

## 以引力模式改善高雄市公車系統服務範圍 之實證研究

宋威穎 林宜甲

國立中山大學

### 摘要

2010年高雄縣與高雄市合併升格為大高雄都會區，然而，高雄市原有縣市發展由於城鄉差距及人口密度不同，居民對公車系統的服務需求有所不同，容易產生供需失衡的現象。因此，本研究試圖檢視高雄市大眾運輸公車系統服務區域與區域發展間的關係，希冀找出各區域較佳的公車服務範圍，本研究採用經濟地理學之引力模式（Gravity Model）並結合地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）對旗山站、岡山站、左營高鐵站、高雄車站、小港站及鳳山站等六個公車轉運站進行分析。研究結果發現，部分轉運站間的連結關係強弱差異極大，此外，部分轉運站路線亦出現供需失衡之現象。根據研究分析結果，本研究建議高雄市政府交通局及公車業者，未來可增加引力關係較大的轉運站如高雄車站和鳳山站、左營高鐵站和高雄車站等轉運中心間的公車班次及路線數，以提高其交通運輸供給量，平衡失衡的情況。

關鍵詞：引力模式、大眾運輸、公車系統、高雄市、地理資訊系統

宋威穎 國立中山大學公共事務管理研究所博士生，E-mail: jackerblack730112@gmail.com

林宜甲 國立中山大學公共事務管理研究所博士生，E-mail: zaaakimo@gamil.ocm

（收件：104年5月8日，修正：104年8月11日，再修正：104年9月3日，接受：104年10月20日）

## 壹、前言

### 一、研究背景與動機

隨著工商時代來臨，多數民眾選擇移往大城市生活，大城市優先發展大眾運輸，以提供民眾交通運輸需求，是地方政府交通部門刻不容緩的政策方向之一（陳存永、吳嘉昌、黃育仁，2012），大眾運輸由於具有運量大、運輸效率高及充分利用有效道路空間等特性，常被視為改善都會區交通擁擠、停車位不足及空氣污染等問題的有效工具之一，然而，國內大眾運輸系統由於受到機車及汽車等私人運具逐年成長的影響，導致搭乘大眾運輸乘客逐年遞減，連帶也造成傳統大眾運輸業者的收入逐年遞減，從而影響大眾運輸系統的品質（張有恆，2006）。在眾多大眾運輸工具中，最攸關人民日常通勤所需的公車系統，其服務品質和經營績效常常不如預期，尤其是偏遠郊區路線更是如此（林祥生，2002），交通運輸供給上往往容易形成嚴重的城鄉差距，此一都市運輸發展不均問題亟待政府單位積極重視與努力。

高雄市於2010年底正式結合高雄縣升格為大高雄市，高雄市政府交通局長王國材就指出，縣市合併後，高雄市總人口數增加到277萬人，土地面積為2,946平方公里，市區幅員增加18.25倍，土地面積佔全國的8.1%，是直轄市中面積最廣闊之縣市（合併後高雄市區南北軸線長達約130公里、東西向亦達約65公里），對交通運輸與相關政策來說，充滿嚴峻的挑戰，因此，高雄市政府為提高大眾運輸的可及性，以縮短乘客搭乘時間，逐規劃了「大高雄30分鐘轉運生活圈」的新運輸型態，將原本的六大轉運中心分為二處主轉運中心（左營高鐵站、高雄車站）以及四處次轉運中心（旗山站轉、岡山站、鳳山站及小港站），搭配高雄現有的公車路線，希冀建構一個便捷快速的大高雄運輸生活路網，以主轉運中心搭配副轉運中心的方式，提供橫向與縱向運輸網絡的連結，來縮短行政區域間運輸之距離、提高大眾運輸效率（高雄市政府交通局，2014a），但大高雄運輸生活路網是否如政府預期，能夠提升民眾的便利性及其可

及性，猶未可知。黃淑美（2014）研究高雄市民搭乘公車系統滿意度調查就發現，高雄市民有5成以上不滿意高雄的公車系統，其中又以班次太少、部分地區未設有公車路線最讓民眾抱怨。交通部運輸研究所（2015b）調查也發現，民眾外出未搭乘公共運具之原因，以「開車（或騎車）較方便」占47.0%居首，而以「距離車站(包括各種公共運輸車站)太遠」32.7%次之。足見高雄公車系統服務範圍之重要性，尤其對偏遠地區之民眾更是如此。

張有恆（1998）也指出，都市大眾運輸系統的功能之一，是提高固定乘客之便利性與可及性，公車乘客多數為老年人、學生、殘疾人士及未擁有私人運具等固定乘客，通常這類乘客多數收入微薄，有必要以公共服務方式，提供較低廉的公車運輸服務，此外，郊區及偏遠地區更迫切需要大眾運輸系統，以提高此類地區民眾之便利性與可及性。由此可知，便利性及可及性是指，大眾運輸載具能否讓民眾可搭乘及容易搭乘，如有無公車路線到達、公車班次及等待時間都是會影響乘客搭乘意願的主因，亦屬於公共運輸的一環。

引力模式（Gravity Model）是都市與區域發展領域經常使用的模式之一，常被用來估算和預測不同環境與經濟範圍之交互作用效果（汪明生，2010；咎大偉，2012），研究者回顧相關文獻發現，過去國外相關研究，常使用引力模式驗證或預測旅次交通運輸量、人口變遷及行政區調整等，但少有研究係使用引力模式直接來探討國家或都市公車系統服務範圍，惟過去引力模式已被相關研究證實可運用在旅遊交通運輸、行政區塊劃分及高速公路流量預估上（咎大偉，2012；Duran-Fernandez and Santos, 2014；Grosche, Rothlauf, and Heinzl, 2007；Jung, Wanf, and Stanley, 2008），因此，本研究嘗試運用引力模式分析高雄市公車系統服務範圍應為一可行方法。

