

國內高快速道路穩定跟車模式於車輛防撞系統之應用

黃品城¹、楊宗璟²

摘要

依據歷年的交通事故類型統計資料，百分之九十以上的交通意外事故發生，導因於駕駛人的行為因素，而未注意車前狀態皆排名首位，可知車輛前後追撞的事故是值得注意的肇事類型，也是本研究所欲探討的駕駛者特性，以應用於意外事故發生的預防。

在降低駕駛人工作負荷，增進行車安全的研究上，先進駕駛輔助系統的應用觀念在1999年時被引入市場，這些系統的應用主要在沒有交叉路口的快速道路與高速公路上使用，此類系統主要有適應性巡航控制系統及車輛前方防撞系統兩類。未來在應用於國內環境時，應適度考量駕駛特性的差異作在地化的修正，以符合國內交通情境下的發展應用。

本研究依據國內不同高快速道路、區域之跟車行為的實際資料蒐集，並參考文獻中對於車輛駕駛人之煞車反應時間與危險反應時間之研究，規劃不同駕駛反應行為類型下，利用變異數、迴歸分析的方法，找出高快速道路與駕駛類型組合下，具模型解釋能力及顯著性之迴歸方程式，以建構國內高快速道路穩定跟車行為之模式，並應用於車輛防撞系統在地化修訂規劃。

壹、前言

台灣近年來，對於交通運輸需求與日劇增，根據交通部統計處[1]的資料，至九十六年七月底為止全台灣車輛總計為20,535,992輛，車輛數眾多但土地面積狹小，使得道路交通狀況變得十分擁擠而複雜，導致交通事故頻傳，更進一步去瞭解交通事造成的傷亡，根據行政院衛生署的十大死因統計資料[2]顯示，事故傷害為民國94年及95年台灣地區十大死因中的第五名，交通事故死亡更是占事故傷害人數的二分之一以上，對於整體社會成本的負荷增加是不可被忽視的。

¹財團法人車輛研究測試中心試車場部 經理。

²逢甲大學交通工程與管理學系 系主任。

內政部警政署公布90-95年臺閩地區道路交通事故有關道路類別之統計[3]，可以發現除95年為第三位以外，省道為所有肇事道路類別之第二位，另林豐福先生等人對於省道歷年肇事原因統計，2000年-2002年未注意車前狀態皆排名首位，占所有肇事原因的17%，可知車輛前後追撞的事故是值得注意的肇事類型，也是本研究所欲探討的駕駛者特性，以瞭解各級道路之駕駛行為造成的影響，以及在利用車輛防撞預防之先進安全系統發展上可以具體應用的範圍及性能需求。

內政部警政署由民國90年至95年A1類交通事故統計，交通事故原因分類與分析結果顯示，主要肇事原因中歸責於駕駛人因素所佔比例高達95.1%~97.3%，主要原因包括有未注意路況、未依規定減速與未保持行車距離間隔等三項，其合計佔比在90年、91年及92年分別為33.2%、30.6%及28.5%。在交通事故統計分析中，未依規定減速與未保持行車距離間隔等2項肇事因素與車輛前後追撞類型相關性很高。

車輛電子的發展早在1970年代日本通產省開始一項「整合式車輛交通控制系統」(Comprehensive Automobile Traffic Control System, CACS)計畫，其重點在道路導引系統的研發及相關測試工作的推展。後續在1980年代、1990年代陸續推動的相關計畫如「道路/車輛通訊系統」(Road/Automobile Communication System, RACS)計畫、「先進安全車輛」(Advanced Safety Vehicle, ASV)計畫等，帶動車輛電子的研發應用日趨普遍與熱門，成為全球車輛研發應用的新方向與潮流，隨著車輛科技的發展，尤其車輛電子的應用更趨多功能、快速及低廉的特色與趨勢，帶動車輛智慧化的設備越發先進、複雜，而車輛發展的趨勢會致使先進安全配備的導入日趨普及，但其設計的應用環境與條件是否合宜，則需視其欲解決的問題而定，雖然車輛智慧化的發展好像是一個持續進步的趨勢，而且愈來愈能協助駕駛者降低對車輛控制及外界因應之工作負荷，但對於駕駛輔助功能的增加，使駕駛工作負荷大量降低的目標，則有負面反對的不同見解存在，此方面的看法指出在降低駕駛者工作負荷的同時也意味著駕駛者對於外界交通狀況的認知與掌握度也隨著降低，而太過於依賴車輛先進安全系統的輔助功能，若萬一外界交通狀況的複雜性過高，超過輔助系統設定的條件範圍，使得駕駛者原可依其經驗加以防範的情況，因系統不適當之反應，反而造成疏於防範的意外發生，這也就是說，先進安全系統介入駕駛者工作的程度應該如何拿捏，也一直存在著相互矛盾的爭論，因此車輛對於駕駛輔助的先進系統的發展同時也存在有(1) 直接安全風險，包括引起駕駛分心、增加駕駛工作負荷、造成駕駛困擾、警示功能失效及系統指令操作等問題；(2) 間接安全風險，此部份包括駕駛行為的重新調適、操作時間過長、功能失效、換車駕駛等的駕駛安全問題。

