

美國 Robotruck 發展

研究團隊：溫蓓章、林維信、李孟軒、邱嘉琪

報告人：林維信 顧問



中華經濟研究院

2024/05



- 一、美國卡車貨運業規模
- 二、美國卡車貨運業面臨的痛點
- 三、美國Robotruck營運模式
- 四、美國Robotruck公司簡介
- 五、I-70 Truck Automation Corridor計畫
- 六、退出美國Robotruck市場的重要玩家

- 根據NHTSA 2021年統計資料，美國共有1386萬輛大型卡車(總重大於10,001磅)，占所有車輛總數之4.6%，平均每百人擁有4.18部大型卡車
- 同期間我國大貨車為17.1萬輛，占所有車輛總數(不含機車)之2.1%，平均每百人擁有0.73部大貨車，美國約為我國6倍

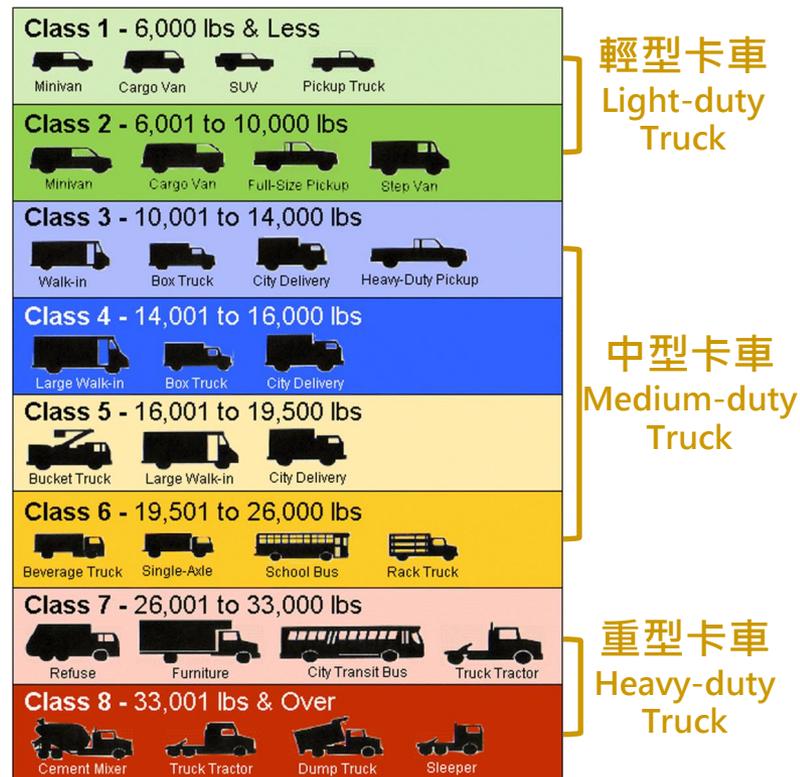
資料來源：中經院彙整(2024/5)·取自Traffic Safety Facts 2021 Data, NHTSA, June 2023 Revised; <https://www.census.gov/newsroom/press-releases/2021/2021-population-estimates.html>; 交通部公路局統計查詢網 (<https://stat.thb.gov.tw/>); <https://www.ris.gov.tw/app/portal/346>

美國大型卡車數量統計

	大型卡車數量	大型卡車VMT (in millions)
2016	11,498,561	287,895
2017	12,229,216	297,593
2018	13,233,910	304,864
2019	13,085,643	300,050
2020	12,899,371	297,649
2021	13,859,181	327,026

資料來源：Traffic Safety Facts 2021 Data, NHTSA, June 2023 Revised.

