



高精地圖 檢核驗證 與 更新 作業

江凱偉／國立成功大學測量及空間資訊學系 教授
王驥魁／國立成功大學測量及空間資訊學系 教授
郭重言／國立成功大學測量及空間資訊學系 教授
李佩玲／國立成功大學高精地圖研究發展中心 博士
林敬翔／國立成功大學高精地圖研究發展中心 專案經理
李啓民／國立成功大學測量及空間資訊學系 博士候選人

隨著智慧型運輸系統的發展，高精地圖（High Definition Maps, HD Maps）成為不可或缺的一環，其可輔助自駕車系統決策以提升行車安全。因此，高精地圖品質良窳與實際應用息息相關，須確保產製之圖資符合高精地圖精度要求及對應的屬性內容，方可提供自駕車使用。此外，高精地圖靜態圖資之定期更新亦是決定該產業能否永續發展之關鍵，目前我國已將高精地圖靜態圖資生產及檢核與驗證程序標準化並發佈相關標準與指引，並已研擬高精地圖靜態圖資更新作業程序，本文旨在提供高精地圖檢核驗證與更新作業之基礎資訊，希冀幫助讀者了解相關程序與推動我國高精地圖產業之發展。

關鍵詞：高精地圖、檢核與驗證、更新作業程序

前言

隨著智慧運輸系統（Intelligent Transport System, ITS）的發展，自駕車將成為未來全新的交通方式。自駕車預期可帶來各方面之正面影響，包含減少車禍、交通阻塞、節省能源以及降低空氣汙染等等。此外，自駕車產業亦可帶來巨大之經濟效益，並帶動相關產業的發展，例如導航、資通訊、軟硬體開發以及測繪產業等各類領域。我國在民國 107 年經立法院通過「無人載具科技創新實驗條例」，推動自駕車實證上路計劃，使台灣透過立法以鼓勵國內產業投入無人載具創新應用與發展。然而無人載具雖然能帶來極大產業效益與便利性，但是亦伴隨風險之產生。自駕車高度仰賴衛星定位、光達、相機等感測器進行即時運算

及決策，高精度與演算效率為感測器的研發重點，其中，高精地圖（High Definition Maps, HD maps）更是扮演不可或缺的角色。

高精地圖與一般普通車載電子導航地圖差異在於幾何精度以及屬性內容豐富度。車用導航地圖的演進如圖 1 所示^[1]，普通車載電子導航地圖平面精度約為 5~10 公尺左右，因為該地圖主要功能為提供使用者路網資訊以及路徑規劃等導航服務，對於精度需求較低，而高精地圖之精度要求為平面 20 公分、三維 30 公分，為因應車控端的需求須搭載高精度的資訊，才能避免與其他道路參與者發生擦撞等意外。

國際汽車工程師學會（Society of Automotive Engineers International, SAE）提出一套分類方法，將



圖 1 車用導航地圖的演進 (圖取自江凱偉等人 [1])

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)

圖 2 自動駕駛等級分類與其所需的地圖精度 (圖取自沈慶堯等人 [3])

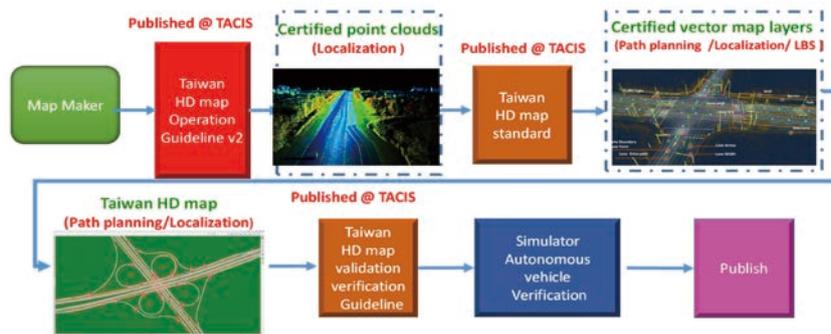


圖 3 地政司建議台灣高精地圖生產程序 (圖取自沈慶堯等人 [3])

自駕車系統分為六個層級 (Level 0-5) [2]，現今導入先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 之市售車輛為第二級 (Level 2)，而不須人為介入操控之全自動駕駛為第四級 (Level 4) 以上。若要達成第四級以上的安全駕駛，勢必對於導航精度有相應的要求，因此使用具備車輛導航資訊之高精地圖，為自駕車技術運行之關鍵，自動駕駛等級分類與其所需的地圖精度如圖 2 所示 [3]。

高精地圖除了能協助自駕車安全行駛路線規劃提供輔助資訊，亦能為自駕車上搭載之感測器所蒐集的觀測量提供先驗資訊，如辨識道路物件、交通號誌以及交通標誌等。因此高精地圖的品質良窳與實際應用成效息息相關，而確保自駕車行駛得以安全無虞，須確保測繪產業產製出之圖資，符合高精地圖精度要求及足夠完善之屬性內容，方可提供自駕車使用。

