

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

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--子計畫二：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(3/3)  
研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型  
計畫編號：NSC 95-2218-E-216-002-  
執行期間：95年08月01日至96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：蘇昭銘  
共同主持人：黃雪玲、陳菟蕙、吳繼虹  
計畫參與人員：碩士級-專任助理：洪啟源  
                  博士班研究生-兼任助理：林蒼威、張志鴻  
                  碩士班研究生-兼任助理：郭施良、林思余

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 10 月 30 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-子計畫二：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(3/3)

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 95-2218-E-216-002-

執行期間：95年08月01日至96年07月31日

計畫主持人：蘇昭銘

共同主持人：黃雪玲、陳菟蕙

計畫參與人員：洪啟源、林蒼威、張志鴻、郭施良、林思余

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 六 年 十 月 三 十 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 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(3/3)

### Driver Interface Design of Active Collision Avoidance Warning System for Advanced Safety Buses (3/3)

計畫編號：NSC95-2218-E-216-002

執行期限：95年8月1日至96年7月31日

計畫主持人：蘇昭銘 中華大學運輸科技與物流管理學系

共同主持人：黃雪玲 國立清華大學工業工程與工程管理學系

陳菟蕙 中華大學運輸科技與物流管理學系

計畫參與人員：洪啟源、林蒼威、張志鴻、郭施良、林思余

#### 中文摘要

本計畫為三年期整合型計畫「先進安全大客車行車安全參數與駕駛者介面之設計與評估」中之一項子計畫，主要在從人因工程角度探討未來大客車裝置先進車輛防撞警示系統後，應採用何種顯示方式，以便能發揮預期之警示效用，而不致對駕駛者造成過度之心智負荷。在研究期程內依據總計畫所進行之筆事資料分析，分別針對大客車駕駛使用無線電通訊設備、疲勞駕駛等課題進行研究，同時針對疲勞警示系統及防撞警示系統進行模擬實驗，最後則在行駛於高速公路之大客車上進行前方防撞警示系統之實車測試，研究結果顯示：大客車駕駛在開車過程中使用無線電設備將會影響駕駛績效；而台灣地區普遍存在的長時間駕駛情形，亦將可能導致駕駛疲勞，因而使駕駛績效下降。此外，防撞警示系統的使用確實可縮短駕駛者之反應時間，同時亦會增長駕駛者跟車距離，提升用路人安全。但在疲勞警示系統方面，雖然可顯著降低反應時間，但警示成效卻無法有效持續，駕駛員仍會在短暫時間內再度進入疲勞狀況。本研究之各項研究成果將可做為未來在發展大客車防撞警示系統時之具體參考，以期提升大客車之行車安全。

**關鍵詞：**駕駛疲勞、防撞警示系統、駕駛模擬器

#### Abstract

The study is the sub-project of a three-year head project, "Driving Safety Parameters and User Interface Design of Advance Vehicle Control Safety". This sub-project aims to investigate how the collision warning interfaces need to be designed to provide bus drivers with useful collision warning messages concerning drivers' workload. The study conducted three driving simulation experiments cooperatively planned and designed with the head project to investigate the effects of driving fatigue and different types of collision warning messages on driving behaviors. We also apply these results to field test in the freeway buses. The results show that the bus drivers prefer the multi-modal interface with audible voice and visual symbol, and the multi-modal interface can improve driver's driving performances. We also illustrate that the front collision warning system slightly increases drivers' workload, and has positive effects on driving performances in terms of driving speed variation, braking variation, and mean depth of brake pedal.

**Keywords:** driving fatigue, collision avoidance warning system, Driver Simulator

# 目錄

中文摘要 .....	i
Abstract .....	i
一、緣由與目的 .....	1
二、文獻評析 .....	1
2.1 防撞警示系統 .....	1
2.2 無線通訊設備對駕駛績效之影響 .....	3
2.3 駕駛疲勞 .....	3
三、使用無線通訊設備對駕駛績效之影響分析 .....	4
3.1 實驗計畫 .....	4
3.2 實驗結果分析 .....	6
3.3 綜合分析 .....	12
四、駕駛疲勞與疲勞警示系統之駕駛績效分析 .....	14
4.1 國道客運駕駛員疲勞調查與分析 .....	14
4.2 實驗設計 .....	26
4.3 實驗結果分析 .....	31
五、防撞警示系統使用者介面之影響分析 .....	43
5.1 焦點團體討論 .....	43
5.2 實驗設計 .....	44
5.3 實驗結果分析 .....	46
5.4 綜合分析 .....	47
六、實車測試之綜合評估 .....	48
6.1 實驗設計 .....	48
6.2 實驗結果分析 .....	49
七、結論與建議 .....	51
7.1 結論 .....	51
7.2 建議 .....	53
八、致謝 .....	53
九、計畫成果自評 .....	53
十、參考文獻 .....	53

## 一、緣由與目的

大客車行車安全課題近年來十分受到重視，從表 1 的 92 年至 94 年的大客車 A1 類交通意外事故肇因分析中可發現人為疏失佔大部分，前六項主要肇因分別為未保持行車安全距離、酒後駕車、違反特定標誌禁制、未依規定減速、疲勞駕駛及煞車失靈，而 A2 類交通意外事故肇因之前三名則依序為未注意車前狀態(佔 16.41%)、未保持行車安全距離(佔 10.98%)及未保持行車安全間隔(佔 8.71%)，由此可發現大多數之大客車交通意外事件均可透過先進安全車輛(ASV)中之防撞警示系統或疲勞偵測系統加以避免。

表 1 94 年 A1 類事件主要肇事原因分析表

主要肇事原因	百分比(%)
未保持行車安全距離	19.05
酒醉後駕駛失控	19.05
違反特定標誌禁制	14.29
未依規定減速	9.52
疲勞駕駛失控	9.52
煞車失靈	9.52
逆向行駛	4.76
未注意車前狀況	4.76
其他引起事故之違規或不當行為	4.76
車輪脫落或輪胎爆裂	4.76

本研究在三年之研究期中，分別利用大客車駕駛模擬器進行大客車駕駛使用無線電通訊設備及駕駛疲勞之駕駛行為研究，同時亦針對不同情境場景，進行不同大客車防撞警示系統之工作負荷及駕駛績效分析，同時利用在大客車駕駛模擬器之各項研究成果，於實車上進行 1,500 公里之實車測試，以確認防撞警示系統之實用性。

## 二、文獻評析

### 2.1 防撞警示系統

根據防撞警示系統相關文獻研究結果得知，有裝設防撞警示系統相對於沒有裝設防撞警示系統佳，如 Suzuki 等人(2003)所進行的研究中表示在未知狀態方向盤震動的最大側向偏差最小與轉向反應時間最快，預知狀態在立體嗶嗶聲的最大側向偏差最小，單音和立體嗶嗶聲聲的轉向反應時間最快，這兩個聲音是沒有差異，表示受測者不因警示從危險方向發出而行動，還是會先觀看前方的情況。Ben-Yaacov 等人(2002)發現碰撞警示系統能幫助駕駛者更準確估計車頭距，使駕駛者維持較長和安全之車頭距。Cheng 等人(2002)發現警示聲音具有高緊急參數，在車輛突然插入情況可減少煞車反應時間。Suetomi 等人(2001)發現在車道偏移和行人突然衝入的情況中，可發現嗶嗶聲&模擬聲音的組合有最快的反應時間。警示聲的來源方向對駕駛者行為影響方面，在危險方向傳來的警示聲可以使駕駛者的反應時間加快。Liu(2001)表示年長駕駛者績效(按鈕反應時間、MISS 按鈕次數等)較年輕人差，年長和年輕績效以多型式(聽覺+視覺)顯示較好。Belz(1999)發現語音圖像比傳統語音減少反應時間，語音圖像合併視覺顯示可減少碰撞次數。語音圖像有 96%的正確辨識，傳統語音約 50%的正確辨識。表示語音圖像好記，不易忘記。Cheng 等人(2002)之研究發現當駕駛人視覺注意力分

散(LCD 與 HUD 資訊介面)語音碰撞警示會減少駕駛感知反應時間，但語音資訊介面和語音碰撞警示會增加感知反應時間和工作負荷大。Abe 等人(2004)認為較晚的警示時機比早和中警示時機減少信任。早的警示時機有助於駕駛者煞車的反應較快。Abe 等人認為[8]早警示信任高於晚警示。當前車減速率低，警示不會影響煞車反應時間；當前車減速率高，早警示比無警示減少煞車反應時間也會減少煞車時間變動。黃慶旭(2002)發現 HUD 影像+聲音警示使受測者在駕駛工作有較短的旅行時間、較少碰撞次數等。陳曉如(民 91)發現低頻率(一分鐘三次)的語音導航會有較好的駕駛績效。過於密集(一分鐘六次)的語音導航則會造成駕駛者不安，旅行時間和距離均增加。且不論行駛環境的能見度高低，語音導航系統皆能提供駕駛者有效的導引，尤其在能見度低的情況下更佳。交通部運輸研究所(民 91)之研究結果則認為有裝設側向防撞警示系統的車輛其跟車間距比無裝設時小。

在警示介面的研究中，通常包括了視覺、聽覺、觸覺等警示方式，其中視覺與聽覺警示較為常見，而不同的警示方式亦有其不同的效果存在，並且給予駕駛者的感覺也有所不同，在視覺警示方面，主要針對前方距離的維持，有較大的效果，非針對緊急情況的反應，而聽覺警示則可加快對於緊急情況的反應時間(Liu,2000)。根據研究，視覺警示採用漸進式的提示方式，能夠在車輛尚未與前方車輛過於接近時，就提供駕駛者目前距離的線索，如 Dingus 等人(1997)設計的視覺顯示，示意圖如圖 1，在安全距離或是前方無車輛時，系統顯示上方(遠方)的綠色燈號，表示目前情況屬於安全狀態，但當距離開始慢慢接近，或甚至有車輛切入時，系統會根據距離的遠近來顯示黃色或紅色燈號，因此駕駛者會在黃色燈號顯示時即會開始注意到前方可能發生的危險，提早對於事件來進行反應，減少緊急情況發生的可能性，但當緊急情況發生時，這樣的漸進式視覺顯示器即失去了其危急處理的能力，其主要用意是在讓駕駛者能夠提前注意，而非在狀況發生時加速反應。

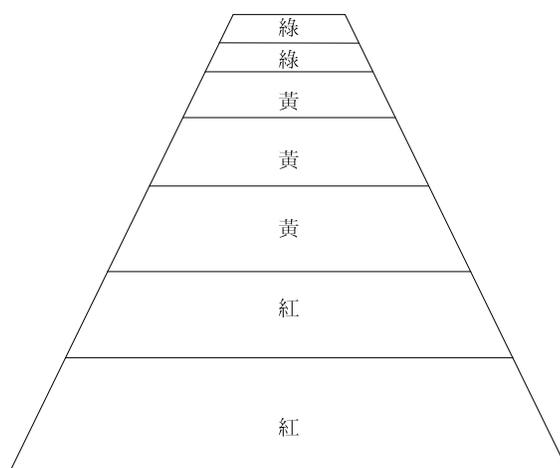


圖 1 漸進式視覺顯示器示意圖 (文字僅表示圖案顏色，實際使用時不存在)

同樣的，聽覺顯示介面也帶來了許多的幫助，主要可加快緊急事件的反應時間，讓駕駛者能夠即時反應。根據 Belz 等人(1999)的研究指出，在駕駛過程之中對於聽覺資訊的處理會較視覺資訊來的優先，因此聽覺的反應可以較快的傳遞訊息，並且能夠直覺的注意到目前有狀況發生，而由於駕駛作業需要消耗大量的視覺資源，使得聽覺資源相形

來說變得更加重要；但相對來說過多的聽覺訊息卻可能造成干擾，可能會讓駕駛者分心無法注意車外狀況，比如說過於複雜的訊息需要去理解，過於簡單的訊息需要去確認，甚至互動的聽覺訊息(如語音輸入、聲控)更需要駕駛者分心去做操控，因此在本實驗之中，除了視覺警示之外，亦有不同的聽覺警示搭配組合，來測試其對於駕駛者反應時間的影響，以討論各種警示介面的效果。

至於觸覺警示雖可明顯的降低對於前方煞車的反應時間，以及維持較長的前方車距(Ho,2006)，同時兼具了視覺以及聽覺的效果，並且在身體不同方位的觸覺警示更可以正確、快速的指出危險的所在，讓使用者能夠更精確迅速的反應，但相關設備需要加裝在方向盤或是座墊下，目前來說生產成本過高，而在駕駛過程之中原本就有許多的振動因子存在，包括引擎、路面平整度、道路曲率、坡度等等，因此尚未被廣泛的利用。

## 2.2 無線通訊設備對駕駛績效之影響

在行動電話對駕駛績效之研究方面，目前所採用之研究方法包括利用問卷調查(Stutts,2003)、駕駛模擬器(Mohamed, 2003; Bhise 等人, 2003; Consiglio 等人, 2003)和實際道路駕駛(林志隆,民 91; Roland, 2003)等三種,Stutts 等人(2003)根據問卷調查結果發現開車時會分散注意力達 7 分以上的項目包括撥打電話和接聽電話；交通部運輸研究(民 88)提出使用手機(如撥打電話或接聽電話)會較未使用手機的反應時間較長；Mohamed(2003)發現使用手持電話和免持電話無顯著差異，但接聽電話時駕駛者易產生較多之碰撞，特別在接完電話後發生偏移車道之失誤最多；Bhise 等人(2003)之研究中亦提及撥打電話時離開駕駛視線的次數較多；Consiglio 等人(2003)發現使用行動電話會使煞車反應時間變長，而且不論使用手持行動電話或免持行動電話均如此。

## 2.3 駕駛疲勞

在駕駛疲勞之研究方面，研究中所使用的研究平台主要以駕駛模擬器與實車測試為主，駕駛模擬器優點在於所需花費成本低，可避免實車測試可能產生之交通事故，保障受測者生命安全，而最重要的是透過駕駛模擬器，可經由實驗設計使測試內容不斷重現，並藉由不同屬性感測器進行資料擷取，以完整記錄實驗過程各項資料數據，供研究人員分析之用。Otmani 等人(2005)所進行研究認為使用駕駛模擬器進行駕駛疲勞實驗具有下列幾項優點：較佳實驗因子控制(所有受測者使用相同實驗環境與相同實驗因子)、可創造出單調路況、長且不間斷的實驗駕駛任務或具有潛在危險的駕駛任務，而透過模擬器可產生逼真駕駛場景與車輛動態反應，因此可創造類似真實開車經驗的模擬環境。相較於駕駛模擬器，實車測試是最接近真實狀態的實驗方法，然其成本昂貴，且必須承擔可能發生交通事故之風險，為確保受測者在進行駕駛疲勞實驗之安全性，常需配置專業教練(Philip 等人,2005)，並適度改裝車輛以維護受測者安全，然車輛於高速行駛狀態下仍無法保障不發生交通事故，而且實車測試可能因無法不斷重現事件場景，導致實驗樣本數不足的可能性，故其規模與時間通常較長。根據所蒐集文獻的實驗設計，可瞭解多數文獻所紀錄的行車資訊包括油門、煞車、車速和方向盤角度等訊息；部份實驗則配合正確率實驗量測受測者非疲勞與疲勞狀態下的反應能力是否有所差別，也有輔以量測心跳或腦電波的方式分析受測者生理狀態與實驗時間之關係者，至於以問卷瞭解受測者之疲勞狀態也是常見方法。

### 三、使用無線通訊設備對駕駛績效之影響分析

#### 3.1 實驗計畫

本實驗規劃主要是要探討大客車駕駛者遇到突發狀況時之感知反應時間行為及大客車駕駛者在開車時使用免持行動電話或無線電，遇到突發狀況時之駕駛績效課題。

##### 3.1.1 實驗設計

###### (一) 解釋變數(X)

1. 接聽方式：區分成無使用對講設備、使用免持式行動電話和使用無線電對講機三種。
2. 通話內容難易度：區分成簡單問題和複雜問題。
3. 煞車事件發生時機：區分為通話前、通話時與通話後等三類，其中通話前事件為在開始詢問駕駛者問題 2 至 6 秒鐘之前，前車開始煞車；通話中事件為開始詢問駕駛者問題的同時，前車開始煞車；通話後事件為詢問駕駛者問題結束後，前車馬上開始煞車。

###### (二) 依變數(Y)

依變數之量測採每秒記錄 32 次之方式進行，亦即每 0.03125 秒記錄一次，量測之項目包括：

1. 感知反應時間：從事件車煞車燈亮時至受測者腳離開油門踏板時間(秒)。
2. 車道偏移次數：駕駛者在駕駛過程中壓到中間車道左右標線的次數(次)。
3. 橫向偏離變化量：駕駛車輛距離分隔島位置之差異絕對值 (公尺)。
4. 車速變化量：連續兩秒間速度差異絕對值(公尺/分鐘)。

根據上述解釋變數之說明可彙整各實驗因子與相對應水準如表 2 所示。而實驗情境組合可彙整如表 3 之 19 種組合，而該表中 A、B 和 C 組合是相同的，亦是沒有通話事件，但事件車仍會按照觸發條件進行煞車動作，此設計目的主要是為避免受試者產生預期心理。

表 2 實驗因子與相對應水準

因子	接聽方式	通話內容	事件觸發時機
水準	無通話 免持電話 無線電	簡單 複雜	通話前 通話中 通話後 無事件
水準數	3 水準	2 水準	4 水準

表 3 情境組合表

接聽方式		不通話	免持行動電話		無線電	
通話內容		---	簡單	困難	簡單	困難
事件觸動時機	通話前	A	E	I	M	Q
	通話中	B	F	J	N	R
	通話後	C	G	K	O	S
	無事件	(D)	H	L	P	T

在實驗過程中安排受測者使用免持式行動電話和無線電對講機進行通話。通話內容是以廣播方式播放，若為免持聽筒方式，受測者聽到鈴聲後按下耳機上通話鍵即可進行通話；若為無線電對講機方式，受測者聽到鈴聲後，需拿起對講機進行通話。

### 3.1.2 駕駛模擬系統場景建置

實驗之駕駛情境為駕駛者白天行駛在高速公路上之跟車行為，事件為前方事件車採取緊急煞車。另為避免受測者產生聽到鈴響即預知前車即將煞車、或煞車後即會響鈴之預期心理，故在規劃過程中安排三個事件觸發卻不需接聽通話之情境。此外，根據Mohamed(2003)之研究指出駕駛者接電話時和接電話後會有較多失誤，以及在接聽完電話後發生車道偏離的失誤為最高，因此為探討不同通話時機(通話前、通話中、通話後)對駕駛績效之影響，通話時間之安排包括通話前、通話中及通話後等三類。

### 3.1.3 實驗程序

實驗進行之程序如圖 2 所示，依序包括報到、說明駕駛模擬器之使用方法、練習駕駛模擬器、進行正式實驗及填寫通話內容問卷。根據上述之實驗流程圖可推算出每人之實驗時間，預計每人之實驗時間約為 65 分鐘，其內容詳見表 4 所示。

