

國立陽明交通大學
運輸與物流管理學系
碩士論文

Department of Transportation and Logistics Management
National Yang Ming Chiao Tung University
Master Thesis

台北市幹線公車旅行時間可靠度影響因素之研究
Influencing Factors of Taipei Metro Bus Travel Time Reliability

研 究 生：莊詠甯 (Chuang, Yung-Ning)

指導教授：鍾易詩 (Chung, Yi-Shih)

中華民國一一〇年 七 月

July 2021

台北市幹線公車旅行時間可靠度影響因素之研究
Influencing Factors of Taipei Metro Bus Travel Time
Reliability

研 究 生：莊詠甯

Student：Yung-Ning Chuang

指導教授：鍾易詩

Advisor：Yi-Shih Chung

國 立 陽 明 交 通 大 學
運輸與物流管理學系
碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Yang Ming Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

July 2021

Taiwan, Republic of China

中華民國一一〇年七月

誌謝

能有這本論文的完成，首先感謝鍾老師在過去兩年的指導，尤其是最後兩個月疫情爆發、論文進入最後的衝刺階段的驚險時刻，老師在遇到瓶頸的時刻總是有耐心的引導並提供寶貴的建議，甚至是一周討論兩三次，非常感謝老師親力親為。此外老師在研究上嚴謹的態度和課堂上的認真教學也深刻影響著我，能夠加入鍾 lab 是一件非常幸運的事，謝謝老師！

也感謝我的口委，成功大學交通管理科學系的永祥老師與台灣大學土木工程學系的聿廷老師，在百忙之中撥冗，於論文口試中指導與提供建議。此外特別感謝台北市政府、交通部資料匯流平台提供本論文的數據資料，感謝承辦人員建元先生與昱賢先生，提供資料之餘也熱心協助資料申請方式與內容說明。

在碩士班的修業期間也非常謝謝柳姐、詮勳學長、尚凝學姐、儀毅學長、宜靜學姐的照顧，不論是在計畫案、所學會長的職務甚至是許多研究和求職經驗的傳承上都給予了我非常多的幫助。最後是北交同學們，謝謝宗晏在從無論是課業到活動甚至是最後的口試的熱心協助，謝謝學諭成為我在研究所一同成長的好夥伴，也祝福千鈺可以在不久後的將來可以順利畢業。還有季萱、丞皓、玟萱、昀謙、健茹，因為有你們，我的研究生生活充滿了許多豐富快樂的回憶。

最後，感謝我親愛的家人，可以讓我無後顧之憂的在台北完成學業。也謝謝士元在我最辛苦的時候給予我支持和鼓勵，給我繼續努力的動力。在北交的兩年不知不覺也到了尾聲，時光飛速，努力的抓住學生生涯的尾巴，但最終還是迎來了告別的這一刻，感謝所有關心我的人。

摘要

台北市政府針對公車路網提出四大改善方向：重新規劃路線、合併重複路線、取消無效率長路線、採用高效率短里程接駁，並且以推動八橫八縱幹線公車作為主要的改善方案。幹線公車主打「類捷運」的概念，與公車捷運系統 BRT 相似，主要行駛於市區重要幹道，以密集發車模式營運提升公車的可靠度，規劃平日班距為尖峰 4-6 分鐘，離峰 5-10 分鐘，讓民眾不用擔心在戶外等待太久。幹線公車在理論上雖是提升公車路網營運績效的重要手段，但其在實務上之營運狀況卻較少被檢視。本研究希望透過實務資料的分析，檢視台北市幹線公車營運時間之可靠度，並與非幹線公車進行比較。為檢視幹線公車班距之間的穩定程度(可靠度)，本研究的研究目的有以下四點，解構班距的變異來源、了解影響班距變異的因子、比較幹線公車與非幹線公車的差異、針對連班與是否符合班距的議題進行分析。因此以五個產出變數(outcome variable)作為公車旅行時間可靠度之分析對象，五個變數分別為班距、站間班距差、站間行駛時間、是否達成班表班距的布林變數、班距是否小於一分鐘的布林變數。在影響可靠度的變數則以是否會隨空間或時間變動分為行車變數(靠站狀況、壅塞狀態)、空間變數(路段長度、號誌數、是否有公車專用道、是否轉彎)、依時變數(雨量)，總共三大類變數進行分析。

本研究採用階層迴歸與羅吉斯迴歸進行分析，研究結果為班距主要受到「經過站間產生的班距差異」、「發車班距差異」所影響。並且站間班距差會累積，導致越後面的站班距越不穩定。每一班車的「發車班距差」是一個以班表發車班距為平均的常態分配。空間變數當中以「轉彎」為明顯讓公車班距靠近的因子，公車專用道是造成連班的主要因素之一。不同的路線、不同客運公司在發車班距的穩定度和駕駛習慣的行車速度上可能會有不同的差異而導致班距不可靠。根據研究結果，本研究建議可以透過調整號誌時制避免行人號誌和右轉綠燈的時段重疊，以降低轉彎所消耗的旅行時間，進而減少前後班公車經過轉彎班距靠近狀況。

關鍵字:幹線公車、公車可靠度、GPS 定位資料、班距、旅行時間

ABSTRACT

The Taipei City Government has proposed four major improvement directions for the bus network: re-planning routes, merging duplicate routes, canceling inefficient long routes, adopting efficient short-distance services, and promoting metro bus as the main improvement plan. The metro bus is similar to the BRT bus rapid transit system. It mainly operates on important urban roads. The bus time headway is 4-6 minutes during peak hours and 5-10 minutes during off-peak on weekdays, so that people do not have to worry about waiting too long outdoors. It operates in intensive mode to improve the reliability of the bus.

The metro bus is an important policy to improve the operational performance of the bus network, but its operational status in practice is rarely reviewed. This study hopes to examine the metro bus time reliability through the analysis of practical data and compare it with other routes. In order to examine the time reliability of the metro bus headway, the purpose of this study is to deconstruct the source of variation of the time headway, understand the factors affecting the variation of the time headway, compare the difference between the metro bus and other bus routes, analyze the bus bunching problem.

Therefore, five outcome variables are used as the analysis object of the reliability of bus travel time. The variables are time headway, time headway difference between stops, travel time between stops, time headway meet the schedule standard or not (Boolean variable), bus bunching or not (Boolean variable). Variables that affect reliability are divided into traffic variables (stop condition, congestion state), spatial variables (road section length, number of signals, bus lanes, turns), and time-dependent variables (rainfall).

This study uses MLM and logistic regression as the methodology. The results of the study are that time headway is mainly affected by "time headway difference between stops" and "departure headway difference". Time headway difference between stops will accumulate, the greater the order of the stops, the more unstable the time headway. "Departure headway difference" is a normal distribution based on the average

departure headway of the schedule. Among the spatial variables, "turn" is the obvious factor that brings the time headway closer, and "bus lanes" are the main factor causing bus bunching. Different routes and different companies have differences in departure headway stability and driving speed. Based on the results of the research, this research suggests that by avoiding the overlap between the pedestrian signal and the green light for turning right, the travel time consumed during the turn can be reduced.

Key words: Metro bus, bus reliability, GPS data, time headway, travel time

陽明交大
NYCU

目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	2
第二章 文獻回顧.....	6
2.1 公車可靠度.....	6
2.2 公車連班(bus bunching)與追車(bus overtaking).....	7
2.3 GPS 飄移.....	7
2.4 影響公車行駛可靠度之因素.....	8
2.5 小結與評析.....	11
第三章 研究方法.....	12
3.1 研究架構.....	12
3.2 分析方法.....	18
3.2.1 線性迴歸.....	18
3.2.2 二元羅吉特迴歸.....	18
3.2.3 階層迴歸.....	19
3.3 資料蒐集與處理.....	24
3.3.1 產出變數資料.....	24
3.3.2 預測變數資料.....	24
3.4 GPS 飄移處理.....	28
3.5 自變數符號預期.....	29
第四章 分析結果.....	34
4.1 樣本數與分配.....	34
4.2 班距特性與相關敘述性統計.....	35
4.2.1 空間班距差異特性.....	35
4.2.2 時間班距差異特性.....	36
4.2.3 旅行時間特性.....	43

4.2.4	連班與達成班距特性.....	44
4.2.5	解釋變數敘述統計.....	45
4.3	時空間班距與旅行時間分析結果.....	49
4.3.1	複迴歸分析.....	49
4.3.2	階層迴歸.....	51
4.4	連班與班距達成度分析結果.....	75
4.5	小結與評析.....	78
第五章	結論與建議.....	79
5.1	結論.....	79
5.2	建議.....	80
參考文獻		82

陽明交大
NYCU

圖目錄

圖 1 上下車乘客數與上下車時間關係圖.....	9
圖 2 班距結構示意圖-固定公車班序	13
圖 3 班距結構示意圖-固定站點	14
圖 4 班距結構示意圖-結合固定站點與固定公車	15
圖 5 研究架構圖.....	17
圖 6 應變數一階層模型架構.....	23
圖 7 應變數二階層模型架構.....	23
圖 8 應變數三階層模型架構.....	23
圖 9 站間行駛時間示意圖.....	24
圖 10 GPS 飄移情況示意圖	28
圖 11 自變數轉彎與號誌對站間班距差異(HS)係數預期示意圖	30
圖 12 自變數路段長度與公車專用道對站間班距差異(HS)係數預期示 意圖.....	30
圖 13 累積靠站時間長條圖.....	31
圖 14 各路線每站班距(H)分配圖	34
圖 15 發車班距分配圖.....	36
圖 16 羅斯福路幹線尖峰班表站間班距差異平均長條圖.....	39
圖 17 路線 252 尖峰班表時段站間班距差異平均長條圖.....	40
圖 18 重慶幹線尖峰班表站間班距差異平均長條圖.....	41
圖 19 路線 304 重慶尖峰班表站間班距差異平均長條圖.....	42
圖 20 各路線旅行時間(TT)分配圖	43
圖 21 幹線公車達成班表班距比例圓餅圖.....	44
圖 22 幹線公車連班比例圓餅圖.....	45
圖 23 理想車距時空圖.....	53
圖 24 站序與發車班距的交互作用係數示意圖.....	53
圖 25 站間班距差異(HS)尖峰時段的階層迴歸模型截距分布圖	54

表目錄

表 1 幹線公車與一般公車路線比較表.....	3
表 2 比對路線重複比例與分析的組別.....	5
表 3 公車專用道實施前後速度比較表.....	10
表 4 文獻變數整理表.....	10
表 5 階層迴歸自變數階層與解釋.....	22
表 6 自變數分類表.....	25
表 7 自變數符號預期表.....	33
表 8 幹線公車連班與達成班距比例表.....	44
表 9 班距(H)解釋變數敘述統計.....	46
表 10 站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)解釋變數敘述統計.....	47
表 11 班距(H)之 VIF 值.....	50
表 12 站間班距差異(HS)之 VIF 值.....	50
表 13 旅行時間(TT)之 VIF 值.....	50
表 14 班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)各路線資料 DW 值	50
表 15 班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)各路線資料 ICC 值	51
表 16 站間班距差異(HS)尖峰時段的階層迴歸截距表.....	54
表 17 班距應變數階層迴歸模式結果：依路線.....	57
表 18 站間班距差異應變數單獨路線階層迴歸模式結果.....	59
表 19 旅行時間應變數單獨路線階層迴歸模式結果.....	61
表 20 以站間行駛速度的單獨路線階層迴歸模式結果.....	63
表 21 比較路線階層迴歸模式 ICC 值(站間分組).....	65
表 22 班距(H)比較路線階層迴歸模式結果.....	67
表 23 站間班距差異(HS)比較路線階層迴歸結果.....	69
表 24 旅行時間(TT)比較路線階層迴歸結果.....	71
表 25 站間行駛速度的比較路線階層迴歸結果.....	73
表 26 班距達成度羅吉特迴歸結果.....	76

表 27 連班羅吉特迴歸結果.....	77
---------------------	----

陽明交大
NYCU

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

由臺北市與新北市所組成的雙北地區，總面積為 2,436 平方公里，人口將近七百萬人，全台灣約 30% 的人口都聚集在此。大量人口在雙北地區居住、就學、工作和生活，所產生的運量也十分的龐大。每逢上下班尖峰時段與假日，必定面臨大量的人潮、車潮。為因應龐大的旅運需求，臺北市公共運輸處公布，臺北市聯營公車路線數約 280 餘條，共由 14 家業者提供運輸服務，路線類別包含一般路線、幹道公車、捷運接駁公車、山區公車、休閒公車及市民小巴等，車輛數約 3,600 輛，平均每日載客 161 萬人次，由此可見台北市公車體系的龐大複雜。

台北市政府針對公車路網提出四大改善方向：重新規劃路線、合併重複路線、取消無效率長路線、採用高效率短里程接駁，並且以推動八橫八縱幹線公車作為主要的改善方案。幹線公車主打「類捷運」的概念，主要行駛於市區重要幹道，以密集發車模式營運提升公車的可靠度，規劃平日班距為尖峰 4-6 分鐘，離峰 5-10 分鐘，讓民眾不用擔心在戶外等待太久。並且比照捷運提供公車間的轉乘優惠，民眾在幹線公車與聯營公車間轉乘將享有半價之優惠。車輛部分全部採用低地板公車，車內有 LCD 資訊顯示面板，並且車體、站牌、指示標誌有加強辨識度設計以方便民眾辨識。106 年 7 月 5 日第一階段民生、仁愛、松江新生、敦化及內湖等 5 線幹線公車上路。107 年 4 月 2 日實施第二階段忠孝、信義、和平、南京、民權、中山、羅斯福、基隆路、重慶、復興、承德等 11 線幹線公車。以期透過增加公車可靠度的方式來增加民眾對於公車的搭乘意願。

台北市幹線公車(Taipei Metro Bus)的概念其實類似於 BRT(Bus Rapid Transit)，也就是公車捷運系統。美國聯邦大眾運輸管理局(Federal Transit Administration, FTA)將「公車捷運系統」定義為結合軌道及公車運輸的彈性，在專用路權、高承載車道、快速道路或一般街道行駛。並且結合智慧型運輸系統、大眾運輸優先權、低污染與低噪音之車輛以及快速便利之收費系統，並配合 TOD 大眾運輸導向發展(Transit-Oriented Development)政策。Deng & Nelson(2011)定義 BRT 是一種輪胎巴士提供的快速運輸服務，將車站、車輛、專用車道結合科技與靈活的營運模式，提供班次多、快速、可靠、舒適、有成本效益的且以旅客為中心的高品質服務。並且 BRT 的概念曾經被以多個名稱所詮釋，其中就包含和台北市幹線公車英文

名稱相同的 Metro-bus。濮大威等人(2004)在交通部運輸研究所「公車捷運化設計手冊之研究」認為，目前有關於公車捷運系統之定義仍相當寬鬆，其呈現之實質型式並無單一型式，而是因地制宜採取符合適用環境之技術型式。總體來說，公車捷運系統之整體概念上共通之意義為公車捷運系統以公車運轉，結合完全專用或部分專用路權以及軌道系統營運方式，提供快速、彈性、低成本的公共運輸服務。綜上所述，目前台北市幹線公車的設計是符合公車捷運系統的廣泛定義的，而針對公車捷運化的成效，Jarzab et al.(2002)認為 BRT 的表現由三個關鍵屬性來衡量，分別是行駛速度、可靠性和客流量。在 Wirasinghe et al. (2013)的觀點中 BRT 系統的表現可以由速度、容量、可靠度、安全來衡量。

幹線公車在理論上雖是提升公車路網營運績效的重要手段，但其在實務上之營運狀況卻較少被檢視。本研究希望透過實務資料的分析，檢視台北市幹線公車營運時間之可靠度，並與非幹線公車進行比較。

1.2 研究目的

為檢視幹線公車班距之間的穩定程度(可靠度)，本研究的研究目的如下：

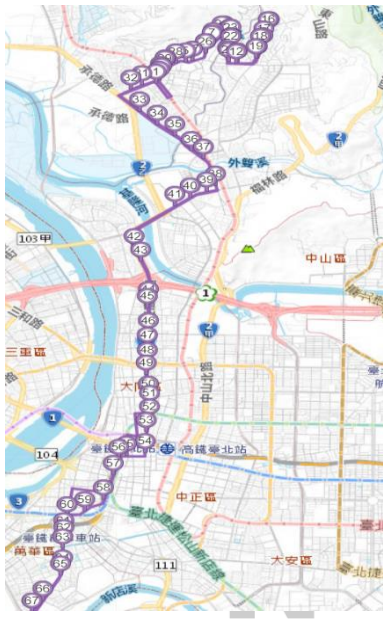
1. 解構班距的變異來源。
2. 了解影響班距變異的因子。
3. 比較幹線公車與非幹線公車的差異。
4. 針對連班與是否符合班距的議題進行分析。

1.3 研究範圍

本研究的網絡範圍為幹線公車當中縱向的重慶幹線與橫向的羅斯福路幹線為研究對象，並以 304 重慶作為重慶幹線的比較路線，252 作為羅斯福路幹線的比較路線進行分析。比對路線的篩選標準為起訖點類似、重疊的部分在主要幹道上，路線位置比較如下表 1 所示。其範圍為兩條路線間的重複站點，其重複比例與分析的組別如下表 2 所示。因本研究研究將時間範圍定為 108 年 12 月

5 日(四)、108 年 12 月 6 日(五)、108 年 12 月 9 日(一)、108 年 12 月 10 日(二)、108 年 12 月 11 日(三)等五天的工作日進行模式的分析。

表 1 幹線公車與一般公車路線比較表

幹線公車	一般公車
重慶幹線(去程)	304 重慶(去程)
	
重慶幹線(回程)	304 重慶(回程)
	

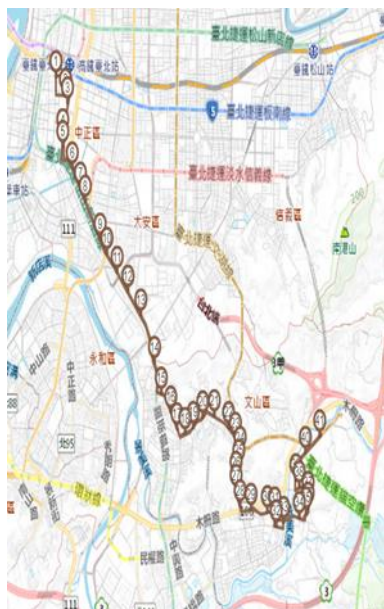
羅斯福路幹線(去程)



252(去程)



羅斯福路幹線(回程)



252(回程)



表 2 比對路線重複比例與分析的組別

組別	路線	業者	去回程	總站數	重疊的站數	重疊比例	班距	發車時間
1	304 重慶	中興 巴士	0	47	15	0.32	尖峰:15 分至 20 分(班 表為半小時一班)	530
	重慶 幹線	大都 會客 運	0	67	15	0.22	尖峰:4 分至 6 分 離峰:5 分至 10 分 (20:00 後 15-20 分)	510
2	304 重慶	中興 巴士	1	39	13	0.33	尖峰:15 分至 20 分(班 表為半小時一班)	530
	重慶 幹線	大都 會客 運	1	49	13	0.27	尖峰:4 分至 6 分 離峰:5 分至 10 分 (20:00 後 15-20 分)	510
3	252	欣欣 客運	0	49	10	0.20	班表為 20~30 分鐘一 班	530
	羅斯 福路 幹線	欣欣 客運	0	40	10	0.25	尖峰:4 分至 6 分 離峰:5 分至 10 分 2300 以後班次: 2350、0030 班表:0030 2350	530
4	252	欣欣 客運	1	45	9	0.20	班表為 20~30 分鐘一 班	530
	羅斯 福路 幹線	欣欣 客運	1	41	9	0.22	尖峰:4 分至 6 分 離峰:5 分至 10 分 2300 以後班次: 2350、0030 班表:0030 2350	530

第二章 文獻回顧

本研究欲探討影響公車動態行駛時間的因素，以期探究影響公車可靠度的關鍵。因此本研究將文獻回顧分為四部分：2.1 節回顧公車捷運系統的定義，2.2 節回顧公車可靠度的重要性與定義，2.3 節回顧公車行駛於市區 GPS (global positioning system) 飄移的影響；最後在 2.4 節回顧影響可靠度的因素最後在 2.5 節提出小結與評析。

2.1 公車可靠度

公車的可靠度是服務品質當中很重要的一環，不可靠的服務容易流失乘客進而降低運量，最終導致路線虧損、補貼增加、營運成本提升的惡性循環當中，因此提升公車的可靠度對於乘客與營運方都有益處，不僅可以讓民眾獲得更佳高品質的通勤體驗，更可以健全公共運輸的財務系統達成雙贏的局面。Abkowitz et.al (1978) 提出了公車可靠性的一般定義為影響旅客與營運者的決定的大眾運輸屬性。此定義關注於需求與供給量個層面，旅客關心於如何計畫旅行，像是運具、路線、到達時間等等；而營運方則關注如何制定出有效的策略增加公車可靠度，以增加公車的運具競爭力來提升運量。Eboli & Mazzulla (2009) 認為可靠性是公車服務品質的重要屬性之一，是乘客、公共運輸機構和運營方最重要的服務品質問題之一。

Z.-L. Ma et al. (2015) 指出，可靠度的定義有許多的方式，不同研究會以不同的指標來表示可靠度，常見的像是準點率、旅行時間的變化度、時速的規律性、等待時間等。van Oort and van Nes (2009) 認為營運服務的不可靠主要來自於場站的出發時間、公車的旅行時間兩個來源。Wirasinghe et al. (2013) 針對公車捷運系統提出旅客傾向使用可靠度高的公共運輸，若無法維持一定的服務水準，旅客會傾向使用其他運具。可靠度可細分為三項，第一是行駛時間可靠性(公車保持一致旅行時間的能力)，第二是靠站時間可靠性(讓旅客在一定時間範圍內上下車的能力)，第三是服務可靠性(使服務水準保持一致的能力)。在行駛時間可靠性、靠站時間可靠性的則是表示滿足班表或在規定旅行時間中抵達。Cats (2014) 認為在高頻班次服務中，乘客未查詢時刻表抵達站牌的情況下，乘客的等待時間由發車間隔決定。服務班距的變化意味著更長的乘客等待時間和增加的不適感。

2.2 公車連班(bus bunching)與追車(bus overtaking)

針對公車不可靠的表現，公車連班(bus bunching)與追車(bus overtaking)，是經常發生的狀況。許多學者們都致力於提出更好的方法以管理公車班距造成的變異。Wu et al.,(2017)提到在大眾運輸營運中經常可以觀察到班距波動和公車連班的問題，而等待策略(holding control)是一種可以有效減少公車連班和增進服務可靠性的策略。Bie et al.,(2020)也提出，為了管理公車班距，各種研究當中提出了各種動態控制的方法，例如等待策略(holding strategy)、號誌優先(signal priority)、跳過站點(stop skip)、短轉彎(short turn)、速度控制(speed control)、超车(overtaking)和乘客上車限制(passenger boarding limit)。Janos &Furth(2002)提出了一種沿著主要路線的號誌控制策略，其中包含提早綠燈、綠燈延長、提早紅燈等等。Fu &Liu(2003)開發了一種新的公車運營策略，成對的公車同時行駛於路線當中，前車停靠每一個路線中的站點，而後車被允許跳過一些站點作為快車服務。根據上述文獻，學者們致力於透過最佳化的方法和控制措施對公車連班與追車的問題進行處理，以提升公車的可靠度。

