

都市自行車道網絡設計

文・圖／林楨家

自行車被認為是對環境友善且對健康有益的運輸工具，近幾年在都市運輸系統中的角色逐漸受重視，越來越多都市將自行車相關設施作為發展重點之一，騎乘自行車人口也日趨增加。以臺北市為例，目前建置超過136公里長度的自行車道，以及超過130個租賃站與5,000輛車的公共自行車系統，民眾日常使用運具之自行車分配比例從2010年4.4%上升到2013年5.2%。

雖然如此，但多數都市並未提供使用者適當的使用環境，主要原因之一是多數都市運輸系統發展歷程係以機動運具（汽車、機車、大眾運輸等）為主考量，在滿足機動運具需要後，才將剩餘空間分配給非機動運具（步行、自行車）。因此，自行車經常需要跟速度差異大的機動運具或行人共同使用路權空間，形成安全顧慮，也影響使用意願。為提供自行車路權空間，越來越多都市在既有的空間紋理架構中建置自行車道，常見型式如圖1所示的專用道路、專用道與共用道等。目前務實的作法是對個別路段評估其幾何條件的適宜性和交通流量的衝突性，在適宜性高且衝突性低的路段建置，此種作法忽略路段間的連續性

與整體網絡的服務性。因此，目前實務上欠缺進行自行車道網絡整體空間布局的規劃工具。

另一方面，在運輸領域的作業研究問題中，有一種「網絡設計問題（network design problem, NDP）」，這種問題是在多重的限制條件下（例如預算限制），尋找最符合規劃目標（例如成本最小化）的網絡布局或改善方案。自1960年代末期開始，文獻中陸續出現對不同運輸系統的NDP研究，包括市區道路、城際公路、都市大眾運輸、物流、鐵路、空運、海運、能源輸配、通訊等系統；但是，像自行車這種非機動運具，在過去的NDP研究中則被忽略。

進程

上述學術研究與實務應用缺口，促成學術界對「自行車道網絡設計問題（Bikeway NDP, BNDP）」的注意與探索，目前可見的學術文獻，一隻手即能數盡。國立臺灣海洋大學運輸科學系林振榮博士團隊，在2011年與2013年分別發表的兩篇文章中，提出一個公共自行車租賃站



專用道路 (bike path)



專用道 (bike lane)



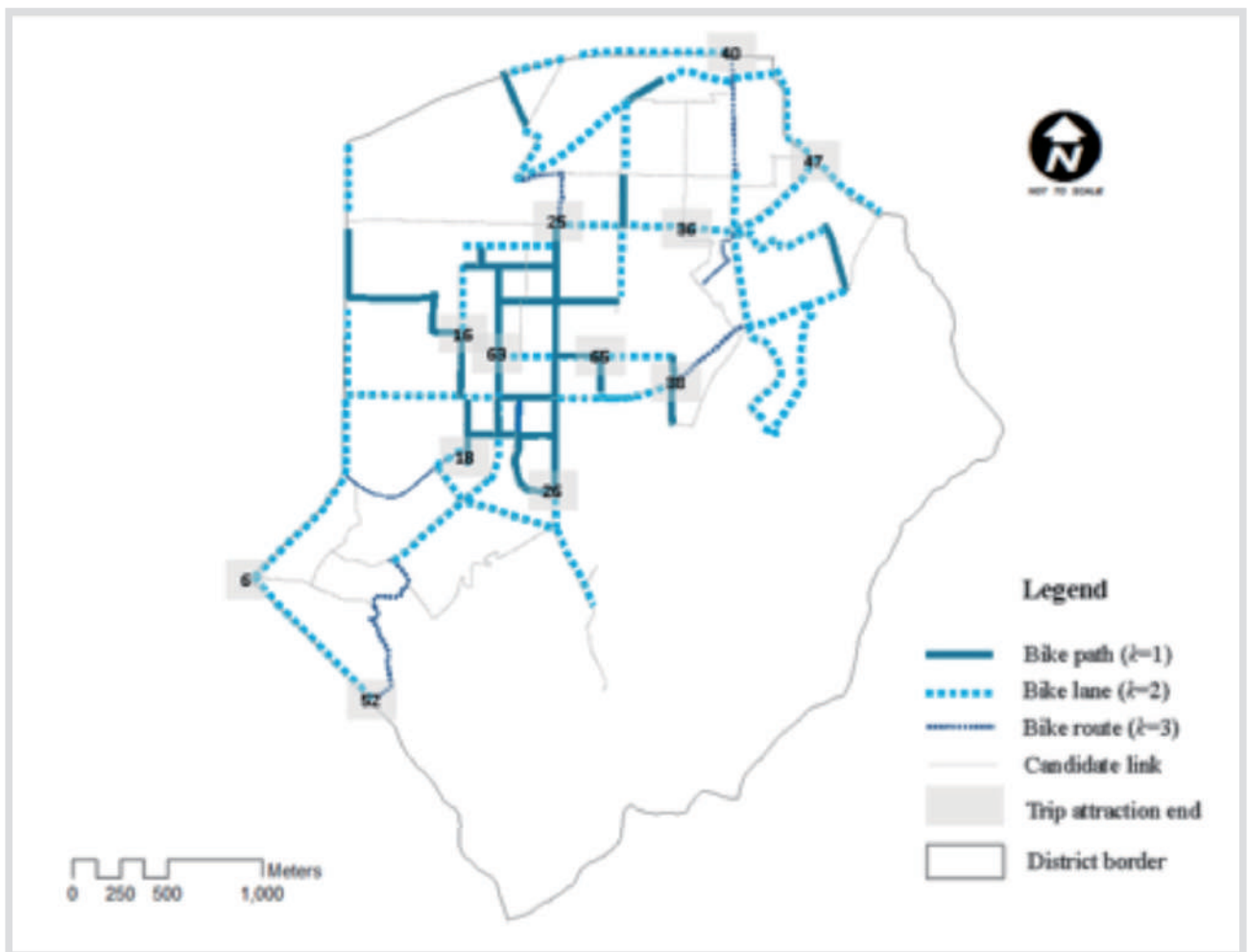
共用道 (bike route)

