

## ACC 系統應用於高速公路追撞事故預防之績效評估

魏健宏<sup>1</sup> 林佐鼎<sup>2</sup> 陳承邦<sup>3</sup>

### 摘要

隨著高科技產業及經濟不斷成長，使得汽機車數量近年來均呈現快速的成長，加上部分用路者駕駛道德觀念不足，不遵守交通法規，使得交通事故均呈上升之趨勢。根據歷年事故原因鑑定分析，顯示人為因素為道路交通事故主要肇事原因，尤其在高速公路行駛時駕駛人未保持安全跟車間距，或因未注意車輛前方狀況，所產生追撞事故有愈來愈嚴重之情況。適應型巡航控制系統為智慧型運輸系統的其中一環，其主要功能為輔助駕駛者控制車輛，維持與前方車輛安全跟車間距，以降低駕駛者工作負荷與減低人為失誤發生的機率，進而預防追撞事故發生。本研究係以駕駛模擬系統進行追撞事故之探討，並以實驗設計理論進行實驗場景之規劃與設計，使用虛擬實境建構高速公路追撞事故之模擬情境，探討各情境對駕駛者之影響，於駕駛模擬系統中參考國際標準組織之規範 ISO15622，進行適應型巡航控制系統功能之建構。並以具有實際道路駕駛經驗之駕駛人作為實驗之樣本，進行 ACC 系統對於追撞事故預防之績效評估。由實驗分析結果得知 ACC 系統能有效增加碰撞時間，預防追撞事故之發生。

關鍵詞：適應型巡航系統、駕駛模擬器、實驗設計、追撞事故、碰撞時間

### 壹、前言

由近 3 年(91~93 年)統計資料可知，高速公路交通事故件數、死亡人數、受傷人數均呈上升之態勢，其中 A1 類事故由 91 年 58 件增至 93 年 107 件，參考表 1，平均每年增加 35.8%，死亡人數由 71 人增至 124 人，平均每年增加 32.2%。顯示高速公路交通事故逐漸上升，若能了解高速公路交通事故之肇事特性，對於可能發生的因素尋找相關先進科技之解決方案，藉由相關之先進科技來減少高速公路交通事故，實為值得探討之課題。

表 1 臺灣地區高速公路交通事故統計

	A1 類		
	件數(件)	死亡(人)	受傷(人)
91 年	58	71	68
92 年	89	107	80
93 年	107	124	133
94 年 1-10 月	97	107	123

資料來源：國道公路警察局

1 國立成功大學交通管理科學系教授  
2 國立成功大學交通管理科學系副教授  
3 國立成功大學交通管理科學系研究生

近幾年電子、資訊和通訊等技術的迅速發展，使得許多先進科技有效地應用於傳統運輸系統，歐、美、日紛紛投入先進安全車輛(Advanced Safety Vehicle, ASV)相關系統的研發與市場化，加上各國際組織與標準的推動，使得 ASV 的發展極為快速。ASV 整合車內顯示資訊、通訊、偵測與控制等先進電子科技技術，輔助駕駛者控制車輛於不同道路狀況之中，並給予駕駛者提醒、警示或事故預防之機制，以降低駕駛者工作負荷與減低人為失誤發生的機率，進而預防事故發生。然而先進安全車輛輔助系統之研究在現實環境中進行測試評估，有高成本及高危險性之缺點，各國從事相關方面之研究，大都使用駕駛模擬器(Driving Simulator, DS)，利用駕駛模擬器具有低成本、低風險、重複試驗的特性，探討駕駛者與車輛、道路及週遭環境之間的相互關係與課題。

本研究係以二元羅吉斯迴歸分析篩選對於高速公路追撞事故有顯著影響之因子，將顯著影響追撞事故之因子，納入實驗規劃中，以實驗設計理論進行實驗之規劃，使用駕駛模擬系統建構不同交通情境，並參考國際標準組織(International Standards Organization, ISO)15622 之規範，以(Visual Basic, VB)來撰寫適應型巡航控制系統，探討車輛、道路及環境對駕駛者之影響，並進行評估駕駛者使用適應型巡航控制系統對駕駛安全之影響。

## 貳、文獻回顧

本章主要分成三個部分，第一部分為交通事故因素分析，內容包含交通事故因素分析方法，第二部分為國內外駕駛模擬器研究之課題，第三部分為 ASV 於交通事故預防之效益。

### 2.1 交通事故因素分析

主要影響交通事故的因素大致上可分為人、車、路等三大因素，根據統計資料，主要肇事因素是人為因素，駕駛者違規行為對於道路交通安全的影響非常嚴重，在道路交通安全中只要有一方違反交通安全規則，必定會干擾到其他在道路中車輛與行人，因此人為因素常常成為道路交通事故的主要原因，茲將國內外對於交通事故因素分析方法整理如表 2 所示。

表 2 交通事故因素分析方法

研究方法	作者	研究課題
羅吉特	陳志和[1]	蒐集台南市都市地區，民國 86 年 7 月至 87 年 12 月間之「道路交通事故調查報告表」，利用依序羅吉特方法分別構建路口及路段傷亡嚴重程度模式。
	楊宗璟[2]	就國內貨車事故與速率的相關資料，分別以累積百分比及分類資料分析技術，研究駕駛員年齡、年資、行駛速率與事故的關連性，再以二項羅機 (Binary Logit) 模式進行事故發生機率的影響程度分析。
羅吉斯迴歸	Martin [3]	為探討高速公路肇事率及事故嚴重程度與交通量及道路特性的關係，以法國的城際高速公路為研究對象，以負二項迴歸來分析肇事率，並透過羅吉斯迴歸來分析肇事嚴重程度。
	林豐福[4]	利用 89 年汽、機車單一車輛事故資料，分別以羅吉斯迴歸方法，建構單一車輛事故之駕駛人死亡勝算模式，及各因子造成駕駛人死亡之相對風險。
	孫璋英[5]	以民國 90 年台閩地區 A1 類及 A2 類交通事故資料，以二元羅吉斯迴歸模式分別建構汽、機車單一車輛事故駕駛人死亡勝算羅吉斯迴歸模式，並經由顯著性統計檢定，確認影響駕駛人高死亡之勝算因子，且以勝算比概念解釋自變數對事故嚴重程度產生之作用。

