台灣當代觀光第 2 期，第 1-26 頁（2019 年 3 月）
Taiwan Modern Tourism, No. 2, pp.1-26（March, 2019）
DOI:10.6348/TMT.201903_2.0001

利用電信大數據掌握人潮遊憩與交通行為

Understanding Tourist Travel and Transportation Behavior Based on Cellular Vehicle Probe Data

陳逸淞[1]、陳玟穎[2,*]、施多加[2]
Yi-Sung Chen[1], Wen-Ying Chen[2,*], Duo-Jia Shih[2]

摘要

觀光產業為近年來我國重點發展方向之一，近 10 年來台旅客入境人數已自 384 萬人次成長至千萬人次，自民國 104 年起更是連續 3 年突破千萬人次，藉由歷年來台旅客人次的成長，也間接反應出我國在國際上的品牌形象提升，而國人旅客的部分，根據交通部觀光局 105 年國人旅遊調查報告顯示，民國 105 年有高達 1 億 9 千萬的旅次，故瞭解旅客人潮、旅遊動向，進而提升國內觀光服務品質與國際旅遊觀光競爭力，是當前的重要課題之一，並且在旅遊人次的快速攀升下，同時伴隨而來的交通運輸規劃議題亦不容忽視。而資訊技術快速的演變與發展，行動裝置及行動上網越趨普及，伴隨而來的資料爆炸性成長，使得原先用以發掘信號覆蓋不良區域進行通信品質（quality of service）改善的信令資料，成為掌握人潮流動行為及人潮輪廓分析數據來源之一，而以手機基地台為基礎之交通資訊蒐集技術即時取得大量位置資訊源的特性，可以大幅降低傳統市調所需人力、成本，且可以即時掌握大範圍、大樣本之人潮人流資訊及行為特性，便將 Cellular-Based Vehicle Probe（CVP）分析技術應用於觀光及交通等領域。本篇研究以中華電信基地台信令資料為主，截至 107 年 5 月共計 1,052 萬用戶數（中華電信，2018）。具體而言，本研究得知電信大數據於觀光、交通方面應用可得以下良好結果：高效且高精度統計大範圍遊憩據點人數、策略規劃與旅客需求驗證、掌握旅客遊憩習性偏好及趨勢變化、掌握旅客乘載運具及中長程軌跡路線、掌握人潮起迄熱點及公共運輸路線優化。總結期盼本研究能提供相關單位研擬國際觀光宣傳及行銷策略，提升國內觀光服務品質與國際旅遊觀光競爭力之參考。

關鍵詞：旅客遊憩、遊憩據點人數、交通運輸規劃、基地台信令、電信大數據

[1] 交通部觀光局資訊室專員；Executive Officer, Information Management Office, Tourism Bureau Ministry of Transportation and Communications.
[2] 中華電信公司資料分析師；Data Analyst, Chunghwa Telecom.
[*] 通訊作者：陳玟穎，E-mail: winny@cht.com.tw

Abstract

Tourism is one of the most important industries of Taiwan recently. The number of visitor arrivals has dramatically increased from 3.8 million to 10 million over the last decade. Official statistics estimated that 190 million domestic trips were made by citizens in 2016. It indicates that not only the number but also the significant achievement of Taiwan tourism. Hence, it is a crucial issue that we have to do best efforts to keep elevating the qualities of service and making tourism market more competitive through analyzing travel and transportation behavior of tourists. In addition, the transportation plans should be well-arranged for accommodating the growing number of tourists. Thanks to the achievement of the information and communication technology as well as the burst of mobile devices growth, phone data emerge as a novel data source for researching in human mobility patterns. It is really effective and economical to use the signaling data, such as Cellular Vehicle Probe (CVP) data to analyze and generate some valuable results which precisely master the tourists' behaviors and movement track. In this study, the CVP data was collected at cell sites constructed by Chunghwa Telecom Company. As of May 2018, number of 3G and 4G subscribers had reached 10.5 million. The study indicates that exertion of CVP data is applicable to both tourism and traffic development. Therefore, five features of the study are summarized as follow. First, we could conduct a large-scale calculation of the number of visitors at tourist sites efficiently and precisely. Second, we could verify whether the strategy meets the passengers' needs. Third, we could master the tourist behaviors and preferences. Fourth, we could also explore what vehicle was taken by the passengers and the visitor's trajectories. Lastly, we could acquire high-quality origin-destination (OD) information for traffic in a geographic area and optimize the public transportation routes. The study is expected to be a valuable strategy reference for policy makers to improve service quality of tourism and also to improve the national tourism competitiveness of Taiwan as well.

Key words: traveler recreation, number of visitors to tourist sites, transportation plans, Cellular Vehicle Probe (CVP), mobile phone data

壹、前言

因為觀光可結合地區特色文化與刺激經濟發展，故觀光產業已成為國家與地方經濟發展的重要角色。觀光遊憩區旅客變化量與國家經濟、休閒時間及生活水準息息相關，且觀光產業在國際上亦為各國競爭力指標之一，藉由歷年外籍旅客到訪的成長比例，也間接反應出我國在國際上的品牌形象提升。

根據中華民國交通部觀光局（n.d.）的統計資料顯示近 10 年來台旅客入境人數自 384 萬人次成長至千萬人次，自民國 104 年起更是連續 3 年突破千萬人次，其中觀光目的之來台旅客占比十年內自 40% 提升至 70% 以上，同步帶動觀光外匯收入逐年攀升，近年觀光外匯收入約達到 133.74 億美元至 146.15 億美元左右；而國人旅客的部分，依據交通部觀光局最新統計資料顯示，105 年國人旅客高達 1 億 9 千萬旅次，故瞭解旅客人潮、旅遊動向等，進而提升國內觀光服務品質與國際旅遊觀光競爭力，是當前

的重要課題之一。

根據交通部公路總局（n.d.）機動車輛登記數統計資料顯示，國人汽車登記數量持續提升，近 10 年來已自 6,727 千輛提升至 8,004 千輛，上下班顛峰時刻，交通常態性壅塞，每逢連假更是國人安排出遊之高峰期，因車流量遠超過路線容量，導致連假出遊塞車問題叢生，各景點總是車潮滿滿，故在旅遊人次的快速攀升以及國人生活品質提升的同時，伴隨而來的交通運輸規劃議題亦不容忽視。

過去為了有效掌握各項旅客資訊概況，透過人工問卷調查以及門票進行相關數據統計及旅客行為分析，其耗費大量人力、財力及時間成本，且較難以大範圍收集各景區據點的旅客資料，以及驗證旅客填寫資料的正確性。又在旅遊人次持續成長的同時，執行樣本數充足的市場調查將會更加充滿挑戰，故尋求更有效率的統計調查需求便因應而生。

隨著資訊技術的演變與發展，行動裝置及行動上網越趨普及，伴隨而來的資料爆炸性成長，使得電信大數據已成為掌握人潮流動及人潮輪廓分析數據來源之一。González et al.（2008）曾以 10 萬筆為期 6 個月的行動裝置軌跡，證明不管旅行方式有多麼多元，人潮軌跡仍具有經常重複的特性。Phithakkitnukoon et al.（2010）亦使用 100 萬筆電信資料，證明工作地鄰近的人潮，其日常活動模式亦有相似性存在，工作地點距離越遠則相似性也越低。顯見電信數據對人潮掌握可發揮良好的效益。

在各產業領域上電信大數據整合應用的案例越來越多，例如：觀光據點旅客分析、交通人潮起迄分析、活動分析、商圈分析及展店選址等。透過電信基站建置之高覆蓋率以及用戶高市占率特性，得以節省大量人力、財力並且更加即時掌握大範圍、大樣本之旅客人流資訊及旅客旅行特性，進而提供相關單位研擬國際觀光宣傳及行銷策略，提升國內觀光服務品質與國際旅遊觀光競爭力之參考，並做為行銷資源、交通規劃或觀光外匯收入之依據等。

貳、方法

本章將針對電信大數據信令系統（signalling systems）、基地台信令（Cellular-Based Vehicle Probe, CVP）的發展及其如何應用於觀光領域、交通領域做簡單介紹，並針對相關分析案例之模型做說明。

