

車內警示系統於變換多車道之輔助性效益研究

魏健宏 Chien-Hung Wei¹
林家如 Chia-Ju Lin²

摘 要

有鑑於資通訊技術蓬勃發展，再加上各國機動車數量快速攀升，卻常因駕駛人道德觀念與行駛技術不佳，而產生許多交通事故問題，故發展先進安全車輛之智慧化，以輔助用路者提升駕駛安全與效率。變換多車道對於諸多駕駛人來說是項艱難的技巧，因為需要考量到非常多且複雜的因素，在高速且危險的路段行動尤為困難，期藉由車內輔助系統之警示功能提醒駕駛者路況，降低人為疏失與工作負荷的事故率，提升駕駛人行車安全性。

本研究以小汽車駕駛模擬系統呈現高速公路系統交流道之交織路段的場景，其中包含單向三車道的轉換路段、三種「變換限制距離」的路段長度及三項車流「交織流量比率」，時間設定為接近下午尖峰時刻，車速較高且交通量漸漸提升。本研究招募 18 個測試者來實驗，並採用 9 個因子設計組合而成的模擬場景，以達到有效 153 個樣本數，並讓受測者在某些限制條件下，以車內警示系統輔助駕駛人告知訊息方式變換多車道，接著以統計檢定方法分析其行為數據，評估影響駕駛人使用此系統於高速公路交織路段上變換多車道的效果。結果顯示有車內警示系統較無車內警示系統下能提升 2.256 倍安全效益，車內警示系統能有效提醒駕駛人，在比較變換限制距離和交織流量比率因子下，有車內警示系統皆約提升 2 倍效益，可改善駕駛人的操作技能，避免造成追撞事故而致傷亡。

此研究結果未來可廣泛應用於先進的駕駛輔助系統，整合車內資訊、通訊、偵測與控制等電子科技設備，即時告知駕駛人在危險路段上變換多車道的訊息，降低決策的時間及失誤性。將來可利用車載資通訊技術傳輸訊息，再透過資訊加值處理方式，適時、適地、適切地通報給駕駛人，並賦予道路安全的執法單位更多通報管道，以利規劃具體的相關法規及維護道路行車安全。

關鍵詞：變換多車道、駕駛模擬系統、車內警示系統

一、前 言

在高速公路上時常見到變換多車道的行為，但對於許多駕駛人來說，卻是一項艱難的技巧。大部分的駕駛人認為變換多車道相對於其他開車技巧較為困難，因為其需要考量到許多複雜的因素，且在沒有輔助號誌或其他交通控制設備的狀況下，當轉接道上的車輛想要向左橫跨多個車道，而主線車道

¹ 國立成功大學交通管理科學系暨電信管理研究所專任教授。

² 國立成功大學交通管理科學系研究所研究生（聯絡地址：701 台南市東區大學路 1 號，電話：06-2757575 轉 53241，E-mail：lin.chia.ju1005@gmail.com）。

上的車輛往往看不見之，若此時主線車道的車輛也想要向右橫跨多個車道，將形成兩道車流變換的「交織路段」，例如高速公路的交流道轉換路段，易造成嚴重的事故傷害。

駕駛人容易因為視野死角或判斷失誤而導致意外發生，因此極有可能在高速公路的交織路段上產生「死亡交叉點」碰撞事故（圖 1）。本研究將探討交織路段的變換多車道行為及駕駛人操作車輛的行為特性，了解駕駛者面對道路漸變與複雜車流的反應，進而分析各危險因素與交互作用下對行車安全之影響程度。

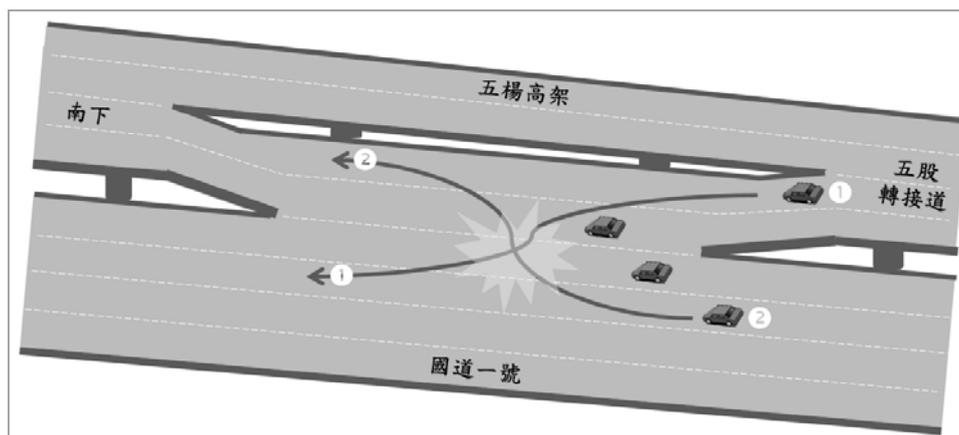
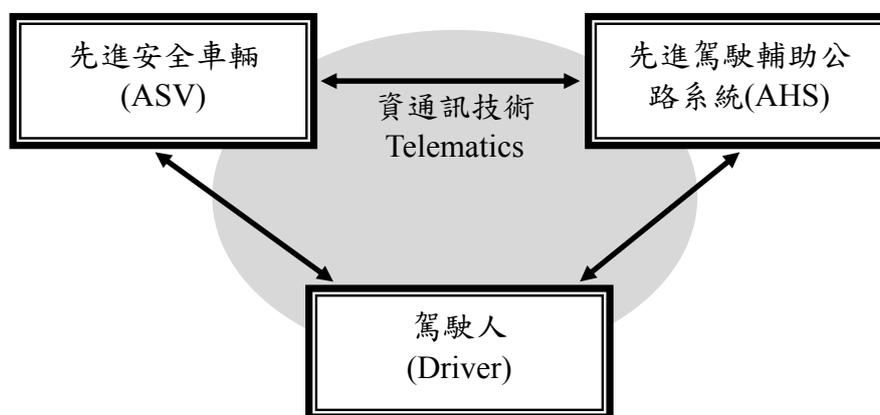


圖 1 變換多車道的死亡交叉碰撞點

先進安全車輛系統(ASV)與駕駛人(Driver)之間須具備雙向溝通機制，且常與先進駕駛公路系統(Advances Cruise Assist Highway System, AHS)共同發展，透過道路與車輛資訊技術(Telematics)整合(圖 2)，使駕駛人遇到危險時，提供駕駛人前方或後方之即時交通資訊，避免車輛與障礙物的碰撞，以達到行車安全、減少能耗與環境汙染之目標(交通部運輸研究所，2010)。本研究採用 ASV 技術中的「車內警示系統實驗，且即時以聲控方式來提醒駕駛人訊息，評估有無車內警示系統的行車安全效率，以及能否有效輔助駕駛人變換多車道之行為。