美國商用卡車依總重量分類(GVWR)



大型卡車(Large Truck) = 中型卡車 + 重型卡車
= 10,001 lbs 以上卡車

資料來源：中經院彙整(2024/5)·取自FHWA and NHTSA

美國卡車貨運業規模(2/2)

- 根據美國貨物運輸不同運具的成本統計，2022年**重型卡車**運輸成本為8960億美元(不含倉儲等管理成本)，**五年複合年增長率達7.8%**，以中小型貨車為主的**包裹與最後一哩**運輸成本則為2173億美元，**五年複合年增長率更高達13.7%**，兩者合計之規模占所有運具(其餘包括航空、鐵路、水路、管道，總計1.39兆美元)之**80%**

Overview of 2023 USBLC figures (\$ billion)	2022	2021	2020	YoY 2022/2021	YoY 2022/2020	5-year CAGR
Transportation costs						
Full truckload	403.8	380.4	313.6	6.2%	28.8%	7.9%
Less-than-truckload	96.3	90.6	74.8	6.4%	28.8%	6.9%
Private or dedicated	395.8	373.5	304.5	6.0%	30.0%	8.0%
Motor carriers	896.0	844.5	692.9	6.1%	29.3%	7.8%
Parcel	217.3	207.5	181.0	4.7%	20.1%	13.7%
Carload	64.7	55.0	48.3	17.6%	33.9%	2.3%
Intermodal	34.5	29.4	26.2	17.6%	31.7%	10.5%
Rail	99.2	84.4	74.5	17.6%	33.1%	4.8%
Air freight (includes domestic, import, export, cargo, and express)	66.8	65.7	40.2	1.7%	66.3%	-2.9%
Water (includes domestic, import, and export)	36.4	30.7	25.7	18.4%	41.8%	1.4%
Pipeline	75.7	63.2	56.3	19.8%	34.4%	10.2%
Subtotal	1,391.4	1,296.0	1,070.5	7.4%	30.0%	7.6%
Inventory carrying costs						
Storage	218.5	185.1	154.1	18.1%	41.8%	9.5%
Financial cost (WACC x total business inventory)	313.0	164.5	123.3	90.2%	153.9%	15.4%
Other (obsolescence, shrinkage, insurance, handling, others)	227.8	149.8	118.9	52.0%	91.6%	12.7%
Subtotal	759.3	499.4	396.2	52.0%	91.6%	12.7%
Other costs						
Carriers' support activities	93.8	78.6	62.4	19.3%	50.3%	10.0%
Shippers' administrative costs	72.3	63.1	57.6	14.6%	25.5%	7.5%
Subtotal	166.1	141.6	120.0	17.3%	38.4%	8.9%
Total US business logistics costs	2,316.7	1,937.0	1,586.8	19.6%	46.0%	9.2%

資料來源：中經院彙整(2024/5) · 取自2023 State of Logistics, A.T. Kearney, 2023.

- 駕駛稀缺及高轉換率
 - 美國卡車運輸協會(American Trucking Associations, ATA)預估全國缺少7.8萬名卡車駕駛(2022)，2031將上升至16萬名
 - 大型車隊駕駛每年轉換率達90%
- 勤務時間限制
 - 不得連續14小時(含駕駛時間11小時及非駕駛時間3小時)
 - 7天駕駛時間限制60小時或8天70小時
- 高油價、高駕駛成本且持續上揚
 - 2023年平均柴油價格超過4美元/加侖
 - 2021年整車貨物(Truckload)駕駛平均年薪\$69,000，較2019增加18%
- 高事故損失(連帶造成高額的保險成本)
 - 2021年大型卡車事故造成5,788人死亡，較2020年增加17%，大型卡車事故死亡者中高達83%為其他事故車輛人員或行人

