

認知分心對變換車道駕駛行為的影響

學生姓名：曾議賢

指導教授：吳宗修

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘要

本研究以數量方法推估純粹認知分心對駕駛行為的影響，分別以實驗室實驗與測試場上駕駛實驗兩方面做探討。受試者必須先後進行兩階段實驗；於實驗室中，以三項不同等級之計算工作，利用反應時間與選擇反應動作之關聯，建立線性關係，並觀察受試者在面臨不同等級之計算工作時反應時間之差別，進而推估受試者在計算工作干擾下資訊處理之影響程度；於測試場駕駛實驗中，以模擬行動電話交談之方式推估對於駕駛能力的影響，利用變換車道動作觀察計算工作等級對駕駛者操控車輛時之外顯變數與生理變數之變化，其中並考慮駕駛者性別與年齡層的影響程度；共有 18 位受試者（10 位男性，8 位女性）參與實驗。

實驗室實驗結果發現，反應時間與資訊處理量呈正向關係。無計算工作下人員一秒可處理之資訊量為 5.2 bits/秒，相較於簡單計算工作下為 4.92 bits/秒，中等計算工作下為 4.87 bits/秒，困難計算工作下為 3.98 bits/秒，證實本研究設計之計算工作已造成受試者心智負荷增加。

測試場實驗結果顯示駕駛車輛進行變換車道時附加本研究設計之計算工作確會對車輛操控外顯變數造成影響，並增加駕駛人的心智負荷量。實驗結果發現，計算工作顯著影響駕駛者進行變換車道時產生之側向加速度、車輛進入換道區段前的行駛速率、受試者答題時間以及答題正確率；性別顯著影響側向加速度、車輛進入換道區段前的行駛速率、車輛進行換道動作時的行駛速率、車輛完成換道動作時的行駛速率與受試者答題時間，年齡層顯著影響車輛進入換道區段前的行駛速率、車輛進行換道動作時的行駛速率、車輛完成換道動作時的行駛速率與答題正確率。

關鍵字：反應時間、心智負荷量、計算工作、變換車道、行動電話

Effects of Cognitive Distraction on Driving Behavior

During Lane Change Course

Student: I-Hsien Tseng

Advisor: T. Hugh Woo

Department of Transportation Technology & Management

National Chiao Tung University

ABSTRACT

This study proposes a procedure to quantitatively estimate cognitive distraction that are not accompanied by any visual diversions to clarify the influence of non-visual distractions to driving. In a laboratory experiment, mental capacities (measured in bits/sec) for three arithmetic tasks were estimated for each subject driver, using the functional relation between the reaction time and the number of alternatives in choice reaction tasks using a subsidiary task method through a mobile phone. The spare capacities obtained correlated significantly with the measures of speed control and physiological load during a lane change course negotiation on a test field. There are 18 subject drivers participate the two-part experiments.

In the laboratory experiment, it was observed that a direct ratio between the reaction time and the amount of information exists as 5.2 bits/sec in non-arithmetic task, 4.92 bits/sec in easy-arithmetic task, 4.87 bits/sec in moderate-arithmetic task, and 3.98 bits/sec in difficult-arithmetic task. The laboratory experiment has proved that the arithmetic tasks increase the subject driver's mental capacities indeed.

In the test field experiment, we observed that the arithmetic tasks significantly affect the lateral acceleration, the speed before entering the lane change area, the answer time and the correct ratio. Gender significantly affects the lateral acceleration, the speed before entering the lane change area, the speed during lane change course, the speed of leaving the lane change area and the answer time. The age group significantly affects the speed before entering the lane change area, the speed during lane change course, the speed of leaving the lane change area and the correct ratio.

Keywords: reaction time, mental capacity, arithmetic task, lane change course, mobile phone

誌謝

碩士論文的完成首先要感謝指導教授 吳宗修老師兩年來從旁細心教導與指正，吳老師不僅指導論文的內容與方向，對於培養獨立思考與做人處事亦多有提點；對於吳老師平日給予的人生道理，我，永遠銘記在心。

論文自提計畫書至口試期間，承蒙本所 張新立教授、吳水威教授、交研所 黃承傳教授、本校工管系 許尚華教授撥空審閱，並給予寶貴意見，使本論文更臻詳實與完備，在此致上由衷謝意。

碩士班求學期間，感謝學長智仁、建民、家峯、舜丞、家銘、建仁、俊哲、信豪、建安、學姊月貞對我課業研究與論文寫作從旁協助與指導。謝謝同窗好友苑綾、善斌、弘霖、Frankie、記百、依潔、韻璇、惠玉、士偉、大乃、大中、小宇、耀禎在學業與課餘上的幫助，因為有你們，我的碩士班生涯才可以如此充實；謝謝 Anon、秋燕、馨心在生活的鼓勵與相互扶持。論文實驗期間，特別感謝燦仁、阿龍、傑閔，不畏風雨烈日陪我撐過；系上助理秀蔭與幸榮於在學期間不厭其煩的處理日常瑣事，在此亦致上謝意。

我要謝謝我的家人，摯愛的爺爺奶奶、爸媽和妹妹、兩位姑姑、兩位姑丈，你們是我最大的心靈支柱，是你們不斷容忍如此任性與叛逆的我，是你們讓我有勇氣克服挫折、讓我無憂的一路走來，完成學業；女友麗玲一步一步伴我走過這兩年，妳的關懷與容忍，我心存無限感激；謹將此論文成果獻給你們。

兩年的碩士班求學階段，讓我體悟到原來過程遠比結果重要。短短 70 來頁的碩士論文，若不是大家幫忙，絕非一己之力所能完成；所以，我要對所有曾經幫過我、扶持過我的各位說：謝謝你們，我愛你們。

曾 議 賢 謹誌
中華民國九十三年七月
於風城交大

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	IV
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	6
1.3 研究範圍與對象.....	6
1.4 研究方法.....	6
1.5 研究流程.....	7
第二章 文獻回顧.....	9
2.1 分心駕駛行為分析與界定.....	9
2.1.1 定義分心駕駛.....	9
2.2 國外相關單位之行動計畫.....	11
2.3 分心駕駛相關研究報告探討及回顧.....	12
2.4 小結.....	19
第三章 研究方法.....	25
3.1 負荷量之測量.....	25
3.1.1 駕駛工作與心智負荷之關係.....	25
3.1.2 推估心智負荷能力.....	25
3.2 實驗設計.....	27
3.2.1 受試者.....	27
3.2.2 實驗室實驗.....	28
3.2.2.1 選擇反應動作.....	28
3.2.2.2 聽覺計算工作.....	29
3.2.2.5 評估因計算工作而減少的剩餘負荷能力.....	29
3.2.3 測試場實驗.....	30
3.3 研究假設.....	32
3.4 分析方法.....	33
3.4.1 實驗室實驗分析方法.....	33
3.4.2 測試場實驗分析方法.....	33
第四章 實驗資料蒐集.....	37
4.1 實驗室實驗.....	37
4.1.1 實驗室實驗器材.....	37

4.1.2 實驗室實驗步驟.....	37
4.2 測試場實驗.....	38
4.2.1 測試場實驗情境.....	38
4.2.2 實驗器材.....	40
4.2.3 測試場實驗步驟.....	42
第五章 實驗結果分析與討論.....	44
5.1 反應時間與資訊量之關係.....	44
5.2 計算工作、性別與年齡之影響.....	50
5.3 討論.....	64
5.3.1 實驗室實驗結果.....	64
5.3.2 測試場實驗結果.....	64
5.3.2.1 車輛操控之外顯變數.....	65
5.3.2.2 心智負荷變數.....	68
5.3.2.3 駕駛者生理變數.....	70
第六章 結論與建議.....	71
6.1 結論.....	71
6.2 建議.....	72
參考文獻.....	74



圖目錄

圖 1-1 影響駕駛工作的分心因素與量測變數之關係.....	4
圖 1-2 系統關係圖.....	5
圖 1-3 研究流程圖.....	8
圖 2-1 Wickens 的資訊處理模型.....	10
圖 3-1 工作負荷量與剩餘能力之關係圖.....	26
圖 3-2 反應時間分布情況.....	27
圖 3-3 兩階段心智負荷能力推估過程.....	28
圖 3-4 反應時間與訊息數量之關係.....	30
圖 3-5 駕駛者在各等級計算工作之剩餘心智負荷能力.....	36
圖 3-6 量測變數關係.....	33
圖 4-1 測試場實景(俯視).....	38
圖 4-2 車道變換配置圖.....	39
圖 4-3 車道照片.....	40
圖 4-4 實驗車.....	41
圖 4-5 減速計.....	41
圖 4-6 測試場實測照片.....	43
圖 5-1 無計算工作下資訊量與反應工作之關係線.....	46
圖 5-2 簡單計算工作下資訊量與反應工作之關係線.....	47
圖 5-3 中等計算工作下資訊量與反應工作之關係線.....	48
圖 5-4 難計算工作下資訊量與反應工作之關係線.....	49
圖 5-5 計算工作、側向加速度與方向盤轉量之關係.....	66
圖 5-6 車輛行進車速關係.....	67

表目錄

表 1-1 民國 90 年與 91 年交通事故原因分類與分析.....	2
表 1-2 駕駛者分心之特定分心來源.....	3
表 2-1 停留在中央或周圍區域的時間百分比.....	18
表 2-2 停留在儀器和照後鏡的時間百分比.....	18
表 2-3 國外駕駛人使用行動電話對行車安全影響相關研究報告整理表.....	21-24
表 3-1 實驗室實驗之量測變數關係.....	29
表 3-2 測試場實驗因子設計.....	31
表 3-3 各績效指標之操作型定義.....	31
表 3-4 二類因子 ANOVA.....	36
表 4-1 Hyundai Elantra 規格.....	40
表 5-1 樣本特性統計表.....	44
表 5-2 計算工作等級下不同資訊量之反應時間.....	45
表 5-3 無計算工作下反應時間之變異數分析.....	45
表 5-4 Duncan 分群(資訊量).....	45
表 5-5 簡單計算工作下反應時間之變異數分析.....	46
表 5-6 Duncan 分群(資訊量).....	46
表 5-7 中等計算工作下反應時間之變異數分析.....	47
表 5-8 Duncan 分群(資訊量).....	47
表 5-9 難計算工作下反應時間之變異數分析.....	48
表 5-10 Duncan 分群(資訊量).....	48
表 5-11 考慮計算工作等級與資訊量下反應時間之變異數分析.....	49
表 5-12 Duncan 分群(計算工作等級).....	50
表 5-13 Duncan 分群(資訊量).....	50
表 5-14 側向加速度之變異數分析.....	51
表 5-15 Duncan 分群(計算工作等級).....	51
表 5-16 Duncan 分群(性別).....	51
表 5-17 Duncan 分群(年齡).....	51
表 5-18 點速率 V_1 之變異數分析.....	52
表 5-19 Duncan 分群(計算工作等級).....	53
表 5-20 Duncan 分群(性別).....	53
表 5-21 Duncan 分群(年齡).....	53
表 5-22 點速率 V_2 之變異數分析.....	54
表 5-23 Duncan 分群(計算工作等級).....	54
表 5-24 Duncan 分群(性別).....	54
表 5-25 Duncan 分群(年齡).....	54
表 5-26 點速率 V_3 之變異數分析.....	55

表 5-27 Duncan 分群(計算工作等級).....	55
表 5-28 Duncan 分群(性別).....	56
表 5-29 Duncan 分群(年齡).....	56
表 5-30 速度變化量 ΔV_{12} 之變異數分析.....	57
表 5-31 Duncan 分群(計算工作等級).....	57
表 5-32 Duncan 分群(性別).....	57
表 5-33 Duncan 分群(年齡).....	57
表 5-34 速度變化量 ΔV_{23} 之變異數分析.....	58
表 5-35 Duncan 分群(計算工作等級).....	59
表 5-36 Duncan 分群(性別).....	59
表 5-37 Duncan 分群(年齡).....	59
表 5-38 答題時間之變異數分析.....	60
表 5-39 Duncan 分群(計算工作等級).....	60
表 5-40 Duncan 分群(性別).....	60
表 5-41 Duncan 分群(年齡).....	60
表 5-42 答題正確率之變異數分析.....	61
表 5-43 Duncan 分群(計算工作等級).....	62
表 5-44 Duncan 分群(性別).....	62
表 5-45 Duncan 分群(年齡).....	62
表 5-46 心率之變異數分析.....	63
表 5-47 Duncan 分群(計算工作等級).....	63
表 5-48 Duncan 分群(性別).....	63
表 5-49 Duncan 分群(年齡).....	63
表 5-50 計算工作等級下資訊量與反應時間關係線斜率與負荷量之關係.....	64
表 5-51 18位受試者各量測變數之平均數與標準差.....	65
表 5-52 車輛操控外顯變數顯著性差異.....	66
表 5-53 心智負荷變數顯著性差異.....	69
表 5-54 駕駛者生理變數顯著性差異.....	70
表 5-55 影響程度矩陣.....	70

第一章 緒論

1.6 研究背景與動機

台灣近二、三十年來經濟快速成長，人民所得提高使得家戶汽機車持有率日益增加，伴隨的是同向增加的事故發生率。依行政院主計處統計數字顯示，民國 90 年與 91 年國人因意外死亡人數居十大死因第四位；其中 50% 是屬於因道路交通事故死亡[1]。從民國 90 年與 91 年交通事故原因分析表 1-1 中顯示，居前三位者為未注意車前狀況、超速失控、酒醉（後）駕車，人為肇事因素百分比均高達九成以上，可知事故發生原因多屬人為因素。而人為因素是從駕駛行為衍生，當今國內外學者於駕駛行為上仍持續不斷的作深入研究。

隨著汽機車科技化的發展，車內智慧化設備已成為一般民眾對汽車要求的基本配備。車內設備愈來愈先進、複雜，像是觸摸式的控制系統、上網介面，的確為駕駛者帶來便利性，但也讓駕駛者因為使用這些車內設備而注意力分散，甚至發生嚴重事故。另一項不屬於車內設備的科技產品—行動電話，亦是駕駛者分心的主要來源。行動電話讓駕駛人與外界有所接觸，但它所帶來的危險也可能發生。近年國內在行車安全倡導的開車不進行動電話，為的就是避免駕駛者因撥打行動電話，注意力分散而導致事故發生。許多車內設備的龐大功能可能會超過駕駛人的負荷，而且不同類型的分心會造成不同程度的危險。

「分心駕駛」（Distracted Driving）這個議題近年來在國外受到相當的重視。美國國家公路安全局（National Highway Traffic Safety Administration；NHTSA）從警方碰撞事故報告中估計至少 25% 的事故發生是歸因於駕駛者注意力分散[24]。美國汽車協會交通安全基金會(AAA Foundation for Traffic Safety)利用國家意外事故抽樣系統（National Accident Sampling System；NASS）與防撞資料系統（Crashworthiness Data System；CDS）於 1995 年至 1999 年間的資料，針對「分心駕駛」這個主題做的一項研究，初步結果已確認駕駛者主要分心來源項目，如表 1-2。

汽車製造商的腳步也緊跟在相關研究之後。福特汽車公司發展了一套價值一千萬美元的駕駛模擬器—Virtual Test Track Experiment；VIRTTEX，以進行車內電子儀器對駕駛人負荷量和分心問題的相關研究。國內在分心駕駛這個議題尚處於萌芽階段，交通部運輸研究所曾於民國八十八年完成「駕駛人使用行動電話對行車安全影響之研究」[2]，針對當時提議立法禁止開車使用行動電話的議題，即時進行模擬測試，並提出法規面、執行面與管理面的建議；但其他相關文獻仍極欠缺。本研究即是針對一般駕駛人在面對各種不同分心情況時，量測其心智負荷之差異。目標為確認駕駛者分心的來源和確認分心是碰撞事故的潛在原因之重要性。

表 1-1 民國 90 年與 91 年交通事故原因分類與分析

肇事原因		90 年		91 年	
		件數	百分比	件數	百分比
駕駛人因素	酒醉（後）駕車	409	13.02%	410	15.05%
	超速失控	426	13.56%	298	10.94%
	未依規定減速	164	5.22%	126	4.62%
	轉彎（向）不當 （含左、右、迴轉）	171	5.44%	127	4.66%
	未保持安全距離、間隔	141	4.49%	154	5.65%
	未依規定讓車	152	4.84%	214	7.85%
	違反號誌、標誌管制	142	4.52%	143	5.25%
	違規超車	26	0.83%	34	1.25%
	闖平交道	12	0.38%	10	0.37%
	未注意車前狀況	738	23.49%	552	20.26%
	逆向行駛	109	3.47%	76	2.79%
	其他	389	12.38%	325	11.93%
主要肇事原因總計與分析					
肇事原因		90 年		91 年	
		件數	百分比	件數	百分比
駕駛人因素		2,879	91.63%	2,469	90.61%
非駕駛人因素 （機件、道路設施及其他）		83	2.64%	89	3.27%
肇事逃逸		180	5.73%	167	6.13%
總計		3,142	100.00%	2,725	100.00%

資料來源：[1]

表 1-2

駕駛者分心之特定分心來源	
分心來源項目	百分比
車外的人、事、物	29.4
調收音機、卡式磁帶機、CD	11.4
其他車內乘客	10.9
車內移動物	4.3
其他帶進車內的設備、物品	2.9
調車內裝置和空氣調節器	2.8
吃或喝食物	1.7
使用或打手機	1.5
抽煙	0.9
其他分心	25.6
不知名分心	8.6
合計	100.0

資料來源：[24]

駕駛者的注意力不集中是發生交通事故的重要因素。根據日本道路事故的統計資料顯示，1997 年的事故中有 25% 是因為駕駛者「看旁邊 (looking sideways)」[25]，由這項統計可知，駕駛時不適當的注意力轉移容易導致事故發生，而粗心大意並非全是因為視覺上的分心，聽覺與認知上的分心亦會導致注意力分散；此統計資料指出，在所有事故中，有 921 件事故是因為駕駛者的粗心大意，1052 件是因為駕駛者「看旁邊」。所以即使駕駛者不會把視覺從道路上轉移至別處，駕駛者注意力分散仍是造成嚴重交通事故的風險。

無疑地，若駕駛時不把視線放在道路上的駕駛行為是有害無益，因為如此會打斷駕駛者獲取道路上的資訊。先前有許多針對視覺與駕駛行為關聯的研究，發現駕駛者持續注視車內顯示器的頻率增加時，環視道路的次數會因此減少[30]。他們更進一步發現，若駕駛者視覺能力降低則車輛橫向位移程度會增加[32]。基於此研究看來，駕駛者看其它地方的頻率和持續時間，其標準都已有結果建議來預防對駕駛行為的不當影響[33]。

國內近年來對分心駕駛造成嚴重的事故傷亡特別重視預防，學界對此的相關研究亦持續進行；造成駕駛者分心的原因可概分為視覺分心與非視覺分心，在非視覺分心的部份仍少有研究對其量化與著墨；舉例來說，當駕駛者在跟車時使用行動電話對話，會增加煞車的反應時間以及降低車輛的控制能力[8][10]，這些結果可以用來評估非視覺性分

心對駕駛行為的影響。視覺分心的程度可以利用眨眼頻率和持續移開視線的時間來量化，但非視覺分心對於駕駛行為的影響尚未有研究指出較明確的指標，且非視覺分心源對於駕駛時的可接受範圍也值得探究；圖 1-1 對駕駛工作中駕駛行為與分心因素作區隔，並指出對分心駕駛行為的量測變數。

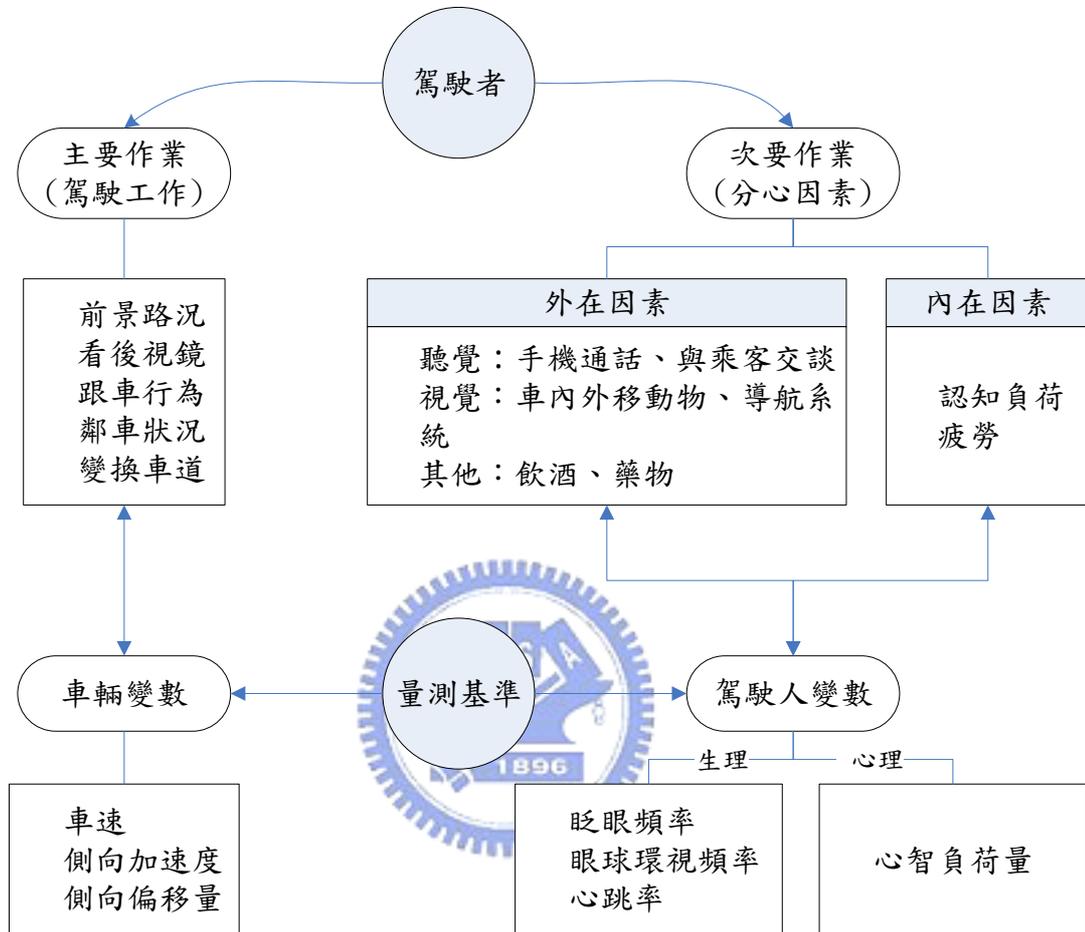


圖 1-1 影響駕駛工作的分心因素與量測變數之關係

本研究嘗試以數量方法推估認知分心對駕駛行為的影響；分別以實驗室研究與測試場上駕駛實驗兩方面作探討。在實驗室的實驗中，以三項計算工作，利用反應時間和選擇反應動作之間的關連，推估每個受測者在同時面對兩項工作時，次作業削弱主作業的心智負荷能力，並驗證隨著本研究設計之計算工作的難度增加，主作業被削弱的負荷能力也隨之增加。於測試場上的駕駛實驗中，利用實驗室中對計算工作的驗證結果附加在同一個受試者身上，觀察聽覺干擾對駕駛者速度控制和變換車道時所承受的生理壓力是否有顯著關係。

實驗室研究顯示出，進行注意力分散工作會因為駕駛者訊息處理能力的不同而產生多變的工作負荷量。這些在處理訊息能力上的實質個別差異，會導致難以發現到各種分心工作下的顯著不同；本研究將文獻整理後定義出分心駕駛行為並與將進行之兩階段實驗作系統關係如圖 1-2。

