

先進車輛安全配備預期效益分析 -以大貨車盲點偵測器為例¹

Potential Effectiveness of Advanced Vehicle Safety Systems: A Case Study of Truck Blind Spot Detection Systems

王銘亨 Ming-Heng Wang²
魏健宏 Chien-Hung Wei³

摘要

推動先進車輛安全系統(AVSs)標準化是目前國際上先進國家的主要道路交通政策之一，為了解 AVSs 的功能及其對於交通安全的效益，本研究以推動 AVSs 能列為車輛標準配備為目的。首先回顧各國在推動 AVSs 標準化的政策和積極作為，包含最新 AVSs 技術與功能，以及各國的道安重點政策和推動方式，並著重在各系統對於事故防制成效評估方法、過程及其結果。並以大貨車盲點偵測器(BSD)為例，以碰撞前狀況(PCS)分析為方法，分析 2009-2014 年全國大貨車與弱勢用路人有關之交通事故資料，依據事故車輛碰撞前的行為、撞擊的型態和受損位置，以及肇事的原因資料，歸納各類 AVSs 所相對應可能防制之交通事故類型的件數和死亡人數，作為車輛裝設有相對應的 BSD 之預期效益。結果發現，若所有大貨車都裝置盲點偵測器狀況下，在假設人機介面因子(HMIF)為 0.8 時，預期可避免 11.4% 的大貨車與弱勢用路人的傷亡事故、減少 9.8% 的弱勢用路人（行人、自行車及機車騎士）死亡，每年約可減約 5 個行人、3 個自行車騎士和 15 個機車騎士死亡。

關鍵詞：先進車輛安全系統、盲點偵測器、弱勢用路人、交通事故前場景、人機介面因子

Abstract

Standardizing the advanced vehicle safety system (AVSs) technologies is one of the major transportation policies for developed countries around the world. In order to promote road safety, this research firmly proposes to have AVSs become mandatory. First, this paper reviewed the latest AVS technologies and their functions and prospected benefits to roads safety and included the testing methodologies and evaluation processes. Then this study assessed the potential benefits of the truck blind spot detection (BSD) system based on pre-crash scenario (PCS) analysis using the national traffic crash cases involving heavy trucks and vulnerable road users (VRUs) from 2009 to 2014 in Taiwan. The pre-crash scenarios associated with the blind spot of heavy trucks were derived by analyzing the maneuvers of heavy trucks and VRUs made prior to crashes, truck drivers' improper behaviors (cause of crashes), and the collision spots on heavy trucks that correspond to the crash types.

1 本文感謝行政院科技部會予以部分經費補助，計畫編號為 104-2221-E-261-003。

2 臺灣警察專科學校交通管理科副教授（聯絡地址：11696 臺北市文山區興隆路三段 153 號，電話：02-22308512，E-mail: wang.mingheng@gmail.com）。

3 成功大學交通管理科學系教授。

Statistical methods were used to calculate the number of crashes and fatalities relevant to the BSD systems. A value of 0.8 of the human machine interface factor (HMIF) was applied to estimate the potential safety effectiveness of the BSD systems under the assumption that all heavy trucks were equipped with BSDs. The results show that the installation of BSD systems on all heavy trucks could help avoid about 11.4 % of crashes, and 9.8% of deaths involving VRUs (pedestrians, bicyclists and motorcyclists). The BSD system could also save the lives of approximately 5 pedestrians, 3 bicyclists and 15 motorcyclists per year from crashes involving heavy trucks.

Keywords: Advanced Vehicle Safety Systems (AVSs), Blind Spot Detection (BSD), Vulnerable road users, Pre-Crash Scenario (PCS), Human Machine Interface Factor(HMIF)

一、前言

為降低交通事故頻率和事故的嚴重程度，國際上各先進國家大都致力於推動先進車輛安全配備(Advanced vehicle safety systems, AVSs)列為車輛標準化配備，瑞典是第一個推動車身穩定系統(Electric Stability Control, ESC)列為新車標準化配備的國家(Lie *et al.*, 2005)，美國、歐盟及澳洲等國家也陸續自 2008 年起逐步推動立法將 ESC 列為新車之標準配備，有效降低約 35%的單一車輛和翻車事故(Blower, 2014)。近年來，隨著無線感知和影像偵測器的發展和功能提昇，各國也正推動立法，將自動緊急煞車(Advanced Emergency Braking, AEB)、車道偏離警示(Lane Departure Warning, LDW)、主動車距控制巡航(Adaptive Cruise Control, ACC)、以及防撞警示系統(Collision Warning, CW)等先進車輛安全配備列為新車標準化配備。

國內對於 AVSs 近年來已投入大量的資金進行研究和開發，但由於國內自我生產車輛的能力和法規的限制，市場上對於 AVSs 的應用，不論是主動式或被動式安全系統，仍未見普遍化，特別是國內交通管理單位對於推動 AVSs 標準化或法規化，仍持較保守的態度，因此，即使相關單位投入大量的資金進行研發，相關安全系統的選配率仍未見普及化，對於提昇車輛行車安全的助益相當有限。主要原因係 AVSs 的預期效益不明確。雖然所開發的系統都已經過準確度和實地操作測試，但對於事故的防制成效，大多以描述性的方式呈現，且都以國外的研究數據為基礎，缺乏實證的研究和交通事故資料分析，以致於在推廣及法制化的過程較不具說服力和公信力，難以喚起民眾對於 AVSs 認知和重視，特別是台灣的道路環境和組成，與其他先進國家不同，應用 AVSs 的效益和優先或急迫性亦有所不同。

由於國內機車數量多，加上多數道路的行人或自行車通行設施普遍不足，造成車輛與弱勢用路族群（包含機車、自行車及行人）爭道的情形甚為嚴重，特別是大型車輛，由於高度、最小轉彎半徑及內輪差的因素，當汽車，特別是大型車於路口進行轉向時，很容易因視線盲點而與機車、自行車或行人發生碰撞；或行人通過大型車前方，因駕駛人未察覺而肇事，因此大型車對於體積較小的弱勢用路族群的威脅相對增加。依據 2009-2014 年全國道路交通事故統計資料顯示，在所有與大貨車有關的死亡事故案件中，超過 75%的死亡當事人都是弱勢用路族群，且超過 40%的事故都發生在大貨車處於起步或轉彎等慢速行駛的狀況下，只要駕駛人能及早發覺弱勢用路族群的存在，則事故極有可能避免。

