

103-75-5417  
MOTC-IOT-102-IBA009

# 公車動態資訊服務對乘客使用公車習慣 之影響以及使用者特性分析

著者：陳其華、吳東凌

交通部運輸研究所

中華民國 103 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目資料



公車動態資訊服務對乘客使用公車習慣  
之影響以及使用者特性分析

著 者：陳其華、吳東凌

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw) (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 103 年 5 月

印 刷 者：連江印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 10 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價： 50 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496887

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：

ISBN：

(平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

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

## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：公車動態資訊服務對乘客使用公車習慣之影響以及使用者特性分析			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN （平裝）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號 103-75-5417	計畫編號 102- IBA009
本所主辦單位：運輸資訊組 主管：陳其華 計畫主持人：陳其華 研究人員：吳東凌 聯絡電話：（02）23496880 傳真號碼：（02）25450426	合作研究單位： 計畫主持人： 研究人員： 地址： 聯絡電話：		研究期間 自 102 年 2 月  至 102 年 12 月
關鍵詞：公車動態資訊、存活理論、邏輯斯迴歸			
摘要： <p>本研究主要係以乘客長期的公車使用行為，評估公車動態資訊服務是否有助於延長乘客將公車當成主要交通工具的年期，並進一步針對公車動態資訊使用者特性進行分析。有別於以往公車動態資訊系統效益分析的相關研究，多以乘客在特定時間點的調查資料作為評估基準，缺乏在公車動態資訊系統實施後對乘客的實際公車使用行為進行較長期的調查。因此本研究以高雄市公車動態資訊系統啟用後 7 年間乘客的公車使用行為資料，利用存活分析檢驗公車動態資訊系統是否有助於延長乘客將公車當成主要交通工具的年期，並進一步以邏輯斯迴歸方法分析使用公車動態資訊服務乘客的特性，藉以瞭解公車動態資訊服務主要使用族群及其屬性。研究結果顯示有使用公車動態資訊服務乘客將公車當成主要交通工具的平均年期，相對於未使用公車動態資訊服務的乘客多 0.19 年，因此推論公車動態資訊服務確實可延長乘客將公車當成主要交通工具的時間，更可能因此衍生公車業者票箱收入增加以及節能減碳的效益；另在邏輯斯迴歸分析中發現女性、高學歷以及年紀較輕之乘客是公車動態資訊服務的主要使用族群。本研究成果不僅可以為公車動態資訊系統提供更具學術基礎的效益分析，也可協助主管機關後續推動公車動態資訊服務時做更有效的策略規劃。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
103 年 5 月	67	50 元	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

**TITLE: An Analysis on the Effects of Real-time Bus Information Systems on Passenger Behavior and User Characteristics**

ISBN(OR ISSN) ISBN (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 103-75-5417	PROJECT NUMBER 102-IBA009
DIVISION: Transportation Information Division DIVISION DIRECTOR: Chi-Hwa Chen PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chi-Hwa Chen PROJECT STAFF: Tung-Ling Wu PHONE: 886-2-23496880 FAX: 886-2-25450426			PROJECT PERIOD FROM February 2013 TO December 2013
RESEARCH AGENCY: PRINCIPAL INVESTIGATOR: PROJECT STAFF:  ADDRESS: PHONE:			
KEY WORDS: real-time bus information systems, survival theory, logistic regression			
ABSTRACT:  <p>The present study evaluated the impact that real-time bus information systems have on passengers' riding times using long-term public bus user behavior survey data. The analysis period of this study is 7 years starting from the complete deployment of the Kaohsiung City Real-time Bus Arrival Information System, which is comparatively longer than other relevant studies. We adopt the survival analysis technique to evaluate the influence of the real-time bus information system on riding duration. In addition, the present study employs logistic regression to analyze passenger characteristics and gain a better understanding of the major user groups. Findings suggest that real-time bus information systems can extend riding duration by 0.19 years and introduce significant benefits. Moreover, the primary user groups of real-time bus information systems are females, those who are highly educated and young people. The study can not only provide analyses that are beneficial to reinforcing academic foundation, but also help relevant authorities to organize more effective plans when promoting real-time bus information services in the future.</p>			
DATE OF PUBLICATION  May 2014	NUMBER OF PAGES  67	PRICE  50	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目 錄

第一章緒論.....	1
1.1 研究背景與目的 .....	1
1.2 研究方法 .....	2
1.3 預期成果 .....	3
第二章文獻回顧 .....	5
2.1 我國公車動態資訊系統建置計畫 .....	5
2.2 公車動態資訊系統效益分析 .....	17
第三章方法論介紹 .....	23
3.1 存活分析 .....	23
3.2 邏輯斯迴歸 .....	27
第四章基本資料分析 .....	29
4.1 資料來源與分析 .....	29
4.2 台北市乘客公車搭乘與公車動態資訊系統使用狀況分 析 .....	30
4.3 放棄使用公車乘客之基本資料分析 .....	34
4.4 乘客將公車當成主要交通工具的時間長度之界定 .....	34
第五章實證分析 .....	39
5.1 分析變數說明 .....	39
5.2 公車動態資訊系統對降低乘客放棄使用公車風險之估 算 .....	40
5.3 影響乘客放棄使用公車之因素分析 .....	43
5.3 台北市公車動態資訊系統使用者特性分析 .....	46
第六章結論與建議 .....	51

6.1 結論.....	51
6.2 建議.....	53
參考文獻 .....	55

## 圖目錄

圖 1 臺中市公車動態資訊系統功能需求分析圖 .....	12
圖 2 高鐵嘉義站聯外 BRT 之便民服務智慧化系統架構圖 .....	13
圖 3 臺南市公車動態資訊系統擴建案系統架構圖 .....	14
圖 4 高雄市公車動態資訊系統更新建置案系統架構圖 .....	16
圖 5 金門縣公車動態資訊系統建置計畫系統架構圖 .....	17
圖 6 有無使用公車動態資訊系統乘客候車時間分布圖 .....	32
圖 7 公車動態資訊系統的「使用項目」以及「滿意程度」兩項變 數 CORRESPONDENCE ANALYSIS 圖 .....	34
圖 8 台北市民眾放棄使用公車之年齡分布狀況 .....	35
圖 9 乘客將公車當成主要交通工具時間長度之不同型態示意圖 .....	37
圖 10 有無使用公車動態資訊系統乘客放棄使用公車之風險函數 .....	43

## 表目錄

表 1 乘客性別以及是否有使用公車動態資訊系統交叉分析表....	30
表 2 乘客使用公車的主要目的以及是否有使用公車動態資訊系統 交叉分析表 .....	31
表 3 乘客對公車動態資訊系統各服務項目之使用狀況.....	33
表 4 台北市民眾放棄使用公車後之替代運具比例分析.....	36
表 5 本研究各項變數與定義說明 .....	39
表 6 受訪者調查資料基本統計表 .....	41
表 7 COX REGRESSION OF TIME-DEPENDENT COVARIATES 校估結果分析 表 .....	45
表 8 邏輯斯迴歸參數校估結果表 .....	48



# 第一章緒論

## 1.1 研究背景與目的

近年來智慧型運輸系統 (intelligent transportation systems) 尤其是公車動態資訊服務 (Bus Information Services, 公車動態資訊系統) 被廣泛應用在公共運輸領域 (Zhanget al., 2008)。公車動態資訊系統相對大型公共運輸建設計劃具有資金需求少、建置時程短的優點，是目前在公車運輸系統服務品質提昇計畫中被廣泛應用的項目之一。以台北市為例，2013 年 12 月平均每日公車的載客數約為 160 萬人次，台北市公車動態資訊系統中心的查詢服務次高達 206 萬人次，顯示公車動態資訊系統已成為台北市公車運輸系統重要的服務項目。各界期待在公車動態資訊系統建置後，可以有效提昇公共運輸服務水準，並增加乘客對公車的使用量。

本研究於 2013 年 7 月針對台北市公車族群進行台北市公車動態資訊系統啟用 (2005 年) 至今的公車使用習慣回顧調查，並以這 8 年間受訪者的公車使用行為作為研究基礎。首先利用存活分析 (survival analysis) 中的 product-limit estimate 方法來估算公車動態資訊系統對降低乘客放棄使用公車而改使用其他運輸工具的風險，並推估乘客因此而延長使用公車的年期 (duration)。其次，由於在長期的公車使用過程中，乘客的社會經濟條件 (例如學歷、職業) 可能會變動，因此本研究透過 Cox regression of Time-Dependent covariates 模式，在考量受訪者部分變數會隨時間改變的情況下，評估受訪者各項屬性以及公車使用狀況等條件，

對受訪者放棄使用公車風險的影響程度。最後，為能瞭解公車動態資訊系統使用族群與非使用族群的特性，本研究利用上述調查資料針對受訪者屬性以及公車使用狀況，利用邏輯斯迴歸模式進行分析。

本文與以往研究有以下 3 點差異。首先，有別於以往文獻多以公車動態資訊系統啟用後不久的特定時間點，對受訪者意願或態度的調查資料進行分析，本研究採用受訪者長期的公車實際使用行為資料作為研究基礎。其次，本研究提出「降低民眾放棄使用公車風險」概念，作為評估公車動態資訊系統效益衡量的新指標，並估算乘客因此而延長使用公車的年期 (duration)。最後，本研究在考量受訪者部分屬性變數可能因時間而改變的前提下，分析各項變數對公受訪者放棄使用公車風險的影響程度。

## 1.2 研究方法

由於乘客對公車的長期使用行為屬期間模式 (duration model)，且部分乘客在調查計畫執行時仍以公車為主要交通工具，因此會面臨受訪者使用公車時間長度資料不完整的設限(censored)性質，故本研究首先利用存活分析中的 product-limit estimate 方法來估算公車動態資訊系統對降低乘客放棄使用公車而改使用其他運輸工具的風險，並推估乘客因此而延長使用公車的年期 (duration)。其次，由於在長期的公車使用過程中，乘客的社會經濟條件（例如學歷、職業）可能會變動，因此本研究透過 Cox regression of time-dependent covariates 模式，在考量受訪者部分變數會隨時間改

變的情況下，評估受訪者各項屬性以及公車使用狀況等條件，對受訪者放棄使用公車風險的影響程度。

此外，由於「乘客是否使用公車動態資訊服務」問題是屬於二元變數（binary variable）問題，一般常見的二元變數分析模型有卜瓦松迴歸模型（Poisson regression model）、普羅比模型（Probit model）以及邏輯斯迴歸模型（Logistic regression model）。其中卜瓦松迴歸模型主要為分析單位時間內發生特定事件的機率，對於本研究較不適用。而普羅比模型與邏輯斯模型極為相似，兩模型均具有 S 型函數曲線的特性，較符合一般民眾的選擇行為，其差異僅誤差項假設分佈型態為標準常態分佈或邏輯斯分佈之不同，在一般狀況下兩模型在實質的結果上並無重大差異（王濟川，2004）。但因邏輯斯模型可將校估結果轉換為勝算比（odds ratio），在模式的解釋上較為直觀，因此本研究使用邏輯斯迴歸方法來分析公車動態資訊服務使用族群與非使用族群之屬性。本研究最後利用邏輯斯迴歸所校估出影響乘客使用公車動態資訊服務之顯著變數，結合公車動態資訊系統各項服務進行交叉分析，藉以更深入了解不同屬性使用者對公車動態資訊系統服務之使用偏好與習慣。

### 1.3 預期成果

本研究成果不僅可為公車動態資訊系統提出更具學術理論基礎與更精確評估的效益分析，以瞭解公車動態資訊系統對降低乘客放棄使用公車風險的效果，更可因為掌握影響乘客放棄使用公

車的各項風險因素，以及確實瞭解公車動態資訊系統使用族群與非使用族群之特性，進而可協助主管機關在後續推動公車動態資訊系統時做更有效的策略規劃。

## 第二章文獻回顧

### 2.1 我國公車動態資訊系統建置計畫

依據本所 100 年度「先進科技運用於公共運輸系統之整體發展架構、指標與推動策略規劃」研究計畫分析，我國公車動態資訊系統之發展，從各項先進技術探索至全面建置公車動態資訊系統系統之發展歷程，依據各計畫之特性將其區分為 3 個階段：

- 1.技術探索階段(民國 83 年以前)：本階段之研究計畫係由本所主導，主要在了解各項定位技術與通訊技術應用在公車動態資訊系統系統之可行性。此階段也同時探討適用於公車動態資訊系統的系統架構。
- 2.技術研發與示範系統階段(民國 83 年至 92 年)：此一階段之各項研究計畫主要係隨著各項軟硬體技術之進步，持續進行公車動態資訊系統相關系統所需之各項核心技術的研發，以期提昇績效及降低維運成本。在此階段，同時也藉由小規模示範計畫之建置，確認各項技術之適用性。
- 3.大規模建置階段(民國 92 年迄今)：有鑒於公車動態資訊系統所需之各相關技術開發漸趨成熟，且透過示範系統初步確認系統效益，故自 92 年起交通部逐年編列預算，透過補助各縣市政府經費及技術輔導方式，大規模建置公車動態資訊系統系統，迄今已有 15 個縣市進行公車動態資訊系統系統之建置。

