

高精地圖標準及智能移動測繪技術發展工作案(109-110)

High Definition Map Standard and Intelligent Mobile Mapping Technology Development Project (109-110)

主管單位：內政部地政司

江凱偉 ¹	曾義星 ¹	莊智清 ²	洪榮宏 ¹
Kai-Wei Chiang ¹	Yi-Hsing Tseng ¹	Jyh-Chin Juang ²	Jung-Hong Hong ¹
郭重言 ¹	王驥魁 ¹	呂學展 ¹	郭佩茶 ¹
Chung-Yen Kuo ¹	Chi-Kuei Wang ¹	Hsueh-Chan Lu ¹	Pei-Fen Kuo ¹

¹ 國立成功大學測量及空間資訊學系

² 國立成功大學電機工程學系

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。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。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。

本案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，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，本案於過去二年中如實如質與如期完成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並發布作業指引英文版，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)，並將草案內容提送臺灣資通產業標準協會。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，針對路面邊緣、車道線、車道中心線、交通號誌與特定交通標誌圖徵進行特徵提取，建立自駕車群眾外包之高精地圖製圖(含自駕車平臺)系統及流程，完成針對特定交通號誌與交通標誌的變異偵測與更新，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，提出誤差修正算法，最佳的角度

分群法可以使得位置誤差下降約 20%。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與國際學術研討會，持續研提或協助引進國外產製高精地圖之多平臺製圖技術，推廣我國高精地圖相關事宜。

關鍵詞：移動測繪系統、高精地圖、群眾外包、行人慣導定位、人工智慧

Abstract

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 and publish the English version standards and 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. They were all submitted to TAICS for reviewing and publishing procedure. In developing automated HD map production and crowdsourcing mapping technology projects, develop automated HD map production technology, develop automated mapping tools to extract the features, such as road edges, road lines, road center lines, traffic signs and specific traffic signs. In establish certified crowdsourcing of HD map updates systems and procedures, complete changing detection and update for specific traffic signs and traffic signs. 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, and propose an enhancement algorithm, which can reduce the position error by 20%. In the HD map

international affairs promotion project, participate in international self-driving-related organizations, attending virtual international academic conferences, continue to research or assist in introducing international HD map technology, and promoting Taiwan's HD map developments.

Keywords : Mobile mapping system, High definition map, Crowdsourcing, Pedestrian inertial navigation indoor positioning, Artificial intelligence

一、前言

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，內政部地政司於民國 101 年至 107 年先後執行「多平台製圖技術工作案」與「移動載台測量製圖技術發展工作案」，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。藉由辦理相關成果發表會議及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。

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。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，其中自駕車用地圖或稱高精地圖在自駕車運行具有不可或缺之地位，高精地圖的資料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，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。

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。

二、研究地區與研究方法

本案工作項目可分為「高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術」以及「移動裝置室內外智慧製圖技術發展」兩大部分。首先，「高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術」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，並於臺南沙崙地區進行適地性服務案例試辦；再者，「移動裝置室內外智慧製圖技術發展」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，結合現有多平台移動測繪技術、室內圖資建置技術、物聯網、穿戴裝置等，組成綿密的空間資訊應用網格，提升室內定位成果，也基於此定位技術開發更完善的適地性服務。。

2.1 高精地圖自動化生產及群眾外包製圖技術

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(MMS)掃描施測場域，獲取感測器採集之空間資訊，利用移動式測繪平臺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，開發高精地圖自動化產製工具及轉檔工具，有效降低高精地圖製作成本。本案完成開發半自動化高精地圖產製工具與自動化高精地圖轉檔工具，針對路面邊緣、車道線、車道中心線、交通號誌與特定交通標誌圖徵進行特徵提取，並產製符合高精地圖標準定義之屬性內容的向量圖徵，並經由測繪廠商針對此工具進行測試，本案亦針對廠商建議進行工具的優化，並給予未來高精地圖產製工具可精進的建議，同時，完成臺灣智駕測試實驗室與臺中水湳兩個自駕車測試場的 OpenDRIVE 圖資格式轉換至 Autoware 使用之 Lanelet2 與 Asian map 格式的測試，以滿足不同使用者的需求。圖 1 所示為車道線擬合成果套疊高精地圖成果，圖 2 所示為自動化轉檔成果。