一、基地台信令

信令系統是電話網路上專門負責信號傳送與運作，為用戶建立接續和進行管理的一種信息交換系統。信令系統數據主要透過電路式交換（circuit switch, CS）和封包交換（packet switch, PS）來傳送以訊息為基礎的信令，信令中涵蓋的資訊包含多種內容，例如：開關機信令、漫遊信令、基地台組態等。

用戶信令位置（geolocation）即是利用手機量測基站位置（含天線資訊）等多種信令資訊，回傳再透過空間傳播模型推估或預測用戶所在位置。電信公司通過這些數據，經過資料萃取並將其對應到相關的地區上，進行去識別化後再進行相關分析作業。

二、CVP 之發展與應用

CVP 技術發展初期係以基地台細胞涵蓋範圍做為偵測單位，並運用手機與基地台間之信令資料分析信號覆蓋品質，結合高精度的地理資訊系統標定手機活動位置，用以發掘信號覆蓋不良區域進行通信品質（quality of service）改善。

基地台原始信令資料為行動通信當中手機與基地台溝通的原始訊息，利用手機與基地台間之信號參數予以解析，轉換出手機概略位置座標（圖 1），隨著行動通信技術演進以及行動裝置的普及，可透過信令資料取得大量即時人潮位置資訊，故將 CVP 分析技術衍伸應用於交通及觀光等領域，進行遊憩據點或活動展區人潮熱度、輪廓及行為分析，做為決策者未來行銷策略或活動成效評估之依據，國內外亦有多起將電信數據應用於觀光業及交通業之相關研究案例，例如：Bar-Gera（2007）使用以色列一段長達 14 公里，橫跨 10 個交流道的電信資料，表明從電信資料中獲取的交通資訊，

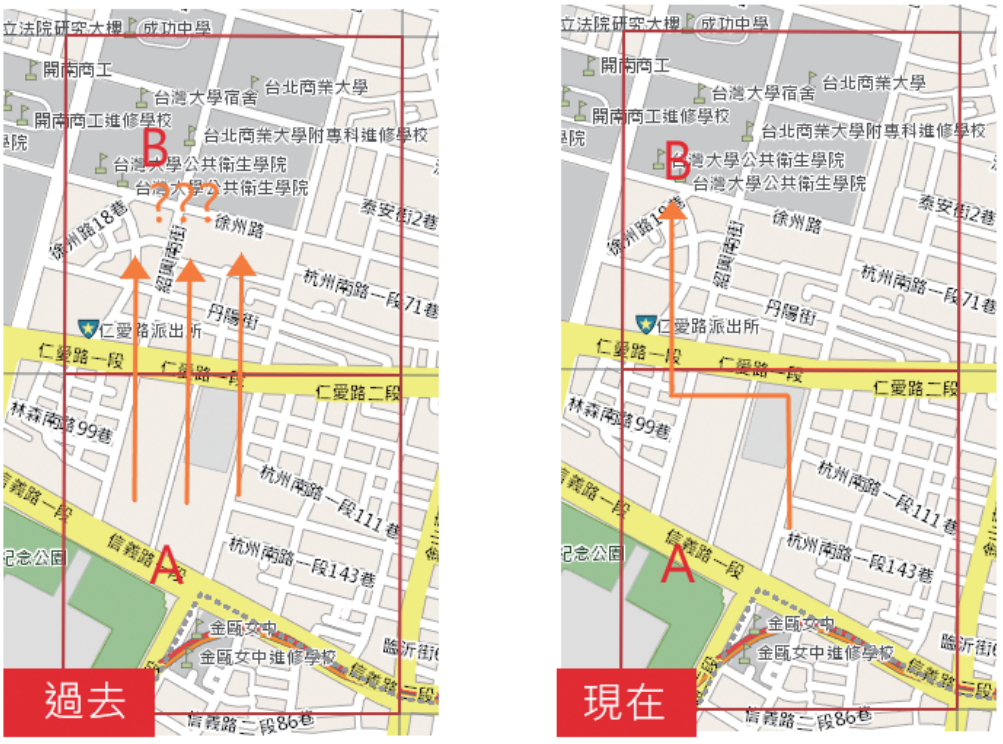

圖 1　CVP 定位技術之演進

註：本篇全彩圖片請至 Airiti Library 參閱（http://www.airitilibrary.com/Publication/alPublicationJournal?PublicationID=P20180921001&type=P001）。

資料來源：作者自製。

如：旅行時間、時速……等，與從傳統感測器獲得的資訊極為吻合，顯見電信資料具備可應用於觀光及交通規劃之價值。Iqbal et al.（2014）亦使用孟加拉國達卡的 287 萬電信用戶，選 13 處關鍵位置進行流量統計並推估 origin-destination（OD）矩陣，並驗證電信數據所推得之 OD 矩陣確有其可行性。Phithakkitnukoon et al.（2010）利用手機 global positioning system（GPS）資料建立觀光遊憩行為分析，並將此模型應用於日本觀光、非觀光客於住宿工作場所的通勤流量規劃分析。此外根據 Hoteit et al.（2014）提出的分析方法，電信資料與實際人潮熱點位置的誤差約只有 7%，Chen et al.（2014）亦運用電信資料辨識居住地位於 1 公里內其準確度高達 97%、辨識工作地位於 1 公里內之準確度高達 86%，皆佐證了電信資料可以利用較低硬體成本改善觀光、交通系統之分析模型。

三、基地台密度暨定位精度

（一）基地台密度

根據國家通訊傳播委員會（2018）開放資料，揭露各家電信業者於各縣市行動通信業務基地台統計數，詳如表 1，其顯示截至 107 年 8 月底中華電信共布建 26,475 座基地台，占全台基地台數約 29.2%，並且於全台暨離島 22 個縣市基地台布建密度皆為第一之業者，且中華電信其訊號涵蓋範圍及品質可參考圖 2、圖 3（中華電信 emome，2018）。

表 1　行動通信業務基地台統計數（區分縣市業者）

列標籤	中華電信	台灣大哥大	遠傳電信	台灣之星	亞太電信	總計
台中市	4,068	2,667	2,994	1,760	1,167	12,656
新北市	2,683	2,469	2,347	2,063	1,167	10,729
台北市	2,667	2,478	2,480	1,645	1,207	10,477
高雄市	2,596	1,961	1,986	1,712	1,132	9,387
桃園市	1,842	1,782	1,777	1,377	657	7,435
台南市	1,731	1,345	1,194	1,089	763	6,122
彰化縣	1,510	1,009	1,001	584	378	4,482
南投縣	1,076	717	796	423	238	3,250
苗栗縣	1,068	749	858	444	308	3,427
雲林縣	1,051	628	638	400	229	2,946
新竹縣	898	626	619	494	241	2,878
屏東縣	879	647	872	598	385	3,381
宜蘭縣	832	528	445	338	112	2,255
花蓮縣	766	594	598	320	105	2,383
嘉義縣	749	402	416	280	202	2,049

表 1　行動通信業務基地台統計數（區分縣市業者）（續）

列標籤	中華電信	台灣大哥大	遠傳電信	台灣之星	亞太電信	總計
新竹市	563	376	504	363	140	1,946
台東縣	470	302	343	252	78	1,445
基隆市	316	251	303	199	167	1,236
嘉義市	311	242	193	141	117	1,004
澎湖縣	163	146	150	59	26	544
金門縣	158	97	112	39	30	436
連江縣	78	37	47	13	19	194
總計	26,475	20,053	20,673	14,593	8,868	90,662