## 2.2 駕駛模擬器

駕駛模擬器除了可從傳統道路安全角度來協助駕駛者，探討駕駛人與車輛、道路及周遭環境之間的相互關係外，還可針對下列方面進行模擬研究：交通工程的設計，如交通標誌、標線、號誌、及道路幾何設計對駕駛者的影響，茲將國內外駕駛模擬器所探討之課題整理如表 3 所示。

表 3 駕駛模擬器研究之課題

作者	研究課題
洪嘉亨[6]	利用駕駛模擬系統探討車上警示系統之功能，設計數種場景以供測試並利用拉丁方格法讓駕駛人在無預警情況下受測，以求最真實的駕駛反應。
魏健宏[7]	使用駕駛模擬系統探討分心因子對駕駛者之影響，在實驗設計之規畫使用 $2^k$ 完全因子設計實驗，來探討因子在不同水準組合下對駕駛者之影響。
Kiichi et al. [8]	藉由駕駛模擬系統探討彎道障礙警示系統對行車安全之影響，結果顯示在有提供資訊幫助的情況下，駕駛經過有障礙的路段時速率顯著降低，增加安全的效果。
Suetomi et al. [9]	以駕駛模擬器探討當車上具有多種警示系統時，如前方、側方、車後之警示系統時，是否會造成駕駛人的判斷錯誤、操作延遲及操作錯誤，結果顯示當警示系統以「嗶」及「模擬人聲」的方式，而且聲音來自危險的方向，可以更有效、更正確的提供駕駛人障礙的方向和危險種類，降低交通事故。

## 2.3 ASV 於交通事故預防之效益

ASV 在主動式安全系統主要可分成下列 2 部分，本研究將國內外對於 ASV 對交通事故預防之效益，整理如表 4 所示。

### 1. 碰撞警示系統(Forward Collision Warning System, FCW)

碰撞警示系統藉由安裝在車輛前端的雷達，偵測與前車相對距離、相對速率，並由 FCW 車輛偵測本車速率，由以上不同資訊判斷危險狀況，並給予駕駛者警示。

### 2. 適應型巡航控制系統(Adaptive Cruise Control System, ACC)

適應型巡航控制系統藉由安裝於車輛前方車間距感測器，偵測與前車相對距離、前車速率，並由 ACC 系統車輛偵測本車速率，依照不同控制模式，控制油門與煞車，以達到適應自動行車控制的功能。

表 4 ASV 於交通事故預防之效益

警示系統	作者	研究課題
FCW	Vahidi & Eskandarian [10]	研究指出碰撞預防系統可以降低駕駛人錯誤的操作行為所產生的交通事故，交通事故統計中指出，大多交通事故是由駕駛者太晚做出正確的判斷，或決策所導致，駕駛者使用碰撞預防系統可以輔助駕駛者及早做出正確判斷，減少交通事故。
	Woll[11]	研究指出在追撞事故中，如果多給予駕駛者半秒的警告時間，將有 60% 追撞事故可以避免；若多給予駕駛者一秒的警告時間，將可以降低 90% 的追撞事故。
	Johnetal.[12]	研究指出 60% 的追撞事故，是由駕駛者分心或未注意所導致，當車上裝有碰撞警告系統時，可以讓使用車上設備所引起駕駛分心的駕駛者，降低追撞事故。
ACC	Comte [13]	探討智慧型速度調適系統 (Intelligent Speed Adaptation, ISA) 對駕駛安全的影響。研究指出當駕駛者長時間高速行駛時，駕駛者可能會習慣於高速，而過度高估他們能減低的速度，因此若有使用 ISA 系統輔助駕駛者，使其在危險的道路交通環境下，能將速度控制於安全範圍內，將能減少交通事故。
	交通部運研所 [14]	於先進安全車輛系統發展之推動與研究報告中經由分析國內之主要交通事故特性(高嚴重度、高次數、高醫療支出)指出如果有 ACC 與 FCW 系統輔助時，將可減少因為未保持安全距離所產生之追撞事故，並希望藉由這些技術的開發，有助於減少國內事故發生、降低傷亡嚴重度。

## 參、研究方法

### 3.1 羅吉斯迴歸分析

羅吉斯迴歸模式可應用在分析交通事故是否發生或事故嚴重程度的問題，更可表示出不同自變數的影響程度差異。羅吉斯迴歸模型為由線性迴歸模式推導而來，假設  $y$  為二元的因變數 ( $y=0$  或  $1$ ) 時，其機率函數如下：

$$p(y = 1/x) = \pi(x) = \frac{e^{g(x)}}{1 + e^{g(x)}}$$

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n$$

$\pi(x)$  : 事件發生的機率

$g(x)$  : 影響事件發生機率因子的線性函數

$x_i$  : 影響事件發生的自變數

$n$  : 自變數的個數

透過羅吉斯機率密度函數的轉換可保證機率估計值必落在 0 與 1 之間，而不會有傳統線性迴歸分析在反應變數為二元分類時，機率函數值可能會落在小於 0 或大於 1 的範圍之外，而違反機率值須在 0 至 1 的要求。

