

大型車輛裝設主動預警輔助系統之 試運行使用成效評估

吳昆峯¹、葉祖宏²、李晴瑄³、吳碩捷⁴、林亮志⁴、賴嘉豪⁴

摘要

行政院於 109 年召開大型車輛裝設主動預警輔助系統研商會議，請交通部衡量國際相關標準，循序漸進推動、整合行車視野輔助系統與主動式預警系統，以提升大型車輛行車安全。並於 110 年啟動「交通部大型車輛裝設主動預警輔助系統」科研計畫（110-113 年）（以下簡稱科研計畫）。科研計畫主要係研發整合型主動預警輔助系統，以改善大型車輛行車安全。此整合系統包括車輛狀態及駕駛人狀態兩次系統，各次系統下包括車前防撞警示輔助系統、車道偏離警示輔助系統、盲點警示系統、環景顯示系統、胎壓偵測輔助系統、數位式行車紀錄器（具駕駛人身分識別）、疲勞偵測、及酒精鎖等。本研究旨在評估上述整合系統對駕駛行為之改變成效，針對 100 台車輛蒐集整合系統啟用前後之系統與車機數據進行成效評估，包含系統警示頻率、駕駛行為變化（如急煞、車道偏離等）及異常事件（如未適當減速、車輛偏離未即時回正等）之發生頻率變化等。期望透過實車駕駛數據分析，瞭解該整合系統對大型車輛行車安全的提升效果，並提供後續系統精進及政策推行之參考。

關鍵字：大型車行車安全、駕駛輔助系統、成效評估。

一、緒論

1.1 研究背景

鑑於主動式預警將於近年納入全球大車標準配置，於 109 年，前行政院李秘書長孟諺主持大型車輛裝設主動預警輔助系統研商會議，請交通部衡量國際相關標準，循序漸進推動、整合行車視野輔助系統與主動式預警系統，以提升大型車輛行車安全，其中包含訂定新車及舊車加裝之系統規範、將主動式預警系統納入電動巴士及相關補助計畫、與科技會報辦公室合作，於 110 年擬定並啟動科研計畫，研發整合感測裝置之解決方案及規劃導入既有且屬風險較高之運行車隊補助試辦等事項。

¹ 國立陽明交通大學運輸與物流管理學系教授，新竹市大學路 1001 號，03-5712121 分機 57209，kfwu@nycu.edu.tw。

² 交通部運輸研究所運輸安全組組長。

³ 交通部運輸研究所運輸安全組副研究員。

⁴ 國立陽明交通大學運輸與物流管理學系研究所研究生。

1.2 研究目的

本成效評估計畫之主要目的如下：

1. 行政院與交通部為協助國內科技研發業者整合大型車輛相關主動預警輔助系統、訂定認驗證規範、提供試運行機會、帶動先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance System, ADAS）產業發展以提升行車安全，辦理交通部科研計畫，本計畫為其中的一項子計畫，主要目的為評估主動預警輔助系統裝設於試運行之大型車輛後，於實際道路上應用的使用成效。
2. 本計畫除支援行政院與交通部政策外，並期能了解相關主動預警輔助系統於我國交通環境中實際應用時對駕駛及其行為的相關影響，以為後續政策研擬參考。

二、文獻回顧

2.1 大型車輛裝設主動預警輔助系統之試運行使用成效評估 (1/4)： 評估架構規劃

第一期計畫中，定義八項單品及其整合系統的安全評估指標，包括產品性能確認、警示與異常事件的變化率以及駕駛行為的改變。評估項目涵蓋了資料檢核、抽樣方法、實驗程序設計及事前事後的資料分析，以展示系統在不警示與警示期間的安全成效差異。

2.2 大型車輛裝設主動預警輔助系統之試運行使用成效評估 (2/4)： 評估方法之先導測試

第二期計畫中，制定裝設主動預警輔助系統的安全成效評估方法，並根據交通部指示進行先導測試的成效評估與資料檢核。在這階段，對八項單品及其整合系統進行功能評估，以及根據第一年期之五大指標設定評估方法，目的是對後續100輛高強度評估的受評車輛進行深入分析，將測試結果給交通部及相關單位進行參考。

三、成效評估計畫

本計畫根據大型車輛裝設主動預警輔助系統之試運行使用成效評估（2/4）：評估方法之先導測試訂定之評估架構，進行大型車輛裝設主動預警輔助系統之試運行使用成效評估的先導測試。本計畫之安全成效評估係屬於事前事後評估。事前階段為只記錄資料但未提供警示；事後階段為記錄且提供警示。此評估過程共需蒐集感測器資料、ADAS 資料、車機資料、影像資料。

