

111-069-3513
IOT-110-SBF203

本所駕駛模擬研究未來發展 方向初探



交通部運輸研究所

中華民國 111 年 11 月

111-069-3513
IOT-110-SBF203

本所駕駛模擬研究未來發展 方向初探

著者：吳繼虹、葉祖宏、賴靜慧、鄭信鴻

交通部運輸研究所

中華民國 111 年 11 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

本所駕駛模擬研究未來發展方向初探/吳繼虹,葉祖宏,賴靜慧,鄭信鴻著. -- 初版. -- 臺北市:交通部運輸研究所, 民 111.11

面; 公分

ISBN 978-986-531-433-0(平裝)

1. CST: 交通安全 2. CST: 汽車駕駛

557.16

111017972

本所駕駛模擬研究未來發展方向初探

著者: 吳繼虹、葉祖宏、賴靜慧、鄭信鴻

出版機關: 交通部運輸研究所

地址: 105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網址: www.iot.gov.tw (中文版 > 數位典藏 > 本所出版品)

電話: (02)2349-6789

出版年月: 中華民國 111 年 11 月

印刷者: 全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數: 初版一刷 65 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價: 170 元

展售處:

交通部運輸研究所運輸資訊組 • 電話: (02)2349-6789

國家書店松江門市: 104472 臺北市中山區松江路 209 號 • 電話: (02)2518-0207

五南文化廣場: 400002 臺中市區中山路 6 號 • 電話: (04)2226-0330

GPN: 1011101717

ISBN 978-986-531-433-0 (平裝)

著作財產權人: 中華民國 (代表機關: 交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利, 欲利用本著作全部或部分內容者, 須徵求交通部運輸研究所書面授權。

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：本所駕駛模擬研究未來發展方向初探			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-433-0(平裝)	政府出版品統一編號 1011101717	運輸研究所出版品編號 111-069-3513	計畫編號 110-SBF203
本所主辦單位：運輸安全組 主管：葉祖宏 計畫主持人：葉祖宏 研究人員：賴靜慧、鄭信鴻 聯絡電話：02-23496854 傳真號碼：02-25450429	合作研究單位：國立臺灣海洋大學 計畫主持人：吳繼虹 地址：20224 基隆市中正區北寧路 2 號 聯絡電話：02-24622192		研究期間 自 110 年 5 月 至 110 年 12 月
關鍵詞：駕駛模擬器、交通安全			
<p>摘要：</p> <p>本計畫目的在探討本所未來於駕駛模擬應用及研究發展的角色，並透過蒐整國內外駕駛模擬器(含機車類型)之應用情形，以研擬本所就駕駛模擬研究之發展方向及改善建議。本計畫發現國際上之駕駛模擬器除透過虛擬場景與使用者進行互動外，更多應用在模擬特定道路環境與駕駛情境、駕駛人因、行為及基礎工具的角度，來思考各種需求面及供給面的研究。本計畫亦根據國際上之發展來評估國內現有產官學研單位駕駛模擬器的功能、限制與可用度等，以研析駕駛人的行為反應。基於上述研究說明，蒐整國際上之發展及評估國內現有產官學研單位駕駛模擬器的功能、限制與可用度等工作，將有助於明確未來本所在駕駛模擬應用及發展的角色。</p>			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
111 年 11 月	140	170	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。
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: A Preliminary Study of the Institute of Transportation's Future Research Directions by Using Driving Simulator.			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-531-433-0(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011101717	IOT SERIAL NUMBER 111-069-3513	PROJECT NUMBER 110-SBF203
DIVISION: Safety Division DIVISION DIRECTOR: Yeh Tsu-Hung PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yeh Tsu-Hung PROJECT STAFF: Lai, Ching-Huei, Cheng, Hsin-Hung, PHONE: (02)23496854 FAX: (02)25450429			PROJECT PERIOD FROM May 2021 TO December 2021
RESEARCH AGENCY: National Taiwan Ocean University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Wu, Chi-Hung Evelyn ADDRESS: 2 Pei-Ning Road, Keelung, Taiwan 20224, R.O.C. PHONE: 02-2462-2192#7051			
KEY WORDS: Driving simulator, Traffic safety.			
<p>ABSTRACT:</p> <p>The purpose of this study is to discuss the future role of the Institute of Transportation (IOT), Ministry of Transportation and Communication (MOTC) development, conducting such investigations the research results of domestic and foreign driving simulators (including scooters) to collect and organize, and then purpose the development direction and improvement suggestions of the driving simulator of IOT. This study found that international driving simulators interact with users through virtual scenes, and they are often used to simulate specific road environments and driving situations, driver behaviors, driver factors, and basic tools to explore the different supply and demand aspects of the research.</p> <p>This study also evaluates the functions, limitations, and usability of existing domestic driving simulators from the perspective of international developments to study the behavioral responses of drivers. From the perspectives of driver factors, behaviors and basic tools, as well as the research direction of various demand and supply sides, it will take stock of international development and evaluate the functions, limitations and usability of driving simulators in existing domestic production, government, university, and research institutions. This will help the IOT to clarify the future role of local driving simulation applications and development.</p>			
DATE OF PUBLICATION November 2022		NUMBER OF PAGES 140	PRICE 170
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	IX
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的與方法.....	2
第二章 國內外駕駛模擬器發展與應用回顧.....	3
2.1 各國駕駛模擬器發展情形.....	3
2.1.1 依國家分類.....	3
2.1.2 我國模擬器發展情形.....	25
2.1.3 依駕駛模擬器類型分類.....	31
2.2 駕駛模擬研究議題分類.....	38
2.2.1 年輕及高齡駕駛.....	38
2.2.2 駕駛人行為.....	39
2.2.3 自動駕駛及駕駛輔助系統.....	44
2.2.4 虛擬實境駕駛模擬.....	45
2.2.5 標誌及標線.....	46
2.2.6 自然災害.....	68
2.3 國內駕駛模擬器參訪紀錄.....	69
2.3.1 國防大學.....	69
2.3.2 國立臺北科技大學.....	71
2.3.3 ARTC 車輛研究測試中心.....	71
2.3.4 國內其他建有模擬器單位之簡要蒐集.....	73

2.5 國內外駕駛模擬研究之優勢與挑戰.....	74
第三章 本所發展駕駛模擬之研究方向初探.....	77
3.1 國內交通安全政策方向.....	77
3.2 國內外駕駛模擬研究之發展特性歸納.....	82
3.3 本所模擬研究之未來發展建議.....	84
3.3.1 本所辦理專家學者座談會之建議.....	84
3.3.2 本所自建駕駛模擬器之維運評估.....	85
3.3.3 本所駕駛模擬研究定位及發展方向.....	87
第四章 結論與建議.....	91
4.1 結論.....	91
4.2 建議.....	93
參考文獻.....	95
附錄 1 研究成果彙整表.....	101
附錄 2 UMass 研究成果彙整表.....	105
附錄 3 Wisconsin 大學研究成果彙整表.....	109
附錄 4 里茲 (Leeds) 大學 研究成果彙整表.....	111
附錄 5 Groningen 大學研究成果彙整表.....	113
附錄 6 SWOV 研究成果彙整表.....	115
附錄 7 模擬器列表.....	117
附錄 8 「本所駕駛模擬研究未來發展方向初探」座談會紀錄.....	121

圖目錄

圖 2-1 東京大學駕駛模擬器.....	4
圖 2-2 東京大學駕駛模擬器駕駛艙.....	4
圖 2-3 慶應義塾大學駕駛模擬器.....	5
圖 2-4 慶應義塾大學駕駛模擬器駕駛艙.....	5
圖 2-5 慶應義塾大學駕駛模擬器組成架構圖.....	5
圖 2-6 東北大學駕駛模擬器.....	6
圖 2-7 中央大學駕駛模擬器.....	7
圖 2-8 中央大學駕駛模擬器油壓平臺.....	7
圖 2-9 東京農工大學駕駛模擬器基座及投影之模擬場景.....	8
圖 2-10 愛荷華大學 NADS-1 駕駛模擬器.....	9
圖 2-11 NADS-2 駕駛模擬器.....	9
圖 2-12 miniSim 駕駛模擬器.....	9
圖 2-13 美國麻薩諸塞大學固定座駕駛模擬器.....	10
圖 2-14 美國威斯康辛大學麥迪遜分校固定座駕駛模擬器.....	11
圖 2-15 多倫多大學 DriverLab 駕駛模擬器.....	12
圖 2-16 DriverLab 之天氣駕駛模擬器.....	12
圖 2-17 里茲大學 UoLDS 駕駛模擬器.....	13
圖 2-18 里茲大學 UoLDS 模擬場景與駕駛艙.....	14
圖 2-19 荷蘭格羅寧根大學固定座駕駛模擬器.....	15
圖 2-20 荷蘭格羅寧根大學代步車模擬器.....	15
圖 2-21 荷蘭 SWOV 固定座駕駛模擬器.....	16
圖 2-22 VTI Sim IV 駕駛模擬器.....	17
圖 2-23 VTI Sim IV 駕駛艙與投影場景.....	18
圖 2-24 VTI 自行車模擬器.....	19
圖 2-25 慕尼黑工業大學大貨車模擬器.....	20
圖 2-26 慕尼黑工業大學大貨車模擬器駕駛艙.....	20
圖 2-27 BMW 移動平臺駕駛模擬器.....	21
圖 2-28 BMW 駕駛模擬器球型平臺構造.....	22

圖 2-29 蒙納許大學固定座駕駛模擬器.....	23
圖 2-30 麥覺理大學固定座駕駛模擬器.....	24
圖 2-31 新南威爾斯大學固定座駕駛模擬器.....	25
圖 2-32 新南威爾斯大學自行車駕駛模擬器.....	25
圖 2-33 ARTC 六軸運動平臺駕駛模擬器.....	26
圖 2-34 ARTC 六軸運動平臺駕駛模擬器基座.....	27
圖 2-35 北科大史都華六軸運動平臺駕駛模擬器.....	28
圖 2-36 北科大史都華六軸運動平臺基座.....	28
圖 2-37 國防大學雲豹車六軸運動平臺模擬器.....	29
圖 2-38 國防大學雲豹車六軸運動平臺模擬器基座.....	29
圖 2-39 國防大學固定座駕駛模擬器.....	30
圖 2-40 中華大學機車駕駛體驗模擬器.....	31
圖 2-41 東京大學桌上型駕駛模擬器.....	34
圖 2-42 千葉大學桌上型駕駛模擬器.....	34
圖 2-43 立命館大學桌上型駕駛模擬器.....	35
圖 2-44 頭戴式 VR 裝置.....	36
圖 2-45 頭戴式 VR 裝置模擬影像.....	36
圖 2-46 里茲大學行人模擬環境.....	37
圖 2-47 里茲大學行人模擬場景.....	37
圖 2-48 格羅寧根大學代步車模擬器.....	37
圖 2-49 慶應義塾大學個人運具模擬器.....	37
圖 2-50 慶應義塾大學個人運具模擬器景象.....	37
圖 2-51 HONDA 自行車模擬器.....	37
圖 2-52 HONDA 機車模擬器.....	37
圖 2-53 簡易駕駛模擬器.....	38
圖 2-54 模擬駕駛路線各種行駛狀況設計示意圖.....	40
圖 2-55 HUD 位置示意圖.....	42
圖 2-56 車內影像系統擺放位置-高.....	42
圖 2-57 車內影像系統擺放位置-中.....	42
圖 2-58 實驗路線圖.....	44

圖 2-59 RPM 替代設計.....	47
圖 2-60 在 120 至 100 公里/小時的過渡區實施的路面標記處理設計..	48
圖 2-61 人字紋(左)、橫向減速標線(中)、可變資訊標誌(右)三種工程處理.....	49
圖 2-62 道路標記處理 a)紅色分隔島、b)水平警告標誌.....	50
圖 2-63 Daniels et al.實驗路線.....	51
圖 2-64 Hang et al.實驗的設施設計.....	52
圖 2-65 (a)基準型、(b)PSM 兩種平交道類型	54
圖 2-66 Mashko et al.開發系統介面.....	55
圖 2-67 駕駛模擬器配置.....	56
圖 2-68 6 種減速標線設計.....	58
圖 2-69 減速光點標線.....	59
圖 2-70 逆向行駛實驗場景.....	60
圖 2-71 猶豫區間實驗設計.....	60
圖 2-72 實驗最終提案.....	61
圖 2-73 16 種實驗路面.....	62
圖 2-74 4 種實驗路面.....	64
圖 2-75 路面立體標線設計方案.....	65
圖 2-76 六軸運動平臺雲豹車模擬器.....	70
圖 2-77 戰術模擬用 VR 設備及背心.....	70
圖 2-78 軍事人因工程研究中心.....	70
圖 2-79 模擬環境建構演示.....	70
圖 2-80 固定座駕駛模擬器操作.....	70
圖 2-81 臺北科技大學史都華六軸運動平臺駕駛模擬器實驗室.....	71
圖 2-82 ARTC 駕駛模擬器操作.....	72
圖 2-83 ARTC 駕駛模擬器外觀.....	72
圖 2-84 ARTC 駕駛模擬器駕駛景象.....	72
圖 2-85 ARTC 固定座駕駛模擬器.....	72
圖 2-86 ARTC 駕駛模擬器底部.....	73
圖 2-87 ARTC 車輛研究測試中心.....	73

圖 3-1 道路安全政策願景、目標、政策與推動策略.....	78
圖 3-2 本所運輸安全組 111-115 年施政主軸.....	80
圖 3-3 國內駕駛模擬研究課題方向.....	82

表目錄

表 2-1 移動平臺駕駛模擬器彙整.....	32
表 2-2 多軸運動平臺駕駛模擬器彙整.....	32
表 2-3 固定座駕駛模擬器彙整.....	33
表 2-4 桌上型駕駛模擬器彙整.....	34
表 2-5 頭戴式 VR 虛擬實境.....	35
表 2-6 其他運具駕駛模擬器彙整表.....	36
表 2-7 16 種實驗路面之設計內容.....	63
表 2-8 4 種實驗路面設計內容.....	64

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

駕駛模擬器是透過虛擬場景與使用者進行互動，並應用模擬特定道路環境與駕駛情境，以探討駕駛人的行為反應，是駕駛安全研究的重要設備(Wang et al., 2007)。國外有許多學術研究單位及汽車製造商建置駕駛模擬器，如美國國家公路交通安全管理局 (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)建置國家級 NADS-1 駕駛模擬器設備，並由愛荷華大學 (University of Iowa) 負責營運與維護；瑞典國家道路運輸研究所 (Swedish National Road and Transport Research Institute, VTI) 建置 Sim II、Sim III、Sim IV 等相關汽車駕駛模擬器；英國里茲大學(University of Leeds)與 Toyota、Honda、BMW、Mercedes-Benz、Volvo 等車廠合作建置 UoLDS 多軸運動平臺駕駛模擬器。由此可知，國外已進行許多駕駛模擬器之開發與研究工作。

就國內方面，我國學術研究單位建置有駕駛模擬器者，包含本所、財團法人車輛研究測試中心(Automotive Research Testing Center, ARTC)、國立臺北科技大學及國防大學等都依不同的研究需求而分別建置不同的駕駛模擬器。經比較國內、外現有的駕駛模擬器規格之後，由於駕駛模擬器的建置與維運成本龐大，其差異也相當大。根據本所(2019)整理國內、外駕駛模擬器發展類型發現，一般可依照運動平臺與視覺系統分類。依運動平臺分類，可分為多軸平臺(包括 XY 運動平臺與六軸、三軸運動平臺)與固定式平臺；若依視覺系統分類，可分為單螢幕、多螢幕與虛擬實境(virtual reality, VR)。另 XY 運動平臺型的駕駛模擬器擬真度最高，因該平臺係將實車駕駛座艙與環繞螢幕包覆在巨型球體內，利用滑軌與支臂控制巨型球體，以模擬上下坡、震動與加減速等駕駛情境。

目前國內在多功能六軸運動平臺駕駛模擬器方面，以 ARTC 所建

置為例，主要做為自動駕駛系統在電子感測器及車輛動態反應等方面研究。國外學術研究中心亦採用移動式、固定式平臺駕駛模擬器，如英國交通研究實驗室(The Future of Transport, TRL)的 MiniDigiSim、DigiCar 及 DigiTruck 等；美國愛荷華大學的 NADS-2 及 miniSim。此外，國內亦有多座固定式平臺駕駛模擬器，如交通部運輸研究所(以下簡稱本所)、國立臺北科技大學及國防大學等所建置的系統。

目前國內外許多學術研究單位及汽車製造商均建置駕駛模擬器，以進行相關重要駕駛研究工作。另有鑑於駕駛模擬器的建置與維運成本龐大，且各單位亦有不同研究需求及課題，然基於駕駛模擬器具有可控性、再製性、標準化、容易蒐集資料，以及讓受測者在沒有人體危險的情況下，即使遭遇可能的危險駕駛情境，仍可以接受到相關回饋和指令等重要優點，因此，就本計畫從駕駛人因、行為及基礎工具的角度而言，以及思考各種需求面及供給面的研究方向下，蒐整國際上之發展及評估國內現有產官學研單位駕駛模擬器的功能、限制與可用度等工作，將有助於未來本所在研究發展過程中，評估採用駕駛模擬應用之可能方向。

1.2 研究目的與方法

本計畫目的在探討本所未來於駕駛模擬應用及研究發展的角色，並透過蒐整國內外駕駛模擬器之應用情形，研擬本所在駕駛模擬研究之發展方向。

本計畫採回顧國內外駕駛模擬器資料相關文獻及應用情況，以瞭解國際先進國家所建置駕駛模擬器情形與發展，並訪談國內 ARTC、國立臺北科技大學及國防大學等，以研析我國與國際駕駛模擬器之發展差異及趨勢，進而歸納本所未來在駕駛模擬研究之可能方向。

第二章 國內外駕駛模擬器發展與應用回顧

目前在世界許多大學及研究單位皆有導入駕駛模擬器設備的經驗，從大型高精度的移動平臺駕駛模擬器，到簡易、輕巧的桌上型駕駛模擬器而言，不同精度的駕駛模擬器也應用在不同的研究項目中，以下各節將針對所彙整之國內外駕駛模擬器的設備，並依照類型及所屬地區簡要說明其概況與發展，並回顧相關研究。

2.1 各國駕駛模擬器發展情形

2.1.1 依國家分類

(一) 日本

1、東京大學：環型駕駛模擬器

東京大學的駕駛模擬器由該校生產技術研究所負責管理，該研究所主要是研究關於駕駛特性分析、駕駛模型建構以及智慧運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)應用研究。該實驗室導入 D3sim 駕駛模擬器，如圖 2-1 所示，是一座電動六軸運動平臺，並附有駕駛室連接功能，以增加模擬器之座位，以及由三面環型銀幕所組成的大型場景。另此裝置為了因應相關的實驗需求，每年皆會進行軟硬體更新維護。

此外，東京大學為增加駕駛模擬器的精確度、改善旋轉中心偏差，獨自開發改良旋轉平臺、照後鏡的顯示器，以及駕駛人前方之目標投影機所建構的高解析中心視野，如圖 2-2 所示。另亦持續進行駕駛人前方場景、駕駛時車內與環境背景聲音重現的音響系統、聲音指示，以改善駕駛人之駕駛操作行為。另一方面，東京大學生產技術研究所除了長期與模擬器製造商三菱精工(Mitsubishi Precision)合作，目前亦與許多企業均有共同研究及產學合作計畫，並活用駕駛模擬器以進行相關研究，目前正朝向自動駕駛、先進駕駛輔助系統、道路基本建設的 ITS 實驗以及駕駛操作等永續交通發展。



圖 2-1 東京大學駕駛模擬器



圖 2-2 東京大學駕駛模擬器駕駛艙

2、慶應義塾大學：360 度視野駕駛模擬器

慶應義塾大學理工學部最初導入駕駛模擬器的目的是進行人機介面 (Human Machine Interface, HMI) 等相關研究，此系統原先是由三菱精工所製造的 D3sim 標準駕駛模擬器，如圖 2-3 所示。該駕駛模擬器的車內環境及車輛操作方式與一般的自排車相同，使用六軸運動平臺，有效負重為 1,500 公斤，環景影像由 8 面 150 吋投影幕所構成。為了更加貼近實車環境，照後鏡不是使用電子顯示器，而是採用了實際的鏡面加上偏光鏡輔助，如圖 2-4 所示。該駕駛模擬器亦將駕駛人的操作及模擬環境影像由多部電腦進行計算處理，並透過駕駛平臺呈現結果，駕駛模擬器的組成架構如圖 2-5 所示。目前該駕駛模擬器應用於人機介面 (Human Machine Interface, HMI)、ITS、導航系統、自動公路系統 (Automated Highway System, AHS)、自駕車 (Autonomous Surface Vehicle, ASV) 等研究。



圖 2-3 慶應義塾大學駕駛模擬器



圖 2-4 慶應義塾大學駕駛模擬器駕駛
艙

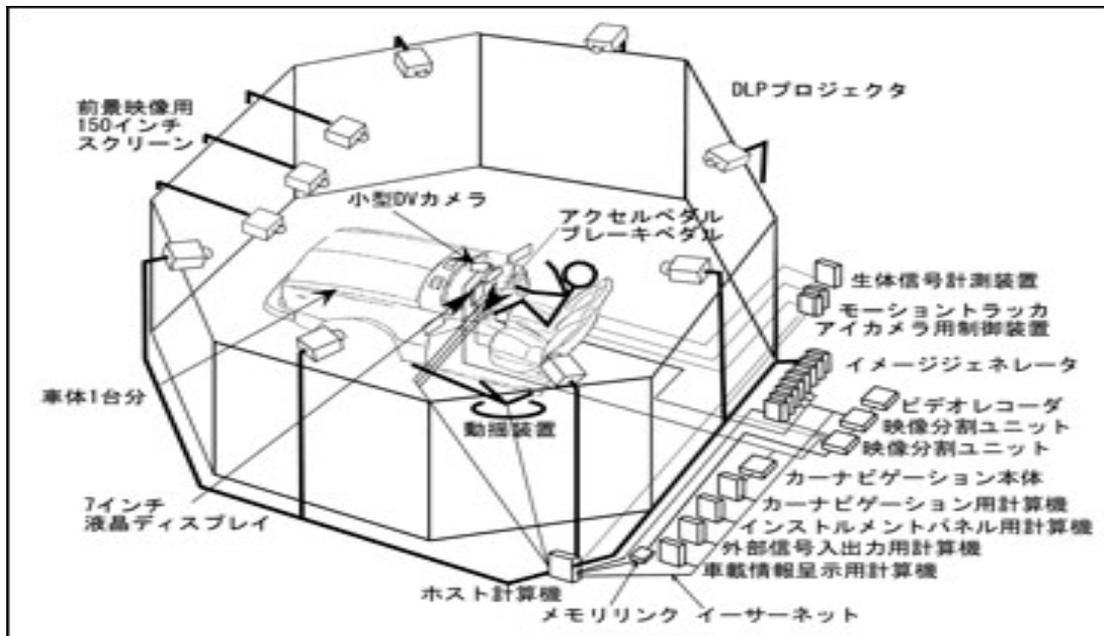


圖 2-5 慶應義塾大學駕駛模擬器組成架構圖

3、東北大學：120 度視野駕駛模擬器

東北大學的駕駛模擬器是由未來科學技術共同研究中心建置，此駕駛模擬器是使用三菱精工六軸電動運動裝置，最大加速度為 0.5G，最大水平移動面為 40mm，旋轉角 24 度，並搭載呈現 120 度視野的三面大型螢幕，如圖 2-6 所示。目前此駕駛模擬器開放外借使用，費用為

每小時 2,966 日幣(約 720 元新台幣)。

目前的研究項目大致分為四類，分別為：

- (1) 駕駛評量：駕駛的反應或是行為狀態等(駕駛操作)之生理反應(視線、心跳等)。
- (2) 建構環境評量：標誌、號誌及道路空間等。
- (3) 車輛性能評量：車輛的運動模式評測。
- (4) 車輛的內裝模擬評量：實際與模擬駕駛的差異評測。



圖 2-6 東北大學駕駛模擬器

4、中央大學：鋪面結構測試用大型車模擬器

中央大學理工學研究科學所為評量道路鋪面結構，引進 D3sim 模擬系統，該模擬器配置了油壓運動系統，如圖 2-8 所示。有效載重 600

公斤，並從實際車輛行駛過程中獲取的駕駛數據來模擬大型車行駛於路面的振動。

該駕駛模擬器上設置專用的駕駛座，以改善駕駛的真實感覺。模擬器設置了三面顯示器，以提供 135 度的視角，如圖 2-7 所示。目前中央大學主要利用駕駛模擬器對道路的路面結構及其對車輛的影響進行研究。



圖 2-7 中央大學駕駛模擬器



圖 2-8 中央大學駕駛模擬器油壓平臺

5、東京農工大學：研究用駕駛模擬器

東京農工大學工學部機械系統工學系為進行預防性安全裝置等安全舒適的汽車研究開發，引進 D3sim 駕駛模擬器，為了模擬車輛的動力學特性和振動效果，增設電動六軸油壓裝置，載重為 3,000 公斤，此模擬器配置三面屏幕拼接起來的環形屏幕，如圖 2-9 所示，另使用一個環形投影系統，使其更有身臨其境的感覺。此外，東京農工大學還自行開發轉向反作用力裝置等控制系統，以提高駕駛體驗。

目前該系除了研究高速公路匯流輔助、車道維持輔助和控制輔助等駕駛輔助系統外，還有進行變換車道時的駕駛人行為分析等基礎研究。



圖 2-9 東京農工大學駕駛模擬器基座及投影之模擬場景

(二)美國

1、美國愛荷華大學：NADS-1 駕駛模擬器

NADS-1 由美國國家公路交通安全管理局(NHTSA)建置，由美國愛荷華大學負責營運與維護，為國家級沉浸式移動平臺駕駛模擬器，如圖 2-10 所示。該圓頂內的駕駛室可以調整為全尺寸汽車、運動型多功能車、大貨車或拖拉機駕駛室；駕駛室內包含眼球追蹤、頭部追蹤和座椅姿勢傳導感應系統，可提供有關駕駛人表現和舒適度的數據。此外，方向盤、踏板和座椅也能提供觸覺反饋用以模擬警告系統，並且使用 16 台高清 LED 投影機在牆上無縫顯示影像，產生 360 度水平和 40 度垂直視野。另該系統之音響系統提供模擬風、輪胎、發動機和其他車輛噪音的聲音，以及車輛動態行為相關的輪胎爆裂等特殊效果。

早期愛荷華大學在駕駛模擬相關的研究著重於模擬場景、軟體和系統測試等，近年來針對駕駛行為表現有諸多研究，包含病患的活動能

力、毒品藥物或酒精對於駕駛人的影響、駕駛人注意力分散的事故模擬、高齡駕駛的行為，以及安全和碰撞數據分析等。愛荷華大學除了有 NADS-1 移動平臺駕駛模擬器之外，還有固定基座駕駛模擬器 NADS-2 與 miniSim(如圖 2-11、圖 2-12 所示)。有關愛荷華大學歷年駕駛模擬相關研究成果列表如附錄 1 所示。



