94-11-3270
MOTC-IOT-93-SDB005

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)

交通部運輸研究所
國立中央大學
合作辦理

中華民國九十四年三月

94-11-3270
MOTC-IOT-93-SDB005

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)

著者：黃俊仁、董基良、馮君平、林志勇、魏健宏、何志宏、
陳菀蕙、林豐福、張開國、張仲杰

交通部運輸研究所
國立中央大學
合作辦理

中華民國九十四年三月

國家圖書館出版品預行編目資料

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) / 黃俊仁等著. -- 初
版.-- 臺北市：交通部運研所, 民 94
面; 公分
參考書目：面
ISBN 986-00-0569-9(平裝)

1. 汽車駕駛 - 模擬方法 2. 交通與運輸管理

447.17 94003794

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)
著　　者：黃俊仁、董基良、馮君平、林志勇、魏健宏、何志宏、陳菀蕙、林豐福、張開國、張仲杰
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：台北市敦化北路 240 號
網　　址：www.iot.gov.tw/中文版/圖書服務/本所出版品
電　　話：(02)23496789
出版年月：中華民國九十四年三月
印 刷 者：萬達打字印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 200 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定　　價：200 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880
三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓・電話：(02)23617511
三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓・電話：(02)25006600
國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1・電話：(02)25787542
五南文化廣場：台中市中山路 6 號・電話：(04)22260330
新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號・電話：(04)7252792
青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓・電話：(07)3324910

GPN：1009400581
ISBN：986-00-0569-9(平裝)

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：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)</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 986-00-0569-9（平裝）</td><td>政府出版品統一編號
1009400581</td><td>運輸研究所出版品編號
94-11-3270</td><td>計畫編號
93-SDB005</td></tr>
<tr><td colspan="2">本所主辦單位：本所運輸安全組
主管：林豐福
計畫主持人：林豐福
研究人員：張開國、張仲杰
聯絡電話：02-23496858
傳真號碼：02-25450429</td><td colspan="2">合作研究單位：國立中央大學
計畫主持人：黃俊仁
研究人員：董基良、馮君平、林志勇、魏健宏、何志宏、陳菀蕙
地址：桃園縣中壢市中大路 300 號
聯絡電話：03-4228550</td><td>研究期間
自 93 年 3 月
至
93 年 11 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：駕駛模擬器；智慧型運輸系統；駕駛工作負荷</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
隨著機動車輛的快速成長，交通狀況變得十分複雜，許多國家正積極發展智慧型運輸系統(ITS)，期以電腦與通訊等尖端科技改善現有運輸問題。由於駕駛模擬器具有駕駛實驗安全、成本較低與實驗項目較易掌控等特性，是探討人、車、路、環境與 ITS 設施關係之最佳工具。本研究應用本所之駕駛模擬器，參考交控設施、光線、天候、視距、車道寬、ATIS、EPS 與 AVCSS 等研究課題，建立駕駛安全與駕駛工作負荷評估系統，並檢討目前駕駛模擬器軟硬體之需求與擴充性。此外，本研究亦依據該評估系統，建立 ITS、車上與交通設施對駕駛行為反應影響之評估次系統，且以數個應用課題執行此評估次系統評估程序，並建立駕駛行為反應資料庫以及進行相關統計資料分析。</td></tr>
</table>

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
94 年 3 月	226	200 元	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：

☐限閱 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密

（解密【限】條件：☐　年　月　日解密，☐公布後解密，☐附錄抽存後解密，☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密）

☑普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Planning and Design of the Software and Hardware of a Driving Simulator Applied to the Development of an ITS Experimental Platform (1/4)

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 986-00-0569-9(PBK.)	1009400581	94-11-3270	93-SDB005

DIVISION: Safety Division
DIVISION DIRECTOR: Lin, Fong-Fu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lin, Fong-Fu
PROJECT STAFF: Chang, Kai-kuo; Chang, Chung-Chieh
PHONE: 886-2-23496858
FAX: 886-2-25450429

PROJECT PERIOD FROM March 2004 TO November 2004

RESEARCH AGENCY: National Central University
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Hwang, Jiun-Ren
PROJECT STAFF: Doong, Ji-Liang; Fung, Chin-Ping ; Lin, Chih-Yung; Wei, Chien-Hung; Ho, Chi-Hong; Chen, Wan-Hui
ADDRESS: 300 Jung-Da Rd., Jung-Li 32054, Taiwan, R.O.C
PHONE: 886-3-4220575

KEY WORDS: driving simulator；Intelligent Transportation Systems；driving workload

ABSTRACT:

The number of motor vehicles has been growing rapidly in Taiwan, and traffic conditions have become more complex than before. The development of intelligent transportation systems (ITS) using high technology of computers and communications to enhance traveler safety and efficiency is proliferating worldwide. Compared to the testing of vehicles on the road, driving simulators (DS) have many advantages. They are safer, less cost, and allow for the control and replication of experiment situations. Hence, a DS is a useful and economical tool commonly employed to explore driver behaviors in relation to ITS technologies and to different driver, vehicle, road, and environmental situations. One of the major purposes of this study is to apply the DS developed by the Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications (IOT-DS) to establish a driver safety and workload evaluation system with respect to traffic control devices, lighting conditions, weather conditions, driver sight distance, lane width, advanced traveler information systems, electronic payment systems, and advanced vehicle control and safety systems. In addition, this study evaluates the existing IOT-DS to determine research requirements and possible expansion of the IOT-DS software and hardware. Furthermore, after establishing a driver safety and workload evaluation system, this study creates three sub-systems based on the evaluation system to assess driver safety and workload in applying ITS, in-vehicle and traffic control devices, respectively. From the results of the DS experiments for these three sub-systems, this study assesses and tests the procedures and contents of the evaluation system. This study also builds a driver behavioral database from numerous DS experiments, and performs statistical data analysis using the database.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
March 2005	226	200	☐SECRET ☐CONFIDENTIAL ☑UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目錄

第一章　緒論.....1
1.1　研究背景與研究目的.....1
1.2　研究內容與研究流程.....3
第二章　文獻回顧.....7
2.1　駕駛模擬器系統驗證.....7
2.2　駕駛過程之人車路系統反應.....9
2.2.1 感知與判斷.....10
2.2.2 反應時間.....10
2.2.3 反應時間影響因素.....13
2.3　駕駛工作分析.....19
2.3.1 駕駛主要工作量測.....19
2.3.2 次要作業及其他量測項目.....24
2.4　駕駛績效及安全之評估與分析.....30
2.5　ITS 與其他研究課題.....31
2.5.1 ITS 相關課題.....31
2.5.2 交控設施.....40
2.6　小結.....41
第三章 駕駛分心與工作負荷評估.....43
3.1　駕駛分心與工作負荷評估流程.....43
3.1.1 駕駛分心與工作負荷評估流程與架構.....43
3.1.2 次要作業類別.....46
3.2　視覺負荷評量與系統設計原則.....47
3.2.1 視覺負荷評量.....47
3.2.2 視覺聽覺手動之系統設計原則.....49
3.2.3 人機介面系統設計原則.....50
第四章　駕駛績效與安全評估.....55
4.1　駕駛績效與安全評估流程.....55
4.2　駕駛績效評估.....58
4.2.1 駕駛績效評估方式之建立.....59
4.2.2 駕駛績效評估方法.....64
4.3　駕駛績效資料庫的建立.....65
4.3.1 駕駛模擬器基本場景之建立.....66
4.3.1.1 車輛特性.....66
4.3.1.2 道路環境.....67
4.3.1.3 環境.....68
4.3.1.4 駕駛模擬器基本場景內容.....69

4.3.2 駕駛績效量測項目與資料擷取.....70
4.3.3 駕駛績效與安全評估資料庫範例.....72
4.4 駕駛安全評估.....77
4.4.1 國際組織標準與規範.....77
4.4.2 文獻具體評估項目.....79
4.4.3 駕駛模擬器之安全門檻參考值.....83
4.5 駕駛績效評估、安全評估與危險駕駛行為.....84
第五章 駕駛模擬器實驗平台規劃.....89
5.1 駕駛模擬系統之硬體平台.....89
5.1.1 模擬器性能提升之規劃.....89
5.1.2 現有駕駛模擬器硬體平台設備與功能.....92
5.1.3 駕駛分心與工作負荷硬體平台與評估項目.....93
5.1.3.1 IOT-PDT.....94
5.1.3.2 IOT 眼睛追蹤器(Eye Tracking).....95
5.1.3.3 IOT 生理量測設備（Biofeedback）.....97
5.1.3.4 主觀評量 NASA-TLX 問卷.....99
5.2 駕駛模擬系統之軟體平台.....102
5.2.1 IOT 駕駛模擬器的情境場景清單.....102
5.2.2 IOT 駕駛模擬器系統可量測項目.....108
5.3 資料擷取及分析平台.....108
5.4 駕駛模擬器系統之評估與驗證.....112
5.4.1 駕駛模擬器系統之評估.....112
5.4.2 駕駛模擬系統之驗證.....121
5.5 駕駛模擬器應用規劃.....127
5.5.1 交通事故資料分析.....127
5.5.2 駕駛模擬器應用研究課題.....131
5.6 後續工作規劃.....134
第六章 駕駛模擬器實驗平台之應用.....137
6.1 變換車道可接受間距評估.....137
6.2 路口違規防撞警示系統.....142
6.3 速限標誌尺寸對駕駛行為之影響.....147
第七章 結論與未來研究建議.....157
7.1 結論.....157
7.2 未來研究建議.....158
參考文獻.....161
附錄一：工作會議記錄.....171
附錄二：專家訪談記錄.....173
附錄三：期中報告審查意見回覆.....177

附錄四：期末報告審查意見回覆.....183
附錄五：簡報資料.....191

圖目錄

圖 1-1　研究流程圖 5
圖 2-1　人車系統反應的時間軸 12
圖 2-2　交通標誌資訊量計算範例 14
圖 2-3　不同年齡層對英文字體大小之反應時間 15
圖 2-4　不同年齡層對性別之反應時間 15
圖 2-5　HUD 水平位置示意圖 16
圖 2-6　不同年齡層對 HUD 水平位置之反應時間 16
圖 2-7　不同年齡層對按鍵型式之平均按鍵時間 16
圖 2-8　不同年齡層對曲率半徑之視覺需求 17
圖 2-9　防撞警示資訊符號之問卷問題 33
圖 2-10　最高理解力之前向防撞警示符號 33
圖 2-11　最高理解力之側向防撞警示符號 34
圖 2-12　最高理解力之車道偏離警示符號 34
圖 2-13　車輛通訊時點與距離示意圖 40
圖 3-1　駕駛工作負荷與分心評估系統示意圖 45
圖 3-2　駕駛工作負荷和分心對駕駛績效影響評估示意圖 46
圖 4-1　人車系統反應與駕駛績效和安全評估關聯圖 56
圖 4-2　IOT 駕駛模擬器之駕駛績效與安全評估流程圖 58
圖 4-3　駕駛績效評估方法之建立過程 60
圖 4-4　時間間距示意圖 77
圖 4-5　駕駛視覺行為 78
圖 4-6　駕駛視覺目標區域停留時間及變換目標的過渡時間 78
圖 4-7　視覺變換不同定點的過渡時間 79
圖 4-8　視覺分心的時間 79
圖 4-9　碰撞警示系統流程 80
圖 4-10　兩車 TTC 與 TTA 關係 81
圖 5-1　駕駛反應之軟硬體平台及量測設備 93
圖 5-2　PDT 設備圖 94
圖 5-3　DS 實驗 PDT 模擬 95
圖 5-4　實驗 PDT 設備 95
圖 5-5　IOT 眼睛追蹤軟體畫面－設定樣板 96
圖 5-6　IOT 眼睛追蹤軟體畫面－分析結果 96
圖 5-7　視線偏移時間 97
圖 5-8　J&J Engineering 公司的 I-330-C2 98
圖 5-9　生理監測電極 98
圖 5-10　生理監測軟體操作流程 99

圖 5-11　擷取資料及資料輸出項目 111
圖 5-12　油門與煞車踏板力回饋測試 124
圖 5-13　油門踏板深度－受力比較 124
圖 5-14　煞車踏板深度－受力比較 125
圖 5-15　方向盤啟動力測試 126
圖 6-1　變換車道模擬情境示意圖（一） 139
圖 6-2　變換車道模擬情境示意圖（二） 139
圖 6-3　變換車道模擬示意圖（三） 140
圖 6-4　車內 LCD 顯示器擺設位置示意圖 143
圖 6-5　車內 HUD 顯示器投影位置 143
圖 6-6　問題顯示型態與警示訊息交互影響關係圖 146
圖 6-7　實驗課題示意圖 149
圖 6-8　實驗路線設計示意圖 151

表目錄

表 1.1　本所駕駛模擬器歷年發展彙整表.....2
表 2.1　系統驗證項目彙整表.....9
表 2.2　感知反應時間與煞車反應時間之實驗結果彙整表.....13
表 2.3　交通標誌類別與單位資訊量表.....14
表 2.4　不同年齡層之感知反應時間.....17
表 2.5　不同道路幾何型態之感知反應時間（秒）.....18
表 2.6　主要作業量測項目彙整表.....23
表 2.7　工作負荷量測項目彙整表.....29
表 2.8　防撞警示訊息及巡航控制之資訊顯示方式彙整.....35
表 2.9　不同年齡層街道地址輸入完成時間.....37
表 2.10　ATIS 資訊彙整表.....38
表 2.11　提供資訊的各種方式之使用情況.....39
表 3.1　評估系統設計優劣之計算公式及判斷準則.....48
表 3.2　中斷視覺方法之工作完成時間計算範例.....48
表 3.3　各廠牌最新車輛裝配之 LCD 角度.....49
表 3.4　車內資訊優先順序判斷因素.....52
表 3.5　車內資訊優先權指標排序表.....53
表 4.1　Matrix1：事故類型與事故結果關係矩陣.....61
表 4.2　Matrix2：事故類型與操控行為關係矩陣.....62
表 4.3　Matrix3：操控行為與駕駛績效關係矩陣.....64
表 4.4　高速公路服務水準等級之劃分標準.....66
表 4.5　多車道郊區公路服務水準等級之劃分標準.....67
表 4.6　基本場景考慮之車、路、環境內容.....69
表 4.7　模擬場景考慮之變數項目.....70
表 4.8　量測項目與駕駛績效關係矩陣.....71
表 4.9　駕駛績效與安全評估資料庫(通用研究類資料表).....74
表 4.10　駕駛績效與安全評估資料庫(特殊研究類資料表).....76
表 4.11　美國針對危險駕駛行為相關研究之結果彙整表.....86
表 4.12　NHTSA 危險駕駛問卷.....87
表 5.1　DS 系統訊號擷取與控制的規格.....90
表 5.2　模擬器系統儀表板與排檔訊號整理表.....91
表 5.3　93 年與未來改善項目內容.....92
表 5.4　NASA-TLX 主觀評量問卷範例.....101
表 5.5　NASA-TLX 主觀評量問卷範例計算結果.....102
表 5.6　IOT 駕駛模擬器之情境場景清單規劃.....104
表 5.7　IOT 現有駕駛模擬器情境場景資料庫.....107

表 5.8　IOT 駕駛模擬器相關設備量測項目及編號對照表.....108
表 5.9　FMCSA 評估項目及評估因子.....113
表 5.10　IOT 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果.....114
表 5.11　駕駛模擬器驗證規劃項目及進行情形.....121
表 5.12(a)　油門踏板深度－受力實驗表.....123
表 5.12(b)　煞車踏板深度－受力實驗表.....123
表 5.13　方向盤轉動圈數－啟動力實驗表.....125
表 5.14　民國 86 年至 90 年 A1 與 A2 事故之肇事原因排序表.....128
表 5.15　肇事原因特性分類表.....129
表 5.16　事故類型之次數統計表.....130
表 5.17　美國各種事故類型之分心肇因的比例.....131
表 6.1　變換車道可接受間距之主要實驗場景內容.....138
表 6.2　變換車道可接受間距之硬體設備.....138
表 6.3　變換車道可接受間距之駕駛行為資料庫與安全績效評估值(通用研究類) 141
表 6.4　變換車道和發生事故之統計量.....141
表 6.5　路口違規防撞警示系統研究之硬體設備.....142
表 6.6　路口違規防撞警示系統研究之主要實驗場景內容.....144
表 6.7　駕駛之感知反應時間之變異數分析表.....145
表 6.8　駕駛之感知反應時間 ANOVA 模式參數表.....146
表 6.9　LCD 顯示器擺放位置對駕駛視線偏移比較.....147
表 6.10　速限標誌尺寸對駕駛行為之駕駛評估項目與硬體設備.....147
表 6.11　速限標誌尺寸對駕駛行為之實驗場景.....148
表 6.12　速限標誌尺寸對駕駛行為之駕駛績效與安全評估資料庫.....148
表 6.13　實驗組合設計構想.....150
表 6.14　實驗組 A1 與 A2 之比較.....152
表 6.15　實驗組 A1 與 A3 之比較.....152
表 6.16　實驗組 A1 與 A5 之比較.....152
表 6.17　實驗組 A2 與 A4 之比較.....153
表 6.18　實驗組 A2 與 A6 之比較.....153
表 6.19　實驗組 A3 與 A4 之比較.....154
表 6.20　實驗組 A5 與 A6 之比較.....154
表 6.21　實驗組 A3 與 A5 之比較.....155
表 6.22　實驗組 A4 與 A6 之比較.....155
表 6.23　各實驗間之統計分析結果.....156

第一章　緒論

1.1　研究背景與研究目的

台灣機動車輛成長快速，道路交通狀況擁擠、混亂與複雜，台灣也如同先進國家一樣積極發展智慧型運輸系統（Intelligent Transportation Systems, ITS），期以電腦與通訊等尖端科技，提昇傳統車輛、道路、交通環境以及運輸營運等功能，以改善現有之運輸問題。目前交通部已將發展智慧型運輸系統，列為積極推動的重要政策之一，交通部之台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫[1]中明確揭示，發展 ITS 的運輸目標包括安全、環保、效率與經濟等四大目標，『安全』是 ITS 發展的重要目標之一。

運輸安全研究中，有關駕駛人之駕駛特性與駕駛行為之研究，駕駛模擬器是一個非常好的研究工具。運用駕駛模擬器不但可以降低成本、增加實驗項目、保證實驗的重現性，更可利用虛擬實境的電腦技術來模擬各種危險情境以補實車試驗之不足。透過駕駛模擬器及相關設備(如生理量測設備)所收集之人、車、路與環境互動影響的駕駛行為反應資料庫，即可針對國內各種不同交通環境的安全問題進行深入探討分析。

駕駛模擬器除了能夠從傳統的道路交通安全的角度，來協助探討駕駛人與車輛、道路及週遭環境之間的相互關係安全問題及其改善方法以外，更能夠協助發展智慧型運輸系統及相關技術，從產品之設計、製造到實際的道路使用等一連串過程中所需要進行的實驗與測試等工作。

自民國八十六年，本所即開始對國內自製駕駛模擬器進行相關之研究，其發展可分為以下四個階段(如表 1.1 所示)：

1. 階段一（民國 86 至 87 年）[2]：駕駛模擬器的軟硬體規劃為主，並以桌上型駕駛模擬器作初步試驗。
2. 階段二（民國 87 至 91 年）[3-5]：分三年度逐步建置六軸運動平台及三螢幕的駕駛模擬器，並進行系統整合測試。期間軟體開發工具，隨著 PC 與軟體功能的改善，該階段是以微軟 Visual C++與跨平台的 VRML 為主軸。
3. 階段三（民國 91 至 93 年）[6-7]：分二年度，先進行 ITS 的應用規劃，其後將駕駛模擬器搬遷回本所做空間整體之規劃與建置，並進行視覺校正及反應時間為主題之相關研究。
4. 階段四（民國 93 年迄今）[8]：民國 93 年度起駕駛模擬器進入階段四，且於九十三年度至九十六年度辦理「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」，該計畫的主要目的是建置 ITS 實驗平台、建立場景資料庫以及建立與運輸安全相關研究課題之駕駛行為反應資料庫，以配合交通部發展智慧型運輸系統的政策為主，將本所駕駛模擬器應用於廣泛的實務研究上。

表 1.1　本所駕駛模擬器歷年發展彙整表

階段別	階段一 (86/8~87/5)	階段二 (87/12~91/2)	階段三 (91/2~92/12)	階段四 (93/1~迄今)
主要內容	軟硬體整體規劃	建置六軸運動平臺、真實座艙、三螢幕視覺及場景軟體的系統整合能力	ITS 應用規劃	建置 ITS 實驗平台、建立場景資料庫與運輸安全相關研究課題之駕駛行為反應資料庫
視覺系統	單螢幕 (17 吋)	三螢幕 (150 吋)	三螢幕 (150 吋)	無縫三螢幕及整體空間設計(136 吋)
運動平臺	固定式	六軸運動平臺	六軸運動平臺	六軸運動平臺增加 Washout 功能
平臺控制程式	LabVIEW	8051、VC++	8051、VC++	模組化、NI 卡、VB、LabView
駕駛艙	中華 Lancer	喜美 K6	喜美 K6	改善方向盤、油門及剎車力回饋功能
後照鏡	無	有(一個軟體模擬)	有(一個軟體模擬)	有(三個後視鏡軟體)
LVDS 程式撰寫	LabVIEW	LabVIEW	Visual C++	改成模組化，依實驗需求有選項輸出
場景開發工具	Superscape	Superscape	3DS、VC++、VRML	3DS、VB、EON
模擬路線與實驗	北二高部份路段	台南中華東路永康橋、類 8 字及 O 形路段	類田字形路段、趣味性學習場景(I)、彎道駕駛行為、跟車行為	ARTC 路面模擬、93 趣味性場景(II)、變換車道可接受間距、車內資訊系統介面與路口防撞警示系統、速限標誌尺寸

本所駕駛模擬器近年之發展包括已於八十九年度與九十年度分別辦理「駕駛模擬器建置與應用之規劃研究」與「駕駛模擬器視覺系統規劃與設計之研究」，開發出一個六軸動態平台之駕駛模擬器雛型，並增強其視覺模擬效果；九十一年度辦理「駕駛模擬器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」，並完成駕駛模擬器短中長期之應用發展時程規劃；九十二年度辦理「汽車駕駛模擬系統軟硬體之擴充與測試駕駛行為實例應用之研究」，並將駕駛模擬器之空間作整體之規劃與建置。目前本所駕駛模擬器已具備了初步的功能，九十三年度至九十六年度辦理「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」，以開發智慧型運輸系統實驗平臺為主，並配合交通部智

慧型運輸系統相關政策，將本所駕駛模擬器應用於智慧型運輸系統的實務研究上，本研究為此四年期計畫的第一年期計畫，本年度工作重點為：

1. 建立駕駛安全評估系統、駕駛工作負荷評估系統以及 ITS 應用之評估程序為主要工作範圍。
2. 以小汽車為探討對象，應用駕駛模擬器開發智慧型運輸系統實驗平臺，以進行與小汽車駕駛反應行為有關之駕駛模擬實驗研究。

本研究的主要研究目的包括：

1. 參考國際與駕駛安全及駕駛工作負荷評估之相關研究，探討其評估原理與安全相關的評估因子，並考慮國內狀況建立本土的駕駛安全及駕駛工作負荷評估系統，該評估系統內容包含評估項目、實驗程序與流程、評估準則、探討之影響因素或參數等，提供研究者於進行駕駛模擬實驗規劃之參考，以應用本所駕駛模擬器進行實驗，並建立駕駛行為反應資料庫。
2. 持續擴充本所駕駛模擬器之軟硬體設備，以增加駕駛安全、分心與工作負荷的量測與評量分析能力。
3. 進行駕駛模擬器之實務課題研究，包括變換車道可接受間距、路口違規防撞警示系統，以及速限標誌尺寸對駕駛行為之影響等應用研究，以展現駕駛模擬器應用於實務課題之駕駛行為分析的功能。

1.2 研究內容與研究流程

本研究之主要研究內容為建立駕駛安全與駕駛工作負荷之評估系統，並應用本所駕駛模擬器來開發智慧型運輸系統實驗平臺之軟硬體規劃設計，93 年度研究之主要工作項目包括：

1. 蒐集國內外有關評估駕駛安全與駕駛工作負荷之相關文獻，以規劃設計駕駛安全與駕駛工作負荷之評估系統，此外，本研究根據警政署交通事故資料庫進行事故資料分析，了解國人事故特性，並據以了解駕駛安全改善重點及進行評估系統相關內容之規劃與設計。
2. 依據駕駛安全與駕駛工作負荷評估系統之需求，檢討目前建置之駕駛模擬器軟體技術與硬體設備之需求與擴充性並加以更新。
3. 依據規劃設計之駕駛安全與駕駛工作負荷評估系統，針對變換車道可接受間距、路口違規防撞警示系統，以及速限標誌尺寸對駕駛行為之影響等研究課題，建立駕駛安全與駕駛工作負荷之評估次系統，其主要內容包括實驗進行所需之軟硬體實驗平台以及駕駛行為資料庫之建立等。
4. 依據交通工程設施與 ITS 之防撞系統研究課題的評估次系統規劃，進行駕駛模擬實驗，並蒐集駕駛行為資料，以進行駕駛模擬實驗資料之統計分析。
5. 人員進駐與辦理駕駛模擬系統之軟體與硬體維護作業。

本研究之研究流程如圖 1-1 所示，包括以下步驟：

1. 確定本研究之研究目的與研究範圍。
2. 進行文獻蒐集與評析：蒐集國內外與駕駛績效與安全以及駕駛工作負荷評估的相關文獻，並進行評析。

3. 建立駕駛安全與駕駛工作負荷評估系統規劃：參考國際與駕駛安全及駕駛工作負荷評估之相關研究，並考慮國內情況，以建立本土的駕駛安全及駕駛工作負荷評估系統。
4. 進行國內事故資料分析：分析國內事故資料以進行評估系統相關內容之規劃與設計，除了可了解駕駛安全之改善和評估的重點，並可據以進行應用研究規劃。
5. 評估與擴充駕駛模擬系統，並進行駕駛模擬系統驗證：依據駕駛安全與駕駛工作負荷評估系統之需求，評估與擴充駕駛模擬器軟硬體設備，並進行駕駛模擬系統驗證。
6. 進行專家訪談：針對本研究規劃之駕駛安全與駕駛工作負荷評估系統與應用研究課題，與人因、交通管理與醫學等領域的專家進行訪談。
7. 進行變換車道可接受間距、路口違規防撞警示系統，以及速限標誌尺寸對駕駛行為之影響的實驗規劃與設計：依據本研究規劃設計之駕駛安全與駕駛工作負荷評估系統，建立評估次系統，並進行此三應用課題之實驗規劃與實驗設計。
8. 進行變換車道可接受間距、路口違規防撞警示系統，以及速限標誌尺寸對駕駛行為之影響的駕駛模擬實驗。
9. 建立變換車道可接受間距、路口違規防撞警示系統，以及速限標誌尺寸對駕駛行為之影響的駕駛行為反應資料庫，並進行資料分析。
10. 結論與建議。

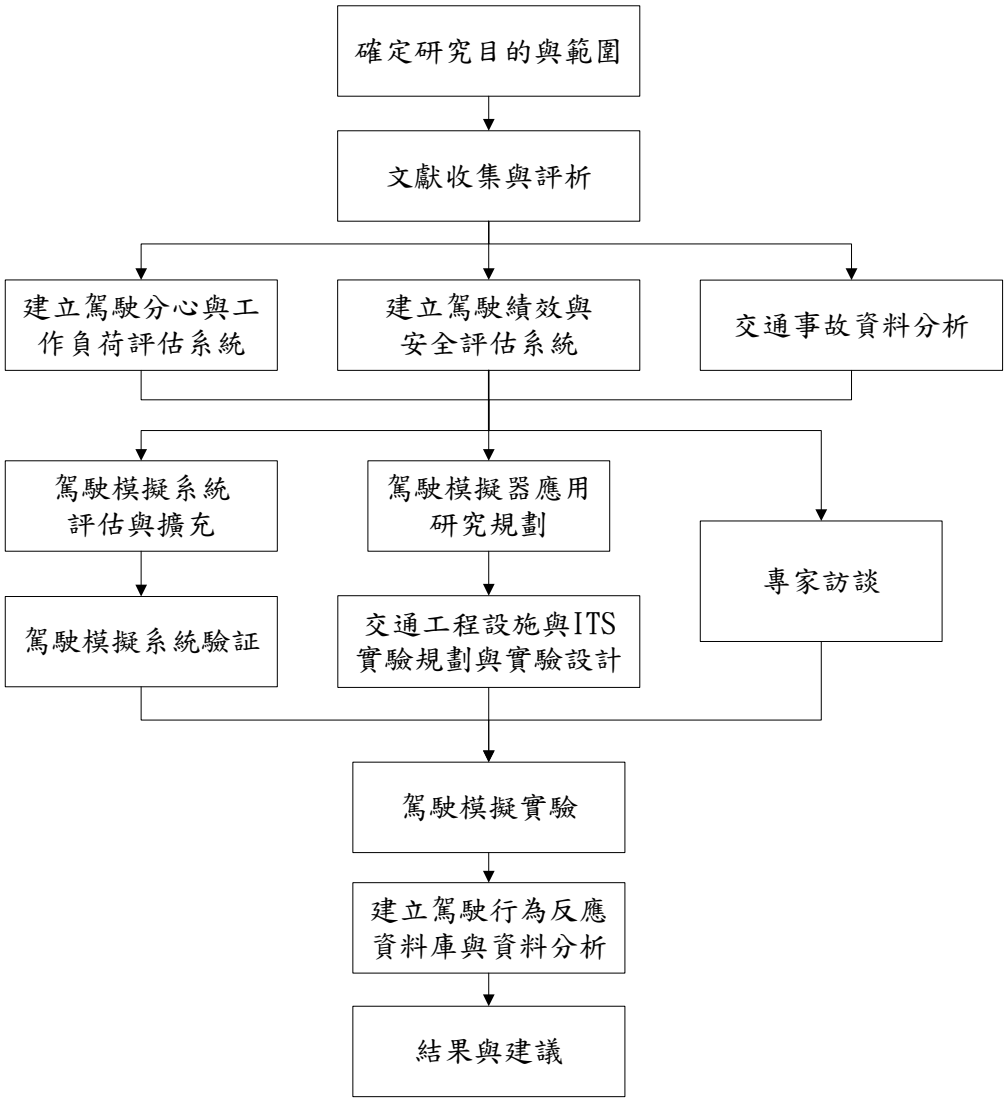

確定研究目的與範圍
文獻收集與評析
建立駕駛分心與工作負荷評估系統
建立駕駛績效與安全評估系統
交通事故資料分析
駕駛模擬系統評估與擴充
駕駛模擬器應用研究規劃
專家訪談
駕駛模擬系統驗証
交通工程設施與ITS實驗規劃與實驗設計
駕駛模擬實驗
建立駕駛行為反應資料庫與資料分析
結果與建議

圖 1-1　研究流程圖

第二章　文獻回顧

2.1　駕駛模擬器系統驗證

本所[7]進行虛擬場景之尺寸校正，並以速限標誌及警告標誌進行虛擬場景之辨識實驗。藉由比對虛擬場景與真實道路下之辨識距離，提出在虛擬場景中之修正公式。並完成運動平台反應及監控系統效能評估、虛擬場景之運算效能評估、駕駛座艙之控制與實車驗證、標誌辨識度實驗及煞車警示反應距離實驗等驗證項目。

McGehee [8]針對 Iowa 大學駕駛模擬器(Iowa Driver Simulartor)與實車測試進行比較，其驗證項目包括釋放油門時間、煞車總反應時間、初始轉向時間、側向加速度以及縱向加速度等，該研究結果顯示 IDS 之操作特性與實車結果並無太大差異。

Salaani [9]針對 VRTC(Vehicle Research and Test Center)實車測試與 NADS(National Advanced Driving Simulator)駕駛模擬器之車輛操控及動態的模擬結果進行探討，其驗證項目包括方向盤轉角、油門踩踏百分比、煞車、俯仰(Pitch)角度、翻滾(Roll)角度、車速、輪胎轉動比、側傾加速度、縱向減加速度與車道偏移等。其結果顯示在直線加速及轉彎時約 3~5 秒時加速度呈現穩定狀態。

Nordmark [10]進行 VTI 駕駛模擬器與實車測試之比較，其驗證項目包括方向盤角度、側向加速度、車速以及 Yaw 角速度等，該研究結果顯示，驗證項目之量測結果無太大差異，但 VTI 駕駛模擬器之轉向操作較實車容易。Hakamies-Blomqvist [11]針對 65 歲以上之駕駛人探討駕駛行為，該研究結果發現 VTI 的模擬器對於一個年長的駕駛者而言具有高度吻合。同時，對於過去車禍經驗不多、或是在些微的壓力情況下仍然可以毫無困難的駕駛者而言其吻合度最佳。而老年人在模擬器的平均車速較低，踩煞車次數較多且大多以緊急踩煞車方式。

Riemersma 等人[12]主要是藉由不同減速方法驗證 Daimler-Benz 駕駛模擬器之擬真度，分別行駛於有縱向、橫向(每 5 m)及橫向(每 10 m)三種不同型式減速坡的道路，其驗證項目包括車輛縱向位置、車速、油門踩踏程度以及煞車程度等。該研究結果指出不同的減速方法及駕駛情境(有無時間壓力)有顯著影響，駕駛模擬器車速之變異程度、減速程度與減速的變異數亦大於現實道路駕駛。

Tenkink[13]針對 TNO 駕駛模擬器與實驗車(ICARUS)進行車道寬度及障礙物對於駕駛者之駕駛速率及方向盤操控之影響，其研究結果得知當障礙物的位置愈接近時，側向位置之變異與駕駛速率均呈現降低趨勢，此外駕駛模擬器的駕駛速率及側向位置變異均比真實世界大。

Soma [14]藉由比對駕駛者於駕駛模擬器上之變換車道的行為及駕駛者以實驗車行駛於一測試道路之變換車道的行為，來檢測 JARI 此駕駛模擬器之駕駛績效及物理現象的擬真度。此驗證工作以加速度之改變、方向盤角度、車輛速率、橫向速率及橫向加速度等作為指標，並設計了運動平台開啟和關閉兩種狀態。其結果為，運動平台開啟時，速率較接近真實之道路駕駛(模擬器：76.9 km/h，測試道路：

駛反應的過程包括注意力、視覺搜尋、感知與感知判斷、判斷與判斷時間以及反應能力等所構成。綜合上述研究，可將駕駛者對人、車、路系統之交互作用分成感知與判斷以及反應時間(包括感知反應時間及煞車反應時間)二部分，茲分述如后。

2.2.1 感知與判斷

1.注意力(Attention):

注意力是駕駛人獲取資訊過程的來源，主要是依靠視覺及聽覺，Hills[22]於1980 年之研究中發現，汽車駕駛者所需要的資訊中，約有 90%是依賴視覺方式來獲取，而視覺的反應比聽覺或身體感覺慢。

2.視覺搜尋

眼睛的作動即表示在做視線的搜尋，其中可分為兩種控制機制：(1)外在控制，當周遭為模糊影像時表示注意力不集中，(2)內在控制，對於視野內的資訊會有所預期。因此駕駛注意力與視線範圍是有相關性的。駕駛的視線搜尋行為會隨著駕駛經驗而增加，有經驗的或警覺性高的駕駛者傾向觀看道路遠端，較少觀看封閉的兩邊道路；而新手駕駛會將注意力全部維持在駕駛車輛的道路上。

3.感知與感知判斷

駕駛過程中，腦部與駕駛視線範圍內的感覺刺激有相對應的解釋關係，當刺激有意義的時候，就會有對道路、車輛、標誌、行人有感覺，而不僅是集合不同的顏色的區域。影響視覺感知判斷的因素包括時間、距離及車速等，此外聽覺和身體感覺是駕駛感知的另外二個主要來源。

4.判斷與判斷時間

駕駛者需要時間去解釋感知資料及其意義，判斷的時間會直接影響到煞車行為，影響判斷及判斷時間包括：經驗、刺激-響應的特徵以及是否可預期發生之狀況等，例如當駕駛者在道路右(左)彎時，會自然順(逆)時針轉動方向盤，當遇到綠燈時會有踩油門加速的反應等。

2.2.2 反應時間

當駕駛完成判斷後，透過操縱方向盤、油門及煞車踏板等反應，達到控制車輛的目的，因此反應能力之好壞可藉由反應時間來評估。Stannard [23]曾指出氣候、障礙物、標誌大小、速度及注意力及當時的身體情況(如酒醉及昏睡)皆會影響到駕駛的感知與反應時間。Green [20]探討三種不同的察覺情形：預期發生、非預期發生與驚覺此三者對反應時間之影響。McGee [24]將認知過程與時間詳細

區分成眼睛作動延遲 0.09 秒，定像延遲 0.2 秒，感知延遲 0.5 秒，判斷時間為 0.85 秒與肌肉反應延遲 0.31 秒，再加上煞車反應時間 1.24 秒，這些時間加總後得到響應時間共計 3.19 秒(響應時間是指車輛駕駛者對道路狀況的感知、評估、判斷及反應時間之總和)，此研究結果與 Roberts [25]所提出之響應時間在 2 至 4 秒之間相似。

McGehee [8]利用 Iowa 駕駛模擬器進行探討，以量測煞車反應時間並與實車測試進行比較，其煞車反應時間之定義為開始釋放油門踏板至煞車踏板踩死的時間，該研究結果顯示使用駕駛模擬器的煞車反應時間為 2.2 秒，實車測試為 2.3 秒，二者之結果相似。Johansson 等人[26]該研究結果發現在鄉間道路所做的煞車反應時間為 0.3 至 2.0 秒。Hancock [27]探討駕駛者在注意力分散情況下之反應時間，該研究結果發現(1)性別和年齡對於踩煞車的動作有影響，(2)回應車內電話的事件時會來不及踩煞車，(3)駕駛分心會影響駕駛者的車輛控制。Lenne [28]利用固定式駕駛模擬系統探討不同時刻對駕駛反應時間之影響，該研究結果得知反應時間在早上 2 點、早上 6 點和下午 2 點明顯的較長。

Lora [29]主要是利用駕駛模擬器讓參與者進行感知反應時間和煞車反應時間之測試，以探討性別和年齡對於突發狀況時的反應時間和煞車時間是否有差異性。其反應時間定義為駕駛者發現危險後至腳離開油門踏板的時間；煞車時間定義為駕駛者腳離開油門踏板至踩煞車踏板的時間。研究結果發現反應時間會隨著年齡的增加而增加(從 0.35 秒增加到 0.43 秒)，但煞車時間則不會隨著年齡的增加而改變；性別不會影響反應時間，但是卻會影響煞車時間，男性約為 0.19 秒，女性約為 0.16 秒。Yamada [30]報告中指出有裝設聲音警示系統下，當前車突然煞車時煞車反應時間為 0.3 秒~1.1 秒。Hiroyuki [31]探討駕駛人對前方障礙之反應，並分別比較駕駛人在有資訊提供及無資訊提供下對於障礙的駕駛反應情況。結果顯示行駛於彎道時有提供資訊的反應時間為 1.14 秒，無提供資訊則為 0.72 秒，另在與前方來車會車時之反應時間為 1.06 秒。

由於各研究中的模擬情境並不相同，實驗設計亦因駕駛模擬器條件而有所變動，因此，各研究定義與所得到的感知反應時間也會隨著模擬情境的不同而有所差異，綜合各相關研究，彙整人車系統反應時間軸及實驗結果，分別如圖 2-1 及表 2.2 所示。

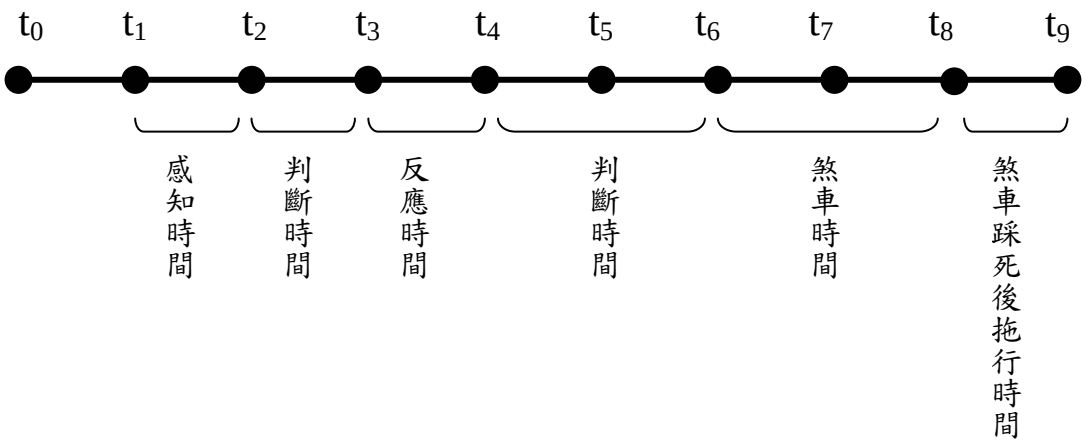


圖 2-1　人車系統反應的時間軸

t_0：真實事件發生

t_1：觸發或出現在駕駛者視線內的虛擬場景事件

t_2：感知

t_3：判斷

t_4：開始鬆開油門

t_5：完全放開油門

t_6：碰觸煞車踏板

t_7：開始踩踏煞車

t_8：停止煞車或煞車踩死

t_9：車輛完全停止

圖 2-1 的 t_0、t_1、t_4、t_5、t_6、t_7、t_8、t_9 皆為 IOT 駕駛模擬器可量測的時間點，可供研究者自行實驗中的各個時間範圍。而 t_2 及 t_3 的感知與判斷的時間點，則需透過相關儀器設備，才可瞭解受測者何時感知到事件以及判斷的時間點。

表 2.2　感知反應時間與煞車反應時間之實驗結果彙整表

文　獻	模擬情境	結　果[1]	
McGehee [8]	駕駛模擬器實驗	T_b[3]	2.2 秒
	實車測試		2.3 秒
Johansson [26]	鄉間道路	T_b[3]	0.3～2.0 秒
Lora [29]	三種突發狀況，隨機選取 10 種情況進行測試	T_{rp}[2]	18 至 25 歲：0.35 秒 26 至 49 歲：0.39 秒 50 歲以上：0.43 秒
		T_b[3]	男性：0.19 秒 女性：0.16 秒
Yamada [30]	前車突然煞車(含警示)	T_b[3]	0.3～1.1 秒
Hiroyuki [31]	行駛於彎道時有提供警示	T_{rp}[2]	1.14 秒
	行駛於彎道時無提供警示		0.72 秒
	前方來車會車		1.06 秒
本所[7]	汽車突然切入	T_{rp}[5]	30-49 歲：1.54 秒
			65 歲以上：2.46
	汽車突然切入－右彎		2.10 秒
	汽車突然切入－左彎		2.35 秒
	汽車突然切入－直路		1.13 秒

註：1. T_{rp} 為感知反應時間、T_b 為煞車反應時間。
2. 感知反應時間定義為 $T_{rp}= t_5-t_4$。
3. 煞車反應時間定義為 $T_b= t_7-t_4$。
4. 未標註為文獻中無明確指出反應時間定義。
5. 感知反應時間定義為 $T_{rp}= t_4-t_0$。

2.2.3 反應時間影響因素

影響反應時間的因素主要包括以下六項：

1. 資訊量

Procotr[32]發現以 0.2 秒作為單一特定刺激時人反應所花費的時間，當多種可能刺激出現下，反應所花費的時間將會受限於人類處理資訊的能力。Hick[33]與 Hyman[34]發現反應時間與事件的資訊量呈正比關係，其關係如公式(2-1)所示：

$$RT=a+b\log 2N \qquad (2\text{-}1)$$

其中，RT 是人的反應時間、N 是具有相同發生機率的事件數目，a 代表「單一反應時間」，而 blog2N 則是進行刺激辨認與反應選擇所增加的反應時間。Forrin 等[35]與 Briggs[36]在綜合 145 件研究結果後指出，約有 62%的研究成果支持 Hick 與 Hyman 所主張之反應時間與資訊量呈正比的關係。

林立農[37]參考 Seiichi Namba(1983)，假設所有母體數出現的機率都相等的情況下，將資訊量的計算公式簡化如公式(2-2)所示，將各分類別的母群體數帶入上述公式中，可求得各類別的單位資訊量如表 2.3 所示。

$$Hs = \log_2 M \qquad (2\text{-}2)$$

Hs 為 N 件事件中每出現其中一件所傳達之資訊量，M 為事件 I 的母群體數。

表 2.3　交通標誌類別與單位資訊量表

交通標誌內容	母群體數	單位資訊量 (bits)	交通標誌內容	母群體數	單位資訊量 (bits)
中文字	4808	12.23	幾何形狀	10	3.3
英文字母	26	4.7	傾斜角度	24	4.6
顏色	8	3.3	象徵符號	48	5.6
數字	10	3	標點符號	11	3.4

該研究之交通標誌資訊量計算首先將交通標誌內容劃分為單位資訊量表中八種類別，計算交通標誌中所含各類別的個數，其次將各類別乘上個別之單位資訊量，以得到各類別之「小計資訊量」，最後將各類別之「小計資訊量」加總，以得到「總資訊量」。茲以圖 2-2 為例，該圖中有 3 個中文字（陽明山）、3 個數字（117）、1 個傾斜角度（→）、2 個幾何形狀（交通標誌本身之方形、117 所在之方形）以及 10 個顏色（1 個白色方形外框、1 個咖啡色背景、1 個白色傾斜角度、3 個黑色數字、3 個白色中文字和 1 個 117 所在之白色背景方形），各內容類別的「小計資訊量」分別為中文字：3×12.23=36.69、數字：3×3.3=9.9、傾斜角度：1×4.6=4.6、幾何形狀：2×3.3=6.6 和顏色：10×3=30，其「總資訊量」為 87.79 bits。

圖 2-2　交通標誌資訊量計算範例

2. 年紀與性別

Green[38]回顧近期與車用電腦(Telematics)以及年齡差異相關之研究，該研究彙整與年齡、性別相關之重要結論敘述如后：Green[38]引用 Brook and Green(1998)研究結果表示，受測者於駕駛 UMTRI 模擬器的同時，需進行三種搜尋模擬導航系統電子地圖的任務，包括(1)辨識行駛中的街道，(2)辨識交叉路口的街道特定數字以及(3)找出特定的街道。在行駛街道任務中，當英文字大於或等於 14 點字時，高齡駕駛者的平均反應時間大約 1.6 秒，而年輕駕駛者則不到 1.2 秒；此外，英文字越小則反應時間差異越大，如圖 2-3 所示。在找出特定街道任務方面，高齡駕駛者的平均反應時間大約 6.7 秒，年輕駕駛者為 4.0 秒，此外在高齡族群中的女性其反應時間會較男生短（如圖 2-4 所示）。

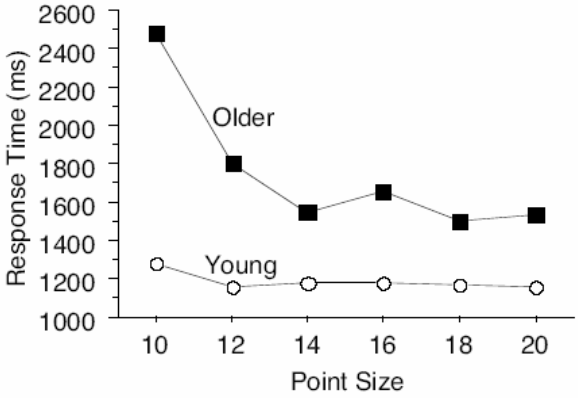


圖 2-3　不同年齡層對英文字體大小之反應時間

資料來源：Brooks and Green(1998), p.19

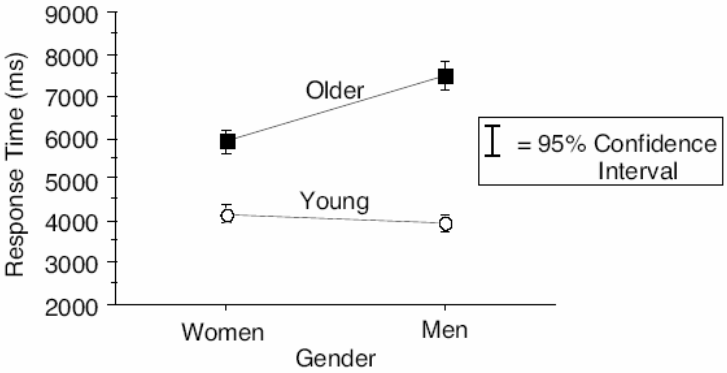


圖 2-4　不同年齡層對性別之反應時間

資料來源：Brooks and Green(1998), p.30

Green [38] 引用 Yoo, Tsimhoni, Watanabe, Green, and Shah(1999)，旨在探討年齡層（年輕人：20-29；老年人：65-78）對於抬頭顯示器（HUD）不同的水平位置 (如圖 2-5 所示)與反應時間之關係，該研究結果指出：年輕人的平均反應時間約為 0.8 秒，老年人約為 1.2 秒；對於老年人而言，HUD 於-5˚位置其反應時間最佳，年輕人則是於-5˚之位置為最佳，其關係如圖 2-6 所示。

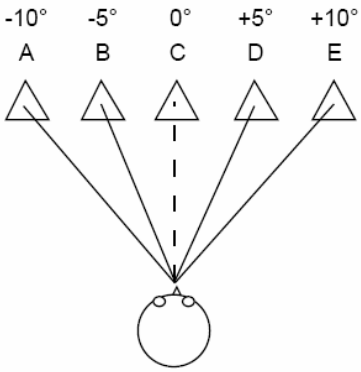


圖 2-5　HUD 水平位置示意圖

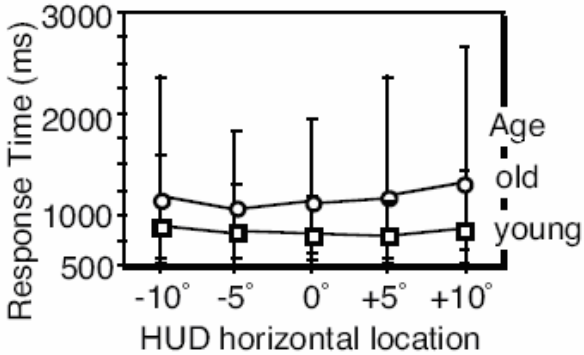


圖 2-6　不同年齡層對 HUD 水平位置之反應時間

資料來源：Yoo, Tsimhoni, Watanabe, Green, and Shah, 1999

Green [38]引用 Manes, Green, and Hunter(1998)探討年齡層（年輕人：18-30；中年人：40-55；老年人：65 以上）對按鍵型式之平均按鍵時間。受測者需於行駛過程中，在模擬的導航系統中輸入目的地。結果顯示年輕人平均輸入每一個按鍵需 1.13 秒時間，中年人需 1.64 秒，老年人需 2.48 秒，由此可知，中年人與年輕人相差 1.45 倍，老年人與年輕人相差 2.19 倍，其關係如圖 2-7 所示。

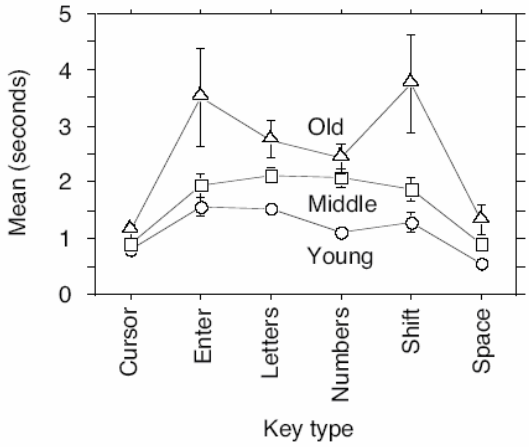


圖 2-7　不同年齡層對按鍵型式之平均按鍵時間

資料來源：Manes, Green and Hunter(1998), p.25

本所[7]利用駕駛模擬器探討高齡者交通安全問題，此研究主要是探討汽車突然切入之情形與不同年齡層之關係，其研究結果顯示 65 歲以上的感知反應時間(2.46 秒)較 30 至 49 歲的感知反應時間(1.54 秒)長，其 p 值 = 0.0031 < 0.05，故不同的年齡層對於汽車突然切入的感知反應時間有顯著關係（如表 2.4 所示）。

表 2.4　不同年齡層之感知反應時間

年齡層	平均數	中位數	標準差
中年人(30-49 歲)	1.54	0.95	1.2
老年人(65 歲以上)	2.46	2.48	1.3
t 值：-3.06	自由度：75	p 值：0.0031	

資料來源：[7]

3. 道路幾何設計

Green [38]參考 Tsimhoni and Green(1999)探討不同年齡層（年輕人：18-24；中年人：35-54；老年人：55 歲以上）的駕駛者對不同曲率半徑之視覺需求(受測者眼睛張開時間的百分比)。該研究指出，高齡駕駛者的視覺需求較年輕駕駛者多了約 15-50%，且隨著道路曲率半徑增加，視覺需求亦隨著提升（如圖 2-8 所示）。

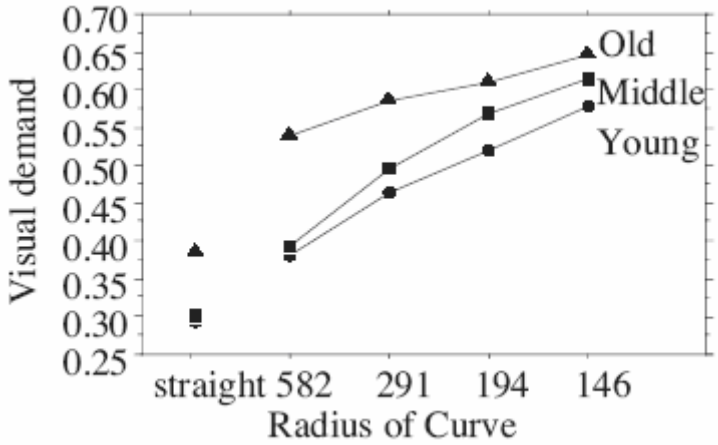


圖 2-8　不同年齡層對曲率半徑之視覺需求
資料來源：Tsimhoni and Green(1999)

本所[7]利用駕駛模擬器探討高齡者交通安全問題，此模擬場景為駕駛者駕駛在不同的道路幾何類型時（直路、右彎和左彎），遇到前方路旁的汽車突然切入之感知反應時間，其研究結果為受測者駕駛於直路上的感知反應時間為最短（平均數為 1.13 秒），再者是駕駛於右彎之道路上（平均數為 2.10 秒），最長感知反應時間為駕駛於左彎之道路上（平均數為 2.35 秒），其 P 值 = 0.0012 < 0.05，由此可見，駕駛者駕駛於不同道路幾何類型（直路、右彎和左彎）之感知反應時間有顯著關係（如表 2.5 所示）。

表 2.5　不同道路幾何型態之感知反應時間（秒）

道路幾何型態	個數	平均數	中位數	標準差
右彎	22	2.10	2.21	12
左彎	29	2.35	2.48	1.5
直路	26	1.13	0.81	0.8
F 值：7.34	自由度：2 和 74		p 值：0.0012	

資料來源：[7]

4. 天候環境

Van de Hulst [39]藉由駕駛模擬器探討在視覺狀況不佳情況下駕駛者之反應，該研究結果指出當視覺狀況不佳時，駕駛者會減速並維持較大的跟車間距為行車策略。Ranney [40]研究夜間駕駛時的眩光問題對駕駛行為之影響，該研究結果指出，長期曝露在眩光的情境下會造成肌肉的疲憊及姿勢的緊張。Takahashi [41]藉由駕駛模擬系統探討濃霧環境下提供視覺危險警示，並以警笛聲提醒駕駛者對駕駛安全之影響，該研究以問卷方式評估資訊負荷的感受程度，並量測行駛速率、車道偏移量、與前車最小間距以及煞車動作來評估駕駛行為。研究結果發現使用這項 ITS 科技，駕駛者在濃霧狀況下可提升其行駛速度，並避免與前車距離過近與緊急煞車的狀況。

5. 藥物、酒精與疲勞

Harms [42-43]指出環境對於駕駛者的精神集中程度有相關係，卡車和連結車的駕駛會隨工作時間的增加，其腦部的 α 波(Alpha Waves)會變慢，亦即會降低其敏捷度而造成危險性增進。

Törnros [44]曾就藥物對駕駛行為的影響進行研究，利用駕駛模擬器測試不同性別、年齡與已對藥物產生依賴性的 20 位門診病患之駕駛行為。實驗中並讓受測者喝下少量的酒精，測試其在模擬器上的煞車時間、側向位置以及速率；同時，更進一步比較其簡單反應時間、選擇反應時間和短期記憶等。該研究結果發現病患的速度變異較大時，情緒上亦會表現出較大的焦慮和壓力，此外藥物服用越多(依賴性越大)的病患，側向位置的偏移越嚴重，而其他的反應時間和短期記憶則因藥物劑量越多相對的能力亦越弱。

6. 其他因素

張建成[45]研究結果指出刺激的強度與大小、反應的方式(如：按鈕、搖桿等)、練習次數，以及預期效應均會對反應時間的長短有所影響。Nagatsuka [46-47]在長期之系列實驗模擬方式發現駕駛過程中的危險情況和不當的執行行為會增長反應時間。

2.3 駕駛工作分析

2.3.1 駕駛主要工作量測

駕駛工作量測主要是利用駕駛模擬器和CCD量測駕駛過程中相關之人、車、路變數。Owens等人[48]以駕駛模擬器行駛於一環狀道路，比較前車緊急煞車及車輛從路旁竄出二種方式與反應時間之關係，駕駛過程中受測者需回答問題及使用手機撥打電話，本研究屬於人部份的量測變數包括感知反應時間，結果顯示反應時間會隨著任務的複雜度增加，而路旁竄出的反應時間亦較前車緊急煞車為高。

蘇育賢[49]利用虛擬實境技術發展一套城市環境的模擬系統。實驗設計共分四部分：(1)直線加速，量測變數為加減速變化趨勢、加減速區的時間、平均速度、速度標準差；(2)車道變換，量測變數為變換車道時間、平均位置、位置偏差量標準差；(3)彎道實驗，量測變數為平均速度、平均偏移、最大偏移量、偏移量標準差與R.M.S((Root Mean Square)；(4)輸出介面差異實驗。上述屬於人部份的量測變數包括加減速區的時間以及變換車道時間。有關車部份的量測變數皆有量測受測者駕駛的平均速度，有關路部份的量測變數有平均位置、車道偏差、平均偏移、最大偏移量和偏移量標準差與R.M.S。

林志隆[50]主要在探討道路型態與通話作業對駕駛行為的影響，此研究利用實車測試，應用免持聽筒對駕駛者（10位男性和11位女性）實施通話問答。其中有關車部分的量測變數包含縱向速率、車速變化量和方向盤轉動變化量，有關路部分的量測變數為車道偏差(車輛與車道中心線的偏移量)。

黃慶旭[51]其研究目的在於瞭解駕駛者於駕駛時的人因限制，並利用實驗結果提供一個有效的警告顯示方式。研究對象為18位大學生（12位男生與6位女生），實驗分為主要作業及次要作業兩部分。主要作業有關人部份之量測變數包含事故次數（在開車行程中碰撞故障車的次數）、感知與反應時間（從出現警告到受測者行動開始）及行程持續時間（受測者的試驗行程開始至到達終點的時間）。

