

捷運系統旅客轉乘路徑調查分析案 定案報告

受委託單位：財團法人中興工程顧問社

研究主持人：林蓁

協同主持人：張恩輔

臺北大眾捷運股份有限公司委託

中華民國一〇三年三月

摘 要

由於臺北捷運系統之服務路網已趨成形，各路線轉乘交會的車站亦增加，因此，旅客利用捷運系統抵達目的地之搭乘路徑亦相對增加。然因旅客個體行為之選擇效用不同，即使起迄站相同，所選擇之搭乘路徑未必相同，如轉乘距離、轉乘次數、轉乘候車時間及站內步行距離等，皆可能為旅客選擇路徑時的考慮因素。過去，由於營運單位無法掌握或預測旅客之搭乘路徑，不但無法評估系統內與人潮有關的服務水準，亦無法評估因應大型活動或路網變更所制定的列車服務計畫是否合宜。因此，本計畫透過捷運系統內旅客路徑選擇行為與影響因素之調查，構建旅客轉乘路徑選擇行為模式，以供現況服務水準評估以及研擬營運計畫之參考，並做為後續相關延續計畫或研究之基礎。

本計畫首先進行路徑選擇影響因素調查，初步篩選臺北捷運系統旅客進行乘車路徑選擇時之重要考量因素，並據以設計旅客路徑選擇行為問卷。而由路徑選擇模式校估結果發現，影響臺北捷運系統旅客路徑選擇之因素包含車內時間、轉乘次數、總轉乘步行時間、轉乘車站擁擠度與路線擁擠度五項，捷運路網中各起迄車站之各乘車路徑選擇比例皆可依據路徑選擇模式計算而得。

最後，本研究應用一般日之路徑選擇比例，採用 102 年 9 月 4 日之票證與時刻表之資料進行服務水準案例分析，並呈現轉乘旅客數、列車乘載、車站內旅客量、車站間旅客流量等各項指標，此模擬結果供營運單位參考。

關鍵字：捷運系統、路徑選擇、羅吉特模式

第九章 結論與建議

本計畫透過捷運系統內旅客路徑選擇行為與影響因素之調查，構建並驗證旅客轉乘路徑選擇行為模式，以供臺北捷運公司研擬不同營運情境之人潮管制策略之參考。以下說明本計畫執行後之結論與建議：

9.1 結論

9.1.1 本研究之工作成果

以下就各項工作內容，說明本計畫之研究結論：

一、相關研究文獻回顧及資料蒐集

本計畫蒐集並整理國內外捷運及軌道運輸系統旅客轉乘路徑選擇行為之相關研究或計畫。由於本計畫之目的在於了解臺北捷運系統各個起迄站之間若存在多條替選路徑時，旅客如何選擇乘車路徑，以達到進行捷運路網的指派之最終應用目的，故針對路網交通量指派以及旅客路徑選擇等文獻進行回顧，並討論歸納了「旅次起迄資料的取得」、「系統服務特性的描述」、「路徑方案的產生方式」、「路徑選擇模式的建構」、「路徑選擇的考量因素」與「轉乘路徑的調查策略」等六項重要議題，詳細內容請參考第四章。

二、基礎資料之蒐集及分析

基礎資料蒐集與分析之目的在於了解臺北捷運系統之路網結構、服務特性與旅運需求等特性，以做為旅客轉乘路徑選擇特性調查之基礎。主要分析對象為本計畫執行調查期間之路網(101/9/30 東門站通車後～102/11/24 信義線通車前之路網)，內容包含「臺北捷運系統路網現況與未來發展相關計畫」、「臺北捷運系統內旅次資料蒐集及特性分析」與「臺北捷運系統列車班次運能與旅運量分析」三項，詳細內容請參考第二章。

三、主要課題分析

對臺北捷運系統而言，在維持服務品質的目標之下，「目前所提供的服務績效如何？」與「新的服務計畫是否更符合旅客需求？」是維持與提升服務品質的兩個主要課題，兩者共同關鍵為掌握旅客在捷運系統內的流動方式。本計畫根據應用目的分「現況服務水準分析」與「列車服務計畫」兩項，分別探討其問題本質、分析概念與架構，詳細內容請參考第三章。