從交通心理學的角度來看，駕駛者系統的反應並非一成不變，會隨人、車、路及環境的個別變動而變化，因此在探討何種先進安全設備能提供多少的交通安全預防能力前，需對於駕駛者系統的反應進行研究，也就是駕駛行為的結果將直接與交通事故成因相關，若能找出在不同設備條件下的駕駛模式與用路習慣，才能藉以評估安全系統的功能目標，但可預期的是車輛先進安全系統導入的過程中，在未發生重大交通問題之前，導入的普及化應用是可預期的，但對於系統故障所導致的後續法律問題及相關肇事因素的調查鑑定等問題亦是車輛先進安全系統導入所需研究的課題範圍，但不包含於本研究範圍內。

就整體而言，國內目前較缺少就先進安全車輛的發展做整體性的規劃構想，同時也缺少一套完整的發展策略與技術評估，來作為國內相關技術發展的順序與原則。除此之外在發展先進安全車輛的同時，對於相關的技術究竟是要直接從國外引進、本土自行開發，或是採用混合式方式，都會顯著的影響國內汽車工業的發展，與相關車輛安全的議題，因此需要針對國內的環境與使用需求，同時考慮產業發展與實際需求的情況下，研擬相關適合國內情境之相關技術或使用規則，作為國內發展先進安全車輛之依據。

貳、研究目的與範圍

故本研究依據國內高快速道路系統、區域之跟車行為的實際蒐集之資料，探討國內用路人之跟車行為，藉以瞭解國內駕駛者之跟車模式，進一步評估於國內行車環境下車輛防撞系統應用功能參數設定之合宜性。

本研究主要的研究重點在探討跟車模式與國內實際跟車行為在車輛防撞預防系統之應用，因此本研究將包含下列數項：

- 1.透過國內高快速道路上小客車行駛之跟車間距與車速之調查數據，分析 穩動跟車行為下前後車輛車速與跟車間距之關係，進而建構駕駛行為模式。
- 2.利用變異數、迴歸分析等數值統計分析方法，找出國內跟車行為潛在影響特性及檢定模式的既有因果關係是否顯著，和整體模式是否已達到相當適合度的要求。
- 3.探討建構之跟車行為模式，應用於車輛防撞性能設計在考量符合國內行車型態之在地化調整規劃之設計參考。

參、文獻回顧

3.1 車輛防撞系統

關於各國預防車輛肇事系統研發以前方防碰撞預防系統為目前主要發展方向，此系統以提供車前資料警示駕駛甚至暫時控制車輛以降低肇事風險。

防碰撞警示系統藉由量測車輛與前方車輛距離等參數評估發生事故之風險，當系統評估結果顯示駕駛需採取適當反應以避免發生事故時，系統便會利用燈光或聲音警示駕駛。適性巡航系統則為防撞系統加上控制系統，當防撞系統評估結果顯示有潛在危險性時，控制系統會主動降低車速或煞車以確保行車之安全性，當危險性解除時控制系統會主動回復設定車速。

不論是防碰撞警示系統或是適性巡航系統均需具備正確判斷車輛與前方車輛發生事故之可能性，不正確的判斷可能會增加誤報率，令駕駛不信任系統甚至關閉系統，誤判亦可能造成系統未及時警示駕駛而造成事故，因此，評估系統警示功能正確性將是未來系統開發之重要工作。

前方碰撞預防警示系統為近期發展之產品，目前各國對於該產品尚無訂定法規，但為減低事故發生的危險，國際標準組織已經完成 ISO 15623『Transport Information And Control System - Forward Vehicle Collision Warning Systems – Performance Requirements And Test Procedures』[4]標準制定。該標準是由數個對此系統有興趣之國家，於 1994 年開始聯合研究。此標準可滿足前方碰撞預防警示系統之基本性能要求及測試程序，且可以做為其它先進標準之基礎。其標準檢測項目分為 6 個部份：檢出區域、警示距離正確性、識別能力、使用者安全要求、操作介面要求及系統限制。

(1) 檢出區域

ISO 15623 標準對於防碰撞系統檢出區域之要求，是呈現多邊形，如圖 1 所示。此系統要求在距離為 d_2 (小於 7.5 公尺)時高度檢出範圍需為 0.2~1.1 公尺，感知器垂直掃描角度約需 7 度，寬度等於車寬，感知器水平掃描角度約需 13~14 度，距離為 d_{max} (約 204 公尺；當系統最高車速為每小時 120 公里)時高度檢出仍為 0.2~1.1 公尺，垂直掃描角度約需 0.25 度，寬度為 3.5 公尺(約為 1 車道寬，略大於車寬)，水平掃描角度約需 1 度。