此三個階段之關係環環相扣，若將這些計畫區分為「系統規劃與技術研發」以及「系統建置」兩大類，可發現我國在技術研發類之計畫大多屬前瞻性研究，而系統建置類之各項計畫均是建立在技術研發類計畫之各項研究成果上；另一方面，各實際系統

建置之經驗亦會回饋到各項技術研發類型計畫中，近 20 年來，我國有關公車動態資訊系統系統之發展，即是在兩類型計畫彼此配合之情況下，逐步累積系統建置成果。

我國主要地區公車動態資訊系統發展歷程分別說明如後：

#### (1)基隆市公車動態資訊系統

基隆市公車處為提升公車系統整體之服務功能及整合公車與都市交通資訊系統，於 97 年度建置基隆市智慧公車服務與管理系統案，期能提升基隆市市區公車之服務水準。系統主要功能為車機系統/LED 顯示設備、公車動態監控系統、車隊排班調度系統、公車營運端管理系統、公車資訊便民服務系統及資料交換平台等功能，分別說明如後：

①車機系統/LED 顯示設備：包括車機單元設備、駕駛座行車顯示設備及 GPS/GPRS 模組等。

②公車動態監控系統：為智慧公車服務與管理系統的車隊管理核心，可提供公車處監控所有公車之動態，即時掌握各路線之服務現況。監控系統功能，包含車隊監控、統計圖表、路線資料管理等功能。其中統計圖表可產製相關報表，具備路線、司機、日期與車牌等選項，當管理者依序選定執行所需之功能後便可產出報表，可提供公車之即時位置監控給管理單位稽查管理使用。

③車隊排班調度系統：主要使用於每日車輛、司機之排班調度任務，主要功能包含基本資料管理、排班資料管理、公車調度排班、工作報表管理。

④公車營運端管理系統：包含車輛機務管理、車輛料務管理、人事營運獎金管理、票務管理、營收管理、稽查管理、駕駛行為分析管理等功能。

⑤公車資訊便民服務系統：提供一般民眾查詢公車動態即時資訊，如便民網站查詢、電話語音查詢系統等。

⑥資料交換平台：為便利未來提供其他縣市或團體機關介接之介面，乃依本所公布之 XML 格式發布公車動態即時資訊。

## (2)臺北市公車動態資訊系統

臺北市政府為達成捷運系統轉乘接駁服務之目的，特於民國 94 年建置臺北市公車動態資訊系統，以捷運接駁路線為優先建置，提供大眾運輸系統乘客完整乘車資訊。建置內容包含公車管理中心、500 部車上單元、80 座智慧型站牌，智慧型站牌建置地點以捷運車站為主，以達到提供轉乘捷運接駁路線之目的。整體計畫執行成果包括公車動態資訊系統及其監控中心之建置與維運；開發排班調度系統；建置車機、智慧型站牌等硬體設備及建置便民資訊查詢系統，包含語音查詢、網頁查詢等。

後續於 96 年完成內科、山區、部份 4 級路線之擴充，總共建置 600 部車機、65 座智慧型站牌，接續於 97 年完成「臺北市公車動態資訊系統(第三期)計畫」，主要為延續辦理臺北市公車動態資訊系統之擴充建置，新增第 3、4 級公車路線(班距較長路線)，並於公車管理資訊中心建置伺服器、路由器等相關硬體設備，及公車動態資訊系統軟體，包含演算中心、演算中心分派平台、資料彙整與發佈平台等，以進行前期相關計畫的系統整合。

除建置車上單元、智慧型站牌等設備外，亦擴增公車管理中心相關資訊系統，包含圖形化公車狀態監控，以 GIS 電子地圖顯示車輛行駛，並以表格提供相關車輛動態資訊。而圖形化系統運作狀態監控，可得知各系統運作狀態，進行故障維修。

另外，增設智慧型站牌狀態監控系統，確認各座智慧型站牌運作狀態，並以燈號表示正常與否，亦具備以 GIS 電子地圖顯示站牌位置，點選站牌則顯示所有行經路線之預估到站時間。並建置旅運規劃轉乘系統，提供民眾進行相關旅運規劃，且具備不同轉乘規劃方案，同時結合公車即時動態資訊，以利民眾可獲知到達目的後，所須轉乘公車路線，以及該路線車輛於該站位的預估到站時間。

臺北市政府為達到全臺北市聯營公車路線皆納入臺北市公車動態資訊系統服務範圍內，於 97 年擴建臺北市公車動態資訊系統，包含 1,600 部車上單元、100 座智慧型站牌、站台攝影機、太陽能候車亭等相關硬體設備。公車管理資訊中心相關系統軟硬體設備需與現有公車動態資訊系統進行整合，以達到臺北市公車動態資訊系統整體建置之需求。

### (3) 新北市公車動態資訊系統

新北市政府依據擴大公共建設振興經濟暫行條例辦理「新北市智慧型公車服務資訊系統建置工程」案，自 92 年 9 月開始建置，93 年 5 月底建置完成。新北市智慧型公車服務資訊系統建置工程的內容可分為公車動態資訊系統與交控系統，公車動態資訊系統以「新北市智慧型公車服務資訊系統管理中心」為公車動態資訊



發佈之核心，車上單元回傳資訊至本期中心，透過中心發佈至智慧型站牌、網頁、手機(語音)、電話，提供民眾動態資訊。建置範圍涵蓋全部縣轄公車路線，總計建置 438 部車上單元、90 座智慧型站牌，其中智慧型站牌建置地點以新北市公車候車亭為主。

新北市政府為擴大智慧型公車服務資訊系統的服務範圍，分別於 95、96 及 97 年度發包智慧型站牌資訊系統建置，擴大智慧型站牌建置範圍。主要工作為建置智慧型站牌資訊系統，並結合新北市智慧型公車服務資訊系統。

95 年度總計建置 57 座智慧型站牌，設置地點分為公車候車亭與捷運車站。96 年度總計建置 15 座附掛式站牌、9 座獨立式站牌，附掛式站牌主要設置地點為公車候車亭，獨立式站牌部分則是以捷運車站外的公車站位為主。97 年度總計建置 12 座附掛式站牌、14 座獨立式站牌，附掛式站牌主要設置地點為公車候車亭，獨立式站牌部分則是以鄰近學校及捷運車站的公車站位為主。98 年度總計建置 12 座附掛式站牌、14 座獨立式站牌、2 座旗桿式站牌、2 座創新集中式站牌。綜整此四年度之計畫執行成果，包括接收前期公車動態資訊系統傳送的路線車輛動態資訊，以及建置相關智慧型站牌，並將路線車輛動態資訊顯示於智慧型站牌。

#### (4)桃園縣公車動態資訊系統

桃園縣公車動態資訊系統係依公車乘客、交通管理單位(監控中心)、公車業者(公車營運端)之需求而建立系統功能需求架構，系統需求功能包含安全控制管理系統、動態即時監控系統、排班調度系統、管理資訊系統及公車資訊便民查詢系統等五大項目，

分別如後說明。

#### ①安全控制管理系統

安全控制管理系統為監控中心所應具備之系統，主要目的在於系統使用者帳號設定、使用者組織管理、使用者權限控管，依據本案建置範圍，系統需求包括使用者帳號設定、使用者組織管理及使用者權限管理。

#### ②動態即時監控系統

動態即時監控系統為監控中心與公車營運端所應具備之系統，主要提供行車位置即時監控，內容包括車號、地理位置、速度、方向、勤務狀態、駕駛等資訊，並透過系統相關設定提供異常事件警示功能。同時能針對車輛歷史軌跡進行查詢及播放、以及相關事件之統計分析，以作為事後稽查之基礎。系統需求包括車隊監控功能、車輛異常狀況顯示歷史資料紀錄與播放、公車服務品質查核、監控分析平台及資料庫管理。

#### ③排班調度系統

排班調度系統為公車營運端所應具備之系統，為滿足桃園縣公車業者之需求，針對桃園客運、中壢客運、新竹客運、亞通客運四家業者進行訪談調查，瞭解公車業者排班調度之運作流程，擬定包括基本資料確認、制定勤務內容、勤務分派、勤務調整、機動調度及相關報表列印等六大工作項目。

#### ④管理資訊系統

依本所開發之「大眾運輸管理資訊系統核心模組」為基礎，

透過客運業者訪談調查，瞭解後端營運作業分析系統需求主要包含基本資料管理、人事薪資管理、機務管理、營收管理及報表分析等五大工作項目。

#### ⑤公車資訊便民查詢系統

公車動態資訊便民查詢系統為監控中心與公車營運端提供公車乘客相關動態資訊之管道。本系統應將車上端系統所獲取的相關公車資訊(路線、位置、行車資訊)於公車監控中心完成彙整與資料處理的工作，俾提供民眾透過網際網路、電話、智慧型站牌等取得資訊服務。

#### (5)臺中市公車動態資訊系統

臺中市交通處所建置之公車動態資訊系統，主要功能為便民資訊系統、增值資訊交換標準平台、公車營運管理中心(BMIS)及通訊資料交換標準平台等項目。其中，公車營運管理中心提供公車資訊服務系統、利用 GPS 訊號追蹤車輛到離站之歷史記錄、事件記錄服務；並計算假日、尖離峰之預估平均到站時間，最後為車隊管理及行車安全管理，對於車隊即時監控或調度派遣以及車輛發生異常事件等產製報表分析等功能。系統功能架構如圖 1 所示。

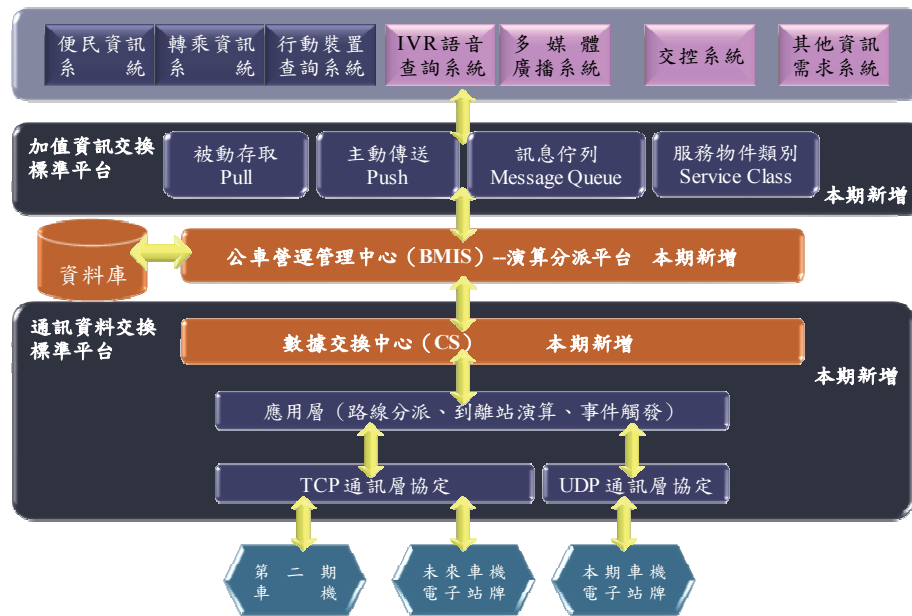


圖 1 臺中市公車動態資訊系統功能需求分析圖

#### (6)嘉義市公車動態資訊系統

由高鐵局委託嘉義市政府代為發包，進行高鐵嘉義站聯外 BRT 路線之便民服務智慧化系統建置案，主要目的為提供高鐵聯外 BRT 接駁路線的動態資訊。本計畫建置內容包含 20 部車上單元、36 座智慧型站牌、3 座公共資訊站、5 組站台攝影機、10 組號誌控制器，以及 BRT 公車動態資訊系統管理中心。

利用車上單元回傳的車輛動態訊息，管理中心相關系統進行資料處理，計算路線車輛預估到站時間，及所在位置；經由管理中心通訊伺服器進行發佈，透過網頁、智慧型站牌、語音查詢、手機查詢、公共資訊站等方式提供民眾預估到站時間。並建置公車優先號誌系統，於設定的 10 組號誌路口，提供 BRT 車輛優先通行，另外於部分站台設置攝影機進行監控。系統架構如圖 2 所示。

監控中心功能包含車隊監控(包括動態即時監控及監控分析)、公車服務品質查核、歷史資料記錄與播放、資料庫管理、駕駛行為管控、車輛與車機資料管理、相關報表產製、安全管理系統。便民服務系統包含網路查詢系統、電話語音查詢系統、智慧型站牌及公共資訊台等。