為喚起政府及民眾對 AVSs 的重視，本研究首先回顧各國在推動 AVS 標準化的政策和積極作為，包含最新的 AVSs 技術與功能，以及各國推動重點及過程，並著重在各系統對於事故防制成效分析方法、過程及其結果，作為國內建立相關標準化作為及評估之參考。本研究並以大貨車盲點偵測器為例，針對國內有關車輛盲點偵測器的開發及功能進行介紹，回顧有關盲點偵測器的推估效益。再依國內事故調查報告表現之內容，以分類及統計方法，分析事故的撞擊型態、車輛事故前移動狀態、建立可能與車輛盲點有關的事故撞擊前場景(pre-crash scenarios)，並以 2009-2014 年全國道路交通事故中涉及大貨車與弱勢用路族群的事故為例，分析可能與大貨車盲點偵測器所相對應之交通事故之件數及死亡人數，並考慮系統誤差及駕駛人對警示疏忽的人機介面因子(Human Machine Interface Factor, HMIF)，推估裝置車輛盲點偵測器所可能防制的事件事數及死亡人數，作為盲點偵測器的預期安全效益，提供政府推動 AVSs 道安政策研擬之參考。

二、文獻回顧

先進車輛安全系統可分為主動式和被動式安全系統，被動式安全系統係指在交通事故發生後，啟動車內的安全系統，保護駕駛人或乘客，降低駕駛人和乘客受傷或死亡的機率，如安全氣囊、智慧型安全帶等；主動式車輛安全系統係指系統能偵測潛在危險狀況或車輛處於危險的狀態下，系統能啟動調整車輛的制動能力，以防止事故的發生或降低事故的嚴重性，如防鎖死煞車系統(ABS)、電子穩定控制系統(ESC)、以及自動緊急煞車系統(AEB)、車道偏移警示系統(LDW)和盲點偵測示系統(Blind Spot Warning, BSW)等。為促進交通安全，各先進國家已陸續著手推動各種 AVSs 列為車輛標準化配備。本節即就各國推動 AVSs 標準化的過程和成效，以及國內發展 AVSs 的經驗和推動標準化情形進行回顧，包含大貨車盲點偵測器的發展和功能介紹。

2.1 國外 AVS 推動情形

美國的國家公路交通安全局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)在 1968 年首先提出車輛安全強化(Enhanced Safety of Vehicle, ESV)的計畫，歐洲各國、日本及澳洲亦相繼響應，陸續投入研究和開發經費。近年來更由於無線感知及影像偵測技術的突破和普遍性，世界各大車廠也紛紛投入先進安全車輛配備和智慧車輛的開發，各國也陸續推動將先進安全車輛系統納入新型車輛或新出廠時的標準化配備。

在先進安全系統標準化的部分，以 ESC 系統為例，瑞典是第一個以喚起民眾對車輛安全意識的方式，推動 ESC 系統標準化(Lie *et al.*, 2005)，而在 2008 年底前，幾乎所有在瑞典販售的新車都配備 ESC 系統，但研究指出(Krafft *et al.*, 2009)若沒有立法的規範，系統的安裝比率將無法達到這麼普及；美國則規定自 2008 年 11 月起，所有新型小客車須裝設 ESC 系統(US Department of Transportation, 2009)；澳洲政府則要求自 2011 年 11 月起所有新小客車必須配備 ESC 系統，並在 2013 年擴及所有新出廠的小型車(含商用車)；歐盟則規定自 2012 年 11 月起所有新型車汽車都須配備 ESC 系統，至 2014 年止，所有新出廠車輛都必須配備 ESC 系統(The European Parliament and Council, 2009)。

在主動防撞系統部分，歐盟在 2009 年規定(EU Regulation No. 347)，自 2013 年 11 月起所有新型重型車輛(Heavy-duty)，以及自 2015 年 11 月起所有新出廠的新車都必須配備 AEB 和 LDW 系統。澳洲也在 2013 年通過法規(Australian Design Rule 31/03)，規定在 2015 年 11 月起所有新出廠小型車必須配備新式煞車輔助系統(Brake Assist Systems)，並在 2016 年 11 月起擴及中型客車(Van)和 SUV 車。美國國家運輸安全委員會(National Transportation Safety Board, NTSB)在 2010-2015 年的政策計畫上，明確指出，NHTSA 必須在期限內推動所有新型的小汽車和商用車輛都必須配備主動車距控制巡航(Adaptive Cruise Control, ACC)以及防撞警示系統(CW)(National Transportation Safety Board, 2009)。美國也早在 2005 年 8 月起即規定所有新廠 10,000 磅以下小型車必須配備胎壓偵測系統 (Tire-pressure Monitoring System, TPMS)。

針對 AVSs 的評估與預期效益推估，除了系統開發過程必要的系統功能、準確度實地測試外，大部分的系統亦經過模擬測試或評估。根據最新的研究報告(Blower, 2014)整理近十年(2003-2013)全球各國幾個有關事故防制技術(advanced collision-avoidance technologies, ACATs)的效益評估結果及對交通安全的影響，該報告僅含小型車輛，先進技術包括處理車輛穩定技術，如電子穩定控制(electronic stability control, ESC)、車前碰撞，如車前碰撞警示(Forward Collision Warning, FCW)、煞車輔助(Braking Assist, BA)和自動緊急煞車(AEB)，以及車道和起步相關碰撞，如車道偏移警示和與防制(Lane Departure Warning and Prevention, LDW/P)、盲點偵測(Blind Spot Detection, BSD)等。該報告並整理各類的評估方法，以及各種 ACAT 在小型車的佔有率(penetration)。

整體而言，AVSs 可具體有效降低相對的事故類別，表 1 列出依各研究所得各系統可降低事故型態（指標）的範圍，即使在最低範圍，其在降低事故的發生次數和嚴重傷亡人數都具有顯著效果。其中目標(target)或相對應(relevance)事故指與該 AVSs 所能防制的事故型態，如車身穩定系統可防制單一車輛及翻車事故。

表 1 各先進車輛安全系統預期可降低相對交通事故成效

事故類別	車身穩定系統	先進防撞技術 (含車前防撞警示+煞車輔助+自動緊急煞車)	車道偏移 警示和 與防制
所有事故次數	7-9%		
所有死亡事故次數	25-33%		
相對應事故的死亡人數		39-40%	7-29%
相對應事故的嚴重受傷人數		27-50%	13-34%
單一車輛事故	34-41%		
翻車事故	72-74%		
目標（相對應）事故		9.3-72%	6-34%

資料來源：Blower (2014)。

由表 1 可見各研究的評估結果，因為模擬和測試方法不同，而有明顯的差異，但都發現可以顯著降低交通事故發生的件數和傷亡的人數。在歐洲，歐盟資助辦理的 2006 年至 2009 年歐洲交通事故原因分析計畫案(Transport Regulators Align Control Enforcement, TRACE)中，以 2006 年法國的道路交通事故資料為基

礎，針對一系列先進車輛安全系統所可能相對應的事故型態，推估若車輛能配備相對的系統，則可能防制事故的發生或降低事故的傷亡，藉以評估先進車輛安全系統的預期效益(Pappas *et al.*, 2008)。