### 3.2 駕駛模擬器

目前本實驗室所使用之駕駛模擬系統乃固定基底型駕駛模擬系統，其整體硬體設備如圖 1 所示。使用 3DS MAX 與 EON Studio 二套軟體作為建構虛擬實境，3DS MAX 主要用以建模型，整個模擬場景設定、互動皆由 EON Studio 設定完成。

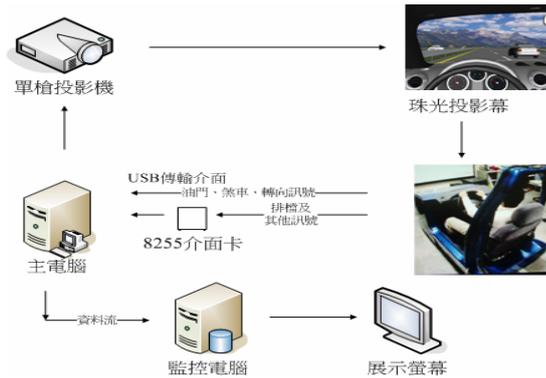
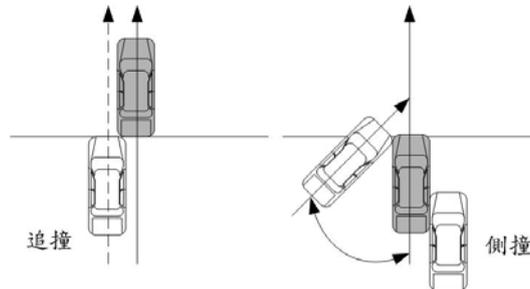


圖 1 固定基底型駕駛模擬系統硬體架構圖

### 肆、台南地區肇事資料整理與分析

關於高速公路交通事故之研究，國道公路警察局分析 94 年 1-10 月高速公路主要肇事原因統計 (A1+A2 類) 顯示，屬車輛駕駛人因素者共計 835 件 (占 92.2%)，其中以「未保持行車安全距離」195 件 (占 21.5%) 最多，由上述資料顯示人為疏失占事故中極大之部分。陳高村[15]於道路交通事故處理與鑑定中指出，發生追撞事故之原因通常是為後車未注意前車狀況以及未保持安全間距所造成。追撞事故碰撞特徵為兩車在同一條道路上以同方向行駛時，行車方向最小夾角之角度趨近於 0 度，兩車之前、後保險桿發生碰撞可參考圖 2。本研究係參考其碰撞位置將高速公路事故分為追撞事故及非追撞事故二類。



資料來源：陳高村 (民 93 年)

圖 2 追撞與側撞事故類型

經由分析 90-93 年台南地區高速公路交通事故，追撞事故約 66%。在全部交通事故中占極大部分，不容輕忽。本研究以二元羅吉斯迴歸模式，進行高速公路追撞事故顯著因素之篩選，應變數為有無追撞，在自變數之挑選考量包括駕駛者屬性、道路及環境、車種等相關因素，使用 spss10.0 統計分析軟體進行分析。

在每個分類變數依其類別分成不同水準後，對每一個變數，個別進行顯著性檢定，以瞭解該變數對於追撞事故是否有顯著的影響。欲檢定羅吉斯迴歸模式中自變數 $x_k$ 對事件發生可能性有無影響作用，則須檢定自變數 $x_k$ 的迴歸係數 $\beta_k$ 是否等於0，即檢定 $H_0: \beta_k=0$ 。若拒絕 $H_0$ ，則表示該自變數對事件有顯著的影響。

從表5得知，速限、施工、前車剎車、前車變換車道，其 $p$ 值小於0.05，故拒絕 $H_0$ ，顯示速限、施工、前車剎車、前車變換車道等因子對於高速公路追撞事故有顯著之影響。

表5 高速公路追撞事故因素顯著性檢定

變數	自由度	-2log(likelihood)	$x^2$	$p$ -value	顯著性
常數		528.585			
天氣	3	525.442	3.144	0.37	
車道數	1	527.189	1.397	0.24	
速限	3	485.396	43.19	0.00	*
喝酒	1	525.524	3.062	0.08	
前車剎車	1	465.537	63.049	0.00	*
前車變換車道	1	523.876	4.71	0.03	*
施工	1	519.122	9.463	0.00	*
後車變換車道	1	525.410	3.176	0.08	
光線	1	527.721	0.864	0.35	
後車車型	4	525.196	3.389	0.50	
前車車型	4	522.326	6.26	0.18	
後車性別	1	528.582	0.003	0.96	
障礙物	1	527.439	1.146	0.28	

## 伍、模擬實驗

### 5.1 實驗目的

本研究目的在於瞭解高速公路追撞事故因素對駕駛者行為之影響，並探討先進安全車輛適應型巡航控制系統是否能有效降低追撞事故，分別以實驗組與對照組的方式進行實驗數據之蒐集與統計分析。

### 5.2 實驗規劃與設計

由二元羅吉斯迴歸分析得到顯著影響高速公路追撞事故之因素，將這些顯著因素納入實驗因子中，進行高速公路追撞事故實驗之規劃與設計。

#### 5.2.1 實驗因子

由表5得知顯著影響高速公路追撞事故之因子有「前車剎車」、「前車變換車道」、「速限」、「施工」等四類，各因子之水準以對駕駛者產生影響較大者為高水準，影響較低者為低水準，各因子及水準數定義如表6所示。