表 4 每人每次實驗時間

項目	所需時間 (分)
說明駕駛模擬器使用方式	5
練習操作駕駛模擬器	20
休息	10
進行正式實驗	20
填寫通話內容問卷	10
總計每人每次實驗時間	65

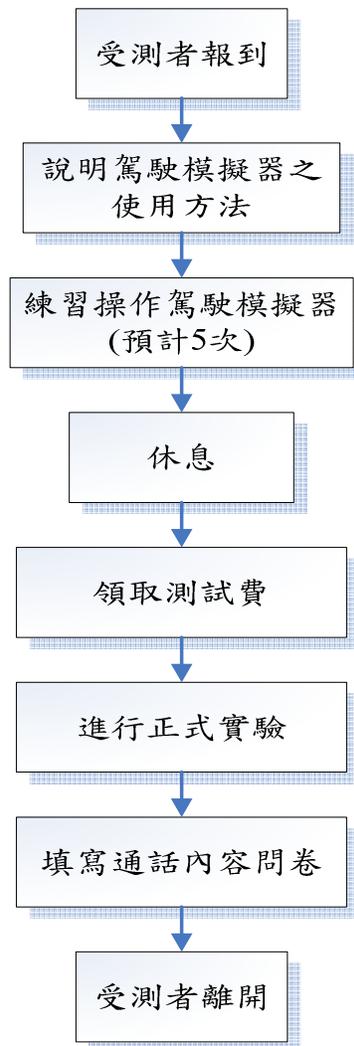


圖 2 實驗流程圖

## 3.2 實驗結果分析

### 3.2.1 感知反應時間

感知反應時間之變異數分析結果如表 5 所示，表中之數據顯示事件發生時機存在顯著差異，另在加入「不通話」因子等級後，接聽方式因子產生顯著差異( $p=0.036$ )，因此本研究再針對「接聽方式」進行多重比較，研究結果發現不使用通話設備時，感知反應時間明顯較有使用通話設備為短( $p=0.008$ ，不通話 vs 免持聽筒； $p=0.014$ ，不通話 vs 無線電)，顯示不論是無線電通訊設備或是免持式行動電話的使用均會使駕駛者之感知反應時間增加。此外，由於事件發生時機在各分析中均存在顯著差異，故經多重比較分析結果發現事件發生在通話前以及通話中時，感知反應時間沒有顯著差異( $p=0.372$ )，然而事件發生在通話後時，感知反應時間顯著較通話中為大( $p=0.006$ )，該結果顯示駕駛者在通話後，對於前車煞車事件之反應較慢，此與 Mohamed(2003)之研究結果一致，其可能是駕駛者在通話後產生情緒變化所致。

表 5 感知反應時間變異數分析結果

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	43.429(a)	8	5.429	2.161	.033
Intercept	427.366	1	427.366	170.116	.000
接聽方式	17.078	2	8.539	3.399	.036
事件發生時機	24.518	2	12.259	4.880	.009
接聽方式*事件發生時機	1.794	4	.449	.179	.949
Error	444.661	177	2.512		
Total	915.456	186			
Corrected Total	488.090	185			

### 3.2.2 車道偏移次數

由於實驗中受試者被要求必須維持在中央的車道，因此車道偏移主要量測本車是否有偏移到其他車道情形發生，車道偏移次數之變異數分析結果如表 6 所示，由該表可發現即使考慮是否有使用對講設備，車道偏移次數亦無顯著差異，同時也無交互作用存在，故在使用通話過程中，對車道偏移次數之影響並不顯著，然在資料分析過程中，發現各駕駛者之差異相當大，值得後續再深入探討。

表 6 車道偏移次數變異數分析

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	27.459(a)	8	3.432	.841	.568
Intercept	207.815	1	207.815	50.899	.000
接聽方式	7.469	2	3.734	.915	.402
事件發生時機	8.340	2	4.170	1.021	.362
接聽方式*事件發生時機	12.268	4	3.067	.751	.558
Error	1020.726	250	4.083		
Total	1256.000	259			
Corrected Total	1048.185	258			

### 3.2.3 橫向偏移量

雖然在車道偏移次數之分析中，發現通話設備的使用不至於產生明顯偏離至其他車道之行為，但為瞭解駕駛者在接聽通話設備過程中，是否會影響到車輛行駛之穩定度，本研究進行橫向偏移量之變異數分析結果如表 7 所示，由表中資料發現「事件發生時機」以及「通話內容」並無顯著差異存在，且各因子交互作用亦不明顯，然而「接聽方式」卻有高度的顯著差異，亦即代表使用免持聽筒時的平均車道偏移量，較使用無線電通訊設備小( $p=0.021$ )。而由表 8 加入「不通話」組合後之分析結果可發現接聽方式之顯著性更加明顯，主要的效應是來自於使用無線電與不通話之間車道偏移量差別。而使用免持聽筒時的車道偏移量，與不使用通話設備時並無差異( $p=0.1$ )。該結果可能是駕駛者在使用無線電通話設備時，手持按鍵之動作所產生，使得車輛的平均瞬時偏移量明顯的增加，而免持聽筒設備則能避免偏移情況發生。

表 7 平均橫向偏移量變異數分析

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.236(a)	11	.021	1.295	.230
Intercept	9.023	1	9.023	544.562	.000
接聽方式	.090	1	.090	5.431	.021
事件發生時機	.019	2	.009	.572	.565
通話內容	.007	1	.007	.398	.529
接聽方式*事件發生時機	.004	2	.002	.129	.879
接聽方式*通話內容	.026	1	.026	1.584	.210
事件發生時機*通話內容	.050	2	.025	1.521	.221
接聽方式*事件發生時機*通話內容	.024	2	.012	.735	.481
Error	3.198	193	.017		
Total	12.457	205			
Corrected Total	3.434	204			

表 8 平均橫向偏移量變異數分析(加入不通話組合)

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.201(a)	5	.040	1.964	.085
Intercept	11.625	1	11.625	568.457	.000
接聽方式	.155	1	.155	7.581	.006
事件發生時機	.014	2	.007	.345	.708
接聽方式*事件發生時機	.013	2	.006	.311	.733
Error	5.133	251	.020		
Total	16.959	257			
Corrected Total	5.334	256			

除前述車道偏移量之變異數分析外，本研究亦分別針對通話前、通話中和通話後有突發事件發生之三種情境進行分析，以探討有無進行通話對於車道偏移變化量之影響，茲就不同情境之分析結果說明如下：

1. 通話前有發生突發事件：

通話前發生事件時，有無通話對車道偏移變化量之影響分析結果如表 9 所示，由該表可知有無通話對於車道偏移變化量有顯著差異，有通話時的車道偏移變化量相對於沒有通話時的車道偏移變化量大，其車道偏移變化量平均高出 0.02 公尺，由此可見當駕駛者在突發事件後進行通話時對於維持車道的操控較不穩定。另從圖 3 為有無進行通話對於車道偏移變化量之盒型圖，更可明顯看出有無通話對車道偏移變化量所產生之影響。

表 9 車道偏移變化量分析(通話前)

時機	個數	平均數	標準差
無通話	77824	0.19	0.1
有通話	7764	0.21	0.2
T 值=-11.61 自由度=8904 p 值<0.0001			

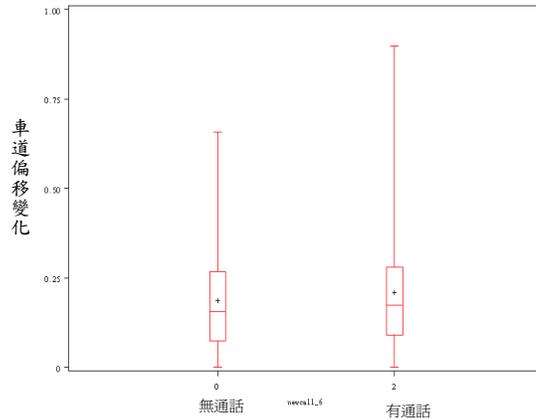


圖 3 車道偏移變化量之盒型圖(通話前)

2. 通話中有發生突發事件：

通話中發生事件時，有無通話對車道偏移變化量之影響分析結果如表 10 所示，由表中資料可知有無通話對於車道偏移變化量有顯著差異，有通話時的車道偏移變化量相對於沒有通話時的車道偏移變化量大，其車道偏移變化量平均大了 0.01 公尺，由此可見，當駕駛者在進行通話且同時有事件發生時對於維持車道的操控較不穩定。從圖 4 為有無進行通話對於車道偏移變化量之盒型圖，更可明顯看出有無通話對車道偏移變化量所產生之影響

表 10 車道偏移變化量(通話中)

時機	個數	平均數	標準差
無通話	41139	0.17	0.1
有通話	7459	0.18	0.1
t 值=-8.10 自由度=9620 p 值<0.0001			

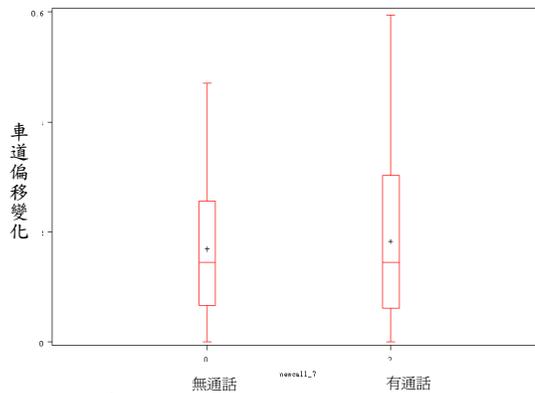


圖 4 車道偏移變化量之盒型圖(通話中)

3. 通話後有發生突發事件：

通話後發生事件時，有無通話對車道偏移變化量之影響分析結果如表 11 所示，由該表可知有無通話對於車道偏移變化量有顯著差異，有通話時的車道偏移變化量相對於沒有通話時的車道偏移變化量大，其車道偏移變化量平均大了 0.01 公尺，由此可

見，當駕駛者在進行通話時對於維持車道的操控則較不穩定。另從圖 5 為有無進行通話對於車道偏移變化量之盒型圖，更可明顯看出有無通話對車道偏移變化量所產生之影響。

表 11 車道偏移變化量分析(通話後)

時機	個數	平均數	標準差
無通話	45401	0.18	0.1
有通話	8238	0.19	0.1
t 值=-7.02 自由度=11e <sup>3</sup> p 值<0.0001			

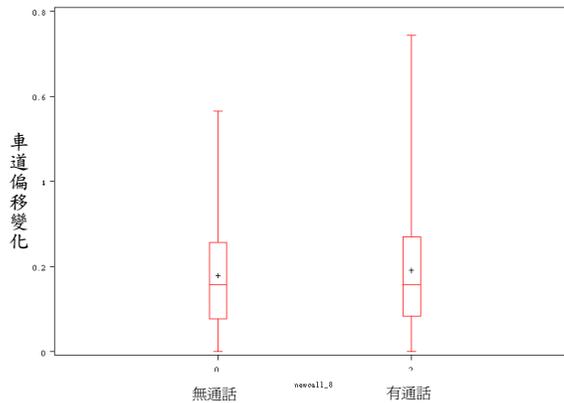


圖 5 車道偏移變化量之盒型圖(通話後)

### 3.2.4 速率變化量

平均車速變化量亦為另一個車輛行駛時穩定度之衡量依據，為瞭解駕駛者在接聽通話設備過程中，是否會影響到車輛行駛之穩定度，本研究亦進行速率變化量之變異數分析結果如表 12 所示，基本上主要因子均無顯著差異存在，但因子間卻存在交互作用，其中「事件發生時機」與其他兩個因子均存在交互作用，顯示不同事件發生時機，可能影響到其他因子。因此平均速率變化量作為依變項或許並不適合，此可能因為駕駛者對於速度的掌握能力與本車和前車距離有直接關係，在某些不緊急情況下，因子組合對速度之影響便可能不明顯。

表 12 平均速率變化量變異數分析

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.069(a)	5	.014	3.83	.002
Intercept	1.512	1	1.512	417.01	.000
接聽方式	.003	1	.003	.83	.362
事件發生時機	.002	2	.001	.21	.805
接聽方式 * 事件發生時機	.065	2	.032	8.90	.000
Error	.910	251	.004		
Total	2.491	257			
Corrected Total	.979	256			

除前述速率變化量之變異數分析外，本研究亦分別針對通話前、通話中和通話

後有突發事件發生之三種情境進行分析，以探討有無進行通話對於車輛速率變化量之影響，茲就不同情境之分析結果說明如下：

1. 通話前有發生突發事件：

通話前發生事件時，有無通話對車輛速率變化量之影響分析結果如表 13 所示，由表中資料可發現有無通話對於速度變化量有顯著差異，有通話時的速度變化量相對於沒有通話時的速度變化量大，其速度變化量平均高出 0.21 公尺/分鐘，顯見駕駛者在突發事件後進行通話時，駕駛者之速率穩定性較差。另從圖 6 為有無進行通話對於速率變化量之盒型圖，更可明顯看出有無通話對速率變化量所產生之影響。

表 13 速度變化量分析(通話前)

時機	個數	平均數	標準差
無通話	79083	0.68	0.6
有通話	7466	0.87	1.0
t 值=-16.49 自由度=8053 p 值<0.0001			

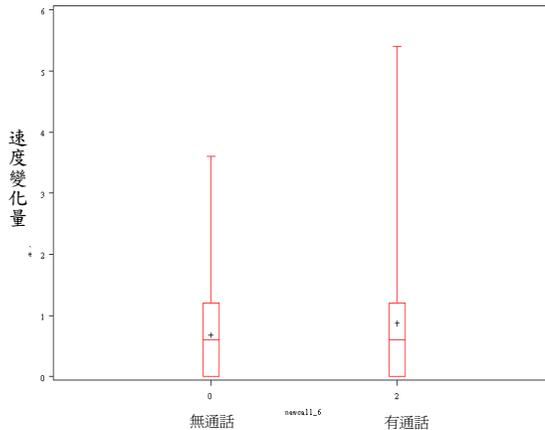


圖 6 速度變化量之盒型圖(通話前)

2. 通話中有發生突發事件：

通話中發生事件時，有無通話對車輛速率變化量之影響分析結果如表 14 所示，由表中可知有無通話對於速度變化量存在顯著差異，沒有通話時的速度變化量相對於有通話時的速度變化量大，其速度變化量平均高出 0.21 公尺/分鐘，此可能係在通話中，駕駛因為心智負荷增加，不敢隨意變動速度所致。另從圖 7 為有無進行通話對於速率變化量之盒型圖，亦可明顯發現在通話中發生事件時，有無通話對速率變化量並不明顯。

表 14 速度變化量分析(通話中)

時機	個數	平均數	標準差
無通話	41921	0.81	0.7
有通話	7436	0.60	0.7
t 值=24.30 自由度=49e <sup>3</sup> p 值<0.0001			

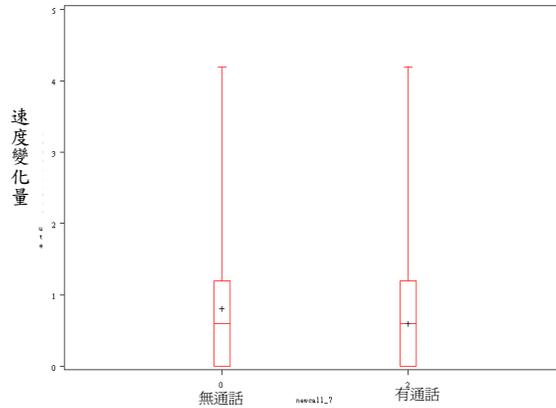


圖 7 速度變化量之盒型圖(通話中)

### 3. 通話後有發生突發事件：

通話後發生事件時，有無通話對車輛速率變化量之影響分析結果如表 15 所示，由表中可知有無通話對於速度變化量存在顯著差異，沒有通話時的速度變化量相對於有通話時的速度變化量大，其速度變化量平均高出 0.33 公尺/分鐘，此可能係在通話後，駕駛因為心智負荷尚未恢復，不敢隨意變動速度所致。另從圖 8 有無進行通話對於速率變化量之盒型圖，亦可明顯發現在通話後發生事件時，使用通話設備不會使駕駛者之速率變化量增加。

表 15 速度變化量分析(通話後)

時機	個數	平均數	標準差
無通話	45601	0.77	0.8
有通話	8345	0.44	0.5
t 值=47.62 自由度=17e <sup>3</sup> p 值<0.0001			

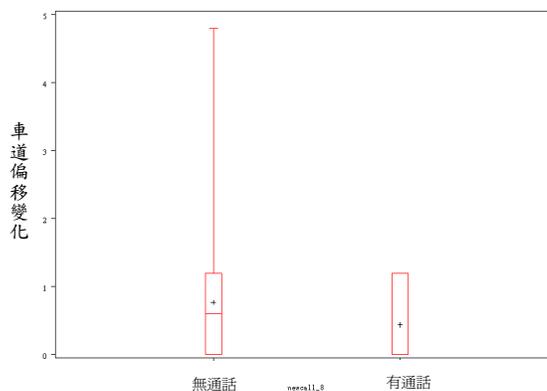


圖 8 速度變化量之盒型圖(通話後)

### 3.3 綜合分析

綜合上述分析結果發現：使用不同的通話設備對於感知反應時間和平均橫向偏移量有顯著差異。使用不同的通話設備對於感知反應時間而言，使用通話設備時之感知反應時間明顯較未使用通話設備時為長，此研究結果與相關研究(Mohamed, 2003; Bhise 等人, 2003; Consiglio 等人, 2003)之結果相似。然而，不同通話設備對於

平均車道偏移量而言，使用無線電通話設備進行通話時之橫向偏移量相對於無使用通話設備和使用免持行動電話之偏移量大，顯示當大客車駕駛在駕駛過程中，不論使用何種通話設備，均會造成駕駛者分心，使駕駛者對於突發事件之反應時間變慢，特別在使用無線電通話設備時，因為需要手部之接聽動作，使其車輛之橫向偏移量增大，顯示駕駛者之行駛穩定度將會因使用通話設備而下降。

若針對事件發生在通話前、通話中及通話後三種情境進行分析，發現駕駛者在通話時的車輛橫向偏移量皆大於沒有通話時之偏移量(如圖 9 所示)。然在速度變化量中，只有事件發生在通話前時，有通話狀況下的速度變化量大於沒有通話狀況下的速度變化量，在事件和通話同時發生，以及事件發生在通話後兩個階段中的速度變化量，有通話時的車速變化則較穩定(如圖 10 所示)，此結果可能是因為駕駛者在進行通話時會降低車速以減少工作負荷所致，此與林志隆(2002)之分析結果相仿。雖然無線電通話設備的使用不會增加速度所產生之不穩定性，但卻會明顯增長感知反應時間，同時亦會增加駕駛行為中橫向之不穩定性，顯示對大客車之行車安全產生影響，值得有關單位重視此一目前並未被在行駛過程中禁止使用之通話設備所產生之行車安全問題。

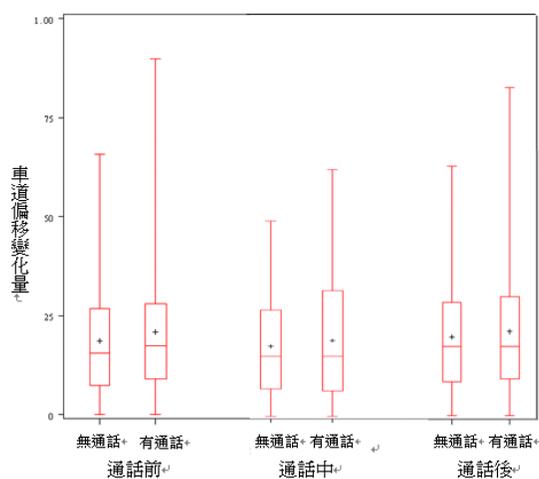


圖 9 車道偏移變化量之盒型圖(綜合)

