

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

應用即時臉部凝視追蹤系統於高速公路大客車駕駛之視覺 影響模擬分析與安全輔助系統建立 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 96-2221-E-216-019-
執行期間：96年08月01日至97年07月31日
執行單位：中華大學運輸科技與物流管理學系

計畫主持人：張建彥

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：李家春
碩士班研究生-兼任助理人員：林天信
博士班研究生-兼任助理人員：魏智浩

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97 年 10 月 22 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

應用即時臉部凝視追蹤系統於高速公路大客車駕駛之視覺影響模擬分析與安全輔助系統建立

Visual Simulation Analysis and Safety Assistance System
Development for the Bus Driving on Freeways by Utilizing the
faceLAB System

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 96 - 2221 - E - 216 - 019

執行期間：96年8月1日至97年7月31日

計畫主持人：張建彥

共同主持人：

計畫參與人員：正值人員(博士班研究生)：魏智浩；正值人員(碩士班研究生)：李家春、林天信；臨時人員(實驗受測者)：王文章、蔡鳳輝、李金隆、羅廷淦、邱錦昌、邱聰萬、陳木清、彭健益、黃宏光、李新錕、劉志強、陳致雄、黃永忠、林陳毅、林秀泉、曾瀛祥、彭傳芳、范光訓、潘泰平、林勝全、左弘政、鄭武烽

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學運輸科技與物流管理學系

中華民國九十七年十月二十一日

目錄

摘要.....	1
Abstract.....	1
一、前言.....	1
二、研究目的.....	2
三、文獻探討.....	3
四、研究方法.....	4
五、結果與討論.....	8
六、參考文獻.....	10
七、計畫成果自評.....	12
八、附件.....	12

摘要

大客車駕駛安全性之改善為台灣地區道路交通安全的重要課題之一，由於大客車乘載率遠高於一般小型車，一旦發生碰撞時，往往產生較大的傷亡衝擊。鑑於國內近年來高速公路大客車事故原因中，以未保持行車安全距離及未注意車前狀態為主，而造成這些行車狀態原因的駕駛者因素中，則有很多是駕駛者分心所致。因此，本研究乃整合即時臉部和凝視追蹤系統於大客車駕駛模擬器中，並建立各種影響大客車駕駛視覺之高速公路事件場景，包括大型廣告物看板、鄰車道交通事故、速限可變標誌等，透過模擬實驗來觀測受測者視覺影響與分心程度。研究結果顯示，大型廣告物看板之橫向距離設置愈近，造成駕駛者視覺分心程度愈高，使得瞥視比例、瞥視頻率、瞥視時間、兩車間距之標準差、反應時間變大；鄰車道事故影響駕駛者視覺分心之程度亦大，故建議未來應積極發展緊急救援管理系統，而大客車之安全駕駛輔助系統亦可朝此方向進行研發。最後，就速限可變標誌之設置而言，門架式之效果顯著高於懸臂式，而依據不同反應時間所推算之視距，可供作為國內速限可變標誌設置之參考。

關鍵字：大客車、即時臉部和凝視追蹤系統、駕駛模擬器、安全駕駛輔助系統、速限可變標誌

Abstract

The improvement of bus driving safety is one of the important road traffic safety issues in Taiwan. Since the passenger occupancy of a bus is much higher than that of a small passenger car, a bus crash accident often causes high fatality and injury rate. According to the road traffic accidents statistics, bus drivers not keeping safe distance with other vehicles and bus drivers not paying attention to frontal road

traffic conditions are the two major causes of bus accidents on freeways. In addition, bus drivers' distraction is the major factor related to these causes. Therefore, this study integrates the faceLAB system and a bus driving simulator to develop a freeway scenario with various visual influence events (including large roadside advertisement billboards, a car accident in another lane, and variable speed limit signs) for bus driving simulations. By the simulations, we investigate and analyze the bus drivers' visual conditions and distraction levels. Results show that the shorter the distance between a large roadside billboard and a freeway, the higher the visual distraction level of drivers. This also results in a higher glance ratio, glance frequency, glance duration, deviation of distance gap between two vehicles, and perception reaction time. A car accident in another lane also causes a higher level of distraction. Thus, we recommend the development of emergency management systems and related safety driving assistance systems. Finally, the effect of overhead variable speed limit signs is significantly better than that of curved roadside variable speed limit signs. The sight distance based on the perception reaction time should be helpful for the installation of variable speed limit signs.

Keywords: Bus, faceLAB, Driving Simulator, Safety Driving Assistance System, Variable Speed Limit Sign

一、前言

大客車駕駛安全性之改善為台灣地區道路交通安全的重要課題之一，由於大客車之乘載率遠高於一般小型車，一旦大客車發生碰撞事故時，往往產生較大的傷亡衝擊。因此多年以來，不論是政府主管單位或是社會各界均投注相當的心力以試圖降低大客車碰

撞事故的頻率與嚴重程度。近年來，由於先進安全車輛(Advanced Safety Vehicle, ASV)技術之研發，利用先進偵測與控制系統，預先偵知道路交通危險狀況以提前警示駕駛人採取及時的因應措施；或是在惡劣的道路交通環境及駕駛狀況下，提供輔助系統以確保駕駛人安全駕駛之能力，乃逐漸成為一可行的車輛安全發展方向。因此，如何將 ASV 相關技術導入國內大客車駕駛環境之應用中，進而提升大客車駕駛之安全性，為運輸安全與智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)的共同課題。國內大客車營業之種類，依據「公路法」第 34 條規定[1]，大致可分為公路汽車客運業、市區汽車客運業及遊覽車客運業，其中有許多公路汽車客運業與遊覽車客運業係以高速公路為其行駛經營路線，由於高速公路流量大、車速快、駕駛者行駛里程與行駛時間較長，因此發生肇事之潛在頻率與嚴重性亦有可能較高，而發展以高速公路行駛為條件的先進安全大客車技術，則有其優先性。目前世界上有關先進安全大客車技術之研發示範，可以美國之智慧型車輛推動 (Intelligent Vehicle Initiative, IVI) 計畫為代表[2]，在 IVI 計畫中，先進安全大客車技術包括兩大計畫，其一為防撞警示系統(包括前撞警示、側撞警示、後撞衝擊警示和整合性撞擊警示系統)；另一則是在駕駛者駕駛能力下降時，提供輔助駕駛之技術(例如在較窄的車道上提供大客車車道保持技術)[3]。鑑於國內近年來高速公路大客車事故原因中，以未保持行車安全距離及未注意車前狀態為主，而造成這些行車狀態原因的駕駛者因素中，則有很多是駕駛者分心所致。因此，瞭解高速公路大客車駕駛者分心的原因及其影響安全駕駛的程度，進而整合應用目前所發展之先進安全大客車技術來加以改善，應可減少高速公路大客車之事故頻率。由過去研究中發現，大客車駕駛者之駕駛行為特性往往是道路交通狀況與駕駛者「生理」、「心理」狀況交互影響的反映[4, 5, 6]，