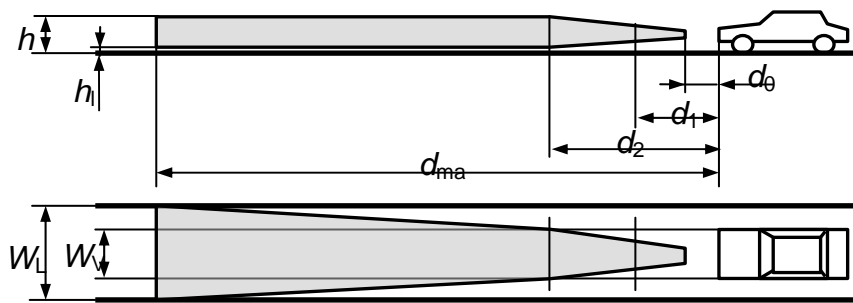


圖 1. 檢出區域示意圖(ISO 15623 Figure 2)

(2) 警示距離正確性

系統在測試過程中發出警示之警示距離與系統設計警示距離之差異需為系統設計最大警示距離之相對誤差 $\pm 1\text{m}$ 或 $\pm 5\%$ 。

(3) 識別能力

在檢出區域中要求系統需能正確掃描潛在危及駕駛行車安全之區域，識別能力則要求系統能更進一步判斷並找出檢出區域內最可能在短時間危及安全之障礙物。識別能力主要分為縱向、側向及高處識別。

(4) 使用者安全要求

針對目前主要發展之感知器(如：光學雷達及無線電波雷達)，要求其不可影響人員健康，並需符合其它規範要求，如電磁波強度、洩漏量等。

(5) 操作介面要求

系統操作介面需具備特定特徵，使系統能將傳遞駕駛所需要之訊息，其規定之規格包含：警示輸出規格、警示干擾、操作功能顯示。

(6) 系統限制

系統使用者需要依一定方式(如：使用手冊或警告標語)使其能察覺系統之限制。例如：交叉路徑碰撞，當操作使用條件遠於感知器之限制(包含短無線電波等)、車速到達系統運作之最大車速時，系統將不能提供警示。

3.2 車輛跟車行為之駕駛反應

目前駕駛行為的相關探討常常著重於突發事件的感知反應時間(Perception-Reaction Time, PRT)，當感知反應時間不足就會造成駕駛者無法即時煞車而導致交通事故，故駕駛者的感知反應時間往往是鑑定事故的重要參考依據，此外，駕駛者感知時間會受許多人、車、路與環境的影響，例如：一般的駕駛狀況，不同年齡的駕駛者對交通事件的感知反應時間會有所不同，通常年紀愈大所須的感知反應時間就會愈長。另一方面，台灣的駕駛人普遍地不遵守交通規則，常有任意變換車道的情形發生，駕駛者必須分心注意非視線前方的情況，也

會造成駕駛者感知反應時間的延遲，而由於造成駕駛分心的來源複雜且眾多，歐洲近年來許多研究使用周圍偵測任務(Peripheral Detection Task, PDT)設備以探討視覺分心對於駕駛行為之影響，即可透過 PDT 所要求正確行為的失誤率與反應時間來瞭解駕駛者分心的程度以及對駕駛反應行為的影響。

在感知反應時間與距離推估的文獻蒐集回顧方面[5][6][7]，Baker 的研究中，將危險感知定義為察覺危險及判斷是否危險，而對於危險的反應則分成心理反應及肌肉反應，針對此一方面提出簡單的實驗，其內容如下：(1)感知時間(Perception Time)－燈亮到接手上的按鈕。(2)反應時間(Reaction Time)－從燈亮到腳踩煞車踏板。接著，採取行駛行為較複雜的反應時間實驗，例如綠燈亮要按下按鈕，紅燈亮腳要踩煞車。實驗結果顯，一般成年人的基本反應時間是 0.2 秒，較複雜的反應時間為 0.4 秒，因需要雙倍時間做判斷，對於非常複雜的狀況，且不熟悉的情況，則至少需要 4 倍以上的反應時間。

ISO 15623 內文中引述 Johnsson and Rumar 有關煞車反應時間之研究資料，圖 2 為其研究成果，圖中所示駕駛煞車反應時間之測試值介於 0.3~2 秒，平均值為 0.66 秒，此測試之駕駛煞車反應時間值之分佈非常廣，而 98%的測試員之測試值低於 1.5 秒。

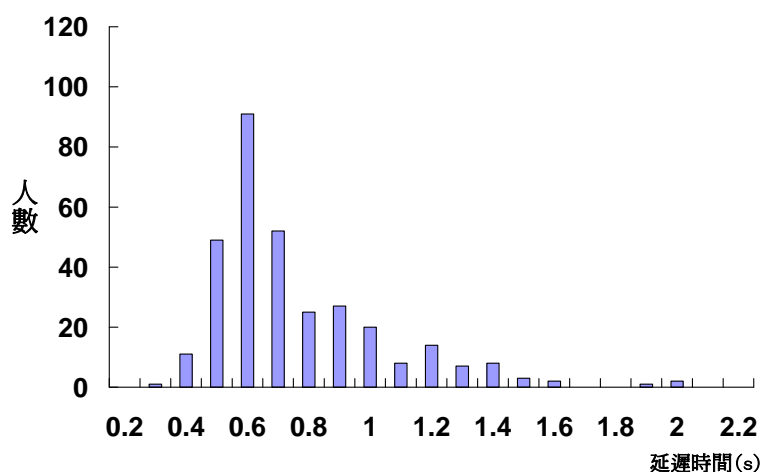


圖 2 駕駛煞車反應時間分佈圖(ISO 15623 Annex A Figure A.2)

