

國立交通大學  
運輸與物流管理學系

碩士論文

考量土地使用及行人流量之  
號誌化路口行人事故頻率模式

Pedestrian Crash Frequency Modeling at Signalized  
Intersections Considering Land Use and Pedestrian  
Volume

研究生：吳素絢

指導教授：鍾易詩

中華民國一〇八年七月

考量土地使用及行人流量之號誌化路口行人事故頻率模式

Pedestrian Crash Frequency Modeling at Signalized Intersections  
Considering Land Use and Pedestrian Volume

研究生：吳素絢

Student : Su-Hsuan Wu

指導教授：鍾易詩

Advisor : Yi-Shih Chung

國立交通大學  
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 Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

July 2019

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇八年七月

# 考量土地使用及行人流量之號誌化路口 行人事故頻率模式

研究生：吳素絢

指導教授：鍾易詩 博士

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

## 摘要

非機動運具(如：步行、自行車)為發展永續運輸的一大要素，但行人是運輸系統中最脆弱的道路使用者，民國 101-105 年全國事故死亡人數逐年下降，但行人死亡人數佔全國比例卻逐年上升，顯示行人事故的嚴重性，因此如何減少行人事故並降低行人的死傷情形是有待解決一大課題。事故的發生具有隨機性，因此透過安全績效函數(Safety Performance Functions)的建立，可以用來辨識事故量少但具有高風險的事故地點。

在建立安全績效函數時，道路曝光量(含機動車流量與行人流量)係重要影響因素，但行人流量調查資料稀少，因此本研究欲透過建立土地使用、行人流量與行人安全之關係，彌補行人安全分析中缺乏行人曝光量之問題，並嘗試發展行人流量及行人安全之聯合估計模式，解決估計模式的內生性問題。研究結果發現路口周邊土地使用、社會經濟及交通建設等路口特性對行人流量有顯著影響，且用路口特性預測行人量的精確度高。在行人安全績效函數中以同時放入估計行人量與相關變數的零膨脹模式 (ZINB) 為最佳，表示相關變數可以彌補行人調查資料為尖峰抽樣調查的缺點。行人安全績效函數中只放入相關變數的零膨脹模式 (ZINB) 為次佳，表示在缺乏行人流量資料時，僅用相關變數建立行人安全績效函數亦為可行的方法。聯合估計模式以 Two-stage Predictor Substitution (2SPS) 方法的估計結果較佳，表示在考慮到模式內生性時可以 2SPS 的方式來建立聯合估計模式。此外，以行穿線為評估單位的行人安全績效函數的預測結果較以路口為評估單位的行人安全績效函數為佳。

**關鍵字：**土地使用、行人流量、行人事故、安全績效函數、聯合估計模式

# Pedestrian Crash Frequency Modeling at Signalized Intersections Considering Land Use and Pedestrian Volume

Student : Su-Hsuan Wu

Advisor : Yi-Shih Chung

Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

## ABSTRACT

Non-motorized transportation (eg walking, bicycle) is a major factor in the development of sustainable transportation systems, but pedestrians are the most vulnerable road users in the transportation system. The number of deaths in traffic crashes has decreased in 2012-2016, however, the proportion of pedestrian deaths in the country has increased year by year, indicating the severity of pedestrian crashes. Therefore, how to reduce pedestrian crashes and the casualty of pedestrians is an important issue to be solved. Safety performance functions can be used to identify crashes locations with low accidents but high risks. When establishing the safety performance function, the road exposure (including vehicle volume and pedestrian volume) is an important factor, but the pedestrian volume data is scarce. Therefore, this study intends to compensate for the lack of pedestrian exposure in pedestrian safety analysis by establishing the relationship between land use, pedestrian volume and pedestrian safety, and attempts to develop a simultaneous equation model of pedestrian volume and pedestrian safety to solve the endogenous problem.

The research results show that the intersection characteristics such as land use, social economic and traffic construction around the intersection have a significant impact on pedestrian volume. In the pedestrian safety performance function, the zero-inflated model (ZINB) with the estimated pedestrian volume and relevant variables is the best, indicating that the relevant variables can make up for the shortcomings of the pedestrian volume data as a peak hour sampling survey. The zero-inflated model (ZINB) with only relevant variables in the pedestrian safety performance function is sub-optimal, indicating that in the absence of pedestrian volume data, it is also feasible to use the relevant variables to establish the pedestrian safety performance function. The

simultaneous estimation model is better with the two-stage Predictor Substitution (2SPS) method, indicating that the simultaneous estimation model can be established in a 2SPS when considering the endogeneity of the model. In addition, the pedestrian safety performance function with the crosswalk-based is better than the pedestrian safety performance function with the intersection-based.

**Keywords:** Land use, Pedestrian volume, Pedestrian crash, Safety performance functions, Simultaneous equation model



## 誌謝

這 2 年五味雜陳但很豐富的碩士生活終於走到盡頭了，這 2 年遇到好多帶著我成長、幫助我成長以及陪著我成長的人，這些人當中首先最最最要感謝的就是我的指導教授 鍾易詩老師，論文從無到有到最後完成，耐心地一步一步帶著我思考問題、解決問題，即使進度比其他人慢了，也只是告訴我沒關係按照自己的腳步完成就好，除了學業與論文上的指導，老師還會很溫暖的關心我們的生活狀況，能進鍾 lab 真的很幸福。謝謝台北校區每個老師的教導，讓我在交通的知識上有更多了解與成長，老師們 seminar 時給的論文修正建議，也讓我的論文更完善。謝謝兩位口試委員 陳菟蕙老師和 吳繼虹老師在口試時給予寶貴的建議，同時感謝菟蕙老師在我大學畢業最迷惘的時候指引我方向，在進研究所之前把我帶在身邊手把手的教導，也謝謝繼虹老師從手遊案以來的細心指導。

感謝系辦的柳姊和何姊幫忙處理行政上的事務，總是提醒健忘的我很多事情，讓我可以順利完成學業，謝謝詮勳學長在課業與計畫的協助，每次有問題學長都會幫我解決，並在我壓力很大的時候，給予我鼓勵與建議。謝謝以萱學姊總是很開朗地跟我們分享過來人的經驗，每次看到學姊的笑容，心情也會一起變好。

鍾 lab 水族館成員這真的不能不好好感謝一下，碩士生活能夠順利地走過來，你們真的是最重要的一部分，從完全不熟到一起笑、一起哭、一起互相幫助、一起度過每一個難關，能在難熬的研究所生活有你們的陪伴是金魚最好的禮物。謝謝企鵝宇姩可以聊好多好多的事情，無論是學業上還是私底下的，每次遇到問題你都會幫我一起解決，每次回家的路途閒聊雖然很短暫但真的是很抒壓的時光，還有一定要感謝你總是幫我搶到票。謝謝虎鯨思禹 lab 最大的歡樂來源，讓我的碩士生活充滿很多笑聲，有時候像個需要人照顧的小女孩，有時候又像是個可以讓人依賴的大姐姐，雖然常常懟你以後可能還是會繼續，但我還是很愛你並感謝著你給我的鼓勵和支持。謝謝海龜雅涵雖然大部分的時間都待在新竹，但總是在我需要的時候給我鼓勵，在我壓力很大的時候給我大大的擁抱，成為我在進交大的第一個好朋友，在每一次的聊天當中傾聽彼此的心情與困惑，給予彼此關心與建議。謝謝豹哥彥勳沒有你我的論文大概完成不了，從一開始最無聊但也最基本的資料 coding，到行人案中各種事情的 carry，還有身為水族館唯一的男生，總是陪著我們 4 個女生做我們想做的事情。謝謝水族館編制外成員衣芸，一起接計畫同甘共苦的我們總是有很多只有我們兩個才懂的心情，聊計畫、聊感情、聊未來的時候總是給我很多不同的想法，在我對自己有懷疑走不出來的時候開導我。

謝謝這 2 年在研究室一起奮鬥同學們，竹涵、瑞璟、佑星、士緯、煥竣、詠然、東哲、以恆、聖珉、佳雄、祐翔、俞君、育齊、祐榮，謝謝你們讓我的碩士生活更充實。謝謝儀毅在我忙論文的時候給我的幫助，論文口試完的晚餐驚喜會是學姊們很感動難忘的回憶。謝謝敬宜幫我抓了很重要的資料，在我忙不過來的時候，做了土地案我應該要做的事情。謝謝雅亭給我的資料，並解答我對資料的問題，也感謝邱 lab 的學弟妹在資料 coding 時候給我的協助，祝福學弟妹們的論文也都能順利、準時完成。

特別感謝大學時代的好友嘉宜，雖然平常總是不太回訊息，但是在我需要的時候你總是二話不說在電話那頭陪伴並開導我至少半個小時以上，也常常利用你的專業幫我解決程式上的問題，水族館可是還在等待貼圖喔！謝謝倪靖一直像哥哥一樣的幫助我，雖然總是懟我但給予的照顧卻一點也不少，跟你聊天總是可以消散我心中的迷霧。謝謝旻潔雖然是學妹可是總是給我很多的想法，並跟我分享很多事情，還時常關心我的狀況。

最後謝謝我的家人，不管是我決定不讀研究所，還是最後又反悔，你們總是無條件的支持我所有決定，包容我每天早出晚歸凌亂的生活作息，成為我最重要的後盾，讓我可以未知的旅途上盡情的冒險，我愛你們！！

在過去的辛苦日子裡，那些伸出雙手的幫助和溫暖的陪伴，讓我一步一步的走過來。未來的路還很長很長，但我會帶著在交大這 2 年所學到的知識和那些我們一起創造的耀眼回憶，堅強地跨越那些困難的關卡，去和夢想中的我相遇。希望你們會在路的那一端，用溫暖的微笑迎接更好的我。

吳素絢 謹致於

交大運輸與物流管理學系研究所台北校區

2019 年 9 月

# 目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
誌謝.....	iv
目錄.....	vi
圖目錄.....	viii
表目錄.....	xii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	3
1.4 研究流程.....	4
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 土地使用與行人流量之關係.....	5
2.2 行人安全影響因素.....	8
2.3 安全績效函數.....	14
2.4 模式內生性.....	18
2.5 小結.....	19
第三章 研究方法.....	21
3.1 研究架構.....	21
3.2 研究路口.....	23
3.3 資料項目.....	25
3.4 分析方法.....	38
第四章 基本資料分析.....	41
4.1 路口特性分析.....	41
4.2 行人事故特性分析.....	48

第五章 行人流量估計模式與行人安全績效函數.....	57
5.1 行人流量估計模式之建立.....	57
5.2 號誌化路口行人安全績效函數.....	62
5.3 聯合估計模式.....	80
5.4 行穿線行人安全績效函數.....	85
5.5 討論.....	89
5.6 小結.....	90
第六章 結論與建議.....	91
6.1 結論.....	91
6.2 建議.....	92
參考文獻.....	94
附錄 A 行人流量模式預測區間.....	97
附錄 B 行人事故預測模式預測區間.....	103
附錄 C 行人流量估計模式中問過程.....	118
附錄 D 路口行人安全績效函數之中間過程.....	119

# 圖目錄

圖 1.4.1 研究流程圖.....	4
圖 2.2.1 行人事故應考量之因素.....	8
圖 2.2.2 Wang et al.(2017)之研究架構圖.....	13
圖 2.3.1 Miranda-Moreno et al.(2011)之概念架構圖.....	15
圖 2.3.2 行人流量、中央分隔帶與行人事故量關係圖.....	16
圖 2.3.3 行人流量、中央分隔帶與行人事故率關係圖.....	16
圖 3.1.1 研究架構圖-行人流量估計模式(第一階段).....	21
圖 3.1.2 研究架構圖-行人安全績效函數(第二階段).....	22
圖 3.1.3 研究架構圖-聯合估計模式(第三階段).....	23
圖 3.2.1 行人流量調查路口分布圖.....	24
圖 3.2.2 行人安全績效函數之研究路口.....	24
圖 3.3.1 人車相對方向示意圖.....	26
圖 3.3.2 行穿線衝突車流示意圖.....	28
圖 3.3.3 庇護島種類.....	31
圖 3.3.4 都市計畫整合查詢系統示意圖.....	32
圖 3.3.5 人流設施數量計算示意圖.....	33
圖 3.3.6 忠孝新生路口行政區與村里分布.....	34
圖 4.1.1 民國 100-106 年道路寬度.....	44
圖 4.1.2 民國 100-106 年平均行穿線長度.....	45
圖 4.1.3 民國 100-106 年平均行穿線退縮距離.....	45
圖 4.2.1 50 個路口近 6 年發生時間趨勢.....	50
圖 4.2.2 50 個路口行人事故之行人年齡.....	51

圖 4.2.3 道路寬度與事故關係.....	52
圖 4.2.4 行穿線長度與事故關係圖.....	52
圖 4.2.5 行穿線退縮距離與事故關係.....	53
圖 4.2.6 庇護島與事故發生率.....	53
圖 4.2.7 衝突車流與事故關係圖.....	54
圖 4.2.8 行人量與事故關係圖.....	54
圖 4.2.9 行人專用時相與事故發生率.....	55
圖 4.2.10 行人早開時相與事故發生率.....	55
圖 4.2.11 右轉專用時相與事故發生率.....	56
圖 4.2.12 左轉專用時相與事故發生率.....	56
圖 5.1.1 行人流量估計模式殘差圖-多元迴歸模式.....	58
圖 5.1.2 行人流量估計模式殘差圖- log linear 模式.....	59
圖 5.1.3 民國 106 年實際行人量與 95% 估計信賴區間.....	61
圖 5.2.1 估計行人量-NB model 殘差圖.....	64
圖 5.2.2 估計行人量-NB model 各變數對事故之影響效果.....	64
圖 5.2.3 估計行人量-NB model 之 95% 估計信賴區間(106 年).....	65
圖 5.2.4 估計行人量-ZINB model 殘差圖.....	66
圖 5.2.5 估計行人量-ZINB model 各變數對事故之影響效果.....	67
圖 5.2.6 估計行人量-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(106 年).....	67
圖 5.2.7 相關變數-NB model 殘差圖.....	69
圖 5.2.8 相關變數-NB model 各變數對事故之影響效果.....	69
圖 5.2.9 相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(106 年).....	70
圖 5.2.10 相關變數-ZINB model 殘差圖.....	71

圖 5.2.11 相關變數-ZINB model 各變數對事故之影響效果.....	72
圖 5.2.12 相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(106 年).....	72
圖 5.2.13 估計行人量與相關變數-NB model 殘差圖.....	74
圖 5.2.14 估計行人量與相關變數-NB model 各變數對事故之影響效果.....	74
圖 5.2.15 估計行人量與相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(106 年).....	75
圖 5.2.16 估計行人量與相關變數-ZINB model 殘差圖.....	76
圖 5.2.17 估計行人量與相關變數-ZINB model 各變數對事故之影響效果.....	77
圖 5.2.18 估計行人量與相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(106 年).....	77
圖 5.3.1 兩種聯合估計模式殘差圖.....	82
圖 5.3.2 路口行人事故與估計信賴區間.....	84
圖 5.4.1 行人安全績效函數之比較.....	85
圖 5.4.2 行人量與庇護島種類交互效果圖.....	88
圖 5.4.3 行人量與立體人行設施交互效果圖.....	88
圖 B.1 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(101 年).....	103
圖 B.2 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(102 年).....	103
圖 B.3 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(103 年).....	104
圖 B.4 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(104 年).....	104
圖 B.5 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(105 年).....	105
圖 B.6 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(101 年).....	105
圖 B.7 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(102 年).....	106
圖 B.8 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(103 年).....	106
圖 B.9 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(104 年).....	107
圖 B.10 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(105 年).....	107

圖 B.11 相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(101 年).....	108
圖 B.12 相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(102 年).....	108
圖 B.13 相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(103 年).....	109
圖 B.14 相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(104 年).....	109
圖 B.15 相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(105 年).....	110
圖 B.16 相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(101 年).....	110
圖 B.17 相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(102 年).....	111
圖 B.18 相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(103 年).....	111
圖 B.19 相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(104 年).....	112
圖 B.20 相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(105 年).....	112
圖 B.21 估計行人量與相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(101 年).....	113
圖 B.22 估計行人量與相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(102 年).....	113
圖 B.23 估計行人量與相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(103 年).....	114
圖 B.24 估計行人量與相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(104 年).....	114
圖 B.25 估計行人量與相關變數-NB model 之 95% 估計信賴區間(105 年).....	115
圖 B.26 估計行人量與相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(101 年).....	115
圖 B.27 估計行人量與相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(102 年).....	116
圖 B.28 估計行人量與相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(103 年).....	116
圖 B.29 估計行人量與相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(104 年).....	117
圖 B.30 估計行人量與相關變數-ZINB model 之 95% 估計信賴區間(105 年).....	117

## 表目錄

表 1.1-1 民國 101-105 年行人事故情況.....	1
表 1.3-1 行人事故件數最多的前五縣市.....	3
表 1.3-2 每 10 萬人口中行人事故件數最多的前五縣市.....	3
表 1.3-3 每 10 萬車輛數中行人事故件數最多的前五縣市.....	3
表 2.1-1 FMNB 潛在分群之影響因素.....	5
表 2.1-2 土地使用與行人流量關係文獻整理.....	7
表 2.2-1 過去行人交通工程改善成效.....	9
表 2.2-2 車速管理種類之改善成效.....	10
表 2.2-3 人車分離(時間)種類之改善成效.....	10
表 2.2-4 人車分離(空間)種類之改善成效.....	11
表 2.2-5 提高行人可見度種類之改善成效.....	12
表 2.2-6 行人安全影響因素.....	14
表 2.3-1 SPF 中的顯著因素.....	17
表 3.2-1 臺北市歷年行人流量調查地點數.....	23
表 3.3-1 事故資料庫之內容.....	25
表 3.3-2 路口交通流量資料之變數定義.....	27
表 3.3-3 行人流量資料之變數定義.....	28
表 3.3-4 路口幾何與號控資料(總體).....	29
表 3.3-5 路口幾何資料與號控資料(方向).....	30
表 3.3-6 各土地使用分類整理.....	33
表 3.3-7 土地使用、人口社經及交通建設資料之變數定義.....	35
表 3.3-8 各資料項目之資料來源.....	37

