

運用探針車評估市區道路停等範圍之研究

張新福¹ 朱松偉² 張靖志³

摘 要

目前道路服務水準評估、旅行時間預估等相關研究，在行車速率推估上多以路面上佈設之車輛偵測器 (Vehicle Detector, 以下簡稱 VD) 所蒐集之資訊為主，但 VD 之佈設不容易，且損壞率偏高，亦普遍存在維護困難的問題。尤其在市區道路上，受限於經費與管轄範圍，VD 無論在密度與數量上，都無法滿足現今資訊蒐集精度之要求，因此若能透過探針車提供交通管理上所需之相關數據，實為成本較低且應用性更廣之選擇；但市區道路由於交通狀況複雜，加上交通號誌的影響，欲利用探針車推估行車速率，勢必需針對車輛實際旅行以及車輛停等之時間與範圍，加以區隔與釐清，方可還原實際狀況。

爰此，本研究與清雲科技大學行車運籌管理研究中心合作，利用安裝在桃園亞通客運之 20 輛客運車輛上作為本研究之探針車，並自 2004/06/01 至 2004/06/30 期間所累積近三十萬筆時空資料中，利用 GIS 工具結合核密度推估方法，選取桃園縣蘆竹鄉中正路至南崁路路段，實際評估探針車於市區道路行駛之停等範圍，研究結果顯示透過較高時、空解像力之資料，不僅可有效區隔出車輛實際旅行以及車輛停等之時間與範圍，該停等範圍經實際驗證，準確率與為反應率分別高達 82.8% 與 88.9%，研究成果可做為後續研究之參考。

關鍵詞：先進交通管理系統(ATMS)、探針車、核密度推估

壹、前 言

先進交通管理服務 (Advanced Traffic Management Services, 以下簡稱 ATMS) 係在現有的道路上，進行交通狀況之預測、交通管理策略之分析、評估與執行，以達到運輸效率最佳化與運輸安全之目的，為智慧型運輸系統發展的基礎與核心。近年來利用裝置具備全球定位系統 (Global Positioning System, 以下簡稱 GPS) 功能車上單元 (On Board Unit, 以下簡稱 OBU) 之探針車 (Probe Vehicle) 來蒐集交通資訊，隨著探針車以及相關研究數量之增加，而逐步變成即時交通資

1 桃園縣政府交通局技正兼運規管課長 (聯絡地址：桃園市縣府路 1 號 8 樓，電話：03-3326361，E-mail: 098091@mail.tycg.gov.tw)

2 清雲科技大學運籌管理研究中心主任 (聯絡地址：桃園縣中壢市健行路 229 號，電話：03-458-1196#7501，E-mail: swchu@cyu.edu.tw)

3 台灣大學地理環境資源學系研究所碩士班研究生 (聯絡地址：台北市承德路三段 85 巷 7 號 4 樓，電話：02-25955031，E-mail: p93228006@ntu.edu.tw)

訊蒐集之主流。

目前國內在道路服務水準評估、旅行時間預估等相關研究，在行車速率推估上多以路面上佈設之車輛偵測器 (Vehicle Detector, 以下簡稱 VD) 為主，但 VD 之埋設需經路面挖掘、VD 佈設、重鋪柏油等程序，佈設不容易且損壞率偏高，亦普遍存在維護困難的問題。尤其在市區道路上，受限於經費與管轄範圍，VD 無論在密度與數量上，都無法滿足現今資訊蒐集精度之要求，因此若能透過探針車提供交通管理上所需之相關數據，實為成本較低且應用性更廣之選擇；但市區道路由於交通狀況複雜，加上交通號誌的影響，欲利用探針車進行道路服務水準評估、旅行時間預估等，勢必需針對車輛實際旅行以及車輛停等之時間與範圍，加以區隔與釐清，方可還原實際狀況。

爰此，本研究與清雲科技大學運籌管理研究中心 (以下簡稱本中心) 合作，將 OBU 安裝在桃園亞通客運之 20 輛客運車輛上作為本研究之探針車，該探針車每隔 15 秒蒐集 1 筆資訊並將資料透過 GPRS 同步紀錄於本中心之商車營運系統資料庫，本研究自 2004/06/01 至 2004/06/30 期間所累積近三十萬筆時空資料中，結合地理資訊系統 (Geography Information System, 以下簡稱 GIS) 與核密度推估方法，實際評估運用探針車進行市區道路停等範圍劃分之相關方法。由於影響市區道路服務水準評估之因子眾多，宜縮小研究範圍以利後續研究，故研究範圍將以桃園縣蘆竹鄉南崁路至中正路西向東路段為主，該路段屬市區幹道，總長度約四公里。其空間範圍如圖 1 所示：

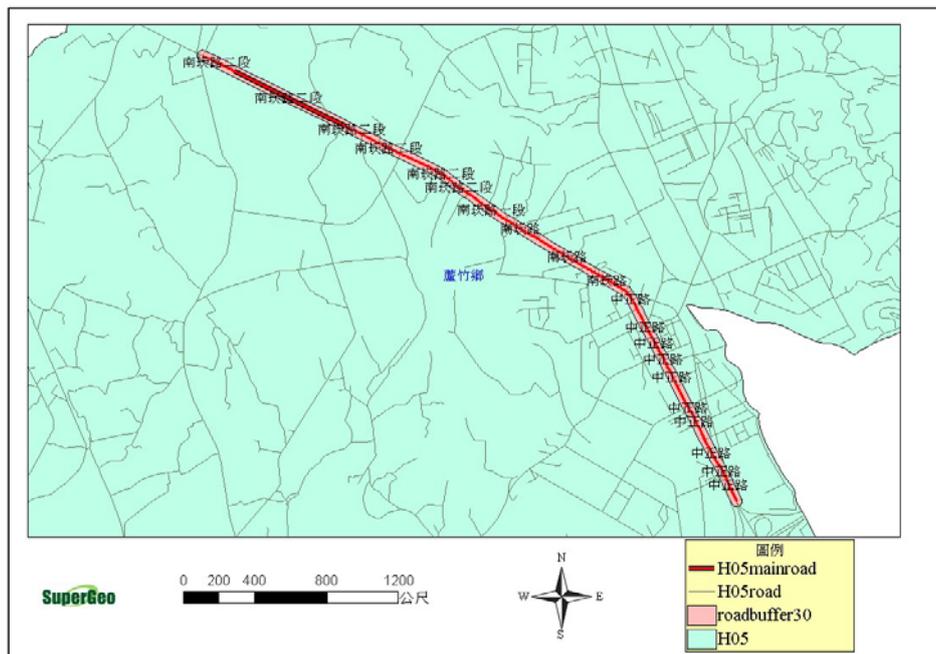


圖 1：研究範圍圖

貳、探針車蒐集交通資訊

由於 GPS、無線通訊、資料探勘以及 GIS 等技術之發展，自 1990 年來即陸續由國外學者提出利用探針車蒐集交通資訊之方法，近來來相關方法與技術更臻成熟，茲將國內外相關文獻整理如下：