表 6 實驗因子與水準

實驗因子	水準數	水準項目	水準定義
A (速限)	2	-	道路施工路時段 80km/hr
		+	無道路施工路段 100km/hr
B (前車煞車)	2	-	前車最大減速率 $-3.4\text{m/s}^2$
		+	前車最大減速率 $-4.5\text{m/s}^2$
C (前車變換車道)	2	-	無前車變換車道
		+	有前車變換車道(於規定範圍內)

#### 速限(因子 A)

依據高速公路管制規則第五條，汽車行駛高速公路應依速限標誌指示。國道一號除「施工路段、收費站區」等特殊路段外，國道一號全線速限為 100km/hr，經由分析台南地區高速公路追撞事故，施工路段大部分是為路肩施工，將路段速率限制為 80km/hr，因此將速限與施工因子合併一起討論，在速限因子將其分成 2 個水準，高水準為速限 100km/hr，及低水準為在施工路段封閉路肩時速限為 80km/hr。

#### 前車剎車(因子 B)

前車剎車因子參考 AASHTO [16] 最大減速率之設定，當駕駛者在公路行駛時，在非預期狀態下，面臨緊急情況時，大約有 90% 的駕駛者，車輛最大減速率為  $-3.4\text{m/s}^2$ ，更極端駕駛者在面臨緊急情況時最大減速率為  $-4.5\text{m/s}^2$ 。因此在前車剎車之因子將減速率  $-3.4\text{m/s}^2$  定為前車剎車之低水準，將減速率  $-4.5\text{m/s}^2$  定為前車剎車因子之高水準。

#### 前車變換車道(因子 C)

變換車道因子依據高速公路管制規則第六條汽車行駛高速公路時，前後兩車間之行車安全距離，在正常天候狀況下，小型車應保持車輛速率之每小時公里數值除以二。當高速公路速限為 100km/hr，車型為小型車時，必須維持安全行車距離 50m 之安全距離，因此在速限 100km/hr 時，將變換車道因子低水準定義為前車無變換車道進入內車道，將高水準定義為安全距離為 50m 時，有前車變換車道進入內車道。在速限為 80km/hr，車型為小型車時，必須維持安全行車距離 40m 之安全距離，因此將變換車道因子低水準定義為前車無變換車道進入內車道，將高水準定義為安全距離為 40m 時，有前車變換車道進入內車道。

### 5.2.2 評估指標

實驗設計反應變數之選擇，對於實驗與系統的評估必須能提供有價值的資訊，並且可以藉由多重反應變數的情況，進一步提供更多資訊，幫助實驗者能更正確判斷系統之成效。回顧 ASV 預防追撞事故績效評估之文獻，[10,11,12] 主要是以碰撞時間(Time-to-collision, TTC)為共同使用有效之評估指標。

碰撞時間為當前後二車在同車道，以同方向行駛時，當前車開始減速時，後車駕駛者開始踩下剎車之瞬間，前後二車以當時相對速率行駛，產生追撞所需時間如圖 3，即為後車與前車之相對距離(R)除以相對速率( $V_{後} - V_{前}$ )的值，碰撞時間

較長對駕駛者有較大之安全邊際。

$$TTC = \frac{R}{V_{後} - V_{前}}$$

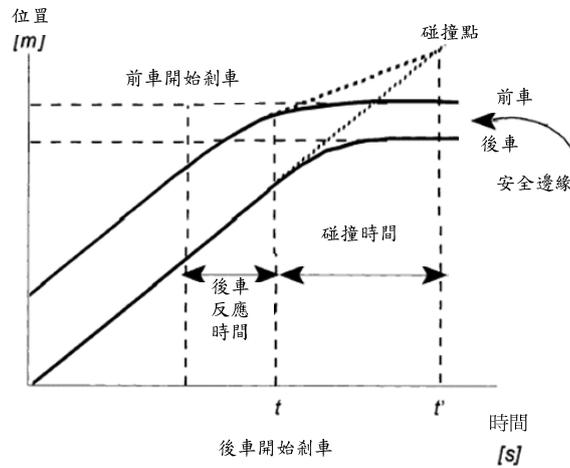


圖 3 碰撞時間時空圖

### 5.2.3 實驗設計選擇

由前一節規劃共有 3 個因子，每個因子各有 2 個水準，因此在實驗設計使用  $2^3$  因子設計 ( $2^3$  factorial design), [4,5] 指出男性駕駛人死亡勝算比高於女性駕駛人，此可能與男性與女性駕駛人間存在生理方面之差異有關，或男性較女性易採取高冒險的駕駛行為有關，因此為了有效探討 ACC 系統對駕駛者之影響，以性別當區集因子，用以消除性別先天性之差異。由  $2^3$  實驗組合共有 8 種試驗，且 8 種試驗組合可以以幾何表示為一個立方體，並使用「+」和「-」分別表示因子的高低水準，如圖 4 所示。此幾何架構將可探討因子之主作用，及因子間之交互作用，並且可比較各因子水準組合下之碰撞時間平均數，本研究將使用此實驗設計組合做為未使用 ACC 系統實驗組與有使用 ACC 系統對照組之實驗組合。

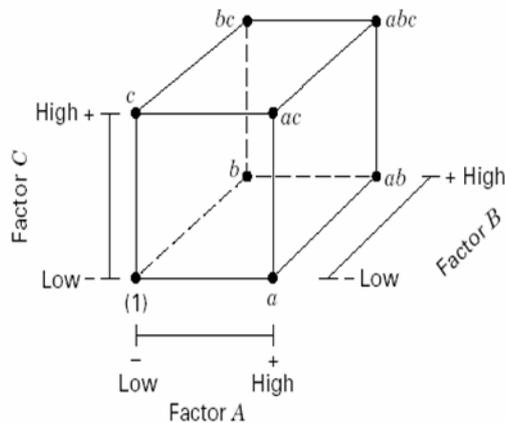


圖 4  $2^3$  設計幾何圖形

### 5.3 實驗場景

本研究利用 3DS MAX 6.0 及 EON4.1 建構由各因子水準所組合之八個追撞事故情境參考表 7，並加入各種車輛及高速公路可能會出現之狀況，呈現真實高速公路之擬真感。