為提升我國在測繪及自駕車市場之發展，須建立國家層級之統一圖資規範。而靜態底圖為目前製圖及自駕車技術發展應用之重點，藉此建置靜態駕駛以及模擬測試環境。內政部地政司與國立成功大學團隊於民國 108 年間，基於國內非封閉場域實證經驗，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 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」，將高精地圖靜態圖資生產以及檢核與驗證程序標準化，內政部地政司建議之台灣高精地圖生產程序與上述標準與指引文件之對應關係如圖 3 [3]。

高精地圖驗證流程

根據「高精地圖檢核及驗證指引」將高精地圖各階段生產程序訂定生產程序檢核與成果驗證項目，主要分為「作業規劃檢核」、「控制測量檢核」、「作業成果檢核」、「點雲資料驗證」以及「向量圖層驗證」一共五大階段 [4]。完成上述步驟之圖資產製與檢核驗證，將會進行製作台灣高精地圖 OpenDRIVE 格式並進行模擬測試，通過所有步驟後方可提供終端使用者進行上路運用及測試。

作業規劃檢核

作業規劃為測繪作業之根本，須根據不同施測場域，配合其現況進行評估施測安全、交通環境，進行儀器配置、施測方式及實施路線規劃等前置作業。進行檢核時亦須針對場域特性進行評估，方可進行後續外業流程。

控制測量檢核

控制測量的目的為取得已知坐標，藉由測繪作業取得之絕對坐標作為控制點，納入後續製圖作業解算並加以約制測量誤差；以及作為製圖誤差計算與精度分析但是不納



圖 4 控制測量外業施測示意圖

入製圖作業解算之檢核點。實施控制測量檢核作業時，將依據各測區所設置之控制點及檢核點進行外業抽驗施測，檢核比例為 10%，控制點及檢核點之絕對平面及三維精度須符合 10 公分及 15 公分之規範。控制測量通常會選擇路面上明顯的特徵物（如標線、孔蓋等）佈設控制點及檢核點，控制測量外業施測示意圖如圖 4 所示。

作業成果檢核

當測繪車完成點雲、影像等資料蒐集後，在進行資料後處理前須進行作業成果檢核，藉此確認各階段前置作業，以及測繪外業之程序是否合乎規範要求。此時須檢查各項應完成之原始資料，如影像、點雲等。此步驟蒐集之點雲資料，雖然尚未進行平差後處理程序，但是須檢查蒐集之點雲範圍及格式之完整性，確保資料內容有涵蓋全測區。圖 5 為原始點雲資料展點與現地影像比較示意圖。



圖 5 點雲展點與現地影像示意圖

點雲資料驗證

測繪點雲資料為 LAS 格式，需包含各掃描點的地面三維坐標值、反射強度值、掃描路線以及 GPS TIME 等資料，同時為避免做為自駕車系統約制資料之點雲，因測區環境複雜而造成之雜訊，而造成車控端演算法之誤判，需將點雲資料進行過濾，將地面點以及非地面點分類。依據終端使用者之不同定位精度需求，將點雲密度要求分為三個等級，如表 1 所示^[5]。進行點雲密度驗證時，資料驗證範圍以路面邊緣向外延伸為界，並以 1 平方公尺之網格為樣本單元，檢查驗證範圍內之點雲密度，測區內不合格網格數應小於總網格數之 5%。圖 6 (左) 為點雲成果示意圖 (以臺灣智駕測試實驗室為例)，圖 6

表 1 點雲密度等級分類 (取自台灣資通產業標準協會^[5])

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

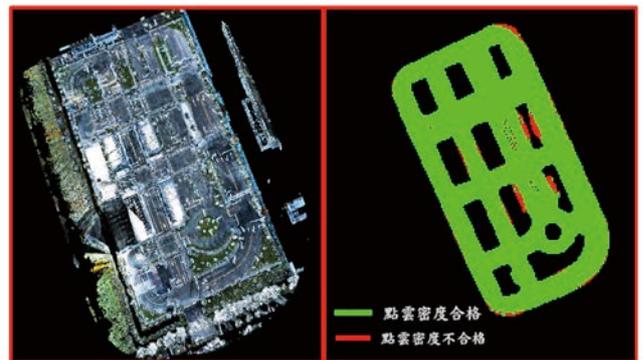
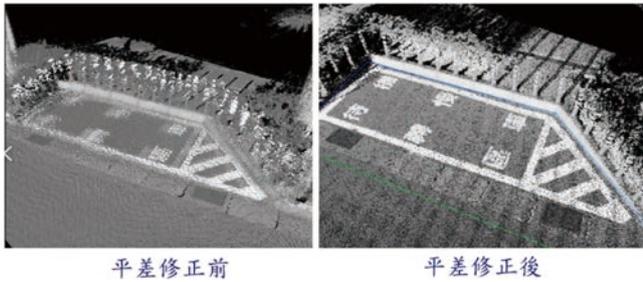