四、旅客轉乘路徑選擇特性調查分析

旅客轉乘路徑選擇特性調查為旅客轉乘路徑選擇行為模式建構之基礎，在計畫時程與計畫經費之限制下，調查的設計以能涵蓋大部分面對路徑選擇問題之旅客，以及提高有效問卷回收率為原則：

(一) 轉乘因素分析

路徑方案的屬性為建構旅客路徑選擇模式時相當重要的決定因素，臺北捷運系統由於同起迄站收費統一，故其他如總旅行時間、轉乘步行時間、轉乘次數、車站擁擠程度、車輛擁擠程度等因素何者適合納入模式中，本計畫以兩階段調查完成，首先在台北車站、忠孝復興、忠孝新生、西門、古亭、民權西路、中正紀念堂與南港展覽館等 8 個主要轉乘站調查旅客選擇路徑的考慮因素，選出「車內時間」、「轉乘次數」、「在轉乘站上下樓層總次數」、「總轉乘步行時間」、「轉乘車站擁擠度」與「路線擁擠度」等 6 個重要因素之後，第二階段再針對這些因素設計問卷，調查旅客的選擇行為，以建構選擇模式。詳細分析請參考第五章。

(二) 路徑方案產生方式

越複雜之捷運路網，同一起迄間有不同列車搭乘方式之情形會越多，本計畫採用 K-Shortest Path 演算法找出所有的搭乘路徑後，再配合轉乘次數、旅行時間等條件，篩選出較合理之路徑作為路徑方案，詳細內容請參考第 6.2 節。

(三) 調查範圍劃分

利用臺北捷運系統之電子票證歷史紀錄掌握旅次需求數量，配合前項篩選後之路徑方案數量與路網結構，將調查範圍設定於圓山以北、台電大樓以南、大橋頭以西、頂溪以南、龍山寺以西、市政府段、大安以南與內湖段等 8 個調查區段，除能依據不同調查區段設計問題外，亦能有效掌握各區段之配卷數量與有效問卷回收量，詳細內容請參考第 6.2 節。

(四) 問卷設計

本計畫採用羅吉特模式建構路徑選擇模式，故問卷設計以能收集適用之樣本為原則。每份問卷包含「樣本特性」、「敘述性偏好問題」與「顯示性與假設性偏好問題」三部份，其中「敘述性偏好問題」採直交表配題，「顯示性與假設性偏好問題」則以臺北捷運現況路網設計題目，並根據不同之調查區段將相關問題配於相同問卷上，以提高顯示性問題之答題率，詳細內容請參考第 6.3 節。

(五) 調查

本計畫之捷運系統旅客路徑選擇問卷調查於 102/8/31~102/9/29 期間內進行，調查時段分為平日晨峰、平日昏峰、平日離峰及假日，調查地點於前述 8 個調查區段內，共回收 1,300 份有效問卷，調查計畫請參考第六章，調查結果分析請參考第 7.1 節。

(六) 結果分析

本計畫採用 NLOGIT 套裝軟體進行旅客轉乘路徑選擇行為之模式校估，校估過程發現旅客基本社經條件對路徑選擇之影響並不顯著，而「在轉乘站上下樓層總次數」與「總轉乘步行時間」可能由於高度相關或受訪旅客對「總轉乘步行時間」之感受較明顯，故僅保留「車內時間」、「轉乘次數」、「總轉乘步行時間」、「轉乘車站擁擠度」與「路線擁擠度」五項變數。此外，本計畫考量未來應用與資料取得之方便性，亦提供僅含「車內時間」、「轉乘次數」與「總轉乘步行時間」三項變數之校估成果，詳細內容請參考第七章。

五、案例分析

本計畫利用中興社自行開發之捷運系統旅客流模擬軟體，提供一個服務水準評估之案例分析。採用 102/9/4 (三) 之票證資料與實際時刻表為模式之輸入，配合當時之路網結構與參數，分析了 1,753,297 位旅客之搭乘路徑，指派率為 97.23%，模擬時間約 16 分鐘，並呈現了「列車乘載分析」、「平均旅行時間分析」、「旅次長度分析」、「車站內旅客分析」與「站間旅客流量分析」之部分成果，詳細內容請參考第八章。

