

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以駕駛模擬器建立大客車防撞警示系統變換車道臨界間距 模式之研究(I)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-216-017-

執行期間：94年08月01日至95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：陳昭華

計畫參與人員：林玉潔

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 31 日

中文摘要

變換車道(Lane-changes)是車輛運行的重要行為之一，當車流中之變換車道次數增加，不僅會干擾車流之運行也會提高事故發生之風險。大客車之體積龐大，且礙於車上既有之輔助設備如照後鏡和車前兩側之後視鏡之視角限制，變換車道不如小汽車敏捷，而大客車駕駛者變換車道時，需同時與本車道前車保持距離，目測車體前後端與相鄰車道前後車輛的間距，且須顧及側向目標車道車輛之反應，為一複雜之平行決策過程。本研究建立一適用於大客車變換車道防撞警示的安全間距模式，主要應用大客車駕駛模擬器，配合實驗設計建置模擬場景，邀請 10 位國道客運駕駛者進行實驗，並透過變異數分析及多元迴歸分析方法建立選擇性(Discretionary)變換車道安全間距模式。研究結果顯示鄰車道車速對間距有顯著影響，另外鄰車道時間間距取自自然對數模式，受鄰車道車速、本車與鄰車道速差、鄰前車間距、鄰後車間距的影響；而前車與鄰後車空間間距模式則受油門深度、前車間距、本車與鄰車道速差、本車與前車速差等的影響。此外在 95% 預測信賴區間內，兩個模式之預測能力驗證結果顯示，時間間距模式之表現優於前車與鄰後車空間間距模式。

關鍵詞：駕駛模擬器、變換車道、安全間距、大客車警示系統

Abstract

The lane-change process for coaches is technically more rigid than cars because of their sizes and the limitation of sight angle. Lee et al. (2004) indicated that lane-change crashes account for 4% to 10% of all crashes and between 0.5 to 1.5% of all motor vehicle fatalities per year. Lin (2004) showed that accidents due to vehicles making lane changes during March 2000 to August 2003 in Taiwan account for over 2/3 of total accident records during that period. In this study, we presumed that coaches may benefit from Collision Avoidance Warning Systems (CAWS) while make lane changes. Discretionary lane-change maneuver was the focus of this study and a safety gap model of lane-change for potentially application in CAWS was constructed by multiple regression method. Lane-change data were collected from a fixed-base bus driving simulator. Experimental scenarios were set under a two-lane freeway mainline with day light and B level-of-service vehicular flows traveling in different speed ranges. Professional coach drivers were recruited to perform experiments. Research results indicated that speed of the target lane and speed difference between the target lane for lane-change and the subjective vehicle were significantly affect the value of a safety time gap. Moreover, a safety gap forecasting model with the time gap between lead and lag vehicle on the target lane or the spacing between subject vehicle's lead vehicle and the lag vehicle on the target lane as a predictor showed promising results for their applications in the development of CAWS.

Key Words: Lane Change, Driving Simulator, Safety Gap, CAWS

一、前言

臺北市汽車駕駛訓練中心，2006 年舉辦大客車乘車安全體驗活動【1】之「體會視野死角」，指出大客車駕駛人視野死角之危險性與預防該情形發生之重要性，而此點也由 Chovan et al (1994)之研究得到呼應，該研究指出變換車道引發的車禍中，多因駕駛者未發覺另一車輛或事故危險源【12】，大客車礙於車上既有之輔助設備如照後鏡和車前兩側之後視鏡之視角限制，變換車道不如小汽車敏捷，且需同時與本車道前車及鄰車道車輛保持適當間距，需要大量環境資訊，而處理時間短暫，為複雜之平行決策，若能於變換車道過程中提供防撞警示系統，應可提昇行車安全。依 Gipps(1986)建立的變換車道決策架構得知，變換車道時駕駛者觀察相鄰車道前、後車的間距是否大於臨界間距，以判斷是否能安全完成動作【13】，是以分析鄰車道間距與交通狀況的關係，可作為變換車道警示系統的依據。

本研究旨在建立適用於大客車選擇性變換車道防撞警示系統的安全間距模式，為了建立適用於大客車變換車道防撞警示系統的變換車道安全間距模式，經由應用中華大學 93 年建置完成之固定基底型大客車駕駛模擬器，模擬晴天日間雙線道高速公路之路況，透過實驗設計方法，討論三水準鄰車道車速與兩水準之左右轉向之影響，招募 10 位國道客運駕駛者進行實驗，並將資料依是否符合選擇性變換車道情境做分類，剔除不符條件的資料，將整理所得之資料以多元迴歸分析方法建立安全間距模式，供建立大客車變換車道防撞警示系統門檻值之參考。本研究內容主要包括(1)大客車駕駛模擬器情境設計與實驗設計；(2)擷取與篩選實驗資料；(3)實驗資料統計分析與檢定；以及(4)應用多元迴歸建立變換車道安全間距模式與驗證。

二、文獻探討

依 Gipps (1986)和 Ahmend et al (1996)指出變換車道行為可分解為三步驟：(1)因某種動機或原因而決定變換車道，(2)選擇右或左鄰車道變換車道，(3)接受欲前往車道之間距(即臨界間距)【13】、【14】。施秉男(2002)將變換車道依引發條件分為(1)自由變換車道：當本車與本車道前車及鄰車道前後車皆有相當距離時，此時本車可恣意的變換車道；(2)選擇性變換車道：當本車道前車速率太慢，本車欲變換車道時需考慮到鄰近車道的車流狀況；(3)強迫性變換車道：一般強迫性變換車道的發生原因多在交通工程設施發生改變(如：車道縮減、道路施工)或是在上、下匝道時之變換車道行為，通常其所需的變換車道時間較諸正常的車道變換為短【2】。本研究以選擇性變換車道為研究範圍，因此情況駕駛者需集中注意力於鄰近車輛的狀況，是以提供有效的警示可有效減低肇事風險。

根據胡順章(1993)研究指出：車流密度會影響變換車道行為，當服務水準為 C、D 級時，變換車道頻次較高；另外，變換車道頻次會隨流量增加而遞增，於流率 300~310 左右，發生變換車道頻次為最高；以及大型車往鄰車道移動至動作完成為止，需耗費時間平均需 3 秒以上【3】；因此本研究參考上述數值，設計模擬場景中之周遭車輛的車流密度，並於實驗後，檢驗所得的樣本是否與真實行為有太大的差距，給予適當的資料分類及處理。利用駕駛模擬器收集資料之優勢，在於駕駛模擬器上安裝的偵測組件，能全盤記錄受測者車輛與周圍車流互動的反應，透過適當的偵測組件如：煞車訊號電路板、油門訊號電路板、方向盤訊號電路板...等，則可記錄煞車、油門、方向盤等的訊號，以得知變換車道時，受測者與周圍車流的互動。是以將影響變換車道的因素歸納如表 1，設計適當的偵測組件，裝置於駕駛模擬器上，以記錄資料並且用於分析，由表 1 可知影響變換車道的因素可概括為本車與周圍車流之間距、速度與相對速差。

表 1 影響變換車道因素

作者(年份)	影響變換車道因素	作者(年份)	影響變換車道因素
陳奕志(1997)	本車道前車速率 本車道前車與本車距離 鄰車道後車速率 鄰車道後車與本車距離	黃運貴 (1986)	兩車距離 速率 加速率 車流量

