

自動駕駛車輛道路行駛安全管理之國際發展初探(1/2)：事件與事故資料蒐整分析

A preliminary study on the international development of road safety management for autonomous vehicles (1/2)： Event and accident data collection and analysis

運輸安全組 李晴瑄

研究期間：民國110年4月至110年12月

摘 要

鑑於國內外自動駕駛技術蓬勃發展，為確保自動駕駛系統車輛安全運行，道路實測為重要的實驗階段，我國交通部 2017 年著手修正道路交通安全規則第 20 條，並同時新增附件 21「自動駕駛車輛申請道路測試作業規定」，經濟部遂於隔(2018)年公布「無人載具科技創新實驗條例」，提供自動駕駛系統車輛進行沙盒實驗計畫。

為瞭解國際自動駕駛車輛發展趨勢，本研究透過蒐集國外公開網站可取得之自動駕駛車輛道路測試行駛資訊及事故檔案進行分析，並就全世界第一起符合國際汽車工程協會(Society of Automotive Engineers, SAE International)SAE J3016 標準之自動駕駛技術等級 3 之車輛於道路測試，導致行人死亡之交通事故進行研析，預為瞭解國際自動駕駛車輛道路測試情形，做為明(111)年度進行之自動駕駛車輛道路行駛安全管理方式探討之參據。

關鍵詞：

自動駕駛車輛、測試、接管次數、事故資料

自動駕駛車輛道路行駛安全管理之國際發展初探(1/2)：事件與事故資料蒐整分析

A preliminary study on the international development of road safety management for autonomous vehicles (1/2)：Event and accident data collection and analysis

一、前言

自動駕駛車輛(Autonomous Vehicle, AV)已成為世界各大車輛及系統商發展技術的標的之一，2020 年 11 月日本汽車品牌 Honda 宣稱，已獲日本國土交通省正式發出全國第一張 Level 3 自動駕駛技術認證(此自動駕駛技術認證是否符合國際工程協會 J3016 標準尚不清楚)，並於 2021 年 4 月於日本只提供租賃不提供買賣且限量 100 臺俱備 Level 3 自動駕駛技術之 Honda Legend 車款。德國汽車品牌 BMW 更於 2021 年 11 月宣稱，於 2022 年發表俱備符合國際汽車工程協會(SAE International)J3016 自動駕駛技術等級 3 之 7 系列車款車輛。

鑑於國外自動駕駛技術蓬勃發展，自動駕駛技術在正式商品化之前，為確保俱備自動駕駛系統之車輛安全運行，道路實測為重要的實驗階段，美國加州車輛管理局(Department of Motor Vehicles, California DMV)依據 2017 年修(新)訂之 Article 3.7 及 Article 3.8，允許符合 SAE J3016 自動駕駛技術等級 4 或 5 之中國自動駕駛汽車公司 (Autox、Apollo Autonomous Driving USA LLC 等) 及美國自動駕駛汽車公司(CRUISE LLC、NURO, INC、WAYMO LLC、WERIDE CORP、ZOOX, INC)等於該州進行自動駕駛車輛測試，並規定測試時發生任何碰撞事故應於 10 日內提交報告。

爰此，本研究就美國自動駕駛測試最具代表性且可於公開網站取得相關測試數據之加州進行探討，並就全世界第一起符合國際汽車工程協會 SAE J3016 標準之自動駕駛技術等級 3 之車輛於道路測試，導致行人死亡之交通事故進行研析，透過上開事件與事故資料蒐整分析，預為瞭解自動駕駛車輛測試於國際上之發展情形，做為本所 111 年度研究計畫「自動駕駛車輛道路行駛安全管理方式探討」之參據。

二、美國加州自動駕駛車輛測試

美國加州車輛管理局 2013 年起考慮自動駕駛車輛於道路測試及部署之影響，舉行一系列研討會和公開聽證會，2014 年訂定有關自動駕駛車輛道路測試規(Article 3.7)，規定自動駕駛車輛內需配有一位駕駛員方能進行道路測試，等同國際汽車工程協會(SAE International)J3016 自動駕駛技術等級 3(以下簡稱 Level3)。然而隨著自動駕駛技術進步，國際已逐漸發展出自動駕駛車輛內無需配置一位駕駛員即可運行於道路(等同 SAE J3016 自動駕駛技術等級 4 或 5，以下簡稱 Level4/Level5)之自動駕駛技術，因此，為使宣稱俱備 Level4/Level5 之自動駕駛車輛可安全運行於道路，需藉由實際道路測試蒐集數據以檢核車輛及相關自動駕駛技術之安全性，該局於 2015 年 12 月起草擬修訂自動駕駛車輛測試及部署法規草案，並舉辦兩次研討會，蒐集各方對於法規草案提供之意見。

美國加州車輛管理局遂依兩次公開徵詢之意見修訂後，2018 年 1 月 11 日提供最終法規版本(修訂 Article 3.7、新訂 Article 3.8)予加州行政法辦公室(Office of Administrative Law, OAL)審核，包含製造商無人駕駛測試及部署(非製造商或非測試機構於公共道路運行)部分，同年 2 月 26 日獲行政法辦公室批准、美國加州車輛管理局 3 月在其網站上公告法規、4 月 2 日生效。意指自 2018 年 4 月 2 日起，符合申請資格之自動駕駛技術(Level3~Level5)製造商可向美國加州車輛管理局申請道路測試許可(「製造商測試許可」或「製造商測試許可-無駕駛員車輛」)，獲得「製造商測試許可」或「製造商測試許可-無駕駛員車輛」者，可於美國加州道路進行自動駕駛車輛(Level3~Level5)測試，「製造商測試許可」或「製造商測試許可-無駕駛員車輛」之有效期限為 2 年(若製造商給付 3,600 元美元並提出申請、且獲得許可後得展延一年)。

2.1 自動駕駛車輛測試行駛現況

由美國加州車輛管理局網站 2022 年 2 月 12 日得知，共有 50 家製造商獲准進行車內配有駕駛員的自動駕駛車輛測試(相當於 SAE Level3)，7 家製造商獲准進行車內無需配有駕駛員的自動駕駛車輛測試(相當於 SAE Level4/ Level 5)，2021 年共有 26 家公司回報全年(2020 年 12 月至 2021 年 11 月)自動駕駛車輛行駛數據(包含：獲准測試的製造商代碼、行駛車牌、每輛車月行駛里程、每輛車年行駛年里程數、每輛車年行駛接管次數等)，經本研究由每家製造商公布的行駛車牌整理得知，2021 年共有 1,175 輛自動駕駛車輛(包含 Level3、Level4/ Level5)投入測試，相較於 2020 年(504

輛)、2019 年(675 輛)均有增加的趨勢(圖 1)。

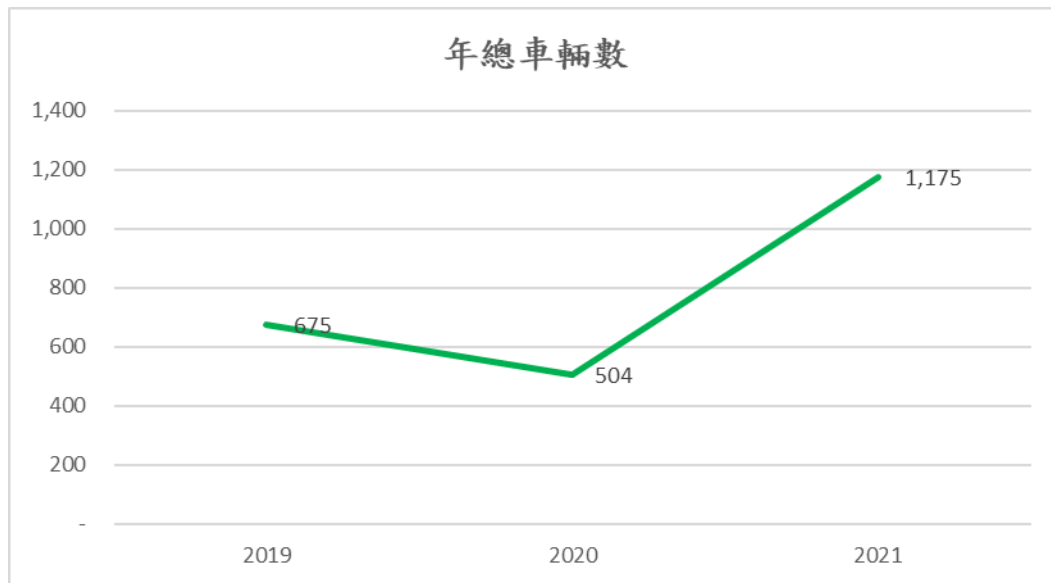


圖 1 2019-2022 年總車輛數(本研究計算分析)

其中，2021 年 Waymo 擁有最多(693 輛)自動駕駛測試車輛投入測試，相較於其 2020 年(145 輛)與 2019 年(148 輛)皆有大幅增加測試車輛的趨勢。2021 年自動駕駛測試車輛數第二、三名依序為 Cruise 138 輛、與 Zoox 85 輛自動駕駛車輛投入測試(圖 2)。