莊忠益[52]利用駕駛模擬器進行模擬操作「車機系統」，比較HUD和觸控式螢幕，按鈕和觸控式操作時，在簡單和複雜的駕駛狀況下，對於駕駛績效的影響，衡量項目包括工作完成時間及操作錯誤次數。在主要作業有關路部份的量測變數為壓在標線上時間(Line Crossing)，此時間為從輪胎壓到標線至離開標線的時間。

邱俊凱[53]探討「車機系統」三種不同切換操作方式與駕駛行為之關係，衡量項目包括車用電腦切換功能的效率與正確性（選擇正確率、選擇錯誤操控按鍵次數、功能切換選擇之反應時間）。該實驗中有關人部份的量測變數為事故次數，有關路部份的主要作業量測變數為車道平均偏移量。

陳曉如[54]探討使用語音導航系統對駕駛行為的影響，研究對象為16位大學生，該研究中有關人部份的量測變數包括：旅行時間(Trip durations)與旅行距離(Trip Distance)。

賴明昌[55]探討使用行動電話在不同的道路型態對駕駛行為的影響，此研究利用實車測試，在車內以免持聽筒對駕駛者（10位男性和11位女性）實施問答，通話作業內容為數學問題，並利用車內數據收集系統（內含四部小型攝影機及ECG）來蒐集相關資料。該研究中有關人部份的量測變數為平均煞車次數。有關車部分的量測變數為縱向速率、車速變化量和方向盤轉動變化量，有關路部分的量測變數為車道偏差。

鄭智升[56]藉由駕駛模擬器測試有無影音系統裝設、人口特徵（性別、年齡等）及駕駛者特質（超車緊張性、侵略性等）對駕駛者心智負荷與駕駛行為影響之評估，其量測之數據中，有關人部份的量測變數為事故次數。

汪孝慈[57]利用低階駕駛模擬器進行模擬，以探討以下三項議題(1)對外通訊系統設計－開車時使用免持式行動電話之影響。(2)車內資訊系統設計－探討車內導航系統和(3)提供塞車資訊系統的顯示方式。主要作業量測中有關人的部分量測變數包含：反應時間(從緊急狀況發生後至受測者按下方向盤上按鈕的時間)、旅行時間(從出發至目的地的時間，其單位為秒)、超過反應(Over Reaction)(在外部的駕駛環境中不必要的行動)、遺漏反應(Missing Response)(受測者對於關鍵性的刺激沒有反應)。此外，車部份的量測變數為車速變化量、路部份的量測變數為車道偏差。

本所[6]使用駕駛模擬器探討天候不同及有無裝設縱向防撞警示系統對跟車行為之影響，其中縱向防撞警示系統之表示方式為利用顏色的變化(呈現紅色)，以告知駕駛者間距過短之情形，有關人的量測變數為跟車間距（測量與前車之距離(m)），而車部份的量測變數為縱向車速和速度變化量。

Yuji [58]藉由駕駛模擬器模擬兩種不同駕駛輔助系統：適應性巡航控制系統（Adaptive Cruise Control, ACC）和防撞警示系統（Collision-Warning System , CWS）對於駕駛者的駕駛行為及駕駛工作負荷的影響，該研究中有關人部份的量測變數為事故次數。

Andersen等人[59]主要探討年輕者與年長者對即將要發生碰撞時的反應，在場景中會有許多移動物體（鮮紅色的圓球），此物體隨機出現在駕駛者的行駛路線上，藉由其反應數據以瞭解兩個年齡層對碰撞的反應情況。該研究中有關人部份的量測變數為事故次數。

Ceci [60]主要探討駕駛於隧道中駕駛人的心智負荷，和測試不同的車內導航系統對駕駛者視覺分心的影響。虛擬實驗場景為斯德哥爾摩的Sodra Lanken隧道的實驗路線，實車測試共包含二條測試線，均位在Linkoping市。導航方式有三

種：(1)影像導航、(2)影像加字幕導航、(3)字幕導航，每種各8位受測者。實驗方式為用PDT(Peripheral Detection Task)量測視覺辨識力的工作負荷，該研究中有關車部份的量測變數為縱向速率、車速變化量和縱向加速度，有關路部份的量測變數為車道偏差。

蘇昭彰[61]則是在電腦上構建和真實世界極端相似之虛擬場景，比較駕駛者在實車與模擬中的駕駛績效。其所量測的主要作業量測變數有關人部分之變數包括：車頭距(Headway)、鄰近車道前車車頭間距(Lead)－即本車頭與鄰近車道之前第一輛車頭之距離、鄰近車道後車車頭間距(Lag)－本車頭與近車道之後面第一輛車頭之距離、開始進行變換車道之時間點與變換車道時間等多項變數。有關路部份的量測變數車道變換之橫向與縱向位移量，目的是觀察受測者在駕駛模擬器出現偏移的程度，其中車道變換之橫向與縱向位移量之解釋意義為車道變換時，車子行進方向和左右側的位移量；而有關車部分之變數包括：縱向速率和橫向速率。

Abdel-Aty [62]利用駕駛模擬器來探究使用行動電話在駕駛者失誤上之影響，該實驗依電話使用過程將模擬分成接電話前、接電話時與電話結束後三階段。而研究中有關主要作業量測人部份的量測變數為實驗中錯誤的反應次數，其中錯誤反應包括：偏離車道、離開車道、穿越中線、不服從速限、碰撞、停車失靈及其他駕駛失誤。

Bhise等人[63]針對固定駕駛模擬器和實際路況駕駛進行16種操作車內設備之實驗。於駕駛模擬環境中要求所有參與者維持45 mph的駕駛速度(為駕駛於郊區道路上之速限)，且需操作8種動作(由16個操作動作中隨機選擇，例如與旁人交談、打開窗戶、使用雨刷與數字問題等)。該研究有關人部份的量測變數為實驗中事故次數；車的量測變數為駕駛者在操作車上設備時的駕駛速度變化與標準差；路部份的量測變數為駕駛者在操作車上設備時所駕駛於車道上位置偏移標準差。

William [64]等人利用一簡易型模擬器，研究駕車時運用(A)控制情況（無下列作業）、(B)聽收音機、(C)和車上的人交談、(D)使用手持電話交談以及(E)使用免持聽筒交談等五種干擾對煞車反應的影響，該研究中有關人部份的量測變數為煞車反應時間。研究結果指出：(1)使用行動電話會使煞車反應時間變慢，(2)和車上的人談話與聽收音機對反應時間沒有明顯的增加，(3)在手持行動電話及免持聽筒方面，兩者的煞車反應時間並無顯著的差異。

本所[65]為瞭解駕駛者有無使用行動電話對行車安全影響之問題，利用一般民眾的問卷調查、肇事者的問卷調查以及交通事故調查表等研究方法外，還藉由駕駛模擬器進行模擬，以瞭解駕駛者開車時有無使用手機之情況下，遇到緊急狀況時之反應。該研究之主觀量測中有關人部份的量測變數為從看到訊息開始到進行動作的反應時間。主要結果包括：(1)使用行動電話的煞車反應時間較長。(2)

職業駕駛比一般駕駛者反應時間快0.3秒。(3)年齡越高的反應時間長。

劉仲祥[66]以實車測試進行實驗，研究對象為10名男性，平均年齡為23.8歲，藉由量測眨眼率、看鏡次數、停車時間、心率以及主觀評比等工作負荷量指標，以瞭解駕駛者在停車作業時的心理反應，並分析駕駛者於路邊停車與倒車入庫兩種不同停車方式時的工作負荷，以及探討有無聽音樂對駕駛行為的影響。該研究中有關人部份的量測變數為完成工作所需時間。

Salaani [9]之研究是在比對VRTC實車測試與NADS駕駛模擬器之車輛操控及動態的模擬結果。研究中有關車部份的量測變數為縱向速率，量測目的是為了觀察實車測試和駕駛模擬時對車輛速度控制的情形;有關路部份的量測變數為車道偏差，量測目的是為了觀察實車測試和駕駛模擬時對車輛位置控制的情形。

綜上所述，本研究彙整各文獻所探討駕駛主要作業的量測項目詳表2.6，人的主要作業量測包括：感知反應時間、煞車反應時間及事故次數等；車的主要量測項目包括：縱向速率及車速變化量等；路的主要量測項目包括：平均偏移與車道偏差等，上述項目目前IOT設備已可量測。

表 2.6　主要作業量測項目彙整表

文獻	人 (車輛操控反應有關項目)	車	路
Lora [29]	感知反應時間、煞車反應時間	-	-
Owens [48]	感知反應時間	-	-
蘇育賢[49]	加減速區的時間、變換車道時間	平均縱向速率	平均位置、車道偏差、平均偏移、最大偏移量和偏移量標準差、R.M.S
林志隆[**50**]	-	縱向速率、車速變化量、方向盤轉動變化量	車道偏差
黃慶旭[51]	事故次數、感知反應時間、行程持續時間	-	-
莊忠益[52]	-	-	壓在標線上時間(Line Crossing)
邱俊凱[53]	事故次數	-	平均偏移
陳曉如[54]	旅行持續、旅行距離	-	-
賴明昌[55]	平均煞車次數	縱向速率、車速變化量、方向盤轉動變化量	車道偏差
鄭智升[56]	事故次數	-	-
汪孝慈[57]	反應時間、旅行時間、超過反應、遺漏反應	車速變化量	車道偏差
本所[6]	跟車間距	縱向車速、速度變化量	-
Yuji [58]	事故次數	-	-
Andersen[59]	事故次數	-	-
Ceci [60]	-	縱向速率、車速變化量、縱向加速度	車道偏差
蘇昭彰[61]	車頭距(Headway)、鄰近車道前車車頭間距(Lead)、鄰近車道後車車頭間距(Lag)、開始進行變換車道之時間點、變換車道時間	縱向速率、橫向速率	變換車道之橫向位移量、變換車道之縱向位移量
Abdel-Aty [62]	失誤次數	-	-
Bhise [63]	事故次數	速度變化標準差	偏移量標準差
William [64]	煞車反應時間	-	-
本所[65]	煞車反應時間	-	-
劉仲祥[66]	完成工作所需時間	-	-
Salaani [9]	-	縱向速率	車道偏差

註：

鄰近車道前車車頭間距(Lead)：鄰近車道前車間距，即本車頭與鄰近車道之前第一輛車頭之距離。

鄰近車道後車車頭間距(Lag)：鄰近車道後車間距，即本車頭與鄰近車道之後第一輛車頭之距離。

壓標線時間(Line Crossing)：從輪胎壓到標線至離開標線的時間。

2.3.2 次要作業及其他量測項目

關於駕駛分心(Driver Distraction)之定義，彙整國內外相關文獻後，本研究對駕駛分心下此定義:「駕駛者在行車過程中，受到外在或內在相關因素的干擾，把自我對交通狀況之注意力分散到其他事物上，以致於降低對交通狀況的感知反應或時間，甚至影響到車輛行為動作。這種造成駕駛者的身心狀況或是車輛行為異常的改變統稱為駕駛分心。」除了一般採用視覺量測是否產生駕駛分心外，另有其他生理量測指標來判斷駕駛分心，如血壓、心跳及負荷認知等。此外，工作負荷可藉由主觀評量的量測方式而得。

茲針對次要作業類別與評量項目、生理量測方法與主觀評量項目四個部分進行文獻彙整，敘述如后。

Abdel-Aty [62] 利用駕駛者模擬器來探究使用行動電話在駕駛者失誤上之影響以及全面的交通安全。該研究探討之次要作業類別為使用行動電話與非數字問題，問題內容包括姓名、年齡、社會福利號碼、駕駛年期、駕駛里程數和過去曾經接收的交通罰單等。

Bhise等[63]探討的次要作業，包括簡單數學計算(即數學問題)、撥打家中電話(即使用行動電話)、接聽電話、撥放CD、調整音量、選擇廣播頻道、打開窗戶、使用雨刷和查看油表等。次要作業之衡量項目包括離開駕駛視線之次數、總瞥視時間與總視覺時間。

Strayer [67]利用駕駛模擬器進行使用行動電話、收聽廣播或錄音帶以及對前方目標物閃爍紅燈採取反應(即視覺反應偵測)等次要作業，該次要作業之衡量項目為偵測反應時間及偵測失誤率。並藉由Dot-Clearing 問卷之方式，瞭解駕駛者在不同情況下對於文字的感知記憶能力。

Matthews [69]探討駕駛者在開車時使用行動電話之影響，其行動電話類型包括手持式行動電話(hand held，HH)、免持外部擴音器(Hand Free Speaker，HFS)以及個人免持行動電話(Personal Hand Free，PHF)三種。該研究主要是利用實際路況駕駛進行實驗，並藉由修釋韻腳測驗(Modified Rhyme Test , MRT) (即非數字問題)來測量通話的可理解性及有效性。上述之MRT衡量方法進行方式為每一分鐘撥放出15個相似音的字(例如”lip”、”sip”、”dip”、”rip”或”hip”)，讓受測者去解釋其意思，因此衡量項目為解釋意義正確率，即答題正確率。該研究中藉由工作負荷指標(NASA-Task Load Index, NASN-TLX)來測量個人行車時通話的負擔，其評比刻度包括：心智需求、體力需求、時間需求、績效、努力及挫折程度六項。

William等[64]用一簡易型模擬器，研究次要作業(包括聽收音機、和車上的人交談、使用手持電話交談以及使用免持聽筒交談)對煞車反應時間的影響。國內亦有多位學者以使用行動電話做為次要作業進行研究，如交通部運輸研究所[65]用電腦駕駛模擬器針對駕駛人使用行動電話，進行駕駛人煞車反應時間研

究。

賴明昌[55]探討使用行動電話在不同的道路型態對駕駛行為的影響，受測者須於車內以免持聽筒方式進行加法作業及搜尋作業的問答，該衡量項目為答題反應時間與正確率。該研究有關生理量測變數方面除了利用心電圖（Electrocardiogram, ECG）來測量平均心率之外，還包括視覺分心的離開駕駛視線次數為量測變數。

林志隆[50]研究通話作業對駕駛行為的影響，衡量項目為答題反應時間及正確率，而實驗中的通話內容依困難度可分為加法作業和搜尋作業。主要在探討實車駕駛情境中，道路型態與通話作業對駕駛行為的影響。此研究在車內以免持聽筒對駕駛者（10位男性和11位女性）實施通話問答，而該研究之視覺分心的量測變數為看後視鏡頻率。此外，並利用ECG來測量受測者之心跳變化，主要是觀察受測者在有心智負荷情況下的平均心率。

黃慶旭[51]用拉桿的反應時間模擬當駕駛者看到狗出現在道路，而按喇叭警告的情形，此外亦運用回答非數字問題的正確次數當作衡量項目。研究中所設計之主觀量測問卷，評量內容包括疲勞、工作困難度、緊張與身體不適等項目。

鄭智升[56]模擬有無影音系統影響之評估。要求受測者觀看VCD影片，監控者坐在受試者旁邊，燈號是由監控者隨意控制亮起，當受試者發現有燈號亮起，馬上按下方向盤上的紅色按鈕把燈號熄掉，這類似PDT試驗方法(稱之為視覺反應偵測)。而衡量項目是從看見燈號亮起至按下按鈕之間的偵測反應時間。該研究之生理量測項目包括體表血流量、表皮皮膚傳導回應、表皮皮膚傳導水準、肌肉電阻、呼吸及體溫等，各項目分別說明如下：

1. 體表血流量：監控血流量的脈動，擷取脈波高和心跳比率的數值，感應器裝置在手指。
2. 表皮皮膚傳導回應：一個相關性快速的瞬間電流事件，即是傳回來的振幅是否差異很大，感應器裝置在手臂皮膚。
3. 表皮皮膚傳導水準：在基本水準下的電流比較慢，漸進轉變的一個變化，即在一定水準下，是否振幅越來越大的一個反應，感應器裝置在手臂皮膚。
4. 肌肉電阻：將電極裝置於肌肉表面皮膚或肌肉內部，而測量肌肉在活動時微弱的電流變化，並藉增幅器加以放大紀錄，感應器裝置在手臂皮膚。
5. 呼吸：抗壓轉換器被提供測量橫隔膜或胸膛的移位，是一個便利之方法以監控呼吸，感應器裝置在胸前且有束帶束起。
6. 體溫：皮膚表層的溫度，感應器裝在手指。

在有無裝設電腦影音系統方面，「18-33 歲」顯示表皮皮膚收縮位階具有顯著性， 顯示其心智負荷較高。而「50-64 歲」年齡層其肌肉電阻具有顯著性，即心智負荷顯著較低，但皆不顯著影響其駕駛行為。而主觀量測部分，係藉由實驗後

所填寫的主觀知覺評量問卷（五點量表）來獲得主觀評量值，其問卷內容包括心理感覺是否困難（即實驗是否困難、緊張或枯燥）與生理反應是否異常（即頭痛、心跳加速、頭暈或汗流浹背）。

Yuji[58]藉由駕駛模擬器模擬兩種不同駕駛輔助系統：適應性巡航控制系統（Adaptive Cruise Control, ACC）和防撞警示系統（Collision-Warning System ,CWS）對於駕駛者的駕駛行為及駕駛工作負荷的影響。該研究之次要作業的衡量類別為加法算數問題，衡量項目為答題反應時間，而生理量測之量測變數包括心電圖、呼吸頻率與心跳頻率，其中呼吸頻率是將呼吸的資料，利用傅利葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)計算而得。

Christina[68]將LCD(Liquid Crystal Display)顯示畫面分成上下兩半部，在螢幕的上半部顯示四十家公司的縮寫並列舉其虛構的股票價格，而螢幕的下半部會顯示其中一家公司的縮寫。受測者被要求以視覺的方式從清單中去搜尋目標，並且以口頭回答的方式回答所對應的股票價格(即非數字問題)，該研究所量衡項目為回答正確的次數。

莊忠益[52] 利用駕駛模擬器模擬觸控式螢幕與三按鍵的按鈕組，以瞭解何種操控方式較適合於車用電腦輸入裝置，其模擬方式為於模擬實驗進行時，要求駕駛者使用車機系統中的功能。次要作業衡量項目包括工作完成時間、操作錯誤次數；而生理量測項目為瞥視超過1.2秒的次數。

邱俊凱[53]一文中之次要作業亦屬於「操作車機系統」之量測方式，目的在尋找較佳的車用電腦系統的功能切換控制鈕之設計方式，使駕駛人在行車時能夠有效且安全的使用E-Car系統。27位受測者共分成3組，每組進行一種面板的駕駛模擬。整合不同功能數量的切換按鍵，共有三種情形分別為9個、5個及3個切換鍵。衡量項目包括車用電腦切換功能的效率與正確性（選擇正確率、操作錯誤次數與功能切換選擇之反應時間）。研究結果顯示整合較多切換功能數量的面板並不會影響功能切換選擇所花費的時間及選擇的正確性；整合多功能、精簡按鍵數量可有效減少碰撞次數。

Olsson等[70]同時操作CD、選擇廣播頻道和向後倒數數字等次要作業，並利用PDT來測量駕駛者的視覺分心狀況。有關PDT的詳細說明請參閱第三章。當目標顯示時，受測者可直接用手觸碰按鈕。其衡量項目包括受測者反應時間和目標擊中率。利用心電圖(ECG)進行測量，以探討受測者在進行次要工作時的心率變化量，當心率變化量較小時則代表受測者有較多的心智負荷。

劉仲祥[66]於研究中分析駕駛者於路邊停車與倒車入庫兩種不同停車方式時的工作負荷，並探討有無聽音樂對駕駛行為的影響。以實車測試進行實驗，其中該研究有關視覺分心的量測變數為離開駕駛視線次數。此研究所測量之生理變數包括平均心率(Mean Heart rate)、心率增量(Heart Rate Increases)、R-R波間距

(ECG R-R Wave Interval)、心率變異量(Heart Rate Variability, HRV)和眨眼率(Eye Blink)，各變數之說明如下所示：

1. 平均心率：其數值越高則代表工作負荷越高。
2. 心率增量：平均心率與休息時心率之差，其數值越高則代表工作負荷越高。
3. R-R 波間距：由心電圖紀錄每一次心臟收縮之電位變化(PQRST)，其中以心室去極化之 QRS 波振幅最大且最容易偵測到，因此每一次 QRS 波間之時間又稱為 R-R 波間距，其數值越低則代表工作負荷越高。
4. 心率變異量：為實驗期間 R-R 波間距之標準差，其數值越低則代表工作負荷越高。
5. 眨眼率（Eye Blink）：使用錄放影機定格分析，計算受測者從事實驗時之眨眼次數（次/分），其數值越低則代表工作負荷越高。

實驗後，該研究讓受測者填寫心智負荷量表(Rating Scale Mental Effort, RSME)，此心智負荷量表為單一向度15點量表，每一格代表10分，0分為無負荷，150分為極大負荷。

Veeraraghavan [72]之研究是藉由明尼蘇達大學人因研究實驗室的平螢幕模擬器來收集圖像，利用眼睛樣式比對技術來偵測持續3-4秒的輕微睡眠，這系統就會決定受測者有疲勞現象並給予警告信號。

汪孝慈[57] 主要是針對三個議題進行研究，其議題包括1)對外通訊系統設計：開車時使用免持式行動電話之影響。2)車內資訊系統設計：探討車內導航系統和3)提供塞車資訊系統的顯示方式，因此該研究所進行之次要作業類別包括使用行動電話與操作車機系統，而所衡量之項目為導航失誤次數(駕駛者開進擁擠的道路和遠離目的地的次數)。在生理量測部分所量測的項目包括平均心率，藉以瞭解受測者使用傳統地圖和電子地圖進行導航時的平均心率。主觀評量之量測部分，係針對焦躁(Nervousness)、疲勞(Fatigue)和工作困難度(Task Difficulty)進行評量，以1代表高而4代表低。

Ceci [60]主要探討在隧道駕駛模擬的心智負荷，和實車測試不同的車內導航對駕駛者視覺分心的影響。使用導航方式有三種：(1)影像導航、(2)影像加字幕導航、(3)字幕導航。實驗方式為用PDT量測視覺辨識力的工作負荷。因此該研究之次要作業類別為操作車機系統與PDT。生理量測係用皮膚電子偵測系統(EDA，電極接在受測者的中指與無名指上)來進行。此外，依據NASA-TLX(NASA-Task Load Index)的評比項目來評估精神的負載狀況，共有五個不同的主觀評比指標：(1)駕駛者的需求，(2)時間壓力，(3)不可靠的感覺，(4)行為，(5)整體難度(此指標是建立在第一項和第三項上)。

江志清[73]於研究中探討影像電話與傳統電話在使用上之差異。在完成指定的每一項作業，立即填寫NASA-TLX主觀評比表，並於完成實驗後，填寫偏好問

卷及隱私和滿意程度因子問卷。

蔡維彬[74]針對主控制室運轉人員之特性修改NASA-TLX之評比項目(原NASA-TLX包括心智需求、體力需求、時間需求、自我績效、努力、挫折程度等六項)，發展出更適合評量主控制室運轉人員之心智負荷量測項目，即將心智需求再分成資訊之知覺、記憶力之需求(短時間所需記憶之項目個數)與決策之制定。

McCann [75]等人於研究中以高精確模擬探討電子式移動地圖和抬頭顯示器(HUD)對減少能見度的地面滑行績效的影響。於每一個試驗結束後，飛行員進行感知工作負荷的量測，所採用之評比刻度為修改NASA-TLX尺度後之項目。包括整體工作負荷、心智需求、時間需求、視覺需求、通訊需求、壓力和努力，尺度範圍從1(很低)到5(很高)等級。

Thomas [76]與本所[77]之評比向度皆為時間負荷(Time Load)、心智努力負荷(Mental Effort Load)及壓力負荷(Stress Load)三種，而每種評比向度又可分為低、中與高三等級。SWAT(Subjective Workload Assessment Technique)心智負荷評比方式可分為下列3步驟：

1. 受測者於執行作業前，先對三種評比向度與等級依照自己所認知之重要性進行 27 種組合的順序排列，隨後經由數學模型產生各種組合相對之比重值。
2. 受測者於完成作業後，立即指出該作業應屬 27 種組合中的哪一種？再依據公式換算成 1~100 的值，此即為受測者之心智負荷值。
3. 把這個尺度與原先排列的等級相比時，如果獲得 kendall's 的係數為 0.79 或更大，則認為這個受測者的個體化工作負荷尺度是有效的並且能夠用來收集資料。

陳曉如[54] 探討操作車內語音導航系統（次要作業）對駕駛行為的影響，而所衡量之項目為導航失誤率（受測者轉錯路口或轉彎後離終點更遠）。主觀評量部分需於實驗結束後，讓受測者填寫問卷(五點量表)，其評比刻度包括工作困難度、緊張與身體不適等項目。

次要作業類別及量測評估方法很多，本研究將各文獻探討的項目，彙整如表2.7所示。次要作業是衡量駕駛分心與工作負荷的重要方法，其類別主要包含：詢問受測者數字問題、使用行動電話等；而次要作業量測項目主要包含：答題反應時間、答題正確率等；生理量測項目主要包含：離開駕駛視線次數、平均心率等；主觀評估包含：心智需求、體力需求等。在次要作業類別部分，目前IOT除打開窗戶、操作CD不可行外，其餘項目皆可進行相關研究，打開窗戶、操作CD於94年度計畫即可進行改善。在探討課題方面，駕駛車輛操控績效、次要作業、生理量測和主觀評量間的關係是相關研究的探討重點。

表 2.7　工作負荷量測項目彙整表

量測項目 文獻	次要作業類別	次要作業 量測項目	生理量測	主觀評估
Abdel-Aty [62]	非數字問題、使用行動電話	-	-	-
Bhise[63]	數字問題、使用行動電話、操作 CD 或廣播、打開窗戶、使用雨刷、查看油表	-	離開駕駛視線次數、總瞥視時間、總視覺時間	-
William [64]	使用行動電話、聽收音機、與旁人交談	-	-	-
本所[65]	使用行動電話	-	-	-
林志隆[50]	數字問題	答題反應時間、答題正確率	看後視鏡頻率、平均心率	-
黃慶旭[51]	非數字問題、拉桿	答題正確次數	-	疲勞、工作困難度、緊張、身體不適
賴明昌[55]	數字問題、使用行動電話	答題反應時間、答題正確率	離開駕駛視線次數、平均心率	-
鄭智升[56]	看 VCD、視覺反應偵測	偵測反應時間	呼吸頻率、體表血流量、表皮皮膚傳導回應、表皮皮膚傳導水準、肌肉電阻、體溫	工作困難度、緊張、身體不適
Yuji [58]	數字問題	答題反應時間	呼吸頻率、心率變異量	-
Strayer [67]	使用行動電話、操作 CD 或廣播、視覺反應偵測	偵測失誤率、偵測反應時間	-	-
Christina [68]	非數字問題	答題正確次數	-	-
Matthews [69]	使用行動電話、非數字問題	答題正確率	-	心智需求、體力需求、時間需求、績效、努力、挫折程度
莊忠益[52]	操作車機系統	工作完成時間、操作錯誤次數	瞥視超過 1.2 秒的次數	-
邱俊凱[53]	操作車機系統	選擇正確率、操作錯誤次數、功能切換選擇之反應時間	-	-
Olsson [70]	數字問題、操作 CD 或廣播、PDT	PDT 反應時間、PDT 目標擊中率	心率變異量	心智努力負荷

表 2.7　工作負荷量測項目彙整表(續)

量測項目 文獻	次要作業類別	次要作業 量測項目	生理量測	主觀評估
劉仲祥[66]	聽音樂	-	離開駕駛視線次數、平均心率、心率增量、R-R波間距、心率變異量、眨眼率	心智努力負荷
Veeraraghavan [72]	-	-	眨眼率	-
汪孝慈[57]	使用行動電話、操作車機系統	導航失誤次數	平均心率	焦躁、疲勞、工作困難度
Ceci [60]	操作車機系統、PDT	-	表皮皮膚傳導水準	駕駛者需求、時間壓力、不可靠的感覺、行為、整體難度
江志清[73]	-	-	-	心智需求、體力需求、時間需求、自我績效、努力、挫折程度
蔡維彬[74]	-	-	-	
McCann [75]	-	-	-	整體工作負荷、心智需求、時間需求、視覺需求、通訊需求、壓力、努力
Thomas [76]	-	-	-	時間負荷、心智努力負荷、壓力負荷
本所[77]	-	-	-	
陳曉如[54]	操作車機系統	導航失誤率	-	工作困難度、緊張、身體不適

2.4　駕駛績效及安全之評估與分析

本節主要是針對目前國際的規範及文獻中，有探討與駕駛績效與安全評估相關的研究進行回顧。

FHWA[118]在探討駕駛錯誤的研究中提出 7 項駕駛績效評估指標為：縱向車頭距（Headway selection）、速度（Speed selection）、路口判斷與決策（Intersection negotiation）、操控時間（Maneuver avoidance）、橫向車間距（Gap acceptance）、車禍迴避的能力（Crash avoidance）與車輛在車道的位置（Lane placement）。

在速度研究方面，Feng [80]曾綜合各種交通相關特性的文獻，如環境(Environment)、分心(Distraction)、車間距(Headway)、速限(Speed limit)、速度(Speed)等交通因素，其中速度對交通安全的影響非常大，多數的研究偏向用速限來改善交通安全，然而不適當的速限卻會使駕駛者容易違規。

在人因(Human Factor)方面，近年來因先進安全車(ASV)日益受到重視，許多控制、警示與防撞系統均需考慮到人因，因此近年來陸續有一些國際重要組織制定的標準與法規，如 SAE J2399、SAE J2400、SAE J2396、SAE J2365 與 ISO 15007 等。在 SAE J2400 中提到，前向防撞系統中，跟車時間間距 τ 以 1.18 秒作為警示標準，1.5 秒則太早警示；在煞車部分則是以不超過-0.39g。此部份主要內容將於第四章中作詳細說明。

此外，在其它駕駛績效方面，從 2.3.1 節可知尚含有感知反應時間、煞車反應時間、事故次數、車速變化量、平均偏移與車道偏差等。綜合上述可知目前這些安全評估項目都是針對國外而設計，故究竟那些適用於我國環境亟待國內學者進行發展及研究。

2.5 ITS 與其他研究課題

2.5.1 ITS 相關課題

ITS 子系統之設置目的主要在提昇效率以及安全性，除必須考量個體效益外尚需考量整體總效益的改善情形，並可藉由不同子系統的互相搭配，在不降低整體系統效率之前提下提昇安全性。目前國內的駕駛模擬器可進行的研究包含三大系統：(1)先進車輛控制與安全服務（Advanced Vehicle Control and Safety Service，AVCSS）、(2)先進旅行者資訊系統(ATIS)、(3)電子付費系統。相關文獻內容分述如下：

1.先進車輛控制與安全服務（Advanced Vehicle Control and Safety Service，AVCSS）

常見之系統包括：防撞警示系統及巡航控制系統。防撞警示系統訊息顯示方式可經由視覺、聲音（語音或聲響）、震動（方向盤或駕駛座震動）或氣味（釋放薄荷香味）等方式提醒駕駛者察覺異常狀況，其中視覺的方式包括LCD及HUD，而在巡航控制系統方面亦含利用視覺或聲音的方式顯示訊息，而各種防撞警示訊息及巡航控制之資訊顯示方式彙整如表2-8所示。Comte [87]探討智慧型速度調適系統（Intelligent Speed Adaptation, ISA）對駕駛安全的影響。此實驗設計分別使用三種ISA系統對駕駛行為加以評估，取得參與者的實驗數據，從中觀察此系統對於駕駛者所產生之效應，並可觀察駕駛行為是否隨著時間改變。

交通部運輸研究所[6]利用駕駛模擬器來模擬不同天候及有無裝設行車安全輔助系統（縱向防撞警示系統）對於駕駛跟車行為之影響。該研究提出有裝設縱向防撞警示系統之車輛的平均跟車間距比無裝設小。黃慶旭[51]利用駕駛模擬器探討HUD影像警告、語音警告、HUD影像加語音警告、無警告等四種防撞警示方式在能見度高及低的情境下其對駕駛之影響，該研究結果指出HUD影像加語音警告讓受測者在駕駛工作之主要作業上表現最好，亦即為較短的旅行時間與閃

避時間和較少的碰撞次數等。

Suetomi 等人[88]利用駕駛模擬器測試危險情境下駕駛者的行為反應，其研究結果發現沒有警告系統約有18.6%的測試者會發生車禍，使用警告系統可降到2.3%。此外，使用警告系統也可以多出0.5秒的煞車反應時間。Tomohiro[89]在探討Nissan ASV駕駛模擬器中的先進緊急煞車警告系統(EBAAS)的影響，EBAAS係利用監視油門回傳速度，在駕駛踩煞車前，讓緊急煞車燈提早顯示，以減少尾部碰撞的可能性。實驗結果發現EBAAS比傳統煞車車燈提早約0.2秒啟動，將會減少車尾發生碰撞的機會。

Chang [90]利用駕駛模擬器進行有關車輛縱向碰撞警示系統的研究，研究成果均指出語音的警示系統可減少駕駛者之煞車反應時間。General Motors Corporation [91]介紹多種不同聽覺與視覺防撞警示系統，包含語音警告危險與HUD及LCD顯示資訊的方式，研究中又將資訊顯示方式分為靜態(將要碰撞的警示)與動態(隨著不同緊急狀況出現不同警示訊息)二種。Christina等人[68]評估適應性巡航控制（ACC）所導致駕駛者之行為改變，其結果指出駕駛者將會依賴ACC系統來保持和前車之安全距離，此外亦可能會使駕駛者對於ACC系統過份的信任而使得分心增加。

Moriya-cho等人[92]探討在多樣的防撞警示系統裡，如何設計一個符合人性的介面。本實驗乃利用駕駛模擬器模擬不同的警示介面（警笛聲的特徵、模擬的聲音及警示聲方向）在不同情境下對駕駛行為之影響。模擬的情境包含有前方車輛突然減速、行人突然衝入及改變車道三種情境，該研究認為：(1)當警笛聲出現的頻率較高時，駕駛者的反應時間會變快。(2)在前方車輛突然減速之情境下，三種不同的警示顯示方式沒有差異；但在行人突然衝入及改變車道之情境下，語音的警示會使反應時間變快。(3)若警示聲是從危險方向傳出，可使反應時間變快。

Hiroyuki [31]運用駕駛模擬系統探討駕駛人對於前方障礙之反應與車內提供危險警示系統間之關係，量測變數包括反應時間、剎車時間、最大減速率等，以瞭解駕駛者在遇到前方障礙時的反應，以了解駕駛者在行車時有提供警示系統與無提供警示系統時對於事件迴避率之影響。

Kiichi [82]亦針對此議題作了一些研究，藉由駕駛模擬系統探討彎道障礙對行車安全之影響，並運用車內與路側危險警示系統，測試每位駕駛人對於資訊的負荷工作量以及感受程度。實驗結果顯示在有提供資訊的情況下，駕駛經過有障礙的路段時速率明顯的降低，顯示綜合路側與車內裝置之危險警示系統，對於彎道障礙狀況可顯著的降低駕駛速率，並增進交通安全。

Moon等人[93]認為同時包含聽覺以及視覺之警示系統，可減少紅燈時之違規行為及交叉路口之碰撞。Avner等人[94]研究車內防撞警示系統(In-Vehicle

Collision Avoidance Warning System, IVCAWS)包括維持駕駛者行車間距系統以及駕駛錯誤警示系統的行為反應，其結果指出IVCAWS可以使駕駛者正確估計時間的間隔距離，並保持此安全距離。Yuji等人[58]係利用駕駛模擬器來模擬有無使用適應性巡航控制(Adaptive Cruise Control, ACC)及防撞警示系統(Collision warning system, CWS)，對於駕駛生理負荷及駕駛績效之影響。該研究認為使用適應性巡航控制(ACC)和防撞警示系統(CWS)，可有效降低駕駛者之負擔，並增進其操作行為。

Campbell等人[95]以問卷方式訪問77位受訪者對新設計不同的車內符號之理解力，新設計之防撞警示資訊符號包括四個前向碰撞警示符號、六個側向防撞警示符號和七個車道偏離警示符號等，每一個新設計的符號均會直接詢問受訪者：『 這個符號你覺得有什麼含義？』(如圖2-9所示)。實驗結果指出，圖2-10為理解力最高的前向防撞警示符號；圖2-11為所有側向防撞警示符號中具有最高的理解力；圖2-12是具最高理解力的車道偏離警示符號。

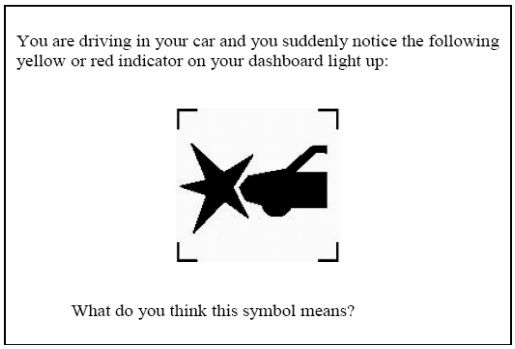


圖 2-9　防撞警示資訊符號之問卷問題

圖 2-10　最高理解力之前向防撞警示符號

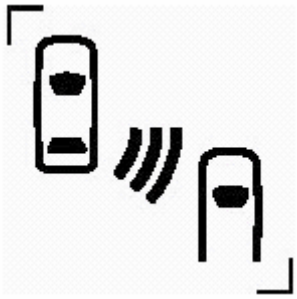


圖 2-11　最高理解力之側向防撞警示符號

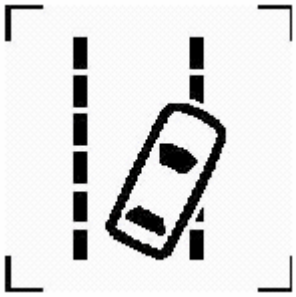


圖 2-12　最高理解力之車道偏離警示符號

綜合上述，可瞭解目前國內外文獻在警示提供方式除了視覺或聽覺的方式外，亦會使用兩者的結合。而在主要研究結論都可發現，駕駛者不論使用何種介面的警示方式皆比沒有使用警示系統有較佳的駕駛績效。本研究彙整與AVCSS之相關文獻如表2.8。

表 2.8　防撞警示訊息及巡航控制之資訊顯示方式彙整

文獻	視覺		聽覺		模擬情境	主要結論
	LCD	HUD	語音	聲響		
本所[6]	√	-	-	-	模擬晴天和霧天，防撞警示系統之影響。	有裝設縱向防撞警示系統之車輛的平均跟車間距比無裝設小。
黃慶旭[51]	-	√	√	-	模擬在能見度高及低的情境下對駕駛行為之影響。	HUD 影像加語音警告會有較短的旅行時間、閃避時間與較少的碰撞次數)。
Cheng [90]	-	-	√	-	-	語音的警示系統可減少駕駛者之煞車反應時間。
General Motors Corporation [91]	-	√	√	-	-	-
Christina [68]	√	-	-	√	模擬使用 ACC 的影響。	駕駛者會依賴 ACC 系統來保持安全距離，但也會因過份的信任而使得分心增加。
Moriya-cho [92]	-	-	√	√	模擬警示介面警笛聲音調、方向及語音對駕駛行為之影響。	警笛聲從危險方向傳出與利用語音警告、警示聲，皆會使反應時間變快。
Moon [93]	√	-	-	√	利用實車在農村路口及都會區路口實驗。	使用警示系統可減少紅燈時之違規情形及在交叉路口之碰撞。
Avner [94]	-	-	-	√	用實車測試在有無 IVCAWS 之情形。	IVCAWS 可以使駕駛者正確保持安全距離。

2. 先進旅行者資訊系統(ATIS)

ATIS系統目的在於提供駕駛者行前、行中的旅行資訊，以避免駕駛者行駛於事故或擁擠區域造成二次危害，目的為減少旅行和延滯時間。Al-Deek [96]對ATIS所造成交通流分散的現象作安全程度的評量，以高速公路及一條地區幹道作為實驗模擬場景。其以連續三年的交通資料，包括流量、速率、車道佔有率，

作為推估路網模擬的輸入參數，結果顯示由於車內ATIS設備發生效用造成高速公路車流分散至幹道，使得幹道擁塞，與整體路網安全性降低，安全值並隨配備ATIS的車輛比率增加而減少。

Liu [97]乃藉由實車之模擬器比較語音、文字圖像及文字圖像混合語音三種不同ATIS提供方式，與不同年齡者之駕駛工作負荷(例如面臨不同的道路寬度、速限或車流密度等)、駕駛行為(如反應時間、主線偏移頻率或平均車速等)及資訊系統介面操作進行分析比較。資訊之呈現內容又分為簡單程度(即LCD僅提供3至5個資訊)與複雜程度(即LCD提供9至14個資訊)，語音提供方式分為簡單程度(每20秒最少提供一新資訊)與複雜程度(每5至8秒更新資訊)兩類。模擬行駛畫面放置於駕駛座前方4公尺的50×40°視野，LCD放置於駕駛儀表板中央上方，提供先進旅行者資訊，大小為11.4 cm× 8.4cm，其文字圖像內容包括路線指引、車況指示、速線指示、方向燈、車速等資訊，至於語音方面是在駕駛座前方裝置一擴音器，由女性聲音發音，說話頻率約為每分鐘150個字。

柳永青等人[98]藉由距離測試者約 50 公分之 17 吋解析度 800 × 600 pixels 彩色螢幕顯示器進行測試實驗，以分析文字字體、尺寸大小、行距及行長度之差異對於文字閱讀效應之影響。其閱讀效應之衡量指標為受測者於顯示的文章中找出要搜尋之目標單字的答對率、搜尋正確率及搜尋速度作為評估指標。

Liu[97]針對語音模擬實驗將電話通訊內容分為複雜、簡單內容及僅播放音樂三類，此外亦將電話通訊時間長度分為短通訊時間 30 至 40 秒及長通訊時間 180 至 200 秒兩類。研究結果顯示(1)當低駕駛負荷且通訊時間短之情況下，反應時間及駕駛行為(例如側向加速度之變異、方向盤角度之變異等)皆具較佳之成效；(2)在低駕駛負荷下，短暫的通訊具有激勵刺激作用。在高駕駛負荷下，短暫的通訊將降低駕駛行為水準；(3)「簡單通話內容」與「複雜通話內容」之間的績效無差異；(4)「僅播放音樂」比「簡單通話內容」有較多的側向車道位置變異。

Nowakowski 等人[100]以駕駛模擬器及實車進行實驗，分析電子地圖中不同街道數量、街道名稱字體大小及駕駛測試時間對駕駛者查閱電子地圖所需花費時間，並比較實車測試及駕駛模擬器研究結果差異。車機(LCD)擺設於儀表板前方略高的位置，距雙眼距離約為 31.2 吋(80 公分)，並呈現水平傾角 16 度且由其中心線向右轉 41 度。

汪孝慈[57]針對車內導航系統地圖比例尺和提供塞車資訊系統的顯示方式進行探討，其量測變數包括旅行時間、速度、導航錯誤的次數、心率和主觀評量(包括焦躁、疲勞和工作困難度之評量)。相關研究成果如下：(1)傳統地圖和電子地圖對於主觀評量、心率、旅行時間和速度皆無顯著差異。(2)地圖比例尺顯示的大小對於反應時間、超過反應的次數和旅行時間並無顯著差異。(3)塞車資訊由聲音的顯示方式使得受測者能夠保持原來的速度。(4)大比例尺地圖的反應遺漏較少。(5)塞車資訊對於路線選擇有幫助；地圖之比例尺顯示方式對駕駛績效

有影響。

陳曉如[54]探討語音導航系統對駕駛行為的影響，所探討的變數有性別、能見度以及四種形式的導航模式，其量測變數包括旅行持續 Trip Durations(ms)、旅行距離 Trip Distance (unit)、導航錯誤的頻率(受測者轉錯路口或轉彎後離終點更遠)，所獲得之結論如下：(1)低頻率聽覺導引系統具有最好的駕駛績效。(2)男性駕駛的駕駛績效普遍較女性駕駛好。(3)語音導引系統皆能提供駕駛者有效的導引，尤其是在低能見度的情況下效果最佳。

Falkmer [101]探討車內資訊提供位置對駕駛集中力之需求，該研究結果顯示：(1)若交通狀況需要駕駛大量的集中力時，受測者可注視到視覺資訊系統的範圍會變小。(2)車機置於上方相較設於左方與右方位置不易被駕駛人察覺。莊忠益[52]利用駕駛模擬器探討 HUD 和觸控式螢幕對於駕駛績效的影響。比較操控方式和車用電腦位置相關結論如下：(1)觸控式螢幕較容易為一般人所接受。(2)性別、駕駛狀況及顯示位置等三個變數沒有影響。

Uang [83]比較駕駛人使用傳統地圖與電子地圖的差異，並探討導航系統地圖刻度大小對於行車駕駛績效與工作負荷之影響。駕駛績效的準則為旅行時間、行駛速率以及判斷導航系統錯誤次數；工作負荷量測指標為心跳頻率，並使用五尺度里克特問卷設計詢問受測者的感受，包括焦慮、疲勞及困難程度。

SAE J2365[102]針對不同的案例去計算完成車內導航系統與路線導引工作所花費的時間，受測者須輸入地址為 2901，街道名稱為 Baxter，城市名稱為 Ann Arbor。表 2.9 為該研究進行之案例計算，包含工作操作項目以及年輕人與高齡者於各別項目所需花費的時間。

表 2.9　不同年齡層街道地址輸入完成時間

操作項目	估計時間(秒)	
	年輕人	高齡者
0.到達導航界面	0.31	0.53
1.輸入想要到達終點的方式	2.7	4.59
2.選擇城市（Ann Arbor）	6.7	13.62
3.選擇街道（Baxter）	12.96	24.41
4.選擇街道地址（2901）	17.95	40.1
5.輸入路線選擇標準(如：最短旅行時間)	3.2	5.09
總時間	43.82	88.34

William 等人[64]之研究乃針對行動電話通話與其他潛在的干擾對於煞車反應之影響進行分析，研究成果發現，手持行動電話及免持電話兩者的煞車反應時間是幾乎一樣的，故免持電話相較於手持行動電話並無提供較好的優勢。

綜合上述文獻所敘，針對 ATIS 資訊呈現方式、資訊內容及車機位置進行彙整，如表 2.10 所示。

表 2.10　ATIS 資訊彙整表

文獻	資訊呈現方式				文字圖像資訊內容				語音資訊內容		車機位置				
											LCD			HUD	
	傳統紙製資訊	文字圖像	語音	文字圖像混合語音	路線多寡	資訊複雜程度	地圖比例大小	字體大小	資訊複雜程度	通訊時間長短	上	下	中	左	右
Liu[97]		√	√	√		√				√					
柳永青[98]		√						√			√				
Nowakowski[100]		√			√			√			√				
汪孝慈[57]	√ (1)	√ (1) (2)	√ (2)	√ (2)			√							√ (3)	
陳曉如[54]	√	√	√												
Falkmer [101]											√	√		√	√
莊忠益[52]		√											√	√	

註：(1)車內導航系統實驗；(2)提供塞車資訊系統實驗；(3)文獻無提到擺放位置。

3. 電子付費系統

Tagaki[103]藉由顯示距離資訊，並且用其幫助訂立(Electronic Toll Collection, ETC)相關車載設備的規格。受測者為 24 位 20~50 歲正常視聽者，在同時具有 ETC 專用道和一般道路上行駛，車載資訊設備有四種(LED、聲響(sound)、LCD display、語音(voice))，藉由不同的搭配種類來瞭解資訊提供方式的使用情形和效率，並記錄資訊提供位置對駕車安全的影響。一開始離收費站超過 180m，並有先進警示信號柱(advance notice antenna)在前方，假設駕駛者能自由操控行車速度進入收費站並遵照車載資訊的指示進入所屬車道，ETC 系統隨機予以正常或失靈狀態，紀錄駕駛者操控行為並藉由問卷瞭解不同改變對其的影響。研究結果指出：駕駛者以聲響設備之使用程度最高(如表 2.11 所示)，而隨其他設備(LCD、語音)的搭配而減少，表示聽覺資訊在伴隨視覺移動的情況下，有些會被忽略；在進出收費站時，LCD 使用率提高，特別在離開警示信號柱時，33%的駕駛希望能有扣款的相關資訊能檢視。而提供種類的有效性則是聲響>語音>LCD>LED，四種均搭配為最高的效率。車輛必須在離收費站 250m 之前被通知收費站的相關資訊以及 ETC 的狀況，以讓駕駛能平順安全地切換車道，如圖 2-13 所示。該研

究建議 LCD display 的設計非常重要且不可或缺的，因為其可提供駕駛人再確認資訊，但是資訊內容在設計上需注意最短注視時間及安全性，未來以 LCD 搭配聲音為 ETC 系統中不可或缺的配備。人類所能處理資訊量最大為 7 項，因為此實驗並非以心智為主，故 sound 設計分為 3 種，以避免駕駛者混亂。警示信號柱應該距離車輛會合點(merging point，於收費站前方)約 170~200m 並考慮駕駛者損失時間，聲音的資訊應該提供 3~5 秒，以避免急遽變換車道或煞車所造成的不良影響。在 ETC 初期因為會有無 ETC 之車輛與有 ETC 之車輛混合行駛之情況，故安全和便利需要審慎考慮。

表 2.11　提供資訊的各種方式之使用情況

		Usage state by function of providing each information (%)			
		LED	Sound	LCD indication	Voice
By HMI function of vehicle-mounted equipment	LED + sound	42	100	–	–
	LED + sound + LCD display	33	100	58	–
	LED + sound + voice	17	100	–	58
	LED + sound + LCD display + voice	17	92	42	83
By place of toll booth	Advance notice antenna of entry toll booth	17	92	25	67
	Entry toll booth gate	25	92	50	33
	Advance notice antenna of exit toll booth	25	92	58	67
	Exit toll booth gate	33	92	50	33

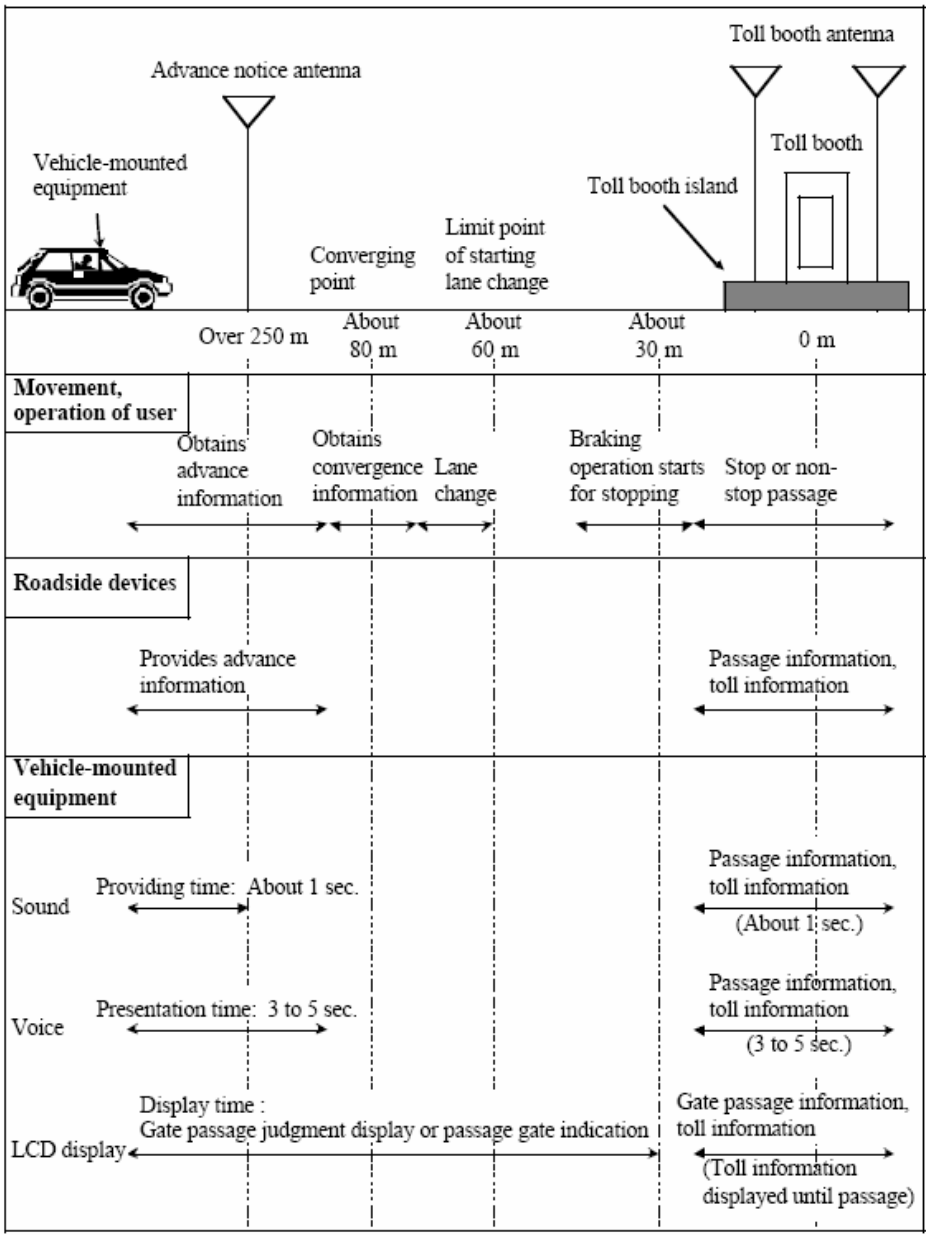


圖 2-13　車輛通訊時點與距離示意圖

2.5.2 交控設施

交通工程設施包括道路標誌、標線和號誌等是駕駛模擬場景建置時不可缺少的一環，謝敏郎[104]主要是探討省道指示標誌設置現況的缺失，針對設置位置和排面資訊進行檢討與分析。林暉順[105]利用電腦模擬情境，以不同速度和不同道路狀況進行模擬，探討禁制型和警告型標誌對於受試者主觀偏好及視覺績效的影響。Eccles [106]針對標誌的顏色進行實驗，估算螢光黃色的警示標誌如何影響危險路段的行車安全，實驗結果顯示使用螢光黃色的警示標誌，提升駕駛的注意力並提高路段的安全度。

Noyce [107]利用駕駛模擬器探討箭頭黃燈閃光顯示與車輛左轉的安全性，其結論為：採用閃箭頭黃燈的左轉指示的確可減少駕駛者左轉的疑慮。高國斌

[108]歸納出高齡者對於顏色的心裡感覺及色彩屬性，主要結論指出綠色為高齡者之安全感受最好；而白色給予高齡者舒服的感受性最強，另在色彩喜好度方面，75 至 84 歲之高齡者偏愛紅色及綠色；55 至 64 歲之中高齡者偏愛藍色及黃色。Dissanayake [109]討論不同年齡間對不同尺寸的停車再開標誌(Stop Sign)與減速距離的影響。結果發現年長者通常比其他年齡受試者需要較長的反應距離；同時尺寸愈大的標誌所需的反應距離較短，而若標誌尺寸小於某一程度時，則反應距離將無差異。

綜合上述，交控設施的顯示位置、顏色、大小和警示類型等的不同，將會因駕駛者感受的不同，而影響駕駛者之駕駛績效。

2.6 小結

本計劃針對駕駛模擬器系統驗證、駕駛過程之人車路系統反應、駕駛工作負荷評估分析、駕駛績效和安全評估及 ITS 與其他等相關課題進行文獻回顧，主要文獻彙整心得分述如下：

(1) 駕駛模擬器系統驗證：文獻中主要的驗證項目包括虛擬駕駛場景；直線加速、減速、轉彎及車道變換等駕駛操控行為；油門、煞車、後視鏡、儀表板等駕駛座艙之硬體擬真度。

(2) 駕駛過程之人車路系統反應：文獻中探討人車路系統反應之相關的感知反應與煞車反應等時間如圖 2-1 所示，IOT 駕駛模擬器除了感知(t_2)與判斷(t_3)二時間點須增加設備以進行判斷，其他七個時間點目前 IOT 駕駛模擬器已能擷取相關的反應資料，此外，在國內外相關研究所設計的情境並不同，故所探討的項目亦會隨著情境的不同而有所差異，因而沒有比較的基準。未來，國內駕駛模擬器如能建立一基本場景，供後續研究者一個實驗設計之基本架構，再依其需要擴充現有場景，如此相關研究即能依相同之情境而做深入的探討。

(3) 駕駛工作負荷評估分析：次要作業是衡量駕駛分心與工作負荷的重要方法，其類別主要包含：詢問受測者數字問題、使用行動電話等；而次要作業量測項目主要包含：答題反應時間、答題正確率等；生理量測項目主要包含：離開駕駛視線次數、平均心率等；主觀評估包含：心智需求、體力需求等。在次要作業類別部分，目前 IOT 除打開窗戶、操作 CD 不可行外，其餘項目皆可進行相關研究，打開窗戶、操作 CD 於 94 年度計畫即可進行改善。在探討課題方面，駕駛車輛操控績效與次要作業、生理量測和主觀評量間的關係是相關研究的探討重點。

(4) 駕駛績效與安全評估：駕駛績效包含 FHWA 文獻中所提之縱向車頭距、速度、路口判斷與決策、操控時間、橫向車間距、車禍迴避的能力與車輛在

車道的位置等七個項目。然而，這些安全評估項目乃是針對國外而設計，亟待國內學者針對我國特殊的交通環境進行相關研究。此外，關於安全評估之門檻值，亦更須國內相關領域專家投入。

(5) ITS 與其他研究課題：

a. ITS：ITS 所探討的課題包含有 AVCSS、ATIS 與電子付費系統，由文獻中可知，目前國內外文獻在警示提供方式除了視覺或聽覺的方式外，亦會使用兩者的結合。而在主要研究結論都可發現，駕駛者不論使用何種介面的警示方式皆比沒有使用警示系統有較佳的駕駛績效。而車內資訊系統則包含資訊呈現方式、內容及位置。綜觀所有的文獻可知，目前各研究課題所探討的項目不一，因此沒有一個評估之基準，然而車內資訊系統將成為未來車輛之基本配備，其對於駕駛績效與安全乃亟待國內學者進行更深入的探討與比較。此外，國內目前亦即將開始推動電子付費系統，故未來與電子付費系統之相關課題亦值得進行深入探討。

b. 其他研究課題：主要是對於交控設施進行相關文獻回顧，從文獻中可知，交通號誌標誌的顯示位置、顏色、大小和警示類型等的不同，將會因駕駛者感受的不同，而影響駕駛者之駕駛績效。利用駕駛模擬器，可探討何種組合會對駕駛員有較佳的駕駛績效。此外，從文獻可知，駕駛模擬器除了可對傳統的交控設施進行相關研究外，對於一些新的技術（如閃箭頭黃燈左轉指示）亦可進行研究。

第三章 駕駛分心與工作負荷評估

無論是傳統的交通工程設施或先進運輸系統的發展，均是希望駕駛者能迅速且安全地達到目的地，如：資訊可變標誌、路線導引系統與防撞警示系統，這些系統設計時應加上人因的考量，才不會使駕駛者因觀看或使用這些系統時，因分心或工作負荷增加而導致危險。國內需建立一個駕駛分心與工作負荷評估系統，以瞭解交通工程設施及 ITS 相關系統與技術對駕駛分心與工作負荷的影響，視覺是駕駛最重要的資訊來源，視覺工作負荷之評量更顯重要。本章首先介面駕駛分心與工作負荷評估之評估系統概念；次要作業是衡量駕駛分心與工作負荷評估對駕駛績效影響的重要工具，本章彙整常見之次要作業類別。本章另一個重點為提供駕駛分心與工作負荷評估系統之視覺(正視與瞥視)、聽覺、人機介面操控等項目的評估方法及相關的設計原則，以供相關研究之參考；駕駛工作負荷對駕駛績效的影響會影響駕駛安全，駕駛績效與安全評估系統內容詳見第四章；駕駛分心與工作負荷之實驗硬體平台內容詳見第五章。