資料來源：交通部運輸研究所，2010

圖 2 先進安全車輛系統發展架構

二、文獻回顧

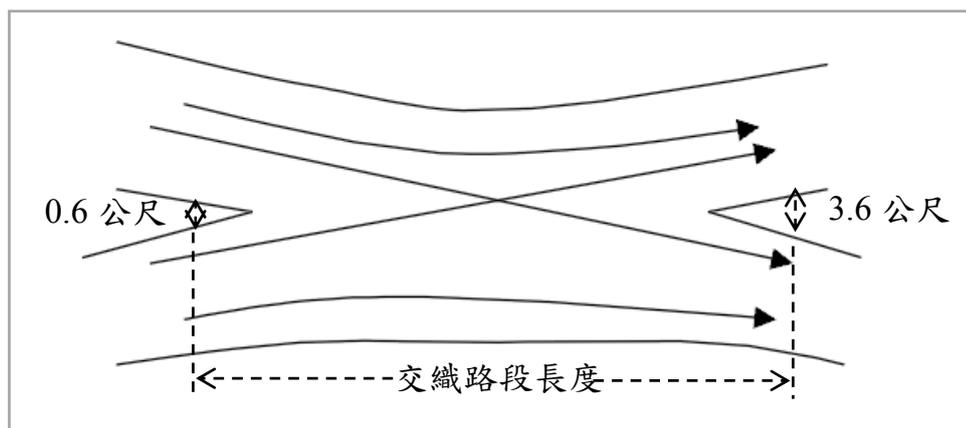
2.1 變換多車道行為

一般在探討車流模式，依每次觀察車輛的多寡、不同之交通量或特性，可分為下列三種模式，「巨觀模式」、「微觀模式」和「中觀模式」。本研究著重於高速公路的交織路段變換多車道行為，屬於「微觀模式」的車流理論，且透過駕駛模擬系統蒐集各駕駛人的實驗數據以分析其行為特性。變換車道依該行為產生動機或交通幾何條件設計及限制條件不同，可分為下列三種不同之變換車道行為，「自由性變換車道」、「選擇性變換車道」和「強迫性變換車道」。本研究所探討的變換多車道行為，屬於上述中的「強迫性變換車道」，為駕駛人強迫性轉換至期望車道。因為在高速公路的交織路段上，駕駛人必須在有限的時間和距離內完成變換多車道行為，且避開其他車輛以免發生危險，其中必須考量許多複雜的因素，例如：複雜的車流及限制的距離等，而此些因素也攸關於駕駛人的煞車、油門、方向盤的運作技術(鍾炳煌, 2002)。

即時的先進駕駛輔助系統和評估方法，用於變換車道行為並提高駕駛人的行車技巧，用五個評估點來改善變換車道行為，包含於何時開始轉向、於何時開始加速、當穿越車道邊界時的車輛速率、車輛與前車間的距離、車輛和周圍車輛的距離，例如右車道前車和右車道後車的間距(Sato et al., 2012)。利用地點劃分來整理變換車道影響變數，例如一般道路、高速公路、進入匝道、入口匝道等，本研究只取用高速公路地區變數使用，包括實驗車變換平均速率、與鄰車平均速率差、與平均鄰車相關距離等(Wei, 2001)。

2.2 高速公路交織路段

2.2.1 交織路段



資料來源：交通部運輸研究所，2011、本研究繪製

圖 3 交織路段示意圖

交通部運輸研究所（民 100）指出交織(weaving)係指兩股以上同方向行駛之車流須不依靠號誌控制互相穿越的車流現象。交織路段可能是因為兩高速公路之大流量會合之後在短距離又分出而形成交織車流，在現實生活中常有變換多車道之安全效率考量問題，而交織路段長度衡量方式，主要透過兩鼻端寬度決定，首為 0.6 公尺的鼻端寬度至尾的 3.6 公尺鼻端寬度（圖 3）。

2.2.2 變換限制距離

依照美國 Caltrans 建議變換 1 個車道需 200 公尺之距離，變換 2 個車道需 400 公尺，變換 3 個車道需 600 公尺，前述交織路段長度供用路人變換 3 個車道應相當足夠，只不過用路人需要有足夠的變換距離及應變能力來解決（蔡肇鵬，2013）。

車道佈設型態影響車道變換總數甚鉅，而交織路段長度則會決定車道變換的密集度，1997 年版 HCM 將交織區界定為併流區與鄰接的分流區間的距離在 2000 呎（約 610 公尺）或 2500 呎（約 762 公尺）以內（視幾何型態而定），若超出此範圍，則視為兩種不同的運行（林貴璽，2009）。

透過實驗數據得出不同交織區長度交通特性變化圖，在交織區長度較小時，增加交織區的長度能提高其速度和減小密度，隨著交織區長度值增大，該趨勢逐漸遞減（宋秀峰和王華，2008）。根據以上文獻說明，交織路段長度對於變換多車道行為有安全影響，故本研究將「變換限制距離」設定為安全風險程度的影響因子，且參考過去研究各路段距離之行為比較後，利用此因子分為 200、400、600 公尺三個水準衡量。

2.2.2 交織流量比率

車流在交織區域的流動，一般交織區內會包括四股車流，其中相互交叉的兩股車流稱為「交織流量」，而另兩股不交叉的車流則稱為「非交織流量」（Roess et al., 2010）。交織區各車流與比率定義如下：

V_{w1} (V_{w2})	較大（較小）的交織流量 (vph)	
V_{o1} (V_{o2})	較大（較小）的外圍或非交織流量 (vph)	
V_w	總交織流量 (vph)	$V_{w1} + V_{w2}$
V_{nw}	總外圍或非交織流量(vph)	$V_{o1} + V_{o2}$
V	交織路段總流量(vph)	$V_w + V_{nw}$
VR	交織流量比率 (Weaving Volume Ratio)	V_w / V

