

公共自行車系統營運特性大數據分析－以台北 YouBike 為例

Big Data Analysis on Public Bike Systems－Take Taipei YouBike as an Example

黃晏珊¹

鍾智林²

摘要

本研究擷取連續半年的台北市公共自行車租賃站每五分鐘即時車輛與車位資訊，針對逾 808 萬筆有效數據進行量化之營運分析，結果顯示時間特性包括(1)平日從 7 點開始有使用人潮，上下班時間為使用尖峰時段，假日使用人潮約從 9 點開始，尖峰集中於下午時段；(2)假日使用率與缺車風險高於平日；(3)早上缺車與缺位情況較晚上少。空間特性包括(1)缺車風險熱點多位於交通設施、學校、商業區、休閒娛樂場所周邊；(2)缺位風險熱點部分，以學校周邊居多，其次為商圈、休閒娛樂場所；(3)透過鄰近站點支援，可有效降低缺車或缺位風險。

關鍵字：公共自行車、自行車共享、大數據分析

Abstract

This study collected big data on Taipei's "YouBike" with a time span of 6 months for every 5 min, or a data size of 8,080,128. The findings include: temporally, (1) the number of YouBike users increased from 7:00 on weekdays, of which the peak occurred during the commuting hours; for weekends, the

¹ 淡江大學運輸科學研究所碩士

² 淡江大學運輸管理學系暨運輸科學研究所助理教授；台灣新北市 25137 淡水區英專路 151 號；Tel: 886-2-2621-5656 ext 2518; Email: cchung@mail.tku.edu.tw

number of users increased from 9:00 and reached its top in the afternoon; (2) weekends tended to have more bike users and greater risk of insufficient bikes than weekdays; (3) the morning risk of insufficient bikes and parking spaces were lower than the evening. Spatially, (1) the stations near transit facilities, schools, and commercial/recreational areas had greater risk of insufficient bikes; (2) the stations near schools and commercial/recreational areas had greater risk of insufficient parking spaces; (3) stations under the risk of insufficient bikes or parking spaces could be mitigated by incorporating the excess capacity from the stations nearby.

Keywords: Public Bike, Bike Sharing, Big Data Analysis

一、緒論

隨著經濟活動與工業發展快速成長，人類活動對自然環境破壞日漸加重，永續發展成為各國重視的目標，運輸部門開始將低污染、低耗能、可及性高又兼具運動休閒特性之綠色交通自行車公共化，作為機動車輛短程接駁替代運具，其主要概念是在都會區以免費或合理價格租賃的方式，設置多個站點提供甲租乙還服務，利用共享自行車使用權的方式移轉私人運具使用，並解決大眾運輸系統「第一哩」及「最後一哩」的銜接問題。因應這股綠色運輸的風潮，台灣各地區也陸續推動公共自行車系統，較具規模者為台北 YouBike 及高雄 Cbike 系統，其中台北的 YouBike 平均每輛車的周轉率為 12 次/日，居全球之冠。

民眾使用公共自行車大多為單程與短時租借的型態，隨著系統服務範圍與使用量擴大，甲租乙還的時段性不平衡及多變的使用需求導致自行車供需失衡情況日益明顯，許多租賃站面臨無車可租或無位可還 (Froehlich *et al*, 2009; Vogel and Mattfeld, 2011)，成為包括台北在內的各城市自行車共享系統最主要的挑戰。如何更全面且精確地掌握無車可租或無位可還的變化趨勢，將是提升服務水準的關鍵因素。以往相關研究多僅以少量歷史營運資料為基礎，如 Hampshire and Marla (2011) 以西班牙巴塞隆納和塞維利亞自行車租賃系統為對象，分別利用 34 天與 24 天之平日每小時資訊探討早晨與晚上不同的旅次目的以及旅行距離；張立蓁 (2010) 以台北 YouBike 系統 11 個站某天每小時的資訊探討自行車租賃站設置問題，未能完整蒐集較長期間 (月、季或年) 的各租賃站自行車細部分時 (如每隔 5 分鐘) 借還資訊，再據以進行較深入的供需分析，殊為可惜。有鑑於此，本研究以台北 YouBike 為對象，將自行車租賃站長期歷史分時車輛與車位資訊，建立時間與空間向度營運指標，掌握無車可租或無位可還的狀況與機率分布。