尤其是當道路狀況或交通狀況產生特殊事件，如路旁出現大型樹立廣告物(俗稱 T 霸)、鄰車道發生事故、速限可變標誌出現等，駕駛者是否會因視線偏移而產生分心現象，從而忽略安全距離之保持，甚至產生駕駛行為之偏差，確實是值得再進一步探討的課題。由於在駕駛過程中，眼睛所接收的訊號佔人腦接收訊號的 90% 以上[7]，故視覺狀況為影響駕駛注意力，甚至左右駕駛安全性的重要因素，因此道路交通環境對駕駛者視覺之影響狀況，即為造成駕駛者分心的可能因素之一。然而在使用測量視覺功能的工具上，除了基本的視力檢查表、視野測試儀器外，國內結合視覺能力與安全駕駛相關的研究並不多，在國外視覺能力與安全駕駛的研究雖已有多年歷史，亦有頗多透過駕駛模擬器之實驗設計來進行駕駛人因之分析探討，但是將視覺量測設備與駕駛模擬器直接整合成一套系統，進行駕駛動態之視覺追蹤，則屬少見。國內目前張建彥等人已初步將即時臉部和凝視追蹤系統(faceLAB)整合於中華大學大客車駕駛模擬器(CHU-DS)中，並應用於視覺能力之量測[8, 9]，深入分析受測者在實驗過程中之視點位置變化動態及相關的視覺影響。因此，本研究延續張建彥等人之研究，在既有之整合系統基礎上，建立高速公路影響大客車駕駛視覺之事件場景，包括大型廣告物看板(俗稱 T 霸)、鄰車道交通事故，以及速限可變標誌等事件，透過實驗設計的方式，分析大客車駕駛者在各個事件出現時，其視覺衝擊與操作分心狀況，除了提出高速公路先進交通設施設置與相關安全執法之建議外，亦可供未來大客車安全駕駛輔助系統發展之參考。

二、研究目的

本研究主要目的在於整合即時臉部和凝視追蹤系統(faceLAB)於大客車駕駛模擬場景中，並建立各種影響大客車駕駛視覺之高速公路事件，藉由模擬實驗以觀測大客車駕

駛者之視覺影響與分心程度，提出相關的交通工程設施設置與安全駕駛輔助系統發展之建議。具體目的分別說明如下：

- (1) 整合即時臉部和凝視追蹤系統與大客車駕駛模擬器，俾能進一步觀測受測者在實驗過程中，受事件影響之視覺反應。
- (2) 建立高速公路影響視覺狀況之事件場景，作為實驗設計分析的基礎。
- (3) 確認高速公路狀況及突發交通事故影響大客車駕駛者之視覺狀況及分心程度。
- (4) 提出高速公路先進交通設施設置與相關安全執法之建議。
- (5) 作為未來大客車安全駕駛輔助系統發展之參考。

三、文獻探討

駕駛者視覺訊息處理包含序列處理 (Serial Processing) 與平行處理 (Parallel Processing) 兩種方式[10]，駕駛者接收所需的訊息經由序列處理對前方狀況初步的掃視，接收的影像清晰精確地落在駕駛者中央視網膜處，主要確認前方車輛實際狀況以進行適時的反應，大部分駕駛視覺訊息處理都是屬於序列處理。平行處理則是屬於視覺周圍的部分，駕駛者為了維持在車道上的穩定度，視覺會不斷地接受來自周圍物體動作，一旦相關周圍的資訊量增多時，會增加平行處理訊息時間，進而影響序列處理的績效。在目前的駕駛環境中，駕駛者受到許多不同來源之訊息影響，則會使得駕駛者產生視覺分心的現象。現今駕駛者面臨的行車干擾比過去更為多樣複雜，嚴重影響駕駛者專心的程度，普遍的分心來源主要包括車內分心和車外分心兩種，車內分心包括使用行動電話、車內導航資訊系統等，駕駛者操作時必須讓視線暫時離開前方道路狀況，存在潛在碰撞的危機；車外分心包括前方車流間之變化、高速公路設置大型廣告物、鄰車道上發生事故，天氣狀況、道路幾何等因素。其中大型廣告物事件設置在高速公路兩旁屬於重現性

分心事件，車輛經過時可能會不斷誘使駕駛者產生視覺影響或分心；鄰車道事故屬於臨時突發性事件，造成交通衝擊影響較大，可能會產生所謂的膠頸行為 (Rubbernecking Behavior)[11]，而鄰車道事故往往影響整體車流速率，並造成駕駛者分心，當駕駛者處於身心狀況較差的情況下，即會增加二次事故發生之可能性。此外，近年來由於智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation Systems, ITS) 之發展，採用速限可變標誌 (Variable Speed Limit Signs, VSLS) 來因時因地管制駕駛者行車速率，亦成為重要的先進交通管理策略之一[12]，然速限可變標誌之設置對於駕駛者視覺分心與車輛操作之衝擊影響，則仍需進一步深入研究，方能提供有效的設置方式與設計內容。

有關車外事件對駕駛者視覺影響之相關文獻，蔡中志等人[13]指出在道路及駕駛者狀況都良好的情況下，路旁分心物對駕駛行為並不會造成嚴重的威脅，甚至有研究認為在單調環境下，分心物會適當刺激駕駛者，使其保持警覺性。然而並非所有駕駛者之駕駛狀況均保持在最佳狀態，且駕駛者處理資訊的能力有限，若道路旁干擾物增加，則會影響駕駛者視覺搜尋的動作，也會增加駕駛者尋找目標的時間，增加駕駛者的風險。Holahan 等人[14]、Horberry 等人[15]之研究均指出廣告看板會危及駕駛安全性之主要原因有兩項，其一為廣告看板相似於正式的標誌；另一為廣告看板的密度和間隔使其難以找出正式的標誌。而 Beijer 等人[16]透過實車測試發現，動態形式廣告物造成駕駛者瞥視次數比靜態形式廣告物還多，所以動態形式廣告物影響駕駛者注意力較大。Akagi 等人[17]提出視覺干擾比率指標來表示駕駛環境中視覺干擾的程度，視覺干擾比率定義為在駕駛者視野範圍內所包含雜亂招牌之區域，視覺干擾目標物為干擾駕駛者視覺的物體，例如廣告看板和建築物。另外，方志文等人[11]認為膠頸行為發生於駕駛者經過事故地