肆、研究方法

本研究將針對所蒐集之數據資料，運用統計分析軟體SPSS作為分析工具，利用統計方法進行分析，設定跟車距離為依變數，而跟車車速為自變數，利用迴歸分析方法 (Regression Analysis) 來找出可方程式化且具解釋能力及顯著性之迴歸方

程式，作為應用於後續車輛防撞系統策略規劃之準則。

迴歸分析是一種應用廣泛的統計分析方法，其目的是要瞭解「目的變數（依變數）」是否能夠用一些「自變數」的線性方程式來表示，並用它來解釋此「目的變數」的特性。在應用上以簡單線性迴歸模型為最常被使用的方法。

設有兩變數 X 和 Y ， X 為一自變數（或稱獨立變數），是一種能事先準確觀測的變量，在本研究數據分析參數為車速。 Y 為依變數，稱作「被解釋變數」，其是依 X 之值而改變之隨機變數，即 X 之值為 X_i 時， Y 亦為一隨機變數，可表為 Y_i （即 $Y_i = Y|X_i$ ），在本研究數據分析參數則為相對跟車間距。

簡單線性迴歸模型是假設『依變數 Y 之期望值為自變數 X 之線性函數』，即所有 Y_i 之期望值均落在一直線上，此稱之為『回歸線性假設（The linearity of regression）或迴歸共線假設』。即若取得 n 個資料對， $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ ，則簡單線性迴歸模型為：

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中 $\varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n$ ，為獨立的隨機誤差變數，每個均為一具有期望值為 0，變異數為 σ^2 的常態分配，即 $N(0, \sigma^2)$ ，

由 (1) 式可得隨機變數 Y_i 之期望值和變異數分別如下：

$$E(Y_i) = \mu_{Y_i} = \alpha + \beta X_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\text{Var}(Y_i) = \sigma^2$$

而且每個 $Y_i, i = 1, 2, \dots, n$ ，均為常態分配 $N(\alpha + \beta X_i, \sigma^2)$ 。即

$$Y_i \sim N(\alpha + \beta X_i, \sigma^2)$$

由於 $E(Y_i)$ 為 X 之線性函數（即直線），因此理論（即母群體）的線性迴歸方程式可表為：

$$E(Y) = \mu_Y = \alpha + \beta X \quad (3)$$

其中 α ：直線的截距；是一未知參數

β ：直線的斜率；是一未知參數

一般求出此線性迴歸方程式的方法是利用最小平方法：即是利用這 n 個點，求出未知參數 α 和 β 的估計量，分別表示為 $\hat{\alpha}$ 和 $\hat{\beta}$ 。而

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}$$

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - \beta \sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4)$$

將 $\hat{\alpha}$ 和 $\hat{\beta}$ 代入 (3) 式，可得樣本之線性迴歸方程式為

$$\hat{Y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} X \quad (5)$$

它是理論線性迴歸方程式 (3) 的一種估計式，亦即 \hat{Y} 為 $E(Y)$ 的估計量。

因為 Y_i 是具常態分配的隨機變數，所以統計量 $\hat{\alpha}$ 和 $\hat{\beta}$ 均是具常態分配的隨機變數。

伍、迴歸分析與車輛防撞系統應用探討

本研究應用民國93年2月至93年11月期間，國內研究單位針對國人用車習慣之實際車輛行駛調查資料，作為本研究之基礎資料來源[8]。蒐集應用資料之行駛路徑包含國道1、2、3、8、10等路線之數據；資料蒐集係利用隨機跟車方式，記錄本車車速、後方跟車環境，而跟車距離評估方式為：以影像比對後車跟車距離，而在考量人工辨視之精度及車輛行進過程之振動，跟車距離以5公尺為一單位，當跟車距離大於65公尺以上時即難以人眼辨識，則記錄上以99公尺表示跟車距離大於65

公尺。

跟車距離認定方式為：當後車與前車以接近等速條件行進時之距離為跟車距離(例如：當前車切入後車車道時，如後車減速以增加跟車距離，則此時兩車之距離不被認定為跟車距離，直至後車與前車距離保持穩定時才記錄此時之兩車距離)。但因限於本研究所引用資料蒐集方式，跟車車速的取得是以後車穩定跟車時本車車速為代表，而實際車輛行駛過程中車速均處於隨時改變的狀態，因此在截取代表畫面時後車跟車車速與本車車速顯示值會存在有一些誤差，且是無法可加以修正的，而此數據上存在的不確定誤差為本研究引用數據上的限制之一。