圖 2-10 愛荷華大學 NADS-1 駕駛模擬器

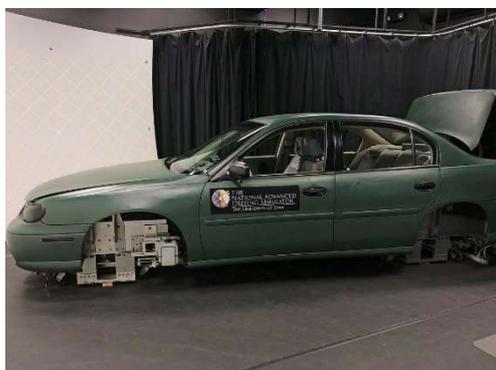


圖 2-11 NADS-2 駕駛模擬器



圖 2-12 miniSim 駕駛模擬器

2、美國麻薩諸塞大學：固定座駕駛模擬器

駕駛模擬器的駕駛艙使用 2013 年福特 Fusion Sedan，如圖 2-13 所示。該系統搭配可調節的駕駛座椅、方向盤、油門和踏板，以及一個揚聲器環繞系統和一個外部噪音的低音音響，駕駛艙前方有五個屏幕可投影產生 330 度橫向視野和一個後部投影屏幕。此外，另設有 ASL 5000 head-mounted eye 眼動儀設備。有關麻薩諸塞大學歷年有關駕駛模擬研究成果整理如附錄 2 所示。



圖 2-13 美國麻薩諸塞大學固定座駕駛模擬器

3、美國威斯康辛大學麥迪遜分校：固定座駕駛模擬器

駕駛模擬器包括全尺寸福特 Fusion 駕駛艙，由六台投影機、七英尺高橫向 240 度的弧形屏幕，以及照後鏡屏幕和後方車輛影像屏幕組成，如圖 2-14 所示。有關威斯康辛大學歷年有關駕駛模擬研究成果如附錄 3 所示。



圖 2-14 美國威斯康辛大學麥迪遜分校固定座駕駛模擬器

(三)加拿大

1、多倫多大學：DriverLab

DriverLab 為加拿大最先進的駕駛模擬器，如圖 2-15 所示。使用奧迪 A3 車體、360 度投影系統和 6 個自由度液壓運動平臺。DriverLab 可以讓駕駛人沉浸在高解析度的虛擬環境中，並且附有環繞音響以及天氣模擬器(在擋風玻璃上產生真實的雨滴，如圖 2-16 所示)和眩光模擬器(模擬迎面而來大燈的刺眼眩光)、模擬城市、鄉村和高速公路，包括白天和晚上的虛擬風景。

DriverLab 駕駛模擬實驗室主要的研究目標有四，包括(1). 發展檢測中度認知失能和失智症駕駛適性(fitness-to-drive)的有效測驗工具；(2). 評估藥物副作用對於駕駛績效的影響；(3). 針對特定對象提出駕照考驗限制政策建議；(4). 探討認知與健康對於安全駕駛之影響。研究議題包括處方藥物、違法藥物與疲勞、分心對駕駛的影響，找出睡眠障礙

(如睡眠呼吸暫停)與駕駛績效之間的關聯，並開發預防、檢測和轉移困倦駕駛的方法。此外，還包括評估汽車安全系統，以及找出危險駕駛的特性、條件，以檢討駕照規定，讓高齡者得以安全地駕駛。DriverLab 的合作夥伴包括 Ontario 交通局、駕照考驗員、醫療診所、汽車製造商，以及模擬器開發公司等。



圖 2-15 多倫多大學 DriverLab 駕駛模擬器



圖 2-16 DriverLab 之天氣駕駛模擬器

(四)英國

里茲大學：UoLDS

里茲大學的移動平臺駕駛模擬器配置 Jaguar S-type 駕駛艙、四公尺高的球形圓頂、300 度視野的環繞投影虛擬場景(如圖 2-17、圖 2-18 所示)，透過踏板和方向盤的觸覺反饋，可以記錄駕駛過程中的數據資料。此外，駕駛艙內配有眼球追蹤儀和其他生心理指標量測儀器，可監控駕駛人的視線方向和量測駕駛人的生理狀態。

里茲大學現有的駕駛模擬器於 2007 年啟用，為里茲大學第二代駕駛模擬器，主要用於研究自動駕駛車輛對於人類駕駛行為的影響以及駕駛人分心、跟車和變換車道行為研究。有關里茲大學歷年駕駛模擬研究成果列表如附錄 4 所示。



圖 2-17 里茲大學 UoLDS 駕駛模擬器



圖 2-18 里茲大學 UoLDS 模擬場景與駕駛艙

(五)荷蘭

1、格羅寧根大學：固定座駕駛模擬器、代步車模擬器

該校駕駛模擬器由 StSoftware 開發，為固定基座並由五個螢幕組合模擬場景，如圖 2-19 所示。該校代步車模擬器模擬場景透過 300 公分距離、長 200 公分，寬 150 公分的螢幕，組合出水平和垂直視野分別為 180 度和 34 度的場景，如圖 2-20 所示。投影螢幕後面有兩個音響產生引擎和周圍交通的聲音。有關格羅寧根大學歷年駕駛模擬研究成果列表如附錄 5 所示。



圖 2-19 荷蘭格羅寧根大學固定座駕駛模擬器



圖 2-20 荷蘭格羅寧根大學代步車模擬器

2、SWOV：固定座駕駛模擬器

SWOV 的固定基座駕駛模擬器配有方向盤、汽車座椅、踏板、排檔桿，三個 1,280 × 800 像素(pixel)的 50 吋 LCD 螢幕，提供約 180 度的水平視野和大約 40 度的垂直視野、儀表板、車內後視鏡以及兩側照後鏡均顯示在 LCD 螢幕上，如圖 2-21 所示。有關 SWOV 歷年有關駕駛模擬研究成果列表如附錄 6 所示。



圖 2-21 荷蘭 SWOV 固定座駕駛模擬器

(六)瑞典

VTI (Swedish national road and transport research institute)：Sim IV

Sim IV 是瑞典 VTI 所建造的第四台駕駛模擬器，於 2011 年啟用，是一個六軸運動平臺的駕駛模擬器搭建在一個可以縱向與橫向移動的軌道上，使得 Sim IV 可以較真實地模擬出車輛在煞車和行駛時的駕駛感覺，如圖 2-22。該設備建造成本約 232.6 萬瑞典克朗(Sek)，相當約 244 萬歐元，平臺本身的建造成本即高達 100 萬歐元(Jansson et al., 2014)。

Sim IV 的駕駛艙可以快速更換為小客車(Volvo XC 60)或大貨車(Volvo FH16，如圖 2-23 所示)的駕駛艙；Sim IV 具有三個作為後視鏡的 LCD 螢幕和由九個投影機組成的模擬場景，提供了 180 度的水平視野；駕駛模擬場景的投影系統具有校準功能，可以輕鬆地在不同駕駛車種間切換。

VTI 駕駛模擬器是做為改善基礎設施以及人因研究的重要工具，主要用於產品和系統開發、道路設計、開發新的汽車概念(如電動車)，以及碰撞情況下的行為和評估安全功能的研究等。

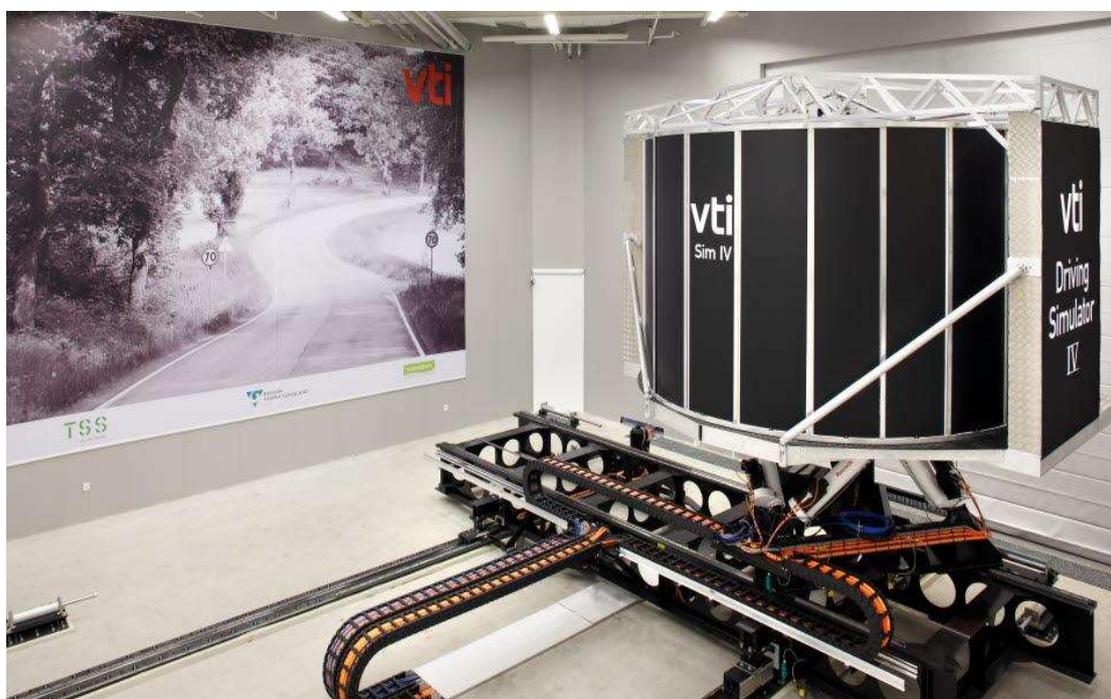


圖 2-22 VTI Sim IV 駕駛模擬器



圖 2-23 VTI Sim IV 駕駛艙與投影場景

除了駕駛模擬器之外，VTI 與 Lund University 合作發展自行車模擬器(bicycle simulator)，模擬器與場景，如圖 2-24 所示。該計畫經費由瑞典創新系統署（Swedish Governmental Agency for Innovation Systems, VINNOVA）補助，發展自行車模擬器主要是用來研究不同的道路設計情況下，與不同車種(如小客車、大貨車)互動時，對於自行車在路口騎乘行為的影響。



圖 2-24 VTI 自行車模擬器

(七)德國

1、慕尼黑工業大學：大貨車模擬器

德國慕尼黑大學的駕駛模擬器是使用六軸運動平臺的大貨車模擬器，如圖 2-25。具有 210 度水平視角，高度為 2.9 公尺，設置三個投影機，以及兩側的照後鏡影像，如圖 2-26 所示。目前研究主題為先進駕駛輔助系統 (ADAS)、人機互動、控制和人機介面顯示內容、駕駛行為、車輛內部設計和駕駛疲勞檢測等。



圖 2-25 慕尼黑工業大學大貨車模擬器



圖 2-26 慕尼黑工業大學大貨車模擬器駕駛艙

2、BMW Group Driving Simulation Centre

BMW 車廠為了研究及測試駕駛人的行為反應，設置了一座移動平臺駕駛模擬器，如圖 2-27 所示。該模擬器的駕駛艙被包覆在球型平臺內，如圖 2-28 所示，該移動平臺可以同時進行縱向、橫向和旋轉運動，且加速度高達 0.65g(為 BMW M3 車輛的加速度)，駕駛模擬器的活動面積約 400 平方公尺，高度為 10 公尺。

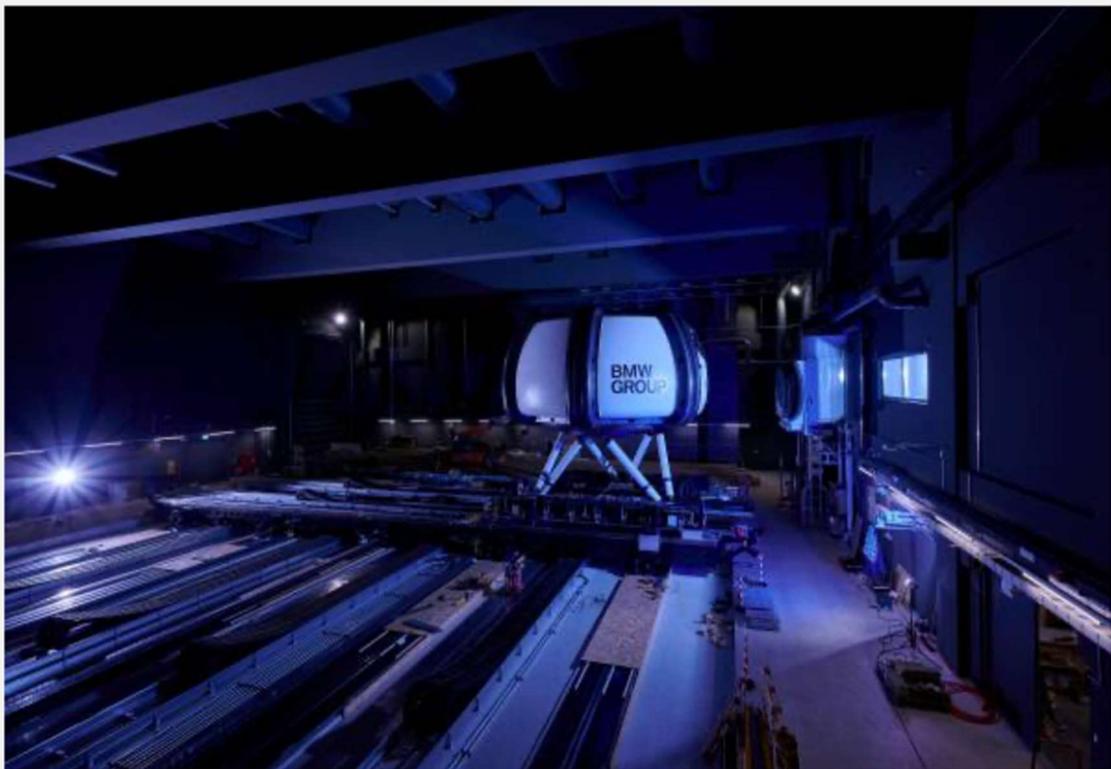


圖 2-27 BMW 移動平臺駕駛模擬器

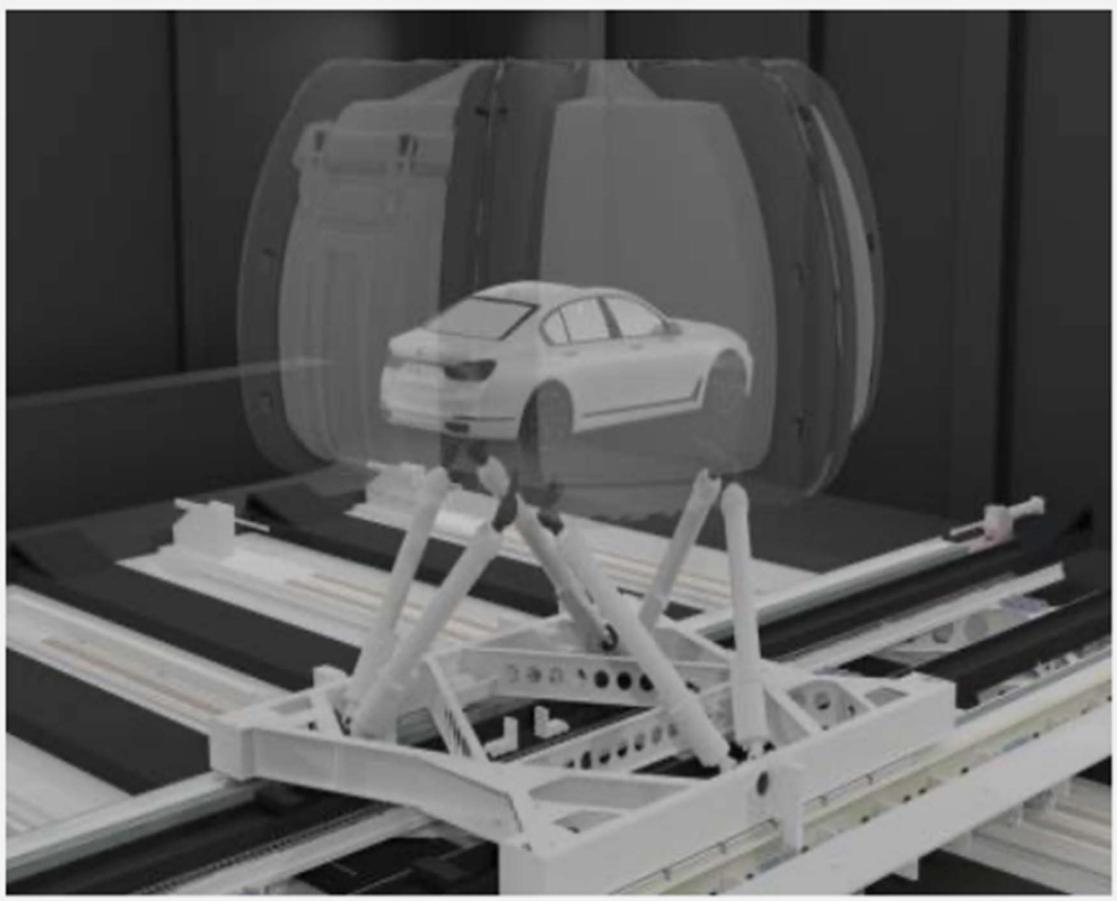


圖 2-28 BMW 駕駛模擬器球型平臺構造

(八)澳洲

1、蒙納許大學：駕駛模擬器

蒙納許大學視覺化實驗室為提供研究人員進行駕駛模擬介面相關研究，建置一固定基座駕駛模擬器，模擬器的配備包括三個 16:9 LCD 螢幕、一個自動變速箱、一個手煞車和具有力回饋的方向盤，如圖 2-29 所示。該駕駛模擬器主要用於交通安全、駕駛行為、建立車流模型和制定決策等研究，特別是在因成本和安全性問題而無法進行實際實驗的情況下。

為了增加與周邊交通互動的真實感，駕駛模擬器可與 Vissim 和

Aimsun 等交通模擬軟體相結合，在更真實的視覺環境中研究駕駛人的變換車道、可接受車間距和超車行為；即研究人員可透過駕駛模擬器與車流模擬軟體結合方式，探討汽車駕駛人和其他用路人（如行人和自行車）之間的互動行為。



圖 2-29 蒙納許大學固定座駕駛模擬器

2、麥覺理大學：駕駛模擬器

麥覺理大學的駕駛實驗室設有配備標準踏板、排檔桿、方向盤之固定基座駕駛模擬器，模擬場景透過三個螢幕呈現，如圖 2-30 所示。該駕駛模擬器主要用於研究駕駛人行為和注意力，也被大學和其他企業用在駕駛教育，讓正在學習的駕駛人用以進行安全駕駛技術培訓。

目前麥覺理大學的研究著重於駕駛人分心，探討造成駕駛失誤的人為因素，進而設計與評估可能減少人為錯誤的標誌、標線，以及研究年輕人與高齡者的駕駛行為模式。



圖 2-30 麥覺理大學固定座駕駛模擬器

3、新南威爾斯大學及雪梨大學：駕駛模擬器

澳洲新南威爾斯大學和雪梨大學合作建置駕駛模擬器實驗室，該實驗室有 10 座相同駕駛模擬器，如圖 2-31。其中，有 5 座位於雪梨大學，5 座設置在新南威爾斯大學。而新南威爾斯大學設有自行車駕駛模擬器(BikeSim)，如圖 2-32。這些模擬器均由 Realtime Technologies (USA) 製造，可單獨使用或同時使用。若同時使用，可讓多位駕駛人在同一個虛擬環境中互動，模擬駕駛人在車流中相互的影響，並進行駕駛行為研究。

新南威爾斯大學在駕駛模擬相關的研究主題包括駕駛行為(如換檔、轉向)、駕駛人安全(如受到使用手機或藥物的影響)，以及旅運行為選擇(如路線選擇、速度選擇，車道選擇...等)。



圖 2-31 新南威爾斯大學固定座駕駛模擬器

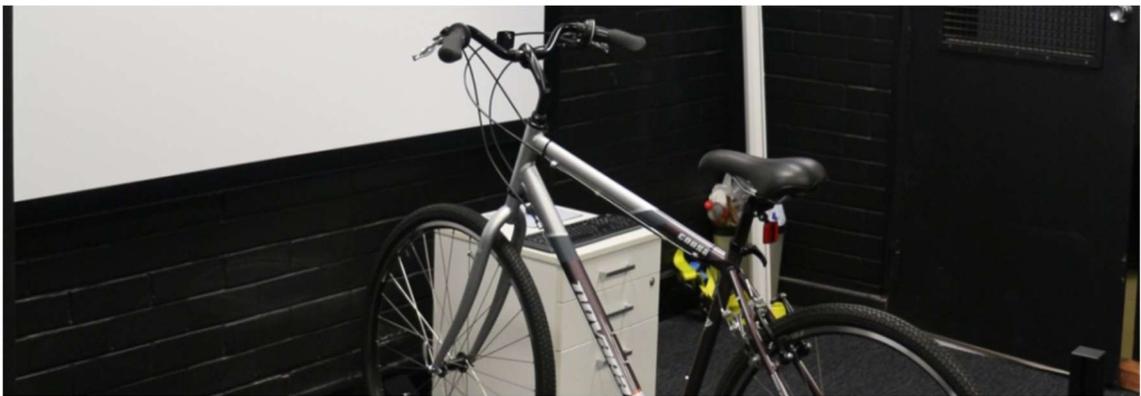


圖 2-32 新南威爾斯大學自行車駕駛模擬器

新南威爾斯大學透過深入的(in-depth)事故調查、自然騎乘觀察研究和自行車駕駛模擬器來分析與評估都市環境對於自行車騎乘安全之影響，例如自行車道通常設置在道路外側，與路邊停車格相鄰，很容易造成駕駛開車門時碰撞到自行車的風險。

2.1.2 我國模擬器發展情形

(一)ARTC 車輛測試中心：六軸運動平臺駕駛模擬器

ARTC 採用 FORUM8 的 UC-win/Road 場景設計軟體，與六軸運動

平臺駕駛模擬器，如圖 2-33 及圖 2-34 所示。主要研究內容為開發偵測車外障礙物的感測器以及整合多台感測器資訊的技術、電子式轉向煞車控制技術及 ADAS 控制技術、高精度定位技術，以及自動駕駛系統 (Autonomous Driving Systems, ADS) 功能開發與測試，整合虛擬場景與感測器模型 (PreScan)、車輛動態模型軟體 (CarSim)、駕駛人機介面，進行模擬驗證。



圖 2-33 ARTC 六軸運動平臺駕駛模擬器



圖 2-34 ARTC 六軸運動平臺駕駛模擬器基座

(二)國立臺北科技大學：史都華平臺

史都華平臺系統為虛擬實境系統藉由機構運動使人產生加減速及旋轉運動感知的重要元件，其關鍵技術包含利用平行機構動作產生所需要的「機構逆向運動學」與「動感模擬法則」之計算、六軸的運動伺服控制及各種介面通訊信號處理的機電系統整合，臺北科技大學建置的駕駛模擬器如圖 2-35、圖 2-36 所示。

駕駛模擬器的運動空間有六個自由度，淨負載 500 公斤、尺寸為長 1500 毫米，寬 1000 毫米，高 2000 毫米、重量(含油壓系統)450 公斤，上升加速：0.5 G、升降位移：正負 60 毫米、左右位移：正負 103 毫米、前後位移：正負 119 毫米、俯仰角度：正負 100、翻滾角度：正負 9.50、偏航角度：正負 140，主要用於實現動感法則。



圖 2-35 北科大史都華六軸運動平臺駕駛模擬器



圖 2-36 北科大史都華六軸運動平臺基座

(三)國防大學：雲豹車六軸運動平臺模擬器、固定座駕駛模擬器

國防大學運籌管理學系軍事人因工程研究中心建置六軸運動平臺雲豹車模擬器(如圖 3-37、圖 3-38 所示)以及固定座駕駛模擬器(如圖 3-39 所示)，兩座模擬器皆為今(110)年新裝設的模擬器，雲豹車六軸運動

平臺模擬器主要應用在實際戰略模擬操演；駕駛模擬器則主要用以進行駕駛行為研究。



圖 2-37 國防大學雲豹車六軸運動平臺模擬器



圖 2-38 國防大學雲豹車六軸運動平臺模擬器基座



圖 2-39 國防大學固定座駕駛模擬器

(四)中華大學：機車駕駛體驗模擬器

中華大學運輸科技與物流管理學系(目前為企管系運管組)與科碼新媒體共同研發出一套機車駕駛訓練虛擬實境模擬器，如圖 2-40。該設備透過 VR 虛擬實境技術，讓民眾在虛擬的空間中，模擬騎機車在道路直行、蛇行等違規行為及路口未減速，遭另輛機車碰撞的體驗感受，該駕駛體驗模擬器被新竹市監理站、新竹客運駕訓班運用在「機車考照與 VR 駕駛危險感知體驗」活動。



圖 2-40 中華大學機車駕駛體驗模擬器

2.1.3 依駕駛模擬器類型分類

(一)移動平臺駕駛模擬器

此類駕駛模擬器是透過多軸的運動基座結合 X-Y 平面移動平臺，提供縱向和橫向、上下起伏、左右擺動的真實的運動感知，另外，移動平臺可以模擬出車輛的加速度運動表現，這是其他駕駛模擬器無法提供的駕駛感受，也是最近似實際駕駛感受，精度最高的模擬器，多為國家級實驗室或是汽車製造商所有，移動平臺駕駛模擬器彙整結果如表 2-1。

表 2-1 移動平臺駕駛模擬器彙整

國家	研究單位	駕駛模擬器名稱
美國	愛荷華大學(Iowa)工程學院	NADS-1 Simulator
英國	里茲大學(Leeds)	UoLDS
德國	BMW 駕駛模擬中心	高精度模擬器
瑞典	VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)	VTI Sim IV

(二)多軸運動平臺駕駛模擬器

此類駕駛模擬器的構成大多使用液壓系統，在駕駛平臺的下方使用多軸支撐的方式，使模擬器可以向任意方向傾斜晃動，多軸駕駛模擬器大多具備縱橫向移動、加速度以外所有的駕駛感知模擬，常見的多軸運動基座包括六個自由度，分別為起伏(heave)、偏移(sway)、縱移(surge)、俯仰 (pitch)、偏擺 (yaw) 及翻滾 (roll)，本計畫彙整多軸運動平臺駕駛模擬器如表 2-2。

表 2-2 多軸運動平臺駕駛模擬器彙整

國家	研究單位	駕駛模擬器名稱
臺灣	ARTC 車輛研究測試中心	六自由度運動平臺駕駛模擬器
	臺北科技大學機械工程系	史都華平臺
	國防大學運籌管理學系	雲豹車模擬器
日本	東北大學未來科學技術研究中心	搭載運動裝置之駕駛模擬器
	慶應義塾大學理工學系	360 度視野駕駛模擬器
	東京大學生產技術研究所	研究用環型駕駛模擬器
	東京農工大學	研究用駕駛模擬器
	日本中央大學理工學研究所	鋪面結構測試用大型車模擬器

加拿大	多倫多大學駕駛人研究室	六軸駕駛模擬器
德國	HNI 帕德博恩大學	駕駛模擬器
	DLR Institute of Transportation Systems	駕駛模擬器
	慕尼黑工業大學	六軸平臺駕駛模擬器

(三)固定座駕駛模擬器

此類駕駛模擬器的特徵為固定基座，能呈現駕駛座的型態及裝設相關之模擬設備，固定座駕駛模擬器可分為兩種，分別是可運動基座及不可運動基座，可運動基座的駕駛座可呈現震動或是高低起伏變動，遊藝場之賽車遊戲駕駛座大多為此類型，不可運動基座則是駕駛座不會產生上述的震動，固定基座駕駛模擬器彙整如表 2-3。

