



# 國產自駕巴士 實測經驗與展望

## The trial experience and future prospect of autonomous bus made in Taiwan

張學孔 S.K. Jason Chang / 國立臺灣大學土木工程學系 教授

沈大維 Da-Wei Shen / 臺灣智慧駕駛股份有限公司 執行長

龔家駒 Chia-Chu Kung / 國立臺灣大學土木工程學系 學士

洪翊軒 Yi-Hsuan Hung / 國立臺灣師範大學車輛與能源工程學程 主任

傳統駕駛運具的發展已逐漸面臨嚴峻的考驗，再加上人工智慧越趨成熟，自動駕駛車輛的技術發展儼然成為各國的首要目標。本文首先針對國內外自動駕駛系統發展進行初步分析，彙整各區域或單位發展案例進行比較與分析，並回顧國外自動駕駛相關法令現況，以作為桃園市推動自動駕駛系統試運行計畫之重要參考。桃園農博自駕車試營運計畫之目標為驗證自動駕駛技術之可行性，與在地產業結合帶動上下游供應鏈，確保計畫成果之可複製性。透過目標的達成，突顯出臺灣發展自動駕駛車輛的潛力與優勢。實現計畫的同時，技術的突破與創新更點燃了臺灣發展自動駕駛車輛的希望。未來在政府與民間的協力合作之下，臺灣的自動駕駛技術及產業必定能在國際佔有一席之地。

### Abstract

With the assistance of advanced artificial intelligence, technology development of autonomous vehicles has become the most important goal for many countries. TURING DRIVE conducted an analysis on overseas development of self-driving system, collected successful cases for further comparison and analysis, and reviewed the current regulations related to autonomous vehicles. These are indispensable references for Taoyuan City to push forward the trial operation plan of autonomous bus. The objectives of the plan are verifying the feasibility of self-driving technology, activating the supply chain by connecting with local industries, and ensuring the duplicability of the plan's results. Through the achievements of the objectives, the potential advantages to develop the technique of autonomous vehicles in Taiwan can be highlighted. The breakthroughs and innovations of technology even light up the hope for Taiwan. In the future, with the cooperation of the government and the private sector, the autonomous

driving technology and the corresponding industries in Taiwan will surely play a vital role in the world.

### 前言

自動駕駛車輛發展緣由，主要是運輸的發展逐漸面臨嚴峻的考驗，包含安全與效率的挑戰、有限的能源、移動污染源對環境的衝擊、因應人口結構的改變等，均使得駕駛運具受到很大的衝擊。再者，隨著軟硬體技術革命與創新，萬物聯網逐漸普及、電腦運算能力的急速擴大，再加上大數據無所不在、人工智慧逐步崛起，帶來了發展自動駕駛的技術基礎與能力。

自動駕駛車輛技術分類，可參考美國國家公路交通安全局（National Highway Traffic Safety Administration，NHTSA）與美國汽車工程師學會（Society of Automotive Engineers，SAE）所進行的技術分類方式，分為 Level 0 至 Level 5。下表針對各技術分類，包含轉向操作、行駛

表 1 自動駕駛系統技術等級分類

技術分類	NHTSA 分級	SEA 分級	技術等級名稱	轉向操作 / 加減速	行駛環境 監控	動態駕駛 任務應對	系統能力 駕駛模式
輔助駕駛	0	0	無自動化	人	人	人	N/A
輔助駕駛	1	1	輔助駕駛	人+系統	人	人	部分支援
輔助駕駛	2	2	部分自動化	系統	人	人	部分支援
自動駕駛	3	3	有條件自動化	系統	系統	人	部分支援
自動駕駛	4	4	高度自動化	系統	系統	系統	大部分支援
無人駕駛	4	5	完全自動化	系統	系統	系統	全部支援

環境監控、動態駕駛任務應對、系統能力駕駛模式等來進行分類。完全無人駕駛（Level 5）是指完全自動化，均由系統進行全部支援。

## 國內外自動駕駛系統發展回顧

臺灣智慧駕駛團隊彙整國內外案例、各種自動駕駛車輛之載客容量、最高時速、行駛里程、測試時速、上市時間等資訊如表 2，其中更進一步標註是否有實際道路測試案例以及在亞洲道路環境測試之實績。