註：單位：座。
資料來源：國家通訊傳播委員會（2018）。

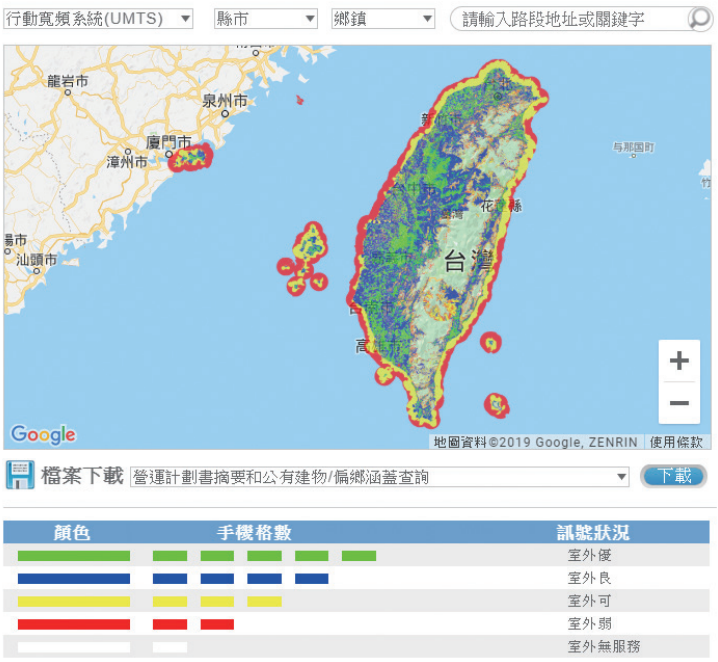

圖 2　3G 訊號涵蓋率

資料來源：中華電信 emome（2018）。

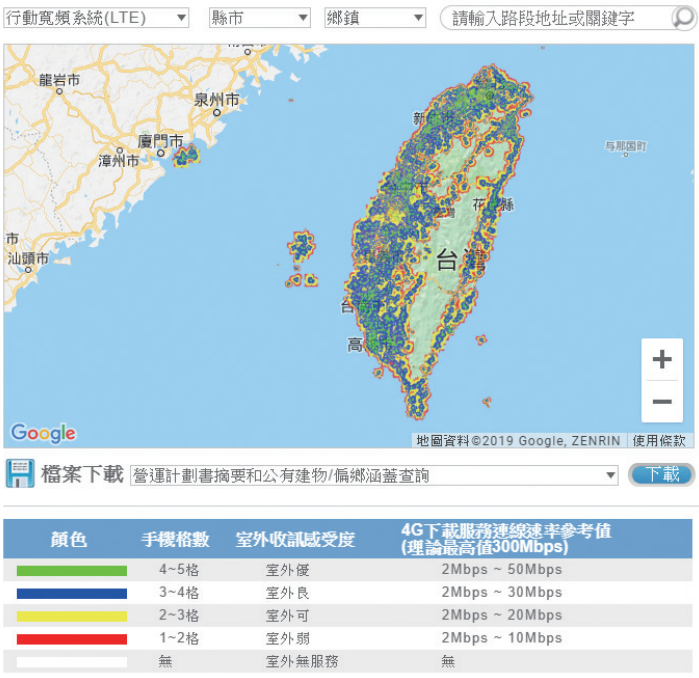

圖 3　4G 訊號涵蓋

資料來源：中華電信 emome（2018）。

（二）基地台定位精度

行動裝置位置訊息係依據使用者手機與基地台進行訊號交換後，所產生之基地台信令資料參數，包含基地台位置、訊號強度、天線方向、訊息反應時間……等眾多行動通訊參數，再搭配定位演算法解析手機概略經緯度座標得知，又定位精度與基地台密度存在正相關，於前一小節中已知中華電信為布建密度最高之業者，故期許於行動定位精度可獲得較佳之成果，雖行動行令定位精準度較 GPS 定位稍差，但隨著行動通信技術演進，應用於維護通信品質的基地台信令資料越來越豐富，具備可大量取得即時人潮概略位置資訊的信令資料，此特性適合應用於中觀、巨觀之觀光分析或交通起訖特性分析。

四、分析模型暨推估模型

（一）人天數

1.「旅遊」人天數概念

所謂的旅遊人天數係指人數及時間的一個組合概念（人數 × 旅遊天數），過去以人工計數、停車數……等方式推估旅客人次，易有誤差或重複計次的問題，且無導入

旅客停留時間的因子，倘若想進一步瞭解觀光人次與消費力度之關聯性，結合旅客停留時間（天數）更可反映其消長對各地觀光經濟、觀光外匯效益，舉例來說，旅客旅遊天數不同其餐費、旅宿費用等顯然與其具有相關性，故旅遊人天數的概念因應而生。

2.「旅遊」人天數計算邏輯

定義 8 時至 24 時為旅客旅遊時段，且國籍 C 之旅客 i 於 M 月 d 日，在區域[1] x 縣市 y 行政區 z 之旅遊時間為 $T_{C_i M_d xyz}$，其中：

$$0 \le T_{C_i M_d xyz} \le 16，\sum_{xyz} T_{C_i M_d xyz} \le 1， \quad (1)$$

且 x = { 北 , 中 , 南 , 東 , 離島 }，y = {$k|k_{\in}$ 台灣縣市 }，z = {$k|k_{\in}$ 台灣縣市行政區 }，並定義每位旅客於各地點停留之人天數為：

$$p_{C_i M_d xyz} = \frac{T_{C_i M_d xyz}}{\sum_{xyz} T_{C_i M_d xyz}}， \quad (2)$$

故可得「區域」之旅遊樣本人天數：

$$p_x = \sum_{C_i M_d yz} p_{C_i M_d xyz}， \quad (3)$$

故可得「縣市」之旅遊樣本人天數：

$$p_y = \sum_{C_i M_d xz} p_{C_i M_d xyz}， \quad (4)$$

故可得「行政區」之旅遊樣本人天數：

$$p_z = \sum_{C_i M_d xy} p_{C_i M_d xyz}。 \quad (5)$$

根據觀光局每月公告各國入境人數 A_C 及平均停留夜數 N_C，並假設平均旅遊天數為 $N_C + 1$，故可得各國籍之旅遊母體人天數為：

[1] 區域劃分定義如下：北：基隆市、台北市、新北市、宜蘭縣、桃園市、苗栗縣、新竹市、新竹縣；中：台中市、彰化縣、南投縣、雲林縣；南：嘉義市、嘉義縣、台南市、高雄市、屏東縣；東：花蓮縣、台東縣；離島：金門縣、連江縣、澎湖縣。

$$A_C \times (N_C + 1), \tag{6}$$

依照旅遊樣本人天數可得知來台旅客於各區域之人天數分布比例：

$$p_{x_0} = \frac{p_x}{\sum_{C_i M_d xyz} p_{C_i M_d xyz}}, \forall x = x_0, \tag{7}$$

乘上旅遊母體人天數可推得各「區域」之旅遊母體人天數：

$$p_{x_0} \times A_C \times (N_C + 1), \forall x = x_0, \tag{8}$$

同理，可得各「縣市」之旅遊母體人天數、各「行政區」之旅遊母體人天數：

$$p_{y_0} \times A_C \times (N_C + 1), \forall y = y_0, \tag{9}$$

$$p_{z_0} \times A_C \times (N_C + 1), \forall z = z_0 \tag{10}$$

3.「留宿」人天數計算邏輯

定義 0 時至 8 時前為旅客過夜期間，且國籍 C 之外籍旅客 i 於 M 月 d 日，在區域 x 縣市 y 行政區 z 之停留時間為 $T_{C_i M_d xyz}$，C_i, M_d 可依據停留時間最長之地點判定旅客留宿地點：

$$L_{C_i M_d} = \underset{xyz}{\operatorname{argmax}} \{T_{C_i M xyz_d}\}, \tag{11}$$

並定義一指標函數如下：

$$I_{C_i M_d xyz} = \begin{cases} 1, xyz = L_{C_i M_d} \\ 0, xyz \neq L_{C_i M_d} \end{cases} \tag{12}$$

故可得「區域」之過夜樣本人天數：

$$I_x = \sum_{C_i M_d yz} I_{C_i M_d xyz}, \tag{13}$$

故可得「縣市」及「行政區」之過夜樣本人天數：

$$I_y = \sum_{C_i M_d xz} I_{C_i M_d xyz}，\quad (14)$$

$$I_z = \sum_{C_i M_d xy} I_{C_i M_d xyz}，\quad (15)$$

並根據觀光局當月公告之各國入境人數 A_C 及平均停留夜數 N_C，可得過夜母體人天數 $A_C \times N_C$，依照過夜樣本人天數可得知來台旅客於區域之人天分布比例如下：

$$\frac{I_x}{\sum_{C_i M_d xyz} I_{C_i M_d xyz}}，\forall x = x_0，\quad (16)$$

故乘上過夜母體人天數可推得各「區域」之過夜母體人天數：

$$\frac{I_x}{\sum_{C_i M_d xyz} I_{C_i M_d xyz}} \times A_C \times N_C，\forall x = x_0，\quad (17)$$

