

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫三：大客車防撞警示系統駕駛環境與行車安全參數之 研究(I)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E-216-014-

執行期間：93年08月01日至94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：張靖

共同主持人：陳昭華，張建彥，卓裕仁

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 26 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

先進安全大客車行車安全參數與駕駛者使用介面之設計與評估-子計畫三:大客車防撞警示系統駕駛環境與行車安全參數之研究(I)

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 93 - 2218 - E - 216 - 014

執行期間：93年8月1日至94年7月31日

計畫主持人：張靖

共同主持人：陳昭華、張建彥、卓裕仁

計畫參與人員：正值人員(碩班研究生)：曾雅瑜、周盈如、林玉潔、王暢湘、林靜芬；臨時人員(實驗受測者)：魏智浩、林玉騏、王世杰、黃義鈞、溫存鴻、江雙財、林勝全、曾永和、鄭旭珍、吳慶順、黃朝坤、馮天宗、曾龍翔、林家弘、洪啟源、廖人敬、劉益豪、莊文德、黃永忠、童龍祥、陳珍宏、莊清芳、張日強、陳耀平、范明周、潘泰平、俞明仁、林國鄰、張暄碇、張清隆

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：中華大學交通與物流管理學系

中華民國九十四年十月二十日

## 摘要

先進安全車輛為智慧型運輸系統研發應用的重要領域之一。鑑於國內近年來大客車行車事故頻傳，因此有關先進安全大客車的車輛控制與安全系統研發乃日益重要，而在系統技術研發同時，若未能針對大客車駕駛行為與行車安全參數(如跟車間距、超車視距等)進行分析，將可能導致未來實際裝設先進車輛控制與安全系統時，因車流行為之誤判與行車安全參數設定之錯誤，致使駕駛者對該系統失去信心。本研究透過大客車駕駛模擬器設計高速公路平直路段之跟車與變換車道實驗場景，招募國道客運之大客車駕駛者進行實驗，建立大客車跟車刺激－反應方程式與心理－物理行為門檻模式，並校估出大客車選擇性變換車道之接受間距模式，最後則結合模糊理論與縱向防撞警示公式，建立實用之縱向防撞警示演算法則，以作為先進安全大客車縱向防撞警示系統發展的基礎。

**關鍵字：**智慧型運輸系統、先進安全大客車、行車安全參數、大客車駕駛模擬器、縱向防撞警示演算法則

## Abstract

“Advanced Safety Vehicle” is one of the several important developing areas in the Intelligent Transportation Systems (ITS). Due to the high frequency and severity of bus accidents in the past several years, it is much more urgent to develop an “Advanced Safety Bus” (ASB) than before. However, the confidence of bus drivers to the ASB control and safe systems will be dependent on the bus driving behaviors and driving safety factors (e.g., car following gap or passing sight distance) analysis while developing system technologies of ASB. This study planned and designed several driving simulation scenario on the straight road section of the freeway by the application of a fix-based bus driving simulator. The licensed bus drivers who are working in the freeway bus companies were invited to do the experiments under this designed driving simulation scenario. The stimulus-response equations and the psycho-physical behavior threshold model were developed. A gap acceptance model for bus lane change was also calibrated. Finally, this study has developed the reasonable bus rear-end collision avoidance algorithm with related warning rules through the applications of fuzzy theory and rear-end collision avoidance equations. The results will be a useful basis in developing the rear-end collision avoidance warning system of advanced safety bus.

**Keywords :** Intelligent Transportation Systems, Advanced Safety Bus, Driving Safety Factor, Bus Driving Simulator, Rear-end Collision Avoidance Warning Algorithm

## 一、前言

近年來由於資訊與通訊等技術的快速發展，使得許多科技運用於傳統運輸系統的構想日益可行，而透過先進的交通控制與偵測技術，在車輛發生緊急事故之前適時地提醒用路人注意，甚至自動調節車輛的速度，來達到自動行車安全效果的先進安全車輛 (Advanced Safety Vehicle, ASV)，則是智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation Systems, ITS) 研發應用的重要領域之一。依據交通部於民國 93 年所提出的最新「台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫(2004 年版)」[1]中，我國現階段 ITS 的發展領域與使用者服務項目可分為 9 大類 35 項，其中「先進車輛控制與安全系統 (Advanced Vehicle Control and Safety Systems, AVCSS)」的主要內涵即為先進安全車輛(ASV)與自動公路系統(Automatic Highway System, AHS)，因此 ASV 的技術研發與應用，對於 ITS 的發展推動，具有實質而正面的意義。

