

以汽車駕駛模擬系統評估駕駛者對交通標誌標線之感知與反應

Evaluation of Drivers' Perception and Response to Traffic Signs and Marking With A Driving Simulation System

魏健宏 Chien-Hung Wei¹ 何志宏 Chi-Hung Ho
鍾炳煌 Ping-Huang Chung 施秉男 Ping-Nan Shih

摘 要

交通行為特性分析之研究課題趨於多元化，在資料取得的技術上，汽車駕駛模擬器與虛擬實境技術之發展解決了傳統交通調查之缺點。而任何一項交通控制設施之設置，事前均須評估其成本與效用，才能達到改善交通與提高駕駛行車安全之目的。但交通控制設施之內部或外部環境的不同，皆直接或間接的影響駕駛者對該設施之感知，進而影響駕駛者之實際操控行為。本研究主要目的在探討標誌與標線對駕駛人所產生的影響，透過汽車駕駛模擬實驗，蒐集駕駛者對該標誌與標線之感知與反應特徵，期能藉由統計分析得知標誌與標線對駕駛者之影響程度，評估該標誌與標線之效益與設置準則。

關鍵詞：標誌、標線、汽車駕駛模擬器、虛擬實境

Abstract

Driving behavior analysis is a very critical part in traffic safety. To resolve traditional data collection difficulties for analyzing driver behavior, the vehicle driving simulator has been proven a cost effective alternative. Traffic control devices need to

¹國立成功大學交通管理研究所副教授(通訊住址：台南市大學路 1 號；電話：06-2757575 轉 53233；傳真：06-2753882；E-mail：louiswei@mail.ncku.edu.tw)

*本文作者感謝兩位審查委員寶貴意見及中央大學機械研究所董基良教授與鄭銘章教授在實驗設備之協助。

*本文為交通部運輸研究所合作研究計劃之部分成果，文則由作者自負。

be tested under various environments to be installed correctly. The driving simulator provides the best experimental platform for assessing effectiveness of traffic control devices. With virtual reality technology, the driving simulator may well represent all kinds of roadway traffic characteristics. Driver's perception and response to various signs and markings is considered in this study. The data collected in this study indicate that the experimental environment is suitably set and the results are quite reasonable.

Key words : *Sign, Marking, Driving simulator, Virtual reality*

壹、研究動機

近年來，從事交通行為特性分析之研究課題趨於多元化，但是在資料的取得上，諸如理論模式推導、現場控制之實驗、現場觀測等傳統的交通調查，在成本及資料之精確性、適用性、時效性等考量下，已不符成本效益價值。汽車駕駛模擬系統(Driving Simulation System)之發展解決了傳統交通調查之缺點，其關鍵項目之一為虛擬實境技術之應用。虛擬實境(Virtual Reality, VR)為一種透過電腦影像合成、3D 圖學的技術，將真實世界之交通運輸環境逼真地移植於電腦世界中，並藉由電腦螢幕呈現。之後，只須經由受測者操縱駕駛模擬器(Driving Simulator)，便可輕易地獲得各種動態交通特性資料。虛擬實境的技術除了可以進行長時間的觀察外，亦可以設定各種特殊狀況，藉以得到在真實世界下，不易得到的資料，具有安全、資料易獲得及可變性高等優點。

任何一項交通控制設施之設置，事前均須評估其成本與效用，才能達到改善交通與提高駕駛行車安全之目的。但交通控制設施之幾何形狀、文字內容、設置之位置甚至地域環境等特性之不同，皆直接或間接的影響駕駛者對該設施之感知，進而影響駕駛者之實際操控行為。本研究主要目的在探討標誌與標線對駕駛人所產生的影響，針對國內數種已設置或尚未設置之標誌與標線，透過汽車駕駛模擬實驗，蒐集駕駛者對該標誌與標線之感知與反應特徵，藉由統計分析得知標誌與標線對駕駛者之影響程度，評估該標誌與標線之效益與設置準則。本研究利用六軸動態駕駛模擬器作為駕駛平台，以虛擬實境模組語言(Virtual Reality Modeling Language, VRML)來進行建構多種實驗場景。對於模擬場景中所有的標誌、標線以及道路設施之幾何形狀與設置位置，皆依相關準則與規範為依據。

貳、相關課題之文獻回顧

2.1 標誌與標線之分類與設置

依據交通部於民國八十三年所頒訂公佈之「道路交通標誌標線號誌設置規則」，標線係以線條、圖形、文字、顏色或其他導向裝置劃設於路面或其他設施上，用以表示警告、禁制、指示。標誌係指以一定標牌繪以規定之符號、圖案或簡明文字，設置於固定或可移動之支撐物體上，用以提供前方路況或其他注意事項，或促使用路人遵守之交通管制設施。整體而言，標誌、標線的主要功能為禁制、警告、指示及輔助，分別用來限制、提醒、指引及告示駕駛者，在道路上可能遇到之各種交通狀況，讓駕駛者能夠預先做好心理準備，俾能及早決定適當之駕駛操控方式，達到便利行旅及增進交通安全之目的。

在交通部所訂頒之「道路交通標誌標線號誌設置規則」中，已對我國現行之交通標線及標誌予以概括性分類。而為利於日後研究參考採用，本研究從事以駕駛操控為基礎之功能分類，以「道路交通標誌標線號誌設置規則」為主要之參考依據，並輔以駕駛操控方式為分類原則，針對現行各標誌與標線之定義及涵意，及駕駛者對於該項標誌或標線可能反應採用之駕車操控方式，依道路狀況之變化區分為兩大類，其一為預先提示型，另一為立即生效型。分類架構表示如圖 2-1。

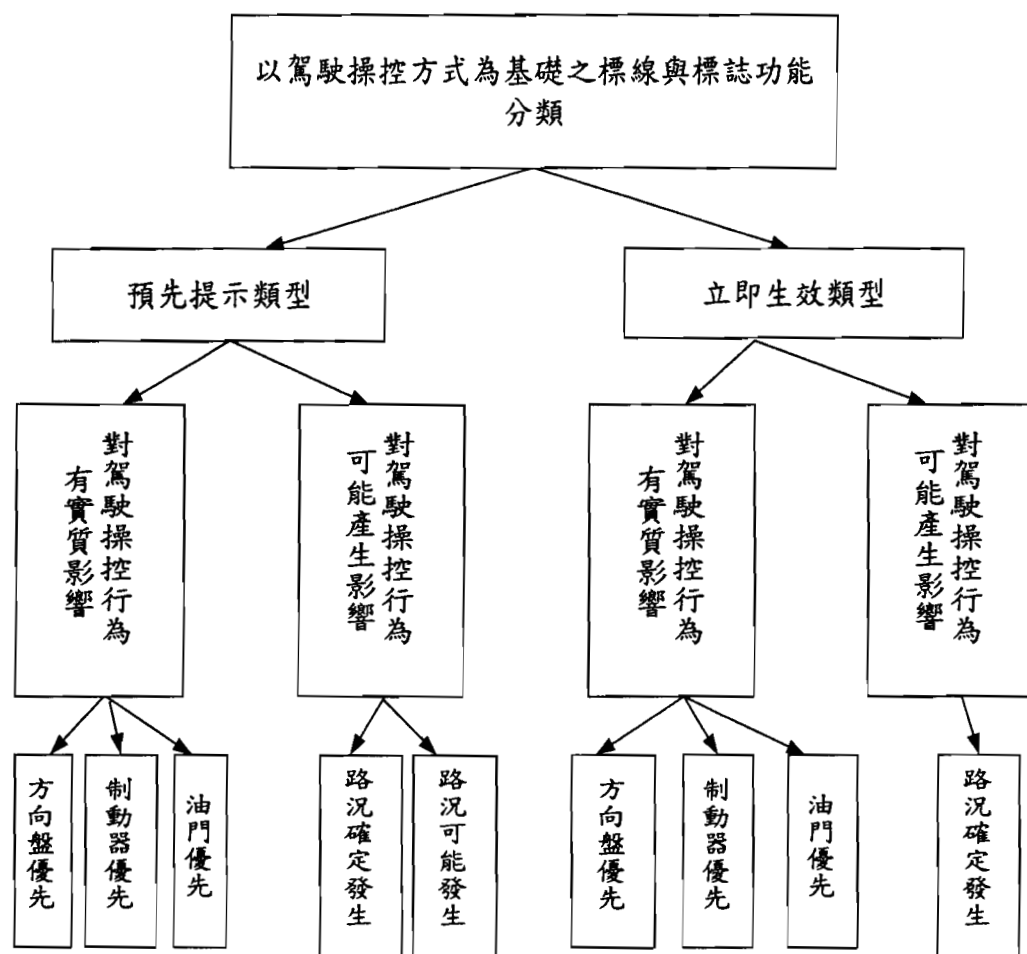


圖 2-1 以駕駛操控為基礎之分類架構圖

預先提示型之標誌或標線係設置於實際路況出現之前的上游路段，以預先提示方式，提供駕駛者相關之行車資訊，以提醒駕駛者預先作出適當的應變準備；立即生效類型係指駕駛者必須在此類型標誌或標線之設置地點或有效區域內，立刻遵照其所傳達之訊息去改變車輛之操控方式，以便前往目的地或促進行車安全。