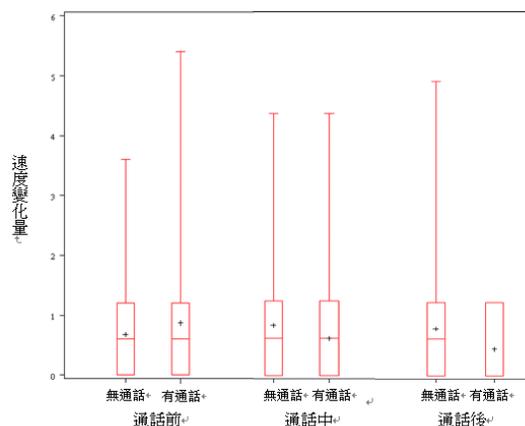


圖 10 速度變化量之盒型圖(綜合)

## 四、駕駛疲勞與疲勞警示系統之駕駛績效分析

### 4.1 國道客運駕駛員疲勞調查與分析

#### 4.1.1 資料調查

本研究於 2005 年 7 月及 11 月分別在國道客運場站，針對國道客運駕駛員進行二次問卷調查，兩次問卷共發出 240 份，回收 196 份有效問卷，其中長程駕駛員(行駛路線里程超過 150 公里)回收 107 份；短程駕駛員(行駛路線里程未超過 150 公里)回收 89 份，有效問卷回收率為 81.67%。

#### 4.1.2 調查結果分析

##### (一)平常日執勤基本資料

國道客運駕駛員平常日執勤基本資料之調查結果可彙整如表 16 與表 17 所示，其中長程駕駛員平常日平均每天駕駛總次數以 2 次之 93 人為最多(約 87%)，每天駕駛總次數之平均值約 1.92 次。每天平均駕駛總時數以 9-12 小時之 71 人最多(約 66%)，13 小時以上之比例為 22%，每日之平均駕駛時數為 11.30 小時，顯示駕駛者之駕駛時數偏高；目前值勤路線連續開車時間以 4-5 小時之 77 人為最高(約 72%)，超過 10 小時以上達 18%；目前值勤路線連續開車時間平均值是 5.89 小時；連續駕車最長時間以 5-8 小時之 55 人為最多(約 51%)，9-12 小時 33 人次之(約 31%)，超過 17 小時以上者達 9%，而連續駕車最長時間的平均值是 10.2 小時，顯示有將近 50%之駕駛員曾連續開車超過 8 小時。

在短程駕駛員方面，平常日平均每天駕駛總次數以 1-4 次之 50 人為最多為 56%，而 5-8 次之 30 人次之(約 34%)，每天駕駛總次數之平均值為 5.56 次；平常日平均每天駕駛總時數以 9-12 小時之 58 人最多為 65%，13 小時以上之比例為 24%，平常日每日之平均駕駛時數為 11.20 小時，平常日之平均駕駛時數偏高；目前值勤路線連續開車時間以 1-2 小時之 24 人為最高為 48%，2-3 小時之 41 人次之(約 46%)，目前值勤路線連續開車時間平均值是 2.19 小時；連續駕車最長時間以 9-12 小時 30 人為最(約 34%)，1-4 小時 25 人次之(約 28%)，超過 13 小時以上為 14%，而連續駕車最長時間的平均是 8.54 小時，顯示短程駕駛員超過駕駛時數之比例與長程駕駛員一樣，均有偏高之現象。

表 16 駕駛員平常日值勤基本資料

調查項目	長程		短程		
	人數	百分比%	人數	百分比%	
平常日平均每天駕駛總次數 (次數)	1	10	9%	0	0%
	2	93	87%	0	0%
	3	2	2%	7	8%
	4	2	2%	43	48%
	5-8	0	0%	30	34%
	9-12	0	0%	2	2%
	13-16	0	0%	7	8%

表 16 駕駛員平常日值勤基本資料(續)

調查項目		長程		短程	
		人數	百分比%	人數	百分比%
平常日平均每天駕駛總時數 (小時)	1-4	0	0%	0	0%
	5-8	13	12%	10	11%
	9-12	71	66%	58	65%
	13-16	23	22%	21	24%
目前值勤路線連續開車時間 (小時)	小於 1	0	0%	5	6%
	1-2	0	0%	43	48%
	2-3	0	0%	41	46%
	3-4	0	0%	0	0%
	4-5	77	72%	0	0%
	6-7	4	4%	0	0%
	8-9	8	7%	0	0%
	10 以上	18	17%	0	0%
連續駕車最長時間(小時)	1-4	2	2%	25	28%
	5-8	55	51%	21	24%
	9-12	33	31%	30	34%
	13-16	7	7%	11	12%
	17 以上	10	9%	2	2%

表 17 駕駛員平日值勤駕駛統計資料

調查項目	長程		短程	
	平均數	標準差	平均數	標準差
平常日平均每天駕駛總次數(次數)	1.96	0.43	4.44	0.91
平常日平均每天駕駛總時數(小時)	11.30	1.47	11.13	1.34
目前值勤路線連續開車時間(小時)	5.89	2.64	2.41	0.51
連續駕車最長時間(小時)	10.20	4.56	9.32	4.30

## (二)平日睡眠資料

國道客運駕駛員平日睡眠資料如表 18 與表 19 所示，其中長程駕駛員之平常睡眠時間以 7-9 小時之 59 人最高(約 55%)，但未達 6 小時的比例也有 25%，顯示出駕駛員的睡眠不足者比例偏高，平常睡眠時間平均數為 7.92 小時；平常睡眠品質不好者僅 16%，而若以 1 到 5 分由低到高評比平常睡眠品質之平均分數為 3.47，顯示成駕駛員之睡眠品質都不錯，而影響平常睡眠品質因素以噪音之 53 人最多(約 50%)，其次為溫度之 20%。在短程駕駛員方面，平常睡眠時間以 7-9 小時之 58 人為最高(約 65%)，但未達 6 小時的比例也有 35%，顯示出短程駕駛員睡眠不足者比例較高，平常睡眠時間平均數為 6.92 小時，略低於長程駕駛員；平常睡眠品質不好者為 26%，以 1 到 5 分評比平常睡眠情形平均數為 3.22，影響平常睡眠品質因素以溫度之 29 人最多(約佔 32%)。顯示在本次問卷調查中，短程駕駛員之睡眠時數較長程駕駛員少，且睡眠品質亦較差。

表 18 駕駛員平日值勤睡眠資料

調查項目		長程		短程	
		人數	百分比%	人數	百分比%
平常睡眠時間 (小時)	1-3	0	0%	0	0%
	4-6	27	25%	31	35%
	7-9	59	55%	58	65%
	10-12	21	20%	0	0%
平常睡眠品質	很不好	0	0%	0	0%
	不好	17	16%	23	26%
	普通	35	33%	39	44%
	好	47	38%	17	19%
	很好	14	13%	10	11%
影響平常睡眠品質因素(可複選)	溫度	21	20%	29	32%
	蚊蟲	13	12%	6	7%
	噪音	53	50%	23	26%
	小孩吵鬧	10	9%	3	3%
	其他	10	9%	28	32%

表 19 駕駛員平日睡眠統計資料

調查項目	長程		短程	
	平均數	標準差	平均數	標準差
平常睡眠時間(小時)	7.92	1.80	6.92	1.01
平常睡眠品質 (1 到 5 代表由低至高)	3.47	0.55	3.22	0.46

### (三)疲勞相關課題

國道客運駕駛員其他有關疲勞課題之綜合調查結果可彙整如表 20 所示。在長程駕駛員方面，平日上班休息時間內最常從事的休閒活動以喝茶、聊天之 32 人為最多(約 30%)，小憩之 27 人次之(約 25%)；上班時段之變動性則以每天上班時段總是經常變動之 81 人為最高(約 76%)；而在執勤中僅有 2%之駕駛員從不感到疲勞，從無打瞌睡經驗者約有 49%，顯示長程客運駕駛者之疲勞現象十分嚴重。在最容易感到疲勞的時段方面，則以 0-6 時之 51 人為最多(約 48%)，其次為 12-18 時之 26 人(約 24%)；駕駛者曾採用過避免駕駛疲勞之方法，以嚼食口香糖之 37 人為最多(約 24%)，其次為抽煙之 31 人(約 21%)。

在短程駕駛員方面，平日班休息時間內最常從事的休閒活動以喝茶、聊天之 32 人為最多(36%)，小憩之 21 人次之(23%)，此與長程駕駛員之休閒活動相似，惟值得注意的是約有 20%的駕駛員在休息時間從事打電玩或看電視等可能造成視覺疲勞之休閒活動，仍得各公司加以注意；上班時段之變動性則以每天上班時段偶而變動之 58 人為最高(約 65%)，顯示短程駕駛員之駕駛時間變動性不若長程駕駛員嚴重；而在執勤中從不感到疲勞之駕駛原比例約為 10%，從無打瞌睡經驗者將近有 43%，顯示短程客運駕駛者之疲勞現象仍然十分嚴重。在最容易感到疲勞的時段方面，由於短程路線一般營運時間為 6:00~24:00，故以 12-18 時之 75 人最多(約 84%)；駕駛者曾採用過避免駕

駛疲勞之方法，以喝含咖啡因飲料之 22 人為最多(約 29%)，以嚼口香糖之 21 人為次之(約 28%)。

而在休閒活動調查項目中，打牌、打電玩及看電視均為易產生精神型疲勞之休閒活動，其中長程駕駛員約佔 29%；短程駕駛員約佔 21%，顯示部份駕駛員缺乏適當之休閒管理。

表 20 國道客運駕駛員平日其他資料統計

調查項目		長程		短程	
		人數	百分比	人數	百分比
在上班休息時間內最常從事的休閒活動(複選)	打牌	2	2%	2	2%
	喝茶、聊天	32	30%	32	36%
	做運動	15	14%	5	6%
	小憩	27	25%	21	23%
	打電玩	3	3%	2	2%
	看電視	26	24%	15	17%
	其他	2	2%	12	14%
每天上班時段是否經常變動	從不	2	2%	10	11%
	偶而	24	22%	58	65%
	總是	81	76%	21	24%
曾在開車中感到疲勞	從不	24	22%	9	10%
	偶而	80	75%	71	80%
	總是	3	3%	9	10%
那個時段開車最感到疲勞	0-6	51	48%	0	0%
	6-12	14	13%	24	26%
	12-18	26	24%	75	84%
	18-24	16	15%	0	0%
曾在駕駛途中不自覺打瞌睡	從不	53	49%	38	43%
	偶而	50	47%	45	50%
	總是	4	4%	6	7%
假日工作是否較平日來得疲勞	沒有	35	33%	19	21%
	輕微	17	16%	20	23%
	普通	29	27%	27	30%
	嚴重	22	20%	20	23%
	非常嚴重	4	4%	3	3%
曾採用過避免駕駛疲勞之方法(複選)	抽煙	31	21%	13	17%
	嚼口香糖	37	24%	21	28%
	嚼食檳榔	18	12%	4	5%
	找人談話	22	15%	3	4%
	喝含咖啡因飲料	21	14%	22	29%
	不斷活動筋骨	18	12%	12	16%
	其他	2	2%	1	1%

#### (四)國道客運駕駛員平日值勤疲勞的影響程度

本研究在問卷中亦採用主觀態度，針對每一個疲勞發生原因分別以沒有、輕微、中等、嚴重、非常嚴重等五個等級加以評分，各等級分別給予 1 分至 5 分之評分，各影響因素之影響程度統計如表 21 所示，由表中資料可知長程及短程的駕駛者皆認為車外交通環境是影響疲勞最嚴重的因素；其次為車外自然環境、昨晚睡眠不足及上班後無法獲得充分休息等，顯示若要降低駕駛者的疲勞程度，可優先從該些項因素著手。

表 21 平日值勤疲勞影響因素彙整表

區分 影響因 素	長程			短程		
	平均數	變異數	排序	平均數	變異數	排序
車外自然環境	2.39	0.25	2	2.94	0.19	2
車外交通環境	3.23	0.48	1	3.43	0.77	1
駕駛座環境	2.09	0.14	8	2.71	0.86	7
車內乘客影響	1.96	0.30	9	2.73	0.82	6
開車時段	2.20	0.04	5	2.75	0.79	3
昨晚睡眠不足	2.29	0.03	4	2.75	0.71	3
昨晚睡眠品質不佳	2.19	0.02	6	2.69	0.65	8
上班後無法獲得充分休息	2.33	0.00	3	2.63	0.12	9
開車精神過度集中	2.17	0.00	7	2.74	0.19	5
休息時間從事其他額外工作	1.80	0.06	10	2.19	0.99	10

#### (五)影響駕駛疲勞因素交叉分析

本研究所進行的探索性統計分析，主要在探討比較平常日與調查當日值勤的差異程度，並找出疲勞狀態和疲勞程度有關的因素，以瞭解駕駛疲勞之相關影響因素。本研究針對影響國道客運駕駛員駕駛疲勞因素之交叉分析，乃採用平常日的疲勞狀態與要查當日的疲勞程度作為因變數，其他調查變數為自變數，茲將相關分析結果分別區分短程及長程駕駛員分別說明如後。

##### 1.長程駕駛員平常日疲勞狀態交叉分析

本研究利用卡方檢定(Chi-square)檢定疲勞狀態與各調查自變數是否有關，其長程駕駛員之檢定 P 值可彙整如表 22 所示，

由表中資料可發現平常日疲勞狀態有顯著相關(P 值小於 0.05)的因素包括：年齡、平均駕駛總時數、平常睡眠情況、上班時段變動性。

表 22 長程駕駛員平常日疲勞狀態變數顯著性彙整表

因變數	自變數	機率值(P 值)
疲勞 狀態	年齡	0.011 **
	婚姻狀況	0.126
	平常日平均每日駕駛總次數	0.929
	平常日每日平均駕駛總時數	0.003 **
	連續開車最長時間	0.989
	平常睡眠時間	0.602
	平常睡眠情況如何	0.007 **
	每天上班時段是否經常變動	0.022 **

\*\*表 P 值<0.05

在四個與平常日疲勞狀態有顯著相關之因素中，年齡與疲勞狀態之交叉分析表如 23 所示，由表中資料可發現年紀越輕之長程駕駛員，較不易產生疲勞。

表 23 長程駕駛員年齡與疲勞狀態交叉分析表

疲勞狀態 年齡(歲)	從不	偶而	總是	總計
	29 以下	6	3	1
30-39	10	52	0	62
40-49	5	23	1	29
50 以上	1	3	0	4
總計	22	81	2	105
P 值=0.011				

每日平均駕駛總時數為另外一個顯著與疲勞狀態有關之變數，其交叉分析如表 24 所示，由該表資料顯示出在駕駛總時數越多的駕駛員，其疲勞狀態也越高。可見疲勞狀態與其工作負擔有密切關係，也顯示出國內駕駛員工作負擔很重的狀況。

表 24 長程駕駛員平均駕駛時數與疲勞狀態交叉分析表

疲勞狀態 平均駕駛 時數(小時)	從不	偶而	總是	總計
	8 以下	8	4	0
9-11	7	35	0	42
12 以上	6	39	2	47
總計	21	78	2	101
P 值=0.003				

平常睡眠品質與疲勞狀態之交叉分析果如表 25 所示，由表中資料可發現平常日睡眠品質越不好的駕駛員，其疲勞狀態就越高，在本問卷中許多駕駛員平日睡眠品質不佳的因素，除原本選項中的溫度及噪音外，尚有部分駕駛員認為工作壓力亦會影響睡

眠，顯見工作壓力除會直接造成駕駛疲勞外，尚可能因為影響睡眠品質，而間接造成平日執勤時駕駛疲勞。

表 25 長程駕駛員平常睡眠品質與疲勞狀態交叉分析表

平常睡眠品質 \ 疲勞狀態	從不	偶而	總是	總計
	很不好、不好	0	3	0
尚可	4	46	2	52
好、很好	17	31	0	48
總計	21	80	2	103
P 值=0.007				

最後一項與長程駕駛員疲勞狀態有關之因素為上班時段之變動性，兩者之交叉分析結果如表 26 所示，表中資料顯示出上班時段變動性越高的駕駛員，其疲勞狀態也越高。由於各客運業者在堅固司機執勤公平性前提下，常會讓司機執勤不同時段之勤務，此一排班結果導致在調查中發現長程駕駛員平日上班時段之變動性十分頻繁，其亦導致駕駛員因為生理時鐘的經常性變動，而較容易發生疲勞現象。

表 26 長程上班時段變動性與疲勞狀態交叉分析表

上班時段 是否經常變動 \ 疲勞狀態	從不	偶而	總是	總計
	從不	2	0	0
尚可	13	53	0	66
總是	7	28	2	37
總計	22	81	2	105
P 值=0.022				

## 2. 短程駕駛員平常日疲勞狀態交叉分析

在短程駕駛員疲勞狀態之交叉分析方面，利用卡方檢定(Chi-square)檢定疲勞狀態與各調查自變數是否有關之檢定 P 值可彙整如表 27 所示，由表中資料可發現平常日疲勞狀態有顯著相關(P 值小於 0.05)的因素包括：年齡及連續最常開車時間。

表 27 短程駕駛員平常日疲勞狀態變數顯著性彙整表

因變數	自變數	機率值(P 值)
疲勞 狀態	年齡	0.013 **
	婚姻狀況	0.709
	平常日平均每日駕駛總次數	0.070
	平常日平均每日駕駛總時數	0.504
	連續開車最長時間	0.003 **
	平常睡眠時間	0.630
	平常睡眠情況如何	0.083
	每天上班時段是否經常變動	0.052

\*\*表 P 值<0.05

在兩個與平常日疲勞狀態有顯著相關之因素中，年齡與疲勞狀態之交叉分析表如 28 所示，由表中資料可發現在短程駕駛員中，隨著年齡的增長，其總是感到疲勞及從不感到疲勞之比例均增加，此結果與長程駕駛員明顯不同，其可能是隨著駕駛經驗的增加，公司較易讓年長的駕駛員行駛固定時段所致。

表 28 短程駕駛員年齡與疲勞狀態交叉分析表

年齡	疲勞狀態			總計
	從不	偶而	總是	
29 以下	0	6	0	6
30-39	1	32	3	36
40-49	3	24	3	30
50-59	4	4	2	10
總計	8	66	8	82

曾連續駕車最長時間為另外一個顯著與疲勞狀態有關之變數，其交叉分析如表 29 所示，由該表資料顯示出曾連續駕車最長時間越長的駕駛員，其疲勞狀態也越高。可見疲勞狀態與其工作負擔有密切關係，也顯示出國內駕駛員工作負擔很重。

表 29 短程駕駛員曾連續駕車最長時間與疲勞狀態交叉分析表

連續駕車時間	疲勞狀態			總計
	從不	偶而	總是	
8 以下	1	16	2	19
9-11	0	9	1	10
12 以上	1	11	2	14
總計	2	36	5	43
P 值=0.003				

#### (六)調查當日疲勞程度交叉分析

本研究在問卷調查中將當日疲勞程度從 1(不疲勞)到 10(非常疲勞)區分成 10 等級，考量資料分析各分組樣本數大小，遂將疲勞程度由 10 級尺度轉換成 3 級尺度，轉換方式為將原本選擇 1~2 的疲勞程度歸類為不疲勞，3~5 的疲勞程度歸類為有點疲勞，6 以上的疲勞程度歸類為很疲勞。