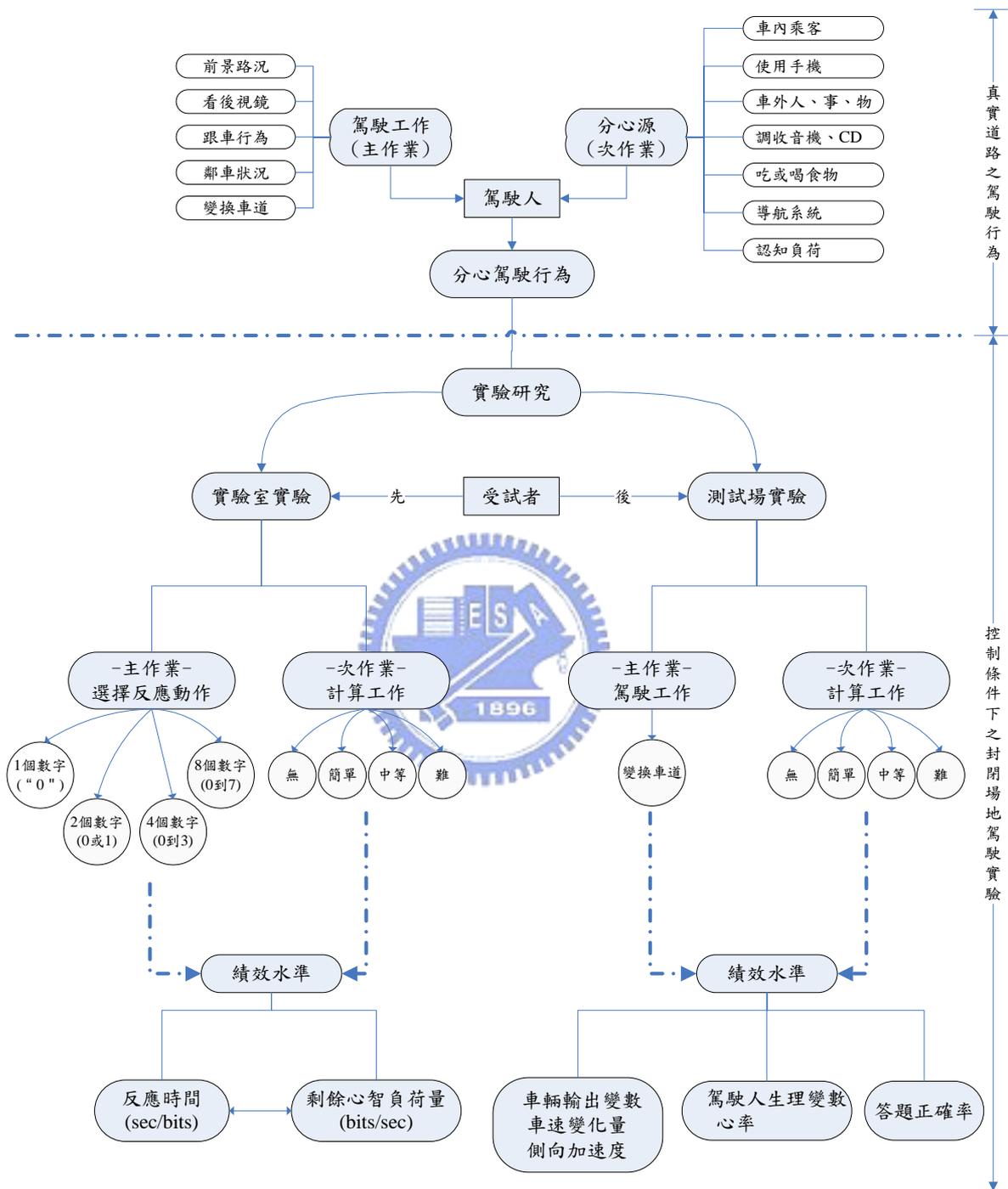


圖 1-2 系統關係

1.2 研究目的

本研究探討車內外各種造成駕駛者分心之變項因子，對於駕駛者在聽覺吸引下的行為上影響進行分析比較，藉由研究變換車道之駕駛行為以期對行車安全有所助益，研究主要目的如下所述：

1. 定義分心駕駛及其駕駛行為。
2. 於實驗室中透過計算工作，定義受試者之心智負荷能力。
3. 探討計算工作對變換車道駕駛行為之影響。
4. 探討駕駛者面對分心情況時的應變策略及其駕駛行為。

1.3 研究範圍與對象

本研究針對駕駛人於實驗室中賦予計算工作並定義每一位受試者的心智負荷能力；再於測試場上對受試者加諸聽覺干擾，觀察受試者在給予計算工作時對車道變換的駕駛行為產生之變化，予以描述分析。

由於考量駕駛者於車種不同而分布甚廣，一般道路上車種包括有機車、小客車、大客車、小貨車、大貨車、聯結車，受限於研究人力及經費取得，本研究將設定於小客車，並且以具有駕照之駕駛者為研究對象。挑選 18 位有小客車駕駛執照之駕駛人，10 位男性、8 位女性，年齡範圍設定於 20~40 歲，於新豐鄉新竹安全駕駛教育中心受訓學員中挑選適合人選，每人並給予適當之受試費用。

1.4 研究方法

(一) 文獻評析法

蒐集國內外有關分心駕駛相關議題之資料及文獻，交通心理學及駕駛行為理論，並以人因資訊處理理論為基礎，探討駕駛行為中主次作業對駕駛者操控車輛時的影響，以將實驗結果作為本研究之參考依據。

(二) 實驗、統計分析法

本研究在假設駕駛者對於處理資訊的能力為固定之下，以聽覺分心為主題制定兩階段實驗，分別為實驗室實驗及測試場上駕駛者變換車道之駕駛行為。以實驗設計方式，於實驗室內測試樣本建立理論容量；再以相同測試樣本於控制測試場上，施以不同設定條件之測試過程。蒐集所有觀測條件與外顯指標，以統計方法進行結果驗證，並建立解釋模型。從兩階段的實驗當中獲得駕駛者心智負荷量，其定義及詳細實驗程序訂定於後。

1.5 研究流程

本研究分析駕駛者於駕駛過程中，車內科技產品之使用、個人行為特性等影響駕駛者在主要駕駛工作外賦予次要工作時而可能導致分心駕駛之因子作探討，制定實驗程序以量化駕駛者分心程度，以作為後續研究之依據。研究流程圖如圖 1-3，各階段內容分述如下：

（一）問題分析與界定

為確立分心駕駛所指駕駛行為之範疇，本研究首先將界定分心駕駛行為，以國內外相關文獻及案例說明此行為之特性。藉由分心駕駛行為的確立與衍生問題尋求研究主題，一般認為分心駕駛可分作視覺分心、聽覺分心、心智負荷量超載三大部分。本研究將三大部分先作文獻的蒐集匯整，將問題界定分析後聚焦研究範圍。

（二）相關文獻回顧

本研究將廣泛蒐集整理國內外先進交通組織與學術單位在分心駕駛行為之相關研究及調查。蓋因國內於分心駕駛此議題並無相關統計資料與研究文獻，故本研究在文獻回顧方面將著重於國外資料之蒐集。文獻回顧主要可分為四部分，首先參考國外關於分心駕駛之定義與範疇作一詳細描述，分析其駕駛行為特性，以確立分心駕駛問題之重心；而後彙整國外箱關單位於分心駕駛之實驗研究與案例，並蒐集有關駕駛模擬器在世界各國演進過程，實因有關分心駕駛議題之研究多使用駕駛模擬器作為主要模擬情境工具；最後回顧學術單位在有關分心駕駛行為研究報告之文獻，擬定適用於分心駕駛課題之研究方法或實驗程序。

（三）實驗程序制定與執行

本研究分別以實驗室實驗與測試場駕駛實驗兩方面來測度受試者在聽覺分心的情況下之心智負荷能力，第一階段先於實驗室實驗中以計算工作（主要作業）和選擇反應工作（次要作業）來量測受試者的心智負荷能力；第二階段利用實驗室實驗量測的驗證結果，將之應用於駕駛者在賦予計算工作時對變換車道的影響，並藉由聽力計算工作對駕駛者進行量測車輛外顯變數與駕駛者生理變數。

（四）結論與建議

藉由聽覺分心駕駛的實驗能了解到車內科技產品對駕駛行為的影響，希望對未來智慧型運輸系統的推動能有一參考依據，並研擬相關策略有效預防因分心駕駛對行車安全帶來的潛在威脅；此外提出建議以供未來相關研究之參考。

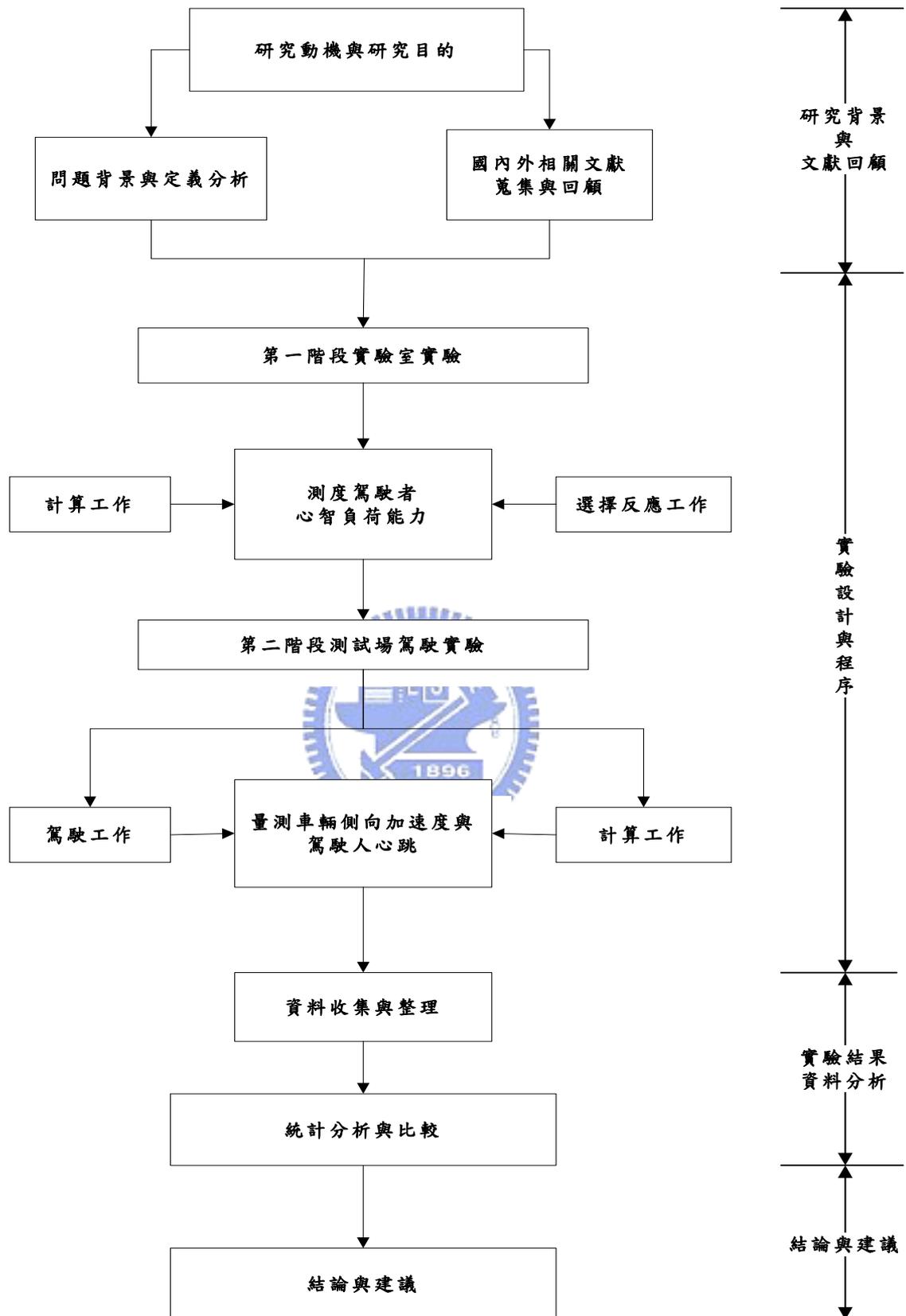


圖 1-3 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章主要可分為四部分,第一部分針對國內外於分心駕駛行為之問題界定作彙整,包括造成分心駕駛之外在環境因素、內在個人因素及駕駛行為特性之描述;第二部分蒐集國外相關單位對分心駕駛提出的行動與研究計畫作回顧;第三部分對駕駛模擬器與測試車研究的演進作詳細討論;第四部分探討國內外研究分心駕駛課題時採用的研究方法、理論依據及實驗程序,以作為本研究之文獻資料參考。

2.1 分心駕駛行為分析與界定

分心駕駛 (Distracted Driving), 這個議題在美國近年來受到許多交通組織與學術單位高度重視, 甚至諸多著名汽車廠商亦投入此項研究。分心駕駛會受到各方關切, 乃因現今汽車已走入高科技發展趨勢, 車內科技產品的研發致使駕駛人在使用汽車時分散其主要的駕駛工作注意力, 工作負荷量的增加使得駕駛者必須承擔高事故風險甚而導致事故發生。以下就分心駕駛的由來及行為進行分析, 以作為本研究之基礎, 藉由定義駕駛者分心行為發現問題重心。

2.1.1 定義分心駕駛

一般人對於不注意 (Inattention) 與分心 (Distraction) 兩名詞往往覺得意義相近, 無明顯界定與區分, 容易造成混淆; 然而兩者對駕駛工作均會帶來負面影響。本研究首先對兩名詞做一定義, 以釐清其差別。

韋氏字典對「分心」與「不注意」的定義如下:

- 分心 (Distraction) — 因為某些原因致使注意力由原始位置、目標、意圖、方向、興趣等各方面轉移。
- Inattention — 注意力分散。

NHTSA 將分心駕駛定義為以下描述:「駕駛分心是需要安全地完成駕駛工作時, 因為一些事件、活動、物體和車內或車外的人, 迫使或導致駕駛者注意力從駕駛工作中轉移, 發生駕駛者訊息識別時間延遲」[24]。

在人因工程中, 人類處理資訊的模型其構成要素主要分為知覺、記憶、決策、注意、反應執行及回饋等階段[Wickens, 1984][29]; 圖 2-1 顯示心智資源與各階段構成要素之關係。

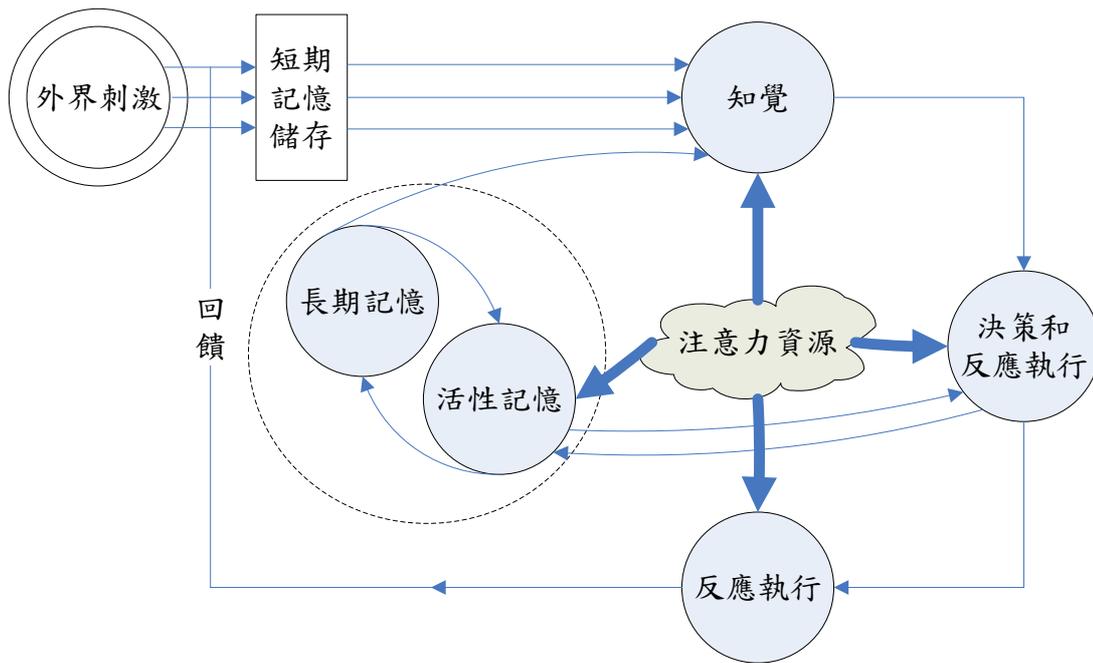


圖 2-1 Wickens 的資訊處理模型[29]

人的注意力處理程序可用簡單的模式來描述。想像一個人在路上開車，突然有個小孩從路旁狂奔出現在車前。人的反應程序可分成以下三個步驟：首先，你察覺到有小孩衝出來，然後思考該怎麼作—也許是決定突然轉向—而後你有所反應，將車子轉向駛出路外。期間每一個步驟都會需要用到一定程度的注意力；每一個步驟—察覺、認知、反應—需要的注意力程度會漸增。

將注意力從一個事件轉移到另一個事件的過程叫做「工作轉換 (task-switching)」。

一個人若於同一時間承擔愈多的工作，則將愈難完成這些工作；這現象不單只是因為工作負荷量太多無法處理，同時在工作轉換的過程中亦會需要一定量的注意力。

在一些駕駛情況中，人可在同一時間做一件以上的工作。比如說，他們可以一邊注意對向車流一邊專心於油門踩踏以維持一定速度。此種情況僅存在於不同的資源（腳的動作與視覺行為）都可用於不同工作。當然有更複雜的情況，因為駕駛工作本身是由多項工作組成，如果需要共用到同一個資源（心智能力、視覺、聽覺），則工作轉換的情形便會發生。更進一步分析，有些駕駛工作若學習經驗已是相當充足，則共用資源的比例會大幅減少；例如，換擋是駕駛程序裡的簡易例行工作，多數人卻發現其實很難描述，因為駕駛人一坐上駕駛座就已慣常於該直覺動作。

駕駛的主要工作是能夠安全的到達目的地；其他的工作，諸如吃或喝食物、接收或聆聽電子郵件、開或關收音機、與後座小孩談話，這些都是導致分心駕駛的潛在因子。

2.2 國外相關單位之行動計畫

美國國家公路交通安全局 (National Highway Traffic Safety Administration; NHTSA) 估計於警方碰撞事故報告中至少四分之一是駕駛者不注意的類型，駕駛者分心是公路碰撞事故的主要肇因。駕駛者分心是不注意 (inattention) 的其中一種類型，同時這些碰撞事故過半是因為駕駛者分心。簡單辨別分心駕駛者的看法是不注意或「喪失思緒 (lost in thought)」。NHTSA 將駕駛者注意情況分為五大類：1. 清醒 (Attentive)，2. 分心 (Distracted)，3. 有看沒有到 (Looked but didn't see)，4. 打瞌睡或睡著 (Sleepy or fell asleep)，5. 其他或駕駛者沒有表示 (Unknown or no driver indication) [24]。

NHTSA 於 1988 年創立撞擊資料系統 (Crashworthiness Data System; CDS)。CDS 雇用受過專業事故調查訓練的研究團隊，利用事故現場、涉入事故車輛之調查、直接與事故受害者及目擊者的面談、可靠的醫療記錄等多方面來蒐集資料。從 CDS 的統計資料顯示，48.6% 的肇事駕駛者在事故發生時是清醒的，12.9% 是分心，5.4% 有看沒有到，1.8% 疲勞甚至是睡著，35.9% 為不知名的原因或駕駛者沒表示；可看出事故發生時駕駛者處於分心狀態的比例甚高。NHTSA 表示，若從教育的觀點來看分心駕駛此議題，駕駛經驗充分且良好的駕駛人可能比沒受過駕訓者更容易出現分心的情況，因為受過訓練的人認為自己可以掌控一切；雖然教育仍有其效用，但須經過長時間的宣導[24]。

美國汽車協會 (AAA) 交通安全基金會於分心駕駛提出的 10 點行動計畫係針對 4400 萬的成員、汽車駕駛人、決策者 (政府官員)、教育學家、企業公司領導人、廠商及其雇員進行教育訓練，給予分心駕駛危險認知及如何於車內面對分心情況，認為教育才是幫助大眾認知及處理車內分心情況的關鍵，必須鼓勵汽車廠商儘可能設計讓駕駛者分心程度能減至最小的設備，並強調國會也必須為相關研究撥出所需的資金預算[28]。其提出的 10 點行動計畫如下：

1. 全國性的教育活動。AAA 免費提供名為”安全駕駛—手機與駕駛之簡介”的教育性宣導簡冊。
2. AAA 將與各州監理處合作，教育新手駕駛人並確保讓他們了解、認識分心駕駛的危險。
3. 測試通訊設備。與國際性的汽車相關組織合作，針對分析車內造成分心之設備制定協議。
4. 制定通訊設備的安全標準，並鼓勵廠商在車內通訊設備的製造上採納這個標準。
5. 與決策者 (政府官員) 共同合作。AAA 將參與國會討論分心駕駛這個議題。AAA 也會對地方性的決策者進行教育改革。
6. 鼓勵進行新的研究。AAA 將鼓勵 NHTSA 和其他運安組織引導帶領更進一步的研究，以期更了解駕駛者的分心影響。

7. 宣傳當前現有的研究。AAA 在交通安全上宣導駕駛者分心的相關研究成果，並持續對政府官員及大眾傳達新的研究成果。
8. 修訂 AAA 駕駛員訓練手冊。重新架構制定駕駛者分心的操作指南，並對駕駛者開授教育課程，課程主題可分作新手駕駛人、駕駛者能力改善、老年駕駛。
9. 鼓勵企業公司教育他們的員工和消費者。AAA 將與其合作夥伴對成員宣導交通安全相關知識。
10. 教育 AAA 的成員。藉由地區性的成員討論會，定期地和 AAA 與加拿大汽車協會(CAA)的成員進行交流。並按時自行出版刊物作相關記錄。

2.3 分心駕駛相關研究報告探討及回顧

近年來，車內通訊科技產品與路線導航系統的普遍使用致使各界注意到智慧型運輸系統科技對於「分心」造成的影響，這些車內科技應用產品（如無線通訊設備的無線電話）及駕駛資訊系統（如路線導航系統）的廣泛使用，促使美國公路安全局發表駕駛時使用手機對駕駛安全造成的影響報告。同樣地，國內外政府部門、學術界、產業界等亦針對路線導航系統相關的人因安全議題進行研究。目前，許多聲辨系統亦被引用至汽車、卡車中以期減輕駕駛者的負擔。

下列概要說明無線電話與路線導航系統使用的人因研究報告，這是分心駕駛對於路線導航與聲辨系統的重要議題。當前手機通訊系統及無線通訊產業的驚人發展，駕駛者行駛中使用無線通訊設備的潛在危險亦隨之到來。以下將回顧國內外學術界在有關分心駕駛這個議題上已發表的研究報告；本節即針對國外駕駛人使用車內有聲科技產品對行車安全影響之相關研究報告進行整理分析：

荷蘭 University of Groningen & University of Valencia 之研究 [22] – Talib Rothengatter 與 Enrique Car Bonell Vaya 認為以往與行動電話相關的研究由於各研究背景不同的因素，所以往往導致不同的結論，為了能對這方面的研究有更正確的瞭解，進行兩組實驗：一組在模擬器的控制下測試，以四十人為研究對象；另一組則在真實路況中試驗，以三十二人為對象。客觀的影響因素有：駕駛人的年齡(18-35歲，35歲以上)、使用車上行動電話的經驗(資深，資淺)；主觀上的反應，分為對注意力的影響、視覺反應需要的時間、聽覺反應需要的時間、時間、干擾程度、情勢壓力、整體評估等共七個變項。實驗結果可以分為二點：