圖 6 點雲密度計算成果示意圖

(右) 為點雲密度計算成果，點雲密度合格的樣本單元以綠色展示，點雲密度不合格者則以紅色展示。

為了滿足規範之點雲密度，測繪車光達掃描通常採用來回多趟掃描，藉此降低遮蔽以及提升點雲密度，然而不同掃描路線、不同時間獲取之點雲存在誤差，需進行點雲平差作業，藉由不同掃描路線之間重疊區域中所佈設的控制點，進行點雲資料之校正，以提升點雲資料之相對精度，平差修正前後差異如圖 7。控制點能提升點雲之絕對精度，能確保產製之點雲資料能符合製圖需求之絕對精度。

為驗證點雲平差結果已有效修正各掃描路線點雲之系統誤差，應執行點雲相對誤差驗證，以確保點雲之內部幾何精度經平差修正後平面及高程相對精度優於 10 公分。掃描路線相對高程偏差量計算將於測區內每隔 100 公尺取一個對應路面位置，作為驗證位置，接著以此為中心取 25 平方公尺的區域，擷取重疊於該



平差修正前 平差修正後

圖 7 平差修正比較示意圖

區域之路面點雲以計算點雲之最適平面，則該平面中心位置之高程即為推估高程，如此可得每條掃瞄路線於同一位置之推估高程，便可計算各掃瞄路線間之相對高程偏差量，推估高程之最大值與最小值之差值即為掃瞄路線高程相對精度，其示意圖如圖 8 所示。掃瞄路線相對平面偏差量計算則選取測區內每 1 公里選取對應路面位置上之交通標誌牌面、桿件或是安全島之點雲作為驗證位置，同樣推算每一掃瞄路線最適平面之中心位置，便可計算各掃瞄路線間之相對平面偏差量，其差值之最大值與最小值即為掃瞄路線平面相對精度，其示意圖如圖 9 所示。

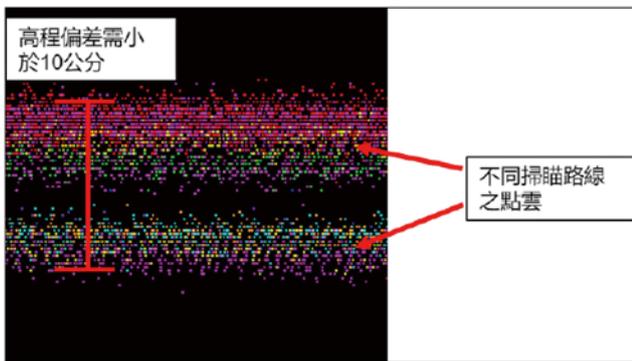


圖 8 掃瞄路線高程相對精度示意圖

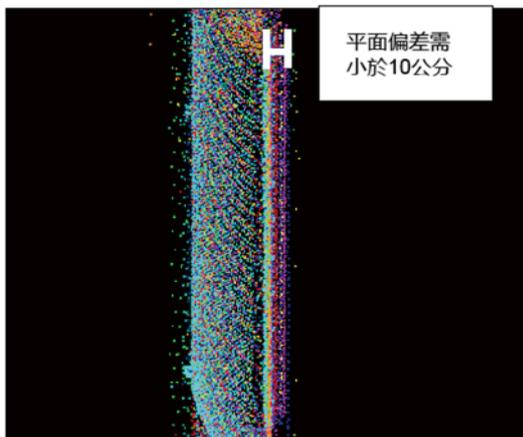


圖 9 掃瞄路線平面相對精度較示意圖

向量圖層驗證

高精地圖之向量圖層能提供精確的絕對位置與屬性資料，以供輔助自駕車導航及決策，如車道邊界、車道曲率、車道標線、交通標誌及號誌等資訊。因此須針對向量圖層之幾何精度及屬性進行驗證。幾何精度驗證分為絕對精度以及相對精度兩部分，絕對精度要求為平面精度須小於 20 公分，三維精度須小於 30 公分；相對精度要求為平面精度須小於 10 公分，三維精度須小於 15 公分。

根據「高精地圖圖資內容及格式標準」納入之高精地圖圖徵包含道路、車道、交通號誌、交通標誌、標線及物體等，其中道路、車道、交通號誌及標誌將驗證與點雲之間相對精度^[6]。以車道線為例，經數化產製之車道線將與點雲中呈現之車道線進行比對，量測兩者之較差，以驗證該項目是否符合相對精度需求，如圖 10 所示。物體、標線之標線圖型（如指向線）等，將透過外業施測進行驗證絕對精度，以行人穿越道為例，將比對數化之實型特徵角點與外業實測成果，驗證兩者較差是否符合絕對精度需求，其外業施測如圖 11 所示，絕對精度驗證如圖 12 所示。