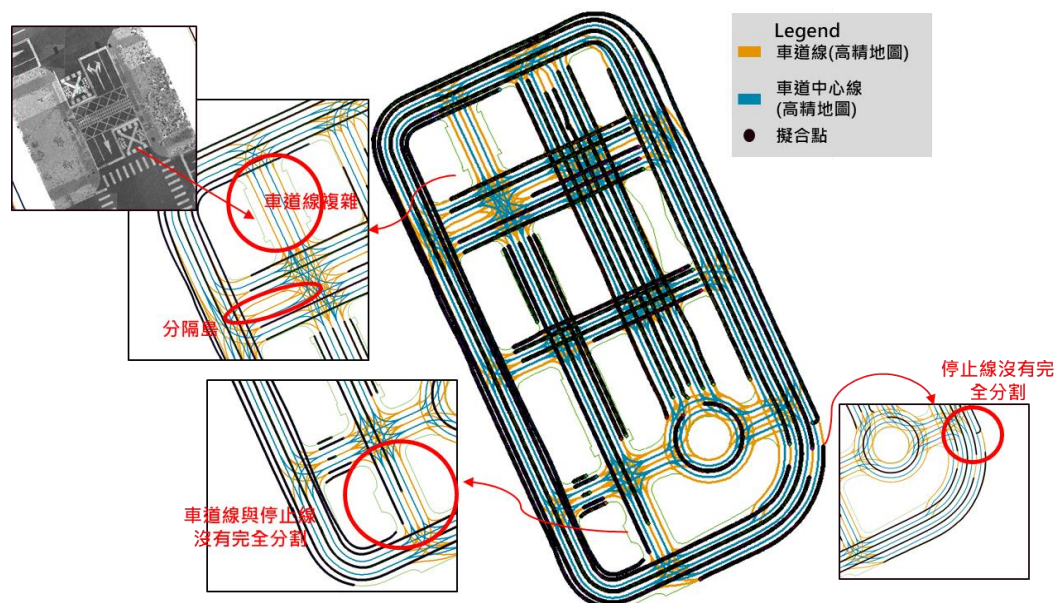


圖 1、車道線擬合成果套疊高精地圖

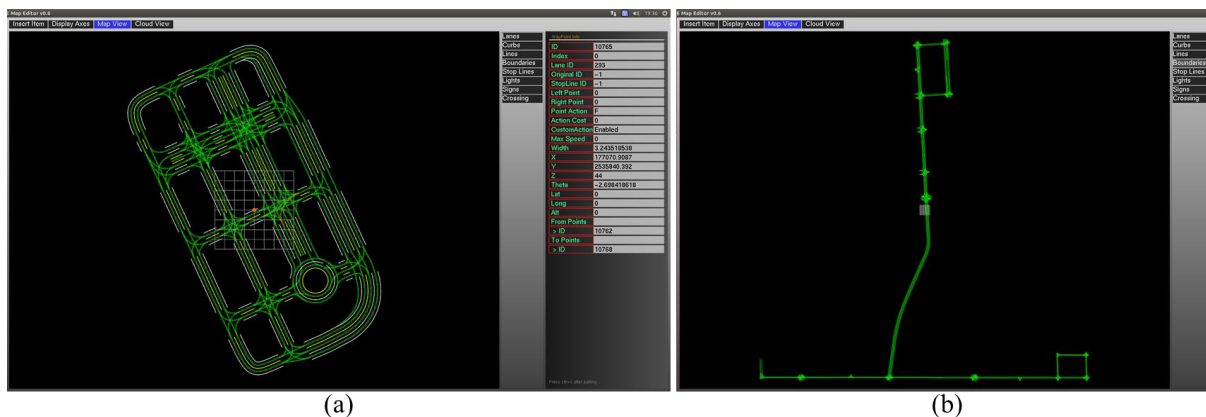


圖 2、圖資轉檔工具介面與 OpenDRIVE 地圖展示：(a)臺灣智駕測試實驗室；(b)臺中水湳測試場

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 所示為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。