在德國，Kuehn 等人(2009)以類似的方式，並考慮駕駛人對於系統的反應狀況，建立人機介面因素(HMIF)調整因子，推估各類先進車輛安全系統預期能相對防制的交通事故次數和傷亡人數。在防撞煞車系統部分，依系統的功能不同，預期可降低 5.7-40.8%的事故；在車道維持系統部分則預期可減少 2.2%的事故；在盲點偵測系統部分則可降低 1.4%相對應的事故。雖然在盲點偵測系統的成效並未見明顯，但由於台灣的機車數量和車輛盲點的交通事故甚為嚴重，依該研究所使用的分析方法，預期將會有較佳的防制成效。

2.2 國內 AVSs 的發展

國內自 1993 年即開始陸續針對先進車輛系統，包括導向控制技術、速率控制、防撞及制動警訊、交通訊息、定位及導航等，進行研究(張堂賢, 1993)。為推動 AVSs，交通運輸研究所自 2000 年起開始著手 AVSs 研發策略之研究(王晉元等, 2001)，並繼續進行 AVSs 發展及推動一系列之研究(鄭銘章等, 2005；2006；2007；2008)。在 AVSs 研發策略計畫案中(王晉元等, 2001)已具體建議，交通管理單位能將相關法規於詳細評估與調查先進安全系統對於提昇交通安全之效用與需求後，針對使用者意願較低，但先進安全配備效果顯著的配備，於「道路交通管理處罰條例」、「道路交通安全法規則」中，明訂有關汽車加裝或使用與行車安全直接相關，或是能有效提升行車安全之先進安全系統(如駕駛者危險狀態警示系統、超速警示系統、安全車距警示與輔助系統等)的條文，並具體建議針對砂石車與貨櫃大型車輛需強制加裝視線警示系統與安全車距警示系統。

財團法人車輛研究測試中心(ARTC)也針對歐美日等車輛工業先進國家之發展資訊，配合國內技術能力與市場需求調查分析結果，擬訂國內先進安全車輛發展方向之參考(ARTC, 2001a)；並針對國內外電子系統相關法規，規劃國內汽車電子系統相關產品技術之參考(ARTC, 2001b；2002)，並持續研發測試 AVSs，近年來，ARTC 已發展多款先進車輛控制系統，包含電動輔助轉向系統、電子式煞車系統、車道偏移警示系統、停車輔助系統、適應頭燈系統、大型車盲點偵測系統、全自動停車系統以及電動車整合控制系統。其中大型車盲點偵測系統係藉由架設於車頭上方的攝影機擷取車輛前方影像，只要有任何物體進入盲點區域，便能以視覺及聽覺方式主動提醒駕駛注意，配合雙側盲點偵測器的警示功能，改善大型車交通事故，特別是針對台灣道路環境中大部分的交通事故型態應會有相當的助益。該系統自 2010 年起在國光客運部分大客車上測試(ATRC, 2010)，然其成效目前為止並無具體數字或評估報告。

另外國內的相關法規已針對汽車胎壓偵測器進行標準化規範(車輛安全檢測基準, 2014)，自 2014 年 11 月起所有的 M1 和 N1 型的新型車輛，以及自 2016 年 7 月起所有新出廠的 M1 和 N1 型新車，須配備胎壓偵測器。M1 型車輛指以載乘人客為主之四輪以上車輛，且其座位數(含駕駛座)未逾九座者；N1 型車輛指以裝載貨物為主之四輪以上車輛，且其總重量未逾 3.5 公噸者，惟該項新規範並未包含大型車輛。目前國內有關 AVSs 的推動主要以系統開發、系統準確率和功能

測試為主，使系統可以提供實際改善交通安全的研究和分析，由於資料的取得和系統的市佔率因素，尚無相關研究針對此類系統對於交通事故的防制效果，具有數據量化推估資料。在 AVSs 推動策略之研究中（王晉元等，2001）雖已針對道路交通事故的肇事原因進行分析，並藉以提出相對應的 AVSs，惟該分析僅針對肇事的原因進行統計分析，對於事故的碰撞型態、肇事車輛或行人相對位置及實際道路幾何環境並無深入的調查和分析，亦無實際量化資料，難以反應採用相對應系統的預期效果。

雖然依文獻資料顯示，AVSs 大多能顯著降低道路交通事故的發生頻率和嚴重情形，但除了 ESC 之外，對於其他系統的效益，大都以模擬或實驗測試的方式進行評估，而不是根據實際的交通事故資料，然而由於其他系統的市佔率有限，加上現有的事故資料和車輛的基本資料並無記錄事故車輛所紀錄的配備狀況，要確實以事故的基本資料進行分析較有困難。而在歐洲，歐盟所資助的計畫案中 (Karabatsou *et al.*, 2007)，利用法國的道路交通事故資料，建立一套事故的預期評估方法，針對各類的 AVSs 進行事前評估，明確顯示出系統在防制相對應交通事故類型的成效。在德國也以類似的方法，考慮人機之間的反應的差異，推估各系統的預期防制事故成效 (Kuehn *et al.*, 2009)。然而由於國內道路環境和組成，與其他國家不同，應用 AVSs 的效益和優先或急迫性亦有所不同，特別是盲點偵測系統所對應的事故型態，如右轉車和機車的碰撞、或大型車內輪差所造成自行車或行人的危害，都是台灣道路環境中經常發生的事故型態。因此，如何依道路交通事故資料，推估各種 AVSs 所能防制的交通事故及其傷害，使民眾和政府單位有實際的認知，加速推動 AVSs 列為標準化配備工作。

2.3 車輛盲點偵測系統

車輛的盲點存在於車輛後視鏡的直線視線和車身後方兩側之間，駕駛人無法從後視鏡看到兩側的來車，或是大型車輛，由於車身的高度，無法看到前方人車的範圍。車輛盲點偵測器即藉由雷達 (Forckenbrock *et al.*, 2014)、影像 (Van Beeck *et al.*, 2011; 2012; 2014) 或超音波等科技，偵測是否有人車接近車輛的盲點，或從兩側接近時，以聲響或燈號指示向駕駛人提供警告訊號，避免事故的發生。

針對車輛盲點偵測器的預期效益已有許多研究著手評估，在歐洲，透過事故原因分析推估，盲點偵測器每年大約可減少 975 人死亡和 2,100 人嚴重受傷 (eImpact, 2008)。在美國，藉由事故碰撞前場景分析，盲點偵測器預計每年可避免 457,000 人受傷和 428 人死亡 (Insurance Institute for Highway Safety, 2008)，包含 39,000 件（79 件死亡事故）與大貨車有關的事故 (Insurance Institute for Highway Safety, 2010)。另一個以當事人檢視方式調查每一個事故案件 (Kingsley, 2009)，發現 BSD 可避免 5.9% 與大貨車有關之交通事故。在德國，透過事故特性分析，推估 BSD 大約可避免 24.7% 的交通事故。