表 2-3 固定座駕駛模擬器彙整

國家	研究單位	駕駛模擬器名稱
美國	愛荷華大學工程學院	NADS-2 Simulator、miniSim
	麻薩諸塞大學人類行為表現研究室	固定座駕駛模擬器
	威斯康辛大學麥迪遜分校 認知系統研究室 交通作業安全研究室	固定座駕駛模擬器
英國	里茲大學(Leeds)	TruckSIM
荷蘭	格羅寧根大學心理學系	固定座駕駛模擬器
	SWOV Institute for Road Safety Research	固定座駕駛模擬器
德國	HNI 帕德博恩大學	駕駛模擬器
澳洲	蒙納許大學土木工程學系	固定座駕駛模擬器

(四) 桌上型駕駛模擬器

此類駕駛模擬器為最簡易之駕駛模擬器，大多為自行組裝，其設備至少有一個顯示器、方向盤，以及油門與煞車踏板，其他設備則依照需求增刪，如增加多台影像顯示器(螢幕)、排檔控制、操作鈕等。桌上型駕駛模擬器較不受空間因素影響，容易拆卸移動組裝，相對則較缺乏運動感知方面的模擬，桌上型駕駛模擬器彙整如表 2-4。

表 2-4 桌上型駕駛模擬器彙整

國家	研究單位	駕駛模擬器名稱
日本	東京大學	簡易桌上型駕駛模擬器 (如圖 2-41)
	千葉大學	簡易桌上型駕駛模擬器 (如圖 2-42)
	立命館大學	簡易桌上型駕駛模擬器 (如圖 2-43)



圖 2-41 東京大學桌上型駕駛模擬器



圖 2-42 千葉大學桌上型駕駛模擬器



圖 2-43 立命館大學桌上型駕駛模擬器

(五)頭戴式 VR 虛擬實境

此類駕駛模擬器為使用虛擬實境裝置來取代一般以顯示器呈現模擬環境，多使用頭戴式 VR 裝置讓使用者有更具包覆性的視覺環境，同時結合方向盤等設備進行駕駛模擬，如圖 2-44、圖 2-45 所示，至於頭戴式 VR 虛擬實境裝置結合駕駛模擬器的研究並不多，主要的限制在於頭戴式 VR 裝置的視野角度較正常視野角度窄，與實際駕駛觀察到的場景不符，另一個影響因素是受測者容易造成動暈(sickness)現象，因此較少用來作為駕駛模擬工具。

表 2-5 頭戴式 VR 虛擬實境

國家	研究單位	駕駛模擬器名稱
法國	巴黎文理研究大學	虛擬實境駕駛模擬器



圖 2-44 頭戴式 VR 裝置



圖 2-45 頭戴式 VR 裝置模擬影像

(六)其他運具駕駛模擬器

除了一般小型車、大型車駕駛模擬器之外，也有其他類別運具的駕駛模擬器，如里茲大學以投影方式模擬行人步行環境，如圖 2-46、圖 2-47 所示。因應高齡社會與行動弱勢者行的需求，荷蘭格羅寧根大學建置代步車模擬器(如圖 2-48)、日本慶應義塾大學設有個人運具模擬器(如圖 2-49、圖 2-50)，可利用慢速運具模擬器評估道路設施，以及探討慢速運具與其他運具共用道路空間時的互動與影響；此外也有少數自行車或機車等機慢車輛的駕駛模擬器(如圖 2-51、圖 2-52)，主要作為教育訓練用途，其他運具駕駛模擬器的彙整結果如表 2-6 所示。

表 2-6 其他運具駕駛模擬器彙整表

國家	研究單位	駕駛模擬器名稱
英國	里茲大學	行人模擬環境
荷蘭	格羅寧根大學格羅寧根大學醫學中心	代步車模擬器
日本	慶應義塾大學 Co-Mobility 研究中心	Co-Mobility 個人運具模擬器
	HONDA	自行車模擬器
	HONDA	機車模擬器



圖 2-46 里茲大學行人模擬環境



圖 2-47 里茲大學行人模擬場景



圖 2-48 格羅寧根大學代步車模擬器

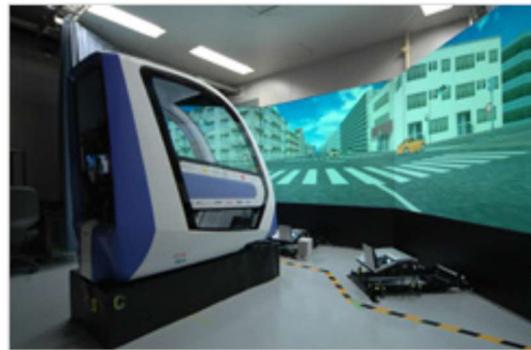


圖 2-49 慶應義塾大學個人運具模擬器



圖 2-50 慶應義塾大學個人運具模擬場景



圖 2-51 HONDA 自行車模擬器



圖 2-52 HONDA 機車模擬器

駕駛模擬器的建置經費不菲，建置後每年持續的營運維修成本亦是耗費資源，由於模擬器的精度不同，所需要的經費有相當大的差異。有關駕駛模擬器的建置與營運成本的資料並不多，Jansson et al., (2014) 指出 VTI Sim IV 唯一的移動平臺駕駛模擬器建造成本約 2325.9 萬瑞典克朗(Sek)，相當約 244 萬歐元，折合新台幣約 7600 萬元，平臺本身的建造成本即高達 100 萬歐元。Khadeir et al. (2021)提出建造一座低成本的駕駛模擬器(如圖 2-53 所示)約需\$4095，折合新台幣約 11 萬 5 千元。有關駕駛模擬器表如附錄 7 所示。



資料來源： Khadeir et al. (2021)

圖 2-53 簡易駕駛模擬器

2.2 駕駛模擬研究議題分類

2.2.1 年輕及高齡駕駛

國外有許多運用駕駛模擬器針對高齡者或年輕人的駕駛行為進行探討， Romoser and Fisher (2009)利用固定基座駕駛模擬器，針對高齡駕駛在交岔路口轉彎時觀察其他用路人的視線搜尋行動進行主動(使用駕駛模擬器)和被動(課堂授課)的培訓，並比較兩者的效果，藉此提升高齡駕駛的自我意識和警覺，該研究招募 18 名 70 歲以上的高齡者以及

18 名 22 到 55 歲的青壯年參與兩個實驗，觀察駕駛人行經交岔路口的駕駛行為和利用駕駛模擬器及道路實際駕駛的訓練成效，結果顯示相較於被動訓練，主動訓練能使高齡駕駛提高轉彎時搜尋威脅的比率，可有效減少高齡駕駛在交岔路口的事故。

Karthus et al. (2019) 將 89 名參與者分成四個年齡分群，利用駕駛模擬器探討不同年齡族群控制視覺及聽覺分心的能力。每位受測者必須利用固定基座駕駛模擬器完成三項任務，並必須對關鍵事件做出適當的回應。研究結果顯示當同時發生的干擾刺激和關鍵事件訊息產生矛盾時，年輕和高齡駕駛特別容易受到視覺干擾刺激的影響，該研究結果支持不同年齡族群存在控制分心問題的假設，可推論因年輕和高齡駕駛容易分心，因此造成其碰撞風險增加。

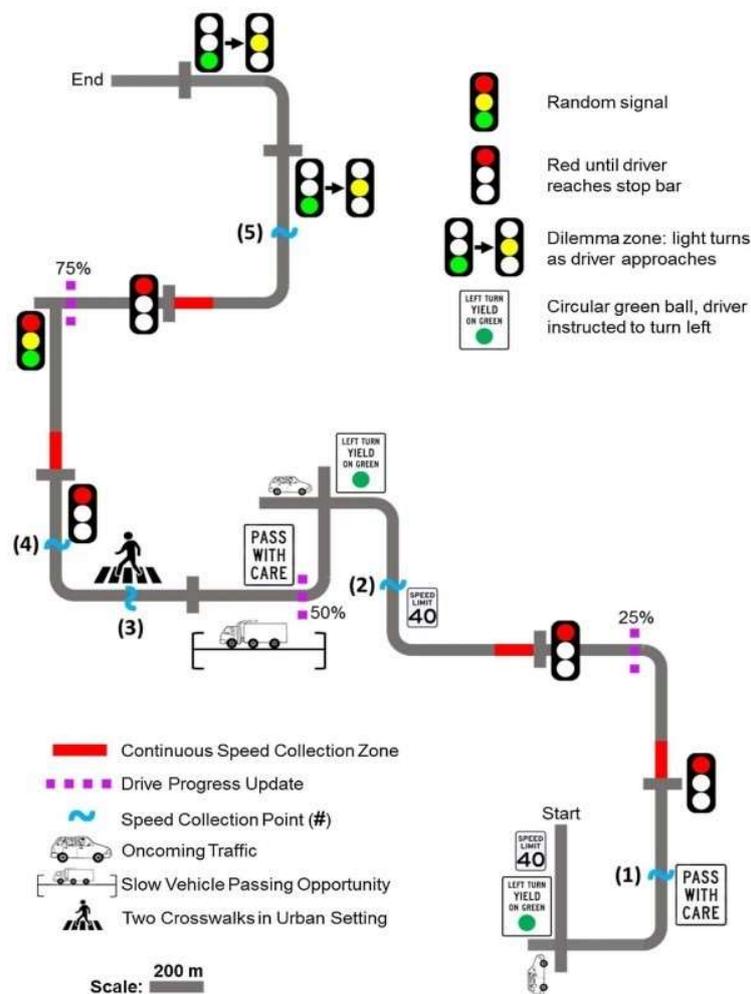
Vakulin et al. (2007) 招募 21 名年輕男性參與者，應用駕駛模擬器反覆測量參與者在不同酒精濃度和睡眠不足下的駕駛狀態，結果顯示低劑量酒精與中度睡眠不足的組合會導致年輕駕駛的主觀警覺度及表現、駕駛表現與腦波圖參數(EEG parameters)等均顯著下降。

本所張開國等人(2015)探討高齡者使用固定座駕駛模擬器的學習成效及作業負荷，共招募 20 位受試者進行實驗，其中包括 10 位高齡者(平均年齡 60.9 歲)與 10 位年輕人(平均年齡 33.7 歲)，受試者駕駛十趟相同路線，並記錄每趟的完成時間並於完成第一、五、十趟後填寫美國太空總署 NASA-TLX 量表。實驗研究結果顯示年輕人與高齡者間的學習率(約 0.87)與工作負荷(NASA-TXL)無顯著差異，但是工作負荷會隨練習次數增加而顯著降低。透過對於學習效果的了解，可將學習效果運用於訓練的規劃設計，以提升訓練成效。

2.2.2 駕駛人行為

Fitzpatrick, Samuel and Knodler (2017)利用固定基座駕駛模擬器評估時間壓力或匆忙駕駛如何影響駕駛人速度之選擇和行為。Fitzpatrick,

Samuel and Knodler 除了量測速度外，利用加速度曲線、間距接受度、超車意願、猶豫區行為決策，評估遲到趕時間是否會增加危險和具攻擊性(aggressiveness) 的駕駛行為，該研究招募三組共 36 位參與者，每位參與者駕駛一條設有九個號誌管制交岔路口的路線，如圖 2-54 所示。量測參與者遇到不同交通狀況下的駕駛行為，研究結果顯示三組參與者在最初選擇的速度相似，而在第一次進度更新後，實驗組(非常匆忙組)速度明顯高於控制組的速度，且實驗組參與者比控制組參與者選擇黃燈通過和超越慢速行駛車輛的機率增加，因此根據實驗結果推論，時間壓力不僅會增加駕駛人的行駛速率，還會增加有安全風險的激進駕駛行為。



資料來源：Fitzpatrick, Samuel and Knodler(2017)

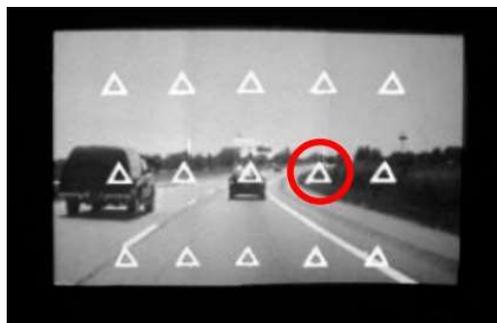
圖 2-54 模擬駕駛路線各種行駛狀況設計示意圖

Imants et al.(2021)探討多種可能相互衝突的資訊來源對於路線選擇和駕駛行為的影響，該研究招募 24 位參與者，每位參與者利用固定基座駕駛模擬器模擬駕駛在高速公路交流道出口，當位於道路上方的可變標誌(提供交通狀況與預計行駛時間)以及車內導航設備(提供建議路線)同時或各別提供資訊時，探討駕駛人選擇路線的情形。研究結果顯示僅提供單一資訊時，參與者遵循路線的比率相當高，但是當透過兩個來源提供交通資訊時，參與者對資訊的信任度有明顯的差異，實驗結果顯示參與者比較信任可變標誌的資訊。由即使額外的資訊不影響路線的選擇，研究發現補充資訊較衝突資訊更容易增加駕駛人心理負荷，由於補充資訊的不確定性，會導致駕駛人注意力不集中進而增加心理負荷。因此 Imants 等人建議使用正確的導航系統，做為駕駛人的決定性資訊，有助於減少心理負荷量。

本所(2006)使用六軸運動平臺駕駛模擬器和眼球追蹤儀，探討在汽機車混合車流的駕駛環境中，側撞車輛防撞警示系統與車內影像系統對駕駛工作負荷與駕駛績效之影響；並探討不同的警示聲音大小與車內影像系統不同擺放位置對於駕駛績效之影響。該研究招募 31 位男性受測者，使用警示系統的警示範圍為駕駛車輛向外延伸 1 公尺的區域；警示系統聲音設定為 65 及 75 兩種分貝，為避免警示系統只提供聲音，導致受測者需花費時間去尋找危險的方向，該研究另以抬頭顯示器(HUD)提供警示符號如圖 2-55，讓受測者可以藉由警示符號去判斷危險的方位；車內影像系統採用兩種擺放位置如圖 2-56、圖 2-57。

實驗場景為直路和交岔路口，共 11 個十字路口，道路總長為 7.6 公里；駕駛人行為和生理反應的變數為反應時間、眨眼率增量、HRV(Heart Rate Variability)增量；實驗考慮自變數為車內影視系統的擺放位置、防撞警示系統、汽車或機車事件、汽車車流或混合車車流。研究結果顯示無裝設側向防撞警示系統比有裝設者有較長的感知反應時間，而機車的出現使駕駛人有較短的反應時間，其影響原因能為機車較常有突然切入爭道的情況；車內影視系統擺放位置對於 HRV 增量有顯著的影響，中位置擺放比高位置擺放有較高的心智負荷；無論警示系統

種類、車內影視系統擺放位置高低及事件車種類是汽車或機車，事件發生後駕駛的眨眼次數皆會減少，亦即比較專注四周的狀況。



資料來源：本所(2006)

圖 2-55 HUD 位置示意圖



資料來源：本所(2006)

圖 2-56 車內影像系統擺放位置-高



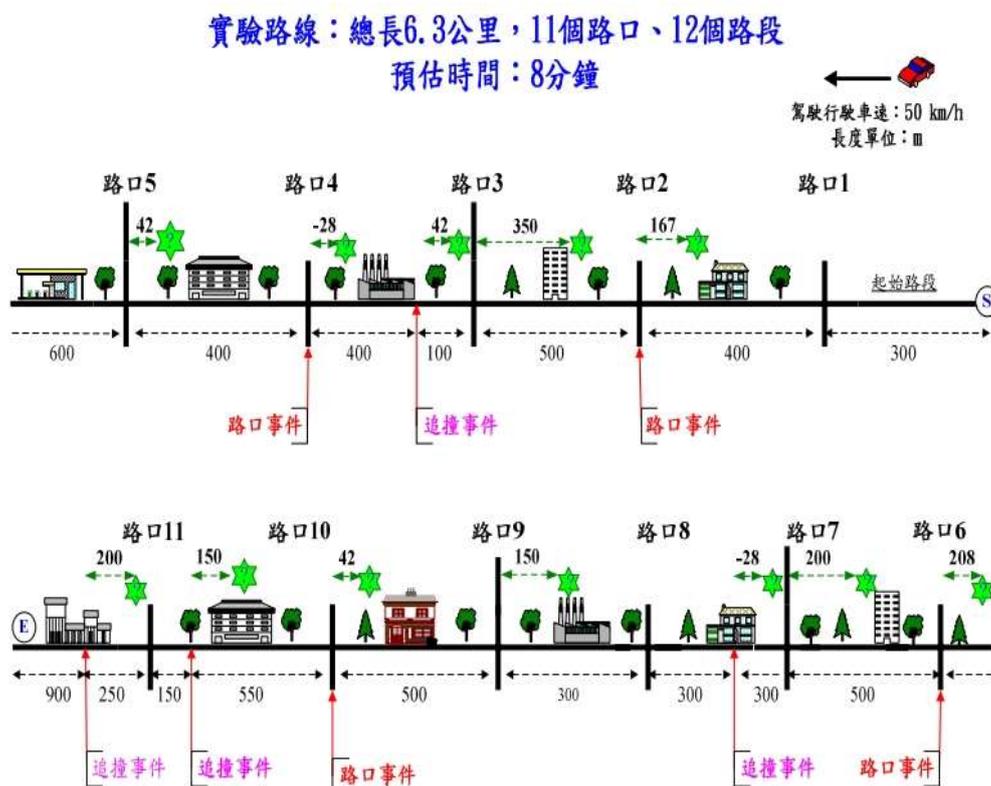
資料來源：本所(2006)

圖 2-57 車內影像系統擺放位置-中

本所(2006)利用六軸運動駕駛模擬器和眼球追蹤系統探討駕駛者使用不同車內資訊系統(In Vehicle Information System, IVIS)使用者介面，在有無裝設防撞警示系統下對於駕駛行為之影響。實驗內容主要是針對不同數學問題顯示型態、突發事件類型與語音警示方式以進行實驗設計，本實驗並採用集區(Block)方式將三種數學問題顯示型態區分成三個集區實驗，以隨機方式指定一種數學問題顯示型態讓受測者進行實驗，此實驗招募 33 位男性者受測者進行研究，該實驗駕駛車的駕駛行為是直行；事件車及他車行為是闖紅燈和突然從旁邊車道切入並緊急煞車，實驗共設計 11 個交岔路口和 12 個路段，路線總長度為 6.3 公里，其中只有四個路段和四個路口會有事件發生(如圖 2-58)。數學問題

顯示方式代表車內資訊系統不同的顯示介面，問題顯示方式為語音、LCD 擺在高位置、LCD 擺在中位置三種情況；數學問題內容區分成簡單和中等複雜兩種，簡單問題是由兩個個位數字相加所組成，中等複雜問題是由兩個不超過 45 的兩個數字相加所組成，全程總計 12 次數學問題；突發事件類型為路口左方違規事件、路口右方違規事件和前方追撞事件等三類型；防撞警示方式為無警示、嗶嗶聲及說話聲等三種方式。實驗過程中測量受測人的感知反應時間、眨眼率增量、事件的心率增量和數學問題的心率增量。

研究結果顯示對於路口違反號誌闖紅燈車輛的感知反應時間較長，約長 0.62 秒以上，然而相同為路口違反號誌闖紅燈車輛，由左方出現與右方出現對於感知反應時間沒有顯著差異。此現象顯示駕駛者對於前方路況的掌握能力較左右方要來的佳，其原因為駕駛者在行駛中對於前方路況較為注意，即使受到車內資訊影響，眼睛餘光也會注意前方路況中。藉由三種警示方式的平均眨眼率增量皆為負值的現象，可發現無論在有無警示的提供下，事件發生後的眨眼次數皆有減少之現象，故可說明駕駛者在事件發生後會提高對於路況的注意力；藉由三種警示方式的平均心率增量皆為正值的現象，可發現無論在有無警示的提供下，事件發生後的心率皆有增加之現象，故可說明駕駛者在事件發生後會提高駕駛工作負荷；藉由三種問題顯示型態的平均心率增量皆為正值的現象，可發現數學問題詢問後的心率皆有增加之現象，故可說明駕駛者在回答數學問題時後會提高駕駛工作負荷。此外，從數學問題的心率增量來看，則發現其心率增量值大於突發事件的心率增量值，其原因可能為當數學問題詢問後駕駛者則專心地思考計算數學問題，使得駕駛者的工作負荷相對地增加許多。



資料來源：本所(2006)

圖 2-58 實驗路線圖

2.2.3 自動駕駛及駕駛輔助系統

Umeno, Itoh and Kitazaki(2018)探討與手動駕駛相比，自動駕駛是否會影響駕駛人自身定位，由於HMI設計是高齡者駕駛表現的重要問題，因此該研究針對17名老年參與者，利用固定基座駕駛模擬器進行實驗，藉由模擬駕駛在高速公路匝道路段，觀察駕駛人對於請求接管的反應狀況及任務達成的比率，結果顯示自動駕駛影響駕駛人朝著正確路線前進、移動以及進行變換車道的位置，且即使駕駛人成功接管後，也可能並不了解當下的駕駛情況，因此研究者認為HMI應該提供有關車輛位置的相關資訊，以及重新獲得駕駛控制權後要往前往的方向等訊息也很重要。

大門等人(2019)針對駕駛人適應自駕系統以及駕駛輔助系統的行為進行分析，探討自動駕駛至LKA(車道維持輔助系統)至ACC至手動

駕駛的過程中，駕駛的行為反應。研究結果顯示從自動駕駛返回至手動駕駛，對於駕駛的操縱會有方向盤轉動、速度及視覺注意力上的影響，在階段性解除的間隔時間越長，可以讓駕駛在返回手動駕駛的操縱影響減少，因為駕駛有足夠的時間，並且一步一步適應手動駕駛的環境。大門等人(2019)探討有關自駕及輔助駕駛系統切換至手動駕駛時需要提供給駕駛的相關資訊，高齡者普遍在解除 LKA 就迅速解除 ACC，並沒有考量到自身速度與行車安全，因此在解除時建議需要限制時間及提供必要提示，除了分析駕駛本身與汽車的移動外，自駕車、搭載駕駛輔助系統的車輛對於周圍其他運具用路人的影響也是重要的研究的議題，大門(2020)研究外部的 HMI(人機互動)效果，由於自駕車的判斷都是交由電腦處理，因此電腦、駕駛人與其他用路人之間的互動就相當重要，特別是行人。研究結果指出提早減速就能清楚告知行人，北村(2020)等人也同樣指出自駕公車的減速行為可有效傳達對行人的禮讓，大門(2020)認為自駕車顯示如「請先過」、「停車中」等資訊也能對行人傳達明確的意向。但研究指出在經過多次的外部 HMI 提示後，行人對於周遭的安全確認會降低，如遇到手動駕駛車輛造成事故的機會可能提高。

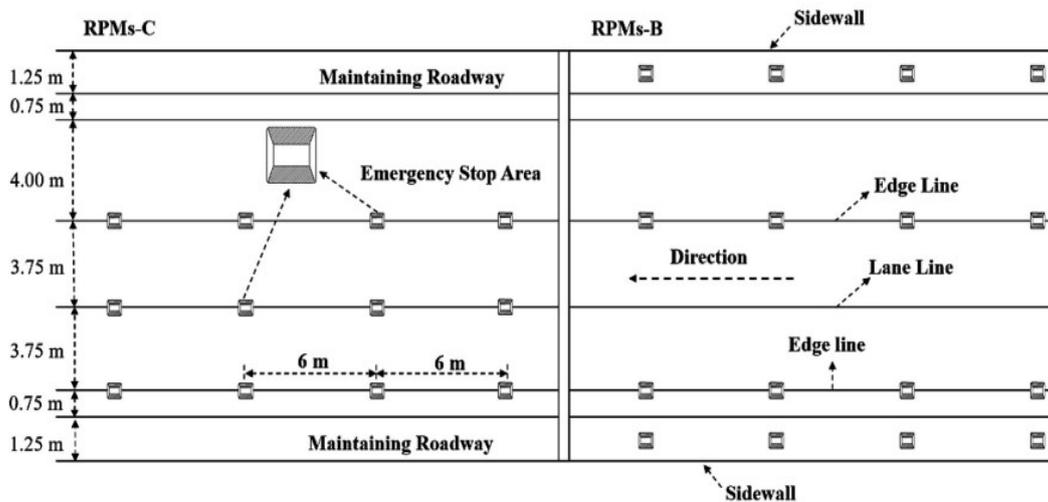
2.2.4 虛擬實境駕駛模擬

由於輕型 VR 系統的可攜帶性和成本效益，Sportillo, Paljic and Ojeda (2018)比較固定基座駕駛模擬器與頭戴式虛擬實境裝備的潛力，特別是探討駕駛人在自駕車介入接管轉換為手動駕駛的能力，此研究招募 60 位參與者，隨機分配到三組訓練系統中，分別是閱讀電腦上的投影片、使用固定基座駕駛模擬器以及使用輕型虛擬實境裝備，結束訓練後每位參與者會在高級駕駛模擬器中進行試駕，並觀察在三種意外情況下自駕車發出接管請求駕駛人的反應，結果顯示固定基座駕駛模擬器培訓組和輕型虛擬實境系統培訓組之間的反應時間、車道偏移和碰撞時間差異都不顯著，因此 Sportillo, Paljic and Ojeda 認為輕型虛擬實境裝備在自動駕駛車輛操作技能的培訓是相當具有價值的工具。

2.2.5 標誌及標線

Chitturi et al. (2017) 評估細長的路面標誌及其路旁立柱式標誌的有效性，16 名參與者被規定在兩種速度下操作駕駛模擬器駕駛實驗場景，測試三種標誌(分別是行人、速度、彎道)在不同的路面標誌長寬比例(1:1、2.5:1、5:1、7.5:1 和 10:1)，記錄他們在不同實驗場景能夠識別標誌的距離。Chitturi et al. 也在七個地點進行現場評估及數據資料收集，利用駕駛模擬器的測試結果得出 5:1 為最適比例，應用現場評估檢視路旁有無設置標誌時，細長路面標誌的效果。駕駛模擬研究結果顯示字母高度(伸長率的替代值)與細長路面標記字母的識別距離近似二次方的關係。雖然現場評估結果認為需要再進行長期研究，對於駕駛人而言，大多數的細長警告標誌可有效傳達警告或管制訊息。