預先提示與立即生效兩類型再細分為對駕駛操控行為有實質影響、可能產生影響。其中對駕駛操控行為有實質影響者之分類方式係考慮駕駛者對於操控方向盤、制動器與油門等三種主要之駕駛操控行為，何者具有優先或最大的影響性；而預先提示型之對駕駛操控行為可能產生影響之標誌標線僅提

高駕駛者對於前方路況之注意力，其對操控方向盤、制動器與油門等三種主要之駕駛操控界面，並不一定會產生影響，但立即生效型之路況一定會發生，至於方向盤、制動器或油門何者為優先反應，則視現場之標誌、標線與駕駛人習性而言，此乃本研究所欲探知事項。以下就與本研究相關性較高之標誌與標線，以駕駛操控為基礎來進行分類，如表 2-1。

表 2-1 以駕駛操控為分類之標誌與標線

	預先提示類型		立即生效類型	
	對駕駛操控行為有實質影響	對駕駛操控行為可能產生影響	對駕駛操控行為有實質影響	對駕駛操控行為可能產生影響
方向盤優先	車道、路寬縮減標誌、車道遵循方向標誌等。		轉彎線、指向線等。	
制動器優先	路面顛簸標誌、慢行標誌等。		收斂山形標線、公路行車安全距離辨識標線等。	
油門優先	險昇坡標誌、爬坡道預告標誌等。		速限標誌。	
路況確定發生者		禁止超車標誌、禁止停車標誌等。		調撥車道線、分向限制線等。
路況可能發生者		注意落石標誌、當心兒童標誌等。		

2.2 駕駛模擬系統之研發與應用

2.2.1 國外汽車駕駛模擬系統

於 1962 年，在美國空軍的贊助之下，麻省理工學院首次在駕駛模擬系

統的研究方面使用陰極射線管(CRT)設備。這項工作是由 T. B. Sheridan、H. M. Paynter 和 S. A. Coons 所共同完成，此亦是最早將動態景物觀察(Dynamic Perspective)的概念應用於人工圖像(Artificial Display)顯示，來從事車輛行駛路徑方面的研究。而後在 1966 年，由 W. W. Wierwille、G. A. Gagne 和 J. Knight 於卡耐爾角的航空太空實驗室(Cornell Aeronautical Laboratory)加以改良。在 1960 年代末期，通用汽車公司(General Motors)也曾使用相同的技術，從事圖像顯示的工作。

在 1970 年代初期，Volkswagen 和瑞典道路與交通協會(Swedish Road and Traffic Institute (VTI)曾利用視覺(Visual)和動作(Motion)兩子系統構建其駕駛模擬系統。

在往後十年間陸續出現過若干駕駛模擬系統，例如：

由 Virginia Polytechnic Institute and State University 和 Deere and Company 所發展的駕駛模擬系統主要是為了支援人因(Human Factors)工程方面的研究。

由 Universitaet der Bundeswehr Muenchen 所建造的駕駛模擬系統，具有完整的動作平台(Motion Platform)，而以電腦視覺(Computer Vision)來研究在地面上的導引車輛(Guiding Land Vehicles)。

在 1984 年，亦即麻省理工學院開始研究的二十年後，才由賓士汽車公司在柏林(Berlin)建造了全世界第一座擬真的汽車駕駛模擬系統，此時，科學界才在車輛的設計方面有了更好的工具，如圖 2-2。此系統在駕駛模擬系統的圓頂形建築物(Dome)內設置了一個廣達 180° 的寬螢幕，此為人類第一次可讓駕駛者以正常的駕駛方式看到其週邊視界。賓士汽車公司的駕駛模擬系統是用來測試駕駛者對於新款汽車設計的操控品質(Handling Qualities)所作的主觀判斷。美國 NADS 駕駛模擬系統，則於 1990 年開始著手進行駕駛模擬系統之規劃研究，這是一個國家級的重要計劃，其目的地是為了研究緊急狀況下的車輛行為，特別是重型工程和軍事車輛，而愛荷華(Iowa)大學則是被選定為裝設和操作此模擬器的主要發展單位。

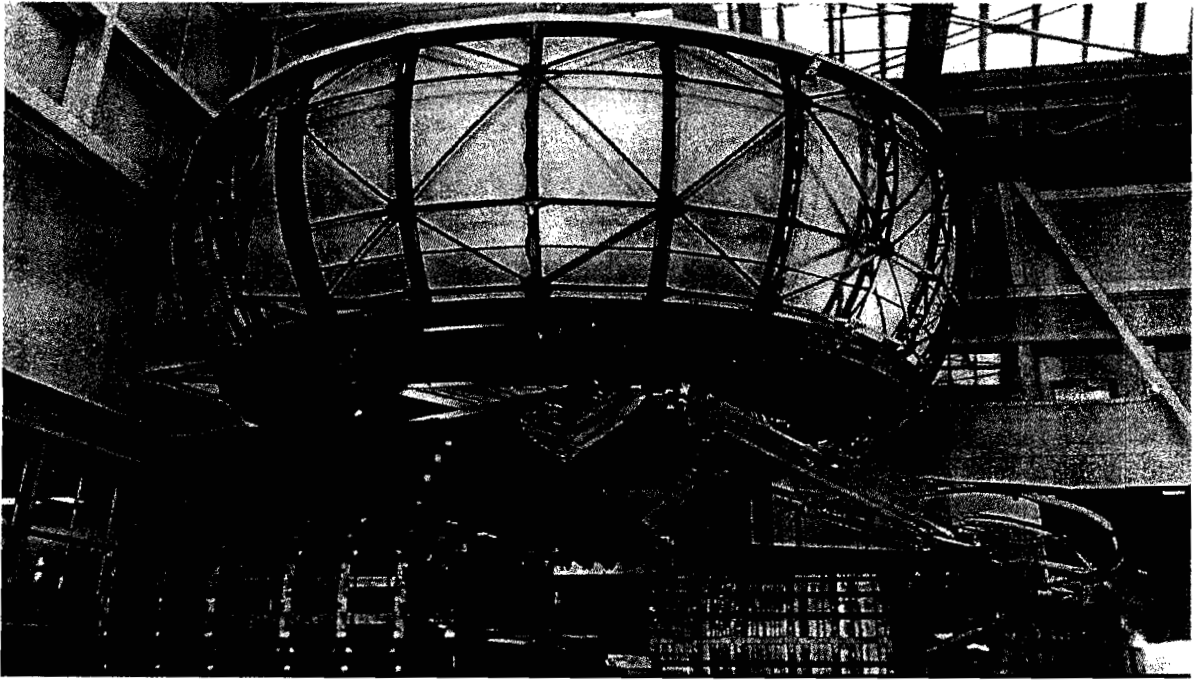


圖 2-2 賓士汽車駕駛模擬系統

國外擁有許多著名的汽車駕駛模擬系統且應用相當廣，無論在駕駛者行為的評估、駕駛訓練、人因工程研究等，或汽車各硬體產品驗證測試、智慧型運輸系統之模擬評估等方面，都有相當多的研究經費投注於其中。

2.2.2 國內汽車駕駛模擬系統

國內汽車駕駛模擬系統的發展，係源自民國八十三年五月由國立成功大學交通管理科學研究所與公路局南部汽車訓練中心合作從事之「國內汽車駕駛模擬系統之雛型研究」，如圖 2-3。成大交通管理科學研究所遂進入駕駛模擬之研究領域，並成立運輸行為實驗室，其研究方向乃秉持其在交通管理、車流與人因特性之專長，故著重於汽車駕駛模擬器之驗證、車流模式構建與駕駛行為之分析等方面之應用研究。中央大學機械研究所則自民國八十六年開始投入汽車駕駛模擬系統之建置，其研究方向則在於汽車機械與車輛動態運動之專長，故六軸汽車駕駛模擬系統動態平台之構建與車輛動態模式之構建則為重點，如圖 2-4。此二團隊研發方式皆利用「虛擬實境」之電腦圖學技術，並以個人電腦作為系統開發平台。有關於國內外汽車駕駛模擬系統之發展與應用，可參考文獻【2-7】。

