



自駕車發展趨勢與關鍵技術

車輛研究測試中心研發處協理 / 翁國樑
車輛研究測試中心研發處經理 / 李玉忠
車輛研究測試中心研發處副理 / 柯明寬
車輛研究測試中心研發處專員 / 徐錦衍

關鍵字：自動駕駛、主動安全、人工智慧、深度學習、感知融合、車輛定位、智慧決策、車輛動態、系統整合、營運服務

摘要

自駕車關鍵核心技術包含許多層面，諸如感測辨識、高精圖資、車輛定位、決策控制、系統整合模擬以及實車測試驗證，尤其以智慧城市發展需求，自駕小巴公共運輸接駁成為各國追求創新營運服務模式的重點，全球自駕小巴接駁運行測試，規劃於特定的服務情境開放體驗（封閉場域/固定路線行車環境），其中EasyMile及NAVYA兩家新創公司，已在美國、英國、法國、荷蘭、芬蘭、瑞士、日本、臺灣及澳洲等地進行自駕運行試驗與體驗活動。

政府推動產業創新發展策略，在智慧車輛發展策略與定位上，可利用大量汽、機車混流環境，結合台灣ICT產業軟硬體強項以及汽車關鍵零組件供應鏈，循序漸進發展適用於台灣及東南亞市場之自駕接駁創新運行模

式，短中長期發展規劃如下：

1. 短期發展：以發展封閉場域的自動駕駛車為主，如遊樂園接駁車，主要是建立自動駕駛基礎核心技術能量。
2. 中期發展：以發展特定場域與專用路線的自動駕駛車，某些情境可能會與開放場域重疊，如公車專用道於路口時會與汽機車混流，主要是建立半開放場域核心技術能量。
3. 長期發展：以發展開放場域自動駕駛車為目標，此時感測系統與決策系統必須有高層次技術含量，亦能將自動駕駛車於開放場域進行行駛。

彰化縣政府、車輛中心及勤崴國際已簽署合作備忘錄，未來三方共同推動彰濱鹿港場域作為自駕車實證運行試點，並申請109年經



濟部規劃推動「自駕車實證運行計畫」，以服務驗證及商業驗證為規劃主軸，以上路運行為目標，加速國產自主自駕車關鍵技術與創新營運模式發展，透過結合地方政府需求，以發展觀光、照顧偏鄉、高彈性公共接駁創新的營運模式，帶動地方車輛產業發展。

一、前言

隨著智慧城市發展與公共運輸接駁需求，自駕車產業科技已成為全球產官學研技術發展重點，根據工研院產科國際所預測2030年，全球自駕車、聯網車、電動車等新車輛的相關市場規模將達到8000億美元，Frost & Sullivan更推測至2030年，自駕能力達美國汽車工程師協會（Society of

Automotive Engineers, SAE）SAE Level 4高度自動駕駛（High Automation）以上車款（如圖1自動駕駛分類標準），將佔汽車市場的55.3%，因此全球各地均積極進行自駕車實際道路測試與上路接駁運行服務。

根據參考文獻[1]、[2]內容提及ADAS與自駕車產業調查說明，國外自駕巴士主要以歐洲、北美為主要運行測試點（約佔全球85%），其中NAVYA和EasyMile兩家新創公司，主要運行場域以機場、遊樂園、工商業園區/校園為主，相對缺乏亞洲地區之市區/郊區混流情境（汽/機車、行人）之相關運行測試數據。

國內推動五加N產業創新計畫，制定產



圖 1 自動駕駛分類標準



業發展策略，其中有關車輛產業發展方面，短期以推動智慧車輛為目標，建立主動安全系統產品之核心技術；長期則以發展自駕車為目標，並建立自駕車示範運行場域，帶動國內創新服務模式。107年12月19日總統令制定「無人載具科技創新實驗條例」，透過立法鼓勵國內產業投入無人載具創新應用（陸、海、空），以監理沙盒為核心，並建構友善、安全、創新發展的法規環境，推動智慧運輸，強化多元運具整合營運服務。

台灣車輛電子產業關鍵零組件已進入國際車廠供應鏈，為了提升ADAS先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance Systems, ADAS）、主動安全系統及自駕車技術能量與國際接軌，全台第一座封閉式自駕車示範場域「臺灣智駕測試實驗室（Taiwan CAR Lab）」於108年2月25日正式啟用。為加速國內自駕車示範運行，經濟部亦規劃於109年起推動自駕車實證運行計畫，以服務驗證（Proof of Service, PoS）及商業驗證（Proof of Business, PoB）為規劃主軸，由業者領軍，以上路運行為目標，擴大國內外自駕車產業投資。整體而言，藉由無人載具科技創新實驗條例、自駕車旗艦隊、示範運行，催生自駕車生態體系，並促進國內產品外銷進入國際供應鏈，加速自駕車產業發展。

二、自駕車發展趨勢

（一）國際自駕車發展趨勢

根據波士頓顧問公司（BCG）預測，2025年全球自駕車市場銷售上探420億美元，實現部分自動化車輛將佔總體車輛約12.4%，至

2035年市場規模更將翻倍成長。近幾年自駕車的發展動態攻佔新聞版面，有車廠投資大量資源、零組件商配合轉型、科技/半導體巨擘發展人工智慧科技，以及新創公司搶先卡位新商機，各國政府也為自駕時代來臨預作準備，著手建立相應的政策法規，帶領著自駕車產業往前邁進。

自駕車仰賴先進駕駛輔助系統（ADAS）與車聯網等科技為基礎實現，其中光達感測器（LiDAR）、高精度地圖以及AI深度學習演算法與運算速度更是關鍵，透過結盟形成技術互補的合作關係，方能加速自駕技術開發。國際自駕車產業之開發趨勢大致可分為兩大方向，一是發展自駕乘用車型，主要為整車廠延伸原有車輛製造能量，開發搭載自駕技術的車款，努力擴大自駕車適用範圍，由單純路況的高速公路延伸至市區道路複雜環境；二為投入移動即服務（MaaS）的車隊模式，以整合共享、即時叫車（Ride-Hailing）或物流配送等商業用途為目的，例如自駕計程車（Robo-Taxi）服務、自駕小巴（Auto Shuttle Bus）上路接駁運行服務。

（二）台灣自駕車發展現況

近年來，國內各縣市爭相引進國外自駕小巴舉辦試運行體驗，使民眾高度關注自駕車發展議題。據工研院產科國際所IEK估計，臺灣車輛產業每年總產值約達新台幣6,000多億元，其中汽車電子約2,002億，直逼台灣整車產值，帶動資通訊科技（ICT）和車電零組件對車輛新興科技應用與自駕車發展潛力。