美國Robotruck營運模式

- 由於氣候較良好，以及對於自駕車管制法令較寬鬆，美國Robotruck測試與試營運地點多半位於**太陽帶(Sunbelt)**，並集中在**德州、新墨西哥及亞利桑那**等州
- 美國Robotruck大致分為以下五種營運及測試模式
 - **模式一：Hub-to-hub高速公路長程運行**(Long Haul, 通常指250英里以上)，兩端Hub通常是高速公路旁的物流中心或是Robotruck轉運站，Hub以外由一般聯結車運送。本模式通常具有以下特性：無中斷運行、道路環境較單純、採用重型聯結車，**目前為Robotruck領域最常見的營運模式**
 - **模式二：Hub-to-hub較短距離運行**，多採用輕、中型貨車，兩端Hub通常是倉儲中心及零售點(Retailer Store)，即所謂的**Middle Mile**中程運送
 - **模式三：Last Mile最後一哩物流**，多採用輕、中型貨車，具多停留點(Multi-stop)與預約運送(Appointment Delivery)能力
 - **模式四：封閉區域運行**(如貨櫃港區、貨櫃場、工廠、建築工地、礦場廠區等)，通常依其目的進行特殊功能設計
 - **模式五：其他應用如Truck Platooning**，多採用高速公路的重型聯結車車隊運作模式

- 成立於2017，重型卡車自駕軟體平台與硬體之開發與營運者，營運**Hub-to-hub高速公路長程路線(模式一)**，自駕軟體稱為**Aurora Driver**，整套營運平台稱為**Aurora Horizon**
- 三次收購其他公司，包括Uber自駕團隊、Blackmore與OURS Technology (兩者均為LiDAR設備廠商)

- 2024/1宣布與**Continental**策略合作，Continental將為Aurora Driver生產具有備援系統的自駕卡車系統硬體，預計2027年開始量產(SOP, Start of Production)
- 與兩大重型卡車**OEM製造商Paccar與Volvo**策略合作(兩家合計占47%的美國重型卡車市場)，負責Aurora的車體製造與硬體安裝
- 在**小客車**方面與**Toyota及Uber**合作自駕系統與網約車服務



資料來源：中經院彙整(2024/5)，取自：<https://www.eetimes.eu/how-are-robotrucks-doing/>;
Fourth Quarter 2023 Shareholder Letter, Aurora, 2024/1; 2024 Analyst & Investor Day, Aurora, May 2024

- 採**駕駛即服務Driver-as-a-service**營運模式，即依**自駕行駛里程**收取服務費用
 - 目前有兩條營運路線，均位於**德州**：休士頓 - 達拉斯、達拉斯 - El Paso(位於墨西哥邊界)，至2024/1已完成4,300件整車貨物(Truckload)之自駕旅次，自駕里程超過100萬英里，未來將擴充至德州其他路線及其他Sunbelt州路線，預定2027年後將擴充至北部各州
 - 服務客戶包括FedEx, Werner, Uber Freight, Schneider, Hirschbach
 - 目前車上仍有安全員，預計2024年底開始**全自駕(無安全員)**之商業營運，初期於**休士頓 - 達拉斯**路線(長240英里)投入20輛全自駕Class 8之重型貨車參與營運