然而大部分的研究大都著重在盲點偵測器對汽車的事故防制資料，對於體積較小的機車、自行車或行人有時會偵測不到 (Fédération Internationale de l'Automobile, 2014)，特別是盲點偵測器用於大貨車上對於防制撞擊弱勢用路人的事故，應列為優先發展策略。

在臺灣，由於機車數量眾多，加上人車混合行駛情形嚴重，擴大盲點偵測器的功能與範圍，用以偵測車側及大貨車前方的視線死角內的機車、自行車及行人，應屬相對重要。因此，車輛測試研究中心特別針對大型車發展盲點偵測器 (Chen and Chen, 2009)，採用影像偵測技術為基礎，偵測從左右側接近的物件，包含各式車輛、行人及自行車，該系統經過測試在白天或夜晚，準確率可達 91%。該系統並擴充加設多個影響偵測器，開發大型車盲點偵測系統，可以偵測車輛前方的盲點範圍內的車輛或行人，同時亦具備開車門時偵測後方來車，並立即提出警告功能，適用於台灣特有的道路交通環境特性，有關其偵測範圍如示意圖 1 所示。

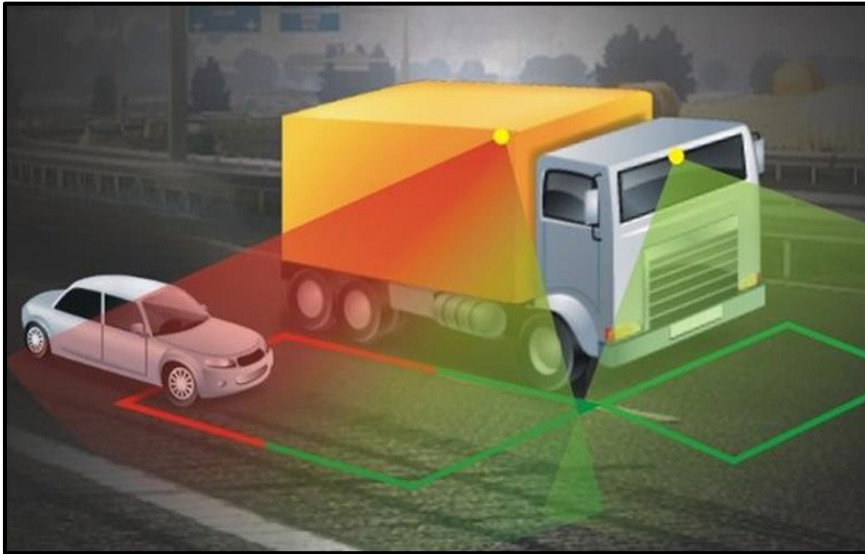


圖 1 大貨車盲點偵測系統盲點偵測範圍示意圖

本研究稱盲點偵測範圍除如圖 1 以影像偵測器所涵蓋的大貨車前方及兩側之外，並包含車輛的四個車角落以及車輛後方，可藉由雷達偵測器所偵測的範圍。雖然盲點偵測系統在台灣已發展成熟，但對於其所能帶來的預期成效，特別是事故的防制與死傷人數的降低情形，目前並無相關研究資料。

三、研究方法

由於目前盲點偵測系統的市場占用率有限，各國分析其預期效益時，難以依實際有、無裝置 AVSs 或裝置前、後之事故情形進行比較分析，而以分析既有的交通事故資料和肇事原因方式 (Forkenbrock *et al.*, 2014)，建立事故前情境或事故型態類別，歸納與 AVSs 相對應的事故型態，分析 AVSs 的預期成效。本研究乃參考類似方法，以國內道路交通事故調查報告資料既有內容為基礎，推估大型車盲點偵測器所能防制的相應事故型態。

3.1 AVSs 預期效益分析方法

在美國，有許多研究利用歸納法 (Typology) 的方式，建立一個共同的資料庫，用以評估 AVSs 的功效 (NAO Engineering, 1997; Crash Avoidance Metrics Partnership, 2004; Najm *et al.*, 2003; 2007)。在最近的研究中，Yanagisawa 等人

(2014)利用國家道路交通安全委員會(NHTSA)的全國交通事故資料庫，建立行人事故防制系統(Pedestrian Crash Avoidance/Mitigation, PCAM)的「事故碰撞前場景」(pre-crash scenarios)。Toma 等人 (2014)亦利用 20014-20018 通用評估系統事故資料庫(General Estimates System, GES)，以及大貨車事故原因調查資料庫(Large-Truck Crash Causation Study, LTCCS)，建立與大貨車有關的交通事故碰撞前的場景，藉由短距離車與車(V2V)的通訊技術，可防制事故的發生。歐洲曾藉由交通事故原因分析，建立評估未來及現有先進安全配備的潛在效益，其中包含針對盲點偵測系統應用在大貨車的效益評估，採用「如果駕駛人被警示，此事故是否可避免？」的方式，檢視每一個事故案件。

本研究乃以 2009-2014 年全國道路交通事故報告表中有關死亡(A1)及受傷(A2)資料庫為基礎，針對與大貨車有關之行人、自行車和機車等事故，藉由事故相關特性分析，包含事故前車輛或行人移動狀態、大貨車的肇因、撞擊的型態、以及大貨車撞擊的部位，將每件事務參考 Yanagisawa *et al.*(2014)及 Karabatsou *et al.* (2007)方法進行分類，建立與盲點偵測器有關之事故撞擊前場景，相關的研究假設與限制，以及與盲點偵測器相對應的事故分析步驟及過程分述如下。

3.1.1 研究假設與限制

有關大貨車盲點偵測器的事故類型係指其他用路人出現在視線盲點，而駕駛人未能察覺狀況下發生的事故，然而目前國內既有的道路交通事故調查資料中，對於駕駛人是否察覺對造當事人的狀況，須檢視駕駛人筆錄方能確認，而難以列入歸類分析，僅以大貨車的肇事主因、事故發生前雙方的運行狀況及撞擊的部分進行判斷。另由於肇事車輛的車速在事故現場測量不易，以現有事故資料亦難以直接判定用路人出現在盲點範圍的時間點，以及當駕駛人收到盲點偵測器警告後，是否能即時採取防止事故發生的動作，如踩煞車，或採取動作後是否能有效防制事故的發生，此部份係屬推估盲點偵測器預期所能防制的事故，必須透過人機介面因子(HMIF)進行調整，有關與盲點偵測器有關或相對應的事故推估，不考慮來偵測器的誤差或駕駛人的疏忽因素。因此，有關本研究的假設為：

- 假設大貨車在起步、右轉、左轉時都處於行車速率緩慢的狀況下。
- 假設事故調查報告表資料能確實反應實際的事故資料，包含的肇因判定。
- 假設偵測器的功能即時與確實偵測出現在車輛前後左右範圍內的用路人，並不以駕駛人實際盲點為限。
- 有關預期效益的分析係假設目前所有的大貨車都未具備盲點偵測器的狀況下。