表 4.1-1 機動車流量資料基本統計量(1200 個行穿線).....	41
表 4.1-2 行人流量資料基本統計量(1200 個行穿線).....	42
表 4.1-3 路口總行人量基本統計(72 個地點).....	42
表 4.1-4 道路幾何統計表(50 個路口).....	43
表 4.1-5 號誌控制資料統計(50 個路口).....	46
表 4.1-6 土地使用、人口社經及交通建設資料基本統計-(72 個地點).....	46
表 4.1-7 土地使用、人口社經及交通建設資料類別統計(72 個地點).....	47
表 4.2-1 路口行人事故發生次數.....	49
表 4.2-2 行穿線行人事故發生次數.....	49
表 4.2-3 車行向與人車相對方向.....	51
表 5.1-1 行人流量估計模式之結果-多元迴歸模式.....	58
表 5.1-2 行人流量估計模式之結果 - log linear 迴歸模式.....	59
表 5.2-1 行人安全績效函數-估計行人量(NB model).....	63
表 5.2-2 行人安全績效函數-估計行人量(ZINB model).....	66
表 5.2-3 行人安全績效函數-相關變數(NB model).....	68
表 5.2-4 行人安全績效函數-相關變數(ZINB model).....	71
表 5.2-5 行人安全績效函數-估計行人量與相關變數(NB model).....	73
表 5.2-6 行人安全績效函數-估計行人量與相關變數(ZINB model).....	76
表 5.2-7 六種行人安全績效函數比較.....	79
表 5.3-1 兩種聯合估計模式之結果比較.....	81
表 5.4-1 行穿線行人安全績效函數.....	87
表 C-1 土地使用 (log-linear model).....	118
表 C-2 人口社經 (log-linear model).....	118

表 C-3 交通建設 (log-linear model) .....	118
表 D-1 估計行人量(NB model) .....	119
表 D-2 估計行人量(NB model) .....	119
表 D-3 估計行人量(NB model) .....	119
表 D-4 估計行人量(NB model) .....	120
表 D-5 估計行人量(NB model) .....	120
表 D-6 估計行人量(NB model) .....	121
表 D-7 相關變數(NB model) .....	121
表 D-8 相關變數(NB model) .....	122
表 D-9 相關變數(NB model) .....	122
表 D-10 相關變數(NB model) .....	122
表 D-11 相關變數(NB model) .....	123
表 D-12 相關變數(NB model) .....	123
表 D-13 相關變數(NB model) .....	123
表 D-14 相關變數(NB model) .....	124
表 D-15 相關變數(NB model) .....	124
表 D-16 估計行人量與相關變數(NB model) .....	125
表 D-17 估計行人量與相關變數(NB model) .....	125

# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機與研究背景

非機動運具(如：步行、自行車)為發展永續運輸的一大要素，除了降低能源消耗與環境汙染之外，也可以增進人民健康與身體素質，但行人是運輸系統中最脆弱的道路使用者，表 1.1-1 為民國 101-105 年全國行人事故情況，民國 101-103 年的行人事故件數與人數逐年上升，民國 104 年雖有些微下降但 105 年又出現小幅上漲的情況。民國 101-105 年全國事故死亡人數逐年下降，行人死亡人數佔全國比例卻逐年上升，顯示行人事故的嚴重性，如何減少行人事故並降低行人的死傷情形是有待解決一大課題。

表 1.1-1 民國 101-105 年行人事故情況

發生 年期	事故 件數	佔該年所有 事故件數比例	事故 人數	佔該年所有 事故人數比例	死亡 人數	佔該年所有事故 死亡人數比例
101	14,934	5.99%	15,585	2.79%	263	12.89%
102	15,377	5.52%	16,054	2.58%	249	12.91%
103	16,477	5.35%	17,269	2.51%	244	13.41%
104	15,634	5.12%	16,333	2.39%	233	13.74%
105	16,225	5.33%	16,930	2.48%	223	13.90%
總計	78,647	5.44%	82,171	2.54%	1,212	13.34%

\*註：死亡人數為 24 小時內死亡人數

資料來源：全國 A1、A2 事故資料

交通安全的改善一般可分為工程(Engineering)、教育(Education)與執法(Enforcement)三大原則，就工程面而言，國內常用的方式為易肇事地點改善，但易肇事地點改善係使用該地點的事故發生多寡作為改善優先順序的指標，但事故發生具有隨機性，無法從事故件數得知事故的發生是因為路口幾何設計有問題或是 Regression to the mean 效應的影響，因此近年來國外發展一套安全績效函數(Safety Performance Functions)用來辨識事故量少但具有高風險的事故地點。

安全績效函數係納入道路曝光量、道路幾何設計、路口特性等資訊，預測某個地點每年的平均事故次數的方程式，作為該地點安全績效評估的依據(AASHTO, 2010)。安全績效函數除了包含道路曝光量、幾何設計及路口特性之外，愈來愈多研究考慮到區域特性對安全的影響，而將區域的土地使用、人口特性、經濟特性納入安全績效函數的分析中。

在建立安全績效函數時，道路曝光量(含機動車流量與行人流量)係重要且顯著相關的變數之一，大部分縣市為了瞭解本地的交通特性與車流狀況，皆有調查道路交通量，但鮮少包含行人流量調查，且行人流量調查需花費大量的時間與成本，因此行人流量的資料相當缺乏。在缺乏行人流量資料的情況下，國外便有許多研究探討行人旅次或行人流量的影響因素，並建立相關的估計模式。估計模式中大部分包含土地使用、人口與社經特性、天候等資料，並用模式所預測的行人量作為後續行人安全分析的參考依據。

## 1.2 研究目的

綜合前述動機，本研究的研究目的有以下 3 點：

1. 建立土地使用、社會經濟及交通建設等路口特性與行人流量之影響關係，彌補行人安全分析中缺乏行人曝光量之問題。
2. 發展 3 種行人安全績效函數，分別為包含估計行人量、與行人量相關之相關變數及估計行人量與相關變數兼具之行人安全績效函數，並比較 3 種行人安全績效函數之差異，尋求解決行人流量資料缺乏之方法。
3. 探討土地使用、行人流量及行人安全 3 者之關係，利用實際行人流量資料，比較 Two-stage predictor substitution(2SPS)與 Two-stage residual inclusion (2SRI)兩種解決內生性方法的差異，以解決估計模式中的內生性問題。
4. 建立 2 種不同評估單位的行人安全績效函數(分別為路口行人安全績效函數與行穿線行人安全績效函數)，比較 2 種安全績效函數之預測結果，評估道路設施(如：庇護島、行穿線退縮)之安全效果。

### 1.3 研究範圍

表 1.3-1 至表 1.3-3 分別為全國行人事故件數、每 10 萬人口行人事故件數以及每 10 萬機動車輛數行人事故件數較多的前五縣市，在這幾個縣市中僅臺北市有定期委託交通顧問公司進行交通流量與特性調查，其中包含路口車流量與行人流量資料，且臺北市的社會經濟特性、道路幾何、交通建設資料相對於其他縣市較為完整，因此本研究將以臺北市作為研究範圍，利用土地使用與社經特性資料建立臺北市的行人流量估計模式，並探討臺北市土地使用、行人流量與行人安全之關係。

**表 1.3-1 行人事故件數最多的前五縣市**

	行人事故件數					總計
	101	102	103	104	105	
臺中市	2,422	2,502	2,713	2,471	2,473	12,581
新北市	2,131	2,287	2,609	2,417	2,536	11,980
<b>臺北市</b>	<b>2,256</b>	<b>2,128</b>	<b>2,044</b>	<b>1,953</b>	<b>2,233</b>	<b>10,614</b>
高雄市	1,800	1,797	1,959	1,886	1,975	9,417
桃園市	1,639	1,627	1,916	1,925	1,879	8,986

**表 1.3-2 每 10 萬人口中行人事故件數最多的前五縣市**

	每 10 萬人口行人事故件數				
	101 年	102 年	103 年	104 年	105 年
新竹市	94	98	93	100	104
基隆市	111	120	111	112	100
臺中市	90	93	100	90	89
桃園市	81	80	93	91	87
<b>臺北市</b>	<b>84</b>	<b>79</b>	<b>76</b>	<b>72</b>	<b>83</b>

**表 1.3-3 每 10 萬車輛數中行人事故件數最多的前五縣市**

	每 10 萬機動車輛行人事故件數				
	101 年	102 年	103 年	104 年	105 年
基隆市	146	161	151	151	134
<b>臺北市</b>	<b>122</b>	<b>118</b>	<b>116</b>	<b>111</b>	<b>127</b>
新竹市	97	104	100	107	111
桃園市	90	90	106	105	100
臺中市	89	94	102	92	91

## 1.4 研究流程

圖 1.4.1 為本研究之研究流程圖，在確立研究問題與研究範圍後，針對土地使用與行人流量關係、行人安全影響因素、行人安全績效函數估計方法以及模式內生性處理方式 4 個面向回顧相關文獻，並彙整出分析所需資料。所需資料蒐集、建置及清理完畢後，首先建立行人流量估計模式，再利用估計行人量及路口周遭土地使用等相關變數建立行人安全績效函數，比較多種行人安全績效函數。由於模式具有內生性之問題，因此本研究最後利用實際行人量資料比較 2 種聯合估計模式之差異，最後提出結論與建議。

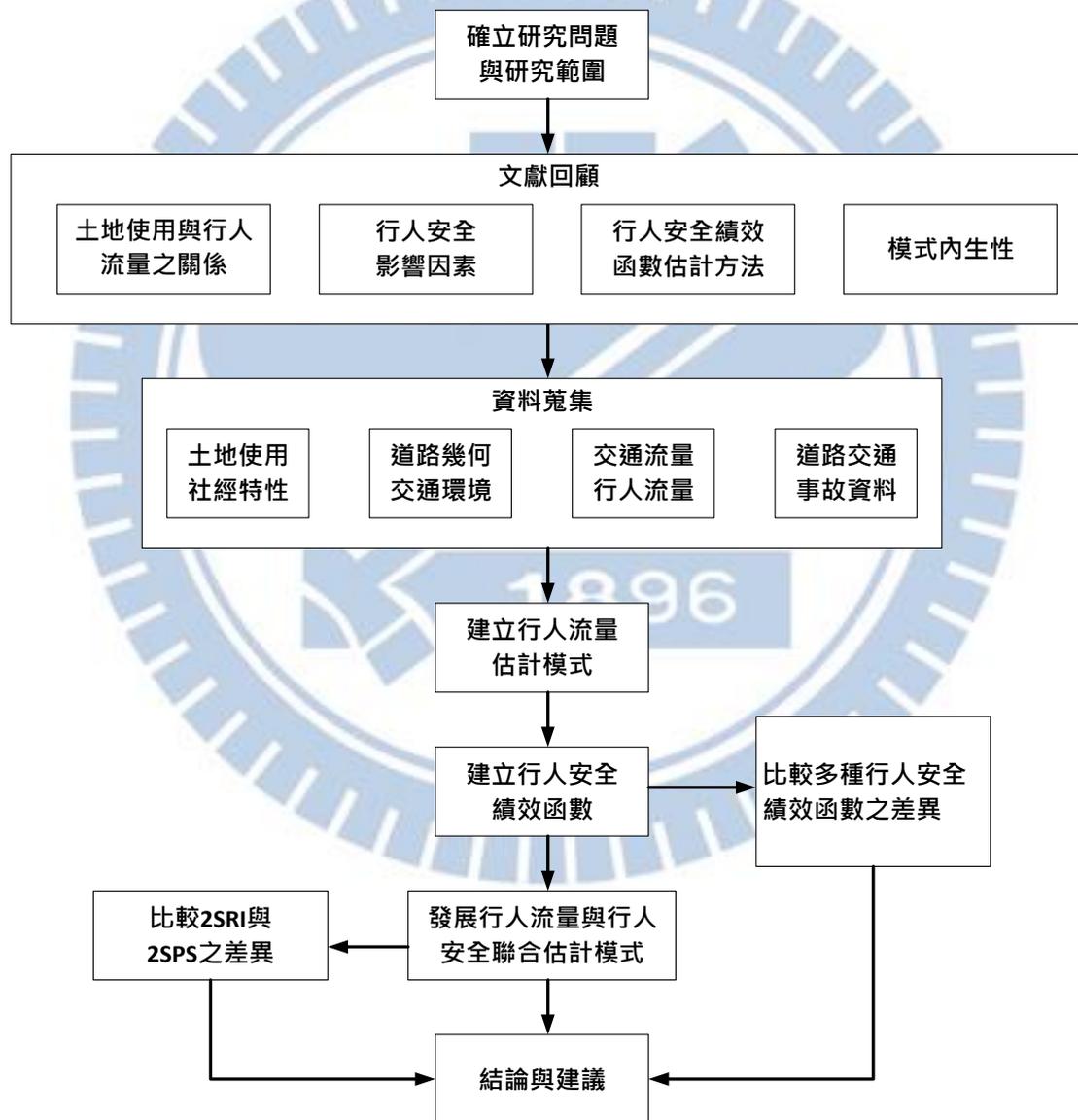


圖 1.4.1 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

本研究欲建立土地使用、行人流量以及行人安全之關係，因此文獻回顧分為 4 個部分：2.1 節回顧土地使用與行人流量關係之文獻，2.2 節回顧行人安全影響因素的文獻，2.3 節回顧行人安全績效函數的相關文獻，2.4 節回顧探討模式內生性之文獻，最後於 2.5 節提出小結與評析。

### 2.1 土地使用與行人流量之關係

Jamali & Wang (2017)將行人曝光量定義為行人與車輛可能會形成碰撞的接觸(contact)，並發展美國小型都市與鄉村地區之行人曝光量估計方法。該研究採用 2009 年全國家戶旅行調查(NHTS)中 23,220 筆僅步行的家旅次資料(排除走路去轉乘的旅次)，建立家戶特性、區域特性與步行旅次量的關係。過去文獻顯示由於事故資料有大量零值的現象，且有限混合負二項模式(FMNB)考慮了資料可能有未知群體的異質性，有限混合負二項模式會比負二項模式(NB)的結果更好。因此該文獻除了探討家戶特性、區域特性與步行旅次量的關係以外，也比較了負二項模式、零膨脹負二項模式(ZINB)以及有限混合負二項模式 3 種不同方法的估計結果，其中 FMNB 的估計結果較準確且顯示了資料有潛在分群，FMNB 模式中 2 個分群與步行旅次量顯著相關的因素如表 2.1-1。另外該研究提到 NHTS 的樣本中受訪者的年齡偏高，可能會造成行人旅次估計上的偏誤。

表 2.1-1 FMNB 潛在分群之影響因素

類別	變數(影響)	
	第一群	第二群
家戶特性	Log(家戶大小)：+ 車輛數：- 平均年齡：- 家戶年所得：+ 成年人人數：+ 工作人口數：+	Log(家戶大小)：+ 車輛數：- 平均年齡：- 家戶年所得：+ 工作人口數：-
區域特性	人口密度：+ 商業區比例：+ 環境(與鄉村相比)：+ 區域影響(與東南區相比)：+	住宅區比例：+ 環境(與鄉村相比)：+ 區域影響(與東南區相比)：+

Sanders et al.(2017)探討西雅圖的土地使用與運輸系統對行人與自行車流量之影響，在行人的部分，該研究用 50 個路口的行人調查資料與路口周遭的土地使用與運輸系統變數(如：人口密度、就業數、家戶數、公車站牌數等)，並透過 Poisson Regression 建立土地使用與運輸系統對行人流量之關係。研究結果顯示路口 0.25 英里內的家戶數、路口 0.25 英里內的商業建築數以及路口 0.25 英里內是否有大學對行人流量有正影響，該研究之行人旅次估計模式的 pseudo-R<sup>2</sup> 達 0.759。

Schneider (2012)發展了一套估計舊金山行人流量的估計模式，該研究挑選了 50 個路口，其中包含了高事故地點、附近有主要大眾運輸車站以及其他代表舊金山地理特性等有調查行人流量的路口。由於行人流量調查並非是年流量，因此該研究在建立估計模式之前，利用自動計數資料與時間調整因子、空間調整因子、天氣調整因子，將行人流量轉換為年行人流量。而為了避免年行人量的預測值出現負值，該研究採用 log-linear Regression 來探討土地使用、大眾運輸、基礎設施、周邊社經特性、其他實體環境特徵對行人流量的影響，並排除變數之間相關性太高 ( $|\rho| > 0.5$ ) 的變數。在該估計模式中，家戶數、就業人數、路口任一邊方向的最高坡度、周邊 0.25 英里內有大學、路口有號誌控制、路口為高活動區域為顯著影響行人流量的因素，模式的調整 R<sup>2</sup> 值高達 0.804。

