

# 小汽車駕駛人對高速公路電子收費 eTag 服務之使用意願分析

## ANALYZING DRIVERS' ADOPTION INTENTIONS OF ETAG SERVICE OF ELECTRONIC TOLL COLLECTION SYSTEM ON THE FREEWAYS

郭奕姝 Yi-Wen Kuo<sup>1</sup>

(102 年 12 月 24 日收稿，103 年 6 月 25 日第 1 次修改，  
103 年 12 月 1 日第 2 次修改，104 年 8 月 30 日定稿)

### 摘 要

近期高速公路電子收費系統出現重大變革，改以 eTag 服務供駕駛人免費申裝，俾能達成順利推行計程收費政策的使用率目標。惟因並未立法強制申裝，後續營運管理上將衍生更多的處理成本，對未使用 eTag 者來說，上高速公路都比現在麻煩，勢必引起用路人反彈。因此，瞭解非 eTag 使用者之非價格阻礙因素，搭配適切的服務行銷策略，實為現階段相關營運管理單位應重視的重要課題。爰此，本研究針對通勤於臺灣西部高速公路走廊之小汽車駕駛人進行抽樣調查，利用排序普羅比模式，分析小汽車駕駛人對 eTag 之使用意願，並探討創新模仿態度與正負向接受態度等重要因素對使用意願的影響。此外，依各情境使用意願推估 eTag 後續發展之市場潛量，並進一步以創新擴散理論了解其擴散型態，據以發展相關行銷策略。

**關鍵詞：**eTag；使用意願；擴散型態；排序普羅比模式；創新擴散理論

---

1. 樹德科技大學運籌管理系副教授（聯絡地址：82445 高雄市燕巢區橫山路 59 號 樹德科技大學運籌管理系；電話：07-6158000 ext.4514；E-mail：shauai@stu.edu.tw）。

## ABSTRACT

*The electronic toll collection (ETC) system has recently changed a new RFID eTag system without payment to substitute on-board unit (OBU) in Taiwan. Thus, the electronic distance-based charging strategy would be implemented due to the usage rate of ETC service has already achieved the anticipated goal. Since it would not legislate to force cars equipped with eTag while driving on the freeways, other dealing costs may be supplemented to non-eTag users. Therefore, it is really important to realize switching barrier factors of non-eTag users and execute applicable service marketing strategies for management concern. Thus, this study would analyze drivers' usage intention according to whether they adopt eTag or not and relative significant factors by ordered probit model. The latent factor, such as the innovative and imitative attitude, acceptance attitude would apparently impact drivers' usage intention of eTag service. Then the innovation diffusion theory would be applied to describe the diffused pattern of eTag service and the service marketing strategies would be developed. This study conducted a survey of which the questionnaire to collect data from car drivers commuting on the freeways in western Taiwan. The results would assist the operator to propose the marketing strategies in order to enhance the usage rate of eTag service.*

**Key Words:** eTag; Adoption intention; Diffused pattern; Ordered probit; Innovation diffusion theory

## 一、緒 論

### 1.1 研究背景與動機

國內高速公路能否順利進入全面計程收費 (distance-based charging) 時代，電子收費系統 (electronic toll collection, 以下簡稱 ETC) 使用率的多寡是重要關鍵。在原有 e 通機車上機 (on-board unit, 以下簡稱 OBU) 申裝使用率始終遲緩成長，且唯恐面臨違約罰款的強大壓力下，遠通電收自 101 年 5 月起改以全面提供民眾免費申裝的新微波單向傳輸 eTag 服務系統，取代原有的 OBU 紅外線系統，期能突破 ETC 使用率低迷的困境。在免費申裝的誘因下，eTag 使用率確實明顯提昇，截至 102 年 9 月使用率已達 84.8%<sup>[1]</sup>，順利達成交通部高速公路局 (以下簡稱高公局) 推動計程收費的 65% 使用率門檻目標，國內高速公路並於 103 年 1 月 2 日開始，全面改採多車道自由流之電子計程收費。

然而，由於國內交通法令尚未強制規定高速公路用路人繳交通行費的方式，即便高速公路全面實施電子計程收費，用路人還是可以選擇不申裝使用 eTag。且 eTag 的資訊僅可單向傳輸，用路人預儲與扣款金額無法在通過收費點時立即得知，必須額外查詢，恐造成民眾不便，亦可能降低申裝意願。長期習慣人工收費方式而造成移轉使用新電子產品的障礙、中南部民眾的低接受度、原未收費旅次對計程收費制實施的抗拒心態，以及在民意施

壓而產生的每日免費里程方案，與橫向國道免收費的兩年落日條款等，在在均顯示即便免費提供用路人使用 eTag 而達到目標使用率全面實施計程收費後，仍有部分用路人可選擇不使用 eTag。對這些未使用 eTag 的用路人來說，後續補繳費的流程與行政成本及上高速公路都比現在麻煩，勢必引起用路人反彈。因此，現階段當務之急，仍應朝向提高 eTag 申裝使用率為主要目標，讓用路人申裝且習慣使用。

就企業經營的角度來看，ETC 所提供的電子收費服務，需能滿足顧客的需求並提供高品質服務，才能留住顧客，並吸引更多新顧客加入使用。由於高速公路採用 ETC 為國內重要公共運輸 BOT 案，涉及高速公路所有用路人，勢必受媒體關注。因此，ETC 提供的服務更容易被放大檢視，透過媒體評價與口碑傳遞等資訊影響，將直接或是間接影響高速公路用路人對 ETC 接受使用或繼續使用之意願<sup>[2, 3]</sup>。一旦 ETC 產生服務缺失影響滿意度，除了可能使既有申裝者減少甚或不使用外，更容易導致其他用路人不必要的誤解，進而影響申裝意願，造成提昇 ETC 整體使用率的各項策略影響效果欲振乏力。

ETC 導入運輸市場發展雖已 7 年多，惟用路人對新微波系統 eTag 服務的使用意願與滿意度仍尚未明朗。從運輸行銷的觀點來看，新產品 eTag 服務的使用推廣，將受到運輸市場內外部環境與行銷策略的影響。因此，了解用路人對 eTag 服務的看法與使用意願，是高公局與遠東電收公司現階段亟需重視的課題，爰此，激發本研究動機。此外，站在國內整體電子收費市場發展的角度來看，有關 ETC 新創新產品 eTag 服務使用之擴散型態，適合以創新擴散理論<sup>[4]</sup>討論其產品生命週期的發展。透過 eTag 市場潛量的推估，可了解其後續擴散型態，有助於相關營運管理單位於不同時程制訂適切的服務行銷決策，吸引更多用路人申裝使用，俾利後續計程收費配套措施之順利推廣。

## 1.2 研究目的

基於現階段國內高速公路實施電子計程收費政策，搭配遠通電收改以推行 ETC 免費 eTag 新服務，確實亟需了解小汽車駕駛人對 eTag 服務之使用意願，以利後續 eTag 服務的推廣。爰此，茲將本研究目的列述於下：

1. 探討駕駛人對 eTag 服務之使用意願及其影響因素，如創新模仿態度 (如創新採用性、傳媒影響性、口碑影響性與意見傳遞性)、正負向接受態度 (如優惠誘因與移轉障礙)、旅運特性與社經特性等。
2. 依小汽車駕駛人對 eTag 使用意願模式校估結果，進一步推估各收費情境下之市場潛量，了解 eTag 市場發展可能之擴散型態。

## 1.3 研究範疇定義

本研究所指 ETC 係泛指國內電子收費政策與電子收費系統 (包括舊有的 OBU 與新的 eTag)，至於 eTag 服務則主要是指近期改用的 ETC 免費新微波技術系統。由於本研究議題原本即著重在探討駕駛人對 ETC 改用 eTag 新服務之使用意願分析，故提及本研究標的時

將以 eTag 服務用詞突顯重點。至於 ETC 的用詞，則考量高公局網站相關統計資料與對外媒體新聞發布，對有關電子收費的描述仍稱 ETC，而非改用 eTag 此新的技術服務名詞稱呼；因此，本研究有關電子收費的相關研究與政策討論部分，仍維持以 ETC 泛稱。

此外，由於高公局官方網站公告之 ETC 通行量與使用率資料將受不同時間交通流量多寡影響，為避免後續模式校估受高速公路交通流量波動影響，以及問卷調查主要僅能取得駕駛人對 eTag 之申裝使用意願。因此，本研究所探討之 eTag 使用意願係指小汽車駕駛人申裝 eTag 意願，即引用高公局公告資料中的 ETC 裝機數推算出的裝機率，與一般其營運檢核的電子收費利用率或使用率不同，此為本研究限制。以 102 年 9 月資料為例<sup>[1]</sup>，裝機率約為 71.47%、使用率為 84.80%，依本研究範疇定義後續將引用裝機率資料進行擴散型態討論。

## 二、ETC 推廣歷程與使用意願研究

### 2.1 ETC 申裝使用率分析

國內高速公路電子收費系統自 95 年 2 月開始實施以來，裝設 OBU 的用戶僅約 118 萬戶，ETC 裝機數增加一直陷入遲緩狀態，99 年 6 月更未達營運合約目標 45%。當時遠通電收提出 1 年改善期，惟後續雖透過各式 OBU 降價促銷方案（如 OBU 降價、扣款成功 ETC 通行費全面 95 折及全民體驗 ETC 等），以及不定期推出異業結盟方案（如推出銀行、Happy Go 點數免費或是折價換取 OBU，申請電信門號免費獲得 OBU 和 3,000 元以上的手機或是車用導航器等），但 ETC 使用率仍未見明顯提振。根據高公局與遠通電收的合約，至民國 100 年 3 月需達到目標使用率 50%，6 月底前 ETC 使用率應達 60% 的目標。在距目標使用率仍有相當差距，以及批評聲浪不斷的輿論壓力下，交通部亦下最後通牒，若遠通電收再不提出對提高使用率之有效解決方案，則不排除解約將 ETC 收歸國營。

在 ETC 使用率始終無法達到六成的合約規定，須面臨每日應裁罰 50 萬元的違約罰款壓力下，以及唯恐 102 年 2 月起全面實施高速公路計程收費的政策面臨跳票危機之際，遠通電收在 100 年 6 月底公布「全民 ETC 方案」重大變革，改推出大小就像一個 OK 繃的免費新版電子標籤「eTag」，取代當時的 OBU 進行扣款，捨原有紅外線系統改推新微波系統，以期突破使用率低迷的困境。日後用路人只要預先儲值 400 元，即可免費申裝內有晶片的 eTag 電子標籤，選擇貼在車內擋風玻璃上（尺寸為長 6.7 公分、寬 2.5 公分）或車燈上（尺寸為長 9.7 公分、寬 1.3 公分）。eTag 造型輕巧、使用方便，但若撕下就會壞掉，不可撕貼、重複使用，免費保固 3 年，正常狀況下壽命可長達 10 年。eTag 不必像 OBU 要插卡片，也不必裝電池，未來亦可在超商申辦，由於儲值金額可全數用於扣抵通行費，符合高公局先前期待的「實質零元」目標。此零元申辦公益方案的推出，使遠通電收可暫免於挨罰，惟後續仍須全力提昇 ETC 使用率，檢核點順延至 101 年 6 月底的 65%，若遠通電收仍未能依改善方案執行，將回溯自 100 年 4 月 15 日起計算罰金。

遠通電收並自 100 年 9 月起，開始免費提供設籍於基隆市的自小客車路人車輛 eTag，於高速公路七堵與汐止收費站進行為期 5 個月 (100.9.1~101.1.31) 的計次 eTag 試辦營運服務；101 年 5 月起則全面推廣免費申辦計次 eTag 服務營運，將既有全民體驗客戶轉換為 eTag，且新增一般通路與開放 Kiosk 申辦，以及提昇 eTag 用戶數與轉換期 (101.7.1~102.12.31)，開放既有 OBU 客戶轉換為 eTag，期能全力提高 ETC 申裝數量與使用率，順利進入計程收費階段。計程收費制上路前，微波及紅外線系統先併行採雙系統扣款制，原已裝 OBU 者申辦時可退回車上機購買金額，轉為通行費儲值金，原本 ETC 卡中的儲值金也會全部移轉到 eTag 預儲帳戶，惟 102 年底計程收費制上路後，日後則可能需付費申辦 (eTag 售價約 200 元)。

過去 ETC 使用率不高，交通部認為「價格是障礙」，如果 OBU 有售價，就是一項商品，也會有利潤，要政府協助推廣會有行政上的困難；eTag 申裝免費，所有國道用路人就是政府的客戶，不再只是遠通的客戶，政府為了推動計程收費政策，就可提出鼓勵裝機的配套措施，高公局亦可名正言順依規費法調降國道通行費 (如原先 95 折優惠調降為 9 折)，甚至實施差別費率，全力協助遠通衝高 ETC 使用率。然而，這種表面上看似用路人免費獲得電子收費機制的好康，消基會 (100 年 7 月) 即抨擊指出，99 年 11 月 OBU 裝機率不足時，遠通電收便曾推出免裝機體驗 ETC 車道的方案，當時使用人數突破 2 萬 3 千人，但 12 月又降到 1 萬 5 千人，之後並未再增加，顯示即便免費使用，用路人使用 ETC 的意願亦不見得會提升，價格並非唯一影響因素。

高公局也曾經對用路人做過 ETC 使用意願調查，仍有部分用路人還是習慣於目前使用回數票或現金繳交通行費，不願意改採電子式收費方式。根據 ETC 營運合約，ETC 的年平均使用率需超過 6 成 5，國道才可以進入計程收費階段。依據高公局調查 (99 年 4 月) ETC 的使用狀況結果顯示，使用 ETC 的車輛，北部及中南部有明顯落差，呈現北高、南低及中間少的情形；北部裝機率達 53%，其次是南部 24%、中部 21%。中部比例偏低主要是由於國道 1 號及 3 號中部地區收費站不位於都會區範圍，國道 6 號則未設收費站，在實施計程收費前，應加強對中部族群宣導。在 ETC 利用率上，大車都超過七成，小車僅占兩成到三成，顯示大型車利用率趨飽和，應加強對小型車的推廣。從 ETC 客戶裝機率低於使用率的數據來看，ETC 使用者多半為高頻率高速公路使用者，25% 客戶貢獻 75% 交通量，顯然有些民眾裝機但很少使用；但裝機卻未通過收費站的民眾，有逐年微幅下降趨勢。

自 101 年 5 月開始提供用路人全面免費申裝 eTag 後，ETC 使用率即明顯成長，依高公局官方網站公告資料顯示，ETC 使用率至 101 年 12 月即達 66.64%，超過 65% 的目標使用率，至 102 年 9 月統計的使用率則已達 84.80%<sup>[1]</sup>，已確定國內高速公路可全面實施計程收費。由於本研究對 eTag 使用意願係以問卷調查取得，無法推估受交通流量波動的使用率，因此，將以申裝使用率替代，即引用高公局 ETC 裝機數 (含 OBU 與 eTag) 資料及駕駛人登記車輛總數推算裝機率。根據高公局官方公告的裝機數資料推算，在尚未引進 eTag 前 (100 年 4 月)，ETC 的裝機率僅約占 17.53%，至 101 年 5 月全面開放免費申辦 eTag 前，ETC 的裝機率為 23.92%，之後 ETC 裝機數明顯成長，至本研究調查前 (102 年 5 月) 裝機

數約為 61.82%，至 102 年 9 月 ETC 裝機數則達 71.47%，免費申辦 eTag 確實對提昇裝機數發揮明顯效果。

然而，即便全面實施電子計程收費，由於國內並未立法強制使用 eTag 繳交通行費，且部分駕駛人對系統服務的疑慮，加上尚有兩年橫向國道免收費的落日條款與每日免費里程的優惠措施，駕駛人仍可採其他方式繳交通行費，或者甚至毋須繳費，因此，eTag 裝機數的成長仍有一定限制，可見免費申辦 eTag 與通行費折扣等價格優惠誘因，仍無法全面吸引駕駛人使用 eTag，後續管理單位仍須花費更多的成本去處理非 eTag 使用者的繳費流程。因此，有必要了解其他可能阻礙因素，以及探討後續 eTag 擴散型態，俾能研擬對應的服務行銷策略。

## 2.2 ETC 使用意願研究

回顧國內近年來有關高速公路 ETC 服務分析，及用路人對 ETC 之使用意願與選擇行為之相關研究，主要是針對原有 OBU 相關議題討論，較少有研究針對新的 eTag 服務之使用意願與擴散型態進行討論，此係為本研究著重探討之標的。相關研究均探討影響駕駛人選擇使用 ETC 之重要因素，包括產品特性、使用效益、使用風險、旅運特性、社經特性等，這些影響因素有助於本研究於建構駕駛人對 eTag 使用意願模式時之參酌。

早在國內 ETC 尚未正式啟用前，黃承傳與蔡甲申<sup>[5,6]</sup>發現 OBU 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、高速公路使用頻率、月所得、及教育程度等變數會顯著影響計次電子收費階段用路人對 OBU 之選擇行為，至於購置費用、租用 OBU 之租金與保證金、產品可使用年限、高速公路使用頻率，及月所得等變數則會顯著影響計程電子收費階段用路人對 OBU 之選擇行為。Chiou 等人<sup>[7]</sup>則運用潛在群體模型 (latent class logit model) 分析 6 種不同群體的高速公路駕駛人特性於 ETC 採用行為上的差異，且 ETC 價格和通行費折扣為最重要的影響因素。

為瞭解影響消費者使用國道電子收費系統意願之因素，黃上原<sup>[8]</sup>參考相關產業文獻，發現產品特性及環境因素對使用意願有正向影響，而消費者特性對使用意願卻無顯著影響。林文源<sup>[9]</sup>則針對高速公路實施電子收費過程中影響用路人接受度之因素進行討論，並提出解決之道，以提高用路人之使用意願。此外，陳純德等人<sup>[10]</sup>則根據「創新擴散理論」、「知覺風險理論」與「程序公平理論」等行為理論為基礎，探討影響民眾申裝 ETC 的因素與其行為意向之間的關係。黃金振<sup>[11]</sup>則探討那些 ETC 服務屬性是為用路人所重視，及瞭解那些用路人基本特徵對於 ETC 服務之滿意情況，並進一步探究其與認知層面與學習層面之相關性。梁正儀<sup>[12]</sup>進一步證實資訊科技特性的認知、使用上風險的認知及駕駛者特質對於駕駛者使用 ETC 服務造成部份顯著性影響。

吳依純<sup>[13]</sup>以科技接受模型、創新擴散理論與 ETC 使用經驗，探討駕駛人採用計程收費系統之影響因素；歸納出知覺公平、知覺成本、知覺風險、知覺價值與 ETC 過去使用經驗對於駕駛人採用計程收費系統的行為意圖產生顯著的影響；知覺易用性則對已安裝

ETC 之駕駛人產生顯著影響，而提升駕駛人對於計程收費系統的知覺價值，可增加使用該系統的意願。OBU 裝機率為影響 ETC 成敗之關鍵因素，為作為推動 OBU 裝機率之重要參考研究，沈怡如<sup>[14]</sup>利用存活理論分析 OBU 使用族群之特性，將解釋變數分為車輛屬性變數、使用者社經變數及旅次特性變數三面向。

近期，才開始有針對國道小型車用路人使用 eTag 的影響因素之調查研究，陳銘苑<sup>[15]</sup>發現產品特性之「產品品質」、「相對優勢」、「複雜性」、「可觀察性」及「價格優惠條件」對用路人使用 eTag 的意願有顯著影響；消費者特性之「知覺易用性」及「使用者涉入」對用路人使用 eTag 的意願有正面影響，「知覺風險」及「知覺有用性」則無顯著影響；服務品質之「有形性」、「可靠性」、「反應性」及「保證性」對於用路人使用 eTag 的意願亦呈現出顯著的關係，唯「關懷性」無顯著影響。

ETC 雖具多項優點，包括可提高收費效率、節省能源及降低污染等優點，並透過系統化與電子化蒐集交通數據，進而轉化為即時訊息，達成電子收費與交通管理系統整合的目標。惟國內 ETC 施行以來，並未造成民眾高度採用，反而引發一連串爭議事件，可知在 ETC 創新擴散發展過程中，其使用評價透過各種媒體與口碑傳遞方式，進而影響駕駛人觀感與使用意願，部分研究亦針對影響 ETC 創新擴散的因素予以討論，此亦有助於本研究納入創新模仿態度等認知因素對 eTag 使用意願的影響。

蔡碩倉等人<sup>[16,17]</sup>指出 ETC 推行初期，係掉入所謂創新產品進入市場時需面對的「鴻溝」(chasm) 困境之中，若能順利跨越鴻溝便能擁抱大眾，邁入市場成熟期，反之，一旦栽入鴻溝則將很快退出市場。該研究以 Davis 之科技接受模型 (technology acceptance model, TAM) 為主要立論基礎，探討影響國道用路人對 ETC 之創新擴散因素研究，並結合 Rogers 之創新產品採用 (innovation adoption) 正向因素與 Ram 之創新抵制 (innovation resistance) 負向因素，探討 ETC 之鴻溝內容，再利用線性結構方程模式 (LISREL) 分析 ETC 鴻溝內容之路徑過程，以進一步擬定跨越鴻溝策略。

陳志成等人<sup>[2]</sup>及 Jou 等人<sup>[3]</sup>指出，不論是已使用或未使用 ETC 之高速公路用路人，媒體、口碑評價及新興媒體與傳統媒體之評價變動，將直接或是間接影響其對於 ETC 繼續使用／接受使用之意願；且若能適當利用媒體 (包括新興與傳統) 及口碑提高民眾對該政策之評價，則將有助於新運輸政策之推行。曾惠甄<sup>[18]</sup>則分別以 ETC 用路人及一般用路人為研究對象，探究 ETC 服務品質、購後行為意圖的形成因素構面，以及服務品質、顧客滿意度與購後行為三者間的關係；研究發現低重視品質群比高重視品質群更重視「親友推薦」，而高重視品質群比低重視品質群更重視「節省行車時間」與「節省油費」。

有關用路人對國內高速公路實施 ETC 的評價，吳信美<sup>[19]</sup>以排序普羅比模式 (ordered probit model, OPM) 建構高速公路用路人對於 ETC 各方案的看法之接受度模式，以及使用多項羅吉特模式 (multinomial logit model, MNL) 建構用路人對 ETC 評價選擇行為之模式；分析結果顯示，男性、18~20 歲者、因一車一台的限制、因用到機會很少與因害怕 ETC 系統失靈之原因而沒安裝 ETC 者、行車時間約 2 小時以上者、不同意 ETC 比人工收費更方便者、行車時間為 40 分的用路者、專科大學以上教育程度，均較傾向不使用 ETC。

## 2.3 研究課題分析

綜合以上 ETC 推廣歷程與研究文獻，茲針對本研究課題作以下評述：

1. 國內高速公路將正式邁入計程收費的里程碑，日前已因遠東電收改弦更張替換為免費中裝的 eTag，順利達到使用率目標檢核值，惟因並未立法強制使用及對系統服務的疑慮，仍有部分用路人傾向不使用 eTag 繳交通行費。可見價格因素不盡然為民眾拒絕使用的必要因素，確實有必要審慎探究用路人對使用 eTag 的看法，尤其需瞭解阻礙使用的關鍵因素，以利服務行銷對策之研擬。
2. 過去國內雖有許多有關 ETC 之 OBU 系統的研究，但由於新微波系統 eTag 屬創新電子產品，以運輸行銷的角度來看，因其產品特性不同於過去 OBU (如 eTag 初期可免費無償取得、單向傳輸資訊、無法馬上查詢餘額等)，確實有必要重新評估其導入高速公路電子收費市場的服務使用發展型態，以及探究用路人對其接受意向。且即便啟動高速公路計程收費時代，然若仍有部分的用路人仍不選擇使用 eTag，將造成非 eTag 使用者與管理單位許多額外的成本，勢必形成此公共運輸政策推行的阻力，影響後續相關收費政策的實行。因此，如何有效提高整體申裝率才是當務之急。
3. 過去有關 ETC 服務使用的研究，多半著重於探討影響使用意願的因素與選擇行為，惟並無研究應用創新擴散理論之產品生命週期概念探討擴散型態。因此，本研究除了援用過去研究中應用的排序普羅比模式，以探究影響小汽車駕駛人使用 eTag 的因素與使用意願，推估計程收費初期的市場需求量；並期能援用 Bass 擴散模式<sup>[20]</sup>對於新產品擴散過程之創新與模仿概念，納入討論大眾傳媒與口碑傳遞等資訊影響因素對 eTag 使用意願的影響，以及運用創新擴散理論<sup>[4]</sup>探討 eTag 的創新擴散型態，了解 eTag 後續發展態勢，將有助於後續服務行銷策略之研擬。

## 三、研究架構與方法

### 3.1 研究架構

本研究主要利用排序普羅比模式<sup>[21]</sup> (ordered probit model, OPM) 分析小汽車駕駛人對 eTag 服務的使用意願與重要影響因素，並推估 eTag 後續發展可能的市場潛量，進一步援用創新擴散理論了解 eTag 市場發展之擴散型態。在資料取得部分，本研究係以問卷調查法蒐集國內實證資料，取得有關駕駛人對使用 eTag 繳交高速公路通行費之各情境偏好資料，以及影響駕駛人使用意願之潛在因素 (如創新模仿態度與接受態度等)、駕駛人旅運特性與社經特性等基本資料；有關歷史裝機數資料，則透過次級資料蒐集法取得高公局官方資料，瞭解不同產品生命週期階段之裝機率變化，探討後續 eTag 發展之擴散型態，以利後續 eTag 服務之推廣。



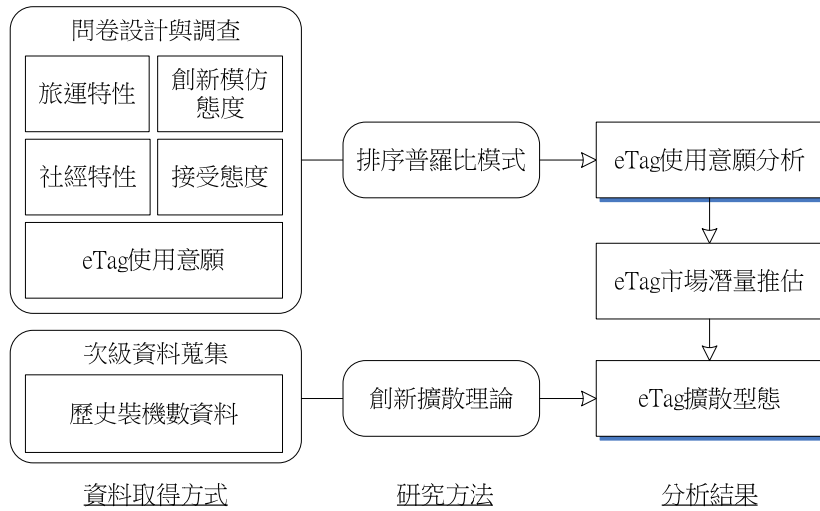


圖 1 研究架構

### 3.2 研究方法

#### (一) 排序普羅比

本研究採用排序普羅比模式建構駕駛人對 eTag 服務之使用意願分析模式，並探討影響使用意願之重要因素。在行為研究領域中，經常會需要處理有順序尺度關係的次序應變數，而一般的「多項普羅比模型」(multinomial-probit model) 並無法說明其相關次序，且若使用線性迴歸模型分析，將無法突顯解釋變數在各層級間所代表的訊息強弱。因此，McKelvey 與 Zavoina<sup>[22]</sup> 提出排序普羅比模式，便於處理具次序性的應變數，與一般常用的羅吉特模式 (如多項與巢式羅吉特模式) 假設決策者選擇效用最大的方案不同，亦較能夠真實反映應變數等級與各解釋變數間的關係；且排序普羅比之解釋變數不需為連續變數，區分等級的臨界值與解釋變數之間為非線性關係，故當樣本分佈不均時，排序普羅比模式以最大概似法估計係數，其可能產生的偏誤情況，會比最小平方法 (ordinary least square, OLS) 為小<sup>[23]</sup>。

排序普羅比模式型式如下：

$$y^* = \beta x_i + \varepsilon \quad (1)$$

其中， $y^*$  為應變數，即本研究分析之使用意願； $x_i$  表示影響使用意願的解釋變數， $\beta$  則為變數係數值， $\varepsilon$  表誤差項。

在使用意願分析模式中， $y^*$  表示駕駛人對 eTag 使用意願的偏好程度，值愈大表示愈可能使用 eTag。由於  $y^*$  為無法觀測的連續型變數，將  $y$  定義為  $y^*$  的觀測對應值，利用一門檻值參數  $\mu_j$  來區分  $y$  所對應的區間。

$$y = \begin{cases} 0 & \text{若 } y^* \leq 0 \\ 1 & \text{若 } 0 \leq y^* \leq \mu \\ 2 & \text{若 } \mu_1 \leq y^* \leq \mu_2 \\ \dots & \\ j & \text{若 } \mu_{j-1} \leq y^* \end{cases} \quad (2)$$

當假設  $\mu$  為期望值等於 0，且誤差項  $\varepsilon$  假設為標準常態，則決策者  $i$  選擇類別  $j$  的機率可推導如下：

$$p(y = j) = F(\mu_j - \beta x_i) - F(\mu_{j-1} - \beta x_i) \quad (3)$$

$$p(y = 0) = F(-\beta x_i) \quad (4)$$

$$p(y = J) = 1 - F(\mu_{j-1} - \beta x_i) \quad (5)$$

其中  $F$  為常態分配累積機率分配函數。

## (二) 創新擴散理論

Rogers<sup>[4]</sup> 所提出的創新擴散理論 (innovation diffusion theory, IDT) 是學界中最經常被用來預測和解釋採用及擴散行為，其從動態流程的觀點，指出創新擴散是一種程序，隨著時間的經過，在社會系統成員間傳遞。Rogers 認為創新技術從問世到被接受採用必須經過一段擴散時間，其社會成員的採用時機會有先後順序之差別，依不同創新接受程度可區分為創新者 (innovators)、早期採用者 (early adopters)、早期大眾 (early majority)、晚期大眾 (late majority) 與落後者 (late majority) 等 5 類，且此 5 類創新接受程度將呈常態分佈，各類所占比例如圖 2 所示。以下簡述此 5 種不同的採用類別 (adopter categories)：

1. 創新者：通常具有冒險的精神，有較高的理解力與豐富的知識，在創新仍有高度不確定時率先採用創新，但在團體中其意見較不受人重視。創新者所占比例約為進入市場的前 2.5%。
2. 早期採用者：通常是尋找資訊的人，在團體中扮演意見領袖的角色，多數的人會以這類型的人的意向為參考指標。此類型約占市場規模的 13.5%，至此累積使用比例為 16%。
3. 早期大眾：具有小心謹慎的特質，喜歡與同儕間有互動關係，這類型的人是等待創新的不確定性去除後，才會採用創新。此類型約占市場規模的 34%，此時累積使用比例達一半。
4. 晚期大眾：對任何創新事物均抱持懷疑的態度，必須基於兩項明顯的因素影響才會做出接受創新的決定，一為其團體內 50% 以上的人都已接受，其次則需要同儕或媒體的壓力，可激勵其產生接受的動機。此類型相對於早期大眾，亦占市場規模的 34%，累積使用比例為 84%。

5. 落後者：特質是傳統與保守，其接受創新的速度與傾向非常緩慢。此類型為市場規模的最後 16%。

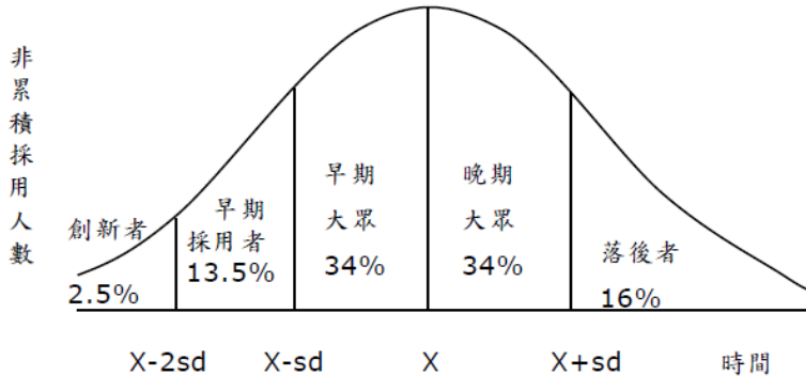


圖 2 不同創新接受程度

Rogers<sup>[4]</sup>認為影響創新商品擴散過程包含 4 個重要因素，分別為創新特性、溝通管道、社會系統與時間。行銷領域應用於新產品在市場的銷售預測，亦常以 Bass 擴散模式<sup>[20]</sup>建構產品擴散型態，認為潛在消費者（即創新者與模仿者）採用新產品之資訊來源，主要可受大眾媒體之外部影響與口碑傳播之內部影響。就本研究所探討之議題來看，由於對駕駛人繳交高速公路通行費而言，申裝 eTag 服務與原有 OBU 服務相較，可享有一次免費申裝的優勢，可視為 eTag 創新產品的相對優勢；至於溝通管道與社會系統則分別與 eTag 服務在大眾傳媒與口碑推薦等效果有關，時間的議題即有關 eTag 採用者類別與採用速度，與其擴散型態有關。

### 3.3 問卷設計與調查

由於本研究旨在分析小汽車駕駛人對採用電子收費 eTag 服務繳交高速公路通行費之意願，因此，調查問卷內容主要分為 3 個部分：第 1 部分蒐集受訪者的社會經濟基本資料，主要包括現居地、性別、年齡、教育程度與個人月所得等。第 2 部分在於了解受訪者行駛高速公路的狀況，包括最常行駛高速公路的頻率、旅次目的、行駛距離、使用 ETC 的經驗年資，以及針對已使用 ETC 繳交高速公路通行費者詢問其滿意度。第 3 部分則調查受訪者對 eTag 的看法與使用意願，首先了解影響受訪者使用 eTag 服務之潛在因素，包括參考創新擴散理論<sup>[4]</sup>與 Bass 擴散模式<sup>[20]</sup>，提出衡量受訪者對使用 eTag 之創新模仿態度（如創新採用性、傳媒影響性、口碑影響性、意見傳遞性等因素），以及影響其使用 eTag 之接受態度<sup>[24,25]</sup>（如正向優惠誘因與負向移轉障礙<sup>[24-27]</sup>）等因素，各因素衡量問項如表 1 所示。

表 1 影響使用 eTag 潛在因素之衡量問項

態度分類	因素 (代碼)	問項
創新模仿態度	創新採用性 ( <i>o</i> )	當我知道推出 eTag 後就馬上安裝使用
	傳媒影響性 ( <i>p</i> )	我會受高速公路上宣傳廣告影響而使用 eTag
		我會受新聞媒體宣傳影響而使用 eTag
	口碑影響性 ( <i>q</i> )	我會受親友口碑推薦影響而使用 eTag
	意見傳遞性 ( <i>m</i> )	我周遭的朋友會詢問我有關 eTag 的使用情況
		我願意推薦其他人使用 eTag
接受態度	優惠誘因 ( <i>DA</i> )	繳交通行費享有 9 折優惠會吸引我使用 eTag
	移轉障礙 ( <i>SB</i> )	我認為改用 eTag 後，使用上反而會很麻煩

進一步則詢問受訪者對 eTag 的使用意願，分為 3 種情境調查：首先，情境一先詢問受訪者在高速公路全面實施計程收費後，若未強制安裝 eTag，使用 eTag 繳交通行費的意願，並調查不願意使用者之考量原因。再者，為了解原先於情境一不願意使用 eTag 者，在面臨不同收費政策調整後，其對 eTag 使用意願是否會有所改變，本研究針對近期高公局與媒體輿論討論的重要收費政策調整方案，研擬情境 2「若兩年後取消橫向國道免收費」與情境 3「若取消免費里程」等假設情境，詢問原先情境 1 傾向不願意使用者之使用意願之變化。