3.1.2 分析步驟

有關與盲點偵測器相對應的事故分析所考慮的事故資料包含大貨車和對造用路車輛(人)在事故碰撞前的運行狀況、大貨車的肇事主因，以及大貨車的撞擊部位，分析步驟及過程如下：

步驟 1：檢視大貨車在事故撞擊前的移動狀況

此步驟乃用於檢核事故對造當事車輛或人是否出現在大貨車的視線死角，並檢視事故的發生是否為大貨車偏離車道所造成的。基本上，事故發生在大貨車視線的死角通常是大貨車正在起步移動、轉彎(含左、右及迴轉)、變換車道、倒

車和停車操作的過程、以及停車而駕駛人開車門時。由於機車和自行車與行人的交通特性不同，在建立事故碰撞前的場景時，必須分開討論。

步驟 2：檢視弱勢用路人在事故碰撞前的移動狀況

此步驟進一步檢視弱勢用路人的移動方向和位置，確認弱勢用路人是否處於大貨車的盲點範圍，其中若行人處於站立靜止於路邊，或走路的狀態下，包含穿越道路，都可被偵測而採取相關防制措施，以避免事故發生，但若行人處理快速移動，如跑步、玩耍、或突然衝出，則大貨車駕駛可能反應不及，事故則難以避免。而對於自行車或機車的移動狀況，若為變換車道或轉彎的狀態（與大貨車不同向），雖然可被偵測，但事故可能無法及時避免。因此，自行車或機車的移動狀況，應為直行中、停車（含暫停及停於路側或路口）、以及與大貨車同時進行左轉或右轉時。

步驟 3：檢視大貨車的肇事原因

此步驟乃用於判定大貨車駕駛人是否專心駕駛，或可注意到弱勢用路人的出現與否。理論上，在未注意或不當駕駛的狀態下，如果大貨車駕駛人在有弱勢用路人出現時，特別是在車輛的盲點範圍內，能獲得及時警告，則可以避免事故的發生。因此，大貨車的肇事原因可藉由盲點偵測器避免，包含未注意車前狀況、轉彎不當、倒車/停車操作不當、未保持行車間距、變換車道不當、以及開車門不當等。若肇事原因為未依規定讓車，表示駕駛人是在有看到來車的狀況下，而未禮讓或已為來車距離較遠而於路口進行轉向，或於路段上駛入車道，以致造成事故，此一肇事原因將予以排除與盲點偵測器有關。

步驟 4：檢視事故型態及大貨車第一次撞擊位置

事故的型態乃用於檢視大貨車與弱勢用路人的相對位置，通常與大貨車盲點的事故型態主要為有側撞、同向擦撞、以及撞擊行人。當大貨車由停止線或路邊起步時，大貨車可能追撞前方停等的機車、自行車或穿越道路中的行人。大貨車與行人的事故型態則須檢視大貨車上的撞擊的部位，例如大貨車車頭撞擊行人，特別是大貨車在慢速的狀態，則是大貨車前方盲點範圍所造成。因此，檢視事故型態必須同時檢視大貨車第一次的撞擊部位，以確認撞擊的位置是否在盲點的範圍內，依事故報告表的內容，相關的部位包含：車頭（起步時）、右前車身、右側車身、右後車身（右彎或變換車道）、車尾（倒車時）、左前車身、左側車身、左後車身（左轉彎或變換車道）等。

3.2 建立事故碰撞前場景

基於上述事故資料的分類原則及步驟，歸納出與大型車盲點偵測系統有關的事故前碰撞場景，依大貨車撞擊對象分別探討：

3.2.1 大貨車與行人事故前場景

依事故前場景歸納原則及事故報告表之內容項目，與盲點偵測系統有關之大貨車撞擊行人之事故前場景整理如表 2。

表 2 與盲點偵測系統有關之大貨車撞擊行人事故前場景

事故前場景	大貨車事故前移動狀況	行人在事故前的移動狀況	大貨車肇因	事故型態	大貨車第一次撞擊點
P1	01 起步	16 步行 17 靜立(止)中	23 未注意車前狀態	車與行人事故 02 同向通行中 03 穿越道路中 08 佇立路邊(外)	01 前車頭 02 右側車身 04 左側車身 05 右前車頭(身) 06 右後車尾(身) 07 左後車尾(身) 08 左前車頭(身)
P2	02 倒車 03 停車操作中		23 未注意車前狀態 12 倒車未依規定 17 未保持行車安全間隔		01 前車頭 02 右側車身 03 後車尾 04 左側車身 05 右前車頭(身) 06 右後車尾(身) 07 左後車尾(身) 08 左前車頭(身)
P3	06 右轉彎		23 未注意車前狀態 09 右轉彎未依規定 17 未保持行車安全間隔		02 右側車身 05 右前車頭(身) 06 右後車尾(身)
P4	05 左轉彎		23 未注意車前狀態 08 左轉彎未依規定 10 迴轉未依規定 17 未保持行車安全間隔		04 左側車身 07 左後車尾(身) 08 左前車頭(身)
P5	08 向右變換車道		23 未注意車前狀態 07 變換車道不當		02 右側車身 05 右前車頭(身) 06 右後車尾(身)

1. P1, 大貨車起步中：此類事故通常發生在大貨車停等於路口停止線後起步，或由路側起步駛入車道中，因為行人出現或行走在車輛盲點的範圍，或駕駛人未注意車子週邊的行人，而產生事故。在此事故前場景下，車輛都是處於低速的狀況下，因此，若能藉由盲點偵測系統，偵測車輛週邊的行人或車輛狀況，並對於駕駛人及時提出警告，將可避免事故的發生，目前部分車輛具備影像監視功能，但未具備警告功能，較無法發揮實際的事故防制成效。

2. P2, 大貨車倒車或停車操作中：此類事故前場景的大貨車亦處於低速的狀況下，在停車或倒車的操作過程中，若有行人出現在車輛週邊，若有盲測偵測系統對駕駛人即時提供警告，將可有效避免事故的發生。

3. P3, 大貨車右轉彎：主要的事事故前場景係發生在路口大貨車右轉時，由於車輛轉彎半徑及內輪差的因素，經常造成行人處於危險狀況，而行人本身及駕駛人皆能未察覺，透過盲點偵測系統的使用，當有行人出現在內輪差的視線盲點範圍內，將可即時通知駕駛人，避免事故的發生。

