

92-27-3239  
MOTC-IOT-91-SB02

# 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



交通部運輸研究所  
財團法人成大研究發展基金會  
合作辦理

中華民國九十二年四月

92-27-3239  
MOTC-IOT-91-SB02

# 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

著者：魏健宏、何志宏、黃國平、林佐鼎、董基良、馮君平、  
鄭銘章、林志勇、辛昌益、黃臣鴻、鍾炳煌、洪嘉亨、  
林豐福、張開國、張仲杰

交通部運輸研究所  
財團法人成大研究發展基金會  
合作辦理

中華民國九十二年四月

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

著者：魏健宏、何志宏、黃國平、林佐鼎、董基良、馮君平、鄭銘章、  
林志勇、辛昌益、黃臣鴻、鍾炳煌、洪嘉亨、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](http://www.iot.gov.tw)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十二年四月

印刷者：信達打字印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 150 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 2 號 B1・電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市光復路 177 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：1009200896

## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：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			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號 1009200893	運輸研究所出版品編號 92-27-3239	計畫編號 91-SB02
本所主辦單位：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	合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會 計畫主持人：魏健宏 研究人員：何志宏、黃國平、林佐鼎、董基良、馮君平、鄭銘章、林志勇、辛昌益、黃臣鴻、鍾炳煌、洪嘉亨 地址：701 台南市大學路一號 聯絡電話：06-2757575-53233		研究期間 自 91 年 2 月 至 91 年 12 月
關鍵詞：智慧型運輸系統、交通安全、駕駛模擬系統			
摘要： 隨著世界各國機動車輛快速成長，衍生出許多交通問題。因此世界各國積極發展智慧型運輸系統，期藉由資訊與通訊等科技使車、路智慧化，輔助駕駛者，提升運輸系統之安全與效率。但 ITS 子系統種類繁多，各善所長，實際開發與建置的成本亦頗可觀，需要客觀有效之預覽與評估工具來輔助政府或投資者進行事前規劃與投資方向。因此本計畫參考國外汽車駕駛模擬系統之應用發展，收集國內外駕駛模擬系統應用文獻，並配合我國 ITS 發展計畫及相關科技應用，研擬出駕駛模擬系統發展草案，規劃出短、中、長期駕駛模擬系統之應用課題，其包含人、車、路、ITS 等四大部分，並經由問卷方式詢問各界專家學者意見，配合計畫期中會議，修訂出國內駕駛模擬系統之應用發展時程，以利未來應用駕駛模擬系統來評估各項 ITS 與運輸安全之議題。本研究亦選擇適當之車路系統、交通運輸環境及情境作為實例研究範例，並進行實驗分析，各項實例分析結果多展現合理之成果，因此駕駛模擬系統確實可應用在交通安全課題之探討以及 ITS 子系統之評估。未來應繼續朝著本研究所規劃之駕駛模擬器應用及發展時程中長期目標前進，			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
92 年 4 月	306	200	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： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密【限】條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 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**

<b>TITLE: Applications of Driving Simulation Systems to Intelligent Transportation Systems and Traffic Safety Studies- Framework Design and Demonstration</b>			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009200896	IOT SERIAL NUMBER 92-27-3239	PROJECT NUMBER  91-SB02
DIVISION: Transportation Safety DIVISION CHIEF: 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 FEB.2002 TO DEC.2002
RESEARCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation  PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chien-Hung Wei  PROJECT STAFF: Chih-Hung Ho 、Kuo-Ping Huang 、Tso-Ting Lin 、Chi-Liang Tung 、Chun-Ping Feng 、 Ming-Chang Cheng 、Chih-Yung Lin 、Chang-Yi Hsin 、Chen-Hung Huang 、Ping-Huang Chung 、Chia-Heng Hung  ADDRESS: No. 1, Dashiue Rd., Dung Chiu, Tainan, Taiwan 701, R.O.C. PHONE: 886-6-2757575 ext.53233			
<b>KEY WORDS: Intelligent Transportation Systems, Traffic Safety, Driving Simulator</b>			
ABSTRACT: Due to fast growth of motorized vehicles, various traffic problems emerge. Most countries around the world aggressively develop intelligent transportation systems (ITS) to relieve this distress. ITS employs information technologies and communication networks to make vehicles and roadways smart. Many kinds of ITS subsystems may be implemented to assist drivers for a safer and more efficient travel. However, sufficient resources will not be allocated until these systems have been rationally tested and evaluated. The driving simulator (DS) has been regarded an effective tool for previewing and assessing new concepts and/or future constructions. It is especially suitable for ITS and safety issues which are difficult to appraise under current practice. Nevertheless, the existing DS needs upgrade and expansion to undertake designate missions. The long term strategic plan and potential application subjects are carefully developed in this study. Relevant research tasks are proposed, according to the four categories of driver, vehicle, roadway and ITS, for further studies. Five experimental cases are designed for ITS and traffic safety concerns to validate the usefulness of DS. A great number of data are collected and analyzed with traffic theory and statistic methods. Sensible results obtained fulfill general expectation. It is suggested that more efforts and attention should be devoted to DS for the enhancement of its capability in more complex environments.			
DATE OF PUBLICATION  April 2003	NUMBER OF PAGES  306	PRICE  200	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目 錄

一、緒論.....	1
1.1 計畫背景.....	1
1.2 計畫目的.....	2
1.3 研究範圍與對象.....	2
1.4 研究內容與研究流程圖.....	2
1.5 研究成果.....	5
二、文獻回顧.....	7
2.1 交通安全課題.....	7
2.2 ITS 發展計畫【53】.....	9
2.2.1 台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫【54】.....	10
2.2.2 ITS 系統架構.....	13
2.2.3 先進安全車輛研發策略.....	16
2.3 國內汽車駕駛模擬系統相關研究回顧.....	18
2.3.1 駕駛模擬系統主要架構.....	19
2.3.2 虛擬實境場景建構軟體.....	22
2.3.3 國內研究成果簡介.....	27
2.4 國外汽車駕駛模擬系統相關研究回顧.....	30

2.4.1 駕駛者特性相關課題 .....	31
2.4.2 道路與天候環境相關課題 .....	32
2.4.3 ITS 相關課題 .....	34
2.4.4 國外汽車駕駛模擬系統簡介及應用 .....	38
三、汽車駕駛模擬系統應用效益與需求調查評估 .....	49
3.1 現有汽車駕駛模擬系統介紹 .....	49
3.1.1 駕駛模擬器硬體 .....	49
3.1.2 六軸運動平台之控制系統 .....	52
3.1.3 六軸運動平台之訊號擷取系統 .....	52
3.1.4 六軸運動平台之視覺系統 .....	52
3.1.5 駕駛模擬器軟體 .....	53
3.1.6 駕駛模擬器系統整合 .....	55
3.2 國內 DS 應用現況分析及未來發展之可行性 .....	55
3.2.1 人因特性 .....	55
3.2.2 車輛特性 .....	56
3.2.3 道路及天候環境 .....	56
3.2.4 ITS 子系統服務項目 .....	57
3.2.5 國內 DS 未來發展之可行性 .....	57

3.3 汽車駕駛模擬系統應用效益分析 .....	59
3.4 應用課題與發展時程規劃及 DS 需求調查 .....	60
3.4.1 應用課題與發展時程規劃表初擬 .....	61
3.4.2 問卷內容設計 .....	68
3.4.3 問卷發送、傳回方式及訪問對象 .....	71
3.5 問卷回收結果統計與執行優先性評估 .....	71
3.5.1 學術及研究單位 .....	72
3.5.2 政府部門 .....	74
3.5.3 交通相關業者 .....	76
3.5.4 重要性分析 .....	78
3.5.5 其他建議 .....	84
四、汽車駕駛模擬系統應用發展規劃與實作項目規劃 .....	87
4.1 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃 .....	87
4.1.1 駕駛者應用課題 .....	91
4.1.2 車輛應用課題 .....	92
4.1.3 道路及天候環境應用課題 .....	93
4.1.4 ITS 資訊系統及車內設備 .....	98
4.1.5 人力與經費之概估 .....	102

4.2 駕駛模擬系統軟硬體規劃 .....	103
4.2.1 軟硬體發展現況 .....	103
4.2.2 軟硬體發展規劃 .....	105
4.3 實作課題與場景規劃理念 .....	107
五、實例應用之情境設計與實驗設計 .....	111
5.1 實例分析 .....	111
5.1.1 實作課題選擇 .....	111
5.1.2 實作課題情境設計 .....	115
5.2 場景繪製 .....	121
5.2.1 參考資料 .....	122
5.2.2 主要設計原則 .....	122
5.2.3 場景路線幾何設計 .....	129
5.2.4 行車安全輔助系統之設計 .....	132
5.3 六軸平台與三頻同步之製作 .....	134
5.3.1 運動平台控制系統 .....	134
5.3.2 三頻同步視覺系統之硬體架構 .....	135
5.3.3 三頻同步視覺系統之軟體架構 .....	138
5.4 實驗設計與資料分析方法 .....	141

5.4.1 實驗設計 .....	141
5.4.2 實驗參數 .....	142
5.4.3 實驗分析 .....	145
六、模擬實驗與數據分析 .....	147
6.1 模擬實驗規劃 .....	147
6.1.1 訓練及實驗之準則 .....	147
6.1.2 模擬實驗人數及次數 .....	148
6.2 模擬實驗系統驗證 .....	149
6.2.1 實驗目的與規劃 .....	149
6.2.2 實驗分析與討論 .....	151
6.2.3 系統驗證綜合分析 .....	162
6.3 彎道路段缺口處待轉車 .....	162
6.4 跟車行為 .....	166
6.4.1 縱向防撞警示系統之跟車行為 .....	166
6.4.2 特殊天候之跟車行為 .....	171
6.4.3 特殊天候加縱向防撞警示系統之跟車行為 .....	175
6.4.4 跟車行為綜合分析 .....	179
6.5 施工路段 .....	180

6.6 後續研究實驗設計範例.....	181
6.6.1 車道寬度變化實驗設計 .....	181
6.6.2 多車道不同速限實驗設計 .....	185
6.6.3 參數對照表 .....	189
七、結論與建議 .....	191
7.1 結論 .....	191
7.2 建議 .....	194
參考文獻.....	197

附錄 A 國外汽車駕駛模擬系統相關研究

附錄 B 國外汽車駕駛模擬系統簡介與其應用

附錄 C 問卷調查文件

附錄 D 工作會議紀錄

附錄 E 實驗遵守要項

附錄 F 期中意見審查表

附錄 G 期末意見審查表

附錄 H 期末簡報資料

## 表 目 錄

表 2.1 台閩地區交通事故件數統計表.....	7
表 2.2 89 年度肇事成因統計表.....	8
表 2.3 ITS 子系統之服務項目推動方式建議表.....	11
表 2.4 發展 ITS 之運輸目標與目的.....	12
表 2.5 ITS 使用者服務項目.....	13
表 2.6 ASV 行進中安全系統.....	17
表 2.7 VRML 97 和 SuperScape (VRT) 之比較.....	26
表 2.8 睡眠狀況與駕駛行為關係表.....	44
表 3.1 汽車駕駛模擬器應用發展規劃之初步構想.....	62
表 3.2 國外駕駛模擬系統相關研究彙整表.....	62
表 3.3 汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表 (草案).....	66
表 3.4 問卷訪問對象及發送份數.....	71
表 3.5 學術研究單位回覆人次統計.....	72
表 3.6 政府部門回覆人次統計.....	74
表 3.7 交通相關業者回覆人次統計.....	76
表 3.8 全部問卷人次總和統計.....	80
表 3.9 問卷分數統計表.....	81
表 3.10 各應用課題執行優先順序.....	83
表 4.1 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃表.....	88
表 4.2 駕駛模擬系統研發人力經費概估表.....	103
表 5.1 各應用課題執行優先順序.....	112
表 5.2 實驗情境分類表.....	116
表 5.3 車內警示系統應用於彎道路段開缺口處實驗/對照組.....	117
表 5.4 縱向防撞警示系統應用於跟車行為實驗/對照組.....	118
表 5.5 施工路段車道寬度變化實驗/對照組.....	119
表 5.6 特殊天候之跟車行為實驗/對照組.....	120
表 5.7 縱向防撞警示系統應用於特殊天候之跟車行為實驗/對照組.....	121
表 5.8 實驗情境分類及特性表.....	121
表 5.9 西北環線路段設計表.....	131
表 5.10 東南環線路段設計表.....	132
表 5.11 聲音與視覺功能特性比較.....	133
表 5.12 拉丁方格實驗情境順序表.....	141
表 5.13 平台控制參數.....	143
表 5.14 駕駛回饋訊號.....	143

表 6.1 失敗次數統計表.....	148
表 6.2 彎道缺口待轉車有無警示系統的比較.....	166
表 6.3 白天晴天縱向防撞警示系統之有無比較.....	170
表 6.4 白天晴天及霧天跟車間距之比較.....	175
表 6.5 白天晴天及霧天跟車行為下速率之比較.....	175
表 6.6 白天霧天縱向防撞警示系統之有無比較.....	178
表 6.7 車道寬與設計速限對照表.....	182
表 6.8 不同車道寬度車速衡量之實驗/對照組.....	183
表 6.9 車道寬度變化實驗/對照組.....	183
表 6.10 變換車道影響變數.....	185
表 6.11 高速公路車道速限不同之實驗/對照組.....	187

# 圖 目 錄

圖 1.1 研究流程.....	4
圖 2.1 交通事故之要因.....	8
圖 2.2 ASV 研發策略之研究架構圖.....	17
圖 2.3 駕駛模擬系統主要架構.....	19
圖 2.4 固定基底型駕駛模擬器.....	21
圖 2.5 六軸動態駕駛模擬器.....	22
圖 2.6 道路縮減示意圖.....	33
圖 2.7 真實與模擬隧道之路況.....	33
圖 2.8 AHS 績效評估系統.....	35
圖 2.9 Smartways 評估系統組成單元.....	36
圖 2.10 賓士汽車之駕駛模擬系統.....	37
圖 2.11 賓士汽車公司之設計理念.....	37
圖 2.12 賓士汽車駕駛模擬系統之銀幕.....	38
圖 2.13 車上設備及功能.....	38
圖 2.14 AutoPW 駕駛模擬器示意圖.....	39
圖 2.15 Cardiff 駕駛模擬器的情境.....	40
圖 2.16 荷蘭 Groningen 大學的駕駛模擬器.....	41
圖 2.17 NADS 駕駛模擬器.....	41
圖 2.18 I-Sim 公司的駕駛模擬器.....	42
圖 2.19 美國聯邦公路局駕駛模擬器.....	43
圖 2.20 紐西蘭 Waikato University 模擬器.....	45
圖 2.21 密西根大學駕駛模擬器.....	46
圖 2.22 S-2000 駕駛模擬器.....	47
圖 3.1 座艙右側近照圖.....	50
圖 3.2 駕駛模擬器硬體配置規劃.....	51
圖 3.3 六軸運動平台之視覺系統.....	53
圖 3.4 駕駛模擬器軟體架構圖(客戶端).....	53
圖 3.5 駕駛模擬器軟體架構圖(伺服端).....	54
圖 3.7 問卷答題部分.....	69
圖 3.7 問卷答題部分(續).....	70
圖 3.8 學術單位分佈長條圖.....	73
圖 3.9 政府部門分佈長條圖.....	75
圖 3.10 交通相關業者分佈長條.....	77
圖 3.11 交通應用課題於各界之平均得分圖.....	79

圖 3.12 問卷分數統計橫條圖 .....	82
圖 4.1 隧道內視覺效果 .....	95
圖 4.2 日本 Nankai 道路所劃設之收斂山形標線 .....	96
圖 4.3 中山高速公路高雄終端下匝道路口 .....	97
圖 4.4 ITS 車上資訊設備示意圖 .....	98
圖 4.5 ITS 警示系統功能示意圖 .....	99
圖 4.6 資訊可變標誌 .....	100
圖 4.7 路況資訊系統實作示意圖 .....	101
圖 4.8 路口防撞警示系統實作示意圖 .....	102
圖 4.9 物件干涉情形 .....	104
圖 4.10 Atosim 駕駛模擬系統配置圖 .....	106
圖 4.11 駕駛模擬實驗室佈設概念圖 .....	106
圖 5.1 實驗要因分析魚骨圖 .....	113
圖 5.2 彎道路段配合路況警示系統實作示意圖 .....	117
圖 5.3 縱向防撞警示系統應用於跟車行為示意圖 .....	118
圖 5.4 施工路段車道寬度變化示意圖 .....	119
圖 5.5 特殊天候之跟車行為示意圖 .....	120
圖 5.6 單向三車道佈設 .....	123
圖 5.7 直線路段跟車實驗 .....	124
圖 5.8 70KPH 之速限標誌 .....	124
圖 5.9 施工地區車道寬度縮減 .....	125
圖 5.10 施工路段設計準則示意圖 .....	125
圖 5.11 三車道縮減為兩車道 .....	126
圖 5.12 兩車道彎道前場景 .....	126
圖 5.13 彎道知中央分隔島種樹 .....	127
圖 5.14 彎道開缺口處車輛暫停情形 .....	127
圖 5.15 T 型路口 .....	128
圖 5.16 交叉路口 .....	129
圖 5.17 場景路線示意圖 .....	130
圖 5.18 特殊路況資訊顯示圖 .....	134
圖 5.19 跟車間距過程資訊顯示圖 .....	134
圖 5.20 駕駛模擬器之三頻廣角螢幕 .....	135
圖 5.21 駕駛模擬器硬體配置圖 .....	136
圖 5.22 三頻同步視覺系統硬體配置立體圖 .....	137
圖 5.23 三頻同步視覺系統硬體配置圖 .....	137
圖 5.24 監控人員實際操作情形， .....	138

圖 5.25 準備進行實驗.....	138
圖 5.26 駕駛模擬器軟體伺服端流程圖.....	140
圖 5.27 控制參數流程圖.....	143
圖 5.28 交通參數對應圖.....	144
圖 6.1 第一區段加速度所需時間圖.....	151
圖 6.2 第三區段加速度所需時間圖.....	152
圖 6.3 第五區段加速度所需時間圖.....	152
圖 6.4 第一區段加速度標準差圖.....	153
圖 6.5 第三區段加速度標準差圖.....	154
圖 6.6 第五區段加速度標準差圖.....	154
圖 6.7 第二區段速度標準差圖.....	155
圖 6.8 第四區段速度標準差圖.....	155
圖 6.9 第六區段速度標準差圖.....	156
圖 6.10 彎道區段之速度標準差圖.....	157
圖 6.11 彎道區段之轉彎角度標準差圖.....	157
圖 6.12 第一次切換車道圖.....	158
圖 6.13 第二次切換車道圖.....	158
圖 6.14 第三次切換車道圖.....	159
圖 6.15 第一次切換後之車輛位置圖.....	159
圖 6.16 第二次切換後之車輛位置圖.....	160
圖 6.17 第三次切換後之車輛位置圖.....	160
圖 6.18 第一次切換後之車輛位置標準差圖.....	161
圖 6.19 第二次切換後之車輛位置標準差圖.....	161
圖 6.20 第三次切換後之車輛位置標準差圖.....	162
圖 6.25 白天晴天有縱向防撞警示系統之跟車行為.....	167
圖 6.26 白天晴天有警示系統最大及最小跟車間距之差距.....	168
圖 6.27 白天晴天無縱向防撞警示系統之跟車行為.....	169
圖 6.28 白天晴天無警示系統最大及最小跟車間距之差距.....	170
圖 6.29 白天晴天最大及最小跟車間距差值之累積比率.....	171
圖 6.30 白天晴天平均間距分布圖.....	172
圖 6.31 白天晴天跟車行為速率曲線圖.....	172
圖 6.32 白天晴天跟車時平均速率.....	173
圖 6.33 白天霧天平均間距分布圖.....	173
圖 6.34 白天霧天跟車行為速率曲線圖.....	174
圖 6.35 白天霧天跟車時平均速率.....	174
圖 6.36 白天霧天有縱向防撞警示系統之跟車行為.....	176

圖 6.37 白天霧天有警示系統最大及最小跟車間距之差距.....	176
圖 6.38 白天霧天無縱向防撞警示系統之跟車行為.....	177
圖 6.39 白天霧天無警示系統最大及最小跟車間距之差距.....	178
圖 6.40 白天霧天最大及最小跟車間距之累積比率.....	179
圖 6.41 跟車實驗綜合評析.....	180
圖 6.42 施工路段駕駛人對車道寬度變化掌控曲線圖.....	181
圖 6.43 車道寬度縮減場景之示意圖.....	184
圖 6.44 內車道變換至中車道情境設計示意圖.....	187
圖 6.45 中間車道變換至內車道情境設計示意圖.....	188

# 一、緒論

## 1.1 計畫背景

隨著世界各國機動車輛的快速成長，已使得道路交通狀況變得十分擁擠、混亂與複雜。因此世界各國積極發展智慧型運輸系統(ITS)，期以電腦資訊與通訊等科技，提昇傳統車輛、道路、交通環境以及運輸營運等之功能，以改善現有之運輸安全及效率。目前交通部亦將發展智慧型運輸系統，列為積極推動的重要政策之一。

汽車駕駛模擬器（Driving Simulator, DS）除了能夠從傳統的道路交通安全之角度，協助探討駕駛人與車輛、道路及周遭環境之間的相互關係與問題及其改善方法以外，更能夠協助發展智慧型運輸系統，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。例如道路幾何形狀、交通標誌、標線、號誌等對於駕駛行為的影響；人因工程在交通工程設計上之應用；智慧型車輛配備之設計、製造、道路使用之測試等。以上這些工作固然可以在實際的道路上進行實驗，但有下列缺點：1.實驗會影響交通，測試路線不易選擇；2.實車試驗成本高；3.駕駛中的危險狀況不易掌握；以及4.產品設計變更及製程之時效不易與實地試驗搭配。而駕駛模擬器即為解決上述問題的最佳工具，可取代百分之九十的道路現場的實驗工作。

國外之汽車駕駛模擬器發展已久，呈現相當多著名之系統，近幾年，亦有汽車駕駛模擬系統應用於ITS之相關研究成果。交通部運輸研究所先後於八十九年度、九十年年度辦理汽車駕駛模擬系統建置與應用之合作計畫【59】【60】，完成應用實例之評析與相關子系統之驗證，國內之汽車駕駛模擬系統始具備較完整之功能。

## 1.2 計畫目的

本計畫之主要目的在規劃運輸研究所現有汽車駕駛模擬器之應用發展計畫，未來陸續完成此發展計畫各項目的開發，汽車駕駛模擬器將可應用在更多的交通課題。而國內駕駛模擬器之功能雖已具備實務應用能力，但缺少一完整之實作應用分析來表達駕駛模擬器在交通運輸課題應用之價值，因此本計畫乃評析駕駛模擬器應用發展計畫，就現階段駕駛模擬器之功能，擬定與交通安全、ITS 相關性高的實例應用課題，並探討人因特性與實驗設計，進行資料收集、分析，以展現應用課題之有效性。

## 1.3 研究範圍與對象

本計畫之研究範圍為規劃運輸研究所現有汽車駕駛模擬系統之應用發展計畫，包含軟硬體設備改良與升級之可行性，研究對象則為交通安全與 ITS 課題之應用。規劃現有汽車駕駛模擬系統之發展計畫，未來將可以依此計畫循序漸進，提昇軟硬體設備，以利從事更多交通運輸領域的研究。本研究除規劃汽車駕駛模擬系統軟硬體之發展計畫，另參酌各領域專家學者之寶貴意見，就現階段駕駛模擬器之功能，選擇與交通安全及 ITS 相關性高的運輸課題，考慮人因工程與實驗設計，進行詳盡之實驗流程，完成本計畫實際案例之分析，使先進汽車駕駛模擬系統能取代傳統的交通調查方法，藉由精確性高、適用性高與可變性高等優點，進而節省收集各種交通動態之時間與成本。

## 1.4 研究內容與研究流程圖

本團隊依據計畫研究目的與研究對象、範圍，規劃實質之計畫執行方法說明如下(參見圖 1.1)：

1. 回顧國內、外汽車駕駛模擬系統之發展與應用現況，並評析交通安全與 ITS 課題應用於汽車駕駛模擬系統之可行性。
2. 擬定問卷調查，統計國內學術研究單位、實務機構與監理單位對於汽車駕駛模擬系統之需求，分析其重要性，並訂

定汽車駕駛模擬系統未來應用發展計畫。

3. 擬定現階段汽車駕駛模擬系統可實作之應用課題，參酌各領域專家學者之寶貴意見，評選本計畫之實作應用課題。接著進行構建場景，並持續增強控制介面、系統網路通訊協定與校估六軸平台之功能。
4. 分析人因特性，訂定實驗程序，並進行實驗、資料收集與資料分析。為符合統計學理上樣本數之要求，本計畫已儘量求取充分之受測者參與模擬實驗，最後分析模擬實驗所收集的資料，評估應用課題有效性，並提出本計畫結論與建議。

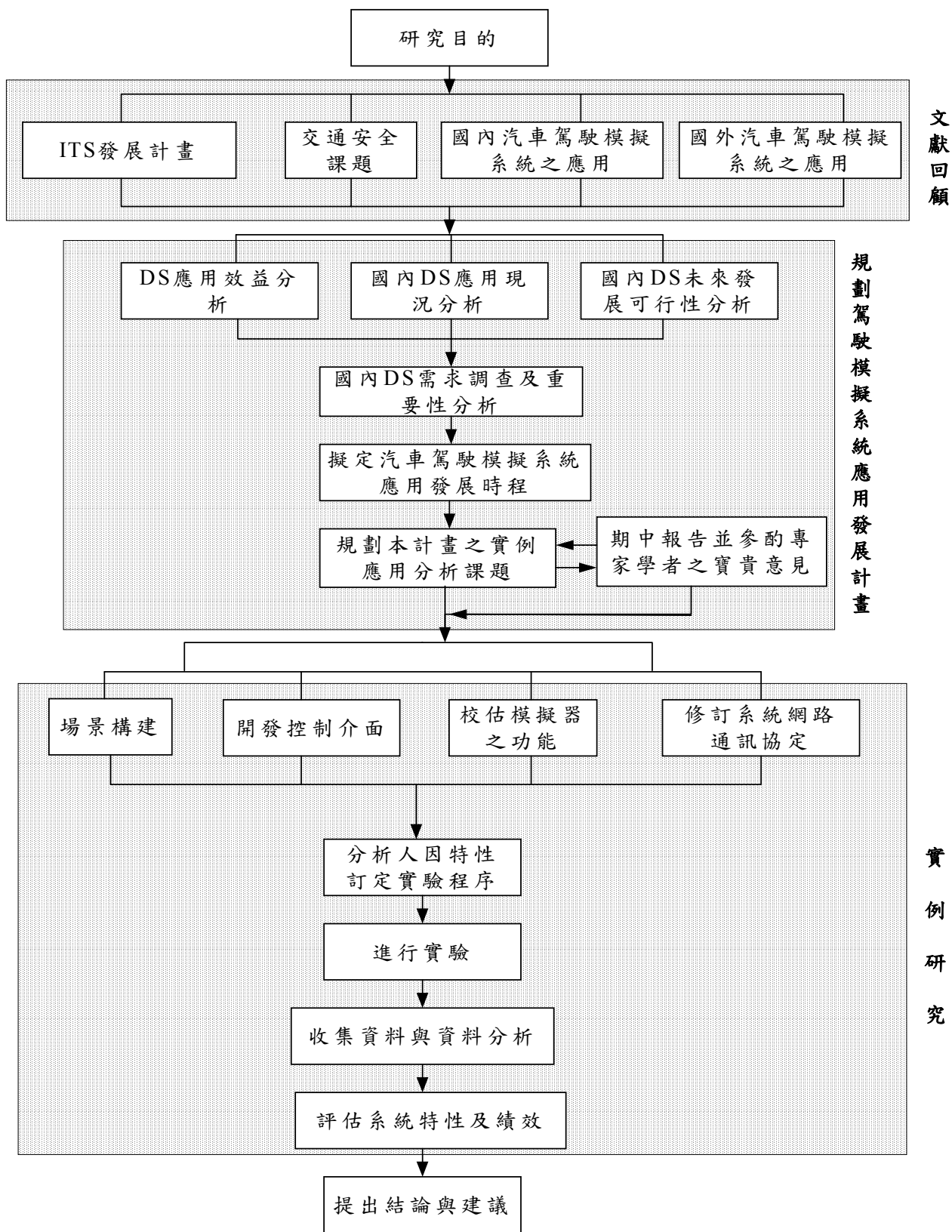


圖 1.1 研究流程

## 1.5 研究成果

近年來，從事交通行為特性分析之研究課題趨於多元化，但是在資料的取得上，諸如理論模式推導、現場控制之實驗、現場觀測等傳統方式，在成本及資料之精確性、適用性、時效性等考量下，已不符成本效益價值。汽車駕駛模擬系統之發展解決了傳統交通調查與資料收集所面臨的難題。

智慧型運輸系統（Intelligent Transportation Systems，ITS）乃當前世界各國對交通陳疾所祭出之法寶，期望藉由資訊與通訊等科技使車、路智慧化，並輔助駕駛者，以達到提昇運輸系統之安全與效率。綜合考量安全、效率與研究發展的需求，本計畫之成果具有下列四項具體貢獻：

1. 本計畫利用汽車駕駛模擬器從事智慧型運輸系統及道路交通安全之研究，透過本計畫的實作分析，確可擴展汽車駕駛模擬器在交通運輸之應用範圍。
2. 透過問卷調查統計資料，分析國內各單位對汽車駕駛模擬系統應用發展之需求與其重要性，進一步轉換為各項目執行優先性之評分，以利相關單位規劃研究人力與經費投入時程之參考依據。
3. 本計畫規劃未來汽車駕駛模擬器應用之研究發展計劃，依人、車、路及 ITS 等分類，規劃短、中、長期發展時程之應用課題。未來，依各時程應用課題之需求，有程序性的開發汽車駕駛模擬系統軟體技術與硬體設備，使汽車駕駛模擬系統在研究發展的應用範圍更廣。
4. 開發完成的汽車駕駛模擬系統，成為實務應用與測試的共同平台，提昇我國對於道路交通安全之研究能力。實例應用分析之結果顯示，駕駛模擬系統能有效地展現預期的情境，模擬之結果大致符合學理與人因特性，確認未來繼續投入後續研究之價值性。



## 二、文獻回顧

本計畫目的之一係利用汽車駕駛模擬系統從事交通安全、ITS 之相關課題研究，因此本計畫將文獻回顧分為交通安全、ITS、及國內外駕駛模擬系統相關研究等四部分整理。

### 2.1 交通安全課題

近十年來，我國的重大交通意外事故(A1 類)件數居高不下，如表 2.1，年年皆有兩千五百件到三千五百多件，意謂著平均一天發生 6 到 10 件的死亡車禍。再者看到死亡人數及受傷人數的部分，每年皆有兩千五到三千四的國人死於交通事故，致使交通事故成為國人的十大死因之一，故若不適時的運用各種方式補救，將使更多國人遭受到交通意外的威脅。

表 2.1 台閩地區交通事故件數統計表

年度	件數(件)	死亡人數(人)	受傷人數(人)
80	4729	3305	4308
81	3489	2717	2929
82	2696	2349	2115
83	3603	3094	2937
84	3528	3605	2933
85	3619	2990	2939
86	3162	2735	2428
87	2720	2507	2007
88	2487	2392	1636
89	3207	3388	1541

資料來源：89 年交通統計要覽

若要減少意外事故的發生，首先就必須了解意外事故的產生原因(如圖 2.1)。由 89 年度的資料來看，如表 2.2 可以發現國人最常造成意外事故的主因為未注意車前狀況，再者為超速失控，緊接著為酒後駕車以及疲勞駕駛，其三者之死亡人數佔總死亡人數約接近百分之五十，而受傷人數也佔了百分之五十以上，因此要降低國內的意外事故發生率就須從此三者下手。

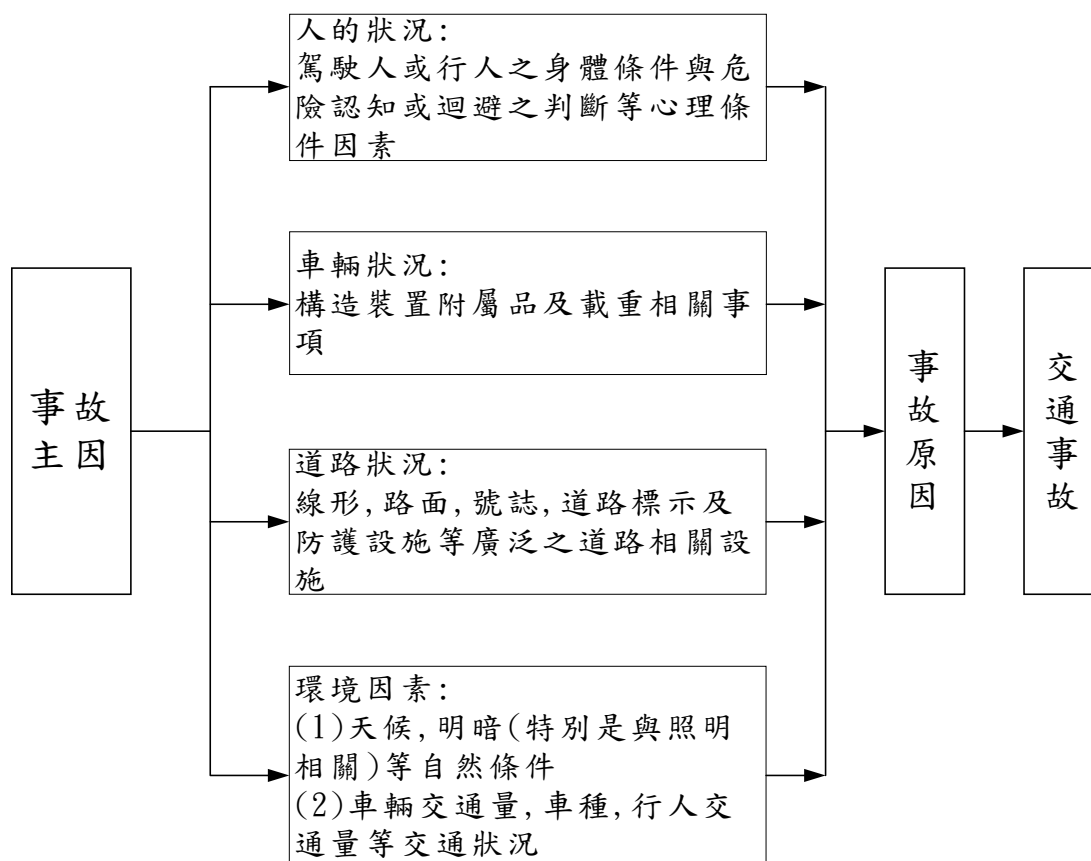


圖 2.1 交通事故之要因

表 2.2 89 年度肇事成因統計表

主要肇因	計數 (件)	計數 %	死亡 人數	死亡 %	受傷 人數	受傷 %
未注意車前狀況	664	20.70	677	19.98	202	13.11
超速失控	521	16.25	582	17.18	339	22.00
酒後駕駛、疲勞失控	361	11.26	398	11.75	274	17.78
其他	347	1.08	385	11.36	106	6.88
未依規定減速	211	6.58	223	6.58	109	7.07
未依規定轉彎、倒車	209	6.52	189	6.29	79	5.11
肇事逃逸	202	6.30	206	6.08	32	2.08
未靠右行駛、讓車	171	5.33	175	5.16	73	4.74
未保持行車安全距離、間隔	146	4.55	153	4.51	67	4.35
違反號誌標誌管制	138	4.30	148	4.37	71	4.61
蛇行、逆向行駛	106	3.30	106	3.13	89	5.78
違規超車、爭(搶)道行駛	62	1.93	71	2.09	61	3.95
行人過失	35	1.09	35	1.04	2	0.13
機件故障	26	0.80	32	0.94	35	2.26
搶越行人穿越道	8	0.25	8	0.24	2	0.13
總計	3207	100	3388	100	1541	100

資料來源：[www.motc.gov.tw](http://www.motc.gov.tw) 及 89 年交通部統計要覽

對於駕駛模擬器在於交通安全方面的應用可以配合先進技術來減少交通意外事故之發生與嚴重性，諸如利用駕駛模擬器建置一些可以提供駕駛人警示的標誌，看看何種標誌能給予駕駛者較佳的提醒作用。例如：國人最常發生的肇事原因－未注意車前狀況，就可以運用駕駛模擬器來了解駕駛人的行為，看看何時給予駕駛人警示是最為恰當的；再者可以利用駕駛模擬器來探討標誌設置情形，包括標誌設置地點、標誌設置路段、標誌設置顏色、位置高度等，以判斷駕駛人對於標誌的使用情形；而超速失控方面可以運用駕駛模擬器來模擬超速失控時駕駛人會有什麼反應，看看是否有其他方式可以來減低此種肇事；再者，酒後駕車以及疲勞駕駛可以運用駕駛模擬器來測試其駕駛的反應時間、及對道路線形的掌控，設計良好的車上單元給予駕駛人適時的提醒，以防駕駛者發生意外事故，因此駕駛模擬器可以有效的掌握駕駛人的行為，而且不須到實際真實路段上作實驗，以增加實測者的安全性。另外也可針對周邊廣告對於交通安全影響的部分做驗證，利用駕駛模擬器了解周邊廣告物對駕駛人之影響，甚至針對台灣地區特有的檳榔攤文化也可做相關實驗，期能提升我國之運輸安全。綜合以上的幾點，可以發現駕駛模擬器對於交通安全上可提供莫大之貢獻，故欲了解各種因素對交通安全之影響實可充份運用駕駛模擬器。

駕駛過程乃由人、車、路三項要素互動構成，而國內肇事主因前三名皆為人為疏失所導致，因此政府除了改善道路交通控制設施、修訂法令、加強安全宣導及執法手段外，另外亦應積極鼓勵產業界推動先進車輛之發展，藉由先進車輛之通訊或警示等系統輔助駕駛者，降低人為疏失所導致之交通意外事故，提昇交通安全與效率。

## 2.2 ITS 發展計畫【53】

智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)係利用先進的資訊、通信、控制、車輛及機械等技術於各種運輸系統，運輸系統包括「人、車、路」等三要素，ITS 則涵蓋「車、路、系統智慧化」等三方面的相關工作，除用路人可以作更便捷的旅次規劃外，系統管理者亦可以作更有效的系統運作與管理。因此，從運輸工具(carrier)的角度來探討 ITS 所涵蓋的範圍，可以包括傳統運輸工具之分類，以

及各種運具之間的轉乘與整合運作。

### 2.2.1 台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫【54】

交通部為改善台灣交通運輸現況，使既有有限的運輸資源得以發揮最大的效用與效率，因此參酌國外發展 ITS 的經驗，並考量我國發展 ITS 的主、客觀環境，研擬我國發展 ITS 的相關議題與原則（民國 89 年）。此綱要計畫係作為國內各界發展 ITS 的綱要性指導原則（guidelines），包括技術面（如 ITS 發展領域與使用者服務單元），以及行政面（如組織與法令等議題的規範）。

在 ITS 綱要計畫中明確指出，國內現階段優先推動陸路運輸系統為主之智慧化工作，包括城際公路系統、都會區交通系統、大眾運輸系統，以及商用運輸系統等智慧化工作。規劃主要的發展領域，包括先進交通管理控制系統、電子收（付）費系統、先進旅行者資訊系統、緊急事故處理系統、先進大眾運輸系統、商車營運系統，以及先進車輛控制及安全系統等七大項，另根據技術供給與使用者需求狀況，研擬二十一項使用者服務項目。發展時程則規劃成四個階段：

1. 短期（西元 2002 年）：以 ITS-2000 計畫為基礎，持續推動兩年短期相關執行計畫，政府部門並已編列相關計畫之執行預算，另將完成多項使用者服務單元之示範計畫。
2. 近程（西元 2005 年）：將完成七項發展領域之基礎建置與多項使用者服務單元之測試與評估。
3. 中程（西元 2010 年）：此階段希望能實現所有規劃的 ITS 服務項目，且全面推廣建置；除了規劃項目之實現外，並另針對社會環境變遷所產生出的新需求項目，進行發展規劃。
4. 長程（西元 2010 年之後）：此階段目標在繼續全面地推廣建置所有規劃之 ITS 服務項目，並就新的需求項目或系統構想，進行下世代運輸系統之規劃建設。

綱要計畫亦針對台灣地區 ITS 相關部門對 ITS 發展領域與使用者服務項目，及整合美、日發展 ITS 各界角色扮演經驗，初步的規劃各項服務項目的推動方式如表 2.3。

表 2.3 ITS 子系統之服務項目推動方式建議表

系統領域	使用者服務項目	公共重要性	成本回收率	開發風險度	建議推動方式
先進交通管理系統	1.交通控制	H	L	L	公部門
	2.事件(故)管理	H	L	L	公部門
	3.號誌控制	H	L	L	公部門
	4.天候/路況自動偵測	H	L	L	公部門
電子收(付)費系統	1.電子付(收)費服務	H	H	L	私部門或 PPP(H)
先進旅行資訊系統	1.旅行中駕駛資訊	H	H	L	私部門或 PPP(H)
	2.路徑導引	H	H	L	私部門或 PPP(H)
	3.旅客服務資訊	H	H	L	私部門或 PPP(H)
	4.行前旅行資訊	H	L	L	公部門
	5.停車資訊	H	H	L	私部門或 PPP(H)
緊急事故處理系統	1.緊急事故通告	H	H	L	私部門或 PPP(H)
	2.緊急救援車輛管理	H	L	L	公部門
	3.個人求救支援系統	H	H	L	私部門或 PPP(H)
	4.公共求救支援系統	H	L	L	公部門
先進大眾運輸系統	1.大眾運輸管理	H	L	H	公部門
	2.行程中大眾運輸資訊	H	L	L	公部門
商車營運系統	1.自動化路邊安全檢驗	H	H	H	PPP(H)
	2.危險物品事故反應	H	L	L	公部門
先進車輛控制及安全系統	1.安全準備	H	H	H	PPP(H)
	2.車禍前安全防護設施	H	H	H	PPP(H)
	3.行車危險警示	H	H	H	PPP(H)

註：1.公共重要性之得點值來自交通部運輸研究所之調查資料，得點值 0-2.4 表為低度需求(以 L 表之)，2.5-5.0 表為中高度需求(以 H 表之)。2.成本回收率：低回收率以 L 表之，中高回收率以 H 表之。3.開發風險度：低風險度以 L 表之，中高風險度以 H 表之。  
資料來源：交通部運輸研究所，台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫（民國 89 年 9 月）

吾人可以發現在公共重要性部分各個子系統皆為高度需求，表現了對於各項子系統的急切需要性，但仍須考量各子系統的成本以及開發風險，低成本回收率以及低的開發風險主要由公部門來推動之。由駕駛模擬器的各方特性來看，較適合運用在 ITS 七個發展領域中的先進旅行資訊系統以及先進車輛控制及安全系統。而在先進旅行資訊系統的使用者服務項目中除了行前旅行資訊外，皆為低開發風險度及高成本回收率，其建議推動方式為私部門來推動，私部門就可運用駕駛模擬器來了解各項導引設施、符號、以及資訊的顯示方式較能給予駕駛人較佳的引導，何種方式能使駕駛者較快

速的反應，或是各項的資訊能在不影響駕駛者駕駛的狀況下傳達給駕駛者，以給予私部門一優良資料庫來建置先進旅行資訊系統。在先進車輛控制及安全系統中，其使用者服務項目如：安全準備、車禍前安全防護設施、行車危險警示等都為高成本回收率及高開發風險度，因其有高開發風險度，故可利用駕駛模擬系統來了解其科技的可行性與有效性，是否現有的科技能夠達到先進車輛控制及安全系統的目的，並運用駕駛模擬系統來了解其是否真能減低事故的發生率、增加駕駛人的安全性。

政府積極發展 ITS 之政策以及目標，主要針對國內交通面臨的幾個問題，分別是 1.交通事故過多、車禍死傷嚴重，造成龐大的社會成本；2.交通擁擠情況，公路建設緩不濟急，造成運輸機動性與經濟生產力的降低；3.能源消耗問題，公路運輸過度消耗石油能源，造成國家整體資源分配的不均勻；4.環境污染問題，大量的汽、機車排放廢氣，威脅大自然與環境的永續發展。綱要計畫明訂國內發展 ITS 之運輸目標與目的如表 2.4 所示：

表 2.4 發展 ITS 之運輸目標與目的

目標(Goals)	目的(Objectives)
一、提升陸路運輸系統的交通安全	1.減少交通事故發生頻率
	2.降低車禍的死傷程度
二、降低陸路運輸系統對環境的污染與衝擊	1.減少空氣污染程度
	2.減少溫室氣體排放
	3.降低噪音污染程度
	4.減少能源消耗
	5.降低新建運輸系統的路權需求
三、增進陸路運輸系統的效率	1.減少交通擁擠
	2.提升運輸系統容量
	3.降低運輸系統營運成本
	4.增加使用者滿意度
四、提昇經濟生產力與國際競爭力	1.減少運輸與旅運時間
	2.擴充相關產業產值
	3.增加就業機會

資料來源：交通部運輸研究所，台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫（民國 89 年 9 月）

## 2.2.2 ITS 系統架構

ITS 系統架構(ITS System Architecture, ITS SA)以概念性手法，利用框架的構成來表現系統內各個子系統之相互作用的關係，同時記述了系統整體之機能、系統子系統之機能以及各子系統之間交換的資訊。其主要定義了滿足使用者需求的系統功能，分配這些系統功能至特定的實體子系統，制定子系統之間的通訊需求，再加以區分出必須標準化的技術與通訊協定，以確保系統之相互操作性。因此，ITS 系統架構之內容可以歸納為：使用者需求(User Service)、功能(邏輯)架構(Logical Architecture)、實體架構(Physical Architecture)、通訊架構 (Communication Architecture)、標準化需求(Standard Requirement)等項目，同時針對建置工作提出相關的分析與建議報告，諸如：成本效益(Cost-benefit)、建置課題(Deployment Issue)、維護機制(Maintenance Mechanism)、研發課題、後續活動等。簡言之，ITS 系統架構是由一群智慧化運輸系統(範圍涵蓋全國)之硬體組成(實體架構)、軟體需求規格(邏輯架構)的集合，可供多種設計方法遵循，規範推動 ITS 的技術性細節與因地制宜的地區性 ITS 發展架構等課題。茲將 ITS SA 所規劃之子系統整理如表 2.5，其餘詳細之內容請參考運研所之台灣地區發展智慧型運輸系統(ITS)系統架構之研究(□) (民國 90 年)【53】。

表 2.5 ITS 使用者服務項目

系統領域	服務項目	子項目
先進交通管理服務(ATMS, Advanced Traffic Management Services)	交通控制	1.車流最佳化的控制策略
		2.車流最佳化的控制策略
	交通監測	1.即時正確偵測車流資訊
		2.提供現況與預測的車流資訊
		3.整合跨區域的交通監測資訊
	事件管理	1.事件偵測與確認
		2.事件自動反應計畫產生
		3.事件處理與聯絡協調
		4.隧道事件管理
	旅次需求管理	1.與交通管理及電子付費等系統之通訊功能
		2.旅次需求管理策略最佳化
		3.需求資料蒐集與控制執行
	交通環境影響管理	1.提供交通管理者使用空污/噪音資料之介面
		2.空污/噪音資料之處理與儲存
		3.更新空污/噪音圖示
		4.車輛空污/噪音資料之處理
		5.路側空污/噪音程度之偵測
		6.空污/噪音資料庫管理

先進旅行者資訊服務(ATIS, Advanced Traveler Information Services)	路徑導引	1.指引駕駛人行進方向
		2.提供靜態資訊
		3.使用者界面
	旅行者服務資訊	1.提供住宿、餐飲、停車等旅行者服務資訊
		2.提供多樣化旅客服務資訊查詢功能
	旅行中駕駛資訊	1.提供駕駛人資訊諮詢服務
		2.提供車內視覺顯示系統
	行前旅行資訊	1.提供運輸系統班表、費率、停車等服務資訊
		2.提供運輸系統即時交通路況與停車資訊
		3.提供旅行規劃服務
		4.良好的資訊可及性
先進大眾運輸服務(APTS, Advanced Public Transportation Services)	共乘配對與預約服務	1.提供乘客資料之審查配對
		2.提供共乘要求之確認
	行程中大眾運輸資訊	1.將資訊傳播至旅行者的傳播功能
		2.更新行進間大眾運輸旅運資訊
		3.蒐集大眾運輸資訊
	大眾運輸營運管理	1.電腦輔助控制車輛運作及相關設施
		2.電腦輔助規劃排班
		3.電腦輔助人事管理
		4.雙向語音與數據之車輛通訊功能
	大眾運輸車輛安全	1.行人/自行車及機車接近時之警示
		2.大眾運輸車輛駕駛視覺改善
商車營運服務(CVOS, Commercial Vehicle Operations Services)		3.意外事故發生之緊急通報
	自動化路邊安檢	1.自動化路側安全檢查
	商用車隊管理	1.稅務管理
		2.路線管理
		3.車上資料傳送
		4.駕駛排程管理
		5.商用車輛監控
		6.裝運貨物管理
		7.車輛駕駛介面
	商用車輛車上安全監視	1.商用車輛車上資料儲存介面提供
		2.為安全監視傳送商用車輛車上資料至路側設施
		3.商用車輛駕駛相關介面之提供
		4.商用車輛車上資料分析
	商用車輛電子憑證管理	1.電子認證與稅務資料管理
		2.商用車輛電子卡資料管理
		3.商用車輛許可證管理
		4.駕駛排程介面提供
		5.商用車輛車上資料管理
		6.商用車輛資料之通訊
		7.商用車輛違規處理
	重車安全管理	1.危險物品事故反應
		2.砂石車安全監控與管理
		3.行人/自行車及機車接近時之警示
		4.重車車輛駕駛視覺改善
		5.意外事故發生之緊急通報

電子付費服務 (EPS, Electronic Payment Services)	電子付費服務	1.提供電子付費服務
		2.電子票證功能
		3.電子停車付費功能
		4.一般道路付費功能
		5.電子付費服務整合
緊急事故管理 服務(EMS, Emergency Management Services)	緊急事故通告	1.駕駛者與乘客之人工通報
		2.碰撞之自動通報
	緊急救援車輛管理	1.緊急車隊管理
		2.緊急救援車輛路徑導航功能
		3.緊急救援車輛優先號誌功能
	自然災害交通管理	1.異常天候時之交通管理
		2.災害發生時之交通管理
先進車輛控制 及安全服務 (AVCSS, Advanced Vehicle Control and Safety Services)	縱向防撞	1.縱向車輛防撞資料蒐集與處理
		2.縱向防撞警示
	側向防撞	1.側向車輛防撞資料蒐集與處理
		2.側向防撞警示
	路口防撞	1.路口車輛防撞資料蒐集與處理
		2.路口防撞警示
	視覺改善	1.視覺改善與資料蒐集
		2.夜間視覺與辨識
		3.車內視覺輔助介面
	安全準備	1.駕駛者自動監視
		2.車輛狀況自動檢查
	碰撞前安全防護	1.自動感應可能的碰撞
		2.啟動自動安全防護裝置
	自動車輛駕駛	1.自動公路之管理
		2.自動公路系統中之車輛的自動控制
弱勢使用者保 護服務(VIPS, Vulnerable Individual Protection Services)	行人/自行車騎士安 全	1.身心障礙者之路徑誘導
		2.行人/自行車騎士危險的防範
	機車騎士安全	1.其他車輛接近時之警示提供
		2.意外事故發生之緊急通報
資訊管理服務 (IMS, Information Management Services)	資料蒐集彙整	
	資料歸檔	
	歸檔資料管理	1.歸檔資料的管理
		2.歸檔資料的使用者介面
	歸檔資料應用	1.歸檔資料分析
		2.處理歸檔資料使用的申請
		3.歸檔資料的輸出

資料來源：<http://www.iot.gov.tw/its/中文更新之-USR.htm>

若就駕駛模擬系統對國內 ITS 發展目標來看，主要可用來降低事故發生機率、提升運輸安全，且可衡量各種提升交通運輸安全的 ITS 設備(如：各類警示系統)是否有效性，另外亦藉由適當的管理與導引，可增進運輸系統整體效率。以

下舉例可應用駕駛模擬系統的部分：

### **1.先進旅行者資訊系統**

- (1)利用車內單元以各種方式（如符號、聲響等）給予駕駛人資訊(如提供路線導引、路況等)，可以運用駕駛模擬系統了解駕駛人反應，並與傳統標誌及號誌下的駕駛人反應作比較。
- (2)在濃霧及天候不佳的狀況下，利用各種方式給予駕駛人指引，運用駕駛模擬系統來了解何種方式對駕駛者有較大的幫助。

### **2.先進車輛控制及安全系統**

- (1)運用駕駛模擬系統在車輛偵測方面，了解駕駛人在不同跟車狀況下之反應。
- (2)利用駕駛模擬器給予駕駛各種不同的安全警示，以了解何種符號、聲響對其有較佳之影響。

利用駕駛模擬器在行車危險警示方面，何種危險警示可使駕駛人較快辨別，能快速脫離危險環境。

#### **2.2.3 先進安全車輛研發策略**

由交通部運研所委託交通大學運輸研究中心執行之先進安全車輛（Advanced Safety Vehicle, ASV）研發策略之研究，該研究整合日本、歐美等國家發展 ASV 之經驗與現況，規劃台灣地區發展 ASV 之策略與系統。該研究針對車輛於行進前、行進中、緊急狀況下之系統架構進行整合，如圖 2.2，包含機車、小汽車及大型車等車種，並將各車種之輔助系統配置及功能皆有詳細之規劃。詳細之內容請參考先進安全車輛研發策略之研究（民國 90 年 8 月）【56】。

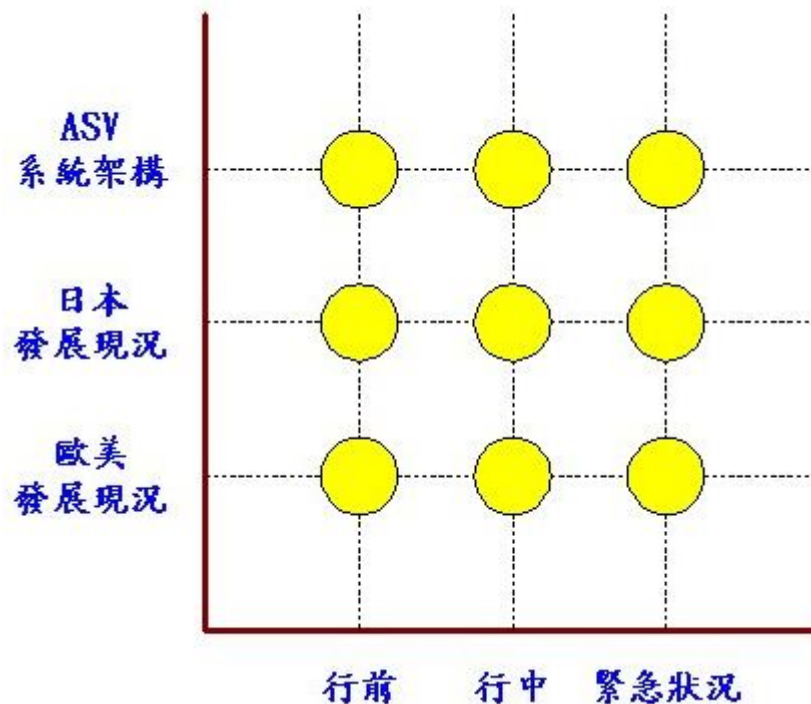


圖 2.2 ASV 研發策略之研究架構圖

就發展 ASV 系統的分類，行進中安全系統將是汽車駕駛模擬系統應用之重點，表 2.6 所列之子系統如安全車間距警示與輔助系統、超速行駛與定速輔助系統、變換車道輔助系統等子系統若於真實道路環境測試，不僅測試場地不易尋覓、成本高且有安全性的顧慮。汽車駕駛模擬系統提供了一個安全、可變性高與低成本的模擬測試環境，只需於駕駛模擬系統軟硬體製造各種 ASV 子系統之效果，即可進行多樣化的測試。

表 2.6 ASV 行進中安全系統

基本系統		子系統	功能說明
旅行中安全系統	周圍環境危險警告	安全車距警示與輔助系統	根據車速設定與前車的安全距離，與前車未保持安全距離時，系統即以語音方式警告駕駛者做修正；並自動協助駕駛保持安全車距。。
		視線死角警示系統	偵測駕駛者視線死角，當有障礙物、行人、車輛出現而有危險之可能時，給予駕駛者語音之警示。
	車輛危險狀態警告	旅行中車況診斷系統	車輛行駛過程中，持續監控與診斷車況，並將危險狀況以語音方式警告駕駛者做修正。
	駕駛者生理狀態	駕駛者危險狀態警示系統（酒醉、疲勞、身心不適警示）	系統可偵測駕駛者之身心狀況，當駕駛者有酒醉、疲勞、身心不適等危害駕駛安全之狀態時，給予駕駛者語音之警示。

	況及操作不良警告	超速行駛警示與定速輔助系統	系統依各路段速限設定車速，當駕駛者超速行駛時，系統會給予語音警示；並協助駕駛者維持定速行駛。
		車道偏離警示與輔助系統	當有特殊因素（如：接聽電話、發呆或與他人交談等情況）而使車子有非預期之車道偏離情形時，系統即以語音方式警告駕駛者做修正；並協助駕駛者做修正。
	駕駛輔助	變換車道輔助系統	自動協助駕駛者判斷後方來車及變換車道。
		駕駛視野及辨認性支援系統（隧道、夜間、天氣不良時之輔助）	利用紅外線或熱感應方式，以抬頭顯示器，提供駕駛夜視或視線不良時之輔助。
		頭燈自動配光控制系統	依車況與路況不同，自動開啟燈光並調整光型與投射角度。
		智慧型除霧與撥水系統	撥水玻璃與自動除霧系統。
		智慧型導航系統	以電子地圖配合語音方式，指示駕駛行駛方向。
		智慧型煞車系統(ABS)	緊急煞車時，可精確地控制四輪煞車油壓，防止車輪鎖定而打滑失控。
		自動方向燈系統	自動感應車頭偏向角度，自動顯示轉向方向燈。
		智慧型車門系統	開門時，自動偵測後方來車，如有來車，系統即以語音警告，並暫時鎖住車門推開之角度。

資料來源：[http://www.iot.gov.tw/chinese/topic/s/asv/4/4\\_1.htm](http://www.iot.gov.tw/chinese/topic/s/asv/4/4_1.htm)

本計畫擬定駕駛模擬系統應用規劃於 ITS 之課題，係以綱要計畫、ITS SA 及先進安全車輛研發策略為主要參考依據，選出駕駛模擬系統可實作之 ITS 使用者服務項目，達成以使駕駛模擬系統作為 ITS 預覽與評估工具之效益。

## 2.3 國內汽車駕駛模擬系統相關研究回顧

民國八十三年五月由國立成功大學交通管理科學研究所與公路局南部汽車訓練中心合作從事之『國內汽車駕駛模擬系統之雛型研究』始，成大交通管理科學系所遂進入駕駛模擬之研究領域，其研究方向乃秉持其在交通管理、車流與人因特性之專長，內容著重於汽車駕駛模擬器之驗證、車流模式構建與駕駛行為之分析等方面之應用研究，此項研究亦獲得成大管理學院之重視與肯定，乃於 85 學年度籌設「管理科技實驗中心」將此納入，遂而成立了「運輸行為實驗室」。中央大學機械研究所則自民國八十六年開始投入汽車駕駛模擬系統之建置，其研究方向則在於汽車機械與車輛動態運動之專長，故六軸汽車駕駛模擬系統動態平台之構建與車輛動態模式之構建則為重點。此二團隊研發方式皆利用「虛擬實境」之電腦圖學技術，並以個人電腦作為系統開發平台，建構出近乎真實的虛擬環境來從事相關的研究，而虛擬實境系統則包括了下列五個基本單元：

1. 虛擬世界
2. 虛擬實境軟體
3. 虛擬實境電腦
4. 輸入單元
5. 輸出單元

模擬實驗的運作乃經由以上五個單元之間的配合達成虛擬世界與模擬器操作者之間的互動關係。茲將汽車駕駛模擬系統分成駕駛模擬系統硬體間之互動、場景構建軟體兩部分介紹。

### 2.3.1 駕駛模擬系統主要架構

駕駛模擬系統的架構包含六個主要子系統，如圖 2.3，包括系統架構、虛擬影像產生器、運動系統、座艙、車輛動態模式及資料擷取系統等，以下針對這些子系統加以概略介紹。

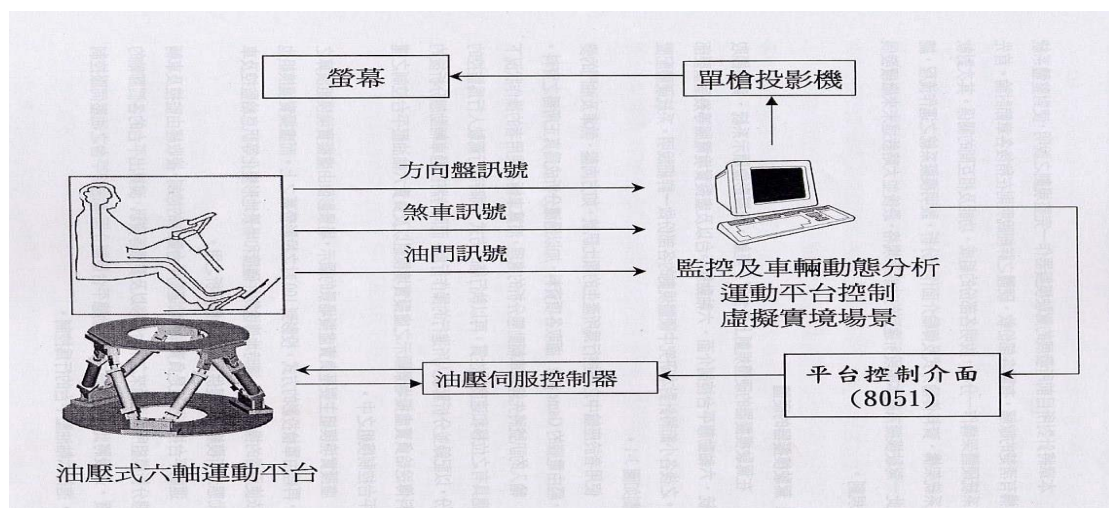


圖 2.3 駕駛模擬系統主要架構

#### 1. 系統架構

駕駛模擬系統的整個系統架構可由電腦作業平台、即時操作模式及資料溝通協定三方面所組成。在電腦處理器方面，又可以同步、非同步及混合式的方式操作區分；傳統的溝通協定包括點對點、記憶體映射、網路（如 TCP/IP）等。

## 2. 虛擬影像產生器

現今模擬系統的影像大多係利用電腦來產生動畫圖像，由於目前軟體技術的進步，可以輕易的將現實的圖像利用電腦科技將之重現於螢幕上，甚至利用 2D 的平面影像來產生 3D 的模型，如此使得現今模擬場景的真實度大大地提升。一般的模擬系統通常擁有很大的螢幕來顯示虛擬的影像，在螢幕的擺置上可以採寬螢幕廣角式或是環場包覆式，配合多部投射機將影像投射至螢幕上。

## 3. 運動系統

通常運動系統可分為兩種，即固定基底型及具運動平台的駕駛模擬系統。一般模擬系統為固定基底型，可應用於和運動平台相關性較低的研究，較高等級的模擬系統則具備了數個自由度的震動，甚至有達到六個自由度者。另外更高級的模擬系統尚有水平移動的功能，可以讓駕駛人感受到速率感。

## 4. 座艙

模擬系統可具有專用的座艙，通常座艙主體的前端及尾端皆移除，目的在減輕重量及縮小體積，但其內部必須調整。方向盤轉動角為最主要的駕駛控制，它影響整個交通工具的動能模型、力位移特性，機構上可以採用阻尼或其他具可調式非線性感覺特性的複雜裝置。其它的裝置如煞車、油門、排檔等處理方式亦同。其餘如聲音若能跟隨著場景或速率的變化而改變，則更能達到模擬的氣氛。

## 5. 車輛動態模式

水平方向的動力學與方向盤的輸入、空氣動力學及道路的干擾有關。方向盤所造成的轉動速率響應，可能是簡單的增益及時間延遲（或落後），或者可表示為高階非線性運動方程式。縱向的響應則可簡單的表示為與油門相關的前進速率或更高階的非線性模型。相同的，減速則為與煞車踏板力量相關的方程式，大部分採用高階的水平及縱向耦合動力模型，其中包括了輪胎模型、滑動角的組合狀況及牽引力等。

## 6. 資料擷取系統

資料擷取系統可提供量測及記錄駕駛人的行為；如何記錄駕駛人的行為反應乃為各模擬系統的研究重點，其他如心理上的變數，主觀的評估也是重要的研究方向，應按其任務及研究主題，在實驗過程之中，即時地擷取反應數據，以供後續之分析研究，所以資料之擷取，在整個系統之中亦佔有相當重要的地位。

目前國內利用駕駛模擬器從事交通相關課題研究主要的系統有成功大學的固定基底型駕駛模擬器、運研所六軸動態駕駛模擬器，如圖 2.4、2.5。固定型駕駛模擬器可從事駕駛者反應、車流模式等相關課題，至於需考慮車輛動態特性之相關課題，則需利用六軸動態駕駛模擬器來進行。

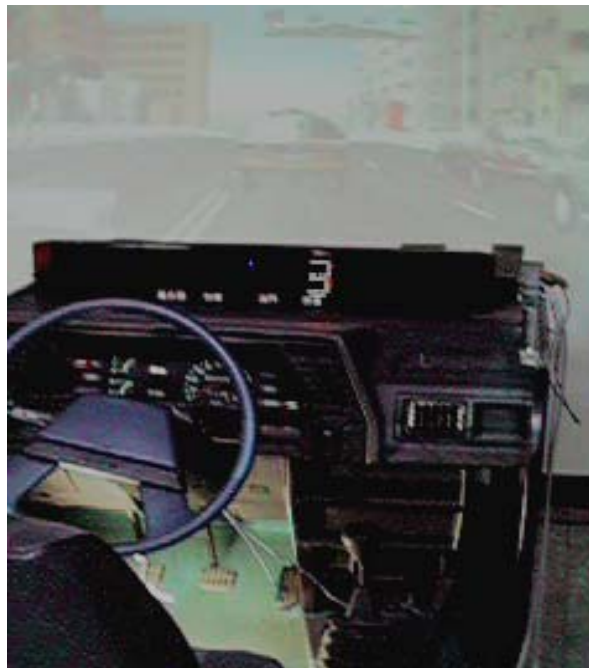


圖 2.4 固定基底型駕駛模擬器



圖 2.5 六軸動態駕駛模擬器

### 2.3.2 虛擬實境場景建構軟體

如今的虛擬實境 3D 技術已經被廣泛地應用於許多方面，例如醫療、製造、教學訓練及娛樂等，在眾多可資建構虛擬環境的軟體中，必須設法了解各套軟體，俾能選出適合需求的工具。如將目前在個人電腦上常用到的虛擬實境軟體作一評估，可知各軟體的特色及優缺點比較如下：

#### 1.Virtus WalkThrough Pro

由 VIRTUS 公司所出版，其 2.0 版可支援到 Win3.x 及 MAC System 7 等作業系統，故是一套十分基本的虛擬實境軟體，很適合初學者使用。但此系統只支援虛擬實境中少數的硬體輸出、輸入裝置，而且不能接受外來的圖檔格式，僅能支援 VRML 1.0。一般而言，此程式的定位主要在於讓使用者能夠設計出一套簡易的建築物遊歷導覽或僅是為了體驗一下虛擬實境的觀念，但不能用於建構高階的互動式虛擬實境物件。其虛擬世界的建構是藉由選單以及滑鼠來設計，但是由於該軟體本身的限制，及其程式設計出來的虛擬世界皆屬靜態的個體，雖具有物體碰撞之偵測功能，但卻無法設計複雜的不規則個體，所以無法深入的描述出虛擬實境的環境。至於其在表面材質的使用方面，可支援一般常見的影像檔案。

## 2.VR Creator

其前身為 VREAM，後來被 Platinum 公司所收購，而改版為目前的產品。在圖檔模型的輸入上，可支援 DXF、COB、3DS、OBJ、LW 等，而輸出則為標準的 VRML 2.0 格式。其使用 Direct 3D 的繪圖引擎，內建 3D 模型之製作環境，並附有超過 1000 種的圖型庫、聲音、行為命令、材質圖庫等，操作拖拉、放置 (Drag & Drop) 的使用方式，及所見即所得 (What You See Is What You Get, WYSIWYG) 的操作介面。可支援 VRML Script 及 Java Script 來定義物件的行為模式。

## 3.Cosmo PageFX

目前版本是 1.0 版，所支援的平台為 Windows 95 及 Windows NT，所需之硬體最低需求為 166Mhz Pentium、32MB RAM、50MB HDD、SoundBlaster (Pro)、CD-ROM；若想達到更順暢的操作環境，軟體方面建議採用 Windows NT 4.0、233Mhz w/MMX Pentium、64MB RAM 將會較好。

本軟體屬於虛擬環境的編輯軟體，可支援一般常見的圖檔及聲音格式，對於物件模型已能支援 VRML 2.0 版；另外曲線的路徑可由 Bezier, straight-line, ellipse, helical 及 spiral paths 等幾種方式來表示，對於編輯物件與使用者互動的介面也相當容易，故可說是一套相當完備的虛擬環境的編輯軟體，而可輕易完成符合 VRML 2.0 標準的虛擬世界。

## 4.World Up

World Up 和 WTK 同屬 Sense 8 公司的產品，它在 VR 領域產品中算是一個相當新的產品，所以相對所能支援的週邊硬體也不在少數。其本身除能接收大部份的 3D 圖檔格式外，同時也提供了簡單的 Model 編修功能。以下將介紹其優、缺點：

- (1) 主要架構在 Windows NT 環境下，在 NT 系統中，除可享受其穩定性外，並可做到真正的多工，可藉網路達到資料溝通的目的，在工作站上也有其播程式。
- (2) 屬放開放性的資料庫連接 (Open Database Connectivity)。
- (3) 具物件導向式的應用程式工作畫面。

- (4)類似 Visual Basic 的程式語法，故程式發展與維護十分容易。
- (5)具良好的使用者介面，和 SuperScape 一樣，均屬軟體編輯工具，但強調即使是不懂程式設計的人，都可發展出傑出的虛擬世界。
- (6)因為 Sense 8 公司產品發展的時間較短，所以提供的功能亦較為有限，很多物理特性需由設計者自行去設計，相對增加了軟體的開發時間。
- (7)對硬體的需求較高，尤其在圖形的處理能力（Texture、Rendering、Shading 等）方面，受到硬體影響很大，因此需要高等級的機器去搭配高功能的 3D 圖形加速卡，才能達到平順的效果。
- (8)因為硬體方面的受限，相對的整個 VR 世界所能納入的 Polygon 數目，也受限在 2000~3000 個之間，對於物件的表達，便無法相當的逼真，故對整個模擬的真實度將大打折扣。

## 5.SuperScape (VRT)

SuperScape (VRT) 軟體在 VR 領域中，係屬一套相當資深的軟體，因其是以一般設計作為開發重點，所以在系統要求上，就不像其他軟體那樣的嚴苛。茲將 SuperScape(VRT) 軟體的特色介紹如下：

- (1)屬於一種軟體編輯工具，其本身除提供物件的編修功能外，在 3D 圖檔方面也能接受 DXF.WRF 的圖檔格式，對於一般的影像檔均可接受，因此其擴充性頗佳。
- (2)新版本已可支援 Direct 3D，並採用 Z Buffer 來處理，如此可讓影像看起來更加平順。
- (3)對系統需求並沒有太大的限制，同時也提供了 DOS、WIN 95 及 WIN NT 的版本，並在工作站上也已提供其播程式。
- (4)可支援大部份的 VR 相關週邊設備，並可利用其 SDK 功能去發展自身的驅動程式。

- (5)強調易操作性，因此不懂程式設計者也可開發自己的虛擬實境世界。
- (6)提供完善的物理特性及特效，使系統發展者可在最短的時間內，完成最佳的設計方案。
- (7)可與其他應用程式進行動態資料之連結，以達到資源共享的目的。
- (8)只能支援 256 色，所以在色彩的表達上有所受限，此係其缺點，但也是其優點，因為只有 256 色，所以其 Frame Rate 較不受限制。
- (9)可直接發展出網路上的虛擬實境，並可開發供多人連線上網使用。

### 6.3DS Max4.0

3DS 對複雜模型之建置有相當的便利性，且提供製作曲線曲面之功能，此功能對建構表面曲度變化大之物件有很大之幫助，且經由其提供的轉檔功能，可將其製作結果轉成 wrl 檔，然其對 VRML97 的支援較差，有些節點無法表現，故本研究使用 3DS 來作為建構模型之建構工具。

### 7.VRML 97 虛擬實境模式語言

VRML (Virtual Reality Modeling Language) 1.0 版虛擬實境模式語言之發展初期結合了網路和虛擬實境，用來描述三度空間的場景和 WWW 的連結，從簡易的幾何形狀到逼真的場景均具可行性；但由於其規格範圍僅限於描述立體場景的形狀、位置、材質、攝影機的位置、角度、光源的種類與位置以及網路連結的能力，對於使用者與環境的互動，則完全無法描述與處理。VRML 2.0 的規格，主要為擴充 VRML 的應用範圍與能力，其增加了多人互動式系統的規格和聲音規格；後續的規格則研發至 VRML 97，但其擬真度距離真實情況尚有一段差距；而物件之間應有的碰撞特性正是其一大缺憾，在未來的 VRML 世界中，將會更實際地模擬出生活環境的真實性。

目前 VRML 97 的最大瓶頸乃是網路傳輸速率與 3D 繪圖速率；除了硬體的改善之外，在 3D 圖形運算方面，多數的

瀏覽器均支援一般的 3D 圖形加速卡；若能配合一部較佳的 PC，甚至還可達到接近 SGI 工作站的顯示效果。

國內以往所做的研究，均係以 SuperScape VRT 作為虛擬場景的建構軟體。雖然 SuperScape 套裝軟體有其使用上的簡易性及方便性，但卻不夠開放，亦不保證能和其他的 VR 模組相容，所以不易和其他 VR 的資源相互整合；且 SuperScape VRT 所支援的色彩僅達 256 色，在視覺效果上亦無法達到場景擬真的效果。此外，本產品的升級花費高昂，不同版本之間所做的模組，亦有相容性的問題，在在造成後續維護工作的困難，因此之故，另選一套更適宜的軟體取而代之乃為必要。

在擬真度及格式開放性的雙重考量之下，乃以 VRML 格式作為建構虛擬實境場景的方式，因其在色彩上可呈現全彩效果，故可達到視覺上的較佳效果，同時 VRML 為一國際標準語言，故可充分的整合網路上的現有資源。SuperScape VRT 和 VRML 間之比較可參見表 2.7。

表 2.7 VRML 97 和 SuperScape (VRT) 之比較

虛擬實境規格	VRML 97	SuperScape VRT
場景物件特性	較不完整（不具碰撞特性）	較完整（具有碰撞特性）
場景檔案規格	具有較高相容性(可與其他軟體轉換檔案格式)	相容性較差
程式控制介面	研發其他物件特性受限其標準規格	可獨立開發所需物件特性
色彩擬真度	可支援全彩色系具有較高之擬真度	僅支援 256 色
虛擬場景製作	較為容易	較為困難

綜合以上分析，本研究決定以 VRML 語法作為建構虛擬實驗場景的主要工具，但為求避免 VRML 語法中對於物件繁雜的描述，本研究乃以專業繪圖軟體 3DS MAX 作為物件製作的工具，將 3DS MAX 製作完成的檔案格式轉檔成 VRML 檔案格式，最後再以 Cosmo World 軟體進行場景的編輯，並對場景中的物件屬性、行為及環境作調整的工作。

### 2.3.3 國內研究成果簡介

本計畫將國內汽車駕駛模擬系統之相關研究彙整於如下：

#### 1.民國 84 年 6 月，張劭卿，碩士論文。

張劭卿於 1995 年完成汽車駕駛模擬系統之行車動態影像製作初步研究，其係利用 Superscape VRT 軟體來建構高速公路之汽車駕駛模擬離形系統，該研究中已納入跟車理論和變換車道理論，但其跟車和變換車道模式之校估與驗證工作尚非十分健全。



#### 2.民國 85 年 2 月，林育誠，國科會學士專題研究論文。

林育誠於 1996 年完成互動式虛擬實境電腦軟體應用於開發駕駛模擬系統之研究，亦利用 Superscape VRT 軟體來建構高速公路之汽車駕駛模擬離形系統，該研究中納入與張劭卿研究中相同之跟車理論和變換車道理論，但模式之校估與驗證工作尚非十分健全。

#### 3.民國 86 年 6 月，林鄉鎮，博士論文【65】。

林鄉鎮於 1997 年利用虛擬實境技術所構建之駕駛模擬系統，來蒐集高速公路小汽車駕駛者跟車資料，並以倒傳遞型態之類神經網路進行資料分析，以建立本土化的高速公路

小汽車跟車模式。

#### 4.民國 86 年 6 月，林松柏，碩士論文【64】。

林松柏於民國 86 年發表以「汽車駕駛模擬器研究」為題之碩士論文中，模擬汽車駕駛考照訓練場之情境，使用 WorldUp 虛擬實境編輯軟體，針對不同之考試項目，如上坡起步、倒車入庫、路邊停車、直線加速、S 型彎路等，建立不同的虛擬實境場景，模擬真實的考照情形。

#### 5.民國 87 年 7 月，中大機研所與成大交研所，交通部運輸研究所研究計畫

本計畫為北部第二高速公路視覺模擬，視覺模擬的路段從木柵交流道南下匝道進入北二高，途中經過木柵隧道、新店交流道、新店隧道至安坑交流道離開北二高。基本的物件模組包括上匝道、基本路段、曲線路段、上坡、隧道與下匝道等部分。



#### 6.民國 88 年、89 年，中央機研所與成大交研所，駕駛模擬系統建置與應用之規劃研究【59】【60】

本研究的主要目標，乃在於構建並規劃六軸式之小汽車駕駛模擬系統之建構方式及規格，此外並以標誌與標線作為

其初步應用課題。

#### **7.民國 88 年 6 月，郭信義，碩士論文【68】**

郭信義於民國 88 年發表以「利用汽車駕駛模擬系統從事駕車行為研究中有關道路環境之驗證分析」為題之碩士論文中，採用 SuperScape5.0 虛擬實境軟體工具來構建虛擬道路場景，其虛擬道路乃遴選市區幹道中，某一路段來進行道路幾何線型之構建與道路周圍景觀重現。其道路建構採用模組化的方式，以提昇作業效率與提昇整體執行效率，而在模擬車流方面，使用建立車輛運行座標之資料庫和車輛內建運動方程式兩種方式來達到模擬車流之效果。

#### **8.民國 88 年 10 月，張劭卿，博士論文【67】**

張劭卿於民國 88 年發表以「固定基底型小汽車駕駛模擬系統開發之驗證研究」為題之博士論文中，探討到最佳的模擬實驗環境參數之設定方式，其研究方法為依照現場實驗行車狀況，製作與現場實驗相同之完整模擬實驗情境，並對「有無路面貼圖」、「模擬車輛數多寡」、「加速率靈敏度」與「完整場景」等四種不同模擬實驗內容進行場景設計，其次藉由測試實驗者反覆進行模擬實驗，分析駕駛者對於駕駛模擬系統之學習適應狀況，以了解進行模擬實驗前之必要訓練期間，同時比較測試實驗者在有無道路鋪面紋路貼圖之場景，以確認其對於模擬實驗之必要性。最後，比較如將場景中虛擬車輛減少與使用較簡陋之場景情況下，對於增加模擬系統顯示績效之可行性。此外，有鑑於電腦螢幕大小無法提供真實之駕駛視覺環境，故使用單槍投影的方式，然而，因物體大小會隨單槍投射器放大倍率、螢幕距離、虛擬實境構建工具與實際單位之換算當量等因素而改變，故設計一「距離－視覺影像大小」之校正程序，藉由調整上述三項因素，以提供駕駛者一個符合實際視覺大小的模擬實驗場景。

#### **9.民國 89 年 7 月，羅俊煌，碩士論文【71】**

羅俊煌於民國 89 年以「應用汽車駕駛模擬系統從事易肇事地點之交通工程改善方案評估研究」為題之碩士論文中，採用 VRML97 配合具有 3D 繪圖功能的專業繪圖軟體 AutoCAD2000 及虛擬實境軟體 VR Creator2.0 及 CosmoWorld2.0 來構建虛擬場景的物件模組。在碰撞偵測方

面，由於考量其虛擬場景之物件使用數量十分龐大，考慮程式執行績效以及碰撞範圍之精確性起見，故只選取交通肇事最頻繁之路段區域，即其場景中。左右彎道槽化島之地域進行碰撞範圍設定。



#### **10.民國 89 年 7 月，吳毓凱，碩士論文【62】**

吳毓凱於民國 89 年以「線上駕駛訓練班之研究」為題之碩士論文中，承續林松柏之研究，將原本以 WorldUp 建構的教練場模型轉換成 VRML 語法，再利用 CosmoWorlds 調整因轉檔時發生位置錯誤之教練場模型。

#### **11.民國 90 年 10 月，中央機研所與成大交研所，駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究【61】**

此計畫的主要成果係利用 3 部單槍投影機，將場景分別投射在駕駛模擬器前面的 3 面螢幕，使受測者身歷其境的感受更深。同時亦完成開發特殊天候狀況的場景，如雨天、霧天等，擴展了汽車駕駛模擬器在交通安全上的應用潛力。

### **2.4 國外汽車駕駛模擬系統相關研究回顧**

目前世界上最先進的駕駛模擬器座落於愛荷華（IOWA）大學的 IDS (IOWA Driving Simulator)系統，模擬器的應用之一在於從事交通安全等相關課題之研究，藉由真

實環境之實驗可能會造成人員的傷亡，且具有數據不易直接獲得等缺點。本節整理國外模擬器之相關研究，依駕駛者特性、道路與天候環境與 ITS 三方面的應用課題分類；而不同的模擬器其機械設備的複雜度和可以支援的實驗課題難度亦不同，本計畫亦收集並整理國外各汽車駕駛模擬系統之應用課題與方向。

#### 2.4.1 駕駛者特性相關課題

駕駛者特性影響交通安全甚大，如不同年齡、性別、駕駛習慣等駕駛者之駕駛行為皆不同。Kirk et al. (2000)【15】即探討不同年齡駕駛者之駕駛行為，目的在研究不同年齡與肇事率之間的相互關係。本研究的結果發現美國的年輕人在任何型態的肇事率皆很高，尤其以 16-17 歲的年齡層。然而在一年後，肇事率有顯著的下降，表示在一年內操控汽車的學習曲線會急速上升，顯示其經驗不足是肇事的最大主因。

長途旅行所造成的疲勞駕駛對行車安全亦為相當重要之課題，Roge et al. (2001)【22】研究當駕駛者於一單調的駕駛過程中，駕駛者會作某些不需要的行為，如姿勢的調整等。本研究的目的是在於找出這些行為在單調及冗長的活動中是否會增加，其它詳細實驗流程請參考附錄 A-1。而 Verwey et al. (1999)【30】則以先進之駕駛模擬器來調查駕駛者是否可在有睡意的狀況下維持警覺性。一般而言，過度疲累及睡意所引發的意外通常都會發生在深夜時分或在都市道路上。該研究藉由遊戲般 (game-like) 的測試所引發的心智活動 (在一單調長時間駕駛下) 是否會減少因疲累或睡意而降低駕駛安全，其它詳細實驗流程請參考附錄 A-2。

隨著通訊科技的進步，行動電話已有相當的普及率。行車中使用行動電話勢必會對駕駛安全有所影響，Tokunaga et al. (2000)【25】即對此作了一連串的實驗。本研究調查開車時使用手機對話的駕駛反應時間和主觀精神工作負擔 (subjective mental workload, SMWL)。每一位受測者都被要求和前車保持固定的距離，受測者需作四項測試：a. 跟前車、b. 跟前車且同時操作行動電話、c. 作簡單的手機對話測試、d. 複雜的手機對話測試。本實驗研究結果發現，當受試者在對話時，其反應時間較長而主觀精神工作負擔較大，在從事複雜的對話時其反應時間更久，且和年齡無關。

## 2.4.2 道路與天候環境相關課題

標誌與標線為設置於道路上，用以警告、禁止、指示駕駛者之設施，其設置的顏色、尺寸、位置及內容等皆會影響駕駛行為與安全。Dissanayake et al. (2001)【4】即討論不同尺寸的停止標誌（stop sign）對於減速距離的影響，實驗時將受試者依年紀分成三組一年長組、中年組以及年輕組。實驗結果發現，不同年齡間需要的反應距離（感識＋煞車距離）不同，年長者通常比其他年齡受試者需要較長的反應距離；同時，不同尺寸的減速標誌對反應距離造成差異，尺寸愈大的減速標誌所需的反應距離較短，然而若標誌尺寸小於某一程度時，則反應距離並無差異；年長者所需的反應距離隨著標誌規格增大而減小。Eccles et al. (2000)【6】則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。本實驗在七個危險路段分別裝設普通黃色和螢光黃色的警示標誌，並觀察駕駛者在這些路段的駕駛行為，包括衝突和事件、不遵守號誌、意識到停止標誌、停止行為和速率，評估其對安全所造成的影響程度。實驗結果顯示：有四個地段因為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。

道路的幾何設計如線形、視距、車道寬度等會影響駕駛者對本身駕駛行為之判斷與決定，間接影響駕駛安全。Huang et al. (2000)【13】針對美國的道路縮減（road diets）計劃對行車安全的影響進行研究。道路縮減場景如圖 2.6 所示，將四線非分隔的道路變成三線車道（兩條直進加上一條轉彎車道）、再加上腳踏車車道，人行道和/或沿街停車，主要目的為調查道路縮減對事故和傷害的效用，其分析散佈在加州和華盛頓市內 23 個道路縮減方案，每個方案並同時與一個相對的地點（具有類似特性的四線非分隔道路）比較。分析結果發現，設置了道路縮減後平均每個月肇事率降低了 2~42%，亦即改善了交通安全並增加了郊區的景觀。然而在設置之前需要審慎的考量道路縮減對交通控制和容量的衝擊和影響。

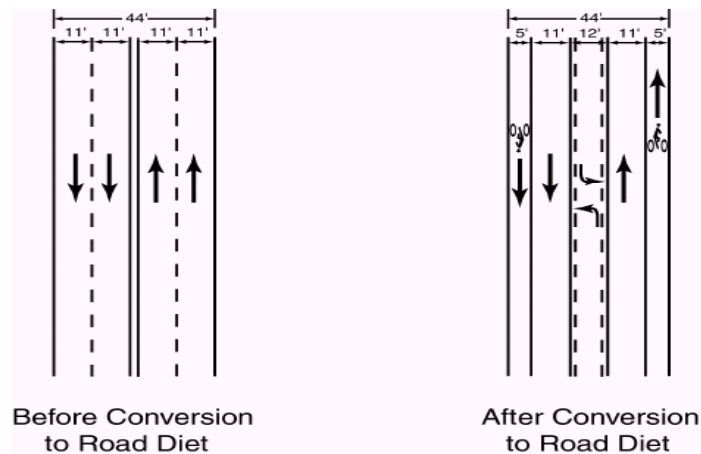
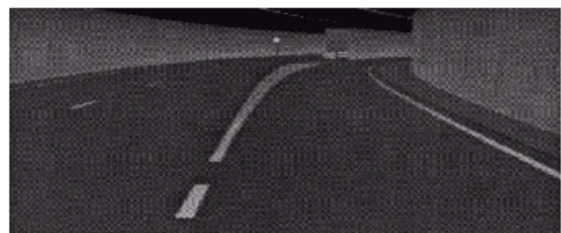


圖 2.6 道路縮減示意圖

上述的研究都是在探討一般性的道路，Törnros (1998)【25】則探討隧道內之駕駛行為，20 位參與者分別在真實的隧道與虛擬世界之隧道下測試。挪威 Oslo 的 Ekeberg 隧道，共分左、中、右等三條線，左側路線在直線部份寬 3.25 公尺，轉彎部份寬 3.65 公尺；中間路線直線部份為 3.5 公尺，轉彎部份為 3.65 公尺；右側路線直線部份為 3.25 公尺，轉彎部份為 3.75 公尺。右側及中間路線總長度為 1150 公尺，左側路線為 980 公尺，轉彎處真實與模擬之路況如圖 2.7 所示。實驗結果顯示駕駛者在模擬器以較高速駕駛，其詳細實驗流程請參考附錄 A-3。



真實的隧道



模擬的隧道

圖 2.7 真實與模擬隧道之路況

Sarvi (2001)【23】等探討高速公路匯流區的駕駛行為，透過駕駛模擬器研究在擁擠交通環境下的匝道併入情形，其主要目的在發展一套交通模式，評估不同幾何設計及流量情況併入部分的容量，並進一步建立駕駛人的行為模式。其先收集 12 位駕駛人的行為資料，另外，兩位駕駛模擬器的參

與者被要求駕駛儀器車輛並且在真實駕駛環境表現併入的行為。模擬器、儀器車輛以及觀察駕駛者的駕駛行為等資料，進一步運用於評比模擬器駕駛者行為與實際上的差距。

特殊天候不僅影響車輛運動特性，如雨天、下雪降低路面摩擦係數，同時亦影響駕駛者之駕駛行為，如雨天、霧天、眩光等影響駕駛者視線。Van de Hulst et al. (1998)【29】即以駕駛模擬器研究視覺狀況不佳的情況下之駕駛行為，研究顯示，駕駛者在預習有限的情況下，會維持較大的跟車間距，原因在於維持適當的跟車間距與道路交通狀況預測困難有關，而非因視覺狀況不佳所引起的感知退化。在一固定時間排程內駕駛的駕駛者，在不良的視覺狀況下，不會增加駕駛者的跟車間距。一般而言，駕駛者於特殊天候下行駛時，會採用一適合的策略層級（目標在於控制駕駛過程中的時間壓力），而一般正常天候下，即視覺狀況良好情況下，駕駛者採用一預期的駕駛策略。當預測的機率減少時，駕駛者以減速與增加跟車間距來彌補，以便增加足夠的時間對潛在的徵兆做出反應。當該彌補策略無法執行時，駕駛者必需維持高警覺性以針對無法預測的危險事件做出準確的反應，其它詳細實驗流程請參考附錄 A-4。

白天的能見度雖比夜晚佳，但光線仍會對駕駛者產生影響，臺灣由於地處亞熱帶，強烈陽光所引起的眩光問題也就相對的嚴重。而於晚上駕駛時，對向車道車輛之車燈所造成的眩光亦嚴重影響駕駛者的視線。Ranney et al. (1999)【21】即研究夜間駕駛時的眩光問題對駕駛行為之影響，研究指出，長期曝露在眩光的情境下，會造成肌肉的疲備及姿勢的緊張，其它詳細實驗流程請參考附錄 A-5。

### 2.4.3 ITS 相關課題

ITS 為近年來由於通訊技術發達所衍生出來的技術，藉由各種先進道路設施與車內資訊設備來輔助駕駛者。Comte (2000)【1】探討智慧型速度調適系統（Intelligent Speed Adaptation, ISA）對駕駛安全的影響。一般而言，當駕駛者以長時間高速行駛時，他們可能會習慣於高速，而過度高估他們所減低的速度，此時即可透過 ISA 系統輔助駕駛者，使其在危險的道路交通環境下，速度能控制於安全範圍。

ISA 系統係透過下列方式運作，其它詳細實驗流程請參考附錄 A-6：

1. 駕駛者可選擇是否要使用 ISA：每個速度限制改變時，車內顯示 (in-car display) 會隨時更新，且會有聲音提醒，駕駛者可選擇用系統或者忽略提醒。
2. 強制系統：永遠限制車子的速度，駕駛者無法解除 ISA 系統且無法超速。
3. 多樣化系統：與強制系統運作模式相同，但在危險的情況時，車速會減低。

國外利用駕駛模擬器從事 ITS 相關研究似以日本最多，部分相關文獻衡量先進公路巡航輔助系統 (Advanced Cruise-Assist Highway, AHS) 的績效，而 AHS 包含三大部分，一是資料服務的層面、二是警告層面、三為操作支援的層面。Yokochi et al. (2000)【34】主要衡量駕駛人的反應時間，並了解一般駕駛人與老年人在危險路段及緊急狀況之駕駛行為，評估 AHS 之績效，如圖 2.8 所示，其詳細實驗流程請參考附錄 A-7。

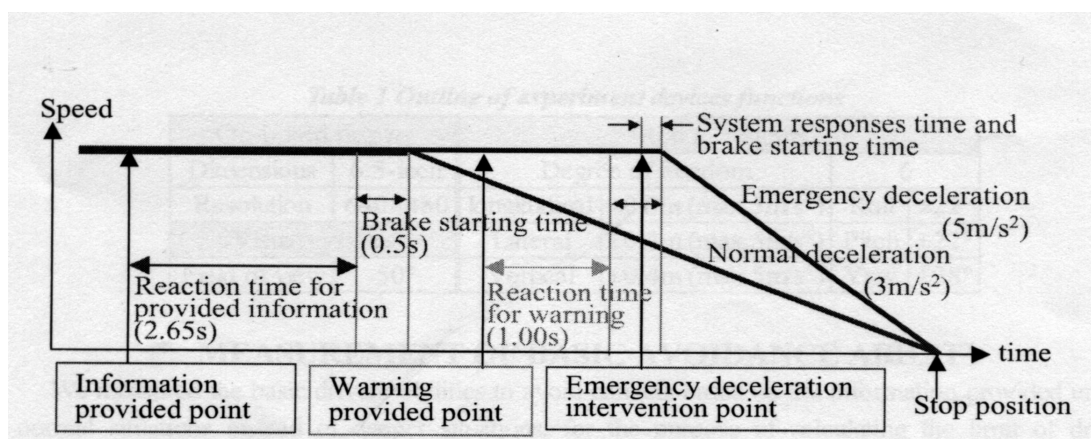


圖 2.8 AHS 績效評估系統

Goto et al. (2000)【9】則探討智慧道路（Smartways）的績效，此部分為相當複雜的系統架構，其模擬器是由道路交通模擬器 MELROSE、一個 3D 貼圖的交通環境模擬器、一個車上的 ITS HMI（為了評估 ITS 效率及績效的人機介面）所組成，如圖 2.9，不僅可以模擬真實世界車流型態，亦可以利用偵測器將實際道路車流納入模擬器中，其詳細實驗流程請參考附錄 A-8。

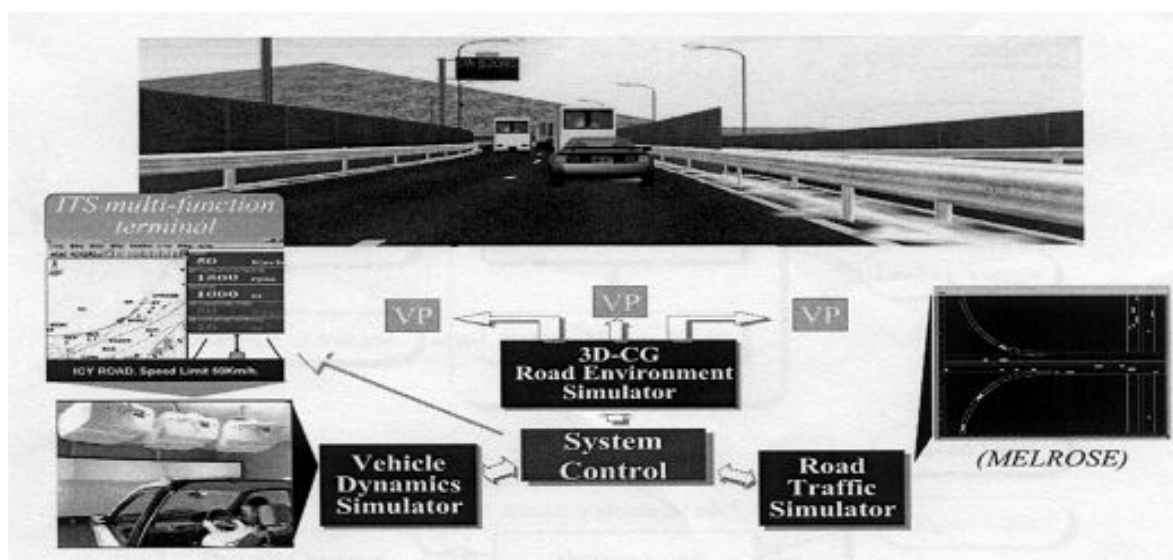


圖 2.9 Smartways 評估系統組成單元

根據統計，交通事故的發生與行車速度有極大的關係，不同的道路等級亦關係著事故發生率。英國鄉村 A 級的道路（Rural A）的事故發生率比其他等級道路還高，且大部份的事故皆發生在彎道處，Comte et al. (2000)【2】即研究 4 種控制速度的設備，包括道路設施及車內設備，探討其對駕駛行為之影響，4 種設備分別為：