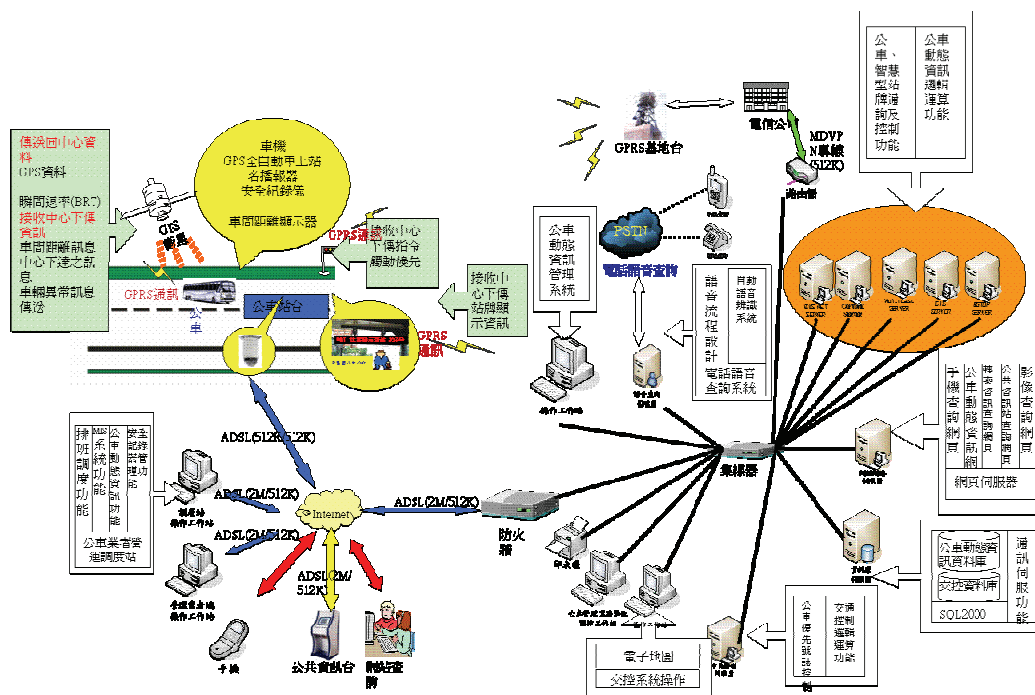


圖 2 高鐵嘉義站聯外 BRT 之便民服務智慧化系統架構圖

### (7)臺南市公車動態資訊系統

臺南市公車動態資訊系統係依交通局監控中心端、公車業者端及公車車輛營運端(駕駛員端)之需求而建立系統功能需求架構，共可劃分為十大系統平台。臺南市交通局監控中心端包括動態資訊中心平台、維運管理平台、便民系統平台、資料系統平台、車隊監控及安全管理平台、異常事件管理平台、督導稽核平台及加值業者服務平台；公車業者端包括車隊監控及安全管理平台、調

度排班平台；公車車輛營運端(駕駛員端)包括 3iBOX 硬體平台，系統架構如圖 3 所示。

臺南市政府為擴大公車動態資訊系統服務範圍，特別規劃 96 年臺南市公車動態資訊系統擴建案，延續臺南市公車動態資訊系統，以及 94、95 年度臺南市公車動態資訊系統擴建案，共建置 25 組車上單元、60 座智慧型站牌、33 組車頭 LED 顯示器、25 組車內到站顯示器及語音播報設備、2 台公共資訊站等硬體設備。同時建置公車動態事件通報系統，在公車管理中心即可獲知公車事件警示訊息，開發公車優先號誌軟體，並於其中一條臺南市公車路線進行示範。另結合臺南縣相關公車路線，擴展公車觀光導遊系統，整合臺南縣觀光導覽需求，以達到擴展臺南縣市大眾運輸路線及觀光遊憩導遊之目的。

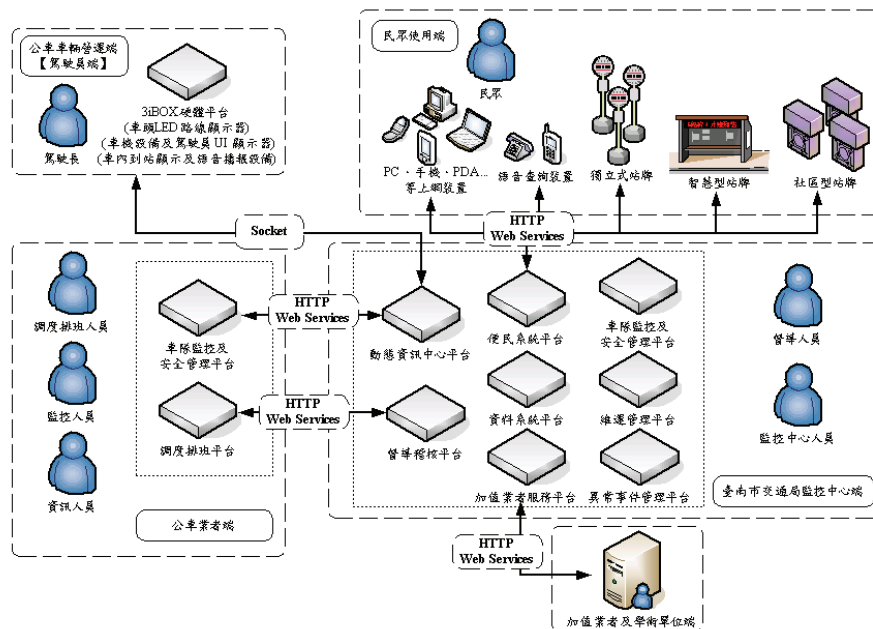


圖 3 臺南市公車動態資訊系統擴建案系統架構圖

#### (8)高雄市公車動態資訊系統

高雄市公車動態資訊系統原先為高雄市政府公車處於 92 年負責發包建置，並於 94 及 96 年度進行公車動態資訊系統建置案。另於 97 年特別規劃「高雄市公車動態資訊系統更新建置」案，將公車動態資訊系統中心由公車處移至高雄市交通局，除汰換相關硬體設備外，並進行高雄市公車動態資訊系統軟體功能與硬體設備更新。目前高雄市公車動態資訊系統功能，主要包括車載系統、動態資訊處理系統、監控系統、基本資料管理系統、公車業者排班調度系統、排班調度管理系統、便民系統、交通管理分析報表、報修系統，系統架構圖如圖 4 所示。

此外，系統亦提供各站時刻表分析回饋軟體，依據路線各班次統計分析各路線之站與站間之運行時間，進而推估路線之各站時刻表。並由交通局指定示範路線，以圖形化或表格方式顯示路線各班次各站到站時刻之比較，進行路線各班次各站到站時刻表監控。

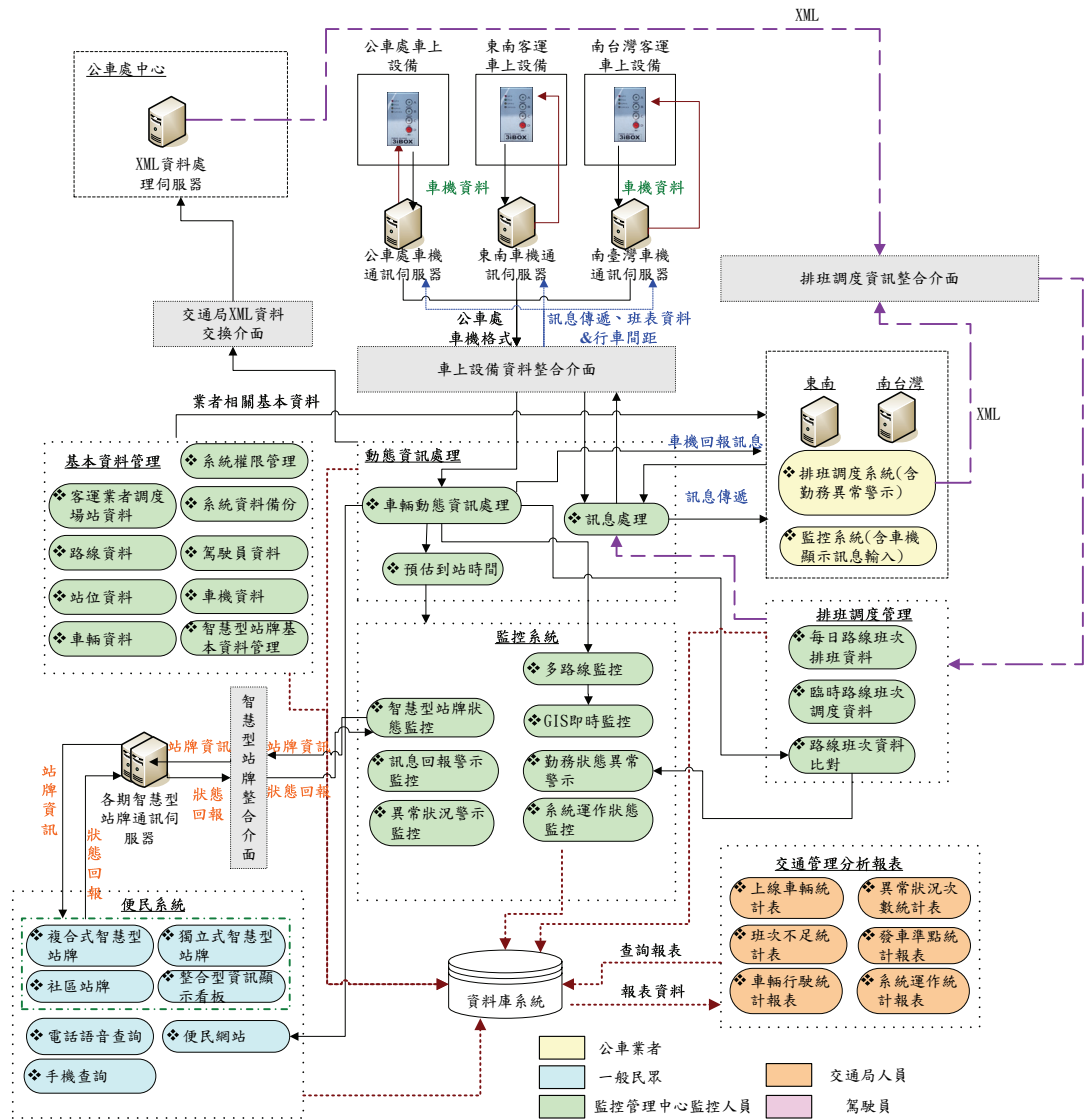


圖 4 高雄市公車動態資訊系統更新建置案系統架構圖

### (9)金門縣公車動態資訊系統

金門縣政府為提升金門縣公車服務品質，規劃建置金門縣公車動態資訊系統，自 96 年 1 月開始計畫建置，並維運保固至 100 年 12 月，整個計畫執行經費為 15,097,000 元。

金門縣公車動態資訊系統，包含 50 組車上單元、47 組站名播報器、27 組車頭 LED 顯示器、27 組車側 LED 顯示器、3 座公共



資訊站、10 座智慧型站牌，以及公車管理中心。主要透過車輛端裝置的車上單元回傳車輛動態資訊，公車管理中心進行相關運算，計算路線各站位的預估到站時間，並透過相關網頁、語音、智慧型站牌、公共資訊站等設備，將動態資訊發佈給民眾。系統硬體架構如圖 5 所示。系統除提供民眾路線車輛動態資訊外，動態資訊系統網頁，並提供金門車船處針對車輛進行監控與管理，以及排班調度系統，以利金門車船處進行車隊管理。

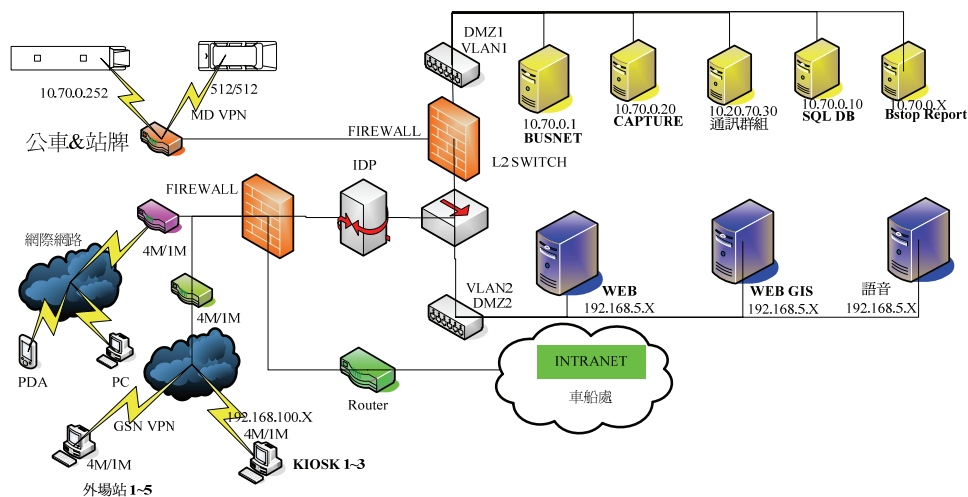


圖 5 金門縣公車動態資訊系統建置計畫系統架構圖

## 2.2 公車動態資訊系統效益分析

近年來，智慧型運輸系統（intelligent transportation system）技術被廣泛應用在公共交通領域，其中最值得注意的是-公共運輸即時資訊系統（real-time transit information systems）（Zhang, 2008）。但由於建置以及提供公共運輸即時資訊服務需要龐大的經費，因此已有許多學者針對公共運輸即時資訊系統的效益以及對乘客在搭乘公共運輸系統的影響進行研究。