4. P4, 大貨車左轉彎：同樣是車輛內輪差的問題，當行人正在穿越道路中，而大貨車正在左轉中，可能因左側視線盲點而造成事故，透過盲點偵測系統警告行人的存在，將可避免事故的發生。

5. P5, 大貨車向右變換車道：在道路無人行道的空間狀況，行人與車輛混合通行時，若大貨車向右變換車道，可能因盲點或駕駛人疏於注意，而未意識到行

人的存在，特別是在盲點的位置，若能透過盲點偵測器的警示，在車輛變換車道前，即時察覺行人的存在，將可避免事故的發生。

3.2.2 大貨車與機車或自行車事故前場景

依事故前場景歸納原則及事故報告表之內容項目，與盲點偵測系統有關之大貨車撞擊機車或自行車之事故前場景整理如表 3。

表 3 與盲點偵測系統有關之大貨車撞擊機車或自行車事故前場景

事故前場景	大貨車事故前移動狀況	機車/自行車在事故前的移動狀況	大貨車肇因	事故型態	大貨車第一次撞擊點
B1/MB1	01 起步	01 起步 09 向前直行中 11 迴轉或橫越道路 13 靜止 (引擎熄火) 14 停等 (引擎未熄火)	23 未注意車前狀態 17 未保持行車安全間隔	12 同向擦撞 13 追撞 16 側撞	01 前車頭 02 右側車身 04 左側車身 05 右前車頭 (身) 06 右後車尾 (身) 07 左後車尾 (身) 08 左前車頭 (身)
B2/MB2	02 倒車 03 停車操作中	01 起步 09 向前直行中 11 迴轉或橫越道路 13 靜止 (引擎熄火) 14 停等 (引擎未熄火)	23 未注意車前狀態 12 倒車未依規定 17 未保持行車安全間隔	12 同向擦撞 13 追撞 14 倒車撞 16 側撞	01 前車頭 02 右側車身 03 後車尾 04 左側車身 05 右前車頭 (身) 06 右後車尾 (身) 07 左後車尾 (身) 08 左前車頭 (身)
B3/MB3	06 右轉彎	09 向前直行中 13 靜止 (引擎熄火) 14 停等 (引擎未熄火) 06 右轉彎	23 未注意車前狀態 09 右轉彎未依規定 17 未保持行車安全間隔	12 同向擦撞 16 側撞	01 前車頭 02 右側車身 05 右前車頭 (身) 06 右後車尾 (身)
B4/MB4	05 左轉彎	09 向前直行中 13 靜止 (引擎熄火) 14 停等 (引擎未熄火) 05 左轉彎	23 未注意車前狀態 08 左轉彎未依規定 10 迴轉未依規定 17 未保持行車安全間隔	12 同向擦撞	04 左側車身 07 左後車尾 (身) 08 左前車頭 (身)
B5/MB5	08 向右變換車道	09 向前直行中	23 未注意車前狀態 07 變換車道不當	12 同向擦撞 16 側撞	02 右側車身 05 右前車頭 (身) 06 右後車尾 (身)
B6/MB6	13 靜止 (引擎熄火) 14 停等 (引擎未熄火)	09 向前直行中	40 開啟車門不當而肇事	17 其他	*04 左側車身

1. B1/MB1: 大貨車起步中：在大貨車停於停止線後起步或從路側駛入車道時，可能為車輛前或側邊的盲點範圍，且駕駛未注意或未保持安全間隔，而造成事故的發生。在此場景下，機車或自行車通常是處於靜止或慢速的狀況下，或是直行的狀況下，大貨車未能察覺車輛週邊的機車或自行車，造成追撞或擦撞，或未察覺直行接近的車輛而逕行駛入車道，造成側撞，若能藉由盲點偵測器的警告，將可避免事故的發生。

2. B2/MB2: 大貨車停車或倒車操作中：與大貨車起步中的場景類似，都可能藉由盲點偵測器的應用，而避免事故的發生，惟靜止或慢速的機車或自行可能遭倒車中的大貨車撞擊。

3. B3/MB3: 大貨車右轉彎：通常大多數的機車或自行車行駛於大貨車的右側，因此，都可能在大貨車右轉時因為右側的視覺盲點，或內輪差的盲點，而側撞或擦撞機車或自行車，撞擊點可能時右前、右側或右後側，若能在大貨車準備右轉前，透過盲點偵測器的警告，將可避免事故的發生。

4. B4/MB4: 大貨車左轉彎：機車或自行車行駛在大貨車的狀況並不常見，若有機車或自行車，出現在大貨車的左側時，駕駛人通常較不易察覺，特別是在大貨車和機車或自行車同時左轉彎時，可能因為視線死角或駕駛人疏忽，而未注意機車或自行車的存在，而造成側撞或擦撞，若能透過盲點偵測器的即時警告，將可避免事故的發生。

5. B5/MB5: 大貨車變換車道：包含向左和向右變換車道，大貨車駕駛人都可能因為未注意盲點範圍內車輛、或未保持安全間距，而造成同向的擦撞，透過盲點偵測器的即時警告，將可避免事故的發生。

6. B6/MB6: 大貨車開車門：此時大貨車通常處於臨停或停車的狀況下，在此狀況下盲點偵測器持續監視後方來車，若有車輛接近，將發出警告訊息，提醒大貨車駕駛，避免事故的發生，此事故前場景，機車或自行車屬於直行接近的狀況。

3.2.3 盲點偵測系統安全成效分析

理論上，當盲點偵測系統發出警示訊號（聲響）時，駕駛人可以即時採取反應動作，避免事故的發生，但實際上，駕駛人可能有未察覺警示訊號，或反應不及等狀況，亦即所謂的人機介面因子(HMIF)，而影響盲點偵測器的功效(Kuehn *et al.*, 2009)。HMIF 是一個介於 0 至 1 的數值，若駕駛人可以完全依系統的警示，作出即時且有效的反應，則 HMIF 值為 1，若完全無或來不及反應，則 HMIF 值為 0。依據德國的研究顯示，車輛盲點偵測系統的 HMIF 值大約為 0.8(Färber, 2008)，該 HMIF 的設定值係依據專家問卷方式調查所得，惟對於台灣的交通環境和駕駛人特性的適用情形仍需進一步的測試和調查。

四、研究結果分析

4.1 大貨車與弱勢用路人事故概況

依據警政署交通事故資料分析，從 2009 至 2014 年 6 年中，共有 33,580 件交通傷亡事故與大貨車有關，有 34,945 輛次大貨車涉入，造成 2,141 人死亡（24 小時內，以及 38,261 人受傷）。在所有與大貨車有關的事故當中，超過 70% 與弱勢用路人有關，其中 64.8% 為機車、3.6% 為自行車、2.7% 為行人，造成 1,339 位機車騎士(62.5%)、147 位自行車騎士(6.9%)、以及 144 位行人(6.7%)死亡。機車與大貨車發生事故的死亡率為 5.3%，行人和自行車騎士的死亡率分別為 15.2%、以及 11.9%。

為能確實了解盲點偵測系統相對的事故情形，本研究分析過程中排除事故中有涉及其他車輛、或多個弱勢用路人的案件，以避免車輛撞擊順序和歸屬難以判定所造成的誤差。因此，總共有 21,820 件事故案件作為本研究分析和推估盲點偵測系統的預期功效，其中 19,879 件與機車有關、742 件與行人、1,199 件與自行車有關，包含 1,120 位機車騎士、123 位行人、以及 145 位自行車騎士死亡。