1. 可變訊息標誌 (Variable Message Sign): 顯示建議的速度。
2. 車內建議系統 (in-car advice): 車內的液晶螢幕，用來顯示轉彎時建議的速度。
3. 速率限制器 (speed limiter): 可自動將駕駛的速度減至建議的速度水準。
4. 橫向標線 (transverse bars): 使用繪於車道的橫向標線產生視覺回饋 (visual feedback)。

此外再加上基礎測驗 (baseline)，故本實驗共有 5 種系

統，請參考附錄 A-9。

近年來由於智慧型運輸系統的推動，多家車廠積極推出各類車上產品及相關 ITS 設備。2002 年 9 月於德國漢諾威舉辦的第 49 屆國際車展中，賓士汽車利用了駕駛模擬系統(如圖 2.10)展示各項新研發的智慧型車內設備，其主旨在協助駕駛人正確安全地操作車輛，期望最後能夠有免於意外的交通環境，參見圖 2.11。



圖 2.10 賓士汽車之駕駛模擬系統



圖 2.11 賓士汽車公司之設計理念

其駕駛模擬系統有兩個螢幕(如圖 2.12)，較大的螢幕顯示行駛道路的狀況，其下方有一黃色箭頭指向左邊，前方為向左之曲線路段，故出現紅色圓點提示駕駛人應該將方向盤往左旋轉，使方向盤對準下方的紅色小點，當兩者重合時，紅點即變為綠點表示車輛對準至正確安全車道。此設計可以幫助駕駛人正確的判斷其是否處於安全駕駛的狀況，對於車道的掌控可以預作準備。



圖 2.12 賓士汽車駕駛模擬系統之銀幕

另外在右方較小的螢幕，如圖 2.13，係展示車上設備之攝影機、影像處理軟體、及通訊設備等，擷取外部狀況並快速地分析駕駛者現在的駕駛情況。其功能如同一台小型電腦計算前後左右方與障礙物之距離，俾能提早告知駕駛者，及早作準備。



圖 2.13 車上設備及功能

#### 2.4.4 國外汽車駕駛模擬系統簡介及應用

本節將簡單的介紹世界各國主要的駕駛模擬器，及以該模擬器所作的相關應用；由於各國的模擬器繁多無法一一錄於本節，其餘的模擬器則請參閱附錄 B。

##### 1. 波蘭的 AutoPW 駕駛模擬器【36】

<http://www.it.pw.edu.pl/autopw/en/main.html>

AutoPW 駕駛模擬器設立在 Warsaw 大學內，擺設情況如圖 2.14，其為車輛移動及動態模擬測試實驗室的主要測試工具，藉著使用 autoPW 模擬器來檢測駕駛人在一般狀況以及危險情況下的能力和反應。

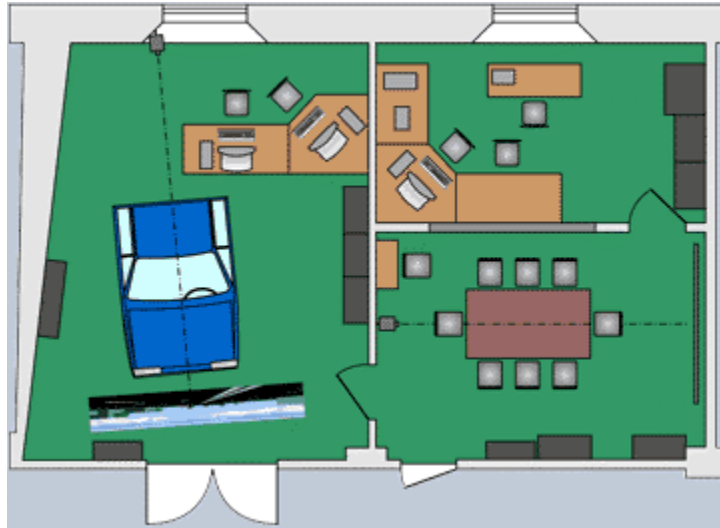


圖 2.14 AutoPW 駕駛模擬器示意圖

AutoPW 的主要測試如下：

- (1)直線道路的車輛啟動及加速（包括排檔的變換）
- (2)突然出現在車道上的障礙物，車輛繞過障礙物及煞車情形
- (3)車隊中車輛之駕駛行為（啟動、煞車）受前車約束之情形
- (4)車輛在不同摩擦係數道路鋪面上移動之情形
- (5)長時間的駕駛，利用閉路電視錄影來檢測駕駛人疲勞或食用藥物及面對前方碰撞情形的反應。

## 2. Cardiff 駕駛模擬器【37】

<http://www.cf.ac.uk/psych/ruddle/C-HIVE>

Cardiff 駕駛模擬器，如圖 2.15，其針對於不同天候來評估駕駛人反應。許多事故發生在有霧的天候下，霧會使駕駛人視覺減弱，許多駕駛人雖知道應減慢速度，但仍開的十分快，因此需給予駕駛人相關資訊以提醒駕駛人目前的速度。為了提醒駕駛人速度，首先車輛須配備有測速器，另外提供聲音設備可給予駕駛者速度的壓力，再者，駕駛者也可藉由外部環境的視覺流量評估車輛的速度。

關於霧在駕駛行為上的物理影響可利用虛擬實境的駕駛模擬器來衡量，實驗者被要求在虛擬實境的道路上行駛，從實例研究的資料顯示，當霧的密度改變時，速度較快。



圖 2.15 Cardiff 駕駛模擬器的情境

### 3. 荷蘭 Groningen 大學的駕駛模擬器【38】

[http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov\\_sim.htm](http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov_sim.htm)

荷蘭 Groningen 大學的駕駛模擬器，如圖 2.16，設立於交通環境與駕駛心理實驗室，1992 年開始運作，對於測試駕駛者而言，其為一安全以及可控制視覺的模擬真實環境，讓駕駛者彷彿駕駛在真實的世界一般，隨著標誌、建築以及交通變化在路網上自由移動。駕駛人可能碰到的環境是由情境設計而產生的特定交通環境。一個重要的特性是互動車輛的交通環境模擬，其可以強烈的幫助駕駛人感覺駕駛在真實世界，互動車輛基本上為各自的移動，偶爾也可以由情境所控制，用這個方式可以將自然的交通環境與完全程式化的環境作結合。

這套模擬器的研究重點包括：車上單元和道路設計的評估、行為評估、駕駛人訓練以及理論性的調查。道路幾何設計以及情境創造設施使未來的其他應用課題可以有更大的發展空間。



圖 2.16 荷蘭 Groningen 大學的駕駛模擬器

#### 4. 美國 NADS 駕駛模擬中心 【39】

<http://www.nads-sc.uiowa.edu/>

近年來，美國由於某些路段上有經常性的擁塞，使駕駛人駕駛在高速公路上不易保持安全間距，所以在智慧型車路系統（ITS 的前身）研發如何增加交通容量以及減少駕駛人負擔，其主要訴求為自動化控制行駛在道路上的車輛，並藉由駕駛模擬器評估如何去自動控制車輛。此外，也利用駕駛模擬器實驗出駕駛人速度控制的模式，其是基於駕駛者對前方障礙物的相對距離以及駕駛者感覺到的加速度所導出的模式，而模式被應用在自動化駕駛車輛的速度控制演算法。這份研究中，利用自動駕駛車輛與一般駕駛車輛的混和交通情形，來調查控制演算法的可行性，並以電腦模擬實驗測試來評估自動駕駛對駕駛者所帶來的助益程度。圖 2.17 為實驗之駕駛模擬器。



圖 2.17 NADS 駕駛模擬器

## 5. I-Sim 公司的駕駛模擬器【40】

<http://www.cmu.edu/cmri/drc/drctrucksim.html>

I-Sim 公司配合 Carnegie Mellon Research Institute 之駕駛研究中心 (Driving Research Center, DRC) 所發展的高度真實研究駕駛模擬器，它基於三個準則：(1)可移動式平台、(2)逼真的幾何圖形及(3)聲音，由這三個準則給予駕駛者感覺其並不是處於一個虛擬的世界，而是在真實環境中，模擬器可做出不同情境以滿足不同客戶的需要。此模擬器一個獨特部分是可互換的駕駛艙，目前有一個卡車的駕駛艙已裝置移動平台，而汽車的駕駛艙也可設置移動平台。其主要研究包括了車輛動態、天氣變化、甚至危險情況的控制（如輪胎爆胎以及煞車失靈），皆已被建立在電腦控制系統的主選單中，圖 2.18 為駕駛模擬器之場景。



圖 2.18 I-Sim 公司的駕駛模擬器

DRC 目前主要實驗計畫有：

- (1)設計和評估駕駛人疲勞情形，及其他因素如藥物之影響。
- (2)發展和建立新科技在車輛的控制設施上
- (3)發展和評估駕駛人的展示及資訊系統。

## 6. 美國人機界面科技實驗室 (Human Interface Technology Laboratory)【41】

[http://www.hitl.washington.edu/projects/drive\\_sim/index.htm](http://www.hitl.washington.edu/projects/drive_sim/index.htm)

人機界面科技實驗室為一汽車模擬實驗室，是由 Illusion Technologies International, Inc.所擁有。該駕駛模擬器具有封閉的環道、固定的底座及全面的互動性，可模擬某一程度的駕駛情境及狀況，且可以即時收集與儲存大量的運具參數以

及駕駛行為的測量。該模擬器可從簡易的跟車模式、導航作業到複雜的碰撞避免實驗來評估駕駛行為，由電腦產生的視覺虛擬道路畫面可設計為一多樣化的道路幾何圖、交通控制設備及道路環境，呈現於駕駛者眼前。其研究應用範圍包括：

- (1) 設計及評估汽車產品及技術
- (2) 評估 ITS 的效用
- (3) 駕駛者行為研究
- (4) 車禍避免測試事故分析及發展
- (5) 風險感知及危險識別
- (6) 交互虛擬世界介面

#### 7. 美國聯邦公路總局 (Federal Highway Administration, FHWA) 人因工程實驗室【42】

[Http://www.tfhrc.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm](http://www.tfhrc.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm)



圖 2.19 美國聯邦公路局駕駛模擬器

由隸屬於 FHWA 公路研究中心 (Turner Fairbank Highway Research Center, TFHRC) 的人因中心系統團隊 (Human Centered Systems Team) 所擁有，此為系統技術公司 (Systems Technology, Inc.) 所製造的 PC 等級模擬器。過去有關模擬器的研發成本都相當高，而本模擬器為一低成本互動式的模擬器，駕駛情境的設計亦不須耗費大量人力及時間，故可加強實驗的效率。該模擬器用於研究各種高速公路安全相關議題，如：道路設計、駕駛者行為及行人與自行車安全等；另外亦將研究有關高速公路活動議題，如：駕駛者對導航及其他電子訊息的反應；其他相關議題有：研究駕駛過程中因睡意侵襲而導致車禍的機率及駕駛行為的改變。透

過錄影、問卷資料及 EEG 監視的記錄來了解車禍及/或駕駛疏失乃肇因於睡意或其他因素。測驗的情境為一條有 4 個不同起點的 20 公里道路，參與者每日皆由不同的起點出發（實驗時間為每日下午 2:00~4:00），為了測試睡眠狀況與駕駛行為的關係，參與者為 6 男 6 女，平均年齡為 26-35 歲，在 4 日實驗過程中，其測試的睡眠狀況如下：

表 2.8 睡眠狀況與駕駛行為關係表

測試日	持續清醒的時間	睡眠剝奪時間
1	9 小時	無
2	12 小時	4 小時
3	36 小時	1 天
4	60 小時	2 天

#### **8.馬自達科技研究中心的駕駛模擬器（Mazda Technical Research Center），Horiguchi and Suetomi (1995)**

Kansei Engineering (KE) 已成為將汽車產品應用至顧客的品味及生活型態之利器。KE 在汽車發展的方法雖已應用在一些領域上，然由於 KE 之駕駛/運具系統的方法，因涉及人類整體感知或情緒的控制及汽車變數的衡量，故在研究方面有其困難性。為了輔助此方法，一具有充足運轉系統的駕駛模擬器已於 Mazda Technical Research Center（日本橫濱）發展完成。在此初始階段，有關運具偏搖運轉上人類感知機制的研究已成為探索人類感官之基礎研究。

#### **9. Ford 的駕駛模擬器 Virttex，Eisenstein (2001)**

Virttex 為 Ford 新的駕駛模擬器，它並非用來測試車子，而是用來測試駕駛者及其如何掌控駕駛過程。美國國家高速公路交通安全委員會預測，因駕駛者的分心，導致每年約 160 萬件交通事件的發生，約占全美總交通事故的四分之一。有些歐洲國家已禁止駕駛者使用行動電話，美國紐約州亦將跟進，其他州亦考慮立法禁止。而福特公司企圖影響此立法。

#### **10. 紐西蘭公路安全研究群（Road Safety at Waikato University）【43】**

<http://psychology.waikato.ac.nz/research/driversim/roadsafety.html>

此乃建造於 1996 年，為心理系交通和道路安全研究群（Traffic and Road Safety, TARS）所使用的系統。由於這個地區的事故率非常的高，因此多數的方案其研究動機多是為了滿足社區的需求，如圖 2.20。

目前最新的計劃案為測試在 T 字型路口時的駕駛行為並分析此處的肇事因子。本實驗發現駕駛者在路口停等時，對於對向車輛的速率判斷力非常差，僅能靠車輛接近路口的距離判斷；而 30 歲以下的駕駛者可以在本車與對向來車距離較短的情況下進入路口，相對的年長者在路口因為反應慢較易肇事。



圖 2.20 紐西蘭 Waikato University 模擬器

另一個方案為測試何者為道路工作者的最醒目之穿著顏色，以解決因為駕駛者沒有看到道路工作者而引發的意外。本實驗要求 80 位受測者在市區和郊區的道路指出穿著八種不同顏色安全服的道路工作者。實驗結果發現相較於其它的顏色，螢光橘和黃為不管在什麼地點什麼背景之下，都最易被辨視出來。而若受試者事先知道工作人員的衣服顏色，其反應時間會較短。

其它的方案則著重在人因面的調查，如發展一套人車介面，量測在不同的道路危險和駕駛狀況下的反應行為模式。實驗之一就是將駕駛人在前車停止時的反應當成一個駕駛注意力集中的函式，另一個實驗則分析駕駛人對風險認知在駕駛行為上面的表現。

TARS 同時教導初學者在彎道上將自己的視覺掃瞄行為

最適化。在當地，因為彎道上失去控制而導致的事故不在少數，這些教導的成果使初學者可以看得更遠、集中他們的焦點在彎道的切線上，以輔助他們的駕駛行為。

### **11. 密西根大學駕駛模擬器【44】**

<http://www.umich.edu/~driving/sim.html>

由密西根大學所研發之駕駛模擬器，低成本、固定底座，可用來做車內設施（如行動電話、交通資訊系統等）、駕駛者健康狀況等研究，如圖 2.21。該模擬器以麥金塔電腦網路為主，道路畫面具有 30 度的視角，並有各種道路標示的 2 線道路，多聲道音效，垂直振動等。投射面板為液晶顯示，投射器設於模擬器上方。



圖 2.21 密西根大學駕駛模擬器

### **12. Simulator Systems International, Inc 之模擬器【45】**

<http://www.simulatorsystems.com/S2000.HTM>

S-2000 由 Simulator Systems International, Inc 所研發，具有尖端的科技，可用於駕駛者的經驗評估及駕駛訓練，如圖 2.22。該系統提供可於 PC 上執行的軟體，並可模擬不利的駕駛狀況，其設備包括：電腦產生的視覺效果、頂上液晶螢幕投射器、Super VHS 或雷射光碟播放器等。



圖 2.22 S-2000 駕駛模擬器



## 三、汽車駕駛模擬系統應用效益與需求調查 評估

### 3.1 現有汽車駕駛模擬系統介紹

以下針對本研究現有駕駛模擬系統，包含駕駛模擬器各項硬體、控制系統、訊號擷取系統、視覺系統及系統整合等作簡單之敘述，詳細之內容請參閱駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究（運研所，民國 90 年）【61】。

#### 3.1.1 駕駛模擬器硬體

駕駛模擬器的主要硬體是採用史都渥特平台，為一個具有六個自由度的平行式（Parallel）操作器，具有能提供較高的負載驅動能力、較強的結構剛性（Stiffness）及逆向運動學求解較簡單等優點。史都渥特平台之結構為一可動的平台（Platform）藉由六根腳軸（Link）與一固定的基座（Base）相連接，而隨著腳軸的伸長與縮短促成可動平台的運動。平台的運動具有六個自由度，分別為決定位置（Position）的 X 方向、Y 方向、Z 方向等三個自由度以及決定方位（Orientation）的滾動（Roll）、俯仰（Pitch）、偏移（Yaw）等三個自由度。

駕駛座艙採用實車改裝，可依實際駕車方式進行操作，以具有較高之真實感。目前使用本田汽車的喜美車系進行改裝，採用的車體部份是使用喜美第五代（俗稱 K6）進行改裝而來。裁剪部份儀錶板，最後僅保留駕駛座前方之儀錶板部份之塑膠車體、方向盤、油門踏板、煞車踏版、駕駛座椅、手排檔與手煞車等部份，以減輕六軸平台承載之重量，並符合規劃之單人座艙，最後由木工依造型加工美化整體外觀，圖 3.1 所示。



圖 3.1 座艙右側近照圖

控制電腦包含一台主電腦和二台客戶端電腦，其規格皆為 AMD Athlon (ThunderBird) 1.4GHz、Nvidia GeForce2 GTS/PRO 3D 圖形加速卡、256MB RAM、100MB/S 網路卡。

駕駛座艙之操控和訊號擷取方面，可操控的部份如同一般車輛，包含方向盤、油門、煞車、排檔及儀錶板部份。依據操控動作，駕駛座艙所需擷取的訊號包括方向盤、油門、煞車、排檔等，依不同的特性安裝不同的電阻器或感測開關，而產生數位或類比訊號送出，經由訊號擷取卡送回控制電腦。其硬體架構如圖 3.2 所示。

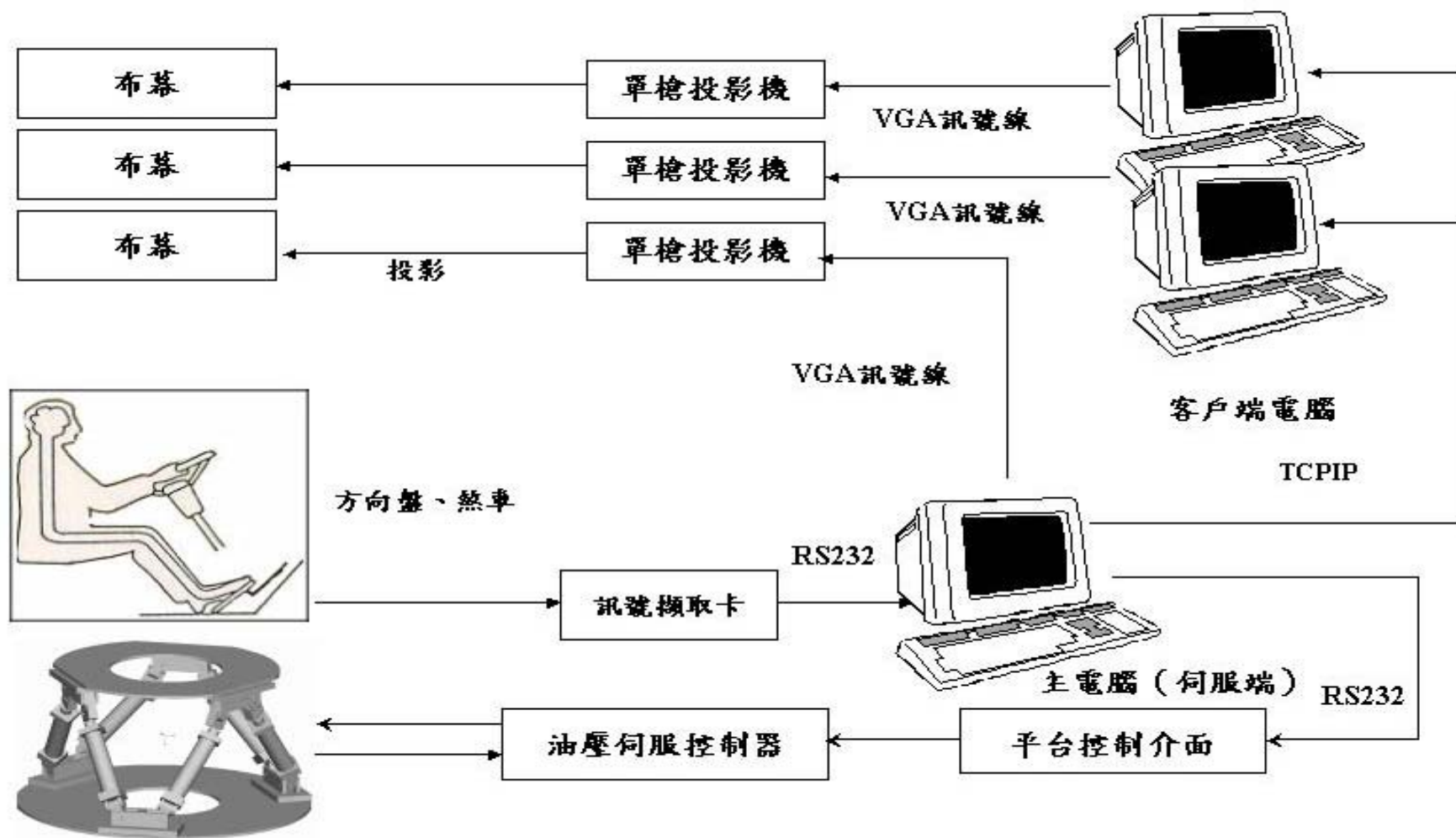


圖 3.2 駕駛模擬器硬體配置規劃

### 3.1.2 六軸運動平台之控制系統

控制系統主要為訊號傳輸介面卡、伺服控制卡、伺服閥以及致動器。控制系統功能主要為連接平台和電腦，電腦可經由 RS232 傳輸協定送出六支油壓缸之長度訊號，經由訊號傳輸介面卡轉換成類比訊號，再經由油壓伺服控制卡控制六軸動態平台。

### 3.1.3 六軸運動平台之訊號擷取系統

訊號擷取系統主要為擷取駕駛者駕駛行為，擷取油門、方向盤、煞車、手煞車、排檔、燈號及開關等訊號，將其紀錄存檔以做為後續分析用。其訊號分別為類比和數位等訊號，經由訊號擷取卡，將其轉換成數位資料，經由 RS232 傳輸協定送至電腦存檔和處理。

### 3.1.4 六軸運動平台之視覺系統

在視覺系統硬體方面，本研究利用三組 PC、三組單槍投影機及三組 150 英吋之電動珠光銀幕，並整合網路同步連線技術將虛擬駕駛場景分別投影在珠光銀幕上，如圖 3.3。視覺系統之影像產生器即時運算系統採用內建 AMD Athlon (ThunderBird) 1.4G 中央處理器、Nvidia GeForce2 GTS/PRO 3D 圖形加速卡、256MB 記憶體以及 100MB 乙太網路卡之 PC 架構，搭配視窗作業系統 (Windows 2000 server) 並透過集線器構成整個同步影像即時運算產生器；影像投影系統則採用三部 HITACHI CP-960WA 單槍投影機與三組 150 英吋之電動珠光銀幕，確保投影畫面之色彩、亮度與對比均能一致。

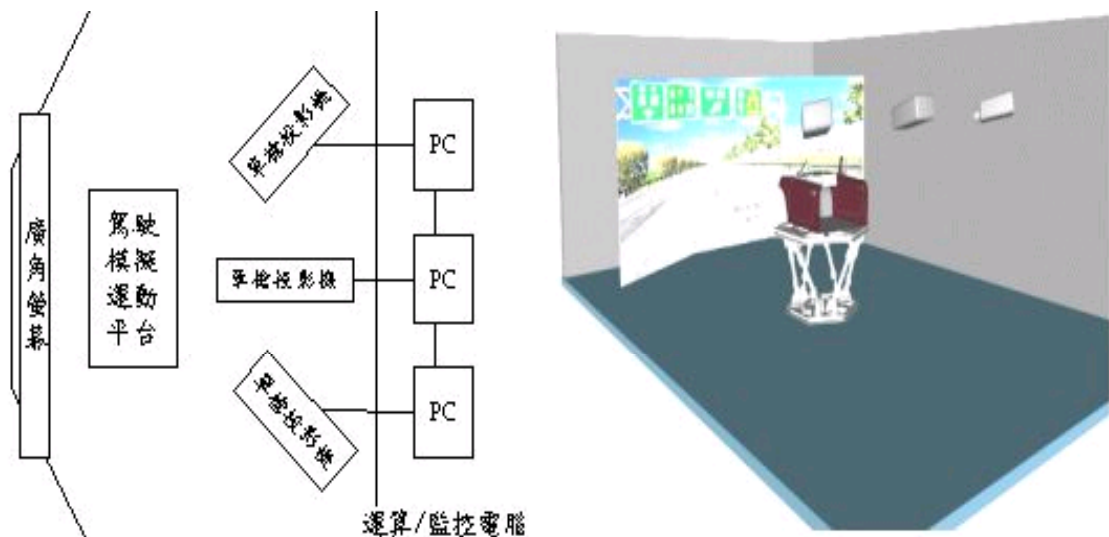


圖 3.3 六軸運動平台之視覺系統

### 3.1.5 駕駛模擬器軟體

在軟體方面以 VC++ 設計之，共計有七項模組，主模擬程式、虛擬實境模組、動態分析模組、監控模組、訊號擷取模組、平台控制模組和網路通訊模組，為模擬系統中電腦與動態平台之溝通介面，包含訊號傳輸、網路同步、資料運算與記錄、虛擬駕駛場景顯示等工作。

所有的駕駛模擬系統軟體模組係利用一台電腦完成，使模組相互的溝通方便，容易將各模組整合，但所需的電腦配備就需要較高的等級，以目前的一般個人電腦已經可以達到最基本的需求。程式流程圖如圖 3.4、3.5。

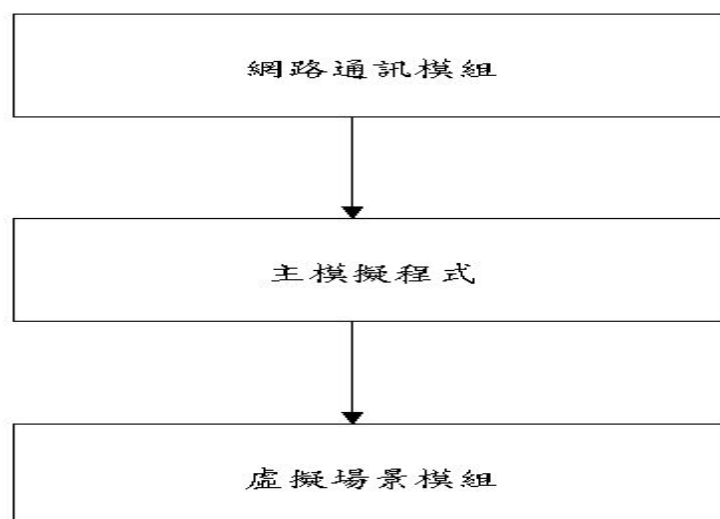


圖 3.4 駕駛模擬器軟體架構圖(客戶端)

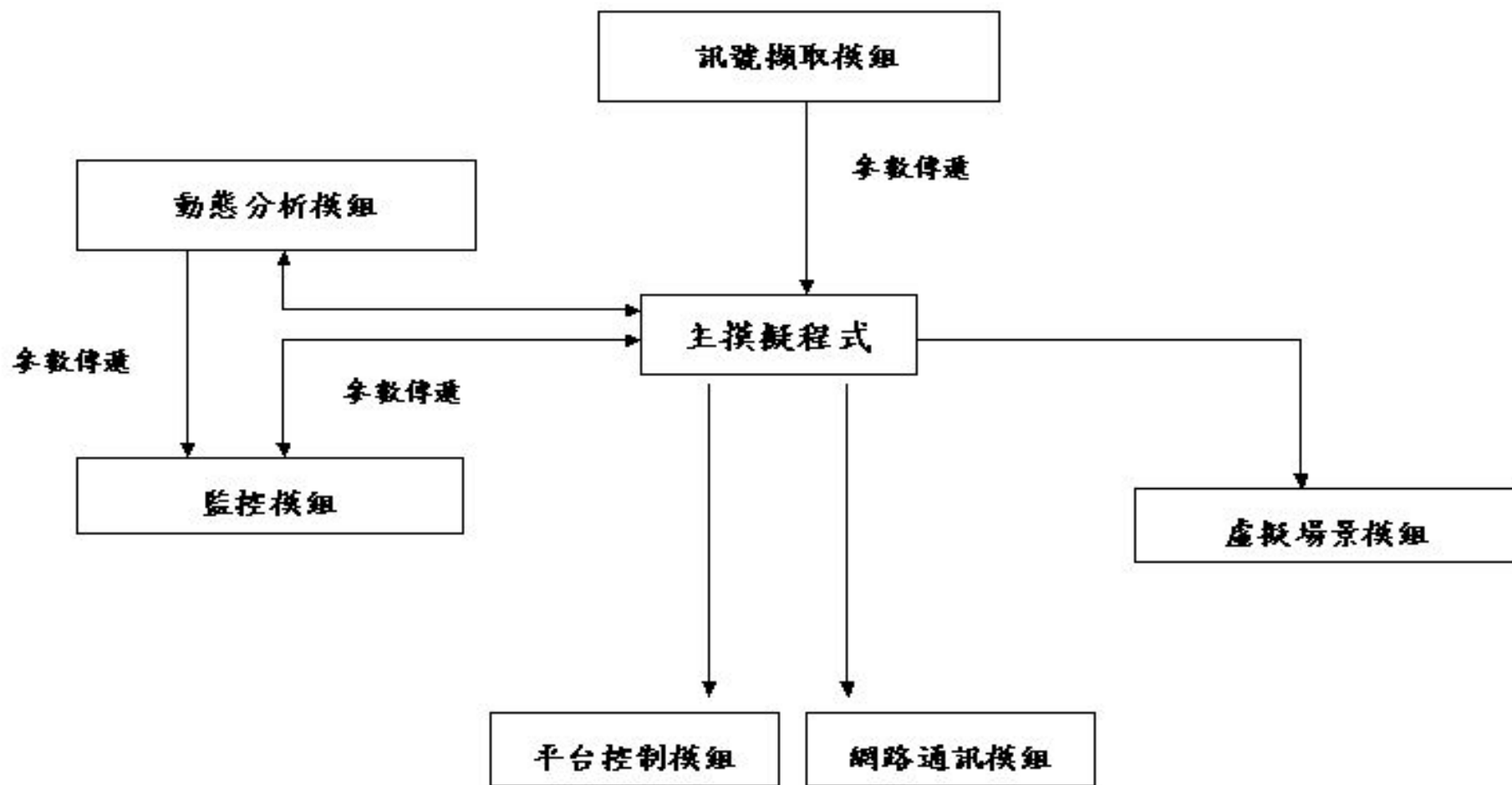


圖 3.5 駕駛模擬器軟體架構圖(伺服端)

### 3.1.6 駕駛模擬器系統整合

駕駛模擬器是由運動平台、控制電腦及視覺系統等部份所整合的，以完成所有的動作模擬。由駕駛者的駕駛作為，基本上包含方向盤、油門、煞車及排檔等，其訊號會經由訊號擷取卡所取得，將其類比訊號轉換成數位訊號，並將其資料整合，利用 RS232 傳送回主電腦。主電腦接收到由平台送的訊號，會將其分析成為其他模組所需要的各項資料。主電腦在完成主程式和各模組的分析之後，會送出平台所需要的位置和其對應的六支油壓缸長度等訊號，由 RS232 送出訊號，並經由控制介面卡送出類比訊號給伺服卡以控制運動平台。在此同時主電腦也會送出虛擬場景所需要的對應座標，並透過網路送出對應座標給客戶端電腦。主電腦和客戶端電腦之虛擬場景模組會依所對應的座標，控制各自的虛擬場景，並利用單槍投影到銀幕上。

## 3.2 國內 DS 應用現況分析及未來發展之可行性

本節將以人、車、路、ITS 等四項分類，並依 2.3 節之國內汽車駕駛模擬系統之文獻回顧，探討國內汽車駕駛模擬系統在各分類的應用現況。

### 3.2.1 人因特性

人因特性為交通運輸上極重要之因素，舉凡駕駛者特性、駕駛者身心狀況等皆影響交通工程設計與交通安全。由第二章的文獻回顧可知，國外利用駕駛模擬系統來探討交通運輸上之人因特性的相關研究很多，其中以性別、年齡、酒後駕車、藥物影響等課題居多。而國內目前駕駛模擬系統相關研究中，受邀參與實驗的族群以有駕駛執照、學習力高的年輕人（20—25 歲）居多，並未單獨探討駕駛者特性與狀況之不同是否會造成駕駛行為的差異。因此，國內利用駕駛模擬系統來從事交通運輸之人因特性研究成果較少，顯然仍有相當大的發展空間。

### 3.2.2 車輛特性

目前國內汽車駕駛模擬系統相關研究中，大多假設場景中的車輛為小汽車，以簡化虛擬實境與結果分析之複雜度，較少加入其它車種，如大客車、大貨車、聯結車等。若能取得或推演適合的車流模式，未來可以考慮加入其它車種，使虛擬實境之車種組成更符合真實。然而，大型車輛之推進方式及其與小型車之互動模式仍是國際上有待努力的課題，因此僅能將此列為中長期努力方向。

目前國內汽車駕駛模擬系統軟硬體設備乃針對小汽車設計而開發，其座艙、操控設備、駕駛視點等皆以小汽車為規範進行設計，因此未來若要將駕駛車輛的應用課題延伸至其他車種，如機車、大貨車、聯結車等，就軟硬設備而言，仍有改良機械與周邊設備及車輛動態方程式等課題需克服。

虛擬世界中的車輛與車輛間之互動行為也較單純，目前只著重於速率及流率特性之變化，至於跟車行為、變換車道、匯流等車流行為，則尚未發展健全，並無套用一較符合真實狀況之車流模式。

### 3.2.3 道路及天候環境

本計畫在路的分類中，包含了道路的幾何設計、道路設施等。目前國內汽車駕駛模擬系統開發的場景及應用課題範圍仍以高速公路範疇居多，強調在曲線及車道寬度的變化。在道路設施應用課題，國內已探討各種交通標誌、標線對於駕駛者的影響程度，包含國內已有設置及尚未設置如山形標線等。未來汽車駕駛模擬系統在路的應用課題上，可將道路場景推展至一般市區道路，配合引入合理的車流模式，將可使駕駛模擬系統應用於從事更多有關交通安全與交通控制等課題之研究。

在天候環境部分，九十年度運研所委託計畫中，已開發出多種不同天候與環境之場景，包括清晨、白天、黃昏、夜晚，並且也完成晴天、雨天、陰天、霧天等多種情境模擬。

### 3.2.4 ITS 子系統服務項目

ITS 是世界各國為提昇交通運輸安全與效率而積極推動的交通建設，然推動一項服務系統時，需經過許多層面的規劃與測試。汽車駕駛模擬系統具備了安全性高與可變性高等優點，若能將汽車駕駛模擬系統規劃成 ITS 發展評估工具，將可降低許多開發風險與成本。國內汽車駕駛模擬系統在 ITS 課題相關的研究成果相當少，國外近幾年則有相當豐富在此方面的成果發表，尤以日本為最，詳細資料請參閱本報告書 2.4 節之內容。

### 3.2.5 國內 DS 未來發展之可行性

綜合 2.3 與 2.4 節所回顧汽車駕駛模擬系統之應用效益，發展汽車駕駛模擬系統勢必可為交通運輸領域之研究帶來相當大之效益。國外汽車駕駛模擬系統發展已久，具有許多著名之系統，且有相當豐富的研究成果於國際上發表。而國內汽車駕駛模擬系統之發展始具雛形，於上述各節分析國內汽車駕駛模擬系統應用現況後，以下就應用課題及軟硬體技術、設備為觀點，探討國內汽車駕駛模擬系統未來發展之可行性。

#### 1. 場景設計繪製

3D 場景的繪製技術，在八十九年、九十年兩階段計畫之開發與實作後，場景的製作能力已成熟，除了直線道路、彎道、上下坡等道路幾何特性，亦開發出多種特效，如：白天、黃昏、晚上、雨天、霧天。貼圖的效果亦在更換場景製作軟體後，表現的更完美。本研究團隊累積多年的經驗，有信心繪製逼真的交通道路環境。

#### 2. 駕駛者

駕駛者行為對於交通運輸工程、安全等各方面皆有極重要的影響，未來國內若欲利用汽車駕駛模擬系統來從事人因工程在交通領域的研究分析時，除了規劃選擇各種年齡、性別等不同背景的受測者外，同時亦需改善實驗場地，降低駕駛者受到模擬系統

以外的干擾，提高模擬實驗的有效性。

### 3.車輛行為

分析此課題應用於汽車駕駛模擬系統之可行性，其中尚包括許多課題，例如車輛間的偵測、跟車行為、變換車道、匯流與分流行為等，都是在控制程式及軟體上必須解決的課題。本研究將斟酌其複雜度與困難性，評估開發進程，除了要求技術上的突破，也兼顧展現此模擬系統之應用潛力。

在硬體方面，由於車輛的行為複雜，且虛擬場景中的車輛並非少數，若要完全符合真實車流模式，一般等級個人電腦的運算能力是否能處理如此龐大的運算，解決之道是需要再增加一台專門處理車流模式的電腦或提昇汽車駕駛模擬系統主控電腦之等級？這些課題都需要進一步深入研究探討。

### 4.ITS 及車上資訊系統

若就以聲音作為資訊之輸出，根據 Posner, Klein, Summers 和 Buggie 於 1973 年之實驗中發現，當系統欲下達正確指示（加、減速或併入）時，在適當的空間或時間前先給予一個提示音，可以使駕駛者在聽到正確指示之時刻不會感覺太突然或受到驚嚇，並提前做好準備，如此可縮短其反應時間且加快其反應的動作。因此，運用聲音或影像成為系統之資訊顯示形態，基於安全與效率之考量，尚有許多人因要素需要考量。

綜合言之，國內汽車駕駛模擬系統雖尚未發展至成熟階段，但已經可以利用該系統進行多種交通課題的模擬實驗。因此，本計畫建議未來國內汽車駕駛模擬系統之發展，應以實例應用分析與軟硬體開發並重，先規劃汽車駕駛模擬系統未來在交通運輸應用課題與發展程序，並就應用課題之需求迫切性，按既定行程開發軟體技術與硬體設備，達成每階段之實例分析與軟硬體技術及設備開發之目標，提昇汽車駕駛模擬系統在國內交通運輸領域之應用能力。

### 3.3 汽車駕駛模擬系統應用效益分析

國外汽車駕駛模擬系統發展已久，於人因工程、交通工程、交通安全、車輛機械等課題，皆有相當豐碩的研究成果，其主要的原因在於汽車駕駛模擬系統本身具有的安全性、可變性、成本效益等優勢，能夠彌補傳統交通調查方法的缺點，本計畫將汽車駕駛模擬系統應用於交通運輸課題之主要效益歸納如下列敘述。

#### 1.事前預覽

汽車駕駛模擬系統係利用 3D 圖學的技術，將各種交通運輸環境呈現在駕駛者眼前。由於近幾年 3D 繪圖卡的快速進步，個人等級的電腦已能夠處理複雜的 3D 圖形運算，因此利用 3D 圖學的技術，可以展示尚未存在或尚未成熟之之系統，並可以對該系統進行評估，具有「預覽」及「事先評估」等效益。

#### 2.安全性高

在真實世界下實驗，雖然受測者對周圍的交通狀況感知較為真實，但是卻經常面臨安全上的顧慮，如易肇事地點、危險路段的研究分析。而汽車駕駛模擬系統從事交通運輸研究分析時，受測者只須於駕駛艙操作駕駛模擬器，便可進行各種交通與環境狀況的模擬測試，提供安全性高的實驗環境。

#### 3.可變性、調適性高

利用 3D 圖學技術進行實驗場景開發，並設定各種情境，便可以進行多樣化的交通環境模擬實驗，如：霧天、收費站、跟車行為、交通設施與系統評估等情境，並可設定現況或未來預測之交通狀況，可變性與調適性極高。

#### 4.資料收集便利

現場觀測的交通調查方法具有相當高正確性，只是需花費大量的時間於場地準備與資料儲存，且有些交通動態資料不易直接收集，需透過各種攝影設備取得影像資料，事後再經過人工判斷，

才能得出基本資料。然利用汽車駕駛模擬系統從事交通運輸研究時，只須於監控程式中加入記錄的程式碼，便可輕易地獲得各種交通狀況下的資料，包含車輛行進軌跡、速率、加速度、動作時刻等。

## **5.成本低效益高**

現場控制的實驗方法雖然能於真實的道路環境上實驗，但由於難尋覓合適的地點且需要龐大的人力與物力才能達成，因此較少研究採用。汽車駕駛模擬系統則只需構建該研究所需的場景，設定符合研究目的的情境，便可進行模擬實驗，免除了現場控制實驗場地的尋找，同時可以多次重複實驗，降低了許多的研究成本。

## **3.4 應用課題與發展時程規劃及 DS 需求調查**

汽車駕駛模擬系統在交通運輸領域的應用相當廣，依人、車、路三個概括分類，其中又包含許多的應用課題，若要對所有的課題進行開發與實作，將花費相當的人力與經費。因此，本計畫在規劃汽車駕駛模擬系統應用發展時程及人力、經費配置前，依照本團隊之前所蒐集國內外相關駕駛模擬器應用發展資料，配合國內建設計畫以及相關科技研發，由研究團隊彙整及腦力激盪後，初步擬定適合本國特性之應用課題與發展時程規劃表，並依規劃表製成問卷之形式，徵詢國內產官學各界之交通專家的意見，彙整意見於期中簡報時與與會專家學者討論，經過先進指教後，規劃出駕駛模擬系統之應用發展時程。其流程如下圖 3.6。

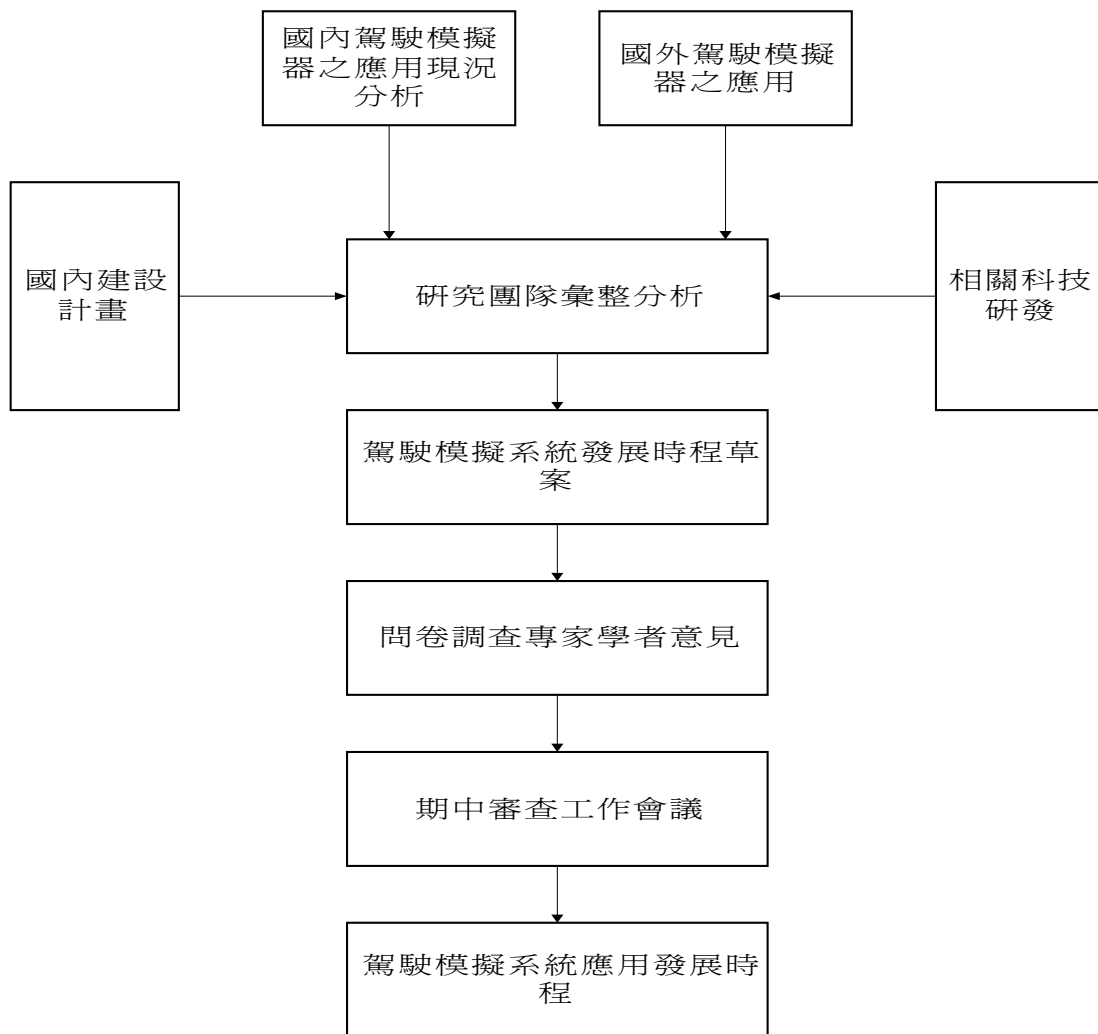


圖 3.6 汽車駕駛模擬系統應用時程規劃流程

### 3.4.1 應用課題與發展時程規劃表初擬

本團隊撰寫研究計畫書時，依據國內外汽車駕駛模擬系統之文獻資料整理，對國內汽車駕駛模擬系統應用發展規劃已有初步構想，依駕駛者、車種、車流、道路、資訊系統等五項分類，將各分類之相關交通課題，規劃短、中、長期之發展時程，如表 3.1。

表 3.1 汽車駕駛模擬器應用發展規劃之初步構想

評估項目 發展時程	駕駛者	車種	車流	道路	資訊系統
短期	性別、年齡	單一車種	間距、速度、橫向互動、縱向互動	高快速道路	
中期	特殊狀況：疲勞駕駛、酒後駕車	混合車流	跟前車	市區道路與號誌控制	以聲音或簡單文字圖形來提示駕駛者
長期			符合真實狀況或某一車流模式		電子地圖

研究工作正式展開後，本團隊廣泛地收集國外汽車駕駛模擬系統之相關研究，並將國外駕駛模擬系統之應用項目、課題及內容擇要整理如下表 3.2，而各駕駛模擬系統研究之詳細實驗設計、實驗內容等收錄於 2.4 節及附錄 A、B。國外汽車駕駛模擬系統不僅開發成熟度高，且應用課題相當廣泛，本計畫依駕駛者、車種、車流、道路等多項評估項目加以評析，有利本團隊規劃國內汽車駕駛模擬系統應用發展項目及時程。

表 3.2 國外駕駛模擬系統相關研究彙整表

應用項目	文獻	實驗目的	駕駛者	車種	車流	道路	資訊系統	模擬器複雜度
人	Falkmer, T. et al. (1998)	研究藥物對於行為的影響	10 位病人； 10 位喝過一點酒的正常人； 其它受測者只喝果汁的門診病患	單一車種	單一車輛	一般道路		VTI 的駕駛模擬器
	Van de Hulst, M. et al. (1998)	視覺狀況不佳時的駕駛行為,與前車間距如何調整	12 男 12 女 (年齡分布為 21-57 歲)	單一車種	速率、間距、橫向互動、縱向互動、跟前車	郊區道路	時間訊息提示	固定底座的 Van wolffelaar & Van Winsum (1995)

應用項目	文獻	實驗目的	駕駛者	車種	車流	道路	資訊系統	模擬器複雜度
人	Hakami es-Blomqvist, L. et al. (1999)	針對老年人的駕駛方式作調查，了解其駕駛行為的優缺點	大於 65 歲	單一車種	單一車流	一般道路	計速器、煞車	VTI 的駕駛模擬器
	Verwey, W. B. et al. (1999)	駕駛者的警覺性是否可在有睡意的情况下維持	分二組，每組各 13 人，年齡分布為 25-49 歲，在實驗過程中，必須具備某種程度的疲累或睡意	單一車種	單一車輛	高速公路	警醒維持設備 (gamebox: 依據指示進行，如錄下自己的聲音)	固定底座 Volvo 240, 配有一般車輛的控制系統
	Tokunaga, R. A. et al. (2000)	調查開車時使用手機對話的駕駛反應時間和精神工作負擔	19 位年輕人(平均年齡 23.95 歲); 12 位年長者(平均年齡 62.75 歲)	單一車種	單一車輛	快速道路		
	Roge, J. et al. (2001)	在一長時間單調的駕駛過程中, 某些不需要的輔助及附屬的行為(如: 改變姿勢, 吹口哨, 用手碰觸手肩等) 是否會增加	8 男及 8 女(年齡分布: 20-30 歲)	單一車種	單一車輛	一般汽車車道	無	將艙座固定在一汽車底座上, 能產生縱向, 垂直, 滾動... 等動作

應用項目	文獻	實驗目的	駕駛者	車種	車流	道路	資訊系統	模擬器複雜度
人	<a href="http://vc.kookmin.ac.kr/ds/main.HTM">http://vc.kookmin.ac.kr/ds/main.HTM</a>	研究酒精對人的行為影響		單一車種	單一車輛	方格形場景	計速器與橫向位移測量	KMUDS-2(一組中型具有三個視角系統的模擬器)
	<a href="Http://www.tfhr.c.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm">Http://www.tfhr.c.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm</a>	駕駛過程中因睡意侵襲而導致車禍的機率及駕駛行為的改變	6 男 6 女，平均年齡為 26-35 歲，須具備某種程度之睡意	單一車種	單一車輛	郊區道路	無	高準確度,全互動式,為一實際車輛大小
路	Törnros, J. (1998)	隧道彎度對駕駛者速率之影響	9 男 11 女參加實驗，平均年齡為 38.5 歲	單一車種	速率	隧道	計速器	SAAB 90000CDE (1995) 模擬器,可測量速率及側邊位置 (lateral position)
	Ranney, T. A. et al. (1999)	夜間駕駛的眩光問題對駕駛行為之影響	12 名男性，年齡分布為 31-53 歲	單一車種	縱向互動 (後方來車)	高速公路	眩光、行人	大貨車
	Eccles, K. A. (2000)	在不同的地段要辨識出 8 種不同顏色的工作服	80 位受試者	單一車種	單一車輛	市區不同的地段		

應用項目	文獻	實驗目的	駕駛者	車種	車流	道路	資訊系統	模擬器複雜度
車	Comte, S. L. et al. (2000)	速度與駕駛安全的關係	15 男 (平均年齡 32 歲) 15 女 (平均年齡 30 歲)	單一車種	直線道: 縱向互動; 彎曲道: 單一車輛	郊區 A 級道路	計速器、減速器	固定底座, 具有 120 度的前景及 50 度的後視場景
ITS	Comte, S. L. (2000)	ISA 的應用對車速之影響	20 男 (年齡分布為 21-56 歲); 20 女 (年齡分布為 20-52 歲)	單一車種	速率	都市、郊區道路	智慧型速率調控器 (ISA)	固定底座互動式的 Silicon Graphics 模擬器, 具有 120 度的前景及 50 度的後視場景
	Yokochi, K. et al. (2000)	ITS 科技對於潛在危險狀況之改善效果	20 名老年男性 (平均年齡 64.3 歲)、15 名男性 (平均年齡 30.9 歲)、15 名女性 (平均年齡 29.1 歲)	單一車種	速度、間距	一般汽車車道	危險警示聲音	固定底座

本團隊透過第二章的國內外汽車駕駛模擬系統文獻回顧整理，得知國外汽車駕駛模擬系統在交通領域應用相當廣，並於 3.2 節中依人、車、路、ITS 分類探討國內汽車駕駛模擬系統應用現況分析，再參酌表 3.2 之文獻彙整資料，初步規劃國內汽車駕駛模擬系統未來在交通領域之應用課題。規劃工作之架構由兩個層面同時考量，在應用項目分類方面係擬定人、車、路、ITS 等四大分類及相關課題，此外就開發技術層面的深淺難易，以 10 年為發展時期，將各發展項目劃分為短期（1—3 年）、中期（4—6 年）、長期（7—10 年）等三個發展階段，如表 3.3 所示。

表 3.3 汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）

時程		短期（1—3 年）		中期（4—6 年）		長期（7—10 年）	
應用項目分類							
人	駕駛者特性	性別、年齡對反應時間的影響		特殊狀況：疲勞駕駛、酒後駕車、藥物影響等			
	駕駛者行為			駕駛技巧、經驗			
		短期（1—3 年）		中期（4—6 年）		長期（7—10 年）	
車	車種(場景中其他車輛)	單一車種	混合車種（不含機車）			混合車種	
	車種（駕駛車輛）	駕駛車輛為小汽車				駕駛車輛為其他車種	
	車輛駕駛行為	間距、速率之變化		橫向互動、縱向互動及車流模式		符合真實狀況之混合車流模式	
		短期（1—3 年）		中期（4—6 年）		長期（7—10 年）	
路	道路型態	高快速公路	護欄、交流道、封閉性車道、收費站				
		一般性公路		快慢車道(不含機車)、定時號誌路口、沿街商家、中央分隔			
		市區道路				含號誌化路口及非號誌化路口、開放性車道（含機車）、行人、商家、路邊停車、公車及公車站	

	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島	交控設施的型態、大小、顏色、設置位置			電腦化號誌系統
	易肇事地點	易肇事路段（駕駛者視距、車道寬度）	易肇事路段（駕駛者視距、道路線形：平曲線、豎曲線）	易肇事路段、路口（車輛與車輛間的碰撞，含追撞、側撞、擦撞等）	
	天候與環境	清晨、白天、黃昏、夜晚對駕駛者視線之影響 晴天、雨天、陰天、霧天對駕駛者視線之影響	炫光、路旁燃燒雜物所產生的煙	特殊天候（雨天、陰天、霧天對車輛操作或道路之影響）	
		短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）	
ITS 子系 統服 務項 目	ITS 道路設施			資訊、圖誌可變標誌影響駕駛者行為	
	電子收費系統		電子收費對駕駛行為之影響		
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統	行車危險警示設備（應用於跟車、併入、變換車道等）	ITS 車內單元以簡單之聲音或文字圖形來輔助駕駛者	駕駛者操作較複雜之電子地圖、行車資訊與導引系統等設備，並利用其輔助駕駛	
			駕駛者操作通訊、資訊等車內各種設備對駕駛行為之影響		

### 3.4.2 問卷內容設計

本計畫所設計之問卷共包含三個部分，詳細之問卷內容請參考附錄 C。

1. 汽車駕駛模擬系統簡介：對汽車駕駛模擬系統之組成單元與其應用作簡單之介紹，使被訪問對象對汽車駕駛模擬系統有更深入之了解。
2. 問卷填答說明：說明設計此問卷的目的及解釋填答此問卷的方式。
3. 問卷答題：包含 2 個部分，如圖 3.6。
  - (1) 將表 3.3 轉換為以樹狀圖表示，每一分枝即為一系列相關之發展課題，具有在適當之時程內完成研究之可行性。在每一發展課題後面皆有一代表發展該課題之必要性選項，受訪者則依據本身職務的性質，對該研究課題評選發展之必要性程度，分為很高、高、中、低、很低等五項強弱分類。
  - (2) 第 2 部分填答項目為受訪者依據其在交通領域之專業知識，對本計畫依人、車、路、ITS 四大分類所擬定之研究發展課題，認為是否有其他重要之交通課題本計畫尚未考慮，則將該課題填於建議回答項目中。

項目分類	短期	中期	長期	發展 DS 之必要性
------	----	----	----	------------

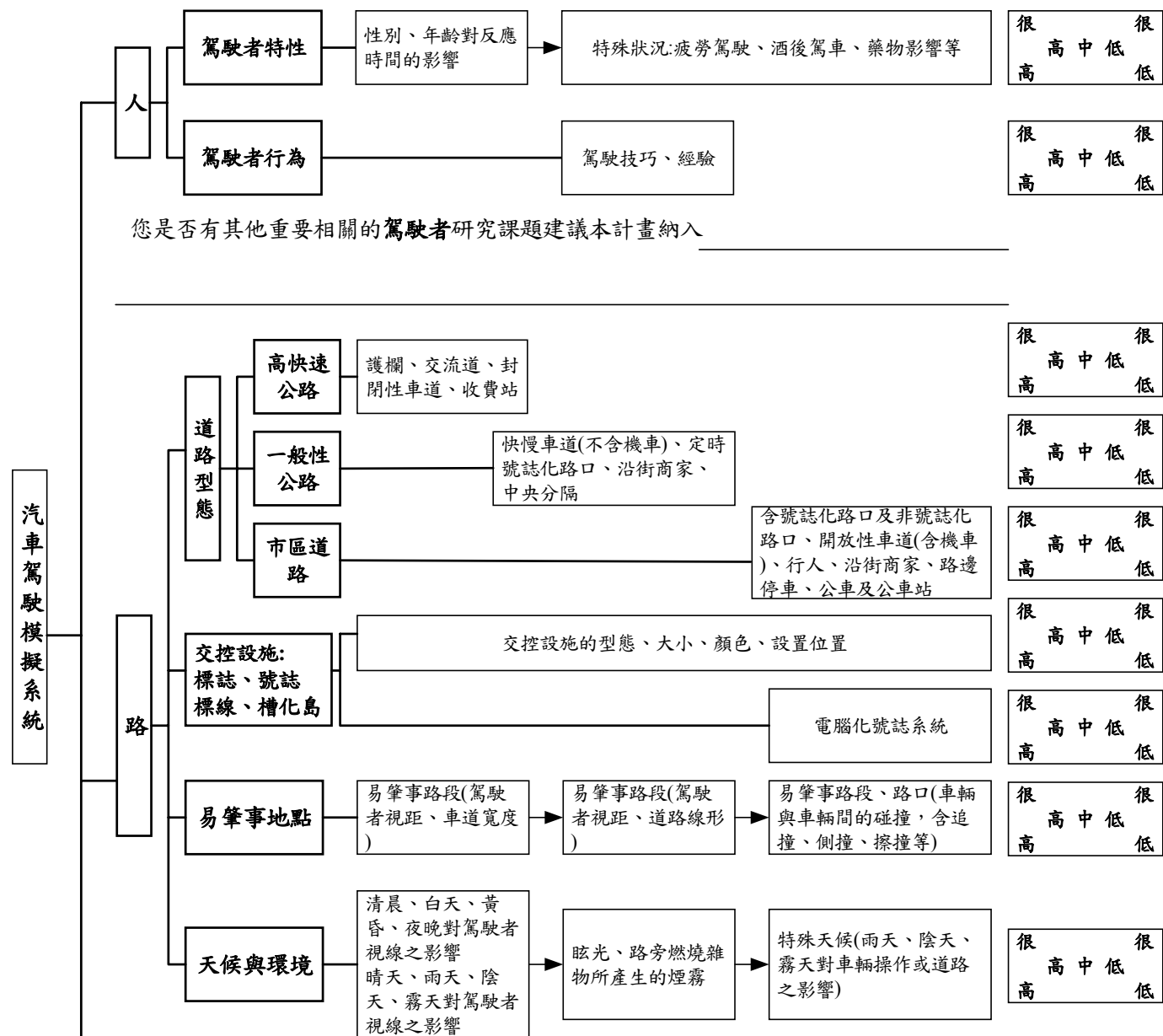
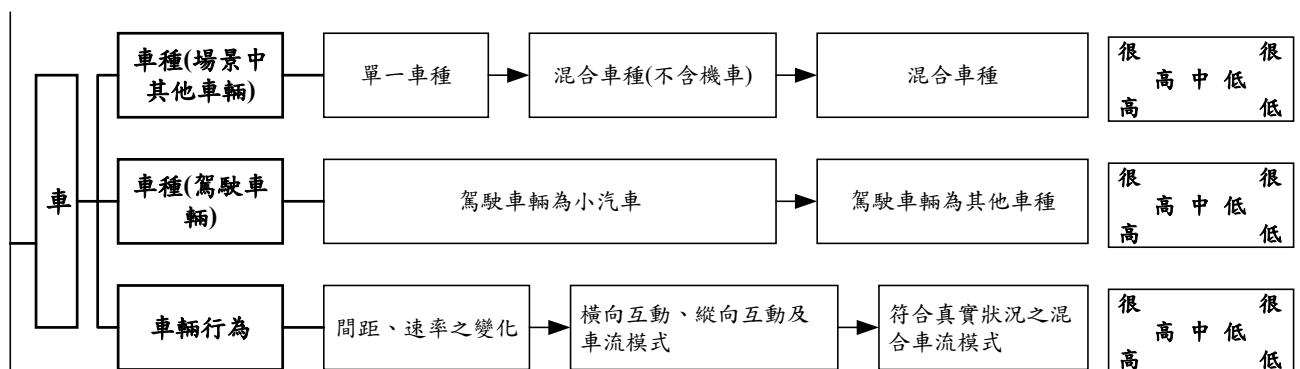
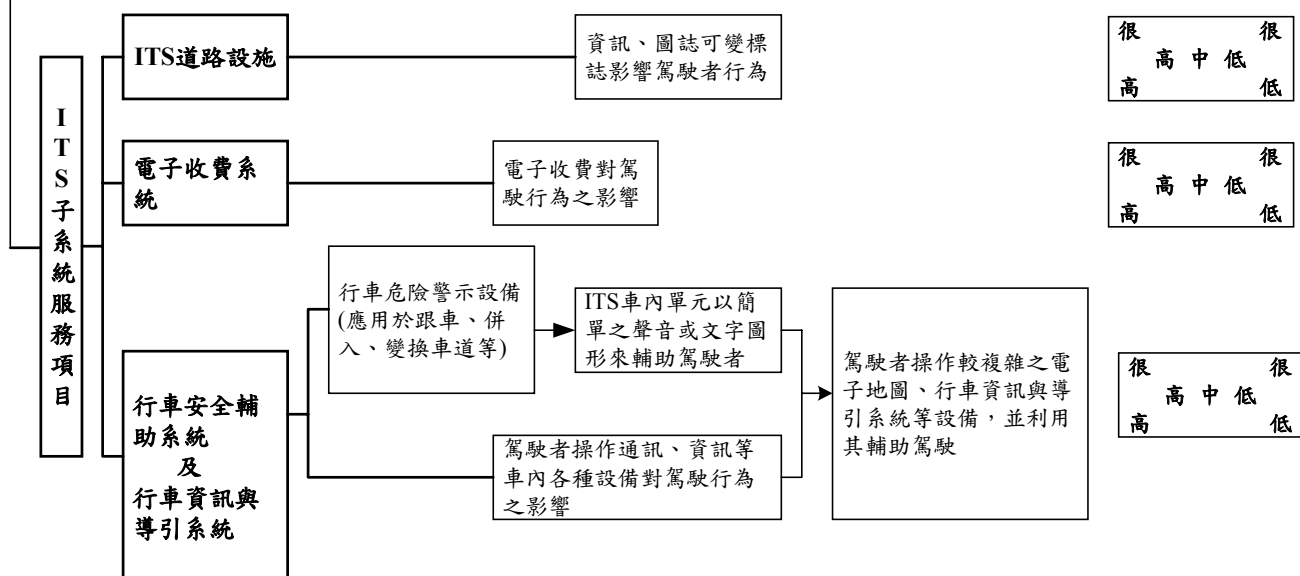


圖 3.7 問卷答題部分

項目分類	短期	中期	長期	發展 DS 之必要性
------	----	----	----	------------



您是否有其他重要相關的車輛研究課題建議本計畫納入



您是否有其他重要相關的ITS研究課題建議本計畫納入

您是否有其他與本計畫相關的資料願意提供給本計畫執行單位(亦可留下聯絡方式，由執行單位與您接洽)

圖 3.7 問卷答題部分(續)

### 3.4.3 問卷發送、傳回方式及訪問對象

問卷乃以郵寄的方式送達各訪問單位及對象，而回收的方式則傳真到本計畫執行單位。

本次問卷訪問的對象共包括國內產、官、學研各界之交通相關單位及專業人士，如汽車製造公司、道路設施製造公司、國工局、高公局、交通局、運研所及國內各大學交通相關科系之學者，合計共發送 180 份問卷，如表 3.4。回收共有 62 份有效樣本，達 34%，是相當不錯之狀況。

表 3.4 問卷訪問對象及發送份數

訪問對象	寄發數	回收數
各大學交通相關系所教授	67	28
運輸研究所		
監理所/站	67	18
國公局、高工局		
各縣市交通局		
ITS-Taiwan 理監事		
行車事故鑑定委員會		
汽車駕駛訓練中心	46	16
交通專業顧問公司		
汽車駕訓班		
交控設施與汽車製造商		
合計	180	62

### 3.5 問卷回收結果統計與執行優先性評估

本計畫將回收的問卷區分為產（交通相關業者）、官（政府部門）、學（學術及研究單位）三部份分別統計，希望藉由此統計數據能廣泛了解不同型態的交通單位或業者對於各種交通課題的重視程度，以及應用駕駛模擬系統蒐集相關資料之可能性，未來可以經由產官學合作或委託研究方式，提供經費強化既有的模擬設備。

數據的統計分為產官學三部份陳述，最後統計所有回收問卷人次，並賦予權重以顯示各項研究課題之相對重要性。

### 3.5.1 學術及研究單位

問卷發送的對象主要有各大學交通相關科系之學者及交通部運輸研究所之資深研究員，共回收 28 份，各交通課題之必要性強弱的統計人次如表 3.5，並將表 3.5 之統計資料描繪成分佈長條圖，如圖 3.7。

表 3.5 學術研究單位回覆人次統計

項目分類			發展 DS 必要性評估人數統計					
			很高	高	中	低	很低	
人	駕駛者特性		15	11	2			
	駕駛者行為		5	10	7	6		
車	車種(場景中其他車輛)		12	12	1	3		
	車種(駕駛中車輛)		6	11	9	2		
	車輛行為		12	14	1	1		
路	道路 形態	高快速公路		7	11	8	2	
		一般性公路		4	12	7	5	
		市區道路		8	8	11		1
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島	交控設施的大小、形態、位置		9	10	8	1	
		電腦化號誌系統		2	4	17	5	
	易肇事地點		19	9				
	天候與環境		12	11	4	1		
ITS 子系統服務項目	ITS 道路設施		9	9	9	1		
	電子收費系統		2	8	14	4		
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		13	10	4	1		
問卷回收數量			28					

由圖 3.7 分佈可初步得出以下結論，學術研究單位的回答統計中，受訪者的回答乃以中、高、很高為主，顯示交通學術研究單位對各交通課題皆有一定程度之重視，只有駕駛行為、一般性公路、市區道路、電腦化號誌系統、電子收費系統五項課題相較於其他課題，並沒有顯著地呈現必要性。

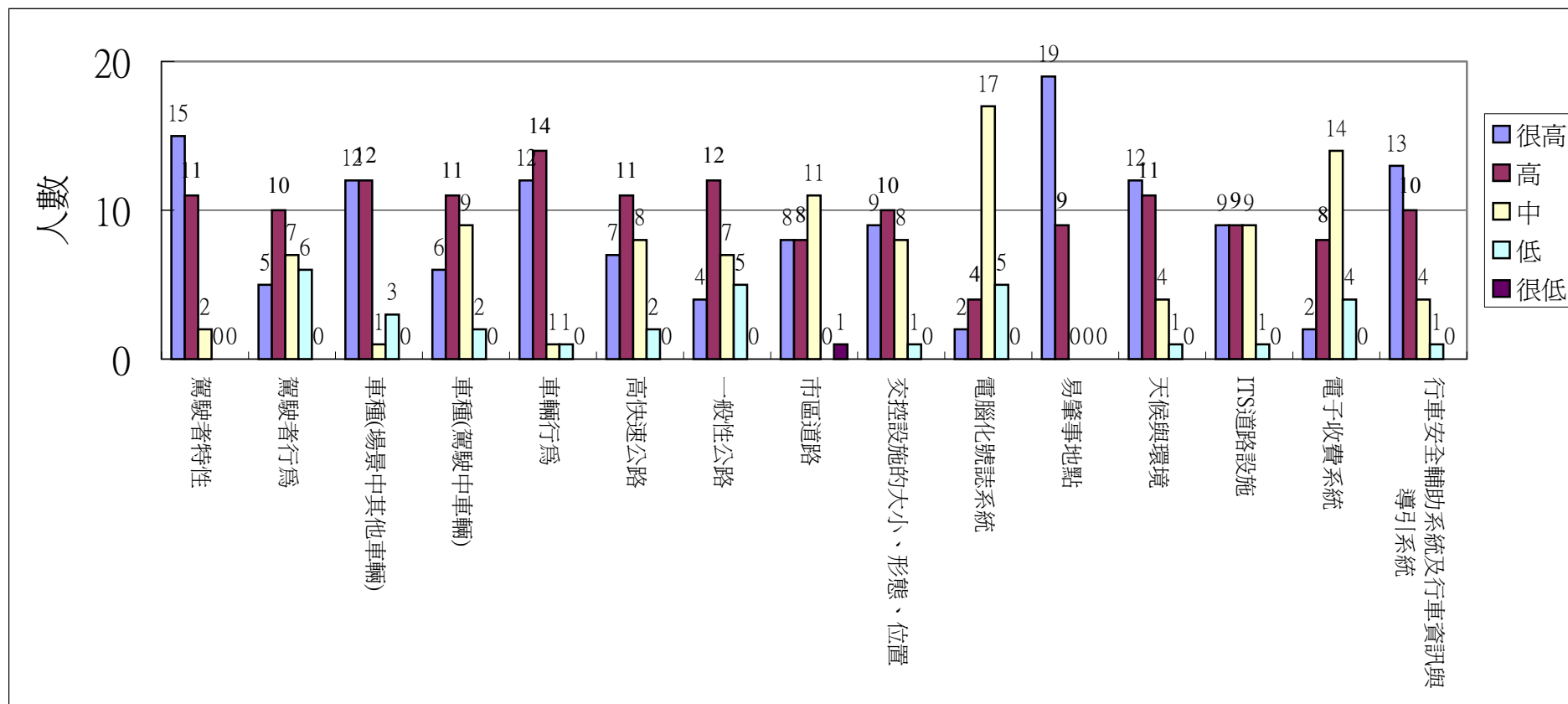


圖 3.8 學術單位分佈長條圖

### 3.5.2 政府部門

問卷發送的對象包括國工局、高公局、各縣市交通局、監理所/站、汽車駕駛訓練中心、道安委員會、車輛行車事故鑑定委員會、事故鑑定覆議會、ITS 協會理監事等，共回收 18 份，統計資料如表 3.6、圖 3.8。

表 3.6 政府部門回覆人次統計

項目分類			發展 DS 必要性評估人數統計					
			很高	高	中	低	很低	
人	駕駛者特性		7	7	3		1	
	駕駛者行為		4	8	6			
車	車種(場景中其他車輛)		6	5	6	1		
	車種(駕駛中車輛)		4	7	4	3		
	車輛行為		6	10	2			
路	道路 形態	高快速公路		4	6	6	2	
		一般性公路		3	10	2	3	
		市區道路		4	8	4	2	
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島		交控設施的大小、形態、位置		5	11	2	
			電腦化號誌系統		6	7	4	1
	易肇事地點		8	9		1		
	天候與環境		8	6	3	1		
ITS 子 系統服 務項目	ITS 道路設施		5	11	1	1		
	電子收費系統		1	8	4	3	2	
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		4	11	3			
問卷回收數量			18					

發送問卷的單位包括了政府各交通業務及執行單位，涵蓋的交通業務項目及課題較廣，因此統計資料的分佈呈現較均勻分佈，沒有交通課題出現顯著地偏低，顯示政府部門對各交通課題皆有一定程度的重視。

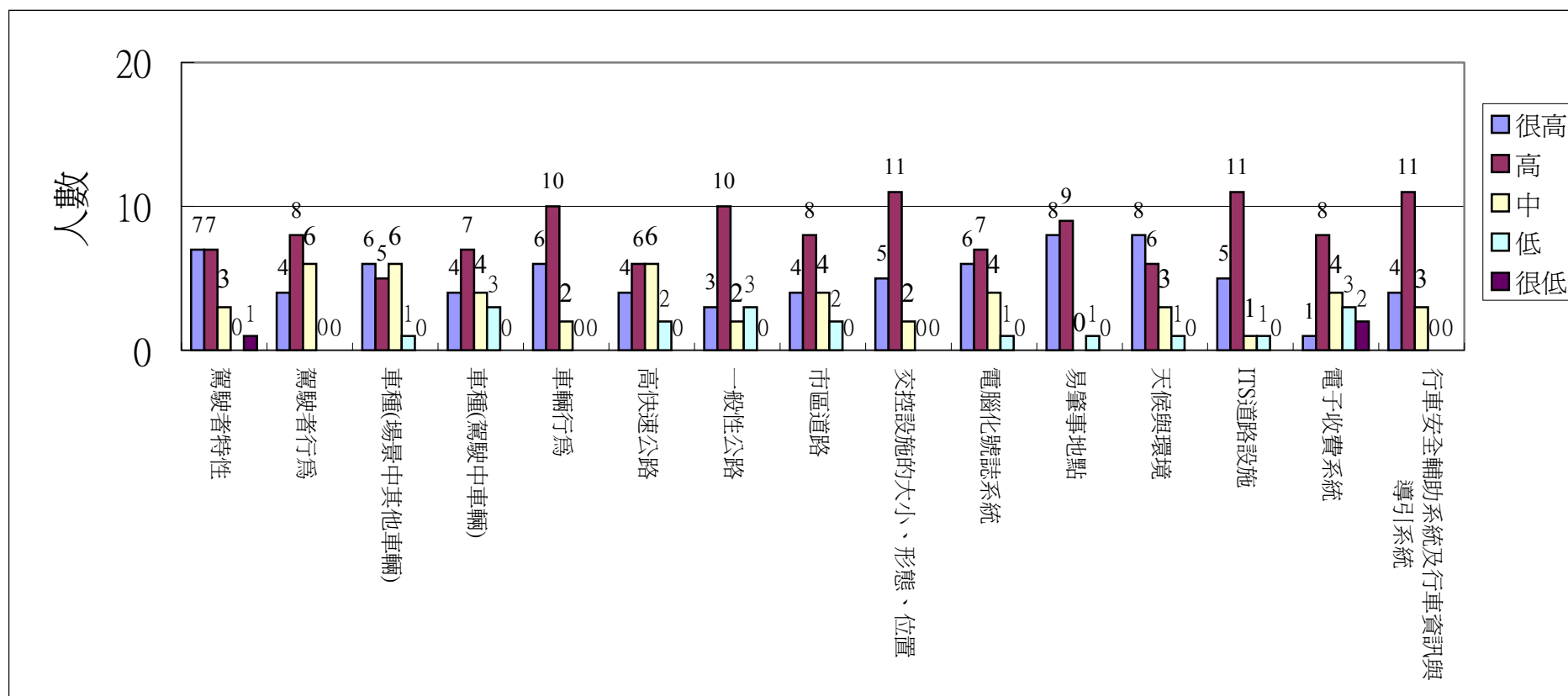


圖 3.9 政府部門分佈長條圖

### 3.5.3 交通相關業者

問卷訪問的對象包括汽車製造公司、財團法人車輛研究測試中心、道路交通設施製造公司、各交通顧問公司等，共回收 16 份，統計資料如表 3.7、圖 3.9。

表 3.7 交通相關業者回覆人次統計

項目分類			發展 DS 必要性評估人數統計						
			很高	高	中	低	很低		
人	駕駛者特性		3	5	3	4	1		
	駕駛者行為		1	4	6	3	2		
車	車種(場景中其他車輛)		1	8	4	1	2		
	車種(駕駛中車輛)			5	8	1	2		
	車輛行為		3	8	3	1	1		
路	道路 形態	高快速公路		1	9	3	1	2	
		一般性公路		2	8	3	1	2	
		市區道路		1	7	6		2	
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島		交控設施的大小、形態、位置		4	8	1	2	1
					電腦化號誌系統		2	8	2
	易肇事地點		4	8	3		1		
	天候與環境		3	8	3	1	1		
	ITS 子系統服務項目	ITS 道路設施		4	7	2	3		
電子收費系統		1	5	6	3	1			
行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		4	9	2	1				
問卷回收數量			16						

由資料的分佈得知，相較於學術研究單位及政府部門，交通相關業者的統計資料出現低、很低的回答比率較高，原因之一為此分類之訪問對象經營型態以營利為首要目的，因此與本身業務較不相關的交通課題會呈現出重要性較低之評價。而分析圖表的資料分佈，除了駕駛者特性、駕駛行為、電腦化號誌系統、電子收費系統等交通課題出現低、很低的比率較高外，其他的交通課題的資料分佈皆呈現重要性中、高以上。

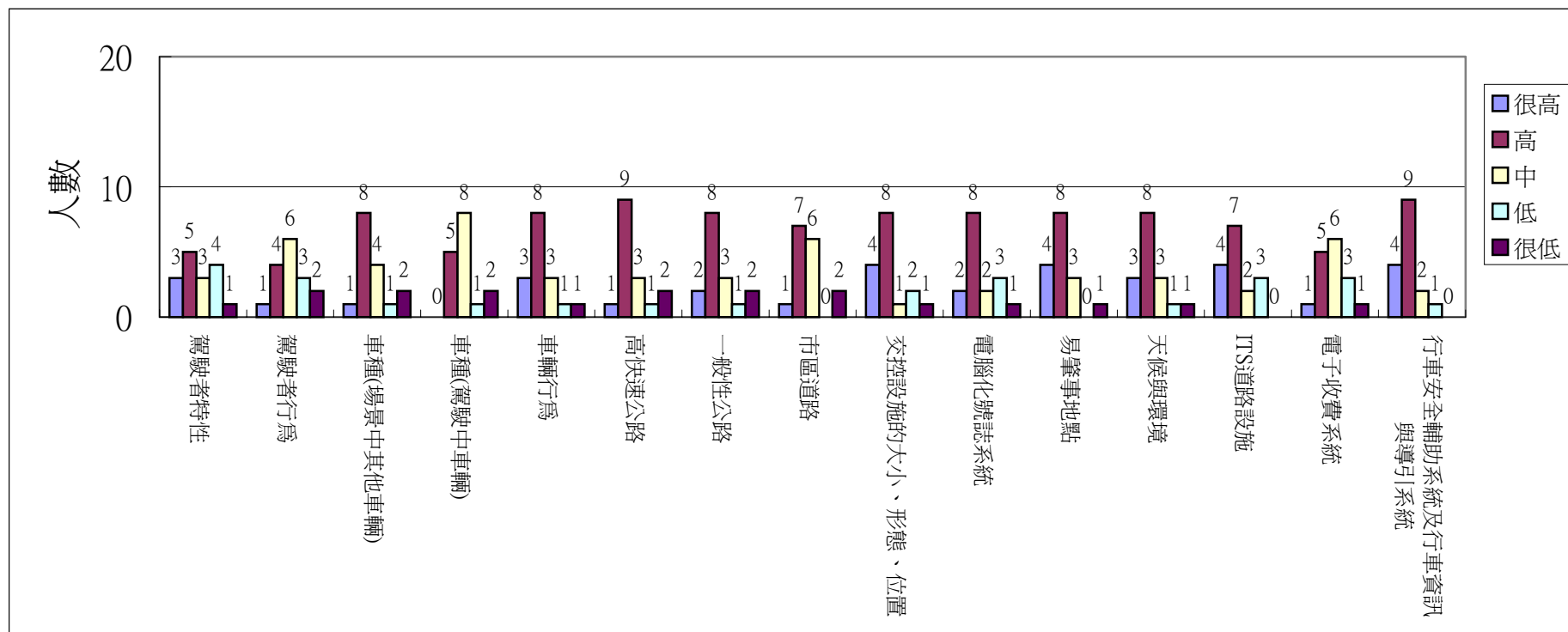


圖 3.10 交通相關業者分佈長條

### 3.5.4 重要性分析

依據產、官、學各界之回收人數統計資料，考量必要性強弱不同給予不同之權重分數，很高—4 分、高—3 分、中—2 分、低—1 分、很低—0 分，再分別除以各界之回收數，得出交通課題於各界平均每人之評分，結果如圖 3.10。

由圖 3.10 之得分分佈，可歸納出各界較顯著重要的交通課題。學術研究單位除了在電腦化號誌系統、電子收費系統等課題平均得分相對較低外，其他課題之平均得分接接近 3 分或 3 分以上；政府部門除了電子收費系統課題，其他課題之得分相當平均；而交通相關業者之平均得分普遍偏低，平均得分於 3 分以上的只有行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統，其他只有少數課題得分接近 3 分。

綜合產、官、學各界之平均得分分佈，車輛行為、交控設施、易肇事地點、ITS 道路設施、行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統等 5 項交通課題呈現顯著重要性較高。

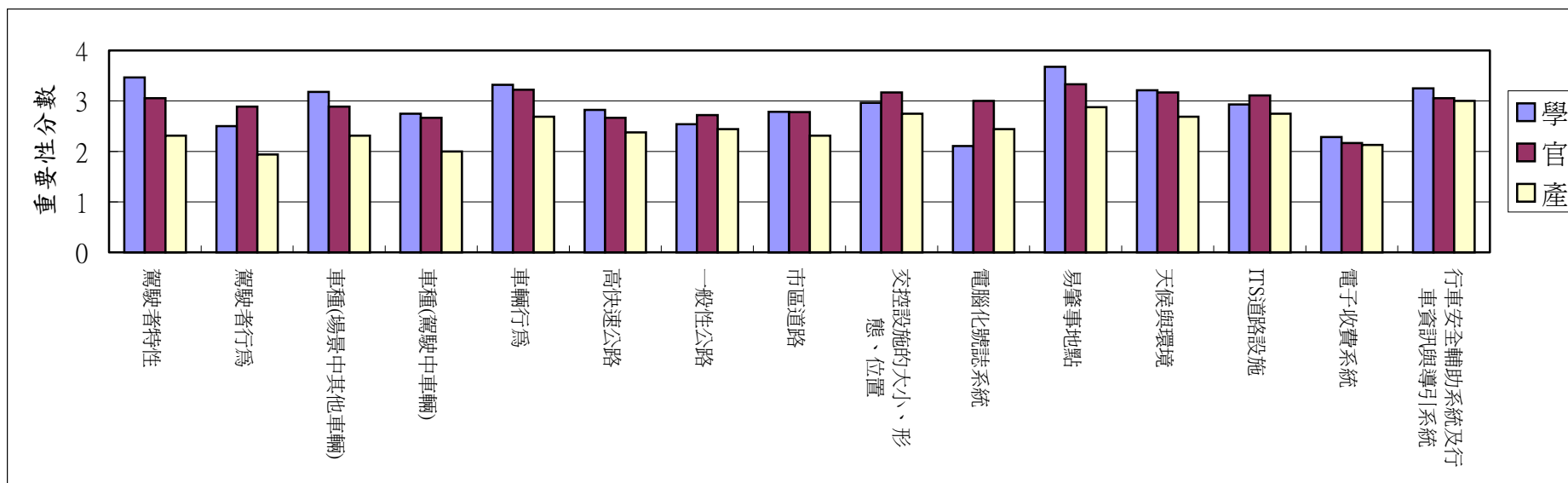


圖 3.11 交通應用課題於各界之平均得分圖

茲將產、官、學回收問卷的總和人次統計如表 3.8，共回收 62 份，問卷總回收率約為 34%。

表 3.8 全部問卷人次總和統計

項目分類			發展 DS 必要性評估人數統計					
			很高	高	中	低	很低	
人	駕駛者特性		25	23	8	4	2	
	駕駛者行為		10	22	19	9	2	
車	車種(場景中其他車輛)		19	25	11	5	2	
	車種(駕駛中車輛)		10	23	21	6	2	
	車輛行為		21	32	6	2	1	
路	道路 形態	高快速公路		12	26	17	5	2
		一般性公路		9	30	12	9	2
		市區道路		13	23	21	2	3
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島	交控設施的大小、形態、位置		18	29	11	3	1
		電腦化號誌系統		10	19	23	9	1
	易肇事地點		31	26	3	1	1	
	天候與環境		23	25	10	3	1	
ITS 子系統服務項目	ITS 道路設施		18	27	12	5		
	電子收費系統		4	21	24	10	3	
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		21	30	9	2		
問卷回收數量			62					

分析表 3.8 的統計資料，除了電腦化號誌系統、電子收費系統外，其他之交通課題於必要性『很高』及『高』的合計人次皆超過回收問卷人次的一半（31 人以上），顯示本計劃所初擬的汽車駕駛模擬系統應用發展項目，獲得大多數受訪者之認同，確為國內交通環境所必要。

為規劃汽車駕駛模擬系統應用課題執行的優先順序，以利相關單位規劃人力、經費之投入及時程安排，本計劃依據表 3.8 之統計資料，考量必要性強弱不同給予不同之權重分數，很高—4 分、高—3 分、中—2 分、低—1 分、很低—0 分，統計得分分佈，如表 3.9，圖 3.11 為各應用發展課題得分統計橫條圖。

表 3.9 問卷分數統計表

項目分類			發展 DS 必要性評估分數統計							
			很高	高	中	低	很低	總合		
人	駕駛者特性		100	69	16	4	0	189		
	駕駛者行為		40	66	38	9	0	153		
車	車種(場景中其他車輛)		76	75	22	5	0	178		
	車種(駕駛中車輛)		40	69	42	6	0	157		
	車輛行為		84	96	12	2	0	194		
路	道路 形態	高快速公路	48	78	34	5	0	165		
		一般性公路	36	90	24	9	0	159		
		市區道路	52	69	42	2	0	165		
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島		交控設施的大小、形態、位置		72	87	22	3	0	184
			電腦化號誌系統		40	57	46	9	0	152
	易肇事地點		124	78	6	1	0	209		
	天候與環境		92	75	20	3	0	190		
	ITS 子 系統服 務項目	ITS 道路設施		72	81	24	5	0	182	
電子收費系統		16	63	48	10	0	137			
行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		84	90	18	2	0	194			

根據問卷統計分數橫條圖的得分分佈，得分最高的交通課題為易肇事地點的研究分析，顯示無論在產、官、學三方面，對於交通安全課題的重視程度相當高；此外，另有車輛行為、行車安全輔助及行車資訊與導引系統、天候與環境、駕駛者特性等的得分亦相當高，而電子收費系統的得分在所有的交通課題相對的偏低，其他的交通課題則呈現中、高以上的重要性。

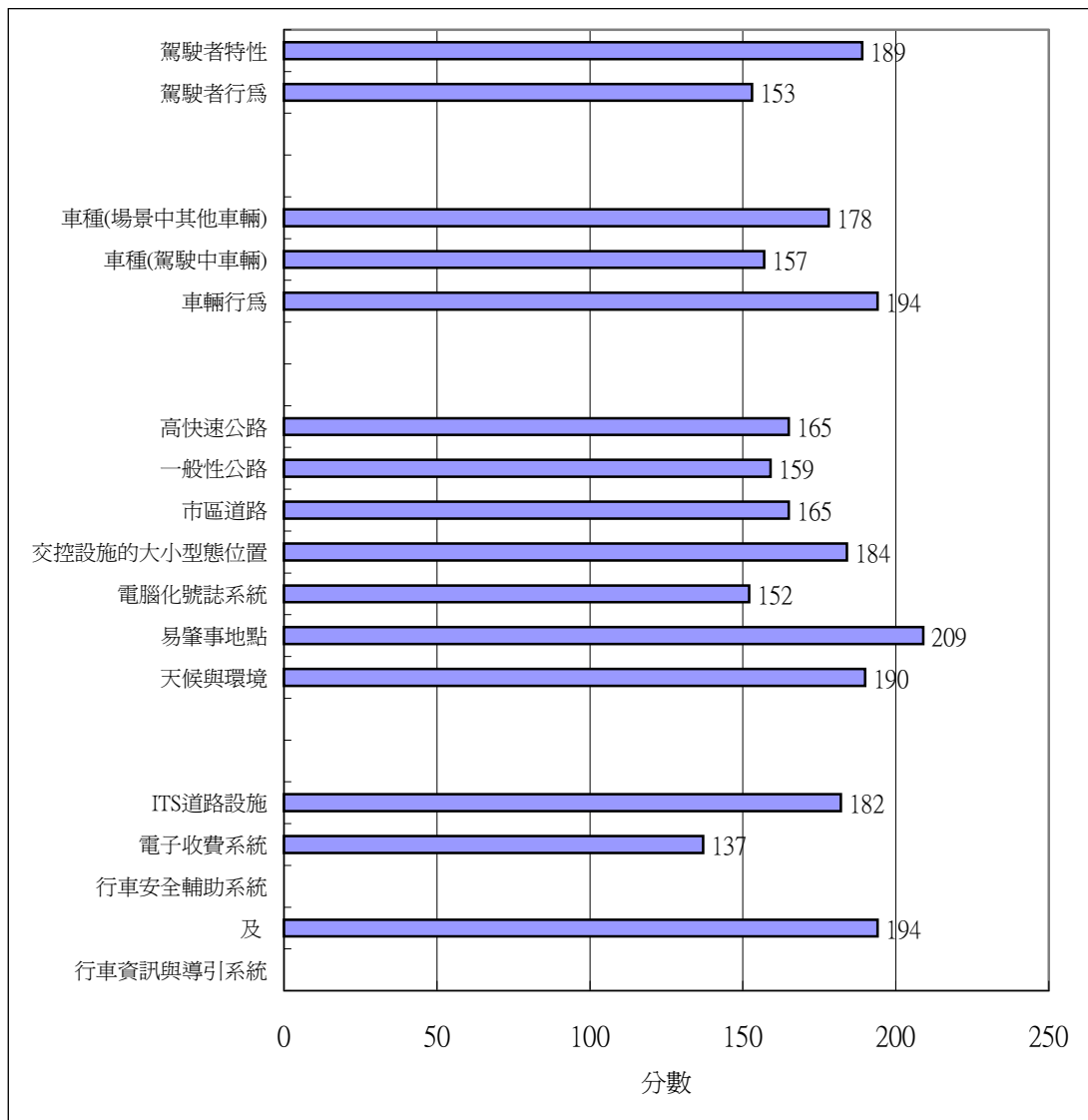


圖 3.12 問卷分數統計橫條圖

本計劃依據表 3.9 之得分分佈資料，衡量所有應用發展課題得分相對高低，將執行的優先順序劃分為 4 群：最優先執行（190 分以上）、優先執行（190—175 分）、應執行（175—150 分）、宜執行（150 分以下），如表 3.10。

就前述產、官、學各界之個別數據分析（圖 3.10）與表 3.10 比較，各界重視之課題，於表 3.10 之執行順序皆在「優先執行」順序以上，因此未來相關單位在選擇實作課題時，可以以表 3.10 為基本考量，進一步再斟酌對象為產、官或學術界，選擇重要性較高之實作課題。

表 3.10 各應用課題執行優先順序

項目分類			得分	執行優先順序			
				最優先	優先	應執行	宜執行
人	駕駛者特性		189		◎		
	駕駛者行為		153			◎	
車	車種(場景中其他車輛)		178		◎		
	車種(駕駛中車輛)		157			◎	
	車輛行為		194	◎			
路	道路形態	高快速公路	165			◎	
		一般性公路	159			◎	
		市區道路	165			◎	
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島		184		◎		
	交控設施的大小、形態、位置		152			◎	
	電腦化號誌系統						
	易肇事地點		209	◎			
	天候與環境		190	◎			
ITS 子系統服務項目	ITS 道路設施		182		◎		
	電子收費系統		137				◎
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		194	◎			

汽車駕駛模擬系統係整合人、車、路模擬真實之研究分析系統，而於真實世界，分析一個交通課題亦往往需同時考慮人車路等三項要素，本計畫為使汽車駕駛模擬系統未來應用課題與軟硬體發展更明確的表達，因此將應用課題規劃成人、車、路及 ITS 等四項分類。未來相關單位在進行汽車駕駛模擬系統應用與開發研究時，雖可參考本計畫問卷調查所得到之成果，由人、車、路及 ITS 分類項目中選出執行優先性較高之課題進行開發與實作，但仍需兼顧其他的組成要素，才能達成汽車駕駛模擬系統整合人、車、路之聲光即時評估系統之目的。

### 3.5.5 其他建議

本研究整理問卷回收資料及期中審查會之意見，經過技術層面衡量與重要性評估後，已將可行性與重要性較高的建議課題納入發展時程中。而部分學者專家所提出之課題就改善交通運輸環境與提昇駕駛模擬系統應用能力之助益性亦相當高，但在本計畫規劃發展時程內，欲利用汽車駕駛模擬系統從事該課題研究分析恐尚有其他技術上之考量，因此僅摘錄相關建議供未來相關研究之參考。

#### 1. 交通法規課題

部分專家學者建議本計畫將交通法規相關課題納入汽車駕駛模擬系統應用發展時程，或在本計畫中適切地提出前述執行層面之因素。探討交通法規相關課題可概分為交通法規頒布與執行、交通管理措施的執行等兩方面探討。

交通法規的頒布、執法手段及方式皆直接或間接影響駕駛者駕駛行為，此兩項因素為「無形」的管制措施，對駕駛者之心理層面影響較大，且法規的頒布、執法手段及方式較難在虛擬實境上展現其效果，因此本計畫並未將該課題納入發展時程中。而交通法規的執行若有呈現具體的交通措施，如調撥車道、白天開車頭燈等，本計畫已於道路與環境分類項下，經過技術性及重要性衡量後，納入發展時程中。未來，若有新交通法規措施，研究單位可評估其技術性與重要性，

適切地將該課題納入應用發展課題。

## 2.機車 DS 之發展

汽機車混合車流為台灣車流之特性，機車在國內佔有率相當高，且肇事率亦高，因此專家學者認為利用駕駛模擬系統從事機車車流行為研究之必要性相當高。但運研所之駕駛模擬系統乃根據小汽車之特性而建置，與機車之機械及動態特性相差甚鉅，因此無法利用該模擬系統從事機車行為之探討，本研究僅於場景中車輛之車種發展課題，於長期發展時程配合市區街道及混合車流模式之開發，加入機車車流之設計。

本團隊建議相關單位，若未來欲對機車駕駛行為進行深入之探討分析，則需另行開發機車駕駛模擬器，開發機車駕駛模擬器包含之課題相當廣，不納入本研究探討之範疇。

## 3.整合 DS 與其他偵測設備

國外許多先進駕駛模擬系統皆整合多項的偵測設備，如眼球、心跳等生理偵測設備，可即時收集駕駛者各種情緒及生理之反應，擴大了駕駛模擬系統之應用範圍。而國內汽車駕駛模擬系統雖已具雛形，但其他主要之周邊設備尚未建置完畢，如：聲音系統、車上資訊顯示系統、實驗環境的改善等，因此對於需配合其他偵測設備才可進行模擬實驗之應用課題，本計畫並未將其列入應用發展時程中。未來，待國內汽車駕駛模擬系統發展更健全時，整合駕駛模擬器及其他偵測設備與專業人員應列為重點發展項目。

## 4.可移動式實驗室

目前國內利用駕駛模擬系統從事交通課題研究的學術研究及業務監理單位仍為少數，主要原因之一為硬體設備建置與維護不易，因此甚少單位從事駕駛模擬系統相關研究。未來，可考慮將駕駛模擬系統實驗環境規劃成可移動式實驗室，如將駕駛模擬系統建置於大型車輛上，如此若有單位欲從事駕駛模擬系統相關研究或觀摩宣導時，便可以向主管單

位租借，不僅提高便利性且直接深入群眾，同時亦可吸引更多從事駕駛模擬系統之相關單位，提昇駕駛模擬系統在國內之實務應用能力，亦可縮短駕駛模擬系統發展之時程。

## 四、汽車駕駛模擬系統應用發展規劃與實作項目規劃

本章將詳細說明本團隊規劃之汽車駕駛模擬系統應用發展時程，包含應用課題、人力與經費之概估，並依據應用課題之需求，提出駕駛模擬系統之軟硬體開發規劃。最後根據第 3、4 章之成果，提出本研究製作場景與實作課題項目之規劃理念。