同理可得各「縣市」之過夜母體人天數、各「行政區」之過夜母體人天數：

$$\frac{I_y}{\sum_{C_i M_d xyz} I_{C_i M_d xyz}} \times A_C \times N_C，\forall y = y_0，\quad (18)$$

$$\frac{I_z}{\sum_{C_i M_d xyz} I_{C_i M_d xyz}} \times A_C \times N_C，\forall z = z_0 \quad (19)$$

4. 人天數運算邏輯範例

設一名來台陸客於 2017 年 10 月 1 日旅遊期間地點分布情形如下表 2。

累計該旅客於各行政區停留時間，意即該名旅客當日有 2/16 天之時間於桃園市大園區、1/16 天之時間於桃園市桃園區、7/16 天之時間於台北市中正區、4/16 天之時間於新北市淡水區、2/16 天之時間於台北市士林區（表 3）。

行政區各自累加所有曾來訪之各國籍來台旅客其停留時間，可得各行政區各國籍之樣本人天數（表 4），同理可得各縣市及各區域不同國籍之樣本人天數。

累加當月中國大陸旅客於各區域之人天及分布比例，可得樣本人天數及人天比例。並假設觀光局公布之當月入境陸客為 200 人且平均停留夜數 5 天，即陸客母體人天數為 1,000，乘上樣本人天比例即可推得陸客於各區域之旅遊母體人天數（表 5），同理可得縣市母體人天數及行政區母體人天數。

表 2　旅客軌跡範例

ID	國籍	日期	時間	區域	縣市	行政區
460*******1	中國大陸	20171001	08:00 ~ 09:00	北區	桃園市	大園區
460*******1	中國大陸	20171001	09:00 ~ 10:00	北區	桃園市	大園區
460*******1	中國大陸	20171001	10:00 ~ 11:00	北區	桃園市	桃園區
460*******1	中國大陸	20171001	11:00 ~ 12:00	北區	台北市	中正區
460*******1	中國大陸	20171001	12:00 ~ 13:00	北區	台北市	中正區
460*******1	中國大陸	20171001	13:00 ~ 14:00	北區	台北市	中正區
460*******1	中國大陸	20171001	14:00 ~ 15:00	北區	台北市	中正區
460*******1	中國大陸	20171001	15:00 ~ 16:00	北區	新北市	淡水區
460*******1	中國大陸	20171001	16:00 ~ 17:00	北區	新北市	淡水區
460*******1	中國大陸	20171001	17:00 ~ 18:00	北區	新北市	淡水區
460*******1	中國大陸	20171001	18:00 ~ 19:00	北區	新北市	淡水區
460*******1	中國大陸	20171001	19:00 ~ 20:00	北區	台北市	士林區
460*******1	中國大陸	20171001	20:00 ~ 21:00	北區	台北市	士林區
460*******1	中國大陸	20171001	21:00 ~ 22:00	北區	台北市	中正區
460*******1	中國大陸	20171001	22:00 ~ 23:00	北區	台北市	中正區
460*******1	中國大陸	20171001	23:00 ~ 24:00	北區	台北市	中正區

資料來源：作者自製。

表 3　樣本人天數計算範例

ID	國籍	日期	區域	縣市	行政區	天數
460*******1	中國大陸	20171001	北區	桃園市	大園區	2/16
460*******1	中國大陸	20171001	北區	桃園市	桃園區	1/16
460*******1	中國大陸	20171001	北區	台北市	中正區	7/16
460*******1	中國大陸	20171001	北區	新北市	淡水區	4/16
460*******1	中國大陸	20171001	北區	台北市	士林區	2/16

資料來源：作者自製。

表 4　區域樣本人天數計算範例

ID	國籍	日期	區域	縣市	行政區	天數
460*******1	中國大陸	20171001	北區	新北市	淡水區	4/16
460*******2	中國大陸	20171001	北區	新北市	淡水區	3/16
460*******3	中國大陸	20171001	北區	新北市	淡水區	1/16
460*******4	中國大陸	20171001	北區	新北市	淡水區	3/16
…	…	…	…	…	…	…

註：加總可得淡水區中國大陸旅客之旅遊樣本人天數。
資料來源：作者自製。

表 5　區域母體人天數計算範例

國籍	日期	區域	樣本人天數	樣本人天比例	母體人天數
中國大陸	201710	北區	200	200/500	400
中國大陸	201710	中區	80	80/500	160
中國大陸	201710	南區	150	150/500	300
中國大陸	201710	東區	50	50/500	100
中國大陸	201710	離島	20	20/500	40
總計			500	500/500	1,000

資料來源：作者自製。

（二）據點旅客人潮定義暨統計

1. 旅客定義

為有效掌握據點真實旅客人潮，避免居住地、工作地於據點周遭或路過無實質停留旅遊行為之人潮遭誤算為旅客，故定義旅客為非據點居民、工作者且於據點處停留 1 小時以上之人潮。

居住地定義：國人旅客晚間睡眠時間行動裝置主要停留點作為識別，來台旅客居住地則以國際漫遊用戶旅客手機 SIM 卡之國別碼識別。

工作地定義：國人旅客白天工作時間行動裝置主要停留點作為識別，來台旅客則無工作地。

2. 旅客人潮統計分析指標暨定義

設指標函數 I_{Md} 為非據點居民及工作者之旅客 i，M 月 d 日與據點基站連線紀錄：

$$I_{Md}(i)=\begin{cases}1, \text{與據點基站連線} \geq 1 \text{小時}\\ 0, \text{與據點基站連線} < 1 \text{小時}\end{cases}, \quad (20)$$

故每月旅客數為：

$$N_M=\sum_{id} I_{Md}(i), \quad (21)$$

同理可得全年整體旅客數：

$$N=\sum_{iMd} I_{iMd}。 \quad (22)$$

3. 據點人次推估模型

定義旅遊天數為旅客於指定據點連續出現天數，且設電信用戶數 m，戶籍人口數

M，則用戶數占戶籍人口比例（即抽樣比例）為：

$$P_m = \frac{m}{M} \tag{23}$$

故由公式（23），可得整體人次推估公式如下：

$$\frac{N}{\text{旅遊天數}} \times \frac{1}{P_m}, \tag{24}$$

五、旅運 OD 矩陣

將台灣劃分成以 500 × 500 公尺所組成的向量式地理圖資，如圖 4 所示，並定義每一 500 平方公尺之方格為一「網格」，且其每一座標點可以（x_i, y_i）表示之，且每一網格 G_{ij} 為由（x_{i-1}, y_{j-1}）、（x_{i-1}, y_j）、（x_i, y_{j-1}）及（x_i, y_j）所構成之矩形區域。

設行動裝置 γ 其行動定位經緯度為（α_γ, β_γ），且滿足條件 f（α_γ, β_γ）= 1，意即行動裝置位於網格 G_{ij} 中

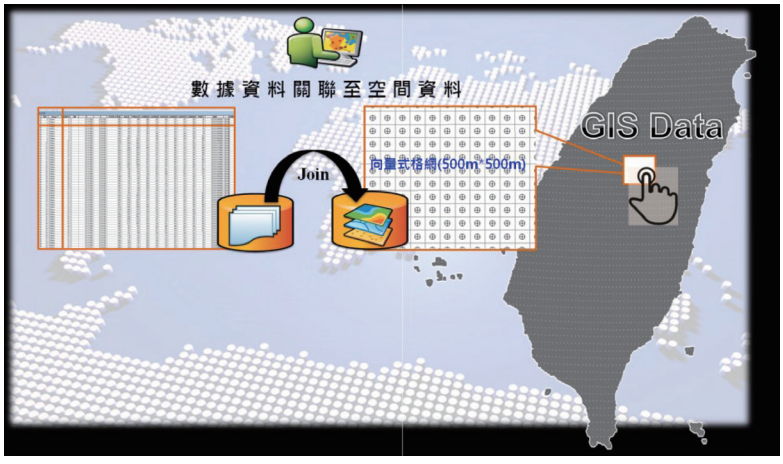

圖 4　地理向量式網格

資料來源：作者自製。

$$f(\alpha_\gamma, \beta_\gamma) = \begin{cases} 1, x_{i-1} \le \alpha_\gamma < x_i \text{ 且 } y_{j-1} \le \beta_\gamma < y_j, \\ 0, \text{otherwise} \end{cases}, \tag{25}$$