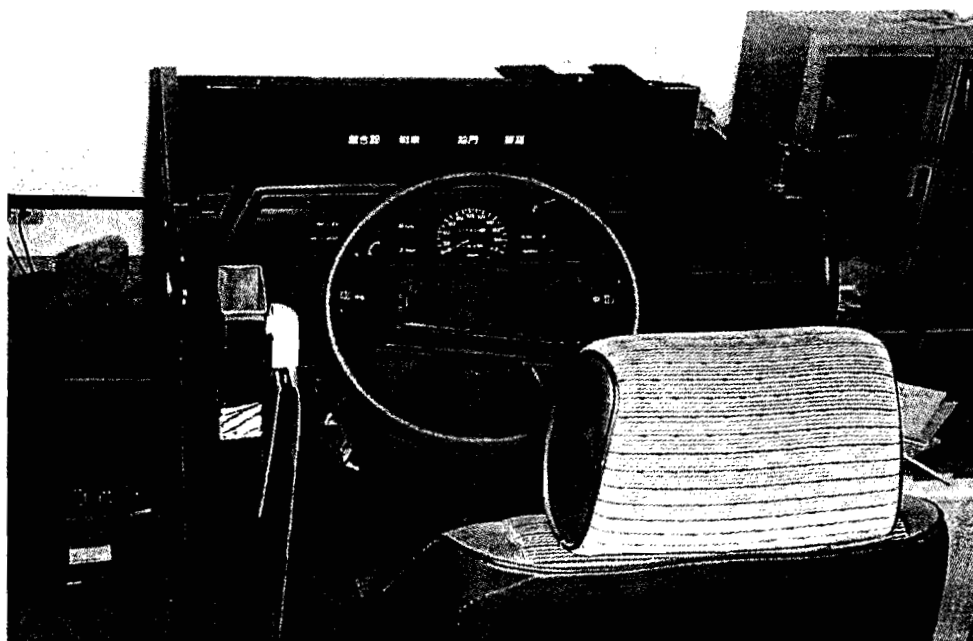


圖 2-3 固定基底型互動式駕駛模擬器實體圖

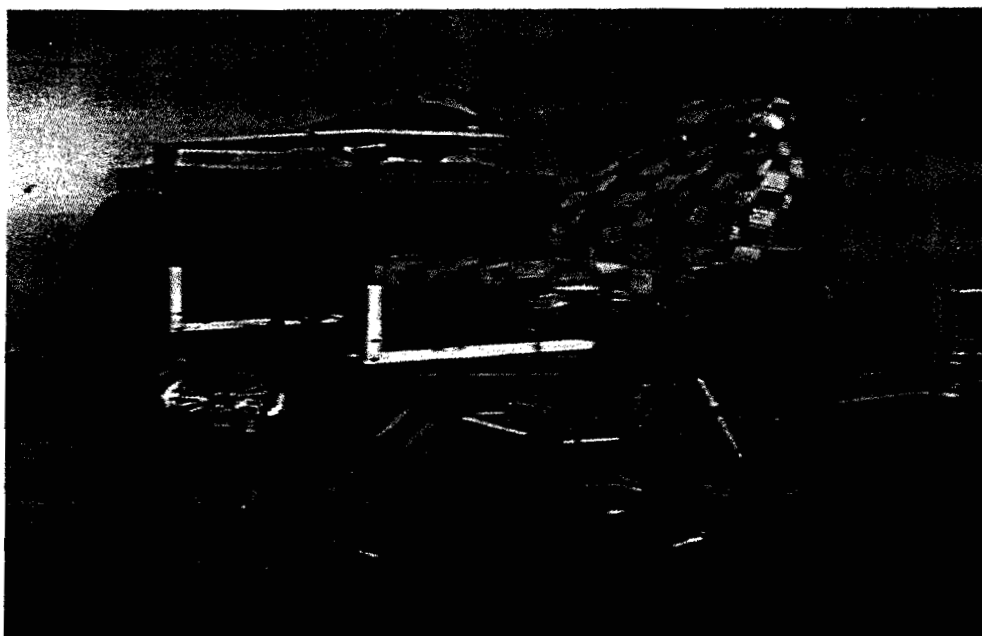


圖 2-4 油壓六軸平台駕駛模擬器實體圖

綜觀國內駕駛模擬系統尚在萌芽階段，目前國內駕駛模擬系統之應用皆從事一般道路狀況與駕駛人行為之人因工程分析或駕駛訓練。但駕駛模擬系統是虛擬實境之應用，故應發揮其所長，從事於特殊道路狀況及駕駛行為之研究，如不良天候、酒後駕車、先進通訊設備之影響評估等。

除了上述之應用主題外，本研究團隊更規劃駕駛模擬系統結合智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)為往後駕駛模擬器應用之重點，參見圖 2-5。ITS 乃當前世界各國對交通陳疾所祭出之法寶，期望藉由快速發展的資訊與通訊科技來提昇運輸效率、駕駛安全與降低社會成本。然而，ITS 所發展之眾多子系統，不但種類繁多、各善所長，實際開發與投資的成本亦極為可觀，若無客觀有效之預覽與評估工具，勢將導致政府難以進行事前規劃或選擇正確之 ITS 投資發展方向。

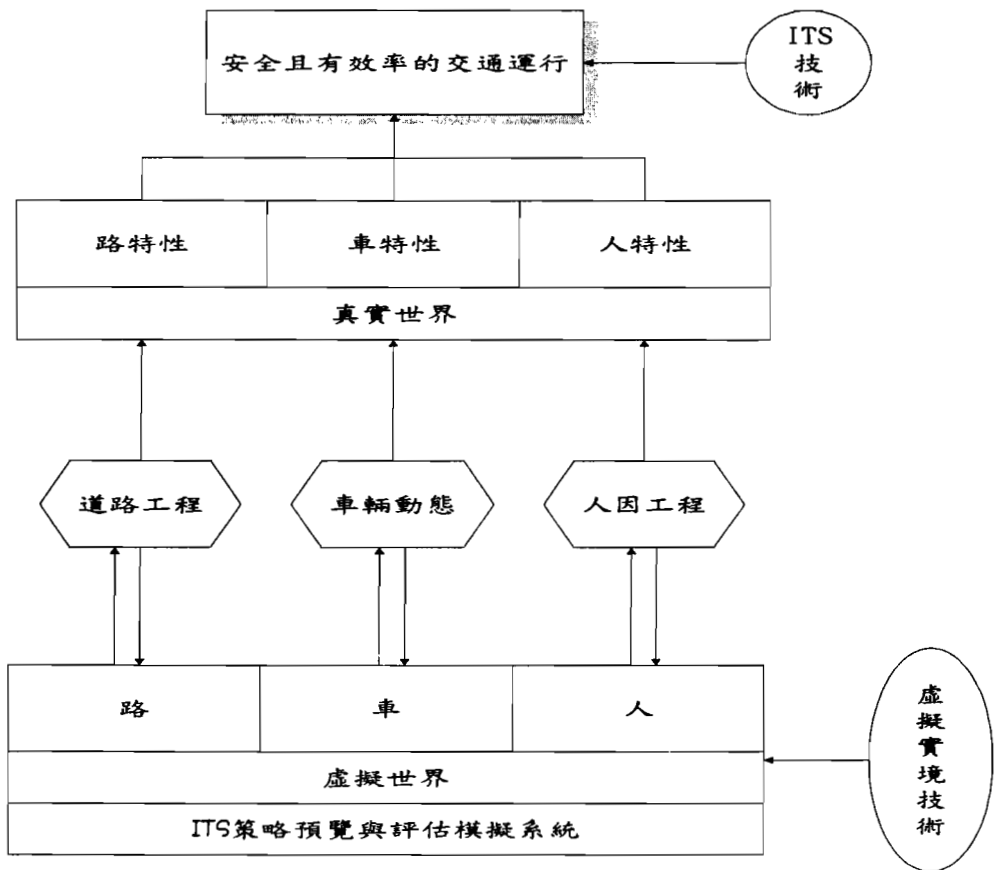


圖 2-5 人車路互動功能之 ITS 策略預覽與評估模擬系統

2.3 標誌與標線相關研究

設置道路交通標誌與標線乃是為了實施交通管理與控制，其目的乃為抑制車輛駕駛者因恣意行車而導致交通肇事與傷亡，故標誌及標線的設置，將會實質影響駕駛人的感知與駕駛行為。當道路之幾何條件得以確定後，即需藉由標誌與標線提供資訊予車輛駕駛人，進而達成提升交通管理與控制績效、確保用路人道路服務水準、促使道路順暢及確保行車安全等多項目的。由於駕駛模擬系統之諸多優點，乃成為評估交通安全設施之良好工具，茲將國內外主要研究成果摘述如下：