點（無論事故是在同一行車方向或對向車道），因好奇心驅使而減低行車速度並轉頭觀看交通事故，這種重複地轉頭看交通事故及前方車道的現象，稱為膠頸行為。

至於視覺能力對安全駕駛影響，以及整合臉部和凝視追蹤系統(faceLAB)與大客車駕駛模擬器於視覺能力之量測部分，目前張建彥等人[7, 8, 9, 18, 19]已針對相關文獻加以整理探討，並完成系統整合、視覺能力分析、酒後駕車影響等研究。大致上，視覺能力與「安全駕駛」具有相當的關係，而年齡的老化亦往往對視覺能力產生影響，因此如何有效量測駕駛之視覺能力狀況及其影響，乃是「安全駕駛」分析的重要課題。近年來已有利用眼球追蹤器或駕駛模擬器來進行駕駛者生理與駕駛安全影響之相關研究，但尚缺乏有效整合兩套系統應用於視覺能力之分析。而整合即時臉部和凝視追蹤系統與駕駛模擬器進行實驗，則已成為可行的技術。

綜上所述，先進安全大客車之技術研發，首在如何防止駕駛者分心，以及在其分心或駕駛能力不足時輔助其安全駕駛，因此影響駕駛者分心的因素，就成為先進安全大客車技術發展的前提。鑑於駕駛者視覺狀況為其安全駕駛的最主要「生理」要素，視覺狀況往往也是駕駛分心的潛在因素，故如何有效量測並界定各種道路交通事件對駕駛者視覺狀況的影響程度，以及不同視覺影響程度對其分心產生的衝擊，從而發展適用的安全駕駛輔助技術，應是先進安全大客車研發的重點。另外，從大客車駕駛者之視覺影響與分心程度，也可提出適當的先進交通工程設施設置方式與設計形式。

四、研究方法

本研究主要的方法包括 faceLAB 與大客車駕駛模擬器整合及高速公路大客車視覺影響模擬實驗兩大部分，分別說明如後。

(一) faceLAB與大客車駕駛模擬器整合

本研究所採用之即時臉部和凝視追蹤系

統 faceLAB 4.0，係由澳洲 seeing machines 公司所開發之最新非侵入式臉部及眼球凝視追蹤系統，該系統可依據 3D 頭部位置、眼睛所注視的方向、眨眼的偵測與量測數值信賴區間的估算，以 60Hz 的速率更新量測狀況。圖 4-1 為本研究將 faceLAB 建置於大客車駕駛模擬器儀表板上圖。

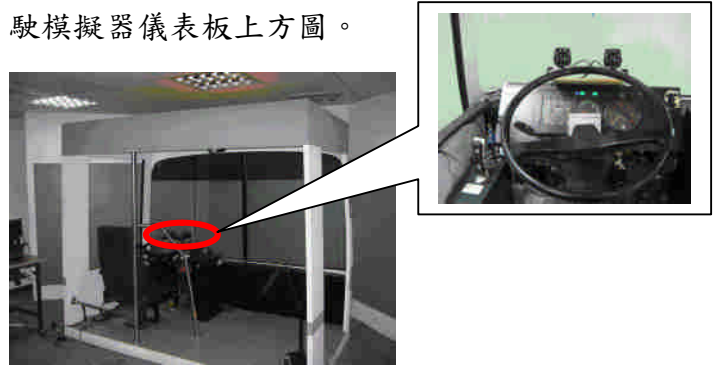


圖 4-1 faceLAB 建置於大客車駕駛模擬器儀表板上圖

在軟體部分，faceLAB 4.0之個人設定，包括校正特徵點、校正後凝視點的品質結果檢視、擷取瞳孔位置、進行眼睛方向辨識、觀察圖表變化等步驟；faceLAB 4.0個人化設定後，可透過GazeTracker軟體來呈現眼球凝視軌跡(Gaze Trail)，並進行眼球追蹤系統個別量測結果的分析與探討，亦可將分析報告輸出至MS Excel 或其他統計分析軟體。由於faceLAB 4.0必須與大客車駕駛模擬場景整合，方能進行視覺模擬實驗分析，因此本研究乃在faceLAB 4.0中設定大客車駕駛模擬場景的相關特性，說明如下：

1. 觀察 faceLAB 四個視窗：觀察 faceLAB 四個視窗，分析瞳孔控制台、頭部方向控制台、品質圖表控制台、眼睛方向控制台與駕駛模擬場景之相對應關係。
2. 整體模型視窗之建置：將大客車 3 面投影布幕大小、布幕角度、駕駛座、後視鏡位置輸入於模型設定中，設定完成後即可在模擬場景中得到受測者注視的位置。

為了呈現眼球軌跡在駕駛模擬場景的變化狀況，本研究再透過影像重疊器來進行螢幕重疊顯示，本研究採用的影像重疊器為 CS-450 Eclipse，CS-450 Eclipse可提供高畫質

轉換影像，並加上同步鎖定及字幕重疊特性，亦可將電腦影像圖檔字幕轉換重疊至電視NTSC或PAL系統。圖4-2為影像重疊的流程圖，在螢幕重疊顯示畫面中，將頭部向量(綠色方塊)與凝視方向向量(黃色圓形)顯示與駕駛模擬場景畫面重疊，即可在電腦螢幕中看出頭部姿勢和凝視的交錯點。完成此步驟之後，實驗即可正式進行，受測者在實驗過程中所看到的場景為駕駛模擬器畫面，但經由影像重疊儲存成影片後，分析者即可得到受測者在實驗過程中，其眼球在場景事件出現後之移動軌跡。

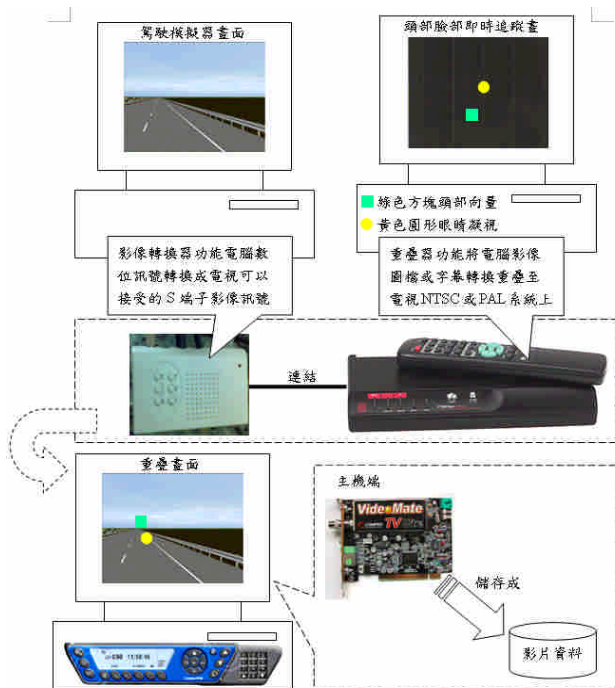


圖4-2 螢幕重疊顯示流程圖

(二) 高速公路大客車視覺影響模擬實驗

視覺影響之模擬實驗包括大型廣告物看板(俗稱T霸)、鄰車道交通事故及速限可變標誌三項實驗，分別說明如後[20, 21, 22, 23, 24, 25]。

1. 大型廣告物看板之視覺影響實驗設計

本實驗事件設定在受測者前方1000公尺處，高速公路旁之路權邊界為基準向外延伸20公尺、80公尺及200公尺三種距離，前方事件車則會受到影響而進行煞車，有關實驗因子之說明如表4.1所示。