二、時間與空間模式構建

有別於一般使用者面臨無車可租與無位可還狀況時所認知的無車 (0 輛自行車)、無位 (0 個停車格)，本研究納入風險水準理念，將某租賃站可用車輛低於該站停車格 10% 視為具有缺車風險；當可用車輛高於該站停車格 90% 視為具有缺位風險，如圖 1 所示，根據風險管理概念，若結果超過不可容忍臨界值時，必須先加以預防並降低其發生頻率。換言之，租賃站營運狀態可分為無車、少車、正常、少位、無位五種，並將無車、少車的租賃站及 (或) 時段合稱缺車熱點，無位、少位合稱缺位熱點，以表 1 說明，利用 Excel 將分站、分時資訊呈現於時空圖，如圖 2 所示，縱軸 (列) 為 167 個站點的空間向度，共 167 列，橫軸 (欄) 為 24 小時每五分鐘時段的時間向度，共 288 行，每一個儲存格稱為「時空格」，代表某站於某時段的營運狀態。不同天的資料可存於不同工作表 (worksheet)

或同一工作表按列排序。

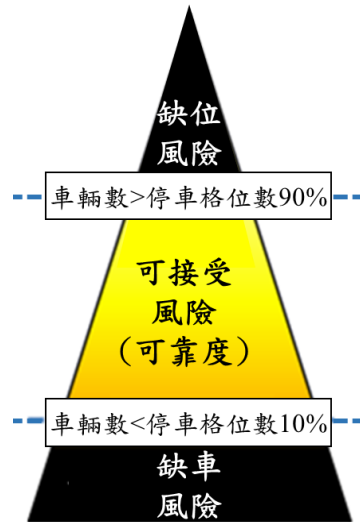
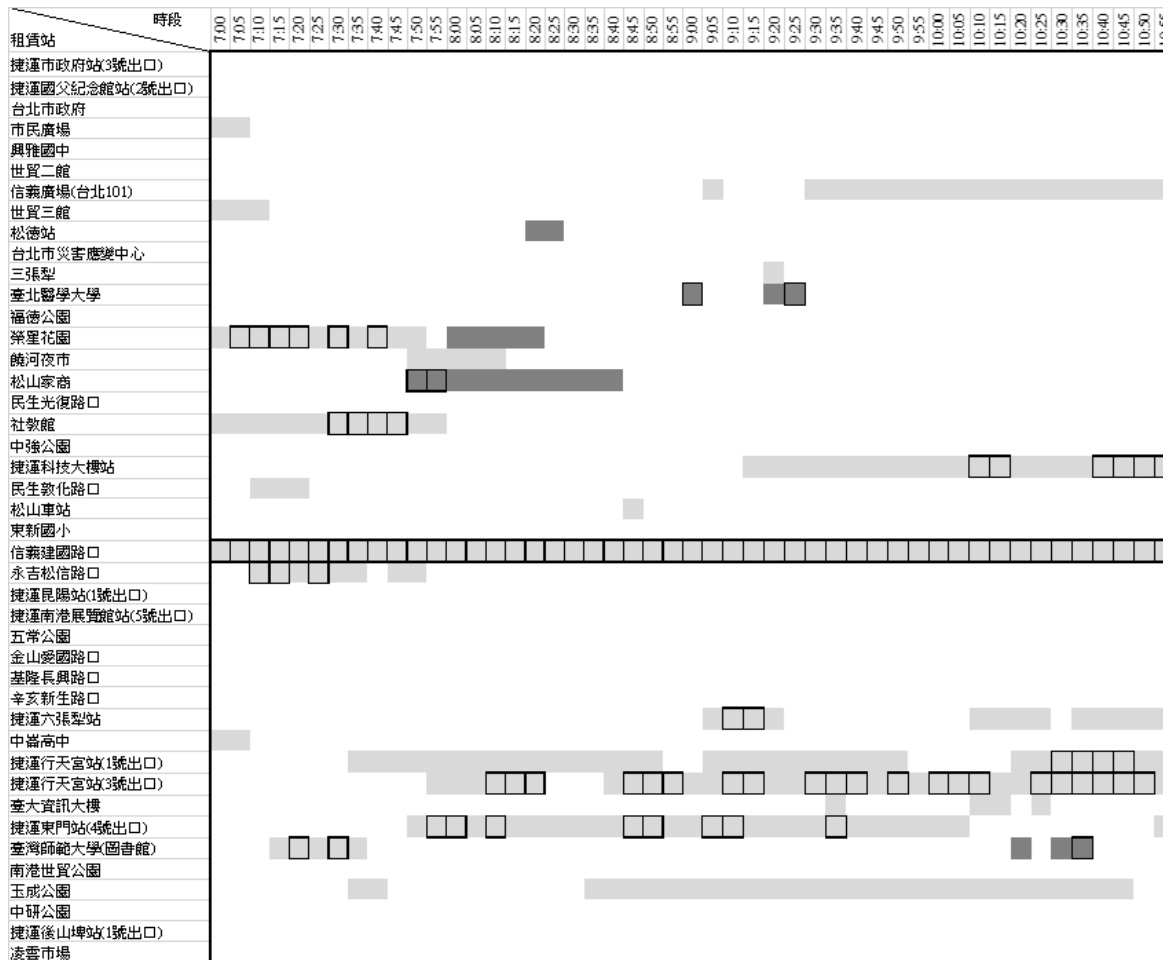