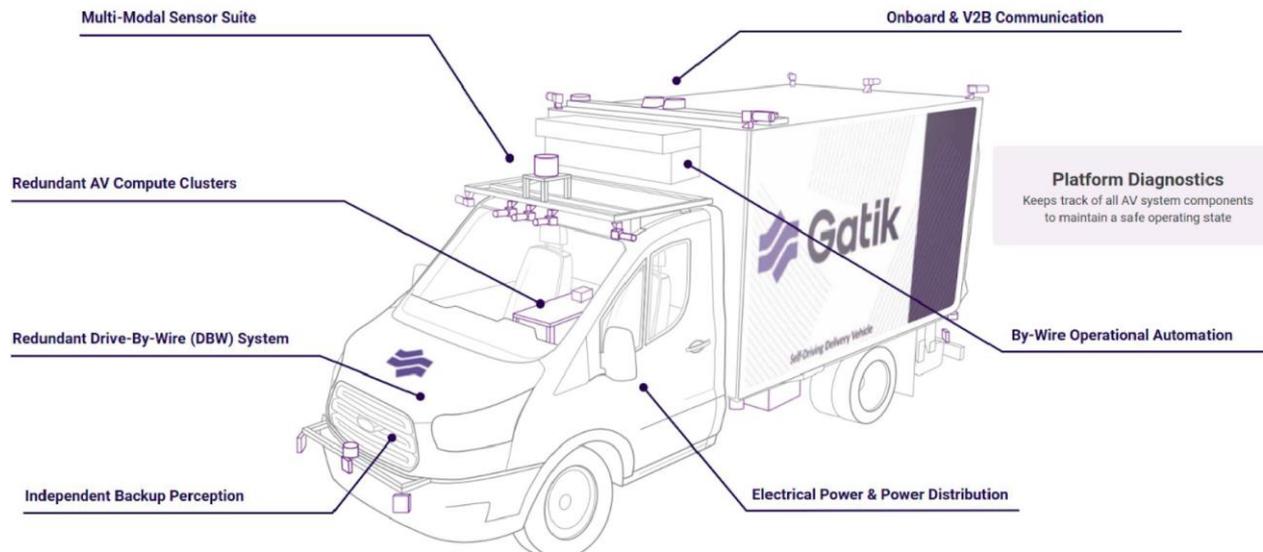


- 成立於2018，由15家公司出資2.45億美元，包括車輛相關產業(BMWi, Ventures, Bridgestone America)、美國最大之卡車休息站經營者Pilot及美國國防部等
- 與Aurora類似，專注於**高速公路長程(Long Haul)**重型貨車運輸(模式一)，擁有全美範圍最大的**18,000英里自駕營運路網**，營運範圍包含以**德州為主**的南方各州
- **Truck Port**
 - ▣ Kodiak自駕卡車之Hub，作為自駕卡車與普通卡車pick-up與drop-off的集中點，具備自駕卡車檢修、保養與油料補給等功能
 - ▣ 初期2個Truck Port分別位於**亞特蘭大**(2023/8啟用)與**休士頓**地區(2023/12啟用)
- 收費方式與Aurora類似，採用**自駕里程計費**，至2023年底自駕營運量已達5,000 Truckloads
- 預定2024下半年於**休士頓 - 達拉斯**路線開始**全自駕**的卡車運輸業務

- Kodiak第6代自駕卡車系統(Kodiak Driver)於2024/1推出，特點包括
 - **具備援系統**，涵蓋煞車、轉向與動力系統
 - **SensorPod™**整合Camera、LiDAR及Radar並取代左右後視鏡，以提供長短距離物件偵測，全車共12具Camera、4具LiDAR及6具Radar，SensorPod™可由駕駛或一般技工**快速裝卸**，後續運送至合作廠商進行專業維修，使得自駕車複雜的偵測設備維修問題能快速獲得解決
- 除了自駕卡車外，Kodiak於2022年獲得美國國防部1項5000萬美元的**自駕戰鬥車輛**(Robotic Combat Vehicle, RCV)計畫，將採用Kodiak Driver自駕系統
- Loadsmith公司(2019年成立，一個以自駕卡車車隊為主的第三方物流公司)於2023/6宣布將購置800輛Kodiak自駕卡車，預定於2025年開始提供
- 其他物流客戶包含馬士基與Ikea等知名企業

美國Robotruck公司-Gatik(1/2)

- 成立於2017，專注於**短程運輸(Short-haul)**、**B2B物流(即模式二)**，主要服務大型零售商
- 主要運輸路線為配送中心(Distribution Center)、物流中心(Fulfillment Center)、零售店間，屬Middle-mile運送，主要由**中型箱型貨車(Class 3-6)**運輸
- Operational Design Domain (ODD)為市區與市郊、非高速公路(速限低於50 mph)之固定路線
- 選擇路線**避開交通複雜路段**(如大型路口左轉、醫院與消防隊、學校、高行人流量路口等)，以增加行駛安全性並降低需要人為介入之機率