Ashish Sen 等人[1]研究探討探針車的數量（探針車經過多少路段）對於路段旅行時間預估的影響。利用歷史資料（芝加哥郊區資料）求路段旅行時間的變異數、標準差，再做假設。結論發現並不是探針車數量愈多愈好，即使探針車數量很大，預估與實際的旅行時間之變異數仍然存在。當探針車到達一定的數量時，即使再增加探針車也不會減小變異數及標準差。

Bruce R. Hellinga and Liping Fu[2, 3]則研究討論樣本偏差對探針車輛所得之估計值準確性造成的影響。運用車流理論來證明，抵達時間的分配所產生之偏差與各路段中探針車輛到路口轉彎所佔有的比例，會影響樣本估計值的平均數，並造成延誤。研究中將車輛旅行時間分為行駛時間及停等時間，在一號誌化的幹道上，假設探針車與整體車流平均旅行時間相同，所以只須考慮探針車與整體車流平均停等時間的差異。另一方面，以路側偵測器或其他監視系統所測得的所有車輛抵達時間分配來分割時段，因號誌化幹線上車輛的停等，可根據號誌而有系統性的周期，並依其分配探針車停等時間的權重。再以電腦模擬此種方法在號誌化幹道交叉路口的情况，所得的平均旅行時間之誤差小於直接採用探針車之旅行時間。

Frederick W. Cathey and Daniel J. Dailey[4, 5]則研究一個新的演算法，運用大眾運具當作探針車輛，來判斷經過一條公路或是動態走廊所需的旅行時間與速率。此外，利用自動車輛定位系統（Automatic Vehicle Location System, AVL System）在大眾運具經過的每個路段建立「速率偵測器」。將所經路段定位設立標籤，再利用 GIS 來組織車輛現在狀態的估計值。最後使用這些所得的資料庫來推估旅行時間。之後並進一步將 AVL 所收集到的資料，經過卡門濾波去掉極端值後，再將這些資料對應 GIS 上的各路段，加總各路段的「距離／時間」，即可推估旅行時間。

Chumchoke Nanthawichit 等人[6]則設計不同的方法進行各種不同的路況預測，以 RMSE (root-mean-square-error) 及 MARE (mean-absolute-relative-error) 找出較佳的預估方法。此方法為運用巨觀車流理論模式，將探針車所收集到的資料經過卡門濾波器以去掉極端值；再假設路側偵測器置於測量路段的中央。使用路側偵測器及探針車的資料融合，以預估交通狀況並持續更新，而此兩種來源不同的資料權重各假設為 0.5。此方法的車流、速率及密度預估的準確度較高，進一步可推估旅行時間等延伸資訊。

John Rice and Erik van Zwet[7]則研究一種方法來預估高速公路的路段上之旅行時間。一個路段上當前的交通狀況可以當前的旅行時間來概括，而當前的旅行時間可以由偵測器、影像資料、探針車或任何其他方法來預估（前提是出發後沒有遇到重大的交通改變）。此研究的方法是源自歷史資料的觀察，發現當前狀況的旅行時間與未來的旅行時間之間存在線性關係 (Linear Relationship)。線性關係中的斜率和截距也許會因為一天中的時間而改變，但其線性仍存在。此研究是用時間變異係數來作線性迴歸，再利用這些資料來預估旅行時間。

吳佳峰[8]透過車輛歷史旅行資料預估車輛旅行時間，為了能夠正確預估車輛旅行時間，設定了車輛運行路線分段以及車輛歷史旅行資料劃分時段之準則。同時為了補強運用車輛歷史旅行資料預估無法有效反應車輛實際遭遇非預期性運行狀況之改變，模式將運用車輛實際運行時所傳之 GPS 定位訊號。模式從車輛實際之平均運行速度、前車經過前方路段所傳之該路段最近旅行時間資訊，調整預估車輛運行時間；另外模式從車輛實際停等時間，判斷預估車輛停等時間是否有超估或低估之現象，並調整之。為了測試預估模式之適用性，此研究以實際國內客

運業者車輛旅行資料對預估模式作實例之測試。從測試結果發現模式在未遭遇非重現性之壅塞時，預估旅行時間有著相當不錯之準度，而當遭遇壅塞時，模式之預估旅行時間誤差亦能透過模式預估旅行時間之調整機制而控制在可接受之誤差範圍內。

李穎[9]則融合國道客運班車 GPS 資料、車輛偵測器資料、事件資料等真實資料，以類神經網路法尋找各項資料來源其參數與旅行時間之關係，構建國道 1 號西螺至永康交流道路段之旅行時間預測模式。西螺至永康路段切分數段後，融合與該路段相關的三類資料來源，各路段分別構建自屬之預測模式。模式構建的同時亦分別探討四種不同切分方式其旅行時間預測績效。另構建少量資料即可運作的旅行時間預測模式，因應未來資料取得不便的可能狀況。最後以真實車流資料對模式輸出結果進行充分驗證，組合各路段預測模式的方式，滿足了實際生活中各個區間使用者需求、匝道進出車流影響與不同路段長度與特性的考驗，彰顯出模式在各種狀況下的穩定性以及未來實務應用階段的準確可靠能力。

李季森[10]針對國內高速公路用路者之變換車道行為與變換車道時間進行探討與推導相關公式，並進一步撰寫模擬程式，進而探討不同預測時間、流量、探測車混合比例與區段長度等相關參數之實驗組合，並利用探測車所收集之相關資料，透過類神經網路進行旅行時間之預測，以期提供精準之旅行時間預測。經由反覆的校估與測試之結果可知，此研究所構建旅行時間預測模式是屬於「高精準預測」。

張惠汶[11]利用公車在行駛中傳回的 GPS 定位資料，發展一套資料處理方法，推估路段中的速率。其中發展之資料處理模式主要包含兩個部份：一為資料過濾模式採用自定的規則法（在路口與站牌位置前後訂定一範圍作為停等區，再根據公車 GPS 定位的位置資料、速率型態判斷濾除公車上下客、路口紅綠燈停等之低速資料。）；一為資料切割模式採用改變點（Change Point）分析理論（找出一切割點，使切割點至目前更新時間之間的資料是相似的。分析結果在兩模式中均能達到所期望之功能。

黃守琮[12]透過探針車與偵測器資料等兩種不同型態之交通資料偵測器蒐集交通基本資料，透過時空特性轉換成相同時間間隔（Time Interval）及路段之旅行時間資料，進行資料融合，補足各時間間隔及路段旅行時間資料，藉以提昇整體估計車輛旅行時間之準確度。以模擬分析為基礎獲得相關交通基本資料，並透過各估計演算式，以進行車輛旅行時間資料融合模式。研究成果顯示均方根誤差值於偵測器為 8.59；探針車為 7.97；資料融合為 7.69。成功地顯示資料融合估計車輛旅行時間具有有效性與代表性。