長程駕駛員的分析方面，當日疲勞程度與各變數之卡方檢定 P 值可彙整如表 29 所示，表中資料顯示各相關變數今日疲勞程度均無顯著相關。

表 29 長程駕駛員當日疲勞狀態變數顯著性彙整表

因變數	自變數	機率值(P 值)
疲勞程度	今日起床到目前為止的小睡時間	0.728
	昨晚睡眠時間	0.712
	昨晚睡眠品質	0.311

短程駕駛員的分析方面，當日疲勞程度與各變數之卡方檢定 P 值可彙整如表 30 所示，由表中資料可知僅昨晚睡眠時間與今日疲勞程度呈現顯著相關。

表 30 短程駕駛員當日疲勞狀態變數顯著性彙整表

因變數	自變數	機率值(P 值)
疲勞程度	今日起床到目前為止的小睡時間	0.376
	昨晚睡眠時間	0.035 **
	昨晚睡眠品質	0.275

\*\*表 P<0.05

若進一步將昨晚睡眠時間與當日疲勞狀態之交叉分析結果彙整如表 31，由表中資料可發現執勤前一日睡眠時數越少的駕駛員，其疲勞狀態就越高，可見睡眠時數的長短與疲勞狀態有密切關係。

表 31 短程駕駛員前晚睡眠時間與當日疲勞程度交叉分析表

疲勞程度 睡眠時間	不疲勞	有點疲勞	很疲勞	總計
5 以下	0	3	9	12
6-7	2	13	7	22
8 以上	4	3	2	9
總計	6	19	18	43
P 值=0.035				

從平常日疲勞狀態與當日疲勞程度之 P 值可發現駕駛時數、睡眠時數、睡眠品質、年齡等，均會影響到駕駛員之疲勞程度，亦即駕駛時數越長、睡眠時間及品質越不好之駕駛者，其感覺疲勞之比例越高。

(七)駕駛疲勞影響因素變異數分析

本研究另外將駕駛員平常日值勤疲勞狀態區分為 a、b、c 三群，分別代表從不感到疲勞、偶爾感到疲勞及總是感到疲勞。針對平常日值勤狀況中的駕駛總次數、駕駛總時間、連續開車最長時間、平常睡眠時間及平常睡眠情況等因數進行變異數分析，以進一步了解該些因素是否影響駕駛員平日之疲勞狀態。

長程駕駛員之 ANOVA 分析結果如表 32 所示，由該表可知駕駛總時數與平常睡眠品質均會影響到平日疲勞狀態，本研究另外透過 LSD 多重檢定結果發現平日駕駛總時數越高，其疲勞狀態就越嚴重；睡眠品質越不好，疲勞狀態亦越嚴重。顯示長程駕駛員之疲勞程度確實與平日執勤工作量及睡眠品質有顯著之關係。

表 32 長程駕駛員平日疲勞狀態 ANOVA 分析表

分 群 構 面	疲勞狀態			變異數檢定	
	a.從不	b.偶而	c.總是	F 值	P 值
駕 駛 總 次 數	2	1.813	2.027	0.053	0.948
駕 駛 總 時 數	9.667	10.808	12	6.568	0.002**
連 續 開 車 最 長 時 間	8.8	10.895	7.5	1.525	0.227
平 常 睡 眠 時 間	8.667	7.605	7	3.133	0.52
平 常 睡 眠 品 質	2.81	2.35	2	7.110	0.001**

\*\*表 P<0.05

資料來源：本研究整理

短程駕駛員之 ANOVA 分析結果如表 33 所示，由該表可知僅有睡眠品質略微會影響到平日疲勞狀態，本研究另外透過 LSD 多重檢定結果發現平日睡眠品質越不好，疲勞狀態亦越嚴重。顯示短程駕駛員之疲勞程度確實與平常之睡眠品質有顯著之關係。

表 33 短程駕駛員疲勞狀態 ANOVA 分析表

分 群 構 面	疲勞狀態			變異數檢定	
	a.從不	b.偶而	c.總是	F 值	P 值
駕 駛 總 次 數	4.5	4.33	5.2	2.112	0.134
駕 駛 總 時 數	10.15	11.27	11.88	0.918	0.404
連 續 開 車 最 長 時 間	6.5	8.68	9	0.016	0.984
平 常 睡 眠 時 間	7.75	6.95	6	1.398	0.259
平 常 睡 眠 品 質	2.75	2.29	2.2	2.612	0.086 *

\*表 P<0.10

此外，若將調查當日之值勤疲勞程度區分為 a、b、c 三群，分別代表從不疲勞、略為疲勞及很疲勞等三個等級。本研究針對執勤當日的小睡時間、前晚睡眠時間、前晚睡眠情況等變數進行變異數分析，以進一步了解該些因素是否影響駕駛員平日之疲

勞狀態。

長程駕駛員之 ANOVA 分析結果如表 34 所示，由表中資料可知變異數檢定結果均不顯著，但仍可發現在感到很疲勞之駕駛員中，其執勤當日之休息時間及前晚睡眠時間均較少；前晚睡眠品質亦較差。

表 34 長程駕駛員執勤當日疲勞狀態 ANOVA 分析表

分群 構面	疲勞程度			變異數檢定	
	a.不疲勞	b.有點疲勞	c.很疲勞	F 值	P 值
小睡時間	43.81	56.786	8.333	0.662	0.68
前晚睡眠時間	7.857	7.482	7.167	0.461	0.834
前晚睡眠品質	4.095	3.571	3.5	1.336	0.26

短程駕駛員之 ANOVA 分析結果如表 35 所示，由表中資料可知值勤前晚之睡眠時間顯著影響當日執勤之疲勞程度，若進一步利用 LSD 多重比較分析，則發現前晚睡眠時間越少之短程駕駛員，其執勤當日之疲勞狀況越嚴重。

表 35 短程駕駛員執勤當日疲勞程度 ANOVA 分析表

分群 構面	疲勞程度			變異數檢定	
	a.不疲勞	b.有點疲勞	c.很疲勞	F 值	P 值
小睡時間	42.5	32.68	49	0.588	0.560
前晚睡眠時間	7.75	6.51	6.2	5.920	0.006 **
前晚睡眠情況	2.8	2.25	2.38	2.430	0.101

\*表 P<0.10

\*\*表 P<0.05

#### 4.1.3 綜合分析

依據前述調查資料顯示目前國道客運駕駛員產生駕駛疲勞之現象十分普遍，約僅有 16.75%之受訪駕駛員未曾在駕駛過程中產生疲勞現象，茲就本調查之結果綜合分析如下：

1. 除工作時間長短會影響駕駛疲勞程度外，不固定的輪班方式，亦會造成駕駛疲勞。依據前述調查長程駕駛員僅有 2%駕駛員之上班時段固定，短程駕駛員也僅有 11% 每天固定上班時段，其餘 90%之駕駛員均有輪班現象。另外調查也發現長程駕駛員輪班之變動性較高，在研究訪談的過程中，得知其原因在於長程與短程之營運型態。長程主要是 24 小時班制，故營運期間長所造成的班次變動性就較短程有限時

間的班制要來的頻繁。

2. 依據前述調查長程駕駛員有 48% 認為 0-6 點駕車最為疲勞, 24% 的駕駛員表示 12-18 點為其次; 而短程駕駛員則有 72% 認為 12-18 點最為疲勞, 21% 的駕駛員認為 6-12 點為其次, 其中短程駕駛員因時段限制, 於 0-6 點及 12-18 點都無排班, 故自動排除。綜合以上結果與柳永青等人(民 91)針對國道高速公路交通事故發生原因之分析中, 肇事發生時間發生以 01-03 點最多, 其次為 11-13 點, 此兩個時段恰為本研究國道客運駕駛員感到最疲勞時段, 其間是否存在關聯性, 值得後續加以深入探討。
3. 問卷調查中長程駕駛員平均連續駕車時間為 11.3 小時, 短程亦高達 11.2 小時, 兩者時數偏高的原因, 主要是長程駕駛員之工作時間受限於行駛趟次之完整性, 無法在行車過程中因為達到工作時間即停止工作; 而短程雖行車距離較短, 但亦受限於較密集的行駛趟次, 每當完成一趟勤務後往往又趕著下一班次, 故沒辦法有充分休息。此種現象不僅對駕駛員造成極大負擔, 也直接影響到行車安全, 故未來駕駛員合理工作時間認定, 值得國道客運業者及相關主管機關依據實際營運環境加以規範。
4. 依據問卷調查結果, 長程駕駛員平均小睡時間為 46.55 分鐘; 短程駕駛員則為 35.1 分鐘。顯示大部份駕駛員均懂得利用在休息時間以小睡來恢復體力, 但國道客運業者是否也能提供相對較佳的優質休息環境, 讓駕駛員能充分休息一值得相關單位加以重視。
5. 經由變異數分析後將顯著變數進行多重檢定發現, 其中駕駛時數、睡眠品質、睡眠時間均與疲勞程度相關。即駕駛時數越高疲勞狀態越顯著、睡眠品質越差, 在於工作時間過長產生過度疲勞, 進而影響到睡眠品質。另外從駕駛者訪談中, 得知工作壓力太大常造成失眠現象, 也與檢定結果相符合。
6. 由於駕駛疲勞屬精神型疲勞, 故在路況或天候等外在環境不佳時, 因為需增加精神的集中度而較易產生疲勞現象。而工作時間太長, 常源自於國道客運對外在交通情況的依賴, 也由於國道的塞車屢見不鮮, 大大拉長了工作時間, 而遇假日平均的駕車時數更高達了 12.21 小時。另外在睡眠不足中, 輪班制度與個人因素影響最鉅; 在訪談過程中得知, 長程有許多駕駛員由於夜間駕車, 時差結果造成生理時鐘之不適應, 導致下班之睡眠時間, 無法有效充分休息, 故此現象值得各國道客運公司在排班時納入考量。在個人因素中, 其下班後行為往往不受公司所規範, 所以若是在外兼差、或從事同等需消耗精神勞力之活動, 則將對隔天的勤務造成影響。
7. 除公司營運作業制度會影響駕駛員疲勞程度外, 本研究發現駕駛員休息時間之休閒管理亦值得加以重視, 依據調查發現長程駕駛員有 29% 及短程駕駛員有 21%, 在上班休息時間, 非但沒有休息, 反而從事打牌、看電視或是打電動玩具等同樣易產生精神型疲勞之休閒活動, 此一現象亦值得國道客運公司在駕駛員管理中加以重視。
8. 不論是嚼食口香糖等提神食物或飲用含有咖啡因之飲料, 均為適當消除疲勞方法, 因此各客運公司在駕駛員訓練過程中, 亦可教導駕駛員消除疲勞之方法, 以提升行車安全。

## 4.2 實驗設計

在確認國道客運駕駛普遍存在駕駛疲勞問題後，為了解駕駛員在疲勞狀態下對於駕駛績效及行車安全之影響，及日益普遍之疲勞警示系統是否能夠進一步提昇大客車駕駛之行車安全，本研究計規劃疲勞對駕駛績效之影響分析及疲勞警示系統成效分析兩項實驗。

### 4.2.1 疲勞對駕駛績效之影響分析實驗

#### (一) 駕駛模擬器實驗場景與事件設計

本研究參考相關文獻(Philip 等人,2005;Otmani 等人,2003,2005;Nilsson 等人,1997;Li 等人,2004)後發現，不論實車測試或是以駕駛模擬器作為實驗平台，所選定的場景多為單調路況，且以高速公路交通量小的路段居多，目的是在創造一單純且干擾少的駕駛環境，讓受測者可以快速進入駕駛疲勞狀態，便於實驗蒐集各項數據；基於此，本研究擬定之實驗場景便以台灣地區高速公路為建置對象，場景具有三個車道與路肩，每車道寬度為 3.75 公尺，路肩寬度為 3 公尺，其車道配置如圖 11 所示；道路兩側為丘陵地，此佈設方式乃為呈現出類似台灣地區國道三號北部路段的景色，以符合受測者經常行駛之行車路線；場景內交通量為 A 級服務水準(500pcu/車道/小時)，車流平均分佈於內、外側車道，實驗要求受測者須行駛於中間車道且不能變換車道，為避免實驗車產生跟車行為，因此中間車道並未安排車實驗車之外的其他車輛。至於駕駛模擬器模擬場景的各項變數本研究係以交通部運輸研究所駕駛模擬器之相關研究(民 94)為基礎研擬本研究所需的內容，並將其彙整如表 36。

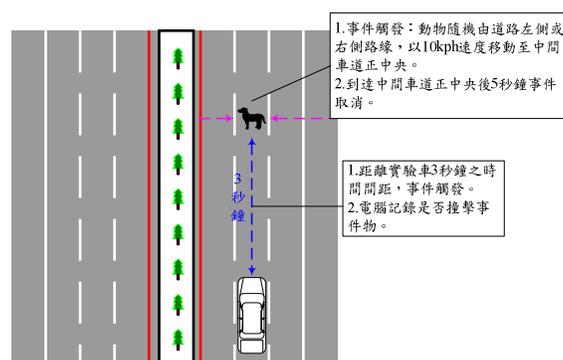


圖 11 車道配置及入侵事件示意圖

表 36 駕駛模擬器模擬場景變數項目表

名稱	項目
駕駛操控行為	跟車
道路類型	高速公路
單向車道數	3 車道及 1 個路肩
車道寬度	(1)車道寬為 3.75 公尺 (2)外側路肩寬為 3 公尺 (3)內側路肩寬為 1 公尺
分隔狀況	分隔島(交通島)
道路幾何	直線路段
道路坡度	平坦
標線	黃色實線、白色實線與白色虛線
天候	晴天
時間	白天
車流量	A 級服務水準(雙向道路上皆有車流)
事件物體	隨機由道路左側或右側接近中間車道
其他車種	小客車、Pick up、SUV
道路週邊環境	丘陵地

在事件設計部分，由於每位受測者其駕駛疲勞累積速度不同，因此進行實驗時間均不相同，故本實驗無法訂定各類事件明確發生次數，因此採以事件觸發時機為條件。本研究所設計之事件內容共有四類，將分別說明如下：

1. 車道入侵事件：本事件為瞭解受測者在非疲勞與疲勞狀態下遭遇突發狀況之反應能力，故安排了車道入侵事件，藉由該事件可量測受測者對於事件物感知反應時間，並分析感知反應時間是否產生變化或具有某特定趨勢。車道入侵事件的觸發邏輯乃是當實驗車車速介於 80-100 公里/小時之間，事件物(狗)將隨機由左側道路邊緣或右側道路邊緣橫向移動至中間車道正中央並停止，於 5 秒後取消事件(狗消失)，其匯入距離(事件物到達中間車道中央)為距實驗車 3 秒(約 75 公尺)，移動速度為 10 公里/小時(2.78 公尺/秒)；為避免受測者產生學習性而對事件物之觸發具有預期心理導致實驗失準，事件物將隨機由道路邊緣左側或右側出現。至於事件觸發間隔，鑑於本實驗時間較長，且為避免事件觸發過於頻繁反而致使受測者花費過多精神於事件處理上，故每次事件觸發時間至少需間隔 3-5 分鐘，以維持單調路況。為使事件物於距實驗車 3 秒鐘前到達中間車道正中央，故事件物需提前由路側出發：

(1) 事件物由右側路緣出現：因右側路緣距離中間車道中央為 8.625 公尺，故事件物需提前 3.10 秒由路緣出現。

(2) 事件物由左側路緣出現：因左側路緣距離中間車道中央為 6.625 公尺，故事件物需提前 2.38 秒由路緣出現。

(3) 事件物尺寸為：60 公分(長)×65 公分(高)。

2. 「正確率/錯誤率」實驗：本研究為瞭解受測者對於非緊急事件如路旁景物之反應能力，故採用了「正確率/錯誤率」的實驗。該實驗方式乃是採用路旁標誌內容辨視為其方法，本實驗所採用標誌為速限標誌(請參照圖 12)，其牌面速限選擇字體形狀相似的 80 與 08，讓受測者進行辨視。該事件其出現時機為每 3-5 分鐘隨機出現一標誌牌，出現時間為距離實驗車 2 秒鐘前，出現位置為距離道路右側邊緣 1 公尺並與道路呈 90 度夾角，其顯示內容為隨機選取；當受測者觀察到速限標誌為實驗要求之「80」，即往復撥動模擬器「排氣煞車撥桿」一次，若標誌牌面為「08」則不需採取行動。至於受測者反應正確或錯誤之判斷方式則如表 37 所示。透過此事件，便可獲得受測者在非疲勞與疲勞狀態下對於標誌牌面反應的正確率與錯誤率，以分析受測者對標誌牌辨識能力是否具有特定的變化。

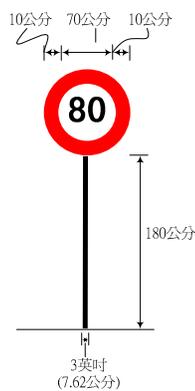


圖 12 速限標誌示意圖

表 37 速限標誌牌面情境

標誌牌面速限 (公里/小時)	撥桿	未撥桿
80	正確	錯誤
08	錯誤	—

3. 疲勞特徵問卷：問卷法是駕駛疲勞研究中常用的方法，本研究期望使用問卷法得知受測者各種駕駛疲勞症狀的程度，作為受測者非疲勞與疲勞狀態的判斷依據。問卷出現時機將以駕駛模擬器之系統時間進行計算，每 20 分鐘進行一次駕駛疲勞問卷(Nilsson,1997)，該問卷內容包含由文獻彙整得出的常見駕駛疲勞徵狀，各徵狀由無、輕微、中度至嚴重共分 10 個等級。進行問卷訪談時，駕駛場景將停止並把問卷內容投影於模擬器中央螢幕上，受測者僅需坐於駕駛座上，依問卷內容逐題回答即可，如此可減少因環境轉換而改變受測者疲勞程度之可能性，進而影響後續實驗結果；工作人員將點選受測者選取之各駕駛疲勞徵狀得分，並紀錄於駕駛模擬器資料庫內，便於資料存取與後續分析之用；問卷填

寫結束後，若受測者表示尚未疲勞則隨即進行下一階段駕駛任務，若受測者表示已疲勞不想繼續實驗，則接著進行「疲勞偵測系統警示介面偏好」實驗。

4. 疲勞偵測系統警示介面偏好：此事件乃針對受測者對於疲勞偵測系統警示介面的反應進行分析，瞭解疲勞偵測系統警示介面對於受測者的疲勞程度是否具有改善。該事件是當受測者表示已疲累至無法繼續實驗時，工作人員將請受測者繼續進行疲勞偵測系統警示介面偏好實驗，此時場景於開始實驗後 2 分鐘觸發一車道入侵事件、第 5 分鐘觸發「正確率/錯誤率」事件。在車道入侵事件與「正確率/錯誤率」事件觸發後，三組警示介面組合將間隔 10 秒鐘依序出現，其組合方式如表 38 所示；影像部份將顯示於螢幕上，聲音由模擬器揚聲器播出；由受測者告知工作人員其偏好何種警示介面組合，並由工作人員紀錄之。然後繼續進行駕駛任務，1 分鐘後觸發車道入侵事件，車道入侵事件發生後 30 秒觸發「正確率/錯誤率」事件；用以比對駕駛疲勞警示系統顯示介面觸發前後受測者對事件之感知反應時間有無變化。