目前交通部正研議「自動駕駛車輛申請道路測試規定」，未來臺灣智慧駕駛團隊，亦將進一步從所蒐集之國內外案例中，探討各國對於自動駕駛車輛的法規環境，做為我國研擬相關交通及車輛法規之參考，並提出自動駕駛電動車穿越平面混合車流道路路口之操作技術建議方案。

## 桃園農博自駕車試營運計畫之經驗

### 計畫緣起

為推動國內都市早日邁向智慧城市，提升公共運輸服務品質，並評估自動駕駛車產業未來發展之可能性，桃園市將引進「自動駕駛電動車」於封閉場域試營運，以評估該系統適合之運行場域及營運條件，及在營運場域與商業發展上面臨之問題與因應方案。

### 計畫目標

依據自動駕駛電動車特性研擬選址及相關設施設置準則，挑選本計畫試運行場域並經桃園市政府同意後，於封閉場域內規劃至少 1 條路線、至少 1 輛自動駕駛電動車進行至少 40 天、每天至少 6 小時試運操作業，並於 107 年 11 月底前完成試運操作業。

表 2 國內外自動駕駛車輛比較表

車型	容量 (人)	最高時速 (km/h)	單次充電里程	實際道路 測試實例	測試時速 (km/h)	亞洲道路 測試	成熟度	預估正式 上市時間
Proterra Project	-	-	-	無	-	無	低	-
Local Motors – Olli	12	40	58 km	有	19	無	中	2019
Navya – ARMA	15	45	5 ~ 13 hr	多例	25	有	高	2018
Easymile – EZ10	12	40	14 hr	多例	20	有	高	2017
Benz – Future Bus	-	70	-	一例	70	無	低	-
TRL – GATEway	3	25	-	一例	16	無	中	2019
Postautos – SmartShuttle	11	45	130 km	一例	20	無	高	2018
SBB – Olli	10	40	58 km	一例	-	無	中	2020
DeNA – Robot Shuttle	12	40	14 hr	一例	10	有	高	2020
Hyundai Project	12	-	-	一例	30	有	低	2019
NTU – ARMA	15	45	130 km	一例	25	有	高	2020
ST Kinetics Project	40	60	30 ~ 50 km	無	-	有	低	2020

本計畫之三個首要目標為驗證自動駕駛技術之可行性、與在地產業結合帶動上下游供應鏈、確保計畫成果之可複製性。

● 驗證自動駕駛技術之可行性

本計畫首要任務係驗證自動駕駛技術可行性。自動駕駛電動車運作基本原理係經由感測環境資訊 (Sensor)，透過車聯網通訊 (Connectivity)，再由人工智慧運算形成決策 (decision)，再進行車輛元件的控制。



圖 1 自動駕駛電動車整體運作機制

● 與在地產業結合帶動上下游供應鏈

有鑑於國內具有豐富的汽車製造及電動車製造產業，本計畫特地與位於桃園的本土電動車製造廠商 - 創奕能源公司合作，共同開發無人駕駛電動車。創奕能源創立於 2011 年，專注在動力及儲能材料、元件、系統等專業領域，是具備電動車整合系統及電池模組開發的國內廠商。本計畫試辦運行的車型為 4.8 公尺的低速觀光電動車，未來並將與創奕公司長期合作，於該公司開發之 6.6 公尺小型巴士、8 公尺中型巴士以及 12 公尺大型巴士上陸續測試自駕系統，希望藉此技術合作策略打造國產之自動駕駛電動車，亦希望藉由此計畫為開端，陸續引入感測設備等其他國內廠商進入供應鏈，帶動整體產業發展。

● 確保計畫成果之可複製性

本團隊認為計畫成果應落實相關技術規格及政策之建議，讓成果得以複製到不同的車型及場域。故本計畫將特別重視自動駕駛系統與創奕能源電動車界接之過程，形成標準作業程序，以利後續應用於不同車型上。此外，本計畫其中一項重要產出，係形成一自動駕駛車測試場域選址及設置規格準則，以利桃園後續試辦，或其他縣市試辦之參考。而本計畫亦將透過國內外案例分析務實檢討國內的道路交通與車輛相關法規，釐清自動駕駛車輛欲上路的法規限制及相關必要配套作為。