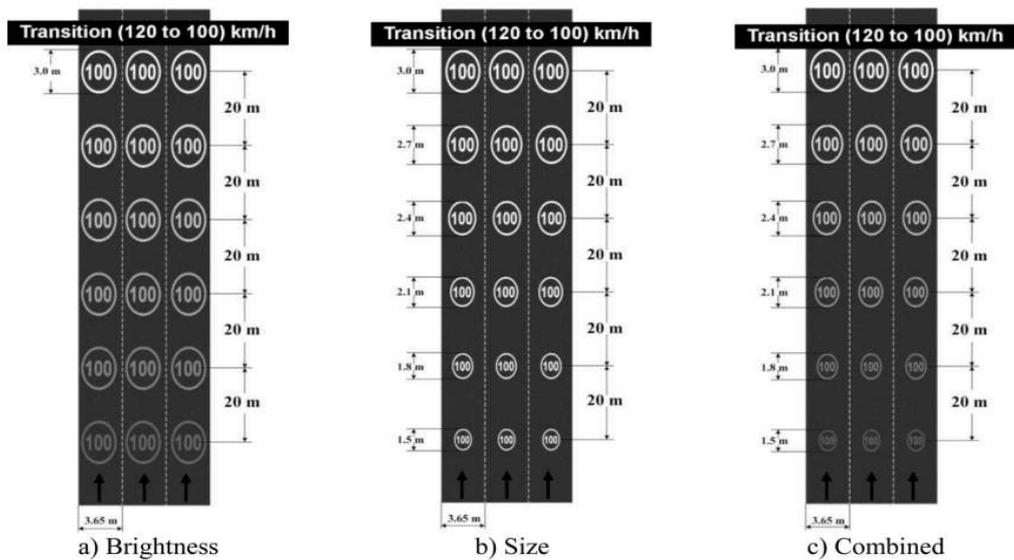
Zhao et al. (2020) 探討高速公路隧道中凸起的路面標記在不同外部條件下的安全性，該研究招募 32 位參與者，使用固定基座駕駛模擬器和眼動儀，並採隨機交替順序模擬行駛於兩種不同長度的隧道(3500 公尺、1800 公尺)以及三種不同路面凸起標記的道路，共有 6 種隧道和路面標記的組合，每位參與者進行兩次試驗，觀察駕駛人的速度、相對速度差、油門功率、橫向位置、加速度及瞳孔面積，上述六項指標的 ANOVA 分析結果顯示隧道長度、隧道區域和路面凸起標記的選擇會影響駕駛人的反應，且具有顯著的交互作用。根據六項指標的觀察結果，顯示在 RPMs-C(路面凸起標記) 和沒有路面凸起標記的情況下(如圖 2-59)，瞳孔面積隨著隧道的延長而減小，表示駕駛人的生理狀態較好，可能是由於駕駛人在逐漸適應隧道的行駛環境，然而隨著隧道長度的增加，RPMs-B 顯著增加瞳孔面積，駕駛人在 RPM-B 下變得更加緊張和焦慮。研究結果顯示路面凸起標記可以減輕駕駛人因封閉、黑暗和單調的隧道駕駛環境所引起的焦慮、無聊和疲勞感，有效提升駕駛人對速度控制的信心和意向。



資料來源：Zhao et al.(2020)

圖 2-59 RPM 替代設計

Hussain et al. (2021) 透過固定基座駕駛模擬器評估視覺路面處理在速限變化過渡區對於駕駛人速度和橫向位置的影響，該研究招募 81 名參與者進行模擬駕駛，實驗測試三種視覺路面設計，即(1).限速標誌路面標線亮度逐漸增加、(2). 限速標誌路面標線的尺寸逐漸增加，以及(3). 限速標誌路面標線的亮度和尺寸逐漸增加，這三種路面設計如圖 2-60 所示。每位參與者分別進行兩次模擬駕駛，觀察駕駛人的行駛速度及橫向位置標準偏差，研究結果顯示在“組合”條件下減速效果最大，平均減速 5.3 公里/小時和 4.5 公里/小時，當單獨觀察不同標記處理的效果時，“亮度”的減速效果高於“尺寸”的減速效果，表示亮度的變化可產生比尺寸變化更好的效果，且設計的路面標線不會對駕駛人的橫向控制造成負面影響，研究結果建議可使用路面標線來提高駕駛人在過渡區的速度適應能力。



資料來源：Hussain et al.(2021)

圖 2-60 在 120 至 100 公里/小時的過渡區實施的路面標記處理設計

Merat and Jamson (2013)探討道路交通工程設施對於緩解駕駛疲勞症狀的效果，該研究招募兩組男性參與者，分別是 17 位 35 歲以下輪班工作者在夜班後立即參與，以及 16 位 45 歲以上年長駕駛在吃完午餐後進行試驗，每位參與者進行兩天試驗，一天為正常狀態駕駛，另一天為疲勞狀態駕駛。Merat and Jamson 利用里茲大學(Leeds)移動平臺駕駛模擬器和眼動儀，模擬三種交通工程設施的效果，分別為橫向減速標線、人字紋和可變資訊標誌，如圖 2-61 所示。觀察駕駛人的橫向偏差以及眼睛閉合的狀況，研究結果顯示兩組駕駛人閉眼的比例從第一天到第二天都有增加，與高齡駕駛相比，輪班工作者閉眼的比例明顯更高，行駛在工程改善的三公里內，兩組的閉眼的比例也顯著下降，顯示從閉眼行為來看，每種工程設施似乎都減少了駕駛環境的單調性，提高駕駛人的警覺性；其中人字紋產生橫向偏差增加可能是因為駕駛人在駕駛過程中使用人字紋來維持警覺，可能是試圖讓車輛保持在人字紋的頂部，當從一個人字形行駛到另一個人字形時，造成人字形之間的偏離軌跡。另一方面，行駛在橫向減速標線所產生的振動和噪音似乎對降低橫向偏差有正面的影響，促使駕駛人更緊密地沿著車道中心線行駛。

Merat and Jamson 認為這三種交通工程設施會提高駕駛人的警覺性並減少與疲勞相關事故發生的可能性。

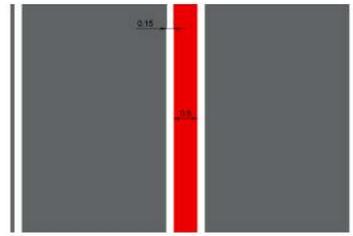


資料來源：Merat and Jamson(2013)

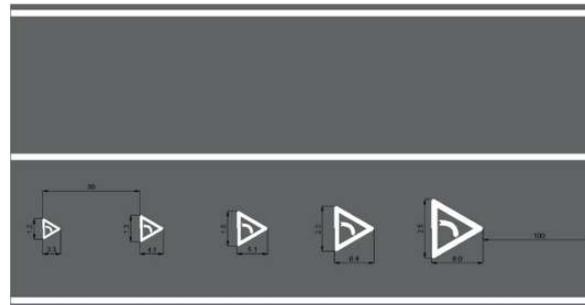
圖 2-61 人字紋(左)、橫向減速標線(中)、可變資訊標誌(右)三種工程處理

Babic and Brijs(2021)分析單獨設置或與警告標誌組合時，兩種低成本道路標記如何影響駕駛人通過彎道的駕駛行為，該研究招募 43 位參與者，使用固定基座駕駛模擬器模擬危險彎道，Babic and Brijs 研究兩種不同的道路標記，分別是紅色分隔島和水平警告標誌如圖 2-62 所示，實驗場景的總長度為 14.740 公里，包含 10 處相同的彎道，5 處左轉和 5 處右轉，每處彎道都有不同的警告措施組合，包括僅在彎道前 150m 處設置危險彎道的垂直警告標誌(控制條件)；在沒有危險彎道垂直警告標誌的情況下設置試驗性道路標記；道路標記措施和危險彎道垂直警告標誌的組合，共 14 個場景採隨機試驗，觀察駕駛人的速度、橫向位移以及縱向加速度。研究結果顯示與垂直警告標誌相比，兩種道路標記都能有效減速，兩者與垂直警告標誌的組合減速效果最大 ($M = -0.729 \text{ m/s}^2$)，參與者似乎在彎道之前就注意到路面上的變化，開始減速，當接近彎道前約 150 m，道路標記和垂直警告標誌組合的減速效果更佳。其中紅色分隔島的設計會引導駕駛人向邊緣線側向移動，與垂直警告標誌相比，減速更平穩，Babic and Brijs 認為向車道右側偏移更安全，主要是因為可降低與對面車道車輛正面碰撞的風險。雖然兩種道路標記都能達到減速效果，Babic and Brijs 建議這兩種道路標記宜與垂直警告標誌組合使用。

Design of the road markings measures.



a) Red median



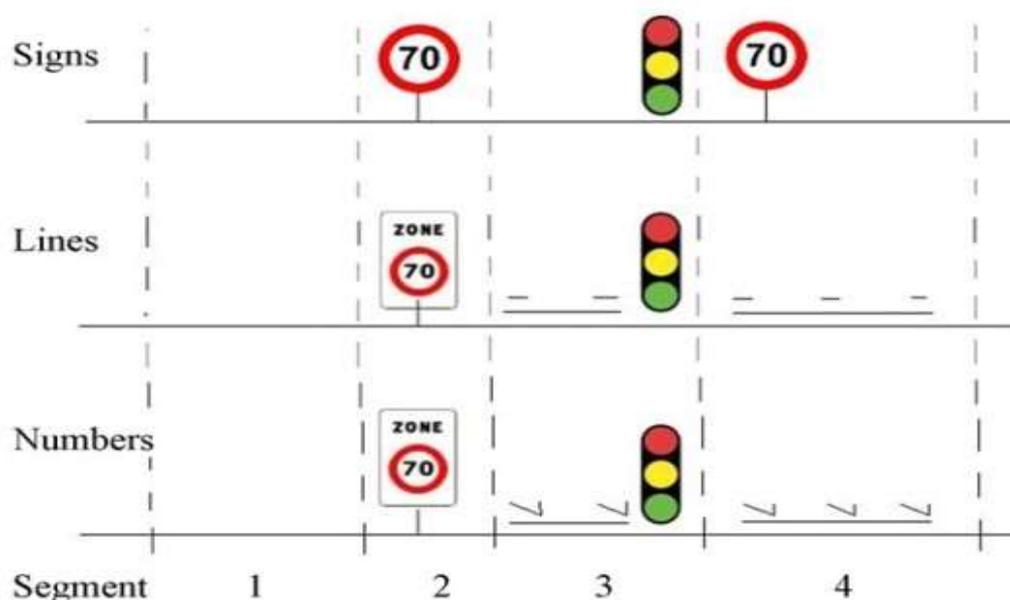
b) Horizontal warning signs

資料來源：Babic and Brijs(2021)

圖 2-62 道路標記處理 a)紅色分隔島、b)水平警告標誌

Daniels et al.(2010)為探討附加道路標記對速度的影響，利用實地研究及固定基座駕駛模擬器進行評估，選擇四條 70 公里/小時路段做為實地實驗道路，繪製標線和數字標記，且每條試驗道路有一條對比道路，平均三週後再放置一個資訊面板來解釋標記的含義，在三個時刻進行速度和交通量的測量，第一次在繪製標記後；第二次在豎立資訊面板後；第三次在四個月後。駕駛模擬實驗是為了評估標記對於駕駛速度的影響。該研究招募 30 名參與者(27 名男性、3 名女性)，模擬約 7 公里的基本路線，由四個路段組成，90 公里/小時路段(2 公里)，第一個 70 公里/小時路段(3 公里)、紅綠燈交岔路口(始終為綠燈)和第二個 70 公里/小時路段(2 公里)，路線設計如圖 2-63 所示。模擬器每秒記錄 30 次位置、速度和橫向位置，實驗期間次要任務為一系列簡單的算術任務組成，大聲朗讀 1 到 10 之間的數字，並要求參與者回答最後一個數字和前一個數字的總和，目的是透過持續關注來增加腦力運動，但次要任務的表

現沒有明確衡量，三個標記標誌(C43 標誌、數字和線條)及腦力運動(有或無次要任務)產生六個實驗情境，所有參與者都會進行六次模擬駕駛。實地研究和模擬研究結果均顯示 C43 速度標誌比過渡區的速限標記更有效；在模擬實驗的數字和標線路段，駕駛人在交岔路口後立即加速超過 80 km/h，顯示重複且明確的速限標誌(如 C43 標誌)的減速效果最好。

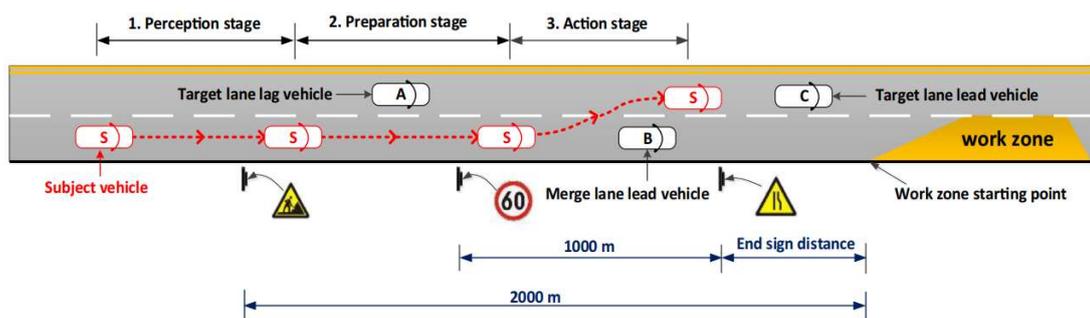


資料來源：Daniels et al.(2010)

圖 2-63 Daniels et al. 實驗路線

Hang et al.(2018)探討施工區域(work zone areas)車道末端標誌的距離和交通量對駕駛行為的影響，此研究招募 42 位參與者，25 位職業駕駛(15 位男性、10 位女性)和 17 位非職業駕駛(6 位男性、11 位女性)，使用固定基座駕駛模擬器，Hang et al.提出一種將整個變換車道合併過程劃分為三個連續階段的方法，以反映參與者在施工區域的不同任務，第一階段稱為“感知階段”，在此期間駕駛人在注意到前方施工區區域的交通標誌後產生變換車道意圖，並做出變換車道的決定但不進行任何變換車道的駕駛操作；第二階段是“準備階段”，在此期間駕駛人調整(加速/減速)或保持當前行駛速度，在這個階段結束時，目標車輛應該能

夠達到適合將車輪轉向目標車道的一定速度和位置；第三個階段為“行動階段”，駕駛人執行變換車道動作，從轉動方向盤直到完全併入目標車道。實驗場景模擬為郊區的典型高速公路路段，設置有三種不同的標誌距離(250、500 和 750 m)，以及兩種不同的交通量(800 和 1600 車輛/小時)，參與者需隨機進行每組測試(共六次)，道路沿線設有三個交通標誌，即施工警告標誌、限速標誌和車道終點標誌，車道終點標誌使用三個不同的距離進行設置如圖 2-64。研究結果顯示在較大流量下，駕駛人對終點標誌距離更敏感，尤其是在感知階段，感知階段的終點與施工區起點之間的距離(PEE)隨著終點標誌距離的增加而不斷增加，而由於大流量交通狀況的複雜性，駕駛人在感知情況時會更加集中注意力，為避免後期合併，從而在一定程度上降低碰撞風險；每個階段結束的位置受性別影響顯著，男性駕駛人比女性駕駛人更早完成整個過程，這表示男性駕駛人可以比女性駕駛人更早意識到潛在風險，並能夠更早對緊急情況做出反應；與普通駕駛人相比，專業駕駛人在準備階段更有可能採取加速行動來規避風險，普通駕駛人對即將發生的道路變化不太敏感，因此研究者提出建議應放置一系列警告標誌和指示標誌來導引駕駛人的操作。



資料來源：Hang et al.(2018)

圖 2-64 Hang et al.實驗的設施設計

Ma and Yan(2021)利用固定基座駕駛模擬器和眼球追蹤系統，研究改進交通標誌和路面標記在閃光燈控制的平交道口之功效，此研究招

募 40 名參與者，由 21 名女性駕駛人(9 名專業和 12 名非專業)和 19 名男性駕駛人(10 名專業和 9 名非專業)組成，實驗測試兩種平交道類型，為基準型(中國平交道口標誌和路面標記的常規設計)和 PSM(標誌和路面標記的建議設計)如圖 2-65；為測試閃光燈信號對行為的影響，根據車輛到達停車線的時間設計 5 種閃光觸發時間(FLTT)，從 2 秒到 6 秒，間隔增量為 1 秒，設置信號持續時間為 15 秒；場景分別在晴天和大霧天氣條件下進行測試，大霧中能見度為 50 m，因此總共進行 20 次測試(2 平交道類型 × 5 FLTTs × 2 有霧條件)，採用多項眼球移動和行為測量作為受試者表現的反映，包括對標誌和信號的首次注視時間和到停止線的距離、總注視持續時間、遵守比率、停止位置、在停止線的平均速度、最大減速率和煞車時間。研究結果顯示在 PSM 中，更多的駕駛人可以及時的感知標誌並更早檢測到閃爍的燈光，特別是他們可以在 PSM 中注視至少一個標誌，並且對信號的總注視時間更長，這有助於提高停車遵守率，而與基準型相比，駕駛人在 PSM 中可以更舒適的煞車；當 FLTT 為 6 秒和 5 秒時，所有駕駛人都處於舒適的停車區，並且有足夠的時間和距離來感知和對紅燈做出反應，當 FLTT 小於 4 秒時，駕駛人更有可能陷入困境，最大減速率大於 5 m/s^2 ，這表示緊急煞車；職業駕駛人會在紅燈閃爍之前加速並試圖越過平交道，以盡量減少延誤或不便，職業駕駛人的最大減速率比非職業駕駛人更高；駕駛人在霧中較難及時感知閃爍的燈光，對標誌的總注視時間減少，與天氣晴朗條件相比，觀察到大霧中的煞車時間更長，駕駛人感知信號卻無法看清路口，而猶豫不決沒有立即煞車，增加陷入困境的可能性，從而對穿越安全產生不利影響，而實驗發現標誌和路面標線的改進設計對提高駕駛人在大霧條件下的提前警示幾乎沒有任何顯著影響，綜合上述結果表示改進後的交通標誌和標記有可能提高交通安全，值得在未來進行現場實施。

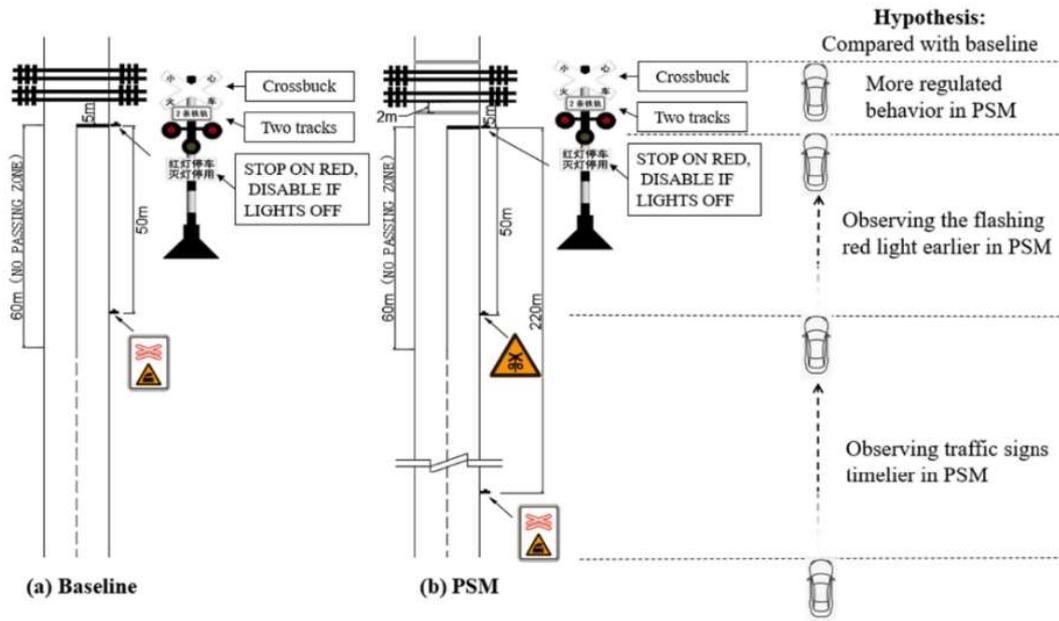


Fig. 4. Representation of two flashing-light-controlled grade crossing scenarios. (a) Standard design of signs and pavement markings for grade crossing of China; (b) Proposed design of signs and pavement markings for grade crossing (PSM).

圖 2-65 (a)基準型、(b)PSM 兩種平交道類型/資料來源：Ma and Yan(2021)

Mashko et al.(2016)使用固定座駕駛模擬器分析評估車內顯示器可替代交通標誌顯示的系統，此研究的車內資訊系統(VTS)是安裝在駕駛室內的平板電腦上，取代導航或整合型顯示器，而系統軟體和圖形介面是專門為此實驗而創建如圖 2-66 所示。此外研究者使用頭戴式眼動儀觀察駕駛員行為，例如跟踪注視方向、眼睛行為觀察(EOG)、跟隨駕駛人注視(eye-tracking)、測量大腦活動 (EEG)、心跳率和心電圖 (EKG)，除了測量駕駛人的生物參數外，在實驗室中還可以記錄模擬器的輸出以進一步分析車輛動力學，即汽車遵循理想路徑和轉向、加速和煞車、巡航速度。此實驗分為兩個階段，每個階段都有 16 名駕駛人參與，共 26 名受測者，參與第一階段的參與者沒有提供輔助設備，僅按照他們在途中發現的交通標誌的指示來執行此任務；而第二階段的參與者遵循現場放置的交通標誌的指示，但會提供一個輔助設備，由放置在駕駛室內的顯示器表示，場景中描繪的所有交通標誌都在顯示器上複製，每次試驗總共耗時約 45 分鐘，包括初始問卷、眼動儀校準、適應駕駛、主要駕駛和結束問卷五個基本階段。研究結果顯示分析眼球移動追蹤數據，發現駕駛人在 VTS 的幫助下減少標誌閱讀的時間，對交通標誌

指示能做出更好的反應，而系統在能見度有限的情況下對於駕駛人的幫助也更加有效；此外，VTS 的輔助顯著降低超速的情況，了解當前的交通標誌有助於駕駛人遵守規則並降低心理負擔；研究者認為對於進一步的研究，必須在更廣泛的群體中進行研究像是老年駕駛人，他們的視覺感知、視野和其他方面可能會顯著影響此類系統的可用性和接受度。然而這樣的 ADAS 做為汽車中的獨立應用程式是沒有意義的，在下一研究應該將它以某種方式併入其他智能駕駛輔助系統和導航系統，成為一個整合多用途汽車介面。



圖 2-66 Mashko et al.開發系統介面/資料來源：Mashko et al.(2016)

飯田與小根山(2017)為了解決圓環問題進行研究，其中針對圓環的出口方向難以理解、易造成駕駛人方向感迷失等問題，而設計了改良後的圓環標誌實驗，所提供的改良方案為在出口標誌上顯示羅馬數字，並在地面繪製出口之羅馬數字，透過使用駕駛模擬器進行數次實驗，每次實驗行駛不同的出口，實驗結果指出，在受測者主觀評價判斷上，原設計與改良後的設計有顯著差異，可以證明改良後的標誌能夠使駕駛更容易理解出口的位置及方向，另一方面，根據研究中眼動儀(Eye tracking sensor)的分析指出，改良後的標誌也加強了標識對駕駛人的注意力，相對來說，對於前方路況的注意力可能會因此下降，本次此實驗對象為20~30歲，普遍對操作駕駛模擬器較容易上手，對於高齡駕駛人可能有相異的實驗結果。

山中、溝口與永松(2017) 的研究指出 2012 年日本交通省提出的《營造安全舒適的自行車騎乘環境指南》中，提供了十字路口自行車道的設置方式，目前的路口普遍以此規範設置，可適合作為未來汽車考照參考，但直行的自行車和左轉的車輛常會在路口發生衝突事件，考慮到駕駛的安全，此研究針對自行車和汽車在路口時的行駛方式，對於車輛事故發生率與自行車駕駛人和汽車駕駛人的駕駛情況安全感進行分析評估，此實驗以將汽車與自行車分別行駛的「分離法」和讓汽車與自行車共同行駛左轉車道的「混合法」兩種方式進行，且利用自行車駕駛模擬器與汽車駕駛模擬器在同一模擬環境同時進行的聯合模擬環境進行實驗(如圖 2-67)，結果顯示混合式車道設計在以 TTC(time to collision) 衝突時間評價的安全方面，具有客觀的優勢，衝突發生率相對分離車道下降許多，但是在駕駛人的主觀安全感方面卻不比分離式的感到安全，原因是混合式車道的汽車與自行車會同時在同一車道，造成自行車駕駛人的壓迫感，以及對汽車駕駛人多次查看自行車的不安全感。

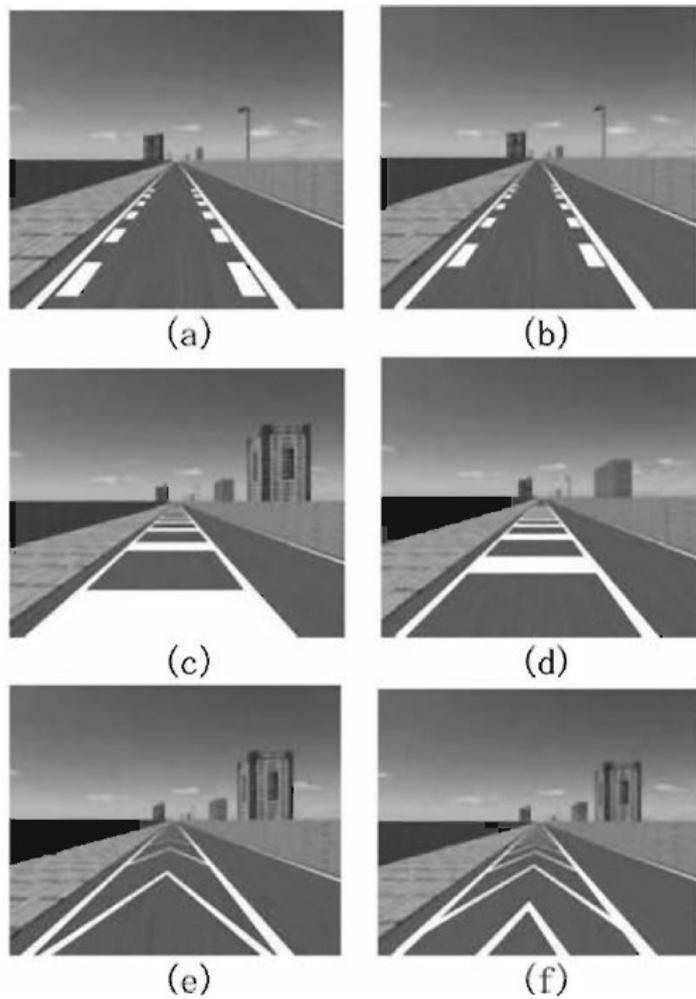


資料來源：山中、溝口與永松(2017)

圖 2-67 駕駛模擬器配置

李東起(2012)等人對於標誌的易讀性進行研究，其中使用簡易的駕駛模擬器進行模擬實驗，建構模擬場景中提供 10 個不同的標誌，讓視力正常之駕駛人在定速 40km/h 時判斷不同的標誌，判斷的方式為提供三種按鈕，分別為發現標誌跡象、確認標誌樣貌及可讀標誌內容，駕駛人在觀察後循序按向按鈕，檢測個標誌之發現距離、確認距離及可讀距離，以分析不同標誌的效果，實驗結果顯示，影響駕駛人判讀的原因有標誌的形狀、顏色、大小、編排方式即內容多寡，其中以紅色、藍色和綠色的標誌較容易被閱讀，較大及排版較寬鬆的標誌也較容易被閱讀。

