

台中公車乘客量分析—以霧峰區為例

The Ridership Analysis of Taichung Bus Route - A Case Study of Wufeng District

何承遠 Cheng-Yuan Ho¹

黃致鈞 Chih-Chun Huang²

黃意中 Yi-Jhong Huang²

林瑋澤 Wei-Tse Lin²

吳紹綸 Shao-Lun Wu²

摘要

傳統觀念裡，天氣變化多少會影響交通，尤其雨天更為顯著。然而，本篇文章利用九千多萬筆台中市公車電子票證交易紀錄和台中市政府以及中央氣象局的開放資料分析台中市與霧峰區公車乘客量，發現天氣變化和公車乘客量，無論是整個台中市或霧峰區，兩者間並無依存性跟關聯性。2015年台中市霧峰區整體公車乘客量平均每季約有2千萬人次，尤以第三季最低(約1千3百萬)，第四季最高(約2千7百萬)，其中第四季外縣市敬老卡使用比率為第三季三倍。至於霧峰區各公車路線的總乘客量，100號和53號兩路線涵括將近七成乘客，分別為34.17%和32.35%，是第三名(50號，15.84%)的2倍之多。然而，換算成每班次平均乘客量，53號近158人次，分別為100號(60.54人次)和50號(52.56人次)的2.61倍和3倍。

關鍵字：智慧交通、電子票證大數據、台中市公車、公車乘載率分析、霧峰

Abstract

In the traditional concept, the changes of weather may affect the traffic, especially the rainy day. However, in this article, more than 90 million records of electronic ticket transactions of Taichung City Bus, and the open data of Taichung Government and Central Weather Bureau are analyzed to find the relation of the changes of weather and ridership of Taichung Bus Route. The result is that no matter the entire Taichung City or Wufeng District, the changes of weather and ridership of Taichung Bus Route are two independent factors, i.e., there is no relation between them. In 2015, the average quarterly passenger volume in Wufeng District is about 20 million, where the lowest volume is in the third quarter (about 13 million) and the highest is in the fourth quarter (about 2.7 million). Furthermore, the number of seniors without Taichung City household registration in the fourth quarter is three times greater than those in the third quarter. As for the

¹ 亞洲大學資訊工程學系副教授兼大數據研究中心發展組組長 (聯絡地址：413 台中市霧峰區柳豐路 500 號，聯絡電話：04-23323456 轉 1852，E-mail: tommyho@asia.edu.tw)。

² 亞洲大學資訊工程學系大學部四年級生。

total passenger volume of each bus route in Wufeng District, the routes of No. 100 and No. 53 include nearly 70% of the passengers, representing 34.17% and 32.35%, respectively. The total passenger volumes of No. 100 and No. 53 are two times larger than that of No. 50 (15.84%). However, when the total number of passengers is converted to the average number of passengers per shift, the number of 53 is nearly 158 per shift, which is about 2.61 times and 3 times greater than those of No. 100 (about 60.54) and No. 50 (about 52.56), respectively.

Keywords: Smart Transportation, Big Data of Electronic Ticket, Taichung City Bus, Ridership Analysis of Bus Route, Wufeng

壹、前言

大眾運輸旅客型態與旅次分析提供旅客在一特定區域內，如台灣本島、單一縣市、單一行政區，或區域與區域間，如台中市與台北，起迄站、起迄次數/數量、使用的運輸工具、出發/到達時間、路徑選擇、旅次長度、等待時間與轉乘次數等資訊。整合這些資訊後，將可做為交通政策制定、運輸工具路網設計(即路線調整及整併)、班表增減與發車調整及費率訂定等主要參考依據。因此，如何獲得準確的大眾運輸旅客型態與旅次為一個重要問題。

幸運的是，隨著科技的進步與發展和在交通部積極推動之下，現今大眾運輸旅客型態與旅次資料的取得方式可透過電子票證的收集。此因大眾運輸的收費方式，從傳統投幣式為主轉變成電子票證為主，未來甚至不排除支援行動支付。更進一步，全國公車配合交通部的「電子票證系統之多功能卡片規劃書」均已建置電子票證系統設備並於 2011 年 6 月起更換成感應悠遊卡(含 icash 悠遊卡、悠遊聯名卡等)、一卡通(含一卡通聯名卡)的卡卡通設備。