	鄰車道前車速率 鄰車道前車與本車距離 本車速率		
胡順章(1993)	本車與本車道前車之時間間距 鄰前車與鄰後車之時間間距 本車道後車與本車之距離 本車道後車與鄰後車之相對速度	朱松偉 (1980)	本車道及鄰車道車輛間距 本車道及鄰車道相對速差
陳昭華等人 (2005)	鄰車道車速 變換車道轉向	陳昭華等人 (2005/11)	本車車速 鄰前車間距 鄰後車間距 駕駛者特性

資料來源：【4】、【5】、【3】、【6】、【7】、【8】

根據 Gipps (1986)研究市區道路變換車道行為中定義：(1)臨界間距為最小可接受間距 (Acceptable Gap) 之長，且(2)臨界間距之大小會因駕駛者之積極程度不同而異，積極型駕駛者需要較小的臨界間距，保守型駕駛者則傾向較大臨界間距；(3)當駕駛者於行進過程中想要變換車道時，若當時的間距大於其心中認定的臨界間距，則駕駛者即進行變換車道【13】。其中可接受間距意指變換車道時，若駕駛者認定周圍車輛與本身車輛所保持的距離為安全，則該距離稱為該駕駛者的可接受間距。由 Gipps 所述三點可知，駕駛者心中認定的臨界間距，是一個綜合心理與物理的數值，每位駕駛者的臨界間距根據其個性與當時的車況會有不同，因此本研究為找出適合該受測者的安全間距預測模式，以預測當時的安全間距，作為警示法則參考。透過對變換車道可接受間距分配模式之了解，可協助安排場景中之鄰車道間距，可接受間距在市區交叉路口可用普羅比模式做分析，在高速公路匝道則多用二元羅吉特模式做分析，整理如表 2：

表 2 可接受間距模式過去研究

作者(年份)	模式
Drew et al. (1967)	假設可接受間距為Lognormal分配
Miller (1974)	假設可接受間距為常態分配
Daganzo (1981)	以普羅比(Probit)模式預估常態分配臨界間距的參數，以記錄駕駛者行為的異質性
Heckman (1981)	指出Daganzo使用隨機變數的其中一個組成需標準化
胡順章(1993)	以二元羅吉特模式探討有關駕駛者變換車道之行為—變換車道決策模式、軌跡模式、對鄰車道造成反應之現象
Kita (1993)	建立二元羅吉特模式，以「間距長、與加速車道盡頭的距離、相對速度」為可解釋變數
Cassidy et al. (1995)	以二元羅吉特模式預估單一值的臨界間距函數的平均值

資料來源：【15】、【16】、【17】、【18】、【3】、【19】、【20】

Ahmed (1996)研究高速公路匝道路段臨界間距分配模式，以美國聯邦公路總署(FHWA)匝道附近軌跡資料，校估 MITSIM 中臨界間距的參數，結果顯示鄰車道的前車與本車的垂直間距，不受交通狀況影響，為 15 英尺。但鄰車道後車與本車的垂直間距，受本車與鄰車道後車的速度差、至加速車道盡頭前的距離之影響【14】。Yang 與 Koutsopoulos (1996)指出 MITSIM 引用 Gipps 概念，於選擇性變換車道可接受間距公式(式 1、式 2)中，納入駕駛者車速(v_n)、鄰車道前、後車速(v_a 、 v_b)，其中， a =鄰車道前車， b =鄰車道後車， n =駕駛者車輛， g_{an}^D = 鄰前車臨界間距， g_{bn}^D = 鄰後車臨界間距， g_a^D = 最小鄰前車間距， g_b^D = 最小鄰

後車間距， v_a =鄰前車速， v_b =鄰後車速， v_n =駕駛者車速， β =參數， ε_a 、 ε_b =誤差項【21】：

$$g_{an}^D = \max\left\{g_a^D, g_a^D + \beta_{a1}^D v_n + \beta_{a2}^D (v_n - v_a) + \varepsilon_{na}\right\} \quad (1)$$

$$g_{bn}^D = \max\left\{g_b^D, g_b^D + \beta_{b1}^D v_b + \beta_{b2}^D (v_b - v_n) + \varepsilon_{nb}\right\} \quad (2)$$

施秉男(2002)指出 FRESIM 中車輛欲從事車道變換之臨界間距大小和車輛的期望速率直接相關，且期望速率值的決定，是服從常態分配。【2】Ahmed (1999)研究選擇性換車道之臨界間距模式，以雙車道高速公路為場景，以機率模式決定變換車道時機，再估計變換車道可接受間距，其模式分列如下：駕駛者 n 於 t 時間時，對於選擇性變換車道之選擇反應機率 P 如式 3，而臨界間距 $G^{cr,g}$ 如式 4，其中， $DCNS$ 為駕駛者不滿意現況(Driving Condition Not Satisfied)； g =鄰車道間距； α^g =對 g 的 v_n 之參數； $\varepsilon_n^g(t)$ =隨 g 、 t 與 n 變化的一般隨機項 (generic random term)【22】：

$$P_t(DCNS | v_n) = \frac{1}{1 + e^{-X_n^{DCNS}(t)\beta^{DCNS} - \alpha^{DCNS}v_n}} \quad (3)$$

$$G_n^{cr,g}(t) = e^{X_n^g(t)\beta^g + \alpha^g v_n + \varepsilon_n^g(t)} \quad (4)$$

胡順章(1993)觀察高速公路之變換車道可接受時間間距大多介於 2.55~4.25 秒間，平均值為 3.203 秒，標準差 0.955 秒，其機率分配為對數常態分配。【3】施秉男(2002)以駕駛模擬器對 FRESIM 車流模式作參數校估與檢定，納入期望速率之預設值均數為時速 55 英哩，標準差為每秒 8 英呎，最大期望速率為時速 70 英哩，最小期望速率為每秒 60 英呎，得到臨界間距方程式如式 5，所得間距介於 0.160254~1.659122 秒，平均值為 0.695328 秒，大部分介於 0.6~0.8 秒，顯示一般駕駛人於變換車道時之接受間距約達 0.6 秒以上，另外，若欲換算為空間間距表示，則需考量當時車速，如：當鄰車道之後車車速為時速 60 公里時，受測者欲變換車道至少需相距 10 公尺以上【2】。

$$\text{臨界間距} = \frac{11.325 + \ln \frac{R}{1-R}}{0.1188} \quad (5)$$

$$R = \frac{\text{最大期望速率} - \text{系統隨機產生之期望速率}}{\text{最大期望速率} - \text{最小期望速率}}$$

其中，

Smith et al. (2003)觀察小客車變換車道間距指出，變換車道動作起始點與動作完成點之前車與鄰後車的垂直距離，於兩個時點的資料數值雖然是相近的，但是於兩者間距變化量為負值時，則兩車的間距有漸減的趨勢；而當兩者間距變化量為正時，則兩車的間距有漸增的趨勢，原因是本車會與前車及鄰後車皆維持適當的間距，若前車與鄰後車之垂直距離過於接近，則駕駛者可能會放棄變換車道，而且 Smith et al. (2003)研究得到駕駛者與前車或鄰後車會最少保持一小客車車身的間距(以大客車而言，前車與鄰後車約 10~16 公尺)，推測是為了維持安全；是以欲研究大客車變換車道行為，亦可考量此狀況是否會發生於駕駛者的決策過程，可將前車與鄰後車垂直間距納入分析【23】。