坂本、清水和松川(2010)想要檢測減速標線對於駕駛人的影響如何，是否能確實抑制駕駛的速度感已達到減速的效果，此研究使用簡易的駕駛模擬器加上自製的模擬場景進行實驗，實驗的標線分為三種，分別是虛線邊線型、車道方塊型以及車道箭頭型，這三種標線又各自分為間格大和間格小兩種樣式，總共的實驗類別有 6 種，減速標線設計構想如圖 2-68 所示。結果指出，較密集的減速標線對於駕駛人有較為明顯的速度感效果，但對於減速效果，雖然普遍有降低速度，但不是對每位駕駛人都有產生效果，不同人對於不同的標線感受有所差異，另外過分極致追求高模擬程度之駕駛模擬器也無法取得相同結果。因此，回歸研究的目的而設計所需要的場景及模擬水準，才能針對問題而獲得合適的解答。



資料來源：坂本、清水和松川(2010)

圖 2-68 6 種減速標線設計

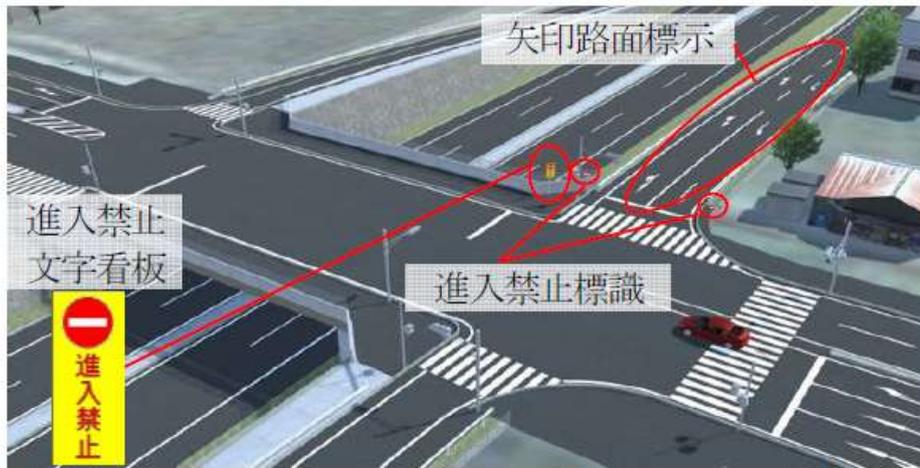
韓亞由美等人(2011)針對在埼玉大宮公速公路上試行之光點(optical dot)標線設計進行實驗分析，主要是以不同光點的排列方式，呈現不同速度感的效果(如圖 2-69 所示)，探討對駕駛人的速度表現上有無差異，本實驗使用東京大學的六軸環形駕駛模擬器，針對 33 位受試者進行實驗，平均年齡為 37 歲，實驗結果指出，在駕駛人經過具有減速感光點排列的區間時，會感受到速度降低而提升速度，在經過具有加速感的區間時則會降低速度，而 120km/h 的駕駛人的加減速行為反應較 80km/h 的駕駛人的反應量來的高，可見光點標線設計對駕駛人是有影響的。



資料來源：韓亞由美等人(2011)

圖 2-69 減速光點標線

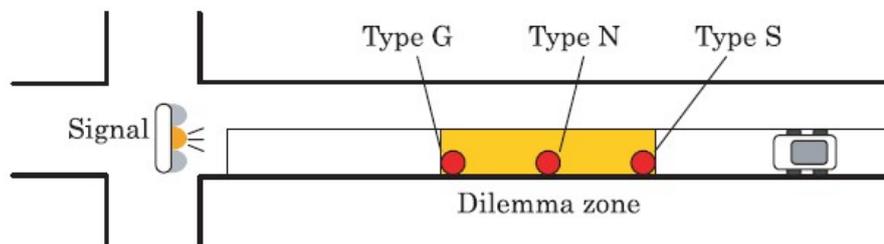
塩田祐也等人(2020)針對 24 位健康的高齡者，以及 22 位具有輕度認知功能障礙(MCI)的高齡者進行逆向行駛時的視覺判斷及行為分析，本次實驗使用自製的簡易駕駛模擬器及視線追蹤儀計測實驗數據，實驗內容為讓高齡者右轉駛入錯誤的交流道(簡易鑽石型交流道)出口前(如圖 2-70)，觀察高齡駕駛人的反應會是如何，駕駛人結果顯示，正常高齡駕駛人與具有輕度認知功能障礙的駕駛人在是否發生逆向的行為的人數比差距不大，差別在於發生逆向及逆向失誤(即為差點發生逆向)的人數比，具有輕度認知功能障礙的駕駛人發生逆向的機會較高，高齡駕駛者在逆向失誤前即可挽回，另外在視線追蹤的部分，大多數的高齡駕駛人的視覺都集中在道路的中下方，即為標線的位置。



資料來源：塩田祐也等人(2020)

圖 2-70 逆向行駛實驗場景

織田利彦等人(2008)使用簡易駕駛模擬器，針對在不同路面情況下駕駛人在猶豫區間的行為分析，此實驗分為乾燥路面、濕滑路面及結冰路面，並將猶豫區間分為前中後三段 (如圖 2-71)，實驗結果顯示，在猶豫區間時通過路口與否和速度的關係影響較小，而是在猶豫區間的位置及路面的狀況有關係，乾燥路面的地通過率較濕滑及結冰路面的通過率高，位於猶豫區間前段接近路口的通過率有比後段高，但是相對的，猶豫區間前段煞車的反應時間較短且平均減速度較高，猶豫區間的反應時間即減速度會因路面狀況濕滑或結冰而減少。



資料來源：織田利彦等人(2008)

圖 2-71 猶豫區間實驗設計

永見(2014)針對福生站前禁止左轉的路口進行了警告標誌設置的問題進行研究，以標誌的數量、距離、大小、文字及顏色等不同項目的差異作為實驗的變數(如圖 2-72)，並利用固定座駕駛模擬器進行了三次實驗，皆以受測者主觀感受的注意程度給予衡量，第一次實驗為標誌的數量及文字，受測者共 11 位，以設置三面標誌最為有效，第二個實驗為編制設置的間距，受測者共 11 位，以距離路口連續設置三面標誌最為有效，第三個實驗為標誌的大小及顏色，受測者共 13 位，以標誌大小漸大及顏色漸變最為有效，因此最終提出距離路口以間距 8 公尺，設置三面帶小及形狀皆漸變之標誌。



資料來源：永見(2014)

圖 2-72 實驗最終提案

尾崎等人(2017)針對不同的路面標線設計探討對於駕駛速度的差異，並利用簡易駕駛模擬器模擬進行實驗，實驗受試者根據不同年齡層分為 20 至 30 歲、45 至 55 歲及 65 至 75 歲，每個年齡層皆為 10 位受測者，實驗內容為使受測者駕駛 16 種不同標線的路面(如圖 2-73 及表 2-7)，根據行駛車速紀錄進行評價，正式實驗開始前會先讓受測者以一般標線路面試駕，隨後隨機排列 16 種標線的路面，實驗結果顯示，直線狀的道路標線駕駛速度最快，網狀標線路面則駕駛速度最慢，另外不同年齡層的差異只有總平均速度的差異，在各標線路面的結果大致雷同。

番号	路面画像	デザイン要素	番号	路面画像	デザイン要素
A		アスファルト、中央破線 道路幅6m	I		インターロッキング、進行方向と垂直な直線 道路幅6m
B		アスファルト、中央破線 道路幅4m	J		インターロッキング、45度格子 道路幅6m
C		アスファルト、模様無し 道路幅6m	K		インターロッキング、45度格子(明度差低) 道路幅6m
D		アスファルト、模様無し 道路幅4m	L		インターロッキング、0度格子 道路幅6m
E		アスファルト、進行方向と平行に白線 道路幅6m	M		インターロッキング、45度格子(サイズ大) 道路幅6m
F		アスファルト、進行方向と垂直に白線 道路幅6m	N		インターロッキング、45度格子(サイズ小) 道路幅6m
G		アスファルト、45度格子状の白線 道路幅6m	O		アスファルト、高木 道路幅6m
H		インターロッキング、進行方向と平行な直線 道路幅6m	P		アスファルト、低木 道路幅6m

資料來源：尾崎等人(2017)

圖 2-73 16 種實驗路面

表 2-7 16 種實驗路面之設計內容

A	瀝青、行車分向線、路寬 6m	I	水泥鋪面、橫向線、路寬 6m
B	瀝青、行車分向線、路寬 4m	J	水泥鋪面、網狀線、路寬 6m
C	瀝青、無分向線、路寬 6m	K	水泥鋪面、網狀線(低對比)、路寬 6m
D	瀝青、無分向線、路寬 4m	L	水泥鋪面、縱向網狀線、路寬 6m
E	瀝青、縱向線、路寬 6m	M	水泥鋪面、大網狀線、路寬 6m
F	瀝青、橫向線、路寬 6m	N	水泥鋪面、小網狀線、路寬 6m
G	瀝青、網狀線、路寬 6m	O	瀝青、高行道樹、路寬 6m
H	水泥鋪面、縱向線、路寬 6m	P	瀝青、低行道樹、路寬 6m

鈴木等人(2017)針對高速公路休息站，防止駕駛人誤闖入口逆向行駛，使用不同的標誌標線效果進行研究，並利用固定座駕駛模擬器模擬場景進行實驗，受測者共 31 位(男 24 位，女 7 位)，皆為拓殖大學有駕照的學生，受測者經過 8 種不同的場景，所變動的項目為路面是否有顏色、警告標誌 2 面或 5 面以上、警告標誌黃色還是紅色，及路面箭頭是否為立體，受測者主觀的使用四尺度的主觀評價各個編制標線所帶來的感覺，最終以大面積的有色路面及大量的警告標誌被認為較為有效。

永見和木村(2020)針對沒有號誌的行人穿越道進行研究，希望透過路面標線的方式(如圖 2-74)，使駕駛人在接近行人穿越道時可以有更高的警示，受測者共 20 位(男 16 位，女 4 位)，實驗設計了 4 種標線的路面(如表 2-8)，並使用固定座進行實驗，根據受測者主觀感受評價及實驗評語顯示，使用有色鋪面的路面能使駕駛人注意。

対策案の特徴	平面図	ドライバーからの見え方
【標準】 停止線から50m、30m位置に横断歩道の予告としてダイヤモンドが標示されている		
【1案】 ・文字：思いやり ・配置：直前（停止線手前） ・歩道：立体 ・舗装：標準		
【2案】 ・文字：減速 ・配置：手前（ダイヤモンド手前） ・歩道：赤色 ・舗装：標準		
【3案】 ・文字：ゆっくり走ろう ・配置：中間（ダイヤモンドの間） ・歩道：標準 ・舗装：標準		
【4案】 ・文字：ゆっくり走ろう ・配置：手前（ダイヤモンド手前） ・歩道：標準 ・舗装：赤色		

資料來源：永見和木村(2020)

圖 2-74 4 種實驗路面

表 2-8 4 種實驗路面設計內容

方案	標準標線劃設	方案	標準標線劃設
方案一	文字：多注意 劃設位置：停止線前 行人穿越道：立體 鋪面：一般	方案三	文字：減速慢行 劃設位置：菱形標線間 行人穿越道：一般 鋪面：一般
方案二	文字：減速 劃設位置：菱形標線前 行人穿越道：紅色 鋪面：一般	方案四	文字：減速慢行 劃設位置：菱形標線前 行人穿越道：一般 鋪面：紅色

永見等人(2017)針對無號誌路口的停車再開路面標線進行研究，其中設計了八種不同的路面標線(如圖 2-75)，使用固定座駕駛模擬器讓 22 位受測者(大學生 14 位、社會人士 8 位；男 15 位、女 7 位；新手駕駛

9 位、非新手駕駛 13 位)進行駕駛實驗，以受測者的主觀的停止意識、猶豫程度及大小判斷作為評斷標準，從從中選出效果程度較高的 3 種(2、4、7)進行實車實驗，實車實驗將三種路面標示以聚酯纖維紙張列印出來後黏貼在路面，此實驗的受測者共 18 位(大學生 4 位、社會人士 14 位；男 14 位、女 4 位；新手駕駛 6 位、非新手駕駛 12 位)，與駕駛模擬器不同的是，實車實驗的受測者是乘坐在副駕駛座同樣以四尺度的主觀判斷進行實驗，除了上述量化評價之外，並對於 3 種路面標線給予文字評價，最終以第 4 方案及第 7 方案獲得較好的警示效果。

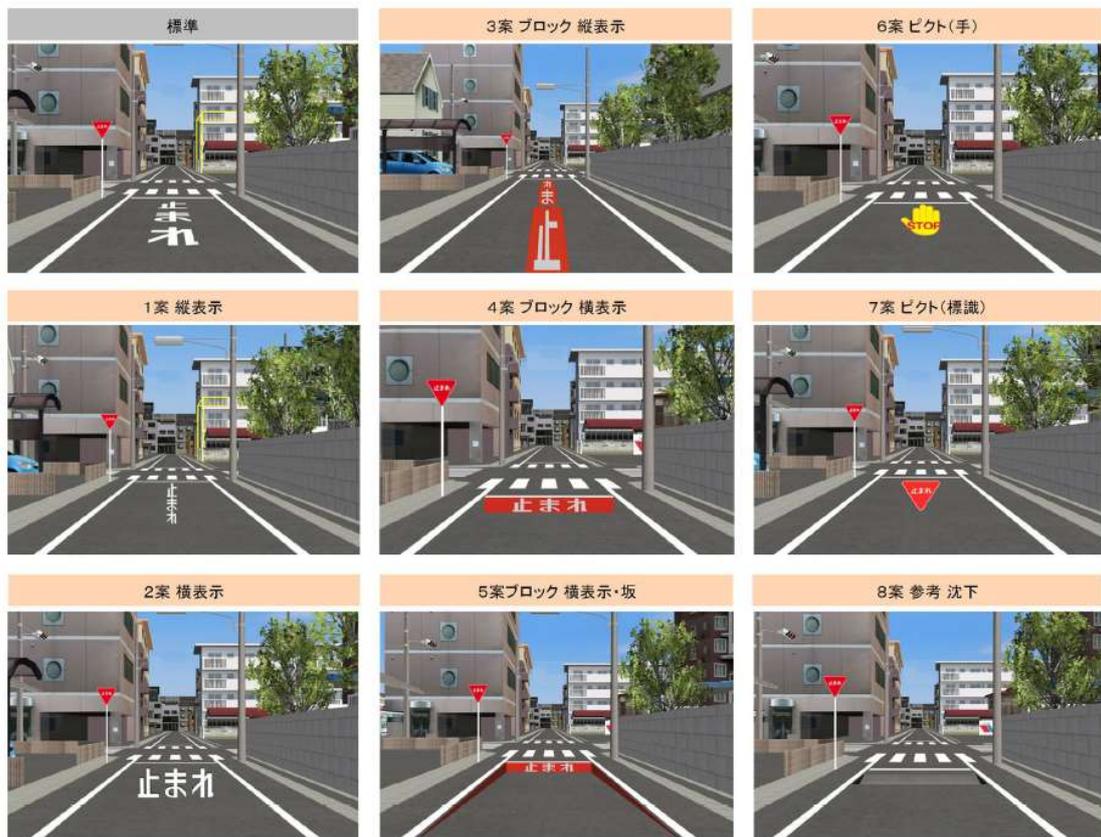


図6 路面立体標示デザイン案 (立体に見える視点)

資料來源：永見等人(2017)

圖 2-75 路面立體標線設計方案

永見等人(2020)針對高速公路爬坡路段速度提升的路面標線進行研究，此研究主要是在高速公路車輛與匝道車輛匯流至上橋前的路

段會有一段爬坡道，在匯流區間的車輛大多會減速，然而到後段爬坡道時，大多數的車輛會因沒有加速而慢下來，造成整體車流變慢，此實驗設計出 3 種路面標示方式，分別是文字路面標線、箭頭型路面標線及邊線型路面標線，以固定座駕駛模擬器進行實驗，受測者共 25 位(學生 16 位、社會人士 9 位；男 24 位、女 1 位)，實驗結果顯示文字路面標線及箭頭型路面標線使駕駛人加速的程度較大，以及相較於邊線型路面標線有更早開始加速的情況，文字與箭頭中又以文字路面標線更容易傳達加速訊息的效果。

Ross 等人(2021)針對高速公路出口匝道的槽化線(highway exit gore area)後方的標誌對於駕駛人的行為進行研究，在此實驗希望透過不同的警告標誌來使駕駛人可以注意到匝道出口的分流點，以避免碰撞造成事故，此實驗使用固定座駕駛模擬器模擬駕駛場景及眼動儀追蹤駕駛人的視線，共有 50 位受測者，其中一位因為 3D 暈而無法繼續實驗，其中有 40 位男性，9 位女性，年齡範圍介於 19 到 74 歲，約一半的人每月平均開車超過 1500 公里。標誌設計分為 6 種(無護欄路面標誌 4 種，有護欄標誌 3 種)，第 7 種與第 6 種的標誌相同，差別是高車流量(大貨車等)，場景是隨機分配，以避免受測者進行實驗預測，眼動儀測量分為第一次注視時間及注視次數，用於判斷駕駛人注意力，結果顯示，垂直型加水平標誌(第 6 種)較其他標誌早 3~6 秒，其次是垂直型標誌，在高車流的情況下，第一次注意的時間會再增加約 10 秒，此注意次數也較其他標誌多次。駕駛速度資料的部分，駕駛人在大型綠色標誌駛離出口的速度，較其他標誌的速度來的慢，其次是大型紅色標誌，最後實驗建議在有護欄的出口裝設垂直加水平標誌，無護欄的出口裝設較大的標誌，顏色的部分可能需要更多研究，但就目前實驗來說，紅色的較容易被注意到。

Ding 等人(2013)使用固定座環形駕駛模擬器針對減速標線的有效性進行實驗，受測者共 15 位男性，平均年齡為 25.9 歲，平均駕駛資歷 4 年，收集駕駛時的資料作為實驗分析，此實驗道路為一個 3.72 公里

的直線高速公路，速限為 120 公里，受測者在開始之前會先試駕駕駛模擬器以確保沒有 3D 暈，為避免駕駛疲勞，測驗時間於早上(08:30~11:30)、下午(15:00~17:00)及晚上(18:30~21:00)進行，分別駕駛以下三種場景(無減速標線、縱向減速標線、橫向減速標線)，每個受測者共會駕駛九次，除了駕駛模擬器的數據，測驗過後將會以問卷的方式詢問受測者的主觀感受，分別是否有受到減速標線影響，以及認為減速標線是否可以讓車輛減速，其中約九成的受測者表示有受到標線影響，約半數的受測者表示非常同意標線可以使車輛減速。就駕駛數據而言，是以加速度作為判斷標準，在橫向減速標線的場景中，有 8 位受測者有減速的動作，明顯高於無標線的 1 位及縱向標線的 2 位，另外就駕駛人的減速動作判斷，動作會分成鬆開油門及踩煞車，踩一次煞車等於鬆開油門 2.5 次，將三個場景的減速動作數相加平均之後，橫向減速標線以 76.5 次明顯高於縱向減速線的 44 次及無減速標線的 36.5，對此，研究指出，由於縱向減速標線是用車道變窄來使駕駛人減速，而橫向減速標線則直接的使駕駛人感受到速度的差異，因此橫向的減速標線會比縱向的減速標線更有效，然而縱向的減速標線與無減速標線的的道路相比，還是可以有一些效果，最後還是建議使用橫向標線可達到更好的減速效果。

本所(2019)針對標誌和標線也有相關研究，例如，探討標誌、標線、測速與減速設備對車速之影響研究，利用六軸駕駛模擬器進行速度管理實驗，並且招募 35 位受測者進行實驗。研究結果顯示出現行人及測速照相的影響最大，測速照相標誌或行人會令駕駛者有減速的效果，而在直線路段上，駕駛人幾乎不會特別在意標線標誌的警告、禁制及指示，但在接近路口時，則會特別注意標線標誌的警告、禁制及指示，並且調整速度。

2.2.6 自然災害

丸山和榊(2014)以神奈川縣鎌倉市作為對象，開發在汽車運行中如果發生海嘯車輛進水的模擬器。分析海嘯的波源模型然後做成神奈川縣海嘯淨水預測圖，將分析結果輸入至虛擬實景的空間以搭建場景。接著找受試者做預備實驗，以測試在海嘯發生時對於避難的反應。本次實驗的受試者在之前都未經過海嘯避難實驗，在實驗過程中僅有地震緊報音及海嘯避難等文字呈現，大部分的受試者都有朝高地前進的意圖，另外本次研究未考慮到避難時周圍交通變為混亂的景象，會納入改善。本次的避難行為大多偏離了原先的預定路徑，直覺的朝山或是遠離海邊的地方前進，但也有觀看地圖而自主選擇避難路線，但最後無法逃脫的狀況發生，之後的研究會新增道路標示及路線指示等避難協助信行活用。

萩原等人(2019)以在冬季使用 ACC 為研究項目，現在許多新型的車輛都已經有裝備 ACC 技術，然而這些只能在一般正常的情況下使用，在一些高緯度國家，因為冬季造成路面環境改變，使得 ACC 無法正常作用及駕駛行為會有所差異，此研究針對冬季使用 ACC 的駕駛反應進行警告分析，使用駕駛模擬器實驗對於有解除 ACC 系統警告的組別比起無警告的組別，發生事故的比例減少許多，因此在適合冬季路面的 ACC 時，系統的預先警示對於駕駛安全是有一定效果。

古賀等人(2020)發現過去使用駕駛模擬器進行地震時駕駛行為分析的研究不少，大多以下列三點為主：地震時方向盤的操作問題、普通的地震警報對於駕駛的影響及給駕駛的資訊傳達問題，過去的研究大多在收到地震警報後會有明顯的的駕駛差異，但該研究的直下型地震(發生在都市內(下方)的地震)，大多與地震警報同時或更早，所以並沒有時間差的問題，相較起來，發生事故的機會較高，因此會以此方向進行研究分析，本實驗的駕駛模擬器是使用 HONDA 所生產的駕駛模擬器，軟體則是為 UC-win/Road 所建置的場景，此駕駛模擬器為六軸移

動，可重現三次元的車輛移位，另外在駕駛前方的主螢幕及照後鏡螢幕外，還有左右照後鏡螢幕共計四台螢幕，可以顯現周圍的車輛，與簡易型的駕駛模擬器不同，是屬於沈浸感較高的駕駛模擬器。以 30 名學生進行實驗，實驗從 2018 年 12 月至 2019 年 3 月為止，本實驗練習駕駛兩次，正式駕駛 4 次，駕駛結束後填寫關於個人個性、駕駛頻率、受災經驗有無等問題問卷，為了檢驗地震警報與地震來時的時間差所造成行為的不同，分為兩個類別實驗：(1)地震警報來馬上地震、(2)地震後警報馬上來，但這兩者皆不知道地震什麼時候來，該研究進行了首都直下型地震的模擬駕駛實驗，分析結果為在搖晃或是收警報時大約有半數的駕駛有減速的動作，其中又以地震先來的場景減速較為明顯，另外，駕駛頻率較低的駕駛地震發生時，煞車的使用量較多，最後，高速公路中遇到地震有適當反應的駕駛人數只有一人，希望未來在增加樣本數能更確立高速公路上適當的駕駛行動。

2.3 國內駕駛模擬器參訪紀錄

2.3.1 國防大學

110 年 10 月 22 日參訪位於復興崗校區的國防大學，該校設有六軸雲豹車模擬器及固定座駕駛模擬器，如圖 2-76 至圖 2-80 所示。由該校運籌管理學系王中允主任帶領研究團隊參觀運籌管理學系軍事人因工程研究中心。該校購入最新的六軸雲豹車模擬器花費約 1500 萬元，並搭配 VR 裝置、感應式防彈背心、步槍模型，未來將用於步兵作戰狀況的相關研究；四軸駕駛模擬器則由嚴國基副教授和宋奕緯講師介紹，預計可以運用於多車互動等研究；鄭志展助理教授特別介紹軍事人因工程研究中心所購入的設備機具，其中亦有價值約 150 萬元的眼動儀，運用於追蹤飛行員駕駛時的眼球掃視情況，也可以記錄飛行教官的眼球掃視次序，以供學員進行對比和參考學習。



圖 2-76 六軸運動平臺雲豹車模擬器



圖 2-77 戰術模擬用 VR 設備及背心



圖 2-78 軍事人因工程研究中心

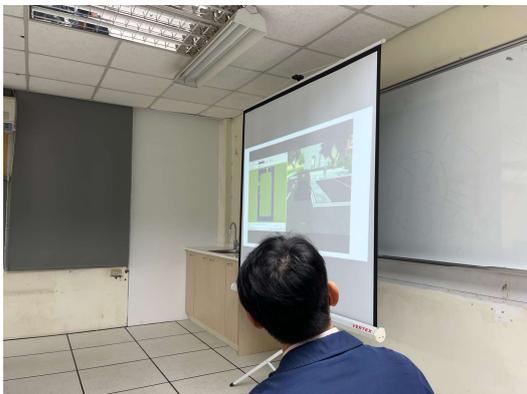


圖 2-79 模擬環境建構演示



圖 2-80 固定座駕駛模擬器操作

2.3.2 國立臺北科技大學

110 年 10 月 21 日參訪台北科技大學機械工程系，由該系控制與系統整合實驗室曾百由教授介紹史都華六軸運動平臺駕駛模擬器，該設備使用 Luxgen 第二代 SUV 原型車改造，其中包含油門踏板、煞車踏板、方向盤、排檔桿，而方向盤有加裝力回饋控制系統；視覺投影由三台投影機搭配軟體融接影像輸出成一個長 6 公尺、寬 2 公尺的平面影像。此實驗室針對史都華六軸運動平臺研發動感法則演算法，以及研發電動伺服控制系統；虛擬實境則是用 unity 遊戲引擎軟體開發，目前已開發車控訊號擷取介面、道路場景、交通號誌模組、運動平臺連結介面、氣候模組、行人模組，駕駛模擬器的實驗情況如圖 2-81 所示。



圖 2-81 臺北科技大學史都華六軸運動平臺駕駛模擬器實驗室

2.3.3 ARTC 車輛研究測試中心

110 年 12 月 13 日參訪 ARTC 的駕駛模擬實驗室，並由葉智榮經理介紹目前 ARTC 駕駛模擬器的使用方向，此駕駛模擬器建置經費約

為 1,500 萬，若包含目前 ARTC 所使用的整合模擬軟體則約為 4,000 萬左右。葉智榮經理表示，今(110)年度在模擬器上加裝了透明的顯示器，希望能透過顯示器上的資訊與現實中的場景結合，達到類似擴充實境的效果，另外也將原先的螢幕換成了三面投影布幕及投影系統，將視野擴展到 180 度，提升模擬體驗，圖 2-82-圖 2-87。經瞭解，目前的研究項目大多為協助車廠的研究為主，較偏重於車輛本身設備的研究。



圖 2-82 ARTC 駕駛模擬器操作



圖 2-83 ARTC 駕駛模擬器



圖 2-84 ARTC 駕駛模擬器駕駛景象



圖 2-85 ARTC 固定座駕駛模擬器



圖 2-86 ARTC 駕駛模擬器底部



圖 2-87 ARTC 車輛研究測試中心

2.3.4 國內其他建有模擬器單位之簡要蒐集

(一) 中央警察大學:

主要研究駕駛人對反應時間、訓練時間、駕駛行為、肇事率、模擬警察實施交通管制之研究，並具有連結動力平臺之功能(加減速、左右轉、上下坡之動態感)，對未來之駕駛訓練、危險感知、安全改善及交通執法有所助益。該校目前有 3 臺 FORUM8 動態駕駛模擬器，並以教學及訓練為主，不提供租借服務。經瞭解該設備起初購置經費約在新臺幣 700 多萬左右(含計畫、維運等經費)。