台灣ADAS供應鏈完整，在車輛與零組件、車用電子、半導體及資通訊軟硬體等產品，已供應到國際車廠，對於發展自駕車輛感測、決策與控制技術上已有初步根基，目前需補強的技術缺口主要是感測器開發與感知融合系統單晶片（SoC）、車輛定位與高精圖資、5G傳輸以及AI深度學習決策控制等，相關業者可把握機會切入自駕關鍵次系統或零組件來拓銷國際。

政府研擬「無人載具科技創新實驗條例」，制定陸海空無人載具研發業者申請測試要點，給予自駕測試法規上的鬆綁，提供科技創新者申請一般道路運行測試，並建置全台第一座封閉式自駕車示範場域「臺灣智駕測試實驗室（Taiwan CAR Lab）」，有利於自駕技術發展（參考文獻[3]）。為加速國內自駕車示範運行，經濟部亦規劃於109年起推動自駕車實證運行計畫，由業者領軍，以上路運行為目標，擴大國內外自駕車產業投資。整體而言，藉由無人載具科技創新實驗條例、自駕車旗艦隊、示範運行推動，催生自駕車生態體系，並促進國內產品外銷進入國際供應鏈，加速自駕車產業發展。

三、自駕車關鍵技術

自駕車關鍵核心技術包含許多層面，諸如感測辨識、高精圖資、車輛定位、決策控制以及底盤線控（主動轉向、煞車以及動力系統控制）等關鍵技術，並藉由系統整合架構規劃、駕駛模擬實驗室軟體模擬以及實車測試驗證，確保自駕車發展過程每一環節都能被追溯與實現。圖2為自駕車核心技術示意圖。

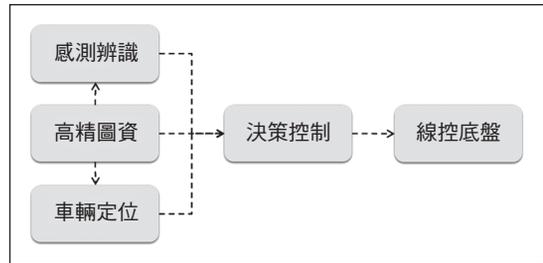


圖 2 自駕車核心技術

（一）障礙物感測技術

自駕系統之模組配置如圖3所示，如同模擬人類駕駛車輛，首先人類須透過眼睛識別車輛周遭環境狀況，並透過大腦決策車輛行駛路徑，最後利用手腳控制車輛轉向與煞車、油門，讓車輛安全行駛抵達目的地。自駕車的眼睛就是光達、雷達與攝影機等感測器，透過演算法解析原始資料識別障礙物的種類與位置，因不同種類的感知器對於障礙物的解析能力不同，如攝影機對於障礙物的顏色或外型識別能力較強，光達對於障礙物的位置與偵測範圍能力較強，而雷達對於金屬障礙物的偵測距離能力較強，故針對感測

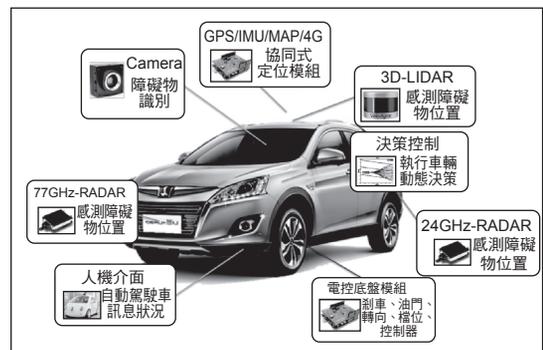


圖 3 自駕系統模組配置



表 1 感測器性能比較

感測器性能	攝影機	雷達	光達	超音波
物體偵測	尚可	優	優	優
物體類型	優	差	尚可	差
距離偵測	尚可	優	優	尚可
外型邊緣偵測	優	尚可	優	差
號誌/車道偵測	優	-	差	-
可視範圍	中	長	中	短
天候變化	差	優	尚可	差
光影變化	尚可	優	優	優

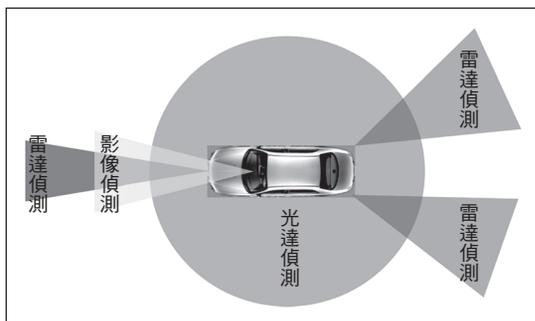


圖 4 多元感測器偵測範圍

器偵測障礙物特性進行多感知融合，演算出自駕車周遭環境的障礙物資訊，各類型感測器性能比較如表1所示，其感測器偵測範圍如圖4所示。

(二) 動態定位技術

當自駕車解析出環境資訊後，尚須知道自駕車本車的位置與行駛目的地，故需要透過協同式定位模組接收GPS、IMU、車輛動態訊息、感測器環境特徵偵測與高精圖資資訊進行演算後得到自駕車的位置與目的地行駛軌跡。接續由決策模組將多感知融合模組

的環境資訊、協同式定位模組的本車位置與目的地軌跡，進行動態決策設計，並將自駕車訊息狀況顯示於人機介面及後台管理中心，讓使用者知道車輛與系統狀況，如遇異常時使用者可隨時接管車輛進行駕駛。定位系統架構如圖5。

(三) 智慧決策與車輛動態控制技術

自動駕駛系統中的決策模組可採用規則化模型設計或人工智慧模型設計。而硬體現階段是使用IPC硬體接收感知融合模組與動態定位模組資料進行決策，再進行車輛控制，其架構圖如圖6。而決策系統為符合ISO26262軟體功能安全需求，故採用Model-Based進行開發，再透過模擬驗證工具進行測試軟體功能，當模擬結果符合預期目標規格時，Model-Based開發環境可將控制系統模型直接進行C Code轉譯及移植至IPC硬體環境下執行，為符合即時性（Real Time），其作業系統則是採用車規作業系統（如QNX），避免軟體無法即時處理資料，造成系統響應時間太慢影響自動駕駛效能。

目前對於自駕車決策控制系統開發方式，可區分為規則化決策設計、AI人工智慧決策模型設計兩種，開發者可依實際環境需求與硬體效能選擇，參考文獻[4]內容說明，茲將各決策設計說明如下：