KatrinDziekan 與 Karl 兩位學者 (2007)進行了 2 項研究，首先是利用事前-事後的調查比較發現公車動態資訊系統可以減少乘客 20%候車時間；其次透過在地鐵站對乘客的行為觀察發現，公車動態資訊系統資訊會影響乘客的步行速度。本研究並指出公車動態資訊系統具有包括（一）減少後車等待時間，（B）心理因素提昇，例如減少後車不確定性，增加了易用性和更安全的感覺，（C）增加願意支付價格，（D）方便調整行程，例如更方便利用等待時間或進行更有效率的旅行，（E）影響運具選擇模式，（六）提高客戶滿意度（G）對公共運輸有更好的印象。

Zhang (2008)針對馬里蘭大學學院公園校區(College Park)內 ShuttleTrac 系統的即時公共運輸資訊服務進行乘客的行為和心理的影響分析，以瞭解乘客在使用即時公共運輸資訊服務的行為改變。Zhang (2008)透過 probit 模型評估 ShuttleTrac 系統所提供的公車動態資訊系統與各項指標間的關係，結果發現乘客使用即時資訊後顯著增加了天黑後搭乘公車的安全感受，並提高對公共運輸服務水準的整體滿意度，但是卻未發現乘客會因此而多使用公共運輸。本研究建議公共運輸業者和學者不應該對於「提供旅客即時信息會立即增加載客量」過於樂觀。

Zhang (2008)研究與以往文獻有以下三點差異（一）使用乘客顯示偏好調查資料作為模式分析依據，以瞭解公車動態資訊系統乘客的實際效果，（二）以微觀方式釐清公車動態資訊系統因果效用，和（三）分析個別旅客使用公車動態資訊系統後的行為和心理變化。

Caulfield (2009) 利用巢狀 Logit 模式探討公車動態資訊系統是否能夠減少乘客使用公共運輸時的不確定性和挫折感，並檢驗乘客對公車動態資訊系統所提供的多項服務項目的選擇偏好。研究結果顯示高達 80% 的受訪者表示會因為不知道所等待公車/火車的到達時間而感到不安，但乘客在使用公車動態資訊系統後確實可以減少乘客的不確定感；另針對乘客偏好使用何種方法取得公車動態資訊系統資訊的檢驗中發現，設置在公車站牌的資訊顯示系統最受乘客歡迎，其次是手機 SMS 服務；此外本研究也發現，公車使用者不僅會因使用公車動態資訊系統而獲得好處，並會願意因這項資訊服務而多支付金額 (willing to pay for this information)。

Tang (2012) 的研究使用芝加哥交通管理局 (CTA) 自 2002 年 1 月到 2010 年 12 月間路線每月平均載客資料，用以評估 CTA 即時公車資訊系統在載客率上的影響。公車資訊系統稱為 CTS 公車追蹤器，分別自 2006 年到 2009 年間在不同的 CTA 公車路線上逐步安裝。考慮到可能會影響巴士載客量等因素，包括對失業水準、天然氣價格、當地天氣情況、交通服務等屬性，並考量研究期間芝加哥地區社會經濟特徵數據。研究透過線性混和模型發現提供公車追蹤服務確實可以增加 CTA 的公車載客量，經過線性混和效用模型估算結果，CTA 巴士有公車追蹤服務路線的每天平均乘載率比沒有公車追蹤服務路線多 126 人次

經由上述文獻整理分析發現過去已有不少文獻分別在「提昇整體公共運輸服務水準」、「乘客行為改變」以及「公車運量提昇」等方面進行公車動態資訊系統的效益評估研究。其中在「提昇整

體公共運輸服務水準」方面常見的效益指標有減少候車時間、降低候車時的不確定性、提昇安全感與滿意度、增加公車準點性與可靠度、整體公車形象提昇等；而在「乘客行為改變」上則有延長搭乘公車時願意步行距離、民眾使用公車習慣改變以及乘客願意支付價格（willingness-to-pay）增加等指標；另在「公車運量提昇」方面，則有整體運量增加以及客運業者收入增加兩項指標。在上述所有評估指標中又以「公車運量提昇」為公車動態資訊系統最實質之效益評估項目，因為唯有證實公車動態資訊系統可以提昇公車運量，公車業者或交通主管機關才可能持續投注經費資源維持系統永續運作。

雖然已有研究指出公車動態資訊系統可以增加公車運量，但也有部分學者提出不同的觀點，例如 Zhang 在其研究中雖證實公車動態資訊系統具有服務品質提昇等多項效益，但也提出乘客搭乘公車的行為係衍生的需求，因此乘客並不會因為有公車動態資訊系統而增加搭乘次數之論述(Zhang *et al*, 2008); 另 Holdsworth *et al.* (2007) 雖在研究期間發現公車運量確有增加，但卻無法證實其增加的運量係因公車動態資訊系統所導致，而對公車動態資訊系統具有提昇公車運量之效益有所保留。由於各界對於公車動態資訊系統能否增加公車運量之結論見解仍有所差異，因此有必要更進一步研究予以驗證。

另因乘客在使用公車動態資訊服務後對交通工具使用習慣的改變須有較長時間的醞釀，但以往相關研究卻大多僅以特定時間點乘客的意願或行為調查資料為評估基準，且調查時間點往往在公車動態資訊系統啟用後不久，缺乏在公車動態資訊系統實施後

對乘客的公車使用行為進行較長期的觀察。又以往在公車動態資訊系統效益評估中常見以敘述性偏好（Stated-preference）模式，分析乘客在使用公車動態資訊服務後的行為改變與影響程度，也可能會因為受訪者對於新系統所提供的服務認知的落差，進而造成乘客所表達的意願與實際的行為有所差異。

高雄市政府交通局與交通部運輸研究所的研究報告曾經利用存活分析理論進行公車動態資訊系統的效益分析（鼎漢工程顧問公司，2011；王穆衡等人，2011；李永駿等人，2012）。此外，國內學者許慶祥（2006）與朱斌妤（2008）等人曾以科技接受模式探討民眾對公車動態資訊與即時交通資訊的接受態度，另國外也有相關研究曾提出使用者屬性（例如年齡、收入）對於創新服務或產品的接受與否，具有顯著的影響效果（Imet *al.*, 2003；Lassaret *al.*, 2005）。另交通部運輸研究所的研究報告也曾以 PZB 服務品質模式定義國內目前公車動態資訊系統服務缺口，透過大規模的問卷調查發現國內公車族群普遍認同各都市目前所提供的公車動態資訊服務（王穆衡等人，2011）。但在公車動態資訊系統的相關文獻中卻鮮少有研究係針對使用者屬性進行分析，因為若能瞭解公車動態資訊服務使用者特性，將有助於以使用者需求導向開發更具吸引力的資訊服務方式，以利持續推廣公車動態資訊服務。

綜合上述分析，雖然已有研究指出公車動態資訊系統可以增加公車運量，但也有部分學者提出不同的觀點，例如 Zhang 在研究中雖證實公車動態資訊系統具有服務品質提昇等多項效益，但也提出乘客搭乘公車的行為係衍生的需求，因此乘客並不會因為有公車動態資訊系統而增加搭乘次數的論述（Zhang, 2008）；另

Holdsworth 學者雖在研究期間發現公車運量確有增加，但卻無法證實其增加的運量係因公車動態資訊系統所導致，而對公車動態資訊系統具有提昇公車運量之效益有所保留(Holdsworth, 2007)。由於各界對於公車動態資訊系統能否增加公車運量之結論見解仍有所差異，因此有必要更進一步研究予以驗證。此外，雖然公車動態資訊系統的效益已獲許多研究的驗證，但卻鮮少有研究係針對使用者屬性進行分析，因為若能瞭解公車動態資訊系統使用者與非使用者特性，將有助於主管機關針對非使用族群，強化符合其需求的公車動態資訊系統服務，以吸引更多乘客使用公車動態資訊系統。

另因乘客在使用公車動態資訊系統後對交通工具使用習慣的改變須有較長時間的醞釀，但以往研究卻大多僅以特定時間點乘客的意願或行為調查資料為評估基準，且調查時間點往往在公車動態資訊系統啟用後不久，缺乏在公車動態資訊系統實施後對乘客的公車使用行為進行較長期的觀察。又在公車動態資訊系統效益評估研究中常見以敘述性偏好(Stated-preference)模式，分析受訪者在使用公車動態資訊系統後對公車使用行為的影響程度，也可能會因為受訪者對於新系統所提供的服務認知的落差，進而造成受訪者所表達的意願與實際的行為有所差異。

# 第三章方法論介紹

## 3.1 存活分析 Survival Analysis

存活分析又稱為時間-事件分析 (time-event analysis)，是利用統計方法研究族群中的個體在經過「特定時間」後，會發生某種「特定事件」(event) 的機率，而此「特定時間」的長度稱為「存活時間」(survival time)，若發生「特定事件」則稱為失敗(failure)，在醫學或流行病學常以死亡、疾病發生、疾病復發代表「特定事件」；反之若在「特定時間」上並未發生「特定事件」則稱為設限(censored)。在交通運輸的研究領域中，存活分析曾被利用來進行年輕人無照駕駛行為 (Yeh and Chang, 2009)、機車年齡與空污排放間的關係 (Chang and Yeh, 2006)、道路發生事故時對交通的影響時間 (Nam and Fred, 2000) 以及分析家用汽車的持有年期長短 (Yamamoto and Ryuichi, 2000) 等相關研究。

存活時間是存活分析中最主要的分析變數，定義存活時間必須要有以下三項基本要素：

- 存活時間測量的起點 (start time)
- 特定事件 (event)
- 存活時間尺度 (time scale)

就本研究而言，民眾搭乘公車的年期代表存活時間，特定事件是指民眾不再搭乘公車，也就是說當民眾在某一特定時間後不再以公車為主要交通工具，則該筆樣本稱為失敗資料；反之，若

民眾在某一特定時間後仍持續搭乘公車，則該筆資料稱為設限資料。

假設民眾搭乘公車的年期  $T$  是一非負之連續型隨機，則  $T$  之累積分配函數 (Cumulative Distribution Function, CDF)  $F(t)$  代表民眾搭乘公車之年期  $T$  小於特定時間點  $t$  的累積機率。

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(x)dx, \quad \forall t \geq 0 \quad (1)$$

而存活函數 (survival function)  $S(t)$  是指「民眾搭乘公車的年期大於特定時間點  $t$  的機率」。因此依據上述定義，存活函數  $S(t)$  可以下列函數表示：

$$S(t) = P(T > t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(x)dx, \quad \forall t \geq 0 \quad (2)$$

而存活函數下的面積則代表民眾搭乘公车的平均壽命時間 (Mean Lifetime)。

$$\mu = E(T) = \int_0^{\infty} S(t)dt \quad (3)$$

由於現實問題之機率密度函數 (pdf)  $f(x)$  不易得知，因此 Kaplan-Meier 在 1957 年提出無母數 (Non-parametric) 的統計分析方法 product-limit Estimate (或稱為 Kaplan-Meier estimate) 來推估存活函數，其函數如式 4 所示。

$$\hat{S}(t) = \prod_{u \leq t} \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n I(x_i = u, \sigma_i = 1)}{\sum_{i=1}^n I(x_i \geq u)} \right] \quad (4)$$



其中  $\sigma_i$  為 0,1 指標變數，若  $\sigma_i=1$  則表示該筆樣本之民眾已不再搭乘公車。因此  $\sum_{i=1}^n I(x_i = u, \sigma_i = 1)$  表示在  $u$  時間不再搭乘公車的樣本總數；而  $\sum_{i=1}^n I(x_i \geq u)$  則代表在  $u$  時間仍持續搭乘公車的樣本總數。

在存活分析中，另一個重要的觀念為風險函數（hazard function）。相對於存活函數觀念，風險函數係指「民眾搭乘公車的年期  $T$  至少有  $t(T \geq t)$ ，但在下一瞬間  $(t + \Delta t)$  立即不再搭乘公車的風險」。風險函數如式 5 所示：

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \quad (5)$$

較常見的風險函數推估方法是為由 Cox 於 1972 年所提出的 Cox Model 又稱為 Cox regression。Cox regression 函數如式 6 所示。

$$h(t|x) = h_0 \times \exp^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_i x_i} \quad (6)$$