表 38 疲勞偵測系統警示介面實驗組合

警示 介面	聲音	影像
組合 一	嗶嗶聲	
組合 二	嗶嗶聲	
組合 三	注意！ 請休息 15 分鐘(語音)	

本研究整體實驗場景流程如圖 13 所示，受測者於發動駕駛模擬器後，便可開始操作模擬器，當車速達 80-100kph 時，將隨機觸發車道入侵事件或正確率事件，每 20 分鐘便停止該階段實驗，由銀幕呈現駕駛疲勞問卷，並由受測者進行回答，若受測者表示其尚未疲勞可繼續進行實驗，則重新啟動模擬器駕駛任務開始下一階段實驗，直至受測者呈現疲勞狀態並表示不再繼續進行實驗為止。

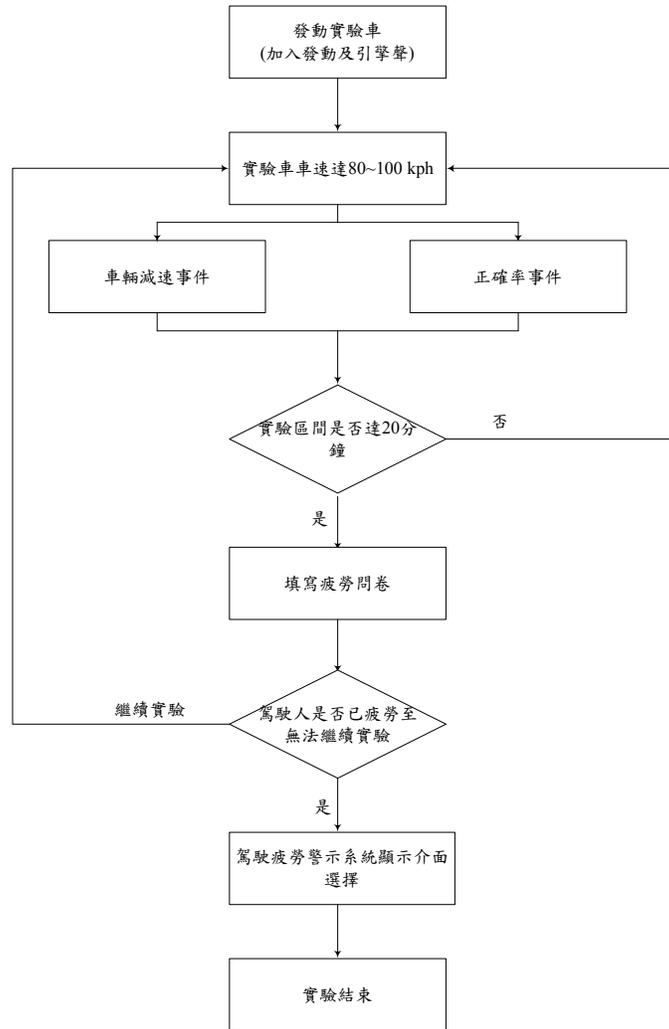


圖 13 實驗場景流程圖

## (二)實驗場景資料蒐集範圍與資料後續處理

本研究實驗資料蒐集範圍包括駕駛模擬器、心跳量測設備與眨眼次數等，以下將分別說明資料處理方式。

1. 駕駛模擬器：當受測者進行實驗時，平均每 0.1 秒記錄受測者之駕駛速度、方向盤角度、油門深度、煞車深度等駕駛資訊，由於駕駛模擬器所紀錄之原始資料詳盡，因此本研究可針對後續分析所需之指標、數據進行資料整理與篩選，以瞭解駕駛疲勞對於受測者駕駛績效之影響。
2. 心跳資料：本研究參考 Li 等人(2004)年所進行研究後，得知心跳頻率與實驗時間和疲勞程度有關，為瞭解台灣地區國道客運駕駛員的心跳是否受實驗時間與疲勞程度所影響而產生變化，故擬量測心跳數據，以 10 Hz 的取樣頻率記錄受測者於實驗過程的心跳頻率(Heart Rate)，實驗後匯出所須相關記錄檔，作為分析使用。
3. 眼球資料：眼球活動是目前用來判斷駕駛人疲勞與否的重要發展方向，本研究為瞭解受測者的眨眼次數是否受疲勞程度所影響而產生變化，故研擬使用數位攝影

機紀錄實驗中受測者眼球活動，後續再由研究人員分析攝影資料，紀錄每位受測者每分鐘眨眼次數，如此便可利用此資料統

#### 4.2.2 疲勞警示系統成效分析實驗

本項實驗主要在整合大客車駕駛模擬器、FaceLAB 眼球追蹤系統及黃振彝(民 94)之研究結果，分析受測者在不同睡眠條件及交通環境下所產生疲勞現象之差異程度，同時在受測者發生疲勞現象時透過警示系統加以警示。由於疲勞警示系統對駕駛者駕駛績效之成效分析已規劃在「疲勞對駕駛績效之影響分析實驗」中，因此本實驗之另外一項目的即在疲勞警示系統對駕駛者之成效持續程度。

該實驗由於需限制受測者在進行設測前需有 6 小時以上之睡眠時間，並在規定時間進行受測，因此無法以在職之大客車駕駛員進行實驗。在考量本項實驗並不須衡量駕駛操控績效前提下，因此本實驗之受測者係以擁有汽車駕照之大學生為主，總計受測人數為 10 名。

實驗情境包括：

##### 1. 睡眠條件：

- (1) 白天睡眠充足情境：受測者在白天起床後兩小時內進行測試。
- (2) 夜間長時間無睡眠情境：受測者在夜間且無睡眠時間超過 12 小時情境下進行測試。

##### 2. 交通環境：

- (1) 簡單情境：道路服務水準為 A 至 B 級之車流情境。
- (2) 複雜情境：道路服務水準為 E 至 F 級之車流情境。

實驗進行方式為受測者利用大客車駕駛模擬器進行各交通環境之實驗，並利用 FaceLAB 系統偵測受測者之眼球狀態(如圖 14 所示)，當發現受測者雙眼閉闔時間超過 2 秒或 8 秒內眨眼超過 4 次時，系統即判定發生疲勞現象並記錄該時間點，同時利用嗶嗶聲予以警示，後續再重複該步驟，只要受測者發生疲勞現象及同時進行時間之記錄與警示，直至測試時間結束為主，每次測試時間為 2,400 秒。

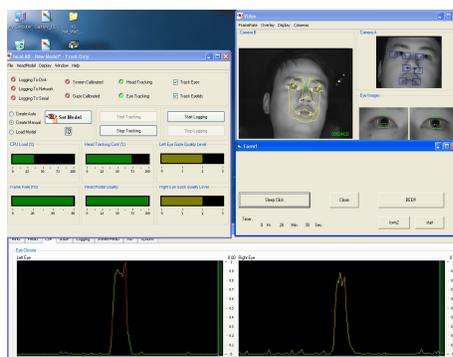


圖 14 FaceLAB 系統偵測眼球狀態畫面

### 4.3 實驗結果分析

### 4.3.1 疲勞對駕駛績效之影響實驗

根據本研究蒐集之文獻發現多數研究以探討實驗時間與各項駕駛疲勞特徵之關係為主，因此本研究擬針對受測者其實驗時間與各項指標之關係進行分析；基於一般文獻所採用受測者多為學生，本研究乃以大客車駕駛員為研究對象，在考量其執勤安全性前提下，並無法如其他研究 (Philip 等人,2005;Otmami 等人,2003,2005;Li 等人,2004) 限制受測者睡眠時間，故無法控制受測者於實驗前之疲勞狀態，鑑於此本研究配合問卷內容，分析受測者疲勞程度後，再檢視未疲勞與疲勞狀態下各指標數據變化程度，期能瞭解受測者於出現駕駛疲勞時對駕駛績效或生理指標之影響程度。

#### (一)受測者基本資料分析

本研究問卷共分為六大部分，第一部分為受訪者基本資料，第二部分為平時睡眠狀態，第三部分為昨晚睡眠狀態，第四部分為昨日值勤狀況，第五部分為疲勞與駕駛問題，第六部分為疲勞狀態，其中第六部分除於模擬器實驗前進行詢問外，也將在模擬器實驗中(每 20 分鐘一次)進行詢問，以瞭解受測者疲勞狀態是否將隨實驗時間而有所變化，此部份將於下一節中配合模擬器實驗所得之各項數據進行分析；以下將先針對問卷前五大部分內容進行說明。

##### 1.基本資料：

本研究所招募受測者均為男性，年齡以 40-49 歲(60%)居多，其次分別是 30-39 歲(20%)與 50-59 歲(20%)。其中共有 40%的受測者曾於其他國道客運業者服務過，其平均服務年資為 7.5 年；其他公路客運公司則有 10%的受測者曾服務過，其年資為 2 年；有 10%的受測者曾於遊覽車公司服務過，其年資為 0.5 年；另有 40%的受測者表示，之前並未於其他公司服務過。在目前公司服務年資部份，本研究受測者最短服務年資為 2 年，最長之服務年資為 28 年，平均為 12.1 年，可知本研究所招募受測者均有豐富的大客車駕駛經驗，對於車輛操作已相當純熟。

根據問卷分析結果可發現在平常日平均駕駛時間為 9.05 小時，而假日平均駕駛時間為 10.85 小時，根據成對樣本 T 檢定分析後發現其  $p=0.011$ ，表示假日平均駕駛時間顯著大於一般日，顯示國道客運駕駛員其假日工作時間較平日工作時間長，推測此乃受國道客運於假日期間需輸運大量的旅遊、返鄉乘客有關。至於目前值勤路線其連續開車時間平均值為 5.65 小時，顯示國道客運駕駛員需長時間進行駕駛工作且缺乏休息時間。每個月休假天數所有受測者均表示在 4-5 天之間。

上班時間是否經常變動方面，有 60%受測者表示上班時間經常變動，30%受測者表示上班時間偶爾變動，僅 10%受測者表示上班時間從不變動，顯示國道客運駕駛員其上班時間變動性很大，根據相關文獻(McCarrt 等人,2000;Brown,1997;Stytts 等人,2003;Eriksson 等人,2001;Morrow 等人,2004;Nilsson 等人,1997)指出工作時間變動性大乃是產生駕駛疲勞的主因之一，需配合足夠休息與良好的班表排定才能夠有效減少國道客運駕駛員的駕駛疲勞現象，故此部份值得有關單位特別注意。而將車輛駛回場站結束勤務後，通常還需進行清理車廂(39.1%)、統計票數(26.1)與檢查車輛(34.8%)等工作，顯示國道客運駕駛員其實際工作時間較駕駛時間更長，如此也壓縮駕駛員的休

息時間，導致駕駛員無法進行充分休息。

開車時是否感到疲勞，有 80%受測者表示偶爾感到疲勞，20%受測者表示從來不感到疲勞，至於經常感到疲勞則沒有任何受測者選擇；從此可瞭解駕駛疲勞應為一普遍出現在國道客運駕駛員之現象。至於造成駕駛疲勞的原因，以睡眠不足為最主要原因(31.8%)，路況不佳(22.7%)與工作間太長(22.7%)次之，另工作時段變動亦是造成駕駛疲勞的重要原因之一(13.6%)。由此可知國道客運駕駛員其睡眠時間管理觀念必須再行加強，且班表排定亦應考慮駕駛員是否具有充裕休息時間而加以調整，避免駕駛員過於疲勞影響行車安全。

## 2.平常睡眠狀態

第二部份是針對受測者平時睡眠狀況進行分析，其中總睡眠時間部份最短者為 6 小時(40%)，最長者為 9 小時(10%)，平均睡眠時間為 6.8 小時。睡覺時醒來次數平均為 3.9 次。至於睡眠品質部份，有 30%受測者表示睡眠品質「很好」，另外 30%表示睡眠品質屬於「好」的狀態，而有 40%受測者表示睡眠品質為「差不多」的狀態，至於「不好」與「很不好」二種選項並無受測者選擇，顯示多數受測者的睡眠品質均不錯，然睡眠時間有稍短現象。

## 3.昨晚睡眠狀態

實驗前一晚睡眠時間，最短者為 4 小時，最長者為 9 小時，其平均睡眠時間為 6.7 小時，與平常睡眠時間差異不大，將實驗前一晚睡眠時間與平時睡眠時間進行統計檢定後發現，其  $p=0.801$ ，顯示實驗前一晚睡眠時間與平時睡眠時間並無顯著差異，代表無特別異常現象，而睡覺時醒來次數平均為 1 次。至於睡眠品質部份，有 50%受測者表示睡眠品質「很好」，另外 40%表示睡眠品質屬於「好」的狀態，而有 10%的受測者表示睡眠品質為「差不多」的狀態，至於「不好」與「很不好」二種選項，並無受測者選擇。顯示多數受測者睡眠品質均不錯，然睡眠時間與平時之睡眠時間同樣有稍短的現象。

## 4.昨日值勤狀況

實驗前一天值勤次數(出發到目的地算一次)，最少者為 2 次，最多者為 8 次，平均值為 5 次。總駕駛時數最少為 5 小時，最多為 11 小時，其平均值為 8.8 小時，由此可知開車總時數高於多數文獻(McCarrt 等人,2000; Morrow 等人,2004; Nilsson 等人,1997)所建議之 8 小時，此現象值得相關單位注意。

實驗前精神狀態，有 70%受測者表示非常清醒(10 分)，而得分為 9 與 8 分者占 20%，只有 10%受測者表示其得分為 5 分，代表其精神狀態稍差。

## 5.疲勞與駕駛問題

第五部份問題主要係針對受測者對於駕駛疲勞造成車輛操作與行車安全等問題進行提問，其中駕駛途中感覺疲勞時，對車輛操作影響程度有 50%受測者表示非常嚴重，有 10%受測者表示嚴重，10%受測者表示中等，20%受測者表示輕微，另有 10%受測者表示駕駛疲勞對於車輛操作並不會有任何影響。

若是駕駛途中感到疲勞時，對於駕駛安全影響程度，則有 60%受測者認為非常嚴重，30%受測者表示嚴重，10%受測者表示中等；由此可發現，雖然部份受測者認為駕駛疲勞對於車輛操作影響程度並不大，但對於行車安全影響卻是十分明顯，認為駕駛疲勞將危害行車安全。

## (二)受測時間之駕駛績效分析

本節當中將各指標與實驗時間關係進行分析，其中共探討了車道入侵事件反應時間、標誌牌辨識正確率、車輛橫向位置、眨眼次數與心跳頻率共五項，茲將分別說明如下列各小節。

### 1.車道入侵事件反應時間

車道入侵事件反應時間，指的是事件物(狗)觸發後至受測者鬆開油門踏板的時間，該指標可分析受測者對於緊急事件的反應速度是否將隨實驗時間增加而有所變化。根據表 39 可發現各實驗階段車道入侵事件反應時間有隨實驗時間增加而遞加之趨勢。

表 39 各實驗階段車道入侵事件反應時間

階段	反應時間(秒)	標準差(秒)
1	2.26	1.14
2	2.92	1.02
3	2.73	0.83
4	2.96	0.81
5	3.27	0.67

為瞭解各受測者在第一階段與各受測者其最後實驗階段之車道入侵事件反應時間是否具有差異或特定趨勢，本研究針對每位受測者其第一階段與最後實驗階段進行 Wilcoxon 檢定，其  $p=0.006$  可得知受測者在第一階段與最後實驗階段下，其車道入侵事件反應時間具有顯著增加；若利用最小平方方法進行曲線配適，其  $R^2=0.7661$ ，趨勢線如圖 15 所示，代表當實驗時間增加時，受測者對於緊急事件的反應能力將隨之下降。

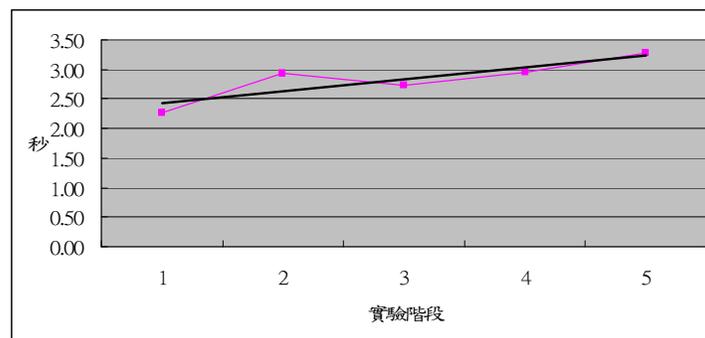


圖 15 各實驗階段車道入侵事件反應時間

### 2.標誌牌辨識正確率

本研究規定在「正確率/錯誤率」事件中受測者於看到路旁出現「80」的速限標誌

時需往復撥動排氣煞車桿一次，其反應正確與否如圖 16 所示，由該圖可以看出第一階段與最後實驗階段的標誌牌辨識正確率，在第一階段下受測者對於標誌牌反應的正確率可達 81.25%；而在最後實驗階段下受測者對於標誌牌辨識正確率僅 56.25%下降了 25%，可發現其正確率具有明顯降低現象，表示隨著實驗時間增加標誌牌辨識正確率將下降，代表受測者對於如標誌牌的路旁物體注意力將減少，並影響行車安全。

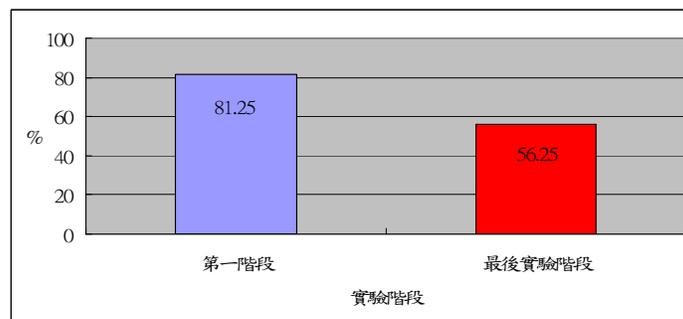


圖 16 各實驗階段標誌牌辨識正確率

### 3. 車輛橫向位置

根據 Otmani 等人(2005)表示駕駛人疲勞時，其車道偏移的方向以右邊居多且明顯多於左邊，在其研究中亦以實驗車輛偏移超過行駛車道的右側車道線次數作為駕駛績效指標。有鑑於此，本研究亦將實驗車超出車道右側邊線的時間進行分析，藉由此指標，本研究可分析受測者對於方向盤操作穩定度是否將隨駕駛時間的增加而有所變化。根據表 40 所示，整體而言，實驗車超出右側車道邊線的時間，將隨實驗時間增加而略微增加。

表 40 實驗車超出車道右側邊線時間

階段	分鐘	車道偏移比例(%)	標準差(分鐘)
1	1.36	14.82	0.39
2	1.54	14.22	0.35
3	1.53	16.77	0.27
4	1.41	18.99	0.38
5	1.39	17.98	0.40

為瞭解受測者在第一階段與最後實驗階段之車道偏移比例是否具有差異或特定趨勢，本研究使用 Wilcoxon 檢定進行分析，經檢定後(p=0.600)可發現不同階段間實驗車跨越右側車道邊線之時間並無顯著差異，但由圖 17 則可看出實驗車跨越右側車道線情況雖然在統計檢定上無顯著差異，但其有隨實驗時間增加而遞增的趨勢，若利用小平方法進行曲線配適其  $R^2=0.7468$  可說明此現象。由上面的描述可以得知隨著實驗時間的增加，車道偏移的時間也將增加，然由統計分析觀之並無顯著差異，顯見方向盤操作穩定度受實驗時間影響不大。