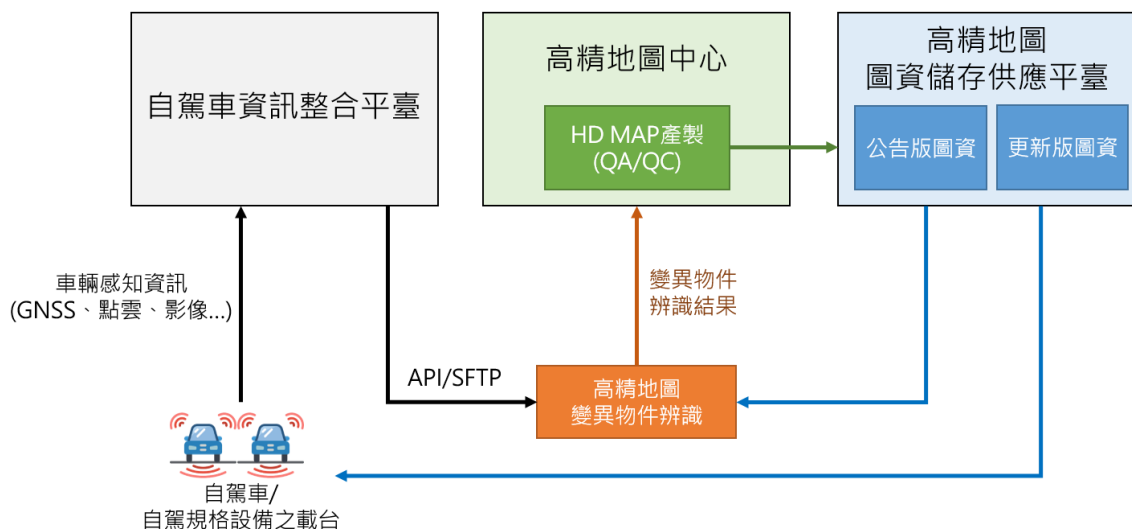


圖 3、靜態高精地圖變異物件辨識及更新流程

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，本案採用結合影像及點雲的處理結果，藉由融合兩者的優點達到物件辨識及變異偵測的目的。

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。為了驗證本案提出之物件偵測演算法及變異存在性偵測之群眾外包投票機制，在本案的適地性服務中，由本案實驗車、成大大自駕車、理立自駕公車、國土測繪中心測繪車運行於臺南沙崙地區測試場域，並針對紅綠燈、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」、標字中的「速限」等八項類別進行測試，以驗證不同的自駕車系統及測繪車同樣可符合動態更新使用。

2.2 移動裝置室內外智慧製圖技術發展

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，各自技術皆有其缺點。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。然而影像室內定位技術仍需要高規格的硬體以支援耗時的匹配、特徵萃取和後方交會計算。

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，本案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為最有名的方法，其優勢在於可針對局部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。Kendall 等人在 2015 年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 之卷積神經網路架構，屬於監督式學習，其架構參考 Szegedy 等人(2015)提出的 GoogLeNet 深度神經網路，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。本案使用 PoseNet 之類神經網路測試室內定位系統的精度，並且針對適地性服務試辦區域之故宮南院展區選用室內移動製圖平台來採集更多實驗場域相關環境之數據庫，實際流程架構如圖 4 所示。