1. 在模擬器中的實驗反應出當駕駛人於開車時使用行動電話，對注意力及視覺反應會產生不良影響；在實際狀況下的駕駛人，開車時使用行動電話，會造成駕駛人的干擾，對其聽覺反應也會有不良的影響。
2. 約有20%的駕駛人經過訪談後表示，他們在開車時使用行動電話必須付出更多的注意力來避免緊急事故，40%則坦承在這種情況下開車，他們將會分心，整體而言，約有60%的受測者都不諱言開車時使用行動電話，將增加駕駛人的負擔。

荷蘭 The Traffic Research Centre of the University of Groningen 之研究[16]—作者在研究報告“The Effects of Mobile Telephoning on Driving Performance”中，以12名駕駛為研究對象，在他們的車子上裝備監視器，連續三個禮拜，在不同的路況上紀錄他們一邊操作方向盤，一邊講行動電話的情形。其中6人使用手持式行動電話，另外 6人使用免持聽筒式行動電話，分別在路況良好且安靜的公路上、擁擠的雙向道路上、市區內進行測試。主要是想紀錄駕駛人在使用行動電話的同時，對於方向盤的運作、直線駕駛及其他動作的情形。研究結果發現：

1. 對於開車時一些無意識動作或基本操作，使用行動電話對駕駛人的影響並不大。
2. 在安靜而易行的公路上，使用行動電話反而提起駕駛對路況的注意力。
3. 開車時撥電話號碼，對方向盤操作的影響比調整頻率的影響大。
4. 在雙向道路上，駕駛人使用行動電話後，探視後照鏡的頻率減少。
5. 探視路況踩緊急剎車的時間約比原先增加6.5%。
6. 變化時速的反應時間增加22.6%。作者認為行車時使用行動電話會降低安全性，並建議駕駛人使用免持聽筒式行動電話來減少風險。

瑞典 VTI(Swedish Road and Traffic Research Institute)之研究[19]—Nilsson以及Alm欲瞭解免持聽筒的行動電話如何影響60歲以上的駕駛人，在對緊急事故的反應、駕駛能力、負荷量、速度控制、與年輕駕駛人的表現有何不同。研究在模擬器中進行，以年齡分為兩組(60-71歲，23-58歲)，測試路況設定在平穩的狀態下，通話內容事先錄製，駕駛人必須根據通話的指示回答問題。實驗結果發現：

1. 當年紀大的駕駛人在行車時使用行動電話，他們對煞車的反應時間就會增加(判視能力降低)。
2. 對於車子的駕駛能力降低。
3. 行車時的負荷量則增加，此情況對年紀愈大的人而言愈嚴重。
4. 開車的車速減緩。
5. 年紀大的駕駛人在開車時使用行動電話的表現比年紀輕的駕駛人表現差。

瑞典 National Road and Transport Research Institute之研究[6]—Alm和Nilsson為研究在車陣行進的狀況下，使用行動電話，對年長駕駛人和年輕駕駛人的反應時間、安全距離保持、車輛偏移位置、駕駛人負荷量進行量測，以30位男性和10位女性，以其年齡是否在60歲以上再各分兩組，在VTI模擬器中進行實驗。研究結果發現：

1. 行動電話對反應時間有負面的影響，且對年長者的影響較大，而且需要反應的時間增加，理論上應增加安全距離，以免煞車不及，但實際上駕駛人卻多未拉長安全距離。

2. 根據NASA-TLX指數發現，駕駛人因為講行動電話的關係，所以心理上的負荷量也增大。
3. 在車陣中行駛，並使用行動電話，使意外發生的機率增加。
4. 對車輛的偏移位置並無顯著的影響。

瑞典 National Road and Transport Research Institute之研究[7]—Alm和Nilsson研究在兩種不同的路況下：直線道路與彎曲道路上，駕駛人使用行動電話在反應時間、車輛偏移位置、車速、負荷量四方面的影響如何。安排23歲至61歲的40位熟練駕駛人為受測者，在VTI駕駛模擬器中進行測試，以隨機抽樣的方式，使40位駕駛人分配到四種不同的情況上作實驗，四種情況分別是：1.易行路況、駕駛人須使用行動電話。2.易行路況、駕駛人不使用行動電話。3.難行路況、駕駛人須使用行動電話。4.難行路況、駕駛人不使用行動電話。實驗結果發現：

1. 在易行路況下，行動電話對駕駛人有較大的影響，因為在易行路況下，駕駛人的注意力容易鬆弛，相對地駕駛人的反應產生負面影響，車速降低。
2. 在難行路況，行動電話只影響駕駛車輛的偏移位置，因其道路較蜿蜒的緣故。
3. 不論是易行道路或難行道路，駕駛人的負荷量皆增加。

美國 American Association for Automotive Medicine之研究[23]—Stein利用模擬器模擬出白天市區的交通狀況，並設置障礙物及路面不平的情況，使駕駛人必須一面使用行動電話，一面注意路況。受測者以年齡分為：25歲以下、25-55歲、55歲以上三組，再以性別區分，所以全部是六組成員。研究結果發現駕駛人隨著年齡的增加，在開車時的其他行為(包括接聽行動電話、使用行動電話、調整無線電通訊這些動作)，會造成駕駛人分散注意力的情況，駕駛能力降低。因此作者建議：

1. 行動電話應裝置於接近駕駛座的位置，並在駕駛人的視線範圍內。
2. 應鼓勵使用語音辨認系統來撥電話號碼，減少駕駛人的操作動作。
3. 撥號記憶裝置應被使用，但勿使駕駛者於開車途中仍須提供記憶清單。
4. 應加強宣導開車時使用行動電話的危險性，如有必要使用行動電話，應儘量停車於路旁後，始進行撥號等動作。
5. 技術上應研發最多只須按四碼的行動電話，減少撥號困擾。

美國 National Public Services Research Institute之研究[17]—McKnight等學者為想瞭解行動電話對高速公路駕駛的影響而設計本研究，讓150名受測者在模擬高速公路的路況下一邊開車，一邊講行動電話。一路上並設有45種不同的情勢發生，全程需時25分鐘，受測對象以年齡分為17-25歲、26-49歲、50-80歲三組，研究者針對下列五種狀況紀錄其對行車安全的影響：1.駕駛人把行動電話放置在位置上的時候、2.駕駛人利用行動電話隨意談天的時候、3.駕駛人利用行動電話持續激烈而緊張的對話的時候、4.當駕駛

人在調整無線電通訊的時候、5.在沒有任何分心事物發生的狀態下的時候。研究結果發現：

1. 對於開車時使用行動電話的駕駛而言，在上述的狀態下都會使駕駛的反應能力變得遲鈍。
2. 50歲以上的駕駛在開車時講行動電話，其判視能力比年輕駕駛人為差，年輕駕駛人則在進行激烈談話時的反應表現最差。
3. 研究結果並不受性別的影響，也和是否經常使用行動電話無關。

作者根據以上的結論建議，年長的駕駛人應於行車時儘量避免接聽行動電話，以便集中注意力，降低開車的風險。其他年齡層的駕駛，則應在行車時儘量避免談論激烈而緊張的話題。

美國 Rochester Institute of Technology and the State University of New York之研究[27]—Violanti與Marshall於1996年提出以流行病學上使用的「實例-控制」方法，採用隨機選取樣本，以是否曾發生交通事故為分類標準，肇事過的駕駛歸類為「實例組」，未肇事過的駕駛歸類為「控制組」，由兩組成員填寫問卷，以瞭解未列在肇事單上的肇事原因。研究結果發現：

1. 肇事組的成員一般比未肇事組的成員年輕，駕駛年資較淺，每年所行駛的英里數較少。
2. 肇事組的成員有57.1%使用手持式行動電話，42%使用免持聽筒行動電話，而且使用在商務對談的時間高。
3. 使用行動電話每月超過50分鐘以上的駕駛，與交通事故的發生有顯著的關係，證明一邊講行動電話一邊開車會增加行車風險。
4. 講行動電話的時間長短與交通事故發生機會具備相當關係，即使把開車時進行的其他行為加總，其影響力也不及使用行動電話一項嚴重。

美國 Wisconsin Department of Transportation 之研究[9]—Knupp以及Watson針對居住於威斯康辛州的駕駛人發行問卷，以問卷調查的方式，瞭解駕駛人在行車途中，受哪些因素的影響，導致分心或車禍。研究的統計結果發現，使駕駛人分心的主因：34.3%來自於精神疲勞，23.6%來自於講行動電話，15.1%來自於化妝、補妝等。發生交通事故的主因，有57%是來自於精神疲勞，10.7%來自於發呆、空想，9.4%來自於使用行動電話。

美國 Department of California Highway Patrol 之報告[12]—作者針對CHP機構的執法人員，進行一次非正式的訪問，根據統計資料，得到下列的結果：

1. 在過去幾年中，有開出「因使用行動電話而肇事」罰單的執法人員比例是40%，其中包括3%的執法人員是非常頻繁開出這種罰單，10%是經常開出，27%是不常開出，但曾有經驗。

2. 在過去幾年所處理的交通事故中，執法人員認為是肇因於行動電話者共有34%，其中包括2%是非常有此經驗，7%是常常遇到這種狀況，25%則是不常遇到這種情形，但曾有經驗。
3. 與其他令駕駛人分心的事物相比，有30%的執法人員認為打行動電話是比較危險的舉動，57%的執法人員認為打行動電話和其他的行為一樣危險，13%認為反而較不危險。

根據調查的資料顯示以及學者的研究報告，作者歸納出兩點看法：第一，多數的學者認為行動電話對行車安全的確有潛在的影響，比如以數據或實驗，或者是問卷，發現其中的關聯性，但卻沒有一個直接證據能主張行動電話必會導致交通事故的發生。第二，研究指出駕駛人使用免持聽筒行動電話更增加發生危險的可能性，另有研究也指出緊張激烈的議題與交通事故的發生具有關聯性。

美國 Sarah Wortham之研究[31]—作者認為一般駕駛人可以於行車途中使用行動電話而無須顧慮安全性的問題，因為只要使用行動電話的方法正確，行動電話可以增加行車的安全性，協助處於困境的駕駛人儘快脫困。此外行動電話亦有使迷路的駕駛找到歸途、召集緊急救援、處理事故的功能。根據最近的研究統計發現，行車時使用行動電話的駕駛人比不使用行動電話的駕駛人高出34%發生交通事故的可能，所以教導駕駛人如何安全使用行動電話乃為當務之急。

美國 Donald Redelmeier等之研究[21]—作者對699名使用行動電話的駕駛進行研究，這些駕駛曾有肇事的紀錄，但僅只於車體的毀損並未造成人員傷亡。研究發現，駕駛於行車時使用行動電話，肇事的風險是不使用行動電話的4倍，有39%的肇事者事後向處理中心表示，如果在車禍當時能使用行動電話求救，則對情勢較有利。關於行動電話的立法必須考慮到科技與個人責任的問題。

日本 National Research Institute of Police Science之研究[18]—Miki MUTOH針對372名受訪者，以發行問卷的方式作調查，結果發現：

1. 有87.2%的受訪者會在開車時使用行動電話。
2. 關於行動電話的位置，有36.4%的人把行動電話置於鄰近的位置，有6.3%的人置於衣物或背包的口袋中。作者認為行動電話的位置會影響駕駛人的注意力及眼球運轉，尤其是接電話時危險性升高。
3. 關於開車時使用行動電話的目的，有64.3%的男性使用在商務洽談方面，有63.6%的女性，使用在私人性質的通訊。
4. 有50%的使用者表示，他們使用行動電話的時機，用在接電話的次數比用在撥電話的次數多。作者認為駕駛人在無預警的情況下接電話，往往因為注意力一時被分散而發生危險，這也是為什麼車禍多發生在駕駛人接電話的時刻的原因。
5. 有27.3%的人表示，曾因為講行動電話而肇事，或差點與鄰車擦撞的經驗。

日本Automobile Research Institute之研究[26]—Hiroshi Uno與Kaneo Hiramatsu兩人在” Effects of auditory distraction on driving behavior during lane change course negotiation: estimation of spare mental capacity as an index of attention distraction”研究報告中以不受任何視覺上的影響情況下以數量方法推估聽覺干擾對分心駕駛的影響；在實驗室的實驗中以計算工作中反應時間和選擇反應工作之間的關連推估每個受測者的剩餘心智負荷能力 (measured in bits)。剩餘負荷能力於測試場上速度控制和變換車道時所承受的生理壓力有顯著關係。研究發現，當容量下降至少於6或7bits/s時駕駛能力會下降。

英國 HUSAT Research Institute之研究[13]—Clough、Ashby、Ross及Parkes以模擬器進行測試，任何一位受測者皆非行動電話的慣用者，車上配有微小攝影機，用以紀錄駕駛人的臉孔及眼球運作過程，在受測者身上並裝有心跳監聽器，紀錄駕駛人的心跳變化。研究對象分為正常駕駛組、行動電話組、乘客對話組三組，主觀變項則以NASA-TLX指數為主客觀變項以完成測試的時間、受測者的心跳、眼球轉動為觀察重點。研究結果發現：

1. 行動電話組和乘客對話組的負荷量對駕駛人而言，比正常駕駛組來得大，而且駕駛人的情緒變化幅度較高。
2. 行動電話組和乘客對話組的成員中有58%的人指出開車時講行動電話比平常更有壓力，75%的行動電話組成員則認為開車時講行動電話會讓他感到不自在，絕大部分的對話組成員坦承一邊開車，一邊與座位旁的乘客談話使他們感到額外的負擔。
3. 時間方面，行動電話組與乘客對話組的成員完成測試的時間平均比正常駕駛組的成員多出5%，時速上也較慢。
4. 生理方面(如眼球的運轉、心跳的變化)尚未能提出明顯的證據，證明開車時使用行動電話將影響生理機能，而後導致行車安全的顧慮。

法國 Institute National de Recherche sur les Transport 之報告[20]—Petica因為目睹法國境內行動電話使用者有急遽增加的趨勢，認為車上行動電話對於行車安全的影響將日漸受重視，所以將過去的研究分析彙總，歸納成下列五點：

1. 開車講行動電話對於行車安全有影響，尤其是在駕駛人撥號按鈕時，最易發生危險，行動電話若放置在靠近儀表板的位置，容易影響駕駛。
2. 在模擬器的實驗下，大部份的研究人員皆發現駕駛人使用行動電話將增加反應時間。
3. 大部份的研究人員在結論中皆推薦或建議使用免持聽筒式並配有聲控的行動電話，以減少行車風險。
4. 大部份的研究報告指出，年齡在50歲以上的駕駛人使用行動電話而分散心力的表現是50歲以下駕駛人的2-30倍，因緊急事故而反應遲鈍的比率達33%~38%。
5. 作者Stenfan Petica認為在不同的研究背景下，由於研究器材的改良，使研究的差異減少，研究結論接近而能互相適用

加拿大 The University of Toronto之研究[15]—本研究報告“Association Between Cellular Telephone Calls and Motor Vehicle Collisions”以699名駕駛人為對象，這些研究對象都配有自己的行動電話，並有過肇事紀錄。本研究將每一個受測者在肇事當天使用行動電話的紀錄與肇事前一週的使用紀錄互相比較，得到下列的結果：

1. 駕駛人使用行動電話的行車風險是不使用行動電話駕駛的4倍。
2. 駕駛人使用行動電話的行車風險與法律上酒後駕駛所造成的危險相當。
3. 駕駛人使用行動電話在五分鐘以內，發生事故的風險比不使用者高出3.9倍。使用行動電話在十五分鐘以上，發生事故的風險比不使用者高出1.3倍。
4. 使用免持聽筒式行動電話發生事故的風險是不使用行動電話駕駛的5.9倍，使用手持聽筒式行動電話肇事的風險是不使用者的3.9倍，所以作者認為政府建議駕駛人儘量使用免持聽筒行動電話，對於安全性並無助益。

加拿大 Joanne L. Harbluk和Y. Ian Noy之研究[14]—Joanne L. Harbluk和Y. Ian Noy在分心駕駛對視覺行為與車輛控制的影響研究裡指出，在意外肇因文獻中車禍事故與駕駛者分心有關係的成因超過兩倍，更進一步認為以資訊為主之科技產品的增加會影響駕駛者的駕駛品質，使其不如以往，安全性也相對將低許多。實驗研究利用21個持有駕照且有五年以上駕駛經驗的受試者，採用視力軌跡系統 (Eye Tracking System)，利用紅外線技術監視受試者眼球活動。賦予受試者困難、簡單、無三種不同條件的任務，在不同條件下於路上作實測研究。對照駕駛者在不同條件下眼球活動的情形，並計算在擋風玻璃中央15°、左邊與右邊區域，視覺停留百分比 (表2-1)，以及視覺停留在特定位置，如車內儀器、中央後照鏡、左邊及右邊後照鏡的時間百分比 (表2-2)。

表 2-1 停留在中央或周圍區域的時間百分比[14]

	左邊區域	中央 15°	右邊區域
無任務	.73	78.63	2.09
簡單任務	.65	80.84	2.19
困難任務	.55	82.68	1.56

註：橫的看，駕駛者視覺範圍花在中央時間較長。

縱的看，在中央區若工作量增加則時間比例較大，兩旁範圍則否。

表 2-2 停留在儀器和照後鏡的時間百分比[14]

	儀器	中央照後鏡	左邊照後鏡
無任務	1.48	1.56	.24
簡單任務	1.18	1.36	.28
困難任務	.63	.91	.18

此外，在不同條件下每隔 5 秒計算其「環視次數」的平均值已作環視分析，其實驗結果顯示，當賦予駕駛者較困難的工作時，環視次數會相對減少，以致無法顧及較廣的

視野。研究結論指出在駕駛時若賦予駕駛者額外工作於視覺行為與車輛控制會直接對駕駛者安全性產生明顯負面影響。在有聲科技產品不斷的發展進步下，會讓分心駕駛的問題持續存在。

加拿大 Peter J. Cooper 和 Yvonne Zheng 等學者之研究[11]—作者利用一連串在封閉場地進行的駕駛實驗，41 位駕駛者參與（年齡 19~70），透過一連串難度漸增的駕駛工作（給予聲音信息）量測駕駛者反應特性。結果顯示：

1. 年齡在 45~70 之煞車反應時間明顯較長（無論有無信息存在）。
2. 在有信息存在情況下，減速度顯著較小。
3. 信息干擾對駕駛者在交織車流中作決策時有顯著負面影響，特別是左轉情況。

林志隆[4]透過真實的駕駛環境進行實驗，分析駕駛員在不同路段與不同通話負荷下駕駛作業績效的變化與行使策略的情形。實驗組合共有 6 種，實驗變項為道路類型兩種（高速公路、市區道路）、通話題型三種（加法作業、搜尋作業、無通話），共有 21 名駕駛員參與實驗。使用車內數據收集系統紀錄各階段的方向盤轉動量、車速變化量、道路標線偏移量等駕駛作業績效，同時記錄通話作業之答題時間與正確率，並以 ECG 量測心跳變化，另外記錄駕駛員在不同的實驗組合下其平均車速、變換車道、看後視鏡次數等數據，以及遭遇高作業負荷時的處理情形。結果顯示：

1. 從無通話期間到搜尋、加法作業顯著的影響有搜尋作業增加車速變化量 0.1 km，加法作業降低約 0.2 km；加法作業降低標線偏移量約 1 cm；搜尋作業降低平均車速 2 km/h，加法作業降低約 4 km/h；搜尋與加法作業增加心跳率約 7 BPM。
2. 實施搜尋作業期間的換道次數（0.35 次/分鐘）小於加法作業（0.25 次/分鐘），而且察看後視鏡的頻率降低。
3. 在面臨高作業負荷時，駕駛員會延遲與駕駛作業無關的通話作業，待狀況處理完畢後再予以重新執行。

劉仲祥等[5]以駕駛者之反應為主要考量，探討數種生理心理指標，包括看鏡次數、停車時間、心率變化、眨眼率及主觀評比等變數，並經由實際量測，評估駕駛者於路邊停車與倒車入庫兩種不同停車方式的工作負荷及聽音樂是否對駕駛行為有影響進行分析。結果顯示：

1. 路邊停車相較於倒車入庫有較高的工作負荷，困難性亦較高。
2. 駕駛者雖然暴露於音樂環境下造成工作負荷增加，但並沒有對駕駛績效產生顯著影響。

2.4 小結

上述無論是於聽覺分心、視覺分心、心智負荷皆有著墨。藉由以上政府相關單位及學術單位對於分心駕駛議題的研究報告的彙整，將作為本研究之參考依據。本研究將以

上文獻資料加以彙總分析，如表 2-3，可綜合各方研究之主要成果如下：

1. 於行車途中使用行動電話的駕駛人，其判視能力減弱，駕駛人減少探視後視鏡的頻率，駕控能力降低，煞車的反應時間相對增加。
2. 駕駛人使用行動電話，將增加其心理負荷、駕駛負荷量，造成注意力分散。
3. 文獻建議駕駛人應使用免持聽筒式行動電話，以降低肇事率，但也有部分文獻持保留態度，認為免持聽筒式行動電話的負面影響，並不亞於手持式行動電話。
4. 年齡大的駕駛人(50歲以上)，其行車時使用行動電話的負面影響較年輕駕駛人大，一般而言，專家均建議年紀大的駕駛人應儘量避免在行車途中使用行動電話。
5. 研究指出駕駛人在討論激烈及緊張的議題時，對路況的反應最差，所以行車當時應避免談論此類話題。
6. 研究結果顯示，駕駛人在撥號時，最易發生危險，所以學者建議廠商應研發出簡易撥號系統，或語音控制系統，減少行車風險。



表 2-3 國內外駕駛人使用行動電話對行車安全影響相關研究報告整理表

國家	研究機構/作者	測試方法	變項	樣本數	受測族群	結論
荷蘭	Talib Rothen Gatter & Enrique Car Bonell Vaya	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 模擬器測試 ▶ 問卷訪談 	年齡、經驗、注意力、干擾程度、 視覺反應時間、聽覺反應時間	72	一般民眾	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對注意力及視覺反應造成影響 2. 訪談顯示，使用手機會造成駕駛者分心並增加負擔
	TRC of UG	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 實際駕駛行為 ■ 實驗組(手持) ■ 對照組(免持) 	方向盤轉動量、看後視鏡頻率、煞 車反應時間、速度變化量	12	一般民眾	<ol style="list-style-type: none"> 1. 手機撥號時方向盤轉動量變大 2. 手持手機造成煞車反應時間增加 3. 在安靜易行的公路上使用手機反而可增加注意力 4. 建議採用免持聽筒式行動電話
瑞典	VTI	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 模擬器測試 ■ 實驗組(60-71 歲) ■ 對照組(23-58 歲) 	事件反應、駕駛能力、速度控制、 負荷量		60 歲以上老 人、年輕人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 60 歲以上的駕駛者煞車反應時間增加 2. 駕控能力降低 3. 車速變慢 4. 負荷量增加，60 歲以上駕駛者愈趨明顯 5. 60 歲以上反應能力較差
	NRTRI	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 模擬器測試 	反應時間、安全距離、負荷量、車 輛偏移位置、駕駛人負荷量	40	一般民眾	<ol style="list-style-type: none"> 1. 反應時間增加，年長者影響更大 2. 心理負擔增加 3. 意外發生之機率增加 4. 車輛偏移位置無顯著變化
	Alm & Mlsson	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 模擬器測試 	反應時間、負荷量、車輛偏移位置、 車速	40	熟練駕駛人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 於易行路況下，影響較大，車速降低 2. 於難行路況下，只影響偏移位置 3. 於兩種路況下，負荷量皆增加