- 自駕運送次數已達50萬次(至2023/5)，投入60部自駕車輛(2023/9)，主要客戶包括
 - Walmart：Gatik第一個客戶，2019開始測試，2021在阿肯色州開始24小時的全自駕(無安全員)Class 3貨車之運送服務，由Walmart之dark store(全自動揀貨的物流中心)運送至鄰近的Walmart社區店(Neighborhood Market)以利顧客提取，服務路線為7英里，其為**全世界首次無安全員的全自駕貨車運送服務**
 - Sam's Clubs：至2023年底Gatik的服務據點已達30處
 - Tyson Foods：Gatik於2023/9宣布提供Tyson Foods冷凍食品的全自駕運送，此為Gatik首次採用**Class 7(26001-33000 lbs)重型貨車**
 - Loblaw：加拿大最大的食品零售商，2020開始與Gatik進行自駕測試，2022開始全自駕運送
- 預定將於2024年底提供**Class 4-6貨車(14001-26000 lbs)全自駕服務**

美國Robotruck公司-Nuro(1/3)

- 成立於2016年、總部位於加州，由兩位前Google AV部門(該部門後來演變成Waymo)成員所創建
- Nuro主要開發**低速、無人化、行駛於公路**的小型快遞車輛，其車輛型號依序為R1, R2, R3，屬於**最後一哩**的自駕車運送服務(即模式三)，技術核心的自駕系統稱為**Nuro Driver**
- R2車輛於2020年得到**NHTSA第一個無人化車輛的豁免**，例如無駕駛座位、方向盤、後照與側視鏡等駕駛必要設備，一個特殊設計是**車輛外部Airbag**，即將撞擊時會自動射出以保護行人或自行車騎士
- 2021/4與達美樂合作於休士頓完成**全美首次的全自駕車輛外送服務**



- 新型R3與BYD North America合作生產，主要規格：
 - 最高車速45mph
 - 車輛總重3,549lbs (1,610kg)
 - 能運送500lbs (225kg)或32.4ft³ (917公升)的貨物
 - 車輛長度(3.2m)、寬度(1.44m)均比一般小型車短小，路側上下貨時對交通影響程度較低，對行人與自行車也更為友善
- 除了送貨外，未來R3也將作為無人行動雜貨店，顧客輸入密碼後艙門開啟，車內Camera會針對顧客拿取之物品進行辨識後自動由顧客帳戶扣款



- 2020/11得到加州運輸部DMV的許可，允許Nuro無人車輛在公路運送貨物並可向客戶收費，規定**車輛速限為25mph**，在特定良好條件(如晴天)下可達35 mph
- 服務對象
 - Nuro與Uber於2022年簽署10年期合作計畫，將採用Nuro車輛運送**Uber Eats**的食物及雜貨
 - 目前(2024/3)Nuro的營運範圍包括**舊金山灣區與休士頓都會區**，並與美國主要零售品牌或快遞業者合作提供外送與快遞服務，包括FedEx, Uber, Kroger, Walmart, 7-11, Domino' s
- Nuro於2024/2開始與**安謀(Arm)**合作，利用安謀的AI技術發展下一代的Nuro Driver自駕系統
- 受到資金來源不足的影響，2022/11及2023/5分別裁員300與340名員工(約四成人力)，**Nuro表示將專注於研發，R3車輛之量產計畫將被延後**