吳金杰[13]運用微觀角度之車流模擬程式產生車輛偵測器與探測車資料，並自行構建一套使用探測車單一資料來源之浮動加總旅行時間預測模式，以及融合車輛偵測器與探測車資料，運用類神經網路構建雙資料來源之類神經資料融合旅行時間預測模式，進而探討不同流量型態、不同資料收集時距、不同探測車比例等相關參數之實驗組合，再以真實資料對於模式輸出結果進行驗證。經由反覆的校估與測試結果得知，所構建之浮動加總旅行時間預測模式與類神經資料融合旅行時間預測模式，其預測效果良好。

綜觀上述文獻，可以發現雖利用實際歷史資料來分析為多數，但仍有以模擬資料進行推估[2-3, 10, 12-13]，究其原因乃長時間且實際探針車資料所需成本較高，取得不易；此外，利用歷史資料推估行車速率或時間之路段更以高速公路為多[1, 7, 9-10]，市區道路較少[8, 11]，最主要原因在於市區道路車流狀況複雜，

需有效區隔車輛實際運行時間或是停等時間方可準確推算行車速率或時間，但目前區隔方法上，多僅考慮時間因素[8]，或自行定義停等範圍[11]，較為缺乏空間向度之分析；另一方面，為有效消除探針車之極端值多採用統計方法，如卡門濾波值[3,5]、改變點[11]，或利用資料融合方式[6,9-10,12-13]，相關研究須消除極端值或利用資料融合之原因，其實均與探針車資料數量不足有關，亦即由於統計母體數不夠大，容易因特殊極端值影響結果。

故本研究採用大量且長時間之探針車資料，不僅無需透過資料融合即可有效推估行車速率，由於資料筆數足夠，亦無需利用相關統計方法剔除極端值；更有甚者，本研究之分析與研究方法，均以 GIS 為基礎，除可有效補足前人在空間向度議題之探討外，在停等範圍上更是回歸空間分析的本質，以空間密度分析方法進行停等範圍劃設，且於市區道路上更為準確且有效。

參、市區道路停等範圍之區劃

市區道路停等範圍之區劃是否合宜，對於市區道路之平均旅行速率的計算有極大之影響，但前人研究多利用少量數據，且較為主觀方式的劃設停等範圍，例如吳佳峰[8]考量市區公車除號誌路口外，路線站牌亦是可能之停等點，但在車輛實際行進時，在各個停等點是否遭遇停等，或遭遇停等之時間受到許多難以預測之因素影響，分別針對各個停等點預估停等時間為不可行；故直接加總各路段之預估車輛停等時間所得之總預估車輛停等時間，以巨觀方式視為車輛在整個旅次之停等時間，省略對各個停等點之車輛停等時間估計。在停等範圍上，以車輛平均速度與車輛最近平均速度誤差最小的範圍，作為停等範圍，並根據實際數據推算，其停等範圍在利用台汽客運作為探針車之路段為一公里，在利用新竹客運作為探針車之路段則為 750 公尺。由於此研究採巨觀方式，且為避免極端值影響行車速率估計，將停等範圍劃分過大，於高速公路上尚勉強可行，若應用於

張惠汶[11]則在路口與站牌位置前後訂定一定範圍作為停等範圍，停等範圍之設定，主要依據實際收集公車之 GPS 資料，求算探針車自原行駛速率減速至完全停住行駛之長度，及自停等加速至正常行駛速率之行駛長度，而求算出之長度可能為 70、80、90 或 120，該研究取一長度能涵蓋 90%所算出之長度而將之定為停等區長度，並推估出停等範圍為前、後各 100 公尺。此種停等區之設定方式，最大缺點在於需隨地點之不同重新校估設定，應用性較低；此外，以行駛速率之減速跟加速所需長度作範圍劃分依據，若遇車流量較大之市區道路，將產生較大之偏誤。

在停等時間的合理性上，張靖與李泰琳[14]則透過貨運車輛上裝置 OBU 之數據，研究貨運司機之實際駕駛行為，分析結果發現合理的停等可透過停等位置、時間與次數的合理性而判定，在停等上更可分為合理的停等位置與合理的臨時停等，在該研究中合理的停等位置包括公司位置、司機當日應服務之所有訂單的各收/卸貨點、合作之車輛保修廠及簽約加油站等地點；合理的臨時停等則通常包含等紅燈、塞車與事故等無法避免的狀況。為辨別合理的停等位置與臨時停等，該研究假設在某一座標點，車速在 V^* 以下，持續達 T^* 時間以上時，則定義為合理停等；若持續達 T^* 時間以下時，則定義為臨時停等，並實際依歷史資料計算出當車速低於 10KM/H 且持續時間大於 15 分鐘，即視為合理停等；當車速低於 10KM/H 且持續時間小於 15 分鐘，即視為臨時停等。上述研究雖然已利用較為客觀之數據與統計方法，具體訂出合理停等與臨時停等之劃分方法，但該方法僅利用累積機率

做劃分標準，且僅考量時間因素而未納入空間因素，亦未將劃分結果與實際道路狀況加以比對，實為可惜之處。

事實上，若具體考量空間因素，或是各類事件高度集中的現象會形成至地圖上熱點的表現方式，為進一步瞭解其群聚性，與其背後形成之原因及其可能產生的影響，在地理相關領域，通常會利用熱點 (Hot Spot) 分析，此種分析通常運用於犯罪、野生動物或是住宅密度的探討。例如賴致瑜[15]以台北市為研究地區，製作住宅竊盜犯罪地圖，辨識犯罪熱點，探討住宅竊盜的區位特性。由核密度推估圖與 Getis-Ord G^* 值犯罪地圖顯示，住宅竊盜犯罪熱點有從市中心向外擴展的趨勢。犯罪區位分析發現高教育程度人口比率、20~60 歲人口比率、相對地價殘差、建地密度、人口密度等預測因子與住宅竊盜率有統計上的顯著相關，其 R^2 為 0.316。由於高教育程度人口和相對地價殘差高可提升目標吸引力，建地密度和人口密度高會增加犯罪機會，台北市的住宅竊盜區位較著重於目標吸引力高和犯罪機會多。地理加權迴歸能反應空間變異情形， R^2 值自 0.316 提升至 0.568，殘差總和從 28.1 下降至 17.8。

本研究參卓前述相關研究之優劣，將以空間因素為主，時間因素為輔，並將可能的停等點透過熱點分析，找尋空間上點群聚密集之處及其可識別的範圍，並採用核密度推估法 (Kernel Density Estimation)，來劃分停等區，這個方法是設計核心區 k_1 、 k_2 ，以一定點 s_1 、 s_2 為核心計算半徑範圍內的事件數，會將多數的事件分配至不同的事件群中，產生密度表面，核心區的半徑長度 τ_1 、 τ_2 會影響估計的精確度。這個分析點空間型態的方法，有助於找出停等位置熱點所在，若 s 代表研究區 R 中的一点， $s_1 \dots s_n$ 為 n 個觀測事件的位置，則在 s 點的核密度 $\lambda(s)$ 可以估計為如公式(1)所示：

$$\hat{\lambda}_\tau(s) = \frac{1}{\delta_\tau(s)} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{s-s_i}{\tau}\right) \quad (1)$$