電子票證本身隱含著使用者的身份別(普通/全票、學生票、優待/半票及敬老/愛心/愛心陪伴票)，而電子票證在大眾運輸的交易紀錄則隱含著旅客本身搭乘紀錄，例如：搭乘的運輸工具、搭乘的路線與上下車站牌(視計費方式)，透過統計與分析可更進一步得到上下車人數、搭乘者的類別等資訊，對於未來運輸工具路網規劃和營運管理具有極大的參考價值。故，選擇何者運輸工具並分析與其相關之大量電子票證數據取得有效資訊極其重要。

公車為台灣各縣市最常見的大眾運輸工具，而目前電子票證在公車上的計費方式可分為兩種：第一種是以里程計費，乘客於上下車皆需刷卡。上車時先扣除基本里程數費用，下車時再視搭乘里程計費，若在基本里程裡無須扣費，反之則須扣費；第二種則以段次計費，一段票的乘客在上車或下車時刷一次電子票證，二段票的乘客在分段點前上車時刷一次卡，並於分段點後下車時刷一次卡。前者以台中市市區公車及公路客運為代表「(註 1)」，後者以台北市聯營公車及基隆市公車為代表。以里程計費方式，不僅可統計各公車站乘客上下車數量外，更可直接獲得各路線站點與站點間的載客量，以進行後續相關應用與分析。

台中市霧峰區擁有完整公路系統，為台中市南端交通樞紐。再加上，霧峰區因前臺灣民意最高機關臺灣省議會(現為立法院中部辦公室)的設置為台灣民主化的發源地之一，亦為臺灣中部較早開發區域。另一方面，傳統觀念中，天氣變化多少會影響交通，尤其雨天更為顯

著。因此，本研究不僅著眼於 2015 年台中市公車在霧峰區的電子票證大數據應用與分析，更進一步，蒐集氣象歷史資訊(主要為雨量)，並從中分析探討天氣對運量跟搭乘人數之影響。整篇論文的電子票證資料來源為「台中市智慧交通大數據資料庫」，天氣的資料來源為中央氣象局，其中台中市智慧交通大數據資料庫涵蓋 2015/01/01 至 2016/02/29，工作日 285 天、放假日 140 天(根據人事行政局行事曆)，共 425 天，合計 97,642,229 筆台中市公車電子票證交易紀錄，至於行經霧峰區之公車電子票證交易紀錄在 2015 年一整年高達 13,707,491 筆。

本篇論文的第二節根據臺中市政府交通局官網(民 106)簡介台中市公車的電子票證分類與計費機制；第三節針對電子票證應用於大眾運輸以及氣象與交通的關聯性兩課題回顧相關文獻；第四節呈現電子票證大數據以及歷史氣象應用於台中市霧峰區公車乘客量分析結果，並於最後一節提出結論與發現。

貳、台中市公車電子票證分類與計費機制

一、電子票證分類與其資格

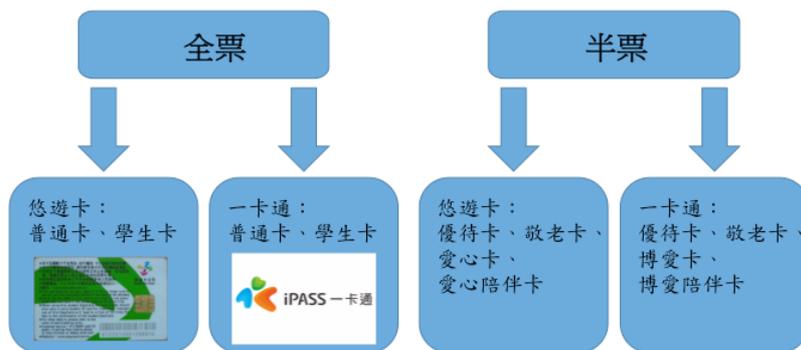


圖1 悠遊卡與一卡通之電子票證分類

悠遊卡與一卡通的票卡分類可分成六類：普通卡、學生卡、優待卡、敬老卡、愛心卡(/博愛卡)以及愛心陪伴卡(/博愛陪伴卡)，如圖 1 所示，然而這些電子票證在台中市公車的使用上僅分成四類：

- ◇ 中市敬老愛心卡：設籍於台中市年滿 65 歲以上者、年滿 55 歲以上原住民、領有身心障礙手冊(或證明)者
- ◇ 外縣敬老愛心卡：非台中市發放之敬老卡與愛心卡
- ◇ 半票卡：兒童、老人、身心障礙者、身心障礙陪伴者
- ◇ 全票卡：不歸屬於上述三類之其他電子票證
- ◇ 代幣卡：搭乘時無上述任一電子票證，欲投幣者。上車時，司機會發給代幣卡並感應卡卡通設備；下車時，乘客感應卡卡通設備將顯示應付金額，此時乘客根據顯示金額繳交車資並歸還代幣卡