三、研究方法

3.1 實驗設計

由文獻回顧中得知大客車車體可能為影響變換車道安全與否的因子【1】，以及周圍車流的車速會影響駕駛者的判斷，因此以實驗設計方法探討「轉向」與「鄰車道車速」對於間距是否有顯著影響，以輔助建立安全間距模式。本實驗為了簡化駕駛模擬器場景設計的難度，設定周圍車流為小客車，當鄰車道車速稍低時，表示車道上車輛漸多，平均車速降低，引起駕駛者想要變換車道以達到其理想車速【13】，考量國道小客車速限為 80~120 公里/時，是以將「鄰車道車速」設定為「時速 90 公里、100 公里、110 公里」等 3 個水準，「轉向」因子設定為 2 個水準，即「左轉與右轉」，因此情境組合(Treatment)共有 6 種。本研究指稱之間距包含「鄰車道間距」、「前車與鄰車道間距」與「鄰後車間距」三種，說明如下：(1)空間間距(單位：公尺)：鄰前車車尾至鄰後車車頭的空間間距，由於對於駕駛者以目測方式做變換車道時的間距決策判斷較方便。(2)鄰後車時間間距(秒)：空間間距

除以鄰後車車速，駕駛者對於鄰後車花了多少時間接近本車有較高的敏銳度，是以加入鄰後車車速之影響。(3)鄰前車空間間距(公尺)：本車至鄰前車車頭的空間間距。(4)鄰後車空間間距(公尺)：本車至鄰後車車頭的空間間距。

3.2 模擬場景建置及驗證

本研究之場景以高速公路雙線道之 B 級服務水準之車流為主，並設定前提假設：(1)受測者駕駛車輛與鄰車道的前、後車無合作問題：意即鄰車道的後車不會因駕駛者插入其車道而退讓；(2)本研究用以建立安全間距模式中的變數，假設現代或未來科技所製造的大客車防撞警示系統皆可偵測得到。本研究要求受測者於不碰撞、不超速的狀況下儘量變換車道，以取得較多的實驗資料，實驗流程如圖 1。實驗含 9 分鐘學習性實驗與 30 分鐘正式實驗，其中間距由小到大排列實驗 15 分鐘及間距隨機排列實驗 15 分鐘。學習性實驗目的在於讓受測者習慣駕駛模擬器的操作，以免無法取得足夠筆數的實驗數據，但須避免透漏過多實驗內容，免得受測者有預期心理，過度表現而影響實驗結果。

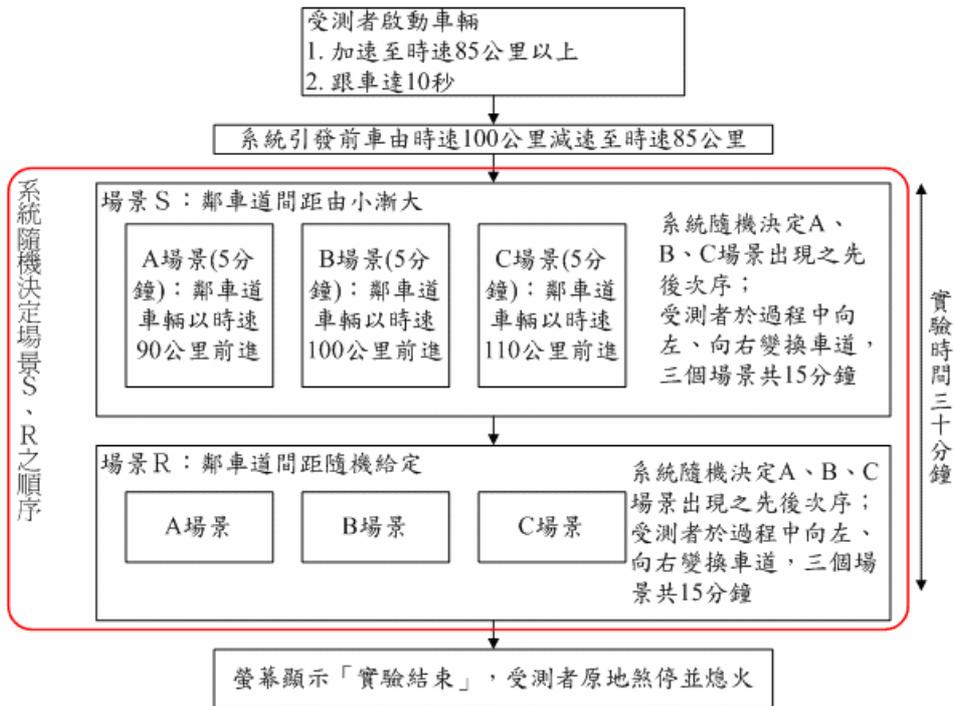


圖1 實驗流程圖

此外，為了讓模擬場景接近真實，亦有以下之設定：(1)鄰車道空間間距設定：為了讓受測者於變換車道時，可自由選擇其認為安全、可接受的間距，是以需要隨著不同鄰車道車速需給予適當的鄰車道空間間距設定，以式子 6 將時間間距換算為空間間距，並且以式子 7 換算鄰車道空間間距。其中，施秉男(2002)指出鄰後車時間間距之範圍為 0.6~0.8 秒【2】；而鄰前車空間間距參考 Ahmed(1996)提出的小客車之鄰前車間距不受交通狀況影響，為 4.57 公尺(15 英尺)【14】。因此當鄰車道時速 90 公里時，系統給予鄰車道間距範圍為 31.57~36.57 公尺；時速 100 公里時，給予範圍 33.27~38.77 公尺；時速 110 公里時，範圍為 34.87~40.97 公尺。(2)鄰車道車速：受測者車輛的相鄰車道車流以等速度前進，系統每隔 5 分鐘自時速 90、100、110 公里中，以不重複的挑選方式，使鄰車道車輛以選定速度前進；5 分鐘後，系統再由未選定的速度中選定一個，直到 3 種速度都實驗完畢。

$$\text{空間間距} = \text{時間間距} \times \text{時速} \quad (6)$$

$$\text{鄰車道間距} = \text{鄰後車間距} + \text{大客車車長} + \text{鄰車道前車間距} \quad (7)$$

3.3 場景驗證

本研究應用中華大學大客車駕駛模擬器，該單位與參與國科會 93 年期大客車防撞警示系統之駕駛者安全及使用者介面設計研究計畫(計畫編號 NSC93-2218-E-216-013)，物理驗證方面委請中央大學機械工程學系，試驗項目含油門、滑行、煞車，試驗方法參考 JIS (Japanese Industrial Standard) 規範：加速性能實驗(JIS D1014)、煞車性能實驗(JIS D1013)，