5.1 迴歸分析與檢定

對於影響車輛防撞安全研究的關鍵因素之一為駕駛人反應時間，此為駕駛人在行駛中發現有危險狀況時所需採取之煞車操作(此為最常被駕駛人應用之危險因應方式)的反應時間，而此駕駛反應時間則以前後車輛之車間距離除以行駛車速謂之，

$$t = \frac{D}{V}$$

其中， t = 駕駛反應時間(秒)

D = 前後車輛距離(公尺)

V = 行駛車速(公尺/秒)

也就是說，當駕駛者發現有交通異常情況，若能在很短的時間內察覺危險並反應至車輛的煞車操作，會比駕駛者花費較長的反應時間下更能安全的降低車速或做適當的車輛操作，以避免或降低交通意外的發生。

利用上述駕駛反應時間之定義，對於所蒐集應用之資料進行分析統計，得出以駕駛反應時間為橫軸而發生次數之駕駛者人數為縱軸之關係結果如圖 3 所示

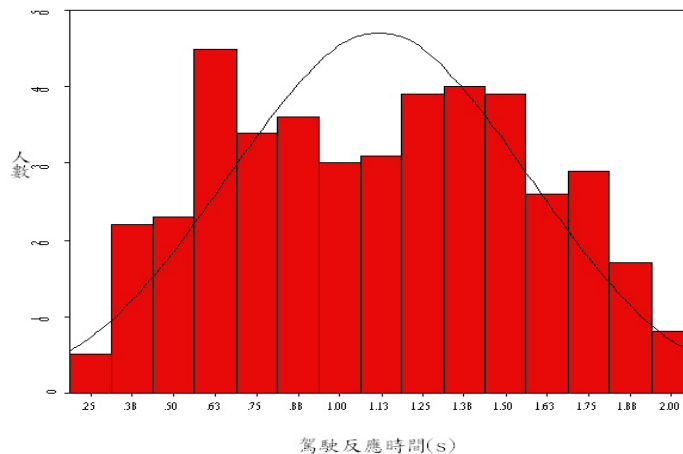


圖 3 跟車之駕駛反應時間與人數關係分佈圖

上圖之資料統計上僅以駕駛反應時間在 2 秒鐘以內之資料為主，不考慮 2 秒鐘以上之數據，目的在比照 Johnsson and Rumar 有關煞車反應時間之研究資料的統計結果。由上圖之分佈結果，以相對佔比次數較高者來看，在平均 0.63 秒與 1.38 秒之駕駛反應時間是較為有顯著凸出情形。

本研究之迴歸分析在資料分群分析上之設定，將駕駛煞車反應時間依前後車輛跟車車距以時間作為參數，嘗試將駕駛反應行為分為緊迫型、近跟型、一般型、遠跟型與自由型五種類型，作為後續回歸分析之基本類型，其反應時間分別為①小於 0.33 秒(緊迫型)②介於 0.33 秒與 0.66 秒(近跟型)③ 介於 0.66 秒與 1.3 秒(一般型)④ 介於 1.3 秒與 2 秒(遠跟型)⑤ 大於 2 秒(自由型)。

研究中運用 SPSS 統計軟體協助統計分析，經由軟體的運算，將迴歸分析的過程逐一呈現，針對高/快速道路類型之五種駕駛反應類型行為作為迴歸分析之基本類型，以緊迫型、近跟型、一般型、遠跟型與自由型逐一進行迴歸分析如下所示。

設定之緊迫型反應時間為小於 0.33 秒之跟車行為，此行為代表著駕駛者於道路行駛時與前車跟車距離近，當行駛於高速公路車速 100kph 時，其與前車之跟車距離則小於 9 公尺，相當於前後車距不到 2 個車身長。

近跟型反應時間分別為大於 0.33 秒而小於 0.66 秒之跟車行為，此行為代表著駕駛者於道路行駛時與前車跟車距離近，當行駛於高速公路車速 100kph 時，其與前車之跟車距離則介於 9~18 公尺，相當於前後車距約為 2~4 個車身長。

一般型反應時間分別為大於 0.66 秒而小於 1.3 秒之跟車行為，此行為代表著駕駛者於道路行駛時與前車跟車距離相當，當行駛於高速公路車速 100kph 時，其與前車之跟車距離則介於 18~36 公尺，相當於前後車距約為 4~7 個車身長。

遠跟型反應時間分別為大於 1.3 秒而小於 2.0 秒之跟車行為，此行為代表著駕駛者於道路行駛時與前車跟車距離保持相當的距離，當行駛於高速公路車速 100kph 時，其與前車之跟車距離則介於 36~56 公尺，相當於前後車距約為 7~12 個車身長。

自由型反應時間分別為大於 2.0 秒之跟車行為，此行為代表著駕駛者於道路行駛時與前車跟車距離相當遠，當行駛於高速公路車速 100kph 時，其與前車之跟車距離大於 56 公尺，相當於前後車距拉遠到 12 個車身長以上。