- 1.Lockwood (1997)曾探討使用 TRL 駕駛模擬系統，評估以標誌標線為基礎之交通寧靜(Traffic Calming)措施的有效性。其以十六位受測者分別進行有無實施交通寧靜措施之模擬實驗，而以行駛速率作為比較之變數，結果顯示模擬實驗所得的結果和實際的實驗數據差不多，此即顯示模擬系統為一可用於評估交通寧靜措施之有效工具。
- 2.Pyne et al. (1994)曾利用 University of Leeds 之先進駕駛模擬系統，探討利用安全且可控制的方式，在郊區幹道上降低車速，同時降低事故發生率之有效方法。其速率降低措施將設置在直線、彎道與接近寧靜區的路段上，所使用的方法包括縮減車道寬、使用安全距離辨識標線(Horizontal Deflection)、在路旁設置標誌或使用警示反光(Optical Illusions)來提醒駕駛者注意車速或車道寬。
- 3.Van der Horst and Hoekstra (1993)曾以霧區內對山形(Chevron)標線之感識能力，作為駕駛模擬系統之應用研究主題，而 Hogema et al.(1993)則在郊區公路上研究相同的主题。以上二項研究之結果都發現，由於駕駛者無法專心駕駛，又同時注意該標線，致使該標線的設置幾乎沒有產生實質的效果。
- 4.Lee et al. (1990)曾探討使用安全距離辨識標線，來降低車速之有效性。其在馬來半島(Peninsular Malaysia)挑選了八處地點作為研究區域，同時每處地點之幾何線型與危險型態均不相同。結果發現安全距離辨識標線，在接近危險區域時，對駕駛者能產生較穩定減速之影響；而標鈕型態則比一般車道線的標線型態更為有效。然而，安全距離辨識標線不可取代一般之警告標誌，因為它只在接近可見之危險區域時才會產生效果，如：狹橋或交流道地區。

5.台灣大學土木工程研究所(民國 85 年)，亦曾發展出一套即時性視覺模擬系統，其目的在於建立一套輔助規劃設計與評估之工具，以協助交通工程師在進行道路設計時，藉著視覺模擬的功能，來檢測這些交通工程設施的視覺效果、可辨識程度、以及對於駕駛者的影響。李俊賢(民國 75 年)，亦曾利用電腦繪圖的方法來建立電腦化交通標誌，然此二項研究均僅以主觀之照片圖形比對方式來從事其所構建系統結果之驗證工作。

參、場景設計與實驗規劃

3.1 場景設計理念與構建

本研究的模擬場景為提供多樣化的交通道路特性，規劃將建構的場景分為左右兩邊，左半邊訂為主線，而右半邊為支線，最後主、支線會形成迴圈，並納入許多道路幾何設計項目，如各種不同轉彎半徑的彎道、速率的限制、標誌與標線的設置等，而以上的設計皆依相關的設計規範為準則，因此本研究設計之場景在安全或各方面的考量上，都有達到一般標準以上。茲將交通場景之特色略述如下。

一、多樣化的道路交通狀況

本研究的實驗場景設計多樣化，幾何線形包含了直線、彎道、上下坡等；交通控制設施包含收斂山形標線、顛簸減速標線、速限標誌、公路行車安全距離辨識標線及各種警告、指示、限制標誌。

直線路段上採不同的車道寬度設計，免去了直線過於單調的缺點。而坡度變化的設計讓駕駛者視點有上下的變化。彎道的設計則有左轉和右轉的彎道，並有不同轉彎半徑、設計速率，彎道的設計亦加入超高與路面加寬。場景中的道路幾何狀況皆具備相關或必要的標誌、標線互相搭配。如此，受測者不僅須對道路幾何條件的變化作出相關的反應，再加上多種的標誌、標線，實驗過程亦不至於單調、枯燥。

二、迴圈的設計

本研究所構建之場景為一迴圈，迴圈的存在除有利於實驗之流暢外，即不需每實驗完一次就重新設定，省去了監控人員的作業程序且較具真實

性。迴圈亦使本實驗場景擁有匯流與分流的駕駛模擬狀況，惟匯流與分流的駕駛行為不是此次研究的實驗觀測重點。

三、配合六軸平台的動態特性

為使在實驗過程中，六軸平台能真正表現其動態特性，因此在設計場景時，加入了上下坡和不同曲率、超高設計的彎道；在標線的設計上亦有顛簸減速標線的設置。因此在整個實驗的過程中，六軸平台駕駛模擬器行駛於所構建的場景上，其動態的特性可以完整的呈現出來。

四、場景的變化富於彈性

本研究此次所構建的模擬場景包含了多樣化的道路幾何設計，雖然未觀測所有的交通狀況，但可供未來研究其他駕駛情境模擬之用。

基於上述建構場景的理念，完成了實驗場景的規劃，本研究繪製一份場景平面示意圖，圖 3-1。原則上，本研究所規劃的場景是以一般郊區公路環境為設計藍圖，設計速率多介於 60KPH、80KPH 之間，亦有設計速率 30KPH、40KPH 的路段設計。而彎道路段則不考慮太大的轉彎半徑，以半徑 150—250 公尺為主要轉彎半徑設計的依據。主線中央直線路段為單向四車道，其餘主線路段與支線路段則皆為單向三車道。主線路段長為 8 公里 375 公尺，支線路段為 6 公里 200 公尺，總實驗場景共 14 公里 575 公尺。

本研究所引用之設計依據包括：民國 73 年 6 月交通部台灣區國道高速公路局編印之台灣區高速公路交通工程規範、民國 75 年 12 月交通部發行之公路路線設計規範、民國 79 年 3 月交通部編審之交通工程手冊。

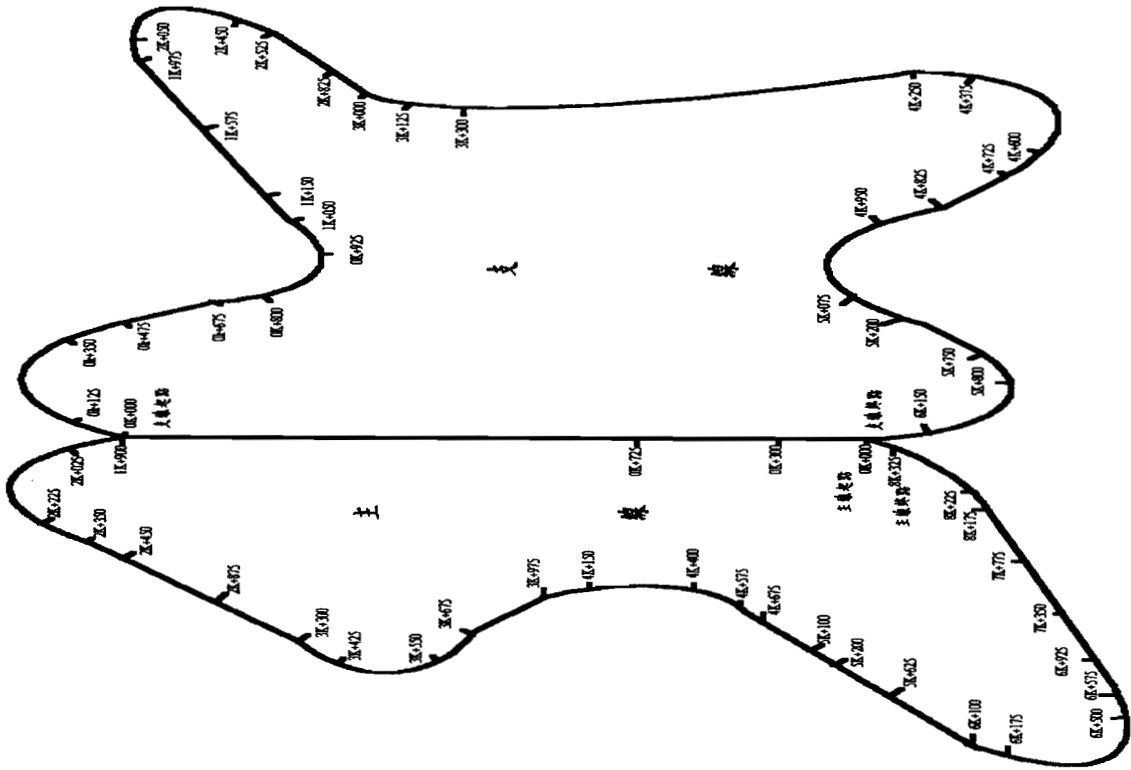


圖 3-1 實驗場景平面示意圖(未依相對比例繪製)