試運行區域路線規劃及選定

本計畫提出試運行場域評估準則，作為本案自動駕駛系統試運行場地擇定之依據。將考量場地安全性、易達性、容量及吸引民眾之程度，說明如下：

1. 封閉之場域：應為路外封閉場域，以避免混合車流干擾，維持試運行之順暢。
2. 電力設施：配合電動車充電設施之電力需求，現場需能提供足夠容量之電力基礎設施。
3. 公共運輸可及性與足夠的停車位：為使試乘民眾方便到達活動現場，會場應有便利的公共運輸及足夠的停車位。
4. 試運行路線長度與行駛時間：為了讓更多民眾能參與試乘，試運行路線往返之行駛時間不宜過長，以增加試運行之班次數。
5. 場地吸引力：活動場地本身即具有吸引力，例如知名觀光景點或大型活動會場，以吸引更多民眾共襄盛舉。
6. 媒體行銷力：與其他亮點活動之宣傳搭配，以獲得加乘的宣傳效果。

綜合上述評估準則，本計畫以桃園農業博覽會會場為試運行場域。107 年農業博覽會活動期間為 4 月 4 日到 5 月 13 日，共計 40 日；活動地點位於新屋區東興路二段與省道台 15 線路口，活動期間有完善的交維與接駁車計畫；本計畫採用之車輛，其電源為一般家用規格，並無特殊限制；試運行路線規劃如下圖所示，繞行一圈長度約為 800 公尺。



圖 2 試運行路線規劃

營運成果

本計畫於農博期間總共試運行 40 天，每日試運行時間為上午 9 ~ 12 時、下午 2 ~ 5 時，每日試運行 6 小時。試運行期間現場工作人員之上班時間為每日 08:30 ~ 17:30，並於 107 年 5 月 14 日上午配合金品獎評審試乘增開班次。試運行期間累積搭乘人次共 4,031 人，累積載客班次 667 趟。



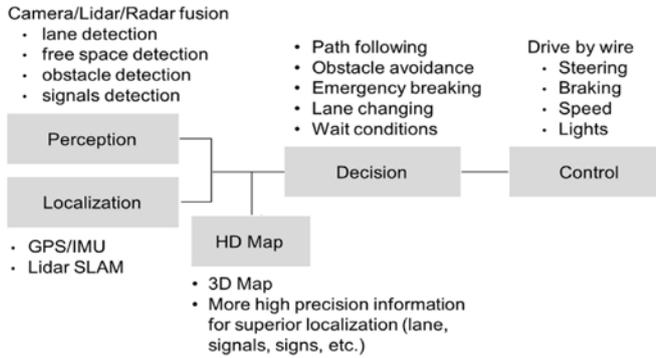


圖 6 自駕系統架構圖



圖 8 自動駕駛小巴附加價值率



圖 7 低速觀光電動車

表 3 車輛規格

項目	內容
長×寬×高	4,800×1,500×1,965 mm
座位數	8~11
軸距	2,580 mm
空重	1,200 kg
極速(滿載)	40 km/h
爬坡力(滿載)	20%
馬達	7.5 kw 72v
CAN bus	2.0B
電池容量	14 kwh
續航力	≥ 100 km
煞車系統	電子控制、液壓傳感、真空輔助
方向機	電子控制、舵角感知器