有關態度與意願等問項皆採正向敘述方式，以李克特 (Likert) 五點尺度衡量，分別為「非常不同意／非常不可能」、「不太同意／不太可能」、「普通」、「有點同意／有點可能」及「非常同意／非常可能」。本研究於問卷正式施測前，預先進行問卷的試調工作，並依受訪者意見修改問卷內容後，完成正式的調查問卷。有關研究範圍的界定係參考國道高速公路局所劃分之國道分區路網，研究對象主要選定居住且通勤於臺灣西部高速公路之小汽車駕駛人，調查時間為民國 102 年 6 月至 7 月，蒐集平日、假日及各種旅次目的之樣本。問卷調查方式主要是於高速公路服務區進行面訪調查，係於臺灣西部兩條高速公路之北、中、南區各擇定一處服務區進行調查，國道 1 號選定湖口、西螺與仁德服務區，至於國道 3 號則選定關西、清水與關廟服務區。

本研究選擇常用的便利抽樣 (convenience sampling) 與配額抽樣 (quota sampling)<sup>[28]</sup> 方法，考量研究範圍內母體資料未能確知的情況，依當年度相關人口統計資料<sup>[29]</sup>，推算研究範圍內社經特性 (如區域人口、性別、年齡與教育程度等) 之分配比例，根據所推斷的社經條件比例，依性別、教育程度或年齡等社會經濟條件之類別進行比例抽樣<sup>[28]</sup>，盡量使抽樣結果能符合推估的社經分佈狀況。惟受限於調查方法，此次實際調查回收之樣本代表性仍不宜擴大推論解釋全部母體，僅能說明此次實證研究之分析結果，此為本研究調查結果應用之限制。

## 四、實證分析

### 4.1 樣本初步分析

#### (一) 敘述性統計

本研究針對行駛於高速公路西部走廊的小汽車駕駛人進行抽樣調查，調查問卷數共 1,280 份，扣除無效問卷後，得到有效問卷 1,243 份，有效問卷回收率為 97.1%，樣本結構型態如表 2 所示。有關受訪者社會經濟特性，以男性駕駛人居多 (73.2%)，近九成集中在年齡層 25~54 歲 (87.4%)，大學專科學歷者占一半比例 (54.1%)，六成以上受訪者之個人月所得為 2~6 萬 (62.1%)。

從受訪者旅運特性來看，依受訪者最常行駛高速公路的旅次目的劃分，上班上學旅次 286 份 (23.0%)、商務洽公旅次 180 份 (14.5%)、返鄉旅次 184 份 (14.8%)、探親訪友旅次 163 份 (13.1%)及休閒旅遊旅次 407 份 (32.7%)，其他旅次則有 23 份 (1.9%)。以受訪者最常行駛高速公路的單程距離區分，短程旅次 (0~100 公里) 占七成以上 (74.67%)、中程旅次 (100~200 公里) 占 18.6%，長程旅次 (200 公里以上) 則為 6.8%。此外，從受訪者使用 ETC (包括 eTag 與 OBU) 繳交高速公路通行費的經驗來看，尚未使用 ETC 者占 36.0%，已使用 ETC 者則占 64.0%；其中使用者對 ETC 的滿意度，有 44.6%的受訪者表示滿意、34.7%則認為普通、20.7%則認為不滿意。

進一步分析高速公路全面實施計程收費後不願意使用 eTag 繳交通行費的原因 (如表 3)，受訪者主要是顧慮 eTag 系統本身的可靠度，包括無法即時查詢餘額 (48.4%)、無法提醒是否扣款成功或警示餘額是否足夠 (48.2%)、受負面評價影響對 eTag 觀感不佳 (42.8%)、害怕 eTag 扣款失靈 (40.6%)、儲值不便 (40.3%)、害怕 eTag 無故脫落或撕毀 (36.2%) 等。此外，受訪者亦考量自身隱私不願留下行車紀錄 (32.3%)，且因行駛里程短應可享有免費里程 (21.3%)，很少行駛高速公路 (17.0%)，eTag 申裝服務地點太少 (14.5%)，多半行駛橫向免收費國道 (11.7%)，多半是公務出差、不方便報公帳 (9.9%)。至於其他意見 (31.2%)尚包括不滿遠通不繳納違約罰款、企業形象不佳、質疑得標過程有官商勾結且圖利廠商之嫌、資訊化後成本竟比人工高、eTag 設計不美觀、顧慮電磁波問題、認為使用車牌辨識管道即可、不想先儲值、傾向用月結付款、儲值免手續費地點太少、繳費及服務未以民眾便利考量、認為不裝也可上路、相關配套措施尚未明朗、系統出問題卻需由消費者自行申訴、誤扣款時不願意自提證據等負評意見。

表 2 敘述性統計

社經特性		樣本數	百分比 (%)	旅運特性		樣本數	百分比 (%)
現居地	北區	511	41.1	旅次目的	上班上學	286	23.0
	中區	282	22.7		商務洽公	180	14.5
	南區	450	36.2		返鄉	184	14.8
性別	女	333	26.8		探親訪友	163	13.1
	男	910	73.2		休閒旅遊	407	32.7
年齡	24 歲以下	119	9.6	行駛頻率	其他	23	1.9
	25~34 歲	506	40.7		幾乎每天行駛	240	19.3
	35~44 歲	443	35.6		兩、三天 1 次	195	15.7
	45~54 歲	138	11.1		1 星期 1 次	268	21.6
	55 歲以上	37	3.0		兩星期 1 次	133	10.7
教育程度	高中職以下	195	15.7	行駛距離	1 個月 1 次	168	13.5
	大學專科	672	54.1		很少	239	19.2
	研究所以上	376	30.2		0~15 公里	94	7.6
個人月所得	2 萬元以下	122	9.8		16~30 公里	308	24.8
	2~4 萬元	416	33.5		31~100 公里	526	42.3
	4~6 萬元	363	29.2		101~200 公里	231	18.6
	6~8 萬元	176	14.2		201~300 公里	47	3.8
	8 萬元以上	166	13.4		301 公里以上	37	3.0

表 3 不願意使用 eTag 的原因之複選題分析

項 目	選擇數	比例%
無法即時查詢餘額	328	48.4
無法提醒是否扣款成功或警示餘額是否足夠	326	48.2
受負面評價影響，對 eTag 觀感不佳	290	42.8
害怕 eTag 扣款失靈	275	40.6
儲值不便	273	40.3
害怕 eTag 無故脫落或撕毀	245	36.2
隱私考量，不願留下行車紀錄	219	32.3
行駛里程短，應可享有免費里程	144	21.3
很少行駛高速公路	115	17.0
eTag 申裝服務地點太少	98	14.5
多半行駛橫向免收費國道(如國道 2、4、6、8、10 號)	79	11.7
多半是公務出差，不方便報公帳	67	9.9
其他	211	31.2
總計	2,670	394.4

## (二) 創新模仿態度分群分析

為了解受訪者對使用電子收費新的 eTag 服務所呈現的創新模仿態度，先針對其 4 個潛在因素（包括創新採用性、傳媒影響性、口碑影響性與意見傳遞性等）進行態度分群分析。各因素之衡量問項填答分數由非常不同意至非常同意之順序為 1~5 分，若該因素以兩個問項衡量，則以算術平均數四捨五入取其得分。依各因素計算得分作為分群指標，分數小於 3 者劃分為低態度分群，等於 3 者則屬中態度分群，大於 3 以上則歸屬高態度分群，各因素之低、中、高 3 個態度分群的樣本數與比例如表 4 所示。

整體來看，創新模仿態度的 4 個因素平均分數均低於 3，可見國內小汽車駕駛人對 eTag 新科技的創新模仿態度偏低，這也突顯出 ETC 一直以來受到的負面評論影響。其中，又以傳媒影響性的平均分數 (2.41) 最低，意見傳遞性 (2.79) 和口碑影響性 (2.70) 的平均分數則較高，顯示駕駛人較易受使用 eTag 的親友口碑推薦影響，受高速公路路側廣告或新聞媒體宣傳的效果反倒有限。此外，依分群結果得知，受訪者對創新採用性的態度明顯兩極化，高態度分群分數 (4.37) 明顯高於其他因素，但其所占比例僅 22.2%，低態度分群分數 (1.31) 則明顯低於其他因素，其比例卻占一半以上 (50.7%)。

表 4 創新模仿態度分群結果

因素	態度分群	比例	樣本數	分群分數	平均分數
創新採用性	高	22.2%	276	4.37	2.45
	中	27.1%	337	3.00	
	低	50.7%	630	1.31	
傳媒影響性	高	22.6%	281	4.04	2.41
	中	29.0%	360	2.91	
	低	48.4%	602	1.35	
口碑影響性	高	32.3%	401	4.26	2.70
	中	25.7%	319	3.00	
	低	42.0%	523	1.31	
意見傳遞性	高	32.4%	403	3.93	2.79
	中	37.0%	460	2.83	
	低	30.6%	380	1.53	

## (三) 接受態度與使用意願關聯分析

本研究針對影響駕駛人使用 eTag 之接受態度，分別設計正負向潛在因素予以討論。對駕駛人而言，正向優惠誘因是指使用 eTag 繳交通行費可享受折扣優惠的吸引力，至於負向移轉障礙因素則是駕駛人認為 ETC 改用 eTag 系統後的不便性。為了解不同接受態度

的駕駛人對 eTag 使用意願之差異，本研究將優惠誘因 (DA) 與移轉障礙 (SB) 兩因素標準化後的數值作為二維空間的評估指標。橫軸表示標準化後之優惠誘因，愈往右數值為正的部分，代表駕駛人愈認同 eTag 採行通行費優惠折扣帶來的正向效果；縱軸表示標準化後之移轉障礙，愈往下數值為正，表示駕駛人移轉使用 eTag 的障礙程度愈大。依據優惠誘因高低與移轉障礙高低的差異，可將此二維空間分為 A、B、C 和 D 等 4 個區域 (如圖 3)。

有關此二維空間中不同區域之 eTag 使用意願 (以 1~5 分示之) 比較，落於 A 區的研究樣本 (占整體樣本 14.9%) 屬於「低移轉障礙、低優惠誘因」的接受態度，對 eTag 感受到的通行費優惠吸引誘因較低，以情境 1 原計程收費方案來看，三成五以上的樣本傾向不使用 eTag 繳交通行費，惟因 A 區樣本所認知的移轉障礙相對較低，後續較易改變心意使用 eTag 繳交通行費。情境 2 取消橫向國道免收費與情境 3 取消免費里程後，傾向不使用者的比例略微降低。

相對於 A 區的 C 區研究樣本 (占整體樣本的 37.1%)，屬於「高移轉障礙、低優惠誘因」的接受態度，同樣對 eTag 感受較低的優惠誘因，但因其所認知的移轉障礙較高，日後也較不易激發其改用 eTag 的動機；以情境 1 來看，使用意願顯示高達七成一的樣本傾向不使用 eTag，即便日後取消橫向國道免收費或免費里程，亦有五成七左右的駕駛人不願改使用 eTag 繳交通行費。

至於 B 區研究樣本 (占整體樣本 27.3%)，屬於「低移轉障礙、高優惠誘因」的接受態度，明顯對 eTag 為高接受態度者，eTag 採行的通行費優惠措施對其產生高誘因，加上認知的移轉障礙相對較低，因此，高達八成一的駕駛人明確表達願意於計程收費時使用 eTag 繳交通行費，一旦取消橫向國道免收費優惠政策後，其使用意願更高達九成以上。而 D 區研究樣本 (占整體樣本 20.8%) 屬「高移轉障礙、高優惠誘因」的接受態度，雖然此族群感受到的移轉障礙較高，但面臨使用 eTag 繳交通行費的可享有優惠折扣的吸引，仍有一半以上的研究樣本傾向選擇使用 eTag。

本研究進一步以單因子變異數分析 (one-way ANOVA) 駕駛人在不同接受態度下之使用意願是否具有顯著差異，3 種情境之 F 值均達 0.05 之顯著水準，並以兩兩配對方式進行 Scheffe 法事後比較檢定<sup>[30]</sup>，結果如表 5 所示，各情境下 4 種不同接受態度 (即 A、B、C、D 4 種分區樣本特性) 之 eTag 使用意願均具有顯著性差異，駕駛人對 eTag 的使用意願高低依序為 B > D > A > C，優惠誘因較高者使用意願較高，移轉障礙較低者使用意願亦較高。整體來看，又以情境 2 取消橫向國道收費後駕駛人對 eTag 的使用意願較高，不同接受態度之使用意願平均值依序為 B (4.34)、D (3.70)、A (3.23)、C (2.23)；情境 3 取消免費里程次之，使用意願平均值依序為 B (4.31)、D (3.61)、A (3.25)、C (2.20)；情境 1 之使用意願則相對較低，使用意願平均值依序為 B (4.14)、D (3.47)、A (3.11)、C (1.95)。



## 4.2 使用意願模式校估

### (一) 模式建構

為了解高速公路實施計程收費後駕駛人對 eTag 的使用意願，以及日後取消橫向國道免收費與取消每日免費里程等政策變化等情境下，駕駛人使用 eTag 意願的改變，本研究以排序普羅比模式進行校估。排序普羅比模式與其他個體選擇模式較大的不同，一般個體選擇模式是皆假設決策者選擇可選集合中產生最大效用的方案，而排序普羅比模式則適用於具排序性的方案。排序普羅比模式假設決策者的偏好傾向為一連續型變數，然而此種連續型變數卻無法觀測到。在本研究中，駕駛人是否使用 eTag 繳交高速公路通行費之敘述性偏好意願為主要的觀測變數，但實際可以觀測到的是從「非常不可能」到「非常可能」這種具排序性的類別選擇。

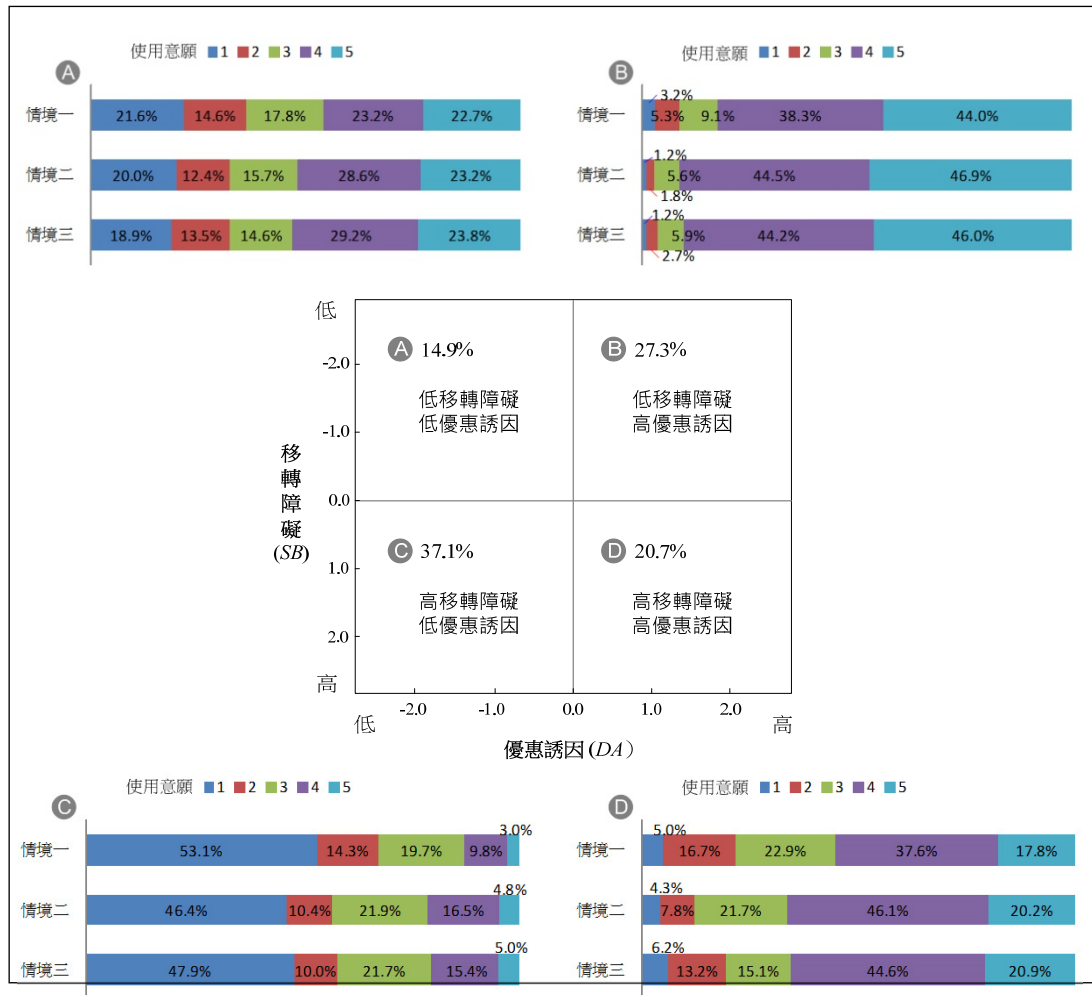


圖 3 不同接受態度下之 eTag 使用意願比例

表 5 單因子變異數分析

情境	不同接受態度		平均數差異值 (I-J)	P 值	95%信賴區間估計值	
	(I)	(J)			下界	上界
情境 1	A	B	-1.036*	0.000	-1.336	-0.737
	A	C	1.156*	0.000	0.870	1.441
	A	D	-0.357*	0.019	-0.673	-0.041
	B	C	2.192*	0.000	1.958	2.427
	B	D	0.679*	0.000	0.408	0.950
	C	D	-1.513*	0.000	-1.768	-1.258
情境 2	A	B	-1.115*	0.000	-1.410	-0.821
	A	C	0.999*	0.000	0.719	1.280
	A	D	-0.475*	0.000	-0.785	-0.164
	B	C	2.114*	0.000	1.884	2.345
	B	D	0.641*	0.000	0.374	0.907
	C	D	-1.474*	0.000	-1.724	-1.223
情境 3	A	B	-1.059*	0.000	-1.361	-0.757
	A	C	1.059*	0.000	0.771	1.346
	A	D	-0.354*	0.021	-0.673	-0.036
	B	C	2.117*	0.000	1.881	2.354
	B	D	0.704*	0.000	0.431	0.977
	C	D	-1.413*	0.000	-1.670	-1.156

註：\*表示平均數差異值在 0.05 水準為顯著

由於應變數使用意願為無法觀測的連續型變數，因此，排序普羅比係利用門檻值參數來區分各排序類別選擇所對應的區間。依 Limdep 模式變數輸入需求，將問卷調查所得受訪者在不同情境下對使用 eTag 意願之 Likert 五點尺度分數 1~5 分，分別轉換為排序性數值 0 (非常不可能)、1 (不太可能)、2 (普通)、3 (有點可能)、4 (非常可能)。依模式校估後可得受訪者選擇 eTag 各使用意願排序類別的機率，以推估其偏好的使用意願。

初始模式之解釋變數則先納入所有旅運特性 (行駛頻率、旅次目的、行駛距離與使用 ETC 經驗)、社經特性 (現居地、性別、年齡、教育程度與月所得)、創新模仿態度 (創新採用性、傳媒影響性、口碑影響性與意見傳遞性) 及接受態度 (優惠誘因與移轉障礙) 等所有可能的影響因素。旅運特性與社經特性的解釋變數均以虛擬變數納入模式中討論處理，至於創新模仿態度與接受態度之潛在因素則轉化成標準化後的變數值。旅運特性中行駛高速公路頻率至少 1 個月 1 次者設其值為 1，其餘為 0；使用 ETC 經驗則分為尚未使用

ETC 者、新 eTag 用戶、原 OBU 轉 eTag 用戶，以及原 OBU 或全民體驗用戶等 4 種族群，並由 3 個虛擬變數處理，各族群代表的虛擬變數如表 6 所示。

表 6 使用 ETC 經驗之虛擬變數

族群 \ 虛擬變數	$D_1$	$D_2$	$D_3$
尚未使用 ETC 者	0	0	0
新 eTag 用戶	1	0	0
原 OBU 轉 eTag 用戶	0	1	0
原 OBU 或全民體驗用戶	0	0	1

## (二) 模式校估結果

本研究分別針對 3 種情境予以校估 eTag 使用意願模式，情境 1 為「全面實施計程收費，但橫向國道暫不收費，且可享有每日免費里程」，情境 2 則假設「若兩年後取消橫向國道免收費」的政策調整，至於情境 3 則假設「若取消免費里程」的優惠政策，各情境模式校估結果如表 7 所示。依模式校估結果顯示，3 個情境模式中顯著的變數大致相同，從常數項來看，相較於情境 1 現行計程收費方案，情境 2 取消橫向國道免收費後，原先受惠於橫向國道免收費政策日後者對使用 eTag 的意願將明顯提高，情境 3 取消免費里程後的使用意願亦略微增加。

由於 eTag 具有初次免費申辦的特性，使得各種旅運特性與社經特性的駕駛人均可無償使用，因此，各變數間之使用意願差異並不大，故多數變數在初始模式校估過程中均未達顯著。旅運特性中僅行駛頻率與部分使用 ETC 經驗變數顯著，行駛高速公路頻率 1 個月少於 1 次者，因其較少使用高速公路，故使用 eTag 繳付通行費的意願自然偏低；而使用舊有 OBU 或全民體驗方案用戶，雖然目前尚未轉換成 eTag，但因其屬早期就使用 ETC 的高接受度者，且以其過去慣於使用 ETC 的便利性，日後實施計程收費後仍將傾向使用 eTag 繳交高速公路通行費；至於旅次目的與行駛距離等變數並未顯著，顯示各式旅次型態對 eTag 的使用意願並無顯著差異。此外，各模式中之社經特性變數對使用意願的影響亦無顯著差異。

整體而言，駕駛人的創新模仿態度的 4 個因素中，大致均顯著影響使用意願。從模式校估係數值來看，其中又以意見傳遞性 ( $m$ ) 的影響效果最為顯著，顯示若駕駛人對 eTag 有較高的使用意願，亦將表現出明顯的意見傳遞態度。從創新採用性 ( $o$ ) 的校估係數值來看，情境 1 明顯高於情境 2 與情境 3，顯示於情境 1 推行計程收費之初就傾向願意使用 eTag 者，符合 eTag 使用擴散歷程中創新採用意願程度較高的類型。至於後期因收費優惠政策改變，情境 2 與情境 3 中才傾向使用 eTag 的採用者，更易受親友口碑推薦影響，口碑影

響性 ( $q$ ) 增加，傳媒影響性 ( $p$ ) 則較為降低。

至於從駕駛人接受態度兩因素的影響係數來比較，享有 9 折的正向優惠誘因 ( $DA$ ) 略勝於負向的移轉障礙 ( $SB$ )，可見通行費優惠折扣對駕駛人有相當大的吸引力。一旦實施情境 2 取消橫向國道免收費的政策，移轉障礙 ( $SB$ ) 的影響力明顯降低，優惠誘因 ( $DA$ ) 的影響力則明顯增加，對於以橫向國道使用為主的駕駛人而言，若其通勤使用率較頻繁，即便感到改用 eTag 麻煩不便，在通行費折扣的誘因下，仍會考量申裝 eTag 繳交通行費，通行費優惠政策效果顯著。

表 7 排序普羅比模式校估結果

解釋變數	模式	情境 1		情境 2		情境 3	
		係數值	$t$ 值	係數值	$t$ 值	係數值	$t$ 值
常數項		1.016	12.97***	1.220	14.69***	1.107	14.71***
旅運特性							
行駛頻率 (至少 1 個月 1 次=1，很少=0)		0.178	2.26*	0.232	2.87**	0.256	3.16**
使用 ETC 經驗之虛擬變數							
$D_1$ (新 eTag 用戶=1，其他=0)		0.034	0.40	0.067	0.77	0.094	1.08
$D_2$ (原 OBU 轉 eTag 用戶=1，其他=0)		-0.069	-0.69	0.065	0.65	0.054	0.54
$D_3$ (原 OBU 或全民體驗用戶=1，其他=0)		0.440	3.27**	0.447	3.30**	0.412	3.03**
創新模仿態度							
創新採用性 ( $o$ )		0.200	5.14***	0.165	4.22***	0.139	3.60***
傳媒影響性 ( $p$ )		0.137	3.22**	0.136	2.75**	0.047	0.93
口碑影響性 ( $q$ )		0.131	2.60**	0.144	2.64**	0.153	2.78**
意見傳遞性 ( $m$ )		0.229	5.27***	0.264	5.84***	0.278	6.34***
接受態度							
優惠誘因 ( $DA$ )		0.496	11.43***	0.524	12.01***	0.501	11.61***
移轉障礙 ( $SB$ )		-0.422	-11.52***	-0.399	-11.06***	-0.421	-11.77***
門檻值							
$\mu_1$		0.675	13.24***	0.511	10.35***	0.548	11.15***
$\mu_2$		1.401	22.22***	1.314	19.67***	1.231	19.38***
$\mu_3$		2.438	34.64***	2.613	34.64***	2.467	34.28***
概似函數初始值 $LL(0)$		-1461.28		-1375.25		-1420.48	
概似函數收斂值 $LL(\hat{\beta})$		-1962.17		-1895.73		-1908.93	
概似比指標 $\rho^2$		0.255		0.275		0.256	
修正概似比指標 $\bar{\rho}^2$		0.250		0.269		0.251	
樣本數		1,243		1,243		1,243	

註：\*\*\*表示  $t$  檢定顯著水準  $p < 0.001$ ；\*\*表示  $t$  檢定顯著水準  $p < 0.01$ ；\*表示  $t$  檢定顯著水準  $p < 0.1$ 。

依模式校估結果可知，所有門檻值均達顯著水準，代表可適切地定義所預測之應變數使用意願的排序區間。由於門檻值  $\mu_1$  以下表示駕駛人傾向不願意使用 eTag，依模式校估結果顯示情境 2 的門檻值  $\mu_1$  最低，因此，落入  $\mu_1$  以下區間不願意使用的樣本數相對於情境 1 較少，亦比情境 3 少，故情境 2 表達不願意使用者的比例最少。從情境 1 至情境 2 與情境 3，表達「普通」使用意願的樣本數亦減少，因此門檻值  $\mu_2$  亦降低。至於高於門檻值  $\mu_3$  區間表示表達「非常可能」的使用意願，情境 2 此門檻值  $\mu_3$  增加，故落入此區間的樣本數較少，但因門檻值  $\mu_2$  降低、門檻值  $\mu_3$  增加，區間範圍增大，所以落入此區間表達「有點可能」的樣本數反而較多，也使得情境 2 整體表達傾向使用的意願變得較高。情境 3 門檻值  $\mu_3$  則略高於情境 1，使用意願則較情境 1 略微提高，但仍低於情境 2。

### (三) 市場潛量推估

除了變數係數校估外，排序普羅比模式可進一步預測落入各使用意願區間的樣本數，再自行換算成各排序偏好所占比例。由於本研究後續將探討 eTag 使用擴散型態，故需將原先受訪者表達的五點尺度予以轉換，換算成整體使用意願百分比以分析各情境之使用意願。本研究在此假設傾向不願意使用族群，包括明確表達「非常不可能」和「不太可能」使用意願者；至於傾向較可能願意使用 eTag 的族群，則扣除明顯不願意使用者，為後續市場潛量發展的可能性，包括表達「普通」、「有點可能」和「非常可能」等意願者。依本研究定義，將模式校估結果各情境表達「普通」、「有點可能」和「非常可能」等意願者所占比例加總，即可換算成各情境之市場潛量。例如將情境 1、情境 2 與情境 3 上述三者使用意願排序偏好比例加總後，分別為 77.98%、82.57%與 80.07%，即可推估 eTag 後續可能的市場潛量。

依上述使用意願假設原則換算，情境 1 原計程收費方案中，有 22.02%的駕駛人計程收費後明確表示不願意使用 eTag 繳交高速公路通行費，相對地約有 77.98%的駕駛人計程收費初期較有可能使用 eTag，較調查現況 64.0%的 ETC 使用者略為成長 13.98%。情境 2 取消橫向國道免收費後，不願意使用 eTag 的比例降至 17.43%，推算即傾向可能使用 eTag 的比例明顯成長至 82.57%；情境 3 取消免費里程優惠後，不願意使用的比例亦略低於情境 1 低，為 19.93%，傾向願意使用者比例亦些微成長至 80.07%。顯示計程收費初期高公局為避免對既有行駛橫向國道與短程等免費旅次衝擊過大的優惠政策，確實限制部分駕駛人目前申辦 eTag 的意願，一旦優惠政策取消後，除了鮮少行駛高速公路者外，部分受惠族群無可避免的仍須安裝 eTag 繳交計程通行費，故將改變其對 eTag 的使用意願。

### 4.3 eTag 擴散型態

為了解高速公路推動電子化收費技術以來，駕駛人接受電子收費服務創新之擴散過程，本研究直接採用常被用來解釋採用擴散行為的創新擴散理論<sup>[4]</sup>，對應於 Rogers<sup>[4]</sup>所提出的 5 種不同採用類別（包括創新者、早期採用者、早期大眾、晚期大眾與落後者等），以了解電子收費在整體發展過程與不同產品生命週期，駕駛人採用的比例與接受程度等擴

散型態。受限於高公局的官方統計資料為 ETC 總裝機數資料，並未區分 OBU 與 eTag 個別裝機數資料，無法單獨針對 eTag 服務進行討論。因此，本研究蒐集歷年各月份 ETC 總裝機數 (含 OBU 與 eTag) 之時間序列資料，依擴散型態將各種採用類型比例與速度整理成表 8。並將不同月份的累積裝機率比例繪製如圖 4，其中縱軸以駕駛人登記車輛總數視為市場總數，以便看出裝機率上的變化。

這 5 種採用類別可反應出整個電子收費市場發展擴散的型態，ETC 在服務推出第 4 個月時，所有屬於創新者採用類型的人就已經開始使用 OBU 服務，此時使用該服務的人數已經占全體市場潛量的 2.5%；惟後續成長緩慢，服務啟用第 59 月 (約 4 年半後) 時，累計使用者才達到 16%，市場屬於早期採用期。eTag 於第 68 個月 (100 年 9 月) 開始於基隆推廣試用，第 76 個月全面免費申裝 eTag 後，裝機數才明顯成長，擴散曲線呈現急速成長的現象。惟回顧整個 ETC 發展歷程，服務啟用約 7 年後 (第 85 個月)，累計使用者才達到市場潛量的一半，此時市場仍屬於早期大眾，可見國內對電子收費服務的接受度甚低，主要原因仍是因先期 OBU 申裝費用較高，使得用路人申辦意願低落，直至推出免費申裝的 eTag，才獲致用路人明顯迴響，此時電子收費市場規模急速增加。

eTag 免費申辦的策略效果，持續讓電子收費市場急速擴散至晚期大眾階段，然而，擴散至一定規模之後又呈現成長趨緩現象。依本研究模式推估結果，至計程收費實施初期 (約第 95 個月)，駕駛人傾向願意使用 eTag 的意願僅占 77.98%，後期擴散速度甚慢，即便兩年後取消橫向國道免收費的情境 2 與取消免費里程的情境 3，累積市場使用人數約僅能趨近全體市場的 84% (晚期大眾)，後續若未施行更多誘因吸引使用，落後者要加入市場恐需一段時間。

若無特殊行銷策略 (如通行費更加優惠、對該系統服務更有信心、彈性繳費方式) 或政策規定 (如立法強制申裝 eTag)，短期市場累積擴散比例難以有明顯突破成長，加上部分駕駛人的旅運限制 (如行駛頻率不高，不願儲值) 與隱私考量，市場需求不易趨近 100%。高速公路 eTag 服務與一般產品或服務市場有別，除非感受到明顯不便或需額外負擔更多繳費成本，這些市場落後者才可能加入使用 eTag，其加入市場的時程將與後續高公局或遠通推行的營運策略有關。

由於國內並未強制立法安裝使用 ETC 繳交計程收費，加上短期有免費里程的優惠措施，對行駛頻率較低、短程旅次或橫向國道旅次的駕駛人而言，對 eTag 的使用意願自然偏低。對計程收費初期享有免費里程優惠的駕駛人而言，當取消免費的優惠策略後，裝機比例將可再提昇。依本研究模式推估結果顯示，假設兩年後取消橫向國道免收費 (如國道 2、4、6、8、10 號)，將增加 4.59% 的使用意願，意即傾向願意使用 eTag 的駕駛人將占 82.57%；若日後取消免費里程，則願意使用 eTag 亦增加 2.09%，傾向願意使用的市場潛量駕駛人比例略為成長至 80.07%。

值得注意的是，即使遠通電收提供免費申裝的 eTag 系統，且通行費可享受有 9 折優惠，仍有一定比例的駕駛人不願意申裝，可見非價格因素仍有相當的影響力。回顧第 4.1 節中有關駕駛人不願申裝使用 eTag 的原因中，對 eTag 系統服務可靠度質疑的比例相當高，這

也是大眾傳媒與口碑傳遞兩面刃所產生的負向資訊影響效果，相關營運管理單位確實需思考如何能精準行銷提高宣傳效果，並加強相關服務，以降低駕駛人對此系統的不信任感。至於駕駛人對營運過程瑕疵與企業形象的質疑，則需由相關單位依法釋疑予以妥善處理，以提高社會整體對公信力的觀感。

表 8 各種擴散類型採用類型比例與速度

採用類別 資料	創新者 (2.5%)	早期採用 (16%)	早期大眾 (50%)	晚期大眾 (84%)	落後者 (100%)
ETC 裝機率 達成時間	第 4 月	第 59 月	第 85 月	<ul style="list-style-type: none"> <li>歷史值 (102 年 9 月)：第 93 月 (71.47%)</li> <li>情境 1：第 95 月 (77.98%)</li> <li>情境 2：兩年後取消橫向國道免收費 (82.57%)</li> <li>情境 3：取消免費里程 (80.07%)</li> </ul>	—

註：( )內數字表示累計使用比例

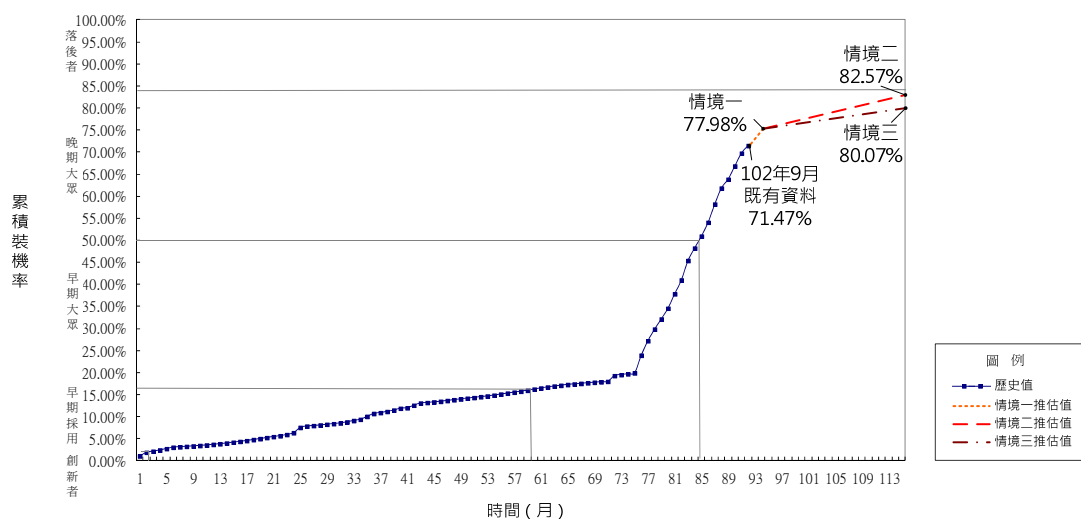


圖 4 不同時期創新接受程度

## 五、結論與建議

本研究利用排序普羅比模式分析小汽車駕駛人對 eTag 服務之使用意願與重要影響因素，並應用創新擴散理論了解其市場擴散型態，據以發展相關服務行銷建議供營運管理單

位參酌。本研究透過問卷調查蒐集研究樣本 1,243 份進行實證分析，以及蒐集次級歷史裝機數資料，據以建構使用意願模式與探討擴散型態。茲將本研究分析成果獲致之重要結論與行銷意涵摘述如下：