3.1 駕駛分心與工作負荷評估流程

3.1.1 駕駛分心與工作負荷評估流程與架構

開車時駕駛者所需進行的工作非常多，依工作之重要性可分為主要工作（如：操作方向盤與看路況等）及次要工作（如：接聽電話與聽音樂等），駕駛者之工作負荷不能太高，否則會因為分心而影響駕駛安全，駕駛者之工作負荷也不能太低，否則會因為降低注意力而影響駕駛安全。駕駛工作負荷評估之探討課題規劃可包括下列與人、車、路、交通工程設施、環境及 ITS 有關的考慮因素：

1. 人：年齡、性別、酒醉、疲勞、疾病等駕駛者因素。
2. 車：煞車種類、煞車方式等因素。
3. 路：道路類別、道路坡度與曲率等幾何特性、車道數、車道寬等因素。
4. 交通工程設施：CMS、標誌、標線、號誌等因素。
5. 環境：車流特性（如流量與車種組成）、日夜光線、炫光、天候等因素。
6. ITS：AVCSS、ATIS、EPS 與 ATMS。

本研究規劃之駕駛工作負荷評估系統之作業流程與方法的示意圖如圖 3-1 所示，駕駛者開車時主要工作是操作方向盤並注意周遭路況，開車時駕駛者也會因聽音樂或使用行動電話而出現分心問題，開車安全性主要受人、車、路與交通工程設施、環境與 ITS 系統之使用所影響，而車、路、環境與 ITS 亦可能會造成駕駛分心，例如：在車上聽廣播、看到路旁 T 霸上的美女、注意對向車道的事故、以及使用先進車內資訊系統等情況均可能導致駕駛者分心，因而增加駕駛者之工作負荷。次要作業是衡量駕駛分心與工作負荷的重要工具，如研究者可以 PDT 來進行駕駛者視覺分心與工作負荷之評量。

駕駛者分心與工作負荷可利用駕駛模擬器、CCD(Charge-Coupled Device)、PDT(Peripheral Detection Task)與生理量測等設備以進行相關項目之衡量，若是進行與車內資訊系統有關之研究，所需之系統介面設備包括：LCD(Liquid Crystal Display)、HUD(Head-up display)與語音喇叭。工作負荷衡量項目包括以下四類：1.主要作業量測(如車輛操控情況量測)：量測項目包括人(如駕駛感知反應時間)、車(如駕駛速度)、路(如車道偏離)；2.次要作業量測：量測項目包括：視覺(如PDT)、聽覺(如回答口述問題)、生物力學(如撥電話)、認知(如數學計算)、說話(如回答問題)；3.主觀評量量測：如 NASA-TLX(NASA-Task Load Index)與SWAT(Subjective Workload Assessment Technique)；4.生理量測：如平均心率與眼球活動。這些量測項目所反應出來的績效彼此會互相影響，例如為了注意 PDT因而分心，而導致感知反應時間變短，此時可能心理緊張，使得平均心率急速增加，個人主觀評比之心智負荷也提高，此一駕駛績效互相影響需進行相關評估工作，以瞭解駕駛分心與工作負荷是否會影響到駕駛安全性。此外，駕駛生理與心理反應有某一程度的關連性，本研究之專家訪談中，有專家提供以下生理與心理反應關連的衡量項目：

1. 緊張、壓力、害怕：心跳
2. 疲勞：眨眼、視線、腦電波
3. 焦燥：情緒口語、車速較快
4. 注意力集中：心率變異量小

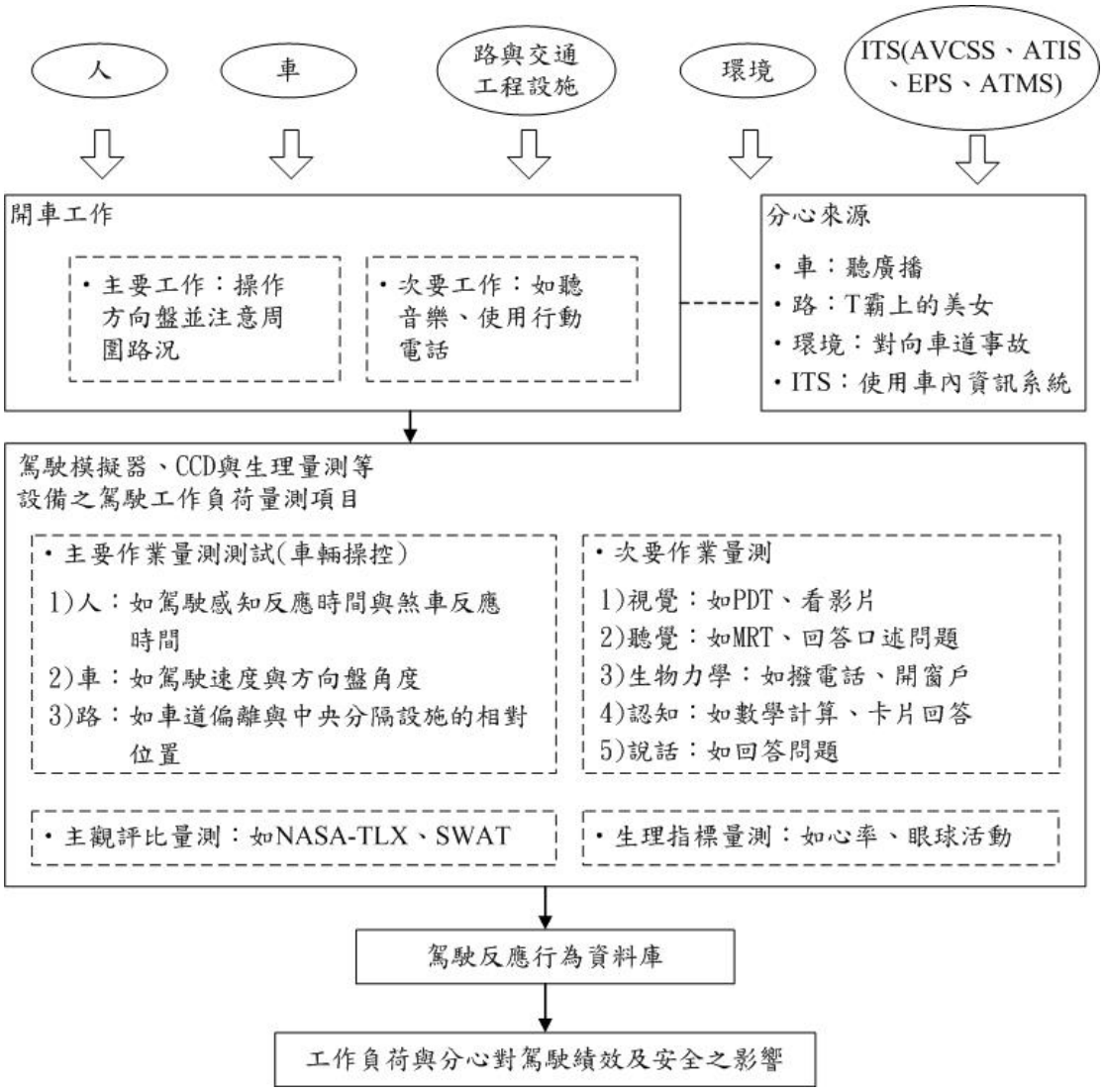


圖 3-1　駕駛工作負荷與分心評估系統示意圖

駕駛工作負荷和分心與駕駛績效之間的關係架構(如圖 3-2 所示)可由人、車、路、環境的互動狀況來進行說明。駕駛者於駕駛過程中係藉由操控車輛，使車輛能在道路上正常運行，而駕駛者需依照當時的道路狀況採用不同的車輛操控方式(例如：車道維持、車間距與速度控制等)，使車輛運行的軌跡回饋至駕駛者，因此人車之間有彼此互動之關係。駕駛者對車輛的控制可藉由衡量車道偏移、車間距或行駛速度等變數來評估駕駛績效；此外，駕駛者開車時許多工作可能會額外增加駕駛者工作負荷與分心，此可運用次要作業量測方法衡量其關係，分心與工作負荷程度可由駕駛之次要作業的作業績效、生理反應與主觀評量而得。利用『駕駛績效』與『工作負荷』的關連性可進一步界定駕駛是否有工作過度負荷的情況，並據以訂定運輸相關系統設計原則。

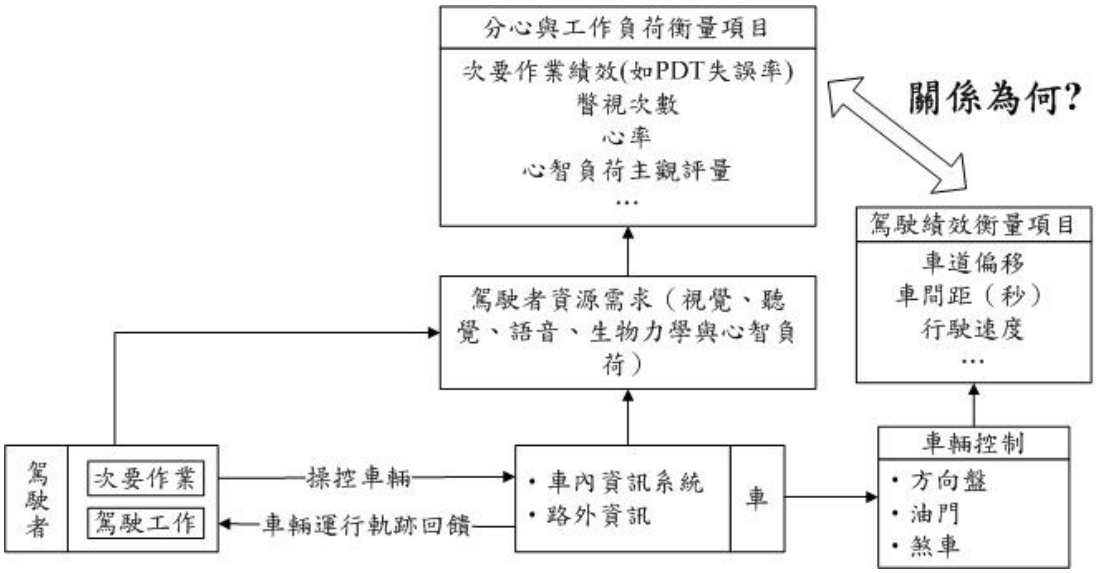


圖 3-2　駕駛工作負荷和分心對駕駛績效影響評估示意圖

3.1.2 次要作業類別

駕駛分心與工作負荷之次要作業量測方法非常多，不同的工作負荷量測方法所需用到的駕駛者資源不同，可概分為視覺、聽覺、生理力學、認知及說話需求五項，茲列舉次要作業量測方法與量測項目以供參考：

1. 數字問題：
   (1) 實驗者以口頭型式提出數學加法問題，如 28+29=?，受試者開車期間同時以心算計算，並以口頭型式說出答案，紀錄實驗者之答題正確率及答題時間。
   (2) 從某一數字(如 99)開始，反覆去減掉 7，量測項目可為答題時間與是否正確回答。
2. 非數字問題：
   (3) 要求受測者拾起卡片並回答卡片上的單選題，回答方式是將卡片放在與答案相同代號的箱子上，量測項目可為答題時間與是否正確回答。
   (4) 收聽交通資訊並回答問題，量測項目可為答題時間與是否正確回答。
3. 周圍偵測工作(Peripheral Detection Task, PDT)：PDT 是由 23 個白色的點所構成，位於車輛駕駛視線上的汽車擋風玻璃上，隨機選擇此 23 個白點將顏色轉變為紅色，在開始亮紅色燈的 2 秒內，受測者須觸碰按鈕做出反應，若未反應則視為失誤(miss)，量測項目可為 PDT 反應時間和失誤率。

4. 使用行動電話：受測者被要求以手機與他人討論複雜問題(如：這星期開車的行程)或回答簡單問題(如：手機號碼)，量測項目可為手機使用時間長短、答題時間與是否正確回答問題。
5. 從有各種硬幣的小箱子中，拿出特定數目的錢，量測項目可為反應時間與是否正確拿出特定數目的錢。
6. 在導航螢幕中(如 LCD 與 HUD)查閱目前所在的地圖位置和名字，量測項目可為回答時間與是否正確回答。
7. 調空調溫度：將溫度調至指定的空調(AC)溫度，量測項目可為反應時間與是否調至指定的空調溫度。
8. 操作 CD 或廣播：放入、取出與搜尋指定的 CD 曲目。
9. 看 VCD：受試者在駕駛模擬器的同時，還必須觀看 VCD 影片，以便在實驗結束後，能回答有關影片內容的問卷題目，紀錄實驗者之答題時間與答題正確率。
10. 與旁人交談：於模擬實驗中，在駕駛期間與旁人進行交談。
11. 查看速度：駕駛期間詢問受測者目前行駛速度。

3.2 視覺負荷評量與系統設計原則

3.2.1 視覺負荷評量

- 靜態中作業完成時間視覺評量方法與評量標準

在 SAE J2364[71]規範中提到兩種於車輛停止時，以視覺負荷來評估車機系統介面是否設計合宜的方法，其中一個為靜態方法（Static Method），另一為中斷視覺方法（Interrupted Vision Method），這兩種方法主要是在計算駕駛者需花費在注視車機系統的總注視時間，兩個方法的差異在於有無中斷受測者的操作。靜態方法是用來量測受測者完成工作（如操作導航系統）且過程未中斷的靜態總工作時間（static total task time）。中斷視覺方法乃是利用閉塞護目鏡（occlusion goggles）或是顯示空白畫面（display blanking）的方式將工作分開，並量測護目鏡上活動遮板開啟時的全部時間（occlusion total shutter open time），這個工作偶爾會藉由阻擋駕駛者視線或是顯示空白畫面來達到閉塞的目的。

上述兩個方法皆要透過實驗收集相關資料，每次實驗需要有 10 位實驗受測者，每個人實驗 3 次，因此共有 30 次的試驗數據。將這 30 次試驗所獲得的完成操作導航系統工作時間(TTTij)分別取對數後加總，再取其平均值（計算公式如表 3.1 所示），該數值可進行視覺工作負荷之評量，其評量標準為：

1. 使用靜態方法：表 3.1 之計算公式所獲得的值應小於 log 15 才是好的介

面設計。

2. 使用中斷視覺方法：表 3.1 之計算公式所獲得值應小於 log 20 才是好的介面設計。

表 3.1　評估系統設計優劣之計算公式及判斷準則

方法名稱	計算公式	判斷準則
靜態方法	$\left(\sum_{j=1-10}\left(\sum_{i=1-3}\left(\log TTT_{ij}\right)\right)\right)/n$	log 15
中斷視覺方法		log 20

以中斷視覺方法舉例而言，實驗後分別獲得三十次完成工作時間如表3.2所示。將三十個完成工作時間分別取對數加總並平均後的值為1.086575，其值小於log20，故該導航系統的介面設計是合宜的。

表 3.2　中斷視覺方法之工作完成時間計算範例

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
時間（秒）	13	11	15	8	12	10	13	12	16	9
次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
時間（秒）	14	16	11	9	13	12	10	11	15	16
次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
時間（秒）	12	10	12	14	16	12	14	16	12	9

評量方法：中斷視覺方法

平均每次工作完成時間：$\left(\sum_{j=1-10}\left(\sum_{i=1-3}\left(TTT_{ij}\right)\right)\right)\div 30 = 12.43$(秒)

三十次實驗值評量計算：$\left(\sum_{j=1-10}\left(\sum_{i=1-3}\left(\log TTT_{ij}\right)\right)\right)/30 = 1.086 < \log 20 = 1.30$

由此數據之比較結果得知，此車內系統介面設計符合標準。

- 車輛行駛中視覺評量標準

Green[110]參考 Dingus(1988)、Louis Tijerina 及 Rockwell(1988)研究提出當駕駛者開車時，總視覺偏移次數不能超過 10 次、一次的視覺偏移時間不能超過 2 秒。此外，在其它研究亦有不同之結論，AAM[111]建議一次的瞥視時間不能超過 2 秒；Green[126]則建議不能超過 1.2 秒。綜合上述，車輛行駛中視覺評量項目及評量標準包括：

1.一次的瞥視時間：不能超過 2 秒[110]，另一研究則不能超過 1.2 秒[126]。

2.總視覺偏移次數：不能超過 10 次。

3.2.2 視覺聽覺手動之系統設計原則

（一）視覺

- 瞥視視覺（如看 LCD）：水平向右 40 度內及側向向下 30 度內之角度

AAM[111]提到駕駛者為了能夠完全的控制車輛及察覺到動態的路況資訊，除了短暫地將視線偏移至後視鏡或車內的設備外，其視線應該要專注於前方的路況。因此，視覺的顯示裝置應該要安裝於一般的視線範圍內，以減少駕駛者的總視覺偏移（eyes-off-the-road）時間。該研究瞥視視覺注意力相關設計原則是引用 JAMA[112]之研究成果，資訊顯示的裝置應該架設在：水平向右 40 度內及側向向下 30 度內之位置。表 3.3 為目前各廠牌最新車輛裝配之 LCD 角度彙整表，由此表可知，其 LCD 角度均符合水平向右 40 度內及側向向下 30 度內之設計原則。

此一側向向下角度設計原則會因坐在車內駕駛者的眼睛距離地面高度而需修正，當車內駕駛者其眼睛高度距離地面超過 170 公分時，顯示裝置的側向向下角度應該安裝在下式計算結果的角度之內。例如：針對身高 190 公分的駕駛者，假設坐在大貨車車內後其眼睛高度距地面為 180 公分，將其代入上述公式可得側向向下角度為 38.5，因此資訊顯示的裝置應該架設在水平向右 40 度內及側向向下 38.5 度內之角度。

側向向下角度 ＝ 0.01303 ×（從地面至眼睛的高度（mm））＋ 15.07

表 3.3　各廠牌最新車輛裝配之 LCD 角度

車輛廠牌	車內裝配 LCD 尺寸	LCD 之水平向左角度	LCD 之側向向下角度
Nissan Sentra	9.7cm×15cm (3.8 吋×5.9 吋)	31°	15°
Nissan Teana	12cm×21cm (4.7 吋×8.3 吋)	26°	22°
Mitsubishi New Savrin	8.5cm×14cm (3.3 吋×5.5 吋)	21°	16°
TOYOTA CAMRY	6cm×9cm (2.4 吋×3.5 吋)	28°	21°
Ford ESCAPE	12cm×20cm (4.7 吋×7.9 吋)	26°	23°
Mercedes-Benz S350	9cm×16cm (3.5 吋×6.3 吋)	26°	29°
BMW 5 series	8cm×13cm (3.1 吋×5.1 吋)	25°	20°

- 正視視覺（如看 HUD）：10 度圓錐體範圍內

SAE J2400[113]規範中提出，視覺警示資訊若提供在駕駛者的正前方，其位置應位於駕駛者視線上 10 度圓錐體之範圍內，大約是在儀表板正上方的位置。國內人因專家訪談中有專家提出，國內身材與外國人不同，尤其女生身高較矮時，此一位置仍需考慮駕駛者視線是否有被遮到。

- 警示資訊不能單獨以視覺方式呈現

SAE J2400[113]強調若為資訊內容為警示資訊，則該資訊不能單獨以視覺方式呈現，以免駕駛忽略重要警示資訊而發生危險。

（二） 聽覺：75 分貝以內

在 SAE J2400[113]規範中提到，語音的警示系統其警示強度（Default Warning Intensity）以小於 75 分貝為佳，而警示音調開始的速率則是介於 1 分貝/毫秒至 10 分貝/毫秒之間。國內人因專家訪談中有專家提出，在一般正常環境音量情況下，警示聲音要比高出 15 分貝方有提示作用。此外，語音警示的持續提醒易讓駕駛者煩燥，可考慮讓使用者自行選用警示聲型式；語音警示的持續提醒駕駛者，大多無法讓人接受，但視覺警示卻可一直持續。

（三） 手動操控：需至少有一隻手操控方向盤

如同 AAM[111]之建議，使用車內資訊系統時應維持駕駛者至少尚有一隻手來操控方向盤，而語音通訊系統應該提供免持聽說功能，並可以用手動的方式來開始、結束或切斷語音通訊對話。

3.2.3 人機介面系統設計原則

- 人機介面系統設計原則

AAM[111]彙整先進車內資訊系統之人機介面設計原則，其主要重點包括以下 12 項，國內近年來車內裝配影音設備的情況愈來愈多，若以下列第一至第三點的原則來看，當開車時駕駛者是不能使用車內影音設備的。

1. 系統應該清楚的區分兩個系統觀點，即在開車時能使用或不能使用的二種類別。
2. 在駕駛過程中與駕駛無關但會讓駕駛者分心的視覺資訊或設備(例如：電視、錄影帶、連續不斷移動的圖像和自動捲軸的文字) 應該停止，亦或仍可提供但不能使駕駛者看到（即可讓車內其他人看）。
3. 若系統功能不能讓駕駛者開車時使用，則當開車時則停止提供此功能，為此，系統應有清楚區分開車時能使用或不能使用。
4. 系統不能阻礙駕駛者的視野。
5. 與駕駛任務有關資訊以視覺顯示時，需將資訊系統盡量設置於靠近駕駛

正前方視線的地方（即不要偏離視線太遠且亦不能擋住視線）。

6. 視覺顯示應避免眩光和反射光之影響。
7. 視覺顯示系統之設計需能讓駕駛者在連續短暫注視下，仍能完成所需完成的任務。
8. 優先使用與國際標準或知名廠商一致的圖像（icon）、符號、文字、縮寫字，若無標準，可利用相關設計原則或經驗判斷。
9. 與駕駛任務的資訊應即時且準確。
10. 系統應該允許駕駛者至少維持尚有一隻手來操控方向盤。
11. 語音通訊系統應該提供免持的聽說功能，但可維持用手動的方式來開始、結束或切斷語音通訊對話。
12. 駕駛者進行輸入工作時，系統回應需即時且讓駕駛者清楚感應。
13. 若系統提供與安全無關動態視覺資訊時，系統無須將此資訊提供給給駕駛者。

上述雖是車內資訊系統之人機介面設計原則，許多原則對車外資訊系統設計亦是適用的（如可變資訊標誌），茲列述如下：

1. 車外資訊提供位置：資訊系統設置位置應讓駕駛有足夠反應時間。
2. 車外資訊提供方式：資訊介面高度以及文字格式、顏色和亮度需能讓駕駛者在連續短暫注視下瞭解其內容。
3. 看路外資訊的視線不能被檔到：如速限標誌不能被路樹或招牌等東西檔到。

- 車內資訊優先權考慮因素

SAE J2395[114]中指出許多智慧型運輸系統所提供的資訊可能會造成駕駛者過多的負擔，且訊息的呈現方式亦可能會造成駕駛者分心。在行駛過程中多樣的ITS訊息同時顯示將會超過駕駛者接受訊息的負荷量並降低駕駛績效，ITS車內訊息優先權指標建立的目的是確保ITS的資訊能考慮到時間及空間的限制，將資訊有條理的呈現給駕駛者。該研究以安全相關性(safety relevance)、駕駛操控相關性(operational relevance)與時間緊急性(timing frame)三個層面來建立資訊的優先順序指標，其內容如表3.4所示。表3.5是該研究依照此三個判斷因素所訂出之45個資訊優先權指標**(Priority Order Index, POI)**排序表，例如，當資訊內容為『前方橋面濕滑』，此訊息與駕駛者行車安全有直接相關，此訊息對駕駛者之車輛操作是高度相關，此訊息可在20至120秒間提醒駕駛者即可，故此路況訊息之資訊優先權指標為10。

表 3.4　車內資訊優先順序判斷因素

判斷因素	水準
安全相關性	直接相關(directly) 部分相關(somewhat) 無相關(not)
駕駛操控相關性	高度相關(high) 中度相關(moderate) 稍微或無相關(little/no)
時間緊急性	緊急: 0-3秒(emergency) 立即: 3-10秒(immediate) 近期: 10-20秒(near term) 準備: 20-120秒(preparatory) 不急: >120秒(discretionary)

資料來源：[114]

表 3.5　車內資訊優先權指標排序表

安全相關性	駕駛操控相關性	時間緊急性	資訊優先權指標 (POI)
直接	高度	緊急: 0-3 秒	1
直接	高度	立即: 3-10 秒	2
直接	中度	緊急: 0-3 秒	3
直接	中度	立即: 3-10 秒	4
直接	稍微或無	緊急: 0-3 秒	5
直接	高度	近期: 10-20 秒	6
直接	中度	近期: 10-20 秒	7
部份	高度	緊急: 0-3 秒	8
直接	稍微或無	立即: 3-10 秒	9
直接	高度	準備: 20-120 秒	10
部份	高度	立即: 3-10 秒	11
直接	稍微或無	近期: 10-20 秒	12
直接	中度	準備: 20-120 秒	13
部份	中度	緊急: 0-3 秒	14
部份	中度	立即: 3-10 秒	15
直接	高度	不急: >120 秒	16
部份	高度	近期: 10-20 秒	17
直接	中度	不急: >120 秒	18
部份	稍微或無	緊急: 0-3 秒	19
直接	稍微或無	準備: 20-120 秒	20
部份	中度	近期: 10-20 秒	21
直接	稍微或無	不急: >120 秒	22
無	高度	緊急: 0-3 秒	23
部份	稍微或無	立即: 3-10 秒	24
無	高度	立即: 3-10 秒	25
部份	高度	準備: 20-120 秒	26
部份	稍微或無	近期: 10-20 秒	27
部份	高度	不急: >120 秒	28
部份	中度	準備: 20-120 秒	29
無	中度	緊急: 0-3 秒	30
無	高度	近期: 10-20 秒	31
無	中度	立即: 3-10 秒	32
部份	中度	不急: >120 秒	33
部份	稍微或無	準備: 20-120 秒	34
無	中度	近期: 10-20 秒	35
部份	稍微或無	不急: >120 秒	36
無	稍微或無	緊急: 0-3 秒	37
無	高度	準備: 20-120 秒	38
無	高度	不急: >120 秒	39
無	中度	準備: 20-120 秒	40
無	稍微或無	立即: 3-10 秒	41
無	中度	不急: >120 秒	42
無	稍微或無	近期: 10-20 秒	43
無	稍微或無	準備: 20-120 秒	44
無	稍微或無	不急: >120 秒	45

資料來源：[114]

第四章　駕駛績效與安全評估

4.1　駕駛績效與安全評估流程

人車系統反應與駕駛績效和安全評估的關係可見圖 4-1，當駕駛操控油門、煞車、方向盤後車輛在道路上行駛，此時會產生一些包括人、車、路的互動反應及相關物理現象，透過適當的設備，可將其記錄下來，再據此作為駕駛行為績效分析，以判斷駕駛行為之安全性，茲敘述此人車系統反應與駕駛績效和安全評估的要點如下：

1. 行駛狀態與駕駛行為

   車輛操作可分為：(1) 主要作業與駕駛狀態：透過橫向控制(方向盤)與縱向控制(油門、煞車)，使車輛在道路上行駛，而產生許多人、車、路數據(本研究稱為行駛狀態)。根據以上數據經統計、分析、觀察後，可歸納出一些駕駛行為類型。有關行駛狀態各項參數，可參閱 2.3.1 節內容。(2)次要作業與分心：車輛駕駛除了專心從事道路駕駛外，還有許多額外工作負荷，如操作收音機、手機、車上視訊設備等，這些總稱為次要作業。駕駛的工作負荷會受次要作業的型態與其資訊量而影響，因而造成駕駛分心。詳細相關內容可參考 2.3.2 節工作負荷、分心與次要作業。

2. 駕駛績效與安全評估

   為了評估車輛行駛狀態對安全的影響，除了一些危險駕駛行為外，正常駕駛與次要作業造成分心駕駛狀態下的評估也是一項主要且有價值的工作。然而，除了一些少數的研究提出評估指標外，目前較缺乏具體明確且客觀的評估指標，同時各國國情不同，人因數據亦不同，故可利用駕駛模擬器進行較多樣本的實驗，得到行駛狀態參數後，經統計分析與檢定，得到可能的一些駕駛績效評估指標，再據此分析對駕駛安全的影響。

3. 法規、標準與安全指標

   影響駕駛安全的因素主要是人為因素，但文獻上缺乏具體的評估指標。除了由統計上得到的駕駛績效外，亦可由先進安全車輛(ASV)許多警示系統的參數與標準提供思考的方向。已公佈的相關標準(如 SAE J2399、SAE J2400 等)與法規的摘錄及安全指標的訂定，可參閱 4.4 節相關內容。

4. 工作負荷評估指標

   工作負荷的指標除了分析相關實驗方法與數據外，主要還可由問卷作一些主觀的評估，如 NASA-TLX 等，詳細說明可參閱 2.3 節。

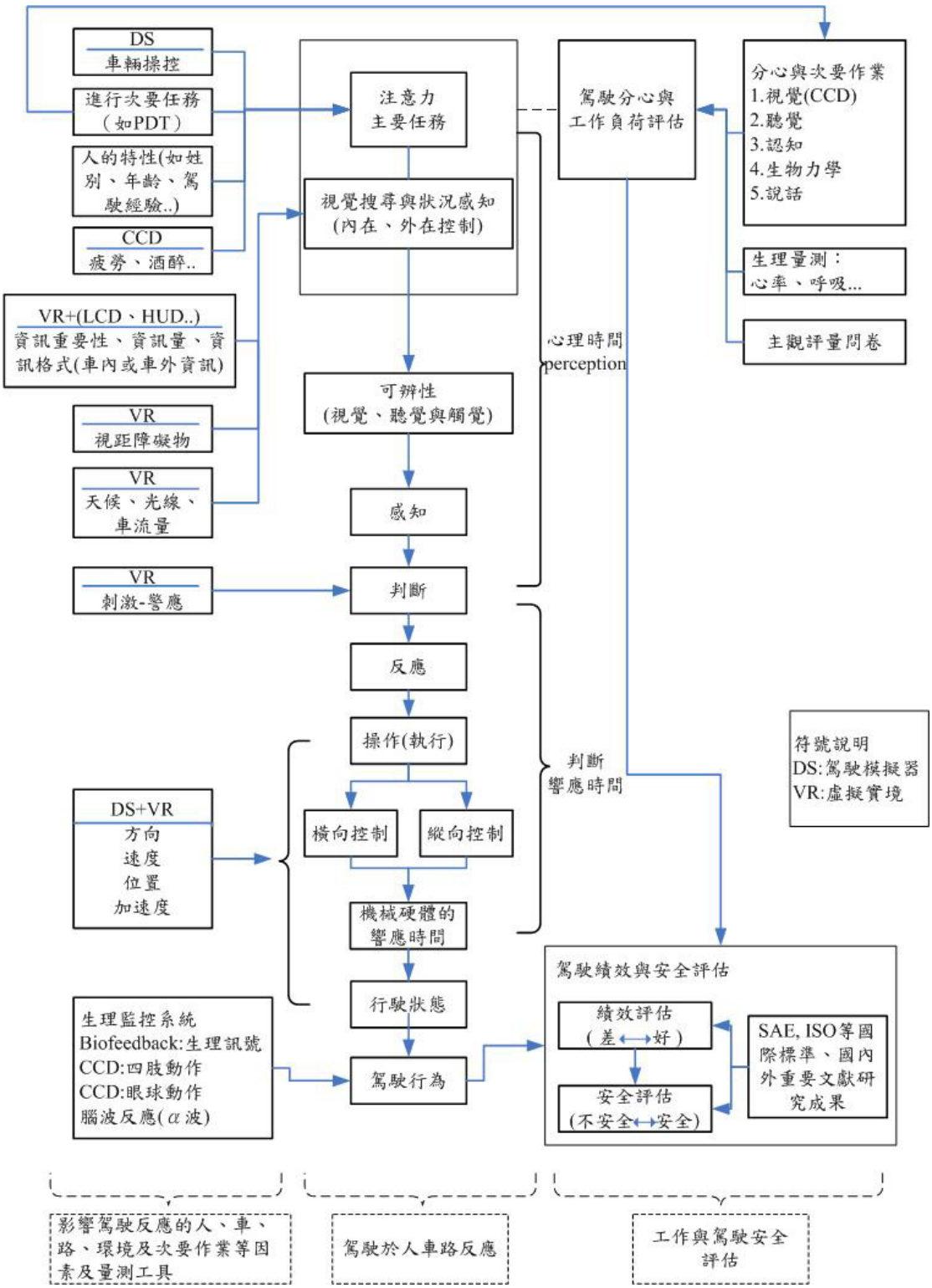


圖 4-1　人車系統反應與駕駛績效和安全評估關聯圖

綜合以上說明，根據 IOT 的駕駛模擬器現有功能進行駕駛績效與駕駛安全評估時，可建立如圖 4-2 的評估流程。研究者須先決定研究方向，此方向可由人、車、路、環境與事件等五個角度來思考。人的方面可選擇研究駕駛者本身基本特徵及其它身體狀況因素所產生的駕駛績效與安全差異，如不同年齡層駕駛行為之

差異性，其他有關駕駛因素，尚可包括：性別、健康狀況、疲勞、飲酒與藥物等情形。研究者也可選擇駕駛者進行各種駕駛操控所衍生出來的行駛狀態，如左轉、右轉、超車、煞車、變換車道及對標線、標誌與號誌的反應等，均可做為探討駕駛績效與安全的方向，這些均將有助於建立我國駕駛者的車內行為與行駛狀態之資料庫。

在車的方面，不同車型具有不同之車輛性能，均會對駕駛行為造成不同之影響，另一方面，由於車上許多影音設備與 ITS 系統均需在車內裝設車機，故這些車機系統與駕駛者間的溝通介面，如：資訊顯示方式與操作方式等人機介面，便成為一項重要的研究方向，此種溝通介面深受長期生活型態與思考模式的影響，因此，依據國外的國情與文化所演繹推出之車機設計，是否能正確地與我國駕駛者互動，以及我國駕駛者較適合何種車機介面設計，均是相當值得探討的方向。此外，ACC 系統操作參數的設定與 ABS(Anti-Lock Brake System)等車輛之安全系統對駕駛者的影響也是一個研究方向，因此經由駕駛績效及安全面瞭解我國駕駛者在使用車內設備的影響，即為一重要與可行之課題。

有關路及環境方面之研究，除了可單純探討各種不同道路方面的狀況(乾燥、潮濕、瀝青路面、混凝土路面、石子路面等)、天候(晴與霧等)以及光線(白天、夜間等)對駕駛績效與安全的影響，甚至可進而搭配內裝系統功能輔助，研究車內安全車輛系統(如夜視系統等)對駕駛者在不良道路及環境中行車的注意程度。再者，各種路上相關的交通工程設施與 ITS 顯示系統對駕駛績效與安全的影響亦是值得探討的方向，例如評估路上相關的顯示系統設置位置、尺寸與字體大小，均可利用駕駛模擬器評估這些顯示系統的位置與顯示內容，是否能在適當的時間進入駕駛者的視野範圍內以及是否引起駕駛的注意，並使駕駛者採取某些反應。

對於事件方面的研究，即在探討路上狀況對駕駛者行駛操控行為的影響，如前車緊急煞車或孩童突然衝入路中，駕駛人的反應措施等。路上狀況概可分為一般意外突發狀況(不同車流、塞車、掉落物、道路施工等)、安全狀況(正常路面與駕駛情形下)及極端危險(事故、危險駕駛行為，如蛇行、超速、任意變換車道等)三種等級。除了探討不同事件在駕駛績效與安全上的差異外，也可進一步搭配車輛內是否裝配有安全輔助功能(如防撞警示等)的駕駛輔助系統，來瞭解如何協助駕駛者因應行車過程中可能發生在道路上的事件。

不論研究者選擇進行何種研究課題，後續進行步驟是一樣的。首先需決定要評估的項目是行駛狀態、心理或分心等，因為不同評估需求代表的是需要不同的硬體設備，進而也衍生出量測項目的差異，至於場景的選擇，則與研究者希望在何種虛擬的交通環境中進行這些評估有關。完成這些選擇並進行實驗後，研究者便需要針對所量測的項目，探討其駕駛績效與安全問題。

當國內研究的結果逐漸累積後，便會形成一個我國的駕駛績效與安全的資料

庫，同時也可開始逐步建立我國在這方面的知識。因此在累積這些資料與知識前，必須先嘗試對駕駛績效與駕駛安全如何評估作一個界定，以使未來是在共同的基礎下利用 IOT 駕駛模擬器所累積及衍生的資訊。

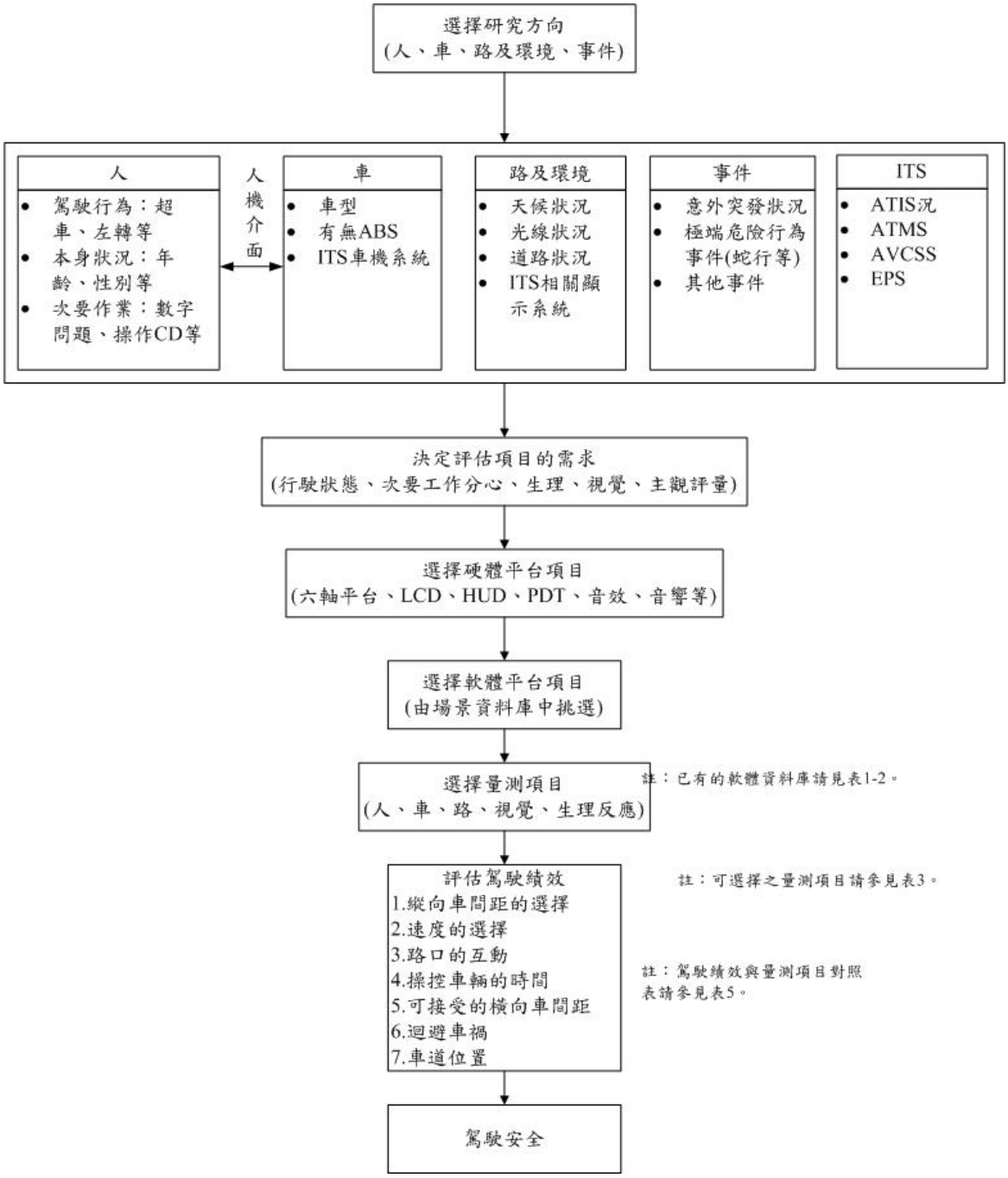


圖 4-2　IOT 駕駛模擬器之駕駛績效與安全評估流程圖

4.2　駕駛績效評估

本研究自第二章文獻回顧中發現，利用駕駛模擬器進行工作負荷、分心及駕駛績效與安全的各項研究所量測的變項種類很多，各研究之間雖有相同的項目，但仍有許多不同，因此各研究間不論變數的定義或綜整工作負荷、分心、績效、

安全的評估均難見一致之方法，致不易進行比較。因此本研究目標即在參酌國外相關文獻，建立一套適合我國國情的駕駛績效評估方法，使 IOT 駕駛模擬器在後續相關研究上，能有較一致的比較基礎，並可逐漸累積我國的相關駕駛績效與安全資料庫。

在說明駕駛績效評估方法的建立方式及最後結果前，需先就本計畫所提出評估方式的適用“對象”作一個範圍上的定義。“駕駛”(driving)初步而言，可依駕駛者是否蓄意採明顯高風險方式開車，而分成極端危險駕駛行為(aggressive driving behavior)與否二類，如：駕駛者蛇行、以大幅超速(如：時速 200 km/h)方式開車等，皆稱極端危險駕駛，此類駕駛並非本研究之駕駛績效主要的評估對象。本研究是以駕駛者選擇某種時刻或某種態度操控車輛時，可能導致難以接受的高車禍風險（次數多或傷亡嚴重），而駕駛者採行這些操控，並非蓄意在其所理解的高風險狀況下進行，而是出自於無法正確瞭解危險，如：分心、魯莽或身心功能受損等，雖知道駕駛時狀況，但錯估狀況的風險，亦即本研究之駕駛績效評估的是『可能』引起高車禍風險的操控錯誤，而非『已知一定』會引起嚴重車禍結果的危險操控行為。基此，駕駛安全課題便成為駕駛績效評估的重心。

在美國 FHWA[118]針對駕駛者操控錯誤的相關研究中顯示，其納入考量的事故類型計有：

1. 追撞、前車靜止、前車急煞車。
2. 倒車撞
3. 變換車道/匯入車道
4. 單一車輛衝出路外
5. 交叉路口穿越對方車輛行駛路徑：號誌化路口直行、無號誌路口直行、左轉
6. 撞到路上的施工工人。

綜觀這 6 種事故類型，可發現和我國主要事故類型頗為近似，根據本所報告[116]指出，我國發生次數較高之事故類型，在高速公路為追撞、同向擦撞，在一般道路為側撞、路口交叉撞；而單一車輛事故與人車相撞事故的嚴重度，則相對較嚴重，就一般實務經驗來說，同向擦撞通常是發生於變換車道時，至於側撞及路口交叉撞二種事故，前者是發生在路口轉彎穿越對向直行路線時，後者是發生在路口直行時穿越橫向直行車路徑，因此美國 FHWA 在探討駕駛操控錯誤所考慮的事故類型中，除了倒車撞外，其餘 5 種事故均也是我國的主要事故類型，故 FHWA 所探討的相關操控行為，以及由此所衍生的駕駛績效評估等概念均應頗具有參考價值。

4.2.1 駕駛績效評估方式之建立

在參考 FHWA 方法，並蒐集之國內外相關駕駛行為研究文獻與國內可用資料以及國內特殊狀況等，本研究以圖 4-3 所示的程序嘗試建立 IOT 駕駛模擬器之

駕駛績效評估方法，該方法說明如下：

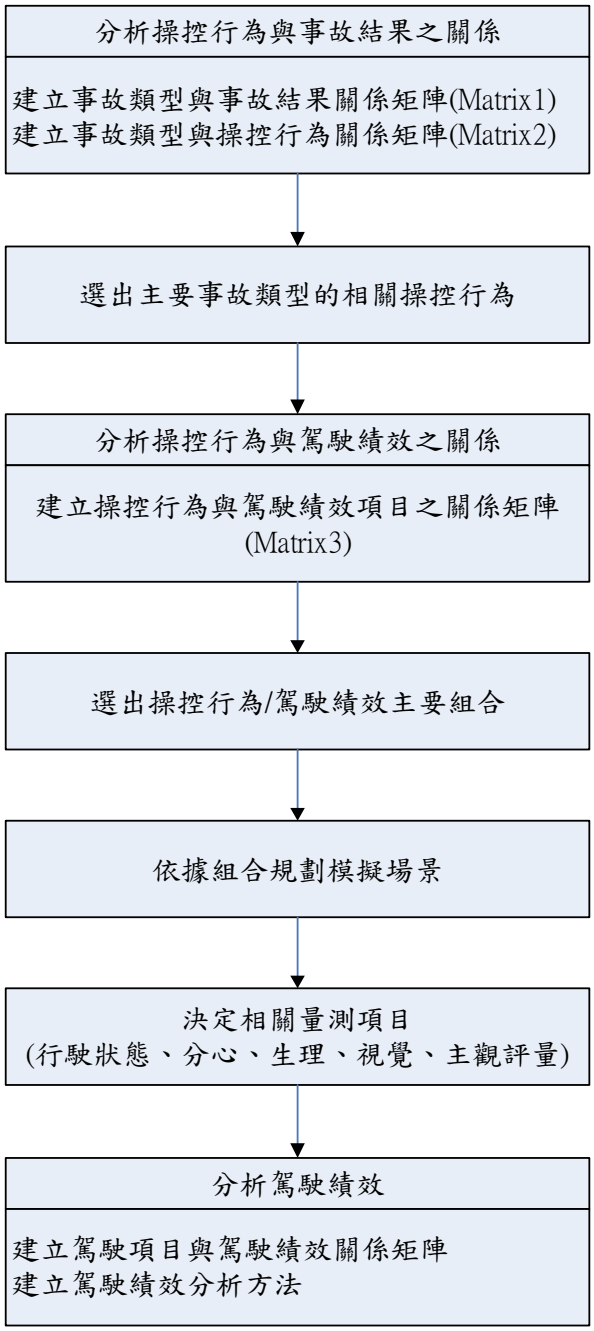


圖 4-3　駕駛績效評估方法之建立過程

1. Lerner[118]等人研究指出事故類型包含對撞、對向擦撞、同向擦撞、側撞、路口交叉撞、追撞、倒車撞、單一車輛事故及人車事故等；而我國亦針對各事故類型列出其嚴重度及次數的高低，本研究參考 Lerner 研究之事故類型分類方式，再加上國內事故結果，將其彙整成表 4.1 的關係矩陣。由我國事故資料庫中，針對各種事故類型分析事故結果的次數與嚴重度 (表 4.1)，由其中找出事故結果影響較大者，即嚴重度與次數均高，或此二種結果有一為

高而另一為中等者。由表 4.1 可發現，除了倒車撞、對撞、對向擦撞、單一車輛事故外，其他各種事故的結果均堪稱影響較大，故將其他各類事故均納入下一步驟的分析中，至於單一車輛事故因發生事故時的人車特性與雙車事故、人車事故有別，故雖發生次數不多，但仍納入下一步驟的分析中。

表 4.1　Matrix1：事故類型與事故結果關係矩陣

事故結果 事故類型	嚴重度	次數
對撞 (向左變換車道或左彎中、向前直行中、向右變換車道或右彎中)	H	L
對向擦撞	H	L
同向擦撞 (向左變換車道或左彎中、向前直行中、向右變換車道或右彎中、靜止)	H	M
側撞 (向左變換車道或左彎中、向前直行中、向右變換車道或右彎中、靜止)	M	H
路口交叉撞(向前直行中)	M	H
追撞(向前直行中、急減速、靜止)	H	M
倒車撞	L	L
單一車輛事故(衝出路外、撞固定物)	H	L
人車事故	H	M

資料來源：[116,118]

註：(下述補充說明來自交通部本所[116]研究)

1. H：嚴重度或次數高；M：嚴重度或次數中等；L：嚴重度或次數低。
2. 嚴重度：H 表 AIS(Abbreviated Injury Scale)大於 2.5，M 表 AIS 介於 2.2~2.5 間，L 表 AIS 不及 2.2。(我國整體 AIS 嚴重度均值約 2.5，各種事故類型中嚴重度最高約 4.7，最低約 2.2)
3. 次數：H 表次數約 5~6 萬左右，M 表次數約 2~4 萬左右，L 表次數約 1 萬左右或遠低於 1 萬。
4. 分析所用資料年期：嚴重度部份為 1999-2001，次數部份為 1999-2002。

2. 參考國外文獻常為研究者探討的操控行為，分析這些操控行為與國內主要事故類型的關聯性 (表 4.2)，以瞭解各類型主要事故類型的有關操控行為，如：追撞事故與車輛「停止中」此項操控行為的相關性甚高，但與車輛「橫向控制」的相關則低。因 FHWA 認為與操控錯誤有關的事故類型，和表 4.2 中的我國主要事故類型，有不少相似之處，致其評估結果本計畫也一併作為參考。由表 4.2 可發現，少有某一特定操控行為會與各種事故類型均高度相關，因此，每一種操控行為皆會在不同駕駛狀況中影響駕駛績效與安全，本研究

將有一項高度相關的駕駛行為均納入後續分析中。此外，「通過中」、「併入車流中」及「離開車流中」三種操控行為並未與任何一種主要事故類型高度相關，但此三種操控行為在過程中速度的變化極為顯著，且也是國際上常見的高速公路、郊區道路安全議題，因此本研究仍將其納入下一步驟探討駕駛績效。綜上所述，本研究將表 4.2 中每種操控行為均納入考慮。

表 4.2　Matrix2：事故類型與操控行為關係矩陣

事故類型 / 操控行為	追撞 (向前直行中、急減速、靜止)	同向擦撞 (向左變換車道或左彎中、向前直行中、向右變換車道或右彎中、靜止)	路口交叉撞	側撞 (向左變換車道或左彎中、向前直行中、向右變換車道或右彎中、靜止)	單一車輛事故 (衝出路外、撞固定物)	人車事故
橫向控制	L	M	L	L	H	M
速度控制	H	M	M	M	M	H
停止中	H	L	H	M	L	H
跟車中	H	L(1)	L	L	M	L
通過中	M	M	L	L	L	L
併入車流中	M	M	L	L	L	L
離開車流中	M	M	L	L	L	L
變換車道中	H	H	L	L	L	L
接近路口中	H	H	L(3)	H	L	M
路口---直行	H	M	H	H	L	H
路口---右轉	H	L	L(3)	H(4)	L	M
路口---左轉	H	L	L(3)	H	L	L
上匝道	H	L(2)	L	L	L	L
下匝道	H	L(2)	L	L	H	L
彎道的處理	L	L	L	L	H	L

註：H：高度相關；M：中度相關；L：低度(或無)相關。

(1)：FHWA 依其國內特性，認為此項為「M」，惟本計畫初步認為，跟車應與前後車的相關性較高，而與側向車輛的相關性低，致同向擦撞此種與側向車輛間的衝突所生事故，與跟車操控間的相關性應不高，故本計畫此處暫以「L」表之。

(2)：FHWA 依其國內特性，認為「上匝道」此項為「H」，「下匝道」此項為「M」；但以我國實際狀況而言，因我國雙車道的匝道並不多，故同向擦撞此種發生在二車道間的雙車事故，可能不容易在我國的上、下匝道處觀察到其關聯性，故本計畫暫以「L」表之。

(3)：FHWA 依其國內特性，認為「接近路口中」、「路口---左轉」此項為「H」，「路口---右轉」此項為「M/L（非號誌化路口/號誌化路口）」，但我國路口交叉撞事故是指，路口兩直行車輛相撞，而與轉向車輛有關的相撞事故，則歸屬在側撞類事故，因此，本計畫此處以「L」表之，而有關路口轉向操控部份，則於下一欄側撞事故中表之。

(4)：FHWA 依其國內特性，認為「路口---右轉」此項為「L」，但我國因明顯有汽車右轉與機車直行的衝突問題所衍生事故類型，故本計畫此處以「H」表之。

3. 依據 FHWA 所提出的駕駛績效計有下列 7 類：

(1) 縱向車頭距（Headway selection）

(2) 速度（Speed selection）

(3) 路口判斷與決策（Intersection negotiation）

(4) 操控時間（Maneuver avoidance）

(5) 橫向車間距（Gap acceptance）

(6) 車禍迴避的能力（Crash avoidance）

(7) 車輛在車道的位置（Lane placement）

而這 7 類是許多國內外相關駕駛安全研究文獻常見的探討問題，且某一種績效均或多或少會與一些操控行為相關。本計畫依據事故類型與操控行為的關係、駕駛績效主要關切的潛在危險等因素，分析這些駕駛績效與操控行為的關係如表 4.3 所示。如：「橫向控制」此項操控行為，與單一車輛事故高度相關，此可能和操控車輛時，對速度與車道位置選擇的適當與否有關，若選擇適當，則可助於迴避車禍；類似地，「彎道的處理」此項操控行為，也有近似狀況。由於每一種駕駛績效均包含數種操控行為，且有些操控的行為可表達出不同的駕駛績效，因此，在利用 IOT 駕駛模擬器評估駕駛績效時，便可透過不同場景的設計，來取得不同操控行為與駕駛績效的資料。

因為表 4.3 中的操控行為與我國的主要事故類型(表 4.2)有關，故藉由駕駛模擬器觀察與瞭解這些操控行為，將會有助於改善我國的駕駛安全問題。本計畫考量這些操控行為所規劃設計的場景清單請另詳 5.2 節。

表 4.3　Matrix3：操控行為與駕駛績效關係矩陣

駕駛績效 操控行為	(1) 縱向車頭距	(2) 速度	(3) 路口判斷與決策	(4) 操控時間	(5) 橫向車間距	(6) 車禍迴避的能力	(7) 車輛在車道的位置
橫向控制		v	v	v	v	v	v
速度控制	v	v	v			v	
停止中	v	v	v		v		
跟車中	v		v			v	v
通過中		v		v	v		v
併入車流中	v	v		v	v	v	v
離開車流中	v	v		v	v	v	v
變換車道中	v	v		v	v	v	v
接近路口中		v	v	v			
路口---直行	v	v	v	v	v	v	v
路口---右轉		v	v	v	v	v	v
路口---左轉	v		v	v	v	v	v
上匝道	v	v		v	v	v	
下匝道	v	v		v	v	v	
彎道的處理		v				v	v

註：「v」：表本計畫初步認為可能相關，未來專家提供意見與得到更多實驗數據後，可更清楚判斷。

4.2.2 駕駛績效評估方法

駕駛模擬器能在一次模擬中，藉人車系統的反應，針對所要觀察的操控行為，量到許多評估的準則資料，作為評估駕駛績效的依據，如：要評估「縱向車間距」此項駕駛績效，可透過駕駛模擬器系統所量測的「跟車間距(s)」資料，來判斷駕駛者在此項績效上的表現情形。但由於駕駛模擬器可量測的項目很多(另詳 5.2 節)，而要評估的駕駛績效有 7 類，故需建立二者間的關係，才能使利用 IOT 駕駛模擬器的研究，在量測的結果分類方面，能有較一致的基礎，以助於建立駕駛績效與安全資料庫。此種對應關係的資料，目前仍未找到相關可供參考的文獻，本計畫乃先初步以經驗與知識，針對可以量測的項目逐一解析，嘗試將其分類至 7 類駕駛績效中，未來可藉由隨著研究數量的增加而累積的知識，來改善分類。此在 5.2 節中會針對 IOT 駕駛模擬器可以量測的項目，作較深入的駕駛績效歸類說明。

針對駕駛模擬器可量測的諸多項目，應有一種統一的計算分析方法。由於在一次模擬中有許多位測試駕駛者，每位駕駛者均有量測項目之個人觀測資料，故除了可藉由所有人之平均值、中位數及標準差外，4 分位統計量應也是另一項值

得考慮的方式，藉由 4 分位統計量，可以瞭解何種量測項目有 75%的受測者皆呈現較不安全狀況，而何種僅有 25%的受測者呈現較不安全狀況。

再者，本計畫初步認為下列指標的計算，因無特定單位，在未來彙整多項量測項目時，應較具彈性與可行性：

$$安全指標=\frac{觀察值-目標值}{目標值}\times 100\ \ \%$$

安全指標(safety index)的有「符號正負」及「數值結果」兩種意義。當所測之資料(observed value)為空間位移資料時，如：跟車間距(m)，則安全指標為負值，表示駕駛者在此項指標上的表現低於目標值(target value)，屬危險狀況，故其駕駛績效歸屬「絕對不安全」者，安全指標為正值，則表示駕駛者在此項指標上的表現在平均水準之上，但安全與否，則仍需進一步觀察安全指標的實際數值結果；當所測之資料為時間(感知反應時間)、速度與加速度資料時，則所代表的意義相反。故應由物理意義上思考安全與否。

安全指標中除了指標項目以外，其目標值（target value）是另一項須解決的課題，如：感知與反應時間為多少時才稱為達到基本的安全水準？國內外並未有一致的標準，而文獻之研究結果亦因定義、探討課題、計算方式等差異而變異頗大。本研究認為有下列三種方法作為取得目標值的來源，詳細內容請見 4.4 節：

1. 由國際組織的標準與規範（如：SAE、ISO 等）中，尋找可用的設計標準，作為目標值（target value）。
2. 由文獻中找出具體的評估項目及其所提的標準。
3. 無法由國際標準法規、規範或文獻中取得的目標值資料，則可透過基本場景和其衍伸的場景的駕駛模擬器模擬實驗，來收集我國的駕駛者反應資料，然後以第 85 百分位之受測者的資料，作為各量測項目之目標值。收集資料時，若國際規範中對於量測的方式已定義，如：視線駐留時間等，則以國際定義為據。而此處所訂 85 百分位，係因一般交通設計多以此百分位為基礎，SAE J2400 中亦有相同的評估方法。至於基本場景部份，短期內要訂定一個完整的大型場景，雖然可行性不高，惟未來可先由小型的部份基本場景著手，逐步累積經驗。

經由以上的評估方法，雖已可了解反應駕駛績效的各項量測項目的安全水準，但因國內外相關研究並不多見，故無法進一步針對多種量測項目、多種駕駛績效的彙整問題提出解決方案，不過，已可用一致的方法，來觀察各種量測項目所反映的駕駛績效情形，待後續研究所收集的資料越來越多時，便可能為績效指標的彙整問題，提出解決方案。

4.3 駕駛績效資料庫的建立

駕駛績效與安全資料庫建立之最終目的在透過人、車、路、環境等各種層

面，來改善績效與安全問題。因此駕駛模擬器即是在建構一個車、路、環境的模擬系統，駕駛者(人)坐在座艙中操控模擬器，經由電腦與感測器將操作互動過程中的資訊記錄下來，經過 4.2 節的分析步驟存入資料庫中。

美國 FHWA[118]之駕駛者操作錯誤的相關實驗研究結果可知，其所考量的情境項目計有：道路等級(市區道路/郊區道路/高速公路)、服務水準、車道數、分隔狀況（有分隔/無分隔）、號誌、路面狀況（乾/濕）、道路幾何線形（平面/下坡/路口）等，這些內容均可作為我國基本場景之重要參考。以下分別就駕駛模擬器基本場景的建立與駕駛績效可量測的項目加以說明。

4.3.1 駕駛模擬器基本場景之建立

4.3.1.1 車輛特性

國內將道路的服務水準劃分為 A 至 F 六個等級，高速公路及多車道郊區公路所對應之道路服務水準分別如表 4.4 及表 4.5 所示。不同服務水準有其不同的車流密度、平均速率及服務流率，此標準可助於場景中車流的設計。其中，在表 4.4 及表 4.5 中之平均速率乃是該服務水準中車速的最小值,例如在高速公路的 A 級服務水準其車輛的速率可大於或等於 90 公里/小時。

