
<b>Tools</b>	Read/Write for ROS software is already implemented as Autoware package.	Many different tools, but majorly for simulation, not for Autonomous Driving Software.	There are many OSM tools, but not much for Lanelet2.	Many tools are available after purchasing license.
<b>Adoption of Format</b>	Not publicly used by other companies.	Many automotive and tier-1 companies, now being standardised by ASAM.	Some map vendors providing maps in Lanelet2 format.	Created by major automotive and tier-1 companies, standardised under NDS Association.
<b>Relation to Production Systems</b>	No plans for connecting to production systems.	Not directly used in production environment but can be converted to NDS which is favored by many OEMs.	Lanelet is relatively new.	Same reason as above.
<b>Expressiveness</b>	Small amount of flexibility.	Traffic sign id is not clear in countries outside Germany.	Does have room to extend format, but has less information compared to OpenDrive at the moment.	Detailed specification is closed, but is expected to be very high considering adoption and relation to production system.
<b>Interchangeability</b>	MR in gitlab for conversion form Opendriven and Lanlet.	Bidirectional convertor to NDS.	Has MR in gitlab, also lanelet1 and opendrive converter available.	Bidirectional converter to OpenDRIVE.

表 6.2 高精地圖格式關聯性(摘錄自 Autoware 網站)

	OpenDRIVE	Autoware	NDS Open Lane Model
<b>Road geometry</b>	A reference line modelled by lines, spirals, arcs and cubic polynomials.	Lane center line with start and end waypoints and the waypoint is the extended point included velocity, width, and so on.	Single polyline with start and end nodes, modelled by clothoid in ADAS layer.
<b>Lane geometry</b>	Offset from the reference line.	The lane has multiple waypoints and attributes. It is created in the unit of attribute change and intersection..	A center line and lane boundaries, modelled by 3D vectors, NURB splines.
<b>Geodetic frame</b>	Local coordinate system; WGS84 is optional.	WGS84	WGS84

## 6.4 本章小結

本案配合內政部需求於 109 年度參加 XXIVth ISPRS Congress、ION GNSS+ 2020、ITS World Congress 2020 國際研討會，其研討會皆具有一定規模與權威。因應新冠肺炎情影響，目前已投稿的國際研討會部分時程有所變動，未變動者本團隊將以線上會議型式參加研討會。

本團隊已與 NDS、ADASIS 以及 DMP 團體進一步接觸，現階段取得 NDS 入會的學術版合作契約以及 ADASIS 入會的申請資料。本團隊也多次受邀參與內政部地政司與 DMP 之合作意向協調會，從中了解 DMP 運作的商業模式，未來將視協議落實進度再納入與 DMP 合作事項。同時因應測繪產業與高精地圖圖資的更新速度，及我國目前自駕車測試平台快速相容需求，本團隊透過參與 Open Auto Drive Forum (OADF) 線上會議，以及 2020 APEC Policy Engineering on Autonomous Vehicle Development 自駕車論壇活動等，了解我國自駕車產業發展與國際鏈結，期望對於未來的政策推動、技術開發和學術研究提供實質的方向。

國際間已有許多自駕車用地圖之相關標準，以解決自駕車用地圖的圖資內容、繪製方法、數據通用性、兼容性及項目推進時間之差異問題。本團隊將持續蒐集世界高精地圖格式，並比較其關聯性。而國內日前由內政部地政司宣告採用「OpenDRIVE+Extension」作為台灣高精地圖的格式，其不僅可符合台灣的用路需求，並可與各格式進行轉換，使得不同車廠之間可具有共同標準，未來能與國際主流標準格式接軌。

## 第七章、發展移動裝置室內外智慧製圖技術

本團隊於 101 年至 108 年先後執行「多平台製圖技術工作案」與「自駕車用地圖標準及移動測繪技術發展工作案」，自主發展各項室內定位與室內製圖核心技術並致力將此類技術推廣至空間資訊相關領域。除了傳統的空間資訊應用外，隨著適地性服務相應而生，空間資訊業者下一步目標將從戶外的廣大天地轉進至建築物內，身入其境的室內圖資可對消費者產生視覺性及情緒性的影響，發掘出更大商機。同時物聯網技術與穿戴式裝置之發展日漸普及，預期結合現有多平台移動測繪技術、室內圖資建置技術、物聯網與穿戴裝置組成綿密的空間資訊應用網格將支撐適地性服務急速擴張的需求，這對深化空間資訊領域產業的發展有正面的助益。

近年來智慧型無人載具興起，本團隊擬於今年分析自駕車用高精地圖圖層之應用作業，以供室內外場域使用。本案提出幾處適地性服務案例試辦，並且發展人工智慧技術之室內影像匹配輔助行人慣導定位技術，除進一步提升室內定位成果之外，也基於此定位技術開發更完善的適地性服務。另外，本團隊擬基於過去研發災後快速智慧製圖的相關技術，持續配合內政部辦理 109、110 年度行政院災害防救科技創新服務方案，深化相關產業的發展。本案同時以移動測繪相關主題發展人工智能實驗室，以利強化產學合作。

### 7.1 室內外無縫自駕車用地圖應用作業。

有鑑於全球衛星導航系統之建置完備，室外定位導航技術已相當成熟，然而由於受到訊號遮蔽使得於室內場景中難以完成精確的定位導航任務。為了解決當前困境，各界也致力於發展室內定位相關技術，包括 BLE、WIFI、ZigBee、RFID、UWB、紅外線、超聲波、地磁、影像視覺等室內定位技術，不斷嘗試提升室內定位之精度。室內外定位技術完備後，更要考慮兩種場景轉換之間的定位，也就是無縫式定位之理念，利用聯合兩種或多種室內外定位技術以達到對室內外無縫的覆蓋。除了本身定位技術之開發外，還需具備室內外無縫地圖，對於自駕車而言，近年來多著重於室外高精地圖之建置，同理，室內場景相較於室外來得簡單，但是仍需符合高精地圖之要求，包含地圖精度、地圖屬性、建置於三維環境中、與現實世界等比例產製等，以實現讓自駕車於室內外環境之安全無縫導航任務。

針對多層室內停車場的情境，Kummerle 等人(2009)利用蒐集之點雲資料建立場域之 Mobile Laser Scanning (MLS)地圖，提供於多樓層間起終點之最佳全局路徑規劃，並基於點雲提供穩定之觀測量進行自身車輛之定位導航，同時具備障礙物規避功能。整合上述理念，讓自駕車能在多層室內停車場完成導航任務，圖 7.1 為最後自駕車在室內停車場的行進軌跡(Kummerle et al., 2009)；歐洲 V-Charge 計畫研究自動化代客泊車服務(Automated Valet Parking



Services), 使用低成本感測器, 於室內外停車場區域實現全自動駕駛, 以達成縮短行駛里程與延長充電時間以改善電動車的缺陷之目的, 其計畫透過影像建立語意地圖, 含路線圖(Road Graph)、停車格位置、速率地圖(Speed Map), 如圖 7.2(a)所示; HERE 更是基於光達點雲資料匹配與貝氏機率更新(Bayesian Probabilistic Updating)機制, 提出利用協作製圖(Collaborative Mapping)與智能停車系統(Autonomous Parking System)在多樓層建築架構中實現導航, 透過點雲資料建立建物內之語意地圖, 其中描述室內停車場的特徵資訊, 包含記錄行駛方向的車道、車道中心線、出/入口位置、車道交叉處、停車格、各層室內停車場的连接點, 甚至是進入停車格與駛離停車格的範圍, 以此輔助室內環境導航與路徑規劃的任務, 其語意地圖如圖 7.2 (b)所示(Li et al., 2018);類似的概念, Fritsche 等人(2017)將基於粒子濾波與航位推算的地圖輔助車輛定位算法擴展至室內多層停車場, 一開始需要建置地圖資訊, 包含路網圖層, 其描述停車場的平面坐標、樓層資訊、行駛路段連結(road segment)、坡道等資訊, 與建築圖層, 其中定義了場域中可行駛區、禁行區、室內外環境之間的過渡區等, 如圖 7.3 所示, 有了預先建置好的多層停車場圖資後, 能利用圖資與行駛約制條件輔助粒子濾波演算法, 協助車輛於室內環境之導航任務, 圖 7.4 展示於兩種不同停車場環境的行駛成果。

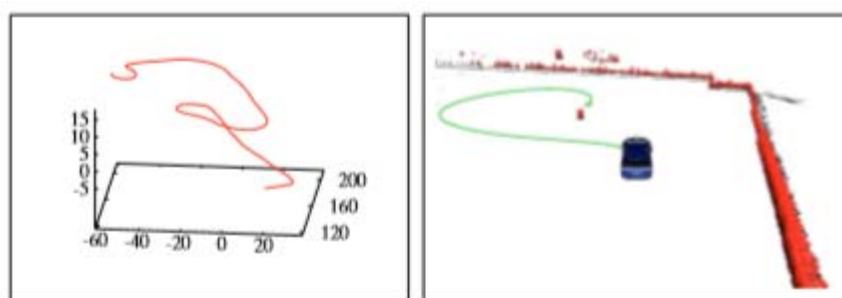


圖 7.1 自駕車在多樓層室內停車場的軌跡圖(左圖顯示由第一層至第四層停車場的軌跡; 右圖顯示最後自駕車行駛至紅色目標障礙物後方的路徑)(摘錄自 Kummerle et al., 2009)

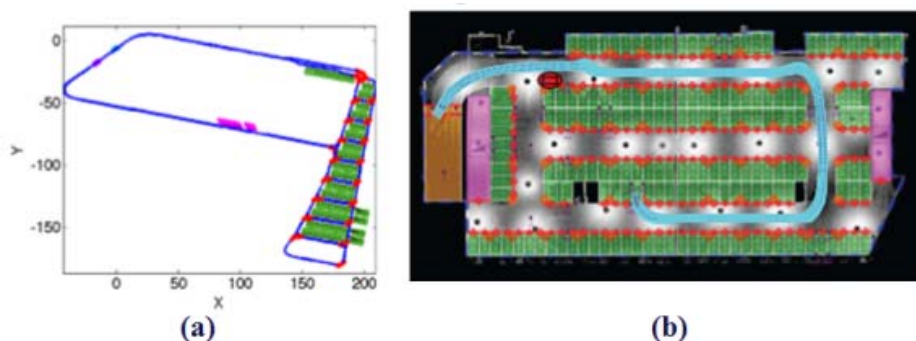


圖 7.2 (a)語意地圖(藍色為車道線、綠色為停車格、紅色為交叉口, 粉紅色為充電站)(Schwesinger et al., 2016); (b) 語意地圖與路徑模擬(綠色為停車格, 紅色為交叉點, 藍色線為最後行駛路徑)(摘錄自 Li et al., 2018)

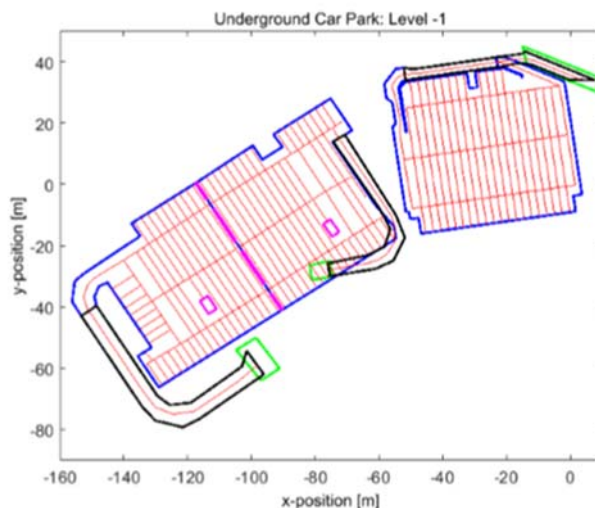


圖 7.3 室內停車場地圖(黑色為坡道，橘色的為路段，粉紅色為禁行區，綠色則為室內外環境之間的過渡區)

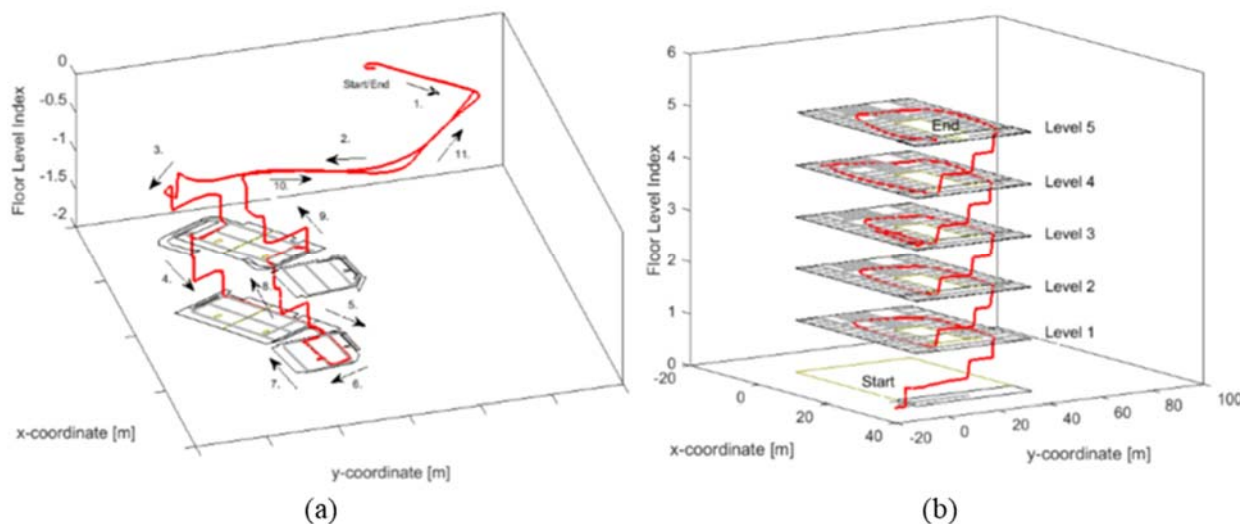


圖 7.4 於兩個多層室內停車場之行駛成果((a)地下室內停車場(b)室內停車塔)

Huang 等人(2018)基於影像辨識演算法建置室內停車場語意地圖，透過 CNN 網路模型辨識停車格的位置，並利用 PVA Net 針對每個停車格的 ID 進行檢測，然而在辨識過程可能會有誤判，導致 ID 編號之順序邏輯錯誤，因此必須將語意地圖進一步優化，如圖 7.5 所示，此外，於室內環境之出/入口、柱子或牆上布設定位標，透過 PnP(Perspective-n-Point)模型，定出車輛的位置，圖 7.6 中藍色路徑為人行使的軌跡，紫色路徑則為自動駕駛的軌跡；Groh 等人(2014)則發展多感測器融合技術應用於室內定位，並提出新的地圖表示方式，由於室內停車場的地圖會不斷變動，因此在地圖中加入環境永久性要素，例如牆壁，視為靜態元素，與可變動要素如停放車輛，視為半靜態元素，此地圖建構能避免檢測到的物件不斷更新地圖，最後透過使用粒子濾波

(particle filter, PF)來滿足控制汽車的定位即時需求，該濾波器能使用雷射掃描儀之量測值和里程計數據將汽車定位在包含靜態和半靜態元素的預先計算的機率網格圖中，圖 7.7 為室內停車場之機率網格圖。

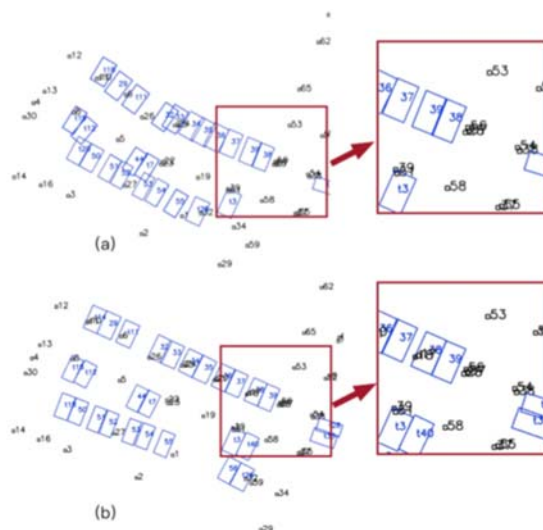


圖 7.5 基於影像辨識產製之室內停車語意地圖((a)地圖優化前(b)地圖優化後)

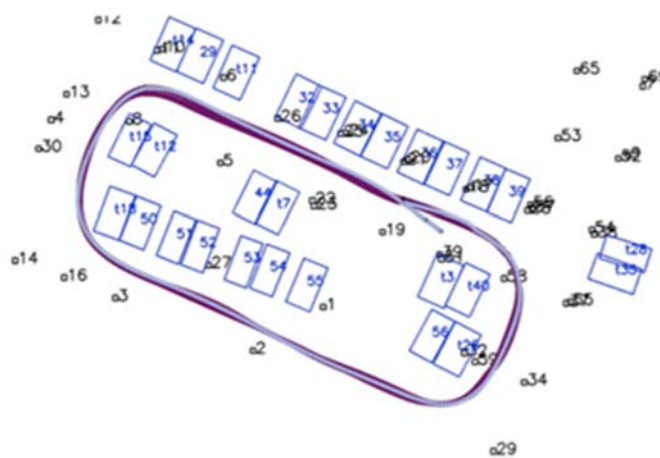


圖 7.6 車輛行駛軌跡圖(藍色為人行使軌跡，紫色為車輛自動行駛軌跡)

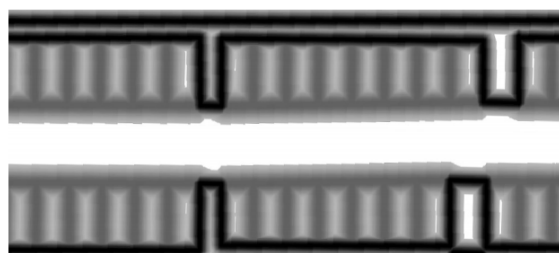


圖 7.7 室內停車場之機率網格圖(黑色代表牆壁；灰色代表停車格)(摘錄自 Groh, et al., 2014)

除了利用感測器資料採集產製室內地圖，Wagner 等人(2010)將市售的電子地圖進行擴增，利用室內地圖匹配技術之拓樸圖匹配演算法輔助車輛室內導航，其地圖內容記錄路段連接關係與節點、車道寬度與速限等資訊，以及不同樓層切換條件、出入口檢測與坡道檢測等以協助車輛於室內之運行，由於電子地圖之精度有限，因此必須將其修正，包括絕對誤差、橫向車道偏移誤差、交叉路口誤差以及地圖不匹配之誤差。此外，Samyeul, N. O. H.(2016)提出基於使用室內基礎設施地圖和感測器的位置識別的遠程自動駕駛系統，如圖 7.8 所示其系統包含基礎設施感測器裝置(圖中 100)、服務系統(圖中 200)、車輛控制系統(圖中 300)、用戶終端(圖中 400)，透過系統間相互輔助達到自駕車於室內導航的目的，其運作原理如圖 7.9 所示，首先基礎設施感測器如相機、光達、超聲波等透過辨識車牌作為車輛的唯一識別目標進行車輛追蹤，並將感測器收集的資訊傳送至服務系統計算車輛的位置與姿態，並將位置與姿態映射於室內基礎設施圖上，同時將其訊息發送至用戶終端，用戶能決定是否要執行自動駕駛的行駛需求，透過指定目的地後便能生成以當前位置作為起始的的駕駛路徑，並傳送與駕駛路線對應的駕駛控制命令予車輛控制系統，完成室內導航的任務。圖 7.10 展示室內停車場基礎設施圖，圖中描繪停車場中所有停車格(以虛線表示)，以及車輛占用情形，更以矩形繪製起點至終點的車輛位置與姿態。

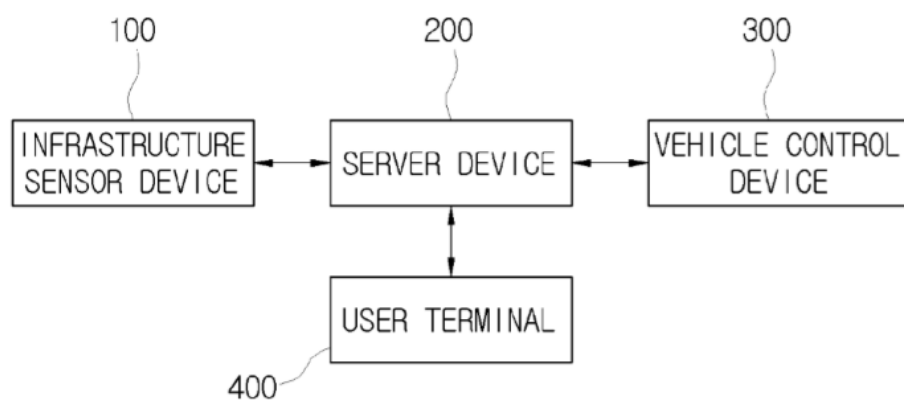


圖 7.8 室內基礎設施地圖和感測器的位置識別的遠程自動駕駛系統(摘錄自 Samyeul, N. O. H., 2016)

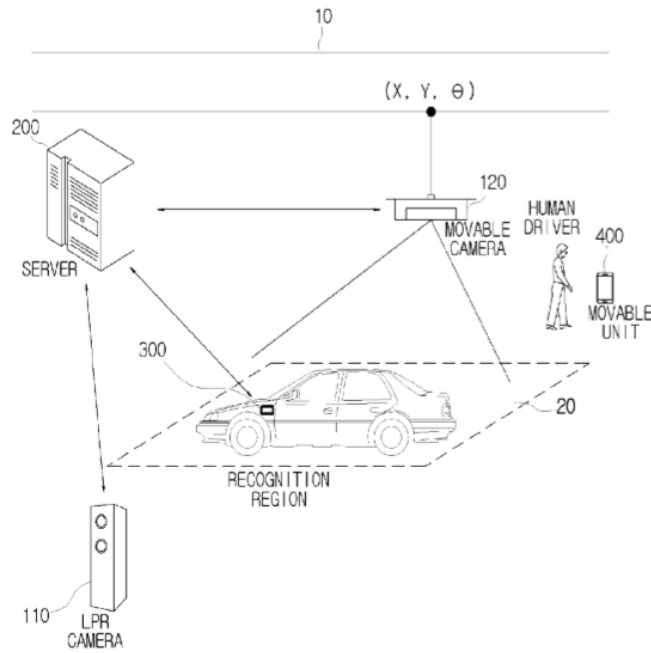


圖 7.9 遠程自動駕駛系統系統運作圖(摘錄自 Samyeul, N. O. H., 2016)

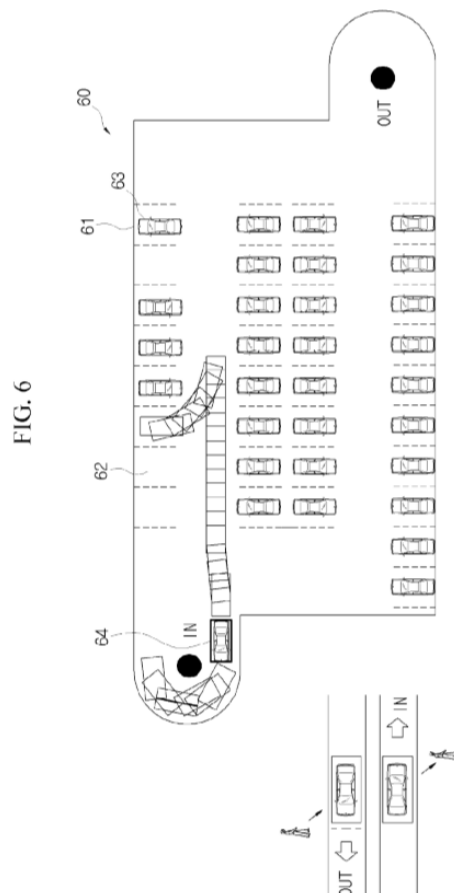


圖 7.10 室內停車場基礎設施圖(摘錄自 Samyeul, N. O. H., 2016)

相較於上述文獻中運行的停車場場景，Nejad 等人(2012)提出在通道狹窄且雜亂的環境中進行車輛自動停車的方法，演算法架構主要分成三部分：地圖建置、定位及路徑規劃、車輛控制系統，透過 LiDAR SLAM 技術建置

佔據網格地圖，為了確保行車安全必須具備高精度的地圖資訊，對地圖進行優化產製增強式佔據網格地圖，地圖產製後能輔助車輛於行車過程的路徑規劃，依據車輛動態模型能於行駛當下預測可能的行駛路徑並決定最佳的路徑方向，圖 7.11 為實際建置的測試場域地圖與實驗配置圖，於電動車上配置感測器，依照感測器獲取的环境資訊調整行車路徑規劃，同時配合車輛控制系統的指令完成行駛任務，圖 7.12 為兩個實驗場的軌跡成果，兩個實驗場的橫向誤差分別為 0.1217 公尺和 0.075 公尺。

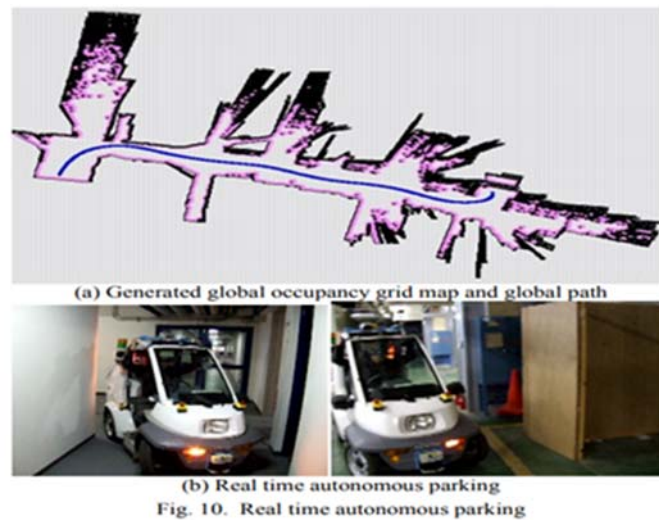


圖 7.11 實際測試場地圖與實驗配置

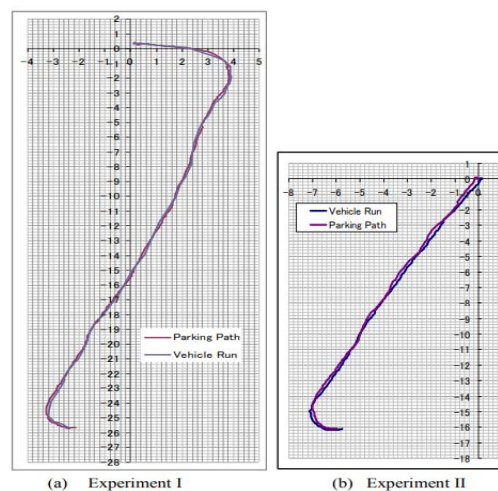


Fig. 11. Vehicle localization, path planning and control

圖 7.12 兩個實驗場行駛軌跡成果(紅線為設計的行駛軌跡，藍色為車輛自動行駛軌跡)

本案將持續透過文獻回顧之方式，針對自駕車適用之室內地圖之圖層進行評估與分析，擴展其所需之圖層內容，分析室內圖層之內涵，提供未來於室內場景之高精地圖建置之參考依據，以利日後室內外無縫自駕車用地圖之建置。