#### 1. 不願申裝原因主要對系統服務存疑，可享免收費優惠居次

依實證調查結果顯示，受訪者不願意使用 eTag 繳交通行費的原因，主要是顧慮 eTag 服務的可靠性（包括無法即時查詢餘額、無法提醒是否扣款成功或警示餘額是否足夠、受負面評價影響對 eTag 觀感不佳、害怕 eTag 扣款失靈、儲值不便、害怕 eTag 無故脫落或撕毀、eTag 申裝服務地點太少等），以及免收費政策的受惠族群（如應可享有免費里程、多半行駛橫向免收費國道），部分係因較少行駛高速公路，或者自身隱私考量，或對營運過程公信力瑕疵與企業形象不滿等。

#### 2. 創新模仿態度與接受態度顯著影響使用意願

從使用意願分析模式校估結果得知，駕駛人認知的創新模仿態度 4 個因素中，大致均顯著影響使用意願，且以意見傳遞性的影響效果最為顯著，顯示若駕駛人對 eTag 有較高的使用意願，亦將表現出明顯的意見傳遞態度。至於情境 1 推行計程收費之初就傾向願意使用 eTag 者創新採用性較高，情境 2 與情境 3 中才傾向使用 eTag 的採用者，更易受親友口碑推薦影響，口碑影響性增加，傳媒影響性則較為降低。至於駕駛人的接受態度，正向優惠誘因對使用意願的影響程度明顯大於負向移轉障礙，顯示通行費優惠折扣對駕駛人具相當吸引效果。實施情境 2 取消橫向國道免收費政策後，移轉障礙影響力明顯降低，優惠誘因影響力則明顯增加。此外，移轉障礙高且較不受優惠誘因影響的駕駛人，日後也較難激發其改用 eTag 的動機。

#### 3. 取消免收費政策可提高使用意願

依排序普羅比模式對駕駛人使用意願的預測結果，進一步推估 eTag 市場潛量，情境 1 原計程收費方案中約有 77.98% 的駕駛人計程收費初期傾向願意使用 eTag，較調查現況 64.0% 的 ETC 使用者略為成長 13.98%；情境 2 若取消橫向國道免收費後，原先於情境 1 表達不願意使用者，部分改變其使用意願，傾向願意使用 eTag 的比例明顯成長至 82.57%；情境 3 取消免費里程優惠後，傾向願意使用者比例亦些微成長至 77.98%。顯示計程收費初期高公局為避免對既有行駛橫向國道與短程等免費旅次衝擊過大的優惠政策，確實限制部分駕駛人目前申辦 eTag 的意願，一旦優惠政策取消後，除了鮮少行駛高速公路者外，現行受惠族群無可避免的仍須安裝 eTag 繳交計程通行費，故將改變其使用意願。

#### 4. 若無特殊行銷策略或強制規定，短期市場累積擴散比例難 100%

本研究援用創新擴散理論探討 eTag 使用擴散型態，可知 ETC 服務在原先推出 OBU 時申裝率成長緩慢，直至推出全面免費申裝 eTag，裝機數才明顯成長，7 年後累計使用者才達到市場潛量的一半，在此之前市場仍屬於早期大眾；至計程收費前累積市場使用人數約僅能達全體市場潛量的 84%（晚期大眾），後續擴散發展將趨緩，在無特別誘因下，落後者加入市場尚需一段時間。若要提高市場落後者申裝意願，相關營運管理單位需思考如何



讓駕駛人對該系統服務更有信心，以及提出彈性繳費方式或更加吸引人的優惠方案等，甚或在使用率達一定比例後討論是否立法強制申裝 eTag 等。

在研究限制方面，受限於高公局官方 ETC 總裝機數資料取得，無法單就 eTag 與 OBU 兩種不同電子收費系統服務比較，僅能以總體 ETC 用戶數描述累積裝機率的擴散型態。此外，由於本研究係以車輛登記數作為高速公路繳交計程通行費的整體市場，故無法剔除完全不行駛高速公路的車輛或尚未報廢的老舊且已無使用車輛，故裝機率可能會略微低估。加上本研究調查取得的申裝使用意願，與官方資料推算的裝機率之資料來源定義不同，僅能就 ETC 使用意願發展趨勢與變化做說明，不適宜比較模式推估值與實際發展現況，此為本研究資料取得限制。且因本研究係採問卷調查方式直接詢問受訪者對不同情境時點之 eTag 使用意願的變化，故有關不同時期的自然成長率部分，並未另以其他預測方法推估，此亦為本研究範疇限制。

## 參考文獻

1. 交通部臺灣區國道高速公路局，「電子收費運作現況：ETC 運作統計」，<http://www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=1472&p=488>，民國 102 年。
2. 陳志成、周榮昌、柯茹菁，「媒體傳播（口碑）評價變動在國道用路人對電子收費系統接受意願之影響」，臺灣資訊社會學會年會暨論文研討會，臺灣資訊社會研究學會，民國 98 年。
3. Jou, R. C., Chen, C. C., and Ke, J. C., "The Influences of Evaluation Changes from Different World-of-Mouth Channels on the Acceptance Intention of ETC Policy by Highway Users in Taiwan", 12th World Conference on Transport Research – Lisbon, WCTR Society, 2010, pp.1-22.
4. Rogers, E. M., *Diffusion of Innovations*, Free Press, New York, 1962.
5. 黃承傳、蔡甲申，「高速公路用路人使用電子收費系統選擇行為之研究」，中華民國運輸學會第 20 屆學術論文研討會論文集，中華民國運輸學會，民國 94 年。
6. 黃承傳、蔡甲申，「用路人對於電子收費系統之選擇行為分析」，第 16 屆海峽兩岸都市交通學術研討會論文集，臺北市交通安全促進會，民國 97 年，頁 267-276。
7. Chiou, Y. C., Jou, R. C., Kao, C. Y., and Fu, C., "The Adoption Behaviours of Freeway Electronic Toll Collection: A Latent Class Modeling Approach", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 49, Issue 2, pp. 266-280.
8. 黃上原，「探討影響消費者使用國道電子收費系統意願之因素」，國立成功大學電信管理研究所碩士論文，民國 94 年。
9. 林文源，「高速公路用路人對電子收費接受度之研究」，國立成功大學工學院工程管理專班碩士論文，民國 94 年。
10. 陳純德、何基鼎、范懿文、范錚強，「影響民眾使用高速公路電子收費系統意圖之因素研究」，*電子商務研究*，第 6 卷，第 4 期，民國 95 年，頁 475-500。

11. 黃金振，「小型車用路人對高速公路電子收費服務滿意度之研究」，國立交通大學管理學院碩士在職專班經營管理組碩士論文，民國 97 年。
12. 梁正儀，「影響國內汽車車主使用 ETC 電子收費服務關鍵因素之探討」，銘傳大學管理學院高階經理碩士學程碩士論文，民國 97 年。
13. 吳依純，「影響高速公路駕駛人計程收費系統使用意願之研究」，國立嘉義大學行銷與運籌研究所碩士論文，民國 99 年。
14. 沈怡如，「高速公路電子收費系統使用族群特性之探討」，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，民國 98 年。
15. 陳銘苑，「產品特性、消費者特性及服務品質影響國道用路人對電子收費車內單元 eTag 使用意願之研究」，中華大學運輸科技與物流管理學系碩士班碩士論文，民國 102 年。
16. 蔡碩倉、李偉權、洪志和，「國道用路人電子收費系統創新擴散因素之研究」，2008 第 9 屆管理學域學術研討會，朝陽科技大學，民國 97 年。
17. 蔡碩倉、林士彥、洪志和、李弘達，「創新採用與創新抵制對創新擴散之影響研究－以國道電子收費系統為例」，2008 臺灣長榮－企業管理暨經營決策學術研討會，長榮大學，民國 97 年。
18. 曾惠甄，「臺灣國道電子收費系統服務品質、顧客滿意度與購後行為之研究」，中華大學經營管理研究所碩士論文，民國 95 年。
19. 吳信美，「用路者對國內電子收費系統評價之研究」，國立嘉義大學運輸與物流工程研究所碩士論文，民國 95 年。
20. Bass, F. M., "A New Product Growth for Model Consumer Durables", *Management Science* (pre-1986), Vol.15, No. 5, 1969, pp. 215-227.
21. Ben-Akiva, M. and Lerman, S., *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, the MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1985.
22. McKelvey, R. D. and Zavoina, W., "A Statistical Model for the Analysis of Ordinal Level Dependent Variables", *Journal of Mathematical Sociology*, Vol. 4, No. 2, 1975, pp. 103-120.
23. Long, J. S., *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*, SAGE, Thousand Oaks, 1997.
24. 馮正民、郭奕姝，「廣播資訊接受度及移轉障礙對高速公路小汽車駕駛人路線移轉行為意向之影響」，**運輸計劃季刊**，第 36 卷，第 1 期，民國 96 年，頁 1-30。
25. 馮正民、郭奕姝，「路線資訊類型對高速公路小汽車駕駛人路線移轉行為之影響」，**運輸計劃季刊**，第 36 卷，第 4 期，民國 96 年，頁 477-508。
26. 郭奕姝，「以劇變模型分析高速公路實施擁擠收費之駕駛人路線移轉行為」，**運輸計劃季刊**，第 40 卷，第 2 期，民國 100 年，頁 133-160。
27. 郭奕姝，「以尖點劇變模型探討油價與高鐵折扣票價對城際運具選擇行為之影響」，**運輸計劃季刊**，第 41 卷，第 3 期，民國 101 年，頁 253-278。

28. Cooper, D. R. and Schindler, P. S., *Business Research Method*, 8th ed., McGraw-Hill, New York, 2003.
29. 內政部戶政司全球資訊網，「戶籍人口統計年報」，<http://www.ris.gov.tw/ch4/static/st10-0.html>，民國 102 年。
30. 邱皓政，**量化研究與統計分析**，五南圖書出版股份有限公司，臺北，民國 97 年。



# 軸心區位與配置模式應用於定期貨櫃 航線規劃之探討

## APPLICATION OF HUB LOCATION AND ALLOCATION MODELS IN ROUTE PLANNING FOR CONTAINER LINER SERVICES

陳秀育 Shiou-Yu Chen<sup>1</sup>  
盧華安 Hua-An Lu<sup>2</sup>  
張榕峻 Rong-Jyun Jhang<sup>3</sup>

(102 年 12 月 31 日收稿，103 年 5 月 20 日第 1 次修改，103 年 12 月 23 日第 2 次修改，  
104 年 6 月 16 日第 3 次修改，104 年 9 月 2 日定稿)

### 摘 要

定期航運公司通常以系統化方式進行航線規劃以提供廣泛的服務。本研究利用軸心區位與配置模式應用於定期航運公司航線規劃。在考慮遠洋貨櫃運輸特性下，提出雙向單一指派混合整數規劃模式。此模式以最小總運送成本為目標式，包含母船之運輸成本與集貨航線之運輸與裝卸成本，可免除設定折扣係數，並可達到經濟規模之特性。本研究利用簡例整理出影響船舶靠港選擇之影響因素，包括母船彎靠港數、貨量多寡、轉口裝卸折扣率、船舶租金及燃料費等等。最後利用最佳化套裝軟體 OPL 進行國內某大定期貨櫃航商實際資料之驗證。

- 
1. 國立臺灣海洋大學航運管理學系副教授 (聯絡地址：20224 基隆市中正區北寧路 2 號 國立臺灣海洋大學航運管理學系；聯絡電話：(02)24622192；E-mail: shiouyu@mail.ntou.edu.tw)。
  2. 國立臺灣海洋大學航運管理學系教授 (聯絡地址：20224 基隆市中正區北寧路 2 號 國立臺灣海洋大學航運管理學系)。
  3. 國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士 (聯絡地址：20224 基隆市中正區北寧路 2 號 國立臺灣海洋大學航運管理學系)。

**關鍵詞：**航線規劃；軸心區位與配置模式；軸輻路網；定期貨櫃航商

## ABSTRACT

*Liner shipping companies usually conducted an appropriate systematic analysis method in order to provide a wide range of route service. This study applied a hub location and allocation model to route planning of liner shipping companies. In considering the characteristics of deep-sea going service, this study proposes a mixed integer programming model with bi-directional single allocation. The proposed model aims to minimize total delivery cost, comprise transportation costs by mother ship, transportation and stevedoring costs in feedering, which can reflect the economies of scale on arcs without employing the discount coefficient. Through tested the proposed model with simple example, this study identified factors that may affect the choice of port to call, including the number of mother ship calls, quantities of delivered containers, transshipment discount rate of stevedoring, charter hires and bunker costs of ship etc. Finally, optimized software packages OPL was used to verify the real data from one top twenty liner shipping company.*

**Key Words:** Route planning; Hub location and allocation model; Hub-and-spoke network; Container liner shipping company

## 一、前言

目前，軸心區位與配置模式 (hub location and allocation models) 已普遍應用於航空客運網路、航空貨運與快遞運輸網路、網際網路及通訊網路等產業。軸輻式路網 (hub-and-spoke network) 運輸方式指從起點出發，不直接抵達終點而是透過一個或者兩個以上之轉運中心轉運，最後運送至終點之運輸模式。海運運輸中，Pearson<sup>[1]</sup> 提出船舶載重噸越大，則每噸或每 20 呎標準櫃 (twenty-foot equivalent unit, TEU) 貨物在海上運送成本將相對降低。大型化船舶具備設備優良、所需船員數較少、船速較快及相對較省油等優點，使每櫃之營運成本降低，因此全球遠洋貨櫃公司皆發展此目標 (交通部運輸研究所<sup>[2]</sup>)。Ashar<sup>[3]</sup> 也提出了對航商的優勢包含降低單位運送成本、增加談判籌碼、提高艙位使用率、擴大服務涵蓋範圍等。船舶大型化能帶給航商許多好處，然而也導致航商在靠港選擇上受到限制與航線規劃缺乏彈性。因現今並非所有的港口都有足夠的水深及腹地、先進的港埠設備，供大型貨櫃船停靠與貨櫃裝卸。其次，亦非所有港口皆有足夠的貨櫃流量，讓大型貨櫃船產生規模經濟。為克服以上問題，定期貨櫃航商航線規劃勢必得重新調整，考慮改變沿途停靠所有港口的傳統單一航線，而改停少數的大型港口，以發揮大型貨櫃船的效率。因此，貨櫃船的定期航線將發展出以大型港口為轉運中心的主線，並結合支線的軸輻路網模式 (謝尚行與王賢崙<sup>[4]</sup>)。

定期貨櫃航商所發展「軸輻路網模式」，即貨物經由子船即為集貨船 (feeder ship) 從起運港運送至被指派之所屬母船 (大型貨櫃船) 拜訪港，再透過大船即為母船 (mother

ship) 將所有貨物運送至目的港區域之所屬母船拜訪港，最後以子船分別運送至各目的港，母船在整個航線區域內，僅選擇停靠幾個較大的港口，此類港口稱為軸心港 (Hub Port)；航線區內母船未停靠的港口，則由集貨船運送貨物，此類港口則稱為集貨港 (Feeder Port)。而航行於航線區內軸心港間的航線，稱為主線；繞行於集貨港間的航線，稱為支線，支航線藉由軸心港與主航線作連結。航商藉由此種主線與支線相連，所構成的「海運軸輻路網」，可以更有效地降低運輸成本 (陳逸凱等人<sup>[5]</sup>)。支線上之集貨船運送貨物至軸心港的母船與自母船承接貨物運至目的地這樣的流程牽涉指派的決策，因此規劃「海運軸輻路網」宜應用，軸心區位與配置模式，尋求最佳之母船停靠港數和位置，及集貨港指派至母船拜訪港轉運情形，使運輸系統成本最低，即為母船拜訪港區位問題 (hub location problem) 和集貨港指派問題 (feeder port allocation problem) 之結合。

Bijwaard 與 Knapp<sup>[6]</sup> 及 Stopford<sup>[7]</sup> 皆提到國際貿易的貨物量有 90% 皆由海運運送。且近年來全球貨櫃航商為滿足客戶運輸服務需求，追求規模經濟降低營運成本，因此船舶大型化已成為國際海上貨櫃運輸市場之發展趨勢。貨櫃航商大都逐漸訂購大型船舶以汰舊換新，如 Maersk Line 在 2006 年投入 15,200 TEU 之 EMMA MAERSK 營運，並在 2013 年投入 18,000 TEU 之 Triple E 船舶。根據國際貨櫃化期刊 (Containerisation International; CI<sup>[8]</sup>) 至 2012 年 3 月為止統計，如表 1，現有船舶以艘數來分析，以載重噸 2,000TEU 以下之船舶居多數，共占約一半，其他 6,000TEU 以上之船舶亦占少數。由表 2 來看，新船訂單中艘數與載重噸以 10,000TEU 以上之船舶占最多，居次為 4,000TEU~5,999TEU 與 2000TEU 以下之船舶，綜合兩表，6,000TEU 以下船舶數居多，而大船中以超過 8,000TEU 之船舶有大量增加趨勢，中間 6,000TEU~7,999TEU 之船舶有減少趨勢，故整體船舶有著 M 型化現象，由以上資料可發現，貨櫃船舶的確有大型化趨勢，且船舶大小差距將會越來越大。因海運運輸運量需求漸漸增加，加上上述船舶大型化趨勢，90 年代開始國際航商逐漸採取主航線及子航線配合所產生軸輻式路網的運輸型式，於主航線上配置較大型船舶，選擇幾個較大之港口當母船拜訪港，再以較小之集貨船行駛區域內之航線，由此搭配可充分利用船舶運量，且減少船舶數使用量，並可達到運輸成本降低之好處。

表 1 2012 年 3 月止目前世界現有貨櫃船隊統計表

單位 (TEU)	2000 以下	2000~ 3999	4000~ 5999	6000~ 7999	8000~ 9999	10000 以上	Total
艘數	2,425	1,027	908	228	263	85	4,936
百分比	49%	21%	18%	5%	5%	2%	100%
TEU數	2,525,179	2,892,086	4,330,628	1,513,585	2,247,856	1,063,130	14,572,464
百分比	17%	20%	30%	10%	16%	7%	100%

註：整理自 CI online<sup>[8]</sup>。

表 2 2012 年 3 月止新貨櫃船訂單統計表

單位 (TEU)	2000 以下	2000~ 3999	4000~ 5999	6000~ 7999	8000~ 9999	10000 以上	Total
艘數	113	88	115	43	85	146	590
百分比	19%	15%	20%	7%	14%	25%	100%
TEU 數	139,925	273,543	526,358	298,608	733,040	1,900,435	3,871,909
百分比	4%	7%	13%	8%	19%	49%	100%

註：整理自 CI online<sup>[8]</sup>。

過去相關研究中，軸心區位與配置模式最先大量應用於航空運輸與快遞業，海運發展上初期較少，近幾年有陸續增加趨勢。惟目前文獻多半應用過去已發展之模式套用於海運界或只發展新的演算法來求解，或常利用一折扣係數來處理轉運成本上之差異，然對於此折扣係數之設定並未考慮實際運作層面，較無法反應出海運運輸之特性。另外亦有某些文獻將轉運點設為外生變數，並將轉運點數量設為一已知數而產生之結果，本文認為若轉運點設為內生變數或因某些因素限定停靠港數而產生之結果，相對較有彈性，也較貼近實務。

隨著船舶大型化的發展、全球最大航商採行日班服務航線規劃以及其他大型航商聯盟亦跟進之趨勢下，軸心港更形集中，甚至朝向層級化幅軸式 (Hierarchical Hub-and-Spoke Network) 營運模式發展。所謂層級化 軸幅式營運模式，根據交通部運輸研究所<sup>[9]</sup>指出，主航線網路的層級性在港口呈現在 3 種不同的功能層次。以東亞航線至遠歐航線為例，第 1 階層稱為洲際樞紐港 (群)；或稱大型樞紐港 (Mega-hub)，其分別是上海／寧波、香港/深圳、與東南亞的新加坡。第 2 階層為區域性主要轉運樞紐港 (Main Hub)；亦有稱作次樞紐港 (Sub-hub)，扮演港口經濟腹地本身之進出口功能之外，其主要功能是連結第 3 階層與鄰近區域港口 (Regional Ports) 間的近洋航線；以及非日班服務之主航線與鄰近集貨港口 (Feeder Ports) 之往來航線間的轉運功能。而第 3 階層即是區域港口 (Regional Ports) 或集貨港口 (Feeder Ports)。國外學者 De Monie<sup>[10]</sup> 則將層級化分為全球性樞紐港 (global pivot ports)，利用各種大小不同的接駁船型，使其得以連結各區域性的樞紐港 (regional pivot ports)，再依次連結次區域性主要港埠 (sub-regional main ports) 及接駁港埠 (feeder ports)。此一層級化趨勢使得軸心區位與配置模式在當前「海運軸輻路網」上更具有其應用空間。本研究所提出之軸心區位與配置模式正是為了呼應當前全球航商充份應用貨櫃船舶大型化與策略聯盟策略等帶來之航線規劃變化，透過模式的設定以求更貼近定期貨櫃航商實務上之操作。

另外，本文之模式不同於以往文獻採用折扣係數統一處理之假設，而是順應上述軸心港朝向層級化幅軸式的趨勢，也就是說船舶越大型，層級化程度愈深，才能利用規模經濟，使總運輸成本因而下降。本研究以最小運送總成本為目標式，由母港間航段上總成本 (此為大型船舶) 與集貨單位貨櫃運送成本 (此為相對小型集貨船) 計算，加上在母港泊靠享



有之轉口折扣，在船舶更大型（或日班服務出現）使貨櫃樞紐港更集中化與層級化的情形下，母港間航段上總成本與轉口折扣所產生的經濟規模特性更為顯著。此即反映出層級化與軸心區位模式折扣係數之關係。因此本研究利用不同船型母船相對成本上之差異反映軸心港層級化轉運作業之優勢，此一設定相較於設定折扣係數更具應用之彈性。

本文計分為五節，除於本節說明研究背景與動機外，第二節旨在回顧軸心區位與配置模式發展之相關研究，並整理出海運發展此模式之優勢與特性，以助於釐清本文所建構模式之特性；第三節在說明本文實證分析模型之設定情形；第四節在於利用亞洲到地中海航線進行模型之實證分析；第五節則總結本文之成果，進行結論與建議。

## 二、文獻回顧

本節整理軸心區位與配置模式之相關文獻，並回顧航線規劃之相關研究，以作為本文規劃研究方向與理論架構之參考。

### 2.1 軸心區位與配置模式之相關研究

軸輻式路網此問題包含母船拜訪港（即軸心港）選擇問題與集貨港指派問題，其發展主要是由設施區位問題（facility location problem, FLP）延伸而來。在全球化每個產業皆追求低成本高效率的趨勢下，許多運輸業者皆採取發展軸輻路網運輸模式。轉運中心最早從空運發展而來，從 1978 年美國國內解除航空管制後，由美國民用航空局（Civil Aeronautics Board, CAB）最早所採用。軸輻式路網主要源自一種航空運輸的航網結構，以主要空運中心為「軸」，其他航空站為「輻」的航線配置，將主要幹線的機場作為轉運站，提供旅客與貨物中轉的服務。

在軸心區位與配置模式中，通常假設有  $n$  個節點，包含起點、終點與候選軸心，節點間擁有流量，依據成本、時間或距離來選擇節點間之連接，軸心與軸心間連結會產生折扣數  $\alpha$ 。此軸心區位與配置問題最早由 O'Kelly<sup>[11]</sup> 開創並將此問題發展數學規劃模式求解，之後幾十年陸續有許多學者投入此領域研究，並依不同產業發展屬於各自產業之數學模式（O'Kelly 與 Miller<sup>[12]</sup>、Campbell<sup>[13]</sup>、Alumur 與 Kara<sup>[14]</sup>）。以下將說明兩大指派模式之發展狀況：

#### （一）單一指派模式

模式首先由 O'Kelly<sup>[11]</sup> 明確定義單一指派模式，此模式限制每個非轉運點只能指派給一個轉運點並與其相接，各轉運點間則是兩兩之間的相互連接，為一完全路網。將模式應用於航空旅客運輸業，當時規劃將節點指派給最近之軸心指派策略，但之後發現此指派策略並非可產生最佳解，因此 Aykin<sup>[15]</sup> 發展一新指派策略程序，使節點並非指派給最近軸心，而選擇最適指派軸心。Aykin<sup>[16,17]</sup> 增加軸心設置成本，並允許非軸心與軸心間可直接

連接。O'Kelly 等人<sup>[18]</sup>以節點流量對稱為基礎，將原始限制式刪減後，在求解時間內亦找到整數解。Ernst 與 Krishnamoorthy<sup>[19]</sup>發展一新數學式，以多商品流量問題為基礎，較少變數與限制式來求解較大之問題，其中限制式比 Skorin-Kapov 等人<sup>[20]</sup>還少。Ernst 與 Krishnamoorthy<sup>[21]</sup>則提供軸心有容量上限之單一指派數學式。

## (二) 多重指派模式

多重指派模式允許一個支點連接數個轉運點，在轉運點位置為已知的條件下，選擇可降低總運輸成本的節線。此模式首先由 Campbell<sup>[13]</sup>提出，使用線性整數規劃模式處理  $p$  個軸心指派問題，並加入軸心點設置成本與節線上之容量。Abdinnour-Helm 和 Venkataramanan<sup>[22]</sup>以多商品流量為基礎，發展一新二次整數規劃模式。Sasaki 等人<sup>[23]</sup>利用多重指派模式處理特殊問題，限制只能轉運一次之  $p$  個軸心問題。Ebery 等人<sup>[24]</sup>以 Ernst 和 Krishnamoorthy<sup>[25]</sup>為基礎，解除對軸心數之限制，但增加對軸心容量之限制。Sasaki 和 Fukushima<sup>[26]</sup>提出限制只轉運一次之多重指派數學模式，此模式對軸心與節線上有容量限制。Mari'n 等人<sup>[27]</sup>提出新數學式將三角不等式之限制解除，且減少限制式數，更使求解結果更嚴謹。

應用於海運方面研究中，國內研究最早可由謝尚行與張斐茹<sup>[28]</sup>開始，其以 O'Kelly<sup>[11]</sup>的軸輻式路網為基礎，將貨櫃船母船與子船間之單位運送成本差異以折扣係數表示，結合海運母船拜訪港、集貨港、主支航線等特性建立總運送成本最小化之海運軸輻式路網模式。而游至誠<sup>[29]</sup>延續謝尚行與張斐茹<sup>[28]</sup>之研究，亦以 O'Kelly<sup>[11]</sup>的軸輻式路網為基礎，並利用折扣係數處理運送成本上之差異，但在集貨港上發展迴圈航線，由原本集貨港只能直接連接母船拜訪港而演變成允許集貨港可間接連接母船拜訪港，即集貨港間可變一迴圈再統一送往母船拜訪港之航線。Hsieh 與 Wong<sup>[30]</sup>發展以利潤最大化目標之海運軸輻路網，且除母船拜訪港位置與集貨港指派外，更進一步結合游至誠<sup>[29]</sup>，處理支線迴圈問題，其模式亦利用折扣係數來處理主航線經濟規模上之成本差異。Hsu 與 Hsieh<sup>[31]</sup>利用成本函數包含航運成本與存貨成本雙目標建立一海運軸輻路網，且除航線外更延伸至船型與頻次之決策。成本函數中除一般認知之航運成本外，其加入以經濟批量模式將貨物存貨成本視為決策之主要考量因素，以反應貨主需求，且此研究利用貨物運載量與船型相依的航運與存貨成本函數，來顯示海運網路流量規模經濟效益表現於成本函數中。林亞蓁<sup>[32]</sup>建構一海運軸輻路網，使用折扣係數來處理主支線上之成本差異，且利用需求不確定性來隨機規劃需求量以更符合海運實務。Aversa 等人<sup>[33]</sup>建立總成本最小之海運軸輻路網並設定為  $P$  個軸心中位問題 ( $P$ -hub Median Problem)，將其應用於南美洲東岸航線港口配置上，並比較當軸心港數越多時，總成本則是遞減狀態。Imai 等人<sup>[34]</sup>利用基因演算法 (GA, Genetic Algorithm) 與蠻力法 (Brute-Force Method) 分別解多層次靠港路網 (MPC, Multi-Port Calling) 與軸輻路網並比較，總成本上多層次靠港網路優於軸輻路網，但發展軸輻路網為提供短程往返式服務，且對於在軸心港與集貨港間之貨櫃管理尤其對空櫃之處理特別有利。Gelareh 等人<sup>[35]</sup>發展軸心港數為外生變數，且亦利用折扣係數處理主支線上成本差異之海運軸輻路網。

## 2.2 航線規劃之相關研究

關於航線規劃文獻，大多針對船舶排程 (ship routing)、船隊部署 (fleet deployment) 與船舶排班 (ship scheduling) 等課題做探討，著重於網路模式的構建與求解方法的設計。陳春益與邱明琦<sup>[36]</sup>利用多元商品網路設計問題 (Multicommodity network design problem) 追求多種船流以及多種貨櫃流之總成本極小化之航線網路設計方式，發展有助於實務上航商航線規劃之分析。另外在航線規劃綜合評估上，謝景昌<sup>[37]</sup>認為彎靠港口選擇為航商營運重要決策之一，但實務上航商幾乎都憑經驗來進行方案選取，未有實用之決策模式輔助。而影響航線規劃主要因素包括航行跨越區域及貨物需求量、貨櫃船艘數及船型選擇、航行路徑形式、彎靠方式、航行速率、服務水準、營運成本。張正宜<sup>[38]</sup>整理文獻後歸納出影響大型船舶靠港選擇因素，分別為港口設施條件如進港航道需要有足夠水深及港口迴船池、碼頭後線有廣闊場地當貨櫃堆積場等，港口之地理位置如成本上的競爭優勢、港口腹地貨源，港埠經營環境變化趨勢分析如航運市場環境、商港機能多元化、經貿產業趨勢等。航線規劃考慮中，成本分析為航商規劃航線重要決策因素，因成本相對較高，雖然可能達到高佔有率，但相對投資報酬率可能較低。故除外在因素考量外，成本因素為其他考量因素之基本。林光與張志清<sup>[39]</sup>將定期航運營運成本分成 3 類，固定成本、半變動成本與變動成本。董晉偉<sup>[40]</sup>利用模擬方法分析定期航商航線經營績效，以歐亞航線為例，將營運成本分成固定成本與變動成本，固定成本中船租占最主要成本將近一半，變動成本以燃料費占最大，將近 30%~40%之間，其次為裝卸費與運河通過費。嚴崇仁<sup>[41]</sup>利用作業管理制度定義每個變動成本的產生機制，透過成本模式航商能夠更容易且精準的求得每個航段的邊際成本。作者亦將成本分成固定成本與變動成本，但特別增加額外服務產生之變動成本，如燃油調整費、幣值調整費、旺季費等。謝幼屏<sup>[42]</sup>將航行成本包含航商擁有與使用船舶需固定花費或分攤的船舶時間成本，以及船舶航行須耗費的燃油成本、彎靠港口須支付的港埠成本，利用經濟數學模型歸納整理，發展成一定期航運營運成本函數。綜合以上可知國際貨櫃航運市場，成本仍舊是最主要競爭策略，而降低成本與規模經濟 (Economics of Scale) 是緊密相關的。為了追求規模經濟，目前航運公司主要採取了前面所提之船舶大型化策略 (在企業內部實現)，還有另一有效策略就是策略聯盟或併購策略 (在企業外部實現)。此都是航商利用規模試圖降低成本的做法。如前所述日班服務與策略聯盟重組推出的類日班服務都在遠歐航線投入 8,000 TEU 以上的大型船舶，驅使泊靠的軸心港數目減少，但為了服務全球的顧客，其他非軸心港口的貨源，勢必要依賴綿密的集貨船網路將貨源彙集，才能達成大型船舶的規模經濟承載率。因此在此情境下更凸顯本研究採用軸心區位模式的價值。

依據以上文獻回顧可歸納以下：

1. 軸輻式路網發展已幾十年，O'Kelly 率先發展數學規劃模式求解，至今已 20 幾年，吸引許多學者投入此領域研究，發展出不同特性之模式，本研究因應當上海運網路愈發軸心港化趨勢，採用軸心區位模式於定期貨櫃航線規畫。

2. 定期航運因應海運市場上的發展趨勢，包含船舶大型化策略與策略聯盟，早已運用軸輻式航線規劃，猶有過之的是，新造超大船舶數（大於 15,000 TEU）持續增加，且已進化為多層次之軸輻式營運網路。站在船公司之考量，軸輻式航線使公司降低成本且提高服務品質，為一適當發展之營運方式。
3. 航線規劃需考量因素包含許多，以成本為基礎思考點出發，再以質性分析調整部分港口特性與港口停靠次序，將使航線規劃更貼近實際市場需求，乃本研究之貢獻所在。

### 三、模式建構

由第二節瞭解海運定期航運相關特性與軸輻路網之發展後，及考慮所有可能限制條件下，本節將建構一海運路網之數學模式。

#### 3.1 問題剖析與模式構建構想

近年船公司於主要遠洋航線如亞洲－美西海岸或亞洲－歐洲等航線航行之船舶有逐漸增大的趨勢。發展軸輻式路網航線，全球區域樞紐港佈局可達到降低單位運送成本。靠泊港口選擇對於航商而言，對於其營運成本影響甚鉅，航線設計之優劣可由船隊彎靠港口而定，彎靠港口選擇上除成本高低為基本考量外，最重要影響因素為此港口可提供之貨源多寡。因此船舶大型化後，大型船舶彎靠選擇上因欲搭配近洋航線或集貨航線間貨櫃轉運之連結，以達規模經濟，使營運總成本最小，故大型母船彎靠港之選擇與集貨港轉運航線規劃成為航商重要思考問題。過去研究常利用設定折扣係數  $\alpha$  值以反映規模經濟，但折扣係數  $\alpha$  值如何決定皆無一有力之邏輯解釋。因此本文捨棄過去將折扣係數設定為外生以反映規模經濟之方式，而直接將成本利用不同船型母船於母港間航段上總成本與集貨單位貨櫃運送成本計算，替代設定折扣係數，以實際成本來反映規模經濟之形成。一般航線設計之文獻中，大都將軸心假設為已知，然而本文將軸心假設為內生變數，由模式成本決定最佳母船拜訪港，並發展出集貨港如何指派給母船拜訪港。而除基本模式外，本文發展之模式更可彈性地依特性變更限制式來符合，如限制特定港口停靠、限制母船拜訪港口數、可由單一指派轉變成多重指派等。

本研究之模型構想在設計航線規劃時以極小化總運送成本為目標函數。總運送成本包含母船航段之運輸成本與集貨航線之運輸與裝卸成本 (stevedoring cost)。總運送成本之考量上，本文將固定成本假設為租賃船舶且已知，以每日租金為其計算單位，變動成本中分成船舶費用與貨物費用，船舶費用中除在港成本外以燃料費所占比例最大，因考慮以實際所有費用計算較困難，本文以燃料費佔總變動成本之四成左右為基準，推估總變動成本。貨物費用方面則以貨物裝卸費用為其基準。為了讓模式更符合研究問題，本文針對各參數有以下之假設：