上述五種駕駛反應類型資料進行迴歸分析，其迴歸模式信賴程度、迴歸係數、顯著性檢定與共線性分析結果如下表 1 及表 2 所示，

表 1 駕駛行為迴歸摘要表

駕駛類型	R	R ²	調整後 R ²	變更統計量				DW 檢定
				F 改變	分子自由度	分母自由度	P-value	
緊迫型	0.922	0.850	0.800	16.973	1	3	0.026	0.554
近跟型	0.148	0.022	0.020	1.118	1	50	0.295	0.158
一般型	0.452	0.205	0.193	17.248	1	67	0.000	0.149
遠跟型	0.694	0.482	0.471	42.782	1	46	0.000	0.105
自由型	0.592	0.350	0.319	11.327	1	21	0.003	0.661

表 2 駕駛行為迴歸分析值

駕駛類型	迴歸參數	未標準化係數	t	P-value	共線性統計量	
		β 估計值			允差	VIF
緊迫型	常數	-4.295	-1.692	0.189	—	—
	車速(kph)	0.122	4.120	0.026	1.000	1.000
近跟型	常數	9.342	2.565	0.013	—	—
	車速(kph)	4.086×10 ⁻²	1.057	0.295	1.000	1.000
一般型	常數	6.383	1.451	0.152	—	—
	車速(kph)	0.194	4.153	0.000	1.000	1.000
遠跟型	常數	-7.483	-0.938	0.353	—	—
	車速(kph)	0.528	6.541	0.000	1.000	1.000
自由型	常數	28.475	3.219	0.004	—	—
	車速(kph)	0.323	3.366	0.003	1.000	1.000

如上表 1、2 所示，迴歸方程式如下：

緊迫型： $Y = 0.122X - 4.295$ (6)

近跟型：P-value = 0.295 > 0.05，不具顯著性，迴歸預測方程式不適用

一般型： $Y = 0.194X + 6.383$ (7)

遠跟型： $Y = 0.528X - 7.483$ (8)

自由型： $Y = 0.323X + 28.475$ (9)

彙整上述結果可看出，國內駕駛行為在高/快速道路上，就所引用分析之調查資料，其駕駛反應時間在 0.33-0.66 秒的類型，並無法得到有代表性，解釋能力足夠之迴歸方程式；就迴歸方程式之解釋能力來看，以緊迫型的迴歸方程式最高，

依次為遠跟型、自由型及一般型，而且均具有顯著性。迴歸方程式結果之意義，就上述各類型代表，在高/快速道路行駛行為中，當車速變化每增加 1kph 時，則車間距離會相對變化為緊迫型增加 0.122 公尺、近跟型增加 0.04 公尺、一般型增加 0.194 公尺、遠跟型增加 0.528 公尺、自由型增加 0.323 公尺，其中除了近跟型之迴歸結果不適用外，其餘四類型之車速變化與相對車間距離之變化關係可看出車間距離的變化隨反應時間的增加而有增加的趨勢，但在自由型的變化趨勢卻反而減少，推斷其原因在於自由型與遠跟型相比較，其平均車速較低、跟車反應的秒數較多，而其因車速每變化 1kph 之跟車距離增加量較多，相對於跟車反應秒數的增加量則不多，上述彙整的迴歸結果可作為高/快速道路行駛行為之防撞設計參數設定之依據。

5.2 車輛防撞系統應用探討

車輛防撞系統以正確判斷危險性並適時提供警示訊號為此系統存在的主要價值，接下來的重點是如何正確判斷並適時發佈警示以避免事故的發生。本文針對主要可能發生事故之 2 種狀況提出警示發佈時機建議：(1)兩車以相同車速行進(如：塞車或跟車時)；(2)前方車輛、人或其它物品為不動之障礙物(如：人、動物或車輛由橫向衝出，道路施工或障礙車等)。

由於車輛防撞系統以警示訊號協助駕駛避免事故，駕駛仍是車輛實際操控者，因此，系統開發過程中勢必需將人因及車輛煞車性能納入考量。

圖 4 為 ISO 15623 內文中有關汽車及卡車煞車減速度分佈圖，煞車減速度資料來源為車輛在乾燥平坦路面之緊急煞車性能評估值。由測試值顯示汽車（小客/貨車）煞車平均減速度值介於 6.5 m/s²-8 m/s²，而卡車（大型商用車）平均值介於 4.5 m/s²-6 m/s² 之間，此測試值之分佈非常廣且測試值視車輛型式、裝載條件及駕駛反應特性而定。