高雄於2010年縣市合併正式升格為大高雄市，市民最常搭乘的運輸工具公車，其路線也因為縣市幅員擴大的關係，從原先的136條增加至185條（高雄市政府交通局，2014b）。但其路線的配置是否有效滿足市區以及偏遠郊區的人口需求，並提供適度的載運量，無從得知，故本研究嘗試利用經濟地理學之引

力模式，以高雄市六大轉運中心為樞紐，分析各轉運中心該區域人口數和其轉運中心間公車路線數的關係，希冀能了解現行高雄市各行政區間人口數、距離與公車路線數量間的配置狀況，進而針對政府及公車業者提出相關建議，並作為後續研究者參考之用。

## 二、名詞解釋

### （一）引力模式

引力模式始於物理學家牛頓所提之萬有引力定律，係指空間裡兩物體間的作用力和兩物體間的質量成正比，但和兩物體間的距離成反比（咎大偉、張婷、李選，2011）。本研究稱之引力模式係指高雄市旗山站、岡山站、左營高鐵站、高雄車站、小港站及鳳山站等六大轉運中心間的引力關係。

### （二）大眾運輸系統

根據「發展大眾運輸條例」指出，大眾運輸係指具有固定路（航）線、固定班（航）次、固定場站及固定費率，提供旅客運送服務之公共運輸稱之，其中大眾運輸的載具包含公車、捷運、火車（交通部運輸研究所，2015）。本研究稱之大眾運輸係指高雄市之公車系統，其路線主要涵蓋包含旗山站、岡山站、左營高鐵站、高雄車站、小港站及鳳山站等六大轉運中心。

## 三、研究目的

本研究根據上述動機，提出具體的研究目的如下：

- （一）探討高雄市大眾運輸公車系統服務範圍之現況。
- （二）利用引力模式分析高雄市大眾運輸公車系統服務範圍。
- （三）了解高雄市大眾運輸公車系統服務範圍與各行政區路線之關係。

#### 四、研究範圍與限制

在研究範圍上，本研究之公車系統主要是以旗山站、岡山站、左營高鐵站、高雄車站、小港站及鳳山站等高雄市六大轉運中心為樞紐，以連結各轉運中心間的公車路線為範圍，在公車路線的計算上，本研究係採各轉運站間有直達或路線中有經過各轉運中心路線才予以採計，透過轉乘或中間有搭乘其他交通工具者（如客運、火車、捷運等）不列入計算；在研究限制的部分，本研究主要係針對高雄市大眾運輸公車系統作探討，未將其他大眾運輸系統納入本研究範圍中，研究所得結果雖可提供了解高雄市公車系統與行政區間需求之適切性，但推論至整體大眾運輸系統時會有部分之限制存在，此為本研究之限制一；此外，由於本研究係嘗試運用簡單的引力模式來檢視現行高雄市大眾運輸公車系統的狀況，僅以行政區間人口數與轉運中心間之距離做為計算參考，並未將人口集中度及其他替代運具（如騎車或自行開車等）等人口特徵及替代影響因素納入，在推論上亦有部分限制存在，此為本研究限制二。

#### 五、研究架構與流程

本研究共分成五個章節，第壹章為緒論，說明研究背景與動機、研究目的、研究範圍與限制及研究架構與流程；第貳章為文獻回顧，回顧引力模式的緣起與應用以及引力模式相關實證研究，並加以歸納及討論，建立本研究之立論基礎；第參章為研究方法，說明研究標的與資料來源、引力模式估計與檢定、變數定義與衡量；第肆章為實證結果與討論，分析高雄市六大轉運中心與行政區之現況、建構六大轉運中心引力模式及六大轉運中心引力模式配適度；最後為結論與建議，根據研究結果提出本研究結論並對政策及後續研究提出相關建議。

## 貳、文獻探討

### 一、引力模式之源起與應用

引力模式最早起源於物理學之萬有引力定律，係指兩物體間會因為彼此的質量與距離產生交互作用，兩物體間的質量越大其影響越大，距離越大則影響越小，亦即物體間的質量成正比，而與物體間的距離成反比（咎大偉、張婷、李選，2011）。60~70年代開始，引力模式逐漸被應用到經濟、社會、教育、國際貿易、觀光旅遊及都市發展等各種社會科學領域中，以作為預測民眾行為與區段選擇適配之用（Rose and Spiegel, 2004）。如國外學者Tinbergen（1962）為了解釋世界各國的貿易流量（world trade flow），開始使用引力模型建立國與國之間貿易模型，是為社會科學領域開始應用的源頭；在國內部分，黃志成和方慧徽（2002）開始以引力模式結合空間推估的概念來預測遊樂區遊客的遊憩需求。學者黃登興與黃幼儀（2006）也嘗試以引力模式論述兩岸三地的貿易流量變遷，該研究分別利用引力模式從國民所得（GNP）、人口（population）與運輸距離（transport distance）等參數，計算雙邊貿易流量以匯整成爲一整合模式。咎大偉、張婷、李選（2011）也以引力模式分析台灣與大陸地區臨海五省市發展醫療觀光之潛力，結果發現引力模式中的距離因素和人流因素呈現顯著負相關，而人流因素和貿易總額因素則呈現正相關。林志重（2006）則是以引力模式分析空間結構距離遠近與學生來源數間的關係，結果發現距離與學生來源數成反比，亦即，距離學校越近的地區，學生來源數越多，越遠則越少。