表4.1 大型廣告物之實驗因子與設計說明表

有內容	無內容	設計說明
A	A'	受測者前方 1000 公尺與道路旁橫向距離 20 公尺處出現大型廣告物。
B	B'	受測者前方 1000 公尺與道路旁橫向距離 80 公尺處出現大型廣告物。
C	C'	受測者前方 1000 公尺與道路旁橫向距離 200 公尺處出現大型廣告物。
D		事件車以 0.40g 從 90(公里/小時)減速至 70(公里/小時)，維持 15~25 秒後以 0.40g 加速至 90(公里/小時)。
前車緊急煞車事件		事件車從 90(公里/小時)以 0.55g 減速至停止。

註：g為重力加速度(9.8公尺/秒²)。

實驗內容分為無廣告物之煞車事件與有廣告物之煞車事件，無廣告物之煞車事件為無廣告物出現時，前方事件車隨機煞車減速再加速；有廣告物之煞車事件則是在受測者前方 1000 公尺處，高速公路旁 20 公尺、80 公尺及 200 公尺三種橫向距離隨機出現廣告物後，前方事件車煞車減速再加速。由於考量到受測者在實驗過程中可能只注視前方之狀況。因此，在實驗中會隨機出現大型廣告物內容包括有內容與無內容，其中有內容部分會顯示「請撥動風門」，表示必須撥動大客車之右邊排氣煞車桿子由上往下順序撥動一次，以確認受測者在大型廣告物出現時，會進行注視動作。另外，本實驗只針對撥動風門之前的視覺分心進行分析，對於因撥動風門而產生之分心則不探討。圖 4-3 為實驗場景圖；至於實驗場景流程則如圖 4-4 所示。



圖 4-3 大型廣告物看板實驗場景圖

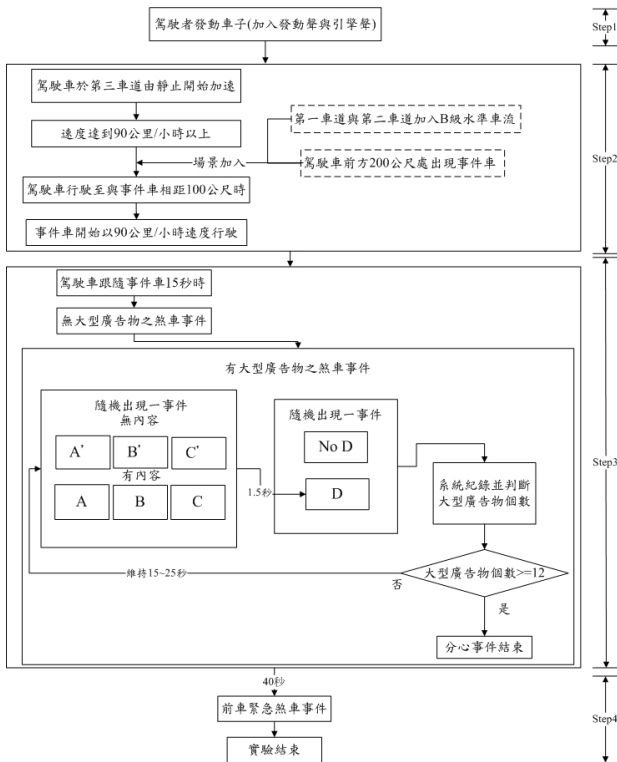


圖 4-4 大型廣告物看板實驗場景流程圖

2. 鄰車道交通事故之視覺影響實驗設計

本實驗主要探討鄰車道剛發生車輛事故(例如車禍),當駕駛者逐漸接近事故現場時,駕駛者是否會受到鄰車道事故的影響,觀察駕駛者於視覺變化與前車緊急減速之反應時間,本實驗情境設定在受測者前方鄰車道500公尺處,出現後車已撞於前車尾部的事故,前方事件車則會受到影響而進行煞車,有關實驗因子說明如表 4.2 所示。

表 4.2 鄰車道事故之實驗因子與設計說明表

因子	設計說明
A	事故出現在中間車道,1.5 秒後前方事件車以 0.40g 從 90(公里/小時)減速到 70(公里/小時),維持 15~25 秒後以 0.40g 加速至 90(公里/小時)。
事件車緊急煞車事件	事件車從 90(公里/小時)以 0.55g 減速至停止。

註：g為重力加速度(9.8公尺/秒²)。

實驗內容分為無事故之煞車事件與有事故之煞車事件,無事故之煞車事件用以觀察當無事故出現影響,受測者進行跟車,前方事件車煞車時之駕駛行為變化。有事故之煞車事件則是在受測者前方 500 公尺處鄰車道發生事故,並配合前方事件車之煞車來觀察受測者在經過事故地方時,受測者視覺與駕

駛行為之變化。圖 4-5 為實驗場景圖;至於實驗場景之流程則如圖 4-6 所示。



圖 4-5 鄰車道事故實驗場景圖

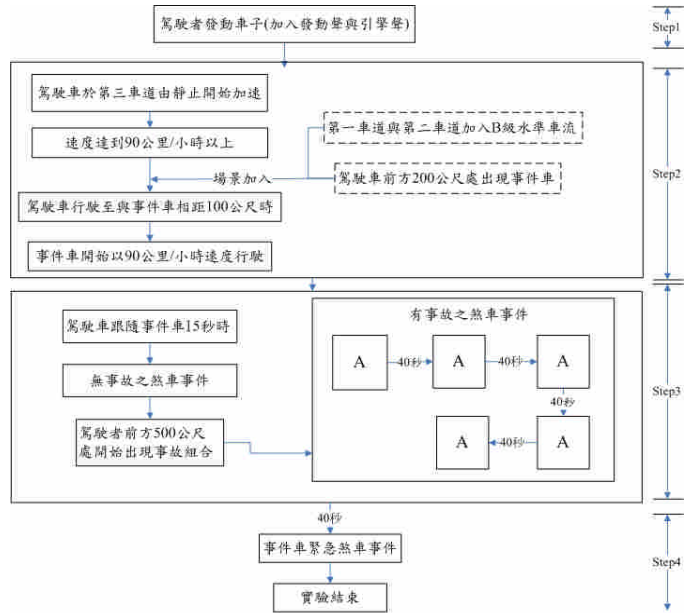


圖 4-6 鄰車道事故實驗場景流程圖

3. 速限可變標誌之視覺影響實驗設計

本實驗乃是以高速公路大客車駕駛者為研究對象,探討駕駛者對於高速公路速限可變標誌型式與速率變化等不同控制變因之視覺反應,找出不同之視覺事件反應時間,進而觀察駕駛者與事件車之關係,分析不同控制變因所改變之駕駛行為是否會造成與前車發生碰撞之可能,並藉由實驗得到速限可變標誌設置之適當視距。實驗設計之實驗因子為穩定跟車狀態下速限可變標誌之不同速限變化與標誌設置型式,以及事件車減速與最後緊急煞車,實驗因子與水準數如表 4.3 所示。