二、計費機制

◇ 基本里程 8 公里內費用：

■ 路線編號 1-999 號之台中市公車：全票及代幣卡 20 元，半票及外縣敬老愛心卡 11 元，中市敬老愛心卡：11 點

■ 路線編號 1000 號以上之公路客運：全票及代幣卡 24 元，半票及外縣敬老愛心卡 12 元，中市敬老愛心卡：12 點

◇ 超過基本里程，每公里以 2.5 元計算

■ 全票及代幣卡：超過的里程 x 2.5 元(四捨五入)

■ 半票及外縣敬老愛心卡：全票 x 0.5 元(四捨五入)

■ 中市敬老愛心卡：依半票價格扣除點數

三、台中市推出之使用電子票證優惠(不含中市敬老愛心卡)

◇ 2012~2015/06/30：路線編號 300 號以下公車 8 公里內免費，超過者按里程計費

◇ 2015/07/01~至今：路線編號 1-999 號 10 公里內免費，超過 10 公里者折抵 26 元，單次搭乘最高收費為 60 元，即只需支付 0~60 元票價

參、文獻回顧

一、電子票證應用於大眾運輸之相關文獻

Bagchi 和 White(2005)利用電子票證資料中的起迄點記錄，調整運輸服務增加績效，進而改善運輸之品質，並且認為電子票證資料更可用來推估大眾運輸之週轉率、旅次率以及旅次目的。然而該篇研究提到推估的結論，例如：旅次目的，與實際值仍有差距。因此建議大眾運輸提供者還需透過某些其他方式調查來獲得這些重要資訊，以利做更準確的營運規劃。

Chapleau 和 Chu(2007)透過分析電子票證資料中的乘客變化來觀察特定路線的運量改變，同時藉由最多乘客上下車的地點/站，了解旅次運量與往返旅次特性。

Seaborn 等人(2009)以最大經過時間法(maximum elapsed time)為基礎，發展一套方法來解釋搭乘倫敦大眾運輸乘客的轉乘行為，並將轉乘行為分成純粹轉乘(pure transfer)、附帶事件活動轉乘(incidental activity transfer)以及無轉乘(non-transfer)。

Wang 等人(2011)使用數據自動收集系統(ADCS)蒐集電子票證數據後試著推論出乘客的目的地和轉乘的服務資訊，例如：轉乘的等候時間，除此之外，還利用電子票證數據嘗試找出各路線的尖峰時段，探討該路線是否滿足服務區域的需求。

Pelletier 等人(2011)將電子票證數據運用在大眾運輸的方式分為三個層級：(1)策略層級：訂定長期的大眾運輸路網規劃；(2)戰術層級：動態安排最適合的班次與提高大眾運輸的服務水準；和(3)營運層級：評估大眾運輸路網各項指標，例如：運輸工具到站時間與班表準確度。

Alsger 等人(2015)利用 SEQ 智慧卡資料庫系統得到乘客所有起迄點資料，並製作成起迄點矩陣，以利分析不同的轉乘時間門檻(threshold)和其他參數對於起迄點造成的影響。該研究發現大約 85%的轉乘時間是由非走路時間(等待或其他短時間的活動)所組成和超過 90%的乘客走路轉乘所花費的時間小於 10 分鐘。

蘇柄哲(民 105)透過乘客搭乘以段次計費公車之刷卡站位、搭乘公車路線方向及其刷卡方式等資料設計一套方法來推估該乘客的起迄點與計算誤差率。最後得到藉由電子票證數據推估以段次計費公車之乘客起迄點計算誤差率降低超過 20%，但仍有 49%的誤差率存在。

黃威陞(民 105)利用電子票證資料和站牌群集演算法獲得公車旅次需求與分佈，再透過地理資訊系統疊合台中市公車圖資，以視覺化圖像呈現結果，藉此了解公車路線與旅次狀況和提供最短路徑公車路線及班次的規劃建議，以利主管當局未來公車路網規劃之參考。

劉芷璇(民 105)挑選台中市運量高的 35 路公車與其路線為研究主題，透過電子票證資料分析公車尖離峰的狀況與旅客個人交通行為及旅次特性。最終以 MATLAB 繪出每趟公車在不同時間點的擁擠程度與各站區間的乘客數量變化，希冀可作為公車業者排班重要參考。