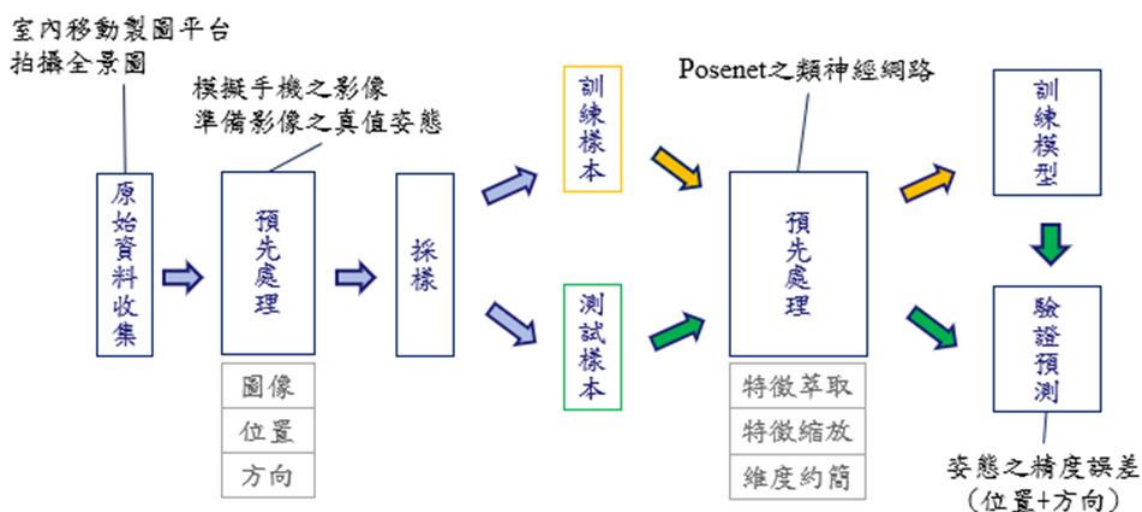


圖 4、作業流程架構圖

本案為了求得更好的精度嘗試了許多實驗，PoseNet 的原始設置為回歸位置與方向，因此損失函數會同時計算位置與方向的損失。為了同時得到好的位置與方向，勢必得平衡這兩者之間的權重，相關實驗也證實了得到的位置誤差一定比只計算位置損失的位置誤差還要來的高。本案認為使用者所持有的手機本身就帶有感測器，並且藉由感測器中的陀螺儀就能取得方向角，因此不需要特別使用神經網路去預測方向。基於這個原因本案調整 CNN 架構，使損失函數僅計算位置的權重，最後預測使用者的位置。在不同影像尺寸的實驗中，證明提出的精進方法能有效提高定位精度約 30%。而與 PoseNet 的原始設置比較起來，本案提出精進方法更有效提高定位精度約 90%。在切割場域的實驗中，數據集的場域縮小有助於讓整體的位置誤差下降，並且本案認為不需要特別去設計軌跡來採集數據也能進行實驗。此外，考量實際應用時影像多半來自不同型號的手機的問題，若訓練影像資料與實際定位時的拍攝影像是來自不同手機的話，容易造成不同平臺間的誤差。在跨平臺的實驗中，本案發現影像的大小與焦距對於神經網路來說影響很大，影像中涵蓋的物件與區域是造成位置誤差上升的主要原因。最後，為了使位置誤差能更進一步降低，本案提出誤差修正算法。透過角度分群的方式，計算每一群中的初始位置誤差的誤差量，並且進行平均來做為修正誤差的校正值。

三、研究成果

3.1 自駕車群眾外包製圖技術適地性服務案例試辦

本案規劃高精地圖群眾外包試辦區位於臺南沙崙地區，其位置及規劃路線如圖 5 所示，共包含五條路線，總長約為 13.7 公里。此範圍鄰近臺南高鐵站、臺灣智駕測試實驗場域(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、國立陽明交通大學臺南校區等，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。規劃測試車輛包含本案實驗車、成大自駕車、理立自駕公車、國土測繪中心測繪車等如圖 6 所示。