表 4.3 速限可變標誌實驗因子與設計說明表

因子	速限變化	設置型式
水準	100→80 km/hr 90→70 km/hr	門架式 直立式 懸臂式
水準數	2	3

本實驗的速限變化依據「高快速公路整體路網交通管理系統綜合規劃」[26]中所提速限可變標誌之佈設間距，一般設計按 20 公里/小時之速率級距漸進調降，因此速限變化實驗因子設計有 100 降至 80 公里/小時與 90 降至 70 公里/小時兩個水準；速限可變標誌設置型式則依據相關規定分為門架式、直立式、懸臂式三種，各型式之說明如表 4.4 所示。

表 4.4 速限可變標誌設置型式說明表

型式	門架式	直立式	懸臂式
說明	將標誌安裝於橫跨車道上方之門架。	將標誌直接安裝於路側支柱。	將標誌安裝於路側支架伸入車道上方之懸臂。
圖示			

本實驗所規劃之實驗場景為雙向(單向三車道)之高速公路路段，相鄰車道道路服務水準設定為 B 級，道路狀況為使用分隔島分隔，每車道 3.75 公尺，另有一外側路肩 3 公尺與一內側路肩 1 公尺。此外，在駕駛車前方設置有事件車，該事件車會進行加速、定速、減速、緊急煞車等情況讓受測者進行反應，藉此觀察受測者對於出現速限可變標誌後之駕駛行為反應。圖 4-7 為以直立式速限可變標誌為例之實驗場景圖；至於實驗場景之流程則如圖 4-8 所示。



圖 4-7 直立式速限可變標誌實驗場景圖

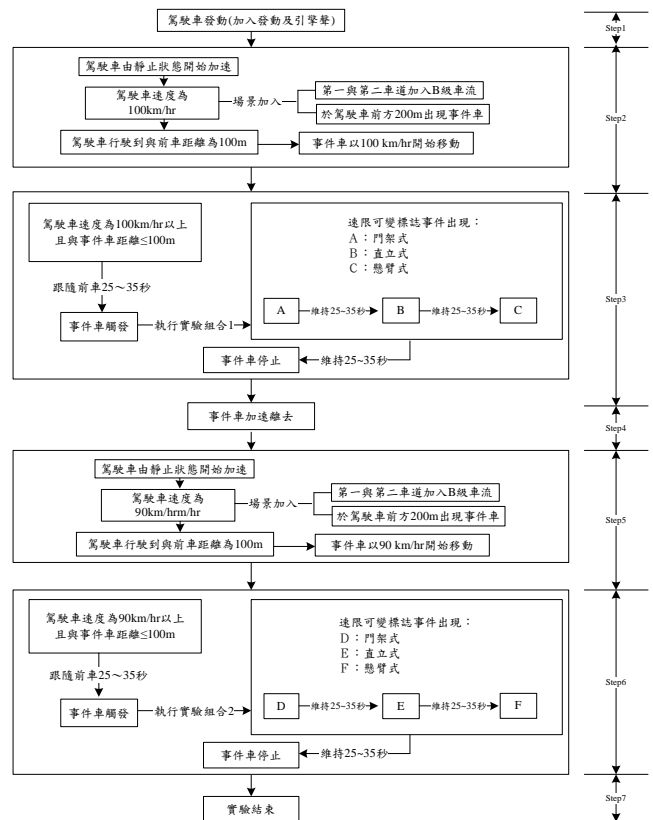


圖 4-8 速限可變標誌實驗場景流程圖

圖 4-8 中事件 A、B、C 的內容分別為：

- (1) A：駕駛者前方 200 公尺處出現速限 80 公里/小時之門架式速限可變標誌，前方事件車於標誌出現 1.5 秒後，從 100 公里/小時以 0.35g 減速至 80 公里/小時後，維持 80 公里/小時 25~35 秒後，駕駛者前方 200 公尺處出現時速 100 之一般速限標誌，事件車以 0.35g 加速至 100 公里/小時。
- (2) B：駕駛者前方 200 公尺處出現速限 80 公里/小時之直立式速限可變標誌，前方事件車於標誌出現 1.5 秒後，從 100 公里/小時以 0.35g 減速至 80 公里/小時後，維持 80 公里/小時 25~35 秒後，駕駛者前方 200 公尺處出現時速 100 之一般速限標誌，事件車以 0.35g 加速至 100 公里/小時。
- (3) C：駕駛者前方 200 公尺處出現速限 80 公里/小時之懸臂式速限可變標誌，前方事件車於標誌出現 1.5 秒後，從 100 公里/小時以 0.35g 減速至 80 公里/小時後，維持 80 公里/小時 25~35 秒後，駕駛者前方 200 公尺處出現時速 100 之一般速限標誌，事件車以 0.35g 加速至 100 公里/小時。

至於事件 D、E、F 則與事件 A、B、C 類似，所不同者在於速限之變化係由 90 公里/小時降至 70 公里/小時。

在量測變數方面，本研究依據分析所需及相關文獻[27]定義，整理如表 4.5 所示。

表 4.5 量測變數整理表

變數名稱	說明
警視比例(%)	針對所有出現之事件，產生警視現象之事件數佔總出現事件數比例。
警視頻率(次)	單一事件出現時，警視事件之次數。
警視時間(秒)	受測者眼睛從一目標位置移轉到另一新目標位置所花時間加上停留在新目標物至眼睛視線移開總共所花費之時間。
兩車間距之標準差(公尺)	事件車車尾到駕駛車車頭間的距離標準差。
前車煞車事件之反應時間(秒)	前車煞車燈亮至受測者腳鬆油門踏板之時間。
速限可變標誌反應時間(秒)	速限可變標誌出現至受測者腳鬆油門踏板之時間。
速限可變標誌設置視距(公尺)	駕駛車反應距離加上減速距離。
事故次數(次)	駕駛車碰撞前方事件車總次數。