二、氣象與交通的關聯性探討文獻

Goodwin(2002)分析各種不同氣象事件，例如：降雨、降雪、冰雹、洪水、強風和濃霧等，對於道路與交通營運之衝擊跟影響，像是降低視距、增加延遲跟提高風險等，除此之外，Goodwin 引用美國猶他州的調查結果，顯示天候不好時將影響車速與車流的下降，其下降比例約 10~30%，依天氣惡劣狀況不同。

Agarwai(2006)的研究為完整搜集過往天氣對交通的影響，從中強調天氣對駕駛風險的影響與提出暴風雪會將肇事風險提高至 25 倍，遠高過一般超速和酒駕等行為的風險。

Nookala(2006)同時探討天氣對交通流量的影響和其對旅運時間的衝擊。該研究結果顯示(1)天氣狀況變差將造成交通壅擠，這是因為道路容量下降，但需求未下降；(2)下雪時需求變低，因而壅擠現象消失；和(3)預測誤判與否和交通占有率的改變有關。

Andrew(2013)的研究在於天氣對紐約 Buffalo 高速公路交通量之影響，並把研究焦點放在尖峰時刻(上午 7~9 點與下午 3~5 點)。研究結果發現天氣因素(能見度、氣溫、天氣類型、降水和風速)的確會影響交通量，惡劣天氣的交通量會比乾燥天氣降低約 13~34%，而各種因素中，則以降累積降水因素影響最大。

陳其華等人(民 105)依據中央氣象局的資料和交通資料分析歸納得知，氣溫或晴雨似乎不會對運量造成明顯影響，但雨天則會增長行車時間，研判認為旅客使用雨具和雨天道路壅塞是拉長時間的兩大主因。