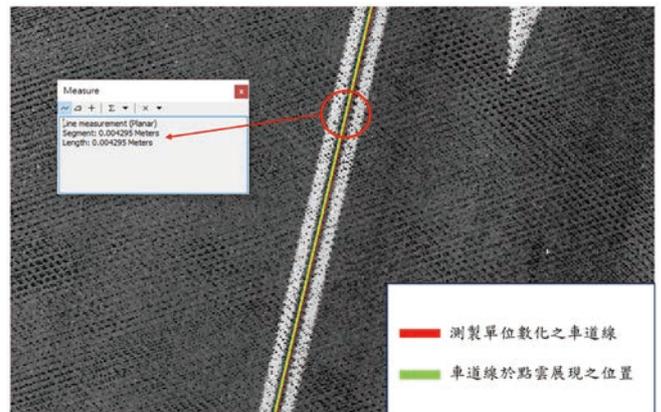


圖 10 車道線相對精度驗證示意圖



圖 11 行人穿越道外業施測示意圖

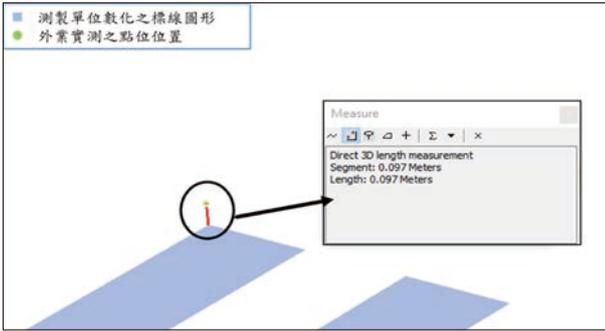


圖 12 行人穿越道絕對精度驗證示意圖

屬性格式檢查則需檢查圖資內容是否符合「高精地圖檢核及驗證指引」及「高精地圖圖資內容及格式標準」所訂定之屬性欄位格式與內容，再針對各項欄位進行檢查，並適時搭配對應位置之影像輔助判斷，如圖 13。

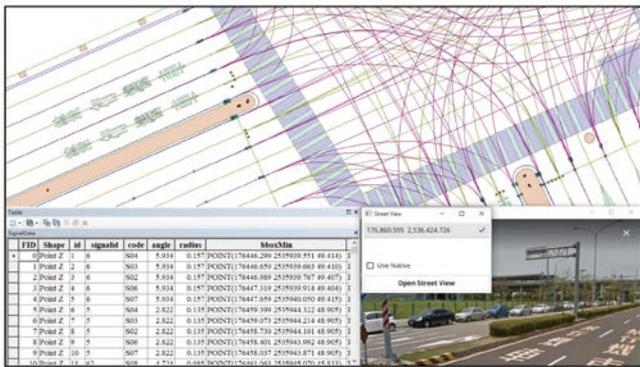


圖 13 屬性格式檢查示意圖

台灣高精地圖 OpenDRIVE+Extension 格式模擬測試

OpenDRIVE 為一公開格式，為自動駕駛模擬需求所設計，透過 XML 架構進行定義道路、車道、車道標線等內容，同時 XML 格式較容易對外流通，能提升不同格式之間轉換之互通性^[7]。台灣高精地圖 OpenDRIVE+Extension 格式為基於 OpenDRIVE 1.5 之規範為框架進行研擬，建立高精地圖圖資內容及格式

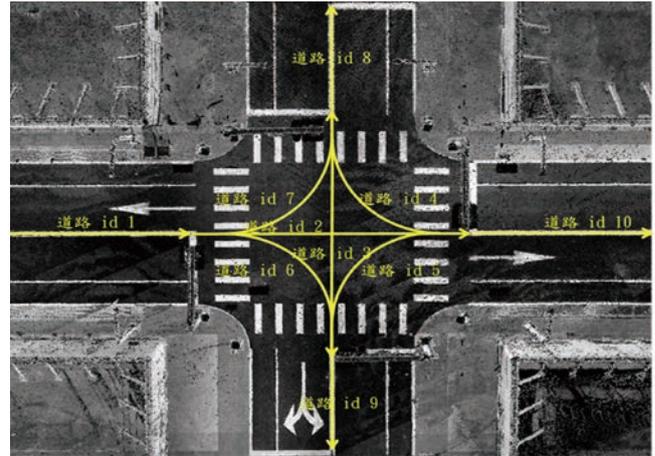


圖 14 道路參考線示意圖

標準之圖徵與屬性類別，並針對台灣特有交通情境以遵循 OpenDRIVE 擴充規則下進行擴充。

台灣高精地圖之道路由道路路段組成，每一道路路段須記錄一個道路參考線，具有起始節點及結束節點，為具有方向性的三維空間線。以圖 14 為例，id 1 之道路參考線欲連結至 id 8、id 9、id 10 之道路參考線，須繪製交叉路口中的道路參考線，即 id 2、id 3、id 4、id 5、id 6、id 7 之道路參考線。

道路及車道為台灣高精地圖之核心，有別於 SHP 格式以向量圖徵展現之形式，OpenDRIVE 格式係強調以數學式建置道路，因此不同路段之間的連結性更為重要，同時此格式成果會直接影響後續車控端之測試與使用成果。模擬測試可透過 MSC Software 公司（係 OpenDRIVE 官方組織）之自駕模擬軟體 Virtual Test Drive (VTD)，其流程包括 (1) 格式檢查、(2) 三維立體可視化與 (3) 自駕模擬檢查：