其中  $x_i$  代表解釋變數； $\beta_i$  代表對應解釋變數的參數。整體 Cox model 可區分為兩大部分， $h_0$  以及  $\exp^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_i x_i}$ 。其中  $h_0$  稱為基準風險率（baseline hazard rate），通常在模式中並未指定  $h_0$  為何種分配；另解釋變數則全位在  $\exp^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_i x_i}$  之中，由於此一部份具有母數性質，因此整體 Cox mode 具有半母數（Semi-parametric）性質。

此外，透過風險函數比例（Hazard Ratio, HR）可發現（如式 7），風險函數之比值與存活時間（ $t$ ）無關，意即風險函數之比例關係不會因為時間的變化而有所改變，此一特性即為 Cox model 被稱

為等比例風險模型（proportional hazard model）的原因。

$$HR = \frac{h(t|x_i = a+1)}{h(t|x_i = a)} = \frac{h_0 \times e^{\beta_0 + \beta_1(a+1)}}{h_0 \times e^{\beta_0 + \beta_1 a}} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 a + \beta_1}}{e^{\beta_0 + \beta_1 a}} = e^{\beta_1} \quad (7)$$

其中  $e^{\beta_1}$  表示當  $x$  變數增加 1 單位時，民眾不再搭乘公車之風險增加的比例。表示 HR 值大於 1，表示  $x$  變數增加 1 單位時，會增加民眾不搭乘公車的風險；反之，若 HR 值小於 1，則表示當  $x$  變數增加 1 單位時，民眾不搭乘公車的風險反而會降低。

Cox model 中係利用最大概似估計法（Max Likelihood Estimate, MLE）進行係數的校估工作，其概似函數（Likelihood function）可表達如下：

$$L(\beta, h_0) = \prod_{j=1}^n f(t_j|x_j)^{\sigma_j} \times S(t_j|x_j)^{1-\sigma_j} \quad (8)$$

其次，由於在長期的公車使用過程中，乘客的社會經濟條件（例如學歷、職業）可能會變動，因此本研究透過 Cox regression of time-dependent covariates 模式，在考量受訪者部分變數會隨時間改變的情況下，評估受訪者各項屬性以及公車使用狀況等條件，對受訪者放棄使用公車風險的影響程度。Cox regression of time-dependent covariates 可以(9)式呈現。

$$h(t|x) = h_0 \times \exp(x'\beta(t)) \quad (9)$$

其中  $\beta(t)$  屬於與時間相關的變數， $\beta(t)$  變數如 Grambsch 與 Therneau (1994) 的定義如(10)式之說明。

$$\beta_j(t) = \beta_j + \gamma_j g_j(t), j = 1, \dots, \quad (10)$$

### 3.2 邏輯斯迴歸 Logistic Regression

本研究使用邏輯斯迴歸進行公車動態資訊系統使用者特性分析的主要原因係由於「乘客是否使用公車動態資訊系統」是屬於 binary variable 問題，一般常見的 binary variable 分析模型有 Poisson regression model、Probit Model 以及邏輯斯迴歸模式。其中 Poisson regression model 主要為分析單位時間內發生特定事件的機率，對於本研究較不適用。而 Probit Model 與邏輯斯迴歸模式極為相似，兩模型均具有 S 型函數曲線的特性，較符合一般民眾的選擇行為，其差異僅誤差項假設分佈型態為標準常態分佈或 logistic 分佈之不同，在一般狀況下兩模型在實質的結果上並無重大差異。但因邏輯斯迴歸模式可將校估結果轉換為 odds ratio，在模式的解釋上較為直觀，因此本研究使用邏輯斯迴歸模式來分析公車動態資訊系統使用乘客與非使用乘客之屬性。

邏輯斯迴歸假設解釋變數 ( $x$ ) 與乘客是否使用公車動態資訊服務 ( $y$ ) 之間必須符合下列邏輯斯函數：

$$P(y|x) = \frac{1}{1 + e^{-\sum b_i x_i}} \quad (11)$$

其中  $b_i$  代表對應解釋變數的參數， $y$  屬二元變數 (binary variable)，若  $y=1$  表示該乘客有使用公車動態資訊服務；反之，若  $y=0$  則表示該乘客未使用公車動態資訊服務。因此  $P(y=1|x)$  表示當自變數  $x$  已知時，該乘客使用公車動態資訊服務的機率； $P(y=0|x)$  表示當自變數  $x$  已知時，該乘客不使用公車動態資訊服

務的機率。

邏輯斯函數之分子分母同時乘以 $e^{\sum b_i x_i}$ 後可以式(12)函數形式展現。

$$p(y|x) = \frac{1}{1 + e^{-\sum b_i x_i}} = \frac{e^{\sum b_i x_i}}{1 + e^{\sum b_i x_i}} \quad (12)$$

若將式(12)左右兩側均以1減去，可以得到式(13)

$$1 - p(y|x) = \frac{1}{1 + e^{\sum b_i x_i}} \quad (13)$$

再將式(12)與式(13)兩式相除，則可以得到式(14)

$$\frac{p(y|x)}{1 - p(y|x)} = e^{\sum b_i x_i} \quad (14)$$

針對式(14)兩邊同時取自然對數，可以得到式(15)

$$\ln\left(\frac{p(y|x)}{1 - p(y|x)}\right) = \sum b_i x_i \quad (15)$$

經由上述公式推導可將原自變數非線性的關係，轉換成以線性關係來表達。其中 $\frac{p(y|x)}{1 - p(y|x)}$ 可代表乘客使用公車動態資訊服務的勝算比(odds ratio)或稱為相對風險(relative risk)。

## 第四章基本資料分析

### 4.1 資料來源與分析

台北市公車動態資訊系統於 2005 年開始提供服務，該系統透過公車資訊網站（<http://www.5284.com.tw/newweb/>）、電話語音查詢、LED 站牌以及智慧型手機 APP 等方式提供民眾即時的資訊服務。本研究於 2013 年 7 月以電話簡單隨機訪談方式，針對台北市公車乘客進行公車使用習慣回顧調查，調查內容包括受訪者性別、年齡、學歷、職業、使用公車主要目的、平均候車與乘車時間、平均使用頻率（每週）、是否仍持續以公車為主要交通工具（若受訪者已不以公車為主要交通工具，則詢問受訪者目前主要的交通工具）、是否有使用公車動態資訊系統、主要使用公車動態資訊系統服務項目、對公車動態資訊系統的滿意程度。

本研究所蒐集的調查資料在扣除拒訪、在公車動態資訊系統啟用前已經不使用公車或訪談回答內容不完整的樣本後，再過濾選擇「將公車當成主要交通工具」之樣本，最後採用之有效樣本 606 筆資料。本研究所定義「將公車當成主要交通工具」之受訪者條件有二：一是受訪者於問卷調查時表示自己係以公車為主要交通工具；其二，若受訪者自身無法判斷，但每週搭乘公車頻率 4 次以上的受訪者。

## 4.2 台北市乘客公車搭乘與公車動態資訊系統使用狀況分析

### 1. 乘客性別與公車動態資訊系統使用狀況比較分析

在全部有效樣本中，女性受訪者資料 432 筆、男性 174 筆。若依據有無使用公車動態資訊系統分類，沒有使用公車動態資訊系統的樣本數有 266 筆（43.89%），而有使用公車動態資訊系統的樣本數有 340 筆（56.11%）。依據表 1 分析資料顯示，台北市公車使用者以女性居多，另台北市公車族對公車動態資訊系統也有極高的使用率，以下將就各項重要項目分節予以分析比較。

表 1 乘客性別以及是否有使用公車動態資訊系統交叉分析表

	有使用公車動態資訊系統樣本數	未使用公車動態資訊系統樣本數	加總
女性	257	175	432
男性	83	91	174
加總	340	266	606

### 2. 乘客使用公車目的與公車動態資訊系統使用狀況比較分析

依據調查資料分析發現，乘客使用公車的主要目的約略可區分為上學、上班、購物、旅遊與其他（包括就醫、訪友等）共 5 類，若將乘客使用公車的主要目的以及是否有使用公車動態資訊系統兩項因素進行交叉分析可發現，在所有搭乘公車的目的中，

僅有「上班」與「購物」兩類乘客使用公車動態資訊系統的比例高於平均比例（56.11%），且其中以「上學」乘客使用公車動態資訊系統的比例最低（48.91%），另以「上班」乘客使用公車動態資訊系統的比例最高（66.47%）。

表 2 乘客使用公車的主要目的以及是否有使用公車動態資訊系統  
交叉分析表

	有使用公車動態資 訊系統樣本數	未使用公車動態資 訊系統樣本數	
上學	67 (48.91%)	70 (51.09%)	137 (100%)
上班	111 (66.47%)	56 (33.53%)	167 (100%)
購物	58 (58.59%)	41 (41.41%)	99 (100%)
旅遊	33 (55.93%)	26 (44.07%)	59 (100%)
其他	71 (49.31%)	73 (50.69%)	144 (100%)
	340 (56.11%)	266 (43.89%)	

### 3. 乘客候車時間與與公車動態資訊系統使用狀況比較分析

所有樣本的平均候車時間為 9.98 分鐘，平均乘車時間為 25.33 分鐘，但若將所有樣本依據有無使用公車動態資訊系統將受訪者區分為兩群，則可發現候車時間在 1-10 分鐘區間的乘客中，有使用公車動態資訊系統受訪者之比例明顯高於未使用公車動態資訊系統之受訪者；反之，在候車時間 16 分鐘以上的乘客中，未使用公車動態資訊系統之受訪者比例則顯著高於有使用公車動態資訊

系統受訪者（候車時間分布狀況詳如圖 6 所示），顯示公車動態資訊系統確實有助於減少乘客的候車時間。

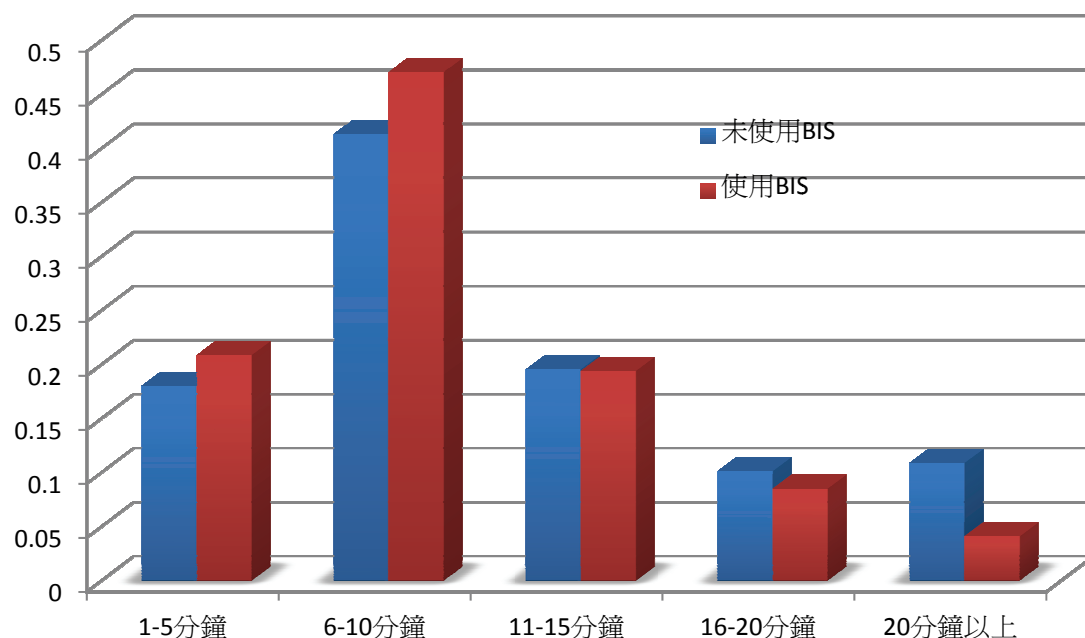


圖 6 有無使用公車動態資訊系統乘客候車時間分布圖

#### 4. 乘客對公車動態資訊系統各項服務項目使用狀況與服務滿意度分析

此外，依據乘客使用公車動態資訊系統的服務項目分析發現，公車動態資訊系統各項服務項目的使用率以 LED 站牌最高，其次為智慧型手機 APP、公車資訊網頁以及電話語音查詢（詳如表 3 所示），上述乘客對公車動態資訊系統的使用狀況與 Caulfield（2009）在都柏林（Dublin）的研究結果相似。

在使用者滿意度分析方面，80.59%使用者對公車動態資訊系統服務水準表示「滿意」或「非常滿意」，10.58%使用者對公車動



態資訊系統表示「普通」，只有 8.53%使用者對公車動態資訊系統表示「不滿意」或「非常不滿意」，顯示乘客對台北市公車動態資訊系統服務水準的滿意度極高。

表 3 乘客對公車動態資訊系統各服務項目之使用狀況

公車動態資訊系統服務項目	使用人數	使用比例
智慧型站牌	239	70.29%
智慧型手機 APP	56	16.47%
公車資訊網站	41	12.07%
電話語音	4	1.18%