## 7.2 研發應用人工智慧技術之室內外影像匹配輔助行人慣性導航定位技術

定位技術大致可分為航位推算、無線訊號定位、特徵匹配以及影像定位，但前三項技術皆有各自的缺點。航位推算技術會隨著使用時間增加持續累積誤差，造成最後的定位精度不佳；無線訊號定位在大規模的複雜空間中，會因為訊號容易受到干擾阻擋等不穩定因素，導致定位精度不盡理想；特徵匹配雖有不錯的定位精度，但其缺點在於需要大量特徵數據庫及有效篩選特徵點之方法，龐大的計算量會使得室內外定位服務難以實現即時性。影像定位技術是透過幾何原理解算相機與影像已知坐標的相對關係，進而取得相機位置。相對於其它三種定位技術，影像定位的影像資料容易取得，且可排除其他三種技術遇到的難處：(1)定位因為是相機與一張張影像已知坐標去解算相對關係，故沒有累積誤差的問題。(2)同理，因為是透過幾何原理進行解算，不會用到感測器，故不受外在環境因素影響。(3)不像特徵匹配需要大量的特徵數據庫與有效篩選點之方法，在考量計算效能上，影像定位較能實現即時性之室內外定位服務。

深度類神經網路在過去幾年之發展中，有大量成功透過網路大數據進行學習之類神經網路，可預測與分類影像中物件位置與屬性精度，並已有大幅提升至百分之九十以上之案例。本團隊透過這些已建置類神經網路的預測，除了自動化偵測製圖之物件屬性，也可將影像紋理圖資整合光達室內製圖系統，類神經網路(Artificial Neural Networks, ANN)如卷積神經網路(Convolution Neural Network, CNN)、循環神經網路(Recurrent Neural Network, RNN)等方式對於影像識別上皆有所貢獻，尤其以卷積神經網路 CNN 為最有名的方法，卷積神經網路與其他類神經網路之優勢在於可針對局部的區域提取高分辨率的特徵點，藉由這些特徵點作為人類的視覺基礎，使識別錯誤率有效降低。大量文獻不管是單相機還是雙相機技術之 CNN 影像特徵自動萃取法已逐漸被人探討，Kendall 等人(2015)使用室內以及室外資料庫進行學習與測試，該法可預測相機六自由度(位置與姿態)，該法提出一種名為 PoseNet 之 CNN 架構，輸入 224x224 彩色圖像並且推估相機相對於場景的位置與姿態。類神經網路會輸出一個向量，包含位置以及方向，表示如公式(7.1)所示。

$$p = [x, q] \quad (7.1)$$

其中  $p$  為姿態向量， $x$  為 3D 相機位置， $q$  為四元數，選擇四元數代表方向是因為四維參數較容易通過歸一化到單位長度去映射旋轉矩陣，換言之，這是一個比九參數旋轉矩陣所需要的正交化更為簡單的過程。另一個主要的原因為四元數包含四個參數，代表旋轉軸的三維向量  $u$  及一個旋轉角  $\theta$ ，其意義為可以對任一個旋轉軸做自由旋轉，可以解決萬向鎖的問題，四元數如圖 7.13 所示。

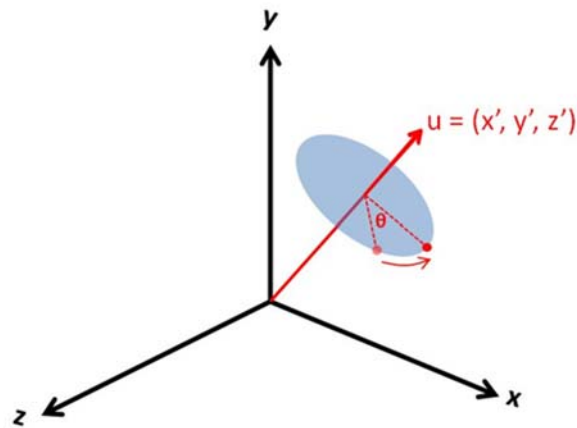


圖 7.13 四元數之旋轉表示(摘錄自 <https://openhome.cc/Gossip/WebGL/Quaternion.html>)

PoseNet 卷積神經網路屬於監督式學習，必須利用特殊方法獲取可靠值以做為答案訓練類神經網路。PoseNet 卷積神經網路的架構參考 Szegedy 等人(2015)提出的 GoogLeNet 深度神經網路，GoogLeNet 是一個 22 層分類型卷積神經網路，包含有 6 個 Inception modules 和 2 個額外的分類器，Inception module 為一種將卷積層之過濾器分組的方法，同一層卷積層中透過不同尺度的過濾器來達到更好更有用的特徵值，基礎之 Inception module 為圖 7.14 所示。

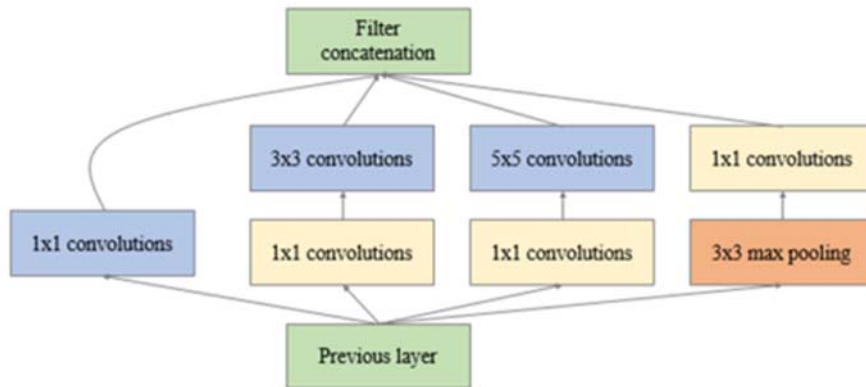


圖 7.14 Inception module 架構圖

使用 3 種不同尺寸的濾波器(Filter)(1x1、3x3、5x5)去針對前一層輸出的矩陣維度，也就是特徵圖，從左到右由上而下做卷積(Convolution)的動作來萃取不同尺度的特徵值；以及使用 1 種最大池化(Max pooling)，透過 3x3 的窗口(Window)一樣對特徵圖掃過一遍，9 個值只取最大的值，以此方式來有效縮小維度。藉由以上這四種分支可增加類神經網路對不同尺度的適應性。另外，分類器則用於測試階段輸出識別準確率。PoseNet 的設計為針對 GoogLeNet 做些微調整而形成一個 23 層卷積神經網路，調整的部分如下所示：



- 因為 PoseNet 為一個回歸模型，故使用仿射回歸器(Affine Regressors)替換三個多分類器(Softmax Classifiers)。移除掉 Softmax 層並且每個最終全連接層修改成輸出一個 7 維的姿態向量，代表 3 維的位置向量以及 4 維的方向向量。
- 在特徵尺寸設置 2048 的仿射回歸器之前插入另一個全連接層。
- 在測試階段，歸一化四元數方向向量到單位長度。
- 在進入訓練階段之前，會先針對圖像縮放至 455x256 像素，然後再將縮放後的圖像裁切成 224x224 像素用作輸入值。

為了回歸相機姿態，在 PoseNet 之類神經網路架構的訓練過程中通過使用隨機梯度下降算法得到歐基里德損失，此損失函數(Loss Function)如下所示：

$$\text{loss} = \|\hat{x} - x\|_2 + \beta \left\| \hat{q} - \frac{q}{\|q\|} \right\|_2 \quad (7.2)$$

$x$  為位置， $q$  為四元數方向， $\beta$  為比例因子，用來保持位置和方向誤差的期望值近似相等。為了維持位置及方向平衡不造成任一方輸出誤差太大，因此  $\beta$  比例因子的設置約 120 至 750 之間。

上述已詳細描述 PoseNet 之類神經網路其方法之輸入影像尺寸、輸出姿態、架構模型以及損失函數的計算。本團隊於 108 年針對適地性服務試辦區域之故宮南院展區透過室內移動製圖平台採集實驗場域相關環境之數據庫，並且使用 PoseNet 之類神經網路測試室內定位系統的精度。另外基於 107 年度的實驗，本案將於國立成功大學成功校區材料系館之地下停車場所收集之相關數據庫分割成訓練樣本及測試樣本，每張影像直接縮放成 224x224 大小輸入類神經網路，分析原論文的影像前處理格式與其它種縮放尺寸之間的誤差精度(如圖 7.15 所示)，硬體設備使用單顆 GeForce GTX 1080 Ti 之 GPU 顯示卡加快類神經網路運行訓練與測試，其實驗結果表明影像直接縮放 224x224 像素與原論文相比誤差下降，位置誤差的改善率 42%，方向誤差的改善率 33.4%。

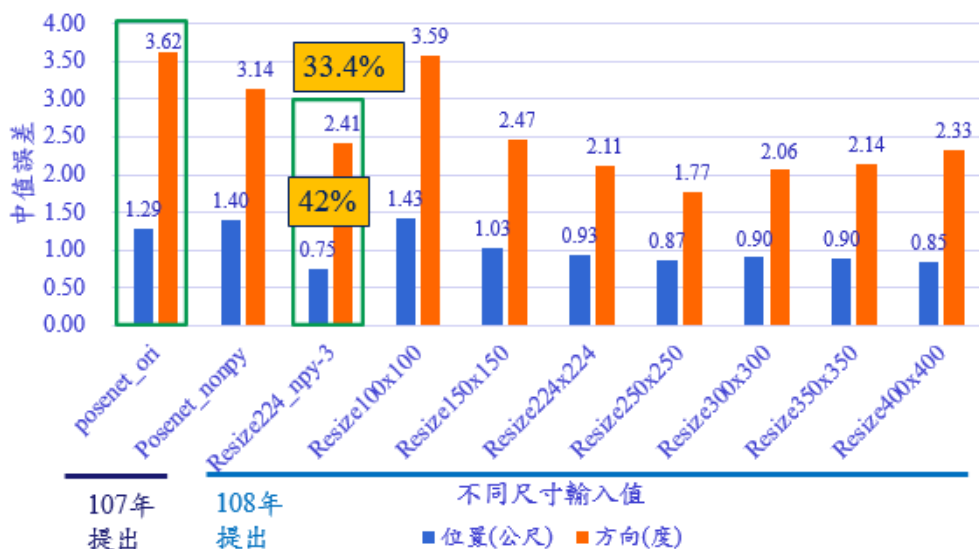


圖 7.15 不同的輸入值對於類神經網路最終之中值誤差(以地下停車場為例)

基於 108 年度故宮南院場域測試心得，本案最終目標在於讓使用者運用手機來進行室內定位，著重點在於位置精度。手機本身備有加速計、陀螺儀和磁力計三軸感測器，只要抓取手機中陀螺儀的資訊就能得知方向角，因此並不需要特別使用類神經網路去推估方向。也就是說，本案的類神經網路模型在最後捨棄方向，只輸出位置資訊。綜上所述，本案調整 PoseNet 之類神經網路，將其損失函數僅計算位置損失(如公式 7.3 所示)，讓位置精度可以有所提升。本團隊也實際調整公式 7.2 中的  $\beta$  值進行實驗，以故宮南院作為數據庫，其結果顯示將  $\beta$  值設為 0 (等同於拿掉方向損失)，整體的位置精度大幅提升，如圖 7.16 所示。

$$\text{loss} = \|\hat{x} - x\|_2 \quad (7.3)$$

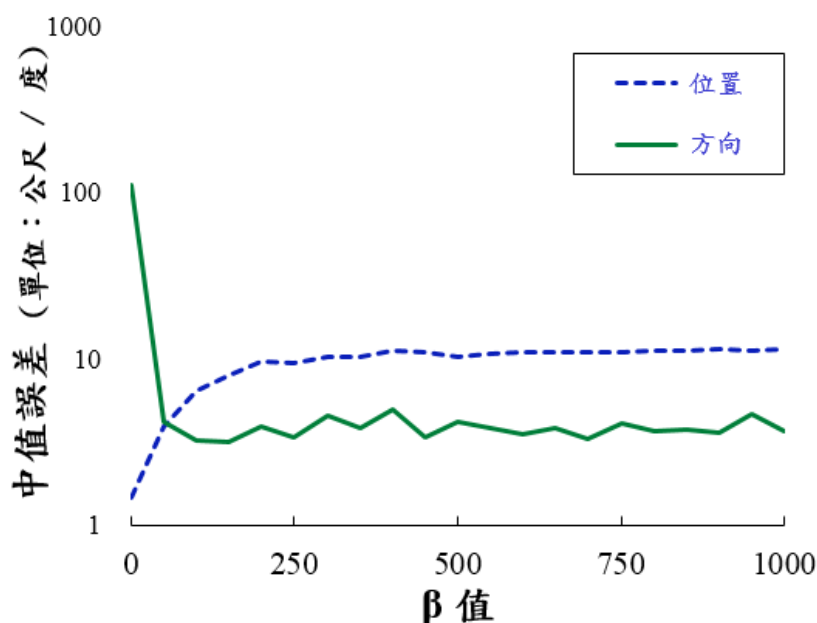


圖 7.16 不同的  $\beta$  值對於類神經網路的影響(以故宮為例)

基於去年實驗設計的延續，本案使用故宮南院之數據集進行實驗，分析影像前處理格式、調整損失函數前後與搭配轉移學習這三者之間的精度。關於轉移學習的部分，Bengio 等人(2013)、Oquab 等人(2014)和 Razavian 等人(2014)的研究已經表明轉移學習的可行性，而 Kendall 等人以轉移學習為基礎，其實驗更加表明加載預訓練模型可以使訓練過程加速收斂，幫助類神經網路快速學習局部特徵，因此本團隊在實驗中也使用預訓練模型來輔助實驗與分析，透過初始化類神經網路並加載預訓練模型，以獲取網路隨機的初始權重。實驗用到的預訓練模型延用 PoseNet 作者使用的版本，預先訓練模型使用 GoogLeNet 架構，並採用由 Zhou 等人(2014)提出的數據庫 Places 來進行訓練，Places 數據庫約有 7 百萬張影像包含 476 種場景，模型訓練 800 次迭代。

實驗的流程架構圖如圖 7.17 所示，先使用移動製圖平台收集故宮南院之全景影像圖及地理位置資訊，收集之路線從展廳門口開始繞行整個展廳一圈，再反方向繞一圈至門口處(如圖 7.18 所示)，整個展廳面積約 25x35 平方公尺。為了實現環境之真實性，在影像前處理部分使用實驗室開發之程式將移動製圖平台所拍攝之全景影像圖模擬成手機視角之影像(如圖 7.19 所示)。數據樣本需準備影像及位置(部分實驗需準備方向)，位置與方向為影像的真值。數據樣本完成後採樣樣本分成訓練樣本 37,928 張影像及測試樣本 8,620 張影像，每張影像再根據實驗的不同設置輸入類神經網路並且加以測試誤差精度。本實驗硬體設備將使用單顆 GeForce GTX 1080 Ti 之 GPU 顯示卡加快類神經網路運行訓練與測試，訓練迭代次數設置 30000 次，模型依不同參數與影像尺寸所需的訓練時間不同，每張影像測試需要 0.2 秒。

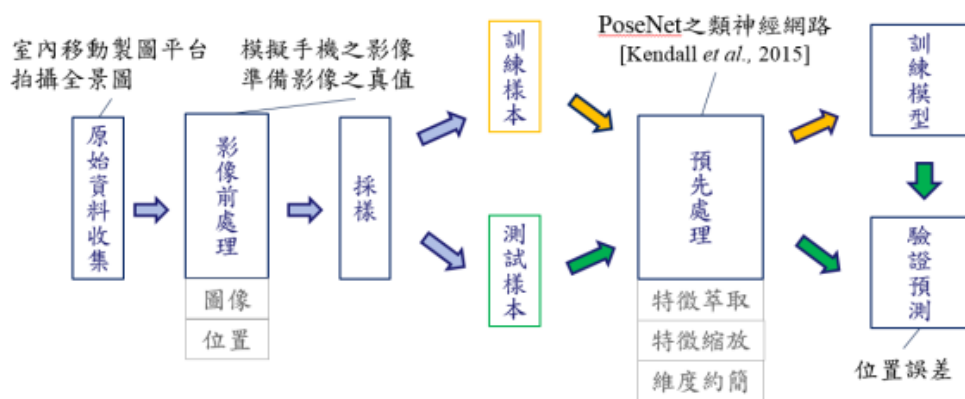


圖 7.17 作業流程架構圖

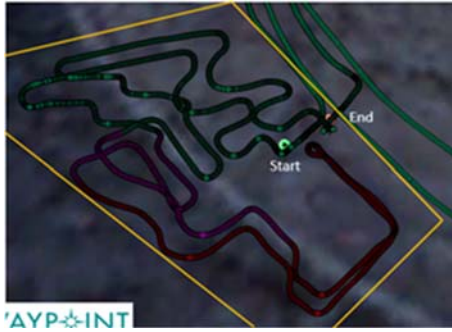


圖 7.18 展廳軌跡



圖 7.19 模擬之手機影像  
(此影像尺寸為 4096 x 3072)

本團隊針對影像前處理格式、調整損失函數前後與搭配轉移學習這三種去設計不同參數與影像尺寸對於類神經網路最終之中值誤差結果。以下說明各種影像尺寸的設置，每個字符代表不同意思，M 為本案使用的 PoseNet 模型架構，L 為使用預訓練模型。影像前處理格式分為 C、R 及 N：C 代表在訓練階段前將影像先縮放至 455x256 像素，再中心裁切成 244x224 像素當作輸入值；R 代表直接將影像縮放至 224x224 像素當作輸入值；N 代表直接將影像縮放至  $N \times N$  像素當作輸入值，範圍從 100 至 400。損失函數分為 PO 和 P：PO 代表損失函數計算位置和方向損失；P 代表僅計算位置損失。

- $M_{C+PO+L}$ ：原始 PoseNet 論文設置，影像先縮再切成 224x224 像素，損失函數計算位置及方向損失，加載預訓練模型。
- $M_{R+PO+L}$ ：更動影像預處理，影像直接縮放成 224x224 像素。
- $M_{C+P+L}$ ：更動損失函數，僅計算位置損失。
- $M_{R+P+L}$ ：影像預處理及損失函數皆更動。
- $N \times N$ ：影像預處理直接縮放成  $N \times N$  像素，其中  $N$  為矩形影像邊長，範圍從 100 至 400。

實驗結果如圖 7.20 及圖 7.21 所示。圖 7.20 為在有加載預訓練模型且影像尺寸皆為 224x224 像素的前提下，不同參數設置之位置中值誤差結果。從圖中可得知原始 PoseNet 論文設置( $M_{C+PO+L}$ )的位置中值誤差為 5.26 公尺，而更動影像預處理與損失函數方法( $M_{R+P+L}$ )的位置中值誤差為 0.42 公尺，與原始 PoseNet 論文設置相比， $M_{R+P+L}$  方法的整體精度獲得大大地提升。圖 7.21 為在沒有加載預訓練模型的前提下，影像前處理直接縮放  $N \times N$  像素當作輸入值，類神經網路之位置中值誤差結果。橘色長條代表每張測試影像的位置誤差在 1 公尺以內占整個測試集的比率，黃色長條則是誤差在 0.5 公尺以內的比率。從結果來看，雖然影像尺寸越大，其中值誤差有趨緩下降，不過相對的，所需的模型訓練時間也越長。因此整體而言，對於故宮南院之數

據集來說，在沒有預訓練模型輔助的情況下，影像尺寸大小對於整體精度沒有太大差別。

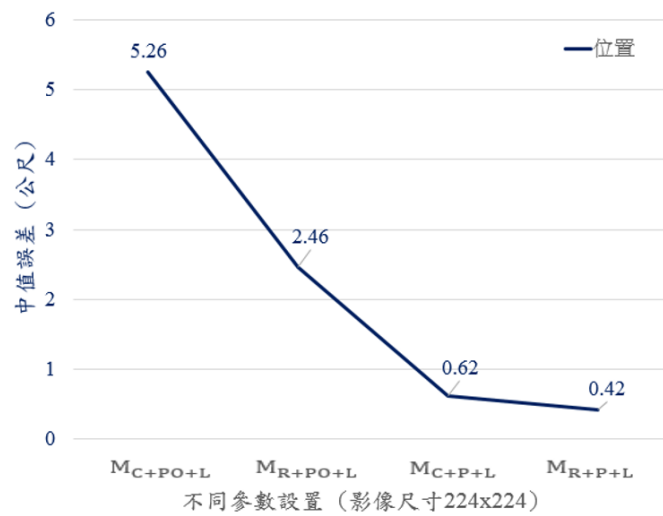


圖 7.20 不同參數設置之中值誤差結果(有預訓練模型)

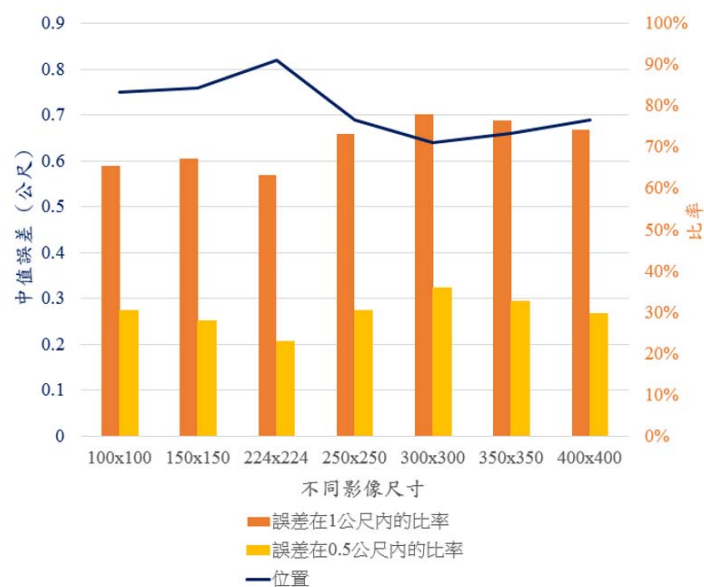


圖 7.21 不同影像尺寸之中值誤差結果(直接縮，無預訓練模型)

上述實驗結果已得知在同條件下， $M_{R+P+L}$ 能得到較好的精度，因此後續其他實驗本團隊也將使用此法進行。接著，本團隊也認為小區域之學習模型會更加準確，因此針對故宮南院場域做三種區域切割，分別考量了繞圈、彎曲行走和來回走之軌跡，如圖 7.22 所示。除了探討小區域外，也實驗不同重疊程度之軌跡對於類神經網路最終之中值誤差結果。

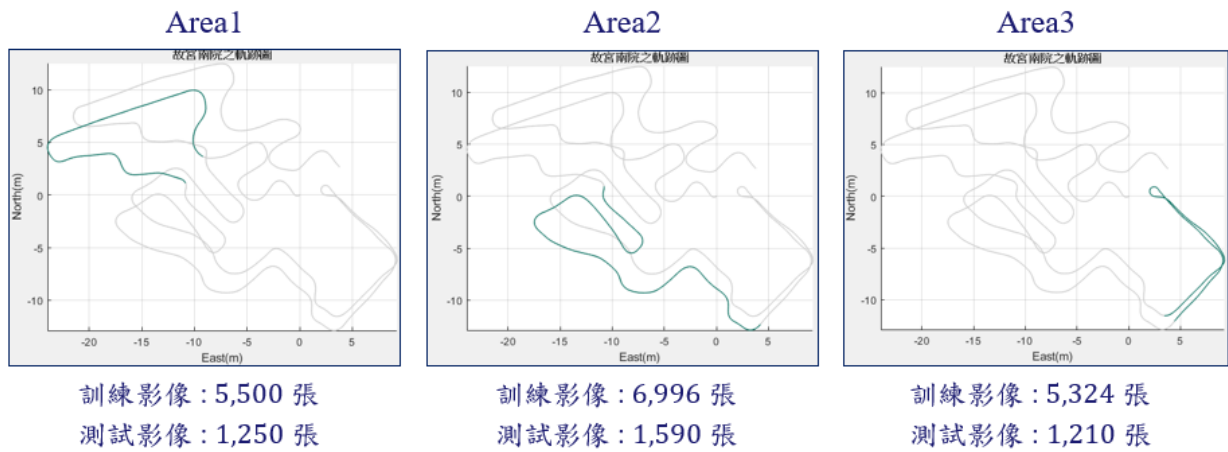


圖 7.22 繞圈、彎曲行走和來回走之軌跡

每一類神經模型訓練約 4.1 小時，其實驗結果如表 7.1 所示，可以得知縮小場域範圍能讓整體位置誤差下降約 60%左右的精度。且無論是繞行環狀的軌跡、曲線彎曲式的軌跡或是重疊式來回行走的軌跡，三種切割區域之間的位置中值誤差沒有太大的起伏。因此本團隊認為在收集影像以及地理位置資訊時，並不需要設計特定的軌跡，測試樣本只需要被包覆在訓練樣本裡即可得到不低的位置精度。圖 7.23 以繞圈的切割區域 Area1 來做為數據集，測試樣本總共 1,250 張影像，黃點為所有測試樣本的位置預測值，圖中顯示測試樣本的位置預測值幾乎貼近真實軌跡。

表 7.1 不同區域大小對於精度的影響(以故宮為例)

位置中值誤差(m)				誤差在 1 公尺內所占的比例			
Area1	Area2	Area3	All	Area1	Area2	Area3	All
0.15	0.17	0.12	0.42	99.0 %	98.7 %	97.4 %	91.3 %

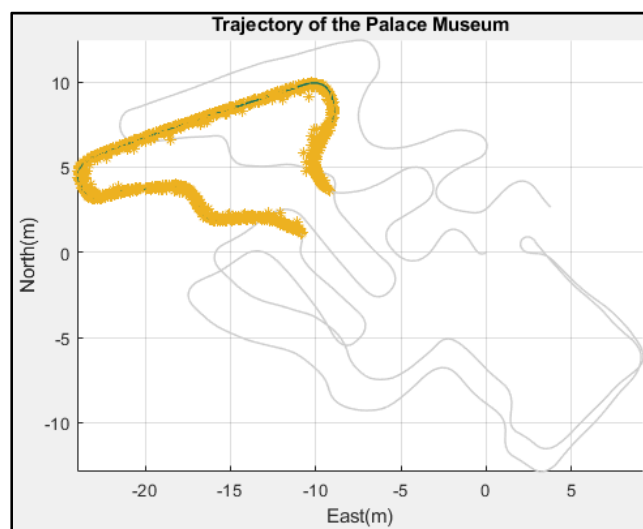


圖 7.23 Area1 訓練模型之測試結果(黃點為測試影像之位置預測值)

另外因應實際應用中，每個使用者所持有的手機各有不同，明年度本案預計以 A 手機為訓練樣本進行模型訓練，再以 B 手機做為測試樣本進行回歸位置，分析跨相機之間的位置誤差結果。

### 7.3 適地性服務案例試辦 109、110 年度各 1 處，試辦區之選定需經機關同意

本團隊今年度將以臺南市東南地政事務(以下簡稱東南地所)所為合作對象，預計接續 107 年度所發展的擴增實境(AR)應用進行適地性服務的開發。已完成的應用內容包括地圖功能、導航功能以及展物的擴增實境(AR)介紹功能，根據先前故宮南院的需求，本團隊已於 108 年度成功開發文字擴增於展物的功能。以 Unity 為開發平台，開發一個可以安裝在不同作業系統和行動裝置的 APP，其功能與流程說明如下：