1. 規則化決策設計

參考文獻[5]中說明自駕車決策系統設計架構由四大技術所組成：電子地圖（RNDF/OpenStreetMap）、感知融合（Perception）、靜態軌跡規劃（Mission Planning）、行為規劃

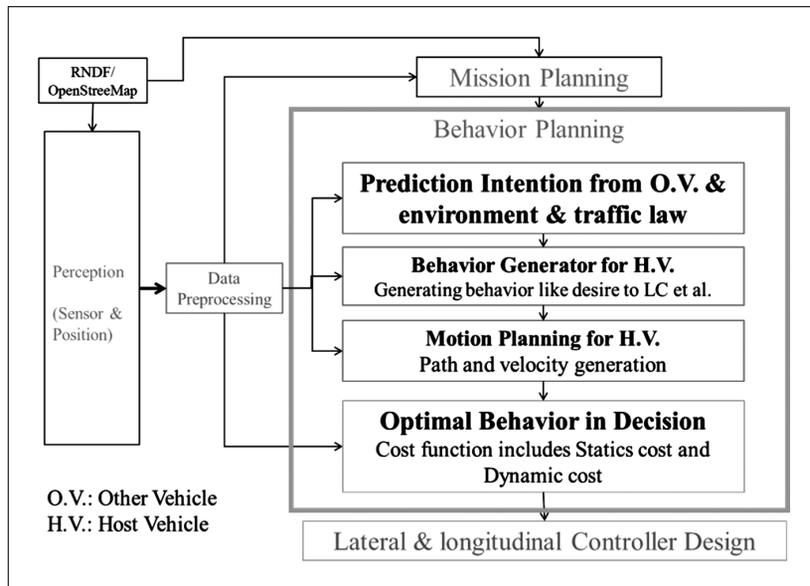


圖 7 規則化決策設計架構

目的地。自動駕駛系統啟動後，透過感知器與感知融合技術傳遞環周資訊至行為規劃決策系統實現自動駕駛。其中之行為規劃類比人類大腦，處理感測器傳遞環周的資訊，並迅速作出複雜且適當的決策，包括以數學模型預測對手車未來行駛意圖（Intention）、判斷是否修改當下路徑或速度（Behavior Generator）後，進而基於規則化方式規劃適合當下環境自駕車可以行駛軌跡與速度組合（Motion Planning），並且決策最佳組合（Optimal Behavior in Decision）下達控制（Lateral & longitudinal Control）命令，直到完成任務到達目的地為止。以下分別說明Intention、Behavior Generator、Motion Planning和Optimal Behavior in Decision之使用概念與考量的環境資訊。

- (1) Intention（意圖）：預測對手車未來行駛意圖，自動駕駛車在複雜的交通環境中

行駛，第一個面臨的關鍵挑戰為如何處理真實世界中存在著不確定性包含其他駕駛的一般車輛、混合車流摩托車與腳踏車。駕駛意圖的不確定性或是思維的差異判斷，皆促使自駕車需學會如何與一般駕駛進行互動。互動過程面臨許多挑戰。為說明意圖對自駕車之重要性，以下以自駕車行駛於三車道遇到前方對手車減速為例。

圖8為自駕車（H）行駛於三車道遇到前方對手車（L）減速意圖範例圖。本車若能預測對手車在未來幾個單位時

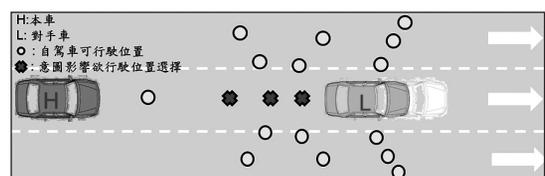


圖 8 車輛在三車道行駛意圖



間減速意圖，將可提前過濾篩選不適合當下之前往位置。此外，藉由預測對手車或其他用路人之意圖，解讀周圍環境後能夠讓自動駕駛車輛更聰明地與周圍環境進行互動，不論在路口能其他車保持距離或在交流道附近與它車匯流，甚至在救護車通過的需求下讓道。

(2) Behavior Generator (行為生成)：根據意圖結果判斷是否修改自駕車當下路徑或速度，在此階段，決策系統結合環境判斷意圖預測與感知資訊後，並採用數學模型的方法，透過大量累積的不同環境、氣候及場景相對應之駕駛行為為建立決策模型，進而生成最適合當下的駕駛行為，例如避障、車道變換、緊急煞車、道路跟隨等駕駛行為。規則化決策模型生成之行為決策資訊傳遞至下一層 Motion Planning 生成受限於車輛動態規劃未來幾個單位時間內可行駛之路徑與速度組合，實現自動駕駛的功能。

(3) Motion Planning (路徑與速度規劃)：規劃當下環境適合自駕車可以行駛軌跡與速度組合，Motion planning 根據自駕車之當前狀態，包含本車車輛動態資訊 (車速、加速度、側向加速度等物理量)、環境資訊 (道路地形車道邊界、車道曲率及燈號號誌) 以及未來行駛方向與位置，規劃未來的行駛路徑與行駛速度，其數學模型需考量車輛動態行為之生成路徑與速度相依影響關係。可參閱參考文獻[6]及文獻[7]之數學方程式進行推導出動態軌跡之路徑與速度。

以自駕車遇到前方障礙物為例，圖9為採用規則化方式生成路徑與速度規劃圖，其中的路徑與速度規劃乃未來車輛

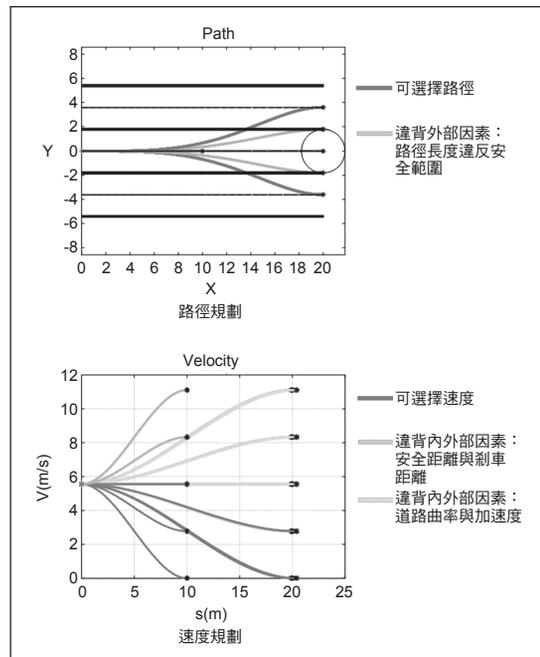


圖9 路徑與速度相依規劃

要用多快的速度去行駛什麼路徑，根據規則化方式能確保自駕車之行使範圍與空間。

此外，所有車輛移動軌跡之車輛動態行為則以車輛動態極限下組合設計，進而規劃行駛的路徑與速度。其中，車輛動態極限涵蓋本車的內部因素與環境的外部因素，本車的內部因素包含速度限制、加速度及減速度極限與急跳度等因素；外部因素包含路徑長度、側向位移和路徑曲率等因素。如此透過數學方法可將車輛安全之物理量轉為限制條件，使規劃出來的路徑與速度方程式符合車輛操控安全限制。