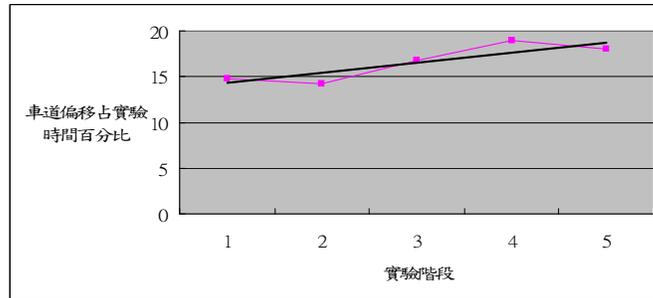


圖 17 各實驗階段實驗車超過右側車道邊線時間

#### 4. 眨眼次數

眨眼次數為本研究所採用之駕駛疲勞生理指標之一，根據醫學報導表示，駕駛人開車感到疲勞時，眨眼次數將有增多趨勢，故本研究把所蒐集眨眼資料進行分析，以瞭解台灣地區大客車駕駛眨眼次數在受到駕駛時間影響下是否呈現出特定趨勢。

為瞭解第一階段與最後階段實驗中之眨眼次數是否具有差異，本研究採用 Wilcoxon 檢定進行分析，經檢定後( $p=0.036$ )可發現受測者在第一階段與最後階段實驗中，其眨眼次數具有顯著增加，由圖 18 亦可看出眨眼次數將隨實驗時間增加而遞加。若利用最小平方法進行曲線配適，其  $R^2=0.4026$ ，趨勢線如圖 18 所示，顯示隨著實驗時間增加受測者眼睛的疲勞程度具有顯著的增加。

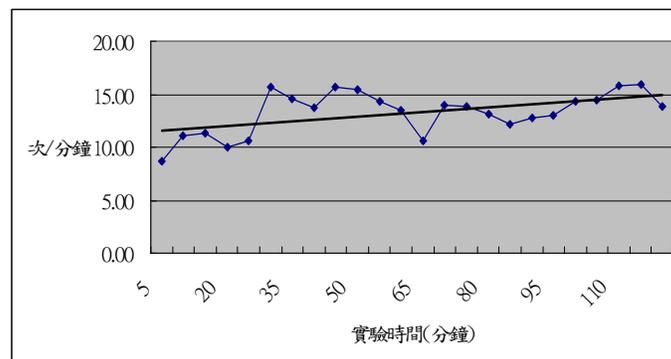


圖 18 各實驗階段眨眼次數

#### 5. 心跳頻率

心跳頻率與眨眼次數同屬生理反應指標，本研究將所蒐集心跳資料進行分析，以瞭解台灣地區之大客車駕駛其心跳次數在受到駕駛時間影響下是否會呈現出特定趨勢，經 Wilcoxon 檢定後( $p=0.345$ )可發現，受測者在第一階段與最後實驗階段的狀態下，其心跳頻率無顯著差異；由圖 19 可看出心跳頻率在統計檢定上雖無顯著差異，但仍有隨實驗時間增加而減少之趨勢。若利用最小平方法進行曲線配適，其  $R^2=0.6286$ ，顯示心跳頻率的減少與實驗時間仍有相關性，本研究分析所得趨勢與 Li 等人(2004)所進行的研究一致，然該研究中心心跳頻率不僅具有隨實驗時間增加而減少的趨勢，此趨勢在統計上更具有顯著差異，然在本研究的統計分析中並未出現顯著差異，未來值得針對這一部份持續進行研究。



表 41 各疲勞程度之車道入侵事件反應時間

疲勞程度	感知反應時間(秒)	標準差(秒)
非疲勞	2.78	0.13
疲勞	2.92	0.90

本研究針對受測者在未產生駕駛疲勞狀態下與產生疲勞狀態下的車道入侵事件感知反應時間進行成對樣本 T 檢定，其  $p=0.085$  可以得知受測者在未產生駕駛疲勞與產生駕駛疲勞狀態下其車道入侵事件感知反應時間具有顯著差異，由圖 20 亦可看出車道入侵事件反應時間具有隨疲勞程度增加而遞加的趨勢；若利用最小平方方法進行曲線配適，其  $R^2=0.4153$ ，表示疲勞程度的增加對於受測者在緊急事件的反應能力上影響極大。

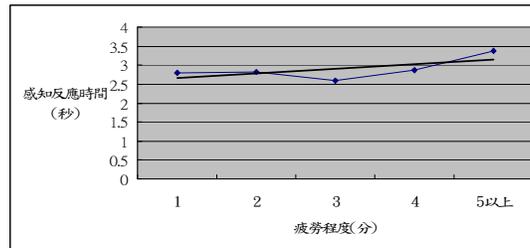


圖 20 各疲勞程度車道入侵事件感知反應時間

## 2. 標誌牌辨識正確率

由圖 21 可以看出非疲勞狀態與疲勞狀態下的標誌牌辨識正確率，在非疲勞狀態下正確率為 84.62%，而在疲勞狀態下正確率僅 68.18%，二者差異達 16.44%；經 T 檢定後其  $p=0.000$ ，可發現其正確率具有顯著降低現象。

標誌牌辨識正確率不論使用時間序列或疲勞程度進行分析，都具有下降的趨勢，顯示隨著疲勞程度或開車時間的增加，受測者對於如標誌牌一般的路旁景物注意力與辨識能力將降低，也產生了行車安全上的疑慮；未來可使用眼球追蹤系統，針對受測者眼球活動進行分析，瞭解受測者視覺焦點是否隨實驗時間或疲勞程度的增加而導致視覺焦點容易凝聚於某一特定區域，減少對週邊環境的察覺能力。

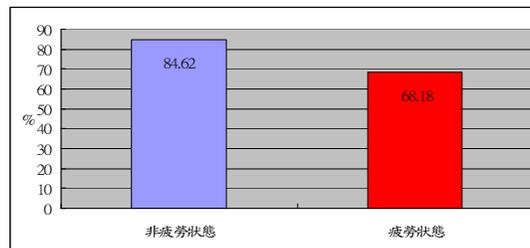


圖 21 各疲勞程度標誌牌辨視正確率

## 3. 車輛橫向位置

在此小節同樣以實驗車超出車道右側邊線時間進行分析，藉由此指標，本研究可分析受測者對於方向盤的控制穩定度是否將隨駕駛疲勞程度增加而有所變化。根據表

42 所示，非疲勞與疲勞狀態下實驗車超出車道右側邊線之時間有隨疲勞程度增加而漸增的情況，其增加了 0.94% 的比例。為瞭解受測者在未產生駕駛疲勞與產生駕駛疲勞後實驗車超出車道右側邊線時間是否具有差異或特定趨勢，本研究針對每位受測者在未產生駕駛疲勞狀態下與產生疲勞狀態下的實驗數據進行成對樣本 T 檢定，經檢定後 ( $p=0.060$ ) 可發現，受測者在疲勞狀態下實驗車跨越右側車道邊線時間較非疲勞狀態下增加且具有顯著差異，由圖 22 亦可看出實驗車跨越右側車道線的情況有逐漸增加的趨勢，其最小平方方法的曲線配適為  $R^2=0.5581$  亦可說明此現象。

表 42 各疲勞程度實驗車超出車道右側邊線時間

疲勞程度	佔該階段比例(%)	標準差(分鐘)
非疲勞	15.85	2.76
疲勞	16.79	0.84

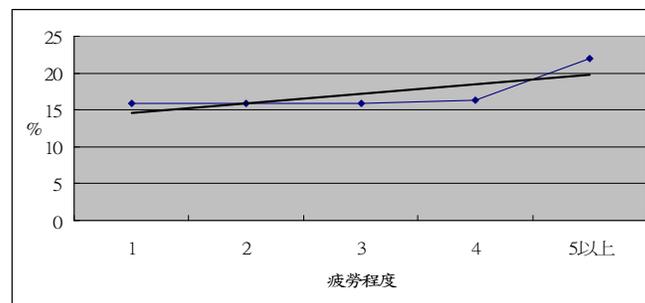


圖 22 各疲勞程度實驗車超出車道右側邊線時間

不論由時間序列進行分析或由疲勞程度進行分析，均可發現受測者隨時實驗時間或疲勞程度的增加其操作方向盤的穩定度將下降，導致車道偏離情況增加。然於時間序列的分析中，利用統計檢定發現車道偏移時間具有隨實驗時間增加的趨勢但並不具有顯著差異，而使用疲勞程度為基礎進行統計分析，則可發現車道偏移時間將隨疲勞程度而增加且具有顯著差異，本研究推測此乃因為以疲勞程度為基礎所進行的分析中已經先行去除未呈現疲勞狀態受測者的資料，僅針對呈現疲勞狀態的受測者資料進行分析，如此便有效掌握受測者在疲勞狀態下的駕駛行為，也導致了統計結果上的不同。

#### 4. 眨眼次數

根據表 43 所示，受測者眨眼次數除在疲勞狀態下略多於非疲勞狀態，代表受測者的眨眼次數有隨疲勞程度增加而遞增之趨勢，其疲勞與非疲勞狀態下的平均眨眼次數增加了 0.55 次/分鐘。

表 43 各疲勞程度眨眼次數

疲勞程度	眨眼次數(次/分鐘)	標準差(次/分鐘)
非疲勞	15.26	0.17
疲勞	15.81	1.48

經成對樣本 T 檢定後 ( $p=0.036$ ) 發現，受測者在未產生駕駛疲勞與產生駕駛疲勞的狀態下，其眨眼次數具有顯著差異，由圖 23 亦可看出眨眼次數將隨疲勞程度增加而遞

增，若計算最小平方法的曲線配適，其  $R^2=0.4595$ ，也顯示此現象。

在眨眼次數部份，不論以時間序列進行分析或以疲勞程度進行分析，在統計結果均具有顯著差異，顯示眨眼次數與駕駛疲勞之間具有一定程度的相關性，未來可針對此部份進行更深入之探討。

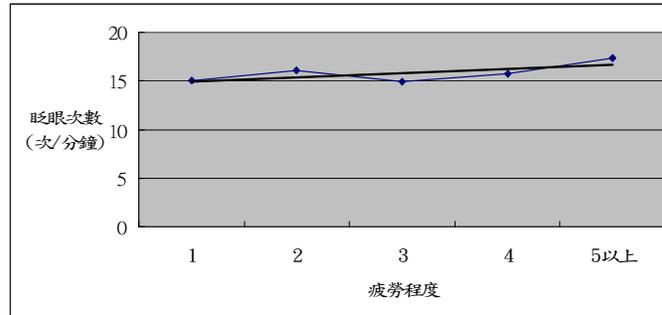


圖 23 各疲勞程度眨眼次數

## 5.心跳頻率

由表 44 可得知非疲勞與疲勞狀態下平均心跳次數，由表中可看出心跳頻率變化，其於非疲勞與疲勞狀態下並無明顯差異，僅減少了 0.2 次/分鐘。

表 44 各疲勞程度心跳頻率

疲勞程度	平均心跳(次/分鐘)	標準差(次/分鐘)
非疲勞	78.11	1.70
疲勞	77.91	0.94

經成對樣本 T 檢定後( $p=0.192$ )可發現，受測者在未產生駕駛疲勞與產生駕駛疲勞的狀態下，其心跳頻率無顯著差異；由圖 24 可看出心跳頻率在不同之疲勞程度下並無明顯變化。經計算最小平方法的曲線配適，其  $R^2=0.5469$ ，顯示心跳頻率的減少與駕駛疲勞較無相關性。

不論使用時間序列亦或是疲勞程度進行統計分析，心跳頻率其統計其結果均為不顯著；雖然所得的心跳頻率趨勢與 Li. 等人(2004)所進行研究一致，但於 Li. 等人所進行研究中，心跳頻率將隨疲勞程度增加而趨緩且具有顯著差異，呈現明顯下降趨勢；針對此部份，本研究推斷與參與此次實驗的受測者其疲勞程度僅為輕微或中度有關，尚無受測者達到嚴重的疲勞程度，故心跳頻率的減緩仍看不出顯著的差異，然是否如此，則值得後續研究繼續進行相關探討。

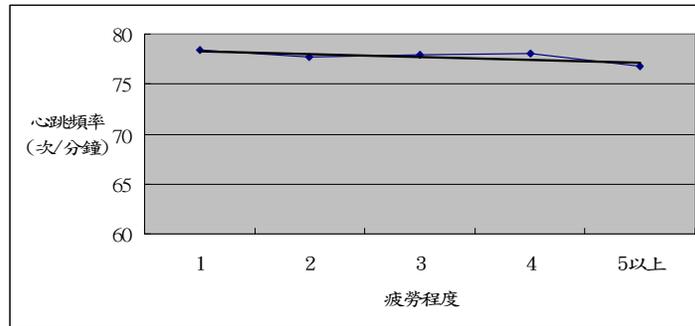


圖 24 各疲勞程度心跳頻率

#### (四)疲勞警示系統之績效分析

為瞭解受測者對駕駛疲勞警示系統顯示介面偏好與警示系統的效果，因此針對此二部份進行相關分析，其分析結果分別如下。

##### 1. 駕駛疲勞警示系統顯示介面偏好

關於駕駛疲勞警示系統顯示介面，受測者選擇結果如表 45 所示。選擇第一種類型受測者只有 10%，選擇第二種類型受測者有 20%；其他受測者均選擇第三種警示類型；顯示多數受測者在影像方面偏好以警示圖案加上警示文字的方式作為警示介面；而聲音部分則偏好以語音方式作為警示方式，其選擇語音者眾的原因，推測有可能是因具有駕駛疲勞現象的駕駛人，易產生打瞌睡狀況眼睛無法有效辨識警示圖示，此時影像警示介面作用不大，若以語音方式進行警示，則作用可能較為顯著，故多數受測者選擇第三種警示方式。

表 45 駕駛員疲勞警示系統介面選擇結果

警示組合	I	II	III
	嗶嗶+ 	嗶嗶+ 	請休息 15 分鐘(語音)+ 
選擇比例	10%	20%	70%

##### 2. 駕駛疲勞警示系統效果

駕駛疲勞警示系統是否對於受測者的疲勞程度或清醒程度能有所改善，本研究採用方法乃於警示介面觸發前後進行車道入侵事件，用以瞭解受測者對事件的感知反應時間在警示介面出現前後是否有所差異。由表 46 中可得知警示介面出現前後車道入侵事件感知反應時間平均值，於警示介面出現前之車道入侵事件感知反應時間較警示介面出現後為長，經 Mann-Whitney-Wilcoxon 檢定後其  $p=0.018$ ，即警示介面出現前後受測者對於事件之感知反應時間具有顯著差異，顯示警示介面出現可有效縮短受測者對事件的感知反應時間，而受測者疲勞程度或清醒程度也將獲得一定程度改善。

表 46 警示介面出現前後車道入侵事件感知反應時間

階段	感知反應時間(秒)	標準差
前	2.17	0.69
後	1.86	0.81

### (五) 綜合分析

根據本研究分析結果，可由問卷調查結果發現受測者睡眠平均時間為 6.7 小時，少於一般文獻與醫學研究所建議之八小時；至於平日平均駕駛時間為 9.05 小時，假日平均駕駛時間為 10.85 小時，均超過文獻所建議的八小時，這些現象值得有關單位的注意。

本研究受測者為國道客運駕駛員非多數研究所採用之學生，為顧及受測者值勤安全，並無限制受測者睡眠時間，故進行模擬器實驗後並非所有受測者均呈現疲勞狀態，因此除以時間軸進行分析外另以疲勞程度進行分析，將具有駕駛疲勞特徵之受測者資料進行篩選，以呈現出非疲勞與疲勞狀態下各指標的趨勢，如此更明顯看出受測者對於駕駛疲勞反應，其結果彙整如表 47 所示。由表中可看出車輛橫向位置，在使用疲勞程度為分析主軸後，其車道偏移比例在疲勞狀態下明顯較非疲勞狀態增加，顯示本研究採用方法較傳統以時間軸為分析方式更為有效。而駕駛疲勞警示系統顯示介面部份，受測者在駕駛疲勞狀態下，經警示系統警示後，其感知反應時間有顯著縮短，代表駕駛疲勞警示系統顯示介面具有顯著效果。

表 47 各項衡量指標疲勞狀態下之趨勢彙整表

項目	統計檢定結果		趨勢
車道入侵事件反應時間	以實驗時間分析	有顯著差異	反應時間增加
	以疲勞程度分析	有顯著差異	反應時間增加
標誌牌反應時間	以實驗時間分析	無顯著差異	反應時間無明顯增加
	以疲勞程度分析	無顯著差異	反應時間無明顯增加
標誌牌辨視正確率	以實驗時間分析	有顯著差異	正確率下降
	以疲勞程度分析	有顯著差異	正確率下降
車輛橫向位置	以實驗時間分析	無顯著差異	偏移比例未明顯增加
	以疲勞程度分析	有顯著差異	偏移比例隨疲勞程度增加
眨眼次數	以實驗時間分析	有顯著差異	眨眼次數增加
	以疲勞程度分析	有顯著差異	眨眼次數增加
心跳頻率	以實驗時間分析	無顯著差異	心跳頻率無明顯減少
	以疲勞程度分析	無顯著差異	心跳頻率無明顯減少
疲勞警示系統效果	有顯著差異		警示後反應時間顯著縮短

### (二) 疲勞警示系統成效實驗

研究結果顯示：在長時間(超過 12 小時)無睡眠情況下，駕駛者在面對簡單場景情況下較容易產生疲勞現象，其發生疲勞現象的時間約較複雜場景早 828.25 秒；在睡眠充足(起床後 2 小時)情況下，場景複雜度與疲勞現象之關係則無顯著差異。若以睡眠是否充足情境相較，則發現長時間無睡眠情況下第一次發生疲勞現象之時間為進行實驗 688 秒後，較睡眠充足情況下第一次發生疲勞現象之時間 762 秒，約早 74 秒，顯示

長時間無睡眠狀況下確實較容易發生疲勞現象。

由於本研究在實驗過程中發現透過自行開發之軟體，判斷受測者發生疲勞之時間點，平時並給予警示，故可了解受測者在每一次接受疲勞警示後，間隔多久時間即再發生疲勞現象，若將此間格時間定義為疲勞間隔，則每一次疲勞間隔之時間分佈可彙整如圖 25 所示，由圖中資料可發現，在受測時間內之疲勞間隔有逐漸降低之趨勢，其中在第二次疲勞警示後，大約不到 300 秒即會再次發生疲勞現象，而在長時間無睡眠情況下，疲勞間隔更可能降低至 200 秒。顯示雖然疲勞警示系統可在短時間內減少疲勞程度，但其減少之成效將隨著時間的增加而減少，亦即疲勞警示系統之成效有其限制，並無法真正消除駕駛者之疲勞狀態。

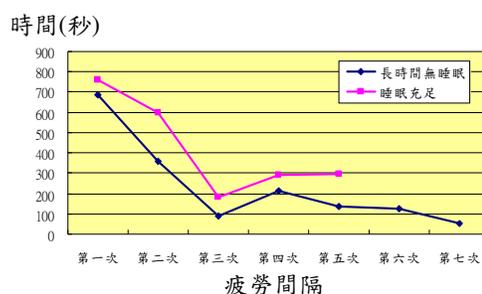


圖 25 受測者發生疲勞現象時間間隔趨勢圖

## 五、防撞警示系統使用者介面之影響分析

### 5.1 焦點團體討論

本研究第一年期職業大客車司機「焦點團體」討論之結果，對於本研究之介面設計與實驗設計有莫大的幫助，同時實驗結果也可與焦點團體討論結果相互對照並討論，本節針對警示系統介面的部份，利用職業大客車司機焦點團體討論的結果，包括視覺介面設計、聽覺訊號形式、視聽覺整合設計等方面(Lin 等人,2002)，以了解大客車司機在使用警示系統時，對於介面的接受度、偏好、建議等等。