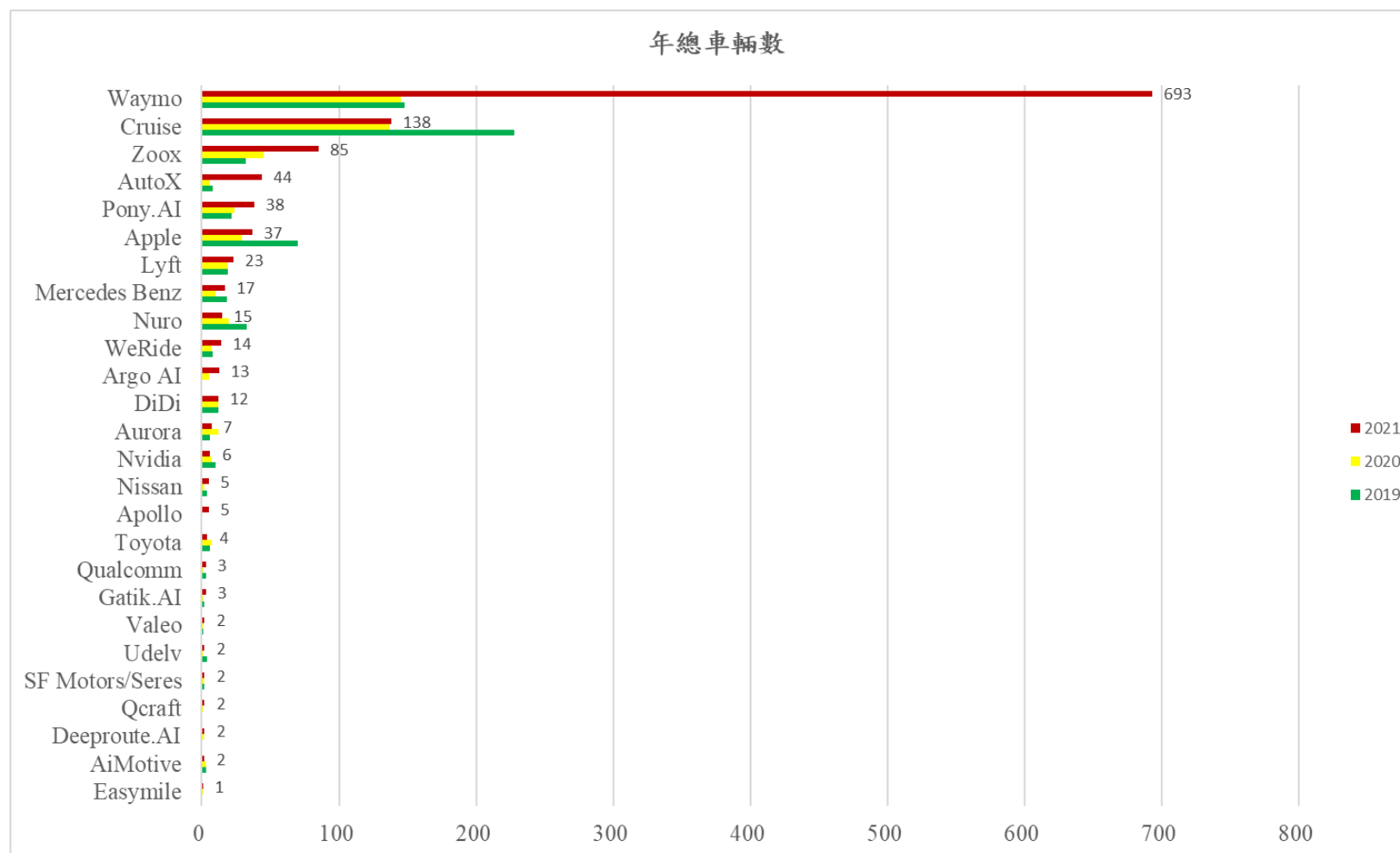


圖 2 2019-2021 製造商投入自動駕駛車輛測試數(本研究計算分析)

本研究由美國加州車輛管理局網站蒐集經該局核定申請之自動駕駛車輛製造商，於 2019 年至 2021 年(年期算法係由前一年 12 月至當年 11 月算為一年)回報的自動駕駛車輛行駛里程及接管(定義為自動駕駛系統請求車內的安全駕駛員接管車輛，或車內的安全駕駛員自行接管車輛)次數，經本研究彙整及分析後得知，2021 年於美國加州測試自動駕駛車輛總行駛里程數為 4,051,851 英里，相較於 2020 年(1,993,893 英里)及 2019 年(2,880,599 英里)均有大幅增加總行駛里程數(圖 3)。

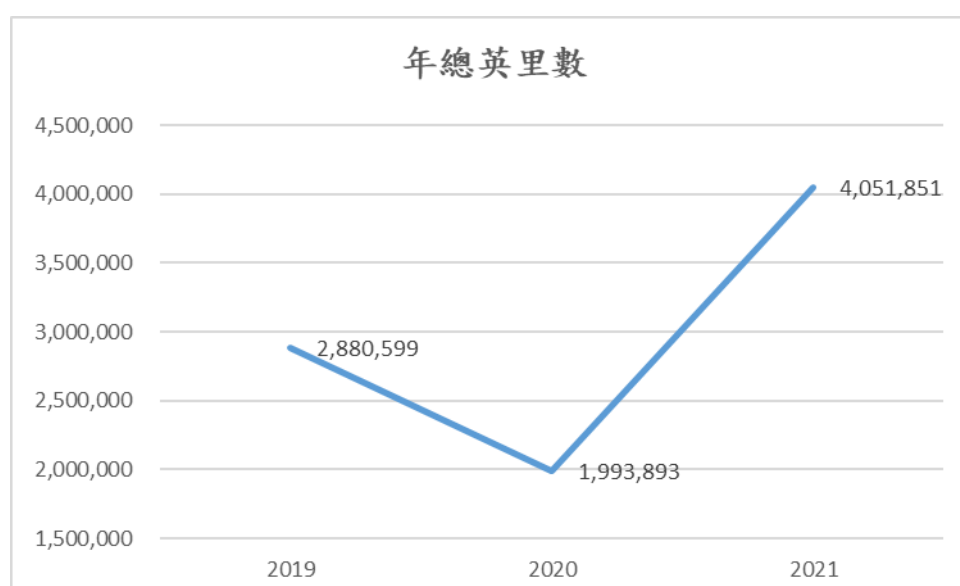


圖 3 2019-2021 年自動駕駛車輛測試行駛年里程(本研究計算分析)

2021 年 Waymo 自動駕駛車輛測試行駛總英里數為最多(2,325,843 英里)，相較於其 2020 年(628,839 英里)與 2019 年(1,454,137 英里)亦皆有大幅增加的趨勢。而 2021 年自動駕駛車輛測試行駛總英里數第二、三名依序為 Cruise 行駛 876,105 英里、Pony.AI 行駛 305,617 英里(圖 4)。

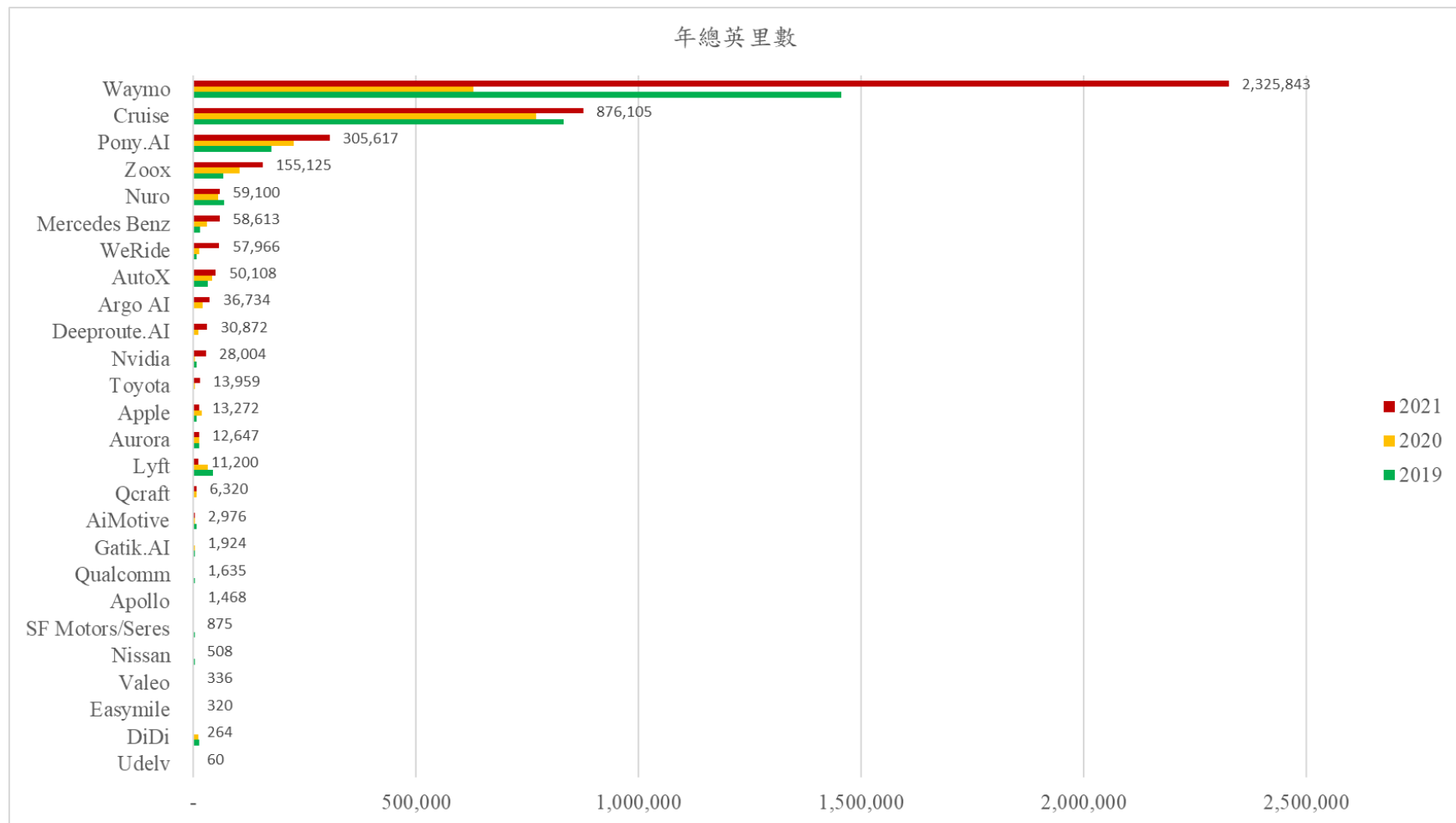


圖 4 2019-2021 年製造商自動駕駛測試行駛年里程(本研究計算分析)