表 2-3 國內外駕駛人使用行動電話對行車安全影響相關研究報告整理表（續上表）

國家	研究機構/作者	測試方法	變項	樣本數	受測族群	結論
美國	Stein	▶ 模擬器測試	駕駛狀況(注意力分散情況)	—	一般民眾	1. 建議裝設語音系統，話機功能研發 2. 駕駛時如需使用手機，應停車於路旁後再行動作
	McKnight	▶ 模擬器測試	行車狀況、行駛時間	150	一般民眾	1. 50 歲以上判視能力較差 2. 性別方面則無顯著差異 3. 年輕人於激烈談話時，反應最差
	Violanti & Marshall	▶ 問卷訪談	使用手機比率、手機通話時間	—	一般民眾	1. 肇事組中，57%使用手持式、43%使用免持聽筒 2. 每月使用超過 50 分鐘者與交通事故有顯著關聯性 3. 多種開車行為加總，亦不及使用行動電話嚴重
	Knupp & Watson	▶ 問卷訪談	—	—	一般民眾	1. 駕駛人分心主因：34.4%精神疲勞、23.6%使用行動電話、15.1%化妝 2. 發生事故主因：57%精神疲勞、10.7%發呆、9.4%使用行動電話
	CHP	▶ 問卷訪談	—	—	高速公路執法人員	1. 使用免持聽筒更增加危險性 2. 34%交通事故，可能因使用行動電話
	Sarah Wortham	—	—	—	一般民眾	1. 應教導安全使用方法，反而可增加行車安全性 2. 行車攜帶行動電話有助於緊急事件通報等功能
	Donald Redelmeier	▶ 問卷訪談	—	—	699	曾肇事者

表 2-3 國內外駕駛人使用行動電話對行車安全影響相關研究報告整理表（續上表）

國家	研究機構/作者	測試方法	變項	樣本數	受測族群	結論
日本	Miki Mutoh	▶ 問卷訪談	—	—	一般民眾	1. 行動電話擺設位置會影響注意力 2. 27.3%曾因使用行動電話肇事或幾乎與林車擦撞之經驗
英國	Clough	▶ 模擬器測試 ■ 正常駕駛組 ■ 行動電話組	眼球運轉、心跳變化、行駛時間	—	一般民眾	1. 負荷量增加，壓力變大 2. 駕駛時間平均多出 5% 3. 眼球運轉及心跳變化則無明顯變化
法國	Petica	▶ 資料彙總統計				1. 駕駛時撥號手機最易發生危險 2. 免持手機的負面影響並不亞於手持手機 3. 50 歲以上的駕駛人使用手機而分散心力的表現是 50 歲以下駕駛人的 2-30 倍
加拿大	U.Toronto	▶ 肇事當時通話記錄比對(實驗組) ▶ 肇事前一週通話記錄	—	699	曾肇事者	1. 手持行動電話肇事率為未使用者之 4 倍 2. 免持聽筒電話肇事率為未使用者之 5.9 倍 3. 使用時間 5 分鐘內，肇事率比未使用者多 4 倍 4. 使用行動電話與酒後駕車肇事率相當
	Joanne L. Harbluk & Y. Ian Noy	▶ 真實路況駕駛				1. 賦予較困難的工作時，眼睛環視次數減少 2. 看後視鏡頻率減少
	Peter J. Cooper & Yvonne Zheng	▶ 封閉場地實驗				1. 年齡在 45~70 之煞車反應時間明顯較長 2. 在有信息存在情況下，減速度顯著較小

表 2-3 國內外駕駛人使用行動電話對行車安全影響相關研究報告整理表 (續上表)

國家	研究機構/作者	測試方法	變項	樣本數	受測族群	結論
國內	林志隆	▶ 真實路況駕駛	方向盤轉動量、車速變化量、道路標線偏移量、心跳、車速、變換車道、看後視鏡次數	21	一般民眾	1. 面臨高需求次要作業時看後視鏡頻率降低 2. 車速降低、換道次數減少
	劉仲祥、劉伯祥	▶ 路邊停車與倒車入庫	看境次數、停車時間、平均心率、主觀評比、眨眼率	10	一般民眾	1. 路邊停車相較於倒車入庫有較高之工作負荷 2. 暴露於音樂環境下工作負荷增加，對駕駛績效無顯著影響



第三章 研究方法

3.1 負荷量之測量

如前章節所述，若駕駛人同時面臨駕駛作業與其他作業時，便將之定義為分心駕駛，而分心情況又可概分為視覺分心、聽覺分心、認知負荷三大類；本研究模擬手機通話方式，觀察駕駛人在計算工作的暴露下，認知分心造成各量測變數間的差異。

在此，如何設計計算工作等級是一重要考量；故實驗分兩階段，第一階段實驗室實驗將驗證本研究設計之計算工作確會削弱主作業的心智負荷量；第二階段測試場實驗將計算工作附加在同一受試者的駕駛作業上，藉此觀察車輛操控外顯變數與駕駛人生理變數。

3.1.1 駕駛工作與心智負荷之關係

假設駕駛者對於處理資訊的能力為固定的，當一部分的能力利用來處理必須的工作時，剩餘的能力就會減少[17]。因此，當兩項工作同時進行時，其中一項工作的壓力將折減另一項工作的心智負荷能力，結果造成另一項工作的績效水準有退化的可能（如圖 3-1）。

注意力分散可看作是由於移焦至與駕駛無關的事件時導致駕駛能力下降的內部狀態；因為注意力分散而必須維持心智負荷能力，如何將其變化作一數量化是很重要的課題。

3.1.2 推估心智負荷能力

資訊的測量主要受到三個變項的影響，即可能發生的事件數目、事件發生的機率、事件發生的拘束條件等；本實驗量測受試者在主作業與次作業同時負載之情況下的心智資源，為簡化量測過程，僅考慮事件發生數目，即以簡單的數字選擇工作進行量測，並假設事件發生機率與事件拘束條件相等。

資訊理論中，當某一事件（資訊）發生並由人員接收之後，將使不確定性降低，降低的量則以「位元」（bits）表示。以駕駛工作而言，駕駛人若預測前車是否有變換車道的傾向，其結果有「是」與「否」兩種，若得到的答案為「是」，則駕駛人接收到的訊息剛好為一位元（1 bit）；藉由預測問題的發生與否，其結果會降低駕駛人先前的不確定性；因此，由某一外界刺激 H_s 所傳送的資訊若以位元（bits）為單位，則其資訊傳送量可以公式表示如下[29]：

$$H_s = \log_2 N \quad (\text{式 3-1})$$

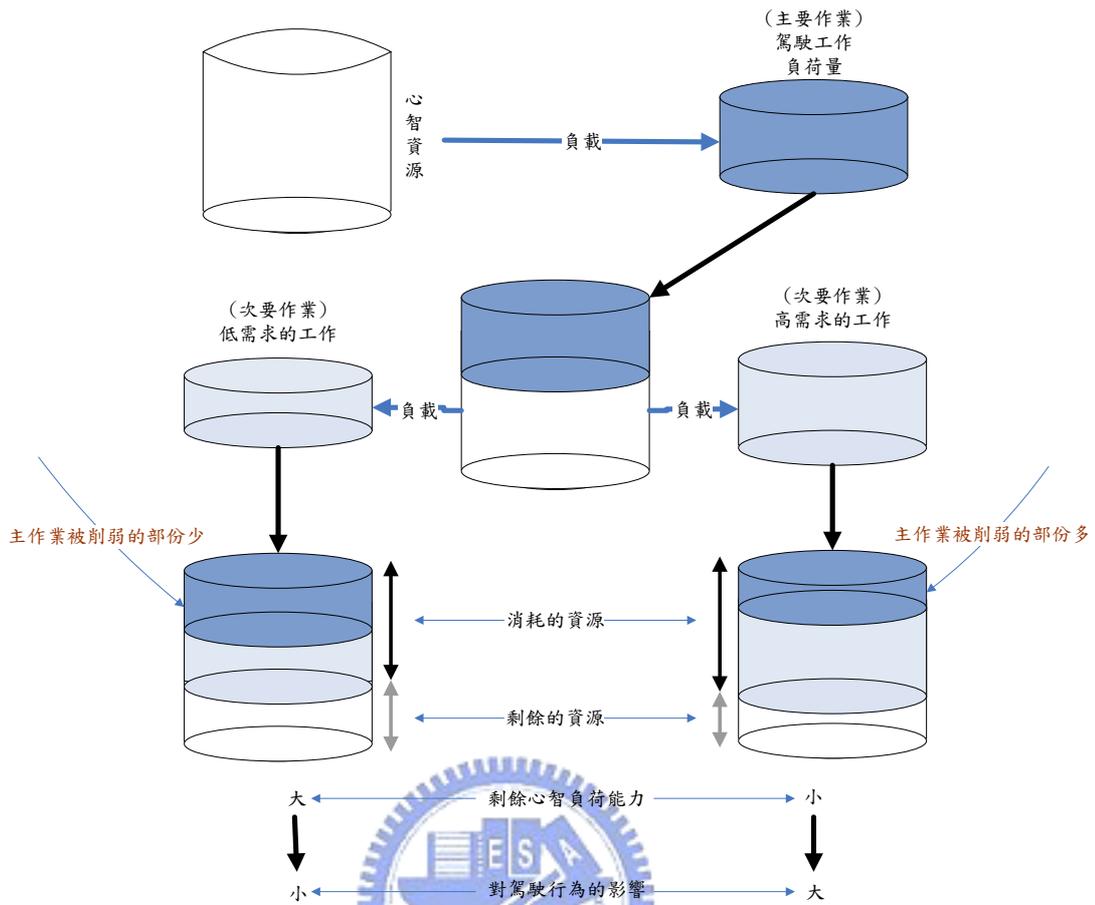


圖 3-1 工作負荷量與剩餘能力之關係圖

式 3-1 中 N 為可能發生之事件數目，即資訊量與事件數目成對數形式，而資訊量與反應時間成正向線性關係，故事件數目亦與反應時間成對數關係；因此由式 3-1 與文獻結合可描繪出圖 3-2，為一般人於接收訊息數量和反應時間的關係。

本研究於實驗室中同時進行計算工作（主要作業）和選擇反應工作（次要作業）來推估注意力分散的量化程度。在此選擇反應工作意指預選出一組數字，其數字個數是用來定義事件發生數目，並以隨機選擇方式出現在電腦螢幕，請受試者按選數字鍵並推估受試者的反應時間。

由圖 3-2 (a) 可知，受試者對於一到十的數字選擇與反應時間呈對數函數形式。在選擇反應工作呈對數關係的各個數字中，當數字數目為兩個（0 或 1）時，依據理論假設可知，在數字出現機率相同時，對每一個事件而言其訊息處理之單位數量（bits）是均等的；故訊息單位量與反應時間的回歸線性關係可描繪如圖 3-2 (b)。

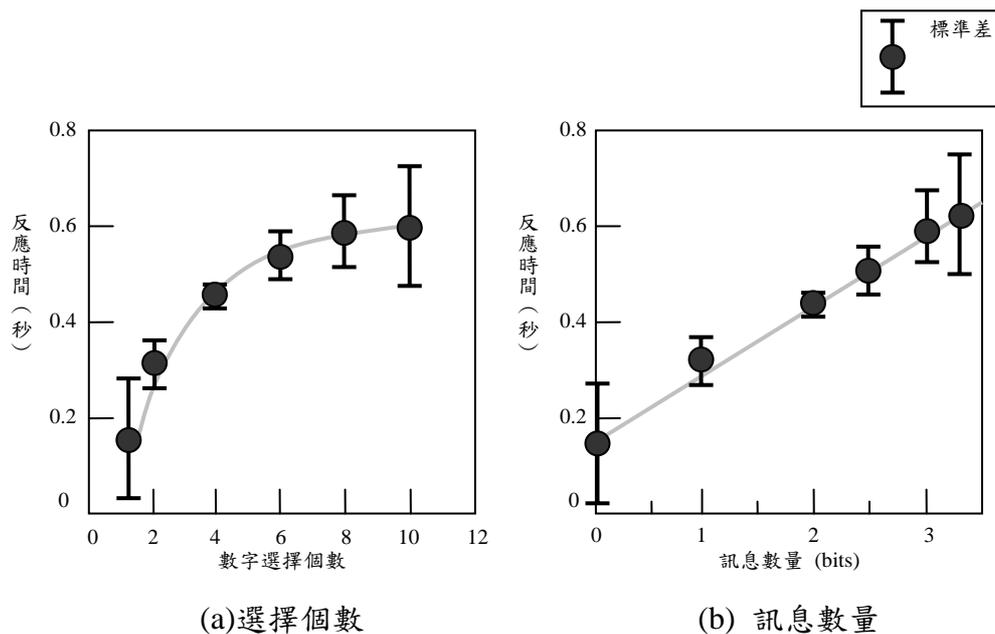


圖 3-2 反應時間分布情況[14]

回歸線的斜率可看作是處理一個 1-bit 單位訊息的時間；也就是線愈傾斜（或斜率愈大），則每一單位訊息的處理時間愈長。在本研究中，反應時間的對應數量—即訊息之單位量，將之定義為心智負荷能力的量測標準；意即每秒處理訊息之數量 (bits/s)。因此，受試者經由選擇反應動作獲得的 bits/s 數值，即為其個別擁有的心智負荷能力。因為注意力分散和選擇反應動作會耗用生理資源而使其心智負荷能力下降，bits/s 數值便會隨著選擇反應動作的表現績效而改變。因此，理論上就可以藉由表現績效來推估 bits/s 數值。

本研究將採用以下的程序來推估於注意力分散時的心智負荷量水準，其推估程序與實驗目的如圖 3-3 所示。於實驗室實驗中以選擇反應工作當做主要作業，附加聽力計算工作為次要作業；於測試場實驗中變換車道當作主要作業，附加聽力計算工作為次要作業。在實驗室實驗中將根據選擇反應動作裡數量與反應時間的線性回歸關係，將受試者的心智負荷能力以 bits/s 數值推估。

3.2 實驗設計

3.2.1 受試者

為盡量使實驗數據具一定品質與可信度，受試者必須具備以下條件：年齡介於 20~40 歲，視力經矯正過後正常 (1.0 以上)，持汽車駕照 2 年以上，駕駛經驗豐富，經常性開車，每年行駛里程數 6000 公里以上；受試者將由位於新竹縣新豐鄉的新竹安全駕駛教

育中心受訓學員中，挑選出符合以上條件者 18 位，先進行實驗室實驗工作，而後進行測試場實驗，每人並給付適當費用；此外，為確保實驗無效與受試者精神狀態、駕駛安全，要求受試者實驗期間避免飲用酒精、藥物、熬夜，且沒有心臟相關疾病病史。

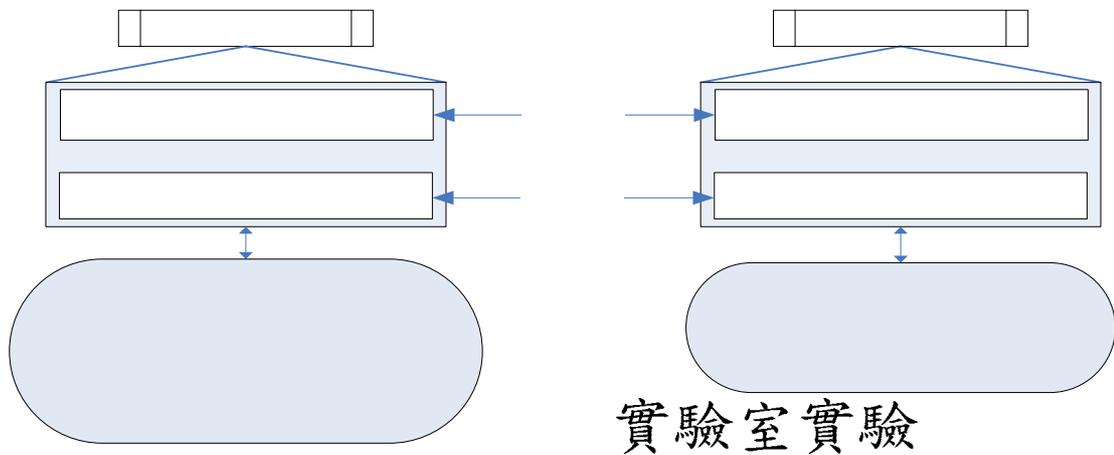


圖 3-3 兩階段心智負荷能力推估過程與實驗目的

基於以上，本研究在實驗進行先設計一份單卷受試者填寫問卷，待受試者符合以上條件後，再予以進行實驗；實驗分兩階段，為實驗室實驗與測試場實驗，待受試者已確認其實驗資格條件，便先進行實驗室實驗部份，結束後隨即作測試場實驗；兩階段實驗之進程細節與所需量測變數將於以下詳述。

計算工作

3.2.2 實驗室實驗

在實驗室實驗中，選擇反應動作為主要作業，主要用來測度受試者在沒有任何干擾下的反應時間，藉此可定義每一位受試者面對此項工作時的心智負荷量；計算工作為附加之次要作業，與選擇反應動作同時進行，分為「簡單」與「中等」兩個等級，用來量測受試者受到外界干擾之心智負荷量。推估每一位受試者在面對次要作業時削弱主作業的負荷量；實驗目的在於驗證受試者的反應時間確實會隨著計算工作的難度增加而增加，兩工作項目於以下詳述。

推估每一位受試者對於選擇反應工作之削弱選擇反應工作之心智負荷量

3.2.2.1 選擇反應動作

選擇反應動作是以視覺的方式呈現。每一次的測試中，數字會呈現在螢幕上，並以可見式倒數計時三秒鐘伴隨進行，”5、4、3、2、1”倒數秒數會依序呈現在螢幕上。受測者必須盡可能以最短的時間且準確的以右手食指按下與螢幕上數字相同的按鍵，從數字出現開始到受測驗者按下正確答案為止，即是本研究中所定義的反應時間。

將測驗以可選擇數字個數分為四個階段：1 個數字（顯示數字 0），2 個數字（顯示數字 0 或 1），4 個數字（顯示數字 0 到 3），8 個數字（顯示數字 0 到 7）。每一個階段測

驗 5 次。於實驗室的部分便以這四個階段進行。在每一階段開始時，數字個數會先告知受試者。數字顯示是由執行檔隨機顯示，產生器由 C 語言撰寫，於 DOS 下進行。

實驗程序按數字多寡從 1, 2, 4, 8 四個階段依序作業。除非受試者於測驗中回應錯誤答案，否則每一個階段的實驗平均值使用來計算推估每一個階段的心智負荷能力。

3.2.2.2 聽覺計算工作

計算工作可看作是一種心智操作程序，本研究是以聽覺方式來計算兩個數字的加法作業，並要求受試者作口頭回應。研究員以口頭告知（男性聲音）受試者測驗題目「 $+$ ？」，而後受試者以口頭方式回答；研究員將配合選擇反應工作之倒數時間，即倒數結束時同步將題目口述完畢，並要求受試者答題且同時按選螢幕出現的數字。

測驗過程中不管受測者是否在指定時間內完成口頭回應工作，受試者的答案經由研究員紀錄，並在實驗結束後檢查，並統計受試者的答題率。利用三個等級來區別計算工作的難易程度：

- 「簡單」（兩個位數字相加；如： $8+5=?$ ）
- 「中等」（個位數字與二位數字相加；如： $29+5=?$ ）
- 「困難」（兩二位數字相加；如： $57+89=?$ ）

計算工作题目的設計規則為-僅個位數相加進位，十位數則無；題目由產生器依設計規則隨機產生，研究員會預先建立題庫，以供實驗之用；實驗室實驗之量測變數關係如表 3-1。

表 3-1 實驗室實驗之量測變數關係

執行方式	等級	因變項
數字選擇動作 (4 個執行檔， DOS 下執行)	1 個數字 (顯示數字 0)	反應時間 (sec/bits) ↕ 負荷量 (bits/sec)
	2 個數字 (顯示數字 0 或 1)	
	4 個數字 (顯示數字 0 到 3)	
	8 個數字 (顯示數字 0 到 7)	
計算工作 (口頭告知)	「無工作」	
	「簡單」(兩個位數字相加)	
	「中等」(個位數字與二位數字相加)	
	「困難」(兩二位數字相加)	

3.2.2.5 評估因計算工作而減少的剩餘負荷能力

實驗室實驗進行完畢後，數據資料將以 Excel 軟體構建訊息量與反應時間之關係；

圖 3-4 為文獻指出顯示對每一個受試者在各個等級的計算工作中反應時間與訊息數量的線性關係，本研究設計之計算工作對受試者的影響也預期將如圖所示。

回歸線的斜率依計算工作難易程度，由「無工作」、「簡單」、「中等」、「困難」各條件依序遞增。斜率的差異顯示出每一訊息單位量要求的處理時間會依計算工作的難易而改變。這也證明了心智負荷能力與斜率有相互關係，即受試者在進行較困難的計算工作時其主作業的心智負荷能力會下降。

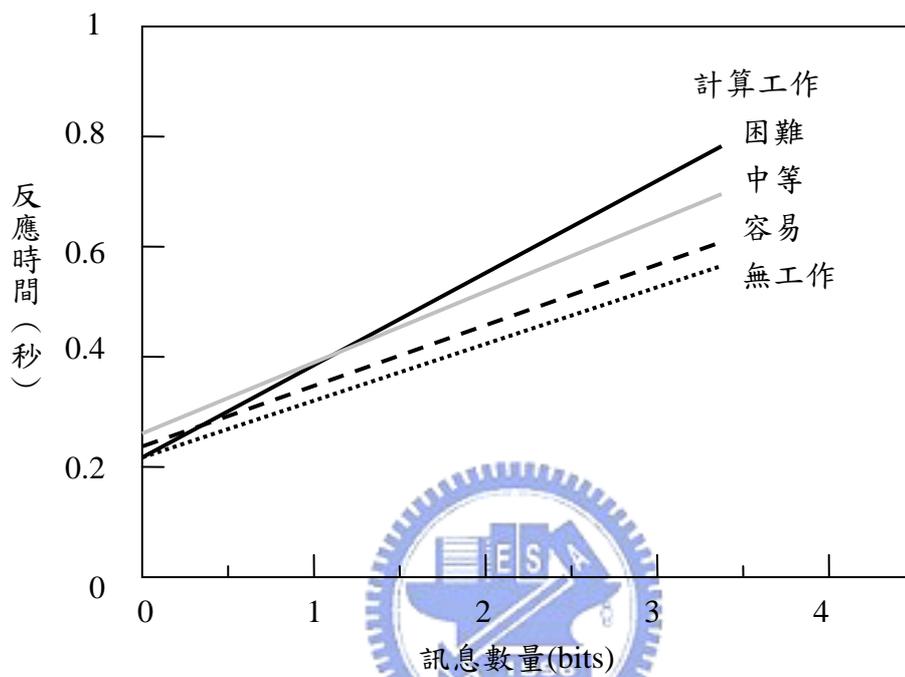


圖 3-4 反應時間與訊息數量之關係[14]

3.2.3 測試場實驗

道路行駛中，路口轉彎與路段中變換車道屬於較高衝突狀況；相對的，也比較容易肇生事故。本研究要求受試者在回答聽力計算工作的情況下，進行變換車道之駕駛行為，觀察其因注意力分散而對於駕駛行為的影響；駕駛動作是在同速率範圍的狀況下變換車道。

測試場實驗部分的主要量測變數可分為車輛操控外顯變數、駕駛者生理變數、心智負荷變數 3 類，各類變數可再細分，於以下作定義並說明。

測試場實驗旨在量測駕駛者在面對各等級之計算工作時的車輛操控外顯變數、心智負荷變數與生理變數，實驗過程中將考慮受試者的性別與年齡層，測試場實驗因子設計如表 3-2 所示；各變數之操作行定義則如表 3-3 所示。

表 3-2 測試場實驗因子設計

自變項		因變項	
		績效水準	生理變數
性別	男	側向加速度 車速變化量 答題正確率 答題時間	心率
	女		
年齡	21~30 歲		
	31~40 歲		
計算工作	「無工作」		
	「簡單」		
	「中等」		
	「困難」		