就先進安全大客車發展的背景而言，自 1995 年台灣地區開放國道客運路線路權後，每年大客車之成長量與使用量均大幅成長，但相對的大客車之肇事件數與傷亡人數已逐年提高，由於高承載量的特性，使得每次發生事故所造成之傷亡均較一般小客車事故高。國、內外主管機關在積極推動大眾運輸系統的同時，為保障乘客安全，亦逐漸將安全管理之觀念由對單純對司機的管理，擴展至利用先進安全車輛(ASV)提升大客車之行車安全。ASV 的發展，從駕駛者內、外在行車資訊的蒐集、分析、處理，到將適當的資訊告知駕駛者採取正確之操控行為過程中，涵蓋偵測系統、行車安全參數判斷與人機介面設計等技術領域。國內近年來對

於大客車先進車輛控制與安全系統中之偵測系統已有相關研究單位積極投入，然在偵測系統技術發展之同時，若未能同時進行大客車駕駛行為分析與行車安全參數(如跟車間距、超車視距等)之研究時，將可能導致未來實際裝設先進車輛控制與安全系統時，因車流行為之誤判與行車安全參數設定之錯誤，而使駕駛者對該系統失去信心；另一方面，由於大客車的座艙設計、車流行為、駕駛習慣均與一般小客車有所不同，以小客車角度所發展的車流行為模式與相關安全參數，往往無法適當反映大客車真正的駕駛狀況，若因此而建立錯誤的安全資訊顯示時機，亦可能會造成另一形式的風險。故若能透過大客車駕駛模擬器的建置，利用模擬器可反覆模擬的特性，充分探討先進安全大客車系統之行車安全參數，及相關的車流行為模式，進而搭配從人因工程角度所設計出之先進安全車輛人機介面，則可建立一套符合大客車駕駛者操作環境之先進安全大客車系統，並保障大眾運輸使用者之行車安全。

## 二、研究目的

本研究主要目的在於因應國內公路之道路與交通特性，透過大客車駕駛模擬器之場景規劃設計與駕駛模擬重覆實驗，構建大客車駕駛的車流行為模式，並建立 ASV 車間通訊及防撞警示資訊系統之安全性參數，以及警示顯示時機之參數門檻。

## 三、文獻探討

本研究針對國內、外駕駛模擬器之發展[2]、變換車道模式[3, 4]、微觀車流跟車模式[5, 6]、縱向防撞警示系統演算法則[7, 8]之相關文獻加以探討整理後發現，國內、外駕駛模擬器已廣泛應用於土木建設、交通工程、人因工程、駕駛訓練及 ITS 領域，而目前所發展的變換車道與跟車行為模式均以小客車之研究為主，有必要加強大客車駕駛變換車道與跟車行為之研究，因此可透過大客車駕駛模擬器之建置應用，建立相關的模式，並由模擬實驗所得資料中，改善目前所發展的防撞警示演算法則，建立符合人因工程的防撞警示參數與演算法則。

## 四、研究方法

依據所建置之大客車駕駛模擬器(如圖 1 所示)特性，本研究所設計之跟車與變換車道模擬場景，分別如圖 2 及圖 3 所示。至於圖中之步驟內容，則說明如后。

### 1. 跟車實驗場景設計

跟車實驗場景[2, 9]顯示實驗的過程共分為 7 個階段，第 1 階段中駕駛車(即跟車狀態中之後車)初始位置是在第二車道，透過發動的動作及引擎聲之出現，啟動車輛行駛之模擬；第 2 階段中駕駛車從靜止狀態開始逐漸加速，當駕駛車的時速達到 90 公里/小時~100 公里/小時的速限範圍時，第一與第三車道開始加入 B 級服務水準的車流量，並於駕駛車前方 200 公尺的位置，出現事件車(即跟車行為之前車)，事件車開始出現時為靜止狀態，因此駕駛車會逐漸貼近事件車，直到兩車距離約為 80 公尺時，事件車開始以時速 90 公里/小時開始往前移動，此時兩車乃進入相互影響之跟車狀態。第 3 階段主要量測駕駛車因應事件車加、減速反應之駕駛行為，並藉以取得駕駛者的感知反應時間，其中實驗組合 1 的詳細內容為：當駕駛車跟車持續 25 秒後，事件車開始觸發事件，各事件的內容如表 1 所示，而透過隨機取樣的過程，實驗組合 1 的事件觸發順序分別為：D→維持 25~35 秒→E→維持 25~35 秒→A→維持 25~35 秒→停止，事件 D 為事件車從 90 公里/小時以 0.25g 的減速率減速至 70 公里/小時後，維持 70 公里/小時的速率 25~35 秒後，以 0.25g 的加速率加速至 90 公里/小時。事件 E 為事件車從 90 公里/小時以 0.4g 的減速率減速至 80 公里/小時後，維持 80 公里/小時的速率 25~35 秒後，再以 0.4g 的加速率加速至 90 公里/小時。事件 A 則是事件車從 90 公里/小時以 0.15g 的減速率減速至 80 公里/小時後，維持 80 公里/小時的速率 25~35 秒後，再以 0.15g 的加速率加速至 90 公里/小時。此一組合的最後一個事件乃是事件車在 90 公里/小時的時速下以減速率 0.55g 煞車停止。由實驗組合的內容安排中可知，一個實驗組合可包含各 3 個跟車行為之正常加、減速刺激反應及 1 個緊急煞車反應；第 4 個階段為當駕駛車同樣採取煞車行為並當車輛完全靜止(車速為 0)後，事件車加速離去。從第 5 階段開始至第 7 階段結束，實驗的過程主要是重