### 4.1 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃

本團隊於第 3 章中根據國內外汽車駕駛模擬系統相關文獻資料，以及運研所現有之軟硬體設備，初步擬定汽車駕駛模擬系統應用發展時程，包含人、車、路及 ITS 等交通課題。透過問卷調查的回覆內容，受訪者對應用課題及發展時程規劃提出相當豐富的建議，其中大部分建議已包含在本計畫之初擬規劃時程內，部分建議則尚未於初擬發展時程中考量。因此，本計畫參酌產官學各界專家之建議（包含期中審查之意見），對於本計畫尚未納入初擬發展時程之應用課題，衡量其重要性與開發技術性，將合適的課題納入本研究所擬定之汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃。

表 4.1 即本研究在參酌多方意見後所擬定之發展時程規劃表，發展時程以 10 年為發展時期，分為短期（1—3 年）、中期（4—6 年）、長期（7—10 年）三個發展階段；發展項目則包含人、車、路及 ITS 等四項分類，每項分類中又有其細項分類與相關交通課題。本計畫亦對短、中、長期各發展時期及各發展項目所需投入的人力與經費加以概估，最後並加總所有人力與經費。表 4.1 與表 3.10 可作為相關單位未來進行投資開發與實作課題之衡量參考。而要特別說明的是表 4.1 係作為未來發展之參考資料仍有調整改進之餘地，主要原因乃是各單位之目標並非一致，縱然目前已納入交通建設及科技發展時程之考量，未來仍應再衡量當時之政策方向與實際需求，擬定各單位之應用推廣計畫。

表 4.1 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃表

應用項目分類 \ 時程		短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）	各項目經費與人力
人	駕駛者特性	性別、年齡、學歷等特性			人力：6 人月 經費：96 萬
	駕駛者經驗		駕駛年資、技巧、肇事紀錄、職業駕駛、地區性駕駛者		人力：6 人月 經費：96 萬
	駕駛者狀況		疲勞駕駛、酒後駕車、藥物影響等		人力：12 人月 經費：192 萬
研究人力及經費概估		人力：4 人月 經費：64 萬	人力：8 人月 經費：128 萬	人力：12 人月 經費：192 萬	項目總人力：24 人月 項目總經費：384 萬
		短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）	各項目經費與人力
車	車種(場景中其他車輛)	單一車種	混合車種（不含機車）	混合車種（含機車）	人力：36 人月 經費：576 萬
	車種（駕駛車輛）	駕駛車輛為小汽車			人力：12 人月 經費：192 萬
	車流行為	間距、速率之變化	橫向互動、縱向互動及車流模式	符合真實狀況之混合車流模式	人力：42 人月 經費：672 萬
研究人力及經費概估		人力：28 人月 經費：448 萬	人力：28 人月 經費：448 萬	人力：34 人月 經費：544 萬	項目總人力：90 人月 項目總經費：1440 萬

			短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）	各項目經費與人力
路	道路型態	高快速公路	護欄、交流道、封閉性車道、收費站			人力：50 人月 經費：800 萬
		一般性公路		快慢車道(不含機車)、定時號誌路口、沿街商家與景觀、中央分隔		
		市區道路			含號誌化路口及非號誌化路口、開放性車道（含機車）、行人、沿街商家與景觀、路邊停車、公車及公車站	
		特殊路段		郊區/山區道路	隧道	
	交 控 設 施：標 誌、號誌、標線、 槽化島		交控設施的型態、大小、顏色、設置位置			人力：20 人月 經費：320 萬
					電腦化號誌系統	
	易肇事地點		易肇事路段（駕駛者視距、車道寬度）	易肇事路段（駕駛者視距、道路線形：平曲線、豎曲線）	易肇事路段、路口（車輛與車輛間的碰撞，含追撞、側撞、擦撞等）	人力：42 人月 經費：672 萬
				施工路段	調撥車道	
	天候與環境		清晨、白天、黃昏、夜晚對駕駛者視線之影響 晴天、雨天、陰天、霧天對駕駛者視線之影響	炫光、路旁燃燒雜物所產生的煙	白天開車頭燈、特殊天候（雨天、陰天、霧天對車輛操作或道路之影響）	人力：24 人月 經費：384 萬

研究人力及經費概估		人力：24 人月 經費：384 萬		人力：56 人月 經費：896 萬		人力：56 人月 經費：896 萬		項目總人力：136 人月 項目總經費：2176 萬	
		短期（1－3 年）		中期（4－6 年）		長期（7－10 年）		各項目經費與人力	
ITS 子系 統服 務項 目	ATIS			資訊、圖誌可變標誌等之設置地點與內容				人力：6 人月 經費：96 萬	
		路況警示系統		ITS 車內單元以簡單之聲音或文字圖形來輔助駕駛者		駕駛者操作較複雜之電子地圖、行車資訊與導引系統等設備，並利用其輔助駕駛		人力：26 人月 經費：416 萬	
				駕駛者操作通訊、資訊等車內各種設備對駕駛行為之影響				人力：16 人月 經費：256 萬	
	EPS			主線電子收費及匝道電子收費對駕駛行為之影響				人力：8 人月 經費：128 萬	
	AVCSS	縱向防撞警示系統（安全車距）		側向防撞警示系統（變換車道、匝道併入）		路口防撞警示、視覺死角警示系統		人力：32 人月 經費：512 萬	
		超速行駛警示與定速輔助系統		車道偏離警示與輔助系統		夜間視野及辨認性支援系統（隧道、夜間、天氣不良）		人力：24 人月 經費：384 萬	
研究人力及經費概估		人力：34 人月 經費：544 萬		人力：46 人月 經費：736 萬		人力：32 人月 經費：512 萬		項目總人力：112 人月 項目總經費：1792 萬	
各時程研究人力及經費概估		短期總人力：90 人月 短期總經費：1440 萬		中期總人力：138 人月 中期總經費：2208 萬		長期總人力：134 人月 長期總經費：2144 萬			
總人力概估：362 人月				總經費概估：5792 萬					

汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃表中，以人、車、路及 ITS 為分類基礎之交通相關課題包含相當廣泛，短、中、長期各應用課題皆有階段性的軟體技術與硬體設備待開發與突破，以下對各應用課題之重要性與其開發之困難度，及人力與經費之概估原則，作詳細之探討與說明。

#### **4.1.1 駕駛者應用課題**

由第二章的文獻回顧得知，國外汽車駕駛模擬系統在駕駛者方面的研究成果相當豐富，透過汽車駕駛模擬器可有效地分析不同駕駛經驗、性別、年齡之駕駛行為異同，亦有相關研究在虛擬世界建立 ITS 車上資訊系統或行車安全輔助系統，透過汽車駕駛模擬器收集資料進行分析該系統對不同年齡、性別的影響與有效程度。另一有關駕駛者的課題即當駕駛者處於特殊狀態下的駕車行為，如疲勞駕駛、酒後駕車與服用藥物，此駕駛者因素對交通安全影響甚大且此課題在真實環境不易收集資料，因此近幾年國外在此課題的相關研究相當多。

##### **1. 駕駛者特性**

本計畫規劃短期的研究課題主要在探討駕駛者基本特性，如不同性別、年齡、學歷等之駕駛者，面對一交通狀況或一項 ITS 設備時，其反應時間或反應動作之差異。經由此等特性之掌握，可望在推出一項交通管理策略或 ITS 服務設備時，能夠縮小因駕駛者特性不同所產生的誤差。

##### **2. 駕駛者經驗**

探討駕駛者因駕駛年資、技巧、職業駕駛及地區性駕駛等特性之不同，對駕駛行為影響的差異。此一應用課題主要的困難在於研究單位需找尋各類型駕駛者，如不同駕駛年資、不同違規或肇事紀錄、不同職業等進行模擬實驗。

##### **3. 特殊狀況**

駕駛者呈現特殊身心狀態時，如疲勞駕駛、酒後駕車與

服用藥物等，就現階段駕駛模擬器的功能已可對該課題實作，但因駕駛者狀態控制困難，如疲勞與酒醉程度的判定，藥物反應則需透過醫學專業之配合，因此將該課題置於中長期發展階段。

#### **4.1.2 車輛應用課題**

本計畫規劃汽車駕駛模擬系統在車輛之相關應用課題，包含車種與車流行為等應用課題，本團隊並未將車輛機械性能的測試之應用課題納入發展時程中，原因之一為國內目前汽車駕駛模擬系統之發展等級不若國外數個先進駕駛模擬系統高，經費之編列亦無法樂觀預期，因此本計畫建議暫時不需將該等課題納入發展時程。

##### **1. 場景中其他車輛**

為簡化實驗的複雜度，目前所進行的相關研究其虛擬世界之車種組成皆為小汽車，中期發展計劃可以加入其它車種，使車流組成為混合車種；而長期發展計劃則配合市區道路場景的開發，可以加入公車及機車等更多車種，使虛擬世界的車種組成能更符合真實狀態。

在回收問卷的建議中，曾有專家學者建議本計畫，機車為本土長期存在的車流特性，不宜延至長期再發展。而就本計畫認為，機車相關問題雖然重要，但國內外機車相關研究不若汽車完整，因此若將機車置於短期開發時程中，投入研究成本所獲得的效益亦相對較低，因此本計畫仍將場景中機車車流的實作開發置於長期發展時程中。

##### **2. 駕駛車輛**

運研所目前駕駛模擬器之硬體架構乃以小汽車構造為準則，座艙、操控、動態等系統之特性，皆根據小汽車機械構造與動態特性而建置。因此，本團隊規劃運研所駕駛模擬系統之應用課題發展，駕駛車種之應用乃以小汽車為主，至於其他車種之發展課題將於 4.1.6 節中討論。

### 3.車流行為

探討交通安全課題，車流行為占極重要的地位，就相關的交通肇事研究顯示，車輛與車輛的間距、相對速率，車輛的併入、變換車道、匯出、轉向等行為，對交通安全皆有極大的影響。但車流行為相當多元化，欲在虛擬世界建構一符合真實狀況的車流模式並非易事，但車流為探討交通安全課題不可或缺的元素。

發展符合真實之車流模式，除了需開發車輛互動基本特性，如偵測、碰撞、橫向互動、縱向互動等特性外，同時亦需尋找合適之車流模式套用於虛擬世界之車流。若採用國外之車流模式，因國內外交通運輸環境與發展背景不同，因此模式中多項參數需經過本土化較估才能適用於本國，因此本計劃依短、中、長期將車流模式分成三部份發展。

車流行為依車輛間的互動狀況可概括分類成橫向互動與縱向互動，縱向互動係指車輛的加、減速，車輛與車輛的前後間距保持等行為；橫向互動則包括了高快速道路加速車道的併入、主線的變換車道、交叉路口轉向等行為。駕駛者欲安全地完成一完整的車流行為，通常皆涵蓋了與週遭車輛之橫向互動與縱向互動。本計畫規劃在短期應用中，探討本車駕駛者與前車之間距與速率的互動關係，此階段場景中的車輛並無併入、變換車道等行為發生，只有固定車道跟車行為的加速與減速；中期的重點則在車輛與車輛間的縱向與橫向互動，此時場景車輛可以依據周圍車輛的相對速度與間距，產生加速、減速與變換車道等行為，研究重點為試驗車如何在車陣中安全合宜地操控；長期則使車流能符合真實世界的車流模式，配合不同車種與道路環境組合，以觀察駕駛者之反應與動作，甚至可推展至一般市區道路。

#### 4.1.3 道路及天候環境應用課題

道路及天候環境相關應用課題之發展主要為繪圖技術之展現與開發，如：隧道、槽化島、特殊天候等。本團隊於製作場景之技術已發展成熟，於九十年代運研所委託計畫（運研所，民國 90 年）已開發多種特殊天候之場景，未來

將配合應用課題實作分析，開發各種情境的道路環境場景，如市區道路、隧道、施工路段等。

## 1.道路型態

配合目前的車流模式，道路型態短期應用的方向仍以高快速公路為主，包含交流道區域、主線車道、收費站、護欄等高快速公路特性之模擬與開發。

短期後段則可對一般性公路進行實作模擬，包含固定時制號誌化路口設計、快慢車道分隔（不含機車）、沿街商家等。部分受訪的專家學者認為大型廣告看板與檳榔攤可能對行車安全造成嚴重影響，宜列為重點考慮，本計畫將該課題規劃於沿街商家與景觀課題中實作。

國內先前有關駕駛模擬器的相關研究，主要道路環境還是在高快速道路，甚少有路口的設計，因此大多的場景皆為單向車道的設計，以致對向車道車流影響實驗結果的研究成績相對降低。未來在中期發展計畫加入路口的設計，對向車道的車流影響本車（駕駛者）的程度提昇，本計畫建議將對向車道（含車流）的設計置於短期後段發展。

至於長期發展計畫則考慮較複雜之非號誌化路口之車流行為，結合號誌與非號誌化路口，並配合車流模式與車種的擴充，未來可將研究主題延伸至最複雜之一般市區道路。

郊區公路、山區公路、隧道等特殊路段則規劃於中長期發展，由於隧道的模擬尚有隧道內的視覺效果與車輛燈光等技術課題有待開發研究如圖 4.1，因此將隧道置於長期發展項目。



圖 4.1 隧道內視覺效果

## 2. 交控系統

此課題包含標線、標誌、號誌及槽化島之型態、大小、顏色及設置位置等研究方向。本團隊於 88 年運研所委託計畫中，已作過標誌與標線對駕駛者影響之研究，包含國內已設置及尚未設置的設施（如圖 4.2 為日本 Nankai 道路所劃設之收斂山形標線）。但因受限於影像投射設備解析度的限制，標誌的內容需透過尺寸放大的前驗作業，使駕駛者在虛擬世界所看到標誌內容的距離與真實世界相符。未來若投射與顯示系統品質提昇，不僅可以省去標誌內容放大的作業，更可進行對其他交控設施之分析研究。



圖 4.2 日本 Nankai 道路所劃設之收斂山形標線

施工路段往往成為肇事路段，本計畫將施工路段之肇事分析配合施工路段警示安全設施規劃為中期發展項目，探討駕駛者於施工路段易肇事之原因，同時藉由肇事的原因分析，進而檢討國內施工路段安全警示設施的樣式設計及擺設地點。

行車管制號誌依控制器運轉方式分為定時時制控制、交通感應及交通調整等三種，並由控制器連結狀況，執行獨立交岔口、路段連鎖或網路連鎖等不同範圍之交通控制。進行號誌連鎖控制時，需依系統最佳化原理計算各號誌之最佳時制與號誌間之最佳時差，再依道路交通狀況，以相鄰號誌同亮、迭亮或遞亮等適當方式管制之。本研究規劃的課題即探討各號誌運作方式對駕駛行為之影響，包括起動延滯、黃燈與清道時段決策、續進車速之操控等。

### 3. 易肇事地點

考量實際路段收集資料的危險性，易肇事路段特性分析亦為駕駛模擬器應用的重點。交通意外事故可概略分為車輛與道路設施的碰撞、車輛與車輛的碰撞，短期與中期發展時程中，本計畫建議以車輛與道路設施的碰撞為應用重點，例如：道路的幾何線形設計不良、駕駛者於曲線路段時沒有足

夠的視距反應緊急狀況、施工路段等。圖 4.3 為中山高速公路高雄終端下匝道路口，屬易肇事路段；施工路段之車道調整與寬度變化亦為普遍存在的問題，本研究將其納入短期實作課題，詳見第五章。長期發展則配合車流的偵測與碰撞，將可進行交叉路口、調撥車道等車輛與車輛的碰撞分析，包含追撞、擦撞、側撞等。



圖 4.3 中山高速公路高雄終端下匝道路口

#### 4.天候與環境

前一期計畫已開發多種特殊天候場景，包括清晨、白天、黃昏、夜晚、晴天、雨天、陰天、霧天等場景情境，就本計畫的認知，可將特殊天候影響駕駛者視距與駕駛行為納入短期實作課題分析，例如：雨天、霧天影響駕駛行為；於中長期計畫則考慮特殊天候影道路及車輛的因素，如：雨天使地面與車輛輪胎的摩擦係數降低，易造成車輛打滑與煞車不及等狀況。

其他會影響駕駛行為及交通安全的環境因素，如炫光會刺激駕駛者之視覺，增加駕駛者之反應時間；路旁燃燒廢棄物所產生的煙霧亦對駕駛者之視距產生影響，進而影響行車

安全。而現行法規要求大客車白天需開車頭燈，由於 VRML 光源之節點，並無支援聚光之效果，必須另行開發其他方式來呈現車頭燈之效果，況且一般車輛尚未受此規定之強制約束因此本計畫規劃於中期後對該發展項目進行開發研究。

#### 4.1.4 ITS 資訊系統及車內設備

ITS 乃運用先進資訊與通訊科技，使車、路系統智慧化，並輔助駕駛者，以達到提昇運輸系統之安全與效率，如圖 4.4 與 4.5。車上的資訊設備給予駕駛者的指示或警告等型式，可分為聲音與影像。聲音可分為簡單的訊號與完整指示語句；影像則可細分為簡單的文字、符號，或圖像的顯示，如電子地圖等。欲構建虛擬資訊系統，除了駕駛模擬系統軟硬體設施的改善外，同時亦須改善實驗場地，降低模擬實驗受到外部環境之干擾，以提高 ITS 資訊系統之聲光效果，使受測者更能融入虛擬世界。

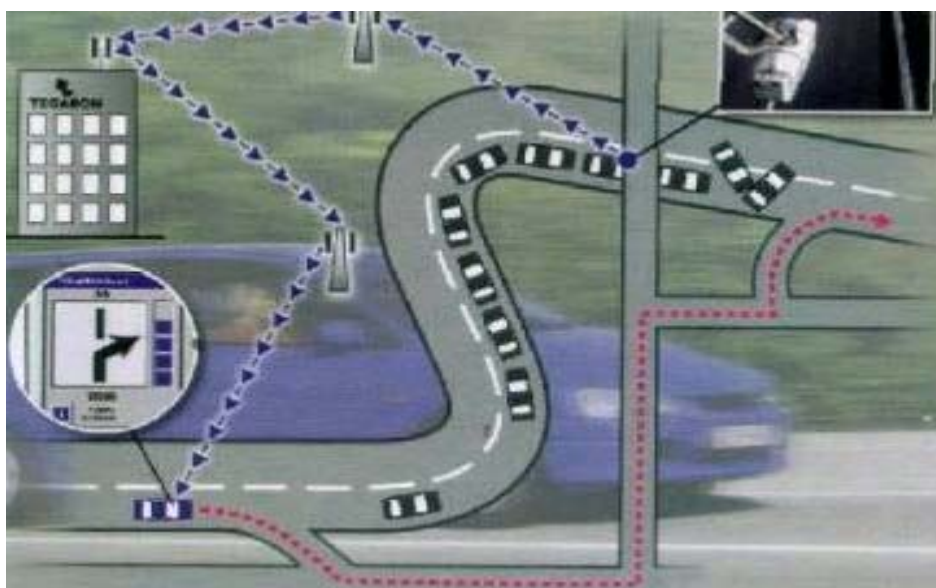


圖 4.4 ITS 車上資訊設備示意圖



圖 4.5 ITS 警示系統功能示意圖

## 1. ATIS

### (1) ITS 道路設施

此課題包含資訊、圖誌、速限可變標誌、匝道儀控號誌、車道管制號誌等 ITS 道路設施之佈設地點與顯示內容之探討，如圖 4.6，分析設施佈設地點應設置距事件多少距離才能達到安全與效率之目的；資訊內容的顯示形式亦相當重要，以文字或圖形、單行或多行之顯示形式，影響駕駛者對該資訊的感識程度。因此，讓駕駛者在行駛中於合宜的地點，清楚地明白道路設施所傳達的資訊，並作出適當的反應，才能達到設置 ITS 道路設施之目的。



圖 4.6 資訊可變標誌

## (2)行車資訊與導引系統

行車資訊與導引系統乃透過車輛資訊系統與道路設施之通訊，以各種形式之資訊來達到輔助駕駛者之目的。本計畫擬先以路況警示系統為短期實作課題，透過簡單的警示介面警告駕駛者前方有危險或特殊路況，如圖 4.7，乃路況警示系統警告駕駛者前方有故障車。中期發展計畫，則待改善模擬實驗場地與駕駛模擬器軟硬體設施後，即可進行以簡單的聲音或文字圖形之 ITS 車內單元來警示或指示駕駛者，同時亦可進行駕駛者操作通訊、資訊等各種車內設備對駕駛行為之影響，使車內先進通訊及資訊設備之設計能更人性化，降低操作車上設備而造成交通意外事故的風險。長期發展計畫則將中期發展之車內簡單資訊系統，配合各種道路環境、車種、車流等，進行開發較複雜之 ITS 車內資訊系統，例如行車導引系統及電子地圖等。

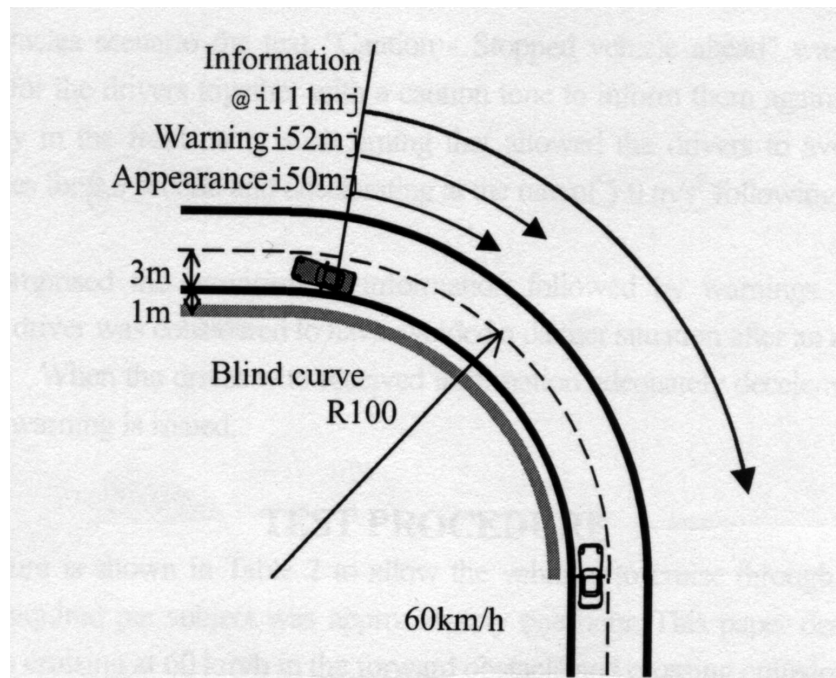


圖 4.7 路況資訊系統實作示意圖

## 2. 電子收費系統

高速公路於部分路段已對電子收費進行試驗評估，惟其重點僅為技術可行性，尚未觸及車流特性之調變。本課題規劃的目的在比較收費站收費、主線電子收費及匝道電子收費等三種收費系統對駕駛行為所造成的影響，並評估行車安全與效率，以達到實行電子收費之效果。

## 3. AVCSS

AVCSS 乃透過車輛與車輛及道路設施之偵測及控制，以各種形式之資訊來輔助駕駛人，達到行車安全及自動化駕駛之目的。本研究參考運研所先進安全車輛研發策略之研究（民國 90 年）之小汽車發展架構，以行進中安全輔助系統為主要應用課題，包含縱向防撞、側向防撞警示系統，可應用於行車安全間距、變換車道及匝道併入等課題，長期則配合市區道路與車流之模擬，可進行路口防撞警示系統之實作，圖 4.8 為系統警告駕駛者前方橫向車道有來車。而超速行駛警示與定速輔助系統、車道偏離警示與輔助系統乃為自動化駕駛之先趨研究。長期待模擬系統軟硬體發展更完善，可進行對視覺死角、夜間視野、不良天候及隧道等辨認性支援系統進行測試。

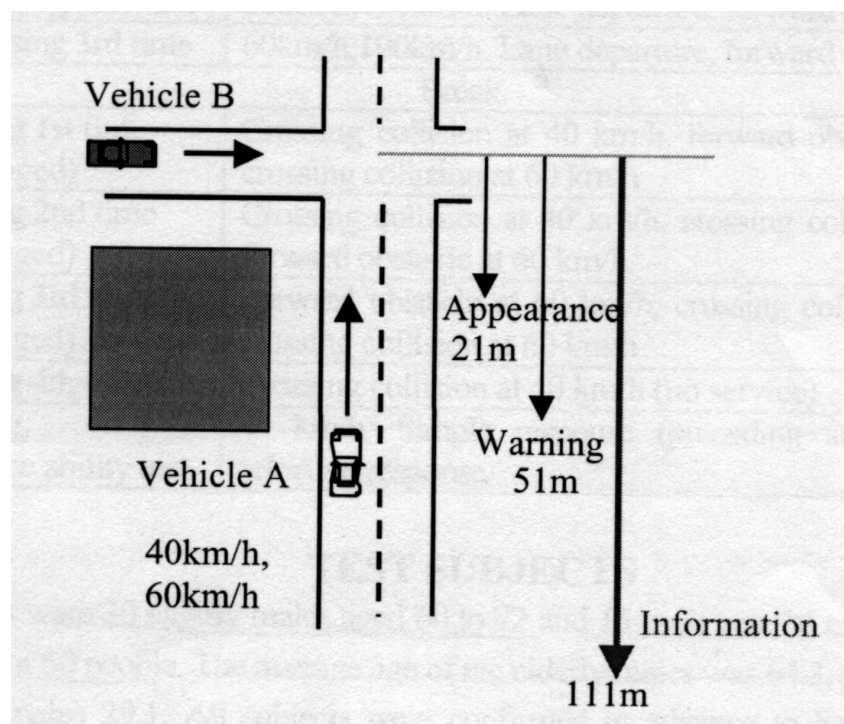


圖 4.8 路口防撞警示系統實作示意圖

#### 4.1.5 人力與經費之概估

本團隊對於估算汽車駕駛模擬系統應用發展所須之人力與經費，乃依據下列幾點的估算原則：

##### 1.人力概估原則：

- (1)人月係以碩士級專任研究人員之工作量為基礎，進行估算各項目或各階段投入研究所需人力。
- (2)計畫主持人、行政人員與次要研究助理等間接人力不予估算。

##### 2.經費概估原則：

- (1)直接費用（每人月薪資）係以學術機構之一般標準估算，約每人月 8 萬元，且不含間接費用與管理費。
- (2)總經費為直接費用及間接費用之總和，間接費用（含管理費）以直接費用的 100%估算。

(3)估算投入研究之人力薪資與軟硬體之開發購置費。

(4)硬體設備以達成應用課題之功能需求為前提，對於真實性及舒適性則為次要之考慮因素。

透過上述人力與經費概估原則，概估實際開發與建置各應用課題所需的人力及經費，並估算各應用發展課題於短、中、長各發展時期所需之人力及經費，最後加總所有人力與經費，估算本計畫擬定之汽車駕駛模擬系統應用發展時程所需之總人力與總經費，概估的結果如表 4.2 所示。

表 4.2 駕駛模擬系統研發人力經費概估表

發展時程 項目分類	短期 (1—3 年)	中期 (4—6 年)	長期 (7—10 年)	合計
人	4 人月 64 萬	8 人月 128 萬	12 人月 192 萬	24 人月 384 萬
車	28 人月 448 萬	28 人月 448 萬	34 人月 544 萬	90 人月 1440 萬
路	24 人月 384 萬	56 人月 896 萬	56 人月 896 萬	136 人月 2176 萬
ITS	34 人月 544 萬	46 人月 736 萬	32 人月 512 萬	112 人月 1792 萬
合計	90 人月 1440 萬	138 人月 2208 萬	134 人月 2144 萬	362 人月 5792 萬

## 4.2 駕駛模擬系統軟硬體規劃

### 4.2.1 軟硬體發展現況

目前運研所開發的汽車駕駛模擬系統，其模擬器乃為一六軸動態操作平台，投射螢幕由三組珠光螢幕組成，最大水平視角為 180 度並藉由虛擬實境模組語言(VRML)進行構建實驗場景。

VRML 對碰撞的支援度只有虛擬人物 (Avatar) 與虛擬世界中之物體有碰撞偵測的機制，在 VRML 所建構的虛擬世界中，當物體與物體碰撞時，則會產生兩物件重疊的情況，

如圖 4.9。

考量車輛與車輛之間的碰撞，包含直撞、擦撞、側撞等，根據駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究（運研所，民國 90 年）所開發之碰撞偵測有道路外圍之碰撞偵測，可防止車輛衝出道路之外，亦提供與固定車流之間的碰撞偵測，可避免物件穿透的情形產生，但不能完整模擬真實世界的碰撞行為。



圖 4.9 物件干涉情形

根據駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究（運研所，民國 90 年）之規劃內容，其中視覺系統的功能為三頻道螢幕同步顯示前方、左前方與右前方 180 度的水平視角畫面，而後照鏡影像乃是繪製後照鏡場景於前方視角畫面之中，並非是反射後方視角畫面。以上之功能是使用前方兩側影像來增強駕駛模擬器在虛擬影像之真實性，但基本的駕駛行為如路邊停車與倒車入庫，只用前方視角的影像資訊是不夠的，應該要再加上後方視角的畫面，才能針對真實的駕駛行為提供完整的視覺效果。

在 91 年春季電腦展曾有廠商展示 PC 等級之三螢幕同步投影系統，其影像的訊號亦是透過三部 PC 與三部單槍投影機來投射，使用一部主控電腦與一個同步硬體負責影像同步的工作，其工作原理與本計劃所使用之視覺系統相似，惟一不同處乃是同步硬體之使用。執行本計劃之實驗室以現有之電腦硬體進行測試之後，發現虛擬場景的影像更新率均可達

至 30 fps (frames per second) 以上，而以人眼的視覺暫留效應而言，影像播放只需達到 12~16 fps 即可，所以三頻道的同步問題可以忽略，亦即可扣除同步硬體的成本費用；而且以未來電腦發展與應用的趨勢來說，網路即時傳輸與平行運算的技術可以克服影像同步的問題。

#### 4.2.2 軟硬體發展規劃

依 4.1 節規劃的汽車駕駛模擬系統應用發展時程，衡量各應用課題所需之軟體技術與硬體設備，本計畫對駕駛模擬系統之軟硬體發展依短中長期規劃如下。

依據本研究之發展時程，短期內駕駛模擬器的硬體設施並無擴充修改之需求。中期的發展項目，其中車流行為部分必須考量縱向互動與橫向互動，所以在視覺系統部份需要加入後方視角影像來輔助，考量整個座艙系統使用實車車體，具備後照鏡與左右後照鏡可反射後方影像，讓駕駛模擬器的視覺效果更呈完整，而後方視角的影像可根據原有之前方視覺系統加以擴充。由於每個視角所使用的電腦系統與軟體架構是相同的，所以後方視角的影像可比照前方視角同樣使用三頻道螢幕作輸出，前後方視角可構成水平視角為環場 360 度的影像，在座艙系統部份加裝左右方後照鏡與正後方後照鏡反射後方影像，如此便可提供駕駛者完整的路況影像。此構想類似圖 4.10 Atosim 所開發的駕駛模擬器。

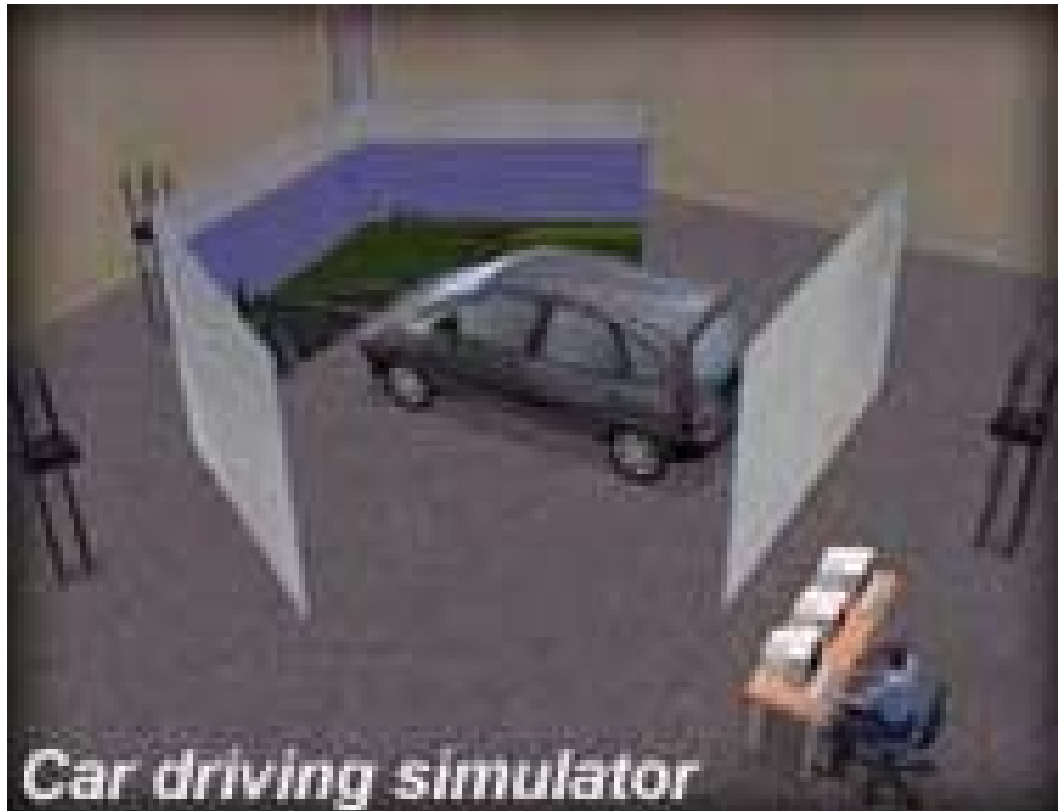


圖 4.10 Atosim 駕駛模擬系統配置圖

圖 4.11 為本團隊規劃駕駛模擬實驗室之概念圖，實驗室的環境設計應避免外在因素的干擾，而硬體則僅就必要之功能與實用性考量購置，並不追求高級豪華設備之建置。

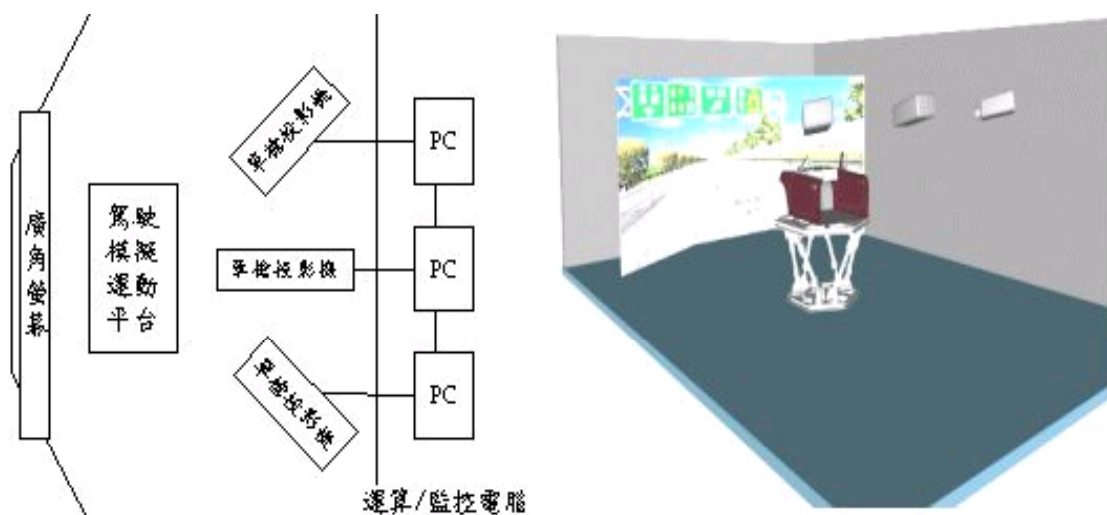


圖 4.11 駕駛模擬實驗室佈設概念圖

就軟體技術規劃而言，目前車輛的碰撞偵測雖然可以防止車輛產生穿透物體的現象，但尚無法完整模擬真實狀況車輛碰撞之現象，因此尚無法將目前之車流碰撞模式應用於肇

事相關研究。觀察虛擬實境 VRML 的發展，VRML97 所提供的碰撞偵測雖然單純，但是下一個版本(X3D)對於物理行為之模擬提供了更多這方面的功能，所以碰撞的問題可望在未來版本獲得相當程度的解決。

### 4.3 實作課題與場景規劃理念

本計畫透過國內外汽車駕駛模擬系統相關研究，並參考國內產官學各界對汽車駕駛模擬系統發展之重要性調查與建議，擬定未來汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃，同時於 4.2 節中，參考各應用課題，提出汽車駕駛模擬系統硬體設備與軟體技術之發展規劃。參酌上述成果，本研究透過課題重要性與技術需求性的衡量，對本計畫實例研究分析課題與場景之設計提出以下之基本原則。

#### 1. DS 現有之功能

本團隊首先衡量現有汽車駕駛模擬系統之軟硬體技術與設備，選擇適合本計畫實作課題。本計畫就汽車駕駛模擬系統之現有硬體設備功能，加強場景、控制等軟體技術，進行交通課題實例分析。

#### 2. 執行優先性高

依據 3.4 節問卷調查的統計資料結果，評選執行優先性較高的項目分類，依交通安全與 ITS 之觀點規劃較重要之交通課題，進行本計畫之實例研究分析。

#### 3. 交通安全之需求

安全在交通運輸上為相當重要之課題，本計畫擬設計不同道路幾何設計、道路環境、交通狀況等，探討該等課題對於交通運輸安全之影響。

#### 4. ITS 設備功能

ITS 為現今世界各國為提昇運輸效率與運輸安全所積極

推動之建設，本計畫就目前現有汽車駕駛模擬系統之軟硬體設備與技術，對 ITS 資訊系統進行實作分析，探討 ITS 車內資訊輔助系統對駕駛者反應之影響。

## 5. 人車路兼顧

實作課題兼顧人車路三項交通組成要素，使汽車駕駛模擬系統成為一人、車、路互動之交通安全與 ITS 評估系統。

場景之安排依下列之理念而進行設計：

### 1. 擬真的道路環境

考慮多樣的道路幾何設計，包含直線、彎道、路口等設計，使場景能夠展現更多樣的交通環境，而道路線形則依據相關設計規範與設計準則製作。各路段視其需要設置各類型之交通標誌、號誌與標線，使模擬環境能更接近真實。

### 2. 應用的延續性

本計畫設計場景時，不僅針對現階段實作課題，同時亦考量未來汽車駕駛模擬系統應用發展課題，因此場景的設計不僅適用於本計畫，未來若有其他交通課題亦可採用本場景，例如：路口、雙向車道之設計等。

### 3. 迴圈的設計

循環性道路系統除了可以使駕駛者重複模擬實驗外，同時亦可簡化監控人員之作業程序。

### 4. 多樣化的行進路線

當受測者進行模擬實驗時，行進路線若為單一路線，受測者不僅產生枯燥感，對於場景與實驗內容亦會產生記憶性，影響實驗結果之有效性。因此，本計畫設計多樣化的行進路線，降低駕駛者在模擬實驗過程中，對場景與實驗內容之記憶性。

綜合以上之規劃理念，本計畫所構建的場景將是一個迴圈，包含各種道路幾何線型、單向 3 車道、雙向行車、行進路線多樣化的道路交通環境，且適用於現階段及未來之實作課題。而實作課題則考量人、車、路等要素，進行對交通安全與 ITS 等重要題題進行實例研究分析，將汽車駕駛模擬系統發展成人車路互動之交通安全與 ITS 評估系統。



## 五、實例應用之情境設計與實驗設計

4.3 節中已闡述本計畫規劃實例研究分析的理念，本章引用第三章與第四章之成果，參酌期中審查意見，提出本計畫實作課題、實驗情境安排及場景之設計，於 5.4 節提出實驗設計準則及實驗程序。

### 5.1 實例分析

本節內容包含課題重要性分析與選擇、實驗情境設計兩小節說明。

#### 5.1.1 實作課題選擇

本計畫根據 3.5 節問卷總人次統計與重要性分析結果，選擇執行優先順序最高的實作項目分類，並由各實作項目分類中，規劃較重要之交通課題，以作為本計畫製作場景之依據與實驗之目標。

由表 5.1 問卷回收得分統計結果得到四項執行優先性最高（得分 190 以上）之項目分類，分別為車輛行為、易肇事地點、天候與環境、行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統等四項，分別涵蓋車、路及 ITS 子系統服務項目。因此，本團隊以執行優先性最高的四項為基礎，根據交通安全與 ITS 的理念，進行實作課題的選擇。

表 5.1 各應用課題執行優先順序

項目分類			得分	執行優先順序			
				最優先執行	優先執行	應執行	宜執行
人	駕駛者特性		189		◎		
	駕駛者行為		153			◎	
車	車種(場景中其他車輛)		178		◎		
	車種(駕駛中車輛)		157			◎	
	車輛行為		194	◎			
路	道路形態	高快速公路	165			◎	
		一般性公路	159			◎	
		市區道路	165			◎	
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島	交控設施的大小、形態、位置	184		◎		
		電腦化號誌系統	152			◎	
	易肇事地點		209	◎			
	天候與環境		190	◎			
ITS 子系統服務項目	ITS 道路設施		182		◎		
	電子收費系統		137				◎
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		194	◎			

本研究透過實驗要因分析魚骨圖，以人、車、路及 ITS 為主要要因，列出其所有為達「增進交通安全與效率」之目的細部要因，如圖 5.1。而圖中所選定實驗要因係根據問卷結果（表 5.1）、期中審查意見及實際應用性等原則評選。

## 1.人

駕駛者之年齡、性別等特性與經驗，及其駕駛過程之精神、壓力等狀況，對於交通安全有重大之影響，但本計畫就實驗之複雜度及現階段經費等考量，並不針對人之要因特性進行分析對交通安全之影響。

## 2.車

就表 4.1 之發展時程中，短期車種之應用規劃係探討單一車種，即小汽車；而車流流量、密度、流率等乃屬巨觀車

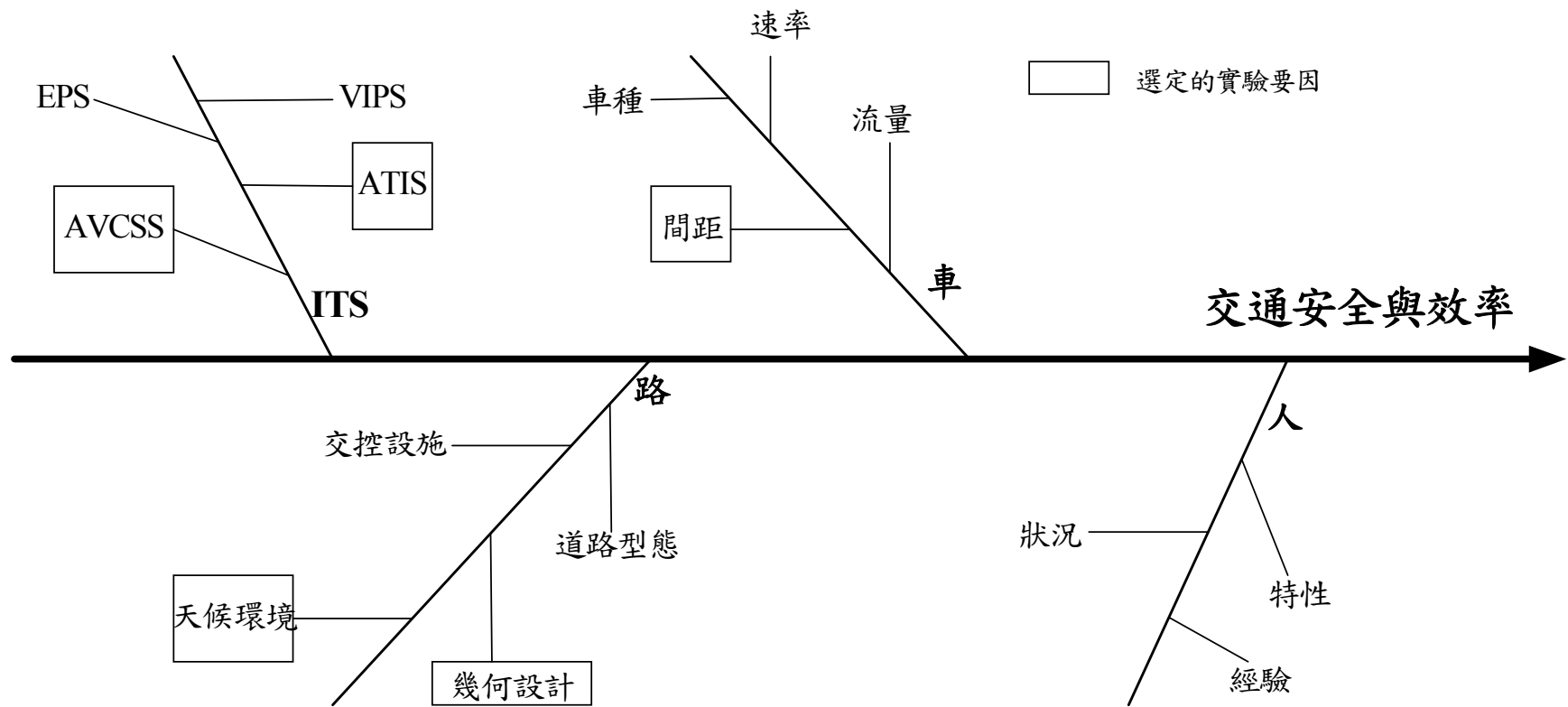


圖 5.1 實驗要因分析魚骨圖

流行為模式，較不適合利用汽車駕駛模擬器進行實例研究。而跟車間距乃屬微觀車流行為，且對交通安全有極大之影響，因此，本研究於車之要因中，乃著重於跟車間距之探討。

### 3.路

道路之設計及設施對交通安全產生直接之影響，道路型態短期仍以高快速道路為主；本團隊曾對過內數種已設置或尚未設置之交控設施進行探討（魏健宏等，民國 90 年）。因此，本研究選定道路之幾何設計，如曲線、路寬縮減等易肇事路段對交通安全之影響，並探討不良天候下之駕駛行為。

### 4.ITS

本研究於表 4.1 之應用規劃中，可分為 ATIS、EPS 及 AVCSS 等子系統，而 VIPS 乃針對道路弱勢使用者而規劃，對象多為機車、自行車與行人，較不適合利用本模擬器進行實例研究。因此，本研究根據表 5.1 執行優先順序高低，且考量國內正積極發展智慧型車輛，選定 ATIS 與 AVCSS 兩子系統，探討該系統對於駕駛者於危險路段或車流行為反應之影響。

本團隊經過執行優先性、交通安全、ITS 等考量並衡量汽車駕駛模擬系統現有之軟硬體設備與技術後，透過實驗要因分析魚骨圖選定本研究之實驗要因，並於期中簡報後與運研所進行工作會議討論（附錄 D），提出 5 項實作課題，分別為：曲線路段、ITS 行車安全輔助系統、車道寬度變化、天候狀況與不佳天候之跟車行為。以下將說明各實驗課題之規劃原則。

#### 1.曲線路段

道路線形係由直線與曲線路段組成，曲線路段之彎道多屬潛在危險路段，除了速率與離心力等因素之配合，需提供足夠之停車視距讓駕駛者反應前方突發之路況。而彎道路段中央分隔島之缺口亦屬易肇事情況，若駕駛速率過高或未注意前方路況，很容易與橫向或轉向之車輛發生事故，因此本研究將進行曲線路段之肇事情況行為分析。

## **2.ITS 行車安全輔助系統**

行車安全輔助系統係透過車輛與車輛間之偵測、車輛與道路即時資訊設備之通訊，輔助駕駛者對於駕駛速率、行車間距、前方路況、車道偏離等判斷，增進交通安全及效率。路況警示系統係藉由車上通訊設備與道路通訊設備之溝通，以聲音或文字提示駕駛者前方有特殊或緊急路況發生；縱向防撞警示系統則透過車輛與車輛之偵測，以聲音或文字提示駕駛者與前車維持適當之跟車間距。本研究透過上述兩系統實作，收集駕駛者在有無該系統下之各種駕駛行為，評估行車安全輔助系統之效用與提供資訊之方式。

## **3.車道寬度變化**

此為探討駕駛者於車道寬度變化路段的駕駛行為，正是駕駛模擬器效用發揮之所在，由於車道寬度變化多出現於施工路段，對交通產生雙重不利影響，因此本計畫分析駕駛者行經車道寬度變化路段時的速率變化與橫向位移，未來可將此課題延伸至施工路段相關課題研究。

## **4.特殊天候**

考量於霧天下進行實地測試不易且危險性高，因此本研究選擇霧天之設計情境，探討駕駛者於視線不佳情況下之駕駛行為。

## **5.不佳天候之跟車行為**

根據 89 年度交通部統計之肇事成因數據中，未注意前車前狀況居肇事原因第一位，天候不良之影響可能加重其嚴重性。因此本研究於有霧的場景中設計其他車輛，收集駕駛者跟隨前車行進時各種操控行為，包含加減速、等速與間距之掌控等。

### **5.1.2 實作課題情境設計**

本研究規劃的實驗情境共五組，分別探討車內警示系統應用於彎道路段開缺口處、縱向防撞警示系統應用於跟車行為、施工路段車道寬度變化、特殊天候下跟車行為、縱向防撞警示系統應用於特殊天候之跟車行為等實驗情境，包含交

通安全與 ITS 領域之交通課題，並且考慮人車路三種交通組成要素。本計畫所規劃的五組情境課題中，每一情境皆含有實驗組與對照組之設計，場景為迴圈設計，且行進路線多樣化，因此產生的組合相當多元化，使受測者在進行模擬實驗時降低對實驗內容之預期，較能合理反映真實、一般性的道路交通狀況。表 5.2 列出本研究設計之 5 組實驗情境，包含實驗組與對照組共 10 項實驗項目。

表 5.2 實驗情境分類表

組別	實驗情境	實驗組/對照組
A	彎道開缺口，有路況警示系統之駕駛行為	A1 實驗組
	彎道開缺口，無路況警示系統之駕駛行為	A2 對照組
B	白天晴天，有縱向防撞警示系統之跟車行為	B1 實驗組
	白天晴天，無縱向防撞警示系統之跟車行為	B2 對照組
C	車道寬度變化由 3.5 公尺至 3.0 公尺之駕駛行為	C1 實驗組
	車道寬度 3.5 公尺之駕駛行為	C2 對照組
D	白天霧天下之跟車行為	D1 實驗組
	白天晴天下之跟車行為	D2 對照組
E	白天霧天，有縱向防撞警示系統之跟車行為	E1 實驗組
	白天霧天，無縱向防撞警示系統之跟車行為	E2 對照組

## 1.車內警示系統應用於彎道路段開缺口處

彎道屬危險路段，因此道路工程幾何設計必須提供充分的視距，以利駕駛者能及時地發現前方特殊路況，並安全地對該路況作出反應行為，且亦需配合速限設計足夠之超高與路面加寬，使駕駛者能以規定的速率安全地通過彎道。本課題簡化變動因子，在視距、超高、路面加寬等幾何設計皆符合公路設計規範的路況下，探討中央分隔島開缺口之設計對駕駛者之影響(如圖 5.2);並搭配 ITS 路況警示系統之設計，探討駕駛者在有無輔助系統下，對於彎道中央分隔島開缺口且有待轉車之路況的反應行為，參見表 5.3。

本研究彎道的設計轉彎半徑為 150 公尺，速限為 50KPH，水平視距為 65 公尺，若要使警示系統發揮其效用，必須在水平視距之前發出警示訊息，本研究以水平視距為衡量基準，加上 50% 的安全係數成為 97.5 公尺，因此本研究設定當車輛距離彎道缺口前 100 公尺，警示系統即顯示警告訊息提示駕駛者前方有待轉車輛。

表 5.3 車內警示系統應用於彎道路段開缺口處實驗/對照組

實驗組	對照組
本車有路況警示系統	本車無路況警示系統
系統提供資訊之空間點：缺口前 100m	無資訊提供
轉彎半徑：150 公尺      中心角度：120 度	
車道數：單向 2 車道      速限：50KPH	
收集資料：車輛行經中央分隔缺口處之速率與橫向位移	

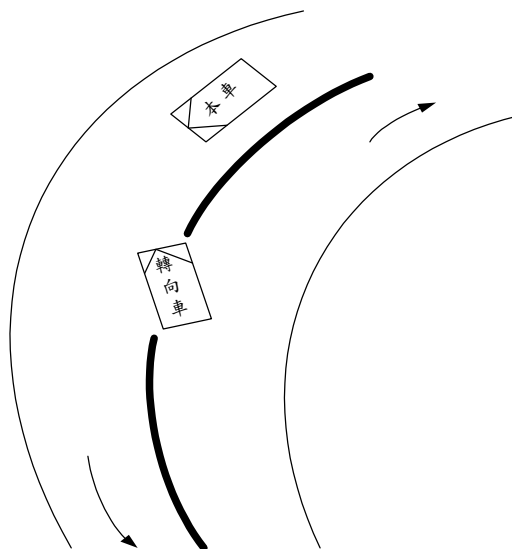


圖 5.2 彎道路段配合路況警示系統實作示意圖

## 2. 縱向防撞警示系統應用於跟車行為

ITS 功用之一係利用先進資訊設備來輔助駕駛者，達到行車安全與效率之目的。本研究探討駕駛者於正常天候（白天晴天）下，有無縱向防撞警示系統之跟車行為，如圖 5.3。實驗組之車輛設有縱向防撞警示系統，當跟車間距小於臨界間距時會自動啟動提示功能，促使駕駛者減速以維持安全跟車距離，如表 5.4。預設之系統車輛並不維持等速推進，具有加速與減速之設定，且左右之相鄰車道會有車輛行駛，目的在使受側者於跟車實驗路段無法變換車道；而對照組之駕駛人則完全仰賴其主觀判斷，以控制跟車距離。

前後車距之最小跟車距離：

$$D_m = 0.20955V + 6.4$$

$D_m$ ：最小行車間距（公尺）

$V$ ：後跟車之速度（公里/小時）

此公式係由美國 B. Greenshields 根據實際資料推導出之經驗公式，且經張家祝等（民國 78 年）依現場觀測資料之驗證所得到最相符之公式。

表 5.4 縱向防撞警示系統應用於跟車行為實驗/對照組

實驗組	對照組
本車有縱向防撞警示系統	本車無縱向防撞警示系統
系統提供資訊之空間點：當本車與前車之距離小於最小跟車間距	無資訊提供
速限：70KPH 車道數：單向 3 車道	
收集資料：本車與前車之間距	

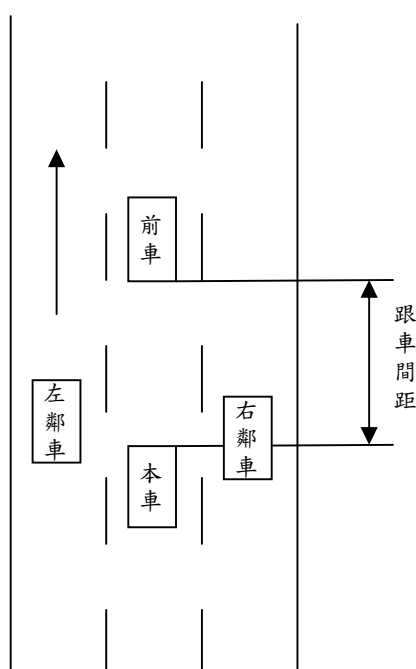


圖 5.3 縱向防撞警示系統應用於跟車行為示意圖

### 3. 施工路段車道寬度變化之影響

國內汽車駕駛模擬系統的應用已對車道寬度變化實例分析研究（魏健宏等，民國 90 年），該研究車道寬度變化為

3.5 公尺與 3.25 公尺，情境設計屬一般正常路況下，結果顯示駕駛者於 3.5 公尺與 3.25 公尺車道寬度之駕駛行為並無明顯之差異。

本計畫規劃更大的車道寬度變化—3.5 公尺與 3.0 公尺，分析駕駛者於車道寬漸變路段之駕駛行為，如表 5.5。衡量真實路況之車道寬度縮減路段，皆發生於較特殊之情況，較常發生之情況則為施工，因此本研究於車道縮減路段亦以道路施工之型態呈現，如圖 5.4。

表 5.5 施工路段車道寬度變化實驗/對照組

實驗組	對照組
車道寬度由 3.5 m 變成 3.0 m	車道寬度為 3.5 m
速限：70KPH 車道數：單向 3 車道	
收集資料：車輛於漸變路段之橫向位移	

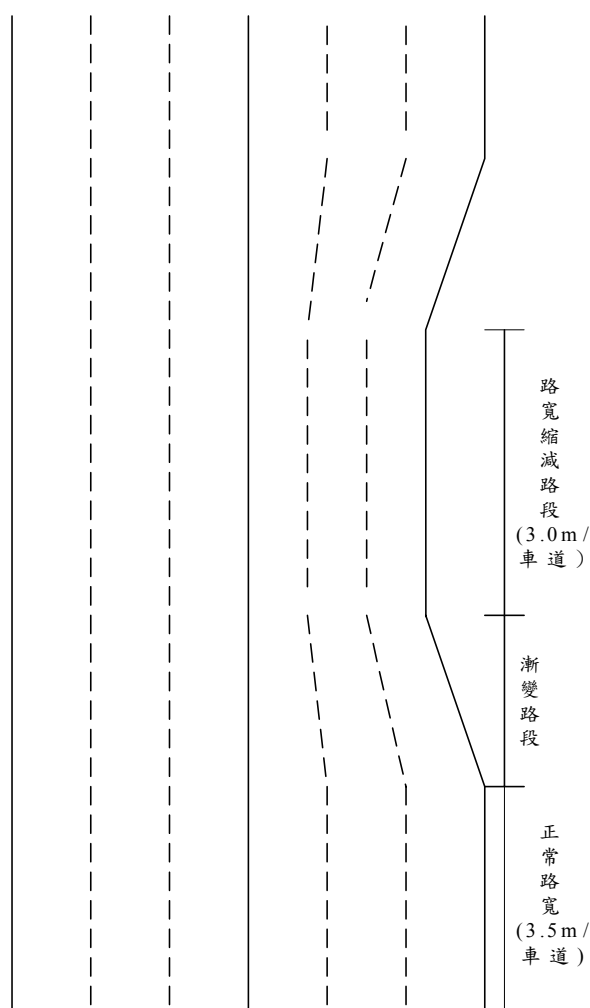


圖 5.4 施工路段車道寬度變化示意圖

#### 4.特殊天候之跟車行為

本實作課題在探討駕駛者於正常天候及特殊天候（霧天）下之跟車行為，駕駛者依據道路之設計條件（如速限）及其他狀況，仰賴其主觀判斷，控制駕駛車輛與前車之相對間距及速率，如圖 5.5。監控程式則紀錄受測者於白天晴天及白天霧天下之跟車間距、速率變化等，以供後續之分析，如表 5.6。

表 5.6 特殊天候之跟車行為實驗/對照組

實驗組	對照組
白天霧天	白天晴天
霧天可視距離：60 公尺	可視距離良好
速限：70KPH 車道數：單向 3 車道	
收集資料：本車與前車之間距	

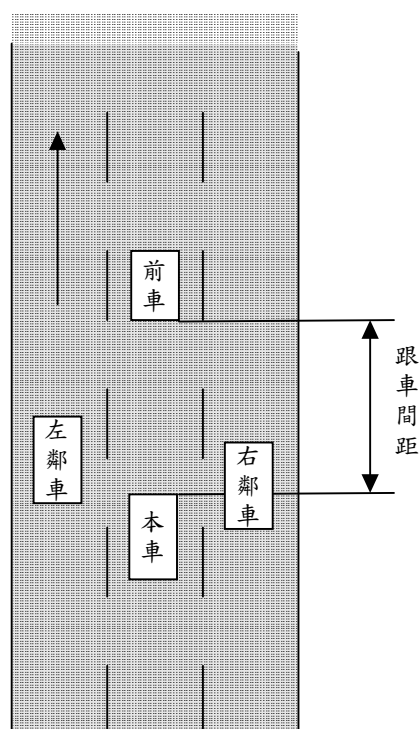


圖 5.5 特殊天候之跟車行為示意圖

#### 5. 縱向防撞警示系統應用於特殊天候之跟車行為

本研究亦探討駕駛者於特殊天候（霧天）下有無縱向防撞警示系統之跟車行為，為雙因子分析，如表 5.7。實驗組之車輛設有縱向防撞警示系統，當跟車間距小於臨界間距時會啟動提示功能，促使駕駛者減速以維持安全跟車距離。對

照組之駕駛人則完全仰賴其主觀判斷，以控制跟車距離。

表 5.7 縱向防撞警示系統應用於特殊天候之跟車行為實驗/對照組

實驗組	對照組
本車於白天霧天下，有縱向防撞警示系統	本車於白天霧天下，無縱向防撞警示系統
系統提供資訊之空間點：當本車與前車之距離小於最小跟車間距	無資訊提供
速限：70KPH	車道數：單向 3 車道
霧天可視距離：60 公尺	
收集資料：本車與前車之間距	

茲將上述實驗情境之實驗組、對照組及因子數量列於表 5.8，其中 B2 跟 D2 乃屬相同之實驗情境，D1 跟 E2 亦屬同相同之實驗情境，而本研究之車道正常寬度為 3.5 公尺，所以 C2 實驗情境亦不需設計特殊之場景收集資料。扣除上述 3 種重複之實驗情境，因此本研究設計之實驗情境共 7 項。

表 5.8 實驗情境分類及特性表

組別	實驗情境	實驗組/對照組	因子數量	成果	
				運輸安全	ITS
A	彎道開缺口，有路況警示系統之駕駛行為	A1 實驗組	1	✓	✓
	彎道開缺口，無路況警示系統之駕駛行為	A2 對照組			
B	白天晴天，有縱向防撞警示系統之跟車行為	B1 實驗組	1		✓
	白天晴天，無縱向防撞警示系統之跟車行為	B2 對照組			
C	車道寬度變化由 3.5 公尺至 3 公尺之駕駛行為	C1 實驗組	1	✓	
	車道寬度 3.5 公尺之駕駛行為	C2 對照組			
D	白天霧天下之跟車行為	D1 實驗組	1	✓	
	白天晴天下之跟車行為	D2 對照組			
E	白天霧天，有縱向防撞警示系統之跟車行為	E1 實驗組	2	✓	✓
	白天霧天，無縱向防撞警示系統之跟車行為	E2 對照組			

## 5.2 場景繪製

本研究場景設計理念經由計畫相關人員討論，欲改善過去經常每參與一次計畫就重新繪製一次場景的缺失，故應使此次場景具有擴充性，以便解決未來必須重新繪製浪費人力及時間的缺失。再者，欲使其符合真實道路狀況，改善過去

場景之不足，因此場景中道路設施擴充為雙向行車，且加入交叉路口及T字路口，以較為符合真實道路情形。關於路線設計，原先考慮實驗過程的隨機性等要求，期望實驗路徑能夠隨機地分配給不同駕駛人，使每位受測者在不同的路徑下做完所有實驗，但由於場景規模將超出現有個人電腦之負荷，且每位駕駛人的實驗時間長短不一，因此改由配合拉丁方格法，使每位駕駛者起點不同，實驗項目順序亦不同以達成統計的隨機性，詳見 5.4 節。另外關於場景路線由於要加入市區道路及郊區道路，又要配合各類路口以符合實際情形，因此將場景設計為一類似田字型的路網，中間十字型的部分為市區主要道路，四周的部分為都會區快速道路，以配合各項實驗路段，以下分別介紹場景繪製的參考資料、設計原則及成果。

### 5.2.1 參考資料

為使場景符合真實道路上各項設計，因此需參考許多的設計準則及手冊，以便符合真實道路情形，以下列出本計畫參考之相關資料。

1. 周義華，運輸工程，民國 88 年 4 月，第四版
2. 交通部運輸研究所，交通管制設施規劃與設計手冊---交通標誌篇，民國 85 年 7 月。
3. 交通部運輸研究所，交通管制設施規劃與設計手冊---交通號誌篇，民國 85 年 7 月。
4. 國立教育資料館，道路交通標誌標線號誌設置規則，民國 87 年 9 月。

### 5.2.2 主要設計原則

以下詳細的介紹各種路段上的設計原則，包括道路寬度的設計，分為郊區及市區道路部分；另外彎道的設計部分，包括彎道的車道數縮減、彎道的標誌等等，此外關於實驗場景中施工地區的部分，其標誌標線的設計原則，及交通錐的擺設方式，都在此節加以說明。

## 1.直線設計原則

- (1) 全部場景皆為雙向，且單向三車道，除施工路段車道寬度縮減處外，其餘皆為 3.5 公尺/車道，如圖 5.6。
- (2) 本場景周圍道路可視為都會區快速道路，其中央分隔為 1 公尺寬之分隔島，外側路肩為 2 公尺，內側路肩為 0.5 公尺。
- (3) 本場景中央之十字路段可視為市區主要道路，其中央分隔島寬度為 0.5 公尺，其餘與周圍道路相同。



圖 5.6 單向三車道佈設

- (4) 中央分隔島以及外側護欄高度皆為 0.8 公尺。
- (5) 跟車實驗皆在每車道寬 3.5 公尺的直線路段上進行，如圖 5.7。進入每個實驗路段前皆有 200 公尺之平直無干擾路段，使駕駛者可以由前一狀況恢復至一般正常駕車狀況。



圖 5.7 直線路段跟車實驗

- (6) 直線路段上的標誌最主要為速限標誌，本研究主要的速限標誌為 70KPH 及 50KPH，大部分的直線路段上為 70KPH，在每個實驗場景起點前 100 公尺至 200 公尺處會有一 70KPH 的標誌告知駕駛者保持良好的行車速率，如圖 5.8，路段中也會在適當地告知駕駛者速限為 70KPH。而 50KPH 處主要在施工路段、彎道、交叉路口以及 T 字路口前方告知駕駛者前方有狀況需降低速度慢行。
- (7) 市區主要道路之路燈設置間距較小，而都會區快速道路之路燈設置間距較大，以符合實際道路狀況。



圖 5.8 70KPH 之速限標誌

- (8) 直線路段上不僅有跟車實驗，另外一主要實驗項目為施工路段車道寬度縮減，其車道寬度縮減為每車道 3 公尺，另外路肩也由原來的 2 公尺縮減為 0.5 公尺如圖 5.9，主要依循的設計準則如圖 5.10。



圖 5.9 施工地區車道寬度縮減

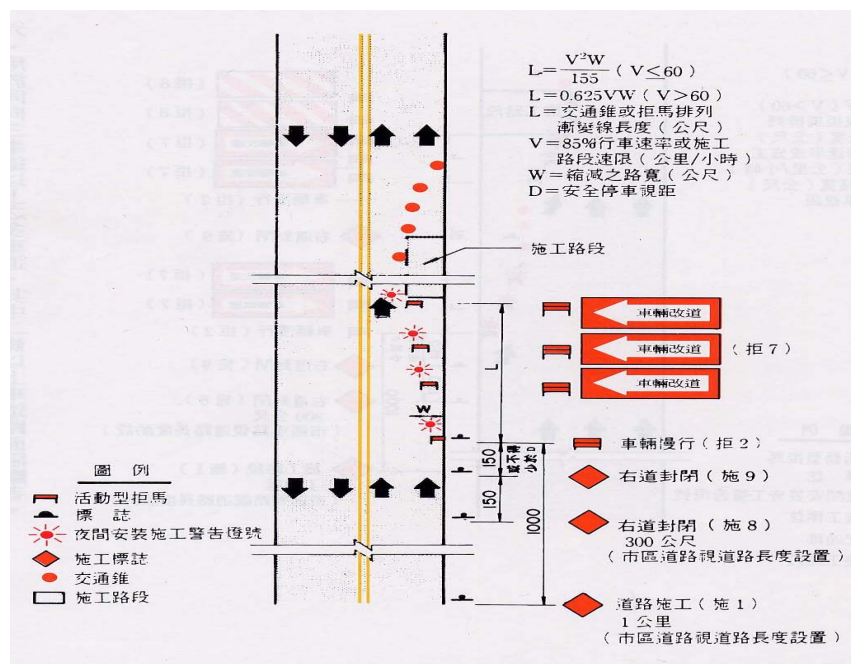


圖 5.10 施工路段設計準則示意圖

## 2. 彎道設計原則

- (1) 彎道路段主要實驗情境為彎道開缺口處有車輛待轉，以評估車上警示系統與無車上警示系統時駕駛者的反應。

而為使實驗情境較易達成，因此將彎道開缺口處路段由三車道減為兩車道，如圖 5.11 及圖 5.12，使駕駛者較容易受到彎道開缺口處待轉車輛之影響。

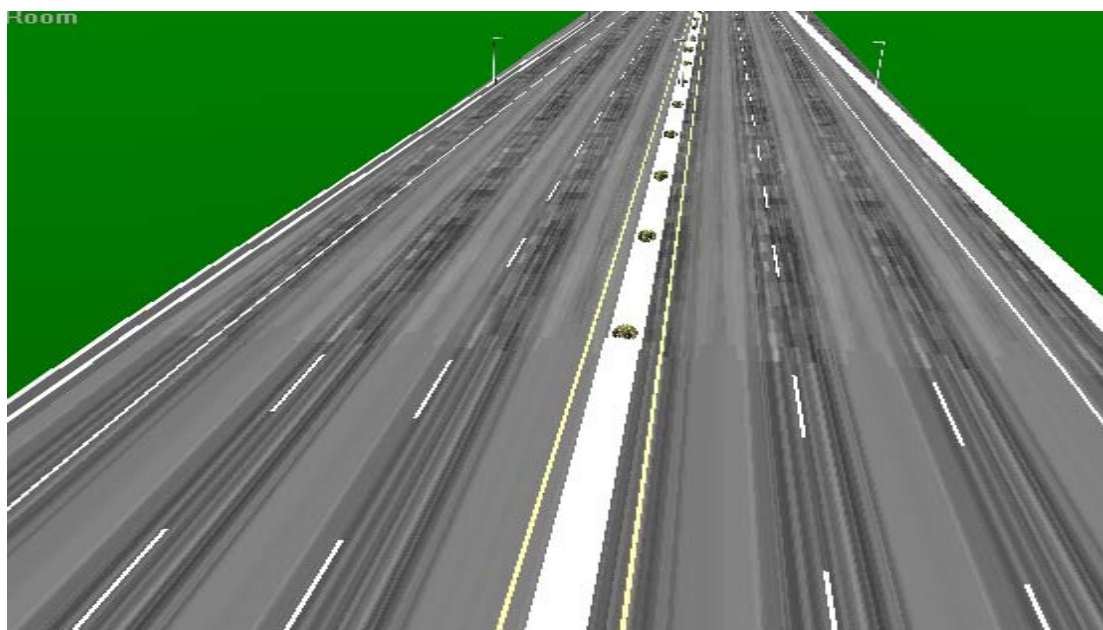


圖 5.11 三車道縮減為兩車道



圖 5.12 兩車道彎道前場景

- (2) 欲使駕駛者視線有如一般現實道路被遮蔽的效果，因此在中央分隔島上加種樹木，如圖 5.13。此也可使彎道開缺口處待轉車對駕駛者之影響易於顯現。

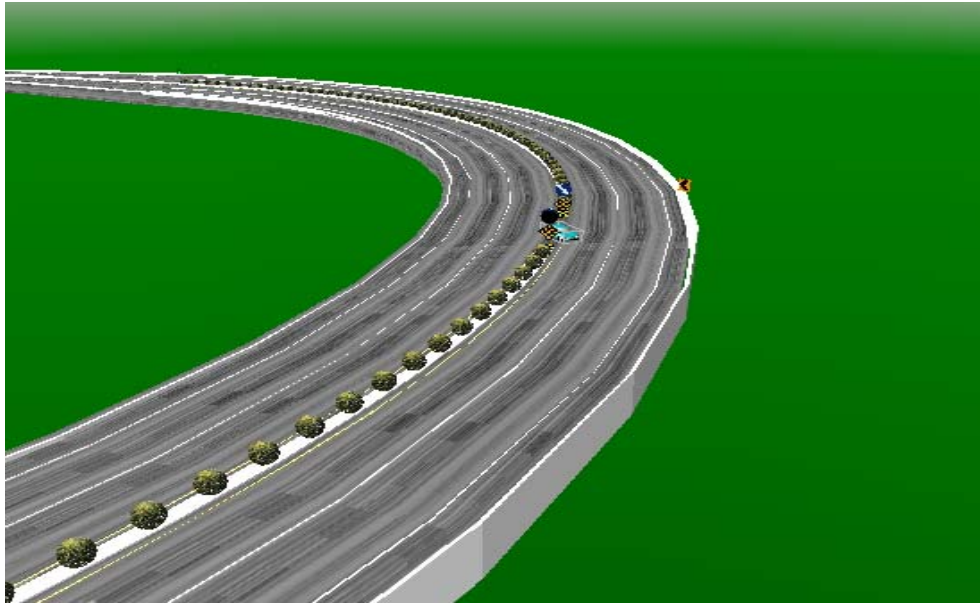


圖 5.13 彎道知中央分隔島種樹

- (3) 彎道開缺口處待轉車輛停等於開缺口處，車頭突出於車道，使車道寬度僅剩 3 公尺，如下圖 5.14，可使原本行駛內側車道之駕駛者稍加閃避仍可由內側車道經過，不致發生碰撞意外。此時，受測駕駛者水平視距為 65 公尺，符合速限 50KPH 的要求。



圖 5.14 彎道開缺口處車輛暫停情形

- (4) 彎道路段主要的標誌有彎路標誌、車道寬度縮減標誌、安全指引導標。開缺口處主要有車道指引標誌、反光標誌，上圖 5.14 可看到安全指引導標、車道指引標誌、反光標誌。

- (5) 曲線設計內容如超高、緩和曲線等部份可參考運研所與中大及成大的「駕駛模擬器建置與應用之規劃研究」報告書。

### 3.T 型路口設計原則

T 型路口設計依循 5.2.1 節各項道路設計規則規範，主要設計項目有車道指引標誌、反光標誌、路口號誌、安全方向導引標誌、枕木紋行人穿越道以及停止線，如下圖 5.15。

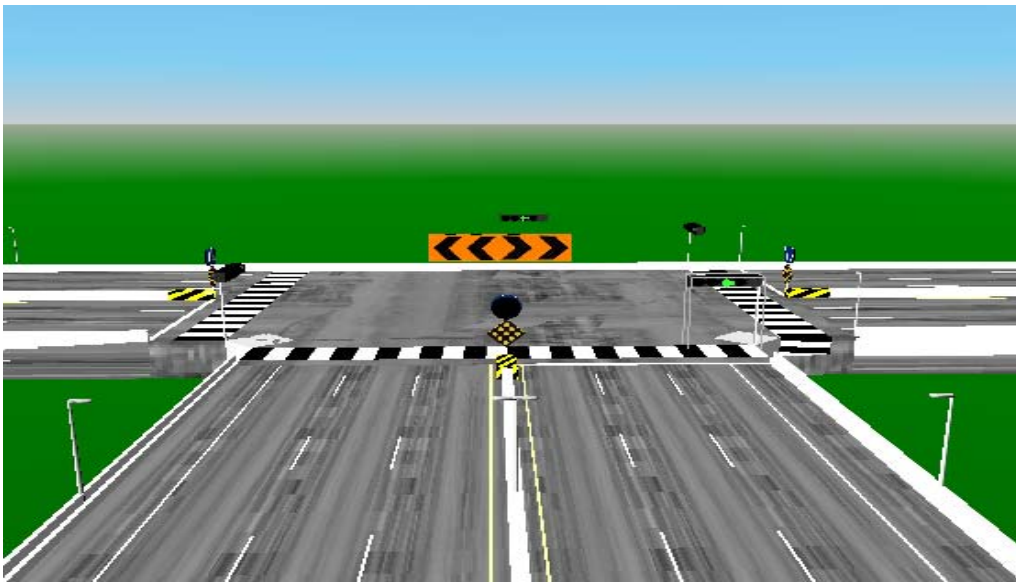


圖 5.15 T 型路口

### 4.交叉路口原則

交叉路口設計依循 5.2.1 節各項道路設計規則規範，主要設計內容為車道指引標誌、反光標誌、路口號誌、枕木紋行人穿越道以及停止線，如下圖 5.16。



圖 5.16 交叉路口

## 5.碰撞設計原則

此次計畫場景中有加入碰撞的情境，若在實驗路段、彎道以及施工路段產生與周邊車輛發生碰撞、或與中央分隔島、外側護欄、施工錐等發生碰撞，將會有指示顯示駕駛者實驗失敗，並將車輛停止。相關實驗設計準則詳見 5.4 節。

### 5.2.3 場景路線幾何設計

場景主要區分為四大部分，里程標示由中央的交叉路口為起點，如圖 5.17。以整體場景之俯視圖制定基準方位，以上方為北方，將場景以交叉路口為起點，依左上方、左下方、右上方、右下方分為四個區塊，分別命名為西北環線(NW)、西南環線(SW)、東北環線(NE)、東南環線(SE)。以下由表 5.9 及 5.10 分別陳述各區的幾何特性以及實質設計內容，並且配合 5.1 節介紹的實驗項目。

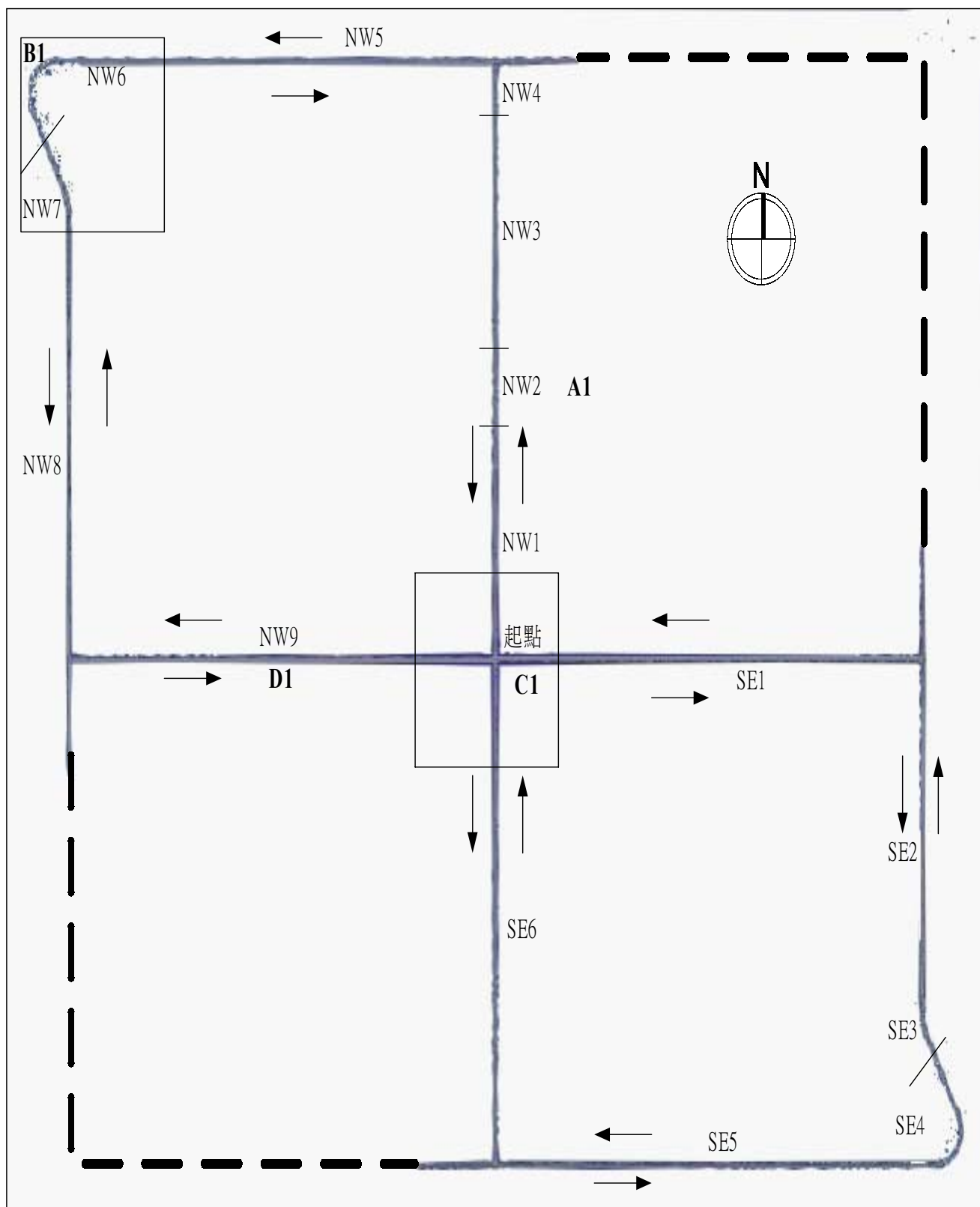


表 5.9 西北環線路段設計表

區段	里程	設計內容	實驗項目
NW1	0K+000-1K+000	1000 公尺的三車道直線平坡路段	
NW2	1K+000-1K+150	150 公尺的漸變直線平坡路段	C1
	1K+150-1K+250	100 公尺的三車道直線平坡路段，車道寬因施工縮減為 3 公尺，且路肩縮減 1.5 公尺	
	1K+250-1K+400	150 公尺的漸變直線平坡路段	
NW3	1K+400-2K+400	1000 公尺的三車道直線平坡路段	
NW4	2K+400-2K+600	200 公尺的三車道直線平坡路段	
	2K+600-2K+635	35 公尺的 T 型路口	
NW5	2K+635-5K+114	左轉 2479 公尺的三車道直線平坡路段	
NW6	5K+114-5K+276	由三車道縮減為兩車道之車道漸變路段，長 162 公尺	A1
	5K+276-5K+376	100 公尺的兩車道平坡路段	
	5K+376-5K+454	準備進入左轉的緩和曲線，長 78 公尺，超高變化由 0 遞增為 0.078 (Tan 值)，兩車道	
	5K+454-5K+768	為一圓曲線，長度 314 公尺，超高 0.078，路面加寬為 4.5 公尺，半徑 150 公尺	
	5K+768-5K+846	由圓曲線接回直線路段的緩和曲線，長 78 公尺，超高由 0.078 遞減為 0(Tan 值)	
	5K+846-5K+946	100 公尺的兩車道平坡路段	
	5K+946-6K+108	由兩車道回復為三車道之車道漸變路段，長 162 公尺	
NW7	6K+108-6K+186	準備進入右轉的緩和曲線，長 78 公尺，超高變化由 0 遞增為 0.049(Tan 值)	
	6K+186-6K+265	為一圓曲線，長度 79 公尺，超高 0.049，路面加寬為 4.5 公尺，半徑 150 公尺	
	6K+265-6K+343	由圓曲線接回直線路段的緩和曲線，長 78 公尺，超高由 0.049 遞減為 0(Tan 值)	
NW8	6K+343-8K+223-	1880 公尺的三車道直線平坡路段	
NW9	8K+223-8K+258	35 公尺的 T 型路口	E2
	8K+258-10K+958	T 型路口左轉進入 2700 公尺的三車道直線平坡路段	

表 5.10 東南環線路段設計表

區段	里程	設計內容	實驗項目
SE1	0K+000-2K+700	2700 公尺的三車道直線平坡路段	<b>E1</b>
SE2	2K+700-2K+735	35 公尺的 T 型路口	
	2K+735-4K+215	T 型路口右轉進入 1480 公尺的三車道直線平坡路段	
SE3	4K+215-4K+293	準備進入左轉的緩和曲線，長 78 公尺，超高變化由 0 遞增為 0.049(Tan 值)	
	4K+293-4K+372	為一圓曲線，長度 79 公尺，超高 0.049，路面加寬為 4.5 公尺，半徑 150 公尺	
	4K+372-4K+450	由圓曲線接回直線路段的緩和曲線，長 78 公尺，超高由 0.049 遞減為 0(Tan 值)	
SE4	4K+450-4K+612	由三車道縮減為兩車道之車道漸變路段，長 162 公尺	
	4K+612-4K+712	100 公尺的兩車道平坡路段	
	4K+712-4K+790	準備進入右轉的緩和曲線，長 78 公尺，超高變化由 0 遞增為 0.078 (Tan 值)，兩車道	<b>A2</b>
	4K+790-5K+104	為一圓曲線，長度 314 公尺，超高 0.078，路面加寬為 4.5 公尺，半徑 150 公尺	
	5K+104-5K+182	由圓曲線接回直線路段的緩和曲線，長 78 公尺，超高由 0.078 遞減為 0(Tan 值)	
	5K+182-5K+282	100 公尺的兩車道平坡路段	
	5K+282-5K+444	由兩車道回復為三車道之車道漸變路段，長 162 公尺	
SE5	5K+444-7K+923	2479 公尺的三車道直線平坡路段	<b>B1</b>
SE6	7K+923-7K+958	35 公尺的 T 型路口	
	7K+923-10K+158	2200 公尺的三車道直線平坡路段	<b>B2</b>

此次場景規劃設計時，已預先保留場景的擴充性，因此西南環線及東北環線預留給後續研究之用，可容納未來不同研究課題所需要之路線設計以及情境設計，如圖 5.17 的虛線部份。

#### 5.2.4 行車安全輔助系統之設計

ITS 乃運用先進資訊與通訊科技，使車、路系統智慧化，並輔助駕駛者，以達到提昇運輸系統之安全與效率。車內資

訊與通訊服務的顯示型式，不外視覺與聲音，然因駕駛者面對的交通狀況不同，視覺（visual）與聲音（auditory）給予駕駛者的效用亦不同。本計畫參酌人因工程（Human Factors）原理與案例，如表 5.11 所示，比較視覺與聲音的特性或功能，再考量現有模擬器之硬體設備，設計本研究 ITS 設備之資訊表現方式。

表 5.11 聲音與視覺功能特性比較

Use auditory presentation if :	Use visual presentation if :
1 The message is simple.	1 The message is complex.
2 The message is short.	2 The message is long.
3 The message will not be referred to later.	3 The message will be referred to later.
4 The message deals with events in time.	4 The message deals with events in space.
5 The message calls for immediate action.	5 The message does not call for immediate action.
6 The visual system of the person is overburdened.	6 The auditory system of the person is overburdened.
7 The receiving location is too bright or dark-adaptation integrity is necessary.	7 The receiving location is too noisy.
8 The person's job requires moving about continually.	8 The person's job allows him or her to remain in one position.

Source : Deatherage, 1972, p. 124, Table 4-1.