(4) Optimal Behavior in Decision (最佳化之決策)：規劃後的眾多路徑與速度組合經由Optimal Behavior in Decision依



照不同行駛策略決策挑選出最優的路徑與速度組合。表2為靜動態物理量影響自駕表現之參考項。Motion Planning規劃之多重軌跡組合，透過靜、動態物理量之線性組合建構具不同駕駛策略（如節能、舒適和安全）之成本函數（Cost function），如式1所示，根據路徑長度、路徑曲率等靜動態參數並考慮不同模式的W權重，計算最小成本函數值為適合當下之最佳決策，完成自動駕駛決策行為。

$$Cost = W_1C_l + W_2C_k + W_3C_{dk} + W_4C_o + W_5C_t + W_6C_e + W_7C_a + W_8C_j + W_9C_{ca} + W_{10}C_{ob} \quad (式1)$$

表 2 成本參考量與影響自駕表現

參考項	物理量（影響自駕表現）
靜態	C_l 路徑長度（節能）、 C_k 路徑曲率（舒適）、 C_{dk} 路徑曲率變化率（舒適）、 C_o 路徑側向位移本車（舒適）、與 C_{ob} 前方障礙物之相對距離（安全）
動態	C_t 路徑行駛時間（節能）、 C_e 行駛速度（安全、節能）、 C_a 行駛加速度（安全、節能、舒適）、 C_j 行駛急跳度（安全、節能、舒適）、 C_{ca} 行駛向心加速度（安全、節能、舒適）

資料來源：參考文獻 [7]，車輛中心整理

再回到自駕車遇到前方障礙物之例子，當自駕車靠近障礙物時，可根據靜動態物理量彼此關係建構出不同的行駛模式，進而做不出同的反應，最後完成規則化決策流程。以圖10(a)為例當自駕車決策模式如以安全模式為考量時，成本函數之權重以前方障礙物之相對距離、行駛速度、行駛加速度、行駛急跳度與行駛向心加速度等參數為主要考

量，故路徑與速度規劃會以煞車為最佳化之決策，如式2所示。而以舒適為決策模式為考量時，如圖10(b)所示，則成本函數之權重改以路徑曲率、路徑曲率變化率、路徑側向位移本車、行駛加速度、行駛急跳度與行駛向心加速度等參數為主要考量，故路徑與速度規劃會以較慢速度與較小路徑曲率進行車道變換達到以舒適為目標的最佳化之決策，如式3所示。

$$Cost_Safity = C_l + 10C_k + 10C_o + 10C_t + C_e + 0.1C_a + 0.1C_j + 0.1C_{ca} + 0.1C_{ob} \quad (式2)$$

$$Cost_Comfortable = 10C_l + 0.1C_k + 0.1C_{dk} + C_o + 0.1C_t + C_e + 10C_a + 10C_j + 10C_{ca} + C_{ob} \quad (式3)$$

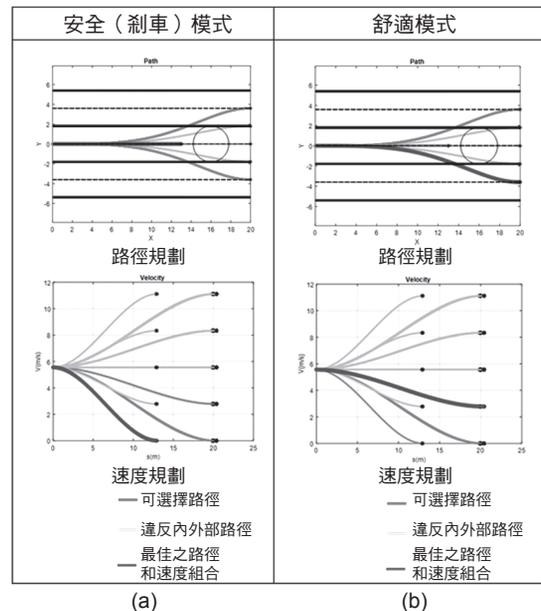


圖 10 根據靜動態物理量在不同行駛策略下之最佳路徑與速度組合

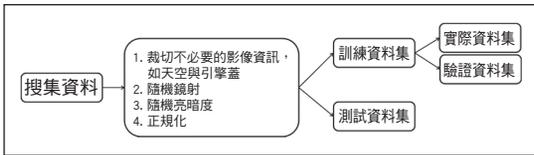


圖 11 人工智慧決策模型訓練流程圖

2. 人工智慧決策模型設計

基於卷積神經網路 (Convolutional Neural Networks, CNNs) 架構學習攝影機影像資訊對應之人類駕駛行為，如方向盤角度、油門和煞車，為現今人工智慧決策模型中之熱門方法。此外人工智慧決策模型需藉由學習大量且多樣的影像資料來提升模型穩健性，其中多樣的影像資料包含不同天氣型態下之決策駕駛行為。為增加既有資料所能提供的資訊數量與多樣性，模型訓練前可採用影像處理達到目的。圖11為決策模型訓練前資料處理之流程圖。蒐集資料後，首先裁切不必要的影像資訊如天空與車輛引擎蓋、接下來

藉由隨機鏡射增加左右彎場景、隨機調整影像亮度模擬不同的天氣狀態及資料正規化加速模型訓練。

CNNs之架構主要由卷積層 (Convolution Layer) 與全連結層 (Fully Connected Layers) 組合而成。圖12為nVIDIA提出基於攝影機人工智慧決策模型之學習架構 (參考文獻[8]、文獻[9])。其模型根據影像處理後之實際訓練集，運用CNNs之卷積層特性提取特徵及減少圖像參數維度，並傳遞特徵資訊至全連結層組織特徵後預估適合當下之方向盤角度。其中，全連結層中預測之物理量，與對應相同影像之錄製物理量計算預測誤差後回饋至模型，進而調整CNNs的模型參數，過程中利用測試資料集驗證模型是否有過度擬合 (Over-Fitting) 情況，直至模型預估方向盤角度與錄製方向盤角度之誤差穩定收斂為止。最後由測試資料集評估訓練後模型於未學習過但類似場景之預測能力。