複第 2 階段至第 4 階段的跟車實驗，此一實驗設計的主要考量，乃是讓實驗者一次實驗可完成兩個跟車事件組合，除可節省實驗時間並促進實驗效率外，亦可增加蒐集之樣本數，而由於實驗者是同一個人，因此實驗組合 2 的事件安排則有所不同，實驗組合 2 事件觸發的順序為：F→維持 25~35 秒→B→維持 25~35 秒→C→維持 25~35 秒→停止，事件 F 為事件車從 90 公里/小時以 0.4g 的減速率減速至 70 公里/小時後，維持 70 公里/小時之速率 25~35 秒後，再以 0.4g 的加速率加速至 90 公里/小時。事件 B 為事件車從 90 公里/小時以 0.15g 的減速率減速至 70 公里/小時後，維持 70 公里/小時之速率 25~35 秒後，再以 0.15g 的加速率加速至 90 公里/小時。事件 C 為事件車從 90 公里/小時以 0.25g 的減速率減速至 80 公里/小時後，維持 80 公里/小時之速率 25~35 秒後，再以 0.25g 的加速率加速至 90 公里/小時。此一組合的最後一個事件同樣是事件車在 90 公里/小時的時速下以減速率 0.55g 煞車停止，而第 7 個階段則是當駕駛車同樣採取煞車行為並當車輛完全靜止(車速為 0)後，實驗宣告結束。



圖 1 固定基底式大客車駕駛模擬器

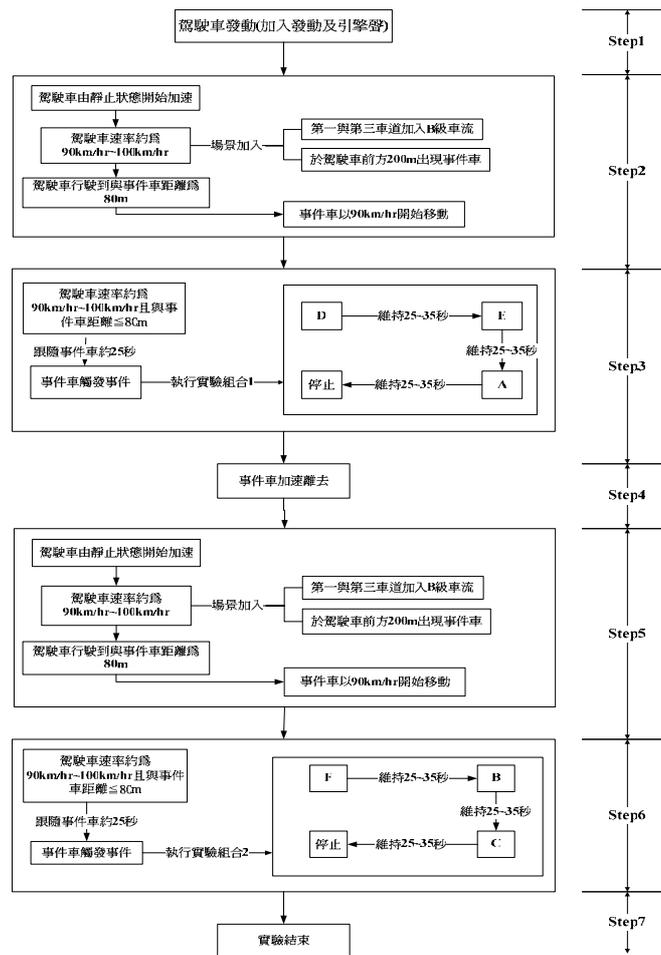
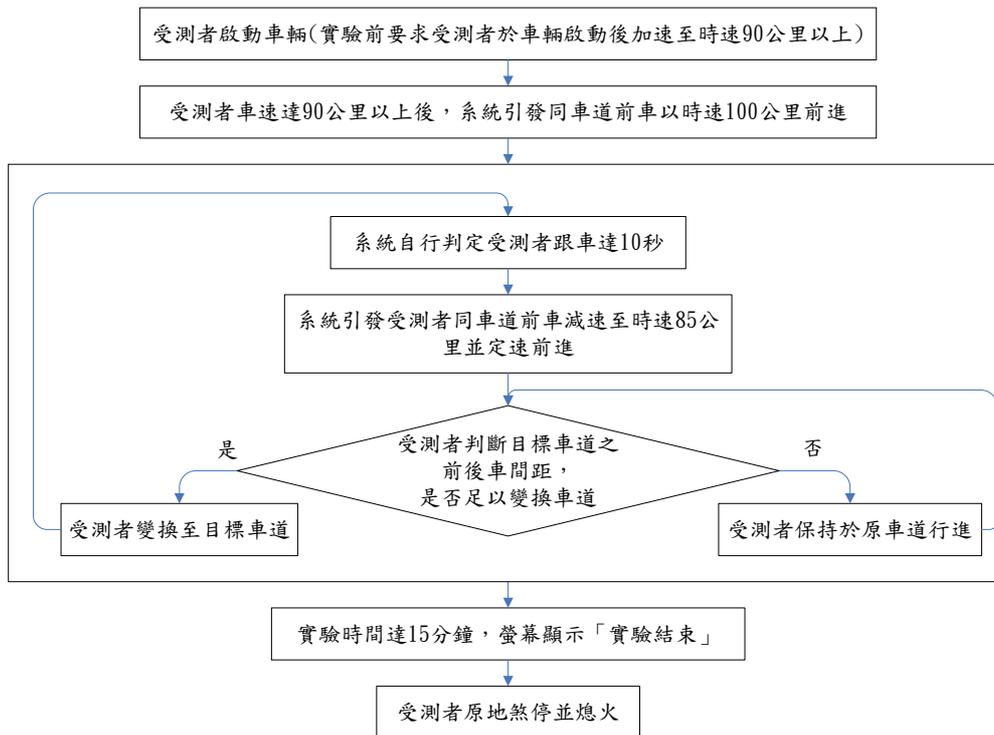