2.3 GPS 飄移

班距與旅行時間為本研究的重要應變數，其計算方式根據的資料皆為根據公車原始車機資訊的 GPS 定位。然其精準度可能會受到 GPS 設備以及行駛路線周遭環境的影響，進而導致班距與旅行時間產生高估或低估的問題。由 Schipperijn et al. (2014) 對於 GPS 精確度的研究顯示，其研究中的 68,000 個定位點當中落在車道多邊形 2.5 公尺和 10 公尺緩衝區的，分別為 49.6%和 78.7%，中位誤差為 2.9 公尺。並且已不同的運具作為分類，步行的中位誤差為 3.9 公尺，自行車為 2.0 公尺，公車為 1.5 公尺，小汽車為 0.5 公尺。以不同的區域類型中位誤差分類則開放區域中中位誤差為 0.7 公尺，在半開放區域中為 2.6 公尺，在城市高樓中為 5.2 公尺。Beekhuizen et al. (2013)測試不同運具 GPS 精確度的結果是步行為 3.7 公尺，自行車為 2.9 公尺，火車為 4.8，公車為 4.9，小汽車為 3.3 公尺。建築障礙物為低層住宅區的中位誤差為 2.2 公尺，高層商業區為 7.1 公尺。因此，GPS 精確度在很大程度上取決於交通方式和城市建設。

2.4 影響公車行駛可靠度之因素

過去對於旅行時間可靠度的研究有不少，在過去的文獻中 Strathman and Hopper (1993)、Abkowitz and Engelstein (1983)等研究皆指出，公車的路線長度會和該路線的旅行時間成正比。由此可見「路線長度」為影響旅行時間的因素之一。Stermann and Schofer (1976)的研究結果表示公車的停靠點越多，公車可能停靠的次數會增加，因此會增加旅行時間。Stermann(1976)更是指出，減少站牌數量是降低旅行時間的方法之一。Abkowitz and Engelstein (1983)認為經過的號誌化路口數量越多，可能停等的號誌越多，旅行時間就也會越長。

Levinson(1983)認為在城市中不同區域中，旅客的數量的人流及道路壅塞的程度不盡相同。Dueker et al. (2004)指出，社會經濟和土地利用特徵會影響大眾運輸的可靠度，例如若公車路線一部分位於工業區，而其他部分則主要是住宅區。儘管各路段的一公里內站牌數差不多，在工業區部分路線的，乘客需求會相對較低。Hofmann and O'Mahony (2005)認為下雨時為了確保行車安全，駕駛傾向與前車保持更大的車距會增加旅行時間；但是旅客也可能因此減少非必要的旅次。Noland (2002)在研究中則特別提及交通事故與道路工程會也會影響旅行時間。Mazloumi, Currie, and Rose (2010)，就採用了路線長度、每公里公車站數目、每公里經過的號誌化路口數量、土地使用、每小時平均降雨量、每小時降雨量變異數等自變數來研究旅行時間的影響。Z.-L. Ma et al. (2015)使用最小平方方法(Ordinary Least Square Estimation)分析可能影響旅行時間的變數。並且將自變數分為規劃變數(Planning variables)、營運變數(Operational variables)、環境變數(Environmental variables)三類。其中規劃變數包含路段長度、班次之間的距離、路段中的站牌數量、是否為工作日、是否為早晨尖峰、是否為黃昏尖峰、公車是否行駛在城內、公車是否橫穿城市。營運變數包含路段中首站延遲時間、路段中公車真實服務的站數、路段中首站延遲時間的變異數、路段中公車真實服務的站數的變異數、在路段中上公車的乘客數、在路段中下車的乘客數、在路段中上公車的乘客數的平方、在路段中下車的乘客數的平方、在路段中上公車的乘客數的變異數、在路段中下車的乘客數的變異數；環境變數包含隨時間變化的雍塞係數、路段中的車道數量、路段速限、路段中號誌數、路段中號誌數量平方、是否輕微下雨(降雨量小於 2.5 毫米每小時)、是否下雨(降雨量大於 2.5 毫米每小時)、公車是否行駛在高速公路上、公車是否行駛在公車專用道上、公

車是否行駛在主要幹道上、公車是否行駛在市中心(CBD)。在該研究當中，對於路段旅行時間而言，壅塞係數、號誌、上下公車的乘客數量是主要的影響因素。Wirasinghe et al.(2013)提出 BRT 的可靠度可能會受到外部不確定來源的影響，例如交通狀況、車輛故障問題、號誌、路線長度、停靠站次數、乘客需求等因素的影響。

林國顯等(2010)在臺北市所蒐集的資料顯示，每位一般乘客上車收費所需之時間(1.77~2.02 秒)比下車收費所需之時間(1.55~1.91 秒)稍長。上、下車總時間與上、下車的人數有很明顯的線性關係，如下圖 1 所示。因此公車的靠站時間可以潛在的代表該站的旅客人數與該站的為運量的貢獻程度。劉瑞麟等(2006)針對羅斯福路上的公車專用道進行研究，指出再增設公車專用道前後公車於尖峰時段的行駛速度的增加的百分比為 29%~41%不等。如下表 3 所示，表中的單位為公里每小時，調查路段為興隆路至和平東路。若在固定路段長度的情況下可推測設有公車專用道與否影響行駛時間的比例，應和行駛速度增加的百分比相同。變數整理如下表 4 所示。

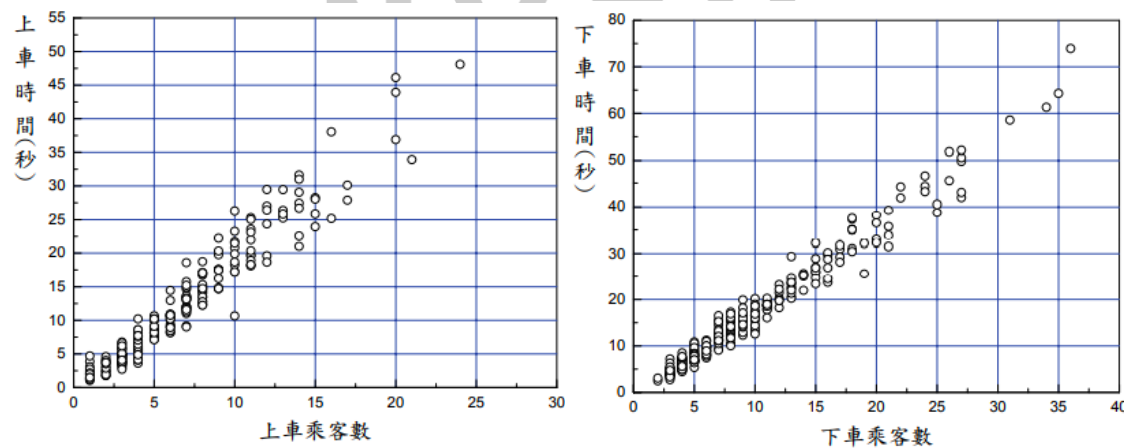


圖 1 上下車乘客數與上下車時間關係圖

資料來源：林國顯等(2010.) 幹道容量與服務水準研究. 交通部運輸研究所

表 3 公車專用道實施前後速度比較表

項目	進城方向				出城方向			
	前	後	差距	%	前	後	差距	%
上午尖峰 06~08	14.99	21.15	+6.16	41.09	16.69	22.3	+5.61	33.61
下午尖峰 16~18	16.69	22.43	+5.74	34.39	16.85	21.84	+4.99	29.61

資料來源：劉瑞麟，張自立.(2006).“羅斯福路公車專用道實施檢討.”都市交通 20 (4): 42-68.

表 4 文獻變數整理表

變數	文獻	研究結果
站牌數	Sterman(1976)、Mazloumi(2010)、 Zhen-Liang Ma(2015)	呈現正相關
路段長度	Strathman(1993)、Sterman(1976)、 Abkowitz(1983)、Mazloumi(2010)、 Zhen-Liang Ma(2015)、Wirasinghe et al.(2013)	呈現正相關
事故	Nolnd(2002)	呈現正相關
天氣狀況	Hofmann(2005)、 Mazloumi(2010)、 Zhen-Liang Ma(2015)	呈現正相關
土地特徵	Levinson(1983)、Kimpel(2004)、 Mazloumi(2010)、 Zhen-Liang Ma(2015)	住宅區或商業區的旅行時間呈現正相關，工業則比較相反

班次在尖峰行駛	Zhen-Liang Ma(2015)	呈現正相關
號誌	Abkowitz(1983)、Zhen-Liang Ma(2015)、Mazloumi(2010)、Wirasinghe et al.(2013)	呈現正相關
公車專用道	Zhen-Liang Ma(2015)	呈現負相關
當時路段路況	Zhen-Liang Ma(2015)、Wirasinghe et al.(2013)	壅塞狀態呈現正相關
上下公車人數	Zhen-Liang Ma(2015)、Wirasinghe et al.(2013)	呈現正相關

2.5 小結與評析

2.1 小節闡釋了可靠度的定義與可靠度之於營運方與乘客的重要性的關係，並且參考過去的文獻，本研究將以「班距」、「站間旅行時間」檢視台北市幹線公車的可靠度。2.2 小節回顧了傳統上針對班距不穩定的處理方式。2.2 節提出了過去學者們針對連班和追車提出的改善方案。2.3 節針對 GPS 飄移的程度進行整理，2.4 節則簡單整理了過去文獻認為會影響旅行時間的幾個主要因素，包含「路線長度」、「公車站牌數目」、「號誌化路口數量」、「天氣狀況」、「事故數」。並且公車的靠站時間可以潛在的代表該站的旅客人數與該站的為運量的貢獻程度。

第三章 研究方法

本研究透過政府近年來致力推動的開放資料(open data)，來蒐集自變數與應變數的數據。本章將說明本研究的研究方法，3.1 節說明本研究架構，3.2 節說明本研究使用的分析方法，3.3 節說明本研究的資料以及處理方式，3.4 節說明自變數資料預期符號。

3.1 研究架構

本研究首先以時空圖分析公車 i 在站點 n 與前車之時間車間距(time headway，以下簡稱車間距)與發車班距及路線特性之可能關係。本研究以班序第 $i-1$ 和第 i 班公車抵達第 n 站的時間差做為班距的計算方式，如下式 1 所示：

$$H_n^{i-1,1} = t_n^i - t_n^{i-1} \quad (1)$$

t_n^i : 發車班序 i 的公車在站順序 n 的進站時間點。

t_n^{i-1} : 發車班序 $i-1$ 的公車在站順序 n 的進站時間點。

若將公車班序固定在第 $i-1$ 和第 i 班公車抵達第 n 站的班距，為班序第 $i-1$ 和第 i 班公車在第 1 站的發車班距加上經過第 1 站抵達第 n 站路段造成的班距差異，如下圖 2 所示。式 2 為根據下圖 2 第 $i-1$ 和第 i 班公車抵達第 $n-1$ 站的班距為 $H_{n-1}^{i-1,i}$ ，為發車班距 $H_1^{i-1,i}$ 加上第 $i-1$ 和第 i 班公車經過第 1 站到第 $n-1$ 站的站間路段所造成的班距差 $ds_{1,n-1}^{i-1,i}$ ；式 3 為第 $i-1$ 和第 i 班公車抵達第 n 站的班距為 $H_n^{i-1,i}$ ，為前一站班距 $H_{n-1}^{i-1,i}$ 加上第 $i-1$ 和第 i 班公車經過第 $n-1$ 站到第 n 站的站間路段所造成的班距差 $ds_{n-1,n}^{i-1,i}$ ；綜合以上式 2 與式 3，可以推導第 $i-1$ 和第 i 班公車抵達第 n 站的班距為 $H_n^{i-1,i}$ ，是第 $i-1$ 和第 i 班公車的發車班距加上每個站間的站間班距影響 ds 為式 4。

$$H_{n-1}^{i-1,i} = H_1^{i-1,i} + ds_{1,n-1}^{i-1,i} \quad (2)$$

$$H_n^{i-1,i} = H_{n-1}^{i-1,i} + ds_{n-1,n}^{i-1,i} \quad (3)$$

$$H_n^{i-1,i} = H_1^{i-1,i} + \sum_{k=2}^n ds_{k-1,k}^{i-1,i} \quad (4)$$

$H_n^{i-1,i}$: 第 $i-1$ 和第 i 班公車抵達第 n 站的班距。

$ds_{k-1,k}^{i-1,i}$: 第 $i-1$ 和 i 班公車經過第 $k-1$ 站到 k 站路段的班距差， $k \in N_R$ ， $i \in I_R$ 。

N_R : 路線 R 的站順序第 n 站的站名集合。

I_R : 路線 R 的班序 i 的集合。

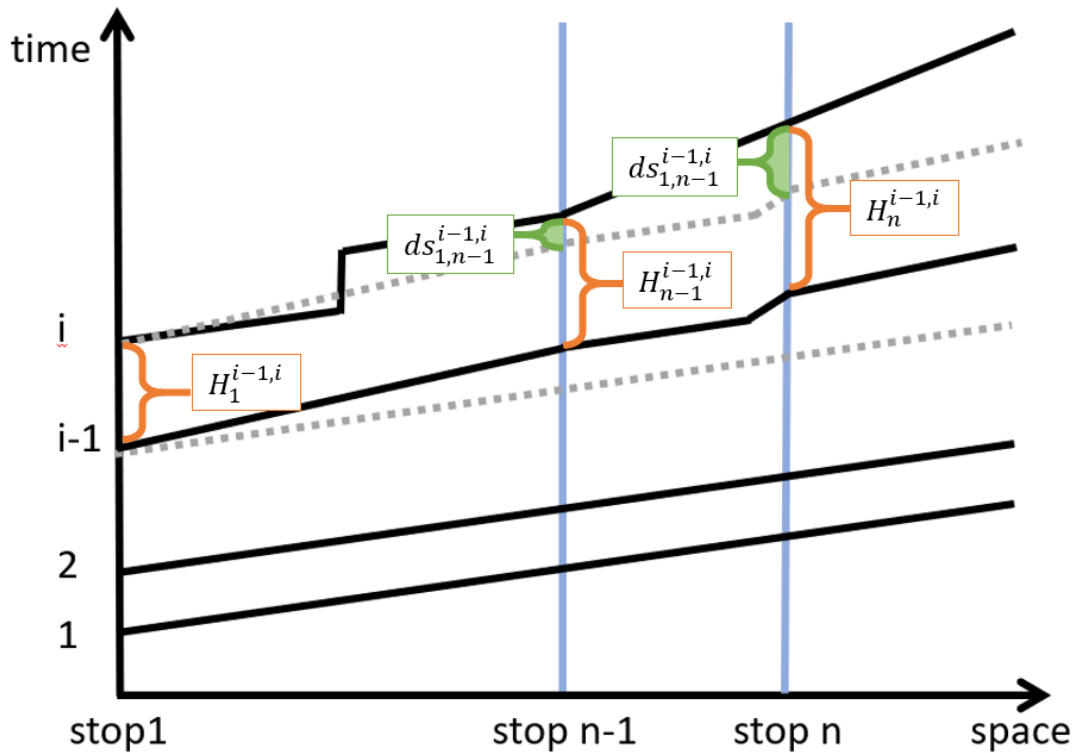


圖 2 班距結構示意圖-固定公車班序

若以站點固定的角度來看，如下圖 3 所示在第 1 站，第 $i-1$ 班和第 i 班公車的班距 $H_1^{i-1,i}$ ，是第 2 班和第 $i-1$ 班公車的班距 $H_1^{2,i-1}$ 加上發車班距差 $dt_1^{i-1,i}$ 的結果，如下式 5 所示；第 2 班和第 $i-1$ 班公車的班距 $H_1^{2,i-1}$ ，是第 1 班和第二班公車班距 $H_1^{1,2}$ 加上發車班距差 $dt_1^{2,i-1}$ 的結果，如下式 6 所示。式 7 為綜合以上式 5 與式 6，可以推導第一站 $H_1^{i-1,i}$ 的班距為第 1 站發車班距 $H_1^{1,2}$ 加上所有經過同一站的班距間差異 dt 的結果。在首站推得的公式也可以拓展使用在任何站 n 如下式 8、式 9、式 10 所式。

$$H_1^{i-1,i} = H_1^{2,i-1} + dt_1^{i-1,i} \quad (5)$$

$$H_1^{2,i-1} = H_1^{1,2} + dt_1^{2,i-1} \quad (6)$$

$$H_1^{i-1,i} = H_1^{1,2} + \sum_{k=2}^i dt_1^{k-1,k} \quad (7)$$

$$H_n^{i-1,i} = H_n^{2,i-1} + dt_n^{i-1,i} \quad (8)$$

$$H_n^{2,i-1} = H_n^{1,2} + dt_n^{2,i-1} \quad (9)$$

$$H_n^{i-1,i} = H_n^{1,2} + \sum_{k=2}^i dt_n^{k-1,k} \quad (10)$$

$H_n^{i-1,i}$: 第 i-1 和第 i 班公車抵達第 n 站的班距。

$dt_n^{k-1,k}$: n 站第 k-1 和第 k 班公車的發車班距差, $k \in I_R$, $n \in N_R$ 。

N_R : 路線 R 的站順序第 n 站的站名集合。

I_R : 路線 R 的班序 i 的集合。

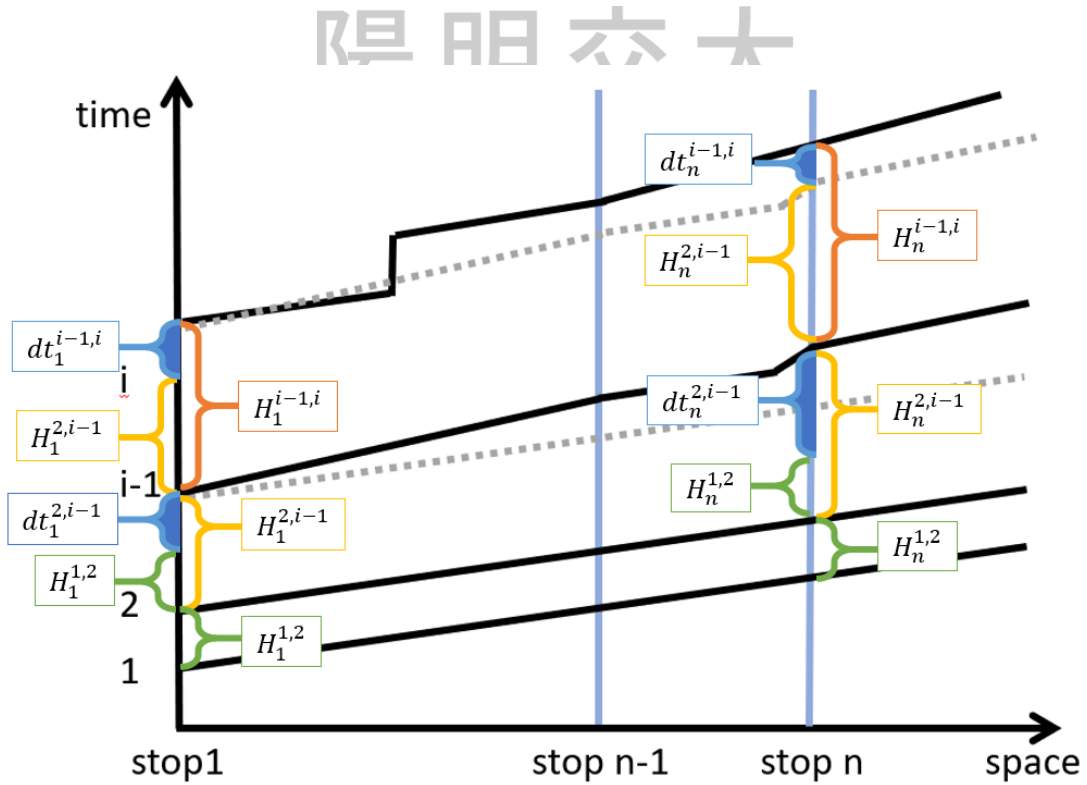


圖 3 班距結構示意圖-固定站點

結合以上兩種觀察班距的觀點，下式 11 為固定公車為第 i-1 和第 i 班的公式，式 12 為固定在第 1 站的公式，將式 12 帶入式 11 可以得到式 13。式 13 中第 i-1 和第 i 班公車抵達第 n 站的班距 $H_n^{i-1,i}$ 為首站首班班距 $H_1^{1,2}$ 加上第 1 班到第 i 班

發車班距差異 dt 的和，再加上第 $i-1$ 和第 i 班公車經過第 $n-1$ 站到第 n 站路段的班距差異 ds 的和。由式 13 可以得到，任一班距是由「路段造成的班距差異 ds 」、「發車班距差異 dt 」所組成，如下圖 4 所示。

$$H_n^{i-1,i} = H_1^{i-1,i} + \sum_{k=2}^n ds_{k-1,k}^{i-1,i} \quad (11)$$

$$H_1^{i-1,i} = H_1^{1,2} + \sum_{k=2}^i dt_1^{k-1,k} \quad (12)$$

$$H_n^{i-1,i} = H_1^{1,2} + \sum_{k=2}^i dt_1^{k-1,k} + \sum_{k=2}^n ds_k^{i-1,i} \quad (13)$$

$H_n^{i-1,i}$: 第 $i-1$ 和第 i 班公車抵達第 n 站的班距。

$ds_{k-1,k}^{i-1,i}$: 第 $i-1$ 和 i 班公車經 $k-1$ 站和 k 站的站間班距差， $k \in N_R$ ， $i \in I_R$ 。

