

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

高速公路用路人使用電子收費系統選擇行為之研究

Analysis of Choice Behavior of Road Users on the Freeway

Electronic Toll Collection System



研究生：蔡甲申

指導教授：黃承傳 教授

中華民國九十四年六月

高速公路用路人使用電子收費系統選擇行為之研究

Analysis of Choice Behavior of Road Users on the Freeway

Electronic Toll Collection System

研 究 生：蔡甲申

Student：Chia-Shen Tsai

指導教授：黃承傳

Advisor：Cherng-Chwan Hwang

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文



Submitted to Institute of Traffic and Transportation

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

in

Traffic and Transportation

June 2005

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年六月

高速公路用路人使用電子收費系統選擇行為之研究

研究生：蔡甲申

指導教授：黃承傳 博士

國立交通大學交通運輸研究所

摘 要

傳統的人工收費除了容易在車流密集時段造成收費站壅塞、用路人旅行時間增加之外，亦會使得高速公路整體服務水準(LOS)降低。為了改進人工收費之缺失，台灣地區高速公路正積極推動電子收費系統之建置與營運，依規劃將分為兩階段實施，初期為人工與電子收費方式並存之計次收費階段，後期則轉換為全面實施電子收費之計程收費階段。然而，無論計次電子收費方式或計程電子收費方式，用路人皆須於個人車輛上裝設車內設備單元才可行駛電子收費車道，而用路人對於車內設備單元的接受程度，將對電子收費系統營運成敗有很大的影響。深入了解高速公路用路人之選擇行為特性為一值得探討的問題。

本研究首先對國內外電子收費系統發展情形作一回顧與評析，並依據 ETC 之建置營運計畫研擬我國實施電子收費後，用路人在不同收費機制下，對於車內設備單元的替選方案。其次以二階段方式進行問卷調查與資料分析，利用敘述性偏好法設計問卷，並構建用路人對於車內設備單元之選擇行為模式，分析用路人選擇行為特性。最後，本研究進行重要影響因素之敏感度分析，且分析預估不同情境下之使用率。此外，並進行 ETC 營運者行銷策略之研擬與評估。

本研究以小型車用路人為研究對象，在計次電子收費階段之替選方案有購買車內設備單元、不購買車內設備單元；在計程電子收費階段之替選方案有購買車內設備單元、租用車內設備單元。研究結果顯示，在計次電子收費階段，車內設備單元之安全性、通過收費站可節省時間、購置費用、產品可使用年限、用路人使用高速公路頻率、每月平均所得、及教育程度等變數會顯著影響用路人對於車內設備單元之選擇行為；在計程電子收費階段，購置費用、租用車內設備單元之租金、租用車內設備單元之保證金、產品可使用年限、用路人使用高速公路頻率，及每月平均所得等變數會顯著影響用路人對於車內設備單元之選擇行為。研究結果可供政府主管機構與 ETC 營運者之參考。

關鍵詞：電子收費、車內設備單元、敘述性偏好、羅吉特模式

Analysis of Choice Behavior of Road Users on the Freeway Electronic Toll Collection System

Student : Chia-Shen Tsai

Advisor : Dr. Cherng-Chwan Hwang

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

Traffic congestion frequently occurs in the freeway toll station areas during the rush hours, under existing fare collection system, which not only increase travel time of road users, but also reduce overall level of service of the freeway system. In order to improve these disadvantages, electronic toll collection (ETC) system is being established and will be operated soon. According to the implementation plan, both frequency-based electronic toll collection and existing manual operation will be adopted for the initial stage, and then fully automatic distance-based toll collection scheme will replace all the manual operation. However, the success of the ETC plan heavily depends on the road users' acceptance of installation of On Board Unit (OBU). Therefore, it is worth while to explore the characteristics of choice behavior of road users in this regard.

This study begins with an overall review of the developments of ETC system both inside and outside the country, choice alternatives for both stage of development is then proposed on the basis of ETC operator's plan. A two-stage questionnaire survey is conducted to collect relevant data of road users' choice behavior, using the stated preference method. The surveyed data are analyzed, and being used to calibrate discrete choice models. Finally, sensitivity analysis of main factors is performed to estimate the effect on choice behavior under different scenarios. In addition, several marketing strategies of ETC operator are also evaluated using the choice model.

Drivers of passenger cars are selected as the scope of this study. The alternatives of frequency-based stage include equipping OBU and non-equipping OBU; the alternatives of distance-based stage include equipping OBU and renting OBU. The result shows that during the frequency-based stage, factors including the safety of OBU, the time saved by ETC user, the price of OBU, the life span of OBU, the frequency of driving on the freeway, the income and education level of the traveler, have significant influence on the choice behavior. On the

other hand, during the distance-based stage, factors including the price, the rent or the deposit, the life span of OBU, the frequency of driving on the freeway, and the income of the traveler significantly affect the choice behavior. The results of this study can provide many useful information for ETC operator and the related government agencies.

Keywords: Electronic Toll Collection, On Board Unit, Stated Preference, Logit Models



誌 謝

本論文得以順利完成，首要感謝恩師黃承傳老師的悉心指導，使學生無論在治學的態度、觀念的啟發，乃至於研究架構之確立，均蒙恩師諄諄教誨。從論文開始時之悉心指導至定稿完成時之逐字潤飾修正，屢見恩師之苦心。尤其恩師孜孜不倦之治學精神及為人處事之風範，均給學生莫大之影響，僅在此表達學生感激與敬佩之意，並獻上最誠摯感恩的心。

論文口試期間，感謝周義華教授與溫傑華教授撥冗細審，並惠予寶貴意見與殷切指正，使本論文疏漏謬誤之處得以斧正。論文進度審查期間，蒙溫傑華教授與邱裕鈞教授詳細審閱，不吝指正，使本論文更臻完備。受業期間與論文研討時，系上藍武王老師、馮正民老師、汪進財老師、黃台生老師、徐淵靜老師、許鉅秉老師及溫傑華老師的教導與關照，亦令學生受益良多，謹此再申謝忱。

論文資料收集期間，感謝邱孟佑學長熱心的協助。論文研究期間，感謝同門師兄鍾政棋學長與戴輝煌學長的勉勵，也感謝同窗好友的幫忙、陪伴、扶持與照應，使研究所的生活令人難以忘懷。

最後，由衷感謝我最親愛的父母與家人多年來無微不至的培育與呵護，也感謝女友姿吟對我的鼓勵與支持，並對所有疼愛我的親人，獻上最真誠的謝意。

蔡 甲 申 謹誌

中華民國九十四年六月

于交大

目 錄

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 中文摘要..... | i |
| 英文摘要..... | ii |
| 誌謝..... | iv |
| 目錄..... | v |
| 表目錄..... | vii |
| 圖目錄..... | ix |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 1.1 研究背景與動機..... | 1 |
| 1.2 研究目的..... | 2 |
| 1.3 研究範圍與對象..... | 2 |
| 1.4 研究內容與方法..... | 3 |
| 1.5 研究步驟與流程..... | 5 |
| 第二章 文獻回顧..... | 6 |
| 2.1 國外電子收費系統之發展..... | 6 |
| 2.1.1 國際電子收費系統之發展..... | 6 |
| 2.1.2 國內外電子收費相關研究..... | 14 |
| 2.2 敘述性偏好法..... | 16 |
| 2.2.1 敘述性偏好法之基本概念..... | 17 |
| 2.2.2 敘述性偏好法之衡量尺度與參數校估方法..... | 18 |
| 2.2.3 實驗設計之概念..... | 19 |
| 2.2.4 敘述性偏好法相關研究..... | 20 |
| 2.3 個體選擇模式..... | 22 |
| 2.3.1 個體選擇模式之基礎理論..... | 22 |
| 2.3.2 參數校估與檢定..... | 24 |
| 2.3.3 個體選擇模式相關研究..... | 28 |
| 2.4 小結..... | 29 |
| 第三章 電子收費系統概述..... | 30 |
| 3.1 電子收費之相關系統與技術..... | 30 |
| 3.2 台灣地區電子收費系統之發展..... | 33 |
| 3.3 ETC 營運者之營運規劃..... | 35 |
| 3.3.1 車內設備單元申裝作業計畫..... | 35 |
| 3.3.2 ETC 之運作方式..... | 35 |
| 3.3.3 付費機制..... | 36 |
| 3.3.4 電子收費車道規劃..... | 37 |
| 第四章 問卷設計與資料分析..... | 39 |
| 4.1 第一階段問卷設計與分析..... | 39 |

| | | |
|------------|------------------------|------------|
| 4.1.1 | 問卷設計與內容..... | 39 |
| 4.1.2 | 問卷結構與資料蒐集..... | 39 |
| 4.1.3 | 基本資料分析..... | 40 |
| 4.1.4 | 替選方案屬性之粹取..... | 48 |
| 4.2 | 第二階段問卷設計與調查..... | 48 |
| 4.2.1 | 問卷設計與內容..... | 48 |
| 4.2.2 | 直交設計..... | 51 |
| 4.2.3 | 問卷調查規劃..... | 53 |
| 4.2.4 | 抽樣樣本數..... | 54 |
| 4.2.5 | 問卷調查對象..... | 55 |
| 4.2.6 | 調查程序..... | 55 |
| 4.3 | 第二階段資料分析..... | 55 |
| 第五章 | 模式構建與校估..... | 60 |
| 5.1 | 模式設定..... | 60 |
| 5.2 | 模式校估與檢定..... | 63 |
| 5.2.1 | 計次收費階段..... | 63 |
| 5.2.2 | 計程收費階段..... | 66 |
| 5.2.3 | 小結..... | 69 |
| 第六章 | 模式應用..... | 71 |
| 6.1 | 選擇行為基本特性分析..... | 71 |
| 6.1.1 | 個人社經特性之影響..... | 71 |
| 6.1.2 | 彈性分析..... | 72 |
| 6.2 | 總體選擇機率與敏感度分析..... | 74 |
| 6.2.1 | 購置車內設備單元選擇機率預估..... | 74 |
| 6.2.2 | 敏感度分析..... | 75 |
| 6.3 | ETC 營運者行銷策略研擬與評估..... | 86 |
| 第七章 | 結論與建議..... | 87 |
| 7.1 | 結論..... | 87 |
| 7.2 | 建議..... | 90 |
| | 參考文獻..... | 91 |
| 附錄一 | 第一階段問卷..... | 96 |
| 附錄二 | 第二階段問卷..... | 99 |
| 附錄三 | 第一階段問卷交叉分析..... | 103 |
| 附錄四 | 第二階段問卷交叉分析..... | 106 |

表 目 錄

| | | |
|--------|---------------------------------|----|
| 表 1.1 | 小型車佔總車輛百分比分析表..... | 3 |
| 表 2.1 | 世界各國 ETC 系統比較表..... | 13 |
| 表 2.2 | 國外電子收費系統之收費架構表..... | 14 |
| 表 4.1 | 第一階段問卷回收統計表..... | 40 |
| 表 4.2 | 第一階段問卷受訪者社經特性統計表..... | 41 |
| 表 4.3 | 第一階段問卷受訪者旅次行為特性統計表..... | 43 |
| 表 4.4 | 受訪者對於電子收費的了解程度統計表..... | 44 |
| 表 4.5 | 用路人已知道何謂電子收費時之統計表..... | 44 |
| 表 4.6 | 用路人對於計次階段因應情形..... | 44 |
| 表 4.7 | 信度分析－計次電子收費階段..... | 45 |
| 表 4.8 | 信度分析－計程電子收費階段..... | 46 |
| 表 4.9 | 考慮因素對於受訪者選擇 OBU 之影響程度-計次階段..... | 46 |
| 表 4.10 | 考慮因素對於受訪者選擇 OBU 之影響程度-計程階段..... | 47 |
| 表 4.11 | 用路人基本資料與計次電子收費因應情形之交叉分析..... | 48 |
| 表 4.12 | 計次收費階段情境數..... | 52 |
| 表 4.13 | 計程收費階段情境數..... | 52 |
| 表 4.14 | 第二階段問卷回收統計表..... | 56 |
| 表 4.15 | 第二階段問卷樣本分佈情況表..... | 56 |
| 表 4.16 | 第二階段問卷受訪者社經特性統計表..... | 56 |
| 表 4.17 | 第二階段問卷受訪者旅次行為特性統計表..... | 57 |
| 表 4.18 | 受訪者對於電子收費的了解程度統計表..... | 58 |
| 表 4.19 | 用路人基本資料與計次電子收費階段選擇方案交叉分析表..... | 59 |
| 表 4.20 | 用路人基本資料與計程電子收費階段選擇方案交叉分析表..... | 59 |
| 表 5.1 | 計次收費階段效用函數變數之說明..... | 61 |
| 表 5.2 | 計程收費階段效用函數變數之說明..... | 62 |
| 表 5.3 | 計次收費階段之模式參數校估結果..... | 66 |
| 表 5.4 | 計程收費階段之模式參數校估結果..... | 69 |
| 表 6.1 | 計次收費階段各變數之總體彈性係數值..... | 74 |
| 表 6.2 | 計程收費階段各變數之總體彈性係數值..... | 74 |
| 表 6.3 | 不同 ETC 實施階段購買 OBU 之選擇機率..... | 75 |
| 表 6.4 | 計次收費階段通過收費站可節省時間之敏感度分析..... | 77 |
| 表 6.5 | 計次收費階段購置費用之敏感度分析..... | 78 |
| 表 6.6 | 計次收費階段產品保固年限之敏感度分析..... | 79 |
| 表 6.7 | 計程收費階段購置費用之敏感度分析..... | 81 |
| 表 6.8 | 計程收費階段租用 OBU 租金之敏感度分析..... | 82 |
| 表 6.9 | 計程收費階段租用 OBU 保證金之敏感度分析..... | 83 |

| | | |
|--------|-------------------------|----|
| 表 6.10 | 計程收費階段產品保固年限之敏感度分析..... | 84 |
| 表 6.11 | 計次收費階段行銷策略模擬項目內容..... | 86 |
| 表 6.12 | 計次收費階段行銷策略模擬之結果..... | 86 |



圖 目 錄

| | | |
|-------|-----------------------------|----|
| 圖 1.1 | 研究流程圖..... | 5 |
| 圖 3.1 | 計次階段電子收費車道示意圖..... | 38 |
| 圖 3.2 | 計程階段電子收費車道示意圖..... | 38 |
| 圖 6.1 | 計次收費階段通過收費站可節省時間之敏感度分析..... | 77 |
| 圖 6.2 | 計次收費階段購置費用之敏感度分析..... | 78 |
| 圖 6.3 | 計次收費階段產品保固年限之敏感度分析..... | 79 |
| 圖 6.4 | 計次收費階段各變數之敏感度分析..... | 80 |
| 圖 6.5 | 計程收費階段購置費用之敏感度分析..... | 81 |
| 圖 6.6 | 計程收費階段租用 OBU 租金之敏感度分析..... | 82 |
| 圖 6.7 | 計程收費階段租用 OBU 保證金之敏感度分析..... | 83 |
| 圖 6.8 | 計程收費階段產品保固年限之敏感度分析..... | 84 |
| 圖 6.9 | 計程收費階段各變數之敏感度分析..... | 85 |



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

國內中山高速公路自民國67年完成通車後，即大幅縮短台灣地區西部走廊南北時間距離。現行高速公路收費方式是以主線柵欄式(Mainline Barrier Type)收費站對用路人以收取現金或回數票等人工方式收取高速公路通行費。但由於近年來高速公路交通量快速成長，車輛行至收費站前時常形成交通瓶頸。由於主線柵欄式人工收費作業方式，車輛行近時必先減速，至收費亭停車繳費後再加速離去，致其效率有先天上之限制，為追求更優質收費效率，我國乃積極發展電子收費系統。根據研究指出利用電子收費（Electronic Toll Collection, ETC）系統能使傳統人工收費車道容量由每小時通過600輛（找零車道）至900輛小型車（回數票車道）增加為每車道容量達1,450輛至2,200輛小型車[中華電信公司研究所，民86年]，容量可提高約一倍，藉由結合電子、電腦與通訊等科技之自動化電子收費，並可達到無須停車、無現金之收費服務。

有鑑於此，交通部乃開始著手推動電子收費系統，並且是我國近年來發展智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)的重要方向之一，自民國87年11月起於國道第三號道路（北二高）之龍潭收費站與樹林收費站進行電子收費試辦計畫，為台灣地區邁向公路智慧化之一大步。

台灣地區高速公路電子收費系統之建設及營運即將實施，依規劃將以兩階段轉換方式逐步推出，初期於現行收費站區幾何條件不變下，將部分人工收費車道改成ETC車道，為人工與電子收費方式並存之計次收費階段。然而採行計次收費方式將發生短程旅次使用者，行駛高速公路卻無須付費，且收費站之間的里程不盡相同，卻以同一費率計算之不公平現象。因此第二階段將改為全面以自動化電子收費系統取代既有人工收費作業方式且為依里程計費之費率制度，此為全面實施電子收費之計程收費階段。

然而，無論收費機制為計次電子收費方式或計程電子收費方式，用路人皆須於個人車輛上裝設車內設備單元(On Board Unit, OBU)，而用路人對於裝設車內設備單元的意願與接受程度，將對電子收費系統成效有很大的影響。因此，用路人對於車內設備單元之選擇行為特性為一相當值得深入研究的問題。

1.2 研究目的

本研究旨在探討小型車用路人對於車內設備單元的選擇行為特性，由於目前國內尚未使用車內設備單元，故將使用敘述性偏好法與羅吉特模式為研究方法。此外，除進行彈性分析與敏感度分析者外，並將研擬 ETC 營運者行銷策略，且評估行銷策略之預期實施效果，以提供有關當局與 ETC 營運者作參考。

本研究之目的主要包含五點：

1. 探討國內、外電子收費系統之發展。
2. 調查分析影響用路人選擇裝設車內設備單元之重要影響因素。
3. 針對小型車用路人進行問卷調查，並以離散選擇模式(Discrete Choice Model) 構建用路人對於車內設備單元之選擇行為模式。
4. 依據所構建之選擇行為模式進行彈性分析與敏感度分析。
5. 應用所構建模式進行方案研擬與評估。

1.3 研究範圍與對象

表 1.1 為民國 80 年至民國 92 年高速公路之車輛分類統計表，其中小型車佔總車輛數之百分比皆在 75% 以上。

鑑於台灣地區高速公路小型車交通量所佔比例，於各車種組成中是屬於最高者，故小型車是未來實施 ETC 時主要的成敗關鍵。因此，本研究的選擇行為特性將以小型車用路人為對象。

表 1.1 小型車佔總車輛百分比分析表

| 年份 | 小型車(輛) | 客貨車(輛) | 聯結車(輛) | 合計(輛) | 小型車佔總車輛百分比 |
|----|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| 80 | 226,159,292 | 35,894,432 | 33,562,272 | 295,615,996 | 76.50% |
| 81 | 230,006,083 | 49,132,718 | 23,169,694 | 302,308,495 | 76.08% |
| 82 | 245,552,345 | 49,391,778 | 27,155,654 | 322,099,777 | 76.24% |
| 83 | 269,779,368 | 49,964,388 | 30,937,583 | 350,681,339 | 76.93% |
| 84 | 287,060,705 | 50,090,362 | 31,002,160 | 368,153,227 | 77.97% |
| 85 | 298,457,249 | 51,909,202 | 30,520,063 | 380,886,514 | 78.56% |
| 86 | 313,538,925 | 50,133,044 | 32,652,093 | 396,324,062 | 79.11% |
| 87 | 331,629,688 | 50,054,717 | 32,565,448 | 414,249,853 | 80.06% |
| 88 | 346,846,068 | 52,979,020 | 34,156,987 | 433,982,075 | 79.92% |
| 89 | 365,321,033 | 54,289,832 | 34,200,214 | 453,811,079 | 80.50% |
| 90 | 375,777,088 | 55,336,086 | 33,588,677 | 464,701,851 | 80.86% |
| 91 | 395,709,620 | 55,804,880 | 34,382,771 | 485,897,271 | 81.44% |
| 92 | 435,632,839 | 54,137,373 | 34,954,139 | 524,724,351 | 83.02% |

資料來源：高速公路年報

1.4 研究內容與方法

本研究之主要研究內容及進行步驟說明如下：

1.確立研究目的與範圍

首先確立本研究之問題、目的與範圍，作為下列各步驟之準則。

2.文獻回顧與評析

回顧與整理國內外電子收費系統發展情形、敘述性偏好法、羅吉特模式等相關文獻。

3.車內設備單元選擇行為特性調查

透過電子收費相關文獻來進行第一階段購買車內設備單元重視因素問卷設計，利用問卷來調查用路人購買車內設備單元所重視的因素。

利用第一階段的結果來設計第二階段的問卷。第二階段之問卷設計共分為二大部分，第一部分為敘述性偏好，利用實驗設計法，由不同的屬性及水準值

組合成不同的情境，並由用路人評估各替選方案之屬性，且表達其對替選方案之選擇意向，第二部分則為用路人的社會經濟資料。將問卷回收的資料加以整理並進行敘述性統計分析，做為構建模式之基本資料。

4.構建用路人選擇行為模式

本研究旨在構建一可以描述小型車用路人對車內設備單元選擇行為之模式。一般在面對多種替選方案時，均以多項羅吉特模式(MNL)來加以分析，由於本研究車內設備單元選擇分別僅有購買 OBU 與不購買 OBU(計次收費階段)或是購買 OBU 與租用 OBU(計程收費階段)二種選擇，故所建立之選擇模式均為二元羅吉特模式(Binary Logit Model)。模式參數的校估將採用 LIMDEP[Greene, 1997]軟體，以最大概似法(Maximum Likelihood Method)來進行。

5.模式應用

透過車內設備單元選擇行為模式，進行相關因素之彈性分析與敏感度分析，並研擬 ETC 營運者之市場行銷策略。

6.結論與建議

綜合歸納本研究所獲得之主要結論與建議事項。



1.5 研究步驟與流程

根據以上研究內容，本論文主要進行步驟如圖 1.1 之流程圖所示：

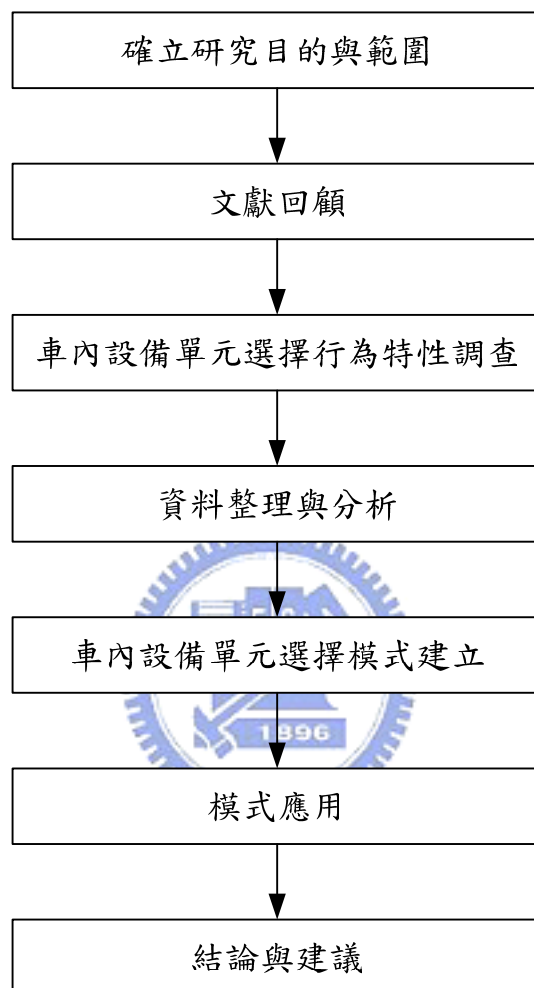


圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章回顧國外電子收費系統發展情形、以及敘述性偏好法與個體選擇模式等相關文獻。

2.1 國外電子收費系統之發展

自挪威於1987年[AutoPASS Web Site]首先啟用電子收費系統後，目前世界各國在電子收費方面已發展出許多成功之系統，本節將各國推動電子收費之經驗及歷程，依序說明分析。

2.1.1 國際電子收費系統之發展

本節主要探討各國 ETC 之發展情形，並整理成表 2.1。

1. 亞洲經驗

(1) 新加坡 ERP 計畫[LTA Web Site]

新加坡為改善市中心區的道路擁擠程度，自 1975 年開始實施區域牌照計畫 (Area Licensing Scheme, ALS)，將市區內最為擁擠的區域劃為限制區 (Restricted Zone, RZ)，在工作日的上午 7:30 到下午 7:00 以及週六的上午 7:30 至下午 2:00 進入限制區的車輛，都必須先購買區域牌照，執法方式是以警察在進入點監看。由於區域牌照計畫需要大量的人力，且無法根據用路人實際的使用次數以及進入限制區的時間收取不同的費用，故新加坡政府乃自 90 年代初期開始著手規劃電子道路定價 (Electronic Road Pricing, ERP)，並於 1998 年 9 月正式營運，為亞洲最早實施徵收道路擁擠費 (Congestion Toll) 的國家。

ERP 計畫承襲原有區域牌照計畫，進行市中心區尖峰時段車輛管制工作，將原有人工收費方式改為電子自動收費系統，車主必須完成車內單元裝設，而外國車輛則應裝設臨時性的車內單元。

ERP 計畫依不同的車種於不同地區與不同時段收取不同費率，實施時間為星期一至星期五，每天早上 7:30 至早上 9:30，如此在各個尖離峰時段收取適當之擁擠費，不僅可減輕市區道路之擁擠，更可使道路使用更有效率。

ERP 計畫之收費對象包括機車等所有車輛，依不同車型之車內單元配合使用 Smart card 扣取通行費。此外，該計畫採用多車道收費系統，是利用一跨軌式框架構成完整的自動收費系統之收費站，且各式車種可同時通過此收費區，屬於主線多車道收費系統。

在收費技術方面，車內單元與路側設備之通訊方式以 2.45GHz 為通訊頻率，由車內單元中的智慧卡扣款，並利用影像辨識執法系統辨識並擷取違規車輛的影像。車內單元為兩片式的智慧卡，內部記錄有使用者之帳目資訊。根據車輛分級共有八種不同的車內單元，主要有三項功能：與門架上的天線之微波通訊、智慧卡扣款及交易紀錄、餘額及錯誤訊息顯示，並以不同之嗶聲代表正常或不正常交易。

ERP 計畫自 1998 年 9 月正式營運，目前新加坡已有 97% 的車輛已經裝設車內單元（每個約為 120 元），每個車內單元之編號與其車輛的車牌號碼相對應，車內單元上有一插槽用來以接觸式智慧卡支付費用，該智慧卡由當地銀行組成專門機構發行和管理，可在加油站或 ATM 上加值。在 ERP 投入使用之前的十個月期間內可免費裝設車內單元，但在 1998 年 9 月 1 日以後購置的車輛都被要求自費裝置車內單元。

(2) 馬來西亞 SmarTAG 系統[ETTM Web Site]

馬來西亞的高速公路大多以 BOT 方式建置，初期之收費方式計有開放式之主線收費與封閉式之匝道收費等二種，並由民間經營，以人工收費；然而在交通量快速成長的情況下，人工收費方式已無法滿足交通服務之需要，以致發生收費站區路段之車流等候及壅塞現象，因此馬來西亞政府乃於 1995 年在 Penang Bridge 及 North-South Expressway 之部分收費站更改建置 ETC 系統，使馬來西亞成為亞洲第一個採用 ETC 的國家。

根據統計，馬來西亞共有五條高速公路或橋樑設置了 ETC 系統，但分屬於不同收費特許公司，以致通訊技術及收費方式各不相同，因此造成各系統彼此並不相容，即使在同一都市內不同的高速公路可能需要不同的車內設備單元，造成用路人相當不便，因此馬來西亞高速公路管理局規定需在所有的電子收費站區裝設至少一車道的統一規格系統，此系統名稱為 SmarTAG 系統，並自 1998 年 7 月起陸續實施。

SmarTAG系統採用紅外線的DSRC技術，在車輛擋風玻璃上裝設車內設備單元，並於收費站裝設許多路側設備，使車輛不需在收費站停車即可自動收費。根據有關當局估算，一個 SmarTAG 收費系統車道的容量最高可達1,200輛／小時。

(3)日本的ETC計畫[Masukata, 1999]

日本之快速道路系統分屬四個不同組織所管轄，且收費方式也有單一費率之主線收費及依里程收費之匝道收費二種。日本曾檢討高快速道路交通壅塞之原因，分析結果約有35％肇因於收費方式。有鑑於此，1994年由建設省開始主導ETC系統的發展，目的除在於發展符合全國收費方式之統一機制，也能解決主線收費方式所引起收費站區之交通延滯，同時能克服匝道收費方式對連接都會區內道路的交通影響。於1997年開始在神奈川縣之小田原厚木路進行ETC測試，同年決定採用5.8GHz頻率作為ETC之DSRC規格，並且東京灣公車系統也加入測試。在1999年進行ETC路側設備之公開招標並確定其相關設施規格，同年完成ETC相關建置契約之發包工作，並於2000年3月率先在東京都會區部分收費道路建置及營運。

(4)香港的ERP計畫

香港政府自 1983 年至 1985 年間首度對部分地區進行「電子道路收費(ERP)」的實驗性計畫，企圖透過向道路使用者收取過路費之方式來減少非必要之旅次，進而提高道路空間的使用效率。當時之測試結果顯示電子道路定價所採用的技術及相關的營運方式不是問題，但由於社會大眾及部分政治人物認為將對隱私權造成影響，大力反對實施，因此香港的電子道路定價策略當時並未付諸實施。

1995 年 10 月，道路使用者付費的概念再度被提出，且於 1998 年 10 月開始進行兩個月的測試。測試的系統分別使用特定短距通訊(DSRC)與車輛定位系統(VPS)兩種。DSRC 技術是目前 ETC 及 ERP 普遍使用的方法，主要方式是在收費區進入點設置路側設施(Roadside Unit)，車輛在通過收費點時，車內設備單元與路側設施以 DSRC 通訊交換收費資料，達成收費目的。VPS 為利用全球定位系統確認車內設備單元的位置，當車輛進入收費區域後即加以紀錄或自動扣款，除 GPS 外，其他衛星或地表定位系統均為評估範圍內的技術。

2. 美洲經驗

(1) 美國加州橘郡FasTrak系統[Express Lanes Web Site]

美國加州橘郡(Orange County)91號公路（簡稱SR91）位於加州南部，是連接Orange和Riverside兩郡間最繁忙的雙向八車道高速公路。由於91號公路在尖峰時段交通阻塞十分嚴重，且非尖峰的時段亦有擁擠情況出現。加州運輸部(state of California department of transportation, Caltrans)為解決91號公路交通壅塞的問題，將寬約18公尺至30公尺之中央分隔帶增建為雙向各二車道的自動電子收費公路，屬於主線多車道收費系統，並於1995年底完竣通車。

在91號公路新建的車道中，完全以微波通訊(902MHz-925MHz)方式為主的自動車輛辨識(AVI)技術進行電子自動收費，未裝設自動車輛辨識系統的車輛不可使用此收費公路，否則為違規行為。對於是否適當使用車道，是利用閉路電視及影像處理之車牌辨識技術進行監控。用路人只要將費用存入通行費帳戶內，就可利用記載使用車輛代碼的電子卡，當電子卡和車輛通過時，便會自動加以辨認並從用路人帳戶中扣除費用。而採用全自動電子收費系統之主要原因除了公路用地無剩餘空間設置傳統收費亭，亦可避免因傳統式收費站造成延滯，以期提升其服務水準。

根據通車後六個月（1996年6月）之調查，91號公路下午尖峰時段旅行延滯時間從每旅次30分鐘至40分鐘降低至每旅次8分鐘，但是在1997年6月之調查，旅行延滯時間又增加至每旅次12分鐘至13分鐘，有鑑於此，營運單位亦開始檢討其費率問題。加州91號公路為服務都會區通勤走廊之單一公路系統，而且收費公路兩旁即為壅塞的同一路線免費高速公路，因此其定價結構引進擁擠費(Congestion Toll)的觀念，通行費率依時段之交通擁擠程度而定，隨時段不同而收取0.25美元至2.5美元的通行費。除了時間差別之外，不同車種亦有不同之收費標準，目前基於公路運作的效率與需求變化情況，通行費已調整為0.75美元至3.5美元。

(2) 美國紐約E-Z pass系統[ETTM Web Site]

紐約地區的E-Z pass系統適用於紐約都會區絕大部分的橋樑、隧道與高速公路的收費站，以及紐約與紐澤西交界的許多橋樑與隧道。發展E-Z pass系統的主要目的在於統一各政府單位以建立一個通用於該地區之收費公路、橋樑、隧道的