圖 2 跟車實驗設計流程圖

資料來源：[2, 9]



資料來源：[3, 4]

圖 3 變換車道實驗設計流程圖

表 1 事件車觸發事件組合表

$a$ (公尺/秒 <sup>2</sup> )*	$\Delta V$ (公里/小時)*	10	20
0.15g*		A	B
0.25g		C	D
0.4g		E	F

\*:  $\Delta V$  為事件車速率降低或增加的數值； $a$  為事件車速率降低、增加時之減、加速率； $g$  為重力加速率(9.8 m/sec<sup>2</sup>)。

資料來源：[2, 9]

## 2. 變換車道實驗場景設計

系統於實驗過程中設定同車道之前車於受測者跟車 10 秒後減速至低於受測者之期望速率，以觸發其進行選擇性變換車道，實驗時間以每人 15 分鐘為一單元。實驗內容為量測大客車職業駕駛於時速 90、100、110 公里三個不同水準之鄰車道車速下，向左及向右變換車道的鄰車道間距值，且模擬系統同時記錄變換車道時鄰車道間距大小、車流狀況與受測者車輛運行過程是否發生碰撞，以提供影響變換車道因子之分析及建構安全間距模式之用。

本研究於實驗場景設計完成後，乃於民國 94 年 3 月期間招募 10 位國道客運之大客車駕駛者進行實驗，所選定之大客車駕駛者均為男性，年齡以 40 歲~未滿 50 歲為主，而駕駛年資則涵蓋 3 至 20 年，而且均無使用過駕駛模擬器。

## 五、結果與討論

### (一) 大客車跟車行為模式與變換車道模式之建立

依據實驗所擷取的駕駛行為資料，本研究分別建立大客車跟車刺激—反應方程式與心理—物理行為門檻模式，以及變換車道模式，分別說明如后。

## 1.大客車跟車刺激－反應方程式之建立[5]

在刺激－反應方程式建立方面，本研究利用統計分析軟體 SPSS(Statistical Package for the Social Science)之非線性迴歸功能進行參數校估。由於以往刺激-反應模式主要應用於微觀車流模擬軟體，以時間進行掃描，處理車輛之位移，而一般掃描時間為 1 秒，本研究則以延遲時間 $\Delta t$  為 0.5 秒為基準，分別選取延遲時間 0.5 秒、1 秒、1.5 秒及 2 秒之資料樣本進行校估，則所擷取之有效樣本數分別為 4575、2655、1870 及 1390 筆，至於校估所得之參數組合則整理如表 2 所示，公式(1)至公式(4)為對應於表 2 參數組合之 4 個大客車跟車駕駛刺激-反應方程式。