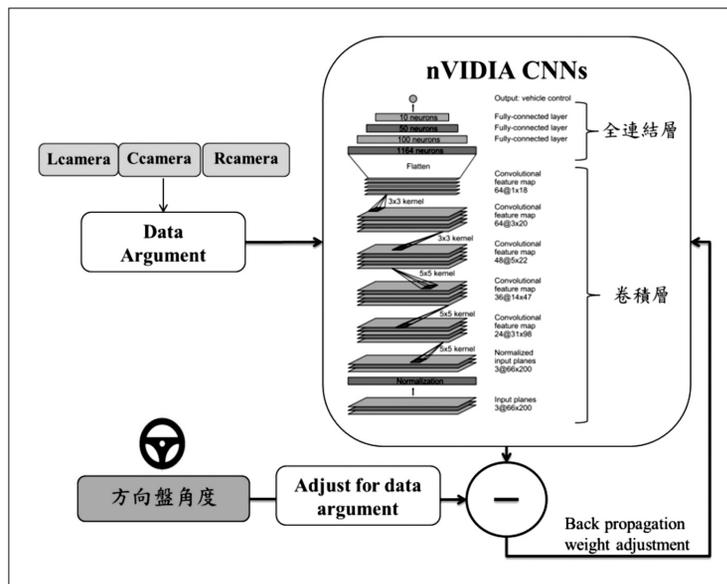


圖 12 nVIDIA 自駕決策系統架構圖



人工智慧決策模型雖可簡化系統的結構，不需人工設計各個子系統，但此模型有時並不能帶來理想的性能。如依據攝影機之CNNs方法，容易因訓練資料集不足、光雲雨霧等天氣因素或與複雜的路口影響自駕表現。另，由於訓練之數據非常大量且多變性，一個CNNs模型需花費相當多時間訓練，且只能靠不斷錄製影像與訓練進而調整自駕表現。

(四) 系統模擬與實車測試驗證

自駕車已成未來車輛產業趨勢，各國及各大車廠莫不積極投入自駕車相關技術之研究發展，美國NHTSA 提出自駕車安全評估要點，並建議自駕車應滿足該規範後才能上路；中國大陸之北京、上海與重慶市自2017年以來陸續規範自駕車測試管理規則；國際上則有J3018實驗室運行規劃指南，針對搭載Level 3、4、5半自動或全自動駕駛系統之原型車輛（Prototype）提供安全實驗運行規範。因此，自駕車模擬與實車驗證技術的建

立刻不容緩，以下將針對模擬驗證與實車功能驗證進行說明。

1. 自駕車模擬功能驗證技術建立

模擬驗證技術主要為預測、分析系統開發的特性響應關係，透過模擬提供多種複雜條件下系統動作之應對行為，預先分析其環境條件、控制模組與系統物理特性關係是否符合預期。

自駕車系統開發之模擬驗證平台，包含環境模擬軟體依據國際標準所建置的場域及廠規測試之驗證情境（PreScan）、自動駕駛功能演算法開發模擬驗證軟體（MATLAB/Simulink）及結合CarSim建置之車輛動態，模擬車輛於實際道路自動駕駛的狀態，確保自駕車系統演算法開發符合實際需求與安全規範。其架構如圖13所示。

利用駕駛模擬實驗室（如圖14）可提供演

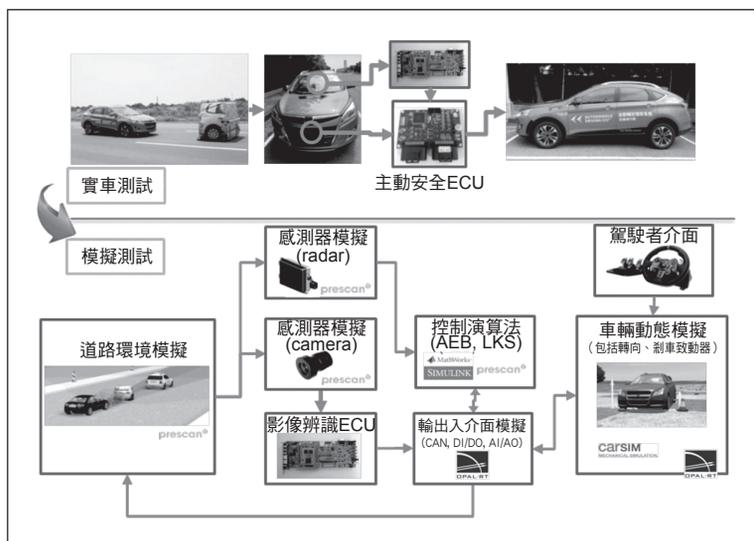


圖 13 駕駛模擬實驗室示意圖



圖 14 靜態 (上) / 動態 (下) 駕駛模擬器設備

算法模型在環模擬Model in the loop (MiL)、控制器硬體在環模擬Hardware In the loop (HiL)及車輛在環模擬Vehicle in the Loop (ViL)等測試，於實車測試前，針對自駕系統感知辨識、車輛定位、智慧決策與車輛動態控制等功能，確認各系統安全與可靠度確認。

以Camera感測器為例，可利用攝影機拍攝車輛前方之場景畫面，進行實現車道偏移警示、前方車輛碰撞警示以及行人偵測警示等安全警示功能。而為提供快速測試不同光影、天候與路況下的效能，應用PreScan虛擬場景暨協同整合CAN Bus通訊與Simulink模型，並透過即時模擬平台將實際攝影機的訊號導入，成為Camera in the loop的HIL驗證，藉以進行影像系統的判斷結果與標準要求之

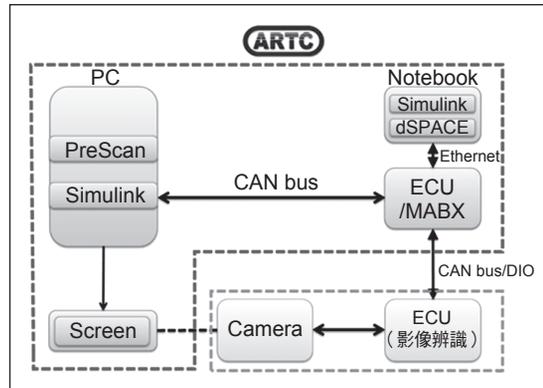


圖 15 Camera in the Loop 驗證架構

比對分析，例如即時線上記錄攝影機參數發出警示時間點的參數等，測試平台架構如圖15所示。

2. 自駕車實車功能驗證技術建立

因應自駕車實車測試需求建立相關自駕車驗證技術藉以驗證自駕車之基本功能，因應未來自駕車上路前所需之基本功能測試，運用車輛中心現有之測試場、未來中心於試車場擴建之自駕車測試場域及「臺灣智駕測試實驗室」進行相關測試規劃與執行，建立自駕車相關功能測試驗證之能量，以取得自駕車上路之許可，符合無人載具創新實驗條例測試部分之要求，將自駕車推上實際道路行駛，訓練自駕車因應道路各項交通環境之挑戰，以實現未來自駕車上路之願景。