圖 1 租賃站缺車、缺位與可接受風險示意圖

表 1 營運狀態與內容描述

狀態		狀態描述
缺車 熱點	無車	該租賃站於該時段無車可租。
	少車	該租賃站於該時段可租車輛較少，若短時間內有大量使用者欲租車，則有車輛不足的可能。少車門檻可取絕對數（如可取車輛數 < 5）或比例（如可租車輛數 < 該站總車位的 10%）。
	正常	該租賃站於該時段可租車輛與可停車位數適中。
缺位 熱點	少位	該租賃站於該時段可停車位較少，若短時間內有大量使用者欲還車，則有車位不足的可能。少位門檻可取絕對數（如空車位 < 5）或比例（如空車位 < 該站停車位的 10%，或可租車輛數 > 該站停車位的 90%）。
	無位	該租賃站於該時段無空車位可還。



圖例 無車 少車 正常 少位 無位

圖 2 時空分析示意圖

本研究參酌相關研究 (Kaltenbrunner *et al*, 2010; O'Brien *et al*, 2014; 鍾智林與簡佑勳, 2014), 提出以下營運指標, 各指標值介於 0 與 1。

(1) 系統缺車風險指標 B

$$B = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{d=1}^k b_{ijd}}{mnk}; b_{ijd} = \begin{cases} 1, & \text{若 } a_{ijd} < xp_i \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中 m 為每日時段總數、 n 為租賃站總數、 k 為總天數、 b_{ijd} 為租賃站 i 於第 d 天之時段 j 之二元狀態 (達缺車風險門檻則為 1, 未達門檻為 0)、 a_{ijd} 為租賃站 i 於第 d 天之時段 j 可租的自行車數量、 x 為缺車門檻 (本研究設 10%)、 p_i 為租賃站 i 配置之停車位數。本指標依時空變數計算如下：

$$1.1 \text{ 空間別缺車風險指標 } B_i = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{d=1}^k b_{ijd}}{mk}$$

$$1.2 \text{ 時間別缺車風險指標 } B_j = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{d=1}^k b_{ijd}}{nk}$$

$$1.3 \text{ 時空別缺車風險指標 } B_{ij} = \frac{\sum_{d=1}^k b_{ijd}}{k}$$

(2) 系統缺位風險指標 S

$$S = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{d=1}^k s_{ijd}}{mnk}; s_{ijd} = \begin{cases} 1, & \text{若 } a_{ijd} > yp_i \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中 s_{ijd} 為租賃站 i 於第 d 天之時段 j 的二元狀態（達缺位風險門檻則為 1，未達門檻為 0）、 y 為缺位門檻（本研究設 90%）。本指標依時空變數計算如下：

$$2.1 \text{ 空間別缺位風險指標 } S_i = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{d=1}^k s_{ijd}}{mk}$$

$$2.2 \text{ 時間別缺位風險指標 } S_j = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{d=1}^k s_{ijd}}{nk}$$

$$2.3 \text{ 時空別缺位風險指標 } S_{ij} = \frac{\sum_{d=1}^k s_{ijd}}{k}$$

(3) 系統可靠度（正常營運）指標 G

$$G = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{d=1}^k g_{ijd}}{mnk} = 1 - (B + S); g_{ijd} = \begin{cases} 1, & \text{若 } xp_i \leq a_{ijd} \leq yp_i \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中 g_{ijd} 為租賃站 i 於第 d 天之時段 j 的二元狀態（未達缺車或缺位風險門檻則為 1、其餘為 0），而 $(B+S)$ 可視為風險管理概念中的脆弱度。本指標依時空變數計算如下：