從上可知，引力模式雖然起源於物理學領域，後來也逐漸被廣泛應用到國際貿易、教育及觀光旅遊等各學術領域應用研究中，但在交通運輸的使用上則是這幾年才逐漸被重視與使用。

### 二、引力模式與交通運輸相關實證研究

引力模式在交通運輸的應用上，最早是國外學者Evans（1973）使用引



力模式說明旅次 (trip) 中人數與區塊 (zone) 的分布情形，並從中導入成本 (Cost) 關聯概念。Duran-Fernandez and Santos (2014)，則是以經濟的角度加上引力模式，分析研究墨西哥 (México) 的地理單元差異，並以運輸時間 (transport time)、網絡長度 (network length) 與地理重心 (geographic centroid) 作為分析因子，結果發現旅行費用 (trip cost) 及旅行時間與距離是呈現正相關。

學者Grosche, Rothlauf and Heinzl (2007) 則將引力模式應用在航空運輸中 (air transportation)，該研究使用了兩個引力模式，估計兩個城市配對 (city pair) 的航空客運中旅客量，以經濟活動與地理特性作為參數，以建立合適的預測模型，並以此模型校準 (calibration) 德國與其他歐洲28個國家預定航班 (booking Flight) 的數據，結果發現這兩款模型都有良好的適配效果。

由上述文獻可知，引力模式從早期以經濟、貿易主要應用外，亦逐漸被運用在交通運輸的相關實證研究上，多數的研究會是以城市及國家為空間距離的單位，而以運輸時間、旅客人數為測量參數來估算其引力模式。

### 三、引力模式與大眾運輸系統之關係

引力模式運用在大眾運輸系統之相關研究，過去多數是以都市間客流移動及旅遊交通運輸量及估算為主 (咎大偉，2012)，在台灣，有研究者係以國道高速公路為研究標的，以旅客人數與高速公路各站距離利用多層引力模式，建構較佳的起迄點流量推估 (許淳彧，2012)。而國外，在大眾運輸的部分，Jung, Wanf and Stanley (2008) 則以南韓首都首爾為起點，利用各城市間人口數與距離估算南韓的高速公路是否具有引力模式，結果發現南韓各城市間的人口數和城市間的距離範圍確實會呈現引力模式中的與人口數成正比和距離成反比的趨勢。

然而，過去相關研究多數是以人口數、人次、起迄點流量及距離，作為量測大眾交通運輸引力的參數，李亦晴 (2009) 認為此一原因與古典引力模式

中，多數研究僅探討可量測的變項有關，如：人口分佈、相異兩質點的距離，但是，交通旅次產生的潛在需求是不易被量測的，更重要的是，這種不易被量測的潛在需求正是交通量產生之泉源。

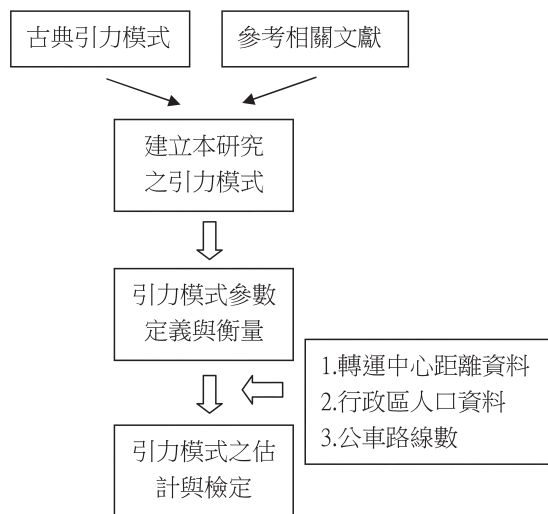
從上述相關研究可知，近年來引力模式在交通運輸上的應用上開始逐漸普遍，台灣近幾年亦開始有研究運用在預測大眾運輸與公共運輸的應用上，但回顧過去國內相關文獻卻發現，運用引力模式探討政府大眾運輸政策者尚屬少數，而探討公車服務系統者更是付之闕如，此一原因可能與缺乏可直接量測的變項有關，因此，本研究嘗試以人口數及轉運中心間之距離作為測量參數，使用引力模式對高雄市政府的大眾運輸公車系統和其所服務的行政區域範圍一初探。

## 參、研究方法

### 一、研究架構與執行步驟

本研究在研究方法上主要是透過引力模式來分析高雄市公車系統服務範圍，在模式建立與估計上主要分為：1. 引力模式建立；2. 引力模式參數設定以及3. 引力模式估算等三個部分（詳如圖一），在引力模式建立部分，本研究是以Haynes and Fotheringham（1984）所提之古典引力模式為基礎（詳如算式一），並參考Jung, Wanf and Stanley（2008）引力模式之估算方法進行修正，建立本研究分析高雄市公車系統服務之引力模式；而在引力模式參數設定部分，本研究參數主要包含人口數及距離兩大參數，人口數參數主要是參考咎大偉（2012）認為，引力模之質量可用人口數當做一個都市綜合性指標，而在距離參數部分，主要是參考辛晚教（2011）提出，引力模示的空間距離是以兩地間最短距離概念作為測量之指標；最後是引力模式估算，本研究首先調查6大轉運中心間的直線距離、行政區的人口數資料及公車路線數，而後進行引力模式之估算與分析。