表 7 各情境組合

情境		1	2	3	4	5	6	7	8
A 速限	80km/hr	√		√		√		√	
	100km/hr		√		√		√		√
B 前車剎車	-3.4m/s <sup>2</sup>	√	√			√	√		
	-4.5m/s <sup>2</sup>			√	√			√	√
C 前車變換車道	無	√	√	√	√				
	有					√	√	√	√

#### 5.3.1 適應型巡航控制系統之建構

參考 ISO15622 [17]之規範，ACC 是屬於 ASV 中一項科技，功能除了具備傳統巡航定速控制，另外加裝測量與前車相對速度與距離的感知器，與電子控制單元。當裝有 ACC 系統之車輛接近速率較慢之前車時，系統將會自動控制節氣門與剎車，使 ACC 系統車輛與前車保持設定的距離，ACC 系統主要資訊來源為：與前方車輛相對距離、前車速率、本車速率、駕駛者設定跟車間距、駕駛者設定行車速率，可參考圖 5，由以上獲得各項資訊，ACC 控制模組會依相對距離自動判斷三種控制模式，可參考圖 6。

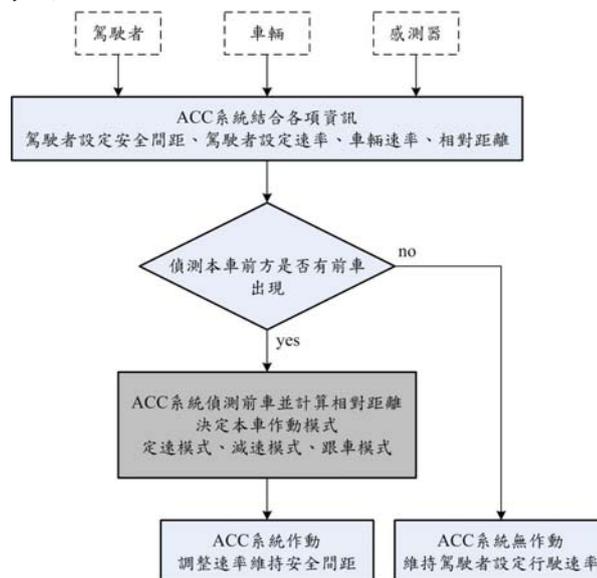


圖 5 適應型巡航控制系統控制模式

#### 定速模式

如果前車在 ACC 系統感測範圍  $d_{max}$  之外，或前車出現在  $d_1$  與  $d_{max}$  之間，ACC 系統控制模式為定速模式，將保持駕駛者所設定之行車速率。在定速模式中，系統之加速率為  $a_{des} = 0.7(v_{set} - v_i) \text{ m/s}^2$ 。

### 減速模式

當前車出現在 $d_0$ 與 $d_1$ 之間，控制模式為減速模式，將減速保持與前車相同速率。在減速模式中，系統之加速率為 $a_{des} = 0.7(v_{i-1} - v_i) \text{ m/s}^2$ 。

### 跟車模式

當前車在所設定之跟車間距 $d_0$ 內，控制模式為跟車模式，ACC系統將減速維持所設定之跟車間距。在跟車模式中，系統之加速率為 $a_{des} = -0.7(d_{set} - d_r) + 0.6(v_{i-1} - v_i) \text{ m/s}^2$ 。

其中  $v_{set}$  : 為駕駛者設定之車速(m/s)

$v_i$  : 為本車速率(m/s)

$v_{i-1}$  : 為前車速率(m/s)

$d_{set}$  : 為駕駛者設定跟車間距(m)

$d_r$  : 為前後二車相對距離(m)



圖 6 適應型巡航控制系統偵測範圍

在各個模式中，ACC系統為了使駕駛者行駛車輛更安全舒適，因此ACC車輛最大加速率為 $2\text{ m/s}^2$ 、最大減速率為 $-3\text{ m/s}^2$ 。

本研究依據 ISO15622 之規範建構適應型巡航控制系統，以程式模擬車前雷達感測設備，在車前保險桿建置三個感測器。ACC 系統車輛安全間距以秒為單位設定，跟車間距設定範圍將會影響與前車距離大小，如果設定跟車間距時間太長，將會造成車間距離過長，跟車間距太短，將會造成駕駛者遇危險狀況時不能夠及時停車，導致追撞前車，因此 ISO15622 系統規範可供選擇之間距為 1.5-2.5 秒。

車輛跟車安全間距係依據高速公路管制規則第六條來設定，汽車行駛高速公路時，前後兩車間之行車安全距離，在正常天候狀況下，依下列之規定：

- 一、小型車：車輛速率之每小時公里數值除以二，單位為公尺。
- 二、大型車：車輛速率之每小時公里數值減二十，單位為公尺。

在高速公路以 100 km/hr 行駛時相當於 27.77 m/s，在 ACC 系統車輛跟車安全間距設為 1.8 秒，相當於 50m(27.77\*1.8)，在高速公路施工路段以 80km/hr 行駛時，相當於 22.22m/s，在 ACC 系統車輛安全間距設為 1.8 秒，相當於 40m(22.22\*1.8)，因此設定跟車安全間距設為 1.8 秒，駕駛者 ACC 車輛參考(Society Automotive Engineers, SAE) J2399 [18]提供之控制圖示，以 HUD 方式呈現告知駕駛者如圖 7。