$$3.1 \text{ 空間別可靠度指標 } G_i = 1 - (B_i + S_i)$$

$$3.2 \text{ 時間別可靠度指標 } G_j = 1 - (B_j + S_j)$$

$$3.3 \text{ 時空別可靠度指標 } G_{ij} = 1 - (B_{ij} + S_{ij})$$

三、個案研究

本研究以台北市 YouBike 2014 年 10 月 1 日營運中的 167 站為起始範疇，截至 2015 年 3 月 31 日，透過台北市開放介接之 YouBike 資料庫，蒐集各站連續半年的每 5 分鐘即時可借車輛數與可停空位數，扣除掉資料不完整的天數，計有 8,080,128 筆（168 天×24 小時/天×12 個五分鐘/小時×167 站）有效數據。將各租賃站配置之停車格數由小至大排序，可借車輛數若介於停車格位數的 10% 及 90% 之間，則為正常狀態，缺車與缺位風險如圖 3 所示。研究期間內的可靠度指標為 0.73，缺車風險指標為 0.26，缺位風險指標僅 0.01；平日 114 天與假日 54 天相較，假日的缺車風險較高，導致系統可靠度較低，如表 2 所示，與鍾智林與簡佑勳（2014）研究結果相仿。平日與假日缺位風險指標均極小，主因係 YouBike 營運業者在調度作業上會優先處理缺位問題，再處理缺車問題。

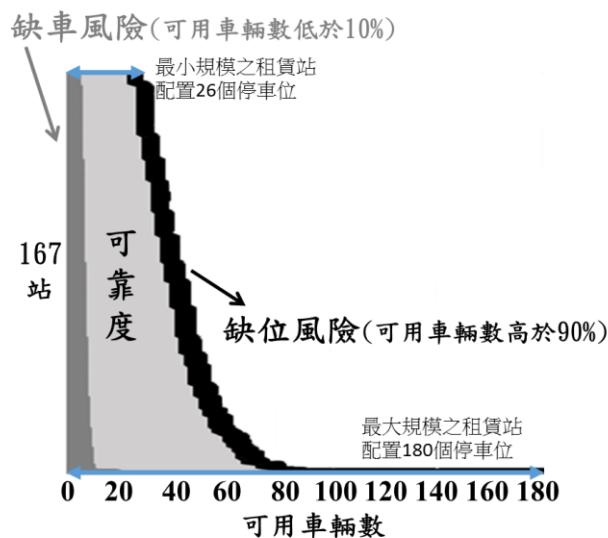


圖 3 YouBike 各站停車位配置規模與缺車缺位風險示意

表 2 營運狀態個數統計

	缺車狀態個數 (風險指標 B)	正常營運個數 (可靠度指標 G)	缺位狀態個數 (風險指標 S)	總和
每日	2,084,721(0.26)	5,921,715(0.73)	73,692(0.01)	8,080,128
平日	1,369,982(0.25)	4,065,438(0.74)	47,524(0.01)	5,482,944
假日	714,739(0.28)	1,856,277(0.71)	26,168(0.01)	2,597,184

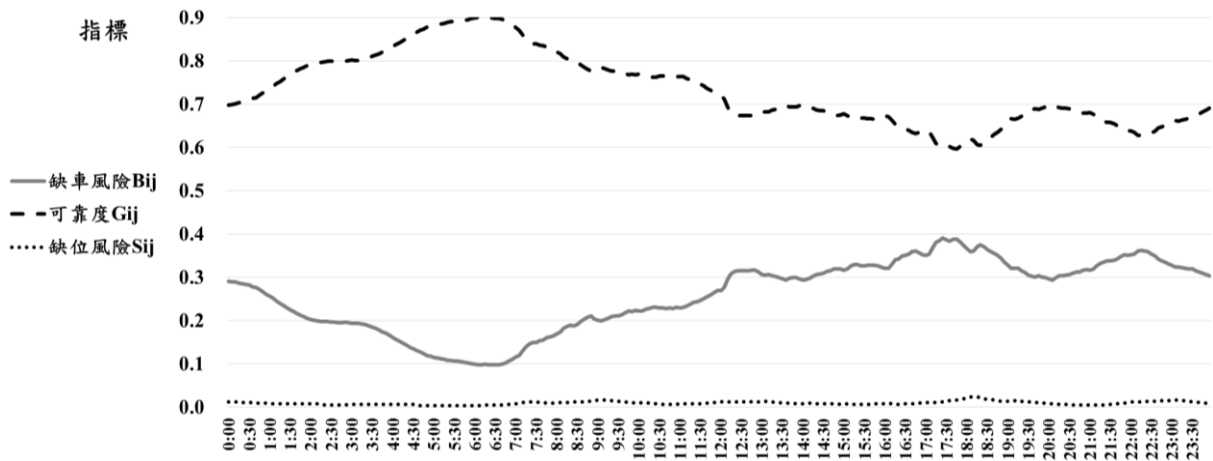
以 168 天的全日各時段來看，如圖 4 所示，可發現 6:00 至 6:30 之間缺車指標最低、可靠度指標最高，應是營運單位在此時段預先調度車輛至最佳狀態。缺