2.2 自動駕駛車輛測試接管情形

依美國加州車輛管理局 2022 年 2 月初公布之 2021 年各製造商回報的接管數據，經本研究整理及分析後得知，2021 年自動駕駛車輛測試總接管次數為 2,809 次，相較於 2020 年(3,726 次)及 2019 年(9,338 次)均有大幅減少接管次數(圖 5)，但年總接管次數無法代表自動駕駛車輛技術的成熟與否，尚須考量其年總行駛里程，年總接管次數並不是瞭解自動駕駛車輛測試情形良好指標。

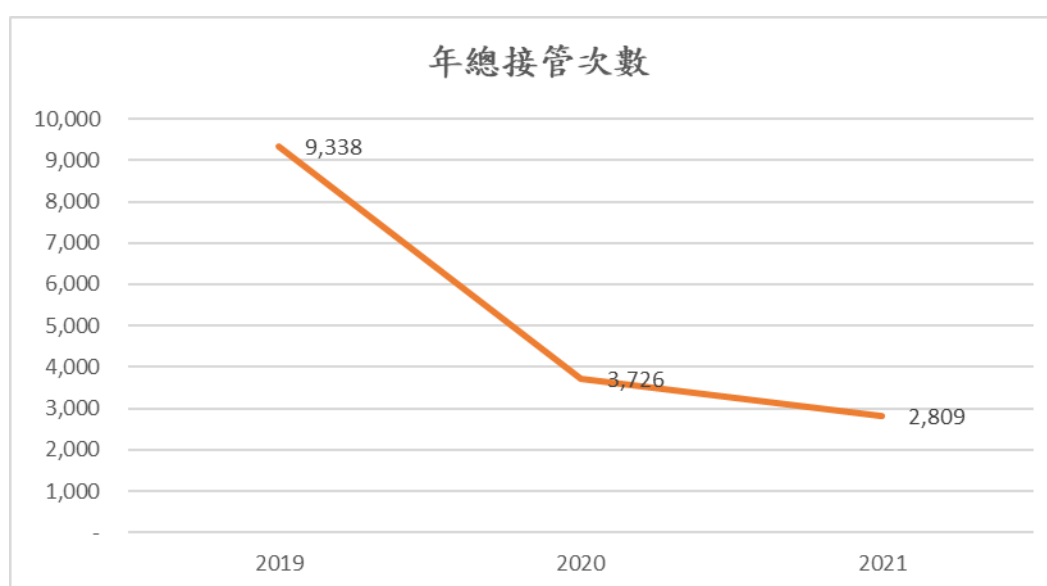


圖 5 2019-2021 年自動駕駛車輛測試行駛年總接管次數
(本研究計算分析)

因此，本研究進一步將自動駕駛車輛測試行駛年里程(圖 3)除以自動駕駛車輛測試行駛年總接管次數(圖 5)，取得自動駕駛車輛測試年平均接管一次行駛里程數(圖 6)，2021 年於美國加州測試自動駕駛車輛年平均接管一次行駛 1,443 英里，相較於 2020 年(535 英里)及 2019 年(308 英里)年平均每接管一次可行駛里程數為增加(圖 6)。值得一提的是，2020 年可能是全球遭受新冠肺炎疫情影響，製造商不論投入自動駕駛車輛數及行駛里程數相較於 2021 年皆為下降的趨勢，但 2019 至 2021 年於年平均接管一次行駛里程數卻呈現逐年上升的趨勢，表示自動駕駛車輛技術有逐漸進步的趨勢，但因影響接管次數的原因很多，例如：自動駕駛系統於行駛測試中認為超出操作設計範圍 (Operational Design Domain, ODD) 時請求接管、自動駕駛系統於行駛測試中故障請求接管、車內安全駕駛員自行判斷某些情境可能會碰到的安全風險而於自動駕駛系統請求接管前介入接管等因素，爰自動駕駛車輛技術(Level3 或 Level4/Level5)是否持續進步穩定，仍

需倚賴製造商提供更細部接管原因方可能瞭解。

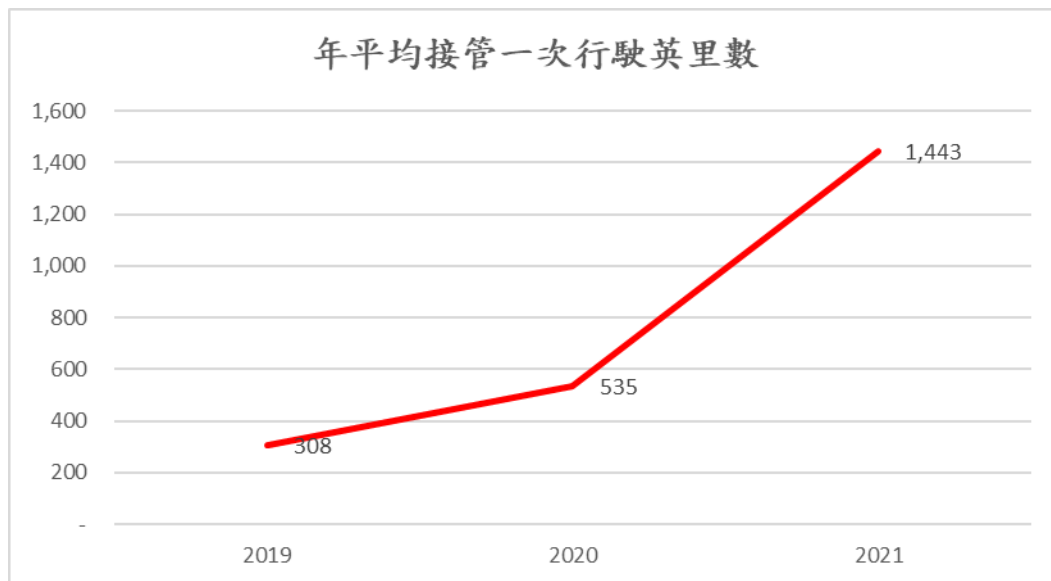


圖 6 2019-2021 年自動駕駛車輛測試年平均接管一次行駛里程數
(本研究計算分析)

2021 年自動駕駛車輛測試年平均接管一次行駛里程數以 Autox(50,108 英里)為最佳，相較於其去年(20,367 英里)與前年(10,685 英里)皆有大幅上升的趨勢。而 2021 年自動駕駛車輛測試年平均接管一次行駛里程數第二、三名依序為 Cruise 行駛 41,719 英里、Argo AI 行駛 36,734 英里(圖 7)。其中，去年(2020 年)及前年(2019 年)自動駕駛車輛測試年平均接管一次行駛里程數皆為最佳的 Waymo(分別為 29,945 英里、13,219 英里)，2021 年年平均接管一次行駛里程數則下降至 7,965 英里，Waymo 與其他製造商排序部分，則由去年(2020 年)及前年(2019 年)的第一名下降至第六名，本研究無法單由製造商公布的數據與接管原因真實瞭解排名下降的原因，由 2021 年 2 月 Waymo 公開的 Waymo Safety Report 可能可以得知，該公司不僅於美國加州進行道路測試，道路測試範圍涵蓋全美 13 州(道路測試達 2 千萬英里)，且亦透過軟體自主模擬 15 億英里，因此，僅參考於加州道路測試的數據可能無法代表其公司自動駕駛車輛技術發展的情形。