圖一 研究架構圖

## 二、研究標的與資料來源

本研究之標的包含高雄市轉運中心與公車系統，在轉運中心部分，高雄市公車系統共有六大轉運中心（詳如圖二），分別為旗山站、岡山站、左營高鐵站、高雄車站、鳳山站及小港站等（高雄市政府交通局，2014a），其中，轉運中心為了串聯公共運輸系統，共建置主轉運中心（左營高鐵站、高雄車站）與次轉運中心（旗山站、岡山站、鳳山站、小港站），並以各轉運中心為樞紐，搭配現有的公車路線，以建構大高雄運輸生活路網。

而在公車系統的部分，本研究從高雄市政府交通局網站公車動態資訊系統查詢得知，高雄市目前的公車路線共有185條（詳如圖三），包括快線公車7條，幹線公車22條，社區公車96條，觀光公車10條，捷運接駁公車44條（紅線34條、橘線10條）以及公路客運6條（高雄市政府交通局，2014b）。此外，在資料來源部分，本研究參考高雄市政府交通局之公車路線導覽手冊（高雄市政府交通局，2014c），蒐集各轉運中心間直達或公車行經路線有通過兩個以上轉運站之路線，以了解高雄市各轉運中心間目前配置之公車路線。



圖二 高雄市六大轉運中心分布圖

資料來源：高雄市政府交通局（2014a）。



圖三 高雄市公車路網圖

資料來源：高雄市政府交通局（2014b）。

### 三、引力模式估計與檢定

為建構高雄市大眾運輸公車系統之引力模式（Gravity Model），本研究參考Haynes and Fotheringham（1984）的研究，以兩個轉運中心代表兩個天體，而以兩個轉運中心的距離取代兩個天體間的距離，來建構各個轉運中心的引力模式（詳如算式1），並算出兩個轉運中心的引力係數（F）。

$$F = M_i \times M_j d_{ij}^{-2}$$

（算式1）

$M_i$  =  $i$ 行政區的人口數（ $i=1, \dots, N$ ）

$M_j$  =  $j$ 行政區的人口數（ $j=1, \dots, N$ ）

$N$  = 所有行政區的總數

$d_{ij}$  = 行政區 $i$ 與行政區 $j$ 間的距離

然而，由於Haynes and Fotheringham最早所提出的算式（ $F = G \times \frac{M_i \times M_j}{d_{ij}^2}$ ）當中的 $G$ 所代表的常數為一估計值，主要是為了確保預測係數等於實際係數，但常數 $G$ 在算式中實際影響並不大（備註：從算式上來看 $\frac{M_i \times M_j}{d_{ij}^2}$ 所加成的 $G$ 的一樣， $F$ 值間的差距是等比例），故可省略不計（Jung, Wanf, and Stanley, 2008），如果要估算兩個區域的交通需求流量，可將算式進一步轉換成：

$$F = \frac{P_i \times P_j}{r_{ij}^2}$$

（算式2）

$F$  = 引力係數

$P_i$  =  $i$ 行政區的人口數（ $i=1, \dots, N$ ）

$P_j$  =  $j$ 行政區的人口數（ $j=1, \dots, N$ ）

$N$  = 所有行政區的總數

$r_{ij}$  = 行政區 $i$ 與行政區 $j$ 間的距離（ $ij=1, \dots, N$ ）

#### 四、變數定義與衡量

本研究在模式設定參數的部分，主要係參考Jung, Wanf and Stanley (2008) 引力模式之估算方法，採用各轉運中心距離及所在行政區人口數兩個參數，來代替原本引力模是中代表天體距離及質量的兩個參數，分別詳述如下：

##### （一）質量參數界定

引力模式的質量在人文科學中，依據不同研究主題會以不同研究標的表示（魯大偉，2012），過去在大眾運輸相關研究有用過都市客運總量、每萬人平均擁有公共汽車數來測量者（陳群元、宋玉祥，2010），亦有透過人口數來代替質量者（Jung, Wanf, and Stanley, 2008）。本研究主要是以Jung, Wanf and Stanley (2008) 的人口數參數做參考，並以此來表示本研究之質量參數。本研究之質量是以各轉運中心所在之高雄市行政區人口數做為測量單位包含6個行政區，分別是旗山區（旗山站）、岡山區（岡山站）、左營區（左營高鐵站）、三民區（高雄車站）、鳳山區（鳳山站）以及小港區（小港站），質量的衡量是以高雄市民政局之各行政區人口統計資料為基礎，計算各行政區之人口數（ $P_1, \dots, P_j$ ）。

##### （二）距離參數界定

距離是引力模式中重要的影響因素，因為距離乃是一種運輸成本，從引力模式分析交通運輸的相關文獻可知，多數研究是以首都或交通往來頻繁的地方，像是車站、港口或機場等，作為單一定位點方式進行測量，其中最為常用的空間距離，通常是透過兩地間的最短距離或路程距離來界定（辛晚教，2011）。本研究是以高雄市六大轉運中心的旗山站、岡山站、左營高鐵站、高雄車站、小港站及鳳山站等轉運站為交通運輸樞紐，並以各轉運站間的距離做為引力模式的距離參數（ $r_{ij}; i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N$ ），距離的衡量則是以內政部