基於美好生活的交通綜合治理

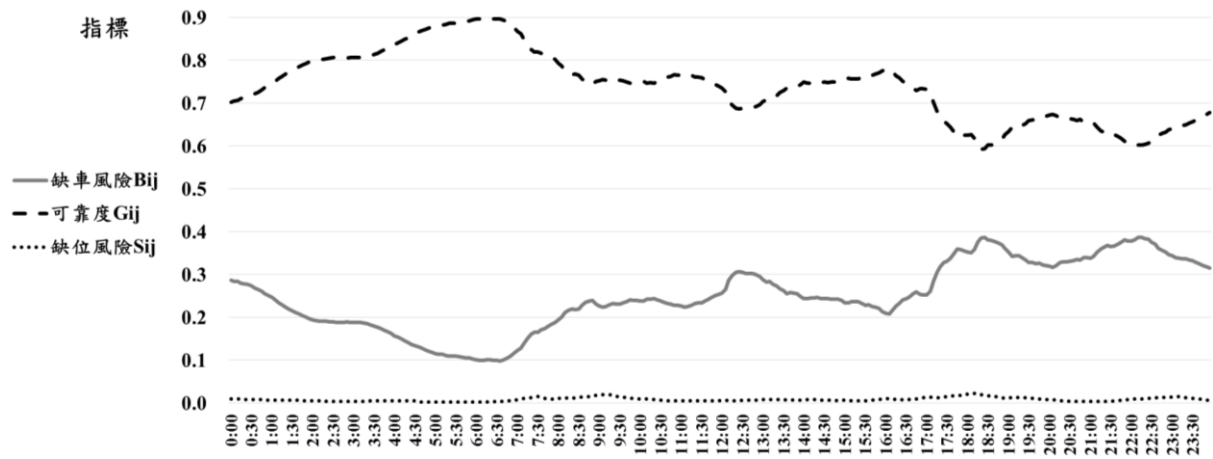
車自 7:00 逐漸增加，17:30 至 18:00 達高峰，之後略為下降，至 22:00 又出現次尖峰。若以平、假日來看，平日波動趨勢大致與整體趨勢雷同，唯缺車指標起伏較大，其中 12 點至 13 點出現次尖峰，推測係平日午休時間部分上班族會使用 YouBike，之後缺車風險下降，直到 17:00 至 19:00 間的下班時間而再次增加，符合 Kaltenbrunner *et al* (2010) 及 Hampshire and Marla (2011) 所提的通勤模式；假日從 7:00 開始缺車指標逐漸增加，增幅較平日明顯，15:00 至 17:30 間缺車指標甚至超過可靠度指標，顯示使用人數在此時段激增，18:00 過後開始下降，可能是因為假日出遊人數眾多，尤其下午時段，且多半於晚餐時間前結束戶外活動，與 Borgnat *et al* (2011) 的研究相符。進一步以 168 天的各時空格來看，如圖 5 所示，可呼應圖 4 所呈現缺車風險較缺位風險高的狀況。

就空間面而言，表 3 羅列 168 天統計所得的十大缺車與缺位風險熱點，缺車多位於交通設施、學校、商業區、休閒娛樂場所周邊的租賃站，與相關研究相符 (Hampshire and Marla, 2011；鍾智林與簡佑勳，2014)， B_i 指標皆高於 0.42，排名第一的信義廣場/台北 101 更高達 0.54，顯示該站超過一半的時間處於缺車狀況；缺位風險熱點則以學校周邊居多，其次為商圈、休閒娛樂場所， S_i 指標僅 0.02 至 0.04，並以台大周邊站點最嚴重，可能因上下課時段密集，大量學生使用自行車來回學校與宿舍而造成站點缺位。此外，風險熱點可納入鄰近站點支援的概念，亦即租賃站 i 於第 d 天之時段 j 若呈現缺車狀態，當下鄰近 500 公尺範圍內的正常營運或缺位站點可視為支援站點；反之，租賃站缺位時，鄰近正常營運或缺車狀態之站點可支援。由表 3 可知，十大風險熱點鄰近處可支援的站點數目不盡相同，部分熱點租賃站 500 公尺內甚至無任何可支援站點。以信義廣場/台北 101 站為例，54% 的時段呈現缺車狀態（亦即缺車風險指標為 0.54），但其中 51.9% 的時段周邊租賃站為正常或缺位狀態，若支援機制能充分發揮，缺車風險指標可降至 0.26 ($= 0.54 \times 48.1\%$)。