- 當開啟 APP 後，可以點選任一展物，即會顯示該展物的導航方向以及與遊客之間的距離，其背後運作原理為室內定位導航技術。
- 點選地圖按鈕，則會顯示遊客目前為止之行經路徑。
- 點選相機的按鈕，就會啟動攝影機開始 AR 功能，當攝影機照到任一展物時，APP 畫面會產生對應展物的說明文字。
- 將文字內容以卷軸的方式呈現，並能夠調整字體大小的按鈕，讓展物的文字擴增實境可以調整至遊客最舒適的閱讀模式。
- 遊客可使用按鈕使文字具有底色，以專心閱讀說明文字；或者不選取按鈕，能同時閱讀文字與觀賞展物。

108 年度完成的輔助行人慣導定位技術研發和適地性服務 APP 開發，在 108 年 11 月 4 日至故宮南院進行實測，其 Demo 影片截圖如圖 7.24 所示。所有演算法和操作功能皆經過實地測試以及反覆驗證，成果也都符合預期之規劃。



圖 7.24 故宮南院 Demo 影片截圖

以下為本團隊先前於東南地所的適地性服務中所擬定的情境：每天都會有許多民眾到地政事務所辦理各項事務，由於地政事務所的服務項務十分繁雜，眾多服務窗口會令初來乍到的民眾無所適從，無法找到對應的辦事窗口，使得辦理地政相關事務變成一項困難的任務。而本團隊預計開發的 APP 中加入了地圖與導航的功能，可以讓民眾了解自己所在的位置與各窗口的位置，只要點選自己想要辦理的服務名稱，APP 中的指針就會指向服務窗口位置，使用者只要跟隨指針就能被引導到目的地，以此減少尋路的時間，本案增加的文字說明可以讓使用者更了解服務窗口的功能，如圖 7.25 所示。



圖 7.25 預計服務功能



本團隊在規劃完擬定的情境與預計服務功能後，與東南地所主任進行兩次討論，並調整本案的規劃工項：

- (1) 109年5月29日：初步了解東南地所實際服務情形與需求(如圖 7.26 所示)，根據討論內容，東南地所自行辦理業務民眾的比例相較其他地政事務所高，因此櫃台服務人員接受諮詢的工作量也相對較多。若本團隊提供的適地性服務 APP 可以解決引導民眾的問題，就能夠有效減少櫃檯服務人員的負擔。



圖 7.26 與東南地所人員進行初步討論

- (2) 109年8月11日：再次前往並進一步確認業務需求與流程(如圖 7.27 所示)，地所人員提供了幾項民眾較常辦理的業務，包含：買賣登記、繼承登記、補發書狀、實價登錄、領件、申請謄本、補正。該地所人員同時也提供了每項業務所需要的办理流程(如圖 7.28 所示)，並希望民眾在使用 APP 時，可以根據自身所需要的服務項目被一步一步引導到辦理櫃台。本團隊在與地所討論的過程中，確認這項引導的服務不需要使用到先前所開發的 AR 導覽功能，其原因為辦理業務的流程中經過的抽號機與等待區並不需要特地使用文字的輔助說明讓使用者理解其功能。另外，流程中會到達的櫃台皆有人員在定點服務，本案認為民眾的問題多樣，文字的輔助說明並不會比專業人員解說來的全面，故後續開發之 APP 中將不會加入 AR 導覽功能。



圖 7.27 與東南地所人員進行第二次討論

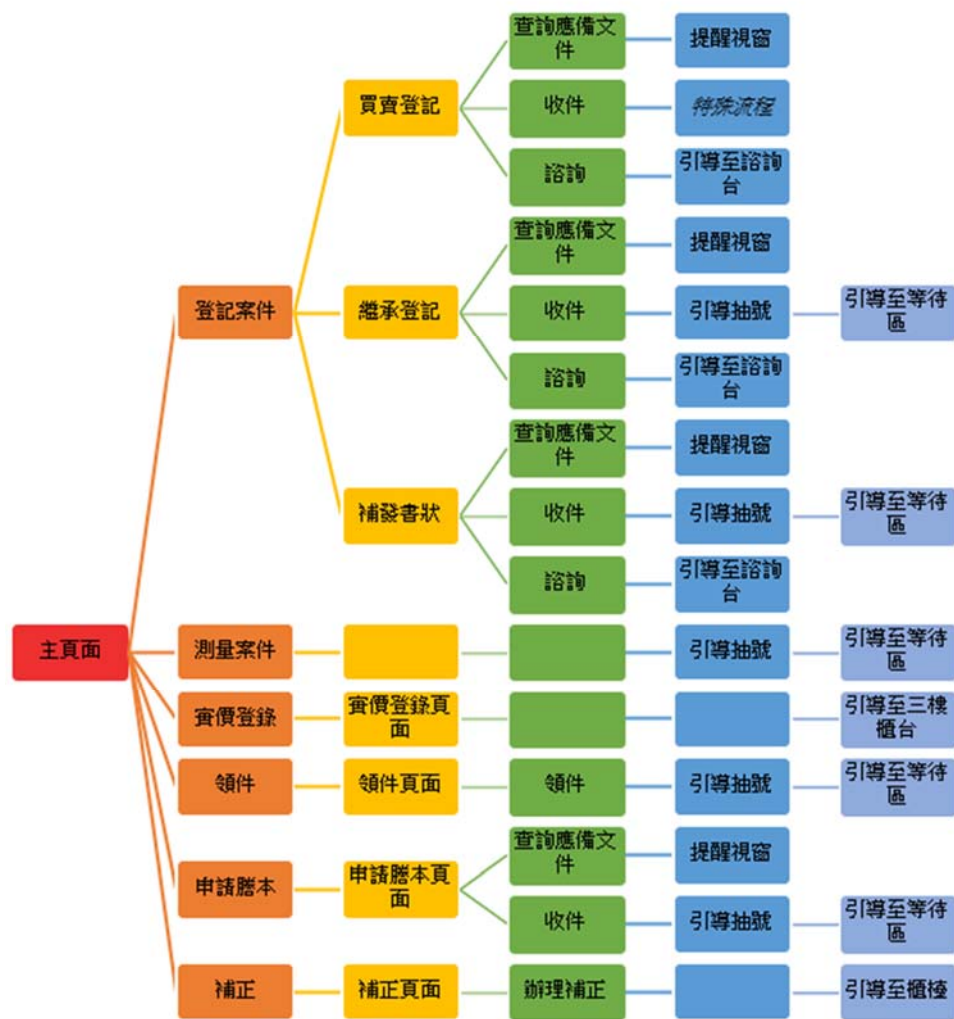


圖 7.28 東南地所業務办理流程

根據地所人員所提供的業務流程，本團隊初步勘察了其中每一個步驟所行經的幾處地點是否適合擺放藍芽發射器 Beacon，包含有抽號機、諮詢櫃台、稅務櫃台、實價登錄櫃台、等候區、電梯旁，如圖 7.29 所示。並讓 APP 在引導過程中可接收到目標 Beacon 所傳來的訊號，計算距離並輔助定位。Beacon 的擺放方式本團隊預計使用黏土來固定 Beacon，因此固定的位置須

是黏土可附著的地方，且擺放之位置不可干擾工作人員辦公或一般民眾的使用，周圍也不能有遮蔽物阻擋訊號，也不能影響環境美觀。故本團隊預計下次前往東南地所將會再次根據這些因素進行實際勘查。

根據東南地所提供之一至三樓平面圖，本團隊建立了其圖資並進行校正(如圖 7.29 所示)，預計將此地圖加入 APP 並在引導的過程中顯示在畫面上，且同步顯示使用者在地圖上的位置，讓使用者能直觀的理解自己的目前位置，進而減少尋路時間。

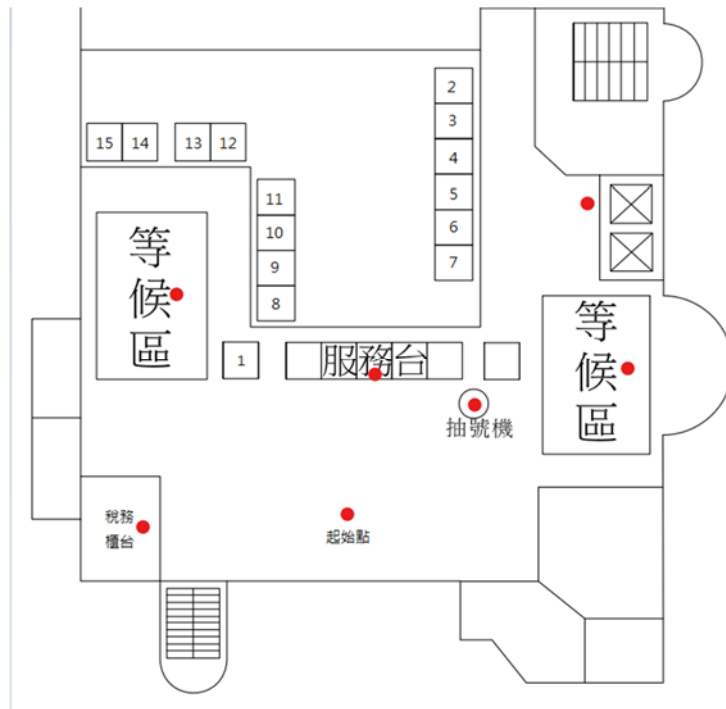


圖 7.29 東南地所 Beacon 架設位置

#### 7.4 配合機關辦理 109、110 年度行政院災害防救科技創新服務方案，協助災後快速智慧製圖技術研發相關作業

本團隊過去研發災後快速製圖的相關技術，其獲取空間資訊資料面、模式面等成果皆可納入多項災害議題防治與發展。本團隊持續提供都會區車載移動製圖系統結合 Google Earth 展示介面(例如 105 年 9 月 26 日的梅姬颱風災害)。團隊組成以老師學生為主，基於安全性考量，故以提供災後即時資料情搜及後處理分析為主(例如 105 年 2 月 6 日的臺南地震災害)。在災害處理空間資訊相關應用領域方面，利用現有 UAV 空載、車載，多重載體以機動靈活、高效快速、精細準確、作業成本低等優點，以及對數位影像處理與蒐集的能力；在小區域、環境惡劣與困難災害區域快速蒐集獲取高解析度原始影像或者是三維點雲資料。其成果可應用於災害情資研判、災害潛勢地圖製作、受災人員分流機制等相關災害防救實際業務，故本案將持續配合內政部辦理 109、110 年度行政院災害防救科技創新服務方案，落實研發應用與產業加值之方向。

## 7.5 以移動測繪相關主題發展人工智能實驗室，強化產學合作

本團隊於民國 101 年至 108 年先後執行多個與移動測繪相關之工作案，發展多個包含室內製圖核心技術、室內定位及自駕車用地圖等等工項。近年來人工智能技術興起，具備人工智能之裝置或系統能透過鏡頭取代人眼迅速且正確地辨別所拍攝場景上的三維結構與物體。本案已於今年創立以移動測繪相關主題的人工智能實驗室，並命名為「高精地圖人工智慧實驗室」。高精地圖人工智慧實驗室專研基於人工智能的空間資訊應用，預期結合現有多平台移動測繪技術、室內圖資建置技術、物聯網與穿戴裝置組成綿密的空間資訊應用網格將支撐適地性服務急速擴張的需求，這對深化空間資訊領域產業的發展有正面的助益。

高精地圖人工智慧實驗室主要的研發項目有三項：

- 自駕車用之交通標誌與交通號誌的辨識系統：自駕車能透過車上裝載的攝像機，辨識鏡頭中照到的交通標誌與交通號誌，以利控制自駕車下一刻的動作。
- 基於類神經網路之室內定位技術：使用者能將所拍攝的影像輸入到類神經網路模型，模型會預測使用者當時拍攝此影像的位置，以實現室內定位。
- 具備擴增實境(AR)的室內導航 APP：在室內場域中，使用者能透過 APP 導引到他想去的地方，並且透過 AR 擴增此地方的資訊內容。

高精地圖人工智慧實驗室由國立成功大學呂學展副教授帶領，其研究團隊設計一塊招牌，並預計設置於高精地圖研究發展中心，另有一塊招牌設置於測量系館，如圖 7.30 所示。



圖 7.30 高精地圖人工智慧實驗室招牌(左：放置於高經地圖中心，右：放置於測量系館)

## 7.6 本章小結

對於「**室內外無縫自駕車用地圖應用作業**」之工作項目，目前收集與進行相關室內外無縫自駕車用地圖文獻回顧，透過文獻回顧評估與分析室內之高精地圖所需之潛在之圖層元素，作為日後應用於室內場景之高精地圖建置之參考依據，以利實現室內外無縫自駕車用高精地圖應用之願景。

對於「**研發應用人工智慧技術之室內外影像匹配輔助行人慣性導航定位技術**」之工作項目，介紹 PoseNet 之類神經網路其方法之輸入影像尺寸、輸出姿態、架構模型以及損失函數的計算。基於 107 年度在地下停車場、108 年度在故宮南院的實驗心得，今年度延續前兩年的經驗與實驗設置，使用故宮南院數據集進行 PoseNet 之類神經網路的精度測試。本團隊設計不同參數設置與影像尺寸來進行實驗，實驗結果表明，比起使用原始 PoseNet 論文的設置，更動影像前處理及損失函數後，其整體精度獲得大大地提升。另外，本團隊也探討不同區域大小對於精度的影響，針對故宮南院場域做三種區域切割，分別考量了繞圈、彎曲行走和來回走之軌跡。實驗結果表明，縮小場域範圍能讓整體位置誤差下降約 60% 左右的精度。另外，三種切割區域之間的位置中值誤差沒有太大的起伏，因此本團隊認為在收集影像以及地理位置資訊時，並不需要設計特定的軌跡，測試樣本只需要被包覆在訓練樣本裡即可得到不低的位置精度。

對於「**適地性服務案例試辦 109、110 年度各 1 處，試辦區之選定需經機關同意**」之工作項目，今年度選定東南地政事務所作為適地性服務試辦區，本團隊分別於 109 年 5 月 29 日及 109 年 8 月 11 日與東南地政事務主任進行討論，確認東南地所的需求與民眾在地所辦理業務的流程，並根據此流程初步勘定架設 Beacon 的位置。而後根據地所人員提供的平面圖，本團隊也建立了地所的圖資，做為後續開發之用。本團隊後續將會再次到地所測試 Beacon 訊號並確定架設位置，並根據測試結果進行 APP 開發調整。

對於「**配合機關辦理 109、110 年度行政院災害防救科技創新服務方案**」之工作項目，本團隊將配合辦理 109 年、110 年度行政院災害防救科技創新服務方案，透過災後快速製圖技術落實研發應用與產業加值之方向。

對於「**以移動測繪相關主題發展人工智能實驗室，強化產學合作**」之工作項目，本案成立「**高精地圖人工智慧實驗室**」，並設計一塊實驗室招牌設置於高精地圖研究發展中心，另有一塊招牌設置於測量系館。

## 第八章、實證上路高精地圖驗證服務

8.1 依照測製當時之高精地圖製圖作業指引、高精地圖圖資內容及格式標準、高精地圖檢核及驗證指引(草案)及實證上路高精地圖測製案契約規定，配合辦理實證上路高精地圖驗證服務，分別驗證測製案每個試驗場域作業計畫書及外業成果報告書、經平差處理點雲成果、道路特徵物件向量檔及台灣高精地圖格式

本團隊遵循內政部高精地圖建置規格，依照測製當時之「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖圖資內容及格式標準」、「高精地圖檢核及驗證指引」及實證上路高精地圖測製案契約規定，配合辦理實證上路高精地圖驗證服務，分別驗證測製案每個試驗場域作業計畫書及外業成果報告書、經平差處理點雲成果、道路特徵物件向量檔及台灣高精地圖格式，其檢核及驗證之查核列表如表 8.1 所示。圖 8.1 及圖 8.2 所示為本團隊進行控制點檢核現場施測與向量檢核之示意；點雲密度檢核成果如圖 8.3 所示，並依據其檢核成果，統計是否達到合格標準(不合格比例小於 5%)，計算方式如下：不合格格數比例： $\frac{\text{不合格格數}}{\text{總格數}} \times 100\%$



圖 8.1 控制點檢核現場施測照片

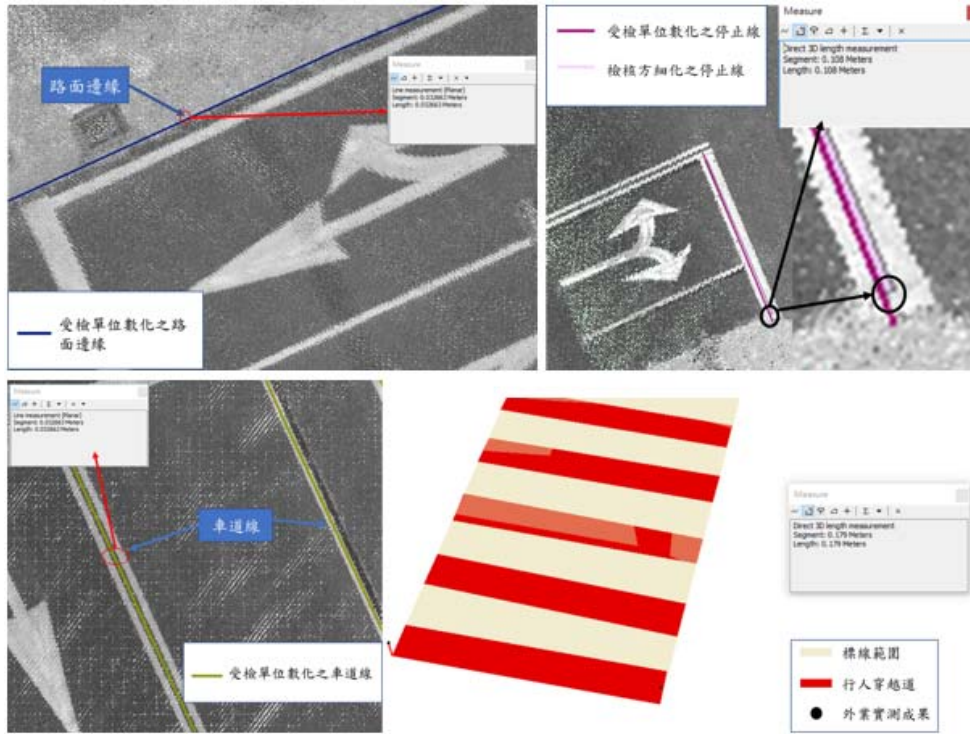


圖 8.2 向量圖層檢核示意圖



圖 8.3 點雲密度檢核成果示意圖

表 8.1 檢核及驗證查核列表

工作項目	查核項目	查核方式	
檢核項目	INS/GNSS 定位定向整合系統的性能測試及校準書面報告	須提供 IMU 與 GNSS 的規格、系統參數、以及 IMU/GNSS 絕對精度測試成果。查核儀器規格及驗證書面報告(包含 INS/GNSS、LiDAR、影像感測器等)。	
	作業規劃  測繪作業規劃書	檢查送檢單位繳交項目是否符合送審資料要求，需包含以下內容： 測繪車掃瞄儀器設備的型式與規格說明。 掃瞄範圍規劃圖。 各規劃路線之掃瞄設定參數。 GNSS 幾何條件評估及使用 GNSS 基站分佈。	
	控制測量	控制測量成果及報告書計畫書(包含控制點及檢核點之分布圖與坐標)	控制點、檢核點及新設 GNSS 基站，均須滿足絕對平面精度小於 10 公分，絕對三維精度小於 15 公分。
	作業成果	測繪車掃瞄報告書 INS/GNSS 定位定向整合系統計算成果	檢查 GNSS 基站分佈，以及 GNSS 衛星觀測時段，其幾何條件與時間記錄是否符合要求。定位定向成果是否符合行動測繪高精製圖精度需求。 檢查掃瞄參數是否與作業規劃一致。 檢查作業實施軌跡是否與規劃路線一致。
		掃瞄儀器所下載之未經處理的原始資料	檢查送檢單位繳交項目是否符合送審資料要求，需包含以下內容： 1、INS、GNSS、輪速計原始資料。



工作項目	查核項目	查核方式	
		2、車載雷射掃瞄儀測距資料。 3、影像原始資料。	
驗證項目	點雲資料	點雲密度	送檢單位所繳交之樣本單位之點雲密度是否符合應用場景需求。
		掃瞄路線相對誤差驗證 (內部精度驗證)點雲平差	點雲內部幾何精度須優於 10 公分。
	向量圖層	幾何精度與形狀正確性	樣本單元為單一特徵區塊，將抽驗其數量是否符合應用場景需求。 向量物件形狀及數量是否正確。 向量物件之絕對或相對位置精度，平面位置較差須優於 20 公分，三維較差須優於 30 公分。
		SHP 資料屬性格式	圖元空間位相關係之合理性。 向量圖層資料邏輯一致性 向量圖層屬性資料是否完整，格式是否符合附錄要求。

為說明檢核及驗證標準及釐清相關要求與細節，本團隊於 109 年 5 月 4 日舉辦「無人載具實證運用高精地圖測製工作案(109-110)三方說明會」，藉此與各測繪業者確認製圖需求與規格；於 109 年 5 月 19 日舉辦「無人載具實證運用高精地圖測製工作案(109-110)製圖及驗證說明會」，協助廠商說明向量圖層繪製所需注意事項等。圖 8.4 及圖 8.5 所示為說明會現場情況。



圖 8.4 無人載具實證運用高精地圖測製工作案(109-110)三方說明會現場照片



圖 8.5 無人載具實證運用高精地圖測製工作案(109-110)製圖及驗證說明會現場照片

本團隊配合辦理實證上路高精地圖驗證服務，各測製案試驗場域驗證情形說明如下：

■ A1 彰化場域

彰化場域於 109 年 7 月 24 日送審作業計畫書，外業施測日期於 109 年 7 月 28 日，本團隊配合辦理驗證服務，審查日期列表如表 8.2 所示。

表 8.2 彰化場域送審資料審查日期列表

送審資料	送驗日期	審查日期
作業計畫書	109/07/24	109/07/26
控制測量成果報告書、控制點資訊、測繪車掃描報告書、原始點雲及影像、車載定位資訊(GPS、IMU)原始資料	109/08/07	109/08/17
經平差處理點雲檔案	109/08/13	109/08/25
道路特徵物件向量檔(50%場域範圍)	109/09/01	109/09/22 不合格
	109/10/13 第 1 次修正檔	109/11/03 不合格
道路特徵物件向量檔(剩餘場域範圍)	109/09/21	109/10/12 不合格
	109/10/27 第 1 次修正檔	109/11/17 不合格
臺灣高精地圖格式	--	--

■ A3 台南(I)+桃園場域

台南(I)及桃園場域分別於 109 年 6 月 5 日及 109 年 6 月 15 日送審作業計畫書，外業施測日期訂於 109 年 6 月 18 日及 109 年 6 月 29 日，本團隊配合辦理驗證服務，審查日期列表如表 8.3 及表 8.4 所示。

表 8.3 台南(I)場域送審資料審查日期列表

送審資料	送驗日期	審查日期
作業計畫書	109/06/09	109/06/16
控制測量成果報告書、控制點資訊、測繪車掃瞄報告書、原始點雲及影像、車載定位資訊(GPS、IMU)原始資料	109/06/30	109/07/08
經平差處理點雲檔案	109/07/06	109/07/25
道路特徵物件向量檔(50%場域範圍)	109/07/23	109/08/11 不合格
	109/08/26 第 1 次修正檔	109/09/16
道路特徵物件向量檔(剩餘場域範圍)	109/08/07	109/08/24 不合格
	109/09/08 第 1 次修正檔	109/09/29
臺灣高精地圖格式	109/10/19	109/11/09 不合格

表 8.4 桃園場域送審資料審查日期列表

送審資料	送驗日期	審查日期
作業計畫書	109/06/15	109/06/18
控制測量成果報告書、控制點資訊、測繪車掃瞄報告書、原始點雲及影像、車載定位資訊(GPS、IMU)原始資料	109/07/06	109/07/16
經平差處理點雲檔案	109/07/13	109/07/25
道路特徵物件向量檔(50%場域範圍)	109/07/31	109/08/19 不合格
	109/08/31 第 1 次修正檔	109/09/17
道路特徵物件向量檔(剩餘場域範圍)	109/08/21	109/09/11 不合格
	109/09/25 第 1 次修正檔	109/09/29
臺灣高精地圖格式	109/10/28	109/11/17 不合格

#### ■ A4 台南(II)場域

台南(II)場域於 109 年 8 月 21 日送審作業計畫書，外業施測日期於 109 年 8 月 31 日，本團隊配合辦理驗證服務，審查日期列表如表 8.5 所示。

表 8.5 台南(II)場域送審資料審查日期列表

送審資料	送驗日期	審查日期
作業計畫書	109/08/24	109/08/31
控制測量成果報告書、控制點資訊、測繪車掃瞄報告書、原始點雲及影像、車載定位資訊(GPS、IMU) 原始資料	109/09/08	109/09/18
經平差處理點雲檔案	109/09/14	109/09/28 不合格
	109/11/03 第 1 次修正檔	109/11/17
道路特徵物件向量檔(50% 場域範圍)	109/10/05	109/10/05 不合格
	109/11/09 第 1 次修正檔	--
道路特徵物件向量檔(剩餘 場域範圍)	109/10/20	109/10/29 不合格
	109/11/17 第 1 次修正檔	--
臺灣高精地圖格式	--	--

#### ■ A5 台中場域

台中場域於 109 年 5 月 19 日送審作業計畫書，外業施測日期原訂於 109 年 5 月 29 日，因當日天候不佳影響延至 109 年 6 月 9 日，本團隊配合辦理驗證服務，審查日期列表如表 8.6 所示。

表 8.6 台中場域送審資料審查日期列表

送審資料	送驗日期	審查日期
作業計畫書	109/06/05	109/06/08
控制測量成果報告書、控制點資訊、測繪車掃瞄報告書、原始點雲及影像、車載定位資訊(GPS、IMU) 原始資料	109/06/25	109/07/02
經平差處理點雲檔案	109/07/02	109/07/28
道路特徵物件向量檔(50% 場域範圍)	109/07/13	109/08/03
道路特徵物件向量檔(剩餘 場域範圍)	109/07/23	109/08/11 不合格
	109/08/14	109/09/04

	第 1 次修正檔	
臺灣高精地圖格式	109/10/07	109/10/27

## ■ A6 台南場域

台南場域於 109 年 7 月 2 日送審作業計畫書，外業施測日期原訂於 109 年 7 月 13 日，因當日天候不佳影響延至 109 年 7 月 24 日，本團隊配合辦理驗證服務，審查日期列表如表 8.7 所示。

表 8.7 台南場域送審資料審查日期列表

送審資料	送驗日期	審查日期
作業計畫書	第 1 次：109/07/02	109/07/08
	第 2 次：109/07/14	109/07/16
控制測量成果報告書、控制點資訊、測繪車掃瞄報告書、原始點雲及影像、車載定位資訊(GPS、IMU) 原始資料	109/07/31	109/08/13
經平差處理點雲檔案	109/08/07	109/08/21
道路特徵物件向量檔(50% 場域範圍)	109/08/24	109/09/14
道路特徵物件向量檔(剩餘 場域範圍)	109/09/14	109/10/05 不合格
	109/10/26 第 1 次修正檔	109/11/16
臺灣高精地圖格式	--	--