圖5、適地性服務之群眾外包運行規劃路線圖

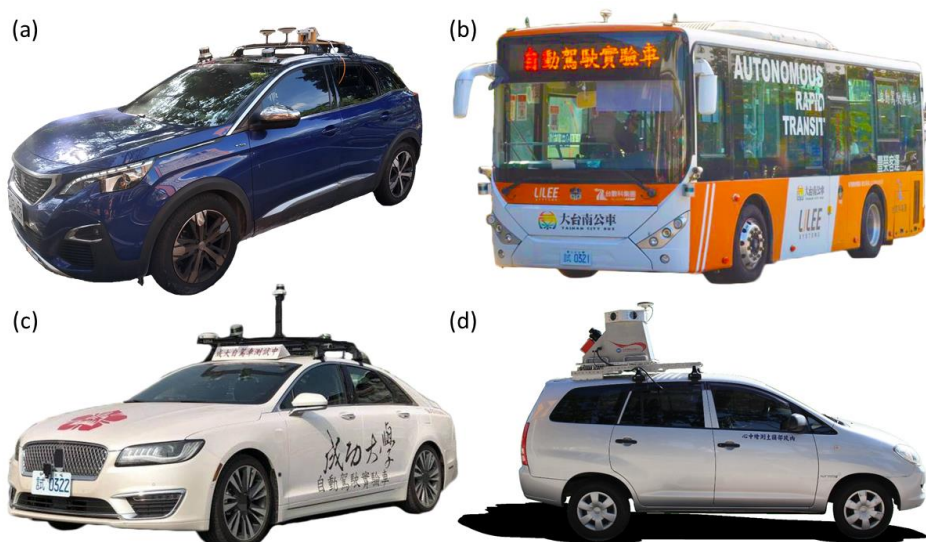


圖6、適地性服務運行車輛：(a)本團隊實驗車；(b)理立自駕公車；(c)成大自駕車；(d)國土測繪中心測繪車

表 1 及表 2 分別為物件偵測結果及各類別偵測精度，可以看出多數類別皆被正確偵測，且達到平均 76.6% 之 Precision 與平均 77.1% 之 Recall，於群眾外包之變異存在性偵測評估中，新增及移除事件之 Recall 平均值分別達到 99.1% 及 100.0%，說明了本案提出之演算法可偵測出絕大多數的真實變異事件，並可用於輔助更新高精地圖，惟誤判之成果仍須透過人工檢核進行剔除。

表 1、適地性服務之物件偵測結果

類別		真實物件							誤判	
		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)		車道標線 (虛線)
偵測物件	紅綠燈	52	0	0	2	0	0	0	0	51
	行人 穿越燈	8	99	1	0	2	0	0	0	102
	限制 標誌	0	0	70	11	0	0	0	0	17
	禁止 標誌	0	0	13	56	0	0	0	0	16
	警告 標誌	0	0	0	0	164	0	0	0	14
	指向 線	0	0	0	0	0	704	0	0	50
	標字 (速限)	0	0	0	0	0	0	55	8	28
	車道標線 (虛線)	0	0	0	0	0	6	2	3799	343
漏判		97	59	25	18	22	62	13	688	

表 2、適地性服務之各類別偵測精度

類別	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)	車道標線(虛線)	平均值
Precision (%)	91.2	46.7	71.4	65.9	92.1	93.4	60.4	91.5	6.6
Recall (%)	84.0	62.7	64.2	64.4	87.2	91.2	78.6	84.5	7.1

3.2 移動裝置室內外智慧製圖技術適地性服務案例試辦

為驗證本案所提出之人工智慧技術之室內影像匹配輔助行人慣導定位技術效能，本案使用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，完成數據樣本之影像、位置及方向角度後，採樣樣本分成訓練樣本及測試樣本，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。本案之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，於適地性服務試辦區域之故宮南院展區進行測試，訓練迭代次數設置 30,000 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。

此外，為使訓練過程加速收斂，幫助類神經網路快速學習局部特徵，本案採用轉移學習為基礎加載預訓練模型。並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。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，本案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，因此本案認為在蒐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。

因應實際應用中，每個使用者所持有的手機各有不同，除了先前模擬之手機影像外，本案額外模擬三台手機型號之影像作為數據集，且展示四台模擬手機之模型測試結果。本案也分析跨相機的位置誤差結果，發現影像的大小與焦距對於神經網路來說影響很大，影像中涵蓋的物件與區域是造成位置誤差上升的主要原因。表 3 及圖 7 所示為四台模擬手機之同平臺模型測試結果。