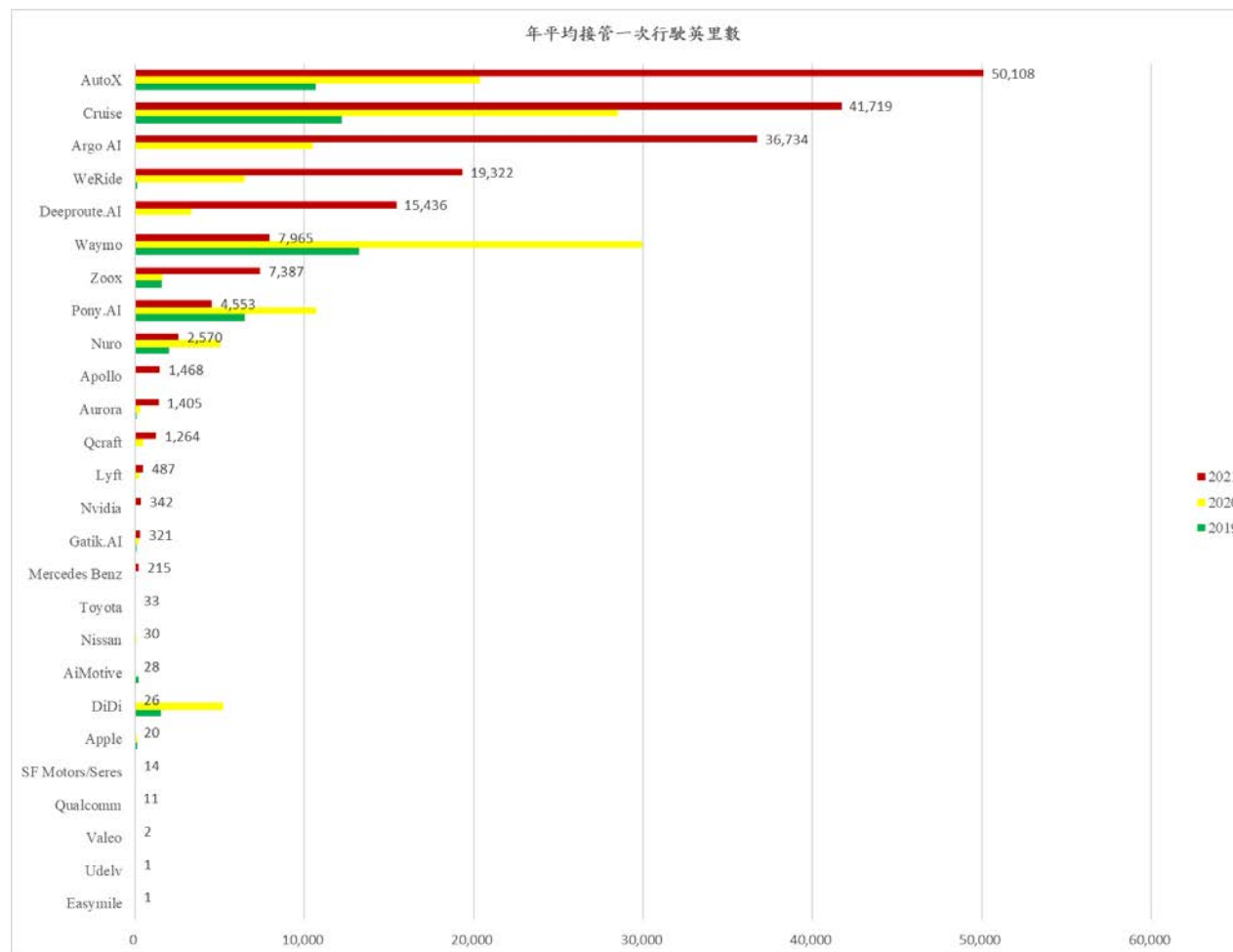


圖 7 製造商自動駕駛車輛測試年平均接管一次行駛里程數(本研究計算分析)

2.3 自動駕駛車輛測試發生碰撞情形

依美國加州車輛管理局 2018 年 4 月 2 日公布之 Article 3.7§ 227.48.規定，允許於美國加州道路測試之製造商，若該製造商測試之車輛於公共道路以任何方式引起碰撞，造成財產損失、人員傷亡，應於事故發生後 10 天內，向美國加州車輛管理局提交碰撞報告，碰撞報告制式表格（附錄）於該局網站可取得(包含：製造商名稱、獲准製造商編號、日期、時間、自動駕駛車輛測試碰撞前狀態、涉入事故車輛碰撞前狀態、事故型態等)。本研究由美國加州車輛管理局網站取得 2019-2020 年各廠商碰撞報告檔案，2019 年碰撞報告檔案共有 105 件，2020 年碰撞報告檔案為 44 件。經本研究由交叉分析得知，2020 年及 2019 年自動駕駛車輛測試發生碰撞前較多的行駛狀態皆為停止及直行，分別各有 2020 年 17 件、10 件及 2019 年 36 件、33 件(圖 8)。本研究整理資料時 2021 年碰撞檔案還未揭露完整，爰未納入本次研究分析。

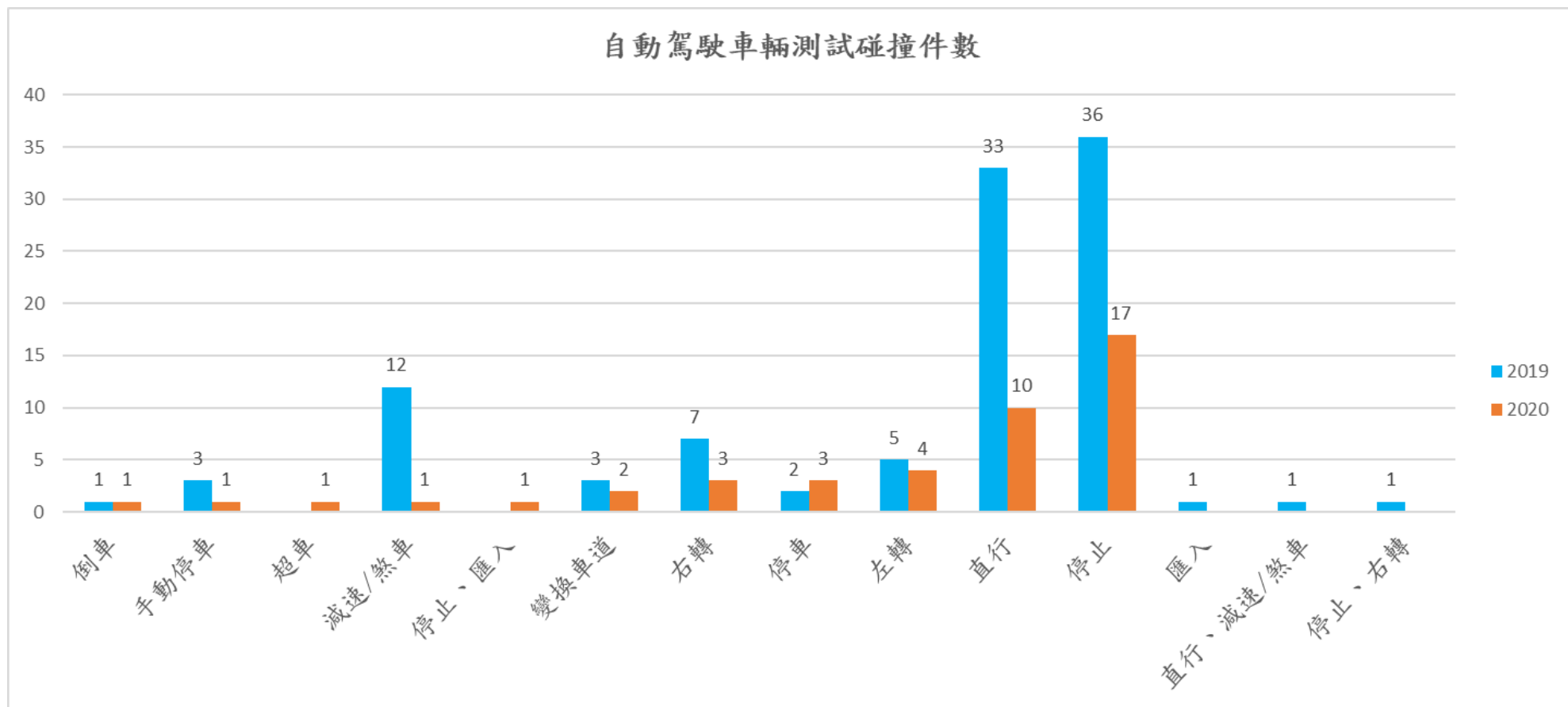


圖 8 2019-2020 年自動駕駛車輛測試碰撞前車輛狀態(本研究計算分析)

本研究原本規劃進一步透過交叉分析瞭解自動駕駛車輛測試碰撞前車輛狀態與事故型態的相關性，惟部分製造商(2019 年至 2020 年總廠商碰撞報告檔案共 149 份，其中有 114 筆未勾選自動駕駛測試車輛事故碰撞型態、2 筆勾選其他)未勾選事故報告檔案之事故型態(欄位包含：前後撞(Rear End)、翻車(Overtured)、對撞(Head-On)、擦撞(Side Swipe)、交叉撞(Broadside)、碰撞物體(Hit Object)、碰撞其他車輛/行人(Vehicle/Pedestrian)、其他(Other))，事故報告檔案雖有車輛發生事故當時的文字簡述，但僅透過文字無法真實反映事故之型態，且由於事故型態欄位可勾選「其他」，本研究並不清楚部分供應商未勾選事故之型態究係資訊遺漏還是不瞭解可勾選「其他」。

2.4 Level4 自動駕駛車輛測試情形

美國加州車輛管理局 2021 年公布之行駛里程數據，特別將車輛內不必配有安全操作員(Level4)測試報告獨立一份，經本研究整理分析後得知，2021 年共有 4 家製造商(Apollo (Baidu)、Pony.AI、Cruise、Nuro)可進行自動駕駛車輛等級 Level4/Level5 車輛測試，並瞭解 2021 年 Level4 車輛行駛里程數共為 24,983 英里(表 1)。顯示國際上已發展至至少為自動駕駛等級技術 Level4，且已進行道路測試。

表 1 2021 年 Level4 車輛測試里程數(本研究計算分析)

製造商	英里
總計	24,983
Apollo	
(Baidu)	9,565
Pony.AI	9,043
Cruise	6,366
Nuro	9

三、美國自動駕駛車輛事故報告

由美國 Uber 自動駕駛事業(Advanced Technologies Group, ATG)營運之自動駕駛車輛撞死行人事故，是全世界第一起符合 SAE J3016 自動駕駛技術等級 3 之車輛於道路測試導致行人死亡之交通事故，事故具代表