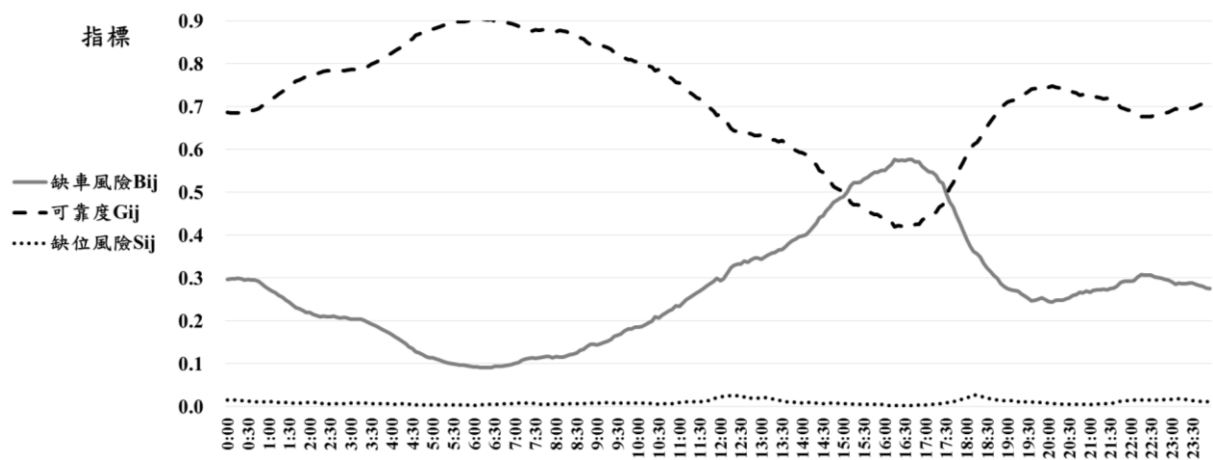
基於美好生活的交通綜合治理



(a) 168 天

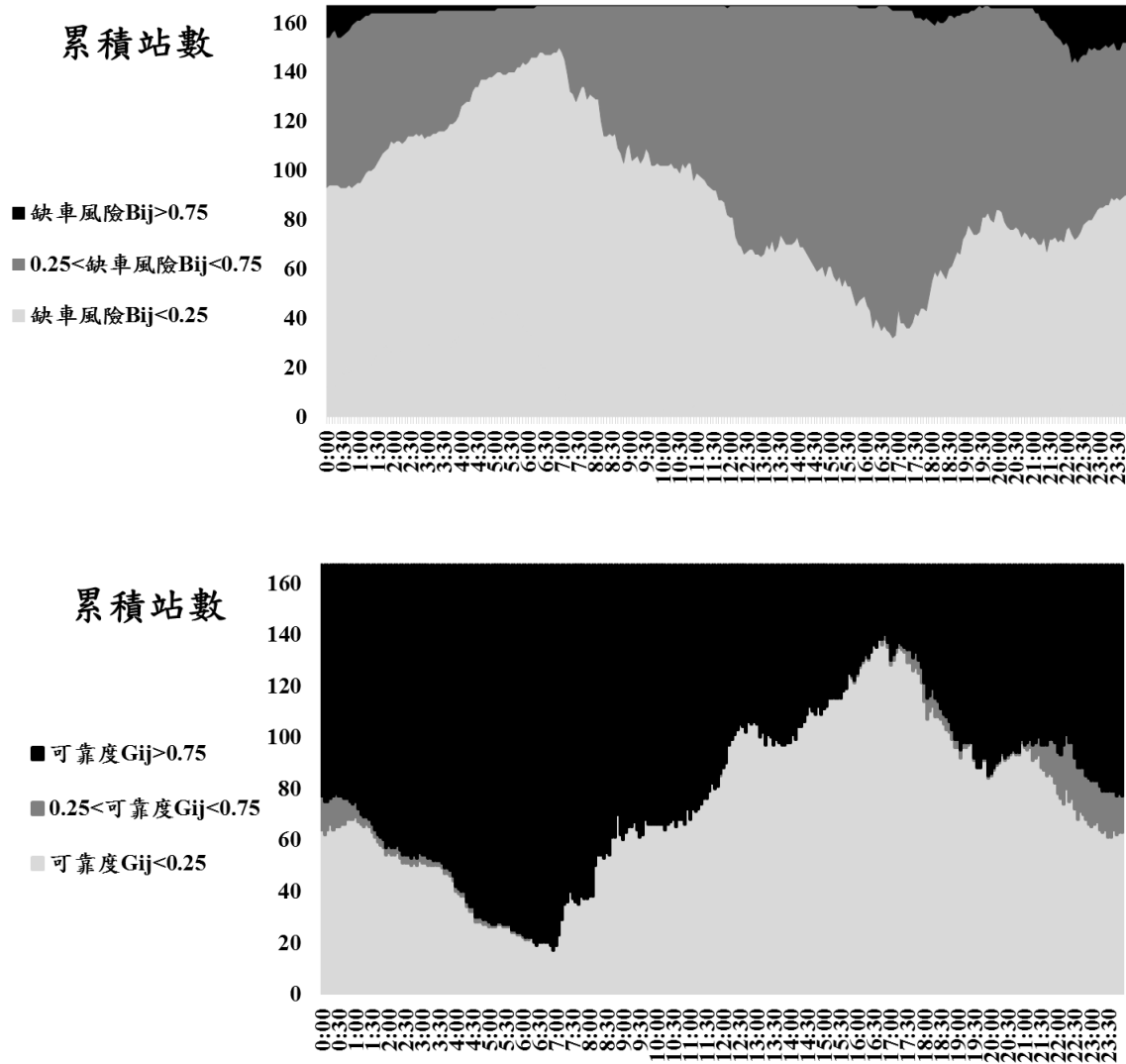


(b) 平日



(c) 假日

圖 4 全日各時段營運狀態趨勢



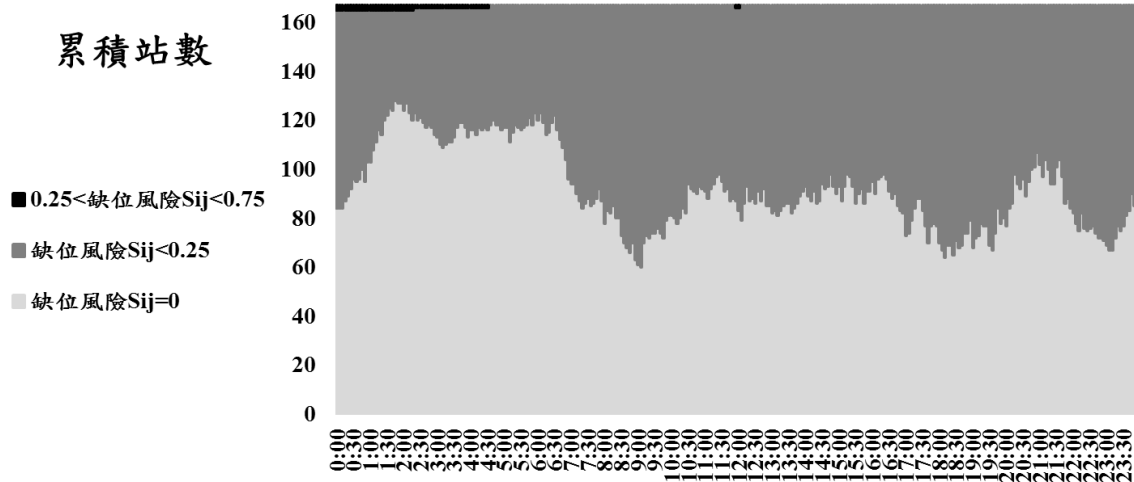


圖 5 每日缺車風險、可靠度、缺位風險累積分布

表 3 十大風險熱點及鄰近站點支援率

租賃站(風險指標)		500 公尺內可支援站點	距離(m)	支援率	累計	支援後風險
十大 缺車 熱點	信義廣場/台北 101(0.54)	世貿二館	170	20.0%	20.0%	0.43
		世貿三館	291	25.0%	29.4%	0.38
		捷運台北 101/世貿站	398	21.9%	37.8%	0.34
		台北市災害應變中心	441	38.4%	50.1%	0.27
		市民廣場	445	31.4%	51.1%	0.26
		興雅國中	466	23.5%	51.5%	0.26
		台北市政府	478	27.2%	51.9%	0.26
	新生和平路口(0.49)	辛亥新生路口	386	30.7%	30.7%	0.34
		台北市立圖書館總館	387	35.3%	42.8%	0.28
	捷運大安站(0.47)	X	X	X	X	0.47
	信義建國路口(0.46)	捷運大安森林公園站	232	18.4%	18.4%	0.38
		台北市立圖書館總館	418	33.6%	37.5%	0.29
	捷運台北 101/世貿站(0.45)	世貿三館	320	23.8%	23.8%	0.34
		市民廣場	335	28.6%	31.8%	0.31
		信義廣場/台北 101	398	13.1%	33.0%	0.30
		世貿二館	448	21.1%	34.0%	0.30
		三張犁	458	31.4%	41.2%	0.26
		基隆光復路口	466	32.7%	43.8%	0.25
		仁愛逸仙路口	499	23.6%	43.9%	0.25
	民生敦化路口(0.45)	X	X	X	X	0.45
仁愛醫院(0.44)	捷運忠孝復興站 2 號出口	338	20.2%	20.2%	0.35	
	龍門廣場	424	19.2%	25.1%	0.33	
世貿二館(0.44)	信義廣場/台北 101	170	9.6%	9.6%	0.40	
	世貿三館	203	14.6%	18.9%	0.36	
	台北市政府	310	15.7%	25.3%	0.33	
	興雅國中	352	11.0%	27.4%	0.32	