表 4.4　高速公路服務水準等級之劃分標準

服務水準	密度，D（小客車/公里/車道）	平均速率（公里/小時）	服務流率（小客車/小時/車道）	建議值（小客車/小時/車道）
A	0 ≤ D < 14	≥ 90	970 ~ 1,350	1,200
B	14 ≤ D < 18	≥ 85	1,350 ~ 1,670	1,500
C	18 ≤ D < 23	≥ 80	1,670 ~ 2,020	1,850
D	23 ≤ D < 29	≥ 70	2,020 ~ 2,300	2,150
E	29 ≤ D < 35	≥ 60	-	-
F	D ≥ 35	或 < 60	-	-

資料來源：[123]

表 4.5　多車道郊區公路服務水準等級之劃分標準

服務水準	密度，D（小客車/公里/車道）	平均速率（公里/小時）	最大服務流率（小客車/小時/車道）
A	D ≤ 12	≥ 65	780
B	12 < D ≤ 18	≥ 63	1,134
C	18 < D ≤ 25	≥ 60	1,500
D	25 < D ≤ 33	≥ 55	1,815
E	33 < D ≤ 52.5	≥ 40	2,100
F	D > 52.5	≥ 0	變化很大

資料來源：[123]

除了一般性的基本車流特性資料外，我國在市區道路有較高比例的機車、在高速公路有較高比例的大貨車，此種車流中的車種組成特性，乃為較特殊的現象，進行模擬場景設計時應予以適度考量。

4.3.1.2 道路環境

不同道路類別之道路基本特性不一樣，根據 2001 年台灣地區公路容量手冊[123]高速公路、市區高架快速道路、多車道郊區公路及雙車道郊區公路基本特性分述如下：

- 高速公路
  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；
  4. 直線路段；
  5. 晴朗天氣及良好鋪面；
  6. 平常日之車流；
  7. 車流中只有小客車；
- 市區高架快速道路：
  1. 車流中只有小客車；
  2. 車道寬為 3.75 公尺；
  3. 內、外側路肩之平均路肩寬度為 0.35 公尺；
  4. 直線高架路段；
  5. 晴朗天氣並有良好鋪面；
- 多車道郊區公路
  1. 車道寬為 3.75 公尺；
  2. 橫向淨距在 2 公尺以上，此淨距為從車道外側到分隔島或路邊障礙物之距離；

3. 車流中全為小客車；
4. 道路在平原區；
5. 道路為城際公路而且有中央分隔；

- 雙車道郊區公路
  1. 車道寬為 3.75 公尺；
  2. 橫向淨距為 2 公尺；
  3. 車流中全為小客車；
  4. 公路在平原區；
  5. 自由速率不小於 60 公里/小時；
  6. 無禁止超車區；
  7. 車流之方向比例為 50/50；
  8. 無阻斷性交通設施（如號誌化交叉口）；

此外，本研究將一般常見的市區道路及省道之基本特性分別定義如下：

- 市區道路
  1. 車道寬為 3.5 公尺；
  2. 雙車道；
  3. 混合車流；
  4. 橫向淨距為 2 公尺；
  5. 平坦坡度；
- 省道
  1. 車道寬為 3.5 公尺、混合車道為 5 公尺；
  2. 雙車道；
  3. 混合車流；
  4. 橫向淨距為 2 公尺；
  5. 平坦坡度；

上述不同的道路等級有其不同的道路幾何線形安全問題，這些特徵皆可作為場景設計的參考依據。

4.3.1.3 環境

環境因素所關切的基本內容為天候(晴、雨、陰、霧)及光線(白天、晨昏、夜間)，由我國的相關事故資料特性顯示，白天為晴天所發生的交通事故次數甚多，但發生在非晴天之夜間的交通事故比例，則明顯較晴天或夜間為高，此指出不同的環境狀況，各有其需要注意的安全問題。因此，駕駛模擬器的場景設計時，應將這些環境因素考慮在內。

4.3.1.4 駕駛模擬器基本場景內容

由 4.2.1 節的績效分析過程可知，不同的操控行為可能肇致不同類型的事故(表 4.2)，而這些不同操控行為，在不同的道路、環境、車流狀況下，也會呈現不同的駕駛績效結果，因此，由前述三小節所考量的車、路與環境條件為基礎，來規劃構建駕駛模擬器的基本場景清單(表 4.6)，以作為進一步設計各種操控行為的基礎。表 4.6 中除了道路等級、中央分隔方式、車道數間有設計上的合理性考量外，其餘內容間多具獨立性，可相互搭配組合。此外，不同道路及車流所建立的場景矩陣，可進一步在 6 種天候(大雨、中雨、小雨、濃霧、中霧、薄霧)及 4 種光線(黎明、黃昏、夜間有照明、夜間無照明)狀況所構成的 24 種環境組合中作選擇，再加上白天為晴天的情境，未來共計有 25 種不同天候與光線的組合供實驗設計時選擇。表 4.6 中所列內容，主要是基於下列考量：

1. 兼顧我國的道路及交通狀況，以及國際文獻常探討者。
2. 國內之開發密度高、路口間距短、市區汽機混流狀況明顯，故可考量路口機車之相關場景，以適度反應國內特殊狀況；而高速公路部份，則可兼顧國內運輸安全課題及國際的比較性。
3. 路段部分依速度高低依序分成高速公路、郊區道路、市區道路三種。

本研究依據上述考量所規劃設計的 IOT 駕駛模擬器未來的場景清單請另詳 5.2 節。

表 4.6　基本場景考慮之車、路、環境內容

道路等級	道路幾何線形	天候	車流狀況（服務水準）
1.高速公路 2.郊區道路 3.市區道路	1. 直路 2. 坡道 3. 轉彎 4. 路口	1.晴天 2.雨天 3.陰天 4.霧天	1.A 級 2.B 級 3.C 級 4.D 級
			車種組成
			1.機車比例 2.小客車比例 3.大貨車比例
		光線	
中央分隔方式		1.白天 2.晨昏 3.夜間	
1.分隔島 2.標線			
單向車道數			
1. 一車道 2. 二車道 3. 三車道			

研究者利用駕駛模擬器探討駕駛行為(如危險駕駛行為)時，可考慮的模擬情境變數主要包括：駕駛車行為、事件車及他車行為、事故類型、道路類型、道路分隔方式、單向車道數、車流中其他車種類型，上述變數可考慮的變數項目如表 4.7 所示。如表中所列之項目外，未來研究可依實驗需求再擴增變數項目。

表 4.7　模擬場景考慮之變數項目

名稱	駕駛車行為	事件車及他車行為	其他車種	道路幾何	道路型態	天候
項目	1. 停止 2. 緊急煞車 3. 緩慢地煞車 4. 跟車 5. 通過 6. 匯入 7. 離開 8. 變換車道 9. 接近交叉路口 10. 到達交叉路口 11. 通過交叉路口 12. 右轉 13. 左轉 14. 迴轉進入 15. 駛進匝道 16. 駛出匝道 17. 保持安全距離 18. 超車(左邊切入或右邊切入)	1. 通過 2. 變換車道 3. 超車(左邊切入或右邊切入) 4. 匯入 5. 左轉 6. 右轉 7. 到達交叉路口 8. 通過交叉路口 9. 搶黃燈 10. 闖紅燈 11. 突然加速 12. 煞車	1. 小客車 2. 小貨車 3. 大客車 4. 大貨車 5. 聯結車 6. 摩托車	5. 直路 6. 坡度 7. 左右彎	4. 高速公路 5. 快速道路 6. 市區道路 7. 郊區道路 8. 鄉村道路	1. 晴天 2. 雨天 3. 陰天 4. 霧天
			車流量 1. A 級服務水準 2. B 級服務水準 3. C 級服務水準 4. D 級服務水準 5. E 級服務水準 6. F 級服務水準		分隔方式 1. 交通島 2. 雙向禁止超車線(是否附標記) 3. 單向禁止超車線(是否附標記) 4. 行車分向線(是否附標記)	光線 1. 白天 2. 晨昏 3. 夜間
					單向車道數 1. 1 車道 2. 2 車道 3. 3 車道 4. 4 車道 5. 5 車道	

4.3.2 駕駛績效量測項目與資料擷取

透過駕駛模擬器的場景及駕駛者在座艙內的操控，駕駛模擬器系統內相關

軟、硬體設備便能擷取到許多訊號，例如：座艙中可擷取到方向盤、油門及煞車三種操控所產生之訊號；產生於場景中的事件車輛可知道其空間資料；CCD及眼球追蹤系統可擷取到駕駛者的頭部及眼珠影像訊號；附掛於駕駛者身上的生理監測設備可擷取駕駛者在駕駛過程中的生理反應訊號；PDT軟硬體系統，可擷取駕駛者對次要作業的反應訊號等。這些訊號經過適度組合及處理後，便成為研究者所需的物理量。例如：「跟車距離」便是駕駛車輛與事件車輛間的一種時空關係；「離開駕駛視線時間」是藉由追蹤駕駛者眼球位置所得視線留駐資料的一種處理結果；「呼吸頻率」是駕駛者面臨不同狀況的生理反應情形；「PDT正確率」則是反映駕駛者對周邊視野範圍內之物體的偵測能力，可用來評估分心的程度。

利用駕駛模擬器系統所擷取及量測到這些操控行為所展現出來的物理量(5.2 節)，便可觀察許多在前面 4.2 節中，所提到的可能與我國主要交通事故有關的駕駛操控行為。而本研究之駕駛績效評估方法(4.2 節)，便是要利用這些物理量來反應駕駛績效，因此如何將眾多量到的物理量與駕駛績效建立關聯性，便成為一項重要課題，由於目前並未找到完整探討此種關係的文獻，故本研究先嘗試建立之駕駛績效與量測項目的關係如表 4.8。該表中所量測到的物理量，IOT 的駕駛模擬器均可擷獲，其擷取及處理過程請另詳 5.3 節。

表 4.8　量測項目與駕駛績效關係矩陣

駕駛績效	(1) 縱向車頭距	(2) 速度	(3) 路口判斷與決策	(4) 操控時間	(5) 橫向車間距	(6) 車禍迴避的能力	(7) 車輛在車道的位置
量測到的物理量	煞車時間、煞車距離、跟車間距(s) 、跟車距離(m)	速率、加速度、角速度	煞車時間、離開駕駛視線次數、離開駕駛視線時間、完成工作所需時間、完成工作的總距離、方向盤角度、方向盤速率、方向盤迴轉率、平均心率、心率增量、RR 波間距、心率變異量、眨眼率、呼吸頻率、PDT 正確率、PDT 反應時間、心智需求、體力需求、時間需求、自我績效、努力、挫折程度、視覺需求、通訊需求、壓力	煞車時間、跟車間距(s)、感知與反應時間、完成工作所需時間、完成工作的總距離、變換車道時間	與鄰近車道前車的距離、與鄰近車道後車的距離、離開駕駛視線時間、完成工作所需時間、完成工作的總距離、開駕駛視線時間	事故次數、碰撞次數、錯誤反應次數、煞車次數、方向盤速率、方向盤迴轉率	位置(橫向與縱向)、車道位置偏差、車道變換位移量、壓線時間

由 4.2 節的分析可知，操控行為與駕駛績效間為多對多的關係，故由操控駕駛模擬器的行為，所擷取到的物理量與駕駛績效間，也為多對多的關係。將量測到的物理量分至各類駕駛績效時，主要的考慮原則如下：

1. 「縱向車頭距」旨在觀察車道上前後二輛車間所維持的時空關係式否適宜，因此有關跟車、煞車的時空物理量便歸屬此類。
2. 與速度直接相關的物理量，歸在「速度」類，如：加速度。

3. 「路口判斷與決策」此類駕駛績效是在看路口範圍內的操控是否適宜，故本研究在分類時，乃基於下列原則：
   (1) 路口行為有轉向、直行二種，故與車輛方向變動及煞車有關的項目，如：方向盤角度、煞車時間，劃歸此類。
   (2) 整個路口操控行為，歷程相對較長且有開始與結束的時間點可以定義、所需視線掃瞄範圍較廣、操控工作所需的難度較高，故有關總計歷程、視覺、生理、工作負荷(主觀評量)等，皆劃入此類，如：完成工作所需時間、離開駕駛視線時間、PDT 正確率、平均心率、心智需求等。
4. 與時間直接相關的物理量，歸在「操控時間」類，如：感知與反應時間。
5. 「橫向車間距」主要是在看駕駛車輛與橫向車輛間的間距是否適宜，故如：與鄰近車道前車的距離等量測到的物理量，劃入此類。再者，與此類駕駛績效有關的操控行為中，變換車道為其中之一，而整個變換車道行為的歷程相對較長、有開始與結束的時間點，且所需視線掃瞄範圍較廣，故有關總計歷程、視覺等物理量，皆歸屬此類，如：完成工作所需時間、離開駕駛視線時間、PDT 正確率等。
6. 「車禍迴避的能力」類的駕駛績效主要在觀察駕駛者避開事故的能力，故除了有關錯誤、事故的物理量分入此類外，同時因可藉車輛的縱向、橫向操控來進行迴避動作，所以與這些操作直接相關的項目，如：煞車次數、方向盤速度，也一併歸到此類。
7. 「車輛在車道的位置」是在觀察駕駛者對維持車輛在車道上的能力，故如：車道位置偏差等，直接與車道維持有關的項目，歸屬此類。

4.3.3 駕駛績效與安全評估資料庫範例

本節將以實際範例來說明駕駛績效資料庫建立的過程。由於駕駛模擬器可應用範圍很廣，為方便研究者快速了解及使用 IOT 的駕駛模擬器，故本研究以表格化的方式來規劃，表格中每一項均有對應的章節與選項供參考。以下將依二個不同複雜程度範例來說明。亦即依據研究的性質，將此資料庫的內容分成二類：(1)通用類；(2)特殊類。通用研究係指針對一般性操控行為所進行的研究，如：變換車道、超車等，而特殊研究則指針對諸如：車輛夜視系統對駕駛者的輔助等議題所進行的探討。前者在量測項目、統計分析方式與評估內容上，目前所收集到的相關文獻多顯示較一致的方法，而後者在研究內容上則變化較大，因此，駕駛績效與安全資料庫中，通用類研究的資料表在目前可訂得較詳細，而特殊類研究資料表則需透過累積研究經驗，才可能制訂較詳細的內容。雖然如此，有些通用類的項目仍可適用於特殊類的部分項目，這也可簡化成使用本系統的過程。本研究所規劃的通用類研究、特殊類研究的資料表格式，分別如

表 4.及表 4.9 所示，茲各舉一研究案例說明如下：

1.通用類

以駕駛模擬器進行駕駛行為分析時，需先決定特定研究主題(如：高速公路變換車道可接受間距)，再依實驗目的與模擬場景考慮變數決定所需之模擬場景內容，繼而決定評估駕駛績效所需之人、車和路的變數項目，以下本研究則針對模擬變換車道的操控行為、事故類型為車道變換、道路型態為高速公路，以及其他車種為小客車的模擬情境來加以說明(如表 4.9 所示)，由上述情境之模擬中可藉由人的行為、車和路之衡量變數來衡量駕駛績效，人的行為變數包括實驗中事故次數、平均煞車次數、煞車時間、煞車距離、跟車時間距離(s)、跟車空間距離(m)、與鄰車道前車車尾時間間距、與鄰車道後車車頭時間間距和感知反應時間等。車的變數包括速率、加速度、角速度、方向盤角度、方向盤速率和方向盤迴轉率等。路的變數為位置（橫向和縱向）、車道位置偏差、車道變換位移量和變換車道時間等。此情境之評估項目為速率以及變換車道可接受的時間間距，並藉由基本敘述統計量來進行分析，其統計量包含最大值、最小值、平均數、中位數、標準差和四分位等，至於駕駛績效的評估值是以某一種行駛速度下，85%變換車道可接受的時間間距來進行評估。詳細實驗結果可詳見第六章 6-1 節。

表 4.9　駕駛績效與安全評估資料庫(通用研究類資料表)

研究主題	高速公路變換車道可接受間距	參考章節與圖表
駕駛車操控行為	變換車道	5.2.1 節 表 4.7
事件車或他車操控行為	變換車道	5.2.1 節 表 4.7
道路型態	雙向六車道高速公路	4.3.1.2 節
其他車種	小客車	4.3.1.1 節
道路流量	C 級服務水準	4.3.1.1 節 表 4.4~表 4.5
模擬器量測-人的行為	事故次數、煞車次數、煞車時間、煞車距離、跟車間距(s)、跟車距離(m)、與鄰近車道前車的距離、與鄰近車道後車的距離	5.2.2 節 表 5.8
模擬器量測-車	速率、加速度、角速度、方向盤角度、方向盤速率、方向盤迴轉率	
模擬器量測-路	位置(橫向與縱向)、車道位置偏差、變換車道時間	
次要作業	無	3.1.2 節
生理量測	眨眼率與平均心率	5.1.3.3 節 圖 5-9~圖 5-12
視覺量測	離開駕駛視線次數、離開駕駛視線時間	5.1.3.2 節 圖 5-6~圖 5-8
問卷量測	無	5.1.3.4 節 表 5.4~表 5.5
主要分析之量測項目	速率、變換車道可接受之時間間距	5.1.3.4 節 表 5.8
統計分析結果(基本敘述統計量)	平均數、中位數、標準差、四分位值	-
主要可評估之駕駛績效	(2)速度、(5)橫向車間距	4.3.2 節表 4.7
85th 績效評估值	85th 速率、85th 可接受之時間間距	4.4.3 節

2.特殊類

本研究以路口防撞警示系統為例說明駕駛績效評估資料庫內容(如

表 4.所示)，研究者在利用駕駛模擬器進行應用研究時，首先決定研究主題，本研究案例為『路口防撞警示系統對駕駛工作負荷與駕駛績效影響分析』，再依實驗目的與模擬場景考慮變數決定所需之模擬場景內容，繼而決定評估駕駛績效所需之人、車、路、次要作業和生理量測的變數項目，以下本研究則針對模擬路口違規行為、事故類型為闖紅燈、道路型態為雙向四車道市區道路，以及其他車種為小客車之模擬情境來加以說明，次要作業項目是藉由 LCD、HUD 和語音三種方式來顯示數學問題（包括簡單數學運算、複雜數學運算和複誦），由上述情境之模擬中可藉由人的行為、車、路、次要作業和生理量測之衡量變數來衡量駕駛績效，人的行為變數包括感知反應時間和是否發生事故，車的變數為速率，路的變數為縱向位置，次要作業為問題答對率，以及生理量測變數為心率變化量和心率變化率，其中感知反應時間之定義為從違規車輛衝出時至駕駛者腳離開油門踏板的時間，心率變化量之定義為事件觸發後 10 秒心率平均值-前 10 秒心率平均值，心率變化率之定義為（事件觸發後 10 秒心率平均值-前 10 秒心率平均值）/前 10 秒心率平均值。

表 4.10　駕駛績效與安全評估資料庫(特殊研究類資料表)

研究主題	路口防撞警示系統對駕駛工作負荷與駕駛績效影響分析
駕駛車操控行為	通過路口
事件車或他車操控行為	闖紅燈
道路型態	雙向四車道市區道路
其他車種	小客車
道路流量	A 級服務水準
模擬器量測-人的行為	感知與反應時間、事故次數
模擬器量測-車	速率
模擬器量測-路	位置(橫向與縱向)
次要作業	數學問題(以 LCD、HUD 和語音顯示問題)
生理量測	平均心率、心率增量、心率變異量
視覺量測	離開駕駛視線時間
量測項目定義	受測者於路口之駕駛反應與行為： 1. 感知反應時間：從違規車輛衝出時至駕駛者腳離開油門踏板的時間。 2. 是否發生事故。 3. 問題答對率：全部數學問題答對率。 4. 路口前的數學問題是否答對。 5. 路口前的數學題型程度：簡易(1)、複雜(2)、複誦(3)。 6. 路口前的數學題型顯示方式：語音(1)、LCD(2)、HUD(3)。 7. 路口前問答開始到答題結束的平均速度：開始發問問題時至駕駛者回答完問題這段時間內的平均速度。 8. 路口前答題結束後到路口的平均速度：從駕駛者回答問題後至駕駛者駕駛到最近路口停止線的這段平均速度。 9. 路口前問答開始到答題結束的距離：開始發問問題時至駕駛者回答完問題這段時間內所行走的距離。 10. 答題結束後到路口的距離：從駕駛者回答完問題後的所在位置至最近路口停止線的這段距離。 11. 離開駕駛視線時間：駕駛視線偏離正常駕駛視線時開始計算，直到駕駛最後一次回復正常視線所花費的時間。 12. 心率增量：事件觸發後 10 秒心率平均值-前 10 秒心率平均值。 13. 心率變異量：(事件觸發後 10 秒心率平均值-前 10 秒心率平均值)/ 前 10 秒心率平均值。 14. 性別：男性(1)和女性(0)。

4.4 駕駛安全評估

根據 4.2.2 節所說明，駕駛安全評估的具體項目分三類敘述如下：

4.4.1 國際組織標準與規範

1. 適應性巡航控制(Adaptive cruise control, ACC)系統(SAE J2399)[71]

ACC 是藉由引擎(engine)、動力(power train)與煞車(低速檔和減速器)來控制車輛，能隨前方車輛維持預先設定的時間間距，綜合 SAE J2399 規範內容，本研究整理與安全有關的標準如下：

(1) ACC 系統中，車輛速度低於 32km/h (20mph) ±10%，ACC 則無法運作，而可讓駕駛者設定的最低速度為 40km/h (25mph)±10%。此標準亦與國內市區速限上限 40km/h-50km/h 一致，故本研究建議與速度有關的安全評估標準，需在 40km/h 以上。

(2) 跟車時間間距 τ 與跟車距離(c)及當時車速 v 有關，其有關係式如下：$\tau = c/v$(見圖 4-4)，在穩定(Steady-State)跟車狀態下，τ_{min} 要在 1.0 秒以上，而 ACC 系統在讓操作者設定 τ 時需在 1.5 秒以上。

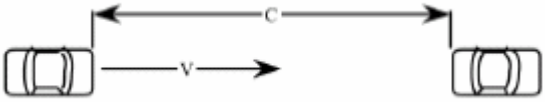


圖 4-4　時間間距示意圖

2. 前向防撞系統(SAE J2400)[113]

前向防撞系統中，跟車時間間距 τ 以 1.18 秒作警示標準，1.5 秒則太早警示。此規範的 1.18 秒是統計出來的結果，亦即在此值以下為不安全，此值與 SAE J2399 的 τ_{min} 值 1 秒差距不大，而 1.5 秒太早警示的結果，表示很安全，亦與 SAE J2399 ACC 設定的 1.5 秒值相呼應。故綜合以上二標準的結果，本研究建議以小於 1 秒當作不安全駕駛，大於 1.5 秒為安全駕駛。而介於 1~1.5 秒的時間，則為二個極端間的過渡現象，此數值的差異亦可用來當作駕駛績效的一個評估參考值。

3. 煞車減速、油門加速(SAE J2400)[113]

SAE J2400 防撞系統的標準中，有提到剎車減速規定方面，剎車減速不超過-0.39g 時，駕駛者不感覺不舒服。本研究將以 SAE J2400 中的結果約 0.4 g 當作駕駛者績效評估的項目之一。

4. 視覺分心時間與次數(SAE J2396 與 ISO 15007)

SAE J2396[115]與 ISO 15007[119]考慮駕駛的視覺行為如圖 4-5 所示，此標準中將視線注視的位置分成：A：道路前方、B：車內後視鏡、C：TICS(Transport Information and Control Systems)的顯示裝置、D：儀表板、E：駕駛左側後視鏡、

F：駕駛左側窗戶、G：乘客側視鏡、H：乘客右側窗戶等 8 個目標區域。然後用 CCD 或攝影機將駕駛過程中的視線(含頭部與眼珠)記錄下來再分析每一個目標區域停留的時間(dwell time)及變換目標時的過渡時間(transition time)，如圖 4-6 所示。在每一個目標區域並可分析定睛在定點的時間與變換不同定點的過渡時間，如圖 4-7 所示，由以上的完整視覺記錄即可知道分心的時間，如圖 4-8 所示。實驗道路包括：都市、鄉村、高速公路，交通密度有三種水準(低、中、高)。本研究建議在駕駛頭上戴一無邊的帽子，並有適當顏色記號，再用 1～3 台 CCD 記錄分析頭部與眼珠之位置，來評估駕駛過程中之分心狀況。

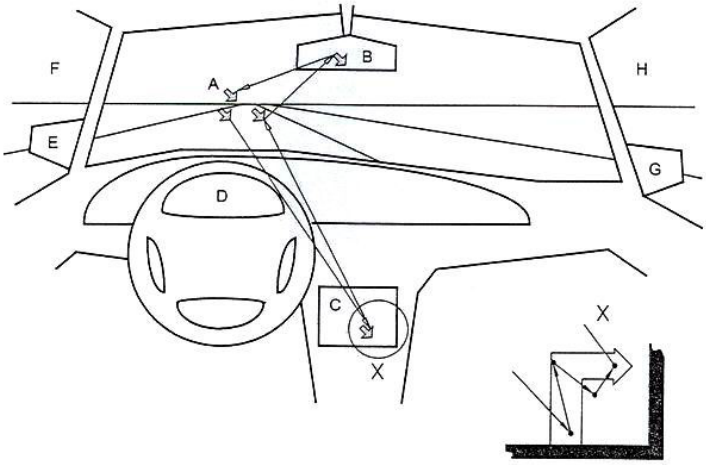


圖 4-5　駕駛視覺行為

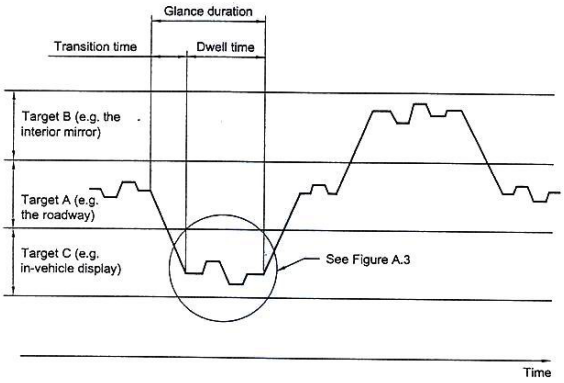


圖 4-6　駕駛視覺目標區域停留時間及變換目標的過渡時間

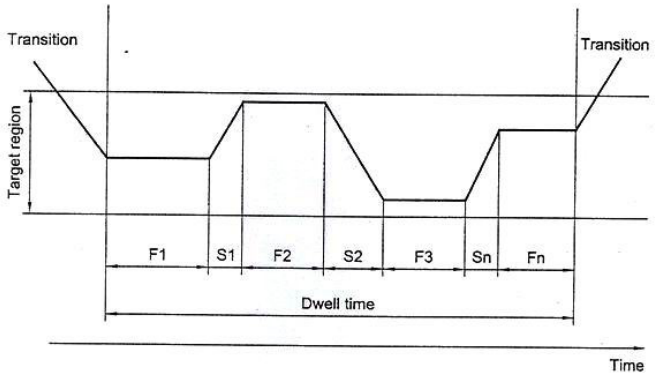


圖 4-7　視覺變換不同定點的過渡時間

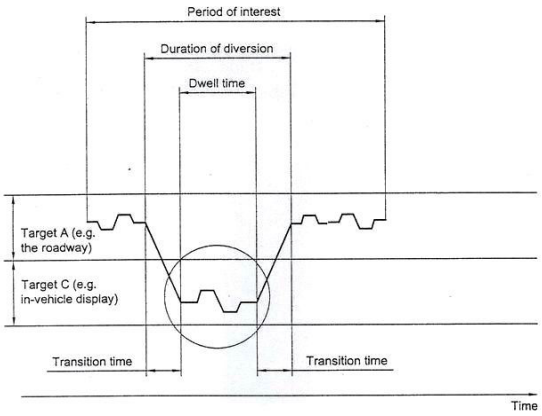


圖 4-8　視覺分心的時間

5. 工作完成的時間(SAE J2365)[102]

SAEJ 2365 用”工作完成的時間”來評估車內設施容易使用的程度。

4.4.2 文獻具體評估項目

1. 碰撞時間(Time to Collision, TTC)與迴避時間(Time to Avoidance, TTA)

NHTSA 有關車輛防撞系統(Automotive Collision Avoidance Systems, 簡稱 ACAS)計劃[120]研究成果中，提出清楚的防撞警示流程(如圖 4-9 碰撞警示系統流程)。而在該研究中，指出違規評估分析目的是為了提醒駕駛者有關潛在的碰撞，提出違規評估適當的參數，包括距離、距離比、跟車與目標車輛速度、縱向與側向加速度、水平與垂直的道路曲率半徑、車輛動態(yaw 角速度、俯仰角度、側向位置、方向盤角度、滾動角速度及俯仰角速度)及駕駛車輛介面參數(擋風玻璃的雨刷、天氣、道路表面、煞車情形及引擎狀態)等。這些具體參數可用來評估違規的可能性。而在本研究中第五章所歸納的可量測人、車、路的各項參數中(表 5.8)，均已將上述參數包括在內。在 NHTSA 研究中亦提出 TTC 與 TTA 二個指標，TTC 為碰撞時間，亦即兩車會發生碰撞的時間；TTA 為迴避時間，亦即駕駛者為了避免事故發生的反應時間（兩者之關係如圖 4-10 所示）。

當二車可迴避的時間大於碰撞所需的時間(TTA> TTC)時，表示二車會相撞為不安全，若 TTC> TTA 則表示安全，而二者之差異(TTC－TTA)可用來評估駕駛績效的參考項目之一。

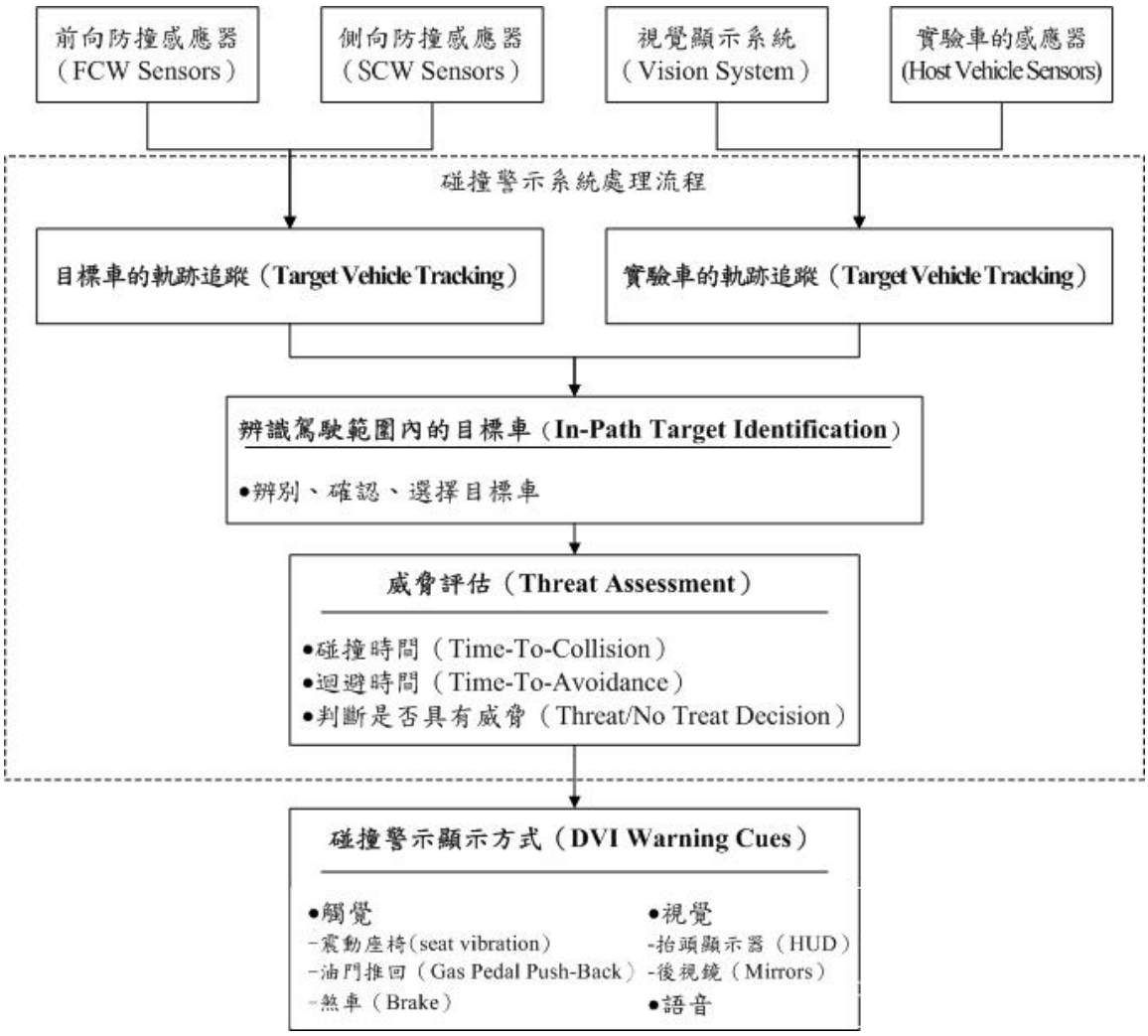


圖 4-9　碰撞警示系統流程

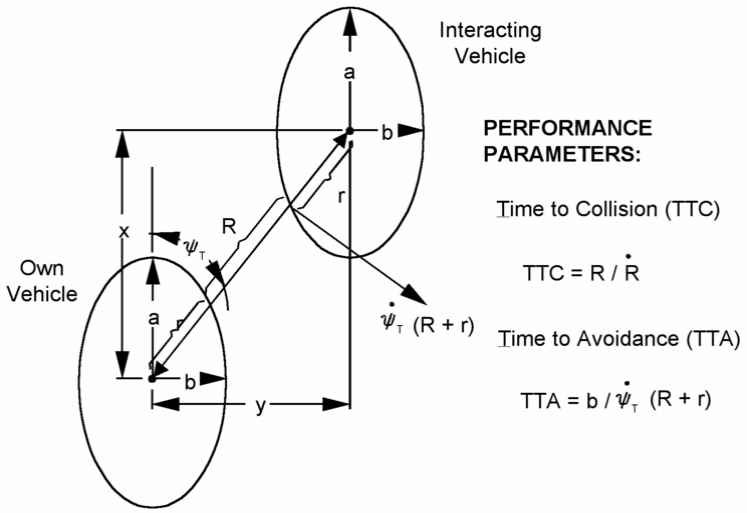


圖 4-10　兩車 TTC 與 TTA 關係

L：車身長度

W：車身寬度

x：兩車中心縱向間距

y：兩車中心橫向間距

二車構成橢圓

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$$

$$\frac{a}{b}=\frac{L}{W}$$

解聯立方程式得 a、b

a=0.707 L

b=0.707 W

模擬器場景可記錄二車位置中心點，即可求出 r、R、ψ_r，再將不同時間點的 r、R 記錄下來，即可求得 $\dot{R}$ 及 $\dot{\psi}_r$。

碰撞警示系統主要是計算警示距離或碰撞時間或二者關係，提出前車速度 v_l、前車減速度 a_l、跟車速度 v_f、跟車減速度 a_f、跟車距離 R、系統延遲時間 D(包括駕駛反應時間、煞車反應時間及 target acquisition time)，基本的距離計算如下所示：

標準駕駛警示方程式

$$\text{distsda} = v_f^2 / 2a_f + D\, v_f - v_l^2 / 2a_l \quad (4\text{-}1)$$

$$\text{distcra} = (v_f - v_l)^2 / 2a_f + D\, v_f \quad (4\text{-}2)$$

$$\text{Time to Collision} = R / (v_f - v_l) \quad (4\text{-}3)$$

$$\text{Time Headway} = R / v_f \quad (4\text{-}4)$$

v_l：前車速度

a_l：前車減速度
v_f：跟車速度
a_f：跟車減速度
R：跟車距離
D：系統延遲時間

2. 交叉路口前的駕駛狀態

FHWA[117]對”路口防撞警示系統”相關研究中，提出一些指標來評估警示的有效性，這些條件可以用來評估安全、危險與不安全三種程度的參考，本研究中有探討 115m 約是動態行駛時對速限與文字標誌可以辨識的距離因此在距路口適當位置用二個標誌①175m 有交叉路口及②路口有 stop 標誌(路口處)來提醒駕駛人。相關指標如下：

(1) 在距路口 115m 處的車速。
(2) 距路口前 115m 到 0m 的減速狀態。
(3) 距路口前 290m 到 115m 的減速狀態。

本研究建議標誌的影響時，可用 300 m 與 120 m 取代上述研究的 290 m 與 115 m，以方便記憶與程式撰寫的統一性。至於標誌的驗證工作，可在內容確認後作大小可讀性的驗證。而在上述(2)(3)的減速狀態，可用 4.4.1 節中 3.的標準當作評估的數據。

3. 駕駛人認知與反應時間

根據第二章文獻回顧及台灣目前常用的認知值為 0.75 秒，而反應的部分，可分成人與機械二部分，人的反應部分亦採用 0.75 秒，但其數值定義不十分明確，並非是開始踩煞車的時間，而可能是完成反應動作的時間，本研究擬將此分成二部分，人的認知到開始有四肢的反應統歸於認知的時間，仍以 0.75 秒為參考值，由於虛擬場景的物件可由程式設定出現的位置，本研究為排除人眼視線及視野所造成的差異，故物件與事件的產生，均在人眼視野與可辨視的範圍內。此種假設在 2004 年 9 月 14 日所舉辦的 ITS&ASV 研討會中，亦與日本 JARI 專家討論，確認雙方的方法有共通之處。至於車輛煞車的反應則可參考本所 92 年的研究成果[121]。

若是在近距離有突然竄出物，則假設駕駛者會採取一腳踩到底的緊急煞車模式(在有危險狀態可能造成事故時，大都會以此模式煞車)，則車輛煞車的反應延遲以 0.3 秒為參考值。綜合上述說明，以下列二種情況來說駕駛績效的評估：

(1) 穩定(Steady-State)跟車有緊急狀況時

0.75 秒(認知時間)＋(1~1.5 秒)　(4.4.1 節 SAE J2399)

以 60 km/h(16.67 m/s)為例，二車距離在 29.17 m (16.67 m/s×1.75 秒=29.17 m)以下時，應屬不安全的範圍，而在 37.5 m(16.67 m/s×2.25 秒=37.5m)以上屬安全範圍，29.17 m~37.5 m 之間可用來考慮當作穩定跟車的駕駛績效評估

值。

(2) 突然竄出物(停止物件，在視野與可辨認範圍內)

0.75 秒(認知時間)＋0.3 秒(機械反應延遲)＋t (煞車到停止時間)

依本所研究報告[121]，以時速 60 km/h 為例：

$$S_{total} = 0.75\times V + \frac{V^2}{2f\cdot g} + V\cdot t_s - \frac{4}{15}\cdot f\cdot g\cdot t_s^2$$

$$= 0.75\times 16.67 + \frac{16.67^2}{2\times 0.8\times 9.8} + 16.67\times 0.3 - \frac{4}{15}\times 0.8\times 9.8\times 0.3^2$$

$$= 32.2\ \text{m}$$

V：車速

f：阻力係數

g：重力加速度

t_s：機械反應延遲時間

假如在此時速下，軟體設計可用 35 m 為參考值，改變竄出物的位置來看駕駛者的駕駛績效。以上均為初步構想，未來仍待更多討論。

4.4.3 駕駛模擬器之安全門檻參考值

當 4.4.1~4.4.2 節的方法皆無法找到合適的駕駛安全評估的參考門檻時，便透過自行建立駕駛安全評估參考值的方式。依據歐盟在 1999 年底提出一份建議草案(2000/53/EC0)[118]，由其中關於如何確認車內資訊之安全門檻的作業原則可瞭解，其亦認為以第 85 百分位受測者的資料作為參考門檻的作法，是合理且具代表性的。此與本研究在 4.2.2 節所提出的駕駛績效評估門檻取得觀念是一致的。

由於用來衡量各類駕駛績效的量測項目(表 4.)，在除去可利用上面二種方法取得參考值的項目後，仍有不少是須自行收集參考值，故須有一種統一的作法。未來可考慮透過一個駕駛模擬器的基本場景作為收集資料的共同基礎，然後利用以下的實驗內容規格，以一致地進行實驗、整理及分析資料。有此基本場景，也可收集前述二種方法中所獲得之資料，並與之比較，作為其它自行建立之駕駛安全評估門檻值在應用時的參考，目前雖因研究經驗有限，暫時尚不易規劃出完整的基本場景，但短期內應可先針對小型的部份基本場景進行規劃設計，此請詳 5.2 節。

1. 受測者樣本數：40 個。依據本計劃經驗，良好控制下的平均有效樣本至少可達 80%，故此受測者樣本數最後可得約 30 個有效樣本。
2. 實驗程序：
   (1) 學習實驗：共計約五至八次，二十分鐘。依據本計劃以往經驗，學習實驗所需次數雖會因內容難易而有別，但至少約需 5 次，且 8 次以後或 20 分鐘以上便會出現學習疲勞現象。
   (2) 休息時間：五至十分鐘

(3) 正式實驗：一次。

3. 分析受測者資料：

(1) 基本資料：性別、年齡

(2) 量測項目：

①確認每位受測者的正式實驗結果均位於其學習實驗收斂範圍內，此為有效樣本。

②確認有效樣本數大於 30，若不足，則再補足樣本數。

③計算所有受測樣本之平均值、標準差。

④假設量測項目之數值接近常態分佈，採單尾，則第 85 百分位之值為：平均值＋(1.04×標準差)，若非接近常態分佈，則直接採用第 85 百分位值，上述之 85%值即本項量測項目的參考門檻值。

(3) 假設某駕駛模擬器實驗符合前述實驗程序且有效受測樣本數約 30 個，假設其係在本計劃的基本場景中進行，且量測之感知反應時間數值接近常態分佈，則依該實驗量測項目所得結果，第 85 百分位資料如下：

		平均值	標準差	第 85 個百分位值
PDT 反應時間		0.86	0.19	0.86＋1.04×0.19=1.06
感知反應時間	40 km/h	1.36	0.3	1.36＋1.04×0.3=1.67
	60 km/h	1.56	0.3	1.56＋1.04×0.3=1.87
	80 km/h	2.05	0.6	2.05＋1.04×0.6=2.67

援此，利用駕駛模擬器所量測的項目(5.2節)均可採此方式自行建立國內的參考門檻值。

4.5 駕駛績效評估、安全評估與危險駕駛行為

危險駕駛行為是駕駛模擬分析常需考慮的場景內容，本計畫先針對危險駕駛行為的相關文獻進行彙整[118]，在美國不同研究以交通事故資料、問卷調查資料或駕駛違規資料來瞭解危險駕駛行為，一般探討之危險駕駛行為區分為：(1)侵略性危險駕駛行為(Aggressive Driving Behavior)；(2)不安全駕駛行為(Unsafe Driving Behaviors)；(3)警察取締之違規行為；(4)被困擾之不安全駕駛危險行為(Types of Unsafe Driving Behaviors Normally Encountered)；(5)風險性駕駛行為(Risky Driving Behavior)等五種(表 4.11)。

而美國 NHTSA[120]也有一份危險駕駛網路問卷（如表 4.12 所示），其目的在調查受訪者是否為一個不安全的駕駛者，在填完問卷後會有一個評分的準則，回答“否”的次數為 1 至 3 個則是屬於優等（Excellent）的駕駛者；4 至 7 個屬於好（Good）的駕駛者；8 至 11 個屬於尚可（Fair）的駕駛者；12 個以上則是屬於不好（Poor）的駕駛者。

綜觀這些相關文獻資料可以發現，其均認為左列行為屬危險駕駛行為：(1)

超速、(2)發出及反應挑釁動作、(3)超車時閃燈及不當超車、(4)闖紅燈、(5)路口應停而未停、(6)未開車燈（未打方向燈）、(7)未保持安全距離、(8)未讓路（路口及路段）。

這些行為中的第(1)~(4)項，是屬相當明顯的危險行為，是駕駛者蓄意採高風險方式開車所展現出來的行為，通常並無法要求受測者在駕駛模擬器上，以自然的方式來呈現這些駕駛行為，但是可以反過來，透過場景模擬這些駕駛行為，來觀察受測駕駛者在開車過程中，當其他駕駛者展現出這些危險行為時，受測者的反應狀況，進而研究如何發展車輛相關輔助系統，以協助駕駛者盡可能避開或及早發現這些其他駕駛者的危險行為。因此，本章一開始提出駕駛績效與安全評估的流程(圖 4-1)中，便將此類危險行為歸屬要研究的事件。有關此類無法讓受測者以擬真方式進行的危險行為，但可反向觀察其對受測者影響情形的實驗，IOT 的駕駛模擬器已曾探討過類似的危險駕駛行為，包括：闖紅燈、蛇行等，未來可進一步藉由國內外文獻的收集，有系統的規劃此類危險駕駛行為種類，逐步進行研究實驗，目前本研究已在 5.2 節中規劃一些場景，供探討此類危險駕駛行為，如：不當超車。

至於第(5)~(8)項危險駕駛行為，因在某種程度上可能是屬駕駛者不自知的危險行為，比較可有能在駕駛模擬器上，收集到受測駕駛者的相關資料。此類駕駛行為較近似前面 4.2 節中所評估之操控行為範疇內，操控行為的錯誤結果，故可透過前面所提的有關駕駛績效與駕駛安全評估的方式，針對此類危險行為進行評估，此在第 5.2 節所規劃的場景中，已包含一些此類危險駕駛行為，如：跟車(縱向間距)。

表 4.11　美國針對危險駕駛行為相關研究之結果彙整表

危險駕駛行為	侵略性	不安全	警察取締	被困擾之不安全駕駛行為	風險
超速	√[1]	√[1]	√[1]		
闖黃燈	√[2]	√[2]			
做出無禮等手勢	√[3]				
超車	√[4]				
行走路肩	√[5]				
在禁止通行的地方進行超車	√[6]				
超過校車時一直閃大燈	√[7]				
越過停止線		√[3]			
闖越停止標誌			√[2]	√[5]	√[3]
未開車頭燈或車尾燈			√[3]		
闖紅燈			√[4]	√[3]	
未繫安全帶			√[5]		
酒醉駕車			√[6]	√[7]	
蛇行				√[1]	√[1]
未保持安全距離				√[2]	√[2]
未注意或思緒不集中				√[4]	
未禮讓				√[6]	
和其他駕駛者競賽					√[4]

註：1～7 數字代表危險駕駛行為比例高低排行順序，1 代表其比例最多，7 代表其比例最少。

資料來源：[120]

表 4.12　NHTSA 危險駕駛問卷

題號	是	否	
1	□	□	您是否都會從左邊超車？
2	□	□	您是否會避免佔用內側車道？
3	□	□	您是否會靠右行駛讓快車先行？
4	□	□	您是否會在十字路口或狹窄的道路上盡可能靠右行駛？
5	□	□	您跟在車輛、摩托車或腳踏車後方時，是否會保持適當距離？
6	□	□	您在超車之後是否能預留適當的安全距離？
7	□	□	您是否會在雨天、多雲或是低能見度的狀態下使用車燈？
8	□	□	您是否會讓行人優先行走？
9	□	□	您在遇到停止號誌時，是否會完全停下來？
10	□	□	紅燈時，您是否會停下來？
11	□	□	您行經交叉路口或行人道是否會減低車速？
12	□	□	在行經一個非號誌化路口時，您是否會遵守路權規則？
13	□	□	您是否會超速行駛？
14	□	□	您是否會以低速行經施工地區？
15	□	□	您是否會依狀況來維持適當的車速？
16	□	□	您在轉彎或變換車道時是否會打方向燈？
17	□	□	您在必要時，是否會利用雙方眼神的注視或是手勢來表明目的？
18	□	□	您是否會跟其它車輛打招呼？
19	□	□	您是否不任意對行人、於夜間或醫院附近鳴按喇叭？
20	□	□	您是否會避免於不適當的時刻使用車輛的遠光燈？
21	□	□	有緊急車輛時，您是否會立即讓路？
22	□	□	您是否會避免使用閃燈方式來超車？
23	□	□	在駕駛卡車時，是否會依速限盡量靠右行駛並不以危險的方式變換車道？
24	□	□	您在迴轉時，是否會減速慢行並謹慎的轉彎？
25	□	□	您在經過事故現場時，是否能保持適當的速度通過？
26	□	□	您是否會避免對挑釁行為做出回應？
27	□	□	您是否會故意挑釁其他駕駛者？
28	□	□	您是否會嘗試避開具有侵犯性行為的駕駛者？
29	□	□	您是否會避免利用高承載專用道進行超車？
30	□	□	您是否會專心駕駛並避免執行會導致分心的動作(像吸煙、使用車內電話、閱讀和刮鬍子)？
31	□	□	您是否會避免在疲倦的時候開車？
32	□	□	您是否會避免阻擋右轉專用道？
33	□	□	您是否會避免停車時佔用一個以上的停車位？
34	□	□	您是否會避免使用殘障車位(如果你不是殘障的話)？
35	□	□	您是否會避免讓你的車門撞到停在隔壁的車輛？
36	□	□	您是否會避免開車時使用車內電話？
37	□	□	您是否會避免併行車輛交談或與行人交談？
38	□	□	您是否會避免車內音樂的音量干擾到鄰近的車輛？

資料來源：[120]

表 4.11 與表 4.12 之危險行為是美國的研究，建議國內亦可進行類似研究，以瞭解國內危險駕駛行為特性。

第五章　駕駛模擬器實驗平台規劃

5.1　駕駛模擬系統之硬體平台

5.1.1 模擬器性能提升之規劃

在 92 年本所報告中，已完成駕駛模擬系統的搬遷及系統裝置，詳細內容可參考本所研究報告[7]。然而為提升駕駛模擬器之效能，本(93)年度與未來仍須持續進行改善。茲分述如下：

1. 資料擷取系統(93年)

根據92年借用National Instruments (簡稱NI)公司生產的NI PCI-6515 (DIO) 訊號擷取卡、NI PCI-6034E (AI) 訊號擷取卡、NI PCI-6733 (AO) 訊號控制卡測試結果，雖然成本較高，但以國際標準產品取代原資料傳輸方式，不僅可改善訊號的解析度，更預留了後續擴充介面與軟體整合的方便性。本(93)年度依92年的測試結果作硬體更新、系統測試與整合。有關訊號擷取卡及控制卡的性能與規格列於表5.1，由表中的數據可知，資料擷取單元在硬體改裝後，將可大幅改善訊號擷取之穩定性和提高控制精度，對於後續的駕駛模擬場景可做更精確的操控，並快速且準確取得駕駛者控制車輛的行為。平台控制訊號後，透過NI PCI-6733 訊號控制卡送出，其快速的訊號更新頻率可令平台狀態和虛擬場景動作接近同步，使駕駛者有更真實的駕駛感受。本系統目前可運作之儀表板燈號與排檔等訊號整理如表5.2所示。

2. 虛擬實境電腦(93年)

虛擬實境電腦的主要任務在負責處理虛擬場景的顯示。虛擬駕駛場景經電腦處理後，影像被傳送到投影機，以投影到螢幕上，讓使用者產生身歷其境的感覺。92年系統之電腦硬體運算速度較慢，已無法滿足軟體需求。因此，93年規劃的電腦硬體具有五台Pentium Ⅳ CPU 2.5 GHz中央處理器，並搭配使用GeForce4 Ti4200 AGP8x 圖形顯示加速卡，以負責圖形的處理及畫面的顯示。隨著電腦資訊科技的不斷進步，未來將以每2年針對電腦零組件及介面卡作評估與局部更新。每4年配合硬體設備的使用年限，視當時的技術與市場狀況作電腦的汰換與升級。

3. 冰水機冷卻系統(93 年)

油壓源為運動六軸平臺之動力來源，其動力源為10 Gpm。為降低運動平台作動時所產生的高溫，特別安裝一獨立式之冰水冷卻系統。並與油壓源冷卻系統上的流量控制電磁閥及冰水溫度控制器整合，由冰水機至油壓源之冷卻水管路及銜接處皆作保溫處理。

表 5.1　DS 系統訊號擷取與控制的規格

系統 項目	NI PCI-6515	NI PCI-6034E	NI PCI-6733
控制介面	NI Component Work	NI Component Work	NI Component Work
資料匯流	PCI	PCI	PCI
功能	儀表板燈，排檔燈等 數位訊號擷取	油門，煞車，方向盤等 類比訊號擷取	六軸運動平台等 類比訊號輸出
數位/類比通道數	32 DIO	8 DIO/16 AI	6 AO
解析度(bits)，		16	16
輸出/輸入範圍(V)	0、5	-10~10	-10~10
控制範圍(V)	0、5	0~10	0~5
更新頻率(Hz)		最高 0.2M(單一通道)	最高 1M(單一通道)
輸入/輸出解析度(V)		0.0003	0.0003
方向盤解析度(°) =1080*/((9.36-0.28)**÷20×65536***)		3.63×10^{-2} (可視為連續變化)	
油門解析度(G) =0.8*/((10-1.12)÷20×65536)		2.75×10^{-5} (可視為連續變化)	
煞車解析度(G) =0.8*/((8.73-0.20)÷20×65536)		2.86×10^{-5} (可視為連續變化)	

註：*: 本研究採用之實車車輛Civic K6之方向盤轉角為+540° ~ -540°左右，油門踏到底之瞬間加速度為0~0.8G，煞車踏到底之瞬間加速度為0~-0.8G。

** :本研究所採用之訊號擷取卡的解析度為16 bits，因此其解析度可達2^{16}=65536。

***:本研究所採用之訊號擷取卡的解析度為16 bits，因此其解析度可達2^{16}=65536。

表 5.2　模擬器系統儀表板與排檔訊號整理表

代號	訊號源	數位/類比	輸入值	判斷	對應訊號
DI1	右方向燈	數位	電壓	0 或 1	Port0：CH0
DI2	左方向燈	數位	電壓	0 或 1	Port0：CH1
DI3	大燈	數位	電壓	0 或 1	Port0：CH2
DI4	頭燈	數位	電壓	0 或 1	Port0：CH3
DI5	遠光燈	數位	電壓	0 或 1	Port0：CH4
DI6	閃燈	數位	電壓	0 或 1	Port0：CH5
DI7	噴水	類比	電壓	0 或 1	Port0：CH6
DI8	雨刷(慢)	數位	電壓	0 或 1	Port0：CH7
DI9	雨刷(快)	數位	電壓	0 或 1	Port1：CH0
DI10	電源熄火	數位	電壓	0 或 1	Port1：CH1
DI11	電源預備	數位	電壓	0 或 1	Port1：CH2
DI12	電源啟動	數位	電壓	0 或 1	Port1：CH3
DI13	手排 P 檔位	數位	電壓	0 或 1	Port1：CH4
DI14	手排 N 檔位	類比	電壓	0 或 1	Port1：CH5
DI15	手排 R 檔位	數位	電壓	0 或 1	Port1：CH6
DI16	手排 D4 檔位	數位	電壓	0 或 1	Port1：CH7
DI17	手排 D3 檔位	數位	電壓	0 或 1	Port2：CH0
DI18	手排 2 檔位	數位	電壓	0 或 1	Port2：CH1
DI19	手剎車	數位	電壓	0 或 1	Port2：CH2
DI20	喇叭	數位	電壓	0 或 1	Port2：CH3

4. 未來仍應依駕駛模擬器評估結果作持續改進，下列7項具體建議如下(彙整如表5.3所示)：

(1) 雙人座艙車頭安裝在六軸運動平台上，使駕駛者在座艙內與螢幕間不會有懸空的感覺，而造成駕駛者踩踏油門與煞車會有較保守的行為，如此可更接近實際的駕駛操控行為。

(2) 改裝後的座艙可改善原先單人座座艙之油門及煞車位置不良與深度不佳等缺點。

(3) 以實際的後視鏡、車框及車前身取代先前的虛擬建構方式，更可增加受測者的環境融入感。

(4) 方向盤擬配合減速機構，以改善原方向盤機構之牽引線易毀損之問題。

(5) 座艙內的儀表板訊號加以連接，包括里程計、轉速計等，使其能與場景產生互動，不需以軟體方式模擬車內儀表板之動作，可改善駕駛者觀看場景內儀表板的不真實感。

(6) 視覺系統

視覺系統主要包括有影像輸出電腦、投影機及投影布幕等三項。目前為駕駛座艙前方三連續螢幕及座艙後方之螢幕，並預留未來新增螢幕之放置位置。當投影螢幕變為多個，所提供給駕駛人的視覺效果會較佳；但

各螢幕裡的場景視角亦會跟著改變，須作一調整以符合人體的視覺特性。

(7) 六軸動態平台

規劃的雙人座座艙，包含車框及車前身，因此原有的六軸運動平台之荷重能力已不敷使用。本研究重新衡量，擬以選擇可承載2500-3000kgw做為六軸動態平台的設計目標。油壓源系統亦配合更改。

表 5.3　93 年與未來改善項目內容

系統	項目	93	未來改善
座艙	座位	單人座	雙人座
	車頭、擋風玻璃及車頂	未加入	加入
	儀表板	軟體方式模擬車內儀表板之動作	訊號加以連接，包括里程計、轉速計場景產生互動，改善駕駛者觀看場景內儀表板的不真實感。
	方向盤	牽引線易毀損	配合減速機構
	後視鏡	軟體模擬	實車車頭
視覺系統	螢幕數量	四螢幕	八螢幕
	垂直視角	36.87º	約35 º
	水平視角	135 º	360 º
運動平台	承載重	1000kg	2500-3000kg
電腦系統	配備	Intel Pentium IV CPU 2.5 GHz Elsa GeForce4 Ti4200 AGP8x DDR 512 MB 100 MB/s 網路卡	-

5.1.2 現有駕駛模擬器硬體平台設備與功能

目前 IOT 駕駛模擬器所提供的硬體平台項目與駕駛反應評估項目所需量測設備如圖 5-1 所示。硬體平台有六軸平台、車內資訊顯示、車內音效系統、車內反應感測、生理監測設備、眼球追蹤系統及問卷等七大類。評估項目可分為行駛狀態、聽覺效果、觸覺與回答響應、分心、生理、視覺及主觀評量等七類，除了場景螢幕及駕駛座艙為必備硬體外，若要在動態狀態下評估，則可選用六軸平台，以模擬六個自由度的動作。而車內音效亦包含發動聲、引擎聲、喇叭聲、碰撞聲、雨聲、雷聲等效果。對於評估視覺與分心狀況也有 LCD 與 HUD 等方法，另含 PDT 的顯示幕及反應按鈕系統，未來擬增加聲音控制，以避免用手操作按鈕造成不正常的駕駛反應。量測生理狀況則可用 Biofeedback 等設備，最後以

NASA-TLX 問卷顯示在場景螢幕以進行主觀評量。其他則須視研究課題與目的來選用搭配，有關每一類均有其適用的硬體平台項目或外掛量測設備項目，如圖 5-1 所示。但因並非每一項應用研究均要進行這些評估項目，故研究者須依其所要研究的主題及內容，來決定要在基本場景及座艙中，外掛何種已有相關軟硬體系統。若研究者希望採用其他硬體進行評估，則可自行設計，惟需另案研議如何與目前的模擬軟、硬體環境搭配。由圖 5-1 中的量測設備在實驗過程或結束所記錄下的數據，即表 5-8 中所示的各種可量測物理量。