設行動裝置於時間點 t 所在之網格為公式（26）：

$$G_{i(t)j(t)}, \tag{26}$$

故時間 t_1、t_2 之網格起訖可以公式（27）表示：

$$(G_{i(t_1)j(t_1)}, G_{i(t_2)j(t_2)})。 \quad (27)$$

又各鄉鎮村里、行政區及縣市皆可以網格 G_{ij} 所組成之集合作為表示，故網格起訖皆可轉換為地理區域之起訖，並定義如下（o, d），並設一指標函數如下：

$$I = \begin{cases} 1, \text{行動裝置起訖} = (o, d) \\ 0, \text{行動裝置起訖} \neq (o, d) \end{cases}, \quad (28)$$

故可針對需求進行特定時段、特定族群起訖人次之運算：

$$m_{od} = \sum_{\gamma} I, \quad (29)$$

故可得 OD 矩陣為：

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} m_{11} & \cdots & m_{1d} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{o1} & \cdots & m_{od} \end{pmatrix}。 \quad (30)$$

六、研究限制

（一）相關應用分析案例係以基地台信令資料做為調查範圍進行旅客行為分析，並非普查統計，且調查樣本受電信公司用戶市占率及組成影響。

（二）相關應用分析案例來台旅客的部分僅統計國際漫遊及預付卡用戶，未含租借 wifi 分享器之來台旅客，且國際漫遊用戶國籍係核發 sim 卡之電信商國家做為判別，若有持不同於國籍之電信商核發 sim 卡的用戶，可能導致分析結果些微偏誤。

（三）基地台信令定位是運用眾多行動通訊參數搭配定位演算法所得，且無線電波在大氣中傳遞會受到地形、地物以及氣候因素之影響，因此相關的定位資訊可能會有些許偏誤。

（四）地理向量式網格中每一網格為 500 平方公尺，且訊號會因地區的基地台布建密度不同而異，故據點範圍與網格圈選範圍會有些許邊緣誤差。

參、結果

本章將電信大數據運用前章提及之分析方法應用於觀光、交通領域，並以外籍旅客到訪及留宿縣市分析、遊憩據點人潮統計分析、人潮軌跡分析及旅運時空分析等案例，於下方說明其應用成果。

一、來台旅客到訪及留宿縣市分析

運用 105 年至 106 年期間來台且使用中華電信數據服務之外籍旅客，且其每日訊務紀錄大於 3 小時者，作為有效樣本，倘若因訊務紀錄於旅行之首日及末日可能受班機飛行時間影響紀錄不足 3 小時則不受此限，且 105 年及 106 年樣本數分別約為 195.9 萬及 232.8 萬，各國籍旅客樣本數參見表 6。進而調查來台旅客旅遊及留宿區域、縣市、行政區（鄉鎮）人天數（人數 × 旅遊天數）年度消長變化情形。

（一）整體來台旅客

106 年陸客人天數驟減（旅遊 -6,561 千人天／過夜 -5,759 千人天），但多數國家為成長趨勢，尤在新南向政策發酵下之東南亞旅客成長幅度最為顯著（旅遊 +3,317 千人天／過夜 +2,835 千人天），其次為韓國旅客（旅遊 +801 千人天／過夜 +632 千人天），但整體來台旅客人天數仍較 105 年下滑，詳參表 7 及表 8。

（二）韓國旅客

根據內政部移民署資料顯示韓國旅客 106 年入境人數較 105 年成長 19.3%（參見表 9），故各區域韓國旅客人天數皆明顯成長，自表 10、表 11 可看出以往韓國旅客來台旅遊喜好高度集中於北部地區，現在有逐步往其他區域旅遊的趨勢，尤其以東部地

表 6　各國籍旅客樣本數

年度	中國	東南亞	日本	港澳	美加	韓國	其他	總計
105 年	826	110	164	301	220	181	158	1,959
106 年	1,146	177	209	258	94	183	260	2,328

註：單位：人次（千）。
資料來源：作者自製。

表 7　整體旅客旅遊人天數

年度	中國	東南亞	日本	港澳	美加	韓國	其他	總計
105 年	29,261	15,855	10,262	8,362	7,340	4,567	5,884	81,530
106 年	22,700	19,172	10,239	8,763	7,760	5,368	6,408	80,410
YoY	-6,561	3,317	-22	401	420	801	524	-1,120
YoY%	-22	21	-0.2	5	6	18	9	-1

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

表 8　整體旅客過夜人天數

年度	中國	東南亞	日本	港澳	美加	韓國	其他	總計
105 年	25,737	14,257	8,368	6,750	6,714	3,685	5,392	70,902
106 年	19,978	17,093	8,343	7,075	7,084	4,317	5,868	69,758
YoY	-5,759	2,835	-25	325	371	632	476	-1,145
YoY%	-22	20	-0.3	5	6	17	9	-2

註：單位：人天（千）數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

表 9　韓國年度入境人數

105 年	106 年	YoY	YoY%
844,397	1,054,708	170,311	19.3

註：單位：人次；YoY = year-on-year。
資料來源：中華民國交通部觀光局（n.d.）。

表 10　韓國旅客區域旅遊人天數

年度	北	中	南	東	離島	總計
105 年	3,901	197	354	112	3	4,567
106 年	4,458	271	451	179	9	5,368
YoY	557	74	98	67	5	801
YoY%	14	38	28	59	155	18

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

表 11　韓國旅客區域過夜人天數

年度	北	中	南	東	離島	總計
105 年	3,139	181	337	25	2	3,685
106 年	3,623	246	405	39	5	4,317
YoY	484	64	67	13	2	632
YoY%	15	35	20	53	96	17

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

區的旅遊路線受到韓國旅客青睞，表 12 顯示其花蓮縣旅遊人天數年成長 60 千人天，年成長率為 58%，並透過中華電信人潮平台觀測 106 年任一月分與上年同期人潮，可知韓國旅客前往花蓮縣秀林鄉富世村成長幅度最為顯著，應為前往太魯閣國家公園進行旅遊（參見表 13、圖 5 及圖 6）。

從上述可以知道韓國旅客比起以往雖更願意前往東部旅遊，但行程安排多走到花蓮而未繼續向南延伸，又根據交通部觀光局資料揭露顯示韓國旅客來台平均停留夜數比起其他東北亞地區國家旅客少，例如：中國大陸、日本、港澳（參見表 14），所以如何帶動韓國旅客來台後願意進行更深度的旅遊，並且延長韓國旅客來台停留夜數是後續值得探討的問題。

表 12　韓國旅客縣市旅遊人天數 YoY Top 6

年度	台北市	桃園市	台中市	高雄市	花蓮縣	新北市
105 年	2,283	630	137	231	103	769
106 年	2,555	795	199	293	163	823
YoY	272	165	62	62	60	54
YoY%	12	26	45	27	58	7

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

表 13　韓國旅客花蓮縣鄉鎮旅遊人天數 YoY Top 6

年度	秀林鄉	新城鄉	花蓮市	吉安鄉	壽豐鄉	豐濱鄉
105 年	56	23	20	2	1.0	0.2
106 年	93	35	29	5	1.3	0.5
YoY	37	12	8	3	0.3	0.3
YoY%	66	50	40	152	27	147

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

累加人數	平均人數(天)	平均人數(小時)	區域格網(縣市鄉鎮區村里)
15219	491	20	花蓮縣秀林鄉富世村
2457	79	3	花蓮縣秀林鄉崇德村
1377	44	2	花蓮縣秀林鄉和平村
275	9	0	花蓮縣秀林鄉景美村
202	7	0	花蓮縣秀林鄉秀林村
179	6	0	花蓮縣秀林鄉佳民村
9	0	0	花蓮縣秀林鄉文蘭村
6	0	0	花蓮縣秀林鄉銅門村
1	0	0	花蓮縣秀林鄉水源村