4.2 與盲點偵測系統有關之事故

依據所建立與盲點偵測系統有關之事故前場景，歸納出研究期間所有大貨車與弱勢用路人的事故件數及死亡人數，整理如表 4。理論上，如果每一次盲點偵測系統的警告都能發揮即時的功能，大貨車盲點偵測系統的最大功效將可避免 14.3% 的大貨車與弱勢用路人的交通事故件數，減少 170 人因而死亡（每年減少 28 人死亡）。

表 4 與盲點偵測系統有關之事故

與行人事故			與自行車事故			與機車事故			與所有弱勢用路人事故	
事故前場景	死亡人數	事故件數	事故前場景	死亡人數	事故件數	事故前場景	死亡人數	事故件數	死亡人數	事故件數
P1	29	86	B1	5	20	MB1	13	491	47	597
P2	4	58	B2	1	18	MB2	32	783	37	859
P3	2	30	B3	15	70	MB3	38	1,004	55	1,104
P4	3	45	B4	0	1	MB4	1	59	4	105
P5	0	5	B5	1	18	MB5	26	303	27	326
			B6	0	15	MB6	0	116	0	131
小計（與 BSD 有關）	38	224		22	142		110	2,756	170	3,122
占全部事故比率	30.9%	30.2%		15.2%	11.8%		9.8%	13.9%	12.2%	14.3%
全部事故	123	742		145	1199		1120	19,879	1,388	21,820

就大貨車與行人事故案件，約有 30.2% 行人事故和 30.9% 行人死亡人數可能與盲點偵測系統有關，特別是在大貨車剛起步(P1)的階段，與駕駛人盲點有關的行人死亡人數，而超過四分之三(76%)都是大貨車起步時，遭到大貨車撞擊，若所有大貨車都設有車頭盲點偵測系統，偵測車輛前方盲點位置的車輛或行人，將可大幅降低大貨車撞擊行人的死亡事故案件。

在與自行車的事故當中，共有 11.8% 事故、15.2% 死亡人數與盲點偵測系統有關，而大部分的事故都發生在大貨車右轉時(B3)，與盲點偵測系統有關的事故包含 70 件事務、15 個自行車騎士死亡。在與機車有關的事故當中，有 13.9% 事故、9.8% 死亡人數與盲點偵測系統有關，大部分的事故亦發生在大貨車右轉的階段，顯示車輛內輪差及右側的盲點是大貨車關鍵的危險區域，而依台灣的道路環境，大部分的機車或自行車都行駛於大貨車右側，若能所有大貨車都能配備盲點偵測系統，將可有效避免大貨車右轉時，造成與機車的事故及死亡人數。

4.3 大貨車盲點偵測系統預期效益

由於人機介面的因素，盲點偵測系統發出的警告訊息有部分可能無法發揮即時防制事故的功效，因此，上述所推估與盲點偵測系統有關的事故係其最大的功效值(即 HMIF 為 1)，但實際上，HMIF 值一般都小於 1。在假設盲點偵測系統的 HMIF 值為 0.8，應用到上述所推動的事故件數和死亡人數，則大貨車盲點偵測系統將避免 11.4%與弱勢用路人的事故、減少 9.8%弱勢用路人死亡，大約每年可避免 5 個行人、3 個自行車騎士、15 個機車騎士因大貨車盲點所造成的交通事故而死亡。

五、結論與建議

5.1 結論

推動先進車輛安全配備標準化已是目前各國的道安重點政策之一，基於台灣道路環境具有大量機車，以及人車混合的道路交通特性，推動盲點偵測系統列為車輛，特別是大型車輛的標準配備，應列為國內道安工作的首要重點。為能喚起政府及民眾的重視，本研究特別針對大貨車與弱勢用路人的事故資料進行歸納分析，依據事故前車輛及用路人移動狀態、肇事原因、事故型態與撞擊部分，建立事故前與盲點偵測器有關的事故前場景，藉以分析盲點偵測器的預期成效。結果發現，在所有大貨車與弱勢用路人的事故當中，共有約有 14%案件、12%死亡人數，可能與大貨車駕駛視線盲點有關的事故和死亡人數分別為：

- 30.2%與行人有關事故件數、30.9%死亡人數，其中超過四分之三的死亡人數都是在大貨車剛起步的過程中所造成。
- 11.8%與自行車事故、15.2%自行車騎士死亡人數。
- 13.9%與機車事故、9.8%機車騎士死亡人數。

在假設盲點偵測系統的 HMIF 值為 0.8 的狀況下，若所有大貨車都能配備盲點偵測設備，則大貨車盲點偵測器的預期成效為：

- 可避免 11.4%與弱勢用路人的事故、減少 9.8%的弱勢用路人死亡。
- 每年約可減少 23 個弱勢用路人因大貨車盲點所造成的交通事故死亡人數（包含 5 個行人、3 個自行車騎士、15 個機車騎士）。

5.2 建議

為降低道路交通事故死傷，各先進國家均致力於推動先進車輛安全系統列車輛標準配備的重點道安工作，且隨著雷達與影像偵測技術的發展，各國更著手推動立法將自動煞車、偏離車道警示等安全系統列為新車標準配備。然以台灣的道路環境，由於大量機車行駛於汽車的右側，當汽車，特別是大型車右轉時，很容易因視線盲點而與機車、自行車或行人發生碰撞；或行人通過大型車前方，因駕駛人未查覺而肇事，雖然國內許多大型車輛都裝有盲點監視（錄影）系統，但並未具備異物偵測和警報的功能，而難以發揮防制事故的成效。事實上，國內外針對車輛盲點偵測警示系統的技術已經相當成熟，類似事故都可藉盲點偵測警示系

統，即時偵測盲點範圍內人車，提供駕駛者警訊，避免類似事故發生。若能再結合其他先進車輛安全配備的使用，如自動緊急煞車系統等，將更能有效提昇事故防制事故的成效。

透過本研究的結果，除可明確了解大型車視線盲點對於交通安全的影響，特別是對於弱勢用路人的威脅，本研究的研究過程和步驟亦可應用於分析其他先進車輛安全配備的預期效益。然而，由於車輛安全配備的人機介面因子(HMIF)依各國的駕駛人特性及道路環境不同，未來應針對台灣的道路環境及駕駛人特性進行測試，以推估適合台灣的 HMIF 值，以確實分析各種車輛安全配備實際的事故防制成效，作為推動車輛安全配備標準化優先順序之參考。