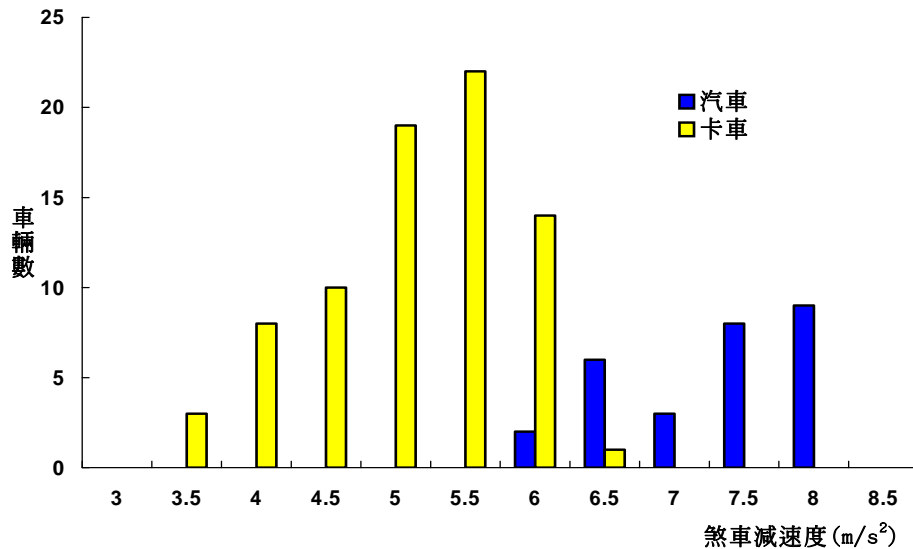


圖 4 駕駛減速度分佈圖(ISO 15623 Annex A Figure A.3)

5.2.1 前後車輛以相同車速移動

在行車過程中當駕駛和前車保持等速行進時，如前後車均為同級車型時(如：均是轎車、大貨車等)，假設前後車之平均減速度相近，則安全間距取決於後車在前車開始減速後多少時間才開始有減速的反應，其最小跟車間距需考量駕駛反應類型、當時車速而定，當車輛以時速 100 公里/小時定速跟隨前車行駛時，若屬於緊迫型駕駛，其所需之最小跟車間距如迴歸方程式(6)所示 $Y = 0.122X - 4.295$ ，最小跟車間距為 7.9m；若應用以一般型、遠跟型及自由型之迴歸結果計算，其最小跟車間距分別為 27.6m、45.3m 及 60.8m。也就是說，當車輛以時速 100 公里/小時定速跟隨前車行駛時，大部份駕駛需保持約 25 公尺以上之間距以做為駕駛煞車反應時間過程中車輛空走距離，對於反應快的駕駛甚至 10 公尺即可避免事故發生之風險，但是對於反應慢或不專心的駕駛而言，當跟車距離低於 60 公尺時即存在行車風險。另外，對於平時開車習慣同時觀察前方及遠方車輛動態之駕駛而言，因為可事先獲得較前方資訊，其所需之行車間距將可更短。

雖然上述資料均顯示 0.66 秒為最可能之駕駛煞車反應時間，實際上仍有駕駛的反應時間長達 2.0 秒，如果系統以 0.66 秒做為設定參數，則車輛防撞系統對於反應速度較 0.66 秒慢的駕駛不僅幫助不大，更可能因相信系統功能而造成駕駛反應不及而發生危險，如果系統以 2.0 秒做設定，對於大部份駕駛可能會認為系統過度敏感而忽視系統警示或關閉系統，因此，如何利用各種資訊(如：利用影像視別系統評估駕駛視線是否落在適當方向或推估駕駛是否打瞌睡，利用踩車開關判斷駕駛是否已採取對策等)推估駕駛可能反應時間會是系統設計上尚須考量的因素之一。

5.2.2 前方車輛、路障或其它物品為不動之障礙物

車輛行駛時遇到前方車輛、路障或其它物品為固定不動時（通常為事故發生現場），因前車或其它障礙物速度為零且此時後車仍在行駛，由於後車速度永遠大於前車，整個減速過程中兩車之間距持續縮短，此時除駕駛反應所需距離外，尚須加上車輛煞車過程所需之距離，後者可以利用車輛煞車動力學的原理，以下

列公式 $Y' = \frac{1}{25.92A} X'^2$ 為代表，其中 Y' 為車輛煞車距離(m)， X' 為當時後車車速(kph)， A 為平均減速度值(m/s²)。因此當車輛以時速 100 公里/小時行駛時，遇到前方車輛、路障或其它物品為固定不動時，若車輛之煞車平均減速度為 8 m/s²，則緊迫型駕駛，其所需之最小與前方之間距為 7.9m + 48.2m = 56.1m；若應用於一般型、遠跟型及自由型之計算，其最小與前方之間距分別為 75.8m、93.5m 及 109m。因此在防撞系統設定控制邏輯時，可結合原不同駕駛類型之迴歸方程式加上車輛煞車距離方程式，作為考量前方不動之障礙物的行車狀況之防撞警示依據，而駕駛類型則可適度排除緊迫型與近跟型的類型，因為通常跟車距離近的駕駛也會伴隨著隨時準備超越其他車輛的意圖，其專注力通常較高，也非防撞系統設計應用對象。因此歸納其最小跟車車距之應用可以下述方程式為設計依據：

$$\text{一般型：} \quad Y = 6.383 + 0.194X + \frac{1}{25.92A} X^2 \quad (10)$$

$$\text{遠跟型：} \quad Y = -7.483 + 0.528X + \frac{1}{25.92A} X^2 \quad (11)$$

$$\text{自由型：} \quad Y = 28.475 + 0.323X + \frac{1}{25.92A} X^2 \quad (12)$$

因此若車輛防撞系統在設計理念上需考量處理前方車輛、路障或其它物品為不動之障礙物時，在警示距離的辨識及前置預警設定需能因應前方偵測務之移動速度進行判定，在與本車相對速度差異大時，能轉換判斷情境，以因應不同防撞需求。