性，且美國國家運輸安全委員會(National Transportation Safety Board，NTSB)已於 2019 年 11 月 5 日完成事故調查報告，事故調查報告完整且具公信力，因此本研究蒐集本起事故報告做為案例研析。

3.1 Uber 自動駕駛事業 (Advanced Technologies Group，ATG) 事故摘要

2018 年 3 月 18 日星期日晚上 9 時 58 分，一輛由 Volvo XC90 改裝進行自動化的運動型多功能車輛(Sport Utility Vehicle，SUV)，撞上一位穿越亞利桑那州坦佩市 N. Mill 大道北邊的行人。這輛撞上行人的車輛是由美國 Uber 自動駕駛事業營運，該集團擁有改裝俱備發展中的自動駕駛系統，事故發生時自動駕駛系統是啟動的。

這輛 SUV 由一名 44 歲的女性操作員擔任，正在完成測試路線的第二個循環，其中包含 N. Mill 大道北邊的區域。當車輛接近事故發生地點附近時，這輛車輛已經進行 19 分鐘的自動駕駛模式，並以 45 英里/小時行駛於右車道。一位 49 歲的女性行人開始向東步行穿越 N. Mill 大道，在她的左側推著自行車(如圖 9)，此地點沒有行穿線。

根據自動駕駛系統數據，系統起初偵測到行人是在事故發生前 5.6 秒，它最初將行人歸類為車輛，隨後也以不知名的物體和自行車騎士做為歸類。雖然自動駕駛系統持續追蹤行人直到事故發生，但它並沒有精確地預測行人的路徑或降低車輛的速度來回應偵測到行人。

當系統判斷可能的碰撞風險將立即發生，但此情況超出自動駕駛煞車系統反應條件(碰撞前 1.2 秒)，此時系統設計依賴車輛操作員控制車輛，因為美國 Uber 自動駕駛事業排除用於減緩碰撞的緊急煞車。

由美國 Uber 自動駕駛事業車內的攝影鏡頭顯示車輛駕駛員整個旅程中，長時間視線離開道路，具體的說她正往下看她放在中控臺底部的手機，根據她的電話紀錄，車輛操作員正在用她的手機申請電視節目直播，她將視線轉向下方從事故發生前 6 秒直到事故發生前 1 秒。

自動駕駛車輛數據顯示，車輛駕駛員於碰撞行人前 0.02 秒開始向左轉，時速為 39 英里，美國 Uber 自動駕駛事業俱備的前方攝影鏡頭顯示，行人被車輛的前方近乎垂直的角度撞擊。撞擊將行人推倒至車輛底下，該行人停在北邊右轉車道 75 英里處，其自行車停在撞擊點北方 105 英里處。車輛停在撞擊點以北 189 英里處，位於右轉車道。在事故發生時路面乾燥且道路有路燈照明。

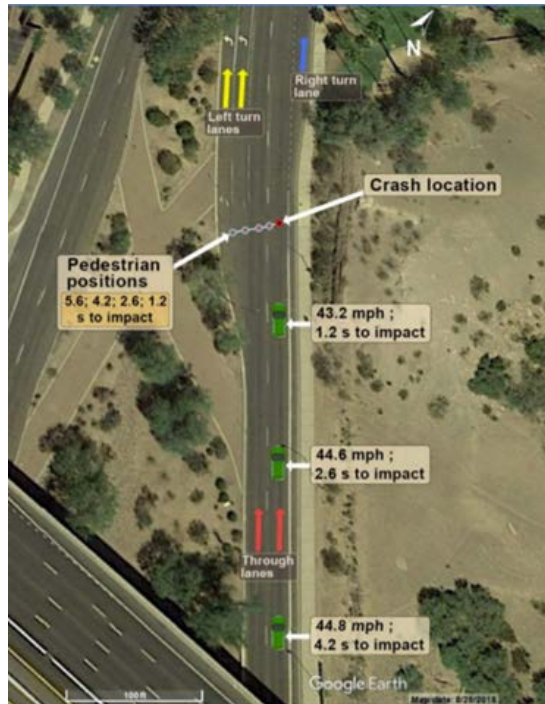


圖 9 事故地點的俯視圖顯示行人試圖穿越 N. Mill 大道以及車輛在撞擊前 3 個點的路徑和速度(美國國家運輸安全委員會網站)

3.2 事件調查發現

茲摘要說明美國國家運輸安全委員會調查報告之事件調查結果如下：

- 1.以下均不是導致事件的因素:(1)駕駛執照、經驗或自動駕駛系統操作經驗；(2)車輛駕駛員受損；(3)車輛的機械狀況。
- 2.緊急回報事件是即時且充分的。
- 3.行人於晚上在沒有行人穿越線且接近車輛前方穿越街道，違反亞利桑那州的法規，可能原因是吸毒導致行人的認知和判斷能力降低。
- 4.美國 Uber 自動駕駛事業沒有充分管理其自動駕駛系統功能限制的預期安全風險，包括系統在該事件沒有正確的分類行人和預測行人穿越街道中段的路徑。
- 5.自動駕駛系統的緊急煞車系統無法在緊急情況下作動。
- 6.因為美國 Uber 自動駕駛事業的自動駕駛系統正在發展中，可能伴隨相關限制和預期失敗，這些限制帶來的安全風險，仰賴安全風險管理策略，旨在降低於公共道路上測試之自動駕駛系統失效造成事故的風險。
- 7.美國 Uber 自動駕駛事業停用富豪汽車(Volvo)前方碰撞警示及自動緊急煞車系統，但沒有其他系統可取代上述全部的功能，是增加此次自動駕駛系統於公共道路測試的風險。
- 8.在事件發生後，美國 Uber 自動駕駛事業進行相關改變，例如:富豪汽車

- (Volvo)提供前方碰撞警示及自動緊急煞車系統，在自動駕駛系統操作期間同步啟動，增加一層關於系統之安全風險管理的保護機制，減少關於自動駕駛系統於公共道路測試的安全風險。
- 9.如果車輛駕駛員集中注意力，她可能有足夠的時間發現且對跨越街道的行人做出反應，以避免碰撞或減輕影響。
 - 10.車輛駕駛員長時間的視覺分心，為典型的自動化造成自滿的結果，導致她未即時發現行人以避免碰撞。
 - 11.美國 Uber 自動駕駛事業未充分的認知自動化自滿的風險，與發展有效的對應措施控管車輛駕駛員脫離接管工作所導致的事件。
 - 12.雖然在美國 Uber 自動駕駛事業測試車輛安裝人機介面，降低自動化監控的複雜性，但移除第二位車輛駕駛員也增加了僅依賴單一駕駛員的風險，且也減少原美國 Uber 自動駕駛事業對於自動駕駛系統於公共道路測試的安全風險最小化的保護機制。
 - 13.雖然美國 Uber 自動駕駛事業有能力追溯車輛駕駛員的行為及其遵守操作程序的情況，但美國 Uber 自動駕駛事業很少這樣做，且其決定移除第二位車輛駕駛員在測試自動駕駛系統期間，加劇了公司監管不利的破壞性影響。
 - 14.美國 Uber 自動駕駛事業在事故後，開始處理造成事故的監督不足之處，納入第二位車輛駕駛員在自動駕駛系統測試期間，並沿途即時監控駕駛員的專注力。
 - 15.美國 Uber 自動駕駛事業不足的安全文化造成事件情況:包括沒有充分監管車輛駕駛員導致碰撞發生，特別是車輛駕駛員在長時間旅次的注意力分散事件。
 - 16.美國 Uber 自動駕駛事業計畫導入安全管理系統，以及事件發生後改變對於其車輛駕駛員監管，開始探討導致此事件不足的安全風險管理議題。
 - 17.強制提交安全自評報告-目前是採自願的且是由美國國家公路交通安全管理局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)提供統一的、最低等級的評估報告，並幫助各州政府立法制定需符合最低的自動駕駛車輛測試評估標準。
 - 18.在發生事件時，亞利桑那州缺乏以安全為核心的自動駕駛系統測試申請審核流程，且自從發生事件以來，亞利桑那州的不作為代表其於改善自動駕駛系統測試安全和保護用路人的不足。
 - 19.美國國家公路交通安全管理局缺乏考慮美國交通部對於對於自動化駕

駛系統的安全標準、評估協定，安全自我評估程序，顯示自動駕駛測試在授權測試許可前，未透過完整的申請審查程序做評估。

3.3 事件可能的原因

美國國家運輸安全委員會指出，亞利桑那州坦佩市的事故可能成因，是車輛駕駛員整趟旅次在使用她的個人手機，以致於視覺分心，未監控駕駛環境及自動駕駛系統的操作。

美國 Uber 自動駕駛事業缺乏安全評估程序、無法掌握即時狀況的車輛駕駛員、缺乏足夠的監督及處理機制面對駕駛員對於自動化的自滿，這些都是缺乏安全文化的結果。更進一步造成事故的因素是嗑藥的行人於行穿線外穿越 N. Mill 大道，以及亞利桑那州不充足的監督自動駕駛車輛測試。

3.4 建議

對於調查結果，美國國家運輸安全委員會對於各機關(單位)提出以下新的安全建議。

1. 美國國家公路交通安全管理局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)

要求欲於公共道路測試發展中自動駕駛系統之單位，須向美國國家公路交通安全管理局提出安全自我評估報告。並根據美國國家公路交通安全管理局對於安全因素的建議，建立持續評估安全自評報告的流程，以及確定計畫是否包含適當的對於在公共道路上測試發展中自動駕駛系統安全保護措施，以及包括對於車輛駕駛員充足的監控。