表 3-3 各績效指標之操作型定義

變數名稱	定義
側向加速度 (單位： m/s^2)	定義為車輛進行換道動作時，因方向盤轉動所產生與車輛行進方向垂直之加速度
點速率 V_1 (單位：公里/小時)	車輛進入換道區段前之行駛速率
點速率 V_2 (單位：公里/小時)	車輛進行換道動作中之行駛速率，車輛中心於雙黃線上
點速率 V_3 (單位：公里/小時)	車輛完成換道動作之行駛速率，車輛回正
車速變化量 ΔV_{12} (單位：公里/小時)	車輛進入換道區段前行駛速率 (V_1) 與車輛進行換道動作中行駛速率 (車輛中心於雙黃線上； V_2) 兩點之速度差
車速變化量 ΔV_{23} (單位：公里/小時)	車輛進行換道動作中行駛速率 (車輛中心於雙黃線上； V_2) 與車輛完成換道動作行駛速率 (車輛回正； V_3) 兩點之速度差
答題正確率	駕駛者進行計算工作時，回答結果之正確題數/總題數
答題時間 (單位：秒)	受試者告知車內駕駛者題目至駕駛者回答所經過之時間
心率變化量 (單位：次/秒)	駕駛者進行駕駛實驗前量測一次，其後每進行一次駕駛實驗量測一次，比較實驗前後的心率變化

註：車速變化量 ΔV_{12} 與車速變化量 ΔV_{23} 實為速度差之絕對值，因預期車輛在進入換道區段後速度會有增有減，故以絕對值方式做分析探討。

3.3 研究假設

本研究在測試場實驗中假設駕駛者變數（性別、年齡）會顯著影響其面對各等級計算工作時之車輛操控變數（側向加速度、車速變化量）、駕駛者生理變數（心率變化量）、心智負荷變數（答題正確率、答題時間）。各變數之關係與研究假設如下：

- H1：性別對側向加速度有顯著影響
- H2：性別對速度變化量有顯著影響
- H3：性別對答題正確率有顯著影響
- H4：性別對答題時間有顯著影響
- H5：性別對心率有顯著影響
- H6：年齡層對側向加速度有顯著影響
- H7：年齡層對速度變化量有顯著影響
- H8：年齡層對答題正確率有顯著影響
- H9：年齡層對答題時間有顯著影響
- H10：年齡層對心率有顯著影響
- H11：計算工作對側向加速度有顯著影響
- H12：計算工作對速度變化量有顯著影響
- H13：計算工作對答題正確率有顯著影響
- H14：計算工作對答題時間有顯著影響
- H15：計算工作對心率有顯著影響

依以上所列 15 項之研究假設可以圖 3-6 量測變數關係圖表示。

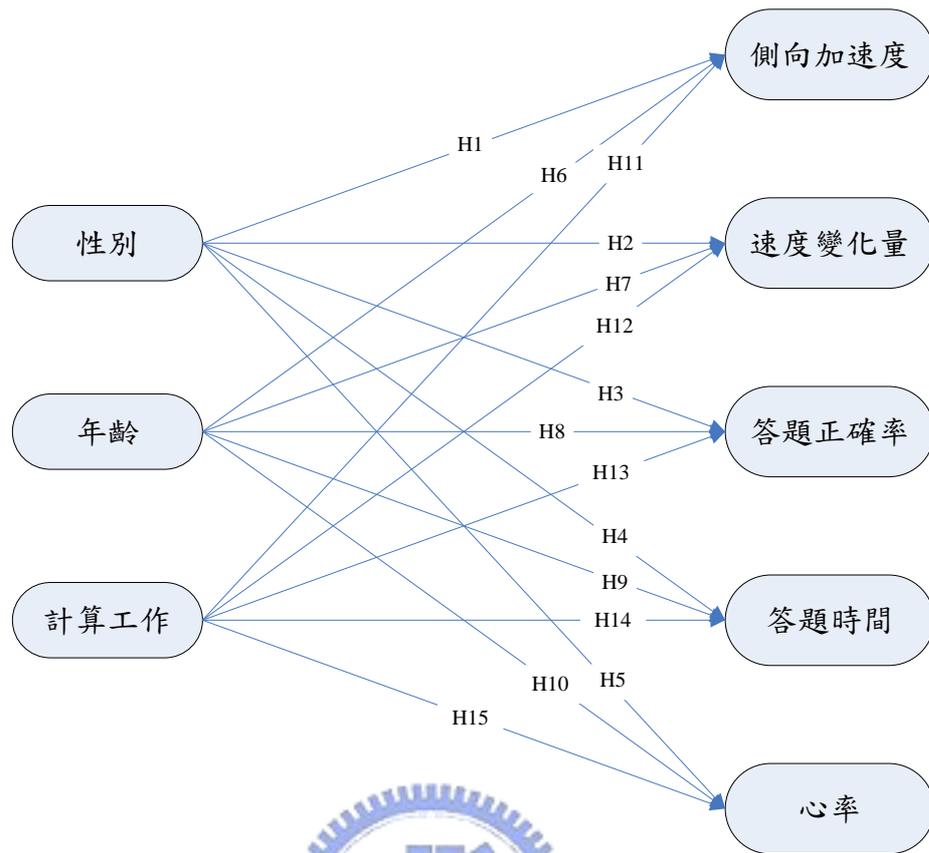


圖 3-6 量測變數關係

3.4 分析方法

3.4.1 實驗室實驗

實驗室實驗在建立資訊量與反應時間兩者間之線性關係，即預期選擇反應工作中數字選擇個數會與受試者的反應成正向關係；因選擇反應工作分 4 等級：1 個數字（顯示數字 0），2 個數字（顯示數字 0 或 1），4 個數字（顯示數字 0 到 3），8 個數字（顯示數字 0 到 7）；計算工作亦分 4 等級：無、簡單、中等、困難；每一等級計算工作對應 4 等級之選擇反應工作，並對受試者重複量測 5 次，將 5 次之數值平均後，則稱為此受試者在特定等級計算工作與選擇反應工作下之反應時間；如：某受試者在中等計算工作的暴露下，8 個數字的選擇反應工作之反應時間平均為 0.872 秒。

將 18 位受試者數據蒐集齊全，以 Excel 計算出各等級計算工作下之平均反應時間，並建立 4 條選擇反應工作與反應時間之關係線。

3.4.2 測試場實驗

測試場實驗在探討計算工作對駕駛人於操控車輛時之外顯變數與其本身生理變數

之變化，實驗過程考慮駕駛人年齡、性別、計算工作等級 3 者對車輛側向加速度、速度變化量、答題正確率、答題時間、心率等 5 變數之影響。

針對計算工作對駕駛績效與駕駛者生理變數的影響作分析，考慮駕駛者本身變數（性別、年齡）後，先進行一類因子（計算工作，分 4 等級）變異數分析，並以 Duncan 分群兩兩比較各等級之均數差異；其後再透過實驗設計中二類因子隨機化區集設計進行變異數分析，以計算工作等級作為 A 因子，駕駛人性別與年齡做為 B 因子，進行兩組二類因子（性別*計算工作；年齡*計算工作）變異數分析，觀察解釋變異量之差別；分析過程以 SAS 統計軟體為分析工具，觀察並討論結果。

◆ 二類因子隨機化區集設計分析模式

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{其中 } i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, b$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n_{ij} \quad n_{ij} \geq 2$$

Y_{ijk} ：樣本， μ ：母體平均數

α_i ：A 因子（計算工作等級）在第 i 個分割之影響

β_j ：B 因子（性別、年齡）在第 j 個分割之影響

$(\alpha\beta)_{ij}$ ：A 因子（計算工作等級）在第 i 個分割與 B 因子（性別、年齡）在第 j 個分割的交互作用

ε_{ijk} ：殘差

◆ 樣本符合 3 大假設

1. $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_{ij}^2) \quad i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, b \quad k = 1, 2, 3, \dots, n_{ij}$

2. $\sigma_{11}^2 = \sigma_{21}^2 = \dots = \sigma_{ab}^2 \quad (\text{變異數相等})$

3. 任意兩殘差隨機且彼此獨立

■ 模式假設

1. 有關 A 因子（計算工作等級）的假設

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

H_1 : 至少有一個以上 A 個因子 (計算工作等級) 的分割有影響

或

H_0 : A 因子 (計算工作等級) 的影響為不顯著

H_1 : A 因子 (計算工作等級) 的影響為顯著

2. 有關 B 因子 (性別、年齡) 的假設

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

H_1 : 至少有一個以上 B 因子 (性別、年齡) 的分割有影響

或

H_0 : B 因子 (性別、年齡) 的影響為不顯著

H_1 : B 因子 (性別、年齡) 的影響為顯著

3. 有關兩因子間交互作用的假設

$$H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ab} = 0$$

H_1 : 至少有一個以上的兩因子交互作用有影響

或

H_0 : 兩因子間交互作用影響為不顯著

H_1 : 兩因子間交互作用影響為顯著



表 3-4 二類因子 ANOVA (變異數分析表)

模式： $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$				
變異來源	平方和	自由度	均方	F
A 因子	SSA	$a - 1$	$MSA = \frac{SSA}{a - 1}$	$F_{a-1, n_T - ab} = \frac{MSA}{MSE}$
B 因子	SSB	$b - 1$	$MSB = \frac{SSB}{b - 1}$	$F_{b-1, n_T - ab} = \frac{MSB}{MSE}$
AB 交互作用	SSAB	$(a - 1)(b - 1)$	$MSAB = \frac{SSAB}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_{(a-1)(b-1), n_T - ab} = \frac{MSAB}{MSE}$
誤差	SSE	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^{n_{ij}} n_{ij} - ab$	$MSE = \frac{SSE}{n_T - ab}$	
總和	SST	$n_T - 1$		

$\alpha = 0.05$

1. $F_{a-1, n_T - ab} > F_{\alpha, a-1, n_T - ab}$ 或 $P_r(F_{a-1, n_T - ab} > F_{\alpha, a-1, n_T - ab}) = p - value < \alpha$

則拒絕虛無假設，表示 A 因子有顯著影響。

2. $F_{b-1, n_T - ab} > F_{\alpha, b-1, n_T - ab}$ 或 $P_r(F_{b-1, n_T - ab} > F_{\alpha, b-1, n_T - ab}) = p - value < \alpha$

則拒絕虛無假設，表示 B 因子有顯著影響。

3. $F_{(a-1)(b-1), n_T - ab} > F_{\alpha, (a-1)(b-1), n_T - ab}$ 或 $P_r(F_{(a-1)(b-1), n_T - ab} > F_{\alpha, (a-1)(b-1), n_T - ab}) = p - value < \alpha$

則拒絕虛無假設，表示 AB 兩因子的交互作用有顯著影響。

本研究以年齡層與性別作為樣本選取原則，但最終無法均衡每一特性下的樣本數，屬於不平衡之實驗設計，故每一階段並加作 Bartlett 同質性檢定與常態性檢定，以確保樣本變異數相同與常態性兩大假設。

第四章 實驗資料蒐集

4.1 實驗室實驗

第三章已將實驗室必須進行的選擇反應工作與計算工作已有清楚描述，對於量測變數與績效指標也已詳細定義後，本節將實驗室實驗所需之實驗器材與步驟詳細說明。

4.1.1 實驗室實驗器材

由於量測的變數僅反應時間，而選擇反應動作是以軟體撰寫執行檔以影像方式呈現，故實驗室實驗器材僅需以下兩項：

- ▶ 筆記型電腦—螢幕顯示數字供受試者接收訊息，按鍵供受試者按選，反應時間由電腦計算。
- ▶ 研究員—在受試者後方以口頭方式告知計算題目，並紀錄答題正確率。

4.1.2 實驗室實驗步驟

- ▶ 實驗進行前先對受試者說明本實驗程序，開放讓受試者提出疑問並予解答。
- ▶ 在練習選擇反應工作的測驗之後，每一個受試者先進行選擇反應動作的部份，此階段沒有附加計算工作。
- ▶ 在練習三個等級的計算工作之後，三個計算工作以隨機方式選出其一；而後對每一個受試者同時進行「選擇反應動作」與「計算工作」。
- ▶ 研究員將配合選擇反應工作之倒數時間，螢幕倒數結束時必須同步將題目口述完畢，也就是受試者收到計算題目後的同時數字亦出現於螢幕，並要求受試者回答且同時按選螢幕出現的數字。

對每一個受試者而言，總共必須進行四個實驗進程，每個實驗進程耗時 4 到 5 分鐘；第一個實驗進程僅數字選擇動作，其後三個進程為數字選擇動作隨機搭配三項計算工作；每一個進程均有四階段數字選擇動作。

4.2 測試場實驗

4.2.1 測試場實驗情境

為了安全起見，在安駕中心實驗場地中利用交通錐區隔出車道，測試場實驗實景如圖 4-1，要求受測的駕駛人維持車速在 50 km/h~60 km/h，並依照指示路線前進；實驗場地分作加速區段與實際實驗區段；雙車道的變換如圖 4-2，交通錐隔出之車道實景如圖 4-3 所示。

由於實驗場地縱向長度限制，車輛變換車道次數僅能限制為一次，其換道方式為由左車道換至右車道；車道由交通錐區隔，車道寬取 3.7 公尺。



圖 4-1 測試場全景（俯視）

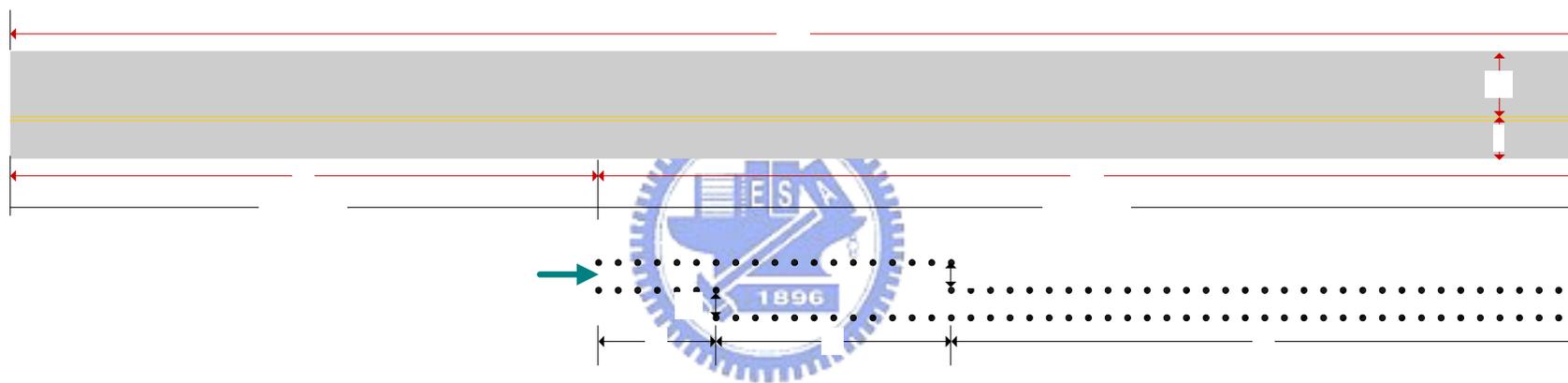


圖 4-2 車道變換配置圖 (單位：公尺)



圖 4-3 車道照片

4.2.2 實驗器材

- ▶ 實驗車—Hyundai Elantra (圖 4-4)。

表 4-1 Hyundai Elantra 規格

車身尺寸(長×寬×高×軸距)(mm)	4425×1720×1425×2610
引擎形式	1599 DOHC 16V
最大馬力(hp/rpm)	107/5800
最大扭力(kgm/rpm)	14.6/3000
車重(kg)	1300/1350



圖 4-4 實驗車

- ▶ 數位式測速雷達（廠牌：Radar Sales，型號：STALKER Sport-Digital Sports Radar）— 依啣普勒效應設計，發射無線電波並藉移動物反射之頻率量測其速度，以數位方式呈現，此用以偵測實驗車輛進入換道區段時的速度變化。
- ▶ 減速計（廠牌：BOWMONK，型號：Breakemeter-Dynmeter）— 裝設於駕駛者鄰座車窗（靠近車輛 B 柱），用來測度車輛在進行換道動作時的側向加速度（圖 4-5）。



圖 4-5 減速計

- ▶ 一組 PHS 手機（廠牌：SANYO，型號：J88）— 一支以免持方式給車內受試者使用，一支研究員持有以告知受試者計算題目。
- ▶ 手腕式血壓計（廠牌：NAICO-FULL Automatic Watch Type Blood Pressure Monitor，型號：HL-168B）— 量測駕駛者正常情況下與每一次測試後的心律和脈搏。
- ▶ 研究員— 測試場實驗共需要 4 位研究員，各研究員分配工作如下
 - 1 位坐在駕駛者鄰座，監看駕駛者車速並紀錄車輛側向加速度與心率
 - 2 位於車外以手機告知駕駛者計算工作題目並紀錄受試者回覆答案
 - 1 位於車外手持測速雷達量測車速

4.2.3 測試場實驗步驟

- ▶ 實驗前對受試者解說實驗過程，開放讓受試者提出疑問並予解答。
- ▶ 測試場實驗亦分做四個實驗進程，第一個進程無計算工作，僅要求駕駛者依路線前進完成換道動作；其後三個進程依「簡單」、「中等」、「困難」三等級隨機選取進行，此三個進程依等級每項須完成 5 次。
- ▶ 在 2~3 次的練習後，受試者先在沒有計算工作的情況下按照指示路線前進。接著利用無線對講機附加免持聽筒耳機以模擬行動電話，讓受試者在駕駛的同時必須接受指示進行三個等級的計算工作，如同在實驗室中做的實驗。
- ▶ 為使駕駛者暴露於駕駛作業與附加作業同時進行的情況下，計算的工作在車輛於加速區段時就展開，並且持續到整個路線行進過程。
- ▶ 受試者為前述參與實驗室實驗的 18 人，每個人對各等級計算工作的影響程度已經在前一個實驗室階段被推估完成。
- ▶ 實驗過程中，駕駛的速度以及車輛在轉彎時的橫向加速度會被記錄下來，用以量測駕駛行為，而駕駛者的心跳也會作量測記錄，以作為駕駛者在駕車時所承受生理壓力程度的依據。而記錄下來的計算答案僅是用來證實在駕駛的過程中，其駕駛行為有受到外界分心的干擾。

實測情況如圖 4-6 所示。





圖 4-6 測試場實測照片



第五章 實驗結果分析與討論

本研究旨在探討駕駛者在面對聽覺干擾下，其駕駛績效與生理變數之變化，受試者必須進行兩項實驗；實驗室實驗部份透過資訊處理理論中人員面臨處理事件個數與資訊量之關係，設計數字選擇工作與反應時間之實驗，預期數字選擇個數與反應時間成正向關係，也就是關係線斜率為正，並隨著附加之計算工作之難度增加其斜率亦隨之增加，即證明本研究設計之計算工作對人員而言，的確造成心智負荷增加之現象；其後再將計算工作附加在受試者駕駛作業上，即測試場實驗，觀察其操控車輛之外顯變數與駕駛者生理變數的變化。本章將 18 位受試者（圖 5-1）於兩階段實驗中所搜集之數據整理後，先以 Excel 建立選擇反應工作與反映時間之關係線；再以 SAS 軟體分析測試場數據。為確保兩階段實驗數據品質良好，整理階段已將大於均值正負 3 倍標準差之離群值先棄除，各變數之詳細統計量將於以下說明。

表 5-1 樣本特性統計表（單位：人）

	男性	女性	總和
21~30 歲	6	4	10
31~40 歲	4	4	8
總計	10	8	18

5.1 反應時間與資訊量之關係

實驗室實驗透過選擇反應工作對受試者進行反應時間之量測，數字選擇個數隱含人員處理的資訊量，觀察資訊量與反應時間兩者之關係，並附加不同等級之計算工作，驗證計算工作對反應時間與心智負荷造成的影響；實驗過程隨機挑選 4 等級計算工作配合 4 種不同資訊量，對受試者進行測試。

測試結果進行分析比較與統計檢定，表 5-2 為各計算工作等級與不同資訊量下之反應時間均數及標準差，細格內之統計量皆以 18 位受試者數據為基礎。

表格的縱向結果顯示，資訊量為 0-bit 時的反應時間皆為同等級計算工作下最低，反應時間並隨著資訊量的增加成正向關係；而表格的橫向結果顯示，無計算工作時的反應時間皆為同樣資訊量下最低，反應時間會隨著計算工作的難度增加成正向關係。

依據以上邏輯與實驗研究發現，表格內反應時間最短平均為 0.319 (S.D.=0.079) 秒，由無計算工作與資訊量為 0-bit 情況下所產生，而最長時間為 1.324 (0.366) 秒，由難計算工作與資訊量為 3-bits 情況下產生，兩者相差約 1 秒；其實驗結果與預期結果相符合。

表 5-2 計算工作等級下不同資訊量之反應時間 (單位：秒)

		計算工作等級			
		無	簡單	中等	困難
資訊量 (單位：bit)	0	0.319 (0.079)	0.442 (0.120)	0.512 (0.085)	0.565 (0.098)
	1	0.599 (0.099)	0.637 (0.094)	0.659 (0.102)	0.697 (0.112)
	2	0.737 (0.115)	0.799 (0.151)	0.851 (0.162)	0.926 (0.267)
	3	0.959 (0.202)	1.028 (0.219)	1.126 (0.286)	1.324 (0.366)

Mean (S.D.)