另若將乘客對公車動態資訊系統的「使用服務項目」以及「滿意程度」兩項變數進行 correspondence analysis，透過圖 7 可發現對公車動態資訊系統感到「滿意」或「非常滿意」的乘客，主要的使用服務項目集中在 LED 站牌；對公車動態資訊系統感覺「普通」的乘客，主要的使用服務項目在智慧型手機 APP 以及電話語音查詢；另對公車動態資訊系統感覺「不滿意」的乘客，主要的使用服務項目為公車資訊網站。

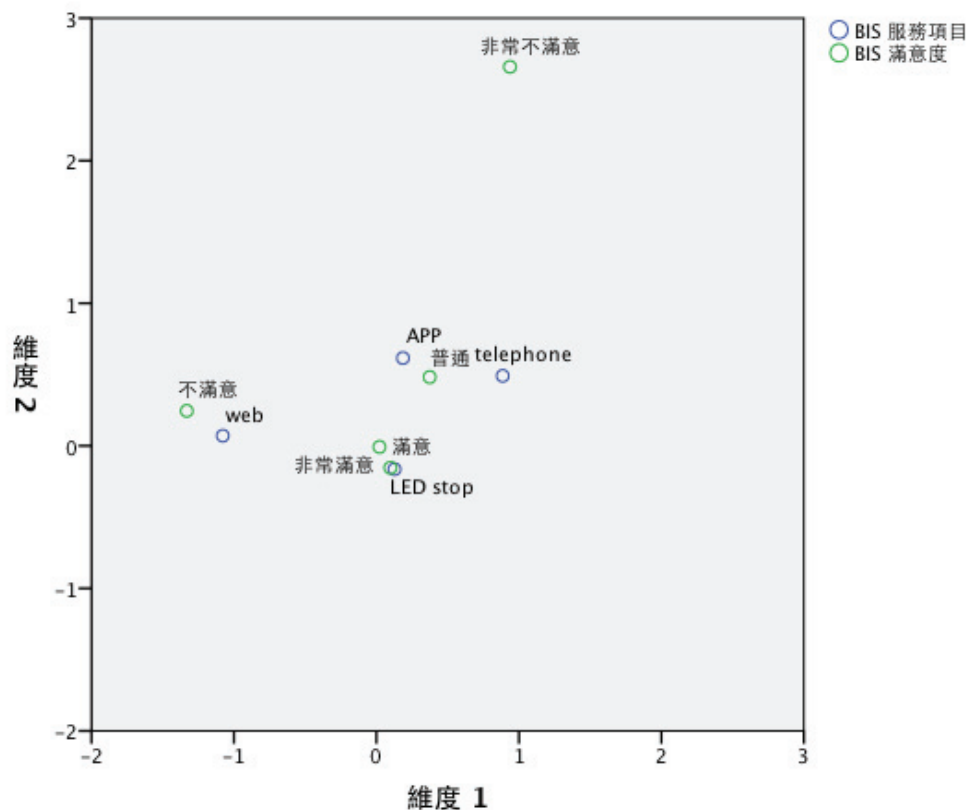


圖 7 公車動態資訊系統的「使用項目」以及「滿意程度」兩項變數 CORRESPONDENCE ANALYSIS 圖

### 4.3 放棄使用公車乘客之基本資料分析

#### 1. 乘客放棄使用公車之年齡分析

在全部有效樣本中，有 514 位受訪者目前仍以公車為主要交通工具，僅有 92 位受訪者已不再以公車為主要交通工具。其中已經不再以公車為主要交通工具的 92 位受訪者中，有 39 位受訪者是 20 歲（含）以前即已不再使用公車，比例高達 42.39%（詳如圖 8 所示）。顯示台北市乘客放棄使用公車的年齡偏低，造成將公車

當成主要交通工具的時間長度（duration）較短。

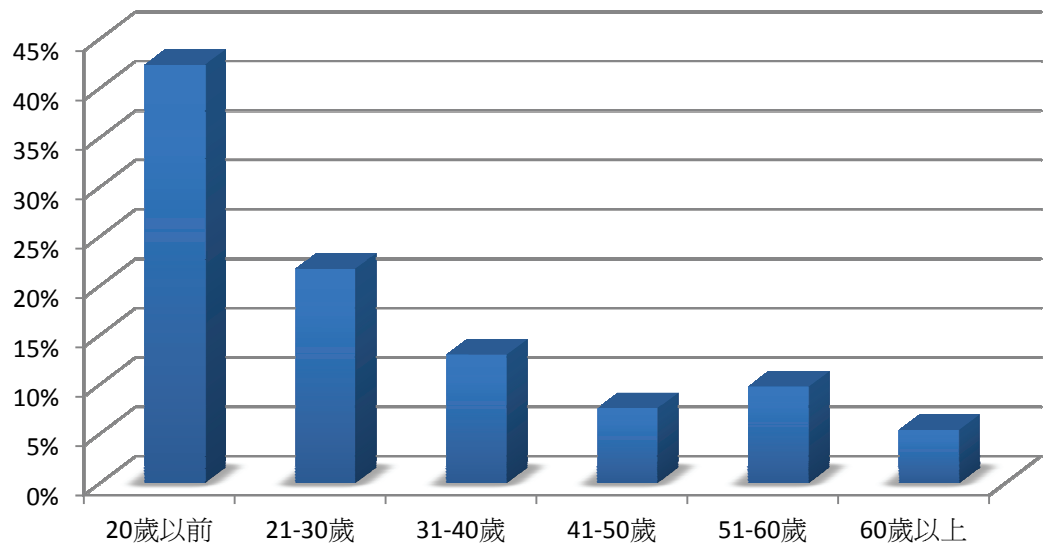


圖 8 台北市民眾放棄使用公車之年齡分布狀況

## 2. 乘客放棄使用公車後之交通工具選擇分析

在所有放棄以公車為主要交通工具的受訪者中，有 45.56%受訪者係改以捷運為主要交通工具，另有 36.96%轉而使用機車，10.87 %使用小汽車，僅有 6.52%受訪者係使用自行車與其他交通工具。其中有高達 47.8%的受訪者不再使用公車後，係改以機車或小汽車為主要交通工具。

表 4 台北市民眾放棄使用公車後之替代運具比例分析

替代運具	樣本數	樣本比例
捷運	42	45.65 %
機車	34	36.96 %
小汽車	10	10.87 %
自行車與其他	6	6.52%

由上述分析發現，台北市乘客放棄使用公車的年齡偏低，造成將公車當成主要交通工具的時間長度（duration）較短，且乘客放棄使用公車的主要原因並非沒有運輸需求，而是因為其他運具的服務或特性更符合乘客需求，因此讓民眾放棄使用公車轉而使用其他運輸工具，其中更有近 5 成比例的乘客係轉向使用私人運具。

#### 4.4 乘客將公車當成主要交通工具的時間長度(duration)之界定

本文研究期間係自台北市 BIS 啟用開始（2005 年）至問卷調查日期（2013 年）為止，共計 8 年期間。在上述研究期間，乘客將公車當成主要交通工具的時間長度（duration）將受到「開始使用公車的時間」以及「不再以公車為主要交通工具的時間」兩項因素影響，共計有 4 種不同形態及計算方式，詳如圖 9 所示：

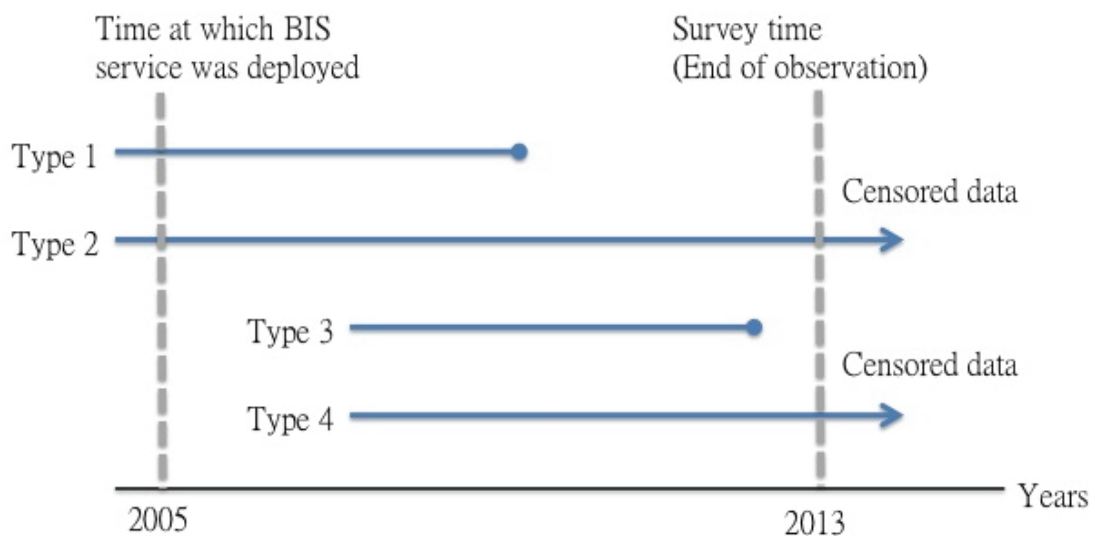


圖 9 乘客將公車當成主要交通工具時間長度之不同型態示意圖

型態 I：系統服務啟用前即開始使用公車，但在問卷調查時間前已不再以公車為主要交通工具。該受訪者將公車當成主要交通工具的時間長度（duration）＝（不再以公車為主要交通工具之時間）－（系統啟用時間），且該樣本屬於「失敗」資料。

型態 II：系統服務啟用前即開始使用公車，且在問卷調查時仍持續以公車為主要交通工具。該受訪者將公車當成主要交通工具的時間長度（duration）＝（問卷調查時間）－（系統啟用時間），這些樣本屬於「設限」資料。

型態 III：系統服務啟用後才開始使用公車，但在問卷調查前已不再以公車為主要交通工具。該受訪者將公車當成主要交通工具的時間長度（duration）＝（不再以公車為主要交通工具之時間）－（開始使用公車之時間），這些樣本屬於

「失敗」資料。

型態 IV：系統服務啟用後才開始使用公車，且在問卷調查時仍持續以公車為主要交通工具。該受訪者將公車當成主要交通工具的時間長度（duration）＝（問卷調查時間）－（開始使用公車之時間），這些樣本屬於「設限」資料。

由於上述型態 II 與型態 IV 的乘客仍以公車為主要交通工具，表示該受訪者的公車使用時間長度（duration）長度持續增加中，由於本研究資料會面臨資訊不完整的設限（censored）狀況，若忽略資料設限特性，將會造成乘客公車使用時間長度被嚴重低估現象，因此本研究應用存活分析方法進行後續實證分析。

# 第五章實證分析

## 5.1 分析變數說明

本研究依據調查資料內容將相關變數區分為「受訪者屬性」以及「公車使用屬性」兩類別；在「受訪者屬性」中包括受訪者之性別、年齡、學歷、職業等 4 項變數；另在「公車使用屬性」中則包含受訪者平均旅行時間、公車使用頻率、是否有使用公車動態資訊系統、是否仍以公車為主要交通工具以及研究期間使用公車年期（duration）等 5 項變數，本研究所使用之各項變數與定義詳如表 5 所示。

表 5 本研究各項變數與定義說明

變數名稱	定義
受訪者屬性	
性別	女性為 0；男性為 1
年齡	若仍持續以公車則為主要交通工具，則為受訪時之年齡；若否，則為放棄使用公車時之年齡
學歷	區分為國中、高中、大學以及研究所 4 類
職業	區分為學生、家管或退休、公職以及私人企業 4 類
公車使用屬性	

平均旅行時間	包含乘客候車與乘車時間，單位：分鐘
公車使用頻率	平均每週公車使用次數
是否有使用公車動態資訊系統	乘客若有使用公車動態資訊系統者為 1； 未使用者為 0
是否仍以公車為主要交通工具	在本研究調查終止時，仍以公車為主要交通工具者為 1（設限資料）；反之為 0（失敗資料）
研究期間使用公車年期（duration）	詳如 4.4 節內容說明

---

## 5.2 公車動態資訊系統對降低乘客放棄使用公車風險之估算

依據本研究先前的定義，若乘客仍持續以公車為主要交通工具，表示該乘客仍「存活」於公車系統中，屬於「設限」資料；反之，若乘客已不再以公車為主要交通工具，則表示該乘客已經「失敗」。為能評估公車動態資訊系統對乘客放棄使用公車風險的影響程度，本研究將所有樣本依據「是否有使用公車動態資訊系統」屬性將乘客區分為 2 群。透過表 6 的基本資料分析表顯示，在所有乘客資料中無使用公車動態資訊系統的人數為 266 人，其中有 67 人已不再以公車為主要交通工具（失敗資料），有 199 人仍持續以公車為主要交通工具（設限資料）；另有使用公車動態資訊系統的人數為 340 人，其中有 25 人已不再以公車為主要交通工具（失敗資料），有 315 人仍持續以公車為主要交通工具（設限資