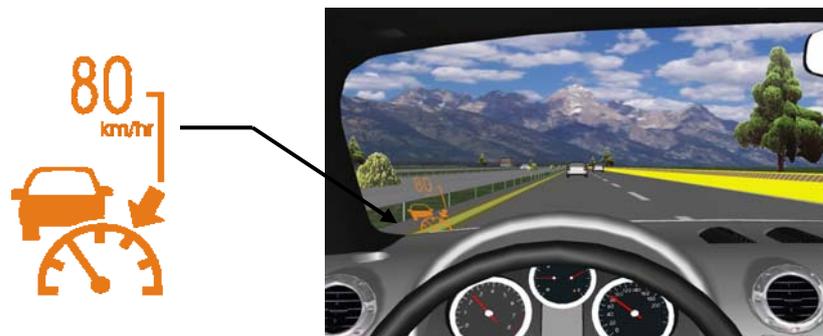


圖 7 定速模式及抬頭顯示器之呈現

## 陸、實驗結果分析

由前一節實驗規劃與設計，本研究使用 Statistic 6.0、Design-Expert 統計軟體進行實驗數據分析。基於時間和成本的考量，共招募 16 位受測者進行實驗，分別 8 位男性和 8 位女性。樣本數雖無法達到統計上大樣本的條件(30 個樣本數)，但對於各因子效用的量測，已達足夠的樣本數可供分析(16\*8=128 個)。本節係將蒐集所得資料分別以盒鬚圖(box plot)表達基本統計分析，其次驗證實驗資料，再以 ANOVA 表檢定實驗組與對照組的數據，並依據本研究之主題加以評析。

### 6.1 基本數據分析

本實驗資料是擷取受測者在可能發生追撞事故之情境中，當受測者駕駛模擬車輛進行跟車並保持穩定跟車間距後，遭遇前車剎車，受測者經過感知反應時間後進行剎車之動作，在受測者踩下剎車踏板時之瞬間，計算受測者車輛與前車之碰撞時間，此值越大代表越安全，越小則是越危險。

盒鬚圖中盒子的上下緣分別代表資料群的第 1 四分位數與第 3 四分位數，可作為瞭解該組資料特性之用，若範圍越大，代表資料離散情形越顯著。盒中小方框為各情境中位數之值。中位數可代表較穩健的資料特性，作為與其他組情境比較的基準。兩旁單一線段則代表資料群中最大值與最小值，小圓圈符號則表示該資料群中的離群值(outlier)，星狀符號則表示該資料群中的極端值(extreme)。藉由盒鬚圖可清楚瞭解資料的基礎統計量與分散狀況，尤其在情境時更可表現彼此趨勢和離散的情形，當離散情形越大時，代表駕駛反應差異愈大。

情境 1 至情境 8 代表意義可參考(表 7)所示，當有 √ 符號表示處於該水準狀態，例如情境 1 表示因子 A 為：低水準(80km/hr)、因子 B 為：低水準(-3.4m/s<sup>2</sup>)、因子 C 為：低水準(無前車變換車道)，情境 2~情境 8 依此類推。

#### 6.1.1 敘述統計分析

在女性實驗組碰撞時間方面，可參考圖 8(左圖)，有較多的離群值及極端值出現(情境 4、情境 7、情境 8)，由於碰撞時間受到受測者對於各情境之危險認知程度影響較大，較保守之女性受測者，可能與前車保持較大之跟車間距，以導致碰撞時間出現較大值之情況。考量該資料反映出受測者是受到速率、前車剎車及前車變換車道之影響，加上受測者對於各種情況有不同的認知及反應，因此，仍把離群值、極端值的資料納入考量，作為後續因子效用分析之用。

在男性實驗組碰撞時間方面，可參考圖 8(右圖)，男性受測者比女性受測者較少離群值及極端值出現，代表男性受測者在車輛控制，比女性受測者穩定。

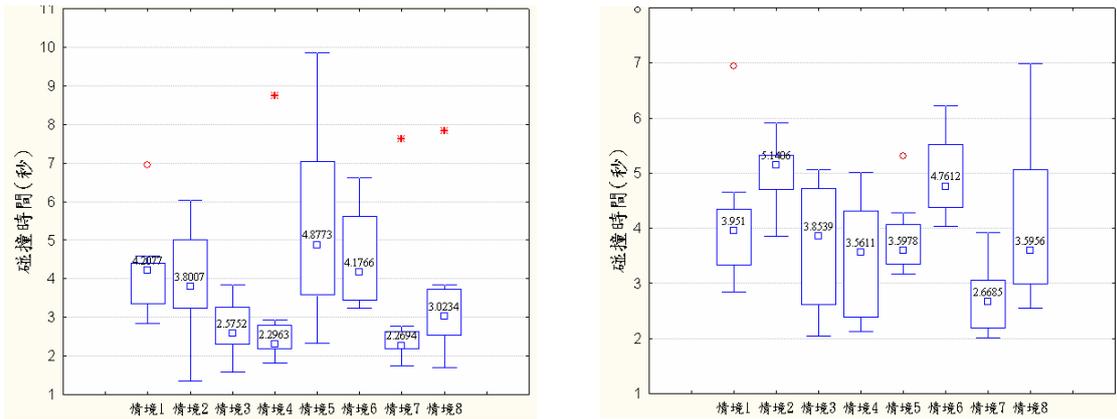


圖 8 實驗組 TTC 盒鬚圖(左圖女性、右圖男性)