依實驗取得之數值建立校估模式，應用於大客車駕駛模擬器系統之物理校估。再於系統場景建置完畢後，邀請小客車駕駛者進行試驗駕駛，將觀察到與真實生活不符的情形，進行手動系統微調，以提高使用者之真實感受與駕駛過程之舒適性。並且請受測者根據實驗過程中的經驗來回答問卷如附件一，作為日後改進的方向。第一部分問項為硬體部分，調查駕駛座硬體操控與受測者平時駕駛車輛的感受差異；第二部分為場景，是為單槍投影屏幕上之模擬場景，與平時於高速公路所見之車流及路面於視覺上的差異；第三部分為心理感受，由於模擬場景使用投影設備，需將背景燈光關閉，是以須了解較暗的畫面是否造成暈眩感，以作為調查資料偵誤的參考，若受測者明顯於該問項部分給予較差的分數，則需考量該受測者是否因實驗過程中產生不適而影響數據的正確度；第四部份為受測者基本資料，調查受測者本身駕駛資歷，可做為分析駕駛經驗長短對鄰車道間距大小的影響，調查結果顯示：10位受測者皆不曾使用過任何型式的駕駛模擬器，平均年齡介於30~39歲，平均駕駛年資為11.20年。第一部份結果顯示，硬體設備與受測者實車經驗差異最大的為「油門」，審視各公司車種之煞車系統不同，因此產生的煞車效果亦不同，受測者在實驗過程中，會覺得本研究所應用的煞車系統減速係數較大，當踩下油門時，會覺得車體太快停止，但是經由本研究所提供的9分鐘的學習性駕駛，受測者已經可以適應不同油門系統的減速效果。第二部份顯示受測者最不滿意的為模擬場景為「遠近大小比例」，由於場景投影到屏幕上，藉由物體大小改變，以及遠方物體朦朧、近距離物體清晰的方式，讓受測者產生遠近感，是以受測者初次使用時，需要時間適應畫面中距離的變化，並透過加速、減速的過程以確定畫面中的車輛與本車的相對距離，受測者從學習性駕駛中習慣場景中各車輛的相對位置，以達到較正確的相對距離判斷。由第三部份統計顯示，受測者對於三個問題感受相近，若受測者於實驗前晚熬夜加班，則頭暈嘔吐現象會加劇，精神好的受測者則狀況較佳，因此本研究於前幾位受測者做完實驗後，要求當時未受測之其餘駕駛者務必於前晚保持充足睡眠，以免實驗當天身體不適。

四、資料蒐集、處理、分類與分析

4.1 資料蒐集

本研究根據資料的特性、受測者的駕駛行為予以篩選、分類，檢定量測值是否違背統計基本假設，並且將安全變換車道的資料作變異數分析，檢驗「轉向、鄰車道車速」此二因子對間距是否呈顯著影響。變換車道動作過程中，最明顯的動作有三種，即「打方向瞬間」、「動作起始」及「動作完成」等，其中變換車道動作啟動瞬間與動作結束瞬間，此二時點較難準確判定的。本研究乃利用駕駛模擬器能詳細記錄周圍車流狀況的特性，找出足以明確判定上述時點的辨別方式，判定方法如下：(1)受測者變換車道動作啟動時點之判定：駕駛模擬器系統模擬周圍車流時，將所有車輛皆編碼，系統記錄最靠近本車(指受測者所駕駛的模擬大客車)的車輛編號，包括原車道前車、鄰車道前車、鄰車道後車等三部車，當本車進入鄰車道中心時，系統判定變換車道動作完成。(2)以本車水平座標記錄是否連續，來判斷變換車道是否為安全的：當受測者由原車道變換至鄰車道時，中華大學大客車駕駛模擬器運作機制包含當受測者與車流中車輛發生碰撞時，系統會發出模擬的碰撞聲，將本車重置於車道中央，且將周圍車流排回未碰撞前的位置，讓受測者能繼續進行實驗。

4.2 資料篩選與處理

本研究為求資料符合真實，提出實驗中較特別的資料，並給予適當的處理：(1)頻繁變換車道：受測者於短時間內頻繁變換車道，其原因為受測者看到前方車輛有並進的現象，為了要達到實驗前指示的變換車道要求，便於兩車道間頻繁地變換車道，此舉動與一般選擇性變換車道行為的顯然有異，前方兩車並進的原因為前車與鄰前車速差較少，因此將該資料剔除。(2)負值鄰後車間距：受測者打方向燈時，鄰後車車頭為超越本車車尾的狀態，則此鄰後車間距(本車車尾座標減鄰後車車頭座標)呈現負值，此行為表示受測者在鄰後車逼近的狀態下，冒險進行變換車道行為，已涉及強迫性變換車道的範疇，本研究不將該行為的資料納入迴歸模式中。(3)少數過大的前車與鄰後車垂直間距：在本研究中有5筆前車與鄰後車垂直間距呈現較大的值，推測是由於本研究實驗設計時為了簡化場景，制定了周圍車流對於本車無互動的前提假設，因此當本車與前車有較大的間距時，周圍車流不會對本

車做出超車動作，但林靜芬(2006)指出，大客車保守型駕駛者之最大跟車間距為 90.7 公尺，積極型駕駛者之最大跟車間距為 30.95 公尺，若超過此範圍則為自由車流，是為自由變換車道【9】，此行為與選擇性變換車道不同。本研究設計鄰車道時速為 90~110 公里時，鄰後車間距範圍介於 15~24.4 公尺間【2】，故保守型駕駛者之前車與鄰後車垂直間距經由換算(前車間距加上本車車長加上鄰後車間距)，其範圍大約為 117.7~127.1 公尺，因此本研究資料超過 127.1 公尺過多者，判斷已不在選擇性變換車道的正常範圍，是以保留接近真實狀況的資料做為分析的依據。(4)未打方向燈之變換車道資料：由於本研究以打方向燈作為防撞警示系統之預測模式啟動的根據，因此剔除 1 位因為太緊張而一直未打方向燈的受測者的實驗資料。

4.3 資料分類

本研究保留完成變換車道動作之資料，若本車打方向燈後一側車體的輪胎壓到車道線，但另一側車體的輪胎最後卻未經過車道線，該筆資料視為未完全進入目標車道；或是受測者打方向燈後，卻可能由於考量間距不夠大、鄰車道車速過快無法順利切入，以致回到原車道，則上述兩種資料皆剔除。將完成變換車道動作的資料，依是否發生碰撞分為「安全變換車道」資料與「不安全變換車道」兩類進行分析與建模。