## 8.2 每個試驗場域皆需出具驗證報告 1 份，繳交期限依實證上路高精地圖測製案契約規定，另須於簽約日 1 個月內繳交驗證報告格式(初稿)1 份

本團隊執行本案將於每個試驗場域出具驗證報告 1 份，內容包含：(1)測繪車掃瞄儀作業規劃審查表、(2)控制測量成果審查表、(3)作業成果審查表、(4)點雲密度及平差審查表、(5)向量圖層審查表、(6)臺灣高精地圖審查表，內容皆會記錄各項目檢核數據分析及說明。繳交期限依實證上路高精地圖測製案契約規定，另於簽約日 1 個月內繳交驗證報告格式(初稿)1 份，請參閱附錄八。

本團隊針對每一個檢核及驗證工作項目設計對應的檢查表，其設計精神如：檢查項目、送檢單位須提送之資料、驗證單位檢查內容、檢查完成時間等資訊。本團隊於各項檢查完成後，將以「檢查表格以合格/不合格之扼要說明」，並回覆各相關單位。各測製案試驗場域驗證報告請參閱附錄九。

### 8.3 廠商需配合參加實證上路高精地圖測製案成果審查會議，並於會議中報告驗證成果

本團隊將配合參加實證上路高精地圖測製案成果審查會議，並於會議中報告驗證成果。並提供內政部及測製廠商關於成果審查結果諮詢與建議。

### 8.4 精進高精地圖精度驗證流程

本團隊於 107 年度起陸續與內政部地政司、內政部國土測繪中心、測繪業者與製圖公司...等相關單位，針對高精地圖驗證程序持續交換意見與技術交流，並透過測繪業者於實務上遇到之現況回饋，進而滾動修正高精地圖驗證程序及要求之規格範例。此外，本團隊亦於 108 年 8 月至台灣資通產業標準協會進行「高精地圖檢核及驗證指引」提案，期許透過產業標準制訂流程，收斂「高精地圖檢核及驗證指引」內容。目前本團隊已於 108 年 12 月 23 日於 TAICS 辦理「高精地圖檢核及驗證指引」專家會議，邀請政府機關、法人、學會、學校、廠商共 18 個單位來共同參與(表 8.8)，並提供各領域寶貴建議供團隊參考，以精進高精地圖精度驗證流程。109 年度本團隊將持續辦理專家會議，並且廣納各單位建議後已達成意見之收斂，同時分別於 109 年 4 月 24 日辦理 TAICS TC8 會議以及 109 年 5 月 22 日 TAICS TMC 會議進行草案審查程序，並且皆已審議通過。TAICS 完成校稿之後，已於 109 年 6 月 5 日「高精地圖檢核及驗證指引」正式出版。同時參考測繪業者之製圖經驗以及使用者之相關回饋，納入未來持續精進之內容考量。

表 8.8 台灣資通產業標準協會「高精地圖檢核及驗證指引」專家會議參與單位

類別	單位	類別	單位
政府	內政部地政司	學校	國立交通大學電機工程系
政府	交通部運輸研究所	學會	中華民國航空測量及遙感探測學會
政府	內政部國土測繪中心	廠商	經緯航太科技股份有限公司
法人	工業技術研究院	廠商	台灣世曦股份有限公司
法人	財團法人資訊工業策進會	廠商	中興測量有限公司
法人	社團法人台灣資通產業標準協會	廠商	詮華國土測繪有限公司兼測量技師公會
學校	國立交通大學土木工程系	廠商	勤崑國際科技股份有限公司
學校	國立成功大學 電機系	廠商	自強工程顧問有限公司
學校	國立成功大學 測量系		

109 年度除了持續精進高精地圖精度驗證流程，檢核及驗證流程架構內容皆已隨著相關草案之出版完成底定，本團隊將於實證上路高精地圖測製案

投入高精地圖檢核及驗證工具之測試，以優化檢核流程以減少人力成本。為協助檢核人員加速作業的進行，同時降低高精地圖產製成本，亦將測試空間資訊相關工具，目前著手開發屬性欄位之檢查工具，加以進行高精地圖圖層屬性資料邏輯以及位相關係之合理性自動篩選，能更加迅速地找出問題之所在，目前能進行自動化檢查之屬性欄位之類別如圖 8.6 所示。其內容包含道路參考線之交叉路口、右駕系統以及道路類型之欄位；標線、標線圖形以及標線範圍之標線代碼、標線顏色；車道線之標線代碼、車道線顏色以及車道線類型；停車格、停止線之類別代碼(分別對應「高精地圖圖資內容及格式標準」附錄中禁止標線之停止線以及指示標線中的車輛停放線代碼)；物件類別之物件類型是否與物體名稱互相對應。

以上這些自動化檢查工具將透過實證上路高精地圖測製案進行測試驗證工具且加以優化，期盼達成降低生產成本之最終目的。

• ReferenceLine	junction	rule	type	
	startNode	endNode		
• MarkArea	code	7種code		
• MarkGraph	code	color		
• LaneLine, MarkLine	code	color	type	width
• StopLine	code	PH001	width	
• Parking	code	IA014	access	width
• Object	type	name	中英對應	zTop
• LaneCenterLine	ID	predecessor	successor	
	startWaypoint	endWaypoint	type	
• RoadEdge	startNode	endNode		
• Pole	code	lamp	zTop	
• Sign	code	poleid	angle	
	bboxMin	bboxMax		
• Signal	code	poleid		
• SignalData	code	signalxx [signalid]	angle	
	radius	bboxMin	bboxMax	

圖 8.6 自動化檢查屬性欄位內容

本案為提升國內產製高精地圖成果及效益，透過問卷進行業界專家訪談，邀請測繪業製圖商於高精地圖執行時相關經驗及意見回饋，圖 8.7 所示為業界訪談問卷。本案將協助彙整各單位之回餽意見，提供內政部於後續計畫案規劃時之參考，亦可做為未來「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖圖資內容及格式標準\_V1.1」及「高精地圖檢核及驗證指引」滾動修正之依據。相關訪談會議紀錄及建議請參閱附錄一。

時間		地點	
單位		代表人員	
高精地圖中心訪談人員			

您好：

內政部於今年進行「無人載具實證運用高精地圖測製工作案(109-110)」(以下簡稱本案)，委託高精地圖研究發展中心(以下簡稱本中心)在本案中執行高精地圖驗證服務。為提昇國內產製高精地圖成果及效益，擬透過本問卷進行業界專家訪談，邀請貴單位提供執行本案時於執行面上相關經驗及意見回饋。本中心將協助彙整各單位之回饋意見，提供內政部於後續計畫案規劃時之參考，以及明年本中心進行「TAICS TR-0010 v2.0 2019 高精地圖製圖作業指引 v2」、「HD MAPS TS-0011-高精地圖圖資內容及格式標準\_V1.1(1090612)」及「TAICS TR-0016 v1.0-高精地圖檢核及驗證指引」滾動修正之依據。

1

● 訪談問題：

1. 高精地圖測製相關規範目前共有三份文件，包含「TAICS TR-0010 v2.0 2019 高精地圖製圖作業指引 v2」、「HD MAPS TS-0011-高精地圖圖資內容及格式標準\_V1.1(1090612)」及「TAICS TR-0016 v1.0-高精地圖檢核及驗證指引」，請問貴單位於計畫執行時，參考這三份文件內容是否有遇到問題？再請貴單位提供相關意見或建議，謝謝。(若為意見回饋，請詳述問題。例如參考的是哪一份文件/哪一頁，遭遇之問題為何？)
2. 請問貴單位進行向量檔(shp)轉檔為台灣高精地圖(OpenDRIVE)階段中，是否有遇到問題？再請貴單位提供相關意見或建議，謝謝。(請直接舉出向量檔圖層及其轉檔時發生的問題)。
3. 請問貴單位於本案執行過程中，是否有遭遇其它問題？再請貴單位提供相關意見或建議，謝謝。
4. 其他如有非上述範疇之建議或疑問，歡迎提出。

高精地圖品質良窳與實際應用之成效息息相關，而確保自駕車行駛得以安全無虞，理應為高精地圖產製之首要原則，為此需建立精度檢核及品質管控流程，作為測繪產業增製高精地圖之檢核及驗證根據。謝謝貴單位提供的寶貴建議，有您們的回饋及支持，不僅能促使國內產官學研交流及合作，更能凝聚產業共識，以促成高精地圖協同合作發展機制，並進一步帶動感知測器、模擬器、決策機制、機電系統、車聯網、資通網路等領域之整合應用發展。

2

圖 8.7 業界訪談問卷

本團隊亦提供場域點雲及特徵物件向量檔等成果予理立系統股份有限公司，進行自動駕駛車輛使用及測試，期望藉由使用內政部相關計畫案產製及經由高精地圖研究發展中心檢核完成之高精地圖來進行定位，觀測其定位之精度，進行自動駕駛技術之控制及評估。初步成果顯示，高精地圖可有效協助自動駕駛車輛定位，然而實際應用測試時仍會發現特徵物件向量檔錯誤之處，如燈號屬性欄位誤植，此部分目前仍需以人工進行檢核審查，未來將加強審查人員的訓練以減少檢核時發生缺漏情形外，針對可藉由程式自動化檢核之項目持續進行精進。

## 8.5 本章小結

對於「實證上路高精地圖驗證服務」之工作項目，本團隊將建立並推廣自駕車用高精地圖的精度驗證服務，針對相關業者與單位所提送之自駕車用高精地圖，本團隊將依據「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖檢核及驗證指引」與「高精地圖圖資內容及格式標準」及實證上路高精地圖測製案契約規定，配合辦理實證上路高精地圖驗證服務，確保繪製成果於自駕車行駛過程中能滿足安全性之最終目的。同時藉由舉辦工作會議進行說明檢核及驗證之要求，確保測製廠商能了解製圖之要求以及標準，減少溝通以及往返修正之成本消耗。為提升國內產製高精地圖成果及效益，本案透過問卷進行



業界專家訪談，邀請測繪業製圖商於高精地圖執行時相關經驗及意見回饋，未來將提供內政部於後續計畫案規劃時之參考。同時成大將著手自動化檢查程式之測試，透過實證上路高精地圖測製案進行測試驗證工具，藉此不斷精進檢核及驗證作業流程。

## 第九章、舉辦成果發表會議

9.1 109、110 年度各辦理自駕車國際論壇 1 場，至少須包含 3 個以上外國之測繪領域學者或官員與會，邀請名單需經機關同意

近年來自駕車為臺灣重點發展的項目之一，而輔助自駕車上路運行、提升自駕安全性的關鍵要素即為高精地圖，本團隊於 109 年 10 月 26 日(星期一) 8:30 至 17:00 假公務人力發展中心福華國際文教會館 1 樓前瞻廳辦理「2020 自駕車高精地圖布建與導航安全實證國際研討會(2020 International Conference on HD Maps and Localization for Autonomous Driving Applications)」。

本次研討會與會貴賓包含蔡志宏 執行秘書(行政院科技會報辦公室)、邱昌嶽 常務次長(內政部)、陳彥伯 政務次長(交通部)、詹方冠 處長(國家發展委員會)、王成機 司長(內政部地政長)、蘇芳慶 副校長(國立成功大學)等。因應新冠肺炎疫情防疫策略，以遠距方式邀請之國外講者包含日本東京大學中條覺 博士、日本名古屋大學 Hatem Darweesh 博士、日本株式会社ゼンリン岩田繁幸 部長、加拿大工程院院士暨美國導航學會院士 Naser El-Sheimy 博士等國外專家與國內產官學研界共同經驗交流。

研討會演講議題如圖 9.1 所示，以「導航安全」為主軸，邀請交通部參事王穆衡及成大測量系教授洪榮宏分別以「淺談動態高精地圖與智慧城市道路發展之連結」及「標準觀點之自駕車地圖」為題發表專題演講，為研討會揭開序幕。研討會議題包含：高精地圖格式發展：SIP-adus、內政部高精地圖實證、人工智慧與自駕車發展、人工智慧與自駕車用高精地圖自動生產技術、自駕車與高精地圖實務應用、自駕車導航定位技術等，邀請國內外專家學者，探討自駕車與高精地圖目前相關應用和未來發展趨勢，活動花絮如圖 9.2 所示。本團隊同時於成功大學新聞中心發表本次研討會相關新聞，新聞詳細內容請參閱第十章。

時段	主題	演講標題	主講人	主持人
08:30 – 09:00	報到			
09:00 – 09:30	開幕儀式		長官致詞/貴賓致詞/開幕活動	
09:30 – 10:20	動態高精地圖發展規劃與現況	淺談動態高精地圖與智慧城市道路發展之連結	交通部 王穆衡 參事	成功大學測量系 江凱偉 教授
		標準觀點之自駕車地圖	成功大學測量系 洪榮宏 教授	
10:20 – 10:40	茶敘/廠商展示 「高精地圖技術實證」暨「自動駕駛資訊整合平台」成果影片展示(內政部專案團隊)			
10:40 – 11:30	高精地圖格式發展：SIP-adus	The Development and Trends of HD Map Format: SIP-adus	日本東京大學 中條寬 教授	成功大學測量系 王驥魁 教授
11:30 – 12:20	內政部高精地圖實證	ART – Autonomous Rapid Transit	理立系統股份有限公司 李佳儒 執行長	成功大學測量系 洪榮宏 教授
		高精地圖 x 智慧駕駛之實證應用	成功大學電機系 莊智清 教授	
12:20 – 13:20	午餐			
13:20 – 14:10	人工智慧與自駕車發展	自駕巴士與智慧運輸發展之挑戰	台灣大學土木系 張學孔 教授	成功大學測量系 呂學展 教授
		高精地圖實證經驗分享	台灣智慧駕駛股份有限公司 沈大維 執行長	
14:10 – 15:00	人工智慧與自駕車用高精地圖自動生產技術	Artificial Intelligence and Automated Production Technologies of HD Maps for Autonomous Vehicles	日本名古屋大學 Dr. Hatem Darweesh 研究員	成功大學測量系 郭重言 教授
15:00 – 15:20	茶敘/廠商展示			
15:20 – 16:10	自駕車與高精地圖實務應用	自駕車人工智慧技術	交通大學電子系 郭峻因 教授	成功大學航太系 詹劭勳 教授
		R&D Challenges for Developing a Scalable HD Map Creation Pipeline	日本株式會社ゼンリン 岩田繁幸 部長	
16:10 – 17:00	自駕車導航定位技術	Positioning, Localization and Navigation (PLAN) Technologies for Autonomous Vehicles	加拿大工程院院士 美國導航學會院士 Dr. Naser El-Sheimy	成功大學測量系 江凱偉 教授

指導單位：行政院科技會報辦公室、國家發展委員會 / 主辦單位：內政部 / 協辦單位：科技部、經濟部技術處、交通部管理資訊中心  
執行單位：國立成功大學、國立成功大學測量及空間資訊學系、高精地圖研究發展中心、緯創資通股份有限公司、興創知能股份有限公司  
合作單位：台灣車聯網產業協會、國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

圖 9.1 研討會議程



圖 9.2 研討會活動花絮

9.2 109 年度計畫成果發表活動：廠商需配合機關舉辦智能測繪應用相關之年度計畫成果發表(含研討會方式)活動，其時間、場地、參加人次、研習方式、議程規劃等內容與內政部討論定案後辦理，除受邀講者出席費由內政部其他專案負擔外，其餘所需費用由廠商負擔

本案配合內政部整合官學界空間測繪技術與應用，積極促進國際測量機關業務交流及產學研發展合作，對於提昇相關產業與國家整體競爭力具有重要助益。鑒於國內擁有豐富測繪與空間資訊之經驗，本團隊協助配合內政部舉辦智能測繪應用相關之年度計畫成果發表(含研討會方式)活動，於 109 年 11 月 17 日假台大集思會議中心，協助進行「內政部落實智慧國土計畫暨空間測繪技術發表會」，針對本工作案發表議題包含台灣高精地圖發展歷程、台灣高精地圖標準制訂之策略及成果、深度學習應用於室內定位之研究、內政部高精地圖測製發展及應用、高精地圖道路元素自動產製研究等相關議題，發表會議程及活動花絮如圖 9.3 及圖 9.4 所示。



圖 9.3 發表會議程



圖 9.4 發表會活動花絮

### 9.3 本章小結

本團隊於辦理自駕車國際論壇工作項目，於 109 年 10 月 26 日(星期一) 8:30 至 17:00 假公務人力發展中心福華國際文教會館 1 樓前瞻廳辦理「2020 自駕車高精地圖布建與導航安全實證國際研討會(2020 International Conference on HD Maps and Localization for Autonomous Driving Applications)」，邀請國外專家與國內產官學研界共同經驗交流，以「導航安全」為主軸，議題包含：高精地圖格式發展：SIP-adus、內政部高精地圖實證、人工智慧與自駕車發展、人工智慧與自駕車用高精地圖自動生產技術、自駕車與高精地圖實務應用、自駕車導航定位技術等。本團隊同時於成功大學新聞中心發表本次研討會相關新聞。

本案配合內政部整合官學界空間測繪技術與應用，積極促進國際測量機關業務交流及產學研發展合作，對於提昇相關產業與國家整體競爭力具有重要助益。於 109 年 11 月 17 日假台大集思會議中心，協助進行「內政部落實智慧國土計畫暨空間測繪技術發表會」，針對本工作案發表議題包含台灣高精地圖發展歷程、台灣高精地圖標準制訂之策略及成果、深度學習應用於室內定位之研究、內政部高精地圖測製發展及應用、高精地圖道路元素自動產製研究等相關議題。

## 第十章、研究成果發表

### 10.1 109、110 年度合計提送期刊或研討會論文文稿至少 10 篇，且其中 4 篇需提送國際期刊(SCI/EI 等級)

本案將依據 109、110 年度研發成果合計提送期刊或研討會論文文稿至少 10 篇，目前擬提送 SCI 中的 IEEE 期刊 4 篇再搭配 6 篇研討會論文，以提升我國移動測繪技術的國際能見度，落實本案發展推廣及應用。目前至第三期成果中已經分別投稿一篇文章至「IEEE Transactions on Vehicular Technology」SCI 等級期刊，目前正在審核中；以及「XXIVth ISPRS Congress」國際研討會論文四篇，接已收錄至會議論文集，目前已提送之文章列表如所示，全文請參閱附錄十。

表 10.1 本案已提送文章列表

國際期刊名稱/ 國際會議名稱	期刊 等級	論文題目	提送 狀況
IEEE Transactions on Vehicular Technology	SCI	TDSP-Smoothing-Embedded INS/GNSS Integration Scheme Utilizing INS-Aided Cycle-Slip Detection and Faulty-Signal Monitoring Method for Land Vehicular Applications	審核中
XXIVth ISPRS Congress	研討會 論文	Improved Indoor Positioning Using BLE Differential Distance Correction and Pedestrian Dead Reckoning	已收錄至 論文集
XXIVth ISPRS Congress	研討會 論文	Network Adjustment of Automated Relative Orientation for a Dual-Camera System	已收錄至 論文集
XXIVth ISPRS Congress	研討會 論文	Visual-Based Integrated Navigation System Applied to a Simulation of Lunar Module Landing	已收錄至 論文集
XXIVth ISPRS Congress	研討會 論文	The Assessment of Curved Centerline Generation in HDMaps Based on Point Clouds	已收錄至 論文集

### 10.2 109、110 年度合計發表至少 6 篇高精地圖相關新聞，並發布於公開網站上

為發展高精地圖與自駕車系統的介接機制及展示本案研究成果，109、110 年度合計擬發表至少 6 篇高精地圖相關新聞，且發布於公開網站上，落實本案發展推廣及應用之目的。本團隊 109 年 6 月 5 日於成功大學新聞中心發表高精地圖相關新聞，推廣高精地圖相關議題，圖 10.1 所示為成功大學新聞中心報導。

本團隊 109 年 10 月 23 日於 DIGITIMES 發表高精地圖及自駕車發展相關議程，新聞標題為「助攻台灣自駕車產業發展 內政部強化高精地圖開發」，圖 10.2 所示為新聞報導內容。內政部地政司司長王成機表示，作為我國測繪主管機關，為促進台灣自駕車發展，內政部近期積極投入高精地圖、定位系統與自動駕駛資訊整合平台的開發。

本團隊 109 年 10 月 26 日於成功大學新聞中心，針對「2020 自駕車高精地圖布建與導航安全實證國際研討會(2020 International Conference on HD Maps and Localization for Autonomous Driving Applications)」辦理情形發表相關新聞，藉由活動花絮介紹提高人民對高精地圖與自駕車的認識，圖 10.3 所示為成功大學新聞中心報導。

#### 高精地圖於自駕車應用之核心：標準、測製與檢核流程上路

近年來發展智慧型無人載具快速興起，其中更以自駕車之發展日益進步，為符合完全自動駕駛範圍的安全功能，獲取車輛在道路上的精確位置資訊是自駕車在已知道路環境中能夠行駛在正確車道上的最基本要求，目前國內已發展多年製圖研究與具備成熟的資料處理技術，並據此製作全台灣通用版電子地圖，惟對於製製自駕車用高精地圖(High Definition Maps, HD Maps)並無統一標準製作程序、精度規範與地圖格式，恐會造成廠商格式不相符無法流通，導致重複資源投入並衍生行車安全與國安議題。



本校測量及空間資訊學系在內政部地政司與經濟部工業局共同支持下，參與國內目前臺中水溝與臺南沙崙二個官方設置的自駕車場域之自駕車用高精地圖內容與規格制訂、製圖作業指引與成果檢核等高精地圖生產程序之先期研究，並透過台灣交通產業標準協會(TAICS)於108年10月17日及109年3月16日發布「高精地圖製圖作業指引v2」及「高精地圖圖資內容及格式標準」，提供一高精地圖如何測製作業及圖資格式、屬性內容之定義供產業界有所依循指標。

並於內政部支持下，成立高精地圖研究發展中心(簡稱高精地圖中心)，負責整合國內外相關製圖與空間資訊產業之技術和資訊，作為推動高精地圖建置流程和評估標準的參考，並促成產官學界的合作意向與共識，協助內政部推動高精地圖事務，未來以高精地圖為基底發展自駕車技術與應用，針對第三方驗證項目，高精地圖中心於108年研擬「高精地圖檢核及驗證指引(草案)」，該指引為一提供產製高精地圖精度檢核及品質管控流程，作為測繪產業續製高精地圖之檢核及驗證根據，目前本指引已透過台灣交通產業標準協會(TAICS)審查，並於109年6月5日發布。

隨著國內智慧運輸系統(Intelligent Transport System, ITS)的發展，自動駕駛車將成為未來全新的交通方式，生活中常見之導航地圖是提供給人類駕駛員使用，使我們能在開車時理解螢幕的指令，然而對於自動駕駛技術而言，高精地圖可精確給予自駕車所需的各種靜態環境資訊，亦能提供動態交通資訊如前方是否有事故等指示，協助自駕車自行判斷後續所需執行的動作，因此，使用具備車輛導航資訊之高精地圖提供可靠的已知環境資訊，已是自動駕駛技術運行的重要關鍵，同時，欲實現全自動駕駛即代表將全數由車輛接管道路行駛，於免除人為監測的前提下，為避免自駕車發生事故勢必要足夠的安全冗余，現今高精地圖已是逐步邁向智慧駕駛的必要條件。

本校高精地圖中心協助內政部地政司推動高精地圖相關議題，期許藉由「高精地圖製圖作業指引v2」與「高精地圖圖資內容及格式標準」，以及「高精地圖檢核及驗證指引」的發布，嚴格把關國內高精地圖品質，提高自駕車道路行駛的安全性，加速國內自駕車的發展及人才培育，未來隨著自動駕駛技術快速發展，為了實現高安全性，不僅需要先進的車載感測器和人工智慧判釋與決策技術，進一步需準確的車輛定位並將靜態高精地圖與即時交通數據相結合的動態資訊，即將靜態地圖與動態資訊疊疊後發展的即時動態地圖，以提供自駕車對環境的理解、行動規劃預測及行為控制，依據資料不同更新頻率由每小時至每分鐘，甚至為每秒鐘，確保自駕車行駛中面對突發情況時可快速做出反應，保護車內人員安全。(文、圖/高精地圖中心提供)

維護單位: 新聞中心

更新日期: 2020-06-05

圖 10.1 成功大學新聞中心報導

(<http://news.secr.ncku.edu.tw/p/405-1037-208271,c5934.php>)

智慧應用 / 智慧城市

## 助攻台灣自駕車產業發展 內政部強化高精地圖開發

賴佩霖 2020-10-23

讚 92 分享 回響 列印

更多報導



內政部地政司司長王成機表示，作為我國測繪主管機關，為促進台灣自駕車發展，內政部近期積極投入高精地圖、定位系統與自動駕駛資訊整合平台的開發。

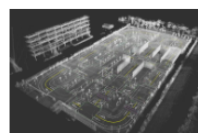
高精地圖是自駕車產業發展的關鍵技術，不過此一技術開發初期需投入大量資源，對資源有限的業者來說負擔過於沉重，為促進台灣經濟發展，加速產業升級，內政部近期積極投入高精地圖、定位系統與自動駕駛資訊整合平台的開發，地政司司長王成機表示，希望藉由上述系統提升自駕車運行安全性，降低自駕車系統研發門檻，達到自駕車上路願景。

王成機指出，內政部作為我國測繪主管機關，負責自駕車行駛所需高精地圖，包括圖資格式、製圖程序、品質檢核等，確保產出之圖資符合平面20公分與3D 30公分之精度需求，以及圖資屬性提供自駕車使用，並提出新創「高精地圖營運服務模式」，藉此達成測繪業及空間資訊產業創新升級。

### Q 點雲資料大解密



移動信息平台架構圖



台南沙崙機場高精地圖(點雲及向量資料)

內政部在多年前就已建立e-GNSS(Electronic Global Navigation Satellite System)即時動態定位系統，並於2019年升級相關軟體，提供全星系服務供各界使用，大幅提升定位效率，近年來自動駕駛成為產業重要趨勢，內政部於2020年起承接國發會發展自動駕駛資訊整合平台，負責後續平台優化及維護工作。

對於國際地圖製作的發展趨勢，王成機指出，目前市場已逐漸走向自動化製作，為達到更高地圖產製效率及降低製圖成本，內政部已進一步整合上述自動駕駛資訊整合平台與高精地圖供應服務，建立移動訊息平台，收集即時運行及動態資訊，研發偵測變異與自動化更新圖資工具於平台處理，達成圖資動態更新機制。

由於自駕車涉及之技術與領域多元，為強化產業發展助力，內政部已與經濟部、科技部、交通部展開跨部會合作，近期就與經濟部共同合作無人載具上路計畫中，由內政部提供高精地圖及自駕車資訊整合平台輔助自駕車業者上路營運，降低其技術門檻及營運成本，並且提升上路安全性，此外內政部也與科技部合作，提供沙崙試驗場域高精地圖供自駕車業者進行測試，共同建立自駕車虛擬平台。

除了跨部會合作，內政部每年主辦的國際高精地圖研討會中，與台灣外產官學研單位積極交流，2020年10月26日舉辦的「2020自駕車高精地圖布建與導航安全資訊國際研討會」，更邀請各方專業人士探討及分享高精地圖與自駕車發展規劃與現況，藉由研討會與國際接軌，連結圖資業者與自駕車廠商。