- (1) 格式檢查：為確定 Xodr 檔案格式之正確性與完整性，匯入 VTD 軟體內不能有任何錯誤訊息，且需要能完整呈現道路資訊以及參考線，如圖 15 所示。
- (2) 三維立體可視化：主要檢查道路、十字路口間之車道連接狀況是否正確，如圖 16 所示；道路標線是否正確建置如圖 17 所示，及是否出現不合理高程起伏，

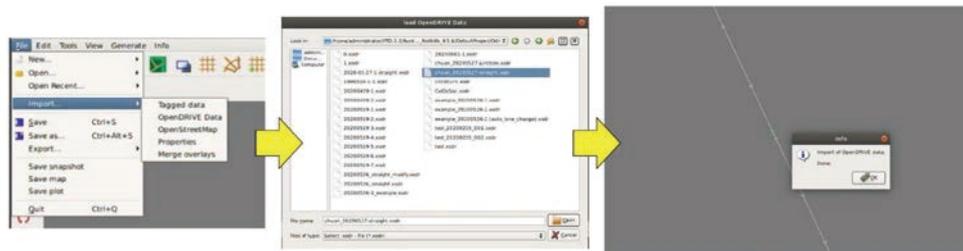


圖 15 格式內容無錯誤訊息示意圖

如圖 18 所示。確認上述步驟後，方可進行邏輯檢查與模擬測試。

- (3) 自駕模擬檢查：透過 VTD 建置模擬駕駛環境，檢查團隊建置之台灣高精地圖，於車輛模擬駕駛時是否平順且未偏離車道，如圖 19 所示，進行所有車道檢查，確認建置之圖資正確無誤。

高精地圖生產之挑戰

高精地圖為自駕車發展之關鍵技術，其品質的好壞將影響自駕車行業的研發與安全性，自動駕駛因其實際運行交通環境相當複雜，具有相當程度地挑戰性，此時更需要為高精地圖打造標準化規格，以利不同場景之間數據的運算。透過訂定明確的高精地圖精度規範與格式標準，能有助於控制整體生產成本的支出^[8]。而目前市面上使用之高精地圖格式亦五花八門，為避免不同格式之間因共享、交換等等造成數據不相容，以及品質不一的問題，透過經過認證公開格式進行格式轉換可解決相應的問題，同時藉由自動化格式轉換工具地開發，可確保高品質的高精地圖能順利支援不同終端使用者。

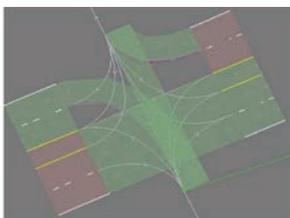


圖 16 車道連接狀況檢查

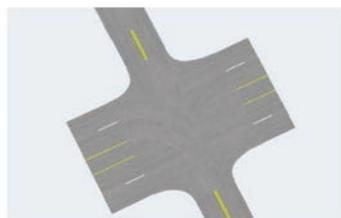


圖 17 路面標線檢查示意圖

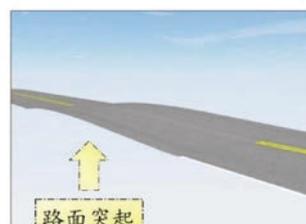
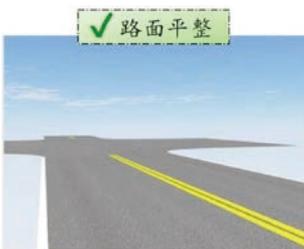


圖 18 確認路面是否出現不合理高程起伏



圖 19 檢查車輛模擬駕駛時是否未偏離車道

高精地圖目前另一個挑戰為龐大的生產成本，除了測量外業採集成本，內業人員數化與製作向量圖層亦需仰賴大量人力。因此，尋求降低高精地圖生產成本之方案勢在必行，前述所提及建立產業標準以標準化生產程序與規格即為了降低成本的耗損。而開發自動化生產與圖資轉換工具為提昇內業人員工作效率之必經之路，地政司與成功大學高精地圖研究發展中心及名古屋大學團隊共同開發的台灣高精地圖半自動生產平台，其目的為改善人工最耗時編輯之提增生產效率，同時亦開發生成台灣高精地圖 OpenDRIVE 格式之建模技術配合目前普遍使用之圖資編輯軟體，並與日趨成熟之標準生產程序與圖資內容格式標準相輔相成，以達到台灣高精地圖之精度需求的同時，亦增加生產效率。圖 20 為現行降低高精地圖生產成本之策略。

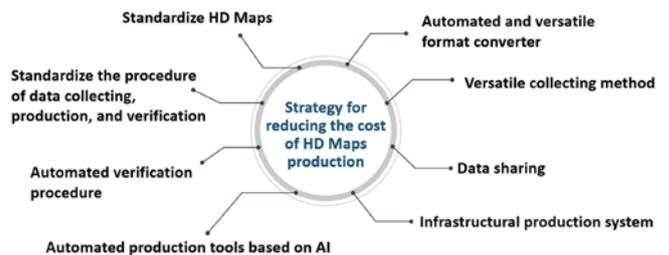


圖 20 降低高精地圖生產成本之策略

高精地圖更新程序

由專業測繪廠商獲得之高精地圖數據資料精度及可信度很高，然而龐大的測繪成本支出亦造成較難以達成定期更新，若自駕車行駛於具高度變異性的道路、地標時，將給自動駕駛汽車帶來一定程度之安全風險。透過認證第三方進行更新是實現定期更新的可行方案，在專業測繪車的技術基礎上，可利用自駕車或同等規格之資料採集車，雖然感測器精度較低，但可透過群眾外包、成果檢核、數據融合等技術來不斷更新高精地圖。隨著大數據技術的發展以及人工智慧技術 (Artificial Intelligence, AI) 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。