3.2 模擬實驗項目

設置標誌與標線之目的在於提醒或強制改變駕駛者之駕駛行為，因此當駕駛者辨識某種標誌或標線後，反應於駕駛行為上之改變，就足以判定此標誌或標線之約束力。當設置之標誌或標線對於行車安全有重大的影響，若駕駛者對於該標誌或標線之感識不深以致無法影響或改變駕駛者之駕駛行為時，此標誌或標線不但形同虛設，對於行車安全亦造成嚴重之威脅。因此，本研究根據 2.1 節，即表 2-1「以駕駛操控為分類之標誌與標線」，選出對安全性有較高影響之標誌與標線，設置於模擬場景中，進行對受測者之駕駛行為觀察、分析。

一、需改變方向盤之實驗項目

此係探討車道寬度對駕駛人油門及方向盤之操控所產生的影響；由於

車道為提供車輛行駛於其上的交通設施，因此車道寬度確有可能會影響駕駛人對於道路狀況及速率的掌握。本項實驗的目的即在於了解當車道寬度縮減時，對於駕駛者之行駛速率及車輛行駛軌跡是否會造成影響。茲將本實驗之內容列示於下：

1. 對照組場景：3.5 公尺車道寬；
2. 實驗組場景：3.25 公尺車道寬。

二、需踩煞車之實驗項目

此係探討標線與標誌對於駕駛人行車速率所產生的影響，包括收斂山形標線、顛簸減速標線、速限標誌及公路行車安全距離辨識標線。「收斂山形標線」係國外採用欲使駕駛者降低其行駛速率之交通標線設計，通常係劃設於路面上，並在超车次數頻繁、易肇事之路段加以設置，其目的主要是讓駕駛者在視覺感受上產生壓迫感和警覺性，以促使其減速慢行，而達到行車安全之目的，參見圖 3-2。「顛簸減速標線」係將標線橫劃於車道上，藉由車輛經過時產生震動而促使駕駛者降低速率通過。「公路行車安全辨識標線」則透過標線間等距之特性來提醒高速駕駛者減低速度。本實驗之目的即在於探討顛簸減速標線、收斂山形標線、速限標誌和公路行車安全辨識標線對駕駛者之行駛速率產生何種程度的影響。茲將本實驗之內容列示於下：

對照組場景：未劃設收斂山形標線、顛簸減速標線、公路行車安全辨識標線及速限標誌之道路

實驗組場景：劃設收斂山形標線、顛簸減速標線、公路行車安全辨識標線及速限標誌

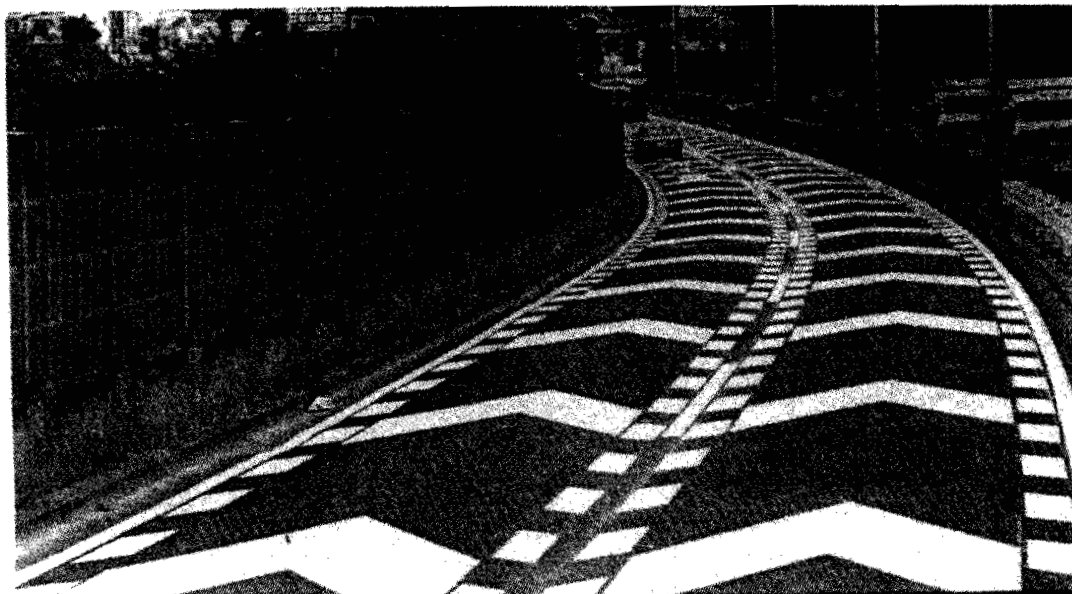


圖 3-2 日本 Nankai 道路所劃設之收斂山形標線

各實驗組場景之詳細設計內容與取樣地點，本研究整理後列於表 3-1，請與圖 3-1 相互對照參閱。

表 3-1 實驗路段設計對照說明表

實驗項目	里程	路段設計說明
公路行車安全辨識標線	主線 0K+725-1K+125	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 400 公尺之直線平坡路段 ➤ 0K+925 起劃設 200 公尺的公路行車安全距離辨識標線
收斂山形標線	主線 5K+625-6K+100	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 475 公尺之直線平坡路段 ➤ 5K+725 起劃設 100 公尺的收斂山形標線 ➤ 5K+975 設置最高速限 40KPH 之限制標誌
	支線 5K+200-5K+750	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 550 公尺的直線平坡路段 ➤ 5K+300 起劃設 100 公尺的收斂山形標線 ➤ 5K+650 設置最高速限 30KPH 之限制標誌
顛簸減速標線	主線 2K+875-3K+300	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 425 公尺之直線平坡路段 ➤ 2K+975 起 100 公尺之路段中劃設 2 組的顛簸減速標線 ➤ 3K+225 設置最高速限 60KPH 之限制標誌
	支線 3K+850-4K+250	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 3K+950 起 100 公尺之路段中劃設 2 組的顛簸減速標線 ➤ 4K+150 設置最高速限 60KPH 之限制標誌
速限標誌	主線 1K+425-2K+025	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1K+595 設置最高速限 60KPH 之限制標誌 ➤ 1K+900 準備進入左轉的緩和曲線，長 125 公尺，超高變化由 0 遞增為 0.078 (Tan 值)
	支線 0K+000-0K+125	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 速限標誌與主線相同 ➤ 準備進入右轉的緩和曲線，長 125 公尺，超高變化由 0 遞增為 0.078 (Tan 值)
車道寬度縮減	主線 6K+575-6K+925	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 350 公尺的直線平坡路段 ➤ 6K+650 設置車道、路寬縮減標誌 ➤ 6K+700-6K+800 為車寬縮減路段

3.3 汽車駕駛模擬系統

3.3.1 硬體架構

虛擬實境為一種透過電腦影像合成與 3D 圖學的技術，將真實世界之交通運輸環境逼真地移植於電腦世界中，並藉由電腦螢幕呈現。因此，研究者根據真實交通運輸環境，並藉著虛擬實境的技術建構電腦場景，之後只須找尋受測者操縱汽車駕駛模擬器，便可輕易地獲得各種動態交通特性資料。駕駛模擬器對於交通運輸研究課題之資料收集是一項相當可靠與便利之技術。而國內汽車駕駛模擬系統發展不若國外先進，國內目前僅成功大學擁有一固定基底型汽車駕駛模擬系統以及交通部運輸研究所合作研究計畫-駕駛模擬器建置與應用之規劃研究(民國 89 年 7 月)，由中央大學和成功大學共同執行，所開發之油壓式六軸汽車駕駛模擬器。本研究採用油壓式六軸汽車駕駛模擬器來進行模擬實驗，其中各子系統在本報告就不加敘述，茲將其模擬系統圖繪於圖 3-3。

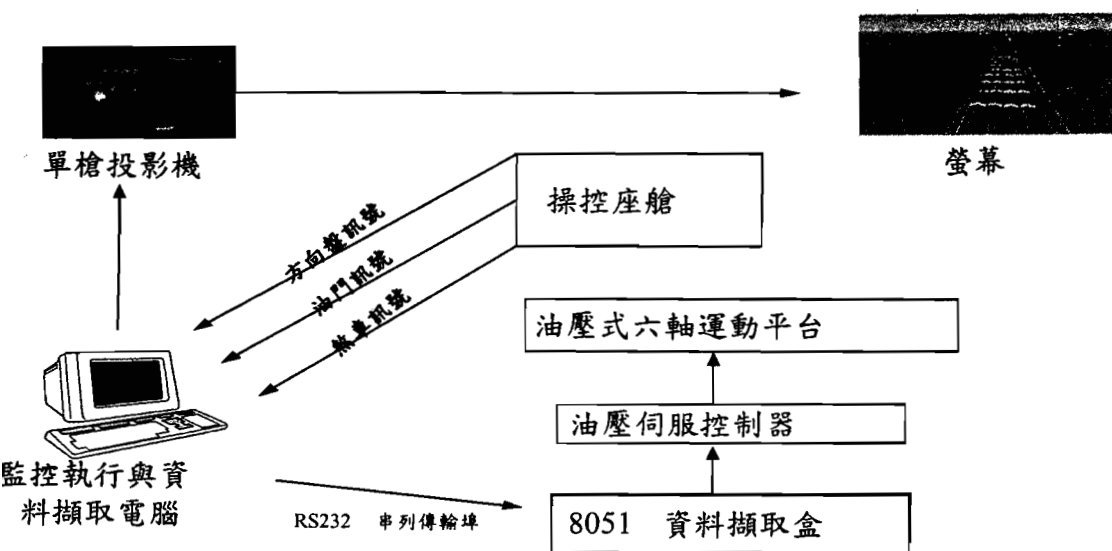


圖 3-3 汽車駕駛模擬系統硬體架構圖

3.3.2 場景建構軟體

本實驗室所從事有關之研究中，Superscape VRT 一直為本實驗室構建場景之主要工具，對於 Superscape VRT 軟體之功能與應用等技術，也發展至一