1. 模式中所設計之單一航線是一條跨區域之遠洋定期貨櫃航線，母船所拜訪之港口即「軸

心港」，其他母船未拜訪之港口則為「集貨港」，每一集貨港都指派至單一母船拜訪港以進行集貨。。

2. 所有起訖港口間之貨櫃運量為已知且固定，不因母船停靠與否而有所改變。文中利用區位與配置之觀念，反映母船拜訪與集貨之關聯性。
3. 以海運遠洋實際貨櫃流量來看，通常同一區域或國家間不會有運量產生，主要運量應產生在跨大洋港口間。
4. 所使用之船舶船型為已知，航速固定。
5. 本模式暫定為單一航商之單一航線，不考慮聯營或艙位互租、互換。
6. 港口間距離以船舶航行距離計算，而非實際距離。
7. 貨櫃計算單位為 TEU，為簡化問題本文之單位運輸成本以重櫃為單位，排除空櫃與特殊櫃之計算。

### 3.2 模式內容

本模式中上下標  $m$  表示起點即起運港， $n$  表示目的地即目的港， $i$  與  $j$  表示航線途中經過之港口。以下說明模式中之變數與參數之意涵：

#### (一) 變數與參數

模式使用之各種變數與參數定義，分別說明如下：

##### 上下標：

$m, n, i, j$ ：節點標記， $(m, n)$  表示貨物運送起訖點， $(i, j)$  表示途中運送之航線中間點。

##### 目標值：

$Z$ ：表示為路網內的總運送成本。

##### 決策變數：

$x_{ij}^{mn}$ ：從起運港  $m$  至目的港  $n$  經由選定之母船拜訪港  $i$  與  $j$  所流經之流量數，且港口  $i$  與  $j$  皆為母船拜訪港。

$y_{ij}^{mn}$ ：從起運港  $m$  至目的港  $n$  經由港口  $i$  與  $j$ ，且港口  $i$  與  $j$  其中有 1 個為選定之母船拜訪港，其所流經之流量數。

$z_{ij}$ ： $z_{ij}$  表示港口間之航線連結，若  $z_{ij} = 1$ ，則港口  $i$  與港口  $j$  相互連接，也表示港口  $i$  與  $j$  至少有 1 個為母船拜訪港，而  $z_{ij} = 0$ ，表示港口  $i$  與  $j$  無互相連接；當  $i = j$  時，且  $z_{ii} = 1$  或  $z_{jj} = 1$  時，表示港口  $i$  或  $j$  為母船拜訪港，反之若  $z_{ii} = 0$  或  $z_{jj} = 0$  時，表示港口  $i$  與  $j$  皆非母船拜訪港。

$w_{ij}$ ： $w_{ij}$  表示母船拜訪港間之航線連結，若  $w_{ij} = 1$ ，則港口  $i$  與港口  $j$  相互連結，且港口  $i$  與  $j$  皆為母船拜訪港。當  $w_{ij} = 1$  時，則  $z_{ij}$  亦將等於 1。

參數：

$q^{mn}$ ：指從起運港  $m$  到達目的港  $n$  的貨櫃需求量。

$h_{ij}$ ：港口  $i$  與  $j$  皆被選為母船拜訪港，兩港間之總運輸成本。

$c_{ij}$ ：港口  $i$  與  $j$  有一者被選為母船拜訪港，兩港間之每櫃單位距離運輸成本。

$A_i$ ：港口  $i$  之原始每櫃裝卸成本。

$A_{ij}$ ：航段  $i$  到  $j$  之總裝卸費。

$V$ ：為一個很大的正整數。

$P$ ：為一任意常數。

(二) 目標式與限制式

有關模式之目標式與限制式，說明如下：

$$\text{Min. } \sum_{(i,j \neq i)} h_{ij} w_{ij} + \sum_{(m,n)} \sum_{(i,j \neq i)} (c_{ij} + A_{ij}) y_{ij}^{mn} + \sum_{(m,n)} \sum_{(i,j)} A_{ij} x_{ij}^{mn} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{j \neq i} x_{ij}^{mn} + \sum_{j \neq i} y_{ij}^{mn} - \sum_{j \neq i} x_{ji}^{mn} - \sum_{j \neq i} y_{ji}^{mn} = \begin{cases} q^{mn}, & \text{if } i=m \\ 0, & \text{otherwise} \\ -q^{mn}, & \text{if } i=n \end{cases} \quad \forall i, m, n, n \neq m \quad (2)$$

$$z_{ij} \leq z_{ii} + z_{jj} \quad \forall i, j \neq i \quad (3)$$

$$\sum_{j \neq i} z_{ij} \leq 1 + Vz_{ii} \quad \forall i \quad (4)$$

$$\sum_{i \neq j} z_{ij} \leq 1 + Vz_{jj} \quad \forall j \quad (5)$$

$$\sum_{(m,n)} x_{ij}^{mn} \leq V(z_{ii} + z_{jj} - z_{ij}) \quad \forall i, j \neq i \quad (6)$$

$$\sum_{(m,n)} y_{ij}^{mn} \leq V(2 - z_{ii} - z_{jj}) \quad \forall i, j \neq i \quad (7)$$

$$\sum_{(m,n)} x_{ij}^{mn} + \sum_{(m,n)} y_{ij}^{mn} \leq Vz_{ij} \quad \forall i, j \neq i \quad (8)$$

$$\sum_{(m,n)} x_{ij}^{mn} \leq w_{ij} V \quad \forall i, j \neq i \quad (9)$$

$$x_{ij}^{mn}, y_{ij}^{mn} \geq 0 \quad \forall m, n, i, j \quad (10)$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \quad (11)$$

在目標式中，以總運送成本  $Z$  之最小化為目標，由 3 個部分組成，第 1 部分  $\sum_{(i,j \neq i)} h_{ij} w_{ij}$  為經由兩者皆為母船拜訪港  $i$  與  $j$  之航線段總運輸成本，因  $h_{ij}$  為母船拜訪港之運送成本相對於  $c_{ij}$  為子船運送成本，若母船運載量越大則其單位運送成本將越小，故其成本若在一定運量上將會產生經濟規模，可降低成本；第 2 部分  $\sum_{(m,n)} \sum_{(i,j \neq i)} (c_{ij} + A_{ij}) y_{ij}^{mn}$  為起運港  $m$  至目的港  $n$  之流量是經由港口  $i$  與  $j$  之航線段轉運，且其中有一個為母船拜訪港之航線段總運輸之成本，因  $i=m$  或  $j=n$  必有一個成立，故最標準航線為  $m \rightarrow n$  之流量，若  $i=m$ ，則  $m$  港之貨量指派給  $j$ ，且  $j$  必定是母船停靠港，第 1 部分與第 2 部分相加為總運輸成本；第 3 部分  $\sum_{(m,n)} \sum_{(i,j)} A_{ij} x_{ij}^{mn}$  為貨櫃裝卸成本，包含起訖港  $m$ 、 $n$  皆為母船拜訪港之直接運送模式之原始裝卸費與起訖港  $m$ 、 $n$  非母船拜訪港而是藉由母船拜訪港轉運產生轉運折扣裝卸費之總和；三者相加則可得到總運送成本。首先運送成本可分成直航到達與轉運到達，直航可分成以母船主航線直航與利用集貨船支線直航，兩者分別以  $x_{mn}^{mn}$  與  $y_{mn}^{mn}$  表示運量；轉運部分可分為 4 類，第 1 類為母船間一次以上轉運，成本計算上除航段成本外，裝卸成本以  $x_{mi}^{mn}$  與  $x_{jn}^{mn}$  表示。第 2 類為起運港為集貨港，以集貨船運至指派之母船拜訪港，再以母船轉運一次以上至母船拜訪港之目的港，此類成本包含集貨船航段成本與母船主航線上之成本，以  $y_{mi}^{mn}$  與  $x_{jn}^{mn}$  表示，特別在裝卸成本上，因集貨港運至指派之母船拜訪港轉運時，裝卸費於起運港裝載一次，到轉運之母船拜訪港時從集貨船卸下加上裝載至母船，因此需計算兩次。第 3 類為起運港與目的港皆為集貨港，但中間藉由母船多次轉運，故前後兩段分別為  $y_{mi}^{mn}$  與  $y_{jn}^{mn}$  表示，並包含前後段因轉運產生之兩次裝卸費，中間則以  $h_{ij}$  表示航段成本。最後第 4 類為預防發生之不合理情形所設定之成本，集貨港運至母船拜訪港指派後，再轉運至另一集貨港，接著轉運至另一母船拜訪港為目的港，故成本上為避免產生此情形，則設定符合該情形之成本。各航線運送可能情形整理如下所示，並以簡圖輔助說明如下表 3：

1. 母船主航線直航：起運港與目的港皆為母船拜訪港且不經轉運之運送總成本 =  $h_{mn} w_{mn} + x_{mn}^{mn} (A_m + A_n)$ 。
2. 子船支線直航：起運港為集貨港，目的地港為母船拜訪港，且目的地港為集貨港被指派之母船拜訪港的運送總成本 =  $y_{mn}^{mn} (c_{mn} + A_m + A_n)$ 。
3. 母船間一次以上之轉運：起運港與目的港皆為母船拜訪港，但中途停靠其他母船拜訪港之運送總成本 =  $h_{mi} w_{mi} + h_{ij} w_{ij} + h_{jn} w_{jn} + x_{mi}^{mn} (A_m) + x_{jn}^{mn} (A_n)$ 。

4. 起運港為集貨港之轉運：起運港為集貨港，轉運至被指派之母船拜訪港，再運送至目的地港為母船拜訪港之運送總成本= $Y_{mi}^{mn}(c_{mi} + A_m + 2A_j) + h_{ij}w_{ij} + h_{jn}w_{jn} + x_{jn}^{mn}(A_n)$ 。
5. 起運港與目的港皆為集貨港之轉運：起運港為集貨港，轉運至被指派之母船拜訪港，中途停靠其他母船拜訪港或直接抵達目的地港被指派之母船拜訪港，再轉運至目的地港為集貨港之運送總成本= $y_{mi}^{mn}(c_{mi} + A_m + 2A_j) + y_{jn}^{mn}(c_{jn} + 2A_i + A_n) + h_{ij}w_{ij}$ 。
6. 特殊情況之轉運：起運港為集貨港，轉運至被指派之母船拜訪港，再轉運至其他集貨港，再轉運至目的地港母船拜訪港之運送總成本= $y_{mi}^{mn}(c_{mi} + A_m + 2A_j) + y_{in}^{mn}(c_{ij} + 2A_i + 2A_n) + h_{ij}w_{ij}$ ，此類為特殊情況，非目前實務上可能規劃，故此運送總成本將增大以限制其發生之可能。

表 3 直航與轉運形式之簡圖

直航與轉運形式	簡 圖
1. 母船主航線直航	
2. 子船支線直航	
3. 母船間一次以上之轉運	
4. 起運港為集貨港之轉運	
5. 起運港與目的港皆為集貨港之轉運	
6. 特殊情況之轉運	

起運港與目的港  
 母船拜訪港  
 母船航行之航段  
 集貨港指派之節點

限制式部分針對定期航線之航程與海運運送特性，如循環航程、轉運指派、航程時間等加以限制。以下將就詳細內容加以說明：

#### 1. 航段流量守恆限制

限制式(2)符合量守恆，從起運港  $i$  出發之貨櫃需求量，沿著航線上受指派之各母船拜訪港轉運，直至目的港  $j$  之總貨櫃需求量應相等。因定期貨櫃航線具有循環航程之特性，船舶需依序到離各港口，而船舶抵達某一港口時，將此港貨物裝載後依序運至目的港，以免港口貨物累積之不合理現象。故各航段需遵守流量守恆限制，符合貨物流向需求。



## 2. 母船拜訪港設立限制

限制式(3)兩節點相連之航線若允許通行，則表示兩節點中至少有一節點為母船拜訪港。限制式(4)與(5)表示某一節點  $i$  向外可連接指派之航線數為單一，若節點  $i$  為母船拜訪港，則向外可連接之航線數為多重指派。因設定母船停靠大港，而母船拜訪港除自身港口貨量外，尚有集貨港貨物運至此轉運。而母船拜訪港間將有規劃之航線通行以致可區域間行轉運行為。

## 3. 貨櫃運送路徑限制

限制式(6)與(7)將流量分成兩類，第 1 類為限制式(6)，為兩端點皆為母港之航線流量，另一類為限制式(7)，指兩端點只有一端點為母船拜訪港之航線流量。並分別以  $X$  與  $Y$  表示， $X_{ij}^{mn}$  為  $i$  與  $j$  之航段為母船航行路徑， $Y_{ij}^{mn}$  為  $i$  與  $j$  之航段為集貨船航行路徑。限制式(8)指兩節點  $i$  與  $j$  之航線若非連接航線，則  $i$  與  $j$  之航線上即無任何流量通行。以限制各航段間貨物流通可行性，包含對  $X_{ij}^{mn}$  與  $Y_{ij}^{mn}$  之限制，表示某起迄港口對  $(m, n)$  之櫃量是否通過節限  $(m, i)$ 、 $(i, j)$  與  $(j, n)$ ，當行經  $i$  與  $j$  港時，由於該港不是目的港，必須將櫃量累積至下一航段，所以要求各港口節點進出運送路徑具守恆性質。

## 4. 軸心港間航段限制

限制式(9)指母船拜訪港間之航線若連接，則航線上才允許有運量產生。指母船航線規劃中，若軸心港間連接航行，則此航段才有貨櫃量產生，且母船拜訪港停靠到離港數應相等。

## 5. 航程週期時間限制

海運營運中，除公司本身營運成本需考量外，對於顧客對於貨櫃運輸時間要求上亦是非常重要，故對於以上限制式下，基於公司營運成本最小化所得之結果，若導致運輸時間過長，將失去航線規劃之目的，因此本文建議若在上述之限制式下之結果將導致運送時間過長，則建議加上以下之限制式。

$$\sum_i z_{ii} \leq P \quad (12)$$

限制式(12)中之  $P$  即為限制船舶停靠港數，由此可控制船舶運送時間，達到貨主需求。

## 3.3 簡例測試

實務上影響航線規劃成本因素包括(1)船公司通常會與港口裝卸公司設定轉口折扣裝卸費。(2)貨量多寡將影響母船艙位使用率，間接影響規模經濟之影響程度。(3)固定成本中之船舶每日租金，景氣好壞對船舶大小租金差別亦有影響。(4)燃料費占變動成本最大，油價波動勢必大大影響航商航線規劃成本。(5)彎靠港數亦將影響航線規劃成本。本文利用簡例假設航商所服務之航線為遠洋定期貨櫃航線，服務範圍內設定 6 個虛擬港口，以遠東-美西為例，遠東設定 4 個港口，分別為 E1 到 E4，美西設定 2 個港口，分別為 W1 與 W2。

每個港口均須提供服務，服務的方式可以是主航線直靠或是透過接駁航線轉運。另假設起訖港口的貨櫃運量，暫不考慮區域內之需求，以遠洋航線貨向為主。虛擬港相關成本如表 3 到表 6 分別說明如下：

1. 起訖港口對之貨櫃需求量 (O/D pairs demand)

遠東地區有 4 個港口，美西有 2 個港口，因此其間雙向之貨櫃起訖港口對共有  $6 \times 6 = 36$  個。每一個起訖港口對之貨櫃需求量如表 4 所示。

表 4 簡例之港口對櫃量 (單位：TEU)

	E1	E2	E3	E4	W1	W2
E1	0	0	0	0	200	160
E2	0	0	0	0	400	300
E3	0	0	0	0	800	600
E4	0	0	0	0	500	300
W1	100	400	600	400	0	0
W2	200	350	400	100	0	0

2. 各港口裝卸費假設如表 5 所示。

表 5 簡例之港口裝卸費 (單位：美元)

	E1	E2	E3	E4	W1	W2
裝卸成本 (重櫃)	40	51	117	110	197	192

3. 各航段以集貨船載運之每單位運送成本如表 6 所示。

表 6 簡例集貨船單位貨櫃運輸成本 (單位：美元)

	E1	E2	E3	E4	W1	W2
E1	0	123	273	472	2,254	2,481
E2	123	0	201	400	2,172	2,394
E3	273	201	0	284	2,001	2,244
E4	472	400	284	0	1,779	2,004
W1	2,254	2,172	2,001	1,779	0	414
W2	2,481	2,394	2,244	2,004	414	0

4. 各航段以大型船舶載運之航段成本如表 7 所示。

表 7 簡例母船航段運輸成本 (單位：美元)

	E1	E2	E3	E4	W1	W2
E1	0	224,205	493,523	855,205	3,475,318	3,832,777
E2	224,055	0	364,905	732,396	3,348,295	3,699,205
E3	491,223	362,755	0	518,986	3,086,105	3,467,382
E4	846,305	723,646	512,386	0	2,745,100	3,098,391
W1	3,457,418	3,330,545	3,070,505	2,736,100	0	763,064
W2	3,803,377	3,669,955	3,440,282	3,077,891	751,564	0

依情境假設，以求得個別因素影響情況，情境 1 為正常情況下船舶停靠選擇與彎靠數限制，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 9,820,781 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2。加入限制式(12) $P=3$  時，結果為母船將停靠 E3、W1、W2，營運總成本為 10,584,891 美元。其中集貨港為 E1、E2 及 E4，皆將貨量指派給 E3。母船依序停靠 E3→W1→W2→E3。

情境 2 為船公司與港口裝卸公司設定轉口折扣裝卸費與彎靠數限制，轉口貨櫃裝卸折扣率分別設定為 10%、25%、50%、60%，限制式(12)皆不列入限制式時，結果分析分別為：轉口裝卸折扣為 10%、25%與 50%時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 9,814,181 美元、9,803,621 美元與 9,787,781 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2；轉口裝卸折扣為 60%時，最佳選取港口數為 4 個，分別為 E3、E4、W1 及 W2。結果之營運總成本為 9,690,126 美元。其中集貨港為 E1 與 E2，皆將貨量指派給 E3，母船將依序停靠為 E3→W1→W2→E4→E3。

情境 3 為貨量多寡下船舶停靠選擇，貨量多寡以正常情況為基準，分別減少 10%與 20%，其他成本條件不變，亦無彎靠港數限制下，則無轉口貨物折扣，貨量減少 10%與 20%時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 9,640,264 美元與 9,459,747 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E3→W1→W2→E4→E2；有轉口裝卸折扣為 25%時，貨量減少 10%時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 8,937,821 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2；有轉口裝卸折扣 25%時，貨量減少 20%時，最佳選取港口數為 4 個，分別為 E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 8,739,239 美元。其中集貨港有 E1 與 E2，其貨量將指派給 E3，母船將依序停靠為 E3→E4→W2→W1→E3。

情境 4 為景氣好或壞，船舶每日租金變動影響，無轉口裝卸折扣，景氣好時船舶租金大漲一倍與景氣差船舶租金大跌一半，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1

及 W2，結果之營運總成本為 10,937,271 美元與 9,670,418 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2；有轉口裝卸折扣 25% 時，景氣好時船舶租金大漲一倍與景氣差船舶租金大跌一半，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 10,920,111 美元與 9,653,258 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2。

情境 5 為燃料費高低對船舶停靠選擇之影響，無轉口裝卸折扣，燃料費漲 10% 與 20% 時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 10,545,050 美元與 11,228,733 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2；有轉口裝卸折扣 25%，燃料費漲 10% 與 20% 時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 10,527,890 美元與 11,228,733 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2。

由簡例中，各情境得出之結果，可歸納成以下分析：

1. 軸心港選取考量因素包含貨量多、裝卸費相對便宜、距離主要市場較近。正常情況下，因 E3 貨量最多，E4 離 W 區最近，因此遠東區選取此兩港為主要軸心港。航線方面，正常情況呈現蝴蝶航線 8 字航線，以 E3 為基準，將遠東區所有貨物集貨至 E3，統一運至美西。
2. 若轉口裝卸折扣分別為 10%、25%、50%、60%，就本模式而言，有轉口裝卸將降低營運總成本，當轉口裝卸費達一定程度下，將形成母船拜訪港只有少數大港，其他港口皆為集貨港，貨物以轉運運送。
3. 當轉口裝卸折扣有一定程度下，限制母船拜訪港數時，將鼓勵貨物轉口，並將母船拜訪港條件中之裝卸費相對較便宜相對減弱，進而以距離市場主場為主要考量。
4. 如果貨櫃運量比原來貨櫃運量分別減少 10%、20%，就本模式而言，對油料成本和各港口靠港成本沒有影響，但原本主要母船拜訪港貨量減少，使母船拜訪港相對優勢減少，選取母船拜訪港上，將減少靠港數，以符合經濟規模。
5. 將固定成本船舶租金分成景氣好母船租金相對較高與景氣差小船租金相對較高之情況，對於油料成本與各港口靠港成本沒有影響，航段成本相對增減，故於本模式而言，固定成本船舶租金無明顯影響。
6. 燃料費上分別漲 10% 與 20%，於此模式下，簡例結果中，燃油費上漲幅度若較小，影響性將較小。

## 四、實例驗證

為驗證第三節所建構模式之合理性與正確性，本文選定某國際航運公司的遠東／地中海航線。依據模式內容所需，蒐集該航線實際相關資料，經基本參數分析後代入模式求解。

#### 4.1 實例設計與結果

本文實例選自某航運公司公布於網站之航線資料。所採用參數以該航商所提供於航線規劃期間之資料為基礎。首先本文選取港口包括青島 (Qingdao)、連雲 (Lianyungang)、上海 (Shanghai)、寧波 (Ningbo)、廈門 (Xiamen)、基隆 (Keelung)、高雄 (Kaohsiung)、香港 (Hong Kong)、巴生港 (Port Klang)、新加坡 (Singapore)、傑貝阿里 (Jebel Ali)、阿巴希 (Shahid Rajaei)、阿什杜德港 (Ashdod)、賽德港 (Port Said)、熱那亞 (Genoa)、來亨 (Leghorn)、福斯 (Fos) 共 17 個港口，設定以 5000TEU 船舶運送，其他相關之料如下說明。

##### 1. 港口間航行距離

本文透過 Sea-Rates.com 網站<sup>[43]</sup>來得取港口間航行距離。

##### 2. 子船與貨櫃母船之運送成本模式

本文以分析每一貨櫃從港口 A 裝上貨櫃船，經海上船舶運送至港口 B，再從港口 B 卸下貨櫃，其間所產生的一切費用。依董晉偉<sup>[40]</sup>中將成本分為固定成本與變動成本，其固定成本為航運公司自有船舶營運所產生之成本，而本文為利用航運公司租船營運之成本，故以每日船舶租金為計算單位；變動成本包含港埠費用、船舶航行燃料費、稅金、佣金、棧儲費、淡水、運河通過費、代理費、貨損理賠等，特別燃料費用占總變動成本之 30~40% 為最大，且其他費用瑣碎難以取得，故本文將以燃料費用推估總變動成本。設定母船運送成本以航段總成本為基準。

##### 3. 裝卸費用

利用航運公司提供之歷史資料整理修改，並包含原始裝卸費用與轉口裝卸折扣費用，如表 8 所示。

表 8 案例港口裝卸費用 (單位：美元)

港口	青島	連雲	上海	寧波	廈門	基隆	高雄	香港	巴生港
原始裝卸	78	66	117	107	56	55	51	247	86
轉口折扣	59	50	88	80	42	41	38	185	65
港口	新加坡	傑貝阿里	阿巴希	阿什杜德	賽德	熱那亞	來亨	福斯	
原始裝卸	139	146	60	58	13	153	165	168	
轉口折扣	104	110	45	44	10	115	124	126	

#### 4. O-D 流量

本文以遠洋航線為主，故設定主要流量為跨洋流量，區域內部只允許轉口航線，內部並無實質流量。因本文流量為參考航運公司過去資料預估假設，非實際數量。

將以上之各參數資料代入模式中，以 CPLEX-OPL 3.5 軟體求解，結果總成本為 8,931,288 美元，母船主航線停靠依序為上海→新加坡→巴生港→阿巴希→賽德→香港→廈門→高雄→寧波→上海共 9 個港口。集貨港航線如表 9 所示。

表 9 實例集貨港指派情況

港口	青島	連雲	基隆	傑貝阿里	阿什杜德	熱那亞	來亨	福斯
指派	高雄	高雄	高雄	阿巴希	賽德	賽德	賽德	賽德

實際航商航線母船停靠以為上海、寧波、香港、新加坡、來亨、熱內亞、福斯為主，與其相比，此結果中亞洲區間母船靠泊之港口大多相同，只是靠泊港數偏多，且因高雄港其裝卸費用便宜許多，且又為亞歐航線，因此青島、連雲、基隆皆集貨至高雄轉運；於地中海區域中，本實例結果皆將地中海港口指派至賽德港轉運，與實際航線皆停靠 3 個地中海港口有差異，主要原因於賽德港之裝卸費便宜許多，故以成本上考量則以賽德港為母船拜訪港，轉運地中海區域貨量則會最節省成本。

## 4.2 敏感度分析

依據第三節簡例測試之結果，對於影響船舶彎靠與指派因素中，以限制母船彎靠數、貨量多寡與裝卸折扣費率影響最顯著，因此本文針對這幾項因素對實例進行敏感度測試，並分析其結果。

### (一) 母船彎靠數限制

實例之最佳解中，母船共停靠 9 個港口，以下本文分別設定母船停靠 7~10 個，結果整理如表 10：

此案例最佳解母船彎靠數為 9 個，若設定減少一彎靠數時，平均成本將增加 1.4%，但若設定增加彎靠數，則成本增加幅度將較大。母船彎靠情形方面，在刪減部分，依結果分析，可依序有以下規則：(1)同一區域內決定某個港口被選取，當裝卸費差不多時，則考量母港間航段上總成本與集貨船單位貨櫃運送成本，如高雄與廈門之關係。例如實例中限制母船彎靠數為 7 時，青島、連雲、上海、基隆、高雄都指派給母港廈門，當限制母船彎靠數為 8，青島、連雲、基隆、高雄仍指派給母港廈門，當彎靠數設定為 9 時，高雄港就會獲選為被選為遠東/地中海航線之軸心港。由上陳述大概可以察覺出廈門與高雄間的拉鋸，廈門港在母港間航段上總成本與集貨船單位貨櫃運送成本相對於高雄港佔優勢（詳見附表 2 與 3），而高雄港轉口折扣與廈門又差異不大（高雄 38，廈門 42），因此限制母船彎靠數 7 與 8 時，高雄港都還無法有相對低成本的優勢足以被選為母港。直到彎靠數設定為 9 時，高雄於回程時得以被選定為母港。(2)當彎靠數減到一定程度，兩端港口將只選取相對離市場較近且貨量較多之港口，如新加坡、香港、廈門，停靠港將集中於市場兩端之中間，以

利轉運服務，例如本例中當彎靠數降為 7 時，地理位置最較佳之廈門取代貨源充足之上海港。

表 10 案例母船彎靠數變動結果

母船彎靠數	目標值 (單位：美元)	主航線	指派情形
7	9,188,878	廈門→香港→新加坡→賽德→阿什杜德港→傑貝阿里→阿巴希→廈門	青島、連雲、上海、基隆、高雄→廈門； 寧波、巴生港→新加坡； 熱那亞、來亨、福斯→賽德
8	9,070,924	上海→寧波→廈門→香港→新加坡→賽德→阿什杜德港→阿巴希→上海	青島、連雲、基隆、高雄→廈門； 巴生港→新加坡； 傑貝阿里→阿巴希； 熱那亞、來亨、福斯→賽德
9	8,931,288	上海→新加坡→巴生港→阿巴希→賽德→香港→廈門→高雄→寧波→上海	青島、連雲、基隆→高雄； 傑貝阿里→阿巴希； 阿什杜德、熱那亞、來亨、福斯→賽德
10	9,355,669	青島→賽德→阿什杜德→阿巴希→傑貝阿里→新加坡→香港→廈門→寧波→上海→青島	連雲→青島； 基隆、高雄→廈門； 巴生港→阿巴希； 熱那亞、來亨、福斯→賽德

## (二) 貨量多寡

本文將案例之貨量分別減少 10%與 20%，結果整理如表 11：

當貨量減少時，成本下降原因將會因貨量減少而下降，但相對也會因貨量減少，船舶航段貨櫃量無法達一定規模，導致無規模經濟反而增加成本。此案例中，當貨量減少微量時，成本下降幅度較大，因此時貨量尚達經濟規模，因貨量減少而產生之成本下降，但當貨量由 10%減少至 20%時，相對成本減少幅度小很多，可能因貨量減少過多，使母船航段上經濟規模性較低，反而不因貨量減少而減少相同幅度。

## (三) 轉口裝卸折扣費率

轉口裝卸折扣費率標準約為 25%，本文將案例之轉口裝卸折扣費率設定為 10%，結果整理如表 12，當轉口裝卸折扣率增加時，將鼓勵貨物轉口運輸，此時母船停靠港數將減少。由此案例可發現確實有此現象，且當轉口裝卸費率增加時，母船將選擇貨量較多之港口，同區域相較於裝卸較稍微便宜之港口其優勢將消失而不被選取，如連雲與傑貝阿里。

表 11 案例貨量折扣率變動結果

貨量 減少率	目標值 (單位：美元)	主航線	指派情形
0%	8,931,288	上海→新加坡→巴生港→阿巴希 →賽德→香港→廈門→高雄→寧 波→上海	青島、連雲、基隆→高雄； 傑貝阿里→阿巴希； 阿什杜德、熱那亞、來亨、福斯→ 賽德
10%	8,688,050	上海→基隆→賽德→阿巴希→巴 生港→新加坡→香港→廈門→高 雄→寧波	青島、連雲→基隆； 傑貝阿里→阿巴希； 阿什杜德、熱那亞、來亨、福斯→ 賽德
20%	8,608,907	上海→高雄→巴生港→賽德→新 加坡→香港→廈門→基隆→寧波 →上海	青島→巴生港； 連雲→基隆； 傑貝阿里、阿巴希、阿什杜德、熱 那亞、來亨、福斯→賽德

表 12 案例轉口裝卸折扣率變動結果

轉口裝卸 折扣率	目標值 (單位：美元)	主航線	指派情形
10%	9,187,522	連雲→上海→高雄→廈門→香 港→新加坡→巴生港→傑貝阿 里→阿巴希→賽德→寧波→連 雲	青島→連雲； 基隆→高雄； 阿什杜德港、熱那亞、來亨與福斯 →賽德
25%	8,931,288	上海→新加坡→巴生港→阿巴 希→賽德→香港→廈門→高雄 →寧波→上海	青島、連雲、基隆→高雄； 傑貝阿里→阿巴希； 阿什杜德、熱那亞、來亨、福斯→ 賽德

#### 4.3 小結

綜合實例之結果分析，由第三節所得之影響船舶靠港選擇因素上，主要以限制母船停靠數、貨量折扣率與轉口裝卸折扣率為考慮因素，案例中得出之結果與預期大致相同。航次序上，實例中，首先因中國為主要進出口國家，特別上海為世界第一大港，出口貨量亦居前幾名，故航線中中國先由上海出發，因上海貨量充足，即航行往新加坡與巴生港裝運後，直接往中東、地中海航行，回程時因貨物相對較少，需較多目的港之貨物累積以達成經濟規模，故回程停靠之港口較多。母船拜訪港中除原本貨量相對較多之港口外，另一種即為相對轉口裝卸成本較低。以案例中賽德、高雄港之相對轉口裝卸成本低許多，因而得以在母船停靠數為 9 時獲選為母港。惟在本實例中，根據本研究之模式設定目標式為最小運送總成本＝母港間航段上總成本＋集貨貨櫃運送成本＋在母港泊靠享有之轉口折扣，首先以此實例觀察，成本所占比例最多是母港間航段上總成本，高雄港母港間航段上總成本



都居於劣勢 (請見下附表 2)，其次青島、連雲與基隆集貨至廈門的集貨船單位貨櫃運送成本都低於集貨至高雄 (146, 138, 43) vs. (152, 145, 46)，而高雄港轉口折扣與廈門也差異不大 (高雄 38, 廈門 42)，因此限制母船彎靠數 7, 8 高雄港都還無法有相對低成本的優勢足以被選為母港。直到彎靠數設定為 9 時，高雄於回程時得以被選定為母港。因此本研認為，雖然實務上普遍認為，台灣有適合發展轉口港之利基，因大陸港口興起，其貨物進出口量大，相對其裝卸費將逐年提高，於此環境下，台灣雖進出口貿易量相對少很多，但可利用轉口費用低之優勢發展轉口港，擠身於次主要港口之列，但高雄港在致力於成為航商所選擇的轉口港，除提供優惠的轉口折扣外，更可站在航商立場，實務性整體地考慮高雄港與鄰近港口 (例如廈門) 間總運送成本包含母船航段之運輸成本與集貨航線之運輸與裝卸成本。

## 五、結論與建議

本文以租用大型船舶規劃航線上欲彎靠之軸心港港口為探討主體，進一步分析最低成本限制下母船未停靠之集貨港口將貨物指派給何軸心港連結之；考量實務上之週班服務、去回程停靠不同港口等規劃因素下，在潛在貨量固定與各項成本已知情況下，以航商所乘載之貨量求解總營運成本最小，建立一最適靠泊港口次序與集貨港指派之決策模式。

### 5.1 結論

近年來海運市場供給遠大於需求，造成定期市場競爭激烈，故航商在開關選擇停靠港口時，更須審慎評估成本效益，本文之模式經由簡例測試與案例分析，可反映裝卸成本、航行時間與轉口裝卸折扣率對母船靠港選擇之影響；但對於其他質性因素如法令政策、全球經濟興衰或其他突發事件等，本文主要以量化資料考慮，因此排除上述因素之影響。遠洋航線設計規劃時，考慮因素甚多，除了定期航線之循環航線、航行時間、貨櫃流通等特性外，更需將市場競爭特性包含成本、利潤等納入考量。航商以獲利為主要考量，相對而言即將營運總成本在可行之範圍內降到最低，追求經營最佳化。航線規劃過去常以有經驗之企劃人員或船長、大副等依照經驗規劃或重組航線，但面對目前市場變動劇烈且競爭的環境下，光靠有經驗人員之規劃尚嫌不足。應用新科學工具和數學模式，發展符合航線規劃特性之程式，再搭配經驗人員之調整，對定期航商將有助益，也將是時代趨勢。

藉由前述各章節之整理分析，本文可獲得以下結論：

1. 本文以混合整數規劃發展一處理航線規劃問題，包含母船停靠港選擇與集貨港指派問題。本文成本上以實際航段與單位運送成本為決策資料，應用軸心區位與配置模式得出一最佳航線繞程解，由此模式直接透過成本間之差異以呈現船舶大小與貨量而產生之規模經濟性，與過去設定一固定之折扣係數使成本變動差異完全相同，有更真實呈現成本之變動差異。模式中並追加一限制式規範航行時間，使船舶運送時間於合理狀況，並找

出總成本最低之可行解。

2. 為測試模式之可行性，代入假設之簡例，依照不同情境之簡例測試，包含母船拜訪港數、轉口裝卸折扣費、固定成本船舶每日租金與燃料費等，以檢測模式實用性與驗證影響靠港選擇之因素，由結果得出母船拜訪港數越少成本將越大，轉口裝卸折扣費對於選擇母船拜訪港影響甚大，固定成本船舶每日租金與燃料費小額增加將對母船拜訪港選擇與集貨港指派影響較小。
3. 透過簡例測試，本文將模式應用於實例遠東-地中海航線，於實例中，除規劃出適當之主航線，並得出各集貨港指派點，並對實際情況說明，顯示本文模式之規劃結果在實務上應用應具可行性。結果中基本情境下，地中海區只選取賽德港為母船停靠港，主要因賽德港之裝卸費低許多，使地中海其他港口皆透過其轉運。遠東地區首先接選取上海、香港、新加坡等主要大港停靠，其他如廈門、高雄等因裝卸費較低，適合發展轉運港，因此也是母港停靠選擇。另外雖然青島、連雲為貨量充足之港口，但因離地中海目標市場較遠，故於遠東/地中海航線下，將往南指派到裝卸費較低之高雄轉運。
4. 母船拜訪港選擇以貨量相對較多之港口外，另一種即為相對轉口裝卸成本較低。案例中賽德、高雄港之相對轉口裝卸成本低許多，對航商而言，若排除其他考慮因素，純以成本來考量，臺灣有適合發展轉口港之利基，因大陸港口興起，其貨物進出口量大，相對其裝卸費將逐年提高，於此環境下，臺灣雖進出口貿易量相對少很多，但可利用轉口費用低之優勢發展轉口港，擠身於次主要港口之列。
5. 面對地理位置鄰近存在之競爭對手，例如廈門，建議高雄港在致力於成為航商所選擇的轉口港，除提供優惠的轉口折扣外，更可站在航商立場，實務性整體地考慮高雄港與鄰近港口間總運送成本包含母船航段之運輸成本與集貨航線之運輸與裝卸成本之相對優勢。

## 5.2 建議

本文主要針對單一航商進行分析，以重櫃為分析單位，設定路網為單一指派，不考慮各港作業效率情形，以成本最小化為目標值進行分析，鑒於在問題上之假設，導致部分資料簡單化，因此建議後續研究可就下列各項建議進行修改或深入探討：

1. 本文利用模式求解之問題尚不大，若欲應用於實務更多節點之問題解決上，發展啟發式解法將會使求解時間縮短，又能獲得相對較佳之可行解。
2. 近年航商結盟或航線聯營盛行，因可減少航商營運風險，故建議可將航商間聯營或共同派船模式加入研究模式中，使模式不限於自有船隊或租賃船舶。
3. 本模式僅以重櫃為考慮對象，對於特殊櫃或空櫃調度問題等尚無考慮，故未來之研究可將問題擴及多重櫃種為對象，進行實務上問題之解決。
4. 本文主要只以彎靠港口數來限制船舶週期，若未來能加入實際船期時間且為動態性，則將會更符合實務需求。

5. 本研究流量為歷史資料修改而成，對於實際需求運量較無深入研究，而未來若能先發展預測需求運量數學式再套入本文模式應用將會更符合實際。
6. 船舶愈造愈大，日班服務與航商策略聯盟，驅使港口軸心化並朝向層級化軸幅式 (Hierarchical Hub-and-Spoke Network) 營運模式發展，航商航線規劃議題更為細緻與複雜，惟關於次級路網規畫之議題較複雜，未列入本研究所探討之範圍，因此建議未來研究可針對此部分做更深入之探討，使航線規劃議題與時俱進。

## 參考文獻

1. Pearson, R., *Container Ships and Shipping*, Fairplay, London, 1988.
2. 交通部運輸研究所，船舶大型化趨勢對我國海運產業發展之影響分析，民國 99 年。
3. Ashar, A., "Revolution Now", *Containerization International*, Yearbook 2002, 2002, pp. 56-60.
4. 謝尚行、王賢崙，「最適貨櫃船型與船速之非線性規劃模式」，*運輸學刊*，第 18 卷，第 1 期，民國 95 年，頁 1-26。
5. 陳逸凱、林振榮、張啟隱，「定期貨櫃航商軸幅航線之選擇模式」，*航運季刊*，第 21 卷，第 4 期，民國 101 年，頁 1-20。
6. Bijwaard, G. E. and Knapp, S., "Analysis of Ship Life Cycles -The Impact of Economic Cycles and Ship Inspections", *Marine Policy*, Vol. 33, No. 2, 2009, pp. 350-369.
7. Stopford, M., "Challenges for Global Shipping, Anniversary of the Danish Shipowners Association", *Clarkson Research*, 2009, pp. 1-13.
8. Containerization International, <http://www.ci-online.co.uk/>, 2012.
9. 交通部運研所，我國貨櫃港口因應環境變遷之碼頭營運模式研究，民國 102 年。
10. De Monie, G., "The Future Is Mega Hubs", *Cargo Systems*, 1997, pp.73-75.
11. O'Kelly, M. E., "A Quadratic Integer Program for the Location of Interacting Hub Facilities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 32, 1987, pp. 393-404.
12. O'Kelly, M. E. and Miller, H. J., "The Hub Network Design Problem: A Review and Synthesis", *Journal of Transport Geography*, Vol. 2, No.1, 1994, pp.31-40.
13. Campbell, J. F., "Integer Programming Formulations of Discrete Hub Location Problems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 72, 1994, pp. 387-405.
14. Alumur, S. and Kara, B.Y., "Network Hub Location Problems: The State of the Art", *European Journal of Operational Research*, Vol.190, 2008, pp.1-21.
15. Aykin, T., "On a Quadratic Integer Program for the Location of Interacting Hub Facilities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 46, 1990, pp. 409-411.
16. Aykin, T., "Lagrangean Relaxation Based Approaches to Capacitated Hub-and Spoke Network Design Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 79, 1994, pp. 501-523.