美國Robotruck公司- Einride

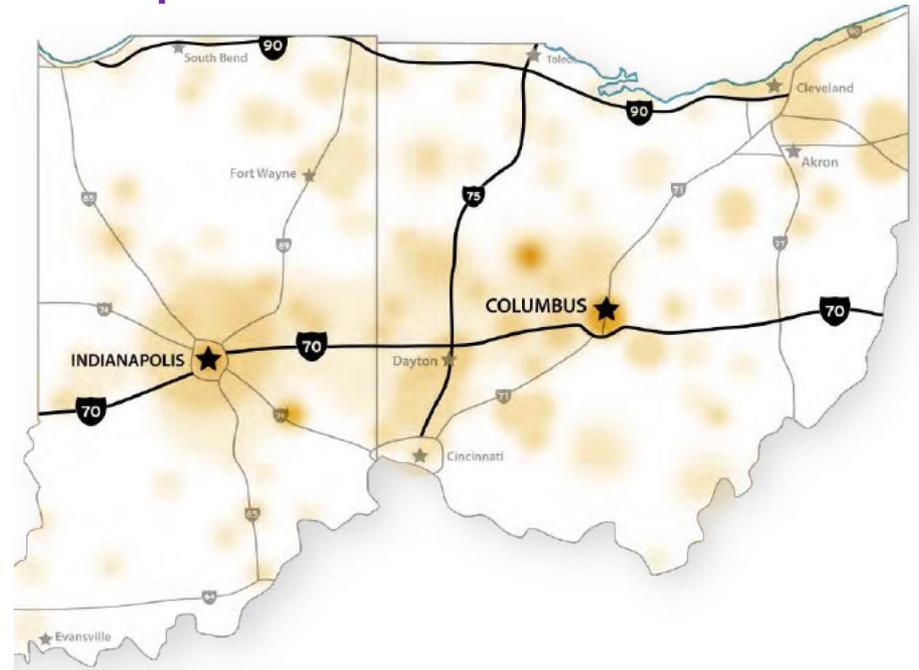
- 成立於2016年之瑞典公司，開發出**無駕駛座**、**遠端協助操控**的自駕電動卡車，稱為AET(Autonomous Electric Transporter)
- AET自2022開始在GE Appliances位於田納西州廠區內工廠與倉庫間約0.3英里的**私人道路**進行自動化貨物運送，目前已擴充至GE在喬治亞與肯德基州的其他廠區
- 除自駕卡車外，GE另整合兩家公司TaskWatch and Slip Robotics的產品，TaskWatch提供AI Camera來啟動控制甲板的升降並將AET定位，Slip Robotics則提供機器人自動裝卸貨物，使整個裝卸過程所需時間降低80%



美國Robotruck公司-彙整與比較

	Aurora	Kodiak	Gatik	Nuro	Enride
營運模式	模式一：Hub-to-hub高速公路長程運行	模式一：Hub-to-hub高速公路長程運行	模式二：Hub-to-hub middle mile短程運行	模式三：Last mile delivery	模式四：封閉區域(廠區內部)運行
主要車型	Class 8重型貨車(半聯結車)	Class 8重型貨車(半聯結車)	Class 3-6中型貨車	小型貨車(特殊規格)	中型貨車(特殊規格)
ODD	高速公路	高速公路	市區、市郊之一般道路	市區、市郊之一般道路	私人道路
主要營運區域	德州	德州	阿肯色州、達拉斯、安大略	舊金山、休士頓	多個地點
營運量	4,300 truckloads (至2024/1)	5,000 truckloads (至2023)	500,000趟 (至2023/5)	-	-
全自駕(無安全員)	預定2024年底休士頓-達拉斯	預定2024後半休士頓-達拉斯	2021於阿肯色州開始(Class 3) 預定2024年底Class 4-6貨車	2020於舊金山開始	2022於田納西州開始

- 近年來少數由聯邦政府資助的Robotruck相關測試計畫之一
- 由FHWA **ATCMTD Program**(The Advanced Transportation and Congestion Management Technologies Deployment)出資贊助、總金額900萬美元(FHWA佔50%，其他50%)的四年期卡車自動化技術應用計畫，Ohio與Indiana DOT及其他公私部門共同執行
- 主要測試卡車自動化技術：**Platooning, Lv2, Lv4**
- 該計畫選擇在連結**Columbus及Indianapolis**兩大都市、全長166英里的I-70州際公路進行測試