定程度。但 Superscape VRT 因相容性較差，且色彩擬真度只支援至 256 色，因此基於後續發展空間與場景逼真度的考量，羅俊煌(民 89 年)利用 VRML97 虛擬實境模組語言構建高速公路高雄終端之模擬場景，從事有關車輛肇事之研究，效果相當好。因此本研究在構建場景軟體即採用 VRML97 虛擬實境模組語言，場景建構過程中利用 AutoCAD 2000、Cosmo Worlds 2.0 及 PLATINUM VR Creator Personal Edition (Version 2.0)。表 3-2 為 Superscape VRT 與 VRML97 之特性比較。

表 3-2 Superscape VRT 與 VRML97 之特性比較

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

3.4 實驗之相關假設

1. 本研究的分析範圍係侷限於單向三車道之公路路段，且只探討單一駕駛者之駕車行為模式，並不考慮氣候及其他自然因素之影響、實際道路上與其他車輛之互動關係，如超車、跟車等行為。
2. 本研究對於汽車駕駛模擬裝置之影像、輸入介面等對於測試駕駛者之影響，均視為外生之影響變數，吾人僅觀察受測者使用該裝置設備之績效表現，並假設受測者具有調適其與該設備間關係之能力，並將其面對前方路況時之判斷抉擇，透過該實驗裝置具體表現出來。
3. 本模擬實驗之受測者係以年紀較輕、環境適應能力較強之 20 至 25 歲且具有豐富駕駛經驗者為人選，人數為 5~10 人。先使受測者適應虛擬場景及熟悉駕駛模擬器之操作，再讓每位受測者就本研究所構建之各種虛擬

公路場景，各進行八次模擬實驗測試，記錄其實驗過程中之起始時間、到達終點時間、及模擬車輛之速率、位置等資料，監控電腦係每 0.05 秒記錄一次，以供進一步分析駕駛行為之用。

肆、模擬實驗與分析

4.1 標誌放大實驗

於研究過程中發現在虛擬世界中標誌可視距離比真實世界短，若仍以其實際尺寸為準，則標誌於模擬世界中與真實世界中的感覺將有所差異，如此勢必對本研究之模擬實驗造成若干偏差。在真實世界中的駕駛者如由標誌上游約 100 公尺處開始向標誌接近，此時駕駛者的視角將逐漸放大，慢慢地使標誌由模糊而漸趨清楚，而駕駛者本身所感受到的變化幅度並不太大，如此駕駛者應有足夠的辨識時間，使其足以作出正確的決定。而模擬器世界中，因受限於電腦和顯示設備所能達到的解析度極限，當試驗者看清楚標誌內容的時候已是非常地接近標誌了。如此勢必導致駕駛者在作決策時之壓迫感，進而影響到駕駛者產生反應上的偏差，對於實驗結果亦將有不良之影響。

本研究乃針對此項問題，利用「放大標誌」的方式，使虛擬世界的交通標誌可視距離能與真實世界中相近似。假設駕駛者在真實世界道路的 100 公尺距離外就能看清楚標誌的內容，本研究在虛擬道路環境中，將同一標誌放大到使其在距離 100 公尺遠之處，亦能看得同樣清楚。如此雖會導致該標誌的尺寸變得相對較大，在某種程度上造成駕駛者的局部不協調，但為使駕駛人能得到與真實道路世界相近似的標誌辨識距離，俾以作出合理的反應動作，供相關研究分析取樣，此乃成為現階段不得不然的一項必要調整。

4.1.1 標誌放大之實驗方法

在標誌放大之實驗中，係利用不同大小的速限標誌，觀察受測者辨識標誌內容所需的距離，再與真實世界中所需的距離加以比較，期能找出最適當之尺寸。由於每個測試者的視力並不相同，所以亦有不同的視距；在經過現場的實驗後，所得到數值時速在 100 公里時，可看見的距離約在 120~180 公尺之間。但在虛擬世界中，由於道路場景係由單槍投影成形，物體的清晰程度完全是靠硬體設備本身的解析度高低而定，因此每位測試者所能看清楚的

距離幾乎完全相同，彼此間只有反應時間上的差距，所以本研究假設每位受測者的視力均為相同，以簡化實驗之複雜性。

4.1.2 標誌放大實驗結果分析

在標誌放大的實驗中，每個受測者均在九種不同尺寸的牌面下進行實驗(圖 4-1)，以了解在牌面尺寸不同的因素下，駕駛者之辨識距離會呈現何種變化關係，依此決定應該如何去設定虛擬世界標誌牌面的尺寸。若將六位受測駕駛者在每種標誌尺寸下之數據加以平均，然後利用此平均數配適出一條迴歸方程式，以此測試是否可取代這些數據。由圖 4-2 可發現其判定係數 $R^2 = 0.999$ ，可謂相當的高，幾乎已接近直線，是故本研究不再考慮其他的多項式。透過上述的方法，本研究即得到虛擬世界標誌大小與辨識距離的關係式。

在進一步的應用課題中，未來只要知道真實世界中標誌的辨識距離，就可以決定虛擬世界中交通標誌的尺寸了。即以此迴歸方程式 $Y = 8545.919 + 319.541X$ (Y 為虛擬世界裡的單位， X 為駕駛人能清楚辨識速限標誌內容的距離)作為未來模擬實驗中「標誌放大」的換算公式。