表 3、四台模擬手機之同平臺模型測試結果

Training model	Position error (m)				Proportion (< 1m)			
	Area1	Area2	Area3	All	Area1	Area2	Area3	All
Zenfone2	0.15	0.17	0.12	0.42	99.0 %	98.7 %	97.4 %	91.3 %
R11s	0.31	0.37	0.40	1.14	87.3 %	77.7 %	77.7 %	43.6 %
Tango	0.19	0.17	0.14	0.47	97.8 %	95.4 %	96.7 %	87.3 %
Zenfone3	0.18	0.20	0.18	0.58	94.7 %	92.3 %	92.6 %	80.2 %

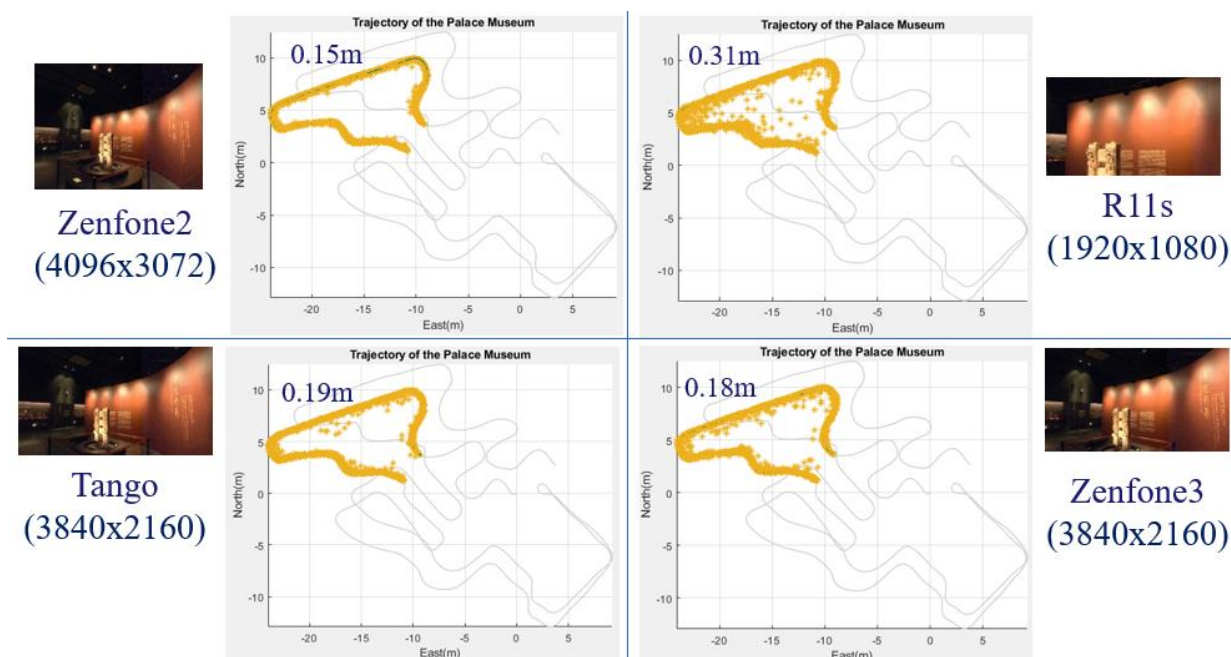


圖 7、使用四部模擬手機作為訓練模型，計算同平臺手機的位置預測值

從上述實驗得知跨平臺測試誤差將上升，因此本案設計誤差修正之方法去校正深度學習模型輸出之初始位置預測值。本案設計一種使用已知角度去分群，其設計理念為發現不同角度的測試樣本，其誤差結果會有不同分布的位移。本案經過初步實驗測試後，將可能的固定分布劃分為一群，每一群影像的三軸位置預測值與真值相減得到三軸位置誤差值，再進行平均取得每群的誤差平均值。角度分群在計算完各自群中的誤差平均值之後，初始位置誤差值會根據當時拍攝的角度，並依據角度落在哪一角度分群中，使用剛剛計算的誤差平均值來進行各自的誤差修正。其計算方式為初始預測值減去誤差平均值，真值再減去修正後的預測值，最後計算歐幾里德距離，取得校正後之位置誤差。實驗表明本團隊提出的五種角度分群法可以有效降低誤差，最佳的角度分群法可以使得位置誤差下降約 20%。