為進一步驗證資訊量對反應時間之影響，以下將分別對各等級計算工作進行 ANOVA 變異數分析，並以 Duncan 分群多重比較資訊量不同情況下之顯著差異；兩階段分析過程皆以 $\alpha = 0.05$ 為顯著水準。

表 5-3 為無計算工作下反應時間之變異數分析，顯示資訊量的不同對反應時間而言具顯著影響 ($P < 0.0001$)；表 5-4 Duncan 分群顯示資訊量與反應時間呈正向關係，多重比較結果資訊量在不同情況下反應時間呈顯著差異。

表 5-3 無計算工作下反應時間之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
資訊量	3	3.44	1.15	65.18	<.0001**
誤差項	68	1.05	0.02		
總和	71	4.49		R-square = 0.765	

* 顯著；** 極顯著

表 5-4 Duncan 分群 (資訊量；值由大至小排序)

3-bits	2-bits	1-bit	0-bit
0.959 (0.202) ^a	0.737 (0.115) ^b	0.599 (0.099) ^c	0.319 (0.079) ^d

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$ a.b.c.d 為群別

圖 5-1 利用 18 位受試者在面對不同資訊量下反應時間的差別，逐一標點後構建出資訊量與反應時間之簡單線性關係 ($y = 0.1922x + 0.3452$ ； $R^2 = 0.7529$)，結果顯示資訊量與反應時間確呈正向之線性關係。關係線斜率為 0.1922，意即在無計算工作等級下人員處理一個 bit 的資訊量需花費 0.1922 秒的時間 (0.1922 秒/bit)；反之，斜率的倒數為 5.2，即人員一秒可處理之資訊量 (5.2 bits/秒)。

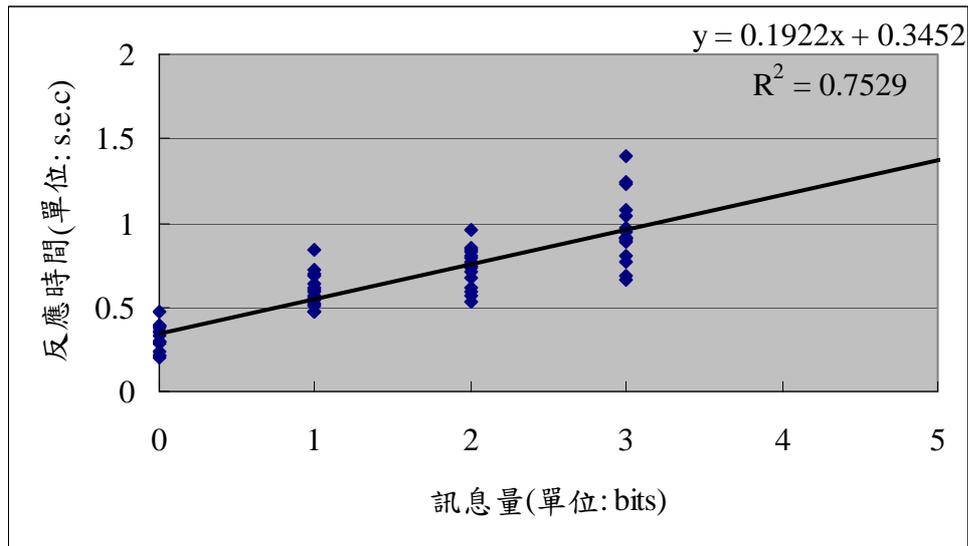


圖 5-1 無計算工作下訊息量與反應工作之關係線

表 5-5 為簡單計算工作下反應時間之變異數分析，顯示資訊量的不同對反應時間具顯著影響 ($P < 0.0001$)；表 5-6 Duncan 分群顯示資訊量與反應時間呈正向關係，在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下，多重比較結果資訊量在不同情況下反應時間呈顯著差異。

表 5-5 簡單計算工作下反應時間之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
資訊量	3	2.97	0.99	42.01	<.0001**
誤差項	68	1.41	0.02		
總和	71	4.38			R-square = 0.677

* 顯著；** 極顯著

表 5-6 Duncan 分群 (資訊量；值由大至小排序)

3-bits	2-bits	1-bit	0-bit
1.028 (0.219) ^a	0.799 (0.151) ^b	0.637 (0.094) ^c	0.442 (0.120) ^d
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c.d 為群別

圖 5-2 構建出資訊量與反應時間之簡單線性關係 ($y = 0.2033x + 0.4381$; $R^2 = 0.6748$)，圖中 x 軸為資訊單位量，y 軸為反應時間；結果顯示資訊量與反應時間呈正向之線性關係。關係線斜率為 0.2033，意即在簡單計算工作等級下人員處理一個 bit 的資訊量需花費 0.2033 秒的時間 (0.2033 秒/bit)；反之，斜率的倒數為 4.92，即人員一秒可處理之資訊量 (4.92 bits/秒)。

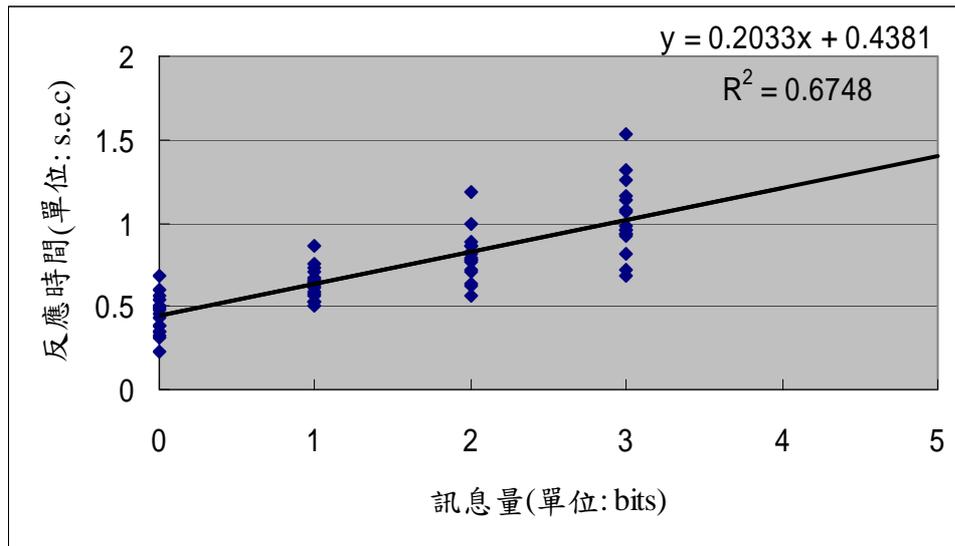


圖 5-2 簡單計算工作下訊息量與反應時間之關係線

表 5-7 為中等計算工作下反應時間之變異數分析，顯示資訊量的不同對反應時間具顯著影響 ($P < 0.0001$)；表 5-8 Duncan 分群顯示資訊量與反應時間呈正向關係，在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下，多重比較結果資訊量在不同情況下反應時間呈顯著差異。

表 5-7 中等計算工作下反應時間之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
資訊量	3	3.37	1.12	35.84	<.0001**
誤差項	68	1.88	0.03		
總和	71	5.25			R-square = 0.64

* 顯著；** 極顯著

表 5-8 Duncan 分群 (資訊量；值由大至小排序)

3-bits	2-bits	1-bit	0-bit
1.126 (0.286) ^a	0.851 (0.162) ^b	0.659 (0.102) ^c	0.512 (0.085) ^d
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c.d 為群別

圖 5-3 構建出資訊量與反應時間之簡單線性關係 ($y = 0.2055x + 0.482$; $R^2 = 0.6294$)，圖中 x 軸為資訊單位量，y 軸為反應時間；結果顯示資訊量與反應時間呈正向之線性關係。關係線斜率為 0.2055，意即在中等計算工作等級下人員處理一個 bit 的資訊量需花費 0.2055 秒的時間 (0.2055 秒/bit)；反之，斜率的倒數為 4.87，即人員一秒可處理之資訊量 (4.87 bits/秒)。

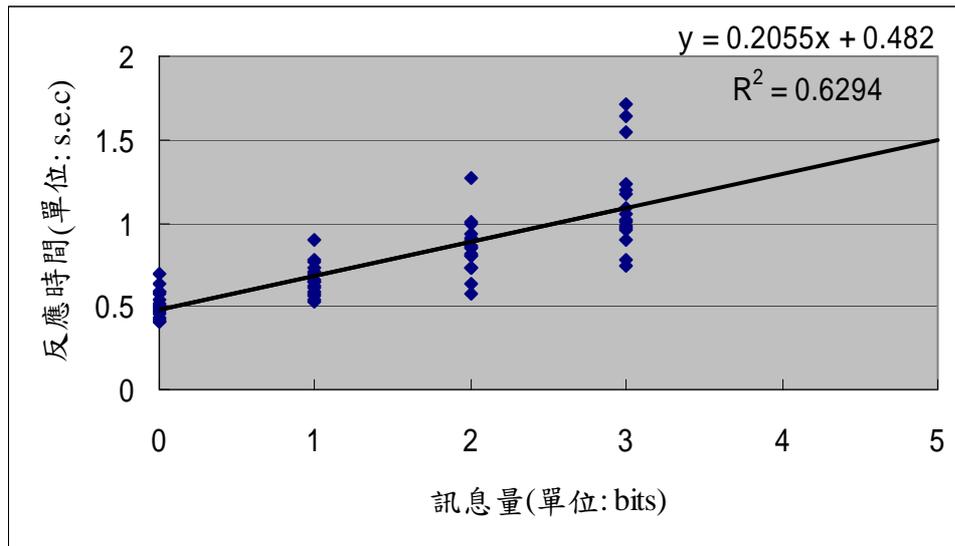


圖 5-3 中等計算工作下訊息量與反應時間之關係線

表 5-9 為困難計算工作下反應時間之變異數分析，顯示資訊量的不同對反應時間具顯著影響 ($P < 0.0001$)；表 5-10 Duncan 分群顯示資訊量與反應時間呈正向關係，在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下，多重比較結果資訊量在不同情況下反應時間仍呈顯著差異。

表 5-9 難計算工作下反應時間之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
資訊量	3	5.32	1.77	31.16	<.0001**
誤差項	68	3.41	0.06		
總和	71	8.73			R-square = 0.609

* 顯著，** 極顯著

表 5-10 Duncan 分群 (資訊量；值由大至小排序)

3-bits	2-bits	1-bit	0-bit
1.324 (0.366) ^a	0.926 (0.267) ^b	0.697 (0.112) ^c	0.565 (0.098) ^d
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c.d 為群別

圖 5-4 構建出資訊量與反應時間之簡單線性關係 ($y = 0.2507x + 0.502$; $R^2 = 0.5764$)，圖中 x 軸為資訊單位量，y 軸為反應時間；結果顯示資訊量與反應時間呈正向之線性關係。關係線斜率為 0.2507，意即在難計算工作等級下人員處理一個 bit 的資訊量需花費 0.2507 秒的時間 (0.2507 秒/bit)；反之，斜率的倒數為 3.98，即人員一秒可處理之資訊量 (3.98 bits/秒)。

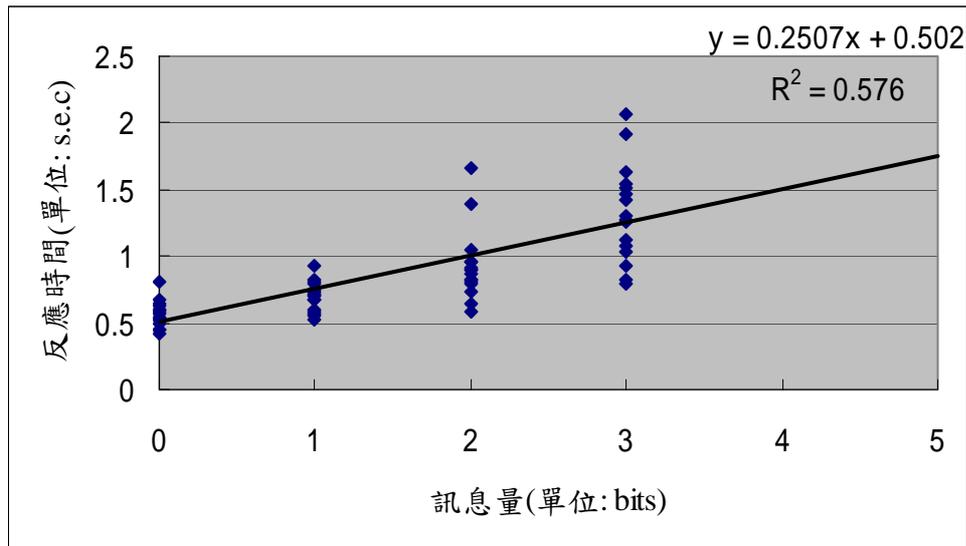


圖 5-4 困難計算工作下訊息量與反應時間之關係線

以上分別就各等級計算工作在不同資訊量對反應時間是否有顯著影響作一驗證，其結果皆顯示無論受試者在何種計算工作等級下，都會受資訊量不同而顯著影響其反應時間；接著探討受試者在面臨計算工作時，其反應時間是否受到顯著影響。

表 5-11 同時考慮計算工作與資訊量兩因子，進行二類因子實驗設計變異數分析；實驗分析結果顯示，僅考慮計算工作單因子時，反應時間已顯著受影響 ($P = 0.0004$)，而同時考慮兩因子時，解釋變異量增加，顯著性亦增加 ($P < 0.0001$)，且兩因子交互作用不影響反應時間；故資訊量不同與計算工作等級均顯著影響受試者之反應時間。

表 5-12 對計算工作等級進行多重比較，分群結果顯示可分為 3 群，分別為困難、中等*簡單、無，在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下說明計算工作等級之不同對反應時間具顯著影響；表 5-13 資訊量分群方面，結果依 4 種不同資訊量分做 4 群，亦說明資訊量不同對反應時間顯著影響，且反應時間與資訊量成正向關係

表 5-11 考慮計算工作等級與資訊量下反應時間之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
計算工作	3	1.74	0.58	6.38	0.0004*
誤差項	284	22.85	0.09		
總和	287	24.59			R-square = 0.070
計算工作	3	1.74	0.58	17.88	<.0001**
資訊量	3	14.68	4.89	151.35	<.0001**
計算工作 *資訊量	9	0.41	0.05	1.40	0.1873
誤差項	272	7.76	0.03	34.69	<.0001**
總和	287	24.59			R-square = 0.684

* 顯著，** 極顯著

表 5-12 Duncan 分群 (計算工作等級；值由大至小排序)

困難	中等	簡單	無
0.88 (0.37) ^a	0.79 (0.29) ^b	0.73 (0.26) ^b	0.65 (0.27) ^c
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

表 5-13 Duncan 分群 (資訊量；值由大至小排序)

3-bits	2-bits	1-bit	0-bit
1.11 (0.3) ^a	0.83 (0.19) ^b	0.65 (0.11) ^c	0.46 (0.13) ^d
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c.d 為群別

5.2 計算工作、性別與年齡之影響

以下將針對計算工作對駕駛績效與駕駛者生理變數的影響作分析，考慮駕駛者本身變數 (性別、年齡) 後，以 SAS 軟體先進行一類因子 (計算工作，分 4 等級) 變異數分析，並以 Duncan 分群兩兩比較各等級之均數差異；其後再進行二類因子 (性別*計算工作；年齡*計算工作) 變異數分析，觀察解釋變異量之差別；由於細格內樣本數不同，屬於不平衡之實驗設計，故每一階段並加作 Bartlett 同質性檢定與常態性檢定，以確保樣本變異數相同與常態性兩大假設。

以下將考慮計算工作等級與駕駛人性別兩因子或計算工作等級與駕駛人年齡兩因子，分別對車輛操控變數 (側向加速度、速度變化量) 與駕駛人生理變數 (心率) 以及心智負荷變數 (答題正確率、答題時間) 逐一將分析結果表列描述。

◆ 側向加速度 (單位： m/s^2)

表 5-14 顯示 3 組變異數分析，分別為計算工作一因子分析、計算工作*性別與計算工作*年齡二因子分析，分析目的主要在觀察計算工作、性別、年齡對側向加速度之影響程度，並比較解釋變異量之差別。

實驗結果顯示，考慮一因子時計算工作等級對側向加速度有顯著影響 ($P = 0.0003$)；表 5-15 Duncan 多重比較結果，無計算工作下側向加速度最大，平均為 $2.61 (0.41) m/s^2$ ，困難計算工作下側向加速度最小，平均為 $2.07 (0.29) m/s^2$ ，表示側向加速度隨計算工作難度增加有漸減之趨勢，即側向加速度與計算工作等級呈反向關係。

二因子分析結果，性別對側向加速度具顯著影響 ($P = 0.0046$)；表 5-16 Duncan 分群結果，男女性在變換車道時產生之側向加速度有顯著差別，男性較大，平均為 $2.43 (0.39) m/s^2$ ，女性較小為 $2.18 (0.38) m/s^2$ ，兩因子交互作用不影響側向加速度。

此外，年齡層對側向加速度無顯著影響，兩因子交互作用不影響側向加速度；表 5-17 Duncan 分群結果，21~30 歲年齡層在變換車道時產生之側向加速度較高，平均為 $2.39 (0.38) m/s^2$ ，31~40 歲年齡層則較低，平均為 $2.25 (0.41) m/s^2$ ，年齡層無顯著差別。

Bartlett 同質性檢定結果 $P = 0.6881$ ，沒有違反同質性假設；常態機率圖無特定形狀，亦符合常態性假設。

表 5-14 側向加速度之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
計算工作	3	2.71	0.91	7.3	0.0003*
誤差項	68	7.94	0.12		
總和	71	10.65			R-square = 0.255
計算工作	3	2.72	0.91	7.84	0.0002*
性別	1	1.00	1.00	8.68	0.0046*
計算工作*	3	0	0	0.02	0.9953
性別	1	0	0	0.02	0.9953
誤差項	64	6.93	0.11		
總和	71	10.65			R-square = 0.351
計算工作	3	2.72	0.91	7.16	0.0003*
年齡	1	0.35	0.35	2.76	0.1022
計算工作*	3	0	0	0.01	0.9984
年齡	1	0	0	0.01	0.9984
誤差項	64	7.58	0.13		
總和	71	10.65			R-square = 0.288

* 顯著，** 極顯著

表 5-15 Duncan 分群 (計算工作等級；值由大至小排序)

無	簡單	中等	困難
2.61 (0.41) ^a	2.39 (0.37) ^{a,b}	2.25 (0.33) ^{b,c}	2.07 (0.29) ^c
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

表 5-16 Duncan 分群 (性別；值由大至小排序)

男性	女性
2.43 (0.39) ^a	2.18 (0.38) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

表 5-17 Duncan 分群 (年齡；值由大至小排序)

21~30	31~40
2.39 (0.38) ^a	2.25 (0.41) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

◆ 點速率 V_1 (車輛進入換道區段前；單位：公里/小時)

表 5-18 為點速率 V_1 ，即車輛進入換道區段前之變數分析；僅考慮單因子計算工作時 V_1 無顯著差異，但考慮二因子（計算工作*性別）時結果顯示，計算工作與性別皆對 V_1 有顯著影響 ($P=0.0127$ ； $P<0.0001$)；表 5-19 Duncan 多重比較結果，無計算工作下 V_1 最大，平均為 60.62(2.84)公里/小時，困難計算工作下 V_1 最小，平均為 57.81(2.96)公里/小時；表示當計算工作難度增加， V_1 漸趨減小，計算工作難度與 V_1 呈反向關係；表 5-20 顯示性別方面，男性在車輛進入換道區段前行駛速率較高，平均為 60.9 (2.53) 公里/小時，女性則較低，平均為 56.97 (2.8) 公里/小時，顯示性別差異有顯著差別。

另一組二因子（計算工作*年齡）分析結果顯示，計算工作無顯著影響，但年齡層顯著影響 V_1 ($P<0.0001$)；表 5-21 Duncan 分群結果表示，21~30 歲此年齡層在車輛進入換道區段前行駛速率較高，平均為 61.02 (2.6) 公里/小時，而 31~40 歲年齡層行駛速率較低，平均為 57.34 (2.84) 公里/小時，兩年齡層有顯著差別。

Bartlett 同質性檢定結果 $P=0.8414$ ，沒有違反同質性假設；常態機率圖無特定形狀，符合常態性假設。

表 5-18 點速率 V_1 之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值	
計算工作	3	75.06	25.02	2.5	0.0674	
誤差項	68	640.65	10.01			
總和	71	715.71			R-square = 0.105	
計算工作	3	75.06	25.02	3.92	0.0127*	
性別	1	255.05	255.05	39.99	7.46	<.0001**
計算工作* 性別	3	2.91	0.97	0.15		
誤差項	64	382.69	6.38			
總和	71	715.71			R-square = 0.466	
計算工作	3	75.06	25.02	3.66	0.0713	
年齡	1	229.48	229.48	33.54	6.37	<.0001**
計算工作* 年齡	3	0.7	0.23	0.03		
誤差項	64	410.47	6.84			
總和	71	715.71			R-square = 0.426	

* 顯著，** 極顯著

表 5-19 Duncan 分群 (計算工作等級；值由大至小排序)

無	簡單	中等	困難
60.62 (2.84) ^a	59.83 (3.33) ^a	58.89 (3.47) ^{a,b}	57.81 (2.96) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

表 5-20 Duncan 分群 (性別；值由大至小排序)

男性	女性
60.9 (2.53) ^a	56.97 (2.8) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

表 5-21 Duncan 分群 (年齡；值由大至小排序)

21~30	31~40
61.02 (2.6) ^a	57.34 (2.84) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

◆ 點速率 V_2 (車輛進行換道動作中，車輛中心於雙黃線上；單位：公里/小時)

表 5-22 為點速率 V_2 ，即車輛進行換道動作中，車輛中心於雙黃線上速率之變異數分析，一因子與二因子分析結果皆顯示計算工作對 V_2 無顯著影響；表 5-23 Duncan 比較結果，速率與計算工作難度呈反向關係，但 4 等級計算工作下之 V_2 無顯著差別。

性別對 V_2 具顯著影響 ($P < 0.0001$)；表 5-24 Duncan 分群結果，男性在車輛進行換道動作時的行駛速率較高，平均為 61.42(3.4) 公里/小時，女性較低，平均為 56.92(4.33) 公里/小時，性別差異有顯著差別。

此外，年齡層亦對 V_2 具顯著影響 ($P < 0.0001$)；表 5-25 Duncan 分群結果，21~30 歲此年齡層在車輛進行換道動作時的行駛速率較高，平均為 61.79 (3.47) 公里/小時，31~40 歲年齡層行駛速率較低，平均為 57.06 (3.97) 公里/小時。

Bartlett 同質性檢定結果 $P = 0.6245$ ，沒有違反同質性假設；常態機率圖無特定形狀，亦符合常態性假設。

表 5-22 點速率 V₂之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
計算工作	3	46.93	15.64	0.81	0.4954
誤差項	68	1242.98	19.42		
總和	71	1289.91			R-square = 0.036
計算工作	3	46.93	15.64	1.05	0.3777
性別	1	333.47	333.47	22.36	3.78 <.0001** 0.0018*
計算工作*性別	3	14.54	4.85	0.32	0.32
誤差項	64	894.96	14.92		
總和	71	1289.91			R-square = 0.306
計算工作	3	46.93	15.64	1.11	0.3502
年齡	1	379.93	379.93	27.08	4.56 <.0001** 0.0004*
計算工作*年齡	3	21.13	7.04	0.5	0.50
誤差項	64	841.92	14.03		
總和	71	1289.91			R-square = 0.347

* 顯著，** 極顯著

表 5-23 Duncan 分群 (計算工作等級；值由大至小排序)

簡單	無	中等	困難
60.34 (4.82) ^a	60.13 (3.64) ^a	59.6 (4.9) ^a	58.2 (4.15) ^a

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$ a.b.c 為群別

表 5-24 Duncan 分群 (性別；值由大至小排序)

男性	女性
61.42 (3.4) ^a	56.92 (4.33) ^b

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$ a.b.c 為群別

表 5-25 Duncan 分群 (年齡；值由大至小排序)

21~30	31~40
61.79 (3.47) ^a	57.06 (3.97) ^b

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$ a.b.c 為群別

◆ 點速率 V_3 (車輛完成換道動作, 車輛回正; 單位: 公里/小時)

表 5-26 為點速率 V_3 , 即車輛完成換道動作, 車輛回正時速率之變異數分析, 一因子與二因子分析結果皆顯示計算工作對 V_3 無顯著影響; 表 5-27 Duncan 比較結果, 速率與計算工作難度呈反向關係, 但 4 等級計算工作下之 V_3 無顯著差別。

性別對 V_3 具顯著影響 ($P=0.0094$); 表 5-28 Duncan 分群結果, 男性在車輛完成換道動作時的行駛速率較高, 平均為 60.16 (4.57) 公里/小時, 女性較低, 平均為 56.54 (6.18) 公里/小時, 性別差異有顯著差別。

此外, 年齡層亦對 V_3 具顯著影響 ($P < 0.0001$); 表 5-29 Duncan 分群結果, 21~30 歲此年齡層在車輛完成換道動作時的行駛速率較高, 平均為 61.14 (4.11) 公里/小時, 31~40 歲年齡層行駛速率較低, 平均為 55.89 (5.69) 公里/小時。

Bartlett 同質性檢定結果 $P=0.9464$, 沒有違反同質性假設; 常態機率圖無特定形狀, 亦符合常態性假設。

表 5-26 點速率 V_3 之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值	
計算工作	3	45.12	15.04	0.48	0.6992	
誤差項	68	2016.56	31.51			
總和	71	2061.68			R-square = 0.022	
計算工作	3	45.12	15.04	0.5	0.6819	
性別	1	215.66	215.66	7.21	1.27	0.0094* 0.2799
計算工作*性別	3	5.52	1.84	0.05	0.9799	
誤差項	64	1795.39	29.92			
總和	71	2061.68			R-square = 0.129	
計算工作	3	45.12	15.04	0.59	0.6246	
年齡	1	466.64	466.64	18.28	2.96	<.0001** 0.0098*
計算工作*年齡	3	17.99	5.99	0.23	0.8717	
誤差項	64	1531.93	25.53			
總和	71	2061.68			R-square = 0.257	