電子收費系統。

E-Z pass系統設置多種不同收費方式之專用車道，以便利用路人繳費，包含E-Z pass專用車道、E-Z pass與投幣兩用車道、E-Z pass與現金專用車道、不找零車道以及混合車道，屬於主線單車道系統，另外最內側兩車道亦規劃為調撥車道，以供上下班尖峰時段調度使用。

根據1999年之統計，在美國所有ETC系統的電子交易量中，E-Z pass系統所佔比例達45%，交易金額更高達70%以上，成為美國及全世界最大的相容性電子收費系統。

(3)美國聖地牙哥I-15 Value Pricing計畫[I-15 FasTrak Web Site]

美國聖地牙哥I-15 Value Pricing計畫乃是一個示範性計畫，主要功能是使乘載一人的車輛(SOVs)能夠付費行駛I-15的高承載車輛(High Occupancy Vehicle, HOV)車道，收費所得將用於I-15運輸走廊的大眾運輸改善計畫。I-15連接聖地牙哥與其北方幾個城鎮，主線為雙向各四車道，8英哩的中央分隔帶設有兩個可調撥之HOV車道，僅有兩端設置出入口，開放時間為上下班尖峰時間，上午尖峰為南向，下午尖峰則為北向，其餘時間均為封閉狀態。

該計畫分兩階段實施，第一階段從1996年12月起至1998年3月止，稱為I-15 ExpressPass Program，主要是利用月租費的方式收取費用，發給SOV車主sticker黏貼在擋風玻璃上以供辨識，之後改為AVI發送器(Transponder)，改由自動辨識以節省人力。第二階段稱為FasTrak Program，實施時間為1998年4月起至1999年12月止，本階段之收費方式將月租型態改為計次收費，收費標準每次0.5美元至8美元不等，視不同時間與當時HOV車道壅塞程度而定。此外，為告知駕駛人當時之費率，利用資訊可變標誌在HOV車道入口處上游將即時之費率顯示出來。

該計畫主要是利用HOV車道的剩餘容量，開放給予SOV付費使用，不僅可維持HOV車道的服務品質，亦可充分利用車道之剩餘容量。而維持HOV車道服務品質乃是利用價值定價(Value Pricing)的方式，精確計算HOV車道的車流量，並按照車道剩餘容量訂定即時的費率，藉以控制進入HOV車道的SOV數量，充分將電子收費技術與擁擠定價理論應用於交通管理上。

(4)加拿大多倫多407號公路ETR(HW 407 Express Toll Route)計畫[周家蓓等，民91

年；吳健生等，民90年]

加拿大為減輕穿越多倫多都會區車流以及通過 403 號道路所產生的擁擠問題，乃於多倫多都會區北方興建 407 號公路。407 號公路大致與 403 號公路平行，於 1998 年 9 月全線完工通車，全長約 69 公里。

407 號公路 ETR(Express Toll Route)為全世界第一個多車道自由流之全電子式收費道路，全數車道均裝設多車道電子收費設備，並無人工收費車道。除了使用車內設備單元通訊之方式完成電子收費交易外，其他未裝設車內設備單元之車輛則是採用車牌辨識技術之方式以寄發帳單，完成交易。

在收費技術方面，車內設備單元與路側設備之通訊方式以 900MHz 為通訊頻率，車輛偵測與分類採用雷射式偵測器。其收費門架佈設於每一個公路進出匝道口，車輛於進入與離開公路主線，通過匝道電子收費門架時，系統均會記錄其通過記錄，然後根據其行駛里程、時間、車種，計算其應付之通行費用，屬於計程收費。

目前每天約有 25 萬輛車次使用 407 公路，其中約 65%已使用車內設備單元。407 公路屬於電子計程收費，其日間基本費率為每公里加幣 0.11 元，夜間則為每公里加幣 0.06 元；為鼓勵駕駛人多加利用車內設備單元，該系統對於未裝設車內設備單元者，每旅次額外徵收加幣 2 元之影像處理費，大於 5 噸車輛未裝置車內設備單元而使用該公路者，每一旅次則多徵收加幣 25 元之費用。

3.歐洲經驗

(1)挪威 Toll Ring 計畫[AutoPASS Web Site]

挪威在1950至1980年代間為強化非都市地區之發展，而將大部份的經費投注於鄉間地區道路的建設，致使都市區內之道路系統無法滿足日益增加之交通需求，造成都市區道路交通擁擠。在財務短缺及時間的限制下，卑爾根市乃規劃於1986年實施道路收費，稱為Toll Ring計畫，成為全球除新加坡區域牌照計畫(Area Licensing Scheme, ALS)外最早實施的道路收費計畫。在卑爾根市於1986年實施後，奧斯陸與特隆赫姆等二市也分別於1990年2月與10月跟進實施。

卑爾根市系統均為人工收費車道，奧斯陸與特隆赫姆的收費系統則包含了人工與部分電子收費車道，電子收費系統均包括自動車輛辨識、自動車輛分類與影

像執法等功能。

Toll Ring計畫相當成功，以奧斯陸為例，除了使得市中心區的壅塞與空氣污染問題獲得相當大的改善，而且營運成本僅佔營收所得的10%，較傳統人工收費系統的效率大幅提升。

但由於奧斯陸與特隆赫姆的收費系統包含了人工與部分電子收費車道，且通訊技術是採845MHz的通訊頻率，加上1990年所建置之電子收費技術設施老舊及功能有限，與歐盟所新訂的DSRC標準（5.8GHz系統）不相容，故於1999年推動更新該既有收費系統計畫，稱為AutoPASS，使一個車內設備單元能通行全挪威的道路電子系統。

4.澳洲經驗[Kloot, 1999]

澳洲墨爾本為改善進出市中心區之交通擁擠狀況，而提出 MCL(Melbourne City Link)計畫。MCL 為一條 22 公里長的電子收費公路，連接墨爾本地區現有的三條公路，分別為 Tullamarine Freeway、West Gate Freeway 以及 South Eastern Arterial。整個計畫由南段(The South Freeway)及西段(The Western Link)兩個路段構成。南段連接 West Gate Freeway 和 South Eastern Arterial，西段連接 Tullamarine Freeway 和 West Gate Freeway。該公路於 2000 年 12 月全面運轉。

MCL 採用主線多車道收費系統，可讓用路人以正常駕駛方式通過，即使在收費區有超車、變換車道之行為，系統仍可對密集大流量之車輛進行扣款。MCL 依車輛分級收費而不根據旅行距離收費，並訂有收費上限。車輛分為小客車、輕型商用車、重型商用車等三級，系統也有能力對機車收費。用路人必須先向營運者開設帳戶以取得電子卡(e-Tag)，並將 e-Tag 裝置於汽車前方擋風玻璃後照鏡後方位置，即可自由通行於各收費站區，目前 e-Tag 交易比例已達 85%。而非經常性的用路人可以選擇使用臨時帳戶或購買一日券(DayPass)，臨時帳戶用路人會收到一個臨時用的電子卡，DayPass 用戶則可以購買一天或一天以上的 DayPass，其通行費率較 e-Tag 高，以日計費，每日通行次數不受限制，一年最多能申請 12 次。

在收費技術方面，車內設備單元與路側設備之通訊方式以 5.8GHz 為通訊頻率，車內設備單元電源由電池產生，並裝設於後照鏡背面。

5. 國外案例彙析

茲將以上所蒐集得之各國案例資料，依據系統組成的技術架構及各案例背景條件，整理如表2-1所示。

表2.1 世界各國ETC系統比較表

| 洲別 | 地點 | 計畫(系統)名稱 | 通訊技術 | 收費區位 | 車道數 | 收費方式 | 正式營運時間 |
|----|--------|-----------------------|---------------------|------|--------|-------|-------------|
| 亞洲 | 新加坡 | ERP 計畫 | 微波 2.45GHz | 主線 | 多車道自由流 | 計次 | 1998 年 9 月 |
| | 馬來西亞 | SmarTAG 系統 | 紅外線 850nm | 主線 | 單車道 | 計程 | 1998 年 7 月 |
| | 日本 | ERP 計畫 | 微波 5.8GHz | 匝道 | 單車道 | 計次／計程 | 1997 年 1 月 |
| | 香港 | ERP 計畫 | 紅外線／VPS | 匝道 | 多車道自由流 | 計次／計程 | 1998 年 10 月 |
| 美洲 | 美國加州橘郡 | FasTrak 系統 | 微波 902MHz-925MHz | 主線 | 多車道自由流 | 計次 | 1995 年 12 月 |
| | 美國紐約 | E-Z pass 系統 | 微波 915MHz | 主線 | 單車道 | 計程 | 1997 年 6 月 |
| | 美國聖地牙哥 | I-15 Value Pricing 計畫 | 微波 915MHz | 匝道 | 多車道自由流 | 計次 | 1998 年 4 月 |
| | 加拿大多倫多 | ETR 計畫 | 微波 900MHz | 匝道 | 多車道自由流 | 計程 | 1998 年 9 月 |
| 歐洲 | 挪威 | Toll Ring 計畫 | 微波 845 MHz | 主線 | 單車道 | 計次 | 1990 年 2 月 |
| 澳洲 | 澳洲墨爾本 | MCL 計畫 | 微波 5.8GHz | 主線 | 多車道 | 依車 | 2000 年 12 月 |

由國外案例可知，目前世界各國營運的電子收費通訊技術仍多屬於短距通訊 (Dedicated Short Range Communication, DSRC) 系統，以 VPS(Vehicle Positioning System)為通信方式的收費系統仍在測試當中，我國於計次收費階段所採用的技術便是以 DSRC 為主。此外，以 DSRC 為通訊技術的電子收費系統，還可因收費區位分為主線收費及匝道收費，和以運作方式分成單車道(Lane-base)電子收費及多車道自由流(Multilane Freeflow)電子收費。

單車道的電子收費，即於現有收費站設置 ETC 專有車道，車道上方架設無線接收器收取過路車輛資料或扣款，而收費系統的設備單元，包括 AVI 天線、車內設備單元、收費顯示器、通行號誌、投幣收費機、車道柵欄、車輛偵測器。至於資料傳遞方式，大多採用雙向式，除具備單向式之程序外，在系統記錄資料後亦會傳送另一信號回覆該車輛，將車輛上所使用之儲值卡金額扣除，無須再寄通知繳費，簡化帳務處理流程。此種建構方式最大的好處在於能夠同時兼

顧人工與電子兩種收費方式，方便偶爾使用高速公路的用路人。

多車道自由流電子收費系統，即多車道係利用一跨軌式框架構成完整的自動收費系統之收費站，且各式車種可同時通過此收費區。全線均採用電子方式收費，故僅限配備車內設備單元裝置之車輛使用。其好處在對車流產生的干擾降至最低，且可按車輛實際行駛的里程收費，使收費制度達到公平合理的要求；但其缺點則為，無配備車內設備單元裝置之車輛無法使用，對偶而使用或外來車輛造成不便，但目前已可利用影像辨識技術來進行收費。

匝道收費是將收費點設於匝道上，其主要目的除了達到使用者付費公平性，並可按行駛里程收費，另外便是減少主線車流延滯。其電子收費系統的設備與主線電子收費相同。

此外，電子收費系統之收費可歸納為申請費用、通行費用，如表 2.2 所示。

表2.2 國外電子收費系統之收費架構表

| 收費項目 國家 | 申請使用費用 | | | 通行費 | |
|--------------|--------|------|--------|------|------|
| | OBU 安裝 | 押金 | OBU 租金 | 高速公路 | 特定道路 |
| 新加坡 ERP | ✓ | ✓ | ✓(按日) | ✓ | ✓ |
| 馬來西亞 SmarTAG | ✓ | 1896 | N/A | ✓ | N/A |
| 日本 ETC | ✓ | N/A | N/A | N/A | ✓ |
| 香港 AutoToll | N/A | ✓ | ✓(按月) | N/A | ✓ |
| 澳洲 CityLink | ✓ | ✓ | ✓(按年) | N/A | ✓ |
| 美國 E-ZPass | N/A | ✓ | ✓(按月) | N/A | ✓ |
| 加拿大 407 公路 | ✓ | N/A | ✓(按月) | N/A | ✓ |

資料來源：各收費公司網站

2.1.2 國內外電子收費相關研究

戴怡芸[民 93 年]利用分析與控制原理，將控制原理運用在運輸市場佔有率的控制上。該研究為了要瞭解在 ETC 促銷活動策略之下，小型車用路人對於 ETC 的需求變化，利用問卷調查取得所需要的訊息資料，包括民眾使用高速公路的習慣及付費方式、通行費率的變動，以及車內設備單元價格的可接受程度對其使用 ETC 的意願，以此為依據求得 ETC 需求函數，即為價格與數量之關係曲線，民眾不使用 ETC 之原因亦納入探討的範圍。此外，文中認為費率、時間節省、車內設備單元成本、個人偏好、所得等因素皆會影響用路人之意願。

張學孔等人[民 93 年]針對主線門架式高速公路電子收費之用路人車道選擇模式，建立一套成本效益評估的分析架構；並用以輔助決定適當的自動收費車道之配置數量，以及評估系統均衡時使用電子收費車道的車輛數。該研究認為一般用路人選擇裝置電子收費設備的目的是為了減少通過收費站的延滯時間，而用路人在選擇裝設車內設備單元主要與車內設備單元的安裝成本、用路人的所得、旅行時間、各收費方式車道數、收費服務時間（延滯）、費率折扣等因素有關。研究結果顯示，當自動收費車道的擁擠增加時，有部分裝置電子收費設備的車輛會選擇由人工收費車道通過，根據文中數值分析之結果顯示，其比率約為 13.95%，顯示電子收費車道必須經由合理規劃以決定適當的車道配置。

Levinson 與 Chang[2003]探討 ETC 車道最佳的配置方式，以及構建社會福利最大的模式，並進行敏感度分析。文中認為用路人是否願意接受電子收費，與個人的社經特性、人口統計特性、地理特性有關。在構建車道選擇模式方面，該研究把通行費率、通過收費站時間當共生變數，而把車內設備單元取得成本、使用收費站的頻率、不需要準備回數票與零錢的便利性、車內設備單元的延伸功能等因素當作方案特定變數。

Ogden[2001]探討隱私權在電子收費中的議題。該研究認為電子牌照具有唯一性，且可收集用路人的旅運行為資料，若把這些資料加以整理分析，將會對個人隱私權造成危害。此外，文中亦探討執法單位是否有權取得用路人牌照攝影結果等執法議題，以及個人資料安全性等問題。

廖惠卿[民 91 年]採微觀電腦模擬分析法，應用收費站模擬模式（TPS 模式）作為分析工具，分析及評估我國高速公路收費站在既有幾何條件不變下，實施電子收費時，其 ETC 車道配置位置、數量在不同使用者比例與不同交通量下，對收費站整體服務績效（通過模擬系統之平均速率）之影響情形。該研究首先分別對不同收費車道群之代表性收費站進行交通特性分析，再以 TPS 模式模擬在不同的 ETC 車道配置位置、數量及使用率等變動因素組合情境下之運行結果，據以評估其對收費站整體服務績效之影響情形。最後，應用評估結果，尋求在不同的交通量與不同的 ETC 使用率下，最適當的 ETC 車道配置數量。

賴炳榮[民 88 年]調查收費站之 ETC 運作特性，並利用收費站模擬模式（TTPS）模擬 ETC 系統在收費站之不同的佈設對收費站整體服務績效所產生的影

響。經以連續假期暫停收費時所調查各車輛之車距約為 2.28 秒及 2.34 秒，並以此推估 ETC 容量約在 1579 輛/小時/車道及 1538 輛/小時/車道之間，顯示 ETC 車道服務容量確較一般人工收費車道之服務容量為高；且由其模擬結果顯示：在僅設置 1 線 ETC 車道之情況下，當置於小型車車道範圍之最內側或最外側時，其收費站服務績效最佳且隨著車道移設於中間車道而遞減；另隨著 ETC 使用者與 ETC 車道數量之增長，其服務績效亦將隨之提高。

交通部運輸研究所曾對運輸業者進行車內設備單元需求調查，運輸業者對於車內設備單元在短程（未來五年內）可接受價格為 2,000~4,000 元，而在中長程（未來五到十年內）可接受價格為 1,000 元。

陳榮明、張淑娟、沈瑄瑄[民92年]探討高速公路未來若採匝道收費對都會區道路交通之影響；研究中假設高速公路匝道收費對用路人運具使用行為不變，而僅係路徑選擇的交通影響。依國外實施匝道收費的評析，此種收費方式會移轉管制範圍內約40%的交通旅次使用非收費的道路，而此種移轉現象對於國內高速公路未來若將現行主線人工收費改採為匝道收費下，初估其於交通尖峰小時將有 4,522 輛之車旅次會移轉到台北市市區道路，因此提出相對應之配套措施，期以供都會區應用交通管理策略上及減輕對市區道路交通衝擊的思考。

Thomas R. Parish[1994]針對電子收費系統進行市場調查，該研究利用市場區隔以及利潤和風險評估調查消費者願意支付金額和市場潛力。研究結果顯示，消費者確實會為了節省時間而支付金錢，而且不同層級的消費者有不同的需求。此外，對於過度承諾的風險，會造成消費者對產品產生過度的預期。

2.2 敘述性偏好法

校估羅吉特模式所使用之資料型態可分為顯示性偏好(Reveal Preference, RP)與敘述性偏好(Stated Preference, SP)數據兩類。

傳統的顯示性偏好法在分析旅運需求時係透過對受訪者實際行為之觀察，從受訪者對不同方案的評估與決策來觀察個體行為之偏好，然後再利用適當的統計方法，分析其決策之關鍵變數以構建效用函數。在1980年代中期以前，個體運輸需求模式多使用顯示性偏好以蒐集資料，此法雖然較能精確地分析旅運行為與構建效用函數，但其在應用上仍有若干之限制 [Kroes and Sheldon, 1988；陳育甄，

民91年]：

- 1.所使用之數據可能因變數值的變異程度不夠而導致該變數不顯著，無法進一步分析。
- 2.顯示性偏好模式須使用實際數據，解釋變數間可能存在著高度相關的問題。
- 3.顯示性偏好模式使用的解釋變數通常以量化的單位表示，無法估計一些質化變數的影響。
- 4.顯示性偏好模式收集資料常需耗大量時間、金錢及人力，且難決定替選方案集合。
- 5.顯示性偏好模式無法處理新的運輸系統，對於新的運具無法預測其潛在之需求。

由於顯示性偏好存在著上述的缺點與限制，因此近年來的研究多以敘述性偏好法來預測與分析旅運行為與構建效用函數。其模式之建立是透過可控制的實驗設計，透過合理與有效的方案情境組合，將設計好的方案陳述於受訪者面前，然後再讓受訪者依其本身的偏好進行方案的評估，研究者根據這些受訪者的資料與偏好，分析受訪者之決策行為並構建效用函數。

敘述性偏好法最大的優點是可以模擬未存在運輸設施的情境，進行旅運需求預測。然而此法仍有一些限制：

- 1.受訪者所陳述之行為可能並非其實際的選擇行為。
- 2.當屬性及水準數很多時，情境組合數龐大，所構成的替選方案會導致受訪者無法做正確選擇。
- 3.效用函數參數校估方法並沒有一定的準則。
- 4.若假設的情境與真實狀況相差太多，會導致分析結果的誤差。

無論是顯示性偏好或敘述性偏好法，皆有其應用上的優點與缺點，因而有結合兩種數據優點之模式的發展。

2.2.1 敘述性偏好法之基本概念

敘述性偏好於1970年代初期發展於行銷學領域，至1978年被廣泛應用，此方

法在行銷學領域稱之為聯合分析(Conjoint Analysis)，吳長生[民88年]將聯合分析定義為：「由不同屬性水準值所事先定義的替選方案供消費者評量，並依此資訊估計消費者偏好結構之分解(decomposition)方法」。至1979年時，英國首次將聯合分析應用在運輸分析上[Kroes and Shelden, 1988]，聯合分析在運輸領域上就稱為敘述性偏好法(Stated Preference Method)，或稱之為實驗室模擬法(Laboratory Simulation)、情境法(Scenario-based Method) [尤淨纓，民90年]。

敘述性偏好法主要是研究者以一些事先決定好的屬性(Attributes)及水準值(Level)組合成各種情境，再由這些客觀的情境，構成替選方案(Alternatives)供受訪者評分(Rating)、等級排序(Ranking-order)，或以第一偏好法(First Choice)的方式評估其替選方案的整體偏好，之後研究者再依上述各替選方案之整體偏好資料，利用一些參數校估技術估計偏好函數的參數[劉慧燕，民81年]。

2.2.2 敘述性偏好法之衡量尺度與參數校估方法

不同的偏好衡量尺度會影響到效用函數參數的校估程序，且不同實驗設計及替選方案的描述會使用不同的偏好衡量尺度，故偏好衡量尺度的選擇對模式之選用有極大的影響，必須依循研究目的，符合所採用模式之前題假設及參數校估方法等要素。偏好衡量尺度方法一般可分為等級排序法(ranking)、評分法(rating)與第一偏好法(first preference)等三種，分別如下作介紹：

1. 等級排序法

即受訪者對替選方案依其偏好給予順序之排列。測量層次屬於等級尺度(ordinal scale)，只能顯示出偏好的高低，而無法顯示出偏好的倍數關係(強度)，所以當替選方案過多時，排序的工作就變得非常困難。

2. 評分法

即受訪者對替選方案依其偏好給予評分。偏好愈高者分數愈高，衡量層度為等距尺度(interval scale)，由於沒有真正的零點，所以20分並非為10分的兩倍。一般大都將分數設在1-20分左右，因為若分數範圍過大，受訪者比較不容易正確地將其偏好表達出來。

3.第一偏好法

即受訪者對替選方案模擬其可能選擇之方案，被選擇之方案即代表受訪者對此方案具有第一偏好，此法可以顯示出受訪者對替選方案偏好的機率。

敘述性偏好模式效用函數參數的校估，依研究目的、效用函數的型態、偏好衡量法、實驗設計與可應用之軟體不同而有所不一。等級排序法偏好資料可利用 MONANOVA(Monotone Analysis Of Variance)模式校估參數[黃俊英，民87年]；而評分法偏好資料一般皆以最小平方迴歸(Ordinary Least Squares, OLS)及最小絕對誤差和迴歸模式(Minimizing Sum of Absolute Error Regression, MSAE)；第一偏好法在研究上最常被應用，乃是因為其基本假設符合個體選擇理論，可應用個體模式中羅吉特(Logit)與普洛比(Probit)兩種方法校估參數。羅吉特模式(Logit Model)因函數型式簡單，實用便利性高，且有適當之軟體可使用，所以較普洛比模式應用為廣，不過羅吉特模式通常存在著不相關替選方案獨立性(Independence Irrelevant Alternatives, IIA)特性。

2.2.3 實驗設計之概念

敘述性偏好之替選方案是由研究者在進行實驗設計(Experimental Design)前，以事先決定好之相關屬性及其水準值所組成的選擇情境。一般相關屬性的選取，必須符合研究目的，至於屬性個數多寡的問題則無定論，只要能顯示研究的目的，屬性個數愈少，研究之實驗設計則愈簡單，但變數太少則會不易顯示所欲研究主題的特性，因此一般都採取減少水準值數目之作法，以達到簡化實驗設計的目的。最常見的水準值數目為2個或3個，即(Two-Way)或(Three-Way)設計（指屬性為 n 個，水準數為 2^n 個或 3^n 個的設計）。

敘述性偏好模式之實驗設計，主要分為二因素法（two-factor at-a-time procedure）及整體輪廓法（full-profile approach）兩大類[張顥鐘，民91年]：

1.二因素(two-factor at-a-time procedure)

二因素法又稱權衡法(trade-off procedure)，受訪者每次只針對兩個屬性中各水準值的不同組合加以評估，排列出偏好順序，然後再逐次地評估其他對屬性組合[Johnson, 1974]。

二因素法的優點是很容易應用和受訪者容易填寫，但在實際應用上有以下幾

個限制：

- (1)每次只對兩個屬性進行比較評估，而暫時忽略其他屬性的考量，故有失其真實性。
- (2)選擇者所需評估的次數較多，例如有6個屬性，每個屬性有4個水準，選擇者即須填15張表，每張有16個空格（即16個組合）。
- (3)受訪者會有混淆的趨勢，或可能傾向於採取定型化的反應，容易疲乏。
- (4)為一非計量的運用，且不能使用部分因子設計來減少屬性的比較。
- (5)屬性的組合最適合用口頭來描述，但不適合以圖畫的方式來描述。

2. 整體輪廓法（full-profile approach）

整體輪廓法又稱觀念評估法（concept evaluation task），它在替選方案中列舉所有重要屬性，並由各屬性的某一水準值共同組成一個替選方案，此替選方案可視為一整體輪廓。整體輪廓法將替選方案中每一個屬性皆同時列出，較接近事實。但受訪者所需評估的替選方案太多（特別是以等級排序或評分法衡量偏好的情形），常超出受訪者所能負擔範圍。舉例來說，如有六個屬性，每個屬性有4個水準，即有 $4^6 = 4096$ 個替選方案，因此整體輪廓法在實際應用上為了減少受測體的組合數目，可使用要因設計(factorial design)、部分要因設計(fractional factorial design)、及直交排列法(orthogonal arrays)等實驗設計法來解決。

整體輪廓法的缺點是受訪者面對受測體數目過多時常常無法做理性的判斷。而其優點是：

- (1)對受訪者而言，比較符合其實際上的情境。
- (2)可使受訪者就替選方案的整體輪廓來做比較、衡量和評估。
- (3)將資料配合分解模式使用時，可允許有交互作用的存在。

2.2.4 敘述性偏好法相關研究

許巧鶯等[民87年]曾提出對敘述性偏好的分析步驟：

- (1)將假設的替選方案藉著一些影響選擇行為的某些屬性所組成的整體概念，以某

種描述的方式呈現給受訪者。

(2)這些屬性各具有許多水準值，替選方案即由這些屬性的任一水準值所組合而成的。

(3)屬性及其水準值在情境組合時常透過實驗設計技術（如直交排列設計）或隨機抽取水準值（如隨機分配實驗設計）來設計。其中隨機分配實驗設計為在一定屬性水準值範圍內，以隨機抽樣的方式抽取情境組合之屬性水準值，目的在解決直交排列設計時資料變異性不足的缺點，但不能保證方案間互相獨立，一般多以增加問卷數目，使水準值之抽取呈常態分配解決之[Kroes and Sheldon, 1988]。

(4)受訪者透過將各方案排定優先偏好順序(如等級排序法)、對各方案進行偏好強度評分(如評分法)或僅選擇一方案(如第一偏好法)表達其對替選方案的偏好。其中第一偏好法資料蒐集較有效率、理論基礎完備、無尺度假設問題，因此多數應用於運輸上之研究皆採用第一偏好法。

(5)最後，研究者依各受訪者替選方案之偏好資料，利用參數校估技術估計效用函數的參數。等級排序法所得之偏好資料的參數校估可用MONANOVA分析法（Monotone Analysis of Variance）、PREFMAP程式、非計量多元尺度法或LINMAP程式。評分法所得之偏好資料的參數校估可用最小平方迴歸法或最小絕對誤差和迴歸法（Minimizing Sum of Absolute Error Regression；MSAE）。第一偏好法所得之偏好資料的參數校估可用羅吉特模式或普洛比模式。

目前，在國內外已有非常多的學者從事將敘述性偏好法應用於運輸上之研究，Kroes and Sheldon [1988]說明敘述性偏好法之內涵和其在運輸領域上之應用，Bunch et al. [1993]探討敘述性偏好法中各屬性變數對不同消費者是否選擇使用電動車之影響，段良雄與劉慧燕 [民 85 年]應用敘述性偏好法於路線選擇，張丞邦[民 86 年]與段良雄與陳宥欽[民 90 年]以敘述性偏好之問卷調查，建立個體決策規則最佳化的門檻羅吉特模式，許巧鶯等[民 87 年]運用敘述性偏好法對消費者電子購物與傳統購物選擇行為進行分析，陳玉屏[民 88 年]以敘述性偏好法探討消費者對電動機車的選擇行為，Wen and Koppelman[2000]運用敘述性偏好法在區位選擇和家戶旅次上，來探討個體運具選擇模式，尤淨纓[民 90 年]以敘述性偏好法探討消費者對網路電話選擇行為之研究，張顥鐘[民 91 年]以敘述性偏好法探討迄點屬性對城際旅運者運具選擇行為之影響等等。

2.3 個體選擇模式

本研究根據 ETC 實施時程，分別嘗試以二元羅吉特模式構建用路人對於車內設備單元之選擇行為模式。因此本節就個體選擇模式、羅吉特模式之理論、特性、變數設定與模式參數校估和統計檢定做一說明。

2.3.1 個體選擇模式之基礎理論

個體選擇模式(Disaggregate Choice Model)亦稱為行為模式，早先係用於生物統計上，直到 1960 年代才將個體需求理論引進運輸需求分析領域。Warner[1962]運用芝加哥運輸研究(CATS)調查資料，分析工作旅次與非工作旅次的運具選擇行為，建立二元羅吉特模式。McGillivray[1967]也從消費者效用理論觀點建立二元羅吉特運具選擇模式。Rassam *et al.*[1970]將二元羅吉特模式擴展至多項羅吉特模式。Charles River[1972]以購物旅次數目、目的地與運具選擇之先後順序，建立個體程序選擇模式。Ben-Akiva[1974]依個體程序性模式之架構，結合旅次數目、目的地與運具選擇等，建立個體聯合選擇模式。Koppelman[1975]應用個體需求模式來預測總體的運輸行為，建立總計需求預測模式。此時，個體運具選擇模式在理論應用與模式發展上已十分完備[王慶瑞，民 67 年]。

由於個體模式乃是以行為理論為基礎所建立的因果模式，故與總體模式相比，個體模式具有較高準確性的優點[段良雄，民 73 年]。其理論基礎主要源自於經濟學的消費者行為理論與心理學的選擇行為理論，利用隨機效用(Random Utility)的觀念，對選擇機率作預測。基本架構是以經濟學的效用函數為出發點，假設消費者為理性的選擇者，在追求效用最大的原則之下，進行各種可能替選方案(Alternative)之選擇，並選擇可帶給消費者最大效用之替選方案。

當個體 n 在面對 j_n 種替選方案時，將選擇替選方案 i ，若且唯若，

$$U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n, j \neq i \quad (2.1)$$

其中 U_{in} ：替選方案 i 所能帶給個體 n 之效用；

C_n ：(1,2,..., j_n) 為個體 n 所能選擇的替選方案之集合。

而效用函數 U_{in} 又可用兩種變數來加以表示，如(2.2)式：

$$U_{in} = U(z_{in} + S_n) \quad (2.2)$$

其中 z_{in} ：替選方案 i 對個體 n 之屬性向量；
 S_n ：個體 n 之社會經濟特性向量。

方案的效用函數由觀測得之的可衡量部分和無法由觀測得之的隨機效用部分所組成。因此效用函數可表示為(2.3)式。

$$\begin{aligned} U_{in} &= U(z_{in} + S_n) \\ &= V_{in}(z_{in}, S_n) + \varepsilon_{in}(z_{in}, S_n) \\ &= V_{in} + \varepsilon_{in} \end{aligned} \quad (2.3)$$

其中 V_{in} ：個體 n 對替選方案 i 之可衡量效用；
 ε_{in} ：個體 n 對替選方案 i 之不可衡量效用。

可衡量效用的部分通常都以線性函數表示，如(2.4)式所示。

$$V_{in} = \sum_k X_{ikn} \beta_{ik} \quad (2.4)$$

其中 X_{ikn} ：個體 n 於替選方案 i 的變數 k ；
 β_{ik} ：個體 n 於替選方案 i 的變數 k 之參數。

而個體 n 選擇替選方案 i 的機率如(2.5)式：

$$\begin{aligned} P_{in} &= P(U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n, j \neq i) \\ &= P(V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}, \forall j \in C_n, j \neq i) \end{aligned} \quad (2.5)$$

若對隨機誤差項 ε 作不同的機率分配假設，即可導出不同的個體選擇模式，如下所述：

1. 若假設 ε 為獨立且相同之岡勃分配(Gumbel Distribution)，則可導出多項羅吉特模式(Multinomial Logit Model)。
2. 若假設 ε 為多變量極端值分配，則可導出一般化極值模式(Generalized Extreme Value Model)。
3. 若假設 ε 為多變量常態分配，則可導出多項普洛比模式(Multinomial Probit Model)。