第一年研究計畫所進行之焦點團體討論結果可彙整如表 48，其中大客車司機對於警示系統的接受度僅次於速度偵測系統，因此警示系統的研究是有其重要性存在的，並且需要謹慎的考量其設計原則。至於大客車司機對於警示系統的偏好，會因為其駕駛的路線而有所不同，亦即城際客運以及市區公車的司機有部份不同的看法。

表 48 焦點團體討論結果

相同意見	圖形設計	同 SAE J2400 規定	
	圖形位置	使用 HUD 投影在前方,不使用放置旁邊的 LCD	
	圖形的色彩組成	紅底黑圖	
	圖形與聲音組合	只要圖形即可	
不同意見	駕駛路線	城際	市區
	圖形設計	圖形	圖形+文字
	圖形位置	擋風玻璃左上角	視線正前方偏下
	聲音格式	嗶嗶聲	嗶一聲再用語音提示
	圖形與聲音組合	圖形+嗶嗶聲	圖形+語音

## 5.2 實驗設計

### 1. 實驗對象：

本研究招募了 30 位職業大客車駕駛，平均年齡為 43.67 歲，平均駕駛經驗為 11.73 年。

### 2. 任務要求

模擬情境為三線道之高速公路駕駛，受試者必須將車輛維持在第二車道(中間車道)，依照速限 100 km/hr 行駛，並且針對可能發生的各種狀況進行適當的反應，避免駕駛中的危險或意外發生，而除主要的駕駛任務之外，另有次要作業需要受試者在駕駛過程之中完成。次要作業內容為數字 50 以下的兩位數加法計算(如  $12+33$ )，數學問題會不定時的出現在駕駛者視線右方 42 度，下方 24 度的 6 吋觸控螢幕上，如圖 26 所示，問題出現間隔為 3-5 秒，駕駛者在問題出現之後 8 秒鐘內，需要按下觸控螢幕右上方的「Confirm」按鍵，否則問題將消失並記漏失一次。

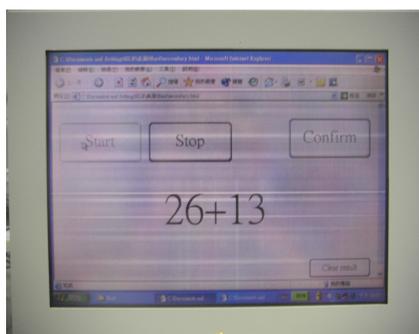


圖 26 次要作業示意圖

### 3. 實驗設計

自變數包含三項，事件發生來源(3 水準)、警示方式(5 水準)、與次要作業處理時機(5 水準)，分別使用 Duncan 多重檢定來加以分析。

- (1) 事件發生來源：包括：前方、左邊及右邊。
- (2) 警示方式：包括：嗶嗶聲+HUD 投影圖形、嗶嗶聲、語音、嗶嗶聲+語音及 無防撞警示。
- (3) 次要作業(數學問題)發生時機：包括：
  - (a) 數學問題出現在事件發生前至少 2 秒，且駕駛者在事件發生前回答。
  - (b) 數學問題出現在事件發生前 0.2~1.1 秒間，且駕駛者在事件發生後回答。
  - (c) 數學問題出現在事件發生前至少 1.4 秒，且駕駛者在事件發生後回答。
  - (d) 數學問題出現在事件發生前至少 0.8 秒，且駕駛者沒有回答。
  - (e) 數學問題出現在事件發生前 0.7 秒以內，且駕駛者沒有回答。

後續茲詳述各自變數之內容，首先為事件發生來源，包含前方、左邊、右邊三個方向：

- (1) 前方事件：事件車將隨機選擇出現在本車右後方或左後方 30~50 公尺處，以 110 km/hr 的速度前進，待事件車車身完全超越本車之後，事件車將以橫向 5 km/hr 的速度切入本車車道(中間車道)至本車前方，並繼續前進，直到事件車與本車的時間距離達到 2 秒(車間距/本車車速)時，事件車將以  $-7 \text{ m/s}^2$  的減速度緊急煞車(事件發生)，直到車速降為 20 km/hr 為止，並以 20 km/hr 的速度維持 2 秒鐘之後，再以  $2 \text{ m/s}^2$  的加速度加速離去，離去後事件結束。
- (2) 左邊事件：事件車將出現在本車左後方 30~50 公尺處，以 110 km/hr 的速度前進，待事件車進入駕駛者水平視角左方  $67.5^\circ$  之範圍時(事件發生)，事件車將以橫向 2 km/hr 的速度切入本車車道(中間車道)至本車前方，並在切入完成之後馬上以  $-3.5 \text{ m/s}^2$  的減速度煞車，直到車速降為 20 km/hr 為止，並以 20 km/hr 的速度維持 2 秒鐘之後，再以  $2 \text{ m/s}^2$  的加速度加速離去，離去後事件結束。
- (3) 右邊事件：同左邊事件，將上述內容中左方改為右方即為右邊事件。

在警示方式方面，包含嗶嗶聲+HUD 投影圖形、嗶嗶聲、語音、嗶嗶聲+語音、無防撞警示等五種，在事件發生時，警示系統即會同時開始作用：

- (1) 嗶嗶聲+HUD 投影圖形：嗶嗶聲與投射於視線前方的 HUD 圖形同時出現，針對不同來源的事件，HUD 圖形亦有所不同，如圖 27 所示，而嗶嗶聲則不變。



圖 27 HUD 警示圖形 (前方警示與右方警示) (SAE,2003)

- (2) 嗶嗶聲：單純使用「嗶嗶聲」來提醒駕駛者注意。
- (3) 語音：使用人類語音，針對不同的事件來源，發出「前面」、「左邊」、「右邊」三種不同的警示語音。
- (4) 嗶嗶聲+語音：根據不同的事件來源，先發出「嗶嗶聲」之後，立刻發出「前面」、「左邊」、「右邊」三種不同的警示語音。
- (5) 無防撞警示：完全沒有提示，駕駛者須自行注意事件發生。

#### 4. 實驗流程

實驗開始前，受試者將先被告知本研究之目的，並讓其了解各警示系統之介面，包括圖形、聲音(嗶嗶聲與語音)等顯示介面，之後練習 10~15 分鐘，使受試者熟悉模擬器操控與警示系統作用，並準備進入正式實驗。

正式實驗中包括了真實事件以及假事件，以避免受試者出現預期心理，假事件發生時，車輛同樣會從側面切入，但並不會有前方煞車的情況發生，而是直接離去。總

共在 60 個事件之中，有 15 次真實事件以及 45 次假事件，隨機安排，整個過程約耗時 50~60 分鐘

### 5. 依變數量測

本研究主要量測的依變數為感知反應時間(response time)，意指從事件發生開始，至駕駛者開始放開油門的時間間距，藉由反應時間的長短，來定義駕駛績效以及行車安全。

### 5.3 實驗結果分析

事件發生來源對感知反應時間之多重比較結果可彙整如表 49 所示，由該表中可得知事件車從前方、左方和右方這三種之間對於感知反應時間有顯著影響，其平均感知反應分別為事件車從前方的平均感知反應時間是 1.30 秒，事件車從左方切入的平均感知反應時間是 1.84 秒，事件車從右方切入的平均感知反應時間是 2.33 秒。此現象顯示駕駛者對於前方路況掌握能力較左右方要來的佳，其原因為駕駛者在行駛中對於前方路況較為注意，對於左右兩邊切入之事件車較不易注意，而當中駕駛者習慣會先注意左方再注意右方。

表 49 事件來源對感知反應時間之多重比較

事件發生來源	樣本數	感知反應時間		多重比較 (Duncan, $\alpha=0.05$ )		
		平均數	標準差			
前方事件	137	1.30	0.73			C
左方事件	142	1.84	1.29		B	
右方事件	144	2.33	2.06	A		

表 50 為各種防撞警示系統對感知反應時間之多重比較。由該表中可得知有裝設防撞警示系統與無裝設防撞警示系統之間對感知反應時間有顯著影響。無裝設防撞警示系統的感知反應時間較長，平均約為 3.62 秒。而在有裝設防撞警示系統中，「嗶嗶聲+語音」和「語音」之間對感知反應時間是沒有顯著影響，但對「嗶嗶聲+HUD」和「嗶嗶聲」之間對感知反應時間是有顯著影響，又以「嗶嗶聲+HUD」的感知反應時間較短，平均約為 1.08 秒。而「嗶嗶聲」的感知反應時間較長，平均約為 1.66 秒。

表 50 有無裝設防撞警示系統對感知反應時間之多重比較

有無裝設防撞警示系統	樣本數	感知反應時間		多重比較 (Duncan, $\alpha=0.05$ )		
		平均數	標準差			
嗶嗶聲+HUD	83	1.08	0.47			C
嗶嗶聲+語音	83	1.34	0.77		B	C
語音	84	1.42	0.99		B	C
嗶嗶聲	88	1.66	1.49		B	
無防撞警示系統	86	3.62	1.84	A		

表 51 為數學問題距離事件發生之時間差對感知反應時間之多重比較。由該表中可得知「事件與數學問題之時間差大於 2 秒且駕駛者在事件發生前回答」、「事件與數學問題之時間差為 0.2~1.1 秒且駕駛者在事件發生後回答」、「事件與數學問題之時間差

大於 0.8 秒且駕駛者沒有回答」和「事件與數學問題之時間差大於 1.4 秒且駕駛者在事件發生後回答」在感知反應時間的表現上無顯著差異；而「事件與數學問題之時間差小於 0.7 秒且駕駛者沒有回答」情況下的感知反應時間較長，平均約為 2.95 秒，顯示事件發生和出現數學問題之時間差小於 0.7 秒以下時，駕駛者可能因兩項任務過於接近，使得對事件及對次要作業的反應績效同時降低。

表 51 數學問題距離事件發生之時間差對感知反應時間之多重比較

數學問題距離事件發生之時間差	樣本數	感知反應時間		多重比較 (Duncan $\alpha=0.05$ )	
		平均數	標準差		
數學問題出現在事件發生前至少 2 秒且駕駛者在事件發生前回答	181	1.60	1.35		B
數學問題出現在事件發生前 0.2~1.1 秒間且駕駛者在事件發生後回答	31	1.82	1.22		B
數學問題出現在事件發生前至少 0.8 秒且駕駛者沒有回答	68	1.86	1.69		B
數學問題出現在事件發生前至少 1.4 秒且駕駛者在事件發生後回答	100	2.04	1.64		B
數學問題出現在事件發生前 0.7 秒以內且駕駛者沒有回答	14	2.95	2.39	A	

#### 6.4 綜合分析

本實驗結果指出警示系統能夠有效的幫助駕駛者處理突發的事件，並且加快反應的時間，同樣的結果也呈現在 Multz and Shinar(2007)的研究中，但其研究主要是針對小客車的駕駛環境。在高速行駛的情況下，節省少許的反應時間相當重要，甚至能夠避免意外的發生，在本研究結果中，具有「指向訊息」的介面能夠節省較多的反應時間，所謂指向訊息，即表示具有方向性的資訊，不論是利用視覺或聽覺的方式來呈現，由於有方向性的資訊被提供給駕駛者，因此對於突發事件的反應時間能夠較快。另外，駕駛者對於前方的煞車事件反應較快，其次是左方切入事件，最後是右方，這樣特別的現象在小客車似乎不明顯，但大客車的車體龐大、駕駛座寬敞並且明顯較小客車偏左，因此使得駕駛者在過程中對於右方的狀況不容易掌握，而較能掌握左方的狀況。此發現對於日後車內資訊系統或輔助系統的設計，其優先順序可從右、左與前方。

另外除了警示系統相關討論之外，次要作業對於駕駛績效也有相當的影響存在，結果顯示以下幾種情況之下，駕駛者能夠反應的較快：1) 事件發生與次要作業發生之間的時間較長、2) 在事件發生後才處理次要作業、3) 忽略次要作業，專心於主要作業。然而值得注意的是，駕駛者必須耗去部份時間來判斷當下需要先處理哪一項作業，是要處理次要作業或是忽略它，而若是在這個時間之內恰好事件發生，如此的情況就會很明顯的讓反應變慢，如表 4 之中的最後一項，因此 0.7 秒對於駕駛者下決策來說似乎不夠。

總結來說，警示系統對於駕駛安全是有正面的效益存在，但次要作業卻會帶來負面的效果，未來除目前的反應時間外，可針對更多的駕駛績效來做分析，如車速、車

道維持、方向盤控制等；其他介面的警示系統亦可加入來做更多元的比較，找出對於駕駛者更佳的提示，並考慮警示系統在與其他車內資訊系統的互動之下，是否仍有卓越的效果。

## 六、實車測試之綜合評估

### 6.1 實驗設計

本子計畫配合總計劃之整體規劃，確認實車測試的目的有下列幾項。

1. 分析縱向防撞警警示系統對國道客運駕駛員之駕駛績效是否產生影響，並比對大客車駕駛模擬器所得數據，分析是否有差異之處。
2. 大客車駕駛者在提供警示訊息的狀況下，是否會因而改善本身的駕駛行為。

在實車測試所需要之影像辨識系統與都普勒雷達儀，主要由國立交通大學電機與工程控制學系吳炳飛教授國科會計畫(NSC 94-2213-E-009-062)進行有關車輛行駛距離之即時影像偵測技術研發，該設備能提供本實驗車橫向偏移量與前車距離數據，作為本研究警示程式之輸入值(input)，並藉由警示程式的觸發，觀察駕駛員的反應時間、生理數據是否有所變化。實車測試需裝設相關儀器設備於大客車之上，因此本研究協調 H 國道客運業者提供車輛作為實車測試實驗平台，並配合業者其營運班表進行長時間實驗，其受測對象便為該車排定之駕駛員，資料之搜集包括由兩位駕駛員於兩天內輪流執行該實車測試實驗之數據，總計資料蒐集時段達 28 小時，行駛里程為 1,500 公里，以期能反映真實情況下國道客運司機之駕駛行為。鑑於市區道路標線混亂，影像辨識系統辨別車道不易，可能產生誤判，影響實驗數據，加上市區行車速度緩慢，事故嚴重性較低，因此本實驗環境選擇車速高，車道標線辨識清晰的國道高速公路進行實驗，以測試前方防撞警示系統的參數與績效。實驗時間方面，為廣泛蒐集到各類路況所可能引起的不同狀況，並分析防撞警示系統之參數設定是否符合各種路況所需，因此於平常日進行實驗，且實驗時間橫跨白天與夜間，以求蒐集到不同交通量與路況之測試數據，讓實車測試結果更能符合實際交通狀況。

實車測試之量測項目與分析項目如表 52 所示。其中由於各系統記錄之時間單位不同(有部份以秒，有部分以千分之一秒為單位)，因此各系統整合後以秒為系統輸出時間單位；車速部份利用 NI 電壓訊號擷取盒連接車上速率訊號線，藉以獲得本車速率訊號，訊號輸出格式為電壓值，因此必須根據不同的電壓值給予一個速率訊號值，再將速率訊號應用於實車實驗的警示距離計算邏輯；縱向與橫向距離數據值是由影像資料利用 DSP 數位訊號處理器，分析出前車與本車間的間距，以及本車車道偏移量；記錄受測者臉部影像主要針對駕駛過程中，司機眼睛離開前方路況(簡稱瞥視)的次數與耗費時間；記錄受測者腳部影像主要探討國道客運司機於行駛過程中，對於前方車輛影響下，駕駛鬆放油門或踩踏煞車之頻率與時間點。

表 52 實車測試的量測項目說明表

量測項目	說明
系統時間	以秒作為各系統整合時間單位
受測者編碼	-
車速	實驗車(本車)車速(km/h)。
縱向距離	與前方車輛(物體)距離(m)
橫向位置	車輛與行駛車道中心線橫向距離(cm)
車輛前方影像	記錄車輛前方路況
受測者臉部影像	記錄受測者瞥視動作
受測者腳部影像	記錄受測者踩油門與煞車踏板
警示觸發時間	記錄觸發警示系統警告駕駛員之時間

## 6.2 實驗結果分析

### 1. 平均偏移量

本研究為了解駕駛員在接受警示訊息時，是否會因突然的警示聲音造成駕駛行為的不穩定，故針對警示訊號發佈前後 10 秒之平均偏移量繪製如圖 28 之折線圖，其中時間軸部分 -10 代表意義為警示發佈前 10 秒，5 代表警示發佈後 5 秒，其平均偏移量分佈情況如圖 28 所示，在警示前 8 秒到前 1 秒其偏移量約在 6cm 左右，而警示發佈後 3 秒內，其偏移程度反而呈現穩定狀態，如將警示前後 10 秒分開來觀測警示前、後其平均偏移量是否有顯著差異，如圖 29 所示，由圖可看出警示前平均偏移量為 4.98cm；警示後為 4.66cm，再對兩者間作 T 檢定，在 P 值部分為 0.3387(>0.05)，檢定結果兩者間並無顯著差異，代表透過警示系統發佈後，對駕駛行為並無顯著影響。

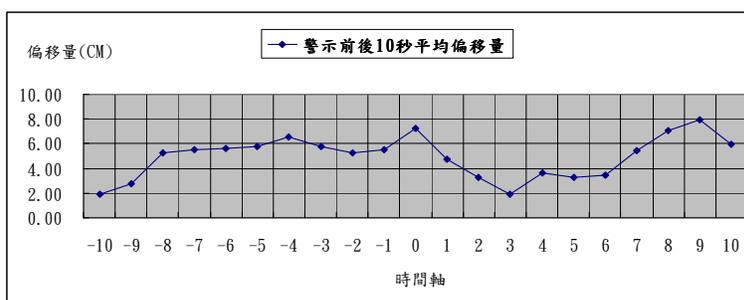


圖 28 警示前後 10 秒車輛平均偏移量折線圖

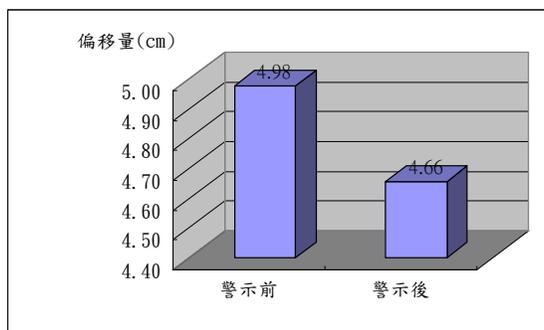


圖 29 警示前後 10 秒平均偏移量長條圖

## 2. 平均車速

本研究針對警示系統發佈前後之數據資料進行分類，分為警示前與警示後兩類，並針對其數據資料依跟車距離進行排序繪製如圖 30 所示，該圖係將跟車距離數據分為六項群組，10m 以下、11m 到 20m、21m 到 30m、31m 到 40m、41m 到 50m，直到超過 50m，其中在 10m 以下該群組並無數據資料，因此將此群組去除不納入 X 軸當中，剩餘五組數據之車速部分，將組內數據加總作平均，求出各群組之一項平均值，則可代表駕駛者在某個群組間的跟車距離下，其平均車速值。由圖可看出在警示前、後相同的跟車範圍下其平均車速，警示前明顯皆高於警示系統發佈後，警示前平均車速為 92.12 km/h，警示後為 88.04 km/h，透過 T 檢定分析結果其 P 值為 <math>0.0001</math>，表示警示系統能有效讓駕駛在相同跟車距離下，其平均車速降低。