之國土測繪圖資網路地圖服務系統來測量，先定位各轉運中心的位置，並利用該系統的量測功能計算各轉運中心間的直線距離。

## 肆、結果與討論

### 一、高雄市六大轉運中心與行政區現況分析

#### (一) 高雄市六大轉運中心之距離分析

本研究以內政部之國土測繪圖資網路地圖服務系統測量各轉運中心間的距離（內政部國土測繪中心，2015）（詳如表一），結果發現旗山站和岡山站、左營高鐵站、高雄車站、鳳山站及小港站間的距離為23、30、35、33及39公里；而岡山站和左營高鐵站、高雄車站、鳳山站及小港站間的距離為11、16、18及25公里；左營高鐵站和高雄車站、鳳山站及小港站間的距離為6、9及15公里；高雄車站和鳳山站及小港站間的距離為7及10公里；而鳳山站和小港站間的距離則為7公里。從表一結果可知，左營高鐵站和高雄車站兩個轉運中心間的距離最近，其次是高雄車站和鳳山站，以及鳳山站和小港站轉運中心間的距離，再來則是左營高鐵站和鳳山站轉運中心間的距離，而以旗山站和高雄車站及小港站轉運中心間的距離最遠。

表一 高雄市各轉運站之距離摘要表

轉運站距離 (公里)	旗山站	岡山站	左營高鐵站	高雄車站	鳳山站	小港站
旗山站	0					
岡山站	23	0				
左營高鐵站	30	11	0			
高雄車站	35	16	6	0		
鳳山站	33	18	9	7	0	
小港站	39	25	15	10	7	0

資料來源：本研究自行整理；參考自內政部國土測繪中心（2015）。

## （二）高雄市六大轉運中心行政區之人口數分析

本研究是以高雄市政府民政局的各區人口數登記資料為基礎分析歸納（高雄市政府民政局，2015）（詳如表二），結果發現旗山區的人口數是3.8萬人；岡山區的人口數是9.8萬人；左營區的人口數是19.6萬人；三民區的人口數是34.8萬人；鳳山區的人口數是35.5萬人。從表二結果可以知道，六大轉運中心所處的行政區中，以鳳山區和三民區人口最多，其次是左營區和小港區，而岡山區和旗山區的人口數最低。

表二 高雄市各行政區之人口數摘要表

行政區	人口數（萬人）
旗山區	3.8
岡山區	9.8
左營區	19.6
三民區	34.8
鳳山區	35.5
小港區	15.6

資料來源：參考自高雄市政府民政局（2015）彙整。

## 二、高雄市六大轉運中心引力模式建構

本研究利用算式（1）之公式計算高雄市六大轉運站所在行政區間人口數與距離的引力關係（詳如表三），結果發現旗山站和岡山站、左營高鐵站、高雄車站、鳳山站及小港站的引力係數是0.07、0.08、0.11、0.12及0.04；而岡山站和左營高鐵站、高雄車站、鳳山站及小港站的引力係數為1.59、1.33、1.07及0.24公里；左營高鐵站和高雄車站、鳳山站及小港站的引力係數為18.95、8.59及1.36；高雄車站和鳳山站及小港站的引力係數為25.21及5.43；而鳳山站和小港站的引力係數為11.3。從表三的結果可知，高雄車站和鳳山站的引力最大（ $F=25.21$ ），其次是左營高鐵站和高雄車站（ $F=18.95$ ），以及鳳山站和小港站



( $F=11.3$ )，而以旗山站和各站的引力最小 ( $F=0.04-0.12$ )。

總的來說，各轉運中心之間引力的強弱關係差異懸殊，從表三、表二和表一的分析亦可看出，轉運中心的引力和各轉運中心距離成反比（備註：在引力模式中距離為模式之分母，分母越大所計算出之引力值自然越小），而和人口數成正比（備註：在引力模式中人口數為模式之分子，分子越大所計算出之引力值自然越大），換言之，各轉運中心距離越近且人口數越多者則引力越大，反之亦然，各轉運中心距離越遠且人口數越少者則引力越小，本研究結果也大致符合引力模式中引力和距離會成反比，而和人口數成正比的基本原則，此一研究結果也符合Jung, Wanf and Stanley（2008）研究發現，若從交通往來的交通樞紐為起點（如本研究的高雄車站），到其他各站的引力係數跟兩地的距離成反比，而和人口數成正比。

表三 高雄市各轉運站引力模式分析摘要表

轉運站	旗山站	岡山站	左營高鐵站	高雄車站	鳳山站	小港站
旗山站	0					
岡山站	0.07	0				
左營高鐵站	0.08	1.59	0			
高雄車站	0.11	1.33	18.95	0		
鳳山站	0.12	1.07	8.59	25.21	0	
小港站	0.04	0.24	1.36	5.43	11.3	0

資料來源：本研究整理。

### 三、高雄市六大轉運中心引力模式配適度分析

本研究係利用高雄市交通局所公佈之高雄市公車路線做整理歸納（詳如表四），結果發現旗山站和岡山站、左營高鐵站、高雄車站、鳳山站及小港站的公車路線數分別是1、1、6、2及0條；而岡山站和左營高鐵站、高雄車站、鳳山站及小港站公車路線數分別是0、3、0及0條；左營高鐵站和高雄車站、鳳山

表四 高雄市各轉運站公車路線數摘要表

轉運站	旗山站	岡山站	左營高鐵站	高雄車站	鳳山站	小港站
旗山站	0					
岡山站	1	0				
左營高鐵站	1	0	0			
高雄車站	6	3	1	0		
鳳山站	2	0	0	2	0	
小港站	0	0	0	2	0	0