參考文獻

- 王晉元等人(2001)，先進安全車輛發展策略之研究，交通部運輸研究所。
- 車輛安全檢測基準(2014)，公路監理法規，擷取日期：2014年12月28日，網站：<https://www.mvdis.gov.tw/webMvdisLaw/LawContent.aspx?LawID=B0049028>。
- 財團法人車輛研究測試中心(ATRC)(2001a)，車輛測試技術發展第二期第三年計畫，經濟部技術處。
- 財團法人車輛研究測試中心(ATRC)(2001b)，汽車電子系統國內外法規研究與測試設備規劃。
- 財團法人車輛研究測試中心(ATRC)(2002)，車輛標準電裝資料建立與檢測技術建立規劃。
- 財團法人車輛研究測試中心(ATRC)(2010)，國光客運啟動「車輛駕駛警示系統」試運行，擷取日期：2014年12月28日，網站：http://www.artc.org.tw/chinese/06_news/06_01detail.aspx?pid=25。
- 張堂賢(1993)，自動導航公路系統 Advance-F 之行車控制研究及期實驗室試驗，交通部運輸研究所。
- 鄭銘章等人(2005)，先進安全車輛系統之發展之推動與研究(I)，交通部運輸研究所。
- 鄭銘章等人(2006)，先進安全車輛系統之發展之推動與研究(II)，交通部運輸研究所。
- 鄭銘章等人(2007)，先進安全車輛系統之發展之推動與研究(III)，交通部運輸研究所。
- 鄭銘章等人(2008)，先進安全車輛系統之發展之推動與研究(IV)，交通部運輸研究所。
- Blower, D., (2014), Assessment of the Effectiveness of Advanced Collision Avoidance Technologies, Final Report, The University of Michigan Transportation Research Institute.
- Chen, C. T. and Chen, Y. S. (2009), Real-time Approaching Vehicle Detection In Blind-Spot Area, ITSC '09. *12th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*. St. Louis, MO.
- Crash Avoidance Metrics Partnership (2004), "Enhanced Digital Mapping Project – Final Report", U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.

- eImpact (2008), Assessing the Impacts of Intelligent Vehicle Safety Systems, Socio-economic Impact Assessment of Stand-Alone And Co-Operative Intelligent Vehicle Safety Systems (IVSS) in Europe, Retrieved January 20, 2016, website: <http://www.eimpact.info/index.html>.
- Färber, B., Freyberger, F., and Färber, B. (2008), Nutzenpotenzial von Fahrerassistenzsystemen. Literaturstudie, Expertenbefragung, Bewertung. On behalf of the German Insurers Accident Research, Unpublished.
- Fédération Internationale de l'Automobile (FIA) (2014), Policy Position on the General Safety Regulation, Retrieved January 20, 2016, website: http://www.fiaregion1.com/download/briefing_papers/general_safety_regulation_final.pdf.
- Forkenbrock, G., Hoover, R. L., Gerdus, E., Van Buskirk, T. R., and Heitz, M. (2014), Blind Spot Monitoring in Light Vehicles — System performance, Report No. DOT HS 812 045, Washington, D.C.
- Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) (2008), Researchers Estimate Potential Benefits of Crash Avoidance Features, SPECIAL ISSUE: CRASH AVOIDANCE FEATURES, Status Report, Vol. 43, No. 3 , Retrieved January 20, 2016, website: <http://www.iihs.org/iihs/sr/statusreport/article/43/3/1>.
- Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) (2010), Large Trucks to Benefit from Technology Designed to Help Prevent Crashes, Status Report, Vol. 45, No. 5 , Retrieved January 20, 2016, website: <http://www.iihs.org/iihs/sr/statusreport/article/45/5/3>.
- Karabatsou, V., Pappas, M., Elslande, P., Fouquet, K., Stanzel, M., Fildes, B., and De Lange, R. (2007), A Posteriori Evaluation of Safety Functions Effectiveness – Methodologies, TRACE Report No.027763, D4.1.3.
- Kingsley, K. J. (2009), Evaluating Crash Avoidance Countermeasures using Data from FMCS's/NHTSA's Large Truck Accident Causation Study, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Paper No. 09-0460.
- Krafft, M., Kullgren A., Lie, A., and Tingvall, C. (2009), From 15% to 90% ESC Penetration in New Cars in 48 Months - The Swedish Experience (Paper 09-0421). *21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, Stuttgart, Germany.
- Kuehn, M., Hummel, T., and Bende, J. (2009), Benefit Estimation of Advanced Driver Assistance Systems for Cars Derived from Real-Life Accidents,. *21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, Paper Number 09-0317, Stuttgart, Germany.
- Lie A., Tingvall, C., Krafft, M., and Kullgren, A. (2005), The Effectiveness of ESC (Electronic Stability Control) in Reducing Real Life Crashes and Injuries, *Proceedings of the 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicle* (CD-ROM), Paper Number 05-0135, National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC.

- Najm, W. G., Smith, J. D., and Yanagisawa, M. (2007), Pre-Crash Scenario Typology for Crash Avoidance Research ,Report No. DOT HS 810 767, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.
- Najm, W. G., Sen, B., Smith, J. D., and Campbell, B. N. (2003), “Analysis of Light Vehicle Crashes and Pre-Crash Scenarios Based on the 2000 General Estimates System”. DOT-VNTSC-NLTA-02-04, DOT HS 809 573.
- NAO Engineering(1997), Crash Avoidance Department, “44 Crashes”. General Motors Corporation, Safety & Restraints Center, Version 3.0.
- National Transportation Safety Board (2009), Strategic Plan Fiscal Years 2010 through.
- Karabatsou, V., Pappas, M., Elslande, P., Fouquet, K., Stanzel, M., and Fildes, B.(2007), de Lange, R., A posteriori evaluation of safety functions effectiveness – Methodologies, TRACE Report.
- The European Parliament and Council(2009), REGULATION (EC), No 661/2009.
- Toma, S., Swanson, D., and Naim, W. G. (2014), Large Truck Crash Avoidance Needs and Countermeasure Profiles for Safety Applications based on Vehicle-to-vehicle Communications, National Highway Traffic Safety Administration ,Report No. DOT HS 812 023, Washington, DC.
- US Department Of Transportation (2009), 49 CFR Parts 571 and 585- Federal Motor Vehicle Safety Standards; Docket No. NHTSA 2005-20586.
- Van Beeck, K., Goedemé, T., and Tuytelaars, T. (2011), Towards an Automatic Blind Spot Camera: Robust Real-time Pedestrian Tracking from a Moving Camera. In Proceedings of MVA, Nara, Japan.
- Van Beeck, K., Tuytelaars, T., and Goedemé, T. (2012), A Warping Window Approach to Real-time Vision-based Pedestrian Detection in a Truck’s Blind Spot Zone. In Proceedings of ICINCO..
- Van Beeck, Kristof and Goedemé, Toon (2014), “ Real-Time Pedestrian Detection on a Truck's Blind Spot Camera”, *Proceedings of the 3rd International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, pp.412-420.
- Yanagisawa, M., Swanson, E., and Najm, W. G. (2014), Target Crashes and Safety Benefits Estimation Methodology for Pedestrian Crash Avoidance/ Mitigation Systems. Report No. DOT HS 811 998, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.

(收稿 105/8/30，第一次修改 105/10/29，接受 105/11/2，定稿 105/11/17)