由表 5.11 得知，聲音為訊息較簡短且駕駛者接收後需立即表現反應行為的案例較適合採用，視覺形式則反之。本研究行車安全輔助系統的應用課題中，包括跟車間距、特殊路況（霧天、路口行進方向等）兩應用課題，由於特殊路況資訊可於發生點前方路段提示，使駕駛者有充裕時間了解警示畫面內容，並及時作出反應，因此特殊路況資訊採視覺效果呈現，內容以文字表達，如圖 5.18。而跟車行為的安全顧慮較高，當駕駛者接受警告訊息，需即刻作出反應行為，因此較適合以聲音型態表示。但本研究之汽車駕駛模擬系統目前並無妥善之實驗室，若採用聲音型態表示，恐受外界之干擾而影響實驗。因此本研究乃用顏色的變化取代聲音，藉由行車安全輔助系統『外框』呈現紅色閃光來達到間距過短之提示效果，如此駕駛者便不必閱讀文字，亦毋須感識聲音話語之內容，醒目之閃動光色可直接喚起反應行為，如此可縮短駕駛者的反應時間，如圖 5.19。

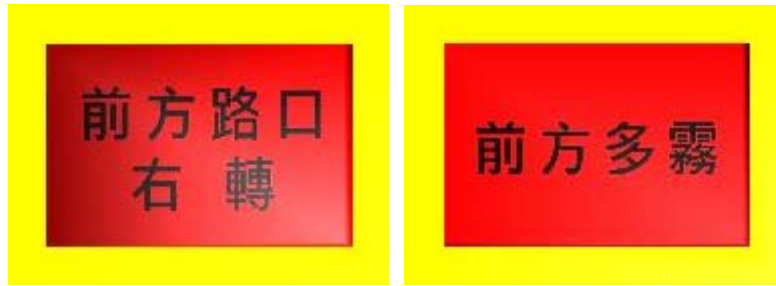


圖 5.18 特殊路況資訊顯示圖



圖 5.19 跟車間距過程資訊顯示圖

### 5.3 六軸平台與三頻同步之製作

三頻同步視覺系統為駕駛模擬器重要技術核心之一，且也直接關係到虛擬場景的逼真性及駕駛者是否能融入虛擬駕駛的場景中。90 年度計畫已分別完成駕駛模擬器雛型的建置，也進一步將視覺系統改進加強為三投影的視覺系統，擴大其駕駛者的視角以增加原本虛擬場景的逼真性與臨場感。利用三頻同步視覺系統進行模擬實驗測試，能夠更接近實際的道路實驗。

本系統為先前所建置的油壓六軸平台配合三組 PC、三組單槍投影機以及三組 150 英吋之電動珠光銀幕，並整合網路同步連線技術將虛擬駕駛場景分別投影在珠光銀幕上，以使操作者更能融入模擬系統所建構的廣角虛擬駕駛場景環境中。另外利用駕駛平台所回饋的駕駛者操作訊號送回主控電腦，分析其訊號再將分析結果送至場景控制模組和平台控制模組以控制場景和平台動作。現場實際圖如圖 5.20，其架構圖如圖 5.21。以下就控制系統和三頻同步視覺系統做進一步說明，其餘請參照前期之計畫報告。

#### 5.3.1 運動平台控制系統

此為一運動平台控制系統，主要是接收主程式所送來的控制訊號，而利用 RS232 送出訊號至控制硬體介面，進一步驅動伺服閥以控制六軸運動平台。由訊號接收模組利用訊號接收介面接收駕駛者的操作為，主要包含油門、煞車和方向盤訊號。所得到的資訊可經由車輛控制模組，計算出虛擬場景中的車輛速度、位置及方向等數據。將訊號接收模組所接收的數據和車輛控制模組所計算出的數據一起送入運動平台控制模組，處理所得的控制數據利用 RS232 送出至控制硬體介面，以控制六支油壓缸達成所需要的動作。

### 5.3.2 三頻同步視覺系統之硬體架構

本系統是利用三組 PC、三組單槍投影機以及三組 150 英吋之電動珠光銀幕，並整合網路同步連線技術以達成的，配置圖如圖 5.22、5.23。駕駛者之最大水平視角設定為 180 度，垂直視角為 30 度，據以將三組電動珠光銀幕放置於正前方，使其兩兩之間夾角為 120 度，駕駛模擬運動平台則放置在三組電動珠光螢幕的法線交點，使其駕駛者坐於運動平台上時可以擁有 180 度的水平視角。由於銀幕為 150 英吋之大型布幕，因此可計算平台位置到三組電動珠光銀幕的垂直距離均為 2.64 公尺；另外考慮平台高度和身高 180 公分之駕駛者，大致可計算出珠光螢幕下緣離地 0.9 公尺，可使駕駛者有 30 度的垂直視角。單槍投影機擺設位置為各銀幕之法線位置並架高，使其不被駕駛者擋到且影像可以正好佈滿銀幕為原則，而後利用單槍投影機之梯形校正功能以校正影像。目前本系統將單槍投影機放置在離投影布幕 5~6 公尺之間，高度在 4~5 公尺。由圖 5.24 可表現監控人員實際操作的情形，另外圖 5.25 也可看出準備進行實驗的狀況。



圖 5.20 駕駛模擬器之三頻廣角螢幕

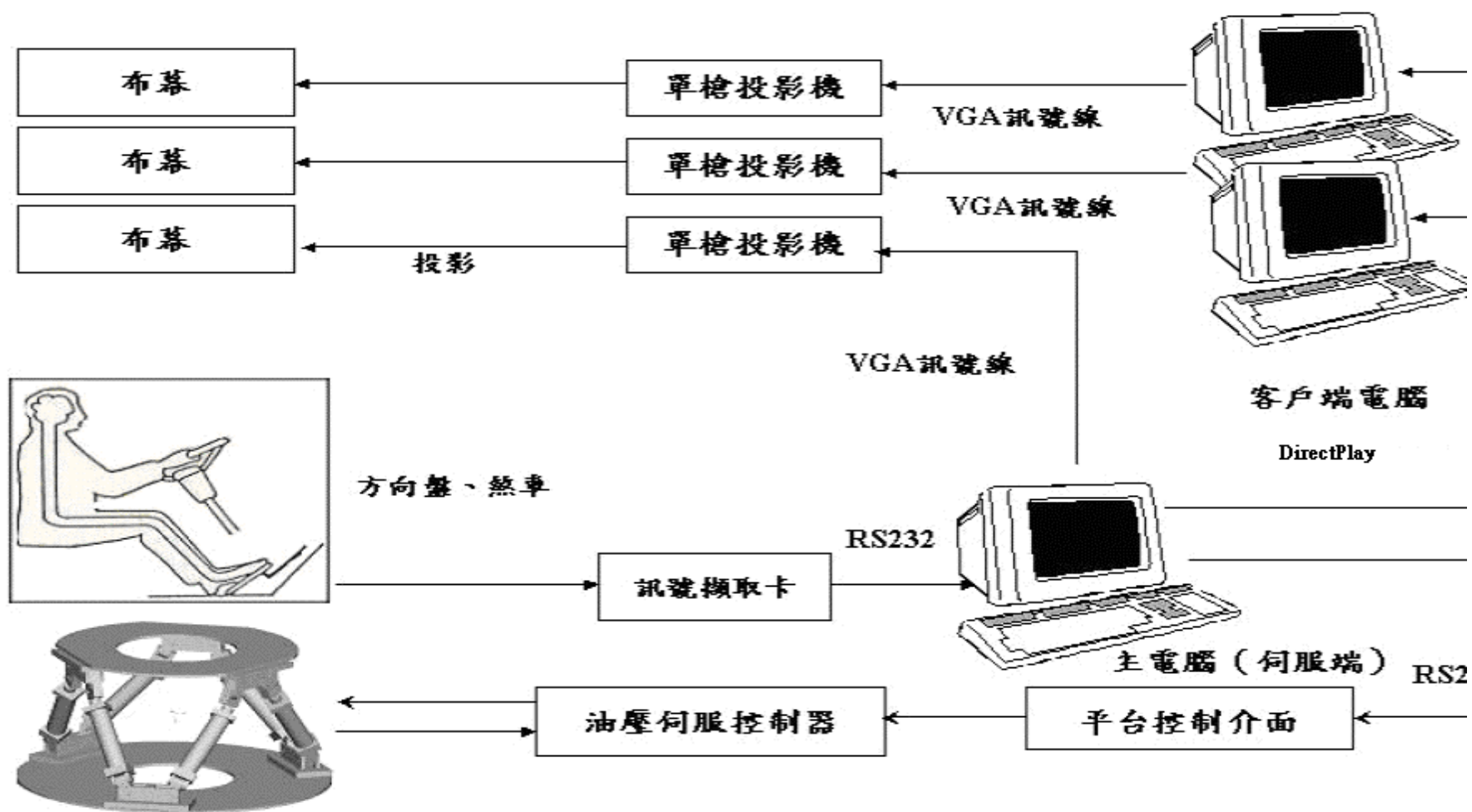


圖 5.21 駕駛模擬器硬體配置圖

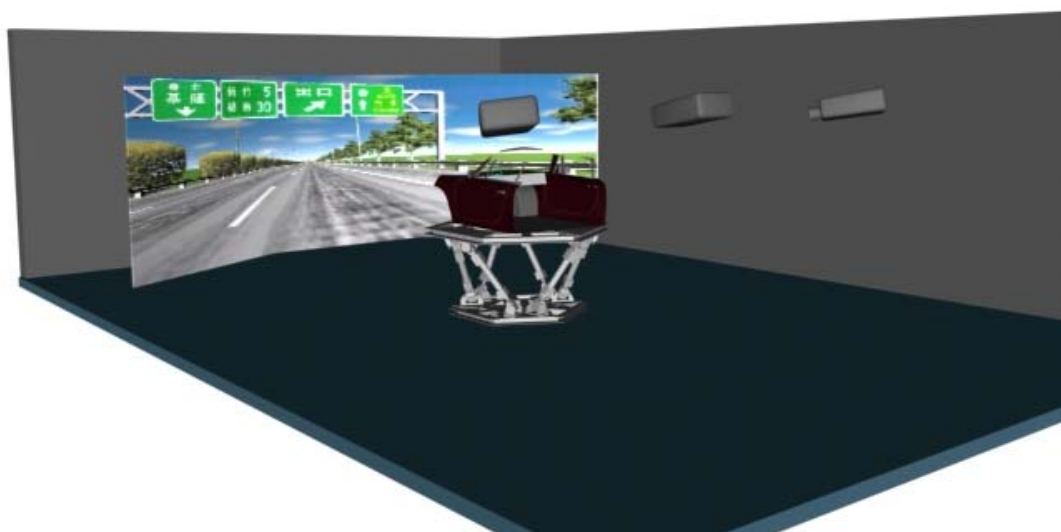


圖 5.22 三頻同步視覺系統硬體配置立體圖

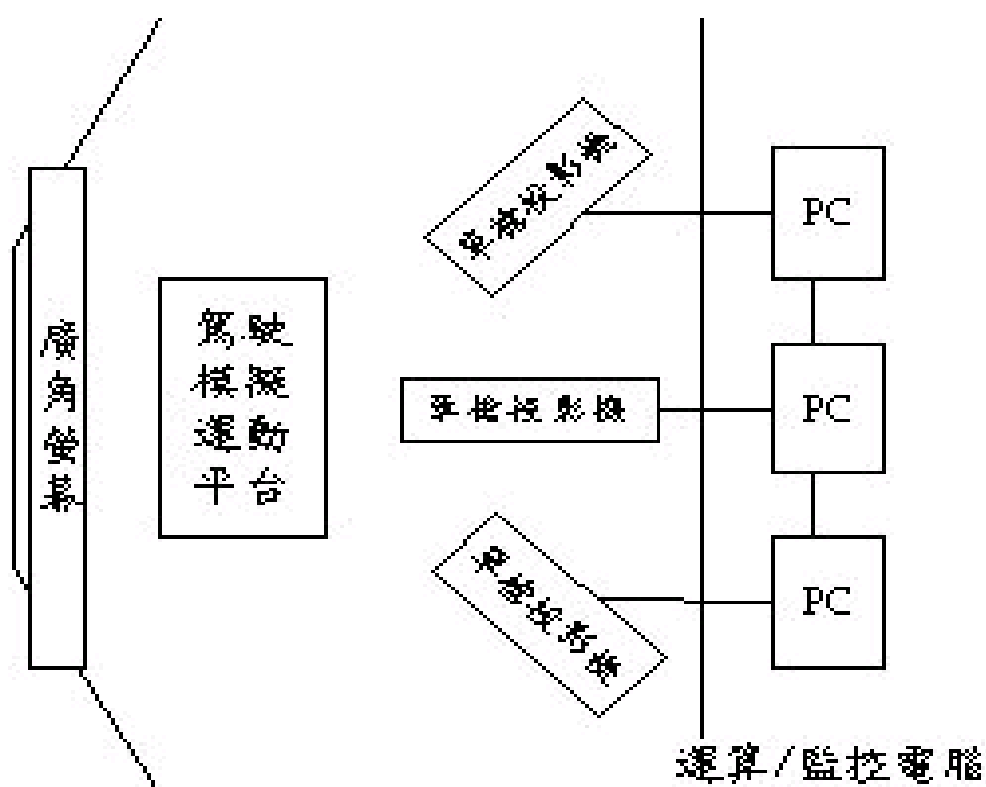


圖 5.23 三頻同步視覺系統硬體配置圖



圖 5.24 監控人員實際操作情形，



圖 5.25 準備進行實驗

### 5.3.3 三頻同步視覺系統之軟體架構

三頻同步視覺系統是使用一台個人電腦作為伺服

(Server)端，其餘兩台個人電腦則為客戶(Client)端，其伺服端與客戶端的軟體設計流程圖如圖 5.26。伺服端與客戶端的視覺系統程式為相同的程式，利用 Directplay 的方式來撰寫網路同步模組。三台個人電腦開啟程式後，選擇建立伺服端為前方視角，另外選擇左方和右方為客戶端，程式開始時會預先將 3D 虛擬駕駛場景載入三台 PC 中。伺服端在程式開啟後首先會透過 Directplay 網路連線通訊協定進行連線，然後啟動 RS232 連線進行訊號擷取介面和運動平台控制介面初始化，並讀取場景資料。當使用者在完成一切場景的初步設定之後，即可開始進行駕駛模擬器的操作。伺服端主程式便開始透過駕駛模擬器接收訊號模組擷取油壓六軸運動平台上之模擬駕駛艙的感應器訊號，擷取之後的訊號經由車輛模擬分析模組運算後，藉由運動平台控制模組與虛擬場景模組將處理後之訊號如場景中汽車的幾何位置變化、車流狀況等等分別傳給六軸運動平台以及虛擬場景，同時伺服端主程式透過 Directplay 網路連線通訊協定將場景之汽車的幾何位置變化、車流狀況等等資訊即時傳送至客戶端，客戶端在接收到此一資訊之後透過虛擬場景模組進行場景同步變化。如此一來，三個銀幕可所同步展現所配合的場景，讓使用者融入虛擬場景中。

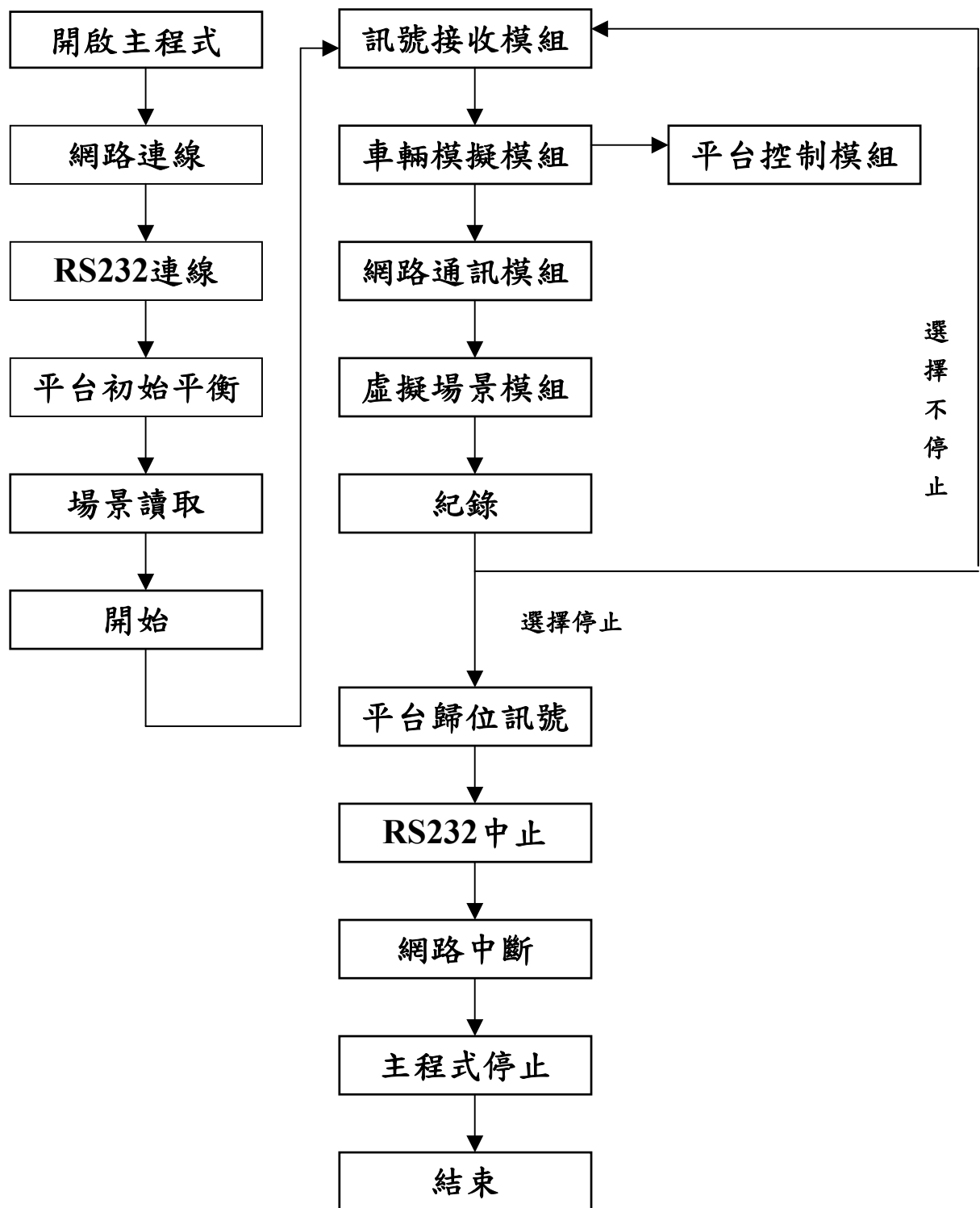


圖 5.26 駕駛模擬器軟體伺服端流程圖

## 5.4 實驗設計與資料分析方法

本研究運用統計學理之樣本收集方法，規劃本研究之實驗流程及路線設計，並利用敘述性統計、統計檢定等進行本研究的資料分析。

### 5.4.1 實驗設計

實驗設計分為拉丁方格設計及行駛路線規劃兩部分說明。

#### 1. 拉丁方格樣本收集

利用拉丁方格 (Latin Square) 排列設計的目的在於打散實驗情境組合，使得每位受測者之實驗資料不受實驗情境排列順序的影響。若第一位受測者所遭遇的情境排列順序為 E1 → C1 → A1 → E2 → B2 → B1 → A2 (參考圖 5.17)，第二位受測者則為 C1 → A1 → E2 → B2 → B1 → A2 → E1，依此類推。本研究欲尋找 35 位受測者參予模擬實驗，表 5.12 即為 35 位受測者之拉丁方格實驗情境順序表格。

本研究之行進路線使得相同實驗項目之實驗組與對照組之排列位置並未依一定順序安排，使不同情境的實驗組與對照組相互穿插，目的在降低受測者對於實驗情境之預期心理與記憶性。

表 5.12 拉丁方格實驗情境順序表

實驗者	實驗情境順序						
1	E1	C1	A1	E2	B2	B1	A2
2	C1	A1	E2	B2	B1	A2	E1
3	A1	E2	B2	B1	A2	E1	C1
4	E2	B2	B1	A2	E1	C1	A1
5	B2	B1	A2	E1	C1	A1	E2
6	B1	A2	E1	C1	A1	E2	B2
7	A2	E1	C1	A1	E2	B2	B1
8	E1	C1	A1	E2	B2	B1	A2
9	C1	A1	E2	B2	B1	A2	E1
10	A1	E2	B2	B1	A2	E1	C1
11	E2	B2	B1	A2	E1	C1	A1
12	B2	B1	A2	E1	C1	A1	E2
13	B1	A2	E1	C1	A1	E2	B2
14	A2	E1	C1	A1	E2	B2	B1

15	E1	C1	A1	E2	B2	B1	A2
16	C1	A1	E2	B2	B1	A2	E1
17	A1	E2	B2	B1	A2	E1	C1
18	E2	B2	B1	A2	E1	C1	A1
19	B2	B1	A2	E1	C1	A1	E2
20	B1	A2	E1	C1	A1	E2	B2
21	A2	E1	C1	A1	E2	B2	B1
22	E1	C1	A1	E2	B2	B1	A2
23	C1	A1	E2	B2	B1	A2	E1
24	A1	E2	B2	B1	A2	E1	C1
25	E2	B2	B1	A2	E1	C1	A1
26	B2	B1	A2	E1	C1	A1	E2
27	B1	A2	E1	C1	A1	E2	B2
28	A2	E1	C1	A1	E2	B2	B1
29	E1	C1	A1	E2	B2	B1	A2
30	C1	A1	E2	B2	B1	A2	E1
31	A1	E2	B2	B1	A2	E1	C1
32	E2	B2	B1	A2	E1	C1	A1
33	B2	B1	A2	E1	C1	A1	E2
34	B1	A2	E1	C1	A1	E2	B2
35	A2	E1	C1	A1	E2	B2	B1

## 2.行駛路線

為使受測者遭遇情境的順序符合拉丁方格設計，本研究的行駛路線規劃為單一路線，且為迴圈設計。因為本研究所繪製之場景為雙向行車之設計，因此監控系統在每一個十字路口、T 字路口啟動號誌指示行車方向，受測者只需遵循號誌指示方向行駛，即可完整地經過所有的實驗情境並回到起始點，完成一次模擬實驗。本研究假設車內設備與道路交通號誌系統可以互通，因此距離路口 250 公尺前，車內設備即顯示相關文字資訊，提醒駕駛人進行轉向操作，系統提示距離持續至距路口 100 公尺處。惟此部份並不列入績效評估。而本研究只需設計 7 種不同的起始點位置，即符合拉丁方格設計之行駛路線。

### 5.4.2 實驗參數

本節主要介紹實驗中場景情境所需的物理參數和所對應的現實交通參數，另外介紹關於駕駛模擬器在軟硬體上所需要的平台控制參數和駕駛回饋參數，並繪製一流程圖，以了解各元件之間的關係，並利於未來利用駕駛模擬系統研究

時，可參照本節參數部分。

## 1.機械設備參數

在平台的控制參數，如表 5.13，主要是由電腦送出六支油壓缸之伸長訊號，由油壓伺服控制卡接收到，進而控制油壓伺服閥，使得油壓缸伸長至命令位置。另外在駕駛回饋訊號方面主要是將駕駛者的操作行為傳回控制電腦，其包含的訊號如表 5.14，控制軟體可藉由回饋訊號來紀錄並了解駕駛者之操作行為，並提供平台運動控制參考。

表 5.13 平台控制參數

座標代碼	平台動作	動作物理量
X	Longitudinal	$\pm 200$ mm
Y	Heaven	$\pm 200$ mm
Z	Lateral	$\pm 140$ mm
XR	Roll	$\pm 16^\circ$
YR	Pitch	$\pm 16^\circ$
ZR	Yaw	$\pm 25^\circ$

表 5.14 駕駛回饋訊號

類比訊號	方向盤、油門、煞車
數位訊號	右方向燈、左方向燈、頭燈、遠光燈(及閃燈)、噴水、雨刷(快、慢)、啟動、大燈、電源、排檔(P、R、N、D4、D3、D2)

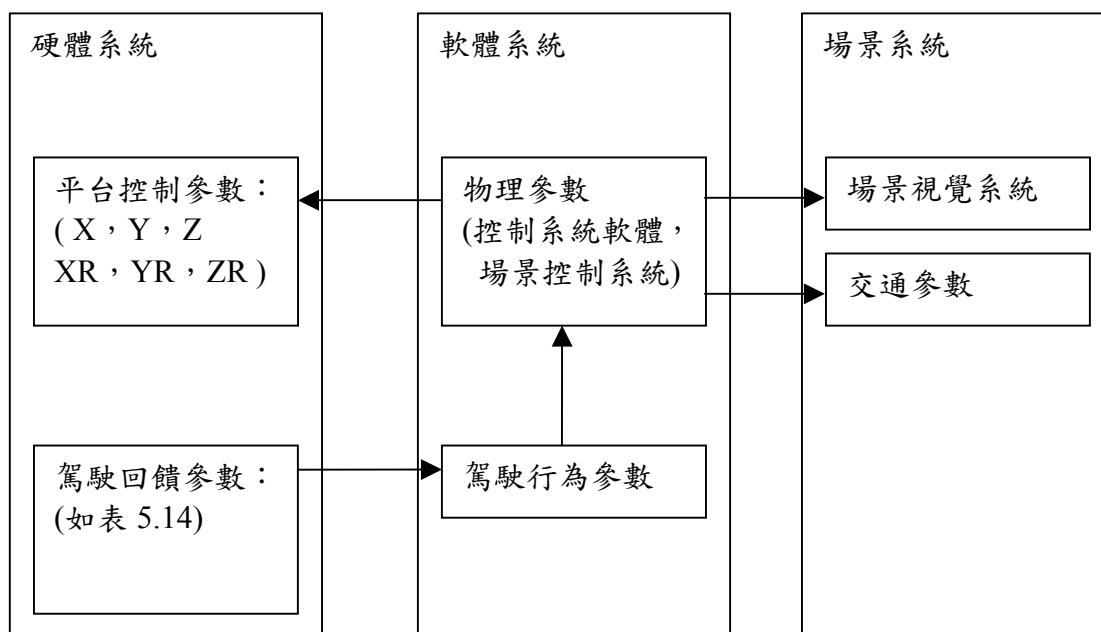


圖 5.27 控制參數流程圖

由圖 5.27 之控制參數流程可以了解在整個軟硬體系統之間的關係。在硬體系統方面，六軸運動平台經由軟體系統所下達的命令，使平台產生六個自由度的運動。駕駛艙則因駕駛者的操作行為而產生駕駛回饋訊號，送回軟體控制系統。由於駕駛回饋訊號為原始類比和數位訊號，因此控制系統接收到駕駛回饋訊號，會將其處理和駕駛行為對應的各類控制訊號。駕駛行為參數會再換算成軟體各模組所需的各種參數，其中包含基本的物理參數。在物理參數中，大致包含了場景控制參數、平台控制參數等，另外這些物理的參數可對應成各項交通參數，且產生相關的場景視覺，使駕駛者有如虛擬實境一般。

## 2.車輛推進參數

以上的機械控制參數與虛擬實境系統可使駕駛者利用駕駛模擬系統表現出真實道路的情形，由駕駛模擬系統中可擷取出相關的車輛推進參數，如下圖 5.28，而由駕駛模擬系統擷取出來的相關參數，轉換成為我們所需要分析的交通參數(如：行駛軌跡、速率、加/減速率等)，對應到此次不同的實驗中。

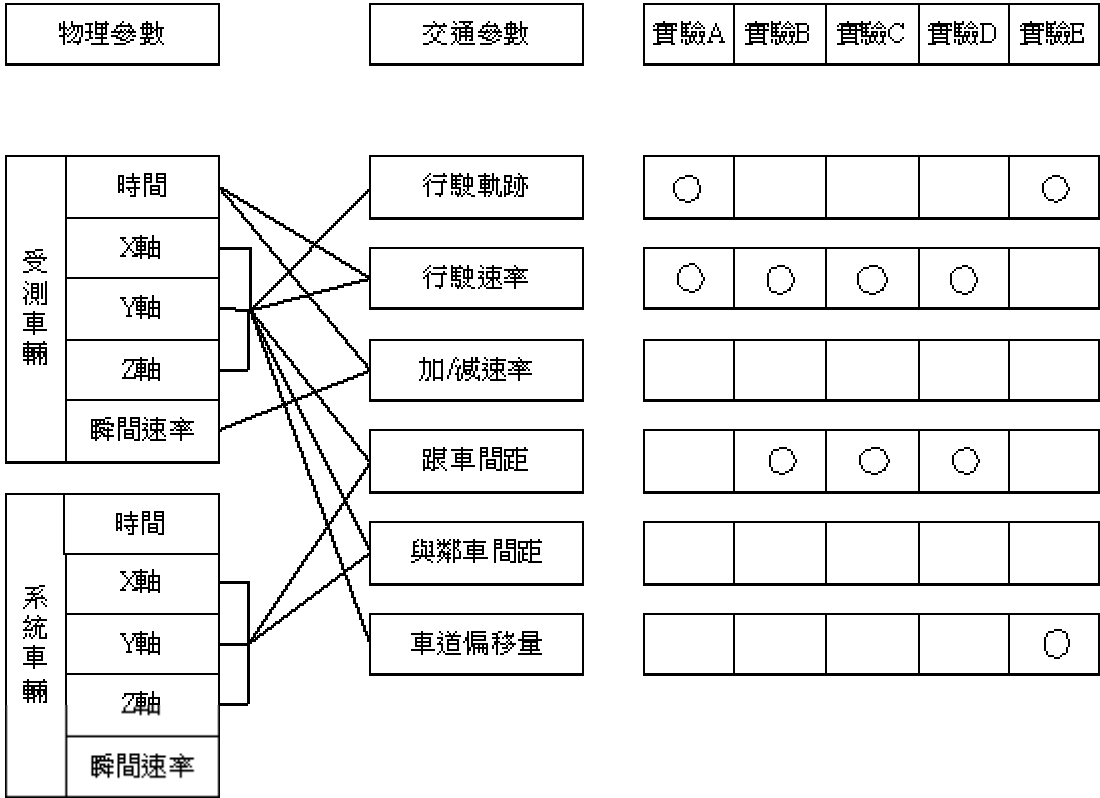


圖 5.28 交通參數對應圖

### 5.4.3 實驗分析

本研究資料分析係利用敘述性統計、檢定統計等方法，進行資料分析工作。茲將本研究的情境設計分為跟車行為、施工路段及彎道開缺口三部份說明。

#### 1.彎道開缺口

由於彎道開缺口處之設計為對向待轉車輛佔用駕駛者行駛方向之內車道，因此當駕駛者行經彎道缺口處時，車道寬度只剩 3 公尺，駕駛者若要維持在內車道，勢必採取減速或些許外移之操作，才能安全通過；行駛於外車道之駕駛者，雖不致受到直接的干擾，仍可能在發現待轉車時，提防該車之強行前進，而採取某些預防性之操作。因此本實驗將收集車輛於彎道缺口處前的速率與行駛軌跡，探討駕駛者對於彎道缺口之對向待轉車輛之反應，透過實驗組與對照組資料差異，可探討行車安全輔助系統之效用。

#### 2.跟車行為

ITS 乃運用先進資訊與通訊科技，使車、路系統智慧化，並輔助駕駛者，以達到提昇運輸系統之安全與效率。本研究探討行車安全輔助系統對跟車行為之影響，係當駕駛者與前車之距離小於最短跟車間距時，行車安全輔助系統即會提示駕駛者須減速。因此，車內有無配備行車安全輔助系統勢必會影響駕駛人之跟車行為，本研究利用跟車間距與跟車速率的變化與趨勢來探討跟車行為的穩定程度，並利用實驗組與對照組之穩定跟車間距值，檢定行車安全輔助系統對跟車行為之影響。

本研究亦探討特殊天候（霧天）下的跟車行為，即駕駛者於前方可視距離有限情況下之跟車行為，設定模擬環境霧天的可視距離為 60 公尺。本研究利用跟車間距與跟車速率的變化與趨勢來探討跟車行為的穩定程度，並利用實驗組與對照組之穩定跟車間距值，檢定天候對跟車行為之影響。

#### 3.施工路段

本研究對於施工路段的情境設計主要觀察車輛於漸變路段之橫向位移軌跡圖，探討車輛依合理速率行經車道寬度

縮減之施工路段時，駕駛對於橫向位移的掌握與操控。由於路寬漸變段前 50 公尺即已設置速限 50 公里之標誌，且車道數不減少，駕駛者已有足夠時間調整速率，因此本項之評估不包含行車速率之變化。

## 六、模擬實驗與數據分析

### 6.1 模擬實驗規劃

本研究為確保實驗數據之有效性及資料符合統計分析學理之要求，因此擬定實驗準則，使監控人員能正確地控制模擬實驗，且受測者亦需遵守此實驗準則，提高模擬實驗之正確性及資料有效性。

#### 6.1.1 訓練及實驗之準則

完整的一次模擬實驗流程分為訓練及實驗階段，本研究對訓練及實驗階段分別擬出準則，其概要內容及目的敘述如下，詳細之準則內容則請參考附錄 E。

##### 1. 受測人員

##### (1) 訓練階段

受測者在進行正式的實驗前需先模擬駕駛訓練場景，駕駛者需依照訓練場景的設計進行駕駛練習直到熟悉相關之操作，訓練場景約 5 公里，完成一次訓練約需 5—7 分鐘，包含簡單之跟車、直線、路口、彎道等駕駛行為及幾何特性。此路段之目的在使受測者熟悉駕駛模擬器之操作特性，並了解『行車安全輔助系統』之作用，以確保正式實驗資料的有效性。

##### (2) 實驗階段

以書面資料概略敘述正式實驗之項目、里程數，並針對標誌、標線、號誌之規定、行車安全之維護（避免意外事故之發生）、行車安全輔助系統之功能等詳加說明，提高駕駛者進行實驗之正確性及有效性。

##### 2. 監控人員

現場監控人員需再次提醒受測人員切實參予實驗之境，並控制場景之啟動與紀錄檔。主要在於進行訓練及實驗階段發生意外事故之處理原則，於訓練階段發生意外時，則需重新進行訓練一次，直到成功完成一次之訓練場景。考量

監控人員操作的便利性，當實驗發生意外時，受測者須重新進行實驗，直到模擬實驗成功。最後，監控人員需紀錄每位受測者發生意外之次數，以供後續研究分析之參考。

### 6.1.2 模擬實驗人數及次數

為達到統計學理之大樣本，本研究尋找 32 名受測者，受測者的年齡以 20—25 歲之年輕族群居多，有駕駛執照且具開車經驗為主。本研究尚不考慮性別要因，即以本研究所能選擇受測者之群體為主要考量，性別比例將不列入本研究探討之實驗要因。

每位受測者須進行 2 次的模擬實驗，當受測者第一次參與模擬實驗時，需成功地完成駕駛訓練場景一次，方可進行實驗階段，當 32 名受測者全部完成第 1 次實驗後，再進行第 2 回合的實驗，第 2 回合的實驗則可省略訓練階段，直接進行實驗。表 6.1 顯示每實驗回合受測者失敗次數，可以發現第二回合的失敗次數少於第一回合，表示受測者已逐漸熟悉駕駛模擬器的操控。但本研究經由資料整理後發覺跟車實驗之合理樣本數過少，但受限於實驗、資料收集、整理、分析之時間與經費，故實驗無法再增加，未來應加以考量，已獲取符合統計檢定之樣本數。

表 6.1 失敗次數統計表

實驗回合	失敗一次	失敗二次	失敗三次	失敗四次	失敗總數
1	12	3	1	1	25
2	7	3	0	0	13

主要失敗原因有以下三點：

#### 1. 對駕駛模擬系統不熟悉

此次模擬實驗中設計了一段訓練場景使受測者熟悉駕駛模擬系統之操作，且每位受測者皆有兩次的實驗機會，因此受測者應有適當機會熟悉駕駛模擬系統，故因此項原因而產生失敗的次數並不多。

#### 2. 場景設計不當

此次場景設計皆依據各項的交通設施規範，故因場景設計不當的而失敗例子幾乎沒有。

### 3. 駕駛者本身操作問題

此項原因乃大多數的受測者失敗原因，受測者絕大部份是在右轉的情況下車速太快導致出錯，另外有兩三個在跟車情況下撞到前車，也有一兩個在彎道路段開缺口處失誤。

## 6.2 模擬實驗系統驗證

### 6.2.1 實驗目的與規劃

為了驗證駕駛模擬器是否具有穩定性和可靠性，以提供後續各項研究的應用，因此規劃三種基本實驗，包含直線加減速、等速彎道行駛和等速變換車道等，紀錄並統計正常人在使用駕駛模擬器之各種反應數據，藉以評估駕駛人使用駕駛模擬器的穩定性和可靠性。其實驗規劃如下：

利用原規劃場景，選擇兩段直線路段和一彎道進行實驗；實驗人數為 10 人，年齡平均分布在 20~30 歲之間，駕駛經驗在 1~5 年之間。每個實驗之實驗次數皆為 10 次，實驗記錄是當受試者在進行實驗的同時，程式同步記錄軟硬體系統參數值並儲存於一文字檔，主要包含駕駛車輛之座標值、進行時間和速度值等。三種基本實驗敘述如下：

#### 1. 直線加減速

直線加減速主要是利用一條長 2700 公尺之三線道，實驗開始時要求使用者行駛在中間車道加速到 50 km/hr 並維持，經過 500 公尺之後，加速到 90 km/hr 並維持，經過 1000 公尺之後，再減速至 50 km/hr，維持此速度 1000 公尺後減速至零。分析指標如下：

##### (1) 加減速之標準差

主要是觀察受試者在加速時的油門控制是否穩定，透過在加速區段時使用者的加速度標準差來進行評估。

##### (2) 加減速區段所花費的時間

透過比較每次實驗中相同加減速區段所花費的時間，可以得知受試者是否具有類似的油門控制表現。

### (3)速度標準差

評估在等速路段中，受試者維持速度的能力。

## 2.等速彎道行駛

等速彎道實驗要求受試者以 50 km/hr 等速行駛於外車道。實驗目的在於觀察使用者使用本模擬器時，在通過彎道時的表現。分析指標如下：

### (1)速度標準差

觀察在彎道中，受試者之控制速度的穩定性。

### (2)轉彎角度變化標準差

觀察在彎道中，受試者之控制方向盤轉彎的穩定性。

## 3 等速變換車道

車道變換實驗在 1500 公尺直線路段上進行，要求受試者以 50 km/h 的速度行駛。行駛過程中進行 3 次的變換車道分別在 600、900 與 1200 公尺處，由路旁的「標誌」指示變換車道的進行，每次切換車道後，需維持直線駕駛。分析指標如下：

### (1)變換時間

主要觀察受試者變換車道所花費的時間。比較每次實驗受試者所花費的時間，可以評估模擬器是否能提供使用者穩定的操控感。

### (2)平均位置

主要觀察在維持直線路段中，受試者是否能保持在指示的車道之中。

### (3)位置偏差量標準差

評估在維持直線路段中，使用者維持直線的能力。

## 6.2.2 實驗分析與討論

### 1. 直線加減速

在直線加減速實驗中，主要可以分成兩個部份，一為加減速部份，二為維持速度部份。在加減速部份可分成 0-50 km/hr 加速區段、50-90 km/hr 加速區段和 90-50 km/hr 減速區段等三個區段，分別為第一區段、第三區段、第五區段。在維持速度部份分別位於加減速完成之後，分成第二區段維持 50 km/hr 區段、第四區段維持 90 km/hr 區段、第六區段維持 50 km/hr 區段等三個區段。其加減速花費時間圖如圖 6.1-6.3，加速度標準差圖如圖 6.4-6.6，維持等速區段之速度標準差如圖 6.7-6.9：

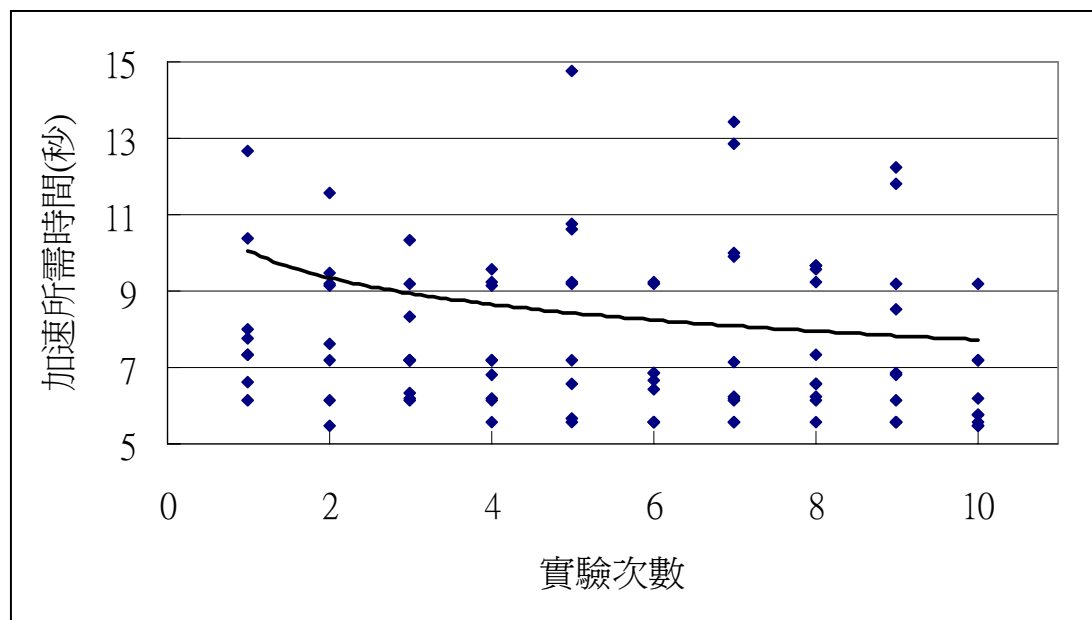


圖 6.1 第一區段加速度所需時間圖

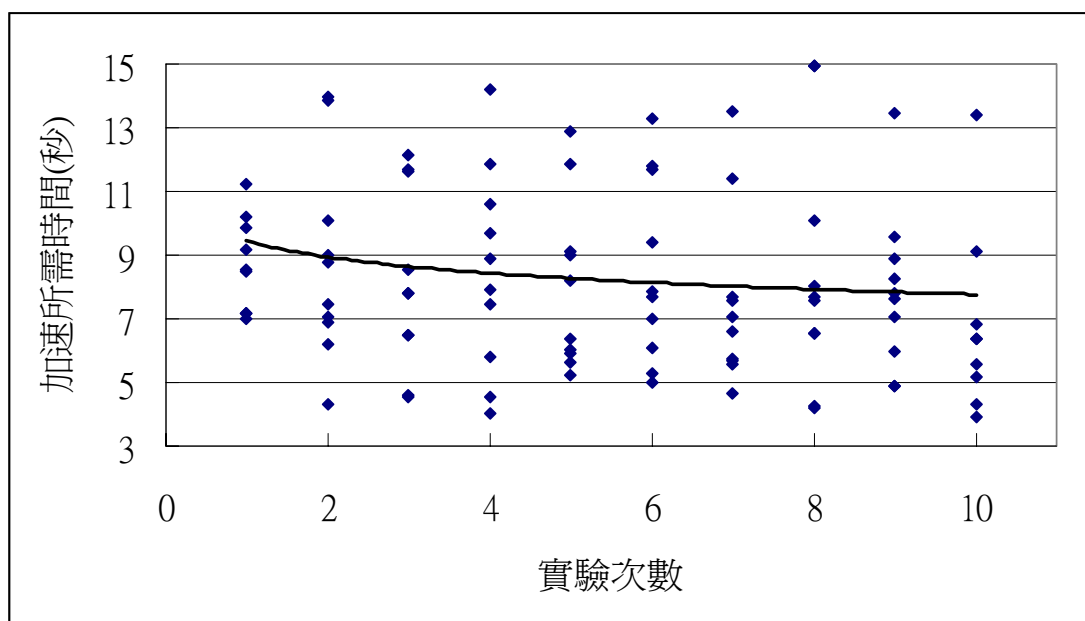


圖 6.2 第三區段加速度所需時間圖

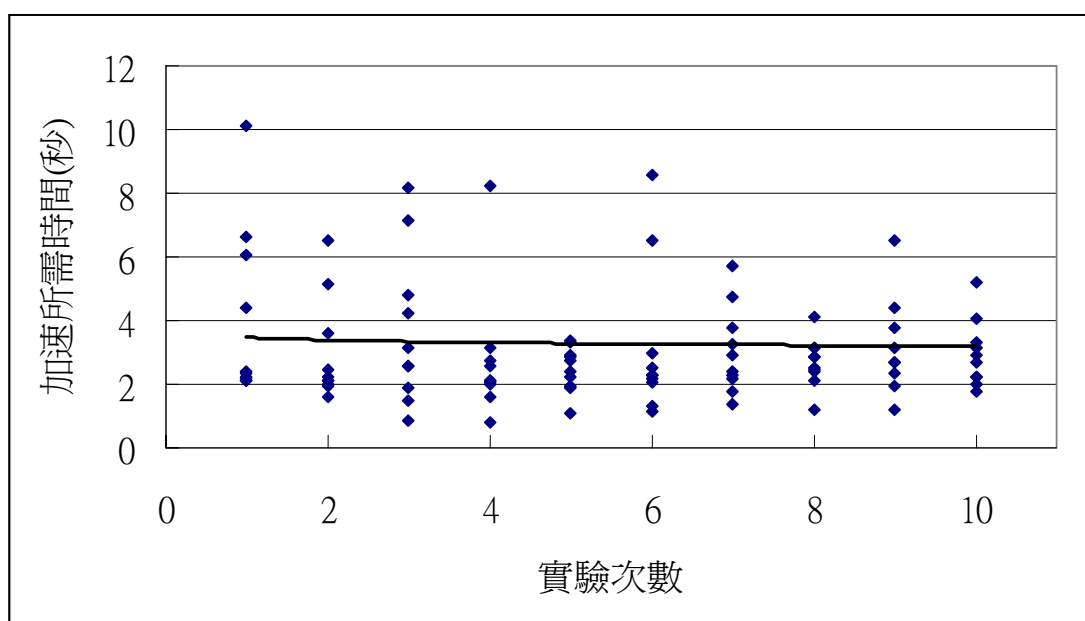


圖 6.3 第五區段加速度所需時間圖

由加減速花費時間圖 6.1-6.3 中可以發現，無論那一區段一開始所花費的時間皆較大，而後會開始減少。第一區段和第三區段最後大約會維持在 8 秒左右，而第五區段最後大約會維持在 3.5 秒左右。第一區段和第三區段是屬於加速區段，由於油門程式設定的關係，而使得加速所花費的時間會較長。而第五區段是屬於減速區段，也是由於煞車程式設定的關係，而使得減速的時間較短。由此可以了解駕駛者可以很快的適應駕駛模擬器，而其花費時間可依實際車輛之性能做調整。

由加速度標準差圖(圖 6.4-6.6)中可以發現，第一區段加速度標準差會因實驗次數的增加而慢慢穩定，最後其平均值約在 3 左右。而第三區段較沒有變化，其平均值約在 1.3 左右。第五區段的標準差平均值則較大，約為 9.5 左右。因此可以發現在加速的情況下，駕駛者對油門的控制較為穩定，但在減速時，由於要從 90Km/hr 減到 50Km/hr 並保持，駕駛者對煞車的控制較不穩定。

由維持等速區段之速度標準差圖(圖 6.7-6.9)，可以發現其標準差會因實驗次數的增加而慢慢穩定，其平均值約在 2~2.5 左右。而第六區段的標準差比第二區段和第四區段的標準差還大，約在 2.5。由於第六區段是因 90Km/hr 減到 50Km/hr，駕駛者對要保持 50Km/hr 較不容易。

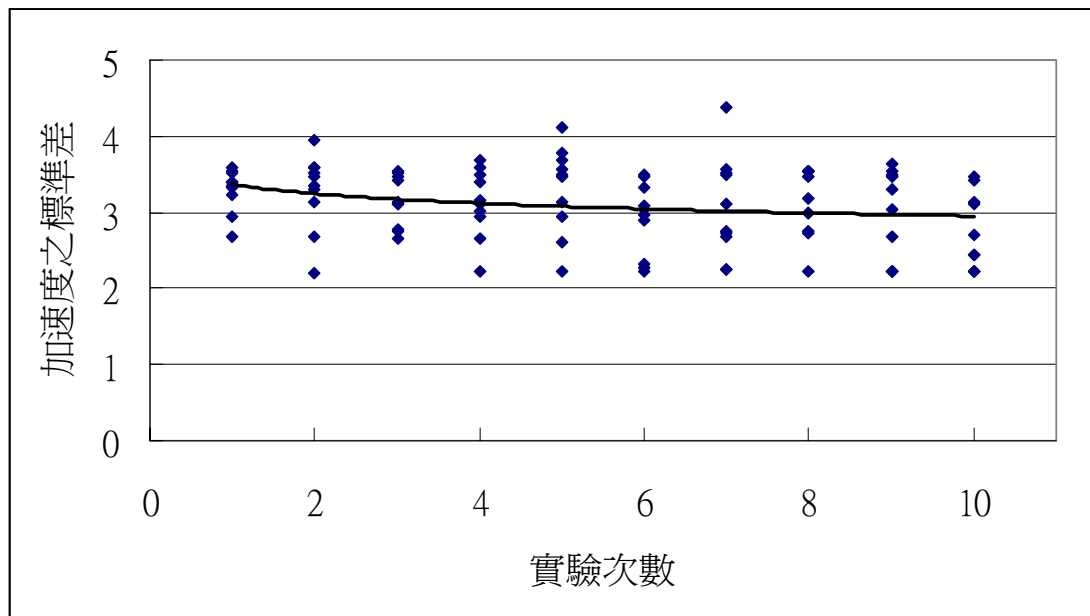


圖 6.4 第一區段加速度標準差圖

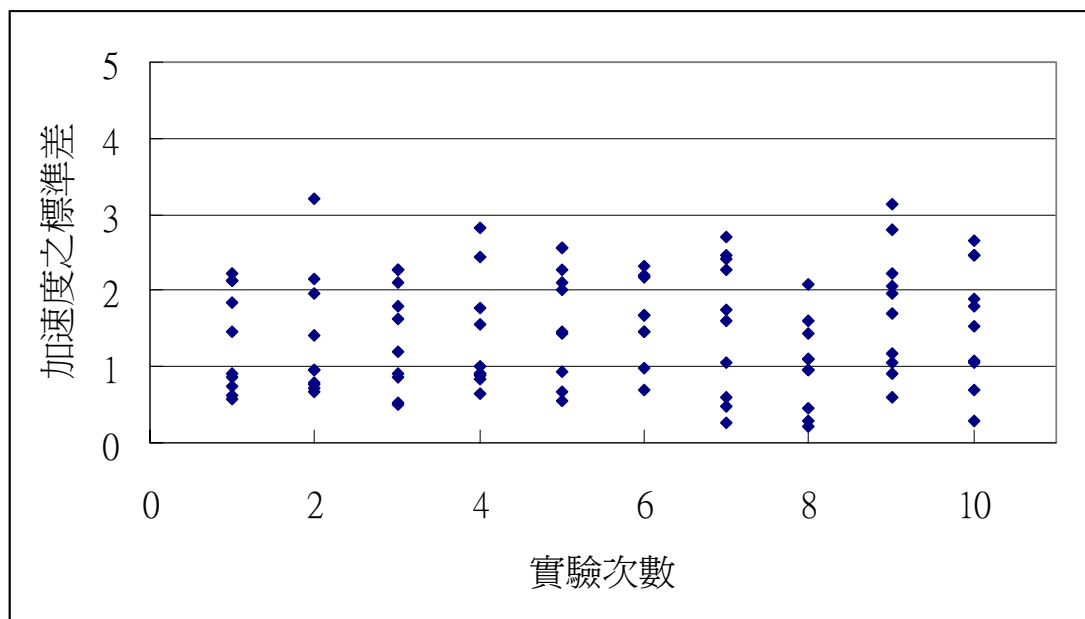


圖 6.5 第三區段加速度標準差圖

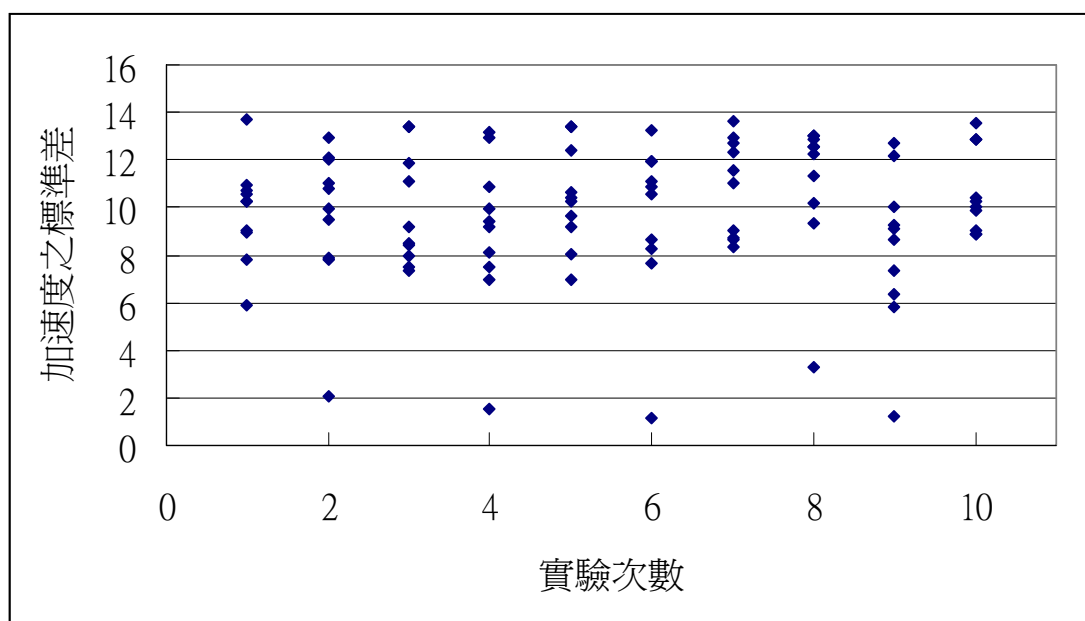


圖 6.6 第五區段加速度標準差圖

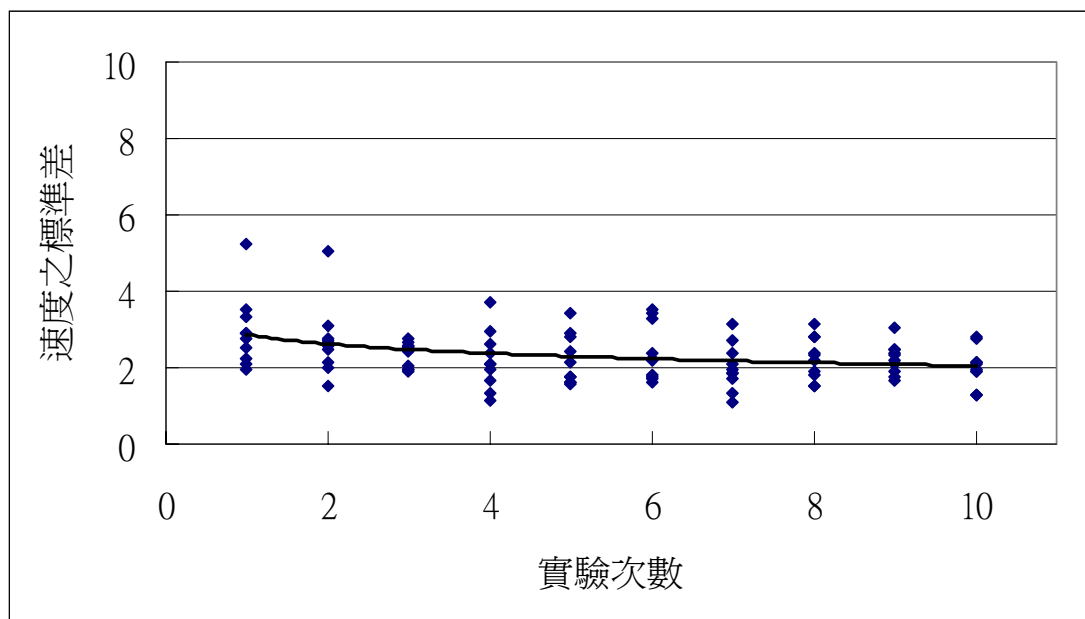


圖 6.7 第二區段速度標準差圖

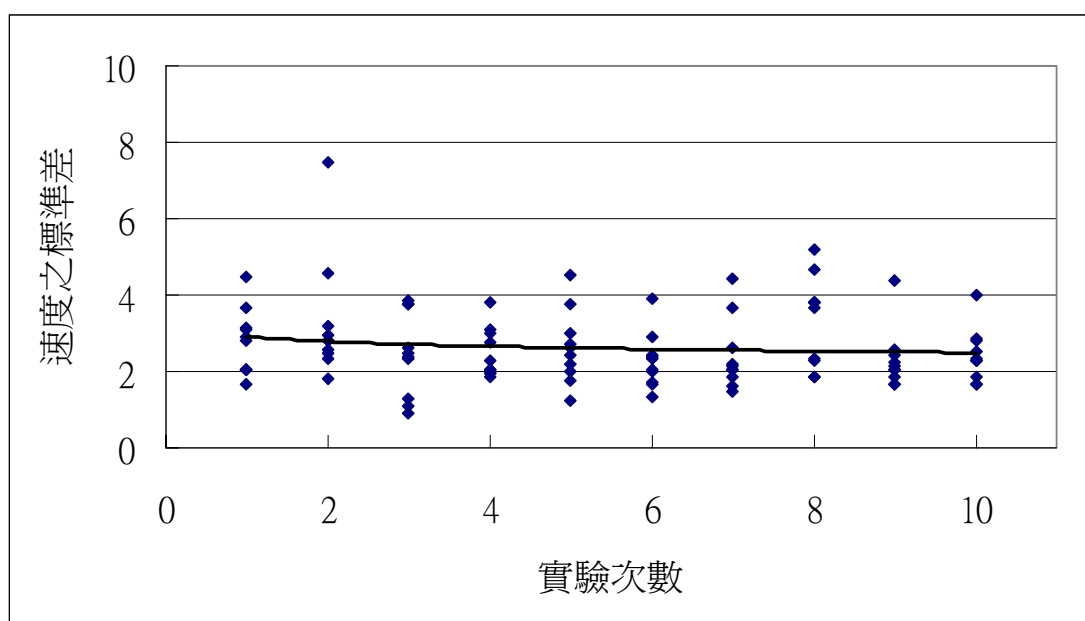


圖 6.8 第四區段速度標準差圖

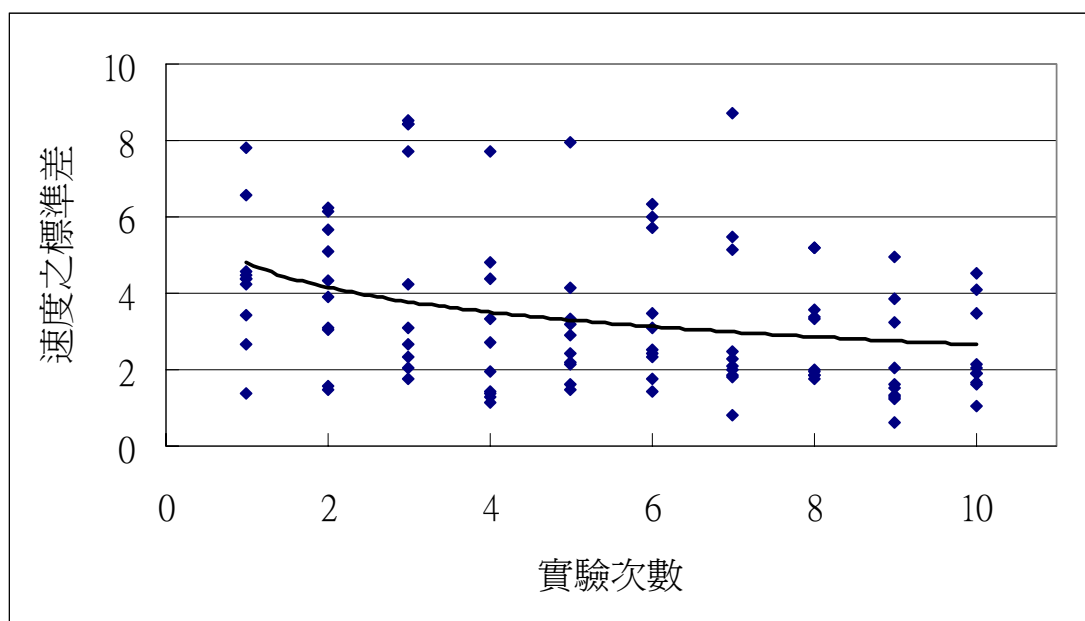


圖 6.9 第六區段速度標準差圖

## 2. 等速彎道行駛

在彎道實驗中，主要是觀察受試者過彎時的表現，透過記錄速度變化與軌跡變化再加以運算分析來進行評估。場景設計為二線道，實驗要求受試者必須維持在右車道。

在速度標準差圖(圖 6.10)中，其速度的標準差變化不大，但依然是慢慢變小，而穩定在 2 左右。因此在這實驗中駕駛者對於彎道的駕駛速度不會有太大的變化，但也慢慢地以保持在 50Km/hr 的速度接近。

由轉彎角度標準差圖(圖 6.11)中，可以發現駕駛者對方向盤的操作算是很穩定。

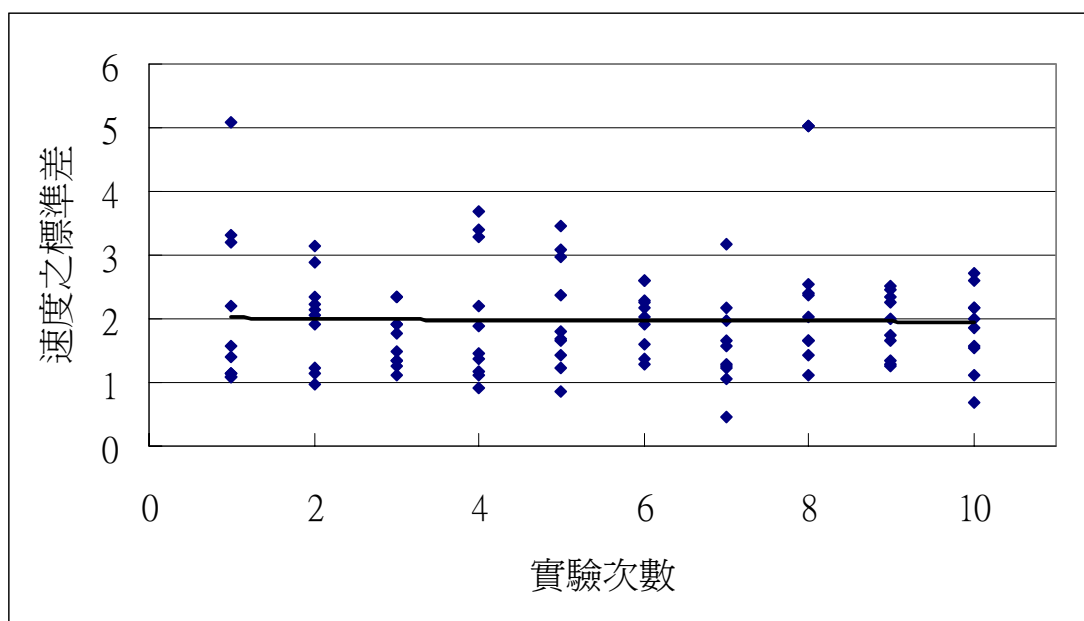


圖 6.10 彎道區段之速度標準差圖

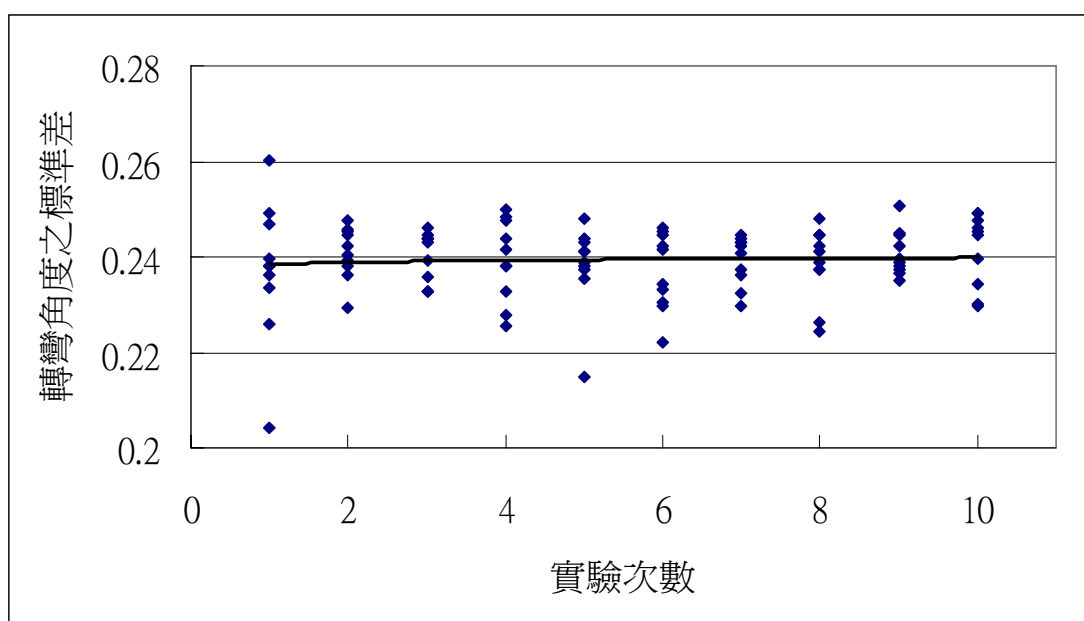


圖 6.11 彎道區段之轉彎角度標準差圖

### 3.等速變換車道

在切換車道實驗中，受試者由中間車道出發行駛過程中進行 3 次的變換車道分別在 600、900 與 1200 公尺處，所以受試者一開始由左方車道在 600 公尺處換回中間車道，在 900 公尺切換至右方車道，在 1200 公尺處再換回中間車道，1500 公尺處停止。

在變換車道使用時間方面，由圖 6.12-6.15 可以發現，在

變換車道所使用的時間方面波動並不大，平均大約在 7~8 秒之間。而由變換車道後所保持的行進路線變化也不大，但可從圖中發現如果駕駛者在中間車道會習慣靠右，而在右方車道時則習慣靠左。從車輛位置之標準差來看，駕駛者大多可以在切換車道後保持在原車道上，其變化也不大。

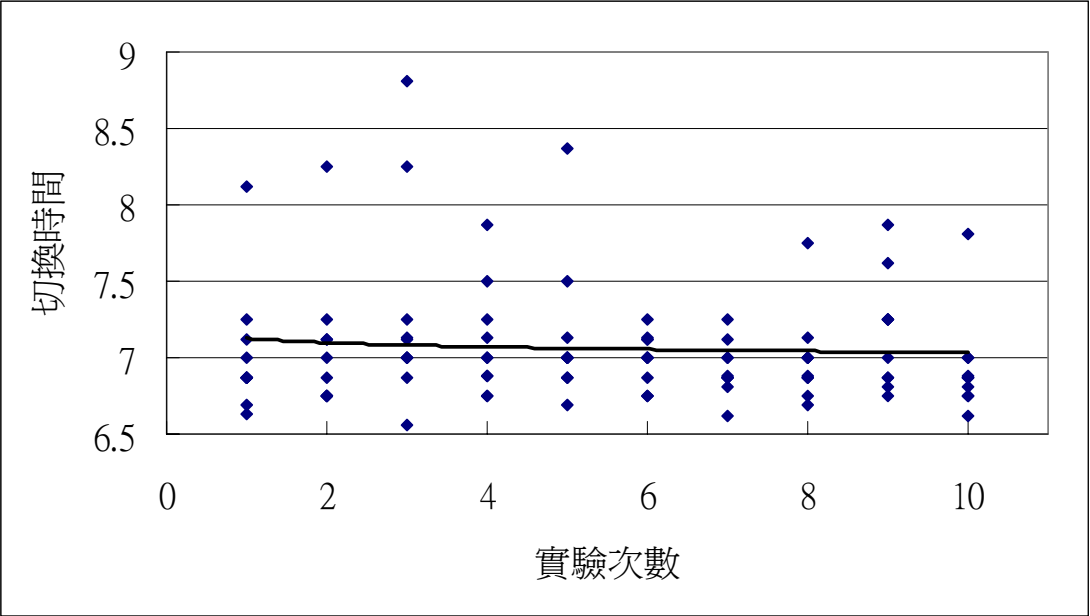


圖 6.12 第一次切換車道圖

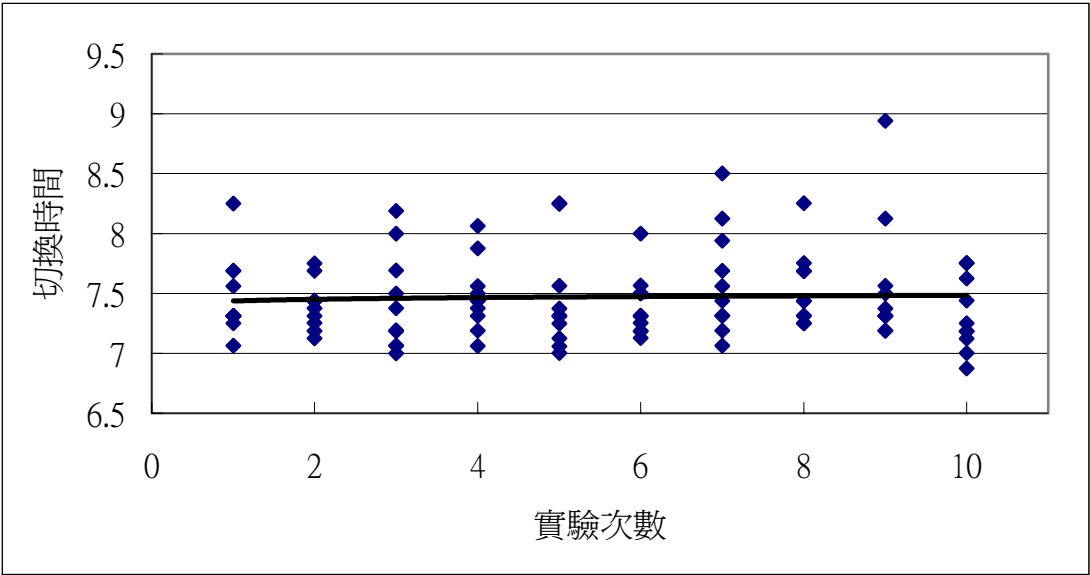


圖 6.13 第二次切換車道圖

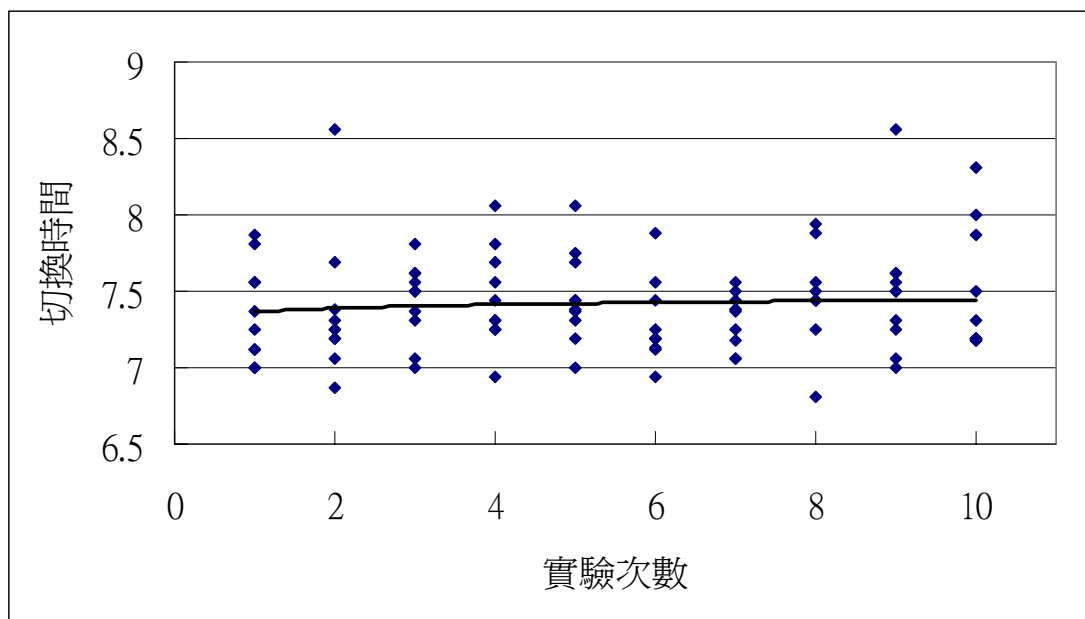


圖 6.14 第三次切換車道圖

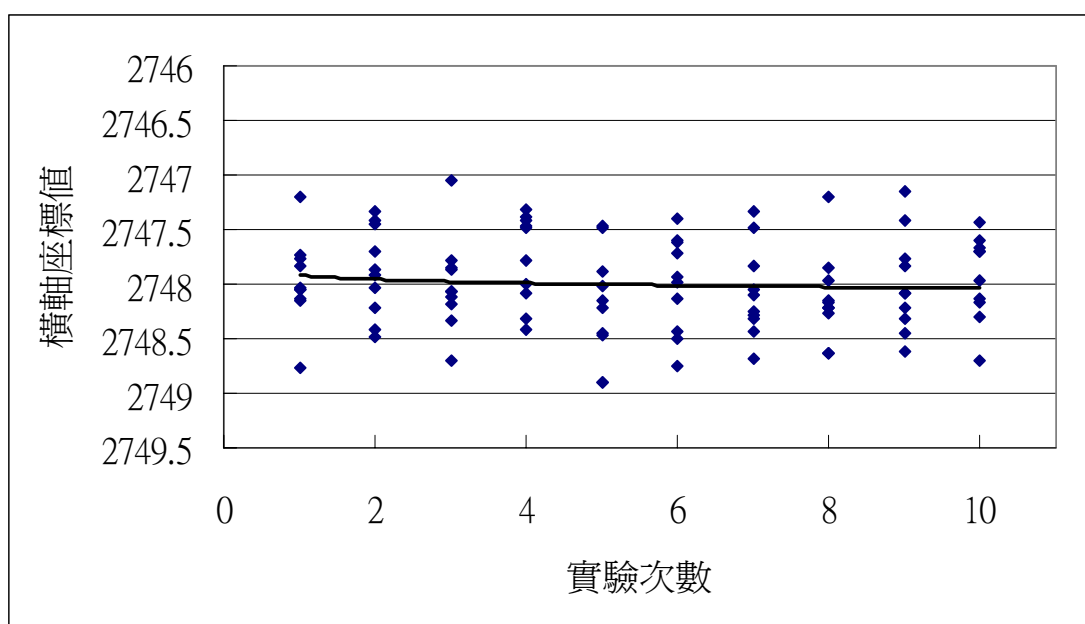


圖 6.15 第一次切換後之車輛位置圖

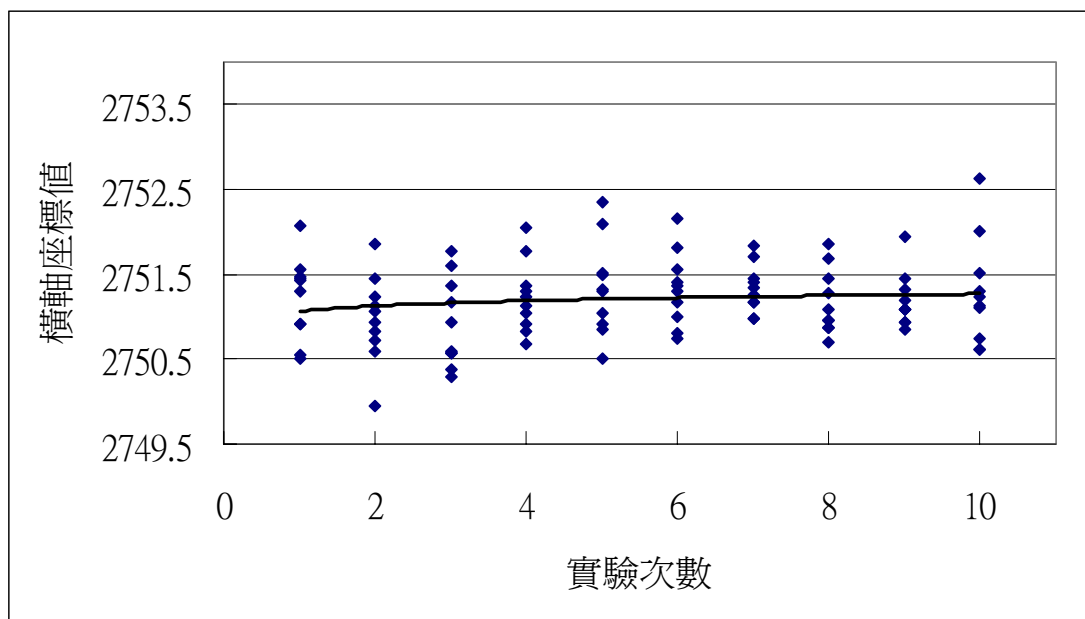


圖 6.16 第二次切換後之車輛位置圖

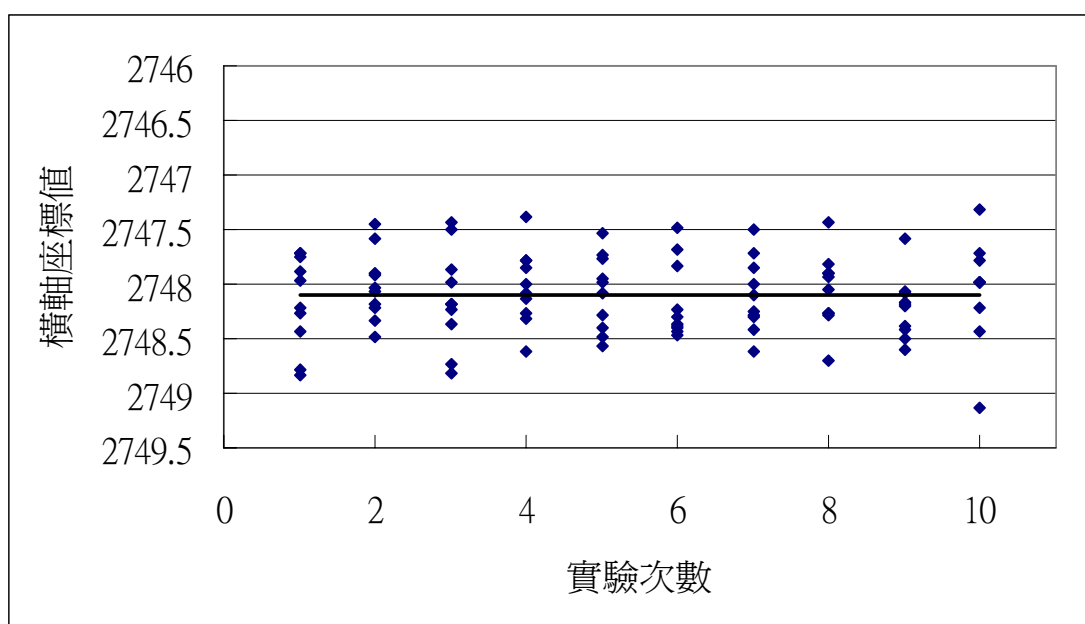


圖 6.17 第三次切換後之車輛位置圖

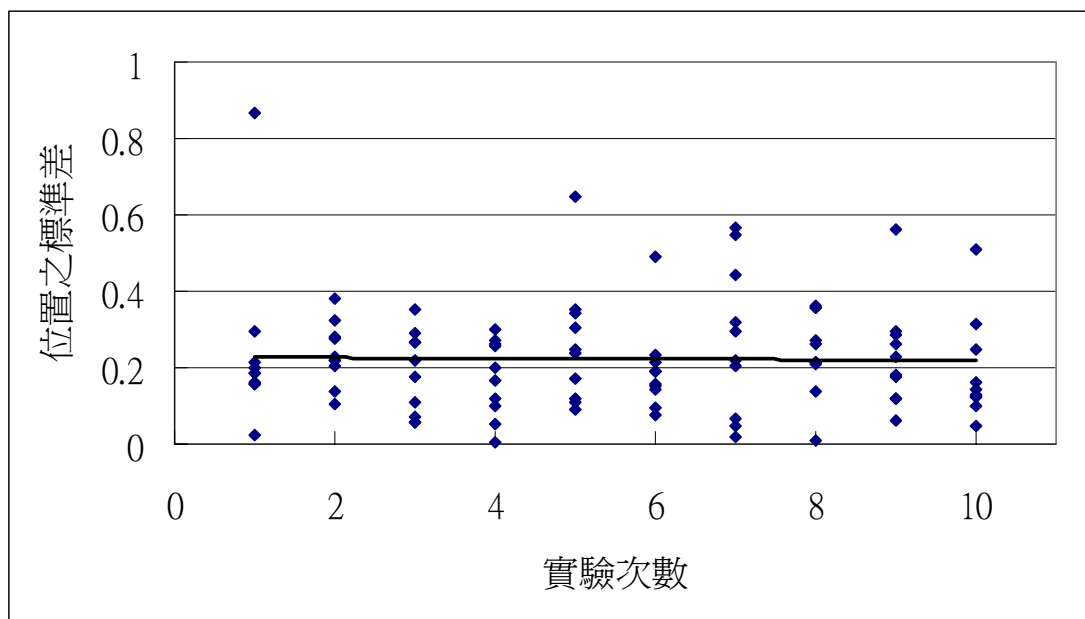


圖 6.18 第一次切換後之車輛位置標準差圖

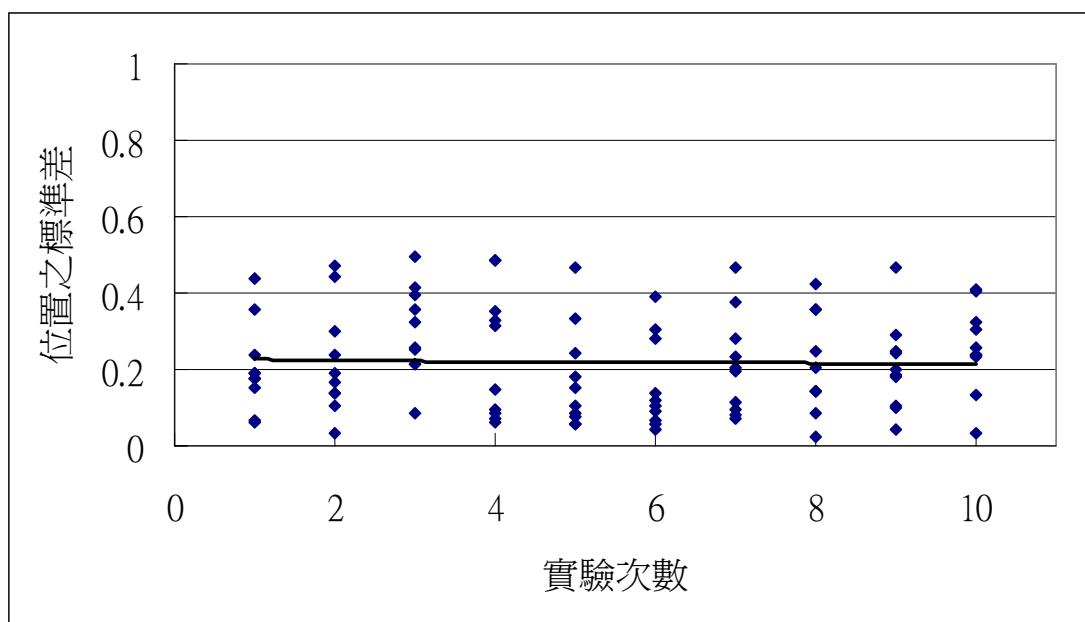


圖 6.19 第二次切換後之車輛位置標準差圖

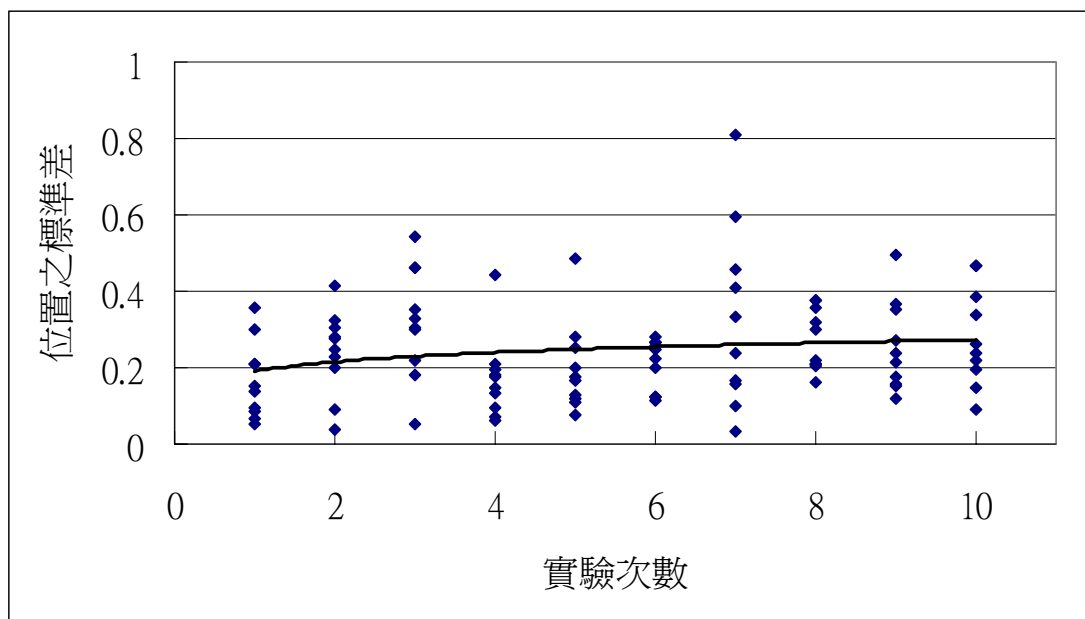


圖 6.20 第三次切換後之車輛位置標準差圖

### 6.2.3 系統驗證綜合分析

由以上幾個實驗結果都顯示，在加減速時使用者在經過一定次數練習之後，皆能有較平穩的駕駛表現；而在彎道和變換車道其變化皆不太。因此大致可以確定本虛擬實境駕駛模擬器具有穩定可靠的系統特性，駕駛者對駕駛模擬器的適應情況也很不錯。在加減速上由於是程式設定的關係，所以駕駛者較無法適應，而使其標準差較大，但這可藉由程式的修改和駕駛者的練習而得到解決。

## 6.3 彎道路段缺口處待轉車

本實驗主要在探討彎道路段開缺口處有車輛待轉時有無警示系統對駕駛者的影響，以下為本實驗主要結果。本研究原先欲探討待轉車輛對所有車道駕駛者的影響，但大多數的駕駛者都行駛外側車道，故待轉車輛對其影響不大，因此其速度以及偏移量的變動也不大。本研究乃將第一回合實驗的 22 筆有效資料當作樣本來整理，以了解駕駛者對於彎道路段待轉車的反應。

### 1. 實驗組(A1)

實驗數據分析由平曲線漸變路段起點開始，即圖 6.21 行車距離第 0 公尺處，實驗組之車內警示系統會於水平視距之

前發出訊息警告駕駛者前方有待轉車輛，當駕駛者行駛至曲線漸變路段 80 公尺處時，警示系統即發出『前方缺口車輛待轉』之訊息，警告駕駛者前方缺口處有車輛待轉。由圖 6.21 可發現僅有兩筆資料行駛在內側車道，外車道車輛的橫向位置偏移量都不大，皆平穩地行駛在外車道。

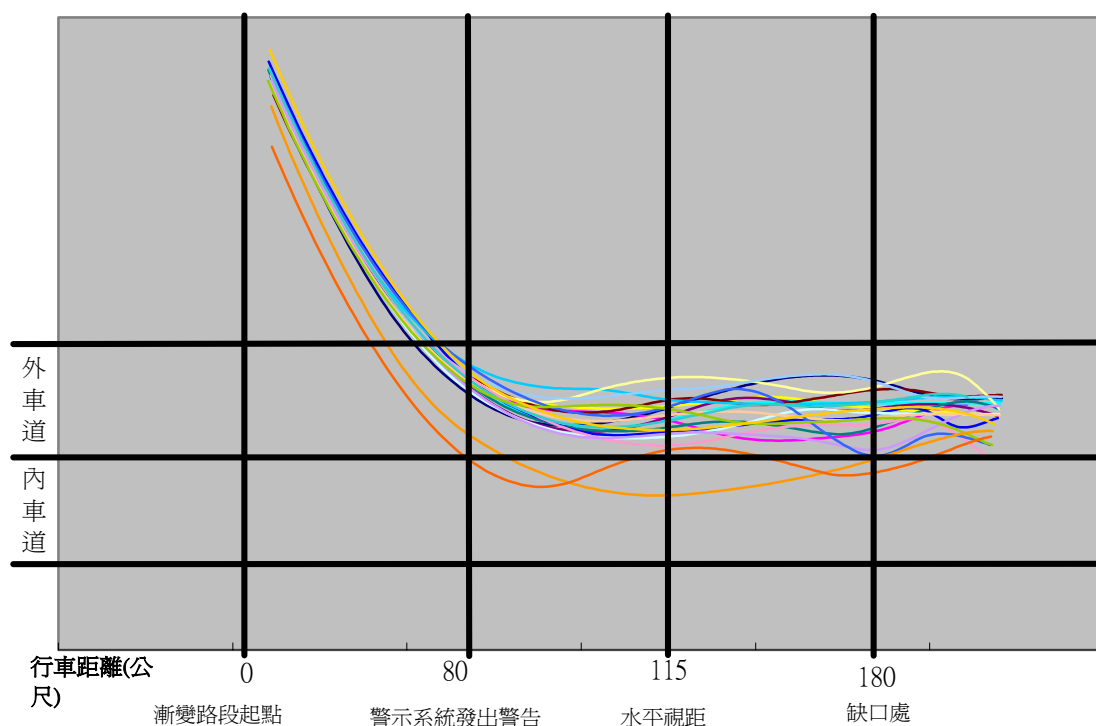


圖 6.21 彎道缺口待轉車實驗組之行駛軌跡分布圖

為了解彎道缺口待轉車對駕駛者是否有速率上的影響，乃將資料處理成圖 6.22，可以看出大部分的車輛在彎道部分速度呈現緩慢的下降趨勢，僅有少部分的車輛呈現巨幅的速率變動。

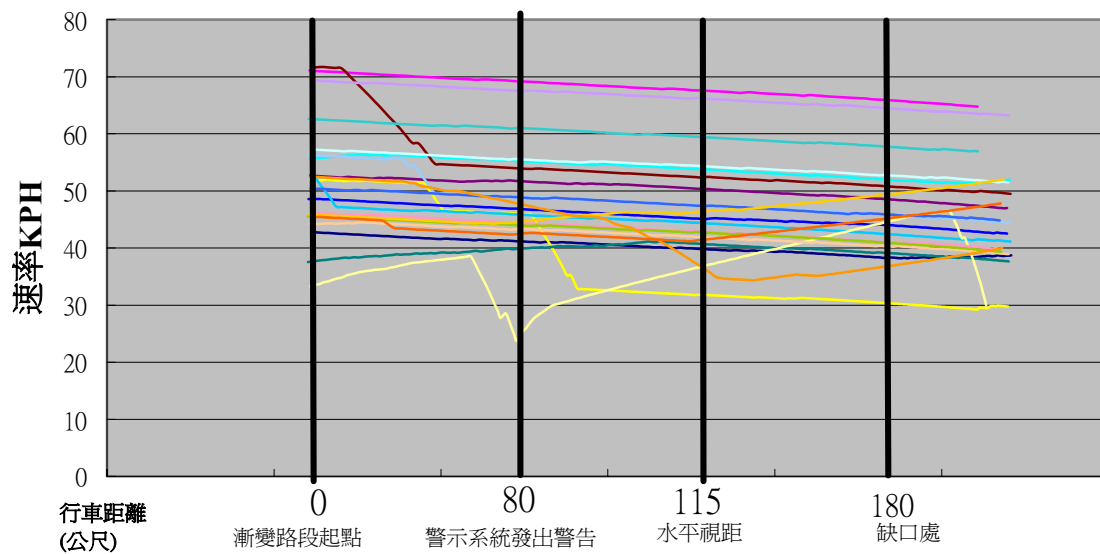


圖 6.22 彎道缺口待轉車實驗組之行車速率圖

## 2.對照組(A2)

對照組表示沒有警示系統警告駕駛者前方缺口有車輛待轉，駕駛者須行駛至水平視距時才可發現前方有車輛待轉，其結果如圖 6.23，可發現有較多筆資料行駛於內側車道，因為無警示系統的提示，導致較多駕駛者不知前方有車輛待轉，因此行駛於內側車道，沒有變換至外側車道。故本研究認為受測者在接收警示系統之訊息後，大多數人皆會保持在外側車道，而駕駛者行駛於沒有警示系統彎道之分布較廣，駕駛者於內側車道的機率較高；其餘外車道車輛之橫向偏移量都不大，與配備警示系統的實驗組差不多，多為平穩地行駛在外車道。

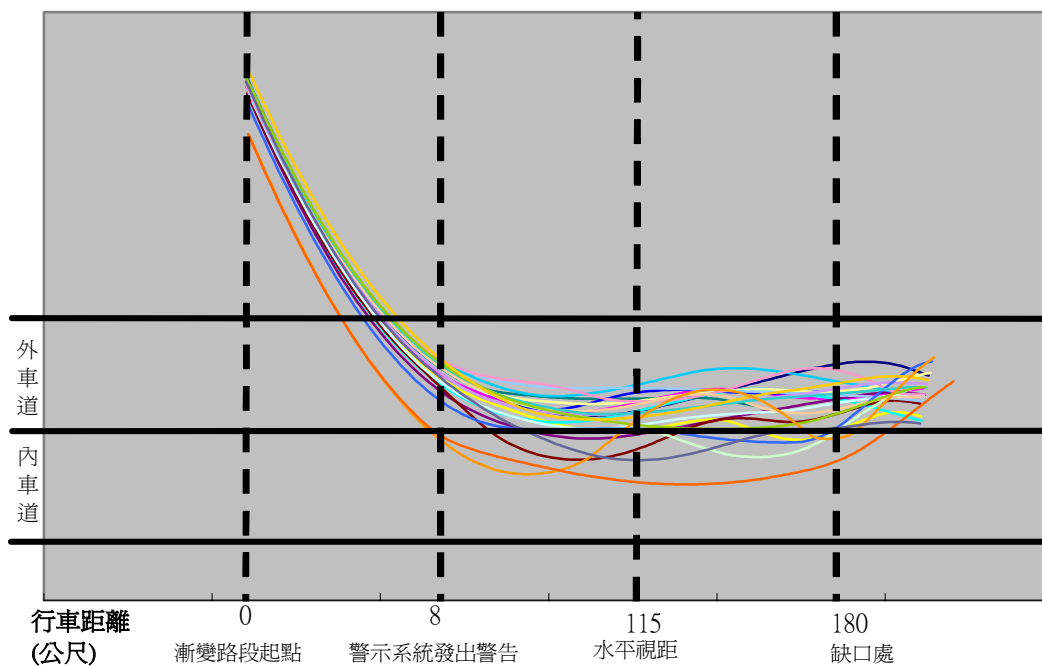


圖 6.23 彎道缺口待轉車對照組之行車軌跡分佈圖

由下圖 6.24 可了解彎道缺口待轉車對駕駛者是否有速率上的影響，可以看出大部分的車輛在彎道部分速度呈現緩慢的下降。與有警示系統的實驗組比較，配有警示系統駕駛者之平均速率略高，其餘部分皆緩慢下降。

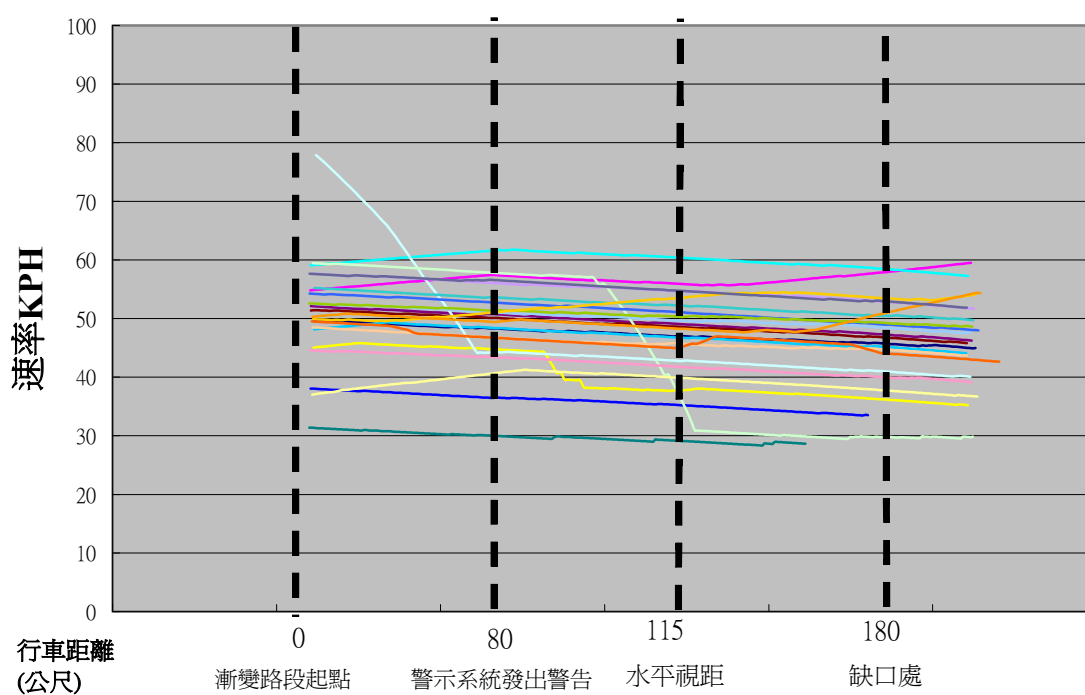


圖 6.24 彎道缺口待轉車對照組之行車速率圖

### 3.A 情境綜合評析

下表 6.2 整理出實驗組及對照組的平均速率及標準差的比較，可以發現有警示系統的平均速率較高，且在顯著水準為 0.05 時，F 值為 1.397、T 值為 0.526，發現 A1 實驗組及 A2 對照組並無顯著差異。其表示彎道開缺口待轉車之實驗，由於大部分車輛行駛於外側車道，因此導致實驗組及對照組並無明顯差異。表示駕駛人會因為警示系統之提示知道內側缺口處有車輛待轉，改變行駛至外車道或完全留駐於外車道，以避開待轉車輛之影響。標準差也是有警示系統的較低，因為警示系統可提前警告駕駛者，使駕駛者有較充裕之反應時間及操作時間，因此速率變動較平緩，不易遭受到待轉車輛影響。

表 6.2 彎道缺口待轉車有無警示系統的比較

	樣本數	平均速率( KPH)	標準差
A1 實驗組	22	45.69	5.93
A2 對照組	22	44.66	7.01

## 6.4 跟車行為

以下為本研究中跟車行為實驗的結果，本研究原先欲將跟車行為中穩定跟車時的跟車間距作實驗組以及對照組之間的比較，但實驗結果卻發現難以找出平穩的跟車行為，大部分的駕駛者在跟車實驗末端其跟車間距仍有波動，無法以平穩的跟車行為來視之。再者，實驗人員能屬於真正跟車行為的樣本數不多，因為有些駕駛者並未跟上系統車輛，導致與前車有一百公尺以上的跟車間距，如此大的跟車間距無法說是有效跟車樣本，因此本研究在整理資料時，需將不符合合理跟車間距的樣本悉數剔除。由於霧天可視距離設定為 60 公尺，權衡實驗環境之整體狀況，本研究暫以跟車間距在 60 公尺以上為不合理的跟車樣本，將其剔除，以下展現各組實驗的結果。

### 6.4.1 縱向防撞警示系統之跟車行為

#### 1.實驗組(B1)

此實驗組乃為白天晴天有縱向防撞警示系統的跟車行為，經過本研究整理後，符合合理跟車行為有 11 個樣本，與

前車的跟車間距波動結果如下圖 6.25，Y 軸為跟車間距，X 軸為時間。因為本實驗跟車路段為一公里，秒數為 0 就是跟車路段的起點，所以若依速限為 70KPH 來看，應該會在 51 秒結束跟車行為，但由於前車速率大約在 60 加減 5 公里，所以大部分的跟車行為應該會在 60 秒結束。此外，由於前車的速率不為一定值，因此理想的曲線應該隨著前車速率有所變化，依據本研究規劃跟車路段有一公里，一開始前車保持定速(60KPH)，三百公尺後前車加速約 5 公里，七百公尺後前車減速為 57KPH，之後又保持定速。故合理的跟車間距情境應該是前車加速後，跟車間距會被拉大，駕駛者會加速以保持穩定跟車；前車減速後，跟車間距會較接近，駕駛者會減速以保持跟車間距。故理想的跟車間距曲線應該是一開始跟車間距曲線下降逐漸跟上前車，隨後前車加速，間距變大，曲線上升，於是再次逐漸的跟上前車，曲線平緩，之後又因前車減速，間距縮小，曲線下降，最後前車速率固定，達到一平穩跟車。實際情況如下圖 6.25 可發現，大部分的駕駛者剛開始跟車間距確實逐漸縮小，但當前車加速後跟車間距曲線變得較為紊亂，而大部分的曲線都顯示先下降後上升再下降的情形，故與理想狀況仍為相符。

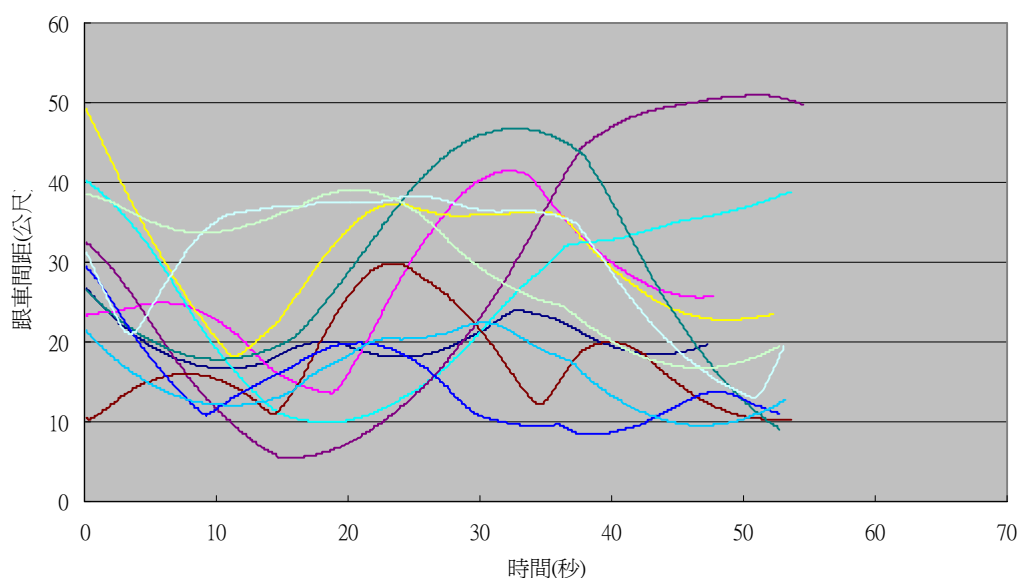


圖 6.25 白天晴天有縱向防撞警示系統之跟車行為

另外，為了解每一位駕駛者跟車間距最大值及最小值之差距，因此由圖 6.25 整理成圖 6.26。此圖可表示跟車間距波動是否很大，如駕駛者 5 其最大及最小跟車間距相差 45 公

尺，表示其跟車行為較為不穩定。

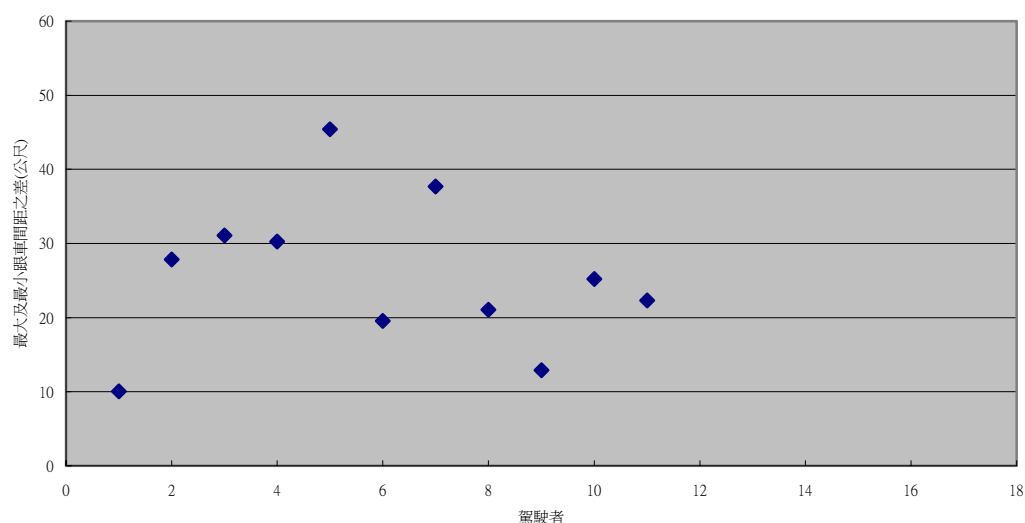


圖 6.26 白天晴天有警示系統最大及最小跟車間距之差距

## 2. 對照組(B2)

此對照組乃為白天晴天無縱向防撞警示系統的跟車行為，經過本研究整理實驗結果，符合合理跟車行為有 16 個樣本，其與前車的跟車間距波動結果如下圖 6.27。雖然沒有縱向防撞警示系統之閃爍燈號提示，對照組之理想曲線應該也是先下降後上升再下降，由圖 6.27 可以看出大部分曲線符合理想情況下的推論，但與有警示系統的實驗組來比較的話(圖 6.25)，可以看出其曲線波動較大，較為紊亂。此現象顯示駕駛者相當充分自主地掌握跟車方式，由個人主觀感識及駕車習性決定跟車間距之調整時機及調整量。