表 4 自駕車輛傳感器規格

名稱	數量	型號	規格	功能
GMSL Camera-A	3	Whetron 016 hd camera	120 FOV, 1280 × 800 resolution, yuv format	主要圖像辨識 (前方及車側道路資訊)
GMSL Camera-B	1	Whetron 016 hd camera	60 FOV, 1280 × 800 resolution, yuv format	輔助圖像辨識 (前方)
Electronically Scanning Radar	12	Whetron 24 GHz millimeter wave radar	range 1-25-50 meter	目標物、障礙物偵測
Touch screen	2	-	10" IPS Touch panel	車內設備操作與設定
Integration Computing System	1	NVIDIA DRIVE PX2	Auto Cruise ADAS develop platform, Denvor Core*2, Arm 64 core*2, nvidia pascal cuda core* 256	核心運算處理器
GPS/INS SYSTEM	1	XSENS MTI-G710	NMEA 0183 format, GNSS/INS/IMU Horizontal position : 1.0 m Vertical position : 2.0 m Velocity accuracy : 0.05 m/s	定位與導航
HD-Lidar 16 Element Sensor	1	Velodyne VLP-16	16 bins, 300,000 point/s, 360° Horizontal FOV, ± 15° Vertical FOV	目標物、障礙物偵測 搭配 HD map 更精準判斷場景提供導航

套件為各式高效能運算使用 AI 中深度學習 Deep Learning 的 (AI) 基礎架構。因此 DRIVE PX2 的整個系統均是現行 AI 技術的基礎，而且符合車規的可靠度及信賴度，且具有高度相容性，可以與所有自駕車需要的傳感器溝通合作，如 GMSL camera、ethernet camera、USB camera、pointgrey camera、符合 NEMA

規範之所有 uart 介面 GPS、IMU、Lidar、Radar、或任何使用 CAN、TCP/IP、USB 通訊協定的裝置等，以及相容百度 Apollo 開放式自動駕駛平台、ROS 開源機器人作業系統等平台，故採用 NVIDIA PX2 為自駕車的運算核心，可擁有國際車廠認可的可靠度、信賴度及相容性。

表 5 NVIDIA PX2 細部系統規格

類型	項目	規格
Soft Ware	Linux based OS	Linux V5L
	DL Frameworks	Caffe, TensorFlow, pyTorche
	DL Accelerators	TensorRT
	GPGPU	CUDA
	Graphics	OpenGL
Hard Ware	System on Chip	Tegra
	DL Accelerators Chip	iGPU/dGPU

表 6 NVIDIA PX2 相容性

項目	開放性與相容性
採用車廠	VOLVO、Benz、Audi、VAG 集團、TOYOTA 豐田集團、TESLA
相容平台	百度 Apollo 開放式自動駕駛平台、ROS 開源機器人作業系統
硬體介面	3×4 共 12 個符合車規之 GMSL 攝影鏡頭介面、兩組 socket CAN (Control Area Network)
網路介面	一組 1Gbps 之乙太網路、兩組 10G 高速 TCP/IP 網路介面
支援感測器	GMSL camera、ethernet camera、USB camera、pointgrey camera、符合 NEMA 規範之所有 uart 介面 GPS、IMU、LiDAR、Radar、或任何使用 CAN、TCP/IP、USB 通訊協定的裝置

### 自駕巴士新創公司孕育與展望

本團隊為延續農業博覽會自駕車試駕活動之成果，於農博專案結束後進一步整合團隊各成員資源，於 2018 年 5 月成立新創公司 — 臺灣智慧駕駛股份有限公司 (Turing Drive Inc.)，英文名稱 Turing 發想自人工智慧宗師艾倫·圖靈 (Alan Turing)。臺灣智駕團隊掌握自動駕駛三大關鍵技術：感知融合、深度學習、車輛線性控制 (圖 9)，為國內少數具有運用深度學習建立人工智慧網絡模型實績之公司。

公司定位為自動駕駛系統開發及整合應用，結合股東創奕能源之電動載具開發 Level 4 自駕巴士，並提供整體解決方案。商業模式包括整車自駕巴士服務、自動輔助駕駛模組以及自駕載具應用方案，如圖 10 所示。