$dt_1^{k-1,k}$: 首站第 $k-1$ 和第 k 班公車的發車班距差， $k \in I_R$ ， $n \in N_R$ 。

N_R : 路線 R 的站順序第 n 站的站名集合。

I_R : 路線 R 的班序 i 的集合。

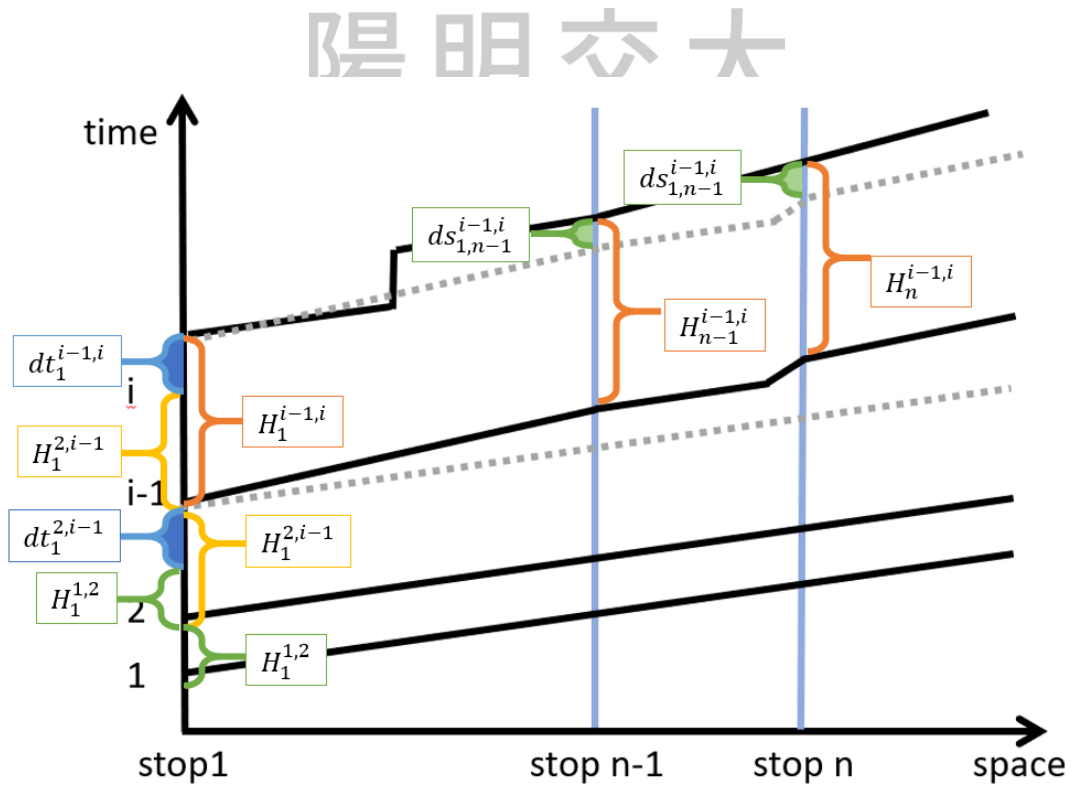


圖 4 班距結構示意圖-結合固定站點與固定公車

根據上式 1 到式 13 的推導，本研究的架構圖如下圖 5 所示。本研究認為造成班距變化的因素主要有兩個，分別是「經過站間產生的的班距差異 ds 」、「發

車班距差異 dt 」。因為站間路段當中的行車變數(靠站狀況、壅塞狀態)、空間變數(路段長度、號誌數、是否有公車專用道、是否轉彎)、依時變數(雨量、班次)等變數的狀態不同，會導致前後相鄰班次的車輛在經過站間路段有不同的車速表現，進而導致站間行駛時間發生變化，進而產生「站間班距差 ds 」。雖然發車時間有班表作為依據，但是在實際情況上每班公車的班距仍會產生一定程度上的偏差，導致每一班次的公車班距發生變化。本研究以首站首班車的發車班距作為基準點，每一班車的「發車班距差 dt 」預期是一個以班表發車班距為平均的常態分配。

根據第二章文獻回顧結果，本研究選擇五個產出變數(outcome variable)作為公車旅行時間可靠度之分析對象，包括：1)「班距」，定義為前一班公車和後一班公車進站時間的時間差，是站點上公車可靠度表現的基本狀態；2)「站間班距差 ds 」，定義為經過過站序 n 和 $n-1$ 站間產生的班距差異，表示站間路段對班距造成的影響；3)「站間行駛時間」，定義為同一台公車前一站出站和後一站進站的時間差，是路段上公車可靠度的基本狀態；4)「是否達成班表班距」的布林變數，是根據班距與每條路線的班表對照，達成預計班表班距為 1、未達班表則為 0；5)「班距是否小於一分鐘」的布林變數，若班距小於一分鐘為 1(視為連班)，班距大於一分鐘為 0。之後為比較幹線公車與非幹線公車的差異，本研究將分別對重慶幹線、羅斯福幹線增加 304 重慶、252 作為比較。比對路線的篩選標準為起訖點類似、重疊的部分在主要幹道上。其範圍為兩條路線間的重複站點。

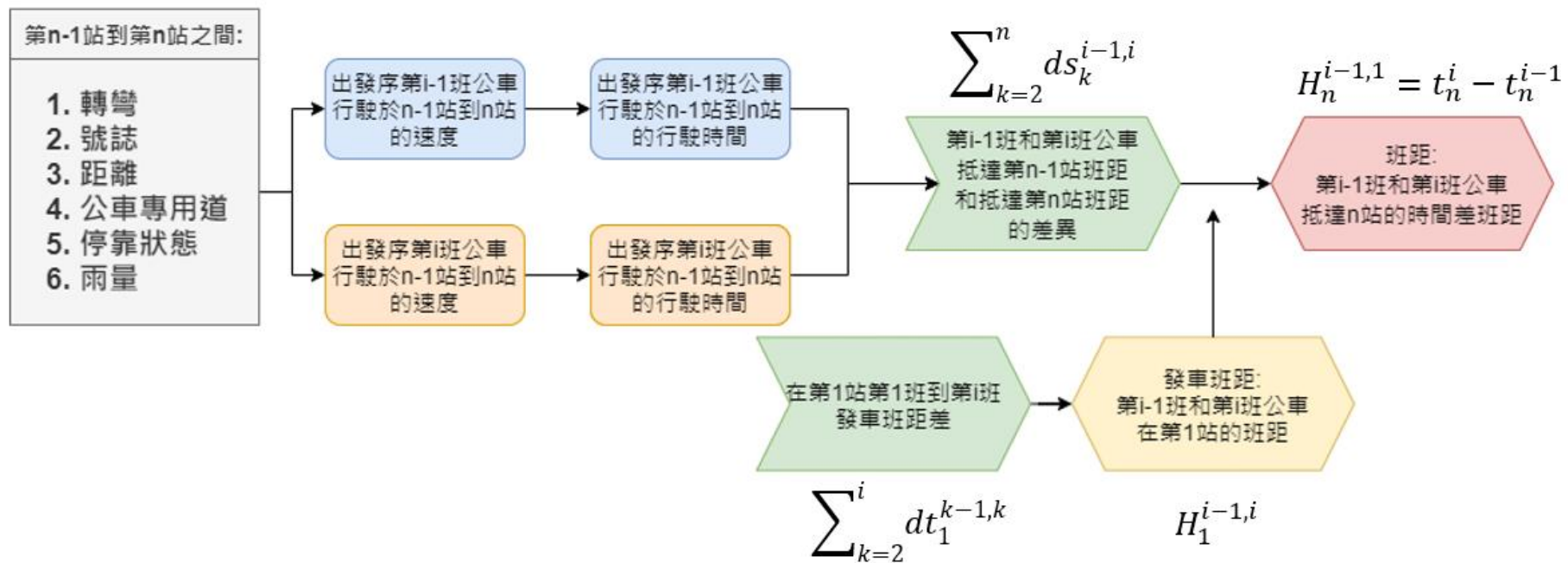


圖 5 研究架構圖

3.2 分析方法

本研究使用迴歸模式估計因素影響效果，針對班距、站間班距差以及站間旅行時間三個產出變數，以傳統複迴歸檢視初步結果以及變數共線性和殘差獨立性。由於本研究使用的資料為追蹤型資料(panel data)，為反應同一站間有多筆資料之特性，本研究亦發展階層迴歸模型。是否達成班表班距以及是否發生連班(班距小於 1 分鐘)兩產出變數，則使用羅吉斯特迴歸進行分析。

3.2.1 線性迴歸

本研究的線性模型希望透過複迴歸(Multiple Regression)了解的關係有以下三點，第一點是了解自變數之間是否存在共線性的問題，本研究以放入所有自變數的模式 VIF 值來檢驗自變數之間是否存在着共線性的問題，並且檢驗 DW 值檢視殘差是否具有獨立性。線性迴歸的應變數與自變數的關係如下式 19 所示：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (19)$$

本研究將應變數一「班距」、變數二「站間班距差 ds」、變數三「站間行駛時間」放入線性迴歸當中，檢視變數之間的關係。

3.2.2 二元羅吉特迴歸

本研究以二元羅吉特迴歸(Logistic Regression)分析布林變數應變數四與應變數五。二元羅吉特迴歸一般應用於探討二分的預測，有兩種可能的結果，例如購買決策(買或不買)、犯罪行為(有或沒有)，在本研究中就是該站班距是否符合尖峰 4-6 分鐘，離峰 5-10 分鐘(達成或沒達成)、班距是否小於一分鐘。在二元羅吉特迴歸分析中，自變數可為連續或類別變數。由於本研究模型之班次頻率模型為變項屬於二元變數，故採用二元 Logistic 迴歸來做統計分析。二元羅吉特迴歸和線性迴歸分析不同之處在於線性迴歸採用最小平方估計法進行係數估計，而二元羅吉特迴歸因為自變項與應變數非線性關係，其誤差不是常態分配，且不符合變異數同質性，因此以最大概似法來估計係數。假設應變數和自

變數的線性關係可表示如下式 14 所示，其中 β_0 與 β 分別表示迴歸式的截距項及迴歸係數， e_i 為誤差項。

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k + e_i \quad (14)$$

二元羅吉特迴歸可以求出某事件發生的機率， $P(Y=1)$ 表示事件發生的條件機率， $1-P$ 表示事件未發生($Y=0$)的機率。

$$P(Y = 1|X_k) = 1 / (1 + e^{-f(x)}) = e^{f(x)} / (1 + e^{-f(x)}) \quad (15)$$

$$P(Y = 0|X_k) = 1 - P(Y = 1|X_k) = 1 - (e^{f(x)} / (1 + e^{-f(x)})) \quad (16)$$

上二式相除之後可得出勝算比：

$$\text{ODDS} = P(Y = 1) / (1 - P(Y = 1)) = e^{f(x)} \quad (17)$$

勝算比表示某事件發生機率與未發生機率之比值，意即事件發生機率是未發生機率的倍數。此時將等號左右兩邊取自然對數後可得：

$$\ln \left[\frac{P}{1-P} \right] = f(x) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k \quad (18)$$

二元羅吉特迴歸的顯著性檢定分為個別參數與整體模式兩部分。整體模式檢定比較每筆資料預測機率與實際機率之差異，來決定模型是否適用。本研究採用 Hosmer-Lemeshow 指標來檢定整體模式的適配度，檢定值不顯著時，表示模式的適配度佳。個別參數的部分，本研究是以 Wald 值來檢定顯著性，並以 β 值的方向作判斷。

3.2.3 階層迴歸

階層線性模型(hierarchical linear modeling, HLM)又稱做多層次分析(multilevel analysis)，相較於線性迴歸是針對總體進行估計，階層模型更加關注於資料母體的階層結構(hierarchical structure)。溫福星(2006)認為，傳統的線性迴歸模式遺漏了重要的脈絡變數(contextual variable)，也就是資料的嵌套關

係。因此導致誤差項方差被高估與係數標準誤被低估的狀況產生，進而造成型一錯誤(type I error)膨脹的問題。

本研究的應變數在不同道路環境下會有分組的情況產生，例如路段長度會對於班距與站間行駛時間的影響甚大，因此本研究認為站間環境是不可忽略的情境變數。因此相較於傳統的多元線性的迴歸分析，使用階層線性模型可以更有效的分析其分層的資料形式。而透過組內相關係數(ICC)的校估，可以衡量組間方差與組內方差的相對程度，當 ICC 值越大表示組內越同質，組間越異質，這種情況就適合使用階層模式。溫福星 & 邱皓政(2009)引用 Cohen(1988)所建議的判斷標準，ICC 小於 0.059 算是低度的組內相關，在 0.059 和 0.138 之間是中度組內相關，高於 0.138 則算是高度的組內相關。然而 ICC 的範圍在不同的領域差異很大。Luke(2004)則認為，是否要使用階層迴歸來分析可以從理論層次「研究是否屬於多層次議題」、統計層次「資料結構上是否違反殘差獨立性與同質性假設」、實證層次「ICC 大到不能忽略其對迴歸分析的影響」來判斷是否要使用階層迴歸。

本研究欲了解站間環境的不同對於應變數的解釋程度，因此將「站間」作為 level2 的總體層級。並且假設每一個站間的 level1 自變數作用相同，將個體層級斜率設為固定效果，截距設定為隨機效果的 one-way ANCOVA model with random effects 作為模型，以應變數站間行駛時間和自變數靠站狀況在羅斯福路幹線上的狀況舉例而言，斜率固定就是假設「靠站狀況」這個變數在羅斯福路幹線上第一站和第二站的這組和第二站到第三站這組的對於站間行駛時間的影響程度是相同的。隨機截距就是假設每一個站間所需要的平均站行駛時間不同。one-way ANCOVA model with random effects 的模式如下式所示：

$$\text{Level-1 model: } Y_{tiR} = \beta_{0iR} + \sum_{q=1}^P \beta_{qiR} X_{tqiR} + \varepsilon_{tiR} \quad (20)$$

$$\text{Level-2 model: } \beta_{0iR} = \gamma_{00} + \sum_{l=1}^m \gamma_{0l} Z_{liR} + u_{0iR}$$

$$\beta_{qiR} = \gamma_{q0}$$

Y_{inR} : 第 i 班車在 n_R 站點的應變數。

N_R :路線 R 的站順序第 n 站的站名集合。

n_R :路線 R 的一個站點， $n \in N_R$ 。

β_{0n_R} : Level-1 截距。

β_{qn_R} : Level-1 迴歸係數, $q = 1, 2, 3, \dots, P$ 。

X_{iqn_R} : Level-1 第 i 班車， n_R 站的第 q 個自變數。

ε_{in_R} : Level-1 第 i 班車， n_R 站的殘差。

γ_{00} : Level-2 β_{0n_R} 截距。

γ_{0l} : Level-2 迴歸係數， $l=1, 2, 3, \dots, m$ 。

Z_{li_R} : Level-2 n_R 站的第 l 個自變數。

u_{0i_R} : Level-2 n_R 站的殘差。

γ_{q0} : Level-2 β_{qn_R} 截距。

下表 5 為應變數一班距 $H_n^{i-1,i}$ 、應變數二站間班距差 $ds_{n-1,n}^{i-1,i}$ 、應變數三站間行駛使間 $T_{n-1,n}^i$ 的自變數階層與處理說明，圖 6~圖 8 為結構示意圖，距離、公車專用道、轉彎、號誌、站序等為僅隨空間變動的 Level-2 自變數 Z_{li_R} ；速度、靠站狀況、雨量、發車班距等會隨著時間與空間改變的變數為 Level-2 自變數 X_{iqn_R} 。在應變數一班距 $H_n^{i-1,i}$ 的自變數部分，參照上節公式可以得知是受到站間班距差 $ds_{n-1,n}^{i-1,i}$ 加總的影響，因此將距離、公車專用道、轉彎、號誌、站序等為隨空間變動的自變數前 n 站加總再除上站間數，以符合班距的架構。在速度的部分則去前 3 站做為當時的交通狀況代表，。

表 5 階層迴歸自變數階層與解釋

階層	自變數	應變數一:班距 $H_n^{i-1,i}$	應變數二:站間班距差 $ds_{n-1,n}^{i-1,i}$	應變數三:站間行駛使間 $T_{n-1,n}^i$
Level-2	距離	第 1 站到第 n 站的站間距離加總 /站間數	第 n-1 站到第 n 站的站間距離	第 n-2 站到第 n 站的站間距離
Level-2	公車專用道	第 1 站到第 n 站的在專用道上的 站間加總/站間數	第 n-1 站到第 n 站的站間路段是 否在公車專用道上	第 n-2 站到第 n 站的站間路段是 否在公車專用道上
Level-2	轉彎	第 1 站到第 n 站的有經過轉彎的 站間數加總/站間數	第 n-1 站到第 n 站的站間路段是 否經過轉彎	第 n-2 站到第 n 站的站間路段是 否經過轉彎
Level-2	號誌	第 1 站到第 n 站的站間經過的號 誌數加總/站間數	第 n-1 站到第 n 站的站間路段上 有幾個號誌	第 n-2 站到第 n 站的站間路段上 有幾個號誌
Level-2	站序	第 n 站站序	第 n 站站序	第 n 站站序
Level-1	速度	第 n-3 站到第 n 站第 i 班公車的 站間平均速度加總/3 個站間	第 n-1 站到第 n 站第 i 班公車的 站間平均行駛速度	不使用
Level-1	靠站狀況	不使用	第 i 班公車在第 n-1 站停靠的秒 數	第 i 班公車在第 n-2 站是否停靠
Level-1	雨量	該小時的平均雨量	該小時的平均雨量	該小時的平均雨量
Level-1	發車班距	第 i-1 班和第 i 班公車在第 1 站 的發車間隔時間	不使用	不使用

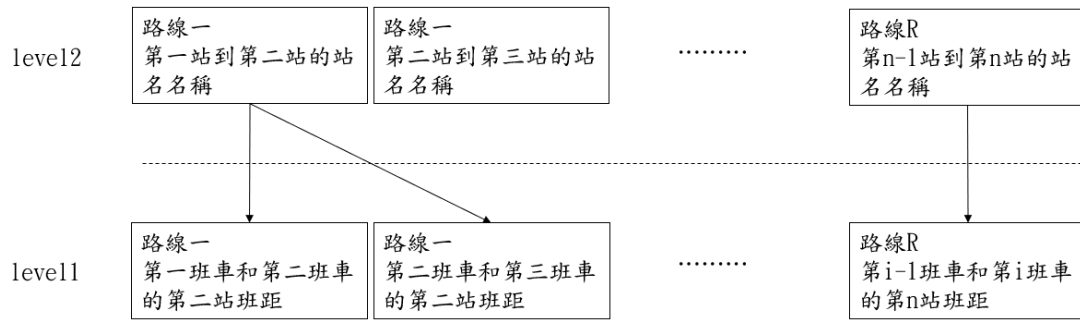


圖 6 應變數一階層模型架構

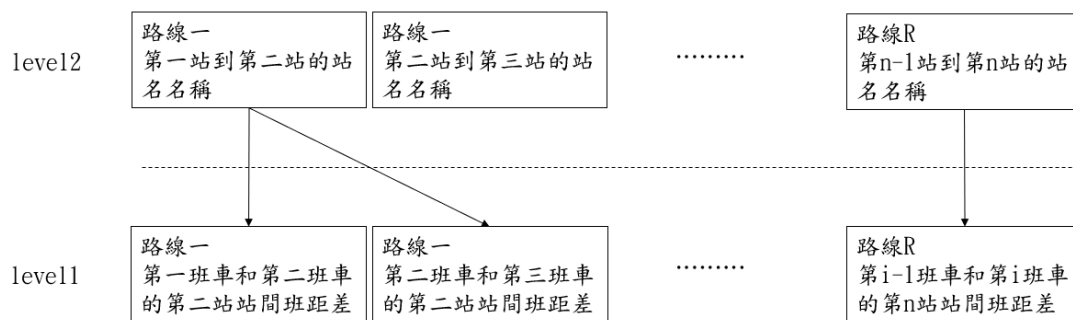


圖 7 應變數二階層模型架構

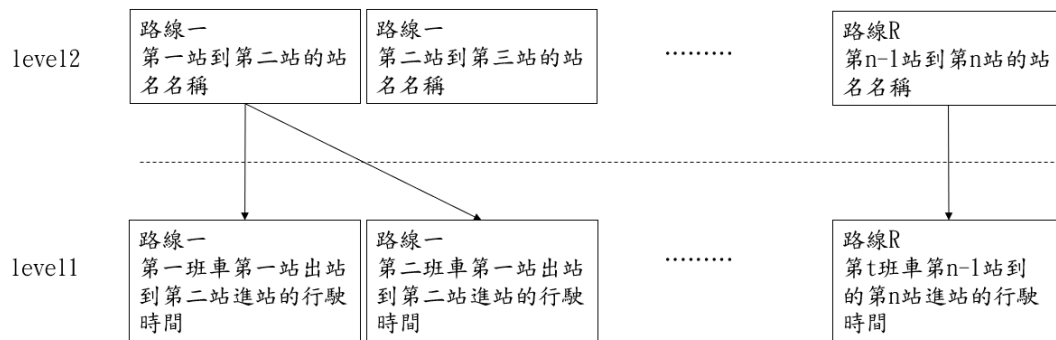


圖 8 應變數三階層模型架構

3.3 資料蒐集與處理

3.3.1 產出變數資料

本研究的使用向台北市交通局公共運輸處申請之 BusEvent 車機資訊原始資料，並且參考運研所 97 年度公車動態資訊系統交換格式對照資料意義，經過自行篩選之後得到可分析的 A2 定點車機資料。A2 車機定點資料的用途為定點通報各車輛之行車狀況，如下圖 9 所示，公車會在到達站點前的 50 公尺、出站後的 40 公尺回傳時間的資料。

應變數一班距為將第 $i-1$ 班和第 i 班公車在第 n 站的進站時間相減；應變數二站間班距差第 $i-1$ 班和第 i 班公車的班距與第 $i-2$ 班和第 $i-1$ 班公車的班距相減；應變數三站間行駛時間為第 i 班公車在第 n 站的進站時間減在第 $n-1$ 站的出站時間。應變數四是否符合班表班距是以應變數一為基礎，符合班表班距為 1，不符合班距為 0；應變數五為班距是否小於一分鐘，小於一分鐘的為 1，大於一分鐘的為 0。

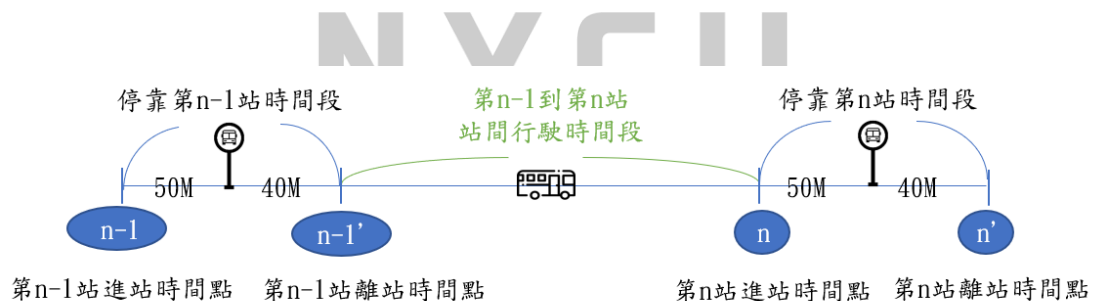


圖 9 站間行駛時間示意圖

3.3.2 預測變數資料

根據上一節的文獻回顧，可以知道「路段長度」、「公車站牌數目」、「號誌化路口數量」、「天氣狀況」皆為影響行駛時間的重要因素。而本研究認為「是否具有公車專用道」、「靠站狀況」、「是否轉彎」、「站間行駛速度平均」等因素也可能會影響到旅行時間。「公車專用道」將公車的路權獨立，使公車速度不受其他車種影響，但亦可能造成該車並無乘客要上下車，但因前方公車需停靠載

客，因此必須停靠的狀況發生，希望透過本研究分析，了解公車專用道是否真的可以有效的降低行駛時間。在「靠站狀況」的部分，本研究認為公車靠站需要切至外線並且減速至靜止，或者需要由停靠的靜止狀態加速切進內線，因此靠站狀態導致車流交織會對行駛時間造成一定程度的影響，並且靠站的秒數根據文獻回顧，一位乘客的上下車時間約為 2 秒，因此停靠的秒數越多意味著上下車的乘客數越多。在「是否轉彎」的部分，本研究認為公車為大型車輛，轉彎半徑約達到 12.8 公尺，並且在轉彎的過程當中經常需要等待行人經過行穿線的時間，因此本研究認為是否轉彎會增加公車的行駛時間。「站間行駛速度之平均」的部分本研究認為影響旅行時間的主要因素為距離與速度，因此將站間速度平均納為考量。駕駛在該路段行駛的速度背後代表的意義可能有駕駛的駕駛習慣與當時時段的壅塞狀況都可能包含在該變數當中。