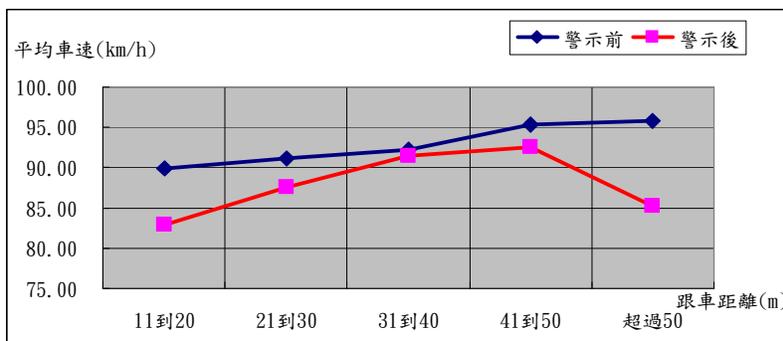


圖 30 警示前後各跟車距離下之平均車速

## 3. 平均跟車距離

本研究針對有無警示系統狀況下，駕駛過程之平均跟車距離次數百分比折線圖，說明警示系統之績效程度，如圖31所示，圖中可明顯看出跟車距離於10m 內並無發生，次數分別為0，跟車距離於11到20m 狀況下，無警示佔16.09%，有警示佔20.72%，有無警示系統狀況下之跟車距離，透過T 檢定結果得到，無警示平均跟車距離為30.51m，有警示為37.73m，兩者變異數分別為59.62 與136.97，兩者 $P(T \leq t)$ 值小於0.0001，由此可證實，透過前方防撞警示系統，可避免駕駛在行駛過程中因疏忽或者分心狀況下，所產生跟車距離過短之危險駕駛行為，透過跟車距離的增加，將可降低國道客運於潛在危險中機率。

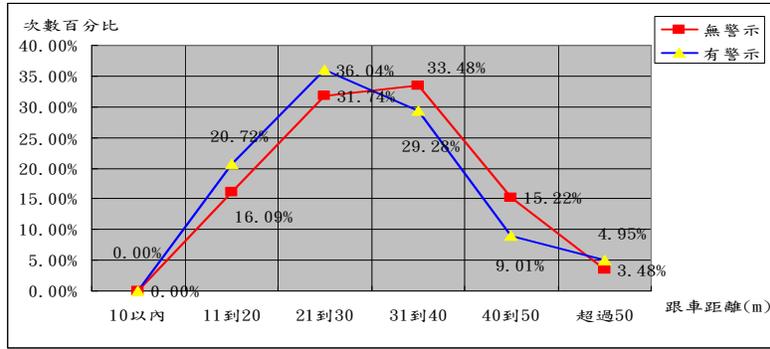


圖 31 有無警示狀況下，駕駛跟車距離之次數百分比

本研究針對警示系統發佈前後之數據資料進行分類，分為警示前與警示後兩類，並針對其數據資料進行車速排序，其分析結果如圖 32 所示，圖中係將跟車距離數據分為五項群組，70 km/h 以下、71 km/h 到 80 km/h、81 km/h 到 90 km/h、91 km/h 到 100 km/h，直到超過 100 km/h，將組內數據加總作平均，求出各群組之一項平均值，則可代表駕駛者在某個群組間的車速下，其平均跟車距離值。由圖可看出在警示前、後下，相同的車速範圍內其平均跟車距離，當車速在 80 km/h 以下時警示發佈後，反而平均跟車距離會縮短，其原因可能是駕駛當車速維持在 80 km/h 以下時，認為此時車速並不快，其與前車保持的跟車距離為自己所能掌控，因此在跟車距離上較為縮短，但在超過 80 km/h 下，其平均跟車距離，警示前平均跟車距離為 31.98 m，警示後為 31.11 m，經由 T 檢定結果顯示，其 P 值為 0.2179(>0.05)，因此顯示透過警示系統在 80 km/h 以上其跟車距離並無顯著差異。

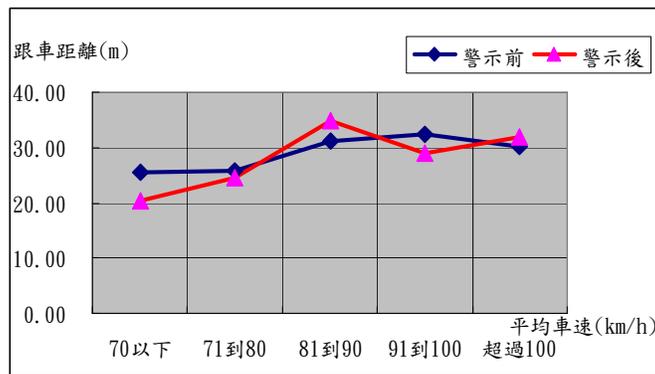


圖 32 警示前後各車速下之平均跟車距離

## 七、結論與建議

### 7.1 結論

本計畫為三年期整合型計畫「先進安全大客車行車安全參數與駕駛者介面之設計與評估」中之一項子計畫，在三年之執行期限內，配合總計畫之整體規劃及子計畫一所建置之大客車駕駛模擬器，除完成國內第一份有關國道客運駕駛疲勞課題之問卷調查外，在三年計畫中分別以大客車駕駛者為測試對象，分別利用大客車駕駛模擬器完成大客車駕駛使用無線電通訊設備及疲勞駕駛對行車安全之影響分析等實驗，同時針對疲勞警示

系統及防撞警示系統之設計介面與績效進行模擬實驗，最後並在實際行駛於高速公路之大客車上進行前方防撞警示系統之實車測試，其獲致之結論如下：

1. 大客車駕駛在無防撞警示系統情境下，對於前方緊急煞車事件時之平均感知反應時間約為 0.71 秒，該值略落低於一般小客車駕駛之實驗值，顯示大客車駕駛可能由於具有較豐富的開車經驗，故其反應較一般駕駛員靈敏。
2. 本研究同時進行使用免持式行動電話及無線電通話設備對駕駛行為之實驗，研究結果顯示不論是使用免持式行動電話或是無線電通話設備，均會明顯增加駕駛員之感知反應時間及車輛橫向之偏移量，增加車輛行駛之不穩定性，顯示此兩種未被禁止使用之通訊設備，在駕駛員通話過程中亦會對行車安全造成威脅。
3. 目前國道客運駕駛員產生駕駛疲勞之現象十分普遍，約僅有 16.75% 之受訪駕駛員未曾在駕駛過程中產生疲勞現象，其主要造成疲勞之原因，除每日平均高達 11.2 小時的工作時數外，不良的睡眠品質及不固定的輪班方式所造成生理週期的經常性變動，亦為駕駛疲勞之形成原因。
4. 在問卷調查中發現除公司營運作業制度會影響駕駛員疲勞程度外，本研究發現駕駛員休息時間之休閒管理亦值得加以重視，依據調查發現長程駕駛員有 29% 及短程駕駛員有 21%，在上班休息時間，非但沒有休息，反而從事打牌、看電視或是打電動玩具等同樣易產生精神型疲勞之休閒活動，此一現象亦值得各汽車客運公司在駕駛員管理中加以重視。
5. 本研究透過大客車駕駛模擬器所進行之實驗發現：大客車駕駛員在疲勞狀態下，眨眼次數會增加，對於緊急事件之感知反應時間會增加、標誌辨識正確率會下降、車輛橫向偏移比例會增加，這些徵狀均會造成行車風險的增加。
6. 本研究對於日漸普及之疲勞警示系統進行實驗，發現大客車駕駛員偏好以語音配合影像之警示方式，而警示系統的使用，在短時間內可提升 0.31 秒之感之反應時間，但其成效均十分短暫，駕駛員可能在警示後的 5 分鐘以內又再度進入疲勞狀態，顯示充分之睡眠仍是駕駛員消除疲勞現象之最佳方式。
7. 本研究發現駕駛者對於前方緊急事件之平均感知反應時間是 1.30 秒，左方緊急事件的平均感知反應時間是 1.84 秒，右方緊急事件的平均感知反應時間是 2.33 秒，顯示駕駛者對於前方路況掌握能力較左右方為佳，其原因為駕駛者在行駛中對於前方路況較為注意，對於左右兩邊切入之事件較不易注意，而當中駕駛者習慣會先注意左方再注意右方。此現象在小客車之實驗中並不明顯，其可能由於大客車的車體龐大、駕駛座寬敞並且明顯較小客車偏左，因此使得駕駛者在過程中對於右方的狀況不容易掌握，而較能掌握左方的狀況，故日後再發展防撞警示系統的優先順序可為右側、左側與前方。
8. 經以大客車駕駛模擬器進行測試，發現從感知反應時間等人因工程角度而言，未來防撞警示系統之警示介面之最佳設計方式，依序為嗶嗶聲配合抬頭顯示器、嗶嗶聲配合語音、語音及嗶嗶聲，不論是前述何種設計介面均可有效提升行車安全，避免發生碰撞。

9. 經由本研究在高速公路上行駛 1,500 公里之實車測試結果，發生在裝設前方防撞警示系統，利用嗶嗶聲做為警示介面後，可有效降低駕駛者之感知反應時間並增長跟車距離，顯示將可有效減少大客車之行車風險。

## 7.2 建議

1. 目前國內客運業者雖被嚴格禁止使用手持式行動電話，但對於同樣造成行車安全威脅的無線電通訊設備卻未加以禁止，因此建議國內主管機關應針對無線電通訊設備之使用加以規範，以提昇大客車使用者之行車安全。
2. 台灣地區國道客運駕駛員超時駕駛之情形十分普遍，由於過長之駕駛時數可能導致駕駛疲勞，但囿於路線里程之限制，無法在勞基法規定之八小時完成工作，故未來如何規範國道客運駕駛員之時數值得有關單位加以深入探討。
3. 本研究在實車測試過程中，囿於警示介面設備之製作限制，無法針對大客車駕駛模擬器上所分析之不同警示介面進行綜合比較，後續仍可結合日益成熟之偵測技術及介面設備，進行更長時間及大規模之測試。

## 八、致謝

本研究在實車測試過程中，承蒙國立交通大學電機與工程控制學系吳炳飛教授指導之研究團隊提供前方偵測設備及相關硬體，和欣客運公司提供車輛進行實車之測試，使測試計畫得以順利完成，特此致謝。

## 九、計畫成果自評

本計畫成果均符合原先規劃之各項研究內容，目前研究成果則包括已發表之國際研討會論文一篇、國內研討會論文兩篇，後續預計投稿兩篇期刊論文。

## 十、參考文獻

1. 交通部運研所和逢甲大學建都研究所，駕駛人使用行動電話對行車安全影響之研究(88-43-3193)，民國 88 年 9 月。
2. 交通部運輸研究所，駕駛模擬應用於發展智慧型運輸系統以及道路交通安全研究之規劃設計與實例研究，交通部運輸研究所報告，民國 91 年。
3. 交通部運輸研究所，應用駕駛模擬器開發智慧型運輸系統實驗平臺之軟硬體規劃設計(1/4)，民國 94 年 3 月。
4. 林志隆，”汽車駕駛員在通話負荷下的目標管理”，國立台灣科技大學工業管理系碩士論文，民國 91 年 6 月。
5. 林俊安、林宜賢，國道客運駕駛員疲勞因素分析，中華大學運輸科技與物流管理學系大學專題論文，民國 94 年 12 月。
6. 洪啟源，運用大客車駕駛模擬器探討駕駛疲勞對大客車司機員之影響分析，中華大學運輸科技與物流管理研究所碩士論文，民國 95 年 8 月。

7. 柳永青、程銘鎮，國道高速公路交通事故發生原因之分析探討，雲林科技大學工業工程學系，民國 91 年。
8. 黃慶旭，利用簡易型駕駛模擬器探討警示系統對駕駛者的影響，國立清華大學工業工程與工程管理研究所碩士論文，民國 91 年
9. 陳曉如，車內語音導航系統介面設計與人因考量，國立清華大學碩士論文，民國 91 年。
10. A. Ben-Yaacov, M. Maltz, and D. Shinar, "Effects of an in-vehicle collision avoidance warning system on short- and long-term driving performance," *Human Factors*, vol. 44, pp. 335-342, 2002.
11. Abdel-Aty Mohamed, "Investigating the Relationship Between Cellular Phone Use and Traffic Safety", *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, Vol.73, No.10, 2003.
12. Abe, G. and Richardson, J., "The Effect of Alarm Timing on Driver Behaviour : an Investigation of differences in driver Trust and Response to Alarms According to Alarm Timing," *Transportation Research Part F Vol.7*, pp.307-322, 2004.
13. Abe, G. and Richardson, J., "The influence of alarm timing on braking response and driver trust in low speed driving," *Safety Science Vol.43*, pp.639-654, 2004.
14. Abe, G and J. Richardson, "Alarm timing, trust and driver expectation for forward collision warning systems," *Applied Ergonomics*, vol. 37, pp. 577-586, 2006.
15. Anne T. McCartt, John W. Rohrbaugh, Mark C. Hammer, Sandra Z. Fuller, Factors associated with falling asleep at the wheel among long-distance truck drivers, *Accident Analysis and Prevention* 32, 493-504,2000.
16. Belz, S. M., G. S. Robinson, and J. G. Casali, "A New Class of Auditory Warning Signals For Complex Systems: Auditory Icons," *Human Factors*, Vol.41, No.4, 1999.
17. Ben-Yaacov,A., M. Maltz, and D.Shinar, "Effects of and In-vehicle Collision Avoidance Warning System on Short-and Long-Term Driving Performance," *Human Factors*, Vol. 44, No.2, 2002.
18. Bhise Vivek D., James D. Dowd and Edzko Smid, "Driver Behavior While Operating In-Vehicle Devices", *TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM*, 2003.
19. Cheng, B., M. Hashimoto, and T. Suetomi,"Analysis of Driver Response to Collision Warning During Car Following," *JSAE Review*, Vol 23, pp.231-237, 2002.
20. C. Ho, N. Reed, and C. Spence, "Assessing the effectiveness of "intuitive" vibrotactile warning signals in preventing front-to-rear-end collisions in a driving simulator," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 38, pp. 988-996, 2006.
21. Consiglio William, Peter Driscoll, Matthew Witte and William P. Berg, "Effect of Cellular Telephone Conversations and Other Potential Interference on Reaction Time in a Braking Response ", *Accident Analysis and Prevention*, Vol.35, pp495-500, 2003.
22. Ivan D. Brown, "Prospects for technological countermeasures against driver fatigue," *Accident. Analysis and Prevention*. Vol. 29, No4, pp. 525-531, 1997.

23. Jane C. Stutts, Jean W. Wilkins, J. Scott Osberg, Bradley V. Vaughn, Driver risk factors for sleep-related crashes, *Accident Analysis and Prevention* 35 ,pp. 321-331,2003.
24. Liu, Y.C., "Effect of Advanced Traveler Information System Displays on Younger and Older Drivers' Performance," *Displays* Vol.21, pp.161-168, 2000.
25. Martin Eriksson, Nikolaos P. Papanikolopoulos, Driver fatigue:a vision-based approach to automatic diagnosis, *Transportation Research Part C* 9, pp.399-413,2001.
26. M. Multz and D. Shinar, "Imperfect in-vehicle collision avoidance warning systems can aid distracted drivers," *Transportation Research Part F*, vol. 10, pp. 345-357, 2007.
27. M. R. Lehto, J. D. Papastavrou, T. A. Ranney, and L. A. Simmons, "An experimental comparison of conservative versus optimal collision avoidance warning system thresholds," *Safety Science*, vol. 36, pp. 185-209, 2000.
28. Murray W. Johns, A sleep physiologist's view of the drowsy driver, *Transportation Research Part F* 3 241-249,2000.
29. P. A. Green, "Safeguards for on-board wireless communications," in 2nd Annual Plastics in Automotive Safety Conference, Troy, MI, USA, 2001.
30. Paula C. Morrow, Michael R. Crum, " Antecedents of fatigue, Close calls, and crashes among commercial motor-vehicle drivers," *Journal of Safety Research* 35,pp. 59-69, 2004.
31. Pierre Philip, Patricia Sagaspe, Nicholas Moore, Jacques Taillard, Andre Charles, Christian Guillemainault, Bernard Bioulac, Fatigue, sleep restriction and driving performance, *Accident Analysis and Prevention* 37, 473-478,2005.
32. Richard A. Krueger, Mary Anne Casey. *Focus Groups 3rd Edition A practiceal guide for applied research.* Sage Publications, Inc.2000.
33. Richard J. Hanowski., Walter W. Wierwille, Thomas A. Dingus, An on road study to investigate local/short haul trucking. *Analysis and Prevention* Vol. 35, pp. 153-160, 2003.
34. SAE, "Human factors in forward collision warning systems: Operating characteristics and user interface requirements," SAE International 2003.
35. Sarah Otmani, Joceline Roge, Alain Muzet, Slepiness in professional drivers:Effect of age and time of day, *Accident Analysis and Prevention* 37, 930-937,2005.
36. Sarah Otmani, Thierry Pebayle, Joceline Roge, Alain Muzet, Effect of driving duration and partial sleep deprivation on subsequent alertness and performance of car drivers, *Physiology & Behavior* 84 715-724,2005.
37. Stutts Jane C., Herman F. Huang and Willian W. Hunter, "Cell Phone Use While Driving: Results of a Statewide Survey", TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM, 2003.
38. Suetomi, T., Niibe, T., "A Human Interface Design of Multiple Collision Warning System," Paper presented at the International Symposium on Human Factors in Driving Assessment, Training and Vehicle Design. Aspen, Colorado, August, 2001.
39. Suzuki, K. and Jansson, H, "An Analysis of Driver's Behaviour During Auditory or

Haptic Warnings for the Designing of Lane Departure Warning System,” JSAE Review Vol.24, pp.65-70, 2003.

40. T. A. Dingus, D. V. McGehee, N. Manakkal, S. K. Jahns, C. Carney, and J. M. Hankey, "Human factors field evaluation of automotive headway maintenance/collision warning devices," Human Factors, vol. 39, pp. 216-229, 1997.
41. Thomy Nilsson, Thomas M. Nelson, Dona Carlson. Development of fatigue symptoms during simulated driving. Accident Analysis and Prevention, Vol. 29, No, 4, pp.479-488,1997.
42. T.-W. Lin, S.-L. Hwang, W.-H. Chen, J.-M. Su, and S.-W. Lee, "Evaluation of human-computer interface for collision avoidance warning systems (CAWS) in buses," in The 36th International Conference on Computers and Industrial Engineering, Taipei, Taiwan, 2006.
43. Zengyong Li., Kun Jiao, Ming Chen, Chengtao Wang, “Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation,” Accident Analysis and Prevention 36, pp.501–505, 2004.
44. BMW(寶馬)汽車，<http://www.bmw.com/>
45. Cadillac(凱迪拉克汽車)，<http://www.cadillac.com/cadillacjsp/global/globalFlash.jsp>
46. European New Car Assessment Programme(Euro NCAP), <http://www.euroncap>