圖1：常見自行車道型式（資料來源：游佳蓉攝影）

的空間配置問題，這個問題的目的在決定租賃站的位置以及旅次端點、大眾運輸場站、租賃站之間的自行車道連接策略，所謂連接策略是指兩端點間是否連接，尚未具體到在實際道路系統中的空間布局。雖然林博士團隊的研究重點不是在BNDP上，但他們試圖去整合租賃站位置跟自行車道連接策略間的空間規劃，是相當重要的貢獻^[3,4]。澳洲Queensland大學土木系Mahmoud Mesbah博士團隊，在2012年發表的文章中，提出一個二階規劃問題，上階問題以自行車道長度最長與汽車旅行時間最短為目標，考量預算、自行車道種類以及路網連接等限制，決定自行車道網絡；下

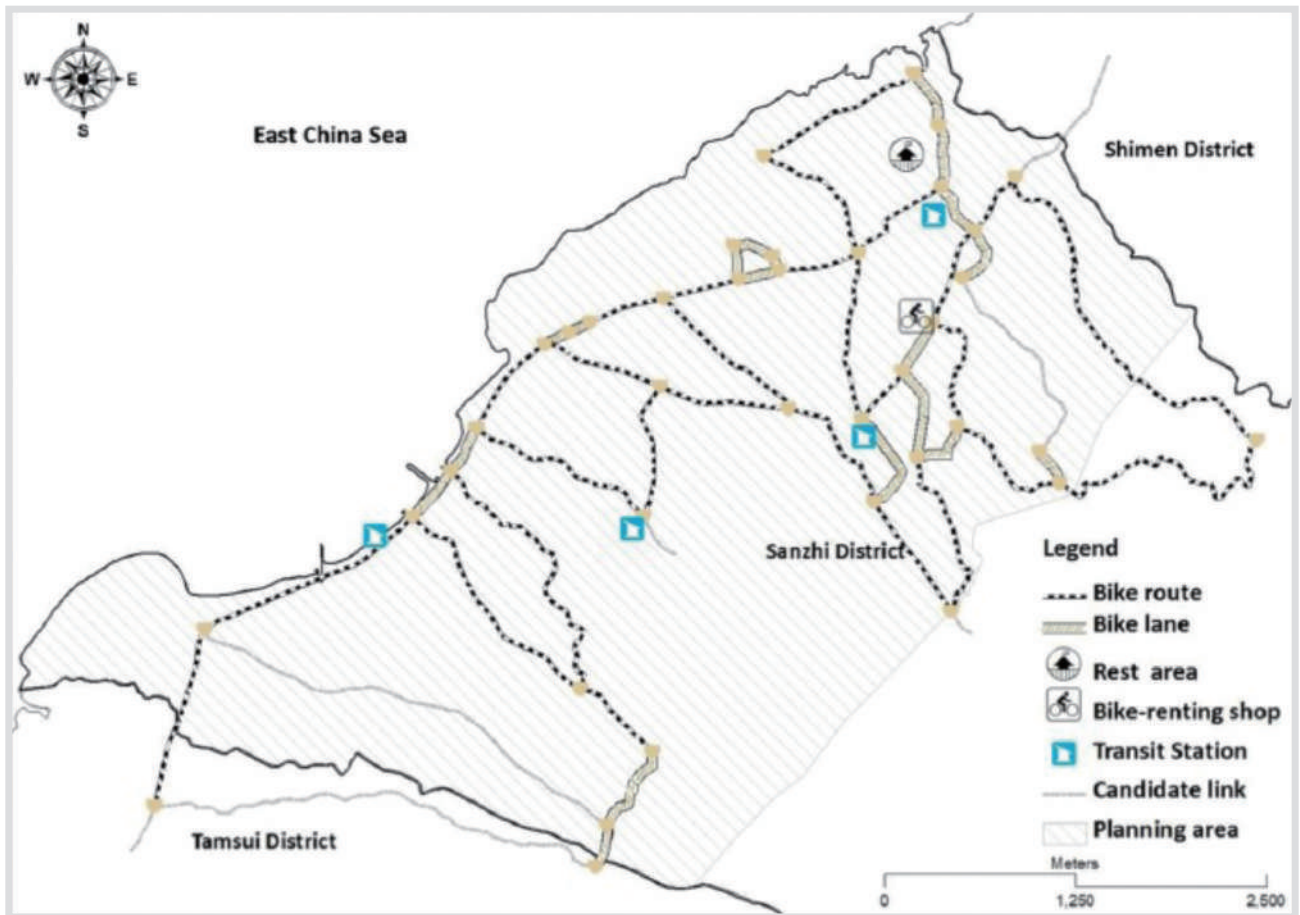
階問題以兩個使用者均衡模式模擬汽車與自行車旅運行為。這個二階規劃問題雖然只以假想簡例作測試，其重要的貢獻在處理自行車的旅運行為^[5]。