料)。

表 6 受訪者調查資料基本統計表

	不再以公車為 主要交通工具 (失敗樣本 數)	仍以公車為 主要交通工具 (設限樣本 數)	總樣本數
無使用 公車動態資 訊系統服務	67 (11.06 %)	199 (32.84 %)	266 (43.89 %)
有使用 公車動態資 訊系統服務	25 (4.13 %)	315 (51.98 %)	340 (56.11 %)
總樣本數	92 (15.18 %)	514 (84.82 %)	606 (100 %)

由於本研究中部分乘客仍持續以公車為主要交通工具，其使用公車時間長度資料具有設限 (censored) 性質，故本研究利用存活分析 (survival analysis) 方法來檢驗公車動態資訊系統是否有助於降低乘客放棄使用公車風險。另因非參數 (non-parametric) 類型之存活分析無需對樣本存活時間的分配設定任何特定的假設，因此依據本研究文獻回顧發現以往在交通領域的存活分析應用研究中大多採用非參數類型之存活模型。此外，因 product-limit estimate 方法 (式 (4)) 在大樣本的推估有較佳效果 (Richard Gill, 1983)，由於本研究樣本數有 606 筆，符合大樣本特性，因此本研

究採用 product-limit estimate 來推估台北市乘客放棄使用公車的風險函數，其分析結果詳如圖 4 所示。

透過圖 10 風險函數可分析有無使用公車動態資訊系統乘客在不同年期（duration）時放棄使用公車的風險差異，其中橫座標代表時間（單位為年），縱座標代表乘客放棄使用公車的風險，而圖中實線代表有使用公車動態資訊系統乘客放棄使用公車的風險函數曲線；虛線代表無使用公車動態資訊系統乘客的風險函數曲線。利用 Log Rank 方法檢定結果顯示上述兩風險函數曲線確實具有顯著差異，另在圖中可發現，有使用公車動態資訊系統乘客放棄使用公車的風險，每年均明顯低於未使用公車動態資訊系統服務乘客的風險，顯示公車動態資訊系統確實能有效降低乘客放棄使用公車的風險。

另依據存活理論中平均壽命的計算公式，在台北市公車動態資訊系統的 9 年期間內，有使用公車動態資訊系統乘客以公車為主要交通工具的平均時間是 8.634 年，相對未使用公車動態資訊系統乘客的平均時間僅有 7.827 年，因此可推論有使用公車動態資訊系統乘客以公車為主要交通工具的平均時間，相較不使用公車動態資訊系統乘客延長了 0.807 年。此一效益不僅有助於提昇公車運量，增加客運業者營運收入，更等同延後民眾使用機車或小汽車為主要交通工具的時間，因此也會間接衍生節能減碳的效益。

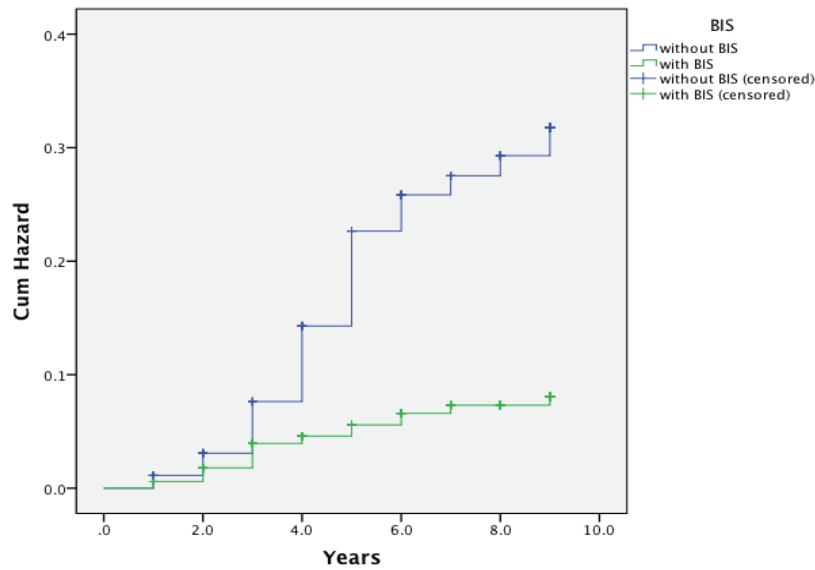


圖 10 有無使用公車動態資訊系統乘客放棄使用公車之風險函數

### 5.3 影響乘客放棄使用公車之因素分析

應用期間模式（duration model）使用乘客長期的公車使用狀況資料，雖能更有效評估公車動態資訊系統對乘客放棄使用公車風險的影響程度，但乘客在長期的公車使用過程中，乘客的社會經濟條件可能會有所改變（例如學歷、職業等因素）。因此模式若未考量上述狀況的影響，其評估結果可能會有所偏誤。

本研究透過 Cox regression of time-dependent covariates 模式，在考量乘客部分屬性會隨時間改變的情況下，評估乘客各項屬性以及公車使用狀況等風險因子，對乘客放棄使用公車風險的影響程度。本研究評估的風險因子包括乘客是否有使用公車動態資訊系統、平均旅行時間、平均使用頻率、性別、學歷（區分為國中、

高中、大學以及研究所等 4 類)與職業(學生、家管或退休、公職以及私人企業等 4 類)等，其中乘客的「學歷」與「職業」兩風險因子屬於 time-dependent covariates，屬性資料中包含了 8 年期間的變動狀況以及變動時間。

有關 Cox regression of time-dependent covariates 模式的校估結果如表 7 所示，模式的概似比統計量為  $177.522 > X^2_{(10,0.05)}$  (= 18.307)，顯示模式所有參數值不全為 0，故模式具有解釋能力。在所有風險因子的校估結果發現乘客是否有使用公車動態資訊系統、平均旅行時間、平均使用頻率、性別、學歷與職業等因子對乘客使用公車的年期 (duration) 均有顯著影響。

本研究針對「是否有使用公車動態資訊系統」風險因子的分析結果發現，有使用公車動態資訊系統服務乘客放棄使用公車(失敗)的風險只有未使用者的 26.4%，顯示公車動態資訊系統服務確實能夠降低民眾放棄使用公車的風險。

在「平均旅行時間」因子方面，每增加 1 分鐘的旅行時間，會增加乘客放棄使用公車 1.2% 的風險。另在「平均使用頻率」因子方面，若平均每週多使用公車 1 次，則乘客放棄使用公車的風險會增加 4.4%。分析上述原因可能是「平均使用頻率」以及「平均旅行時間」較高的乘客，代表乘客對運輸需求相對較高，但公車運輸固定路線與班次的服務品質較無法滿足乘客需求，因此會增加乘客放棄使用公車的風險。

表 7 Cox regression of time-dependent covariates 校估結果分析  
表

變數名稱	$\beta$	S.E.	Sig.	Exp ( $\beta$ )
是否有使用公車				
動態資訊系統服務	-1.330	0.170	0.000 <sup>a</sup>	0.264
平均旅行時間	0.012	0.004	0.003 <sup>a</sup>	1.012
平均使用頻率	0.043	0.017	0.011 <sup>b</sup>	1.044
性別	0.269	0.159	0.091 <sup>c</sup>	1.308
學歷（國中）			0.000 <sup>a</sup>	
學歷（高中）	0.795	0.203	0.000 <sup>a</sup>	2.214
學歷（大學）	1.069	0.202	0.000 <sup>a</sup>	2.912
學歷（研究所）	0.965	0.442	0.029 <sup>b</sup>	2.625
職業（學生）			0.000 <sup>a</sup>	
職業（家管或退休）	-1.619	0.261	0.000 <sup>a</sup>	0.198
職業（公職）	-0.990	0.391	0.011 <sup>b</sup>	0.372
職業（私人企業）	0.491	0.188	0.009 <sup>a</sup>	0.612
LL (0)		-1244.650		
LL ( $\beta$ )		-1155.889		
-2 (LL (0) -LL ( $\beta$ ))		177.522		
自由度 df		10		

註：a、b、c 分別表示所校估之參數在 0.01、0.05、0.1 之顯著水準下異

於 0。

在乘客的「性別」分析發現，男性乘客放棄使用公車的風險是女性的 1.308 倍，顯示女性乘客是公車的主要使用族群。其次就「學歷」因子而言，本研究係以國中學歷的乘客為比較基礎，高中學歷乘客放棄使用公車的風險是國中學歷乘客的 2.214 倍，大學學歷乘客放棄使用公車的風險是國中學歷乘客的 2.912 倍，而研究所學歷乘客放棄使用公車的風險是國中學歷乘客的 2.625 倍，顯示學歷較低乘客放棄使用公車的風險較中高學歷乘客低。

另在「職業」因子的分析係以學生為比較基礎，發現家管或退休乘客放棄使用的風險只有學生乘客的 19.8%，公職乘客放棄使用的風險只有學生乘客的 37.2%，而在私人企業上班的乘客放棄使用的風險也只有學生乘客的 61.2%。上述分析結果顯示「學生」放棄使用公車風險最高的族群，這與本文在 3.1 節的分析中發現乘客放棄使用公車的年齡偏低的結果相符；另家管、退休或擔任公職乘客放棄使用公車的風險較低的原因，主要是因為他們的生活型態相對穩定，因此較不會改變主要交通工具的選擇。

綜和上述分析結果可推論，使用公車動態資訊系統確實能夠有效降低乘客放棄使用公車的風險，而男性、學生、低學歷以及運輸需求量較高的乘客是放棄使用公車風險較高的族群。

### 5.3 台北市公車動態資訊系統使用者特性分析

為能瞭解公車動態資訊系統使用族群與非使用族群的特性，本研究以調查資料中乘客「是否有使用公車動態資訊系統」為因

變數，解釋變數包括乘客之性別、年齡、學歷、職業、平均使用公車頻率（每週）、使用公車的主要目的等。邏輯斯迴歸模式的校估結果如表 5 所示，模式的概似比統計量為  $51.484 > X^2_{(13,0.05)}$ （= 22.362），顯示模式所有參數值不全為 0，故模式顯著具有解釋能力。

本研究分析結果發現乘客性別、年齡，以及部分學歷、職業與使用公車主要目的等變數對乘客是否使用公車動態資訊系統均具有顯著解釋能力。在其他條件不變下，透過「性別」變數的分析中發現，男性乘客相對女性乘客使用公車動態資訊系統的 odds ratio（式（5））只有 63.0%，顯示男性使用公車動態資訊系統的比例遠較女性低。另「年齡」變數校估結果呈現當乘客年齡每增加 1 歲，其使用公車動態資訊系統的 odds ratio 相對只剩 97.8%（降低 2.2%），顯示越年長乘客越不使用公車動態資訊系統。

就「學歷」變數而言，本研究係以國中學歷為比較基礎，發現大學學歷的乘客相對國中學歷乘客使用公車動態資訊系統的 odds ratio 是 1.636 倍；研究所學歷的乘客相對國中學歷乘客的 odds ratio 更高達 3.729 倍。其中高中學歷的參數校估結果雖不顯著，但其相對國中學歷 odds ratio 也高達 1.556 倍。因此透過各個學歷參數校估結果可推論，乘客學歷高低確實會影響公車動態資訊系統的使用，而且學歷越低者使用公車動態資訊系統的比例也會越低。

表 8 邏輯斯迴歸參數校估結果表

變數名稱	$\beta$	S.E.	Sig.	Exp ( $\beta$ )
性別	-0.461	0.208	0.026 <sup>b</sup>	0.630
年齡	-0.023	0.008	0.008 <sup>a</sup>	0.978
學歷（國中）			0.026 <sup>b</sup>	
學歷（高中）	0.442	0.273	0.105	1.556
學歷（大學）	0.492	0.261	0.059 <sup>b</sup>	1.636
學歷（研究所）	1.316	0.437	0.003 <sup>a</sup>	3.729
職業（學生）			0.002 <sup>a</sup>	
職業（退休、家管）	1.132	0.474	0.017 <sup>b</sup>	3.101
職業（公務員）	-0.358	0.546	0.512	0.699
職業（民間企業）	0.886	0.404	0.028 <sup>b</sup>	2.425
平均公車使用頻率	-0.019	0.21	0.365	0.981
使用公車主要目的 （上學）			0.056 <sup>b</sup>	
使用公車主要目的 （上班）	0.615	0.343	0.073 <sup>b</sup>	1.851
使用公車主要目的 （購物）	0.355	0.385	0.357	1.426
使用公車主要目的 （旅遊）	0.446	0.419	0.287	1.562
使用公車主要目的 （其他）	-0.131	0.379	0.729	0.877
LL (0)		-805.293		