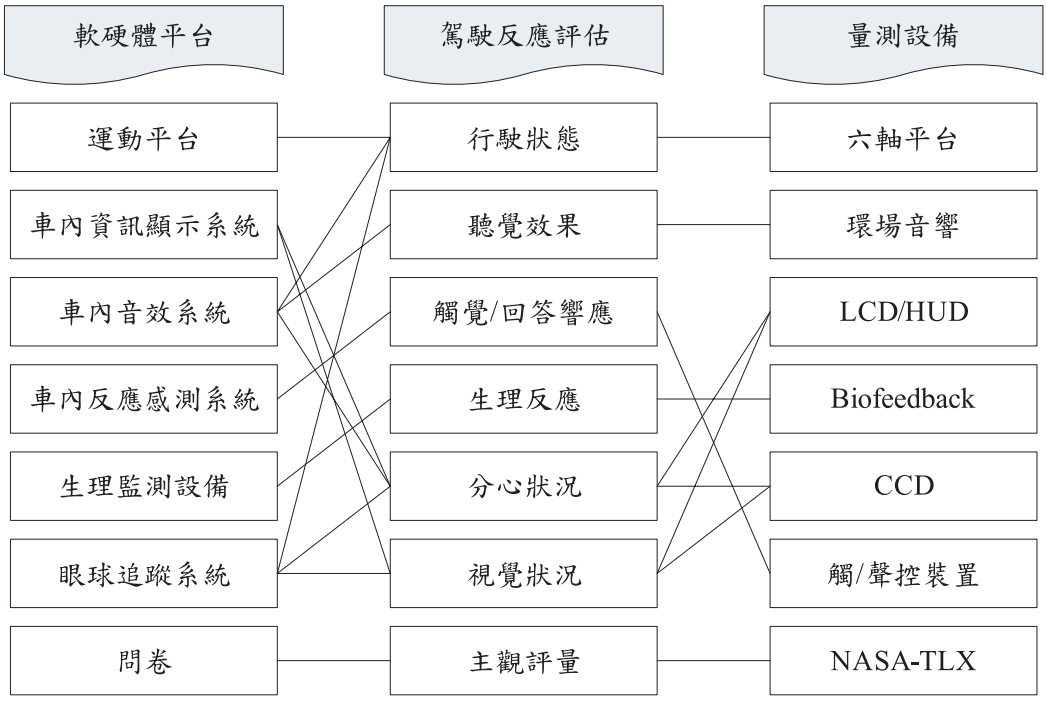


圖 5-1　駕駛反應之軟硬體平台及量測設備

5.1.3 駕駛分心與工作負荷硬體平台與評估項目

工作負荷衡量項目包括主要作業量測、次要作業量測(可概分為視覺、聽覺、生物力學、認知與說話等)、生理量測與主觀評量四項，本所用於量測上述項目之軟硬體設備其功能敘述如下：

1. 駕駛模擬器(進行駕駛車輛操控之主要作業量測)
2. 分心量測設備
   (1) 視覺：PDT(測視覺分心)、CCD(測眼球、四肢與身體活動)、LCD 與 HUD(可擺在不同位置以顯示影視節目或路線導引)、儀表板（觀看車速或油量）
   (2) 聽覺：喇叭(問問題)
   (3) 認知：軟體設計需能計算回答問題之反應時間
   (4) 生物力學：音響設備(撥放或換 CD 或 DVD 片)、按與轉旋的按鈕以調音量或調電台、窗戶(開或關)、方向盤上按鈕或方向盤上附近按鈕

(PDT 按鈕或按回答問題)

(5) 說話：錄音或麥克風(了解語音回答問題正確與否)、雙人座(與旁人交談)

3. 生理監測設備(心率、呼吸、肌肉電阻)

4. 主觀評量：

1)以紙張問卷進行 NASA-TLX 或其他主觀評量問卷調查

2)直接顯示 NASA-TLX 或其他主觀評量問卷問題於螢幕上，計算回答問題反應時間，以內隱聯結測量法（Implicit Association Test, IAT）協助主觀問卷之評量工作。

上述本所設備中，以 PDT、眼睛追蹤器、生理量測設備與 NASA-TLX 量測方式較為複雜，因此針對此四項之軟硬體設備、操作流程與量測資料進行詳細說明如后。

5.1.3.1 IOT-PDT

1. 軟體

(1) 周圍偵測任務(Peripheral Detection Task, PDT)是由 23 個白色的點所構成，位於車輛駕駛視線上的汽車擋風玻璃上(如圖 5-2 及圖 5-3 所示)。

(2) PDT 的白點顯示位置大約位於駕駛者前方視線的左側水平角度約 11-23 度及垂直角度約 2-4 角左右之間(如圖 5-2 所示)。

(3) 當系統被觸發時，隨機從 23 個白點中選擇其中某一個閃爍紅光，發亮顯示的時間約為 1 秒，間距為隨機 3-5 秒。

(4) 在開始亮紅燈的 2 秒內，受測者須觸碰按鈕做出反應，若未正確反應則視為失誤(miss)，可根據 PDT 記錄到反應時間(reaction time)和目標擊中率(target hit rate)以評估受測者的心智努力(mental effort)程度。

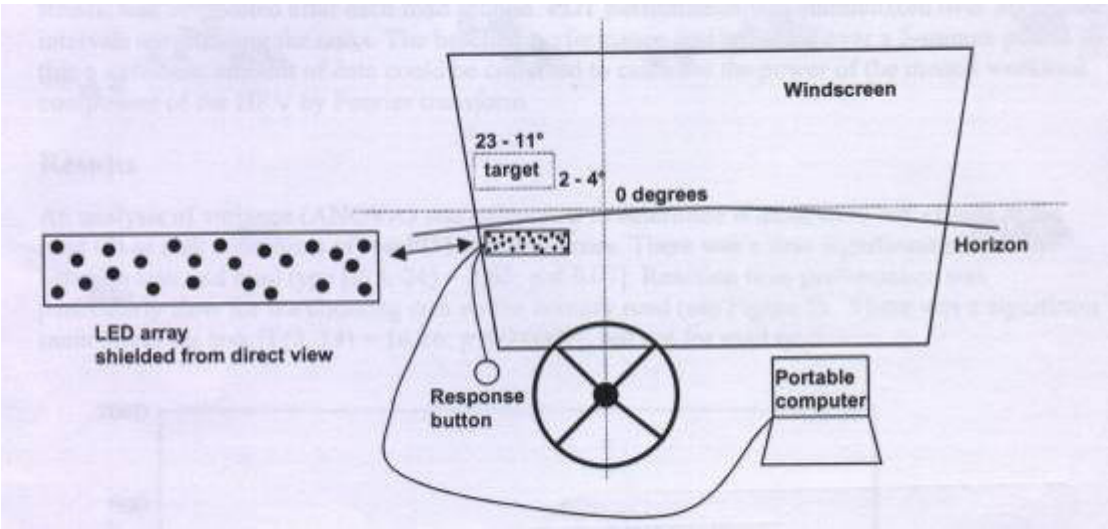


圖 5-2　PDT 設備圖

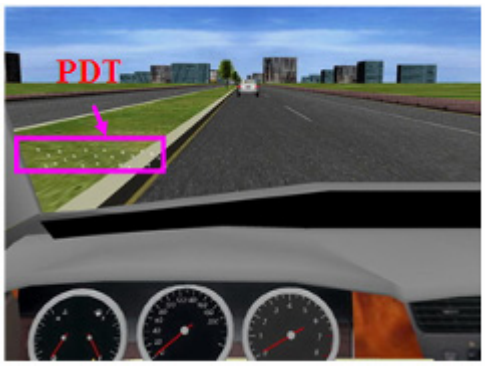


圖 5-3　DS 實驗 PDT 模擬

2. 硬體

對於 PDT 的偵測，使用的座艙設備有 PDT 按鈕(如圖 5-4 所示)，或使用方向盤作為按鈕接收訊息，以完成 PDT 的按鈕動作。

圖 5-4　實驗 PDT 設備

3. 量測資料

PDT 失誤率：受測者未對 PDT 做出正確反應次數佔 PDT 觸發總次數的比例。

PDT 反應時間：記錄由 LED 亮紅燈至受測者反應按下按鈕的時間，稱作 PDT 反應時間。

5.1.3.2 IOT 眼睛追蹤器(Eye Tracking)

結合照明、取像、影像處理設備與個人電腦所組成的電腦視覺檢測系統，應用影像處理技術追蹤眼球軌跡，即可進行眼睛的視窗位置分析及變化判斷。

1. 軟體

使用 Visual Basic 進行程式撰寫，以 NI IMAQ For Visual Basic 配合影像處理技術。藉由程式判斷眼睛軌跡位置。相關步驟如下所示：

(1)設定樣版：在搜尋處理中由單一的臉部影像中找出眼睛的特徵的初始位

置，也就是搜尋眼睛視窗影像。以方格搜尋方式，對擷取影像進行判讀(如圖 5-5 所示)。

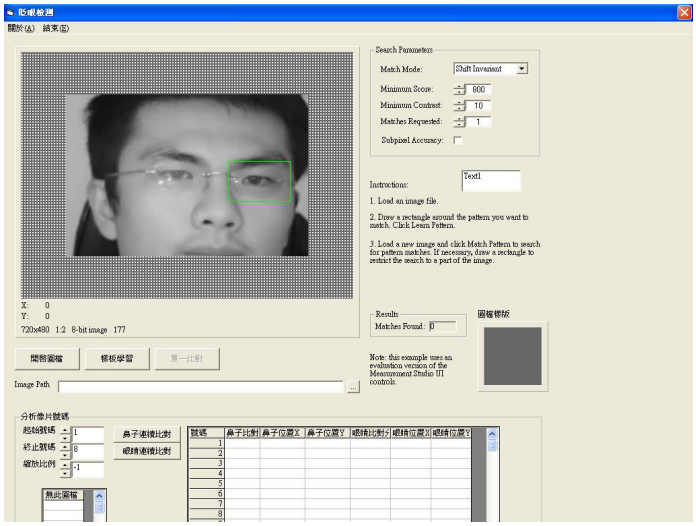


圖 5-5　IOT 眼睛追蹤軟體畫面－設定樣板

(2)參數調整：設定樣版比對相似度百分比，擷取影像判斷基準為百分比調整。

(3)特徵搜尋：由程式對擷取圖片的眼睛特徵(feature)做仔細的樣版比對(templates compare)。

(4)分析結果：經過電腦的處理判斷後，可以判斷眼睛為睜開或閉上。亦可輸出擷取影像位置來追蹤眼睛軌跡(如圖 5-6 所示)。

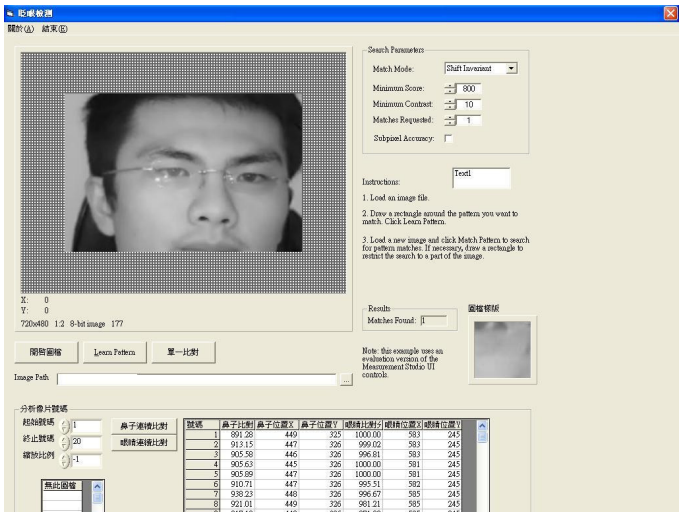


圖 5-6　IOT 眼睛追蹤軟體畫面－分析結果

2. 硬體

硬體包含 CCD 黑白攝影機、紅外線燈、IMAQ 影像擷取卡等。眼球追蹤系統主要在駕駛座艙前方架設一個監視攝影機，在攝影機的鏡頭中心，有個紅外線光源，使密閉的駕駛模擬實驗室較佳之照明效果，當受測者注視投影布幕時，利用攝影機擷取影像。

3. 實驗操作流程

(1) 以 CCD 擷取實驗過程受測者臉部表情資料。

(2) 透過影像編輯方式，將擷取影像檔轉成圖片格式(如圖 5-7 所示)。

(3) 資料分析當駕駛者離開駕駛視線觀看 LCD 至回到駕駛視線即為視線偏移時間，離開駕駛視線次數即為視線偏移次數。

(4) 針對該任務視線偏移時間及次數累計，即為總注視時間。

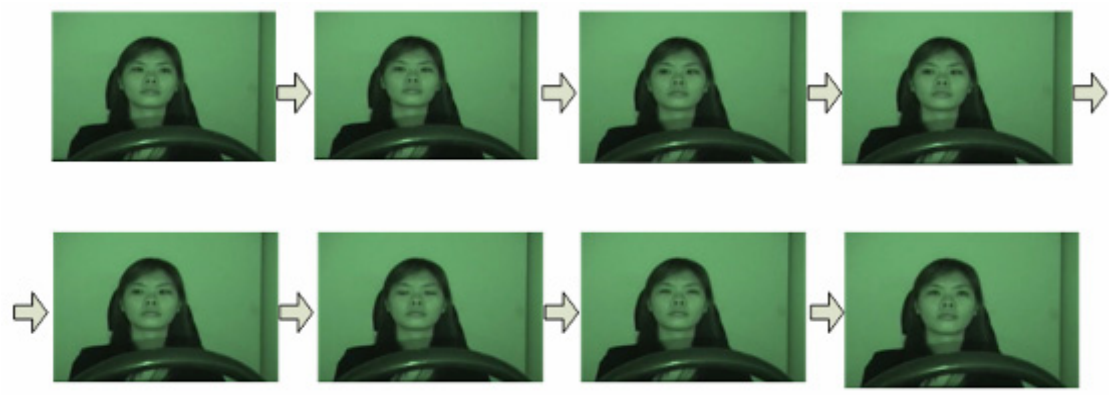


圖 5-7　視線偏移時間

4. 量測資料

視線偏移時間：計算駕駛者在操作車上設備時離開駕駛視線的時間。

視線偏移次數：計算駕駛者在操作車上設備時離開駕駛視線的次數。

總注視時間：計算駕駛者在操作車上設備時離開駕駛視線次數所花費的全部時間。

5.1.3.3 IOT 生理量測設備（Biofeedback）

1. 軟體

主要是粘貼感測器以接收受測者的生理反應訊號，透過網路連線使主控電腦與生理監測電腦進行雙向溝通，使用網路連線 TCP/IP 方式，來達到同步執行及記錄的效果。

2. 硬體

J&J Engineering 公司的生理監測設備 I-330-C2 之生理監測電極共有 4 種，包括標示為 MV-1L（可量測心電圖、肌電圖、腦波圖及心跳變化）、RV-5（可量測體溫及皮膚電阻）、RV-1（可量測呼吸）及 GL-2（接地）之 RJ-45 接頭生理監測電極(如圖 5-8 及圖 5-9 所示)。

圖 5-8　J&J Engineering 公司的 I-330-C2

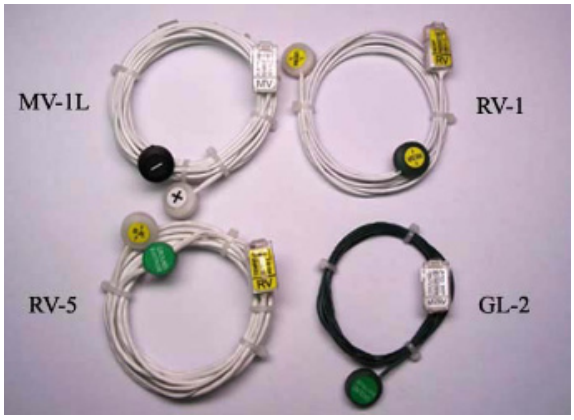


圖 5-9　生理監測電極

3. 實驗操作流程

(1) 將生理監測設備之轉接頭與電腦相互連接。

(2) 在正式實驗前，粘貼生理監測電極於受測者量測部位。

①請受試者脫去上身衣物，並向受試者簡單說明欲檢測的項目及等一下要進行的步驟。

②皮膚處理：在受試者要粘貼的位置，以酒精清潔，並等乾了之後，貼上電極片。

③粘貼電極：粘貼負極在受測者胸腔上方，正極在左側第四根筋骨與第五根筋骨之間，接地為右側第四根筋骨與第五根筋骨之間。

④觀察受試者是否已放鬆，並一一檢查電極位置是否正確。

(3) 執行生理監測軟體，軟體執行步驟如圖 5-10 所示。

①選擇生理監測設備型號，此時軟體會偵測有無連接硬體。

②當駕駛模擬器主控程式執行正式實驗時，程式會自動啟動記錄。

③生理監測的記錄檔是與駕駛模擬器的記錄檔同時啟動及關閉。因此，當主控程式關閉，生理監測程式即停止記錄。

④可由監控者撰擇是否儲存檔案及輸入檔名。

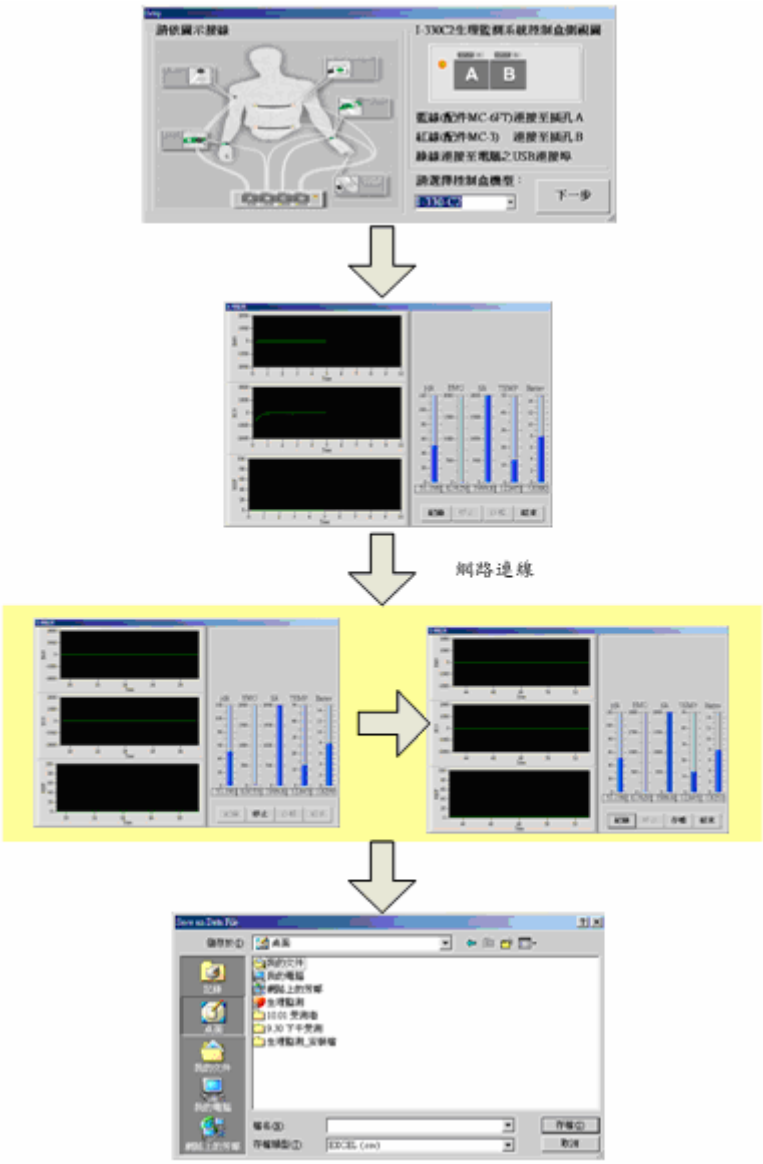


圖 5-10　生理監測軟體操作流程

4. 資料分析

平均心率：分別擷取事件前 10 秒以及事件後 10 秒的平均心率數。

心率增量：實驗時平均心率與休息時心率之差。

5.1.3.4 主觀評量 NASA-TLX 問卷

駕駛者的心智負荷不僅會影響反應靈敏度，亦會影響到駕駛績效，因此，如何利用駕駛模擬器來探討駕駛者之心智負荷是重要研究課題之一。若利用駕駛模擬器探討心智負荷時，可利用 NASA-TLX 主觀評量問卷(NASA-Task Load Index)進行調查，此問卷之衡量項目包括：心智需求(mental demand)、體力需求(physical demand)、時間需求(temporal demand)、自我績效(performance)、努力(effort)和挫敗程度(frustration)，其進行方式是在實驗進行後詢問受測者對於實驗內容之感

受，首先需針對這六個衡量項目進行兩兩比對，以求得其權重，其次在進行這六個衡量項目之評分，最後進行計算以求得其心智負荷之分數。然而，上述六個衡量項目之用詞不易讓受測者瞭解，建議可採用較白話以及較貼切的用語(例如：是否會感到緊張或害怕等)來進行調查，以衡量受測者之心智負荷，以下則加以舉例說明。

表 5.4 為 NASA-TLX 主觀評量問卷範例，此問卷主要是探討受測者駕駛在直路或彎路上的心智負荷，衡量項目為緊張、困難和害怕等三個項目，各衡量項目之定義分述如下。

1. 緊張：駕駛時是否會感覺緊張呢?
2. 困難：操作方向盤時是否會感覺困難呢?
3. 害怕：駕駛時是否會感覺害怕呢?

藉由主觀評量問卷之第一部分可得知，緊張獲得的權重為「0/3」、困難獲得的權重為「2/3」和害怕獲得的權重為「1/3」。主觀評量問卷之第二部分中可得知，在直路中緊張獲得的分數為「20.0 分」、困難獲得的分數為「20.0 分」和害怕獲得的分數為「20.0 分」；在彎路中緊張獲得的分數為「30.0 分」、困難獲得的分數為「50.0 分」和害怕獲得的分數為「40.0 分」。根據上述之權重和分數進行加權計算，可求得駕駛在直路上的心智負荷總得分為 20.0 分，駕駛在彎路上的心智負荷總得分為 46.6 分，由此可得知，駕駛在彎路的心智負荷較高，其計算結果如表 5.5 所示。

表 5.4　NASA-TLX 主觀評量問卷範例

主觀評量問卷

編號：_____

在此非常感謝您參加駕駛模擬器之實驗，最後請您依照您剛剛所進行駕駛模擬器實驗後的感覺來回答下列的問題。

1. 緊張：駕駛時是否會感覺緊張呢?
2. 困難：操作方向盤時是否會感覺困難呢?
3. 害怕：駕駛時是否會感覺害怕呢?

第一部分

請問您覺得在彎路時相對於直路來說，以下那一種感覺相對的比較強烈，請將較強烈的項目圈選起來：

緊張 /(困難)　　緊張 /(害怕)　　(困難)/ 害怕

第二部分

1. 請問您在直路上的感覺如何？請針對下列的各個項目進行評分：

● 緊張

沒感覺										很緊張
		√								
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

● 困難

沒感覺										很困難
		√								
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

● 害怕

沒感覺										很害怕
		√								
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

2. 請問您在彎路上的感覺如何？請針對下列的各個項目進行評分：

● 緊張

沒感覺										很緊張
			√							
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

● 困難

沒感覺										很困難
					√					
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

● 害怕

沒感覺										很害怕
				√						
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

表 5.5　NASA-TLX 主觀評量問卷範例計算結果

衡量項目	權重	直路		彎路	
		分數	計算式	分數	計算式
緊張	0/3	20	0/3 × 20 = 0	30	0/3 × 30 = 0
困難	2/3	20	2/3 × 20 = 13.3	50	2/3 × 50 = 33.3
害怕	1/3	20	1/3 × 20 = 6.7	40	1/3 × 40 = 13.3
總計	1	60	20.0	120	46.6

5.2　駕駛模擬系統之軟體平台

由 4.2 節的績效分析可知，不同的操控行為可能肇致不同類型的事故(表 4.2)，而這些不同操控行為，在不同的道路、環境、車流及事件車輛狀況下，也會呈現不同的駕駛績效結果，因此 4.3.1 節中即曾說明過，本研究如何組合這些條件中的靜態要素(道路、環境、車流)來規劃基本場景，以下 5.2.1 節便是進一步說明，如何在這些靜態基本場景，再加入駕駛車輛與事件車輛間的互動，完成駕駛模擬器的情境設計。該節中也將 IOT 現有情境整理成表供後續研究者使用至於 5.2.2 節則說明利用所構建之駕駛模擬器可以量測到的項目。

5.2.1 IOT 駕駛模擬器的情境場景清單

前面 4.3.1.4 節中曾提過，本計畫是以表 4.6 的場景內容，來設計 IOT 駕駛模擬器的場景清單，其設計的環境基礎是「白天及晴天」，但可進一步在 6 種天候(大雨、中雨、小雨、濃霧、中霧、薄霧)及 4 種光線(黎明、黃昏、夜間有照明、夜間無照明)狀況所構成的 24 種環境組合中作選擇，此基本場景是一種靜態場景，需再搭配駕駛車輛及事件車輛的行為設計，才能建立擬真的動態情境。

由前面 4.2 節的駕駛績效探討也瞭解，因不同的操控行為可能肇致不同類型的事故，因此可參考這些操控行為設計動態情境。由 4.2 節所列 15 種操控行為，可另由車輛的行駛行為角度，進一步彙整成 10 種行駛行為，包括：(1)通過、(2)超車、(3)變換車道、(4)匯入、(5)跟車、(6)煞停、(7)左轉(轉彎)、(8)右轉(轉彎)、(9)到達路口、(10)穿越路口。利用這些行駛行為與表 4.6 之靜態場景所規劃的駕駛模擬器情境場景清單如表 5.6 所示，其主要是考量下列駕駛行為特性：

1. 兼顧較容易引起國內主要事故之駕駛行為，以及國際文獻關切的駕駛行為等狀況。
2. 國內市區之汽機混流狀況明顯，故在路口部份，對機車之相關事件場景有較多考量，以適度反應國內特殊狀況。
3. 將行、停之駕駛行為概分為以下二類車輛行為：
   (1) 路段：通過、變換車道、超車、匯入、轉彎。
   (2) 路口：接近、左轉、右轉、穿越。
4. 路段部分，有關高速(100 km/hr)的相關行為，均設計在高速公路，中速(70

km/hr)在郊區公路，低速(40~50 km/hr)則在市區道路。

5. 超車、變換車道因涉及另一輛車的相對位置，故考量駕駛車輛與事件車輛的左、右側相對關係。
6. 路口部分，除了考慮轉向外，直行穿越路口是另一項重點，且一般認為由停止狀態、非停止狀態穿越路口的特性並不同，故予以區分。因國內市區道路多屬號誌化路口，而直行穿越多在探討非號誌化路口，故將直行穿越設計在郊區、近郊道路上，在號誌化路口則僅探討清道時間的穿越行為。
7. 市區道路及近郊道路以路口相關場景為主。
8. 路口轉向中的右轉，在國外較不重要，但我國會有小客車右轉與機車直行問題，故路口右轉的駕駛行為亦納入。
9. 路口的事件車輛以機車為主，路段則兼顧大貨車、小客車、機車三種。
10. 所有駕駛行為均先初步設定在低流量(服務水準 A-B)環境下。未來可以此為據再作中流量(服務水準 C-D)狀況。

目前 IOT 已有的場景資料庫中(表 5.7)，已包含表 5.6 規劃之情境編號 46a、50a、51a，此三種情境場景均為「跟車(車間距)」相關者，而 IOT 高速公路的場景，尚有不同天候、光線及流量水準。由表 5.7 可知，除了一般常見的模擬情境場景外，IOT 現有場景資料庫也能進行許多其他事件的研究課題，包括：車前突發事件，以及其他車輛「闖紅燈」、「蛇行」等極端危險行為的影響；此皆為表 5.7 基本情境的延伸應用。

表 5.6　IOT 駕駛模擬器之情境場景清單規劃

場景編號	駕駛車輛行為		事件車輛行為	道路等級			道路型態				道路幾何線形					車流狀況		車種組成		事件車輛		
				高速公路	郊區道路	市區道路	雙向 2 車道	雙向無分隔島 4 車道	雙向有分隔島 4 車道	雙向有分隔島 6 車道	交叉路口	直線路段	彎道路段	上坡直線路段	下坡直線路段	低流量(A-B)	中流量(C-D)	大貨車比例	機車比例	大貨車	小客車	機車
1	通過	-	-		v			v				v				v				v		
2	通過	-	-		v			v				v				v					v	
18	通過	速度控制	對向駛來：低速		v		v					v				v				v		
19	通過	速度控制	對向駛來：低速		v		v					v				v					v	
20	通過	速度控制	對向駛來：低速		v		v					v				v						v
21	通過	速度控制	對向駛來：高速		v		v					v				v				v		
22	通過	速度控制	對向駛來：高速		v		v					v				v					v	
23	通過	速度控制	對向駛來：高速		v		v					v				v						v
5	超車	-	左側超車					v				v				v					v	
6	超車	-	左側超車	v						v		v				v					v	
7	超車	超越右側車輛	-	v						v		v				v					v	
8	變換車道	變換至左側車道	-					v				v				v					v	
9	變換車道	變換至右側車道	-					v				v				v					v	
10	變換車道	變換至左側車道	-	v						v		v				v					v	
11	變換車道	變換至右側車道	-	v						v		v				v					v	
12	變換車道	穿越多車道至右側出口車道	-	v						v		v				v						
13	變換車道	穿越多車道至右側出口車道	-	v						v		v					v					
14	匯入	高速	-	v		v				v		v				v						
15	匯入	由停車狀態	-					v				v				v						
46a	跟車(車間距)	-	-	v(100)						v		v				v						

表 5.6　IOT 駕駛模擬器之情境場景清單規劃(續)

場景編號	駕駛車輛行為		事件車輛行為	道路等級			道路型態				道路幾何線形					車流狀況		車種組成		事件車輛		
				高速公路	郊區道路	市區道路	雙向 2 車道	雙向無分隔島 4 車道	雙向有分隔島 4 車道	雙向有分隔島 6 車道	交叉路口	直線路段	彎道路段	上坡直線路段	下坡直線路段	低流量(A-B)	中流量(C-D)	大貨車比例	機車比例	大貨車	小客車	機車
47a	跟車(車間距)	-	-			v(50)				v		v				v						
50a	跟車(車間距)	-	-		v(70)			v				v				v						
51a	跟車(車間距)	-	-		v(50)			v				v				v						
37a	緊急停車	-	-	v(100)						v		v				v						
38a	緊急停車	-	-			v(50)				v		v				v						
40a	緊急停車	-	-		v(70)			v				v				v						
42a	緩和且安全停車	-	-	v(100)						v		v				v						
43a	緩和且安全停車	-	-			v(50)				v		v				v						
30a	轉彎	左彎	-		v			v					v									
30b	轉彎	右彎	-		v			v					v									
24	穿越橫向車輛路徑(橫向間距判斷)	由橫向車輛左側穿越 2 車道	-		v			v			v					v						
25	穿越橫向車輛路徑(橫向間距判斷)	由橫向車輛右側穿越 2 車道	-		v			v			v					v						
26	穿越橫向車輛路徑(橫向間距判斷)	由橫向車輛右側穿越分隔島	-		v				v		v					v						
27	穿越橫向車輛路徑(橫向間距判斷)	由橫向車輛左側穿越 2 車道	-		v			v			v					v						
28	穿越橫向車輛路徑(橫向間距判斷)	由橫向車輛右側穿越 2 車道	-		v			v			v					v						
29	穿越橫向車輛路徑(橫向間距判斷)	由橫向車輛右側穿越分隔島	-		v				v		v					v						
30	左轉	-	-		v					v	v					v						

表 5.6　IOT 駕駛模擬器之情境場景清單規劃(續)

場景編號	駕駛車輛行為		事件車輛行為	道路等級			道路型態				道路幾何線形					車流狀況		車種組成		事件車輛		
				高速公路	郊區道路	市區道路	雙向 2 車道	雙向無分隔島 4 車道	雙向有分隔島 4 車道	雙向有分隔島 6 車道	交叉路口	直線路段	彎道路段	上坡直線路段	下坡直線路段	低流量(A-B)	中流量(C-D)	大貨車比例	機車比例	大貨車	小客車	機車
32a	左轉	-	-		v					v	v					v						v
34a	左轉	-	-		v			v			v					v						v
34b	右轉	-	-		v			v			v					v						v
35	穿越路口(清道時間)	-	-			v(50)		v			v											
36	穿越路口(清道時間)	-	-		v(70)			v			v											
55	到達路口	-	-			v					v					v						
56	到達路口	-	-		v						v					v						
57	穿越路口	由停止線	-		v			v			v					v						
58	穿越路口	由停止線	-		v				v		v					v						
59	穿越路口	由停止線	-		v			v			v					v						
60	穿越路口	由停止線	-		v				v		v					v						

註：括弧中之數字表「速度」。

表 5.7　IOT 現有駕駛模擬器情境場景資料庫

場景類別	道路等級			道路型態				道路幾何線形					天候			光線			車流狀況		事件車輛			交通設施						駕駛行為及事件							
																								標線		號誌		標誌									
	高速公路	郊區道路	市區道路	雙向2車道	向分島無隔4車道	向分島有隔4車道	向分島有隔6車道	交叉路口	直線路段	彎道路段	上坡直線路段	下坡直線路段	晴天	大雨	濃霧	白天	晨昏	夜間(有路燈)	低流量(A-B)	中流量(C-D)	大貨車	小客車	機車	標線	反光標記	路口閃光號誌	路口車輛號誌	停標誌	速限標誌	跟車行為	闖紅燈	車輛衝出	機車爭道	前車載物掉落	前方兩車碰撞	蛇行	道路縮減
91 年高速公路							√		√	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√	√							√	√							√
92 年趣味性			√			√		√	√				√	√		√			√		√	√				√		√	√		√	√		√	√	√	
92 年高齡者駕駛行為[2]		√							√	√			√			√			√			√	√	√	√							√	√				
92 年跟車行為		√							√				√			√			√			√						√	√	√							
93 路口違規			√		√			√	√				√			√			√			√					√	√	√		√						
93 車內資訊[3]		√	√	√	√			√	√	√			√			√			√					√			√	√	√	√		√			√		√

註 1：操控行為或事件包含待轉車輛(含有無遮蔽)。

2：道路型態中包含左、右彎路段，曲線半徑為 170 公尺，彎曲長度為 540 公尺。

3：操控行為或事件含有道路施工、變換速限。

5.2.2 IOT 駕駛模擬器系統可量測項目

目前IOT駕駛模擬器系統可量測到的物理量甚多(表5.8)，已包含許多第二章文獻中所提到的項目。在人、車、路的量測參數主要是由3D虛擬場景中的相關物件位置座標、時間關係與碰撞偵測技術求得。其他如生理量測項目則是由生理回饋儀上所能提供的參數。分心量測參數除了PDT的方法，未來將加強視覺程式能力，以進一步分析很多次要作業所造成的影響。主觀量測則是以問卷調查工作負荷為主。第二章文獻回顧中也提出一些常用的問卷，但經評估後，仍以NASA-TLX內容最整齊，且被使用的也最多。但此問卷要用在駕駛模擬器的工作負荷，則須進一步作問卷的修改，以適合國情。表5.8中每一項參數的量測值都可以用統計作基本分析而得到如平均值、標準差、最大、最小、RMS等，這標準程序在未來將撰寫程式自動產生與記錄。

表 5.8　IOT 駕駛模擬器相關設備量測項目及編號對照表

人		車		路		生理量測		主觀量測		次要作業	
編號	項目	編號	項目	編號	項目	編號	項目	編號	項目 NASA-TLX	編號	項目
101	事故次數	201	縱向速率	301	橫向位置	P01	平均心率	AN01	心智需求	D01	PDT 正確率
102	變化車道時間	202	橫向速率	302	縱向位置	P02	心率增量	AN02	體力需求	D02	PDT 反應時間
103	失誤次數	203	加速度	303	車道位置偏差	P03	R-R 波間距	AN03	時間需求	D03	正確率
104	煞車次數	204	角速度	304	變換車道橫向位移量	P04	心率變異量	AN04	自我績效	D04	問題反應時間
105	煞車反應時間	205	方向盤角度	305	變換車道縱向位移量	P05	眨眼率	AN05	努力	D05	操作錯誤次數
106	煞車距離	206	方向盤速率	306	壓標線時間	P06	呼吸頻率	AN06	挫折程度	D06	失誤率
107	跟車間距(s)	207	方向盤迴轉率			P07	肌肉電阻	AN07	視覺需求	D07	作業完成時間
108	跟車距離(m)					P08	體溫	AN08	通訊需求		
109	與鄰近車道前車的距離					P09	表皮皮膚傳導水準	AN09	壓力		
110	與鄰近車道後車的距離					P10	表皮皮膚傳導回應				
111	感知與反應時間					P11	體表血流量				
112	完成工作所需時間					P12	離開駕駛視線次數				
113	完成工作的總距離					P13	離開駕駛視線時間				
						P14	總瞥視時間				

註：表中每一個物理量(計次、計數)有平均值、標準差、最大、最小、RMS

5.3　資料擷取及分析平台

由駕駛模擬系統所量測出來的各項資料，也能更具代表性，因此前述表5.8

中所提本所駕駛模擬器系統可以量測項目，便可透過擷取的資料，在記錄或分析時產生，此項擷取、記錄、分析資料的階層處理，如圖5-11所示，由於此過程是系統與後續應用研究間一個很重要的資料轉換介面，且時也是系統設計者與後續應用研究者間的一項溝通基礎，藉該圖可瞭解彼此所共同使用的資料，如何轉譯成不同資料定義形式。故針對此圖進行較深入的說明。

實驗者操作駕駛模擬系統後，系統內相關軟、硬體設備便能擷取到許多訊號，此即圖5-11的左邊階段。這些訊號經過適度組合及處理後，成為某種能與應用研究者溝通的資料型式，才予以記錄，圖內之中間階段所呈現的便是系統所記錄資料，也就是表5.8中所說明的可量測項目。至於該圖右邊的分析資料則是記錄資料進一步組合及處理，即表5.8中所述之各種量測項目的敘述性統計量及一些進階變率資料。此三階層的資料處理過程說明如下：

1. 擷取資料

   此層資料是系統設計者直接由軟硬體設備擷獲的資料。由5.1節所說明的駕駛模擬器系統(含外掛硬體)所擷取的各種訊號，可歸納成以下幾類，各類除了各自可量測的專屬訊號外，因利用駕駛模擬器所進行的實驗過程是一種時間的歷程，致搭配「時間」便可產生不同瞬間的專屬訊號，同時，也可利用「時間」串起各類資料間的關係。

   (1) 駕駛車輛（座艙及場景）

   是指駕駛模擬座艙所代表的車輛，其訊號可來自二個系統：座艙及場景。座艙中主要擷取的是方向盤、油門及煞車三種操控所產生之訊號，而有這三種訊號，搭配不同時間點的場景座標，才能有駕駛車輛在不同時間點的空間資料，以及由空間位置所衍生的碰撞判斷。

   (2) 事件車輛(場景；當所觀察的事件為靜態事物(如：T霸、標誌等)時，該事件之空間座標固定且無時間資料)

   是指在場景中所產生的特定車輛，其代表某種實驗者要觀察的事件，而此事件是來自於其它車輛，如駕駛所要跟隨的前方車輛。因事件車輛係產生在場景中，故可獲知其在不同時間點的空間資料，此再搭配駕駛車輛所擷取的時空資料與操控動作，便可建立此二車輛在不同的駕駛車輛操控動作下的時空關係。

   (3) 眼球軌跡

   係指利用CCD及影像處理技術追踪駕駛車輛上之駕駛者，在駕駛過程中的視線。利用外掛的軟硬體系統可擷取駕駛者在各瞬間的眼球位置，搭配駕駛車輛當時所在之場景空間位置，便可獲得各瞬間駕駛者之視線留駐位置。此項擷取資料進一步配合駕駛者應有視線的移動要求，便可瞭解其與駕駛者實際視線間的差異。

   (4) 生理監測

   係指利用生理監測設備(Biofeedback)量測駕駛車輛上之駕駛者，在

駕駛過程中的生理反應。利用外掛的軟硬體系統可擷取的各瞬間之生理訊號包括：心跳、呼吸二種，配合時間便可瞭解，駕駛者在駕駛車輛的過程中，不同時間點在面臨不同事件(靜、動態－事件車輛)狀況時的生理反應情形。

(5) PDT

係指利用場景模擬PDT顯示，透過外掛之PDT軟硬體系統，擷取駕駛車輛上之駕駛者，在駕駛過中對PDT的反應情形，配合場景中事件狀況的改變，如：有無事件、動靜事件等，便可進一步獲知駕駛者在不同事件下，對周邊視野範圍內之物體的偵測能力。

2. 記錄資料

記錄資料是由上面所擷取之資料組合、計算產生，應用研究者所關心的通常是這些經過處理的資料。此階層資料可初步概分為二類：(1)可由不同類擷取資料相互搭配組合而成，以車輛資料為範圍；(2)僅由各類擷取資料所取得的各該類細項資料，各自內部計算而得，此類以駕駛者資料為範圍。在應用研究時，後者配合前者便可進一步觀察許多有關分心、工作負荷、安全與績效的現象。茲分述此二類記錄資料如下：

(1) 可組合不同類之擷取資料：車輛資料

此類記錄資料主要是組合駕駛車輛與事件車輛間，在上一階層所擷取的時間、空間、操控動作資料。基本的組合原則為：

①與「時間」有關者，須用到擷取資料中的「時間」資料，如變換車道時間、煞車時間等。

②與「距離」有關者，須用到擷取資料中的「Y軸」資料，如：煞車距離、跟車距離等。

③只與駕駛者所駕駛車輛本身所在車道位置有關者，須用到擷取資料中的駕駛車輛空間位置，即「X軸」及「Y軸」，如：車道偏差相關資料、變換車道相關資料等。

④同時與事件車輛及駕駛者所駕駛車輛的車道位置有關者，須用到擷取資料中的事件車輛與駕駛車輛二者的空間資料，如：跟車相關資料、與鄰近車道前車的距離相關資料等。

⑤與煞車歷程有關者，須用到擷取資料中駕駛車輛的油門訊號。

⑥與碰撞現象有關者，須用到擷取資料中駕駛車輛的碰撞偵測。

(2) 僅由同類擷取資料內部計算：駕駛者資料

此類係指利用各式外掛軟硬體系統，針對駕駛車輛的駕駛者所擷取的各類資料。應用研究者可利用「時間」此一系統中的共同基準資料，分別與前項(1)中的記錄資料作串連，以瞭解當駕駛所駕車輛顯示各種外在現象時，如：煞車、變換車道等，駕駛本身的狀況，如：心跳、注意力(PDT)等。至於各該類內，則利用各該項外掛系統的專屬功能，計算常用之專屬記錄資料，如：以眼球追踪系統所擷取之

資料，配合時間資料，計算「離開駕駛視線時間」；以生理監測系統所擷取的心跳資料，搭配時間得出「平均心率」等。

3. 分析資料

此階層之資料，除了將上一階層中的記錄資料作進一步的統計處理外，如：計算平均值、標準差、最大值、最小值等，主要是再進階處理記錄資料的變化量，如：「方向盤迴轉率」是方向盤角度的變化率；「加速度」是速度的變化率；「心率增量」是平均心率的變化量等。

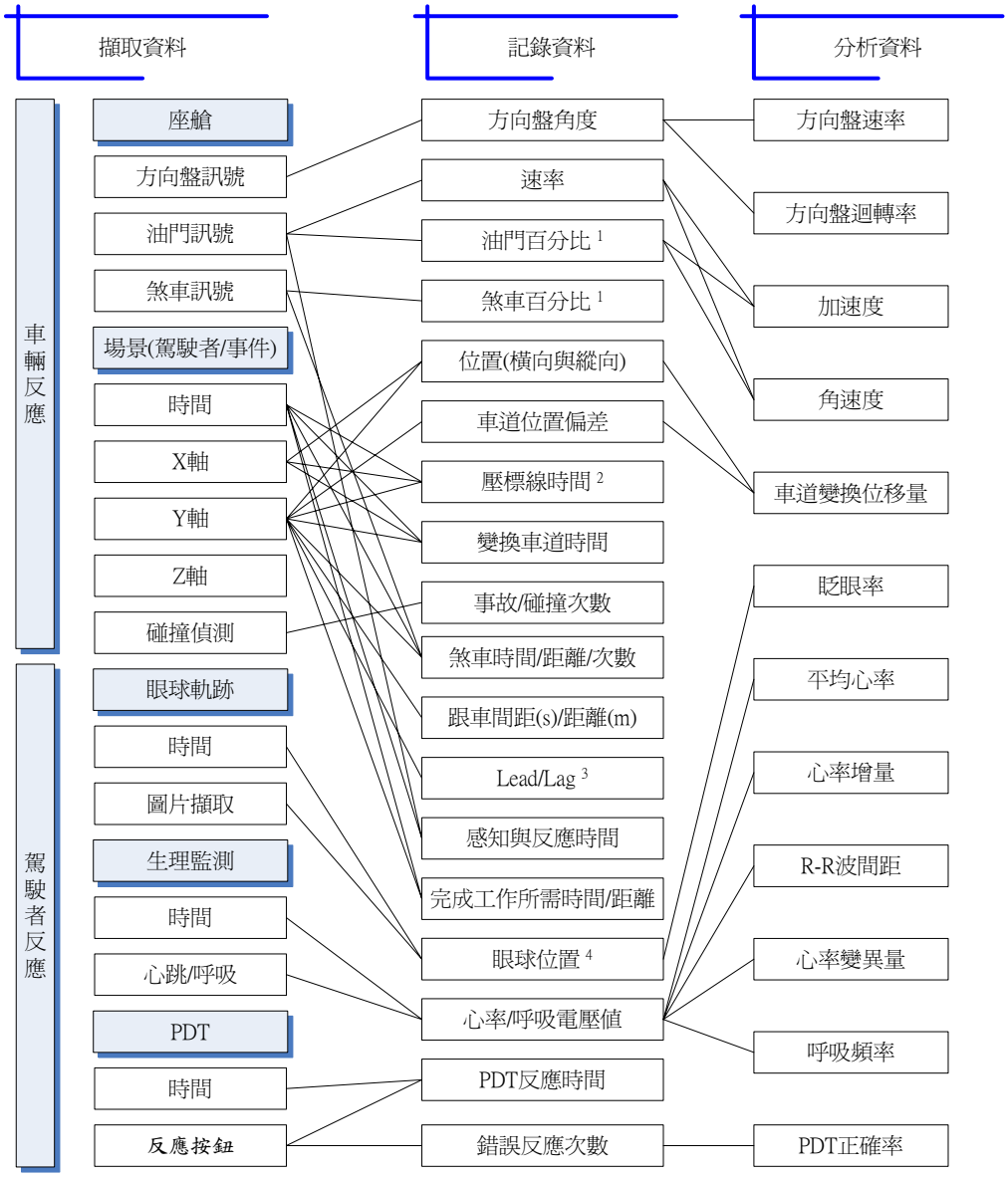


圖 5-11　擷取資料及資料輸出項目

註：1.油門、煞車百分比為系統驗證常用記錄資料。

2.壓標線時間(Line Crossing)：從輪胎壓到標線至離開標線的時間。

3.Lead：本車頭與鄰近車道前第一輛車頭的距離；

Lag：本車頭與鄰近車道後面第一輛車頭的距離。

4.眼球軌跡追蹤記錄為眼球座標位置。

5.4 駕駛模擬器系統之評估與驗證

5.4.1 駕駛模擬器系統之評估

本所具環場效果之駕駛模擬實驗室，主要分為 3 部份，1.駕駛模擬室、2.油壓源室及 3.電腦操作監控室。駕駛模擬實驗室空間長度為 10.49 公尺，寬為 8 公尺，高度為 3.6 公尺，油壓源獨立在特定空間中，並有隔音。所有電腦放置於控制室中，包含場景播放電腦、監控電腦、平臺控制電腦等，系統控制人員只需在監控室即可完成所有設備之設定操作。

表 5.9 為 FMCSA[124]研究報告中針對大客車駕駛模擬器之系統評估項目與評估因子。在其評估項目中雖分為 9 類，但其中有些項目可整併，例如(1)車輛間距管理、速度管理與緊急情況管理(部分功能)均屬虛擬實境場景軟體部分。(2)後視鏡亦可整併入駕駛座艙中，故本研究將參考其分類重新歸納，增添後列出新的分類。在 FMCSA[124]的評估因子已列出 30 項，本研究參考這些因子的選取原則，再加上第四章所列本所駕駛模擬器可量測的項目，而重新整理出表 5-4 的駕駛模擬器評估表，分為在座艙環境、視覺場景、後視鏡、操控行為、空間發展、車輛間距管理、速度管理、緊急情況管理及訓練工具等九大評估項目。

根據本所現有駕駛模擬器的功能，依表 5.9 所列因子逐項評估有無此功能，若沒有，則加以說明未來是否具擴充性？或其他替代方法？或無法達成。若是未來可擴充的，則在第 5.1 節所規劃的駕駛模擬器硬體平台加以說明未來擬擴充項目。由表 5.10 所示的內容可知，本所的 DS 為一中階模擬器，在未來擴充成雙人座含車頭及八個螢幕之功能後，對於大部分的基礎實驗均可以達成，本研究亦將國內惟一符合國際水準的汽車測試場(在車輛研究測試中心，簡稱 ARTC 內)製作成 3D 虛擬實境場景，對於一些操控性能(如蛇行)及惡劣路面的模擬亦可在本所的駕駛模擬器上作模擬。本計畫將持續製作 ARTC 整個試車場的場景，以期結合國內二個重要單位所擁有的資源，提供研究機構與學者專家進行更多深入的研究。

表 5.9　FMCSA 評估項目及評估因子

評估項目	**評估因子**
駕駛座艙環境	真實座艙控制 喇叭功能 閃光裝置功能 駕駛限制
視覺場景	真實布幕要素 真實的道路 真實標誌(速限、停標誌)
後視鏡	後視鏡構造 後視鏡顯示道路 後視鏡播放畫面的擬真度
操控行為限制	彎曲操縱 急劇地轉彎限制 移動式交通錐
空間發展	密閉空間限制 頭與天花板距離
車輛間距管理	超車 變換車道 跟車間距
速度管理	斜坡 曲線 轉彎 超車
緊急情況管理	交叉路口的遮蔽物 路面滑行 緊急開關 操控衰減
訓練工具	視覺導引 記錄/操控/展示 資料儲存 資料列印

表 5.10　IOT 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果

評估項目	評估因子	有	無	說明	IOT 擴充必要性
駕駛座艙環境	座艙控制 轉速計－油門加速、引擎及齒輪傳動	√		轉速計及發動聲為虛擬實境模擬	√(實車)
	座艙控制 里程計－里程計反應到視覺場景動作、引擎聲	√		里程計及引擎聲為虛擬實境模擬	√(實車)
	座艙控制 方向燈訊號－方向燈是否在適當的位置且有用的		√	具擴充性	√(實車)
	其他車輛控制－評估有用的或擬真的，不同的機制控制油壓、溫度	√		含作動六軸平台之油壓系統及冷卻系統	
	喇叭	√			
	CB 廣播		√	具擴充性	
	收音機		√	具擴充性	
	緊急開關	√		整組功能	
	座墊擬真度－是否包含安全帶		√	具擴充性	√
	車前大燈		√	為虛擬場景模擬	
	成本	√		IOT 駕駛模擬器在一中階的駕駛模擬器實驗室。	
場景	投影布幕－ 場景建構真實性	√		四螢幕，可擴充至環場八螢幕	
	投影布幕－ 道路的真實性	√			
	投影布幕－ 路邊目標物如速限、停止標誌等其他標誌是否具有真實性	√			

表 5.10　IOT 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果(續)

評估項目	評估因子	有	無	說明	IOT 擴充必要性
座艙後視鏡	座艙右方是否有後視鏡	√		後視鏡功能以虛擬場景模擬	√(實車)
	後視鏡內是否有道路場景	√		可從虛擬場景模擬之後視鏡觀察道路	√(實車)
	後視鏡內是否有道路周遭場景	√		可從虛擬場景模擬之後視鏡觀察道路周遭	√(實車)
道路感覺	模擬器在車速為 0 時能否感覺到引擎的振動		√		
	模擬器在指定車速時能否感覺到道路振動	√		由平台運動狀態表現出道路振動	
	路邊的轉彎	√		路邊及小巷道－車輛方位、視覺模擬影像足夠去傳遞變換	
基本車輛功能	輸入車輛反應至作動的主要控制(方向盤、煞車、油門)	√		在駕駛實驗室模擬車輛反應	
專家基本控制	彎曲(蛇行)	√			
	安全駕駛 1000 控制站		√	具擴充性	
	轉彎限制	√			
	急轉彎	√			
	轉彎組合	√			
	移動式交通錐	√			
	距離變動設定	√			
轉彎	對於駕駛模擬器轉彎策略的道路視野真實性	√		轉彎時道路視野擬真精確	
	模擬器對於車輛轉彎有擬真的反應	√		低速時有很精確的動態反應，由於受限駕駛模擬實驗室無高速轉彎能力。	

表 5.10　IOT 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果(續)

評估項目	評估因子	有	無	說明	IOT 擴充必要性
排檔	模擬器檔位轉換擬真度：				
	排檔(內部動態轉換)	√			
	模擬器提供排檔練習	√		系統可以提供變換檔位練習	
倒車	模擬器以相同的場景能否進行倒車動作	√		有能力建立開放的道路場景	
上坡及下坡	模擬器加速車輛動態：				
	爬坡等級	√			
	下坡等級	√			
	駕駛山路		√	具擴充性	
間距管理	模擬器必需有能力模擬長度及加速感、輸入交通量及變換車道	√			
	車流	√			
	超車	√			
	變換車道	√			
	車輛間距模擬	√			
	車輛加速感	√			
速度管理	模擬器－適當地操作車輛排檔、煞車及油門等	√			
	斜坡	√			
	曲線	√			
	直線爬坡	√			
	下坡	√			
	砂礫路表面煞車	√			
	停車	√			
	轉彎	√			
	超車	√			
	混合車流	√			
	離開車流	√			
	變換車道	√			

表 5.10　IOT 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果(續)

評估項目	評估因子	有	無	說明	IOT 擴充必要性
跟車間距	模擬器必需能夠準確的反應跟車距離	√			
夜晚操作	模擬器分別在夜晚條件下，必需允許相對車速、距離。	√			
緊急情況策略	模擬器必需有能力模擬真實緊急煞車的情況	√			
	十字路口死角	√			
	滑行路面	√			
	路面阻力係數	√			
	中斷	√			
	缺乏跟車距離	√			
	引擎熄火	√			
	操控退化	√			
	侵入車道	√			
緊急操控	模擬器出現突然的事件接近駕駛人，以模擬避免發生碰撞情況	√			
煞車失敗	模擬器	√			
	煞車失靈	√			
	煞車失效	√			
滑行回復/控制		√			
離開道路回復		√			
車輛翻覆	模擬器擬真度		√		
動作擬真度	振動－顯示、控制、座墊、座墊阻抗	√			
	側向加速度	√			
	加速及煞車之縱向加速度	√			
	風阻		√		

表 5.10　IOT 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果(續)

評估項目	評估因子	有	無	說明	IOT 擴充必要性
視角範圍	模擬器視角：				
	座艙的水平視角	√			
	座艙的垂直視角	√			
	座艙的左視角	√			
	座艙的右視角	√			
	後視鏡	√			
視覺場景擬真度	模擬相同的視覺場景				
	道路	√			
	交通環境	√			
	建築物	√			
	行人	√			
	特定區域(建築物、消防局)	√			
聲音	齒輪噪音作用的引擎聲擬真度		√	具擴充性	√(擴充音效檔)
	引擎轉動作用的引擎聲擬真度		√	具擴充性	√(擴充音效檔)
	對於煞車、空氣及其他等引起的噪音	√			
	除了噪音之外引起的聲音		√	具擴充性	√(擴充音效檔)
	隱蔽的地方所引起的噪音		√	具擴充性	√(擴充音效檔)
	道路所引起的噪音	√			
	輪胎打滑引起的噪音	√		具擴充性	
	發動的聲音	√			
周遭燈光條件(時間)	白天	√			
	夜晚	√			
	清晨	√			
	黃昏	√			
	豔陽		√		
駕駛壓力擬真度(車流)	交通密度：				
	高密度	√			
	低密度	√			

表 5.10　IOT 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果(續)

評估項目	評估因子	有	無	說明	IOT 擴充必要性
風	影響車速		√	具擴充性	
	影響車輛方向性		√	具擴充性	
	強風影響車輛穩定度		√	具擴充性	
	風的方向性影響車輛穩定度		√	具擴充性	
評分	模擬評分條件	√			
氣候	下雨	√			
	起霧	√			
可視性低	霧造成的	√			
	下雨造成的	√			
	煙造成的	√			
教育特色	駕駛學習者對此有學習特性	√			
實驗指導者(監控者)	是否可訓練實驗指導者來使用駕駛模擬器	√			
自動記錄	自動計算每一次學習的時間、訓練次數及錯誤	√		實驗結束後記錄檔包含各項資料。	
場景控制	自動安裝以控制模擬器－包含停止、開始及回復定位的能力		√	需手動的控制	√
初始控制條件	訓練控制	√			
	車輛結構	√			
	道路特性	√			
	環境條件	√			
	車輛操控特性	√			
即使模擬變動控制	模擬場景需能夠控制插入、移除及附加模擬變數	√			
故障控制	提供車輛在緊急狀況發生的一連串不正常反應	√			

表 5.10　IOT 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果(續)

評估項目	評估因子	有	無	說明	IOT 擴充必要性
回復定位	模擬器能夠回復定位到實驗場景任何一點的位置	√			
監控者綜述	監控者在訓練時有意義的描述學習績效	√			
鳥瞰場景	監控者能否看到車輛相互之間影響	√			
模組化	模擬器提供可改變某些場景特性(移除某些參數)	√			
記錄/啟動/展示	模擬器在輸入控制或展示時，能夠記錄且重新啟動所有的事件	√			
資料儲存	儲存實驗資料／實驗次數	√			
資料列印	模擬器有無提供駕駛者評分、錯誤及績效的資料列印。		√	具擴充性	√
模擬器記錄	模擬器有無記錄駕駛者的反應時間、煞車距離等其他因子？	√			

5.4.2 駕駛模擬系統之驗證

駕駛模擬器包括運動平台、座艙真實度(油門、煞車、方向盤與後視鏡等) 、駕駛操控性能及虛擬場景等，故驗證亦以此 4 部分來進行。表 5.11 是將本研究所規劃的驗證項目，逐項檢視，分為 92 年完成(詳見 92 年本所報告[7])、93 年進行及未來擬進行，分別加以說明如下：

表 5.11　駕駛模擬器驗證規劃項目及進行情形

	規劃項目	92	93	94
虛擬駕駛場景	感知 1. 物件深度、顏色 2. 物件尺寸 3. 影像解析度 4. 視角範圍(FOV) 5. 可感知距離			√
	辨識 1. 圖形與文字訊息 2. 顏色、影像解析度 3. 可辨識距離	√		
	暈眩(問卷調查) 1. 顯示頻率 2. 影像延遲(Lag)			√
駕駛操控	直線加速(不同檔位) 1. 油門與煞車踏板深度 2. 縱向加速度(m/s^2)與速度	√		
	直線減速(不同檔位) 1. 油門與煞車踏板深度 2. 縱向加速度(m/s^2)與速度	√		
	轉彎 1. 方向盤轉角 2. 踏力、油門與煞車踏板深度 3. 橫向加速度(m/s^2)與速度			√(LVDS 模擬、實車測試)
	車道變換 1. 方向盤轉角 2. 踏力、油門與煞車踏板深度 3. 橫向加速度(m/s^2)與速度			√(LVDS 模擬、實車測試)