五、結果與討論

5.1 實驗結果分析

本研究實驗受測者之招募對象為某國道客運公司，具備大客車駕駛執照之職業大客車駕駛者，招募方式為與該客運公司站長聯繫，提供實驗時間之表格以傳真方式完成受測者招募，其中鄰車道交通事故與速限可變標誌之實驗總共招募 17 位受測者，均為男性且年齡 30 歲以上(88%)佔大部分，僅有兩位(12%)在 30 歲以下；駕駛年資最少者為 3 年，最長為 25 年，平均年資為 12 年。至於大型廣告物看板實驗，則招募 22 位受測者，均為男性，年齡 30 歲以上者佔 91%(20 位)，僅有兩位(9%)在 30 歲以下；駕駛年資最少者為 3 年，最長為 25 年，平均為 12 年。

本研究實驗之跟車過程中，並無發生駕駛車碰撞前方事件車之情形。至於實驗結果，則分別說明如後。

1. 大型廣告物看板之視覺影響實驗

在警視比例部分，實驗結果顯示大型廣告物之三種橫向距離被警視比例皆很高，原因在於本實驗設計的大型廣告物內容，受測者為了確認大型廣告物內容是否需要動作反應，導致警視比例皆很高。其中以橫向距離 20 公尺有警視比例最高(95.51%)，80 公尺次之(92.94%)，200 公尺之警視比例最低(91.57%)，由於大型廣告物橫向距離 20 公尺出現在受測者視覺範圍時間較長，受測者視覺分心影響程度提高，相反大型廣告物橫向距離 200 公尺出現在受測者視覺範圍時間較短，則受測者視覺分心影響程度也相對下降。

警視頻率以橫向距離 20 公尺總警視頻率最多，平均警視頻率為 4 次/件，80 公尺及 200 公尺總警視頻率較少，平均警視頻率為 3 次/件。警視時間以大型廣告物橫向距離 20 公尺之平均警視時間為最長，為 0.454 秒；80 公尺之平均警視時間次之，為 0.447 秒；200 公尺之平均警視時間最短，為 0.440 秒。

兩車間距之標準差為量測受測者跟車階段，受到大型廣告物影響時，車輛操作之穩定度。本研究選取資料時段為事件出現後，至前方事件車煞車之前的 1.5 秒範圍，每 0.1 秒擷取一筆資料，其中有車外事件之有效樣本為 78 筆，無車外事件有效樣本為 36 筆。實驗資料經分析後發現，有大型廣告物出現(三種橫向距離)之間距標準差平均值介於 1.063 公尺至 1.293 公尺，沒有大型廣告物出現之間距標準差平均值為 0.862 公尺，顯示大型廣告物之出現導致受測者操控車輛之穩定度變差。至於大型廣告物設置之橫向距離影響，橫向距離 20 公尺之影響最大，間距標準差平均值為 1.293 公尺；80 公尺次之，間距標準差平均值為 1.145 公尺；200 公尺最小，間距標準差平均值為 1.063 公尺。

在前車煞車事件之反應時間方面，有大型廣告物出現(三種橫向距離)之反應時間平均值介於 1.040 秒至 1.377 秒，沒有大型廣告物出現之反應時間平均值為 0.896 秒，顯示

大型廣告物之出現導致受測者對前車緊急煞車之反應變差。至於大型廣告物設置之橫向距離影響，橫向距離 20 公尺之影響最大，反應時間平均值為 1.377 秒；80 公尺次之，反應時間平均值為 1.107 秒；200 公尺最小，反應時間平均值為 1.040 秒。

本研究進一步透過變異數分析(ANOVA)及 t 檢定來分析警視時間、兩車間距之標準差、反應時間的差異顯著性，分析結果顯示大型廣告物對駕駛者的車輛操作穩定度具有顯著影響；至於大型廣告物之橫向距離雖然對駕駛者警視時間、車輛操作穩定度與感知反應時間具有一定之影響，但影響並不顯著。

2.鄰車道交通事故之視覺影響實驗

在警視比例部分，實驗結果顯示鄰車道交通事故有警視之比例為 71.76%，無警視之比例為 28.24%，顯示受測者有將近 7 成多的比例，會因鄰車道事故之發生而產生視覺分心；警視頻率則平均為 1 次/件；受測者平均警視時間為 0.696 秒，範圍介於 0.073 秒~1.900 秒。

跟車狀況下受測者在有車外事件的兩車間距之標準差平均值為 1.294 公尺，無車外事件的兩車間距之標準差平均值為 1.229 公尺，有車外事件時受測者之車輛操作穩定度較差。在前車煞車事件之反應時間方面，有車外事件之受測者反應時間平均為 1.134 秒，無車外事件之反應時間平均為 0.705 秒，有車外事件之平均反應時間比無車外事件之平均反應時間多 0.429 秒。

本研究進一步透過獨立樣本 t 檢定來檢定兩車間距之標準差、反應時間在有無車外事件之平均值是否相等，分析結果顯示鄰車道交通事故對受測者的反應時間具有顯著影響；而車輛操作穩定度雖具有一定的影響，但統計推論結果並不顯著。

3.速限可變標誌之視覺影響實驗

速限可變標誌之視覺影響分析包括警視頻率、警視時間、速限可變標誌之反應時間。

在警視頻率部分，17 位受測者對不同型式速限可變標誌之警視頻率分析結果如表 5.1 所示，由表中可知不論何種速限變化，駕駛者對懸臂式具有較高的警視頻率，而對門架式之警視頻率則最低。

表 5.1 速限可變標誌之警視頻率表

速限變化 (公里/小時)	設置 型式	樣本 數	警視頻率(次)	
			平均值	標準差
100→80	門架式	34	1.82	0.80
	直立式	34	1.85	0.78
	懸臂式	34	1.94	0.95
90→70	門架式	34	1.91	0.79
	直立式	34	1.97	1.17
	懸臂式	34	2.09	1.00

在警視時間部分，受測者對不同型式速限可變標誌的平均警視時間分析結果如表 5.2 所示，表中顯示不論何種速限變化，駕駛者對懸臂式速限可變標誌之所需辨識時間大於直立式速限可變標誌，而對於直立式速限可變標誌之所需辨識時間又大於門架式速限可變標誌。

表 5.2 速限可變標誌之警視時間表

速限變化 (公里/小時)	設置 型式	樣本 數	平均警視時間(秒)	
			平均值	標準差
100→80	門架式	34	0.41	0.29
	直立式	34	0.50	0.35
	懸臂式	34	0.58	0.31
90→70	門架式	34	0.38	0.29
	直立式	34	0.47	0.30
	懸臂式	34	0.51	0.34

在速限可變標誌之反應時間部分，受測者對不同型式速限可變標誌的反應時間分析結果如表 5.3 所示，表中顯示不論何種速限變化，駕駛者對懸臂式速限可變標誌之所需反應時間大於直立式速限可變標誌，而對於直立式速限可變標誌之所需反應時間又大於門架式速限可變標誌。

表 5.3 速限可變標誌之反應時間表

速限變化 (公里/小時)	設置 型式	樣本 數	反應時間(秒)	
			平均值	標準差
100→80	門架式	32	0.87	0.59
	直立式	28	1.13	0.83
	懸臂式	31	1.28	1.11
90→70	門架式	31	1.11	0.86
	直立式	29	1.29	0.88
	懸臂式	30	1.53	0.94