而在個體選擇模式中，較著名的有羅吉特(Logit)模式與普洛比(Probit)模式，其中普洛比模式因運算較為複雜，以羅吉特模式較被廣泛使用。故本研究

擬採羅吉特模式來建立用路人對於 OBU 之選擇行為模式。

而羅吉特模式之基本假設為用路人將選擇能產生最大效用之替選方案。模式之基本型式如(2.6)式所示：

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}} \quad (2.6)$$

其中 P_{in} ：個體 n 選擇替選方案 i 之機率；
 $e^{V_{in}}$ ：替選方案 i 所能帶給個體 n 之效用；
 C_n ：(1,2,..., j_n) 為個體 n 所能選擇的替選方案之集合。

而二元羅吉特模式即為多項羅吉特模式之特例。

2.3.2 參數校估與檢定

1. 模式設定

(1) 替選方案特定常數(Alternative Specific Constant)

該參數的主要目的在於吸收所有效用函數指定時所造成的誤差，對於模式中無法解釋的因素，及效用隨機項 ε ，皆歸納於特定常數內。若有 N 個替選方案，則最多可有 $N-1$ 個方案特定常數，否則將會造成共線。

(2) 替選方案特定變數(Alternative Specific Variable)

當某個變數對所有不同替選方案具有不同的重要程度，則該變數對所有替選方案之效用函數中產生不同的效果，此時，該變數雖存在於所有替選方案之效用函數中，但其參數值應不同。即該變數 X_{in} 僅存在於替選方案 i 之效用中，而其他替選方案中皆為 0，即 $X_{jn} = 0, j \neq i \in C_n$ ，此種變數即為替選方案特定變數。

(3) 共生變數(Generic Variable)

當某個變數對所有不同替選方案具有相同的重要程度，對所有替選方案之效用函數中產生相同的效果，意即該變數改變一單位，對所有替選方案有相同的邊際效用，此時所有替選方案之效用函數中均具有該變數且其參數值均應相同，此種變數為共生變數。

(4)社會經濟變數

即與個人本身有關之屬性，由於同一使用者在不同替選方案的社會經濟特性均相同，因此若將社會經濟變數指定為共生變數，則無法顯示該變數對替選方案選擇之影響，因此通常指定為替選方案特定變數。

2.模式校估

羅吉特模式參數 β 之校估有許多方法，如線性最小平方法、非線性最小平方法、最大概似法(Maximum Likelihood Method)等。其中以最大概似法應用最廣，因為其所估計出的參數值具有許多特性，如一致性(consistency)、有效性(efficiency)、充分性(sufficiency)等，均能找到最佳之估計值。

個體樣本之概似函數型態可表示為(2.7)式：

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} P_{in}^{f_{in}} \quad (2.7)$$

其中 N ：觀察樣本數；
 C_n ：個體 n 所可選擇替選方案之集合；
 P_{in} ：個體 n 選擇替選方案 i 之機率；
 $f_{in}=1$ ，則個體 n 實際上選擇了替選方案 i ；
 $=0$ ，其他情形（otherwise）。

最大概似法即是要求出上式之概似函數 L 為最大的參數值 β 。由於對數函數為嚴格遞增函數，因此為方便求解，一般作法係將上式取對數，變成對數概似函數(log-likelihood function)，然後再求其最大概似估計值。 LL 可表示為(2.8)式：

$$LL(\beta) = \sum_{n=1}^N \sum_{i \in C_n} f_{in} \ln(P_{in}) \quad (2.8)$$

上式是一個非線性函數，一般情形僅能求出局部極小(Local Minimum)或極大值，而無法求出其全部極小(Global Minimum)或極大值。但該函數已經被證明為一凸向函數(Concave function)，即其僅有一唯一極大解，此情形下，局部極大即為全部極大。為求出使對數概似函數 LL 為極大之參數值的方法很多，最常用的方法為牛頓－雷甫生法(Newton-Raphson Method)。

3. 模式檢定

羅吉特模式之檢定主要包括檢定模式之適合度，以及檢定參數值是否顯著。前者可用概似比指標來衡量，而後者可用模式參數檢定、模式結構檢定來衡量 [Ben-Akiva, M. and S. Lerman, 1985]：

(1) 概似比指標(Likelihood Ratio Index)

由於模式的被解釋變數為選擇機率，無法像一般迴歸分析可從觀測值與預測值的殘差來計算判定係數(Coefficient of Determination)以檢定模式的適合度(Goodness of Fit)，而最大概似法可以計算一個概似比指標，可用來衡量羅吉特模式的適合度，此指標又分為等市場佔有率概似比指標 ρ^2 ，與市場佔有率概似比指標 ρ_c^2 ，其定義分別為(2.9)式與(2.10)式：

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(0)} \quad (2.9)$$

$$\rho_c^2 = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(c)} \quad (2.10)$$

其中 $LL(0)$ ：等市場佔有率模式 (Equal Share)，為當所有參數皆為0時的對數概似函數值；

$LL(c)$ ：市場佔有率模式 (Market Share)，為只含替選方案特定常數的對數概似函數值；

$LL(\hat{\beta})$ ：包含所有變數之對數概似函數值；

$$LL(0) \leq LL(c) \leq LL(\hat{\beta})$$

概似比指標介於0~1之間， ρ^2 值越大表示模式與數據間的配適能力越強，解釋能力越高。McFadden曾指出當概似比在0.2~0.4之間，即表示該模式的配適度相當高。

此外，由於上述概似比指標並未考慮到自由度的問題，因此產生模式中放入的解釋變數數目愈多， ρ^2 值愈高的缺點。因此有修正後的概似比指標 $\bar{\rho}^2$ 提出，其定義如(2.11)式所示：

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{(LL(\hat{\beta}) - K)}{LL(0)} \quad (2.11)$$

其中 K ：模式校估之參數個數。

(2)模式參數檢定：漸近 t 檢定(The Asymptotic t Test)

針對模式中所有參數分別做檢定，包含檢定參數之正負號是否符合先驗知識之邏輯，並檢定每一參數值是否具有顯著性。一般而言，參數之 t 值大於1.65（顯著水準0.10）或大於1.96（顯著水準0.05）即為顯著。漸近 t 檢定以(2.12)式表示。

$$t = \frac{\hat{\beta}_k}{\sqrt{\text{var}(\hat{\beta}_k)}} \quad (2.12)$$

(3)模式結構檢定：概似比檢定(Likelihood Ratio Test)

漸近 t 檢定是對每一個變數之參數值作個別檢定，而概似比檢定則是針對整個模式所有參數值或部分參數值作檢定。

概似比統計量是以概似比檢定為基礎所發展出來的檢定方法，其定義為(2.13)式：

$$\lambda = \frac{\text{在虛無假設 } H_0 \text{ 指定的 } \beta \text{ 值中使 } L(\beta) \text{ 為極大}}{\text{在所有的 } \beta \text{ 值中使 } L(\beta) \text{ 為極大}} \quad (2.13)$$

$-2\ln\lambda$ 在大樣本時為卡方(chi square, χ^2)分配，其自由度為虛無假設 H_0 之限制式之數目，即自由度為受限制的參數個數，而 $-2\ln\lambda$ 即稱為概似比統計量，可利用其檢定是否拒絕虛無假設。

概似比檢定在羅吉特模式中的運用如下：

(1.)等佔有率概似比統計量： $\chi^2 = -2(LL(0) - LL(\hat{\beta}))$ ，虛無假設為模式中所有校估參數值皆為0，其自由度為所有校估參數之數目。

(2.)市場佔有率概似比統計量： $\chi^2 = -2(LL(c) - LL(\hat{\beta}))$ ，虛無假設為模式中除方案特定常數外，其餘校估參數值皆為0，其自由度為校估參數之數目減去方案特定常數數目。

(3.)概似比檢定統計量：概似比檢定可用來檢定各個模式之間是否有顯著的不同，以找出最佳的模式，此時一個模式須設定為另一個模式之限制式。假設我們在所收集來的資料中選取了 K 個變數測定一個模式，然後又在這 K 個變數中選取

K' 個變數測定了第二個模式，後者即為限制式。此時概似比統計量為： $\chi^2 = -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)]$ ，虛無假設為未在 K' 中之變數的參數皆為0，自由度為 $(K_U - K_R)$ 。若檢定結果無顯著差異時，一般的作法是選取受限制的模式，亦即增加變數不能顯著地增加模式的解釋能力，故不予選取。

2.3.3 個體選擇模式相關研究

以往研究運具選擇多以個體選擇模式分析為主流，其模式理論之基礎係來自個體經濟學消費者理論及心理學選擇行為理論：假設對可行方案之偏好可以效用函數描述，至於效用則分為可衡量效用及不可衡量效用兩大部份。在模式的選用方面，較為學界所使用的模式有：一般化極值模式(GEV)、普洛比模式(Probit)、以及羅吉特(Logit)模式等。其中，GEV模式較為完備，但參數校估困難；羅吉特模式則為發展最廣泛的模式。

多項羅吉特模式在運具選擇的研究中使用比例相當高，Bhat[1995]提出異質性極值模式(Heteroscedastic Extreme Value model, HEV model)，由於此模式允許方案間有不同的誤差項分佈，即可克服多項羅吉特方案IIA的限制，且此模式比起巢式羅吉特而言，對於方案結構間相關性的要求允許較高的彈性，另外此模式比起多項普洛比模式架構較為簡單，計算也比較不繁雜。該研究也利用一個選擇運具的例子來實證，運具方面共有火車、汽車、巴士和飛機四種選擇方案，考慮的影響變數為旅行時間、旅行成本、車內旅行時間與車外旅行時間等。實證結果異質性極端值模式的解釋能力的確高於多項羅吉特模式。

Koppelman and Wen[1998]說明巢式羅吉特模式之理論基礎及特性。巢式羅吉特模式的基本假設與多項羅吉特模式類似，主要差異在於巢式羅吉特模式可以利用有相關性的方案置入同一巢中，來克服多項羅吉特模式中IIA的特性，其中巢式羅吉特又分為UMNL與NNNL。此研究建立火車、汽車、巴士和飛機四種不同運具的多項羅吉特模式和巢式羅吉特模式，解釋變數包括班次頻率、旅行成本、車內時間與車外時間等，校估結果巢式羅吉特模式優於多項羅吉特模式，其中由於UMNL是以最大效用為基礎，所以UMNL又優於NNNL。

Koppelman and Wen[2000]推導成對組合羅吉特模式(PCL)以及其特性，除了可以克服多項羅吉特方案IIA的限制外，由於是方案間兩兩成對比較，且允許兩兩

方案間有不同之相似度，比起巢式羅吉特而言，理論上解釋能力較佳。在實證中，以三種運具選擇為方案，分別為汽車、火車和飛機，解釋變數包括班次頻率、旅行成本、車內時間與車外時間等，分別構建多項羅吉特模式、巢式羅吉特模式及成對組合羅吉特模式，實證結果為成對組合羅吉特模式有最佳的解釋能力，與理論相符合。

張仲杰[民88年]則以顯示性偏好與敘述性偏好的資料，利用成對組合羅吉特模式來分析台灣地區城際間運具選擇之行為，並探討未來高速鐵路完工後旅客行為之改變，主要乃以台北與高雄間之旅運者為主要分析對象，並以運具選擇之資料建立現有運具（小汽車、國道客運、台鐵與航空）之顯示性偏好模式，運具偏好資料據以建立包括高速鐵路等五種運具之敘述性偏好模式。該研究分別針對多項羅吉特、巢式羅吉特與成對組合羅吉特等三種模式來進行比較分析，在顯示性偏好模式校估結果顯示，成對組合羅吉特模式之解釋能力最佳，因為成對組合羅吉特模式可同時考慮兩兩運具間之相關性，在敘述性偏好模式校估的結果顯示，成對組合羅吉特模式與數據的配合度最佳，其次為巢式羅吉特模式，多項羅吉特模式最低。



2.4 小結

根據以上之相關文獻，可發現利用敘述性偏好法與羅吉特模式之相關文獻甚多，但應用於電子收費車道選擇之文獻甚少。由於我國將於民國95年起實施電子收費，而用路人對於電子收費系統選擇的接受程度，將對電子收費系統營運成效有很大的影響，因此有必要針對此一問題進行深入探討。

第三章 電子收費系統概述

本章先就電子收費系統作概略性的探討，其次再回顧國內電子收費發展情形、以及ETC營運者之營運規劃。

3.1 電子收費之相關系統與技術

1.前端系統通信技術[中華電信研究所，民 89 年]

電子收費系統依系統技術可概分為前端系統與後端系統，前端系統包括車內設備單元(On Board Unit, OBU)、路側系統(Road Side Unit, RSU)，後端系統包括中央電腦、帳務處理、客戶服務及通信傳輸等子系統。因後端系統為龐雜的電腦營運管理系統，且為了因應本土化需求大多由本地國自行建置，因此僅就前端系統發展技術加以概述。

前端系統通信技術可分為專屬短距通訊技術(Dedicated Short Range Communications, DSRC)及車輛定位系統技術(Vehicle Positioning System, VPS)。專屬短距通訊技術又可分為微波及紅外線兩大類，微波除北美洲早期發展的系統採 915MHz 者外，歐洲、澳洲主要國家及日本等已建置或規劃中之 ETC 系統均採 5.8GHz。目前僅馬來西亞、中國大陸、巴西及奧地利部分 ETC 系統採用紅外線。車輛定位系統係以全球衛星定位系統(Global Position System, GPS)與全球行動通信系統(Global System for Mobile Communications, GSM)之衛星通信方式，為歐洲在自由車流的電子收費上較集中發展的系統之一，惟目前仍無大規模使用者。

(1)專屬短距通訊(DSRC)收費系統

專屬短距通訊技術是電子收費系統中的一項核心技術，其為透過車輛與道路基礎設施之間交換資訊而達到收取通行費之目的。

(2)車輛定位系統(VPS)收費系統

相對於利用 DSRC 的電子收費系統，VPS 收費系統採用相當不同的定位與通信方式。VPS 的基本概念是以具有定位能力的車內設備單元隨時為車輛定位，當系統偵測到車輛進入收費區時自動扣款，費用可以直接由車內設備單元

內的智慧卡扣除，或以行動通訊的方式傳送到服務中心由帳戶中扣款。由於 VPS 不需要在收費區內設置門架式的設備，不像 DSRC 系統需要大量的路側設備，成為 VPS 主要的優勢所在。

2. 電子收費相關技術[中華電信研究所，民 89 年]

(1) 車輛自動辨識

車輛自動辨識系統(Automatic Vehicle Identification, AVI)乃於車輛通過公路特定點時予以特別標示處理，無須經由人為操作而加以紀錄，並應用於道路收費以及交通資料之蒐集。AVI 系統主要是由三種型態所組成：固定於車輛上的電子標籤(標籤或晶片)、設於路側之資料讀取機、處理及貯存資料的電腦系統。簡單而言，AVI 系統可以設定簡單暗碼於標籤，並裝置在車輛上以辨識車輛，可能包括唯一的辨識號碼及其他資料。當車輛通過讀取機時，電子標籤會發出訊息給路邊讀取機辨認，同時將此資料以電腦處理及儲存，並確認資料之完整性；另外亦能由路側識取機，將資料轉遞到車上電子標籤進行雙向溝通。故 AVI 系統的基本組成架構，主要包含車內設備單元、路側收訊解讀單元、資料(訊)處理單元等三個元件。

(1.) 車內設備單元(On-Board Unit, OBU)

車內設備單元附屬在車輛上，可以是固定式，也可以是活動式，主要作為車輛識別用之標示，其本身擁有一種可供識別的訊號。

(2.) 路側收訊解讀單元(Road-side Reader Unit)

路側收訊解讀單元主要用以接收或是偵讀車內設備單元所發(反)射出來的訊號，並把所收得之訊號解譯成有意義、可以閱讀的文(數)字資料，以供進一步分析計算使用。

(3.) 資料(訊)處理單元

把從路側收訊解讀單元所解譯出來的資料和電腦資料庫裡面的使用者資料比對、驗證身份，並進行所有的資料處理工作，包括通行費的計算、交易時間、地點、流水號等資料的登錄等。

(2)車輛自動分類

電子收費系統中的車輛自動分類(Automatic Vehicle Classification, AVC)其主要功能為，依據車輛的物理特徵（重量、軸數等）來分類，以收取適當的費用，有時與收費區之車輛偵測系統合稱為自動車輛偵測與分類(Automatic Vehicle Detection and Classification, AVDC)系統。車輛分類大多按照以下方式來進行：

- 車輛軸數（或車輪數）
- 車輛大小（如車長、車高）
- 車輛重量
- 車輛乘載人數（如高乘載車輛與一般車輛有不同費用）
- 車輛用途（例如營業用車輛與自用車輛有不同費用）

傳統公路收費系統是由收費員辨別車輛種類，對於具有經驗的收費員來說相當容易，然而對於 AVC 系統則相當複雜。一般來說，AVC 系統必須分辨車輛高度、軸數、重量，以決定適當的收費等級。此外，AVC 系統亦須分辨前後兩輛車輛，避免誤認為一輛車。

(3)影像執法系統

影像執法系統(Video Enforcement System, VES)是利用許多設備與處理流程，攝取車上沒有裝設 OBU（或 OBU 失效）的車牌影像，這些車牌影像再經由光學技術以自動讀取車牌號碼，相關單位據以進行違規執法程序，能夠節省大量的違規執法所需人力與成本[吳健生等，民 90 年]。

3.ETC 系統建置成本分析

根據Transport Technology Publishing LLC. (TTP)於1999年出版之國際電子收費市場分析及技術公報([Electronic Toll Collection Market Analysis &Technology Update, 1999])所調查及統計資料顯示，有關ETC系統主要構成要素之成本¹如下：

¹ 成本費用係 TTP(Transport Technology Publishing，運輸技術公報)由 1997-1999 年於全球調查統計 8,813 個 AVI Lanes 中估計所得。除自動執法系統以 8,813 個 AVI Lanes 中取較先進之 3,810 AVI Lanes 作統計分析外，其他各項費用均以 8,813 AVI Lanes 平均估計之。

(1)前端車道系統設備成本：平均每一車道之成本包括自動車輛辨識系統約US\$63,596、自動車輛分類系統約US\$9,450及自動執法系統約US\$15,275，合計約為US\$88,294。

(2)後端系統及系統整合成本：平均每一車道之成本包括後端軟硬體約US\$143,567及系統整合約US\$174,076，合計約為US\$317,643。

(3)維運成本：平均每一車道之維運成本約為US\$452,202。

(4)車上單元(Tag or OBU)與IC卡成本：

A.平均每一車上電子卡(Tag)為US\$28.57。

B.平均每一Smart IC卡US\$2。

C.另根據1993 年美國NCHRP(National Cooperative Highway Research Program)報告分析Smart card 及其OBU成本在US\$35~US\$65間；新加坡OBU售價為\$120(折合台幣約2,150元)，安裝費另加\$30(新加坡推動初期10個月內為免費安裝)。

3.2 台灣地區電子收費系統之發展

1.國道電子收費試辦計畫

高速公路收費站係採主線柵欄式設置，通行車輛需停車繳費，於交通量大時經常造成壅塞，而為增進收費服務品質、減少車輛通行收費站產生之延滯及提高收費站效率與容量，我國 ETC 發展始於民國 78 年 3 月由交通部科技顧問室提出「高速公路採用電子收費系統」構想，同年 8 月至 12 月針對「單向式」IC 卡進行技術及行政之可行性評估，認為經濟可行而且能提高收費站容量，建議應先做實地測試。而後「雙向式」IC 卡之研發技術已漸成熟而有取代「單向式」IC 卡的趨勢。

交通部國道新建工程局(簡稱國工局)於民國 82 年與台灣營建研究中心合作探討「高速公路自動收費利用雙向通訊與 IC 卡之可行性研究」[交通部台灣區國道新建工程局，民 82 年]，完成以頻道選擇多重存取雙向通訊之模擬分析及車內設備單元雛形之通訊功能實驗，認為國內有開發電子自動收費系統之單項

技術能力，惟系統整合能力仍有待加強。同年 4 月交通部成立「高速公路電子自動收費」推動小組，期研擬出具體可行之方案。並積極籌劃高速公路電子收費系統民間投資相關事宜，而後交通部國道高速公路局並請工業技術研究院研提高速公路電子收費系統研究規劃建議書。民國 86 年 2 月交通部開始請中華電信公司協助辦理高速公路電子收費系統之規劃、技術研發、系統建置等工作。系統之建置則需依循以下原則[高速公路電子收費網站]：

- (1.)採紅外線通信技術。
- (2.)使用非接觸式 IC 智慧卡。
- (3.)擁有掌控關鍵性技術。
- (4.)縮短系統開發建置與營運使用時程，第一期計畫於一年內完成。

中華電信公司為推動「高速公路電子收費系統」計畫，特成立綜合規劃分組、營運規劃分組、建設及維運規劃分組及技術及研發分組等四個分組負責相關事務之推展。並配合交通部之政策，第一階段試辦計畫自民國 87 年 11 月 23 日起在國道三號樹林以及龍潭兩個收費站展開，於南北雙向最內側各佈設一電子收費車道進行測試。

該試辦計畫第一階段共有約 2,340 位試用者參與，原訂於民國 88 年 4 月 30 日測試結束，但由於使用者反應良好，該測試計畫乃延長繼續實施，並新增 2,500 位試用者，此一階段性測試計畫於民國 90 年 1 月初正式結束。

2.「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運」案

高速公路電子收費計畫之推動執行，原先欲依據交通部民國 86 年之政策規劃，由高速公路局以契約方式委託中華電信公司自行籌措資金辦理，再由未來之營運收入回收投資。但中華電信公司依約辦理系統設備採購所編之 91 年度預算金額，經立法院 91 年第五屆第一會期決議刪除，因考量預算刪除後，原契約已無法依約繼續執行，高公局與中華電信公司爰於 91 年 7 月 11 日終止契約。

高公局重新規劃以「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運」方式進行，即規劃訂定適當經營期限委由民間機構先行籌措資金，負責系統建置、營運、維護、操作及行銷服務，再依委辦服務費用及支付方式，由高公局支付委

辦服務費用予民間機構。

目前由遠東聯盟承接高速公路電子收費系統之建置營運，預計於民國 95 年以計次電子收費方式，實施第一階段「主線式電子收費系統」，至民國 99 年轉換以計程電子收費方式，實施第二階段「電子匝道閉闔式收費系統」，以實現用路人「走多少、付多少」按里程公平付費之目標。

3.3 ETC 營運者之營運規劃

3.3.1 車內設備單元申裝作業計畫

車內設備單元是用路人在高速公路行駛與收費站設備間無線電通信的重要設備，駕駛人的資料必須正確無誤地送至收費站，而收費站設備也準確將車內設備單元的智慧卡金額正確扣下，並告知車上單元扣費的資訊，讓駕駛人瞭解付費的狀況。

車內設備單元採自願申請制，並以隨車登記為原則。用路人需要事前購買及申裝車內設備單元才可以使用電子收費車道。

車內設備單元的三個基本主要功能即：(1)與門架上之天線通訊傳輸；(2)智慧卡付費扣款介面及寫入交易登錄功能；(3)智慧卡金額及交易成功與否訊息顯示功能。

3.3.2 ETC 之運作方式

在計次收費階段所採用的通訊技術為紅外線。系統整體之運作方式說明如下：

- (1)當裝有車內設備單元之車輛進入通訊區域時，車道之車輛偵測器立即喚醒車內設備單元，並啟動路側單元送出包含收費站識別碼、日期、時間，以及車輛種類收費表在內之一筆資料，給予車內設備單元。
- (2)車內設備單元接受由路側單元發出之資料後，隨即將所儲存之車內設備單元識別碼及非接觸 IC 卡之相關資訊，發射回路側單元。
- (3)路側單元於接收車內設備單元發送之資料後，隨即進行檢核。若 IC 卡內餘額足夠，則直接扣款，並回應車內設備單元識別碼、車輛種類，以及扣款

成功之 OK 訊號。

(4.)若 IC 卡內餘額不足，或車內設備單元無 IC 卡存在，則回應車內設備單元識別碼、車輛種類，及餘額不足之 EMPTY 訊號，或無卡之 NO CARD 訊號。

(5.)若通過車輛之車內設備單元或 IC 卡屬無效狀態，或是 IC 卡餘額不足以及未插卡，則系統將立即回應車內設備單元以警告駕駛人，並啟動警報設備與影像執法系統，自動攝影以逕行告發駕駛人。

(6.)若 IC 卡餘額屬於低殘值狀態，則立即回應車內設備單元以提醒駕駛人。

3.3.3 付費機制

用路人於使用高速公路電子收費車道之前必須預先於儲值卡中儲存足夠金額以供實際使用時扣款之用，此收費方式稱之為預付式。實際的扣款動作主要是透過車內設備單元來執行。對於用路人而言，帳戶餘額不足時，可採用現金、ATM 轉帳、信用卡刷卡等人工加值方法，亦可採銀行帳戶或信用卡等自動扣繳之加值方法。



1. 付費費率

目前高道一號與國道三號高速公路各收費站均採主線柵欄式收費，費率採均一制，目前費率為小型車 40 元，大客貨車 50 元，聯結車 65 元。

由於未來採行二階段間接轉換，計次、計程階段之通行費率計費方式各有不同，計次階段以通過收費站之車次為單位，費率與現階段相同，而計程階段以延車公里為單位，費率則為 1 元/每延車公里。此外，在計程收費階段，對於租用 OBU 之用路人除了須支付通行費外，尚須支付車內設備單元租賃費。

2. 用路人付費方式

(1) 電子收費使用者之付費方式

用路人可至車內設備單元裝機點安裝車內設備單元，並申購 ETC 卡，經儲值後作為支付高速公路通行費之付款工具。

(2) 非電子收費使用者之付費方式

(1.)計次收費階段

對非電子收費使用者使用電子收費車道無法扣款，建置營運公司將視同逃費違規移送取締。

(2.)計程收費階段

用路人可至車內設備單元裝機點租用並安裝車內設備單元。行車經高速公路時仍使用 ETC 卡支付通行費。

3.加值規劃

當用路人的 ETC 卡餘額將盡時，則必須進行加值。加值方式包含加值點服務人員人工加值、用路人使用自動加值設備或多功能提款機加值。此外，用路人亦可經申請後使用系統自動轉帳付費(Auto-pay)、或系統自動加值(Auto-reload)功能。加值支付工具包含現金、信用卡、金融卡等常用支付金融工具。

3.3.4 電子收費車道規劃

未來將依照二階段間接轉換方式完成高速公路計程電子收費系統。在計次電子收費階段，以採取小型車與大型車分流為原則；在計程電子收費階段，以採取主線式多車道自由流收費方式。

1.計次電子收費階段

目前國道高速公路共有 22 個收費站，在第一階段人工/電子收費並存時，建置電子收費車道大型車及小型車各 1 車道及備援小型車道 1 車道。採小型車電子收費車道專用，大型車（大貨車、大客車、聯結車等）電子收費車道共用之方式佈設，使用電子收費系統之用路人無需停車即可完成繳納通行費。計次階段建置電子收費車道之示意圖如圖 3.1 所示。

電子收費備援車道平時作為人工收費車道，當電子收費車道系統故障時，將依標準程序封閉故障電子收費車道，並將電子收費備援車道由人工收費方式轉換為電子收費車道，配合交通設施之引導，提供電子收費車輛通行。

2.計程電子收費階段

第二階段將於匝道路段規劃之收費點轉換建置門架式電子收費系統設備，且主線車道無實體分隔，系統可以讓裝設有電子收費車內設備單元之車輛能以正常車速通過收費區及允許自由變換車道之情形下，仍可正確對各類車種扣取通行費。計程階段建置電子收費車道之示意圖如圖 3.2 所示。

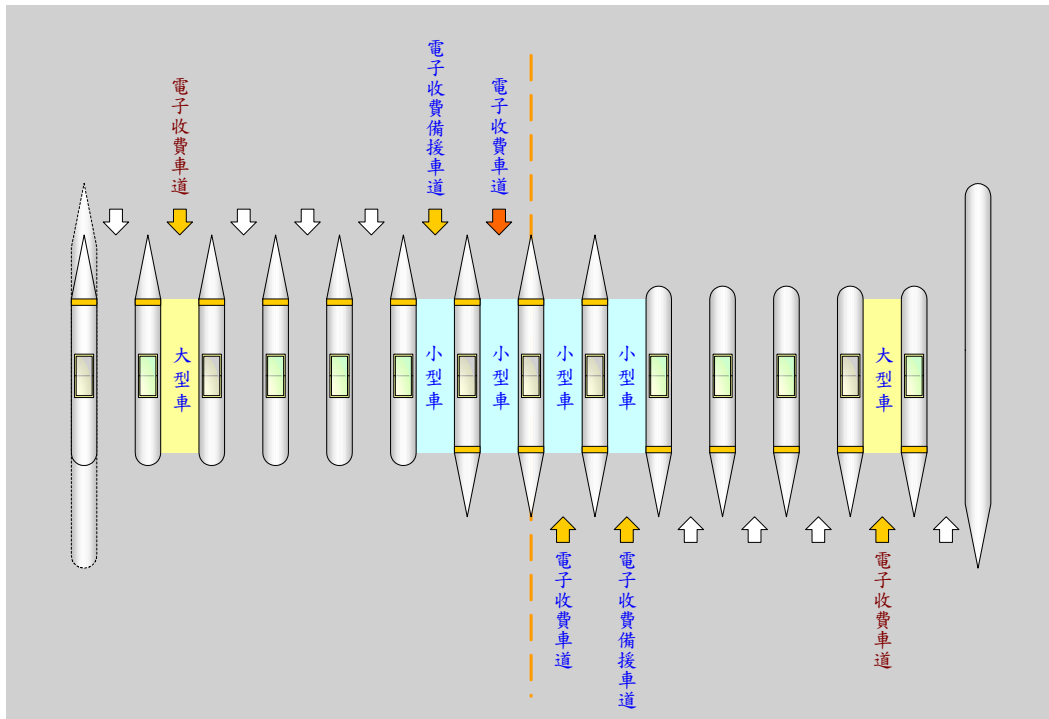


圖 3.1 計次階段電子收費車道示意圖

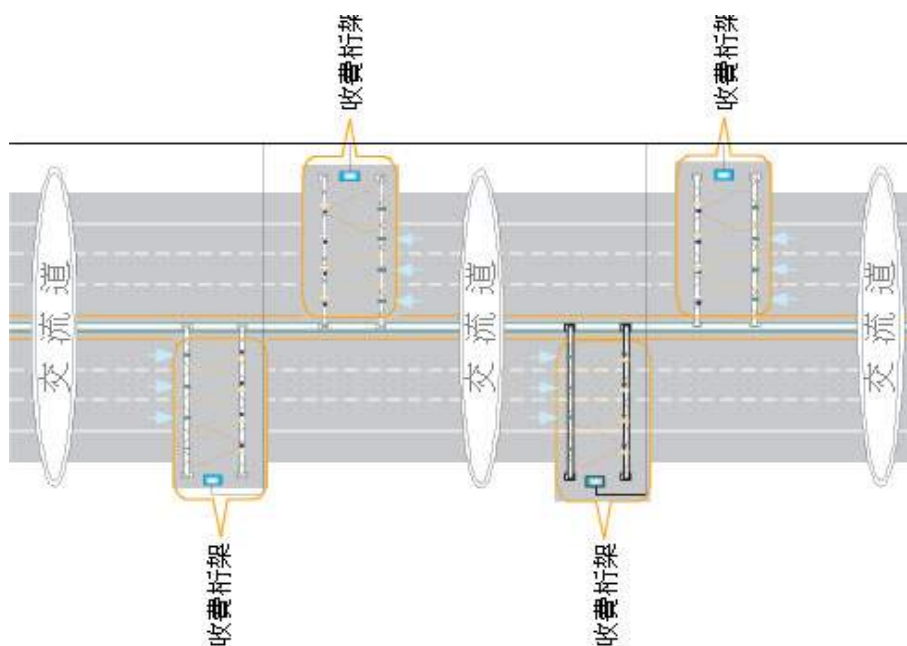


圖 3.2 計程階段電子收費車道示意圖

第四章 問卷設計與資料分析

為瞭解高速公路實施電子收費後，用路人對於車內設備單元之偏好情形，本研究透過研究設計以問卷調查方式獲得構建模式所需之資料。問卷調查採用兩階段程序進行。第一階段問卷設計之目的主要在於粹取影響車內設備單元選擇之重要因素，以作為第二階段敘述性偏好問卷設計之基礎。第二階段之問卷則採敘述性偏好加以設計，並依據第一階段所篩選之重要影響因素，研擬不同屬性與水準值所構成之替選方案供用路人加以選擇，以供構建車內設備單元選擇模式之用。