表 5.11　駕駛模擬器驗證規劃項目及進行情形(續)

	規劃項目	92	93	94
駕駛操控	路況模擬(路面突起及凹地的模擬效果) 1. 油門與煞車踏板深度 2. 垂直加速度(m/s^2)			√
駕駛座艙擬真度	幾何位置 1. 油門及煞車踏板相對位置 2. 後視鏡相對位置(左、中、右) 3. 安全帶 4. 儀表板(可動) 5. 方向盤對應輪胎轉角	√ 油門及煞車踏板相對位置與實車略有出入 後視鏡利用虛擬場景模擬 無安全帶 儀表板缺乏互動功能 方向盤對應輪胎轉角已完成		√ 擬改為雙人座，含車框車門、檔風玻璃、安全帶與中控儀表板。 油門及煞車踏板相對位置與實車相同 儀表板具備互動功能
駕駛操作	硬體操作 1. 油門、煞車踏板受力及相對位移歷程 2. 方向盤轉向起始力		√	
	聲音特效 1. 引擎聲、煞車、空氣及其他等引起的噪音 2. 道路所引起的噪音 3. 輪胎打滑引起的噪音 4. 車輛發動的聲音	√ 僅有車輛發動的聲音		
	真實感受度(問卷調查) 1. 硬體操作 2. 場景感受 3. 平台感受 4. 音效感受 5. 同步運動			
平台運動	內耳前庭感知 (Vestibular Perception) 1. 加速度	√(Washout)		
	系統反應 1. 延遲時間	√		

1.　93 進行驗證的部分

(1)油門與煞車踏板踏力與踩踏深度(靜態測試)

初步規劃分別每隔 0.5 cm，共 8 種深度下進行實驗，圖 5-12 為油門與煞車靜態測試之示意圖。利用筆記型電腦與資料擷取系統，同步記錄油門、煞車踏板受力(Load Cell)及相對位移(拉線式電阻尺)歷程，如表 5.12 中所示。實驗結果如圖 5-13 及圖 5-14。

表 5.12 (a)　油門踏板深度－受力實驗表

油門	深度（cm）
不踩之原始深度	
踩踏到底之深度	

油門深度（cm）	力量(N-m)
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	
3.0	
3.5	
4.0	
MAX	

表 5.12 (b)　煞車踏板深度－受力實驗表

煞車	深度（cm）
不踩之原始深度	
踩踏到底之深度	

煞車深度（cm）	力量(N-m)
0.5	
1.0	
2.0	
3.0	
4.0	
5.0	
5.5	
6.0	
MAX	

註：1. 油門踩踏最深為 4 cm。2 煞車踩踏最深為 6 cm。(依不同車種而有所不同)

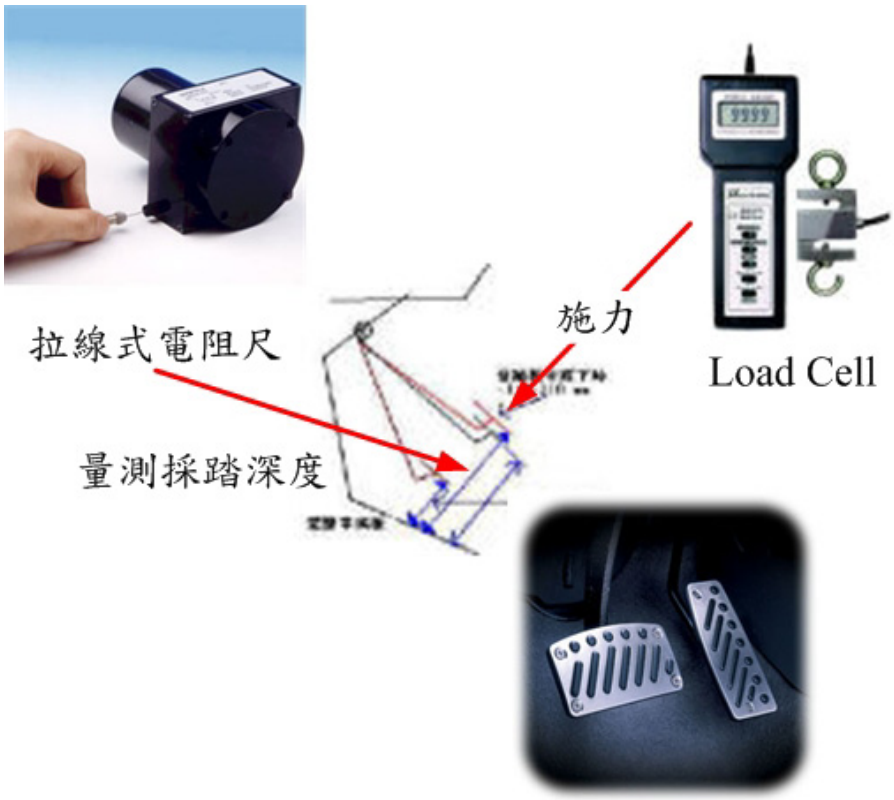


圖 5-12　油門與煞車踏板力回饋測試

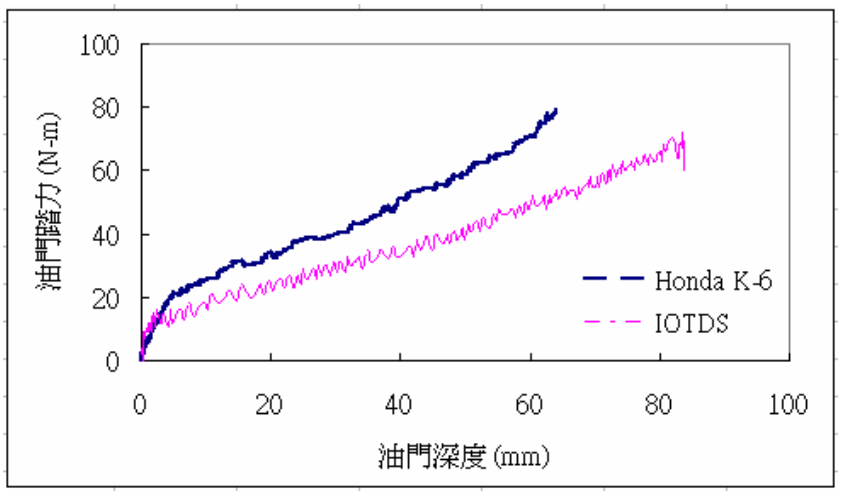


圖 5-13　油門踏板深度－受力比較

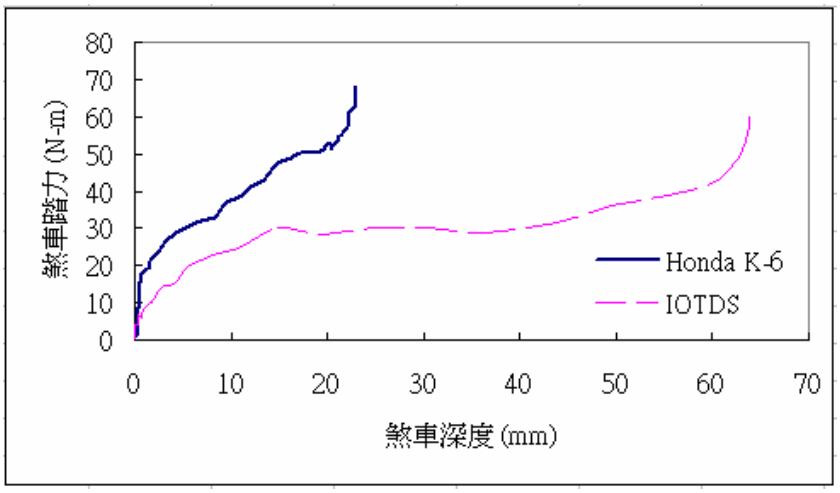


圖 5-14　煞車踏板深度－受力比較

(2)方向盤啟動力(靜態測試)

初步規劃分別每隔 1/4 圈數，共 8 種轉角下進行實驗，並利用筆記型電腦與資料擷取系統，同步量測方向盤啟動力(Load Cell)與轉動角度的數值，如表 5.13 及圖 5-15 所示。

表 5.13　方向盤轉動圈數－啟動力實驗表

方向盤	圈數
左右圈數	
輪胎轉角	

方向盤轉角（圈）	力量(N-m)
1/4	
2/4	
3/4	
4/4	
5/4	
6/4	
7/4	
MAX	

註：方向盤左右各 1.75 圈。(依不同車種而有所不同)

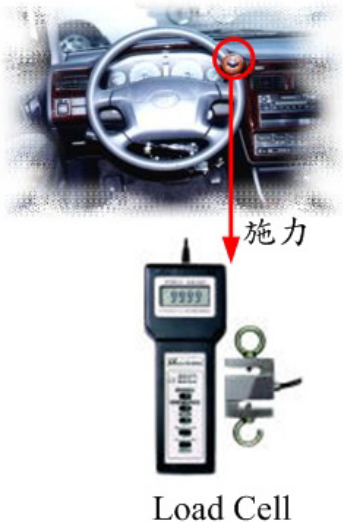


圖 5-15　方向盤啟動力測試

由於座艙之油門及煞車踏板相對位置與實車略有出入且方向盤力回饋不足，造成實驗測試結果的差異，因此在 94 年度擬以實車的雙人座改裝，使油門及煞車踏板相對位置與實車相同，且利用減速機構配合方向盤，以改善座艙真實度。

2.　未來規劃進行項目

(1)暈眩(Simulator Sickness)

改變虛擬場景的顯示頻率(20、30、40、50、60 Hz)以及播放速度(15、20、25、30frm/sec)，利用生理監測系統量測操作者的生理訊號(ECG、皮膚溫度)，配合 SSQ(Simulator Sickness Questionnaire)問卷調查，以多變量變異數法(MANOVA)進行數據分析。

(2) 轉彎與變換車道軟體模擬

利用駕駛模擬器，輸出車輛轉彎以及變換車道時的輪胎轉角變化以及油門煞車踏板變化時間歷程，輸入 LVDS 中，計算車輛轉彎時的橫向加速度，並與國外文獻數據比較分析。

①車輛轉彎

初步規劃分別在油門踏板 0、1.0、2.0、3.0、4.0、MAX 等六個深度(cm)下，將車輛對應的加速度值送入 LVDS 程式中，並進行方向盤 1/8、2/8、3/8、4/8、5/8、6/8 圈等六種角度的車輛模擬，可得車輛轉彎時的橫向加速度。

②變換車道

初步規劃分別在油門踏板 0、1.0、2.0、3.0、4.0、MAX 等六個深度(cm)下，將車輛對應的加速度值送入 LVDS 程式中，並進行車道變換(Lane Change)的車輛模擬，變換方式為內(車道)-外-內，或是外-內-外，可得變換車道時的橫向加速度(m/s^2)與 Yaw Rate(deg/sec)。

(3) 轉彎與變換車道(實車測試)

利用加速規、電子羅盤與拉線式電阻尺，記錄實車轉彎時的橫向加速度(m/s^2)、Yaw Rate(deg/sec)與油門踏板位移，透過影像分析求出方向盤轉角，並與 93 年模擬結果進行比較分析。

實驗步驟：

1. 將加速規與電子羅盤，裝設於車輛的質心位置，並與資料擷取系統連接。
2. 將拉線式電阻尺連接至駕駛模擬器油門踏板前緣，並與資料擷取系統連接。
3. 在方向盤上黏貼大小不同的白色實心圓，並將數位攝影機架設於駕駛者右後上方，以擷取影像作後續分析。
4. 啟動資料擷取系統。
5. 車輛發動行駛後，保持一定的油門踏板深度，先向左(向右)緩慢轉動方向盤，之後再向右(向左)緩慢轉動方向盤。
6. 將車輛行駛於一直線車道上，並進行車道變換(Lane Change)，變換方式為內(車道)-外-內，或是外-內-外。
7. 停止資料擷取，並進行資料分析。
8. 依據實車試驗的油門踏板深度以及方向盤轉角，利用駕駛模擬器進行模擬，輸出橫向加速度(m/s^2)與 Yaw Rate(deg/sec)，並比較實車與模擬結果。

5.5 駕駛模擬器應用規劃

駕駛模擬系統應用領域相當廣，可研究課題非常多，本研究利用警政署道路交通事故資料庫進行事故特性分析，並參考國外事故資料分析成果以及駕駛模擬器相關研究經驗，駕駛模擬器之應用方向分為AVCSS、車內資訊與通訊系統、EPS、人機介面、交通工程設施、酒醉、疲勞和藥物與台灣特有安全問題等類別進行應用研究課題規劃。

5.5.1 交通事故資料分析

表5.14為民國86年至90年A1與A2事故之肇事原因排序表，資料來源為警政署道路交通事故資料庫，由該表可知主要肇事原因包括：未依規定讓車、未注意車前狀態、違反號誌管制或指揮、未保持行車安全距離、尚未發現肇事因素、酒醉駕駛失控、左轉彎未依規定、其他引起事故之違規、肇事逃逸、未依規定減速、超速失控、未保持行車安全間隔、轉向不當與迴轉未依規定，上述14項主要肇事原因之累計加總比例已佔全部67項肇事原因的80%。另由表5.15之肇事原因特性分類表可知，上述主要肇事原因多是駕駛者注意力不足、分心或沒看到而導致，若車內能配備狀況警示系統，應能避免部分的交通事故。此外，近年來車內影音設備系統與先進旅行者資訊系統發展非常快速，影音設備系統能提高車內駕駛者和乘客舒服程度，駕駛者可透過先進駕駛者資訊系統即時獲取所需的旅行資訊，然而這些系統的使用是否會導致駕駛者分心而肇事是值得深入探討的。

表 5.14　民國 86 年至 90 年 A1 與 A2 事故之肇事原因排序表

主要肇因	86 年	87 年	88 年	89 年	90 年	合計	比例 (%)	累計比例 (%)
未依規定讓車	7070	8351	6642	13378	15807	51248	14	14
未注意車前狀態	4586	4006	3860	12230	16427	41109	11	25
違反號誌管制或指揮	3656	4835	3873	7096	7508	26968	7	33
未保持行車安全距離	8237	9379	1317	2607	3173	24713	7	40
尚未發現肇事因素	7330	6204	1692	3390	5611	24227	7	46
酒醉駕駛失控	3812	3806	2821	5659	5768	21866	6	52
左轉彎未依規定	2450	2163	1888	4824	6023	17348	5	57
其他引起事故之違規	2982	2826	2139	4263	4364	16574	5	62
肇事逃逸	1193	1641	1772	4362	4690	13658	4	66
未依規定減速	2136	1414	1395	3666	4319	12930	4	69
超速失控	2363	2129	1677	3413	3237	12819	4	73
未保持行車安全間隔	1603	1592	1140	2744	3628	10707	3	76
轉向或變換車道不當	2006	2073	961	1792	1733	8565	2	78
迴轉未依規定	963	990	829	2261	2856	7899	2	80

表 5.15　肇事原因特性分類表

肇事原因排名		第一名	第二名	第三名	第四名	第五名	第六名	第七名	第八名	第九名	第十名
肇事原因		未依規定讓車	未注意車前狀態	違反號誌管制或指揮	未保持行車安全距離	酒醉駕駛失控	(1)左轉彎未依規定	未依規定減速	超速失控	未保持行車安全間隔	(2)轉向或變換車道不當
人	注意力問題	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	速度知覺	√	√		√	√		√	√	√	√
	空間知覺	√	√		√	√				√	√
	酒醉駕駛					√					
車與人路環境	未能及時偵測駕駛分心	√	√	√	√	√		√	√	√	√
	未能提醒安全距離不足		√		√					√	
	未能提醒車輛故障問題								√		
	未能提醒重要號誌與標誌			√				√	√		

資料來源：本研究整理

註：(1)非禁止左轉交岔路口，因左轉彎時未先轉入最左方車道，或左彎專用車道或左轉待轉區內，並未事先顯示適當手勢、燈號，而肇事者。

(2)路段中偏轉駕駛角度或車道變換行駛時，未注意安全，而肇事者。

本研究另以民國 87 年至 91 年事故資料進行所有事故當事者之事故類型的次數分析，各種事故類型的次數統計如表 5.16 所示，由該表可得知側撞和路口交叉撞其比例各占 26%和 23%，可列為高次數的事故類型；中等次數的事故類型為同向擦撞和追撞，比例各占 16%和 14%；低次數事故類型包括人車事故（7%）、對撞（5%）、對向擦撞（4%）、撞固定物之單一車輛事故（3%）、倒車撞（1%）和衝出路外之單一車輛事故（1%）。由上述分析結果可知，碰撞警示系統應是國內 ITS 系統發展之重點，包括側向碰撞警示系統、路口防撞警示系統與前向碰撞警示系統。

表 5.16　事故類型之次數統計表

事故類型	次數	百分比	次數統計評估
對撞	28,529	5%	低
對向擦撞	22,409	4%	低
同向擦撞	92,272	16%	中
側撞	150,542	26%	高
路口交叉撞	129,003	23%	高
追撞	82,245	14%	中
倒車撞	7,046	1%	低
單一車輛事故(衝出路外)	2,663	1%	低
單一車輛事故(撞固定物)	13,882	3%	低
人車事故	42,436	7%	低

國內事故資料庫並無與分心有關的資料項目，國外有些事故資料庫有與分心有關的資料項目，則可進行分心相關之事故資料分析，Eby[125]於事故資料分析中發現，在單車偏離車道、追撞、交叉路口撞、變換/合併車道與正向碰撞事故中，單車偏離車道事故以及追撞之事故原因為分心的比例最高(如表 5.17 所示)，此一分析結果可供我國參考。

表 5.17　美國各種事故類型之分心肇因的比例

事故類型	單車偏離車道	追撞	交叉路口撞	變換/合併車道	正向碰撞
各事故類型中與分心有關的事故比例(%)	41	32	18	2	2

5.5.2 駕駛模擬器應用研究課題

未來針對駕駛模擬器應用研究課題規劃述敘如下：

- 駕駛模擬器應用於 ITS 及交控設施之研究方向

由國內事故特性得知，側撞、路口交叉撞、擦撞與追撞是主要的交通事故類型，肇事原因特性也顯示主要肇事原因多是駕駛者注意力不足、分心或沒看到而導致；另由國外事故特性分析得知，單車偏離車道事故以及追撞之事故原因為分心的比例最高。由此可見，碰撞警示系統應是國內ITS系統發展之重點，包括前向碰撞警示系統、側向碰撞警示系統、路口防撞警示系統與車道偏離警示系統。此外，車內資訊與通訊系統的使用日益普遍，是否會導致駕駛分心及增加其工作負荷是極待深入探討的課題。台灣目前積極建置電子收費系統，駕駛者可透過車內電腦或路外EPS顯示系統了解費用扣繳情況。近年來國外有許多適應性巡航控制系統(Adaptive Cruise Control, ACC)相關研究，此為另一研究方向。除了上述先進運輸系統以外，傳統交控設施亦可利用駕駛模擬器進行相關規範設計之探討。

此外，駕駛者若有酒醉、疲勞或服用藥物問題，這些駕駛將是路上的不定時炸彈，以駕駛模擬器來進行相關研究，即可探討其對駕駛行為反應之影響。國內的交通環境以及駕駛者特性與國外不同，故需針對國內特殊之安全問題進行探討。

駕駛模擬器可以不同人車路環境所組合的模擬情境，應用於上述各類課題之研究，以下茲針對上述相關研究方向，分別列舉數個例子以供參考：

1. 防撞警示系統
   (1) 側向防撞警示系統安全操作參數之研究
   (2) 前向防撞警示系統介面設計對駕駛工作負荷與駕駛績效之影響
2. 適應性巡航控制系統(ACC)
   (1) 智慧型速度調適系統對駕駛安全之影響
   (2) 適應性巡航控制系統對駕駛行為之影響
3. 車內資訊與通訊系統
   (1) 使用行動電話對於煞車反應時間之影響
   (2) 先進車內資訊系統對駕駛工作負荷與駕駛績效影響之研究
4. EPS
   (1) 車內電子收費系統資訊系統對駕駛績效之影響

(2) 車外資訊提供位置對於駕駛績效之影響

5. 人機介面

無論防撞警示系統、ACC、車內資訊與通訊系統或EPS均需考慮人機介面設計，以避免相關系統之使用造成駕駛者過度的工作負荷，這是非常重要的研究課題，相關內容如下所示。然而，在探討防撞警示系統、ACC、車內資訊與通訊系統時，除了探討有無此系統對於駕駛者之影響外，亦針對系統的量化水準值進行探討，如防撞警示系統警示聲音之分貝量。

(1) 車內顯示系統

- 顯示方式：聲音、影像或聲音加影像等。
- 顯示內容：數字、文字、符號和圖形等。
- 訊息提供的時機：如路口前 300 公尺或 500 公尺時提供訊息等。
- 操作介面：按鈕、旋鈕、觸控螢幕或聲控等。
- 顯示位置：如 HUD：顯示於方向盤上方的左邊、方向盤上方和方向盤上方的右邊等。

(2) 車外顯示系統

- 顯示內容：數字、文字、符號或圖形等。
- 放置位置：如放置在路口前 500 公尺或 800 公尺前等。

6. 交通工程設施

(1) 標誌的顏色對行車績效之影響

(2) 速限對駕駛行為與駕駛安全之影響

7. 酒醉、疲勞和藥物

(1) 酒醉駕車對駕駛安全之影響

(2) 服用迷幻藥對於駕駛安全之影響

8. 台灣特有安全問題

本研究之專家訪談中，國內交通安全專家建議駕駛模擬器之應用實驗可針對台灣特有狀況進行相關課題之探討，例如：

(1) 機車駕駛經驗與騎機車行為對小汽車駕駛行為之影響(如蛇行和爭道等)

(2) 汽機車混流對交通安全之影響

(3) 大客車跟車行為對於交通安全之影響

(4) 高速公路上設置T霸對於駕駛分心與駕駛績效之影響

(5) 重型機車上快速道路對於交通安全之影響

(6) 行人路權問題。

(7) 藉由鑑定報告書分析易造成誤解之駕駛行為。

(8) 考照項目之探討。

- 研究範圍與研究對象

國際知名之美國國家駕駛模擬器（NADS）近年來投入許多經費，針對青少

年（15-20歲，＄150,000美元，2004年）、高齡者（＄403,970美元，2004年）、酒醉（＄2,900,000美元，2002年）與行動電話使用之分心（1,500,000美元，2002年）等課題進行駕駛模擬器實驗，可見NADS對駕駛人特性及分心的相關研究非常重視，尤其與高齡者有關之研究。在研擬上述任一研究方向與研究課題時，可以人車路與環境等特性進一步界定其研究範圍和研究對象，如：將路口防撞警示系統之研究範圍和研究對象是高齡駕駛者對路口違規闖紅燈之駕駛反應。本研究將相關內容列述如下，以供研究者於擬訂研究課題時，界定其研究範圍和研究對象之參考。

1. 人的特性
   (1) 年齡：如探討高齡者、年輕人之駕駛行為特性。
   (2) 性別。
   (3) 健康狀況：如糖尿病患、中風病患之駕駛行為特性。
   (4) 駕駛經驗。
   (5) 駕駛者危險行為：如：超速、超車、蛇行、未保持安全距離、未禮讓與闖紅燈等。
2. 車的特性
   (1) 車型。
   (2) 煞車種類與煞車方式。
   (3) 排擋方式（如手排或自排）。
3. 道路特性
   (1) 道路型態：高速公路、快速道路、市區道路、郊區道路、鄉村道路等。
   (2) 道路幾何類型：直路、曲線半徑、坡度、隧道、車道數、車道寬度與路口設計等。
4. 環境特性
   (1) 天氣：晴天、陰天、雨天、濃霧與眩光等。
   (2) 光線：清晨、白天、黃昏與夜晚等。
   (3) 車流組成。
   (4) 車流服務水準（車流量）。
5. 突發狀況：如：前車發生碰撞、前方車輛緊急煞車、前車有載物掉落與行人突然衝出等狀況。

- 危險駕駛問卷

國外已有許多研究是以問卷方式來探討危險駕駛行為，例如NHTSA，故建議未來研究可參考NHTSA危險駕駛問卷，以擬定適合國內交通狀況之問卷內容，以瞭解國人的侵略性駕駛行為和不安全駕駛行為，亦可作為未來在研擬駕駛模擬器研究課題時之參考。

- 安全評估門檻值

本研究初步參考國外文獻彙整安全評估指標，然而，這些安全評估項目乃是針對國外情況而設計，亟待國內學者針對我國之特殊交通狀況進行相關研究。關於安全評估之門檻值，更須國內相關領域專家投入，以界定符合國內情況之安全評估門檻值，此外，以85百分位來界定安全評估門檻值是否適合國內情況亦是另一項探討的主題。

5.6 後續工作規劃

93年度工作要點包括以小汽車為探討對象，以建立駕駛安全、駕駛工作負荷、ITS應用之評估程序等，94年度、95年度和96年度之預計工作項目如下所述：

(一) 94 年度工作項目

1. 座艙擴充成雙人座

從八十五年建置至今的駕駛模擬器為單人座座艙，考量硬體年限及座艙真實性，94年擬改裝成雙人座。主要是以實車包覆方式，將雙人座艙車頭安裝在六軸運動平台上，使駕駛者在座艙內與螢幕間不會有懸空的感覺，而造成駕駛者踩踏油門與煞車會有較保守的行為。擴充後的雙人座艙包括油門、煞車、方向盤等機構裝置及車身上的左、右及車內後視鏡，亦可改善油門及煞車位置不良及虛擬後視鏡等問題，使駕駛者的操控行為更具真實感。

2. 儀表板改為液晶顯示

原有座艙系統以虛擬實境模擬車框及虛擬儀表板顯示車速，94年擬改裝成具真實車框及儀錶表以液晶顯示。將座艙內的儀表板訊號加以連接，包括里程計、轉速計、方向燈等，使其能與場景產生互動，不需以軟體方式模擬車內儀表板之動作，可改善駕駛者觀看場景內儀表板的不真實感。

3. 六軸動態平台

94年規劃的雙人座座艙，包含車框及車前身，因此原有的六軸運動平台之荷重能力已不敷使用。重新衡量擬以選擇可承載2500-3000kgw做為六軸動態平台的設計目標。而提供六軸運動平台的動力來源之油壓源系統亦配合更改。

4. 駕駛模擬器之系統驗證

92及93年度系統驗證項目包含虛擬場景辨識、駕駛操控的直線加速與直線減速、駕駛座艙真實度之靜態測試、平台運動之Washout與系統反應延遲時間等項目。為增加駕駛模擬系統之真實度與可靠度，94年度駕駛模擬器系統驗證是配合駕駛模擬器實車改裝，以選定換裝後之相同車型以進行實車測試，其驗證項目為駕駛模擬器操控介面的物理特性(如方向盤、油門和煞車等)、虛擬場景中車輛

運動特性(如直線加減速、轉彎、迴轉和車道變換等)，以及視覺場景校正(如靜態感知或辨識和行駛過程中場景動態變化等)。

5. 建立駕駛模擬器之安全與績效評估方法

93年回顧相關國外標準及進行文獻蒐集，對駕駛安全與駕駛績效已建立初步評估方法與評估準則。94年將持續進行更深入的探討，蒐集更完整的國際標準與規範，回顧國內外駕駛安全與駕駛績效所進行的評估方法，並考量國內交通狀況與國人駕駛行為特性，以建立駕駛模擬器之安全與績效評估準則。

6. 參與第19屆國際車輛安全強化科技會議(Enhanced safety of Vehicles, ESV)

第19屆會議將於2005年6月在美國華盛頓舉行，本研究前期已投稿並獲得接受，94年度擬派員參加ESV研討會進行國際交流，以收集最新智慧型運輸系統應用駕駛模擬器之研究成果及發展現況。

7. 駕駛模擬器之應用研究

由國內外事故特性分析及駕駛模擬器相關研究經驗，應用研究方向分為AVCSS、車內資訊與通訊系統、EPS、人機介面、交通工程設施、酒醉、疲勞和藥物與台灣特有交通安全問題或交通政策的可行性，規劃三項應用研究課題，藉由資料分析與統計分析模式的建立，以探討對駕駛行為反應之影響。

8. 分析與建立駕駛人行為反應基本資料庫

將駕駛模擬器之實驗結果，應用於駕駛人行為反應基本資料庫，由93年度所規劃的駕駛行為反應之資料項目，建立評估方法及統計模式。

9. 提出駕駛模擬器推動發展之具體建議

綜合93及94年度結果提出駕駛模擬器推動策略及發展計劃的具體建議，以作為後續駕駛模擬器之發展與努力的方向。

(二) 95 及 96 年未來的工作項目

1. 視覺系統擴充為8面環場。
2. 實車驗證分析。
3. 探討駕駛模擬器之安全與績效評估方法。
4. 探討智慧型運輸系統設施的影響並建立相關評估程序。
5. 繼續擴充應用駕駛模擬器之駕駛人行為反應資料庫。
6. 以ITS或其他與交通安全有關之研究為主題，應用駕駛模擬器進行與駕駛行為反應有關之駕駛模擬實驗。
7. 參加第20屆國際車輛安全強化科技會議(ESV)，蒐集國外最新研究現況。
8. 針對駕駛模擬器之推動計劃與應用方向進行研究，並提出具體規劃策略。

第六章　駕駛模擬器實驗平台之應用

在進行駕駛安全評估時，安全評估標準之制訂除了可引用國際規範（如 SAE 與 ISO）或國外重要研究成果外，若無適當參考資料則可利用駕駛模擬器進行相關研究，逐步累積國內可參考的安全評估門檻值。IOT 駕駛模擬器實驗平台之應用應逐步建立不同研究目的的駕駛行為反應資料庫，上述所建之安全評估門檻值所建立的資料庫稱為通用研究類的駕駛績效與安全評估資料庫；此外，針對特殊研究課題所建立的資料庫稱為特殊研究類的駕駛績效與安全評估資料庫。本章第一節以高速公路雙車道之『變換車道可接受間距(lane change gap acceptance)』為例，利用第五章之駕駛模擬器之軟硬體平台相關表格，勾選適合本實驗目的之軟硬體平台，利用駕駛模擬資料即可建立第四章所提之通用研究類的駕駛績效與安全評估資料庫，並可計算 85%變換車道可接受間距數值，以獲得其安全評估門檻值。本章第二節與第三節分別以『路口違規防撞警示系統』和『速限標誌尺寸對駕駛行為之影響』為例，利用第五章駕駛模擬器之軟硬體平台相關表格，勾選適合本實驗目的之軟硬體平台，即可建立第四章所提之特殊研究類的駕駛績效與安全評估資料庫，進行較複雜的駕駛工作內容的駕駛行為分析。

6.1　變換車道可接受間距評估

本節主要是利用駕駛模擬器設計變換車道的情境，以探討駕駛者可接受變換車道的間距。此外，完整之駕駛績效與安全評估程序如圖 4-2 所示，相關研究可參照此評估程序流程圖進行相關內容規劃，以建立個別研究主題之評估次系統。本研究以此研究課題為範例，建立變換車道可接受間距之次評估系統，評估程序包括以下步驟：

步驟 1：選擇研究方向，此實驗之研究方向為「高速公路變換車道可接受間距評估」，研究對象為 20 至 30 歲年輕人。

步驟 2：根據研究方向以決定人、車、路及環境、事件和 ITS 所考慮之項目，此實驗中人的駕駛行為是變換車道；駕駛車的狀況無特殊考慮，車流均為小汽車；路及環境的項目為天候狀況是晴天、光線狀況是白天，以及道路狀況是高速公路(單向車道為 2 車道)；事件項目為一般駕駛情況下之駕駛行為(直行)；ITS 項目則沒有考慮，上述之內容詳見表 6.1 所示。

步驟 3：決定評估項目的需求，此實驗主要之評估項目為駕駛者行駛狀態(變換車道)。

步驟 4：選擇硬體平台項目，此實驗主要的硬體平台是應用六軸式運動平台來進行實驗，主要是讓受測者有真實開車的感覺，其他硬體平台(如次要工作分心、生理監視系統和視覺等)則沒有考慮，其內容詳見表 6.2 所示。

步驟 5：選擇軟體平台項目，此實驗所選擇的軟體平台為道路等級是高速公路、道路型態是雙向有分隔島 4 車道、道路幾何線形是直線路段、天候是晴天、光線是白天、車流狀況是中流量(C 級服務水準)、其他車流是小客

車，以及駕駛行為是變換車道。

步驟 6：選擇量測項目，此實驗之量測項目分別以人、車和路來進行考慮，人的衡量項目為是否發生事故、車的衡量項目為速率和路的衡量項目為是否變換車道。

步驟 7：評估駕駛績效之項目，此實驗主要的駕駛績效評估項目為駕駛速度。

步驟 8：駕駛績效與駕駛安全之評估，此實驗主要是藉由 85th 變換車道可接受時間間距來進行駕駛績效與駕駛安全之評估。

表 6.1　變換車道可接受間距之主要實驗場景內容

駕駛車行為	事件車及他車行為	其他車種	道路幾何	道路型態	天候
變換車道	直行	小客車	直路	高速公路	晴天
				分隔方式	光線
				行車分向線(無附標記)	白天
				單向車道數	
				單向 2 車道	

表 6.2　變換車道可接受間距之硬體設備

評估項目	必需的硬體設備
行駛狀況	選用六軸式運動平台
分心狀況	無
生理狀況	無
視覺狀況	無

以下本研究則針對變換車道可接受間距之實驗模擬過程、量測變數，以及研究結果加以說明。

1.　實驗模擬過程

本研究所模擬狀況為行駛在駕駛車輛前方的車輛一開始是以 100 km/hr 的速度在右邊車道上行駛，當駕駛者駕駛 20 秒時，前方車輛就開始慢慢減速至 60 km/hr 來行駛。此時左邊的車流是採隨機方式而產生的，左邊車輛的時間間隔(time gap)是隨機從 1 至 3 秒中所產生的，等到駕駛者變換到左邊車道時，此時前方的車輛則慢慢減速至 60 km/hr 來行駛，右邊車道上兩車的時間間距則隨機

從 1 至 3 秒中產生，如此則重複進行模擬，此模擬情境示意圖如圖 6-1 至圖 6-3 所示。

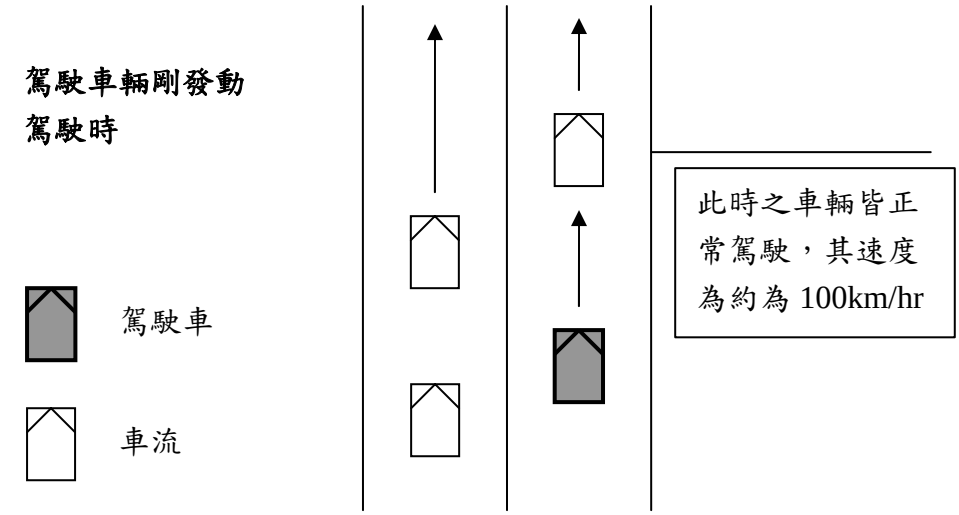


圖 6-1　變換車道模擬情境示意圖（一）

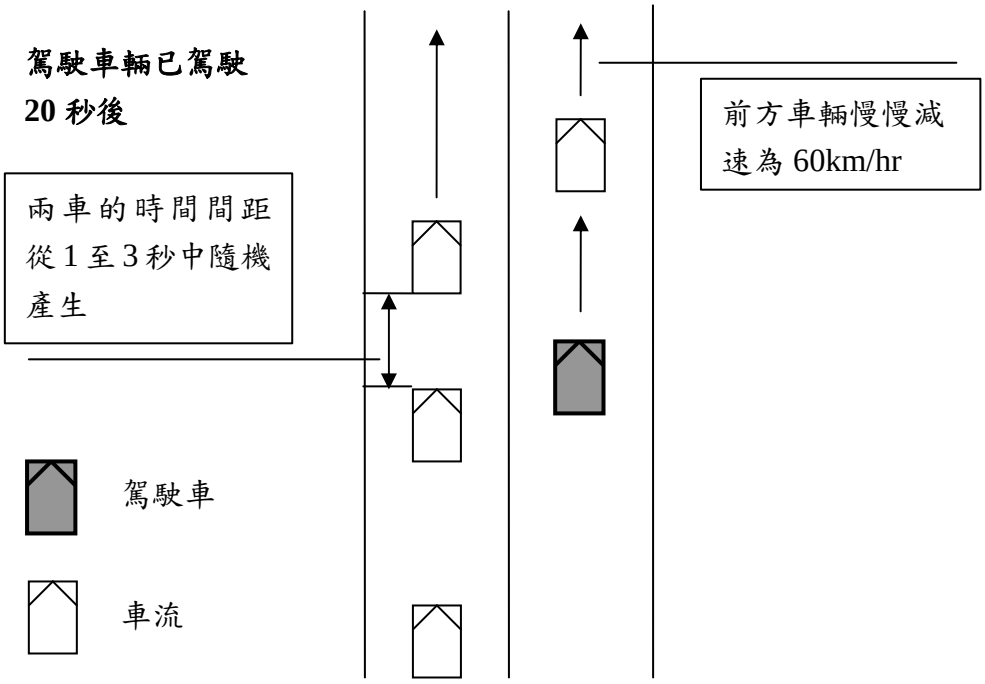


圖 6-2　變換車道模擬情境示意圖（二）

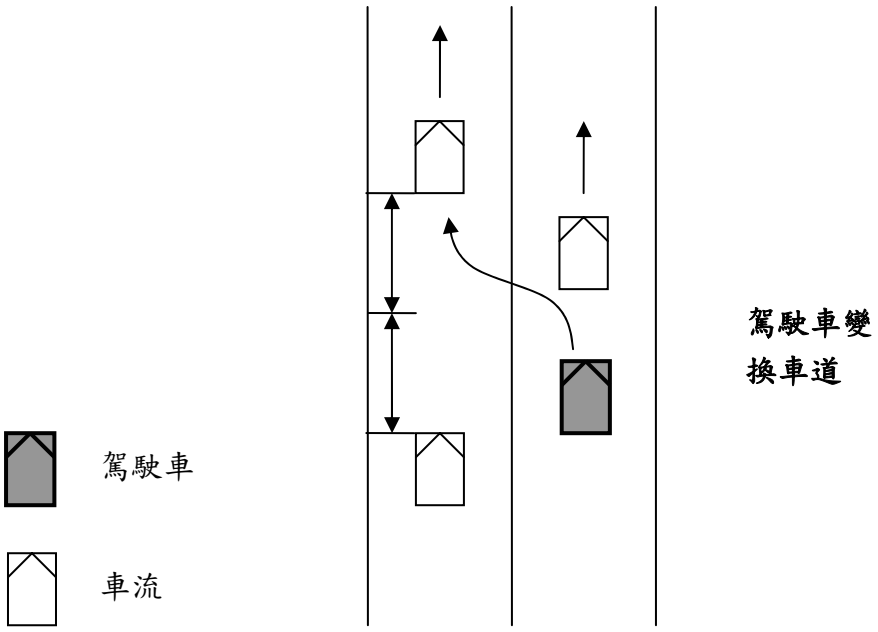


圖 6-3　變換車道模擬示意圖（三）

2.　量測變數與研究結果

此變換車道模擬實驗所量測的變數包括是否有發生事故、速率和是否有變換車道等，其量測變數之解釋如下所示，整個模擬實驗所建立之駕駛行為資料庫相關資料及與安全績效評估值如表 6.3 所示。實驗之受測者共有 13 人（男性有 9 人和女性有 4 人），其年齡分佈為 23 歲至 29 歲之間。根據實驗研究結果得知，85th 速率為 108 kph（平均數=93 kph、中位數=100 kph、標準差=17 kph），85th 變換車道可接受之時間間距=2.8 秒（平均數=2.2 秒、中位數=2.2 秒、標準差=0.54 秒）。然而在是否變換車道中，受測者有變換車道的次數為 145 次（27%），沒有變換車道的次數為 392 次（73%）；在事故發生方面，有發生事故的次數為 14 次（3%），沒有發生事故的次數為 523 次（97%），其結果如表 6.4 所示。

(1) 是否發生事故：在實驗過程中駕駛者是否發生事故。

(2) 速率：駕駛者在實驗過程中行駛的速率。

(3) 是否有變換車道：在實驗過程中駕駛者是否有變換車道。

表 6.3　變換車道可接受間距之駕駛行為資料庫與安全績效評估值(通用研究類)

研究主題	高速公路變換車道可接受間距
駕駛車操控行為	變換車道
事件車或他車操控行為	直行
道路型態	雙向分隔島四車道高速公路
其他車種	小客車
道路流量	C 級服務水準
模擬器量測-人的行為	是否發生事故
模擬器量測-車	速率
模擬器量測-路	是否變換車道
生理量測	無
視覺量測	無
主要評估項目	速率、變換車道可接受之時間間距
績效評估值(85th)	85th 速率= 108 kph (平均數=93 kph、中位數=100 kph、標準差=17 kph) 85th 變換車道可接受之時間間距=2.8 秒 (平均數=2.2 秒、中位數=2.2 秒、標準差=0.54 秒)

表 6.4　變換車道和發生事故之統計量

變數名稱		次數	百分比
是否變換車道	有	145	27%
	無	329	73%
是否發生事故	有	14	3%
	無	523	97%

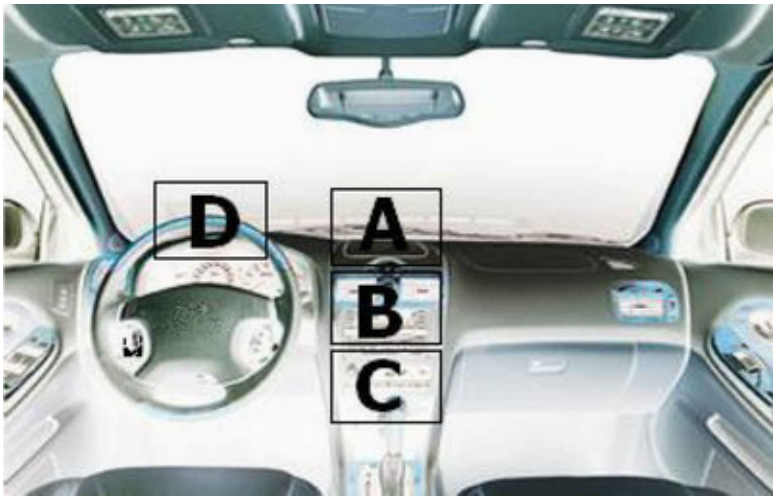
6.2 路口違規防撞警示系統

本節是根據第四章駕駛績效與安全評估流程之步驟進行應用，首先選擇研究主題為路口防撞警示系統對駕駛工作負荷與駕駛績效影響分析，選擇此研究主題的原因為目前民眾對車輛之要求已從車輛性能轉至對車輛內裝配備之要求，有了這些科技產品的輔助(如車內語音導航系統、語音碰撞警示系統和多媒體系統等)確實提昇了駕駛者在長途旅程中的方便性和娛樂性。然而，使用這些資訊介面時所會造成駕駛者的注意力分散因而疏於注意車前的路況，對行車安全有嚴重的影響，亦突顯出高科技設備所帶來的一個新的潛在危機：駕駛分心。故本研究利用駕駛模擬器探討駕駛者因車內資訊界面造成駕駛分心的情況下，遇到路口闖紅燈危險車輛衝出時且有無裝設警示系統對駕駛安全之影響程度，實驗研究對象設定為年輕並擁有駕駛執照和實際道路駕駛經驗之男性 9 名與女性 10 名，總共 19 人，平均年齡層在 20~30 歲之間。

根據圖 5-1 可彙整出此實驗所需之評估項目與硬體設備(如表 6.5 所示)，由於為了讓受測者有真實開車的感覺，故需要應用到六軸式運動平台；分心狀況是藉由 LCD、HUD 和語音顯示數學問題以進行探討，LCD 位置為莊忠益[52]所提之最佳位置(即圖 6-4 之位置 A)，HUD 投影位置顯示如圖 6-5 所示；數學問題包括簡易題型為個位數的加法運算(如 5+9)、複雜題型為 2 位數的數學加法運算(如 26+33)，以及複誦為三位數學數字(如 589)；為了探討受測者遇到闖紅燈危險車輛時之心率變化，故利用生理監控分析設備來進行量測；此外，為了探討受測者在觀看 LCD 所顯示的數學問題之視線偏移量，則藉由 CCD 及眼球追蹤系統來進行探討。

表 6.5 路口違規防撞警示系統研究之硬體設備

評估項目	必需的硬體設備
行駛狀態	選用六軸式運動平台
分心狀況	數學問題(以 LCD、HUD 和語音顯示)
生理狀況	Biofeedback 系統偵測器及監控分析設備
視覺狀況	CCD 及眼球追蹤系統



資料來源：[52]

圖 6-4　車內 LCD 顯示器擺設位置示意圖

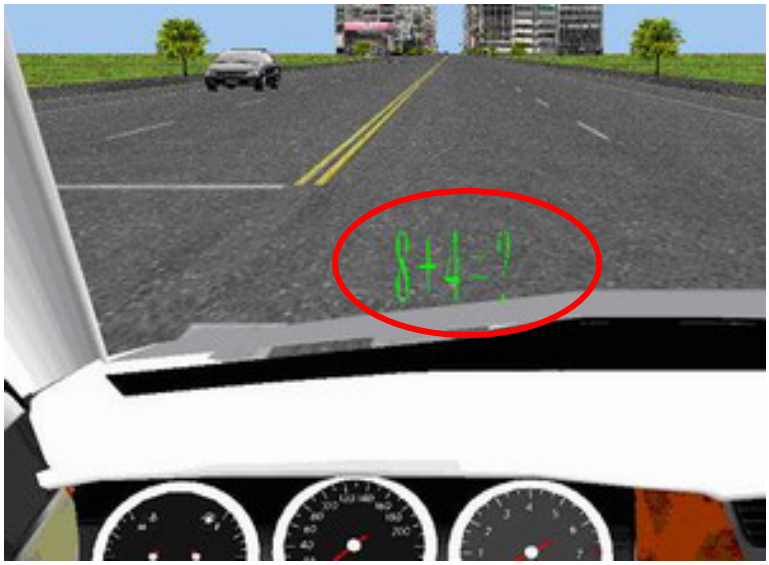


圖 6-5　車內 HUD 顯示器投影位置

依據表 4.7 可彙整出此實驗所考慮之實驗場景變數(如表 6.6 所示)，由該表中可得知駕駛車行為是通過交叉路口，事件車及他車行為是闖紅燈，其他模擬車種為小客車和小貨車，車流量為 A 級服務水準，道路幾何類型為直路，道路型態為市區道路，道路中間為雙向禁止超車線(無附標記)，此道路單向為 2 車道，模擬天候和光線分別為晴天和白天。

表 6.6　路口違規防撞警示系統研究之主要實驗場景內容

駕駛車行為	事件車及他車行為	其他車種	道路幾何	道路型態	天候
通過交叉路口	闖紅燈	小客車、小貨車	直路	市區道路	晴天
		車流量： A 級服務水準		分隔方式： 雙向禁止超車線(無附標記)	光線： 白天
				單向車道數： 單向 2 車道	

根據上述說明可建立此實驗之駕駛績效評估資料庫(如表 4.9 所示)。由於反應時間與事故發生的相關係數為 0.6，兩者之間為正相關關係且相關性高(P 值小於 0.001)，本研究進一步探討影響駕駛感知反應時間的相關因素；此實驗所考慮的因子包括有無警示系統、路口前的數學題型程度、路口前的數學題型顯示方式與答題結束後到路口的距離(秒)；量測變數為人的行為變數包括感知反應時間和是否發生事故，車的變數為速率，路的變數為縱向位置，次要作業為問題答對率，視覺量測變數為駕駛視線偏移，所有量測項目之定義如后：

15. 感知反應時間：從違規車輛衝出時至駕駛者腳離開油門踏板的時間。
16. 是否發生事故。
17. 有無警示系統。
18. 問題答對率：全部數學問題答對率。
19. 路口前的數學問題是否答對。
20. 路口前的數學題型程度：簡易(1)、複雜(2)、複誦(3)。
21. 路口前的數學題型顯示方式：語音(1)、LCD(2)、HUD(3)。
22. 路口前問答開始到答題結束的平均速度：開始發問問題時至駕駛者回答完問題這段時間內的平均速度。
23. 路口前答題結束後到路口的平均速度：從駕駛者回答問題後至駕駛者駕駛到最近路口停止線的這段平均速度。
24. 路口前問答開始到答題結束的距離(秒)：開始發問問題時至駕駛者回答完問題這段時間內所行走的距離。
25. 答題結束後到路口的距離：從駕駛者回答完問題後的所在位置至最近路口停止線的這段距離。
26. 離開駕駛視線時間：駕駛視線偏離正常駕駛視線時開始計算，直到駕駛最後一次回復正常視線所花費的時間。
27. 性別：男性(1)和女性(0)。

本研究利用 ANOVA 分析所得資料後發現下列顯著因子如表 6.7 所示：在問答開始時距最近路口的距離和問題之數學型態等因子，對於受測者之感知反應時間有較顯著的影響關係存在。並且在警示有無與問題顯示型態這兩個因子間對受測者之感知反應時間更存在著二維的交互影響關係。

表 6.8 為表 6.7 之 ANOVA 模式的參數推估結果表，各個變數的趨勢分別概述如下：

1. 在問答開始時距最近路口的距離的變數部分，距路口近時駕駛之感知反應時間較長。
2. 在問題之數學型態部分和複誦問題的感知反應時間最長，再來是困難的數學問題，感知反應時間最短的是簡單的數學問題。
3. 在語音碰撞警示和問題顯示型態的部分呈現交互影響關係，可由交互影響關係圖(如圖 6-6 所示)來看其顯著趨勢，在「無-警示訊息」的情況下，Audio 播放訊息的感知反應時間最短；在「有-警示訊息」的情況下，LCD 和 HUD 顯示型態之感知反應時間比 Audio 顯示型態來的快；因此在「有-警示訊息」情況時，語音警示訊息和語音訊息擷取共用的『聽覺』駕駛資源，此情況可能會造成駕駛者聽覺過度負荷。
4. 性別為不顯著因子。

表 6.7　駕駛之感知反應時間之變異數分析表

變數名稱	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
問題顯示型態	2	0.926	0.463	1.42	0.2467
語音碰撞警示	1	0.139	0.139	0.43	0.5157
性別	1	0.058	0.058	0.18	0.6726
問答開始時距最近路口的距離	1	2.335	2.335	7.18	0.0089
問題之數學型態	2	3.272	1.636	5.03	0.0087
警示＊問題顯示型態	2	3.002	1.501	4.62	0.0126

表 6.8　駕駛之感知反應時間 ANOVA 模式參數表

變數名稱		係數	P 值
常數		0.804	0.0094
問題顯示型態	LCD 顯示	0.146	0.6151
	語音顯示	0.806	0.0170
	HUD 顯示(比較基準)	-	-
語音碰撞警示	無	0.534	0.0788
	有(比較基準)	-	-
性別	男	-0.052	0.6726
	女(比較基準)	-	-
問答開始時距最近路口的距離	近距離(4 秒)	0.656	0.0089
	遠距離(20 秒) (比較基準)	-	.
問題之數學型態	簡單	-0.915	0.0031
	困難	-0.245	0.1656
	複誦(比較基準)	-	-
語音碰撞警示＊問題顯示型態	無警示＊ LCD 顯示	-0.137	0.6904
	無警示＊語音顯示	-1.013	0.0083
	無警示＊ HUD 顯示	-	-
	有警示＊ LCD 顯示	-	-
	有警示＊語音顯示	-	-
	有警示＊ HUD 顯示	-	-
R^2 = 0.228			

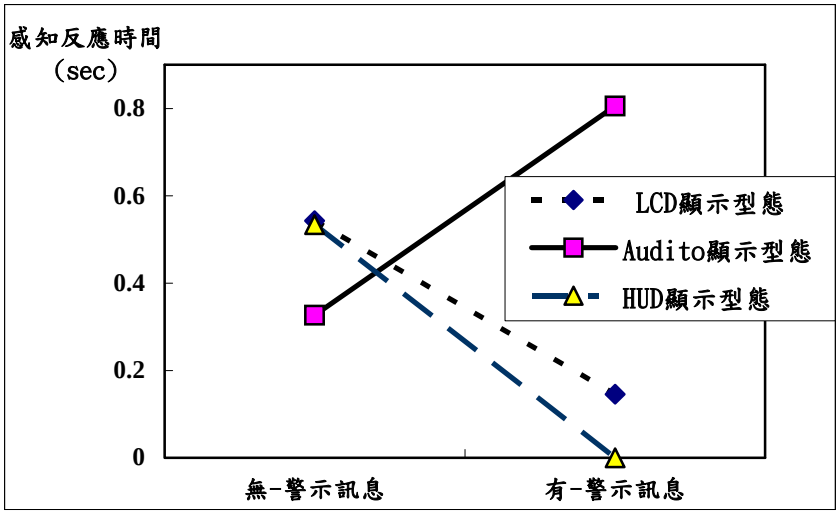


圖 6-6　問題顯示型態與警示訊息交互影響關係圖

- **LCD 位置初步探討**

此外，本研究初步針對車內資訊介面所放置位置進行探討，其方式是邀請某位受測者於第一次實驗結束後約 30 天再作一次實驗並將 LCD 顯示器位置移置下方冷氣出口處（大約莊忠益[52]文章中所提到之 B 處位置），初步來探討 LCD

擺放位置的不同對駕駛視線偏移的影響。由此位受測者實驗之資料發現，受測者對於觀看擺放於下方冷氣出口處的 LCD 顯示器有較長的視線偏移時間，甚至發生受測者沒注意到 LCD 顯示器的問題，而導致未注意有問題出現的情況產生，如表 6.9 所示，故建議後續可針對此視線偏移的現象作更深入的研究探討。

表 6.9　LCD 顯示器擺放位置對駕駛視線偏移比較

	LCD 擺放於上方位置	LCD 擺放於下方位置
簡單數學問題	1.73	未注意有問題出現
中等複雜數學問題	1	1.7
數字複誦	0.96	1.6

6.3　速限標誌尺寸對駕駛行為之影響

本節乃根據第四章駕駛績效與安全評估流程之步驟進行應用，選擇研究之課題為速限標誌尺寸大小在有無事件車干擾時對駕駛者的影響，由於速限標誌屬於交通標誌禁制標誌的一類，其目的在於告知車輛駕駛者嚴格遵守道路行車最高時速之限制。目前雖然各式標誌的設置是相當明確且清楚，但如果駕駛者受到其他交通狀況及車輛的影響，容易忽略標誌意義，使得標誌的效用性降低。故本實驗以相同地點放置相同標誌（但大小不同），並於實驗中加入其他車輛用以干擾駕駛者，藉此瞭解不同標誌大小及其他車輛的干擾對於駕駛行為之影響。

根據第五章可彙整出本實驗所需之評估項目與硬體設備（如表 6.10 所示），主要是使用固定式駕駛模擬器；在分心狀況、生理狀況、視覺狀況則無使用其它設備。另依據表 4.7 可彙整出此實驗所考慮之實驗場景變數（如表 6.11 所示），由該表可知駕駛車行為是緩慢的煞車以及左轉，事件事及他車行為是突然加速或煞車，其他車種為小客車，道路幾何為直線道路與交叉路口，道路型態為單向雙車道的快速道路，天候為晴天，光線為白天。

表 6.10　速限標誌尺寸對駕駛行為之駕駛評估項目與硬體設備

評估項目	必需的硬體設備
行駛狀態	固定式駕駛模擬器
分心狀況	無
生理狀況	無
視覺狀況	無

表 6.11　速限標誌尺寸對駕駛行為之實驗場景

名稱	駕駛車行為	事件車及他車行為	其他車種	道路幾何	道路型態	天候
項目	緩慢的煞車 左轉	鄰車道車輛突然加速或煞車	小客車	直路 交叉路口	快速道路	晴天
					單向車道數：單向雙車道	光線：白天

根據上述說明可建立此實驗之駕駛績效評估資料庫如表 6.12 所示（特殊研究類資料庫），此實驗所量測人的行為變數包含有反應時間及反應距離，車的變數為速度和最大減速率，路的變數在量測縱向位置，各變數定義詳見表 6.13 內容。

表 6.12　速限標誌尺寸對駕駛行為之駕駛績效與安全評估資料庫

研究主題	速限標誌尺寸大小於有無鄰車干擾時對駕駛行為之影響
駕駛車操控行為	緩慢煞車、左轉
事件車或他車操控行為	突然加速或煞車
道路型態	單向兩車道的快速道路
其他車種	小客車
模擬器量測-人的行為	反應時間、反應距離
模擬器量測-車	速度、最大減速率
模擬器量測-路	縱向位置
量測項目定義	受測者之駕駛反應與行為： 1. 反應時間：從駕駛發現狀況至駕駛者腳離開油門踏板的時間。 2. 反應距離：從駕駛發現狀況至駕駛者腳離開油門踏板的距離。 3. 辨識距離：主要量測駕駛人發現標誌之距離。 4. 車速。 5. 最大減速率。 6. 性別：男性和女性。

根據上述規劃，此實驗之實驗規劃與設計詳述如下：

1. 實驗場景設計

道路場景之情境為當車輛行駛於速限 80kph 快速道路路段（車道寬 3.5m、路肩 2m、單向雙車道長 1km），行駛經過施工路段（400m），相關交通標誌顯示路肩封閉及降低行駛速率（60kph），施工路段過後恢復正常路寬及速限（長

600m、速限 80kph）。故每一個實驗全長 2km（如圖 6-7 所示）。

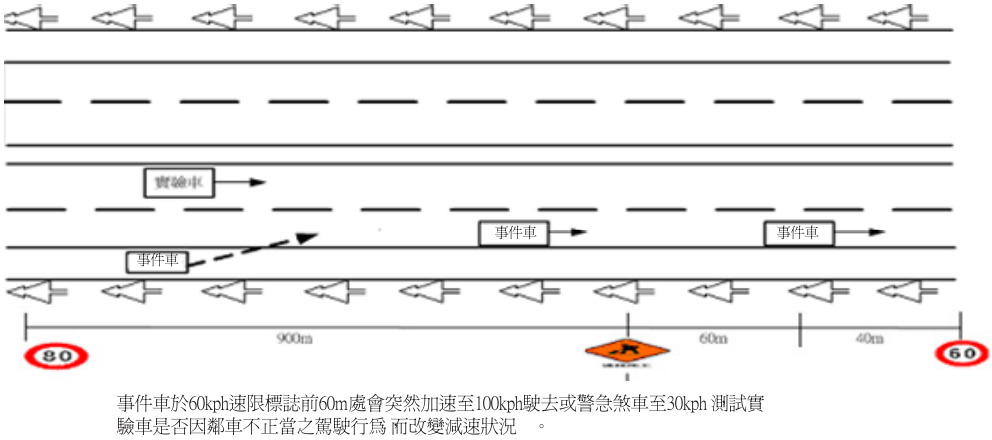


圖 6-7　實驗課題示意圖

2. 實驗變因

本研究相關實驗中，應處理之變因共有控制變因與應變變因兩項。其中應變變因是本實驗欲觀察之車輛速率（行駛速率與加減速），而控制變因分為速限標誌尺寸大小以及事件車加減速干擾之情況，說明如下：