肆、市區道路停等範圍區隔之實作與驗證

4.1 探針車資料誤差分析

空間向度誤差：主要來自探針車上 GPS 的定位誤差，以 OBU 上面 GPS 晶片解算能力，空間精度在 5-25M，亦即本研究最大空間向度誤差為 25M，平均空間向度誤差約為 15 M。

時間向度誤差：探針車每隔十五秒蒐集一筆資料，由於探針車上之時間紀錄為 GPS 時間其精度很高，但紀錄於資料庫時計算至秒為單位，因此若裝置一切正常，其誤差為正負一秒。

時空採樣誤差：若以單輛車計算，由於每十五秒蒐集一筆資料，以 30KM/H 平均時速計算，每段時間採樣之空間距離約為 125 公尺。但因本研究主要探討重點在停等點與範圍之認定，加上研究範圍全長約四公里，且探針車於研究範圍內採任意空間、時間隨機採樣，加上採樣時間夠長，採樣數量夠多，因此時空採樣誤差可以忽略不計。

整體來說，本研究之時間解像力為十五秒。而空間解像力則為 25M。

4.2 探針車資料前處理

由於探針車之原始資料僅紀錄序號、車輛編號、經度、緯度、瞬間速度、GPS 時間等主要欄位資料，為利本研究進行分析，須先進行資料前處理作業，並過濾

掉明顯錯誤訊息，以擷取有用資訊供下一階段使用。主要處理流程與步驟分述如下：

步驟一空間關係建立：為利後續 GIS 套疊作業，以及距離之計算，首先將上述資料透過 SuperGIS 軟體，進行時空一致化作業，建立空間關係，並將經緯度統一改算成 TWD67 二度分帶座標。

步驟二採樣點篩選：由於本研究僅取得道路中心線資料，加上 GPS 誤差最大可達 25M，故利用 GIS 工具之環域 (Buffer) 分析功能，以道路中心兩旁各 30M 之範圍，作環域分析並選取範圍內資料，以利熱點分析。

步驟三路段速率計算：本研究路段速率之計算，參照交通部運輸研究所[16]之計算標準，以調查路段之距離除以行駛時間所得之平均值為各單一採樣區之行駛速率，再將各採樣區依照路段區分計算平均數為路段速率。

步驟四時間尺度切割：將所有資料按時間序列處理，並依照月、週、日、時、分等不同時間尺度切割。時間尺度切割處理完之成果，若擷取其中一台探針車，在 5,448 筆資料中可計算出不同時段平均速率如表 2 所示。由表 1 可以發現無論在那個時間向度上，平均速率均明顯偏低，最主要原因即在未區隔實際行駛區與停等區之範圍。

表 1：未區隔停等範圍前之平均路段行速率

| 平均值的KM/H | Week | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Time_Seg | Sun | Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | 總計 |
| 00-07 | 35.38 | 24.18 | 31.78 | 36.91 | 28.72 | 33.38 | 32.68 | 32.56 |
| 07-09 | 22.93 | 19.52 | 19.71 | | 20.52 | 16.37 | 19.02 | 19.59 |
| 09-11 | 26.21 | | 16.95 | 24.65 | 20.44 | | 20.61 | 21.51 |
| 11-15 | 19.90 | 22.90 | 19.21 | 15.34 | 19.00 | 16.81 | 20.73 | 18.48 |
| 15-17 | 18.80 | 19.17 | 17.45 | 15.66 | 14.50 | 18.89 | 21.75 | 17.14 |
| 17-19 | 23.84 | 14.18 | 13.04 | 11.11 | 11.67 | 12.52 | 12.23 | 12.97 |
| 19-24 | | 16.55 | 15.71 | 22.70 | 21.93 | 8.27 | | 15.47 |
| 總計 | 23.59 | 18.07 | 20.04 | 19.69 | 18.38 | 16.46 | 20.09 | 19.30 |

4.3 停等範圍區隔與驗證

本研究在市區道路停等範圍區劃設上，考量 GPS 誤差最大可達 25 公尺，若以單輛車每十五秒蒐集一筆資料，並依張靖與李泰琳[14]之研究，以 10KM/H 平均時速為最可能之停等速率臨界值計算，每段時間採樣之空間距離約為 42 公尺，故以平均行車速率 10KM/H 以下之空間採樣點作為定點核心，搜索半徑設 25 公尺，網格式為 5.3 平方公尺，計算半徑範圍內的之可能停等點，並產生停等區之熱點與範圍。

本研究自 2004/06/01 至 2004/06/30 探針車資料中，利用研究範圍內平均行車速率 10KM/H 以下共 1,112 筆空間採樣點，採用核密度推估法計算之熱點與範圍，中正路路段如圖 2、南崁路路段如圖 3 所示。