本章主要說明兩次問卷調查之設計及調查方法，並分析兩次問卷調查所獲致資料之結果。

4.1 第一階段問卷設計與分析

4.1.1 問卷設計與內容

本研究第一階段問卷係依據過去有關電子收費與車內設備單元的文獻以及一般用路人在購買新產品時所會考慮到的因素，作為問卷設計的基礎。問卷詢問用路人購買影響因素可分為計次電子收費階段與計程電子收費階段，在計次收費階段包含 OBU 購置費用、ETC 卡押金、產品可使用年限、產品保固年限、通過收費站可節省時間、通車便利性、儲值便利性、安全性、產品外觀、電子收費車道數、使用高速公路頻率等 11 項；在計程收費階段包含 OBU 購置費用、產品可使用年限、產品保固年限、租用 OBU 保證金、租用 OBU 每日租金、OBU 租用之普及性、OBU 租賃歸還方便性、使用高速公路頻率等 8 項。以封閉式問卷調查用路人對於購買車內設備單元時所重視的屬性。

4.1.2 問卷結構與資料蒐集

依研究性質的不同，問卷可分為兩種類型；一般而言可區分為結構性問卷與無結構問卷，而結構性問卷又可分為圖畫指向式與文字指向式兩大類，文字指向式可再細分為封閉式問卷及開放式方式問卷。而本研究選擇採用的方式為封閉式問卷，亦即受訪者僅需勾選各問題之最適選項即可。

1.問卷結構

本問卷共分成三部份答題，第一部份共三題，其目的在了解受訪者對於電子收費的了解程度。第二部份共二十題，其目的在於了解受訪者在高速公路實施計次與計程收費的情形下，對於相關因素的重視程度。第三部份則為受訪者個人基本資料。

2.資料蒐集

本階段之調查方式是將問卷題目列印於書面上供受訪者填答，再將調查所獲得之數據鍵入電腦中，以便進行問卷之資料分析。

訪問方式主要於高速公路休息站以隨機抽樣的方式對於年滿 18 歲以上具有實際駕駛經驗的駕駛人進行調查，使用面對面訪問法(face-to-face interview)進行調查，以提高問卷之回收率及有效問卷之比例。

4.1.3 基本資料分析

第一階段問卷調查期間自 2005 年 1 月初至 1 月底，共計發出問卷 200 份，回收 181 份，其中有效問卷 150 份，無效問卷 31 份，回收率為 75.0%，詳如表 4.1 所示。

表 4.1 第一階段問卷回收統計表

| 項 目 | 份數 | 百分比(%) |
|------|-----|--------|
| 發出問卷 | 200 | 100.0 |
| 回收問卷 | 181 | 90.5 |
| 有效問卷 | 150 | 75.0 |
| 無效問卷 | 31 | 15.5 |

資料分析分成四個部份，一為受訪者基本資料分析，目的是分析受訪者的基本特性以了解受訪者社會經濟特性、旅次特性、對於電子收費的了解程度、計次階段之因應情形；其次為信度分析；再者為各項因素對於受訪者選擇 OBU 之影響程度；最後一部分為交叉分析。茲將調查所獲得資料之統計結果詳細說明如下。

1.社經特性分析

(1)受訪者社經特性分析

(1.1)性別：在 150 個受訪者中，男性共 110 人，佔 73.3%；女性共 40 人，佔 26.7%。

(1.2)年齡：受訪者之年齡以「30~39 歲」者共 46 人，佔 30.7%比例較高；其次為「40~49 歲」者共 38 人，佔 25.3%，調查所得之樣本以此兩年齡層為最多，由此可知此次調查以青年及中年的群族居多；「60 歲以上」者共 9 人，佔 6.0%，所佔比例最少。

(1.3)教育程度：受訪者之教育程度以大學、專科為最多，分別「大學」者共 69 人，佔 46.0%；「專科」者共 35 人，佔 23.3%。

(1.4)職業：受訪者的職業多以「商」業為主共 54 人，佔 36.0%；其次為「工」業共 47 人，佔 31.3%。

(1.5)每月所得：受訪者每個月之收入多集中在「四萬元~六萬元」間共 70 人，佔 46.7%，其次為「二萬元~四萬元」間的受訪者，共 45 人，佔 30.0%。

茲將受訪者之社經特性資料整理如表 4.2 所示。

表 4.2 第一階段問卷受訪者社經特性統計表

| 社經屬性 | | 人數 (人) | 百分比(%) |
|------|--------|--------|--------|
| 性別 | 男性 | 110 | 73.3 |
| | 女性 | 40 | 26.7 |
| 年齡 | 18-29歲 | 34 | 22.7 |
| | 30-39歲 | 46 | 30.7 |
| | 40-49歲 | 38 | 25.3 |
| | 50-59歲 | 23 | 15.3 |
| | 60歲以上 | 9 | 6.0 |
| 教育程度 | 國小以下 | 8 | 5.3 |
| | 國(初)中 | 3 | 2.0 |
| | 高中(職) | 28 | 18.7 |
| | 專科 | 35 | 23.3 |
| | 大學 | 69 | 46.0 |
| | 研究所以上 | 7 | 4.7 |

表 4.2 第一階段問卷受訪者社經特性統計表（續）

| 社經屬性 | | 人數（人） | 百分比(%) |
|------|---------|-------|--------|
| 職業 | 漁農牧業 | 8 | 5.3 |
| | 軍公教 | 21 | 14.0 |
| | 工 | 47 | 31.3 |
| | 商 | 54 | 36.0 |
| | 其他 | 20 | 13.3 |
| 每月所得 | 二萬元以下 | 19 | 12.7 |
| | 二萬元-四萬元 | 45 | 30.0 |
| | 四萬元-六萬元 | 70 | 46.7 |
| | 六萬元-八萬元 | 9 | 6.0 |
| | 八萬元-十萬元 | 4 | 2.7 |
| | 十萬元以上 | 3 | 2.0 |

(2)旅次行為特性分析

(2.1)使用高速公路頻率：本問項採開放式訪問，詢問平常使用高速公路的頻率。本研究將使用高速公路頻率分為每星期次數、每月次數、每年次數。由調查資料可知，受訪者以每月使用高速公路 2 次及 1 次居多，分別為 23 人及 20 人，佔了 15.3%及 13.3%。再者為每星期 2 次者共 18 人，佔 12.0%。

(2.2)平均通過收費站個數：本問項採開放式訪問，詢問平常通過收費站的個數。受訪者以來回一趟旅次平均會經過 2 個收費站居多，佔 29.3%，其次為 4 個收費站，佔 18.7%，再者為 3 個收費站，佔 18.0%。

(2.3)付費方式：絕大多數的受訪者行經收費站時使用回數票，共 119 人，佔 79.3%。僅有 31 位受訪者使用現金，佔 20.7%。

茲將資料整理如表 4.3 所示。

表 4.3 第一階段問卷受訪者旅次行為特性統計表

| 旅次屬性 | | | 人數（人） | 百分比(%) |
|-----------|-----|-----|-------|--------|
| 使用高速公路頻率 | 每星期 | 1次 | 11 | 7.3 |
| | | 2次 | 18 | 12.0 |
| | | 3次 | 14 | 9.3 |
| | | 4次 | 3 | 2.0 |
| | | 5次 | 5 | 3.3 |
| | | 6次 | 2 | 1.3 |
| | | 14次 | 2 | 1.3 |
| | 每月 | 1次 | 20 | 13.3 |
| | | 2次 | 23 | 15.3 |
| | | 3次 | 12 | 8.0 |
| | | 4次 | 2 | 1.3 |
| | | 7次 | 1 | 0.7 |
| | | 15次 | 1 | 0.7 |
| | | 20次 | 1 | 0.7 |
| | 每年 | 1次 | 6 | 4.0 |
| | | 2次 | 17 | 11.3 |
| | | 3次 | 9 | 6.0 |
| | | 4次 | 1 | 0.7 |
| | | 5次 | 2 | 1.3 |
| 平均通過收費站個數 | | 1個 | 14 | 9.3 |
| | | 2個 | 44 | 29.3 |
| | | 3個 | 27 | 18.0 |
| | | 4個 | 28 | 18.7 |
| | | 5個 | 14 | 9.3 |
| | | 6個 | 13 | 8.7 |
| | | 7個 | 1 | 0.7 |
| | | 8個 | 5 | 3.3 |
| | | 10個 | 4 | 2.7 |
| 付費方式 | | 現金 | 31 | 20.7 |
| | | 回数票 | 119 | 79.3 |

(3)受訪者對於電子收費之了解程度

為了解目前國內用路人對電子收費的認知程度，本階段問卷設計了三個有關電子收費的小題詢問受訪者，回收後的問卷統計結果如表 4.4，計有 80.7%的受訪者知道何謂電子收費，21.3%的受訪者知道我國將於民國 95 年 1 月實施電子收費，有 26.7%的受訪者則表示知道個人車輛須裝置車內設備單元才可行駛電子收費車道。

表 4.4 受訪者對於電子收費的了解程度統計表

| 問題 \ 回答 | 知道 | | 不知道 | |
|-----------------------------|-----|--------|-----|--------|
| | 次數 | 百分比(%) | 次數 | 百分比(%) |
| 是否知道何謂 ETC | 121 | 80.7 | 29 | 19.3 |
| 是否知道我國將於民國 95 年 1 月實施 ETC | 32 | 21.3 | 118 | 78.7 |
| 是否知道個人車輛須裝置 OBU 才可行駛 ETC 車道 | 40 | 26.7 | 110 | 73.3 |

若進一步分析，在受訪者已經知道何謂電子收費的提前下，受訪者知道我國將實施電子收費占 26.4%，不知道者占 73.6%，可見大多數的受訪者雖然知道電子收費，但並不知道我國將實施電子收費。另外，大多數的受訪者(66.9%)亦不知道必須在個人車輛裝置 OBU 才可行駛電子收費車道。如表 4.5 所示。

表 4.5 用路人已知道何謂電子收費時之統計表

| 問題 \ 回答 | 知道 | | 不知道 | |
|-----------------------------|----|--------|-----|--------|
| | 次數 | 百分比(%) | 次數 | 百分比(%) |
| 是否知道我國將於民國 95 年 1 月實施 ETC | 32 | 26.4 | 89 | 73.6 |
| 是否知道個人車輛須裝置 OBU 才可行駛 ETC 車道 | 40 | 33.1 | 81 | 66.9 |

(4) 受訪者於計次電子收費階段之因應情形

在實施電子計次收費後，54.7%的用路人將會選擇安裝車內設備單元，且視收費站狀況選擇 ETC 車道或人工收費車道。而有 36.0%的用路人不會安裝車內設備單元，仍舊使用人工收費車道者。僅有 9.3%的用路人安裝 OBU 後，會完全使用 ETC 車道。如表 4.6 所示。

表 4.6 用路人對於計次階段因應情形

| 因應情形 | 次數 | 百分比(%) |
|----------------|----|--------|
| 不會安裝 OBU | 54 | 36.0 |
| 會安裝 OBU 且視情況使用 | 82 | 54.7 |
| 會安裝 OBU 且完全使用 | 14 | 9.3 |

2.信度分析

信度(Reliability)是指對同一事物進行重複測量時，所得結果的一致性程度，也就是使人們可以信賴的程度大小。信度分析(Reliability Analysis)是檢定測量工具的信度與穩定性的主要方法。

本研究以問卷第二部份的問項進行信度分析，檢驗各問項的一致性係數。在量表信度方面，根據 Cuieford[1965]與 Nunnally[1978]的觀點，Cronbach α 小於 0.35，是屬於低信度，應拒絕指標變數；介於 0.50 到 0.70 屬於可接受；大於 0.70 則屬於高信度。此外，項目總相關係數(Corrected Item-total Correlation)用來判斷個別項目對於整體量表的相關性是否顯著，一般而言，若其值小於 0.4 則表示該項目不具代表性。

由表4.7與表4.8可知，本研究計次電子收費階段的Cronbach α 為0.852，而計程電子收費階段的Cronbach α 為0.871，均大於0.70，屬於高信度。

表 4.7 信度分析—計次電子收費階段

| 因 素 | 刪題後之平 均數 | 刪題後之變 異數 | 項目總相關 係數 | 刪題後之 Cronbach's α 係數 |
|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-----------------------------------|
| OBU 購置費用 | 36.6400 | 33.427 | 0.638 | 0.832 |
| ETC 卡押金 | 37.1933 | 32.842 | 0.554 | 0.839 |
| 產品可使用年限 | 36.6067 | 34.723 | 0.602 | 0.836 |
| 產品保固年限 | 36.7600 | 32.506 | 0.750 | 0.823 |
| 通過收費站可節省時間 | 36.2333 | 38.865 | 0.780 | 0.862 |
| 通車便利性 | 37.4600 | 30.196 | 0.720 | 0.823 |
| 儲值便利性 | 37.0267 | 33.033 | 0.682 | 0.828 |
| 安全性 | 36.2067 | 37.682 | 0.787 | 0.850 |
| 產品外觀 | 37.8267 | 30.399 | 0.664 | 0.830 |
| 電子收費車道數 | 36.7200 | 37.062 | 0.414 | 0.848 |
| 使用高速公路頻率 | 36.6600 | 38.145 | 0.688 | 0.855 |
| 信度係數 (11 項) | | Cronbach α =0.852 | | |

表 4.8 信度分析－計程電子收費階段

| 因 素 | 刪題後之平 均數 | 刪題後之變 異數 | 項目總相關 係數 | 刪題後之 Cronbach's α 係數 |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| OBU 購置費用 | 25.9867 | 22.134 | 0.610 | 0.858 |
| 產品可使用年限 | 25.8267 | 22.641 | 0.582 | 0.861 |
| 產品保固年限 | 26.0200 | 22.167 | 0.669 | 0.853 |
| 租用 OBU 保證金 | 26.8267 | 19.473 | 0.785 | 0.837 |
| 租用 OBU 每日保證金 | 26.3667 | 20.207 | 0.779 | 0.838 |
| OBU 租用之普及性 | 26.9000 | 20.654 | 0.670 | 0.851 |
| OBU 租賃歸還方便性 | 27.1667 | 20.100 | 0.611 | 0.861 |
| 使用高速公路頻率 | 26.2133 | 24.961 | 0.628 | 0.881 |
| 信度係數 (8 項) Cronbach α =0.871 | | | | |

3.各項因素對於受訪者選擇 OBU 之影響程度

(1)計次電子收費階段

此一部份採用李克特度量表請受訪者勾選，由受訪者對於每一項可能影響選擇車內設備單元的因素勾選自己的重視程度，從非常重要到非常不重要依序給予 5 分到 1 分的分數，計算每個項目的平均得分並依平均得分將屬性排序。由表 4.9 中可看出受訪者在計次電子收費階段對於選擇車內設備單元所考慮的因素依序為安全性、購置費用、通過收費站可節省之時間、使用高速公路頻率、產品可使用年限、電子收費車道數、保固年限、儲值便利性、ETC 卡押金、通車便利性、外觀。顯示受訪者對於使用車內設備單元，在個人資料是否會被外洩等隱私問題最為重視，其次為購置費用，再者為通過收費站可節省之時間因素，而對於 OBU 之外觀則最不在意。

表 4.9 各項因素對於受訪者選擇 OBU 之影響程度-計次階段

| 影響因素 | 平均數 | 變異數 | 排序 |
|-------------|--------|-------|----|
| 安全性 | 4.3267 | 0.396 | 1 |
| 購置費用 | 4.3000 | 0.547 | 2 |
| 通過收費站可節省之時間 | 3.9267 | 0.646 | 3 |
| 使用高速公路頻率 | 3.8933 | 0.848 | 4 |
| 產品可使用年限 | 3.8733 | 0.474 | 5 |
| 電子收費車道數 | 3.8133 | 0.488 | 6 |

表 4.9 各項因素對於受訪者選擇 OBU 之影響程度-計次階段（續）

| 影響因素 | 平均數 | 變異數 | 排序 |
|--------|--------|-------|----|
| 保固年限 | 3.7733 | 0.821 | 7 |
| 儲值便利性 | 3.5067 | 0.842 | 8 |
| ETC卡押金 | 3.3400 | 1.219 | 9 |
| 通車便利性 | 3.0733 | 1.424 | 10 |
| 外觀 | 2.7067 | 1.551 | 11 |

(2)計程電子收費階段

計程電子收費階段問卷設計亦採用李克特度量表。由表 4.10 可看出受訪者在計程電子收費階段對於選擇車內設備單元所考慮的因素依序為購置費用、使用高速公路頻率、租用車內設備單元租金、租用車內設備單元保證金、產品可使用年限、保固年限、車內設備單元租用之普及性、租賃歸還方便性。

表 4.10 各項因素對於受訪者選擇 OBU 之影響程度-計程階段

| 影響因素 | 平均數 | 變異數 | 排序 |
|--------------|--------|-------|----|
| 購置費用 | 4.3600 | 0.621 | 1 |
| 使用高速公路頻率 | 4.2000 | 0.698 | 2 |
| 租用車內設備單元租金 | 4.1667 | 0.596 | 3 |
| 租用車內設備單元保證金 | 3.9733 | 0.456 | 4 |
| 產品可使用年限 | 3.8200 | 0.873 | 5 |
| 保固年限 | 3.3600 | 1.051 | 6 |
| 車內設備單元租用之普及性 | 3.2867 | 0.971 | 7 |
| 租賃歸還方便性 | 3.0200 | 1.295 | 8 |

4.交叉分析

表 4.11 為第一階段問卷之交叉分析，經由卡方檢定，在 0.05 之顯著水準下，受訪者之年齡對於計次收費階段因應情形並無顯著之影響，但受訪者之性別、教育程度、每月平均所得、使用高速公路頻率則對於計次收費階段因應情形有顯著影響。

表 4.11 用路人基本資料與計次電子收費因應情形之交叉分析

| 用路人基本資料 | 卡方值 | 自由度 | P 值 | 檢定結果 |
|----------|--------|-----|-------|------|
| 性別 | 6.468 | 2 | 0.039 | 顯著 |
| 年齡 | 12.824 | 8 | 0.104 | 不顯著 |
| 教育程度 | 19.346 | 10 | 0.043 | 顯著 |
| 每月平均所得 | 15.672 | 10 | 0.009 | 顯著 |
| 使用高速公路頻率 | 27.609 | 36 | 0.016 | 顯著 |

4.1.4 替選方案屬性之粹取

第二階段問卷設計的屬性選擇與方案設定，主要是依據第一階段問卷之分析結果，各項影響因素之排名次序來加以選擇。

依據 Kroes 與 Sheldon[1988]所提到的敘述性偏好實驗設計所產生的評估情境不可太多，以避免受訪者在填寫問卷時產生混亂，而評估情境的多寡取決於屬性個數與屬性水準值個數，因此僅選取排名前 6 名因素，在計次電子收費階段所選取的變數依序為安全性、購置費用、通過收費站可節省時間、使用高速公路頻率、產品可使用年限、電子收費車道數；在計程電子收費階段所選擇的變數依序為購置費用、使用高速公路頻率、租用 OBU 租金、租用 OBU 保證金、產品可使用年限、產品保固年限。在計次收費階段時，由於目前僅規劃配置一條電子收費車道，且通過收費站可節省的時間通常受總交通量、ETC 使用者比例、電子收費車道數等因素影響，因此「電子收費車道數」一項將不納入屬性變數中，以避免與「通過收費站可節省時間」產生共線性。此外，由於計程電子收費階段含有「產品保固年限」，因此亦把「產品保固年限」納入計次電子收費階段中。

4.2 第二階段問卷設計與調查

4.2.1 問卷設計與內容

1. 替選方案之訂定

在實施高速公路電子收費後，用路人若欲利用電子收費車道，必須在車上安裝車內設備單元。若是未安裝車內設備單元，在計次收費階段，只能使用現行之人工收費車道，因此在計次收費階段之替選方案為「購買車內設備單元」和「不

購買車內設備單元」。而在計程收費階段，由於屆時將全面取消人工收費，故用路人若未安裝車內設備單元，則必須租用車內設備單元才能行駛高速公路，因此在計程收費階段之替選方案為「購買車內設備單元」和「租用車內設備單元」。

2.各屬性水準值之訂定

以敘述性偏好設計問卷時，應儘可能符合受訪者之經驗範圍，以避免受訪者因無法理解而產生不合理的回答。由於高速公路電子收費尚未實施，故在設計各項屬性水準值時乃以相關文獻或 ETC 營運者之計畫資料為主要依據。

(1)計次收費階段

(1.)安全性

安全性主要為購置車內設備單元是否會造成個人資料外洩。在購買車內設備單元方案中，安全性主要以「個人資料可能會外洩」與「個人資料完全不會外洩」二個水準值代表之。至於不購買車內設備單元方案中，由於用路人沒有購買車內設備單元，則沒有安全性上之考量，因此全以「個人資料完全不會外洩」代表之。

(2.)通過收費站可節省之時間

車輛在行經收費站過程中，必須經過「收費站上游路段、收費站路段、收費站下游路段」，而在收費站路段此一部份則又可分為主線漸變路段與收費車道所形成之減速區、收費亭以及由收費車道與主線回縮路段所形成之加速區。而以公路容量手冊所定義的範圍知，減速區：指從上游主線車輛開始減速之地點到收費亭之路段；而加速區：指在從收費亭開始到車輛加速到達下游主線之路段。因此本研究所界定「通過收費站可節省之時間」之範圍包含減速區與加速區。

根據相關文獻[賴炳榮，民88年；謝霖霆，民90年；廖惠卿，民91年]對於通過收費站可節省時間之模擬，主要介於28秒至83秒間。因此本研究對於通過收費站可節省時間之屬性水準值訂為30秒至90秒，取(a)在每一收費站，行駛電子收費車道較行駛人工收費車道節省30秒；(b)在每一收費站，行駛電子收費車道較行駛人工收費車道節省60秒；(c)在每一收費站，行駛電子收費車道較行駛人工收費車道節省90秒。共三個水準值做為假設情境。至於「不購買車內設備單元」，由於僅能使用人工收費車道，故通過收費站可節省時間為0秒。

(3.)購置費用

購置費用主要指車內設備單元之購買費用與裝置費用。根據ETC營運者之計畫資料顯示，計次收費階段之購置費用可能價格為800元、1100元，以及1800元。故「購買車內設備單元」方案之購置費用屬性水準值，取800元、1100元，以及1800元三水準值。至於「不購買車內設備單元」方案，由於不用購買車內設備單元，故購置費用為0元。

(4.)產品可使用年限（保固年限）

產品可使用年限意指車內設備單元通常可正常使用之年限，而保固年限則指車內設備單元在保固年限內非人為因素所致損壞時，可免費維修或更換。由ETC營運者之資料顯示，車內設備單元保固年限為1年至3年。由於產品可使用年限通常大於保固年限，故設定車內設備單元可使用年限為3年至5年。因此本研究設計之水準值為(a)產品可使用3年，保固1年；(b)產品可使用4年，保固2年；(a)產品可使用5年，保固3年。至於「不購買車內設備單元」方案，由於不用購買車內設備單元，故皆無產品可使用年限與保固年限。

2.計程收費階段

(1.)購置費用

根據ETC營運者之計畫資料顯示，計程收費階段之購置費用主要介於1800元至2800元。故本階段之「購買車內設備單元」方案的購置費用屬性水準值，取1800元、2300元，以及2800元三水準值。至於「租用車內設備單元」方案，由於採租賃方式，故購置費用為0元。

(2.)租用OBU租金

租用OBU租金意指租賃車內設備單元時每日所需支付租金。由於大部分用路人每星期使用高速公路2次至3次。因此ETC營運者若欲在一年至二年內回收相關成本，則每次租金必須介於15元至25元，故本階段「租用車內設備單元」方案的租用OBU每日租金屬性水準值，取15元、20元，以及25元三水準值。至於「購買車內設備單元」方案，由於不用付租金，故OBU每日租金為0元。

(3.)租用OBU保證金

根據ETC營運者之計畫資料顯示，計程收費階段之車內設備單元每次租用之保證金原則上必須與購置費用相同。由於本階段之「購買車內設備單元」方案的購置費用為1800元、2300元，以及2800元三水準值，故「租用車內設備單元」方案之保證金亦採用1800元、2300元，以及2800元三水準值。至於「購買車內設備單元」方案，由於不用付保證金，故OBU保證金為0元。

(4.)產品可使用年限（保固年限）

計程收費階段之產品可使用年限與保固年限之水準值與計次收費階段相同，仍取三個屬性水準值，分別為(a)產品可使用3年，保固1年；(b)產品可使用4年，保固2年；(c)產品可使用5年，保固3年。至於「租用車內設備單元」方案，由於採租賃方式，故無產品可使用年限與保固年限。

4.2.2 直交設計

本研究問卷之敘述性偏好情境組合之實驗設計是採用直交排列的方式（劉慧燕，1998），以事先決定的方案水準值利用直交表來組合實驗設計的情境題組。採用直交排列的原因有二：(1)以較少的實驗次數推估因子的效果，如此可以減少抽樣數目，提升實驗效率並降低成本(Kroes & Sheldon, 1988)；(2)本研究的效用函數為線性的效用函數，因此在校估個體選擇模式時可能會產生共線性的問題，故採用直交排列設計，使屬性值之間相互獨立以避免共線性的問題(Fowkes & Wardman, 1988)，但其缺點為其可能產生的變異不足而造成模式的不顯著。

本研究在計次收費階段有一個二水準屬性值與三個三水準屬性值，在計程收費階段有四個三水準屬性值，因此分別採用田口直交表中的 $L_{18}(2^1 3^7)$ 與 $L_9(3^4)$ 直交表，於計次收費階段有 18 種情境組合，而計程收費階段有 9 種情境組合，每一種情境組合即為敘述性偏好問卷的一個題組，本研究以亂數隨機挑選的方式，在每一份問卷內放入八個敘述性偏好情境模擬的題組，其中計次收費階段與計程收費階段各四個題組。計次收費階段與計程收費階段之情境如表 4.12 和 4.13 所示。

表 4.12 計次收費階段情境數

| 情境 | 安全性 | 通過收費站可節省之時間 | 購置費用 | 產品可使用年限 (保固年限) |
|----|------------|-------------|------|-------------------|
| 1 | 個人資料完全不會外洩 | 30 | 800 | 3(1) |
| 2 | 個人資料完全不會外洩 | 30 | 1100 | 4(2) |
| 3 | 個人資料完全不會外洩 | 30 | 1800 | 5(3) |
| 4 | 個人資料完全不會外洩 | 60 | 800 | 4(2) |
| 5 | 個人資料完全不會外洩 | 60 | 1100 | 5(3) |
| 6 | 個人資料完全不會外洩 | 60 | 1800 | 3(1) |
| 7 | 個人資料完全不會外洩 | 90 | 1100 | 5(3) |
| 8 | 個人資料完全不會外洩 | 90 | 1800 | 3(1) |
| 9 | 個人資料完全不會外洩 | 90 | 800 | 4(2) |
| 10 | 個人資料可能會外洩 | 30 | 1800 | 4(2) |
| 11 | 個人資料可能會外洩 | 30 | 800 | 5(3) |
| 12 | 個人資料可能會外洩 | 30 | 1100 | 3(1) |
| 13 | 個人資料可能會外洩 | 60 | 1100 | 3(1) |
| 14 | 個人資料可能會外洩 | 60 | 1800 | 4(2) |
| 15 | 個人資料可能會外洩 | 60 | 800 | 5(3) |
| 16 | 個人資料可能會外洩 | 90 | 1800 | 5(3) |
| 17 | 個人資料可能會外洩 | 90 | 800 | 3(1) |
| 18 | 個人資料可能會外洩 | 90 | 1100 | 4(2) |

表 4.13 計程收費階段情境數

| 情境 | 購置費用 | 租用車內設備單元租金 | 租用車內設備單元保證金 | 產品可使用年限 (保固年限) |
|----|------|------------|-------------|-------------------|
| 1 | 1800 | 15 | 1800 | 3(1) |
| 2 | 1800 | 20 | 2300 | 4(2) |
| 3 | 1800 | 25 | 2800 | 5(3) |
| 4 | 2300 | 15 | 2300 | 5(3) |
| 5 | 2300 | 20 | 2800 | 3(1) |
| 6 | 2300 | 25 | 1800 | 4(2) |
| 7 | 2800 | 15 | 2800 | 4(2) |
| 8 | 2800 | 20 | 1800 | 5(3) |
| 9 | 2800 | 25 | 2300 | 3(1) |

第二階段問卷調查內容可分為三大部份，分別敘述如下：(問卷內容詳見附錄二)

1. 電子收費了解程度調查項目

為了解用路人對於電子收費系統與車內設備單元之了解程度，本部份調查用路人「是否知道何謂電子收費」、「是否知道我國將於民國 95 年 1 月起實施電子收費」、「是否知道車輛須配備車內設備單元才可行駛電子收費車道」。

2. 車內設備單元需求調查

本研究擬定之替選方案，在計次收費階段為詢問用路人在實施電子收費後，在設定相關屬性水準值之情境下，是否願意購買車內設備單元，會與不會去購買則為其替選方案；在計程收費階段則詢問用路人在相關屬性水準值之情境下，是否願意購買車內設備單元，若不會去購買則租用為另一替選方案。

利用敘述性偏好法陳述何謂電子收費，透過文字與圖形方式具體呈現車內設備單元，讓受訪者更易於瞭解車內設備單元所提供的功能與使用方式（購買或租賃）。同時協同調查員在旁解說，讓受訪者易於明確了解，確實回答選擇購買意願或偏好。

3. 個人社經資料與旅次特性調查

由於不同背景環境之旅運者亦會影響其選擇行為，故問卷問項最後一部份詢問受訪者的社經特性資料，包含受訪者之性別、年齡、教育程度、職業、每月平均所得。此外，為了解受訪者平日使用高速公路的情形，本研究亦調查受訪者之旅次特性，包含使用高速公路頻率、每一旅次所通過收費站之個數。

4.2.3 問卷調查規劃

依據上述之研究設計方法完成問卷後，在進行正式問卷調查之前，先至高速公路休息站進行問卷初步測試之試調工作，採面對面訪問方式，以了解受訪者對填答問卷的反應與意見酌予修正後，隨即展開訪問調查工作。

一個好的抽樣方法所抽取的樣本應能符合三個條件：第一為樣本能代表母體；第二為由樣本統計量推估母體參數要精確且可靠；第三為抽樣調查要符合經濟性[張紹勳，民 90 年]。因此選擇好的抽樣方法，就能夠獲得正確、可靠且

經濟的樣本，以提供準確與可靠的資訊反映母體情形。由此可知抽樣方法對於抽樣調查的重要性，且關係到抽樣調查的成功與否。

羅吉特模式參數校估之抽樣方法可分為兩大類：

1. 外生抽樣(Exogenously Sampling)

包括隨機抽樣與分層抽樣兩種。其中隨機抽樣是一般最常使用的抽樣方法，是指將母體樣本，按某一特定比例隨機抽取若干樣本數。而分層抽樣乃指先將母體按空間或地理或社會經濟特性分成若干層，抽樣時先由這些層中隨機抽取若干比例之層，再由這些已抽取的層中隨機各抽取若干比例之樣本。分層抽樣之最大優點在於調查時較經濟方便，但分層時須特別注意層內差異與層間差異之問題。對羅吉特模式參數之校估而言，隨機抽樣與分層抽樣皆可獲得一致的估計量。

2. 內生抽樣(Endogenously Sampling)

內生抽樣主要是以選擇為基礎的抽樣(Choice-based Sampling, 簡稱為擇基抽樣)。所謂擇基抽樣是指將母體按其選擇替選方案之不同分成若干群(群數等於所有可選替選方案之數目)，然後再由各群中各隨機抽取所需比例之樣本。

本研究受限於研究時間與經費，抽樣方式乃採取隨機抽樣。

4.2.4 抽樣樣本數

由於台灣地區高速用路人眾多，且無此類關於高速公路用路人之母體底冊，故本研究設定研究母體為「年滿十八歲具有汽車駕照且最近有使用高速公路之民眾」，以便於實際調查之進行。

在研究時間及經費考量下，本研究以統計學上簡單隨機抽樣之樣本數公式求得本研究所需最小樣本數。在有限母體的情形下抽樣，簡單隨機抽樣法所需樣本數 n 的公式如(4.1)式所示[黃文隆，民 88 年]。

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot P(1-P)}{(1 - \frac{1}{N}) \cdot e^2 + \frac{1}{N} \cdot Z_{\alpha/2}^2 \cdot P(1-P)} \quad (4.1)$$