表 2 不同延遲時間所得之參數組合表

時間延遲	樣本數	$\alpha_{l,m}$	$m$	$l$	$R^2$
$\Delta t = 0.5$	4575	2.272397784	0.19980429	0.63780937	0.57
$\Delta t = 1$	2655	3.493218482	0.14838380	0.72101547	0.61
$\Delta t = 1.5$	1870	2.428362158	0.17045567	0.66370537	0.60
$\Delta t = 2$	1390	0.552101801	0.49403233	0.56930777	0.56

$$(1) \text{模式 1: } \ddot{X}_{n+1}(t+0.5) = \frac{2.272397784[\dot{X}_{n+1}(t+0.5)]^{0.19980429}}{[X_n(t) - X_{n+1}(t)]^{0.63780937}} [\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)] \quad (1)$$

$$(2) \text{模式 2: } \ddot{X}_{n+1}(t+1) = \frac{3.493218482[\dot{X}_{n+1}(t+1)]^{0.1483838}}{[X_n(t) - X_{n+1}(t)]^{0.72101547}} [\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)] \quad (2)$$

$$(3) \text{模式 3: } \ddot{X}_{n+1}(t+1.5) = \frac{2.428362158[\dot{X}_{n+1}(t+1.5)]^{0.17045567}}{[X_n(t) - X_{n+1}(t)]^{0.66370537}} [\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)] \quad (3)$$

$$(4) \text{模式 4: } \ddot{X}_{n+1}(t+2) = \frac{0.552101801[\dot{X}_{n+1}(t+2)]^{0.49403233}}{[X_n(t) - X_{n+1}(t)]^{0.56930777}} [\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)] \quad (4)$$

## 2.大客車跟車心理－物理行為門檻模式之建立[6]

根據所擷取的樣本資料，可進行靜止車間距離(SX)、最小跟車間距(BX)、感知速差門檻(SDV)、跟車間距上限(SDX)、間距漸減速差門檻(CLDV)、間距漸增速差門檻(OPDV)等各門檻方程式之參數校估。本研究根據最小的靜止車間距離(SX)、最小的最小跟車間距(BX)及最小的跟車上限門檻(SDX)所推估而得的行為門檻模式，如圖 4 所示；另外又根據最大的靜止車間距離(SX)、最大的最小跟車間距(BX)及最大的跟車上限門檻(SDX)所推估而得的行為門檻模式，如圖 5 所示。