Miranda-Moreno & Fernandes (2011)評估土地使用、都市型態特徵以及天氣條件對號誌化路口行人活動的影響，該研究蒐集了路口周邊 50m、150m、400m 的土地使用、人口特性、大眾運輸系統屬性、路網特性，用 correlation 分析找出各個因素在不同距離下對行人活動的影響。此外，該研究認為天氣因素可能會受時間影響，如：第 1 個小時下雨可能會影響第 2 個小時的行人活動，因此該研究在估計模式中加入了  $W_{i,t-1}$  ( $i$  為路口； $t$  為觀察時間) 探討天氣條件的延遲影響。該研究分別用了 log-linear 與 Negative Binomial regression 發展模式，其中顯著影響行人活動的因素包含：人口數、商業區面積、開放空間面積、是否有地鐵站、公車站牌數量、學校數、主要幹道比例、街段數量、四岔路口、到市中心的距離、氣溫。另外，該研究為了探討不同時段的行人活動影響因素是否不同，分別建立的早上、中午、下午的行人流量估計模式，結果發現不同時段的行人活動影響因素確實不完全相同，表示未來研究在估計行人流量時，可能必須考慮時段的影響。最後該研究也提到由於路口並非隨機挑選，因此沒有考慮到路口之間的空間相關性，建議後續研究可以考慮路口之間的空間相關性。

Pulugurtha & Repaka (2008)評估號誌化路口的行人活動估計模式，該研究建立了路口周遭不同距離(0.25、0.5、1 英里)與不同時段(早上尖峰、早上離峰、中午、下午尖峰、全天)等 5 種模式，考慮因素包含人口特性、社經特性、土地使用特性、路網特性，並用複迴歸的向後消去法找出每個時段與距離的顯著因素，結果顯示不同因素在不同時段或不同距離的情況下對行人活動有不同的影響，如：路口周邊 0.25 英里的家戶數量對早上離峰有負影響，對下午尖峰則有正影響。

由於國內鮮少探討土地使用與行人流量關係之文獻，因此表 2.1-2 僅整理上述國外土地使用與行人關係文獻之方法與研究結果，並整理各研究所探討的地區，作為建立國內土地使用與行人流量關係之參考。

**表 2.1-2 土地使用與行人流量關係文獻整理**

作者	地區	方法	結果
Jamali & Wang (2017)	美國小型都市與鄉村地區	NB、ZINB、FMNB	家戶大小、家戶年所得、成年人人數、工作人口數、人口密度、商業區比例、住宅區比例對行人流量皆有正影響；車輛數、平均年齡則對行人流量有負影響。
Sanders et al.(2017)	Seattle	Poisson Regression	家戶數、商業建築數、是否有大學對行人流量有正影響。
Schneider (2012)	San Francisco, California	log-linear Regression	家戶數、就業人數、周邊有大學、號誌化路口、路口為高活動區域皆對行人流量有正影響；路口任一邊方向的最高坡度則對行人流量有負影響。
Miranda-Moreno & Fernandes (2011)	Montreal	log-linear、NB Regression	人口數、商業區面積、是否有地鐵站、公車站牌數量、學校數、街段數量、四岔路口皆對行人流量有正影響；開放空間面積、主要幹道比例、到市中心的距離、氣溫太低或太高皆對行人流量有負影響。
Pulugurtha & Repaka (2008)	Charlotte, North Carolina	Multiple Regression	人口數、就業人數、住宅區面積、公車站牌數對行人流量皆有正影響。

## 2.2 行人安全影響因素

Zegeer et al.(2010)指出在進行評估人行設施的安全性時，應考量行人因素、車輛因素、道路/環境因素、駕駛因素和社會經濟因素五大類別，如圖 2.2.1。

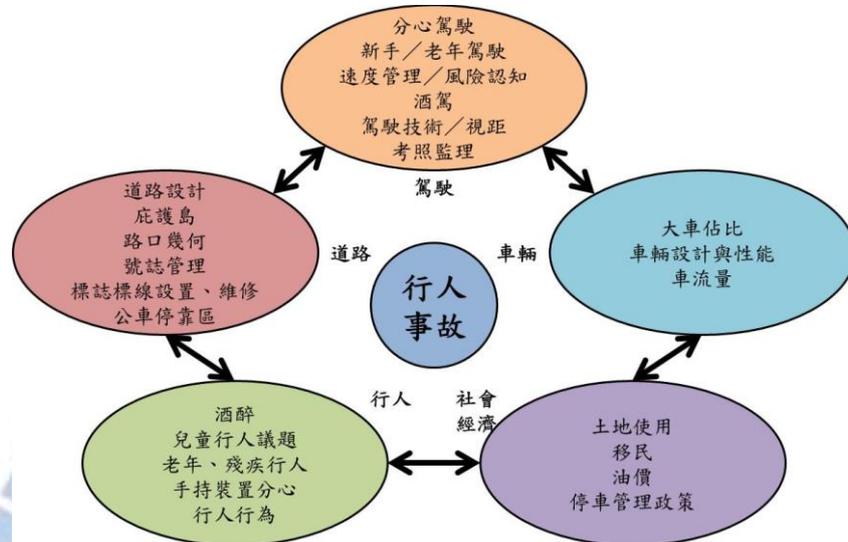


圖 2.2.1 行人事故應考量之因素

資料來源：Zegeer et al. (2010)

潘韋靈等人(2005)利用民國 91 年的警政署事故資料探討行人事故傷害，該研究指出臺灣的行人事故有雙峰現象，分別是早上 5 點到 6 點以及下午 5 點到 9 點，且以兒童與老人兩族群最多。該研究建議可透過分隔行人與車輛的行走空間、利用標誌號誌警示車輛、降低車輛速限以及改善照明設備來改善行人事故。

盧成皆等人(1996)將 7-15 歲的學童分為個案組與對照組，個案組為受訪前 12 個月內曾發生行人事故的學童，對照組則是從個案組的同班同學中隨機抽取的同性別學童，並根據個案組的事故發生情境，調查對照組在相同情境下的現場環境，如：個案組是在返家的 1/3 路途中發生事故，則調查對照組在返家 1/3 路途中的現場環境。根據個案組的訪談結果，學童多在往返家裡、學校及補習班的途中發生行人事故，且多發生在下午 3 點至 7 點，肇事車種多為機車。

Sobhani et al.(2016)利用 CMF 探討中央分隔帶(median)、路邊延伸(kerb extension)、全時段右轉控制號誌(Full-timefully controlled right turn signal)與部分時段右轉控制號誌(Part-timefully controlled right turn signal)的設置對事故的影響。該研究透過比較設置前後 3 年內實驗組與對照組的事故數量，比較 4 種方法的成效，研究結果發現路邊延伸與全時段右轉控制號誌的效果最好。另外，表 2.4-2 為該研究在文獻回顧中整理過去各種交通工程方法改善行人事故之成效。

表 2.2-1 過去行人交通工程改善成效

工程項目	改善成效
50km/h 速限	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 51% 的行人事故</li> <li>● 減少約 20% 的行人傷亡事故</li> </ul>
禁止停車	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 30% 車撞人事故</li> </ul>
行人專用時相	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 9% 的車輛/行人事故</li> </ul>
提供人行道與路肩	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 88% 在道路邊行走的行人事故</li> </ul>
高能見度的行人穿越道	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 44-69% 的行人事故</li> <li>● 減少 8% 在雙車道的行人事故</li> <li>● 減少 88% 多車道的行人事故</li> </ul>
加強照明	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 57-63% 的夜間行人事故</li> <li>● 整體減少 30% 的行人事故</li> </ul>
路邊行人護欄	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 20-48% 的行人事故</li> </ul>
行人天橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 70-95% 的行人事故</li> </ul>
行人庇護島	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 50% 的行人事故</li> <li>● 減少 67% 的行人死亡</li> </ul>
交通號誌	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 30% 車撞人事故</li> </ul>
路口行人號誌	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 50-60% 的行人事故</li> </ul>
路口凸起平台	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 8% 的行人事故</li> <li>● 減少 20-70% 的所有事故</li> <li>● 減少 25-80% 的事故死亡</li> </ul>
圓環	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少 27-80% 的行人事故</li> <li>● 增加 30% 的車撞人事故</li> </ul>

資料來源：Sobhani et al.(2016)

Retting et al.(2003)整理過去探討各國交通工程手段對於行人-車輛事故改善成效之文獻，該研究將交通工程手段分為 3 類：車速管理、人車分離(時間、空間)以及提高行人可視性，並整理各類手段之改善成效，表 2.2-2 至表 2.2-5 分別為車速管理、人車分離(時間、空間)以及提高行人可視性等各類工程設計的文獻所使用之方法與改善成效。

表 2.2-2 車速管理種類之改善成效

方法	作者與國家	結果衡量指標	結果
現代圓環	Brilon et al. (1993) Germany	行人-車輛事故	行人事故降低 75%
	Schoon and van Minnen (1994) the Netherlands	行人-車輛事故	行人-車輛事故降低 73%
	Brude and Larsson (2000) Sweden	行人-車輛事故	單車道圓環的行人事故數量比號誌化路口的預測量低 3-4 倍；雙車道圓環的行人事故風險與號誌化路口相當。
交通寧靜區	Brilon and Blanke (1993) Germany	行人-車輛事故	行人-車輛事故減少 25%
	Bunn et al.(2003) Australia ,Germany, UK	行人-車輛事故	對行人車輛事故沒有影響
各行向停標誌	Persaud et al.(1997) United States	行人-車輛事故	行人-車輛事故減少將近 25%

資料來源：Retting et al.(2003)

表 2.2-3 人車分離(時間)種類之改善成效

方法	作者與國家	結果衡量指標	結果
行人專用時相	Zegeer et al.(1982) U.S.	行人-車輛事故	有行人專用時相的路口，行人車輛事故風險大約是一般行人號誌路口的一半。
	Garder (1989) Sweden	行人-車輛衝突	在小城鎮的其中一個路口，衝突減少了 24%；在斯德哥爾摩的其中一個路口，衝突減少了 10%，但在另一個路口沒有顯著下降
行人早開時相(LPI)	Van Houten et al.(2000) U.S.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 行人-車輛衝突</li> <li>● 行人讓轉向車輛</li> <li>● 行人穿越的距離</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在早開期間離開路緣的行人，與轉彎車發生衝突的機率降低 95%。</li> <li>● 行人讓轉向車輛的機率降低了 60%。</li> <li>● 行人所經過的平均距離降為 8.5ft</li> </ul>
裝設交通號誌	Garder (1989) Sweden	行人-車輛衝突	在高車速路口（平均速度 > 30 km/h）安裝交通號誌，行人車輛衝突的風險降低大約一半
改變號誌時相長度	Retting et al.(2002) U. S.	行人/自行車事故	在研究期間內，相對於對照組，行人和自行車事故減少了 37%
行人提示設施	Retting et al.(1996) U. S , Canada	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 尋找潛在車輛威脅的行人</li> <li>● 行人-車輛衝突</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 尋找潛在威脅的行人比例多 1~2 倍。</li> <li>● 在 3 個地點，每 100 名行人的行人車輛衝突從大約 2.8 降至小於 1</li> </ul>

方法	作者與國家	結果衡量指標	結果
顯示自動行人檢測步行號誌	Hughes et al.(2000) U. S	<ul style="list-style-type: none"> <li>在 don' t walk 號誌期間開始穿越的行人</li> <li>行人-車輛衝突</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>在 4 個實驗地點，在 don' t walk 期間開始穿越的行人百分比減少 52% 到 88%;</li> <li>在其中 3 個地點，行人車輛衝突的減少幅度從 40% 到 90% 不等。</li> </ul>
路面閃光燈在行人出現時警告駕駛	Hakkert et al.(2001) Israel	<ul style="list-style-type: none"> <li>車速</li> <li>車輛禮讓行人</li> <li>行人-車輛衝突</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>行人穿越道附近的車速略有下降 (2-5km/h)</li> <li>在其中 3 個地點，禮讓行人的駕駛多了 1 倍</li> <li>各地點的衝突率降低 1% 至 17%。</li> </ul>
	Prevedouros (2001) U. S	<ul style="list-style-type: none"> <li>車速</li> <li>駕駛減速或停車的百分比</li> <li>駕駛在行人穿越道上沒有禮讓行人的百分比</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>平均車速下降 25%;</li> <li>駕駛減速或停車的比例從 30% 增加到 62%</li> <li>駕駛未禮讓行人的百分比從 31% 下降至 8%</li> </ul>

資料來源：Retting et al.(2003)

表 2.2-4 人車分離(空間)種類之改善成效

方法	作者與國家	結果衡量指標	結果
行人天橋	Japan Road Association (1969) Japan	行人-車輛事故	行人-車輛事故數量在天橋的 100m 內減少了 91%，在 200m 內減少了 85%；與行人無關的事故在 100 米 m 內增加了 14%，在 200,m 內增加了 23%
停止線提前	Berger (1975) U. S.	車輛的停止點到行人穿越道的距離	在其中一個地點，車輛停止的距離增加了大約 6ft，在另外一個地點增加了 7ft
	Retting and Van Houten (2000) U. S.	<ul style="list-style-type: none"> <li>駕駛停在停止線</li> <li>駕駛停在離行人穿越道至少 4ft 的比例</li> <li>駕駛停在行人穿越道上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>總體大約有 57% 的駕駛遵守提前的停車線;</li> <li>停在離行人穿越道至少 4ft 的比例從 74% 增加到 92%;</li> <li>在“步行”和行人淨空階段，停在行人穿越道上的百分比從 25% 下降到 7%</li> </ul>
行人護欄	Berger (1975) U. S.	Pedestrians crossing midblock	行人穿越 midblock 的數量與在停止的車輛前進入道路的數量顯著減少
	Stewart (1988) England	行人-車輛事故	<ul style="list-style-type: none"> <li>會遮住駕駛對行人視野的普通圍欄，減少 20% 行人事故</li> <li>影響駕駛者視野較少的圍欄減少 48% 的事故</li> <li>身材矮小兒童特別受益於影響駕駛者視野較少的圍欄</li> </ul>

方法	作者與國家	結果衡量指標	結果
人行道	Knoblauch et al. (1987) U. S.	行人-車輛事故	在住宅區和混合住宅區，沒有人行道的行人-車輛事故發生率超過預計曝光量的 2 倍。沒有人行道的住宅區有 23%的行人車輛事故，只有曝光量的 3%。沒有人行道的商業區僅比有人行道的商業區危險性略大
庇護島	Garder (1989) Sweden	行人-車輛衝突	行人車輛衝突的風險減少了大約 2/3
	Zegeer et al.(2001) U.S.	行人-車輛事故	在超過 2 車道和每天超過 15,000 輛車的道路上，有突起中央分隔帶的行穿線，行人撞擊率(每百萬次穿越)大約是沒有突起中央分隔帶的一半；在沒有行穿線的情況下，突起中央分隔帶的事故率約為沒有突起中央分隔帶的 60%

資料來源：Retting et al.(2003)

表 2.2-5 提高行人可見度種類之改善成效

方法	作者與國家	結果衡量指標	結果
增加道路照明強度	Pegrum (1972) Australia	夜間人車事故	夜間行人事故數量減少 59%，白天的行人事故相對維持不變
增加道路照明強度與安裝內部照明警告標誌	Polus and Katz (1978) Israel	夜間人車事故	實驗地點的夜間行人事故數量減少 57%，白天行人事故減少 21%(不顯著);對照地點的夜間行人事故數量增加 60%(不顯著)
公車站牌搬遷	Berger (1975) U. S.	行人在停止的公車前進入道路	行人在停止的公車前進入道路的百分比有顯著降低
對角停車	Berger (1975) U. S.	<ul style="list-style-type: none"> <li>行人在停車的車輛前進入道路</li> <li>在進入道路之前觀察交通的行人</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>在停車的車輛前進入道路的行人數量顯著減少</li> <li>在進入道路之前觀察交通的行人百分比顯著增加</li> <li>車速顯著降低 5mph</li> </ul>
行人穿越道標線	Zegeer et al.(2001) U. S.	行人-車輛事故	在雙車道道路上，行穿線與行人碰撞率沒有差異；在交通量超過每天 12,000 輛車輛的寬路上，行穿線與較高的行人碰撞率明顯有關。
	Koepsell et al. (2002) U. S.	行人-車輛事故	<ul style="list-style-type: none"> <li>在有明顯行穿線的地方，碰撞風險是 2.1 次</li> <li>幾乎所有過量風險都是由於在無號誌或停標誌的地點有明顯的行穿線造成的風險高出 3.6 倍</li> </ul>

資料來源：Retting et al.(2003)

Wang et al.(2017)利用 2005 至 2009 年美國佛州 Hillsborough County 279 個路口的事故資料、交通量資料、道路幾何設計資料作為交通分析分區(TAZ)的巨觀變數，並探討區域因素對行人事故頻率模式的潛在影響，追蹤行人事故頻率模式中某些因素的異質性影響。該研究將行人事故定義為 1 個行人與 1 輛機動車輛的碰撞，並認為區域巨觀因素透過個體行為特性，進而影響到事故頻率，道路特徵與交通特性則是直接影響事故頻率，該研究的研究架構如圖 2.2.2 所示。由於行人流量資料較難取得，因此該研究用人口作為行人流量的替代變數，並比較 Negative Binomial Models (NB) and Random Parameters Negative Binomial Models (RPNB)的模式結果探討區域特性的影響，結果顯示忽略區域因素會導致參數估計錯誤與錯誤的推論，且用來分析的路口緩衝區(buffer)愈小，參數的估計愈好。



圖 2.2.2 Wang et al.(2017)之研究架構圖

Nesoff et al.(2018)探討酒精零售密度對鄰里行人傷害的風險，比較有販賣酒精的商店與相似但未賣酒精的零售商店周圍的行人受傷率。該研究使用 2014 年 1 月至 2015 年 4 月 Baltimore 的行人緊急救護資料，並將零售商店分為 4 類：允許販賣酒類給外部的商店、只允許內部販賣酒類的商店、不允許販賣酒精的雜貨店、不允許販賣酒精的便利商店。該研究結果表示在控制其他類型的零售商店之情況下，允許販賣酒類給外部的商店愈多，會增加鄰里行人的受傷率。此外，鄰里的行人受傷率也與人口密度、家戶所得、交通量、步行分數(Walk Score)有關。