17. Aykin, T., "Networking Policies for Hub-and-Spoke Systems with Applications to the Air Transportation System", *Transportation Science*, Vol. 29, 1995, pp. 201-221.
18. O'Kelly, M. E., Bryan, D. L., Skorin-Kapov, D., and Skorin-Kapov, J., "Hub Network Design with Single and Multiple Allocation: A Computational Study", *Location Science*, Vol. 4, No. 3, 1996, pp. 125-138.
19. Ernst, J. and Krishnamoorthy, M., "Efficient Algorithms for the Uncapacitated Single Allocation P-Hub Median Problem", *Location Science*, Vol. 4, 1996, pp. 139-154.
20. Skorin-Kapov, D., Skorin-Kapov, J. and O'Kelly, M. E., "Tight Liner Programming Relaxations of Uncapacitated P-Hub Median Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, 1996, pp. 582-593.
21. Ernst, A. T. and Krishnamoorthy, M., "Solution Algorithms for the Capacitated Single Allocation Hub Location Problem", *Annals of Operations Research*, Vol. 86, 1999, pp. 141-159.
22. Abdinnour-Helm, S. and Venkataramanan, M. A., "Solution Approaches to Hub Location Problem", *Annals of Operations Research*, Vol. 78, 1998, pp. 31-50.
23. Sasaki, M., Suzuki, A., and Drezner, Z., "On the Selection of Hub Airports for the Airline Hub-and-Spoke System", *Computers & OR*, Vol. 26, 1998, pp. 1411-1422.
24. Ebery, J., Krishnamoorthy, M., Ernst, A., and Boland, N., "The Capacitated Multiple Allocation Hub Location Problem: Formulations and Algorithms", *European Journal of Operational Research*, Vol. 120, 2000, pp. 614-631.
25. Ernst, A. T. and Krishnamoorthy, M., "Exact and Heuristic Algorithms for the Uncapacitated Multiple Allocation P-Hub Median Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 104, 1998, pp. 100-112.
26. Sasaki, M. and Fukushima, M., "On the Hub-and-Spoke Model with Arc Capacity Constraints", *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 46, No. 4, 2003, pp. 409-428.
27. Mari'n A., Ca'novas L., and Landete M., "New Formulations for the Uncapacitated Multiple Allocation Hub Location Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 172, 2006, pp. 274-292.
28. 謝尚行、張斐茹，「軸輻路網模式在定期貨櫃船定線之應用」，*運輸計劃季刊*，第 30 卷，第 4 期，民國 90 年，頁 871-890。
29. 游至誠，「允許集貨港與軸心港不直接相連之海運軸輻路網模式」，交通大學運輸工程與管理學碩士論文，民國 90 年。
30. Hsieh, S. H. and Wong, H. L., "The Marine Single Assignment Nonstrict Hub Location Problem: Formulation and Experimental Examples", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 12, No. 4, 2004, pp. 343-353.
31. Hsu, C. I. and Hsieh, Y. P., "Direct Versus Terminal Routing on a Marine Hub-and-Spoke Container Network", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 13, No. 3, 2005, pp. 209-217.
32. 林亞蓁，「定期貨櫃航運之網路設計」，高雄第一科技大學運籌管理所碩士論文，民國 99 年。

33. Aversa, R., Botter, H. E., Haralambides, R. C., and Yoshizaki, H. T. Y., "A Mixed Integer Programming Model on the Location of a Hub Port in the East Coast of South America", *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 7, 2005, pp. 1-18.
34. Imai, A., Shintani, K., and Papadimitriou, S., "Multi-port vs. Hub-and-Spoke Port Calls by Containerships", *Transportation Research Part E*, Vol. 45, 2009, pp. 740-757.
35. Gelareh, S., Nickel, S., and Pisinger, D., "Liner Shipping Hub Network Design in a Competitive Environment", *Transportation Research Part E*, Vol. 46, 2010, pp.1-16.
36. 陳春益、邱明琦，「貨櫃航線網路設計模式之研究」，*運輸計劃季刊*，第 31 卷，第 2 期，民國 91 年，頁 267-298。
37. 謝景昌，「定期貨櫃船靠泊港口決策模式探討」，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，民國 90 年。
38. 張正宜，「臺灣地區規劃闢建洲際貨櫃中心深水碼頭之最佳化港口選擇」，國立臺灣海洋大學商船學系碩士論文，民國 95 年。
39. 林光、張志清，*航業經營與管理*，第 7 版，航貿文化事業，臺北，民國 99 年。
40. 董晉偉，「定期航線經營之模擬分析—以亞歐航線為例」，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，民國 95 年。
41. 嚴崇仁，「定期航運作業基礎成本分析與顧客分群訂價之研究」，國立臺灣海洋大學運輸與航海科學系碩士論文，民國 97 年。
42. 謝幼屏，「軸輻貨櫃海運網路之路線、船型與頻次之決策研究」，國立交通大學運輸科技與管理學系博士論文，民國 94 年。
43. Sea-rates.com, <http://www.searates.com/cn/reference/portdistance/>, 2012.

# 附 錄

附表 1 實例各港 O-D 流量

	青島	連雲	上海	寧波	廈門	基隆	高雄	香港	巴生港	新加坡	傑貝阿里	阿巴希	阿什杜德	賽德	熱那亞	來亨	福斯
青島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	50	100
連雲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	0	0
上海	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	200	200	0	200	0	200
寧波	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	100	100	0
廈門	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	200
基隆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
高雄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	150	200	0
香港	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	50	0	100	150
巴生港	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	50
新加坡	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	100	200
傑貝阿里	0	0	100	50	50	0	0	50	0	100	0	0	0	0	0	0	0
阿巴希	0	0	50	100	0	0	50	0	50	100	0	0	0	0	0	0	0
阿什杜德	100	0	120	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
賽德	100	0	50	0	0	0	100	50	50	150	0	0	0	0	0	0	0
熱那亞	0	50	50	0	50	0	50	50	0	100	0	0	0	0	0	0	0
來亨	0	0	100	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
福斯	0	0	100	0	50	50	0	50	0	150	0	0	0	0	0	0	0

附表 2 實例之母船航段營運成本

	青島	連雲	上海	寧波	廈門	基隆	高雄
青島	0	56,857	134,766	169,245	324,096	278,171	336,893
連雲	54,367	0	118,266	152,575	307,055	262,241	320,223
上海	134,200	120,190	0	64,889	220,480	182,335	233,278
寧波	163,633	149,623	61,066	0	194,807	156,291	207,605
廈門	317,267	302,890	215,433	195,177	0	105,910	83,132
基隆	273,100	259,823	178,966	158,279	107,528	0	114,028
高雄	331,567	317,557	229,733	172,579	84,782	114,060	0

附表 3 實例集貨船單位貨櫃運送成本

	青島	連雲	上海	寧波	廈門	基隆	高雄
青島	0	20	59	72	146	124	152
連雲	20	0	51	65	138	117	145
上海	61	53	0	26	99	81	106
寧波	72	65	24	0	85	66	91
廈門	146	138	97	85	0	43	32
基隆	124	117	79	66	43	0	46
台中	133	126	85	72	28	23	28
高雄	152	145	104	74	32	46	0





# 騎乘自行車之潛在風險分析<sup>1</sup>

## ANALYSIS OF POTENTIAL RISKS FOR BICYCLIST

鄭永祥 Yung-Hsian Cheng<sup>2</sup>

田蕙寧 Hui-Ning Tian<sup>3</sup>

(103 年 5 月 16 日收稿，104 年 4 月 16 日第 1 次修改，104 年 9 月 5 日定稿)

### 摘 要

本研究針對都會區自行車使用者之潛在風險進行分析，期望了解造成自行車使用者所感知主觀風險之情境為何，本研究透過羅序 (Rasch) 模式分析自行車騎主觀風險認知；另一方面，則是透過自行車事故之客觀歷史資料進行迴歸分析，建構潛在風險因素和意外事故死亡人數之邏輯斯迴歸分析模式，並比較自行車使用者主觀風險和客觀資料所呈現之風險差異。本研究並透過羅序模式之 DIF 檢測與 ANOVA 分析，依基本特性將自行車使用者分類，找出風險感知度低之族群，並與自行車事故死亡機率的邏輯斯迴歸模型比較分析，進而找出對於行車環境中的高危險因子，但自行車使用者風險感知度低之高風險族群，並期望利用工程、教育與執法不同層面之改善來減少主觀和客觀因素間的風險落差，以提供自行車使用者一個安全舒適的行車環境。

**關鍵詞：**自行車；風險感知；Rasch 模式；logistic 迴歸

### ABSTRACT

*This study aims to investigate the potential risks for bicyclists. The Rasch*

- 
1. 感謝科技部大專學生參與專題研究計畫之補助；核定計畫編號：(100-2815-C-006-050-E)。
  2. 國立成功大學交通管理科學系副教授 (聯絡地址：701 臺南市大學路 1 號 國立成功大學交通管理科學系；電話：06-2757575 Ext.53227；E-mail：yhcheng@mail.ncku.edu.tw)。
  3. 國立成功大學交通管理科學系碩士 (E-mail：ning629147@hotmail.com)。

*model is used to measure bicyclists' subjective perceived risk, and logistic regression is constructed to find contributor to the bicycle accidents casualty. Besides, we compare the Rasch and logistic model to discuss the gap between subjective and objective view of the potential risks. Our result also demonstrates some situations may be dangerous but cyclist did not aware of it which is high potential risk. Furthermore, we characterize bicyclist by DIF test and ANOVA shows that male and older bicyclist ride at night has a higher risk to casualty accident. The finding of this study can help government to build a more safety riding environment for bicyclists.*

**Key Words:** *Bicycle; Perceived risk; Rasch model; Logistic model*

## 一、緒 論

面對氣候變遷、能源衰竭問題日益嚴重，各國致力於研究綠色運輸系統，政府為刺激大眾以自行車為都會區短距離之代步工具或是捷運作為捷運的接駁運具，在 2010 年底也完成 2,600 公里的自行車道。在環保意識抬頭以及政府大力推動下，產生自行車使用者快速增加現象，然而僅 13.7% 民眾將自行車作為近半年通勤（學）較常使用之運具中<sup>[1]</sup>，顯示自行車使用比例並不高，再進一步發現民眾認為能增加自己騎乘自行車意願的措施，是以「提供安全的自行車騎乘地區」居首，占 40.1%，此數據顯示民眾拒絕使用自行車為運具的主要原因是安全問題。交通部運研所<sup>[2]</sup>研究指出若以自行車使用者實際在道路上行駛的距離為曝光量，自行車使用者每十億公里死亡率為 411（死亡數／十億公里），明顯高於機車的 65（死亡數／十億公里）和汽車的 16（死亡數／十億公里），此自行車事故死亡率，更比歐洲國家中最高值的西班牙高出 2 倍，造成自行車使用者對於騎乘自行車的安全有所疑慮。

Wang 等人<sup>[3]</sup>指出在美國有 32.6% 的自行車使用者死亡與 52.6% 受傷是發生在交叉路口。Anderson 與 Sloss<sup>[4]</sup>調查資料顯示：自行車事故發生地點以交叉路口相關地點之比率最高（61.5%），其中自行車發生事故時道路有 53.1% 是設有交控設施（29.6% 有號誌，23.5% 有標誌或閃光號誌），40% 道路無設置交控設施。Summala 等人<sup>[5]</sup>研究結果發現無號誌化路口的減速設施，如：減速標誌、高起的腳踏車標誌、停車標誌等影響了汽機車駕駛者的視覺，提醒了駕駛者留意行車環境，並降低行車速度，因此形成自行車事故多發生在有號誌化路口的現象。

本研究以問卷調查自行車使用者所可能遭遇的主觀風險，量測自行車使用者對行車環境各種情境的風險感知；另一方面利用臺南區自行車行車事故 2001 年至 2011 年資料建構邏輯斯迴歸模式，其中「反應變數」設定為 A1 自行車事故與否，「預測變數」為發生自行車事故之肇事因素，研究結果即可明顯排序出威脅自行車使用者之客觀危險因子。最後將此邏輯斯迴歸模式和 Rasch 模式相比較，分析實際造成自行車事故的客觀風險因素和自行車使用者心中的主觀風險感知，了解兩者間的相關性或落差。本研究希望了解自行車使用者在臺南騎乘自行車之風險感知及客觀風險，並比較不同特性族群之自行車使用者於風險感知之差異，藉此改善自行車使用之交通環境。

## 二、文獻回顧與資料說明

### 2.1 自行車使用狀況與肇事特性

根據交通部統計處於 2010 年調查結果顯示：臺灣地區 12 歲以上民眾中，最近半年曾經騎過自行車（包括自有及租借用）之比例為 51.0%，其主要目的為休閒、運動、旅行。全體家庭自行車普及率略低於機車，但平均家庭自行車持有數（1.81 輛）則較機車（1.44 輛）為高，未來亦約有 25% 的家庭打算購買自行車<sup>[1]</sup>，可見自行車使用率預期將愈來愈高。

Wachtel 與 Lewiston<sup>[6]</sup> 針對自行車與機動車在路口碰撞情形所進行的研究指出，18 歲以上的自行車使用者與機動車發生意外事件為其他自行車使用者的 1.8 倍，性別對於造成自行車意外並無明顯差異，而逆向行駛的自行車使用者，所面臨的意外風險更是平均值的 3.6 倍。其中由於成年人的風險較高，所以可採用教育或強制執法的方式以降低風險。

交通部運研所<sup>[2]</sup> 調查資料顯示自行車 A1 肇事人數最多的時段為早上 5 點及下午 6 點，A2 肇事人數最多的時段為早上 7 點及下午 5 點；而 A1 與 A2 肇事人數皆以 67 歲以上年齡族群最高，事發地點分別以交叉路口內、快車道最多，肇事類型以側撞最多，其次分別為追撞、同向擦撞、路口交叉撞，肇事因素皆以原因不明占了大多數。而 Mikko 與 Heikki<sup>[7]</sup> 指出國外自行車事故最常發生之類型為右轉汽機車與對向直行腳踏車發生衝突所造成。

McClintock<sup>[8]</sup> 也提到在提供安全的自行車環境除了致力於道路上的安全措施，更重要的是人為因素：自行車使用者的態度、行為、反應，並可從以下 4 個方面減少自行車事故：保護、教育、法律、改變環境。英國研究<sup>[9]</sup> 發現絕大部分的自行車使用者，並不像其他駕駛者遵守交通規則，由此可見人為因素在事件發生中扮演著重要的角色。因此有研究指出使自行車騎乘環境更加安全的做法是透過自行車使用者訓練並加強取締違法<sup>[10,11]</sup>。Abrams 等人<sup>[12]</sup> 認為由於機動車駕駛和自行車使用者對於道路的使用產生了兩種不同的觀念：機動駕駛者認為自行車屬於不引人注意的運具，且是交通混亂的來源；自行車使用者則認為在路上騎乘自行車是他們的權利，無論白天或晚上只要他們希望即可騎乘自行車。此外，自行車使用者亦認為他們看得見機動車輛，所以機動車輛駕駛也看得見他們（但是自行車和機動車大小比例為 1:7）。因此產生了認知上的不同；但自行車使用者和機動車駕駛皆認為能見度輔助物能幫助自行車使用者更容易被注意，如亮色衣物、反光零件以及附加在自行車上的螢光物品<sup>[13]</sup>。

### 2.2 感知風險

感知風險 (perceived risk) 最早應用於心理學上，主要描述個體對於某事物的主觀風險，而不論此事物所造成的實際風險（客觀風險）。Parkin 等人<sup>[14]</sup> 指出自行車使用者在路上騎乘自行車時，當其他車輛通過或環境改變時，會對自行車使用者造成壓力，此壓力會

因車輛大小而有所不同，且每個人對風險的感知度也不同。

Bovy 與 Bradley<sup>[15]</sup> 研究指出自行車專用道設施、交通情況、汽車速率以及容量都會影響自行車使用者之感知風險。Landis 等人<sup>[16]</sup> 提出交通流量、車種比例、車道寬度和鋪面情況亦有重要的影響。Sorton 與 Walsh<sup>[17]</sup> 證明了騎自行車除了外在環境的影響外，內在的精神因素也會影響自行車使用者，如生性樂觀的使用者認為發生事故的機率低，因此其風險感知度相對較生性悲觀者低。Lund 與 O'Neill<sup>[18]</sup> 表示由於風險感知的不同，會造成自行車使用者不同的駕駛行為，如風險感知度高者在騎乘自行車時將顯得更加小心；而當自行車駛入汽車道時，速度也會明顯不同，會比其在自行車道之速度低<sup>[19]</sup>。

### 三、研究方法與資料說明

傳統研究多採用古典測試理論，因此難以測量受測者的能力 (ability) 或潛在特質 (latent traits)，故本研究以心理學上用來量測受測者能力、個人特質的單參數模式：「Rasch 模式」進行分析，量測自行車使用者的風險感知能力，即自行車使用者對行車環境的主觀風險感知；此外透過客觀數據 (臺南區車鑑會自行車事故資料) 建構邏輯斯迴歸模式，以期找出威脅自行車使用者之危險因子。以下將進行 Rasch 模式和邏輯斯迴歸模式的介紹。

#### 3.1 邏輯斯迴歸分析 (logistic regression analysis)

當進行模型預測時，若應變數為連續變數多採用迴歸分析，但當應變數為類別變數或次序分類時，則適用之統計方法為對數線性模型 (log-linear model)，邏輯斯迴歸 (logistic regression) 即為其中的一種方法<sup>[20]</sup>。此模型在 1994 年由 J. Berkson 提出後，被廣泛應用於應變數為二分類別變數之模型，此二分類別變數編碼非 0 及 1，而自變數可以是連續變數或類別變數。其目的亦和一般迴歸模型相同，期望透過模型的建置了解自變數與應變數間之關係，按照不同之自變數代入後便能得出應變數 (成功的機率)。

假設  $Y$  為應變數，其代表某事件發生與不發生兩種情況，分別假設其值為 0 和 1；而  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  為獨立且已知的觀測值，亦即為自變數，此自變數可為連續變數或類別變數； $P(x)$  表示在  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  下成功之機率，此機率值因  $X$  而有所不同但界

於 0 和 1 之間，則事件發生之機率可表示成： $P(X) = \frac{e^{f(x)}}{1 + e^{f(x)}}$ ，事件不發生之機率：

$1 - P(X) = \frac{1}{1 + e^{f(x)}}$ ，故勝算比 (odds ratio) 可表示成： $\text{odds} = \frac{P(X)}{1 - P(X)} = e^{f(x)}$ ，此為事

件發生機率相對於不發生機率之強度，再將勝算比取對數後便可得出一線性方程式：

$$\ln \left( \frac{P(X)}{1 - P(X)} \right) = \ln(e^{f(x)}) = f(x) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (1)$$

通常邏輯斯迴歸模型的整體適配度可透過「對數概似值」(log likelihood, 簡稱 LL) 函數檢定, 邏輯斯迴歸之顯著性檢定包含整體模式檢定與個別參數檢定, 其中整體模式適配度檢定可透過 Pearson  $X^2$ 、Hosmer-Lemeshow 檢定量、擬似  $R^2$  值, 而個別參數的顯著性檢定則透過 Wald 檢定量。

### 3.2 單向度試題反應理論-Rasch 模式

試題反應理論即忽略受測者的試題反應組型, 利用對數勝算比的觀念建立具類等距與可累加特性之 logit 量尺, 利用不同受試者在不同試題難度的反應, 量測出受試者的能力值 (ability), 再利用受試者在回答試題時的答題情況校估出題目的難度 (difficult)。最大的特色是它對試題的特性與受試者的作答反應要求較嚴格, 在同時考慮受測者的試題反應模型及試題參數後, 經過有效校估每個問題的困難度、統計配適度, 可客觀的估計出每位受測者的能力及模式適配度。

Rasch 模式具有下列基本假設<sup>[21]</sup>, 當假設成立時, Rasch 模式才能被用來分析測驗資料, 假設包括: (1)單向度 (unidimensionality): 即一項測驗只能量測一種能力或潛在特質。由於單向度假設不易滿足, Hambleton 與 Swaminathan<sup>[22]</sup> 認為當測驗具有一影響結果之主要因素 (dominant factor), 則符合單向度假設。(2)局部獨立性 (local independence): 當受測者能力被固定時, 受測者在任何試題上的反應是各自獨立的, 即表示自行車使用者的能力才是影響自行車使用者在問卷試題上表現的唯一因素。通常單向度假設成立時, 局部獨立性假設亦會成立<sup>[23]</sup>。

Rasch 模式即為試題反應理論中的單參數羅吉特模式, 以直觀角度而言, 問卷試題越難則答高分的受試者相對較少, Rasch 模式即利用試題困難度的不同來量測「自行車使用者的能力」以及「試題的困難度」, 利用勝算比建立出等距的 logit 量尺, 使得不同難度間受試者所需跨越的距離相等, 因此透過數學式的轉換, Rasch 模式可由受試者對於問題的填答情況了解試題的難易度, 而利用題目的難度亦可了解受試者的能力, 因此 Rasch 模式可呈現出達對某問項之機率、不同的受試者能力與試題的難易度三者間的關係。

且傳統的統計分析是直接利用受試者對每個問項的得分加以分析, 因此研究結果會受樣本本身特性的影響, 然而 Rasch 模式的統計基礎建立在受測者對項目反應的「機率」, 不受樣本影響, 故較為穩定。

試題反應理論最簡單的公式架構即設定自行車使用者的答題能力上、下限值分別為  $d = 1$  和  $c = 0$ , 且所有試題的鑑別度均為 1。假定一問卷試題  $i$  為「我覺得晚上 7 點過後眼睛壓力上升」, 採用二元計分模式作答, 答案為是者令其 1, 答案為否者令其為 0, 其中  $\theta_j$  為自行車使用者  $j$  的能力,  $b_i$  是試題  $i$  的難度 (difficulty),  $e$  為自然對數 2.718, 而所計算出的  $P(X_{ji} = 1 | \theta_j, b_i)$  即是自行車使用者對某問卷試題答「是」的機率 (式 2 左), 答「否」的機率為 (式 2 右):

$$P(X_{ji} = 1 | \theta_j, b_i) = \frac{e^{(\theta_j - b_i)}}{1 + e^{(\theta_j - b_i)}}, \quad P(X_{ji} = 0 | \theta_j, b_i) = 1 - \frac{e^{(\theta_j - b_i)}}{1 + e^{(\theta_j - b_i)}} = \frac{1}{1 + e^{(\theta_j - b_i)}} \quad (2)$$

若將兩式相除，即可得知自行車使用者  $j$  對試卷問題  $i$  「回答同意」的勝算比，將此勝算比取自然對數 (nature log)，達到以 logit (羅基分數) 為單位的量尺，即能反應自行車使用者的能力及試題困難度：

$$\ln \left( \frac{P(X_{ji} = 1 | \theta_j, b_i)}{P(X_{ji} = 0 | \theta_j, b_i)} \right) = \ln(e^{(\theta_j - b_i)}) = \theta_j - b_i \quad (3)$$

由上式  $\theta_j - b_i$  之值，便可得知自行車使用者的答題表現，會受其自身能力及問卷試題困難度兩方面的影響。

第(3)式亦可推廣至多元資料評估 (Polytomous Data)，Dawes<sup>[24]</sup> 研究指出，五尺度、七尺度、十尺度選項的數據，經過簡單的資料轉換後，其平均數、變異數、偏態、峰度皆極為相似。在多元資料評估模式中，自行車使用者的能力及試題困難從  $\theta_j - b_i$  修正為  $\theta_j - b_{iy}$ 。而本研究的每一試題應有不同的門檻值，故宜採用「部分計分模式」(Partial Credit Modal)<sup>[25]</sup>，即每個選項有自己的門檻值  $F_{iy}$ ，故試題的困難度可被修正為： $b_{iy} = b_i + F_{iy}$ ，因此部分計分模式的勝算值為： $\theta_j - b_i - F_{iy}$ ，推導回原式可得「第  $j$  位自行車使用者回答第  $i$  題問卷試題中第  $y$  個選項的勝算值」為：

$$P_{jiy} = \frac{e^{\sum_{p=0}^y (\theta_j - b_{iy})}}{\sum_{k=0}^m e^{\sum_{p=0}^y (\theta_j - b_{iy})}} \quad (4)$$

此模式的特色為能力屬性越強者，越能跨越其門檻轉而選擇配分更高的選項。 $k$  是指起始值為 0， $m$  是指等級尺度數 (本研究是五尺度)。

### 3.3 資料說明

邏輯斯迴歸模型分析所需之資料取自臺南區車鑑會之歷年統計數據，從民國 89 年 1 月至民國 100 年 12 月，以事故車種為條件篩選出自行車的事故資料，每筆資料包含事故時間、地點、相關當事人之性別、年齡、職業、傷亡情形、車種、天候、照明、道路條件、雙方證詞等，模型之「反應變數」為 A1 事故與否，「預測變數」為號誌路口發生自行車事故之肇事因素。

建構 Rasch 模式之資料為受訪者主觀資料，根據 Vlek<sup>[26]</sup> 表示風險感認為道路駕駛者對於 (危險) 環境，所量測之整體的錯綜複雜反應，即自行車使用者個體上主觀的對於潛在交通危險之感受。故本研究將問卷分為 3 部分：第 1 部分採用一般名目尺度設計問卷，以區分自行車使用者族群。第 2 部分為困難度量測，答題方式採用李克特 (Likert) 五尺度方式作答，選項分別為：(1)非常不同意；(2)不同意；(3)普通；(4)同意；(5)非常同意，使

自行車使用者能充分表達其感受。第 3 部分為開放式問項，使自行車使用者得以更具體描述其感知風險。

本研究問卷共發放 350 份問卷，根據交通部 99 年「民眾日常使用運具調查表」中自行車使用者之年齡比例隨機發放。問卷發放地點為臺南市都會區（東區、北區、西區），包含臺南區車鑑會、學校（國中、高中、大學）、公園、菜市場、火車站、公車站等地及其週邊環境，鎖定正在使用或在 1 個禮拜內曾使用自行車之使用者進行問卷施測。

## 四、風險感知能力與事故肇因比較分析

### 4.1 邏輯斯迴歸分析

#### 4.1.1 敘述性統計

資料來源使用臺南市車鑑會的歷年數據，從 2000 年至 2011 年，有效的自行車事故資料共 520 筆。由統計結果可發現，男性自行車使用者事故死亡人數明顯高於女性，此乃因男性自行車使用者曝光量高於女性，但若就死亡率看來，男性使用者（47.9%）仍高於女性使用者（35.1%）；在年齡部份，以 70-79 歲自行車使用者死亡人數最多，而 0-9 歲（100%）與 80 歲以上（69.8%）之自行車使用者死亡率分居為第 1、2 位；在天氣方面，陰雨天相較晴天之事故死亡率高；在道路照明方面發現雖然夜晚無照明的道路死亡人數最少，但其事故死亡率（65%）明顯高於夜晚有照明（41.1%）及白天自然光線（40.6%）的道路；而事故型態本研究區分為同向撞擊與對向撞擊，從資料看出發生同向撞擊的次數約為對向撞擊事故的 10 倍，且同向撞擊的自行車使用者死亡率亦較高；另從自行車發生事故之車種來看，本研究將撞擊車種依大小分為機車、小客貨車與大客貨車，可看出小客車與自行車發生死故次數最高，且事故死亡率隨著事故車種大小變化，當車型體積愈大，事故死亡率也愈大，即大客貨車之事故死亡率（66%）大於小客貨（47.5%）車大於機車（32.8%）；行駛速度指的是與自行車使用者發生事故之車輛當時的行駛速度，乃根據警察作筆錄詢問當事人之資料紀錄，從資料發現駕駛行駛於 50km/hr~60km/hr 區間所造成自行車事故死亡人數最高，但從整體行駛速度關係看來，在 30km/hr~70km/hr 以上，當對方行駛速度愈高，自行車使用者事故死亡率亦愈高；在肇事者狀態方面，依警察局筆錄記錄當時肇事者的生理狀況（酒駕、用藥），資料顯示肇事者在用藥或酒駕後造成自行車使用者死亡率大為增加。

#### 4.1.2 邏輯斯迴歸模型

雖然將事故資料利用敘述性統計加以分析，但從次數上的多寡並無法直接得知自變數對應變數之影響，且變數間之關係亦無從得知，故本研究建構邏輯斯迴歸模型以分析各變數對自行車使用者傷亡情形的影響程度。在信心水準 90% 下，除了夜晚有照明之自變數

外，所有自變數皆拒絕虛無假設 ( $H_0: \beta=0$ )，而在模型適配度上，Nagelkerke  $R^2=0.326$ ，Hosmer 與 Lemeshow 的適合度檢定，假設  $H_0$ : Logistic 迴歸模式是適合的，檢定統計量卡方值為 11.386，顯著機率為  $0.181 > 0.05$  (顯著水準)，故無法拒絕虛無假設，表示其具一定之模式預測能力，且模式適配度是可接受的<sup>[27]</sup>。將此邏輯斯迴歸模型表示如下：

$$\begin{aligned} \text{Logit}(\pi) = & -2.813 + 0.452 \times \text{性別 (1)} + 0.034 \times \text{年齡} + 0.359 \times \text{夜晚有照明 (1)} \\ & + 0.883 \times \text{夜晚無照明 (1)} - 0.811 \times \text{事故型態 (1)} - 1.83 \times \text{車種 (機車) (1)} \\ & - 1.288 \times \text{車種 (小客貨車) (1)} + 0.033 \times \text{行駛速度} + 0.54 \times \text{有無違規 (1)} \quad (5) \end{aligned}$$

在係數意義的探討上，當自行車使用者之年齡增加 1 歲，其造成死亡事故之勝算比可解釋為當自行車使用者之年齡增加 1 歲，其造成死亡事故之機率將增加為  $e^{0.034}=1.035$  倍。如表 1 所示：性別的勝算比為 1.571，表示男性發生自行車死亡事故為女性的 1.571 倍。而肇事方車輛若為機車，則發生死亡事故為大客貨車的 0.16 倍，可見大客貨車造成自行車死亡事故為機車的 6.25 倍；肇事方車輛若為小客貨車，則發生死亡事故為大客貨車的 0.276 倍，可見大客貨車造成自行車死亡事故為小客貨車的 3.623 倍。其中值得注意的是，雖然夜晚有照明並非顯著影響因子，但其勝算比為 1.432，表示夜晚有照明的情況下發生自行車死亡事故為白天自然光線的 1.432 倍，而在夜晚無照明的情況下發生自行車死亡事故更為白天自然光線的 2.419 倍。