其中 n 為樣本個數， N 為母體個數， e 為抽樣誤差之容許範圍， Z 為在某信心水

準下的 Z 分配值， P 為母體內願意購買車內設備單元比例。因為母體個數(N) 為 435,632,839 (民國92年)，可視為母體 N 趨近於無窮大，則抽樣樣本數公式可簡化成(4.2)式。

$$n = \frac{z^2 \cdot p(1-p)}{e^2} \quad (4.2)$$

依據(4.2)式，在90%的信心水準下， z 值為1.645，並控制誤差在 $\pm 5\%$ 範圍內，且由於 p 未知，故將 p 設定為最大絕對誤差估計值0.5計算，即以 $p(1-p)$ 之最大值0.25代入公式，計算結果可得所需的最少有效樣本個數為271份。考量問卷的有效性情形與派員面訪的調查方式有效回收率較高，本研究抽樣調查以350份為發放數目。

4.2.5 問卷調查對象

本階段以國道一號中壢服務區、泰安服務區、仁德服務區為主要調查地區，並以小型車用路人為調查對象。

4.2.6 調查程序

因考慮給予受訪者有充裕時間填答，以免造成因時間倉促無法詳細填答，以致成為無效問卷。本研究採用調查方式如下：

(1)定點調查

針對高速公路休息站進行問卷調查，多利用用路人休息空閒時間，詢問受訪者是否有足夠時間作答，若受訪者有此意願，則請受訪者填答，並由調查員從旁予以解說，以便受訪者易於了解填答。

(2)面對面訪談法

為提高有效問卷率及回收率，本階段問卷調查採用面對面訪談法，由調查員現場指導受訪者填寫問卷。

4.3 第二階段資料分析

第二階段問卷調查時間從民國 94 年 3 月上旬至 3 月下旬。針對高速公路之用路人，共發放 350 份，其回收樣本數為 343 份，回收率為 98.0%，其中扣除

回答不完整或具有瑕疵的問卷，有效樣本 312 份，有效問卷為 89.1%。茲將本階段問卷調查回收情形整理如表 4.14，樣本分佈情形整理如表 4.15。

表 4.14 第二階段問卷回收統計表

| 項 目 | 份數 | 百分比(%) |
|------|-----|--------|
| 發出問卷 | 350 | 100.0 |
| 回收問卷 | 343 | 98.0 |
| 有效問卷 | 312 | 89.1 |
| 無效問卷 | 31 | 8.9 |

表 4.15 第二階段問卷樣本分佈情況表

| 調查地點 | 有效樣本（份數） | 百分比(%) |
|-------|----------|--------|
| 中壢服務區 | 92 | 29.5 |
| 泰安服務區 | 122 | 39.1 |
| 仁德服務區 | 98 | 31.4 |
| 合 計 | 312 | 100.0 |

1. 社經屬性分析

茲將第二階段調查受訪者的社經屬性整理如表 4.16。由表 4.16 可知道本階段所調查之樣本以男性居多，佔 82.4%；年齡分佈以 30-39 歲之間佔多數，佔 35.6%，其次為 18-29 歲，佔 23.7%；教育程度以大學者居多，佔 47.1%；職業以從事商業、工業佔多數；個人每月平均所得多集中在二萬元至六萬元之間。

表 4.16 第二階段問卷受訪者社經特性統計表

| 社經屬性 | | 人數（人） | 百分比(%) |
|------|--------|-------|--------|
| 性別 | 男性 | 257 | 82.4 |
| | 女性 | 55 | 17.6 |
| 年齡 | 18-29歲 | 74 | 23.7 |
| | 30-39歲 | 111 | 35.6 |
| | 40-49歲 | 68 | 21.8 |
| | 50-59歲 | 44 | 14.1 |
| | 60歲以上 | 15 | 4.8 |
| | | | |
| 教育程度 | 國小以下 | 15 | 4.8 |
| | 國(初)中 | 18 | 5.8 |
| | 高中(職) | 41 | 13.1 |
| | 專科 | 77 | 24.7 |
| | 大學 | 147 | 47.1 |
| | 研究所以上 | 14 | 4.5 |

表 4.16 第二階段問卷受訪者社經特性統計表（續）

| 社經屬性 | | 人數（人） | 百分比(%) |
|------|---------|-------|--------|
| 職業 | 漁農牧業 | 36 | 11.5 |
| | 軍公教 | 44 | 14.0 |
| | 工 | 71 | 22.8 |
| | 商 | 131 | 42.0 |
| | 其他 | 30 | 9.6 |
| 每月所得 | 二萬元以下 | 29 | 9.3 |
| | 二萬元-四萬元 | 141 | 45.2 |
| | 四萬元-六萬元 | 109 | 34.9 |
| | 六萬元-八萬元 | 26 | 8.3 |
| | 八萬元-十萬元 | 6 | 1.9 |
| | 十萬元以上 | 1 | 0.3 |

2. 旅次特性分析

由表 4.17 顯示，大部份用路人使用高速公路頻率以每星期一次佔大多數，佔 16.7%，其次為每月使用一次高速公路，佔 16.3%；平均通過收費站個數以 5 個居多，佔 20.2%。

表 4.17 第二階段問卷受訪者旅次行為特性統計表

| 旅次屬性 | | | 人數（人） | 百分比(%) |
|----------|-----|-----|-------|--------|
| 使用高速公路頻率 | 每星期 | 1次 | 52 | 16.7 |
| | | 2次 | 21 | 6.7 |
| | | 3次 | 6 | 1.9 |
| | | 4次 | 1 | 0.003 |
| | | 5次 | 5 | 1.6 |
| | 每月 | 1次 | 51 | 16.3 |
| | | 2次 | 44 | 14.1 |
| | | 3次 | 26 | 8.3 |
| | | 6次 | 4 | 1.3 |
| | 每年 | 1次 | 1 | 0.003 |
| | | 2次 | 9 | 2.9 |
| | | 3次 | 20 | 6.4 |
| | | 4次 | 16 | 5.1 |
| | | 5次 | 13 | 4.2 |
| | | 6次 | 30 | 9.6 |
| | | 7次 | 4 | 1.3 |
| | | 8次 | 4 | 1.3 |
| | | 9次 | 3 | 0.01 |
| | | 10次 | 1 | 0.003 |

表 4.17 第二階段問卷受訪者旅次行為特性統計表（續）

| 旅次屬性 | | 人數（人） | 百分比(%) |
|---------------|-----|-------|--------|
| 平均通過收費站 個數 | 1個 | 7 | 2.2 |
| | 2個 | 17 | 5.4 |
| | 3個 | 40 | 12.8 |
| | 4個 | 50 | 16.0 |
| | 5個 | 63 | 20.2 |
| | 6個 | 53 | 17.0 |
| | 7個 | 36 | 11.5 |
| | 8個 | 24 | 7.7 |
| | 9個 | 14 | 4.5 |
| | 10個 | 8 | 2.6 |

3.對電子收費之了解程度

為幫助受訪者了解電子收費，增加答題時的判斷力，本階段先詢問受訪者對電子收費的認知程度，回收後的問卷統計整理如表 4.18。根據調查的結果，大部份受訪者知道何謂電子收費，佔 86.2%；但大部份的受訪者不知道我國將於民國 95 年實施電子收費，以及個人車輛須裝置 OBU 才可行駛 ETC 車道。

表 4.18 受訪者對於電子收費的了解程度統計表

| 問題 \ 回答 | 知道 | | 不知道 | |
|-----------------------------|-----|--------|-----|--------|
| | 次數 | 百分比(%) | 次數 | 百分比(%) |
| 是否知道何謂 ETC | 269 | 86.2 | 43 | 13.8 |
| 是否知道我國將於民國 95 年 1 月實施 ETC | 42 | 13.5 | 270 | 86.5 |
| 是否知道個人車輛須裝置 OBU 才可行駛 ETC 車道 | 39 | 12.5 | 273 | 87.5 |

4.交叉分析

(1)計次收費階段

表 4.19 為第二階段問卷之交叉分析，經由卡方檢定，在 0.05 之顯著水準下，受訪者之性別、年齡對於計次收費階段選擇情形並無顯著之影響，但受訪者之教育程度、每月平均所得、使用高速公路頻率則對於計次收費階段選擇情形有顯著差異。

表 4.19 用路人基本資料與計次電子收費階段選擇方案交叉分析表

| 用路人基本資料 | 卡方值 | 自由度 | P 值 | 檢定結果 |
|----------|--------|-----|-------|------|
| 性別 | 0.678 | 1 | 0.410 | 不顯著 |
| 年齡 | 9.320 | 4 | 0.054 | 不顯著 |
| 教育程度 | 11.082 | 5 | 0.047 | 顯著 |
| 平均每月所得 | 12.147 | 5 | 0.038 | 顯著 |
| 使用高速公路頻率 | 29.494 | 18 | 0.034 | 顯著 |

(2)計程收費階段

表 4.20 為第二階段問卷之交叉分析，經由卡方檢定，在 0.05 之顯著水準下，受訪者之性別、年齡、教育程度對於計程收費階段選擇情形並無顯著之影響，但受訪者之每月平均所得、使用高速公路頻率則對於計程收費階段選擇行為有顯著差異。

表 4.20 用路人基本資料與計程電子收費階段選擇方案交叉分析表

| 用路人基本資料 | 卡方值 | 自由度 | P 值 | 檢定結果 |
|----------|---------|-----|-------|------|
| 性別 | 3.790 | 1 | 0.062 | 不顯著 |
| 年齡 | 6.770 | 4 | 0.121 | 不顯著 |
| 教育程度 | 8.008 | 5 | 0.073 | 不顯著 |
| 平均每月所得 | 193.908 | 5 | 0.001 | 顯著 |
| 使用高速公路頻率 | 522.052 | 18 | 0.000 | 顯著 |

第五章 模式構建與校估

羅吉特模式之建立是一種誤試(Trial and Error)法，因此需要經過多種不同的嘗試，才能得到較佳的模式。本章即根據第二階段問卷調查的結果，使用 LIMDEP 7.0 軟體進行參數校估與統計檢定之工作，以建立用路人在計次收費階段與計程收費階段的車內設備單元選擇行為模式。

本研究欲構建用路人對於車內設備單元之選擇行為模式，由於在計次收費階段僅有「購買車內設備單元」和「不購買車內設備單元」兩種替選方案，在計程收費階段僅有「購買車內設備單元」和「租用車內設備單元」兩種替選方案，所以分別建立之選擇模式均為二元羅吉特模式(Binary Logit Model)。

5.1 模式設定

1. 方案特定常數

此常數項之目的在於吸收並表達其他變數無法完全顯示出方案間之差異。若存在此變數，則對該方案而言其值為 1，其餘為 0，若有 n 個方案可供受訪者選擇，則至多僅能存在 $n-1$ 個方案特定常數。

2. 方案特定變數

本研究為建立模式所採用之方案特定變數為受訪者之社會經濟變數，包括性別、年齡、教育程度、每月平均所得、每週使用高速公路頻率等。

3. 共生變數

本變數存在於各替選方案之效用函數中，即假設此變數在不同方案之邊際效用相同，所以此一變數在不同方案之參數值皆相同。本研究建立之模式在計次收費階段與計程收費階段各有四個共生變數，在計次收費階段為安全性、購置費用、通過收費站可節省時間、產品保固年限；在計程收費階段為購置費用、租用 OBU 租金、租用 OBU 保證金、產品保固年限。

有關各變數之說明如表 5.1 與表 5.2 所示。

表 5.1 計次收費階段效用函數變數之說明

| 解釋變數 | 變數型態 | 購買 OBU 效用函數變數值 | 不購買 OBU 效用函數變數值 | 說 明 | 單位 |
|------------|--------|----------------------------------|-----------------|--|----|
| 特定虛擬變數 | 方案特定常數 | 若選擇為購買 OBU，則其值為 1，否則為 0 | 0 | 吸收效用函數指定時所造成之誤差 | — |
| 性別 | 方案特定變數 | 男性且選擇購買 OBU 者為 1，否則為 0 | 0 | 使用虛擬變數。 0：女性 1：男性 | — |
| 年齡 | 方案特定變數 | 若選擇購買 OBU 其值為受訪者年齡，否則為 0 | 0 | 受訪者年齡。 18 至 29 歲以 25 歲代表之；30 歲至 39 歲以 35 歲代表之；40 至 49 歲以 45 歲代表之；50 至 59 歲以 55 歲代表之；60 歲以上以 65 歲代表之 | 歲 |
| 教育程度 | 方案特定變數 | 若受訪者選擇購買 OBU 則其教育程度之值為 1，否則為 0 | 0 | 使用虛擬變數。 低教育程度：包含國小以下與國(初)中；中教育程度：包含高中(職)與專科；高教育程度：包含大學與研究所以上 | — |
| 每月平均所得 | 方案特定變數 | 若選擇購買 OBU 其值為受訪者所得，否則為 0 | 0 | 受訪者每月平均所得。 二萬元以下以一萬元表示之；二萬元至四萬元以三萬元表示之；四萬元至六萬元以五萬元表示之；六萬元至八萬元以七萬元表示之；八萬元至十萬元以九萬元表示之；十萬元以上以十一萬元表示之 | 元 |
| 每週使用高速公路頻率 | 方案特定變數 | 若選擇購買 OBU 其值為每週使用高速公路次數，否則為 0 | 0 | 受訪者每週使用高速公路次數 | 次 |
| 安全性 | 共生變數 | 若選擇購買 OBU 且個人資料完全不會外洩其值為 1，否則為 0 | 1 | 使用虛擬變數。 0：個人資料可能會外洩；1：個人資料完全不會外洩 | — |
| 購置費用 | 共生變數 | 購置費用 | 0 | 車內設備單元之購買費用與裝置費用 | 元 |
| 通過收費站可節省時間 | 共生變數 | 通過收費站可節省時間 | 0 | 通過收費站可節省之總行車時間 | 秒 |
| 產品保固年限 | 共生變數 | 產品保固年限 | 0 | 車內設備單元保固年限 | 年 |

表 5.2 計程收費階段效用函數變數之說明

| 解釋變數 | 變數型態 | 購買 OBU 效用函數變數值 | 租用 OBU 效用函數變數值 | 說 明 | 單位 |
|------------|--------|--------------------------------|----------------|--|----|
| 特定虛擬變數 | 方案特定常數 | 若選擇為購買 OBU，則其值為 1，否則為 0 | 0 | 吸收效用函數指定時所造成之誤差 | — |
| 性別 | 方案特定變數 | 男性且選擇購買 OBU 者為 1，否則為 0 | 0 | 使用虛擬變數。 0：女性 1：男性 | — |
| 年齡 | 方案特定變數 | 若選擇購買 OBU 其值為受訪者年齡，否則為 0 | 0 | 受訪者年齡。 18 至 29 歲以 25 歲代表之；30 歲至 39 歲以 35 歲代表之；40 至 49 歲以 45 歲代表之；50 至 59 歲以 55 歲代表之；60 歲以上以 65 歲代表之 | 歲 |
| 教育程度 | 方案特定變數 | 若受訪者選擇購買 OBU 則其教育程度之值為 1，否則為 0 | 0 | 使用虛擬變數。 低教育程度：包含國小以下與國（初）中；中教育程度：包含高中（職）與專科；高教育程度：包含大學與研究所以上 | — |
| 每月平均所得 | 方案特定變數 | 若選擇購買 OBU 其值為受訪者所得，否則為 0 | 0 | 受訪者每月平均所得。 二萬元以下以一萬元表示之；二萬元至四萬元以三萬元表示之；四萬元至六萬元以五萬元表示之；六萬元至八萬元以七萬元表示之；八萬元至十萬元以九萬元表示之；十萬元以上以十一萬元表示之 | 元 |
| 每週使用高速公路頻率 | 方案特定變數 | 若選擇購買 OBU 其值為每週使用高速公路次數，否則為 0 | 0 | 受訪者每週使用高速公路次數 | 次 |
| 購置費用 | 共生變數 | 購置費用 | 0 | 車內設備單元之購買費用與裝置費用 | 元 |
| 租用 OBU 租金 | 共生變數 | 0 | 租用 OBU 租金 | 租賃車內設備單元時每日所需支付租金 | 元 |
| 租用 OBU 保證金 | 共生變數 | 0 | 租用 OBU 保證金 | 租賃車內設備單元時每次所需繳交保證金 | 元 |
| 產品保固年限 | 共生變數 | 產品保固年限 | 0 | 車內設備單元保固年限 | 年 |

5.2 模式校估與檢定

本研究利用套裝軟體 LIMDEP 7.0 對選擇模式進行校估，先經由先驗知識判別各參數符號之正確性，並由解釋能力及統計檢定來判定模式之適合度。模式校估之資料來源為第二階段問卷調查。模式校估之結果經篩選後說明如下。

5.2.1 計次收費階段

本模式係依第二階段問卷調查計次收費階段的資料所建立，在經過許多不同函數型式的嘗試後，選出六個較適當的模式加以說明分析，各模式的參數校估結果列於表 5.3。

(1) 模式一

本模式僅放入購買 OBU 方案特定常數、安全性、通過收費站可節省時間、購置費用、產品保固年限四個共生變數。模式中的安全性、通過收費站可節省時間、產品保固年限等變數之參數值符號均為正，表示安全性愈高、通過收費站可節省時間愈多或產品保固年限愈長，其正效用愈大，則用路人選擇該方案的機率也愈高。而購置費用變數參數值為負，表示購置費用愈高，則用路人愈不會購買 OBU。本模式各解釋變數之係數值在 5% 水準下，各解釋變數均顯著。此時模式之 $\rho^2=0.3049$ ， $\rho_c^2=0.3037$ ，顯示本模式之解釋能力尚佳。

(2) 模式二

本模式除四個共生變數之外，再加入使用高速公路頻率此一旅次特性變數，發現其參數值符號為正，顯著性也高，表示用路人使用高速公路頻率愈高，則選擇購買 OBU 的機率也愈高。此時模式的 ρ^2 和 ρ_c^2 分別提高至 0.3140 和 0.3128。而各解釋變數之係數值在 5% 水準下，均呈現顯著。

(3) 模式三

由於每月平均所得亦會影響用路人選擇行為，因此模式三亦將每月平均所得變數放入，經校估後發現其參數值為正，在 5% 之顯著水準下，顯著異於零。顯示所得愈高之用路人，購買 OBU 之機率愈高。此時模式的 ρ^2 和 ρ_c^2 分別提高

至 0.3171 和 0.3159，顯示本模式之解釋能力尚佳。而各解釋變數之係數值在 5% 之水準下均顯著。

(4)模式四

本模式加入教育程度此一社經變數。經校估後發現無論高教育程度或中教育程度變數之參數值符號均為負。在 5% 之顯著水準下，高教育程度變數顯著異於零，但中教育程度變數與零無顯著差異。顯示教育程度愈高者，愈不會購買 OBU，可能原因為教育程度愈高者，愈重視個人資料之安全性。此時模式的 ρ^2 和 ρ_c^2 分別提高至 0.3244 和 0.3232，顯示本模式之解釋能力頗佳。而各解釋變數之係數值在 5% 之水準下，除中教育程度變數不顯著外，其餘變數均呈現顯著。

(5)模式五

本模式加入年齡變數，惟其係數值在 5% 水準下不顯著。此時模式之 ρ^2 和 ρ_c^2 分別僅提高 0.3252 和 0.3240，顯示加入年齡變數後對提升模式之解釋能力影響相當有限。而各解釋變數之係數值在 5% 水準下，除產品保固年限、中教育程度、年齡變數不顯著外，其餘變數均顯著。

(6)模式六

本模式加入性別變數，經模式校估後發現在 5% 水準下，產品保固年限、中教育程度、年齡、性別變數不顯著，其餘變數均顯著。此時模式的 ρ^2 和 ρ_c^2 分別僅提高 0.3260 和 0.3248，顯示加入性別變數後對提升模式之解釋能力影響不大。

另外本研究亦曾嘗試將「購置費用」和「產品可使用年限」合併成「購置費用／產品可使用年限」變數，經校估後發現模式之解釋能力均比「購置費用」和「產品可使用年限」為低，故不加以探討。

羅吉特模式之解釋能力是否良好常以概似比指標為依據。由表 5.3 可知各模式之配適度皆表現不錯。此外，透過概似比檢定，結果顯示：模式二可以顯著拒絕模式一（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 15.79 > \chi_{0.05(1)}^2 = 3.84$ ）；模式三可以顯著拒絕模式二（概似比統計量

$= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 5.32 > \chi^2_{0.05(1)} = 3.84$)；模式四可以顯著拒絕模式三（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 12.61 > \chi^2_{0.05(2)} = 5.99$)；但模式五不能顯著拒絕模式四（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 1.40 < \chi^2_{0.05(1)} = 3.84$)；模式六不能顯著拒絕模式五（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 1.40 < \chi^2_{0.05(1)} = 3.84$)。

因此，由計次收費階段之模式參數校估結果可得知模式五與模式六的 ρ^2 和 ρ_c^2 最高，但透過概似比檢定發現模式五和模式六在 5%顯著水準下，與模式四無顯著差異。故本研究在計次收費階段選用模式四做為後續分析與應用之模式。



表 5.3 計次收費階段之模式參數校估結果

| 變數 \ 模式 | 模式一 | 模式二 | 模式三 | 模式四 | 模式五 | 模式六 |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 方案特定常數 — 購買 OBU | 3.2765 (7.1418) | 2.9658 (6.4043) | 2.6867 (5.4735) | 3.1652 (7.3225) | 3.7106 (5.8442) | 3.8283 (5.9482) |
| 方案特定常數 — 不購買 OBU (Base) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 安全性 (共生變數) | 2.4632 (15.2504) | 2.5091 (15.2924) | 2.5173 (15.2897) | 2.5386 (15.2752) | 2.5386 (15.2542) | 2.5332 (15.2185) |
| 通過收費站可節省時間 (共生變數) | 0.0025 (6.0195) | 0.0030 (6.8063) | 0.0030 (6.8139) | 0.0030 (6.8827) | 0.0030 (6.8975) | 0.0030 (6.9233) |
| 購置費用 (共生變數) | -0.0027 (-13.8422) | -0.0027 (-13.9592) | -0.0027 (-13.9540) | -0.0028 (-13.9970) | -0.0028 (-13.9950) | -0.0028 (-14.0117) |
| 產品保固年限 (共生變數) | 0.1615 (1.9600) | 0.1628 (1.9681) | 0.1655 (1.9881) | 0.1625 (1.9611) | 0.1589 (1.8972) | 0.1593 (1.9015) |
| 使用高速公路頻率 (購買 OBU 特定變數) | — | 4.1014 (4.1014) | 0.3857 (4.1392) | 0.3208 (3.3755) | 0.3056 (3.1881) | 0.3139 (3.2513) |
| 每月平均所得 (購買 OBU 特定變數) | — | — | 6.9767e-06 (1.9609) | 1.3442e-05 (2.9042) | 1.5603e-05 (3.1320) | 1.6695e-05 (3.2900) |
| 教育程度—高等教育程度 (購買 OBU 特定變數) | — | — | — | -0.5899 (-2.2234) | -0.8625 (-2.4478) | -0.8601 (-2.4382) |
| 教育程度—中教育程度 (購買 OBU 特定變數) | — | — | — | -0.0128 (-0.0508) | -0.2261 (-0.7265) | -0.2286 (-0.7333) |
| 年齡 (購買 OBU 特定變數) | — | — | — | — | -0.0100 (-1.1826) | -0.0093 (-1.1015) |
| 性別 (購買 OBU 特定變數) | — | — | — | — | — | -0.2344 (-1.1816) |
| $LL(0)$ | -865.0477 | -865.0477 | -865.0477 | -865.0477 | -865.0477 | -865.0477 |
| $LL(c)$ | -863.5070 | -863.5070 | -863.5070 | -863.5070 | -863.5070 | -863.5070 |
| $LL(\beta)$ | -601.2891 | -593.3941 | -590.7330 | -584.4272 | -583.7256 | -583.0255 |
| ρ^2 | 0.3049 | 0.3140 | 0.3171 | 0.3244 | 0.3252 | 0.3260 |
| ρ_c^2 | 0.3037 | 0.3128 | 0.3159 | 0.3232 | 0.3240 | 0.3248 |

註：括號內為 t 值。

5.2.2 計程收費階段

本模式係依第二階段問卷調查計程收費階段的資料所建立，在經過許多不同函數型式的嘗試後，選出六個較適當的模式加以說明分析，各模式的參數校估結果列於表 5.4。

(1) 模式一

模式一僅放購買 OBU 方案特定常數、購置費用、租用 OBU 租金、租用 OBU 保證金、產品保固年限四個共生變數。模式中的購置費用、租用 OBU 租金、租用 OBU 保證金等變數之參數值符號均為負，表示購置費用、租金、保證

金愈高，則用路人選擇該方案的機率也愈低。而產品保固年限為正，表示產品保固年限愈長，則用路人愈可能選擇購買 OBU。本模式各解釋變數之係數值在 5%水準下，除購買 OBU 方案特定常數不顯著外，其餘各解釋變數均顯著。此時模式之 $\rho^2=0.2296$ ， $\rho_c^2=0.0591$ ，顯示本模式之解釋能力尚可。

(2)模式二

本模式除四個共生變數之外，再加入使用高速公路頻率此一旅次特性變數，發現其參數值符號為正，顯著性也高，表示用路人使用高速公路頻率愈高，則選擇購買 OBU 的機率也愈高。此時模式的 ρ^2 和 ρ_c^2 分別提高至 0.4920 和 0.3795，顯示本模式之解釋能力尚佳。而各解釋變數之係數值在 5%水準下，除購買 OBU 方案特定常數不顯著外，其餘變數均呈現顯著。

(3)模式三

由於每月平均所得亦會影響用路人選擇行為，因此模式三亦將每月平均所得變數放入，經校估後發現其參數值為正，在 5%之顯著水準下，顯著異於零。顯示所得愈高之用路人，購買 OBU 之機率愈高。此時模式的 ρ^2 和 ρ_c^2 分別提高至 0.5484 和 0.4485，顯示本模式之解釋能力頗佳。而各解釋變數之係數值在 5%之水準下均顯著。

(4)模式四

本模式加入性別此一變數，經校估後發現性別變數在 5%之顯著水準下，與零無顯著差異。顯示性別對於用路人選擇購買 OBU 或租用 OBU 之影響程度並不顯著。此時模式的 ρ^2 和 ρ_c^2 分別提高至 0.5503 和 0.4508，顯示本模式之解釋能力頗佳。而各解釋變數之係數值在 5%之水準下，除性別變數不顯著外，其餘變數均呈現顯著。

(5)模式五

本模式加入教育程度變數，在 5%水準下，無論高教育程度或中教育程度變數均不顯著。此時模式之 ρ^2 和 ρ_c^2 分別僅提高 0.5527 和 0.4537，顯示加入教育

程度變數後對提升模式之解釋能力影響相當有限。而各解釋變數之係數值在 5% 水準下，除性別、教育程度變數較不顯著外，其餘變數均顯著。

(6) 模式六

本模式加入年齡變數，經模式校估後發現在 5% 水準下，性別、教育程度、年齡變數不顯著，其餘變數均顯著。此時模式的 ρ^2 和 ρ_c^2 分別為 0.5548 和 0.4563，與模式五相同，顯示加入年齡變數後對提升模式之解釋能力影響不大。

本研究計程收費階段之羅吉特模式校估結果如表 5.4 所示。由表中可知，模式之配適度相當理想。概似比檢定結果顯示，模式二可以顯著拒絕模式一（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 453.97 > \chi_{0.05(1)}^2 = 3.84$ ）；模式三可以顯著拒絕模式二（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 97.72 > \chi_{0.05(1)}^2 = 3.84$ ）；但模式四不可以顯著拒絕模式三（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 3.25 < \chi_{0.05(1)}^2 = 3.84$ ）；模式五不可以顯著拒絕模式四（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 4.12 < \chi_{0.05(2)}^2 = 5.99$ ）；模式六不可以顯著拒絕模式五（概似比統計量 $= -2[LL(\hat{\beta}_R) - LL(\hat{\beta}_U)] = 3.61 < \chi_{0.05(1)}^2 = 3.84$ ）。

因此，由計程收費階段之模式參數校估結果可得知模式四、模式五與模式六的 ρ^2 和 ρ_c^2 最高，但透過概似比檢定發現模式四、模式五和模式六在 5% 顯著水準下，與模式三無顯著差異。故本研究在計程收費階段選用模式三做為後續分析與應用之模式。

表 5.4 計程收費階段之模式參數校估結果

| 變數 \ 模式 | 模式一 | 模式二 | 模式三 | 模式四 | 模式五 | 模式六 |
|------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 方案特定常數 — 購買 OBU | 0.9730 (1.3151) | 0.3942 (0.4398) | 2.6841 (2.6962) | 2.9098 (2.8912) | 1.3832 (1.4323) | 0.6187 (0.5421) |
| 方案特定常數 — 租用 OBU (Base) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 購置費用 (共生變數) | -0.0014 (-7.6418) | -0.0019 (-8.3492) | -0.0022 (-8.7404) | -0.0022 (-8.7794) | -0.0022 (-8.8354) | -0.0022 (-8.8199) |
| 租用 OBU 租金 (共生變數) | -0.0672 (-3.8631) | -0.0833 (-3.9244) | -0.0997 (-4.3462) | -0.1003 (-4.3539) | -0.1003 (-4.3285) | -0.1012 (-4.3571) |
| 租用 OBU 保證金 (共生變數) | -0.0003 (-2.0244) | -0.0003 (-1.9730) | -0.0005 (-2.2653) | -0.0005 (-2.2990) | -0.0005 (-2.1668) | -0.0005 (-2.1585) |
| 產品保固年限 (共生變數) | 0.2938 (3.3900) | 0.3731 (3.5514) | 0.4490 (3.9340) | 0.4587 (3.4000) | 0.4456 (3.8737) | 0.4453 (3.8644) |
| 使用高速公路頻率 (購買 OBU 特定變數) | — | 6.2639 (12.4110) | 6.2121 (12.2558) | 6.0341 (11.8919) | 6.1029 (11.9120) | 6.0551 (11.7765) |
| 每月平均所得 (購買 OBU 特定變數) | — | — | 4.9252e-05 (8.8428) | 4.7377e-05 (8.3456) | 4.7932e-05 (7.7602) | 5.0486e-05 (7.7352) |
| 性別 (購買 OBU 特定變數) | — | — | — | 0.4042 (1.4007) | 0.3342 (1.4632) | 0.3538 (1.5388) |
| 教育程度—高等教育程度 (購買 OBU 特定變數) | — | — | — | — | -0.3176 (-0.8209) | -0.7439 (-1.4365) |
| 教育程度—中等教育程度 (購買 OBU 特定變數) | — | — | — | — | -0.7181 (-1.8655) | -1.0754 (-1.8777) |
| 年齡 (購買 OBU 特定變數) | — | — | — | — | — | -0.0135 (-1.2643) |
| $LL(0)$ | -865.0477 | -865.0477 | -865.0477 | -865.0477 | -865.0477 | -865.0477 |
| $LL(c)$ | -708.3093 | -708.3093 | -708.3093 | -708.3093 | -708.3093 | -708.3093 |
| $LL(\beta)$ | -666.4711 | -439.4839 | -390.6248 | -389.0009 | -386.9428 | -385.1380 |
| ρ^2 | 0.2296 | 0.4920 | 0.5484 | 0.5503 | 0.5527 | 0.5548 |
| ρ_c^2 | 0.0591 | 0.3795 | 0.4485 | 0.4508 | 0.4537 | 0.4563 |

註：括號內為 t 值。

5.2.3 小結

綜合上述所構建的二類模式（計次收費階段、計程收費階段），可了解到在不同收費階段用路人對於 OBU 之選擇行為。在計次收費階段時，用路人所考慮的因素除了安全性、通過收費站可節省時間、購置費用、產品保固年限者外，用路人使用高速公路頻率、每月平均所得、教育程度亦會影響用路人選擇 OBU 的行為，因此本研究認為用路人將來在選擇 OBU 時，和其使用高速公路的頻率、每月平均所得或教育程度有密切的關係，選擇 OBU 會因使用高速公路頻率、每月平均所得或教育程度的不同而有所變化。而在計程收費階段時，用路人所考慮的因素除購置費用、租用 OBU 租金、租用 OBU 保證金、產品保固年

限者外，用路人使用高速公路頻率、每月平均所得亦會影響用路人選擇 OBU 的行為，因此本研究認為用路人將來在選擇 OBU 時，和其使用高速公路的頻率或每月平均所得有密切的關係，選擇 OBU 會因使用高速公路頻率或每月平均所得的不同而有所變化。