本研究將上述自變數整理成為以下幾個分類如下表 6 所示：

1. 空間變數(隨「空間」變化，不隨「時間」變化的變數)：站間路段距離、路段中的號誌化路口數量、該路段是否公車專用道、該路段是否轉彎。
2. 依時變數(不隨「空間」變化，隨「時間」變化的變數)：每小時天氣狀況、是否為尖峰時段。
3. 行車狀態變數(隨「空間」和「時間」變化的變數)：「駕駛於站間行駛速度之平均」、「停靠狀況」。

表 6 自變數分類表

	隨時間變化	不隨時間變化
隨空間(站間)變化	1. 駕駛於站間行駛速度之平均 2. 靠站狀況	1. 站間路段長度 2. 路段中的號誌化路口數量 3. 該路段是否為公車專用道 4. 該路段是否轉彎

不隨空間(站間)變化	1. 每小時平均天氣狀況 2. 是否為尖峰時段	
------------	----------------------------	--

以下為各個變數的資料整理方式：

(一) 站間路段長度

本研究以交通部數據匯流平台之臺北市區公車站位資料為準，獲得每個站牌的經緯度資訊，使用 R 來抓取 google map 上以大眾運輸作為運具選擇的每個站間距離的資料。若有同一個站名但有多個站牌及多經緯度的情況，則取該站間所有經緯度距離的平均值。通常同站名多個站牌的情況會發生是因為站牌分別位於道路兩側，因此距離可能會有略為高估的情況發生。

(二) 每小時天氣狀況

使用交通部數據匯流平台之氣象觀測資料，並取其中的「板橋」、「新店」、「台北」等四個觀測站的資料，平均「雨量」變數，以代表大台北地區該小時的天氣狀況。

(三) 號誌化路口

使用台北市資料大平台的號誌路口座標資料，新北市號誌路口座標部分則是向新北市政府交通局發文申請。自行整理的站間路段長度、向交通部數據匯流平台所申請的站牌座標資料。本研究先過濾同區且同路名的站牌和號誌，並計算站牌與號誌距離，再過濾出小於站間路段長度的號誌。

(四) 公車專用道

參考台北市交通管制工程處於其網站上公布的公車專用道網路路段，並參考 google map 得到路段起始與結束的座標，對照站牌座標位置即

可獲得路段是否有公車專用道的資料。具有公車專用道的路段為 1，未設有公車專用道的路段為 0。

(五) 該路段是否轉彎

使用向交通部數據會流平台所申請的站牌座標資料抓出站牌地址當中的路名，之後對照應變數資料將 $n-1$ 站的路名不等於 n 站路名的資料標註為 1，意思為站間有轉彎； $n-1$ 站的路名等於 n 站路名的資料則標註 0，意思為站間未轉彎。

(六) 是否為尖峰時段

本研究致電至研究範圍路線的客運公司詢問，得知尖峰班表為早上六點到八點、下午四點到六點之間發車的班次皆適用尖峰班表，因此在尖峰班表發車的班次為 1，在離峰班表發車的班次為 0。

(七) 駕駛於站間行駛速度之平均（站間點速度平均）

使用向台北市交通局公共運輸處申請之 BusEvent 車機資訊原始資料，並且參考運研所 97 年度公車動態資訊系統交換格式對照資料意義，經過自行篩選之後得到可分析的 A1 公車動態定時資料，該資料會每分鐘會傳送三筆的車輛的經緯度、當下時間、公車行駛速度等資料。本研究用時間判斷該筆點速度資料位於哪兩筆 A2 資料之間，即可得知該筆資料屬於哪個站間，再將該站間所有點速度資料平均，得出駕駛於站間行駛速度的平均，因此在較長的路段當中 A1 的資料筆數可能更多，速度資料的精確程度可能更高。

(八) 靠站狀況

本變數採用 A2 車機定點資料，本資料會在到達站點前的 50 公尺、出站後的 40 公尺回傳時間，如圖 9 所示，也就是經過第 $n-1$ 站、第 n 站的距離分別各為 90 公尺，配合進出站的時間差資料即可計算出經過第 $n-1$ 站、第 n 站的公車車速。由此定義「站間路段起站車速」為經過第 $n-1$ 站的車速，「站間路段迄站車速」為經過第 n 站的車速；「站間路段起站行駛時間」為經過第 $n-1$ 站的行駛時間，「站間路段迄站行駛時

間」為經過第 n 站的行駛時間。且本研究另立「站間路段起始是否停靠」的虛擬變數，定義經過第 $n-1$ 站平均車速大於 20 公里每小時為未停靠，虛擬變數等於 0、經過第 $n-1$ 站平均車速小於 20 公里每小時為停靠，虛擬變數等於 1。

3.4 GPS 飄移處理

根據文獻 GPS 飄移影響不同運具的中位誤差公車為 1.5~4.9 公尺，不同的區域類型中位誤差在城市高樓中為 5.2~7.1 公尺，如下圖 10 所示，若站間路段距離過小，gps 飄移的公尺數占站間距離的比例就會增加，導致容易出現誤差。因此本研究將站間路段距離 90m+運具飄移誤差 10m+行駛在高樓中的誤差 14m=114m。小於 114 公尺的路段資料可能會有很大的誤差，因此本研究處理 GPS 飄移的方法為刪除小於 114 公尺的路段資料、刪除 3 個標準差以外的離群值。

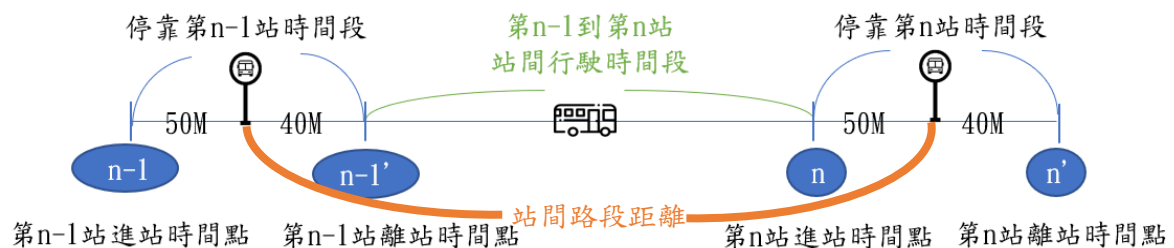


圖 10 GPS 飄移情況示意圖

3.5 自變數符號預期

本研究的變數預期如下表 7 所示，根據上節推導的公式結構所示，應變數一班距，以下使用班距(H)意指；與應變數二站間班距差，以下使用站間班距差異(HS)意指。兩應變數的自變數預期應該相同，而每一站的站間路段空間變數對站間班距差異(HS)比較直接，因此以站間班距差異(HS)說明對於係數符號的預期。下圖 11 為自變數轉彎 Z_{3n_R} 與號誌 Z_{4n_R} 對站間班距差異(HS)的符號預期示意圖。轉彎與號誌可以視為路段上的可能導致公車減速的原因，因此對於速度的影響是負相關即 $\beta_{space\ i-1} < 0$ 且 $\beta_{space\ i} < 0$ 。但是對第 $i-1$ 班公車和第 i 班公車的負影響大小可能不同，即 $\beta_{space\ i-1}$ 和 $\beta_{space\ i}$ 的絕對值大小可能不同。但因為尖峰班表的資料為早上六點到八點、下午四點到六點發車，而路段中真正的車多的尖峰時段是在早上八點到十點，下午四點到六點如下圖 13 靠站時間長條圖所示(根據文獻回顧，靠站時間與旅客人數呈正比。)因此在早上的尖峰時段，可以預期第 i 班公車的速度受到轉彎或號誌的負影響可能比第 $i-1$ 班公車來的大，因此推測 $|\beta_{space\ i}| > |\beta_{space\ i-1}|$ ；而第 $i-1$ 班公車與第 i 班公車對班距差異的影響力是相同的，即 $|\beta_{speed\ i}| = |\beta_{speed\ i-1}|$ ，因此預期 γ_{03n_R} 、 γ_{04n_R} 對班距(H)和站間班距差異(HS)為負號。對於應變數三站間行駛時間，以下用旅行時間(TT)意指。則是，因為速度變慢會讓行駛時間增加而呈現正號。

下圖 12 為自變數公車專用道 Z_{2n_R} 和路段長度 Z_{1n_R} 對站間班距差異(HS)的符號預期示意圖，本研究認為在站間路段長的路段因為不用不斷靠站且有較長的距離可以加速因此車速可能較快，公車專用道因為可以讓公車不受到混和車流因此預期亦為正相關的加速因子。但因為尖峰班表的資料為早上六點到八點、下午四點到六點發車，而路段中真正的車多的尖峰時段是在早上八點到十點，下午四點到六點如下圖 13 靠站時間長條圖所示，可以預期第 i 班公車的速度受到公車專用道或路段長度的正影響可能比第 $i-1$ 班公車來的小，因此推測 $|\beta_{space\ i}| < |\beta_{space\ i-1}|$ ；而第 $i-1$ 班公車與第 i 班公車對班距差異的影響力是相同的，即 $|\beta_{speed\ i}| = |\beta_{speed\ i-1}|$ ，因此預期 γ_{01n_R} 、 γ_{02n_R} 對班距(H)和站間班距差異(HS)為正號；對旅行時間(TT)站間行駛時間則是因為速度變快相同距離之間行駛時間會變短而呈現負號。

在自變數站序 Z_{5nR} 的部分，於班距(H)的意義為班距已經受到了幾個站間路段影響，在站間班距差異(HS)和旅行時間(TT)則代表該站間路段位於路線的位置，所以正或負皆有可能。 X_{1inR} 壅塞狀況本研究使用第 i 班的車速作為壅塞狀況的代表變數，因此對於班距(H)和二皆預期為負相關，在旅行時間(TT)則是因為車速與時間的關係過於緊密，亦造成過度擬和因此未放入該變數。 X_{2inR} 靠站狀況，在站間班距差異(HS)使用第 i 班公車在前一站的停靠時間做為代表變數，停靠越久會距離前一班公車更遠因此預期為正相關；在旅行時間(TT)的部分則是以前一站是否停靠作為呈現，因為只要有停靠就會減速到停止的過程讓平均速度降低所以預期為正相關。 X_{3inR} 雨量，預期為降低車速的變數，但是因其隨時間變化的特性，不同班次行駛在第 $n-1$ 站到第 n 站站間的天氣狀況可能不同，因此可能出現第 $i-1$ 班公車經過該站間被下雨影響降低車速，而第 i 班經過該站間已經雨停了所以沒有被影響車速的狀況，因此在班距(H)即站間班距差異(HS)當中正相關或負相關皆有可能，在旅行時間(TT)則是正影響。 X_{4inR} 發車班距，預期與班距(H)呈現正相關，是第 $i-1$ 班公車與第 i 班公車受到前述變數影響之前的狀態，係數應該要接近 1。

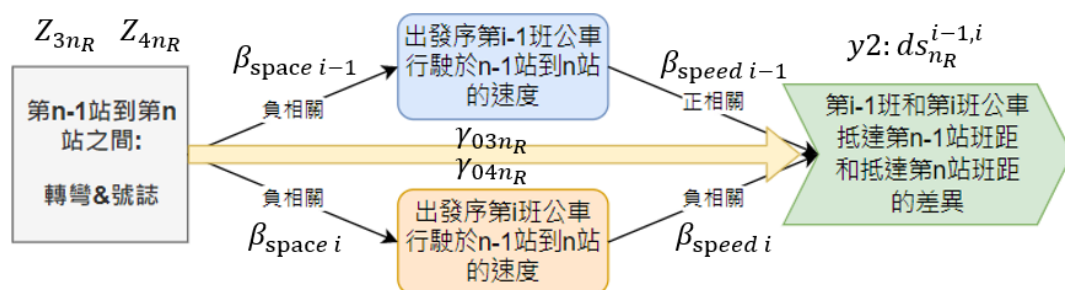


圖 11 自變數轉彎與號誌對站間班距差異(HS)係數預期示意圖

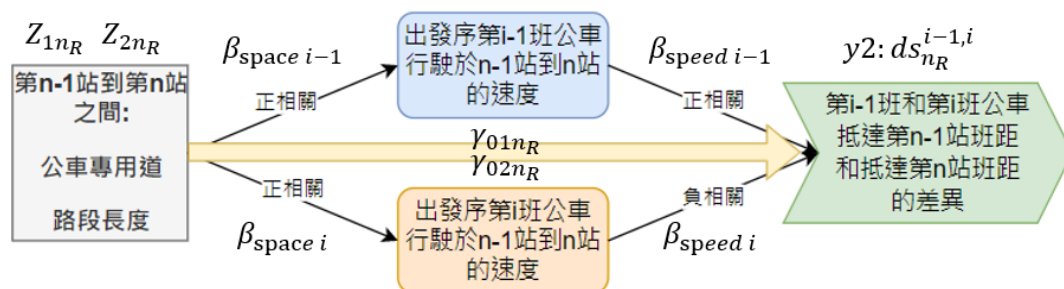


圖 12 自變數路段長度與公車專用道對站間班距差異(HS)係數預期示意圖

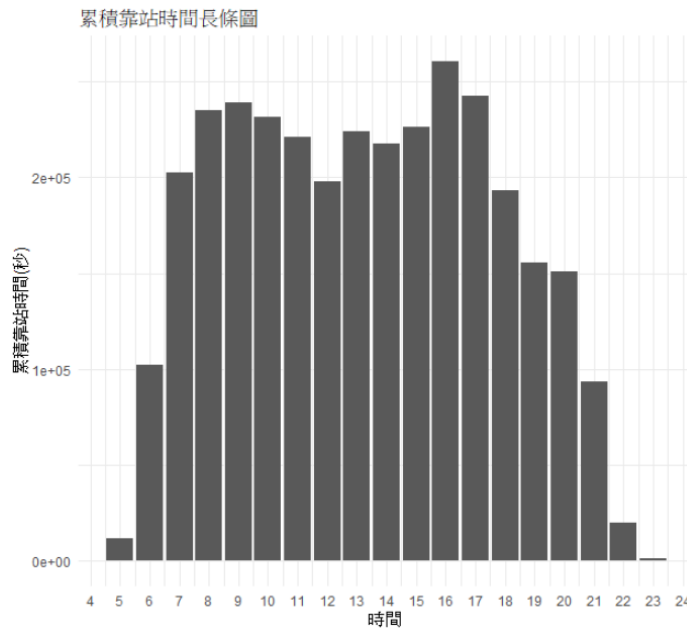


圖 13 累積靠站時間長條圖

在應變數四班距達成度(是否符合班表班距)與應變數五連班(班距是否小於 1 分鐘)的部分，使用的變數與班距(H)相同，為前 n 站加總的自變數，在係數預期上因為應變數以轉換成布林變數因此較為直觀。本研究認為對於路段長度 Z_{1n_R} ，路段長度越長的路段越容易達成班距，並且不容易連班，因為路段長度較長，駕駛越有自己調控速度的機會。對於公車專用道 Z_{2n_R} 、轉彎 Z_{3n_R} 、號誌 Z_{4n_R} 等會造成路段上行駛速度變異的道路橫斷面設施，都會造成班距達成度較低和連班的狀況發生。站序 Z_{5n_R} 的部分，越後面的站會累積越多前面經過的路短所造成的班距變異，因此預期站序後面的站點班距達成度較低，也會容易有連班的狀況發生。對於壅塞狀況 X_{1n_R} ，在班距達成度的係數符號上預期則取決於當下與前車的班距，如果當下與前車的班距是 6 分鐘，第 i 班公車車速變快的話會更容易符合班距；如果當下與前車的班距是 4 分鐘，則第 i 班公車車速變快的話會不容易符合班距。在連班的部分，第 i 班公車車速變快會與前車的距離更靠近所以預期為正相關。對於雨量 X_{3in_R} ，在班距達成度的係數符號上預期則取決於當下與前車的班距，如果當下與前車的班距是 6 分鐘，下雨讓第 i 班公車車速變慢的話會不容易符合班距；如果當下與前車的班距是 4 分鐘，則下雨讓第 i 班公車車速變慢的話會容易符合班距。在連班的部分，下雨讓第 i 班公車車速變慢會與前車的距離更靠遠所以預期為負相關。對於發車班距 X_{4in_R} ，在班距達成度的係數符號上預期則取決於該路線的平均發車班距，若該

路線的發車班距為 6 分鐘的話，減少發車班距則有利於將班距維持在 4~6 分鐘一班的班表班距之內；但若該路線的發車班距為 4 分鐘的話，則增加發車班距會有利於將班距維持在班表班距的 4~6 分鐘一班。在連班的部分則是發車班距越短越有可能有連班的狀況發生。因為雨量受限於資料觀測與取得的因素，僅有位於雙北的觀測站當中的一小時平均雨量，而幹線公車理想上則是 4~6 分鐘一班，有時間尺度不同的狀況，並且雨量結果沒辦法因路線或站點制宜，因此預期雨量變數較可能有在不同的路線之間顯著程度不同的結果。

陽明交大
NYCU

表 7 自變數符號預期表

階層	係數符號	自變數	應變數一:班 距	應變數二:站 間班距差	應變數三:站 間行駛時間	應變數四:班 距達成度	應變數五:是 否連班
Level-2	γ_{01n_R}	Z_{1n_R} :距離	+	+	+	+	-
Level-2	γ_{02n_R}	Z_{2n_R} :公車專用道	+	+	-	-	+
Level-2	γ_{03n_R}	Z_{3n_R} :轉彎	-	-	+	-	+
Level-2	γ_{04n_R}	Z_{4n_R} :號誌	-	-	+	-	+
Level-2	γ_{05n_R}	Z_{5n_R} :站序	+ or -	+ or -	+ or -	-	+
Level-1	β_{1in_R}	X_{1in_R} :壅塞狀況	-	-	不使用	+ or -	+
Level-1	β_{2in_R}	X_{2in_R} :靠站狀況	不使用	+	+	不使用	不使用
Level-1	β_{3in_R}	X_{3in_R} :雨量	+ or -	+ or -	+	+ or -	-
Level-1	β_{4in_R}	X_{4in_R} :發車班距	+	不使用	不使用	+ or -	-

第四章 分析結果

4.1 樣本數與分配

根據前章研究架構，本研究認為造成班距變化的因素主要有兩個，分別是「經過站間產生的班距差異 ds 」、「發車班距差異 dt 」，下圖 14 為班距(H)於尖峰班表時段在各路線的每站的班距分配，是前述兩項變異共同影響的成果。羅斯福路幹線的資料筆數為 12036 筆，252 為 1427 筆，重慶幹線為 16726 筆，304 重慶為 2102 筆。可以發現四條路線的班距皆類似於以班表班距為中心的常態分配。在幹線公車中羅斯福路幹線的分配較重慶幹線更集中，平均班距也更小；而 304 重慶的班距則是在四條幹線當中分布最廣的。

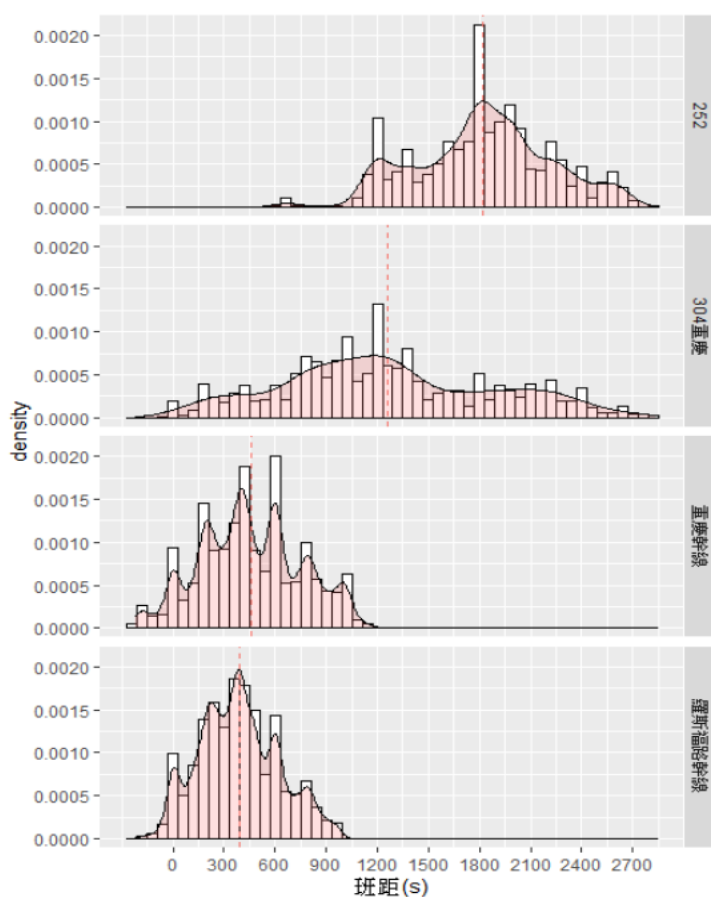


圖 14 各路線每站班距(H)分配圖

4.2 班距特性與相關敘述性統計

根據前章研究架構，本研究認為造成班距變化的因素主要有兩個，分別是「經過站間產生的的班距差異 ds 」、「發車班距差異 dt 」。以下為針對上述兩項變異，區分四條路線尖峰班表時段的敘述統計結果如下。

4.2.1 空間班距差異特性

而發車班距在預期中會是一個以班表班距為平均的常態分佈，雖然發車時間有班表作為依據，但是在實際情況上每班公車的班距仍會產生一定程度上的偏差，這個偏差的來源可能和客運公司的公車調度和管理有關係。

下圖 15 為四條路線的尖峰班表發車班距分配圖，羅斯福路幹線以及重慶幹線在尖峰時段的發車班距為 4~6 分鐘一班，可以看出羅斯福路幹線的發車班距與預期相同，形成一個以 5 分鐘左右為平均的的常態分配；重慶幹線的發車班距平均則略高於重慶幹線，發車班距的變異程度看起來也較羅斯福路幹線高，但整體而言仍符合班表規定的發車班距。252 為羅斯福路幹線的比較路線，其班表為 20 分鐘或 30 分鐘一班，可以從分配看出發車班距確實集中於這兩個時間。304 重慶為重慶幹線的比較路線，尖峰班表班距為 15~20 分鐘一班，其分配的平均為 20 分鐘，但是其分配的很廣，表示其發車班距可能沒有其他路線來的穩定。綜合以上，本研究認為這四條路線的發車班距平均值皆有符合班表，其中以羅斯福路幹線的表現最佳，而 304 重慶的表現最差。