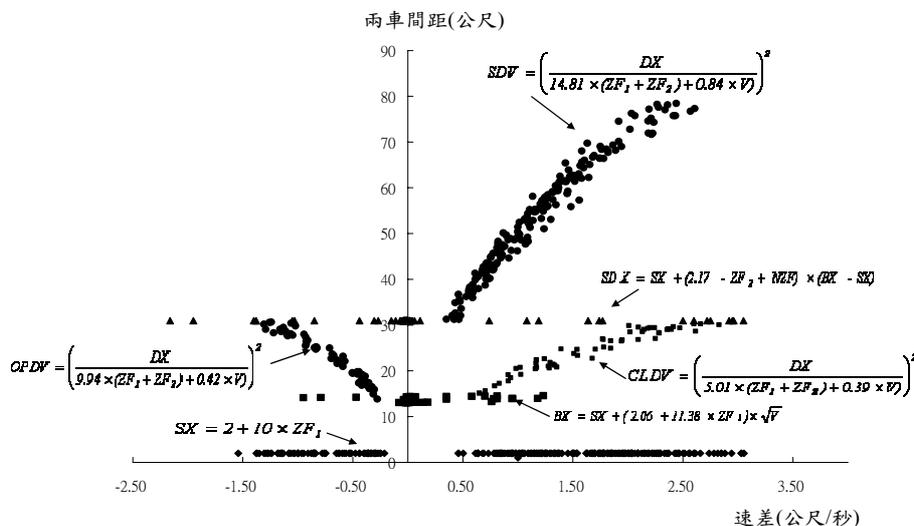


圖 4 跟車間距上限值為 30.95 公尺的行為門檻模式估計值

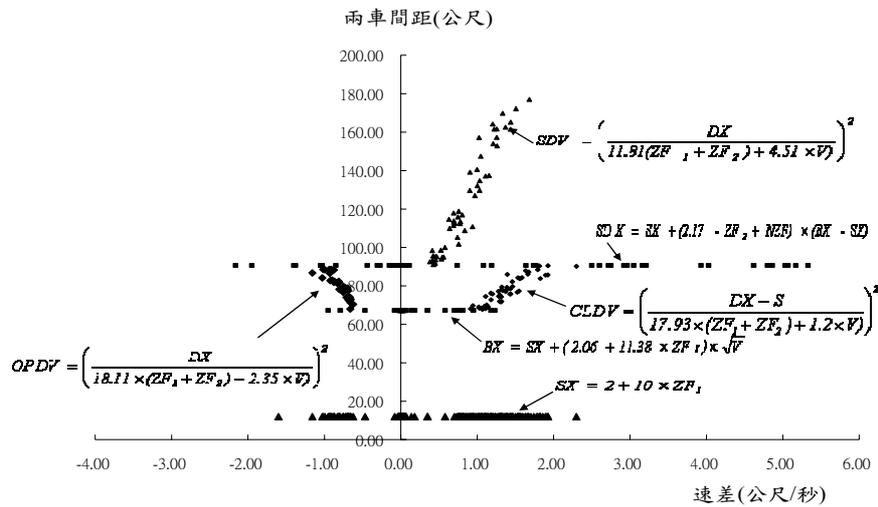


圖 5 跟車間距上限值為 90.7 公尺的行為門檻模式估計值

### 3.大客車變換車道模式之建立[3, 4]

本研究應用多元迴歸模式建立選擇性變換車道安全間距模式，模式建構過程以鄰車道間距（即鄰車道之前車車尾與鄰車道後車車頭之空間間距， $G_{nl}$ ）或鄰後車間距（即本車車尾與鄰車道後車車頭之空間間距）為依變數及考量常態和 lognormal 兩種分配，建立四種模式進行探討，並以逐步迴歸方式選取自變數。經由模式線性關係、齊一性變異(Homoscedasticity)、殘差呈常態分配且互為獨立的檢定，選取最佳模式如下式(5)所示[7]。其結果顯示大客車選擇性變換車道所需間距大小，受大客車於啟動變換車道方向燈時的速度 ( $V_s$ )，和當時與鄰車道前車空間間距 ( $G_{nl,lead}$ ) 及鄰車道後車空間間距 ( $G_{nl,lag}$ ) 的影響，且積極型駕駛（即  $B_{s1}$  值為 1）所需之變換車道間距小於保守型駕駛。

$$\ln G_{nl} = 2.7736 + 0.004V_s + 0.0119G_{nl,lead} + 0.0122G_{nl,lag} - 0.0487B_{s1} \quad (5)$$

#### (二)大客車縱向防撞警示法則之建立

本研究回顧整理國內、外 13 個縱向防撞警示法則[7]得知，目前所發展的縱向防撞警示法則，大多以車輛運動學的碰撞關係為主，所發展的法則或公式仍有必要繼續加強在人因工程方面的研究，尤其交通狀況為人、車、路(環境)三者相互作用的結果，因此不同道路環境下，駕駛者對車輛及警示系統的反應與行為，往往是決定防撞警示系統成敗的關鍵。後車駕駛者之感知反應時間、煞車減速率、兩車停止後之靜止車間距離等，正是與駕駛者行為特性直接相關的參數，也是縱向防撞警示系統的重要輸入參數。鑒於過去縱向防撞警示演算法則之感知反應時間、煞車減速率與靜止車間距離等影響參數均是以固定值代入，而事實上不同的駕駛者與不同的駕駛狀況，均會導致不同的參數反應，其警示距離也有所不同，有時甚至會相差數百公尺以上[7]。因此建立適當的參數範圍，乃至演算法則，使其符合真正的駕駛反應行為，確實為現況縱向防撞警示系統發展的重要課題

從實驗資料擷取煞車反應時之後車駕駛者感知反應時間、煞車減速率及靜止間距，則 10 位受測者各進行兩次的完整跟車煞車實驗後，可取得 20 筆樣本資料。其中感知反應時間定義為「前車煞車燈亮起至受測者腳踩煞車器之時間段」，由實驗可知感知反應時間介於 0.72 秒~4.84 秒；煞車減速率定義為「開始踩煞車時點到煞車停止時點的速率變化/時間段」，由實驗可知煞車減速率介於  $-0.15g \sim -0.74g$  ( $-1.47$  公尺/秒<sup>2</sup>~ $-7.25$  公尺/秒<sup>2</sup>)；靜止車間距離定義為「兩車停止時的兩車間隔距離」，由實驗可知靜止車間距離介於 11.74~149.33 公尺。基於駕駛模擬器之誤差與部分實驗者實驗偏誤之影響，本研究在感知反應時間部分，將最大值 4.84 秒去除，保留次高的 3.23 秒，因此感知反應時間的範圍為 0.72 秒至 3.23 秒；煞車減速率部分，則維持原實驗範圍  $-1.47$  公尺/秒<sup>2</sup> 至  $-7.25$  公尺/秒<sup>2</sup>；至於靜止間距，則因實驗所得之數值過於偏高，因此另以相關研究[10, 11]提出的 2 公尺至實驗所得之最小值 11.74 公尺約為 12 公尺為範

圍，此乃由於靜止間距大於 0，則駕駛者不會發生碰撞，故本研究以實驗所得之最小靜止間距為最大值範圍，仍具有一定程度之安全性，也不會因實驗數值過大造成警示距離過於保守。透過警示距離公式[8]之分析與參數模糊化，建立參數的安全隸屬度函數，並經模糊警示距離公式之解模糊化，建立 27 種安全等級之警示距離公式，如表 3 所示。在應用上，本法則係由駕駛者自行選定適合的參數安全度層級，並透過三參數不同安全隸屬度組合之縱向防撞警示通式與相關應用法則警示駕駛者。主要法則如下[8]：