本研究中所使用車鑑會事故鑑定資料顯示：自行車使用者最小年齡為 8 歲，最高齡者 90 歲，然將自行車使用者以年齡每 10 歲為一區間，可發現 10 歲以下之自行車使用者只有 2 人，占樣本數之 0.4%，10-19 歲之自行車使用者占樣本數之 18.8%，而 80-90 歲之自行車使用者占樣本 10.2%，表示 10-90 歲之自行車使用者占樣本 99.6%，故本研究推論在 10-90 歲區間，當自行車使用者之年齡增加 1 歲，將增加死亡事故率 1.035 倍。另將肇事者行駛速度以 10 km/hr 為區間，介於 10-90 km/hr 占樣本數 97.1%，故推論當肇事者行駛速度在 10-90 km/hr 間，當肇事者行駛速度增加 1 單位，將造成死亡事故增加 1.034 倍。

由邏輯斯迴歸模型可發現大客貨車造成自行車死亡事故的機率均大於機車與小客貨車，晚上發生自行車死亡事故的機率較白天大，且在夜晚無照明的道路上無疑是對自行車使用者形成重大威脅。透過邏輯斯迴歸分析，本研究以人、車、路之觀點來分析事故之特性如下：男性年長之自行車使用者遇上飲酒或服用藥物等精神狀況不佳之駕駛者，發生事故死亡機率將增加；當肇事者行駛大型車輛，且以越快速度同向撞擊自行車使用者，將造成死亡事故之機率上升；當自行車事故發生於晚上，且在夜晚無照明的道路上亦會提高事故死亡機率，無疑是對自行車使用者形成重大威脅。



表 1 自行車歷年事故邏輯斯迴歸模型參數勝算比表

Factor	Attribute	Control	Odds ratio(95%CI)
性別	男性	女性	1.571(1.034-2.386)*
年齡			1.035(1.024-1.045)**
事故型態	對向撞擊	同向撞擊	0.444(0.204-0.967)*
照明	夜晚有照明 夜晚無照明	白天自然光線	1.432(0.906-2.264) 2.419(1.078-5.427)*
肇事者車種	機車 小客貨車	大客貨車	0.160(0.075-0.344)** 0.276(0.129-0.591)**
肇事者狀態	違規	正常	1.716(0.966-3.050)
肇事者行駛速度			1.034(1.020-1.047)**

註：\*顯著水準為 5%；\*\*顯著水準為 0.1%。

## 4.2 Rasch 模式分析

本研究將有效問卷數為 302 份，進行基本資料結構分析，男性自行車使用者占總樣本數的 56.4%，較女性自行車使用者 (43.6%) 多，年齡方面以學生及老年人為主，55 歲以上之受訪者占樣本的 24.6%。受訪者收入大多不滿 30,000 元，占了全部樣本的 79.3%，推估主因是大多數受訪者為學生與 65 歲以上老年人，受訪者職業大多為退休人士與家管。旅次目的則是以上學補習為最多數 (58.4%)，運動 (36.1%) 為第 2 高，第 3 為購物 (26.2%)，此外亦有旅遊觀光 (12.1%)、通勤上班 (10.2%) 等。

由於 Rasch 模式建立在單向度 (unidimensionality) 假設上，即研究者必須確定問卷中的所有問項只量測一種困難度，故須先進行探索性因素分析 (EFA)，透過 SPSS.17 軟體分析，結果顯示所有問項中，第 1 因素解釋變異百分比為第 2 因素解釋變異百分比的 3.63 倍，且 KMO 值為 0.842，表示此份問卷的解釋能力良好，問項間相關性高，由上述結果可知本問卷符合單向度假設。

### 4.2.1 情境問項難度參數

確認資料符合基本檢定後，本研究透過 Winsteps 軟體進行 Rasch 分析<sup>[28]</sup>，下表 2 為各問項之難度參數，題目難度越高，表示受訪者對該問項所描述之情境，風險的感知能力越低，亦即自行車使用者對於難度高之問項所感受到的風險是較少的，也就是說該問項所描述之行駛環境使自行車使用者感覺越安全。

由表 2 可知，問卷困難度最高是者為問項 6，表示受訪者對此問項之回答選項多偏向「不同意」、「非常不同意」，即自行車使用者認為當黃昏天色變化時，騎自行車是不會感覺到危險的。問項 10 (雨後騎車比平時危險) 難度最低，表示該使用者之風險感知能力高於問項所描述之情境，即此問項最容易讓自行車使用者感到危險。問項難度值由高至

低，表示自行車使用者之風險感知度則由低至高，即環境讓自行車使用者覺得越來越危險，代表自行車使用者在上述問項所描述之情境騎自行車時，感知風險增加。

表 2 自行車使用者自我感知風險 Rasch 模式情境問項難度參數表

編號	問 項	難度	(安全) 較難
6	我覺得黃昏天色變化時，騎自行車讓我感到危險	0.49	
13	我認為穿著亮色衣服騎乘自行車讓我感到危險	0.30	
16	騎乘自行車時，當路面坡度改變（上、下坡），我會擔心其他駕駛者看不到我，讓我感到危險	0.30	
4	騎乘自行車時，汽機車的鳴笛聲使我不安	0.26	
1	騎乘自行車時，我認為機車混合車流讓我感到危險	0.22	
2	騎乘自行車時，我認為汽車混合車流讓我感到危險	0.19	
3	當路口有其他來車或車流匯入讓我感到危險	0.05	
17	騎乘自行車時，當路面線型改變（轉彎），我會擔心其他駕駛者看不到我，讓我感到危險	0.03	
19	騎乘自行車時我認為無號誌路口比閃光號誌路口危險	0.02	
15	騎自行車時，標線不清讓我感到危險	0.02	
11	自行車上加裝車前燈讓我感到危險	-0.05	
7	我覺得清晨霧氣濃厚時，騎自行車讓我感到危險	-0.06	
5	我認為汽機車違規停車讓我感到危險	-0.19	
14	騎自行車時，路面坑洞與不平讓我感到危險	-0.19	
12	自行車上只裝有反光片（車燈照才會反光）讓我感到危險	-0.21	
8	我覺得雨天騎自行車比晴天更危險	-0.26	
9	我覺得晚上騎自行車比白天更危險	-0.28	
18	騎乘自行車時我認為路口比路段更危險	-0.28	
10	我覺得下過雨後騎自行車比平時危險	-0.37	
			較易 (危險)

Rasch 模式主要優點之一是能將受訪者校估後之能力參數與問項難度同時呈現在一個連續性 logit 尺度上，使研究者能同時對照兩變數之關係，如下圖 1 (person-item map) 所示。右邊之數字標示為 logit 值，由上往下遞減，而左側長條圖表示自行車使用者之風險感知能力，右側縱軸上的「M」代表受訪者與問卷的平均數，「S」代表距離平均數 1 倍樣本標準差之位置，「T」代表距離平均數兩倍樣本標準差之位置<sup>[29]</sup>。

從圖中可看出受訪者之平均能力高於試題難度，即表示自行車使用者普遍認為問項中所描述之行車環境是危險的，其中，最易感受到危險之行車環境為情境 10（下過雨後）、情境 18（路口）、情境 9（晚上）；最不易感受到危險之行車環境為情境 6（黃昏）、情境 13（穿著亮色衣服）、情境 16（上、下坡）。

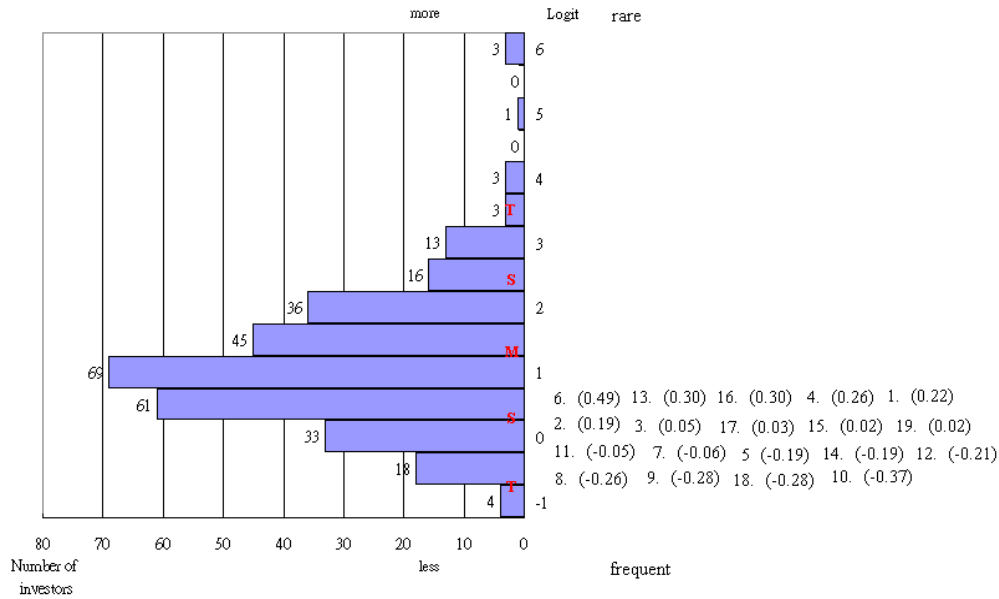


圖 1 Rasch 模式 person-item map

#### 4.2.2 試題功能差異評估 (DIF)

本研究先將問卷中每位自行車使用者經 logit 換算後的風險感知度進行 ANOVA 分析，以問卷中的基本問項 (性別、年齡、學歷、是否發生自行車事故、每週騎乘自行車頻率) 分類，其中以年齡和學歷有顯著差異。年齡分類乃依據臺南區車鑑會取得之自行車事故資料，發現自行車傷亡人數最多者分別是 65 歲以上及 18 歲以下之使用者，因此在 ANOVA 分析表中的年齡類別分為兩組，將 18 歲以下與 65 歲以上之自行車使用者分為一組，另一組為 18~65 歲之自行車使用者；學歷則將高中 (含) 以下分為一組，大學 (專) 以上 (含) 為另一組。表列如下。

表 3 Rasch 模式自行車使用者 ANOVA 分析

類別	項 目	人數	平均數	標準差	p 值
年齡	18 歲以下與 65 歲以上	155	1.252	1.1809	0.079
	18 ~65 歲	150	1.4687	0.9555	
學歷	高中以下 (含)	113	1.0836	1.1339	0.001
	大學 (專) 以上 (含)	177	1.5806	1.0248	

ANOVA 分析可看出 18 歲以下與 65 歲以上之使用者的風險感知度較 18~65 歲的自行車使用者低，且若將顯著水準訂為 0.1，則 p 值小於顯著水準，表示在同一行車環境，18

歲以下與 65 歲以上之使用者較 18~65 歲使用者感覺不到危險，因此 18 歲以下與 65 歲以上使用者所產生的危險感會較 18~65 歲使用者平均低 0.22，表示 18 歲以下與 65 歲以上使用者在道路上感受不到危險因而成為高風險群。若將自行車使用者以學歷區分，從平均數中可發現高中（含）以下的自行車使用者明顯低於學歷在大學以上（含）的使用者，表示學歷在高中（含）以下之使用者其風險感知能力明顯較低，屬於事故發生的高風險群。故本研究以下進行年齡和學歷的 DIF 分析。

Differential item functioning (DIF) 表示對不同群體而言，該份問卷所代表的意義不同，即在主要量測能力以外，存在著其他能力足以影響受訪者之作答結果，以本研究而言，受訪者之填答結果依年齡和學歷而有所不同。下表為受訪者特性對問項填答顯著差異整理表，由於問項難度 logit 值較高者，表示該問項對此族群較難，所以此族群擁有較少的能力足以克服困難度，故會填答選項分數較低者，即較不能感受到該問項中所描述之行車環境的危險性，也就是說該族群對此問項之風險感知度較低。而根據 Lund 與 O'Neill<sup>[18]</sup> 表示由於風險感知的不同，會造成自行車使用者不同的駕駛行為，如風險感知度高者在騎乘自行車時將顯得更加小心，故本研究找出風險感知度較低者，推論因其風險感知度較低，使得在騎乘自行車時較易忽略行車環境所產生的危險，因而成為事故發生的高風險族群。即高風險感知度之自行車使用者屬於事故發生的低風險族群，反之，低風險感知度之自行車使用者則成為事故發生的高風險族群。

表 4 受訪者特性對問像填答顯著差異整理表

風險感知度高／低風險族群		風險感知度低／高風險族群		P 值
自行車使用者特性	難度值	難度值	自行車使用者特性	
1. 我認為機車混合車流讓我感到危險 (0.22)				
學歷大學 (含) 以上	0.05	0.46	學歷高中 (含) 以下	0.01
2. 我認為汽車混合車流讓我感到危險 (0.19)				
學歷大學 (含) 以上	0.05	0.36	學歷高中 (含) 以下	0.04
5. 汽機車違規停車讓我感到危險 (-0.19)				
年齡 18~65 歲間	-0.48	0.02	年齡 18 歲↓與 65 歲↑	0.00
學歷大學 (含) 以上	-0.41	0.03	學歷高中 (含) 以下	0.01
6. 黃昏天色變化時，騎自行車讓我感到危險 (0.49)				
學歷高中 (含) 以下	0.22	0.68	學歷大學 (含) 以上	0.00
7. 清晨霧氣濃厚時，騎自行車讓我感到危險 (-0.06)				
學歷高中 (含) 以下	-0.36	0.15	學歷大學 (含) 以上	0.00
8. 雨天騎自行車比晴天更危險 (-0.26)				
學歷大學 (含) 以上	-0.54	-0.02	學歷高中 (含) 以下	0.00
11. 加裝車前燈讓我感到危險 (-0.05)				
學歷高中 (含) 以下	-0.41	0.20	學歷大學 (含) 以上	0.00

表 4 受訪者特性對問像填答顯著差異整理表 (續)

風險感知度高／低風險族群		風險感知度低／高風險族群		P 值
自行車使用者特性	難度值	難度值	自行車使用者特性	
15. 標線不清讓我感到危險 (0.02)				
學歷高中 (含) 以下	-0.18	0.14	學歷大學 (含) 以上	0.05
19. 無號誌路口比閃光號誌路口危險 (0.02)				
學歷高中 (含) 以下	-0.23	0.20	學歷大學 (含) 以上	0.01

## 五、風險感知能力與事故肇因比較分析

Rasch 研究結果將 19 個問項難度值排列，發現 302 位受訪者認為「下過雨後騎車最危險」，「黃昏天色變化時騎車最不危險」，而在本研究問卷中有另一問項為雨天騎車比晴天危險，原以為受訪者對於雨天騎自行車會覺得比下過雨後危險，但研究結果恰好相反，由於從自行車基本特性中發現，自行車使用者之主要旅次目的為通勤學或運動、購物、旅遊，因此推測在下雨天時，並不適合戶外活動，且騎乘自行車將穿脫雨衣造成諸多不便，故在下雨天時自行車使用者多不出門，因而自行車使用者在雨天騎乘經驗較少也就不覺得雨天危險。

但在下雨過後，原本預計執行之活動將會在此時完成，故在此時產生較多旅次，因而道路上較多車輛與行人，自行車使用者在下過雨後外出活動將面臨較複雜之交通環境，且下過雨後路面濕滑，推測此為自行車使用者認為下過雨後騎乘自行車較雨天危險之原因。

此外，Wood 等人<sup>[13]</sup>指出自行車使用者和機動車駕駛皆認為能見度輔助物能幫助自行車使用者更容易被注意，如亮色衣物、反光零件以及附加在自行車上的螢光物品。但在 logistic 模型中發現自行車反光片變數並不顯著，表示自行車裝有反光片與否並不影響自行車使用者事故死亡的機率。而在 Rasch 模式中，自行車使用者認為加裝反光片與車前燈反而會感到危險，但穿著亮色衣服則不會感到危險，因此推測自行車使用者心理應是認為亮色衣物與反光片使得本身更容易被注意，但安全與否則另當別論。

藉由 Rasch 模式與 logistic 模型進行主觀與客觀間危險度之比較分析，找出自行車騎乘環境中，客觀資料顯示為易造成事故發生的危險因子，但自行車使用者卻風險感知度低的行車情境，此問項即為自行車使用者容易疏忽的危險行車環境，客觀危險因子與主觀風險感知度之象限分析圖如下：

從圖 2 了解橫軸為 Rasch 量測的主觀認知危險感 (原點之右是主觀感覺危險，原點之左是主觀感覺較不危險)，縱軸為邏輯斯迴歸模式預估之危險因子 (原點以上是指根據客觀事故資料影響事故顯著之因子，原點以下是指不顯著之影響因子)，第 2 象限是指實際資料分析所得之顯著危險因子，但自行車使用者在主觀認知上覺得並不危險。根據 Lund 與 O'Neill<sup>[18]</sup>表示由於風險感知的不同，會造成自行車使用者不同的駕駛行為，如風險感知

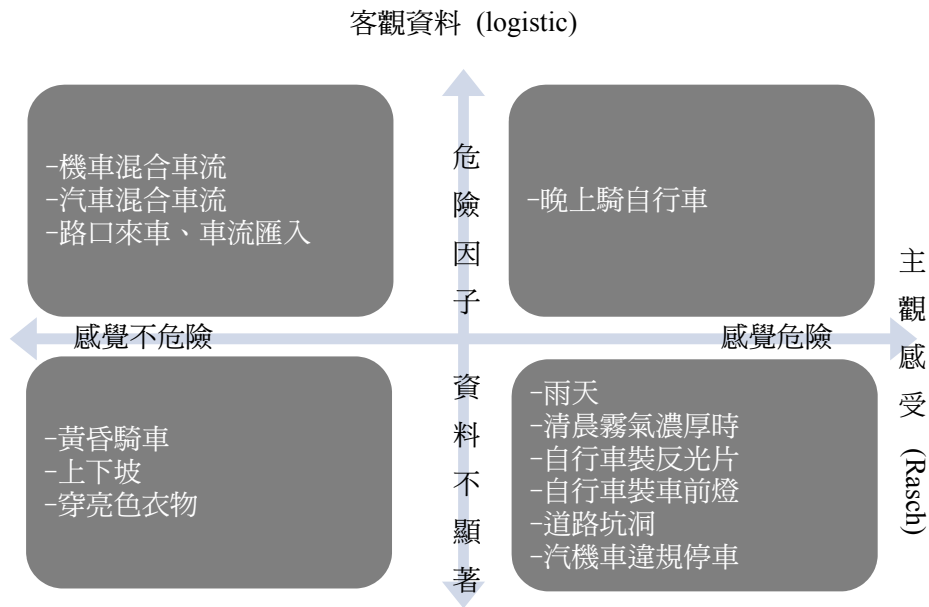


圖 2 客觀資料與主觀感受比較圖

度高者在騎乘自行車時將顯得更加小心。因此自行車使用者的風險感知能力較低者表示其風險感知較不足，表示其可能察覺不出危險的存在，尤其在面對易發生自行車使用者傷亡之行車環境時，容易疏忽危險性而造成自行車事故的發生，屬於事故發生的高風險族群（第2象限）。此行車環境為「自行車在路段行駛時處於機車混合車流中」、「自行車在路段行駛時處於汽車混合車流中」、「當路口有其他來車或車流匯入時」，上述的危險行車環境中自行車使用者並沒有危險感受，即身在危險境中卻渾然不知，形成容易忽略的安全死角。

在了解自行車使用者容易忽略的危險行車環境後，透過 DIF 分析可更進一步找出在此行車環境中風險感知能力較低者，發現學歷在高中（含）以下之自行車使用者對於汽車、機車混合車流之危險感知能力顯著低於學歷較高者。

## 六、結論與建議

本研究根據臺南車鑑會篩選 2000-2011 年之自行車事故資料，進行邏輯斯迴歸分析，結果發現：男性發生自行車事故死亡之機率大於女性，自行車使用者年齡愈高者發生事故死亡機率越高，夜晚發生事故的死亡機率大於白天，其中夜晚無照明的道路條件發生事故造成自行車使用者死亡的機率高於夜晚有照明之道路，自行車事故中的肇事車輛速度越快，自行車發生事故之肇事車種越大表示事故中自行車使用者的死亡機率越大，其中以大

客貨車死亡機率>小客貨車>機車。

Siman-Tov 與 Jaffe<sup>[30]</sup> 指出年齡和身體構造的不同是造成自行車使用者傷亡情況的主因。本研究發現自行車使用者年齡越高者其死亡機率越高，推測因為年紀越大者越無法承受車禍事故的撞擊力，身體復原的時間也更長，因此在邏輯斯迴歸分析，自行車使用者之年齡增加 1 歲，其造成死亡事故之機率將增加為  $e^{0.034}=1.035$  倍。

透過 Rasch 模式了解高齡者 (65 歲以上) 對自行車騎乘環境的風險感知能力，並和一般民眾比較，高齡者比一般人容易感受到其他車流匯入、上下坡以及無號誌路口的危險，但是難以感受到晚上、下過雨後、路邊違規停車的危險性。尤其在所有情境中，高齡者最難感受到的危險性是晚上騎車，表示高齡者並不覺得晚上騎車是危險的，但是透過事故資料分析可了解高齡者在夜晚無照明的道路上發生事故死亡率最高。

本研究希望利用教育 (Education)、工程 (Engineering)，及執法 (Enforcement) 之 3E 策略來降低自行車意外事故，透過教育建立高齡者風險觀念，提高其風險感知能力；如告知其：夜晚騎車很危險，下雨過後盡量不要騎車，行經違規停車者時也要特別小心。並透過工程面改善騎乘環境，包括自行車道裝設貓眼，夜間照明故障者應立即修復以提高能見度，並消弭視線死角，適度提供號誌或標誌等。此外，本研究顯示「汽機車之違規停車」會造成自行車使用者心中的危險感，而客觀資料並未顯示違規停車是造成自行車事故死亡的危險因子，因此應透過加強執法消弭自行車使用者心中之疑慮，取締違規停車者，使自行車使用者擁有足夠的行車空間；邏輯斯迴歸分析模型中亦發現肇事車輛速度越快，造成自行車使用者的死亡機率越高，因此執法人員要嚴加取締「超速」駕駛者，避免事故的發生。

打造安全的自行車環境，需要教育、工程、執法面的相互配合，主管機關亦應針對高齡者應建立自行車行車風險之觀念，加強其風險感知能力，並確實執法以禁止違規的駕駛行為，再搭配工程面的道路行駛環境改善，期望能提供自行車使用者更安全、舒適的行車環境。

## 參考文獻

1. 交通部運輸研究所，自行車使用狀況調查，民國 99 年。
2. 交通部運輸研究所，腳踏車肇事特性分析及因應措施，民國 93 年。
3. Wang, Y. and Nihan, N. L., "Estimating the Risk of Collisions between Bicycles and Motor Vehicles at Signalized Intersections", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 36, No. 3, 2004, pp. 313-321.
4. Anderson, S. A. and Sloss, G. S., "Analysis of Traffic Collisions Involving Pedestrians and Bicycles During 2000 and 2001 in Louisville, Kentucky Bicycle and Pedestrian Coordinator Jefferson County Planning & Development Services", *Proceedings of the 16th Biennial Symposium on Visibility and Simulation*, Transportation Research Board, 2002.

5. Summala H., Pasanen E., Räsänen M., Sievänen J., "Bicycle Accidents and Drivers' Visual Search at Left and Right Turns", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 28, No. 2, 1996, pp. 147-153.
6. Wachtel, A. and Lewiston, D., "Risk Factors for Bicycle-Motor Vehicle Collisions at Intersections", *ITE Journal*, Vol. 64, No. 9, 1994, pp. 30-35.
7. Mikko, R. and Heikki, S., "Attention and Expectation Problems in Bicycle-Car Collisions : An In-Depth Study", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 30, No. 5, 1998, pp. 657-666.
8. McClintock, H., *The Bicycle and City Traffic*, Belhaven Press, London, 1992.
9. Jones, P., *Public Perceptions of Traffic Regulation in Urban Areas*, Transport Studies Unit, Oxford University, Published by HMSO, London, 1990.
10. Jeffrey, A. H., *Listening to Bike Lanes: Moving beyond the Feud*, University of Montana, Montana, 1996.
11. Sacks, J. J., Holmgreen, P., Smith, S. M., and Sosin, D. M., "Bicycle-Associated Head Injuries and Deaths in the United States from 1984 through 1988", *JAMA*, Vol. 266, No. 21, 1991, pp. 3016-3018.
12. Abrams, B. S., Broker, J. P., and Hill, P. F., *Bicycle Accidents: Biomechanical, Engineering, and Legal Aspects*, Lawyers & Judges Publishing Company, Tucson, AZ, 2006.
13. Wood, J. M., Lacherez, P. F., Marszalek, R. P., and King, M. J., "Drivers' and Cyclists' Experiences of Sharing the Road: Incidents, Attitudes and Perceptions of Visibility", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 41, No. 4, 2009, pp. 772-776.
14. Parkin, J., Wardman, M., and Page, M., "Models of Perceived Cycling Risk and Route Acceptability", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39, No. 2, 2007, pp. 364-371.
15. Bovy, P. H. L. and Brandley, M. A., "Route Choice Analysed with Stated Preference Approach", *Transportation Research Record*, Vol. 1037, 1985, pp. 11-20.
16. Landis, B. W., Vattikuti, V. R., and Brannick, M. T., "Real-Time Human Perceptions toward a Bicycle Level of Service", *Transportation Research Record*, Vol. 1578, No. 1, 1997, pp. 119-126.
17. Sorton, A. and Walsh, T., "Bicycle Stress Level as a Tool to Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compatibility", *Transportation Research Record*, Vol. 1438, 1994, pp. 17-24.
18. Lund, A. K. and O'Neill, B., "Perceived Risks and Driving Behavior", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 18, No. 5, 1986, pp. 367-370.
19. Chen, Y., Wang, D., and TAO, Z., "Speed Character Study for Motor Vehicle and Bicycle at Non-Barrier Section", *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol. 9, No. 5, 2009, pp. 53-57.
20. Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., and Neter, J., *Applied Linear Regression Models*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, New York, 2003.
21. 張新立、賴怡安，「計程車搭乘恐懼量測與其影響因素之探討」，中華民國運輸學會 98 年學術論文國際研討會論文，中華民國運輸學會，民國 98 年。



22. Hambleton, R. K. and Swaminathan, H., *Item Response Theory: Principles and Applications*, Springe, New York, 1983.
23. Hulin, C. L., Drasgow, F., and Parsons, C. K., *Item Response Theory: Application to Psychological Measurement*, Dorsey Press, Belmont, CA, 1983.
24. Dawes, J. G., “Do Data Characteristics Change According to the Number of Scale Points Used? An Experiment Using 5-Point, 7-Point and 10-Point Scales”, *International Journal of Market Research*, Vol. 51, No.1, 2008, pp. 61-77.
25. Geoff, N., “A Rasch Modal for Partial Credit Scoring”, *Psychometrika*, Vol. 47, No. 2, 1982, pp. 149-174.
26. Vlek, C. H., “Rational and Personal Aspects of Risk”, *Acta Psychologica*, Vol. 45, No. 1-3, 1980, pp. 273-300.
27. Sze, N. N. and Wong, S. C., “Diagnostic Analysis of the Logistic Model for Pedestrian Injury Severity in Traffic Crashes”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39, No. 6, 2007, pp. 1267-1278.
28. Linacre, J. M., *Many-Facet Rasch Measurement*, 2<sup>nd</sup> Ed., MESA Press, Chicago, 1994.
29. Brentari, E. and Golia, S., “Measuring Job Satisfaction in the Social Services Sector with the Rasch Model”, *Journal of Applied Measurement*, Vol. 9, No. 1, 2008, pp. 45-56.
30. Siman-Tov, M. and Jaffe, D. H., “Bicycle Injuries: A Matter of Mechanism and Age”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 44, No. 1, 2012, pp. 135-139.



# 服務便利性與企業信譽對高鐵 APP 使用意圖影響探討—兼論企業信譽的調節角色

## STUDY ON THE EFFECTS OF SERVICE CONVENIENCE AND CORPORATE CREDIBILITY ON THE INTENTION TO USE TAIWAN HIGH SPEED RAIL APP: MODERATING ROLE OF CORPORATE CREDIBILITY

陳光華 Kaung-Hwan Chen<sup>1</sup>

楊政樺 Cheng-Hua Yang<sup>2</sup>

林祈宏 Chi-Hung Lin<sup>3</sup>

(103 年 5 月 28 日收稿，103 年 9 月 26 日第 1 次修改，104 年 9 月 5 日定稿)

### 摘 要

隨著科技快速發展，全球使用 M-commerce 人口持續增長，造就行動商務與觀光旅遊領域的技術與應用相結合並已受到重視。本研究旨在探討服務便利性與企業信譽對顧客使用「臺灣高鐵 T Express」手機 APP 通關服務使用意圖的影響，並兼論企業信譽的調節角色。本研究於臺灣高鐵左營站針對站內各不重疊候車區域顧客以隨機抽樣進行面訪式問卷調查，共計

- 
1. 國立高雄應用科技大學觀光管理系暨觀光與餐旅管理研究所教授（聯絡地址：80778 高雄市三民區建工路 415 號 國立高雄應用科技大學觀光管理系暨觀光與餐旅管理研究所；電話：07-3814526#7218；E-mail：khchen@cc.kuas.edu.tw）。
  2. 國立高雄餐旅大學航空暨運輸服務管理系副教授（聯絡地址：81271 高雄市小港區松和路 1 號 國立高雄餐旅大學航空暨運輸服務管理系；電話：07-8060505#2510；E-mail：edward@mail.nkuht.edu.tw；本文通訊作者）。
  3. 國立高雄應用科技大學觀光管理系暨觀光與餐旅管理研究所碩士。

回收 400 份，有效問卷 373 份 (有效問卷率為 93.25%)。研究結果顯示：(1) 服務便利性與企業信譽對使用意圖有直接顯著正向影響，且服務便利性的影響程度高於企業信譽；(2) 企業信譽對於服務便利性與使用意圖之間的關係具有調節效果；及(3) 服務便利性之「決策便利」是顧客最關切的衡量要素。最後，提出本研究之論點與管理意涵。

**關鍵詞：**服務便利性；企業信譽；行動商務；使用意圖；APP

## ABSTRACT

*With rapid development of technology, global m-commerce users grow continuously. M-commerce is combined with technique and application of tourism and it becomes important. This study aims to probe into the effects of service convenience and corporate credibility on customers' intention to use the "T Express mobile ticketing service" of the Taiwan High Speed Rail (THSR) and discusses the moderating role of corporate credibility. It adopted random sampling on customers in different waiting areas at THSR Zuoying Station. Upon agreement, this study conducted face-to-face questionnaire survey and retrieved 400 questionnaires, including 373 valid samples, with a valid return rate of 93.25%. According to research findings: (1) "service convenience" and "corporate credibility" directly, significantly and positively influence "intention to use". The effect of service convenience is higher than corporate credibility. (2) Corporate credibility has a moderating effect between "service convenience" and "intention to use". (3) "Decision-making convenience" of service convenience is the measurement factor concerned the most by customers. Finally, according to the findings, this study proposes discussion regarding managerial implication in practice.*

**Key Words:** Service convenience; Corporate credibility; M-commerce; Intention to use; APP

## 一、前言

隨著時代的變遷，科技發展迅速，造就網際網路與資訊科技逐漸結合，以致相關之應用程式及牽涉範圍越來越廣泛。其中，全球使用行動商務 (M-commerce) 技術的人口也不斷上升，進而影響許多產業型態轉變。例如：行動商務與旅遊領域相結合的技術與應用，促使觀光旅遊業在溝通型態產生變化，成為重要議題並廣受重視<sup>[1-6]</sup>。

根據聯合國分支組織國際電信聯盟 (International Telecommunication Union, ITU) 於 2013 年出版的《全球評量資訊化社會報告》顯示，全球手機用戶已成長至 68 億人，且亞洲的手機用戶超越全球用戶的一半，表示亞洲市場仍在持續成長。在 2013 年底，全球手機滲透率更高達 96%，智慧型行動裝置成為科技使用的主要工具，並以驚人的成長速度來囊括全球<sup>[7]</sup>。根據 Stamford<sup>[8]</sup> 的研究指出，全球行動付款交易金額預估將從 2012 年的 1,631

億美元成長至 2,354 億美元，成長率約為 44.3%，而行動付款的使用人數預估將從 2012 年的 2.008 億人成長至 2013 年的 2.452 億人，成長率約為 22.1%。全球行動交易付款金額在 2012 年到 2017 年間，預計每年以平均 35% 的速率成長，由此可見未來行動商務的龐大商機。另外，根據資訊工業策進會調查顯示<sup>[9]</sup>，臺灣持有智慧型手機或平板電腦的人口約有 1,053 萬人，表示使用 APP 應用程式的消費者已越來越多。APP 為「Application」的縮寫，泛指生活中食衣住行育樂等行動服務的應用程式，如此不僅帶動了 APP 應用程式的相關發展，在 APP 應用程式的相關經濟效益上更是不斷升高。至 2013 年，臺灣智慧型手機的持有已達 917 萬人，較去年同期人數增加了 16.9%，且預估臺灣智慧型手機的普及率在 2015 年將達到 67.2%，顯示臺灣將會有近七成的消費者持有智慧型手機<sup>[9]</sup>。

臺灣高速鐵路股份有限公司（以下簡稱臺灣高鐵）發展至今，已成為臺灣大眾運輸產業中重要的一環，其不僅節省南北往來通車的時間，更促進北高一日生活圈的便捷。該公司自 2007 年通車迄 2013 年底，輸運人次近 2 億 5 千萬。在售票通路方面，除可透過各車站售票窗口、自動售票機、客服中心電話訂位、團體訂位與網路訂位付款等通路外，考量旅客人數日漸增加，該公司於 2000 年 2 月增設便利商店購票系統。繼而，考量行動商務的服務風潮來臨，為因應搭車顧客之多元化需求，於 2011 年 10 月開放民眾免費下載「臺灣高鐵 T Express（以下簡稱 T Express）」手機快速訂票通關服務之 APP 應用程式，即可直接使用智慧型手機完成訂位、付款、取票，並利用二維條碼（QR Code）感應進站乘車，以提供旅客更便利之購票服務<sup>[10]</sup>。

行動商務的世代來臨，已由行動服務的方式取代原有在網際網路的應用與服務，進而成為一種新的交易平臺。Anckar 與 D’Incau<sup>[11]</sup>認為企業在建置行動商務時，首先應以消費者導向的服務內容為主，而非僅重視技術觀點，以此建立企業競爭優勢。就消費者立場而言，行動性無時間及空間上的限制特性，且具有提供個人化服務與其他附加服務等優勢，使消費者可透過使用行動設備在任何時間、地點提供服務<sup>[5]</sup>。早期行銷用語中的「便利性」係指消費者購買產品所耗費的時間與精力，不論其產品的特性或屬性<sup>[12]</sup>，也並非個人對產品或服務的便利偏好<sup>[13]</sup>。Yale 與 Venkatesh<sup>[14]</sup>認為便利偏好是一種與眾不同的消費策略，多數研究者亦同意便利導向對消費購買決策具有關鍵性的影響<sup>[13]</sup>。Gehrt 與 Yale<sup>[15]</sup>更指出企業若能在行銷策略納入對顧客消費過程的便利性，將能留住更多的消費者。因此，服務便利性需求是越來越重要。Backer 等人<sup>[16]</sup>提出行為意圖為預測消費行為的重要因素之一，而 Brown<sup>[17]</sup>認為企業若提供各種不同的服務便利性給消費者，能夠增加其使用意圖。Cotte 與 Wood<sup>[18]</sup>認為顧客的消費行為是喜愛嘗試新商品，因此當高鐵推出 APP 服務時，顧客在降低接受服務時所花費的時間與精力，往往能使其嘗試新的購票通路，進而使用其功能。