表 2.2-6 為根據 Zegeer et al. (2010)整理的行人安全影響因素類別，行人安全影響因素包含行人(年齡、行人量)、道路設施、車輛(車種、車流量)、社會經濟、時段，但大多數行人安全的改善著重在探討道路設施如何降低行人事故。

表 2.2-6 行人安全影響因素

類別	因素
行人	年齡、行人量
道路設施	號誌、中央分隔、幾何設計、標誌、標線、庇護島、護欄
車輛	車種、車流量
社會經濟	酒精販賣
其他	時段

## 2.3 安全績效函數

安全績效函數(Safety Performance Functions, SPF)係納入道路曝光量、道路幾何設計、路口特性等資訊，預測某個地點每年的平均事故次數的方程式，作為該地點安全績效評估的依據(AASHTO, 2010)。

為了降低加拿大城市的行人事故傷害，Miranda-Moreno et al.(2011)研究加拿大的建城環境(Built environment)對號誌化路口行人活動與行人-車輛事故之影響，該研究根據過去行人安全文獻，將各影響因素與行人安全的概念架構整理如圖 2.3.1，並著重在探討建城環境如何影響行人活動及行人安全。該研究首先探討建城環境變數之間的相關性，排除變數間相關性高、與行人流量相關性低的變數之後，透過 Two-equation model 同時估計建城環境對行人活動與行人事故頻率的模式，並分析模式中兩個殘差項是否有關。在行人事故模式中，該研究除了使用常用的 Negative Binomial Model(NB)之外，另外使用 Generalized Negative Binomial Model(GNB)與 Latent-Class Negative Binomial Model 來分別探討散佈參數  $\kappa$  的異質性與路口的潛在分群是否存在。在該研究中 NB 與 GNB 的模式結果相近，都顯示建城環境大多是透過行人流量間接影響行人事故頻率，且車流量對行人安全的影響較行人流量多，Latent-Class NB 的結果更表示車流量對兩群路口的影響也不同。另外，在兩個殘差項的相關分析中，該研究表示兩個殘差項並無相關，因此無須用 Bivariate Poisson 來解決模式的內生性問題。

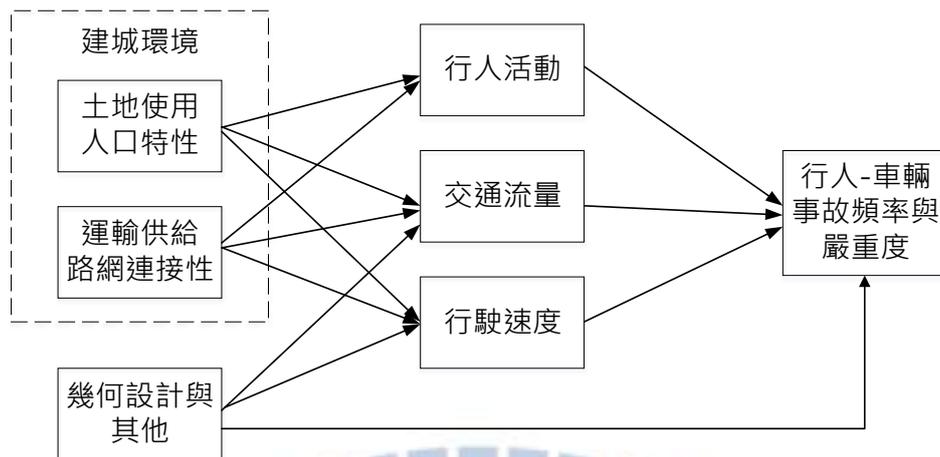


圖 2.3.1 Miranda-Moreno et al.(2011)之概念架構圖

Lee, J. et al.(2018)探討不同的行人曝光量估計方式對行人事故分析的影響，該研究透過兩步驟的方式建立土地使用、行人旅次(行人流量)以及行人事故間的關係。由於行人流量的資料較難取得，因此該研究分為兩步驟：步驟一為建立行人流量估計模式，步驟二則是探討不同模式對行人旅次與行人事故關係的影響。步驟一首先用 134 個路口的社會經濟、土地使用以及路口幾何資料建立行人流量的估計模式，並比較 GLM 與 Tobit Model 的結果差異。在步驟一的結果中，以 Tobit Model 的結果最佳，其中與行人旅次有關的影響因素包含：路口附近是否有學校、路口 0.25 miles 內持有少於 2 輛小汽車之家戶數量、路面狀況、人行道寬度、路口 0.25 miles 內的公車搭乘人數、路口控制種類、人行道是否有障礙。此外，該研究模式估計的行人旅次與實際調查的行人旅次無顯著的統計差異。步驟二則是分別以 Tobit 估計的行人旅次、實際的行人旅次以及步驟一中與行人旅次有關的變數探討負二項(Negative Binomial Model)與零膨脹負二項(Zero-Inflated Negative Binomial Model)的模式差異。研究顯示使用步驟一中與行人旅次相關變數的 NB Model 結果最好，表示即使 60%的路口沒有事故，NB Model 仍優於 ZINB Model，且再沒有行人流量資料的情況下，可使用與行人旅次相關變數作為替代。

Torbic et al.(2010)利用 Toronto 和 Charlotte 的路口資料發展行人事故預測方法，該研究結果發現年平均日交通流量(AADT)、年平均日行人流量(AADP)以及在任何穿越路口的動作中行人穿過的最大車道數量為影響號誌化路口行人事故的顯著因素。另外，該研究發展 Accident Modification Factors(AMF)預測行人安全，結果發現路口 300M 內的公車站數量、家戶平均所得以及商業建築數量為顯著的 AMF。

Schneider et al.(2010)利用 1998-2007 年 Alameda County 81 個號誌化與無號誌路口的資料，透過負二項迴歸模式探討影響行人事故的重要因子，由於過去研究顯示行人穿越的距離愈長、紅燈右轉的車輛愈多、速限愈高，行人事故愈多；設置人行道、中央分隔島會降低行人事故，因此該研究在建立模式時，考慮了路口的道路幾何、土地使用、運輸系統、周邊社經特性。研究結果發現 10 年交通量、10 年的行人量、右轉專用車道、非住宅用車道、0.1 英里內的商業建築數量和 0.25 英里內 18 歲以下的居民比例皆與行人事故數量有正相關。而與過去研究一致，設置中央分隔帶會降低行人事故的發生。圖 2.3.2、圖 2.3.3 分別為 SPF 模式結果，表示了行人流量與有無中央分隔帶以及未來 10 年的行人事故量與事故率之關係，行人流量愈多時路口設置中央分隔帶的行人事故數量明顯少於沒有中央分隔帶的路口。

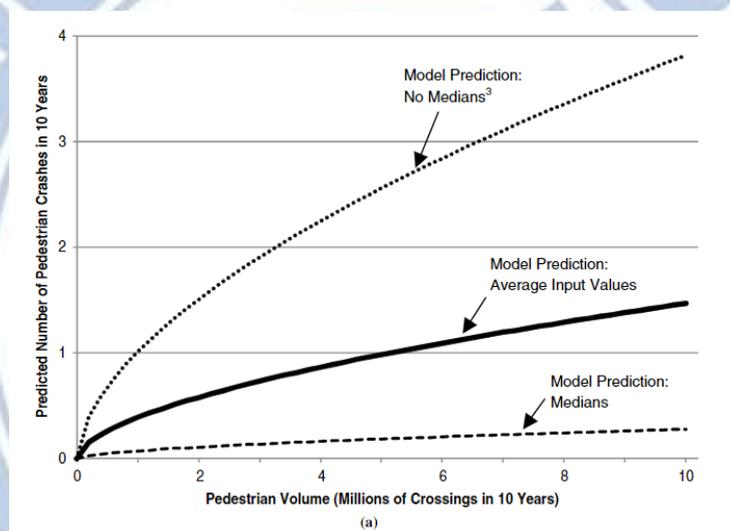


圖 2.3.2 行人流量、中央分隔帶與行人事故量關係圖

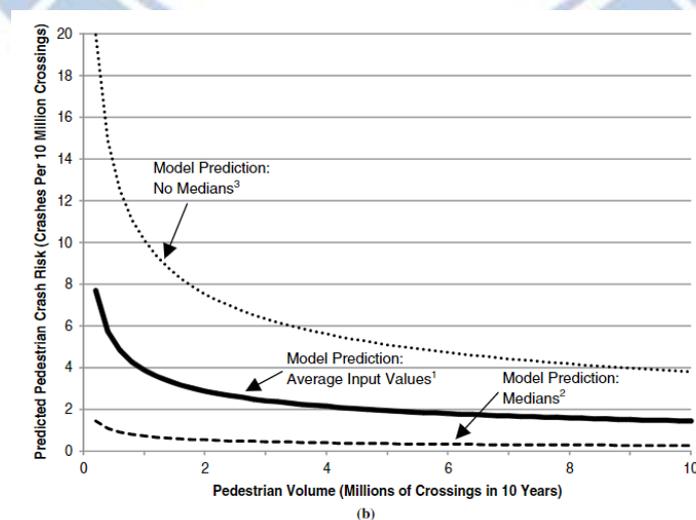


圖 2.3.3 行人流量、中央分隔帶與行人事故率關係圖

Thomas et al.(2017)利用 2007-2014 年的西雅圖行人事故資料、社會經濟資料以及地理環境資料，發展一套辨別潛在高事故風險地點的 SPF，用來排序安全改善墊底的優先順序。該研究將事故分為路口的所有車輛-行人的事故與直行車輛-行人穿越路口的交通事故兩種事故類型，並以條件隨機森林法在眾多因素中，先篩選出與該類型行人事故的相關重要因素後，再分別建立負二項迴歸模式探討重要因素與行人事故的關係。表 2.3-1 負二項迴歸模式結果整理兩種事故類型的模式顯著因子，其中兩種事故類型的影響因素大致相同，但路口 0.5mile 內的平均坡度、路口 0.1mile 內的總人口數、路口各方向的總車道數以及是否有路邊停車在直行車輛-行人穿越路口事故的模式中並不顯著。

**表 2.3-1 SPF 中的顯著因素**

因素	所有車輛-行人 路口事故	直行車輛-行人穿越 路口事故
路口 0.1mile 內商業建築數量	O	O
路口 150ft 內工作日停靠的公車數量	O	O
路口 0.1mile 內所有建築體積	O	O
Log(AADP)	O	O
AADP	O	O
路口 0.1mile 內商業建築體積	O	O
Leg 為地區道路的比例	O	O
路口 50m 內的平均收入	O	O
有無號誌控制	O	O
幾岔路口	O	O
路口的最大 leg 的總車道數	O	O
道路層級	O	O
路口 0.5mile 內的平均坡度	O	X
路口 0.1mile 內的總人口數	O	X
路口各方向的總車道數	O	X
是否有路邊停車	O	X

資料來源：Thomas et al.(2017)

McArthuret al.(2014)透過發展安全績效函數來考慮 Safe Routes to School(SRTS)計畫的改善優先順序，該研究蒐集 2007-2011 年間美國密西根 2,404 所學校周邊 1 英哩內的 5-14 歲的行人與自行車涉入事故，探討入學率、社經變數、地理變數等因子對事故量的影響，且為了避免資料的異質性，研究所採用的模式是 Random Effect Negative Binomial Regression，在估計參數( $\beta$ )加上常態分配的隨機分項( $\omega_i$ )。該研究結果顯示事故量與學區內 5-14 歲的人口比例以及學校的入學率有正向關係，且位於地方道路上的學校會比位於集散道路或幹道上的學校發生更多事故，表示學校位於地方道路上可能會有較多不安全的穿越行為。

事故量也會隨平均家戶大小、雙親家庭數量、人口密度、家庭收入而變化，家戶數量愈高，兒童愈有可能走路上學；雙親家庭愈多，表示愈有可能由其中一位家長陪同走路；家庭收入愈高，家長愈有能力以車輛接送，因此減少兒童行人事故。另外，學區內種族的多樣性(非白人家庭的的比例)愈高，事故量相對較少。

事故資料有過度離散的情形，因此運輸安全相關研究常用 Negative Binomial Model。但事故資料平均值偏低的特性對於模式的配適度有相當顯著的影響，所以許多文獻著重在探討低平均值問題(Low Mean Problem, LMP)對模式配適度的影響。Lord(2006)指出 LMP 除了對模式配適度有影響之外，也對模式的參數校估有顯著影響，因此該研究利用加拿大多倫多 59 個非號誌化路口的事故資料，探討 LMP 對 NB Model 中的固定散佈參數(fixed dispersion parameter)是否有影響與影響的嚴重程度。另外該研究也探討不可靠的散佈參數對常見的公路安全分析之影響。

該研究透過不同的平均值、散佈參數以及樣本大小來模擬多個 NB Model，並使用 3 種不同的參數估計法(動差法、加權迴歸法、最大概似法)，比較模式結果的差異。研究結果表示無論使用何種估計方法，資料若同時具有低樣本平均值與樣本數太小的特性，散佈參數的估計都會受到嚴重影響，散佈參數的錯誤估計也會影響後續的安全分析。且該研究也表示若使用錯誤的估計參數，會使公路安全分析被嚴重破壞，可能會導致決策錯誤。

## 2.4 模式內生性

Cheng et al.(2013)探討道路速限與路口事故數是否存在內生性之關係，該研究利用 2000 年至 2009 年的美國加州 Corona 的路口事故與車流等資料，先分別建立速限與事故數的迴歸式，再用結構方程式(SEM)的方式同時校估兩條迴歸式，並比較兩者模式的差異。研究結果發現同樣的變數在兩個模式內的參數有明顯差異，表示速限與事故數有內生性問題，且忽略內生性問題，會導致參數有誤。

Terza et al.(2008)比較兩種被廣泛用在解決非線性迴歸模式內生性的方法-Two-stage Residual Inclusion (2SRI)與 Two-stage Predictor Substitution (2SPS)，兩種方法的第一階段皆是先尋找工具變數，並建立內生變數與工具變數的迴歸式，2SRI 的第二階段則是將內生變數與第一階段迴歸式中的殘差代入模式；2SPS 的第二階段則是用迴歸式所估計出來的內生變數取代實際內生變數的數值，並代入模式中。該研究結果顯示 2SRI 的參數估計較為一致，而 2SPS 的參數較為不穩定，因此建議以 2SRI 的方式進行研究。

道路發生事故後容易成交通壅塞，因此事故處理時間與事故處理過程中封鎖車道數量係造成交通壅塞的關鍵因素，Chung et al. (2015)利用 2011 年臺灣國道事故資料，探討事故處理時間與封鎖車道數之內生性影響並比較多種聯合估計模式的結果，研究結果顯示事故處理時間與封鎖車道數之間確實存在內生性，若忽略兩者的內生性則會導致參數估計錯誤，而聯合估計模式中又以 Two-stage Residual Inclusion (2SRI)的結果最好，且 single equation with frailty 與 Two-stage Predictor Substitution (2SPS)皆有低估參數的情況。

## 2.5 小結

綜整過去行人流量與行人安全影響因素之文獻，可將影響因素分為土地使用與人口社會經濟、交通建設與道路幾何設計、道路流量等 3 個類別，各類別所使用之變數整理如表 2.5-1。部分變數係透過行人流量間接影響行人事故，另一部分則是同時對行人流量與行人事故有影響，因此若在行人流量資料缺乏時，使用估計的行人量作為安全績效函數中行人曝光量的替代變數，可能會產生模式內生性問題，而過去研究通常都是分開探討土地使用、行人流量與行人安全之關係，鮮少使用聯合估計的方式去避免模式的內生性，但從一些探討內生性的文獻可發現忽略模式的內生性問題，會導致模式的估計偏誤，因此為了模式的正確性，有必要在模式建立的過程考慮變數之間的內生性關係。此外，事故資料若具有小樣本或樣本平均值過小的特性，可能會造成模式的參數估計有誤，因此必須謹慎選擇分析方法。

**表 2.5-1 影響行人流量與行人安全因素之綜整**

類別	變數
土地使用 人口社會經濟	商業區面積、住宅區面積、工作數、 人口數、老年人口比例、兒童人口比例、 家戶大小、學校數、所得
交通建設與 道路幾何設計	公車停靠數量、公車站牌數、路口總車道 數、幾岔路口、路邊停車、轉彎專用車道、 庇護島、是否有號誌、坡度、道路層級、 行穿線退縮
道路流量	車流量、行人流量

與國外文獻相比，國內因為行人流量調查資料稀少，導致國內鮮少探討土地使用與行人流量關係之研究，而國外雖然國外雖然有許多相關文獻證實路口周邊土地使用會影響行人流量，但臺灣土地使用混合嚴重，因此國外文獻的研究結果是否適用在臺灣仍有待探討。在行人安全研究方面，國內文獻著重研究人因、車輛對行人事故的影響，較少探討道路幾何設計、土地使用、人口社經因素與行人事故之關係。且在改善行人安全時國內多以事故發生件數多寡，作為改善的先後順序，但事故的發生具有隨機性，因此有必要嘗試以安全績效函數的方式探討號誌化路口行人安全。



## 第三章 研究方法

本研究透過安全績效函數評估路口之行人安全，其中行人曝光量為安全績效函數的重要影響因素，但由於行人流量調查資料的缺乏，因此本研究透過土地使用、社經特性建立行人流量估計模式，再透過估計的行人流量建立安全績效函數，評估路口的行人安全。本章將說明本研究的研究方法，3.1 節說明研究架構，3.2 節說明本研究所挑選的路口，3.3 節說明本研究使用之資料項目，3.4 節則說明本研究使用的分析方法。