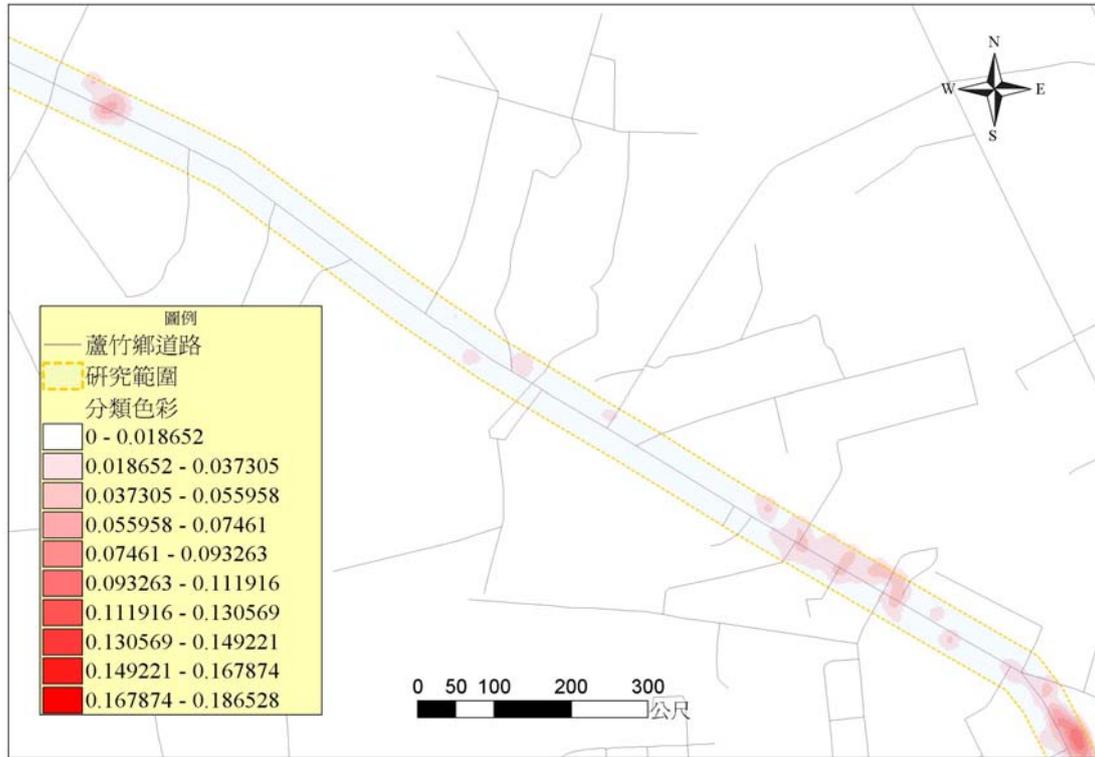


圖 2：中正路路段停等熱點範圍圖

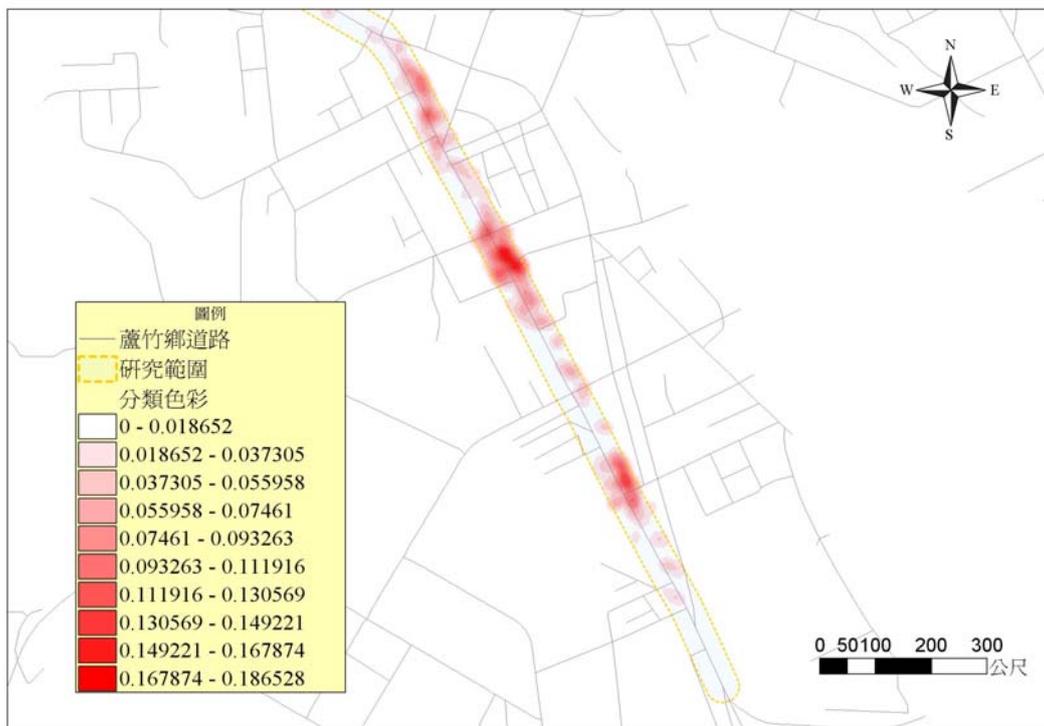


圖 3：南崁路路段停等熱點範圍圖

為進一步比對停等熱點範圍與實際停等區之差異，本研究實地調查取得研究範圍內之站牌與紅綠燈交通號誌資料，並考量前節最大空間誤差為 25M 與探針車

停等範圍誤差為 25M，故以該等資料為之 50M 環域範圍作為可能停等影響範圍，將所有資料透過 GIS 資料處理與展示，其中南崁交流道到南竹路口路段如圖 4；南竹路口到錦順街口如圖 5；錦順街口到蘆興街口如圖 6；蘆興街口到富國路口如圖 7。