第六章 模式應用

6.1 選擇行為基本特性分析

6.1.1 個人社經特性之影響

依據第五章所構建的二元羅吉特模式，本研究在計次收費階段採用模式四，在計程收費階段採用模式三做為後續分析與應用之模式。

1.計次收費階段

由計次收費階段的模式四可得知，當產品安全性愈高時，則用路人選擇購買 OBU 的機率也愈大，此一結果和預期相符。通過收費站可節省時間為正值，顯示當用路人使用 ETC 車道可節省的行車時間愈多，則購買 OBU 所產生的效用愈大，用路人選擇購買 OBU 的機會也相對增加。在產品成本考量上，所校估出的參數符號正如預期為負號，顯示產品的價格愈高，用路人購買 OBU 所獲致的效用愈小，表示其購買 OBU 的可能性愈低。此外，產品保固年限之符號為正，顯示當 OBU 服務者願意提供較高之保固年限時，則用路人購買 OBU 之機率也愈高。

在社經變數與旅次變數上，使用高速公路頻率變數符號為正，表示用路人愈經常使用高速公路，則選擇購買 OBU 的機率也愈大。個人每月平均所得變數符號為正，可能表示所得愈高者對購買 OBU 的偏好愈高，此點與本研究預期結果相同。在教育程度上，由於高教育程度變數符號為負，顯示教育程度愈高的用路人，愈傾向不購買 OBU，可能是由於教育程度愈高者，對個人隱私權的顧慮愈多所致。

因此，說明納入用路人之使用高速公路頻率、每月平均所得、教育程度等變數之選擇模式，較能夠解釋實際情況、更接近用路人在計次收費階段之決策行為。

2.計程收費階段

由計程收費階段的模式三可得知，當購置費用愈高時，則用路人選擇購買 OBU 的機率則愈低，此一結果和預期相符。租用 OBU 租金與保證金符號為負，

顯示當用路人須支付較高之租金或保證金，則租用 OBU 所產生的效用愈低，用路人選擇租用 OBU 的機會也相對降低。此外，產品保固年限之符號為正，顯示當 OBU 服務者願意提供較高之保固年限時，則用路人購買 OBU 之機率也愈高。

在社經變數與旅次變數上，使用高速公路頻率變數符號為正，表示用路人愈經常使用高速公路，則選擇購買 OBU 的機率也愈大。個人每月平均所得變數符號為正，可能表示所得愈高者對購買 OBU 的偏好愈高，此點與本研究預期結果相同。

因此，說明納入用路人之使用高速公路頻率、每月平均所得等變數之選擇模式，較能夠解釋實際情況、更接近用路人在計程收費階段之決策行為。

6.1.2 彈性分析

本節對模式中的重要變數作彈性分析，以幫助了解模式中某一重要屬性個別變化時對於個體或總體的選擇機率變化之影響情形。一般彈性分析可分為直接彈性(Direct Elasticity)與交叉彈性(Cross Elasticity)兩種，分別說明如下。

1. 個體直接彈性

某一方案效用函數中，其某一變數變化百分之一時，該方案選擇機率變化之百分比，以(5.1)式表示如下。

$$E_{X_{ik}}^{P_i} = \frac{\partial P_i}{\partial X_{ik}} \cdot \frac{X_{ik}}{P_i} = (1 - P_i) X_{ik} \beta_k \quad (5.1)$$

其中 P_i ：選擇替選方案 i 之機率；
 X_{ik} ：屬性值；
 β_k ：變數 X_{ik} 之係數。

2. 個體交叉彈性

某一方案效用函數中，其某一變數變化百分之一時，對另一方案選擇機率變化之百分比，以(5.2)式表示如下。

$$E_{X_{jk}}^{P_i} = \frac{\partial P_i}{\partial X_{jk}} \cdot \frac{X_{jk}}{P_i} = -P_j X_{jk} \beta_k \quad (5.2)$$

其中 P_j ：選擇替選方案 j 之機率；
 X_{jk} ：屬性值；
 β_k ：變數 X_{jk} 之係數。

3.總體彈性

總體彈性總和了所有決策者對某項因素變動之總影響。主要利用個別受訪者之資料計算機率及彈性，並將機率作為權重乘以彈性，加權平均後得出總體彈性，以(5.3)式表示如下。

$$E_{X_{jk}}^{\bar{P}_j} = \frac{\sum_{n=1}^N P_{in} \cdot E_{X_{jk}}^{P_{in}}}{\sum_{n=1}^N P_{in}} \quad (5.3)$$

$$\bar{P}_i = \frac{\sum_{i=1}^N P_{in}}{N}$$

本研究依據第五章所構建的二元羅吉特模式，分別計算計次收費階段與計程收費階段之彈性矩陣，如表 6.1、表 6.2 所示。其代表的意義為該方案提高某屬性值時，對自身方案及另一方案的影響。

直接彈性係當某方案本身的屬性水準變化時對該方案選擇機率的影響，其值在表中的對角線位置。例如以計次收費階段的購置費用而言，購買 OBU 方案的總體直接彈性為-0.9082，其意義為當 OBU 的購置費用增加 10%時，購買 OBU 方案的選擇機率會減少 $10\% \times 0.9082 = 9.082\%$ 。交叉彈性係當某方案本身的屬性水準變化時對另一方案選擇機率的影響，其值在表中的非對角線位置。例如以計次收費階段的購置費用而言，購買 OBU 方案對不購買 OBU 方案的總體交叉彈性為 1.1920，其意義為當 OBU 的購置費用增加 10%時，不購買 OBU 方案的選擇機率會增加 $10\% \times 1.1920 = 11.920\%$ 。

由表 6.1、表 6.2 的彈性分析結果可知，在計次收費階段，對於購買 OBU 方案之總體彈性值之大小依序為購置費用、通過收費站可節省時間、產品保固年限，而在計程收費階段，對於購買 OBU 方案之總體彈性值之大小依序為購置費用、租用 OBU 租金、產品保固年限、租用 OBU 保證金。可發現無論在計次收費階段或計程收費階段，購置費用變數之總體彈性值皆大於其它屬性變數之總體彈性值。因此可以推論以改變 OBU 之購置費用對購買 OBU 方案之總體選擇機率有較大的影響。

表 6.1 計次收費階段各變數之總體彈性係數值

| 替選方案 變數名稱 | 購買 OBU | 不購買 OBU |
|--------------|---------|---------|
| 通過收費站可節省時間 | | |
| 購買 OBU | 0.2396 | — |
| 不購買 OBU | -0.3145 | — |
| 購置費用 | | |
| 購買 OBU | -0.9082 | — |
| 不購買 OBU | 1.1920 | — |
| 產品保固年限 | | |
| 購買 OBU | 0.1727 | — |
| 不購買 OBU | -0.2266 | — |

表 6.2 計程收費階段各變數之總體彈性係數值

| 替選方案 變數名稱 | 購買 OBU | 租用 OBU |
|--------------|---------|---------|
| 購置費用 | | |
| 購買 OBU | -0.7686 | — |
| 租用 OBU | 1.9675 | — |
| 租用 OBU 租金 | | |
| 購買 OBU | — | 0.2723 |
| 租用 OBU | — | -0.7456 |
| 租用 OBU 保證金 | | |
| 購買 OBU | — | 0.1590 |
| 租用 OBU | — | -0.4354 |
| 產品保固年限 | | |
| 購買 OBU | 0.2440 | — |
| 租用 OBU | -0.6680 | — |

6.2 總體選擇機率與敏感度分析

6.2.1 購置車內設備單元選擇機率預估

由個體需求模式計算所得的結果為每一獨立樣本個體可能選擇某方案的機率，由於市場是由個體加總所構成，因此若欲得知整個市場可能選擇某一特定方案的機率或市場佔有率，則必須透過總計程序(Aggregate Procedure)，總計的方法主要有樣本列舉法(Sample Enumeration)、統計積分法(Statistical Integration)、分類法(Classification)、簡單法(Average Individual)。樣本列舉法為將一部份樣本選擇各方案之機率算出，並加以加總即可預測總體需求；統計積分法則適用於只知道變數之聯合機率密度函數時；分類法先將各個體依替選方

案之集合或變數值加以分類，然後將各分類變數之平均值直接代入個體模式中，以求得各分類選取各替選方案之機率，最後再以各分類佔總體之比例為加權求得總體需求；簡單法直接將各變數之平均數代入個體需求模式中以求出總體需求。由於本研究係使用樣本列舉法為總計之方法，因此僅針對樣本列舉法說明如下。

由於總體需求即為個體需求之和，因此總體選擇某一方案的機率即個體選擇該方案機率之平均值，但列舉法需完全列舉所有個體，所需資料甚鉅，因此有樣本列舉法(Sample Enumeration)出現，僅需就部分母體抽樣計算個體選擇機率再加總平均即可預測總體需求。故樣本列舉法係利用樣本以代替母體，以該樣本計算，預測 $W(i)$ ，如(6.1)式所示。

$$\hat{W}(i) = \frac{1}{N_s} \sum_{n=1}^{N_s} P(i | X_n) \quad (6.1)$$

其中 N_s 為樣本數目

本研究係以樣本列舉法為基礎分別估算 ETC 不同實施階段下購買 OBU 之機率，如表 6.3 所示。在計次收費階段，選擇購買 OBU 的比例為 56.8%，而選擇不購買 OBU 者的比例為 43.2%，顯示有一半以上的用路人會為了行駛電子收費車道而購買 OBU。在計程收費階段，用路人選擇購買 OBU 的比例為 93.9%，而選擇租用 OBU 者僅佔 6.1%，顯示在計程收費階段，絕大部份的用路人皆傾向購買 OBU，而較不願意租用 OBU 來使用高速公路。

表 6.3 不同 ETC 實施階段購買 OBU 之選擇機率

| 實施階段 | 替選方案 | 選擇機率(%) |
|--------|---------|---------|
| 計次收費階段 | 購買 OBU | 56.8 |
| | 不購買 OBU | 43.2 |
| 計程收費階段 | 購買 OBU | 93.9 |
| | 租用 OBU | 6.1 |

6.2.2 敏感度分析

上一小節所分析之彈性為點彈性，用以衡量單一解釋變數發生微小的相對變動時所引起選擇機率的相對變動，而欲衡量單一解釋變數較大幅度變動所導致選擇機率的變動，可以敏感度分析方法探討。本小節即是對計次收費階段與計程收費階段各變數作敏感度分析，將各變數值作正負百分比變化，以了解變數變化對購買 OBU 方案之總體選擇機率的影響。茲依實施階段分別探討如下。

本研究的敏感度分析主要針對單一變數作變化，而變動範圍為原屬性值的加減50%。經變化後，計次收費階段各變數之敏感度分析整理如表6.4至表6.6，以圖型表示為圖6.1至圖6.3，計程收費階段各變數之敏感度分析整理如表6.7至表6.10，以圖型表示為圖6.5至圖6.8。

圖6.4和圖6.9是將各變數變動影響表現在同一圖形上比較。在計次收費階段，可發現購置費用對購買OBU的總體選擇機率影響最大，其次為通過收費站可節省時間，最後才是產品保固年限。計次收費階段的購置費用增加30%與減少30%對於購買OBU方案的總體機率變化範圍高達30.8%，而通過收費站可節省時間增加30%與減少30%對於購買OBU方案的總體機率變化範圍亦達8.4%。在計程收費階段，可發現購置費用對購買OBU的總體選擇機率影響最大，其次為租用OBU的租金、產品保固年限，最後才是租用OBU保證金。計程收費階段的購置費用增加30%與減少30%對於購買OBU方案的總體機率變化範圍達14.9%，而租用OBU租金增加30%與減少30%對於購買OBU方案的總體機率變化範圍亦達5.1%。



表6.4 計次收費階段通過收費站可節省時間之敏感度分析

| 通過收費站可節省時間 變動百分比(%) | 用路人選擇購買 OBU 之比例(%) | 用路人選擇不購買 OBU 之比例(%) |
|------------------------|-----------------------|------------------------|
| +50% | 63.5 | 36.5 |
| +40% | 62.2 | 37.8 |
| +30% | 60.9 | 39.1 |
| +20% | 59.5 | 40.5 |
| +10% | 58.2 | 41.8 |
| 0% | 56.8 | 43.2 |
| -10% | 55.3 | 44.7 |
| -20% | 53.9 | 46.1 |
| -30% | 52.5 | 47.5 |
| -40% | 51.0 | 49.0 |
| -50% | 49.6 | 50.4 |

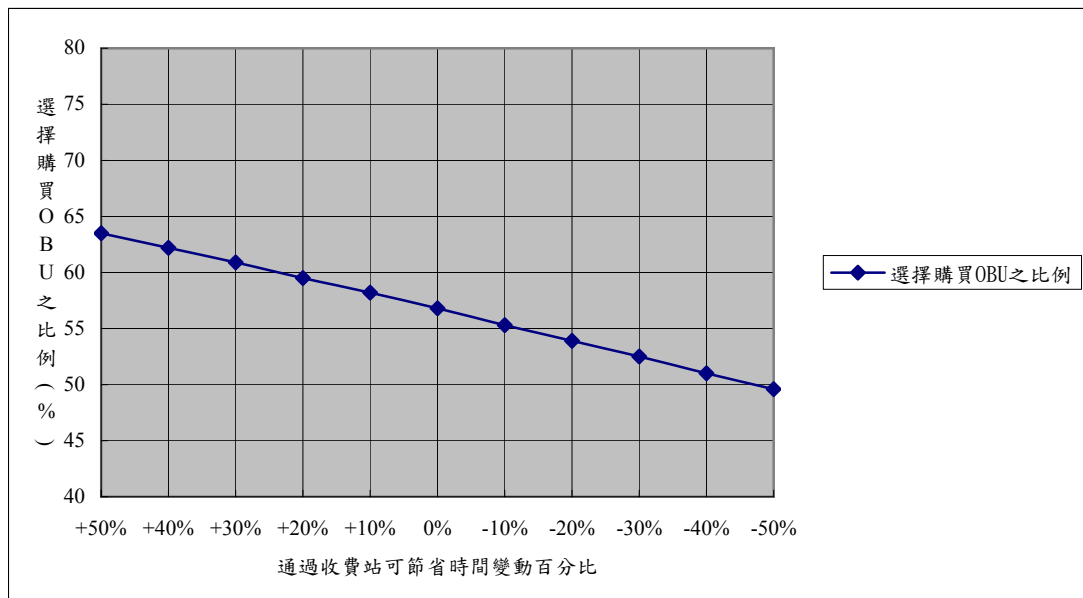


圖 6.1 計次收費階段通過收費站可節省時間之敏感度分析

表 6.5 計次收費階段購置費用之敏感度分析

| 購置費用變動百分比 (%) | 用路人選擇購買 OBU 之比例(%) | 用路人選擇不購買 OBU 之比例(%) |
|------------------|-----------------------|------------------------|
| +50% | 34.1 | 65.9 |
| +40% | 37.9 | 62.1 |
| +30% | 42.0 | 58.0 |
| +20% | 46.6 | 53.4 |
| +10% | 51.5 | 48.5 |
| 0% | 56.8 | 43.2 |
| -10% | 62.2 | 37.8 |
| -20% | 67.5 | 32.5 |
| -30% | 72.8 | 27.2 |
| -40% | 77.7 | 22.3 |
| -50% | 82.2 | 17.8 |

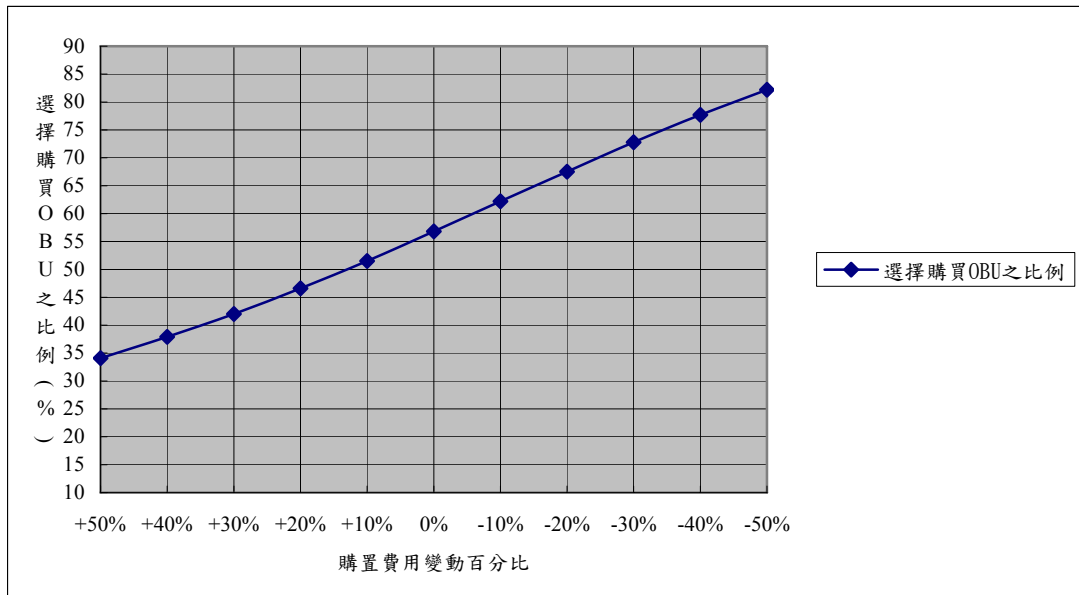


圖 6.2 計次收費階段購置費用之敏感度分析

表 6.6 計次收費階段產品保固年限之敏感度分析

| 產品保固年限變動百分比 (%) | 用路人選擇購買 OBU 之比例(%) | 用路人選擇不購買 OBU 之比例(%) |
|--------------------|-----------------------|------------------------|
| +50% | 61.6 | 38.4 |
| +40% | 60.6 | 39.4 |
| +30% | 59.7 | 40.3 |
| +20% | 58.7 | 41.3 |
| +10% | 57.7 | 42.3 |
| 0% | 56.8 | 43.2 |
| -10% | 55.8 | 44.2 |
| -20% | 54.8 | 45.2 |
| -30% | 53.8 | 46.2 |
| -40% | 52.8 | 47.2 |
| -50% | 51.8 | 48.2 |

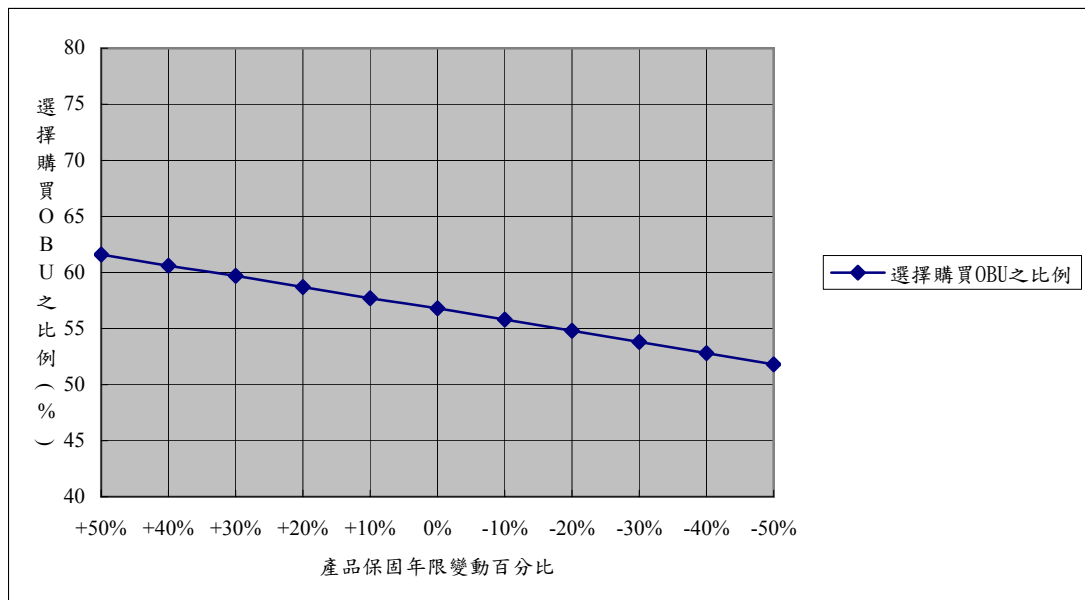


圖 6.3 計次收費階段產品保固年限之敏感度分析

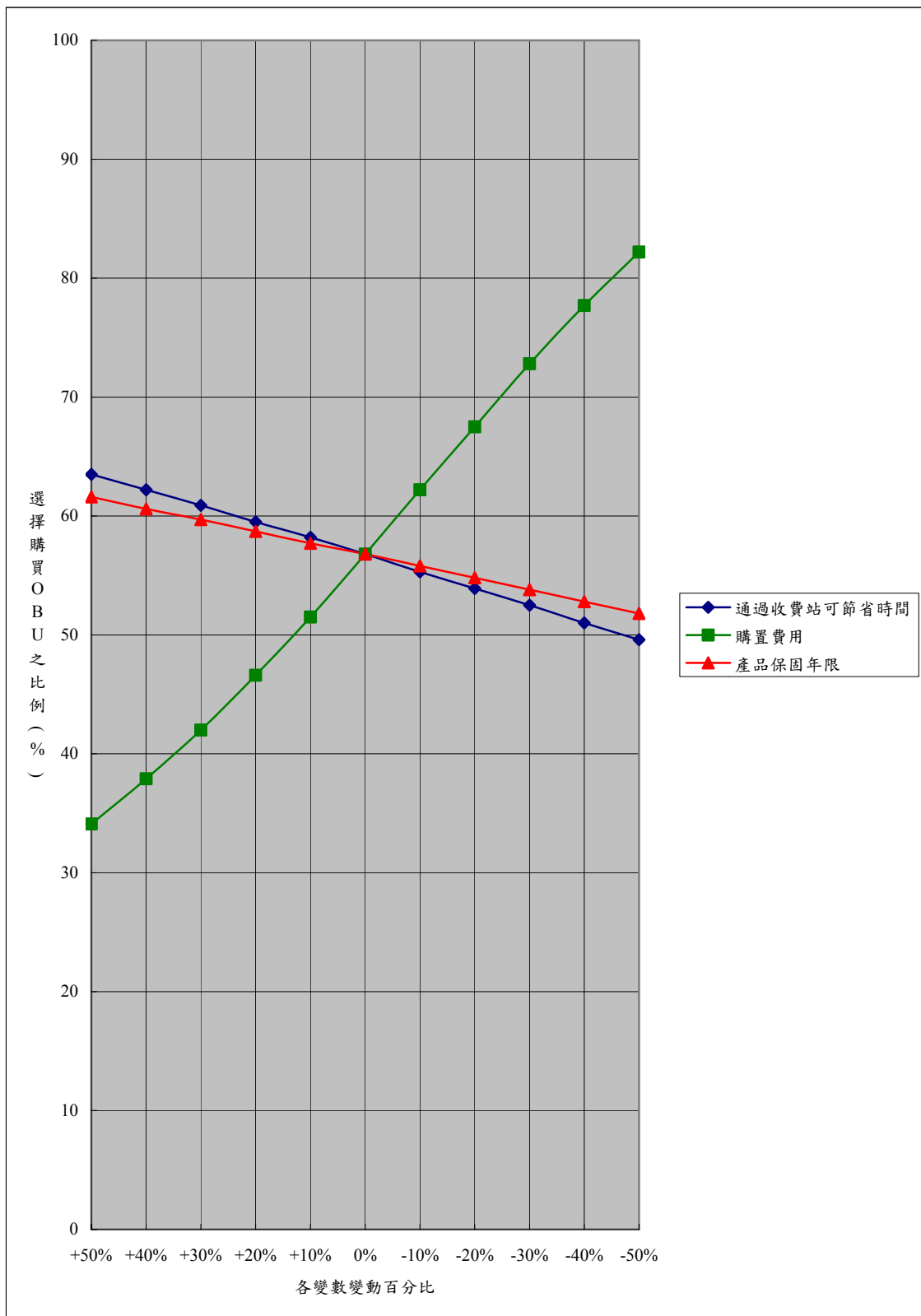


圖 6.4 計次收費階段各變數之敏感度分析

表 6.7 計程收費階段購置費用之敏感度分析

| 購置費用變動百分比(%) | 用路人選擇購買 OBU 之比例(%) | 用路人選擇租用 OBU 之比例(%) |
|--------------|--------------------|--------------------|
| +50% | 74.1 | 25.9 |
| +40% | 78.9 | 21.1 |
| +30% | 83.5 | 16.5 |
| +20% | 87.6 | 12.4 |
| +10% | 91.1 | 8.9 |
| 0% | 93.9 | 6.1 |
| -10% | 96.0 | 4.0 |
| -20% | 97.4 | 2.6 |
| -30% | 98.4 | 1.6 |
| -40% | 99.0 | 1.0 |
| -50% | 99.4 | 0.6 |

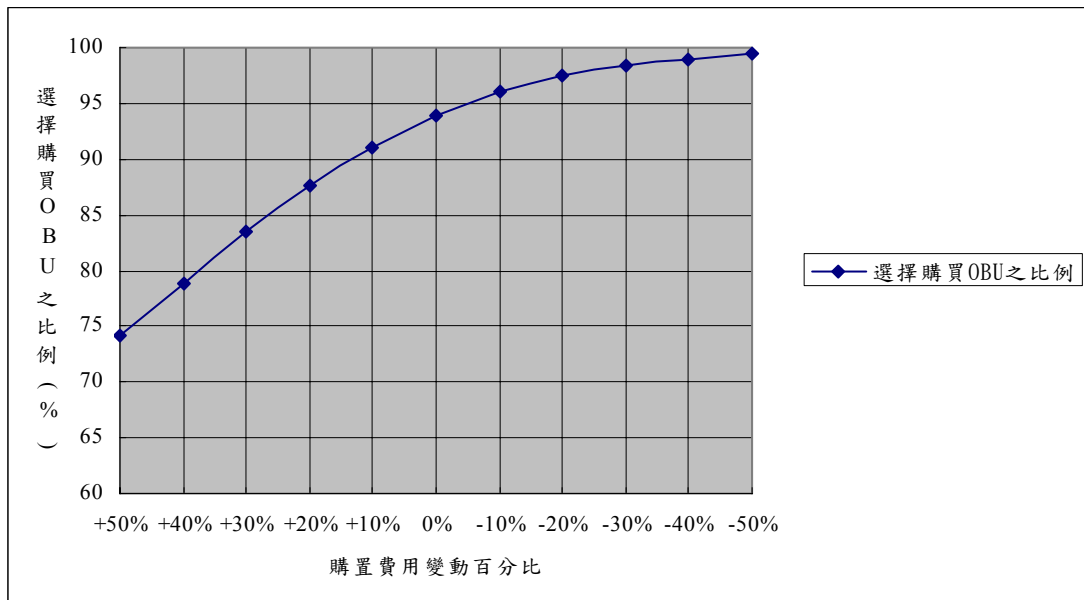


圖 6.5 計程收費階段購置費用之敏感度分析

表 6.8 計程收費階段租用 OBU 租金之敏感度分析

| 租用 OBU 租金變動百分比 (%) | 用路人選擇購買 OBU 之比例 (%) | 用路人選擇租用 OBU 之比例 (%) |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| +50% | 97.1 | 2.9 |
| +40% | 96.6 | 3.4 |
| +30% | 96.0 | 4.0 |
| +20% | 95.4 | 4.6 |
| +10% | 94.7 | 5.3 |
| 0% | 93.9 | 6.1 |
| -10% | 93.0 | 7.0 |
| -20% | 92.0 | 8.0 |
| -30% | 90.9 | 9.1 |
| -40% | 89.7 | 10.3 |
| -50% | 88.4 | 11.6 |

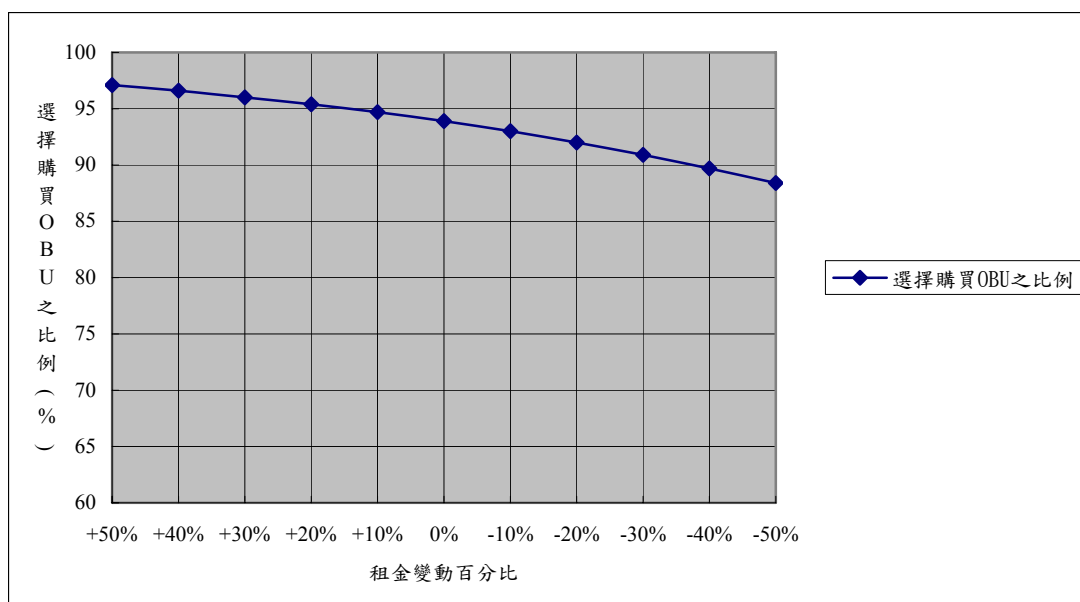


圖 6.6 計程收費階段租用 OBU 租金之敏感度分析

表 6.9 計程收費階段租用 OBU 保證金之敏感度分析

| 租用 OBU 保證金變動百分比(%) | 用路人選擇購買 OBU 之比例(%) | 用路人選擇租用 OBU 之比例(%) |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| +50% | 96.1 | 3.9 |
| +40% | 95.7 | 4.3 |
| +30% | 95.3 | 4.7 |
| +20% | 94.8 | 5.2 |
| +10% | 94.4 | 5.6 |
| 0% | 93.9 | 6.1 |
| -10% | 93.3 | 6.7 |
| -20% | 92.8 | 7.2 |
| -30% | 92.2 | 7.8 |
| -40% | 91.6 | 8.4 |
| -50% | 90.9 | 9.1 |

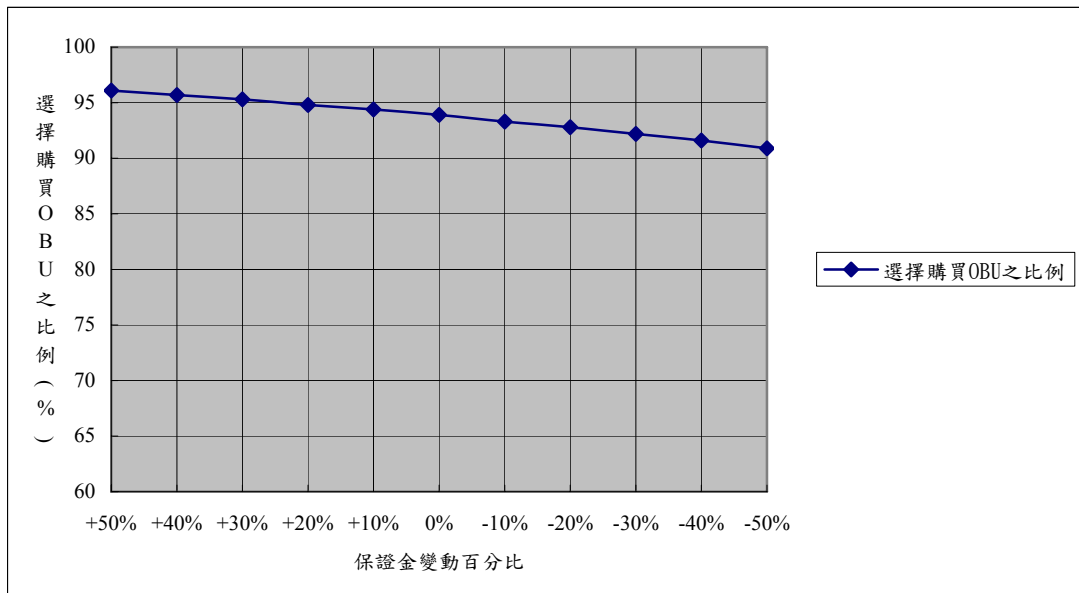


圖 6.7 計程收費階段租用 OBU 保證金之敏感度分析

表 6.10 計程收費階段產品保固年限之敏感度分析

| 產品保固年限變動百分比 (%) | 用路人選擇購買 OBU 之 比例(%) | 用路人選擇租用 OBU 之 比例(%) |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| +50% | 96.9 | 3.1 |
| +40% | 96.4 | 3.6 |
| +30% | 95.9 | 4.1 |
| +20% | 95.3 | 4.7 |
| +10% | 94.6 | 5.4 |
| 0% | 93.9 | 6.1 |
| -10% | 93.1 | 6.9 |
| -20% | 92.2 | 7.8 |
| -30% | 91.2 | 8.8 |
| -40% | 90.1 | 9.9 |
| -50% | 89.0 | 11.0 |