(二) 國立雲林科技大學:

主要研究駕駛人使用車內資訊裝置之駕駛行為、酒精或對駕駛行為與接收交通訊息之影響、各類交通狀態下之煞車行為探討，及生理疲勞對駕駛行為之影響。目前與臺灣精密機械研究發展中心(Precision Machinery Research Development Center, PMC)合作，建置以 VOLVO 340DL 實車體固定軸駕駛模擬器，並以計畫經費進行該模擬器維運。

(三) 龍華科技大學:

該校過去為本所軟硬體維護單位，現已轉型虛擬實境(Virtual Reality, VR)研究，已無動態駕駛模擬器。目前主要研究係就機車考照課程

結合虛擬實境(VR)眼鏡及手機遊戲、模擬實際道路考試等研究項目。

(四)國立臺灣科技大學:

該校成立「智慧電動車研究中心」，主要橫跨車輛運動控制、人工智慧深度學習於智慧自駕感知、電動車設計、馬達設計、智慧電能管理、智慧座艙等多種軟硬體整合前瞻領域，目前由機械系與電子系共同負責該中心研究業務。

2.5 國內外駕駛模擬研究之優勢與挑戰

與真實車輛進行研究相比發現，駕駛模擬器之優勢有:可控性、再現性、標準化、易於蒐集數據、減少駕駛行為傷害及新的反饋和引導機會等，參考文獻來源其說明如下：

- (一)具有可控性、再現性及標準化的駕駛模擬條件：在虛擬交通行為、各式天氣狀況和多種道路佈局下，可以根據訓練需求或研究目的而進行離線或即時操作。例如，日本學者永見等人(2017)利用專門開發的場景使受訓者能夠在任何時間內練習大量的專業動作。此外，使用模擬器無須侷限任何地方，使用者可以在完全在相同的條件下進行駕駛。與真實交通環境下相比，有利於建立標準化的駕駛測試和可重複的研究結果，是具有非常優勢的駕駛練習與訓練情境。
- (二)易於蒐集駕駛數據：駕駛模擬器可以準確有效地測量人為反應、駕駛過程及心理條件等資訊。相較於真實車輛而言，欲獲取完整、同步和準確的測量數據則顯得困難許多。因此，準確記錄真實車輛的駕駛數據是一項基本挑戰。例如，許多使用駕駛模擬器的研究中，真實車輛難以確定車輛與道路上標誌、標線之間的實際距離，而在模擬器中，這些訊息則很容易獲得。天氣條件、光線反射和陰影也

可能會影響測量的質量。此外，許多模擬研究的測量能力、新類型的行為分析等，皆使用眼動追蹤的物體檢測和危險感知研究進行一般不易取得的駕駛行為數據。

(三)避免因駕駛所產生的人身傷亡風險：模擬器可使訓練者準備好處理可能不適合在道路上的練習或安全駕駛所需要的關鍵行為。例如，使用虛擬實境（VR）、擴增實境（AR）模擬方式避免車輛碰撞或危險駕駛。此外，模擬器可以透過訓練者免於暴露於危險駕駛任務中來研究危險預測和感知。以臺北科技大學史都華六軸運動平臺駕駛模擬器為例，該模擬器提供了有限制的駕駛模擬環境中從事錯誤學習的機會，更透過該實驗室不同的車輛控制系統，瞭解不同車輛系統對於駕駛上的安全風險及疑慮。這樣的模擬研究工作進一步提供了一個可靠的模擬結果，即如何在不顯著增加車體、控制系統等設計風險的情況下，為研究者提供一個預知風險的機會，也提供車輛系統商進一步解決車輛系統風險的方法。

(四)新的反饋和引導機會：模擬器提供了在真實車輛中不容易實現的反饋和引導的機會。例如，可以固定、重置或重播模擬場景。駕駛者的反饋行為也可以透過語音以外的其他方式傳遞，例如，ARTC 透過多重視覺疊加來突出環境中的道路關鍵特徵，並且除利用這樣的設計來得知駕駛者的人體生心理反應外，也在駕駛過程中給予駕駛引導及道路指引等功能訊息。此外，利用資源共享與合作模式的方式也可以獲得較多新的反饋和引導機會，以得知使用者更多駕駛上的困境與限制。

然而，模擬器仍有幾個限制和挑戰，例如有限的知覺行為仿真程度、缺乏證明模擬有效性的研究及模擬器動暈問題，尤其是老年人或在苛刻的駕駛條件下等都是決定安全駕駛的因素，其相關說明如下：

- (一)有限的身體、知覺和行為仿真程度：低仿真駕駛模擬器可能會引起不切實際的駕駛行為，從而產生無效的研究結果。眾所周知，模擬器仿真程度會影響使用者最直接的觀感，進而影響使用上的意願。使用者可能會因有限仿真模擬器而失去使用意願，而更喜歡在真實車輛（或者更昂貴的高仿真模擬器）駕駛。值得一提的是，雖然安全性經常被認為是駕駛模擬的優勢，但有時同樣的功能被解釋為缺點。例如，Käppler(1993)指出，真正的危險與行動後果不會發生在駕駛模擬器中，反而在模擬的過程中產生錯誤的安全感、責任感或能力感。簡單來說，投入資源來提高仿真度不一定是理想的解決方案，因為它增加了設備的複雜性並可能妨礙實驗控制。在某些情況下，仍難防止受測者故意偏離現實會產生反效的結果。
- (二)駕駛模擬器無法證明模擬的有效性：許多專家學者的研究結果顯示，駕駛模擬器測量可預測道路駕駛績效。然而，也有少數研究存疑駕駛模擬器中學到的技能是否會轉移到道路上。這樣分歧的意見顯示，駕駛模擬器所呈現的數據是否可行？研究的應用能否落實等？這些關鍵問題仍然沒有得到解答或證明。此外，就瞭解國外相關學者及模擬器研究單位發現，駕駛模擬研究在於發現問題，而解決問題方現有很大的限制，且從未有單一過分追求高極致駕駛模擬水準之駕駛模擬設施來一次性處理綜多模擬研究議題，而實用的駕駛模擬設施則是廣泛的發現問題的面向，並非以駕駛模擬設施解決某項問題。
- (三)使用模擬器之動暈問題：尤其是針對身體不適、老年人或在苛刻的駕駛條件下的駕駛人，使用模擬器的駕駛人若患有身體疾病或症狀，可能會破壞訓練效果並對模擬器的可用性產生負面影響。這是使用駕駛模擬器一個長期的嚴重問題。因此，限制模擬場景、駕駛平台及避免在駕駛過程中出現急彎或急煞車等，以及有限度使用駕駛模擬器時間與足夠休息時間等，是用來改善甚至消除模擬器的動暈問題。

第三章 本所發展駕駛模擬之研究方向初探

本所為探討有關交通安全相關課題，自民國 86 年開始建置駕駛模擬器，由最初的單人座艙虛擬車框，演進為雙人實車車體，顯示系統也由單螢幕逐步發展為多螢幕系統，曾是國內少數配備完整的駕駛模擬系統研究工具之一。有鑑於駕駛模擬器的建置與維運成本龐大，且國內外各單位亦有不同研究需求及課題，而國內外現有的駕駛模擬器規格差異也相當大，對於本所未來可能投入駕駛模擬研究之方向，需進行盤點與研判。因此，本章就國內交通安全政策方向，及本所發展駕駛模擬研究之定位與未來發展方向進行評析。

3.1 國內交通安全政策方向

交通部於 2020 年提出運輸政策白皮書，內容分為總論與七分冊，其中與駕駛行為相關的分冊為運輸安全中的道路安全。參考我國與國際先進國家道安改善發展軌跡，及考量國內機車數量與密度等特殊特性，白皮書以追求道路交通「零死亡」事故為願景，設定具有挑戰性與達成可能性之中期與長期目標，以「完備道安法規制度，強化主動事前預防」及「善用科技與管理，強化道路交通安全」為二大道路安全政策，此兩大道路安全政策下分別提出 4 項與 6 項推動策略，總共提出相對應之 10 項策略。如圖 3-1 為運輸政策白皮書運輸安全分冊所示道路安全政策願景、目標、政策與推動策略。此外，再檢視各推動策略內容可知，策略 5「加強安全管理作為，落實風險管理」、策略 6「發展更安全的運具設備」、策略 7「持續安全人本的交通環境改造」、策略 9「善用數據科學，強化社會溝通」及策略 10「導入創新科技，提升事故防制成效」的推動要項中，有許多適用駕駛模擬研究的主題。例如，模擬道路交通改善工程設施改善，汽、機車或新型運具之駕駛人及高齡者行為等各種用路反應，以數據科學及導入創新科技之分析方法，來評估交通安全改善成效。

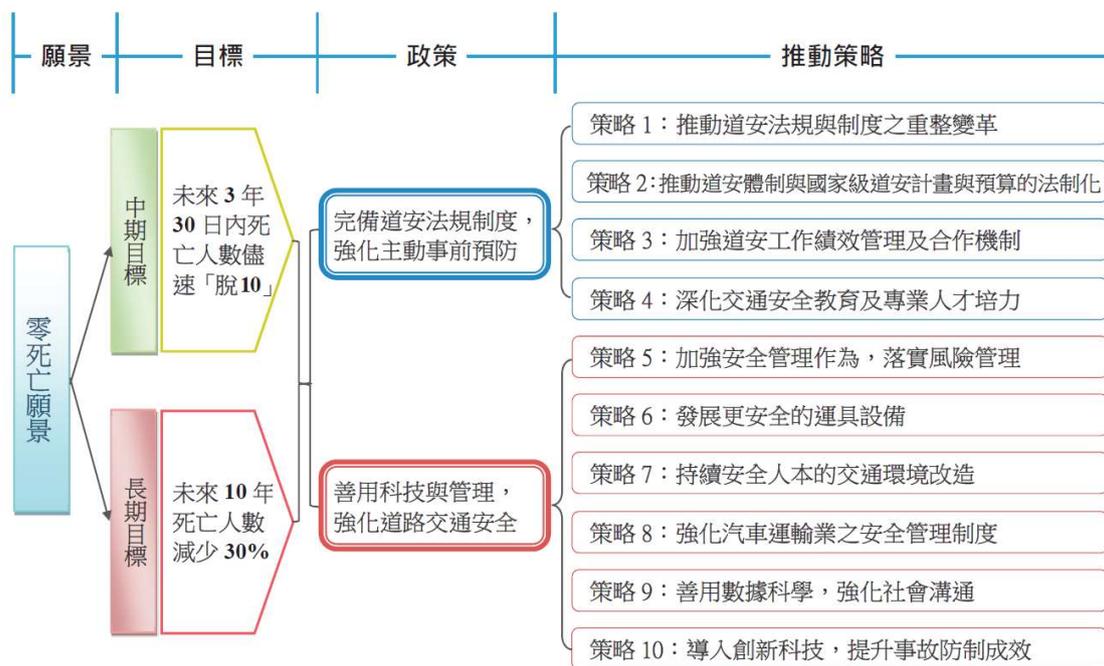


圖 3-1 道路安全政策願景、目標、政策與推動策略

再者，我國第 13 期院頒「道路交通秩序與交通安全改進方案」亦擬定我國道路安全施政方針，該院頒方案包含跨中央部會及各級政府的道安整合實施策略與計畫，需中央各相關部會與地方政府合力推動，而第 13 期的終極目標為「零死亡、零重傷」，實施期限自 108 年 1 月 1 日起至 111 年 12 月 31 日止，為期 4 年。院頒方案內容主要係參考道路車流環境及歷年交通事故的特性，擬定四年道安政策採行的 10 大實施策略，並訂定七大區分項，其下共含 40 個工作要項，122 項行動方案；院頒方案所需經費，由中央機關部會主管機關（單位）及直轄市、縣（市）政府主管機關（單位）自行編列年度預算，並將汽車燃料使用費分配於道路交通安全管理部分；另交通違規罰鍰中規定用於交通安全之經費，專用於院頒方案之推行。經檢視第 13 期院頒方案內容後，初步探討可考量利用駕駛模擬研究的方向包括第二區分項「加強道路

交通工程設施與管理」中的第(一)友善機車行車環境；(二)高齡化交通環境的通用設計；(三)行人、學童、行動不便者等弱勢族群用路安全；(四)自行車用路安全；(五)善用道安資料平台分析易肇事地點與改善；(六)提升道路交通工程人員專業職能；(七)速度管理；(八)道路施工安全；(九)高速快速公路交通安全管理等工作要項，以及第三區分項「強化公路監理執行與管理」中的第(二)推動機車考訓改革工作要項。

此外，參考本所組織職掌、功能定位及未來五年研究藍圖，有關駕駛模擬研究之研究方向、議題及需求，可從「運輸安全組 111~115 年施政主軸」針對安全用路人、車、環境及法制等 4 個面向，歸納適當之議題(如圖 3-2 所示)。除了前述之上位指導政策之外，亦可透過交通部道安會執行的道安平臺觀測指標與道安資訊查詢網，瞭解全國或各縣市主要的道安議題，進一步據以找出相關的研究主題。

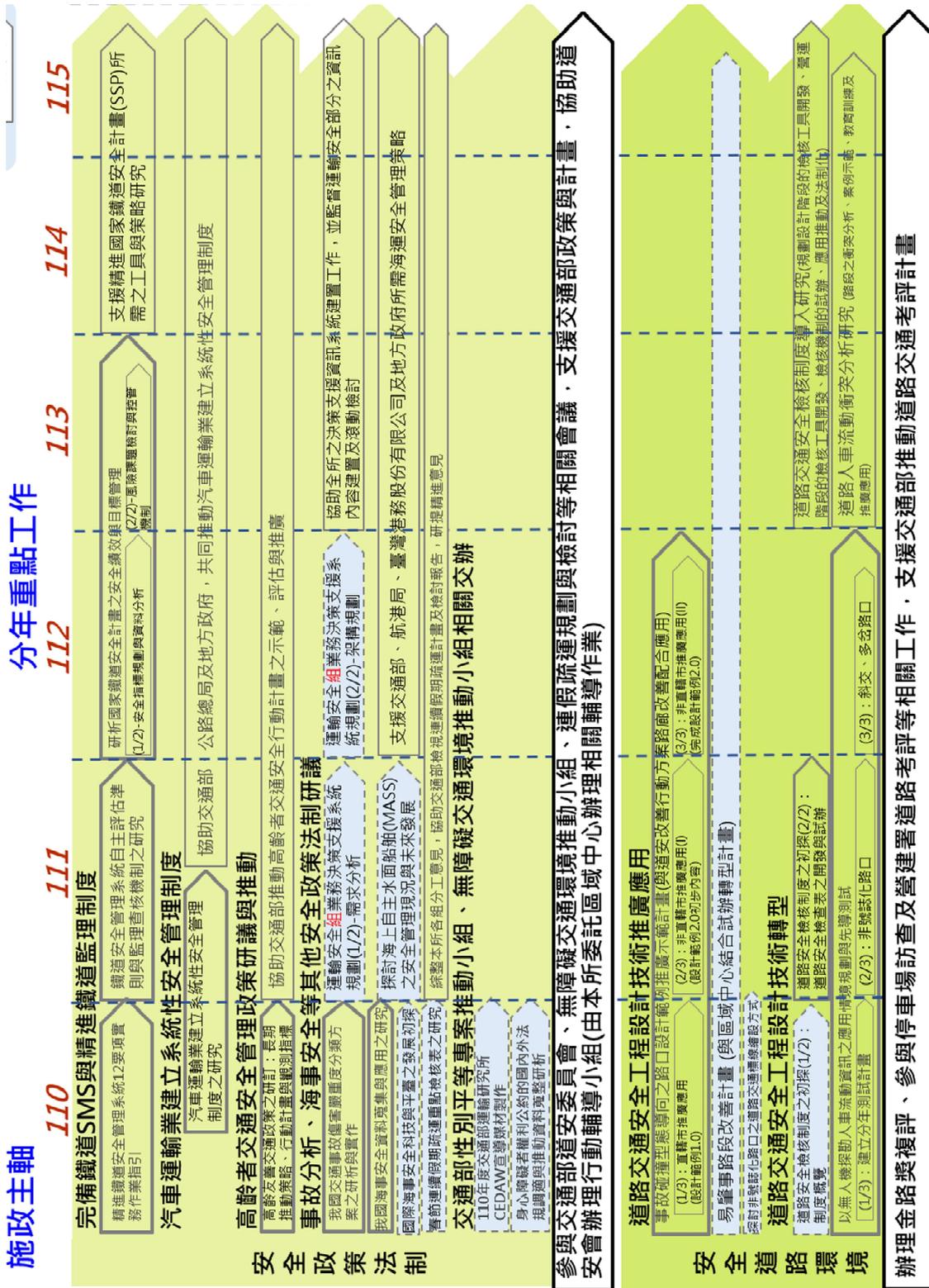


圖 3-2 本所運輸安全組 111-115 年施政主軸

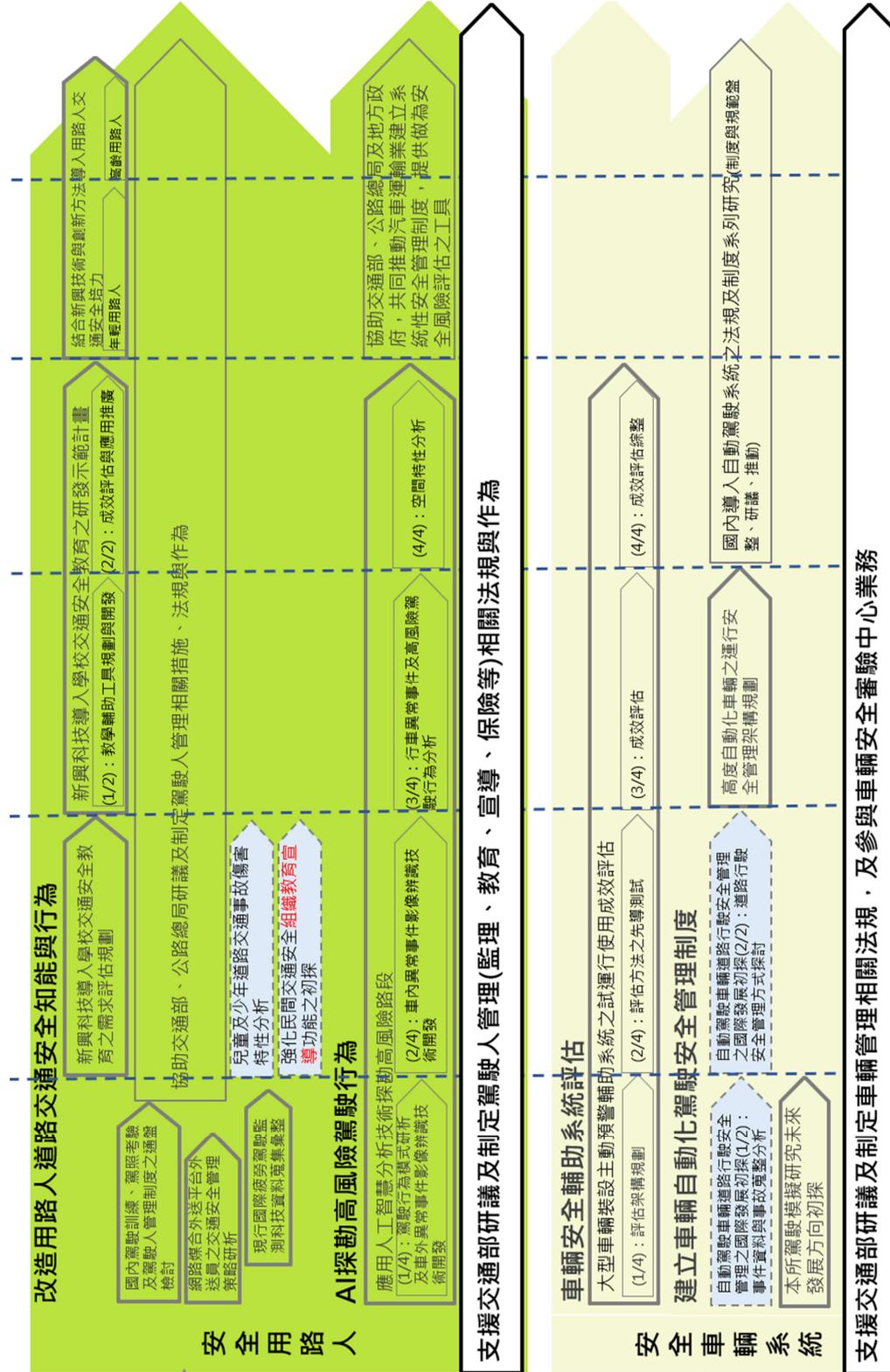


圖 3-2 本所運輸安全組 111-115 年施政主軸(續)

結合以上所述，本計畫盤點運輸政策白皮書-運輸安全分冊、第 13 期院頒「道路交通秩序與交通安全改進方案」及本所運輸安全組施政主軸後，初步依用路人、車輛系統、道路環境等因素，歸納國內未來道路安全改善，駕駛模擬工具支援之研究課題方向(如圖 3-3 所示)，內容涵蓋「用路人與車輛系統」及「用路人與道路環境」之用路人行為分析、駕駛適性評估、交通工程設施設計、安全方案改善成效評估、車輛系統設計與人因安全、以及教育訓練工具等。



圖 3-3 國內駕駛模擬研究課題方向

3.2 國內外駕駛模擬研究之發展特性歸納

有鑑於回顧國內外駕駛模擬器發展與應用，及探討國內交通安全政策方向之後，因發展目的、程度及需求未盡相同，爰本節歸納國內外駕駛模擬研究之發展特性，說明如下：

一、 駕駛人、車輛及環境等發展面向廣泛

駕駛模擬研究可在安全環境下，測試高風險與實車不易觀測之情境，並具有可重複性與透過實驗安排控制干擾變因，獲取有效數據資料的優勢，歸納前述可研究議題十分廣泛，常見者包含駕駛人行為、生心理因素、高齡與特定族群(如酒駕、藥物)之駕駛適性；駕駛道路環境如號誌標誌標線、自然災害訊息對駕駛行為造成之影響；車輛系統如先進輔助警示設備、自動駕駛功能對駕駛人因評估等研究內容及面向十分廣泛，涉及許多探討議題之研究目的。此外，有鑑國外模擬研究單位之技術發展快速，模擬平臺發展遽然多變，如要建造單一種駕駛模擬器而滿足各種研究情況而發展駕駛模擬設備，並非為世界趨勢。

二、 駕駛模擬器之精度與複雜度差異甚大

依模擬器類型分類，從複雜到簡易包括移動平臺、多軸運動平臺、固定座、桌上型駕駛模擬器以及運用頭盔式 VR 虛擬實境進行研究，運具分類除小型車外，包括大型車、機車、自行車、代步車模擬器以及建置行人模擬環境等，涉及研究目的、議題、所需量測精度，以及可用資源與成本之不同，會決定建置模擬器的類型與複雜度，惟其間之選擇似並無一絕對明確的標準。例如，日本東京大學以電動六軸運動平臺進行道路改善工程及模擬汽車駕駛人研究，而荷蘭格羅寧根大學的固定平臺同樣可進行道路設施工程及汽車駕駛人因分析等研究；另外，移動平臺式模擬器，可模擬出車輛加速度及煞車的運動表現，駕駛人行為更能接近於真實世界駕車之反應，美國愛荷華大學的 NADS-1、瑞典 VTI、德國 BMW 車廠之駕駛模擬器均屬之，而簡易型式如固定座及桌上型模擬器，亦有廣泛用於駕駛人生心理能力、不同標誌標線方案之行為反應等探討行為特性與設施安全效果之基礎研究。

三、 學術研究單位、政府部門及車商產業發展方向不同

就所蒐集國內外駕駛模擬器建置單位可發現，包括日本、美國、英

國、荷蘭、德國、澳洲及我國，均有以大學為主體之學術研究單位建置駕駛模擬器，亦有政府部門建置如美國 FHWA 委由愛荷華大學負責營運與維護、瑞典 VTI 等；此外，另有車廠或車輛產業等建置單位，如德國 BMW 及我國 ARTC 等，學界、政府、車輛產業之建置目的與應用可能有所差異。駕駛模擬器之建置與應用，涉及跨領域包括交通、心理、資訊、機械等學域，需有車輛機構硬體、實驗情境軟體設計、實驗設計規劃與分析等專業人力，亦有許多學術研究單位如綜合性大學，在跨領域人才與資源較易整合，且擔負前瞻型之學術研究，故在學校鼓勵研究、發表論文增進學校研究水平誘因下，願意投入資源發展駕駛模擬之研究；另因投入資源龐大，結合外部跨域資源達到專業分工，學術研究單位亦可能尋求政府部門或車廠之合作，例如，美國愛荷華大學受 FHWA 委託負責營運與維護駕駛模擬器，可達政府應用與學術研究需求之共享目的。此外，車輛產業為其產品功能開發、產品安全性能評估之目的所需，亦自主建置駕駛模擬器，如前述 BMW 及 ARTC 等。

3.3 本所模擬研究之未來發展建議

3.3.1 本所辦理專家學者座談會之建議

本計畫為進一步探討駕駛模擬研究之研究方向、議題及需求，於 110 年 12 月 16 日辦理專家學者座談會(如附錄 8)，簡述重點如下：

1. 駕駛模擬研究在於發現問題，而非解決問題，過分追求高極致駕駛模擬水準之駕駛模擬情境，並非模擬研究之目的。情況許可宜強化自然觀察法替代駕駛模擬工具，以實車方式觀察駕駛人行為、風險及威脅。
2. 仿真度會影響到研究項目與成果，駕駛模擬研究宜著重在如何建構接近真實情況的模擬環境。但是，仿真畢竟還達不到實車駕駛的一半真實感，因此，模擬程度無論多逼真，效果仍有其限度。

3. 虛擬實境設備除了應用於駕駛研究體驗用途外，在駕駛訓練作業上亦是有價值之工具，若後續有建置汽、機車駕駛人教育訓練需求，建議宜檢視並討論應用頭戴式 VR 虛擬實境設備建置視覺系統，以降低建置成本。
4. 可朝駕駛人因研究、道路環境、自駕車及車輛設備開發等研究課題，另亦可朝區分駕駛人風險感知訓練及基礎研究等方向發展，惟不同研究取向需視投入機構之研究目的而定，例如模擬研究自駕車及車輛設備屬車輛產業專業、模擬訓練駕駛人風險感知屬公路監理業務，應考量業務分工。
5. 公路監理機關可考量利用駕駛模擬器協助機車路考，提供高齡駕駛、新手駕駛與機車外送員教育訓練，並透過駕駛模擬訓練的方式得知大型車事故率原因及情境，也可進行發展駕駛人考照訓練用之駕駛模擬設備，以提升駕駛人面對各式風險情境之能力。
6. 由於模擬場景設計研製和駕駛行為研究均耗費人力、時間與資源，受限於單一實驗室的資源有限，宜整合資源發展，讓有意願與需要使用駕駛模擬設備的單位可以使用共同開發之場景，讓人力可以專注項目研究發展。
7. 若缺乏建置與維護駕駛模擬器的技術人員，如機械、場景設計等專業，較不適合採自建的方式。以本所目前專業人力組成，縱使有經費資源，是否適合重新自行建立駕駛模擬實驗室，仍需審慎評估，未來可進一步評估與產學研合作的可能方式。