3.1 整體評估架構

本計畫欲評估的整合型主動預警輔助系統，可分為車輛狀態偵測次系統及駕駛人狀態偵測次系統（以下簡稱整合系統）。根據目前科研計畫所規劃之車輛狀態偵測次系統，分別有：(1) 車前碰撞警示系統、(2) 車道偏離警示系統、(3) 盲點警示系統、(4) 環景顯示系統、(5) 胎壓偵測器、及 (6) 數位式行車紀錄器，可分

別用以偵測、預防及管理縱向、橫向、及轉向行車異常事件。駕駛人狀態偵測次系統則包括：(1) 數位式行車紀錄器、(2) 酒精鎖、(3) 疲勞偵測。

本計畫為主動預警輔助系統之「安全成效」評估，亦即此主動預警輔助系統對行車安全或事故風險之助益，而並不包含系統本身之性能及系統設計之妥適性。故安全成效評估範圍僅包括：車前碰撞警示系統、車道偏離警示系統、盲點警示系統、及疲勞偵測警示系統。環景顯示系統、數位式行車紀錄器、酒精鎖及胎壓偵測器等設備，僅與品質、精確度，以及車隊安全管理有關，例如：酒精鎖或胎壓偵測器的判讀是否正確、當酒精鎖或胎壓偵測器顯示異常時，駕駛員如何應依照相關的標準作業程序來進行因應，但各家公司標準因應程序可能不同；數位式行車紀錄器則單純為一行車資訊紀錄系統，僅攸關設備是否正常及正確運作；環景顯示系統並未提供任何警示，因此無從判斷駕駛員的駕駛行為是否受其所影響。故不會從駕駛行為探討其「安全成效」，後續將與交通部路政及道安司討論是否需要納入成效評估及適當之評估方式。

本評估計畫仍分為兩階段，包含同一位駕駛人之只記錄不警示階段（Disabled）期間以及記錄且警示階段（Enabled）期間。前者為參考基準或對照期，「駕駛無得到警示聲音/影像，但仍有警示及異常事件之紀錄」（只記錄不警示階段（baseline/disabled））；後者為實驗期，「駕駛得到警示聲音/影像且有警示及異常事件之紀錄」（記錄且警示階段（以時間分階段）（treatment/enabled））。

本期計畫將收集車輛之資料包括：

1. 感測器與 ADAS 資料
2. 車輛動態資料
3. 車內外影像資料
4. 道路屬性資料

由於資料品質對本計畫評估之有效性影響甚鉅，本計畫將進行資料品質之檢核流程及標準，以作為後續資料品質適宜性之判斷依據。研發團隊所提供之資料，大致可將其分類為數據資料、影像資料，檢核內容包含時間同步之確認（時間同步為一小時一次，容許誤差為 200ms）、數據資料之連續性、正確性，以及影像資料之視野與解析度。

本計畫於進行安全效益評估分析時，將透過整合系統所彙整之資料，並利用行車記錄器影像與車內攝影機之影像，及運研所 107 駕駛行為案、及 110 年的人工智慧案中所定義之異常事件。透過事前事後之比較分析，以異常事件作為評估整合型安全系統之行車安全改善績效指標。

透過分析資料之建置，效益評估部分可評估三大指標在事前（只記錄不警示）及事後（既記錄也警示）階段的變化情形。三大指標列舉如下，後續章節將詳細說明：

1. 產品性能確認
2. 駕駛行為變化率
3. 警示 / 異常事件變化率

由於資料品質對本計畫評估之有效性影響甚鉅，本計畫將進行資料品質之檢核流程及標準，以作為後續資料品質適宜性之判斷依據。研發團隊所提供之資料，大致可將其分類為數據資料、影像資料，檢核內容包含時間同步之確認（時間同步為一小時一次，容許誤差為 200ms）、數據資料之連續性、正確性，以及影像資料之視野與解析度，其流程示意圖如圖 1 所示。