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、專業測繪廠商製圖，依靠自身測繪能力實現定期更新，如利用專業測繪車；二、利用自駕車或同等規格之資料採集車進行資料採集。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。若只透過專業測繪車製圖的方

式進行更新，無論是數據量或是成本資金，都是天文數字，但僅依靠較自駕車或同等規格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自駕車或同等規格之資料採集車資源，以集中方式形成一個基礎的高精地圖網絡，再採用自駕車或同等規格之資料採集車的方式來進行原有高精地圖中物件之變異存在性偵測，若其採集資料精度通過「高精地圖檢核及驗證指引」亦可針對原有之高精地圖進行局部更新，若沒通過則透過專業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」，內政部地政司與成功大學團隊目前將針對自駕車或同等規格之資料採集車，建立「高精地圖更新作業及檢核指引—靜態圖資」，針對高精地圖中靜態圖層動態更新之相關標準作業程序，透過自駕車或同等規格之資料採集車執行原有高精地圖之物件變異存在性偵測，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符合絕對位置精度平面 20 公分與三維 30 公分之高精度需求。

截至目前的應用所需，係針對靜態圖資更新之相關標準作業程序，透過自駕車或同等規格之資料採集車執行 (1) 原有高精地圖之物件變異存在性偵測、(2) 高精地圖圖資更新，以確保圖資更新與產製效率，使高精地圖能持續提升其價值與效用，其架構如圖 21 所示。

區域動態地圖 (Local Dynamic Map, LDM) 資料更新頻率

LDM 提供自駕車操作與決策所需之資訊，其包含了四層圖層架構，如圖 22 所示^[9]：

- (1) 靜態資訊 (Permanent Static Data)：主要包含地圖訊息，描述道路幾何拓樸及連接關係，以及交通號誌、標誌，車道等訊息，亦及本文之高精地圖，須透過專業化移動式車載測繪系統產製，其資訊更新頻率為月更新 (< 1 個月)。

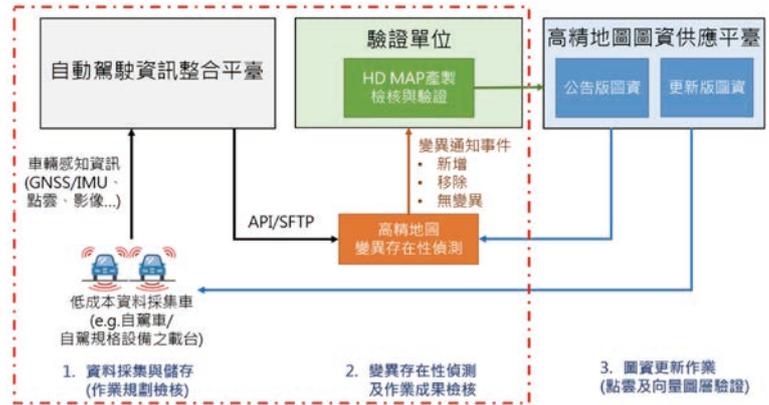


圖 21 高精地圖靜態圖資更新作業架構

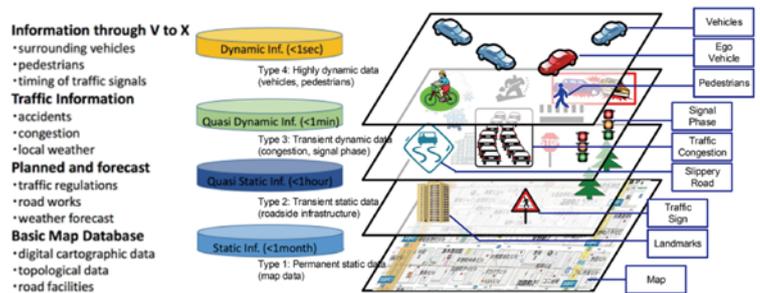


圖 22 LDM 四層架構 (取自 Shimada et al. [9])

- (2) 半靜態資訊 (Transient Static Data)：主要包含路側基礎設施的資訊，如交通管制、施工資訊等，其資訊更新頻率為時更新 (< 1 小時)。
- (3) 半動態資訊 (Transient Dynamic Data)：主要包含交通事故資訊、壅堵資訊、及紅綠燈的相位狀況等，其資訊更新頻率為分更新 (< 1 分鐘)。
- (4) 動態資訊 (Highly Dynamic Data)：主要包含車輛、行人等交通參與者的即時狀態數據，其資訊更新頻率為秒更新 (< 1 秒)。