4.4 資料分析

本研究之資料經過篩選與分類後，各處理間的樣本數不相等，屬於不平衡資料(Unbalanced Data)，篩選後的安全變換車道資料共 139 筆，不安全資料共 87 筆。以安全變換車道資料而言，在「轉向」的影響之下，向右安全變換車道的筆數有 86 筆，較左轉向的 53 筆為多；而在「鄰車道車速」的影響下，鄰車道車速 110 公里時的安全變換車道筆數有 52 筆，較 100 公里的 47 筆、90 公里的 40 筆為多。本研究參考資料的平均值與標準差，作為資料初步的分析，左轉向的鄰車道間距平均值為 33.39 公尺、右轉向的為 34.41 公尺；在鄰車道車速影響下，安全變換車道的間距在時速 110 公里時，鄰車道間距平均值為 35.34 公尺，在 100 公里時為 34.29 公尺，在 90 公里時為 32.59 公尺。以不安全變換車道資料而言，在「轉向」的影響之下，向右變換車道失敗的筆數有 26 筆，較左轉向的 61 筆為多；而在「鄰車道車速」的影響下，鄰車道車速 100 公里的筆數有 39 筆，較 110 公里時的 24 筆、90 公里的 24 筆為多。左轉向的鄰車道間距平均值為 33.98 公尺、右轉向的為 34.32 公尺；在鄰車道車速影響下，安全變換車道的間距在時速 110 公里時，鄰車道間距平均值為 35.31 公尺，在 100 公里時為 34.03 公尺，在 90 公里時為 31.55 公尺。以統計學中的變異數分析安全變換車道資料得到：(1)鄰車道空間間距之一般線性模式的 F 值為 8.37， $Pr>F$ 小於 0.0001， R^2 為 0.2394，可知鄰車道車速會顯著影響間距之大小，轉向與鄰車道車速間的交互作用影響為顯著。(2)鄰車道時間間距之一般線性模式的 F 值為 16.46， $Pr>F$ 小於 0.0001， R^2 為 0.382242；轉向與鄰車道車速皆顯著影響間距之大小，轉向與鄰車道車速間的交互作用影響為顯著。(3)前車與鄰後車空間間距之一般線性模式的 F 值為 3.94， $Pr>F$ 為 0.0023， R^2 為 0.128884，轉向與鄰車道車速間的交互作用影響不顯著。而不安全變換車道資料分析結果得到：(1)鄰車道空間間距之一般線性模式的 F 值為 5.82， $Pr>F$ 值為 0.0001， R^2 為 0.264429。(2)鄰車道時間間距之一般線性模式的 F 值為 3.36， $Pr>F$ 值為 0.0082， R^2 為 0.171865。(3)前車與鄰後車空間間距之一般線性模式的 F 值為 0.27， $Pr>F$ 值為 0.9287， R^2 為 0.016349。

此外，欲知不平衡資料的兩個處理平均值間是否有顯著差異，以多重比較(Multiple Comparisons)來進行處理間之兩兩比較，當 F 值顯著時，需處理平均值間有顯著差異【10】，其中，土其氏忠誠顯著差異值檢定(Tukey's Studentized Range Honest Significance Distance Test, HSD)與沙菲氏檢定(Scheffe's Test)較適用於本研究之資料分析，雙尾沙菲氏檢定完全根據變異數分析的 F 分配而來，如果 F 檢定在 $p=0.05$ 水準下是顯著，則沙菲氏檢定也會在相同的 p 值下發現至少有一對平均數或是三組以上平均數有顯著差異；而雙尾的土其氏最真誠之顯著差異檢定，則針對實驗內所有可能的兩組平均數作比較，適用於平衡或近乎平衡的實驗設計；但一般而言，土其氏檢定適用於三組平均數的成對比較，與本研究「鄰車道車速」的 3 水準設計相符，彭昭英等人(2003/09)指出統計分析方法系統(Statistical Analysis System, SAS)中的 GLM(General Linear Mode，一般線性模式)程序主要用來檢定變異數分析

中所欲推導出來的實驗效果，可以處理不平衡樣本【11】，將多重比較分析結果列於表 3、表 4。由表 3，在安全變換車道資料中：(1)鄰車道車速對鄰車道空間間距、鄰車道時間間距、前車與鄰後車空間間距有顯著影響。(2)轉向對鄰車道時間間距、前車與鄰後車空間間距有顯著影響。由表 4，在不安全變換車道資料中：(1)鄰車道車速對鄰車道空間間距、時間間距、前車與鄰後車空間間距皆有顯著影響。(2)轉向對鄰車道空間間距有顯著影響。

表 3 安全變換車道資料之多重比較分析結果

檢定方法	反應變數 變異來源	鄰車道空間間距	鄰車道時間間距	前車與鄰後車空間間距
	土其氏	轉向	無顯著差異	有顯著差異**
鄰車道車速		有顯著差異*	有顯著差異**	有顯著差異**
沙菲氏	轉向	無顯著差異	有顯著差異**	有顯著差異**
	鄰車道車速	有顯著差異*	有顯著差異**	有顯著差異**

註：**：Comparisons significant at the 0.05 level; *：Comparisons significant at the 0.1 level

表 4 不安全變換車道資料之多重比較分析結果

檢定方法	反應變數 變異來源	鄰車道空間間距	鄰車道時間間距	前車與鄰後車空間間距
	土其氏	轉向	有顯著差異*	無顯著差異
鄰車道車速		有顯著差異**	有顯著差異**	無顯著差異
沙菲氏	轉向	有顯著差異*	無顯著差異	無顯著差異
	鄰車道車速	有顯著差異**	有顯著差異**	無顯著差異

註：**：Comparisons significant at the 0.05 level; *：Comparisons significant at the 0.1 level

因此，鄰車道車速可能為影響受測者能否安全變換車道的因素，是以取本車與鄰車道車輛之速差進行分析，其結果顯示安全變換車道資料之速差平均值為 12.55 公里／時(標準差 7.01)，小於不安全變換車道資料之 13.19 公里／時(標準差 8.22)，符合變異數分析結果，顯示影響本實驗大客車無法安全地變換車道的因素為鄰車道車速，並進一步指出本車與鄰車道車速之速差過大會影響其變換車道的成功與否。綜合變異數分析的結果，可知受測者於變換車道選擇間距決策，受「鄰車道車速」影響，且「鄰車道車速」與「轉向」之交互作用，也會影響受測者對於間距的選擇；「轉向」對於鄰後車時間間距與前車與鄰後車空間間距有顯著影響，則需要配合進一步的實驗，才能了解大客車車體屏蔽視線是否可能為導因。

五、變換車道間距模式建立與驗證

本研究以多元迴歸(multiple regression)分析，找出顯著影響受測者選擇間距大小的變因，建立安全間距模式，並根據統計模式指標將預測模式最佳化。

5.1 多元迴歸模式之建立

Makridakis、Wheelwright 與 Hyndman(1998)提及以多元迴歸分析建立模式，須檢驗實驗資料是否符合統計基本假設，以殘差(residuals)檢視線性模式是否適於解釋資料，找出適當的數學方程式來表示依變數與自變數間的關係；當需要判斷模式的配適度(goodness of fit)或比較幾個模式的優缺點時，可以用 MSE、 R^2 、整個模式的統計檢定值(F 檢定)和個別迴歸參數的統計檢定值(t 檢定)作為評比的準則【24】，如：以 S-W 檢定(Shapiro-Wilk Test)做常態檢定，當 $Pr < W$ 值接近 1 時為常態分配，本研究根據「F 值大，Pr 值極小、Adj- R^2 值大、殘差圖呈隨機分布」來挑選最佳模式【11】。

一、依變數與自變數之建立

根據文獻回顧，「鄰車道間距」及「前車車尾與鄰車道後車車頭之垂直空間間距」皆可能影響駕駛者變換車道決策，因此本研究以上述兩者為依變數，並且檢驗該依變數是否

符合常態假設，得到鄰車道空間間距的 $Pr < W$ 值為 0.0006，不呈常態分配，將空間間距除以鄰車道車速取得鄰車道時間間距，再取其自然對數，則處理後的間距較符合常態，是以將鄰車道時間間距之自然對數值作為鄰車道間距模式的依變數。因此本研究建立兩個模式，分別為模式 A：鄰車道時間間距自然對數值之預測模式(數學符號： G_{nl_vb})、模式 B：前車與鄰後車垂直空間間距之預測模式(數學符號： $G_{f_nl_lag}$)，並將自變數根據參考體性質分類列於表 7。