3.3.2 本所自建駕駛模擬器之維運評估

本所駕駛模擬器建置於民國 86 年，至今已近 33 年。開發期間模擬器經歷了擴充相關應用設備，以及改裝模擬器車體，於發展過程中的系統檢整內容更是不勝枚舉。然而，隨著系統零件的老舊以及電腦設備

的推陳出新，都已直接與間接關係到駕駛模擬器的使用效能。

惟有鑑於本所駕駛模擬設備明顯老舊、功能效率明顯降低，對於支援相關研究案已明顯減少，近年已無預算編列維運經費。爰此，本所於 108 年 6 月 11 日召開「本所(運安組)現有系統、軟體、平台、APP 及網站討論會議」及 109 年 12 月 16 日辦理研究會談，簡要說明本所駕駛模擬器情形如下：

1. 設備明顯老舊且更換不易

經多方評估及使用經驗結果下，本所駕駛模擬器設備老舊、精度控制不易、耗材短缺及維護成本漸增情況等，已無法應付現階段多樣態駕駛模擬情況。例如，本所駕駛模擬器屬客製化設計，若遇硬體設備磨損、毀壞等情形，均有賴原專業團隊研製客製化設計之零組件維修，造成零件更換不易。

2. 重新建置及長期維運所需資金龐大

倘若本所進行系統全部汰換重新開發，重組專業研究團隊及建立相關技術等，恐需大量資源投入。例如，本所過去為辦理駕駛模擬器相關研究工作，除 88、89、99、109、110 及 111 年度外，每年度均編列相關預算。另除早年購置軟硬體成本外，還需給付研究情境開發之成本(有研究案進行年有 87、91、93、94、95、98、100 及 101 年)，由專業技術人員協助實驗進行，另每年仍需編列購置金額之 10%至 15%的維護成本。

3. 原有廠商專業團隊已解散

因原有廠商專業團隊已解散，重要設施維修及替換不易，因此，本所駕駛模擬器後續維護及維修已面臨技術上之困境。誠如前述所言，本所駕駛模擬器屬客製化設計，所有設備均仰賴廠商團隊研製客製化設

計之零組件及維修，爰以既有模擬器維運更新已不符成本效益。

4. 運用其他學研機構設備較可符合資源共享原則

許多已建立模擬器之學研單位傾向以專案合作方式辦理，主要係考量模擬器維運有較高成本，如硬體限制、軟體相容問題及模擬情境設計等，使得該單位等缺乏租借意願。惟較傾向以合作研究發展，本所即便無自建之模擬設備，若有研究需求，可考量採專案研究方式與其進行相關合作，當可更有效發揮資源共享效果。

綜上所述，本所因現況設備老舊，精度不足，所需零件替換不易，持續維運已不符合成本效益。未來模擬研究可朝善用國內其他學研機構設備，並以專案研究方式合作可符合資源共享原則。

3.3.3 本所駕駛模擬研究定位及發展方向

參考前述國內道路交通安全研究方向、國內外駕駛模擬研究議題、設備與執行單位特性歸納，並檢視本所自有模擬器維運評估經驗，以及召開專家座談會之專家意見，本所駕駛模擬研究定位與發展方向研析如下：

一、 研究定位

國內外道路交通安全模擬研究含括面向甚廣，包括駕駛人因、道路環境、車輛系統發展等研究，模擬器主要用途又可區分研究及訓練兩大範疇，不同模擬研究取向或設備用途涉及投入機構之研究目的與機構任務而定，例如模擬研究若主要涉及車輛設備開發屬車輛產業需求、模擬訓練駕駛人駕駛能力屬公路監理業務，應考量業務分工。

本所為支援交通部政策之主要研究智囊，駕駛模擬研究在於發現問題，預先進行研究評估，並可用於無法採自然觀察法實車研究之替代

研究或實車行為評估之先導研究，未來若啟動模擬研究，可考量以圖 3-3 國內駕駛模擬研究課題方向中，探討「用路人與車輛系統」，以及探討「用路人與道路環境」之道安相關議題兩大主軸為發展方向，說明如下：

1. 「用路人與車輛系統」課題：包括駕駛人因(如分心、疲勞、車內設備影響、工作負荷等)、駕駛行為選擇(如速度、違規或錯誤行為、決策判斷等)、駕駛適性(如反應能力、疾病、酒精藥物影響等)，尤其許多事故危害之肇因，在道路交通事故調查報告表之肇因欄不易取得真實情形如駕駛人超速或速度不當、駕駛人分心、駕駛人身心狀況退化等，設計適當情境之駕駛模擬研究，可預先發現問題，協助支援交通部政策之發展與評估，例如我國高齡化社會所帶來駕駛人因、行為及適性的改變。另因應車輛主動預警及自動化程度功能提升，亦可運用自駕車道路行駛之人員接管安全評估及車輛安全輔助系統成效評估等。
2. 「用路人與道路環境」課題：除用路人因素影響交通安全外，包括道路與交通工程設施及天候環境因素亦為主要影響安全的因子，駕駛模擬研究可廣泛應用於駕駛人與車外道路環境因素互動對安全績效的影響，例如道路幾何設計、道路設施速度控制、標誌標線號誌、惡劣天候影響等面向。我國道路標誌標線號誌設置規則，常有道路主管機關建議試辦新型設施並研提法規修正，另科技執法設備如固定或區域測速照相對駕駛人行為影響，以及道路工程設施如路口路型改變與交通寧靜區等，均為模擬研究可支援國內交通施政之議題。

二、發展方向

前述本所模擬研究定位，可優先針對國內交通安全方向中「用路人與車輛系統」及「用路人與道路環境」兩大主軸研究課題，做為基礎行為研究或方案評估之工具，鑒於本所既有模擬器屬客製化，軟硬體維護

及場景開發均採委外方式，惟模擬器維運涉及機械、資訊、交通甚至行為科學等跨領域學域，原委託廠商團隊已解散，現有設備老舊，持續維運面臨技術困難，已不符合成本效益，爰自 108 年起已無編列經費維運。

本計畫辦理專家學者座談會之研究建議方向可知，與會專家學者認為模擬研究需高度仰賴專業人力、耗費時間與資源，並受限於單一實驗室的資源有限，宜整合資源發展。因此本所若有模擬研究需求，應朝善用國內其他學研機構設備，以專案研究方式編列經費，與有意願且具有模擬器實驗設備之學校或團體，進行專案研究，俾符合資源共享原則。

經本計畫廣泛盤點國內外相關模擬研究定位工作可知，目前國際主流多由學術單位與車輛產業建置模擬實驗設備，基於建置模擬實驗室涉及龐大資源投入，包括跨領域專業人力需求與設備維持、考量建置維運之成本效益，以及既往本所模擬器維運所遭遇困境，爰現階段本所尚不適合自建相關駕駛模擬研究工具。

第四章 結論與建議

本計畫目的在探討本所未來於駕駛模擬應用及研究發展的角色，並透過國內外駕駛模擬器之應用情形，研擬本所在駕駛模擬研究之發展方向。因此，本計畫依據國內外駕駛模擬器資料相關文獻及應用情況，瞭解國際先進國家所建置駕駛模擬器情形與發展，並訪談國內 ARTC、國立臺北科技大學及國防大學等，以分析我國與國際駕駛模擬器之發展差異及趨勢，進而歸納本所未來在駕駛模擬研究之可能方向。爰此，本計畫具體的結論與建議如下。

4.1 結論

- (一) 歸納國內外駕駛模擬研究之優勢與挑戰發現，駕駛模擬研究具有可控性、再現性及標準化的駕駛模擬條件、易於蒐集駕駛數據、避免因駕駛所產生的人身傷亡風險，以及具有新的反饋和引導機會等優勢。挑戰方面則是有限制的身體、知覺和行為仿真程度、駕駛模擬器無法證明模擬的有效性，以及使用模擬器會產生動暈之問題。
- (二) 駕駛模擬研究可探討之議題十分廣泛，如駕駛人因行為、高齡與特定族群之駕駛適性；道路誌標誌標線、自然災害訊息對駕駛行為造成之影響；先進輔助警示設備、自動駕駛功能對駕駛人因評估等，皆涉及許多研究議題之目的。另有鑑國外模擬研究單位之技術發展快速，模擬平臺發展遽然多變，如要建造單一種駕駛模擬器而滿足各種研究情況而發展駕駛模擬設備，並非為世界趨勢。
- (三) 依模擬器類型從複雜到簡易包括移動平臺、多軸運動平臺、固定座、桌上型駕駛模擬器以及運用頭盔式 VR 虛擬實境等，諸模擬器類型皆涉及研究目的、議題、所需量測精度，以及可用資源與成本之不同，會決定建置模擬器的類型與複雜度，惟其間之選擇似並無一絕對明確的標準。

(四)蒐整國內外駕駛模擬器建置單位可發現，國外先進國家及我國，許多均以大學為主體之學術研究單位建置駕駛模擬器，亦或由車廠或車輛產業建置，如德國 BMW 及我國 ARTC 等，少部分由政府部門自建維運。此外，學術研究單位亦可能尋求政府部門或車廠之合作，如美國愛荷華大學受 FHWA 委託負責營運與維護駕駛模擬器，可達政府應用與學術研究需求之共享目的。

4.2 建議

(一)國內外道路交通安全模擬研究含括面向甚廣，包括駕駛人因、道路環境、車輛系統發展等研究，模擬器主要用途又可區分研究及訓練兩大範疇，不同模擬研究取向或設備用途涉及投入機構之研究目的與機構任務而定，例如模擬研究若主要涉及車輛設備開發屬車輛產業需求、模擬訓練駕駛人駕駛能力屬公路監理業務。爰此，建議模擬研究應考量業務分工。

(二)本所為支援交通部政策之主要研究智囊，駕駛模擬研究在於發現問題，預先進行研究評估，並可用於無法採自然觀察法實車研究之替代研究或實車行為評估之先導研究，未來若啟動模擬研究，建議可參考本計畫圖 3-3 國內駕駛模擬研究課題方向中，探討「用路人與車輛系統」，以及探討「用路人與道路環境」之道安相關議題兩大主軸為發展方向。

(三)經召開專家學者座談會，與會專家學者認為模擬研究需高度仰賴專業人力、耗費時間與資源，並受限於單一實驗室的資源有限，宜整合資源發展。因此，本所若有模擬研究需求，應朝善用國內其他學研機構設備，以專案研究方式編列經費，與有意願且具有模擬器實驗設備之學校或團體，進行專案研究，俾符合資源共享效果。

(四)經廣泛蒐整國內外相關模擬研究定位工作可知，目前國際主流多由學術單位與車輛產業建置模擬實驗設備，基於建置模擬實驗室涉及龐大資源投入，包括跨領域專業人力需求與設備維持、考量建置維護之成本效益，以及既往本所模擬器維護所遭遇困境，爰本所現階段尚不適合自建相關駕駛模擬研究工具。

參考文獻

1. 應用駕駛模擬器開發智慧型運輸系統實驗平臺之軟硬體規劃設計(2/4) - 駕駛人行為反應基本資料庫之建立與分析，交通部運輸研究所報告，民國 95 年。
2. 駕駛模擬儀應用在標誌與標線設施對駕駛者速度選擇的影響研究，交通部運輸研究所報告，民國 108 年。
3. 高齡者之駕駛模擬儀學習效果與作業負荷，交通部運輸研究所報告，民國 104 年。
4. Investigating the effect of marking and delineation treatments on driver behavior at highway exit gore areas，
5. 大門(2019)ドライバーの意思決定による自動運転から手動運転への段階的解除方法に関する研究，2019
6. 大門等人(2019)，自動運転から手動運転への段階解除過程におけるドライバー支援のための情報コンテンツに関する基礎的研究
7. 大門(2020)，自動運転車と歩行者・交通参加者とのコミュニケーション
8. 北村等人(2020)，自動運転バスの減速挙動と外向け HMI による譲り意図の提示が歩行者へ与える影響
9. 榊 想太郎、丸山 喜久，自動車運転者の津波避難実験のためのドライビングシミュレータの構築，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) 2014 年 70 卷 4 号 p. I_384-I_3922014
10. 丸山 喜久、山崎 文雄(2005)，ドライビングシミュレータを用いた地震動早期警報の効果検討，土木学会論文集 2005 年 2005 卷 787 号 p. 787_177-787_186
11. Matthew R. E. Romoser and Donald L. Fisher(2009), "The Effect of Active Versus Passive Training Strategies on Improving Older Drivers' Scanning in Intersections", Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol.51 issue: 5, pp.652-668
12. Melanie Karthaus, Edmund Wascher, Michael Falkenstein and Stephan Getzmann(2019), "The ability of young, middle-aged and older drivers to inhibit visual and auditory distraction in a driving simulator task",

Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol.68, pp. 272-284

13. A. Vakulin, BSc et al.(2007), "Sleep", Volume 30, Issue 10, October 2007, pp. 1327-1333,
14. Cole D. Fitzpatrick, Siby Samuel and Michael A. Knodler Jr.(2017), "The use of a driving simulator to determine how time pressures impact driver aggressiveness", Accident Analysis and Prevention, Vol. 108, pp. 131-138
15. P. Imants , J. Theeuwes , A.W. Bronkhorst and M.H. Martens(2021), "Effect of multiple traffic information sources on route choice: A driving simulator study ",Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour, Vol. 81, pp.1-13
16. Ryuichi Umeno, Makoto Itoh and Satoshi Kitazaki(2018), "Influence of automated driving on driver's own localization: a driving simulator study", Journal of Intelligent and Connected Vehicles, Vol.1, Issue 3
17. Daniele Sportillo , Alexis Paljica and Luciano Ojedab(2018), "Get ready for automated driving using Virtual Reality", Accident Analysis and Prevention, Vol. 118, pp. 102-113
18. Madhav V. Chitturi, Ibrahim Alsghan, Kelvin R. Santiago, and David A. Noyce(2017), "Field Evaluation of Elongated Pavement Marking Sign", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol.: 2624, pp. 28-37
19. Xiaohua Zhao, Yunjie Ju , Haijian Li, Changfen Zhang and Jianming Ma(2020), "Safety of Raised Pavement Markers in Freeway Tunnels Based on Driving Behavior", Accident Analysis and Prevention, Vol. 145, 105708
20. Qinaat Hussain et al. (2021), "Optical pavement treatments and their impact on speed and lateral position at transition zones: A driving simulator study", Accident Analysis and Prevention, Vol. 150, 105916
21. Natasha Mera and A. Hamish Jamson(2013), "The effect of three low-cost engineering treatments on driver fatigue: A driving simulator study", Accident Analysis and Prevention, Vol. 50, pp. 8-15
22. Dario Babi 織 c and Tom Brijs (2021), "Low-cost road marking measures for increasing safety in horizontal curves: A driving simulator study", Accident Analysis and Prevention, Vol. 153, 106013

23. Stijn Daniels, Jan Vanrie, An Dreesen and Tom Brijs(2010), "Additional road markings as an indication of speed limits: Results of a field experiment and a driving simulator study", Accident Analysis and Prevention, Vol.42, pp. 953-960
24. Junyu Hang, Xuedong Yan, Lu Ma, Ke Duan and Yuting Zhang(2018),"Exploring the effects of the location of the lane-end sign and traffic volume on multistage lane-changing behaviors in work zone areas: A driving simulator-based study", Transportation Research Part F, Vol. 58, pp. 980-993
25. Siwei Ma and Xuedong Yan(2021), "Examining the efficacy of improved traffic signs and markings at flashing-light-controlled grade crossings based on driving simulation and eye tracking systems", Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour , Vol. 81, pp.173-189
26. A. Mashko, P. Bouchner, D. Rozhdestvensky and S. Novotn 贏(2016), "Virtual Traffic Signs - Assessment of an Alternative ADAS User Interface with Use of Driving Simulator", Advances in Transportation Studies, Issue 1, pp 37-50.
27. 轟中洋等人(2019)，シミュレータを用いた自動運転車ドライバーの行動分析，日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 2019.25 卷 (2019)
28. 萩原亨等人(2019)，ドライビングシミュレータを用いた ACC 利用時の冬期路面におけるドライバのオーバーライドに関する研究，自動車技術会論文集 2019 年 50 卷 4 号 p. 1095-1101
29. 古賀亮太郎等人(2020)ドライビングシミュレータを用いた大地震における運転行動解析，交通工学論文集 2020 年 6 卷 4 号 p. A_71-A_78
30. 山中英生等人(2017)ドライビングシミュレータを用いた細街路交差点での自転車通行方向の安全性評価，土木学会論文集 D3(土木計画学) 2017 年 73 卷 5 号 p.I_705-I_710
31. 遠藤史貴、清原良三，手動運転車両のドライバの自動運転車両の挙動認識評価，研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ Vol.2017-ITS-68 No.2 p1~6
32. 飯田健太、小根山裕之(2017)，出口順番を明示したラウンドアバ

- ウト環道内案内標識に関する評価実験，交通工学論文集，第3巻，第2号(特集号A)，pp.A_163-A_171，2017.2
33. 山中英生等人(2017)，ドライビングシミュレータを用いた信号交差点左折時の自転車安全対策の評価実験，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.73，No.5(土木計画学研究・論文集第34巻)，I_717-I_722，2017.
 34. 韓亜由美(2011)，視知覚情報にもとづく道路シーケンスデザインによる走行制御効果の検証，生産研究63巻2号(2011)
 35. 坂本真人等人(2010)速度 レーン道路標示を再現した簡易的なドライビングシミュレータの試み，宮崎大学工学部紀要第39号
 36. 織田利彦等人(2008)，路面状況がジレンマゾーン走行中のドライバー挙動に及ぼす影響，生産研究60巻4号(2008)
 37. 塩田祐也等人(2020)，ドライビングシミュレータ実験による逆走ドライバーの視行動の特徴に関する分析，交通工学論文集，第6巻，第2号(特集号B)，pp.B_29 - B_36，2020.2
 38. 李東起(2012)，ドライビング・シミュレータを用いた自動車運転時の看板の見つけやすさに関する研究，日本建築学会技術報告集第18巻第38号，287-291，2012年2月
 39. 永見豊、長谷川匠(2014)，シーケンスに配慮した街路空間における交通安全看板の設置提案，日本デザイン学会 デザイン学研究 BULLETIN OF JSSD 2014
 40. 尾崎拓磨等人(2017)，走行速度を抑制する路面デザイン，日本デザイン学会 デザイン学研究 BULLETIN OF JSSD 2017
 41. 永見豊等人(2020)，ドライブシミュレータを用いた高速道路サグ部における路面標示対策による速度回復評価，交通工学論文集，第6巻，第4号(特集号A)，pp.A_1 - A_5，2020.4
 42. 永見豊等人(2017)，アナモルフォーシスを用いた路面立体標示のデザイン，交通工学論文集，第3巻，第2号(特集号A)，pp.A_230-A_237，2017.2
 43. 永見豊、木村聡汰(2020)信号なし横断歩道においてドライバに一

44. Han Dinga, Xiaohua Zhaoa, Jian Ronga, Jianming Ma (2013), Experimental research on the effectiveness of speed reduction markings based on driving simulation: A case study, *Accident Analysis and Prevention* 60 (2013) 211–218
45. V. Ross et al. (2021), Investigating the effect of marking and delineation treatments on driver behavior at highway exit gore areas, *Accident Analysis and Prevention* 161 (2021) 106362
46. Jansson, Jonas & Sandin, Jesper & Augusto, Bruno & Fischer, Martin & Blissing, Björn & Källgren, Laban. (2014). Design and performance of the VTI Sim IV. New development in driving simulation design and experiments: *Driving simulation conference Europe 2014 proceedings*, Paris, 2014, p. 4.1-4.7.
47. A M Khadeir et al 2021 Building and validation of a low-cost driving Simulation, *J. Phys.: Conf. Ser.* 1973 012046.

附錄 1

研究成果彙整表

年份	文獻名稱	資料來源
1990	Feasibility study and conceptual design of a National Advanced Driving Simulator	https://trid.trb.org/view/345461
1994	The Software Architecture for Scenario Control in the Iowa Driving Simulator	http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.55.8763&rep=rep1&type=pdf
1994	The Iowa Driving Simulator: a tool for human factors and vehicle virtual prototyping research	https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJHVS.1994.054528
1995	The Iowa driving simulator: an immersive research environment	https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48025644/2.https://reurl.cc/15xOLj
1996	Driving Simulator Tests of Lane Departure Collision Avoidance Systems	https://trid.trb.org/view/463681
1996	The National Advanced Driving Simulator: Potential Applications to ITS and AHS Research	https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.501.3624&rep=rep1&type=pdf
1996	Driving simulation: challenges for VR technology	https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/536270/authors#authors
1997	The Iowa Driving Simulator: Using Simulation for Human Performance Measurement	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233763/
1997	Simulated Car Crashes and Crash Predictors in Drivers With Alzheimer Disease	https://jamanetwork.com/journals/jamaneurology/article-abstract/594556
1997	Collision Avoidance Behavior of Unalerted Drivers Using a Front-to-Rear-End Collision Warning Display on the Iowa Driving Simulator	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/1573-01
1999	Examination of Drivers' Collision Avoidance Behavior Using Conventional and Antilock Brake Systems on the Iowa Driving Simulator	https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=ppc_human_factors
1999	Driver Crash Avoidance Behavior with ABS in an Intersection Incursion Scenario on the Iowa Driving Simulator	https://www.jstor.org/stable/44733890
2000	Effects of fexofenadine, diphenhydramine, and alcohol on driving performance: a randomized, placebo-controlled trial in the Iowa driving simulator	https://www.acpjournals.org/doi/abs/10.7326/0003-4819-132-5-200003070-00004
2000	Driver Reaction Time in Crash Avoidance Research: Validation of a Driving Simulator Study on a Test Track	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/154193120004402026
2000	A Synthesis of Simulator Sickness Studies Conducted in a High-Fidelity Driving Simulator	http://www.nads-sc.uiowa.edu/publications.php?specificPub=N2000-009
2002	Effect of Warning Timing on Collision Avoidance Behavior in a Stationary Lead Vehicle Scenario	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/1803-01
2002	Driver distraction, warning algorithm parameters, and driver response to imminent rear-end collisions in a high-fidelity driving simulator	https://ntlrepository.blob.core.windows.net/lib/19000/19400/19457/PB2002107241.pdf

2002	Comparison of Driver Braking Responses in a High-Fidelity Simulator and on a Test Track	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/1803-09?journalCode=trra
2003	Motion characteristics of the national advanced driving simulator	https://www.researchgate.net/publication/228846941_Motion_characteristics_of_the_national_advanced_driving_simulator
2009	The Effects of Anabolic Steroids on Driving Performance as Assessed by the Iowa Driver Simulator	https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00952999709016900
2012	The National Advanced Driving Simulator (NADS) Description and Capabilities in Vision-Related Research	https://www.researchgate.net/publication/255710841_The_National_Advanced_Driving_Simulator_NADS_Description_and_Capabilities_in_Vision-Related_Research
2013	Distraction Detection and Mitigation Through Driver Feedback	https://trid.trb.org/view/1251342
2013	Exploratory Advanced Research: Making Driving Simulators More Useful for Behavioral Research – Simulator Characteristics Comparison and Model-based Transformation	http://www.nads-sc.uiowa.edu/publicationStorage/20131399331159.N2013-016_Making%20driving%20simul.pdf
2015	Making Driving Simulators More Useful for Behavioral Research— Simulator Characteristics Comparison and Model-Based Transformation	https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/ear/15016/15016.pdf
2015	Evaluation of Adaptive Cruise Control Interface Requirements On the National Advanced Driving Simulator	https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/812172-evaluadaptvcruiasecontrlintrfcrequiremtnads.pdf
2015	NADS Imaging System Upgrade	http://www.nads-sc.uiowa.edu/publicationStorage/20151492092609.N2015-023_NADS%20Imaging%20System%20.pdf
2015	Creating Pedestrian Crash Scenarios in a Driving Simulator Environment	https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15389588.2015.1015001?needAccess=true
2017	Replicating Test Track Protocols in a Simulator; What Needs to be Matched?	https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1641&context=drivingassessment
2017	Examining the Effectiveness of Forward Collision Warnings for Drowsy Drivers	https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1652&context=drivingassessment
2018	Effects of alcohol at 0.05% blood alcohol concentration (BAC) on low speed urban driving	https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15389588.2018.1532220
2019	Driver brake response to sudden unintended acceleration while parking	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198219300399
2019	Variability of baseline vehicle control among sober young adult cannabis users: A simulator-based exploratory study	https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15389588.2019.1661676
2020	Testing and use of a PC-based tractor driving simulator to examine the impact of age and	https://iro.uiowa.edu/discovery/delivery?vid=01IOWA_INST:ResearchRepository&repI

	hypertension medication on selected driving performance measures	d=12779536650002771#13779536640002771
--	--	---

附錄 2

麻州大學(UMass)研究成果彙整表

年份	文獻名稱	資料來源
2000	The framing of drivers' route choices when travel time information is provided under varying degrees of cognitive load	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1518/001872000779698088
2002	Freeway Guide Sign Design with Driving Simulator for Central Artery-Tunnel: Boston, Massachusetts	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/1/1801-02
2002	Drivers' Understanding of Overhead Freeway Exit Guide Signs: Evaluation of Alternatives with an Advanced Fixed-Base Driving Simulator	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/1/1803-14
2003	Driver Understanding of the Green Ball and Flashing Yellow Arrow Permitted Indications: A Driving Simulator Experiment	https://reurl.cc/NZ7oN9
2003	Use of Driving Simulator to Evaluate the Effect of Repetition on Variable Message Signs	https://www.nads-sc.uiowa.edu/dscna/2003/papers/Dutta_Use%20of%20Driving%20Simulator%20to%20Evaluate%20the%20....pdf
2004	Signing Two-Lane Freeway Exits with an Option Through Lane in Extreme Conditions: Anatomy of Drivers' Behavior	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/1/1899-05
2005	Use of a driving simulator to evaluate and optimize factors affecting understandability of variable message signs	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847804000361#aep-keywords-id12
2005	Using Eye Movements To Evaluate Effects of Driver Age on Risk Perception in a Driving Simulator	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1518/001872005775570961
2005	Evaluation of Traffic Signal Displays for Protected Permissive Left-Turn Control Using Driving Simulator Technology	https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:4(270)
2006	Can novice drivers be trained to scan for information that will reduce their likelihood of a crash?	https://injuryprevention.bmj.com/content/12/suppl_1/i25.short
2006	Risk Perception Training for Novice Drivers: Evaluating Duration of Effects on a Driving Simulator	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0361198106196900108
2007	Hazard Anticipation of Novice and Experienced Drivers: Empirical Evaluation on a Driving Simulator in Daytime and Nighttime Conditions	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2009-01
2007	Evaluating Effect of Two Allowable Permissive Left-Turn Indications	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2018-08
2007	Empirical Evaluation of Hazard Anticipation Behaviors in the Field and on Driving Simulator Using Eye Tracker	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2018-11
2009	The Effect of Active Versus Passive Training Strategies on Improving Older Drivers' Scanning in Intersections	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0018720809352654