而本文後續探討之更新程序係針對靜態圖層所訂定，其更新頻率以月更新為原則，但由於各場域環境不同，故實務作業時得視不同場域狀況而延長或縮短更新頻率以避免成本浪費或高精地圖不符合現況之問題。

變異存在性偵測

針對高精地圖靜態圖資，利用自駕車或同等規格之資料採集車所蒐集之影像與點雲資料融合以進行變異存在性偵測，其作業主要可分為三大部分：

- (1) 自駕車或同等規格之資料採集車進行資料採集，並將相關資料（如 INS/GNSS、光達點雲、影像資料等）上傳至自動駕駛資訊整合平台儲存。
- (2) 利用現行公告版高精地圖與步驟 (1) 採集之影像與點雲資料融合進行變異存在性偵測，並發送變異通知

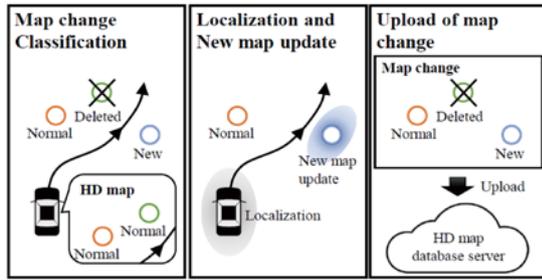


圖 23 變異通知事件分類成果 (取自 Jo et al. [10])

表 2 變異通知事件說明

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	物件偵測結果 高精地圖	物件偵測結果 高精地圖 車輛行駛路徑	

事件（無變異、新增或移除事件）至驗證單位，如圖 23 及表 2 所示，後續由驗證單位進行品質檢核與確認是否需進行圖資更新，各變異事件之模擬成果如圖 24 至圖 26 所示。對於新增事件，單一自駕車或同等規格之資料採集車的變異存在性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，則判定該偵測結果處發生新增事件，反之則表示該物件已存在於地圖中，因此判定無變異。對於移除事件，由於自駕車與同等規格之資料採集車的感知範圍有限，因此需先從高精地圖中蒐集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為無變異，否則判定該目標物件處發生移除事件。

- (3) 若由自駕車或同等規格之資料採集車所產製之點雲成果精度通過驗證單位之相關規範，其成果可直接用於圖資更新作業；若其成果精度不合乎相關規範，則須委由測繪業者辦理，相關測設規定及精度需求則根據 TAICS TR-0010「高精地圖作業指引 v2.0」辦理，在通過驗證

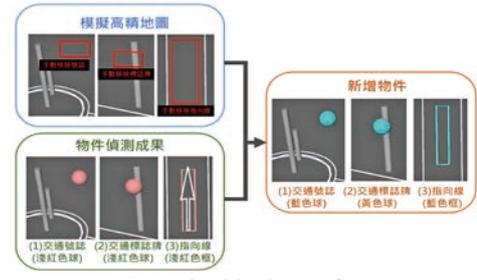


圖 24 新增物件模擬成果

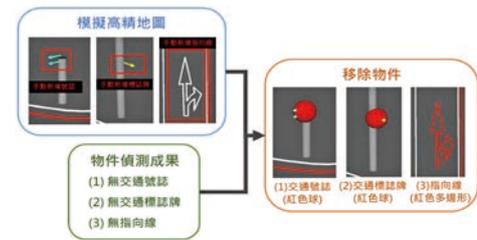


圖 25 移除物件模擬成果

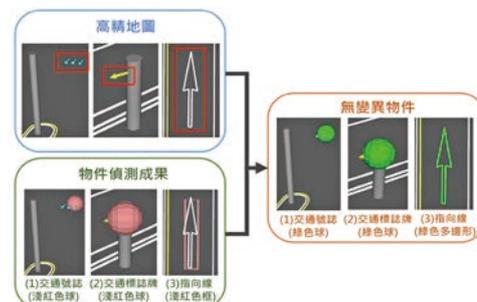


圖 26 無變異物件模擬成果

單位核可後即可公告更新版圖資提供自駕車使用，更新版圖資與原公告版圖資之差異為於點雲及向量圖層新增或刪減前述變異存在性偵測之物件，更新版圖資即為下一代公告版圖資，繼續提供後續自駕車或同等規格之數據採集車進行變異偵測使用，更新版圖資公告頻率則視該場域變異存在性偵測更新頻率進行公告。

群眾外包車輛投票機制

由於利用自駕車或同等規格之資料採集車之感測器量測的結果並不精確，因此可利用 Distance-based Clustering

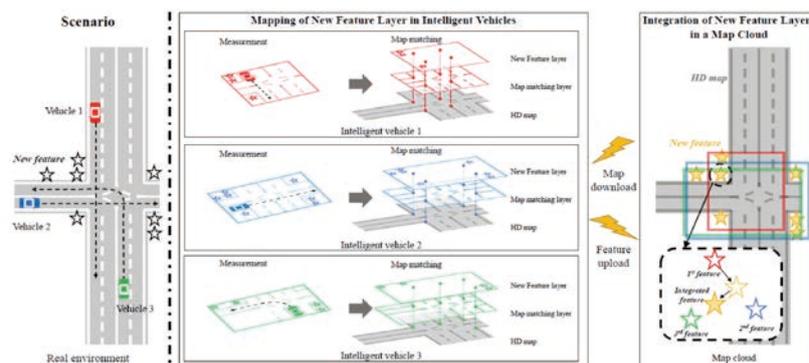


圖 27 整合多自駕車變異物件辨識成果之示意圖 (取自 Jo et al. [10])