表 7 迴歸模式之自變數定義

參考體	特性	變數名稱	代號	定義
本車道	物理特性	前車速度	V_f	本車道上前車的車速
		本車與本車道前車速差	dV_f	本車道前車車速減本車車速
		本車與本車道前車間距	G_f	本車道前車行進方向座標減本車行進方向座標
鄰車道	物理特性	本車與鄰車道速差	dV_{nl}	鄰車道車速減本車車速
		鄰前車間距	G_{nl_lead}	鄰車道前車車尾至本車車頭距離
		鄰後車間距	G_{nl_lag}	本車車尾至鄰車道後車車頭距離
本車	物理特性	本車速度	V_s	---
		本車加速度	A_s	---
		油門深度	acc	油門深度百分比
		方向盤角度	wa	方向盤轉動後偏離中心的角度

二、模式建立與殘差分析

本研究將剔除過大前車間距後的資料共 116 筆，對兩個依變數進行多元迴歸分析，設定 $\alpha=0.1$ 做逐步迴歸(Stepwise Regression)選取自變數，並且做標準化殘差(student residual)圖如圖 3，檢視各圖是否有歧異點(outlier)。模式 A 的殘差無明顯歧異點，且呈現均勻亂數散佈；模式 B 之殘差圖有一歧異點，由於該歧異點並不是很突出，且其周圍亦有接近的資料，因此不對該筆資料作更動，此外，模式 B 的資料分布多集中在左側，右側有少許較大的資料點，此為有些保守型受測者會保持較大前車間距的緣故。將判定多元迴歸模式優劣參考用之 F 值、 $Pr > F$ 值、Adj- R^2 值與納入的自變數，殘差之 W 值、 $Pr < W$ 值，以及模式校估結果列於表 8、表 9。由表 8 可知，對於模式 A 而言：

(1) 與方向盤角度成反比：當方向盤角度大時，表示切入鄰車道的車體偏轉角度大，顯示受測者可能處於受迫狀態，意即鄰車道間距可能較小，是以間距與方向盤角度成反比。

(2) 與鄰車道車速成反比：當鄰車道車速越大時，表示鄰後車將以較快的速度逼近本車，因此駕駛者需要有較多的時間，於變換車道中，讓車速能達到能超越鄰後車的速度，且有足夠的時間駛入該間距。

(3) 與鄰車道速差成正比：本研究之與鄰車道速差為鄰車道車速減本車車速，是以速差大表示本車車速慢，因此本車需要較大的空間以加速至適當的位置切入車道，與過去研究結果相符。

(4) 與鄰前車間距成正比：由於打方向燈時的鄰前車間距即為受測者即將進入的鄰車道間距的一部份，因此當鄰前車間距大時，鄰車道間距亦大，顯示變換車道動作完成時所進入的間距，會受變換車道前所選擇的間距的影響。

(5) 與鄰後車間距成正比：由於打方向燈時的鄰後車空間間距即為受測者即將進入的鄰車道間距的一部份，因此當鄰後車空間間距變動時，鄰車道間距亦以正比關係受影響，顯示變換車道動作完成時所進入的間距大小，會受變換車道前所選擇的間距大小的影響。

表 8 模式 A 多元迴歸分析結果

參考值	F值($Pr > F$)	Adj- R^2 值	模式納入自變數	殘差之W值($Pr < W$)
模式A	50.92	0.6846	方向盤角度、鄰車道車速、與鄰車	0.99186 (0.6918)

	(<0.0001)		道速差、鄰前車間距、鄰後車間距	
校估結果	$G_{nl_vb} = EXP(0.6946 - 0.0077wa + 0.0071V_{nl} + 0.0044dV_{nl} + 0.0135G_{nl_lead} + 0.0135G_{nl_lag})$			

由表 9 可知對於模式 B 而言：

(1) 與方向盤角度成正比：當方向盤角度大時，表示切入鄰車道的車體偏轉角度大，顯示受測者可能處於受迫狀態，意即鄰車道間距可能較小，是以間距與方向盤角度成反比。

(2) 與油門深度成反比：當受測者踩油門時，車身會加速，因此有較大的車速可以保持車身超前鄰後車，因此較易進入鄰車道，是以可以選擇較小的間距；但駕駛者也必須注意本車與前車的距離，以免發生追撞。

(3) 與前車間距成正比：由於打方向燈時的前車空間間距即為受測者即將進入的前車與鄰前車空間間距的一部份，因此當前車間距大時，前車與鄰前車空間間距亦大，顯示變換車道動作完成時所進入的間距大小，會受變換車道前所選擇的間距大小的影響。

(4) 與鄰車道速差成正比：本研究之與鄰車道速差為鄰車道車速減本車車速，是以速差大表示本車車速慢，因此本車需要較大的空間以加速至適當的位置切入車道，與過去研究結果相符。

(5) 與前車速差成正比：當前車速度較快時，本車與前車的距離拉大，此時前車間距即拉大，而由於打方向燈時的前車空間間距即為受測者即將進入的前車與鄰前車空間間距的一部份，因此當與前車速差大時，前車與鄰前車空間間距亦大。

表 9 模式 B 多元迴歸分析結果

參考值	F值(Pr>F)	Adj-R ² 值	模式納入自變數	殘差之W值(Pr<W)
模式B	157.43 (<0.0001)	0.8718	方向盤角度、油門深度、前車間距、與鄰車道速差、與前車速差	0.98941 (0.4649)
校估結果	$G_{f_nl_lag} = 33 + 1.2451wa + 0.0574acc + 0.9866G_f + 0.239dV_{nl} + 0.5421dV_f$			

5.2 模式驗證

本研究預測模式之目的為預測安全間距門檻值，因此預測的誤差為檢驗重點，驗證方式是隨機抽取安全變換車道樣本中 70% 的資料，作為校估模式參數之用，再將剩餘 30% 的資料，以校估參數後的模式進行預測與比對，將原始資料減掉模式產生的預測值作為絕對誤差，並且以絕對誤差百分比的平均值，來檢視模式之預測效果，列於表 10 與表 12，此驗證步驟共重複 5 次，每次都重新抽取 70% vs. 30% 的樣本，可知模式 A 的 5 次預測絕對誤差百分比平均值為 3.92%，標準差為 2.89%，顯示模式趨於穩定，足以做為預測模式之用。模式 B 的平均預測誤差百分比為 11.62%，平均預測誤差的標準差為 10.88%，顯示預測模式仍有改善的空間。此外，本研究亦以 Makridakis et al. (1998) 提出之預測區間計算式如式子 8，計算間距之 90% 與 95% 預測區間，將超出預測區間的資料點個數的百分比列於表 11 與表 13：模式 A 之實驗資料點不在 90% 與 95% 預測區間內的個數分別佔 6.29% 與 4.00%，模式 B 的實驗資料不在 90% 與 95% 預測區間內，分別佔 5.71% 與 2.86%，是以本預測模式所計算得到的預測區間，有足夠的信心可以包含大部分的安全間距，日後應用本預測模式得到的預測區間，可作為設定防撞警示系統的安全間距的區間門檻值。

$$y' = \hat{y} \pm z * s.e. \quad (8)$$

其中， y' 為預測區間， \hat{y} 為本模式的預測值， z 為信賴區間的 z-score (90% 信賴區間的 z 值=1.96，90% 信賴區間的為 1.74)，s.e. (標準誤)= $s_e \sqrt{1 + c'(X'X)^{-1}c}$ (s_e 為殘差的標準差， c 、 c' 、 X 、 X' 為解釋變數向量) 【24】。