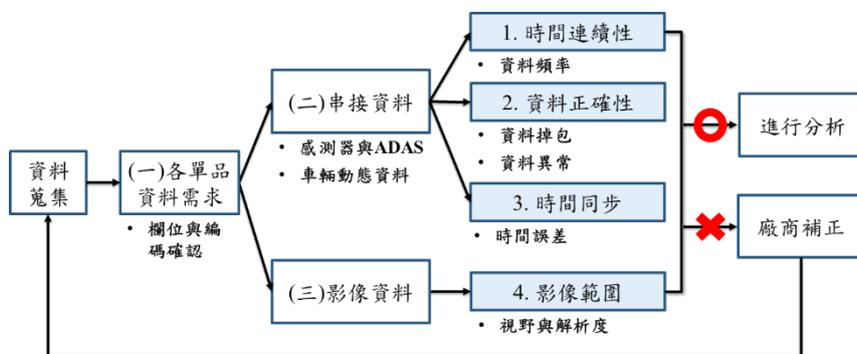


圖 1 資料分析流程示意圖

3.2 產品性能確認

本計畫首將確認系統性能是否符合規範之標準。此確認程序將著重在確認各項單品之警示啟動時機是否符合規範訂定之標準。

單品及整合系統之產品性能確認可透過警示事件之判中率來衡量。產品性能確認主要在探討此整合系統在現場測試環境中是否可提供符合規範之警示，或能否成功偵測異常事件之發生。

3.3 駕駛行為變化率

駕駛行為變化係駕駛人安全成效評估之重要依據，本計畫透過定義各單品之目標駕駛行為（例如：FCW 之目標之一為減少跟車距離過近之情形，並甚至因而須緊急剎車之情形，如圖 2）。本研究將觀察該目標駕駛行為事前事後之變化與改善成效，以藉此評估該系統對駕駛安全之提升效果。各項警示系統之目標駕駛行為資料分析方法如表 1 所示。

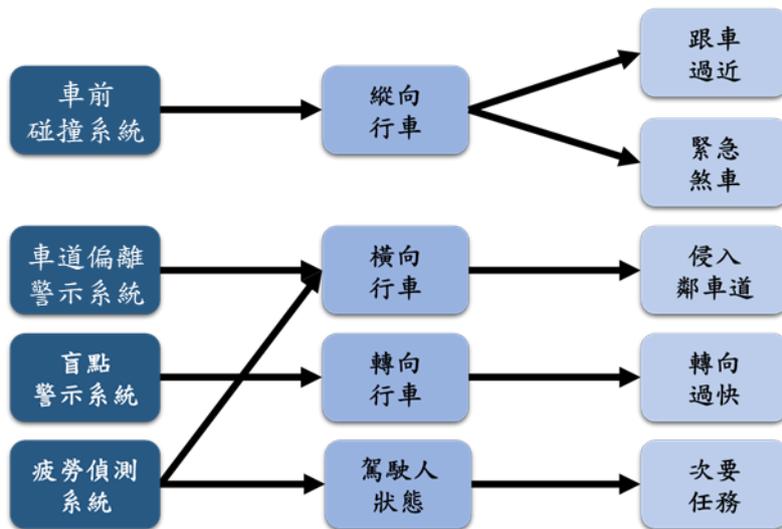


圖 2 各個別系統之目標駕駛行為

表 1 駕駛行為變化分析方法

駕駛行為	分析方法 (分析單位、評估指標、解釋變數、分析方法)
FCW	
緊急煞車 事後的急煞車頻率(延車公里)相較於事前下降	分析單位：抽樣警示訊號戳記前後 5 秒 評估指標：急煞事件頻率 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：混合效果負二項模式(以駕駛為隨機效果)
跟車過近 事後的跟車距離相較於事前增加	分析單位：抽樣持續 10 秒之跟車事件 評估指標：跟車距離 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：線性混合模式(以駕駛為隨機效果)
LDW	
侵入鄰車道 當車輛偏離車道時，事後車輛侵入車道持續時間相較於事前下降	分析單位：抽樣車道偏移事件 評估指標：侵入車道持續時間 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：線性混合模式(以駕駛為隨機效果)
BSIS	
轉向過快 事後轉向時車速相較事前降低	分析單位：方向燈啟動之路口轉向事件 評估指標：車速 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：線性混合模式(以駕駛為隨機效果)
DDAW	
次要任務 事後的駕駛人執行次要任務的頻率(延車公里)相較於事前不同	分析單位：抽樣警示訊號戳記前後 5 秒 評估指標：次要任務頻率 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：混合效果負二項模式(以駕駛為隨機效果)

3.4 異常事件變化率

整合型安全系統的目的即在減少事故數，而系統效益可透過異常事件作為事故之中介指標加以評估（如圖 3）。本計畫將透過異常事件之事前事後比較分析，作為評估整合型安全系統之績效指標。安全效益評估分析將透過整合系統所彙整之資料（ADAS、車機資料），並結合行車記錄器影像與車內攝影機之影像（影像資料），及運研所 107 駕駛行為案、及 110 年的人工智慧案中所定義之異常事件，來定義異常事件。各項警示系統之異常事件分析方法如表 2 所示：