### 3.1 研究架構

本研究預計建立行人流量與行人事故的聯合估計模式，同時探討土地使用、社會經濟、道路幾何對行人流量與行人事故的影響。圖 3.1.1 至圖 3.1.3 為本研究之研究架構圖，本研究將分為三個階段，第一階段為行人流量估計模式之建立，利用路口周邊土地使用、人口社經以及交通建設特性，建立路口行人流量估計模式，以彌補行人事故模式中行人量資料太少之問題；第二階段則建立行人安全績效函數，探討號誌化路口的行人事故特性。由於行人流量資料為尖峰時段的抽樣調查結果，但行人事故並非全然非生在尖峰時段，因此本研究利用路口道路幾何、交通流量、路口號控、土地使用、社會經濟、交通建設等路口特性建立 3 種不同的行人安全績效函數，並比較 3 種行人安全績效函數之差異。第三階段則為行人流量與行人安全聯合估計模式，估計行人量若直接用在行人安全績效函數中，則可能產生模式內生性的問題，因此第三階段的聯合估計模式係為了解決模式內生性問題。

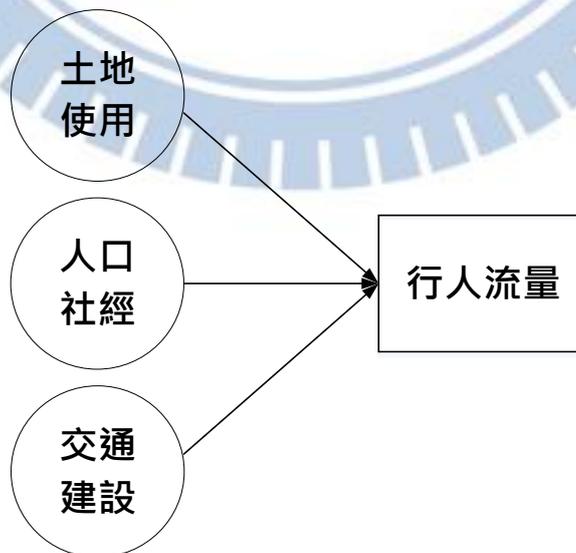


圖 3.1.1 研究架構圖-行人流量估計模式(第一階段)

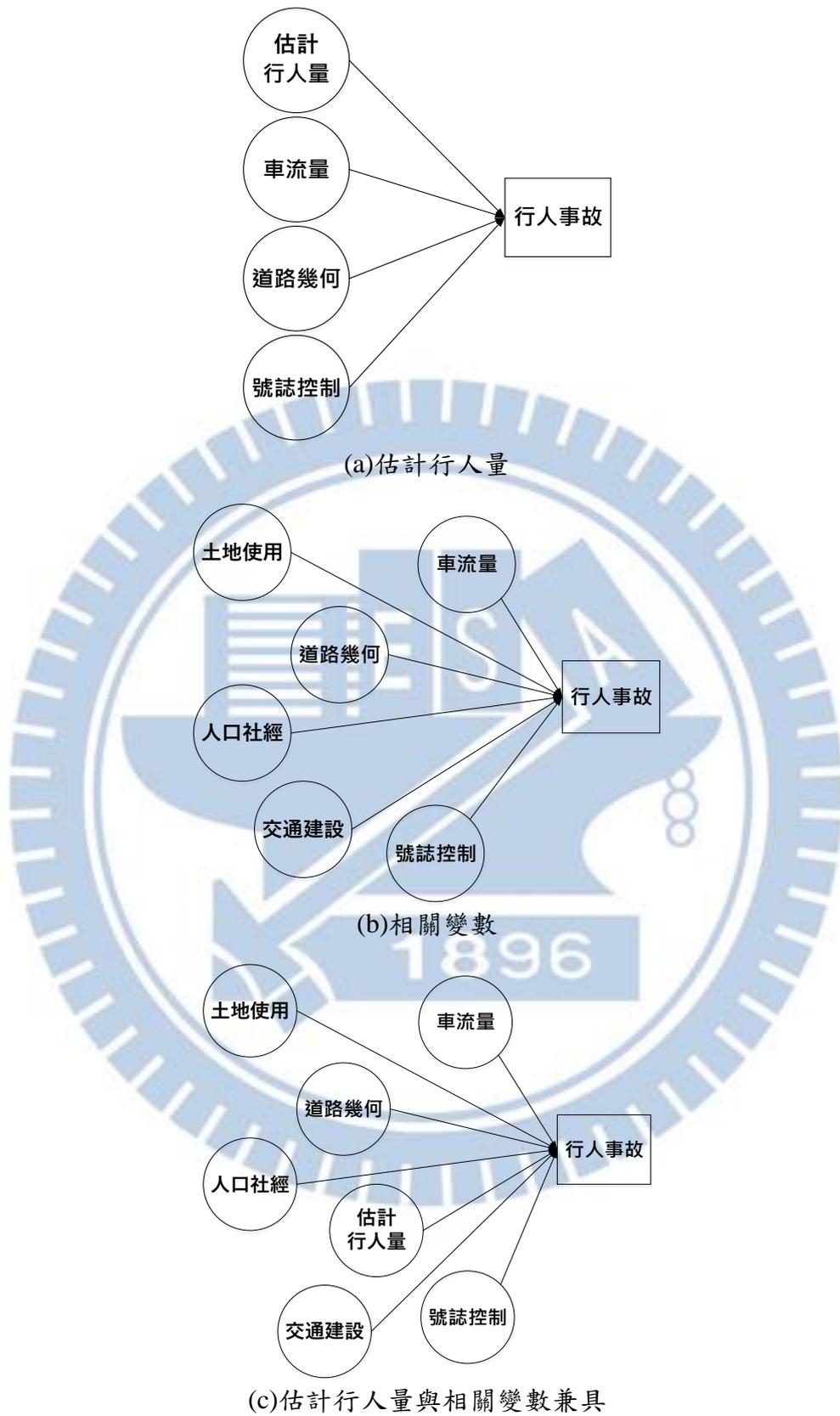


圖 3.1.2 研究架構圖-行人安全績效函數(第二階段)

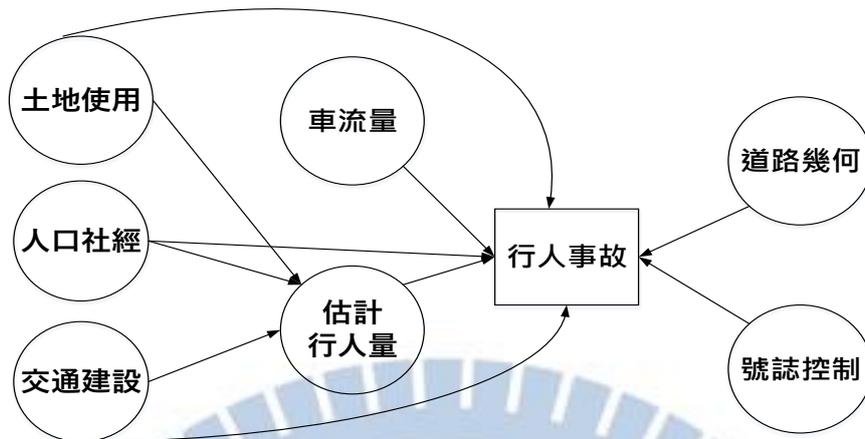


圖 3.1.3 研究架構圖-聯合估計模式(第三階段)

## 3.2 研究路口

本研究的研究路口挑選分為兩部分：行人流量估計模式與行人安全績效函數，兩個模式的路口挑選原則略有不同，行人流量估計模式以臺北市有行人流量調查資料的地點為主，行人安全績效函數則以臺北市的主要道路作為挑選原則，3.2.1 與 3.2.2 小節將分別說明研究路口的挑選方式。

### 3.2.1 行人流量估計模式

表 3.2-1 為民國 100-106 年臺北市行人流量調查地點數，有行人流量資料的地點稀少，且每年的調查地點不一，在受限於行人流量資料的情況下，本研究將民國 100-106 年期間調查地點為路段或不具有號誌化路口特性的資料刪除，共採用 7 年 72 個地點 154 筆的行人流量調查資料，72 個調查路口分布如圖 3.2.1 所示。

表 3.2-1 臺北市歷年行人流量調查地點數

年度	調查地點數	本研究採用
100 年	14	14
101 年	10	9
102 年	43	33
103 年	10	10
104 年	30	29
105 年	30	30
106 年	30	29
總計	167	154



### 3.3 資料項目

根據文獻回顧，本研究整理了建立行人流量估計模式與行人安全績效函數所需之資料，包含道路交通事故資料、交通流量調查資料、道路幾何設計與交通建設資料、土地使用與社會經濟資料、號誌控制資料，本小節將說明所使用變數之定義。

#### 3.3.1 道路交通事故資料

本研究利用臺北市交通大隊所提供之臺北市民國 100 至 106 年的道路交通事故資料(含 A3 事故)以及民國 101 至 106 年事故現場圖，篩選出發生於研究範圍內的行人事故，並建立本研究所需之行人事故資料庫。道路交通事故資料包含事故的基本屬性，如：發生時間、天候、光線等案件基本資訊，事故現場圖則是透過人工判讀的方式，針對事故發生在哪一個行穿線、是否發生在行穿線上、行人的行走方向、車行進方向、人車相對方向進行編碼，本研究建立的事故資料庫內容如表 3.3-1 所示。

行人與車的行進方向雖可從事故資料中得知，但行進方向有許多空值或不明，因此本研究透過人工判讀事故現場圖的方式，重新編碼當事者的行進方向，並新增人車相對方向變數。圖 3.3.1 為以左轉為例的人車相對方向示意圖，人車相對方向係指事故發生時，車輛與行人行進方向之相對關係，如：同向、反向、垂直。

**表 3.3-1 事故資料庫之內容**

類別	內容
事故基本屬性	事故類別、發生時間、發生地點、事故中死傷人數、天候、光線、道路類別、道路型態、事故位置、路面狀況、道路障礙、號誌種類、車道分向設施、車道分道設施、事故類型
事故現場圖	號誌時相種類、發生於路口何處、發生於行穿線何處、行人行走方向、車來向、人車相對方向

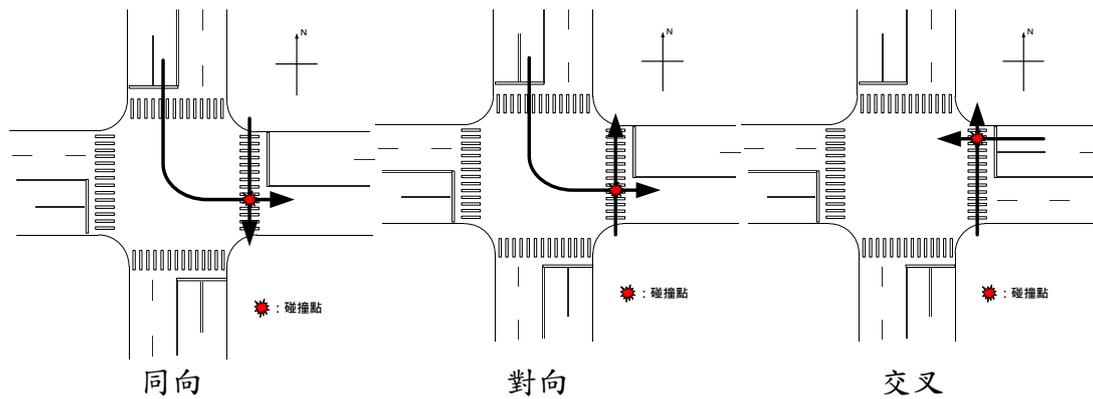


圖 3.3.1 人車相對方向示意圖

### 3.3.2 交通流量調查資料(機動車流+行人)

臺北市交通管制工程處(以下簡稱交工處)自民國 91 年起進行交通流量與特性調查, 目的在蒐集臺北市基本及重要的交通狀況資料, 做為評估道路交通及發現交通問題之基礎。該資料包含了路口、路段、圓環、行人的流量資料, 本研究採用民國 100 至 106 年之路口交通流量調查資料與行人流量調查資料, 所使用之變數說明如後。

#### 路口機動車流量

交工處蒐集多年臺北市基本交通狀況, 建立長期的交通流量與特性資料, 進而掌握道路交通狀況, 透過路口轉向交通量調查獲得各道路進出之交通量及其去向, 可針對路口相關交通管制做改善。路口機動車流量調查包含路口基本資料、各車種的轉向流量資料。本研究所使用的相關變數及定義整理如表 3.3-2, 其中各路口機動車流量資料中附有調查路口各行向之照片, 因此本研究根據各行向照片對是否有行穿線、行人天橋、行人地下道做編碼, 若照片看不出路口該行向是否有劃設行穿線與是否設有行人天橋、行人地下道, 則以臺北市歷史圖資網站與 Google StreetView 的照片為主。另外, 在路口交通流量調查資料中只記錄進入路口的車道數, 因此若南北向道路為單行道, 則有一個方向的車道數為 0, 如: 館前路為南往北的單行道, 則在記錄忠孝西路與館前路路口的方向 N(北往南)時, 車道數記為 0。由於交通量共調查 4 個尖峰小時, 因此本研究在使用交通量資料時, 係取 4 個尖峰小時的平均交通量。另外, 根據車流資料, 新增路口每一處行穿線的各向衝突車流, 以圖 3.3.2 為例, 路口東邊行穿線的左轉衝突車流即為路口北方左轉之車流, 右轉衝突車流即為路口南方右轉之車流, 直行衝突車流即為路口東方與西方直行之車流, 總衝突車流則為各向衝突車流之加總。

表 3.3-2 路口交通流量資料之變數定義

變數	定義
路口名稱	路口交通流量調查路口名稱
年	路口交通流量調查年份
晨峰週期	該路口於晨峰之號誌週期
昏峰週期	該路口於昏峰之號誌週期
晨峰相數	該路口於晨峰之號誌相數
昏峰相數	該路口於昏峰之號誌相數
方向	調查地點位於路口哪一方向(E：東往西；S：南往北；W：西往東；N：北往南；NE：東北方；SE：東南方；NW：西北方；NE：東北方)
車道數	該方向之總車道數
公車專用道	該方向是否設有公車專用道(1：有；0：無)
行穿線	該方向是否劃有行穿線(1：有；0：無)
天橋	該方向是否設有行人天橋(1：有；0：無)
地下道	該方向是否設有行人地下道(1：有；0：無)
調查開始時間	交通流量調查開始時間
調查結束時間	交通流量調查結束時間
交通量-左轉大型車	於路口該行向左轉之大型車車輛數
交通量-左轉公車	於路口該行向左轉之公車車輛數
交通量-左轉小型車	於路口該行向左轉之小型車車輛數
交通量-左轉機車	於路口該行向直接左轉之機車車輛數
交通量-左轉交通量(PCU)	於路口該行向左轉之總交通量
左轉比例	路口該行向左轉交通量與其總交通量之比例
交通量-機車兩段左轉	於路口該行向兩段式左轉之機車車輛數
交通量-直行大型車	於路口該行向直行之大型車車輛數
交通量-直行公車	於路口該行向直行之公車車輛數
交通量-直行小型車	於路口該行向直行之小型車車輛數
交通量-直行機車	於路口該行向直行之機車車輛數
交通量-直行交通量(PCU)	於路口該行向直行之總交通量
直行比例	路口該行向直行交通量與其總交通量之比例
交通量-右轉大型車	於路口該行向右轉之大型車車輛數
交通量-右轉公車	於路口該行向右轉之公車車輛數
交通量-右轉小型車	於路口該行向右轉之小型車車輛數
交通量-右轉機車	於路口該行向右轉之機車車輛數
交通量-右轉交通量(PCU)	於路口該行向右轉之總交通量
右轉比例	路口該行向右轉交通量與其總交通量之比例
總衝突車流(車輛數)	於該行向行穿線之總衝突車流
右轉衝突車流(車輛數)	於該行向行穿線之右轉衝突車流
左轉衝突車流(車輛數)	於該行向行穿線之左轉衝突車流
直行衝突車流(車輛數)	於該行向行穿線之直行衝突車流

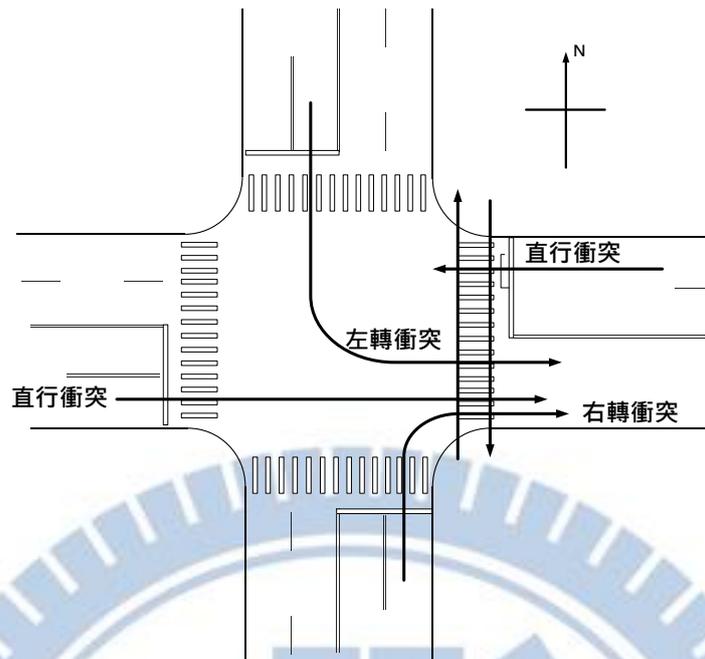


圖 3.3.2 行穿線衝突車流示意圖

### 行人流量

交工處為了解設有立體設施之路口開放平面穿越後立體設施的使用情況，每年皆選定臺北市內多處的路口進行行人流量與干擾車流量調查，進而針對相關設施進行改善與檢討。行人流量資料雖然係調查各方向行穿線或立體人行設施的行人流量，但同一個路口周邊的土地使用、人口社經、交通建設等特性皆相同，較難估計每一個行穿線上的行人流量，因此本研究使用的是路口各方向加總後的路口總行人量，並將早上尖峰與下午尖峰的行人量取平均值，使每個路口只有一個行人流量，本研究所使用行人流量資料之各變數定義如表 3.3-3 所示。