- 1.前車之速率、減速率、後車速率利用偵測推算而得。
- 2.前、後兩車之實際間隔距離利用偵測推算而得。
- 3.以 0.1 秒為車輛警示雷達偵測取得變數資料之時間間隔。
- 4.在三次判斷計算中，若有連續兩次的兩車實際間隔距離小於等於所計算之警示距離，則給予駕駛者警示。
- 5.當給予駕駛者警示而駕駛者無反應時，可透過系統回饋機制來修正警示距離公式。
- 6.警示聲響原則上持續 1 秒鐘，1 秒後聲響轉為小聲。
- 7.就高速公路之應用而言，配合高速公路速限設定最低速度，當時速小於 60 公里/小時，即不提供警示。
- 8.後車處於煞車狀態時，不提供警示予駕駛者。

前述之回饋機制，乃是當警示駕駛者而駕駛者未有反應動作時，即可透過回饋機制修正警示公式。假設駕駛者選取三參數均為高安全，當駕駛者未反應時則選取安全性較低之警示距離公式。

### (三)討論

- 1.以往對於車流資料之蒐集多以攝影的方式，將實際車流狀況拍攝下來，之後再經由影像處理取得車輛的動態資訊，而其轉換的過程可能會有誤差的產生。然駕駛模擬系統之資料蒐集乃由電腦全程監控，完整記錄所有車輛資訊，因此在良好設計之駕駛模擬系統下，可較為有效且完整地蒐集駕駛行為與車流資料。
- 2.本研究建立標準化的高速公路平直路段大客車跟車與變換車道實驗場景，場景內容涵蓋國內高速公路大客車駕駛與前車跟車、鄰車互動的相關加、減速事件，此一實驗場景設計的主要目的，在於能夠將實驗過程儘量與現實跟車情形一致，避免受測者因實驗設計的安排而有預期心理，造成實驗結果的偏誤性。
- 3.本研究進行大客車跟車駕駛刺激—反應方程式與心理—物理行為門檻模式之參數值校估，並建立符合大客車跟車駕駛行為之相關模式，具有相當的實用價值。而應用多元迴歸模式所建立之選擇性變換車道安全間距模式，顯示大客車選擇性變換車道所需間距大小，受大客車於啟動變換車道方向燈時的速度，和當時與鄰車道前車空間間距及鄰車道後車空間間距所影響。
- 4.本研究透過大客車駕駛模擬器實驗並加以資料篩選分析，取得感知反應時間、煞車減速率及靜止車間距離三個參數的數值範圍，其中感知反應時間介於 0.72 秒~3.23 秒，煞車減速率介於-1.47 公尺/秒<sup>2</sup>~-7.25 公尺/秒<sup>2</sup>，靜止車間距離介於 2 公尺~12 公尺。本研究並以標準縱向防撞警示演算法則為基礎，應用模糊理論之等腰三角形隸屬度函數與 BADD 法之解模糊化，將感知反應時間、煞車減速率及靜止車間距離的實驗資料數值範圍設定成高、中、低安全隸屬度，進行參數模糊化之分析推導與模糊警示距離之解模糊化，建立 27 種不同安全度參數組合之警示距離公式；並建立相關的縱向防撞警示相關法則，法則應用中包含警示距離公式自我修正之回饋機制，當大客車駕駛者對於警示沒有回應時，系統具有回饋功能可自動調整為次安全程度的警示距離公式，使警示法則更具有應用之彈性。
- 5.本研究之相關實驗以大客車駕駛模擬器為主要應用工具，有關大客車駕駛模擬器部分，可持續進行真實度驗證及修正以提供後續相關實驗更加真實的實驗結果。

表 3 警示距離通式表

$RT_A$		低安全	中安全	高安全
警示值				
$a_{FB}$	$B_C$			
低安全	低安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 2.695 \bullet v_F + 9)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 3.95 \bullet v_F + 9)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 5.205 \bullet v_F + 9)/2$
	中安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 2.695 \bullet v_F + 14)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 3.95 \bullet v_F + 14)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 5.205 \bullet v_F + 14)/2$
	高安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 2.695 \bullet v_F + 19)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 3.95 \bullet v_F + 19)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{5.805 \times v_F^2}{31.61} + 5.205 \bullet v_F + 19)/2$
中安全	低安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 2.695 \bullet v_F + 9)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 3.95 \bullet v_F + 9)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 5.205 \bullet v_F + 9)/2$
	中安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 2.695 \bullet v_F + 14)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 3.95 \bullet v_F + 14)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 5.205 \bullet v_F + 14)/2$
	高安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 2.695 \bullet v_F + 19)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 3.95 \bullet v_F + 19)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{4.36 \times v_F^2}{16.922} + 5.205 \bullet v_F + 19)/2$
高安全	低安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 2.695 \bullet v_F + 9)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 3.95 \bullet v_F + 9)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 5.205 \bullet v_F + 9)/2$
	中安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 2.695 \bullet v_F + 14)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 3.95 \bullet v_F + 14)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 5.205 \bullet v_F + 14)/2$
	高安全	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 2.695 \bullet v_F + 19)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 3.95 \bullet v_F + 19)/2$	$(\frac{v_L^2}{a_L} + \frac{2.915 \times v_F^2}{6.409} + 5.205 \bullet v_F + 19)/2$