資料來源：本研究整理。

站及小港站公車路線數分別是1、0及0條；高雄車站和鳳山站及小港站的公車路線數均是2條；而鳳山站和小港站公車路線數則是0條。從表四結果可知，高雄市各轉運站目前的公車路線數最多的是旗山站和高雄車站（6條），其次則是岡山站和高雄車站（3條），而後則是旗山站和鳳山站（2條），以及高雄車站和鳳山站及小港站（均是2條），本研究進一步比較表三高雄市各轉運中心的引力模式分析發現，引力係數最大、運輸需求較大的是高雄車站和鳳山站，但其公車路線數反而較引力係數極小的旗山站及高雄車站少；而引力係數較大的左營高鐵站和高雄車站，以及鳳山站和小港站，其公車路線數亦較引力係數極小的旗山站及高雄車站少，此外，研究者亦發現，多數轉運中心間公車路線數甚至有掛0的狀況，顯示高雄市公車系統在部分轉運站路線分配上並無直達公車。

高雄市政府交通局（2014a）所提的「大高雄30分鐘轉運生活圈」的新運輸型態，是規劃民眾可透過捷運、火車及公車等大眾運輸工具來互相轉乘搭配運輸。然而部分轉運站卻有無直達公車路線的情況發生，研究者推測，此一結果可能與政府相關部門考量部分轉運站，同時有其他大眾運輸（如捷運、火車）可供搭乘或轉乘有關，像是高雄車站和鳳山站之間，就有其他替代之大眾運輸工具如捷運、台鐵可提供民眾搭乘，此外，部份民眾亦有可能透過如私人

運具（如汽車、機車）等方便性較高之運具達成其交通運輸目的，種種替代選擇，進而讓相關單位在規劃時公共汽車路線並未將部分路公車直達線考量進去。然而此一發現和張有恆（1998）指出，都市大眾運輸系統的功能之一是提高固定乘客之便利性與可及性之建議有一定落差，公車系通必須提供多數為老年人、學生、殘疾人士及未擁有私人運具的固定乘客，有可供搭乘路線（直達不須轉乘）及一定班次的公車，而非僅從有替代選項運具或轉乘即可到達的角度去思考。

## 伍、結論與建議

根據研究動機及目的整理相關資料分析歸納後，本研究根據結果提出結論與建議如下：

### 一、結論

（一）從轉運中心的距離和所屬行政區人口數來看，以左營高鐵站和高雄車站間的距離最近，而以旗山站和高雄車站及小港站的距離最遠；在人口數部分，以鳳山區和三民區人口最多，而以岡山區和旗山區的人口數最少。

（二）從引力模式分來看，高雄車站和鳳山站之間的引力關係最大（ $F=25.21$ ），其次是左營高鐵站和高雄車站（ $F=18.95$ ），以及鳳山站和小港站（ $F=11.3$ ），而在所有的轉運中心中，以旗山站和各站的引力關係最小（ $F=0.04-0.12$ ）。

（三）高雄市的公車系統在轉運站路線配置上有部分失衡現象，引力關係最大的高雄車站和鳳山站，公車路線數反而較引力關係極小的旗山站及高雄車站少；而引力關係較大的左營高鐵站和高雄車站，以及鳳山站和小港站，其公車路線數亦較引力係數極小的旗山站及高雄車站少，此外，多數轉運中心間並無直達公車，對多數為老年人、學生、殘疾人士及未擁有私人運具的公車固定乘客是一限制。

## 二、建議

### （一）相關政策建議

從研究結果可知，高雄市公車系統在部份轉運站路線配置上有掛0或路線數不符合人口比例的情況，雖然與相關單位可能考量有其他轉乘或替代運具有關，但部分民眾（如高齡者）可能習慣搭乘直達公車到目的地而不善轉乘，故建議高雄市政府交通局與公車業者未來可增加引力關係較大的轉運站如高雄車站和鳳山站、左營高鐵站和高雄車站等轉運中心間的公車班次及路線數，以提高其交通運輸供給量。

### （二）研究建議

#### 1. 可增加引力模式參數

本研究在研究設計上僅是以距離、人口數作為估算引力模式的參數，係屬於較初步的引力模式分析，未討論其他的參數，在研究推論有一定的限制存在，故建議後續研究者可增加其他相關的參數，如人口密度、公車等待時間、到達目的地接駁班次等因素，相信可對此一主題未來研究進行更深入之探討。

#### 2. 可探討其他大眾運輸工具間的運動關係

本研究發現現行高雄市公車系統在轉運站路線配置上有部分供需失衡的現象，此一現象可能於部分轉運站有其他大眾運輸工具可供選擇或轉乘有關，故建議後續研究者可探討公車和其他大眾運輸工具間（如火車、捷運）的運動關係，相信可更深入探討高雄市大眾運輸公車系統的適配狀況。

#### 3. 可建構公車系統服務範圍適用之引力模型

本研究回顧過去過內外文獻，引力模示的應用雖已涵蓋觀光、經濟、貿易、外交等主多領域學術研究，但直接利用引力模示探討大眾運輸系統者可謂付之闕如，本研究嘗試運用古典引力模型並參考較為接近之Jung, Wanf, and

---

Stanley (2008) 引力模示估算方法，建立本研究之引力模示（詳如算式二），但由於理論公式並非本研究之核心焦點，故在模型推導上較為不足，然而大眾運輸發展是城市發展不可或缺的一環，估算理論模式的建構實有必要，故建議後續研究者可針對大眾運輸系統適用之引力模示建構做一探討。