表 3.3-3 行人流量資料之變數定義

變數	定義
路口名稱	行人流量調查路口名稱
年	行人流量調查年份
方向	調查地點位於路口哪一處行穿線(E：東往西；S：南往北；W：西往東；N：北往南；NE：東北方；SE：東南方；NW：西北方；NE：東北方)
道路寬	路口該方向的道路寬度
綠燈時長	路口該方向的綠燈時間
G/C	路口該方向的綠燈時間/該路口的號誌週期
分隔型態	路口該方向的道路分隔型態(1：中央分隔；2：快慢分隔；3：無分隔)
行穿線	路口該方向是否有劃設行穿線(1：有；0：無)
天橋	路口該方向是否設有行人天橋(1：有；0：無)

變數	定義
地下道	路口該方向是否設有行人地下道(1:有;0:無)
調查開始時間	行人流量調查開始時間
調查結束時間	行人流量調查結束時間
行人總量-平面+立體設施	調查時間內通過路口的行人總量
行人總量-平面	調查時間內從平面設施通過路口的行人量
行人總量-立體設施	調查時間內從立體設施通過路口的行人量

### 3.3.3 路口幾何資料與號控資料

本研究利用臺北市歷史圖資展示系統所提供的航測影像(100-102、104、106年)，並搭配 Google 街景地圖，以各方向來建置研究所需的路口幾何資料，再將一些變數處理為路口總體變數，如：庇護島種類(各方向)處理為路口有庇護島之個數與公車島個數，行穿線退縮距離則處理成路口行穿線退縮 5m 以上之行穿線個數，路口幾何資料所包含的變數與其定義如表 3.3-4 與表 3.3-5 所示。本研究將各方向的车道編號，最內側車道一律編號為車道 1，愈往外側數字愈大，由此編號來記錄各車道的車道寬度。庇護島種類則分為無、有以及公車島，島頭型(圖 3.3.3(a))、柱狀式(圖 3.3.3 (b))及高架下方(圖 3.3.3 (c))皆屬於有庇護島一類，道路中央設有公車停靠區 (如：圖 3.3(d)公車專用道)則獨立成公車島一類。

號控資料則是由臺北市交工處所提供的路口號誌時相資料，針對路口及該行穿線是否有行人專用時相(全紅)、行人早開時相、行人早閉時相、左轉專用時相來進行資料的編碼。

**表 3.3-4 路口幾何與號控資料(總體)**

變數	定義
路口名稱	路口名稱
年度	資料年份
總車道數	路口的各方向車道數加總 (不會和行人衝突的地下道不算入車道數)
最大車道數	路口內的最大車道數
庇護島個數	路口四個方向中有庇護島之個數
公車島個數	路口四個方向中有公車島之個數
行穿線退縮 5m 以上個數	路口內行穿線退縮 5m 以上之行穿線個數
行人專用時相(全紅)	該路口是否有行人專用時相(1:有;0:無)
行人早開時相	該路口是否有行人早開時相(1:有;0:無)
行人早閉時相 (或行人晚開時相)	該路口是否有行人早閉時相(或行人晚開時相) (2:尖峰或假日才有;1:有;0:無)
車輛左轉專用時相	該路口是否有左轉專用時相 (2:尖峰或假日才有;1:有;0:無)

表 3.3-5 路口幾何資料與號控資料(方向)

變數	定義
路口名稱	路口名稱
方向	位於路口哪個方向
年度	資料年份
道路層級	該方向的相對道路層級
路口交角	該路口道路相交角度(銳角)
道路寬度	該方向的總道路寬度(路緣至路緣)
單向車道數	該方向單向車道數 (不會和行人衝突的地下道不算入車道數)
雙向車道數	該方向雙向車道數 (不會和行人衝突的地下道不算入車道數)
車道 1 寬度	車道 1 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
車道 2 寬度	車道 2 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
車道 3 寬度	車道 3 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
車道 4 寬度	車道 4 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
車道 5 寬度	車道 5 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
車道 6 寬度	車道 6 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
車道 7 寬度	車道 7 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
車道 8 寬度	車道 8 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
車道 9 寬度	車道 9 之車道寬度(車道線中點至車道線中點)
快慢車道分隔型式	該方向的快慢車道分隔型式(1：實體分隔；2：劃設快慢車道分隔線；3：無)
最內側車道的車道配置	該方向的最內側車道的配置(0：未劃設；1：左轉；2：左轉及直行；3：直行；4：公車專用道)
最外側車道的車道配置	該方向的最外側車道的配置(0：未劃設；1：右轉；2：右轉及直行；3：直行；4：公車專用道)
是否有公車停靠區	30 m 內是否有公車停靠區
是否有公車專用道	該方向是否設有公車專用道
是否有路邊停車格	30 m 內是否有路邊停車格
有無自行車道	該方向是否設有自行車道
自行車道寬度	該方向的自行車道寬度
是否設有行穿線	該方向是否設有行穿線
行穿線長度(外側)	該行穿線外側長度(路緣至路緣)
行穿線長度(內側)	該行穿線內側長度(路緣至路緣)
中央分隔型式	該方向的中央分向分隔型式(1：實體分隔；2：劃設分向線；3：無)
是否有庇護島	該方向是否設有庇護島 (0：無；1：有；2：公車島)
行穿線退縮距離(最短)	行穿線的最短退縮距離
行穿線退縮距離(最長)	行穿線的最長退縮距離
行人天橋	該方向是否設有行人天橋

變數	定義
行人地下道	該方向是否設有行人地下道
人行道切角	人行道是否有切角(0：未切；1：切圓角；2：切斜角)
路緣半徑	路緣的半徑(1：3m 以下；2：3-6m；3：6m 以上)
行人專用時相	該行穿線是否有行人專用時相 (1：有；0：無)
行人早開時相	該行穿線是否有行人早開時相 (1：有；0.5：該年開始設立；0：無)
行人早閉時相 (或行人晚開時相)	該處是否有右轉專用時相 (2：尖峰或假日才有；1：有；0：無)
車輛左轉專用時相	該處是否有左轉專用時相 (2：尖峰或假日才有；1：有；0：無)

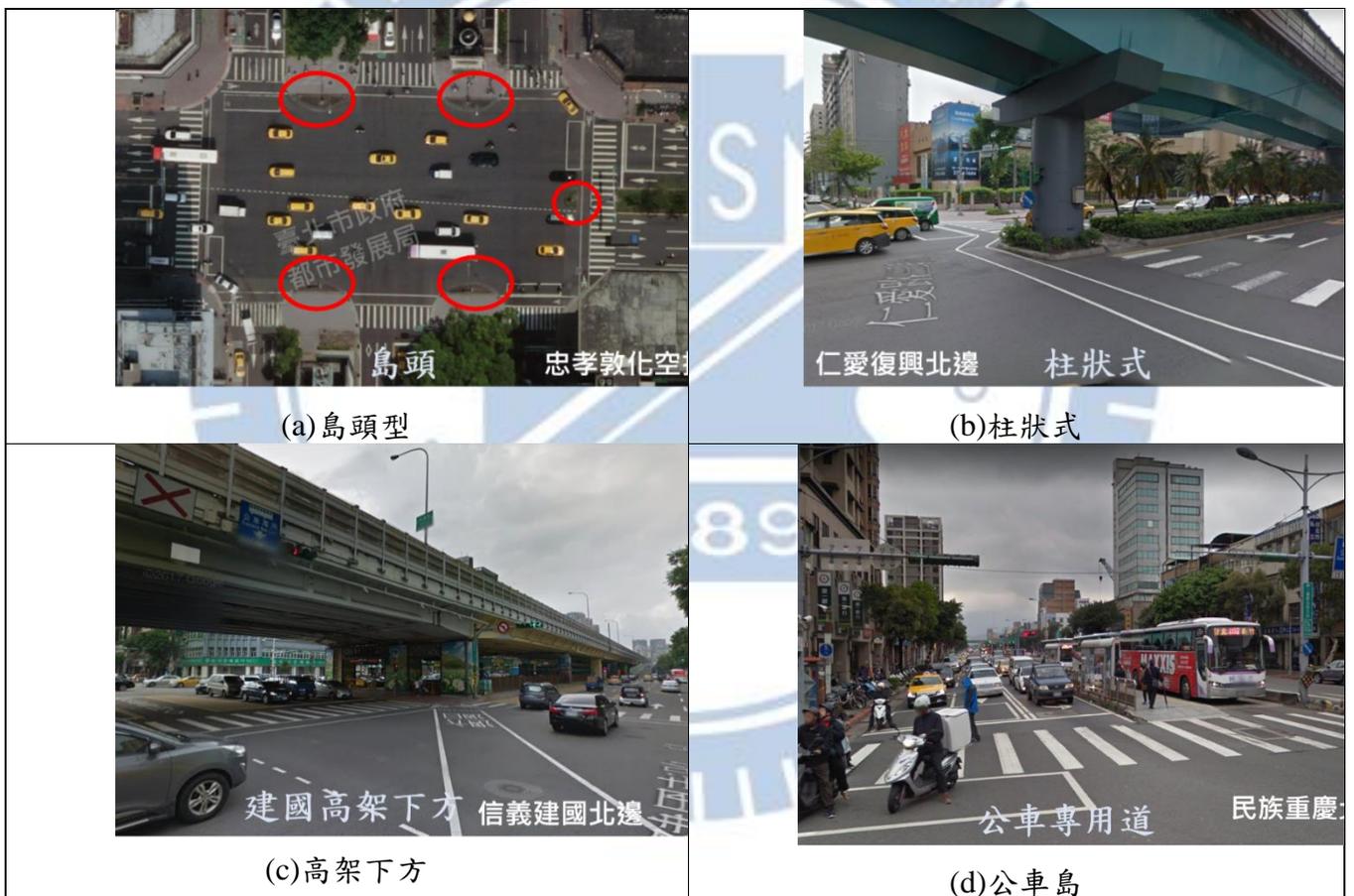


圖 3.3.3 庇護島種類

### 3.3.4 土地使用、人口社經及交通建設資料

本研究為了探討路口周邊的土地使用、人口社經籍交通建設特性對行人流量的影響，蒐集各研究路口周邊 200 m 的土地使用資料與路口周邊 50 m、100 m、200 m、400 m 的交通建設資料，人口社經資料則受限於資料的細緻程度，因此僅蒐集村里與行政區的人口社經資料。過去文獻探討土地使用對行人流量之影響時，大多是蒐集路口周邊 0.25 英里（約 402 公尺）的土地使用資料，但臺灣的街廓相對來說較短，而本研究所選擇的路口中 200 m 約為一個街廓，因此土地使用資料以路口周邊 200 m 為主。

在土地使用資料的部分，本研究係從臺北市都發局-都市計畫整合查詢系統中蒐集所需資料，圖 3.3.4 為使用都市計畫整合查詢系統中統計功能之示意圖，以路口中心為圓心統計該路口方圓 200 m 的土地使用分區資料。由於該系統的地籍套繪都計分區圖無法查詢歷年的土地使用，但土地使用分區的變動少，因此本研究假設 100-106 年路口周遭的土地使用皆不變。

由於土地使用分區之種類項目眾多，且大多具有相似特性，如：第一種商業區、第二種商業區、第三種商業區等皆為商業使用，因此本研究將各類土地使用細項整理成商業區、住宅區、公園綠地、工業區、觀光區、公共機關用地、交通用地、其他設施及學校等 9 種土地使用分類，並將商業區與住宅區以外的土地使用，轉換成 0、1 變數，表示該路口有無該種土地使用，各土地使用分類所包含之土地使用分區細項如表 3.3-6 所示。

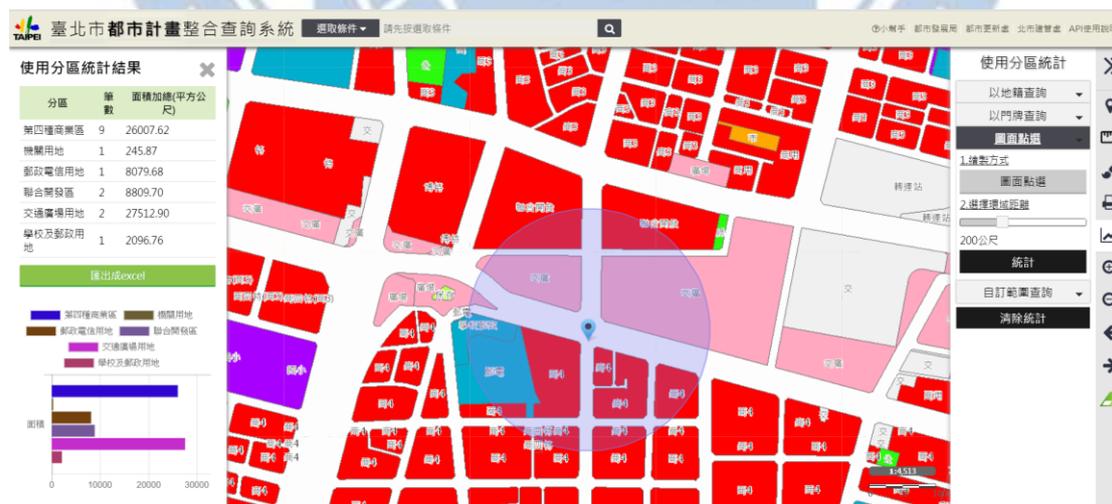


圖 3.3.4 都市計畫整合查詢系統示意圖

表 3.3-6 各土地使用分類整理

土地使用分類	原始土地使用分區細項名稱
商業區	第一種商業區、第二種商業區、第三種商業區、第三種商業區(特)、第四種商業區(特)、金融服務專用區、聯合開發區、市場用地、業務設施區…
住宅區	第三種住宅區、第三之一種住宅區、第三之二種住宅區、第三種住宅(特)、第三之二種住宅(特)、第四種住宅區、第四之一種住宅區、特定住宅專用區…
公園綠地	公園用地、綠地用地、廣場用地、體育場用地
工業區	第三種工業區
觀光區	風景區、保護區、保存區、古蹟保存區用地、聚落風貌保存專用區、文化觀光專用區…
公共機關用地	醫療用地、機關用地、行政用地、郵政用地、電信用地、警察局用地…
交通用地	交通用地、交通廣場用地、鐵路用地、停車場用地…
設施	排水溝用地、變電所用地、加油站用地…
學校	國小用地、國中用地、高中用地、大學用地、文教區…

註：系統之計算單位為平方公尺，本研究已將單位轉換為平方公里。

此外，本研究利用國土繪測圖資服務雲網站的資料，蒐集路口周邊 200 m 與 400 m 可能會增進行人流量之設施數量資料，如：公有市場、大賣場、連鎖超商、金融機構郵局、飯店旅館、百貨公司、大專院校、高中國中小學、圖書館、醫院、公園、體育館/場，由於這些設施與尖峰時間的行人流量較無關，因此僅在行人安全績效函數中，用來捕捉非尖峰時間行人流量特性。本研究先分別找出各設施的經緯度座標，再畫出以研究路口為中心 200 m 與 400m 的範圍圖層，將界定好範圍的圖層結合設施經緯度座標，計算出各個路口內的設施數量，如圖 3.3.5 所示。

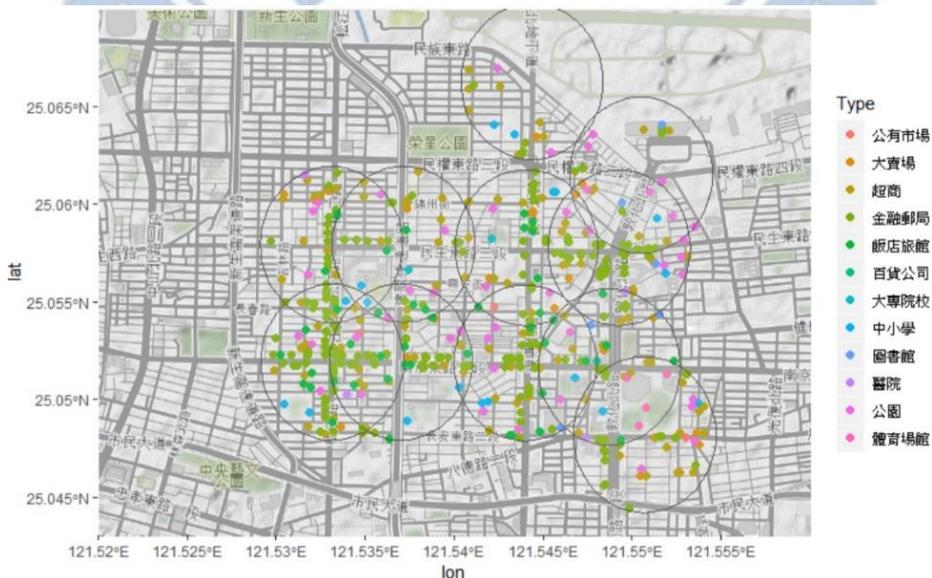


圖 3.3.5 人流設施數量計算示意圖

在人口社經資料部分，由於資料的細緻程度(人口、所得最細為村里，機動車輛持有最細為行政區)，因此路口周邊人口社經特性係路口所在的村里或行政區之資料。本研究選路口多位於村里或行政區的交界，以忠孝東路與新生南路路口為例，如圖 3.3.6 所示，忠孝新生路口的東半邊為大安區民輝里，西北邊為中正區梅花里，西南邊為中正區幸市里，因此忠孝新生路口的周邊人口與所得資料為梅花里、幸市里及民輝里 3 個里的平均值，機動車輛登記數則為中正區與大安區兩個行政區的平均車輛登記數。此外，本研究將行政區機動車輛登記數除以該行政區之人口後，得到行政區每人機動車輛持有數，再將各行政區每人機動車輛持有數乘上各村里人口數，作為村里的機動車輛登記數。