綜合上述之應用探討，前方車輛碰撞預防系統需至少提供 2 種獨立之警示：預備碰撞警示及碰撞警示。預備碰撞警示的目的為通知駕駛前方有障礙車輛，此時駕駛需準備採取必要的動作以避免碰撞；碰撞警示的目的為通知駕駛需要採取動作(如：踩煞車或變換車道等方式)以避免碰撞。

警示的訊息可由單獨使用或合併視覺、聲音或觸覺感知器所組成，然而在碰撞警示的案例中，必需使用聲音或觸覺之警示，亦可以使用視覺以強化前面提及警示之效果。

警示發佈時機需視前方車輛和測試車之相對車速、測試車當時之車速、前方車輛和測試車之距離、空走(駕駛煞車反應時間和兩車減速度而定)。

六、結論與建議

6.1 結論

本研究分析之資料依據煞車反應時間之相關研究，分群間隔設定點為 0.33s；0.66s；1.3s；2s，分為五組集群進行迴歸模式之分析，其中除 0.33-0.66 秒之跟車行為外，可得出四組線性迴歸模式均具相當解釋能力，且變異數分析之迴歸方程式均具有顯著性。

就高/快速道路類型與駕駛反應類型組合之四組迴歸結果，除自由型反應類型外，均有隨駕駛反應時間之增加，跟車間距之與跟車車速呈正相關，此與實際行車狀況之認知吻合，其迴歸係數在為四種駕駛反應類型跟車車速變數分別為 0.122、0.194、0.528、0.323，在防撞系統設計時，因應前後穩定跟車行為的情境下，除了預設一組固定截距(常數項)外，其與車速項之係數可依據上列數值進行設定。

當車輛行車過程遇到前方車輛、路障或其它物品為固定不動時，整個減速過程中兩車之間距持續縮短，此時除駕駛反應所需距離外，尚須加上車輛煞車過程所需之距離，因此在防撞系統設定控制邏輯時，可結合原不同駕駛類型之迴歸方程式加上車輛煞車距離方程式，作為考量前方不動之障礙物的行車狀況之防撞警示依據。

車輛防撞系統在防撞設計參數設定時除了需考量跟車距離與車速之相關模式外，為求其實際應用上有一定實用性，尚應考量：檢出區域、警示距離正確性、識別能力、使用者安全要求、操作介面要求及系統限制等六個部份之功能設定。

6.2 建議

本研究引用之調查資料係以選定路段跟車方式進行，無法代表該路段之完全動態車流資料，僅為瞬時狀態之點資料，對於巨觀車流行為之解釋能力較低，建議後續研究相關課題時，在資料蒐集規劃上可增加同一路段之重複調查次數，以取得平均車流資料及不同時段之尖離峰跟車資訊；另外當天候狀況不佳時之跟車行為應會有不同之特性，未來相關資料蒐集時應可持續進行不同視覺條件下之跟車行為調查，以涵蓋更為多樣性之實際行駛狀況。

在防撞系統的規劃設計研究方面，應以在地化行車環境與駕駛人特性為主要考量，其內容應包含更為廣泛之研究，在相關行車環境方面，如道路線型設計、當地氣候類型、交通及車流狀況、交通規則、等，以及在駕駛人因特性方面，如不同年齡、性別、駕駛能力、駕駛技巧、駕駛態度、交通訊息吸收情境、等的實際資料蒐集分析，使系統的設計應用更符合實際需求，而相關的研究成果也可作為交通安全增進與事故預防研究之應用參考。

參考文獻

1. 交通部統計處,2007 年 7 月, http://www.motc.gov.tw/motor/200707_c3050.xls
2. 行政院衛生署,2007 年 6 月, <http://www.doh.gov.tw/statistic/data/衛生統計叢書2/95/專區/統計表.xls>
3. 內政部警政署, 2007 年 6 月, <http://www.npa.gov.tw/NPAGip/wSite/>
4. ISO 15623 “Transport information and control systems-Forward vehicle collision warning systems-Performance requirements and test procedures” 2002(E). USA.
5. Baker, J. S., “Perception and reaction in traffic accidents,” Topic 864 of the Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern University Traffic Institute, 1990. USA.
6. Johnsson, G and Rumar, K. “Driver’s Brake Reaction Times.” Human Factors, Vol.13, No.1, pp23-27, 1971.
7. “Final Report – Automotive Collision Avoidance System (ACAS) Program,” U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 809 080, August 2000.
8. 黃品誠(民 96), 國內穩定跟車模式之建構, 逢甲大學交通工程與管理學系碩士論文。