	市民廣場	358	20.4%	31.5%	0.30	
	捷運台北 101/世貿站	448	19.4%	35.4%	0.28	
捷運芝山站 2 號出口(0.44)	X	X	X	X	0.44	
中崙高中(0.42)	X	X	X	X	0.42	
台大資訊大樓(0.04)	基隆長興路口	486	23.9%	23.9%	0.03	
捷運公館站 2 號出口(0.04)	羅斯福新生南路口	186	2.7%	2.7%	0.04	
羅斯福新生南路口(0.03)	捷運公館站 2 號出口	186	2.3%	2.3%	0.03	
基隆長興路口(0.03)	台大資訊大樓	486	20.0%	20.0%	0.02	

基於美好生活的交通綜合治理

熱點	龍門廣場(0.03)	仁愛醫院	424	2.7%	2.7%	0.03
	永樂市場(0.03)	捷運忠孝復興站 2 號出口	481	2.5%	2.7%	0.03
		X	X	X	X	0.03
	捷運台大醫院 4 號出口(0.03)	X	X	X	X	0.03
		信義廣場/台北 101	170	2.4%	2.5%	0.03
	世貿二館(0.03)	世貿三館	203	2.4%	2.5%	0.03
		台北市政府	310	2.3%	2.5%	0.03
		興雅國中	352	2.2%	2.5%	0.03
		市民廣場	358	2.4%	2.5%	0.03
		捷運台北 101/世貿站	448	2.4%	2.5%	0.03
台灣師範大學圖書館(0.02)	X	X	X	X	0.02	
東園國小(0.02)	華江高中	450	2.1%	2.1%	0.02	

四、結語

本研究以台北市 YouBike 公共自行車系統為對象，蒐集連續半年的租賃站可用車輛數據，以時間與空間向度探討缺車風險、可靠度與缺位風險，雖然以 YouBike 為利，但所建立的時空模型可適用於所有類似的公共自行車系統。未來尚可利用同一資料，針對 YouBike 平均等待時間、系統缺車與缺位波動情況、使用率、租賃站規模與區位等特性進行研究，同時建議主管機關開放 YouBike 使用者起訖租賃站點及使用時間等數據，俾利更深入的探討。

參考文獻

1. 張立蓁 (2010)，都會區公共自行車租借系統之設計與營運方式研究，成功大學工業與資訊管理學系研究所碩士論文。
2. 鍾智林、簡佑勳 (2014)，公共自行車時空分析法之構建與營運策略改善—以台北微笑自行車為例，*都市交通* 29(1)，頁 1-10。
3. Borgnat, P., Robardet, C., Rouquier, J. B., Abry, P., Flandrin, P., Fleury, E. (2011) Shared bicycles in a city: a signal processing and data analysis perspective, *Advances in Complex Systems* 14(3), pp. 415–438.

4. Froehlich, J., Neumann, J., Oliver, N. (2009) *Sensing and predicting the pulse of the city through shared bicycling*, 21st International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-09), Pasadena, California, USA.
5. Hampshire, R. C., Marla, L. (2012) *An Analysis of Bike Sharing Usage: Explaining Trip Generation and Attraction from Observed Demand*, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, USA.
6. Kaltenbrunner, A., Meza, R., Grivolla, J., Codina, J., Banchs, R. (2010) Urban cycles and mobility patterns: exploring and predicting trends in a bicycle-based public transport system, *Pervasive and Mobile Computing*, 6 (4), pp. 455–466
7. O'Brien, O., Cheshire, J., Batty, M. (2014) Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems, *Journal of Transport Geography* 34, pp.262–273.
8. Vogel, P., Mattfeld, D. (2011) Strategic and Operational Planning of Bike-Sharing Systems by Data Mining - A Case Study, Lecture Notes in *Computer Science* 6971, pp.127–141.