肆、實例分析

本章節先透過一千三百多萬筆台中市公車電子票證於霧峰區交易紀錄「(註 2)」來分析行

經霧峰區之公車總運量、平均乘客量和年齡層的分佈等，之後再加上中央氣象局的開放資料分析跟台中市與霧峰區公車乘客量之關聯性。

一、電子票證應用於台中市公車於霧峰乘客量分析

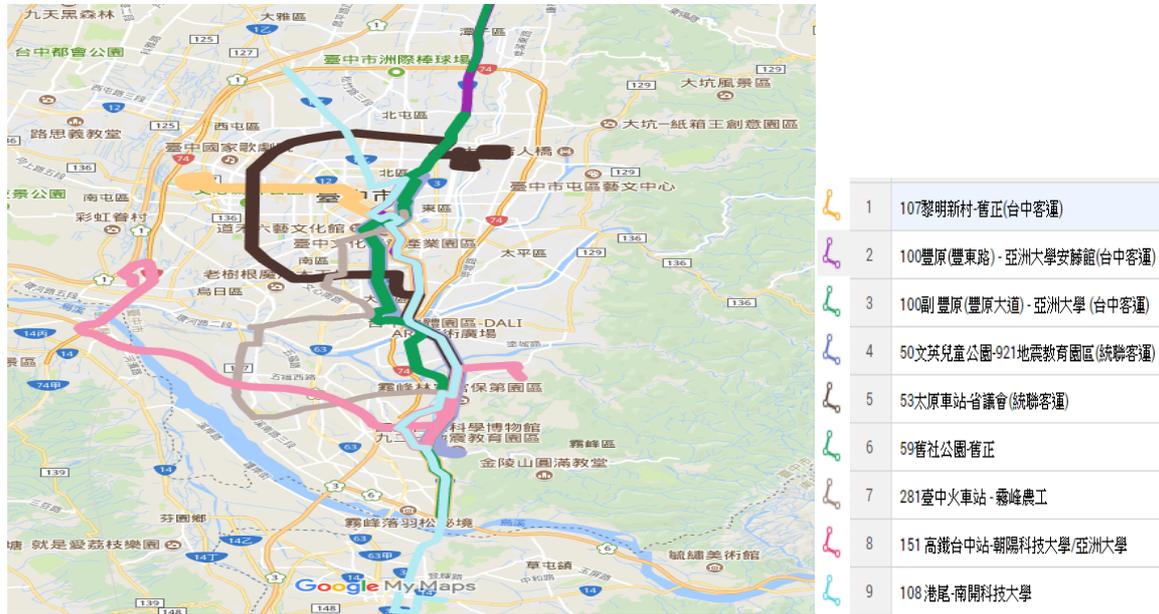


圖2 台中市霧峰區主要公車路線圖

圖 2 為台中市霧峰區主要公車路線圖，從圖可以看出來大部分的公車都是經由大里橋後匯聚到中潭公路。如果要考慮成本及時間，那麼從這邊下手是一個關鍵，例如：2017 年 8 月 23 日前(含)，100 號跟 100 號副線是行經霧峰區路線中行駛最久的一班公車，尖峰時段光單程一趟就超過 2.5 小時，因此基於多方面的考量自 2017 年 8 月 24 日起將 100 號跟 100 號副線整段路線拆分成 201 號與 901 號兩條路線，其中 201 號與 901 號的路線分別為「亞洲大學—新民高中」與「豐原—明德高中」兩段。另一方面，從圖中可看出霧峰鄉間的公車主幹道重疊的地方很多，造成部分路線供大於求的現象，但支道的部分卻是相當少的，所以這是一個未來改善路線可探討的議題。

2015 年各路線公車搭乘人數與其佔比(僅相對應於霧峰區公車)如圖 3 所示。以總乘客量而言，前三名(100 號(含副線)、53 號和 50 號)涵蓋八成二的乘客，其中光 100 號和 53 號兩路線就涵括將近七成乘客，分別為 34.17% (4,684,304 人)和 32.35% (4,434,065 人)，是第三名 50 號(15.84%，2,170,773 人)的 2 倍之多。其餘路線的搭乘人數與前三名相比顯得少了很多，例如：第四名的 108 號搭乘人數僅為 50 號的三分之一。若加入發車班數這個參數時，可以發現 100 號的發車數為全路線之冠，約有 77,380 台(估算值)，比第二名 50 號(41,304 台)和第三名 53 號(28,100 台)的發車數總和要多，如圖 4 所示。換算成每班次平均乘客量，如圖 5，會發現 53 號的平均乘客量每台車將近 158 人次，分別為 100 號(60.54 人次)和 50 號(52.56 人次)的 2.61 倍和 3 倍，間接佐證霧峰區公車主幹道重疊的地方造成部分幹道供大於求的現象。另一方面，部分公車的 average 人數僅為十多位乘客，甚至不到十位，像是 17 號與 283 號的平均乘客分別約為 1.5 位和 8.1 位，未來調整路線時或許可提出研究。