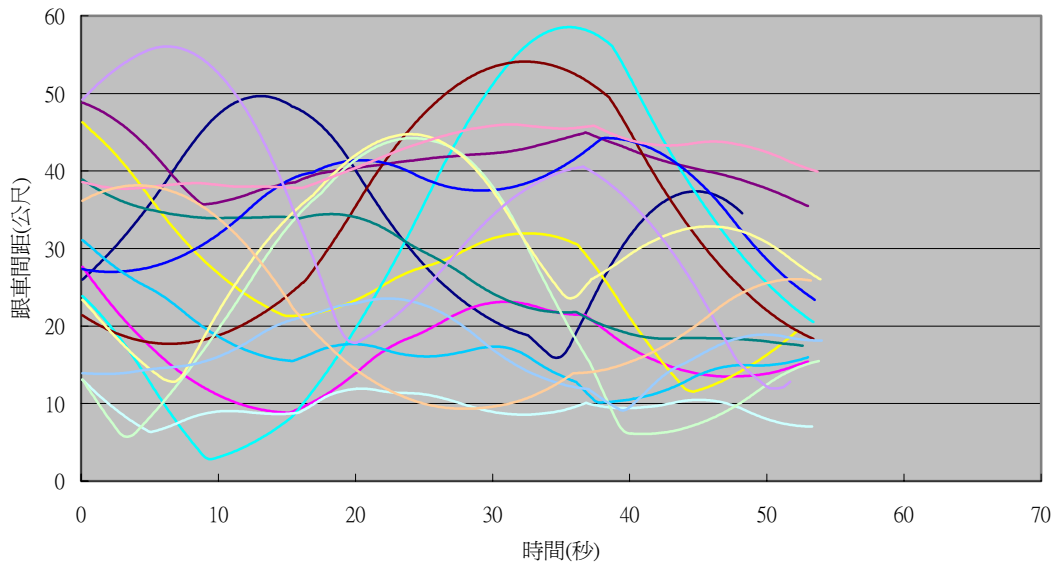


圖 6.27 白天晴天無縱向防撞警示系統之跟車行為

另外，為了解每一位駕駛者跟車間距最大值及最小值之間的差距，因此畫出下圖 6.28，與有縱向防撞警示系統比較，可發現其最大與最小跟車間距之間的範圍較大。此現象表示有縱向防撞警示系統可明確且有效地提醒駕駛者已經低於臨界跟車間距，而駕駛者會自行判斷適當間距，兩者配合之下可使跟車間距的波動較小；若無縱向防撞警示系統，由於前車會加減速，因此僅依靠駕駛者本身之判斷適當跟車間距，故其可能採行過近或過遠的跟車，若前車減速時反應不及或相對速率掌握不當，駕駛者將會緊急煞車，跟車間距將會快速地被拉開，導致較大的跟車間距波動。

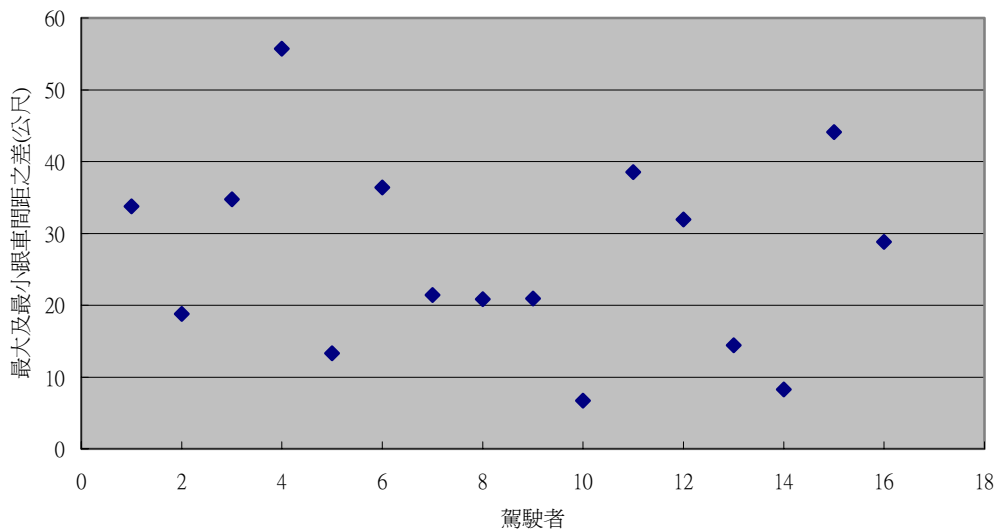


圖 6.28 白天晴天無警示系統最大及最小跟車間距之差距

### 3.B 情境綜合分析

為了更清楚的評比白天晴天有無縱向防撞警示系統之差異，故以下表 6.3 表示跟車間距變動狀況。由表 6.3 中可以發現，實驗組樣本跟車間距差最大值及最小值較為集中，而無縱向防撞警示系統的跟車間距差之最大及最小值較為擴散；此外，有縱向防撞警示系統的跟車間距平均值較無縱向防撞警示系統的平均值及標準差皆較小，表示配有警示系統之車輛行車較穩定且跟車波動較小，而無縱向警示系統之跟車波動較大。

表 6.3 白天晴天縱向防撞警示系統之有無比較

白天晴天	樣本數	跟車間距 最大變動 (公尺)	跟車間距 最小變動 (公尺)	平均值	標準差
B1 有縱向防撞警示系統	11	45.43	10.07	25.76	10.33
B2 無縱向防撞警示系統	16	55.71	6.72	26.80	13.54

下圖 6.29 可以更明顯的看出白天晴天有無警示系統的比較，其 X 軸乃是最大最小跟車間距差距值，Y 軸為累積比率，B1 曲線較為陡峭，表示有警示系統的間距波動較小且較為集中；B2 較為平緩，表示無警示系統的間距波動較為擴散。兩條累積曲線間之差值，似可代表引入警示系統所帶來的跟車行為穩定效果，此部分值得再作深入之探討，據以擬定評估警示系統效益之量化準則。

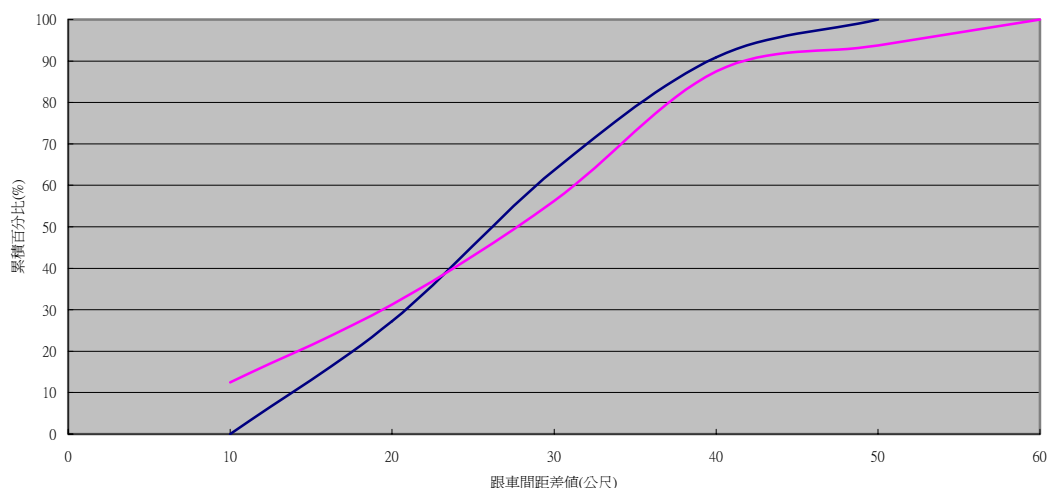


圖 6.29 白天晴天最大及最小跟車間距差值之累積比率

## 6.4.2 特殊天候之跟車行為

本項目實驗組與對照組主要針對無警示系統下不同天候的跟車行為來作探討，白天晴天下之跟車行為 D2 等同白天晴天無縱向防撞警示系統 B2，白天霧天下之跟車行為 D1 等同白天霧天無縱向防撞警示系統 E2。

### 1. 對照組 D1

下圖 6.30 為白天晴天下之跟車行為，X 軸為挑選出為較合理跟車的 16 位駕駛者，Y 軸為其跟車的平均間距，可由圖上看出白天晴天下駕駛者的平均跟車間距有較大的震盪，表示在白天晴天的狀況下駕駛者願意以本身的判斷來跟車，其跟車間距以自身的喜好來決定。

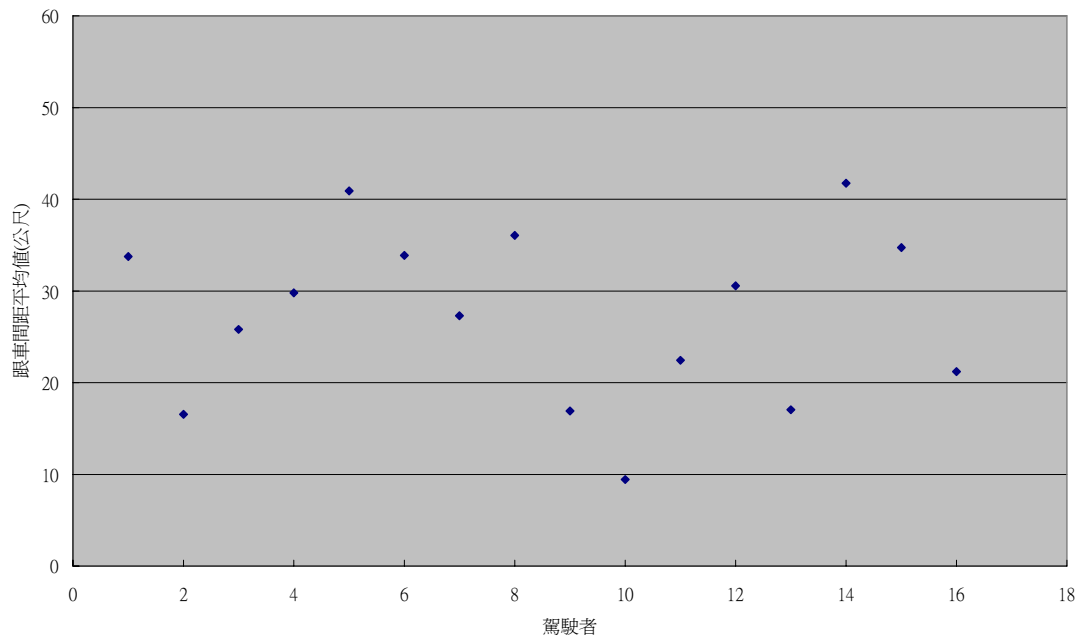


圖 6.30 白天晴天平均間距分布圖

為了明顯看出速率與跟車間距是否有相關性，圖 6.31 為白天晴天跟車行為之速率曲線圖，由圖中可以發現並無明顯的趨勢存在。圖 6.32 為白天晴天下跟車行為時各駕駛者之平均速率，X 軸為挑選出較合理跟車之駕駛者，Y 軸為跟車行為下之平均速率，跟車情況下前車的速度約在  $60 \pm 5$  公里，平均速率為 61.1KPH，由圖可發現駕駛者平均速率大多在 60 到 64KPH 之間。

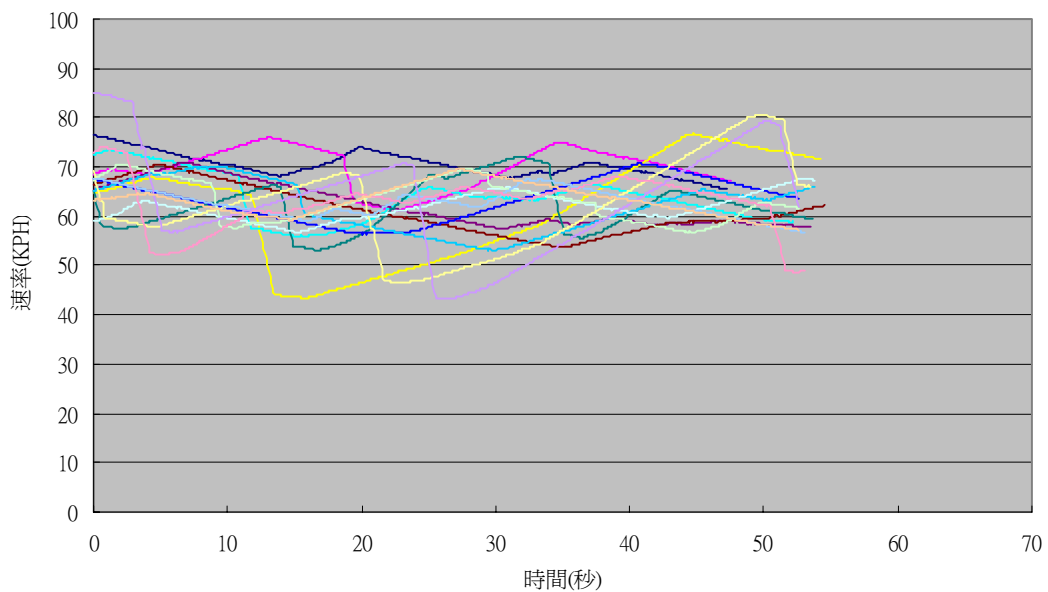


圖 6.31 白天晴天跟車行為速率曲線圖

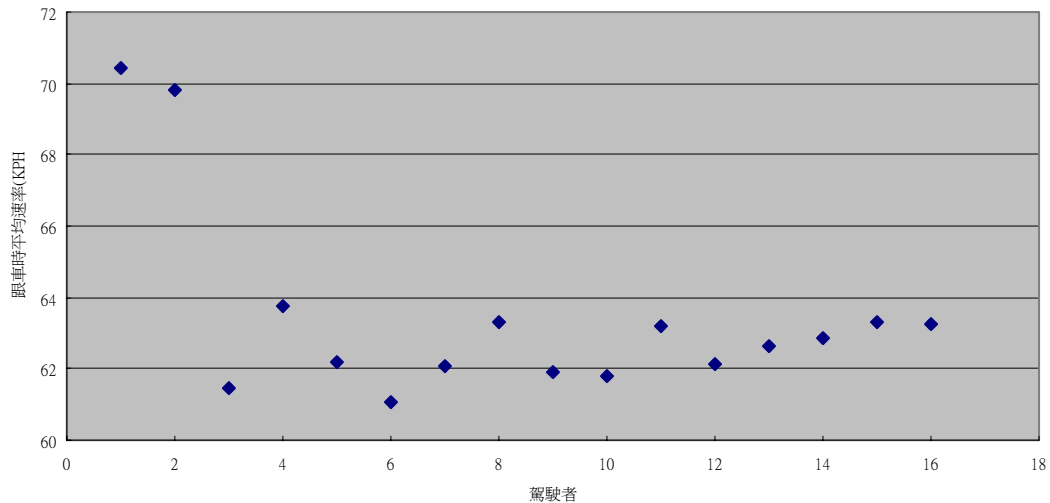


圖 6.32 白天晴天跟車時平均速率

## 2. 實驗組 D2

下圖 6.33 為白天霧天下之跟車行為，有 12 個合理跟車行為樣本。X 軸為挑選出較為合理跟車的駕駛者，Y 軸為其跟車的平均間距，可由圖上看出白天霧天下駕駛者的平均跟車間距較白天晴天下駕駛者的平均跟車間距為穩定，表示在白天霧天的狀況下駕駛者會較為謹慎的跟車，保持一定的跟車間距，以防意外的發生。

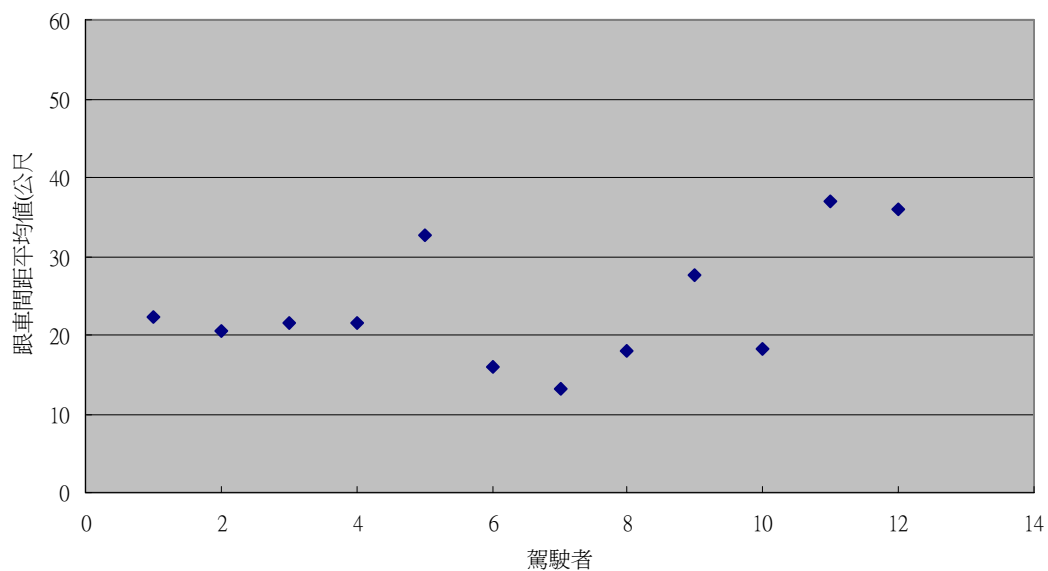


圖 6.33 白天霧天平均間距分布圖

圖 6.34 為白天霧天跟車行為之速率曲線圖，由圖中也可以發現並無明顯的趨勢存在。圖 6.35 為白天霧天下跟車行為

時各駕駛者之平均速率，而由圖上發現駕駛者平均速率大多在 62 到 64KPH 之間。與白天晴天的狀況相比較下，白天霧天的跟車平均速率震盪較小，表示白天霧天的狀況下駕駛者較謹慎跟隨前車，保持一定速率。

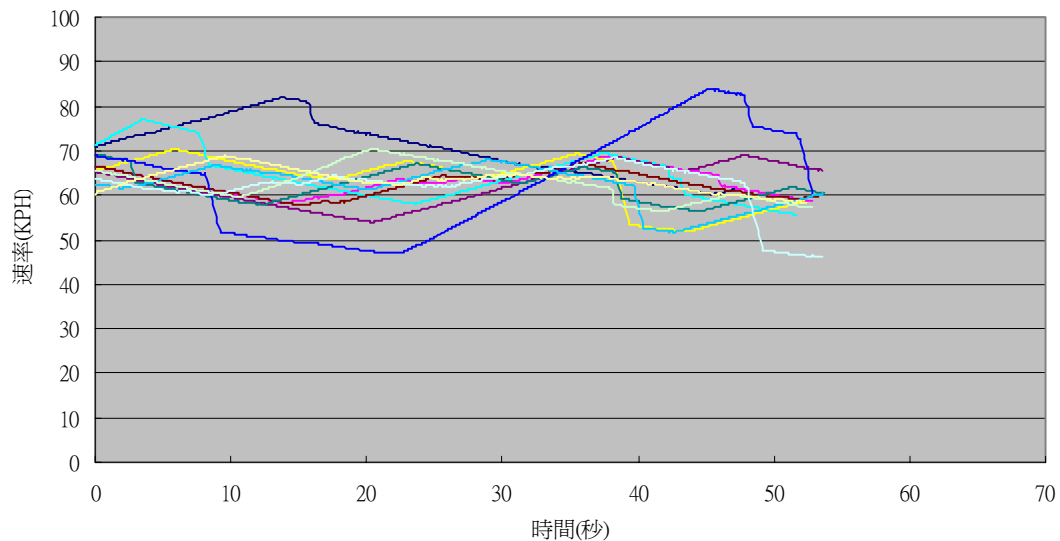


圖 6.34 白天霧天跟車行為速率曲線圖

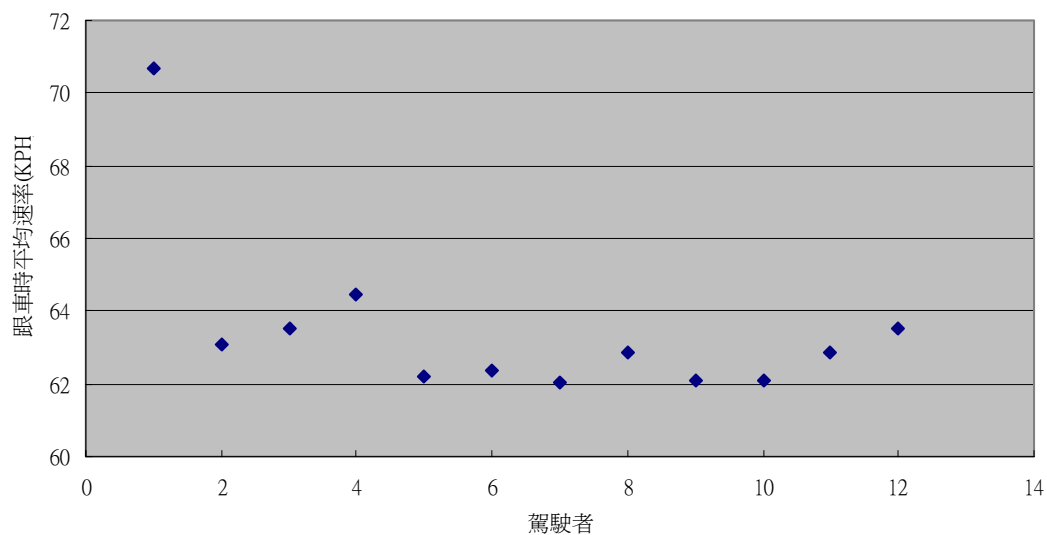


圖 6.35 白天霧天跟車時平均速率

### 3.D 情境綜合分析

為了更清楚的評比特殊天候之跟車行為，下表 6.4 展現白天晴天與白天霧天下跟車間距平均值與標準差，可以發現平均值及標準差差距不大。再者，由表 6.5 展現白天晴天與

白天霧天下跟車行為時速率之平均值與標準差，也可發現其跟車行為下之速率平均值及標準差差距十分接近。其原因可能為在良好天候下，不易要求實驗者完全融入跟車之情境，天候不佳等狀況反而容易量測駕駛人小心翼翼的行為，虛擬實境中霧的效果應如何加以搭配應用，產生更有意義的結果乃值得再深入思考。

表 6.4 白天晴天及霧天跟車間距之比較

	樣本數	平均數(公尺)	標準差
D1 白天晴天	16	27.34	13.54
D2 白天霧天	12	23.70	12.03

表 6.5 白天晴天及霧天跟車行為下速率之比較

	樣本數	平均數(KPH)	標準差
D2 白天晴天	16	63.45	6.30
D1 白天霧天	12	63.48	5.83

### 6.4.3 特殊天候加縱向防撞警示系統之跟車行為

本項目實驗組與對照組主要針對白天霧天下有無縱向防撞系統之跟車行為來作探討。

#### 1. 實驗組 E1

此實驗組乃為白天霧天有縱向防撞警示系統的跟車行為，經過本研究整理後，符合合理跟車行為有 10 個樣本，與前車的跟車間距波動結果如下圖 6.36，Y 軸為跟車間距，X 軸為時間。其實驗規劃與白天晴天的狀況相同，故跟車間距的理想狀況同樣是先下降後上升再下降。實際狀況如圖 6.36 可發現大部分的樣本都符合理想狀況。另外，為了解每一位駕駛者跟車間距最大值及最小值之間的差距，因此由圖 6.36 整理成圖 6.37，此圖可表示跟車間距波動是否很大。

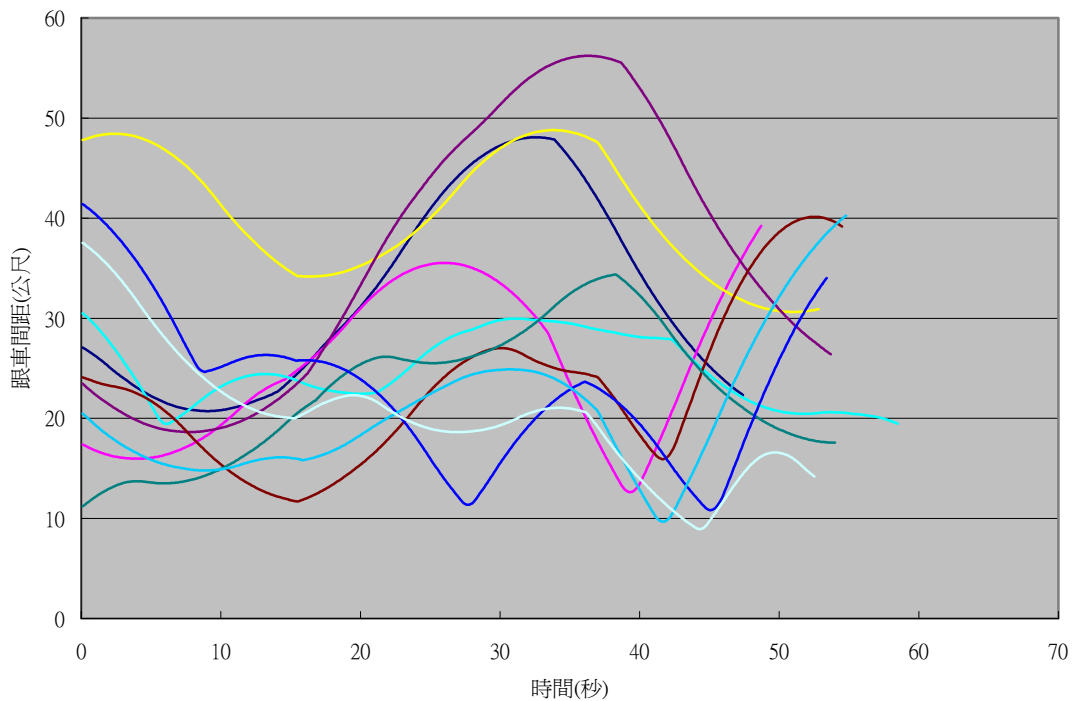


圖 6.36 白天霧天有縱向防撞警示系統之跟車行為

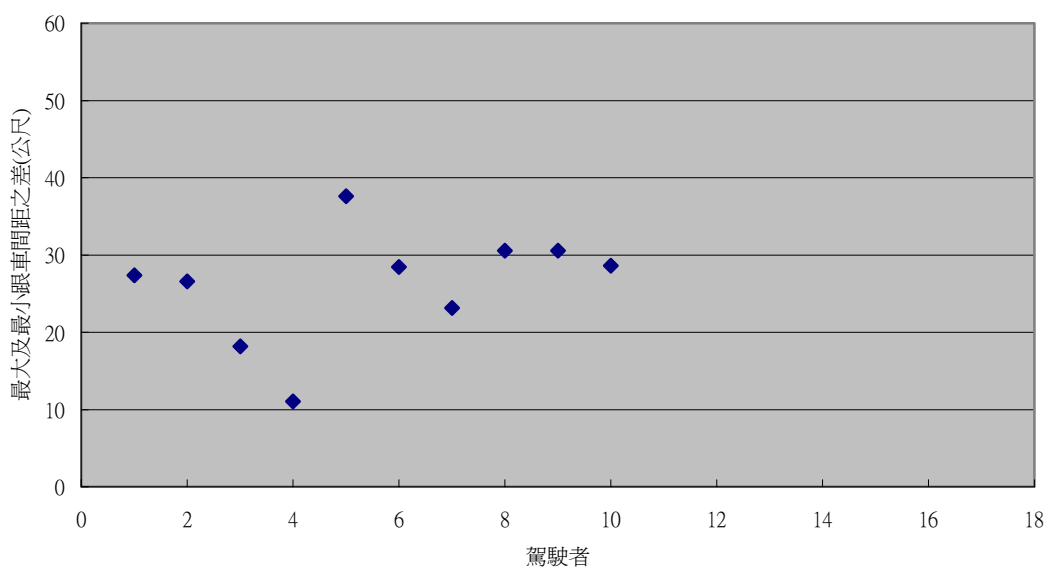


圖 6.37 白天霧天有警示系統最大及最小跟車間距之差距

## 2. 對照組 E2

此對照組乃為白天霧天無縱向防撞警示系統的跟車行為，經過本研究整理實驗結果，符合合理跟車行為有 12 個樣本，其與前車的跟車間距波動結果如下圖 6.38。雖然沒有

縱向防撞警示系統，對照組之理想曲線應該也是先下降後上升再下降，由圖 6.38 可以看出大部分曲線符合理想情況下的推論，但與有警示系統的實驗組來比較的話，可以看出其線條波動較大(圖 6.36)且較為紊亂。不過仍較 B2 白天晴天無縱向防撞警示系統的曲線圖(圖 6.27)穩定許多。

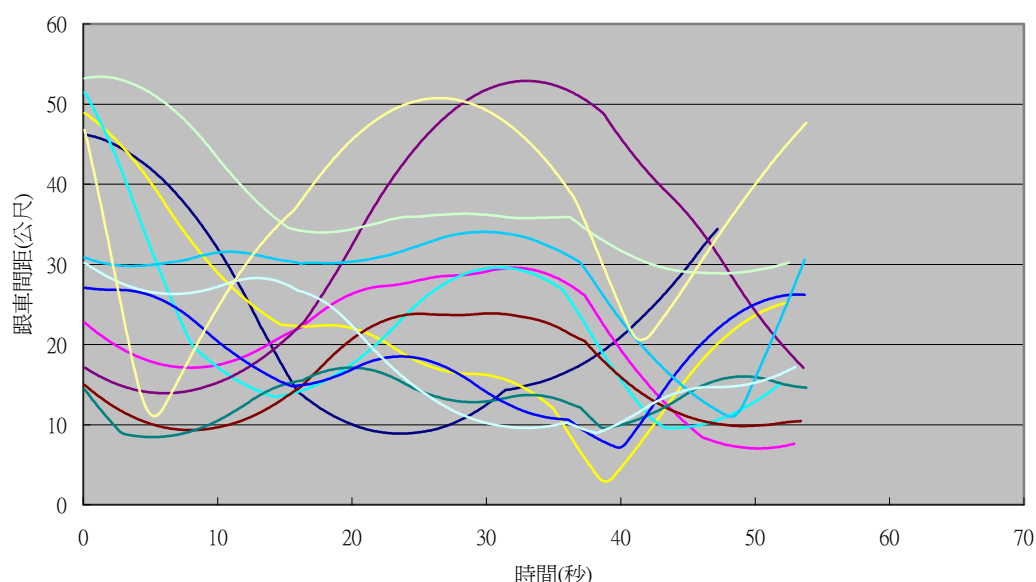


圖 6.38 白天霧天無縱向防撞警示系統之跟車行為

另外，為了解每一位駕駛者跟車間距最大值及最小值之間的差距，因此畫出下圖 6.39，與有縱向防撞警示系統比較，可發現其最大與最小跟車間距之間的範圍較大。此現象表示有縱向防撞警示系統可明確且有效地提醒駕駛者已經低於臨界跟車間距，而駕駛者會自行判斷適當之反應操作，兩者配合之下可使跟車間距的波動較小；若無縱向防撞警示系統，由於前車會加減速，因此僅依靠駕駛者本身之判斷適當跟車間距，故其可能採行過近或過遠的跟車，若前車減速時反應不及或相對速率掌握不當，駕駛者將會緊急煞車，跟車間距將會快速地被拉開，導致較大的跟車間距波動。

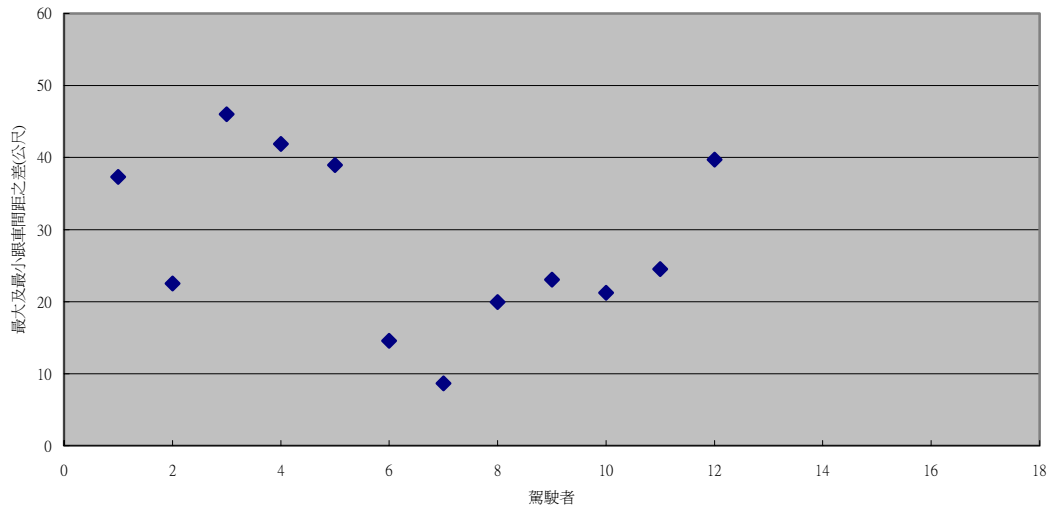


圖 6.39 白天霧天無警示系統最大及最小跟車間距之差距

### 3.E 情境綜合分析

為了清楚的評比白天霧天有無縱向防撞警示系統，故以下表 6.6 表示跟車間距變動狀況。由表 6.6 中可以發現，實驗組樣本跟車間距差最大值及最小值較為集中，而無縱向防撞警示系統的跟車間距差之最大及最小值較為擴散；此外，有縱向防撞警示系統的跟車間距差平均值及標準差皆較小，表示配有警示系統之車輛行車較為穩定且跟車波動較小，而無縱向警示系統之跟車波動較大。

表 6.6 白天霧天縱向防撞警示系統之有無比較

白天霧天	樣本數	跟車間距 最大變動 (公尺)	跟車間距 最小變動 (公尺)	平均值	標準差
E1 有縱向防撞警示系統	10	37.58	11.05	26.20	7.33
E2 無縱向防撞警示系統	12	45.99	8.66	28.20	12.03

下圖 6.40 可以更明顯的看出白天霧天有無警示系統的比較，其 X 軸乃是最大最小跟車間距差距值，Y 軸為累積比率，E1 較為陡峭，表示有警示系統的間距波動較小且較為集中；E2 較 E1 為平緩，表示無警示系統的曲線波動較為擴散。

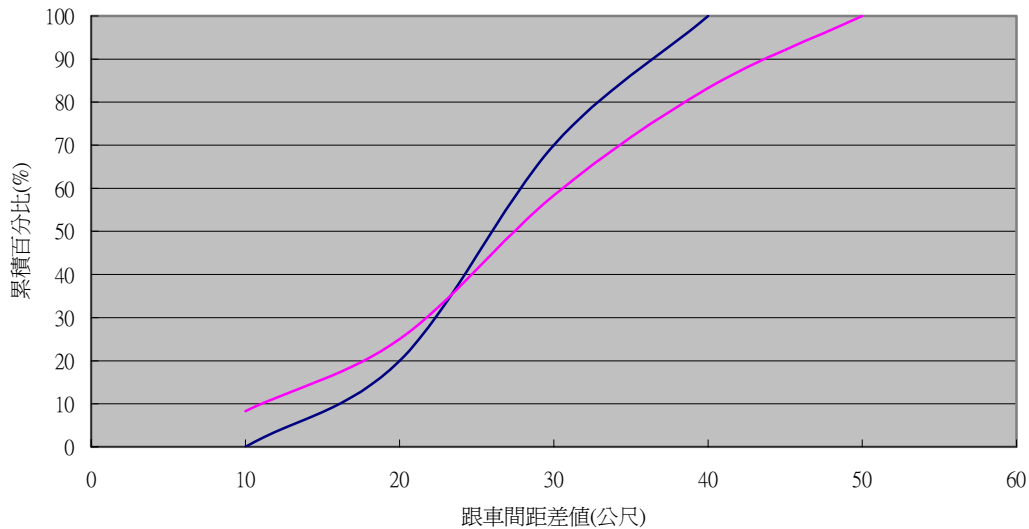


圖 6.40 白天霧天最大及最小跟車間距之累積比率

#### 6.4.4 跟車行為綜合分析

為了更清楚了解各種天候下有無警示系統對於跟車行為的影響，亦即二元因子互相作用之效果，因此將 B1、B2、E1、E2 等實驗以及對照組整理成下圖 6.41。圖中括號內數字分別為跟車間距差值之最小值與最大值，係由表 6.3 及表 6.6 引述而得，由圖中可發現

1. 白天晴天無任何警示協助下(B2)，駕駛人呈現最大的跟車間距差值變動範圍，也就是個人自主性最高之結果；霧天且有警示系統之提醒時(E1)，駕駛人會非常謹慎在意前後車之互動，因此間距差值範圍最小，此即為雙重因子共同發生作用之具體表現。
2.  $B1 \approx E2$ ，表示特殊天候因子與警示系統因子對受測者的影響相當，所以會使 B1 趨近於 E2。
3.  $B2 > E2$ ，B2 之跟車間距差值範圍較大，跟車行為穩定度較低，表示白天晴天駕駛人較會以自主行為來跟車，霧天下駕駛人會較謹慎跟車。
4.  $E1 < B1$ ，E1 之跟車間距差值較小，跟車行為穩定度較高，表示有警示系統下，霧天駕駛者會較謹慎跟車。此即為固定第一因子時，第二因子之影響程度。



圖 6.41 跟車實驗綜合評析

## 6.5 施工路段

此實驗主要探討施工路段車道寬度縮減對駕駛者的影響，車道寬度由 3.5 公尺漸變至 3 公尺，漸變路段長度 150 公尺，施工路段長度 100 公尺，漸變路段前即將速限降為 50KPH，以第一回實驗 30 筆資料當作樣本。為了比較車輛在漸變路段與一般路段的偏移量，將車輛的中心與行駛車道左側的車道線比較，並以兩者距離除以車道寬度，作為衡量指標。

$$\text{車輛偏移衡量指標} = \frac{\text{車輛中心與左側車道線的距離}}{\text{車道寬}}$$

為評比漸變曲線上車輛橫向位移的變化，乃應用上述偏移指標建立評估曲線，如圖 6.42。A 為一般車道上的衡量指標量測點，B 為施工路段起點(及漸變路段尾端之量測點)，X 軸為路段距離，Y 軸為偏移指標，將每位受測者的 A 及 B 量測值連接起來，形成一條直線。此直線之意義為車輛由漸變路段起點以迄於終點處，相對於左側參考基準線之位置，因此就成為對於車道寬度變化掌控能力的評估曲線，若直線呈現水平狀態表示車輛在漸變路段上對車道掌控符合一般車道時對車道的掌控。若直線呈現正斜率，表示車輛逐漸往右偏，導致其與左側車道線距離拉大；若直線呈現負斜率，表示車輛逐漸往左偏，導致其與左側車道線距離拉近。

由資料中可以發現車道寬度由 3.5m 逐漸縮減為 3.0m，評估曲線斜率漸增的個數為 15，即表示到施工路段時會較偏

向右侧。斜率渐减的个数为 15，表示到施工路段时会较偏向左侧。由此可发现偏左跟偏右的人数一样多，但大部分的偏移量都不大，表示驾驶者能藉由渐变路段逐渐熟悉对车道宽度缩减之掌控。

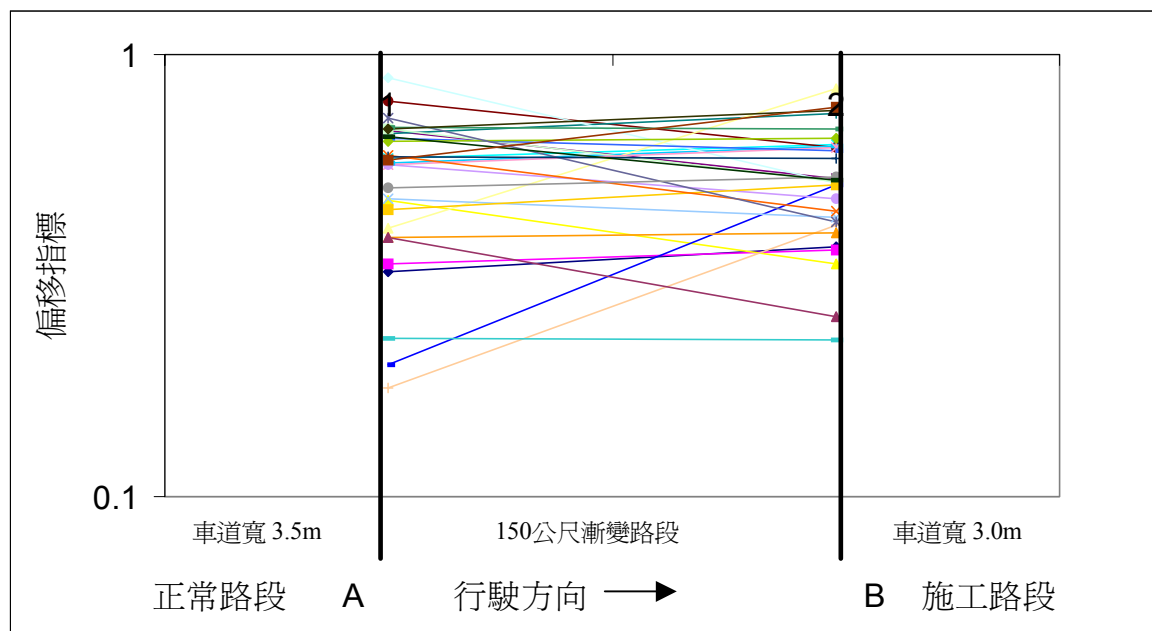


圖 6.42 施工路段駕駛人對車道寬度變化掌控曲線圖

## 6.6 後續研究實驗設計範例

### 6.6.1 車道寬度變化實驗設計

近年來國內屢屢探討公路系統之車道寬度縮減，以增加較多車道，紓解交通量。以國道為例，其初步構想將每個車道的寬度由現在高速公路寬度 3.75 公尺，縮減為 3.60 公尺，縮減的車道寬度配合路肩將成為一車道，因此車道數在現有路權範圍內可由四車道增加為六車道。高公局強調此寬度為安全且可以接受的。

為了解車道寬度縮減對駕駛者的影響，國內汽車駕駛模擬系統的應用已有對車道寬度變化實例分析研究（魏健宏等，民國 90 年），該研究車道寬度變化為 3.5 公尺與 3.25 公尺，情境設計屬一般正常路況下，結果顯示駕駛者於 3.5 公尺與 3.25 公尺車道寬度之駕駛行為並無明顯之差異。而於本研究中施工路段車道寬度縮減部分，車道寬度由 3.5 公尺變為 3.0 公尺，速限為 70KPH，探討駕駛者在漸變路段上的偏

移量，發現駕駛者能藉由漸變路段逐漸熟悉對車道寬度縮減之掌控。

經由上述之實作經驗，本計畫欲利用駕駛模擬系統規劃未來各類道路車道寬度縮減之實例研究，包含高、快速道路、一般公路、市區主要幹道等，探討駕駛者在不同車道寬度之駕駛行為，並配合交通部頒「公路路線設計規範」車道寬度相關設計速限如下表 6.7。本研究認為車道寬度變化乃漸進式，合理之情境乃由 3.75 公尺降至 3.50 公尺，再由 3.50 公尺降至 3.25 公尺，再由 3.25 公尺降為 3.00 公尺，各正常路段中間皆有漸變路段銜接。

表 6.7 車道寬與設計速限對照表

設計速率(KPH)	每車道寬(M)
速率 $\geq 80$	3.50-3.75
$50 < \text{速率} < 80$	3.25-3.75
速率 $\leq 50$	3.00-3.75

資料來源：公路路線設計規範

車道寬度變化對安全的影響主要有兩項可衡量之指標，一為在正常路寬路段上的車速，由不同車道寬度受測車輛的車速可了解車速與車道寬度是否有影響，駕駛者是否會因為車道寬度縮減而產生壓迫感，導致其車速降低；二為在漸變路段上的偏移量，由受測車輛在漸變路段上偏移的程度，了解是否駕駛者能依循漸變路段線形的改變，平順地進入車道寬度縮減的路段。

主要的實驗設計可分為兩部分，第一部分為正常車道寬度的車速衡量，如下表 6.8。第二部分的實驗設計主要針對車輛在漸變路段上之駕駛行為，評估在各車道寬度變化時(如由高快速公路進入一般性公路)，駕駛者是否能依循漸變路段逐漸熟悉對車道寬度縮減的掌控。此實驗設計乃分為三組實驗組與對照組，以比較相鄰兩路段之漸變路段偏移量的變化。相關的實驗設計如下表 6.9。

表 6.8 不同車道寬度車速衡量之實驗/對照組

實驗組 1	實驗組 2	實驗組 3	對照組
車道寬度為 3.5m，路肩為 2.75m	車道寬度為 3.25m，路肩為 2.75m	車道寬度為 3.0 m，路肩為 2.75m	車道寬度為 3.75 m
單向三車道	單向三車道	單向三車道	單向三車道
速限為 80KPH	速限為 60KPH	速限為 50KPH	速限為 80KPH
高快速公路	一般公路/幹道	市區道路	高快速公路
收集資料：本車車速			

表 6.9 車道寬度變化實驗/對照組

實驗 1		實驗 2		實驗 3	
實驗組 1	對照組 1	實驗組 2	對照組 2	實驗組 3	對照組 3
車道寬度由 3.75 m 變成 3.5m，路肩為 2.75m	車道寬度為 3.75 m	車道寬度由 3.5 m 變成 3.25 m，路肩為 2.75m	車道寬度為 3.5m	車道寬度由 3.25 m 變成 3.0 m，路肩為 2.75m	車道寬度為 3.25m
單向三車道		單向三車道		單向三車道	
速限為 80KPH		速限為 60KPH		速限為 50KPH	
高快速公路		一般公路/幹道		市區道路	
收集資料：車輛偏移衡量指標					

關於場景設計部分，相關示意圖如下圖 6.43。每個正常路寬直線路段長度約為 500 公尺，使駕駛者能恢復其在直線路段上的正常駕駛行為，以量測其正常駕駛行為下之車速，若要評估跟車情形時應以 1 公里為宜。場景開始以車道寬度為 3.75 公尺之直線路段，設立速限為 80KPH 之標誌，之後經由漸變路段將每車道寬縮減為 3.50 公尺，漸變路段長度依據設置規則至少約為 37.5 公尺；接著為每車道寬度 3.50 公尺單向三車道，在接近漸變路段前應設置速限 60KPH 的標誌，以告知駕駛人減速，漸變曲線長度至少約為 18 公尺，之後為每車道 3.25 公尺單向三車道路段，而接近下一段漸變段時應設置速限 50KPH 的標誌，以告知駕駛人減速。下一段漸變段長度至少應為 13 公尺，連接每車道 3.00 公尺單向三車道路段，路段長度為一公里。為期正確地衡量車道寬度縮減所致之壓迫感，場景內宜適時適量地呈現符合車速之系統車於相鄰車道，較接近真實環境，且避免無謂之變換車道。

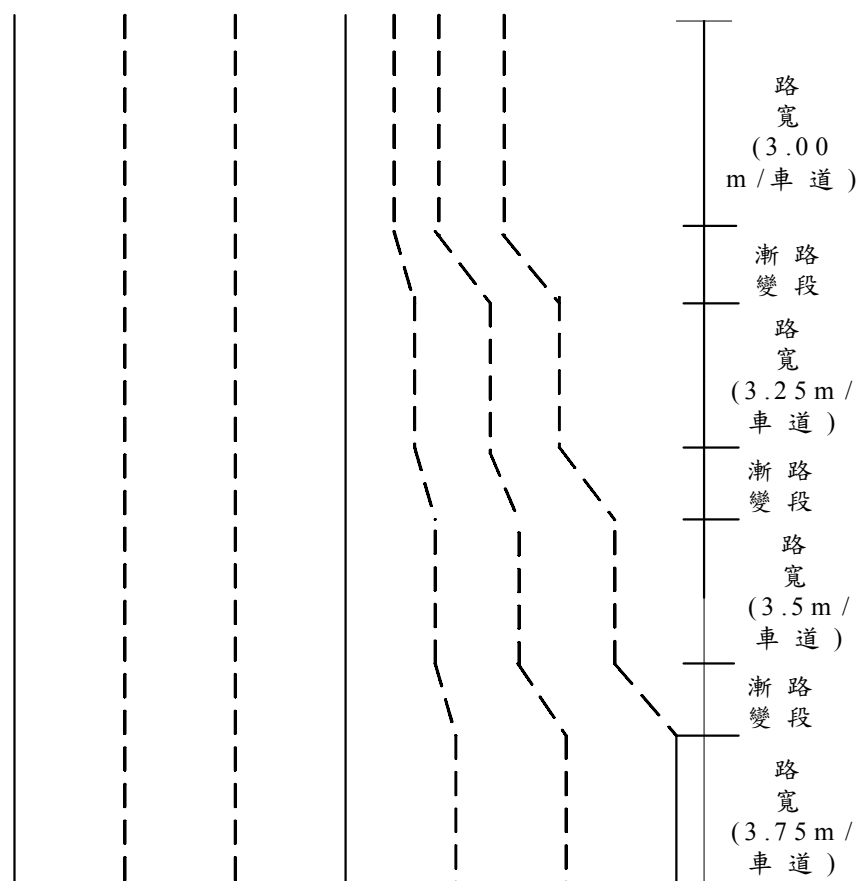


圖 6.43 車道寬度縮減場景之示意圖

由於此車道寬度不同有兩項評估指標，第一評估指標為本車車速，由車速在路段中的平均值，可看出實驗組與對照組之間是否有明顯差異，車速量測結果亦可驗證表 1 之車道寬與設計速限對照表。第二種評估方式可參照本研究 6.5 施工路段寬度縮減之探討，其比較車輛在漸變路段與正常路段的偏移量，構建偏移衡量指標。

$$\text{車輛偏移衡量指標} = \frac{\text{車輛中心與左側車道線的距離}}{\text{車道寬}}$$

而為評比漸變路段上車輛橫向位移的變化，乃應用上述偏移指標建立評估曲線。如本研究實例分析施工路段部分，此直線之意義為車輛由漸變路段起點以迄於終點處，相對於左側參考基準線之位置，若直線呈現水平狀態表示車輛在漸變路段上對車道掌控符合正常車道時對車道的掌控。若直線呈現正斜率，表示車輛逐漸往右偏，導致其與左側車道線距離拉大；若直線呈現負斜率，表示車輛逐漸往左偏，導致其與左側車道線距離拉近。

### 6.6.2 多車道不同速限實驗設計

交通部高速公路局宣布自 90 年 12 月 1 日起，國道中山高速公路除基隆汐止南下路段與部份施工路段外，全線速限統一為 100 公里。高公局指出，經全面檢討高速公路的速限後，交通部已正式核定高公局提報的高速公路速限調整方案。各國道除施工路段、長陡坡下坡路段、收費站區等特殊路段外，國道一號（中山高）除基隆至汐止南下路段速限維持現行的 70 公里外，其餘路段速限調整為每小時 100 公里。另外，二十噸以上大型車輛行駛於速限每小時 100 公里路段時，速限必須較一般車輛降低 10 公里。因此產生了一些相關的議題，若有過多的慢速車或大型車將阻礙高速公路上車輛的行進，因此高公局準備利用各車道速限不同的方式以使較快的小型車行駛於內側車道，其內車道速限可提高至 110 公里，中間與外側車道速限維持 100 公里，給予其他較慢車輛及大型車行駛。

欲利用駕駛模擬系統來探討車道速限不同時可能產生之問題，其中最有可能會發生安全顧慮的狀況在於變換車道的過程情形。當兩車道速限不同時，變換車道需特別考量鄰車道的速度等問題，因此本研究規劃車道速限不同時，駕駛者欲變換車道時的影響。參照過去的變換車道相關研究，歸納出變換車道的影響變數，如下表 6.10。

表 6.10 變換車道影響變數

研究者	地點	採用變數
黃運貴(民 76 年)	一般道路	兩車距離、速率、車流量
李宇欣(民 77 年)	高速公路	本車車道車速、兩相鄰車道之相對速率
張家祝等(民 78 年)	高速公路	本車與前車速率差、距離差，併入車道前車速率差、距離、併入車道後車時間間距
廖晉德(民 81 年)	一般道路	本車速率、本車與前車車速差、位置差及鄰車道前車車速差、位置差以及鄰車道後車車速差、位置差均有密切關係
何志宏(民 81 年)	一般道路	前後車速率差、距離差、所處路段位置及具有冒險因子與否
賴淑芳(民 82 年)	進口匝道	間距、距加速車到終點距離及匝道車輛速率
曹壽民等(民 83 年)	入口匝道	本車速率、併入車道前車車速、距離、併入車道後車時間間距

研究者	地點	採用變數
陳柏榮(民 83 年)	高速公路	本車道前車距離、速率、鄰近車道前車時間間距、距離、鄰近車道後車時間間距、距離
黃泰林(民 83 年)	一般道路	本車與前車速率差、距離差、鄰車道前方 20m 與後方 15m 內之平均動態車速
Hunt and Lyons(1994)	高速公路	本車與鄰近四車之距離、本車車速
林鄉鎮(民 86 年)	高速公路	本車與前車速率差、距離差、期望速率
陳奕志(民 87 年)	高速公路	本車道前車速率與距離、鄰車道前後車之速度與距離、本車車速

資料來源：Wei. C. H.(2001) "Developing Freeway Lane-Changing Support Systems Using Artificial Neural Networks," Journal of Advanced Transportation, Vol. 35, No. 1, pp.47-65.

由以上參數可規劃出各車道速限不同的實驗設計，由於變換車道需要較長之實驗路段，因此至少須給予 2.5 到 3 公里的單向高快速公路路段，並放入若干之系統車。因台灣地區高速公路容量依據交通部運研所的台灣地區公路容量手冊中可達 2000-2200 輛/小時-車道，但欲使受測駕駛者不因車流量過大無法變換車道，而又不因車流量過小致無法分析駕駛者變換車道之交通安全問題，因此本研究以每車道流量為 1500 輛/小時來分析受測駕駛者在各車道不同速限下變換車道的影響。為使系統車具有符合實際狀況之動態分佈特性，引用賴淑芳(民國 82 年)研究分析，主線車流間距呈伽瑪與常態分配，其中以常態分配較佳。因此，本研究乃設定主線車道車流之間距為常態分配，利用亂數產生器得出主線車輛依序產生之間距，其程式撰寫可參考鍾炳煌(民國 91 年)：

以時間間距表示之

車輛到達模式：常態分配， $\mu$  由流率推估

$$\sigma = \frac{\mu - A}{3}, A \text{ 為最小跟車間距}$$

實驗情境設計可分為兩部分，如表 6.11 所示一為由速限較高之內車道變換至速限較低之中間車道，其示意圖 A，(a) 為變換車道前之示意圖，(b) 為變換車道後之示意圖。實驗開始時設定駕駛者行駛於速限較高之內側車道，並提醒駕駛者於下一出口匝道離開高速公路，於開始後 200 公尺處設置出口匝道的標誌，乃自然呈現由內側向中間變換車道之情境。

各車道速限應於實驗路段開始處繪置於各車道上，並每隔 500 至 800 公尺處提醒駕駛者遵照速限行車。內側車道的前車與後車保持固定車速為 110 公里，右側鄰車保持固定車速為 100 公里。由內側車道變換至外側車道的情境設計最可能發生的危險乃是由於車道車速較外側車道車速不同，因此在變換車道時，可能因駕駛者對間距或速率判斷不良，而發生追撞鄰車的危險。由於內側車道速限較高，圖 6.44 之本車被右鄰後車追撞之可能性較高。吾人可由實驗中意外發生次數的多寡或安全間距過短的發生頻率，以判斷各車道速限不同是否對交通安全有所影響。

表 6.11 高速公路車道速限不同之實驗/對照組

實驗組	對照組
內側車道速限為 110KPH 中間車道速限為 100KPH	各車道速限皆為 100KPH
單向三車道	單向三車道
單一車種	單一車種
車流量為 1500 輛/小時-車道	車流量為 1500 輛/小時-車道
收集資料：本車道前車距離與速率、鄰車道前後車速率與距離、本車車速、方向盤轉動、相對車速、失敗次數	

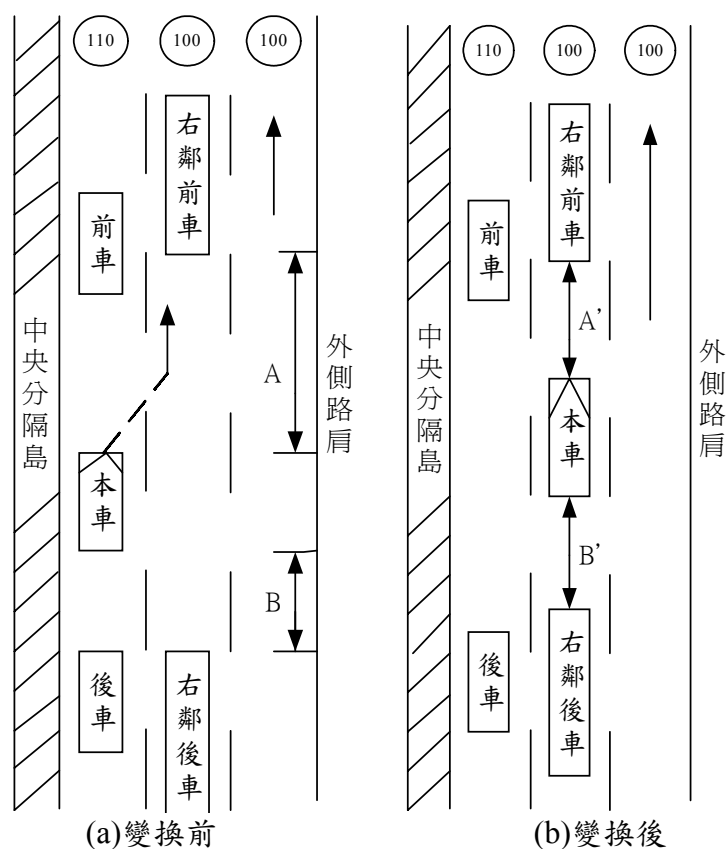


圖 6.44 內車道變換至中車道情境設計示意圖

情境設計的另一部分為由車速較慢之中間車道變換至車速較快之內側車道，如圖 6.45 所示。開始時告知駕駛者行駛於速限較低之中間車道，由於前車車速設定為 90 公里(低於速限 100 公里)，使駕駛者因前車速率過慢，而變換至車速較高之內側車道。其他關於速限的設置以及鄰車速率與車間距皆與圖 A 情境設計相同。由中間車道變換至內側車道的情境設計最可能發生的危險乃是由於中間車道車速較外側車道車速為快，因此在變換車道時，可能會有駕駛者遭到內側後車追撞。與前一情境相同，可統計其意外發生次數判斷各車道速限不同是否對交通安全有所影響。

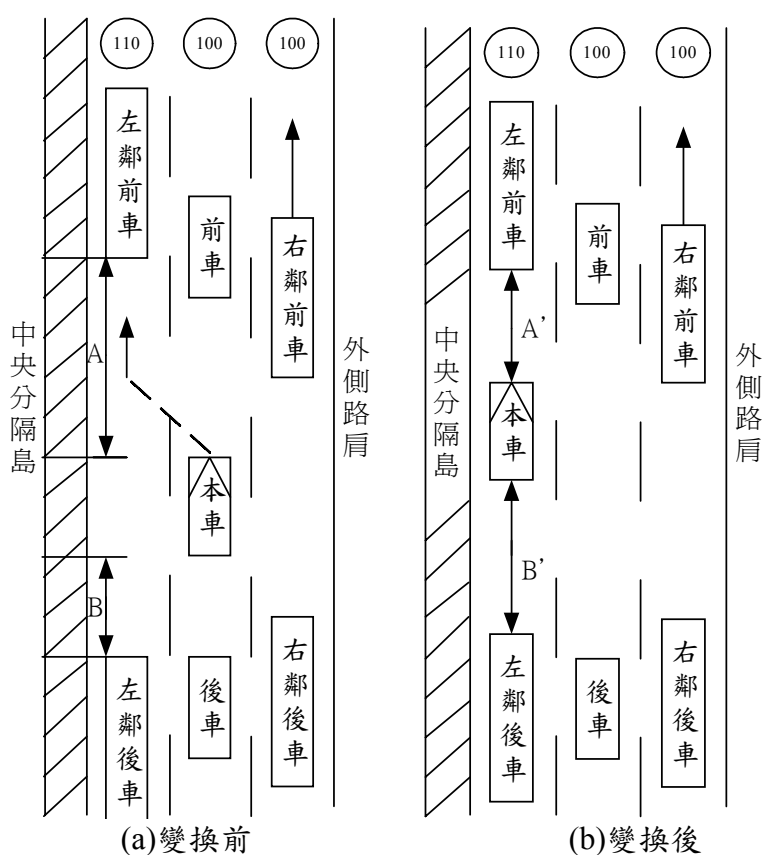


圖 6.45 中間車道變換至內車道情境設計示意圖

本實驗蒐集之交通資料如表 6.11 所示，交通安全之評估方式主要可分為以下幾種：

#### 1. 變換車道決策時之前車間距與鄰車道前後車間距

本研究對於變換車道決策時點的判斷以方向盤轉動的前一秒為主要的判斷點，乃因感識到決策的過程約為一秒鐘。故蒐集此一秒內受測車輛與前車間距、與鄰車道前車間距 A、與鄰車後車間距 B，並與對照組作比較，可評估速限

不同時是否有顯著差異，且判斷其是否小於合理間距，而有潛在危險性。

## 2. 變換車道時與鄰車道之前後車間距

如何以變換車道過程受測車輛與鄰車道前後車間距來評估各車道速限不同的影響？本研究以車輛變換車道時車身碰到車道線為時間起始點，至車輛保持在變換車道上為時間迄點，在此時間內探討受測車與鄰車道前車間距  $A'$  及鄰車道後車間距  $B'$ ，以此時段內最小間距為衡量指標，分析樣本數中衡量指標有多少百分比低於合理間距，與對照組是否有明顯差異。

## 3. 車速變化

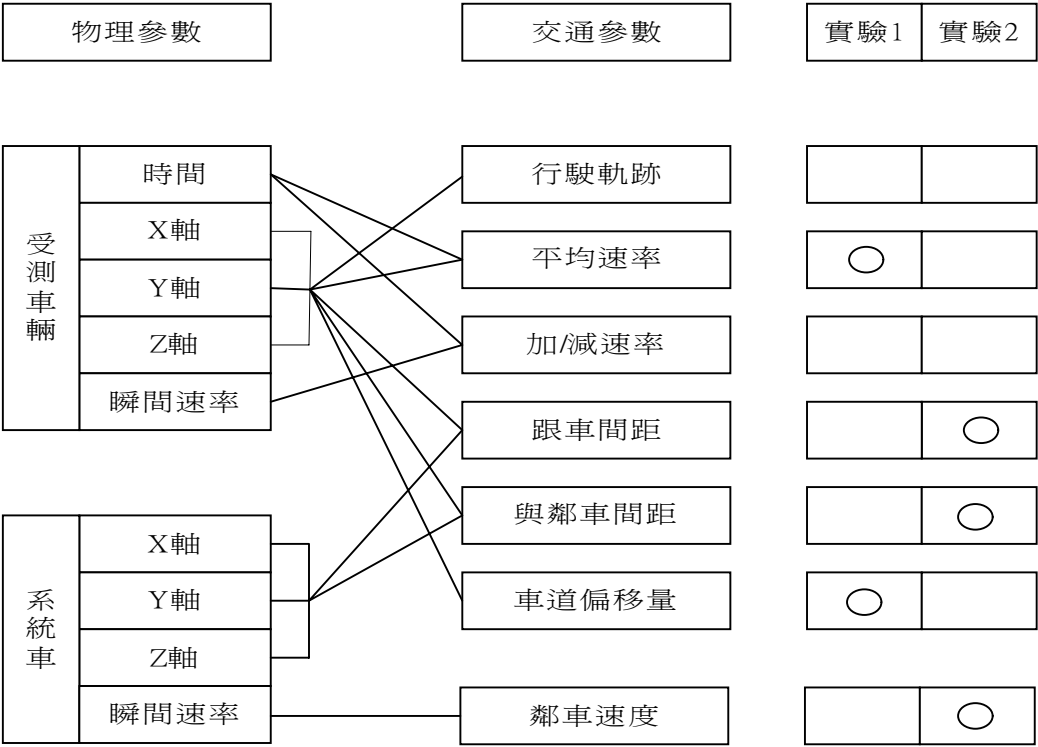
由於各車道速限不一，因此欲變換車道時，車速的變化將是一重要指標，可繪製變換車道期間受測車輛速率變化的情形，評估是否駕駛人可平穩地減速或加速來變換車道。

## 4. 失敗次數

由失敗次數中可直接判斷各車道不同速限對運輸安全的影響，且各種失敗原因可逐一探討，以釐清是否因各車道不同速限所導致的失敗結果，或是駕駛者自身的駕駛行為。

### 6.6.3 參數對照表

配合 5.4.2 節的實驗參數部分，圖 6.46 表現以上兩各實驗之參數對應，以方便後續實例研究。實驗 1 表示車道寬度縮減實驗，實驗 2 表示車道速限不同之實驗設計。



## 七、結論與建議

### 7.1 結論

本計畫之主要成果在於規劃現有汽車駕駛模擬系統之應用發展計畫及時程，以便未來陸續完成發展計畫各項目的開發。目前汽車駕駛模擬器已初步應用在相關交通課題，但尚未有效地發揮應有功用及成果。因此本計畫評析駕駛模擬器應用發展之分期計畫，並就現階段駕駛模擬器之功能，擬定與交通安全、ITS 相關性高的實例應用課題，並探討人因特性與實驗設計，進行嚴謹的資料收集、分析，最後展現若干應用課題之實例驗證結果。茲將本研究之具體結論由三方面分別陳述。

#### 1. 汽車駕駛模擬系統應用發展時程

此次計畫中回顧了國內、外汽車駕駛模擬系統之發展與應用現況，整理出駕駛模擬系統之應用及發展時程，將汽車駕駛模擬系統應用部分分為人、車、路、ITS 子系統等項目，並在各項目下發展其應用課題，如車輛應用課題部分，包括是否在場景中加入其他車輛、車流行為等。而發展時程分為短期(1-3 年)、中期(4-6 年)、長期(7-10 年)。並將應用及發展時程各子項目之優先性及必要性利用問卷方式詢問國內產、官、學、研各界之交通相關單位及專業人士之意見，整理問卷中各專家學者意見，最後統整出各子項目之優先性，作為未來發展駕駛模擬系統之依據。

本計畫也針對發展時程初期部分相關應用課題進行實例研究，如：特殊天候、ITS 服務項目、以及施工路段等進行探討，評估各實例研究應用課題之有效性，也顯示了駕駛模擬系統應用發展時程初期已有部分子項目可由國內技術達成，且實例研究分析結果也顯示駕駛模擬系統能有效地展現預期的情境，模擬的結果大致符合人因特性與相關學理，更加確認未來繼續投入後續研究的價值。而未來應逐漸加強中期、長期之技術研發以及實驗情境的合理設計，以使駕駛模擬系統可真實模擬實際世界之情境，使其實驗結果更具有效性，也較能夠幫助國內發展 ITS 智慧型運輸系統與改善國內交通環境。

## 2.汽車駕駛模擬系統軟體技術與硬體設備

汽車駕駛模擬系統之硬體設備為前期計畫所建置的油壓六軸平台配合三組 PC、三組單槍投影機以及三組 150 英吋之電動珠光銀幕，並整合網路同步連線技術將虛擬駕駛場景分別投影在珠光銀幕上，以使操作者更能融入模擬系統所建構的廣角虛擬駕駛場景環境中。在控制介面上，無論是訊號接收介面卡或是六軸控制介面卡，皆是利用 8051 晶片所控制，採用 RS232 之標準與個人電腦進行溝通。

駕駛模擬系統軟體是利用 VC++ 所撰寫，配合 Comsoplayer 瀏覽器以展現虛擬場景。主要在三頻視覺系統是利用網路技術來達到三個銀幕場景同步的效果，在本期計劃中以 DirectPlay 取代前期計劃 Winsock 來撰寫網路通訊同步程式。

關於虛擬實境場景部分，本研究以 3DS 繪製各路段，匯入 Comsoworld 產生虛擬實境，且改善過去經常重新繪製場景的缺失，使此次場景具有擴充性。再者，欲使其符合真實道路狀況，改善過去場景之不足，因此場景中道路設施擴充為雙向行車與號誌管制，且加入交叉路口及 T 字路口，以較為符合真實道路情形。

關於路線設計部份，原先考慮實驗過程的隨機性等要求，期望實驗路徑能夠隨機地分配給不同駕駛人，使每位受測者在不同的路徑下做完所有實驗，但由於場景規模將超出現有個人電腦之負荷，且每位駕駛人的實驗時間長短不一，因此改為配合拉丁方格法，使每位駕駛者起點不同，實驗項目順序亦不同，以達成統計的隨機性。另外關於場景路線由於要加入市區道路及郊區道路，又要配合各項路口以符合實際情形，因此將場景設計為一類似田字型的路網，中間十字型的部分為市區主要道路，四周的部分為都會區快速道路，以配合各項實驗路段。

本研究亦著力於開發程式以控制車流。跟車實驗部份為使受測者有跟車行為，將兩旁車輛對實驗車進行包覆作用，使受測駕駛者無法超車，僅能進行跟車行為。另外監控程式中也加入了碰撞效果，若在實驗路段、彎道以及施工路段產生與周邊車輛發生碰撞、或與中央分隔島、外側護欄、施工錐等發生碰撞，將會有指示顯示駕駛者實驗失敗，並將車輛

停止。

關於 ITS 應用方面係著重於車內警示系統，以 VC++ 程式計算前後車之動態間距與相對速率，並與臨界跟車間距對比，確保在跟車行為時警示系統之設計以最小臨界跟車間距給予警示。此外，彎道、各路口及特殊天候下皆會給予適當提示或警告。

本研究所規劃之應用課題中有部份也是產業界及其他相關領域所重視，故急需各界投入開發駕駛模擬系統，以使各項課題能夠具體實現，尤其是可移動式實驗室，將駕駛模擬系統建置於大型車輛上，不僅提高便利性且直接深入群眾，同時亦可吸引更多從事駕駛模擬系統之相關單位，提昇駕駛模擬系統在國內之實務應用能力，亦可縮短駕駛模擬系統發展之時程。另外也應與其他偵測設備作結合，如眼球、心跳等生理偵測設備，可即時收集駕駛者各種情緒及生理之反應，擴大駕駛模擬系統之應用範圍。

### 3. 實例分析

此次規劃的五種實驗情境，跟車行為及彎道開缺口處待轉車之實驗可以評估 ITS 設備對駕駛者之影響，另外施工路段及特殊天候下的跟車行為乃看出駕駛者在惡劣情況下之駕駛行為，以便改善交通安全。再者，為強調虛擬實境可真實模擬現實世界，因此加入了特殊天候，且為配合將來 ITS 的發展，加入車內警示系統，以使駕駛模擬系統之發展符合未來世界之潮流。本研究也探討了此次實驗系統驗證的部分，結果顯示受測者在經過一定次數的練習後，在駕駛模擬系統上皆能有較平穩的駕駛表現，因此可確定本虛擬實境駕駛模擬系統具有穩定可靠的系統特性。

而此次的五種實驗情境結果，包含單因子與雙因子特性分析，大部分的結果皆為明確且合理的實驗成果。但由於本研究跟車實驗之合理樣本數較少，故利用基本統計值說明相關特性，而其餘實驗有足夠樣本數才利用統計檢定來說明之。結論可以分作以下三個部分來綜合說明。

- (1) 彎道路段缺口處待轉車，此實驗情景結果由於大部分受測者皆行駛外側車道，故有無警示系統之速率及車輛橫向位置偏移量皆不大。但配備警示系統時，駕駛者有較

充裕之反應時間及操作時間，因此速率變動較平緩，不易受待轉車輛之影響。此外，可能由於警示資訊之顯示，實驗組鮮有車輛由外側變換至內側車道，無形中促使車流較為穩定，亦有益於交通安全。

- (2) 跟車行為，跟車行為部分主要分為特殊天候下以及有無警示系統的部分，由結果中可以發現不管任何天候下，有警示系統之跟車行為較為穩定；另外白天晴天駕駛者會較自主性的跟車，而霧天下駕駛者會較謹慎跟車。
- (3) 施工路段，實驗結果顯示大部分受測者車道的偏移量都不大，表示駕駛者可藉由漸變路段逐漸熟悉對車道寬度縮減的掌控。

另外，本研究亦提供兩種後續研究實驗設計範例，一為車道寬度縮減之實驗設計，二為車道速限不同之實驗設計，期能有利於未來駕駛模擬系統之應用。

## 7.2 建議

經由此計畫的過程以及實例結果分析中歸納出以下幾點建議：

### 1. 汽車駕駛模擬系統應用發展時程

此次計畫在汽車駕駛模擬系統應用及發展時程部分，經由整理問卷後發覺，國內專家學者發展重點與國外的駕駛模擬器發展重點有某些觀點上的差異，因為國內有自身的本土化交通特性，未來在發展駕駛模擬系統時，應考量本土化的駕駛及交通特性，以便能更符合實際本土的交通行為。而為使駕駛模擬系統逐步發展以跟上國際腳步，未來應繼續朝著本計畫中所擬定之汽車駕駛模擬系統之短、中、長期目標前進，以使台灣之汽車駕駛模擬系統技術與應用能跟上世界先進國家之腳步。各階段之優先性課題仍宜就當時政策方向、科技水準及其他主客觀環境因素，再作權衡。

### 2. 汽車駕駛模擬系統軟體技術與硬體設備

- (1) 目前駕駛座艙為開放式平台，雖然可以令駕駛人擁有廣大的視野，但卻與真正的駕駛情況仍有一段差距，故未

來建議利用包覆式駕駛座艙來代替目前的開放式座艙。

- (2) 目前的投影布幕是利用三個投影布幕所結合的，在接縫的處理要特別注意，否則會出現兩個布幕之間的場景無法銜接，因此建議可採用完整無接縫之單一大型布幕。
- (3) 此次部份實驗中的車內警示系統是顯示在投影場景中，未來應符合實際狀況，在駕駛座艙內架設實際 LCD 螢幕。
- (4) 此次場景因具有擴充性，故未來研究或計畫可利用此場景再加以擴充，不需重新繪製新場景。
- (5) 程式部分未來應逐步將符合國內特性之車流模式加入，以便車輛的流動較符合真實特性。

### 3.實例分析

關於實驗分析結果中，各情境之相關建議：

- (1) 彎道路段缺口處待轉車，由於大部分受測者都行駛於外側車道，故結果並不十分顯著，未來應加入外車道車輛給予駕駛者部分的壓迫感，使其更能了解警示系統之實際作用，也較符合真實狀況。
- (2) 跟車行為，本次受測者實際有跟上前車之合理樣本數較少，故未來實驗中應多考慮如何督促駕駛者跟上前車，以符合實際交通狀況。
- (3) 施工路段，施工路段處的實驗結果發現車輛對車道的偏移量不顯著，故未來施工路段應確實依相關規定設置各種施工標誌及調整道路幾何線形，以使駕駛者可穩定掌控車道。



## 參考文獻

1. Comte, S. L. (2000) "New system: new behaviour?" *Transportation Research Part F*, Vol. 3, No. 2, pp. 95-111.
2. Comte, S. L. and Jamson, A. H., (2000) "Traditional and innovative speed-reducing measures for curves: an investigation of driver behaviour using a driving simulator," *Safety Science*, Vol. 36, pp. 137-150.
3. Deatherage, B. (1972). Auditory and other sensory forms of information presentation. In H. Van Cott and R. Kinkade (eds.), *Human engineering guide to equipment design* (rev. ed.). Washington, DC : Government Printing Office.
4. Dissanayake, S. and Lu, J. J. (2001) "Effect of larger stop signs on older drivers," Presented at the Transportation Research Board 80<sup>th</sup> Annual meeting.
5. Donikian, S. et al. (1998) "Simulation studies on the impact of ACC," 5<sup>th</sup> World Congress on ITS.
6. Eccles, K. A. et al. (2000) "Safety effects of fluorescent yellow warning signs at hazardous sites in daylight," *TRB Paper No.*: 01-2236.
7. Eisenstein, P. (2001) "Driven to distraction," *Professional Engineering (Edmunds)*, Vol. 14, No. 16, pp. 34-38.
8. Falkmer, T., Nilsson, L., and Törnros, J. (1998) "Detection and identification of information presented peripherally inside the car," *VTI rapport 461A*.
9. Goto, Y. et al. (1999) "A prototype of smartways in ITS simulator," 6<sup>th</sup> World Congress on ITS.
10. Hakamies-Blomqvist, L. et al. (1999) , Good validity between driving simulator and field studies for experienced car drivers. The simulator is unsuitable for persons who have difficulties driving, *VTI rapport 464*.
11. Hoedemaeker, M. (2000) "Driving with intelligent vehicles-driving behaviour with ACC and the acceptance by individual drivers," 2000 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings

Dearborn (MI), USA.

12. Horiguchi, A. and Suetomi, A. (1995) "A Kansei engineering approach to a driver/vehicle system," *International Journal of Industrial Ergonomics* (London), Vol. 15, pp. 25-37.
13. Huang, H. F. et al. (2000) "Evaluation of lane reduction 'road diet' measures on crashes and injuries," *TRB*.
14. Ikawa, M. et al. (1998) "Simulation environment for ITS – Real time 3D Simulator," 5<sup>th</sup> World Congress on ITS.
15. Kirk, A. and Stamatiadis, N. (2001) "Crash rates and traffic maneuvers of younger drivers," *Transportation Research Board, 80 th Annual Meeting*.
16. Matsumoto, K. et al. (1999) "The evaluation by driving simulator on human behavior in traffic congestion," 6<sup>th</sup> World Congress on ITS.
17. Miichi, Y. et al. (1999) "Development of Mitsubishi Driver Support System," 6<sup>th</sup> World Congress on ITS.
18. Mizutani, H. et al. (1999) "Simulation study of the accident reduction effect with Advanced Cruise-Assist Highway System," 6<sup>th</sup> World Congress on ITS.
19. Moyer, J. (2001) "New driving simulator makes testing efficient," *Research and Technology Transporter*.
20. Murata, S. et al. (1999) "Evaluation system of Advanced Cruise-Assist Highway System (AHS) in Japan," 6<sup>th</sup> World Congress on ITS.
21. Ranney, T. A. et al. (1999) "Prolonged exposure to glare and driving time: effects on performance in a driving simulator," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 31, pp. 601-610.
22. Roge, J. et al. (2001) "Variations of the level of vigilance and of behavioural activities during simulated automobile driving," *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 33, No. 2, pp. 181-186.
23. Sarvi, M. et al. (2001) "A study on freeway ramp merging phenomena in congested traffic simulation by traffic simulation combined with driving simulator," 8<sup>th</sup> World Congress on ITS.
24. Suetomi, T. et al. (1999) "Driver evasive maneuver in Advanced

- Cruise-Assist Highway System (AHS),” 6<sup>th</sup> World Congress on ITS.
25. Tokunaga, R. A. et al. (2000) “Cellular telephone conversation while driving—effects on driver reaction time and subjective mental workload,” TRR 1724, pp. 1-6.
  26. Törnros, J. (1998) “Driving behaviour in a real and a simulated road tunnel- A validation study,” Accident Analysis and Prevention, Vol. 30, No. 4, pp. 497-503.
  27. Törnros, J. (1999) Tranquillisers, hypnotics and car-driving, VTI rapport 425A.
  28. Ueno, H. et al. (1998) ”Report on the advanced safety vehicles,” 5<sup>th</sup> World Congress on ITS.
  29. Van de Hulst, M. et al. (1998) “Strategic adaptations to lack of preview in driving,” Transportation Research, Part F, Vol. 1, pp. 59-75.
  30. Verwey, W. B. et al. (1999) “Preventing drowsiness accidents by an alertness maintenance device,” Accident Analysis & Prevention, Vol. 31, pp. 199-211.
  31. Wei, C. H. et al. (1999) ”A driver support system for freeway lane-change operations,” 6<sup>th</sup> World Congress on ITS.
  32. Wei. (2001)”Developing Freeway Lane-Changing Support Systems Using Artificial Neural Networks, ”Journal of Advanced Transportation, Vol. 35, No. 1, pp.47-65.
  33. Wildroither, H. et al. (1999) ”Rapid prototyping approach using virtual demonstrators in the design process of Advanced Driver Assistance Systems,” 6<sup>th</sup> World Congress on ITS.
  34. Yokochi, K. et al. (2000) “Evaluation of human factors of smart cruise systems using a driving simulator,” 7<sup>th</sup> World Congress on ITS.
  35. Zwanever, P. et al. (1998) ”Traffic effects of automated vehicle guidance systems,” 5<sup>th</sup> World Congress on ITS.
  36. <http://www.it.pw.edu.pl/autopw/en/main.html>
  37. <http://www.cf.ac.uk/uwcc/psych/ruddle/C-HIVE/Drive/>
  38. [http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov\\_sim.htm](http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov_sim.htm)

39. <http://www.nads-sc.uiowa.edu/>
40. <http://www.cmu.edu/cmri/drc/drcrucksim.html>
41. [http://www.hitl.washington.edu/projects/drive\\_sim/index.html](http://www.hitl.washington.edu/projects/drive_sim/index.html)
42. <Http://www.tfhr.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm>
43. <http://psychology.waikato.ac.nz/research/driversim/roadsafety.html>
44. <http://www.umich.edu/~driving/sim.html>
45. <http://www.simulatorsystems.com/S2000.HTM>
46. <http://www2.ceri.go.jp/eng/e3b.html>
47. <http://www.coe.neu.edu/~mourant/velab.html>
48. <http://www.cf.ac.uk/psych/ruddle/C-HIVE>
49. [http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov\\_sim.htm](http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov_sim.htm)
50. <http://www.cgsd.com/DrivingSimulator/index.html>
51. <http://www.vti.se/>
52. <http://vc.kookmin.ac.kr/ds/main.HTM>
53. 交通部運輸研究所，台灣地區發展智慧型運輸系統(ITS)系統架構之研究(□)，90 年 9 月。
54. 交通部運輸研究所，台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫，民國 89 年 9 月。
55. 交通部運輸研究所，台灣地區發展智慧型運輸系統綱要計畫-ITS 發展領域與使用者服務之供、需調查分析，民國 88 年 8 月。
56. 交通部運輸研究所，先進安全車輛研發策略之研究，民國 90 年 8 月。
57. 交通部運輸研究所，用路人駕駛模擬器軟硬體之規劃研究，民國 87 年 7 月。
58. 交通部運輸研究所，標誌標線號誌設置基準之人因工程初探，民國 91 年 4 月。

59. 交通部運輸研究所，駕駛模擬器建置與應用之規劃研究（第一階段），民國 88 年 5 月。
60. 交通部運輸研究所，駕駛模擬器建置與應用之規劃研究（第二階段），民國 89 年 7 月。
61. 交通部運輸研究所，駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究，民國 90 年 10 月。
62. 吳毓凱，線上駕駛訓練班之研究，國立中央大學機械工程研究所，碩士論文，民國 89 年 6 月。
63. 周義華，運輸工程，鼎漢國際工程顧問公司出版，民國 84 年。
64. 林松柏，汽車駕駛模擬器研究，國立中央大學機械工程研究所碩士論文，民國 86 年 6 月。
65. 林鄉鎮，高速公路小汽車駕駛者跟車行為之研究:以虛擬實境(VR)技術所構建之駕駛模擬系統為工具，成功大學交通管理研究所博士論文，民國 86 年 7 月。
66. 張家祝、柯松澤，「台灣地區高速公路進口匝道加速車道設計標準之研究」，運輸計劃季刊，第十八卷第一期，1-36 頁，民國 78 年 3 月。
67. 張勁卿，固定基底型小汽車駕駛模擬系統開發之驗證研究，成功大學交通管理研究所博士論文，民國 88 年 10 月。
68. 郭信義，利用汽車駕駛模擬系統從事駕車行為研究中有關道路環境之驗證分析，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
69. 陳一昌，台灣地區智慧型運輸系統之發展~政策之擬定與推動，90 年智慧型運輸系統研發成果發表會，民國 90 年 10 月。
70. 魏健宏等，「以汽車駕駛模擬系統評估駕駛者對交通標誌標線之感知與反應」，交通學報，頁 103-130，民國 90 年 12 月。
71. 羅俊煌，應用駕駛模擬系統從事易肇事路段地點之交通工程改善方案評估研究—以中山高速公路高雄終端為例，成功大學交通管理研究所碩士論文，民國 89 年 7 月。

## 附錄 A

### 國外汽車駕駛模擬系統相關研究

#### A-1. Joceline Roge et al.的實驗流程：長時間開車者會產生的外加行為

測試者為 8 男及 8 女（年齡分布：20-30 歲），透過錄影設備將參與者的駕駛行為記錄下來（每分鐘記算一次），而他們的行為以下列類型來分類：a.自我中心的姿勢（self-centred gestures）（如用手碰觸手臂等）、b.無意識的活動（non-verbal activities）（如：嘆息）、c.好玩的動作（ludic activities）（如吹口哨）及 d.姿勢改變（如：傾斜一邊）。參與者獨自一人在模擬器中，且在過程中並無任何的口語交換。分析的表格包含 63 個項目，記錄者對本實驗的目的並不清楚。為了分析資料，2 小時的實驗分為 4 個段落，每段各半小時。

#### A-2. Willam B. Verwey et al.的實驗流程：駕駛者在有睡意的狀況下是否可維持警覺性

在一長時間單調駕駛的過程中，駕駛的品質與睡意的發生以下列二種狀況來比較：一為控制狀態，駕駛者無法獲得外界的幫助來維持其警覺性；二為遊戲盒（gamebox）狀態（包括 12 種狀況，如：錄下自己的聲音等，並隨類型、困難度而變化，這些狀況可由駕駛者自行選擇），駕駛者可任意使用遊戲盒。在遊戲盒的狀態下，駕駛者在駕駛過程中警覺性較高，駕駛行為通常較安全。為了調查遊戲盒是否對那些易有睡意的駕駛者有用，本實驗根據問卷調查將參與者分為二組易有睡意及不易有睡意二組。參與者每組各 13 人，年齡分布為 25-49 歲，在實驗過程中，必須具備某種程度的疲累或睡意。

實驗設計變數可分三個部份：a.個別差異變數；b.駕駛測試的困難度（必須維持警覺心）；c.警戒設備（遊戲盒）的實用性。測試時間分為三個時段，分別為：23:00-01:15、01:30-03:45、04:00-06:15。（參與者在測試前不得有任何睡眠）

有關參與者的心智狀況則利用美國太空總署的 TLX 規格 (NASA-TLX scale) 來衡量。並透過問卷調查的方式來了解參與者實驗後之經驗及對於模擬器與遊戲盒的意見。

### **A-3. Jan Törnros 的實驗：隧道環境對駕駛者的影響**

測試者為 9 男 11 女，平均年齡為 38.5 歲，每一參與者共穿越隧道來回各 6 次(三條線各來回二次，一次有計速器，一次無)。為了計算測試一重測試 (test-retest) 的可信度，每個參與者會在其中一條線中增加一次單方向的駕駛。半數的參與者在前六圈中可由計速器中獲得速度資訊。速度的資料可由下列二因素得知：透過計速器及駕駛路線取得。第一個變數的合理假設為該資訊的移除會使得速度增加。第二個因素為：駕駛路線，右側路線速度最慢(寬度較窄等因素)。橫向位置獨立變數為：隧道牆壁及彎曲度。此二個變數之假設為駕駛者位置與隧道牆壁保持安全距離，及彎曲度之影響。所有參與者先在真的隧道中做測試，二種測試間隔 3 個月。實驗開始先在隧道外駕駛 20 分鐘，車速時速限制為 70 公里。實驗結果顯示：駕駛者速度在模擬器中比實際的隧道駕駛速度高。

### **A-4. Monique Van de Hulst et al.的實驗：視覺狀況不佳下之駕駛行為**

參與者為 12 男 12 女 (年齡分布為 21-57 歲)。實驗 A: 測量駕駛者在霧中是否會選擇較大的間距 (前方車輛的減速可能無法預測)。有 3 種控制狀況，一為前車減速可預測 (前方車輛必須讓右方來車通行) 且視覺狀況佳，其二為前車減速因有霧，故不可預測，第三為不可預測 (前方車輛無特殊原因而減速) 且視覺狀況佳。又該 3 種控制狀況可區別視覺狀況差的影響與預測能力減低的影響之間之差別。駕駛者為了彌補前方車輛的減速無法預測，故在霧中會選擇一較大的時間間距。

實驗 B: 參與者接收到多樣化的指令，一組以平常的駕駛方式駕駛，另一組則在一固定的時間排程內駕駛 (必須在 18 分鐘內完成，會有訊息投射在模擬螢幕上 5 次，讓該組參與者了解是否低或高於排程)。二組駕駛皆必須遵照車速

100km/h 及讓路給右方來車等指示，且並無特別指示必須保持車距。有時會有無對方來車的情形，且亦可超車，但只限於減速期間結束後，前方車輛離開前。在大部份的駕駛過程中，並沒有前方車輛出現，這使得駕駛者得以有保持排程及衡量車速的機會。在過程中，前方車會出現 4 次，參與者可自行選擇車距。前方車以車速 80km/hr 行駛（最高為 100km/hr），因此，參與者會跟隨在後，而不會超前（特別是在有時間排程的情況下）。時間排程可能降低霧中車速及車距的適用性。

實驗流程先讓參與者進行 10 分鐘的駕駛以習慣駕駛模擬器，這包括在一鄉村道路上以時速 80 公里速度前進，並有迎面而來的車流，且正前方亦有車輛。10 分鐘後，參與者開始 30 分鐘的實驗 1 模擬及隨後的 20 分鐘的實驗 2 模擬。在二個實驗中，參與者必需對前方車輛的減速做出反應，而前方車輛會併入並以時速 80 公里進行。偶爾，這些車子會減速至 60km/hr（減速率為  $-2\text{m/s}^2$ ）前方車輛在模擬車輛減速至 65km/h 為止皆以 60km/h 前行，然後，再加速至原來 80km/h 的速度。煞車燈並沒有打開，模擬前方車只釋放油門的情況。有二種不同的減速情境，在可預測的減速情境中，（二個實驗皆會使用）前方車輛必須讓右方來車先通行。參與者可清楚的看到這輛車，因此才可預測前方的車並減速。而在不可預測的減速情境中，（只使用於實驗一）則沒有車輛由右方出現，故參與者無法預知前方車何時會減速。參與者在二個實驗中皆在視覺狀況不佳下駕駛，在霧中的目視距離為 150 公尺，所有前方車輛的減速在有霧的情況下皆無法預測。

#### **A-5. Thomas A. Ranney et al.的實驗：夜間駕駛的眩光問題**

參與者為 12 名男性，年齡分布為 31-53 歲，參與者必需具備良好的視力，及對眩光不會過度敏感。每位參與者必須完成兩個實際駕駛及三個實驗駕駛部份。每個實驗部份包含八個模擬圈數（時速 76.3 公里，約 50 分鐘），參與者每二圈休息一回。

眩光設計分為：無眩光、眩光、輕微眩光等現象，有 30 個眩光片斷，每個持續 20 秒，會在每一模擬圈數出現 2 回

眩光狀況。各眩光片斷間的時間間距平均約為 90 秒（範圍為：15-420 秒），依速度而有所變化，每一圈皆有不同眩光間距，駕駛測驗包括 2 個分別在直線及曲線道路上的目標偵測測驗。

另外，參與者要偵測到不動的行人，行人為以灰色的貼紙人形呈現在 4 個指定的道路旁的位置其中之一。雖然行人是靜止不動的，但其大小及位置會依駕駛者靠近行人而改變。參與者以按喇叭的方式來反應，若無反應，則在參與者駛過時，行人會消失。在 50 分的駕駛過程中，會有 28 個行人出現，平均出現間距為 90 秒（範圍：14-410 秒），依據運具速度而改變。

另一方面也針對運具後視鏡中的模擬後方來車做測驗，此映象是靜止不動的，參與者依照模擬後方來車的目標來啟動方向燈，如果沒有啟動，則目標物會在 5 秒後消失。16 個目標物會在 50 分鐘內出現，出現時間間距平均為 155 秒（範圍：35-455 秒），依照運具速度而改變。

#### A-6. Samantha L. Comte 的實驗：ISA 對駕駛安全的影響

該實驗評估此 3 種型態的 ISA 系統對駕駛行為的影響。參與者為 20 男（年齡分布為 21-56 歲）20 女（年齡分布為 20-52 歲），透過混合設計，每一參與者使用相同的路線及系統完成四種駕駛（本研究視為”Run”）如表 1 所示：

Subject group	Run 1	Run2	Run3	Run4	Number of subjects
Baseline	Baseline	Baseline	Baseline	Baseline	10
Driver	Baseline	Driver	Driver	Driver	10
Select	Baseline	Select	Select	Select	10
Mandatory	Baseline	Mandatory	Mandatory	Mandatory	10
Variable		Variable	Variable	Variable	

第一圈（run 1）的實驗主要是在收集駕駛者平常的駕駛行為資料，而第 2~4 則分為以不同的系統（baseline, drive select, mandatory, variable）來進行實驗。目的在使駕駛者可接觸到一回以上的系統，而基本群（baseline group）之所以包括在每一圈的實驗中，主要在於評估疲勞及學習的效果。

而不同的系統，主要是以控制層級為基礎來選擇，為了使駕駛者可分辨系統間的不同。

#### A-7. Kazuhiko Yokochi et al.的實驗：驗證 AHS 的效率

情境的設定主要以兩部分作測量，一是以駕駛人一聽到危險警告或看到危險告知就立即採取煞車的動作，此有兩種情形：一為駕駛人在警告前正在加速、另一為警告前正在減速。第二部分的測量較接近真實駕駛人的行為，駕駛人可以基於資訊的提供反映到週遭環境來選擇操作方式，這測量的反應時間已包含了駕駛人作判斷的時間，因為駕駛人會用視覺來檢測資訊。日本以下列兩種方式作測量，測量數據如下表：

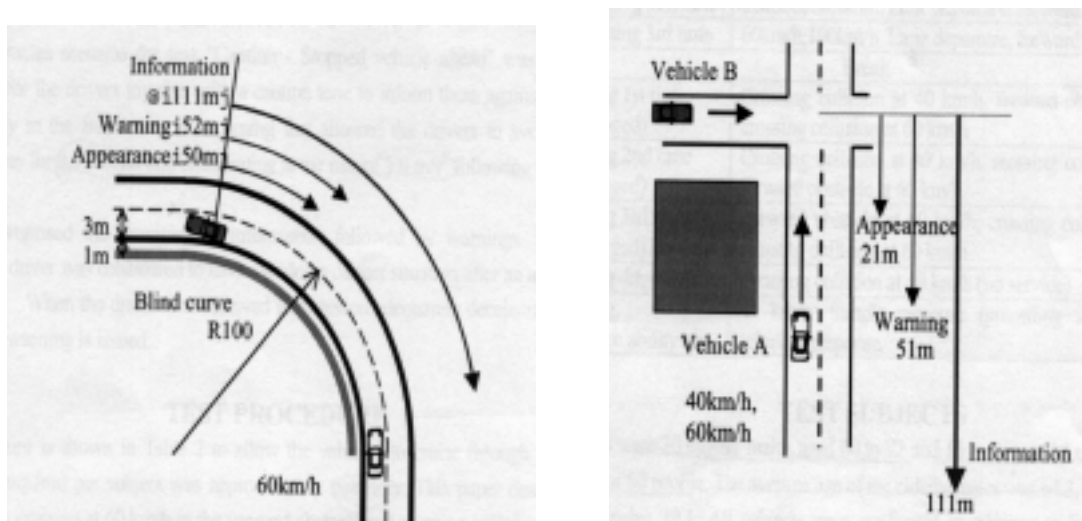


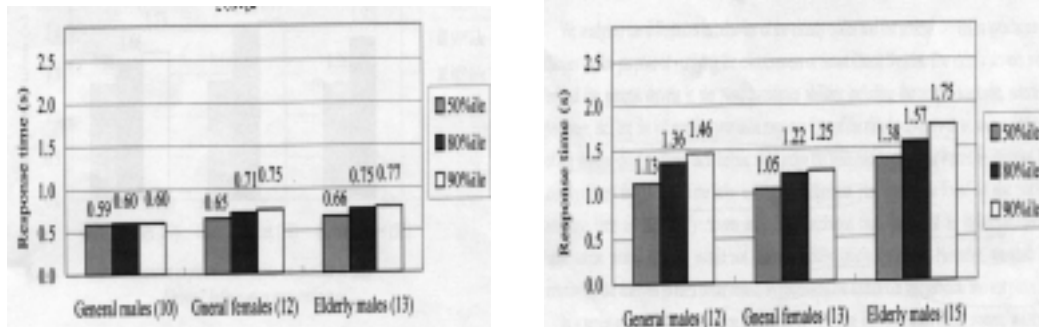
Table 2 Example test schedule

Item	Conditions, etc.
Practice	Highway
Highway cruising 1st time	60km/h, 100km/h. Lane departure, forward obstacle
Highway cruising 2nd time	60km/h, 100km/h. Lane departure, forward obstacle
Highway cruising 3rd time	60km/h, 100km/h. Lane departure, forward obstacle
Break	
Urban cruising 1st time (timing changed)	Crossing collision at 40 km/h, forward obstacle at 60 km/h, crossing collision at 60 km/h
Urban cruising 2nd time (timing changed)	Crossing collision at 40 km/h, crossing collision at 60 km/h, forward obstacle at 60 km/h
Urban cruising 3rd time (timing changed)	Forward obstacle at 60 km/h, crossing collision at 40 km/h, crossing collision at 60 km/h
Urban cruising 4th time	Crossing collision at 40 km/h (no service)
Urban cruising, basic avoidance ability test	40 km/h. Simple response (preceding accelerator on/off), selective response