王成機最後表示，自駕車是全球產業發展的重要指標，內政部將會持續投入資源，未來將與交通部智慧運輸系統發展設計計畫合作，結合半靜態、半動態及動態訊息資訊，建立動態地圖構建、發展自動化製圖技術，提出高精圖資即時整合獲取方案，另外也將擴大高精地圖應用情境，完成智慧城市發展及智慧政府治理願景，尋求輸出國際機會，提高國外車廠至台灣進行自駕車開發及測試之意願，增加台灣自駕車及高精地圖能見度。

讚 92 分享 回響 列印

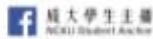
讚 7,163 按讚加入DIGITIMES智慧應用粉絲團

圖 10.2 DIGITIMES 新聞報導

(<https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=80&id=596586>)



- 中心簡介 ▾
- 即時新聞
- 即時影音新聞
- 學生新聞 ▾
- 成大專報 ▾
- 校區地圖
- 成大簡介
- 新聞發佈許可單下載
- 其他檔案下載 ▾
- 公告資訊 ▾
- 記者X十種 招募資訊



首頁 / 即時新聞 **RSS**

字體大小調整 小 中 大

**推動白領車與高精地圖發展 成大舉辦國際研討會**

文 / 孫怡婷 圖 / 成大高精地圖研究發展中心提供

「2020白領車高精地圖市建與導航安全實踐國際研討會」10月26日在台北舉行，由成功大學劉麗承受內政部委託舉辦，邀請上百位白領車及高精地圖領域技術相關領域的產官學研代表與會。

研討會以「導航安全」為主題，邀請交通部參事王修衡及成大測量系教授洪榮安分別以「導航動態高精地圖與智慧城市建設發展之連結」及「標準觀點之白領車地圖」為題發表專題演講，為研討會揭開序幕。研討會分六大主題，包括：動態高精地圖發展現況與現況、高精地圖格式發展：SIP-adus、內政部高精地圖資訊、人工智慧與白領車發展、人工智慧與白領車用高精地圖自動生產技術、白領車與高精地圖實務應用及白領車導航定位技術，分別探討白領車與高精地圖目前相關應用和未來發展趨勢。

國內白領車團隊國立系統股份有限公司執行長李任儒、台灣智慧航發股份有限公司執行長洪大維及成大電機系教授許智清，也透過使用團隊親身經驗，在研討會上分享國內高精地圖實際案例，更邀請到國內專家台大土木系教授張學孔及交大電子系教授郭翰因，分享白領車與人工智慧技術面臨的挑戰。

成大劉麗承自108年受內政部委託成立「高精地圖研究發展中心」，協助推動國內白領車用高精地圖相關標準，109年透過台灣資訊產業標準協會(TAICSA)審查後，陸續發佈「高精地圖製圖作業指引v2」、「高精地圖資訊內容及格式標準」及「高精地圖檢核及驗收指引」，推廣高精地圖標準為國內產業標準，持續修正高精地圖製圖作業指引與檢核及驗收指引，為國內高精地圖產業製守品質。

成大高精地圖研究發展中心同時針對「高精地圖自動化生產」及「群眾外包製圖技術開發智慧高精地圖領域之變異物件工具」，持續精進、更新技術，並參考國外發展架構，建立白領車用動態地圖內容標準。

白領車與高精地圖國際研討會已擴大到第三年，每年邀請相關領域之國際學者專家來台分享實證經驗，受到新冠肺炎疫情影響，今年成大團隊改以錄影播放的方式，邀請日本東京大學教授中條寬、名古屋大學博士研究員Hatem Darweesh、日本株式会社センリン、岩田繁幸部長以及加拿大工程院暨美國導航學會院士Naser El-Sheimy博士等國際專家，分享白領車及高精地圖相關技術應用及白領車導航定位技術，會後更透過場邊近交流，促使國內產業技術與世界持續接軌。

本次國際研討會邀請上百位白領車、高精地圖、人工智慧與導航安全相關產官學研專家，交流分享一年來的發展成果，對白領車智慧應用服務與高精地圖動態架構提出前瞻建議，推動未來車圖合一、接AI智慧製圖、高精地圖與智慧導航整合以及白領車導航安全等領域，跨界整合，共創未來智能移動的世界。

統籌單位: 新聞中心  
更新日期: 2020-10-26



2020白領車高精地圖市建與導航安全實踐國際研討會



探討白領車與高精地圖目前相關應用和未來發展趨勢



圖 10.3 成功大學新聞中心報導  
(<http://news.secr.ncku.edu.tw/p/406-1037-213990,r81.php>)

### 10.3 109、110 年度各參加國內外實作或論文競賽 1 件

本團隊擬將部分研究成果提送國內專題實作競賽及參與美國導航學會 ION GNSS 年會舉辦之論文競賽，109、110 年度各至少 1 件。本團隊投稿「A Novel Assisted Sensor Scheme with Automated Road Elements Generation to Produce HD Maps for Autonomous Driving Applications Using a Low-Cost Mapping Payload」之全文參加美國導航學會(Institute of Navigation)舉辦之 ION GNSS+ 2020 年會之最佳學生論文獎競賽，競賽文件與參賽文章請參閱附錄十。

### 10.4 本章小結

本案將依據 109 年度研發成果，目前擬提送 SCI 等級的期刊論文 4 篇再搭配 6 篇研討會論文或其他期刊論文，以提升我國移動測繪技術的國際能見度，落實本案發展推廣及應用。截至本案第三期為止，總共提出 5 篇成果論文，其中 1 篇為 SCI 等集期刊論文，4 篇為研討會論文。

為發展高精地圖與自駕車系統的介接機制及展示本案研究成果，本團隊於 109 年 6 月 5 日及 10 月 26 日於成功大學新聞中心發表高精地圖相關新聞。於 109 年 10 月 23 日於 DIGITIMES 發表高精地圖及自駕車發展相關議程，新聞標題為「助攻台灣自駕車產業發展 內政部強化高精地圖開發」。

本團隊將部分研究成果提送國內專題實作競賽及參與美國導航學會 ION GNSS 年會舉辦之論文競賽，參賽文章為「A Novel Assisted Sensor Scheme with Automated Road Elements Generation to Produce HD Maps for Autonomous Driving Applications Using a Low-Cost Mapping Payload」

# 第十一章、成果效益評估、計畫進度管考

## 11.1 成果效益評估及擴大科技應用

成果效益評估及擴大科技應用：依據科技計畫績效管考平台提供格式，配合內政部辦理本案計畫「科技發展計畫績效評估作業」自評作業需求，參考內政部提供之相關績效作業範本，填寫本案相關成果效益報告書、績效指標、佐證資料、政府科技發展計畫績效評估；另配合將本案各期資訊登載政府研究資訊系統(GRB)，且將登載結果繳附於各期工作成果(參閱附錄十一)，並適時接受諮詢。

## 11.2 廠商需配合機關填寫行政院政府計畫管理資訊網(GPM)管考作業所需表格內容，並適時接受諮詢，每月 25 日前需繳交月報表，說明工作執行進度

配合內政部填寫行政院政府計畫管理資訊網(GPM)管考作業所需表格內容，並適時接受諮詢，每月 25 日前需繳交月報表(參閱附錄十二)，說明工作執行進度。

## 11.3 本章小結

本團隊配合將本案各期資訊登載政府研究資訊系統(GRB)，且將登載結果繳附於各期工作成果；配合內政部填寫行政院政府計畫管理資訊網(GPM)管考作業所需表格內容；並於每月 25 日前需繳交月報表，說明工作執行進度。

## 第十二章、協助推動高精地圖相關計畫

12.1 廠商以專案辦公室推動本案工作，協助機關推動國內高精地圖事務，且推動本契約事項及參與國際事務合作時，得使用該辦公室名義，並須適時配合機關作業，接受機關督導，機關亦得派員參與作業

為了協助內政部推動國內高精地圖事務與推動本案事項及參與國際事務合作，本團隊於 108 年在成大蘇慧珍校長和本系林昭宏系主任支持下成立「高精地圖研究發展中心」(如圖 12.1 所示)。其成立宗旨在於整合國內外相關圖資與空間資訊產業之技術和資訊，作為推動高精地圖建置流程和評估標準的參考，並促成產官學界的合作意向與共識，未來以高精地圖為基底發展自駕車技術與應用，任務範疇包含推廣相關活動、技術發展、重要政策等重要的參考資訊，並且提供以下服務項目：協助內政部推動高精地圖事務、引進國際製圖技術、圖資檢核與技術諮詢、國際交流與合作。



圖 12.1 高精地圖研究發展中心：(左)辦公室；(右)會議室

「高精地圖研究發展中心」目前有 8 名專案人員協助高精地圖相關計畫執行，每個月的工作內容包括：(1)「高精地圖產學研資訊交流平台」之網站開發及更新維護、(2)「高精地圖研究發展中心」Facebook 粉絲頁更新維護、(3)辦理論壇活動、(4)蒐集高精地圖發展、科技政策、成果展示、知識情報文章等相關資訊、(5)參加各政府部門及產業研討會及活動、(6)籌辦內政部主辦之論壇及國際研討會、(7)提供高精地圖相關諮詢服務及(8)彙整高精地圖產學匯報。

資訊傳播方面，「高精地圖研究發展中心」Facebook 粉絲頁定期發布相關活動與技術資訊，如圖 12.2 (a)。同時本團隊也不定期於「高精地圖產學研資訊交流平台」(圖 12.2 (b))發佈動態訊息、科技政策、成果展示、知識情報文章等相關資訊，透過定期推播高精地圖相關活動訊息以及不定期系統程式維護與更新，落實協助推動高精地圖相關計畫之工作範疇。



圖 12.2 (a) 「高精地圖研究發展中心」Facebook 粉絲頁；(b) 「高精地圖產業研資訊交流平台」網站

## 12.2 每月需整理 2 份高精地圖產業分析報告提供機關參考

此外，本團隊在每月彙整出兩份高精地圖產業分析報告(參閱附錄十三)，藉由持續追蹤國際動態，以利掌握高精地圖相關產業及學界之最新技術與發展。同時也協助彙整、盤點國內自駕車和高精地圖的相關政府機關、廠商，作為後續推廣活動與發表成果之參考。以下針對自駕車技術及高精地圖進行分析比較。

自駕車技術蓬勃發展，各大車廠及圖資商紛紛加入戰場，L2 等級車款陸續推出，並持續開發 L3、L4、L5 等級自動駕駛，表 12.1 所示為各車廠自駕車規格比較。FORD 投資 Argo AI 公司發展全自動駕駛系統，透過車上搭載的攝影機、雷達、光達等判讀周圍環境；通用汽車 GM 發展整合點雲地圖、雷達、相機及 GNSS 的 Super Cruise 自動駕駛系統，評估自動駕駛汽車需要高精地圖定位車輛行駛狀態，開發地圖重要性與開發自動駕駛技術一樣；HONDA 汽車公司預計於 2021 年 3 月底前推出自家 Legend 轎車，其有望成為世界首家批量生產 L3 級自動駕駛汽車的廠商，該技術已獲得日本國土交通省頒發的 L3 級自動駕駛安全認證；Nissan 推出 Pro Pilot 系統，整合光達、雷達、相機以及聲納感測器，期望達全自動駕駛功能，同時搭載高精地圖，如此一來車輛可以準確將汽車的位置精確定位在 10 公分以內，極大地提高 Pro Pilot 的操作和安全性；TESLA 開發 Autopilot 系統，採用攝影鏡頭、超音波、車前雷達作為其主要的影像感測器；TOYOTA 於 2019 年展示全新的自動駕駛車 TRI-P4，整合了光達、雷達及相機，實現相當於 Level 4 的低速自動駕駛服務；VOLVO 汽車和美國矽谷的新創公司 Luminar 的合作，將推出首個高速公路自動駕駛系統 Highway Pilot，Luminar 的光達雷達將做為自動駕駛的基礎硬體，雷射雷達感知技術來改善駕駛輔助系統(ADAS)；WAYMO 自駕車搭載多種感測器，包含光達、攝影鏡頭、影像識別系統、LED 顯示螢幕等，已在美國境內超過 25 座城市及超過 3200 萬公里道路測試行駛

距離，若加上模擬測試行駛道路距離更超過 160 億公里，道路運作時失控機率最小，大約每 1600 公里僅有 0.2 次的失控事件。

表 12.1 各車廠自駕車規格比較

車廠	相機/攝影機	光達	雷達	高精地圖	其他感測器	備註
FORD	✓	✓	✓	✓	光線探測器	
GM	✓		✓	✓		
HONDA	✓	✓	✓	✓		預計 2021 年推出量產 L3 等級自駕車
Nissan	✓	✓	✓	✓	聲納感測器	
TESLA	✓		✓		超音波	
TOYOTA	✓	✓	✓	✓		
VOLVO	✓	✓	✓	✓		
WAYMO	✓	✓		✓		

同時，部分廠商規劃需求較為單純的自駕車應用如卡車貨運、定點接駁車等，其行駛路線固定，路況複雜度相比於一般道路較低，技術相較容易達成。如計程車接送案例，Alphabet 旗下的自駕車部門 Waymo 最早於 2017 年，於美國亞利桑那州推出自駕計程車試乘服務，一共行駛了 981 萬公里，其中 10.5 萬公里為無駕駛員監看的狀態，今年 10 月，Waymo 宣布將從計程車服務中除去安全駕駛員，升級為首家完全自駕的商業服務。隨後無人送貨車公司 Nuro、亞馬遜自駕車部門 Zoox、中國車廠 AutoX 後、通用汽車 GM 旗下的 Cruise 亦陸續提出自動駕駛測試之需求。

針對高精地圖發展現況，資料採集主要分為：(1)以專業移動測繪系統集中式製圖；(2)藉由群眾外包方式繪製。Waymo、TomTom、百度地圖、AIRLOOK 等選擇以專業移動測繪系統，搭載光達、相機、攝影機、定位定向系統等感測器繪製高精地圖，Waymo 的高精度地圖由 Google 地圖發展而來，擁有一支龐大的測繪車隊集中建立高精度地圖；TomTom 於靜態地圖方面有著多年的開發經驗，近年來著手開發高精地圖，現階段主要推動 AI 在自動駕駛高精地圖製作方面的應用；百度地圖擁有 300 輛各類專業採集車，包括高精地圖採集車、高精全景一體化採集車、高精停車場採集車等，目前 80% 的資料已可藉由自動化方式進行處理，針對未來圖資更新，建議採用專業移動測繪系統製作底圖，搭配群眾外包進行重覆性資料蒐集，精度分析後再評估是否套用至底圖；AIRLOOK 高精地圖主要由無人機傾斜攝影測量，運用深度學習與電腦視覺等技術採集和自動化重建而成，用於精確還原城市的物理外部環境。

Here、Mobileye、CivilMaps、DeepMap、Carrera、Lyft、高深智圖等選用群眾外包方式進行高精地圖資料蒐集，藉由搭載低成本之感測器，透過大量車輛蒐集之資料，進行資料上傳及更新。Here 從 2020 年開始向行業提供

統一標準的高精度地圖產品與服務，為全球 OEM 自動駕駛方案的落地提供支撐；Mobileye 公司雖不直接測製高精度地圖，但搭載 Mobileye 系統車輛的相機，將拍攝之影像進行上傳，並於圖資商之高精地圖進行更新；CivilMaps 測繪方式為利用影像或雷達進行資料蒐集，再將資料上傳到雲端，藉由人工智慧技術針對點雲資料提取所需資訊；DeepMap 地圖資料蒐集為利用多感測器融合方案，將車輛感測器蒐集到的資料轉化成詳細的地圖；Carmera 公司採用群眾外包模式進行高精地圖資料蒐集，透過各物流車上安裝感測器設備採集高精地圖；Lyft 共享乘車服務平臺的車輛，裝設低成本攝影機，拍攝人類駕駛日常所見到的場景，這些資料會被用來訓練自駕車系統，學習人類駕駛遇到特殊情況時的行為；高深智圖採用低成本感測器的點雲融合和 ICP 演算法進行高精地圖製作，同樣採用群眾外包模式及變化檢測技術來做更新。

現今自駕車快速發展，與自駕車息息相關的高精地圖產業因應趨勢亦蓬勃發展，根據波士頓諮詢公司(BCG)預測，2025 年全球自動駕駛汽車市場總規模將會達到 420 億美元(約新台幣 12 兆元)；另參考 2019 年導航電子地圖行業研究報告顯示，2023 年中國大陸地圖市場規模將達人民幣 115.4 億元(約新台幣 500 億元)；屆時預估高精地圖應用到自動駕駛的服務費為每台車 1 年需人民幣 700 至 800 元 (約新台幣 3500 元)。

**12.3 廠商應組成專案工作小組，自行定期召開工作會議，並適時接受諮詢。其中 3 次需邀請使用者(名單需先與機關討論)參與交換意見，並作為後續應用方向或執行參考，所需費用由廠商負擔**

為管控本案個工作項目進度以及執行情形，本團隊組成專案工作小組，定期召開工作會議，並適時接受諮詢。本案規劃每月會同內政部舉行工作會議，討論各工作項目執行情形，並根據會議討論結果滾動修正本案各項目工作計畫，會議紀錄請參閱附錄十四，同時本團隊亦針對第二期成果專家學者審查會議中的意見進行相關修正，並將意見回覆表收錄於附錄十五中。

#### **12.4 本章小結**

本團隊成立「高精地圖研究發展中心」目前有 8 名專案人員協助相關計畫執行，除了網站開發及更新維護、Facebook 粉絲頁更新維護外，每月蒐集高精地圖發展、科技政策、成果展示、知識情報文章等相關資訊提供內政部參考，並配合辦理論壇活動、參加各政府部門及產業研討會及活動、籌辦內政部主辦之論壇及國際研討會等。

# 第十三章、創意回饋項目：自駕車系統開源軟體導航定位技術之評析

前國外有針對自駕車發展開發不同的自駕車系統軟體，其軟體系統功能主要包含感知資訊、定位資訊、決策規劃以及車輛控制的功能。因應未來發展至高階的自動駕駛系統(SAE Automation Level 4 以上)，需要更完善的定位技術以確保自駕車定位精度能夠符合各種複雜情境的需求。然而，目前針對自駕車系統發展議題，鮮少針對自駕車系統中定位系統的效能進行探討，因此本團隊在本案工作項中，另外提出創意回饋項目，討論自駕車系統開源軟體導航定位技術。

此工作項上，預計針對現今自駕車系統開源軟體進行導航定位技術之評析，在目前多元自駕車系統時代，分析相關文獻與作業系統。針對導航定位此領域，進一步介紹其使用方式和技術內容探討。然而，現今自駕車導航定位技術上，仍存在著許多不穩定與不確定性，這些影響因子主要來自對環境與感測器之間的交互影響。本團隊預計也將提出定位技術改善方案，基於導航理論與多感測器整合架構之下，評比出較適合現今需求的自駕車系統導航定位系統與提出如何精進的改善策略。

## 13.1 自駕車系統開源軟體文獻回顧

近年來自駕車系統的開發成為目前最熱門話題之一。隨著開源代碼與開源軟體的盛行，傳統封閉式的開發環境已經漸漸落寞，取而代之的是讓使用者提供諸多創意去修改開源軟體，回饋給開發者，讓整體系統與架構更加完善。這樣交互效應之下，可以讓開源軟體的資料結構與系統架構更加完善。同一時間，使用者也可以享受到開源軟體，並提出客製化的修改，加以提升效能。以下將列舉目前自駕車領域上，最著名的五個自駕車系統開源軟體。

### 13.1.1 百度阿波羅(Apollo)

百度阿波羅(Apollo)由中國百度研發中心發布，該開源軟體 Apollo 內含汽車平台、硬體平台、軟體平台及雲端資料服務等各式解決方案，百度也將開源障礙物感測、軌跡規劃、車輛控制、車輛作業系統等各種功能與完整的測試工具。短短一年之內，百度的 Apollo 平台已經有超過 100 家公司簽約，並實現了一系列重大進展，包括在開放性自駕車平台上車用資通訊(Telematics)等新功能。針對定位技術上，Apollo 提供多感測器支援方案，舉凡光達、雷達與影像等等都是基本標配。該平台同時也支援多感測器整合定位方案，衛星定位與慣性導航等整合平台，給開發者使用。值得一提的是該平台也同時支援高精地圖，可進一步穩定與提升定位精度(Fan et al., 2018)。圖 13.1 中展示了 Apollo 在 2018 年提出的整合架構，該整合架構以慣性導



航為主要感測器，搭配其他輔助感測器如衛星定位，光達點雲與先前建置好的圖資。在以光達定位的技術中，Apollo 直接配合圖資資訊與光達點雲觀測量，直接推導出位置與航向資訊，整合於核心濾波器中。該文獻提供之結果在整體測試下可以達到約莫 5-10 公分的精度。

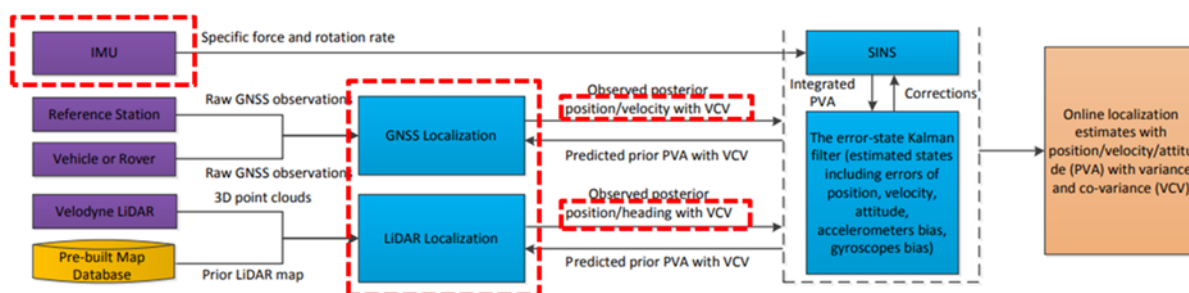


圖 13.1 Apollo 文獻整合定位架構(摘錄自 Wan et al., 2018)

與文獻中的整合架構類似，現今 Apollo 2.0 的定位框架也採用相同的概念加以實踐，整合衛星定位與點雲定位技術。圖 13.2 為 Apollo 教學平台所公布之定位模組，而圖 13.3 則是對慣性導航/衛星定位的相關解釋，慣性導航基於牛頓第二運動定理下來進行定位，而衛星定位則是採用 RTK (Real Time Kinematic) 的精準定位模式來提供給自駕車可靠的解準確的位置資訊。點雲定位如圖 13.4 所示，採用迭代最鄰近點與直方圖濾波。Apollo 平台網站上附有教學影片幫助使用者了解各個定位模組的運行原理與基本知識，讓沒有基礎之使用者可以快速了解系統運作原理與操作。

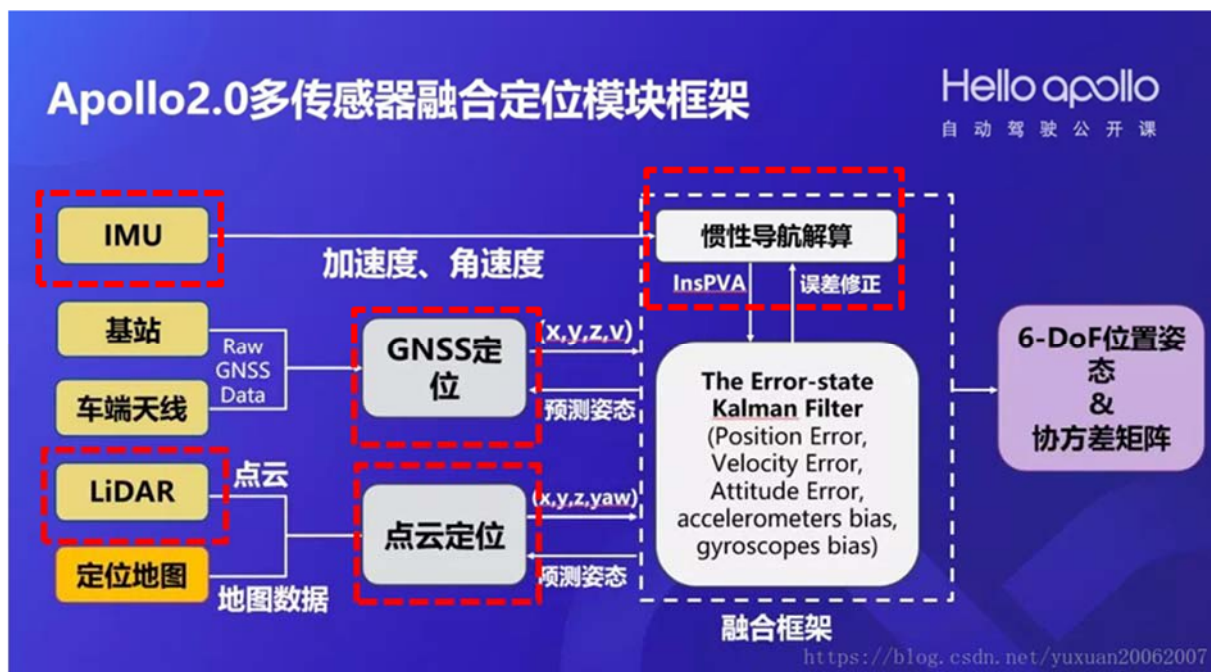


圖 13.2 Apollo 2.0 整合定位架構

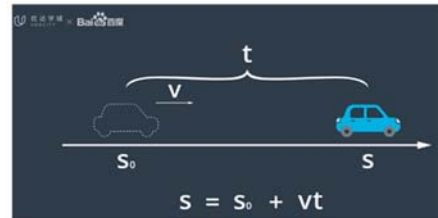
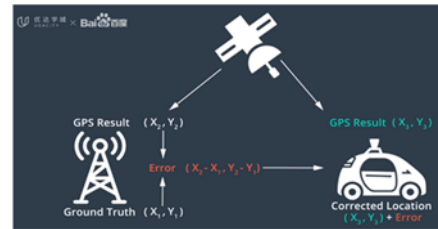
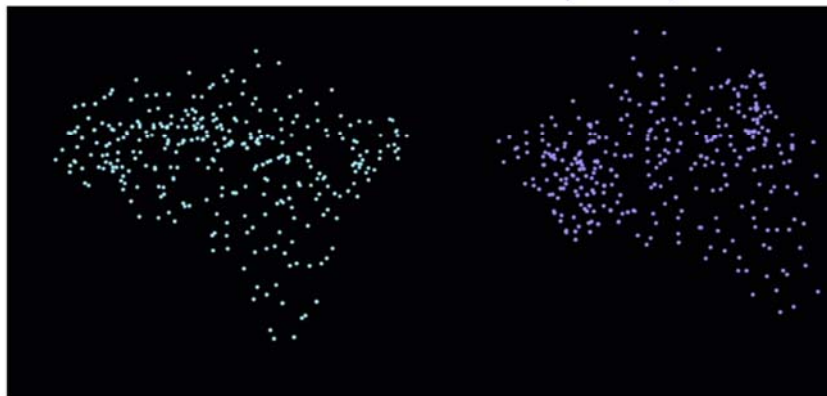