Team 1: Platooning and Lv2

- 目標：降低駕駛倦怠、壓力、超速及其他違規之風險，以及減少駕駛缺工之影響
- 採用“ Leader (人員駕駛) Follower (無人駕駛但有安全員) Platooning” 模式
- 使用Class 8 半聯結車輛
- 兩家公司：Kratons(自駕技術)、EASE (3rd party logistics)
- Lv2：增加軟硬體使Follower車輛能夠Remote Control(利用5G 通訊)

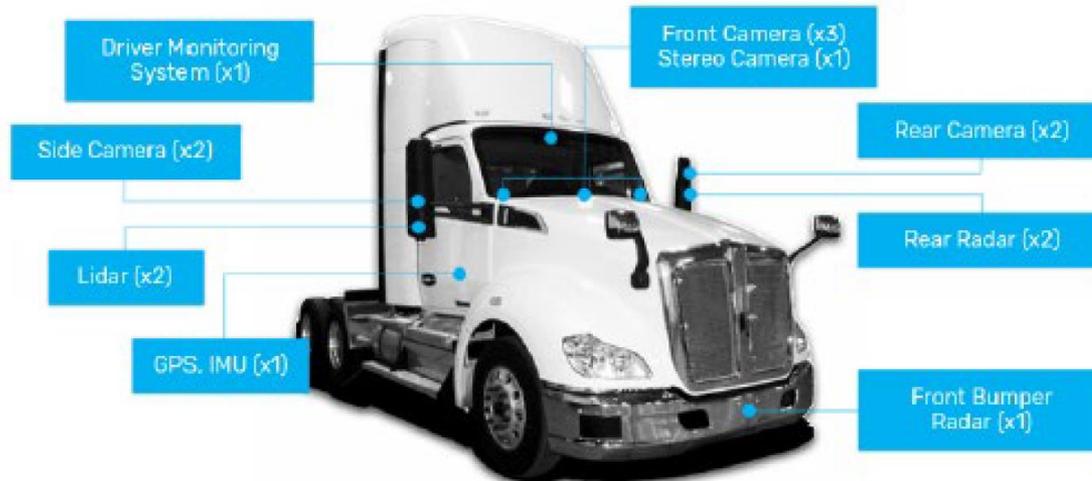


然而美國近年來卡車Platooning營運測試有降溫之趨勢

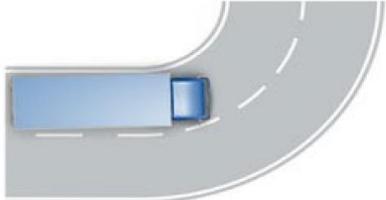
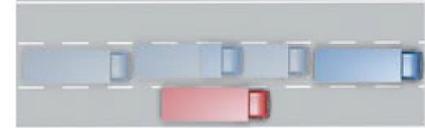
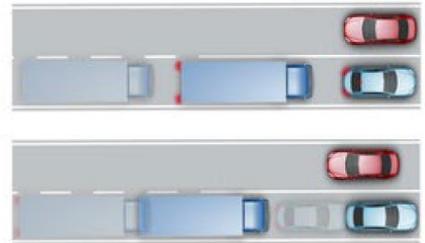
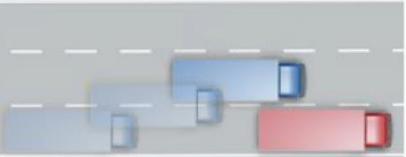
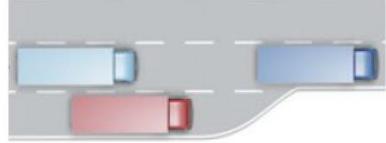
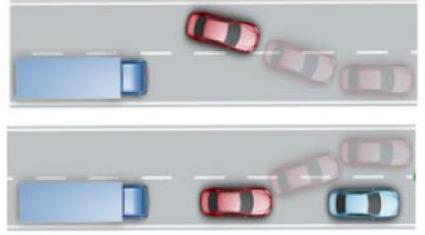
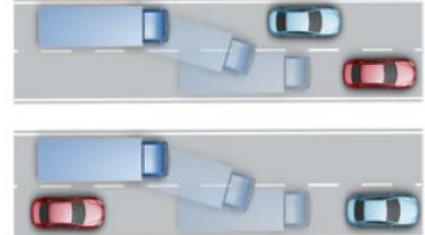
- **Daimler Truck** 2019宣布將Platooning技術予以出售，將重點放在卡車自駕(Lv4)，宣稱Platooning缺乏Business Model，節省的油料不足以補償成本
- 專注於卡車Platooning技術發展的**Peloton Technology**與**Locomotion**已分別於2021與2023年結束營運