LL ( $\beta$ )	-779.551
-2 (LL (0) - LL ( $\beta$ ))	51.484
自由度 df	13

註：a、b、c 分別表示所校估之參數在 0.01、0.05、0.1 之顯著水準下異於 0。

就「職業」變數而言，本研究係以學生為比較基礎，發現退休或家管乘客相對學生乘客使用公車動態資訊系統的 odds ratio 是 3.101 倍；另在民間企業上班乘客相對學生乘客使用公車動態資訊系統的 odds ratio 是 2.425 倍。此一現象與本研究表 1 分析內容相符，其原因可能是學生族群搭乘公車的時分較為固定，且其相對時分價值較低，因此使用公車動態資訊系統的比例相對其他族群低。

本研究針對「平均公車使用頻率」變數的校估結果並不顯著。但在「使用公車主要目的」變數的校估中發現，以「上班」為目的的乘客使用公車動態資訊系統的 odds ratio 是「上學」乘客的 1.851 倍。此一現象也與前述「職業」變數的校估結果類似，顯示學生或上學族群使用公車動態資訊系統的比例相對偏低。

綜合本研究上述分析中發現乘客的性別、年齡，以及部分學歷、職業與使用公車主要目的等變數對乘客是否使用公車動態資訊系統均會有顯著影響。以台北市為例，男性、低學歷、年紀較高、以上學為目的之旅次以及學生為公車動態資訊系統使用狀況較差的族群。

因此本研究建議主管機關應針對上述族群特性強化公車動態資訊系統的服務，透過公車動態資訊系統使用以延長既有乘客將公車當成主要交通工具的時間長度（duration）（Wang, 2014）。例如以學生族群為例，可將獲得乘客極高滿意度的 LED 站牌，設置在學校、圖書館等學生族群較多的地點；另針對男性乘客建議可開發符合使用習慣的智慧型手機 APP，強化公車動態資訊系統移動式的查詢需求。

# 第六章結論與建議

## 6.1 結論

有別於以往相關研究卻大多僅以特定時間點乘客的意願或行為調查資料為評估基準，且調查時間點往往在公車動態資訊系統啟用後不久，缺乏在公車動態資訊系統實施後對乘客的公車使用行為進行較長期的觀察。本研究提出「降低民眾放棄使用公車風險」概念作為評估公車動態資訊系統效益衡量的新指標，並以台北市公車動態資訊系統啟用後 8 年間乘客的公車使用行為回顧資料為基礎，利用存活分析的 product-limit estimate 方法來估算公車動態資訊系統對降低乘客放棄使用公車的風險，進而推估乘客因此而延長使用公車的年期（duration）。其次，本研究透過 Cox regression of time-dependent covariates 模式，在考量乘客「學歷」與「職業」2 變數會隨時間改變的情況下，評估受訪者屬性以及公車使用狀況等各項風險因子，對乘客放棄使用公車風險的影響程度。最後並針對受訪者屬性以及公車使用狀況，利用邏輯斯迴歸模式進行分析。本研究最後獲得的結論彙整如下：

台北市有高達 42.39 % 的公車族在 20 歲（含）以前已放棄使用公車，且乘客在放棄使用公車後，有 47.8% 的乘客改以機車或小汽車為主要交通工具。顯示台北市乘客放棄使用公車的年齡偏低，造成使用公車年期（duration）較短，且有近 5 成比例的乘客係轉向使用私人運具。

依據乘客候車時間分布狀況分析發現，候車時間在 1-10 分鐘區間的乘客中，有使用公車動態資訊系統受訪者之比例明顯高於未使用者；反之，在候車時間 16 分鐘以上的乘客中，未使用公車動態資訊系統之受訪者比例則顯著高於有使用者，顯示使用公車動態資訊系統確實有助於減少乘客的候車時間。

乘客對公車動態資訊系統各項服務的使用率以 LED 站牌最高，其次為智慧型手機 APP、公車資訊網頁以及電話語音查詢。其中乘客對智慧型手機 APP 的使用率已高於利用公車資訊網頁與電話語音查詢使用率的總和，顯示乘客對移動式的資訊查詢需求正快速增加中；另發現對公車動態資訊系統感到「滿意」或「非常滿意」的乘客，主要的使用項目多集中在 LED 站牌；對公車動態資訊系統感覺「普通」的乘客，主要的使用項目在智慧型手機 APP 以及電話語音服務；另對公車動態資訊系統感覺「不滿意」的乘客，主要的使用項目為公車資訊網站。

本研究證實公車動態資訊系統確實能有效降低乘客放棄使用公車的風險，並延長乘客使用公車的年期 (duration)。在 9 年的研究期間中，有使用公車動態資訊系統乘客以公車為主要交通工具的平均時間，相較未使用乘客延長了 0.807 年。

本研究透過 Cox regression of time-dependent covariates 模式的校估結果發現乘客是否有使用公車動態資訊系統、平均旅行時間、平均使用頻率、性別、學歷與職業等風險因子對乘客使用公車的年期 (duration) 均有顯著影響。其中有使用公車動態資訊系統服務乘客放棄使用公車 (失敗) 的風險只有未使用者的 26.4%，而男

性、學生、低學歷以及運輸需求量較高的乘客是放棄使用公車風險較高的族群。

研究結果發現乘客性別、年齡，以及部分學歷、職業與使用公車主要目的等變數，均會影響乘客使用公車動態資訊系統的比例。其中男性乘客相對女性乘客使用公車動態資訊系統的 odds ratio 只有 63.0%；而乘客年齡每增加 1 歲，其使用公車動態資訊系統的 odds ratio 會降低 2.2%，顯示越年長乘客越不使用公車動態資訊系統；在「學歷」變數中發現學歷越低者公車動態資訊系統的使用率也越差，而在「職業」變數中以學生族群使用公車動態資訊系統的比例最低。整體而言，男性、低學歷、年紀較高以及學生為台北市公車動態資訊系統使用狀況較差的族群。

## 6.2 建議

經由本研究證實公車動態資訊系統不僅能提高乘客對公車服務的滿意度，更能夠有效降低乘客放棄使用公車的風險，並可延長乘客將公車當成主要交通工具的年期 (duration)，其效益極為顯著。因此建議主管機關應積極協助客運業者自傳統的「運輸」服務提供者提升為「運輸」與「資訊」服務提供者，鼓勵客運業者提供公車動態資訊系統。

自乘客使用公車動態資訊系統項目分析發現，LED 站牌不僅是乘客使用率最高的項目，也是滿意度最高的項目；另民眾透過智慧型手機 APP 的使用率也正快速增加中。因此建議主管機關應持續擴建 LED 站牌的建置，並因應行動通訊技術的進步，重視移

動式的公車動態資訊系統服務需求。

台北市民眾放棄使用公車的年齡偏低，男性、學生、低學歷以及運輸需求量較高的乘客是放棄使用公車風險較高的族群。因此建議主管機關可針對上述高風險族群加強推廣行銷或開發符合其需求之公車動態資訊系統方式，例如開發更簡易使用的公車資訊網站、利用 QR code 開發更方便的智慧型手機 APP 服務或將 LED 站牌設置於人潮較多的地點（如學校、圖書館、賣場附近）等。

透過本研究已證實公車動態資訊系統確實能夠降低乘客放棄使用公車的風險，並延長使用公車的年期（duration）。建議後續研究人員可依據上述公車使用年期的延長效果，進一步估算因此衍生客運業者營運收益增加與節能減碳的效益。

最後由於本研究受限於台北市公車動態資訊系統啟用至問卷調查期間僅有 9 年的限制，所蒐集資料的時間尚不及乘客使用公車真正的生命期（lift time），因此本研究樣本之設限資料比例有較高的現象。故建議後續研究可繼續追蹤台北市公車動態資訊計畫執行成果，蒐集較長時間的資料以進行更精準的推估。另本研究所採用的調查資料為台北市公車乘客為主，因此相關分析結果雖可作為主管機關在後續推動公車動態資訊系統時之參考，但若欲應用在其他地區時建議仍應以當地乘客調查資料再進行參數校估。

## 參考文獻

1. 王濟川、郭志剛，Logistic 迴歸模型-方法及應用，五南圖書，2004。
2. 交通部運輸研究所，先進科技運用於公共運輸系統之整體發展架構、指標與推動策略規劃，2011。
3. 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，第十卷第一期，2008，頁 178-200。
4. 林建甫，存活分析，雙葉書廊，2008。
5. 交通部運輸研究所，智慧型運輸系統節能減碳與成本效益評估工具暨資料庫之規劃，2012。
6. 高雄市公車動態資訊系統執行成效評估，交通部運輸研究所，2006。
7. 許慶祥，以科技接受模式探討與發展公路客運動態資訊技術之研究，國立成功大學交通管理學系碩士論文，2006。
8. 高雄市政府交通局，高雄縣市公車動態資訊系統整合、改善暨擴充規劃案結案報告，2011。
9. 交通部運輸研究所，先進科技運用於公共運輸系統之整體發展架構、指標與推動策略規劃，2011。
10. Abdel-Aty, M.A., "Using Ordered Probit Modeling to Study the Effect of ATIS on Transit Ridership", *Transportation Research Part C*, Vol.9, No.4, 2001, pp. 265-277.
11. Abdel-Aty, M.A., Ryuichi, K. and Paul P.J., "Investigating Effect of Advanced Traveler Information on Commuter Tendency To Use Transit", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.1550, 1996, pp.65-72.
12. Abdel-Aty, M.A., Paul, P.J. and Ryuichi, K., "The Impact of Advanced Transit Information on Commuters' Mode Changing",

Journal of ITS, Vol.3, No.2, 1996, pp.129-146.

13. Caulfield, B. and Margaret, O. M., "A stated preference analysis of real-time public transit stop information", *Journal of Public Transportation*, Vol.12, No.3, 2009, pp.1 – 20.
14. Chang, H.L. and Yeh, T.H., "Regional motorcycle age and emissions inspection performance: A Cox regression analysis", *Transportation Research Part D*, Vol.11, No.5, 2006, pp.324–332.
15. Dziekan, K. and Karl, K., "Dynamic at-stop real-time information displays for public transport: effects on customers", *Transportation Research Part A*, Vol.41, No.6, 2007, pp.489–501.
16. Ferris, B., Kari, W. and Alan, B., "One Bus Away: Behavioral and Satisfaction Changes Resulting from Providing Real-Time Arrival Information for Public Transit", *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2010, pp.1807-1816.
17. Gill, R., "Large Sample Behaviour of the Product-Limit Estimator on the Whole Line", *The Annals of Statistics*, Vol.11, No.1, 1983, pp.49-58.
18. Holdsworth, N., Enoch, M.P. and Ison, S.G., "Examining the Political and Practical Reality of Bus-based Real Time Passenger Information", *Transportation Planning and Technology*, Vol.30, No.2-3, 2007, pp.183-204.
19. Im, S., Barry, L. B. and Charlotte, H. M., "An empirical study of innate consumer innovativeness, personal characteristics, and new-product adoption behavior", *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol.31, No.1, 2003, pp.61-73.
20. Lassar, W.M., Chris, M. and Sharon, S.L., "The relationship between consumer innovativeness, personal characteristics, and online banking adoption", *International Journal of Bank Marketing*, Vol.23, No.2, 2005, pp.176–199.
21. Lehtonen, M. and Risto, K., "The Benefits of a Pilot Implementation of Public Transport Signal Priorities and Real-Time Passenger Information", *Transportation Research*



- Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.1799, 2002, pp.18-25.
22. Nam, D. and Fred, M., "An exploratory hazard-based analysis of highway incident duration", *Transportation Research Part A*, Vol.34, No.2, 2000, PP.85-102.
  23. Peng, Z.R., Danlin, Y. and Edward, B., "Transit User Perceptions of the Benefits of Automatic Vehicle Location", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.1791, 2002, pp.127-133.
  24. Tang, L. and Piyushimita, T., "Ridership effects of real-time bus information system: A case study in the City of Chicago", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 22, 2012, pp. 146–161.
  25. Tang, L. and Piyushimita, T., "Will Psychological Effects of Real-Time Transit Information Systems Lead to Ridership Gain?", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.2216, 2011, pp.67-74.
  26. Watkins, K.E., Brian, F., Alan, B., G. Scott, R. and David L., "Where Is My Bus? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders", *Transportation Research Part A*, Vol.45, No.8, 2011, pp. 839-848.
  27. Yamamoto, T. and Ryuichi, K., "An analysis of household vehicle holding durations considering intended holding durations", *Transportation Research Part A*, Vol.34, No.5, 2000, pp.339–351.
  28. Yeh, T.H. and Chang, H.L., "Age and contributing factors to unlicensed teen motorcycling", *Safety Science*, Vol.47, No.1, 2009, pp.125–130.
  29. Zhang, F., Qing, S. and Kelly, J.C., "Examination of traveler responses to real-time information about bus arrivals using panel data", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No.2082, 2008, pp.107-115.
  30. Zito, P., Gianfranco, A., Salvatore, A. and Maria, B., "The effect of

Advanced Traveller Information Systems on public transport demand and its uncertainty”, *Transportmetrica*, Vol.7, 2011, No.1, pp.31-43.