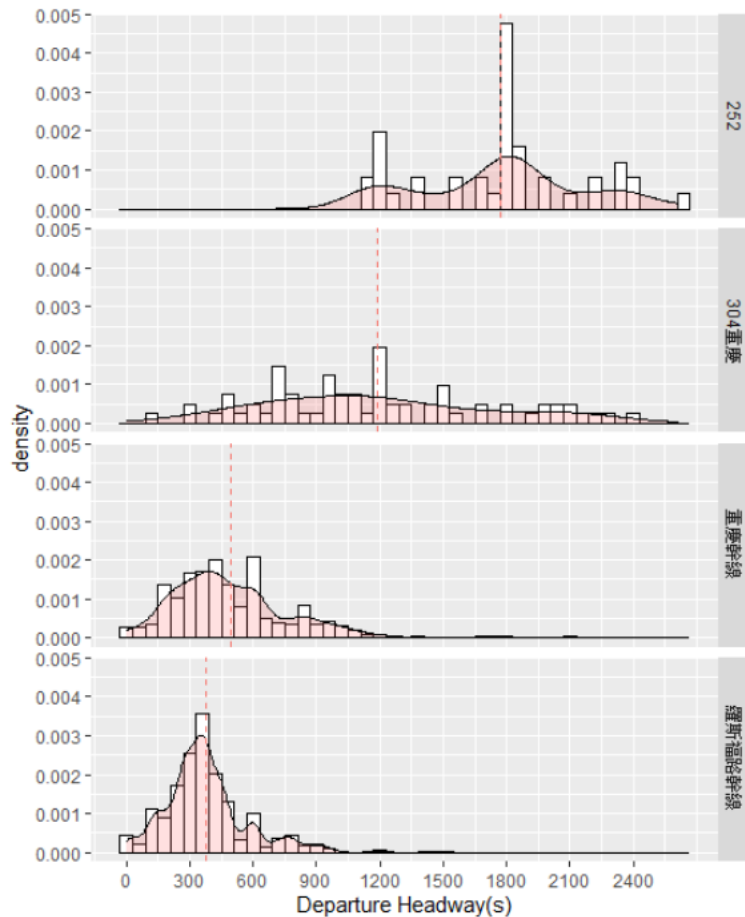


圖 15 發車班距分配圖

4.2.2 時間班距差異特性

「經過站間產生的的班距差異 ds 」是另外一個班距產生變異的來源，因為站間路段當中的行車變數(靠站狀況、壅塞狀態)、空間變數(路段長度、號誌數、是否有公車專用道、是否轉彎)、依時變數(雨量、班次)等變數的狀態不同，會導致前後相鄰班次的車輛在經過站間路段有不同的車速表現，讓抵達第 n 站的班距和在第 $n-1$ 站時的班距產生差異，若站間班距差異是負值表示經過該站間讓班距縮小，若站間班距差異是正值則表示經過該站間讓班距變大。

下圖 16 為羅斯福路幹線尖峰班表站間班距差異平均長條圖(尖峰班表包含晨峰與昏峰)，兩個方向的站間班距差異平均變化皆在 5 秒鐘以內其實算是很少，但仍然可以看出越靠近台北車站的站產生的班距差異絕對值越大的趨勢，表示位於接近火車站的市區站點較不容易維持班距的穩定度。而在方向 1 往木柵的站間班距差異平均大部分都是正的，表示往木柵方向的公車班距較可能會隨著行駛增加，在方向 0 往火車站的公車班距則可能在剛出發在萬壽橋頭

站到興隆山莊站的路段班距縮小，在經過海巡署一站到師大分部站的時候班距增加，從公館站到台北車站的路段班距絕對值較大且沒有穩定的正負號，在這段路可能較難維持穩定的班距。

下圖 17 為路線 252 尖峰班表時段站間班距差異平均長條圖，方向 1 往木柵的站間班距差異平均在正負 25 秒之內，方向 0 往台北車站的站間班距差異平均在負 10 秒到正 15 秒之間。可以看出和羅斯福路幹線相同，越靠近台北車站的站產生的班距差異絕對值越大的趨勢，表示位於接近火車站的市區站點較不容易維持班距的穩定度。在方向 1 往木柵的站間班距差異平均從捷運景美站到力行國小站當中大部分都是負的，其中以捷運景美站和大坪林站的站間班距差異平均可以減少 20 秒。方向 0 往台北車站的站間班距差異平均在景文中學站到潮州街口站的大部分都是正的，表示在該路段當中班距很容易被拉大。

下圖 18 為重慶幹線尖峰班表站間班距差異平均長條圖，方向 1 往天母的站間班距差異平均在負 15 正 10 秒之間，方向 0 往萬華的站間班距差異平均在正負 10 秒之間。方向 1 往天母的站間班距差異平均在貴陽街到榮總的路段大部分都是正的，但在啟聰學校站、捷運大橋頭站、石牌路站等站是負的會縮短班距。在方向 0 往萬華的站間班距差異平均在齊福華夏站到捷運芝山站一的路段大部分都是正的會拉開班距，在士林站到啟聰學校、朝陽公園站到台北車站、小南門站到西藏路口站則是負的，代表會縮短班距，對於幹線公車這種發車班距很短的路線來說，若有一整段路的站間班距差異平均皆為負的就可能是造成連班的風險路段。

下圖 19 為重慶 304 重慶的尖峰班表站間班距差異平均長條圖，兩個方向的班距差異平均在負 15 正 15 秒之間。在方向 1 往士林的站間班距差異平均在樂華夜市站到民族重慶路口站大部分都是正的，只有在台北法院站的時候會班距會明顯減少。在方向 0 往永和則大部分的路段都是正負交織，從士林簡易庭站到捷運小南門站有絕對值較大且沒有穩定的正負號，在這段路可能較難維持穩定的班距。

在比較路線重複路段的部分，羅斯福路幹線與 252 在方向 1 的部分在捷運中正紀念堂站(勞保局)到師大分部的站點重複，其站間班距差異平均分布類似，可以看出尤其是在捷運中正紀念堂站(羅斯福)對於兩條路線而言都是班距會明顯拉開的站點。在方向 0 的部分，則是以師大分部站、羅斯福和平路口、潮州街口，為班距會增加的站點。在兩個方向的重複路段當中較少對兩個路線

都明顯大幅度減少班距的站點。重慶幹線與 304 重慶在方向 1 於圓環(鈕釦街)到士林國中為重複站點，可以發現兩條路線在啟聰學校的班距都會明顯的減少。在方向 0 的部分，從士林國中站到後車站為重複站點，兩條路線皆在士林簡易庭、啟聰學校的班距明顯拉近，而在酒泉重慶路口到昌即重慶路口的路段班距則是在兩條路線都會被拉遠。

陽明交大
NYCU

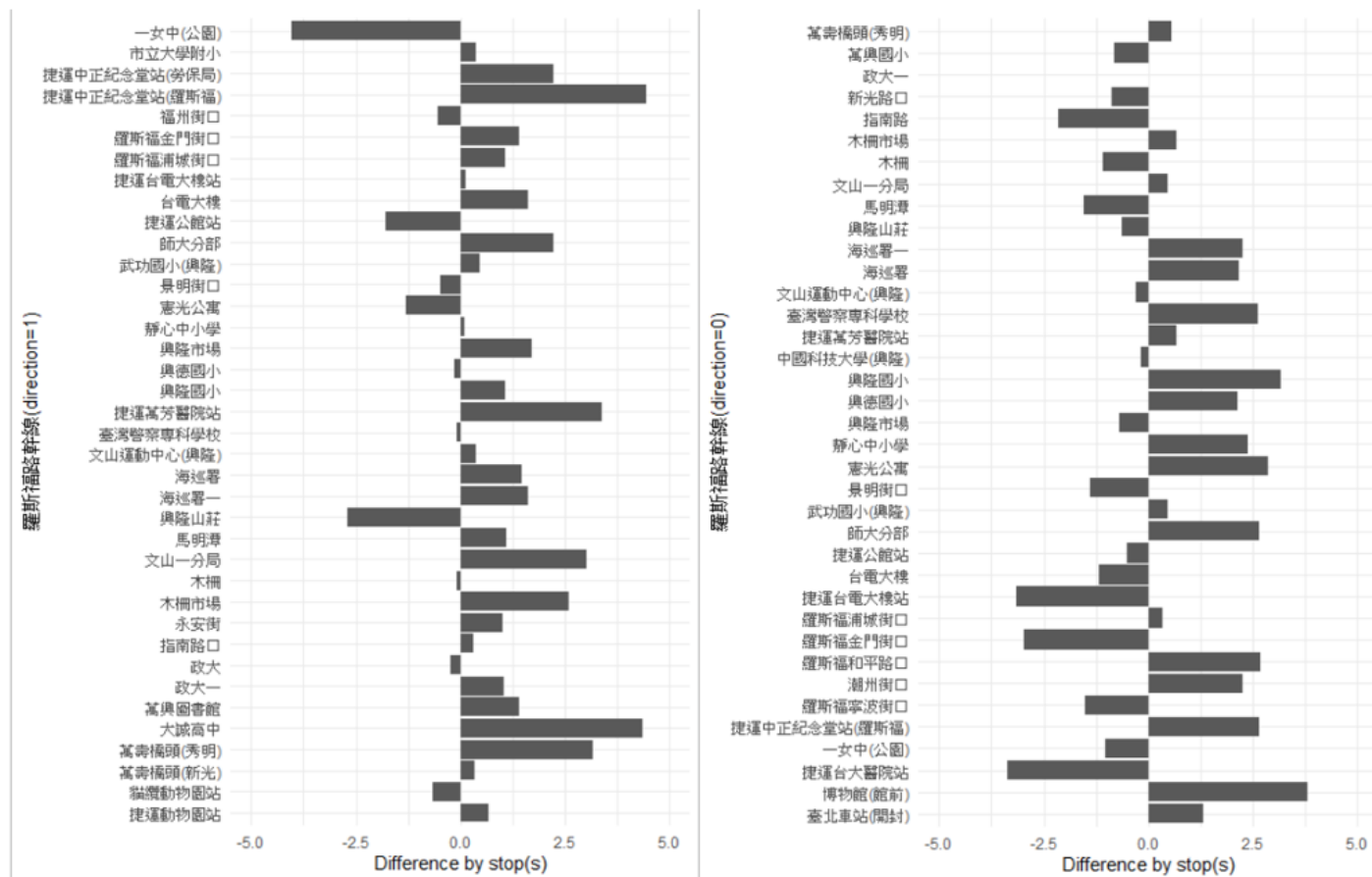


圖 16 羅斯福路幹線尖峰班表站間班距差異平均長條圖

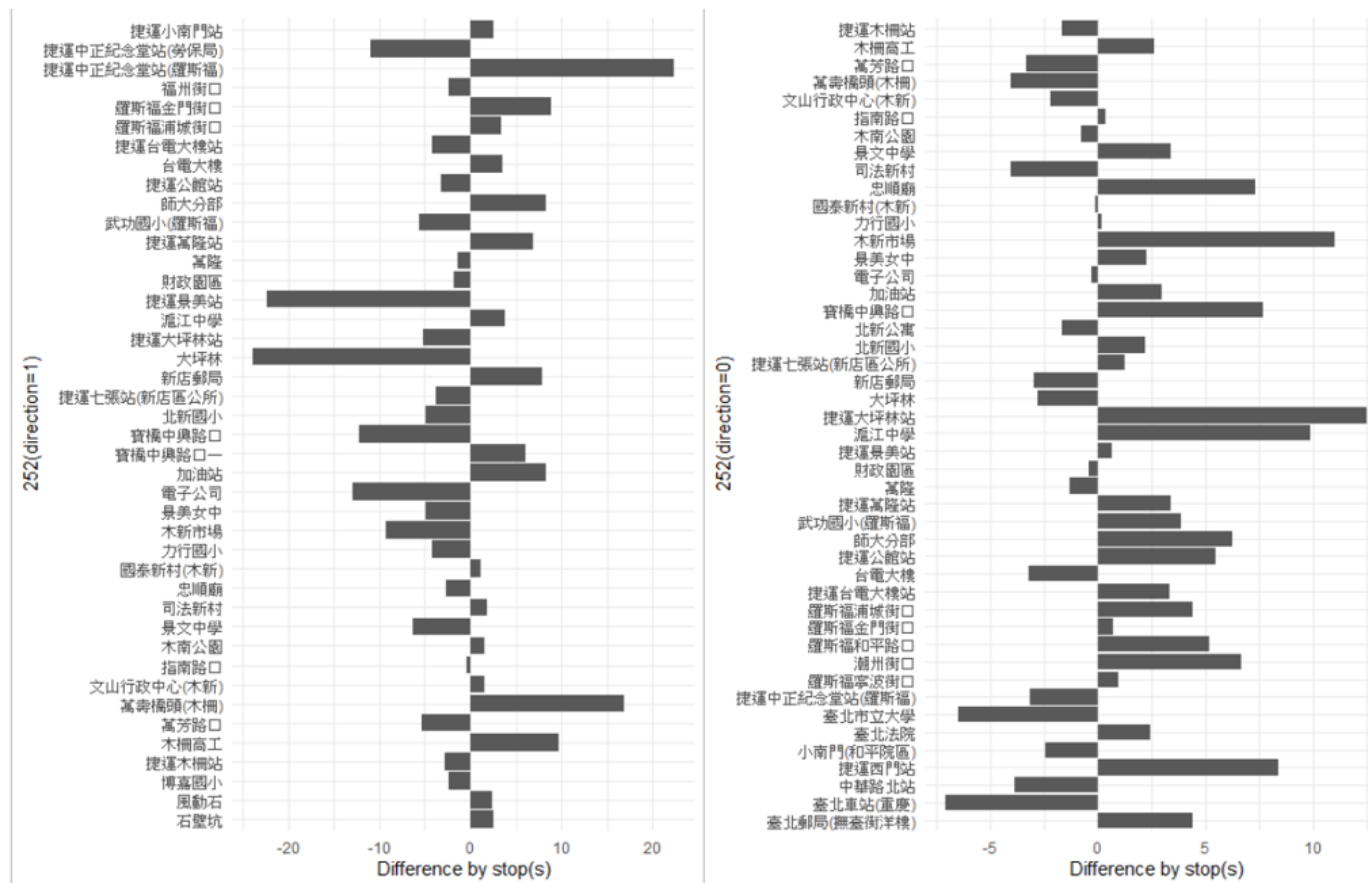


圖 17 路線 252 尖峰班表時段站間班距差異平均長條圖

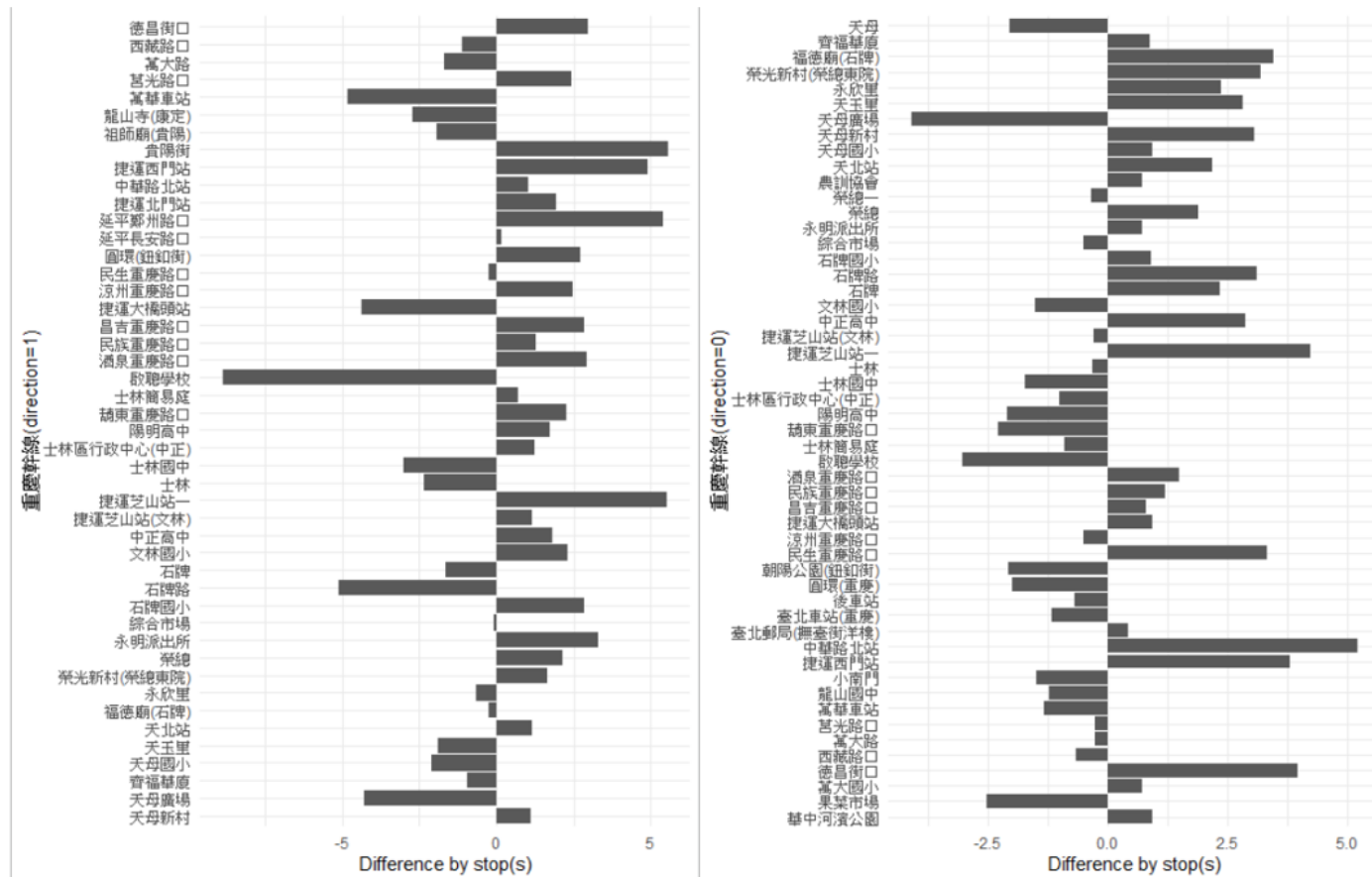


圖 18 重慶幹線尖峰班表站間班距差異平均長條圖

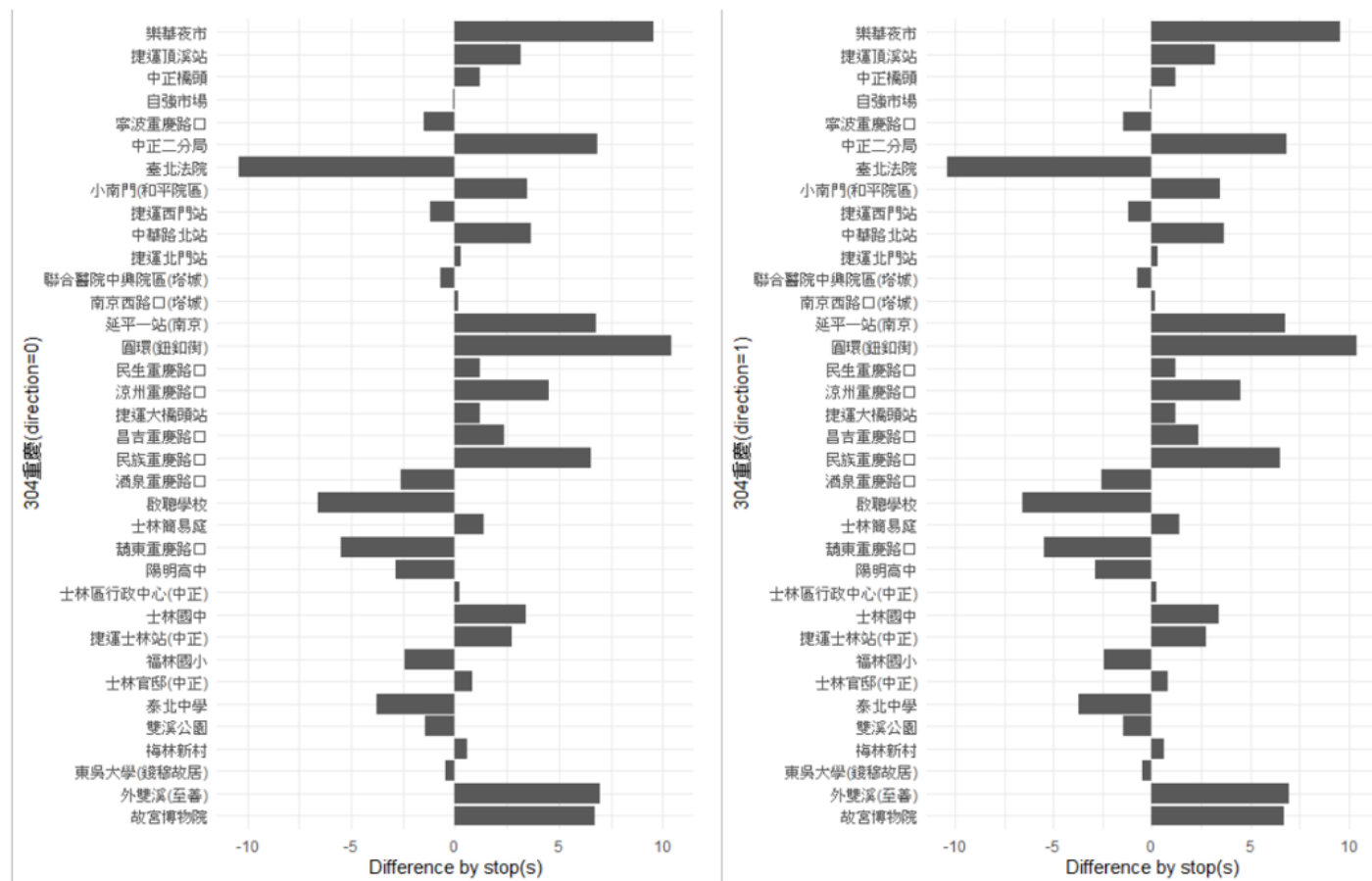


圖 19 路線 304 重慶尖峰班表站間班距差異平均長條圖

4.2.3 旅行時間特性

根據前章節的研究架構「經過站間產生的的班距差異 ds 」會受到個別班次的站間行駛時間影響，下圖 20 為各路線在站間的旅行時間分配。尖峰班表時段羅斯福路幹線的資料筆數為 4185 筆，252 為 1994 筆，重慶幹線為 4539 筆，304 重慶為 2123 筆。各路線的站間行駛時間都在 30~60 秒之間，並且呈現明顯的右偏分配，因此本變數在做為應變數進行回歸分析時會取對數值進行維度縮減以利分析。