(1) 速限標誌設置：分為標準尺寸大小（牌面直徑 R=65cm）、與放大標誌（牌面直徑 R=90cm）兩種情況。

(2) 事件車干擾：施工路段前 500m 處有一事件車與實驗車以相同的行駛速度前進，事件車於 60kph 標誌前 60m 處以 100kph 的速度行駛而去；另一種狀況是事件車突然在該點大幅減速至 30kph，並不會依照速限標誌平穩減速，測試駕駛者是否會受事件車的干擾而改變減速狀況。由此兩項控制變因的組合，故本研究可將實驗分為 6 組（A1～A6），詳細實驗設計內容如表 6.10 所示。

表 6.13　實驗組合設計構想

實驗組別 / 情境設計		A1	A2	A3	A4	A5	A6
場景設計		車道寬度爲 3.5m，路肩爲 2m，單向雙車道，爲一速限 80kph 的快速道路路段。爲使其符合實際道路狀況，加設施工路段（速限 60kph）。					
實驗種類	標準速限標誌（R=65）	ˇ		ˇ		ˇ	
	標誌放大（R=90）		ˇ		ˇ		ˇ
	事件車加速			ˇ	ˇ		
	事件車減速					ˇ	ˇ
蒐集資料		➢ 速限標誌前 60m 處之速率(考量受測者的反應時間與車速) ➢ 速限標誌前 30～75m 最大減速率					

3. 評估指標

本實驗以車輛的速率與最大減速率為整體量測指標，藉此衡量標誌大小產生之不同視覺效應，此效應將直接影響反應時間，並具體呈現於駕駛人速率控制的駕駛行為。通常交通工程師設計高快速道路時，將駕駛人的反應時間設為 2.5 秒，並有研究指出 3.2 秒的反應時間更可包含 85%駕駛人(Hooper & McGee, 1983)。為合理容納大多數駕駛人的反應特性本實驗量測指標詳細內容如下所述：

(1) 速率：駕駛車輛距標誌前方 60 公尺的平均速率。假設駕駛人反應時間為 2.5 秒，如以 80kph 速率前進時辨識標誌加行動距離約需 60 公尺的距離，研究駕駛者在該點速率的變化，該數值可表示駕駛者是否認知速限標誌的作用，而降低其速率。

(2) 最大減速率：評估駕駛車輛在標誌前特定距離處之最大減速率。假設駕駛人反應時間約為 1.5～3.2 秒間，以本研究速限 80kph 為例，所需距離約為 30～75 公尺，在該特定距離之速率變化數值可表示駕駛人反應標誌指示的能力。

4. 實驗設計

本實驗課題之影響因子為標誌大小與有無事件車干擾，故實驗順序便以標準尺寸路段與放大尺寸路段為區隔，不會於行駛中感受到標誌忽大忽小，並搭配每區間事件車加減速順序皆不同，得以降低受測者對於實驗內容與順序的預期。依照標誌大小出現順序不同設計了兩組實驗場景隨機受測者進行實驗，整體實驗設計如圖 6-8 所示。

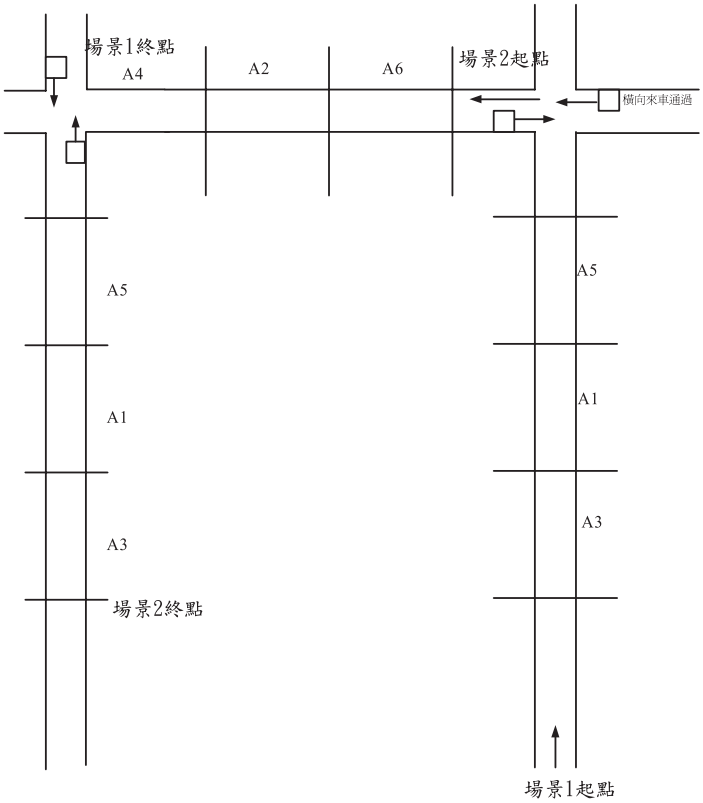


圖 6-8　實驗路線設計示意圖

為瞭解標誌大小及事件車干擾對駕駛行為上的差異性，蒐集各模擬情境下，受測者於速限標誌前方 60m 之速率及 30～75m 間之最大減速率，其模擬情境包括 A1：標準速限標誌、A2：速限標誌放大、A3：標準速限標誌及事件車加速、A4：速限標誌放大及事件車加速、A5：標準速限標誌及事件車減速、A6：速限標誌放大及事件車減速等，以統計檢定方式瞭解各實驗組間是否有顯著差異，將 A1～A6 六種實驗情境分成九組兩兩比較，詳細檢定結果如下所述。

1.標準速限標誌 vs.放大標誌

此組僅探討標誌大小之影響，且無其他干擾下狀況。檢定結果如表 6.11 所示，A1 與 A2 在速限標誌前方 60m 處之速率經由 T 檢定後，發覺兩組並無顯著差異，顯示駕駛人對於速限標誌之瞭解程度一致，皆能夠及時反應達成降低速率之目的。而經由最大減速率之 T 檢定後，結果有顯著差異，A1 實驗組在該區段中最大減速率明顯較 A2 高，顯示由於標準速限標誌尺寸較小之原因，駕駛人反

應距離也相對減短，故需要以較大之減速動作達成降低速率之要求。

表 6.14　實驗組 A1 與 A2 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A1 實驗組	58.17	8.75	$1.385<T_{58,0.05}=1.697$ 接受 H_0
A2 實驗組	53.98	6.67	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A1 實驗組	9.08	5.21	$3.948>T_{58,0.05}=1.697$ 拒絕 H_0
A2 實驗組	4.93	2.45	

2.標準速限標誌 vs.標準速限標誌且事件車加速

此組探討標準速限標誌下有無事件車加速狀況下之差異性，檢定結果如表 6.15 所示，兩組之平均速率經由 T 檢定後並無顯著差異，既使有事件車加速的情況，駕駛人依舊能完成降低速率之動作，但經由 T 檢定分析兩組之最大減速率，結果有顯著差異，顯示駕駛人容易受事件車加速影響而減緩減速動作。

表 6.15　實驗組 A1 與 A3 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A1 實驗組	58.17	8.75	$0.912<T_{58,0.05}=1.697$ 接受 H_0
A3 實驗組	60.38	9.97	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A1 實驗組	9.08	5.21	$1.985>T_{58,0.05}=1.697$ 拒絕 H_0
A3 實驗組	6.94	2.83	

3.標準速限標誌 vs.標準速限標誌且事件車減速

此組探討標準速限標誌下有無事件車突然減速狀況下之差異性，檢定結果如表 6.16 所示。兩組平均速率經由 T 檢定後呈現顯著差異，有事件車減速的情況時平均速率明顯受到事件車減速影響而降低；最大減速率之 T 檢定結果亦是有著顯著差異，明顯用高於無事件車狀況下之煞車動作降低速率，顯示駕駛人容易受事件車減速造成心裡壓力，害怕與事件車碰撞，故也對應於事件車之減速動作採用緊急煞車的方式迴避事件車。

表 6.16　實驗組 A1 與 A5 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A1 實驗組	58.17	8.75	$3.134>T_{58,0.05}=1.697$ 拒絕 H_0
A5 實驗組	47.26	14.42	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A1 實驗組	9.08	5.21	$3.63>T_{58,0.05}=1.697$ 拒絕 H_0
A5 實驗組	15.89	8.80	

4.放大標誌 vs.放大標誌且事件車加速

此組探討放大標誌下有無事件車加速狀況下之駕駛行為差異性，檢定結果如表 6.17 所示。兩組之平均速率與最大減速率經由 T 檢定後皆無顯著差異，顯示當標誌放大後駕駛人能夠有較長之反應時間與距離，反應動作皆較早開始，也較不易受事件車加速之干擾影響本身操作行為。

表 6.17　實驗組 A2 與 A4 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A2 實驗組	54.46	6.48	$1.161<T_{58,0.05}=1.697$ 接受 H_0
A4 實驗組	56.52	7.24	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A2 實驗組	4.73	2.45	$0.449<T_{58,0.05}=1.697$ 接受 H_0
A4 實驗組	5.03	2.89	

5.放大標誌 vs.放大標誌且事件車減速

此組探討放大標誌下有無事件車減速狀況下之駕駛行為差異性，檢定結果如表 6.18 所示。兩組之平均速率與最大減速率經由 T 檢定後如同事件車加速狀況皆無顯著差異，駕駛人較不受事件車之干擾而影響本身操作行為。

表 6.18　實驗組 A2 與 A6 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A2 實驗組	54.46	6.48	$0.476<T_{58,0.05}=1.697$ 接受 H_0
A6 實驗組	53.37	10.77	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A2 實驗組	4.73	2.45	$0.964<T_{58,0.05}=1.697$ 接受 H_0
A6 實驗組	5.28	1.98	

6.標準速限標誌且事件車加速 vs.放大標誌且事件車加速

此組為相同在事件車加速的情況下，標準速限標誌與放大標誌之比較，經由 T 檢定結果分析後，平均速率與平均最大減速率之變動都是顯著，如表 6.19 所示。標誌放大較標準速限標誌之平均速率與最大減速率皆有明顯的下降，顯示標誌放大後較標準速限標誌有助於降低速率及以平緩的方式減速，也不易受事件車加速的影響。

表 6.19　實驗組 A3 與 A4 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A3 實驗組	60.38	9.97	1.712>$T_{58,0.05}$=1.697 拒絕 H_0
A4 實驗組	56.51	7.24	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A3 實驗組	6.94	2.83	2.573>$T_{58,0.05}$=1.697 拒絕 H_0
A4 實驗組	5.04	2.89	

7.標準速限標誌且事件車減速 vs.放大標誌且事件車減速

此組為相同於事件車減速情況下，標準速限標誌與放大速限標誌之比較，經由 T 檢定分析後，不論是平均速率或最大減速率之差異皆是顯著的狀況，如表 6.20 所示。放大標誌後於標誌前方 60m 處速率明顯較標準速限標誌高，但是在速限標誌要求之範圍內，最大減速率則明顯下降並沒有受到事件車減速因素而發生不正常的操作行為。此現象顯示放大標誌給予較明確內容及較大反應距離，駕駛人能夠較安全有效地操控車輛。

表 6.20　實驗組 A5 與 A6 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A5 實驗組	47.26	14.42	1.859>$T_{58,0.05}$=1.697 拒絕 H_0
A6 實驗組	53.37	10.77	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A5 實驗組	15.89	8.80	6.442>$T_{58,0.05}$=1.697 拒絕 H_0
A6 實驗組	5.28	1.98	

8 標準速限標誌且事件車加速 vs.標準速限標誌且事件車減速

表 6.21 為標準速限標誌情況下，事件車加速與減速之比較結果。經由 T 檢定分析後，平均速率與最大減速率之差異皆為顯著，事件車減速時的平均速率有明顯下降，最大減速率亦明顯提高。

表 6.21　實驗組 A3 與 A5 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A3 實驗組	60.38	9.97	4.069>$T_{58,0.05}$=1.697 拒絕 H_0
A5 實驗組	47.26	14.42	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A3 實驗組	6.94	2.83	5.454>$T_{58,0.05}$=1.697 拒絕 H_0
A5 實驗組	15.89	8.80	

9 放大標誌且事件車加速 vs.放大標誌且事件車減速

在標誌放大情況下，事件車加速與減速之比較結果如表 6.22 所示。經由 T 檢定分析，後不論是平均速率或最大減速率之差異皆不顯著，顯示在標誌放大時事件車加減速行為對駕駛人之影響皆不明顯。此現象顯示放大標誌給予較明確內容及較大反應距離，駕駛人能夠較安全地操控車輛，不論周遭車輛為加速或減速，駕駛人之行駛動作僅受輕微干擾。

表 6.22　實驗組 A4 與 A6 之比較

	平均速率(kph)	標準差	平均速率 T 值
A4 實驗組	56.52	7.24	1.327<$T_{58,0.05}$=1.697 接受 H_0
A6 實驗組	53.37	10.77	
	平均最大減速率(m/s^2)	標準差	平均最大減速率 T 值
A4 實驗組	5.04	2.89	0.375<$T_{58,0.05}$=1.697 接受 H_0
A6 實驗組	5.28	1.98	

表 6.23 為綜合所有組別之檢定結果，由表可明確發現標誌當受測者在標準速限標誌情況下其速率與最大減速率皆與放大尺寸後有顯著之差異性放大標誌之速率較低與最大減速率也較為平緩，而當有事件車干擾的情況下，不論事件車加速或減速之干擾於放大標誌情況下對受測者之影響並不顯著，相對的在標準速限標誌情況下，事件車加速或減速之干擾確有影響受測者正常駕駛之效果，尤其以事件車突然減速之影響最大。

表 6.23　各實驗間之統計分析結果

		A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	速率						
	最大減速率						
A2	速率	X					
	最大減速率	O					
A3	速率	X	—				
	最大減速率	O	—				
A4	速率	—	X	O			
	最大減速率	—	X	O			
A5	速率	O	—	O	—		
	最大減速率	O	—	O	—		
A6	速率	—	X	—	X	O	
	最大減速率	—	X	—	X	O	
註	O：顯著 X：不顯著						

經由統計檢定分析後，可發現放大標誌的確有助於使駕駛人提早發現標誌指示進而作出適當的反應，其他車流行為則可能造成駕駛人改變正常駕駛行為。綜合實驗結果本研究發現有下列幾點重要現象存在：

1. 在一般速限標誌與放大標誌相較之下，由於前者的辨識距離較短，減速行為皆在標誌臨近前方，常常會有較急促的減速行為；而後者辨識距離較長往往促使減速動作提早進行，相關數據顯示標誌前方減速率較為平緩，故標誌放大有助於駕駛人維持合理行車速率與平緩減速。
2. 放大標誌後由於駕駛人能夠提前得到資訊，以及提早對於標誌內容作出反應動作，故較不受車流加減速影響。
3. 周遭車輛行為的確會影響駕駛者開車動作，車輛加速會使駕駛人不自覺地減緩應有的煞車動作而被加速車帶著走；周遭車輛之不當駕車行為更易造成駕駛人駕駛行為之顯著落差，實驗結果顯示當前車緊急煞車使駕駛人害怕追撞前車而也以較大的減速動作反應之。
4. 放大標誌後不論有無周遭事件車干擾或是周遭事件車如何操作，對於駕駛人的影響皆不明顯。原因在於放大標誌與標準速限標誌相較之下使駕駛人增加了 20～30m 之反應距離，即 1～2 秒之反應時間，此項成果將可回饋至交通工程設施（標誌）設置準則修正機制，日後將有助於強化交通安全工作之推展。
5. 不論標誌大小，受測者皆能夠於標誌前達成降低速度之動作，顯示目前國內標誌尺寸設計應已足夠滿足多數理性守法駕駛人降低速度所需。

第七章　結論與未來研究建議

本所駕駛模擬器自民國八十六年發展至今已具備基本功能，可進行許多駕駛行為研究，九十三年度至九十六年度之研究重點為進行「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」，以開發智慧型運輸系統實驗平臺為主，期將本所駕駛模擬器廣泛地應用於智慧型運輸系統之實務研究上，本研究為此四年期計畫的第一年期計畫，主要研究成果與未來研究建議分述如后。

7.1　結論

本研究之研究重點包括建立駕駛安全評估系統、駕駛工作負荷評估系統以及 ITS 應用之評估程序，並對應用駕駛模擬器開發 ITS 系統實驗平台已作一完整規劃，內容包括：駕駛模擬器之軟硬體平台、駕駛工作負荷評估系統、駕駛績效與安全評估系統、ITS 應用評估程序、駕駛行為資料庫規劃、駕駛模擬器系統評估與驗證，以及駕駛模擬器應用規劃等，此外，本研究進行三項駕駛模擬器應用研究，上述各項研究重點之研究成果分述如下：

1. 駕駛模擬器之軟硬體平台：本研究已整理目前本所駕駛模擬器硬體平台設備與功能（如 PDT、眼睛追蹤器、生理量測設備等），駕駛模擬器軟體平台方面，本研究已整理出駕駛模擬器的情境場景清單與駕駛模擬器系統可量測項目，上述內容詳見 5.1 與 5.2 節。
2. 駕駛工作負荷評估系統：蒐集相關文獻彙整出駕駛主要工作量測項目，包括人、車和路等量測項目，其內容詳見表 2.6 所示。此外，本研究亦彙整出次要工作類別，以及駕駛次要工作、生理量測和主觀評量等量測項目，其內容詳見表 2.7 所示。此外，本研究提出駕駛分心與工作負荷評估重點及評估原則，包括視覺(瞥視和正視)、聽覺、手動、人機介面操控等項目之評估方法和相關設計原則，相關內容詳見第三章。
3. 駕駛績效與安全評估系統：本研究蒐集國內外駕駛行為文獻、國內可用資料、國內特殊狀況，以及事故資料庫，並參考 FHWA 的研究成果，提出駕駛績效與安全評估的初步方法與流程，駕駛績效與安全評估相關內容詳見 4.3 節與 4.4 節，其中駕駛績效評估方法建立過程請參見圖 4-3，駕駛安全評估標準方面，建議參考國際組織的標準與規範與重要文獻之具體評估項目與評估標準，除此之外國內可透過基本場景的模擬，來收集我國的駕駛者資料，逐步建立國內駕駛行為之安全評估標準。
4. ITS 應用評估程序：ITS 應用評估程序如圖 4-2 所示，依此程序各步驟進行實驗內容規劃，再配合駕駛工作負荷評估系統與駕駛績效與安全評估系統的相關內容，即可應用駕駛模擬器於 ITS 系統評估之研究。
5. 駕駛行為資料庫規劃：駕駛行為資料庫之建立分為通用研究類與特殊研究類，相關內容請參見 4.3 節。通用研究係指針對一般性操控行為所進行的研究，如：變換車道、超車等，而特殊研究則指針對諸如：車輛夜視系統對駕

駛者的輔助等議題，所進行的探討，通用類研究的資料表內容較可詳細界定，而特殊類研究資料表則需透過累積研究經驗，才可能制訂較詳細的內容。

6. 駕駛模擬器系統評估與驗證：本研究參考 FMCSA 研究中大客車駕駛模擬器系統評估項目與評估因子之分類，藉以評估本所之駕駛模擬器，其內容詳見表 5.10 所示，由該表可知實車改裝是未來駕駛模擬器硬體擴充的重點。系統驗證部分，本研究已完成駕駛模擬器系統驗證之規劃，本年度主要是針對油門與煞車踏板踩踏力和踩踏深度，以及方向盤啟動力進行力回饋實驗，藉以獲得更真實之操作感覺。
7. 駕駛模擬器應用規劃：本研究利用警政署道路交通事故資料庫進行事故特性分析，並參考國外事故資料分析成果以及駕駛模擬器相關研究經驗，駕駛模擬器之應用方向分為 AVCSS、車內資訊與通訊系統、EPS、人機介面、交通工程設施、酒醉、疲勞和藥物與台灣特有安全問題等類別進行應用研究課題規劃，相關內容請參見 5.5 節。
8. 駕駛模擬器應用：目前本研究已完成三個駕駛模擬器之應用實驗，實驗主題為變換車道可接受間距評估、路口違規防撞警示系統及速限標誌尺寸對駕駛行為之影響，其研究結果請參見第六章內容，重要模擬實驗結果包括：(1)高速公路 85th 變換車道可接受之時間間距為 2.8 秒；(2)語音碰撞警示和問題顯示型態對於感知反應時間存在著交互影響關係，在無警示訊息下，語音撥放訊息的感知反應時間最短；在有警示訊息下，LCD 和 HUD 顯示型態之感知反應時間比語音顯示型態來的快；(3)放大標誌後無論有無周遭事件車干擾或周遭事件車如何操作，對於駕駛人之影響皆不明顯。

7.2 未來研究建議

1. 目前於本所現有中階駕駛模擬器實驗平台的功能下，已可進行許多基本實驗，因此，建議未來應訂定鼓勵與支援措施，讓國內學者與研究機構方便使用，以增加本所駕駛模擬器之應用研究成果。
2. 依本年度對駕駛績效評估方法所建構的流程，針對國內事故資料庫作更深入分析，以探討駕駛操作行為、事故類型與績效量測項目的關係。除了以上客觀資料的分析外，一些主觀與經驗的判斷，仍待更多學者專家，就其內容作充分討論，以期建構一標準流程，作為蒐集國人駕駛行為資料庫的依據。
3. 目前國外已有許多研究是以問卷方式來探討危險駕駛行為，如 NHTSA，故建議未來研究可參考 NHTSA 危險駕駛問卷，以擬定適合國內交通狀況之問卷內容，以瞭解國人的危險駕駛行為，亦可作為未來在研擬駕駛模擬器研究課題之參考。
4. 由國內事故特性得知，側撞、路口交叉撞、擦撞與追撞是主要的交通事故類型，肇事原因特性也顯示主要肇事原因多是駕駛者注意力不足、分心或沒看到而導致。由此可見，碰撞警示系統應是國內 ITS 系統發展之重點，故建議未來可利用駕駛模擬器探討前向、側向和路口防撞警示系統對駕駛工作負荷

和駕駛績效之影響。此外，亦可利用駕駛模擬器針對台灣特有狀況進行相關課題之探討，如汽機車混合車流對駕駛行為之影響。

5. 未來仍應持續進行駕駛模擬系統的驗證，特別是搭配實車與軟體模擬的動態反應之驗證，以增加駕駛模擬器真實度。
6. 依駕駛模擬器系統之評估內容，建議未來可考慮以實車雙人座進行改裝，使油門及煞車踏板之相對位置能夠與實車相同，並建議利用減速機構配合方向盤，藉以改善駕駛座艙之真實度。

參考文獻

1. 台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫，交通部，民國 90 年 1 月。
2. 用路人駕駛模擬器軟硬體之規劃研究，交通部運輸研究所報告，民國 87 年。
3. 駕駛模擬器建置與應用之規劃研究第一階段，交通部運輸研究所報告，民國 88 年。
4. 駕駛模擬器建置與應用之規劃研究第二階段，交通部運輸研究所報告，民國 89 年。
5. 駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究，交通部運輸研究所報告，民國 90 年。
6. 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。
7. 汽車駕駛模擬系統軟硬體之擴充與測試駕駛行為實例應用之研究，交通部運輸研究所報告，民國 93 年。
8. McGehee, D. V., Mazzae, E. N. and Scott Baldwin, G. H., “Driver Reaction Time in Crash Avoidance Research: Validation of a Driving Simulator Study on a Test Track.”
9. Salaani, M. K. and Heydinger, G. J., “Model Validation of the 1997 Jeep Cherokee for the National Advanced Driving Simulator,” SAE Paper No. 2000-01-0700, February, 2000.
10. Nordmark, S. and Åström, H., “Improvement and Validation of the VTI Driving Simulator,” Friction Potential and Safety: Prediction of Handling Behavior, Florence, February 23rd, 2001. 2nd International Colloquium on Vehicle Tyre Road Interaction.
11. Hakamies-Blomqvist, Liisa, Joakim Östlund, Per Henriksson and Satu Heikkinen, “Good Validity Between Driving Simulator and Field Studies for Experienced Car Drivers,” VTI rapport 464, 1999.
12. Riemersma, J. B. J., Van Der Horst, A. R. A., Hoekstra, W. and Otten, N., “The Validity of a Driving Simulator in Evaluating Speed-Reducing Measures,” Traffic Engineering and Control, July-August, pp. 416-420, 1990.
13. Tenkink, E., “The Effect of Road Width and Obstacles on Speed and Course Behavior (in Dutch),” Roprt IZF 1989 C-4. TNO Institute for Perception Soesterberg. The Netherlands, 1989.
14. Soma, H., Hiramatsu, K., Satoh, K. and Uno, H., “System Architecture of the JARI Driving Simulator and its Validation,” Paper Presented at the Symposium on the Design and Validation of Driving Simulators, ICCTP’96, Valencia, 1996.
15. Alicandri, E., Roberts, K. and Walker, J. “A Validation Study of the DOT/FHWA Highway Simulator (HYSIM),” U.S.A., Department of Transport, Federal Highway Administration, FHW A/RD-86/067, 1986.

16. Godley, S. T., “A Driving Simulator Investigation of Perceptual Countermeasures to Speeding,” Department of Psychology, Monash University, 1999.
17. Thakur, K. P. “Simulation of Driver Behaviour as a Function of Driver Error and Driver Daydream Factor”, http://www.is.irl.cri.nz/pubdoc/1997/ILTSS.pdf
18. Guo, K. and Guan, H., “Modeling of Driver/Vehicle Directional Control System,” Vehicle System Dynamics, Vol. 22, pp. 141-84, 1993.
19. MacAdam, C. C., “An Optimal Preview Control for Linear Systems,” Journal Dynamic System Measurement and Control, Vol. 102, pp. 188-93, 1980.
20. Green, M., “How Long Does It Take To Stop? Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times,” Transportation Human Factors, Vol. 2, pp. 195-216, 2000.
21. Shinar, David, “Psychology on The Road The Human Factor in Traffic Safety”
22. Hills, B. L., “Vision, Visibility, and Perception in Driving,” Perception, Vol. 9, pp. 183-216, 1980.
23. Stannard, B. J., “Perception and Reaction in Traffic Accidents”, Topic 864 of the Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern University Traffic Institute, 1990.
24. McGee, et. al., “Highway Design and Operation Standards Affected by Driver Characteristics,” Volume II: Final Technical Report, Bellomo-McGee, Inc. Vienna, Virginia, Report No. FHWA-RD-83-015, 1983.
25. Roberts, Jr., C. C., “Response Time”, http://www.roberts.ezpublishing.com/croberts/respon.htm
26. Johansson, G., and Rumar, K., “Driver’s Brake Reaction Times, Human Factors,” Vol. 13, No. 1, pp. 23–27, 1971.
27. Hancock, P. A., Lesch, M., Simmons, L. and Mouloua, M., “Distraction Effects of Phone Use During a Crucial Driving Maneuver,” Paper presented at the International Symposium on Human Factors in Driving Assessment, Training and Vehicle Design, Aspen, Colorado, August, 2001.
28. Lenne, M. G., Triggs, T. J. and Redman, J. R., “Time of Day Variations in Driving Performance,” Vol. 29, No. 4, pp. 431-437, 1997.
29. Lora, W. V., “Effects of Uncertainty, Transmission Type, Driver Age and Gender on Brake Reaction and Movement Time,” Journal of Safety Research, Vol. 33, pp. 117-128, 2002.
30. Yamada, K. and Wakasugi, T., “A Study on Effectiveness of Forward Vehicle Collision Warning (in Japanese with English summary),” Trans. JSAE, Vol. 32, No. 1, pp. 119–124, 2001.
31. Hiroyuki, M. et al. “Simulation Study of the Accident Reduction Effect with Advanced Cruise-Assist Highway System,” 9th ITS World Congress, 2002.

32. Procotr, R. W. and Zandt, T. V., “Human Factors in Simple and Complex Systems,” Simon & Schuster, Inc., Needham Heights, USA, 1994.
33. Hick, W. E., “On the Rate of Gain of Information,” Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol. 4, pp. 11-26, 1952.
34. Hyman, R., “Stimulus Information as a Determinant of Reaction Time,” Journal of Experimental Psychology, Vol. 45, pp.188-196, 1953.
35. Forrin, B., Kumler, M. L. and Morin, R. E., “The Effects of Response Code and Signal Probability in a Numeral Naming Task,” Canadian Journal of Psychology, Vol. 20, pp. 115-124, 1966.
36. Briggs, G. E., “On the Predictor Variable for Choice Reaction Time”, Memory and Cognition, Vol. 2, pp. 775-580, 1974.
37.林立農，交通標誌內含資訊量與駕駛者行為反應關係之研究，國立雲林科技大學工業工程與管理研究所碩士論文，民國 89 年。
38. Green, Paul,“Variations in Task Performance Between Younger and Older Drivers:UMTRI Research on Telematics”,Advancement of Automotive medicine Conference on Aging and Driving, 2001.
39. Van de Hulst, M., Rothengatter, T., and Meijman, T., “Strategic Adaptations to Lack of Preview in Driving,” Transportation Research, Part F, Vol. 1, pp. 59-75, 1998.
40. Ranney, T. A., Simmons, L. A. and Masalonis, A. J., “Prolonged Exposure to Glare and Driving Time: Effects on Performance in a Driving Simulator,” Accident Analysis and Prevention, Vol. 31, pp. 601-610, 1999.
41. Takahashi, H et al. “The Verification of Effectiveness on Driving Support System for Patrol Car under the Dense Fog Using Driving Simulator,” 9th ITS World Congress, 2002.
42. Harms, L., “Drivers’ Attentional Response to Environment Variations: Adual-Task Real Traffic Study,” In Gale, A. G., Freeman, M. H., Haslegrave, C. M., Smith, P. and Taylor, S. (Eds.), Vision in Vehicles I, Amsterdam: North Holland, pp. 131-138, 1986.
43. Harms, L., “Variation in Drivers’ Cognitive Load. Effects of Driving Through Village Areas and Rural Junctions,” Ergonomics, Vol. 34, pp. 151-160, 1991.
44. Törnros, J., “Tranquillisers, Hypnotics and Car-Driving,” VTI rapport 425A.
45.張建成，反應時間之探討研究，華梵學報，第三卷，第一期，179-195 頁，民國 84 年。
46. Nagatsuka, Y., “Fluctuations of Reaction Time During Continuous Trials for 40 Minutes,” Tohoku Psychologica Folia, Vol. 30, pp. 75-83, 1972.
47. Nagatsuka, Y., “Simulative Experiments on the Control of Behaviour in Prolonged Reaction Situations: Conditions of Suppressing Deteriorations of Performance,”

Tohoku Psychologica Folia, Vol. 52, pp. 62-75, 1993.
48. Owens, J. M. and Lehman, R., “The Effects of Age and Distraction on Reaction Time in A Driving Simulator,” Journal of Vision, Vol. 2, No. 7, p. 632a, 2002.
49. 蘇育賢，虛擬實境在駕駛行為之研究與應用，國立中央大學機械工程研究所碩士論文，民國 91 年。
50. 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。
51. 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。
52. 莊忠益，車用電腦中央控制介面之階層式選單對駕駛者績效之影響”，國立清華大學工業工程與工業管理研究所，民國 92 年。
53. 邱俊凱，E-car 車用電腦功能分析與操控設計，國立清華大學工業工程與工業管理研究所，民國 91 年。
54. 陳曉如，車內語音導航系統之介面設計與人因考量，國立清華大學工業工程與工業管理研究所，民國 91 年。
55. 賴明昌，行車時使用行動電話對駕駛行為的影響，國立台灣科技大學工業管理系碩士論文，民國 90 年。
56. 鄭智升，電腦影音系統裝設對駕駛行為影響之評估研究，龍華科技大學商學與管理研究所，民國 92 年。
57. 汪孝慈，先進車輛系統之介面設計與人因考量，國立清華大學工業工程與工程管理研究所博士論文，民國 90 年。
58. Yuji T. and Shimoyama, O., “Evaluation of Driving-Assistance Systems Based on Drivers’ Workload”, Driving-Assistance, 2001. http://ppc.uiowa.edu/driving-assessment/2001/Summaries/Downloads/download.html
59. Andersen, G. J., “Detection of Collision Events by Older and Younger Drivers,” http://ppc.uiowa.edu/driving-assessment/2001/Summaries/Downloads/download.html
60. Ceci, R, Hogman, Land Patten, C, “Measures of Driver Behavior and Cognitive Workload in A Driving Simulator and in Real Traffic Environment-Experiences From Two Experimental Studies in Sweden,” Driving Assessment, 2001. http://ppc.uiowa.edu/driving-assessment/2001/Summaries/Downloads/download.html
61. 蘇昭彰，利用汽車駕駛模擬系統從事駕車行為研究中有關受測駕車者行為之驗證分析，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 88 年。
62. Abdel-Aty, Mihamed, “Investigating the Relationship Between Cellular Phone Use and Traffic Safety,” ITE Journal, Vol. 73, Issue 10, 2003.
63. Bhise, V. D., Dowd, J. D. and Smid, E., “Driver Behavior While Operating

In-Vehicle Devices," TRB 2003 Annual Meeting, 2003.
64. William, C., Driscoll, P., Witte, M. and Berg, W. P., "Effect of Cellular Telephone Conversations and Other Potential Interference on Reaction Time in a Braking Response," Accident Analysis and Prevention, Vol. 35, pp. 495-500, 2003.
65. 駕駛人使用行動電話對行車安全影響之研究，交通部運輸研究所報告，民國 88 年。
66. 劉仲祥、劉伯祥，停車作業工作負荷量測及聽音樂對駕駛之影響，運輸計劃季刊，第三十二卷，第四期，801-821 頁，民國 92 年 12 月。
67. Strayer, D. L., Drews, F. A., Albert, R. W. and Johnston, W. A., "Cell Phone Iinduced Perceptual Impairments During Simulated Driving," Driving Assessment, 2001.
68. Christina M. Rukin-Brown , Heather A. Parker, "Behavioural adaptation to adaptive cruise control (ACC): implications for preventive strategies", Transportation Research Part F 7（2004）59-76
69. Matthews R, Legg S, Charlton S., "The Effect of Cell Phone Type on Drivers Subjective Workload During Concurrent During Concurrent Driving and Conversing," Accident Analysis and Prevention, Vol. 35, Issue 4, 2003.
70. Olsson, S. and Burns, P. C., "Measuring Driver Visual Distraction with a Peripheral Detection Task"
71. SAE Recommended Practice Navigation and Route Guidance Function Accessibility While Driving, SAE Standard J2364, 2002-04.
72. Veeraraghavan, H. and Papanikolopoulos, N. P., "Detecting Driver Fatigue Through the Use of Advanced Face Monitoring Techniques," ITS Institute Center for Transportation Studies University of Minnesota, CTS 01-05, 2001.
73. 江志清，影像電話之使用行為研究，國立清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，民國 91 年。
74. 蔡維彬，主控制室運轉人員心智負荷量測方法之發展，國立交通大學工業工程與管理系碩士論文，民國 87 年。
75. McCann, R. S., Hooey, B. L., Parke, B., Foyle, D. C., Andre, A. D. and Kanki, B., "An Evaluation of the Taxiway Navigation and Situation Awareness (T-NASA) System in High-Fidelity Simulation," SAE Transactions, Journal of Aerospace, Vol. 107 , pp. 1612-1625, 1998.
76. Thomas G. O'Brien and Samuel G. Charlton, "Handbook of Human Factors Testing and Evaluation," Lawrence Erlbaum associates, Inc., 1996.
77. 交通部運輸研究所，參加 1999 年 ITS America 第九屆年會報告，民國 88 年 6 月。
78. Salvucci, D. D. et al., "Toward an Integrated Model of Driver Behavior in a Cognitive Architecture," Transportation Research Record, No. 1779, 2001.

79. Cooper, P. C. and Zheng, Y., “Turning Gap Acceptance Decision-Making: the Impact of Driver Distraction,” Journal of Safety Research, pp. 321-335, 2002.
80. Feng, C. “Synthesis of Studies on Speed and Safety,” Transportation Research Record, No. 1779, pp. 86-92, 2002.
81. Hiroyuki, M. et al., “Simulation Study of the Accident Reduction Effect with Advanced Cruise-Assist Highway System,” 9th ITS World Congress, 2002.
82. Kiichi, T. et al., “Evaluation of Forward Obstacles Collision Avoidance Support System using Driving Simulator,” 9th ITS World Congress, 2002.
83. Uang, S. T. and Hwang, S. L., ”Effect on Driving Behavior of Congestion Information and of Scale of In-Vehicle Navigation Systems,” Transportation Research, Part C, Vol. 11, pp. 423-438, 2003.
84. Kawasaki, S. and Fukuda, Y., “Study of the Safety and Reliability of Advanced Cruise Assist Highway System (AHS),” 9th ITS World Congress, 2002.
85. Yokochi, K., Iwao, M., Suetomi, T., and Nakano, O., “Evaluation of Human Factors of Smart Cruise Systems Using a Driving Simulator,” 7th World Congress on ITS, 2000.
86. Harms, L. and Patten, C., “Peripheral Detection as a Measure of Driver Distraction. A Study of Memory-Based Versus System-Based Navigation in a Built-up Area,” Transportation Research, Part F, Vol. 6, pp. 23-36, 2003.
87. Comte, S. L. “New System: New Behaviour?” Transportation Research, Part F, Vol. 3, No. 2, pp. 95-111, 2000.
88. Suetomi, T., Kido, K., Yamamoto, Y. and Hata, S., “A Study of Collision Warning System Using a Moving-Base Driving Simulator,” Proceeding of the Second World Congress on Intelligent Transport System, Vol. 4, p. 1807, 1995.
89. Tomohiro, Y. and Nobuyuki, K., “Following Vehicle's Driver Behavior Characteristics with Emergency Braking Advanced Advisory System in the Situation of Sudden Braking”
90. Cheng, B., Hashimoto, M., Suetomi, T., “Analysis of Driver Response to Collision Warning during Car Following,” JSAE Review, Vol. 23, No. 2, pp. 231-237, 2002.
91. General Motors Corporation & Delphi-Delco Electronic Systems, Automotive Collision Avoidance System Field Operational Test-Warning Cue Implementation Summary Report, Report No. DOT-HS-809-454, National Highway Traffic Safety Administration, May, 2002.
92. Moriya-cho, Kanagawa-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, “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.
93. Moon, Y. J., Lee, J. and Park, T., “System Integration and Field Tests for

Developing In-Vehicle Dilemma Zone Warning System," Transportation Research Record, No. 1826, Paper No. 03-3081.

94. Avner, B. Y., Maltz, M., Shinar, D. and Ben-Gurion, "Effects of an In-Vehicle Collision Avoidance Warning System on Short-and Long Term Driving Performance", Human Factor, Vol. 44, No, 2, 2002.

95. Campbell, John L., David H. Hoffmeister, Raymond J. Kiefer, Daniel J.Selke, Paul Green, Joel B. Richman, "Comprehension Testing of Active Safety Symbols," SAE, 2004.

96. Al-Deek, H. M. et al., "Impact of Traffic Diversion with ATIS on Travelers' Safety," The Journal of Computers and Industrial Engineering, Vol. 32, Issue 1, 1997.

97. Liu, Y. H., "Comparative Study of the Effects of Auditory, Visual and Multimodality Displays on Drivers' Performance in Advanced Traveler Information Systems," Department of Industrial Engineering and Management, Ergonomics, Vol. 44, No. 4, pp. 425-442, 2001.

98. 柳永青、吳文揚、葉卓華，運用文字的字體、尺寸、行距與行長度評估其閱讀效應之研究，中華民國人因工程學會 2002 年會暨研討會論文集，pp. 181~186。

99. Liu, Y. H., "Effect of Taiwan In-Vehicle Cellular Audio Phone System on Driving Performance," Safety Science , Vol. 41 , pp. 531-542, 2003.

100. Nowakowski C. and Green, P., "Map Design: An On-the-Road Evaluation of the Time to Read Electronic Navigation Displays," Technical Report No. UMTRI-89-4, June, 1998.

101. Falkmer, T., Nilsson, L., and Törnros, J. "Detection and Identification of Information Presented Peripherally Inside the Car," VTI rapport 461A, 1998.

102. ITS In-Vehicle Message Priority, SAE Standard J2365, 2002-04.

103. Tagaki, T., Fukimoto, H., Obata, T., "Study on HMI for ETC vehicle's equipment and IT's effects," World Congress on Intelligent Transport Systems, 4th, 1997.

104. 謝敏郎，台灣地區省道公路指示標誌系統改善之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 92 年。

105. 林暉順，禁止型及警告型交通標誌對於受試者主觀偏好及視覺績效的影響，大葉大學工業工程學系碩士論文，民國 91 年 6 月。

106. Eccles, K. A. et al., "Safety Effects of Fluorescent Yellow Warning Signs at Hazardous Sites in Daylight," TRB Paper No. 01-2236, 2000.

107. Noyce, D. A., "Improving Left-Turn Safety Using Flashing Yellow Arrow Permissive Indications," Mid-Continent Transportation Research Symposium, 2003.

108. 高國斌，高齡化色彩意象與喜好度之調查研究，東海大學工業設計學系碩

士論文，民國 91 年。
109. Dissanayake, S. and Lu, J. J. “Effect of Larger Stop Signs on Older Drivers,” Transportation Research Board, 80th Annual meeting, 2001.
110. Green, Paul, Why safety and Human Factors/Ergonomics standards are so difficult to establish, Transportation Research Institute, Human Factors Division. 2002.
111. Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems, Alliance of Automobile Manufacturers, 2003.
112. Guideline for In-vehicle Display System – Version 2.1 , JAMA, February 22 2000.
113. Forward Collision Warning Systems: Operating Characteristics and User Interface Requirements Information Report (Draft), SAE standard J2400, June 2002.
114. ITS In-Vehicle Message Priority Recommended Practice, SAE Standard J 2395, April 2002.
115. SAE J2396, “Definitions and Experimental Measures Related to the Specification of Driver Visual Behavior Using Video Based Techniques, ” July 2000.
116. 先進安全車輛系統發展之推動與研究，交通部運輸研究所報告，民國 93 年。
117. Penney, T.“Intersection Collision Warning System,” Publication No. FHWA-RD-99-103, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, April 1999.
118. Lerner, N. D. Geoffrey V. Steinberg, and Fred R. Hanscom, “Development of Countermeasures for Driver Maneuver Errors,” Publication No. FHWA-RD-00-022, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, December 1999.
119. ISO 15007-1:2002, “Road vehicles -- Measurement of driver visual behavior with respect to transport information and control systems -- Part 1: Definitions and parameters”
120. “Final Report -- Automotive Collision Avoidance System (ACAS) Program, ” U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 809 080, August 2000.
121. 肇事鑑定之煞車距離應用與行車速度推估方法之研究，交通部運輸研究所報告，民國 92 年。
122. 王世豪，以駕駛模擬器進行跟車反應時間之探討，國立中央大學機械工程研究所，碩士論文，民國 93 年。
123. 2001 年台灣地區公路容量手冊，交通運輸研究所，中華民國九十年三月。

124. “Commercial Truck Simulators Re-Assessment and Evaluation Finial Report,” Federal Motor Carrier Safety Administration Office of Research and Technology, Dec., 2002.
125. Eby, David and Green, Paul, “Safety Vehicles using adaptive Interface Technology Phase 1 Research Program,” SAVE-IT task2:Driving Task Demand, 2003.
126. Green, P. (1999), “The 15-Second Rule for Driver Information System”, ITS America Ninth Annual Meetin Conference Proceedings, Washington, D.C.: ITS America, CD-ROM.

附錄一：工作會議記錄

「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)」工作會議

時間：九十三年九月一日(星期三)上午十時。

地點：交通部運輸研究所七樓會議室。

主持人：副組長張開國。

與會成員：副組長張開國、研究員張仲杰、董基良教授、魏健宏教授、陳菀蕙副教授、研究生張順惠。

- 本次工作會議討論議題包含 93DS 審查意見、駕駛模擬器應用規劃與專家訪談名單及項目三大部分，內容詳見附件所示。
- 93DS 審查意見請中央大學作更具體之回覆。
- 運安組內有三大議題：(1)在高速公路上速限 110 km/h 與速限 100 km/h 、(2)T 霸遠近(3)車用電視，對駕駛行為有無影響？駕駛模擬器應用規劃研究中，將此三大議題納入考慮。
- 交控設施可以針對標誌有無放大、顏色、字型等深入探討。以靜態實驗量測辨識距離與虛擬實境場景比較，進行等比例放大。針對標誌顏色、字型等不同進行探討。
- AVCSS 部分依據 9/14ASV 研討會之議題－防撞警示系統、駕駛輔助二大方向進行實驗課題。
- ATIS 規劃可納入：車內－車用電視，車外－T 霸，進行應用研究。
- 本年度需訂定評估方法之標準作業程序，以探討駕駛分心、駕駛工作負荷等。
- 請中央大學搜集各種防撞系統與車內影音顯示系統之型式等相關市場情報與文獻資料並整理，於 9 月 14 日與 15 日與中華汽車陳經理等相關專家作討論。
- 專家訪談需考慮後續發展，本年度各領域專家訪談名單如下：
  - 交通：交大張新立教授；
  - 人因：清大王明揚教授、清大黃雪玲教授、交大許尚華教授；
  - 醫學：陽明許妙如教授；

附錄二：專家訪談記錄

九十三年度「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)」計畫專家訪談記錄

一、 人因

- SAE 規範

1. SAE 規範為研究報告，非強制性法令，內容提供數據可供實驗設計參考。
2. SAE 規範內容提到警示強度為 75 分貝，估計為一般正常環境音量情況下，警示聲音要比高出 15 分貝，方有提示作用。
3. HUD 擺放位置需考慮在駕駛模擬實驗時其顯示是否會被方向盤擋到視線。
4. 規範中提到警示預報時間長度 1.52 秒，可供實驗設計參考。而不同的警示聲型式(聲音為連續或間隔等)警示時間的長短亦有影響，且車速亦是一影響因素。
5. 國外規範提供的資料，對於不同國情的台灣而言，人的基本反應大多相同，但以人因觀點來看，以台灣的交通環境實際測試方可瞭解是否適用。
6. 語音警示的持續提醒駕駛者，大多無法讓人接受，但視覺警示卻可一直持續。
7. 語音警示的持續提醒易讓駕駛者煩燥，可考慮以使用者自行選用警示聲型式。
8. 實車的路線導引，在 500 m、300 m、200 m 皆會有語音提示。以語音提示對駕駛者影響較小。但亦需考慮到當人類對輔助系統的過度依賴是否反而造成危險的產生。
9. 對於疲勞因素，駕駛的工作時數要有法令規範，才具影響力。

- 本所實驗

1. 實驗過程中警示聲與語音次要任務同時發生會造成駕駛反應不及，完全反映出人類的訊息處理模式，因處理同類型訊息的資源有限會產生反應延遲或錯誤的情況。且當時的車速也有可能是一影響因素。
2. 對於實驗過程中警示聲與語音次要任務二者造成受試者聽覺困擾，而 LCD 顯示的次要任務是視覺反應，因不與警示聲使用同型資源，因此不受干擾。
3. 實驗過程中駕駛者的心率沒有太大反應，有可能是警示聲音的提示讓受試者有預期效果。
4. 對於疲勞或酒精實驗而言，需注意實驗後狀況。
5. 國外的酒精實驗以體重劃分酒精飲用量可能不適用國內，因每個人對於酒精的消化分解能力不同，以體重劃分較不適合。

- NASA-TLX 主觀評量

1. 有關評估心智負荷國外大都以 NASA-TLX 來衡量。

2. 國外大都將 NASA-TLX 應用在飛行員，屬青壯年齡層，未提到年齡的影響。本所實驗過程中老年人對於 NASA-TLX 的理解及認知與實驗假設並未完全符合，顯示 NASA-TLX 恐不適合應用在老年人，亦屬一研究發現。
3. 在進行 NASA-TLX 主觀評量問卷時，需將項目說明清楚，且使用受試者可以理解的方式說明內容，方可確實看出哪一指標影響較大，實驗數據才有比較基礎。
4. 以 NASA-TLX 進行主觀評量時未必要以兩兩比較方式，可進行改良以反映出駕駛的真實主觀感受。而問題項目可用不同方式來說明，如是否有感受到時間壓力改成是否有足夠的反應時間。

- 工作負荷

1. 衡量心智負荷可運用次要任務方式來評估。如駕駛任務簡單，駕駛者對於次要任務反應較迅速確實。當駕駛面臨到複雜的駕駛任務時，次要任務反應較慢或失誤較多。
2. 工作負荷衡量亦可用心率變異量來評估，如駕駛的心率變異量小，注意力則較集中。
3. 受試者的生理反應建議以實驗前及實驗過程中相互比較。
4. 對於路況廣播有其必要性，且其為聽覺訊息，對駕駛安全影響較小。
5. 駕駛人對於高科技產品的依賴性有其潛在的危機。當系統故障時需提醒駕駛者，且傳統的交通標誌亦有其存在的必要性，車內資訊僅為輔助，非最主要資訊提供方式。
6. 台灣標誌建議大一點，標誌太小對駕駛者提示功用不大。
7. T 霸的設置位置若將進交通標誌，對於駕駛者的影響很大，當駕駛者注意力在 T 霸時反而會忽略交通標誌及路況。

- 行為特徵

1. 利用實驗設計來區別不同心理反應的行為特徵，以下為心理反應衡量項目之建議。
   5. 緊張、壓力、害怕：心跳
   6. 疲勞：眨眼、視線、腦電波
   7. 焦燥：情緒口語、車速較快
   8. 身體不適：暈眩、嘔吐

二、 交通安全

1. 目前交通安全重要的討論議題包括：
   - 由於國外利用駕駛模擬器進行探討已有多年之成果，若這些成果不受到國際化之影響，則建議台灣可以直接引用。目前重要的交通安全議題是建議先探討台灣獨有的特性，例如當駕駛者在進行跟車行為時，其駕駛行為是否會受到駕駛經驗(是否騎過機車)之影響；或是慢車行駛快車道之駕駛行為等交通安全議題。
   - 目前對於生理心理、交通工程和酒精等方面之研究都相當多，然而對於新科技方面的研究則較少，如資訊提供的動態變化、資訊提供的時機、資訊提供的內容，以及提供內容之正確性等，故建議駕駛模擬器可針對這方面來進行探討。
   - 若利用駕駛模擬器進行探討時，需特別注意到受測者當時的心理和想法，是否抱持著玩遊戲的心態來進行實驗，或是有何誘因和目的，故建議需針對受測者的心態進行控制。
   - 利用駕駛模擬器進行相關議題之探討時，首先需將探討的問題定義清楚，以瞭解所要量測的 Y 為何，以及影響的 X 有那些等，藉此以設計出好的實驗規劃並蒐集資料以進行分析，如此才能瞭解其影響。

2. 針對 SAE J2399 提出的跟車時間間距，建議可參考此規範並進行實驗，如跟車間距設定為 1.0 秒至 2.0 秒之間來進行探討。

3. 藉由交通標誌、路況廣播、導航系統等來輔助駕駛時，對於駕駛者而言皆會有所影響，因此需要進行限制，在此建議可以利用駕駛模擬器進行資訊負荷之研究，以瞭解資訊量對駕駛者之影響。

4. 與旁人聊天或觀看路旁的大型 T-Bar 皆會對安全造成影響，因此需要有所限制，然而卻無法得知這些情況對於安全之影響有多少。對於 T-Bar 的問題並不是距離高速公路多少的問題，而是其他的問題，例如 T-Bar 的內容和設置位置(直路或彎路)等問題。

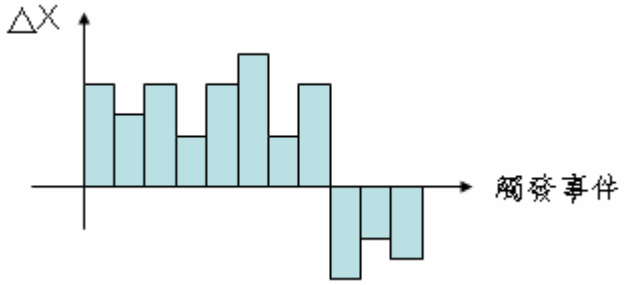
三、 醫學

1. 生理監測量測前注意事項
   - 實驗前二個小時不可喝含有咖啡咽的飲料，會影響心跳。最好是前一晚就告知。
   - 運動狀態下，HR 會自動調節，因此較穩定，外部因子影響不明顯。
   - 調整好座椅後，請受測者不可有太大動作，以免影響心跳資料。

2. 目前生理監測心跳資料問題匯整

- 心跳應該比動作快，因為在人的感知到動作這過程中會有 Time delay。
- 無駕駛狀態心率平均值反而較駕駛狀態高，有可能是休息時心跳受到因素影響。如：受測者動作太大、實驗的二個小內有喝茶。
- 在不同的觸發之間心跳會有峰值，有可能是受測者有預期心理，或是前一段任務或觸發尚未平復。
- 心跳資料中在一開始有人即出現峰值，判斷受測者有可能是緊張。
- 硬體取樣頻率為 10 Hz(每秒 10 筆資料)，一般醫學角度會以 10 秒或 1 分鐘來看，不會去看在那 0.01 秒的資料，因為心跳本來就是比較微觀的資料，瞬間變化有可能很大。

3. 建議
   - 詢問受測者在實驗過程中是否有緊張及預期心理。
   - 觀察所有人的資料，綜合看受測者是否在開始後有預期心理，有明顯心跳漸緩的趨勢。
   - 由心跳資料觀察受測者在三個不同次要任務集區中，分別繪出以探討比較。例如：在某一任務，心跳是普遍都較高。
   - 男女可比較，應會有不同的趨勢。
   - 建議將觸發事件的平均心跳(X_2)減去觸發前一段時間的心跳(X1)，繪製出△X 資料，如下圖所示。