因應自駕車技術日益成熟，及無人載具創新實驗條例上路，須對自駕車進行相關測試項目及場景設計，為自駕車上路安全進行初步的把關並完備車輛上路運行前所需驗證能量。實車功能驗證技術於車輛中心未來4年計畫期程架構規劃如圖16所示，主要分成

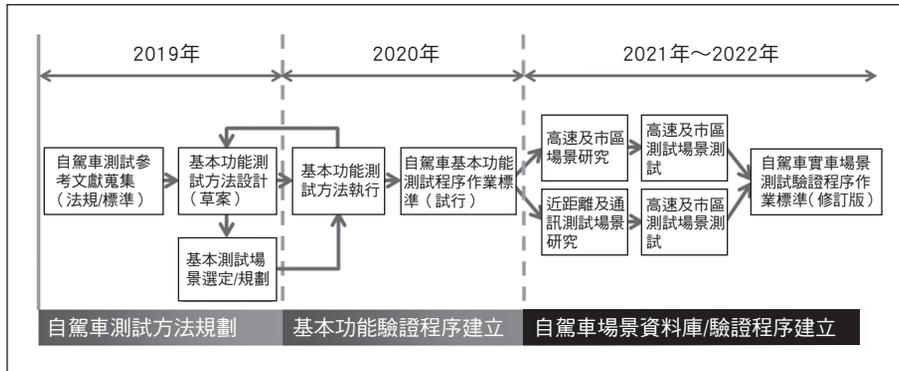


圖 16 自駕車實車功能驗證技術建立架構

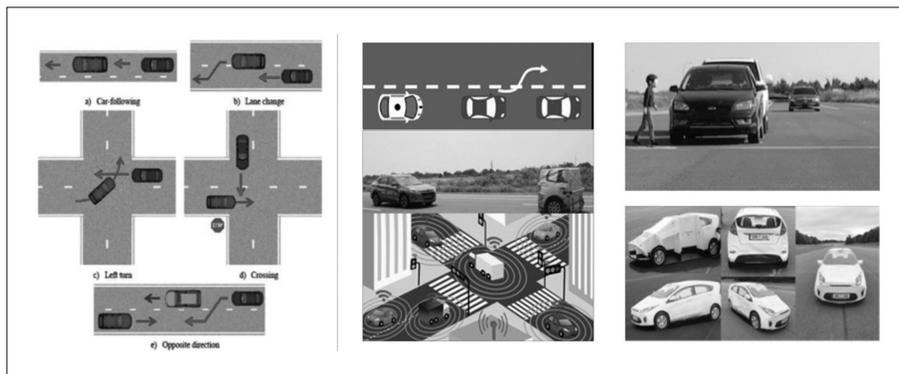


圖 17 自駕車測試場景設計示意圖

自駕車測試方法規劃、基本功能驗證程序建立、自駕車場景資料建立及自駕車場景驗證程序建立等方向進行測試驗證技術建立。

目前國內外尚無完整之自駕車相關測試標準及法規可依循，有鑑於此，車輛中心建立此技術之實施方法於初期先收集相關先進國家有關自駕車測試方法（草案）進行資料蒐集彙整與研究，盤點出典型的自駕車基本功能測試所需的測試項目與場景，進行初步的自駕車基本功能測試草擬，再以現行既有之場地進行驗證場域建置，包含車輛中心現有

試車場內12條測試道、聯絡道及沙崙自駕車測試場之測試場地等。以車輛中心現有之自駕平台車進行試驗，並修正測試方法，藉以完成自駕車基本功能測試程序作業標準（試行）。隨後進行封閉場域及相關驗證場景測試設計與資料庫建立，包含高速情境、市區情境、近距離及車輛通訊情境等（如圖17所示）進行各種測試場景研究，歸納對自駕車於實際道路行駛上較為重要之測試情境，以建立自駕車實車場景測試驗證程序作業標準（修訂版），使自駕車驗證方法更為完備。



廠商性質	廠商種類	自駕接駁巴士			
營運與系統整合商	營運商	營運管理服務	勤威國際、中華電信、宏碁智通		
	系統整合廠	整車打造廠	車體製造 鑫威汽車工業		
		EV系統整合	聯華聚能科技		
		ADS系統整合	勤威國際（車輛中心）		
供應商	系統與模組廠	感測系統	輝創	攝影機/光達	輝創、光寶
		電控化模組(剎車/轉向)	六機、上銀	T BOX	英業達
		決策/控制系統	技嘉	圖資	勤威國際
		動力系統	立淵、致茂、富田	電池	有量
		車型設計	創意庫	晶片	輝達(NVIDIA)
		異質網路	明泰、英業達	雷達	明泰、呈鎬

圖 18 自駕電動巴士產業研發聯盟

四、車輛中心自駕小巴研發成果

由經濟部技術處科技專案支持，車輛中心串連國內車輛產業上下游關鍵零組件與系統，包含底盤、動力、電能、車體打造、感知、決策控制、聯網及營運服務等廠商（如圖18自駕電動巴士產業研發聯盟），全由台灣研發打造出自駕電動小巴（命名WinBus），其自駕能力已達SAE Level 4高度自動駕駛等級，在開放場域/固定路線或封閉場域環境下，全程無須人為介入車輛操控，自駕系統可執行環境障礙物偵測、車輛動態定位、智慧決策規劃與車輛控制等功能。

車輛中心自駕小巴WinBus研發成果，充分向國人證明臺灣自駕車科研人才高水準的軟實力以及產業供應鏈硬實力，足以帶領臺灣自駕車產業競逐國際舞台。茲將自駕小巴研發成果說明如下：