四、結論與建議

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，稱高精地圖在自駕車運行具有不可或缺之地位，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，及建立自駕車群眾外包之高精地

圖製圖(含自駕車平台)系統及流程刻不容緩。對於高精地圖自動化生產技術，本案完成開發半自動化高精地圖產製工具與自動化高精地圖轉檔工具，針對路面邊緣、車道線、車道中心線、交通號誌與特定交通標誌圖徵進行特徵提取，並產製符合高精地圖標準定義之屬性內容的向量圖徵，並經由測繪廠商針對此工具進行測試，本案亦針對廠商建議進行工具的優化，並給予未來高精地圖產製工具可精進的建議，同時，完成臺灣智駕測試實驗室與臺中水湳兩個自駕車測試場的 OpenDRIVE 圖資格式轉換至 Autoware 使用之 Lanelet2 與 Asian map 格式的測試，以滿足不同使用者的需求。

本案於群眾外包資料處理方面，影像處理完成除了車道標線，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、速限標字類別完成模型訓練，在模型準確度評估部分，本案使用 mAP 來做為評估指標。經實驗與分析後，總共有兩個模型，一為紅綠燈、行人穿越燈、限制標誌、禁止標誌、警告標誌、指向線這 6 種類別；二為速限標字的 3 種速限類別(速限 50 至速限 70)，其中在速限標字模型的準確度評估上 mAP 可高達 87.62%。本案使用影像處理：Canny 邊緣偵測、霍夫測線法(Hough Lines)等技術處理車道標線，經反覆實驗與改良後，本案設計的車道標線偵測方法在沙崙自駕車、本案實驗車和理立自駕公車之測試影片皆有不錯的偵測結果。除此之外，本案也完成所有類別之點雲處理與影像融合偵測流程，以及群眾外包之變異存在性偵測方法及輸出格式，同時利用實際蒐集之感知資訊進行各項類別的偵測與分析，驗證本案變異存在性偵測流程之可行性。

對於自駕車群眾外包製圖技術適地性服務案例試辦，本案透過多趟運行於試辦區來模擬群眾外包情境，並透過模擬之變異事件驗證群眾外包之變異存在性偵測的可行性。本案透過本案實驗車、成大大自駕車、理立自駕公車及國土測繪中心測繪車於試辦區蒐集多趟感知資訊，並在物件偵測的測試中獲得平均 76.6%之 Precision 與平均 77.1%之 Recall，後續於群眾外包之變異存在性偵測評估中，新增及移除事件之 Recall 平均值分別達到 99.1%及 100.0%，說明了本案提出之演算法可偵測出絕大多數的真實變異事件，並可用於輔助更新高精地圖，惟誤判之成果仍須透過人工檢核進行剔除。

對於移動裝置室內外智慧製圖技術之工作，本案使用故宮南院數據集進行 PoseNet 之類神經網路的精度測試，藉由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。本案亦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，因此本案認為在蒐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圍在訓練樣本裡即可得到不低的位置精度。因應實際應用中，每個使用者所持有的手機各有不同，本案使用四台手機型號之影像作為數據集，展示四台模擬手機之模型測試結果。本案也分析跨相機的位置誤差結果，發現影像的大小與焦距對於神經網路來說影響很大，影像中涵蓋的物件與區域是造成位置誤差上升的主要原因。最後，為了使位置誤差能更進一步降低，本案提出誤差修正算法，最佳的角度分群法可以使得位置誤差下降約 20%。

参考文献

1. 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.
2. 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, pp. 1-9.