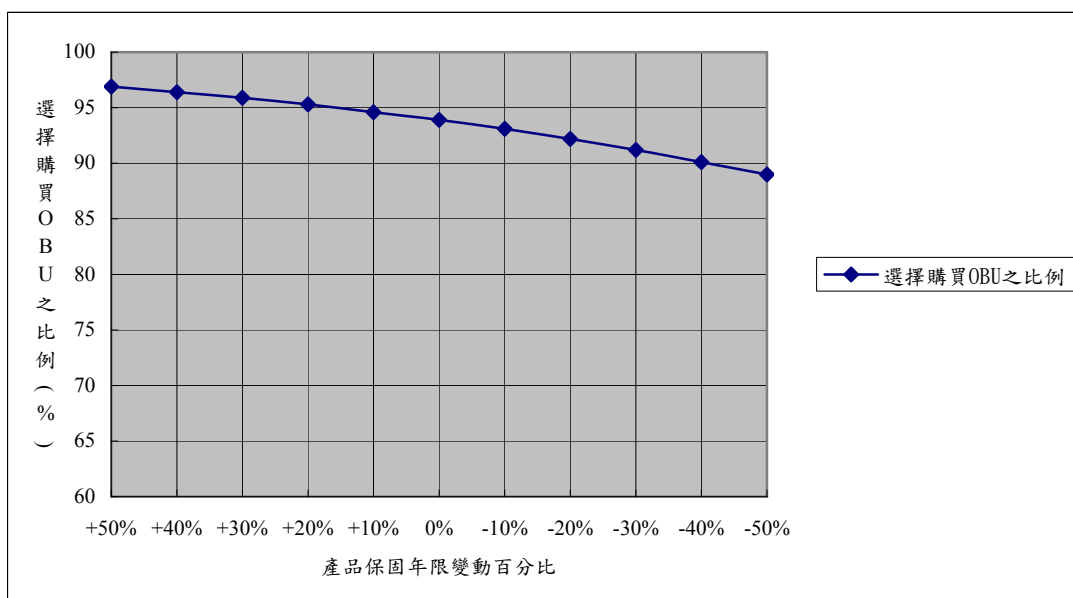


圖 6.8 計程收費階段產品保固年限之敏感度分析

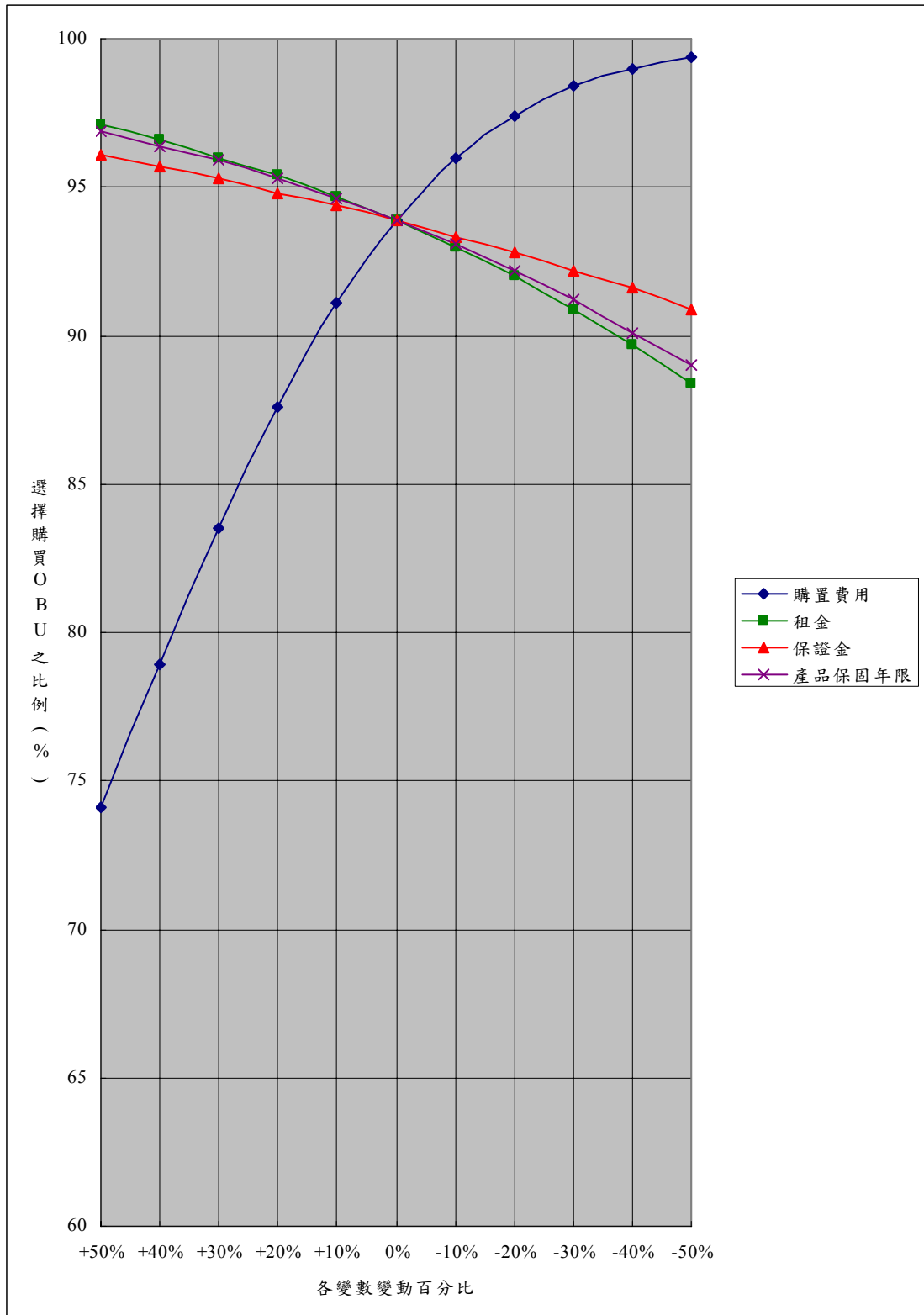


圖 6.9 計程收費階段各變數之敏感度分析

6.3 ETC 營運者行銷策略研擬與評估

個體選擇模式具有試驗行銷策略效果及作為輔助決策工具之能力。本研究乃根據先前所建立之二元羅吉特模式，進行 ETC 營運者在計次收費階段行銷策略之模擬，預測選擇行為與總體選擇機率之變化情形。由於行銷策略有很多種可能的組合方案，故本節之目的在舉例說明如何應用個體選擇模式進行策略分析，利用模式預估其效果。

本研究策略研擬之項目如表 6.11 所示，主要針對先前校估之影響用路人選擇 OBU 行為等變數進行策略模擬。而策略之內容，則設定各變數單獨或同時增減某一個百分比時，所產生之效果。由於在計程收費階段選擇購買 OBU 之用路人佔絕大多數，因此將不對計程收費階段進行行銷策略模擬。

表 6.11 計次收費階段行銷策略模擬項目內容

| 編號 | 內容說明 |
|-----|-------------------------|
| 策略一 | 購置費用調降 10% |
| 策略二 | 產品保固年限提高 50% |
| 策略三 | 購置費用調降 10%，產品保固年限提高 50% |
| 策略四 | 購置費用調降 10%，產品保固年限減少 50% |
| 策略五 | 購置費用調漲 10%，產品保固年限提高 50% |

由表 6.12 可知，在計次收費階段，購買 OBU 方案之現有總體選擇機率為 56.8%，經過行銷策略模擬後可發現 ETC 營運者以執行策略三：購置費用調降 10%與產品保固年限提高 50%的效果最佳，購買 OBU 方案的總體選擇機率可提高至 66.9%。其次為執行策略一：購置費用調降 10%，購買 OBU 方案的總體選擇機率亦可提高至 62.2%。再者為策略二：產品保固年限提高 50%，購買 OBU 方案的總體選擇機率提高至 61.6%。而策略四及策略五皆對購買 OBU 方案的總體選擇機率影響不大。

表 6.12 計次收費階段行銷策略模擬之結果

| 項目 | 替選方案 | 現有總體選擇機率(%) | 策略一 | 策略二 | 策略三 | 策略四 | 策略五 |
|------------|---------|-------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| 總體選擇 機率 | 購買 OBU | 56.8 | 62.2 (9.5) | 61.6 (8.5) | 66.9 (17.8*) | 57.2 (0.7) | 56.3 (-0.9) |
| | 不購買 OBU | 43.2 | 37.8 (-12.5*) | 38.4 (-11.1*) | 33.1 (-23.4*) | 42.8 (-0.9) | 43.7 (1.2) |

註：括弧內表示總體選擇機率之增減變動百分比（相對現有總體選擇機率）；*表示總體選擇機率增減幅度較大，標準分別為增加超過 10%與減少超過 10%。

第七章 結論與建議

本研究為了解高速公路用路人使用電子收費系統的選擇行為，首先針對車內設備單元(On Board Unit, OBU)之特性進行分析，而後再藉由兩階段之問卷調查來建立用路人選擇 OBU 之模式。第一階段之問卷調查在於了解用路人選擇 OBU 之重要考慮因素，然後再利用敘述性偏好法設計第二階段問卷，透過不同變數及其水準值所組成之替選方案了解用路人對於選擇 OBU 之決策行為，並依問卷調查之結果構建用路人選擇 OBU 之行為模式，藉此模式預估用路人在不同 ETC 實施階段時選擇購買 OBU 之機率。最後並透過彈性分析以及敏感度分析來比較不同屬性變數對用路人選擇 OBU 行為之影響，藉以研擬 ETC 營運者之行銷策略，作為 ETC 營運者營運之參考。

綜合上述各章節之分析探討，本研究得出以下之結論與建議。

7.1 結論

1. 本研究首先對國內外電子收費系統發展情形作一回顧與評析，並分析 ETC 營運者之營運規劃，據而研擬我國實施電子收費後，用路人在不同收費機制下，對於車內設備單元的替選方案。在計次收費階段之替選方案有「購買 OBU」、「不購買 OBU」；在計程收費階段之替選方案有「購買 OBU」、「租用 OBU」。
2. 由第一階段與第二階段問卷中，在用路人對於電子收費之認知方面，均發現大多數之受訪者知道何謂電子收費，但僅有少部分的受訪者知道我國將於民國 95 年實施電子收費，以及個人車輛須裝置 OBU 才可行駛 ETC 車道。
3. 由第一階段問卷調查中，可了解用路人對於選擇車內設備單元時所考慮的因素。在計次電子收費階段所考慮的因素依序為安全性、購置費用、通過收費站可節省之時間、使用高速公路頻率、產品可使用年限、電子收費車道數、保固年限、儲值便利性、ETC 卡押金、通車便利性、外觀。在計程電子收費階段所考慮的因素依序為購置費用、使用高速公路頻率、租用車內設備單元租金、租用車內設備單元保證金、產品可使用年限、保固年限、車內設備單元租用之普及性、租賃歸還方便性。

4. 本研究建立之個體選擇模式，在計次收費階段顯示影響用路人選擇 OBU 之顯著變數有車內設備單元之安全性、通過收費站可節省時間、購置費用、產品保固年限、用路人使用高速公路頻率、每月平均所得、以及教育程度等變數；在計程收費階段顯示影響用路人選擇 OBU 之顯著變數有購置費用、租用車內設備單元之租金、租用車內設備單元之保證金、產品保固年限、用路人使用高速公路頻率、以及每月平均所得等變數。
5. 根據計次收費階段所校估之模式，當產品安全性愈高時，則用路人選擇購買 OBU 的機率也愈大，此一結果和預期相符。通過收費站可節省時間為正值，顯示當用路人使用 ETC 車道可節省的行車時間愈多，則購買 OBU 所產生的效用愈大，用路人選擇購買 OBU 的機會也相對增加。在產品成本考量上，所校估出的參數符號正如預期為負號，顯示產品的價格愈高，用路人購買 OBU 所獲致的效用愈小，表示其購買 OBU 的可能性愈低。此外，產品保固年限之符號為正，顯示當 OBU 服務者願意提供較高之保固年限時，則用路人購買 OBU 之機率也愈高。在社經變數與旅次變數上，使用高速公路頻率變數符號為正，表示用路人愈經常使用高速公路，則選擇購買 OBU 的機率也愈大。個人每月平均所得變數符號為正，可能表示所得愈高者對購買 OBU 的偏好愈高，此點與本研究預期結果相同。在教育程度上，由於高教育程度變數符號為負，顯示教育程度愈高的用路人，愈傾向不購買 OBU，可能是由於教育程度愈高者，對個人隱私權的顧慮愈多所致。
6. 根據計程收費階段所校估之模式，當購置費用愈高時，則用路人選擇購買 OBU 的機率則愈低。租用 OBU 租金與保證金符號為負，顯示當用路人須支付較高之租金或保證金，則租用 OBU 所產生的效用愈低，用路人選擇租用 OBU 的機會也相對降低。此外，產品保固年限之符號為正，顯示當 OBU 服務者願意提供較高之保固年限時，則用路人購買 OBU 之機率也愈高。在社經變數與旅次變數上，使用高速公路頻率變數與個人每月平均所得變數符號為正，表示用路人愈經常使用高速公路或所得愈高者，則選擇購買 OBU 的機率也愈大。
7. 由用路人對於車內設備單元的個體選擇模式可知，若模式中僅存在方案特定常數時，即當所有影響選擇變數（含共生變數與方案特定變數）之條件均相同之情況下，在計次收費階段時購買 OBU 之總體選擇機率(52.5%)大

於不購買 OBU 之總體選擇機率(47.5%)；在計程收費階段時購買 OBU 之總體選擇機率(90.9%)大於租用 OBU 之總體選擇機率(9.1%)。

8. 以樣本列舉法為基礎分別估算 ETC 不同實施階段下購買 OBU 之總體機率。在計次收費階段，選擇購買 OBU 的比例為 56.8%，而選擇不購買 OBU 者的比例為 43.2%，顯示約有一半以上的用路人會為了行駛電子收費車道而購買 OBU。在計程收費階段，用路人選擇購買 OBU 的比例為 93.9%，而選擇租用 OBU 者僅佔 6.1%，顯示在計程收費階段，絕大部份的用路人皆傾向購買 OBU，而較不願意租用 OBU 來使用高速公路。
9. 由彈性分析中，對於購買 OBU 方案之總體彈性值之大小依序為購置費用、通過收費站可節省時間、產品保固年限。而在計程收費階段，對於購買 OBU 方案之總體彈性值之大小依序為購置費用、租用 OBU 租金、產品保固年限、租用 OBU 保證金。可發現無論在計次收費階段或計程收費階段，購置費用變數之總體彈性值皆大於其他屬性變數之總體彈性值。
10. 在計次收費階段，經敏感度分析發現購置費用對購買 OBU 方案之總體機率影響最大，其次為通過收費站可節省時間，再者為產品保固年限。購置費用增加 30%與減少 30%對於購買 OBU 方案的總體機率變化範圍高達 30.8%；而通過收費站可節省時間增加 30%與減少 30%對於購買 OBU 方案的總體機率變化範圍亦達 8.4%。
11. 在計程收費階段，經敏感度分析發現購置費用對購買 OBU 方案之總體機率影響最大，其次為租用 OBU 租金，再者為產品保固年限，最後為租用 OBU 保證金。購置費用增加 30%與減少 30%對於購買 OBU 方案的總體機率變化範圍達 14.9%；而租用 OBU 租金增加 30%與減少 30%對於購買 OBU 方案的總體機率變化範圍亦達 5.1%。

7.2 建議

本研究針對我國未來實施電子收費後，用路人對於 OBU 之選擇行為，提出一套系統化的研究方法與初步之研究結果。然而，由於受限於時間、人力與經費之限制，在研究過程中難免有所疏漏或仍須補強之處，以下提出相關研究心得與若干建議，供後續相關研究之參考。

1. 由於目前車內設備單元為一尚未推出的產品，因此用路人對此種新型產品多覺陌生，而且用路人對於電子收費系統之認知有限，可待我國真正實施電子收費後，再作必要的補充調查與修正。
2. 依據本研究構建之模式，所進行之彈性分析、敏感度分析，以及所研擬的五個策略發現，增加產品保固年限對於增加總體選擇機率之效果有限，而購置費用之調降卻可大幅提升購買 OBU 之總體選擇機率，因此 ETC 營運者若欲提昇 OBU 購買率，建議可優先考量降低購置費用。
3. 由於無法得知 ETC 營運者之 OBU 相關成本，以及 ETC 營運者對於 OBU 可接受之最低利潤，因此本研究於研擬行銷策略時僅能概估購買 OBU 之總體選擇機率變化情形，建議後續研究者考量 ETC 營運者之財務狀況，納入相關成本與利潤，以提供更充足之資訊供 ETC 營運者參考。
4. 按照目前 ETC 遠期發展計畫，未來可能發展 IC 智慧卡與交通異業之整合，故可能影響用路人購買 OBU 之行為，建議後續研究者可針對 IC 智慧卡對用路人的影響加以探討。
5. 由於購置 OBU 之用路人行經收費站時，將會面臨使用人工收費車道或電子收費車道之選擇問題，建議後續研究者可將用路人對於 OBU 選擇行為與電子收費車道配置列為另一項研究課題進行研究。

參考文獻

一、中文部分

1. 中華電信公司研究所，「高速公路自動收費系統研發營運規劃書」，民國八十六年。
2. 中華電信研究所，「電子收費系統應用於匝道之研究」，民國八十九年十月。
3. 中華顧問工程司，「中山高速公路匝道收費系統規劃研究報告」，交通部台灣區高速公路局，民國八十一年六月。
4. 尤淨纓，「網路電話選擇行為之研究--模糊積分羅吉特模式之應用」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十年。
5. 王慶瑞，「個體運輸需求模式之理論與應用」，*運輸計劃季刊*，第七卷第一期，民國六十七年一月。
6. 交通部台灣區國道高速公路局，「九十二年高速公路年報」，民國九十三年。
7. 交通部台灣區國道高速公路局，「高速公路智慧化之整體規劃」，民國九十年二月。
8. 交通部台灣區國道新建工程局，「高速公路自動收費系統利用雙向通訊與IC卡之可行性研究」，民國八十二年四月。
9. 交通部運輸研究所，「台灣地區智慧型運輸系統(ITS)綱要計畫」，民國八十九年四月。
10. 交通部運輸研究所，「快速道路智慧化—先進交通管理及資訊系統規劃、設計與設置準則及手冊之研訂」，民國九十年。
11. 交通部運輸研究所，「商用運輸系統智慧化整體發展架構與推動策略之規劃」，民國九十一年八月。
12. 交通部運輸研究所，「應用智慧卡提昇台灣地區運輸系統技術與效率之可行性研究」，民國八十四年六月。
13. 何煥軒、葉韓生、王令璋，「高速公路電子收費之實施」，*兩岸運輸工程及交通管理學術研討會*，民國八十七年十一月十七日。
14. 吳長生，「聯合分析法之行銷應用探討」，*國立空中大學商學學報*，第七期，頁13-31，民國八十八年。
15. 吳健生等，「快速道路智慧化—先進交通管理及資訊系統規劃、設計與設置準則及手冊之研訂」，民國九十年。
16. 吳復強，田口品質工程，全威圖書有限公司，民國九十一年。
17. 呂錦隆，「路線選擇與路線轉移傾向模式之研究」，*國家科學委員會研究彙刊*，第六卷第一期，頁148-163，民國八十三年六月。
18. 呂怡青，「台灣地區發展智慧型運輸系統之策略分析」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國八十七年。

19. 宋彥青，「行動電話消費行為之研究—業者、費率方案、與使用量混合需求模式」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國九十一年六月。
20. 周家蓓等，「高速公路電子收費與動態地磅結合應用機制之規劃與測試」，交通部運輸研究所，民國九十一年七月。
21. 周得興、陳匯斌，「高速公路收費業務宏觀調變」，第八屆海峽兩岸都市交通學術研討會，第 B1 頁 45-57，民國八十九年九月二十五-二十七日。
22. 林弘慎，「敘述性偏好法在個體路線選擇上的應用」，國立成功大學交通管理研究所碩士論文，民國八十年六月。
23. 林卓漢，「捷運到站運具選擇模式之研究」，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國九十年。
24. 林淑茹，「高速公路使用電子收費系統之成本效益評估」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國九十年。
25. 林繼國、邱裕鈞、陳佩榮，「高速公路匝道收費系統通行費率之研擬與試算」，交通部運輸研究所運輸經營管理組，民國九十一年。
26. 段良雄，「巢氏多項羅機(NMNL)運具選擇模式」，運輸計劃季刊，第十三卷第三期，頁 76-93，民國七十三年。
27. 段良雄、劉慧燕，「敘述偏好模式之實驗設計與校估方法」，運輸計畫季刊，第二十五卷第一期，頁 1-44，民國八十五年三月。
28. 胡劍虹，「公路工程計畫之經濟可行性研究」，運輸計畫季刊，第二卷第一期，民國六十二年。
29. 高速公路電子收費網站，<http://www.etc.com.tw>
30. 張芳旭，「我國電子收費系統之展望」，一九九八台灣電子收費系統技術與應用研討會專輯，民國八十七年十月。
31. 張金琳、張學孔，「台灣地區智慧型道路運輸系統之基本研究與發展課題」，運輸第十五期，頁 3-31，民國八十一年。
32. 張則斌，「台鐵實施車種簡化後之旅客轉乘行為研究」，國立交通大學碩士論文，民國九十年。
33. 張紹勳，研究方法論，滄海書局，民國九十年。
34. 張瑞樺，「行動電話電信公司與費率方案選擇模式—以學生族群為例」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國九十年六月。
35. 張學孔，「高速公路電子收費系統經營與發展策略之研究」，財團法人中華顧問工程司研究報告，民國八十九年一月。
36. 張學孔、賴禎秀、吳清慈，「高速公路電子收費系統之車道配置及其成本效益分析」，運輸計劃季刊，第三十三卷第一期，頁 29-58，民國九十三年三月。
37. 張顥鐘，「以敘述性偏好法探討迄點屬性對城際旅運者運具選擇行為之影響」，國立成功大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十一年六月。
38. 許巧鶯、江慧儀、白仁德，「消費者電子購物與傳統購物選擇行為分析」，

運輸計劃季刊，第二十七卷第三期，頁 435-464，民國八十七年。

39. 許書耕，「公路收費站區位與站數決策之分析模式」，國立交通大學交通運輸研究所博士論文，民國八十二年。
40. 陳玉屏，「個體電動機車選擇模式」，國立成功大學交通管理研究所碩士論文，民國八十八年。
41. 陳志偉，「第三代行動電話市場區隔及轉移意願之研究—以台南地區大學生族群為例」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國九十一年七月。
42. 陳育甄，「模糊層級分析法應用於城際運具選擇模式之研究」，國立成功大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十一年七月。
43. 陳敦基、曾淑玲，「國道高速公路通行費及徵收方式之檢討」，運輸學刊，第十六卷第一期，民國九十三年。
44. 陳榮明、張淑娟、沈瑄瑄，「高速公路匝道收費對地區交通之影響—以台北市為例」，中華民國運輸協會第十八屆論文研討會，民國九十二年。
45. 曾華聰，「以敘述性模糊偏好個體模式探討捷運系統木柵線營運後之運具選擇行為」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十四年六月。
46. 黃文隆，抽樣方法，民國八十八年。
47. 黃素梅，「網際網路用戶連網方式選擇行為之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國九十三年七月。
48. 廖惠卿，「高速公路電子收費車道配置對收費站服務績效影響之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十一年六月。
49. 劉秋怡，「行動電話門號系統業者選擇模式之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國八十八年六月。
50. 劉慧燕，「敘述性偏好模式之實驗設計」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國八十一年六月。
51. 鄭永祥，「機車使用者轉乘大眾捷運系統個體選擇行為之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十三年。
52. 鄭佳慧，「新運輸系統市場需求預測之研究—以自動導航公路 ADVANCE-F 系統為例」，淡江大學交通管理學系碩士論文，民國八十七年六月。
53. 賴炳榮，「電子收費系統收費站服務績效之研究：TTPS 模式之運用」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國八十八年六月。
54. 戴怡芸，「高速公路 ETC 施行下將區段收費改為里程收費之過度市場調控機制研究」，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國九十三年六月。
55. 謝霖霆，「高速公路收費站電子收費車道設置之研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，民國九十年六月。

二、英文部分

1. AutoPASS Web Site , <http://www.vegvesen.no/autopass/english>
2. Ben-Akiva, M. and S. Lerman (1985) *Discrete Choice Analysis-Theory and Application to Travel Demand*, The MIT press.
3. Bhat, C.R. (1995) “A heteroscedastic extreme value model of intercity mode choice,” *Transportation Research Part B*, Vol. 29, pp.471-483.
4. Bolduc, D. (1999) “A practical technique to estimate multinomial probit models in transportation,” *Transportation Research Part B*, Vol.33, pp.63-79.
5. Bunch, D. S., Bradley, M., Golob, T. F., Kitamura, P. and Occhiuzzo, G. P. (1993) “Demand for Clean-Fuel Vehicles in California: A Discrete-Choice Stated Preference Pilot Project,” *Transportation Research Part A*, Vol. 27, pp. 237-253.
6. Couture Michael R. and Thomas Dooley (1979) “Analyzing Traverler Attitudes to Resolve Intended and Actual Use of New Transit Service,” *TRR794*.
7. Cuieford, J. P.(1965) *Fundamental Statistics in Psychology and Education* ,4th, New York, NY: McGrew Hill.
8. David Gillen, Jianling Li, Joy Dahlgren, Elva Chang, (1999) “ Assessing the Benefits and Costs of ITS Projects: Volume 2 An Application to Electronic Toll Collection,” *California PATH Program*, Institute for Transportation Studies University of California, Berkeley.
9. David Levinson and Elva Chang (2003) “A model for optimizing electronic toll collection systems,” *Transportation Research Part A*, 37.
10. ETTM Web Site, “ETC In Focus:The Port Authority of NY & NJ,Michael Kolb,” <http://www.ettm.com/>
11. ETTM Web Site, “Malaysia Attempts to Merge Infrared , Microwave and Smart Card Toll Collection,” <http://www.ettm.com/>
12. Express Lanes Web Site, <http://www.91.expresslanes.com/>
13. Fowkes, T. and M. Wardman (1988) , “Design of SP Experiments and Taste Variations,” *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.22 No. 1, pp. 27-44.
14. Horton, J.(1998) “Overview of the Highway 407 ETCS,” 5th *ITS World Congress*.
15. I-15 Fastrak Web Site, <http://www.sandag.cog.ca.us/I-15fastrak/>
16. Jianling Li, David Gillen and Joy Dahlgren (1999), “Benefit-Cost Evaluation of the Electronic Toll Collection System: A Comprehensive Framework and Application,” *Transportation Research Board*, 78th Annual Meeting, Jan. 10-14, Washington, D. C..
17. K. W Ogden (2001) “Privacy issues in electronic toll collection,” *Transportation Research Part C*, 9.
18. Kloot.G. (1999) “Melbourne’s Arterial Travel Time System,” 6th *ITS World*

Congress.

19. Koppelman, F. S. and C.H. Wen (1998) "Alternative nested logit models: structure, properties and estimation," *Transportation Research Part B*, Vol. 32, No. 5, pp.289-298.
20. Koppelman, F.S. and Wen C. (2000) "The paired combinatorial logit model: properties, estimation and application," *Transportation Research B*, Vol. 34.
21. Kores, E. and R. J. Sheldon (1988) "Stated Preference Method: An Introduction", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 22, pp. 11-25.
22. LTA Web Site, <http://www.lta.gov.sg/erp/>
23. Masukata M.(1999) "Electronic Toll Collection System (ETC) of Japan,".
24. Mohamed A. Abdel-Aty, Ryuichi Kitamura, Paul P. Jovanis (1997) "Using Stated Preference Data for Studying the Effect of Advanced Traffic Information on Drivers' Route Choice," *Transportation Research Part C*, Vol. 5, No. 1, pp. 39-50.
25. Parish Thomas R. (1994) *Case studies of Market Research for Three Transportation Communication Production*, March.
26. Risto Kulmala (1998) "Guidelines for the evaluation of ITS projects," Ministry of Transport and Communications FINLAND.
27. Sarah J. Siwek (1998) "Transportation Planning and ITS : Putting the Pieces Together," U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
28. Wilbur Smith Associates (1997) "Intelligent Transportation Systems National Investment and Market Analysis," *ITS America*, U.S. Department of Transportation.