圖 13.3 Apollo 慣性導航/衛星定位架構與原理

### 迭代運算最近點 (Iterative Closest Point, ICP)



### Histogram Filter

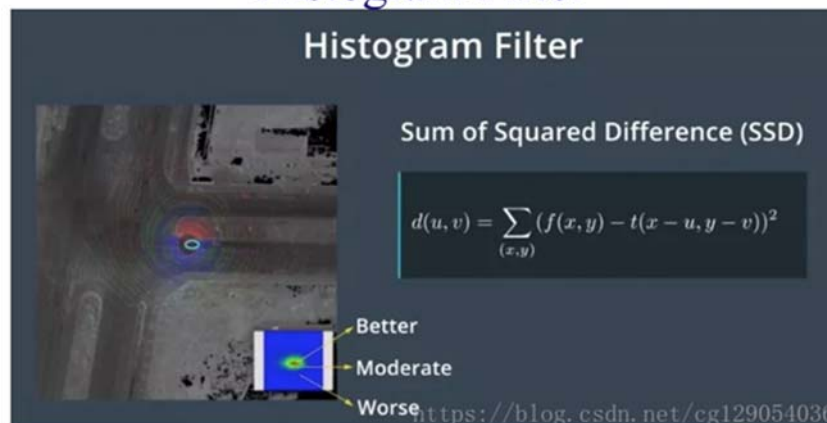


圖 13.4 Apollo 點雲定位演算法

### 13.1.2 Autoware

Autoware 是基礎於機器人作業系統(Robot Operating System, ROS)下的開源軟體。ROS 是專為機器人軟體開發所設計出來的一套電腦作業系統架構，也是現今最廣為流行的開源平台與軟體開發平台。自 2015 年起 Tier IV 與合作夥伴共同研發推出一套完整的自動駕駛作業系統 Autoware 並開始進行自動駕駛道路測試。與此同時，Tier IV 成立基金會並進一步提供代碼與軟體，積極推動 Autoware 的開放與使用。Autoware 的核心定位系統採用三維地圖與即時定位與地圖構建技術(SLAM)，輔以衛星定位與慣性導航等等定位技術(Kato et al., 2015)。圖 13.5 為 Autoware 現今開放之定位模組，如圖所示，該點雲定位模組仰賴衛星定位提供初始值，在藉由正態分佈變換演算法來匹配點雲與既有的圖資資訊，進而推導位置姿態等導航訊息。

#### Localization – Workflow

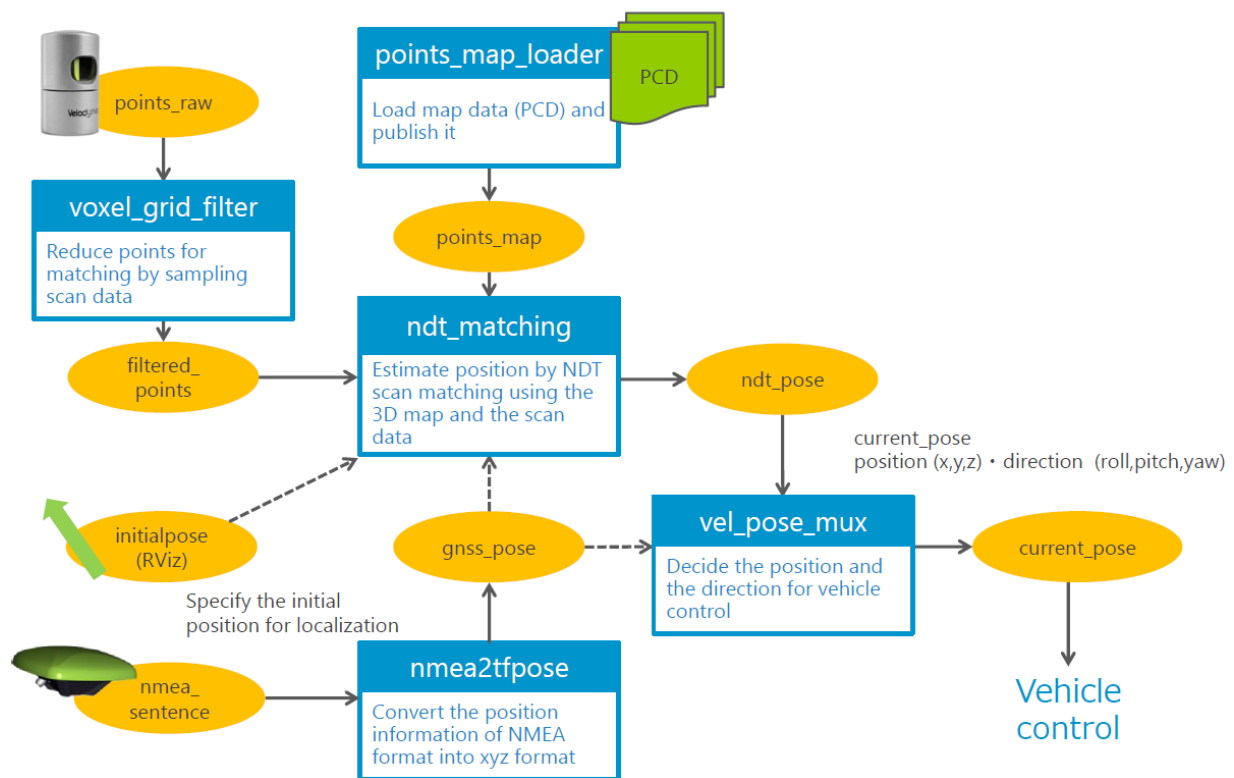


圖 13.5 Autoware 點雲定位模組

### 13.1.3 EB Robinos

EB Robinos 開發是以提供完整的自駕車硬體與軟體檢驗為主，主張提出完整的且高自動化的自駕車系統。EB Robinos 的架構如圖 13.6 所示，該架構遵循了從左側的感測器模組到右側的車端控制與執行模組，兩者之間有五個區塊模組：感測器融合、情境行為、動態管理、人機介面管理和安全管理包含用於自動駕駛的功能算法。其定位系統架構包含在感測器融合模組中(圖 13.6 綠色部分)，著重在衛星定位輔以高精地圖(Giesler, 2017)。平台多為

控制與輔助高級輔助駕駛系統的操作，同時將也納入地圖資訊來完善高級輔助駕駛系統。同時也支援現今導航數據標準(NDS)格式。與 NDS 地介接架構如圖 13.7 所示，NDS 格式地圖可提供與道路有關的屬性資料(例如速限、車道數、路寬)的信息。藉由 EB robinos Predictor 充當地圖和車端引擎控制單元 (Engine control unit, ECU)之間的橋樑，通過使用 ADASIS 協議規範將地圖數據轉換為車端可讀取的資訊。ADASIS 是 NDS 地圖資料庫和 ADAS 車端之間的標準化數據交換協議。它使車端系統可以使用與存取在 NDS 地圖庫中的資料，基於地圖和位置構建預測數據，並提高道路安全性，提供更高的駕駛舒適性。

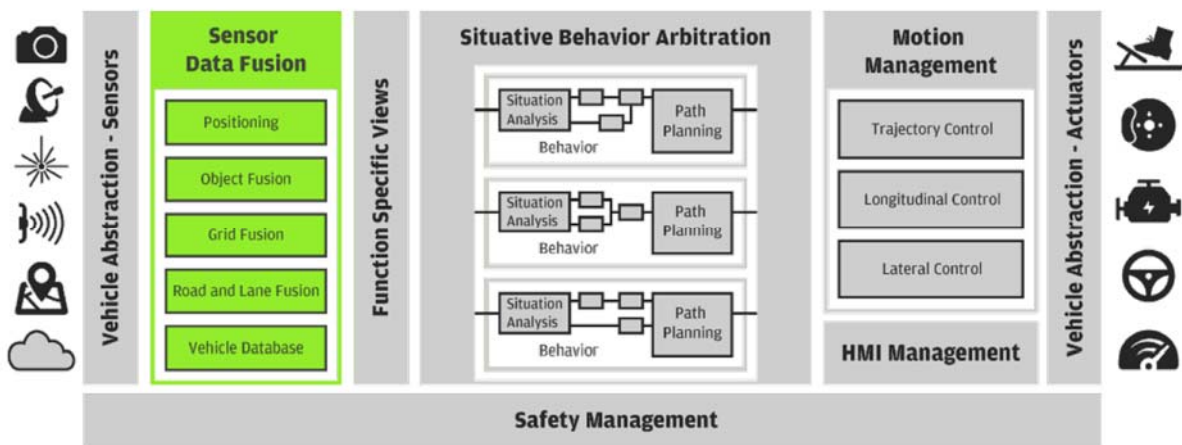


圖 13.6 EB Robinos 系統架構(www.elektrobit.com)

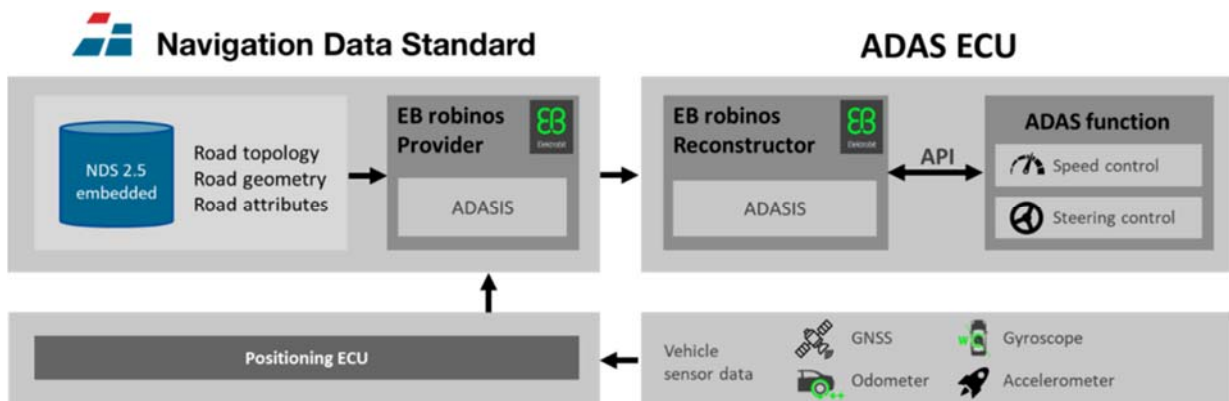


圖 13.7 NDS 與 EB Robinos 介接架構(https://nds-association.org/elektrobit/)

### 13.1.4 NVIDIA DRIVE

NVIDIA DRIVE 平台期望打造全新單處理器組態包含了高速公路自動駕駛及 HD 地圖圖資技術其架構如圖 13.8 所示。該平台配合 NVIDIA 自家同出的處理器，可達到即時處理多感測器的平行處理。同時也開放軟體開發工具包(Software Development Kit, SDK)，給使用者使用。與定位系統相關的模組如圖 13.8 中的 Mapping 模組中，自動駕駛汽車的精確位置和方向，感

知的道路特徵更新雲端的高精地圖，並可以創造地圖測製公司未必能提供地  
 眾包地圖，車端與雲端地圖介街的模式如圖 13.9 所示，其中 DRIVE  
 MapStream Client 使圖資供應商可以有效更新高精地圖；DRIVE Perception 可  
 偵測車輛周遭環境中的語義訊息(例如：道路邊界、車道、交通標誌及交通號  
 誌)，其形狀，位置和其他特徵。地圖更新發生在圖資供應商的雲端地圖庫中，  
 其資料是通過 DRIVE MapStream Client 從自駕車上傳的；DRIVE MapServices  
 可以直接從道路上的自駕車輛創建高精地圖，整合來自同一路徑上各種車輛  
 乾測的資訊，以眾中包方式創建稱為 MyRoute 的高精地圖，該架構仍在持續  
 修正中，未來相關資訊可以參考 NVIDIA 網站的說明  
 (<https://developer.nvidia.com/drive/drive-mapping>)。

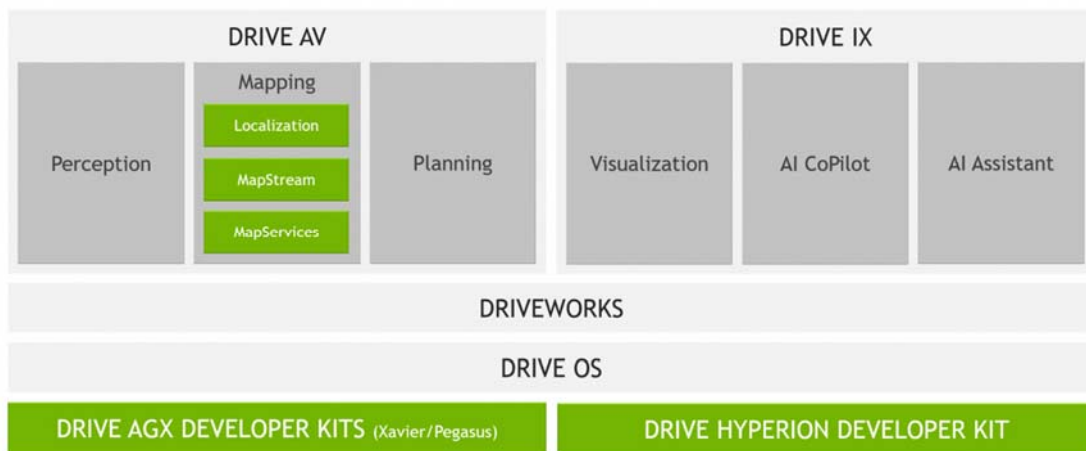


圖 13.8 NVIDIA DRIVE 系統架構(<https://developer.nvidia.com/drive/drive-mapping>)

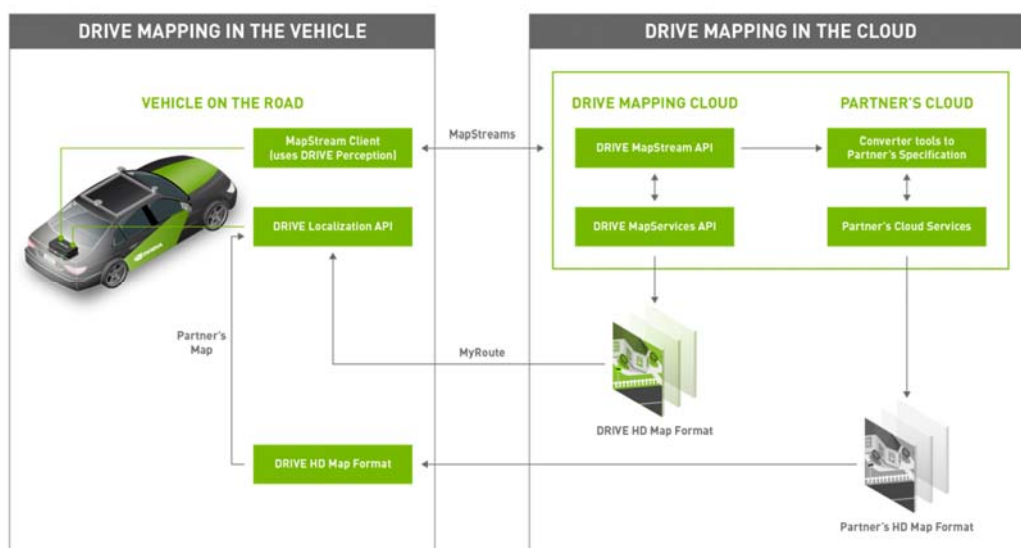


圖 13.9 NVIDIA DRIVE Mapping 系統架構  
 (<https://developer.nvidia.com/drive/drive-mapping>)

定位模組支援的感測器包含相機、GNSS 以及 IMU，該平台定位系統主要以高精地圖為主的地圖定位技術，配合上影像的輔助，提供如行人，車輛等等物件偵測技術。此外，該平台也提供視覺里程計(Visual Odometry)的輔助，整合於高精地圖為視覺與地圖結合的定位平台(Kemsaram et al., 2019)。

### 13.1.5 Comma.ai - Openpilot

自動駕駛公司 Comma.ai 推出 Openpilot 的軟體以及相對應的硬體(例如：EON DevKit)。初期是以搭配自家硬體與開源軟體，在具有特定功能的車種達成 Level 2 能力的先進駕駛輔助功能測試，主要針對具有主動定速巡航系統以及自動轉向輔助系統的車輛提供支援(例如：Honda Sensing 或 Toyota Safety Sense-P)，以確保系統可以控制車輛的油門、剎車及方向盤。該平台提供多項的硬體系統開發，已達成控制與系統高度整合為主，透過 OBD II 接口與車端 ECU 連結，實現自動駕駛功能，系統的開源軟體已經可以在開源平台 GitHub 上取得(<https://github.com/commaai/openpilot>)。該平台目前也積極開法高精地圖與建置相關高精地圖工作。

## 13.2 自駕車系統導航定位技術開源軟體定位技術簡介

### 13.2.1 慣性導航及衛星定位技術

近年來由於微機電技術進步，感測器的發展與應用觸角獲得長足進步，其中慣性測量感測元件即在此趨勢下獲得導航運用的青睞。由於慣性導航技術具有高採樣頻率及短時間內高精度之特性，可以被使用來解決衛星定位所遭遇諸如訊號遮蔽、低採樣頻率、週波脫落、易被干擾等限制。衛星定位與慣性測量感測元件間具有明顯的互補性，將兩者進行整合便能克服單一系統之缺點且提供更穩定的定位及定向成果，故目前不管在軍用或民用的整合系統發展皆趨向於使用慣性導航(INS)及衛星定位技術(GNSS)。

INS 為一種相對定位的導航技術。基本概念是根據慣性空間的牛頓第一及第二運動定律，藉由得知物體的加速度經由一次積分可以得到當下載體的速度；二次積分可得到位置或是距離。有別於其他定位系統(例如：GNSS)，INS 是一種自主的導航系統，不需要藉由外來的訊號，也不會向外發送任何訊號，僅需要自身的導航系統就可進行導航定位的工作。這表示此種系統可在全天候條件下，在全球範圍內和任何介質環境內自主地、隱蔽地進行連續的三維定位和定向。雖然 INS 的定位誤差會隨著時間而累積，其誤差累積約與時間的平方成正比，但憑藉著特有的導航自主性，慣性導航系統仍為許多重要運動載體不可缺少的核心導航設備。

INS 的核心為加速度計及陀螺儀之慣性測量儀。一個完整的慣性測量包括了三個加速度計及三個陀螺儀或稱角加速度計。依照等級的不同，其觀測量也有所差別，較高等級的慣性測量儀提供觀測量為速度變量  $\Delta v^b$  及角度變

量 $\Delta\theta^b$ ，而等級較低的慣性測量儀所提供觀測量為合力 $f^b$ 和角速度 $\omega_{ib}^b$ 。慣性導航方程式計算過程首先針對原始的觀測量，進行系統誤差的改正，再經由慣性導航方程式的過程，最後可以得到慣性導航解，其中包括了三個位置解、三個速度解以及三個姿態角。陀螺儀元件的三軸正交擺設與加速度計的三軸相同，自成一個本體的坐標系統。在實務上，通常將盡可能地使慣性測量儀本身的坐標系統與載體坐標系統重合，減少一次坐標轉換，降低導航方程式中的複雜度。

INS 和 GNSS 各有其優缺點，而且兩者間具有明顯的互補性；若將兩者進行整合以便補強兩者單獨系統定位的各種不足則可形成一個更優越的導航系統。此系統可為使用者提供更高精度、更好的可靠性、及豐富導航訊息。表 13.1 為 GNSS 與 INS 之特性與優缺點表，以及整合後之特性表。

表 13.1 GNSS、INS 及 INS/GNSS 整合之特色比較

	INS	GNSS	INS/GNSS
優點	短時間獲得高精度位置、速度。 準確姿態資訊。 高觀測量輸出頻率 獨立運作系統。 無訊號遮蔽。	長時間獲得高精度位置、速度。 不論時間，精度皆一致。 不易受重力影響。	高位置與速度精度。 準確姿態之決定。 高資料頻率。 GNSS 遮蔽時亦有導航輸出。 週波脫落偵測。 GNSS 訊號搜尋時間降低。 重力向量之決定。 阻抗人為干擾。
缺點	精度隨時間下降。 受重力影響。 需要初始對準、飛行率定。	具有姿態雜訊。 低觀測量輸出頻率。 無獨立運作。 週波脫落和失鎖。	

在 INS/GNSS 整合定位定向演算法之發展過程中，最優估計數據處理理論中卡曼濾波器理論扮演了相當重要的角色，它提供了整合式導航系統重要的理論基礎。卡曼濾波器(Kalman filter, KF)自 1960 年由 Rudolph E. Kalman 博士發表其著名關於離散資料線性濾波器遞迴解法(Kalman, 1960)之論文後，即廣泛的被使用在導航及控制等相關領域。該濾波器由一系列預測器(predictor)與補償器(corrector)以及將估計後狀態參數之變方最小化的數學式所構成。在導航及動態定位的領域中，它被公認為是目前在整合系統開發過程中核心演算法的唯一選擇(羅貽駢，2008)。卡曼博士首先成功採用了狀態空間的概念並用狀態方程式描述系統，同時以訊號作為狀態，改變了對濾波問題的一般描述。它不是要求直接給出訊號過程的二階特性或頻譜密度函數，而是把訊號視為在白雜訊作用下的一個線性系統的輸出，且將此種輸入與輸出的關係用一個狀態方程來描述。傳統卡曼濾波為線性濾波，即狀態方程和觀測方程均為線性方程式。然而在許多實務上，系統的物理或數學模型有時需用非線性方程來描述，且在很多情況下，系統的觀測方程式也多為非

線性的，如 GNSS 單點定位和差分定位的定位方程式都是非線性。這時若仍然使用線性卡曼濾波方程式來估算系統狀態，則必須利用泰勒展開式對非線性方程和觀測方程式進行線性化，並導出適合此種情況的線性卡曼濾波方程 (Brown and Hwang, 1997)。

然而，整合架構影響上述整體定位定向系統之效能甚鉅，目前多數整合導航系統使用鬆耦合(Loosely-Coupled)架構為其核心算法，當行駛車輛使用者無法同時收到四顆或以上的衛星訊號，GNSS 系統無法單獨求解時，鬆耦合整合架構將失去整合的功能，形成 INS 系統獨立運作模式(Lewantowicz, 1992)，其定位誤差在五分鐘之內，約略與時間的平方成正比，直至整體導航系統無法使用的程度(圖 13.10)。反之，緊耦合(Tightly-Coupled)整合系統架構基本上是將兩系統就觀測量部分做整合，意即不再像鬆耦合系統將兩系統視為獨立運作的導航系統，取而代之的是緊密地將 INS 及 GNSS 視為同一個系統進行導航解算；純就技術觀點而言，此種整合架構最大的優點在於，已完成初始化的前提下，當 GNSS 訊號薄弱，系統只要能收到一顆衛星的正常訊號即可進行解算，持續地提供相對穩定的導航解。

鬆耦合與緊耦合的架構在衛星數量大於 4 顆以上時其定位精度是相似的，但是當衛星數量小於 4 顆時，鬆耦合架構定位精度就隨時間遞減，然而緊耦合架構之定位精度仍可維持相當穩定的行為，直至衛星數量減為 0 顆。由於緊耦合架構觀測模型直接使用接收到之虛擬距離與都普勒觀測量，整合卡曼濾波器受 GNSS 觀測量品質好壞的影響更為敏感，一般消費級量產化 IMU 之效能無法長時間抑制錯誤衛星訊號帶來的負面更新，受多路徑效應影響甚至，直接使用非直線訊號接收之衛星觀測量，將會導致濾波器發散終至無法使用；就算使用低階戰術級 IMU 搭配大地等級接收機與天線，在缺少錯誤 GNSS 訊號偵測及抑制技術情況下，於充斥衛星反射訊號且頻繁訊號失鎖之高度發展都市區域，甚至無法滿足道路級的定位精度(Chiang et al., 2019)。因此 INS/GNSS 緊耦合整合架構於訊號遮蔽之都市高度發展地區能否穩定運作，均繫導航系統是否能有效識別且降低帶有粗差錯誤 GNSS 訊號之影響，方能使之正常運作。



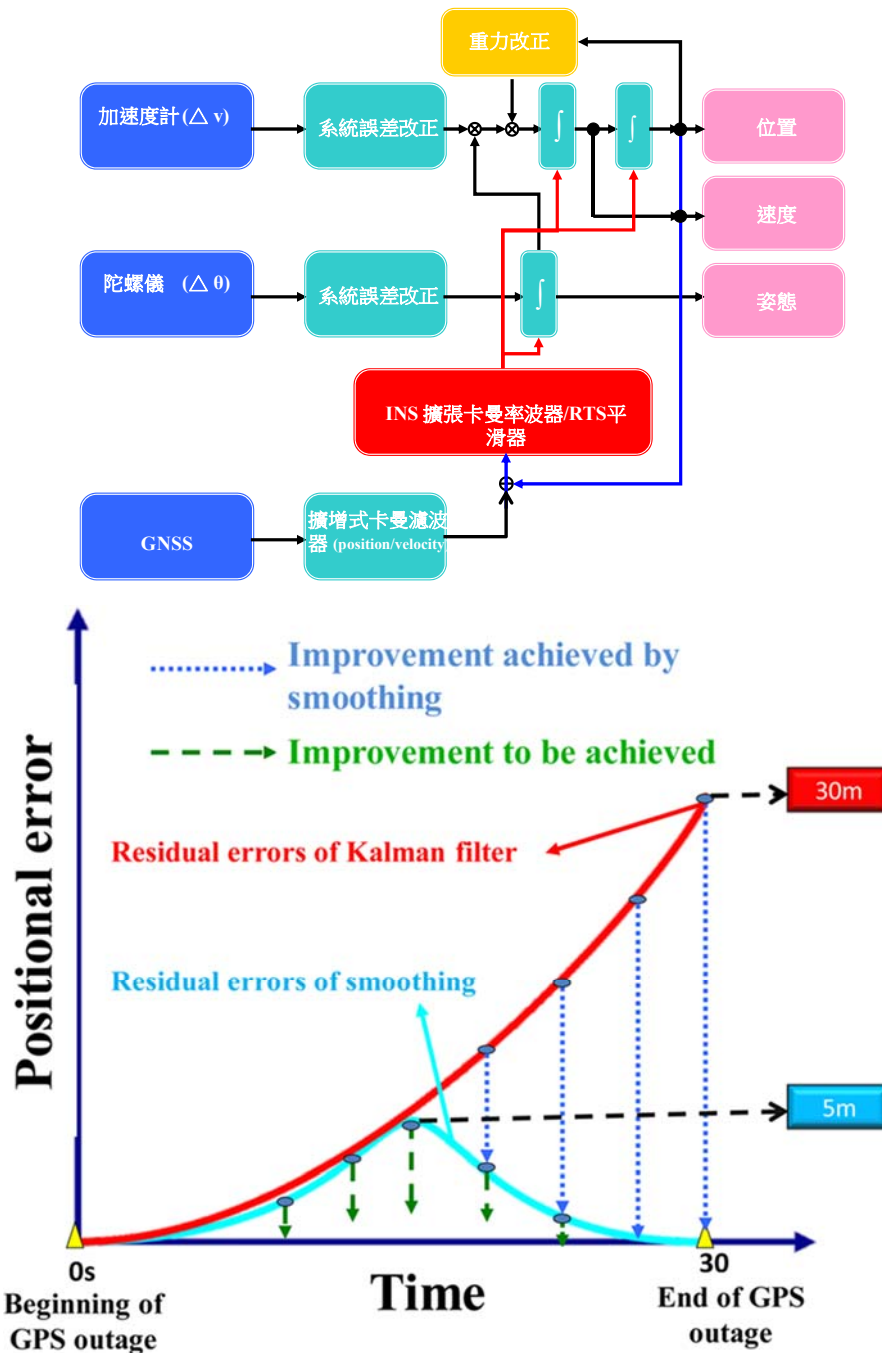


圖 13.10 傳統 EKF(Extended Kalman Filter)/平滑器之鬆耦合架構與誤差行為 (無 GNSS 更新之環境)