圖 5　105 年 7 月韓國旅客花蓮縣秀林鄉人潮分布

資料來源：中華電信（n.d.）。

累加人數	平均人數(天)	平均人數(小時)	區域格網(縣市鄉鎮區村里)
18799	606	25	花蓮縣秀林鄉富世村
1959	63	3	花蓮縣秀林鄉崇德村
1260	41	2	花蓮縣秀林鄉和平村
412	13	1	花蓮縣秀林鄉秀林村
330	11	0	花蓮縣秀林鄉景美村
127	4	0	花蓮縣秀林鄉佳民村
17	1	0	花蓮縣秀林鄉銅門村
4	0	0	花蓮縣秀林鄉水源村
1	0	0	花蓮縣秀林鄉文蘭村

圖 6　106 年 7 月韓國旅客花蓮縣秀林鄉人潮分布

資料來源：中華電信（n.d.）。

表 14　平均停留夜數

中國大陸	日本	港澳	韓國
7.33	4.40	4.19	4.11

註：單位：天。

資料來源：中華民國交通部觀光局（n.d.）。

（三）港澳旅客

港澳旅客人天數小幅成長 5%，其中前往東部之旅客人天數大幅成長（旅遊 +66%／過夜 +40%），北部則有 7% 至 10% 的成長幅度，中部及南部則是下滑趨勢，顯示旅客旅遊偏好轉往東部（表 15、表 16）。其原因係香港快運航空自 105 年 12 月起開通香港—花蓮直飛航線，而根據中華民國交通部民用航空局（2017, 2018）資料揭露顯示，106 年運輸 50,157 位香港旅客自花蓮航空站入境，較 105 年運輸 7,646 位大幅成長，顯示航班直飛確實帶動香港旅客到訪花蓮（參見表 17）。

至花蓮的港澳旅客旅遊人天數成長 202 千人天，推測以「花蓮—台北」向北的旅遊動線居多，故同時帶動台北過夜人天數成長 323 千人天，但未帶動台東港澳旅客潛力商機。港澳旅客過去旅遊較集中於北部及中部地區，較少前往南部及東部，透過新航線的開闢可成功均衡各地港澳旅客，或許可以將此成功模式複製至其他國家，豐富來台旅客多元性。（參見表 18、表 19）

二、遊憩據點人潮統計分析

將台灣地理圖資劃分成向量式地理圖資，並將用戶位置紀錄資料關聯至地理空間，並選取澎湖縣 6 個具代表性的據點，統計 105 年前往澎湖縣之非澎湖縣居民人潮共計 93.3 萬人天次，又根據旅客行動裝置信令資料計算旅客平均於據點停留 1.87 天，且截至 105 年 12 月中華電信用戶數與戶籍人口數比例約 45.8%，套用第貳章公式（24）推得全年約有 108.9 萬人次前往，與澎湖縣政府按航空、輪船搭乘前往澎湖之票卷統計人次 108.2 萬誤差僅 0.7 萬人（表 20）。

表 15　港澳旅客區域旅遊人天數

年度	北	中	南	東	離島	總計
105 年	4,654	1,788	1,551	330	40	8,362
106 年	4,972	1,716	1,478	549	48	8,763
YoY	318	-71	-73	219	8	401
YoY%	7	-4	-5	66	20	5

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

表 16　港澳旅客區域過夜人天數

年度	北	中	南	東	離島	總計
105 年	3,574	1,465	1,332	345	33	6,750
106 年	3,922	1,411	1,223	484	36	7,075
YoY	348	-54	-109	139	2	325
YoY%	10	-4	-8	40	7	5

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

表 17　105 年、106 年花蓮機場國際定期航線香港旅客出入境人數

年度	入境		出境	
	飛行架次（次）	載客人數（人）	飛行架次（次）	載客人數（人）
105 年	46	7,646	45	7,302
106 年	324	50,157	324	47,013
YoY	278	42,511	279	39,711

註：數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：交通部民用航空局（n.d.）。

表 18　港澳旅客縣市旅遊人天數

年度	花蓮縣	台東縣	台北市	宜蘭縣	南投縣	屏東縣
105 年	184	146	2,931	198	448	400
106 年	386	163	3,192	230	348	325
YoY	202	17	261	31	-99	-75
YoY%	110	11	9	16	-22	-19

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

表 19　港澳旅客縣市過夜人天數

年度	花蓮縣	台東縣	台北市	宜蘭縣	南投縣	屏東縣
105 年	191	154	2,655	163	361	357
106 年	327	157	2,978	178	269	280
YoY	136	3	323	15	-92	-77
YoY%	71	2	12	9	-25	-22

註：單位：人天（千）；數字相減不等，因四捨五入造成；YoY = year-on-year。
資料來源：作者自製。

表 20　中華電信、澎湖縣政府統計之澎湖縣觀光人數

中華電信（A）	澎湖縣政府（B）	差距（C = A − B）
108.9	108.2	0.7

註：單位：萬人
資料來源：澎湖縣政府旅遊處（2017）。

三、人潮軌跡分析

將台灣地理圖資劃分成向量式地理圖資，並將用戶位置紀錄資料關聯至地理空間，擷取 107 年 6 月 6 日至內湖科學園區之人潮統計資料作為示範，以熱力圖套疊於地理圖資上，根據人流移動軌跡可推斷前往路徑及可能運具，觀察人潮通勤時段交通狀況，由圖 7 至圖 10 可清楚看出復興南路及復興北路一段人潮熱度相當顯著，應是搭乘捷運

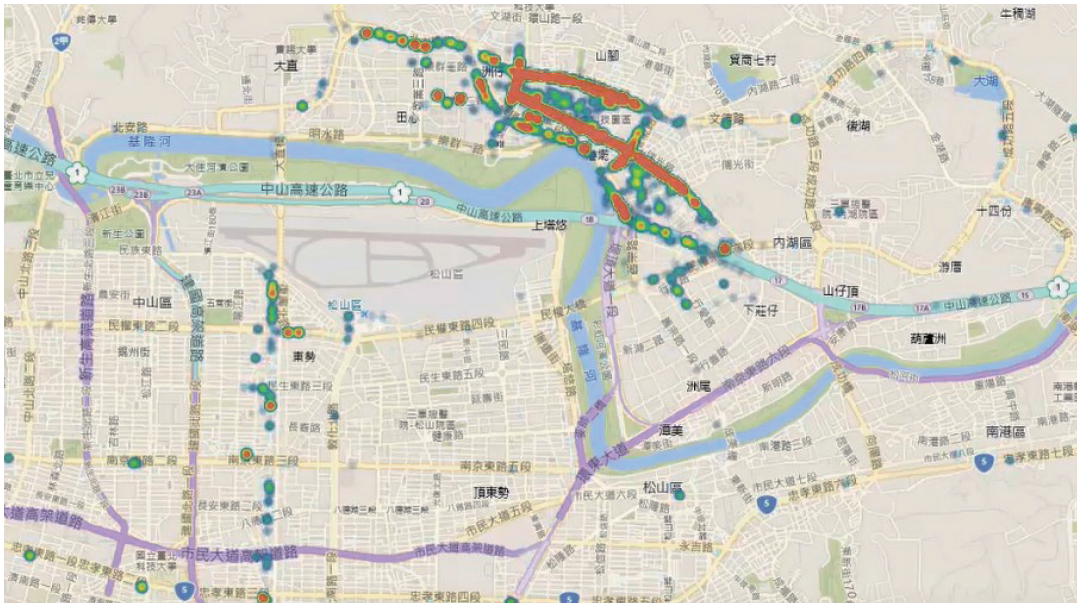

圖 7　內湖科學園區通勤人潮軌跡熱力圖 8:00 a.m.

資料來源：作者自製。

圖 8　內湖科學園區通勤人潮軌跡熱力圖 8:30 a.m.