六、旅客轉乘路徑選擇行為模式之應用建議

旅客轉乘路徑選擇行為模式可用來進行捷運路網內的旅次指派，其最終應用包括現況服務水準評估以及未來服務計畫評估，本計畫提出此兩種應用的建議架構，請參考第三章。此外，與本計畫相關之延伸計畫與應用，請參考第 9.2 節。

9.1.2 本研究之發現

- 一、由本計畫之旅客乘車路徑選擇考量因素問卷調查可知，臺北捷運系統之旅客進行路徑選擇時考量之因素包含「車內時間」、「轉乘次數」、「在轉乘站上下樓層總次數」、「總轉乘步行時間」、「轉乘車站擁擠度」與「路線擁擠度」六項。
- 二、由本計畫之旅客乘車路徑選擇考量因素問卷調查亦可知，臺北捷運系統之旅客如遇不熟悉之起迄車站搭乘路線時，主要以官方捷運路網圖（包含車站內、車廂內、官方網站、）作為路徑選擇之參考依據。

- 三、進行路徑選擇行為調查時，為能掌握各起迄之抽樣比例，並避免在轉乘車站調查時由於各路徑之選擇比例為未知而無法分配樣本數之情況，調查點應設於區段中，且以旅客之旅程起點為宜。
- 四、由路徑選擇行為試調可知，旅客受訪之時間於 5~7 分鐘以內完成為宜，且問卷題目不宜過多，各組問題以 3~4 題為原則。
- 五、由路徑選擇行為調查發現，訪問時提供贈品可提高受訪率。本計畫感謝臺北捷運公司提供 1,300 份乘車券，使受訪率由試調之 30%~50% 提高至正式調查之 70%~80%。
- 六、由路徑選擇模式校估結果可知，社經變數對臺北捷運系統旅客進行路徑選擇時之影響並不顯著。
- 七、由路徑選擇模式校估結果可知，經乘車路徑選擇考量因素調查篩選後之六項變數中，僅「車內時間」、「轉乘次數」、「總轉乘步行時間」、「轉乘車站擁擠度」與「路線擁擠度」五項系統變數影響旅客之路徑選擇。考量未來資料取得之方便性，又將模式分為僅含「車內時間」、「轉乘次數」與「總轉乘步行時間」三項系統基礎變數之模式，與包含五項系統變數之模式。
- 八、由案例分析之結果發現：
 - (一) 在轉乘旅客數方面，在研究路網中，無論全日或昏峰時段皆以忠孝新生站為最高，台北車站次之，忠孝復興再次之。
 - (二) 在列車乘載方面，昏峰時段高運量列車以板南線之乘載率最高，而中運量列車在南京東路—忠孝復興路段有超載情形。
 - (三) 在車站內旅客數方面，昏峰時段以台北車站內的旅客數最多。
 - (四) 在平均候車時間方面，各轉乘站在昏峰時段之候車時間約為班距之一半，符合先驗知識。
 - (五) 在站間旅客量方面，各路線之全日昏峰之最大流量區間大致相符。全系統之最大流量區間在藍線「南港展覽館→永寧」方向之「忠孝復興—忠孝新生」區間。

9.2 後續研究建議

以下提出與本研究相關或延伸之議題供臺北捷運公司參考：

一、轉乘車站與路線人潮分流分析

當捷運系統之路網改變（例如 103 年松山線通車）或運行模式改變（例如 102 年東門站通車後，取消南勢角往北投方向之服務路線）時，旅客之搭乘路徑可能隨之調整，各路線服務之旅客量以及各轉乘車站之轉乘旅客量也將隨之改

變。建議可利用本計畫構建之捷運系統旅客路徑選擇模式，計算路網或服務路線改變前後之路徑選擇比例，並將全日旅客指派至各路徑上，再計算各路線服務旅客數量之差異，以及轉乘車站之轉乘人數變化，以掌握轉乘車站與路線人潮之分流情形。