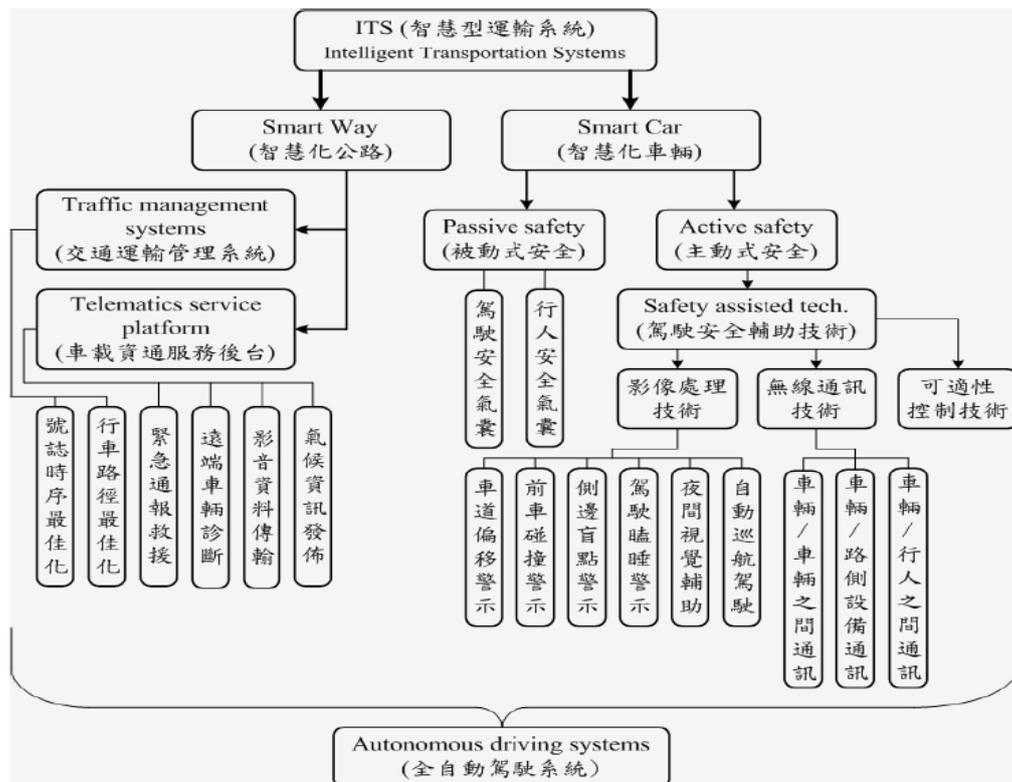
拉斯維加斯大都會區 25 個交織路段事故資料，總共達 581 份樣本數，主要探討交織型態路段、交織距離長度、交織流量比率與事故成因與駕駛行為的關係，交織流量比率(%)採用<20、20-25、25-30、30-35、>35 五個層級，隨交織區的長度增加會使碰撞數目降低，以及交織流量比率增加會伴隨碰撞次數下降(Pulugurtha and Bhatt, 2008)。故本研究將採用「交織流量比率」來分析感知反應時間對駕駛行為的影響，並且分為<25、25-35、>35 三個評估水準。

2.3 駕駛模擬系統

將實驗室所得到的實驗結果應用真實環境的可轉移性值得注意，若欲增加模擬實驗的真實性，則可能所要付出的成本會比實際在道路上進行實驗要來的更高(Shinar, 1978)。此外，提出一項駕駛者在駕駛模擬系統上的駕駛績效驗證和實驗確認理論(Leonard and Wierwille, 1975)，其中模擬系統的驗證可以涵蓋很大範圍的模擬系統設備、駕駛者、駕駛者與模擬系統間之綜合互動表現等課題。而在模擬系統的反應部分包括：模擬車輛動態反應績效表現、不同模擬系統刺激裝置的反應績效；又在駕駛者的反應績效表現部分則包括，駕駛者的主觀績效表現，以及駕駛者的客觀績效表現。

2.4 先進安全車輛發展

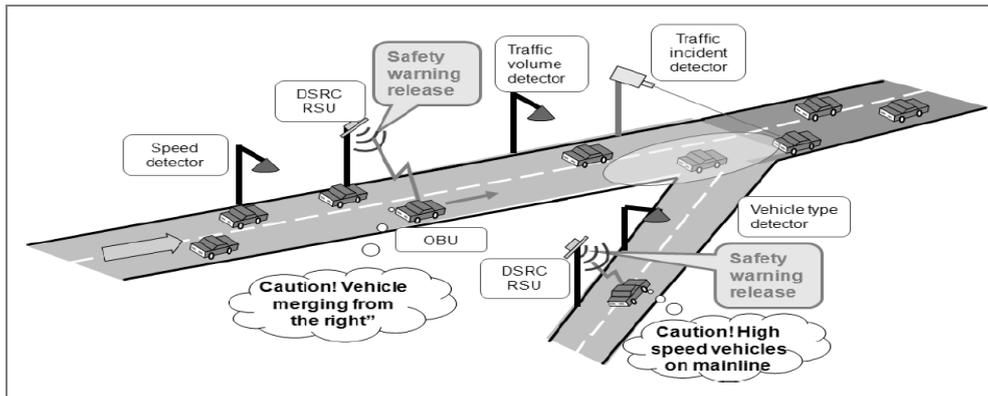
先進安全車輛應用技術是歸屬於 ITS 的一支，其重點在於發展智慧型車輛(Smart Car) (財團法人車輛研究測試中心，2008)。駕駛安全輔助技術為其主軸，作法除了目前常用的「影像處理技術」外，「無線通訊技術」則是未來十年內與車電領域關係密切的熱門選項，雖然兩者所採取手法各異，皆朝向「零碰撞自動駕駛」的終極目標來邁進(圖 4)。理想中 ASV 的系統依使用時機大致上可分為：旅行前、旅行中、事故前、事故中以及事故後，本研究為事故前的預防探討，以通報駕駛人周圍環境警告，減少變換多車道不當的意外事故(交通部運輸研究所，2010)。



資料來源：財團法人車輛研究測試中心，2008

圖 4 駕駛安全輔助技術於 ITS 系統中的角色定位

輔助系統為一種智慧型運輸系統(ITS)，主要基於車輛對車輛(V2V)、車輛對路測設備(V2I, I2V)和路測設備對路測設備(I2I)的溝通來傳遞資訊(European Commission, 2009)，且若資訊內容為警示資訊，則該資訊不能單獨以視覺方式呈現，以免駕駛忽略重要警示資訊而發生危險，可藉以聲音警訊方式提醒(SAE, 2002)，而分析匝道併入區域的潛在風險，基於車輛對路側設備(V2I)技術而設計了一個先進的併入輔助系統，此系統可在併入區域蒐集即時資訊，以及車輛進入併入區域前的提早警示作用(Wang et al., 2013)(圖 5)。



資料來源：Wang et al., 2013

圖 5 車內輔助系統設計

三、駕駛模擬系統實驗設計

3.1 實驗目的

探討駕駛人於高速公路交織路段上變換多車道之安全行為，以及評估車內警示系統之輔助效果，本研究採用小汽車駕駛模擬系統設計單向三車道之場景，並招募 18 位受測者進行實驗以蒐集數據與統計分析，降低事故延遲時間及提升道路安全水準，供未來研究及相關單位參考，本實驗目的的分述如下：