## 參考文獻

- 內政部國土測繪中心（2015）。〈內政部國土測繪圖資網路地圖〉，內政部國土測繪中心網站。http://maps.nlsc.gov.tw/。2015/2/14。
- (National Land Surveying and Mapping Center [2015]. "National Land Surveying and Mapping." National Land Surveying and Mapping Center Website. http://maps.nlsc.gov.tw/. [accessed February 2, 2015].)
- 交通部運輸研究所（2015a）。〈大眾 / 公共運輸永續發展政策〉，交通部運輸研究所網站。http://www.iot.gov.tw/public/Data/87916205771.pdf。2015/1/11。
- (Institute of Transportation, MOST [2015a]. "Public / Public Transport and Sustainable Development Policies." Institute of Transportation, MOST Website. http://www.iot.gov.tw/public/Data/87916205771.pdf [accessed January 11, 2015].)
- \_\_\_\_\_（2015b）。〈103年「民眾日常使用運具狀況調查」摘要分析〉，交通部運輸研究所網站。http://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=54&parentpath=0,6。2015/8/26。
- (\_\_\_\_\_ [2015b]. "People with Daily Use of Transport Summary Analysis Survey." Institute of Transportation, MOST Website. http://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=54&parentpath=0,6 [accessed August 26, 2015].)
- 辛晚教（2011）。《都市及區域計畫》。台北：詹氏書局。
- (Wan-jiao Xin [2011]. *Urban and Regional Projects*. Taipei: Jane's Books. Ltd.)
- 汪明生（2010）。《公共事務研究方法》第二版。台北：五南。
- (Ming-Shen Wang [2015]. *Research Methods of Public Affairs*, 2<sup>nd</sup> edition. Taipei: Wunan Books. Ltd.)
- 李亦晴（2009）。《旅次分配推估方法之研究》。新竹：國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班碩士論文。
- (Yi-Cing Lee [2009]. *Estimation of Trip Distribution*. Unpublished master dissertation, Graduate Department of Transportation and Logistics Management, National Chiao Tung University, Hsinchu.)
- 林志重（2006）。〈學生來源空間結構與大學競爭力相關之研究〉，《教育政策論壇》，第9卷，第1期，頁71-91。
- (Chin-Chung Lin [2006]. "A Study on The Distribution of the Students Accompany with The Competitiveness of Universities." *Educational Policy Forum*, Vol. 9 No. 1:71-91.)
- 林祥生（2002）。〈善用知識經濟理念，落實振興大眾運輸〉，《經濟前瞻》，第79期，頁120-123。
- (Sheng-Xiang Lin [2002]. "Use The Concept of The Knowledge Economy, The Implementation of The Revitalization of Public Transport." *Economic Outlook Bimonthly*, No. 79:120-123.)
- 詹大偉（2012）。《台灣行政區劃調整之研究—都市區域概念之應用》。台北：中國文化大學地理學研究所博士論文。



- (Da-Wei Tzaan [2012]. *The Study on Adaptation for Administrative Division in Taiwan: The Conception of Urban Area*. Unpublished doctoral dissertation, Graduate School of Earth Science, Chinese Culture University, Taipei.)
- 管大偉、張婷、李選（2011）。〈台灣與大陸地區五省市發展醫療觀光潛質之研究—以引力模式為例〉，《華岡地理學報》，第27期，頁37-51。
- (Da-Wei Tzaan, Ting Chang and Sheuan Lee [2011]. “Research of the Potential of Developing Medical Tourism between Taiwan and Five Provinces or Cities of Mainland China-An Example of Gravity Model.” *Hwa Kang Geographical Journal*, No. 27:37-51.)
- 高雄市政府民政局（2015）。〈高雄市各區村里鄰戶數、人口數與戶籍動態登記數按性別、登記項目及區域分〉，高雄市政府民政局網站。http://www.cabu.kcg.gov.tw/images/reportUploadFile/20150901165933.ods。2015/08/23。
- (Civil Affairs Bureau, Kaohsiung City Government [2015]. “Kaohsiung District Adjacent Village Households, Population and Household Registration Dynamic Registration Number by Sex, Registered Projects and Regional Points.” Civil Affairs Bureau, Kaohsiung City Government Website. http://www.cabu.kcg.gov.tw/images/reportUploadFile/20150901165933.ods [accessed August 23, 2015].)
- 高雄市政府交通局（2014a）。〈建置6大轉運中心，發展大高雄生活圈〉，高雄市政府交通局全球資訊網網站。http://www.tbkc.gov.tw/fruitage0701.aspx。2015/01/11。
- (Transportation Bureau, Kaohsiung City Government [2014a]. “Build Six Major Transit Center to Advance of Kaohsiung Living Area.” Transportation Bureau, Kaohsiung City Government Website. http://www.tbkc.gov.tw/fruitage0701.aspx. [accessed January 11, 2015].)
- \_\_\_\_\_（2014b）。〈高雄市公車動態資訊〉，高雄市政府交通局全球資訊網。http://ibus.tbkc.gov.tw/bus/。2015/1/13。
- (\_\_\_\_\_ [2014b]. “Kaohsiung Bus Dynamic Information” The Web of Transportation Bureau, Kaohsiung City Government. http://ibus.tbkc.gov.tw/bus/. [accessed January 13, 2015].)
- \_\_\_\_\_（2014c）。《2014高雄市公車路線導覽手冊》。高雄市：高雄市政府交通局。
- (\_\_\_\_\_ [2014c]. *Kaohsiung Bus route Brochure*. Kaohsiung: Transportation Bureau, Kaohsiung City Government.)
- 許淳彧（2012）。《多層引力模式求解高速公路起迄表—Deming-Stephan-Furness疊代程序之應用》。新竹：國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班碩士論文。
- (ChunYu Xu [2012]. *Solving Gravitational Mode Multilayer Highway OD Table: Deming-Stephan-Furness Application of Iterative Procedure*. Unpublished master dissertation, National Chiao Tung University, Department of Management Science and Technology and Transportation, Hsinchu.)
- 陳存永、吳嘉昌、黃育仁（2012）。〈從亞洲新灣區啟動高雄綠色運輸走廊計畫〉，《城市發展》，第14期，頁115-159。
- (Youn-Tuen Chen, Wu-jia Chang, and Yu-Ren Huang [2012]. “Kaohsiung Green Transport Corridor Project Started in Asia A New Bay Area.” *Journal of Urban Development*, No. 14:3-20.)