## 6.2 實驗數據驗證

### 6.2.1 模型假設之檢驗

進行 ANOVA 分析前，首先應對實驗組與對照組實驗數據檢驗是否符合常態性及獨立分配檢定，檢驗步驟可透過殘差(residuals)分析來進行檢定。參考圖 9、圖 10，驗證結果顯示實驗組與對照組殘差常態機率圖皆趨近於一直線，且對配適值圖也無明顯結構，故常態性及獨立分配假設皆成立。因此可進行實驗組與對照組檢定因子效應之分析。

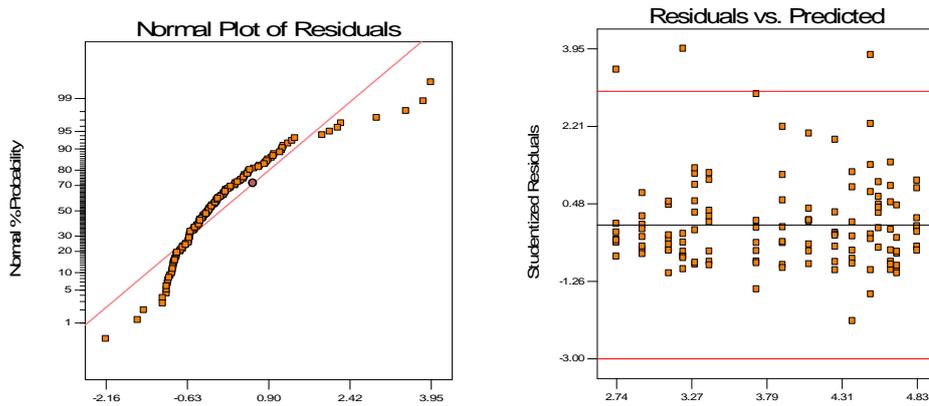


圖 9 實驗組殘差常態機率圖(左圖)與殘差對配適圖(右圖)

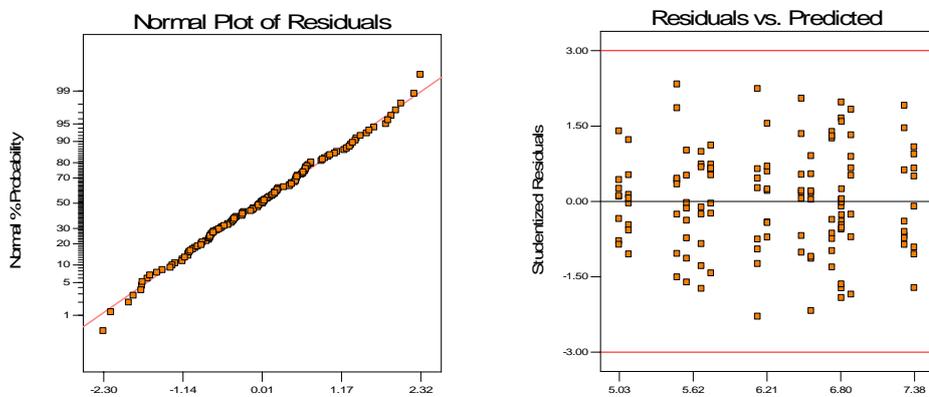


圖 10 對照組殘差常態機率圖(左圖)與殘差對配適圖(右圖)

### 6.2.2 因子檢定與分析

由實驗組 ANOVA 分析表，參考表 8，得知因子 B 其 p 值小於 0.05，表示因子 B 主效用是顯著的，也就是說因子 B(前車剎車)對受測者平均碰撞時間有顯著差異，在交通上代表受測者受到因子 B(前車剎車)影響較大。

表 8 實驗組 ANOVA 表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
性別區集	1.065	1	1.065		
A (速限)	4.602	1	4.602	2.179	0.1425
B (前車剎車)	47.132	1	47.132	22.321	0.0001
C (前車變換車道)	1.417	1	1.417	0.671	0.4142
AB 交互作用	0.799	1	0.799	0.378	0.5395
AC 交互作用	1.016	1	1.016	0.481	0.4890
BC 交互作用	0.606	1	0.606	0.287	0.5929
ABC 交互作用	2.152	1	2.152	1.019	0.3147
誤差	251.275	119	2.111		
總和	310.068	127			

由對照組 ANOVA 分析表，參考表 9，得知因子 A、因子 B、因子 C，其 p 值皆小於 0.05，表示因子 A、因子 B、因子 C 主效用是顯著的，在交通上代表當受測者啟動適應型巡航系統控制後受到因子 A(速限)、因子 B(前車剎車)、因子 C(前車變換車道)之影響較大，此現象可能是因為適應性巡航控制系統會因不同狀況比受測者提前剎車，再加上每位受測者對適應型巡航控制系統有不同之接受度，使得各因子之主作用對於對照組受測者之碰撞時間有顯著之差異。

表 9 對照組 ANOVA 表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
性別區集	0.191	1	0.191		
A(速限)	16.802	1	16.802	20.621	0.0001
B(前車剎車)	36.754	1	36.754	45.108	0.0001
C(前車變換車道)	11.145	1	11.145	13.679	0.0003
AB 交互作用	0.3281	1	0.328	0.402	0.5269
AC 交互作用	0.12	1	0.120	0.148	0.7009
BC 交互作用	0.055	1	0.055	0.067	0.7950
ABC 交互作用	0.362	1	0.362	0.444	0.5061
殘差	96.961	119	0.814		
總合	162.721	127			