1. 探討變換限制距離及交織流量比率對於駕駛安全之影響性，以及交互作用下的行為差異。
2. 評估車內警示系統於交織路段上變換多車道行為之輔助性。
3. 分析車輛控制變換方式於交織路段上變換多車道行為之相關程度。

3.2 實驗方法

本實驗方法會先設計實驗因子，包括有變換限制距離、交織流量比率與車內警示系統，接著透過駕駛模擬系統建立模擬場景，進而招募 18 位受測人員以完成實驗工作，最後透過統計分析方法來驗證因子的顯著性與效應，若結果不符合合理性則從頭修改實驗因子(圖 7)。

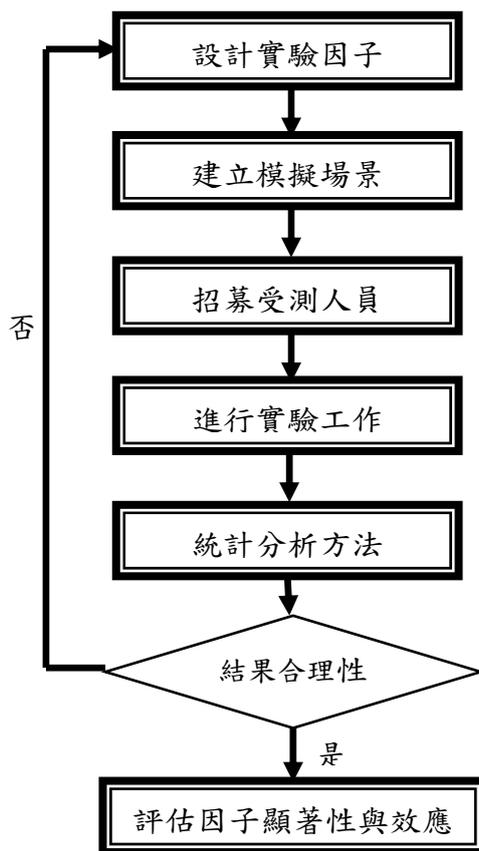


圖 7 實驗流程圖

3.3 實驗因子

本研究將探討文獻回顧中，高速公路交織路段之影響因子來設計場景。主要使用眾學者所提及之道路影響因子「變換限制距離」(蔡肇鵬, 2013; 林貴璽, 2009; 宋秀峰和王華, 2008; 交通部, 2008; Fitzpatrick and Nowlin, 1996), 且根據文獻回顧將之分為 200、400、600 公尺的水準, 而文獻提出「交織流量比率」為車流特性影響因子之一(林貴璽, 2009; Pulugurtha and Bhatt, 2010; Xu et al., 2008; Pulugurtha and Bhatt, 2008), 並將之分為 <25%、25-35%、>35% 三個水準, 另外, 更運用「車內警示系統」之應用(交通部運研所, 2006; Wang et al., 2013; Tsugawa and Sakakibara, 2013), 並評估此因子的有無來各劃分兩水準, 並將此「二因子三水準」與「一因子二水準」的組合方式, 成為 3*2*3 的排列組合, 如表 1 所示。

表 1 場景因子設計

		無 (實驗組)			有 (對照組)		
		200m	400m	600m	200m	400m	600m
交織流量比率限	車內警示系統 變換距離	情境 2	情境 4	情境 6	情境 1	情境 3	情境 5
	<25%	情境 8	情境 10	情境 12	情境 7	情境 9	情境 11
	25-35%	情境 14	情境 16	情境 18	情境 13	情境 15	情境 17
	>35%						

本研究採用有無車內警示系統之兩水準劃分兩群受測者進行實驗，分別為實驗組的無車內警示系統與對照組的有車內警示系統，且彼此獨立不相干，評估由無車內警示系統到有車內警示系統對於受測者於交織路段變換多車道的輔助性，為了使實驗因子能符合研究假設，包括因子是固定的、設計是完全隨機的、符合一般常態假設、要呈線性，除了參考文獻來設計因子及水準外，還需要透過標準拉丁方陣設計方法來規劃情境順序，使所有樣本皆能達到獨立又隨機的特性，更甚而在場景中布置些許的干擾因素，諸如拋錨車輛、施工路段等，以減少受測者的預期心理，更符合現實道路狀況。

3.4 駕駛場景模擬

本道路場景主要利用 Google Sketchup 3D 繪圖軟體繪製而成，包括有道路、山脈等物件，接著將繪製好的檔案轉為副檔名.3ds，便能匯入 EON studio 5.1 虛擬實境軟體中運作，且透過 VB.NET 程式語言在 EON 平台中建立實驗車與事件車之間的互動，最後，再以 VB.NET 程式語言輸出駕駛模擬系統訊號以傳輸出受測者的行為數據，如車輛位置、速度等，供統計分析方法用之。

本研究之車內警示系統參考車頭距漸漸小於 2.5 秒時警示(Tsugawa and Sakakibara, 2013)，因其道路特性最相近於本研究之路段，根據匝道出口減速車道起點上游 100 公尺提醒（高公局，2011）以及 3.19 秒感知所需反應時間(McGee, 1983)，「交織車流警示」語音「100 公尺後進入交織路段」以平均時速 100 公里/小時計 2.5 秒約需 70 公尺，再加上警示語音的 1.7 秒為 50 公尺，故啟動門檻值訂為 120 公尺警示，為避免擾亂駕駛人分心，故僅針對第一輛交織車輛發出警示；「交織路段警示」語音「請注意座後方來車」訂為 100 公尺距離響應，並予以門架式指示標誌提醒，其中加入警示語音的 2.5 秒為 70 公尺，故啟動門檻值為 170 公尺警示，以規劃友善的車內警示系統(圖 6)。