實驗對象共 50 人： 20 名年齡在 60 到 70 歲之間的老年

男性，平均年齡 64.3 歲；15 名一般男性，平均年齡 30.9 歲；以及 15 名年齡在 25 到 39 歲之間的一般女性，平均年齡 29.1 歲。

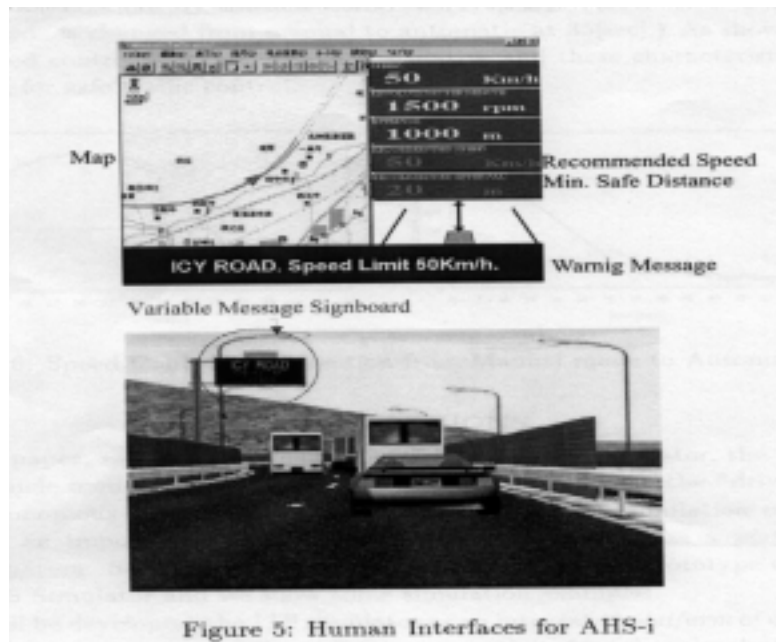
實驗結果如下圖所示，左為簡單反應時間，右為選擇性的反應時間：



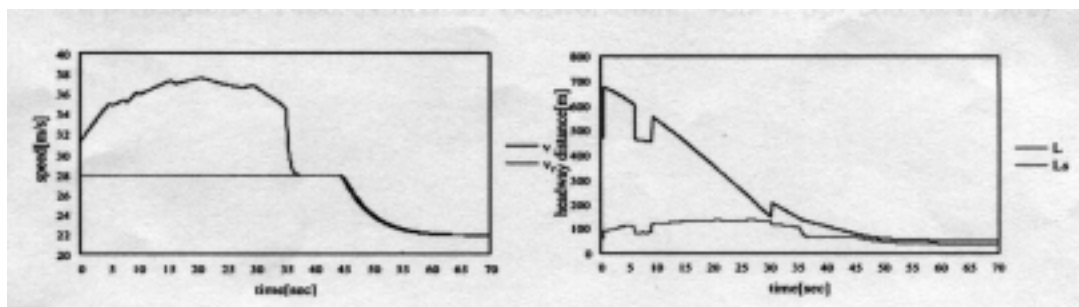
由上兩圖可知，若在障礙物前事先提供資訊，老年駕駛人在選擇性的判斷有較少的負擔，而且應該減速的反應時間接近一般駕駛人，所以也可以驗證 AHS 的有效性，但老年駕駛者的反應時間每一個人皆有所不同，故欲真正了解資訊提供的有效性時，我們應該加大我們的樣本數及實驗型態。另外一個問題是多於一筆以上的危險資訊時，駕駛人是否有能力負荷，但這在駕駛模擬器上不容易測量。

#### A-8. Yukio Goto et al.的實驗：智慧道路（Smartways）對安全的影響

主要以警示系統為測量指標（如下圖），提醒駕駛人安全間距以及安全速率，以了解 ITS 的有效性

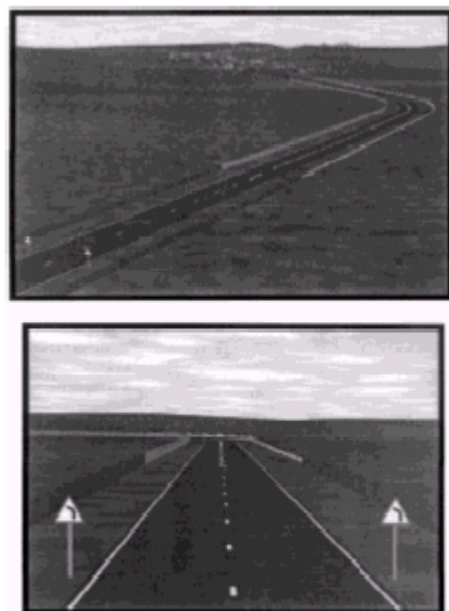


評估結果如下兩圖所示，左圖為速率，右圖為間距，我們可以發現有 ITS 的警示系統時速度可以很快調整到可接受的速度，圖中也表示速度控制十分的平穩、沒有太多震盪，這些特性在安全的交通控制是十分重要的。



#### A-9. Comte S.L., et al.的研究：基礎測驗

在基礎測驗下，4 個系統皆關閉。而道路設計共分二種：分別為直線道路及彎曲道路（如下圖所示），前後 300 公尺皆為直線，中段為彎曲道路，左、右及大、小範圍的彎道的數量皆相同，在直線路段會有前方來車，但在彎曲路段則不只無前方來車，亦無其他同向車輛。參與者共有 15 男（平均年齡 32 歲）與 15 女（平均年齡 30 歲），



模擬的道路

事先熟悉模擬器的控制，然後再進行 5 回的駕駛（一回為基礎測驗，四回為實驗）每回持續十分鐘，在每回間，參與者可稍做休息，並完成一心智調查表，五回皆完成後，再進行接受 4 種系統接受度的意見調查。

## 附錄 B

### 國外汽車駕駛模擬系統簡介與其應用

#### B-1. 日本土木工程研究協會，道路部門「North Road」的駕駛模擬器

[http://www.hitl.washington.edu/projects/drive\\_sim/index.htm](http://www.hitl.washington.edu/projects/drive_sim/index.htm)

北海道為一個冰天雪地的地方，因此維持低溫的冬天時之平穩交通很重要，運用各種方法提倡交通安全來應付高速的交通已經變成一門重要的課題。因此北海道高標準的幹道網路發展上已經展開車輛安全的計畫。目前此計畫已經延伸到包含駕駛人的多樣化、女性以及老年駕駛人的增加亦被考慮在內，此為北海道駕駛模擬器之主要運用實驗。

#### B-2. 美國波士頓 Northeastern University 駕駛模擬器

<http://www.coe.neu.edu/~mourant/velab.html>

位於美國波士頓，Northeastern University 的虛擬環境實驗室。其相關的實驗研究成果包括：

(a)多重螢幕的駕駛模擬器：多重螢幕的駕駛模擬器採用 Java3D，共且使用三台電腦所連成之網路（每台電腦皆配有 GeForce3 顯示卡）。真實的模擬器配有罕見的投攝畫面、液晶螢幕或標準的電腦螢幕。而另外可再提供一 360 度水平 FOV 的螢幕，以免影響影象的分辨率。

(b)半自動模擬的高速公路網路景像駕駛模擬器（Semi-Automatic Modeling of Highway Network Scene for Driving Simulation）：利用一 3D 高速公路畫面模型製造器作為高速公路網路畫面產生的工具。互動式模組技術可讓使用者在 modeling 的過程中更活躍及更有創造性

(c)環境惡劣下的駕駛模擬器（Adverse Environments Driving Simulator）：具有模擬 a.夜間駕駛炫光、b.雨中駕駛及 c.在不且層度的濃霧中駕駛的能力。並可測量下列三種狀

態下的反應時間：(1).偵測及感知道路標誌、(2).前方車輛突然停住及(3).行人從前方穿越馬路。

### **B-3. 英國 Cardiff University, Cardiff Human Interfaces and Virtual Environments Laboratory (C-HIVE) 模擬器**

<http://www.cf.ac.uk/uwcc/psych/ruddle/C-HIVE/Drive/>

位於英國 Cardiff University 的 Cardiff Human Interfaces and Virtual Environments Laboratory (C-HIVE)。其虛擬環境主要研究重心有二方面：a.人類與虛擬環境系統(human-computer interaction)之界面實驗，b.利用虛擬環境系統從事其他研究。而大部份的研究計畫都使用 Silicon Graphics 電腦及軟體。

有關駕駛模擬的研究方面，主要提供駕駛者運具之速度，首先，運具配有計速器，再來，透過振動及噪音提供一粗淺的了解，第三則是駕駛者可從外界環境的光線流(optical flow)來預測速度。亦使用駕駛模擬器調查在濃霧中駕駛對對駕駛心理之影響。測試者於一具有不同濃度的霧氣的虛擬世界道路上以特定速度駕駛。實驗的結果顯示：當霧愈濃時，人們駕駛速度愈快。由本結果可看出，在有霧的情況下，人們認為其駕駛速度遠慢於他們實際的速度。

### **B-4. 荷蘭 University of Groningen 之駕駛模擬器**

[http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov\\_sim.html](http://www.ppsw.rug.nl/cov/cov_sim.html)



由 University of Groningen 所研發之駕駛模擬器。目前進行過的實驗包括：車內電力設備及道路設計、行為評估、

駕駛訓練及理論的調查。該模擬器標榜安全且具有可控制虛擬實境，可使駕駛者在具有標誌、建築物、道路交通的道路上駕駛，宛如置身於真實的情境中。

#### **B-5. 美國 Computer Graphics System Development Corporation 之模擬器**

<http://www.cgsd.com/DrivingSimulator/index.html>

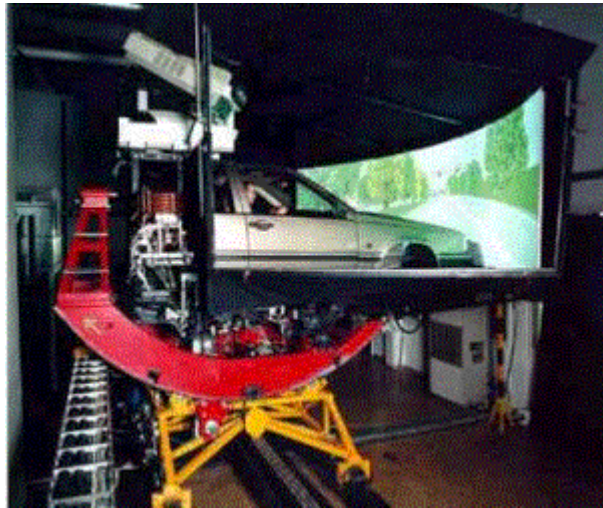


由 Computer Graphics System Development Corporation 所研發之模擬器，包括先進的硬體、軟體設備。在模擬前，指導者會先選擇可用的資料庫，包括：天氣因素、駕駛狀況、視覺範圍、其他交通狀況與分散注意的事物。在過程中，電腦系統會監視所有駕駛者控制的位置，以便透過模擬資料庫來控制過程。利用運具位置及資料，電腦系統會產生與目前運具相關的 3D 影象。其主要特點為：a.取得及維修成本低，b.四聲道音效，c.碰撞偵測，d.可選擇的駕駛運具類型，e.可選擇的視覺範圍、環境狀況...等。

#### **B-6. 瑞典國家道路及運輸研究中心 (Swedish National Road and Transport Research Institute, VTI) 模擬器**

<http://www.vti.se/>

VTI 的模擬器建造於八零年代中期，目前仍持續不斷的擴建改善當中。模擬器的執行運動靠先進的運轉系統整合，包含了線性運動、轉動和車輛下的振盪桌 (vibration table)。



目前 VTI 著重的模擬器應用研究有 a.車/路/人、b.路和隧道的設計、c.車輛掌控、d.人機介面的測試、e.酒精和藥物的影響、f.駕駛行為的研究及 g.傷殘駕駛的研究。其相關論文如下：

(a) 車內裝設外加移動刺激物 (running light) 視覺資訊系統 (peripheral stimulus) 的可能性[Falkmer, 1999]：本研究著重在三個議題：a.分析這些資訊在不同狀況下影響我們視覺注意的多寡、b.分析上路時駕駛所承受的需求如何影響資訊的獲得量、c.視覺資訊系統的位置和移動所佔的地位。

車內的資訊提供分四個位置：上、下、向左及向右。線的視角和此四個顯示方式都是不變的（如圖）。而駕駛者的駕駛任務需求分兩個情況，一個需要較高的集中力另一個集中力需求則較低。

模擬器的測試人有 32 位—16 位男性與 16 位女性，皆為有經驗的駕駛者。受試者需要在意識到有視覺資訊系統顯示時就告知研究人員。結果發現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；反之當所需的集中力較少時，受測者可注視到的範圍會擴大。



顯示的位置不同亦有不同的實驗結果。置於上方較左方與右方的位置不易被感知。實驗所得的結果顯示，位置低會有較佳的感知力，然而在某些狀況下（如眩光）時，會較不容易感受到此系統。

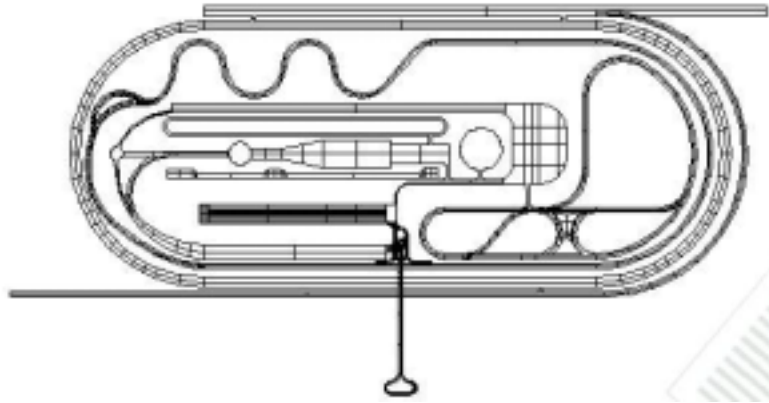
（b）藥物對駕駛行為的影響[Tornros, 1999]：20 位門診病患服用各種的 benzodiazepines，且已對這些藥物產生依賴性，且其性別和年齡都不相同。將這些病人針對性別和年齡加以分類，測試其在模擬器上的煞車時間、側向位置以及速率；同時，更進一步比較其簡單反應時間、選擇反應時和短期記憶。

在一天中進行兩次實驗。十位病患和十位控制組人員都喝下小量的酒精，且他們都知道自己所喝的為酒。結果發現病患的速度變異較大，同時情緒上表現出較大的焦慮和壓力。且藥物服用越多依賴性越大的病患，側向位置的偏移越嚴重，而其它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。

（c）討論年長的（>65 歲）受測者在模擬器上與真實世界行為的吻合度[Hakamies, 1999]：實驗方法為受測者分別駕駛在真實世界與模擬器上的同一個地形。結果發現 VTI 的模擬器對於一個年長的駕駛具高度吻合。同時，對於過去車禍經驗不多、肇事經驗為零、或是在些微的壓力下的情況仍然可以毫無困難駕車的駕駛者，其吻合度最佳。

## B-7.韓國 KookMin University 駕駛模擬器

<http://vc.kookmin.ac.kr/ds/main.html>

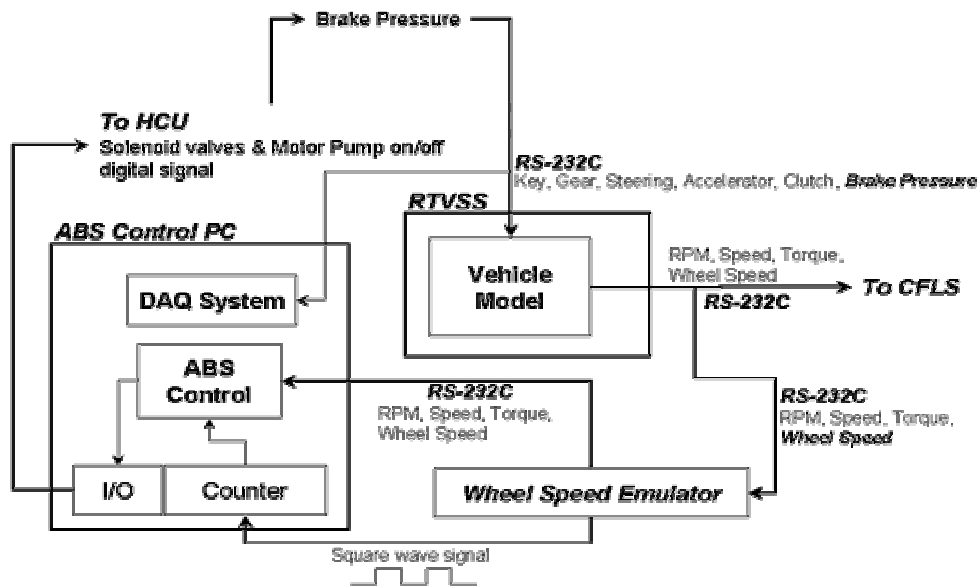


Kookmin 大學的車輛控制實驗室發展了兩套駕駛模擬器：(1) KMUDS-1：一組六軸平台的原型模擬器以及 (2) KMUDS-2：一組中型具有三個視角系統的模擬器。

目前實驗室將模擬器用來研究 (1) 車輛控制系統設計與發展、(2) 駕駛行為和測量、(3) ITS 智慧型運輸系統、(4) 道路設計的原型以及 (5) 車禍重建和分析。茲取其作過的二實驗舉例：

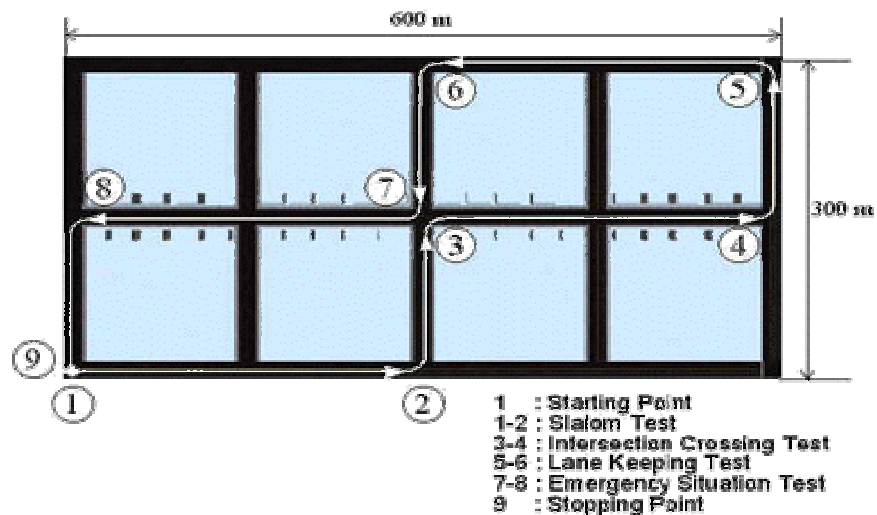
(a) 在駕駛模擬器上作急煞車緩衝裝置的迴圈硬體模擬 (Antilock Brake Systems Hardware-in-the-Loop Simulation, ABS HILS)

ABS HILS 可以藉由實驗室有效的測試 ABS 系統的表現、穩定性、可依賴度和控制度。同時更可以由駕駛模擬器和 ABS HILS 系統的整合得知駕駛對 ABS 的反應和接受度。目前將 KMUDS-2 和 ABS HILS 結合，系統配備有即時的車輛模擬模型、ABS 控制邏輯閘、ABS 水壓系統、輪轉速率計、和資料取得系統以分析模擬所得到的結果。以期可以改善控制 ABS 的演算法、發展一套動態的車輛穩定控制演算法、並且調查與 ABS 效率有關的爭議事項。



### (b) 酒醉駕駛的駕駛行為分析

本研究針對酒精對駕駛者的人因行為作影響評估。觀察酒後駕駛的測試者對某些駕駛行為的差異，並與正常駕駛比較之。測試的路段圖如右所示。由測試的項目：彎道（slalom），保持車道（lane keeping）等測試出酒醉駕駛對障礙物的碰撞頻率，車輛位置和停等距離。本實驗並證實了酒醉駕駛對車子的控制力會降低。對於一些刺激的反應會有較慢的反應或是反應過度。



## 附錄 C

### 問卷調查－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

本調查係配合 91 年運研所委託計畫『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』，由成功大學交通管理科學研究所與中央大學機械研究所共同執行。

本研究團隊擬定了一份問卷調查，希望藉此問卷獲得國內各學術單位與業務、實務單位之專業人員的寶貴意見，使本計畫之內容更為充實與完整。此份問卷共包括三部份：

1. 汽車駕駛模擬系統簡介
2. 問卷填答說明
3. 問卷填答與傳真回函

填答完畢只需將第 3 部分傳真到本計畫執行單位即可（傳真電話附於第三部分的內容），最後懇請各受訪單位能在 **6 月 5 日前**將問卷傳真至執行單位，感謝您填答本問卷。

計畫主持人

成功大學交通管理系 魏健宏

[louiswei@mail.ncku.edu.tw](mailto:louiswei@mail.ncku.edu.tw)

06-2757575 ext. 53233

專任助理

成功大學交通管理系 鍾炳煌

[pinghuang@vr.tcm.ncku.edu.tw](mailto:pinghuang@vr.tcm.ncku.edu.tw)

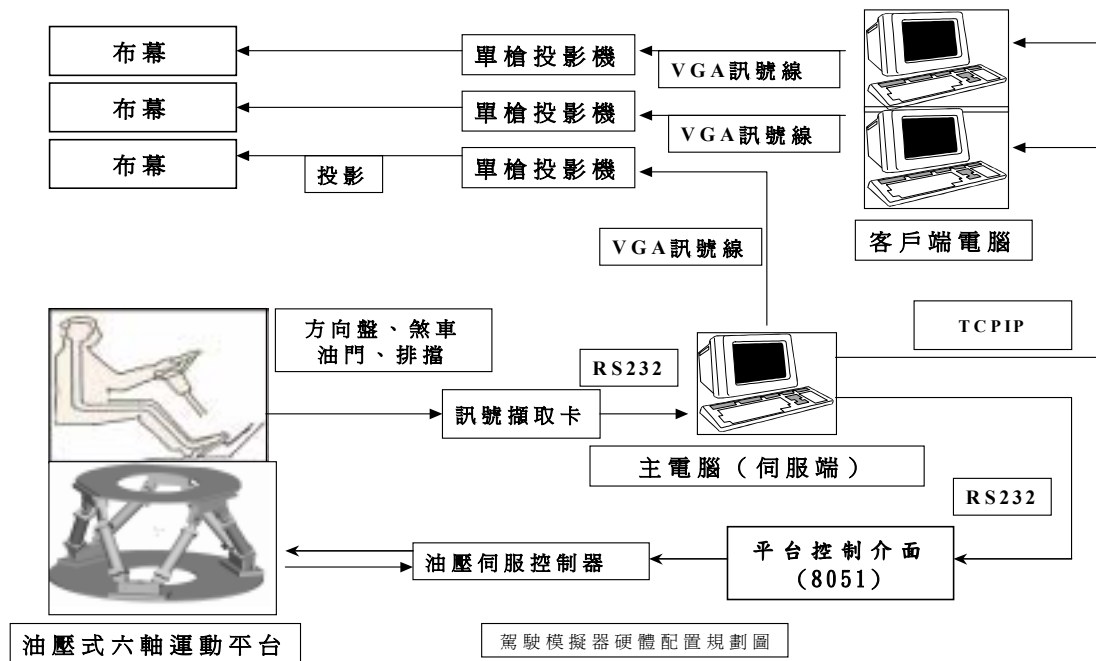
06-2757575 ext. 53241

## <一> 汽車駕駛模擬系統簡介

汽車駕駛模擬系統 (Driving Simulation Systems, DS) 包含汽車駕駛模擬器 (Driving Simulator) 與虛擬實境 (Virtual Reality, VR) 兩大系統。虛擬實境，透過 3D 電腦圖學，於電腦上構建與真實道路環境狀況相同的場景，並透過投影設備將虛擬世界呈現；汽車駕駛模擬器為一個駕駛座艙，包含方向盤、油門、煞車等，可分為固定型駕駛模擬器與動態駕駛模擬器。

國外汽車駕駛模擬系統發展已久，無論學術研究單位或民營產業公司，皆有許多著名的汽車駕駛模擬系統，而國內則為近幾年才始具雛形，目前計畫將汽車駕駛模擬器應用於交通運輸課題實作研究，因此若能對國內汽車駕駛模擬系統之未來應用發展作好規劃，有時程性的開發軟體及升級硬體，駕駛模擬系統對於交通運輸研究課題之資料收集將是一項相當可靠與便利之技術。以下對汽車駕駛模擬系統之各主要子系統與運研所現有駕駛模擬系統作簡單之介紹。

- 主控電腦(Host Computer)：控制系統中所有的即時運作，包括車輛和動作平台的動態計算。
- 視覺系統根據主控電腦所得到的車輛位置資訊，來計算正確的影像。
- 動作平台係採用液壓式的，藉著六根軸之互動，可令駕駛室作任何方向與角度的動作。
- 操作者控制力量輸入部份(Control Force Loaders)係由駕駛盤、煞車踏板、油門、和排檔桿。
- 聲音子系統。
- 儀控部門會提供資料給主控電腦，去監督整個系統，並確定駕駛者的安全。



上圖為運研所六軸動態駕駛模擬系統架構圖，以三個螢幕來呈現虛擬世界，模擬器本身為一油壓式六軸動態之運動平台。

下圖分別代表三個不同等級之駕駛模擬系統，圖一為功能較陽春之駕駛模擬器，發展成本為百萬以內；圖二為功能中等之模擬器，發展成本為數百萬至千萬；圖三為頂級之駕駛模擬器，成本則為數千萬以上。運研所的駕駛模擬系統以發展成中等級功能的駕駛模擬器為目標，如下頁圖四。



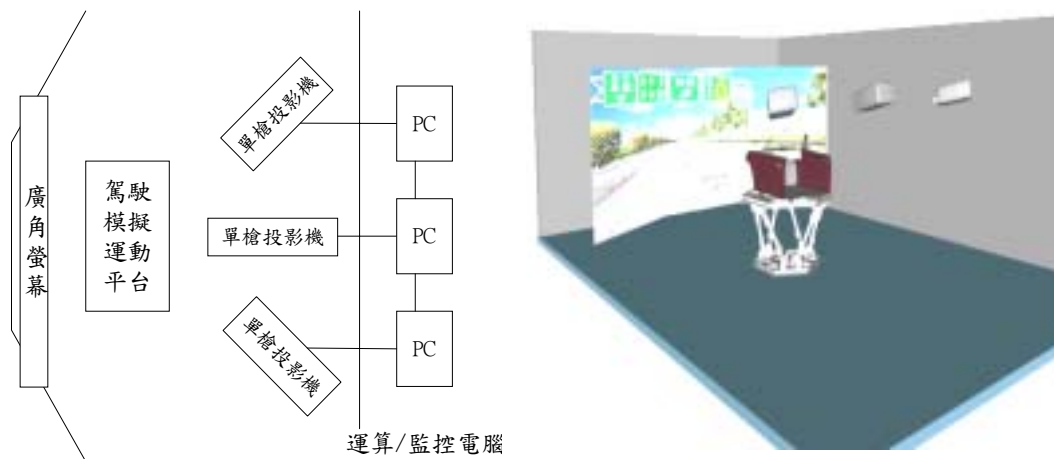
圖一



圖二



圖三



圖四

汽車駕駛模擬系統之發展解決了傳統交通調查之缺點，藉由虛擬實境技術，將真實世界之交通運輸環境逼真地移植於電腦世界中，並藉由電腦螢幕呈現。之後，只須經由受測者操縱駕駛模擬器，便可輕易地獲得各種動態交通特性資料。虛擬實境的技術除了可以進行長時間的觀察外，亦可以設定各種特殊狀況，藉以得到在真實世界下，不易得到的資料，具有安全、資料易獲得及可變性高等優點。

本研究團隊更積極規劃駕駛模擬系統結合智慧型運輸系統（Intelligent Transportation Systems, ITS）為往後駕駛模擬器應用之重點，參見圖 5。ITS 期望藉由快速發展的資訊與通訊科技來提昇運輸效率、駕駛安全與降低社會成本，ITS 所發展之眾多子系統，不但種類繁多、各善所長，實際開發與投資的成本亦極為可觀，若無客觀有效之預覽與評估工具，勢將導致政府難以進行事前規劃或選擇正確之 ITS 投資發展方向。因此整合駕駛模擬器與虛擬實境技術即可成為一具有人車路互動功能之 ITS 策略預覽與評估模擬系統。

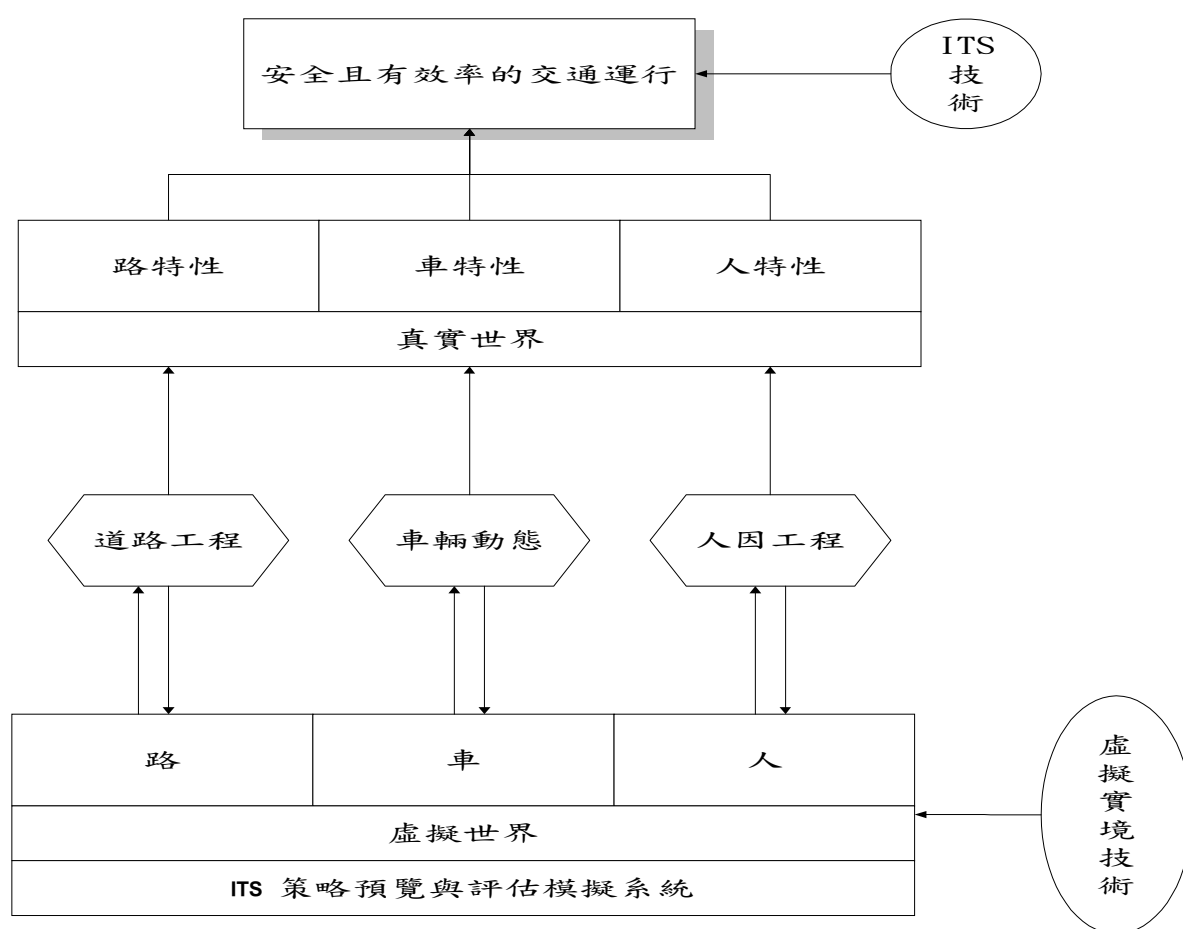
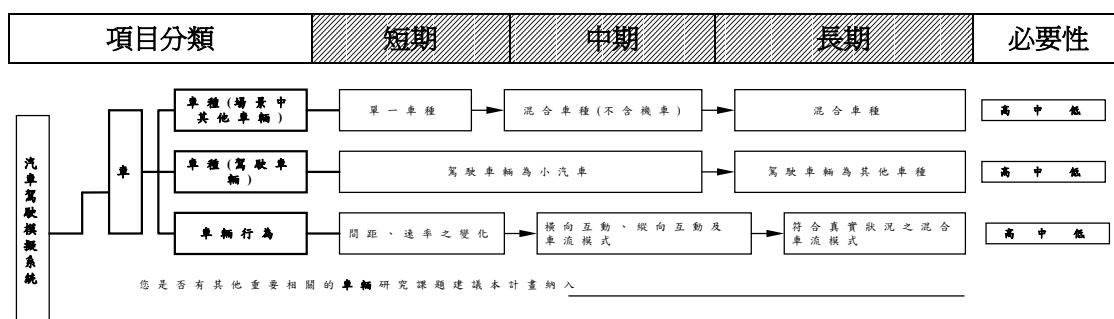


圖 5 人車路互動功能之 ITS 策略預覽與評估模擬系統

## ＜二＞問 卷 填 答 說 明

### 問卷問題說明



上圖為問卷中的一個流程，問卷中發展流程分為短中長期，各個細部項目之發展時程皆與最上面短中長期的圖示對應。此模擬器應用發展流程係經過本研究團隊針對軟硬體開發的困難度而訂定。受訪者則針對每一連串之應用項目，依據受訪者在交通領域的專業知識或業務權責，選擇應用駕駛模擬器之必要程度。而受訪者填答部分，若受訪者認為本計畫遺漏重要的交通課題，請您不吝指教，並註明必要性，使本發展流程能夠更完整。

### 學術及研究單位

#### 發展 DS 之必要性

主要的目的在了解利用汽車駕駛模擬系統從事交通運輸研究於國內各學術研究單位的需求。

- 必要性愈高，表示貴單位對該應用課題的資料需求很大，但是收集方法困難，可以考慮利用汽車駕駛模擬系統收集。

### 業務、實務單位

#### 發展 DS 之必要性

主要的目的在了解利用汽車駕駛模擬系統從事交通管理、業務、經營等於國內各交通業務或實務單位的需求。

- 必要性愈高，表示貴單位對該應用課題的資料需求很大，但是收集方法困難，可以考慮利用汽車駕駛模擬系統收集。

### <三> 問 卷

請從此頁開始填答，填答完畢請將第<三>部分（第 6、7 頁共兩頁）傳真到執行單位：

傳真電話 06-2753882

聯絡電話：06-2757575 ext.53241 鍾炳煌

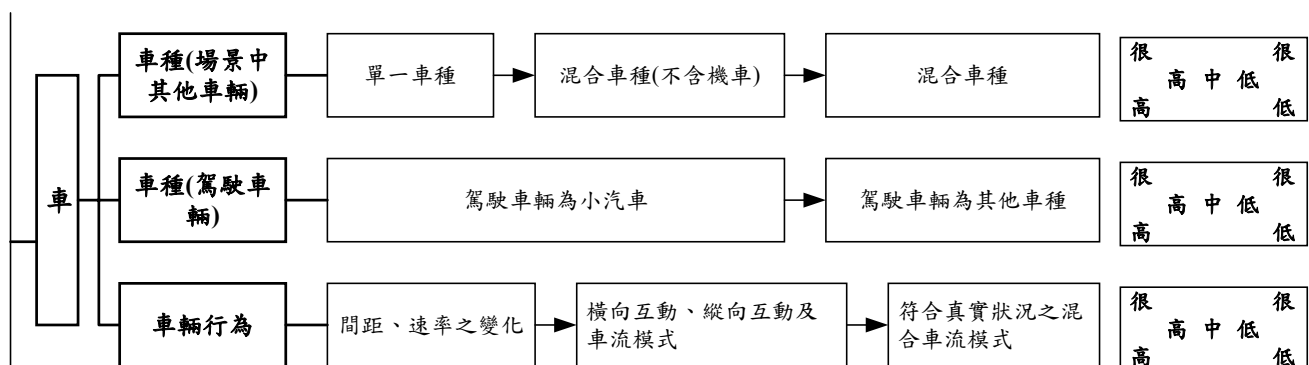
From(受訪單位)：\_\_\_\_\_

TO：成大交通管理研究所 運輸行為實驗室 魏健宏教授/鍾炳煌先生 收

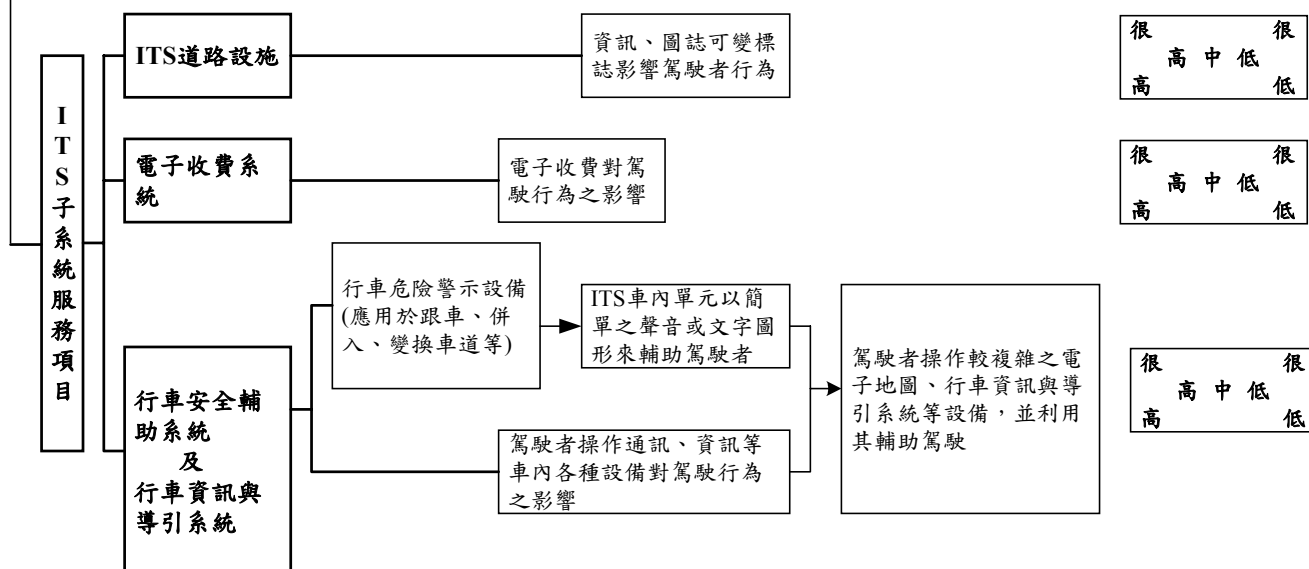
項目分類	短期	中期	長期	發展 DS 之必要性	
人	駕駛者特性	性別、年齡對反應時間的影響	特殊狀況:疲勞駕駛、酒後駕車、藥物影響等	很高 高中 中低 很低	
	駕駛者行為	駕駛技巧、經驗		很高 高中 中低 很低	
您是否有其他重要相關的 <b>駕駛者</b> 研究課題建議本計畫納入 _____					
汽車駕駛模擬系統	道路型態	高快速公路	護欄、交流道、封閉性車道、收費站	很高 高中 中低 很低	
		一般性公路	快慢車道(不含機車)、定時號誌化路口、沿街商家、中央分隔	很高 高中 中低 很低	
		市區道路	含號誌化路口及非號誌化路口、開放性車道(含機車)、行人、沿街商家、路邊停車、公車及公車站	很高 高中 中低 很低	
	路	交控設施: 標誌、號誌、標線、槽化島	交控設施的型態、大小、顏色、設置位置		很高 高中 中低 很低
			電腦化號誌系統		很高 高中 中低 很低
	易肇事地點	易肇事路段(駕駛者視距、車道寬度)	易肇事路段(駕駛者視距、道路線形)	易肇事路段、路口(車輛與車輛間的碰撞，含追撞、側撞、擦撞等)	很高 高中 中低 很低
	天候與環境	清晨、白天、黃昏、夜晚對駕駛者視線之影響 晴天、雨天、陰天、霧天對駕駛者視線之影響	眩光、路旁燃燒雜物所產生的煙霧	特殊天候(雨天、陰天、霧天對車輛操作或道路之影響)	很高 高中 中低 很低

您是否有其他重要相關的**道路**研究課題建議本計畫納入 \_\_\_\_\_

項目分類	短期	中期	長期	發展DS之必要性
------	----	----	----	----------



您是否有其他重要相關的車輛研究課題建議本計畫納入



您是否有其他重要相關的ITS研究課題建議本計畫納入

您是否有其他與本計畫相關的資料願意提供給本計畫執行單位（亦可留下聯絡方式，由執行單位與您接洽）

謝謝您的填答，此應用發展流程將因您的建議而更加完整！！

## 附錄 D

「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」工作會議

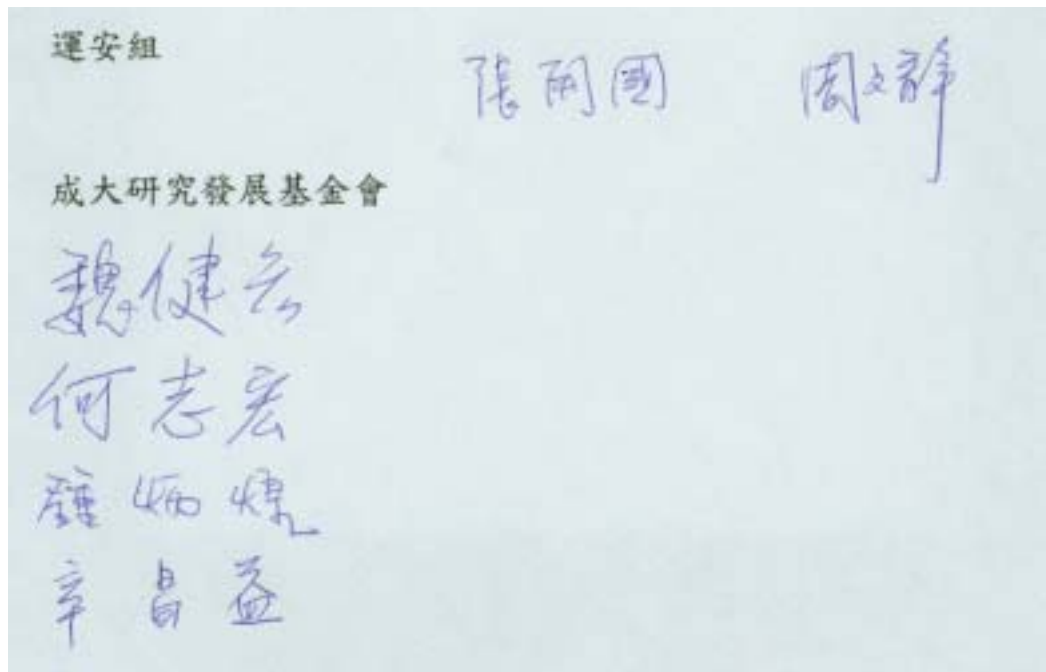
一、時間：九十一年八月十三日（星期二）上午九時三〇分

二、地點：本所運安組會議桌

三、主持人：張副組長開國

記錄：周文靜

四、出席者：



## 五、討論事項：

### (一)期中報告審查意見處理情形(會議資料一)

1. 合作單位之回應除發展時程規劃以及實作課題待確認外，其餘原則上均可接受，有關本所先進車輛發展策略以及 ITS SA(I)報告書提供請合作單位參考，並請適當納入期末報告書內容。
2. 有關中科院發展的大型平台是否納入應用實測之意見，就本研究案而言，仍以小汽車駕駛模擬器之應用發展為主，大型平台的應用可在期末報告建議事項中提出納入後續研究考量。

### (二)應用發展時程規劃(會議資料二)

1. 本研究案實驗車仍以「小汽車」駕駛模擬器為主，其他車種在本案應為場景設計的項目之一；至於機車、自行車的駕駛模擬器應可在另外的計畫中建立和進行發展規劃。表 4.1 請配合作修正。
2. 混合車流中機車佔相當的比例，同時機車行為有其獨特性，有必要作進一步的研究，建議在報告書中以另一小節引出發展機車駕駛模擬器的可行性與重要性，以及未來機車駕駛模擬器與小汽車駕駛模擬器互動與串連實驗的可能。

### (三)實作課題(會議資料三)

1. 合作單位初步規劃特殊天候、車道寬度變化(施工路段)、曲線路段(易肇事路段)、跟車行為、ITS 行車安全輔助系統等五項實作課題，搭配四加一組情境進行實驗設計與測試。

2. 本研究道路環境為迴圈設計的構想，可參考日本 TOYOTA CITY 實驗城的規劃方式與內容。
3. 為落實技術生根，在政府財政預算有限的情況下，可考慮與民間汽車廠商合作的可能性，以持續駕駛模擬器的研發作業。
4. 建議實作項目可搭配較實務的課題進行設計與測試，如白天或黃昏時段開頭燈的影響、中央分隔路段開缺口的影響等。成大方面表示原則同意接受，惟目前軟體功能是否提供聚光效果仍待測試，本案未必能納入；至於開缺口的影響將考慮在場景設計上，以開缺口處等待車輛取代原規劃之曲線路段事故車輛進行實測。
5. 為配合八月底前檢驗亞鎂公司對於駕駛模擬器的維護作業情況，請合作單位協助檢測時軟硬體方面的組合架設及操作，並安排至實驗現場了解駕駛模擬器的實際操作情形。

六、散會（十一時二十分）

## 附錄 E

### 實驗遵守要項

#### 受測者：

##### 一、訓練階段

- 1 目的在使受測者熟悉駕駛模擬器之操作特性，並了解『行車安全輔助系統』之作用，以確保正式實驗資料的有效性。
- 2 駕駛者只需依照訓練場景的設計進行駕駛一次。訓練場景約 5 公里，完成一次訓練約需 5—7 分鐘。
- 3 受測者於駕駛訓練時，請遵守訓練場景中各種標誌、標線及號誌，行經『路口』時，需依照『號誌』所顯示之方向前進。
- 4 駕駛者於駕駛訓練過程中不可以與護欄、分隔設施及場景中的車輛發生碰撞，若不慎發生碰撞意外，則需重新進行駕駛訓練。
- 5 車內設有『行車安全輔助系統』，其功能分為二：
  - 外框：若產生『紅色閃光』時，則表示受測者與前方之系統車跟車間距過近。
  - 警示畫面：於特殊路段或危險路段時，會產生『警示文字』提醒駕駛者注意。

##### 二、實驗階段

1. 完整之模擬實驗共包含 7 項之實驗項目，約 23 公里。
2. 標誌、標線、號誌之規定：
  - 2.1 受測者於模擬實驗時，請遵守虛擬世界中各種標誌、標線及號誌。
  - 2.2 受測者之速率盡量遵照『速限標誌』所規定之速率行駛，除非前方有

危險路況，受測者始降低其駕駛速率。

2.3 受測者行經『路口』時，需依照『號誌』所顯示之方向行進。

3. 行車安全之維護：

3.1 若於模擬實驗時前方出現系統車輛，請受測者盡量尾隨於系統車輛之後方，其跟車間距可依駕駛者所認知之『安全跟車間距』進行跟車。

3.2 受測者不可與護欄、分隔設施或系統其他車輛產生『碰撞』之情形，若不慎發生碰撞意外，則需重新進行實驗。重新實驗依據監控人員指示進行。

4. 行車安全輔助系統之功能：

4.1 車內設有『行車安全輔助系統』，其功能分為二：

➤ 外框：若產生『紅色閃光』時，則表示受測者與前方之系統車跟車間距過近。

➤ 警示畫面：於特殊路段或危險路段時，會產生『警示文字』提醒駕駛者注意。

4.2 行車安全輔助系統並非於所有路段皆會產生作用，當輔助系統產生作用時，駕駛者可利用該系統輔助本身駕駛；若輔助系統沒有產生作用時，駕駛者則需依照本身之判斷進行安全的駕駛。

監控人員：

1 若於第  $m$  項之實驗項目發生意外，則需重新實驗，直到成功。

2 監控人員需紀錄第  $n$  位受測者於第  $m$  項實驗項目發生  $x$  次意外。

## 附錄 F

### 交通部運輸研究所合作研究計畫 ☒期中 ☐期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：駕駛模擬器應用於發展智慧型運輸系統以及道路交通交全研究  
 之規劃設計與實例研究

執行單位：運輸安全組

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
<b>一、王教授晉元</b> 1. 建議對運研所現有之駕駛模擬系統作更詳盡之描述。 2. 參考運安組之先進車輛發展策略之研究報告，增加汽車駕駛模擬器在 ITS 分類之應用課題。 3. 短中長期應配合國內目前技術可行性及市場需求來規劃，如提前對 VMS、電子地圖、車輛導航系統等市場已應用的產品進行實測。 4. 除了問卷調查外，發展時程規劃上建議配合考量技術難易程度及可行性。 5. 國內之基礎研究尚有不足，研究團隊應歸納國內基礎研究較不足之課題，並評估其難易程度與估算進行該課題之基礎研究所需之人力與經費，以利運研所未來參考。 6. 研究團隊如何處理微觀模擬中跳格及等待時間之問題，請說明。 7. 機車為台灣交通一大特性，建議先著手發展一套具有本土特色之駕駛模擬器，即一套具有汽機車之混合車流模擬器，亦較容易在國際研究中成為領先指標。	1. 遵照辦理，整理於 3.1 節。 2. 遵照辦理，整理於 2.1、2.2、4.1 節。 3. 先進車內設備目前於市場並不普遍，且規格尚未達一致，因此本研究短期僅就較簡單之輔助系統進行實作，功能較複雜之系統則規劃於中長期應用發展階段。 4. 本研究短中長期發展時程之安排即以技術發展之困難性及相關課題研究成果之演進來衡量。 5. 本研究以本案主題相關項目為主，無法納入廣泛性的基礎研究。 6. 目前 DS 並無此問題，詳 4.2 節。 7. 機車、大型車的模擬可納入模擬環境，詳 4.1.2 節說明。	
<b>二、林教授久翔</b> 1. 研究團隊可針對問卷自由填答項目，對回答者作深入之訪談，分析時程是否有不足之處。 2. 部分之發展項目可以引用國外成果，不必再自行研究。如駕駛者特性（年齡、性別）雖然重要，但可	1. 本研究已審慎檢視自由填答項目，依模擬器應用性及軟硬體技術開發困難性進行評估，適當地將自由填答之項目納於應用發展時程中。 2. 列為未來實作之考量。	

<p>以引用國外之研究成果，國內即可著重於具有本土性問題而國外研究無法取代的駕駛行為作探討。</p>		
<p><b>三、林組長國顯</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>實作部分宜單純化，例如固定車路狀況，加強人的分析，以免實驗設計過於複雜。</li> <li>分析國內肇事資料，於課題實作時可區分族群，例如 2 年以下駕駛經驗之駕駛者。</li> <li>文獻回顧加入中科院駕駛模擬器資料，並探討該模擬器在機車與大型車輛應用的可行性。</li> <li>機車車流模式建立困難，建議先以車速區分大車與小車，建議混合車流宜規劃於長期發展時程。</li> <li>問卷回收部份，汽車製造廠商意見如何？問卷之分析，因為各界回收份數不同，除次數分配統計外，建議宜作標準化處理，比較產官學各界對於各實作課題之重視程度。</li> <li>實驗設計為後續重點，如何純化干擾因素宜先與運安組討論。</li> <li>建議場景之構建是否能朝資料庫的形式來發展。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>列為未來實作之考量。</li> <li>列為未來實作之考量。</li> <li>依照主席結論第 4 點辦理。</li> <li>遵照辦理。</li> <li>問卷結果標準化的表現方式及分析結果將納入期末報告修正。</li> <li>遵照辦理。</li> <li>本研究無論在硬體、軟體技術上均有相當掌握，未來可自行在軟硬體介面上作編修即可設計不同場景功能，進行建立場景資料庫。目前在相同場景上，對天候、標誌、路樹等均已資料庫的設計。但對不同的應用課題會有不同的設計場景，此部份做多了自然可建立更多的場景資料庫。</li> </ol>	
<p><b>四、運安組</b></p> <p>合約中對於場景的構建並無特別限制要求，而是因應必要的實驗設計來構建。</p>	<p>依工作會議結論來建制。</p>	
<p><b>五、陳組長一昌</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>以往駕駛模擬器在「人」的部份，多以 20-25 歲年齡層駕駛人為代表進行測試分析，然而台灣高齡化人口的社會結構已漸成型，建議將 VIPS 納入 ITS 應用發展時程中。</li> <li>駕駛經驗建議納入肇事記錄進行分析。</li> <li>建議考慮車內設備操作之複雜度對不同年齡、性別等駕駛者之影響。</li> <li>納入 ITS 設備及車上顯示資訊之型態以何種較佳，如何顯示，請說明之。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>目前運研所規劃 VIPS 皆以行人、自行車、機車為考量對象，僅能將該課題部分納入本 DS 應用發展時程中。有關駕駛者年齡相關課題，本團隊已將該課題納入應用發展時程，請參閱 4.1.1 節；機車部分請參閱 4.1.2 節。</li> <li>遵照辦理，整理於 4.1.1 節中。</li> <li>於 4.1.4 節中補充說明。</li> <li>未來可於模擬器上加裝聲音及影像顯示系統。決策時間較短之駕駛行為以聲音較合適；決策時間較長則可採文</li> </ol>	

	字或圖形型態。而不同駕駛者特性、交通環境等狀況下之合適資訊型態，未來可以透過 DS 實作分析。	
<p><b>六、陳委員賓權</b></p> <p>1. 報告第 13 頁所提駕駛模擬器在交通安全上的應用，包括運用駕駛模擬器來瞭解如何給予駕駛人警示、探討標誌設置情形、模擬超速失控時駕駛人的反映、測試駕駛人在疲勞駕駛與酒醉駕駛的反應時間等，都是相當不錯的實作項目，不過在第四章卻未見有進一步規劃。</p> <p>2. 在文獻回顧方面，國外有關駕駛模擬器的研究很多，特別是日本，利用駕駛模擬器進行 ITS 相關課題的研究相當豐富，建議研究團隊可以針對此一部份多加蒐集與探討。</p> <p>3. 在國外汽車駕駛模擬系統的介紹部分，建議可以針對該系統所使用軟硬體、應用領域、實驗設計等進行比較分析，並整理成表。</p> <p>4. 表 3.3 所規劃汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程中，如能在需求調查中順便統計受訪者對應用項目及時程的看法似乎比較理想，否則建議應將問卷結果適當反映在表 3.3 的規劃表中。例如：問卷分數統計最高的前幾項為易肇事路段（路）、行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統（ITS 子系統服務項目）、車輛駕駛行為（車）、天候與環境（路）等，但是在表 4.1 時程規劃上，短期要發展的卻不只前述幾項分數統計最高者？</p> <p>5. 駕駛模擬器在軟體的發展上日新月異，特別是電腦 3D 繪圖軟體技術的臻於成熟後，不一定需要昂貴的多軸模擬器硬體就可以進行很多基本的實驗，因此建議研究團隊對於駕駛模擬器軟體的整理可以再多加探討。</p> <p>6. 實際上很難有一種駕駛模擬器可</p>	<p>1. 第四章之實作課題乃考量現有設備其技術進行規劃，因此無法規劃所有課題之詳細實驗情境。然 4.1 節已將此等議題納入，可望在未來逐步實現。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 本研究已將國外 DS 文獻內容整理於表 3.2。</p> <p>4. 短中長期係依該課題所需應體設備及軟體技術進行規劃。較重要的項目係在整體規劃中確保不被遺漏。</p> <p>5. 國外 VR/3D 套裝軟體除了初期購置成本高以外，每年還需更新的維護費用，且新功能受限於該產品的持續研發能力。故本研究採用跨平台的 VRML 格式，並用 VC++ 撰寫一些行為，未來在發展上不會受限。</p> <p>6. 運研所現有之 DS 設備皆已可對短期發展時程中所有課題進行實作，而中長期待軟硬體設備及技術開發完成後即可進行該課題之實作，中長期 DS 所需增進之功能請參閱本報告書 4.1、4.2 節。</p> <p>7. 列為應用課題發展時程規劃時之考量。</p> <p>8. 目前本團隊已有購置許多 3D 模型，在 3D studio 軟體中可簡化 polygon 及自行建構模型，已可夠本研究所用。</p>	

<p>以進行所有應用課題的實驗，每一種應用課題大都需要量身訂製的場景構建與控制介面的設計，因此研究團隊有必要在規劃實作課題同時，也針對駕駛模擬器所需規格、人因工程的實驗設計、演算法等提出建議。或者針對本所現有設備，提出適合實驗的應用課題。</p> <p>7. 研究團隊必須注意技術進步所可能帶來的影響，例如台北市紅綠燈已經逐漸改用具有高亮度、省電、使用壽命長及維護成本低等優點的發光二極體（LED）號誌燈，駕駛者在更遠的距離就可以看見燈號的變換，未來如應用在可變標誌系統，或者可變標誌系統可以改用動畫等圖形顯示，則該可變標誌系統設置的大小、位置、高度、顏色、內容都是可以應用駕駛模擬器來實作的課題。此外，通信技術的發展將會改變駕駛者對資訊接收的偏好，同樣可以應用駕駛模擬器來實作研究。</p> <p>8. 經費估算除了人力費用外，軟體上 3D engine 以及 model 的購置費用也相當高，建議可以納入評估。</p>		
<p><b>七、林教授久翔</b></p> <p>1. 駕駛模擬器應用中有關人因特性相關偵測設備（如眼球追蹤），建議及早納入規劃中。</p> <p>2. 建議以產業界較關切的課題，行車安全系統、行車輔助導引系統等列為優先考慮項目，納入下半年實測研究。</p>	<p>1. 本研究對於 DS 整合人因特性相關偵測設備有硬體設備改良、實驗環境等考量，請參閱 4.1.6 節。</p> <p>2. 第四章已將行車安全輔助系統納入本研究實作課題。</p>	
<p><b>八、車輛研究測試中心</b></p> <p>1. 經濟部技術處已核准先進車輛控制系統之開發計畫，研究團隊可將列為實作課題項目。</p> <p>2. 目前車測中心並無六軸模擬平台，但中心可開放供車輛測試方面作相關研究。</p>	<p>1. 遵照辦理，請參閱 4.1.4 節。</p> <p>2. 感謝貴單位提供協助。</p>	
<p><b>九、公路總局</b></p> <p>1. 車輛領牌基本上係符合法規規範方可通過，報告書中對法規面的討論</p>	<p>1. 本研究對交通法規相關課題之探討與規劃，請參閱 4.1.6 節。</p>	

<p>似乎較少。</p> <p>2. 日本 DS 有各種不同的場景，軟體可謂相當先進可茲參考；另外道安講習多為靜態，若能納入 DS 可能效果更佳，因此實驗設計方面，建議納入人因工程、安全駕駛等課題。</p>	<p>2. 人因部份的要素會納入，惟限於專業技術及經費，本階段無法納入人因、醫學上的儀器設備，將僅就本研究必要部份作人力、經費之估算。</p>	
<p><b>十、黃教授雪玲(書面意見)</b></p> <p>1. 本期中報告對於國外駕駛模擬器之相關資料收集得頗為充分，相形之下，本研究擬發展的模擬系統似乎遜色許多，各國有其模擬器，功能大同小異，但目標則相同，均為提高交通安全而發展。本研究在介紹各模擬器之功能作用之餘，應設法進一步了解其中幾個模擬器之設計發展過程，才能從中吸取一些發展經驗。此外，也須強調本研究之模擬器將具何種特色，如何有別於現有之模擬器。</p> <p>2. 本研究擬定之模擬系統發展時程規劃表，是如何參酌問卷結果（如表 3-10 之結果），請說明清楚，至於各發展項目所需人力經費之估算，看不出與問卷結果有何關聯，亦不知估算之依據為何？</p> <p>3. 期中報告應達成之進度，包括「模擬系統應用效益與可行性分析」，於報告書中第 3.1 節和 3.2 節，分析不夠深入，亦無數據可循，看完之後，仍不知應用效益及可行性的大小程度。</p>	<p>1. 根據本團隊多年之研究心得，運研所 DS 可發展為中階模擬器，功能及應用領域仍在國際上有相當之地位，特色在於校估本土車流及駕駛行為特性，成本效益性相當高。</p> <p>2. 表 3.10 之結果係根據問卷回答次數統計，並依重要性高低給予不同權重而得到之結果。人力經費之估算與問卷調查並無關聯，而是依據各課題之廣度與深度加以預估，估算之原則請參閱報告書 4.1.5 節。</p> <p>3. 3.1 節係對 DS 應用於交通運輸領域之效益作一概括性敘述；3.2 節簡述運研所現有之 DS 軟硬體設備；3.3 節整理國內 DS 於人、車、路(場景)、ITS 之應用現況，並提出未來 DS 於人、車、路、ITS 應用之可行性及主要開發方向，因此無法提供數據以供參考。</p>	
<p><b>十一、胡教授守任(書面意見)</b></p> <p>1. 本研究在駕駛模擬器應用於發展 ITS 以及道路交通安全相關議題之文獻整理及課題規劃完整，值得肯定。</p> <p>2. 第 7 頁第 1.4 節中第 4 點有關抽樣樣本數之課題，在統計學上的樣本數大小及代表性之考量，建議以實驗設計的方法(例如拉丁方格設計)，以節省抽樣的成本，並兼顧樣本的代表性。</p> <p>3. 第 10 頁第 1.6 節有關本研究之預期</p>	<p>1. 感謝指教。</p> <p>2. 列為實作考量。</p> <p>3. 文字敘述已作加強及調整，仍維持四項成果。</p> <p>4. 遵照辦理。</p> <p>5. 遵照辦理，參見 2.2 節。</p> <p>6. ITS 展綱要計畫中建議有潛在的大眾利益，即公共重要性程度高者，若成本回收率低，則由公部門負責；其次公共重要性程度高者，若成本回收率高，則</p>	

<p>成果，報告中提及共三項，實際上條列四項，建議將第 2、3 項合併之。</p> <p>4. 第 12 頁圖 2.1 交通事故之要因，其中圖形箭頭方向似乎有誤，另「車輛狀況」與「道路狀況」應以直線加以連接，建議進一步檢討該圖中相關單元之關係。</p> <p>5. 第 13 頁第 2.2 節回顧交通部所頒布的 ITS 綱要計畫與本案之關係，事實上就探討國內 ITS 推動重點以作為本案研擬發展 ITS 相關課題參考之角度而言，目前運研所剛完成的 ITS 系統架構(ITS SA)之研究，其中已明列未來國內 ITS 使用者服務項目，建議加以檢討與回顧。</p> <p>6. 第 15 頁第一段有關公、私部門推動 ITS 各項系統領域與使用者服務項目之推論方面，其中述及「低成本回收率及低開發風險主要由公部門推動之」，內容似有待商榷，由公部門推動之權責主要考慮因素為「公共重要性高」，其次為「成本回收率低」。其次為何「私部門」在先進旅行資訊系統扮演主要角色，請補充說明。</p> <p>7. 第 23 頁第 2.4.2 節，為何年長者的減速距離隨著標誌的規格「增加」而「增大」，似乎與常理不符，請補充說明之。</p> <p>8. 第 41 頁第 3.2.5 節，第 1 點有關場景設計繪製部分，如何定義「ITS 交通環境」？其內容應包括那些項目？請加以界定與說明。</p> <p>9. 第 47 至 48 頁表 3.3 有關 DS 應用課題與發展時程規劃表，其中在 ITS 道路設施之資訊、圖誌、可變標誌影響駕駛者行為之議題列為中期發展項目，基於研究團隊過去已有對道路標誌、標線之研究經驗，以及實務之迫切需要，建議該項議題提前至短期研究發展項目之一。</p> <p>10. 第 52 頁第 3.3.3 節有關問卷調查對象方面，其中「國公局」與「高工局」應分別為「國工局」與「高</p>	<p>視開發風險程度而定，若開發風險高，則採公、私部門合作方式推動；若開發風險低，則由私部門負責或公、私部門合作皆可，因為先信旅行資訊系統屬除行前旅行者資訊外，其餘皆為公共重要性高、成本回收率高、開發風險度低，所以私部門扮演主要角色。</p> <p>7. 遵照辦理。</p> <p>8. 將「ITS 交通環境」改為「交通道路環境」。</p> <p>9. 遵照辦理，但基於本團隊過去之研究，標誌內容乃需透過一放大之過程，因此本研究為求顯示內容更精確，將資訊、圖誌可變標誌課題規劃於短期後半階段。</p> <p>10. 遵照辦理。</p> <p>11. 遵照辦理。</p> <p>12. 樣本數問題已就國內相關人才、單位盡力蒐集。問卷結果標準化的表現方式同意接受，將納入期末報告中修正。</p>	
---	---	--

<p>公局」之筆誤，請修正之。</p> <p>11. 第 60 頁正數第 3 行「表 3.7 之統計資料...」應為「表 3.8 之統計資料...」之誤，另第 63 頁倒數第 2 行有類似問題，「表 3.7 可作為...」應修正為「表 3.9（或表 3.10）可作為...」。</p> <p>12. 本研究以簡單加權平均法得到 DS 在 ITS 及道路交通安全相關議題之重要程度與優先發展順序，結果尚待確認，亦嫌簡略，建議以 AHP 或(Fuzzy)Dephi 等方法進一步找出更精確的結果。</p>		
<p><b>十二、運安組(書面意見)</b></p> <p>1.短中長程應用發展時程規劃上，是否考慮建立一標準測試基礎資料，即駕駛人在一般天候、車流狀況下的基本反應狀態，包括感知時間、正常煞車時間、緊急煞車時間、車間距等，以作為後續如 ITS 或其他設施引進後對駕駛人的影響比較。</p> <p>2.DS 應用於發展 ITS 相關課題上，是否與 ITS 綱要計畫內容呼應？</p> <p>3.第四章引言內容不完整，請補充。</p> <p>4.本案實驗課題上，部份委員提出納入可變標誌的影響分析並進行實驗，請評估納入本案實例研究的可行性。</p>	<p>1. 本團隊於規劃實作課題皆有實驗組與對照組之設計，對照組即為一般狀況下駕駛者之基本反應。</p> <p>2. 已修正內容，請參閱 2.2 及 4.1 節。</p> <p>3. 遵照辦理。</p> <p>4. 基於本團隊過去之研究，標誌內容乃需透過一放大之過程，因此本研究為求顯示內容更精確，將資訊、圖誌可變標誌課題規劃於短期後半階段。</p>	
<p><b>十三、研究團隊</b></p> <p>(一)魏教授</p> <p>1.時程規劃上係考量到技術難易度、工作份量等作短、中、長期發展內容，以期提出一綱要時程規劃供各界參考。</p> <p>2.本研究以本研究主題相關項目為主，無法納入廣泛性的基礎研究。</p> <p>3.機車、大型車的模擬可納入模擬環境，且限於現有技術。</p> <p>4.人因部份的要素會納入，惟限於專業技術，無法納入人因、醫學上的儀器設備，將僅就本研究必要部份作人力、經費之估算。</p> <p>5.優先順序政府部份和業界可能會不一致，本研究可提供一平台，產業</p>		

<p>界可視個別需要投入實測。另外目前設備並無速度上的問題，會在效果上作加強。</p> <p>6.未來場景設計將以連續性接近正常道路方式進行，相關課題則作適當組合處理，過程上可視同隨機抽樣。</p> <p>(二)董教授</p> <p>1.目前在相同場景上，對天候、標誌、路樹等均已資料庫的設計。但對不同的應用課題會有不同的設計場景，此部份做多了自然可建立更多的場景資料庫。</p> <p>2.國外 VR/3D 套裝軟體除了初期購置成本高以外，每年還需更新的維護費用，且新功能受限於該產品的持續研發能力。故本研究採用跨平台的 VRML 格式，並用 VC++ 撰寫一些行為，未來在發展上不會受限。</p> <p>3.本研究無論在硬體、軟體技術上均有相當掌握，未來可自行在軟硬體介面上作編修。</p> <p>(三)黃教授</p> <p>1.議題可納入的很多，但要考慮現有設備、經費的限制，本研究期透過議題的凝聚，規劃未來發展時程，提供各界共同投入參與。</p> <p>(四)林教授</p> <p>1.樣本數問題已就國內相關人才、單位盡力蒐集。</p> <p>2.問卷結果標準化的表現方式同意接受，將納入期末報告中修正。</p>		
<p><b>十四、主席結論</b></p> <p>1.應用課題的執行優先順序，除問卷所得外，本所有關先進安全車輛發展策略、ITS 綱要計畫、ITS SA 以及法規中特殊項目，請綜合整理分析並作適當建議。</p> <p>2.研究團隊規劃駕駛模擬器軟體發展應朝更便宜、應用方便之方向考慮，相關資料亦請整理成表以供參考。</p> <p>3.實例研究中請優先考慮易肇事路段或特殊路段。</p> <p>4.有關中科院大型平台是否納入應</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 列於實作之考量。</p> <p>4. 遵照辦理。中科院有國內大型六軸平台硬體的設計及製作能力，亦有 image base 的場景製作能力，但相關硬體設備自國外進口成本很高，若未來有需要可與其洽談。</p> <p>5. 遵照辦理。</p> <p>6. 遵照辦理。</p> <p>7. 遵照辦理。</p>	

<p>用，請與運安組協商討論，若有必要再洽中科院了解。</p> <p>5.有關場景與資料庫構建，請合作單位再與運安組協商。</p> <p>6.研究報告中部份敘述不適當者，請加以修正。</p> <p>7.與會專家學者意見，請納入報告中並加以回應。</p>		
--	--	--

## 附錄 G

### 交通部運輸研究所合作研究計畫 □期中☑期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：駕駛模擬器應用於發展智慧型運輸系統以及道路交通交全研究  
之規劃設計與實例研究

執行單位：運輸安全組

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
<b>一、林所長大煜</b> 1. 場景之直線路段於未來之應用是否可延長，俾利相關研究之進行？ 2. 駕駛模擬器之車上警示系統與現況實際應用之車機系統有何差別？是否可將車上系統拿掉？ 3. 實驗結果顯示，白天晴天之跟車行為之跟車間距皆較霧天之跟車行為跟車間距為大，其原因為何？行車速率為何？請再補充行車速率與跟車間距變動之分析。	1. 場景之直線路段皆可延長，未來相關研究皆可利用此次場景。 2. 目前駕駛模擬器之車上警示系統乃直接投影至螢幕上，並未如實際車上警示系統安裝至車廂內，未來應符合實際情況進行實驗。若未來實驗需求可將車上警示系統拿掉。 3. 可參見 6.4.2 節 D 情境綜合分析的部分。關於速率分析遵照辦理於 6.4.2 節。	
<b>二、黃教授雪玲</b> 1. 表 5.1 之實驗情境應與表 5.2 調查結果結合，依照表 5.1 調查之結果顯示，易肇事路段為最重要且最優先執行之項目，而本案除車道寬度縮減此一項目與其有關外，其餘之實驗情境皆與天候環境相關。 2. 報告書中並無針對跟車行為做定義，另實驗失敗之樣本亦非常重要，亦無針對此一部份做進一步之分析，請再補充。 3. 實驗設計採拉丁方格之方式，因拉丁方格無法處理交互作用，建議可改採統計之其他實驗設計方法。 4. 請於報告書結論中未來駕駛模擬器發展之部分，請再補充駕駛模擬器未來可發展之功能與擴充。	1. 易肇事路段之影響因素頗多且相當複雜，因此本研究實例應用的部分僅探討某些因子對駕駛者的影響。彎道路段之分隔島缺口處，乃為實務交通管理單位面臨兩難之交通安全課題，本研究乃以此作為役肇事路段之範例。 2. 請參照 5.1.2 節之第 2 點。失敗樣本之進一步分析遵照辦理於 6.1.2 節 3. 未來處理交互作用時會考量其他實驗設計方式。 4. 遵照辦理於 7.1 節之第 1 點與 2 點。	
<b>三、王教授晉元</b> 1. 本研究能在短時間內完成各項工	1. 感謝指教。 2. 駕駛模擬器之短中長期應用	

<p>作，實屬不易。</p> <p>2. p63 已將駕駛模擬器短中長期之應用項目列出，係根據研究團隊發展與國外之經驗而求得，其中有無方法論之論點說明？另研究單位已先將短中長期之應用項目列出後方發放問卷，是否會造成受訪單位回答之偏頗，且研究單位針對駕駛模擬器短中長期之應用項目與時程已有答案，其發放問卷之目的又為何？</p> <p>3. 研擬發展時程順序時不能僅依靠問卷，是否有考慮到與國內其他相關建設時程如高公局發展之 ETC 之結合，並考量將駕駛模擬器應用於 ETC 之時程提前，以配合國內建設之發展時程。</p> <p>4. 研究中所應用之跟車是利用何種模式？是否係因跟車模式之因素造成霧天跟車距離較短？</p> <p>5. 報告書中針對駕駛模擬器應具體蒐集之資訊項目有哪些？</p> <p>6. p109 之實作內容中，部分項目與 ITS 無關，請調整。</p> <p>7. 實驗之目的為何？係驗證駕駛模擬器之可行性或是效用？</p> <p>8. 實驗測試是否可找尋不同年齡之受測者測試，以了解不同駕駛人特性之行為。</p> <p>9. 於未來發展之經費預估部分，僅考量軟體部分並無考量硬體之部分，是否係表示硬體已足夠未來駕駛模擬器之發展，請說明。</p>	<p>發展乃根據研究團隊多年經驗以及國外相關經驗而來，其方法論流程如圖 3.6。將短中長期之應用項目列出後方發放問卷，乃因為本研究團隊對於駕駛模擬系統已有相當程度之全盤了解，而受訪單位或多或少未如研究團隊對駕駛模擬系統如此深入，因此研究團隊先將短中長期之應用項目列出，並詢問專家學者各項之優先性與必要性，以表達是否符合研究團隊所規劃的發展時程表。</p> <p>3. 駕駛模擬器發展課題與時程之規劃，確已盡量配合各項交通建設及科技發展之進程，然由於多種因素之考量，仍有先後之別，無法在短期階段配置過多項目與經費。未來各相關單位得參考本研究之規劃成果及國內相關政策走向，予以調整部分內容，以符合實際所需。請參閱 3.4 節與 4.1 節說明</p> <p>4. 請參見 6.4.1 節跟車行為之說明。霧天跟車行為較短的說明請參見 6.4.2 之 D 情境綜合分析。</p> <p>5. 請參見 5.4.2 相關實驗參數說明。</p> <p>6. 此部分是綜合考量人、車、路、ITS 所選出之實驗課題，並不全屬於 ITS 的部分。</p> <p>7. 係驗證 DS 之有效系，第六章充分說明提供相關資料。</p> <p>8. 未來將朝此方面發展，以了解不同駕駛人特性。</p> <p>9. 駕駛模擬器中長期之規劃，以中級之駕駛模擬器設備來概估，本研究所預估之經費應已足夠。</p>	
<p><b>四、陳委員賓權</b></p> <p>1. 實驗失敗之樣本較多，應該是受測</p>	<p>1. 失敗樣本分析於 6.1.2 節，系統之效度信度分析遵照辦</p>	

<p>者不了解系統之因素，如何讓受測者更了解本系統是非常重要的，否則實驗之結果即無法顯現出係駕駛人行為之因素或是系統因素之影響，如此實驗之結果即無意義，建議應有類似系統驗證的說明為宜。</p> <p>2. 另駕駛模擬器人機介面部分，煞車的反應與反作用力並不靈敏，可能駕駛模擬器尚未做到這個程度，若受測者不能強烈的感受此部份，造成受測者煞車之行為不易控制，而造成實驗之失敗，此部份於未來做實驗時需再改進。</p> <p>3. 彎道待轉車試驗中，車輛減速是彎道之因素或是因受待轉車干擾之因素？另待轉車是否可移動讓受測者感到更大之威脅性，使實驗更具真實性。</p> <p>4. 實驗結果並無針對受測者之社經變數與駕駛行為做比較，另外實驗組與對照組亦未做統計檢定，可能係樣本數過少之因素，建議於結論建議之部分建議所需之樣本數大小，俾利未來之參考與應用。</p> <p>5. 報告書撰寫部分，如表 3.5、6.3、6.5 未說明單位；另圖 6.5 未說明圖例與單位，請再補強。</p>	<p>理於 6.2 節說明模擬實驗的系統驗證部分。</p> <p>2. 煞車反應與反作用力已納入六軸平台之控制程式，未來可藉由程式的進一步修改和駕駛者的練習而得到較佳的效果。</p> <p>3. 此實驗情境主要針對有無警示系統於駕駛者對彎道待轉車之反應，因此未考量車輛減速是否因彎道因素或待轉車之干擾，未來可分開實驗以了解減速之真正原因。待轉車移動未來可加入至實驗中，可評估待轉車移動及靜止對駕駛者之影響。</p> <p>4. 由於實驗者皆為年輕族群，因此未與其駕駛行為作比較。實驗組及對照組大多由於樣本述不足未作統計檢定，但補充彎道路段開缺口之統計檢定部分於 6.3 節。</p> <p>5. 遵照辦理</p>	
<p><b>五、公路總局</b></p> <p>1. 於簡報內容中駕駛模擬器似並無速率之顯示，於實驗中亦無討論速率與跟車距離之關係。</p> <p>2. 希望未來監理單位能透過安全講習提供駕駛模擬器提供安全駕駛之訓練，另可移動實驗室之構想非常好，希望未來能做為監理單位之實際運用，希望結論部分能再加強此部份。</p>	<p>1. 投射螢幕有速率顯示器，駕駛人可清楚認知。速率與間距之關係參見 6.4.2 節。</p> <p>2. 遵照辦理於 3.5.5 節及 7.1 節之第 2 點。</p>	
<p><b>六、胡教授守任(書面意見)</b></p> <p>1. 本研究以駕駛模擬器進行道路交通安全與智慧型運輸系統相關課題之先導實驗與研究，尤其在應用駕駛模擬器相關課題之時程規劃、成本估算、效益評估，以及回</p>	<p>1. 感謝指教。</p> <p>2. 本次實驗部分未納入人的議題，乃限於專業技術及經費，未來應加強與駕駛人生理、心理有關的實驗課題。</p> <p>3. 可參見 2.4.4 節中的第 4 點美</p>	

<p>國內、外文獻回顧與分析等項目，內容充實，架構亦完整，值得肯定。</p> <p>2. 本研究根據人、車、路與 ITS 等面向，分別進行多項短期的先導實驗，結果亦稱合理。惟在人的議題方面，包括性別、年齡、駕駛經驗與取得駕照之年期、駕駛人長期駕車或受酒精、藥物影響等課題，對駕駛安全與效率之影響，未能進一步實驗，實屬可惜。蓋根據交通部統計資料顯示，百分之九十以上的交通肇事皆與駕駛人有關，其中又以駕駛人未能注意前方狀況、超速，以及酒後或疲勞駕駛等三項因素佔交通事故死傷人數的百分之五十以上。因此未來應加強與駕駛人生理、心理有關的實驗課題，以期降低因駕駛人疏忽或身心不良所造成之交通事故與衝擊。</p> <p>3. 根據個人了解，以及誠如期末報告書所提及 (pp.29)，全世界最先進的駕駛模擬器為美國愛荷華大學所發展的 IDS，惟在國外相關文獻之回顧未見詳細的探討與分析，建議補充該駕駛模擬器之探討與可資借鏡之處。</p> <p>4. 理論上道路幾何設計在彎道處由於水平視距之考量，應儘量避免中央缺口之設計，甚至提供車輛迴轉之功能，因此該實驗情境之設計與現實狀況有所差距。另 pp.144 表 6.2 有關彎道缺口待轉車有無警示系統的實驗結果比較，其中平均速率為實驗組略比對照組高，但在統計檢定上是否可以判別該兩組樣本之均數有顯著的差異，建議進一步進行統計檢定。</p> <p>5. pp.144 有關 6.3 節中所定義的跟車間距 60 公尺門檻值，其立論根據為何？蓋以本實驗以小汽車單一車種為例，60 公尺之間距可能超過十部小汽車之距離，是否能定義為同一車隊的跟車行為，有待商</p>	<p>國 NADS 駕駛模擬中心，愛荷華大學的駕駛模擬系統現在與美國 NADS 駕駛模擬中心結合，並獲得美國國家道路安全局支援。</p> <p>4. 此實驗情境之設計係與運研所運安組討論之共識，就道路幾何設計理論上來看應盡量避免中央缺口之設計，但現實上卻可能受到各方壓力而不得不設置缺口，尤其在彎道路段更是令人憂心，因此本實驗情境就可表示 ITS 車上警示系統是否能有效提醒駕駛者彎道處缺口待轉車的情形。統計檢定部分遵照辦理，參見 6.3 節。</p> <p>5. 白天霧天的可視距離在實驗情境中設定為 60 公尺，故此處合理的最大跟車間距設定為 60 公尺。</p> <p>6. 最大變動與最小變動並不是代表最大間距與最小間距，而是代表「最大與最小跟車間距差值」的最大及最小值。</p> <p>7. 在本次計畫中跟車行為的二因子互相作用的效果未使用變異數分析乃因其有效樣本數太少，未來應在跟車實驗部分進行較佳的實驗設計，以獲取足夠之樣本數。</p> <p>8. 配合運安組意見第 5 點遵照辦理於表 3.2。</p>	
--	---	--

<p>權。</p> <p>6. pp.148 表 6.3 其中所用之”最大變動”與”最小變動”應為”最大間距”與”最小間距”之誤，請修正之。另 pp.154 表 6.5 亦有類似情形，請一併檢討修正。</p> <p>7. pp.155 有關 6.3.4 小結所提及，探討二因子互相作用之效果，應以二因子變異數分析（ANOVA）為之較為妥當，蓋該方法對兩個因子所產生的交互作用之探討較為直接與客觀，建議進一步分析。其次，相關實驗亦未見任何變異數分析之結果，建議補充探討。</p> <p>8. 本研究針對國內、外相關文獻之蒐集與探討相當完整，惟每一項車輛駕駛模擬器有其發展背景與特色，建議將文獻回顧與附錄 B 之內容，依發展單位、發展時程、軟體硬體架構與規範、適用課題、研究成果與經驗等課題，依序列表說明，俾利參閱。</p>		
<p><b>七、林教授久翔(書面意見)</b></p> <p>1. 本研究能在短短時間內完成各項人因工程實驗，進行駕駛模擬之實例分析，實屬不易，在如此時限內完成模擬環境開發與實驗準備，顯示研究團隊投入相當龐大之人力與精神。人因工程實驗部分雖然有實驗組與對照組之比較，但仍多以敘述性比較為主，建議進一步以統計分析了解其各項分析結論是否具有顯著性意義。</p> <p>2. 受測者均有駕駛執照且有開車經驗，但由於實驗前之練習與實驗回合失敗次數來看，受測者對於模擬駕駛環境之操控與適應顯然頗有困難，如果以此失敗次數來進行實車操作可能早已經.....，why?這應是本研究未來的重點，即模擬駕駛器的效度問題，本研究尚未對該駕駛模擬器進行初步效度評估，或許針對效度評估又會發現多可以讓該模擬器更為符合人因操作的特</p>	<p>1. 感謝指教，統計分析部分因跟車實驗的有效樣本數過少，故無法處理相關的統計檢定分析，而彎道開缺口待轉車的實驗將遵照辦理，參見 6.3 節。</p> <p>2. 已在 6.1.2 節補充分析失敗原因，以了解究竟是對系統狀況不熟悉或是實際道路車況的問題。而系統之效度信度分析也增加 6.2 節說明模擬實驗的系統驗證部分。</p>	

<p>性而加以改良,使該模擬器更適合未來進行駕駛訓練與各種實驗分析。</p>		
<p><b>八、車輛研究測驗中心(書面意見)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 該研究團隊之相關工作相當完整,應予嘉許與稱讚。</li> <li>2. 該研究報告應廣為宣傳與應用,是否可以至各汽車製造廠或是相關業者處,宣傳該模擬器的功能,以達研究落實產業之功用。</li> <li>3. 目前事故鑑定之相關業務,若有該設備之進行相關研究,相關研究與鑑定工作應可以順利發展,是否可以考慮事故鑑定相關領域研究接續計畫。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝指教。</li> <li>2. 本研究團隊同樣期望能將駕駛模擬系統的功能落實至產業界,故未來將積極爭取機會至各汽車製造廠宣導,以結合更多專家先進的力量,使駕駛模擬系統能儘快跟上世界各國腳步。</li> <li>3. 關於肇事鑑定的部分已於4.1節的時程規劃「路」的部分規劃探討易肇事地點。未來研究也會納入事故鑑定的相關領域。</li> </ol>	
<p><b>九、運安組書面意見</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. pp.6 表 2.1 台閩地區交通事故件數統計表中之件數應僅包含 A1 類。</li> <li>2. pp.8 第 17 行「週」邊請修正為「周」邊。</li> <li>3. pp.24 與 25 提到本研究係利用 VRML 之語法作為建構虛擬實驗場景的主要工具,惟表 2.7 中說明 VRML 並不具碰撞特性,如何克服?又 SDK 為何。</li> <li>4. 本所研發之車輛模擬器之車上設備於未來之應用上是否需要改善或加強?如再增設小型螢幕與相關 ITS 設備等,另於第 4.1.5 節與表 4.1 中之經費估算與發展時程安排中,僅考量駕駛模擬器之應用發展,是否需將駕駛模擬器未來發展(中長期)之硬體設備如增設處理車流模式電腦、升級主控電腦等與軟體之升級等納入發展時程之考量。</li> <li>5. pp.60~62 表 3.2 請將國外之駕駛模擬系統相關研究依照年份或相關性研究等次序排列,並補充概略說明各研究之研究成果,另表格超過一頁時,亦請於每一頁補列表頭。</li> <li>6. pp.68 第 3.4.3 節問卷部分,訪問之對象概分為產官學三部份,惟</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝指教。</li> <li>2. 遵照辦理。</li> <li>3. 碰撞特性是用 VC++ 來處理,在此次計畫中若有碰撞的情形會使車輛停止,且會告知受測者已發生碰撞,須重新實驗。而 SDK 已更正為程式控制介面。</li> <li>4. 請參照 7.2 建議的第 2 點,未來可於車輛模擬器上直接加裝實際的 LCD 螢幕,以符合真實駕駛情形。由於電腦設備升級之成本與頂級 PC 價格近似,因此可容納於本研究之規劃經費內。</li> <li>5. 遵照辦理於表 3.2,並配合胡教授之意見。</li> <li>6. ITS-Taiwan 與交通部密切配合,且部分理監事具有公務員身分,故可歸屬政府之意見。駕駛訓練中心宜歸為交通業者,因 DS 與駕訓有密切關連。反轉部分已遵照辦理</li> <li>7. 訪問對象之所以概分為三大類原因在於各單位對各種交通課題有其不同的重視程度,且由 3.5.節可了解其差異度。開放式問答選項整理於</li> </ol>	

<p>ITS-Taiwan 之理監事應不屬於政府部分，汽車駕駛訓練中心應不屬於交通相關業者，表 3.4 請再做調整，第 3.5 節亦請配合調整；另圖 3.7~3.10 中之文字部分，請協助反轉。</p> <p>7. pp.68 第 3.5 節將產官學界分三部份分析之目的為何文中並無詳述，且所得之結果亦無進一步之分析說明其差異性；另亦請補充問卷中開放問答選項之整理。</p> <p>8. pp.114 施工路段實驗之漸變路段長度為多少？是否有依照「道路交通標誌標線號誌設置規則」之規定設計，另 pp.122 場景設計之各標誌名稱亦請依照設置規則之名稱標示。</p> <p>9. pp.117 第 1 行隨「基」修改為隨「機」。</p> <p>10. pp.119 與 pp.126 施工路段路肩之縮減分別為 0.5 公尺與 1.5 公尺，請修正。</p> <p>11. pp.131 之圖 5.21、5.22 與 5.23 與圖 3.3、3.5 重複。</p> <p>12. 第 6.1.2 節實驗人數為 32 人與 5.4.1 節實驗設計之拉丁方格實驗情境 35 位是否會有影響？另表 6.1 顯示實驗失敗之次數數高，其主要之原因為何？係屬於個人操作上之問題、軟硬體配合之問題或是場景設計上之問題？</p> <p>13. pp.148-157 表 6.3-6.5 中之情境 B、C、D、E 各試驗中可用之樣本數僅約 10-16 位，是否過少，統計檢定是否有意義。</p> <p>14. 第 6 章各組實驗之實驗結果其對照組與實驗組之統計檢定是否有其意義。</p> <p>15. pp.155 第 6.3.4 節第 8 行謹「鎮」請修改為謹「慎」。</p> <p>16. pp.156 請補充說明於施工路段中，車輛向左或向右偏之意義。</p> <p>17. 依照工作計畫書之研究內容及工作項目，比對提送之期末報告內</p>	<p>本研究 4.1.6 節，其移至 3.5.5 節。</p> <p>8. 施工路段實驗之漸變路段設計可參照 5.2.3 節表 5.9 其長度為 150 公尺，其設計乃依照相關設置規範。</p> <p>9. 遵照辦理</p> <p>10. pp.119 是路肩寬度由 2 公尺縮減為 0.5 公尺，表示其縮減了 1.5 公尺，pp.126 說明路肩縮減 1.5 公尺。</p> <p>11. 此兩部分之說明事項不同，且為使每一章皆為完整之內容，因此重複利用了相同之說明圖。</p> <p>12. 人數對於拉丁方格設計並不會有影響，32 人一樣可達到隨機性的目的。已在 6.1.2 節補充失敗原因分析，以了解究竟是對系統狀況不熟悉或是實際道路車況的問題。</p> <p>13. 由於此實驗主要針對跟車情況，而跟車實驗需跟上系統車，但實驗中合理跟上系統車的樣本數過少，因此本研究多以平均值與變異數探討有效樣本呈現之交通狀況，上無法進行嚴謹的統計檢定。未來應針對跟車實驗作較嚴謹之考量，使受測者可實際跟上前車。</p> <p>14. 彎道開缺口有待轉車的部分已補充統計檢定及說明，而跟車行為由於樣本數太少，因此統計檢定並無其意義。</p> <p>15. 遵照辦理。</p> <p>16. 施工路段向左偏表示越接近中央分隔島，其駕駛者可能發現路肩施工，因此往中間偏移；施工路段向右偏表示車輛往施工路段偏移。</p> <p>17. 已增加 6.2 節說明模擬實驗的系統驗證部分。</p>	
---	--	--

容，文中並無針對「評估系統有效性」之部分做說明，請補充。		
<p><b>十、研究團隊</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 實驗之過程所蒐集之資料為每 0.1 秒之速度、加速度與 xyz 三軸之座標。</li> <li>2. 駕駛模擬器中長期之規劃，以中級之駕駛模擬器設備來概估，本研究預估之經費應已足夠。</li> <li>3. 本研究初步擬定之重要課題與發展順序是以駕駛模擬器未來之技術發展做為基礎評估，再就教於各學者專家而擬定。</li> <li>4. 本報告後續將加入駕駛模擬器之信度、效度之分析與系統之驗證部分並加強統計之分析。</li> <li>5. 透過拉丁方格的分析，可以較完整測試駕駛模擬器系統。</li> </ol>		
<p><b>十一、主席結論：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請於報告中補充實驗設計之實驗操作量測之物理參數與應用之交通參數對照表。</li> <li>2. 請再補充受測者社經變數關係之探討分析。</li> <li>3. 駕駛模擬器操作失敗之個案非常有意義。其原因係為人為駕駛因素之影響或是系統之因素，其原因為何？請再補充此一部份之分析。</li> <li>4. 請研究單位協助完成「車道寬度之變化對交通安全之影響」與「不同車道不同速限對交通安全之影響」之實驗設計，俾利未來運安組做未來相關研究之需要。</li> <li>5. 不同情境下跟車距離與行車速度間之關係請再進一步分析。</li> <li>6. 駕駛模擬器未來發展之軟硬體部分是否需再補充？是否尚有其他改進空間，亦請於報告中內補充。</li> <li>7. 報告已提出駕駛模擬器未來研究發展之短中長期方向，是否可與國內相關工程或交通之需求比較後再作檢討。</li> <li>8. 與會專家學者意見，請納入報告中並加以回應。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已辦理於 5.4.2 節相關實驗參數說明</li> <li>2. 參見 6.1.2 節模擬實驗人數及次數。</li> <li>3. 遵照辦理於 6.1.2 節。</li> <li>4. 已納入新增 6.6 節後續研究相關實驗設計</li> <li>5. 遵照辦理於 6.3.2 節。</li> <li>6. 遵照辦理於 7.1 節之第二點。</li> <li>7. 駕駛模擬器發展課題與時程之規劃，確已盡量配合各項交通建設及科技發展之進程，然由於多種因素之考量，仍有先後之別，無法在短期階段配置過多項目與經費。未來各相關單位得參考本研究之規劃成果及國內相關政策走向，予以調整部分內容，以符合實際所需。請參閱 3.4 節與 4.1 節說明。</li> <li>8. 遵照辦理。</li> </ol>	



# 交通部運輸研究所合作研究計畫

## 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

### 期末簡報

研究單位：財團法人成大研究發展基金會

執行單位：國立成功大學交通管理科學系

國立中央大學機械工程系

中華民國 91 年 12 月 16 日



# 報告大綱

---

- 緒論
- 國內外文獻回顧及DS應用效益分析
- 國內DS應用現況與未來發展之可行性
- 交通相關課題重要性與需求性分析
- DS應用發展時程規劃
- DS軟硬體發展規劃
- 實例分析研究之規劃及設計理念
- 實例結果分析
- 結論與建議



## 計畫背景

---

- 提昇交通安全與效率
- 智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)的推動
- 汽車駕駛模擬器(Driving Simulator, DS)應用於交通運輸研究之優勢