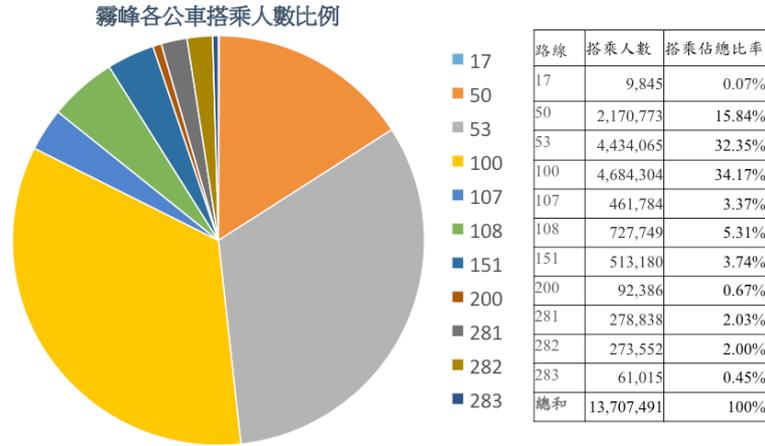


圖3 各路線公車搭乘人數與其佔比

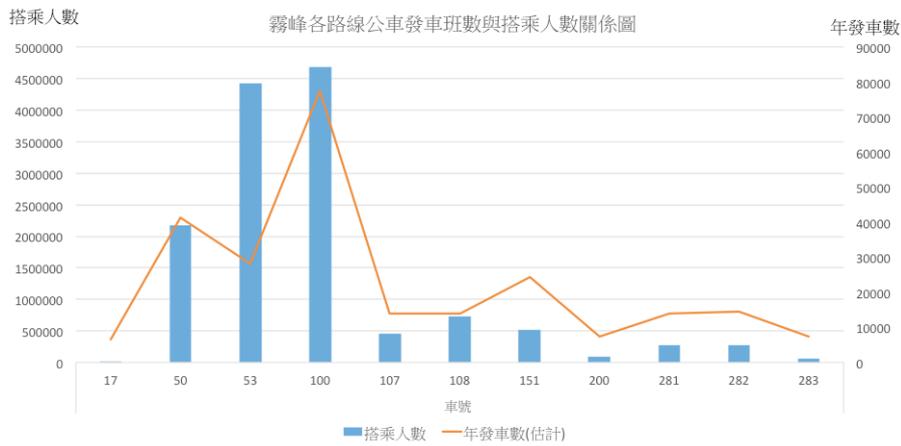


圖4 各路線公車發車班數與搭乘人數關係圖

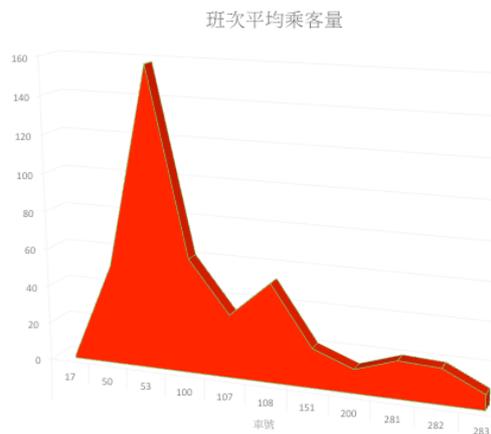


圖5 各路線公車班次平均乘客量

2015 年台中市霧峰區整體公車乘客量平均每季約有 2 千萬人次，以第三季最低(約 1 千 3 百萬)，第四季最高(約 2 千 7 百萬)，如圖 6 所示。另一個有趣現象顯示於圖 7 和圖 8，外縣市敬老卡的使用量在第三季時不多，但到了第四季突然暴增，甚至第四季外縣市敬老卡使用比率為第三季三倍，未來或許可多累積資料觀察是否 2016 與 2017 年也具有相同現象，並分析是什麼因素或地點所造成與搭乘哪些路線。