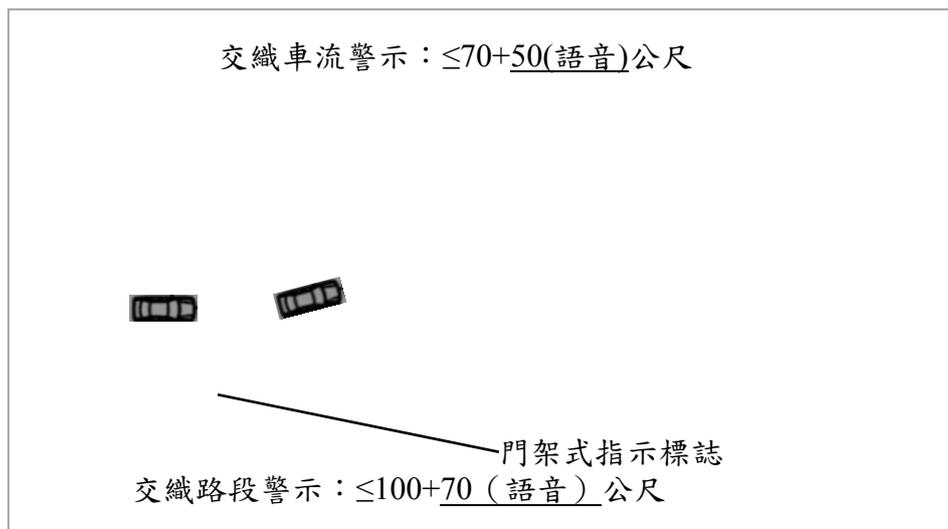


圖 6 車內警示系統運作設計

本研究之主要場景為國內之高速公路，依據頒佈之公路等級與設計速率（交通部，2008），本實驗將限制受測者的時速平均為 100 公里/小時，且設定實驗路段之公路等級為一級路段，且為配合各實驗場景及數值的量測，實驗道路設置為單向三車道，經由交織路段時岔分單向六車道，且其中有中央分隔島以及內外車道的區別，單位為公尺。

鳥瞰的全情境設計圖（圖 8），一個情境總共包含九個交織路段的場景，全長約為二十公里，此種路段為道路間必要的連接節點(Bayarri,1997)，短期記憶的存留時間大約為 20 秒(Gagne, 1985)，以高速公路平均時速 100 公里/小時計算需約 555 公尺場景會被遺忘，故設計距離分別為 1000、1500 公尺不定以及干擾措施（三角形符號），例如施工、迷霧等，由於受限於研究設備與技術能力之關係，故不考量模擬現實中的真實路段，總測試時間共 30 分鐘，包括講解實驗目的和模擬器簡介花費 5 分鐘，同意書與基本資料填寫約 5 分鐘，接著進行行前說明事項約 5 分鐘，熟悉操作部分讓受測者體驗 5 分鐘場景，正式實驗有九個場景約需要 10 分鐘。

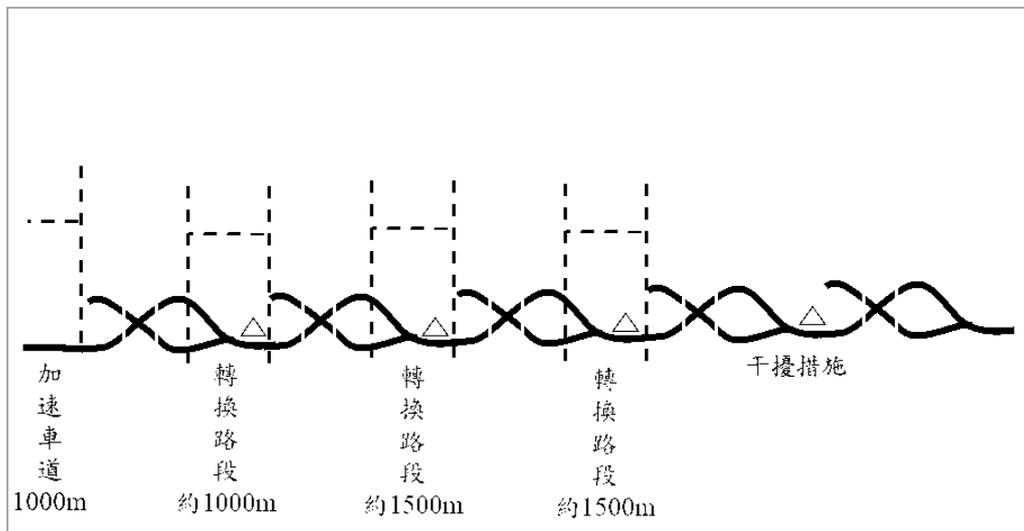


圖 8 情境設計圖

四、實驗數據分析

4.1 基本數據分析

4.1.1 受測者基本資料

共 18 位受測者的基本資料、駕駛經驗與事故資料次數與百分比，本研究招募男性(61.1%)較多，年齡多分布於 21-25 歲(66.7%)中，而多數受測者的駕車年數為 1-3 年(50.0%)且未使用過駕駛模擬系統；平時上高速公路頻率主要分布在每月一次(61.1%)，每次行駛里程以 20-200 公里(66.7%)最多，故能顯現樣本的可信度；大部分受測者皆認為交織路段危險，88.9%人且也曾行駛

過交織路段，皆未曾因自身與他人緣故而在交織路段發生意外，但其中有72.2%受測者未曾聽說親朋好友行駛於交織路段而發生意外。

4.1.2 評估指標衡量

藉由駕駛模擬實驗得駕駛行為數值，以計算高速公路之系統交流道交織路段下，計算交織車流的即將碰撞時間，以表示實驗車與事件車交織可能發生側撞的情形，其中會採用到車輛位置與車輛速率。因應各場景「交織流量比率」不同的情況下，與駕駛車發生交織的事件車輛數不同，故每個場景會產生2-4個碰撞時間值，並取之最危急狀況下的最小值「即將碰撞時間」。

本研究之碰撞時間計算方式，先找出各場景的交織路段距離以縮小範圍計算，當實驗車行駛至交織路段，會先和事件車進行交織，本研究發現兩車的軌跡皆會經過S1點，故計算實驗車軌跡的S1點橫向距離與事件車軌跡的S2點橫向距離，發現兩值相減近似於零，表示為圖9上之 $S_1 - S_2 \approx 0$ 兩線段交叉點，故忽略兩車之橫向距離，再計算兩車間相差的直向距離為「相對距離」，表示兩車投影的水平直向距離，將交叉點上之數值相減，數值越小表示兩車間距離越小越危險，再透過觀察樣本數的現行速率相減，始得產生「相對速率」，數值越小表示越平穩安全，將相對距離與相對速率相除得到碰撞時間數值，其中需透過單位轉換，為探討高風險及實際難以衡量到的情況，故取之最小數值來代表此場景之觀察值，產生「即將碰撞時間」。