- 陳群元、宋玉祥（2010）。（城市群空間範圍綜合界定方法研究—以長潭城市群為例），《地理科學》，第5期，頁660-665。
- (Yuan- Chen Quan and Yu-Xiang Song [2010] . “Comprehensive Definition of Urban agglomerations Spatial Extent Method - A Case Study of City Cluster Changtan.” *Journal of Geographical Sciences*, No. 5:660-665.)
- 黃淑美（2014）。（高雄公車滿意度調查，不滿意達5成），4月26日，《自由時報》，地方版。
- (Shu-Mei Hung [2014]. “Kaohsiung Bus Satisfaction Surveys, Up 50% Dissatisfied.” *Liberty Times*, Apr 26.)
- 黃登興、黃幼宜（2006）。（兩岸三地貿易流量的變遷—引力模型的驗證），《台灣經濟預測與政策》，第36期，第2卷，頁47-75。
- (Teng -Xing Huang and You-Yi Huang [2006]. “Changes in Trade Flows-verify The Gravity Model in Three Place.” *Journal of Taiwan Economic Forecast and Policy*. Vol. 36, No. 2:47-45)
- 黃志成、方慧徽（2002）。（應用空間推估模式於遊樂區遊憩需求之研究），「第2屆觀光休閒暨餐旅產業永續經營學術研討會」論文。高雄：國立高雄餐旅學院，4月24日。
- (Zhi-Cheng Huang and Hui-Hui Fang [2014]. “Application of Spatial Patterns to Estimate Demand of Recreation Recreation Area.” Paper presented at 2nd Conference on Hospitality Industry, Tourism and Leisure-cum-Seminar on Sustainable Development Kaohsiung: National Kaohsiung Hospitality College, April 24.)
- 張有恆（1998）。（《交通政策分析》。台北：華泰文化。
- (You- Heng Zhang [1998]. *Transport Policy Analysis*. Taipei: Huatai Book Ltd.)
- \_\_\_\_\_（2006）。（《當代運輸政策》。台北：華泰文化。
- (\_\_\_\_\_ [2006]. *ModernTransport Policy*. Taipei: Huatai Book Ltd.)
- Duran-Fernandez, R., and G. Santos (2014). “A GIS Model of The National Road Network in Mexico.” *Research in Transportation Economics*, No. 46:36-54.
- Evans, S. P. (1973). “A Relationship between The Gravity Model for Trip Distribution and The Transportation Problem in Linear Programming.” *Transportation Research*, Vol. 7, No. 1:39-61.
- Grosche, T., F. Rothlauf, and A. Heinzl (2007). “Gravity Models for Airline Passenger Volume Estimation.” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 13, No. 4:175-183.
- Jung, W. S., F. Wang, and H. E. Stanley (2008). “Gravity Models in the Korea Highway.” *A Letters Journal Exploring The Frontiers of Physics*, Vol. 81, No. 4:1-6.
- Rose, A and M. Spiegel (2004). A Gravity Model of Sovereign Lending: Trade, Default, and Credit, *IMF Staff Papers*, No. 51:50-63.
- Haynes, K. E. and A. S. Fotheringham (1984). *Gravity and Spatial Interaction Models*. New York: Sage Publications, Inc.
- Tinbergen, J. (1962). *Shaping The World Economy: Suggestions for An International Economic Policy*. New York: Twentieth Century Fund.

## Improving Public Transportation Bus System Service Area by Gravity Model in Kaohsiung City

*Wei-Ying Sung and Yi-Jia Lin*

### Abstract

Kaohsiung City and County merged into Kaohsiung metropolitan area in 2010. The original counties development gap and different population density in each area, since the residents' demands for the service of bus system service from the development gap and population density in different areas, and it leads to the imbalance between supply and demand.

This purpose of the study is to analyze the appropriateness of public transportation bus system service area in Kaohsiung metropolitan area. The study applies Gravity Model and Geographic Information System (GIS) to investigate the Ci-Shan station, Gang-Shan station, Zuo-Ying (THSR) station, Kaohsiung station, Siao-Gang station, Fong-Shan station. These results are as follows:

- (a) There exist significant differences in the gravitational relationship between part of the transfer stations.
- (b) There exist imbalances in the supply and demand of the bus routes between part of the transfer stations.

According to the result, this study suggests transportation bureau of Kaohsiung city government and bus companies can increase the number of flights and route in part station, such as Kaohsiung station to Fong-Shan station, and Zuo-Ying (THSR) station to Kaohsiung station, in order to improve transport supply amount, and reduce imbalances in the supply and demand of the bus routes.

**Keywords:** Gravity Model, Public Transportation, Bus System, Kaohsiung city, GIS.

---

**Wei-Ying Sung** is Ph. D. student of Institute of Public Affairs Management, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan. <jackerblack730112@gmail.com >

**Yi-Jia Lin** is Ph. D. student of Institute of Public Affairs Management, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan. <zaakimo@gmail.com >