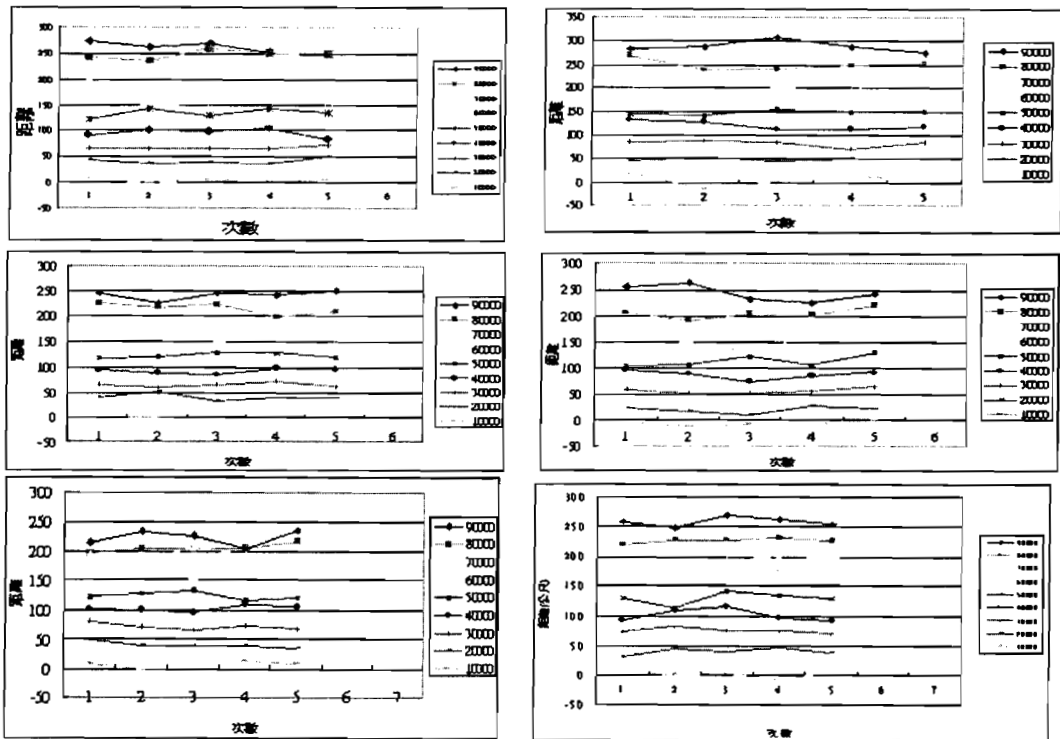


圖 4-1 各受測者之標誌大小和辨識距離關係

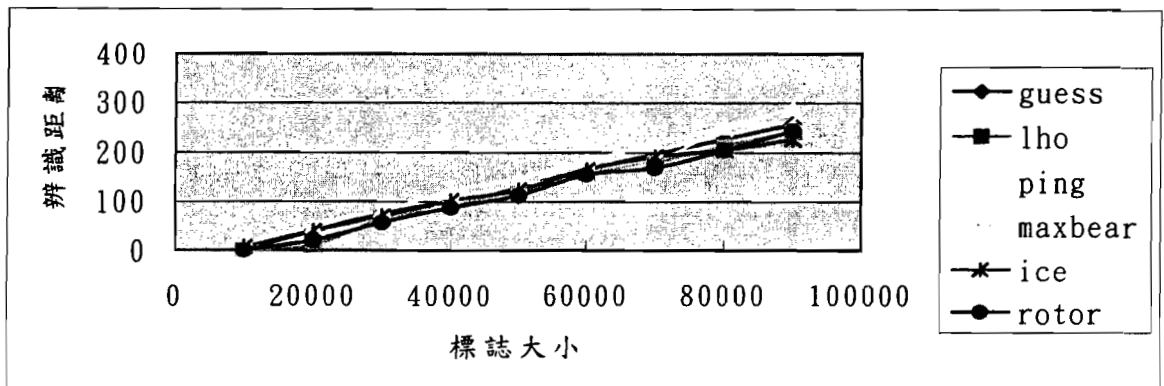


圖 4-2 各受測者平均後之標誌大小和辨識距離關係

4.2 實驗結果數據之分析

本研究在整個場景建構完成之後，遂和六軸之動態平台配合，進行分析
 虛擬世界道路上各項交通設施對於駕駛人之行為影響，在實驗期間並係 0.05

秒的間隔紀錄駕駛人駕車時的速率及其在虛擬場景中的座標位置，以記錄所得到的資訊作為分析之依據。分析的項目共有五種，為公路行車安全距離辨識標線、山形標線、顛簸減速標線、速限標誌及車道寬度縮減，分析重點在檢定實驗前後各項標線、標誌對駕駛人行車速率及行車軌跡的影響。

本研究各種不同實驗項目係基於 3.4 節之實驗假設前提下所得到之結果，有若干事項未納入本次實驗考量，於未來後續研究中加以考量參酌：

1. 參予測試之人員(目前為 20-25 歲)的年齡組較狹且其組成結構不均勻；
2. 車種分類僅為小型車；
3. 實驗場景設計為單向三車道，且不考慮本車與其他車流之互動關係；
4. 實驗情境設計為白天，光線良好且可視距離佳，對於霧天、雨天、夜晚等不同實驗情境設計之影響，並不於本次研究中探討。

4.2.1 公路行車安全距離辨識標線

本實驗係為了解公路行車安全距離辨識標線，對駕駛人在行車速率上的影響，分析的方法乃以統計 T 檢定的方式，來判斷駕駛人在駕車行經本實驗路段前後的行車狀況，採用檢定車輛加速率在對照組與實驗組路段的變化情形，作為判定公路行車安全距離辨識標線對駕駛人影響的標準，實驗的結果如表 4-1 所示。表 4-1 顯示在顯著水準為 5% 下，實驗中有 44 組數據顯示駕駛人駕車之加速率會受公路行車安全距離辨識標線影響，其中 18 組呈現降低速率的狀態，10 組顯示駕駛人有放開油門傾向放慢速率的情形。

表 4-1 公路行車安全距離辨識標線對駕車加速率影響之檢定結果

加速率有顯著差異	加速率為正值由小變大	3
	加速率為正值由大變小	10
	加速率為負值由小變大	4
	加速率為負值由大變小	5
	加速率由正值轉負值	9
	加速率由負值轉正值	13
加速率無顯著差異		12

4.2.2 山形標線

山形標線在交通上的意義乃為促使駕駛人行經該路段時能降低速率通過，在國外可見於超車次數頻繁及易肇事的路段，而在國內則未見有這項交通標線設施。本實驗目的即為觀察山形標線對駕駛人實質上的影響，檢定駕駛人通過一般路段與設有山形標線路段時，其在速率上之駕駛行為是否有顯著的差異，分析方法則為檢定實驗期間加速率變化的情形，表 4-2 為實驗之結果。在山形標線實驗中，有 49 組數據是顯著的，其中 27 組有降低速率的行為，8 組顯示駕駛人放開油門傾向放慢速率。

表 4-2 山形標線對駕車加速率影響之檢定結果

加速率有顯著差異	加速率為正值由小變大	4
	加速率為正值由大變小	8
	加速率為負值由小變大	2
	加速率為負值由大變小	12
	加速率由正值轉負值	13
	加速率由負值轉正值	10
加速率無顯著差異		7

4.2.3 顛簸減速標線

顛簸減速標線之設置為藉著車輛通過該路段時產生震動的效果而致使駕駛人在駕車速率上的降低，旨在使駕駛人能夠安全通過前方路段或是提醒駕駛人注意路況，屬於促使駕駛速率降低的標線之一。本實驗為檢定顛簸減速標線對駕駛人是否產生顯著的影響，以檢定對照組和實驗組加速率平均值的方式判斷駕駛人通過該路段的行為。表 4-3 顯示駕駛人在經過顛簸減速標線前後其呈現的反應結果，46 組數據顯著，有 19 組顯示降低速率的行為，12 組傾向放慢速率。

表 4-3 顛簸減速標線對駕車加速率影響之檢定結果

加速率有顯著差異	加速率為正值由小變大	5
	加速率為正值由大變小	12
	加速率為負值由小變大	1
	加速率為負值由大變小	10
	加速率由正值轉負值	8
	加速率由負值轉正值	10
加速率無顯著差異		10

4.2.4 速限標誌

速限標誌與公路行車安全距離辨識標線、山形標線、顛簸減速標線不同的是速限標誌很明確的告知駕駛人其駕車的速限為何，駕駛人必須遵守標誌所要表達的意義。而在本實驗中速限標誌設置於彎道之前，以提醒駕駛人必須降低速率安全通過彎道，圖 4-3 表示了駕車者在進入一速限為 60 公里/小時的彎道前速率之變化情形。

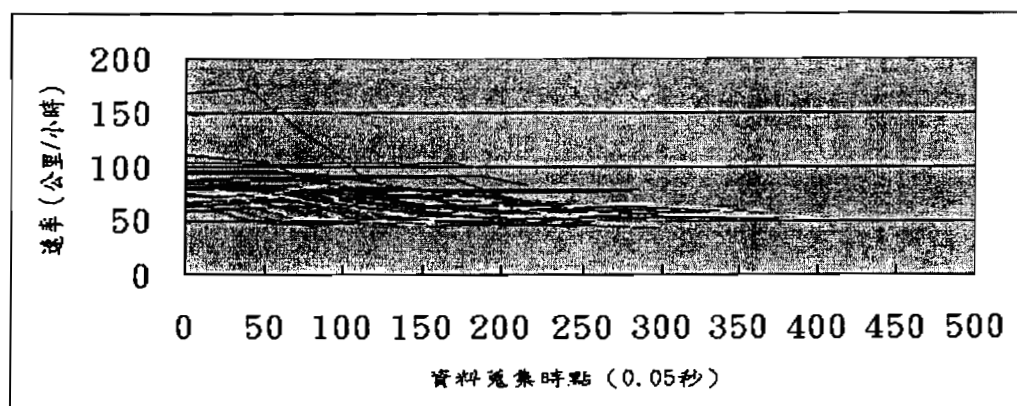


圖 4-3 速限標誌對駕車速率變化的影響

圖 4-3 之曲線的終點表示車輛正準備進入彎道。由曲線分佈的情形可以看出，大部分的駕駛人皆能按照標誌所表達的意思而反應。在 56 組數據中，有 50 組的數據在進入彎道前皆已降速至 60 公里/小時上下，表示速限對駕駛人的影響很明確，駕駛人很清楚的理解標誌所欲傳達的意思。

4.2.5 車道寬度縮減

車道寬度較大的道路對駕駛人來說，其所感受的壓迫會較小，車道寬度較小則易帶來較大壓迫感而謹慎行車，本實驗檢定兩種不同車道寬度的道路，駕駛人在車道上左右橫向位移之變異程度，用以衡量不同車道寬度對駕駛者的影響。圖 4-4 為各受測駕駛人於對照組車道寬 3.5 公尺之路段進入車道寬度 3.25 公尺之實驗組路段行車軌跡變化情形。檢定對照組和實驗組之間車輛之橫向位移變異是否有顯著不同，我們以 F 檢定的方法來判定兩者之間是否有顯著的差異。表 4-4 為各組數據於對照組和實驗組之變異數情形。