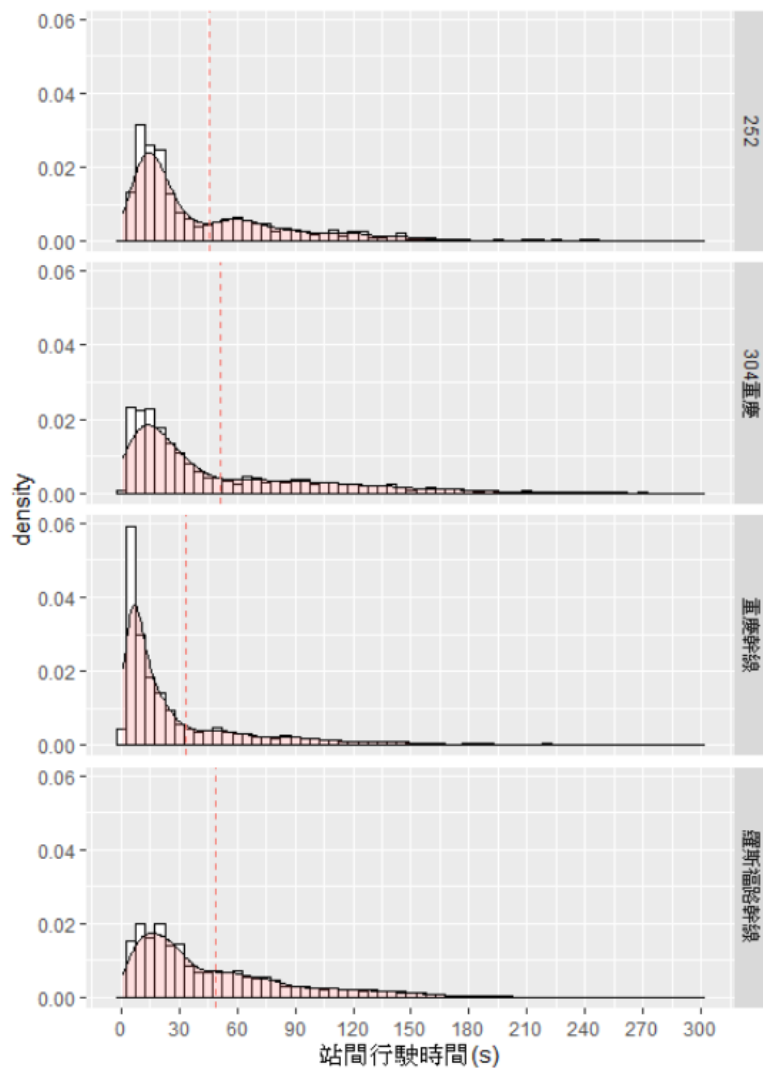


圖 20 各路線旅行時間(TT)分配圖

4.2.4 連班與達成班距特性

根據文獻回顧，在密集發車的路線當中較容易有連班問題的產生，未達成班表班距也意味著可靠度並沒有達到理想的狀態。下表 8 為幹線公車連班與達成班距比例表，下圖 21 為尖峰班表時段幹線公車達成班表班距比例圓餅圖，在班表尖峰時段，重慶幹線當中班距未在 4~6 分鐘以內的的比例有 11%，在羅斯福路幹線當中則有 18%。下圖 22 為尖峰班表時段幹線公車前後班班距抵達第 n 站時間在 1 分鐘以內的的比例，在重慶幹線當中為 7%，在羅斯福路幹線當中為 8%。

表 8 幹線公車連班與達成班距比例表

路線	未達班表班距資料筆數	連班的資料筆數	總資料筆數	未達班表班距的比例	達班距的比例	連班的比例	沒連班的比例
重慶幹線	1784	1225	16726	11%	89%	7%	93%
羅斯福路幹線	2143	992	12036	18%	82%	8%	92%

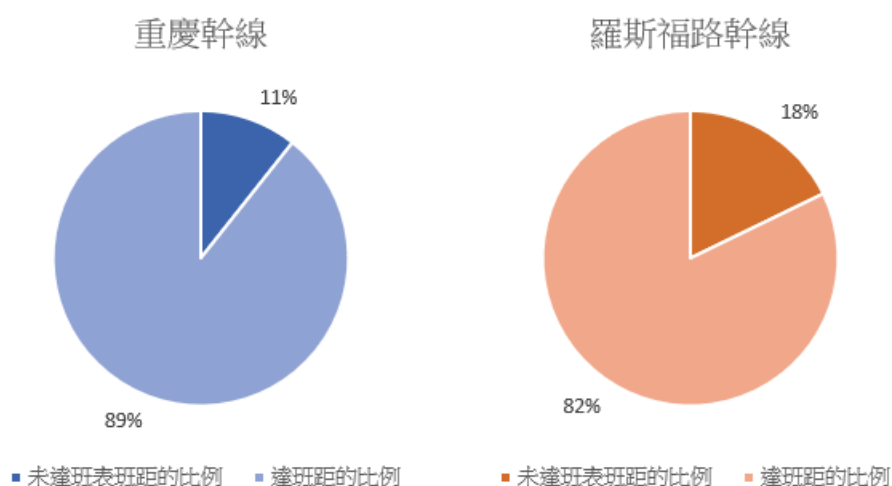


圖 21 幹線公車達成班表班距比例圓餅圖

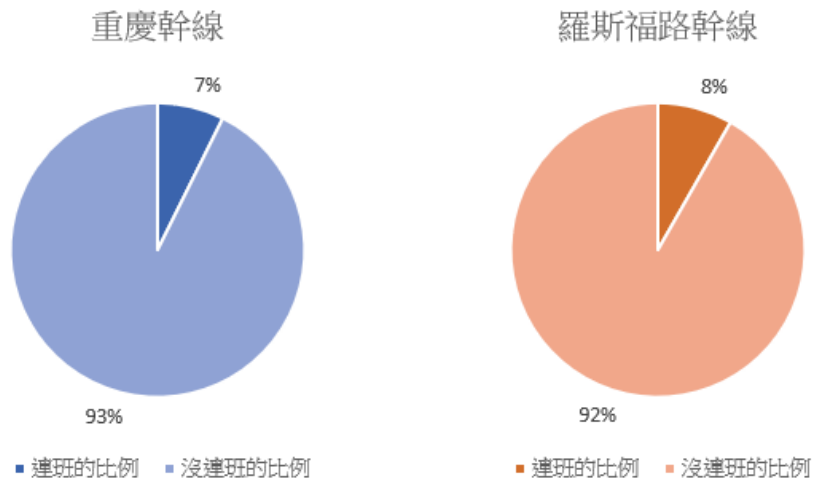


圖 22 幹線公車連班比例圓餅圖

4.2.5 解釋變數敘述統計

下表 9 與表 10 為班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)解釋變數的敘述統計，其個別解釋變數的計算方式可以參照表 5 有詳細的說明。

表 9 班距(H)解釋變數敘述統計

路線	自變數	平均數	變異數	中位數	最小值	最大值	全距
羅斯福路幹線	站間路段距離	342.733	154.335	305.250	129.250	852.000	722.750
	轉彎	0.196	0.194	0.212	0.000	1.000	1.000
	號誌	1.164	0.734	1.533	0.103	4.000	3.897
	公車專用道	0.051	0.081	0.000	0.000	0.333	0.333
	雨量	12.507	18.482	1.500	0.000	64.000	64.000
	壅塞狀態(速度)	26.518	5.954	23.536	18.764	33.787	15.023
252	站間路段距離	366.067	174.764	309.000	180.000	894.500	714.500
	轉彎	0.102	0.095	0.093	0.000	0.500	0.500
	號誌	1.781	0.239	1.750	1.000	3.000	2.000
	公車專用道	0.116	0.139	0.111	0.000	1.000	1.000
	雨量	16.477	22.893	1.500	0.000	64.000	64.000
	壅塞狀態(速度)	23.355	1.736	23.362	18.984	36.270	17.286
重慶幹線	站間路段距離	323.848	181.478	320.308	55.917	2350.250	2294.333
	轉彎	0.267	0.132	0.239	0.000	0.579	0.579
	號誌	2.522	1.713	2.193	0.333	13.500	13.167
	公車專用道	0.061	0.078	0.000	0.000	0.273	0.273
	雨量	13.341	20.595	1.500	0.000	64.000	64.000
	壅塞狀態(速度)	23.280	2.579	24.363	8.690	28.527	19.837
304 重慶	站間路段距離	444.640	321.664	330.500	134.000	1787.500	1653.500
	轉彎	0.362	0.093	0.364	0.000	1.000	1.000

	號誌	1.292	0.454	1.387	0.000	1.857	1.857
	公車專用道	0.109	0.097	0.143	0.000	0.261	0.261
	雨量	11.635	19.027	1.500	0.000	64.000	64.000
	壅塞狀態(速度)	19.111	1.933	19.664	10.700	24.001	13.301

表 10 站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)解釋變數敘述統計

路線	自變數	平均數	變異數	中位數	最小值	最大值	全距
羅斯福路幹線	站間路段距離	342.733	154.335	305.250	129.250	852.000	722.750
	轉彎	0.278	0.448	0.000	0.000	1.000	1.000
	號誌	1.778	1.308	2.000	0.000	7.000	7.000
	公車專用道	0.164	0.371	0.000	0.000	1.000	1.000
	雨量	12.654	19.006	1.500	0.000	64.000	64.000
	靠站時間	37.334	27.643	30.000	-113.000	358.000	471.000
	壅塞狀態(速度)	23.280	2.579	24.363	8.690	28.527	19.837
252	站間路段距離	366.067	174.764	309.000	180.000	894.500	714.500
	轉彎	0.128	0.334	0.000	0.000	1.000	1.000
	號誌	1.824	1.407	2.000	0.000	7.000	7.000
	公車專用道	0.166	0.372	0.000	0.000	1.000	1.000
	雨量	16.547	23.071	1.500	0.000	64.000	64.000
	靠站時間	39.284	28.607	29.000	5.000	169.000	164.000
	壅塞狀態(速度)	23.280	2.579	24.363	8.690	28.527	19.837
重慶幹線	站間路段距離	323.848	181.478	320.308	55.917	2350.250	2294.333

	轉彎	0.327	0.469	0.000	0.000	1.000	1.000
	號誌	2.300	3.375	1.000	0.000	20.000	20.000
	公車專用道	0.111	0.314	0.000	0.000	1.000	1.000
	雨量	13.605	20.702	1.500	0.000	64.000	64.000
	靠站時間	57.499	40.783	44.000	-24.000	327.000	351.000
	壅塞狀態(速度)	23.280	2.579	24.363	8.690	28.527	19.837
304 重慶	站間路段距離	444.640	321.664	330.500	134.000	1787.500	1653.500
	轉彎	0.442	0.497	0.000	0.000	1.000	1.000
	號誌	1.599	1.110	1.000	0.000	4.000	4.000
	公車專用道	0.184	0.388	0.000	0.000	1.000	1.000
	雨量	11.506	18.983	1.500	0.000	64.000	64.000
	靠站時間	52.725	42.979	38.000	9.000	389.000	380.000
	壅塞狀態(速度)	23.280	2.579	24.363	8.690	28.527	19.837

4.3 時空間班距與旅行時間分析結果

4.3.1 複迴歸分析

本研究希望藉由線性複迴歸了解的關係有以下幾點，第一點是了解自變數之間是否存在共線性的問題，本研究以放入所有自變數的模式變異數膨脹因素 (VIF, variance inflation factor) 來檢驗自變數之間是否存在共線性的問題，VIF 值小於 10 時代表共線狀況可以被接受；第二點是檢驗模型是否符合迴歸的獨立性假設，本研究將計算 Durbin-Watson 值(DW 值)提供參考，當 DW 值越接近 2 時代表越接近獨立。

下表 11、表 12、表 13 為班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)尖峰班表時段的 VIF 值結果。在表 11 的羅斯福路幹線當中距離、號誌、壅塞狀況的 VIF 值皆超過 10，代表這三個變數具有共線的狀況產生。Allison(2012)認為若 VIF 值高的變數是控制變數，並且沒有與主要感興趣的變數有共線關係，則對分析的影響不大，相關變數的係數不受影響，即控制變數的能力不受影響。本研究在班距(H)當中主要關注的變數為發車班距與壅塞狀態，壅塞狀態的 VIF 值為 11，仍然有一定程度的參考價值。在表 12、表 13 的站間班距差異(HS)和旅行時間(TT)的自變數中 VIF 值皆 ≤ 2 ，自變數之間並沒有會影響分析的共線狀況。下表 14 為班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)各路線資料 DW 值，可以發現只有在班距(H)的部分，殘差的獨立性較差。殘差之間不獨立可能是由於班距本身的結構所導致，如前章節的公式所示，第 n 站的班距會受到第 1 站到第 n 站的路段造成的班距差異以及發車班距差所影響。

綜合以上，班距(H)因為組成結構較為複雜因此在使用迴歸方法上可能容易有表現不佳的狀況產生，但因為班距是旅客最可以直接感受到公車可靠度表現，亦為可靠度的基本狀態，因此仍將班距作為應變數進行分析，主要希望了解的變數為發車班距和壅塞狀態對於班距的影響。針對個別站間設施對於班距的影響則可以由站間班距差異(HS)補充詳細的分析。

表 11 班距(H)之 VIF 值

班距(H)	羅斯福路幹線	252	重慶幹線	304 重慶
距離	23.089	3.679	1.358	1.466
公車專用道	2.06	3.138	3.844	2.924
轉彎	5.215	5.062	7.135	1.399
號誌	12.326	2.512	2.939	2.491
站序	3.987	1.876	1.796	2.743
壅塞狀況	11.666	2.427	1.66	2.104
雨量	1.002	1.016	1.005	1.004
發車班距	1.021	1.035	1.053	1.005

表 12 站間班距差異(HS)之 VIF 值

應變數二： 站間班距差	羅斯福路幹線	252	重慶幹線	304 重慶
距離	1.329	2.051	1.244	1.133
公車專用道	1.302	1.327	1.167	1.192
轉彎	1.447	2.015	1.202	1.349
號誌	1.307	1.298	1.037	1.321
站序	1.03	1.088	1.078	1.036
雨量	1.009	1.021	1.01	1.008
壅塞狀況	1.358	1.181	1.207	1.092
靠站狀況	1.12	1.161	1.092	1.025

表 13 旅行時間(TT)之 VIF 值

應變數三： 站間行駛時間	羅斯福路幹線	252	重慶幹線	304 重慶
距離	1.243	1.798	1.141	1.037
公車專用道	1.272	1.159	1.068	1.235
轉彎	1.234	1.245	1.158	1.169
號誌	1.207	1.477	1.1	1.269
靠站狀況	1.039	1.022	1.075	1.047
雨量	1.002	1.006	1.002	1.002

表 14 班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)各路線資料 DW 值

	班距(H)	站間班距差異(HS)	旅行時間(TT)
羅斯福路幹線	1.860	1.946	2.043
252	1.581	2.078	2.002

重慶幹線	2.318	2.038	1.914
304 重慶	2.037	1.983	1.976

4.3.2 階層迴歸

本研究認為班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)在不同站間當中可能會有不同的表現，因此將「站間」作為 level2 的總體層級，並且本研究認為在每一個站間的 level1 自變數作用應為相同，因此使用將個體層級斜率設為固定效果，截距設定為隨機效果的 one-way ANCOVA model with random effects 作為模型。階層迴歸透過組內相關係數(ICC)的校估，衡量組間方差與組內方差的相對程度，當 ICC 值越大表示組內越同質，組間越異質，這種情況就適合使用階層模式。

下表 15 為班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)單獨路線資料以站間分組的 ICC 值。根據 Cohen(1988)所建議的判斷標準，ICC 小於 0.059 算是低度的組內相關，在 0.059 和 0.138 之間是中度組內相關，高於 0.138 則算是高度的組內相關。班距(H)、站間班距差異(HS)以站間為分組的 ICC 值僅有低度到中度相關，在旅行時間(TT)則呈現高度相關，本研究認為旅行時間(TT)呈現明顯分組的原因為站間距離與行駛時間的物理關係。Luke(2004)認為，是否要使用階層迴歸來分析可以從理論層次「研究是否屬於多層次議題」、統計層次「資料結構上是否違反殘差獨立性與同質性假設」、實證層次「ICC 大到不能忽略其對迴歸分析的影響」來判斷是否要使用階層迴歸。對於班距(H)和站間班距差異(HS)，本研究認為根據班距的組成結構，在理論層次上班距的研究仍屬於多層次議題，因此以階層迴歸作為分析方法。

表 15 班距(H)、站間班距差異(HS)、旅行時間(TT)各路線資料 ICC 值

	班距(H)	站間班距差異(HS)	旅行時間(TT)
羅斯福路幹線	0.065	0.031	0.583
252	0	0.080	0.547
重慶幹線	0.136	0	0.625
304 重慶	0	0.030	0.550

下表 17 為班距(H)尖峰時段的階層迴歸模型，Model1 到 Model4 分別為羅斯福路幹線、252、重慶幹線、304 重慶四條路線。所有變數皆經過中心化，因此截距具有平均值的意義，並且在本模型當中四條路線的截距均為顯著。羅斯福路幹線的班距平均為 387 秒約為 6.45 分鐘，接近尖峰班表班距 4~6 分鐘一班；路線 252 的班距平均為 1821 秒，約為 30 分鐘，與班表班距 20 分鐘或 30 分鐘一班相符；重慶幹線的班距平均為 453 秒，約為 7 分鐘，接近班表班距 4~6 分鐘一班；304 重慶的班距平均為 1258 秒，約為 20 分鐘，與班表班距 15~20 分鐘一班相符。在本模型當中空間變數結果像是距離、公車專用道、轉彎、號誌皆不顯著，但是係數符合預期，本研究認為是因為空間變數主要是作用於班距當中站間班距差的加總，因為結構因素所以對於班距的影響較為間接，所以並不顯著。在站序的部分，其意義為班距已經受到了幾個站間路段影響。在羅斯福路幹線當中多經過一個站間路段班距會增加 0.763 秒，在重慶幹線會減少 0.456 秒，在 304 重慶會增加 3.51 秒。在壅塞狀態的部分，其意義為第 i 班公車的經過前三個站的車速，在羅斯福路幹線以及重慶幹線顯著，在羅斯福路幹線上第 i 班公車速度變快 1 公里每小時班距會減少 1.986 秒，在重慶幹線上會減少 1.946 秒。發車班距為本模型當中最關注的變數，下圖 23 為理想車距示意圖，如果前後公車以理想狀態等速運行的話，發車班距增加 1 分鐘班距會增加 60 秒，也就是發車班距的係數會是 60，如果發車班距係數小於 60 就代表班距會隨著行駛越來越靠近。在四個路線當中均為顯著，在羅斯福幹線發車班距每增加一分鐘班距會增加 54 秒；在 252 是 45 秒；重慶幹線為 47 秒；304 重慶為 63 秒。根據班距結構的公式，代表在羅斯福路幹線當中前 n 站的班距差加總為 -6 秒；在 252 是 -15 秒；在重慶幹線為 -13 秒；在 304 重慶為 3 秒。站序與發車班距的交互作用的關係如下圖 24 所示，代表多經過一個站間路段，發車班距多一分鐘對班距的影響，在 252 會少 0.435 秒，在重慶幹線會少 0.556 秒，在 304 重慶會多 0.260 秒。根據本迴歸式除了 304 重慶之外，在尖峰班表發車的班次隨著行駛都會有班距逐漸靠近的情況發生。

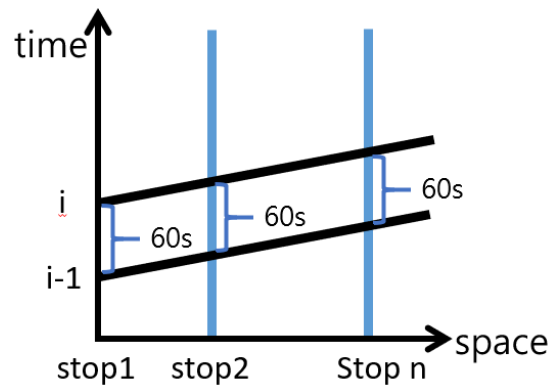


圖 23 理想車距時空圖

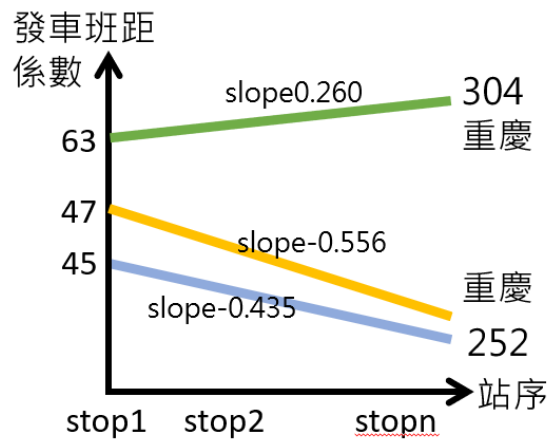


圖 24 站序與發車班距的交互作用係數示意圖

下表 18 為站間班距差異(HS)尖峰時段的階層迴歸模型，Model1 到 Model4 分別為羅斯福路幹線、252、重慶幹線、304 重慶四條路線。在空間變數的部分，係數符號皆符合預期，在羅斯福路幹線與重慶幹線的轉彎變數顯著，若站間經過轉彎，在羅斯福路幹線上的站間班距差會減少 7.474 秒，在重慶幹線上則會減少 4 秒。壅塞狀態的部分，在羅斯福路幹線上第 i 班公車的車速每增加 1 公里每小時，站間班距差減少 0.973 秒，在 252 減少 1.9 秒，在重慶幹線減少 0.549 秒，在 304 重慶減少 1.898 秒。在靠站時間的部分，在羅斯福路幹線上第 i 班公車每多停 1 秒站間班距差會增加 0.112 秒，在 252 是增加 0.367 秒，在重慶幹線增加 0.122 秒，在 304 重慶會增加 0.204 秒。根據本迴歸式，經過轉彎、旅客增加(靠站時間增加)、道路變得更壅塞會顯著的讓班距更靠近。下圖 25 為

站間班距差異(HS)尖峰時段的階層迴歸模型截距分布圖，因為本研究當中所有自變數均經過中心化處理，模型截具意義為該站間之站間班距差異的平均值。下表 16 為站間班距差異階層迴歸截距表，表中列出四條路線當中站間班距差最小的幾個站間，表示經過表中站間公車班距會有靠近的狀況發生，是產生連班問題的危險路段。

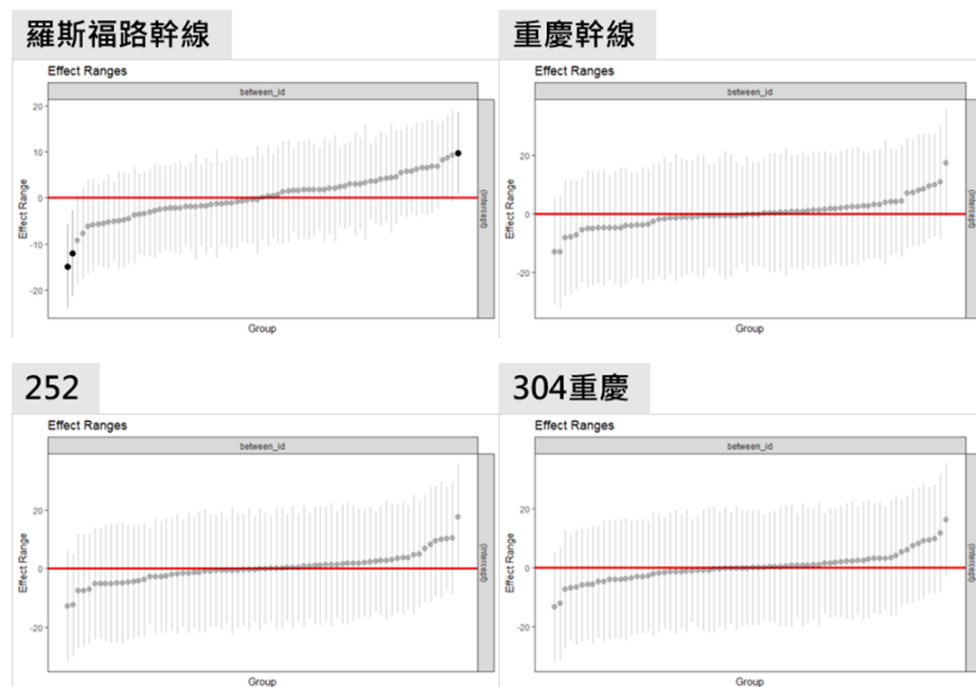


圖 25 站間班距差異(HS)尖峰時段的階層迴歸模型截距分布圖

表 16 站間班距差異(HS)尖峰時段的階層迴歸截距表

路線	方向	站名	站序	截距(秒)	截距(分)
羅斯福路幹線	0	萬壽橋頭(秀明)	4	-68.339	-1.139
	0	捷運台大醫院站	38	-50.835	-0.847
	1	萬壽橋頭(新光)	39	-36.478	-0.608
	0	一女中(公園)	37	-30.099	-0.502
	0	興隆國小	20	-27.027	-0.450
	0	木柵	10	-26.945	-0.449
252	0	博嘉國小	3	-579.443	-9.657
	1	小南門(和平院區)	3	-260.078	-4.335