## 研究目的

---

- 規劃國內汽車駕駛模擬系統應用發展時程
- 選擇交通運輸課題進行實例分析研究



# 研究範圍與對象

---

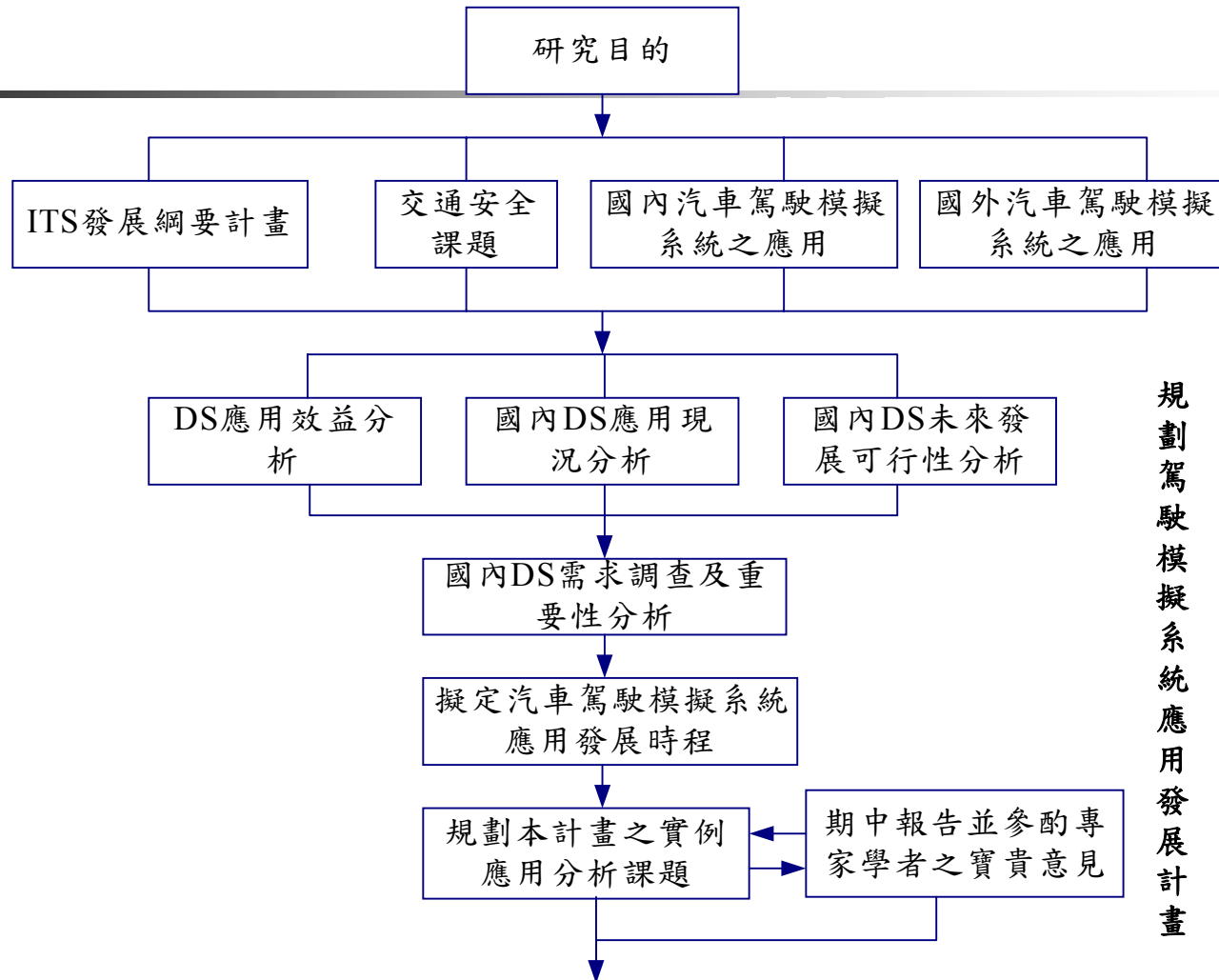
- 規劃汽車駕駛模擬系統應用發展時程
  - 應用課題規劃
  - 軟體技術開發
  - 硬體設備升級
  - 人力與經費概估
- 利用現有設備與技術，進行交通運輸之實例課題分析
  - 交通安全
  - ITS



## 研究內容

- 回顧國內外汽車駕駛模擬系統之發展與應用現況，評析國內汽車駕駛模擬系統發展可行性
- 分析交通相關課題之重要性與需求性，並擬定汽車駕駛模擬系統應用發展時程
- 擬定現階段可實作之應用課題，並進行場景、控制介面等製作與修改
- 分析人因特性，訂定實驗流程，進行模擬實驗並評估系統有效性
- 提出本計畫之結論與建議

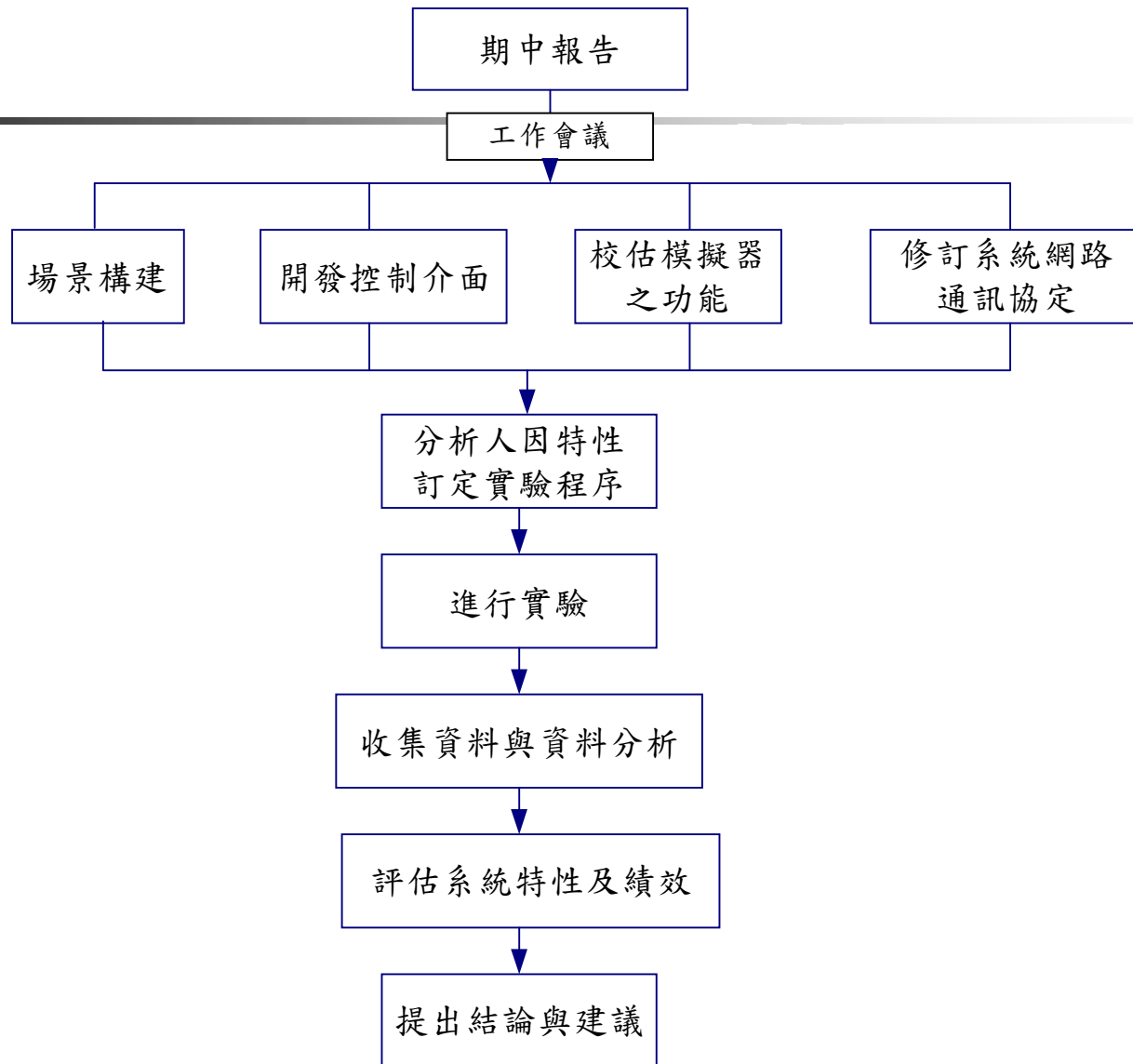
# 研究流程



文獻回顧

規劃駕駛模擬系統應用發展計畫

# 研究流程(續)



實  
例  
研  
究



## 研究成果

---

- 擴展汽車駕駛模擬系統在交通運輸之應用範圍
- 分析國內各單位對駕駛模擬系統應用發展之需求與其重要性
- 規劃駕駛模擬系統應用發展時程與軟硬體開發
- 提昇我國對於交通安全及ITS之研究能力，且實例分析結果也確認未來繼續投入後續研究之價值性



## 交通安全課題回顧

---

- 了解國內交通意外事故的主因
  - 未注意前車狀況 (20.7%)
  - 超速失控 (16.25%)
  - 酒後駕車與疲勞駕駛 (11.26%)



## 國內ITS相關課題

- 遵循交通部『ITS綱要計畫』及『ITS系統架構』
- 衡量各子系統服務項目之公共重要性、成本回收率、開發風險度
- 參酌運研所『先進安全車輛研發策略』
- 探討駕駛模擬系統應用主要方向
  - 先進旅行者資訊系統
  - 先進車輛控制及安全系統



## 國內文獻回顧

---

- 成功大學運輸行為實驗室相關研究成果
- 中央大學機械所投入運動平台之開發
- 民國86年6月，小汽車駕駛模擬系統之先期研究，成大交研所
- 民國88、89年，中央機研所與成大交研所，駕駛模擬系統建置與應用規劃研究
- 民國90年10月，中央機研所與成大交研所，駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究



## 國外駕駛模擬系統相關研究

文獻	實驗目的
Törnros, J. (1998)	隧道彎度對駕駛者速率之影響
Van de Hulst, M. et al. (1998)	視覺狀況不佳時的駕駛行為
Verwey, W. B. et al. (1999)	駕駛者的警覺性是否可在有睡意的情況下維持
Comte, S. L. (2000)	智慧型車速調控系統之應用
Ranner, T.A. et al.	夜間駕駛的眩光問題
Hakamies-Blomqvist, L. et al. (1999)	老年人駕駛方式之研究分析
Roge, J. et al. (2001)	在一長時間單調的駕駛過程中,某些不需要的輔助及附屬的行為(如:改變姿勢,吹口哨,用手碰觸手肩等)是否會增加



## 國外駕駛模擬系統相關研究(續一)

文獻	實驗目的
<a href="Http://www.tfhr.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm">Http://www.tfhr.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm</a>	駕駛過程中因睡意侵襲而導致車禍的機率及駕駛行為的改變
Comte, S. L. et al. (2000)	速度與駕駛安全的關係
Falkmer, T. et al. (1998)	藥物對於行為之影響
Eccles, K. A. (2000)	在不同的地段辨識不同顏色物件之能力
<a href="http://vc.kookmin.ac.kr/ds/main.HTM">http://vc.kookmin.ac.kr/ds/main.HTM</a>	酒精對駕駛行為之影響
Tokunaga, R. A. et al. (2000)	調查開車時使用手機對話的駕駛反應時間和精神工作負擔
Yokochi, K. et al. (2000)	ITS科技對於潛在危險狀況之改善效果

## 國外駕駛模擬系統相關研究(續二)

- 2002年9月於德國漢諾威舉辦的第49屆國際車展中，賓士汽車利用了駕駛模擬系統展示各項新研發的智慧型車內設備



賓士汽車之駕駛模擬系統



賓士汽車駕駛模擬系統之銀幕



# 汽車駕駛模擬系統應用效益分析

---

- 事前預覽
- 安全性高
- 可變性、調適性高
- 資料收集便利
- 成本低效益高



# 國內DS應用現況及未來發展分析

國內汽車駕駛模擬系統雖尚未發展至成熟階段，但已可利用其進行多種交通課題的模擬實驗

- 人因特性
  - 仍有相當大的發展空間
- 車輛特性
  - 車流模式尚未發展健全
- 路及天候環境
  - 已可模擬各種情境
- ITS子系統服務項目
  - 研究成果相當少



# 交通相關課題重要性與需求性分析

---

- 綜合下列兩項成果擬定汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）
  - 依據計畫書之國內汽車駕駛模擬系統應用發展規劃初步構想
  - 整理國內外駕駛模擬系統相關研究
- 規劃工作架構
  - 人、車、路、ITS等四大分類
  - 短、中、長期時程共10年

# 汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）

時程 應用項目分類		短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
人	駕駛者特性	性別、年齡對反應時間的影響		特殊狀況：疲勞駕駛、酒後駕車、藥物影響等
	駕駛者行為		駕駛技巧、經驗	
		短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
車	車種(場景中其他車輛)	單一車種	混合車種（不含機車）	混合車種
	車種（駕駛車輛）	駕駛車輛為小汽車		駕駛車輛為其他車種
	車輛駕駛行為	間距、速率之變化	橫向互動、縱向互動及車流模式	符合真實狀況之混合車流模式

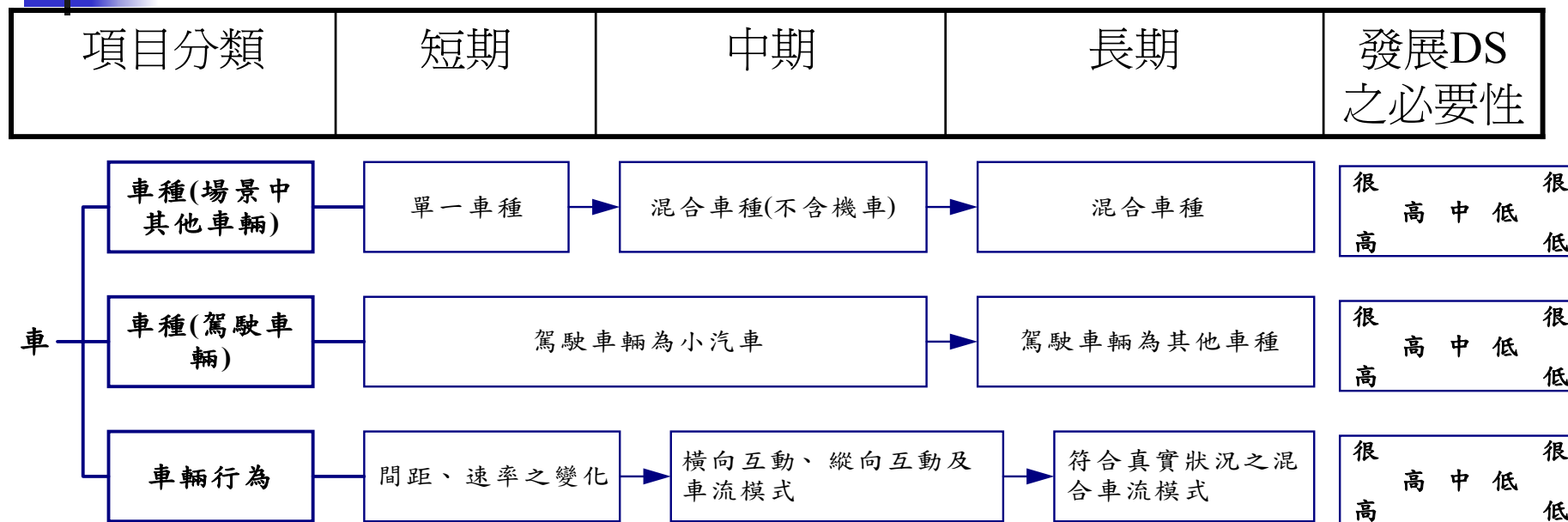
# 汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）-續1

			短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
路	道路型態	高快速公路	護欄、交流道、封閉性車道、收費站		
		一般性公路		快慢車道(不含機車)、定時號誌路口、沿街商家、中央分隔	
		市區道路			含號誌化路口及非號誌化路口、開放性車道(含機車)、行人、商家、路邊停車、公車及公車站
	交控設施：標誌、號誌、標線、橫化島		交控設施的型態、大小、顏色、設置位置		
					電腦化號誌系統
	易肇事地點		易肇事路段(駕駛者視距、車道寬度)	易肇事路段(駕駛者視距、道路線形：平曲線、豎曲線)	易肇事路段、路口(車輛與車輛間的碰撞，含追撞、側撞、擦撞等)
	天候與環境		清晨、白天、黃昏、夜晚對駕駛者視線之影響 晴天、雨天、陰天、霧天對駕駛者視線之影響	燈光、路旁燃燒雜物所產生的煙	特殊天候(雨天、陰天、霧天對車輛操作或道路之影響)

# 汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）-續2

		短期（1—3 年）		中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
ITS 子系 統服 務項 目	ITS 道路設施			資訊、圖誌可變標誌影響 駕駛者行為	
	電子收費系統		電子收費對駕駛行為之影響		
	行車安全輔助系 統及行車資訊與 導引系統	行車危險警示設備（應用 於跟車、併入、變換車道 等）		ITS 車內單元以簡單之聲 音或文字圖形來輔助駕 駛者	駕駛者操作較複雜之電子地圖、 行車資訊與導引系統等設備，並 利用其輔助駕駛
			駕駛者操作通訊、資訊等車內各 種設備對駕駛行為之影響		

# 問卷設計



您是否有其他重要相關的車輛研究課題建議本計畫納入



## 問卷發送、傳回方式及訪問對象

---

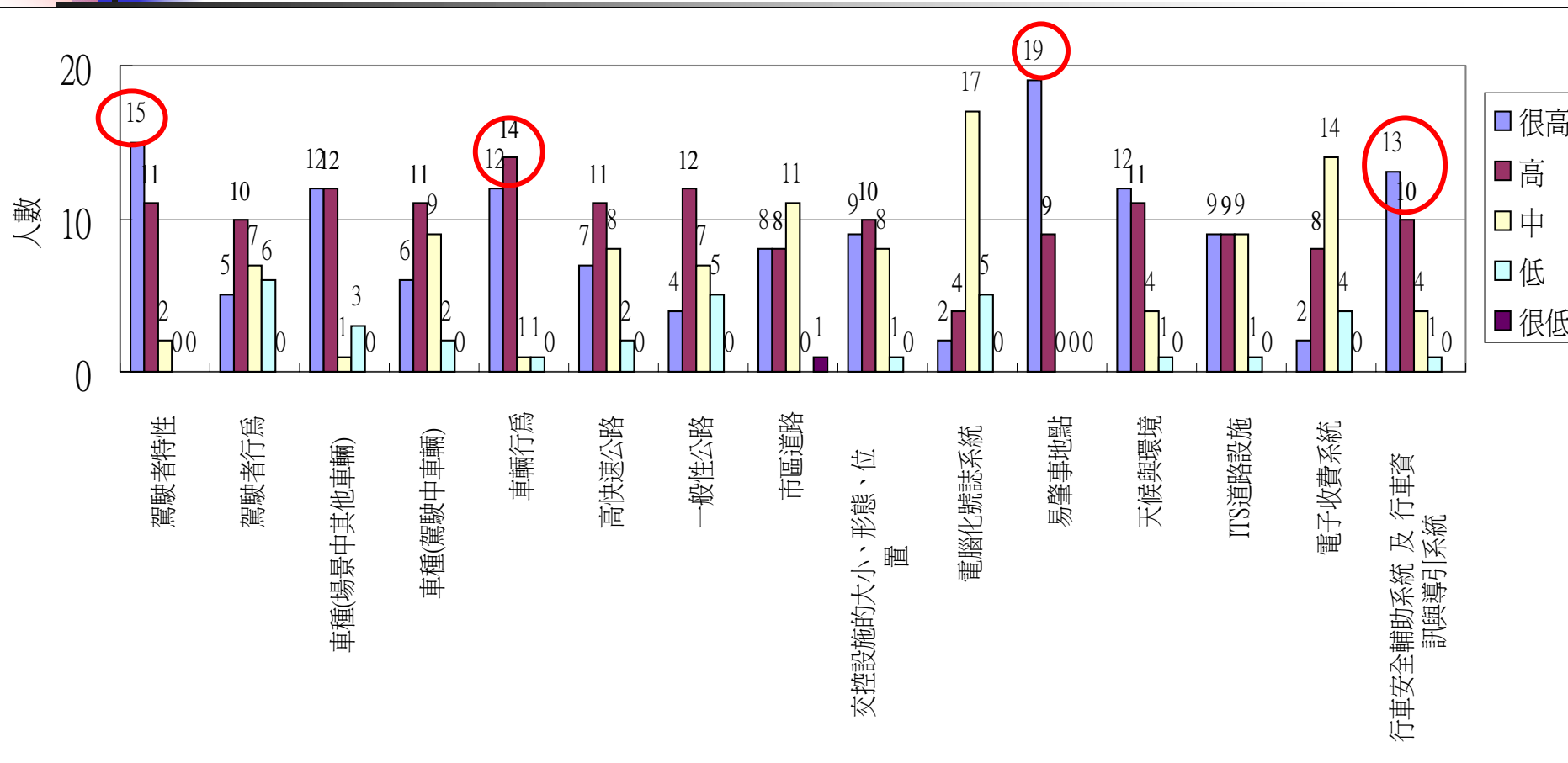
- 郵寄的方式送達各訪問單位及對象，回收的方式則傳真到本計畫執行單位
- 訪問的對象共包括國內產、官、學各界之交通相關單位及專業人士



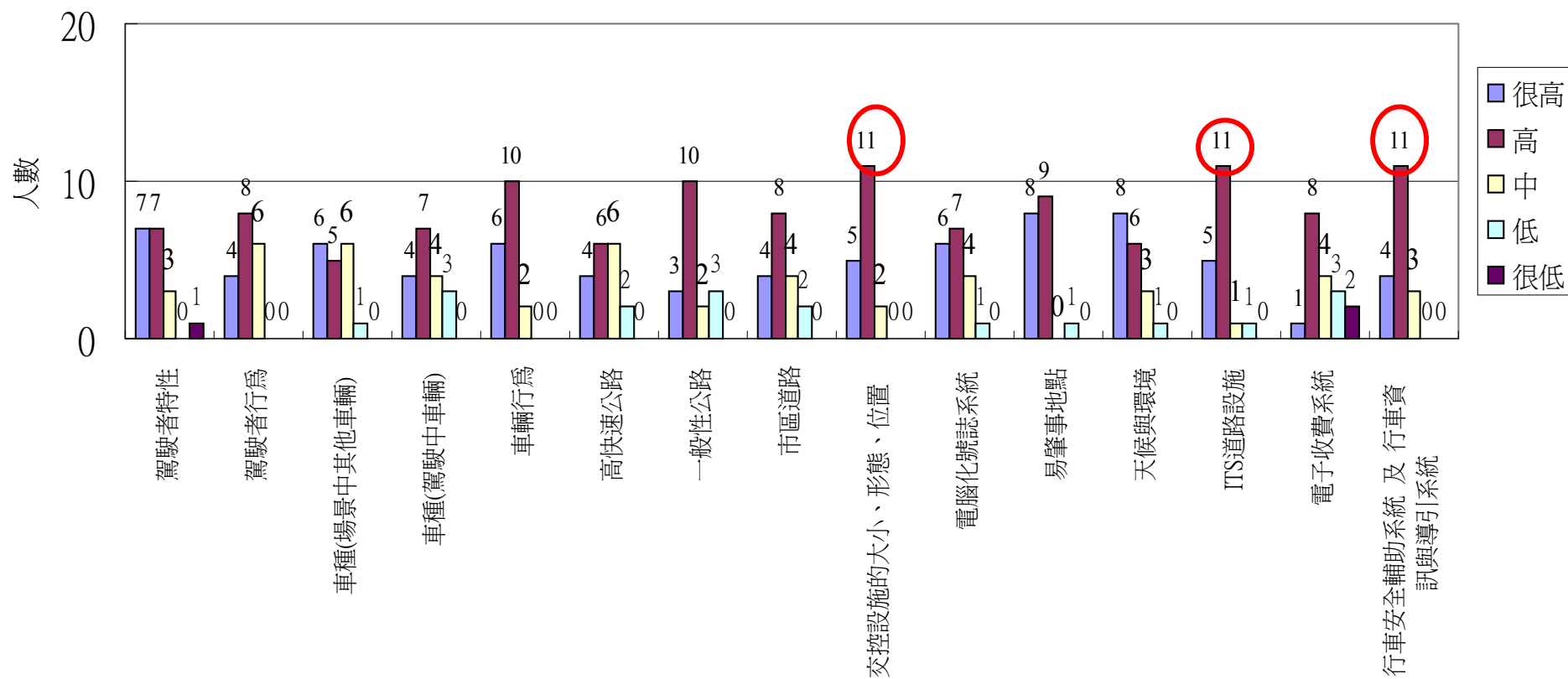
## 問卷發送、傳回方式及訪問對象(續)

訪問對象	寄發數	回收數
各大學交通相關系所教授	67	28
運輸研究所		
監理所/站	67	18
國公局、高工局		
各縣市交通局		
ITS-Taiwan理監事		
行車事故鑑定委員會		
汽車駕駛訓練中心	46	16
交通專業顧問公司		
汽車駕訓班		
交控設施與汽車製造商		
合計	180	62

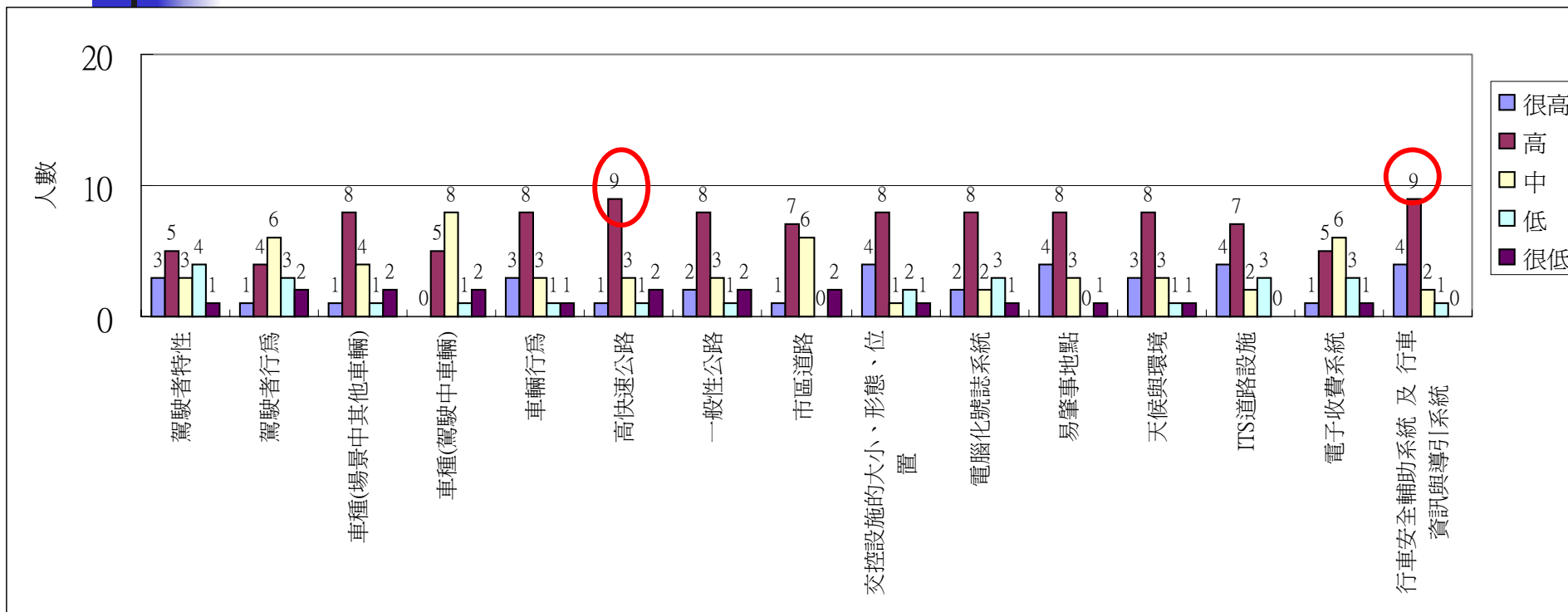
# 學術及研究單位



# 政府部門



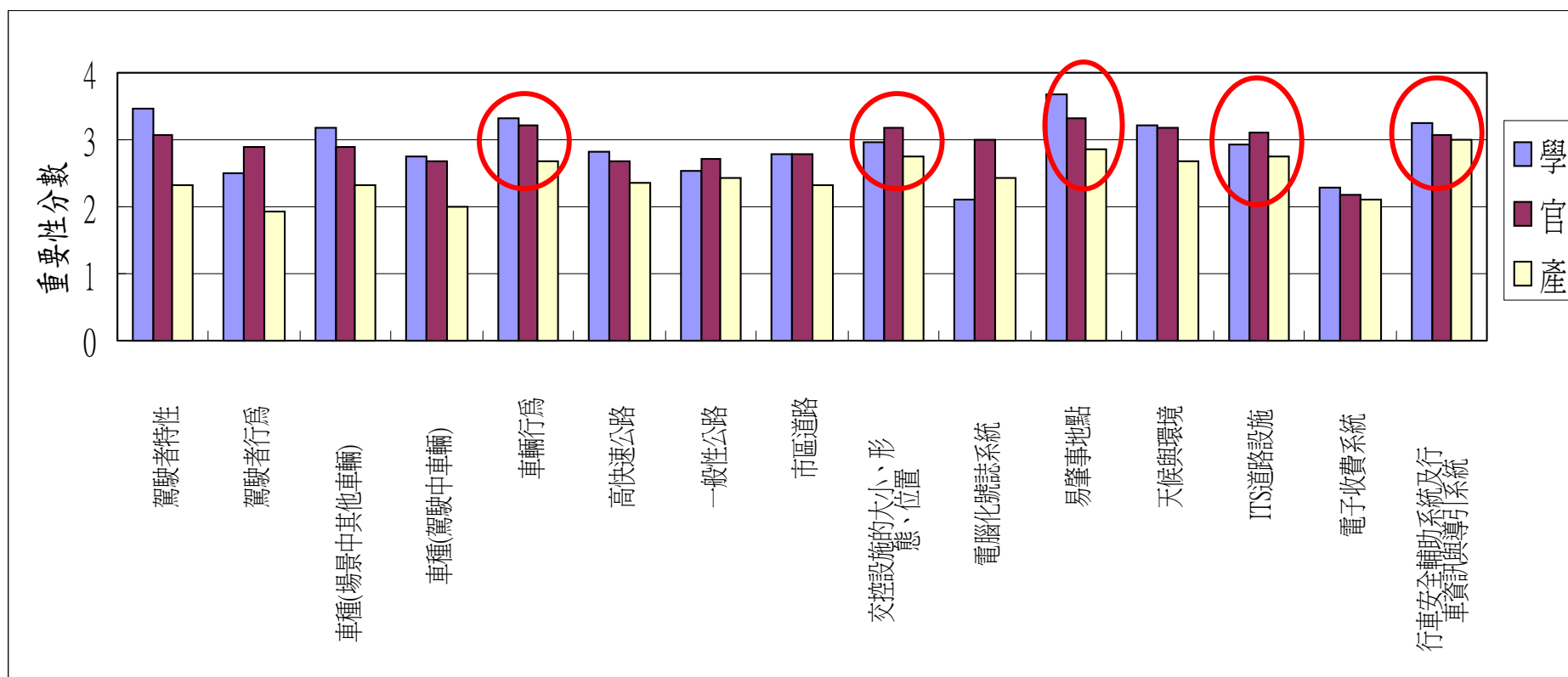
# 交通相關業者



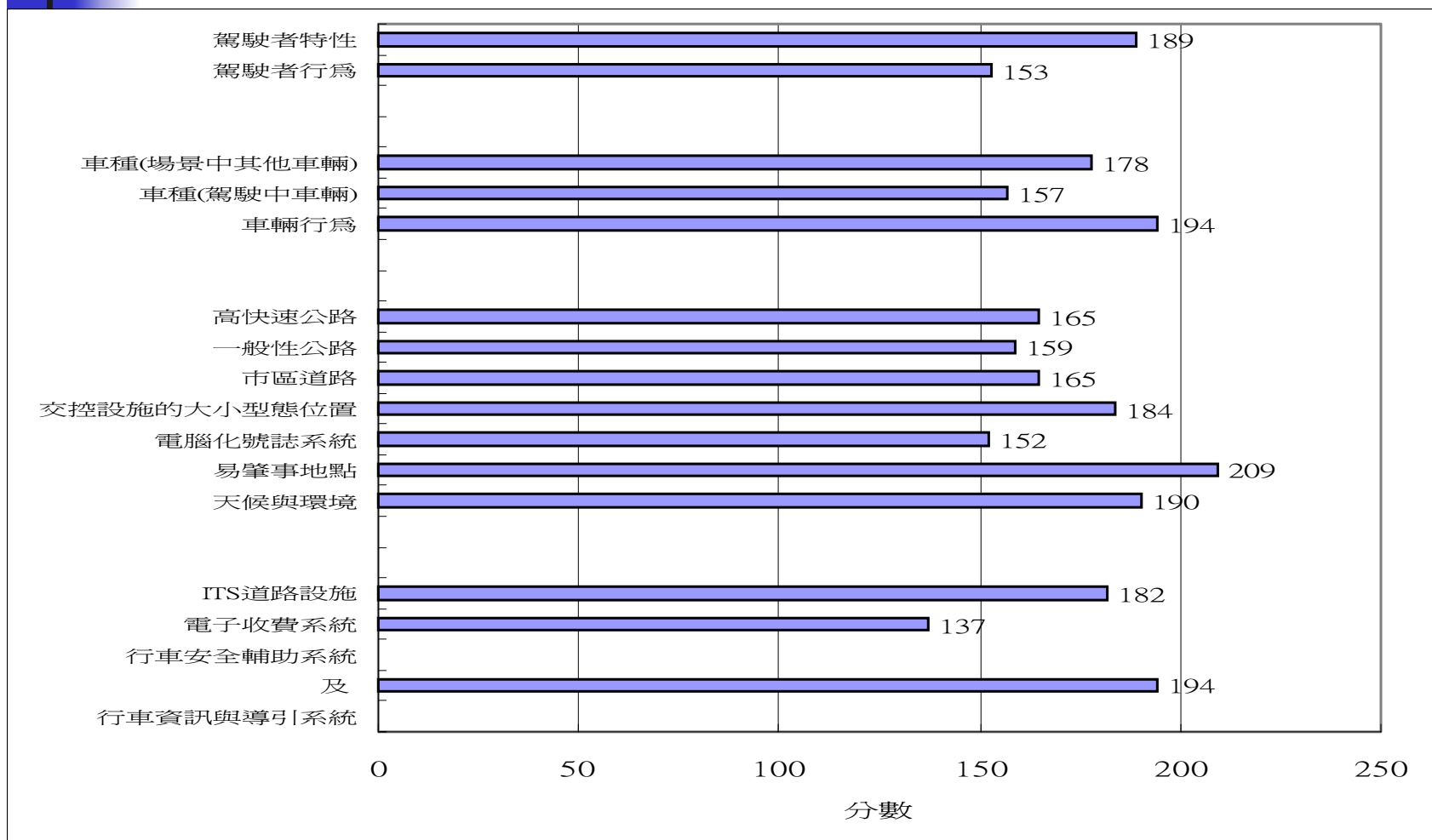
# 總人次統計

項目分類				發展DS必要性評估人數統計				
				很高	高	中	低	很低
人	駕駛者特性			25	23	8	4	2
	駕駛者行為			10	22	19	9	2
車	車種(場景中其他車輛)			19	25	11	5	2
	車種(駕駛中車輛)			10	23	21	6	2
	車輛行為			21	32	6	2	1
路	道路 形態	高快速公路		12	26	17	5	2
		一般性公路		9	30	12	9	2
		市區道路		13	23	21	2	3
	交控設施：標誌、 號誌、標線、槽 化島	交控設施的大小、形態、位置		18	29	11	3	1
		電腦化號誌系統		10	19	23	9	1
	易肇事地點			31	26	3	1	1
	天候與環境			23	25	10	3	1
ITS子 系統 服務 項目	ITS道路設施			18	27	12	5	
	電子收費系統			4	21	24	10	3
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統			21	30	9	2	
問卷回收數量				62				

# 交通應用課題於各界之平均得分圖



# 重要性分析



# 應用課題執行優先順序

項目分類			得分	執行優先順序			
				最優先	優先	應執行	宜執行
人	駕駛者特性		189		◎		
	駕駛者行為		153			◎	
車	車種(場景中其他車輛)		178		◎		
	車種(駕駛中車輛)		157			◎	
	車輛行為		194	◎			
路	道路形態	高快速公路	165			◎	
		一般性公路	159			◎	
		市區道路	165			◎	
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島	交控設施的大小、形態、位置	184		◎		
		電腦化號誌系統	152			◎	
	易肇事地點		209	◎			
	天候與環境		190	◎			
ITS子系統服務項目	ITS道路設施		182		◎		
	電子收費系統		137				◎
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		194	◎			



## 期中報告會議審查

---

- 經由計畫期中報告與工作會議，參照各界專家學者之意見，研擬出我國未來汽車駕駛模擬系統的發展時程及相關人力經費，期能有助於國內欲推動駕駛模擬系統應用之單位

# 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃

應用項目分類		時程		
		短期 (1—3 年)	中期 (4—6 年)	長期 (7—10 年)
人	駕駛者特性	性別、年齡、學歷等特性		
	駕駛者經驗		駕駛年資、技巧、肇事紀錄、職業駕駛、地區性駕駛者	
	駕駛者狀況		疲勞駕駛、酒後駕車、藥物影響等	

# 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃 (續1)

		短期 (1-3 年)	中期 (4-6 年)	長期 (7-10 年)
車	車種(場景中其他車輛)	單一車種	混合車種 (不含機車)	混合車種 (含機車)
	車種 (駕駛車輛)	駕駛車輛為小汽車		
	車流行為	間距、速率之變化	橫向互動、縱向互動及車流模式	符合真實狀況之混合車流模式

## 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃(續2)

		短期 (1—3 年)	中期 (4—6 年)	長期 (7—10 年)
路	道路型態	高快速公路	護欄、交流道、封閉性車道、收費站	
		一般性公路	快慢車道(不含機車)、定時號誌路口、沿街商家與景觀、中央分隔	
		市區道路		含號誌化路口及非號誌化路口、開放性車道(含機車)、行人、沿街商家與景觀、路邊停車、公車及公車站
		特殊路段	郊區/山區道路	隧道
	交控設施：標誌、號誌、標線、橫化島	交控設施的型態、大小、顏色、設置位置		
				電腦化號誌系統

## 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃(續3)

路	交控設施：標誌、號誌、標線、橫化島	交控設施的型態、大小、顏色、設置位置		
			電腦化號誌系統	
	易肇事地點	易肇事路段（駕駛者視距、車道寬度）	易肇事路段（駕駛者視距、道路線形：平曲線、豎曲線）	易肇事路段、路口（車輛與車輛間的碰撞，含追撞、側撞、擦撞等）
			施工路段	調撥車道
	天候與環境	清晨、白天、黃昏、夜晚 對駕駛者視線之影響  晴天、雨天、陰天、霧天 對駕駛者視線之影響	燈光、路旁燃燒雜物所產生的煙	特殊天候（雨天、陰天、霧天對車輛操作或道路之影響）

## 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃(續4)

		短期 (1—3 年)		中期 (4—6 年)	長期 (7—10 年)
ITS 子系 統服 務項 目	ATIS		資訊、圖誌可變標誌等之設置地點與內容		
		路況警示系統		ITS 車內單元以簡單之聲音或文字圖形來輔助駕駛者	駕駛者操作較複雜之電子地圖、行車資訊與導引系統等設備，並利用其輔助駕駛
			駕駛者操作通訊、資訊等車內各種設備對駕駛行為之影響		
	EPS		主線電子收費及匝道電子收費對駕駛行為之影響		
	AVCSS	縱向防撞警示系統 (安全車距)	側向防撞警示系統 (變換車道、匝道併入)		路口防撞警示、視覺死角警示系統
		超速行駛警示與定速輔助系統	車道偏離警示與輔助系統		夜間視野及辨認性支援系統 (隧道、夜間、天氣不良)



# 人力與經費之概估

## 人力概估原則

- 人月係以碩士級專任研究人員之工作量为基礎
- 計畫主持人、行政人員與次要研究助理等間接人力不予估算

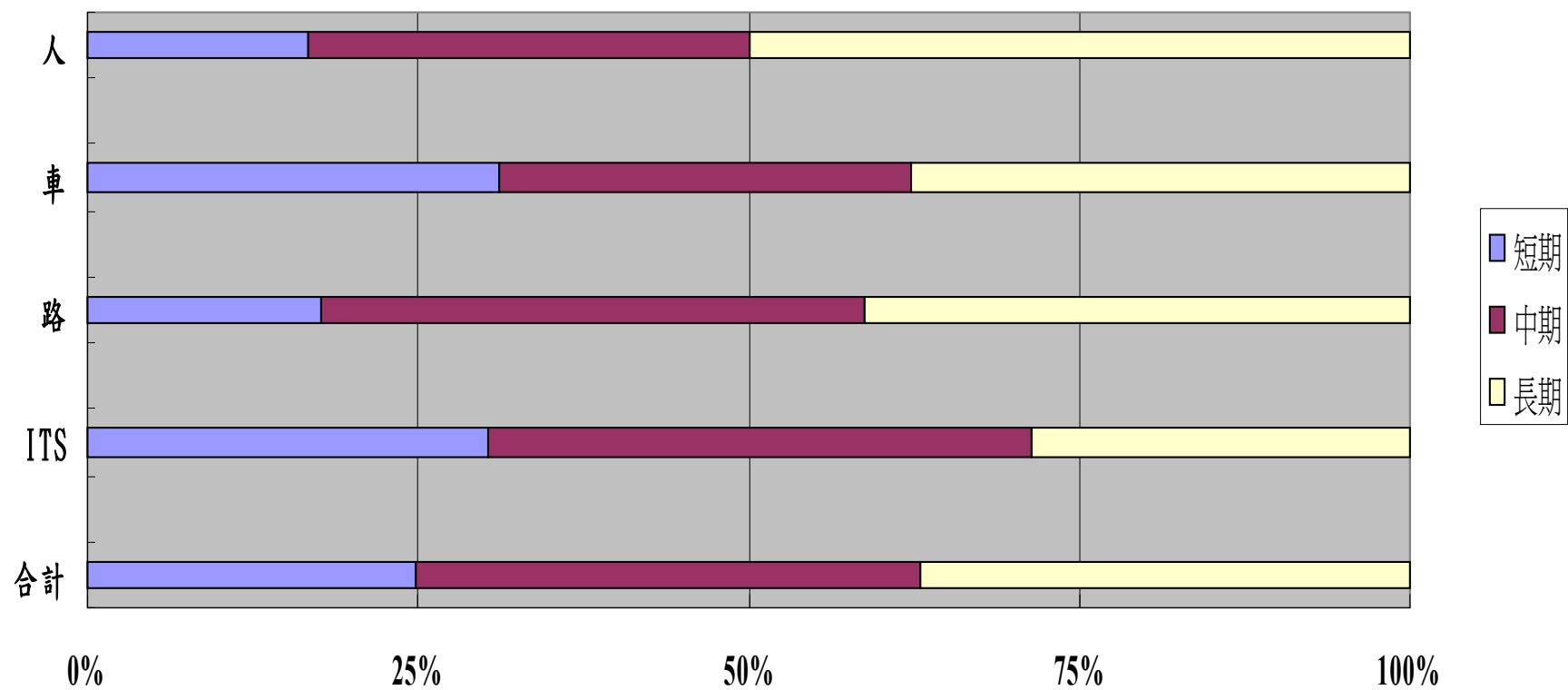
## ■ 經費概估原則

- 每人月薪資(直接費用)以學術機構之一般標準估算
- 總經費為直接費用及間接費用之總和，間接費用(含管理費)以直接費用的100%估算
- 估算投入研究之人力薪資與軟硬體之開發購置費
- 硬體設備以達成應用課題之功能需求為前提，對於真實性及舒適性則為次要之考慮因素

# 人力與經費概估表

發展時程 項目分類	短期 (1—3 年)	中期 (4—6 年)	長期 (7—10 年)	合計
人	4 人月 64 萬	8 人月 128 萬	12 人月 192 萬	24 人月 384 萬
車	28 人月 448 萬	28 人月 448 萬	34 人月 544 萬	90 人月 1440 萬
路	24 人月 384 萬	56 人月 896 萬	56 人月 896 萬	136 人月 2176 萬
ITS	34 人月 544 萬	46 人月 736 萬	32 人月 512 萬	112 人月 1792 萬
合計	90 人月 1440 萬	138 人月 2208 萬	134 人月 2144 萬	362 人月 5792 萬

# 資源需求配置圖





## 其他建議

---

- 交通法規課題
- 機車DS之發展
- 整合DS與其他偵測設備
- 可移動式實驗室

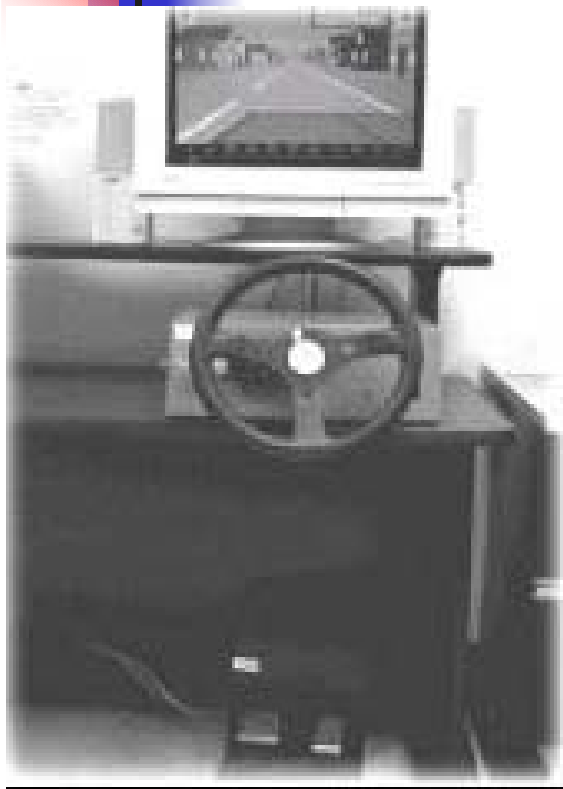


# 軟硬體發展規劃

---

- 軟體技術
  - 碰撞偵測技術之開發
  - 車流行為模式之發展
- 硬體設備
  - 多螢幕同步投影系統
  - 駕駛艙之改良
  - 車內設備、聲音及影像系統
  - 改善實驗場地環境
  - 環場360度之影像效果

## 不同等級之駕駛模擬器



陽春型

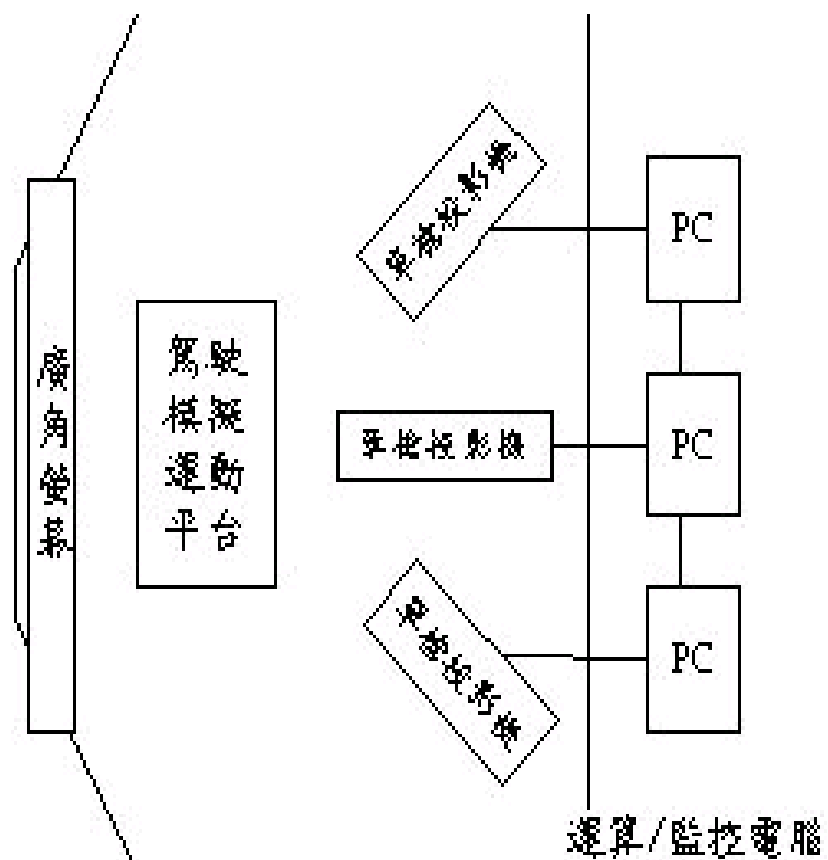


中階等級



高階等級

# 廣角螢幕之投射





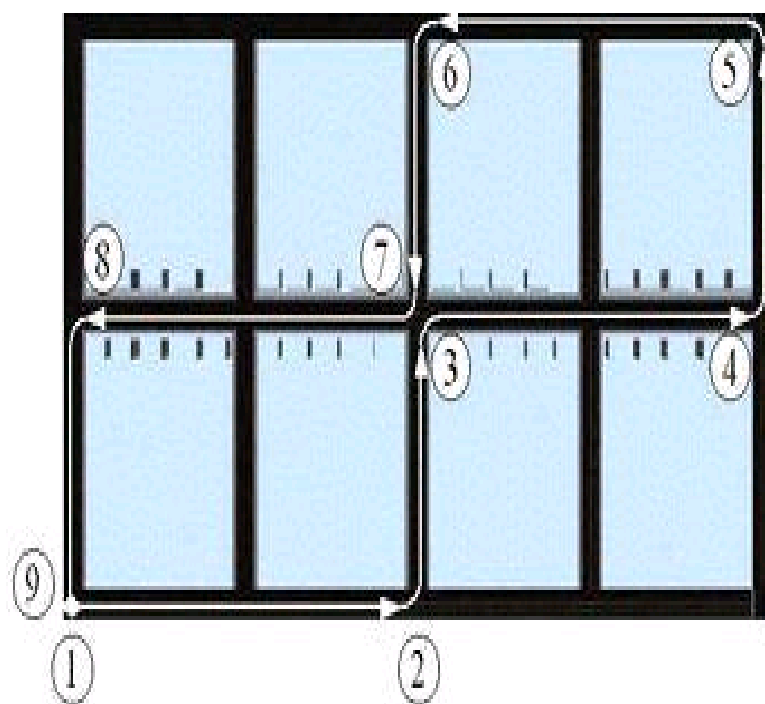
# 實作課題規劃理念

---

- DS現有之功能
- 執行優先性高
- 交通安全之需求
- ITS設備功能
- 人車路兼顧

# 場景設計理念

- 擬真的道路環境
- 應用的延續性
- 迴圈的設計
- 多樣化的行進路線





## 實作課題之選擇

---

- 本團隊與運研所舉行工作會議，經過執行優先性、交通安全、ITS等考量後，並衡量汽車駕駛模擬系統現有之軟硬體設備與技術，提出5項實作課題：
  - 曲線路段
  - ITS行車安全輔助系統
  - 特殊天候
  - 不佳天候之跟車行為
  - 車道寬度變化



# 實作課題情境設計

---

## ■ 情境組合

- 彎道行車狀況課題
- 各種天候下跟車與煞車反應課題
- 車道寬度變化之影響課題

## ■ 實驗控制

- ITS車內設備
- 多個起始點
- 遭遇交通狀況次序不同

## 實驗情境分類

組別	實驗情境	實驗組/對照組	因子數量	成果	
				運輸安全	ITS
A	彎道開缺口，有路況警示系統之駕駛行為	A1 實驗組	1	✓	✓
	彎道開缺口，無路況警示系統之駕駛行為	A2 對照組			
B	白天晴天，有縱向防撞警示系統之跟車行為	B1 實驗組	1	↔	✓
	白天晴天，無縱向防撞警示系統之跟車行為	B2 對照組			
C	車道寬度變化由 3.5 公尺至 3 公尺之駕駛行為	C1 實驗組	1	✓	↔
	車道寬度 3.5 公尺之駕駛行為	C2 對照組			
D	白天霧天下之跟車行為	D1 實驗組	1	✓	↔
	白天晴天下之跟車行為	D2 對照組			
E	白天霧天，有縱向防撞警示系統之跟車行為	E1 實驗組	2	✓	✓
	白天霧天，無縱向防撞警示系統之跟車行為	E2 對照組			

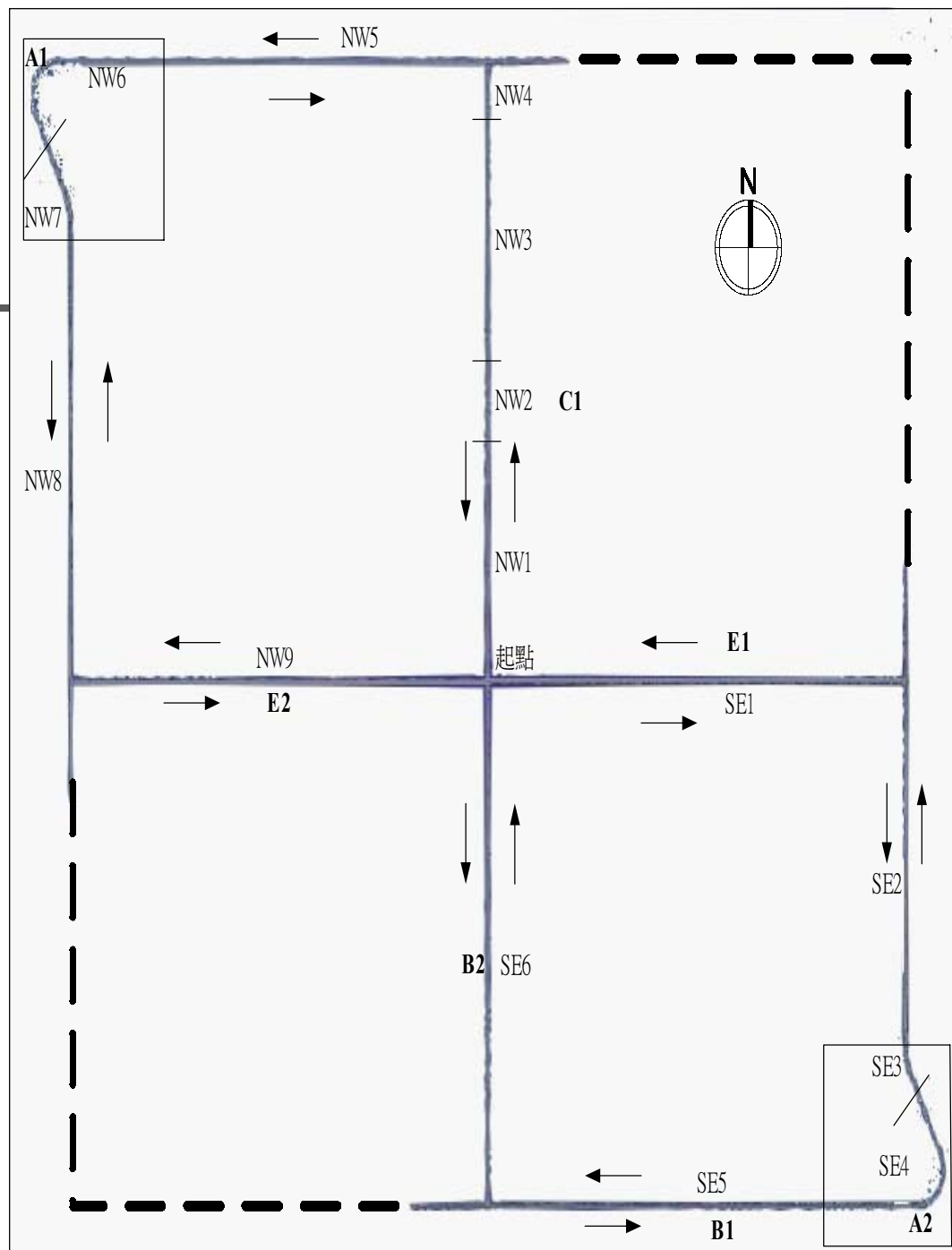
# 場景設計準則

- 直線設計
- 彎道設計
- T型路口設計
- 交叉路口設計
- 碰撞設計

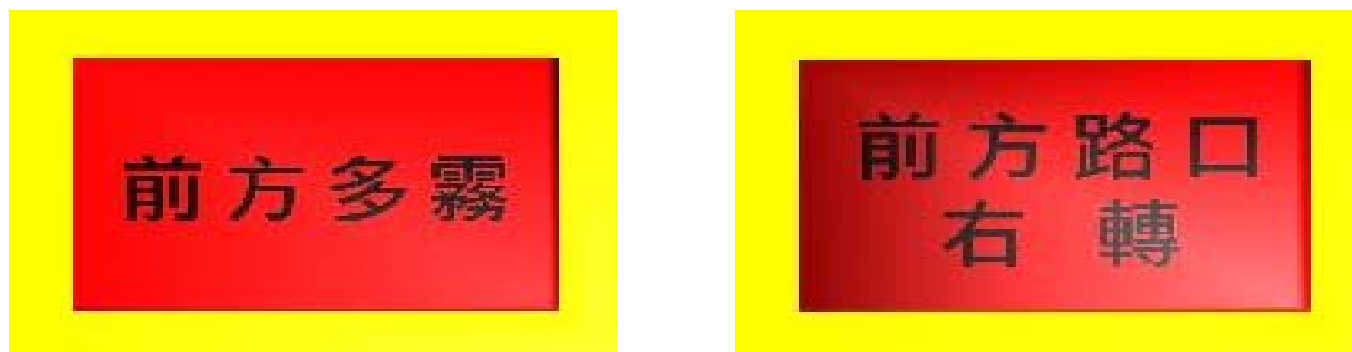




# 場景路線幾何設計



# 行車安全輔助系統設計



特殊路況資訊顯示圖



跟車間距過程資訊顯示圖

# 六軸平台與三頻同步之製作

- 三頻同步視覺系統為駕駛模擬器重要技術核心之一
- 系統為先前計畫所建置的油壓六軸平台配合三組PC、三組單槍投影機以及三組150英吋之電動珠光銀幕



# 三頻同步視覺系統之軟體架構

- 三頻同步視覺系統是  
使用一台個人電腦作為  
伺服（Server）端，  
其餘兩台個人電腦則  
為客戶（Client）端
- 利用Directplay的方式  
來撰寫網路同步模組





# 模擬實驗規劃

---

## 1. 受測人員

- 訓練階段：訓練場景約5公里，完成一次訓練約需5—7分鐘，目的在使受測者熟悉駕駛模擬器之操作特性，並了解『行車安全輔助系統』之作用
- 實驗階段：實驗場景約25公里，完成一次訓練約需15—25分鐘

## 2. 監控人員



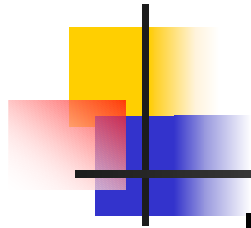
## 模擬實驗人數與次數

- 本研究尋找32名受測者，受測者的年齡以20—25歲之年輕族群居多，有駕駛執照且具開車經驗為主。依照拉丁方格法之設計。每位受測者須進行2次的模擬實驗。

實驗回合 <sub>↙</sub>	失敗一次 <sub>↙</sub>	失敗二次 <sub>↙</sub>	失敗三次 <sub>↙</sub>	失敗四次 <sub>↙</sub>	失敗總數 <sub>↙</sub>
1 <sub>↙</sub>	12 <sub>↙</sub>	3 <sub>↙</sub>	1 <sub>↙</sub>	1 <sub>↙</sub>	25 <sub>↙</sub>
2 <sub>↙</sub>	7 <sub>↙</sub>	3 <sub>↙</sub>	0 <sub>↙</sub>	0 <sub>↙</sub>	13 <sub>↙</sub>









# 實驗結果分析

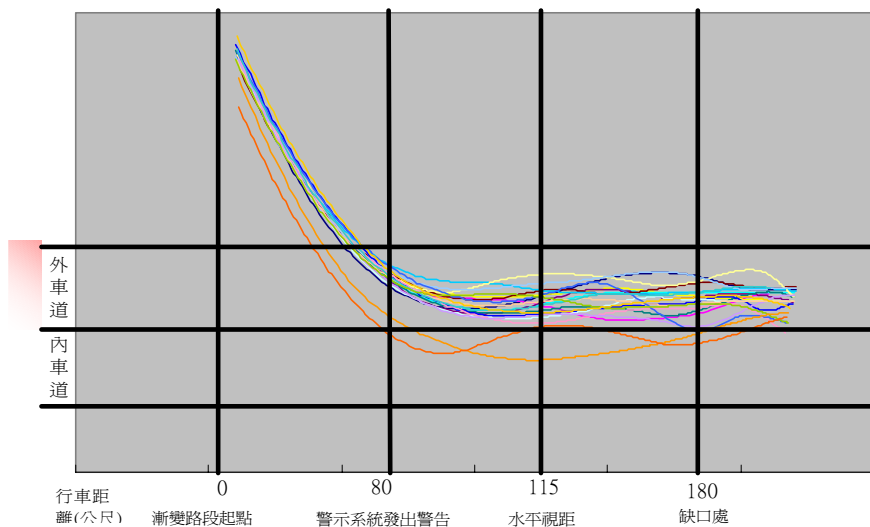
---

- 將五種實驗情境分成三類實驗結果討論
  - 彎道路段缺口處有待轉車之影響
  - 跟車行為
  - 施工路段車道寬度縮減

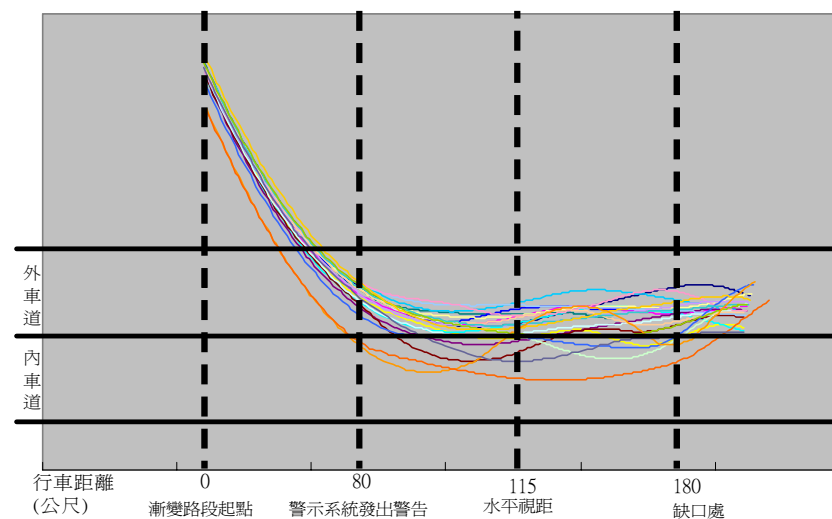


## 彎道路段缺口處待轉車

- 第一回合實驗中的22筆有效資料為樣本
- 蒐集各實驗/對照組之行車軌跡分佈，以了解車道偏移量的變動
- 蒐集各實驗/對照組之行車速率，以了解缺口處待轉車對受測車輛之速率上的影響

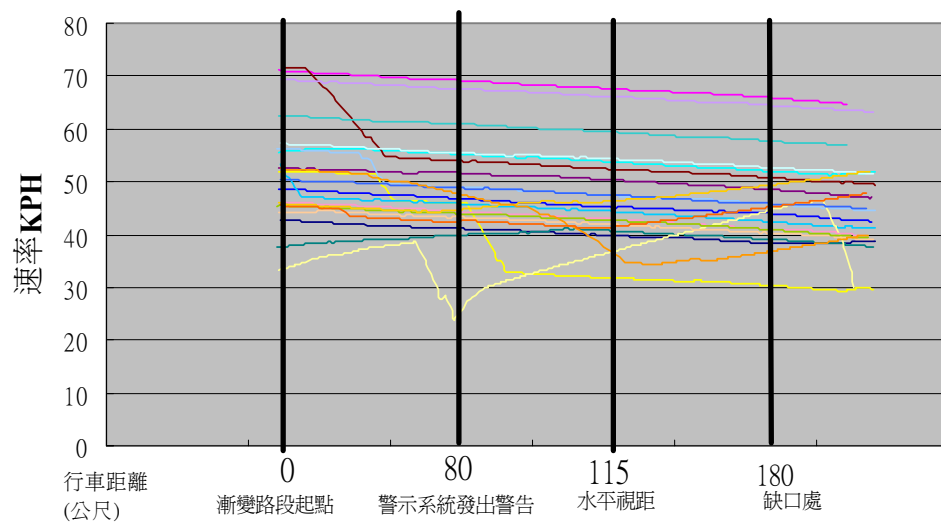


A1之行駛軌跡分布圖

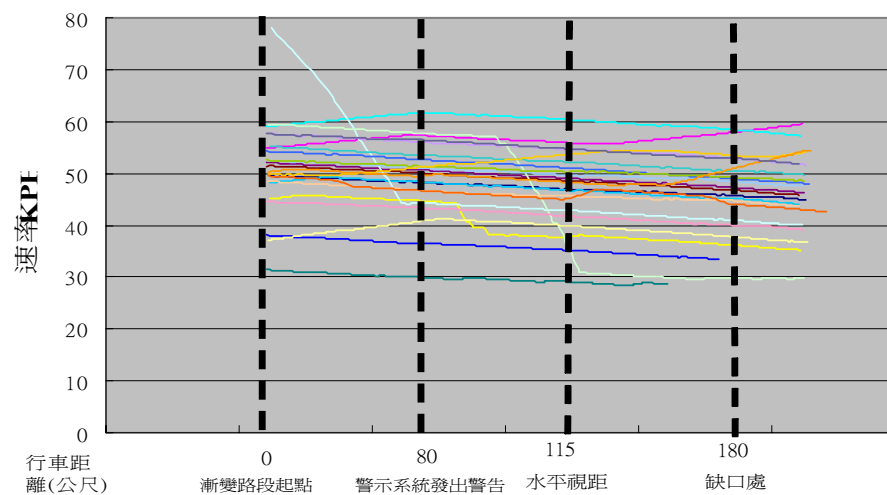


A2之行駛軌跡分布圖

- 由於無警示系統的提示，導致較多駕駛者不知前方有車輛待轉，故本研究認為受測者在接收警示系統之訊息後，大多數人皆會保持在外側車道，
- 無警示系統之外車道車輛橫向偏移量都不大，與配備警示系統的實驗組差不多，多為平穩地行駛在外車道。



A1之行車速率圖



A2之行車速率圖

	樣本數	平均速率( KPH)	標準差
A1實驗組	22	45.69	5.93
A2對照組	22	44.66	7.01

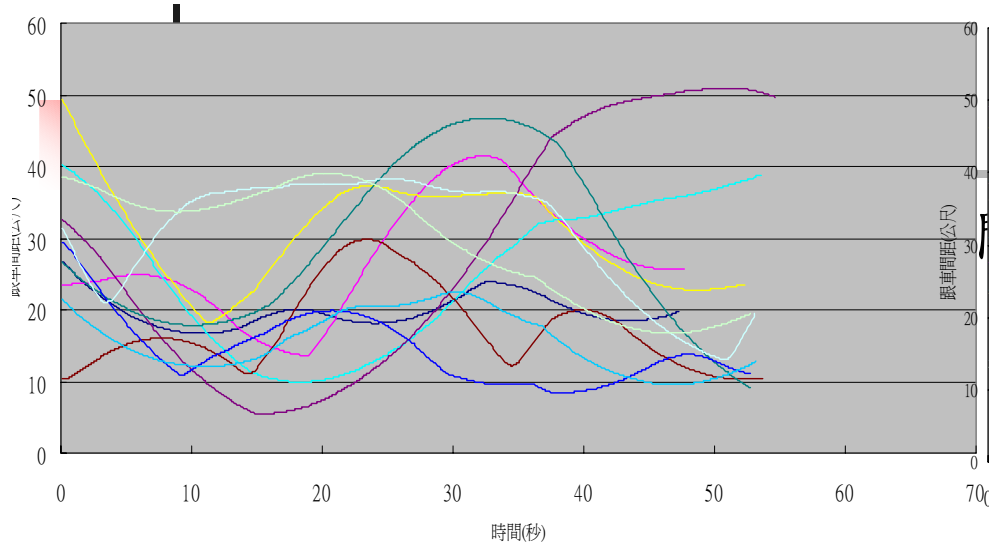


## 跟車行為

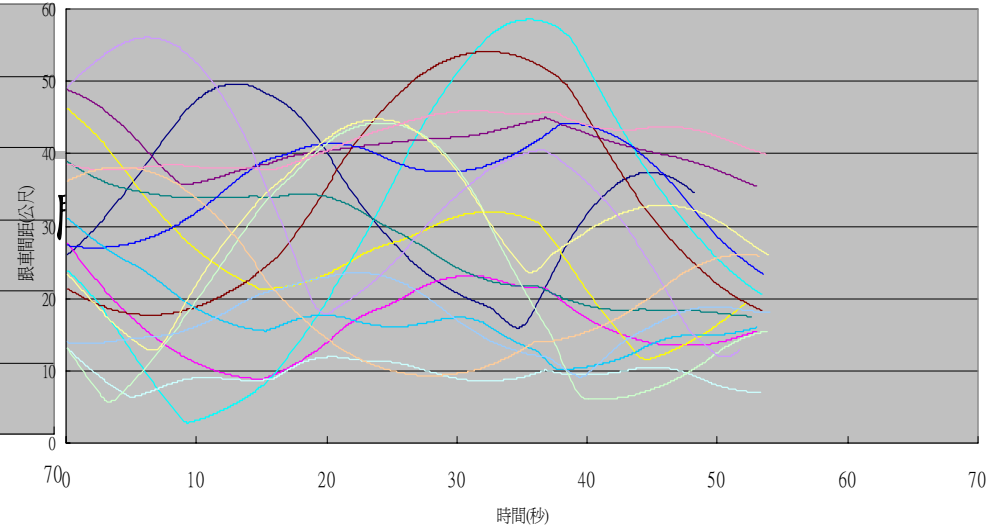
---

- 以二回合的合理跟車(間距 $<60$ 公尺)實驗為樣本。
- 有無警示系統的實驗對照組中，蒐集行駛過程之跟車間距，了解跟車間距的變動，並整理出最大及最小跟車間距之差距，以評估跟車間距波動幅度。
- 特殊天候之跟車行為比較中，蒐集合理樣本的平均跟車間距，以了解跟車間距震盪情形。

## 縱向防撞警示系統之跟車行為(白天晴天)



B1 白天晴天有警示系統

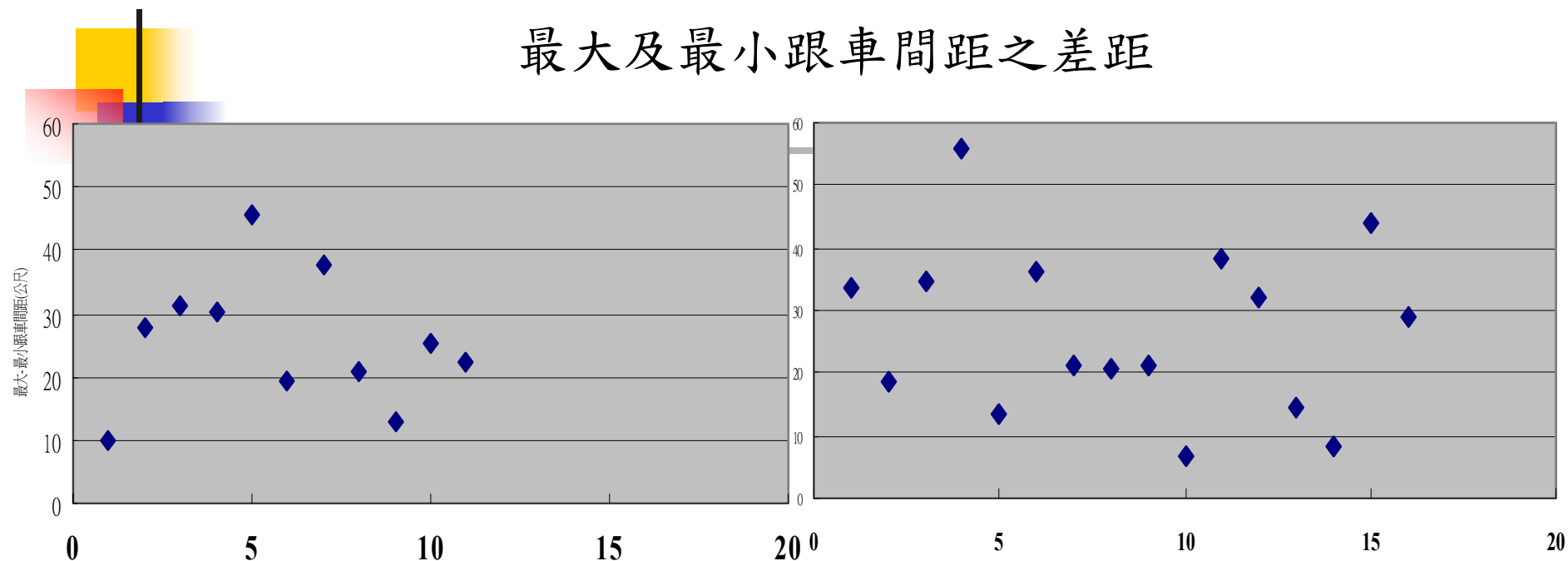


B2 白天晴天無警示系統

- 合理的跟車間距曲線應為先下降後上升再下降。
- B2曲線波動較大，較為紊亂。此現象顯示駕駛者相當充分自主地掌握跟車方式，由個人主觀感識及駕車習性決定跟車間距之調整時機及調整量。

# 縱向防撞警示系統之跟車行為(白天晴天)

最大及最小跟車間距之差距

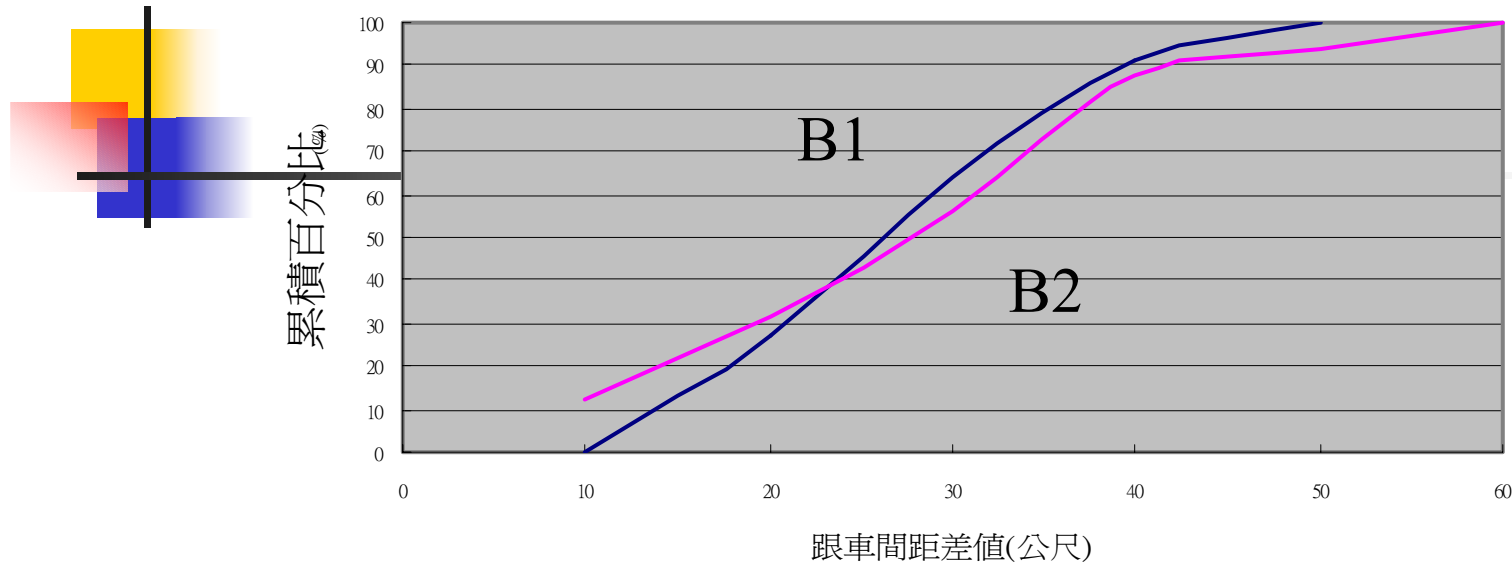


B1 白天晴天有警示系統

B2 白天晴天無警示系統

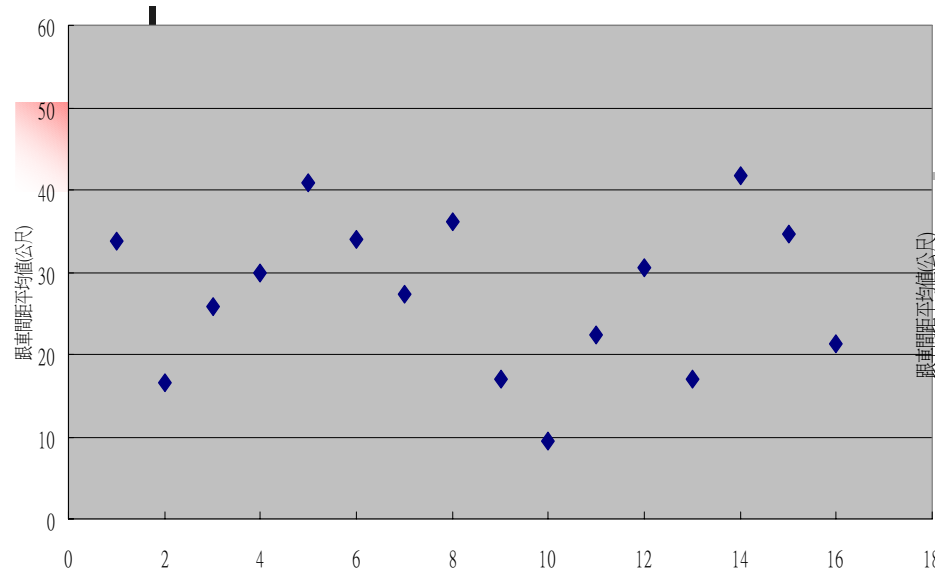
白天晴天	樣本數	最大變動	最小變動	平均值	標準差
B1有縱向防撞警示系統	11	45.43	10.07	25.76	10.33
B2無縱向防撞警示系統	16	55.71	6.72	26.80	13.54

## 縱向防撞警示系統之跟車行為(白天晴天)

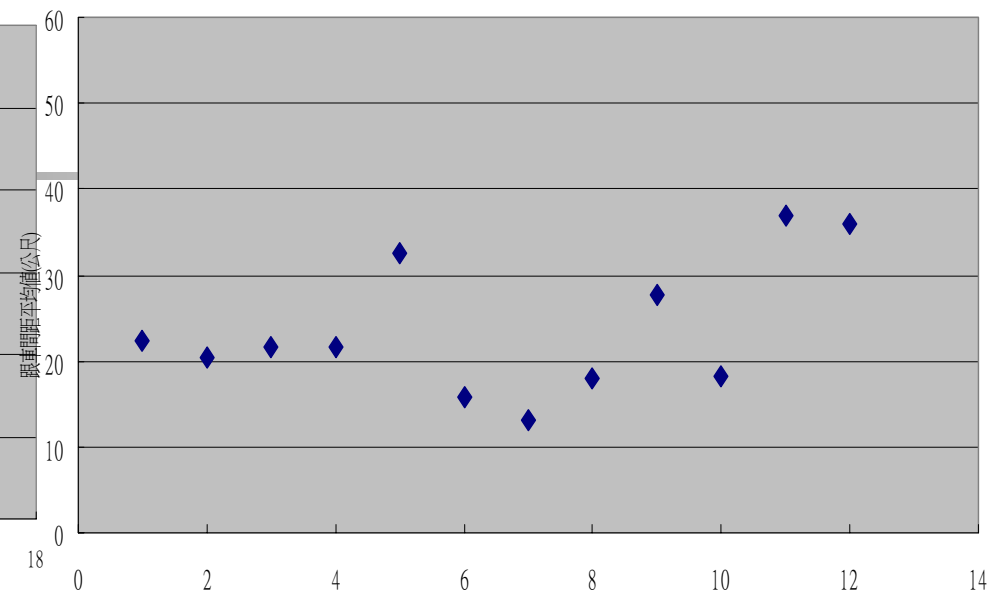


- B1曲線較為陡峭，表示有警示系統的間距波動較小且較為集中；B2較為平緩，表示無警示系統的間距波動較為擴散。
- 兩條累積曲線間之差值，似可代表引入警示系統所帶來的跟車行為穩定效果，此部分值得再作深入之探討，據以擬定評估警示系統效益之量化準則

## 特殊天候之跟車行為



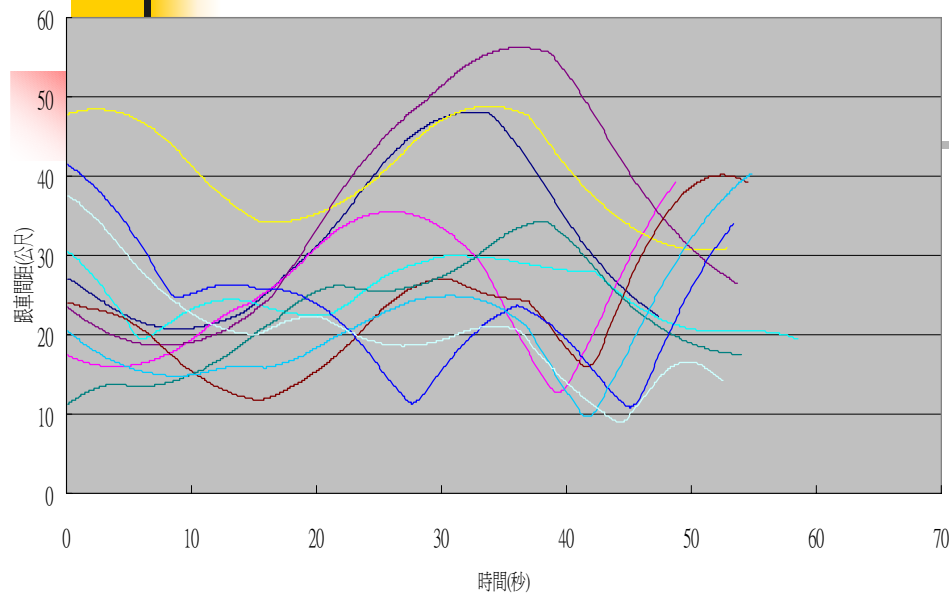
D1 白天晴天平均間距分布圖



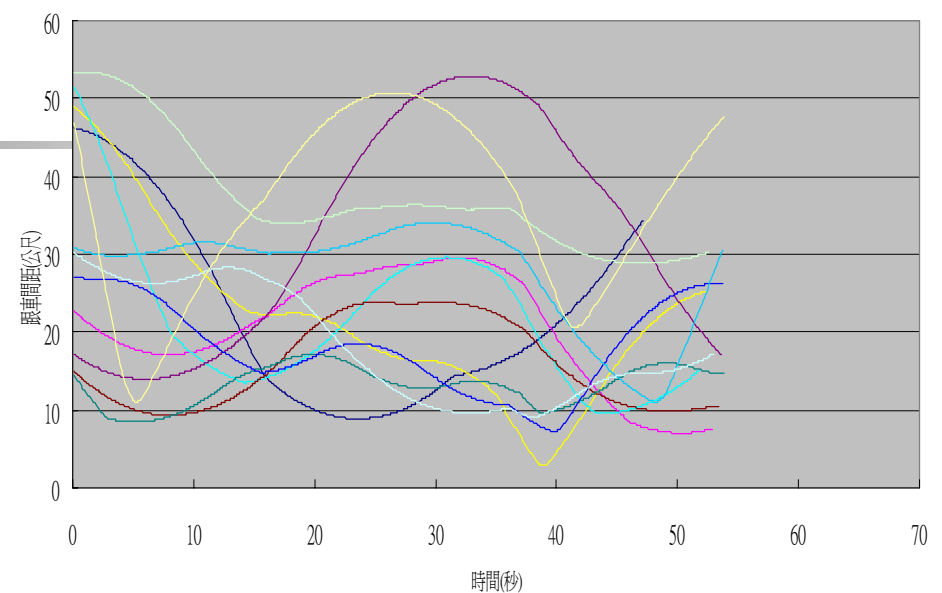
D2 白天霧天平均間距分布圖

- D1平均跟車間距有較大的震盪，表示在白天晴天的狀況下駕駛者願意以本身的判斷來跟車，其跟車間距以自身的喜好來決定
- D2霧天狀況下之跟車行為較謹慎，跟車間距較穩定

## 特殊天候加縱向防撞警示系統之跟車行為



E1 白天霧天有警示系統

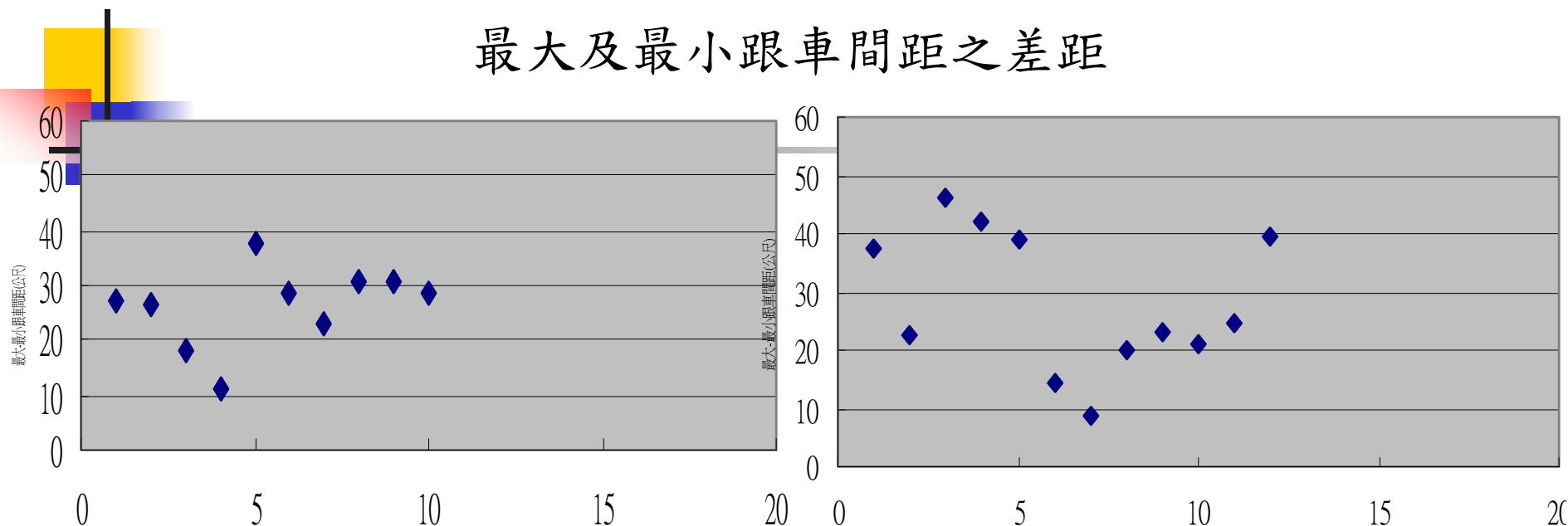


E2 白天霧天無警示系統

- 無警示系統的線條波動較大且較為紊亂。但仍較白天晴天無縱向防撞警示系統B2曲線圖穩定許多。

# 特殊天候加縱向防撞警示系統之跟車行為

## 最大及最小跟車間距之差距

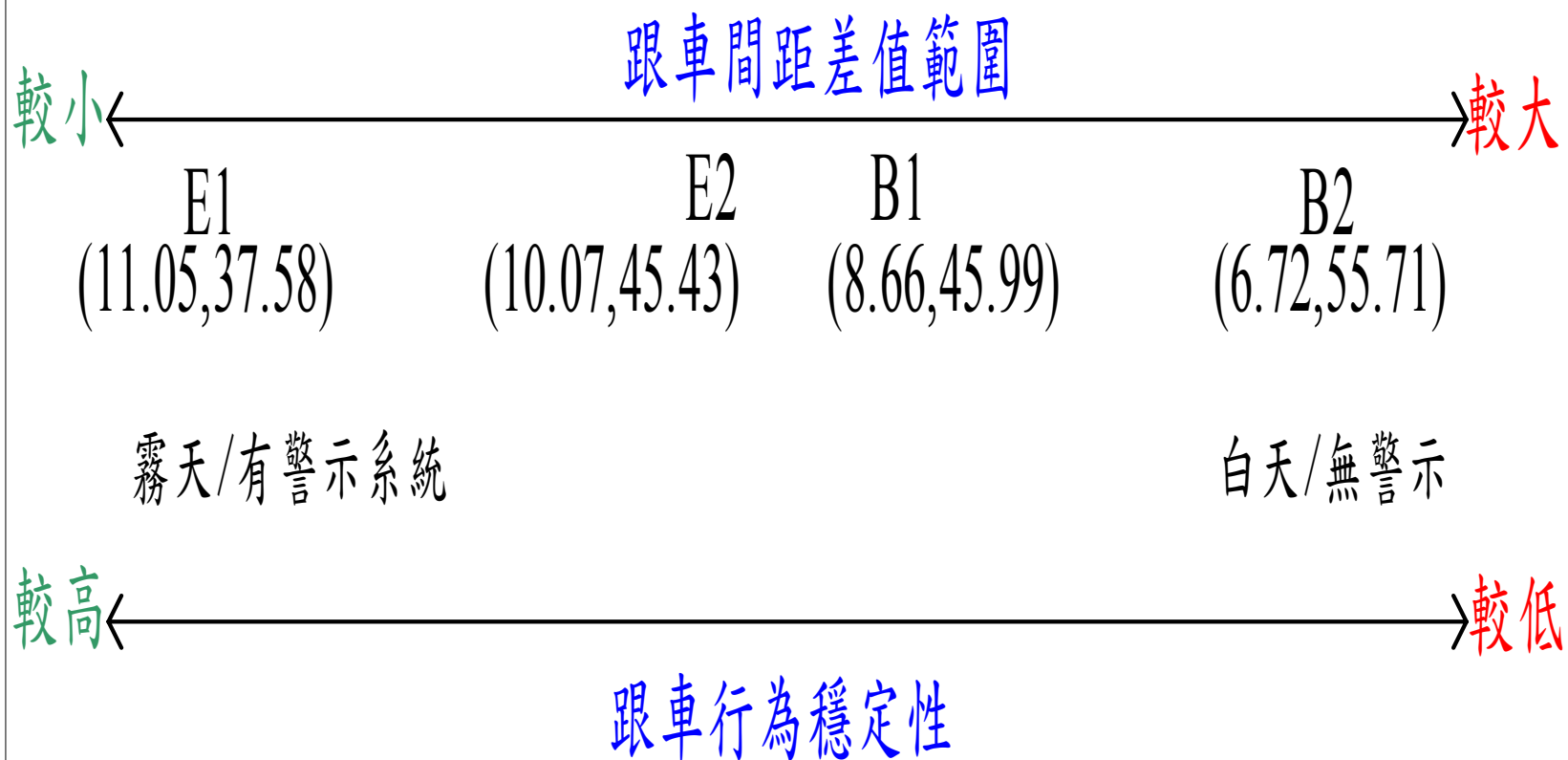


E1 白天霧天有警示系統

E2 白天霧天無警示系統

白天霧天	樣本數	最大變動	最小變動	平均值	標準差
E1有縱向防撞警示系統	10	37.58	11.05	26.20	7.33
E2無縱向防撞警示系統	12	45.99	8.66	28.20	12.03

# 跟車行為綜合評析

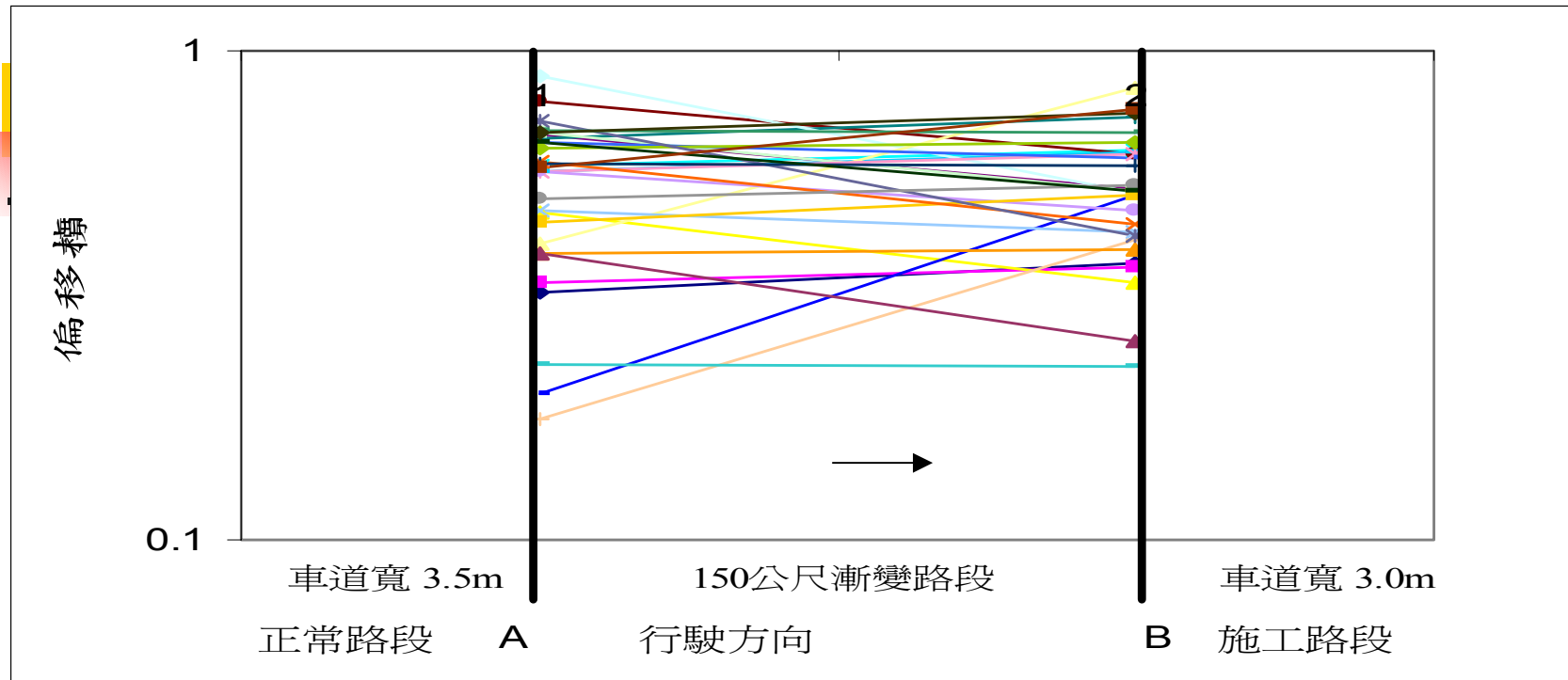




## 施工路段車道寬度縮減

- 第一回合實驗30筆有效資料為樣本
- 車輛偏移衡量指標 = 
$$\frac{\text{車輛中心與左側車道線的距離}}{\text{車道寬}}$$
- 為評比漸變曲線上車輛橫向位移的變化，乃應用偏移指標建立評估曲線，可視為對車道寬度變化掌控能力的評估曲線

## 施工路段駕駛人對車道寬度變化掌控曲線圖



- 可發現偏左跟偏右的人數一樣多，但大部分的偏移量都不大，表示駕駛者能藉由漸變路段逐漸熟悉對車道寬度縮減之掌控



# 結論

---

## 1. 汽車駕駛模擬系統應用發展時程

- 回顧了國內、外汽車駕駛模擬系統之發展與應用現況，整理出駕駛模擬系統之應用及發展時程
- 針對發展時程初期部分相關應用課題進行實例研究，評估各實例研究應用課題之有效性
- 未來應逐漸加強中期、長期之技術研發以及實驗情境的合理設計，使駕駛模擬系統之實驗結果更具有效性



## 結論(續一)

---

### 2. 汽車駕駛模擬系統軟體技術與硬體設備

- 硬體設備為前期計畫所建置油壓六軸平台，以DirectPlay取代前期計劃Winsock來撰寫網路通訊同步程式
- 場景具有擴充性，道路設施擴充為雙向行車與號誌管制，加入交叉路口及T字路口
- 配合拉丁方格法，以達成統計的隨機性
- 著力於開發程式以控制車流，監控程式中也加入了碰撞效果



## 結論(續二)

### 3. 實例分析

- 彎道路段缺口處待轉車：配備警示系統時，速率變動較平緩，有助於選擇車道避開干擾，不易受待轉車輛之影響。
- 跟車行為：不管任何天候下，有警示系統之跟車行為較為穩定；另外白天晴天駕駛者會較自主性的跟車，而霧天下駕駛者會較謹慎跟車。
- 施工路段：受測者可藉漸變路段熟悉車道寬度之縮減。



## 建議

---

### 1. 汽車駕駛模擬系統應用發展時程

- 未來在發展駕駛模擬系統時，應考量本土化的駕駛及交通特性，
- 朝著本計畫中所擬定之汽車駕駛模擬系統之短、中、長期目標前進，使台灣之汽車駕駛模擬系統技術與應用跟上世界先進國家腳步



## 建議(續一)

---

### 2. 汽車駕駛模擬系統軟體技術與硬體設備

- 利用包覆式駕駛座艙來代替開放式座艙
- 採用完整無接縫單一大型布幕
- 在駕駛座艙內架設實際LCD螢幕
- 未來研究或計畫可利用此場景再加以擴充，不需重新繪製新場景
- 應逐步將符合國內特性之車流模式加入

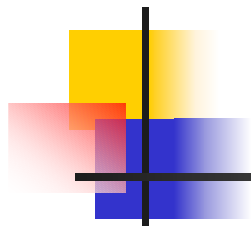


## 建議(續二)

---

### 3. 實例分析

- 彎道路段缺口處待轉車，應加入外車道車輛給予駕駛者部分的壓迫感
- 跟車行為，未來實驗中應多考慮如何督促駕駛者跟上前車
- 施工路段，施工路段應確實依相關規定設置各種施工標誌及調整道路幾何線形，使駕駛者可穩定掌控車道。