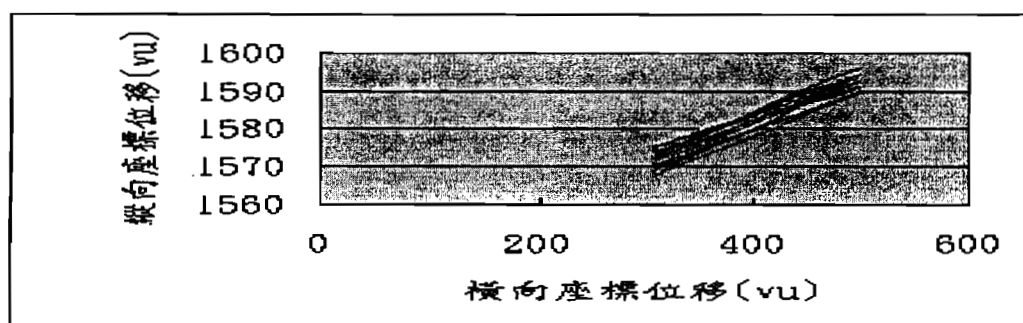


圖 4-4 車道寬度縮減對駕駛軌跡的影響

表 4-4 車道寬度對駕駛人行車軌跡影響之檢定結果

行車軌跡有顯著差異	對照組變異數較大	4
	實驗組變異數較大	4
行車軌跡無顯著差異	20	

在顯著水準為 5% 下，僅有 8 組的數據顯示車道寬度為 3.5 公尺的路段與車道寬度為 3.25 公尺的路段兩者之橫向位移變異數有顯著的差別；有 20 組的數據顯示兩路段對駕駛人行車的軌跡並無明顯的影響，表示無論是行駛於 3.5 公尺寬的車道上或是 3.25 公尺的車道上，其對駕駛人並不會產生太大的影響。

伍、結 論

虛擬實境的技術除了可以進行長時間的觀察外，亦可以設定各種特殊狀況，藉由受測者操縱汽車駕駛模擬器，以得到在真實世界下不易得到的資料。國外汽車駕駛模擬系統應用的課題相當廣，舉凡駕駛行為評估、人因工程研究、交通安全、道路工程設計、ITS 系統評估、車輛安全與設計測試等，皆有諸多著名之汽車駕駛模擬系統投注於多項研究中。並具有安全、資料易獲得及可變性高等優點。

國內目前汽車駕駛模擬系統之發展與應用，就軟體而言，應用虛擬實境技術於交通課題之驗證研究，成功大學在道路環境及駕駛行為之驗證已有相當完整之成果【5,6】。近年來有許多的研究採用虛擬實境的技術，從事分析車流、駕駛行為、易肇事路段等交通課題【1,3,7,8,12】，且成果不錯。而硬體之發展，國內發展汽車駕駛模擬器已具雛型【2,4】，但受限於經費，仍有多項子系統尚未發展完整。由於國內已有許多的研究成果，且就其此系統之安全、便利、可變性等優點，因此未來發展重點除虛擬實境技術可推廣應用於更多的交通課題外，汽車駕駛模擬器亦需再逐次規劃與建置，使先進汽車駕駛模擬系統能提供國內交通運輸研究更有效率的工具。

綜觀本研究之實驗分析結果，公路行車安全距離辨識標線、山形標線、顛簸減速標線及速限標誌皆有使駕駛人降低速率的傾向，然在公路行車安全距離辨識標線、山形標線和顛簸減速標線之實驗中，亦有近 10 次的結果顯示駕駛人經過該實驗路段時有加速的現象，經推論的結果，可能是因為實驗環境單純，加上受測者於多次實驗後心急的影響導致有上述的情形發生。

在速限標誌方面，有近九成的受測者皆遵守標誌所傳達的意思將速率降至所要求的範圍裡，表示速限標誌影響駕駛人的行為最大，經推論可能是速限標誌所傳達給駕駛人的意思最為清楚且直接，所以駕駛人很快的反應而達到標誌的要求。故交通設施若能清楚容易地讓駕駛人意識到其所表達的意思，則越能達到其設置的目的。

在車道寬度縮減的實驗項目，結果顯示在 28 組數據中，僅有 8 組顯著表示不同車道寬度對駕駛行為有影響。故大體來說車道寬 3.5 公尺和車道寬 3.25 公尺的道路對駕駛人的影響並不大，換句話說，在適當的縮減車道寬度下駕駛人不會明顯改變其駕車行為，故由此結果推論，一般道路的建造在成

本考量下，可以考慮適當地減小車道寬以節省經費。交通改善時亦可酌予縮減既有車道寬度，提供較多車道數或其他設施使用。

參考文獻

1. 許添本、周玉如，「混合車流中汽車防撞策略之研究---以視覺模擬為例」，2001 年道路交通安全與執法國際研討會，頁 465-476，民國 90 年 9 月。
2. 交通部運輸研究所，駕駛模擬器建置與應用之規劃研究(第二階段)，民國 89 年 7 月。
3. 羅俊煌，應用駕駛模擬系統從事易肇事路段地點之交通工程改善方案評估研究—以中山高速公路高雄終端為例，成功大學交通管理研究所碩士論文，民國 89 年 7 月。
4. 張劭卿，固定基底型小汽車駕駛模擬系統開發之驗證研究，功大學交通管理研究所博士論文，民國 88 年 10 月。
5. 郭信義，利用汽車駕駛模擬系統從事駕車行為研究中有關道路環境之驗證分析，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
6. 蘇昭彰，利用小汽車駕駛模擬系統從事駕車行為研究中有關受測駕車者行為之驗證分析，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
7. 林鄉鎮，高速公路小汽車駕駛者跟車行為之研究：以虛擬實境(VR)技術所構建之駕駛模擬系統為工具，功大學交通管理研究所博士論文，民國 86 年 7 月。
8. 台灣大學土木工程研究所，高速公路交通工程設施檢測之影像模擬系統規劃設計，財團法人中華顧問工程司，民國 85 年 12 月。
9. 交通部，道路交通標誌標線號誌設置規則，民國 84 年。
10. 交通部，交通工程手冊，民國 79 年 3 月。
11. 交通部，公路路線設計規範，民國 75 年 12 月。
12. 李俊賢，電腦繪圖在交通標誌上之應用，台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 75 年 6 月。
13. 國道高速公路局，台灣區高速公路交通工程規範，民國 73 年 6 月。
14. 交通部高速公路局，台灣區高速公路交通工程規範之研究，民國 73 年 6 月。
15. Lockwood, C. R., "Using The TRL Driving Simulator To Evaluate Traffic Calming Measures," TRL Report 245, 1997.
16. Bloomfield, J. R., Carroll, S. A., Papelis, Y. E. and Bartelme, M. J., "Driver's

Response to an Automated Highway System with Reduced Capability,” Working Paper Dec 93-Oct 95 (Revised), Center for Computer Aided Design, Iowa Univ., Iowa City, p.108, November 1996.

17. Pyne, H., Hodgson, F., Carsten, O., Tight, M., Speed On Rural Arterial Roads, Road Safety In Europe And Strategic Highway Research Program (SHRP), Lille, France, September 26-28, 1994 (Vti Konferens)..
18. Van der Horst, A.R.A and Hoekstra, W., “The Perception of Chevrons in Fog: a Simulator Study (in Dutch), Report IZF 1993 C-10, TNO Institute for Perception, Soesterberg, The Netherlands, 1993.
19. Tenkink, E. and Van der Horst, A.R.A., Effects of Road Width and Curve Characteristics on Driving Speed (in Dutch). Report IZF 1991 C-26. TNO Institute for Perception. Soesterberg. The Netherlands, 1991.
20. McShane, W. R., and Roess, R. P., Traffic Engineering, 1990.
21. Lee, C. H., and Jamalud, M. B. M., "A Study On The Influence Of Yellow Bar Carriageway Markings On Driver Speed Behaviour," Proceedings of the Sixth Conference of Road Engineering Association Of Asia And Australasia, 1990, Kuala Lumpur; Session 9, Paper 9, 1990, pp. 226.
22. Tenkink, E., The Effect of Road Width and Obstacles on Speed and Course Behaviour (in Dutch). Report IZF 1989 C-4. TNO Institute for Perception. Soesterberg. The Netherlands, 1989.
23. Alicandri, E., Roberts, K. And Walker, J. “A Validation Study of the DOT/FHWA Highway Simulator (HYSIM)”, US. Department of Transport, Federal Highway Administration, FHWA/RD-86/067, 1986.

(90/8/10 收稿，90/10/15 第一次修改，90/12/01 定稿)