圖 3.3.6 忠孝新生路口行政區與村里分布

在交通建設部分，利用公共運輸整合資訊流通服務平臺所提供之臺北市公車路線與站牌資料、臺北捷運路線車站基本資料及臺北市公共自行車租借站位資料，取得各公車路線所有站牌、捷運站、Ubike 租借站之經緯度，並計算與研究路口的直線距離，取得路口周邊 50 m、100 m、200 m、400 m 之公車路線數、捷運站站數、Ubike 站數資料。路口周邊捷運進出站人次是在路口周遭 200 m 與 400 m 內捷運站的進出站人次，若路口 400 m 內有 2 個捷運站，則 400 m 捷運進出站人次即為 2 個站的加總。Ubike 租借量則是 200 m 內 Ubike 租借站的租借量，若路口 200 m 內有多個 Ubike 站，則 Ubike 租借量即為多個站的加總，本研究所使用的土地使用與社經變數的定義如表 3.3-7 所示。

表 3.3-7 土地使用、人口社經及交通建設資料之變數定義

類別	變數名稱	單位
土地使用	路口 200 公尺內商業區面積	平方公里
	路口 200 公尺內住宅區面積	平方公里
	路口 200 公尺內學校面積	平方公里
	路口 200 公尺內是否有學校	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內是否有小學	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內是否有國中	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內是否有高中	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內是否有大學	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內公園綠地面積	平方公里
	路口 200 公尺內是否有公園綠地	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內工業區面積	平方公里
	路口 200 公尺內是否有工業區	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內觀光區面積	平方公里
	路口 200 公尺內是否有觀光區	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內公共機關用地面積	平方公里
	路口 200 公尺內是否有公共機關	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內交通用地面積	平方公里
	路口 200 公尺內是否有機場	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內是否有鐵路	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內公共設施面積	平方公里
	路口 200 公尺內是否有公共設施	(1：有；0：無)
	路口 200 公尺內公有市場數量	間
	路口 200 公尺內大賣場數量	間
	路口 200 公尺內連鎖超商數量	間
	路口 200 公尺內金融機構郵局數量	間
	路口 200 公尺內飯店旅館數量	間
	路口 200 公尺內百貨公司數量	間
	路口 200 公尺內大專院校數量	間
	路口 200 公尺內中小學數量	間
	路口 200 公尺內圖書館數量	間
	路口 200 公尺內醫院數量	間
	路口 200 公尺內公園數量	間
	路口 200 公尺內體育館/場數量	間
路口 400 公尺內公有市場數量	間	
路口 400 公尺內大賣場數量	間	
路口 400 公尺內連鎖超商數量	間	
路口 400 公尺內金融機構郵局數量	間	
路口 400 公尺內飯店旅館數量	間	

類別	變數名稱	單位
	路口 400 公尺內百貨公司數量	間
	路口 400 公尺內大專院校數量	間
	路口 400 公尺內中小學數量	間
	路口 400 公尺內圖書館數量	間
	路口 400 公尺內醫院數量	間
	路口 400 公尺內公園數量	間
	路口 400 公尺內體育館/場數量	間
人口社經	村里人口數	千人
	村里人口密度	人/平方公里
	村里 0-17 歲人口數	千人
	村里 18-64 歲人口數	千人
	村里 65 歲以上人口數	千人
	村里 0-17 歲人口比例	%
	村里 18-64 歲人口比例	%
	村里 65 歲以上人口比例	%
	村里小汽車登記數	萬輛
	村里機車登記數	萬輛
	村里薪資所得	千元
	村里平均每人薪資所得	千元/人
	行政區小汽車登記數	萬輛
	行政區機車登記數	萬輛
交通建設	路口 50 公尺內公車路線數	路線數
	路口 100 公尺內公車路線數	路線數
	路口 200 公尺內公車路線數	路線數
	路口 400 公尺內公車路線數	路線數
	路口 50 公尺內 ubike 站數	站數
	路口 100 公尺內 ubike 站數	站數
	路口 200 公尺內 ubike 站數	站數
	路口 400 公尺內 ubike 站數	站數
	與最近捷運站之距離	公尺
	路口 50 公尺內捷運站數	站數
	路口 100 公尺內捷運站數	站數
	路口 200 公尺內捷運站數	站數
	路口 400 公尺內捷運站數	站數
	路口 200 公尺內捷運總進出站人數	萬人次/日
	路口 400 公尺內捷運總進出站人數	萬人次/日
	路口 200 公尺內 ubike 站借還量	千輛/日
	路口 200 公尺內 ubike 站總停車位數	車位數

### 3.3.5 資料來源

表 3.3-8 整理本研究所使用資料項目之資料來源，資料來源包含財政資訊中心、臺北市都發局、民政局、交通局、交通大隊、交通管制工程處及各公開資料平台。

**表 3.3-8 各資料項目之資料來源**

資料項目	資料來源
事故資料與現場圖	臺北市交通大隊
道路交通流量調查資料	臺北市交通管制工程處 ( <a href="https://www.bote.gov.taipei/cp.aspx?n=E0C93DC334AE8028">https://www.bote.gov.taipei/cp.aspx?n=E0C93DC334AE8028</a> )
路口幾何資料	臺北市都發局-臺北市歷史圖資展示系統 ( <a href="http://www.historygis.udd.gov.taipei/urban/map/">http://www.historygis.udd.gov.taipei/urban/map/</a> )
路口號控資料	臺北市交通管制工程處
土地使用資料	臺北市都發局都市計畫整合查詢系統 ( <a href="https://www.webgis.udd.gov.taipei/upis/Default">https://www.webgis.udd.gov.taipei/upis/Default</a> ) 國土繪測圖資服務雲 ( <a href="https://maps.nlsc.gov.tw/">https://maps.nlsc.gov.tw/</a> )
人口資料	臺北市民政局 ( <a href="https://ca.gov.taipei/Default.aspx">https://ca.gov.taipei/Default.aspx</a> )
機動車輛登記數	臺北市交通統計查詢系統 <a href="http://dotstat.taipei.gov.tw/pxweb2007P/Dialog/statfile9.asp">http://dotstat.taipei.gov.tw/pxweb2007P/Dialog/statfile9.asp</a>
所得資料	財政部財政資訊中心綜合所得稅申報核定統計專冊(100-105 年)
公車路線數	公共運輸整合資訊流通服務平臺- 臺北市公車路線與站牌資料
捷運站點位置	公共運輸整合資訊流通服務平臺- 臺北捷運路線車站基本資料
Ubike 站點位置	公共運輸整合資訊流通服務平臺- 臺北市公共自行車租借站位資料
捷運站進出人次	臺北市交通統計查詢系統 <a href="http://dotstat.taipei.gov.tw/pxweb2007P/Dialog/statfile9.asp">http://dotstat.taipei.gov.tw/pxweb2007P/Dialog/statfile9.asp</a>
Ubike 租借量	臺北市交通局

### 3.4 分析方法

本研究的分析方法將分為 3 個部分，第一部分為行人流量估計模式，第二部分為行人事故估計模式，最後則為行人流量與行人事故之聯合估計模式。

#### 3.4.1 行人流量估計模式

由於行人流量的非負特性，過去研究在建立土地使用與行人流量之關係時，多使用 log-linear Regression Model，因此本研究在探討土地使用、社會經濟、道路幾何對行人流量的影響時也採用 log-linear Regression Model，本研究的行人流量估計模式如下式所示：

$$\ln(\text{PedVol}_i) = \alpha_0 + \alpha_{1j} \text{LandUse}_{ij} + \alpha_{2j} \text{SocEco}_{ij} + \alpha_{3j} \text{Trans}_{ij} + \varepsilon_i$$

PedVol：路口 i 行人流量

LandUse<sub>i</sub>：路口 i 之土地使用變數 j

SocEco<sub>i</sub>：路口 i 之社會經濟變數 j

Trans<sub>i</sub>：路口 i 之交通建設變數 j

$\varepsilon_i$ ：模式之殘差

#### 3.4.2 行人安全績效函數

在建立安全績效函數的模式時，Highway Safety Manual (HSM)建議使用 Negative Binomial Model，但由於事故資料為計數資料，且有大量 0 的現象，因此本研究在事故估計的部分除了採用 HSM 建議的 Negative Binomial Model 之外，也使用 Zero-inflated Negative Binomial Model，並比較兩種模式的估計結果。

##### **Negative Binomial Model**

$$P(Y_i) = \frac{\Gamma(Y_i + \frac{1}{\alpha})}{\Gamma(Y_i + 1) \Gamma(\frac{1}{\alpha})} \left( \frac{\alpha \lambda_i}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{Y_i} \left( \frac{1}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

$Y_i$ ：i 地點實際的事故數量

$\lambda_i$ ：i 地點預期的事故數量

$\tau ()$ ：gamma function

$$\lambda_i = \beta_1 PedVol_i + \beta_2 VehVol_i + \exp(\gamma_0 + \gamma_1 GeoDesign_{ij} + \gamma_2 LandUse_{ij} + \gamma_3 SocEco_{ij} + \gamma_4 Trans_{ij} + \theta_i)$$

PedVol<sub>i</sub> : 路口 i 之行人流量

VehVol<sub>i</sub> : 路口 i 之車流量

LandUse<sub>i</sub> : 路口 i 之土地使用變數 j

SocEco<sub>i</sub> : 路口 i 之社會經濟變數 j

GeoDesign<sub>i</sub> : 路口 i 之道路幾何設計變數 j

Trans<sub>i</sub> : 路口 i 之交通建設變數 j

exp(θ<sub>i</sub>) : 服從 gamma-distributed (1, α) 的殘差項

### Zero-inflated Negative Binomial Model

$$Y_i \sim \begin{cases} 0, & \text{with probability } \pi_i \\ NB, & \text{with probability } 1 - \pi_i \end{cases}$$

$$P(Y_i = 0) = \pi_i + (1 - \pi_i) \left( \frac{1}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

$$P(Y_i > 0) = (1 - \pi_i) \frac{\Gamma(Y_i + \frac{1}{\alpha})}{\Gamma(Y_i + 1) \Gamma(\frac{1}{\alpha})} \left( \frac{\alpha \lambda_i}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{Y_i} \left( \frac{1}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

Y<sub>i</sub> : 路口 i 實際的事故數量

λ<sub>i</sub> : 路口 i 預期的事故數量

τ ( ) : gamma function

$$\lambda_i = \beta_1 PedVol_i + \beta_2 VehVol_i + \exp(\gamma_0 + \gamma_1 GeoDesign_{ij} + \gamma_2 LandUse_{ij} + \gamma_3 SocEco_{ij} + \gamma_4 Trans_{ij} + \theta_i)$$

PedVol<sub>i</sub> : 路口 i 之行人流量

VehVol<sub>i</sub> : 路口 i 之車流量

LandUse<sub>i</sub> : 路口 i 之土地使用變數 j

SocEco<sub>i</sub> : 路口 i 之社會經濟變數 j

GeoDesign<sub>i</sub> : 路口 i 之道路幾何設計變數 j

Trans<sub>i</sub> : 路口 i 之交通建設變數 j

exp(θ<sub>i</sub>) : 服從 gamma-distributed (1, α) 的殘差項

### 3.4.3 聯合估計模式

3.4.1 所建立的行人流量估計模式，代入 3.4.2 的行人安全績效函數後可得到下式：

$$\lambda_i = \beta_2 VehVol_i + \exp(\gamma_0 + (\alpha_1 \beta_1 + \gamma_2) LandUse_{ij} + (\alpha_2 \beta_1 + \gamma_3) SocEco_{ij} + (\alpha_4 \beta_1 + \gamma_4) Trans_{ij} + \gamma_1 GeoDesign_{ij} + \beta_1 * \epsilon_i + \theta_i)$$

由上式可發現，行人安全績效函數的殘差項不再服從 i.i.d 的假設，而是與參數  $\beta_1$  有關，因此行人安全績效函數會有內生性造成的估計偏誤問題。

本研究嘗試發展行人流量與行人安全績效函數之聯合估計模式，解決模式內生性問題，Terza et al.(2008)提出用 two-stage residual inclusion (以下簡稱 2SRI) 可以比 two-stage predictor substitution (以下簡稱 2SPS) 更有效解決內生性問題。兩種方法的第一階段皆係先找到與行人量有關且與行人事故無關的工具變數，並建立行人量與工具變數之迴歸式，2SRI 的第二階段則是將實際行人量與迴歸式中的殘差代入行人事故的模式中；2SPS 的第二階段則是用迴歸式所估計出來的估計行人量 取代實際行人量，並代入行人事故的模式中。

由於行人流量資料相當少，同時有行人流量資料與車流資料的路口 6 年僅 38 筆資料，因此本研究利用 38 筆有行人與車流資料的路口，比較 2SRI 與 2SPS 兩種解決內生性方法的差異。

## 第四章 基本資料分析

本章將對事故資料、路口幾何資料、交通流量調查資料、號誌控制資料及土地使用人口社經與交通建設資料做基本統計分析，4.1 節說明路口特性，包含路口的交通流量、幾何與號控、土地使用、人口社經及交通建設；4.2 節除分析事故基本特性之外，也會分析流量、幾何、號控與事故之關係。

### 4.1 路口特性分析

4.1 節將針對交通流量、幾何與號控、土地使用、人口社經及交通建設進行基本統計分析，以便了解資料概況。

#### 4.1.1 道路交通流量調查資料

道路交通流量調查分為機動車流量與行人流量兩個部分，表 4.1-1 為機動車流量資料中重要變數的基本統計量，包含各轉向流量、各車種流量、各車種轉向流量等，由於流量調查資料只記錄進入路口的車流量，因此有些路口若為單向道，則會出現車輛數為 0 的情況。

#### 機動車流量

表 4.1-1 機動車流量資料基本統計量(1200 個行穿線)

變數	平均值	標準差	最大值	最小值
左轉大型車輛數(車輛數/時)	14.43	32.67	241.50	0
左轉公車數(車輛數/時)	9.67	19.59	144.00	0
左轉小型車輛數(車輛數/時)	239.95	367.40	2050.75	0
左轉機車輛數(車輛數/時)	52.47	253.66	3280.25	0
左轉 PCU(PCU/時)	311.70	473.98	2722.00	0
機車兩段左轉車輛數(車輛數/時)	213.08	236.73	1566.00	0
直行大型車輛數(車輛數/時)	77.38	95.15	662.00	0
直行公車數(車輛數/時)	51.09	83.99	305.25	0
直行小型車輛數(車輛數/時)	1605.14	917.91	4917.50	0
直行機車輛數(車輛數/時)	2592.83	1884.89	16011.25	0
直行 PCU(PCU/時)	2942.57	1446.64	8272.75	0
右轉大型車輛數(車輛數/時)	25.23	39.30	455.50	0
右轉公車數(車輛數/時)	1.65	13.46	182.75	0
右轉小型車輛數(車輛數/時)	316.21	237.68	1420.00	0
右轉機車輛數(車輛數/時)	182.62	266.63	2879.75	0
右轉 PCU(PCU/時)	504.40	380.51	2905.00	0
合計大型車輛數(車輛數/時)	176.62	121.16	746.50	0

變數	平均值	標準差	最大值	最小值
合計小型車輛數(車輛數/時)	2160.88	1054.01	5359.00	0
合計機車輛數(車輛數/時)	2827.72	1943.94	16708.75	0
合計 PCU(PCU /時)	3758.06	1620.62	9233.75	0

### 行人流量

行人流量基本統計分為兩個部分：行人安全績效函數的 50 個路口以及行人流量估計模式的 72 個地點，表 4.1-2 為 50 個研究路口各方向之行人資料基本統計量，干擾車輛數的定義是在行人可通行的時間內(行人綠燈)，會與行人發生衝突的車輛數包含綠燈左轉、綠燈右轉及紅燈右轉，表 4.1-3 則係 72 個路口之路口總行人量之基本統計。

**表 4.1-2 行人流量資料基本統計量(1200 個行穿線)**

變數	平均值	標準差	最大值	最小值
行人總量(人數/時)	703.67	443.70	2488.00	18.50
平面行人量(人數/時)	569.63	457.41	2467.50	0
行人量立體設施(人數/時)	134.04	213.41	1125.00	0
大型車總量(車輛數/時)	29.03	39.78	276.00	0
小型車總量(車輛數/時)	390.72	351.20	1858.00	0
機車總量(車輛數/時)	200.83	317.50	2210.50	0
總計干擾車輛(車輛數/時)	620.58	595.29	3223.00	0
紅燈右轉大型車輛數(車輛數/時)	0	0	0	0
紅燈右轉小型車輛數(車輛數/時)	0	0	0	0
紅燈右轉機車輛數(車輛數/時)	0	0	0	0
紅燈右轉總計車輛數(車輛數/時)	0	0	0	0
綠燈右轉大型車輛數(車輛數/時)	17.25	28.10	191.50	0
綠燈右轉小型車輛數(車輛數/時)	207.36	194.12	879.00	0
綠燈右轉機車輛數(車輛數/時)	131.65	177.09	1089.50	0
綠燈右轉總計車輛數(車輛數/時)	356.26	354.61	2039.00	0
綠燈左轉大型車輛數(車輛數/時)	11.78	26.21	151.00	0
綠燈左轉小型車輛數(車輛數/時)	183.36	298.53	1438.50	0
綠燈左轉機車輛數(車輛數/時)	69.17	279.54	2138.50	0
綠燈左轉總計車輛數(車輛數/時)	264.32	514.63	3134.00	0