過去對於顧客在科技接受服務的使用意圖研究上，隱私權風險（privacy risk）與消費者對安全保障與可靠性的關注是一個重要影響因素。企業信譽（corporate credibility）可被視為在網上建立信任及減少顧客安全性和可靠性兩者隱私風險的一種關鍵因素，在電子商務中擁有良好的企業信譽已被證實能增加其顧客信任<sup>[19]</sup>。所謂企業信譽是由對公司的感

知信任和感知專業知識所組成的，影響消費者如何評價公司的誠信和專業<sup>[20]</sup>。若企業沒有顯著的信譽，則訊息的傳遞將是失敗且不具說服力的<sup>[21]</sup>。Featherman 等人<sup>[22]</sup>指出，消費者若對企業擁有良好的形象感，其感知有用性將會顯著受影響，進而有意使用電子化服務。因此，信任和專業知識對於企業信譽上是非常重要的，企業信譽也被證實在品牌評價和購買商品的意願，具有顯著正向的影響<sup>[20, 22-24]</sup>。

在先前有關行動商務的議題討論階段，由於相關科技未臻成熟，相關研究多聚焦在科技方面<sup>[25]</sup>，或從企業觀點探究有關行動商務應用的科技接受度<sup>[26-29]</sup>。然而，企業建置行動商務的服務內容，不能僅著重於技術觀點，Clarke<sup>[30]</sup>指出建構行動商務的關鍵成功因素取決於消費者導向服務，而非傾斜於技術本位。Anckar 與 D'Incau<sup>[11]</sup>也認為應以顧客導向為首要工作，才能建立企業競爭優勢。

由於臺灣高鐵是我國首樁以 BOT 模式進行的公共建設。現有經營團隊的前身是由大陸工程、富邦、東元、太電及長榮等五大集團為競逐臺灣南北高速鐵路經營權而集資組成的「臺灣高鐵聯盟」<sup>[10]</sup>。五大集團中，係由具有交通運輸專業背景的長榮集團主導高鐵營運策劃，以民航服務的標準，兼容並蓄臺鐵及捷運的軌道運輸特性。臺灣高鐵成立後，如同國內其他運輸業者（包含但不限於航空公司、國道客運業及臺鐵），亦架設訂購票網站，並逐步擴充服務範圍，強化自己的網路行銷。然而，過去以網頁為主的服務有其極限，對於強調以服務為本位的城際大眾運輸業而言，提供便利之訂購票務及簡易方便的驗票通行服務是一個重要的關鍵因素。尤其，在具有「移動性」與「便攜性」特質的智慧型行動裝置（如手機、平板電腦）普及之後，行動商務可提供之服務與應用迥異於電子商務。其中，服務便利性與業者之專業知識與誠信對於影響顧客使用高科技服務的意願將顯得重要，亦引發本研究欲探討高鐵顧客對於該公司在運輸服務專業演繹的信任認知是否會影響其對「T Express」APP 使用意圖。綜上，本研究旨在探討服務便利性與企業信譽對 APP 使用意圖之影響，並兼論企業信譽的調節角色，裨益臺灣高鐵提昇優勢動能，有效整合策略資源。

## 二、文獻回顧

### 2.1 行動商務與服務便利性

「行動商務」是指商業交易透過無線裝置與通訊網路連結所產生的<sup>[31]</sup>。使用者能透過行動商務的運用，以無線網路購買商品和服務，也能藉由手持式無線設備發送和接收訊息，以及瀏覽網頁<sup>[32]</sup>。行動商務涵蓋範圍相當廣泛，如付款、情況監測管理、互動行銷、智能通訊、購物、訊息瀏覽、娛樂服務、觀察股票行情等<sup>[33]</sup>。然而，由供應商、顧客、銀行、行動商務網路操作者及其他可能成員所組成的行動商務價值鏈，主要特色在於延伸銷售通路（如：目前網路與電子商務），具有傳播性、便利性、地點性、無所不在及提供更多個人化服務等特性<sup>[30, 34, 35]</sup>。本研究目的為探討顧客使用「T Express」之手機 App 服務

便利性，因此著重在便利性的特色。在早期行銷的便利性是指消費者在購買產品之時間與精力，而非產品本身特色或屬性<sup>[12]</sup>，或是指個人對產品或服務的便利偏好<sup>[13]</sup>。Davis 與 Vollmann<sup>[36]</sup> 提出等待時間會使消費者對便利性評價有所影響。對於缺乏時間 (time-scarce) 的人而言，便利性亦成為影響消費決策的因素<sup>[37]</sup>。Fennema 與 Kleinmuntz<sup>[38]</sup> 研究顯示消費者在消費時會傾向節省認知上的精力。Yale 與 Venkatesh<sup>[14]</sup> 認為便利偏好是一種與眾不同的消費策略，而多數研究者同意便利性導向是消費購買決策的主要影響因素<sup>[12, 13, 39]</sup>。例如：Gehrt 與 Yale<sup>[15]</sup> 指出企業若增加便利性在其服務消費的過程中，將能留住更多的消費者。

Berry 等人<sup>[13]</sup> 將服務便利性定義為泛指任何能減少消費者購買或使用服務所需時間與精力的認知，且對消費者而言，商品取得與服務的便利更是不可或缺的，因此提出五點有關服務便利性的面向：(1)決策便利 (decision convenience)，指消費者知覺是否購買服務或使用服務時所需投入之時間與精力；(2)取得便利 (access convenience)，指消費者知覺在購買或使用服務時所需投入的時間與精力；(3)交易便利，指消費者知覺在進行交易時所需投入之時間與精力；(4)利益便利，指消費者知覺體驗企業所提供之服務核心利益時所投入之時間與精力；(5)後續利益便利，指消費者知覺在享受服務後再次與企業接觸時所投入之時間與精力。另外，Brown<sup>[17]</sup> 以經濟效用理論為基礎，提出便利性應包含五個面向：(1)時間便利，指企業提供的服務時間對消費者是便利的；(2)地點便利，指企業提供的服務地點對消費者是便利的；(3)獲得便利，指企業提供財務或其他管道以便利消費者購買其服務；(4)使用便利，指企業提供的服務讓消費者使用時是感到便利的；(5)執行便利，指企業能提供消費者選擇自己或是由他人代勞之便利。陳光華與楊政樺<sup>[40]</sup> 以服務便利性的概念，針對高鐵手機 APP 快速訂票通關之服務內容以質化與量化方法顧客使用 APP 之服務項目，經信效度分析與探索性因素分析後提出 6 種服務便利性，分別為：決策便利、交易便利、取得便利、使用便利、利益便利及後續利益便利，而本研究服務便利性構面便是以此篇所提出之服務項目為主。Nguyen 等人<sup>[41]</sup> 將服務便利性視為服務品質的調節變項，發現在兩種服務設置 (零售展廳與音樂會) 下對服務品質具顯著差異的調節效果。有不少研究支持消費者評估各種服務設置 (service settings) 之服務便利性是有所差異<sup>[13, 42]</sup>。

## 2.2 企業信譽

「企業信譽」(corporate credibility) 非僅是保證契約誠實執行的重要機制，亦會影響消費者對公司在誠信和專業上的評價，是由消費者對公司的感知專業知識和信任所組成，屬於公司整體聲譽的一部分<sup>[20]</sup>。Keller<sup>[23]</sup> 提出企業信譽是消費者相信某特定公司能傳遞消費者期望產品及服務的程度。曹休寧與張衛東<sup>[43]</sup> 認為在一個社會中，企業的信譽主要受博弈次數、產權和法律制度、競爭的環境以及政府行為的影響。然而，不少研究指出消費者對於某特定公司的產品與服務往往以感知專業知識和信任來加以衡量。例如：對於潛在不明的電子服務屬性，消費者的感知有用性受到企業信譽影響，進而使用電子服務<sup>[22, 44]</sup>。

在電子商務商店中已被證實擁有良好聲譽的商人能增加其消費者信任<sup>[19, 22]</sup>，且也有研究證實信譽概念化的專業知識和信任對於說服消費者是非常重要又具影響力<sup>[20, 45-47]</sup>。在品牌評價和購買商品的意願上，企業信譽也已被證實會有正向影響<sup>[20, 22, 23, 24]</sup>。

就網路服務供應商而言，消費者知覺到供應商的專業知識、能力、技巧等為專業知識；而消費者知覺到供應商的可信賴性、誠實、可靠性等為感知信任。在網路上的信任建立、減少私人風險、消費安全及信任問題上，企業信譽被視為關鍵因素之一。有許多文獻顯示在私人風險議題上，使用者最擔心在使用行動票務時有隱私與安全的問題<sup>[48-51]</sup>，例如：藉由手機上網購票，會有個人資料被竊取、洩漏、竄改或其他侵害情事之安全疑慮<sup>[51]</sup>。由上述可知，消費者在意與重視的是隱私機制與相關系統保護、緊急應變與安全稽核制度，因此使用意願在行動商務上更顯重要。

現今臺灣高鐵的經營團隊是由長榮國際（股）公司、東元電機（股）公司以及臺北富邦商業銀行（股）公司等組成<sup>[10]</sup>。其中，長榮集團經營範圍包括全世界的海陸空貨運及航空客運，不僅已是運輸領域的一方之霸，更在國際社會奠定良好的信譽，成為臺灣的代表企業之一。這些企業能夠在臺灣經營幾十餘年，且能不斷地擴大其營業範圍，顯示這些企業在臺灣有著良好的經營能力與信譽評價，才能歷經時間考驗，在眾多激烈的企業競爭裡繼續經營發展。

綜上，消費者會以企業的專業程度與信任等來判斷企業提供商所提供的產品質量，而企業信譽也影響著消費者對於企業所提供之產品的評價。Featherman 等人<sup>[22]</sup>提出消費者若對於企業保有良好的形象感，會顯著影響其感知有用性，進而構成使用電子化服務的一項重要因素。Culnan 與 Armstrong<sup>[52]</sup>認為，消費者在消費前進行一個有關風險和利益的評估，當消費者認為風險將大於自身所能得到的利益時，他（她）們將會決定不去使用。消費者認為他（她）們無法控制線上交易在資料傳輸時，可能會有個人資訊流出及對個人資訊失去控制的潛在風險<sup>[48, 53]</sup>。因此，Hwang 與 Han<sup>[54]</sup>提出企業信譽可能的三種管理結果：幸福感、顧客品牌識別及品牌忠誠度。

## 2.3 使用意圖

許多探討科技技術面的研究多以「科技接受模式」（Technology Acceptance Model, TAM）作為研究架構<sup>[1, 55, 56]</sup>。TAM 常被用在解釋與預測其使用者行為，是由理性行為理論（Theory of Reasoned Action, TRA）延伸而來。Fishbein 與 Ajzen<sup>[57]</sup>提出的 TRA 意圖模型被廣為接受，其主張若要預測一個人的行為，必須先行瞭解其行為意圖，而其行為通常在既有依據的資訊下，並經由理性思考後才做出選擇，在多數的研究領域中亦被證實成功描述及預測人類之行為<sup>[58]</sup>。行為意圖是個人主觀判斷其未來可能採取之行為傾向，且會影響其使用意圖<sup>[59, 60]</sup>。本研究以 TAM 為基礎定義「使用意圖」（intention to use）可作為預測人們的使用行為，也是個人未來可能對產品或服務的參與行動。時常可見科技應用服務的使用在使用介面適應性的議題，如 TAM 建構、實證與修正等，因此使用者對使用介



面之親和感對新科技的潛在使用者的行為意圖有正向影響<sup>[61]</sup>。在行動商務的研究中也驗證易用性與使用便利性對使用意圖有正向效果<sup>[55, 62]</sup>。

從過去探討「使用意圖」的相關文獻可知，社群網站、影音分享網站、銀行虛擬通路、消費者網路購物、數位學習、數位電視等頻繁被使用於民生領域的生活科技議題，研究者多以具備該科技實際使用經驗者做為問卷調查對象。然而，對於探討某些特定小眾族群基於醫療需求或工作需要，或雖適用於一般民眾，卻因尚未完全普及之新興科技產品的「使用意圖」（非實際使用）初探性研究課題，研究者在不易蒐集足夠樣本數的權衡下，亦有同時採取具備實際使用經驗者與未曾使用卻知悉該科技者做為樣本擷取原則<sup>[63-67]</sup>，甚至亦有學者針對尚未上市的理想型新興科技，探究潛在使用者的使用意圖<sup>[68]</sup>。諸如：呂錦隆與凌珮娟<sup>[63]</sup>參酌 TAM 架構，加入「服務品質」、「知覺風險」、「旅客偏好使用人力報到服務之傾向」等構面，分別建構「曾經使用旅客模式」與「未曾使用旅客模式」，藉以探討國內旅客於國際機場使用 KIOSK 自助報到意圖。曾旭民等人<sup>[63]</sup>選取國內兩家醫學中心及一家區域醫院做為抽樣的機構，應用 TAM 理論檢驗影響曾經使用與未曾使用過行動護理車的護理人員接受度之因素。張基成等人<sup>[65]</sup>進行行動學習環境中英語學習持續意圖之便利性及好奇心影響議題的研究中，雖然受訪樣本都有使用個人電腦、網路及數位學習的經驗，但大多沒有實際使用行動學習的經驗。黃仲霖與賴美嬌<sup>[66]</sup>藉由整合的科技接受與使用理論探討民眾對健康旅遊行動導覽系統的接受程度，受試者涵蓋曾經使用與未曾使用者。顧崑等人<sup>[67]</sup>在探究高齡者對於使用智慧藥盒科技的議題，受訪者中未使用過藥盒者佔整體 71.57%。甚至，朱斌好等人<sup>[68]</sup>結合 TAM 與「媒體豐富度理論」探討即時交通資訊系統之使用意願，由於該系統是假設式的產品，受訪者係界定為該系統的可能使用者，包括職業駕駛人，以及一般上班通勤族。

## 2.4 服務便利性、企業信譽與使用意圖之關係

從諸多探討服務便利性對消費者行為意圖影響的研究中發現，多數消費者希望在購物時能夠力求簡便，不願耗費太多的時間在尋找產品或服務、蒐集資料及購物程序上，故購物流程簡單化有助於消費者再次購買的可能性<sup>[69]</sup>。Gehrt 與 Yale<sup>[15]</sup>指出，欲使消費者再購意願增加，店家可藉由提供消費者更多的使用便利服務。Berry 等人<sup>[13]</sup>指出消費者若能體驗店家服務核心利益，可使其減少在購物時知覺時間與精力之便利性，亦能增加其購買意圖。在行動商務研究中也有不少研究證實當使用者知覺新的系統可以帶來使用利益，他(她)們的採用或購買意圖也愈高<sup>[70]</sup>。Cotte 與 Wood<sup>[18]</sup>認為消費者喜愛嘗試新商品，基於在接受服務時所花費的時間與精力減少之便利性，往往促使消費者嘗試新的購票通路，進而使用其功能。若店家能提供消費者如財務、付款、取貨等方面的交易便利，消費者的購買意圖亦會增加<sup>[69]</sup>。

在電子商務行銷研究中，商家擁有良好的聲譽已被證實能增加消費者的信任<sup>[19, 22]</sup>。對於信譽的概念化而言，專業知識和信任的重要性不言而喻，且被證實對於說服消費者具有正向影響<sup>[20, 45-47]</sup>。在 E 化服務情境中，使用者首先評估 E 化服務的有用性並使用它，

且可能藉由對提供者的信任、傳遞允諾的服務、安全與可靠的服務交易專業知識來改善<sup>[22]</sup>。此外，消費者習慣以感知的專業知識與信賴衡量特定企業的產品/服務，在接觸該企業的網路交易平臺時，會把潛在不明的電子服務屬性納入評估。諸如：Kim 與 Choi<sup>[71]</sup>指出將傳統實體的購買行為應用到網路環境將會充滿不確定性，延伸至行動網路亦復如是。然而，虛擬的形象或品牌還是可藉由實體公司獲得利益<sup>[71]</sup>。本研究因而推論，在行動 APP 情境中，當實體公司被感知具有信譽，它的品牌名稱將能導向消費者對其高品質 APP 的評價，進而產生使用意圖。如此一來，服務便利性對使用意圖的影響變的微不足道；然而，當實體公司缺乏信譽時，消費者當另尋其他指標做為評價 APP 的品質。此時，服務便利性就變成強烈的指標，影響消費者對 APP 的使用意圖。綜上可知，消費者會就特定企業的專業程度與專業形象，做為判斷其產品或服務品質良窳的依據。據此，本研究認為企業信譽對手機 APP 使用意圖具有直接的影響效果之外，對於消費者猶豫於網路服務之潛在不明風險時，具有調節效果。

### 三、研究方法

#### 3.1 研究架構與研究假設

由文獻回顧可知，許多研究可以證實，在品牌的評價和購買商品的意願上，企業信譽確實會有正向影響<sup>[20, 22-24]</sup>。消費者對企業的觀感形象及信任會顯著影響其選擇過程中是否使用或實際購買，且由於消費者會對行動網路服務之不明風險有疑懼而形成使用阻礙。因此，本研究決定深入探討企業信譽的調節角色。再者，前述文獻指出企業若提供消費者更方便、快速且具使用便利之服務，對其使用意圖會有正向之影響。因此本研究之研究架構如圖 1 所示。其研究假設如下：

- H1：臺灣高鐵顧客之手機 APP 服務便利因素對使用意圖有顯著正向影響。
- H2：臺灣高鐵之企業信譽對顧客使用意圖有顯著正向影響。
- H3：臺灣高鐵之企業信譽會影響手機 APP 服務便利因素與顧客使用意圖之關係。

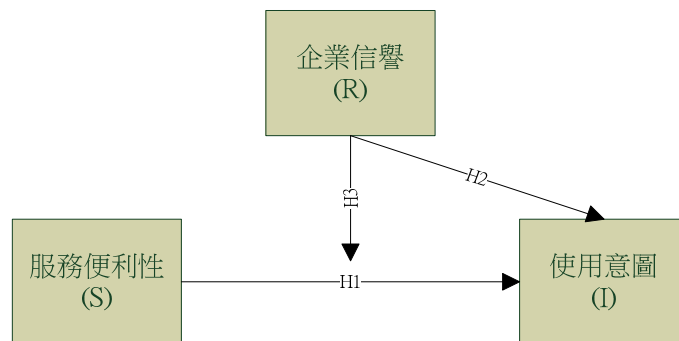


圖 1 本研究架構

### 3.2 問卷設計

本研究問卷之服務便利性因素題項，採用陳光華與楊政樺<sup>[40]</sup>所提出之六個因素共 34 個題項。其次，企業信譽採用 Featherman 等人<sup>[22]</sup>所提出的論點及量表，加以修正為適用於本研究主題之題項。關於使用意圖衡量，本研究參考 Davis<sup>[60]</sup>與 Mallat 等人<sup>[72]</sup>的題項提出適用性的修正，前述衡量變項採李克特五點量表，分數越高表示受訪者越同意或越重視該題項內容，最後部分為填答問卷者的基本資料及搭乘特性。

## 四、資料分析結果

本研究問卷蒐集方式採隨機抽樣法，將臺灣高鐵左營站分成 3 個不重疊區域，經行文該公司同意，每個區域進行 1 小時問卷訪談後，再到下一個區域進行問卷蒐集。亦即，3 個區域採取輪流調查方式進行。針對站內曾經搭乘過高鐵的顧客，確認其知悉或曾經使用「T Express 手機快速訂票通關服務」者才視為目標樣本進行面對面調查，問卷發放期間為 2013 年 12 月 6 日至 12 月 12 日和 2014 年 1 月 9 日至 1 月 15 日，共發出 400 份問卷，扣除無效問卷 27 份，有效問卷共計 373 份，有效問卷率為 93.25%。由於研究題項均由單一來源受訪者填答，容易產生共同方法變異 (common method variance) 問題，因此本研究採用 Podsakoff 與 Organ<sup>[73]</sup>之 Harman's one-factor test，以檢定問卷資料是否存在共同方法變異問題。主要是將服務便利性與使用意圖、企業信譽與使用意圖之合併題項進行主成份分析，計算第一因素 (最大) 可解釋變異量佔累積總變異量之比例，若無法解釋大部分變異，則可判定無共同方法變異之問題。將所有題項進行探索性因素分析，結果得出第一因素的解釋變異量為 26.29%，全部累積解釋變異量為 64.37%，沒有超過全部的 50%，故沒有共同方法變異的問題。

### 4.1 受訪者社經背景分析

本研究中的受訪者社經背景採用了性別、年齡、職業、教育程度、每月搭車頻率、最常購買高鐵車票的管道、是否使用過手機購票並通關開門、搭乘高鐵主要目的、最常使用的手機 APP 類型等 9 個題項進行分析，其結果如表 1。

在性別分析中，女性占樣本比例 54.3%；在年齡分佈中，以「21-30 歲」為最多，占樣本比例 45.6%，其次為「31-40 歲」，占樣本比例 24.9%；職業的分佈群中，以「學生」為最大宗族群，占樣本比例 31.9%，其次為「服務業」76 人，占樣本比例 20.4%；教育程度的分佈中，以「大專院校」為最多數，占樣本比例 66.5%；每月搭車頻率中，以「三次 (含) 以下」頻率為此族群的最多數，占樣本比例 76.4%；最常購買高鐵車票的管道，以「臨櫃購買 (含自動櫃員機)」為最多數，占樣本比例 47.5%；由於臺灣高鐵提供的「T Express 手機快速訂票通關服務」，其 APP 服務內容非僅只有「手機購票並通關開門」，還包含：高鐵時刻表、高鐵訊息、訂票 (但未必要在手機付款取票)、車次查詢、交易歷史紀錄…等。

因此，表 1 內，多達 80%的樣本雖未購票並通過閘門，不代表他（她）們並非該系統的使用者。在搭乘目的中以「探訪親友」為最多，占樣本比例 44.5%；最常使用的 APP 類型上，以「社交活動」為最多數，占樣本比例 39.7%。

表 1 受訪者社經背景敘述性分析表

變 項	樣本數	百分比(%)
性別	男	170
	女	202
年齡	20 歲以下	66
	21~30 歲	170
	31~40 歲	93
	41~50 歲	28
	51 歲(含)以上	16
職業	學生	119
	軍警公教	39
	商	47
	工	27
	服務業	76
	自由業	18
	家管	4
	已退休	4
	其他	39
教育程度	國中(含)以下	3
	高中職	33
	大專院校	248
	研究所	89
每月搭車頻率	三次（含）以下	285
	四至六次	60
	七至九次	15
	十次以上	13
最常購買高鐵車票的管道	臨櫃購買	177
	網路訂購	128
	手機 APP	36
	超商購買	32
是否使用過手機購票並通關閘門	是	74
	否	296

表 1 受訪者社經背景敘述性分析表 (續)

變 項	樣本數	百分比(%)	
搭乘高鐵主要目的為 (可複選)	旅遊	150	40.2
	探訪親友	166	44.5
	就學	58	15.5
	公務出差	138	37.0
	參加商務活動	25	6.7
	其他	36	9.7
最常使用的手機 APP 類型	電玩遊戲	59	15.8
	社交活動	148	39.7
	導航與旅行	42	11.3
	文書工具	13	3.5
	書籍雜誌	12	3.2
	音樂影片	52	13.9
	金融服務	26	7.0
	其他	21	5.6

## 4.2 潛在變項之敘述性統計分析

由表 2 得知，在服務便利性方面以「多重交易安全保障機制」(M=4.63) 為最重要，而「運輸乘車電子票證」(M=3.68) 為最低，從分析結果可得知，受訪者普遍認為高鐵 APP 購票通關之服務便利性是重要的；在企業信譽題項中，受訪者對「高鐵是專業的」(M=4.00) 同意程度認知最高，而「高鐵是經驗豐富的」(M=3.60) 的同意程度認知較低；在使用意圖方面，以「我會鼓勵親友使用高鐵 APP」(M=3.8) 同意程度最高，而「我未來不會減少使用高鐵 APP 次數」和「我對高鐵 APP 提供之服務品質有信心」(M=3.62) 同意程度較低。

表 2 服務便利性、企業信譽與使用意圖之敘述性統計

項 目	平均值	標準差
<b>服務便利性 (S)</b>		
(SA1) APP 軟體穩定度	4.24	0.724
(SA2) 24 小時購票服務	4.40	0.692
(SA3) 手機介面易用性	4.34	0.675
(SA4) 軟體及時同步更新	4.32	0.702
(SA5) 座位連接性	4.17	0.787
(SA6) 訊息同步	4.31	0.699

表 2 服務便利性、企業信譽與使用意圖之敘述性統計 (續 1)

項 目	平均值	標準差
(SA7) 輸入錯誤指令可迅速排除	4.44	0.660
(SA8) 多重交易安全保障機制	4.63	0.641
(SA9) 作業系統相容性	4.47	0.686
(SB1) 顧客交易管理系統提供	4.29	0.754
(SB2) 訂位紀錄擷取到手機再行付款	4.18	0.719
(SB3) 專屬臺灣高鐵應用程式	4.02	0.829
(SB4) 運輸乘車電子票證	3.68	0.897
(SB5) 二維條碼 QR code	3.76	0.858
(SB6) 相關票務資訊	4.27	0.685
(SB7) 建置手機完成訂票付款取票	4.20	0.738
(SC1) 新增多元付款方式	4.18	0.758
(SC2) 不用出門就可以買到車票	4.38	0.684
(SC3) 放寬購買班次時間限制	4.27	0.752
(SC4) 手機訂票可在超商取票	4.21	0.781
(SC5) 實體與虛擬取票付款機制同步化	4.14	0.726
(SD1) 取得手機票證後可直接退票	4.21	0.787
(SD2) 手機故障後的購票資訊重製	4.29	0.758
(SD3) 企業統編可同時訂購多張車票	3.84	0.914
(SD4) 開發手機行動支付信用卡付款	3.98	0.847
(SD5) 付款前於手機修改訂位紀錄	4.16	0.743
(SD6) 單支手機可購買多張票券	3.95	0.815
(SE1) 票證安全驗證機制	4.39	0.713
(SE2) 使用手機內的車票直接通關	4.20	0.745
(SE3) 手機直接完成 QR code 票證取票	4.12	0.776
(SF1) 簡易教學說明	3.95	0.871
(SF2) 高鐵通用車票樣式的電子圖檔	3.83	0.863
(SF3) 網路查詢乘車紀錄	4.10	0.798
(SF4) 增加手機發車提醒功能	4.03	0.879
<b>企業信譽 (R)</b>		
(RA1) 可靠的	3.97	0.648
(RA2) 誠實的	3.72	0.768
(RA3) 可信任的	3.90	0.708

表 2 服務便利性、企業信譽與使用意圖之敘述性統計 (續 2)

項 目	平均值	標準差
(RA4) 有誠意的	3.67	0.874
(RB1) 專業的	4.00	0.738
(RB2) 經驗豐富的	3.60	0.773
(RB3) 具備專業知識的	3.84	0.769
(RB4) 是合格的	3.90	0.718
(RB5) 具專業技能	3.90	0.745
<b>使用意圖 (I)</b>		
(I1) 我會鼓勵親友使用高鐵 APP	3.80	0.709
(I2) 我會經常使用高鐵 APP	3.59	0.850
(I3) 我會向他人推薦高鐵 APP	3.66	0.824
(I4) 我未來不會減少使用高鐵 APP 次數	3.62	0.748
(I5) 我對高鐵 APP 提供之服務品質有信心	3.62	0.767

### 4.3 潛在構面之驗證性因素分析

對服務便利性、企業信譽及使用意圖進行驗證性因素分析，整體適配度指標值分析結果如下： $\chi^2 = 1342.34$  ( $p < 0.001$ )、 $df = 1003$ 、 $\chi^2/df = 1.34$ 、 $GFI = 0.87$ 、 $AGFI = 0.85$ 、 $RMSEA = 0.03$ 、 $RMR = 0.029$ 、 $CN = 293.14$ 、 $PGFI = 0.74$ 、 $NNFI = 0.95$ ，整體而言還是達可接受水準。由表 3 可看出，此 9 個構面的 48 個觀察變項，所有觀察變項之因素負荷量皆大於 0.5 之標準且 t 值皆大於 1.96，也就是說在顯著水準為 0.05 之下，觀察變項之因素負荷量均顯著大於 0。繼而，計算各構面之結構信度 (CR) 以及平均變異萃取量 (AVE) 來衡量模式之收斂效度。在本研究得知此 9 構面之 CR 介於 0.75 至 0.93 間，而 AVE 介於 0.51 至 0.66 間，CR 均大於 0.6，且 AVE 亦均大於 0.5，因此表示所有構面擁有良好的收斂效度。再者，針對以上 9 個構面來進行皮爾森相關分析，此 9 構面之相關係數介於 0.15 至 0.608 間，均小於 0.9 之標準，因此表示構面間具有良好的區別效度<sup>[74]</sup>。

### 4.4 潛在變項間之關係驗證

本節首先驗證「服務便利性 (S)」、「企業信譽 (R)」對「使用意圖 (I)」是否有顯著影響。由圖 2 可得知測量模式中的誤差變異量全部為正數，各參數估計值的標準誤很小，表示沒有違反模式基本估計原則，所有估計參數均達到顯著水準，服務便利性、企業信譽與使用意圖之所有因素負荷量均大於 0.5，表示這些指標構面均能有效反映其相對應的潛在變項。在整體模式適配度的指標值中： $\chi^2 = 74.54$  ( $p = 0.0593 > 0.05$ )、 $GFI = 0.97$ ； $AGFI = 0.95$ ； $CFI = 0.99$ ； $PGFI = 0.6$ ； $NNFI = 0.99$ ； $RMR = 0.014$ ； $RMSEA = 0.032$ ； $CN = 408.52$ ，表示假設模式與觀察資料可以適配。由圖 2 可知，「服務便利性」與「企業信譽」兩個變

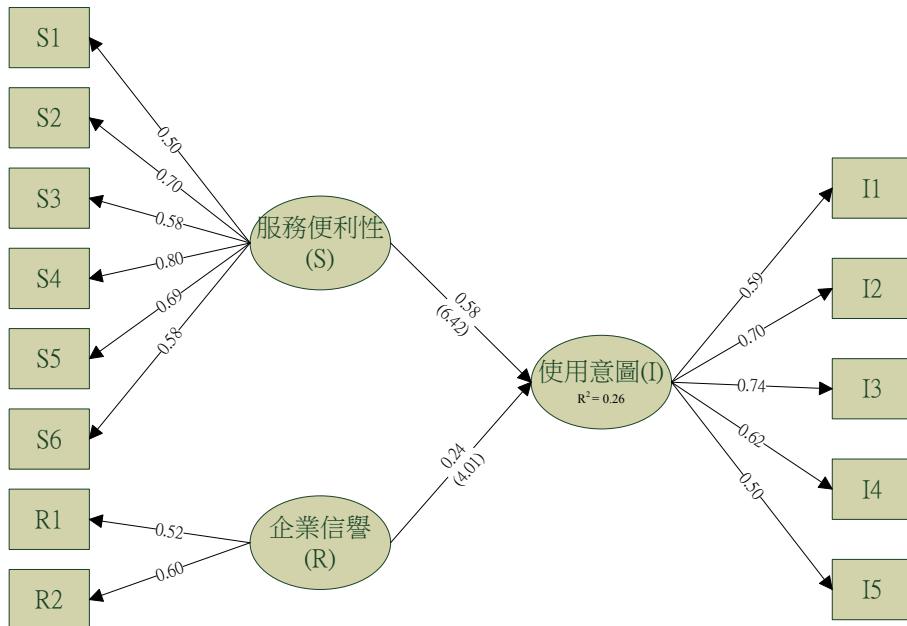
表 3 服務便利性、企業信譽與使用意圖之驗證性因素分析結果

潛在構面	觀察變數	因素負荷量 (t 值)	標準化殘差	CR	AVE
決策便利 (S1) (M=4.37)	SA1	0.57 (12.80)	0.37	0.93	0.59
	SA2	0.54 (12.83)	0.34		
	SA3	0.64 (12.23)	0.26		
	SA4	0.76 (11.32)	0.22		
	SA5	0.73 (11.79)	0.37		
	SA6	0.74 (11.30)	0.23		
	SA7	0.71 (11.19)	0.20		
	SA8	0.50 (12.91)	0.29		
	SA9	0.56 (12.82)	0.32		
交易便利 (S2) (M=4.06)	SB1	0.65 (12.72)	0.40	0.89	0.54
	SB2	0.73 (12.17)	0.32		
	SB3	0.74 (12.72)	0.47		
	SB4	0.66 (13.18)	0.64		
	SB5	0.60 (13.36)	0.56		
	SB6	0.73 (11.87)	0.27		
	SB7	0.79 (11.85)	0.31		
取得便利 (S3) (M=4.24)	SC1	0.68 (11.36)	0.30	0.86	0.56
	SC2	0.61 (11.33)	0.24		
	SC3	0.67 (11.50)	0.31		
	SC4	0.50 (12.81)	0.46		
	SC5	0.67 (10.99)	0.26		
使用便利 (S4) (M=4.07)	SD1	0.73 (11.58)	0.30	0.87	0.52
	SD2	0.72 (11.65)	0.30		
	SD3	0.60 (12.93)	0.61		
	SD4	0.68 (12.54)	0.43		
	SD5	0.60 (12.39)	0.34		
	SD6	0.63 (12.55)	0.44		
利益便利 (S5) (M=4.24)	SE1	0.50 (11.52)	0.30	0.75	0.51
	SE2	0.61 ( 9.49)	0.28		
	SE3	0.58 (10.43)	0.35		
後續利益便利 (S6) (M=3.98)	SF1	0.60 (12.17)	0.52	0.83	0.54
	SF2	0.73 (10.86)	0.42		
	SF3	0.73 ( 9.92)	0.31		
	SF4	0.76 (10.78)	0.43		



表 3 服務便利性、企業信譽與使用意圖之驗證性因素分析結果 (續 1)

潛在構面	觀察變數	因素負荷量 (t 值)	標準化殘差	CR	AVE
提供 APP 手機購票的高鐵誠信 (R1) (M=3.82)	RA1	0.57 ( 7.23)	0.10	0.87	0.62
	RA2	0.60 (11.37)	0.24		
	RA3	0.59 (10.35)	0.18		
	RA4	0.61 (10.76)	0.33		
提供 APP 手機購票的高鐵專業知識 (R2) (M=3.85)	RB1	0.57 (11.78)	0.21	0.90	0.66
	RB2	0.57 (12.19)	0.28		
	RB3	0.62 (10.91)	0.19		
	RB4	0.65 ( 8.67)	0.10		
	RB5	0.62 (10.63)	0.17		
使用意圖 (I) (M=3.66)	I1	0.60 ( 8.32)	0.15	0.89	0.63
	I2	0.65 (10.80)	0.29		
	I3	0.71 ( 8.29)	0.18		
	I4	0.62 ( 8.57)	0.18		
	I5	0.50 (12.73)	0.34		



Chi-Square = 74.54, df = 57, P-value = 0.05936, RMSEA = 0.029

圖 2 服務便利性、企業信譽與使用意圖之關係實證結果

項對「使用意圖」的聯合預測能力為 26%，亦即，兩個潛在變項可以解釋「使用意圖」達 26%。「服務便利性」對「使用意圖」的路徑係數為 0.58 ( $t=6.42$ )，「企業信譽」對「使用意圖」的路徑係數為 0.24 ( $t=4.01$ )，表示「服務便利性」與「企業信譽」愈高，對「使用意圖」有顯著正面影響。因此，假設 1 與假設 2 成立，而且「服務便利性」對「使用意圖」的影響大於「企業信譽」。