表 10 模式 A 模式校估結果

測試編號	校估模式	F值(Pr>F)	Adj-R ²
1st	$G_{nl_vb} = EXP(0.6585 + 0.0107wa - 0.0068V_{nl} + 0.004dV_{nl} + 0.014G_{nl_lead} + 0.0137G_{nl_lag})$	28.03 (<0.0001)	0.6281

2nd	$G_{nl_yb} = EXP(0.6953 + 0.0058wa - 0.0074V_{nl} + 0.0041dV_{nl} + 0.0145G_{nl_lead} + 0.0151G_{nl_lag})$	39.42 (<0.0001)	0.7060
3rd	$G_{nl_yb} = EXP(0.7214 + 0.0094wa - 0.0076V_{nl} + 0.0037dV_{nl} + 0.0146G_{nl_lead} + 0.0143G_{nl_lag})$	43.64 (<0.0001)	0.7272
4th	$G_{nl_yb} = EXP(0.6488 + 0.0087wa - 0.0065V_{nl} + 0.0037dV_{nl} + 0.0123G_{nl_lead} + 0.0127G_{nl_lag})$	29.90 (<0.0001)	0.6437
5th	$G_{nl_yb} = EXP(0.6737 + 0.0109wa - 0.0069V_{nl} + 0.0033dV_{nl} + 0.0132G_{nl_lead} + 0.0132G_{nl_lag})$	27.66 (<0.0001)	0.6249

表 11 模式 A 預測結果

測試編號	1st	2nd	3rd	4th	5th	平均值
絕對誤差百分比之平均值	3.30%	4.50%	4.29%	4.11%	3.42%	3.92%
絕對誤差百分比之標準差	2.42%	3.59%	2.98%	2.39%	3.09%	2.89%

表 12 模式 B 模式校估結果

測試編號	校估模式	F值(Pr>F)	Adj-R ²
1st	$G_{f_nl_lag} = 26.536 + 0.9972wa - 0.0255acc + 1.0103 G_f + 0.2517dV_{nl} + 0.4712dV_f$	118.79 (<0.0001)	0.8804
2nd	$G_{f_nl_lag} = 27.903 + 1.261wa - 0.0581acc + 0.9719G_f + 0.1931dV_{nl} + 0.3213dV_f$	99.47 (<0.0001)	0.8602
3rd	$G_{f_nl_lag} = 26.901 + 1.4438wa - 0.042acc + 1.0411G_f + 0.3495dV_{nl} + 0.4665dV_f$	105.02 (<0.0001)	0.8667
4th	$G_{f_nl_lag} = 28.317 + 1.0999wa - 0.0692acc + 1.0138 G_f + 0.209dV_{nl} + 0.4824dV_f$	130.14 (<0.0001)	0.8898
5th	$G_{f_nl_lag} = 26.165 + 0.7439wa - 0.0435acc + 0.9902G_f + 0.0951dV_{nl} + 0.5446dV_f$	143.66 (<0.0001)	0.8992

表 13 模式 B 預測結果

測試編號	1st	2nd	3rd	4th	5th	平均值
絕對誤差百分比之平均值	11.01%	10.54%	10.07%	14.10%	12.37%	11.62%
絕對誤差百分比之標準差	11.26%	9.68%	8.75%	11.90%	12.81%	10.88%

六、結論與建議

本研究探討影響國道客運駕駛者變換車道選擇間距大小之因素，以變異數分析、多元迴歸分析方法建立預測模式，並檢驗預測結果，研究結論如下：

6.1 結論

1.由二因子變異數分析可知「鄰車道車速」對國道客運駕駛者選擇鄰車道間距大小有顯著影響，這與過去研究相符。

2.本研究所建立的安全間距模式結果顯示，變換車道動作完成時所進入的間距，會受變換車道前所選擇的間距的影響；另外，鄰車道時間間距取自然對數後受鄰車道車速、與鄰車道速差、鄰前車間距、鄰後車間距的影響；而前車與鄰後車空間間距受油門深度、前車間距、與鄰車道速差、與前車速差等的影響；且亦與本車的車速、及本車車速與周圍車流的速差有顯著關聯，此結果與變異數分析的分析結果相符。

3.本研究中鄰車道時間間距取自然對數和前車與鄰後車空間間距兩模式的 90%與 95%安全間距區間預測誤差百分比平均為 6.29%與 4.00%以及 5.71%與 2.86%，顯示所研提之模式可作為設定防側撞警示系統的安全間距區間門檻之參考。

6.2 建議

1.由於實驗結果發現有連續變換車道的狀況發生，此與大客車於高速公路上的駕駛行為不太相符，因此建議後續研究於受測者進行實驗時，於每次變換車道前應要求跟車一段時間，以避免因駕駛模擬器所提供的安全環境，而產生不同於平日的駕駛行為。

2. 本研究亦僅考量選擇性變換車道，未來也應考量強迫性變換車道，建立變換車道的整合型模式，以提供發展大客車防撞警示系統。

3. 本研究因時間、經費及人力限制，僅以一種場景及招募十位大客車專業駕駛進行模擬實驗，未來仍應增加場景變化度及專業駕駛樣本數，以提升研究結果之可靠度。

4. 有關變換車道安全間距警示門檻之探討，可於後續研究中進行，提供建立防側撞警示系統之參考。

七、參考文獻

1. 大客車乘車安全體驗，http://www.tcdtc.taipei.gov.tw/cgi-bin/SM_theme?page=439a3073
2. 施秉男(2002)，「利用固定基底式駕駛模擬系統及FREESIM車流模式環境建構本土車流模式之研究—以台北市建國快速道路為例」，成功大學交通管理學系碩士論文。
3. 胡順章(1993)，「高速公路雙車道路段變換車道行為之研究」，淡江大學土木工程研究所碩士論文。
4. 陳奕志(1997)，「含類神經網路變換車道的高速公路微觀車流模擬模式之研究」，成功大學交通管理（科學）學系碩士論文。
5. 黃運貴(1986)，「車流亂流量測及其對道路容量之影響」，交通大學交通運輸工程研究所碩士論文。
6. 朱松偉(1980)，「適應性號誌邏輯之微觀分析」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文。
7. 陳昭華、林玉潔(2005)，「大客車變換車道安全間距之分析與探討」，2005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，上海，中華人民共和國，NSC932218E216014。
8. 陳昭華、林玉潔、林志勇(2005/11)，「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」，中華民國運輸學會九十四年年會暨第二十屆學術論文研討會，台北，NSC932218E216014。
9. 林靜芬(2006)，「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。
10. 劉仁沛，變異數分析課堂講義。
11. 彭昭英、唐麗英(2003)，*SAS 1-2-3*，儒林圖書有限公司。
12. Chovan, J. D., Tijerina, L., Alexander, G., & Hendricks, D. L. (1994), "Examination of lane change crashes and potential IVHS countermeasures (DOT HS 808 071)." Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
13. Gipps, P. G. (1986), "A model for the structure of lane-changing decisions." *Transportation Research B*, 20B (5):403-414.
14. Ahmed, K. I., M. E. Ben-Akiva, H. N. Koutsopoulos, and R. G. Mishalani (1996), "Models of freeway lane changing and gap acceptance behavior", In J. Lesort (Ed.), *Transportation and Traffic Theory*, pp. 501-515. Pergamon.
15. Drew D. R. et al. (1967), "Gap Acceptance in the Freeway Merging Process," *Hrr208*, pp.1-36.
16. Miller A. J. (1974), "A Note on the Analysis of Gap-Acceptance in Traffic," *Applied Statistics*, Vol. 23, No. 1, pp. 66-73.
17. Daganzo, C. F. (1981), "Estimation of gap acceptance parameters within and across the population from direct roadside observation," *Transportation Research Part B* 15B, pp. 1-15.
18. Heckman, J. J. (1981), "Statistical models for discrete panel data," In C. F. Manski and D. McFadden (Eds.), *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*, pp. 114-178, Cambridge, MA: MIT Press.
19. Kita H. (1993), "Effect of Merging Lane Length on the Merging Behavior at Expressway On-ramps", in *Proceedings of the 12th International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation*, pp. 37-51.
20. Cassidy, M. J., S. M. Madanat, M. Wang, and F. Yang (1995), "Unsignalized Intersection Capacity and Level of Service: Revisiting Critical Gap," *Transportation Research Board*, 74th Annual Meeting.
21. Yang, Q. and H. N. Koutsopoulos (1996), "A microscopic Traffic Simulator for Evaluation