### 6.3 因子水準影響性分析

藉由 $2^3$ 因子實驗可得因子水準組合之立方圖，可用來探討受測者在各因子高低水準不同組合下碰撞時間平均數之比較，由立方圖中可看出各因子在高水準狀況相較於低水準之狀況，圖中+號表示高水準狀態，-號表示低水準狀態。例如想比較實驗組與對照組在A因子為-、B因子為-、C因子為-狀態下之碰撞時間，參考圖 11(左圖)得知實驗組碰撞時間為 4.17 秒，參考圖 11(右圖)得知對照組碰撞時間為 6.17 秒，經由實驗組與對照組立方圖之比較可得知，當啟動應適型巡航控制系統後，對照組可比實驗組增加 2 秒(6.17-4.17)之碰撞時間。

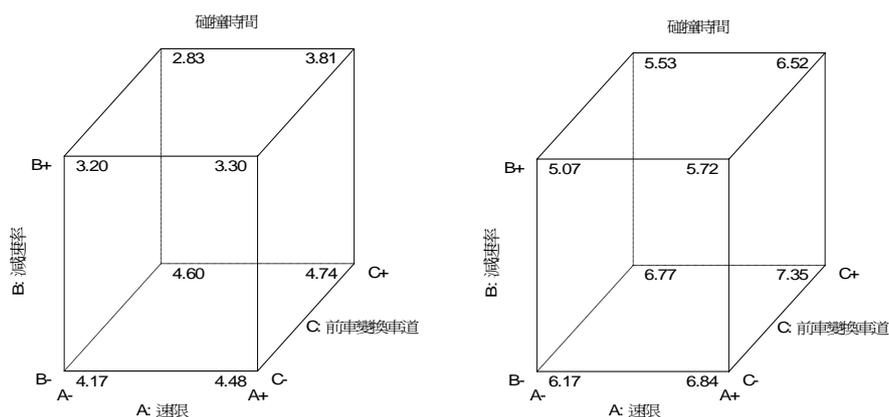


圖 11  $2^3$  因子實驗組合立方圖(左圖實驗組、右圖對照組)

### 柒、結論與建議

經由以上分析結果，茲將結論整理如下：

- 1、藉由駕駛模擬實驗，以男性與女性盒鬚圖之比較，男性受測者比女性受測者較少離群值及極端值出現，代表男性受測者在車輛控制，比女性受測者穩定。
- 2、由駕駛模擬實驗探討不同追撞事故因子對駕駛者行為之影響，得知當前車緊急剎車(-4.5m/s<sup>2</sup>)時，其碰撞時間有顯著減少，容易增加追撞事故之風險。
- 3、由實驗組與對照組之立方圖比較，得知有啟動 ACC 之受測者比未啟動 ACC 之受測者，碰撞時間在各因子水準組合下皆有顯著增加，均能比實驗組增加碰撞時間，降低追撞事故之風險。

本研究之建議如下：

- 1、由駕駛模擬實驗得知，追撞事故大部分為駕駛者未注意前方車輛動態或前車緊急剎車所造成，因此為了避免追撞事故之發生，後車應與前車保持安全之跟車間距。
- 2、未來隨著車上設備日益多元化，所造成之駕駛分心，有愈來愈嚴重之情況，ACC 應用於預防車上設備所引起之追撞事故，為未來值得研究之課題。

## 參考文獻

- [1] 陳志和，都市地區肇事嚴重程度預測模式之研究，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國88年6月。
- [2] 楊宗璟、林佐鼎、魏宏羽、劉建良，「國內汽車貨運業駕駛速率與事故發生之關連分析」，中華民國第4屆運輸安全研討會，頁447-487，民國86年。
- [3] Martin, J. L., "Relationship between crash rate and hourly traffic flow on Interurban motorways." *Accident Analysis and Prevention* 34, pp. 619-629. 2002.
- [4] 林豐福、張開國、葉祖宏，「單一車輛事故駕駛人死亡勝算模式建構」，中華民國運輸學會第17屆論文研討會，民國91年。
- [5] 孫璋英，汽機車單一車輛事故駕駛人死亡勝算模式之研究，臺北大學統計學系碩士論文，民國93年1月。
- [6] 洪嘉亨，應用汽車駕駛模擬系統探討車上警示系統產品功能設計之研究，成功大學交管系碩士論文，民國92年7月。
- [7] 魏健宏、謝昀霖、林士敏，「駕駛人分心肇事原因之模擬」，94年道路交通安全與執法研討會論文集，頁165-179，民國94年。
- [8] Kiichi, T. et al. "Evaluation of Forward Obstacles Collision Avoidance Support System using Driving Simulator," 9th ITS World Congress, 2002.
- [9] Suetomi, T. et al. "A Human Interface Design of Multiple Collision Warning System," 9th ITS World Congress, 2002.
- [10] Vahidi, A. & Eskandarian, A., "Research Advances in Intelligent Collision Avoidance and Adaptive Cruise Control," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 4, NO.3, 2003.
- [11] Woll, J., "Radar Based Adaptive Cruise Control for Truck Applications," SAE Paper 973 184, 1997.
- [12] John, D. L. et al., "Can Collision Warning Systems Mitigate Distraction Due to In-Vehicle Devices?" National Highway Traffic Safety Administration, 2000.
- [13] Comte, S. L. et al., "Traditional and innovative speed-reducing measures for curves: an investigation of driver behavior using a driving simulator," *Safety Science*, Vol. 36, pp. 137-150, 2000.
- [14] 交通部運輸研究所，先進安全車輛系統發展推動與研究，民國94年。
- [15] 陳高村，道路交通事故處理與鑑定，第二版，民國93年。
- [16] AASHTO, *A Policy on Geometric Design of Highway and Streets* 2001, 4th edition, 2001.
- [17] ISO 15622, *Transport Information and Control Systems – Adaptive Cruise Control Systems – Performance Requirements and Test Procedures*, 2002.
- [18] SAE J2399, *Adaptive Cruise Control Operating Characteristics and User Interface*, 2002.