* 顯著, ** 極顯著

表 5-27 Duncan 分群 (計算工作等級; 值由大至小排序)

簡單	無	中等	困難
59.46 (6.11) ^a	59.15 (5.58) ^a	58.75 (5.36) ^a	57.33 (5.36) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

表 5-28 Duncan 分群 (性別; 值由大至小排序)

男性	女性
60.16 (4.57) ^a	56.54 (6.18) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	a.b.c 為群別

表 5-29 Duncan 分群 (年齡; 值由大至小排序)

21~30	31~40
61.14 (4.11) ^a	55.89 (5.69) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	a.b.c 為群別

◆ 前速度變化量, ΔV_{12} (V_1 與 V_2 兩速度差之絕對值; 單位: 公里/小時)

表 5-30 顯示對車輛進入換道區段前與車輛進行換道動作中之兩速度差之絕對值 ΔV_{12} 變異數分析, 一因子與二因子分析結果皆表示計算工作對 ΔV_{12} 無顯著影響; 表 5-31 Duncan 分群結果, 簡單計算工作下 ΔV_{12} 最大, 平均為 2.28 (1.18) 公里/小時, 困難計算工作下 ΔV_{12} 最小, 平均為 2.08 (1.15) 公里/小時, 4 等級計算工作下 ΔV_{12} 無顯著差別。

性別對 ΔV_{12} 無顯著影響; 表 5-32 Duncan 分群結果, 女性在車輛進入換道區段前與車輛進行換道動作中之兩速度差之絕對值 ΔV_{12} 較高, 平均為 2.38 (1.63) 公里/小時, 男性則較低, 平均為 2.04 (1.06) 公里/小時, 性別差異無顯著差別。

年齡層亦對 ΔV_{12} 無顯著影響; 表 5-33 Duncan 比較結果顯示, 31~40 歲此年齡層的 ΔV_{12} 較高, 平均為 2.23 (1.66) 公里/小時, 21~30 歲年齡層較低, 平均為 2.13 (0.94) 公里/小時, 對年齡層分群結果無顯著差別。

Bartlett 同質性檢定結果 $P = 0.1636$, 沒有違反同質性假設; 常態機率圖無特定形狀, 亦符合常態性假設。

表 5-30 速度變化量 ΔV_{12} 之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值	
計算工作	3	0.37	0.12	0.07	0.9771	
誤差項	68	116.76	1.82			
總和	71	117.12				R-square = 0.003
計算工作	3	0.37	0.12	0.07	0.9781	
性別	1	1.91	1.91	1.01	0.3	0.3182
計算工作*性別	3	1.71	0.57	0.3	0.8232	
誤差項	64	113.13	1.89			
總和	71	117.12				R-square = 0.034
計算工作	3	0.37	0.12	0.06	0.9788	
年齡	1	0.16	0.16	0.08	0.13	0.7767
計算工作*年齡	3	1.18	0.39	0.2	0.8928	
誤差項	64	115.42	1.92			
總和	71	117.12				R-square = 0.015

* 顯著, ** 極顯著

表 5-31 Duncan 分群 (計算工作等級; 值由大至小排序)

簡單	無	中等	困難
2.28 (1.18) ^a	2.2 (1.87) ^a	2.16 (1.03) ^a	2.08 (1.15) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

表 5-32 Duncan 分群 (性別; 值由大至小排序)

男性	女性
2.38 (1.63) ^a	2.04 (1.06) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

表 5-33 Duncan 分群 (年齡; 值由大至小排序)

31~40	21~30
2.23 (1.66) ^a	2.13 (0.94) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

◆ 後速度變化量， ΔV_{23} (V_2 與 V_3 兩速度差之絕對值；單位：公里/小時)

表 5-34 顯示對車輛進行換道動作中與車輛完成換道動作之兩速度差之絕對值 ΔV_{23} 變異數分析，一因子與二因子分析結果皆表示計算工作對 ΔV_{23} 無顯著影響；表 5-35 Duncan 分群結果，簡單計算工作下 ΔV_{23} 最大，平均為 2.38 (1.59) 公里/小時，中等計算工作下 ΔV_{23} 最小，平均為 1.63 (1.39) 公里/小時，4 等級計算工作下 ΔV_{23} 分群結果無顯著差別。

性別對 ΔV_{23} 無顯著影響；表 5-36 Duncan 分群結果，男性在車輛進行換道動作中與車輛完成換道動作之兩速度差之絕對值 ΔV_{23} 較高，平均為 2.17 (1.39) 公里/小時，女性則較低，平均為 1.89 (1.64) 公里/小時，性別差異無顯著差別。

年齡層亦對 ΔV_{23} 無顯著影響；表 5-37 Duncan 比較結果顯示，31~40 歲此年齡層在車輛進行換道動作中與車輛完成換道動作之兩速度差之絕對值 ΔV_{23} 較高，平均為 2.22 (1.83) 公里/小時，21~30 歲年齡層較低，平均為 1.91 (1.13) 公里/小時，對年齡層分群結果無顯著差別。

Bartlett 同質性檢定結果 $P = 0.9484$ ，沒有違反同質性假設；常態機率圖無特定形狀，亦符合常態性假設。

表 5-34 速度變化量 ΔV_{23} 之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值	
計算工作	3	6.24	2.08	0.93	0.4325	
誤差項	68	143.57	2.24			
總和	71	149.81				R-square = 0.042
計算工作	3	6.24	2.08	0.92	0.4365	
性別	1	1.31	1.31	0.58	0.89	0.5172
計算工作*性別	3	6.6	2.2	0.97	0.4118	
誤差項	64	135.67	2.26			
總和	71	149.81				R-square = 0.094
計算工作	3	6.24	2.08	0.92	0.4365	
年齡	1	1.57	1.57	0.69	0.86	0.5394
計算工作*年齡	3	5.92	1.97	0.87	0.4621	
誤差項	64	136.08	2.27			
總和	71	149.81				R-square = 0.092

* < 0.05 (顯著)，** < 0.0001 (極顯著)

表 5-35 Duncan 分群 (計算工作等級；值由大至小排序)

簡單	無	困難	中等
2.38 (1.59) ^a	2.3 (1.44) ^a	1.91 (1.56) ^a	1.63 (1.39) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

表 5-36 Duncan 分群 (性別；值由大至小排序)

男性	女性
2.17 (1.39) ^a	1.89 (1.64) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

表 5-37 Duncan 分群 (年齡；值由大至小排序)

31~40	21~30
2.22 (1.83) ^a	1.91 (1.13) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

◆ 答題時間 (單位：秒)

表 5-38 為答題時間之變異數分析，一因子分析結果顯示，計算工作對受試者答題時間具顯著影響 ($P < 0.0001$)；表 5-39 Duncan 多重比較結果，受試者在面對困難計算工作時的答題時間最長，平均為 2.87 (0.72) 秒，而在面對簡單計算工作時的答題時間最短，平均為 0.98 (0.19) 秒，計算工作與答題呈正向關係。

二因子分析結果，計算工作與性別皆對受試者答題時間具顯著影響 ($P < 0.0001$ ； $P = 0.0345$)；表 5-40 Duncan 分群結果，女性受試者在答題時間較高，平均為 1.99 (1.12) 秒，男性則較低，平均為 1.7 (0.76) 秒。

年齡層對答題時間無顯著影響；表 5-41 Duncan 比較結果，31~40 歲此年齡層的受試者答題時間較高，平均為 1.88 (0.95) 秒，21~30 歲年齡層受試者答題時間較低，平均為 1.77 (0.92) 秒，對年齡層分群結果無顯著差別。

Bartlett 同質性檢定結果 $P = 0.1776$ ，沒有違反同質性假設；常態機率圖無特定形狀，亦符合常態性假設。

表 5-38 答題時間之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
計算工作	2	31.29	15.65	66.13	<.0001
誤差項	51	11.36	0.24		
總和	53	42.65			R-square = 0.733
計算工作	2	31.29	15.65	71.53	<.0001**
性別	1	1.04	1.04	4.75	0.0345*
計算工作*	2	0.47	0.24	1.08	0.3473
誤差項	48	9.84	0.22		
總和	53	42.65			R-square = 0.769
計算工作	2	31.29	15.65	63.62	<.0001**
年齡	1	0.16	0.16	0.65	0.4249
計算工作*	2	0.13	0.07	0.27	0.7671
誤差項	48	11.07	0.25		
總和	53	42.65			R-square = 0.74

* 顯著，** 極顯著

表 5-39 Duncan 分群 (計算工作等級；值由大至小排序)

困難	中等	簡單
2.87 (0.72) ^a	1.61 (0.39) ^b	0.98 (0.19) ^c

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$ a.b.c 為群別

表 5-40 Duncan 分群 (性別；值由大至小排序)

男性	女性
1.99 (1.12) ^a	1.7 (0.76) ^b

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$ a.b.c 為群別

表 5-41 Duncan 分群 (年齡；值由大至小排序)

31~40	21~30
1.88 (0.95) ^a	1.77 (0.92) ^a

Mean (S.D.)， $\alpha = 0.05$ a.b.c 為群別

◆ 答題正確率

表 5-42 為答題正確率之變異數分析，一因子分析結果顯示，計算工作對受試者答題正確率具顯著影響 ($P < 0.0001$)；表 5-43 Duncan 多重比較結果，受試者在面對簡單計算工作時的答題正確率最高，平均為 0.91 (0.1)，而在面對困難計算工作時的答題正確率最低，平均為 0.65 (0.23)；計算工作與答題正確率呈反向關係。

二因子分析結果，性別對受試者答題正確率無顯著影響；表 5-44 Duncan 分群結果，女性受試者在答題正確率較高，平均為 0.81 (0.2)，男性則較低，平均為 0.81 (0.19)，但兩群無顯著差別。

年齡層對答題正確率有顯著影響 ($F(1,48) = 6.82$ ； $P = 0.0112$)；表 5-45 Duncan 比較結果，21~30 歲此年齡層的受試者答題正確率較高，平均為 0.86 (0.14)，31~40 歲此年齡層受試者答題正確率較低，平均為 0.75 (0.23)，年齡層分群結果有顯著差別。

Bartlett 同質性檢定結果 $P = 0.5866$ ，沒有違反同質性假設；常態機率圖無特定形狀，亦符合常態性假設。

表 5-42 答題正確率之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
計算工作	2	0.68	0.34	14.07	<.0001
誤差項	51	1.17	0.02		
總和	53	1.85			R-square = 0.369
計算工作	2	0.68	0.34	13.21	<.0001**
性別	1	0.0001	0.0001	0.00	0.9441
計算工作*	2	0.0015	0.0007	0.03	0.9707
性別	1	0.0001	0.0001	0.00	0.9441
誤差項	48	1.16	0.03	5.3	0.0007*
總和	53	1.85			R-square = 0.371
計算工作	2	0.68	0.34	15.56	<.0001**
年齡	1	0.15	0.15	6.82	0.0112*
計算工作*	2	0.03	0.01	0.63	0.63
年齡	1	0.15	0.15	7.84	<.0001**
誤差項	48	0.99	0.02		
總和	53	1.85			R-square = 0.465

* 顯著，** 極顯著

表 5-43 Duncan 分群 (計算工作等級；值由大至小排序)

簡單	中等	困難
0.91 (0.1) ^a	0.87 (0.1) ^a	0.65 (0.23) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$		a.b.c 為群別

表 5-44 Duncan 分群 (性別；值由大至小排序)

男性	女性
0.81 (0.2) ^a	0.81 (0.19) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

表 5-45 Duncan 分群 (年齡；值由大至小排序)

21~30	31~40
0.86 (0.14) ^a	0.75 (0.23) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

◆ 心率 (單位：次/分鐘)

表 5-46 為受試者心率之變異數分析，一因子與二因子分析結果皆顯示計算工作對心率無顯著影響；表 5-47 Duncan 比較結果，簡單計算工作下心率最高，平均為 86.78 (10.19) 次/分鐘，無駕駛作業下心率最低，平均為 82.47 (8.53) 次/分鐘，但 4 等級計算工作下之心率無顯著差別。

性別對心率具顯著影響 ($P = 0.0452$)；表 5-48 Duncan 分群結果，男性心率較高，平均為 86.39 (10.67) 次/分鐘，女性較低，平均為 81.99 (7.55) 次/分鐘，性別差異有顯著差別。

年齡層亦對心率具顯著影響 ($P = 0.0023$)；表 5-49 Duncan 分群結果，21~30 歲此年齡層心率較高，平均為 87.61 (10.54) 次/分鐘，31~40 歲年齡層心率較低，平均為 81.16 (7.4) 次/分鐘。

Bartlett 同質性檢定結果 $P = 0.9526$ ，沒有違反同質性假設；常態機率圖無特定形狀，亦符合常態性假設。

表 5-46 心率之變異數分析

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值	
計算工作	4	200.9	50.23	0.52	0.7204	
誤差項	85	7709.35	96.37			
總和	89	7910.26				R-square = 0.025
計算工作	4	200.9	50.23	0.52	0.7187	
性別	1	397.87	397.86	4.15	0.83	0.0452*
計算工作*性別	4	117	29.25	0.3	0.8738	
誤差項	80	7194.48	95.93			
總和	89	7910.26				R-square = 0.09
計算工作	4	200.9	50.23	0.57	0.6873	
年齡	1	882.94	882.94	9.97	1.59	0.0023*
計算工作*年齡	4	184.44	46.11	0.52	0.7208	
誤差項	80	6641.98	88.56			
總和	89	7910.26				R-square = 0.160

* 顯著，** 極顯著

表 5-47 Duncan 分群 (計算工作等級；值由大至小排序)

簡單	無	困難	中等
86.78 (10.19) ^a	85.67 (9.95) ^a	84.57 (10.08) ^a	83.41 (10.23) ^a
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$			a.b.c 為群別

表 5-48 Duncan 分群 (性別；值由大至小排序)

男性	女性
86.39 (10.67) ^a	81.99 (7.55) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

表 5-49 Duncan 分群 (年齡；值由大至小排序)

21~30	31~40
87.61 (10.54) ^a	81.16 (7.4) ^b
Mean (S.D.), $\alpha = 0.05$	
a.b.c 為群別	

5.3 討論

5.3.1 實驗室實驗結果

實驗室實驗透過選擇反應動作為主作業，計算工作為次作業，並以選擇反應動作的反應時間做為績效變數，在建立資訊量與反應時間的關係線後，藉關係線斜率進一步推估本研究定義的心智負荷量，此心智負荷量是單指面對選擇反應動作時的訊息處理能量，並非人員所能承受的最大心智負荷量。

表 5-16 為各計算工作等級下資訊量與反應時間關係線斜率與負荷量之關係，研究結果發現，受試者在沒有計算工作的附加下，心智負荷量為 5.2 bits/秒，簡單計算工作下為 4.92 bits/秒，相差約 0.28 bits/秒；中等計算工作下心智負荷量為 4.87 bits/秒，與無計算工作下相差約 0.33 bits/秒；困難計算工作下心智負荷量為 3.98 bits/秒，與無計算工作下相差約 1.22 bits/秒。

實驗室實驗結果已證實本研究設計之計算工作確實對受試者造成主作業（選擇反應動作）績效降低的現象，而變異數分析亦說明計算工作確實顯著影響人員的反應時間，困難計算工作下反應時間最長為 0.88 (0.37) 秒，簡單計算工作下反應時間最短為 0.65 (0.27) 秒。

表 5-50 計算工作等級下資訊量與反應時間關係線斜率與負荷量之關係

	計算工作等級			
	無	簡單	中等	困難
截距	0.3452	0.4381	0.482	0.502
斜率 (秒/bit)	0.1922	0.2033	0.2055	0.2507
心智負荷量 (bits/秒)	5.2	4.92	4.87	3.98

實驗室實驗結果亦發現，人員在面對處理事件個數愈多時，其反應時間愈長，即反應時間與資訊量成正向關係；此外，本研究設計的 4 等級計算工作，確實對人員造成反應時間延遲現象，進一步說明受試者在面對難度漸增之計算工作時，其主作業心智負荷量被削弱的部份漸增之情況，與預期結果相符。

5.3.2 測試場實驗結果

本研究藉計算工作模擬免持手機的形式，附加在變換車道之駕駛作業上，在此駕駛工作為先前定義的主作業，計算工作為次作業；本研究建立的計算工作題庫已在第一階段之實驗室實驗中得到驗證，即計算工作（次作業）難度增加，主作業被削弱的心智資源亦增加，確立計算工作對主作業造成分心影響。

第二階段對同樣 18 位受試者進行測試場實驗，亦附加不同等級之計算工作，在考慮駕駛者性別與年齡變數後，觀察駕駛者在聽覺分心之影響下，車輛操控之外顯變數、心智負荷變數、駕駛者生理變數的變化，表 5-17 為 18 位受試者各量測變數之平均數與標準差，以下將針對這三大方面之變數分別做探討。

表 5-51 各量測變數之平均數與標準差

側向加速度 (單位： m/s^2)	點速率與速度變化量 (單位：公里/小時)				
	V_1	V_2	V_3	ΔV_{12}	ΔV_{23}
2.33 (0.4)	59.28 (3.27)	59.57 (4.39)	58.67 (5.55)	2.18 (1.32)	2.05 (1.5)
答題時間 (單位：秒)	答題正確率		心率 (單位：次/分鐘)		
1.82 (0.92)	0.81 (0.19)		84.58 (9.7)		

Mean (S.D.)

5.3.2.1 車輛操控之外顯變數

車輛操控之外顯變數包括側向加速度 (單位： m/s^2)、車輛進入換道區段前行駛速率 (V_1 , 單位：公里/小時)、車輛進行換道動作中行駛速率 (車輛中心於雙黃線上； V_2 , 單位：公里/小時)、車道完成換道動作行駛速率 (車輛回正； V_3 , 單位：公里/小時)、 V_1 與 V_2 兩速度差之絕對值 ΔV_{12} 、 V_2 與 V_3 兩速度差之絕對值 ΔV_{23} 等 5 變數，表 5-52 為車輛操控外顯變數顯著性差異比較。

實驗結果顯示計算工作與性別皆顯著影響側向加速度，側向加速度與計算工作難度呈反向關係，即計算工作難度愈高，側向加速度愈小；側向加速度實為車輛在進行換道動作時因方向盤轉動對應轉彎半徑而產生之慣性力，此慣性力產生與車輛行進切線方向垂直之加速度。

若以加速度計算公式 $a = \frac{v^2}{r}$ 著眼，因實驗結果發現，車輛進行換道動作中行駛速率 (車輛中心於雙黃線上； V_2) 並無顯著差異，其平均值在 60 公里/小時上下，故假設 V_2 固定，則加速度 a 與轉彎半徑 r 呈反比，而方向盤轉動量與轉彎半徑成反比，所以加速度 a 與方向盤轉動量呈正向關係，因此計算工作難度與方向盤轉動量亦呈反向關係，計算工作難度愈高，則方向盤轉動量愈小，側向加速度也愈小；圖 5-5 為計算工作、側向加速度與方向盤轉量之關係。

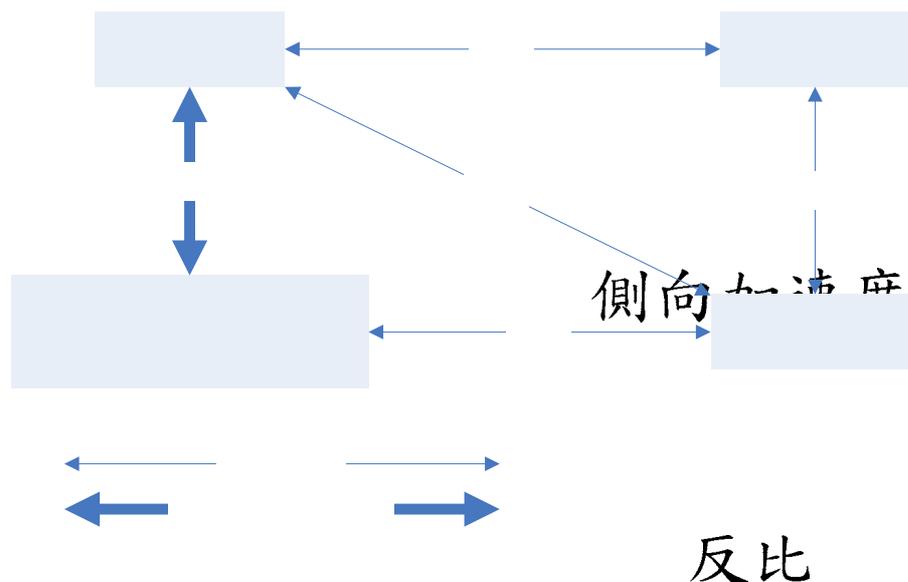


圖 5-5 計算工作、側向加速度與方向盤轉量之關係

由於測試場實驗室在封閉場地中進行，再者車道變換是以交通錐隔出，換道動作非常制式簡單，與在真實路況駕駛車輛時所必須承載之負荷量有相當差距；因駕駛者無須注意後方車與鄰近車輛之互動，亦無需擔心行人與號誌之影響，在沒有真實路況上的外部干擾下，駕駛者僅面對變換車道駕駛作業，所以可以容許較大的方向盤調整動作，側向加速度較大；而在附加計算工作後，駕駛者將原本耗用在主作業上的心智資源部份移轉到次作業，故駕駛者會降低原本換道時的無計算工作（無、簡單、中等、難）側向加速度，並隨著計算工作難度增加，側向加速度減小的幅度也增加；所以導致無計算工作下側向加速度最大，平均為 $2.61 (0.41) m/s^2$ ，困難計算工作下側向加速度最小，平均為 $2.07 (0.29) m/s^2$ 。

此外，實驗結果發現男性在側向加速度平均而言顯著較女性高（ $2.49 (0.40) m/s^2 > 2.18 (0.38) m/s^2$ ），顯示男性在進行換道動作時能容許較大的方向盤轉動控制；心理狀況認為自己較能掌控駕駛作業；反之女性則否，女性在換道區段中經實驗現場觀察與數據結果均表示對操控車輛行為較為緩和，變換車道時方向盤轉動程度也較小，顯示女性在面對此種駕駛情境下駕駛行為表現較為保守。

表 5-52 車輛操控外顯變數顯著性差異

	側向加速度	V ₁	V ₂	V ₃	△V ₁₂	△V ₂₃
計算工作	顯著	顯著	×	×	×	×
性別	顯著	顯著	顯著	顯著	×	×
年齡層	×	顯著	顯著	顯著	×	×

×表不顯著

車速變化方面，於測試場進行測試時已然發現個別差異極大，圖 5-6 將受試者完成一次駕駛實驗所可能採行的幾種情況，可概分為 4 種；因實驗主要在觀察變換車道時的

速度變化，所以數據蒐集方式僅考慮 3 個點速率，即進入換道區段前 (V_1)、進行換道動作中 (V_2)、完成換道動作 (V_3)。

實驗結果指出，計算工作僅顯著影響車輛在進入換道區段前的行駛速率 V_1 ，計算工作難度與 V_1 呈反向關係，無計算工作下 V_1 最大為 60.62 (2.84) 公里/小時，困難計算工作下 V_1 最小為 57.81 (2.96) 公里/小時。

顯示駕駛者在只有駕駛工作時能夠容許幅度較大的車輛操控行為，對於油門掌控行為較為大膽，認為已身有足夠的心智資源可應對突發情況；反之駕駛者在面臨額外附加之計算工作下，會削弱部份原本駕駛工作之心智資源，轉移到計算工作的注意力上，結果造成駕駛績效降低，並反應在行駛速率上，使駕駛者對油門掌控較為緩和，導致行駛速率隨計算工作難度增加而降低。