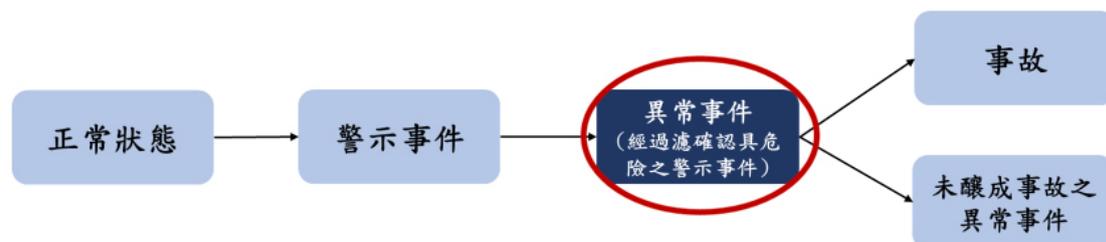


圖 3 警示事件、異常事件、與事故之關聯

表 2 異常事件變化分析方法

異常事件	分析方法 (分析單位、評估指標、解釋變數、分析方法)
FCW	
事後的前方衝突異常事件頻率(延車公里)相較於事前下降	分析單位：抽樣警示訊號戳記前後 5 秒 評估指標：異常事件頻率 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：混合效果負二項模式(以駕駛為隨機效果)
LDW	
事後的橫向衝突異常事件頻率(延車公里)相較於事前下降	分析單位：抽樣警示訊號戳記前後 5 秒 評估指標：異常事件頻率 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：混合效果負二項模式(以駕駛為隨機效果)
BSIS	
事後的車輛盲點異常事件頻率(延車公里)相較於事前下降	分析單位：抽樣警示訊號戳記前後 5 秒 評估指標：異常事件頻率 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：混合效果負二項模式(以駕駛為隨機效果)
DDAW	
事後的疲勞警示事件頻率(延車公里)相較於事前不同	分析單位：抽樣警示訊號戳記前後 5 秒 評估指標：警示事件頻率 解釋變數：環境變數(如：道路類型、環境光線、周遭車流密度)、車輛變數(如：車速、是否為警示階段、雨刷狀態、車型) 分析方法：混合效果負二項模式(以駕駛為隨機效果)

四、研究結果

4.1 車前碰撞警示輔助系統

車前碰撞警示系統初步結果如表 3 所示，將依研究課題中產品性能統計、駕駛行為變化率及警示與異常事件變化率三部分進行說明：

表 3 車前碰撞警示輔助系統初步結果

研究課題	評估指標	事前	事後
[產品性能統計] 1. 警示時機符合規範。 2. 未警示時機符合規範。	真陽性 (應警示且有警示件數 / 應警示事件件數)	12.5%	5%
	漏報 (應警示且未警示件數 / 應警示事件件數)	83.3%	94%
[駕駛行為變化率] 1. 事後的急煞車頻率相較於事前下降 2. 事後的跟車距離過近事件頻率相較於事前下降	急煞事件頻率 (急煞事件數 / 延車公里)	1.78	1.48
	過近事件 (過近事件件數 / 延車公里)	0.03	0.15
[警示 / 異常事件變化率] 1. 事後的縱向衝突異常事件頻率相較於事前下降	警示事件頻率 (警示事件數 / 延車公里)	0.12	0.15
	異常事件頻率 (異常事件數 / 延車公里)	0	1

1. 產品性能統計

由於車機資料欄位皆為 10Hz (意即 0.1 秒為一筆) 之資料，此產品性能統計警示時機符合規範與未警示時機符合規範，此處以每筆數 (每 0.1 秒) 之資料呈現。後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將再重新進行分析。

2. 駕駛行為變化率

車前碰撞警示系統之駕駛行為評估指標分為急煞事件頻率及跟車距離過近事件。負二項迴歸分析結果顯示，「事前事後」的變化對於減少跟車過近事件的效果不具統計顯著性，其係數為 0.5627，標準誤為 0.3828，P 值為 0.142。後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將再重新進行分析。

3. 警示 / 異常事件變化率

車前碰撞警示系統之警示與異常事件評估指標分為警示事件頻率及異常事件頻率，本次車機資料異常事件數，事前為 0 件。後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將再重新進行分析。