Team 2: Lv2 to Lv4

- Partners: Plus AI (技術), Velociti Inc. (安裝), 以及貨運車隊
- PlusDrive System: Lv2與Lv4
 - PlusDrive Lv2+
 - ◆ Multiple cameras, radars and lidars
 - ◆ In-cab driver monitoring system
 - ◆ HD mapping
 - ◆ Real-time kinematic positioning (即時動態定位)
 - PlusDrive Lv2+ 可以擴充至Lv4



Team 2: Lv2 to Lv4 Use Cases

Single-lane Driving Task	<p>Full speed headway keeping</p>   <p>Smoothly maintain a safe following distance and stay within the speed limit</p>	<p>Full speed lane centering</p>  <p>Smoothly keep tractor and trailer close to the lane center Navigate through curves with various curvatures</p>	<p>Intelligent speed selection</p>  <p>Automatically apply different maximum speed based on conditions</p> <p>Nudge</p>  <p>Dynamically adjust lateral position to maintain safe distance</p>	<p>Stop & go traffic handling</p>  <p>Safely and smoothly handle congested traffic conditions and occlusions</p>	
	Multi-lane Driving Task	<p>Driver-initiated automatic lane change</p>  <p>Automatic lane change when requested by the driver</p>	<p>Merge traffic handling</p>  <p>Predict the merge intention and proactively slow down, overtake, or change lane to avoid collision</p>	<p>Cut-in/out handling</p>  <p>Predict the cut-in/out intention and proactively apply braking or release throttling to avoid collision and save fuel</p>	<p>Suggested overtake</p>  <p>Suggests overtake to the driver when encountering a slow vehicle</p>

■ Waymo Via

- 自2017年開始，Waymo陸續於加州、亞利桑那、喬治亞、德州進行重型貨車(Class 8)自駕測試
- 合作團隊包括Uber Freight, UPS, J.B. Hunt and Ryder
- 2020成功募集到32億美元後，成立Waymo Via物流公司
- 2023/7 Waymo宣布將發展重心專注於Robotaxi，但仍保留與Daimler Truck North America合作於自駕卡車系統平台的發展計畫

■ TuSimple (圖森未來)

- 2021年於美國高速公路首先進行全自駕卡車測試(亞利桑那州)，曾是美國最重要的自駕卡車廠商之一，公司市值曾逼近170億美元
- 至2023上半年的三年半期間即虧損達15億美元，2023年宣布大幅縮減美國業務，而將發展重點放在亞太地區
- 2024/2於美國那斯達克股票市場下市，並因涉嫌疑似偷運輝達AI晶片至中國而遭美國政府調查

■ Embark

- 自2017年就開始在美國西南地區進行自駕卡車測試營運，曾經達成許多重要任務：下雪天候進行自駕測試、能夠與執法人員進行互動
- 2023/5由於資金用盡而被Applied Intuition以7千1百萬美元併購