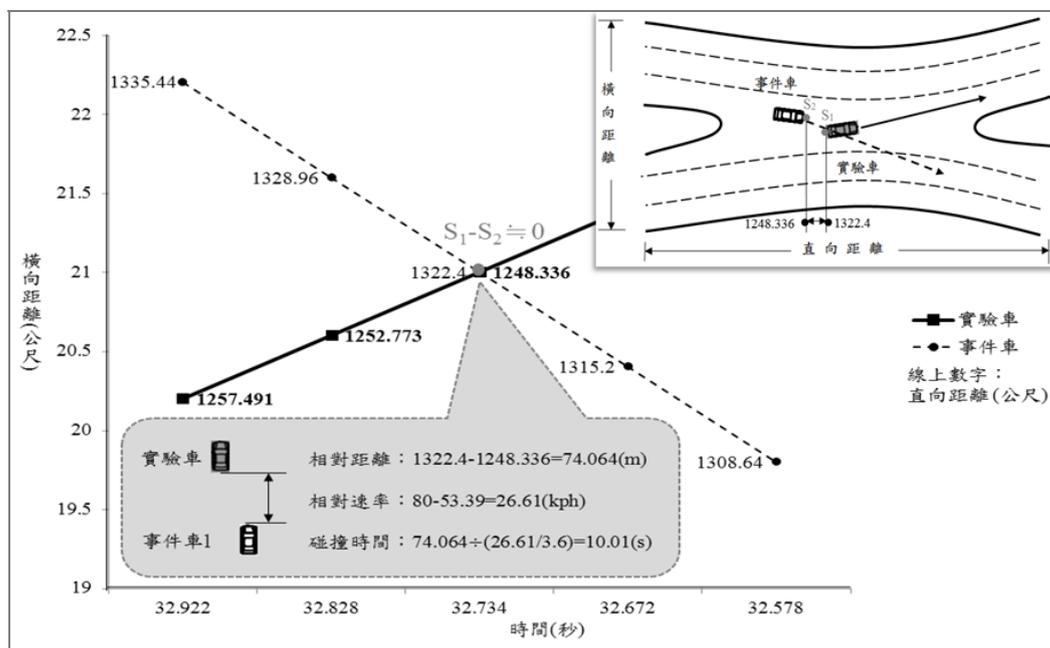


圖9 即將碰撞時間計算

4.1.3 碰撞時間樣本分析

本研究招募 18 位受測者，經過亂數抽取順序後，選定彼此互相獨立的場景實驗，每個順序各有 9 個場景，故得到 162 個樣本觀察值，其中扣除變換不當與碰撞意外情形，故有效樣本數為 153 個，並藉由盒鬚圖來呈現碰撞時間的樣本特性，當資料離散情形越大時，表示駕駛反應越趨多元化，盒子中的橫線表示中位數，可做為該與其他情境比較之基準，而小圓圈符號表示該資料群中的離群值，以盒子以位 1.5 倍到 3 倍之四分位距範圍，旁邊數值顯示為離群值的數據位置值。

在變換限制距離下的即將碰撞時間方面（圖 10），各水準皆出現少數幾筆的離群值數據，但未避免樣本數過少的情況，本研究予以保留以供後續資料分析，以中位數的即將碰撞時間代表比較，明顯看出隨著距離越長即將碰撞時間越趨大越安全。在交織流量比率下的即將碰撞時間方面（圖 11），以中位數的即將碰撞時間代表比較，明顯看出隨著比率越大即將碰撞時間越趨小越危險，代表隨著交織路段上的車子越多情況越危急，其中以<25%的交織流量比率數據較為分散，得觀察出駕駛人的反應較多元化，受部分離群值影響。在車內警示系統下的即將碰撞時間方面（圖 12），以中位數的即將碰撞時間代表比較，無車內警示系統明顯較小，表示風險程度較高。