資料來源：作者自製。

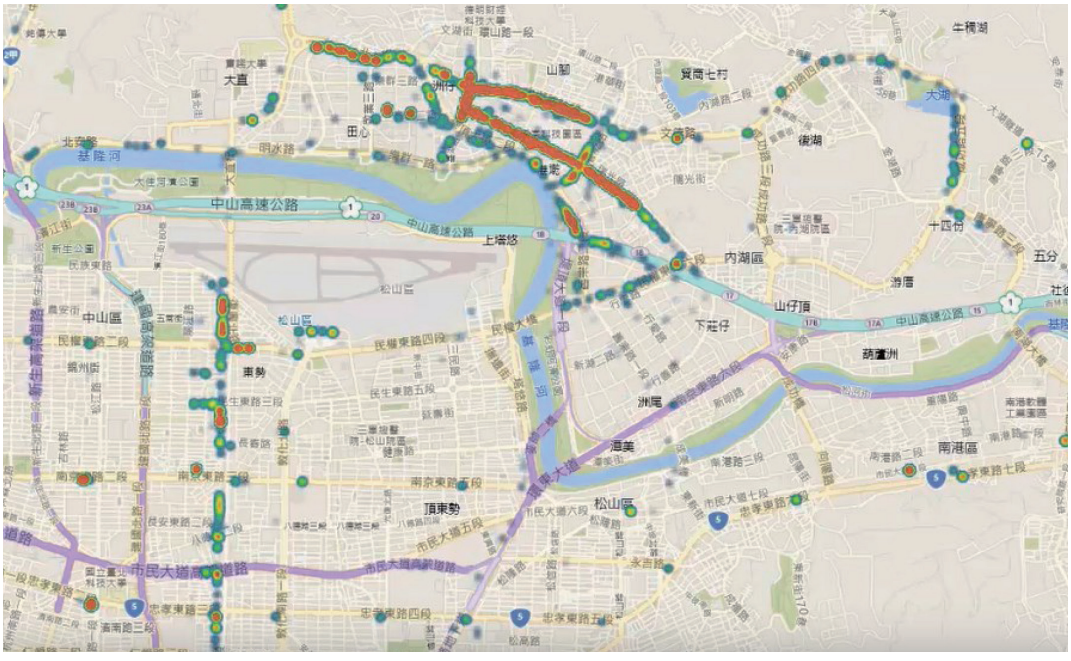

圖 9　內湖科學園區通勤人潮軌跡熱力圖 9:00 a.m.

資料來源：作者自製。

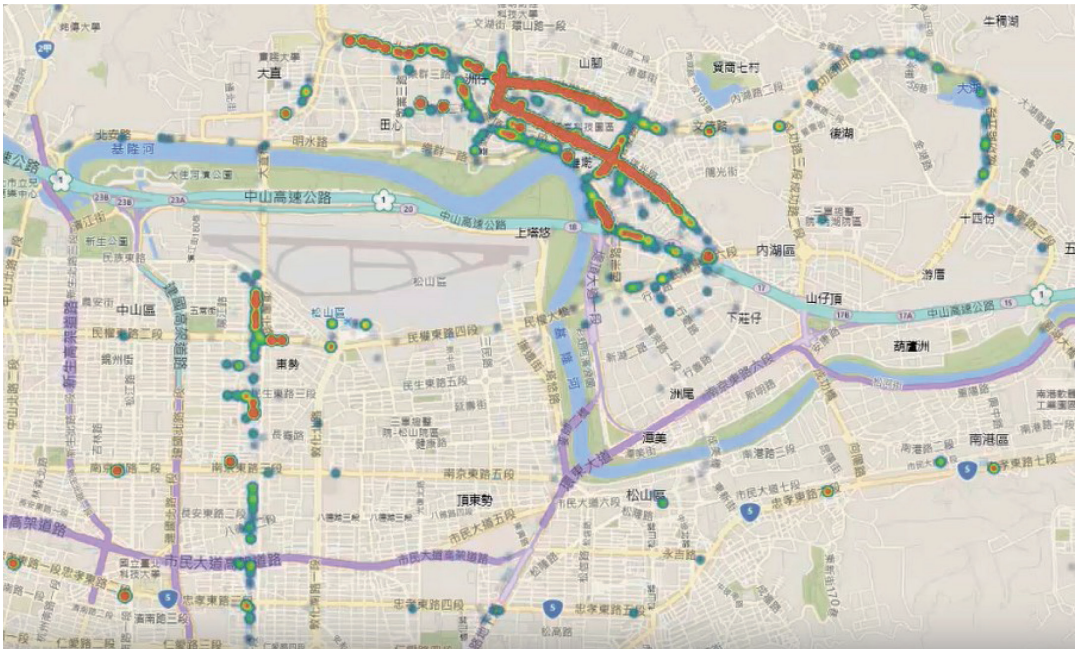

圖 10　內湖科學園區通勤人潮軌跡熱力圖 9:30 a.m.

資料來源：作者自製。

文湖線通勤之上班人潮，且其人潮一直至 9 點半才有消退跡象。透過基地台信令觀察中長程之移動路徑，掌握網格網格之間的軌跡變化，並與大眾運輸路線比對，可以推測人潮可能搭乘之運具，應用於人潮分流並優化交通疏運。

四、旅運時空分析

運用基地台信令資料之時空軌跡比對運具時空軌跡來判斷載具，並各別統計大眾運輸、私人載具 OD 矩陣，比對可檢討既有大眾運輸路線是否符合實際需求，有無增減班次需求或增設路線需求；OD 矩陣亦可針對特定路段尖峰時刻，觀察用路人之移動需求，以協助完善未來公共運輸規劃。

下方以 106 年 3 月分週末時段前往宜蘭縣之人流起迄作為範例，運用第貳章第五小節運算邏輯可得表 21，並加上圖 11 可知前往宜蘭縣的人潮多來自台北市及新北市，將人潮起點依行政區分布以熱力圖呈現，如圖 12，並整合客運乘車站點加以觀察，可檢驗乘車站點是否有優化的空間。而根據人潮前往目的地，如圖 13 所示，可檢驗接駁運具及班次密度等與人潮需求是否相近，以調整更貼近大多數人潮乘車需求。

表 21　宜蘭縣人流 OD 矩陣

迄點	起點						
	新北市	台北市	桃園市	台中市	花蓮縣	基隆市	…
宜蘭市	145,690	101,926	50,960	13,234	30,588	18,412	…
礁溪鄉	133,356	95,722	45,548	23,902	23,504	14,780	…
羅東鎮	109,934	80,048	41,628	28,276	25,918	11,392	…
頭城鎮	125,606	73,038	42,516	20,276	21,574	21,182	…
五結鄉	100,678	64,854	38,876	19,302	22,616	11,760	…
蘇澳鎮	85,616	50,450	41,280	44,966	20,982	12,342	…
冬山鄉	71,864	46,950	27,576	10,526	16,456	8,458	…
…	…	…	…	…	…	…	…