個人研究室則在2013年與2014年發表的兩篇文章中，分別提出運輸型與遊憩型兩種BNDP問題。運輸型BNDP係針對都市日常旅運目的（如通勤、通學、購物）需要而設計，決策內容為某路段是否設置某種自行車道，規劃目標包括：提升自行車使用者安全性、提高自行車道環境舒適度、提升自行車道服務性、降低對既有道路之交通衝擊，考量設置種類、成本、路網連續性等限



資料來源：Lin and Yu (2013)

圖2：運輸型BNDP實例分析結果方案二



資料來源：Lin and Liao (2014)

圖3：遊憩型BNBP實例分析結果方案二

制，並藉由臺北市信義區的實例分析，檢驗模式的適當性與實用性，圖2是分析結果的一個範例^[2]。遊憩型BNBP係針對市郊風景區的遊憩目的需要而設計，決策內容為某路段是否設置某種自行車道，以及服務站設置區位，規劃目標包括：提升自行車道服務遊客數、提升服務站服務遊客數、提升自行車使用者安全性、提升自行車道適宜性，考量路網連續性、成本、設置種類、服務站與自行車道關係等限制，並藉由北海岸及觀音山國家風景區的實例分析，檢驗模式的適當性與實用性，圖3是分析結果的一個範例^[1]。兩個模式都設計為多目標0-1規劃問題，分別採用one-stage

與 ϵ -constraint兩種演算法求解非劣解集。

相對於其他兩個團隊，個人研究的特殊性如下：一是模式設計為多目標規劃問題，如此可處理不同重要關係人之間相異且經常相互衝突的追求目標，例如自行車使用者期望有越多自行車道以提高安全性，但其他用路人則期望越少的自行車道以降低交通衝擊。二是參數採用以上下界定義的灰數，這樣可以處理都市規劃階段經常面臨的資訊不明確問題，例如某個路段的交通流量，經常隨時間或日期而改變。三是採取對重要關係人訪談的作法，來釐清模式構想與架構，並據以設計模式，使問題更接近實際需要。最後，在現

有BNDP相關文獻中，我們的成果是目前僅有的實例分析成果。

展望

關於BNDP的未來研究，可能在以下兩個方向：一是因應其他使用目的而發展的新問題，例如長途多日的自行車旅行，除自行車道外，還需

要決定休息與過夜地點區位，以及考慮時間特性。二是自行車使用行為的研究，相對於其他運具，過去文獻在自行車使用行為上所累積的知識尚不完整，更完整清楚的使用行為知識，有助BNDP列式設計的合理性。（本專題策畫／物理學系陳政維教授&化工系陳文章教授&法律學系葛克昌教授）

參考書目

- [1] Lin, J. J. and Liao, R. Y. (2014), "Bikeway network design model for recreational bicycling in scenic areas," *Networks and Spatial Economics*, Published online: 28 May 2014, DOI: 101007/s11067-014-9245-7.
- [2] Lin, J. J. and Yu, C. J. (2013), "A bikeway network design model for urban areas," *Transportation*, 40(1): 45-68.
- [3] Lin, J. R. and Yang, T. H. (2011), "Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints," *Transportation Research Part E*, 47(2): 284-294.
- [4] Lin, J. R., Yang, T. A. and Chang, Y. C. (2013), "A hub location inventory model for bicycle sharing system design: Formulation and solution," *Computers & Industrial Engineering*, 65(1): 77-86.
- [5] Mesbah, M., Thompson, R., and Moridpour, S. (2012), Bilevel optimization approach to design of network of bike lanes, *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, 2284: 21-28.



林楨家小檔案

國立成功大學都市計劃學系學士，國立交通大學交通運輸研究所碩士與博士，美國加州大學柏克萊分校運輸研究所訪問學者。曾任職臺灣省政府住宅及都市發展局、交通部運輸研究所、長榮大學、國立臺北大學，現為國立臺灣大學地理環境資源學系教授，兼任內政部區域計畫委員。主要研究領域為：土地使用與交通運輸、都市與區域規劃、運輸地理學。