### 13.2.2 影像定位技術

近年來，隨著相機技術進步與成本快速下降，許多利用影像輔助的導航的技術：視覺里程計被孕育而生。視覺里程計是僅使用單一或多個相機的影像輸入來估計其裝置(如車輛、人類與機器人)自我運動的過程(Scaramuzza and Fraundorfer, 2011)。其能夠恢復相機拍攝之軌跡而延伸至前進移動的導航目的(Krešo and Šegvic, 2015)。在陌生的環境中僅需透過拍攝及分析連續影像就可以連續且自動的定位與定向。最知名的視覺里程計案例為火星探勘任務，機器人派遣至火星上探索星球地理與地質資訊，透過影像紀錄周遭環境，

且發展為視覺里程計以輔助整體機器人定位與定向(Cheng, et al., 2005)，顯見視覺里程計於廣泛搭載影像感測器之自動駕駛車輛及無人載具上的發展可行性獲得了驗證。

Tardif 提出了整合鬆耦合架構來整合視覺里程計來輔助 INS/GNSS 來得到較好的成果(Tardif, 2010)。為了驗證視覺里程計的輔助性，Li 與 Mourikis (2012)也透過卡曼濾波器中，不同的狀態分析，來與視覺里程計整合，做了詳細的分析與探討(Li and Mourikis, 2012)。Dusha 與 Mejias (2012)提出了 GPS/VO 的整合架構，如圖 13.11 所示。在進入 INS/GNSS 之前，先行整合 GPS/VO 作為導航解輔助資訊(Dusha and Mejias, 2012)。另一方面，透過採取不同的整合策略，來預測未知的參數，對於後續整合上，減少系統的不確定性，進而求出較佳的整合模式或者誤差模型(Nutzi et al., 2011)。

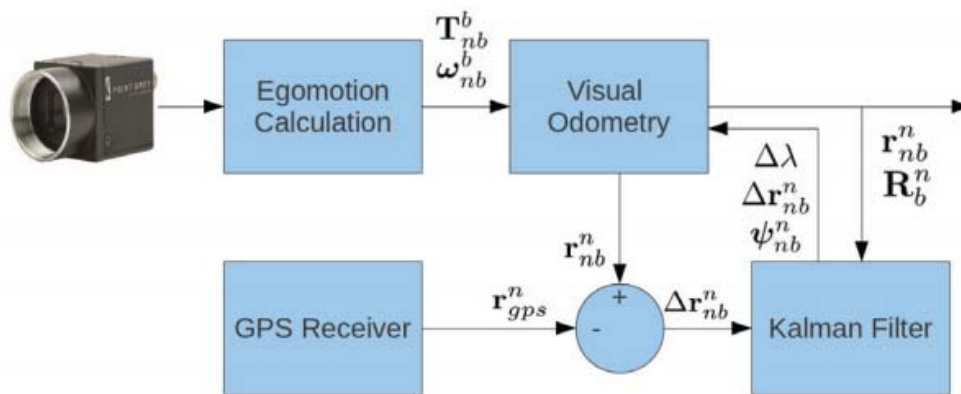


圖 13.11 GPS/VO 整合架構(摘錄自 Dusha and Mejias, 2012)

目前將視覺里程計的原理原則逐項拆解為相機率定(Camera Calibration)、影像獲取(Image Acquisition)、影像匹配(Image Matching)與動態估計(Motion Estimation)四項流程，如圖 13.12 所示。紅字為目前開發所採用之方法，各流程分別於下段小節詳加說明。

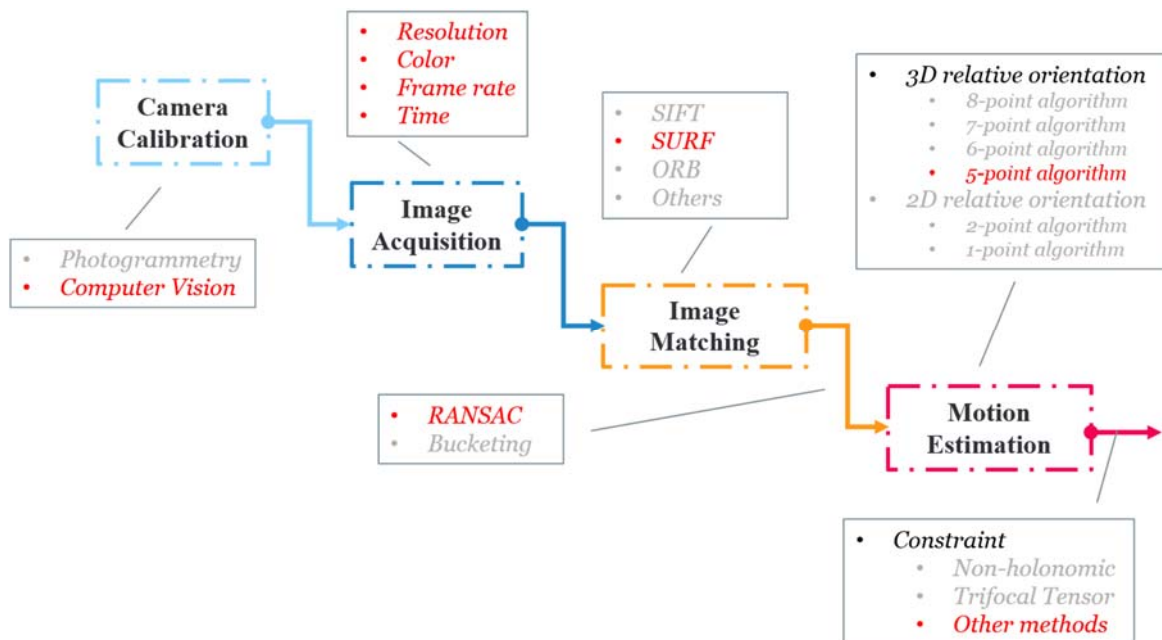


圖 13.12 視覺里程計流程圖

相鄰時刻所拍攝的影像，透過影像匹配可找出對應的像點，進而解算兩者的相對運動關係，而影像匹配可分為兩種方法，第一種為直接法(Direct methods)，假設同一物點於對應影像上的像點灰階值皆相同，直接比較兩張影像像元的灰階值，進而找出相對應的共軛點(Irani and Anandan, 1999)，第二種為特徵匹配法(Feature-based methods)，乃透過一系列複雜之影像處理，進而計算出影像之特徵點，最普遍常用的特徵匹配法為 SIFT(Scale-invariant feature transform)(Lowe, 2004)與 SURF(Speeded Up Robust Features)(Bay et al., 2008)，兩種影像匹配方法之示意圖如圖 13.13 所示，其流程圖如圖 13.14 所示，直接法整體解算流程較為簡易因此運算較為快速，然而其假設灰階值的一致性，較不適用於實際戶外光線的變化情形，且比較適合小範圍的移動，反之，雖然特徵匹配的方法較為繁瑣且需要較大的運算量，但適合大範圍的移動，因此針對車載應用情況，選擇特徵匹配法做為本計畫視覺里程計之開發方法。

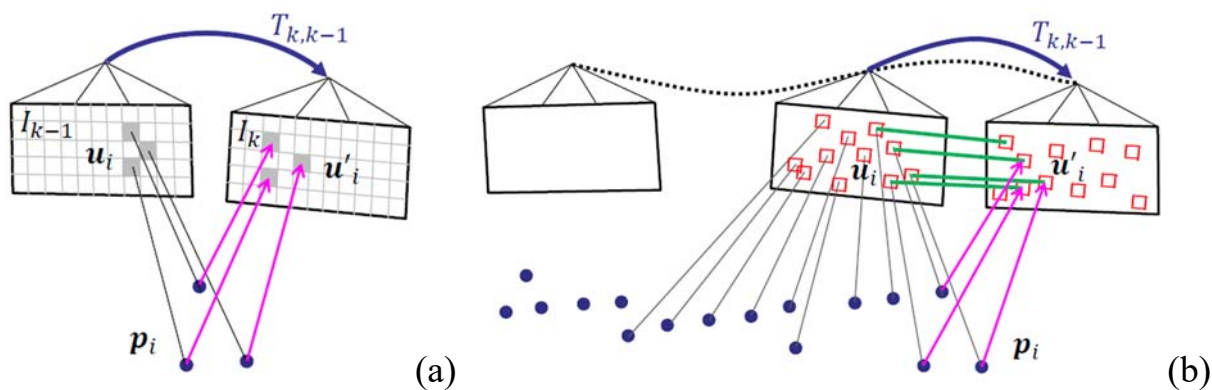


圖 13.13 影像匹配方法示意圖 (a)直接法 (b)特徵匹配法

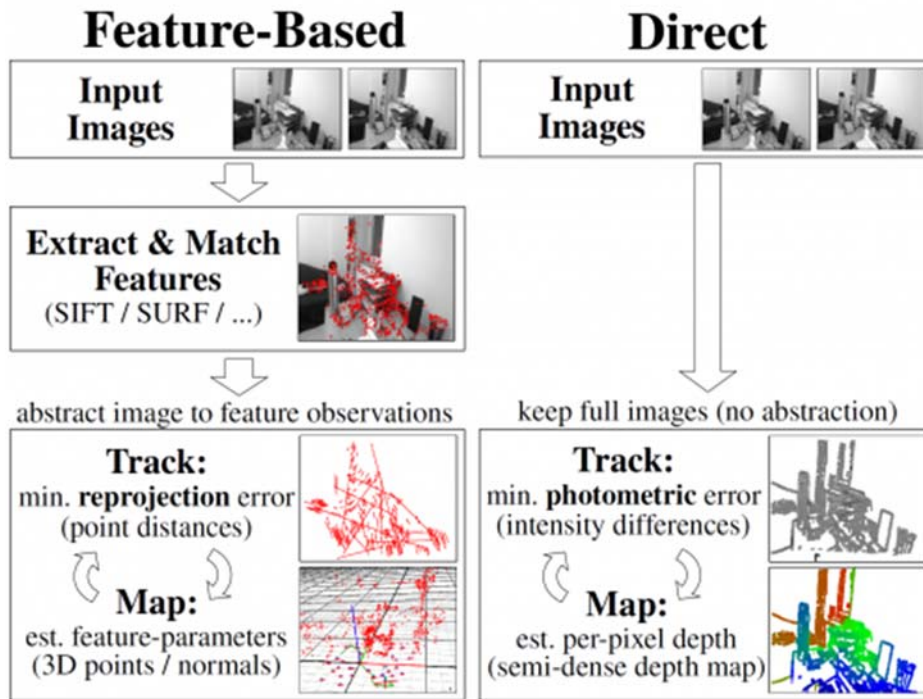


圖 13.14 影像匹配方法流程圖 (a)直接法 (b)特徵匹配法

經由特徵匹配得到的共軛點，可經由 8 點法、7 點法、6 點法與 5 點法等 3 維相對方位解算方式求解本質矩陣  $E$  (Essential matrix)，其大小為一個  $3 \times 3$  矩陣。本質矩陣乃建立於連續兩張影像之幾何關係，如圖 13.15 所示， $C1$  與  $C2$  為影像之透視中心， $X$  為地物點， $u$  與  $v$  為對應  $X$  所拍攝像點，其會形成一個共面條件，稱之為核面。透過此幾何關係，便可建立出  $C1$  與  $C2$  之相對方位之旋轉矩陣  $R$  與位移量  $t$ 。

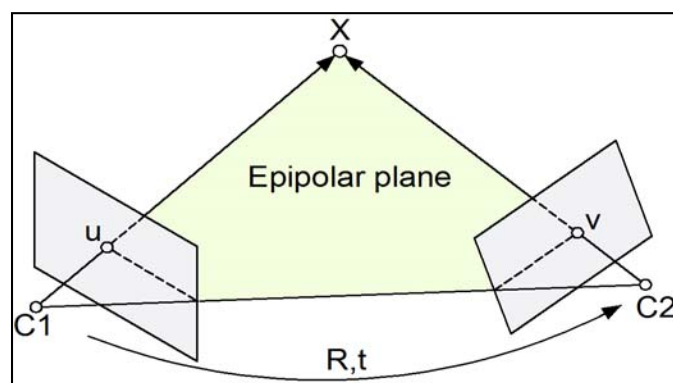


圖 13.15 核面約制條件

最少 8 個點即可解算出本質矩陣。然本質矩陣本身之數值需進一步再拆解成  $P$  矩陣，得到位移量  $t$  與方位旋轉矩陣  $R$ ，其大小為一個  $3 \times 4$  矩陣。拆解流程圖如圖 13.16 所示，先經過 SVD 矩陣拆解，產生四組可能的解，如圖 13.17 所示，實際上只有左上角圖為符合實際情況之正確解，因此須再透過深度測試，找出最終之正確解。

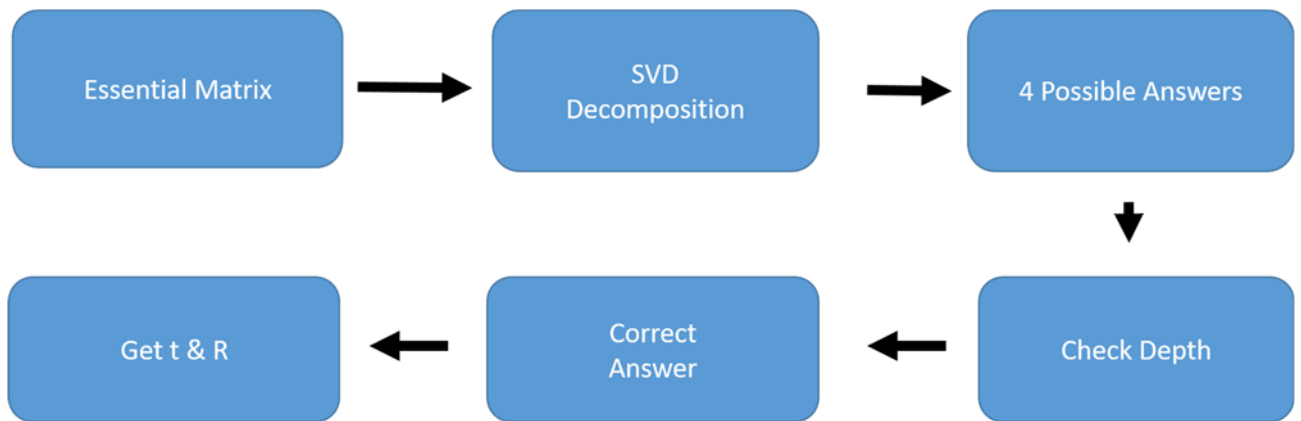


圖 13.16 本質矩陣拆解流程圖

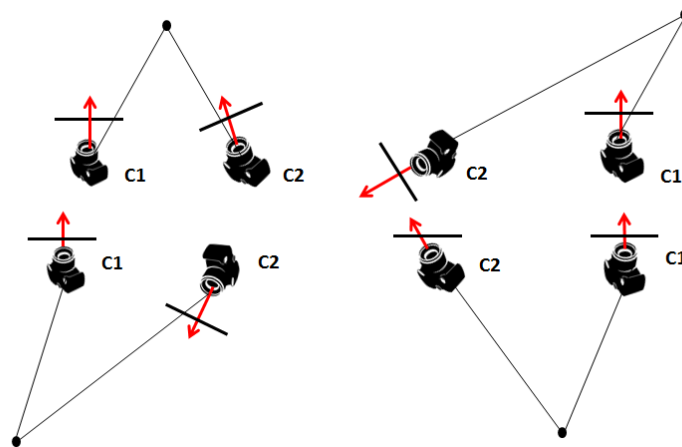


圖 13.17 本質矩陣拆解之四組可能解示意圖

### 13.2.3 光達定位技術

然而，上述整合方案除整體資訊(相對三維姿態)並未被完整利用，同時照片品質亦是視覺里程計一大隱憂，受限於環境明亮程度與紋理變化等等因素(Fraundorfer and Scaramuzza, 2012)。除了影像為主之輔助資訊，隨著製造工藝技術的進展，以脈衝雷射來測量目標角度與距離的光達，已逐步實施應用在車輛載具上並成為自動駕駛技術應用高度仰賴的重要感測器。除了製圖與感知的應用外，光達也被應用於即時定位與地圖建構的技術，對於機器人而言於未知的環境中知道自身所在的位置相當重要，由文獻指出利用光達和基於慣性導航的三維姿態估計系統穩健的匹配演算法，可以使機器人於複雜的環境中實現定位與製圖的能力，此演算法亦能成功應用於無人地面載具(Unmanned Ground Vehicle, UGV)、無人海面載具(Unmanned Surface Vehicle, USV)等，甚至是室內導航的系統上(Kohlbrecher, et al.,2011)。

在 SLAM 技術中，地圖通常以兩種方式表示，一種為利用環境中的明顯地標，來顯示地標點的位置，基於此地標點位置來反饋定位成果與重建環境，如圖 13.18；另一種地圖表示方式為網格表示法，如圖 13.19，透過感測器資

料，將網格分為開放或遮蔽兩種屬性，透過各個網格之間的屬性，來滿足製圖需求。網格表示法地圖，其中兩種穩定程度較高的演算法為 Gmapping 與 Hector SLAM：Gmapping 利用粒子率波器模型，來建立機器人定位資訊與地圖資訊兩者之間的關係(Grisetti et al., 2007)，而 Hector SLAM 則是利用初始的位置資訊，對現有的圖資與感測器資料進行連接，將兩者資料對齊後再反饋定位與姿態等資訊(Kohlbrecher, et al., 2011)。

除了 2D 展示地圖之外，3D SLAM 技術中常以點雲資料來表示地圖，其中 Iterative closest point (ICP)為現今常見的匹配方式，透過找尋點雲之間最近的距離，針對每個點雲進行匹配與搜尋，進而建立起以最近距離公式的目標方程式(Holz, et al., 2015)。該演算法被廣為應用，也被提出多種變形匹配的機制，如包含點對點(Point to Point)、點對面(Point to Plane)(Kjer and Wilm, 2010)、面對面(Segal, et al., 2009)等多種機制變形。

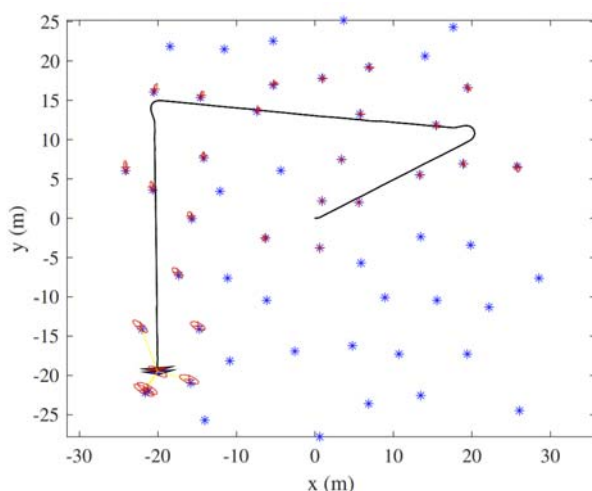


圖 13.18 基於地標點位置的即時定位與地圖建構地圖展示(Ryu, 2019)

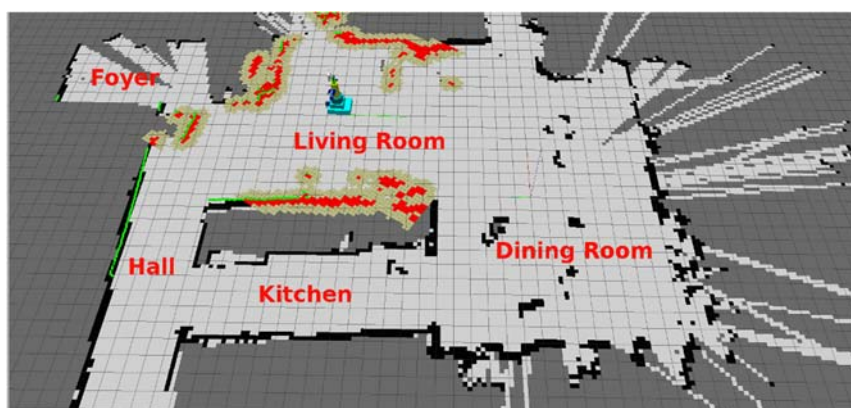


圖 13.19 基於網格表示法的即時定位與地圖建構地圖展示

綜上所述，目前自駕車定位軟體的發展趨勢是發展多感測器融合的定位架構。採用此架構的主要因素為，讓自駕車在各種運作環境中都有可靠的定位結果，要達成此目標，需要探討各種類型感測器適用場景，如表 13.2 的比較結果所示，目前各種感測器融合的定位方式有其各自優缺點，然而在考

量感測器適用場景的時候，基於慣性導航或是雷達的定位方式在各種場景以及天候狀況都能使用，因此，考量目前自駕車定位軟體的發展狀況，在進行多感測器整合開發規劃時，會傾向以慣性導航或是雷達作為核心，再搭配其他感測器作為輔助架構，發展適用各種場景的自駕車定位技術。

表 13.2 自駕車定位感測器適用場景比較(Dr. El-Sheimy 提供)

場景 感測器	地下 停車場	隧道	市區 多路徑	濃霧天候	下雨天候	下雪天候
衛星定位	×	×	?	✓	✓	✓
相機	✓	✓	✓	×	×	?
光達	✓	✓	✓	✓	?	?
里程計	✓	✓	✓	✓	✓	?
雷達	✓	✓	✓	✓	✓	✓
慣性導航	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓：有效 ×：無效 ？：效果有限

### 13.3 研提自駕車系統開源軟體導航定位技術改善方案

目前以即時定位與地圖建構技術(SLAM)或者點雲匹配技術為主的自駕車定位平台，仍有幾項嚴重的缺失，需要配合多感測器整合才能有效改善：(1)在缺乏可靠初始值下，演算法往往容易陷入於局部最佳解算成果，該情況下，精確度會大幅降低，甚至長時間累積之下，會有演算法發散的風險；(2)相對定位的技術有其極限，SLAM 依靠相對移動來進行匹配與定位，該技術會依據行走距離降低精確度；(3)點雲匹配演算法依賴點雲數量多寡來決定其可靠度與精確度，在使用低成本光達感測器下，其成效也會相對降低。現今自動駕駛套件平台如 Autoware 與 EB robinos 架構，於其開放代碼可見主要依賴上述點雲匹配技術，雖整體架構上有納入 EKF/Particle Filter 作為定位融合方式，但實際於其代碼實踐中 INS/GNSS/Odometer 等定位資訊則僅作為初始值用途，缺乏深度互補融合機制，導致 Autoware 於真實場域的定位成果與實現上有所限制。

在本案提出改善方案如即時定位與地圖建構整合 INS/GNSS 下：(1)提供有效初始值給予即時定位與地圖建構使用，減少陷入於局部最佳解的機率，與演算法發散的風險；(2)透過整合衛星定位的絕對定位，進一步將誤差重置，有效降低累積誤差。本案提出之改善方案旨在提升定位精度與可靠度，未來以認證第三方的平台進行群眾外包式的地圖更新時，在其定位精度有所提升的前提下，眾包的結果的精度將可以進一步提升，提升圖資更新的效率。

綜上可知，為提高自動駕駛車輛自我定位(Vehicle Self-Localization)的精準度與穩定性，透過各式各樣感測器如光達、攝影機等來感測車身周遭環境以建構空間資訊，再配合包含 GNSS 及 INS 的整合式定位定向系統來進行導航指引。但即使目前市場上最新的車載感測系統精度已經達相當的水準，搭

載高解析度攝影機光達所組成的自動巡航系統，最佳環境下也僅能「看」到前方兩百多公尺遠，此距離限制在高速行駛下不足以保證自動駕駛的安全性；且多數車載定位系統往往會受到周遭環境的變化影響，除了眾所皆知衛星訊號在都市環境中的遮蔽或多路徑效應之外，利用影像感測器為主的整合系統遇到天候劇烈變化或標的物被遮蔽的情況，皆有可能造成系統辨識錯誤，使駕駛安全產生風險。同時，考量自動駕駛車輛之大眾化量產目的，感測器之配設有其成本限制，使得定位精準度在衛星定位反射訊號嚴峻區域受到嚴重挑戰。

#### 13.4 本章小結

本章節針對於自駕車導航定位開源軟體進行相關探討與文獻研究。在現今開放之自駕車系統以百度阿波羅還有 Autoware 最廣為流行。百度阿波羅以慣性導航為主軸，搭配其他感測器輔助。而 Autoware 則仰賴點光達點雲與高精地圖資料為定位核心。而本章節同時也依據現今尖端定位技術進行相關分類與文獻回顧。可概括為慣性導航/衛星定位、影像定位與光達定位技術，在第三期成果中也特別針對 Apollo 及 Autoware 以外的軟體系統補充說明。後續成果報告則繼續補充相關定位技術與自駕車導航定位開源軟體介紹。



## 第十四章、期中成果與建議

本案執行各工作項目遵照工作計畫書所預定之時程進行，並於 109 年 2 月起每個月繳交月報表說明本案執行進度，基於期中執行成果，針對各工作項目的成果與建議部分如下：

針對「**建立高精地圖標準及指引**」的工作項目**建立高精地圖標準及指引**本案持續配合台灣資通產業標準協會審查時程，目前已完成「高精地圖檢核及驗證指引」與「高精地圖圖資內容標準」兩草案之審查程序，並且已經由 TAICS 公告與出版。其標準文件內容，將視自駕車使用者之使用意見回饋，必要時將進行內容更新與修正；針對建立自駕車用動態地圖圖資內容標準草案，本案採用區域動態地圖(LDM)之架構精神，蒐集分析相關國際標準，同時納入動態地圖之相關資料現況，並釐清動態地圖圖資內容標準(草案)與車聯網(Vehicle to Everything, V2X)之關聯性。同時初步擬定資料範疇，將半靜態及半動態之五種資料，並依據目前國內現況設計 3 種可能的動態地圖標準發展架構；對於「**建立自駕車用動態地圖作業指引(草案)1 件**」之工作項目，為提升自駕車之自動駕駛層級，訂定適用於國內之自駕車用動態地圖圖資內容標準，以提升國內相關產業之發展，並界定國內優先納入之相關路況資訊使得相關產業可依此標準與台灣高精地圖之靜態地圖標準結合，並與車聯網之新興技術搭配，進而加速自駕車產業之蓬勃發展。