## 六、參考文獻

- 1.交通部，「台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫(2004年版)」，民國93年。
- 2.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。
- 3.陳昭華，林志勇，林玉潔，「應用大客車駕駛模擬器建置大客車變換車道安全間距模式」，中華民國運輸學會，淡江大學，台灣台北縣，民國94年11月。(收錄於論文集)
- 4.陳昭華，林玉潔，「大客車變換車道安全間距之分析與探討」，2005年海峽兩岸智能交通運輸系統學術研討會暨第二屆同舟交通論壇，中國上海市，2005年8月。
- 5.張建彥、張靖、許峻嘉、曾雅瑜，「大客車跟車駕駛刺激反應行為之模擬與分析」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會，中華民國運輸學會，淡江大學，台灣台北縣，民國94年11月。(收錄於論文集)
- 6.張靖、張建彥、許峻嘉、林靜芬，「應用駕駛模擬器建立大客車跟車行為門檻模式之分析」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會，中華民國運輸學會，淡江大學，台灣台北縣，民國94年11月。(收錄於論文集並於大會報告)
- 7.張建彥、張靖，「縱向防撞警示系統演算法則之參數特性分析」，交通學報，民國94年9月。(已接受刊登)
- 8.張建彥、林志勇、周盈如，「大客車縱向防撞警示法則參數模糊化之建立與應用」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會，中華民國運輸學會，淡江大學，台灣台北縣，民國94年11月。(收錄於論文集並於大會報告)
- 9.張建彥、張靖、魏智浩，「大客車跟車駕駛反應時間與車間距離關係之分析」，運輸學刊，民國94年5月。(送審中)
- 10.A.L. Burgett, A. Carter, R.J. Miller, W.G. Najim, and D.L. Smith, "A Collision Warning Algorithm for Rear-End Collisions," *16th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles Abstracts*, 98-S2-P-3 1, Washington, DC, May 1998.
- 11.S.J. Brunson, E.M. Kyle, N.C. Phamdo, G.R. Preziotti, "Alert Algorithm Development Program NHTSA Rear-End Collision Alert Algorithm," Final Report, *National Highway Traffic Safety Administration*, DOT HS 809 526, Washington, DC, September 2002.

## 七、計畫成果自評

- 1.計畫成果完全符合原計畫內容，並達成預期目標。
- 2.具體研究成果如下：
  - (一)、期刊論文：
    - (1) 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。
    - (2) 張建彥、張靖，「縱向防撞警示系統演算法則之參數特性分析」，交通學報，民國94年9月。(已接受刊登)
    - (3) 張建彥、張靖、魏智浩，「大客車跟車駕駛反應時間與車間距離關係之分析」，運輸學刊，民國94年5月。(送審中)
  - (二)、碩士論文
    - (1) 林靜芬，應用駕駛模擬器建立大客車跟車行為門檻模式之分析，中華大學科技管理研究所碩士論文，中華民國九十四年六月。
    - (2) 曾雅瑜，大客車跟車駕駛刺激反應行為之模擬與模式之建立，中華大學科技

管理研究所碩士論文，中華民國九十四年六月。

- (3) 周盈如，大客車縱向防撞警示法則參數模糊化之建立與應用，中華大學科技管理研究所碩士論文，中華民國九十四年六月。

(三)、研討會論文

- (1) 陳昭華，林志勇，林玉潔，「應用大客車駕駛模擬器建置大客車變換車道安全間距模式」，中華民國運輸學會，淡江大學，台灣台北縣，民國 94 年 11 月。(收錄於論文集)
- (2) 陳昭華，林玉潔，「大客車變換車道安全間距之分析與探討」，2005 年海峽兩岸智能交通運輸系統學術研討會暨第二屆同舟交通論壇，中國上海市，2005 年 8 月。
- (3) 張建彥、張靖、許峻嘉、曾雅瑜，「大客車跟車駕駛刺激反應行為之模擬與分析」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會，中華民國運輸學會，淡江大學，台灣台北縣，民國 94 年 11 月。(收錄於論文集)
- (4) 張靖、張建彥、許峻嘉、林靜芬，「應用駕駛模擬器建立大客車跟車行為門檻模式之分析」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會，中華民國運輸學會，淡江大學，台灣台北縣，民國 94 年 11 月。(收錄於論文集並於大會報告)
- (5) 張建彥、林志勇、周盈如，「大客車縱向防撞警示法則參數模糊化之建立與應用」，中華民國運輸學會第二十屆論文研討會，中華民國運輸學會，淡江大學，台灣台北縣，民國 94 年 11 月。(收錄於論文集並於大會報告)
- (四)、完成預期之駕駛模擬器與場景軟體開發。