此外，就不同速限變化之影響而言，可以發現速限變化從 100 公里/小時降到 80 公里/小時所須的平均警視時間雖高於從 90 公里/小時降到 70 公里/小時，但警視頻率與反應時間均低於從 90 公里/小時降到 70 公里/小時，此亦顯示駕駛者在低速時往往需要較多次的確認與較長的反應時間，才能加以決定減到更低速之動作，但每次警視之辨識停留時間則較短。

本研究進一步採用二因子變異數分析來針對警視頻率、警視時間及反應時間的差異顯著性進行分析，分析流程如圖 5-1 所示。分析後發現，在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下，懸臂式之平均警視時間與反應時間均顯著高於門架式，其他則不顯著。綜合所有分析結果，顯示駕駛者對門架式速限可變標誌最能有效反應，因此是效果最佳的設置型式。

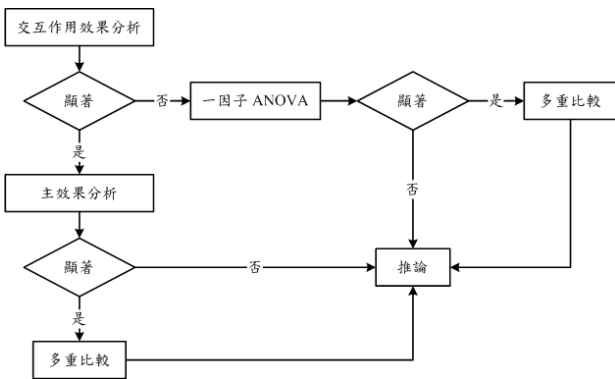


圖 5-1 二因子變異數分析流程圖

5.2 綜合討論

綜合前述之高速公路大客車駕駛視覺影響模擬結果可知，車外事件的出現，確實會對駕駛者產生分心影響，導致當有緊急事件(如前車緊急煞車)發生時，駕駛者之反應時間因而增長，並增加碰撞發生之可能性。至於大型廣告物看板之橫向距離設置越近，造成駕駛者視覺分心的影響程度提高，使得駕駛者的警視比例、警視頻率、警視時間、兩車間距之標準差、反應時間變大，因此相關單位應嚴格執行違規看板設置之取締。另外，就大型廣告物看板與鄰車道交通事故對駕駛者影響程度而言，大型廣告物出現在視野遠

處時，駕駛者會產生預期心理而提早反應，駕駛者視覺同時進行平行與序列處理，不斷與前車調整安全距離，造成間距變化程度大；鄰車道交通事故出現在駕駛者視野很近的地方，駕駛者剛開始不容易察覺，直到駕駛者很接近事故時才發現，由於駕駛者警視時間長，導致對前車反應時間增加，基於以上原因可以推測出，鄰車道事故影響駕駛者視覺分心之危險程度較大，建議未來應積極發展緊急救援管理系統，儘速排除車禍現場；而大客車之安全駕駛輔助系統亦可朝此方向進行研發。

就速限可變標誌之設置而言，門架式之效果顯著高於懸臂式，而依據不同反應時間之要求，三種速限可變標誌之設置視距，在速限變化由 100 公里/小時降至 80 公里/小時下，門架式、直立式、懸臂式分別為 302、318、329 公尺；對於速限變化由 90 公里/小時降至 70 公里/小時的狀況，門架式、直立式、懸臂式分別需要 274、285、286 公尺，可供作為相關手冊訂定設計規範之參考。

為了確認駕駛模擬實驗設計之真實性，本研究在進行每一項實驗時，均會針對受測者進行駕駛模擬器軟、硬體之真實度問卷調查，而調查結果顯示本研究之實驗具有相當高之真實度，各項實驗設計與場景亦可供未來相關研究之參考。

六、參考文獻

- 1.交通部，「公路法」，民國 97 年 1 月修訂。
- 2.Richard Bishop, "Intelligent Vehicle Applications Worldwide," IEEE Intelligent Systems, pp. 78-81, February 2000. [Online] (<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/5254/17789/00820333.pdf>)
- 3.C.Y. David Yang, Brian P. Cronin, Neil R. Meltzer, and Margaret E. Zirker, "2003 Status Report on Transit Intelligent Vehicle Initiative Studies," FHWA-OP-03-092, ITS JPO, FHWA, US DOT, June 2003.

- 4.張建彥，張靖，林靜芬，曾雅瑜，「大客車心理物理行為門檻模式之駕駛模擬器場景建置」，*中華管理學報*，第六卷，第一期，第119~140頁，民國94年3月。
(NSC93-2218-E-216-014)
- 5.Chien-Yen Chang, Ching Chang, and Ching-Fan Lin, "A Driving Simulation Scenario for Developing a Bus Car-Following Model," The 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation (AATT 2008), CD Proceedings, Athens, Greece, pp. 1-15, May 2008. (NSC95-2218-E-216-003)
- 6.張建彥，曾雅瑜，「高速公路大客車跟車刺激—反應行為模式之建立」，*中華管理學報*，第七卷，第三期，第93~109頁，民國95年9月。(NSC93-2218-E-216-014)
- 7.張建彥，吳繼虹，王世杰，「視覺能力對安全駕駛之影響分析與換照制度之探討」，*危機管理學刊*，第三卷，第二期，第95~104頁，民國95年9月。
- 8.張建彥，王世杰，「整合駕駛模擬器與即時臉部和凝視追蹤系統應用於視覺能力之分析」，*中華民國運輸學會第二十一屆學術論文研討會論文集*，台灣新竹市，第697~713頁，民國95年12月。
- 9.張建彥，王世杰，「整合駕駛模擬器與即時臉部和凝視追蹤系統應用於視覺能力之分析」，*中華管理學報*，第八卷，第三期，第71~90頁，民國96年9月。
- 10.Thomas A. Dingus, Steven K. Jahns, Avraham D. Horowitz, and Ronald Knippling, "Human Factors Design Issues for Crash Avoidance Systems", In W. Barfield & T.A. Dingus (Eds.), *Human Factors in Intelligent Transportation Systems* (pp. 55-94). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, U.S.A., 1998.
- 11.方志文，方志中，「跟車情況下之膠頸行為對行車間距控制之影響」，*中華民國運輸學會第十九屆學術論文研討會論文集*，台灣台南縣，第921~935頁，民國93年11月。
- 12.張靖，張建彥，何煥軒，「高速公路隧道區段速率控制策略之實證分析」，92年道路交通安全與執法研討會論文集，台灣桃園縣，第283~298頁，民國92年10月。
- 13.蔡中志等，「高(快)速公路兩側大型樹立廣告物對景觀與行車安全影響之研究」，交通部運輸研究所報告，民國92年。
- 14.Charles J. Holahan, Ralph E. Culler, and Brian L. Wilcox, "Effects of Visual Distraction on Reaction Time in a Simulated Traffic Environment," *Human Factors*, Vol. 20, No. 4, pp. 409-413, 1978.
- 15.Tim Horberry, Janet Anderson, Michael A. Regan, Thomas J. Triggs, and John Brown, "Driver Distraction: The Effects of Concurrent In-vehicle Tasks, Road Environment Complexity and Age on Driving Performance," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, Issue 1, pp. 185-191, 2006.
- 16.Daan Beijer, Alison Smiley, and Moshe Eizenman, "Observed Driver Glance Behavior at Roadside Advertising Signs," *Transportation Research Record*, No. 1899, pp. 96-103, 2004.
- 17.Yukiharu Akagi, Takuya Seo, and Yoshitaka Motoda, "Influence of Visual Environments on Visibility of Traffic Signs," *Transportation Research Record*, No. 1553, pp. 53-58, 1996.
- 18.張建彥，吳繼虹，王世杰，「視覺能力對安全駕駛之影響分析與換照制度之探討」，*第三屆危機管理國際學術研討會論文集*，台灣新竹市，第B23~B32頁，民國94年11月。
- 19.張建彥，鄭凱鴻，「應用駕駛模擬器於酒後駕駛之疲勞特性研究」，96年道路交通