建立自駕車用動態地圖更新驗證指引之工作項目，藉由流程指引說明可明確得知針對自駕車用地圖靜態圖資之動態更新之需求，依此指引進行測製作業之規劃。透過這些採集資料與內政部公告版高精地圖進行圖資比對。利用相關變異偵測工具與技術進行變異分析，並將結果回饋予驗證單位。確保變異偵測警示資訊之可靠度，避免不必要之圖資更新造成測製成本流失；本案將持續推動自駕車用地圖標準成為國內產業標準。本團隊具有至台灣資通產業標準協會提送標準與指引草案之經驗，本團隊將著手研擬自駕車用動態地圖相關標準草案，藉由研擬「**自駕車用動態地圖圖資內容標準**」、「**自駕車用動態地圖作業指引**」、「**自駕車用動態地圖更新驗證指引**」等草案，與高精地圖靜態圖資相互連結，能帶動高精地圖市場成長以及自駕車發展加速普及，並期望成為國內自駕車產業之圖資標準。另將不定期舉辦產業座談會或專家會議或於國際研討會中推廣我國高精地圖標準及自駕車用動態地圖標準，期許推廣觸角延伸至全國各地，應用項目亦在自駕車用高精地圖技術的範疇內以多元面貌呈現。

「**發展高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術**」的工作項目，本團隊利用測繪車掃描實證場域以獲取各感測器資料，融合 Unet 網路影像辨識成果與基於點雲萃取演算法之成果，自動化獲取目標道路環境特徵物的屬性與

幾何資訊，以利後續建模演算法開發，未來將持續優化特徵萃取與辨識演算法，並完善建模機制以產製符合特定高精地圖格式需求的圖資。

同時針對本案辨識類別蒐集相關文獻，並在影像處理方面完成除了車道標線，其餘 7 種類別之 VIA 標註，其中紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線、路面速限等類別均已加入模型訓練。目前本案規劃兩年度之試辦區皆位於臺南沙崙地區。目前本案規劃兩年度之試辦區皆位於臺南沙崙地區。對於 109 年度之適地性服務案例試辦，本團隊已完成實驗車之自駕車等級製圖感測器配置，並於規劃場域蒐集感知資訊，藉由來回多趟運行於場域路線模擬群眾外包情境，在完成感測器率定後，將著透過本案開發之演算法進行高精地圖的物件變異偵測，最後經人工 QA/QC 篩選變異偵測結果後供測繪車進行調繪更新圖資。對於 110 年度之適地性服務案例試辦，目前規劃由成大電機 MKZ 自駕車運行於規劃場域，整體流程則將視 109 年度之適地性服務案例試辦成果修正後擬定，以上試辦區及內容規劃將經內政部同意方進行測試。

「沙崙試驗場域自駕車用高精地圖圖資服務」的工作項目，本團隊依內政部需求維護沙崙試驗場域自駕車用高精地圖圖資，委請測繪業者詮華國土測繪有限公司針對沙崙試驗場域進行圖資更新，並遵守國土測繪法之規定，依據「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖圖資內容及格式標準」、「高精地圖檢核及驗證指引」繪製符合標準的沙崙試驗場域高精地圖並完成檢核作業。本團隊於 109 年 4 月 13 日至場域進行場勘，確認試驗場域內號誌之倒數計時皆被拆除，路邊布幕亦新增招牌，需針對變異處進行圖資更新。本案設置專業人員提供國土測繪中心試驗場域高精地圖圖資諮詢服務，並針對送審之光達點雲資料檢核其密度及精度等，於 109 年 6 月 10 日出具測繪點雲驗證報告。後續針對沙崙試驗場域符合規格的高精地圖，提供給本校電機系莊智清教授研究團隊，同時擬邀請美商麥格尼軒股份有限公司台灣分公司 (MSC Software Taiwan) 分別進行自駕車系統與模擬平台測試，檢查靜態三維可視化及動態行徑邏輯模擬測試等。

「高精地圖與移動載台感測器整合驗證服務」的工作項目，本案持續維護多平台製圖技術測試與率定設施、測繪車及影像感測器之儀器率定場，於第二期成果完成影像感測器率定場的相關更新與維護作業。同時基於標準流程和紀錄表建立儀器率定服務模式，持續推廣供國內多平台系統進行測試與率定。同時本案針對自駕車定位系統中可能的感測器整合方式、精度要求評估、自駕車測試場景等相關議題的文獻回顧，作為之後設計驗證流程及規範的參考。建議未來針對自駕車精度驗證與規範，進一步討論感測器的可靠度以及定位系統對導航安全性的影響。

「高精地圖國際事務推動」的工作項目，目前受到新冠肺炎疫情影響，本團隊持續評估預計參加今年度舉行的國際會議的可行性，包含今年將在美

國洛杉磯舉行的 ITS World Congress 2020 以及美國聖路易斯城舉行的 ION GNSS+ 2020，建議可以配合研討會採用線上參與的方式推動本案高精地圖國際事務。

「**發展移動裝置室內外智慧製圖技術**」的工作項目，e 本案目前收集與進行相關室內外無縫自駕車用地圖文獻回顧，透過文獻回顧評估與分析室內之高精地圖所需之潛在之圖層元素，作為日後應用於室內場景之高精地圖建置之參考依據，以利實現室內外無縫自駕車用高精地圖應用之願景。針對人工智慧技術之室內外影像匹配輔助行人慣性導航定位技術，本案介紹 PoseNet 之類神經網路其方法之輸入影像尺寸、輸出姿態、架構模型以及損失函數的計算。基於 107 年度在地下停車場、108 年度在故宮南院的實驗心得，今年度延續前兩年的經驗與實驗設置，使用故宮南院數據集進行 PoseNet 之類神經網路的精度測試。本團隊設計不同參數設置與影像尺寸來進行實驗，實驗結果表明，比起使用原始 PoseNet 論文的設置，更動影像前處理及損失函數後，其整體精度獲得大大地提升。今年度選定東南地政事務所作為適地性服務試辦區，本團隊於 109 年 5 月 29 日與東南地政事務主任進行第一次討論，初步了解服務對象及情境，109 年 8 月 11 日進行第二次討論，確定了地所的需求以及民眾辦理業務的流程，建立了地所平面圖的圖資，並初步勘查 Beacon 的架設位置。同時，本團隊將配合辦理 109、110 年度行政院災害防救科技創新服務方案，透過災後快速製圖技術落實研發應用與產業加值之方向。目前本案規劃成立「高精地圖人工智慧實驗室」，並設計實驗室招牌，分別設置於高精地圖研究發展中心以及測量系館。

「**實證上路高精地圖驗證服務**」的工作項目，本團隊將建立並推廣自駕車用高精地圖的精度驗證服務，針對測製單位所提送之自駕車用高精地圖，本團隊將依據「高精地圖製圖作業指引 v2」、「高精地圖檢核及驗證指引」與「高精地圖圖資內容及格式標準」及實證上路高精地圖測製案契約規定，配合辦理實證上路高精地圖驗證服務，確保繪製成果於自駕車行駛過程中能滿足安全性之最終目的。同時藉由舉辦工作會議進行說明檢核及驗證之要求，確保測製廠商能了解製圖之要求以及標準，減少溝通以及往返修正之成本消耗。同時成大將著手自動化檢查程式之測試，透過實證上路高精地圖測製案進行測試驗證工具，藉此不斷精進檢核及驗證作業流程。

「**創意回饋項目：自駕車系統開源軟體導航定位技術之評析**」的工作項目，本團隊將分析適用於自動駕駛套件之多感測器與高精度地圖整合架構，透過不同感測器的優缺點，分析具適應性完整融合既有自動駕駛套件平台且能根據多樣環境變化的彈性增強型定位模組。該工作項目採三個階段，第一階段為文獻回顧，收集國內外文獻，精進與熟悉國際趨勢與國外發展趨勢。第二階段為評估現今自駕車定位技術，此階段同時也為第三階段(改善措施)提供相當的基礎理論知識，從而發想精進與改善策略。透過研擬的演算法整

合架構提出改善方法於現行自動駕駛套件的定位效能問題。本團隊將提出適用於自動駕駛套件之多感測器與高精度地圖整合架構，分析不同感測器的優缺點，與分析既有自動駕駛套件平台，為未來自駕車定位技術開發上，奠定良好的基礎。

## 參考文獻

- 台灣資通產業標準協會, TAICS (2020): 高精地圖圖資內容及格式標準, <http://www.hdm.geomatics.ncku.edu.tw/SpecialIssue/files/%E9%AB%98%E7%B2%BE%E5%9C%B0%E5%9C%96%E5%9C%96%E8%B3%87%E5%85%A7%E5%AE%B9%E5%8F%8A%E6%A0%BC%E5%BC%8F%E6%A8%99%E6%BA%96.pdf>
- 台灣資通產業標準協會, TAICS (2019): 高精地圖作業指引 v2, <http://www.hdm.geomatics.ncku.edu.tw/SpecialIssue/files/%E9%AB%98%E7%B2%BE%E5%9C%B0%E5%9C%96%E8%A3%BD%E5%9C%96%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E6%8C%87%E5%BC%95.pdf>
- 台灣資通產業標準協會, TAICS (2020): 高精地圖檢核及驗證指引, <http://www.hdm.geomatics.ncku.edu.tw/SpecialIssue/files/%E9%AB%98%E7%B2%BE%E5%9C%B0%E5%9C%96%E6%AA%A2%E6%A0%B8%E5%8F%8A%E9%A9%97%E8%AD%89%E6%8C%87%E5%BC%95.pdf>
- 交通部 (2018), 即時路況資料標準 V2.0。
- 交通部 (2019), 公路路線設計規範。
- 江凱偉、曾義星、呂學展 (2018): 107 年度移動載台測量製圖技術發展工作案期末報告, 內政部地政司。
- 江凱偉、曾義星、洪榮宏、郭重言、王驥魁、呂學展 (2019): 108 年度自駕車用地圖標準及移動測繪技術發展工作案期末報告, 內政部地政司。
- 羅貽駢 (2008): 利用 UKF 發展 GPS/INS 整合式定位演算法之評估, 國立成功大學測量及空間資訊學系碩士論文。
- Arcos-Garcia, A., Soilán, M., Alvarez-Garcia, J.A., and Riveiro, B. (2017). Exploiting synergies of mobile mapping sensors and deep learning for traffic sign recognition systems. *Expert Systems with Applications*, 89, 286-295.
- Balado, J., González, E., Arias, P., and Castro, D. (2020). Novel Approach to Automatic Traffic Sign Inventory Based on Mobile Mapping System Data and Deep Learning. *Remote Sensing*, 12(3), 442.
- Basnayake, C., Williams, T., Alves, P., and Lachapelle, G. (2010). Can GNSS Drive V2X? *GPS World*, 21(10), 35.
- Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., and Van Gool, L. (2008). Speeded-up robust features (SURF), *Computer Vision and Image Understanding*, 110, p. 346–359.
- Bengio, Y., Courville, A., and Vincent, P. (2013). Representation learning : A review and new perspectives. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 35(8), 1798-1828.

- Bluetooth Special Interest Group (2010). Specification of the Bluetooth System, Covered Core Package, Version 4.0. Bluetooth Special Interest Group : Kirkland, WA, USA.
- Brajdic, A., and Harle, R. (2013). Walk detection and step counting on unconstrained smartphones. In Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing, pp. 225-234.
- Brown, R.G., and Hwang, P.Y.C. (1997): Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, John Wiley & Sons Inc.
- Čabarkapa, D., Grujić I., and Pavlović, P. (2015). Comparative Analysis of the Bluetooth Low-Energy Indoor Positioning Systems. In Proceedings of 12th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS), Nis, Serbia, pp. 76-79.
- Castorena, J., and Agarwal, S. (2017). Ground-edge-based LIDAR localization without a reflectivity calibration for autonomous driving. IEEE Robotics and Automation Letters, 3(1), 344-351.
- Cheng, Y., Maimone, M., and Matthies, L. (2005). Visual odometry on the Mars exploration rovers. In 2005 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (Vol. 1, pp. 903-910). IEEE.
- Chiang, K.W., Chang, H.W., Li, Y.H., Tsai, G.J., Tseng, C.L., Tien, Y.C., and Hsu, P.C. (2019). Assessment for INS/GNSS/Odometer/Barometer Integration in Loosely-Coupled and Tightly-Coupled Scheme in a GNSS-Degraded Environment. IEEE Sensors Journal.
- Chiang, K.W., Liao, J.K., Tsai, G.J., and Chang, H.W. (2015). The Performance Analysis of the Map-Aided Fuzzy Decision Tree Based on the Pedestrian Dead Reckoning Algorithm in an Indoor Environment. Sensors, 16(1), 34.
- Dabeer, O., Ding, W., Gowaiker, R., Grzechnik, S.K., Lakshman, M.J., Lee, S., Reitmayr, G., Sharma, A., Somasundaram, K., Sukhavasi, R.T. and Wu, X. (2017). An end-to-end system for crowdsourced 3D maps for autonomous vehicles : The mapping component. In 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (pp. 634-641). IEEE.
- Deretey, E., Ahmed, M.T., Marshall, J.A., and Greenspan, M. (2015). Visual indoor positioning with a single camera using PnP. 2015 International Conference on In Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), pp. 1-9.
- Dusha, D., and Mejias, L. (2012). Error analysis and attitude observability of a monocular GPS/visual odometry integrated navigation filter. The International Journal of Robotics Research, 31(6), 714-737.

- Ester, M., Kriegel, H.P., Sander, J., and Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In *Kdd* (Vol. 96, No. 34, pp. 226-231).
- Fan, H., Zhu, F., Liu, C., Zhang, L., Zhuang, L., Li, D., and Kong, Q. (2018). Baidu apollo em motion planner. arXiv preprint arXiv : 1807.08048.
- Farrell, J.A., Todd, M., and Barth, M. (2016). Best practices for surveying and mapping roadways and intersections for connected vehicle applications.
- Fraundorfer, F., and Scaramuzza, D. (2012). Visual odometry : Part ii : Matching, robustness, optimization, and applications. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 78-90.
- Fritsche, C., Karlsson, R., Noren, O., & Gustafsson, F. (2017, September). Map-aided multi-level indoor vehicle positioning. In *2017 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)* (pp. 1-8). IEEE.
- Giesler, B. (2017). An Appeal Practical Standards in Autonomous Driving. *ATZeλεκτροnik worldwide*, 12(2), 16-21.
- Grieβbach, D., Baumbach, D., and Zuev, S. (2014). Stereo-vision-aided inertial navigation for unknown indoor and outdoor environments. *2014 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, pp. 709-716.
- Grisetti, G., Stachniss, C., and Burgard, W. (2007). Improved techniques for grid mapping with rao-blackwellized particle filters. *IEEE transactions on Robotics*, 23(1), 34.
- Groh, B.H., Friedl, M., Linarth, A.G., and Angelopoulou, E. (2014). Advanced real-time indoor parking localization based on semi-static objects. In *17th International Conference on Information Fusion (FUSION)* (pp. 1-7). IEEE.
- Guan, H., Li, J., Yu, Y., Wang, C., Chapman, M., and Yang, B. (2014). Using mobile laser scanning data for automated extraction of road markings. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 87, 93-107.
- Guan, H., Yan, W., Yu, Y., Zhong, L., and Li, D. (2018). Robust traffic-sign detection and classification using mobile LiDAR data with digital images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(5), 1715-1724.
- Hata, A. Y., and Wolf, D.F. (2015). Feature detection for vehicle localization in urban environments using a multilayer LIDAR. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(2), 420-429.

- He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., and Girshick, R. (2017). Mask r-cnn. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 2961-2969).
- Himmelsbach, M., Hundelshausen, F.V., and Wuensche, H.J. (2010). Fast segmentation of 3D point clouds for ground vehicles. In 2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (pp. 560-565). IEEE.
- Ho, N.H., Truong, P.H., and Jeong, G.M. (2016). Step-detection and adaptive step-length estimation for pedestrian dead-reckoning at various walking speeds using a smartphone. *Sensors*, 16(9), 1423.
- Holz, D., Ichim, A.E., Tombari, F., Rusu, R.B., and Behnke, S. (2015). Registration with the point cloud library : A modular framework for aligning in 3-D. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 22(4), 110-124.
- Huang, Y., Zhao, J., He, X., Zhang, S., & Feng, T. (2018, June). Vision-based Semantic Mapping and Localization for Autonomous Indoor Parking. In 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 636-641). IEEE.
- Irani, M., and Anandan, P. (1999). About direct methods. In International Workshop on Vision Algorithms (pp. 267-277). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jo, K., Kim, C., and Sunwoo, M. (2018). Simultaneous localization and map change update for the high definition map-based autonomous driving car. *Sensors*, 18(9), 3145.
- Kalman, R. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *J. Basic Eng., Trans. ASME, D*, 82, 35-45.
- Kamijo, S., Gu, Y. and Hsu., L. (2015). Autonomous vehicle technologies: localization and mapping. *電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review*, 9(2), 131-141.
- Kato, S., Takeuchi, E., Ishiguro, Y., Ninomiya, Y., Takeda, K., and Hamada, T. (2015). An open approach to autonomous vehicles. *IEEE Micro*, 35(6), 60-68.
- Kemsaram, N., Das, A., and Dubbelman, G. (2019). An integrated framework for autonomous driving : object detection, lane detection, and free space detection. In 2019 Third World Conference on Smart Trends in Systems Security and Sustainability (WorldS4) (pp. 260-265). IEEE.
- Kendall, A., Grimes, M., and Cipolla, R. (2015). PoseNet : A convolutional network for real-time 6-dof camera relocalization. In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 2938-2946.
- Kim, H., Liu, B., Goh, C.Y., Lee, S., and Myung, H. (2017). Robust vehicle localization using entropy-weighted particle filter-based data fusion of



vertical and road intensity information for a large scale urban area. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(3), 1518-1524.

- Kjer, H.M., and Wilm, J. (2010). Evaluation of surface registration algorithms for PET motion correction (Bachelor's thesis, Technical University of Denmark, DTU, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark).
- Kohlbrecher, S., Von Stryk, O., Meyer, J., and Klingauf, U. (2011). A flexible and scalable slam system with full 3d motion estimation. In *2011 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics* (pp. 155-160). IEEE.
- Krešo, I., and Šegvic, S. (2015). Improving the egomotion estimation by correcting the calibration bias. In *10th International Conference on Computer Vision Theory and Applications*.
- Kummerle, R., Hahnel, D., Dolgov, D., Thrun, S., and Burgard, W. (2009). Autonomous driving in a multi-level parking structure. In *2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 3395-3400). IEEE.
- Kuo, Y.T. (2018). An Experimental Study of an Improved BLE Indoor Positioning Scheme Based on Differential Distance Correction. *Institute of Navigation (ION) GNSS+ 2018*, Miami, Florida, USA.
- Kuutti, S., Fallah, S., Katsaros, K., Dianati, M., Mccullough, F., and Mouzakitis, A. (2018). A Survey of the State-of-the-Art Localization Techniques and Their Potentials for Autonomous Vehicle Applications. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(2), 829-846. doi:10.1109/JIOT.2018.2812300
- Levinson, J., and Thrun, S. (2010, May). Robust vehicle localization in urban environments using probabilistic maps. In *2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 4372-4378). IEEE.
- Levinson, J., Montemerlo, M., and Thrun, S. (2007, June). Map-based precision vehicle localization in urban environments. In *Robotics: science and systems* (Vol. 4, p. 1).
- Lewantowicz, Z.H. (1992). Architectures and GPS/INS integration : Impact on mission accomplishment. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 7(6), 16-20.
- Li, B., Yang, L., Xiao, J., Valde, R., Wrenn, M., and Leflar, J. (2018). Collaborative mapping and autonomous parking for multi-story parking garage. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(5), 1629-1639.
- Li, C., Dai, B., and Wu, T. (2013, November). Vision-based precision vehicle localization in urban environments. In *2013 Chinese Automation Congress* (pp. 599-604). IEEE.

- Li, M., and Mourikis, A.I. (2012). Improving the accuracy of EKF-based visual-inertial odometry. In 2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation (pp. 828-835). IEEE.
- Li, Y.H., Shinohara, T., Satoha, T., and Tachibana, K. (2016). Road Signs Detection and Recognition Utilizing Images and 3d Point Cloud Acquired by Mobile Mapping System. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1.
- Lowe, D.G. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60(2), p.91~110.
- Mautz, R. (2012). Indoor positioning technologies. Doctoral and Habilitation Theses, ETH Zurich, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, Institute of Geodesy and Photogrammetry, Switzerland.
- Nejad, H. T. N., Do, Q. H., Sakai, R., Han, L., & Mita, S. (2012, September). Real time localization, path planning and motion control for autonomous parking in cluttered environment with narrow passages. In 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (pp. 1357-1364). IEEE.
- Núñez, P., Vázquez-Martín, R., and Bandera, A. (2011). Visual odometry based on structural matching of local invariant features using stereo camera sensor. *Sensors*, 11(7), 7262-7284.
- Nützi, G., Weiss, S., Scaramuzza, D., and Siegwart, R. (2011). Fusion of IMU and vision for absolute scale estimation in monocular SLAM. *Journal of intelligent & robotic systems*, 61(1-4), 287-299.
- Oquab, M., Bottou, L., Laptev, I., and Sivic, J. (2014). Learning and transferring mid-level image representations using convolutional neural networks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1717-1724).
- Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), 62-66.
- Pal, B., Khaiyum, S., and Kumaraswamy, Y.S. (2019). Recent advances in Software, Sensors and Computation Platforms Used in Autonomous Vehicles, A Survey. *IJRAR-International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 6(1), 383-399.
- Sharif Razavian, A., Azizpour, H., Sullivan, J., & Carlsson, S. (2014). CNN features off-the-shelf: an astounding baseline for recognition. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops* (pp. 806-813).

- Reid, T.G.R., Houts, S.E., Cammarata, R., Mills, G., Agarwal, S., Vora, A., and Pandey, G. (2019) Localization Requirements for Autonomous Vehicles. In Proceedings of the WCX SAE World Congress Experience 2019, Detroit, MI, USA.
- Ryu, H. (2019). A Revisiting Method Using a Covariance Traveling Salesman Problem Algorithm for Landmark-Based Simultaneous Localization and Mapping. *Sensors*, 19(22), 4910.
- Samyeul, N.O.H. (2016). U.S. Patent Application No. 14/814,889.
- Sasse, V., (2017). NDS & OADF Challenges on Data Necessary to Serve Automated Driving (AD), Available at : [http://en.sipadus.go.jp/evt/workshop2017/file/evt\\_ws2017\\_s2\\_VolkerSasse.pdf](http://en.sipadus.go.jp/evt/workshop2017/file/evt_ws2017_s2_VolkerSasse.pdf), Accessed February 25, 2019.
- Scaramuzza, D., and Fraundorfer, F. (2011). Visual odometry [tutorial]. *IEEE robotics & automation magazine*, 18(4), 80-92.
- Schwesinger, U., Bürki, M., Timpner, J., Rottmann, S., Wolf, L., Paz, L.M., and Heng, L. (2016, June). Automated valet parking and charging for e-mobility. In 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 157-164). IEEE.
- Segal, A., Haehnel, D., and Thrun, S. (2009, June). Generalized-icp. In *Robotics : science and systems* (Vol. 2, No. 4, p. 435).
- Shimada, H., Yamaguchi, A., Takada, H., and Sato, K. (2015). Implementation and evaluation of local dynamic map in safety driving systems. *Journal of Transportation Technologies*, 5(02), 102.
- Smith, A. (2015). U.S. Smartphone Use in 2015. <http://www.pewinternet.org/2015/04/01/us-smartphone-use-in-2015/>.
- Soilán, M., Riveiro, B., Martínez-Sánchez, J., and Arias, P. (2016). Traffic sign detection in MLS acquired point clouds for geometric and image-based semantic inventory. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 92-101.
- Soilán, M., Riveiro, B., Martínez-Sánchez, J., and Arias, P. (2017). Segmentation and classification of road markings using MLS data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 123, 94-103.
- Stephenson, S. (2016). Automotive applications of high precision GNSS, Doctoral dissertation, University of Nottingham.
- Sugimoto, Y., and Kuzumaki, S., (2017). SIP-adus : An Update on Japanese Initiatives for Automated Driving , Paper presented at the Road Vehicle Automation 5, Cham.

- Suhr, J.K., Jang, J., Min, D., and Jung, H.G. (2016). Sensor fusion-based low-cost vehicle localization system for complex urban environments. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(5), 1078-1086.
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V., and Rabinovich, A. (2015). Going Deeper with Convolutions. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1-9.
- Tardif, J.P., George, M., Laverne, M., Kelly, A. and Stentz, A., (2010). A new approach to vision-aided inertial navigation. In *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 4161-4168). IEEE.
- Tijero, E.D., Moreno, A.C., Calzón M.T.F., García, J., and Ibañez-Guzmán, J. (2019). Autonomous vehicle high-accuracy position and integrity engine performance results. *32nd International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2019)*, Miami, United States. pp.1234-1241
- Tou, J.T., and Gonzalez, R.C. (1974). *Pattern recognition principles*.
- Von Luxburg, U. (2007). A tutorial on spectral clustering. *Statistics and computing*, 17(4), 395-416.
- Wagner, J., Isert, C., Purschwitz, A., and Kistner, A. (2010, September). Improved vehicle positioning for indoor navigation in parking garages through commercially available maps. In *2010 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation* (pp. 1-8). IEEE.
- Wan, G., Yang, X., Cai, R., Li, H., Zhou, Y., Wang, H., and Song, S., (2018). Robust and precise vehicle localization based on multi-sensor fusion in diverse city scenes. In *2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 4670-4677).
- Ward, E., and Folkesson, J. (2016, June). Vehicle localization with low cost radar sensors. In *2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 864-870). IEEE.
- Weinberg, H. (2002). Using the ADXL202 in pedometer and personal navigation applications. *Analog Devices AN-602 application note*, 2(2), 1-6.
- Wen, C., Li, J., Luo, H., Yu, Y., Cai, Z., Wang, H., and Wang, C. (2015). Spatial-related traffic sign inspection for inventory purposes using mobile laser scanning data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(1), 27-37.
- Wolcott, R.W., and Eustice, R.M. (2014, September). Visual localization within lidar maps for automated urban driving. In *2014 IEEE/RSJ*

International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 176-183). IEEE.

- Wolcott, R.W., and Eustice, R.M. (2017). Robust LIDAR localization using multiresolution Gaussian mixture maps for autonomous driving. *The International Journal of Robotics Research*, 36(3), 292-319.
- Yadav, M., Singh, A. K., & Lohani, B. (2017). Extraction of road surface from mobile LiDAR data of complex road environment. *International Journal of Remote Sensing*, 38(16), 4655-4682.
- Yadav, M., Lohani, B., and Singh, A.K. (2018). Road surface detection from mobile lidar data," *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4, 95-101.
- Yao, L., Chen, Q., Qin, C., Wu, H., and Zhang, S. (2018). Automatic Extraction of Road Markings from Mobile Laser-Point Cloud Using Intensity Data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 3.
- Yu, Y., Li, J., Guan, H., Jia, F., and Wang, C. (2014). Learning hierarchical features for automated extraction of road markings from 3-D mobile LiDAR point clouds. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(2), 709-726.
- Zhang, F., Stähle, H., Chen, G., Simon, C.C.C., Buckl, C., and Knoll, A. (2012, September). A sensor fusion approach for localization with cumulative error elimination. In *2012 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI)* (pp. 1-6). IEEE.
- Zhang, S., Guo, Y., Zhu, Q., and Liu, Z. (2019, June). Lidar-IMU and Wheel Odometer Based Autonomous Vehicle Localization System. In *2019 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)* (pp. 4950-4955). IEEE.
- Zhou, B., Khosla, A., Lapedriza, A., Oliva, A., & Torralba, A. (2014). Object detectors emerge in deep scene cnns. *arXiv preprint arXiv:1412.6856*.