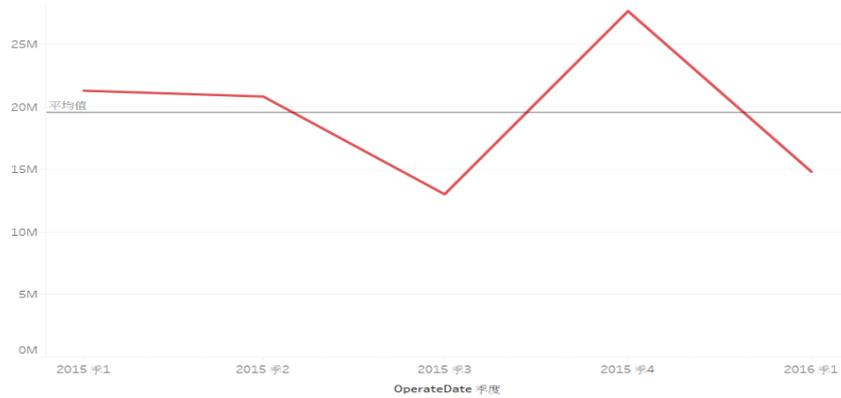


圖6 霧峰區公車每季乘客量

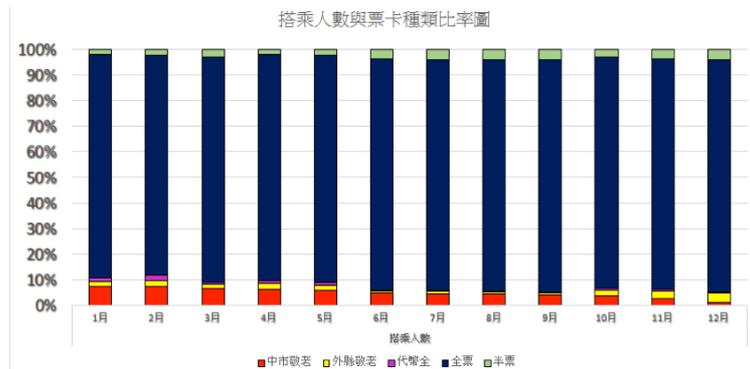


圖7 票卡種類比率圖

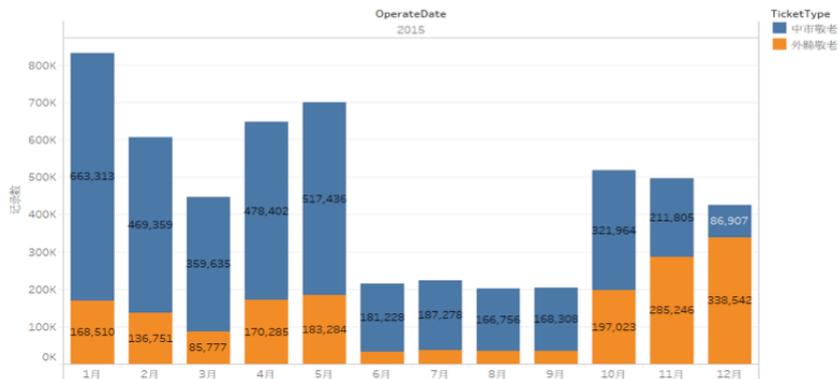


圖8 中市敬老卡與外縣市敬老卡每月使用數

二、氣象與交通的關聯性探討

溫度、氣壓及雨量這三個是密不可分的，而雨量通常往往是人們考慮通勤的主要原因之一，所以在此先略過溫度和氣壓這兩項因素。在最初步的調查之中，把 2015 年 4、5、6 月(雨季)每天台中市公車總搭乘人數和雨量做對比，如圖 9 所示，發現兩者間似乎並無相依的關係。因此將時間擴大至整年，同時將地區範圍縮至霧峰區，如圖 10 所示。從五月至九月，總雨量最高的時間落在梅雨季五月份，但搭乘人數卻是歷月來第 4 高，僅次於十一、十二和一月，在雨量較少的六和七月人數反而不增反降，瞬間驟降一半的搭乘人數。人數再來由九月開始攀升，漸漸至一月開始下降，其中在雨量最少的十一月份，搭乘人數卻不是整年最多的，略少於十二月及一月份。造成此現象的原因猜測可能是學生學期上下課的關係，尤以國高中生

搭公車居多,才會導致搭乘人數跟雨量不成比例。在五月份雨量最多時搭乘人數卻如此的多,可能與大學即將進入期末考週有關,而由於大學生大部分是在6月結束學校課程,所以六月人數驟降,直到九月開學人數才開始漸漸增多,而直到一月進入寒假階段人數又開始減少,到了二、三月開學人數才慢慢回溫。