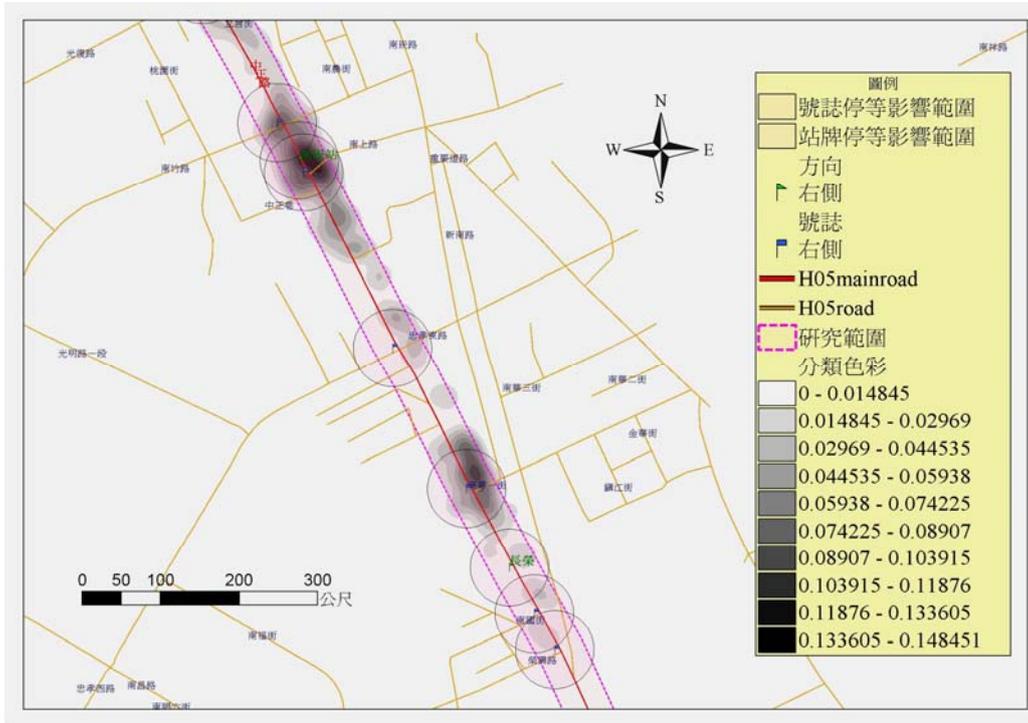


圖 4：南崁交流道到南竹路口路段停等熱點範圍比對圖

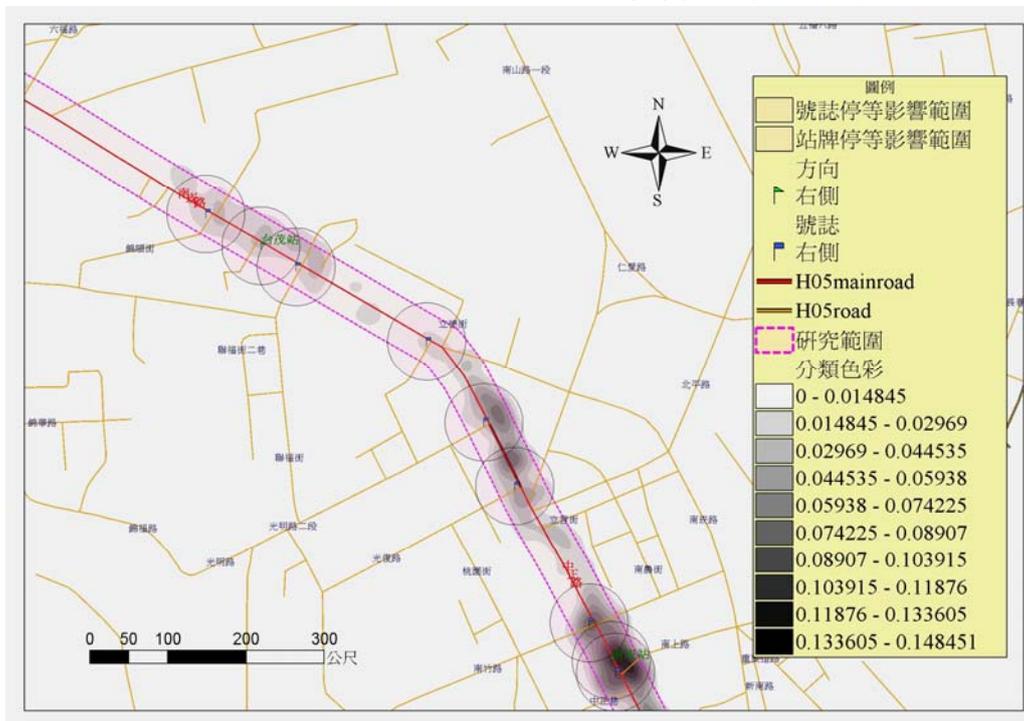


圖 5：南竹路口到錦順街口路段停等熱點範圍比對圖

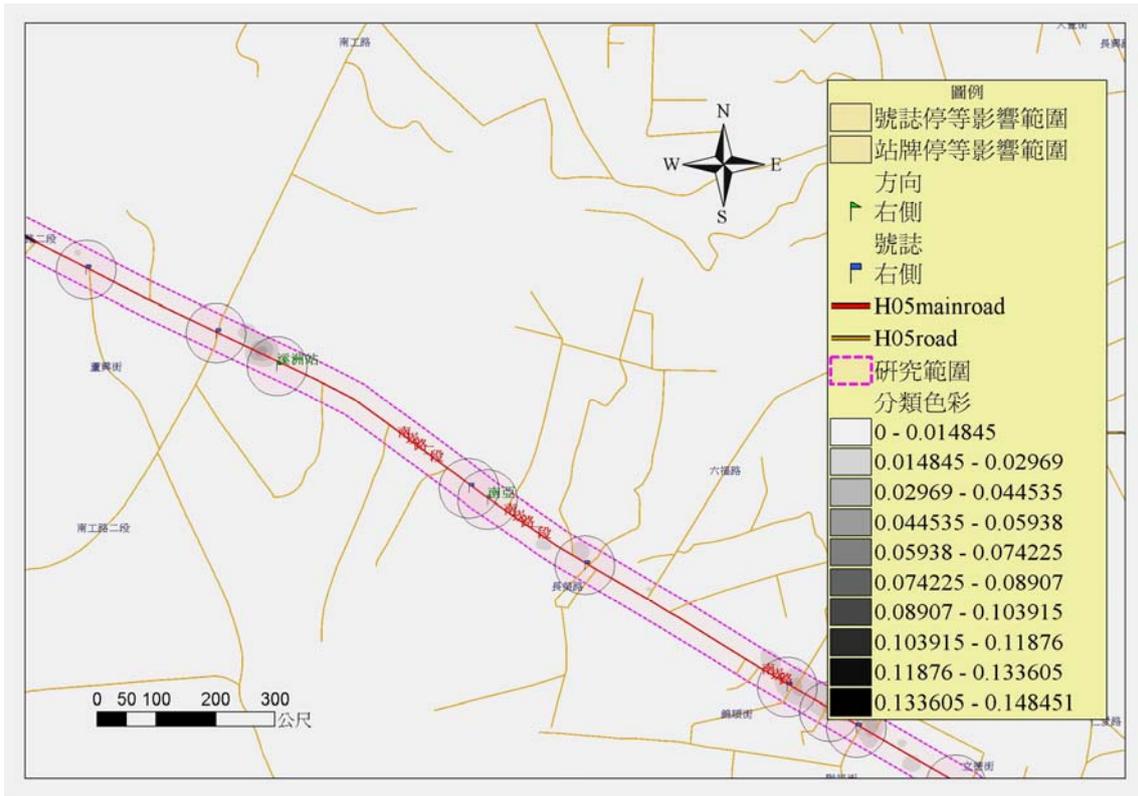


圖 6：錦順街口到蘆興街口路段停等熱點範圍比對圖

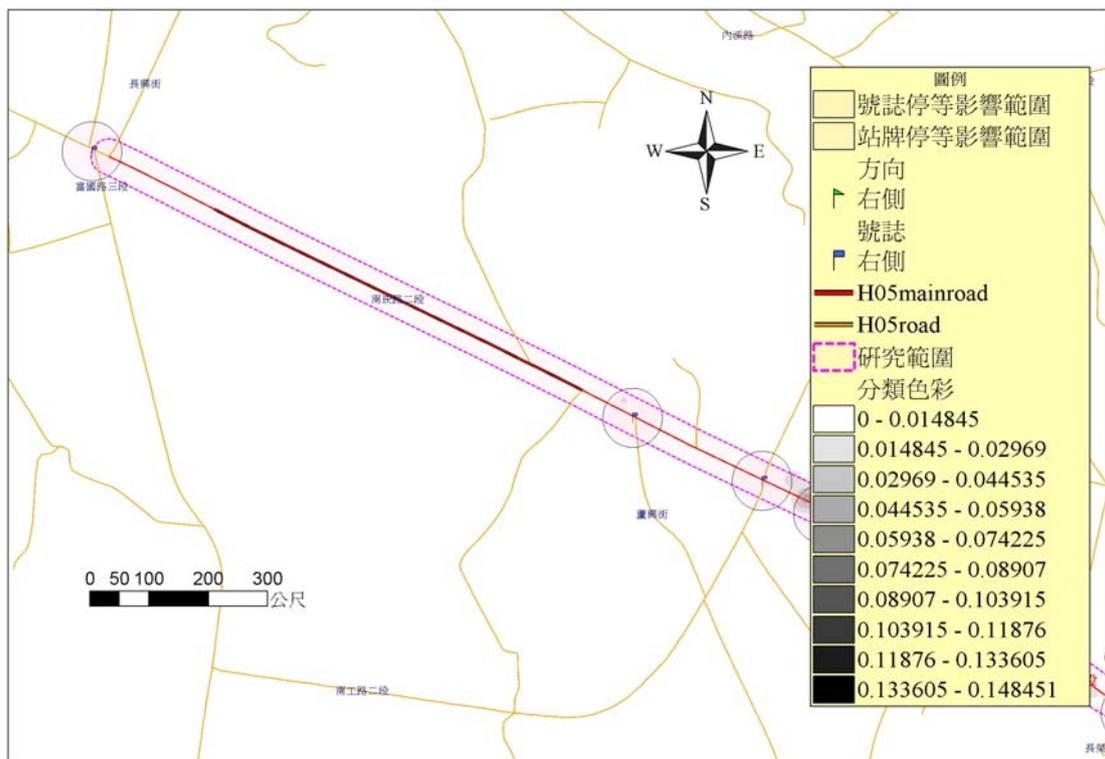


圖 7：蘆興街口到富國路口路段停等熱點範圍比對圖

從圖 4 與圖 5 可以明顯發現，由於本路段站牌與紅綠燈密度很高，加上路段車流量較多，故停等熱點範圍與實際停等區差異很小；從圖 6 則可發現不僅停等

熱點範圍大幅縮小，與實際停等區差異亦增加，最主要原因在於南亞科技園區前之紅綠燈與鄰近之站牌，其尖峰使用期間為南亞科技上、下班時間，故平常時間不僅紅綠燈秒差較大，且均以綠燈為主，另一方面本路段站牌因無人須上、下車，故探針車無需靠站所致；圖 7 則可發現不僅幾乎無停等熱點範圍，與實際停等區差異亦較大，最主要原因在於本研究探針車其中一條路線為亞通客運「201 八德-蘆竹」路線，該路線於富國路右轉，沿南工路繞行後，方回到南崁路上，故本路段僅另一條「台北-南崁交流道-大園」路線行駛，探針車資料較少，且本區並無站牌，加上本路段之紅綠燈，因車流量較少，故平常時間不僅紅綠燈秒差較大，且均以綠燈為主所致。

為進一步驗證本研究停等區劃分方法之準確性，考量統計學上有所謂漏判 (Omission error) 及誤判 (Commission error) 之可能性，對於本研究來說，漏判代表實際是紅綠燈或站牌，但利用前述方法未能劃分出來；而誤判則代表實際不是紅綠燈或站牌，但利用前述方法卻能劃分出來，為評估此種狀態可利用錯差矩陣 (Confusion matrix)，該矩陣如表 2 所示，其中包含兩個重要的指標，即回應率 (Response rate) 與反查 (Recall)。相關公式如公式 2 至 6 所示：

表 2：錯差矩陣

| | 實際停等區 | 實際非停等區 |
|--------|-------|--------|
| 預測停等區 | A | B |
| 預測非停等區 | C | D |

$$\text{準確率}=(A+D)/(A+B+C+D) \quad (2)$$

$$\text{回應率}=A/(A+B) \quad (3)$$

$$\text{誤判}=1-\text{回應率} \quad (4)$$

$$\text{反查}=A/(A+C) \quad (5)$$

$$\text{漏判}=1-\text{反查} \quad (6)$$

茲將本研究前節停等範圍劃分結果之誤差矩陣，彙整如表 3：

表 3：研究範圍路段錯差矩陣

| | 實際停等區 | 實際非停等區 |
|--------|-------|--------|
| 預測停等區 | 16 | 2 |
| 預測非停等區 | 3 | 8 |