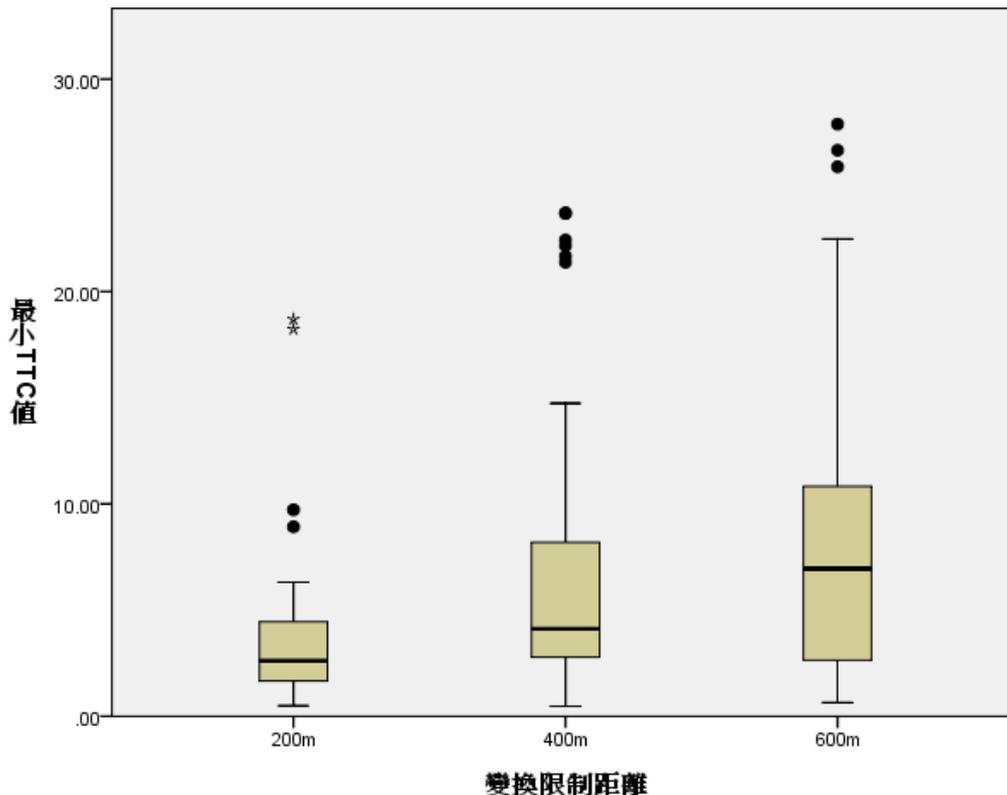


圖 10 即將碰撞時間與變換限制距離資料分布

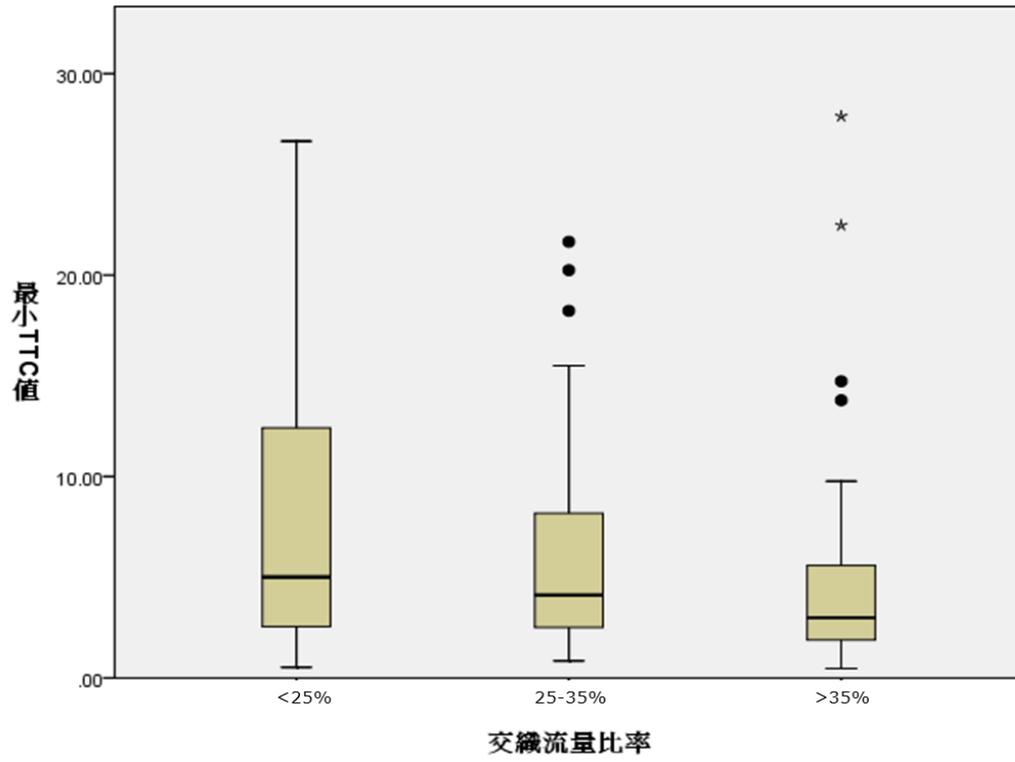


圖 11 即將碰撞時間與交織流量比率資料分布

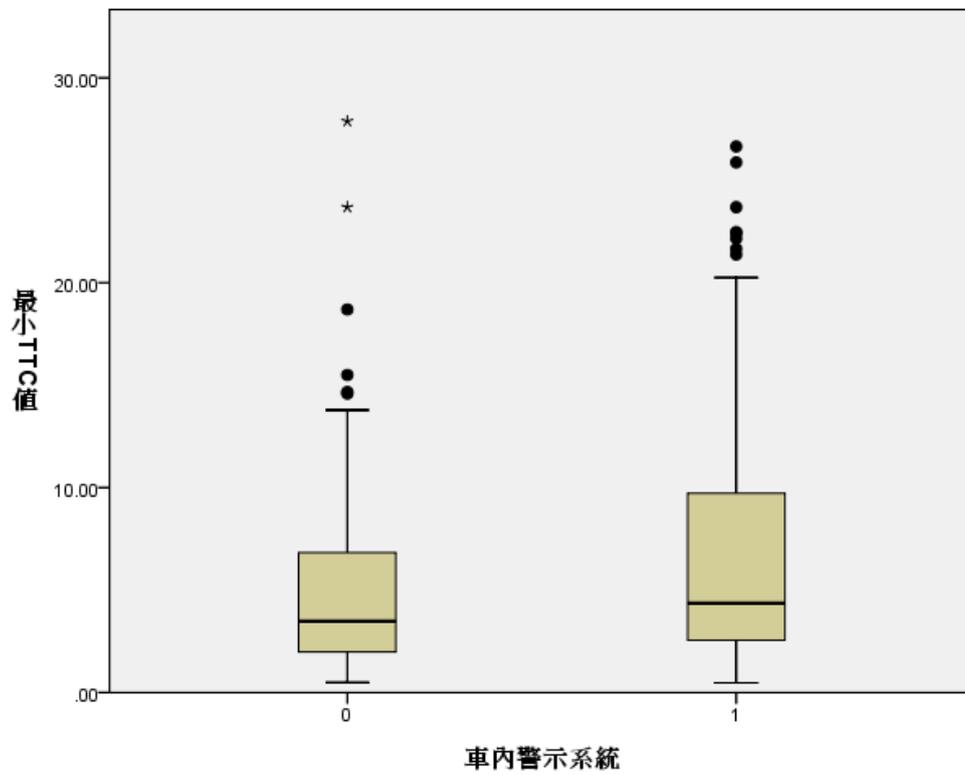


圖 12 即將碰撞時間與車內警示系統資料分布

4.2 因子檢定分析

本研究經由資料剔除後，使用 153 筆有效樣本分析，且證實資料群具有常態性、同質性、獨立性，故可進行二因子變異數分析，檢驗因子之間是否有交互作用，以利後續的事後比較效果，並透過羅吉斯迴歸分析之勝算比檢驗出因子間對於即將碰撞時間之安全效益倍數，以提供相關單位實際參考。

以實驗組（無車內警示系統）比較對照組（有車內警示系統），發現增加車內警示系統能提升 2.256 倍的安全效益，如圖 13 所示，將實驗組與對照組之影響兩因子勝算比彙整，如圖 14 所示，左邊為有無車內警示系統對於「變換限制距離」之水準影響倍數，發現有車內警示系統皆優於無車內警示系統下的變換限制距離，約可提升 2 倍的效益，右邊為有無車內警示系統對於「交織流量比率」之水準影響倍數，發現有車內警示系統皆優於無車內警示系統下的交織流量比率，約可提升 2 倍的效益。