安全與執法研討會論文集，台灣桃園縣，第 F-27~F-43 頁，民國 96 年 9 月。

20. Chien-Yen Chang, Chih-Hao Wei, "Visual Simulation Design for the Bus Driving on Freeways by Utilizing the FaceLAB System," The 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation (AATT 2008), CD Proceedings, Athens, Greece, pp. 1-12, May 2008. (NSC96-2221-E-216-019)
21. 張建彥，李家春，「高速公路大客車駕駛者對於速限可變標誌設置形式之偏好調查與分析」，第十六屆海峽兩岸都市交通學術研討會論文集，中國南京市，第 375~386 頁，2008 年 9 月。
(NSC96-2221-E-216-019)
22. Chien-Yen Chang, Chai-Chun Li, "Visual and Operational Impacts of Variable Speed Limit Signs on Bus Drivers on Freeways Using Driving Simulator," IEEE Asia-Pacific Services Computing 2008 Conference (IEEE APSCC 2008), Yilan, Taiwan, December 2008. (審查後接受發表)
(NSC96-2221-E-216-019)
23. 張建彥，林天信，「高速公路鄰車道事故對大客車駕駛者視覺與駕駛行為影響之模擬研究」，中華民國運輸學會 2008 年年會暨學術論文國際研討會，台灣高雄市，民國 97 年 12 月。(審查後接受收錄於論文集光碟)(NSC96-2221-E-216-019)
24. 李家春，「高速公路大客車駕駛者對於速限可變標誌之駕駛行為模擬研究」，中華大學運輸科技與物流管理學系碩士論文，民國 97 年 7 月。
(NSC96-2221-E-216-019)
25. 林天信，「應用頭部臉部即時追蹤系統於高速公路大客車車外視覺影響事件之模擬研究」，中華大學運輸科技與物流管理學系碩士論文，民國 97 年 7 月。
(NSC96-2221-E-216-019)

26. 國道新建工程局，「高快速公路整體路網交通管理系統綜合規劃」，民國 93 年。

27. ISO, "Road vehicle – Measurement of driver visual behaviour with respect to transport information and control Systems – Part 1: Definitions and parameters," ISO 15007-1, 2002.

七、計畫成果自評

計畫成果自評部份，請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

項目	自評
研究內容與原計畫相符程度	相符程度達 95%。
達成預期目標情況	達成度 100%。
研究成果之學術或應用價值	具有智慧型運輸系統先進安全大客車發展及交通管理設施設置之學術與應用價值。
是否適合在學術期刊發表	是。
主要發現或其他有關價值等	1. 整合 faceLAB 與大客車駕駛模擬器，建立視覺影響之駕駛模擬實驗平台。 2. 大型廣告物看板之橫向距離設置越近，造成駕駛者視覺分心的影響程度愈高，相關單位應嚴格取締違規看板之設置。 3. 鄰車道事故影響駕駛者視覺分心之程度大，未來應積極發展緊急救援管理系統，儘速排除車禍現場。 4. 門架式速限可變標誌之效果較佳，而依據三種速限可變標誌所須視距之計算結果，可供作為相關手冊訂定設計規範之參考。

八、附件

1. 與執行本計畫相關之著作與學生畢業論文，詳列於參考文獻之編號 20~25。
2. 可供推廣之研發成果資料表(如附件一)。

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：97年10月21日

<p>國科會補助計畫</p>	<p>計畫名稱：應用即時臉部凝視追蹤系統於高速公路大客車駕駛之視覺影響模擬分析與安全輔助系統建立 計畫主持人：張建彥 計畫編號：NSC 96-2221-E-216-019 學門領域：土木工程</p>
<p>技術/創作名稱</p>	<p>(1)即時臉部和凝視追蹤系統與大客車駕駛模擬器整合平台 (2)大型廣告物看板、鄰車道交通事故、速限可變標誌駕駛模擬場景</p>
<p>發明人/創作人</p>	<p>張建彥</p>
<p>技術說明</p>	<p>中文： 本研究整合即時臉部和凝視追蹤系統於大客車駕駛模擬器中，並建立各種影響大客車駕駛視覺之高速公路事件場景，包括大型廣告物看板、鄰車道交通事故、速限可變標誌等，透過模擬實驗來觀測大客車駕駛者之視覺影響與分心程度，提出相關的交通工程設施設置與安全駕駛輔助系統發展之建議。</p> <p>英文： This study integrates the faceLAB system and a bus driving simulator to develop a freeway scenario with various visual influence events (including large roadside advertisement billboards, a car accident in another lane, and variable speed limit signs) for bus driving simulations. By the bus driving simulations, we investigate and analyze the bus drivers' visual conditions and distraction levels. Then the development of related traffic engineering devices and safety driving assistance systems is recommended.</p>
<p>可利用之產業及可開發之產品</p>	<p>1.大客車安全駕駛輔助系統</p>
<p>技術特點</p>	<p>1.整合即時臉部和凝視追蹤系統與大客車駕駛模擬器 2.具有駕駛者視覺狀況之模擬與即時量測功能</p>
<p>推廣及運用的價值</p>	<p>1.即時臉部和凝視追蹤系統與大客車駕駛模擬器整合平台及大型廣告物看板、鄰車道交通事故、速限可變標誌駕駛模擬場景，可作為先進安全大客車安全駕駛輔助系統的基礎。</p>

※ 1.每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2.本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3.本表若不敷使用，請自行影印使用。