資料來源：作者自製。

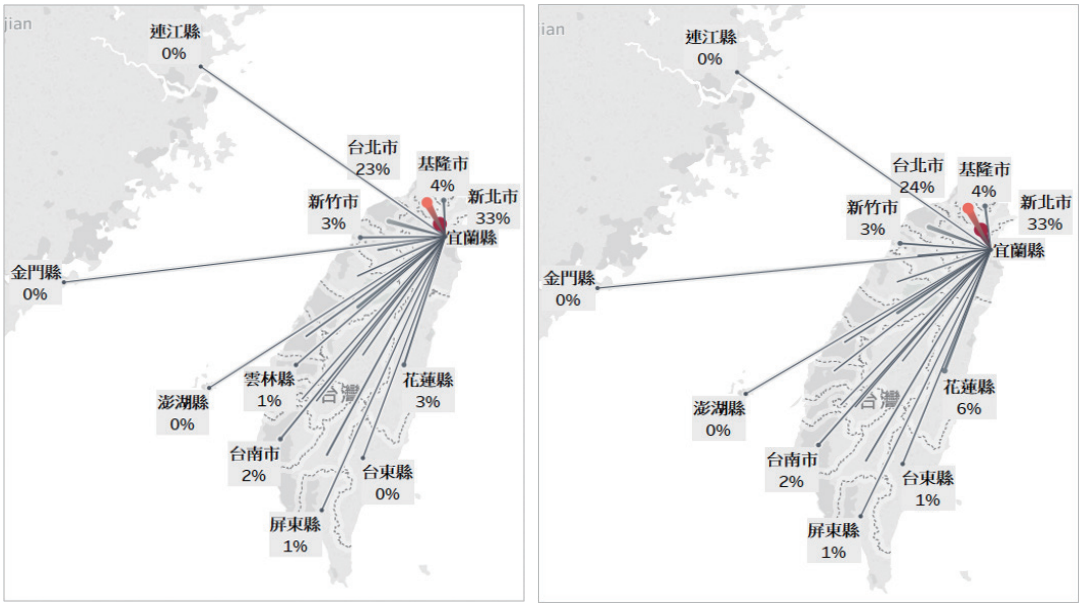

圖 11　前往宜蘭縣宜蘭市（左圖）及礁溪鄉（右圖）人流起點示意圖

資料來源：作者自製。

圖 12　雙北人潮熱度與乘車站點交叉分析圖

資料來源：作者自製。

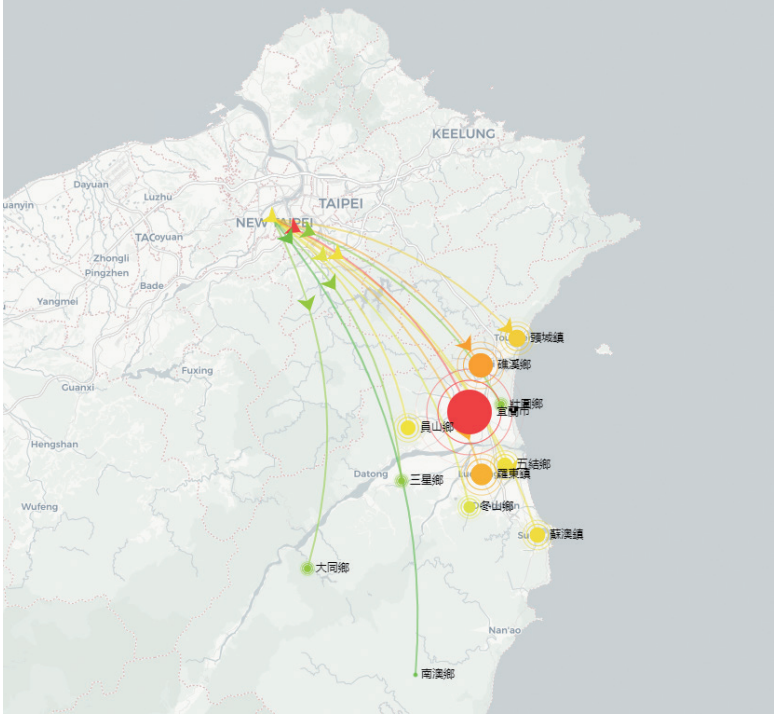

圖 13　新北市人流前往宜蘭縣迄點示意圖

資料來源：作者自製。

肆、討論

本篇研究探討行動基地台信令資料於交通及觀光領域之應用，並有以下結論：

一、高效且高精度統計大範圍遊憩據點人數：以前往澎湖縣之旅客為例進行統計，並推得 105 年前往澎湖縣之旅客約 108.9 萬，與澎湖縣政府公告之 108.2 萬落差僅 0.7 萬人。未來在遊憩據點或活動人潮方面，大範圍或多據點的統計上可更有效率且更準確評估相關成效。

二、策略規劃及旅客需求驗證：以來台旅客到訪及留宿縣市為例，香港快運航通開通香港—花蓮直飛航班，使得前往花蓮的香港旅客旅遊人天次大幅成長，顯示航線的開通確實有助提供旅客旅次連結。在行銷策略或運輸規劃方面可以更輕易驗證其是否與旅客需求相吻合。

三、掌握旅客遊憩習性、偏好及趨勢變化：以來台旅客到訪及留宿縣市分析為例，韓國旅客過去旅遊喜好集中於北部，近來有逐步往其他區域旅遊的趨勢，尤以太魯閣國家公園韓受國旅客青睞。可擴大瞭解不同族群旅客遊憩喜好，並針對各族群進行精準行銷。

四、掌握旅客乘載運具、軌跡路線：以內湖通勤人潮為例，透過基地台信令可有效觀測中長程距離之移動路徑，掌握網格與網格之間的軌跡變化，並比對大眾運輸路線，藉此分析推估旅客乘載運具，以提供更完善分流運輸規劃。

五、掌握人潮起迄熱點及公共運輸路線優化：以前往宜蘭縣之人流作為範例，透過基地台信令計算人潮起迄並整合客運乘車點，瞭解人潮乘車需求與客運乘車點缺口。可根據人潮需求改善乘車點或路線。

在未來值得更加深入探討且擴大應用的有：

一、可針對其他來台市場（如：大陸、東南亞、美加等）運用電信大數據做更進一步的深入探討，將更有助於國際行銷及觀光政策參考。

二、旅客人次即時推估統計及預測，未來或許可應用於遊憩據點或活動人次告警，並提前規劃交通分流。

三、擴大識別多種載具，提供更全面性的路網規劃參考。

四、OD 矩陣在路線規劃上扮演重要角色，傳統方法若為取得較高準度的 OD 矩陣仰賴著大量抽樣調查，以及受訪者的準確回答，現今可以透過 CVP 資料可輕易抽查大量樣本且準確判斷人潮起迄點，用以公共運輸路線優化，未來可嘗試透過動態 OD 矩陣推估路段流量並應用於即時交控及預測。

參考文獻

中華民國交通部民用航空局（2017）。中華民國 105 年 12 月民航統計月報。取自 https://www.caa.gov.tw/APFile/big5/download/ao/1485308925984.pdf

中華民國交通部民用航空局（2018）。中華民國 106 年 12 月民航統計月報。取自 https://www.caa.gov.tw/APFile/big5/download/ao/1516705531521.pdf

中華民國交通部觀光局（n.d.）。**交通部觀光局觀光統計資料庫：來台資料**〔資料庫〕。取自 https://stat.taiwan.net.tw/inboundSearch

中華民國交通部觀光局（n.d.）。來台旅客居住地分析統計。取自 https://admin.taiwan.net.tw/FileUploadCategoryListC003330.aspx?Pindex=1&CategoryID=97dbfd3b-e636-4983-a306-639772660433&appname=FileUploadCategoryListC003330

中華電信（2018）。財務資訊：每月損益。取自 https://www.cht.com.tw/zh-tw/home/cht/investors/financials/monthly-updates

中華電信（n.d.）。**中華電信人潮平台**〔資料庫〕。取自 https://crowds.hinet.net/RCTA/

中華電信 emome（2018）。網路涵蓋率查詢。取自 https://www.emome.net/internet_coverage

交通部公路總局（n.d.）。機動車輛登記數。取自 https://stat.thb.gov.tw/hb01/webMain.aspx?sys=100&funid=11100

交通部民用航空局（n.d.）。民航統計年報。取自 https://www.caa.gov.tw/Article.aspx?a=1092&lang=1

國家通訊傳播委員會（2018）。行動通信業務基地台統計數（區分縣市業者）。取自 https://www.ncc.gov.tw/chinese/opendata_item.aspx?menu_function_sn=208

澎湖縣政府旅遊處（2017）。觀光人數統計。取自 https://www.penghu.gov.tw/tourism/home.jsp?id=18&act=view&dataserno=201701090002

Bar-Gera, H. (2007). Evaluation of a cellular phone-based system for measurements of traffic speeds and travel times: A case study from Israel. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *15*(6), 380-391. doi:10.1016/j.trc.2007.06.003

Chen, C., Bian, L., & Ma, J. (2014). From traces to trajectories: How well can we guess activity locations from mobile phone traces? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *46*, 326-337. doi:10.1016/j.trc.2014.07.001

González, M. C., Hidalgo, C. A., & Barabási, A.-L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, *453*, 779-782. doi:10.1038/nature07850

Hoteit, S., Secci, S., Sobolevsky, S., Ratti, C., & Pujolle, G. (2014). Estimating human trajectories and hotspots through mobile phone data. *Computer Networks*, *64*, 296-307. doi:10.1016/j.comnet.2014.02.011

Iqbal, M. S., Choudhury, C. F., Wang, P., & González, M. C. (2014). Development of origin–Destination matrices using mobile phone call data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *40*, 63-74. doi:10.1016/j.trc.2014.01.002

Phithakkitnukoon, S., Horanont, T., Lorenzo, G. D., Shibasaki, R., & Ratti, C. (2010). Activity-aware map: Identifying human daily activity pattern using mobile phone data. In A. A. Salah, T. Gevers, N. Sebe, & A. Vinciarelli (Eds.), *Human behavior understanding* (pp. 14-25). Berlin, Germany: Springer. doi:10.1007/978-3-642-14715-9_3