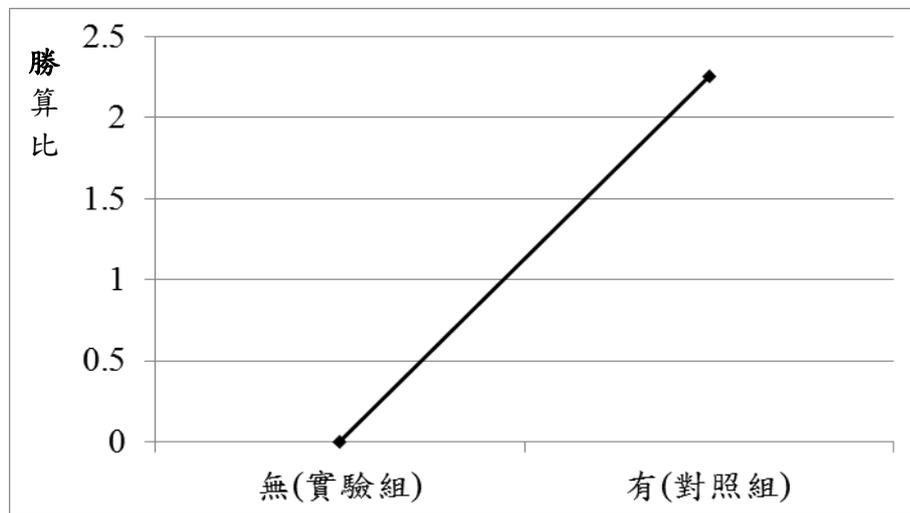


圖 13 實驗組與對照組之影響效益圖

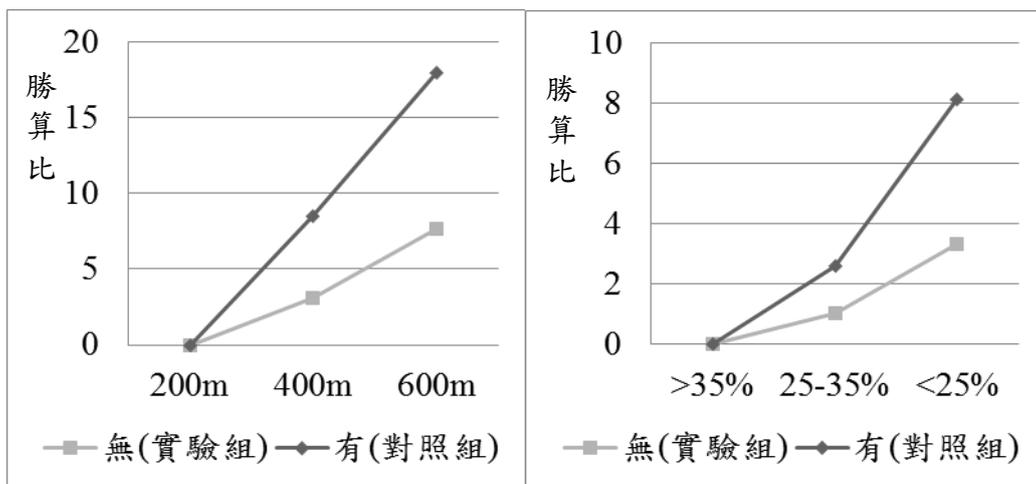


圖 14 實驗組與對照組之變換限制距離與交織流量比率影響效益圖

五、結論與建議

5.1 結論

1. 普遍受測者認為高速公路交織路段為危險路段，且也曾於日常生活中行駛過，雖然自身未於高速公路交織路段發生過車禍，但是仍有少數比例表示皆曾聽說親朋好友發生過變換多車道之意外事故。
2. 發現有車內警示系統能顯著改善無車內警示系統之安全性，有車內警示系統較無車內警示系統下更能提升 2.256 倍安全效益，故整體而言，智慧安全車輛的車內警示系統能有效輔助駕駛人通過大流量之交織路段。
3. 變換限制距離和交織流量比率因子，在有車內警示系統皆顯著優於無車內警示系統，且皆約提升 2 倍效益，故未來能有效透過車內警示系統來提供駕駛人車流和路段資訊於國道交織路段變換多車道。

5.2 建議

1. 由於本研究所招募受測者之年齡層介於 21-35 歲，故得出該實驗之結果行為數據，未來可考量擴大年齡層和駕駛經驗來找尋人員，建議往後相關課題研究者可增加樣本數值來降低誤差。
2. 未來可針對建立完善之車內警示系統課題來實驗，更進而判斷於高速公路交織路段變換多車道下，何種細項功能可顯著提醒駕駛人以免發生碰撞。

參考文獻

- 交通部(2008)，公路路線設計規範，幼獅文化事業公司，台北市，頁 5-11。
- 交通部運輸研究所(2010)，ITS 整體發展規劃，頁 38-257。
- 交通部運輸研究所(2011)，第七章高速公路交織區段，2011 年臺灣公路容量手冊，頁 3-2-7-4。
- 宋秀峰、王華(2008)，城市快速路匝道交織區長度、結構影響分析，中國科技論文在線，頁 3-4。
- 林貴璽(2009)，第十一章無干擾車流設施的密集亂流區分析—交織、併流與分流運行，交通工程學，頁 11-1-11-2。
- 財團法人車輛研究測試中心(2008)，智慧安全車輛與車載無線通訊國際發展趨勢簡介，車輛工業月刊，頁 2-3。

- 高公局(2011)，(二)標線，高速公路標誌標線，網站：
<http://www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=1688&p=2641>。
- 蔡肇鵬(2013)，中山高泰山收費站南向五股轉接道死亡交叉解決方案研擬，
 中 央 日 報 ， 網 站：
http://news.sina.com.tw/article/20130514/9593596.html?utm_source=twitterfeed&utm_medium=twitter。
- 鍾炳煌(2002)，應用汽車駕駛模擬系統從事高速公路加速車道併入行為之研究-以類神經網路為分析工具，成功大學交通管理碩士論文，頁 51-53。
- Bayarri, S. et al. (1997), “An Integrated Interface to Design Driving Simulation Scenarios,” *DSC’ 97, Lyon, France*, pp. 4.
- European Commission (2009), “Standardization Mandate Addressed to Cen, Cenelec and Etsi in the Field of Information and Communication Technologies to Support the Interoperability of Co-Operative Systems for Intelligent Transport in the European Community,” *Mandate M453*, pp. 1-7.
- Gagne, R. M. (1985), “The conditions of learning and theory of instruction,” 4th edition, CBS College, New Jersey.
- Leonard, J. J. and Wierwille, W. W. (1975), “Human Performance Validation of Simulators: Theory and Experimental Verification,” *Proceedings of Human Factors Society 19th Annual Meeting, Santa Monica, CA*, pp. 446-456.
- McGee, et.al. (1983), “Highway Design and Operation Standards Affected by Drivers Characteristics,” Volume II: Final Technical Report, Bellono-McGee, Inc. Vienna Virginia, Report No. FHWA-RD-83-015.
- Pulugurtha, S. S. and Bhatt, J.(2008), “Evaluation of Weaving Sections Through Safety Assessments,” *ITE 2008 Technical Conference and Exhibit*, pp. 1-7.
- Roess, R. P. et al. (2010), “Weaving, merging, and diverging movements,” *Traffic Engineering, Polytechnic University, Prentice Hall*, pp. 330-331.
- SAE (2002), “Forward Collision Warning Systems: Operating Characteristics and User Interface Requirements Information Report (Draft),” Standard J2400.
- Sato, K. et al. (2012), “Evaluation of the developed assistance method for improving lane change maneuver by using highly realistic driving simulator,” *19th ITS World Congress*, pp. 2.
- Shinar, D. (1978), “Psychology on the Road,” John Wiley & Sons.
- Tsugawa, S. and Sakakibara, K. (2013), “Merging Assistance at an Expressway Ramp with Vehicle-to-Vehicle Communications,” *19th ITS World Congress*,

pp. 1-5.

Wang, D. Z. et al. (2013), “Cooperative System Applied on Merging Assistance in China,” *20th ITS World Congress*, pp.1-8.

Wei, C. H. (2001), “Developing Freeway Lane-Changing Support Systems Using Artificial Neural Networks,” *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 35, No. 1, pp.47-65.