由表 3 可計算出其準確率為 82.8%、反應率為 88.9%、誤判為 11.1%、反查為 84.2%、漏判為 15.8%，由上述指標可發現，本研究提出之停等區劃分方式不僅正確率高且較為客觀；此外，無需透過現地調查，即可劃分出停等範圍，可應用於其他路段之程度亦佳。

4.4 行駛速率計算與驗證

依據前節結果，本節進一步扣除停等範圍內之探針車採樣點共 906 點後，推算出研究範圍區內各路段之實際平均旅行速率，如表 4 所示。由該表可以發現扣

除後之平均速率，較表 2 之平均速率整體提升約 16.6%，與前節計算之準確率 82.8% 相比，趨勢一致。若單純以「週」的時間向度來看，平均速率最高的是週日；最低的是週一。若單純以「時段」的時間向度來看，平均速率最高的是 00-07 時段；最低的是 17-19 時段。

表 5：扣除停等範圍後之平均行駛速率

| 平均值的KM/H | Week | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Time_Seg | Sun | Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | 總計 |
| 00-07 | 36.83 | 30.00 | 38.06 | 39.49 | 32.62 | 35.71 | 36.31 | 36.47 |
| 07-09 | 25.31 | 24.02 | 22.38 | | 22.28 | 18.92 | 20.84 | 22.18 |
| 09-11 | 28.95 | | 20.14 | 26.76 | 21.08 | | 22.00 | 23.85 |
| 11-15 | 26.20 | 24.77 | 22.53 | 18.22 | 22.52 | 18.42 | 24.60 | 21.87 |
| 15-17 | 20.45 | 20.20 | 25.06 | 18.36 | 17.78 | 20.80 | 25.26 | 20.28 |
| 17-19 | 27.33 | 16.38 | 18.13 | 12.93 | 15.16 | 17.84 | 15.93 | 16.73 |
| 19-24 | | 21.20 | 16.57 | 29.37 | 24.07 | 15.84 | | 20.88 |
| 總計 | 27.17 | 21.23 | 24.66 | 22.74 | 21.61 | 21.43 | 23.40 | 23.14 |

若將表 5 轉成折線圖，則如圖 8 所示，由該圖可以發現平均速率已與實際狀況相近，例如：00-07 離峰時段週一至週日平均速率均已達到 30KM/H 以上；在 17-19 尖峰時段，除週三外平均速率亦達 15KM/H 以上。

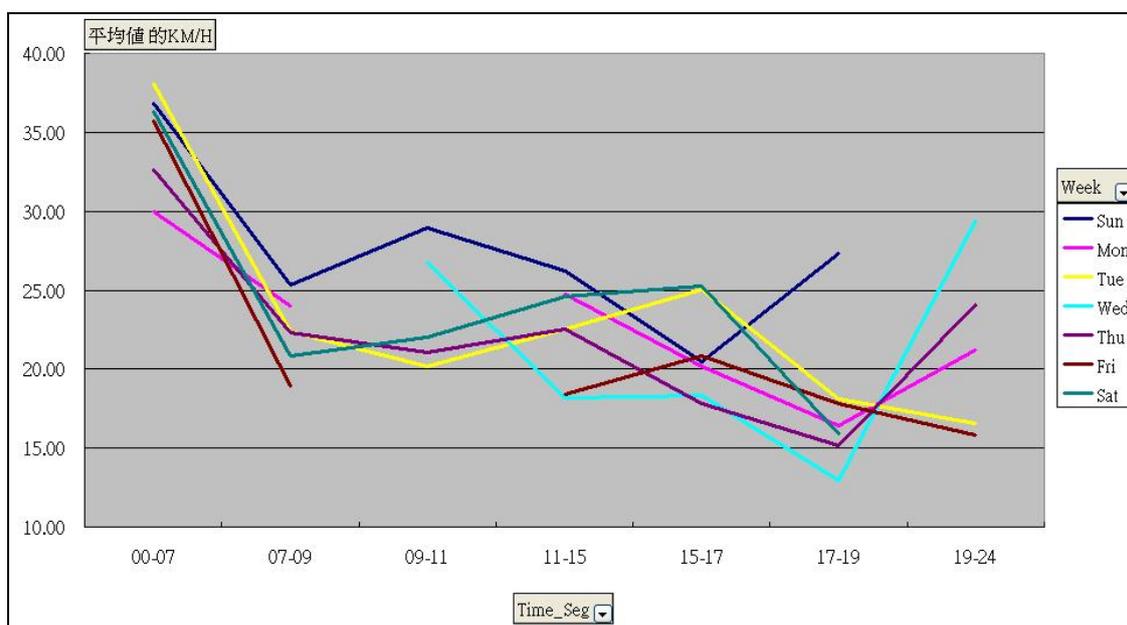


圖 8：扣除停等範圍後之平均行駛速率

由於本研究之時間解像力較高，若進一步依每小時為基準，可得出各小時平均速率如圖 9 所示。由該圖可以發現平均速率最高之三個時段分別為 4 時、5 時、6 時；最低為之三個時段分別為 18 時、20 時、17 時，與實際狀況相近。