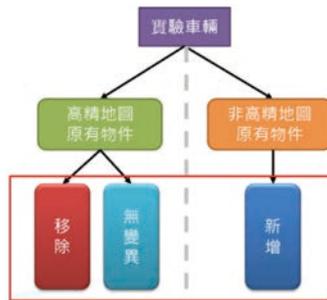


圖 28 變異偵測情境

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，如圖 27 所示^[10]。接著，以投票方式進一步確認該變異通知事件的可信度。測區內任一位置出現變異通知事件回報內容，可將情境區分為針對 (i) 高精地圖原有物件及 (ii) 非高精地圖原有物件，如圖 28 所示。若為高精地圖原有物件，其判斷準則如公式 (1) 所示，若大於所設定之閾值則將移除該物件，反之則視為無變異。若非高精地圖原有物件，其判斷準則如公式 (2)，若大於所設定之閾值則將新增該物件，反之則視為無變異^[11]。

$$\frac{\text{回報移除總數}}{\text{回報移除總數} + \text{回報無變異總數}} \geq \text{閾值} \quad (1)$$

$$\frac{\text{回報新增總數}}{\text{回報新增總數} + \text{無回報事件車輛總數}} \geq \text{閾值} \quad (2)$$

最後，這些變異物件辨識結果將會儲存為 CSV 文字檔，其輸出格式可見表 3。其中僅指向線及速限標字以 Polygon 坐標格式儲存，其餘類別則以 Point 坐標格式儲存。若辨識成果之點雲精度通過「高精地圖檢核及驗證指引」之相關規範，可直接用於更新圖資，若未通過，將針對確實變異處通知測繪業者進行場域的高精度地圖圖資測製及更新，以符合目前的高精度地圖測製標準。

表 3 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

高精地圖更新使用評估

透過自駕車或同等規格之數據採集車所取得之點雲資料，須滿足「高精地圖檢核及驗證指引」之要求方能視為高精地圖圖資，以及後續進行更新向量圖層使用。若不符合上述規定，點雲資料僅作為變異通知

與分析使用。後續更新之高精地圖靜態圖資之向量圖層 (.SHP) 以及台灣高精地圖格式，其精度要求以及屬性內容，需滿足「高精地圖檢核及驗證指引」以及「高精地圖圖資內容及格式標準」。

結語

隨著自動駕駛的時代來臨與資通訊產業的蓬勃發展，高精地圖成為不可或缺的一環，透過制訂完善的高精地圖製圖及檢核驗證標準作業程序可確保高精地圖的品質並逐步建構屬於我國的高精度地圖網絡。後續高精地圖定期更新作業更是維持高精地圖品質與可用性的一大關鍵，透過群眾外包與自動化偵測變異技術可定期提供最新的地圖資訊給所有道路參與者。未來，高精地圖產業鏈將透過專業測繪車及自駕車或同等規格的資料採集車進行資料採集，搭配自動化/半自動化的生產技術輔助，最後經由驗證單位品質驗證並出版，逐一完善高精地圖生產鏈。

誌謝

本研究感謝內政部地政司「高精地圖標準及智能移動測繪技術發展工作案 (109-110)」研究計畫補助，計畫編號為 109CCL013C；亦感謝所有參與此計畫的長官、老師、同學等人員所做出的貢獻與支持，使得本研究計畫得以順利完成。

參考文獻

- 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。
- SAE International, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (J3016_202104)," Tech. Rep., 2021. [Online]. Available: https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/
- 沈慶堯、王驥魁、江凱偉、曾義星、洪榮宏、詹紹勳、鄭錦桐、莊智清、鄭錦桐 (2020)：高精地圖於自駕車資通訊系統整合研發實證工作案期末報告，內政部地政司。
- 台灣資通產業標準協會 (2020)，高精地圖檢核及驗證指引。
- 台灣資通產業標準協會 (2019)，高精地圖製圖作業指引 v2。
- 台灣資通產業標準協會 (2020)，高精地圖圖資內容及格式標準。
- OpenDRIVE. (2019). OpenDRIVE Format Specification (Rev. 1.5). <https://www.asam.net/standards/detail/opendrive/older/>
- Liu, R., Wang, J., & Zhang, B. (2020). High definition map for automated driving: Overview and analysis. *The Journal of Navigation*, 73(2), 324-341.
- 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.
- Jo, K., Kim, C., & Sunwoo, M. (2018). Simultaneous localization and map change update for the high definition map-based autonomous driving car. *Sensors*, 18(9), 3145.
- Kim, K., Cho, S., & Chung, W. (2021). Hd map update for autonomous driving with crowdsourced data. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6(2), 1895-1901. 