2. 亞利桑那州政府

要求測試廠商提交測試自動駕駛系統的車輛申請時，至少詳細說明有關碰撞和車輛駕駛員造成疏忽的安全風險管理計畫，並於自動駕駛系統測試的參數中建立預防事故或減輕事故嚴重度的對策。在授權測試許可前，建立專家任務小組評估申請測試車輛俱備的自動駕駛系統，是否包含所有安全因素建議。

3. 美國自動車輛管理者協會(The American of Motor Vehicle Administrators, AAMVA)

向各州通知亞利桑那州坦佩市事故的情形，並且鼓勵各州(1)要求測試廠商提交測試自動駕駛系統的車輛申請時，至少詳細說明有關碰撞和車輛駕駛員疏忽的安全風險管理計畫，及如何於自動駕駛系統測試的參數中建立預防事故或減輕事故嚴重度的對策。(2)在授權測試許可前，建立專家任務小組評估申請。

4. 美國 Uber 自動駕駛事業 (Advanced Technologies Group, ATG)

對於自動駕駛系統測試完成安全管理系統導入，至少包含安全政策、安全風險管理、安全確保和安全促進。

四、我國自動駕駛車輛測試情形

目前我國自動駕駛車輛道路測試之相關法規為二，一為經濟部主管之「無人載具科技創新實驗條例」，二為交通部主管之「道路交通安全規則」，皆係針對申請者欲進行自動駕駛車輛道路測試時，能有其依循之法源，且測試期間皆領用專用試車牌，但於主管機關、適用對象、申請流程、測試期間等部分仍有所不同。

2019 年 1 月 1 日起實施新增之「道路交通安全規則」第 20 條第 3 款規定及附件二十一「自動駕駛車輛申請道路測試作業規定」主管機關為交通部，適用對象為研發測試單位且不得營利收費，申請流程為二階段式(道路主管機關+交通部)，測試期間最長兩年(測試車輛申請道路測試，自核准之日起有效期限最長一年，展延以一次為限，最長不得逾一年。)，係建構於原「道路交通安全規則」第 20 條申領試車牌架構上新增第 3 款「依法領有公司、商業或工廠登記證明文件之業者或汽車研究機構，因研究、測試業務而有試行有條件自動化、高度自動化及完全自動化駕駛車輛需要，得依附件二十一規定申領試車牌照及行駛，且行駛時應有適當管制措施，並遵守相關道路交通安全之規定。」，並自實施後，工業技術研究院於同年 9 月獲得交通部審核通過，順利取得全國首張「Taiwan No. 0001」的自駕車專用試車牌。

2019 年 6 月 1 日起實施之「無人載具科技創新實驗條例」及其 4 項子法「無人載具科技創新實驗管理辦法」、「無人載具科技創新實驗審查會議運作辦法」、「無人載具科技創新實驗資訊公告及安全事故評估辦法」及「無人載具科技創新實驗計畫牌照核發辦法」主管機關為經濟部，不限制適用對象且可從事商業實驗，申請流程為一階段式(由經濟部召開委員會

討論)，創新實驗之期間以一年為限，前項展延以一次為限，最長不得逾一年，但創新實驗內容經中央目的事業主管機關於審查會議認定應修正相關法律者，展延不以一次為限，其全部創新實驗期間不得逾4年。截至2022年1月，經濟部已核准9項自動駕駛車輛測試計畫(表2)。

表2 經濟部核准自動駕駛車輛測試計畫

	核准日期	計畫申請人	無人載具科技創新實驗計畫名稱	實驗場域	計畫期程
1.	110-7-14	財團法人工業技術研究院	新竹市市區自駕物流服務實驗計畫	新竹市市區	110/7/15 ~111/7/16
2.	109-11-10	財團法人工業技術研究院	新竹縣高鐵自駕車接駁服務實驗計畫	新竹縣 高鐵周邊	109/11/11 ~110/11/10
3.	109-10-05	鼎漢國際工程顧問股份有限公司	臺中水湳場域自駕巴士虛實整合載客運行測試計畫	臺中市 中科路	109/10/8 ~109/12/31
4.	109-8-27	國立成功大學	成功大學自駕車輛試驗計畫	臺南市歸仁地區	1.109/08/28~110/08/27 (共 12 個月) 2.第一次展延： 110/08/28~111/08/27 (共 12 個月)
5.	109-5-22	臺灣智慧駕駛股份有限公司	桃園市青埔地區自駕巴士創新實驗計畫	桃園市青埔地區	1.109/05/27~110/05/26 (共 12 個月) 2.第一次展延： 110/05/27~111/05/26 (共 12 個月)
6.	109-05-18	勤崙國際科技股份有限公司	新北市自動駕駛電動巴士系統測試	新北市輕軌炭頂站至美麗新	109/05/19 ~109/12/31

			計畫	廣場	
7.	109-03-31	理立系統股份有限公司	臺南市自動駕駛快捷公車上路營運實驗	臺南市南科園區及沙崙綠能科學城區域	1.109/04/7~110/04/06 (共 12 個月) 2.第一次展延： 110/04/07~111/04/06 (共 12 個月)
8.	109-02-18	台灣智慧駕駛股份有限公司	臺北市信義路公車專用道自駕巴士服務營運	臺北市信義路公車專用道	1.109/02/21~110/02/20 (共 12 個月) 2.第一次展延： 110/02/21~111/02/20 (共 12 個月)
9.	109-01-31	勤崙國際科技股份有限公司	自駕巴士彰濱鹿港觀光接駁運行	彰化觀光工廠及天后宮停車場周邊區域	109/02/05-109/07/30； 109/11/12-110/03/26； 110/08/11-110/10/03 (共 12 個月，安全事故暫停期間不計入核准期間)

資料來源：經濟部技術處 2022.2.8

因經濟部網站無法得知我國自動駕駛車輛道路測試之行駛資訊(含行駛里程、接管情形、事故碰撞情形等)，為瞭解上開資訊，透過交通部科技顧問室 2021 年「智慧運輸發展與車輛安全法規技術諮詢管理計畫(1/4)」取得 110 年度申請自動駕駛車輛道路測試展延業者，於 109 年度道路測試數據相關資訊(表 3)，以臺灣智慧駕駛股份有限公司-臺北市信義路公車專用道自駕巴士服務營運案為例，109 年度共行駛 918.6 公里(約 570.8 英里)、總接管次數為 64 次，年平均接管一次共行駛 14.35 公里(約 8.9 英里)，與美國加州自動駕駛車輛製造商 2020 年測試數據(圖 4、圖 6)比較，年行駛總里程數約排於第 20 名，年平均接管一次行駛里程數則遠低於 2020 年美國加州年平均接管里程數(535 英里)，顯示我國自動駕駛車輛測試表現與美國加州自動駕駛車輛測試能力有顯著的落差。

表 3 110 年度自駕車道路測試展延業者相關資訊

測試案	使用車種	單趟里程	行駛車速	測試環境	上一年度道路測試數據		
					自駕模式 實際運行 里程	總接管次 數	年平均接 管一次行 駛里程數
臺灣智慧駕駛股份有限公司-臺北市信義路公車專用道自駕巴士服務營運	2輛6米巴士	8.2 km (往返)	0-15 km/h	專用道	918.6 km	64次	14.35 km
臺灣智慧駕駛股份有限公司-桃園市青埔地區自駕巴士創新實驗計畫	2輛6米巴士	1.7 km	0-20 km/h	市區 混流	45.9 km(不載客)	38次	1.2 km
理立系統股份有限公司-臺南市自動駕駛快捷公車上路營運實驗	大客車	沙崙：3.9 km 南科：6.4 km	未提供	市區 混流	沙崙： 566.3 km (載客) 南科： 116.76 km (不載客)	沙崙： 95次 南科： 資料不完 整	沙崙： 5.96 km 南科： 資料不完 整
財團法人工業技術研究院-新竹縣高鐵自駕車接駁服務實驗計畫	3至4輛 7米電 動中巴	8.1 km	0-30 km/h	市區 混流	250.8 km	17次	14.75 km
國立成功大學-成功大學自駕車輛試驗計畫	1輛4.9 米油電 車	8 km	0-30 km/h	市區 混流	18.3 km	無人為介 入資訊	無人為介 入資訊
財團法人工業技術研究院-新竹市市區自駕物流服務實驗計畫	2輛5米 油電混 合車	1.9 km	0-40 km/h	市區 混流	新案-未 有上年度 道路測試	新案-未 有上年度 道路測試	新案-未 有上年度 道路測試

資料來源：科技顧問室 2021「智慧運輸發展與車輛安全法規技術諮詢管理計畫（1/4）」

勤崙國際股份有限公司所主導之「自駕巴士彰濱鹿港觀光接駁運行計畫」，於 2021 年 3 月 27 日下午 3 時 14 分行經彰化縣吉安路左轉進入鹿工路慢車道約 125 公尺，自動駕駛車輛突然右偏擦撞分隔島右側路肩紅磚道與消防栓，車內乘客 5 名、安全駕駛員 1 名、隨車人員 1 名均未受傷。針對「自駕巴士彰濱鹿港觀光接駁運行計畫」衝撞消防栓安全事故一案，經濟部與交通部主管機關共同召集並成立評估小組，於 2021 年 4 月 28 日召開第一次安全事故評估小組會議，提出自動駕駛系統設計問題、安全事故處理缺失及事故原因等面向，請勤崙國際股份有限公司確實依委員評估意見進行改善，並補充安全事故報告。同年 7 月 27 日經經濟部與交通部主管機關召開複審會議，同意准予續行，8 月 11 日至 10 月 3 日止恢復運行但不載客。