- of Dynamic Traffic Management Systems,” Transportation Research Part C, Vol. 4, Issue: 3, pp. 113-129.
22. Ahmed, Kazi Iftexhar (1999), “Modeling Drivers' Acceleration and Lane Changing Behavior.” Doctoral Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, U.S.A.
 23. Smith D. L., R A. Glassco, J Chang, D. Cohen (2003), “Feasibility of Modeling Lane-Change Performance,” 2003 SAE (Society of Automotive Engineers) World Congress, Detroit, Michigan, March 2003, SAE Technical Paper Series No; 2003-01-0280.
 24. Makridakis, Wheelwright and Hyndman (1998), *Forecasting: Methods and Applications*, 3rd ed., John Wiley & Sons.

八、計畫成果自評

本研究建立一適用於大客車變換車道防撞警示的安全間距模式，得知鄰車道時間間距取自然對數模式，受鄰車道車速、與鄰車道速差、鄰前車間距、鄰後車間距的影響；而前車與鄰後車空間間距受油門深度、前車間距、與鄰車道速差、與前車速差等的影響；此外，以安全變換車道資料建立的安全間距預測區間，亦可作為防撞警示系統制定安全間距範圍的參考依據。本研究順利完成計畫中的預期目標，本模式的概念搭配適當的防撞警示系統機制，將可應用於變換車道防撞警示系統，若其他研究者有興趣，可考慮設計不同的車流狀況、道路幾何、天氣狀況，做更廣泛的探討，以期模式的完備。

九、附錄一：系統真實度問卷

駕駛模擬器別：固定基底式駕駛模擬器

實驗名稱：變換車道 調查日期：94年 問卷編碼：_____

一、系統真實度

以下是請問您在使用此駕駛模擬器後是否覺得和實際的開車感覺相同，請您按照下面所詢問的問題進行評分，1分代表此駕駛模擬器和實際的開車感覺非常不相同，10分代表此駕駛模擬器和實際的開車感覺非常相同。沒特殊感覺或沒注意到，請於該選項內打勾。

➤ 硬體

問題	評分 (1至10分)	沒特殊感覺	沒注意到
在駕駛模擬中，「操作方向盤」的感覺與實際開車的感覺是否相同？			
在駕駛模擬中，「方向盤自動回正」的感覺與實際開車的感覺是否相同？			
在駕駛模擬中，「踩油門」的感覺與實際開車的感覺是否相同？			
在駕駛模擬中，「放鬆油門後」的感覺與實際開車的感覺是否相同？			
在駕駛模擬中，「踩煞車」的感覺與實際開車的感覺是否相同？			
在駕駛模擬中，「放鬆煞車後」的感覺與實際開車的感覺是否相同？			

➤ 場景

問題	評分 (1至10分)	沒特殊感覺	沒注意到
投影場景靜止時，「道路景觀」的感覺與實際開車是否相同？			
踩油門時，「投影場景加速」的感覺與實際開車是否相同？			
踩煞車時，「投影場景減速」的感覺與實際開車是否相同？			
變換車道時，「投影場景變換車道」的感覺與實際開車是否相同？			
在駕駛過程中，所看到「遠近大小比例」的感覺與實際開車是否相同？			
在駕駛過程中，「場景畫面播放」方面，不會有延遲的現象？			
在「多螢幕投影場景」中，各個螢幕間的場景變化有一致的感覺？			

二、生理感受

問題	1.非常會	2.大部分會	3.大部分不會	4.完全不會
在駕駛過程中，會不會感到注意力集中困難？				
在駕駛過程中，會不會感到眼睛疲勞？				
在駕駛過程中，會不會感到頭暈目眩？				

1. 請問您在操作駕駛模擬器中，覺得那一個部分最不真實？

三、個人基本資料

2. 性別：

1.男性 2.女性

3. 年齡：

1.20~29歲 2.30~39歲 3.40~49歲 4.50~60歲

4. 請問您的大客車駕照發照日期是民國_____年；駕駛年資共_____年。

5. 是否曾使用過駕駛模擬器

1.是，使用地點：_____ 2.否

6. 如果未來還有駕駛模擬器的相關研究時，請問您是否願意參加？

1.願意，請問您的聯絡方式：

姓名：	
連絡地址：	
連絡電話：	行動電話：

2.不願意

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利 可技術移轉

日期：95年10月31日

<p>國科會補助計畫</p>	<p>計畫名稱：以駕駛模擬器建立大客車防撞警示系統變換車道臨界間距模式之研究(I) 計畫主持人：陳昭華 計畫編號：NSC 94-2211-E-216 -017 學門領域：交通運輸</p>
<p>技術/創作名稱</p>	<p>大客車防撞警示系統變換車道臨界間距模式</p>
<p>發明人/創作人</p>	<p>陳昭華、林玉潔</p>
<p>技術說明</p>	<p>中文： 以大客車駕駛模擬器建置高速公路平直路段車流模擬場景，邀集大客車專業駕駛進行實驗，收集職業大客車駕駛之變換車道資料，應用多元迴歸分析方法建立大客車防撞警示系統變換車道臨界間距模式，供未來建立大客車側向防撞警示系統之參考。</p> <p>英文： A safety gap model for discretionary lane-change of buses was proposed in this research. We used bus driving simulator set up in Chung-Hua University associated with a designed simulation scenario of freeway mainline section to collect bus lane changes information from professional bus drivers for the construction of such a model. The proposed model is intended to be as a reference for future development of a bus side collision warning system.</p>
<p>可利用之產業及可開發之產品</p>	<p>本模式可利用於運輸產業，並可提供開發大客車側向防撞警示系統之參考。</p>
<p>技術特點</p>	<p>大客車選擇性變換車道的安全間距於本研究中探討，此研究對象於國內為少數研究之一。</p>
<p>推廣及運用的價值</p>	<p>本模式可提供未來開發大客車防撞警示系統之參考。</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。