	1	木柵高工	41	-211.405	-3.523
	1	北新國小	24	-170.539	-2.842
	0	臺北郵局(撫臺街洋樓)	49	-111.006	-1.850
	1	羅斯福浦城街口	9	-104.983	-1.750
重慶幹線	1	石牌國小	37	-253.636	-4.227
	1	士林	30	-100.562	-1.676
	1	民生重慶路口	18	-47.253	-0.788
	0	士林區行政中心(中正)	40	-32.795	-0.547
	0	士林國中	39	-31.935	-0.532
	1	天母廣場	48	-24.911	-0.415
304 重慶	0	智光商職	44	-244.141	-4.069
	0	中興新村	42	-164.579	-2.743
	1	自強街口	3	-116.351	-1.939
	1	泰北中學	34	-116.223	-1.937
	1	福林國小	32	-111.840	-1.864
	1	圓環(鈕釦街)	18	-108.585	-1.810

下表 19 為旅行時間(TT)尖峰班表時段的階層迴歸模型，Model1 到 Model4 分別為羅斯福路幹線、252、重慶幹線、304 重慶四條路線。因為站間行駛時間呈現明顯的右偏峰態因此將應變數取 log 以縮減維度以利分析。在站間距離的部分因為距離與時間有物理上的 1 比一關係，因此應維對 1 做 t 檢定，所以結果應維不顯著，在以站間做為分組的模型當中為合理。公車專用道的部分，在羅斯福路幹線上，具有公車專用道的路段會減少 30%的站間行駛時間。轉彎的部分，在羅斯福路幹線上有轉彎的路段會多 58%的站間行駛時間，在 252 會多 30%，在重慶幹線會多 62%，在 304 重慶會多 50%。在停靠狀態的部分，在羅斯福路幹線上前一站若有停靠會增加 13%的站間行駛時間，在 252 會增加 20%，在重慶幹線上會增加 24%。在雨量的部分，若雨量多增加 1 毫米，在重慶幹線上會增加 1%的行駛時間。

下表 20 為尖峰班表時段以站間行駛速度的單獨路線階層迴歸模式結果，因為速度的計算是透過一分鐘三筆的 A1 資料透過時間判斷是屬於哪兩筆 A2 資料之間以判斷其位於哪兩個站間之間在計算的速度平均，在計算上容易造成偏誤，因為在站間行駛時間較短的路段 A1 資料的筆數就會比較少，所以未納入主要應變數當中。但其代表的意義為當下公車行駛最直接的狀態，並且站間設施幹路段差距也都是透過先直接影響速度，速度在影響行駛時間，行駛時間在影響班距的過程層層遞進，因此透過分析速度的階層迴歸模式也可以驗證在前一章節做的係數符號假設。本模型以站間分組的 ICC 值在羅斯福路幹線為 0.493，252 為 0.415，重慶幹線為 0.487，304 重慶為 0.417，在站間當中有明顯的變異。所有變數皆經過中心化，因此截距具有平均值的意義，並且在本模型當中四條路線的截距均為顯著。在羅斯福路幹線站間行駛速度平均為 25.867 公里每小時，252 為 24.986 公里每小時，重慶幹線為 28.389 公里每小時，304 重慶為 21.509 公里每小時。在距離、公車專用道、轉彎、雨量、停靠時間等變數當中的係數符號皆符合預期。在班次的部分，越往後的班次速度如同預期有速度越慢的情況發生。在班次與轉彎的交互作用部分於羅斯福路幹線上每往後一個班次轉彎對於速度產生的負影響為降低 0.013 公里每小時的車速；在班次與號誌的交互作用部分於羅斯福路幹線上每往後一個班次轉彎對於速度產生的負影響為降低 0.008 公里每小時的車速，符合第三章在預期係數部分的推測。

表 17 班距應變數階層迴歸模式結果：依路線

變數	僅含截距模式				全模式			
	羅斯福幹線 (M1)	252 路線 (M2)	重慶幹線 (M3)	304 重慶 (M4)	羅斯福幹線 (M5)	252 路線 (M6)	重慶幹線 (M7)	304 重慶 (M8)
截距	391.153***	1822.291***	458.329***	1257.238***	387.517***	1821.141***	453.097***	1258.376***
距離(對數轉換)	(2.991)	(10.62)	(4.996)	(13.618)	(1.678)	(7.496)	(1.791)	(6.301)
					-5.806	-36.444	-5.237	-29.686
公車專用道					(8.269)	(73.785)	(5.009)	(51.176)
					-54.068	16.069	52.019	122.637
轉彎					(29.698)	(95.330)	(45.123)	(111.305)
					-25.253	128.819	27.999	-94.281
號誌數					(19.857)	(177.258)	(36.114)	(79.665)
					-7.855	3.950	-3.384	12.428
站序					(8.026)	(49.709)	(1.799)	(21.914)
					0.763*	0.227	-0.456**	3.510***
壅塞狀態					(0.301)	(0.747)	(0.147)	(0.878)
					-1.986*	3.710	-1.946*	-2.631
					(0.963)	(6.725)	(0.897)	(4.725)

雨量					0.222*	-1.703***	-0.115	0.679*
					(0.091)	(0.330)	(0.087)	(0.332)
發車班距					54.203***	45.478***	47.071***	63.379***
					(0.634)	(1.267)	(0.493)	(0.726)
站序×發車班距					0.034	-0.435***	-0.556***	0.260***
					(0.056)	(0.095)	(0.032)	(0.063)
站間數變異 (截距)	271.094	<0.001	2138.556	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
殘差變異	54546.454	160951.655	85885.42	389809.503	33886.792	80090.769	53245.866	83287.886
AIC	165473.415	21156.189	237655.667	33023.072	159694.411	20124.324	229485.665	29748.206
BIC	165495.601	21171.979	237678.841	33040.024	159783.159	20187.484	229578.361	29816.013
Log Likelihood	-82733.707	-10575.095	-118824.834	-16508.536	-79835.206	-10050.162	-114730.832	-14862.103
樣本數	12036	1427	16726	2102	12036	1427	16726	2102
站間數	73	81	111	74	73	81	111	74

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表 18 站間班距差異應變數單獨路線階層迴歸模式結果

變數	僅含截距模式				全模式			
	羅斯福幹線 (M1)	252 路線 (M2)	重慶幹線 (M3)	304 重慶 (M4)	羅斯福幹線 (M5)	252 路線 (M6)	重慶幹線 (M7)	304 重慶 (M8)
截距	0.861 (0.822)	0.992 (2.634)	0.765 (0.536)	2.312 (4.116)	2.093 (1.533)	2.08 (3.63)	1.791* (0.854)	1.929 (6.019)
距離(對數轉換)					0.917 (3.055)	5.055 (9.046)	-1.021 (1.289)	3.716 (8.467)
公車專用道					5.71 (3.424)	4.962 (8.445)	4.308 (2.202)	9.369 (11.803)
轉彎					-7.474** (2.818)	-17.088 (11.522)	-4.655** (1.534)	-3.077 (9.792)
號誌數					-1.133 (0.963)	-0.557 (2.214)	-0.082 (0.194)	-6.31 (4.33)
站序					-0.010 (0.101)	-0.131 (0.209)	-0.033 (0.042)	-0.268 (0.374)
壅塞狀態					-0.973*** (0.097)	-1.904*** (0.285)	-0.549*** (0.059)	-1.898*** (0.484)
雨量					-0.027 (0.04)	-0.127 (0.105)	-0.024 (0.026)	-0.11 (0.214)

靠站時間					0.112*** (0.032)	0.367*** (0.094)	0.122*** (0.015)	0.204* (0.096)
站間數變異 (截距)	7.333	55.748	<0.001	31.132	47.437	119.879	16.578	80.833
殘差變異	6952.619	6929.757	3879.364	28542.496	6869.806	6572.647	3824.73	28277.756
AIC	142405.727	13455.199	149860.905	22738.636	142312.757	13397.853	149736.967	22713.662
BIC	142427.951	13470.344	149883.436	22755.014	142394.245	13453.385	149819.581	22773.715
Log Likelihood	-71199.864	-6724.6	-74927.453	-11366.318	-71145.378	-6687.926	-74857.483	-11345.831
樣本數	12186	1151	13499	1736	12186	1151	13499	1736
站間數	77	72	108	68	77	72	108	68

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

陽明交大
NYCU

表 19 旅行時間應變數單獨路線階層迴歸模式結果

變數	僅含截距模式				全模式			
	羅斯福幹線 (M1)	252 路線 (M2)	重慶幹線 (M3)	304 重慶 (M4)	羅斯福幹線 (M5)	252 路線 (M6)	重慶幹線 (M7)	304 重慶 (M8)
截距	3.352*** (0.075)	3.095*** (0.061)	2.438*** (0.066)	3.105*** (0.077)	3.128*** (0.109)	2.858*** (0.117)	2.068*** (0.127)	3.067*** (0.153)
距離(對數轉換)					1.107*** (0.13)	0.312** (0.119)	0.622*** (0.117)	0.507*** (0.109)
公車專用道					-0.302* (0.152)	0.297 (0.168)	-0.193 (0.172)	-0.087 (0.204)
轉彎					0.582*** (0.116)	0.351* (0.175)	0.409** (0.126)	0.189 (0.15)
號誌數					0.044 (0.043)	-0.053 (0.043)	-0.006 (0.012)	0.061 (0.064)
站序					-0.004 (0.004)	-0.001 (0.004)	<0.001 (0.003)	-0.004 (0.006)
是否停靠					0.137*** (0.02)	0.203*** (0.027)	0.248*** (0.027)	0.054 (0.04)
雨量					0.001 (0)	0.001 (0.001)	0.001* (0)	0.001 (0.001)

站間數變異 (截距)	0.435	0.32	0.459	0.461	0.178	0.252	0.336	0.369
殘差變異	0.221	0.218	0.164	0.287	0.218	0.211	0.161	0.287
AIC	5924.281	2935.506	5179.312	3684.604	5855.074	2902.778	5102.779	3707.326
BIC	5943.299	2952.299	5198.574	3701.586	5918.467	2958.757	5166.984	3763.932
Log Likelihood	-2959.14	-1464.753	-2586.656	-1839.302	-2917.54	-1441.389	-2541.39	-1843.663
樣本數	4185	1994	4539	2123	4185	1994	4539	2123
站間數	78	91	108	81	78	91	108	81

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

陽明交大
NYCU

表 20 以站間行駛速度的單獨路線階層迴歸模式結果

變數	僅含截距模式				全模式			
	羅斯福幹線 (M1)	252 路線 (M2)	重慶幹線 (M3)	304 重慶 (M4)	羅斯福幹線 (M5)	252 路線 (M6)	重慶幹線 (M7)	304 重慶 (M8)
截距	23.294*** (0.795)	23.934*** (0.699)	25.086*** (0.721)	19.866*** (0.648)	25.867*** (0.832)	24.986*** (0.79)	28.389*** (0.771)	21.509*** (0.922)
距離(對數轉換)					3.117* (1.575)	4.617** (1.754)	3.896*** (1.091)	3.742** (1.237)
公車專用道					5.383** (1.856)	2.944 (1.674)	9.935*** (1.773)	4.576** (1.708)
轉彎					-7.726*** (1.427)	-10.065*** (2.338)	-6.626*** (1.301)	-1.816 (1.471)
號誌數					-0.647 (0.521)	-0.852 (0.485)	0.128 (0.16)	-1.154 (0.651)
站序					0.022 (0.053)	0.028 (0.042)	-0.04 (0.036)	0.037 (0.053)
雨量					-0.017* (0.008)	-0.042 (0.023)	-0.026*** (0.008)	-0.059** (0.022)
停靠時間					-0.023*** (0.003)	0.004 (0.01)	-0.010*** (0.002)	0.002 (0.005)

班序					-0.012*** (0.002)	-0.01 (0.022)	-0.046*** (0.002)	-0.082*** (0.015)
轉彎:班序					-0.013*** (0.003)	-0.102 (0.059)	0.004 (0.004)	0.007 (0.023)
號誌:班序					-0.008*** (0.001)	-0.003 (0.014)	-0.001 (0.001)	0.014 (0.01)
雨量:班序					0 (0)	0 (0.001)	0 (0)	0.001* (0.001)
站間數變異 (截距)	48.308	30.195	55.584	26.293	26.531	18.121	36.599	22.83
殘差變異	50.697	59.8	61.614	51.279	49.465	59.111	58.261	48.998
AIC	82807.661	8130.491	94446.251	11942.095	82540.065	8138.239	93733.142	11913.749
BIC	82829.885	8145.636	94468.782	11958.473	82643.777	8208.917	93838.287	11990.18
Log Likelihood	-41400.83	-4062.245	-47220.125	-5968.047	-41256.032	-4055.12	-46852.571	-5942.875
樣本數	12186	1151	13499	1736	12186	1151	13499	1736
站間數	77	72	108	68	77	72	108	68

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

在比較路線的部分，本研究分別以整條路線的資料、相同站點的資料來做比較，並且增加一個自變數「幹線」，幹線公車的資料為 1，非幹線公車的資料為 0，以此分析幹線與非幹線公車的比較。下表 21 為比較路線在階層迴歸當中的組內相關係數(Intra-class Correlation Coefficient, ICC1)，可以看出在下列應變數當中僅有在站間班距差異(HS)的相同站點之間 ICC 值為 0，表示在該重複路段每個站先的路段特性差異不大，但是源於班距的組成結構，在理論層次上班距的研究仍屬於多層次議題，因此以階層迴歸作為分析方法。本研究在比較路線的迴歸模式當中最為關注的是自變數「幹線」在相同站點資料的係數狀態，其代表意義為密集發車的路線對不同應變數的影響。

表 21 比較路線階層迴歸模式 ICC 值(站間分組)

變數	班距(H)	站間班距差異(HS)	旅行時間(TT)
羅斯福路幹線+252	0.675	0.031	0.573
重慶幹線+304 重慶	0.470	0.024	0.601
羅斯福路幹線+252 相同站點	0.373	0.000	0.548
重慶幹線+304 重慶相同站點	0.054	0.000	0.585

下表 22 為尖峰班表時段班距(H)的比較路線的階層迴歸，Model1 到 Model4 分別是羅斯福路幹線+252、羅斯福路幹線+252(重複站點)、重慶幹線+304 重慶、重慶幹線+304 重慶(重複站點)。在自變數幹線的部分，在羅斯福路幹線+252、羅斯福路幹線+252(重複站點)兩組資料當中，羅斯福路幹線的班距較 252 少了 300 多秒的時間；在重慶幹線+304 重慶、重慶幹線+304 重慶(重複站點)的兩組資料當中，重慶幹線的班距也比 304 重慶少了約 70 秒左右的班距。在幹線與班距的交互作用部分則可以反映出前段單獨路線的迴歸結果，就是羅斯福路相較於 252 班距靠近的情況較為輕微，而重慶幹線與 304 重慶的情況則是重慶幹線班距靠近的情況較嚴重。

下表 23 為尖峰班表時段站間班距差異(HS)的比較路線的階層迴歸，Model1 到 Model4 分別是羅斯福路幹線+252、羅斯福路幹線+252(重複站點)、重慶幹線+304 重慶、重慶幹線+304 重慶(重複站點)。在本迴歸模型當中預期自變數幹線為不顯著，發車班距的差異並不會對於站間班距差造成影響，模型結果為符合預期。

下表 24 為尖峰班表時段旅行時間(TT)的比較路線的階層迴歸，Model1 到 Model4 分別是羅斯福路幹線+252、羅斯福路幹線+252(重複站點)、重慶幹線+304 重慶、重慶幹線+304 重慶(重複站點)。在本迴歸模型當中，自變數在幹線在羅斯福路幹線+252、羅斯福路幹線+252(重複站點)的資料當中為不顯著，但是在重慶幹線+304 重慶、重慶幹線+304 重慶(重複站點)為顯著，在整條路線比較的 Model3 當中重慶幹線較 304 重慶的站間行駛時間少了 70%，在相同站點比較的 Model4 當中則是少了 60%左右。因此可以推測重慶幹線的車速相較於 304 重慶可能開的比較快。

為了驗證重慶幹線的車速是否真的顯著高於 304 重慶，下表 25 為尖峰班表時段站間行駛速度的比較路線的階層迴歸，Model1 到 Model4 分別是羅斯福路幹線+252、羅斯福路幹線+252(重複站點)、重慶幹線+304 重慶、重慶幹線+304 重慶(重複站點)。本模型以站間分組的 ICC 值在羅斯福路幹線+252 為 0.455、羅斯福路幹線+252(重複站點)為 0.304、重慶幹線+304 重慶為 0.454、重慶幹線+304 重慶(重複站點)為 0.321，在站間當中有明顯的變異。在自變數幹線的部分，重慶幹線無論是在正條路線或者是重複站點的比較，速度皆比 304 重慶顯著高了將近 9 公里每小時，可以呼應上一段速度的個別路線迴歸當中，重慶幹線截距為 28 公里每小時，304 重慶為 21 公里每小時的結果。

表 22 班距(H)比較路線階層迴歸模式結果

變數	僅含截距模式				全模式			
	羅斯福幹線 + 252 路線 (M1)	羅斯福幹線 + 252 路線 (同站點) (M2)	重慶幹線 + 304 重慶 (M3)	重慶幹線 + 304 重慶 (同站點) (M4)	羅斯福幹線 + 252 路線 (M5)	羅斯福幹線 + 252 路線 (同站點) (M6)	重慶幹線 + 304 重慶 (M7)	重慶幹線 + 304 重慶 (同站點) (M8)
截距	1075.374*** (60.671)	621.745*** (74.466)	725.696*** (28.558)	616.196*** (9.868)	824.983*** (19.754)	910.521*** (56.522)	593.993*** (8.849)	641.600*** (26.346)
距離(對數轉換)					-6.038 (7.52)	-30.063 (61.492)	-13.240* (5.15)	3.474 (62.662)
公車專用道					-8.619 (24.192)	61.275 (88.163)	225.453*** (34.16)	88.21 (84.514)
轉彎					-9.053 (18.881)	-37.888 (199.887)	-130.644*** (27.452)	16.884 (130.034)
號誌數					-9.81 (7.937)	-43.121 (50.585)	5.699*** (1.545)	-10.46 (15.024)
站序					0.697** (0.238)	0.84 (1.391)	0.185 (0.145)	-0.662 (1.384)
壅塞狀態					-1.497 (0.865)	-11.36 (8.34)	-4.569*** (0.873)	0.703 (9.812)

雨量					-0.063 (0.09)	-0.169 (0.215)	-0.076 (0.086)	-0.098 (0.213)
幹線					-300.187*** (19.984)	-382.746*** (57.49)	-73.818*** (9.21)	-69.729* (30.364)
發車班距					0.777*** (0.015)	0.729*** (0.038)	1.045*** (0.01)	1.073*** (0.019)
幹線:發車班距					0.125*** (0.018)	0.219*** (0.047)	-0.239*** (0.013)	-0.312*** (0.029)
站間數變異 (截距)	491978.94	85889.577	114561.246	807.539	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
殘差變異	113791.418	243613.549	146028.946	250012.041	39058.396	46852.043	57686.274	72530.779
AIC	195669.137	43311.839	277938.145	60405.604	180547.895	38548.078	259841.092	55475.786
BIC	195691.66	43329.692	277961.674	60424.453	180645.495	38625.439	259943.053	55557.465
Log Likelihood	-97831.568	-21652.92	-138966.073	-30199.802	-90260.947	-19261.039	-129907.546	-27724.893
樣本數	13463	2838	18828	3956	13463	2838	18828	3956
站間數	135	16	144	24	135	16	144	24

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表 23 站間班距差異(HS)比較路線階層迴歸結果

變數	僅含截距模式				全模式			
	羅斯福幹線 + 252 路線 (M1)	羅斯福幹線 + 252 路線 (同站點) (M2)	重慶幹線 + 304 重慶 (M3)	重慶幹線 + 304 重慶 (同站點) (M4)	羅斯福幹線 + 252 路線 (M5)	羅斯福幹線 + 252 路線 (同站點) (M6)	重慶幹線 + 304 重慶 (M7)	重慶幹線 + 304 重慶 (同站點) (M8)
截距	0.868 (0.78)	0.806 (1.424)	0.955 (0.695)	-0.029 (1.528)	1.883 (2.684)	-2.457 (6.364)	0.532 (2.514)	-2.911 (4.509)
距離(對數轉換)					1.474 (2.986)	-5.992 (10.471)	-1.321 (1.841)	3.713 (3.699)
公車專用道					5.482 (3.456)	7.26 (5.311)	4.547 (3.443)	7.153 (4.504)
轉彎					-7.560** (2.812)		-4.431* (2.157)	-8.104 (4.447)
號誌數					-0.914 (0.947)	-0.644 (1.635)	-0.205 (0.312)	-1.116 (1.822)
站序					-0.037 (0.096)	0.026 (0.23)	-0.077 (0.065)	-0.033 (0.149)
壅塞狀態					-1.071***	-1.395***	-0.700***	-0.666***

					(0.092)	(0.176)	(0.076)	(0.168)
靠站時間					0.140 ^{***}	0.155 ^{**}	0.146 ^{***}	0.075
					(0.03)	(0.052)	(0.019)	(0.039)
雨量					-0.038	-0.044	-0.039	0.019
					(0.037)	(0.073)	(0.032)	(0.076)
幹線					0.143	-1.633	1.629	3.366
					(2.823)	(5.404)	(2.536)	(4.831)
站間數變異 (截距)	6.936	<0.001	3.916	<0.001	56.9	58.752	84.628	<0.001
殘差變異	6954.706	6339.739	6687.943	7669.888	6850.656	6200.799	6587.356	7643.292
AIC	155859.476	36240.516	177438.265	38732.82	155723.47	36186.259	177320.89	38721.919
BIC	155881.971	36258.659	177461.159	38751.113	155813.45	36252.782	177412.466	38795.091
Log Likelihood	-77926.738	-18117.258	-88716.132	-19363.41	-77849.735	-18082.13	-88648.445	-19348.959
樣本數	13337	3126	15235	3287	13337	3126	15235	3287
站間數	129	16	136	24	129	16	136	24