（一）自駕小巴平台車

以全電控化、自駕化為目標，從底盤、車身、內裝以及控制系統等設計，經過車輛

中心試車場、結構強度分析、電磁相容等國際級測試環境的驗證程序，其品質與水準完全與國際標準接軌。

WinBus自駕小巴規格如表3說明，具備前後雙軸轉向及雙軸動力系統，無須轉向掉頭於單一固定路徑下進行自駕接駁，符合偏

表 3：WinBus 自駕小巴規格

規格項目	性能
乘載人數	15 人（9 座位 + 6 站位）
速度	最大 50 km/h 巡航 30 km/h
爬坡	≥ 20%
續航里程	≥ 70 公里
電池容量	45 kWh；320 V / 140 Ah
轉向輸出	2 × 2 雙軸獨立轉向
驅動輪	2 × 2 雙軸獨立與並聯驅動 (馬達：2 × 15 kW)；Peak：85 kW
充電	接觸式充電 磁共振無線充電（可擴充）
互動介面	手機 APP、車內觸控螢幕
安全功能	ADS：自動緊急剎車、自動巡航控制、協同式定位、自動避障 車內：緊急停車按鈕、緊急通報、語音警報 後台：即時監控、遠端協控



圖 19 WinBus 外觀（上圖）與內裝（下圖）

鄉山區路窄之需求。且車內無方向盤、煞車及油門踏板，如圖19所示。

安全設計符合交通部車輛安全檢測基準550-動態翻覆之法規要求（如圖20）、ECE R100電氣安全（如圖21）、智慧頭燈夜間投影、車門防夾安全機制、人性化人機介面、多屏行車資訊及語音提醒、緊急停車按鈕、緊急通報、智慧站牌聯網、遠端協控、隊列行駛等功能。

（二）智慧化全自駕模式

感測模組包含攝影機、2D與3D光達（LiDAR）和雷達（Radar）各式感測器，感知收集不同的車輛環境資訊，具備2D/3D光達障礙物偵測技術、多感知融合技術、影像

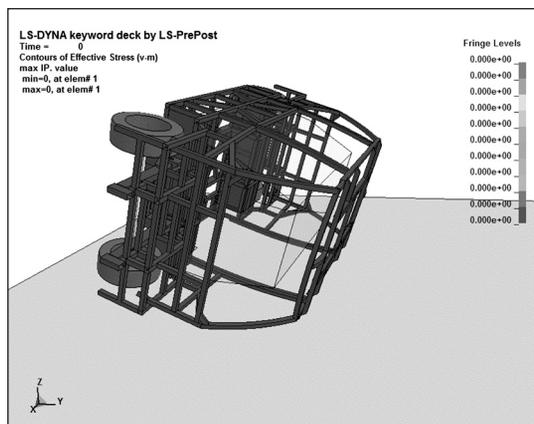


圖 20 WinBus 動態翻覆分析

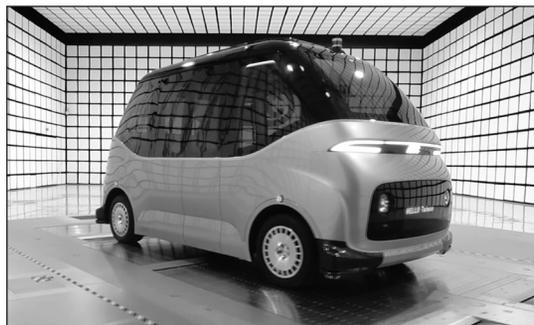


圖 21 WinBus 整車電磁相容測試

AI深度學習技術，具備白天、夜晚環境之行人、類行人、車輛等識別能力，以及紅綠燈、速限標誌、可行駛空間偵測能力，提供智慧決策模組進行即時且快速的複雜決策判斷，並串聯底盤控制系統進行車輛的轉向、煞車及加減速動態控制，具備主動式車距與定速巡航控制系統、車道變換與車道跟隨自動駕駛系統、自動緊急煞車系統、自動靠站接駁等多項智慧化主動安全控制技術，可達SAE Level4高度自動駕駛等級，圖22為WinBus感測模組配置與功能說明、表4為各



圖 22 感測模組配置與功能說明

表 4 WinBus 搭載各種感測器

型式	感測種類	數量
光達	2D-LiDAR	4 顆
	3D-LiDAR (32 Layers)	2 顆
雷達	77GHz Radar	2 顆
攝影機	窄角 Camera	2 顆
	廣角 Camera	2 顆
定位與通訊	RTK GPS+IMU	1 顆
	DSRC	1 組
	聯網車機 (T-Box)	1 組
控制器	自駕控制器 (IPC)	3 組

種感測器搭載數量說明。圖23為各種不同感測器感測範圍示意圖，利用多感知融合技術更能掌握自駕車對於環境障礙物偵測與辨識效果。

目前車輛中心發展的自駕小巴，已規劃於彰濱鹿港場域進行自駕上路接駁運行，有



圖 23 感知偵測範圍示意圖

關WinBus自駕系統功能請參考表5，相關核心技術與特色說明如下：

1. 定位模組：WinBus車輛動態定位技術融合3D光達SLAM技術（適用於特徵點多的城市街道）與RTK GPS技術（適用於郊區空曠道路），將車輛精確行駛於正確車道上，以及正確停妥於路口停止線前，滿足自駕車所需20公分級精確度。
2. 感測模組：WinBus障礙物感知辨識運用

表 5 WinBus 自駕系統功能

模組	技術	功能
定位模組	RTK-GPS+IMU	採用 GPS 衛星接收器進行即時動態定位技術
	SLAM 定位技術	採用 3D LiDAR 進行環境地圖建立與定位技術
感測模組	AI 深度學習多感知融合技術	車輛、行人、類行人、紅綠燈、速限標誌、可行駛空間偵測
智慧決策控制模組	智慧決策規劃 自駕控制器 (IPC) 系統整合技術	自動行駛軌跡規劃及追跡控制、路口直行/左右轉彎、匯入/匯出減速行駛、號誌路口停等功能。 具備自動緊急煞車、車道變換、主動車距與巡航控制能力。
通訊模組	DSRC 通訊模組	V2X 執行車與車、路側設施與車訊息傳輸
	聯網車機 (T-Box)	車輛即時訊息傳輸到後台，進行車輛管理與監控、遠端介入車輛操控
人機介面	車內/車外資訊顯示技術、人機互動顯示技術、語音通報系統、緊急停車按鈕	車內到站語音廣播與字幕顯示、車外資訊顯示、感測資訊與車輛監控資訊



圖 24 對向車道來車偵測與監控



圖 25 行人闖入啟動自動緊急煞車

影像AI深度學習、2D/3D光達障礙物偵測技術，以及多感知融合技術，偵測鄰近物件移動，可辨識行人、類行人、車輛及其移動方向、位置、速度等能力，亦具備辨識街道紅綠燈、速限號誌以及可行駛空間 (Free Space) 偵測能力，能夠因應市郊區複雜交通環境及一般道路混流情境偵測需求。如圖24自駕小巴進行對向來車偵測。