交通部科技顧問室 2021 年「智慧運輸發展與車輛安全法規技術諮詢管理計畫（1/4）」彙整我國自動駕駛車輛部分測試案執行情形，並且針對國際智慧運輸系統與車輛技術法規進行觀察與蒐集，並建議 111 年度主管機關可針對自動駕駛車輛技術涉及道路交通法規、駕駛行為等面向持續投入資源進行研析及法規調適。

交通部公路總局 2021 年「省道公路系統因應自動駕駛汽車之影響分析研究計畫」提出我國自動駕駛車輛於省道公路試運行之配套措施，可區分為軟體、硬體、法規等 3 大項，(1)於軟體配套措施部分：提升民眾理解與感受、提高 AI 軟體演算可信賴度、加強資訊傳遞溝通及共享、維護雲端管理平台之事件紀錄；(2)於硬體配套措施部分：增加載具及裝置安全評估、增修道路設施與路側設備；(3)於法規配套措施部分：規範駕駛資格與責任、監理驗證確保、修訂道路交通安全規則、加強資料保存及資訊安全。

五、未來研究方向

於自動駕駛車輛技術法規部分，聯合國世界車輛法規協調論壇(World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations，簡稱 WP.29)第 181 次會議(2020 年 6 月 24 日)以網路視訊會議形式召開通過網路安全(Cybersecurity)、軟體更新(Software Updates)以及自動車道維持系統(Automated Lane Keeping Systems，ALKS)3 項自動駕駛車輛領域重大法規，於 2021 年 1 月 22 日生效。

於自動駕駛車輛應用於道路環境部分，歐洲道路運輸研究諮詢委員會(The European Road Transport Research Advisory Council，ERTRAC)2021 年 9 月 30 日通過第 9 版自動駕駛與聯網駕駛發展路線圖(Connected, Cooperative and Automated Mobility Roadmap)：就自動化分別應用於高速公路(圖 10)及低速環境(圖 11)之未來發展，提出由場景複雜度容易至難、行駛速度低至高，深入至不同的移動領域及情境，達成最終實現未來載客和載貨之應用展望路徑。

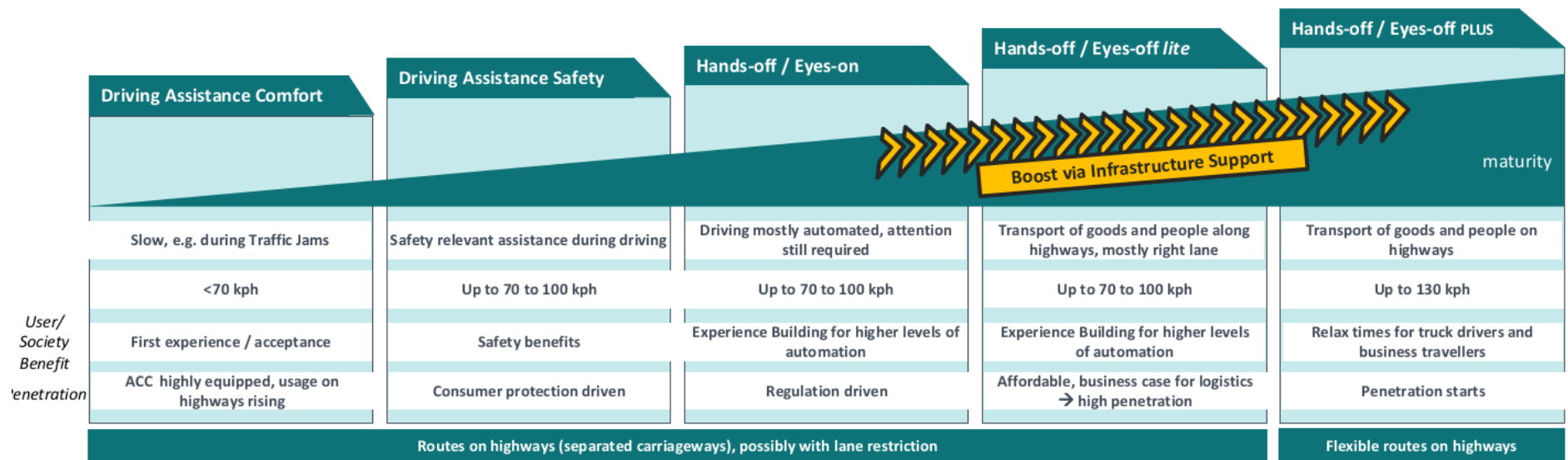


圖 10 2040 年自動化應用於高速公路情境之展望(資料來源: ERTRAC)

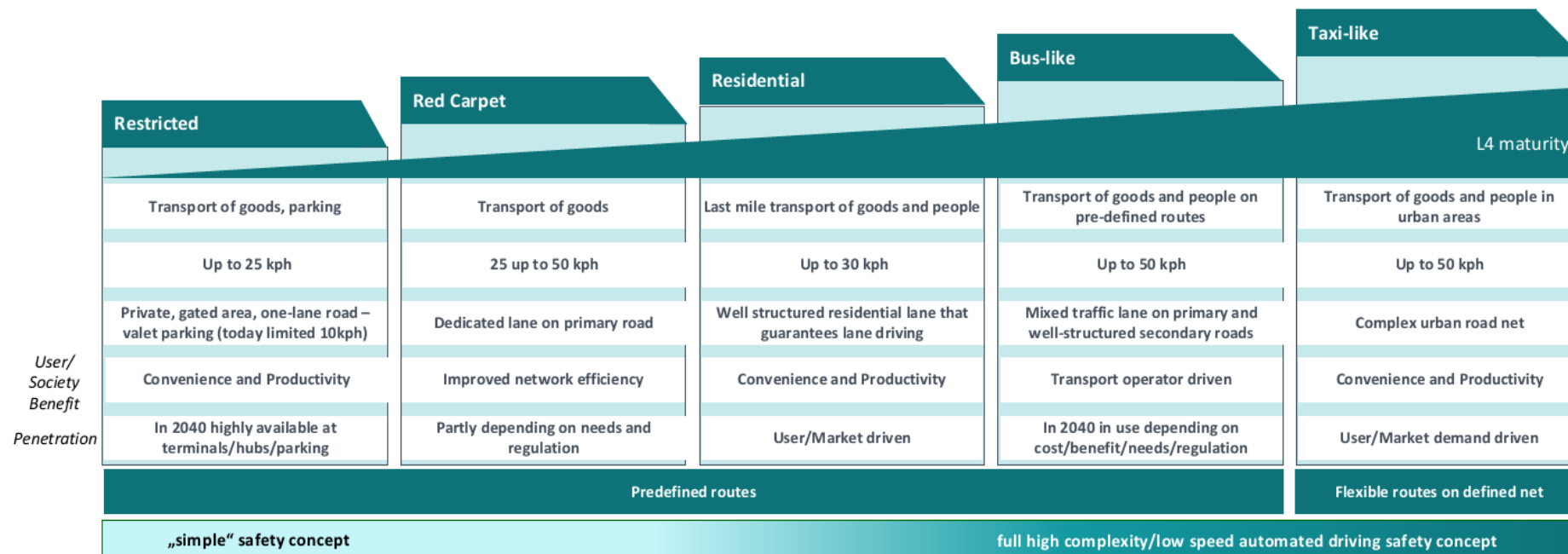


圖 11 2040 年自動化應用於低速環境情境之展望(資料來源: ERTRAC)

2021 年起科技顧問室 4 年(2021-2024)計畫將持續就 WP.29 討論中/已通過的國際已成熟車輛技術法規進行蒐整，惟未提出自動駕駛車輛技術涉及道路環境之整體發展建議(如圖 10、圖 11)；2021 年公路總局計畫僅就自動駕駛車輛運行於省道本於主管機關權責提出配套措施，複雜度較高之市區道路部分因非其權管則未提出配套措施。故本所可以上述 2 計畫為基礎，進一步蒐集國際道路(包含市區道路)主管(研究)機關(構)如何因應國際自動駕駛車輛技術發展調和道路交通法規，提出因應自動駕駛車輛運行的安全管理方式。

六、結論與建議

6.1 結論

1. 美國加州車輛管理局於 2018 年 4 月 2 日起實施 Level4/Level5 自動駕駛車輛測試之法規申請依循(修訂 Article 3.7、新訂 Article 3.8)，且該局為本研究目前可於公開網站取得製造商提供之年度相關原始測試數據之唯一管道。
2. 經本研究蒐集 2019 年至 2021 年於美國加州自動駕駛車輛測試的原始數據，並經整理計算後分析得知：
 - (1) 2021 年共有 1,175 輛自動駕駛車輛投入測試，且已有 Level4 車輛於道路上進行測試。
 - (2) 於行駛里程部分，2021 年以 Waymo 行駛總里程數最多(2,325,843 英里)，所有製造商總行駛里程數為 4,051,851 英里，相較於 2020 年及 2019 年所有製造商總行駛里程數均有大幅增加之趨勢。
 - (3) 於接管次數部分，2021 年自動駕駛車輛測試總接管次數為 2,809 次，相較於 2020 年及 2019 年均大幅減少之趨勢。
 - (4) 於年平均接管一次行駛里程數部分，2021 年以 Autox(50,108 英里)為最佳，整體製造商年平均接管一次行駛 1,443 英里，相較於 2020 年及 2019 年整體製造商年平均每接管一次可行駛里程數為增加。
 - (5) 2019 年至 2020 年碰撞報告檔案共有 105、44 件，經本研究由交叉分析計算，自動駕駛車輛測試時發生碰撞前，較多的車輛行駛狀態為停止及直行。