2010	Evaluation of different speech and touch interfaces to in-vehicle music retrieval systems	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457509003364#aep-keywords-id19
2010	Are driving simulators effective tools for evaluating novice drivers' hazard anticipation, speed management, and attention maintenance skills?	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847810000185
2011	Predicting Route Choices of Drivers Given Categorical and Numerical Information on Delays Ahead: Effects of Age, Experience, and Prior Knowledge	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2248-14
2011	Do Advance Yield Markings Increase Safe Driver Behaviors at Unsignalized, Marked Midblock Crosswalks?: Driving Simulator Study	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2264-04
2012	Advance yield markings and drivers' performance in response to multiple-threat scenarios at mid-block crosswalks	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000145751000374X
2013	Comparing the glance patterns of older versus younger experienced drivers: Scanning for hazards while approaching and entering the intersection	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847812000757
2013	The effect of male teenage passengers on male teenage drivers: Findings from a driving simulator study	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000145751300167X
2013	A simulator evaluation of the effects of attention maintenance training on glance distributions of younger novice drivers inside and outside the vehicle	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847813000624
2014	Mitigation of Pedestrian-Vehicle Conflicts at Stop-Controlled T-Intersections	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2464-03
2015	Sequential In-Vehicle Glance Distributions: An Alternative Approach for Analyzing Glance Data	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0018720814560225
2015	Evaluation of the Minimum Forward Roadway Glance Duration	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2518-02
2016	Evaluation of the effectiveness of a multi-skill program for training younger drivers on higher cognitive skills	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000368701530034X
2017	A Driving Simulator Evaluation of Cross-Sectional Design Elements and the Resulting Driving Behaviors	https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/35381
2017	Comparative Analysis of Toll Plaza Safety Features in Puerto Rico and Massachusetts with a Driving Simulator	https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2663-01
2018	Impact of Perceptual Speed Calming Curve Countermeasures On Drivers' Anticipation & Mitigation Ability – A Driving Simulator Study	https://scholarworks.umass.edu/masters_theses_2/706/
2018	Phase II Investigation of Safety at Toll Plazas Using Driving Simulation	https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/37159
2019	Speed Behavior in a Suburban School Zone: A Driving Simulation Study with Familiar and	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-20503-4_30

	Unfamiliar Drivers from Puerto Rico and Massachusetts	
2019	The Promise of VR Headsets: Validation of a Virtual Reality Headset-Based Driving Simulator for Measuring Drivers' Hazard Anticipation Performance	https://scholarworks.umass.edu/masters_theses/2/847/
2019	Using Simulation to Assess Conflicts Between Bicyclists and Right-Turning Vehicles	https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/42282
2019	Can Virtual Reality Headsets be Used to Measure Accurately Drivers' Anticipatory Behaviors?	https://ir.uiowa.edu/drivingassessment/2019/papers/51/
2019	Flashing yellow arrows for right turn applications: A driving simulator study and static evaluation analysis	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847819303031
2020	Ethical decision making behind the wheel – A driving simulator study	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198220300580
2020	Accounting for drivers' bicycling frequency and familiarity with bicycle infrastructure treatments when evaluating safety	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457519309820

附錄 3

Wisconsin 大學研究成果彙整表

年分	文獻名稱	資源來源
2016	Cross-Platform Driving Simulator Scenarios to Use in the Roadway Design and Planning Process	https://trid.trb.org/view/1509483
2016	Driving Simulator Use in the Roadway Design and Planning Process	https://trid.trb.org/view/1417125
2016	Examining the effects of a signless roadway : holographic traffic control devices and their potential for replacing traditional post-mounted traffic control devices.	https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/31711
2017	Using Naturalistic Data to Develop Simulator Scenarios	https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/34549
2018	Virtual Road Safety Audits: Recommended Procedures for Using Driving Simulation and Technology to Expand Existing Practices	https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/35567
2018	Multi-Modal Distributed Simulation Combining Cars, Bicyclists, and Pedestrians	https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/42272
2019	Safely and Effectively Communicating Non-Connected Vehicle Information to Connected Vehicles through Driving-Simulator-Based Research	https://topslab.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/749/2020/01/TRB2020_RLR_Paper.pdf
2020	Advanced Warning System for Safer Interaction Between Vehicles and Vulnerable Road Users	https://topslab.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/749/2020/01/TRB2020_ARPeds_Paper.pdf

附錄 4

里茲 (Leeds) 大學 研究成果彙整表

年份	文獻名稱	資料來源
2009	How Do Drivers Behave in a Highly Automated Car?	https://ir.uiowa.edu/drivingassessment/2009/papers/72/
2011	A Driving Simulator Study to Examine the Role of Vehicle Acoustics on Drivers' Speed Perception	https://ir.uiowa.edu/drivingassessment/2011/papers/33/
2013	Temporal fluctuations in driving demand: The effect of traffic complexity on subjective measures of workload and driving performance	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847813001344
2013	Behavioural changes in drivers experiencing highly-automated vehicle control in varying traffic conditions	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X13000387
2014	Are we there yet? An objective mechanism to support the assessment of driving simulator utility	http://dsc2015.tuebingen.mpg.de/Docs/DSC_Proceedings/2014/DSC14_02_Boer.pdf
2014	Transition to manual Driver behaviour when resuming control from a highly automated vehicle	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847814001284
2015	Leading to distraction: Driver distraction, lead car, and road environment	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457515301846
2016	Were they in the loop during automated driving? Links between visual attention and crash potential	https://injuryprevention.bmj.com/content/23/4/281.short
2016	Cognitive Driver Distraction Improves Straight Lane Keeping :A Cybernetic Control Theoretic Explanation	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316322467
2016	The effect of a simulated hearing loss on performance of an auditory memory task in driving	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847816304181
2017	Coming back into the loop: Drivers' perceptual-motor performance in critical events after automated driving	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457517302907
2018	Improving the Transferability of Car-Following Models Between Driving Simulator and Field Traffic	https://trid.trb.org/view/1496847
2018	The effect of varying levels of vehicle automation on drivers' lane changing behaviour	https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0192190
2018	Modelling the effects of stress on gap-acceptance decisions combining data from driving simulator and physiological sensors	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847818302195
2019	Combining driving simulator and physiological sensor data in a latent variable model to incorporate the effect of stress in car-following behaviour	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213665718300952
2019	Engaging in NDRTs affects drivers' responses and glance patterns after silent automation failures	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847818307952
2019	An objective assessment of the utility of a driving simulator for low mu testing	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847818307848
2020	Impact of lane keeping assist system camera misalignment on driver behavior	https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15472450.2020.1822174
2020	Evaluation of Vehicle Ride Height Adjustments Using a Driving Simulator	https://www.mdpi.com/2624-8921/2/3/27

2020	Can infrastructure improvements mitigate unsafe traffic safety culture: A driving simulator study exploring cross cultural differences	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847820304599
2020	Modelling lane changing behaviour in approaches to roadworks: Contrasting and combining driving simulator data with stated choice data	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X19306874
2020	Measuring Drivers' Physiological Response to Different Vehicle Controllers in Highly Automated Driving (HAD): Opportunities for Establishing Real-Time Values of Driver Discomfort	https://www.mdpi.com/2078-2489/11/8/390

附錄 5

Groningen 大學研究成果彙整表

年份	文獻名稱	資料來源
2008	The consequences of an increase in heavy goods vehicles for passenger car drivers' mental workload and behaviour: A simulator study	The consequences of an increase in heavy goods vehicles for passenger car drivers' mental workload and behaviour: A simulator study - ScienceDirect
2009	Task difficulty, risk, effort and comfort in a simulated driving task—Implications for Risk Allostasis Theory	Task difficulty, risk, effort and comfort in a simulated driving task—Implications for Risk Allostasis Theory - ScienceDirect
2009	Merging into heavy motorway traffic by young and elderly drivers	Merging into heavy motorway traffic by young and elderly drivers - ScienceDirect
2009	The effects of travel information presentation through nomadic systems on driver behaviour	s12544-009-0007-4.pdf (springer.com)
2010	That's close enough—A threshold effect of time headway on the experience of risk, task difficulty, effort, and comfort	That's close enough—A threshold effect of time headway on the experience of risk, task difficulty, effort, and comfort - ScienceDirect
2010	Driver hand positions on the steering wheel while merging into motorway traffic	TRF_D_08_00047PostPrint.pdf (rug.nl)
2011	Speed maintenance under cognitive load – Implications for theories of driver behaviour	Lewis_Evans_et_al_2011_Speed_maintenance_under_cognitive_load_Implications_for_theories_of_driver_behaviour.pdf (rug.nl)
2011	Effects of steering demand on lane keeping behaviour, self-reports, and physiology. A simulator study	Effects of steering demand on lane keeping behaviour, self-reports, and physiology. A simulator study - ScienceDirect
2012	What You May Not See Might Slow You Down Anyway: Masked Images and Driving	What You May Not See Might Slow You Down Anyway: Masked Images and Driving (plos.org)
2012	Effects of alcohol (BAC 0.5‰) and ecstasy (MDMA 100 mg) on simulated driving performance and traffic safety	s00213-011-2537-4.pdf (springer.com)
2012	The influence of music on mood and performance while driving	The influence of music on mood and performance while driving: Ergonomics: Vol 55, No 1 (tandfonline.com)
2013	Classifying visuomotor workload in a driving simulator using subject specific spatial brain patterns	Frontiers Classifying visuomotor workload in a driving simulator using subject specific spatial brain patterns Neuroscience (frontiersin.org)
2013	Classifying visuomotor workload in a driving simulator using subject specific spatial brain patterns	https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2013.00149/full
2013	Longer-term exposure to an intersection assistant: effects of ADAS use on intersection performance of drivers diagnosed with Parkinson's disease	https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=59376

2013	Intersection assistance: A safe solution for older drivers?	Intersection assistance: A safe solution for older drivers? - ScienceDirect
2013	Driving with music: Effects on arousal and performance	Driving with music: Effects on arousal and performance - ScienceDirect
2015	Behavioral adaptation of young and older drivers to an intersection crossing advisory system	AAP_D_13_00214PostPrint.pdf (rug.nl)
2015	The impact of immediate or delayed feedback on driving behaviour in a simulated Pay-As-You-Drive system	The impact of immediate or delayed feedback on driving behaviour in a simulated Pay-As-You-Drive system - ScienceDirect
2015	Comparing treatment effects of oral THC on simulated and on-the-road driving performance: testing the validity of driving simulator drug research	213_2015_3927_Article_2911..2919 (springer.com)
2016	Assessing fitness to drive—A validation study on patients with mild cognitive impairment	https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15389588.2016.1232809?needAccess=true
2016	In-car usage-based insurance feedback strategies. A comparative driving simulator study	In-car usage-based insurance feedback strategies. A comparative driving simulator study (tandfonline.com)
2016	Prediction of Fitness to Drive in Patients with Alzheimer's Dementia	Prediction of Fitness to Drive in Patients with Alzheimer's Dementia (plos.org)
2017	Assessing fitness to drive—A validation study on patients with mild cognitive impairment	Assessing fitness to drive—A validation study on patients with mild cognitive impairment (tandfonline.com)
2018	Driving slow motorised vehicles with visual impairment—A simulator study	https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23311908.2018.1485473?needAccess=true
2018	Assessing Fitness to Drive in Patients With Different Types of Dementia	Assessing Fitness to Drive in Patients With Different Types... : Alzheimer Disease & Associated Disorders (lww.com)
2018	Simulated car driving and its association with cognitive abilities in patients with schizophrenia	Simulated car driving and its association with cognitive abilities in patients with schizophrenia - ScienceDirect
2020	Driving Performance in Patients With Idiopathic Cervical Dystonia; A Driving Simulator Pilot Study	https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2020.00229/full
2020	The influence of alcohol (0.5‰) on the control and manoeuvring level of driving behaviour, finding measures to assess driving impairment: A simulator study	The influence of alcohol (0.5‰) on the control and manoeuvring level of driving behaviour, finding measures to assess driving impairment: A simulator study - ScienceDirect

附錄 6

SWOV 研究成果彙整表

年份	文獻名稱	資料來源
2016	Prediction of Fitness to Drive in Patients with Alzheimer's Dementia	https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0149566#sec002
2017	Assessing fitness to drive—A validation study on patients with mild cognitive impairment	https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15389588.2016.1232809?needAccess=true
2017	Concurrent audio-visual feedback for supporting drivers at intersections: A study using two linked driving simulators	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000368701630223X?via%3Dihub#kwrds0010
2018	Situation awareness increases when drivers have more time to take over the wheel in a Level 3 automated car: A simulator study	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847818300603?via%3Dihub#kg005
2018	Multi-Level Driver Workload Prediction using Machine Learning and Off-the-Shelf Sensors	https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198118790372
2019	Texting behind the wheel with mobile phone in phone holder; Driving and viewing behaviour when texting in a driving simulator	https://www.swov.nl/en/publication/appen-achter-het-stuur-met-de-telefoon-een-houder
2020	Driving and gaze behavior while texting when the smartphone is placed in a mount: A simulator study	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847820305623?via%3Dihub#kg005
2020	Behavioural markers for degraded human performance	https://www.swov.nl/en/publication/behavioral-markers-degraded-human-performance
2020	The persuasive automobile: Design and evaluation of a persuasive lane-specific advice human machine interface	https://ieeexplore.ieee.org/document/9127511

附録 7

模擬器列表

國家	單位類型	單位原文名稱	模擬器名稱	模擬器類型	模擬器車種
日本	大學	東北大学	ドライビングシミュレーターシステム	多軸	汽車
日本	大學	慶応義塾大学	360度視界・モーション装置付きドライビングシミュレーター	多軸	汽車
日本	大學	東京大学	研究用ユニヴァーサル・ドライビングシミュレーター	多軸	汽車
日本	大學	東京大学	大型車用ドライビングシミュレーター	多軸	大貨車
日本	大學	東京農工大学	6軸モーション装置付ドライビングシミュレーター	多軸	汽車
日本	大學	中央大学	舗装構造評価用トラックドライビングシミュレーター	多軸	大貨車
日本	研究中心	産業技術総合研究所	ドライビングシミュレーター	多軸	汽車
日本	研究中心	日本自動車研究所	全方位ドライビングシミュレーター	多軸	汽車
日本	大學	慶応義塾大学	コ・モビリティシミュレーター	固定座	個人運具
日本	大學	東京農工大学	協調運転開発用ドライビングシミュレーター	固定座	汽車
日本	大學	電気通信大学	認知工学実験用のドライビングシミュレーター	固定座	汽車
日本	民間機構	HONDA	安全運転教育用ドライビングシミュレーター	固定座	汽車
日本	民間機構	HONDA	ライディングシミュレーター	固定座	機車
日本	民間機構	HONDA	自転車シミュレーター	固定座	自行車
日本	大學	慶応義塾大学	簡易シミュレーター	桌上型	汽車

日本	研究中心	交通安全環境研究所	先進型ドライビングシミュレーター	移動平台	汽車
日本	研究中心	日本自動車研究所	JARI-ARV (拡張現実実験車)	實車模擬	
加拿大	大學	University of Toronto		固定座	汽車
台灣	研究中心	ARTC	6自由度運動平台的駕駛模擬器	多軸	汽車
台灣	研究中心	ARTC	靜態駕駛模擬器	固定座	汽車
美國	大學	University of iowa	NADS-2 Simulator	固定座	汽車
美國	大學	University of iowa	minSim	固定座	汽車
美國	大學	University of Massachusetts Amherst	High Fidelity Driving Simulator 舊版	固定座	汽車
美國	大學	University of Massachusetts Amherst	High Fidelity Driving Simulator 新版	固定座	汽車
美國	大學	University of Massachusetts Amherst	Portable Driving Simulator	固定座	汽車
美國	大學	University of Wisconsin-Madison	Driving Simulator	固定座	汽車
美國	大學	University of iowa	NADS-1 Simulator	移動平台	汽車
美國	大學	University of iowa	On-Road vehicles	實車模擬	公車
美國	大學	University of iowa	On-Road vehicles	實車模擬	汽車
美國	大學	University of iowa	On-Road vehicles	實車模擬	汽車
美國	大學	University of iowa	On-Road vehicles	實車模擬	汽車
美國	大學	University of iowa	On-Road vehicles	實車模擬	汽車
英國	大學	University of Leeds	UoLDS (University of Leeds Driving Simulator)	固定座	大貨車
英國	大學	University of Leeds	HIKER (The Highly Immersive Kinematic Experimental Research) lab	固定座	行人
英國	大學	University of Leeds	UoLDS (University of Leeds Driving Simulator)	移動平台	汽車
荷蘭	大學	University of Groningen	Driving simulator	固定座	汽車
荷蘭	大學	University of Groningen	The advanced mobility scooter driving simulator (AMSDS)	固定座	代步車

荷蘭	研究中心	SWOV Institute for Road Safety Research	Driving simulator	固定座	汽車
瑞典	研究中心	VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)	Sim IV	移動平台	汽車
瑞典	研究中心	VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)	Sim III	移動平台	汽車
瑞典	研究中心	VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)	Sim II	移動平台	汽車
德國	民間機構	HNI (Heinz Nixdorf Institute), 帕德博恩大學		多軸	汽車
德國	研究中心	DLR (German Aerospace Center), Institute of Transportation Systems		多軸	汽車
德國	大學	Technical University of Munich	Dynamic driving simulator	固定座	汽車
德國	民間機構	BMW Group Driving Simulation Centre	The high-dynamic simulator	固定座	汽車
德國	民間機構	HNI (Heinz Nixdorf Institute), 帕德博恩大學		固定座	大貨車
德國	民間機構	HNI (Heinz Nixdorf Institute), 帕德博恩大學		固定座	汽車
德國	民間機構	BMW Group Driving Simulation Centre	The high-fidelity simulator	移動平台	汽車
德國	民間機構	FOKUS (Fraunhofer Institute for Open Communication Systems), 亞琛工業大學		移動平台	汽車
澳洲	大學	Monash university	Driving simulator	固定座	汽車
澳洲	大學	Macquarie University	Driving simulator	固定座	汽車
澳洲	大學	The University of Sydney, UNSW Sydney	Car simulators	固定座	汽車
澳洲	大學	The University of Sydney, UNSW Sydney	Bicycle simulator	固定座	自行車

附錄 8

「本所駕駛模擬研究未來發展方向初探」座談會紀錄

地點：運輸研究所第一會議室

時間：2021/12/16 星期四 09:30~12:00

主席：運輸安全組 葉祖宏組長

與會人員

國防大學：王中允教授

淡江大學：張勝雄教授

逢甲大學：林大傑副教授

臺北科技大學：曾百由副教授

交通部路政司：林采蓁秘書

交通部公路總局：林正郎科長、葉建宏正工程司

交通部高速公路局：余冠勳幫工程司、陳玉哲幫工程司

財團法人車輛研究測試中心：葉智榮經理

運輸研究所：黃明正研究員、鄭信鴻副研究員

臺灣海洋大學：吳繼虹副教授、洪天予、戎姿穎

09:30 背景說明

運研所內部本身有一台六軸駕駛模擬器，但使用次數低且建置時間已久，因此本計畫透過資料蒐集與整理，針對駕駛模擬器的發展方向進行初探。

09:38 簡報

1. 前言
2. 駕駛模擬器類型
3. 相關研究主題
4. 討論議題

09:58 議題一討論

國內適用駕駛模擬器的研究主題

王中允教授

1. 初進領域，購買一台模擬器，目前個人駕駛行為研究為主，原先研究行人過馬路決策模擬（VR、眼動儀），後來因此專案購進新的四軸駕駛模擬器。
2. 現階段問題：駕駛體驗像電動玩具，如何建構接近真實道路駕駛情境的模擬環境。
3. 駕駛模擬器的使用疲勞程度跟實車開車差不多。
4. 原先採購時曾考慮 FORUM8 軟體，但是每年必須支付 20%採購價格的維運費用而作罷。
5. 目前購買 Vsim，可利用駕駛模擬器模擬車流中某一部車的行為，有利進行跟車、道路匯入匯出駕駛人行為研究。
6. 設計與開發研究場景和進行駕駛行為研究均需要相當多的人力、資源與時間，任一個實驗室的人力資源有限，難以兼顧。如果運安組想要整合資源發展，可以使用共同場景開發，使人力可以專注項目研究發展，如何讓模擬器駕駛人在模擬時能有沒有電動玩具（虛擬環境）的感知，以避免使模擬失真（如不踩煞車）。

張勝雄教授

1. 日本引進標線較為彈性，因此日本在人因與改善交通設施成效評估的研究較多。
2. 如何克服當成電動玩具（虛擬環境）的問題點，是否需要由運研所主導推動可再討論。
3. 建議國內駕駛模擬研究主題可朝人因研究、自駕車、設備開發評估等發展。

林大傑副教授

1. 模擬器算是 ITS 研討重點之一，模擬器也有替代法，如自然觀察法。
2. 擬真度與仿真度會影響到研究項目。

3. 建議研究的主題可著重於駕駛人的風險感知的訓練、基礎研究，例如駕駛人的生心理、環境因素。
4. 模擬器的重現性，應用在考驗的部分，可區分一般駕駛人與職業駕駛人。
5. 模擬器的必要點適用於無法在現實中重現的項目，如可以在現實中重現，建議還是以自然觀測法為準確，現有的法規可以嘗試用模擬器去測試評估，如標線、標誌對於駕駛人的行為反應。

曾百由副教授

1. 實驗室自己建造六軸平臺模擬器，本身約有十來年經驗。
2. 道路安全是以人為主，車輛研究是以車為主，須視研究需要，且不同研究重點需要的模擬器類型與精度不同。
3. 目前駕駛模擬器是使用學校經費進行維運。
4. 「視覺」、動感平臺、力回饋，透過自己建置有較深入的研究。
5. 目前北科大有國內唯一多螢幕三個投影機融接，視角約 110 度，希望未來能將視角擴充到 160 度以上。
6. 「重複」是模擬器的價值，自然觀測法無法重複進行情境完全相同的試驗。
7. 建議車輛的研究可暫不討論，大多數車廠均有自己的研究，至於用路人的部分需要有仔細的規劃，研究可以做的東西有很多，模擬器的好處除了重複性之外，可以做到微調細項的改變（如增加一支路燈等）或是現實中較為危險的情境。
8. 就駕駛模擬研究而言，不可能達到和實際道路駕駛完全相同的結果，但是實驗若能達到「六成」的精確度，利用模擬器實驗達到初步的結論就有其價值。

主席提問：自製的軟體與已經有的模擬軟體的使用差別？

曾百由副教授：

1. Unity 軟體較開放，FORUM8 專業軟體價格高且使用受限；Carsim 具

- 有車輛計算功能。
2. 目前北科大的系統有汽車廠商（納智捷）協助評估模擬軟體，對參數進行微調，近期的研究議題為行駛於郊區山區起伏的道路，車輛的動態的校估，遇到的問題點在於平臺可模擬山區道路的行駛動態，但是模擬影像須協調並能同步調整。
 3. 模擬的重點項目（駕駛人行為與方向盤操縱等）與模擬器設備的精度有很大的關係，但是最終驗證還是要回到實體車輛上。

交通部路政司林采蓁秘書

1. 此座談會大多為駕駛人管理領域，交通工程領域人員未到場較為可惜。
2. 目前駕駛人安全教育大多以看影片的方式，高齡者的宣導較缺乏實際體驗，可透過駕駛模擬器可以讓高齡者可以更深入了解道路安全，目前問題為駕駛模擬器較難移動巡迴，推廣較難，或許可開發像進香團式參與體驗。
3. 可考量路口轉彎(兩段式左轉)的安全問題，道路的分配、路權的分配可否透過模擬器試驗。
4. 自駕車駕駛人介入接管議題應是未來所面臨的議題。
5. 機車路考可考慮利用駕駛模擬器作協助；透過模擬器訓練的方式降低大貨車事故率。

主席：體驗式宣導教育，體驗模擬與研究模擬，可依不同的需求發展。

曾百由副教授

1. 酒駕用藥模擬可以在動畫場景加上濾鏡的方式呈現扭曲或是暈眩的情況。
2. 高齡者駕駛體驗，可以設計一定的環境車流等，使用駕駛模擬器來讓高齡者或是失能者評估自身駕駛能力。

公路總局林正郎科長

1. 因公總的業務職掌，對駕駛模擬研究聚焦在考驗與教學的部分。
2. 目前以駕駛模擬器進行訓練的需求最急迫的為高齡者(因高齡者取得駕照時間較早，對於現今交通環境有差異)、新手駕駛(前兩年為高風險，小型車的訓練)、機車事故(訓練場地的限制)、機車外送員。
3. 約有九成小型車駕駛人在駕訓班接受訓練，因此交通事故較機車少。近年公總以補貼鼓勵機車接受駕訓的作法具有正面成效，因此加強教育訓練是有其必要性。
4. 由於機車事故頻繁，希望可以持續推動以發展機車模擬器進行訓練，機車訓練場地的受限，無法把所有狀況納入，是否可以用模擬器來建置。至於模擬器如何導入推廣駕訓班，模擬器設計的價格及後續維護方式是為重要的考量。
5. 機車模擬器切入點建議為術科項目與教案，可將主要的事務態樣及危險情境放入模擬器進行訓練。

主席：機車傷亡的因素太多，模擬器不一定能做到完整的訓練，教育訓練的目的在於內容，需不需要模擬器或模擬器的樣式如何，是可以依內容再進行討論。

葉智榮經理

1. 本中心為車輛開發需求建置模擬器。
2. ADAS 系統提供的輔助資訊是有限制，模擬器可以透過各式情況訓練駕駛人認知，不能完全倚靠 ADAS。
3. 自駕車接管問題不太需要，因為太多情況需要接管，就不符合自駕，可利用模擬器研究自駕車駕駛人的感受。
4. 購買 FORUM8 硬體(六軸油壓系統)，但是整合是由 ARTC 自行處理。
5. 與工研院合作，利用透明的顯示器可以跟駕駛互動。

議題二討論

本所未來在駕駛模擬器研究之技術研究資源與議題等發展方向

張勝雄教授

1. 目前運研所的人力缺乏，且沒有建置與維運駕駛模擬器的技術人力，如機械、場景設計等專業。
2. 關於自駕車的議題，車廠會自行研究這樣的議題。
3. 對於機車的新手訓練，是可考慮使用模擬器。

王中允教授

或許可以建立聯盟或是區域研究單位，讓許多單位共同參與協助，可以實現資源共享，讓整體效率提升。

曾百由副教授

1. 各單位合作，硬體方面的問題(車體變換)。
2. 北科大的模擬器含電控整體約三百萬元，車體是納智捷捐贈。
3. 目前應以朝開放性（自建）軟體彈性可能比較高。
4. VR眼鏡是一個不錯的選擇，模擬的視野方向可以達到360度，較拼接螢幕的方式易用性較高，但是VR的視角相當窄，與真實狀況不同。
5. 與機車模擬器相比，大貨車和大客車需要較複雜的模擬設備。

葉智榮經理

如果需求明確、低成本的模擬器可以朝向臺灣自己的廠商開發。

運安組黃明正研究員

模擬器優點除前述重複性之外，可以擷取實驗資料及受試者的資訊，危險的議題可以用模擬器做測試，如路型調整等。

主席：

1. 今天的座談會主要目的是開放討論，蒐集各方專家學者的想法與經驗。
2. 運研所在開發及維運駕駛模擬器的技術人力與資源有限，若要採自建

的方式，日後模擬器要維運確有困難，至於採聯盟開發的構想有待進一步的討論。

3. 未來有關駕駛模擬相關的教育訓練可朝多媒體互動式體驗發展。

11:57 會議結束