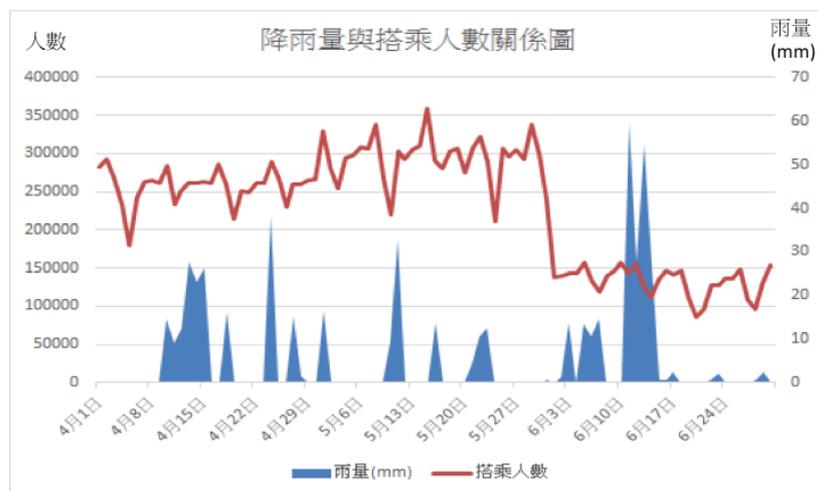


圖9 4, 5, 6月每日降雨量與台中市公車搭乘人數關係圖

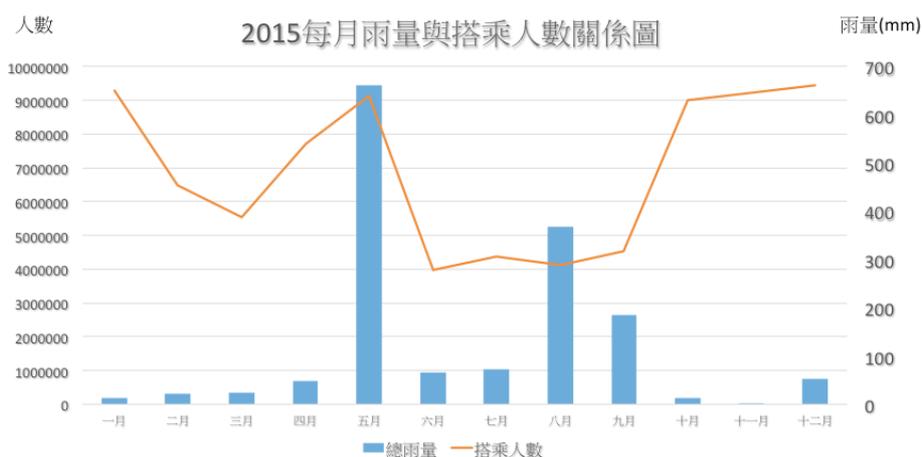


圖10 每月降雨量與台中市公車霧峰區搭乘人數關係圖

伍、結論與發現

本研究利用台中市公車電子票證交易紀錄和台中市政府以及中央氣象局的開放資料分析台中市與霧峰區公車乘客量,發現天氣變化和公車乘客量,兩者間並無依存性跟關聯性。2015年台中市霧峰區整體公車乘客量平均每季約有2千萬人次,至於霧峰區各公車路線的總乘客量,前三名(100號(含副線)、53號和50號)涵蓋八成二的乘客。若換算成每班次平均乘客量會間接佐證霧峰區公車主幹道重疊的地方造成部分幹道供大於求的現象。另一方面,部分公车的平均人數僅為十多位乘客,甚至不到十位,未來調整路線時或許可提出研究。

陸、致謝

本研究使用台中市政府交通局所提供之「台中市智慧交通大數據資料庫」進行研究以及感謝台中市政府、台中市政府交通局、亞洲大學與亞洲大學台中市智慧交通大數據研究中心對於此研究的支持。

註 1 目前總共由 19 家業者營運(台中客運、仁友客運、統聯客運、巨業交通、全航客運、彰化客運、豐原客運、東南客運、豐榮客運、苗栗客運、中台灣客運、和欣客運、南投客運、四方客運、捷順交通、中鹿客運、總達客運和國光客運)，其中台中客運於 1958 年 1 月 1 日成立，是台中市最早營運的業者。

註 2 只要乘客的起站或迄站有一站屬於霧峰區就會被納入此研究之分析中。

參考文獻

- 陳其華、吳東凌、張恩輔、陳翔捷、黃笙玟(民 105),「應用氣象預報提昇公共運輸公開資訊品質之可行性初探」, 105 年度天氣分析與預報研討會。
- 黃威陞(民 105),「地理資訊系統應用於公車旅次起迄點分析之研究-以臺中市為例」, 逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 臺中市政府交通局官網(民 106), <http://www.traffic.taichung.gov.tw/index.asp>
- 劉芷璇(民 105),「MATLAB 應用於公車乘載率分析-以臺中市 35 路公車為例」, 逢甲大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 蘇柄哲(民 105),「利用電子票証資料推估公車旅運起迄之研究」, 國立交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。
- Agarwai, M., Burchett, G., Maze, T. (2006), "Whether Weather Matter to Traffic Demand, Traffic Safety, and Traffic Operations and Flow", Transportation Research Board.
- Alsger, A. M., Mesbah, M., Ferreira, L., Safi, H. (2015), "Public Transport Origin-destination Estimation Using Smart Card Fare Data," In Transportation Research Board 94th Annual Meeting, No. 15-0801.
- Andrew, P.B., Winifred, L., Yunjie, Z., Adel, A.S. (2013), "Impact of Inclement Weather on Hourly Traffic Volumes in Buffalo, New York", Transportation Research Board.
- Bagchi, M. and White, P. R. (2005), "The Potential of Public Transport Smart Card Data," Transport Policy, Vol. 12, Issue 5, pp. 464-474.
- Chapleau, R. and Chu, K. K. A. (2007), "Modeling Transit Travel Patterns from Location-Stamped Smart Card Data Using a Disaggregate Approach," Presented at the 11th World Conference on Transportation Research, June, Berkeley, California.
- Goodwin, L.C. (2002), "Weather Impact on Arterial Traffic Flow", Road Weather Management Program.
- Nookala, L.S. (2006), "Weather Impact on Traffic Conditions and Travel Time Prediction."
- Pelletier, M.-P., Martin, T., Morency, C. (2011), "Smart Card Data Use in Public Transit: A Literature Review," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 19, Issue 4, pp. 557-568.
- Seaborn, C., Attanucci, J., Wilson, N. H. M. (2009), "Analyzing Multimodal Public Transport Journeys in London with Smart Card Fare Payment Data," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2121, pp. 55-62.
- Wang, W., Attanucci, J. P., Wilson, N. H. M. (2011), "Bus Passenger Origin-Destination Estimation and Related Analyses Using Automated Data Collection Systems," Journal of Public Transportation, Vol. 14, No. 4, pp. 131-150.