   - 後續可觀察 HRV 的變化，瞬間的壓力是否有增加或感到緊張等。

附錄三：期中報告審查意見回覆

「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)」期中報告審查意見回覆

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
一、車輛研究測試中心：		
1. 在 ITS 領域中，車輛安全系統相當多，如碰撞警示，報告中有列出台閩地區肇事原因表，是否可針對事故原因之分析，進一步探討改善對策。	1. 交通事故肇事原因分析與先進安全車發展規劃請參見本團隊另一計劃—「先進安全車輛系統發展之推動與研究(I)」期中報告第四章。	1. 同意。
2. 駕駛模擬器硬體部分建議可評估新產品，針對人因方面的接受度及駕駛觀念著手，並探討使用者之接受度。	2. 本研究對於人因方面以專家訪談加強，而使用者接受度並非本研究範圍。	2. 請將使用者之接受度與使用過後之意見，納入駕駛模擬器改進之參考依據。
二、公路總局：		
1. 目錄中缺少圖 4-1、表 6-1、表 6-2。	1. 將於期末報告作修改。	1. 同意。
2. 期中報告第 89 頁主要實驗項目含實驗中駕駛人對路況的掌控、環境對駕駛人的影響、當突發事故發生時駕駛人駕駛績效表現以及 ITS 設備對駕駛人的影響及其績效等，在第 92 頁僅列出路況的掌控、ITS 設備對駕駛人的影響二項，請說明有何差異。	2. 此為簡化表格表示方式，將於期末報告修改一致。	2. 同意。
3. 實驗項目中次要實驗任務及駕駛模擬系統量測指標中駕駛人特性皆與駕駛人有相關，請說明有何不同。	3. 次要實驗項目為人因相關課題的探討，可視為研究目標，其範圍較廣，而量測指標之駕駛人特性為較細部的評估準則。	3. 同意，請納入報告中修正。
4. 期中報告第 93 頁 3.2.3 節道路與天候環境因素有無考慮上、下坡之情形。以交通警察而言，其具有與交通標誌及號誌之功用，是否可納入此部分。	4. 感謝建議，將於內容中補充提及，但礙於實驗重要性，可列為日後深入探討道路特性的考量。	4. 同意，請納入報告中修正。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
5. 期中報告第 96 頁駕駛人特性建議將駕駛者實驗前駕車時間納入考慮。	5. 當天試驗之前的行駛或工作時數，可作為評估疲勞程度之用。	5. 請於實驗設計時納入考量。
三、胡教授守任：		
1. 第二章文獻回顧請針對本研究相關議題列表整理。	1. 遵照辦理。	1. 同意。
2. 在表 2-4 中感知反應時間與煞車時間是否有時間落差。	2. 將於期末報告作修改。	2. 同意，請納入報告中修正。
3. 文獻中不同研究有不同的建議，研究單位後續是否會針對這些議題做探討，以提出適合國內駕駛特性的建議。	3. 本研究將針對各研究的建議進行彙整，以供後續實驗參考。	3. 同意。
4. 在 3.2.2 節車流是否有考慮機車。	4. 目前基於車流模式技術及複雜性，暫不將機車列入考慮，可列為日後針對車流特性深入探討研究之途。	4. 92 年計畫中已將機車納入考量，請考量於本年度中納入探討。
5. 第 96 頁中酒精、藥物及疲勞實驗等，若要進行，後續應如何探討。	5. 需申請衛生署核可進行左列具危險性實驗。	5. 請於報告中補充後續如何探討酒精、藥物及疲勞實驗。
6. 請探討分析評估之工具為何，並針對評估系統之分析方法進行彙整。	6. 遵照辦理。以駕駛模擬器為實驗之工具，利用統計方法歸納實驗所得數據，而檢定駕駛績效表現，據以評定相關改善措施，並增加 3.5 節補充說明駕駛績效。	6. 請於報告中補充評估系統之分析方法。
四、張教授新立：		
1. 加強心理及人因方面，駕駛行為其擔當的角色。針對駕駛過程中，有系統的回顧。	1. 遵照辦理。	1. 同意，專家之訪談請加速進行。
2. 針對未來議題，評估國外已進行很多這方面研究，研究單位要注意哪些要進行哪些不需要。	2. 遵照辦理，將補充於期末報告。	2. 同意。
3. 與安全的議題而言太大，請研究單位雙方再確定一下此議題，且實驗項目建議明確化。	3. 遵照辦理。	3. 同意，請依 9/1 工作會議之結論進行後續相關之實驗。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
4. 駕駛模擬器是否有經過驗證。	4. 詳見 92 年度期末報告。	4. 請於報告中摘錄，並持續進行相關之驗證工作。
五、許教授尚華：		
1. 匯整各文獻的建議，以提供本駕駛模擬器作探討。	1. 遵照辦理。	1. 同意，請納入報告中修正。
2. 以駕駛模擬器作實驗與實車實驗是否相同，此差異是否為系統上的問題。	2. 本研究所建立的 IOTDS 為一中階駕駛模擬器，已逐年進行駕駛模擬器系統驗證，並擬定駕駛模擬器感受度問卷，以使 IOTDS 更逼真。	2. 本年度應持續進行相關之驗證工作。
3. 所有交通相關議題要於計畫中全部完成是不可能的，建議研究單位可利用不同模擬情境，以提供不同領域的人參考。	3. 期末報告會補充已完成的駕駛模擬器情境及相關設備的實驗。	3. 同意，請納入報告中修正。
4. 並非所有之次要作業對主要作業皆會有影響。	4. 敬悉。	4. 同意，請於報告中補充探討相關之議題。
八、運安組(書面意見)：		
1. 第 6 頁交通標誌預測公式請補充適用範圍，並舉一範例說明。	1. 遵照辦理。	1. 同意，請納入報告中修正。
2. 第 7 頁表 2-1 IDS 之實車測試系統驗證部分「釋放油門時間」平均值分別為 0.96 與 1.28，惟研究結果並無差異？	2. 訂正於期末報告。	2. 同意，請納入報告中修正。
3. 第 10 頁以角速度、加速度與側向位置三指標來替代方向盤角度驗證之原因為何？是否可完全替代？	3. 方向盤轉動角度是輸入值，所對應之結果為車輛之運動變化(包括位置、速度、加速度等)。方向盤角度驗證可用靜態量測角度或動態影像實車拍攝方式。而方向盤轉動角度所對應的輸出為虛擬實境場景中車輛變化，可由實車運動變化的數據和駕駛模擬器的系統動態分析軟體(LVDS)所計算出的數據做比較，以調整參數做驗證。	3. 同意，請納入報告中說明。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
4. 第 11 頁圖 2-4 本研究定義「感知反應時間」與「煞車時間」和其他相關文獻皆不儘相同，選此作為定義之緣由請說明。	4. 相關說明將補充於期末報告。	4. 同意。
5. 第 16 頁表 2-7 之中年人與老年人之分配為何？	5. 表 2-7 為 30~49 歲中年人 11	5. 同意，請納入報告中修正。
6. 第 55 頁表 2-18 與 pp.57 表 2-19 請補充本所駕駛模擬系統次要量測方式、生理量測項目之評估。	6. 人與 65 歲以上的老年人 8 人之問卷結果。	6. 同意，請納入報告中修正。
7. 其餘第二章文獻回顧之細節文字說明部分，請再與承辦單位（運安組）洽商。	7. 遵照辦理。	7. 同意，請納入報告中修正。
8. 第 89 頁表 3-1 請補充說明各應用之初步結果。	8. 遵照辦理。	8. 同意，請納入報告中修正。
9. 第 92 頁圖 3-1 駕駛模擬系統量測指標除駕駛人特性、車輛物理特性外，是否須探討人機介面（人車之交互作用）。	9. 遵照辦理。	9. 同意，惟請於圖 3-1 中納入考慮。
10. 第 94 頁 3.2.5 節 ATIS 部分係指車內系統還是車外系統。	10. 人機介面主要為人機的互動情形，可由駕駛或實驗績效作為評量，並搭配工作負荷加以評估，因內容多與其他項目所涵蓋，故不單一列出探討。	10. 同意。
11. 第 95 頁 3.4.1 節反應時間請與 pp.11 頁配合，另此定義「發現危險後至腳離開油門的時間」本駕駛模擬系統是否能測量。	11. 車內系統。	11. 同意。
12. 第 96 頁 3.4.1 節精神集中力定義為視覺偏移離開車道 1.2 秒的次數，其依據為何？	12. 是的，事件觸發至腳離開油門皆為本駕駛模擬系統可量測到的實驗結果。	12. 同意。
13. 第 96 頁 3.4.2 節車輛物理特性中，最大減速率如何求得？將如何應用？與加減速率之區隔為何？	13. 此為文獻莊忠益(民國 92 年)所提，可參考『車用電腦中央控制介面之階層式選單對駕駛者績效之影響』。	13. 同意，請納入報告中修正。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
14. 第 97 頁圖 3-3 當 L 相同時，兩圖之壓迫感相不相同？	14. 由模擬系統測得，此一名詞改為實際最大減速率，為駕駛車輛當時或某一時段內所反應最大之減速率。可供研究駕駛人反應危險或標誌指示能力等程度的判斷。該值與加減速率的差別在於，該值僅需在車輛進行時有障礙或速率限制的時段內量測。兩者不同，以跟上前車壓迫感較小。	14. 同意，惟請於報告中說明如何辨別。
15. 第 106 頁 5.1 節駕駛模擬器系統之評估，其目的為何？pp.108 頁表 5-2 駕駛模擬之系統評估項目及評估結果之評估因子部分，請再與承辦單位（運安組）洽商。	15. 本駕駛模擬之系統評估目為列出各評估項目及評估結果供後續 DS 擴充及推廣使用。	15. 同意。
16. 第 121 頁 6.2 節駕駛模擬器應用之實驗規劃部份，有關交控設施之部分係預計想得到什麼成果？	16. 針對標誌進行實驗，以增進瞭解標誌的功能性及適用性，提供標誌設置之參考並提升交通安全。以標誌放大為例，瞭解標誌放大後，駕駛人是否可以提前得到資訊及提早對標誌內容做出合理的反應動作。	16. 請依 9/1 工作會議之結論進行後續相關之實驗。
17. 第 128 頁第七章後續預定研究成果，本案第一年期為規劃駕駛安全與駕駛工作負荷之評估系統，此部分須有明確的評估項目、評估指標、評估程序與實驗項目優先順序等。	17. 遵照辦理，將於期末報告補充說明。	17. 同意。
18. 第 128 頁第七章後續預定研究成果需包含人因專家之訪談，並加速進行。	18. 遵照辦理。 19.	18. 同意，專家之訪談請加速進行。
19. 本年度之實驗內容，是否可考量高速公路 T-bar 影響。	20. 遵照辦理。	19. 請依 9/1 工作會議之結論進行後續相關之實驗。
主席結論： 1. 請將各年期的工作項目、目標、方向定義清楚並規劃完整的資料庫使用方法。	1. 遵照辦理。	1. 同意，請於報告中補充說明。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
2. 專家訪談之名單需包含駕駛模擬、人因工程、交通運輸等背景之專家學者。	2. 遵照辦理。	2. 請依9/1工作會議之結論進行後續相關專家學者之訪談。
3. 請針對行動電視之部分作實驗規劃。	3. 遵照辦理。	3. 請依9/1工作會議之結論進行後續相關之實驗。
4. 與會專家學者意見，請納入報告中並妥為回應處理。	4. 遵照辦理。	4. 同意。
5. 本期中報告審查原則通過，後續請研究單位依合約之規定，積極辦理請款相關事宜。	5. 遵照辦理。	5. 同意。

附錄四：期末報告審查意見回覆

「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)」期末報告審查意見回覆

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
（一）運安組林豐福組長：		
1. 駕駛模擬器已發展多年已有初步成果，目前本計畫為四年期計畫第一年期，主要在建立評估方法。	1. 敬悉。	1.同意。
2. 請研究單位針對系統驗證進行更精緻與細部探討，以提高駕駛模擬之真實度。	2.本(93)年度已規劃完整的系統驗證項目與實驗方法，92及本年度系統驗證已針對虛擬場景感知與辨識進行探討，後續將逐年完成各項系統驗證項目。	2.同意，系統驗證為下一年度之工作重點項目之一，請妥為處理。
3. 第46頁及第47頁圖中各單元之關聯性，請研究單位再檢核。	3.遵照辦理，詳見3.1.1節-第46至47頁。	3.同意。
4. 工作內容與文獻評論請酌以處理，可供後續參與判斷。	4.遵照辦理。	4.同意。
5. 本計畫為四年期，請說明未來四年規劃與工作項目。	5.遵照辦理，詳見1.3節及7.2節。	5.同意。
（二）公路總局		
1. 總局主要著重在公路管理，而駕駛行為亦為基礎管理的立碁。	1. 敬悉。	1.同意。
2. 國內小客車90%為自排，若以駕駛模擬器擬定議題，是否能針對考照項目進行探討，對未來的考照作業會有所幫助。	2.此意見已納入未來應用研究課題，詳見5.5.2節。	2.同意。
3. 考照年齡一直是個被相當關心的問題，年齡相對會影響到駕駛行為。因此建立一套完整國人駕駛行為，對於考照年齡是一立碁及具參考意義。	3. 92年度計畫曾考慮不同年齡影響之進行小型實驗，後續實驗規劃將持續考慮並探討不同年齡層之影響。此意見已納入未來應用研究課題，詳見5.5.2節。	3.同意。
4. 模擬器進行疲勞駕駛之研究，其不失為一良好工具，本局寄予極高的期望。	4. 敬悉。	4.同意。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
（三）林教授佐鼎		
1. 第 15 頁定義人車系統反應的時間軸，研究中定義皆以 t_1 為時間參考點，表示此時間點的重要性。請研究單位說明 t_1 是否為可量測項目。文獻大多以 t_7-t_1 為煞車反應時間，研究單位以 t_8-t_1 用意為何？不同的車型及環境對於感知反應時間皆有影響，因此，建議研究單位說明圖中的各個時間點，何者為可量測，可供後續使用駕駛模擬器參考，實驗者可依照不同的研究設定其定義。	1. 人車反應中的 t_0、t_1、t_4、t_5、t_6、t_7、t_8 皆為實驗過程中可量測的時間點；t_8-t_1 為不發生碰撞所需時間；相關說明詳見 2.2.2 節。	1.同意。
2. 第 16 頁表 2.2 可納入文獻 24、文獻 7 及表 2.4 綜合整理。	2. 遵照辦理。	2.同意。
3. 第 37 頁表 2.8 結論部分請研究單位參酌修改。	3. 遵照辦理，詳見 2.5.1 節。	3.同意。
4. 報告中首次出現英文縮寫，建議註明全名，如第 45 頁。	4. 遵照辦理。	4.同意。
5. 第 61 頁表 4.1 請詳細說明嚴重度與次數定義。註 2 提到 AIS 為良好研究方法，請註明來源以供參考。	5. 遵照辦理，詳見 4.2.1 節。	5.同意。
6. 第 76 頁圖 4-10 請說明符號意義及第 77 頁方程式符號。	6. 遵照辦理，請參照 4.4.2 節。	6.同意。
7. 第 81 頁問卷調查內容，未來建議設計國內適用的問卷內容，如符合國內交通狀況。	7. 建議未來研究參考 NHTSA 危險駕駛問卷，以擬定適合國內交通狀況之問卷內容。此意見已納入未來應用研究課題，詳見 5.5.2 節。	7.同意。
8. 第六章應用研究請說明樣本數及樣本特性。6.1 節請補充說明實驗基本資料，如碰撞事故、變換車道次數。6.2 節註明 LCD 位	8. 遵照辦理。	8.同意。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
置 A，以方便閱讀。		
9. 第 131 頁 ANOVA 分析中資料分佈型態請加以說明及檢核。	9. 遵照辦理。	9.同意。
10. 第 132 頁為何在表 6.4 和表 6.5 中的 P 值有所差異呢?是否因表 6.4 是針對單一筆資料進行 ANOVA 分析，而表 6.5 是針對全部資料進行 ANOVA 分析，關於這一點是否可以解說一下。	10.表 6.4 之 ANOVA 分析，探討全部資料的各變數及交互影響因子之影響，表 6.5 是表 6.4ANOVA 模式相關變數及類別之參數推估結果，利用此參數即可瞭解各變數項目對於感知反應時間之影響。	10.同意。
11. 第 133 頁結果說明請再修正，使更具說服力。	11. 遵照辦理，詳見 6.2 節。	11.同意。
12. 第 134 頁請標示縱軸。	12. 遵照辦理。	12.同意。
13. 第 136 頁補充說明四項研究結果有無特殊考量。	13. 補充說明詳見 6.3 節。	13.同意。
14. 未來應用可加以考量①配合政策的探討，如行人路權、機車上快速道路。②事故分析可參考鑑定機構之案例，針對易造成駕駛誤解的行為作探討。	14.建議未來研究可加以考量配合政策，擬定相關探討議題，此意見已納入未來應用研究課題，詳見 5.5.2 節。	14.同意。
15. 建議針對國內之交通環境與駕駛特性建立適合國內之評估準則與門檻值。	15.敬悉，此意見已納入未來應用研究課題，詳見 5.5.2 節。	15.同意。
16. 配合相關之專家學者在人因工程部分，進行更深入之探討。	16. 敬悉。本研究團隊在 94 年度將加入人因專長專家，後續專家訪談也將著重在人因專家學者方面。	16.同意。
（四）王教授明揚：		
1. 研究單位為何以 85 %為門檻值，此部份牽扯到參數訂定及安全程度，其影響全國交通設施及國人方便性，請研究單位再作說明。	1.歐盟、美國 FHWA、SAE J2400 及交通工程建議評估準則皆為 85 %，因此本研究建議以 85 %為安全評估之門檻值，此數值仍須由各領域專家學者共同討論，以建立適合國內之評估準則。	1.同意，未來將如何推動，請補充於報告中。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
2. 本計畫人因部分涵蓋較廣，建議運研所能夠有相關人因專家多加參與，對駕駛行為資料有所助益。對於建立駕駛行為資料庫對於本土國人是非常有價值的，可掌握住基本駕駛行為數據，後續可供參考或推估。 3. 參考先進國家研究，若考慮交通安全，85 %對於國人行為特性、守法程度有所差異，因此 85 %是否需考慮國情與特性？	2. 敬悉，此意見已納入未來應用研究課題，詳見 5.5.2 節。 3. 85 %之此門檻值可由各領域專家學者共同討論，以建立適合國內之評估準則，此意見已納入 5.5.2 節。	2.同意。 3..同意，未來將如何推動，請補充於報告中。
（五）許教授尚華： 1. 研究團隊針對相關文獻之探討花了許多功夫，探討之議題相當廣泛，建議針對每一個議題的探討作結論與建議，以增加本報告之易讀性。	1. 遵照辦理。	1.同意。
2. 本研究提出許多行為績效之量測方法，建議探討量測方法之間的相關性與活用性。	2. 本研究目前已初步列出 7 種駕駛績效及其所需量測項目，但量測項目之間的關係，尚待進一步探討。	2.請納入明年度計畫中補充相關性之探討。
3. 未來之應用自變項應朝量化之目標操作，確認影響安全之設計因素，以利相關交通法規之訂定。	3. 敬悉，此意見已納入未來應用研究課題，詳見 5.5.2 節。	3.同意。
（六）運安組(書面意見)： 1. pp.74 之視覺分心時間與次數、工作完成的時間是否已有相關之標準與數值可提供參考。 2. pp.75 中 TTA 與 TTC 是否有誤。 3. pp.97 表 5.6 本所目前之場景設計中，近郊道路與郊區道路之分野為何？車流況中應增加 A 級之服務水準，車種組成已包含有大客車，請補充。	1. 國外研究成果詳見 3.2.1 節。 2. 相關修改詳見 4.4.2 節。 3. 相關修改詳見 5.2.1 節。	1.同意。 2.同意。 3.同意。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
4. 表5.6與表5.7未來場景與情境擴充的想法為何？	4. 場景與情境擴充可參考5.5.2節未來應用研究課題。	4.同意。
5. pp.107 表 5.10 本所系統評估表中，請補充有無擴充性之必要一欄做說明。	5. 遵照辦理。	5.同意。
6. pp.114 第 5.4.2 節駕駛模擬系統之驗證部分，是否可探討或參考國外例如美國俄州 IDS 的做法，此外真實感受度的部分規劃何時進行。Pp.116 實車驗證與 DS 驗證之數據略有出入，是否可說明緣由、改善微調過程與未來改善方式等。	6. (1)系統驗證本年度已完整規劃並進行測試，94 年度將完成駕駛操控全系列驗證項目，以提高駕駛模擬器擬真度。(2)真實感受度問卷已規劃完成，94 年度將實際進行。(3)詳見 5.4.2 節。	6.同意，系統驗證列為下一年度之工作重點項目。
7. pp.126 第六章駕駛模擬器實驗平台之應用說明參考勾選第五章相關表格，是否可以範例方式做說明，說明如何勾選。	7. 遵照辦理。	7.同意。
8. 請於報告中說明本年度擴充哪些項目，以利參考。(生理監測部分)	8. 補充說明於 5.1.2 節。	8.同意。
9. 第 6.1 節請補充實驗之結果供參。	9. 遵照辦理。	9.同意。
10. 第 6.2 節請補充 LCD 與 HUD 佈設位置供參，並補充類似表 6.1 之表格以求完善。另表 6.2 本案實驗有運用相關之生理與視覺設備，請補充此部分之數據分析。另 pp.133 請說明警示系統的設定為何，例如是距前車??秒產生作用。	10. 遵照辦理。	10.警示系統的設定為何，請補充於報告中。
11. 本案實驗是否有做主觀評量問卷，其除以 pp.93 之範例為基礎外，另作何修正。	11. 主觀評量問卷內容視各實驗需求與目的而定。第 94 頁為一範例，相關問卷衡量項目及問卷設計詳如 5.1.3.4 節所示。	11.同意。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
12. 第 6.3 節相關之實驗場景請增加，另 pp137 表 6.11 與 6.12 應與標誌之尺寸大小無關，請補充探討 A3 與 A4 和 A5 與 A6 二組實驗分析。	12. 遵照辦理。	12.同意。
13. 本案做了相當多的努力，請於第七章結論建議部分做說明，並增加第六章的討論的結果與明年度相關工作之做法。	13. 遵照辦理。	13.同意。
14. 至於其餘文字修正部份，請與本所運安組聯繫修正。	14. 遵照辦理。	14.同意、
七、主席結論		
1. 相關訪談、審查對象或研究團隊可考量加入人因學者專家，以利後續計畫推動。	1. 遵照辦理。	1.同意。
2. 有關期末報告中相關英文縮寫與名詞請補充全文與中文，相關變數之統計量也請於報告中加以說明。	2. 遵照辦理。	2.同意。
3. 第一章研究背景與目的請補充說明各年期之工作項目與內容，以提供讀者瞭解四年期之發展方向。	3. 遵照辦理。	3.同意。
4. 各項文獻回顧請補充探討相關成果是否適合於國內應用，並加入小結彙整說明。	4. 遵照辦理。	4.同意。
5. 人車系統反應時間軸請補充說明系統中量測的定義與方式。	5. 遵照辦理。	5.同意。
6. 駕駛績效與對應量測項目、問卷項目等，請加以考量國人交通特性，並探討是否需進一步修訂。	6. 遵照辦理。	6.同意。
7. 有關建議訂定 85 %為門檻值，請說明考量因素及依據。	7. 遵照辦理。	7.列為明年度工作項目之一。
8. 駕駛模擬器之系統驗證與實車驗證有所出入部分，請說明調整過程、方法與結果。	8. 遵照辦理。	8.列為明年度工作項目之一。

學者專家意見	合作單位答覆意見	本所審查意見
9. 本案結論建議部分請補充本年度之各項研究成果與後續年期相關之建議工作項目。	9. 遵照辦理。	9.同意。
10. 本期末報告審查原則通過，請中央大學將各學者專家與單位之審查意見納入期末報告之修訂與補充，並於 12 月 24 日前提出期末報告修正定稿。	10. 遵照辦理。	10.同意。

附錄五：簡報資料

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

國立中央大學車輛行車事故鑑定研究中心

1

簡報大綱

- 緒論
- 文獻回顧
- 駕駛分心與工作負荷評估
- 駕駛績效與安全評估
- 駕駛模擬器實驗平台規劃
- 駕駛模擬器實驗平台之應用
- 結論與未來建議

2

一、緒論(1/3)

- 研究背景
  - 駕駛模擬器可降低成本、增加實驗項目、保證實驗的重現性，更可利用虛擬實境模擬各種危險情境以補實車試驗之不足。
  - 駕駛模擬器能從傳統道路交通工程安全角度探討人、車、路和環境間相互關係，且能協助發展智慧型運輸系統(ITS)相關技術，包括產品之設計、製造到實際的道路使用等過程。
  - 智慧型運輸系統之使用會影響駕駛工作負荷及駕駛安全。

3

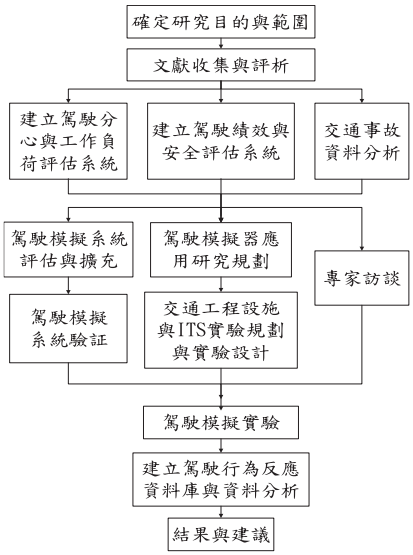
一、緒論(2/3)

- 研究目的
  - 應用駕駛模擬器開發智慧型運輸系統實驗平臺。
  - 針對國內人因特性建立駕駛安全及駕駛工作負荷評估系統，並持續擴充運研所相關軟硬體設備，以增加駕駛安全與工作負荷的量測與評量分析能力。
  - 進行駕駛模擬器之實務課題研究，包括變換車道可接受間距、防撞系統與交通工程設施等。

4

一、緒論(3/3)

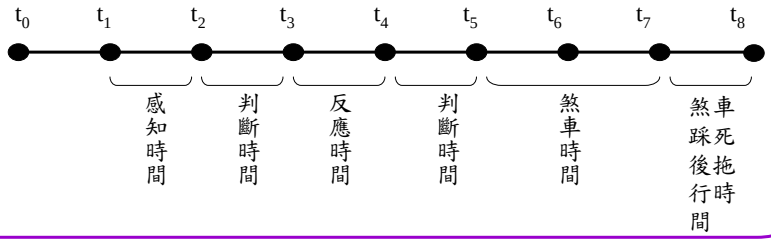
- 研究流程



5

二、文獻回顧(1/5)

- 駕駛模擬器系統驗證
  - 座艙與平台資料項目：油門、煞車、方向盤、Roll和Yaw角速度、側向加速度、縱向加速度、橫向加速度等。
  - 駕駛模擬器系統驗證之項目：文字視覺校正、側向位置、縱向位置、側向位置、車速、煞車反應時間、釋放油門時間、初始轉向時間、變換車道、引擎速度等。
- 駕駛過程之人車路系統反應



6

二、文獻回顧(2/5)

- 駕駛工作負荷分析
  - 主要作業量測項目
    - 與人有關：感知與反應時間、煞車反應時間、加減速區的時間、變換車道時間、事故次數、旅行距離、煞車次數、超過反應、遺漏反應、車頭距(Headway)、鄰近車道前車車頭間距(Lead)、鄰近車道後車車頭間距(Lag) 、失誤次數等。
    - 與車有關：縱向速率、車速變化量、方向盤轉動變化量、速度變化標準差等。
    - 與路有關：平均位置、車道偏差、平均偏移、最大偏移量和偏移量標準差、RMS、壓標線時間、變換車道之橫向位移量和縱向位移量等。

7

二、文獻回顧(2/5)

- 次要作業方法

  非數學問題、數字問題、使用行動電話、操作CD或廣播、打開窗戶、使用雨刷、查看油表、與旁人交談、視覺反應偵測、PDT等。

- 生理量測

  離開駕駛視線次數、總瞥視時間、總視覺時間、看後視鏡頻率、平均心率率增量、R-R波間距、心率變異量、眨眼率、呼吸頻率、體表血流量、表皮皮膚傳導回應、表皮皮膚傳導水準、肌肉電阻、體溫等。

- 主觀評量

  疲勞、工作困難度、緊張、身體不適、心智需求、體力需求、時間需求、績效、努力、挫折程度、心智努力負荷、駕駛者需求、時間壓力、不可靠的感覺、行為、整體難度等。

8

二、文獻回顧(4/5)

- 駕駛績效和安全評估指標
  - 駕駛績效評估指標
    - Cooper等人重視的評估指標為轉向車與直行車之車間距的大小及最小碰撞時間。
    - FHWA提出的駕駛績效評估指標為縱向車頭距、速度、路口判斷與決策、操控時間、橫向車間距、車禍迴避的能力、車輛在車道的位置。
  - 安全評估指標
    - 可參考國際組織標準與規範，如SAE J2399、SAE J2400、SAE J2396、SAE J2365、ISO 15007。
    - FHWA提出安全評估指標為碰撞時間(TTC)與迴避時間(TTA)。
- ITS相關課題
  - 先進車輛控制與安全服務(AVCSS)
    - 資訊顯示方式

      1.視覺：LCD和HUD。

      2.聽覺：語音和聲響。

9

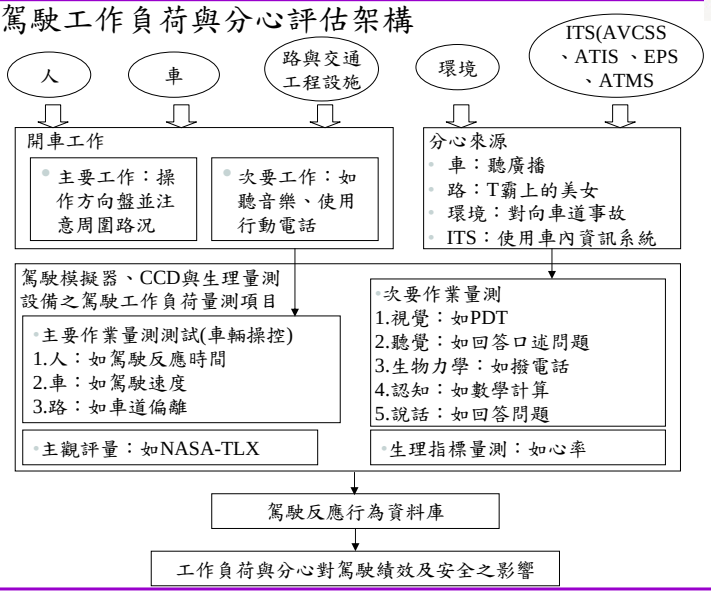
二、文獻回顧(5/5)

- 先進旅行者資訊系統(ATIS)
  - 資訊呈現方式：傳統紙製資訊、文字圖像、語音、文字圖像混合語音。
  - 文字圖像資訊內容：路線多寡、資訊複雜程度、地圖比例尺大小、字體大小。
  - 語音資訊內容：資訊複雜程度、通訊時間長短。
  - 車機位置：LCD(上、下、中)和HUD(左、右)。
- 電子付費系統
  - Tagaki：警示信號柱應距離車輛會合點(merging point，於收費站前方)約170~200m並考慮駕駛者損失時間，聲音的資訊應該提供3~5秒，以避免急遽變換車道或煞車所造成的不良影響。
- 交控設施
  - Noyce ：採用閃箭頭黃燈的左轉指示的確可減少駕駛者左轉的疑慮。
  - Dissanayake ：停車再開標誌(Stop Sign)尺寸愈大的標誌所需的反應距離較短。

10

三、駕駛分心與工作負荷評估 (1/5)

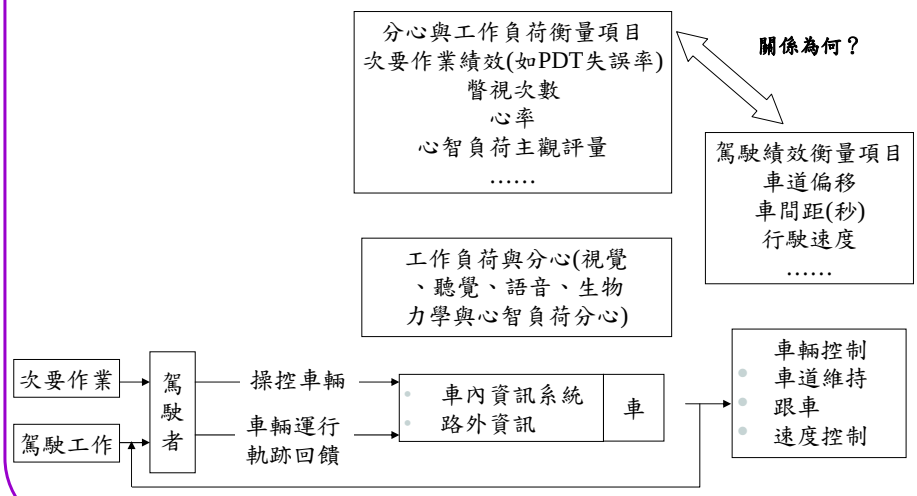
- 駕駛工作負荷與分心評估架構



11

三、駕駛分心與工作負荷評估 (2/5)

- 駕駛工作負荷和分心對駕駛績效影響評估



12

三、駕駛分心與工作負荷評估 (3/5)

- 視覺負荷評量
  - 靜態中視覺評量方法與評量標準

方法名稱	計算公式	判斷準則
靜態方法	$\left(\sum_{j=1\sim10}\left(\sum_{i=1\sim3}\left(\log TTT_{ij}\right)\right)\right)/n$	log 15
中斷視覺方法		log 20

  - 車輛行駛中視覺評量標準

    1.一次的瞥視時間：不能超過2秒。

    2.總視覺偏移次數：不能超過10次。

13

三、駕駛分心與工作負荷評估 (4/5)

- 視覺聽覺手動之系統設計原則
  - 瞥視視覺(如看LCD)：水平向右40度內及側向向下30度內之角度。
  - 正視視覺(如看HUD)：10度圓錐體範圍內。人因專家提出，國內身材與外國人不同，尤其女生身高較矮時，此一位置仍需考慮駕駛者視線是否有被遮到。
  - 警示資訊不能單獨以視覺方式呈現

    1. 聽覺：75分貝以內。人因專家提出，在一般正常環境音量情況下，警示聲音需高出15分貝方有提示作用。

    2. 手動操控：需至少有一隻手操控方向盤。

14

三、駕駛分心與工作負荷評估 (5/5)

- 人機介面系統設計原則
  - 在駕駛過程中與駕駛無關但會讓駕駛者分心的視覺資訊或設備(如電視)應該停止。
  - 若系統功能不能讓駕駛者開車時使用，當開車時需停止提供此功能，故系統應清楚區分開車時能使用或不能使用。
- 車內資訊優先權考慮因素
  - 以安全相關性(safety relevance)、駕駛操控相關性(operational relevance)與時間緊急性(timing frame)建立資訊優先順序指標 。

15

四、駕駛績效與安全評估(1/11)

- 駕駛績效與安全評估流程
  - 人車系統反應與駕駛績效和安全評估關聯圖
  - IOT駕駛模擬器之駕駛績效與安全評估流程圖
- 駕駛績效評估
  - 駕駛績效評估方法之建立過程

16

四、駕駛績效與安全評估(4/11)

- 駕駛績效資料庫建立
  - 基本場景建立

道路等級	道路幾何線形	天候	車流狀況
1.高速公路 2.郊區道路 3.近郊道路 4.市區道路	1.直路 2.坡道 3.轉彎 4.路口	1.晴天 2.雨天 3.陰天 4.霧天	1.C-D流量 2.E-F流量
中央分隔方式		光線	車種組成
1.分隔島 2.標線		1.白天 2.晨昏 3.夜間	1.機車比例 2.大貨車比例
單向車道數			
1. 一車道 2. 二車道 3. 三車道			

17

四、駕駛績效與安全評估(5/11)

- 量測項目與駕駛績效關係矩陣

駕駛績效	縱向車頭距	速度	路口判斷與決策	操控時間	橫向車間距	車禍迴避的能力	車輛在車道的位置
量測到的物理量	煞車時間、煞車距離、跟車間距(s)、跟車距離(m)	速率、加速度、角速度	煞車時間、離開駕駛視線次數、離開駕駛視線時間、完成工作所需時間、完成工作的總距離、方向盤角度、方向盤速率、方向盤迴轉率、平均心率、心率增量、RR波間距、心率變異量、眨眼率、呼吸頻率、PDT正確率、PDT反應時間、視覺需求、通訊需求、壓力、心智需求、體力需求、時間需求、自我績效、努力、挫折程度	煞車時間、跟車間距(s)、感應知與反應時間、完成工作所需時間、完成工作的總距離、變換車道時間	與鄰近車道前車的距離、與鄰近車道後車的距離、離開駕駛視線時間、完成工作所需時間、完成工作的總距離、開駕駛視線時間	事故次數、碰撞次數、錯誤反應次數、煞車次數、方向盤速率、方向盤迴轉率	位置(橫向與縱向)、車道位置偏差、車道變換位移量、壓線時間

18

四、駕駛績效與安全評估(6/11)

- 駕駛績效與安全評估資料庫範例-通用類

研究主題	高速公路變換車道可接受間距
駕駛車操控行為	變換車道
事件車或他車操控行為	變換車道
道路型態	雙向六車道高速公路
其他車種	小客車
道路流量	C級服務水準
模擬器量測-人的行為	事故次數、煞車次數、煞車時間、煞車距離、跟車間距(s)、跟車距離(m)、與鄰近車道前車的距離、與鄰近車道後車的距離
模擬器量測-車	速率、加速度、角速度、方向盤角度、方向盤速率、方向盤迴轉率
模擬器量測-路	位置(橫向與縱向)、車道位置偏差、變換車道時間
次要作業	無
生理量測	眨眼率與平均心率
視覺量測	離開駕駛視線次數、離開駕駛視線時間
問卷量測	無
主要分析之量測項目	速率、變換車道可接受之時間間距
統計分析結果	平均數、中位數、標準差、四分位值
主要可評估之駕駛績效	速度、橫向車間距
85th績效評估值	85th速率、85th可接受之時間間距
Safety Index	速率、可接受之時間間距

19

四、駕駛績效與安全評估(7/11)

- 駕駛績效與安全評估資料庫範例-特殊類

研究主題	路口防撞警示系統對駕駛工作負荷與駕駛績效影響分析
駕駛車操控行為	通過路口
事件車或他車操控行為	闖紅燈
道路型態	雙向四車道市區道路
其他車種	小客車
道路流量	A級服務水準
模擬器量測-人的行為	感知與反應時間、事故次數
模擬器量測-車	速率
模擬器量測-路	位置(橫向與縱向)
次要作業	數學問題(以LCD、HUD和語音顯示問題)
生理量測	平均心率、心率增量、心率變異量
視覺量測	離開駕駛視線時間
量測項目定義	受測者於路口之駕駛反應與行為： 1. 感知反應時間：從違規車輛衝出時至駕駛者腳離開油門踏板時間。 2. 是否發生事故。 3. 問題答對率：全部數學問題答對率。 4. 路口前的數學題型程度：簡易(1)、複雜(2)、複誦(3)。 5. 路口前的數學題型顯示方式：語音(1)、LCD(2)、HUD(3)。

20

四、駕駛績效與安全評估(8/11)

- 駕駛安全評估
  - 國際組織的標準與規範

1.適應性巡航控制系統(SAE J2399)

- ACC系統中，車輛速度低於32km/h ± 10%，ACC則無法運作，而可讓駕駛者設定的最低速度為40km/h± 10%。
- 穩定(Steady-State)跟車狀態下，τ min要在1.0秒以上，而ACC系統在讓操作者設定τ時需在1.5秒以上。

2.前防撞系統(SAE J2400)

- 跟車時間間距τ以1.18秒作警示標準，1.5秒則太早警示。

3.煞車減速、油門加速(SAE J2400)

- 剎車減速規定方面，剎車減速不超過-0.39g時，駕駛者不感覺不舒服。

21

四、駕駛績效與安全評估(9/11)

4.視覺分心時間與次數(SAE J2396與ISO 15007)

- 視線注視的位置分成：A：道路前方、B：車內後視鏡、C：TICS(Transport Information and Control Systems)的顯示裝置、D：儀表板、E：駕駛左側視鏡、F：駕駛左側窗戶、G：行人側視鏡、H：行人右側窗戶等8個目標區域。
- 用CCD或攝影機將駕駛過程中的視線(含頭部與眼珠)記錄下來再分析每一個目標區域停留的時間(dwell time)及變換目標時的過渡時間(transition time) 。

5.工作完成的時間(SAE J2365)

- 用「工作完成的時間」來評估車內設施容易使用的程度。

22

四、駕駛績效與安全評估(10/11)

- 文獻具體的評估項目

1.碰撞時間(TTC)與迴避時間(TTA)

- TTA> TTC表示二車會相撞不安全，TTC> TTA表示安全，二者差異(TTC－TTA)可用來評估駕駛績效的參考項目之一。

2.交叉路口前的駕駛狀態

- 在距路口115m處的車速。
- 距路口前115m到0m的減速狀態。
- 距路口前290m到115m的減速狀態。

3.駕駛人認知與反應時間

- 穩定(Steady-State)跟車有緊急狀況時
  0.75秒(認知時間)＋(1~1.5秒)
- 突然竄出物(停止物件，在視野與可辨認範圍內)
  0.75秒(認知時間)＋0.3秒(機械反應延遲)＋t (煞車到停止時間)

23

四、駕駛績效與安全評估(11/11)

- 駕駛模擬器安全評估方法

自行建立駕駛安全評估參考值的方式，以第85百分位受測者的資料作為參考門檻。

24

五、駕駛模擬器實驗平台規劃 (1/7)

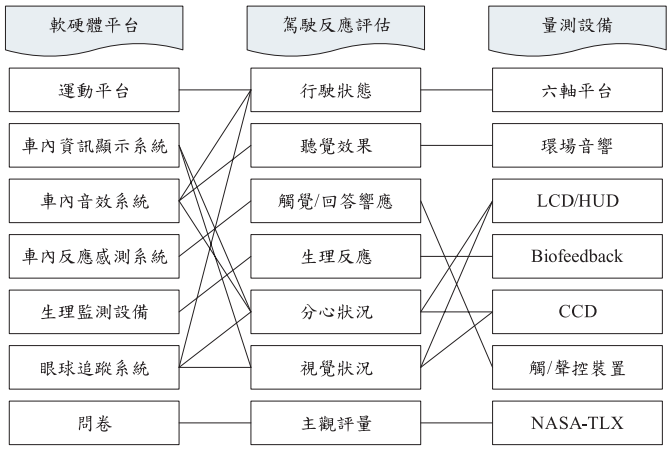
- 駕駛模擬系統之硬體平台
  - 改善項目內容

系統	項目	93	未來改善
座艙	座位	單人座	雙人座
	車頭、擋風玻璃及車頂	未加入	加入
	儀錶板	軟體方式模擬車內儀錶板之動作	訊號加以連接，包括里程計、轉速計場景產生互動，改善駕駛者觀看場景內儀錶板的不真實感。
	方向盤	牽引線易毀損	配合減速機構
	後視鏡	軟體模擬	實車車頭
視覺系統	螢幕數量	四螢幕	八螢幕
	垂直視角	36.87º	約35 º
	水平視角	135 º	360 º
運動平台	承載重	1000kg	2500-3000kg
電腦系統	配備	Intel Pentium IV CPU 2.5 GHz Elsa GeForce4 Ti4200 AGP8x DDR 512 MB 100 MB/s 網路卡	-

25

五、駕駛模擬器實驗平台規劃 (2/7)

- 駕駛反應之軟硬體平台
  及量測設備



26

五、駕駛模擬器實驗平台規劃 (3/7)

- 駕駛模擬系統之軟體平台
  - IOT駕駛模擬器的情境場景清單
    - 道路等級：高速公路、近郊道路、郊區道路、市區道路
    - 道路型態：雙向2車道、雙向無分隔島4車道、雙向有分隔島4車道、雙向有分隔島6車道
    - 道路幾何線形：交叉路口、直線路段、彎道路段
    - 天候：晴天、大雨、濃霧
    - 光線：白天、晨昏、夜間(有路燈)
    - 車流狀況：中流量(C-D)、高流量(E-F)
    - 事件車輛：大貨車、小客車、機車
    - 交通設施：標線(標線、反光標記)、號誌(路口、閃光號誌路口車輛號誌)、標誌(停止、標誌速限標誌)
    - 駕駛行為及事件：跟車行為、闖紅燈、車輛衝出、機車爭道、前車載物掉落、前方兩車碰撞、蛇行、道路縮減

27

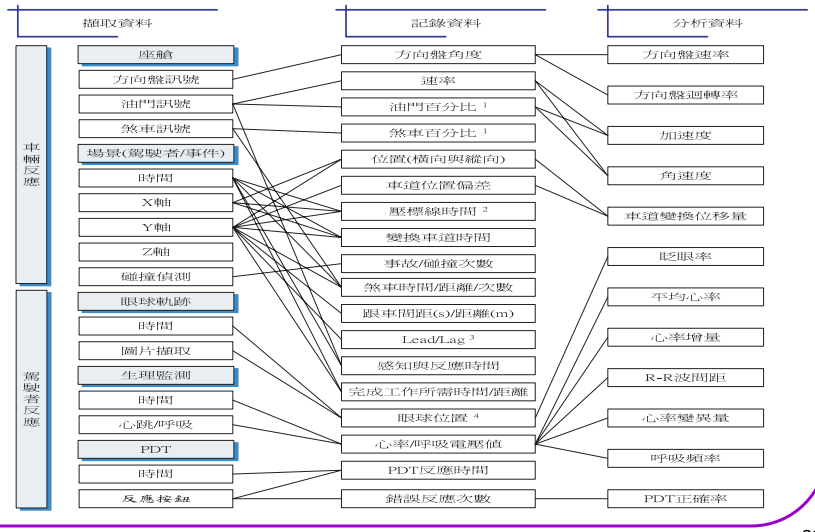
五、駕駛模擬器實驗平台規劃 (4/7)

- IOT駕駛模擬器系統可量測項目
  - 人：感知與反應時間、煞車時間、跟車間距(s)、跟車距離(m)、與鄰近車道前車的距離、與鄰近車道後車的距離、碰撞次數
  - 車：速率、加速度、角速度、方向盤角度、方向盤、速率、方向盤迴轉率
  - 路：位置(橫向與縱向)、車道位置偏差、車道變換位移量、壓線時間、變換車道時間
  - 生理量測：平均心率、心率增量、眨眼率、呼吸頻率、離開駕駛視線次數、離開駕駛視線時間
  - 主觀量測：心智需求、體力需求、時間需求、自我績效、努力、挫折程度、視覺需求、通訊需求、壓力
  - 分心：PDT正確率、PDT反應時間

28

五、駕駛模擬器實驗平台規劃 (5/7)

- 資料擷取及分析平台



29

五、駕駛模擬器實驗平台規劃 (6/7)

- 駕駛模擬器系統之評估與驗證
  - 駕駛模擬器系統之評估

    座艙環境、視覺場景、後視鏡、操控行為、空間發展、車輛間距管理、速度管理、緊急情況管理及訓練工具等。
  - 駕駛模擬系統之驗證
    - 93年驗證部分

      1.油門與煞車踏板踏力與踩踏深度(靜態測試)。

      2.方向盤啟動力(靜態測試)。
    - 未來規劃進行項目

      1.暈眩(Simulator Sickness)。

      2.轉彎與變換車道軟體模擬。

      3.轉彎與變換車道(實車測試)。

30

五、駕駛模擬器實驗平台規劃 (7/7)

- 駕駛模擬器應用研究課題
  - 防撞警示系統：側向防撞警示系統安全操作參數之研究、前向防撞警示系統介面設計對駕駛工作負荷與駕駛績效之影響
  - 適應性巡航控制系統(ACC)：智慧型速度調適系統對駕駛安全之影響、適應性巡航控制系統對駕駛行為之影響
  - 車內資訊與通訊系統：使用行動電話對於煞車反應時間之影響、先進車內資訊系統對駕駛工作負荷與駕駛績效影響之研究
  - 電子收費系統(EPS)：車內電子收費系統資訊系統對駕駛績效之影響、車外資訊提供位置對於駕駛績效之影響
  - 人機介面：車內顯示系統或車外顯示系統對駕駛者工作負荷之影響
  - 交通工程設施：標誌的顏色對行車績效之影響、速限對駕駛行為與駕駛安全之影響
  - 酒醉、疲勞和藥物：酒醉駕車對駕駛安全之影響、服用迷幻藥對於駕駛安全之影響
  - 台灣特有安全問題：機車駕駛經驗與騎機車行為對小汽車駕駛行為之影響、汽機車混流對交通安全之影響

31

六、駕駛模擬器實驗平台之應用(1/6)

- 變換車道可接受間距評估

研究主題	高速公路變換車道可接受間距
駕駛車操控行為	變換車道
事件車或他車操控行為	變換車道
道路型態	雙向四車道高速公路
其他車種	小客車
道路流量	A級和C級服務水準
模擬器量測-人的行為	事故次數、跟車時間距離(s)、跟車空間距離(m)、與鄰近車道前車的距離、與鄰近車道後車的距離
模擬器量測-車	速率
模擬器量測-路	位置(橫向與縱向)、變換車道時間
生理量測	無
視覺量測	無
主要評估項目	速率、變換車道可接受之時間間距
績效評估值(85th)	C級服務水準下： 85^{th}速率= 108km/hr 85^{th}變換車道可接受之時間間距=3秒

32

六、駕駛模擬器實驗平台之應用(2/6)

- 路口違規防撞警示系統研究
  - 實驗場景內容

駕駛車行為	事件車及他車行為	其他車種	道路幾何	道路型態	天候
通過交叉路口	闖紅燈	小客車、小貨車	直路	市區道路	晴天
		車流量：		分隔方式：	光線：
		A級服務水準		雙向禁止超車線(無附標記)	白天
				單向車道數：	
				單向2車道	

33

六、駕駛模擬器實驗平台之應用(3/6)

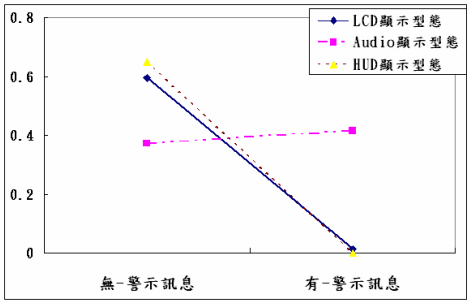
- 路口違規防撞警示系統之研究結果
  - 駕駛之感知反應時間ANOVA模式參數表

變數名稱		係數	P值
常數		0.289	0.3514
問題顯示型態	LCD顯示	0.028	0.9032
	語音顯示	0.409	0.1336
	HUD顯示(比較基準)	-	-
語音碰撞警示	無	0.612	0.0129
	有(比較基準)	-	-
性別	男	-0.149	0.1345
	女(比較基準)	-	-
問答開始時距最近路口的距離	近距離(4秒)	0.579	0.0048
	遠距離(20秒) (比較基準)	0	.
事故發生	無	-0.778	0.0001
	有(比較基準)	-	-
問題之數學型態	簡單	-0.633	0.0125
	困難	-0.044	0.7568
	複誦(比較基準)	-	-
語音碰撞警示＊問題顯示型態	無警示＊LCD顯示	0.007	0.9782
	無警示＊語音顯示	-0.647	0.0362
	無警示＊HUD顯示	-	-
	有警示＊LCD顯示	-	-
	有警示＊語音顯示	-	-
	有警示＊HUD顯示	-	-
R^2 = 0.385			

34

六、駕駛模擬器實驗平台之應用(4/6)

- 問題顯示型態與警示訊息交互影響關係圖



- LCD顯示器擺放位置對駕駛視線偏移比較

	LCD擺放於上方位置	LCD擺放於下方位置
簡單數學問題	1.73	未注意有問題出現
中等複雜數學問題	1	1.7
數字複誦	0.96	1.6

35

六、駕駛模擬器實驗平台之應用(5/6)

- 速限標誌尺寸對駕駛行為之影響
  - 實驗場景內容

名稱	駕駛車行為	事件車及他車行為	其他車種	道路幾何	道路型態	天候
項目	緩慢的煞車左轉	臨車道車輛突然加速或煞車	小客車	直路 交叉路口	快速道路 單向車道數：單向雙車道	晴天 光線：白天

36

六、駕駛模擬器實驗平台之應用(6/6)

- 速限標誌尺寸對駕駛行為之影響研究成果
  - 標誌放大使駕駛人有較長的辨識距離，促使減速動作提早進行，有助於維持合理行車速率與平緩減速
  - 標誌放大時因駕駛人能夠提前得到資訊，故較不受系統車加減速影響
  - 周遭車輛行為（違規超速）對駕駛人確有影響；不當操作（緊急煞車）亦造成顯著落差
  - 標誌放大後，速率變動較為平緩，不易受系統車輛加減速干擾
  - 不論標誌大小，駕駛人皆能達成降低速度之動作
  - 實例分析之結果可知，放大標誌後與一般速限標誌相較之下增加約20～30m之反應距離，即1～2秒之反應時間，有助於事故預防

37

七、結論與未來建議(1/2)

- 結論
  - 完成駕駛模擬器開發ITS系統實驗平台規劃，包括：駕駛模擬系統之硬體平台、駕駛模擬場景資料庫規劃、駕駛分心與工作負荷評估平台、駕駛績效與安全評估之資料庫規劃與駕駛模擬器應用規劃等。
  - 提出駕駛績效與安全評估的初步方法與流程，但仍待更多學者專家，就其內容作充分討論，以期建構一標準流程，作為蒐集國人駕駛行為資料庫的依據。
  - 完成三個應用駕駛模擬器的範例，包括變換車道可接受間距評估、路口違規防撞警示系統及速限標誌尺寸對駕駛行為之影響。
  - 完成駕駛模擬器系統評估與驗證之規劃，本年度並針對方向盤與油門、煞車踏板等進行力回饋實驗，以期更真實模擬操作時的感覺。

38

七、結論與未來建議(2/2)

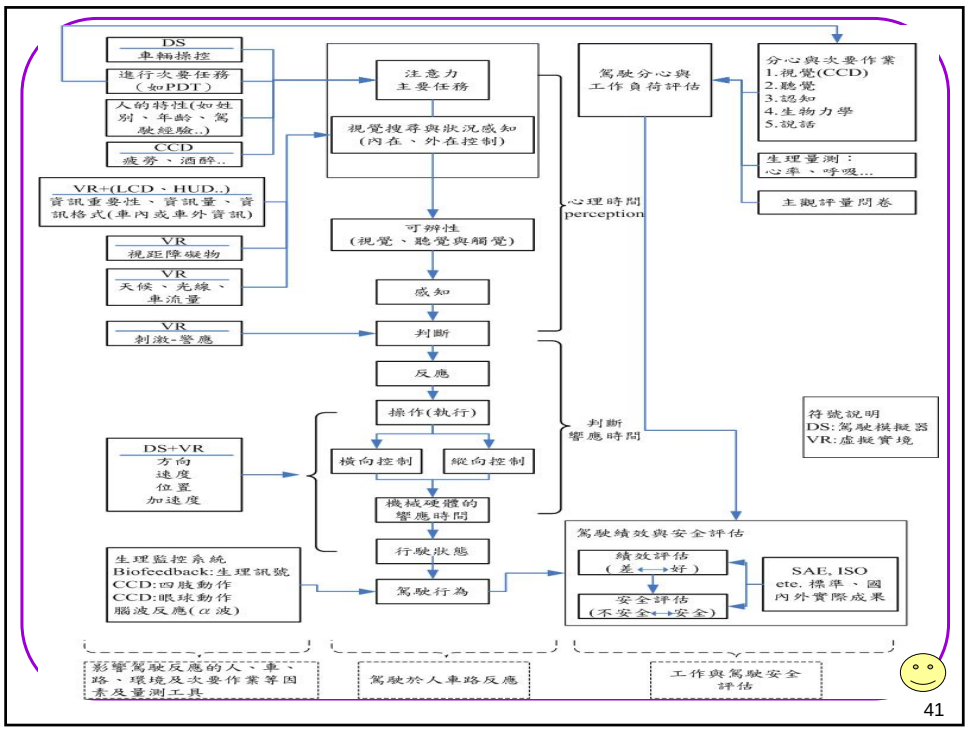
- 未來建議
  - 目前駕駛模擬實驗平台已可進行許多基本實驗，未來應訂定鼓勵與支援措施，讓國內學者與研究機構方便使用，以增加IOT駕駛模擬器效益。
  - 依本年度對駕駛績效評估方法所建構的流程，針對國內事故資料庫作更深入分析，以探討操作行為、事故類型與績效量測項目的關係。
  - 在應用範例內容的創意與企劃需更加深入探討，特別是在人因工程的考量與建立駕駛績效資料庫二方面。
  - 未來仍應持續進行駕駛模擬系統驗證，搭配實車與軟體模擬動態反應的驗證，以增加駕駛模擬器真實度。
  - 依駕駛模擬器系統之評估內容，未來雙人座搭配車頭與環場駕駛模擬應是考慮方向。

39

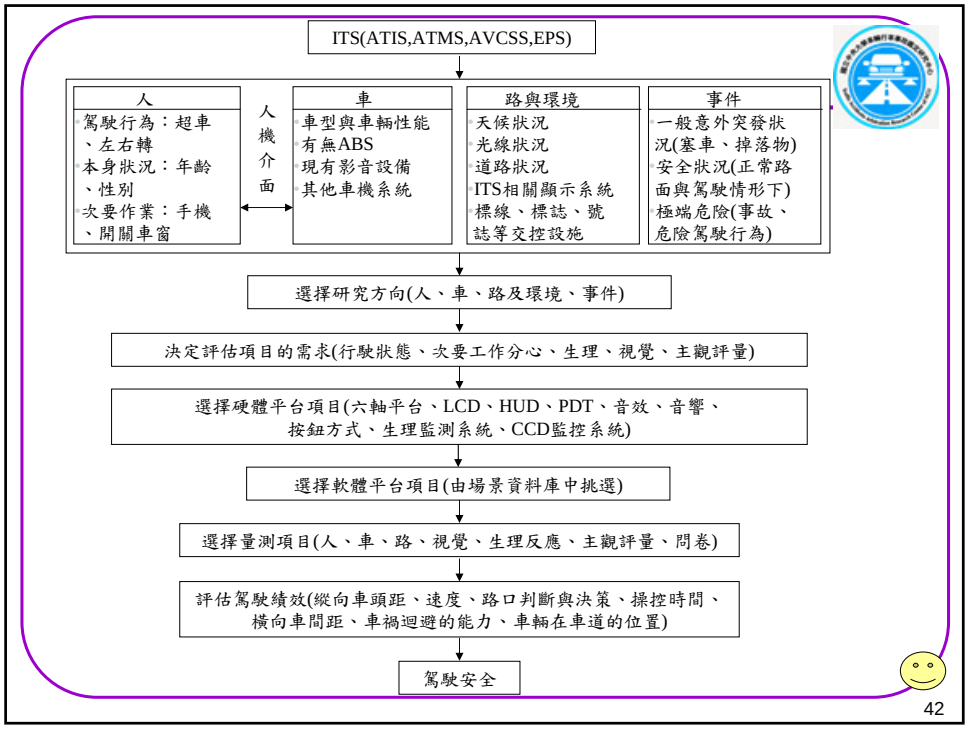
簡報結束

敬請指教

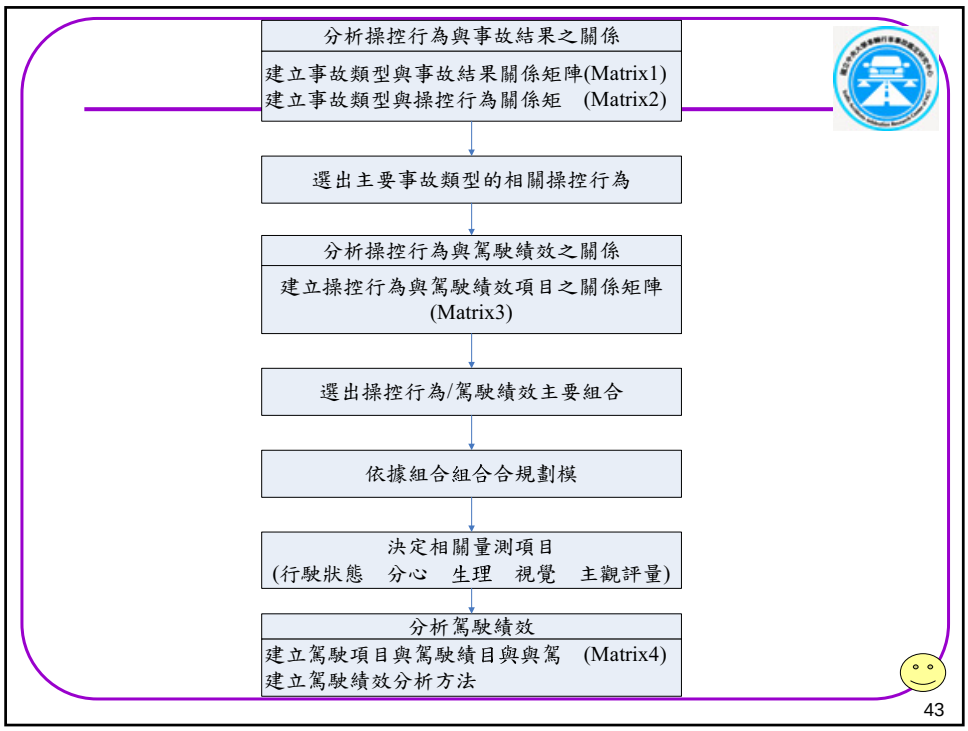
40


DS
車輛操控
進行次要任務
(如PDT)
人的特性(如性別、年齡、駕駛經驗..)
CCD
疲勞、酒醉..
VR+(LCD、HUD..)
資訊重要性、資訊量、資訊格式(車內或車外資訊)
VR
視距障礙物
VR
天候、光線、車流量
VR
刺激-警應
DS+VR
方向
速度
位置
加速度
生理監控系統
Biofeedback:生理訊號
CCD:四肢動作
CCD:眼球動作
腦波反應(α波)
注意力
主要任務
視覺搜尋與狀況感知
(內在、外在控制)
可辨性
(視覺、聽覺與觸覺)
感知
判斷
反應
操作(執行)
橫向控制
縱向控制
機械硬體的響應時間
行駛狀態
駕駛行為
駕駛分心與工作負荷評估
分心與次要作業
1.視覺(CCD)
2.聽覺
3.認知
4.生物力學
5.說話
生理量測：心率、呼吸...
主觀評量問卷
心理時間
perception
判斷
響應時間
符號說明
DS:駕駛模擬器
VR:虛擬實境
駕駛績效與安全評估
績效評估
(差 ↔ 好)
安全評估
(不安全 ↔ 安全)
SAE, ISO
etc. 標準、國內外實際成果
影響駕駛反應的人、車、路、環境及次要作業等因素及量測工具
駕駛於人車路反應
工作與駕駛安全評估

41


ITS(ATIS,ATMS,AVCSS,EPS)
人
駕駛行為：超車、左右轉
本身狀況：年齡、性別
次要作業：手機、開關車窗
人機介面
車
車型與車輛性能
有無ABS
現有影音設備
其他車機系統
路與環境
天候狀況
光線狀況
道路狀況
ITS相關顯示系統
標線、標誌、號誌等交控設施
事件
一般意外突發狀況(塞車、掉落物)
安全狀況(正常路面與駕駛情形下)
極端危險(事故、危險駕駛行為)
選擇研究方向(人、車、路及環境、事件)
決定評估項目的需求(行駛狀態、次要工作分心、生理、視覺、主觀評量)
選擇硬體平台項目(六軸平台、LCD、HUD、PDT、音效、音響、按鈕方式、生理監測系統、CCD監控系統)
選擇軟體平台項目(由場景資料庫中挑選)
選擇量測項目(人、車、路、視覺、生理反應、主觀評量、問卷)
評估駕駛績效(縱向車頭距、速度、路口判斷與決策、操控時間、橫向車間距、車禍迴避的能力、車輛在車道的位置)
駕駛安全

42


分析操控行為與事故結果之關係
建立事故類型與事故結果關係矩陣(Matrix1)
建立事故類型與操控行為關係矩 (Matrix2)
選出主要事故類型的相關操控行為
分析操控行為與駕駛績效之關係
建立操控行為與駕駛績效項目之關係矩陣
(Matrix3)
選出操控行為/駕駛績效主要組合
依據組合組合合規劃模
決定相關量測項目
(行駛狀態 分心 生理 視覺 主觀評量)
分析駕駛績效
建立駕駛項目與駕駛績目與與駕 (Matrix4)
建立駕駛績效分析方法
43