4.2 車道偏離警示輔助系統

車道偏離警示系統初步結果如表 4 所示，將依研究課題中產品性能統計、駕駛行為變化率及警示與異常事件變化率三部分進行說明：

表 4 車道偏離警示輔助系統初步結果

研究課題	評估指標	事前	事後
[產品性能統計] 1. 警示時機符合規範。 2. 未警示時機符合規範。	真陽性 (實際偏離且有警示 / 實際偏離)	92.8%	92.8%
	偽陽性 (實際未偏離且有警示 / 有警示)	38.4%	38.4%
	漏報 (實際偏離且未警示 / 實際偏離)	34%	34%
[駕駛行為變化率] 事後的車道偏離頻率 (延車公里) 相較於事前下降。	車道偏離頻率 (偏離事件數 / 延車公里)	1.72	2.06
[警示 / 異常事件變化率] 事後的橫向衝突異常事件頻率 (延車公里) 相較於事前下降。	異常事件頻率 (異常事件數 / 延車公里)	1.36	1.55

1. 產品性能統計

由於車機資料欄位皆為 10Hz (意即 0.1 秒為一筆) 之資料，此產品性能統計警示時機符合規範與未警示時機符合規範，此處以每筆數 (每 0.1 秒) 之資料呈現。後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將再重新進行分析。

2. 駕駛行為變化率

車道偏離警示系統之駕駛行為評估指標為車道偏離頻率。負二項回歸分析模型顯示「事前事後」係數為 0.0767，標準誤為 0.1931，P 值為 0.691，在統計上並不顯著，後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將再重新進行分析。

3. 警示 / 異常事件變化率

本系統之異常事件需藉由系統警示時機與車道邊線距離兩資料進行篩選，負二項回歸分析模型顯示「事前事後」係數為 0.0776，標準誤為 0.1533，P 值為 0.612，在統計上並不顯著，後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將再重新進行分析。

4.3 疲勞偵測系統

疲勞偵測系統初步結果如表 5 所示，將依研究課題中產品性能統計、駕駛行為變化率及警示與異常事件變化率三部分進行說明：

表 5 疲勞警示輔助系統初步結果

研究課題	評估指標	事前	事後
[產品性能統計] 1. 警示時機符合規範。 2. 未警示時機符合規範。	真陽性 (實際分心且有警示 / 實際分心)	100%	100%
	偽陽性 (實際未分心且有警示 / 有警示)	30.4%	30.4%

研究課題	評估指標	事前	事後
[駕駛行為變化率] 使用整合系統後，駕駛人執行次要任務 (secondary task) 是否減少？	執行次要任務的頻率 (次要任務件數 / 延車公里)	0.45	0.35
	駕駛人頻繁觸發 LDW 的頻率 (頻繁觸發次數 / 延車公里)	0.02	0.06
[警示 / 異常事件變化率] 使用整合系統後，駕駛人疲勞警示的次數是否減少？	警示事件頻率 (警示事件數 / 延車公里)	0.64	0.35

1. 產品性能統計

由於車機資料欄位皆為 10hz (意即 0.1 秒為一筆) 之資料，後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將再重新進行分析。

2. 駕駛行為變化率

本系統以頻繁觸發 LDW 警示作為指標，即 5 分鐘內 LDW 警示觸發 3 次以上。負二項回歸模型結果顯示，「事前事後」係數為 -0.5928，標準誤為 0.1822，且 P 值為 0.001。後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將再重新進行分析。

3. 警示 / 異常事件變化率

疲勞偵測警示系統之警示事件評估指標，負二項回歸模型結果顯示，「事前事後」係數為 1.5178，標準誤為 0.7568，P 值為 0.045。後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛之事後階段車機資料後，將進一步分析。

五、結論

本研究通過對大型車輛裝設主動預警輔助系統試運行和成效評估。首先，車前碰撞警示系統在事前與事後的比較分析中，顯示在實際運行中能減少急煞事件的發生。其次，車道偏離警示系統透過警示駕駛人偏離車道的情況，減少了車道偏離事件的發生。此外，疲勞偵測系統能夠識別駕駛人出現疲勞的跡象，並及時發出警示，有助於防止因駕駛疲勞而引發的事故。

目前階段，由於可用的資料量相對較少，後續待研發廠商提供更多高強度評估車輛的事後階段車機資料後，將進行更深入的分析。

參考文獻

交通部運輸研究所 (2021)，「大型車輛裝設主動預警輔助系統之試運行使用成效評估 (1/4)：評估架構規劃」

交通部運輸研究所 (2022)，「大型車輛裝設主動預警輔助系統之試運行使用成效評估 (2/4)：評估方法之先導測試」