3. 由美國 Uber 自動駕駛事業車輛撞死行人事故調查報告得知，事故可能成因是車輛駕駛員分心，未監控駕駛環境及自動駕駛系統的操作，以及缺乏安全評估程序等原因。美國國家運輸安全委員會就調查結果，分別對於美國國家公路交通安全管理局、亞利桑那州政府、美國自動車輛管理者協會及美國 Uber 自動駕駛事業提出如何控管安全風險之建議。
4. 目前我國自動駕駛車輛道路測試的行駛資訊無法由公開網站取得，本研究透過回顧 2021 年科技顧問室計畫瞭解我國部分測試計畫執行情形，以及聯合國全球車輛法規調和論壇，有關自動駕駛車輛法規的進展與討論資訊，並由回顧 2021 年交通部公路總局計畫，得知我國自動駕駛車輛於我國省道公路試運行之配套措施。

6.2 建議

1. 建議我國道路主管機關應適時公布去個資化自動駕駛車輛測試接管數據，並主動蒐集、彙整各測試單位每月通報以人為方式介入無人載具之控制權次數及其原因進行分析，可以年平均接管一次行駛里程數做為觀察自動駕駛技術發展情形的指標之一，做為日後對於自動駕駛車輛運行安全管理方式之參據。
2. 建議我國可參考美國加州車輛管理局網站揭露的碰撞事故報告檔案，並對獲准進行測試之製造商實施撰寫碰撞事故報告檔案之教育訓練，以維資料的統一性及可分析性。
3. 國際上已發展至至少 Level4 自動駕駛等級技術之車輛且已進行道路測試，建議我國相關主管機關應持續觀察國際自動駕駛技術發展情形，以預為因應 Level4/Level5 自動駕駛等級技術之車輛於真實道路上運行之安全管理。
4. 建議我國主管機關可參考美國國家公路交通安全管理局提供制式的自動駕駛車輛測試安全自我評估報告，包含：系統安全、設計行駛區域、物體與事件偵測及反應、最小風險情況、驗證方式、人機介面、車輛網絡安全、碰撞性能、事故後之作為、資料紀錄及分享、消費者的教育及訓練、中央及地方法規適用。
5. 本所後續研究計畫應持續關注其他國家(區域)是否比照美國加州車輛管理局，於公開網站陸續揭露測試數據，掌握國際自動駕駛車輛技術發展

情形；持續參與 2022 年科技顧問室計畫相關審查會議，更新聯合國全球車輛法規的進展；建議進一步蒐集各國道路主管(研究)機關(構)如何因應國際自動駕駛車輛發展調和法規，提出我國因應自動駕駛車輛運行的安全管理方式，以適時提供相關建議予國內主管機關做為道路安全法規推動政策之參據。

參考文獻

1. 美國加州車輛管理局(California DMV)
2. <https://www.dmv.ca.gov/portal/>
3. 美國國家運輸安全委員會(NTSB)
4. <https://www.nts.gov/Pages/home.aspx>
5. 美國國家公路交通安全管理局(NHTSA)
6. <https://www.nhtsa.gov/automated-driving-systems/voluntary-safety-self-assessment>
7. 全國法規資料庫
8. <https://law.moj.gov.tw/Index.aspx>
9. 經濟部技術處
10. <https://www.moea.gov.tw/MNS/doi/home/Home2.aspx>
11. Waymo 安全報告，2021 年 2 月
12. <https://storage.googleapis.com/waymo-uploads/files/documents/safety/2021-12-waymo-safety-report.pdf>
13. 交通部科技顧問室，「智慧運輸發展與車輛安全法規技術諮詢管理計畫（1/4）」，2021 年
14. 交通部公路總局，「省道公路系統因應自動駕駛汽車之影響分析研究計畫」，2021 年
15. 聯合國世界車輛法規協調論壇(World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations)
16. <https://unece.org/transport/vehicle-regulations/wp29-world-forum-harmonization-vehicle-regulations-wp29>
17. 歐洲道路運輸研究諮詢委員會(The European Road Transport Research Advisory Council，ERTRAC)
18. <https://www.ertrac.org/index.php?page=ertrac-publications>

VEHICLE YEAR		MODEL	
LICENSE PLATE NUMBER		VEHICLE IDENTIFICATION NUMBER	
		STATE VEHICLE IS REGISTERED IN	
Vehicle was: ☐ Moving ☐ Stopped in Traffic		Involved in the Accident: ☐ Pedestrian ☐ Bicyclist ☐ Other	
DRIVER'S FULL NAME (FIRST, MIDDLE, LAST)		NUMBER OF VEHICLES INVOLVED	
DRIVER LICENSE NUMBER		STATE	DATE OF BIRTH
INSURANCE COMPANY NAME OR SURETY COMPANY AT TIME OF ACCIDENT		POLICY NUMBER	
COMPANY NAIC NUMBER		POLICY PERIOD	
		FROM TO	

NAME (FIRST, MIDDLE, LAST)			
ADDRESS	CITY	STATE	ZIP CODE
CHECK ALL THAT APPLY ☐ Injured ☐ Deceased ☐ Driver ☐ Passenger ☐ Bicyclist ☐ Property			
NAME (FIRST, MIDDLE, LAST)			
ADDRESS	CITY	STATE	ZIP CODE
CHECK ALL THAT APPLY ☐ Injured ☐ Deceased ☐ Driver ☐ Passenger ☐ Bicyclist ☐ Property			

PROPERTY OWNER'S NAME		TELEPHONE NUMBER ()	
STREET ADDRESS	CITY	STATE	ZIP CODE
WITNESS NAME		TELEPHONE NUMBER ()	
STREET ADDRESS	CITY	STATE	ZIP CODE
WITNESS NAME		TELEPHONE NUMBER ()	
STREET ADDRESS	CITY	STATE	ZIP CODE

OL 316 (REV. 7/2020) WWW

ITEMS MARKED BELOW FOLLOWED BY AN ASTERISK (*) SHOULD BE EXPLAINED IN THE NARRATIVE							
	WEATHER (MARK 1 to 2 ITEMS)	VEH 1	VEH 2	MOVEMENT PRECEDING COLLISION	VEH 1	VEH 2	OTHER ASSOCIATED FACTOR(s) (MARK ALL APPLICABLE)
	A. CLEAR			A. STOPPED			A. CVC SECTIONS VIOLATED CITED ☐ YES ☐ NO
	B. CLOUDY			B. PROCEEDING STRAIGHT			
	C. RAINING			C. RAN OFF ROAD			
	D. SNOWING			D. MAKING RIGHT TURN			
	E. FOG/VISIBILITY			E. MAKING LEFT TURN			
	F. OTHER			F. MAKING U TURN			
	G. WIND			G. BACKING			B. VISION OBSCUREMENT ☐
	LIGHTING			H. SLOWING/STOPPING			C. INATTENTION* ☐
	A. DAYLIGHT			I. PASSING OTHER VEHICLE			D. STOP & GO TRAFFIC ☐
	B. DUSK – DAWN			J. CHANGING LANES			E. ENTERING/LEAVING RAMP ☐
	C. DARK – STREET LIGHTS			K. PARKING MANUEVER			F. PREVIOUS COLLISION ☐
	D. DARK – NO STREET LIGHTS			L. ENTERING TRAFFIC			G. UNFAMILIAR WITH ROAD ☐
	E. DARK – STREET LIGHTS NOT FUNCTIONING*			M. OTHER UNSAFE TURNING			H. DEFECTIVE WEH EQUIP CITED ☐ YES ☐ NO
	ROADWAY SURFACE			N. XINGINTOOPPOSINGLANE			
	A. DRY			O. PARKED			I. UNINVOLVED VEHICLE ☐
	B. WET			P. MERGING			J. OTHER* ☐
	C. SNOWY – ICY			Q. TRAVELING WRONG WAY			K. NONE APPARENT ☐
	D. SLIPPERY (MUDDY, OILY, ETC.)			R. OTHER*			L. RUNAWAY VEHICLE ☐
	ROADWAY CONDITIONS (MARK 1 TO 2 ITEMS)			TYPE OF COLLISION			
	A. HOLES, DEEP RUT*			A. HEAD-ON			
	B. LOOSE MATERIAL ON ROADWAY			B. SIDE SWIPE			
	C. OBSTRUCTION ON ROADWAY*			C. REAR END			
	D. CONSTRUCTION – REPAIR ZONE			D. BROADSIDE			
	E. REDUCED ROADWAY WIDTH			E. HIT OBJECT			
	F. FLOODED*			F. OVERTURNED			
	G. OTHER*			G. VEHICLE/PEDESTRIAN			
	H. NO UNUSUAL CONDITIONS			H. OTHER*			

SECTION 6 — CERTIFICATION

I certify (or declare) under penalty of perjury under the laws of the State of California that the foregoing is true and correct.

I further certify that I am the authorized Administrator of the program for the above named employer.

PROGRAM DIRECTOR/AUTHORIZED REPRESENTATIVE PRINTED NAME AND TITLE	TELEPHONE NUMBER ()
SIGNATURE X	DATE SIGNED