本研究在前文有說明企業信譽會影響到服務便利性與使用意圖之關係，因而將企業信譽視為一個調節變項。在驗證服務便利性會影響使用意圖後，本研究採取「潛在變項路徑分析」(path analysis with latent variables, PA-LV)<sup>[74]</sup>，將企業信譽測量變項與潛在變項服務便利性與使用意圖之間的關係視為一種「形成指標」(formative indicators)，是一種路徑分析的混合分析，增加調節變項的假設模式如圖 3。企業信譽為成因變項，而二個潛在變項為果變項，形成 PA-LV 的關係。經分析結果顯示企業信譽、服務便利性與使用意圖之所有因素負荷量均大於 0.5，表示這些指標變項均能有效反映其相對應的潛在變項。在整體模式適配度的指標值中： $\chi^2=74.54$  ( $p=0.05936>0.05$ )；GFI = 0.97；AGFI = 0.95；CFI = 0.99；PGFI = 0.61；NFI = 0.97；NNFI = 0.99；IFI = 0.99；RMR = 0.014；RMSEA = 0.029；CN = 408.52，所有指標均達模式之理想標準，表示模式與觀察資料是可以配適的。由圖 3 可知，在將企業信譽視為成因變項時，服務便利性對使用意圖存在正向影響 ( $\beta=0.58, t=6.42$ )。企業信譽對服務便利性的路徑係數  $\beta=0.18$  ( $t=5.19$ )，表示企業信譽對使用意圖有顯著的正向影響；再者，企業信譽對使用意圖亦有顯著的正向影響 ( $\beta=0.24, t=4.01$ )，企業信譽對服務便利性與使用意圖都有顯著的正向解釋力，表示企業信譽愈高，對「服務便利性」與「使用意圖」愈有正向的影響，因此其調節作用是顯著的，所以本研究假設 3 成立。

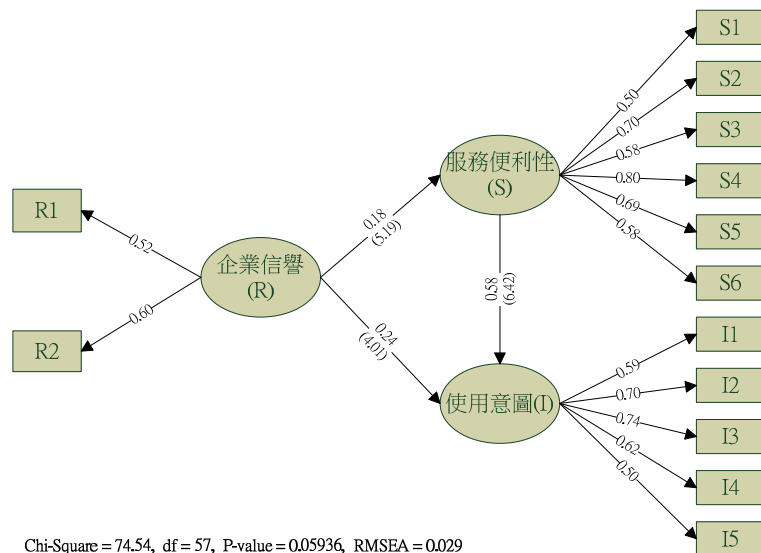


圖 3 增加調節變項的假設模式

## 五、結論與建議

### 5.1 結論

本研究旨在探討服務便利性與企業信譽對「T Express」APP 使用意圖之影響。綜合前述分析，茲將分析結果的討論臚列於下：

1. 服務便利性之「決策便利 (S1)」是顧客最關切的衡量要素：對於行動商務顧客而言，能在交易決策過程，掌握即時資訊，帶來機能便利及實質效益的 APP，就是具有實用價值的 APP。從前述分析可知，高鐵 APP 服務便利性中以「決策便利」之重要度認知最高。因此，APP 軟體服務著重在顧客之無紙化購票、取得、驗票通關，並猶如「行動式的售票服務人員」協助顧客完成購票決策。陳光華與楊政樺<sup>[40]</sup>在建構高鐵 APP 服務因素也得到相同的結果。
2. 便利性導向的行動商務可強化顧客使用新科技的潛在行為意圖：根據文獻整理得知，長時間等待與顧客本身的參與才能獲得服務結果的「精力」付出 (effort) 會影響消費者對服務便利性評價<sup>[75]</sup>。亦即，消費者希望在購買或使用服務期間，花費的時間與精力愈少愈好，且能增加其購買意圖。從本研究分析結果觀察，當臺灣高鐵建置「T Express」APP 軟體提供訂購票及手機條碼過閘門功能後，在節省顧客取得服務的時間與精力後，對顧客使用新科技的潛在行為意圖有正向影響，與過去相關研究結果相符<sup>[13, 36, 55, 61]</sup>。
3. 「服務便利性」與「企業信譽」愈高，對「使用意圖」正面的影響愈大：從前述分析可知，企業信譽對服務便利性與使用意圖都有顯著的正向解釋力，企業信譽愈高，對「服務便利性」與「使用意圖」愈有正向的影響。因此，樹立和維護企業的良好信譽形象，有益於影響臺灣高鐵顧客對「T Express」APP 使用意圖。周鐳與李雲飛<sup>[76]</sup>指出，為顧客創造價值的核心管理思想在於以顧客為中心優化配置企業資源，嚴格規範自身行為活動與企業道德規範，通過對產品或服務品質的維護活動，降低顧客的感知風險，藉以樹立良好的企業信譽。高鐵顧客知覺之企業信譽是來自服務提供者本身之誠信和專業所構成，本研究也證實會促使顧客願意使用 APP 行動服務，此結果與 Featherman 等人<sup>[22]</sup>、Goldsmith 等人<sup>[20]</sup>、Moore 等人<sup>[47]</sup>、Pavlou<sup>[77]</sup>、Keller<sup>[23]</sup>、Wu 與 Shaffer<sup>[46]</sup>的研究結論一致。
4. 企業信譽對於「服務便利性」與「使用意圖」之間的關係具有調節效果：即便智慧型行動裝置對於處理高時效性的活動與支援更高層次的個人化服務的便利性得以實現。然而，越是便捷的服務，使用者越會考量背後潛在的知覺風險<sup>[19]</sup>。對於消費者猶豫於行動商務之潛在不明風險時，本研究證實企業信譽除能直接影響使用意圖之外，在服務便利性與使用意圖之間的關係亦有正向顯著影響，也就是調節的角色，這是一個重要的發現。

## 5.2 管理意涵

相較於過去探討科技使用議題的文獻大多著墨於科技本身，本研究的主要貢獻在於以行動裝置的「服務」內容為主，考量移動性的特色，探討服務便利性與企業信譽的構念對 APP 使用意圖的影響。綜合前述分析結果，對於探討服務便利性與企業信譽對臺灣高鐵推行「T Express」手機快速訂票通關服務的發展、管理意涵及未來可能進一步的研究方向，闡述於下：

1. 服務便利性對使用意圖的影響更甚於企業信譽：從本研究分析結果得知，服務便利性與企業信譽均對其使用意圖有正向影響，且企業信譽又具有調節效果，而服務便利性與企業信譽兩者對其使用意圖之影響以服務便利性更為顯著，亦即服務便利性較企業信譽來的更為重要，故臺灣高鐵在倡議行動商務服務的進程中，首應重視訂票、付款、通關全方位的「服務便利性」，裨益節省旅客排隊購票與通關的時間，並為企業掌握更多的行動商機。
2. 服務便利性之「決策便利 (S1)」是顧客關切的重要因素：在服務便利性 6 個構面中以「決策便利」構面為顧客最為重視的，其中消費者知覺又以「多重交易安全保障機制 (SA8)」之題項最為重要，因而首應加強在消費者進行多重交易時之安全保障機制考量。例如：消費者藉由線上交易或行動裝置 APP 購票服務時，能透過加密傳輸、安全支付等多重保障，確保其交易安全，免除個資、金錢被盜竊、盜用等對消費者不利之風險，使其服務便利性能更佳符合消費者之使用意圖。
3. 強化企業「專業知識」與「誠信」，塑造顧客思維認同：本研究證實企業信譽對於服務便利與使用意圖之間具有調節作用。在時間限制情境下，企業信譽往往能提供使用者在決策上的便利性<sup>[78]</sup>。就消費者立場，企業信譽亦是重要的一環，因此企業應要加強其「專業知識」與「誠信」，型塑人們對其企業社會責任的信念<sup>[79]</sup>，透過 APP 社群資訊服務、人員管理，制度設計與文化管理，由上而下，層層型塑誠信氛圍，逐步完善企業信譽評估體系。根據本研究分析得知，企業信譽在「提供 APP 手機購票的高鐵誠信 (R1)」及「提供 APP 手機購票的高鐵專業知識 (R2)」兩變項中，受訪者較認同的是「專業知識 (R2)」，其中又以「我覺得高鐵是專業的」題項最為同意；而相對於「誠信 (R1)」的部分，以「我覺得高鐵是有誠意的 (RA4)」題項同意程度較低，因此臺灣高鐵應繼續保有專業的形象，並確保營運安全及系統品質。建議具體作法包含但不限於：(1)藉由品牌形象展示視窗或虛實整合的多元營銷渠道，塑造高鐵專業形象；(2)善用社群力量提供消費者更即時互動的平臺，落實行動商務解決方案，增強消費者對高鐵的信任感；(3)強調品質管理系統的有效性，提昇其企業信譽。另外，消費者知覺「企業信譽」中同意程度最低的觀察變項為「專業知識」的「我覺得高鐵是經驗豐富的」，建議企業對於消費者觀感，可再針對誠信部分予以補強。此外，在專業知識上若能提昇消費者知覺高鐵是經驗豐富之形象，諸如強化彙整異常事件處理的成功範例或感人故事，通過廣告、教育、視頻微電影等手段，以圖文並茂、生動易懂的宣傳手法，快速傳遞給有效的顧客群，

威信整體專業知識的評價可以逐步獲得改善，啟動各層面的正向循環。

### 5.3 研究限制與建議

本研究旨在探討「T Express」APP 使用意圖，並非實際使用行為，因而目標樣本非僅針對有使用體驗之顧客，而是涵蓋知悉該系統的潛在使用者。本研究問卷係獲得臺灣高鐵同意後，採取隨機抽樣在左營站區進行發放。由於時間、人力和研究資源限制，無法實施大規模取樣，其研究結果是否能涵蓋所有行動商務顧客則為研究上的限制。建議後續研究者能以本研究架構為基礎，繼續探討其他更多會影響其使用意圖之變項，諸如：個人偏好、知覺價值或科技準備度 (technology readiness) 等構念，以建構更為完善之行動商務使用意圖模式。

### 參考文獻

1. Kim, C., Mirusmonov, M., and Lee, I., "An Empirical Examination of Factors Influencing the Intention to Use Mobile Payment", *Computers in Human Behavior*, Vol. 26, No. 3, 2010, pp. 310-322.
2. Hyun, M. Y., Lee, S., and Hu, C., "Mobile-Mediated Virtual Experience in Tourism: Concept, Typology and Applications", *Journal of Vacation Marketing*, Vol. 15, No. 2, 2009, pp. 149-164.
3. Höpken, W., Fuchs, M., Zanker, M., and Beer, T., "Context-Based Adaptation of Mobile Applications in Tourism", *Information Technology & Tourism*, Vol. 12, No. 2, 2010, pp. 175-195.
4. Aldebert, B., Dang, R. J., and Longhi, C., "Innovation in the Tourism Industry: The Case of Tourism", *Tourism Management*, Vol. 32, No. 5, 2011, pp. 1204-1213.
5. Wang, D., Park, S., and Fesenmaier, D. R., "The Role of Smartphones in Mediating the Touristic Experience", *Journal of Travel Research*, Vol. 51, No. 4, 2012, pp. 371-387.
6. Nieto, J., Hernández-Maestr, R. M., and Muñoz-Gallego, P. A., "Marketing Decisions, Customer Reviews, and Business Performance: The Use of the Top Rural Website by Spanish Rural Lodging Establishments", *Tourism Management*, Vol. 45, No. 4, 2014, pp. 115-123.
7. International Telecommunication Union, *Measuring the Information Society Report*, International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 2013.
8. Stamford, C., "Gartner Says Worldwide Mobile Payment Transaction Value to Surpass \$235 Billion in 2013", <http://www.gartner.com/newsroom/id/2504915>, 2013.
9. 財團法人資訊工業策進會 FIND, 「準備好迎接行動世代了嗎？近 50%人口持有智慧型行動裝置！」, <http://www.iii.org.tw/m/News-more.aspx?id=1163>, 民國 102 年。
10. 臺灣高鐵, 「關於高鐵」, <http://www.thsrc.com.tw/tc/?lc=tc>, 民國 103 年。
11. Ankar, B. and D'Incau, D., "Value Creation in Mobile Commerce: Findings from A Consumer Survey", *Journal of Information Technology Theory and Application*, Vol. 4, No. 1, 2002, pp.

43-64.

12. Brown, L. G., "Convenience in Services Marketing", *Journal of Services Marketing*, Vol. 4, No. 1, 1990, pp. 53-59.
13. Berry, L. L., Seiders, K., and Grewal, D. "Understanding Service Convenience", *The Journal of Marketing*, Vol. 66, No.3, 2002, pp.1-17.
14. Yale, L. and Venkatesh, A., "Toward the Construct of Convenience in Consumer Research", *Advances in Consumer Research*, Vol. 13, No. 1, 1986, pp. 403-408.
15. Gehrt, K. C. and Yale, L. J., "The Dimensionality of the Convenience Phenomenon: A Qualitative Reexamination", *Journal of Business and Psychology*, Vol. 8, No. 2, 1993, pp. 163-180.
16. Backer, J., Parasuraman, A., Grewal, D., and Voss, G. B., "The Influence of Multiple Store Environment Cues on Perceived Merchandise Value and Patronage Intentions", *The Journal of Marketing*, Vol. 66, No. 2, 2002, pp.120-141.
17. Brown, L. G., "The Strategic and Tactical Implications of Convenience in Consumer Product Marketing", *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 6, No. 3, 1989, pp. 13-19.
18. Cotte, J. and Wood, S. L., "Families and Innovative Consumer Behavior: A Triadic Analysis of Sibling and Parental Influence", *Journal of Consumer Research*, Vol. 31, No. 2, 2004, pp. 78-86.
19. Jarvenpaa, S. L., Tractinsky, H. and Vitale, M., "Consumer Trust in an Internet Store", *Information Technology and Management*, Vol. 1, Issue 1-2, 2000, pp. 45-71.
20. Goldsmith, R. E., Lafferty, B. A., and Newell, S. J., "The Impact of Corporate Credibility and Celebrity Credibility on Consumer Reaction to Advertisements and Brands", *Journal of Advertising*, Vol. 29, No. 3, 2000, pp. 43-54.
21. LaBarbera, P. A., "Overcoming a No-Reputation Liability through Documentation and Advertising Regulation", *Journal of Marketing Research*, Vol. 19, No. 2, 1982, pp. 223-228.
22. Featherman, M. S., Miyazaki, A. D., and Sprott, D. E., "Reducing Online Privacy Risk to Facilitate E-Service Adoption: The Influence of Perceived Ease of Use and Corporate Credibility", *Journal of Services Marketing*, Vol. 24, No. 3, 2010, pp. 219-229.
23. Keller, K. L., "Branding Perspectives on Social Marketing", *Advances in Consumer Research*, Vol. 25, No. 1, 1998, pp. 299-302.
24. De Ruyter, K., Wetzels, M., and Kleijnen, M., "Customer Adoption of E-Service: An Experimental Study", *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 12, No. 2, 2001, pp. 184-207.
25. Kim, H., Kim, J., and Lee, Y., "An Empirical Study of Use Contexts in the Mobile Internet, Focusing on the Usability Of Information Architecture", *Information Systems Frontiers*, Vol. 7, No. 2, 2005, pp. 175-186.
26. Bruner II, G. C. and Kumar, A., "Applying T.A.M. to Consumer Usage of Handheld Internet Devices", *Journal of Business Research*, Vol. 58, No. 2, 2005, pp. 553-558.
27. Buellingen, F. and Woerter, M., "Development Perspectives, Firm Strategies and Applications in Mobile Commerce", *Journal of Business Research*, Vol. 57, No. 12, 2004, pp. 1402-1408.

28. Cheong, J. and Park, M., "Mobile Internet Acceptance in Korea", *Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy*, Vol. 15, No. 2, 2005, pp. 125-140.
29. Wu, J. H. and Wang, S. C., "What Drives Mobile Commerce? An Empirical Evaluation of the Revised Technology Acceptance Model", *Information & Management*, Vol. 42, No. 5, 2005, pp. 719-729.
30. Clarke, I., "Emerging Value Propositions for M-Commerce", *Journal of Business Strategies*, Vol. 18, No. 2, 2001, pp. 133-148.
31. Tarasewich, P., Nickerson, R. C., and Warkentin, M., "Issues in Mobile E-Commerce", *Communications of the Association for Information Systems*, Vol. 8, No. 1, 2002, pp. 41-64.
32. Chitra Kiran, N. and Kumar, G. N., "Implication of Secure Micropayment System Using Process Oriented Structural Design by Hash Chaining in Mobile Network", *International Journal of Computer Science*, Vol. 9, No. 2, 2012, pp. 329-339.
33. Senn, J. A., "The Emergence of M-Commerce", *Computer*, Vol. 33, No. 12, 2000, pp. 148-150.
34. Siau, K., Lim, E., and Shen, Z., "Mobile Commerce: Promises, Challenges and Research Agenda", *Journal of Database Management*, Vol. 12, No. 3, 2001, pp. 4-13.
35. Ngai, E. and Gunasekaran, A., "A Review for Mobile Commerce Research and Applications", *Decision Support System*, Vol. 43, No. 1, 2007, pp. 3-15.
36. Davis, M. M., and Vollmann, T. E., "A Framework for Relating Waiting Time and Customer Satisfaction in A Service Operation", *Journal of Services Marketing*, Vol. 4, No. 1, 1990, pp. 61-69.
37. Berry, L. L., "The Time-Buying Consumer", *Journal of Retailing*, Vol. 55, No. 4, 1979, pp. 58-69.
38. Fennema, M. G. and Kleinmuntz, D. N., "Anticipations of Effort and Accuracy in Multiattribute Choice", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 63, No. 1, 1995, pp. 21-32.
39. Voli, P., "The Convenience Orientation of Services Consumers: An Empirical Examination", doctoral dissertation, College of Business and Public Administration, Old Dominion University, United States, 1998.
40. 陳光華、楊政樺，「行動商務顧客服務因素與市場區隔探討－以臺灣高鐵手機快速訂票通關服務為例」，*觀光休閒學報*，第 19 卷，第 3 期，民國 102 年，頁 279-306。
41. Nguyen, D. T., DeWitt, T., and Russell-Bennett, R., "Service Convenience and Social Servicescape: Retail vs. Hedonic Setting", *Journal of Services Marketing*, Vol. 26, No. 4, 2012, pp. 265-277.
42. Seiders, K., Voss, G. B., Grewal, D., and Godfrey, A. L., "Do Satisfied Customers Buy More? Examining Moderatin Influences in A Retailing Context", *Journal of Marketing*, Vol. 69, No. 4, 2005, pp. 26-43.
43. 曹休寧、張衛東，「西方經濟學中的信譽理論及其啓示」，*湖南科技大學學報（社會科學版）*，第 8 卷，第 1 期，民國 94 年，頁 80-85。
44. Fombrun, C. J., *Reputation: Realizing Value from the Corporate Image*, Cambridge, Harvard

- Business Press, MA, United States, 1996.
45. Harmon, R. R. and Coney, K. A., "The Persuasive Effects of Source Credibility in Buy and Lease Situations", *Journal of Marketing Research*, Vol. 19, No. 2, 1982, pp. 255-260.
  46. Wu, C. and Shaffer, D. R., "Susceptibility to Persuasive Appeals as a Function of Source Credibility and Prior Experience with the Attitude Object", *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 52, No. 4, 1987, pp. 677-688.
  47. Moore, D. L., Hausknecht, D., and Thamodaran, K., "Time Compression, Response Opportunity, and Persuasion", *Journal of Consumer Research*, Vol. 13, No. 1, 1986, pp. 85-89.
  48. Malhotra, N. K., Kim, S. S., and Agarwal, J., "Internet Users' Information Privacy Concerns (IUIPC): The Construct, the Scale, and A Causal Model", *Information Systems Research*, Vol. 15, No. 4, 2004, pp. 336-355.
  49. Sadeghi, A., Visconti, I., and Wachsmann, C., "User Privacy in Transport Systems Based on RFID E-Tickets", Proceedings of the 1st International Workshop on Privacy in Location-Based Applications, Malaga, Spain, 2008.
  50. Dave, R., *Privacy in Mobile: Ticketin*, Aalto University School of Science and Technology, Finland, 2010.
  51. Mohammadi, F., Baktash, L., Moghimi, R., and Anvari, A., "Perception of Air Travelers towards Mobile Ticketing: A Case Study in Malaysia", *World Applied Sciences Journal*, Vol. 12, No. 5, 2011, pp. 656-667.
  52. Culnan, M. J. and Armstrong, P. K., "Information Privacy Concerns, Procedural Fairness, and Impersonal Trust: An Empirical Investigation", *Organization Science*, Vol. 10, No. 1, 1999, pp. 104-115.
  53. Hoffman, D. L., Novak, T. P., and Peralta, M., "Building Consumer Trust Online", *Communications of the ACM*, Vol. 42, No. 4, 1999, pp. 80-85.
  54. Hwang, J. and Han, H., "Examining Strategies for Maximizing and Utilizing Brand Prestige in the Luxury Cruise Industry", *Tourism Management*, Vol. 40, No. 1, 2014, pp. 244-259.
  55. Wang, Y., Lin, H., and Luarn, P., "Predicting Consumer Intention to Use Mobile Service", *Information Systems Journal*, Vol. 16, No. 2, 2006, pp. 157-179.
  56. El-Gohary, H., "Factors Affecting E-Marketing Adoption and Implementation in Tourism Firms: An Empirical Investigation of Egyptian Small Tourism Organizations", *Tourism Management*, Vol. 33, No. 5, 2012, pp. 1256-1269.
  57. Fishbein, M. and Ajzen, I., *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*, Addison-Wesley, MA, United States, 1975.
  58. Chen, L., Gillenson, M. L., and Sherrell, D. L., "Enticing Online Consumers: An Extended Technology Acceptance Perspective", *Information & Management*, Vol. 39, No. 8, 2002, pp. 705-719.
  59. Folkes, V. S., "The Availability Heuristic and Perceived Risk", *Journal of Consumer Research*, Vol. 15, No. 1, 1988, pp. 13-23.
  60. Davis, F. D., "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information



- Technology”, *MIS quarterly*, Vol. 13, No., 3, 1989, pp. 319-340.
61. Venkatesh, V. and Davis, F. D., “A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies”, *Management Science*, Vol. 46, No. 2, 2000, pp. 186-204.
  62. Chen, L., “A Model of Consumer Acceptance of Mobile Payment”, *International Journal of Mobile Communications*, Vol. 6, No. 1, 2008, pp. 32-52.
  63. 呂錦隆、凌珮娟, 「國籍旅客對國際航線自助報到服務之使用意圖研究」, *運輸學刊*, 第 21 卷, 第 3 期, 民國 98 年, 頁 299-328。
  64. 曾旭民、詹碧端、姜靜穎, 「應用科技接受模型探討護理人員對行動護理站接受度的影響因素」, *醫療資訊雜誌*, 第 18 卷, 第 1 期, 民國 98 年, 頁 23-38。
  65. 張基成、林建良、顏啟芳, 「行動學習環境中英語學習持續意圖之便利性及好奇心影響研究」, *教育資料與圖書館學*, 第 48 卷, 第 4 期, 民國 100 年, 頁 571-588。
  66. 黃仲霖、賴美嬌, 「運用整合科技接受與使用模式來評估民眾對健康旅遊行動導覽系統之接受度與使用意願」, *商業現代化學刊*, 第 7 卷, 第 2 期, 民國 102 年, 頁 281-298。
  67. 顧邕、邱立安、岳修平, 「鄉村地區高齡者使用智慧藥盒之科技接受與需求研究」, *國立臺灣科技大學人文社會學報*, 第 8 卷, 第 4 期, 民國 101 年, 頁 301-323。
  68. 朱斌妤、黃仟文、翁少白, 「以科技接受模式探討即時交通資訊系統之使用意願」, *電子商務學報*, 第 10 卷, 第 1 期, 民國 97 年, 頁 173-200。
  69. Hurley, R. F., “Customer Service Behavior in Retail Settings: A Study of the Effect of Service Provider Personality”, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 26, No. 2, 1998, pp. 115-127.
  70. Khalifa, M. and Shen, K. N., “Explaining the Adoption of Transactional B2C Mobile Commerce”, *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 21, No. 2, 2008, pp. 110-124.
  71. Kim, S. and Choi, S. M., “Credibility Cues in Online Shopping: An Examination of Corporate Credibility, Retailer Reputation, and Product Review Credibility”, *International Journal of Internet Marketing and Advertising*, Vol. 7, No. 3, 2012, pp. 217-236.
  72. Mallat, N., Rossi, M., Tuunainen, V. K., and Öörni, A., “The Impact of Use Context on Mobile Services Acceptance: The Case of Mobile Ticketing”, *Information & Management*, Vol. 46, No. 3, 2009, pp. 190-195.
  73. Podsakoff, P. M. and Organ, D. W., “Self-Reports in Organizational Research: Problems and Prospects”, *Journal of Management*, Vol. 12, No. 4, 1986, pp. 531-544.
  74. 吳明隆, *結構方程模式 SIMPLIS 的應用*, 五南出版社, 臺北, 民國 98 年。
  75. Garbarino, E. C. and Edell, J. A., “Cognitive Effort, Affect, and Choice”, *Journal of Consumer Research*, Vol. 24, No. 2, 1997, pp. 147-158.
  76. 周鍾、李雲飛, 「企業行為視角下顧客資產風險影響因素實證研究」, *武漢理工大學學報 (社會科學版)*, 第 6 卷, 第 1 期, 民國 101 年, 頁 831-834。
  77. Pavlou, P. A., “Consumer Acceptance of Electronic Commerce: Integrating Trust and Risk with the TAM”, *International Journal of Electronic Commerce*, Vol. 7, No. 3, 2003, pp. 101-134.

78. Hafstrom, J. L., Chae, J. S., and Chung, Y. S., "Consumer Decision-Making Styles: Comparison between United States and Korean Young Consumers", *Journal of Consumer Affairs*, Vol. 26, No. 1, 1992, pp. 146-158.
79. Sparks, B. A., Perkins, H. E., and Buckley, R., "Online Travel Reviews as Persuasive Communication: The Effects of Content Type, Source, and Certification Logos on Consumer Behavior", *Tourism Management*, Vol. 39, No. 1, 2013, pp. 1-9.

# 運輸計劃季刊稿約

- 一、本刊歡迎國內外有關運輸之工程、經濟、規劃、管理、資訊等未經刊登於其他刊物之中、英文研究論著；已刊登者，雖使用語文不同、題目更改、或內文經改寫，均不接受投稿。已於國內外會議發表之論文，不論有無收錄於其會議資料中，除經大幅修改者外，均請作者提附該會議主辦者之同意書，並於論文中加註說明。論文如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全文或一部分或經重新編稿者，作者應提附該委託單位之同意書，並於論文中加註說明。交通部運輸研究所同仁擬投稿件如屬所內已結案或未結案之計畫者，應依照本所出版品管理作業要點第 11 條之規定辦理。凡由本刊主動邀稿者，不受上述各項限制。
- 二、為便於一次刊出，來稿以 25,000 字為限，其中應包括 300 字以內之摘要 1 篇及 3 至 8 個關鍵詞，並請註明姓名、身分證字號、戶籍地址、服務單位、職稱、聯絡地址及電話。
- 三、中文稿之題目、作者姓名、摘要及關鍵詞均請附英文。文稿中需註釋處，請標明上標無括號序碼，並請從題目、作者介紹開始，往下連續編號，再於引註當頁下方加橫線排印註釋。文稿中之數學式，函數請排正體字，變數請排斜體字。圖及表中之中文字請排細明體，英文字請排 Times New Roman 體，圖原則上不加框，表之框線均採細線。
- 四、參考文獻請按出現序排列，文稿中提及時請標明上標加括號序碼，參考文獻必須是文稿所引用者始得列入，且參考文獻內容必須依本刊規定格式完整無缺列入。參考文獻中，英文之逗點、句點均採英國式排於引號外。本刊參考文獻編排規定格式及範例如下：
  1. 期刊論文：作者姓名（姓在前名在後），論文篇名，期刊名稱，卷期，出版日期，起迄頁碼。  
中文例：林楨家、李家儂，「用於都市地區活動分布之灰色 TOD 規劃模式」，**運輸計劃季刊**，第 34 卷，第 1 期，民國 94 年，頁 63-91。  
英文例：Cervero, R. and Kockelman, K., "Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design", *Transportation Research A*, Vol. 2, No. 3, 1997, pp.199-219.
  2. 圖書單行本：作者姓名，書名，版次（無則免列），出版社，出版地，出版日期。  
中文例：黃芳銘，**結構方程模式：理論與應用**，第 5 版，五南圖書出版股份有限公司，臺北，民國 96 年。  
英文例：Nunnally, J. C., *Psychometric Theory*, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 1978.
  3. 研討會論文：作者姓名，論文篇名，研討會/論文集名稱，冊別（無則免列），舉辦單位，出版日期，起迄頁碼。  
中文例：溫傑華、藍武王、趙國婷，「國道客運車輛下層設置座位或卧鋪接受之研究」，中華民國運輸學會第 16 屆學術論文研討會論文集，第 1 冊，中華民國運輸學會，民國 90 年，頁 221-230。  
英文例：Eberhart, R. C. and Kennedy, J., "Particle Swarm Optimization", *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks*, Vol. IV, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1995, pp.1942-1948.
  4. 博、碩士論文：作者姓名，論文名稱，學校系所，出版日期。  
範 例：陳勝智，「以大眾運輸導向發展理念進行車站地區都市再發展之探討」，成功大學都市計劃研究所碩士論文，民國 90 年。
  5. 政府出版圖書/規範：政府機關名，圖書/規範名，出版日期。  
範 例：交通部統計處，**中華民國交通統計年鑑**，民國 94 年。
  6. 網頁資料：作者姓名/網頁機關名，文章篇名/連結主題名，網址，網頁下載日期。  
範 例：交通部運輸研究所，「全國路況資訊中心」，<http://e-traffic.iot.gov.tw/>，民國 97 年。
  7. 與以上所列文獻格式不同者，請改以註解方式列出。
- 五、來稿請備一式三份，打印清楚；照片、圖片請附寄原本，凡無法清晰辨認及製版者，恕不接受；並請提供 Microsoft Word 97（含以上）版本可讀檔案格式之電子檔。
- 六、運輸計劃季刊編輯室對來稿在不變更其論點之原則下有刪改權；其他刊物如需轉載，應同時徵得作者及本所同意，並註明出處。
- 七、來稿請附本刊保證及授權書寄：10548 臺北市敦化北路 240 號 6 樓 交通部運輸研究所運輸計劃季刊編輯室。

## **Transportation Planning Journal Quarterly GUIDELINES FOR THE SUBMISSION OF PAPERS**

1. The Journal welcomes the submission of previously unpublished research papers from all countries, which are related to engineering, economics, planning, management, and information processing of transportation systems. Previously published papers, even if published in a different language, with a different title, or modified contents, will not be accepted. Unless drastically revised since conference presentation, papers which have been previously presented in domestic or international conferences, regardless of whether they had been included in the conference proceedings or not, must be submitted with a letter of consent from the conference organizer, and such a presentation must be duly noted in the paper itself. Papers which duplicate or contain portions of study reports of research projects, edited versions thereof, or funded by government agencies or private organizations, should be submitted with a letter of consent from the funding agency, and this must be duly noted in the paper itself. Papers submitted by the staff of the IOT should comply with its "Guidelines for Publications". The above terms do not apply to invited papers and articles.
2. The length of submitted papers should not exceed 25,000 characters/words, and should include an abstract of no more than 300 characters/words, as well as 3 to 8 key words, and the author's name and position, institution, contact address, and telephone number.
3. Papers written in Chinese should also carry an English version of the abstract, including the title of the paper, the name of the author, and key words of the paper. Notes should be numbered consecutively in the order in which they first appear in the text and should be started with the title and the introduction of the author(s). References listed should be limited to all those mentioned and quoted in the text, and should be numbered consecutively in the order in which they have been mentioned in the text. The Times New Roman font should be used for the English version. Print all the mathematical equations and functions. And variables should be typed in italics.
4. The guidelines of reference formats are as follows:
  - (1) Journal: authors (beginning with the last name), article title, journal title, volume number, publish date, and page numbers.
  - (2) Book: authors, book title, edition number, publisher, place of publication, publish date.
  - (3) Conference paper: authors, paper title, conference title, sponsor, publish date, and page numbers.
  - (4) Doctoral dissertation or master thesis: author, title of the dissertation/thesis, department, college, and publish date.
  - (5) Government publication: government authority, name of the publication, and publish date.
  - (6) Web page: author or authority, article title or related link, URL, date of downloading.
5. Papers should be submitted with three copies of manuscript typed in a clearly legible form and an electronic file accessible by the Microsoft Word 97 (and above). All graphs and photographs should be submitted in originals. No illegible submissions will be accepted.
6. The Editor's Office of the Transportation Planning Journal Quarterly (TPJ Quarterly) reserves the right to edit and make any changes to the submitted papers, provided that such editing changes do not alter the paper's original content. The TPJ Quarterly reserves the copyright on all of its published papers, and all reproductions of such papers must receive a prior permission of the author and this journal, and meanwhile indicate the sources.
7. All submissions should be sent to the following address:

The Editor's Office  
Transportation Planning Journal Quarterly  
Institute of Transportation  
6F., No. 240, Dunhua N. Rd.,  
Taipei City 10548, Taiwan (R.O.C.)

## 保證及授權書

茲保證本人著作「」  
符合運輸計劃季刊稿約之規定，刊登後並授權中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）得以重製、公開傳輸、散佈方式利用本著作，且得授權第三人為相同之利用，並同意得提供予其他資料庫進行刊載及相同之利用，本人並承諾對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）或其再授權利用之人不行使著作權。本人保證本著作無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情事負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此筆致之損害負賠償責任。本人承諾本著作經貴刊刊登後，不再以同一稿件，或將題目更改，或將內容改編，轉投其他國內、外刊物登載，如有違反，同意貴所得公布本人姓名並永不再接受本人投稿。此致  
中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）  
立保證及授權書人（所有作者均請簽章，姓名後註明身分證字號）：

中      華      民      國                      年                      月                      日

---

## LETTER OF GUARANTEE

This letter serves to guarantee that my paper entitled ' \_\_\_\_\_', conforms to the "Guidelines for the Submission of Papers" of the Transportation Planning Journal Quarterly, and that I hereby authorize the Republic of China (represented by the IOT of the Ministry of Transportation and Communications) and any third party to reproduce、public transmission、distribution my paper. I also agree my paper could be exchanged to the other database and to abandon the author's copyright to the Republic of China (represented by the IOT of the Ministry of Transportation and Communications) and users from the database. I guarantee that I did not infringe upon the copyright of the paper of any other person. If I violated this rule, I should take on the responsibility for compensation to the author and to the Republic of China (represented by the IOT of the Ministry of Transportation and Communications) accordingly. I guarantee that once this paper is published in the TPJ Journal, I will not make redundant or duplicate publication (i.e., submission of the same article, or with a different title, or modified content) to other journals or periodicals in the Republic of China or any other countries. I agree that in the event of any violation of the stated terms on my part, the IOT may announce my name in public and shall reject all my papers afterwards.

This guarantee is provided to the Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications.

Signature (both author's and co-authors'):

\_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_