規劃路線軌跡行駛，或遇障礙物進入可行駛空間，快速響應計算碰撞風險，獲得最佳行駛軌跡與速度，確保自動駕駛車輛於避障過程的安全無慮。目前WinBus具備路口直行/左右轉彎、匯入/匯出減速行駛、無號誌路口停等決策規劃，並完成自動緊急煞車、車道變換、主動車距與巡航控制等功能之系統整合。如圖25自駕小巴偵測到行人闖入啟動自動緊急煞車

3. 智慧決策與控制模組：WinBus利用定位模組與感測模組提供障礙物資訊，以及本車車輛動態訊息進行智慧決策研擬，接續沿

4. 通訊模組：透過車上T-Box通訊模組，可將車輛端環境感測、車輛定位、決策控制等資料傳輸至營運後台，讓營運端即時掌

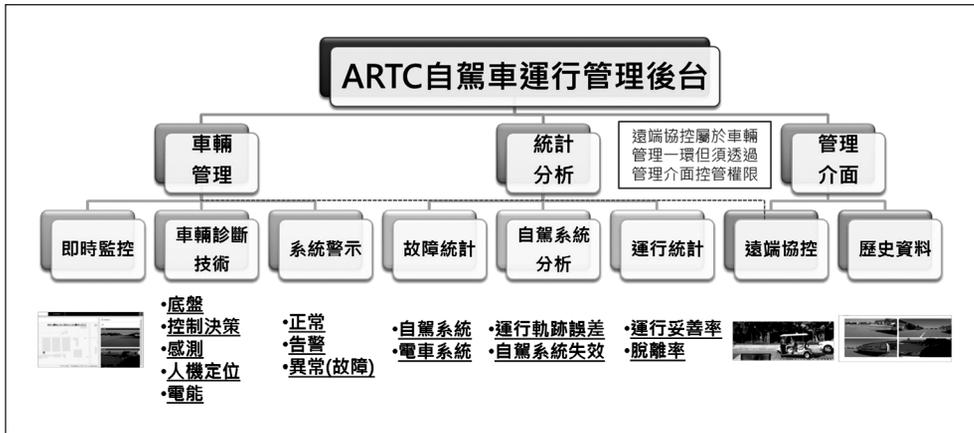


圖 26 自駕車運行分析與管理架構

握每輛自駕車之即時動態資訊（車速、位置、車內外影像資訊），透過車輛診斷技術、系統警示與即時監控車輛來達成營運車隊管理，收集運行資料進行統計分析，了解車輛性能、穩定性及運行場域適應性，確保營運安全、動態車輛調度，以及遠端介入車輛操控，協助異常車輛確保安全，如圖26自駕車運行分析與管理架構。此外；車上搭載DSRC可與交通路側設施進行溝通，確保於複雜路口與混流情境之行車安全。

5. 人機介面：因應運行場域的擴充彈性度，WinBus人機介面整合站點介紹、到站語音廣播與字幕顯示、車內資訊投影顯示、車外資訊顯幕、到站資訊廣播與顯示，以及感測資訊與車輛監控等資訊，可與合作營運商需求搭配設計。

五、結論

全球自駕車發展已進入試運行階段，國

內以公共運輸接駁運行為需求，藉由「無人載具科技創新實驗條例」推動，暫時排除相關法規的適用，運用地方政府場域，提供業者發展無人載具創新科技的實驗環境。從研發到產業化的過程中，必須經過實際驗證才能了解問題，對於產業經濟、系統發展及服務能量的提升將有顯著效益。

目前產業已成立「自駕巴士整車自主系統與智慧移動應用服務」研發聯盟，結合法科投入自駕系統整合創新技術、產業上路接駁營運管理團隊、台灣自有自駕車輛平台等技術能量，發展智慧移動創新服務與應用技術。且經濟部規劃於109年推動「自駕車實證運行計畫」，以服務驗證及商業驗證為規劃主軸，以上路運行為目標，由業者領軍，法人為輔，加速自駕車產業發展，優先推動項目，包含有高運載（市區）、低運量高彈性（偏鄉/離峰）、物流載運等運行模式，將以業者為主、法人為輔方式共同推動，加速國產自主自駕車關鍵技術與創新營運模式發展。



彰化縣政府、車輛中心及勤崑國際已簽署合作備忘錄，未來三方共同推動彰濱鹿港場域作為自駕車實證運行試點，營運團隊預計108年底申請「自駕車實證運行計畫」，結合地方政府需求，以發展觀光、照顧偏鄉、高彈性公共接駁創新的營運模式，帶動地方車輛產業發展。最終帶動台灣自駕車產業生態供應鏈，並複製台灣自駕小巴上路接駁運行成功經驗整體輸出海外市場，尤其是環境條件與台灣汽、機車混流情境相似的東南亞地區，促使臺灣能擠身成為全球自駕車技術的領先國。

參考文獻

1. 褚政怡，「車輛中心—ADAS 產業調查報告」，106年。
2. 陳敬典，「車輛中心 2018 車輛研測專刊—自動駕駛車發展現況與未來趨勢」，107年。
3. 許樹林，「車輛中心 TAIFE 論壇—自駕車測試場域與系統驗證」，107年。
4. 廖慶秋，「財團法人中技社—台灣發展自駕車之挑戰與影響—產業發展之挑戰」，107年。
5. B. Paden, M. Cap, S. Z. Yong, et al. "A Survey of Motion Planning and Control Techniques for Self-Driving Urban Vehicles." *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 1, p.p. 33-55, 2016.
6. C. Hubmann¹, J. Schulz, M. Becker, D. Althoff, and C. Stiller. "Automated Driving in Uncertain Environments: Planning with Interaction and Uncertain Maneuver Prediction", *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 3, p.p. 5-17, 2018.
7. W. Xu, J. M. Dolan, H. Zhao and H. Zha. "A Real-Time Motion Planner with Trajectory Optimization for Autonomous Vehicles." *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Minnesota, 2012.
8. M. Bojarski, D. Testa, D. Dworakowski, et al. "End to End Learning for Self-Driving Cars." *ArXiv e-prints*, 2016.
9. Tsung-Ming Hsu, Cheng-Hsien Wang, Yu-Rui Chen. "End-to-End Deep Learning for Autonomous Longitudinal and Lateral Control based on Vehicle Dynamics", *AIVR*, 2018.