附錄一 第一階段問卷

調查日期：民國 94 年__月__日

調查地點：_____問卷編號： 24

您好：

這是一份有關高速公路實施電子收費後，用路人對於車內設備單元選擇行為特性調查問卷，目的在於了解用路人對於車內設備單元之偏好情形。麻煩您花費幾分鐘的時間惠予協助。您寶貴的意見對本問卷的成敗有很重要的影響。問卷的內容僅供學術探討之用，絕不對外公開發訪內容，請您放心作答，更感謝您的支持與協助。

國立交通大學 交通運輸研究所 研究生：蔡甲申

問卷內容說明

本問卷之內容共分為三大部份，請您詳讀每一部份的問題後，在適當的☐打✓，或在____中填寫適當的數字。

壹、第一部份答題

1.請問您知不知道何謂電子收費？

(1)☐知道 (2)☐不知道

2.請問您知不知道我國將於民國 95 年 1 月起實施高速公路電子收費？

(1)☐知道 (2)☐不知道

3.請問您知不知道我國實施高速公路電子收費後，個人車輛必須配備「車內設備單元」(On Board Unit, OBU)才可行駛電子收費車道？

(1)☐知道 (2)☐不知道

4.以下是高速公路電子收費的簡介，請您仔細閱讀後，再回答第二部份答題。

為使高速公路用路人可在不停車、不用現金與更有效率及安全環境下繳交通行費，交通部乃推動自動化電子收費系統以逐步取代現行人工收費作業，期能縮短繳費時間、提高用路人便利與改善收費站擁擠情形。

電子收費方式將分兩階段推動，即第一階段預定自民國 95 年 1 月起，採人工收費和電子收費併行方式；第二階段預定於民國 99 年 7 月開始，全面實施電子收費。

在實施高速公路電子收費後，用路人若欲利用電子收費車道，必須在車上安裝「車內設備單元(On Board Unit, OBU)」。若是未安裝車內設備單元，在第一階段，只能使用現行之人工收費車道；在第二階段，由於屆時將全面取消人工收費，故用路人若未安裝車內設備單元，則必須租用車內設備單元才能行駛高速公路。



貳、第二部份答題

我國實施高速公路電子收費將採行二階段間接轉換，第一階段先在現有 22 個收費站，每一收費站每一方向建置 3 個電子收費車道(小型車一個、大型車一個、備援車道一個)，並維持現行計次收費方式、第二階段將完全撤除人工收費車道，全部轉換為電子收費，並改為計程收費。

(一)第一階段

若用路人未安裝車內設備單元，在第一收費階段仍然可以利用現行之人工收費車道。若是用路人已安裝車內設備單元，將可使用電子收費車道或是現行之人工收費車道。

請問當實施電子收費後，下列各項因素對您是否想要購買車內設備單元有何種影響程度？請在適當的空格內打勾。

| 考慮因素 | 說明 | 影響程度 | | | | |
|-------------|----------------------------|------|----|----|-----|-------|
| | | 非常重要 | 重要 | 普通 | 不重要 | 非常不重要 |
| 購置費用 | 車內設備單元之購買費用與裝置費用 | | | | | |
| ETC 卡押金 | 購買 ETC 卡片時所需押金 | | | | | |
| 產品可使用年限 | 車內設備單元可使用年限(3~5 年) | | | | | |
| 產品保固年期 | 售後車內設備單元保固年期(3 年) | | | | | |
| 通過收費站可節省之時間 | 不需停車繳費，比較不易塞車 | | | | | |
| 通車便利性 | 不需要準備回數票或零錢，不用開車窗 | | | | | |
| 儲值便利性 | 儲(加)值地點與方式 | | | | | |
| 安全性 | 怕個人資料被盜用，害怕機器失竊／破壞 | | | | | |
| 外觀 | 車內設備單元之尺寸與外形，佔用車內空間，影響視覺感受 | | | | | |
| 電子收費車道數 | 電子收費車道數的多寡 | | | | | |
| 使用高速公路頻率 | 使用高速公路頻率的高低 | | | | | |

請問當高速公路推出電子收費(ETC)後，您會如何因應？

- ☐ 不會安裝 ETC 設備，不會考慮使用電子收費，仍舊使用人工收費
- ☐ 會安裝 ETC 設備，視收費站狀況選擇 ETC 車道或非 ETC 車道
- ☐ 會安裝 ETC 設備，並完全使用電子收費

(二)第二階段

本階段將全面取消人工收費（預定於民國 99 年 7 月），屆時用路人必須安裝或租用（仍需自備 ETC 卡）車內設備單元才可使用高速公路，以達成高速公路全面施行電子收費之目標。

請問下列因素對於您選擇購買或租用車內設備單元有何種影響程度？請在適當的空格內打勾。

| 考慮因素 | 說 明 | 影 響 程 度 | | | | |
|--------------|---------------------|----------|----|----|-----|-----------|
| | | 非常 重要 | 重要 | 普通 | 不重要 | 非常 不重要 |
| 購置費用 | 車內設備單元之購買費用與裝置費用 | | | | | |
| 產品可使用年限 | 車內設備單元可使用年限(3~5 年) | | | | | |
| 產品保固年期 | 售後車內設備單元保固年期(3 年) | | | | | |
| 租用車內設備單元保證金 | 租賃車內設備單元時所需繳交保證金 | | | | | |
| 租用車內設備單元每日租金 | 租賃車內設備單元時每日所需支付租金 | | | | | |
| 車內設備單元租用之普及性 | 車內設備單元租用地點之普及性 | | | | | |
| 租賃歸還方便性 | 車內設備單元租用與歸還是否要在同一地點 | | | | | |
| 使用高速公路頻率 | 使用高速公路頻率的高低 | | | | | |

參、個人基本資料

(請在適當的“□”中打✓；“_____”中填上數字)

1.請問您的性別是：(1)□男 (2)□女

2.請問您的年齡是：

(1)□18-29 歲 (2)□30-39 歲 (3)□40-49 歲 (4)□50-59 歲 (5)□60 歲以上

3.請問您的教育程度：

(1)□國小以下 (2)□國(初)中 (3)□高中(職)
(4)□專科 (5)□大學 (6)□研究所以上

4.請問您的職業：

(1)□漁農牧業 (2)□軍公教 (3)□工 (4)□商 (5)□其他

5.請問您個人每月平均所得約：

(1)□二萬元以下 (2)□二萬元-四萬元 (3)□四萬元-六萬元
(4)□六萬元-八萬元 (5)□八萬元-十萬元 (6)□十萬元以上

6.請問您是否經常使用高速公路？請選擇其中一項填入數字。

(1)平均約 每星期_____次
(2)平均約 每個月_____次
(3)平均約 每年 _____次

7.請問您使用高速公路時，來回一趟平均會經過幾個收費站？ _____個 收費站

8.請問您經過高速公路收費站時，主要使用何種付費方式？

(1)□現金 (2)□回數票

問卷到此結束，感謝您的耐心與協助

附錄二 第二階段問卷

調查日期：民國 94 年__月__日

調查地點：_____問卷編號：26

您好：

這是一份有關高速公路實施電子收費後，用路人對於車內設備單元選擇行為特性調查問卷，目的在於了解用路人對於車內設備單元之偏好情形。麻煩您花費幾分鐘的時間惠予協助。您寶貴的意見對本調查的成敗有很重要的影響。問卷的內容僅供學術探討之用，絕不對外公開，請您放心作答，更感謝您的支持與協助。

國立交通大學 交通運輸研究所 研究生：蔡甲申

問卷內容說明

本問卷之內容共分為三大部份，請您詳讀每一部份的問題後，在適當的☐打✓，或在____中填寫適當的數字。

壹、第一部份答題

1.請問您知不知道何謂電子收費？

(1)☐知道 (2)☐不知道

2.請問您知不知道我國將於民國 95 年 1 月起實施高速公路電子收費？

(1)☐知道 (2)☐不知道

3.請問您知不知道我國實施高速公路電子收費後，個人車輛必須配備「車內設備單元」(On Board Unit, OBU)才可行駛電子收費車道？

(1)☐知道 (2)☐不知道

4.以下是高速公路電子收費的簡介，請您仔細閱讀後，再回答第二部份答題。

為使高速公路用路人可在不停車、不用現金與更有效率及安全環境下繳交通行費，交通部並積極推動自動化電子收費系統以逐步取代現行人工收費作業，期能縮短繳費時間、提高用路人便利與改善收費站擁擠情形。

電子收費方式將分兩階段推動，即第一階段預定自民國 95 年 1 月起，採人工收費和電子收費併行方式；第二階段預定於民國 99 年 7 月開始，全面實施電子收費。

在實施高速公路電子收費後，用路人若欲利用電子收費車道，必須在車上安裝「車內設備單元(On Board Unit, OBU)」。若是未安裝車內設備單元，在第一階段，只能使用現行之人工收費車道；在第二階段，由於屆時將全面取消人工收費，故用路人若未安裝車內設備單元，則必須租用車內設備單元才能行駛高速公路。



貳、第二部份答題

我國實施高速公路電子收費將採行二階段間接轉換，第一階段先在現有 22 個收費站，每一收費站每一方向建置 3 個電子收費車道(小型車一個、大型車一個、備援車道一個)，並維持現行計次收費方式、第二階段將完全撤除人工收費車道，全部轉換為電子收費，並改為計程收費。

(一)第一階段

若用路人未安裝車內設備單元，在第一收費階段仍然可以利用現行之人工收費車道。若是用路人已安裝車內設備單元，則可選擇使用電子收費車道或是人工收費車道。

下列的選擇是實施電子收費後的各種假設狀況，目的在於瞭解您對於車內設備單元的選擇情形，請在適當的空格內打勾。

| 屬 性 | 說 明 |
|-------------------|-------------------------|
| 安全性 | 購置車內設備單元是否會造成個人資料外洩 |
| 通過收費站可節省之時間 | 通過每一收費站可節省之行車時間 |
| 購置費用 | 車內設備單元之購買費用與裝置費用 |
| 產品可使用年限 (保固年期) | 車內設備單元可使用年限 (售後保固年期) |

(1)

| | 安全性 | 通過收費站可節省之時間 (秒/收費站) | 購置費用 (元) | 產品可使用年限(保固年限) (年) |
|----------------------------------|------------|------------------------|-------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 購買 OBU | 個人資料可能外洩 | 30 | 1800 | 4(2) |
| <input type="checkbox"/> 不購買 OBU | 個人資料完全不會外洩 | 0 | 0 | 0 |

(2)

| | 安全性 | 通過收費站可節省之時間 (秒/收費站) | 購置費用 (元) | 產品可使用年限(保固年限) (年) |
|----------------------------------|------------|------------------------|-------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 購買 OBU | 個人資料可能外洩 | 90 | 800 | 3(1) |
| <input type="checkbox"/> 不購買 OBU | 個人資料完全不會外洩 | 0 | 0 | 0 |

(3)

| | 安全性 | 通過收費站可節省之時間 (秒/收費站) | 購置費用 (元) | 產品可使用年限(保固年限) (年) |
|----------------------------------|------------|------------------------|-------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 購買 OBU | 個人資料完全不會外洩 | 30 | 1800 | 5(3) |
| <input type="checkbox"/> 不購買 OBU | 個人資料完全不會外洩 | 0 | 0 | 0 |

(4)

| | 安全性 | 通過收費站可節省之時間 (秒/收費站) | 購置費用 (元) | 產品可使用年限(保固年限) (年) |
|----------------------------------|------------|------------------------|-------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 購買 OBU | 個人資料完全不會外洩 | 90 | 1100 | 5(3) |
| <input type="checkbox"/> 不購買 OBU | 個人資料完全不會外洩 | 0 | 0 | 0 |

(二)第二階段

本階段將全面取消人工收費（預定於民國 99 年 7 月），屆時用路人必須安裝或租用（仍需自備 ETC 卡）車內設備單元才可使用高速公路，以達成高速公路全面施行電子收費之目標。

下列的選擇是實施電子收費後的各種假設狀況，目的在於瞭解您對於車內設備單元的選擇情形，請在適當的空格內打勾。

| 屬 性 | 說 明 |
|-------------------|-------------------------|
| 購置費用 | 車內設備單元之購買費用與裝置費用 |
| 租用 OBU 每日租金 | 租賃車內設備單元時每日所需支付租金 |
| 租用 OBU 保證金 | 租賃車內設備單元時所需繳交保證金 |
| 產品可使用年限 (保固年期) | 車內設備單元可使用年限 (售後保固年期) |

(1)

| | 購置費用 (元) | 租用 OBU 租金 (元/天) | 租用 OBU 保證金 (元) | 產品可使用年限(保固年限) (年) |
|---------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 購買 OBU | 1800 | 0 | 0 | 5(3) |
| <input type="checkbox"/> 租用 OBU | 0 | 25 | 2800 | 0 |

(2)

| | 購置費用 (元) | 租用 OBU 租金 (元/天) | 租用 OBU 保證金 (元) | 產品可使用年限(保固年限) (年) |
|---------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 購買 OBU | 2800 | 0 | 0 | 5(3) |
| <input type="checkbox"/> 租用 OBU | 0 | 20 | 1800 | 0 |

(3)

| | 購置費用 (元) | 租用 OBU 租金 (元/天) | 租用 OBU 保證金 (元) | 產品可使用年限(保固年限) (年) |
|---------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 購買 OBU | 2300 | 0 | 0 | 3(1) |
| <input type="checkbox"/> 租用 OBU | 0 | 20 | 2800 | 0 |

(4)

| | 購置費用 (元) | 租用 OBU 租金 (元/天) | 租用 OBU 保證金 (元) | 產品可使用年限(保固年限) (年) |
|---------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 購買 OBU | 2300 | 0 | 0 | 4(2) |
| <input type="checkbox"/> 租用 OBU | 0 | 25 | 1800 | 0 |

參、個人基本資料

(請在適當的“☐”中打✓；“_____”中填上數字)

1.請問您的性別是：(1)☐男 (2)☐女

2.請問您的年齡是：

(1)☐18-29 歲 (2)☐30-39 歲 (3)☐40-49 歲

(4)☐50-59 歲 (5)☐60 歲以上

3.請問您的教育程度：

(1)☐國小以下 (2)☐國(初)中 (3)☐高中(職)

(4)☐專科 (5)☐大學 (6)☐研究所以上

4.請問您的職業：

(1)☐漁農牧業 (2)☐軍公教 (3)☐工 (4)☐商 (5)☐其他

5.請問您個人每月平均所得約：

(1)☐二萬元以下 (2)☐二萬元-四萬元 (3)☐四萬元-六萬元

(4)☐六萬元-八萬元 (5)☐八萬元-十萬元 (6)☐十萬元以上

6.請問您是否經常使用高速公路？請選擇其中一項填入數字。

(1)平均約 每星期_____次

(2)平均約 每個月_____次

(3)平均約 每年 _____次

7.請問您使用高速公路時，來回一趟平均會經過幾個收費站？ _____個 收費站

問卷到此結束，感謝您的耐心與協助



附錄三 第一階段問卷交叉分析

性別與計次電子收費因應情形之交叉分析

| 計次收費階段因應情形 | | 不會安裝 OBU | 會安裝且視 情況使用 | 會安裝且完 全使用 | 總計 |
|------------|-----|-------------------------------------|---------------|--------------|-------|
| 男性 | 次數 | 33 | 66 | 11 | 110 |
| | 百分比 | 22.0% | 44.0% | 7.3% | 73.3% |
| 女性 | 次數 | 21 | 16 | 3 | 40 |
| | 百分比 | 14.0% | 10.7% | 2.0% | 26.7% |
| 總計 | 次數 | 54 | 82 | 14 | 150 |
| | 百分比 | 36.0% | 54.7% | 9.3% | 100% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=6.468(2) P=0.039<0.05 | | | 顯著 |

年齡與計次電子收費因應情形之交叉分析表

| 計次收費階段因應情形 | | 不會安裝 OBU | 會安裝且視 情況使用 | 會安裝且完 全使用 | 總計 |
|------------|-----|--------------------------------------|---------------|--------------|-------|
| 18-29 歲 | 次數 | 11 | 20 | 3 | 34 |
| | 百分比 | 7.3% | 13.3% | 2.0% | 22.7% |
| 30-39 歲 | 次數 | 15 | 26 | 5 | 46 |
| | 百分比 | 10.0% | 17.3% | 3.3% | 30.7% |
| 40-49 歲 | 次數 | 14 | 18 | 6 | 38 |
| | 百分比 | 9.3% | 12.0% | 4.0% | 25.3% |
| 50-59 歲 | 次數 | 7 | 16 | 0 | 23 |
| | 百分比 | 4.7% | 10.7% | 0.0% | 15.3% |
| 60 歲以上 | 次數 | 7 | 2 | 0 | 9 |
| | 百分比 | 4.7% | 1.3% | 0.0% | 6.0% |
| 總計 | 次數 | 54 | 82 | 14 | 150 |
| | 百分比 | 36.0% | 54.7% | 9.3% | 100% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=12.824(8) P=0.104>0.05 | | | 不顯著 |

教育程度與計次電子收費因應情形之交叉分析表

| 計次收費階段因應情形 | | 不會安裝 OBU | 會安裝且視 情況使用 | 會安裝且完 全使用 | 總計 |
|------------|-----|--|---------------|--------------|-------|
| 國小以下 | 次數 | 6 | 2 | 0 | 8 |
| | 百分比 | 4.0% | 1.3% | 0.0% | 5.3% |
| 國(初)中 | 次數 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| | 百分比 | 0.7% | 1.3% | 0.0% | 2.0% |
| 高中(職) | 次數 | 11 | 15 | 2 | 28 |
| | 百分比 | 7.3% | 10.0% | 1.3% | 18.7% |
| 專科 | 次數 | 8 | 24 | 3 | 35 |
| | 百分比 | 5.3% | 16.0% | 2.0% | 23.3% |
| 大學 | 次數 | 27 | 34 | 8 | 69 |
| | 百分比 | 18.0% | 22.7% | 5.3% | 46.0% |
| 研究所以上 | 次數 | 1 | 5 | 1 | 7 |
| | 百分比 | 0.7% | 3.3% | 0.7% | 4.7% |
| 總計 | 次數 | 54 | 82 | 14 | 150 |
| | 百分比 | 36.0% | 54.7% | 9.3% | 100% |
| 卡方檢定 | | 卡方值 (自由度) = 19.346(10) P=0.043<0.05 | | | 顯著 |

平均每月所得與計次電子收費因應情形之交叉分析表

| 計次收費階段因應情形 | | 不會安裝 OBU | 會安裝且視 情況使用 | 會安裝且完 全使用 | 總計 |
|------------|-----|--|---------------|--------------|-------|
| 二萬元以下 | 次數 | 12 | 5 | 2 | 19 |
| | 百分比 | 8.0% | 3.3% | 1.3% | 12.7% |
| 二萬元-四萬元 | 次數 | 15 | 28 | 2 | 45 |
| | 百分比 | 10.0% | 18.7% | 1.3% | 30.0% |
| 四萬元-六萬元 | 次數 | 25 | 38 | 7 | 70 |
| | 百分比 | 16.7% | 25.3% | 4.7% | 46.7% |
| 六萬元-八萬元 | 次數 | 1 | 6 | 2 | 9 |
| | 百分比 | 0.7% | 4.0% | 1.3% | 6.9% |
| 八萬元-十萬元 | 次數 | 1 | 3 | 0 | 4 |
| | 百分比 | 0.7% | 2.0% | 0.0% | 2.7% |
| 十萬元以上 | 次數 | 0 | 2 | 1 | 3 |
| | 百分比 | 0.0% | 1.3% | 0.7% | 2.0% |
| 總計 | 次數 | 54 | 82 | 14 | 150 |
| | 百分比 | 36.0% | 54.7% | 9.3% | 100% |
| 卡方檢定 | | 卡方值 (自由度) = 15.672(10) P=0.009<0.05 | | | 顯著 |

使用高速公路頻率與計次電子收費因應情形之交叉分析表

| 計次收費階段因應情形 | | | 不會安裝 OBU | 會安裝且視情況使用 | 會安裝且完全使用 | 總計 |
|------------|-----|---|----------|-----------|----------|-------|
| 每星期 | 1 | 次數 | 2 | 8 | 1 | 11 |
| | | 百分比 | 1.3% | 5.3% | 0.7% | 7.3% |
| | 2 | 次數 | 4 | 11 | 2 | 17 |
| | | 百分比 | 2.7% | 7.3% | 1.3% | 11.3% |
| | 3 | 次數 | 4 | 8 | 2 | 14 |
| | | 百分比 | 2.7% | 5.3% | 1.3% | 9.3% |
| | 4 | 次數 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | 百分比 | 0.0% | 0.7% | 1.3% | 2.0% |
| | 5 | 次數 | 0 | 5 | 0 | 5 |
| | | 百分比 | 0.0% | 3.3% | 0.0% | 3.3% |
| | 6 | 次數 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| | | 百分比 | 0.0% | 0.7% | 0.7% | 1.3% |
| | 14 | 次數 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| | | 百分比 | 0.7% | 0.7% | 0.0% | 1.3% |
| 每月 | 1 | 次數 | 8 | 8 | 2 | 18 |
| | | 百分比 | 5.3% | 5.3% | 1.3% | 12.0% |
| | 2 | 次數 | 7 | 12 | 1 | 20 |
| | | 百分比 | 4.7% | 8.0% | 0.7% | 13.3% |
| | 3 | 次數 | 2 | 7 | 2 | 12 |
| | | 百分比 | 1.3% | 4.7% | 1.3% | 8.0% |
| | 4 | 次數 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| | | 百分比 | 0.7% | 0.7% | 0.0% | 1.3% |
| | 7 | 次數 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | 百分比 | 0.7% | 0.0% | 0.0% | 0.7% |
| | 15 | 次數 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | 百分比 | 0.0% | 0.7% | 0.0% | 0.7% |
| | 20 | 次數 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | 百分比 | 0.7% | 0.0% | 0.0% | 0.7% |
| 每年 | 1 | 次數 | 5 | 1 | 0 | 6 |
| | | 百分比 | 3.3% | 0.7% | 0.0% | 4.0% |
| | 2 | 次數 | 12 | 11 | 0 | 32 |
| | | 百分比 | 8.0% | 7.3% | 0.0% | 21.3% |
| | 3 | 次數 | 3 | 5 | 1 | 9 |
| | | 百分比 | 2.0% | 3.3% | 0.7% | 6.0% |
| | 4 | 次數 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | 百分比 | 0.7% | 0.0% | 0.0% | 0.7% |
| 5 | 次數 | 1 | 1 | 0 | 2 | |
| | 百分比 | 0.7% | 0.7% | 0.0% | 1.3% | |
| 總計 | | 次數 | 54 | 82 | 14 | 150 |
| | | 百分比 | 36.0% | 54.7% | 9.3% | 100% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=27.609(36) P=0.016<0.05 顯著 | | | | |

附錄四 第二階段問卷交叉分析

(1)計次收費階段

性別與計次電子收費階段選擇方案交叉分析表

| 計次收費階段因應情形 | | 購買 OBU | 不購買 OBU | 總計 |
|------------|-----|--|---------|--------|
| 男性 | 次數 | 534 | 494 | 1028 |
| | 百分比 | 42.8% | 39.6% | 82.4% |
| 女性 | 次數 | 121 | 99 | 220 |
| | 百分比 | 9.7% | 7.9% | 17.6% |
| 總計 | 次數 | 655 | 593 | 1248 |
| | 百分比 | 52.5% | 47.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=0.678(1) P=0.410>0.05 不顯著 | | |

年齡與計次電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計次收費階段因應情形 | | 購買 OBU | 不購買 OBU | 總計 |
|------------|-----|--|---------|--------|
| 18-29 歲 | 次數 | 107 | 105 | 212 |
| | 百分比 | 8.6% | 8.4% | 17.0% |
| 30-39 歲 | 次數 | 228 | 216 | 444 |
| | 百分比 | 18.3% | 17.3% | 35.6% |
| 40-49 歲 | 次數 | 198 | 158 | 356 |
| | 百分比 | 15.9% | 12.7% | 28.5% |
| 50-59 歲 | 次數 | 100 | 76 | 176 |
| | 百分比 | 8.0% | 6.1% | 14.1% |
| 60 歲以上 | 次數 | 22 | 38 | 60 |
| | 百分比 | 1.8% | 3.0% | 4.8% |
| 總計 | 次數 | 655 | 593 | 1248 |
| | 百分比 | 52.5% | 47.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=9.320(4) P=0.054>0.05 不顯著 | | |

教育程度與計次電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計次收費階段因應情形 | | 購買 OBU | 不購買 OBU | 總計 |
|------------|-----|---|---------|--------|
| 國小以下 | 次數 | 29 | 31 | 60 |
| | 百分比 | 2.3% | 2.5% | 4.8% |
| 國(初)中 | 次數 | 45 | 27 | 72 |
| | 百分比 | 3.6% | 2.2% | 5.8% |
| 高中(職) | 次數 | 89 | 75 | 164 |
| | 百分比 | 7.1% | 6.0% | 13.1% |
| 專科 | 次數 | 178 | 130 | 308 |
| | 百分比 | 14.3% | 10.4% | 24.7% |
| 大學 | 次數 | 289 | 299 | 588 |
| | 百分比 | 23.2% | 24.0% | 47.1% |
| 研究所以上 | 次數 | 25 | 31 | 56 |
| | 百分比 | 2.0% | 2.5% | 4.5% |
| 總計 | 次數 | 655 | 593 | 1248 |
| | 百分比 | 52.5% | 47.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值 (自由度) = 11.082(5) P=0.047<0.05 顯著 | | |

每月平均所得與計次電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計次收費階段因應情形 | | 購買 OBU | 不購買 OBU | 總計 |
|------------|-----|---|---------|--------|
| 二萬元以下 | 次數 | 48 | 68 | 116 |
| | 百分比 | 3.8% | 5.4% | 9.3% |
| 二萬元-四萬元 | 次數 | 296 | 268 | 564 |
| | 百分比 | 23.7% | 21.5% | 45.2% |
| 四萬元-六萬元 | 次數 | 244 | 192 | 436 |
| | 百分比 | 19.6% | 15.4% | 34.9% |
| 六萬元-八萬元 | 次數 | 52 | 52 | 104 |
| | 百分比 | 4.2% | 4.2% | 8.3% |
| 八萬元-十萬元 | 次數 | 13 | 11 | 24 |
| | 百分比 | 1.0% | 0.9% | 1.9% |
| 十萬元以上 | 次數 | 2 | 2 | 4 |
| | 百分比 | 0.2% | 0.2% | 0.3% |
| 總計 | 次數 | 655 | 593 | 1248 |
| | 百分比 | 52.5% | 47.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值 (自由度) = 12.147(5) P=0.038<0.05 顯著 | | |

使用高速公路頻率與計次電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計次收費階段因應情形 | | | 購買 OBU | 不購買 OBU | 總計 |
|------------|----|-------------------------------------|--------|---------|--------|
| 每星期 | 1 | 次數 | 118 | 90 | 208 |
| | | 百分比 | 9.5% | 7.2% | 16.7% |
| | 2 | 次數 | 52 | 32 | 84 |
| | | 百分比 | 4.2% | 2.6% | 6.7% |
| | 3 | 次數 | 16 | 8 | 24 |
| | | 百分比 | 1.3% | .6% | 1.9% |
| | 4 | 次數 | 3 | 1 | 4 |
| | | 百分比 | 0.2% | 0.1% | .3% |
| | 5 | 次數 | 9 | 11 | 20 |
| | | 百分比 | 0.7% | 0.9% | 1.6% |
| 每月 | 1 | 次數 | 104 | 100 | 204 |
| | | 百分比 | 8.3% | 8.0% | 16.3% |
| | 2 | 次數 | 93 | 83 | 176 |
| | | 百分比 | 7.5% | 6.7% | 14.1% |
| | 3 | 次數 | 61 | 43 | 104 |
| | | 百分比 | 4.9% | 3.4% | 8.3% |
| | 6 | 次數 | 7 | 9 | 16 |
| | | 百分比 | 0.6% | 0.7% | 1.3% |
| 每年 | 1 | 次數 | 0 | 4 | 4 |
| | | 百分比 | 0.0% | 0.3% | 0.3% |
| | 2 | 次數 | 14 | 22 | 36 |
| | | 百分比 | 1.1% | 1.8% | 2.9% |
| | 3 | 次數 | 34 | 46 | 80 |
| | | 百分比 | 2.7% | 3.7% | 6.4% |
| | 4 | 次數 | 29 | 35 | 64 |
| | | 百分比 | 2.3% | 2.8% | 5.1% |
| | 5 | 次數 | 26 | 26 | 52 |
| | | 百分比 | 2.1% | 2.1% | 4.2% |
| | 6 | 次數 | 62 | 58 | 120 |
| | | 百分比 | 5.0% | 4.6% | 9.6% |
| | 7 | 次數 | 8 | 12 | 20 |
| | | 百分比 | 0.6% | 1.0% | 1.6% |
| | 8 | 次數 | 10 | 6 | 16 |
| | | 百分比 | 0.8% | 0.5% | 1.3% |
| | 9 | 次數 | 7 | 5 | 12 |
| | | 百分比 | 0.6% | 0.4% | 1.0% |
| | 10 | 次數 | 2 | 2 | 4 |
| | | 百分比 | 0.2% | 0.2% | 0.3% |
| 總計 | | 次數 | 655 | 593 | 1248 |
| | | 百分比 | 52.5% | 47.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=29.494(18) P=0.034<0.05 顯著 | | | |

(2)計程收費階段

性別與計程電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計程收費階段因應情形 | | 購買 OBU | 租用 OBU | 總計 |
|------------|-----|--|--------|--------|
| 男性 | 次數 | 815 | 213 | 1028 |
| | 百分比 | 65.3% | 17.1% | 82.4% |
| 女性 | 次數 | 115 | 105 | 220 |
| | 百分比 | 9.2% | 8.4% | 17.6% |
| 總計 | 次數 | 930 | 318 | 1248 |
| | 百分比 | 74.5% | 25.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=3.790(1) P=0.062>0.05 不顯著 | | |

年齡與計程電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計程收費階段因應情形 | | 購買 OBU | 租用 OBU | 總計 |
|------------|-----|--|--------|--------|
| 18-29 歲 | 次數 | 140 | 72 | 212 |
| | 百分比 | 11.2% | 5.8% | 17.0% |
| 30-39 歲 | 次數 | 333 | 111 | 444 |
| | 百分比 | 26.7% | 8.9% | 35.6% |
| 40-49 歲 | 次數 | 288 | 68 | 356 |
| | 百分比 | 23.1% | 5.4% | 28.5% |
| 50-59 歲 | 次數 | 143 | 33 | 176 |
| | 百分比 | 11.5% | 2.6% | 14.1% |
| 60 歲以上 | 次數 | 26 | 34 | 60 |
| | 百分比 | 2.1% | 2.7% | 4.8% |
| 總計 | 次數 | 930 | 318 | 1248 |
| | 百分比 | 74.5% | 25.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=6.770(4) P=0.121>0.05 不顯著 | | |

教育程度與計程電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計程收費階段因應情形 | | 購買 OBU | 租用 OBU | 總計 |
|------------|-----|---|--------|--------|
| 國小以下 | 次數 | 39 | 21 | 60 |
| | 百分比 | 3.1% | 1.7% | 4.8% |
| 國(初)中 | 次數 | 62 | 10 | 72 |
| | 百分比 | 5.0% | 0.8% | 5.8% |
| 高中(職) | 次數 | 105 | 59 | 164 |
| | 百分比 | 8.4% | 4.7% | 13.1% |
| 專科 | 次數 | 228 | 80 | 308 |
| | 百分比 | 18.3% | 6.4% | 24.7% |
| 大學 | 次數 | 445 | 143 | 588 |
| | 百分比 | 35.7% | 11.5% | 47.1% |
| 研究所以上 | 次數 | 51 | 5 | 56 |
| | 百分比 | 4.1% | 0.4% | 4.5% |
| 總計 | 次數 | 930 | 318 | 1248 |
| | 百分比 | 74.5% | 25.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值 (自由度) = 8.008(5) P=0.073>0.05 不顯著 | | |

每月平均所得與計程電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計程收費階段因應情形 | | 購買 OBU | 租用 OBU | 總計 |
|------------|-----|--|--------|--------|
| 二萬元以下 | 次數 | 27 | 89 | 116 |
| | 百分比 | 2.2% | 7.1% | 9.3% |
| 二萬元-四萬元 | 次數 | 435 | 129 | 564 |
| | 百分比 | 34.9% | 10.3% | 45.2% |
| 四萬元-六萬元 | 次數 | 352 | 84 | 436 |
| | 百分比 | 28.2% | 6.7% | 34.9% |
| 六萬元-八萬元 | 次數 | 91 | 13 | 104 |
| | 百分比 | 7.3% | 1.0% | 8.3% |
| 八萬元-十萬元 | 次數 | 24 | 0 | 24 |
| | 百分比 | 1.9% | 0.0% | 1.9% |
| 十萬元以上 | 次數 | 1 | 3 | 4 |
| | 百分比 | 0.1% | 0.2% | .3% |
| 總計 | 次數 | 930 | 318 | 1248 |
| | 百分比 | 74.5% | 25.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值 (自由度) = 193.908(5) P=0.001<0.05 顯著 | | |

使用高速公路頻率與計程電子收費階段選擇方案交叉分析

| 計程收費階段因應情形 | | | 購買 OBU | 租用 OBU | 總計 |
|------------|----|--|--------|--------|--------|
| 每星期 | 1 | 次數 | 202 | 6 | 208 |
| | | 百分比 | 16.2% | 0.5% | 16.7% |
| | 2 | 次數 | 84 | 0 | 84 |
| | | 百分比 | 6.7% | 0.0% | 6.7% |
| | 3 | 次數 | 24 | 0 | 24 |
| | | 百分比 | 1.9% | 0.0% | 1.9% |
| | 4 | 次數 | 4 | 0 | 4 |
| | | 百分比 | 0.3% | 0.0% | .3% |
| | 5 | 次數 | 20 | 0 | 20 |
| | | 百分比 | 1.6% | 0.0% | 1.6% |
| 每月 | 1 | 次數 | 170 | 34 | 204 |
| | | 百分比 | 13.6% | 2.7% | 16.3% |
| | 2 | 次數 | 159 | 17 | 176 |
| | | 百分比 | 12.7% | 1.4% | 14.1% |
| | 3 | 次數 | 100 | 4 | 104 |
| | | 百分比 | 8.0% | 0.3% | 8.3% |
| | 6 | 次數 | 14 | 2 | 16 |
| | | 百分比 | 1.1% | 0.2% | 1.3% |
| 每年 | 1 | 次數 | 0 | 4 | 4 |
| | | 百分比 | 0.0% | 0.3% | 0.3% |
| | 2 | 次數 | 3 | 33 | 36 |
| | | 百分比 | 0.2% | 2.6% | 2.9% |
| | 3 | 次數 | 14 | 66 | 80 |
| | | 百分比 | 1.1% | 5.3% | 6.4% |
| | 4 | 次數 | 22 | 42 | 64 |
| | | 百分比 | 1.8% | 3.4% | 5.1% |
| | 5 | 次數 | 26 | 26 | 52 |
| | | 百分比 | 2.1% | 2.1% | 4.2% |
| | 6 | 次數 | 59 | 61 | 120 |
| | | 百分比 | 4.7% | 4.9% | 9.6% |
| | 7 | 次數 | 10 | 10 | 20 |
| | | 百分比 | 0.8% | 0.8% | 1.6% |
| | 8 | 次數 | 10 | 6 | 16 |
| | | 百分比 | 0.8% | 0.5% | 1.3% |
| | 9 | 次數 | 9 | 3 | 12 |
| | | 百分比 | 0.7% | 0.2% | 1.0% |
| | 10 | 次數 | 0 | 4 | 4 |
| | | 百分比 | 0.0% | 0.3% | 0.3% |
| 總計 | | 次數 | 930 | 318 | 1248 |
| | | 百分比 | 74.5% | 25.5% | 100.0% |
| 卡方檢定 | | 卡方值（自由度）=522.052(18) P=0.000<0.05 顯著 | | | |