簡 報 完 畢  
敬 請 指 教

# 交通部運輸研究所合作研究計畫

## 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

### 期末簡報

研究單位：財團法人成大研究發展基金會

執行單位：國立成功大學交通管理科學系

國立中央大學機械工程系

中華民國 91 年 12 月 16 日



# 報告大綱

---

- 緒論
- 國內外文獻回顧及DS應用效益分析
- 國內DS應用現況與未來發展之可行性
- 交通相關課題重要性與需求性分析
- DS應用發展時程規劃
- DS軟硬體發展規劃
- 實例分析研究之規劃及設計理念
- 實例結果分析
- 結論與建議



## 計畫背景

---

- 提昇交通安全與效率
- 智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)的推動
- 汽車駕駛模擬器(Driving Simulator, DS)應用於交通運輸研究之優勢



## 研究目的

---

- 規劃國內汽車駕駛模擬系統應用發展時程
- 選擇交通運輸課題進行實例分析研究



# 研究範圍與對象

---

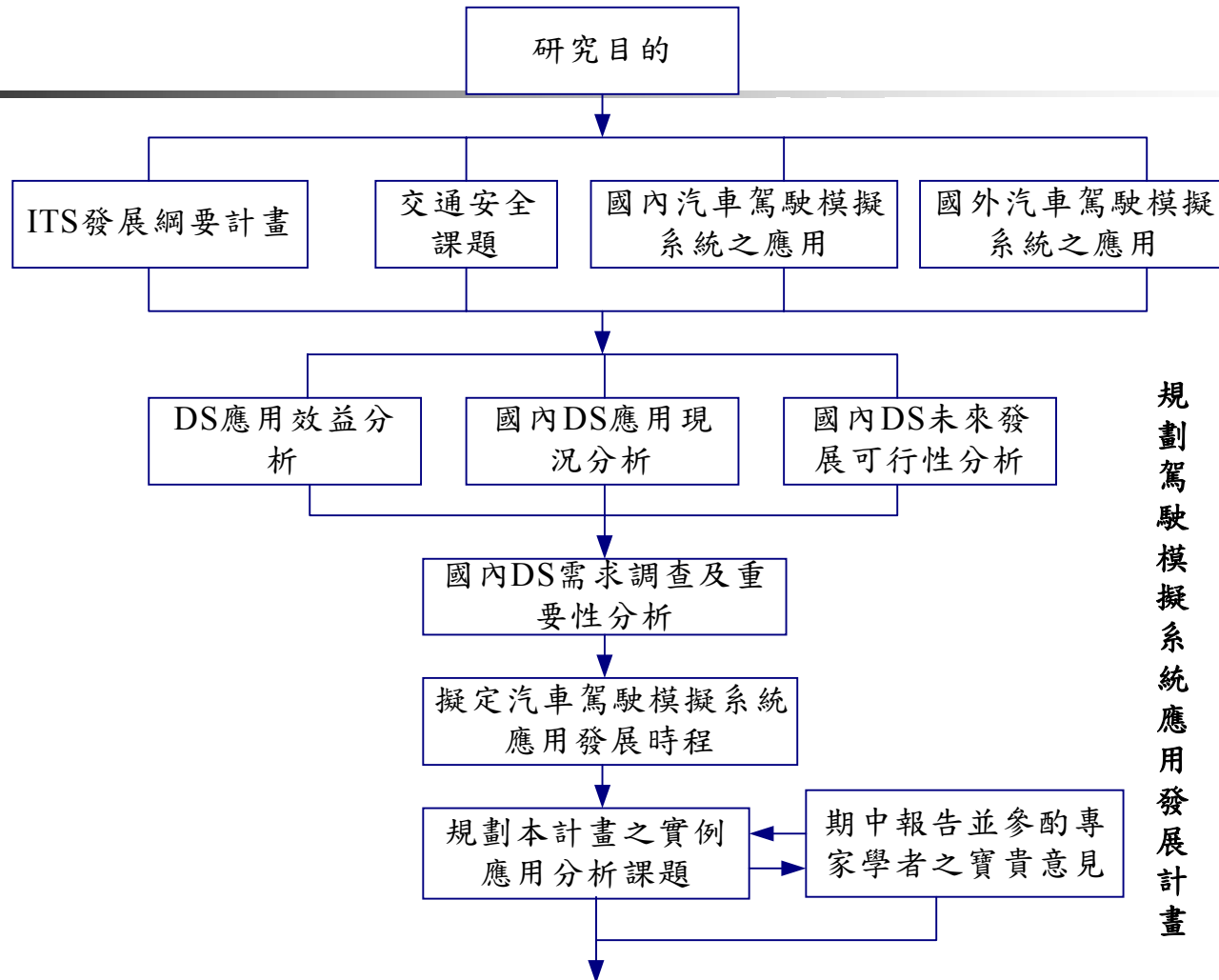
- 規劃汽車駕駛模擬系統應用發展時程
  - 應用課題規劃
  - 軟體技術開發
  - 硬體設備升級
  - 人力與經費概估
- 利用現有設備與技術，進行交通運輸之實例課題分析
  - 交通安全
  - ITS



## 研究內容

- 回顧國內外汽車駕駛模擬系統之發展與應用現況，評析國內汽車駕駛模擬系統發展可行性
- 分析交通相關課題之重要性與需求性，並擬定汽車駕駛模擬系統應用發展時程
- 擬定現階段可實作之應用課題，並進行場景、控制介面等製作與修改
- 分析人因特性，訂定實驗流程，進行模擬實驗並評估系統有效性
- 提出本計畫之結論與建議

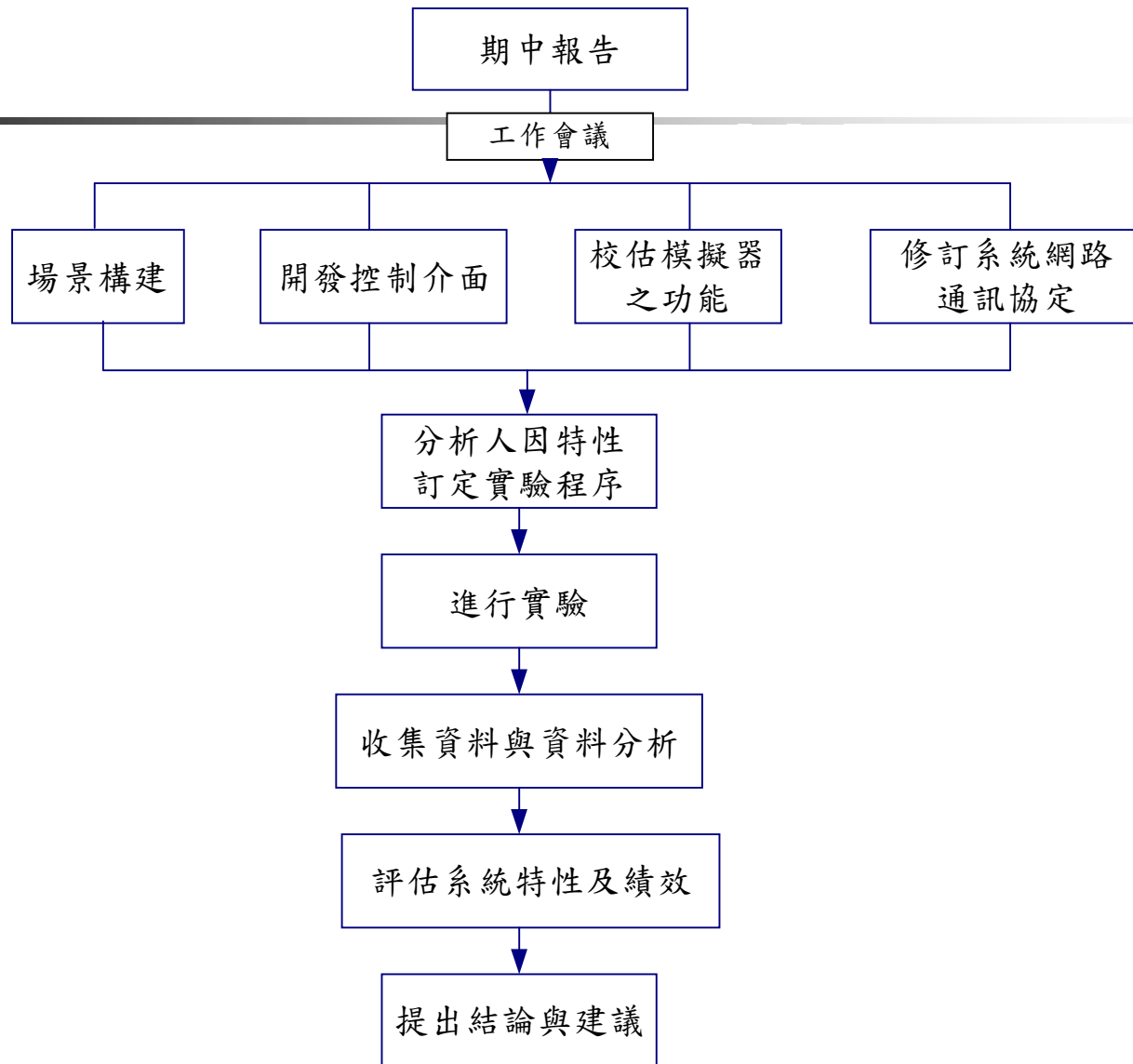
# 研究流程



文獻回顧

規劃駕駛模擬系統應用發展計畫

# 研究流程(續)



實  
例  
研  
究



## 研究成果

---

- 擴展汽車駕駛模擬系統在交通運輸之應用範圍
- 分析國內各單位對駕駛模擬系統應用發展之需求與其重要性
- 規劃駕駛模擬系統應用發展時程與軟硬體開發
- 提昇我國對於交通安全及ITS之研究能力，且實例分析結果也確認未來繼續投入後續研究之價值性



## 交通安全課題回顧

---

- 了解國內交通意外事故的主因
  - 未注意前車狀況 (20.7%)
  - 超速失控 (16.25%)
  - 酒後駕車與疲勞駕駛 (11.26%)



## 國內ITS相關課題

- 遵循交通部『ITS綱要計畫』及『ITS系統架構』
- 衡量各子系統服務項目之公共重要性、成本回收率、開發風險度
- 參酌運研所『先進安全車輛研發策略』
- 探討駕駛模擬系統應用主要方向
  - 先進旅行者資訊系統
  - 先進車輛控制及安全系統



## 國內文獻回顧

---

- 成功大學運輸行為實驗室相關研究成果
- 中央大學機械所投入運動平台之開發
- 民國86年6月，小汽車駕駛模擬系統之先期研究，成大交研所
- 民國88、89年，中央機研所與成大交研所，駕駛模擬系統建置與應用規劃研究
- 民國90年10月，中央機研所與成大交研所，駕駛模擬器視覺系統之整體規劃研究



## 國外駕駛模擬系統相關研究

文獻	實驗目的
Törnros, J. (1998)	隧道彎度對駕駛者速率之影響
Van de Hulst, M. et al. (1998)	視覺狀況不佳時的駕駛行為
Verwey, W. B. et al. (1999)	駕駛者的警覺性是否可在有睡意的情況下維持
Comte, S. L. (2000)	智慧型車速調控系統之應用
Ranner, T.A. et al.	夜間駕駛的眩光問題
Hakamies-Blomqvist, L. et al. (1999)	老年人駕駛方式之研究分析
Roge, J. et al. (2001)	在一長時間單調的駕駛過程中,某些不需要的輔助及附屬的行為(如:改變姿勢,吹口哨,用手碰觸手肩等)是否會增加



## 國外駕駛模擬系統相關研究(續一)

文獻	實驗目的
<a href="Http://www.tfhr.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm">Http://www.tfhr.gov/humanfac/sleep/sleepweb.htm</a>	駕駛過程中因睡意侵襲而導致車禍的機率及駕駛行為的改變
Comte, S. L. et al. (2000)	速度與駕駛安全的關係
Falkmer, T. et al. (1998)	藥物對於行為之影響
Eccles, K. A. (2000)	在不同的地段辨識不同顏色物件之能力
<a href="http://vc.kookmin.ac.kr/ds/main.HTM">http://vc.kookmin.ac.kr/ds/main.HTM</a>	酒精對駕駛行為之影響
Tokunaga, R. A. et al. (2000)	調查開車時使用手機對話的駕駛反應時間和精神工作負擔
Yokochi, K. et al. (2000)	ITS科技對於潛在危險狀況之改善效果

## 國外駕駛模擬系統相關研究(續二)

- 2002年9月於德國漢諾威舉辦的第49屆國際車展中，賓士汽車利用了駕駛模擬系統展示各項新研發的智慧型車內設備



賓士汽車之駕駛模擬系統



賓士汽車駕駛模擬系統之銀幕



# 汽車駕駛模擬系統應用效益分析

---

- 事前預覽
- 安全性高
- 可變性、調適性高
- 資料收集便利
- 成本低效益高



# 國內DS應用現況及未來發展分析

國內汽車駕駛模擬系統雖尚未發展至成熟階段，但已可利用其進行多種交通課題的模擬實驗

- 人因特性
  - 仍有相當大的發展空間
- 車輛特性
  - 車流模式尚未發展健全
- 路及天候環境
  - 已可模擬各種情境
- ITS子系統服務項目
  - 研究成果相當少



# 交通相關課題重要性與需求性分析

---

- 綜合下列兩項成果擬定汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）
  - 依據計畫書之國內汽車駕駛模擬系統應用發展規劃初步構想
  - 整理國內外駕駛模擬系統相關研究
- 規劃工作架構
  - 人、車、路、ITS等四大分類
  - 短、中、長期時程共10年

# 汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）

<div> <div>時程</div> <div>應用項目分類</div> </div>		短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
人	駕駛者特性	性別、年齡對反應時間的影響	特殊狀況：疲勞駕駛、酒後駕車、藥物影響等	
	駕駛者行為		駕駛技巧、經驗	
		短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
車	車種(場景中其他車輛)	單一車種	混合車種（不含機車）	混合車種
	車種（駕駛車輛）	駕駛車輛為小汽車		駕駛車輛為其他車種
	車輛駕駛行為	間距、速率之變化	橫向互動、縱向互動及車流模式	符合真實狀況之混合車流模式

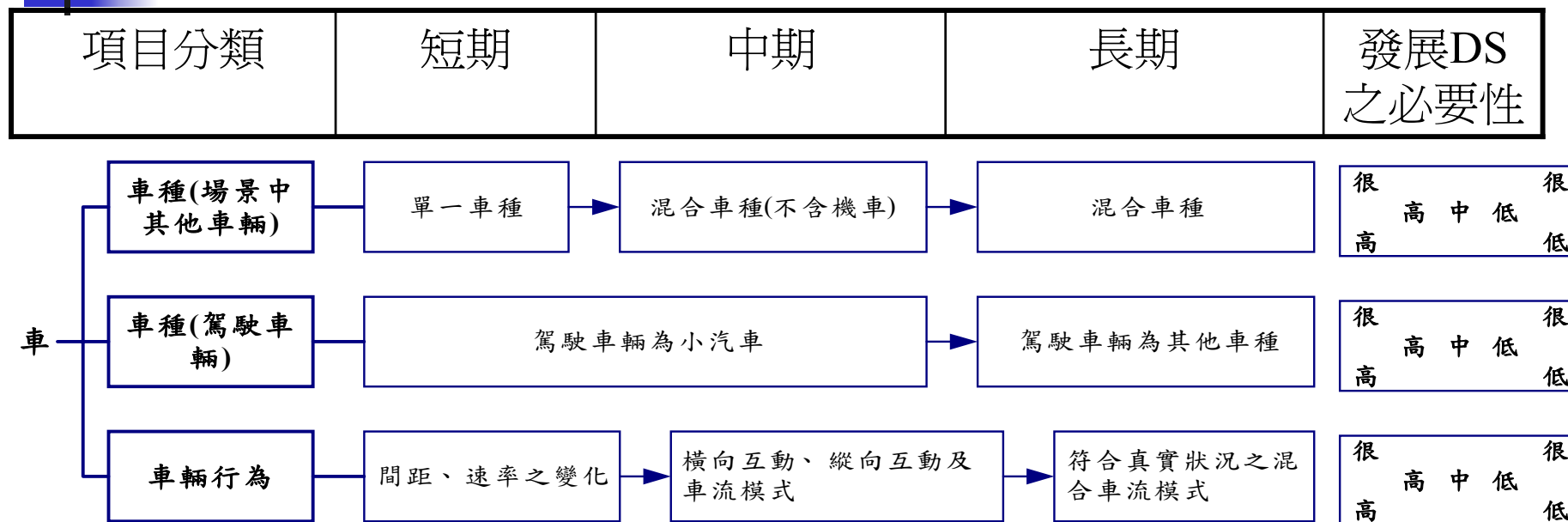
# 汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）-續1

			短期（1—3 年）	中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
路	道路型態	高快速公路	護欄、交流道、封閉性車道、收費站		
		一般性公路		快慢車道(不含機車)、定時號誌路口、沿街商家、中央分隔	
		市區道路			含號誌化路口及非號誌化路口、開放性車道(含機車)、行人、商家、路邊停車、公車及公車站
	交控設施：標誌、號誌、標線、橫化島		交控設施的型態、大小、顏色、設置位置		
					電腦化號誌系統
	易肇事地點		易肇事路段（駕駛者視距、車道寬度）	易肇事路段（駕駛者視距、道路線形：平曲線、豎曲線）	易肇事路段、路口（車輛與車輛間的碰撞，含追撞、側撞、擦撞等）
天候與環境		清晨、白天、黃昏、夜晚對駕駛者視線之影響 晴天、雨天、陰天、霧天對駕駛者視線之影響	燈光、路旁燃燒雜物所產生的煙	特殊天候（雨天、陰天、霧天對車輛操作或道路之影響）	

# 汽車駕駛模擬系統應用課題與發展時程規劃表（草案）-續2

		短期（1—3 年）		中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
ITS 子系 統服 務項 目	ITS 道路設施			資訊、圖誌可變標誌影響 駕駛者行為	
	電子收費系統		電子收費對駕駛行為之影響		
	行車安全輔助系 統及行車資訊與 導引系統	行車危險警示設備（應用 於跟車、併入、變換車道 等）		ITS 車內單元以簡單之聲 音或文字圖形來輔助駕 駛者	駕駛者操作較複雜之電子地圖、 行車資訊與導引系統等設備，並 利用其輔助駕駛
			駕駛者操作通訊、資訊等車內各 種設備對駕駛行為之影響		

# 問卷設計



您是否有其他重要相關的車輛研究課題建議本計畫納入



## 問卷發送、傳回方式及訪問對象

---

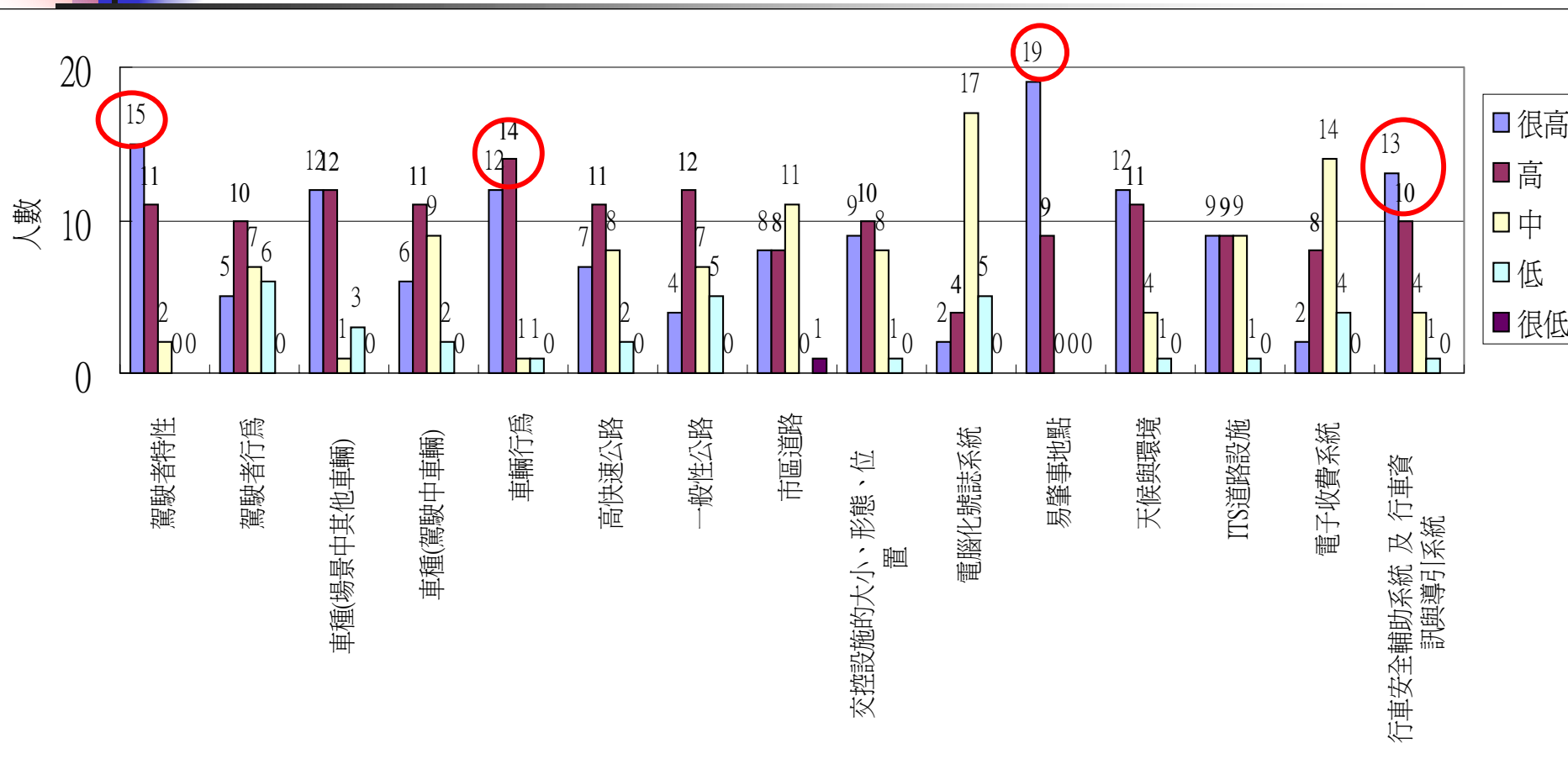
- 郵寄的方式送達各訪問單位及對象，回收的方式則傳真到本計畫執行單位
- 訪問的對象共包括國內產、官、學各界之交通相關單位及專業人士



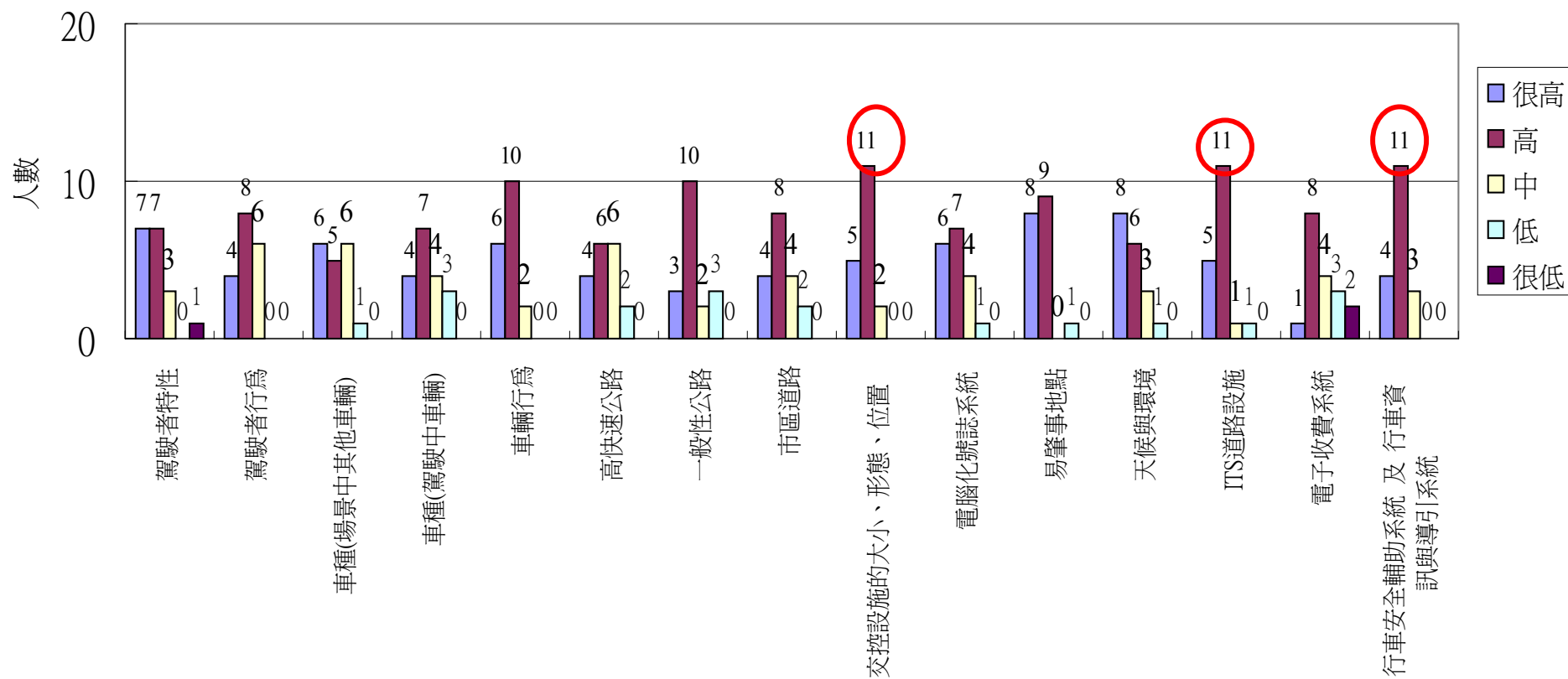
## 問卷發送、傳回方式及訪問對象(續)

訪問對象	寄發數	回收數
各大學交通相關系所教授	67	28
運輸研究所		
監理所/站	67	18
國公局、高工局		
各縣市交通局		
ITS-Taiwan理監事		
行車事故鑑定委員會		
汽車駕駛訓練中心	46	16
交通專業顧問公司		
汽車駕訓班		
交控設施與汽車製造商		
合計	180	62

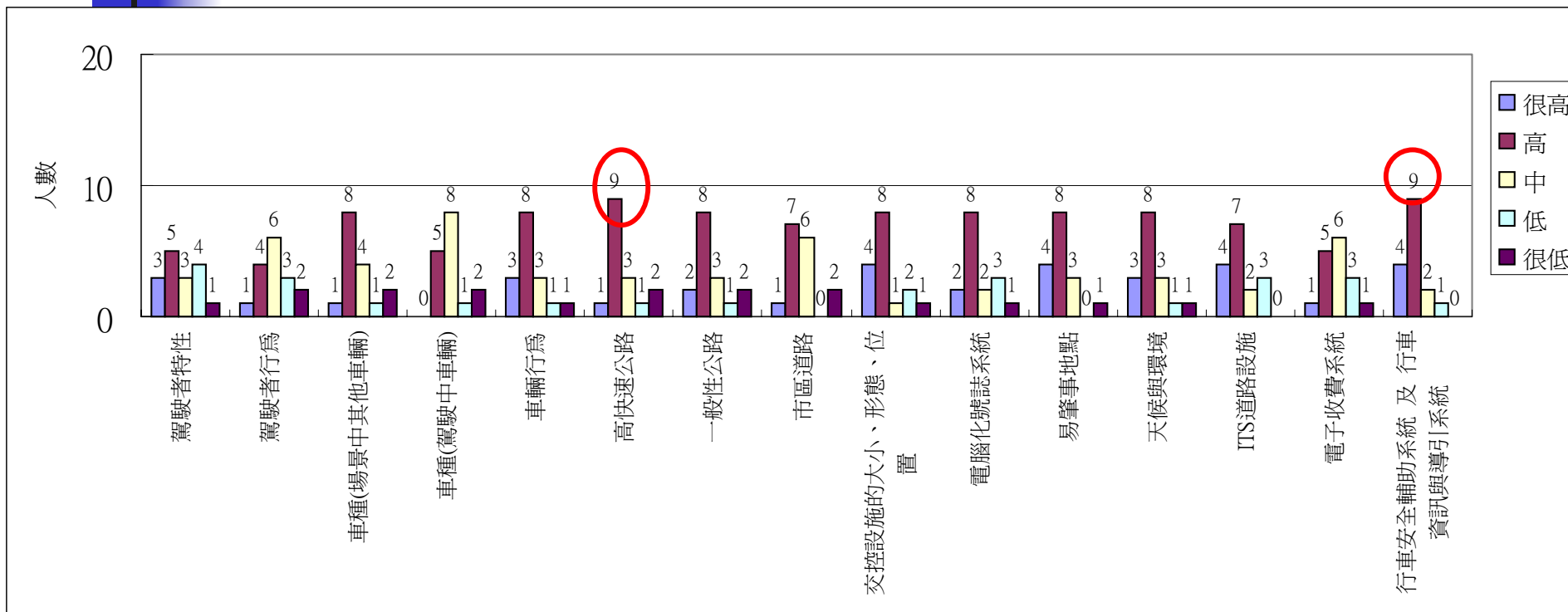
# 學術及研究單位



# 政府部門



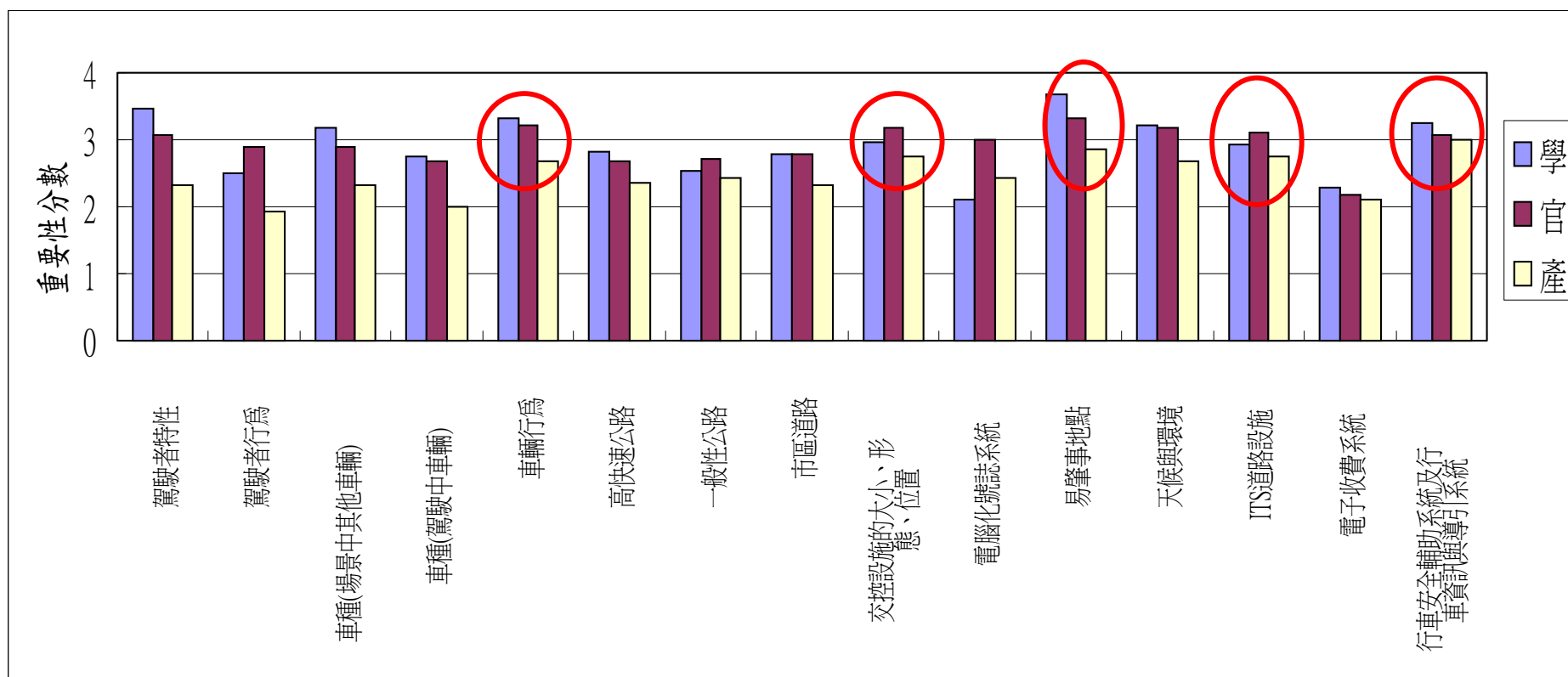
# 交通相關業者



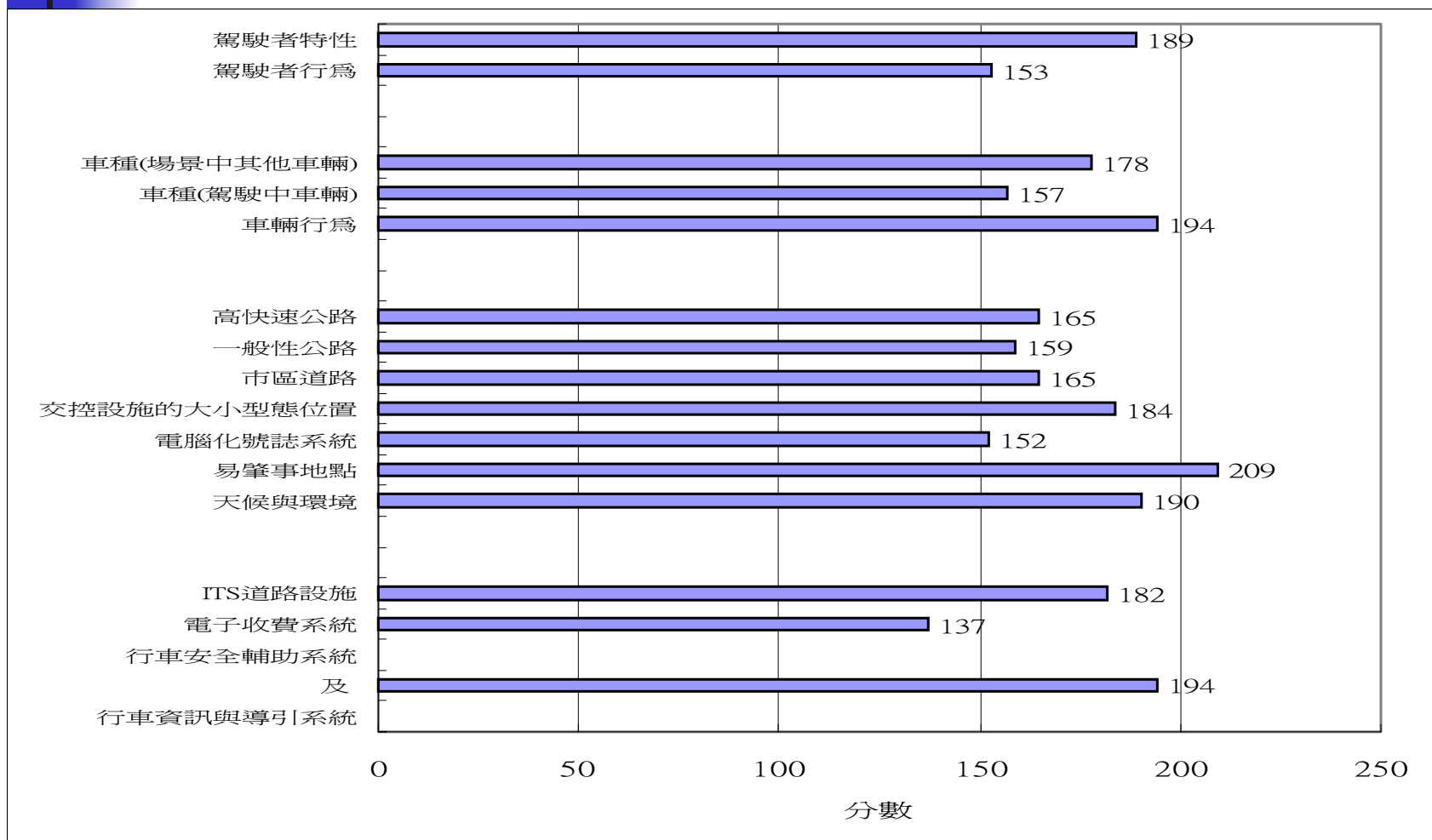
# 總人次統計

項目分類				發展DS必要性評估人數統計				
				很高	高	中	低	很低
人	駕駛者特性			25	23	8	4	2
	駕駛者行為			10	22	19	9	2
車	車種(場景中其他車輛)			19	25	11	5	2
	車種(駕駛中車輛)			10	23	21	6	2
	車輛行為			21	32	6	2	1
路	道路 形態	高快速公路		12	26	17	5	2
		一般性公路		9	30	12	9	2
		市區道路		13	23	21	2	3
	交控設施：標誌、 號誌、標線、槽 化島	交控設施的大小、形態、位置		18	29	11	3	1
		電腦化號誌系統		10	19	23	9	1
	易肇事地點			31	26	3	1	1
	天候與環境			23	25	10	3	1
ITS子 系統 服務 項目	ITS道路設施			18	27	12	5	
	電子收費系統			4	21	24	10	3
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統			21	30	9	2	
問卷回收數量				62				

# 交通應用課題於各界之平均得分圖



# 重要性分析



# 應用課題執行優先順序

項目分類			得分	執行優先順序			
				最優先	優先	應執行	宜執行
人	駕駛者特性		189		◎		
	駕駛者行為		153			◎	
車	車種(場景中其他車輛)		178		◎		
	車種(駕駛中車輛)		157			◎	
	車輛行為		194	◎			
路	道路形態	高快速公路	165			◎	
		一般性公路	159			◎	
		市區道路	165			◎	
	交控設施：標誌、號誌、標線、槽化島	交控設施的大小、形態、位置	184		◎		
		電腦化號誌系統	152			◎	
	易肇事地點		209	◎			
	天候與環境		190	◎			
ITS子系統服務項目	ITS道路設施		182		◎		
	電子收費系統		137				◎
	行車安全輔助系統及行車資訊與導引系統		194	◎			



## 期中報告會議審查

---

- 經由計畫期中報告與工作會議，參照各界專家學者之意見，研擬出我國未來汽車駕駛模擬系統的發展時程及相關人力經費，期能有助於國內欲推動駕駛模擬系統應用之單位

# 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃

應用項目分類		時程		
		短期 (1—3 年)	中期 (4—6 年)	長期 (7—10 年)
人	駕駛者特性	性別、年齡、學歷等特性		
	駕駛者經驗		駕駛年資、技巧、肇事紀錄、職業駕駛、地區性駕駛者	
	駕駛者狀況		疲勞駕駛、酒後駕車、藥物影響等	

# 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃 (續1)

		短期 (1-3 年)	中期 (4-6 年)	長期 (7-10 年)
車	車種(場景中其他車輛)	單一車種	混合車種 (不含機車)	混合車種 (含機車)
	車種 (駕駛車輛)	駕駛車輛為小汽車		
	車流行為	間距、速率之變化	橫向互動、縱向互動及車流模式	符合真實狀況之混合車流模式

## 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃(續2)

		短期 (1—3 年)	中期 (4—6 年)	長期 (7—10 年)
路	道路型態	高快速公路	護欄、交流道、封閉性車道、收費站	
		一般性公路	快慢車道(不含機車)、定時號誌路口、沿街商家與景觀、中央分隔	
		市區道路		含號誌化路口及非號誌化路口、開放性車道(含機車)、行人、沿街商家與景觀、路邊停車、公車及公車站
		特殊路段	郊區/山區道路	隧道
	交控設施：標誌、號誌、標線、橫化島	交控設施的型態、大小、顏色、設置位置		
				電腦化號誌系統

## 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃(續3)

路	交控設施：標誌、號誌、標線、橫化島	交控設施的型態、大小、顏色、設置位置		
			電腦化號誌系統	
	易肇事地點	易肇事路段（駕駛者視距、車道寬度）	易肇事路段（駕駛者視距、道路線形：平曲線、豎曲線）	易肇事路段、路口（車輛與車輛間的碰撞，含追撞、側撞、擦撞等）
			施工路段	調撥車道
	天候與環境	清晨、白天、黃昏、夜晚 對駕駛者視線之影響  晴天、雨天、陰天、霧天 對駕駛者視線之影響	燈光、路旁燃燒雜物所產生的煙	特殊天候（雨天、陰天、霧天對車輛操作或道路之影響）

## 汽車駕駛模擬系統應用發展時程規劃(續4)

		短期（1—3 年）		中期（4—6 年）	長期（7—10 年）
ITS 子系 統服 務項 目	ATIS		資訊、圖誌可變標誌等之設置地點與內容		
		路況警示系統		ITS 車內單元以簡單之聲音或文字圖形來輔助駕駛者	駕駛者操作較複雜之電子地圖、行車資訊與導引系統等設備，並利用其輔助駕駛
			駕駛者操作通訊、資訊等車內各種設備對駕駛行為之影響		
	EPS		主線電子收費及匝道電子收費對駕駛行為之影響		
	AVCSS	縱向防撞警示系統（安全車距）	側向防撞警示系統（變換車道、匝道併入）		路口防撞警示、視覺死角警示系統
		超速行駛警示與定速輔助系統	車道偏離警示與輔助系統		夜間視野及辨認性支援系統（隧道、夜間、天氣不良）



# 人力與經費之概估

## 人力概估原則

- 人月係以碩士級專任研究人員之工作量为基礎
- 計畫主持人、行政人員與次要研究助理等間接人力不予估算

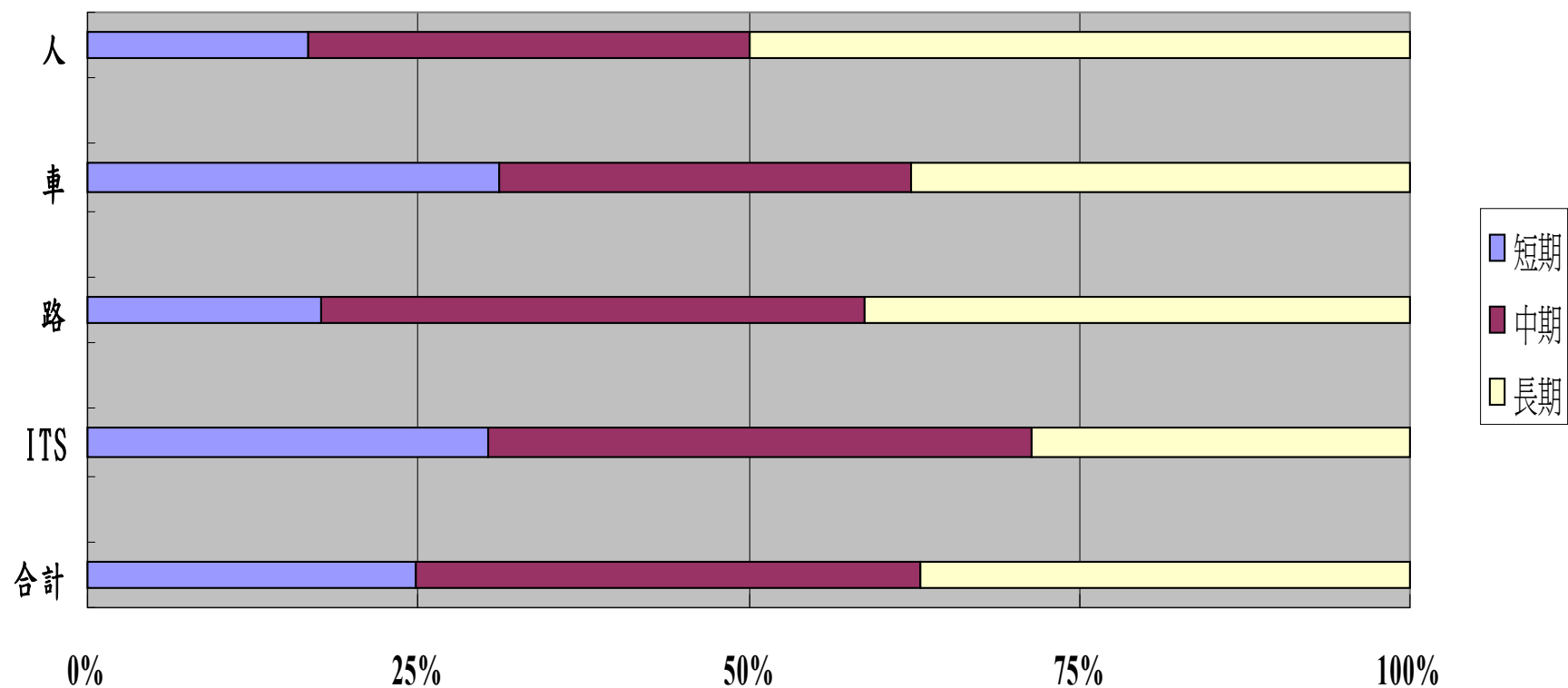
## ■ 經費概估原則

- 每人月薪資(直接費用)以學術機構之一般標準估算
- 總經費為直接費用及間接費用之總和，間接費用(含管理費)以直接費用的100%估算
- 估算投入研究之人力薪資與軟硬體之開發購置費
- 硬體設備以達成應用課題之功能需求為前提，對於真實性及舒適性則為次要之考慮因素

# 人力與經費概估表

發展時程 項目分類	短期 (1—3 年)	中期 (4—6 年)	長期 (7—10 年)	合計
人	4 人月 64 萬	8 人月 128 萬	12 人月 192 萬	24 人月 384 萬
車	28 人月 448 萬	28 人月 448 萬	34 人月 544 萬	90 人月 1440 萬
路	24 人月 384 萬	56 人月 896 萬	56 人月 896 萬	136 人月 2176 萬
ITS	34 人月 544 萬	46 人月 736 萬	32 人月 512 萬	112 人月 1792 萬
合計	90 人月 1440 萬	138 人月 2208 萬	134 人月 2144 萬	362 人月 5792 萬

# 資源需求配置圖





## 其他建議

---

- 交通法規課題
- 機車DS之發展
- 整合DS與其他偵測設備
- 可移動式實驗室



# 軟硬體發展規劃

---

- 軟體技術
  - 碰撞偵測技術之開發
  - 車流行為模式之發展
- 硬體設備
  - 多螢幕同步投影系統
  - 駕駛艙之改良
  - 車內設備、聲音及影像系統
  - 改善實驗場地環境
  - 環場360度之影像效果

## 不同等級之駕駛模擬器



陽春型

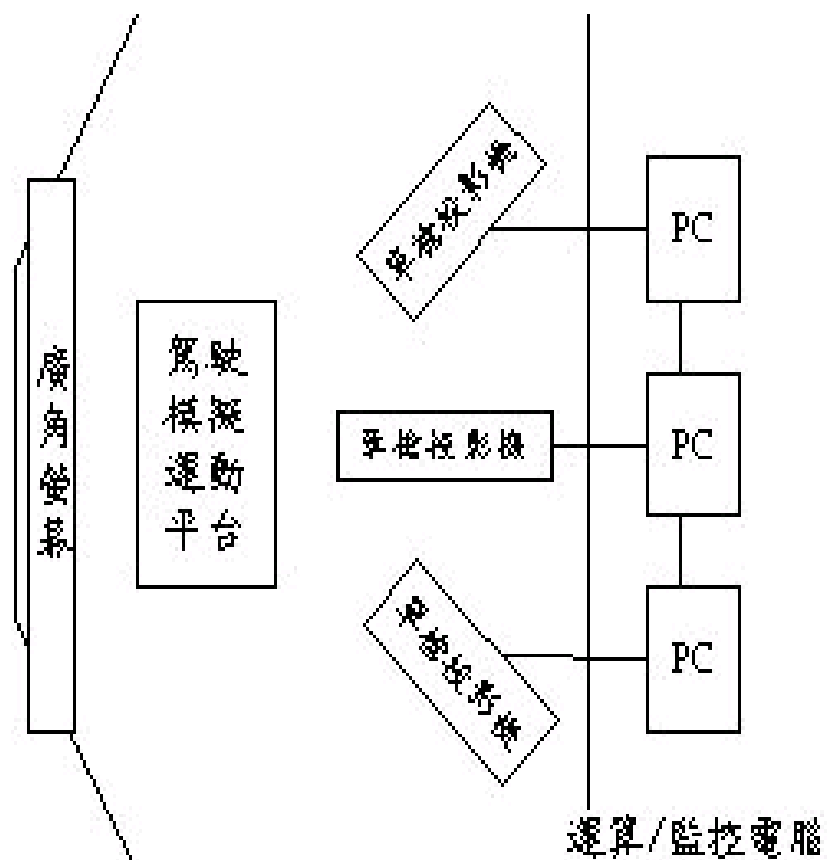


中階等級



高階等級

# 廣角螢幕之投射





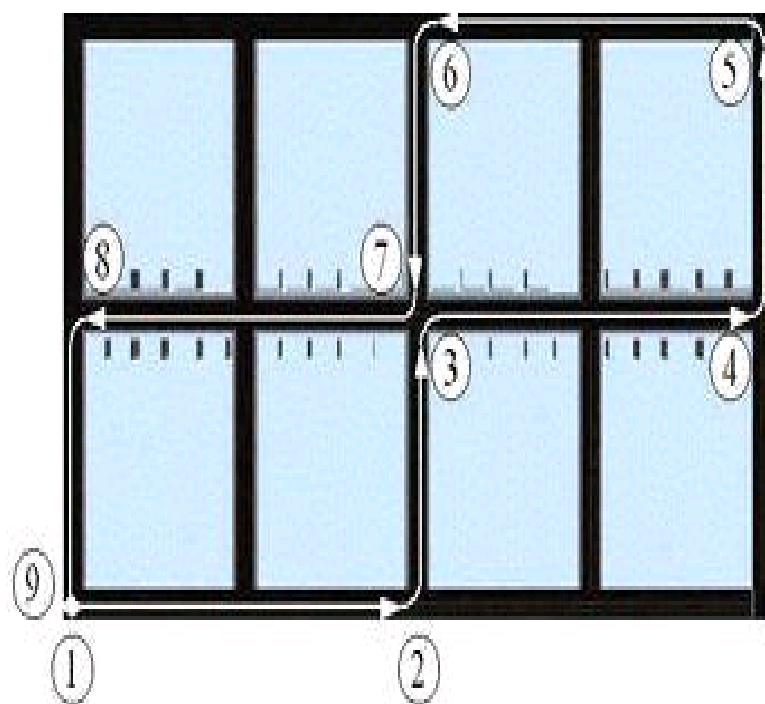
# 實作課題規劃理念

---

- DS現有之功能
- 執行優先性高
- 交通安全之需求
- ITS設備功能
- 人車路兼顧

# 場景設計理念

- 擬真的道路環境
- 應用的延續性
- 迴圈的設計
- 多樣化的行進路線





## 實作課題之選擇

---

- 本團隊與運研所舉行工作會議，經過執行優先性、交通安全、ITS等考量後，並衡量汽車駕駛模擬系統現有之軟硬體設備與技術，提出5項實作課題：
  - 曲線路段
  - ITS行車安全輔助系統
  - 特殊天候
  - 不佳天候之跟車行為
  - 車道寬度變化



# 實作課題情境設計

---

## ■ 情境組合

- 彎道行車狀況課題
- 各種天候下跟車與煞車反應課題
- 車道寬度變化之影響課題

## ■ 實驗控制

- ITS車內設備
- 多個起始點
- 遭遇交通狀況次序不同

## 實驗情境分類

組別	實驗情境	實驗組/對照組	因子數量	成果	
				運輸安全	ITS
A	彎道開缺口，有路況警示系統之駕駛行為	A1 實驗組	1	✓	✓
	彎道開缺口，無路況警示系統之駕駛行為	A2 對照組			
B	白天晴天，有縱向防撞警示系統之跟車行為	B1 實驗組	1	↔	✓
	白天晴天，無縱向防撞警示系統之跟車行為	B2 對照組			
C	車道寬度變化由 3.5 公尺至 3 公尺之駕駛行為	C1 實驗組	1	✓	↔
	車道寬度 3.5 公尺之駕駛行為	C2 對照組			
D	白天霧天下之跟車行為	D1 實驗組	1	✓	↔
	白天晴天下之跟車行為	D2 對照組			
E	白天霧天，有縱向防撞警示系統之跟車行為	E1 實驗組	2	✓	✓
	白天霧天，無縱向防撞警示系統之跟車行為	E2 對照組			

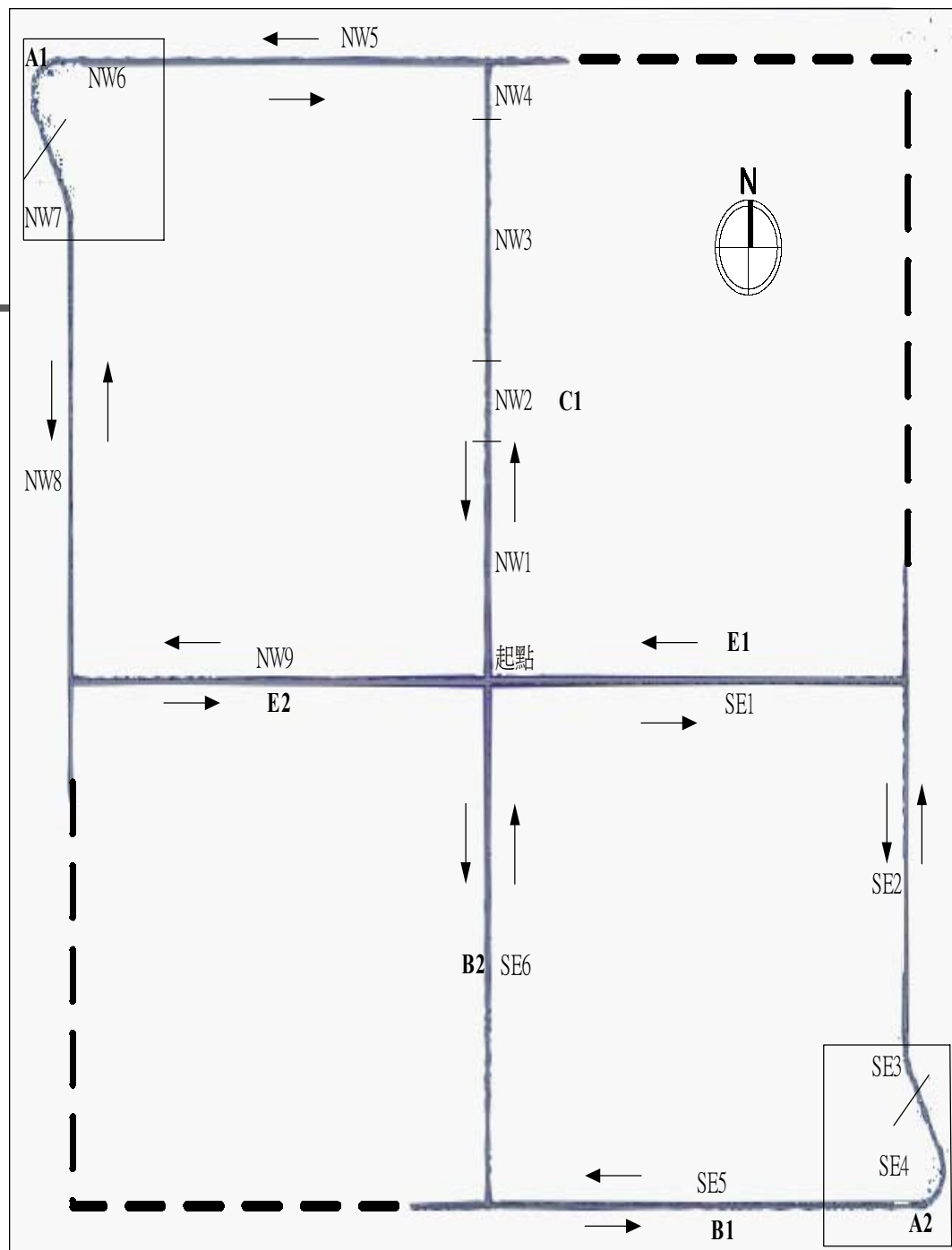
# 場景設計準則

- 直線設計
- 彎道設計
- T型路口設計
- 交叉路口設計
- 碰撞設計





# 場景路線幾何設計



# 行車安全輔助系統設計



特殊路況資訊顯示圖



跟車間距過程資訊顯示圖

# 六軸平台與三頻同步之製作

- 三頻同步視覺系統為駕駛模擬器重要技術核心之一
- 系統為先前計畫所建置的油壓六軸平台配合三組PC、三組單槍投影機以及三組150英吋之電動珠光銀幕



# 三頻同步視覺系統之軟體架構

- 三頻同步視覺系統是使用一台個人電腦作為伺服（Server）端，其餘兩台個人電腦則為客戶（Client）端
- 利用Directplay的方式來撰寫網路同步模組





# 模擬實驗規劃

---

## 1. 受測人員

- 訓練階段：訓練場景約5公里，完成一次訓練約需5—7分鐘，目的在使受測者熟悉駕駛模擬器之操作特性，並了解『行車安全輔助系統』之作用
- 實驗階段：實驗場景約25公里，完成一次訓練約需15—25分鐘

## 2. 監控人員



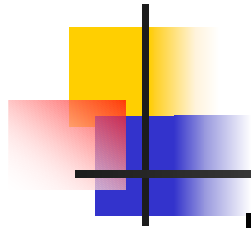
## 模擬實驗人數與次數

- 本研究尋找32名受測者，受測者的年齡以20—25歲之年輕族群居多，有駕駛執照且具開車經驗為主。依照拉丁方格法之設計。每位受測者須進行2次的模擬實驗。

實驗回合	失敗一次	失敗二次	失敗三次	失敗四次	失敗總數
1	12	3	1	1	25
2	7	3	0	0	13









# 實驗結果分析

---

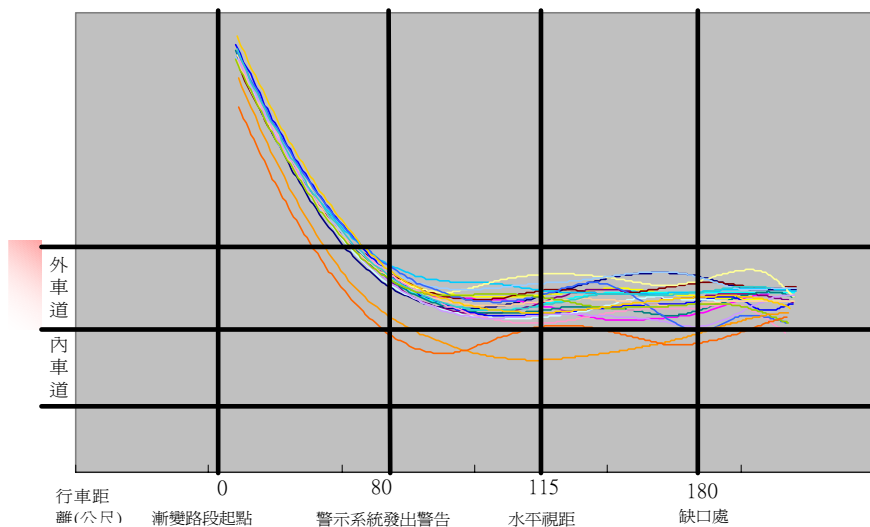
- 將五種實驗情境分成三類實驗結果討論
  - 彎道路段缺口處有待轉車之影響
  - 跟車行為
  - 施工路段車道寬度縮減



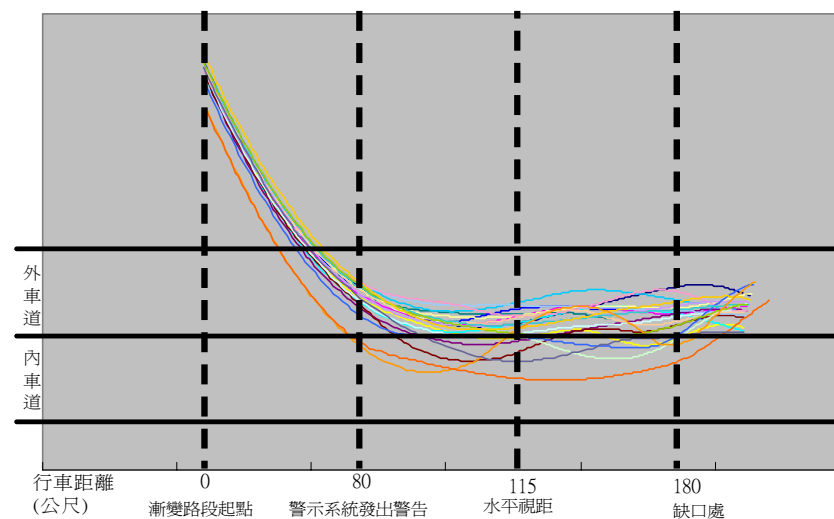
## 彎道路段缺口處待轉車

---

- 第一回合實驗中的22筆有效資料為樣本
- 蒐集各實驗/對照組之行車軌跡分佈，以了解車道偏移量的變動
- 蒐集各實驗/對照組之行車速率，以了解缺口處待轉車對受測車輛之速率上的影響

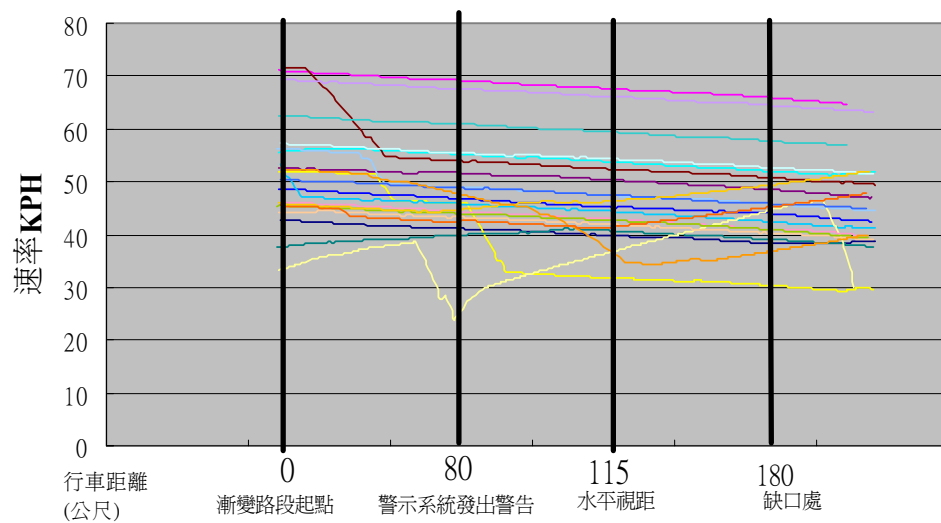


A1之行駛軌跡分布圖

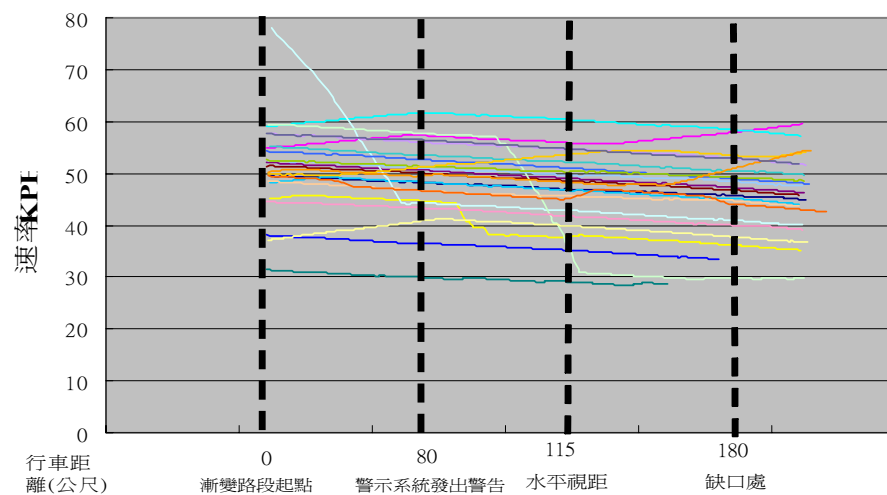


A2之行駛軌跡分布圖

- 由於無警示系統的提示，導致較多駕駛者不知前方有車輛待轉，故本研究認為受測者在接收警示系統之訊息後，大多數人皆會保持在外側車道，
- 無警示系統之外車道車輛橫向偏移量都不大，與配備警示系統的實驗組差不多，多為平穩地行駛在外車道。



A1之行車速率圖



A2之行車速率圖

	樣本數	平均速率( KPH)	標準差
A1實驗組	22	45.69	5.93
A2對照組	22	44.66	7.01

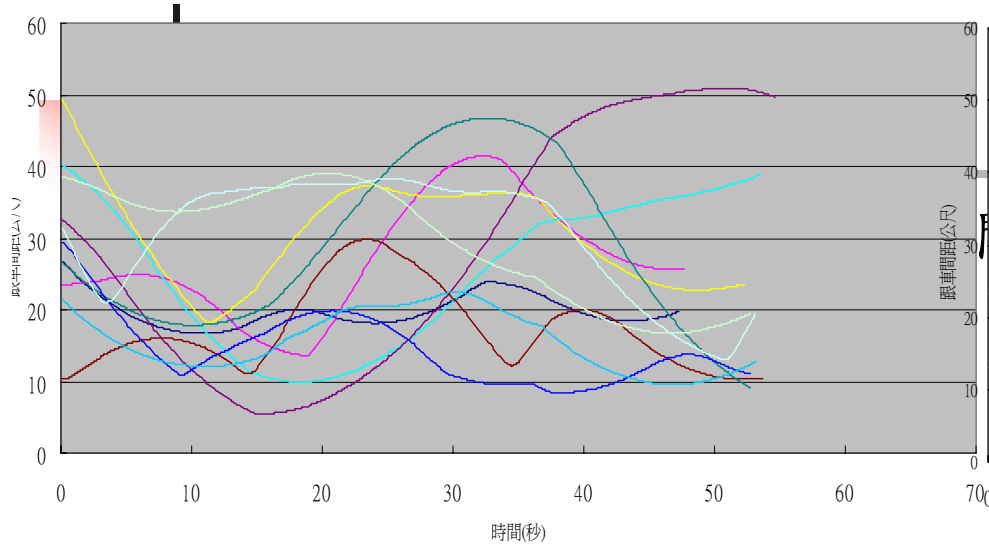


## 跟車行為

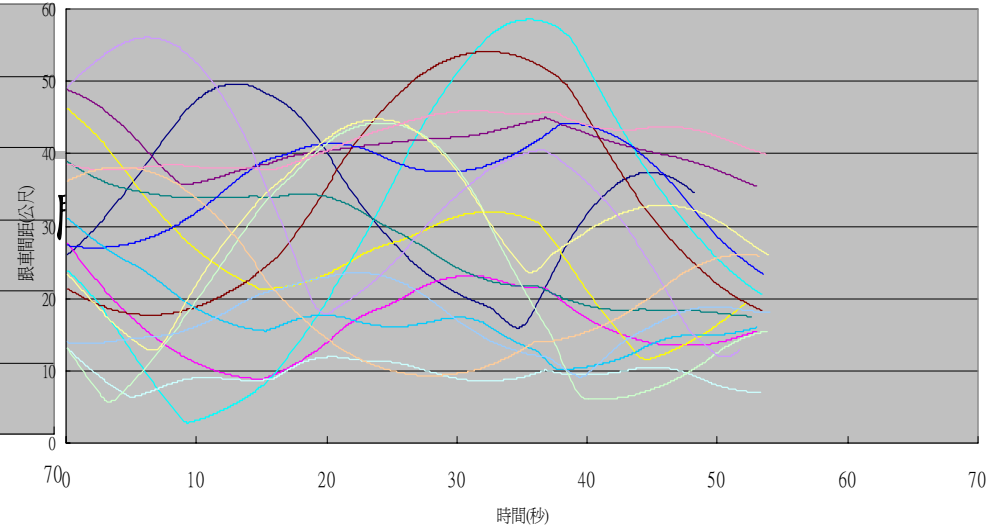
---

- 以二回合的合理跟車(間距 $<60$ 公尺)實驗為樣本。
- 有無警示系統的實驗對照組中，蒐集行駛過程之跟車間距，了解跟車間距的變動，並整理出最大及最小跟車間距之差距，以評估跟車間距波動幅度。
- 特殊天候之跟車行為比較中，蒐集合理樣本的平均跟車間距，以了解跟車間距震盪情形。

## 縱向防撞警示系統之跟車行為(白天晴天)



B1 白天晴天有警示系統

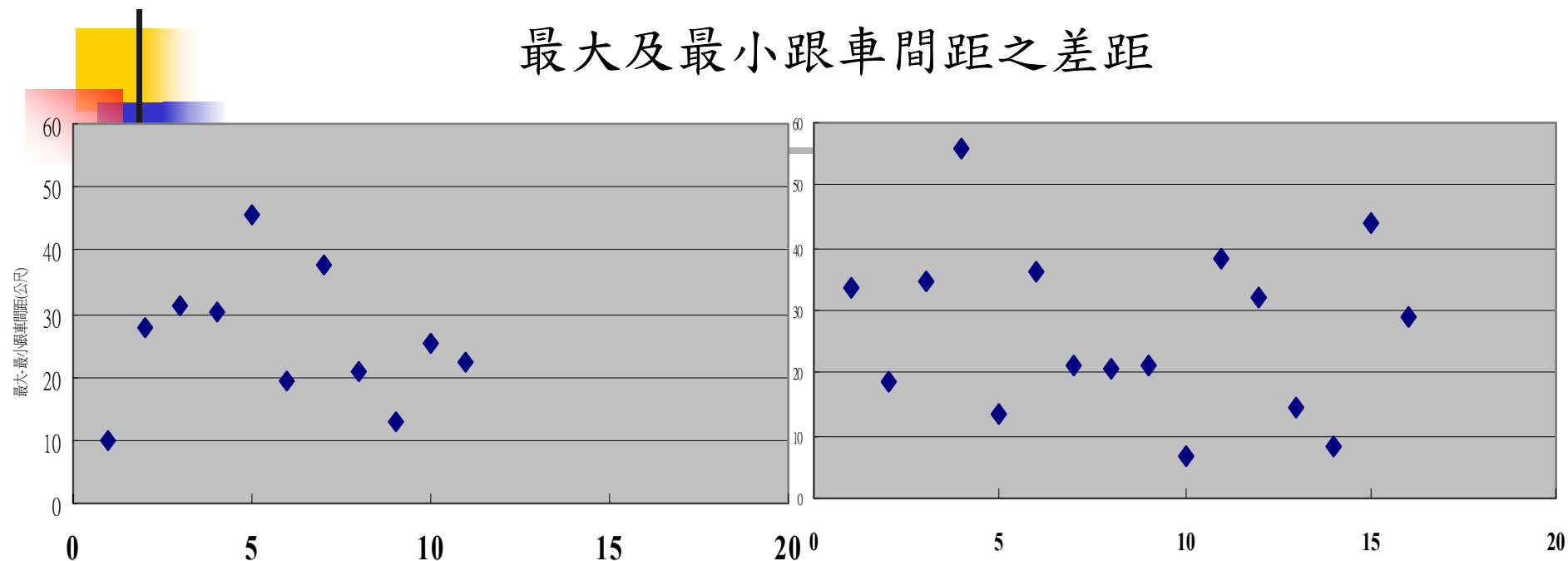


B2 白天晴天無警示系統

- 合理的跟車間距曲線應為先下降後上升再下降。
- B2曲線波動較大，較為紊亂。此現象顯示駕駛者相當充分自主地掌握跟車方式，由個人主觀感識及駕車習性決定跟車間距之調整時機及調整量。

# 縱向防撞警示系統之跟車行為(白天晴天)

最大及最小跟車間距之差距

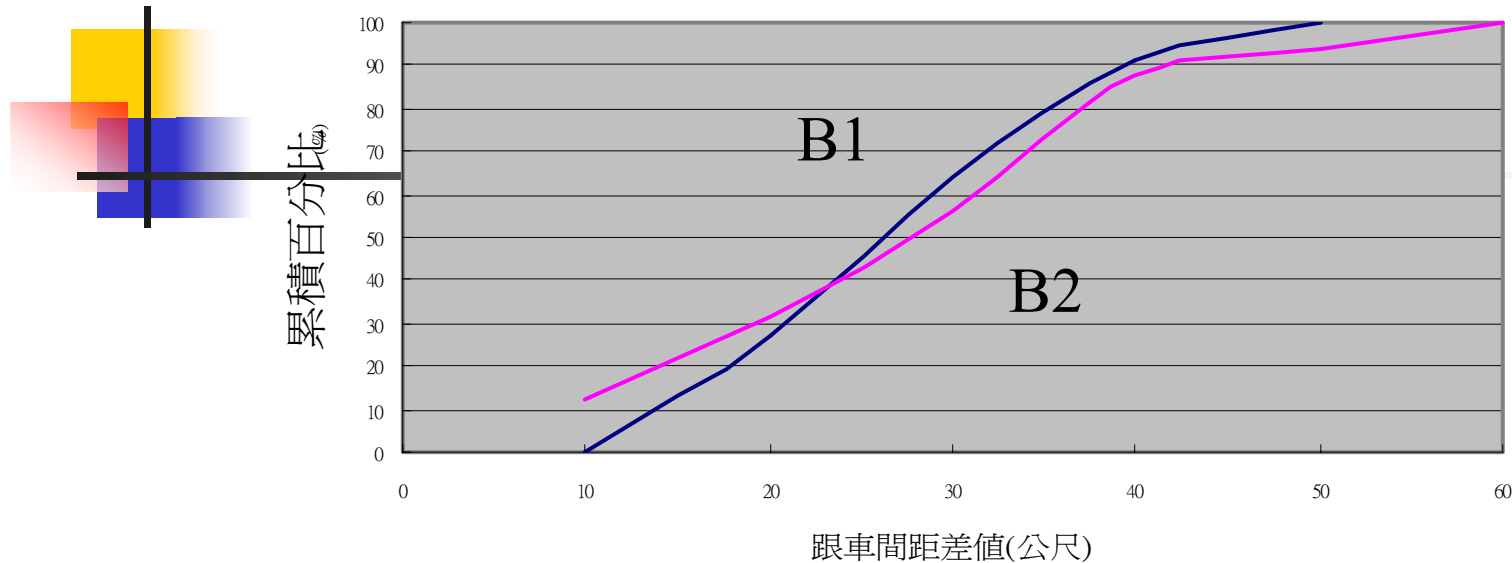


B1 白天晴天有警示系統

B2 白天晴天無警示系統

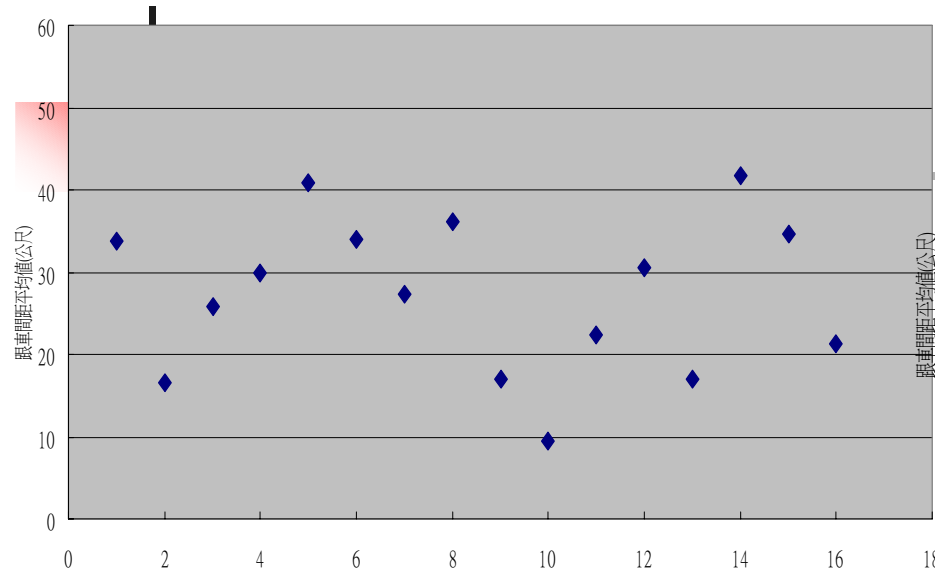
白天晴天	樣本數	最大變動	最小變動	平均值	標準差
B1有縱向防撞警示系統	11	45.43	10.07	25.76	10.33
B2無縱向防撞警示系統	16	55.71	6.72	26.80	13.54

## 縱向防撞警示系統之跟車行為(白天晴天)

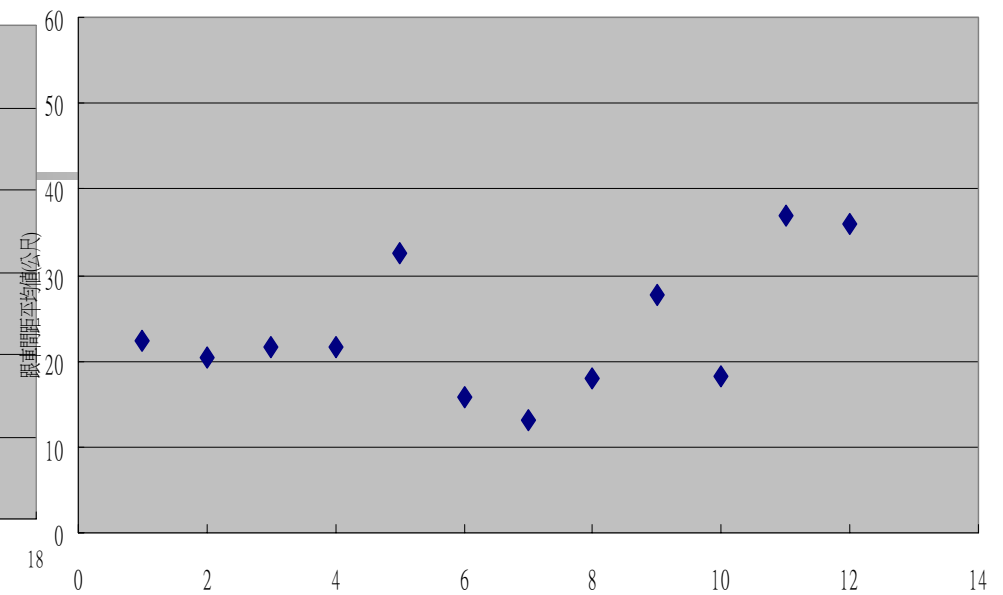


- B1曲線較為陡峭，表示有警示系統的間距波動較小且較為集中；B2較為平緩，表示無警示系統的間距波動較為擴散。
- 兩條累積曲線間之差值，似可代表引入警示系統所帶來的跟車行為穩定效果，此部分值得再作深入之探討，據以擬定評估警示系統效益之量化準則

## 特殊天候之跟車行為



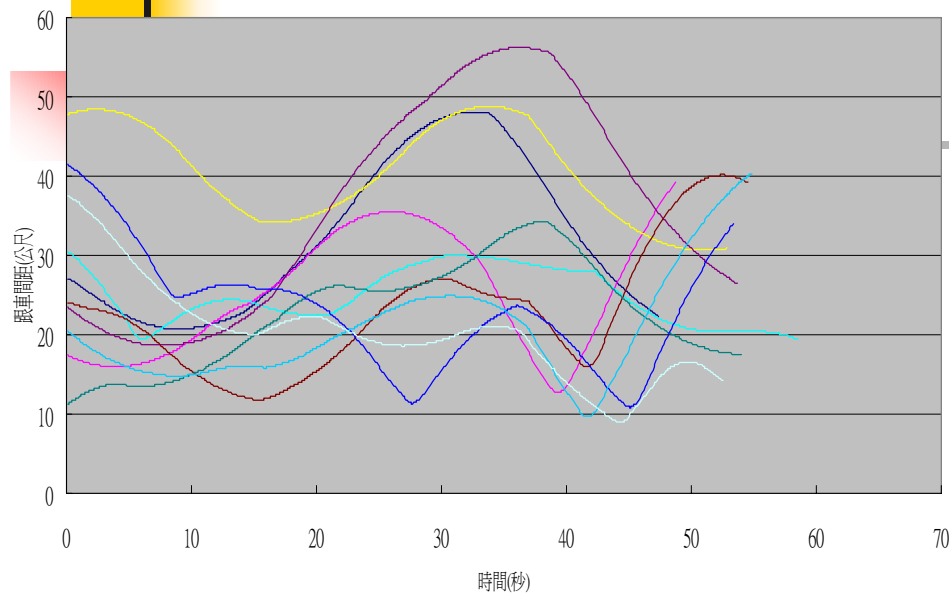
D1 白天晴天平均間距分布圖



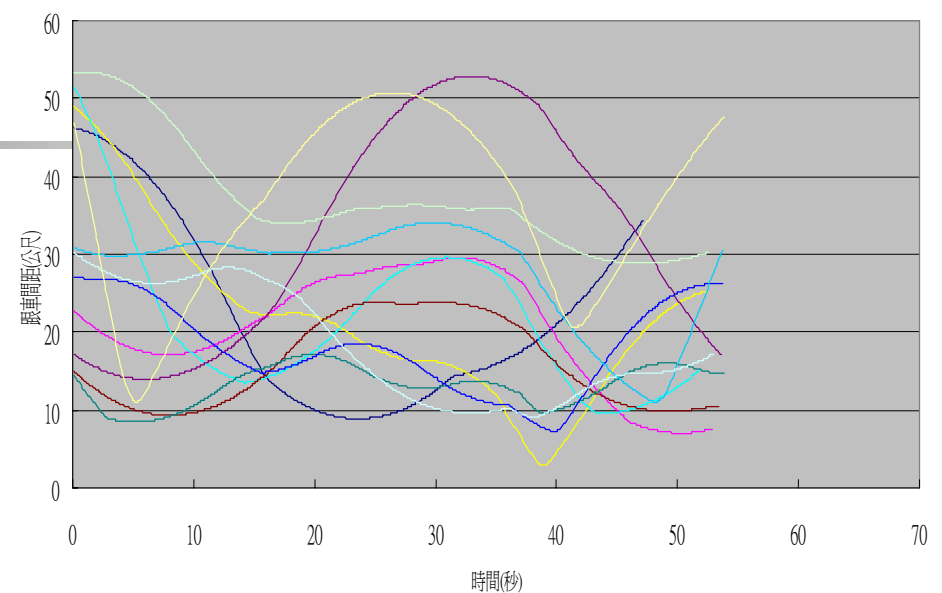
D2 白天霧天平均間距分布圖

- D1平均跟車間距有較大的震盪，表示在白天晴天的狀況下駕駛者願意以本身的判斷來跟車，其跟車間距以自身的喜好來決定
- D2霧天狀況下之跟車行為較謹慎，跟車間距較穩定

## 特殊天候加縱向防撞警示系統之跟車行為



E1 白天霧天有警示系統

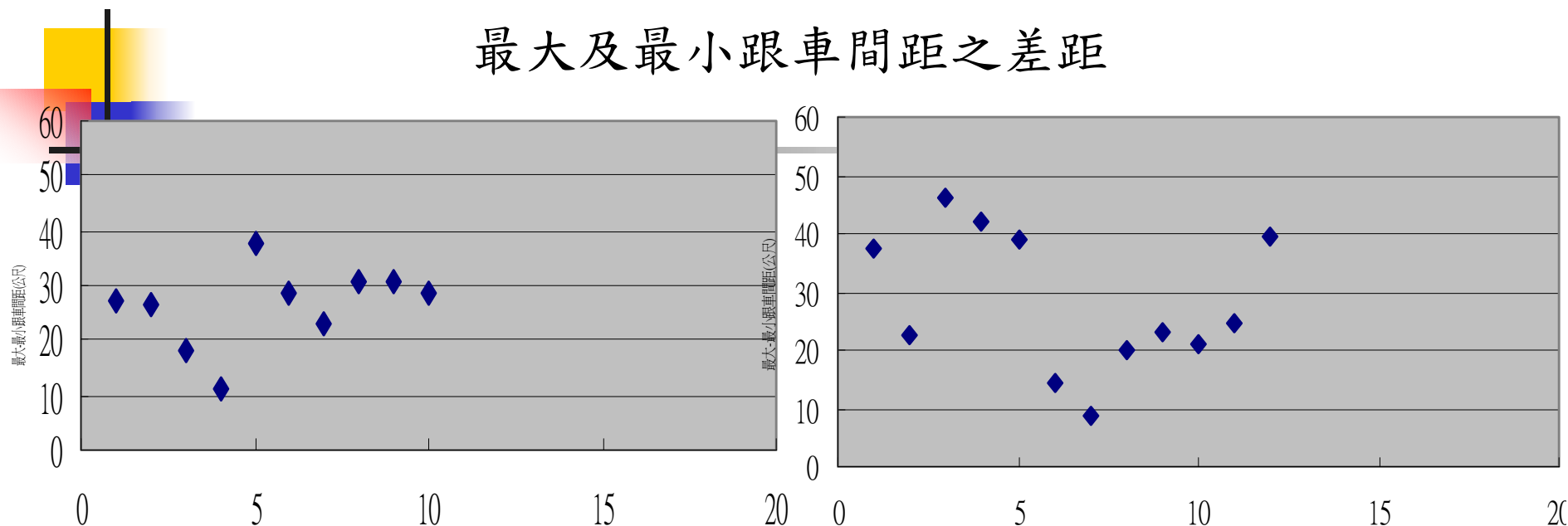


E2 白天霧天無警示系統

- 無警示系統的線條波動較大且較為紊亂。但仍較白天晴天無縱向防撞警示系統B2曲線圖穩定許多。

# 特殊天候加縱向防撞警示系統之跟車行為

## 最大及最小跟車間距之差距

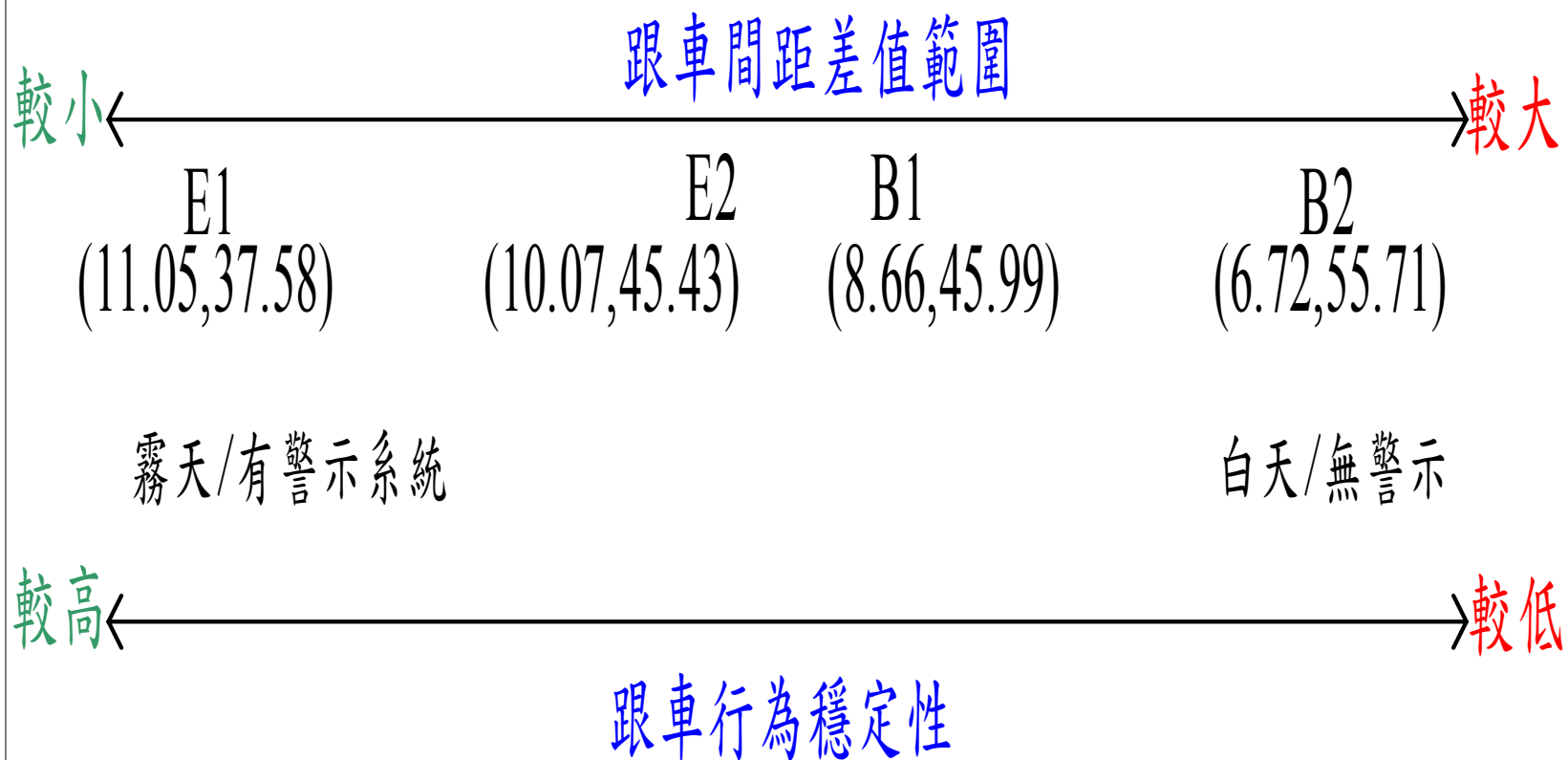


E1 白天霧天有警示系統

E2 白天霧天無警示系統

白天霧天	樣本數	最大變動	最小變動	平均值	標準差
E1有縱向防撞警示系統	10	37.58	11.05	26.20	7.33
E2無縱向防撞警示系統	12	45.99	8.66	28.20	12.03

# 跟車行為綜合評析

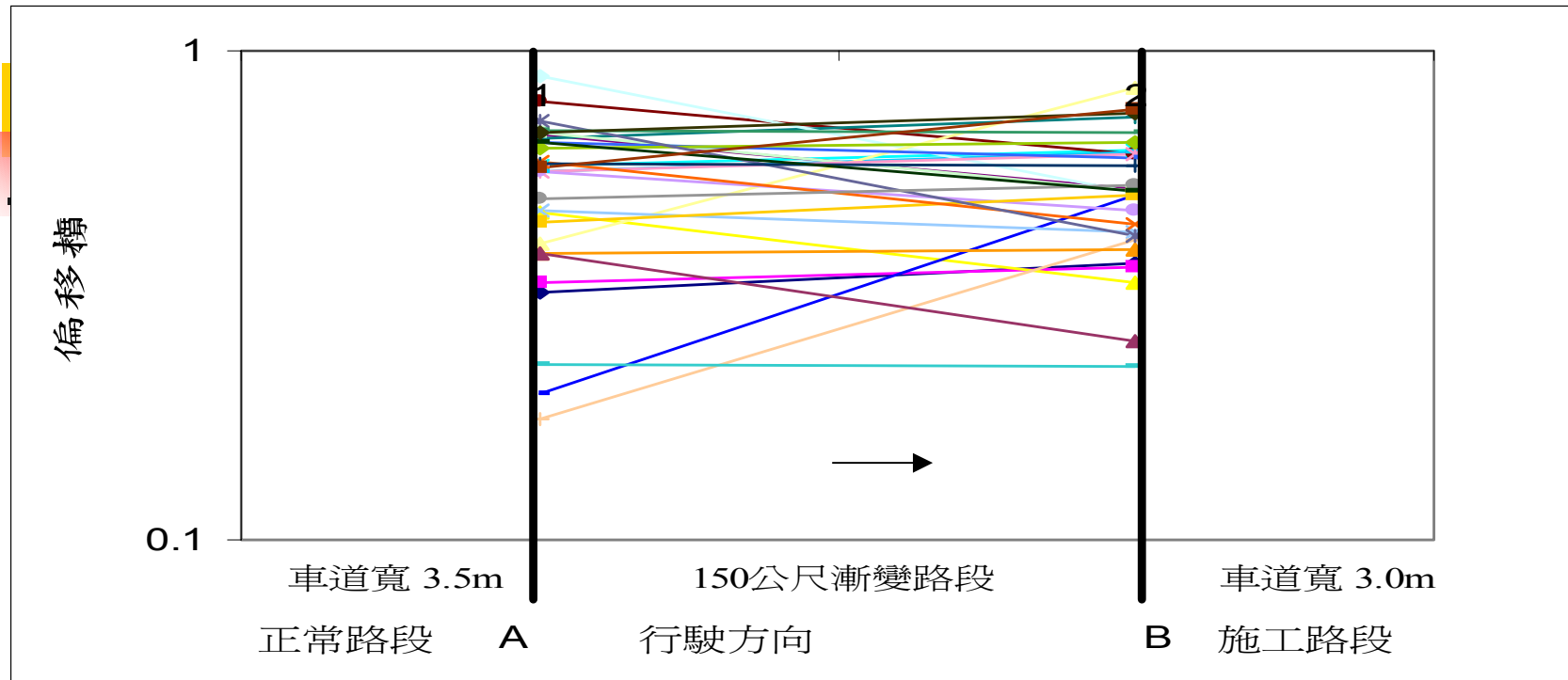




## 施工路段車道寬度縮減

- 第一回合實驗30筆有效資料為樣本
- 車輛偏移衡量指標 =  $\frac{\text{車輛中心與左側車道線的距離}}{\text{車道寬}}$
- 為評比漸變曲線上車輛橫向位移的變化，乃應用偏移指標建立評估曲線，可視為對車道寬度變化掌控能力的評估曲線

## 施工路段駕駛人對車道寬度變化掌控曲線圖



- 可發現偏左跟偏右的人數一樣多，但大部分的偏移量都不大，表示駕駛者能藉由漸變路段逐漸熟悉對車道寬度縮減之掌控



# 結論

---

## 1. 汽車駕駛模擬系統應用發展時程

- 回顧了國內、外汽車駕駛模擬系統之發展與應用現況，整理出駕駛模擬系統之應用及發展時程
- 針對發展時程初期部分相關應用課題進行實例研究，評估各實例研究應用課題之有效性
- 未來應逐漸加強中期、長期之技術研發以及實驗情境的合理設計，使駕駛模擬系統之實驗結果更有效性



## 結論(續一)

---

### 2. 汽車駕駛模擬系統軟體技術與硬體設備

- 硬體設備為前期計畫所建置油壓六軸平台，以DirectPlay取代前期計劃Winsock來撰寫網路通訊同步程式
- 場景具有擴充性，道路設施擴充為雙向行車與號誌管制，加入交叉路口及T字路口
- 配合拉丁方格法，以達成統計的隨機性
- 著力於開發程式以控制車流，監控程式中也加入了碰撞效果



## 結論(續二)

### 3. 實例分析

- 彎道路段缺口處待轉車：配備警示系統時，速率變動較平緩，有助於選擇車道避開干擾，不易受待轉車輛之影響。
- 跟車行為：不管任何天候下，有警示系統之跟車行為較為穩定；另外白天晴天駕駛者會較自主性的跟車，而霧天下駕駛者會較謹慎跟車。
- 施工路段：受測者可藉漸變路段熟悉車道寬度之縮減。



## 建議

---

### 1. 汽車駕駛模擬系統應用發展時程

- 未來在發展駕駛模擬系統時，應考量本土化的駕駛及交通特性，
- 朝著本計畫中所擬定之汽車駕駛模擬系統之短、中、長期目標前進，使台灣之汽車駕駛模擬系統技術與應用跟上世界先進國家腳步



## 建議(續一)

---

### 2. 汽車駕駛模擬系統軟體技術與硬體設備

- 利用包覆式駕駛座艙來代替開放式座艙
- 採用完整無接縫單一大型布幕
- 在駕駛座艙內架設實際LCD螢幕
- 未來研究或計畫可利用此場景再加以擴充，不需重新繪製新場景
- 應逐步將符合國內特性之車流模式加入

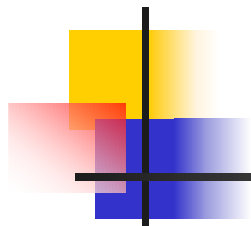


## 建議(續二)

---

### 3. 實例分析

- 彎道路段缺口處待轉車，應加入外車道車輛給予駕駛者部分的壓迫感
- 跟車行為，未來實驗中應多考慮如何督促駕駛者跟上前車
- 施工路段，施工路段應確實依相關規定設置各種施工標誌及調整道路幾何線形，使駕駛者可穩定掌控車道。



簡 報 完 畢  
敬 請 指 教