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表 24 旅行時間(TT)比較路線階層迴歸結果

變數	僅含截距模式				全模式			
	羅斯福幹線 + 252 路線 (M1)	羅斯福幹線 + 252 路線 (同站點) (M2)	重慶幹線 + 304 重慶 (M3)	重慶幹線 + 304 重慶 (同站點) (M4)	羅斯福幹線 + 252 路線 (M5)	羅斯福幹線 + 252 路線 (同站點) (M6)	重慶幹線 + 304 重慶 (M7)	重慶幹線 + 304 重慶 (同站點) (M8)
截距	3.220*** (0.052)	3.155*** (0.136)	2.693*** (0.06)	2.742*** (0.151)	2.979*** (0.096)	3.067*** (0.186)	3.013*** (0.072)	3.482*** (0.13)
距離(對數轉換)					0.477*** (0.098)	1.036*** (0.277)	0.520*** (0.08)	0.911*** (0.194)
公車專用道					0.116 (0.168)	-0.091 (0.177)	-0.101 (0.172)	-0.186 (0.216)
轉彎					0.414*** (0.113)		0.271** (0.102)	0.178 (0.224)
號誌數					-0.049 (0.04)	0.011 (0.047)	-0.004 (0.012)	-0.101** (0.038)
站序					-0.002 (0.003)	-0.006 (0.005)	-0.005*** (0.001)	-0.011*** (0.001)
是否停靠					0.159***	0.227***	0.126***	-0.169***

					(0.016)	(0.033)	(0.023)	(0.045)
雨量					0.001*	0	0.001**	0
					(0)	(0.001)	(0)	(0.001)
幹線					0.047	0.028	-0.705***	-0.636***
					(0.029)	(0.034)	(0.029)	(0.028)
站間數變異 (截距)	0.398	0.292	0.57	0.521	0.282	0.102	0.369	0.147
殘差變異	0.22	0.199	0.252	0.263	0.217	0.191	0.213	0.127
AIC	8820.223	1619.19	10435.499	2460.787	8722.317	1599.638	9324.858	1371.057
BIC	8840.41	1634.602	10455.911	2476.845	8796.335	1651.01	9399.704	1429.934
Log Likelihood	-4407.112	-806.595	-5214.749	-1227.394	-4350.158	-789.819	-4651.429	-674.529
樣本數	6179	1258	6662	1560	6179	1258	6662	1560
站間數	152	16	163	23	152	16	163	23

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表 25 站間行駛速度的比較路線階層迴歸結果

變數	僅含截距模式				全模式			
	羅斯福幹線 + 252 路線 (M1)	羅斯福幹線 + 252 路線 (同站點) (M2)	重慶幹線 + 304 重慶 (M3)	重慶幹線 + 304 重慶 (同站點) (M4)	羅斯福幹線 + 252 路線 (M5)	羅斯福幹線 + 252 路線 (同站點) (M6)	重慶幹線 + 304 重慶 (M7)	重慶幹線 + 304 重慶 (同站點) (M8)
截距	25.916*** (0.503)	31.481*** (0.816)	28.216*** (0.492)	32.101*** (0.739)	30.865*** (0.956)	32.269*** (1.654)	28.617*** (0.739)	27.154*** (1.296)
距離(對數轉換)					4.738*** (0.934)	7.576*** (2.214)	4.877*** (0.734)	9.635*** (1.746)
公車專用道					4.306** (1.57)	3.517* (1.384)	5.337*** (1.542)	2.871 (1.785)
轉彎					6.708*** (1.063)		-1.765 (0.933)	-1.241 (1.883)
號誌數					-0.854* (0.377)	-0.039 (0.371)	-0.112 (0.11)	0.875 (0.507)
站序					-0.01 (0.033)	0.048 (0.052)	-0.004 (0.018)	0.041 (0.023)
是否停靠					-4.881***	-6.395***	-6.560***	-2.874***

					(0.239)	(0.509)	(0.33)	(0.716)
雨量					-0.020***	-0.007	-0.031***	-0.015
					(0.005)	(0.01)	(0.006)	(0.011)
幹線					0.262	0.654	8.879***	8.704***
					(0.394)	(0.469)	(0.388)	(0.441)
站間數變異 (截距)	36.246	9.881	37.24	11.447	23.908	5.627	29.296	9.309
殘差變異	51.774	51.455	53.453	51.181	48.239	45.564	45.715	33.185
AIC	42407.186	8574.352	45939.351	10631.476	41939.016	8428.183	44905.25	9972.235
BIC	42427.373	8589.764	45959.764	10647.534	42013.034	8479.555	44980.096	10031.112
Log Likelihood	-21200.593	-4284.176	-22966.676	-5312.738	-20958.508	-4204.091	-22441.625	-4975.118
樣本數	6179	1258	6662	1560	6179	1258	6662	1560
站間數	152	16	163	23	152	16	163	23

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

4.4 連班與班距達成度分析結果

下表 26 為尖峰班表時段應變數四班距達成度的分析結果。Model1 和 Model2 分別為羅斯福路幹線和重慶幹線的迴歸結果。在空間變數公車專用道、轉彎、號誌的部分係數皆符合預期，在羅斯福路幹線上公車專用道的負影響最大，其次是轉彎，最後是號誌，在重慶幹線上則是以轉彎的負影響最大，其次是號誌。在站序的部分，在羅斯福路幹線上多經過一個站間符合班距的機率會變為原本的 0.972 倍。在壅塞狀態的部分，在重慶幹線的係數為 0.008，表示若第 i 班公車的車速增加 1 公里每小時，符合班距的機率會變為原本的 1.008 倍，在班距達成度的係數符號上預期則取決於當下與前車的班距，如果當下與前車的班距是 6 分鐘，第 i 班公車車速變快的話會更容易符合班距。在雨量的部分，在重慶幹線上的係數為 -0.003 表示若第 i 班公車的行駛到第 n 站時雨量增加 1 毫米，符合班距的機率會變為原本的 0.997 倍，若當下與前車的班距是 6 分鐘，下雨讓第 i 班公車車速變慢的話會不容易符合班距。在發車班距的部分，在羅斯福路幹線的係數結果為 -0.159，表示若發車班距增加 1 分鐘，符合班距的機率會變為原本的 0.853 倍，根據前一章節當中的係數預期，在班距達成度的係數符號上取決於該路線的平均發車班距，例如若該路線的發車班距為 6 分鐘的話，減少發車班距則有利於將班距維持在 4~6 分鐘一班的班表班距之內；在重慶幹線的係數結果為 -0.153，表示若班距增加 1 分鐘，符合班距的機率會變為原來的 0.858 倍。

表 26 班距達成度羅吉特迴歸結果

變數	Model 1	Model 2
截距	-1.779*** (0.065)	-2.596*** (0.072)
距離(對數轉換)	0.626*** (0.104)	0.567*** (0.060)
公車專用道	-4.275*** (0.486)	0.388 (0.679)
轉彎	-1.531*** (0.175)	-4.520*** (0.485)
號誌數	-0.313** (0.105)	-0.053 (0.028)
站序	-0.029*** (0.003)	-0.011*** (0.002)
壅塞狀態	0.004 (0.003)	0.008** (0.003)
雨量	-0.001 (0.001)	-0.003* (0.001)
發車班距	-0.159*** (0.011)	-0.153*** (0.009)
AIC	10457.118	10459.102
BIC	10523.679	10528.625
Log Likelihood	-5219.559	-5220.551
Deviance	10439.118	10441.102
樣本數	12036	16726

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

下表 27 為尖峰班表時段應變數五連班的分析結果。Model1 和 Model2 分別為羅斯福路幹線和重慶幹線的迴歸結果。在空間變數公車專用道、轉彎、號誌的部分係數皆符合預期，在羅斯福路幹線上公車專用道的影響最大，其次是轉彎，號誌結果不顯著，在重慶幹線上則是以轉彎的影響為顯著。在站序的部分，在羅斯福路幹線的係數為 0.037，表示多經過一個站間連班的機率會變為原本的 1.037 倍；在重慶幹線上的係數為 0.024，表示多經過一個站間連班的機率會變為原本的 1.024 倍。在壅塞狀態的部分，羅斯福路幹線的係數為 0.012，表

示若第 i 班公車的車速增加 1 公里每小時，連班的機率會變為原本的 1.012 倍。在雨量的部分，在重慶幹線上的係數為-0.004 表示若第 i 班公車的行駛到第 n 站時雨量增加 1 毫米，連班的機率會變為原本的 0.996 倍。在發車班距的部分，在羅斯福路幹線的係數結果為-0.505，表示若發車班距增加 1 分鐘，連班的機率會變為原本的 0.603 倍；在重慶幹線上的係數結果為-0.291，表示若發車班距增加 1 分鐘，連班的機率會變為原本的 0.747 倍。

表 27 連班羅吉特迴歸結果

變數	Model 1	Model 2
截距	-3.387*** (0.102)	-3.133*** (0.086)
距離(對數轉換)	-0.586*** (0.175)	-0.224 (0.119)
公車專用道	2.835*** (0.628)	-0.737 (0.798)
轉彎	1.176*** (0.356)	2.882*** (0.604)
號誌數	0.402 (0.218)	0.009 (0.032)
站序	0.037*** (0.004)	0.024*** (0.002)
壅塞狀態	0.012** (0.004)	0.003 (0.003)
雨量	0.000 (0.002)	-0.004* (0.002)
發車班距	-0.505*** (0.019)	-0.291*** (0.011)
AIC	5598.845	7623.116
BIC	5665.406	7692.638
Log Likelihood	-2790.422	-3802.558
Deviance	5580.845	7605.116
樣本數	12036	16726

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

4.5 小結與評析

綜合上述資料分析與模式的結果空間變數像是距離、公車專用道、轉彎、號誌對於速度的影響效果最為顯著，其次是旅行時間(TT)，之後是站間班距差異(HS)，最終對於班距(H)的影響在統計上已經幾乎不顯著，但是空間變數的影響卻層層包裹於其中影響公車的可靠度表現。在上述空間變數當中影響最為明顯的是「轉彎」，轉彎會明顯讓公車班距有靠近的狀況發生，因此要讓公車的可靠度提高，可以從針對轉彎的措施著手。例如可以透過錯開行人號誌和右轉綠燈的時段以降低轉彎所消耗的旅行時間。

在路線比較的部分，可以發現在空間變數距離、公車專用道、轉彎、號誌等，對於幹線和非幹線公車的站間班距差異(HS)影響沒有明顯差異。但是在旅行時間(TT)的模式當中發現，在相同站間當中重慶幹線的行駛時間比 304 重慶來的短，並且也在速度的模式當中得到應正確時在相同的路段當中幹線公車行駛速度比較快。但是在羅斯福路幹線和 252 在相同站點的比較上並沒有發現顯著的差異。本研究認為造成此狀況的原因可能和不同的客運公司有關，羅斯福路幹線和 252 為相同的客運業者欣欣客運所經營；重慶幹線和 304 重慶則分別是大都會客運和中興巴士所經營。

在針對幹線公車的班距連班與班距達成度分析當中可以發現，越往後的班距越可能出現連班以及不符合班表的狀況產生，可以驗證在班距架構中站間班距差異(HS)累積的影響。並且對於羅斯福路幹線而言，公車專用道是造成連班的主要因素，可能與公車專用道不能變換車道需要排隊的特性相關，顯示其設施雖然可以顯著的提升速度漸少站間行駛時間，但對於公車班距的穩定度可能並沒有正面的影響。

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究使用 BusEvent 車機資訊原始資料分析，計算出站間的行駛速度、站間旅行時間(TT)、站間班距差異(HS)、班距(H)，可以做為相關單位檢視路線績效與營運狀態的依據。本研究的貢獻在於建立影響每一站班距(H)變異的架構，解構出影響任一班班距的因素，並使用階層迴歸探討影響差異的因子。且比較幹線與非幹線公車在相同站間的表現是否相同。最後針對「連班」、「班距達成度」兩個議題進行分析，本研究達成的研究成果如下：

1. 班距的變異來源

班距(H)主要受到「經過站間產生的的班距差異」、「發車班距差異」所影響。因為站間路段當中的行車變數(靠站狀況、壅塞狀態)、空間變數(路段長度、號誌數、是否有公車專用道、是否轉彎)、依時變數(雨量、班次)等變數的狀態不同，會導致前後相鄰班次的車輛在經過站間路段有不同的車速表現，進而導致站間行駛時間發生變化，進而產生「站間班距差」，並且隨著經過的站間越多，站間班距差會累積，導致越後面的站班距越不穩定。雖然發車時間有班表作為依據，但是在實際情況上每班公車的班距仍會產生一定程度上的偏差，導致每一班次的公車班距發生變化。本研究以首站首班車的發車班距作為基準點，每一班車的「發車班距差」預期是一個以班表發車班距為平均的常態分配。

2. 班距與空間變數的關係

班距(H)和空間變數(路段長度、號誌數、是否有公車專用道、是否轉彎)的影響關係是先直接影響速度，速度影響旅行時間(TT)，前後班次的站間旅行時間影響站間班距差異(HS)，站間班距差異隨著經過站間數增加，經過累積最終影響班距(H)，因此空間變數的影響在模式上已經幾乎不顯著，但其影響卻層層包裹於架構當中影響公車的可靠度表現。並且眾空間變數當中以「轉彎」為明顯讓公車班距靠近的因子，本研究認為造成轉彎對於公車行駛穩定度之大的原因，除了大型車本身的轉彎半徑、混和車流的影響之外，可能也與在台北市區公車綠燈要右轉的時候

經常需要等待行人號誌轉紅之後才能通行。或許可以透過錯開行人號誌和右轉綠燈的時段以降低轉彎對可靠度造成的影響。過去的研究如 Z.-L.Ma et al. (2015)、Mazloumi, Currie, and Rose (2010)、Strathman and Hopper (1993)、Abkowitz and Engelstein (1983)皆為空間變數對應變數旅行時間的研究，將空間變數推廣至站間班距差、班距的研究較少。

3. 路線比較

在過去針對可靠度的文獻當中，較缺乏路線比較的研究。根據本研究分析的可靠度變異來源，不同路線之間的班距差異可能源於發車班距的穩定度與駕駛習慣，但是本變異來源在過去的文獻當中經常被忽略。經過分析後發現在空間變數距離、公車專用道、轉彎、號誌等，對於幹線和非幹線公車的站間班距差異(HS)影響沒有明顯差異。但是不同的路線、不同客運公司在發車班距的穩定度和駕駛習慣的行車速度上可能會有不同的差異。

4. 幹線公車的班距連班與班距達成度的問題

分析當中可以發現，站序越往後的班距越可能出現連班以及不符合班表的狀況產生，可以驗證在班距架構中站間班距差異(HS)累積的影響。並且公車專用道是造成連班的主要因素，推測可能與公車專用道不能變換車道需要排隊的特性相關，顯示專用道雖然可以顯著的提升速度漸少站間行駛時間，但對於公車班距的穩定度可能並沒有正面的影響。

5.2 建議

本研究建構之模型對於造成班距變異的影響因素進行探討，主要著重在空間變數的分析之上，也對於路線的比較進行初步討論，但仍有可以進行延伸討論與精進之處，下列可供未來研究參考。

1. 車機資料

本研究僅使用羅斯福路幹線、252、重慶幹線、304 重慶等四條路線在 2019 年 12 月 5 日、12 月 6 日、12 月 9 日、12 月 10 日、12 月 11 日共五天工作日的車機資料作為代表分析。然若要更全面的分析整個台北

市、乃至不同季節、例假日對於公車可靠度的影響，建議可以擴展研究範圍進行分析。

2. 研究方法

本研究在班距的模式上遭遇站間距離與號誌和行車速度的自變數共線性問題，因此在迴歸分析的方法使用上有是否適用的疑慮。因此建議未來在對於班距的研究或許可以嘗試使用其他機器學習方法分析以迴避空間變數之間可能共線的問題。

3. 壅塞狀況變數

源於資料可得性的問題，本研究在代表壅塞狀況的變數使用公車本身的車速作為代表，但是車速本身已是公車被車流所影響的結果，並且除了環境的壅塞狀況之外，速度也包含了駕駛行為的影響。因此若可以用「車流量資料」代替速度作為代表車流狀況的變數可能會有更佳的结果。

4. GPS 飄移

GPS 飄移的狀況其實是在不同的城市環境而有不同程度的誤差影響，在高樓中飄移的最嚴重，在空曠的地方較為準確。本研究目前針對 GPS 的飄移處理採用將離群值刪除、過短容易誤差的路段刪除的作法。處理手段較為粗略，建議未來可以根據不同的城市地形針對 GPS 所造成的誤差做更信一步的校正，以求資料的準確性。

參考文獻

- Abkowitz, M. , Slavin, H. , Waksman, R. , English, L. , and Wilson, N. H. M. (1978). *Transit Service Reliability*. In *TSC Urban and Regional Research Series*. U.S. Department of Transportation.
- Abkowitz, M. D., &Engelstein, I. (1983). Factors affecting running time on transit routes. *Transportation Research Part A: General*, 17(2), 107–113.
[https://doi.org/10.1016/0191-2607\(83\)90064-X](https://doi.org/10.1016/0191-2607(83)90064-X)
- Allison, P. (2012). *When Can You Safely Ignore Multicollinearity?* | *Statistical Horizons*. Statistical Horizon. <https://statisticalhorizons.com/multicollinearity>
- ANALYZING TRANSIT TRAVEL TIME PERFORMANCE. (n.d.). Retrieved September29, 2020, from <https://trid.trb.org/view/202380>
- Beekhuizen, J., Kromhout, H., Huss, A., &Vermeulen, R. (2013). Performance of GPS-devices for environmental exposure assessment. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 23(5), 498–505.
<https://doi.org/10.1038/jes.2012.81>
- Bie, Y., Xiong, X., Yan, Y., &Qu, X. (2020). Dynamic headway control for high-frequency bus line based on speed guidance and intersection signal adjustment. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 35(1), 4–25.
<https://doi.org/10.1111/mice.12446>
- Cats, O. (2014). Regularity-driven bus operation: Principles, implementation and business models. *Transport Policy*, 36, 223–230.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.09.002>
- Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. In *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Deng, T., &Nelson, J. D. (2011). Recent developments in bus rapid transit: A review of the literature. In *Transport Reviews* (Vol. 31, Issue 1, pp. 69–96). Routledge . <https://doi.org/10.1080/01441647.2010.492455>
- Dueker, K., Kimpel, T., Strathman, J., &Callas, S. (2004). Determinants of Bus Dwell Time. *Journal of Public Transportation*, 7(1), 21–40.
<https://doi.org/10.5038/2375-0901.7.1.2>
- Eboli, L., &Mazzulla, G. (2009). A new customer satisfaction index for evaluating transit service quality. *Journal of Public Transportation*, 12(3), 21–37.
<https://doi.org/10.5038/2375-0901.12.3.2>
- Fu, L., &Liu, Q. (2003). Real-Time Optimization Model for Dynamic Scheduling of Transit Operations. *Transportation Research Record*, 1857, 48–55.
<https://doi.org/10.3141/1857-06>

- Hofmann, M., & O'Mahony, M. (2005). The impact of adverse weather conditions on urban bus performance measures. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC, 2005*, 84–89.
<https://doi.org/10.1109/ITSC.2005.1520087>
- Janos, M., & Furth, P. G. (2002). Bus priority with highly interruptible traffic signal control: Simulation of San Juan's Avenida Ponce de Leon. *Transportation Research Record, 1811*, 157–165. <https://doi.org/10.3141/1811-19>
- Jarab, J., Lightbody, J., & Maeda, E. (2002). Characteristics of Bus Rapid Transit Projects: An Overview. *Journal of Public Transportation, 5*(2), 31–46.
<https://doi.org/10.5038/2375-0901.5.2.2>
- Luke, D. (2004). Multilevel Modeling. In *Multilevel Modeling*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412985147>
- Ma, Z.-L., Ferreira, L., Mesbah, M., & Hojati, A. T. (2015). Modeling Bus Travel Time Reliability with Supply and Demand Data from Automatic Vehicle Location and Smart Card Systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2533*(1), 17–27.
<https://doi.org/10.3141/2533-03>
- Mazloumi, E., Currie, G., & Rose, G. (2010). Using GPS Data to Gain Insight into Public Transport Travel Time Variability. *Journal of Transportation Engineering, 136*(7), 623–631. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000126](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000126)
- Noland, P. J. W. (2002). Travel time variability: A review of theoretical and empirical issues. *Transport Reviews, 22*(1), 39–54.
<https://doi.org/10.1080/01441640010022456>
- Schipperijn, J., Kerr, J., Duncan, S., Madsen, T., Klinker, C. D., & Troelsen, J. (2014). Dynamic Accuracy of GPS Receivers for Use in Health Research: A Novel Method to Assess GPS Accuracy in Real-World Settings. *Frontiers in Public Health, 2*(MAR), 21. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00021>
- Sterman, B. P., & Schofer, J. L. (1976). FACTORS AFFECTING RELIABILITY OF URBAN BUS SERVICES. *ASCE Transp Eng J, 102*(1), 147–159.
<https://www.scholars.northwestern.edu/en/publications/factors-affecting-reliability-of-urban-bus-services>
- Strathman, J. G., & Hopper, J. R. (1993). Empirical analysis of bus transit on-time performance. *Transportation Research Part A, 27*(2), 93–100.
[https://doi.org/10.1016/0965-8564\(93\)90065-S](https://doi.org/10.1016/0965-8564(93)90065-S)
- van Oort, N., & van Nes, R. (2009). Regularity analysis for optimizing urban transit network design. *Public Transport, 1*(2), 155–168.
<https://doi.org/10.1007/s12469-009-0012-y>

- Wirasinghe, S. C., Kattan, L., Rahman, M. M., Hubbell, J., Thilakaratne, R., & Anowar, S. (2013). Bus rapid transit - a review. In *International Journal of Urban Sciences* (Vol. 17, Issue 1, pp. 1–31). Routledge .
<https://doi.org/10.1080/12265934.2013.777514>
- Wu, W., Liu, R., & Jin, W. (2017). Modelling bus bunching and holding control with vehicle overtaking and distributed passenger boarding behaviour. *Transportation Research Part B: Methodological*, 104, 175–197.
<https://doi.org/10.1016/J.TRB.2017.06.019>
- 劉瑞麟, & 張自立. (2006). 羅斯福路公車專用道實施檢討. 都市交通, 20(4), 42–68. <https://doi.org/10.29774/UT.200601.0008>
- 林國顯；蘇振維；鄭嘉盈；呂怡青；林豐博；曾平毅；黃嘉承；林育成. (2010). 幹道容量與服務水準研究. 交通部運輸研究所.
- 溫福星. (2006). 階層線性模式原理方法與應用.
- 溫福星, & 邱皓政. (2009). 多層次模型方法論：階層線性模式的關鍵議題與試解. 臺大管理論叢, 19(2), 263–293. <https://doi.org/10.6226/NTURM2009.19.2.263>
- 濮大威、蘇志強、鍾慧諭、陳柏君、邱詩純、, & 楊立、李嘉軒. (2004). 公車捷運化設計手冊.

陽明交大
NYCU