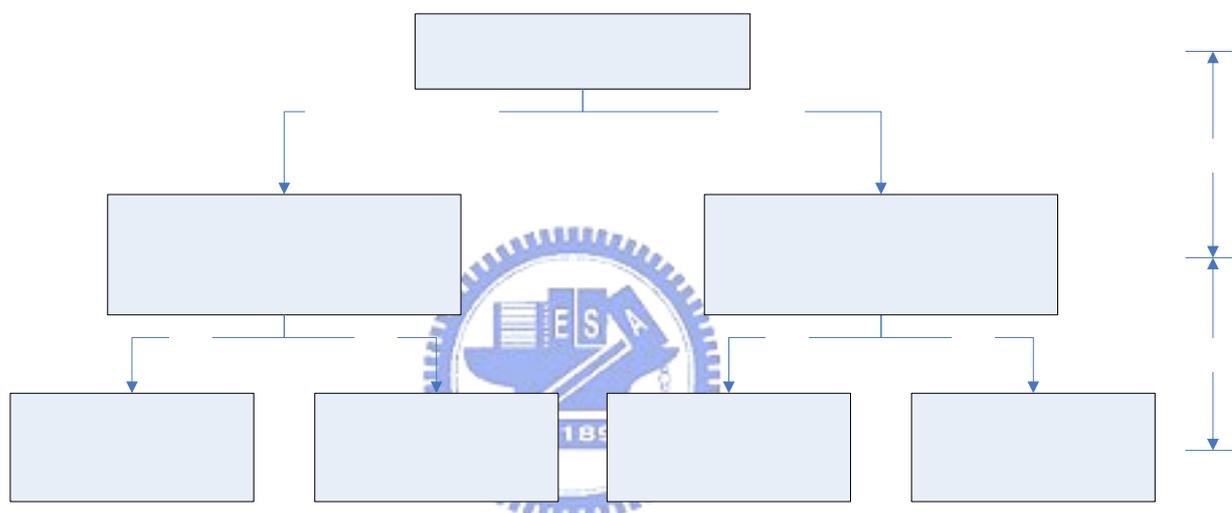


圖 5-6 換道過程車速關係

然而計算工作並沒有顯著影響車輛進行換道動作中的行駛速率 V_2 與車輛完成換道動作時之行使速率 V_3 ，顯示受試者在進行變換車道時的個別差異極大，圖 5-6 列出受試者在進入換道區段後可能發生的 4 種速率變化情況。

速率數據經過整理後發現，若單探究同一位受試者而言，就有可能包括 1~3 種情況，也就是在同一個計算工作等級下，受試者在進入換道區段後可能減速亦有可能加速，結果導致計算工作無法顯著影響受試者在車輛進行換道動作中的行駛速率 V_2 ，本研究將可能對 V_2 造成的幾個外部影響做幾點描述：

- 測速人員—速率 V_2 是定義在車輛中心點位於雙黃線上時以測速雷達進行量測，測速人員測速位置是在終點處雙黃線上，距離換道區段約 80~90 公尺；實驗過程透過測試人員主觀認定車輛位置，而非電子感應式測速儀器，故推測測速人員是造成量測過程影響原因之一。
- 熱機效應—實驗過程雖對受試者以抽籤方式進行隨機化取樣，但由於每一個計算工作等級下受試者必須進行車輛駕駛於雙黃線上，所以對每一個受

$$V_2 < V_1$$

試者而言共需面對 20 次試驗，而駕駛工作為簡單的變換車道動作，故仍難以避免受試者的練習效果。

而在車輛完成換道動作時的行駛速率 V_3 方面，計算工作對其亦無顯著影響；在實驗過程中觀察與數據統計後發現，有近 80% 的駕駛者在車輛通過雙黃線至車輛回正期間鬆開油門或有踩踏煞車動作，且不論面對計算工作何等級下均有此現象，因實驗前僅告知受試者在加速段須將車速維持在 50~60 公里/小時，近入換道區段後則不予干涉，以觀察其車速變化；實驗期間曾詢問受試者，受試者表示因為車輛已過雙黃線，即將完成換道動作，故有放慢車速的動作，結果造成計算工作對車輛回正時的速率無顯著影響。

性別則顯著影響 V_1 、 V_2 、 V_3 ，平均皆為男性高於女性， V_1 (60.9 (2.53) 公里/小時 > 56.97 (2.8) 公里/小時)， V_2 (61.42 (3.4) 公里/小時 > 56.92 (4.33) 公里/小時)， V_3 (60.16 (4.57) 公里/小時 > 56.54 (6.18) 公里/小時)；顯示男性對於變換車道時的行駛速率具較大操控幅度，對油門控制情況較具信心；女性對變換車道時的車輛行駛速率則較為緩和。

年齡亦顯著影響 V_1 、 V_2 、 V_3 ，平均皆為 21~30 歲年齡層高於 31~40 歲年齡層， V_1 (61.02 (2.6) 公里/小時 > 57.34 (2.84) 公里/小時)， V_2 (61.79 (3.47) 公里/小時 > 57.06 (3.97) 公里/小時)， V_3 (61.14 (4.11) 公里/小時 > 55.89 (5.69) 公里/小時)；顯示 21~30 歲年齡層對變換車道時的速率控制較之 31~40 歲年齡層來的大膽。

本研究為了探討受試者在進入換道區段後車速的變化因而量測了 3 個點速率，並定義 V_1 與 V_2 的速度差為 V_{12} ， V_2 與 V_3 的速度差為 V_{23} ；因為受試者在換道區段內存在有個別差異，速度有增亦有減，故 V_{12} 與 V_{23} 代表的意義為絕對值。實驗結果顯示，計算工作、性別、年齡三者皆無顯著影響 V_{12} 與 V_{23} ；18 位受試者的 V_{12} 平均為 2.18 公里/小時， V_{23} 平均為 2.05 公里/小時，意即平均而言受試者在進入換道區段至車輛中心壓雙黃線期間會有 ± 2.18 公里/小時的速度變化量，而在車輛中心壓雙黃線至車輛回正期間會有 ± 2.05 公里/小時的速度變化量；然考慮影響因子後，整體而言在速度變化量上並無顯著差異。

5.3.2.2 心智負荷變數

本研究將心智負荷變數定義為受試者在進行測試場實驗過程中的答題時間與答題正確率，表 5-53 為心智負荷變數顯著性差異比較；結果顯示計算工作對答題時間有顯著影響，受試者在面對困難計算工作時的答題時間最長為 2.87 (0.72) 秒，而在面對簡單計算工作時的答題時間最短為 0.98 (0.19) 秒，計算工作難度與答題時間成正向關係。

受試者的答題時間隨計算工作難度增加而增加，客觀上認為合理；受試者在完成一次變換車道試驗中，簡單計算工作平均可回答 6~7 題，中等計算工作平均可回答 4~5 題，困難計算工作平均可回答 2~4 題不等；經現場實驗過程觀察，受試者在面對簡單計算工作時，可以很輕鬆的回答，但隨著難度增加，受試者在回答計算工作時的語氣出現較為

支吾的情況，可推斷受試者在面臨高負荷量的次要作業時，已無法掌握次要作業的完成度，而造成反應時間延遲。

性別對反應時間亦有顯著影響，女性較男性高（1.99（1.12）秒 > 1.7（0.76）秒）；在前述速度變化中，女性對操控車輛的速度調整與方向盤掌控動作均較為緩和，而在附加計算工作後，隨計算工作難度漸增，不僅造成主作業績效降低（車速變慢），亦導致完成次作業的時間拉長，因此女性在同時處理主次作業時顯得較為吃力，而相對男性則較具信心。

此外，實驗過程中曾有受試者反應，質疑答題時間會否與心算能力有直接關係；經過實驗數據分析結果，答題時間方面並沒有特別優異表現的受試者，故本研究假設，心算能力強僅代表個人在進行單一數學運算工作時的優勢表現，但實驗過程受試者必須同時面對駕駛作業與計算工作，而主次作業間存在有彼此影響、削弱績效表現的情況，所以心算能力較好的受試者在同時進行駕駛工作與計算工作的實驗過程中，答題時間理應隨著計算工作難度增加而增加，故本研究排除受試者心算能力此誤差變數。

表 5-53 心智負荷變數顯著性差異

	答題時間	答題正確率
計算工作	顯著 (P < 0.0001)	顯著 (P < 0.0001)
性別	顯著 (P = 0.0345)	×
年齡層	×	顯著 (P = 0.0112)

×表不顯著

計算工作對答題正確率具顯著影響，受試者在面對簡單計算工作時的答題正確率最高為 0.91（0.1），面對中等計算工作時的答題正確率為 0.87（0.1），而在面對困難計算工作時的答題正確率最低為 0.65（0.23）；計算工作與答題正確率呈反向關係。

答題正確率與計算工作難度呈反向關係客觀認為合理，從實驗過程與上述均值來看，受試者在面臨計算工作期間，簡單換至中等，答題正確率平均降低 0.04，而中等換至困難時答題正確率則驟降 0.23；實驗結果顯示，受試者在面對困難計算工作時，答題時間與答題正確率均受大幅度影響，實驗過程中發現，受試者在面對困難計算工作時因必須兼顧駕駛工作，答題時不僅支吾遲緩，甚而有放棄思考運算的現象，顯示駕駛者已有負荷量超載的情況發生。

駕駛者在同時進行駕駛工作與簡單計算工作時，因次要作業所需的心智資源較少，受試者仍可順利完成，而面臨困難計算工作時，因次要作業所需的心智資源較多，主次作業所需的處理資源已然超出受試者負荷量，造成受試者放棄次要作業，而將大部份注意力資源轉回到原本的主作業上，也就是受試者為了維持駕駛工作的穩定性，會排除對已身負荷量過高的次要工作，降低風險以確保行車安全。

年齡亦顯著影響答題正確率，21~30 歲年齡層較 31~40 歲年齡層高（0.86（0.14）

>0.75 (0.23))；推論年長的駕駛者對於數學運算能力不足，尤其在必須同時面臨駕駛工作下，對完成答題工作更顯吃力，造成答題正確率較低。

5.3.2.3 駕駛者生理變數

分析駕駛者心率結果顯示計算工作並無顯著影響，推測可能的影響因素有以下兩點：

- 量測器材—本研究受限於研究經費，心率量測是以手腕式血壓計作為量測工具，而血壓計僅能單一時間點測量，無法如心電圖機全程紀錄。
- 量測方式—受限於器材限制，量測方式以駕駛者在實驗前先測一次，作為無駕駛作業下的參考點，其後完成一次試驗便量測一次；但此量測方式已忽略駕駛者在車輛行進中附加計算工作時的心率變化，此變化客觀認為較有參考價值，然本研究無法考慮此種量測方式。

表 5-54 駕駛者生理變數顯著性差異

	心率
計算工作	×
性別	顯著 (P=0.0452)
年齡層	顯著 (P=0.0023)

×表不顯著

實驗結果發現性別與年齡層對心率有顯著差異，男性較女性高 (86.39 (10.67) > 81.99(7.55))，21~30 歲年齡層較 31~40 歲年齡層高 (87.61 (10.54) 次/分鐘 > 81.16(7.4) 次/分鐘)；表 5-55 將本研究實驗各因變數對量測變數影響程度作一整理。

表 5-55 影響程度矩陣

	計算工作	性別	年齡層
側向加速度	*	*	△
V ₁	*	**	**
V ₂	△	**	**
V ₃	△	*	**
△V ₁₂	△	△	△
△V ₂₃	△	△	△
答題時間	**	*	△
答題正確率	**	△	*
心率	△	*	*

* 顯著

** 極顯著

△ 不顯著

第六章 結論與建議

本研究目的在探討駕駛者面對主次作業時，操控車輛之績效變數影響程度，受試者必須先後進行兩階段實驗，第一階段實驗室實驗透過選擇反應動作建立反應時間與資訊量之線性關係，並驗證本研究設計之計算工作對反應時間造成延遲之影響；第二階段測試場實驗在封閉場地中進行變換車道駕駛實驗，期間附加四組不同等級之計算工作，觀察受試者在操控車輛之外顯變數、心智負荷變數與生理變數等影響程度。本章將實驗數據經整理分析後得到的結果與未來研究的建議分節討論。

6.1 結論

1. 實驗室實驗結果發現，受試者反應時間與資訊量呈正向關係，資訊量在 0-bit 時的平均反應時間最低為 0.46 秒，而在 3-bits 時的反應時間最大為 1.11 秒；反應時間受計算工作顯著影響，無計算工作下反應時間最小為 0.65 秒，困難計算工作下反應時間最大為 0.88 秒。
2. 在無計算工作下建立反應時間與資訊量之關係線，可得斜率 0.1922 秒/bit，並進一步推得受試者面對選擇反應動作時的心智負荷量為 5.2 bits/秒；其後隨著計算工作難度增加，關係線斜率愈高，直至困難計算工作下最大為 0.2507 秒/bit，而受試者面對選擇反應動作時的心智負荷量減至最小為 3.98 bits/秒；結果顯示計算工作（次作業）確實對選擇反應動作（主作業）造成影響，且影響程度隨計算工作難度增加而增加。
3. 測試場駕駛實驗結果指出，計算工作困難度顯著影響變換車道時產生的側向加速度，無計算工作下最大為 $2.61 m/s^2$ ，困難計算工作下最小為 $2.07 m/s^2$ ；顯示駕駛者在沒有計算工作的附加下進行換道動作，方向盤轉動量較大導致產生較大之側向加速度，而當計算工作難度漸增時，駕駛者為完成計算工作，會將原本駕駛工作上的部份心智資源轉移到計算工作上，導致變換車道時方向盤轉動量較小產生較小之側向加速度。
4. 性別顯著影響側向加速度，男性較高為 $2.43 m/s^2$ ，女性較低為 $2.18 m/s^2$ ，顯示男性在進行換道動作時能容許較大的方向盤轉動控制；而女性在換道區段中經實驗現場觀察與數據結果均表示對操控車輛行為較為緩和，變換車道時方向盤轉動程度也較小，顯示女性在面對此種駕駛情境下駕駛行為表現較為保守。
5. 計算工作困難度僅顯著影響車輛在進入換道區段前的行駛速率 V_1 ，無計算工作最大為 60.62 公里/小時，困難計算工作下最小為 57.81 公里/小時；顯示駕駛者在只有駕駛工作時能夠容許幅度較大的車輛操控行為，反之駕駛者在面臨額外附加之計算工作下造成駕駛績效降低，並反應在行駛速率上，導致行駛速率隨計算工作難度增加而降低。

6. 性別則顯著影響 V_1 、 V_2 、 V_3 ，平均皆為男性高於女性；顯示男性對於變換車道時的行駛速率具較大操控幅度，對油門控制情況較具信心，心理狀況認為自己較能掌控駕駛作業；女性對變換車道時的車輛行駛速率則較為緩和。
7. 計算工作困難度對答題時間有顯著影響，受試者在面對困難計算工作時最長為 2.87 (0.72) 秒，而在面對簡單計算工作時最短為 0.98 (0.19) 秒；隨計算工作的難度增加，受試者在回答計算工作時的情況較為遲緩，可推斷受試者在面臨高負荷量的次要作業時，已無法完全掌握次要作業的完成度，而造成反應時間延遲。
8. 性別顯著影響受試者的反應時間，女性較高為 1.99 秒，男性較低為 1.7 秒；女性對操控車輛本較為緩和，而在附加計算工作後，不僅造成主作業績效降低，亦導致完成次要作業的時間拉長，顯示女性在同時處理主次作業時顯得較為吃力。
9. 計算工作困難度顯著影響答題正確率，簡單計算工作下最高為 0.91，困難計算工作下最低為 0.65，計算工作難度與答題正確率呈反向關係；結果顯示受試者在面對難計算工作時答題率驟降，推測原因為駕駛者必須兼顧駕駛工作，無法完成高負荷量的次要作業，故答題時不僅支吾遲緩，甚至有放棄思考運算的現象，將主要目標放在駕駛工作上，以維持操控車輛的安全性。

6.2 建議

1. 本研究為降低實驗之風險，採行於封閉場中進行駕駛實驗，已排除所有真實路況上的外部影響；一般駕駛者在進行駕駛工作時所必須面臨如注意對向來車、看後視鏡換車道、注意鄰車狀況、維持與前車距離、環視道路上任何可能狀況等，在本實驗研究中均不存在，情境與真實道路駕駛有相當之落差；建議未來研究若經費允許，進一步徵求受試者自願在自用小客車內裝設攝影機或量測器材，以追蹤式觀察其駕駛行為，預期量測數據與參考依據會更為客觀。
2. 因排除一般道路駕駛情況，再加上實驗前予以說明整個實驗流程，使得受試者在進行換道動作時對實驗過程存有預期心態，造成實驗數據蒐集的客觀性受影響；再者，實驗前均告之受試者必須在精神狀況良好的情況下進行駕駛實驗，然此情況又與一般駕駛者平時駕車時的精神狀況有出入，實驗結果顯示計算工作難度增加時，車速與變換車道時產生的側向加速度均降低，從數據來看似乎對駕駛安全有正面效益，但實驗過程是以駕駛者精神狀況良好的基礎下進行，若假設駕駛者精神狀態不佳的情況下，在一般道路上開車並使用手機，則發生事故的機率將大增；故建議未來研究若能隨機取樣駕駛者的精神狀況，預期會有不同的實驗結果。
3. 本研究受限於研究經費，在駕駛者生理變數方面未能做到較為客觀的參考數據。未來相關實驗研究可採納動態量測，以心電圖機全程量測駕駛過程，如此才能真正獲得駕駛者在面臨任何情況時的心生理反應。

4. 因量測器材受限，本研究考慮的變數較少，未來研究建議可納入駕駛者油門踩踏深度、駕駛者腦波反應、眼球環視頻率、駕駛者對方向盤的握力等，若能納入較多變數，預期對駕駛者面臨各種分心情況時會有較全面的考量。
5. 本研究雖模擬免持接的方式作為駕駛者的分心情況，但設計之計算工作實與一般通話內容大不同，實際情況的通話內容應會影響到駕駛者的心理層面，造成認知上的負荷。建議未來若仍以模擬手機通話方式進行實驗研究，則必須重新設計其通話內容，以商務內容或一般日常談話作為考量，較為貼近一般通話內容。



參考文獻

中文部分：

1. 交通部運輸研究所，『第十八期台灣地區易肇事路段改善計畫』，中華民國 90 年。
2. 林肇光、吳宗修，「駕駛人使用行動電話對行車安全影響之研究」，交通部運輸研究所，民國 88.9。
3. 吳俊良，「地名方向指示標誌資訊對駕駛人判斷反應影響之研究」，國立清華大學工業工程研究所，民國 84.6。
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，民國 91.6。
5. 劉仲祥，「停車作業工作負荷量測及聽音樂對駕駛之影響」，運輸計畫季刊，第三十二卷，第四期，頁 801~頁 822，民國 92.10。

英文部分：

6. Alm, Hakan; Lena Nilsson, "The effects of a mobile telephone task on driver behavior in a car following situation.", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 27, No. 5, pp. 707-715, 1995.
7. Alm, Hakan; Nilsson, Lena, "Changes in Driver Behavior as a Function of Handsfree Mobile Phones-A Simulator Study", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 26, No. 4, pp. 441-451, 1994. Wisconsin DOT, "Driver Distraction summary", Wisconsin Department of Transportation Traffic/Public Safety Study.
8. Alm, H.; Nilsson, L., Changes in driver behavior as a function of hands-free mobile phone, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 26, pp. 441-451, 1994.
9. Ameritech and Ohio State Highway Patrol, "To Launch safe Driving Program", Ohio State Government report, 1998.
10. Brookhuis, K.A. et al., Measuring driving performance by car-following in traffic, *Ergonomics*, Vol. 37, pp. 427-434 (1994).
11. Cooper, Peter J.; Zheng, Yvonne; Richard, Christian; Vavrik, John; Heinrichs, Brad; Siegmund, Gunter (2003), The impact of hands-free message reception/response on driving task performance, Insurance Corporation of British Columbia, MacInnis Engineering Associations Ltd.
12. "Effects of Cellular Telephone Use on Driver Behavior," Department of California Highway Patrol Office of Research and Planning, September 1997.

13. Fairclough, S. H.; Ashby, M. C.; Ross, T.; Parkes, A.M. "effects of handsfree telephone use on driving behavior." In proceeding of The ISATAS International Symposium on Automotive Technology and Automation, Florence, Italy. HUSAT Research Institute, January 1991.
14. Harbluk, Joanne L.; Noy, Y. Ian, The Impact of Cognitive Distraction on Driver Visual Behavior and Vehicle Control, February 2002.
15. Henderson, R.L., (Ed.), Driver Performance Data Book, National Highway Traffic Safety Administration (1987).
16. Lachman, R. et al., Cognitive Psychology and Information Processing—An Introduction, Lawrence Erlbaum Associates, Inc, (1997).
17. McKnight, J.A.; McKnight, S.A. "The effect of cellular phone use upon driver attention." *Accid. Anal. Prev.* 25:259-265, 1993.
18. Mutoh, Miki, " The Problem of using cellular phones while driving", National Research Institute of Police Science Study Report, 1996.
19. Nilsson, L.; Alm, H., "Effect of mobile telephone use on elderly drivers behavior including comparisons to younger drivers behavior." Drive Project V1017, Report NO. 53., Linkoping, Sweden; Swedish Road and Traffic Research Institute, March 1991.
20. Petica, Stein, "Safety Implications of In-Vehicle Devices, Risk Assessment of In-Car Radiotelephone Use." Proceedings, "Steps Forwards", Vol.4, The Second World Congress on Intelligent Transport Systems, 95 YOKOHAMA, November 9-11, 1995, Edited by VERTIS.
21. Redelmeier, Donald A, Tibshirani, Robert J., "Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collision.", *New England Journal of Medicine.*, v. 336, Feb. 13, 1997, pp. 453-83 Related material: Discussion. v. 337, pp. 127, 1997.
22. Rothengatter, Talib; Vaya, Enrique CarBonell, "Subjective Evaluation of the Mental Workload In The Driving Context", *Traffic and Transport Psychology*, Chap. 18, Pergamon.
23. Stein, A.C.; Parseghain, Z.; Allen, R. "A Stimulator study of safety implications of cellular mobile phone use." In 31st Annual Proceedings of the American Association for Automotive Medicine. Des Plains, IL: American Association for Automotive Medicine; 1987, 181-200.
24. Stutts , Jane C.; Reinfurt, Donald W.; Staplin, Loren; Rodgman, Eric A., University of North Carolina Highway Safety Research Center (May 2001), the role of driver distraction

in traffic crashes. 3-8.

25. Traffic Bureau, National Policy Agency, Statistics 1997 Road Accidents in Japan, Inc. Assoc. Traffic Safety Sci. (1998).
26. Uno, Hiroshi; Hiramatsu, Kaneo (1999), Effects of auditory on driving behavior during lane change course negotiation: estimation of spare mental capacity as an index of attention distraction, Transportation Research Division, Japan Automobile Research Institute.
27. Violanti, John M.; James R. Marshall, "Cellular phone and traffic accidents: An epidemiological approach." *Accid. Anal. And Prev.*, Vol. 28. No. 2. pp. 265-270, 1996.
28. WASHINGTON, May 8 2001(BUSINESS WIRE), AAA Ohhers 10-Point Action Plan to Combat Distracted Driving, A new study on distracted driving funded by the AAA foundation for Traffic Safety.
29. Wickens, C. D. (1984). *Engineering psychology and human performance*. Columbus, OH: Merrill.
30. Wierwill, W.W. et al., Strategic use of visual resources by the driver while navigating with an in-car navigation display system, SAE Paper 885180 (1998).
31. Wortham, Sarah, " Are cell phones dangerous?", *Traffic Safety*, v. 97, Jan./Feb., 1997, pp. 14-17.
32. Zwahlen, H.T.; Debald, D.P., Safety aspects of sophisticated in-vehicle information display and controls, Proc. Human Factors Society 30th Annual Meeting, pp. 256-260 (1996).
33. Zwahlen, H.T., Safety aspects of car tough panel controls in automobiles, *Vision Vehicle 2*, pp. 335-344 (1988).