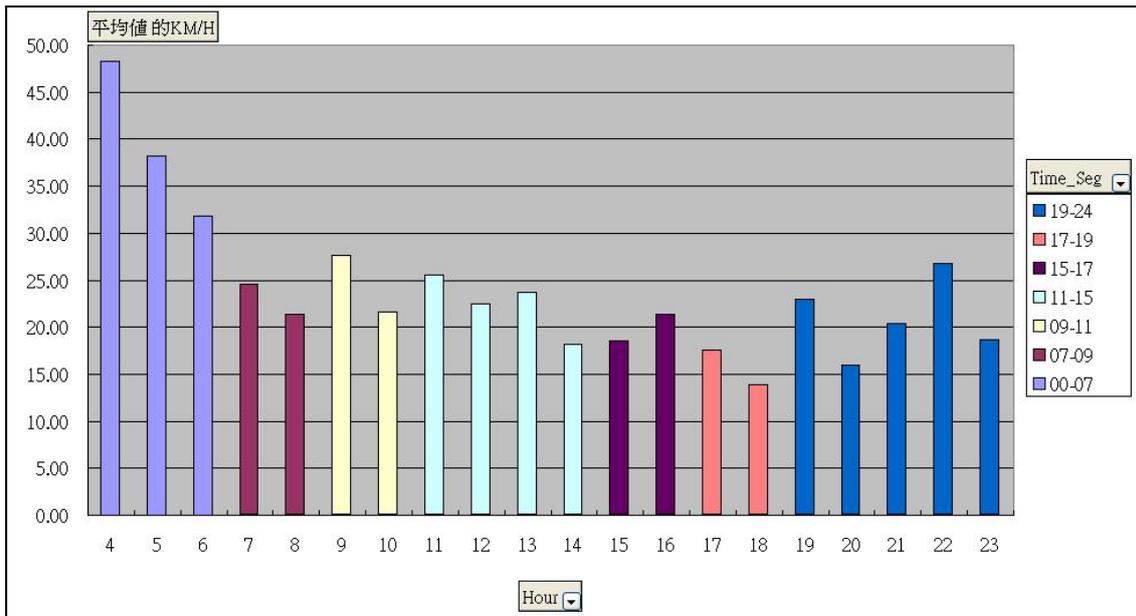


圖 10：各小時之平均行駛速率

伍、結論與建議

本研究以大量、連續性之探針車資料，結合 GIS 之方法與技術，選取桃園縣蘆竹鄉中正路至南崁路西向東路段，實際評估探針車於市區道路行駛之服務水準，研究結果顯示透過較高時、空解像力之資料，不僅可有效區隔出車輛實際旅行以及車輛停等之時間與範圍，該停等範圍經實際驗證，準確率與為反應率分別高達 82.8%與 88.9%。

此外，本研究所提出之停等區劃分方式不僅正確率高且較為客觀；另無需透過現地調查，即可劃分出停等範圍，若在其他路段上，只要具備足夠客觀數據，應用於其他路段之程度亦佳。

另一方面，本研究成功證明於無 VD 之市區道路路段，亦可估算出可靠之平均行駛速率，若進一步推算出之相關道路之服務水準，應可作為相關單位交通管理與施政之參考。

儘管本研究已具良好成效，未來應可進一步增加探針車數量與探針車蒐集交通資訊的時間長度；此外，本研究之探針車受限於 GPS 精度，致使研究成果無論在時間或空間之分析上，都難以再提高精度，未來可考慮利用 DGPS 之設備與技術，來減少空間誤差；最後，本研究之探針車為大型車輛，但因本研究範圍內缺乏 VD 所能蒐集之車流量與車速資料，故無法推估大客車當量，若取得相關資料，可於後續研究加入此參數，可使研究成果更加精細。

參考文獻

- [1] Ashish Sen, et al. (1997) " Frequency of Probe Reports and Variance of Travel Time Estimates" , Journal of Transportation Engineering., Volume 123, Issue 4, pp. 290-297
- [2] Bruce R. Hellinga and Liping Fu (1999) " Assessing Expected Accuracy of Probe Vehicle Travel Time Report" , Journal of Transportation Engineering. Vol 125, No. 6, pp. 1-7
- [3] Bruce R. Hellinga and Liping Fu (2002) Reducing bias in probe-based arterial link travel time estimates, Transportation Research, C (10) :257-273.
- [4] Frederick W. Cathey and Daniel J. Dailey (2001) " Transit Vehicles as Traffic Probe Sensors" , IEEE ITS Conference Proceedings.
- [5] Frederick W. Cathey and Daniel J. Dailey (2004) " Estimating Corridor Travel Time by Using Transit Vehicles as Probes" , Transportation Research ,Record 1855 Paper No. 03-3407.
- [6] Chumchoke Nanthawichit, et al. (2004) " Application of Probe-Vehicle Data for Real-Time Traffic-State Estimation and Short-Term Travel-Time Prediction on a Freeway " , Transportation Research ,Record 1855 Paper No. 03-2987
- [7] John Rice and Erik van Zwet (2004) " A Simple and Effective Method for Predicting Travel Times on Freeways " ,IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 5:3.
- [8] 吳佳峰 (2001) 「有 GPS 資訊提供下之車輛旅行時間預估模式之研究」, 國立交通大學運輸工程與管理學系研究所碩士論文。
- [9] 李穎 (2001) 「類神經網路應用於國道客運班車旅行時間預測模式之研究」, 國立成功大學交通管理學系碩博士班碩士論文。
- [10] 李季森 (2001) 「應用探測車法預測高速公路旅行時間」, 國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
- [11] 張惠汶 (2002) 「利用公車 GPS 定位資料推估路段行車速率之研究」, 國立交通大學運輸科技與管理學系研究所碩士論文。
- [12] 黃守琮 (2004) 「運用探針車與偵測器資料融合估計車輛旅行時間之研究」, 淡江大學運輸管理學系研究所碩士論文。
- [13] 吳金杰 (2004) 「融合偵測器與探測車資料預測高速公路旅行時間之研究」, 國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
- [14] 張靖、李泰琳 (2005) 「利用車輛自動監控系統資料評估貨車司機行徑績效之研究」, 運輸學刊, 第 17 卷 2 期, 民國 94 年 6 月, 頁 147-174。
- [15] 賴致瑜 (2006) 「台北市住宅竊盜犯罪地圖製作與犯罪區位分析」, 國立臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。
- [16] 交通部運輸研究所 (2001) 「2001 年台灣地區公路容量手冊」。