二、定期旅客路徑選擇調查分析

本計畫執行調查與模式構建期間之路網為 102/11/24 信義線通車前之路網，該路網中有台北車站、忠孝復興、忠孝新生、西門、中正紀念堂、古亭、民權西路與南港展覽館等 8 個主要轉乘車站，約 25% 的旅客有路徑選擇的問題；信義線通車後，再增加東門與大安兩個轉乘車站，路網複雜程度提高將使存在兩條以上搭乘路徑之 OD 增加，更使得有路徑選擇的問題之旅客數量提高。建議後續可再進行旅客路徑選擇調查分析，以確認台北捷運系統旅客在路網改變之後，路徑選擇之考量因素與選擇行為是否有一致性。

三、調查結果追蹤確認與回饋

未來執行旅客路徑選擇調查時，建議記錄受訪者之通訊資訊，並於調查後隨機抽樣詢問，以確認訪問員是否依調查步驟確實調查與受訪者問卷填答之真實性與正確性，以提高問卷之信度。此外，建議於調查完成後，舉辦訪問員經驗交流座談會，以了解調查進行中所遇到的問題與狀況，作為未來執行調查時之參考。

四、模式校估樣本數調整

未來執行旅客路徑選擇調查時，在樣本數足夠之前提下，可採用與本計畫不同之樣本比例（90% 為校估樣本，10% 為測試樣本）進行模式校估，或同時採用多種不同樣本比例分別進行模式校估後，再進一步進行敏感度分析。

五、步行時間調查分析

旅客在車站內之步行時間受車站硬體配置、管制方式與引導策略影響，而步行時間設定與步行時間分配影響進行服務水準或服務計畫評估時之模擬結果，建議未來進行步行時間調查分析，做為模擬分析之基礎。

六、人流相關指標研究

在捷運系統中，與人流相關之指標包括站間運量、車站旅客數、列車乘載率、平均候車時間以及平均旅行時間等，建議針對臺北捷運系統之營運特性與需求，探討適合之指標，並訂定指標值分級門檻，以做為未來衡量服務水準或服務計畫適合程度之標準。

七、定期服務水準評估與列車服務計畫分析

臺北捷運系統注重服務品質與旅客滿意度，由於第三項所述之人流相關指標無法值皆量測，故對於目前系統之服務水準或服務計畫之好壞皆無法有效衡量，故建議每年可定期或在重要節日（例如跨年）後委託進行服務水準評估，或在服務計畫改變之前進行列車服務計畫分析。

八、服務水準評估與列車服務計畫評估模擬方法研究

現況服務評估分析主要在於利用歷史資訊，重建一個過去已發生的事實，並計算捷運系統現況之站間運量、車站旅客數、列車乘載率、平均候車時間以及平均旅行時間等指標，以達到評估服務水準之目的；列車服務計畫評估之目的在於了解新的列車運行計畫，是否能提供旅客更好的服務品質，同樣可透過前述各項指標衡量。建議分別針對此兩種不同之應用目的，研擬適合臺北捷運系統之模擬方法，以做為未來進行模擬分析或系統建置之基礎。

九、服務水準分析與列車服務計畫評估系統建置

以第五項服務水準分析與列車服務計畫模擬方法之研究成果為基礎，建立模擬系統，以達成營運單位能進行現況服務水準分析之自我診斷，以及未來列車服務計畫之評估工作。由於系統功能繁複，建議以分階段建置為宜。所建置之系統應包含「路網設定」、「參數管理」、「輸入資料管理」、「模擬核心」、「模擬結果展示與管理」、「案例比較」與「報表輸出」等功能。

十、資料交換與整合介面建置

大型組織的系統開發，資料的交換、共享與整合為重要的課題，良好的資料交換介面除可避免同一份資料以不同的格式存在於不同的子系統外，在資料的維護與各個子系統的開發上皆可節省不少人力與成本。未來若進行服務水準分析與列車服務計畫系統之建置，其分析所需之票證資料、實際時刻表（實際列車到開紀錄）或計畫時刻表都來自不同之子系統，故在資料的交換方面，宜以資料共享的思維來規劃。