新一代 Level 4 自駕小巴係延續桃園農博專案車輛持續開發，目標應用於封閉園區，包括：遊樂園、機場航廈、學校、醫院等。車輛規格及感測器配置如圖 11 所示。



圖 9 自駕車三大要素



圖 10 商業模式

產品定位：封閉區域接駁，如：樂園、學校、機場航廈  
車輛特性：全車DBW、機動性高、8~11人座

Vehicle spec		Sensors	
長×寬×高	4,800×1,500×1,965mm	DRIVE PX2	1 NVIDIA Drive PX2
座位數	8-11	24G RADAR	4 Whetron 24G RADAR
軸距	2,580 mm	79G RADAR	4 Whetron 79G RADAR
極速(滿載)	40 km/h	CAMERA	6 Whetron WS CAMERA
爬坡力(滿載)	20%	IMU/GPS	1 XNS-MTI-G-710-2A8G4-DK
馬達與控制	CAN 7.5k 36-90V	LIDAR 16 bin	2 VEL-VLP-16-KIT
電池容量	14 kwh		
煞車系統	電子控制、液壓傳感、真空輔助		
方向機	電子控制、舵角感知器		

圖 11 自駕小型巴士



圖 12 自駕中型巴士

而結合創奕能源開發之 Level 4 自駕中型巴士則以符合交通部車輛安全審驗規範進行設計，目標可以合法領牌運行於開放區域，做為最後一哩路接駁使用，如圖 12 所示。

本次發展 Level 4 自駕巴士過程中衍生功能導向之輔助駕駛次系統（圖 13），可進一步應用於一般大客車之安全輔助系統。隨著交通部對於大客車安全議題日益重視，最新「車輛安全檢測基準」更明示 2019 年起新型式及所有型式大型車須裝設相關安全輔助系統，2020 年起更要求所有使用中大客車須具備相關安全視野輔助系統，自動輔助駕駛系統之市場需求後勢可期。

自動駕駛技術的發展趨

勢飛快，自駕車普及化也成為全世界各國勢在必行趨勢。我國具備電動車產業基礎，又擁有自駕車重要車電關鍵零組件產業，加上我國豐沛軟體資訊開發人才，儼然已具備發展自動駕駛技術的優勢。而桃園農博自駕車試營運計畫的成功經驗，更顯示我國推動自動駕駛技術的有利條件，不論是在軟體系統、感測器、車輛設計、圖資技術，皆已足夠與國外並駕齊驅。

未來臺灣在自動駕駛技術的發展，應持續透過政府推動的各項計畫來改善與進步，累積技術能量與經驗，建構具備機車特性自駕 AI 模型，進一步與車廠



圖 13 自動駕駛安全輔助系統

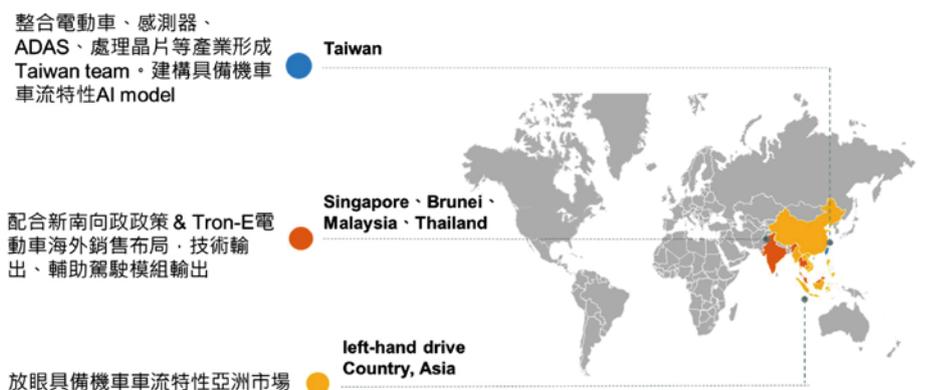


圖 14 臺灣自動駕駛技術在全球的發展

配套輸出或是以功能模組輸出，相信在中央與地方政府，以及軟硬體、交通運輸等民間業者能攜手通力合作之下，帶動整個產業的蓬勃發展，進而成為世界自動駕駛技術發展首屈一指的國家，如圖 14 所示。

### 參考文獻

- 張學孔、孫瑀、沈大維等 (2018)，「智慧運輸發展建設計畫」之「桃園市自動駕駛系統試運行計畫委託服務案，結案成果報告書，桃園市政府經發局。
- 孫瑀、黃振聲、王偉兆、沈大維等 (2018)，智慧樂園自駕接駁車計畫，簽約計畫書，計畫管理單位：財團法人資訊工業策進會。