**表 4.1-3 路口總行人量基本統計(72 個地點)**

變數	平均值	標準差	最大值	最小值
總行人量	1345.06	910.14	4355.00	56.00
平面行人量	1081.55	856.89	4095.50	0.00
立體設施行人量	262.94	378.03	2009.50	0.00

## 4.1.2 路口幾何與號控

### 路口幾何

表 4.1-4 為 50 個路口的道路幾何統計(50 個路口\*4 個方向\*7 年資料共 1400 個行穿線)，道路層級係相對關係，以該方向的車道數作判別，若東西向道路為雙向 4 車道、南北向道路為雙向 2 車道，則東西向道路的道路層級為主要，南北向道路為次要；若東西向道路與南北向道路同時為雙向 4 車道，則東西向道路與南北向道路皆為主要道路。在 50 個路口中，主要道路與次要道路的比例為 6：4。50 個路口大多為單向 3-5 車道，車道數為 0 表示該方向為單向道，在研究路口中有少數路口係單向道。80%的路口並無路邊停車格，僅 9.3%的方向中 30m 內有路邊公車停靠區，34.1%方向的其中一車道為公車專用道。61.9%的行穿線沒有庇護島，13.8%有庇護島，24.3%的道路中央設有公車停等區。臺北市近幾年已較少人行天橋，50 個路口只有不到 8%有人行天橋。地下道也包含捷運站的地下通道，因此路口有地下道的比例高於有天橋的比例，1400 個行穿線將近 80%的人行道是切圓角，且近 70%的路緣半徑大於 6m。

**表 4.1-4 道路幾何統計表(50 個路口)**

變數	類別	行穿線個數	百分比
道路層級	主要	840	60.0%
	次要	560	40.0%
單向車道數	0	33	2.4%
	1	91	6.5%
	2	98	7.0%
	3	206	14.7%
	4	581	41.5%
	5	328	23.4%
	6	29	2.1%
	7	20	1.4%
	8	7	0.5%
	9	7	0.5%
路邊停車格	無	1,121	80.1%
	該年有變動	1	0.1%
	有	278	19.9%
公車停靠區	無	1,270	90.7%
	有	130	9.3%
公車專用道*	無	901	65.9%
	有	466	34.1%
庇護島種類	無	866	61.8%
	有	194	13.9%

變數	類別	行穿線個數	百分比
	公車專用道	340	24.3%
行人天橋	無	1,293	92.4%
	該年有變動	4	0.3%
	有	103	7.4%
行人地下道	無	997	71.2%
	有	403	28.8%
人行道切角	無切角	64	4.6%
	圓角	1,111	79.4%
	斜角	225	16.1%
路緣半徑	3 m 以下	128	9.1%
	3-6 m	362	25.9%
	6 m 以上	910	65.0%

\*註 1：有 33 個方向為單向道，不計車道數

註 2：共 1400 處行穿線

圖 4.1.1 與圖 4.1.2 為民國 100-106 年路口道路寬度與行穿線長度分布，50 個路口各方向之道路寬度多集中在 30m，表示 50 個路口大多是主要道路較少巷道。路口平均行穿線長度，行穿線長度與道路寬度高度相關，因此平均行穿線長度的分布趨勢與道路寬度相似。

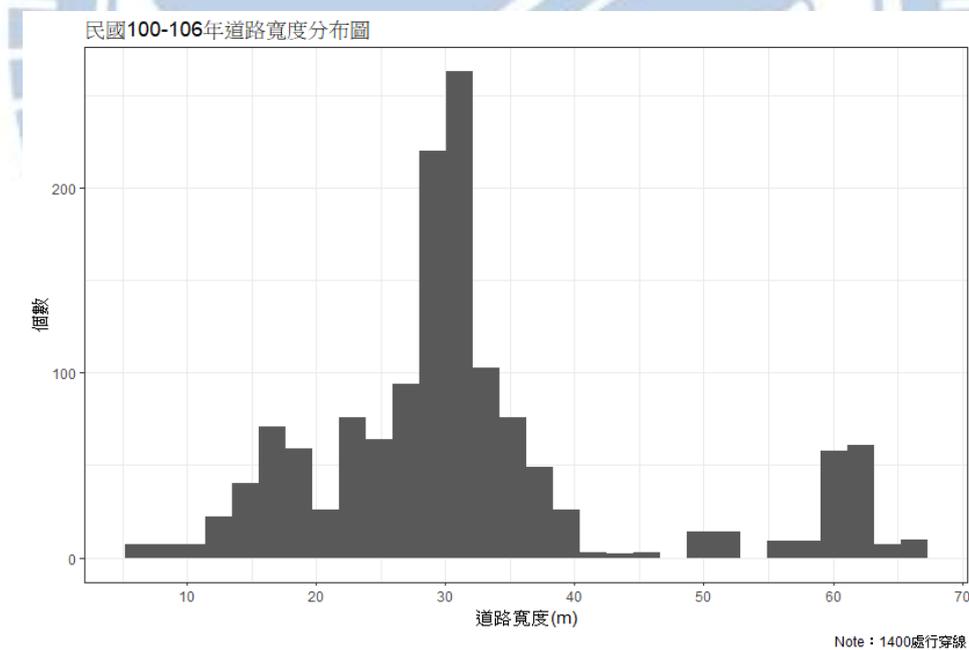


圖 4.1.1 民國 100-106 年道路寬度

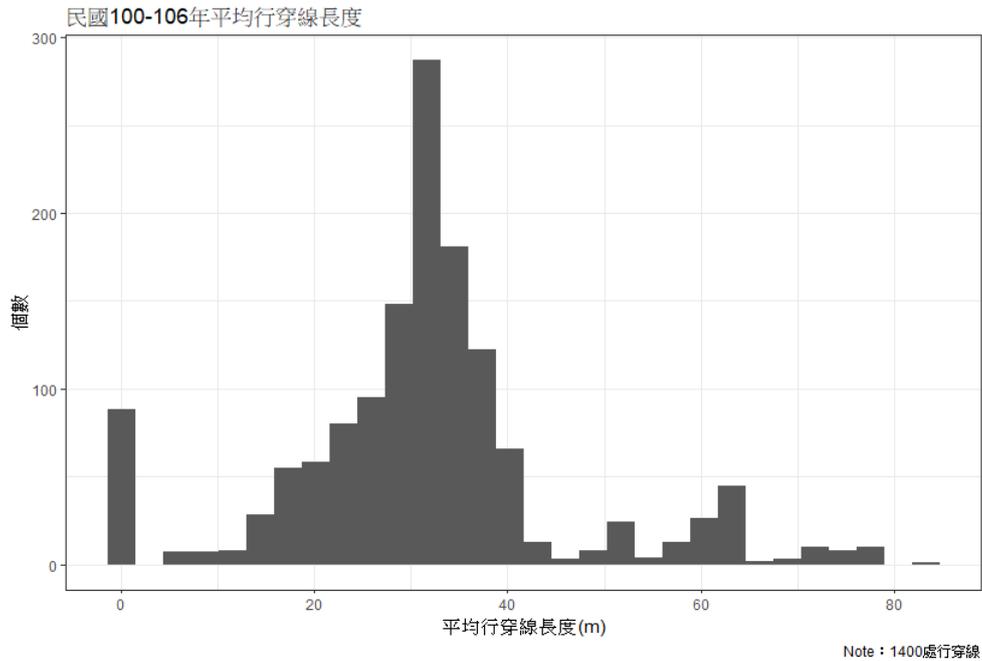


圖 4.1.2 民國 100-106 年平均行穿線長度

圖 4.1.3 為 100-106 年行穿線退縮距離之分布情況，50 個路口各方向的行穿線退縮距離大多在 5 m 以下，只有少數路口的行穿線退縮距離較大。此外，100-106 年平均行穿線退縮距離超過 5 公尺的比例為 33.4%，106 年平均行穿線退縮距離超過 5 公尺的比例為 35.5%，表示近幾年行穿線退縮距離有增加的趨勢。

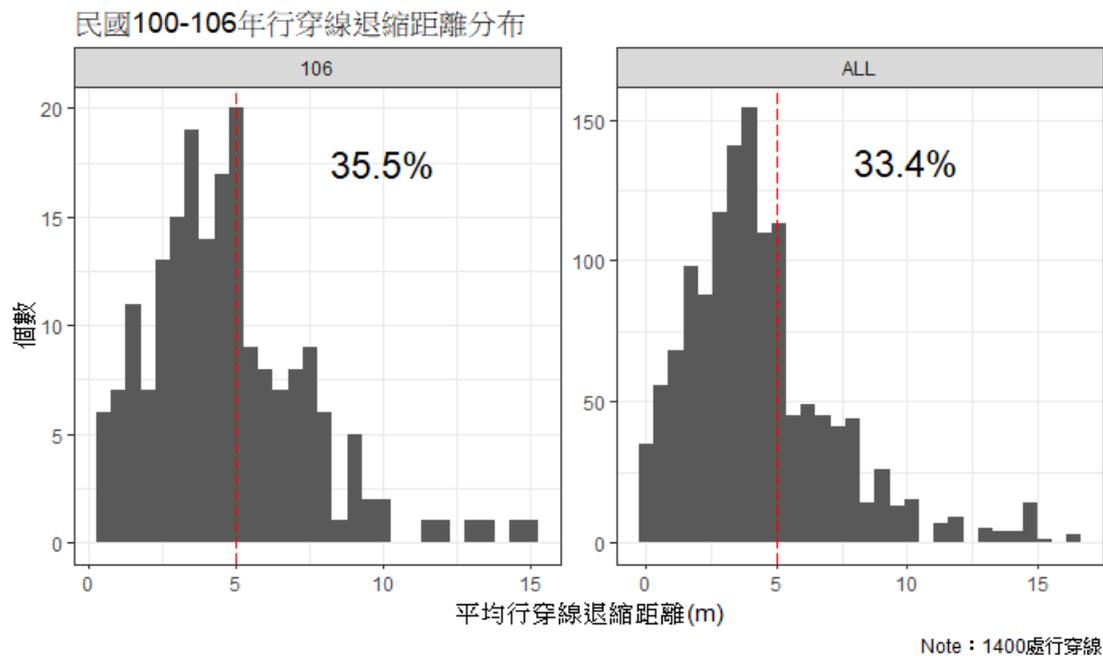


圖 4.1.3 民國 100-106 年平均行穿線退縮距離

## 號控資料

號控資料包含路口是否有行人專用時相、行人早開時相、左轉專用時相、右轉專用時相，表 4.1-5 統整 50 個路口各時相的比例，行人專用時相與行人早開時相的比例相當少，而右轉專用時相與左轉專用時相的比例雖比行人專用時相與行人早開時相的比例高，但大部分都是在假日或尖峰時段才有。

**表 4.1-5 號誌控制資料統計(50 個路口)**

變數	類別	次數	百分比
行人專用時相	無	1,344	96%
	有	56	4%
行人早開時相	無	1,361	97.2%
	該年有變動	1	0.1%
	有	38	2.7%
行人早閉時相 (或行人晚開時相)	無	1,069	76.4%
	有	266	1.9%
	該年有變動	3	0.2%
	假日或尖峰才有	62	4.4%
左轉專用時相	無	985	70.4%
	有	357	25.5%
	該年有變動	2	0.1%
	假日或尖峰才有	56	4%

### 4.1.3 土地使用、人口社經及交通建設資料

表 4.1-6 與表 4.1-7 為行人流量估計模式中 72 個地點的土地使用、人口社經及交通建設各變數之基本統計。

**表 4.1-6 土地使用、人口社經及交通建設資料基本統計-(72 個地點)**

變數	平均值	標準差	最大值	最小值
路口總車道數	23.06	7.26	40	5.00
路口內最大車道數	7.59	1.93	12.00	2.00
路口平均車道數	5.82	1.77	10	1.67
村里人口數(千人)	5.48	1.21	10.79	3.37
村里人口密度(人/平方公里)	28484.87	12579.35	53991.93	5606.24
村里 0-17 歲人口數(千人)	961.40	332.07	3030	549.00
村里 18-64 歲人口數(千人)	3686.72	832.96	6765.00	2274.00
村里 65 歲以上人口數(千人)	835.04	211.16	1514.50	427.00
村里 0-17 歲人口比例	0.17	0.04	0.28	0.11
村里 18-64 歲人口比例	0.67	0.03	0.75	0.59
村里 65 歲以上人口比例	0.15	0.03	0.22	0.07
行政區小汽車登記數(萬輛)	4.87	1.33	7.50	2.52

變數	平均值	標準差	最大值	最小值
行政區機車登記數(萬輛)	7.99	1.75	12.00	4.79
村里薪資所得(千元)	1535880	527804.30	3576829	562294
村里每人平均薪資所得(千元/人)	277.46	57.51	414.63	159.24
商業區面積(平方公尺)	22768.96	18407.12	72573.22	0
住宅區面積(平方公尺)	23724.98	17335.49	60499.86	0
學校面積(平方公尺)	11605.47	13985.00	60345.90	0
公園綠地面積(平方公尺)	3235.70	5956.69	40295.57	0
工業區面積(平方公尺)	1164.98	5671.83	46637.36	0
觀光區面積(平方公尺)	1332.75	6206.45	53730.86	0
公共機關用地面積(平方公尺)	3438.14	9199.94	42486.85	0
交通用地面積(平方公尺)	2814.17	7218.25	51049.41	0
設施面積(平方公尺)	580.17	1546.46	12399.39	0
路口 50 公尺內公車路線數	7.58	12.77	44.00	0
路口 100 公尺內公車路線數	23.77	21.31	95.00	0
路口 200 公尺內公車路線數	63.20	37.12	224.00	4.00
路口 400 公尺內公車路線數	168.62	67.36	390	57.00
路口 50 公尺內 ubike 站數	0.23	0.42	1.00	0
路口 100 公尺內 ubike 站數	0.44	0.56	2.00	0
路口 200 公尺內 ubike 站數	0.85	0.61	3.00	0
路口 400 公尺內 ubike 站數	2.51	1.17	5.00	0
與最近捷運站之距離(m)	430.63	283.30	1605.92	33.93
路口 50 公尺內捷運站數	0.08	0.39	2.00	0
路口 100 公尺內捷運站數	0.13	0.45	2.00	0
路口 200 公尺內捷運站數	0.26	0.62	2.00	0
路口 400 公尺內捷運站數	0.72	0.81	3.00	0
路口 200 公尺內捷運進出站人數(萬人次/日)	0.67	1.69	10.24	0
路口 400 公尺內捷運進出站人數(萬人次/日)	3.62	7.43	35.79	0
路口 200 公尺內 ubike 站總借還量(千輛/日)	0.12	0.21	1.19	0
路口 200 公尺內 ubike 站總停車位	18.64	23.81	88.00	0

表 4.1-7 土地使用、人口社經及交通建設資料類別統計(72 個地點)

變數	內容	次數	百分比
路口 200m 內 有無國小	無	71	46.1%
	有	83	53.9%
路口 200m 內 有無國中	無	118	76.6%
	有	36	23.4%
路口 200m 內 有無高中	無	142	92.2%
	有	12	7.8%
路口 200m 內 有無大學	無	137	89.0%
	有	17	11.0%
路口 200m 內 有無學校	無	38	24.7%
	有	116	75.3%

變數	內容	次數	百分比
路口 200m 內 有無機場	無	153	99.4%
	有	1	0.6%
路口 200m 內 有無鐵路	無	143	92.9%
	有	11	7.1%
路口 200m 內 有無公園	無	32	20.8%
	有	122	79.2%
路口 200m 內 有無工業區	無	139	90.3%
	有	15	9.7%
路口 200m 內 有無觀光區	無	132	85.7%
	有	22	14.3%
路口 200m 內 有無公共機關用地	無	68	44.2%
	有	86	55.8%
路口 200m 內 有無公共設施	無	113	73.4%
	有	41	26.6%

## 4.2 行人事故特性分析

4.2 節將分析行人事故的基本特性，並分析路口幾何、道路交通流量、號誌控制資料與事故之間之基本關係。

### 4.2.1 事故資料與現場圖資料(含 A3 事故)

臺北市民國 101-106 年共發生 6,151 件號誌化路口行人事故(A1+A2 事故)，而本研究所挑選的 50 個號誌化路口於 101-106 年共發生 487 件行人事故(A1+A2 事故，加上 A3 事故共 490 件行人事故)、511 個行人當事者(A1+A2 事故，加上 A3 事故共 514 個行人當事者，佔臺北市號誌化路口行人事故次數的 8%，但臺北市共 2,607 個號誌化路口，因此本研究所選定的路口已屬行人事故較多的路口。

表 4.2-1 為 50 個路口每年行人事故發生次數統計表，每個路口一年的資料為一個樣本，50 個路口 6 年的資料共 300 個樣本。27.7%的路口一年都沒有發生行人事故，僅 1.33%的路口一年發生 6 次以上的行人事故。表 4.2-2 則為行穿線每年行人事故發生次數統計表，一個行穿線一年的資料作為一個樣本，50 個路口各 4 個行穿線 6 年的資料共 1,200 個樣本。70.7%的行穿線一年內都沒有發生行人事故，僅 8 個行穿線一年發生 4 次以上的行人事故。

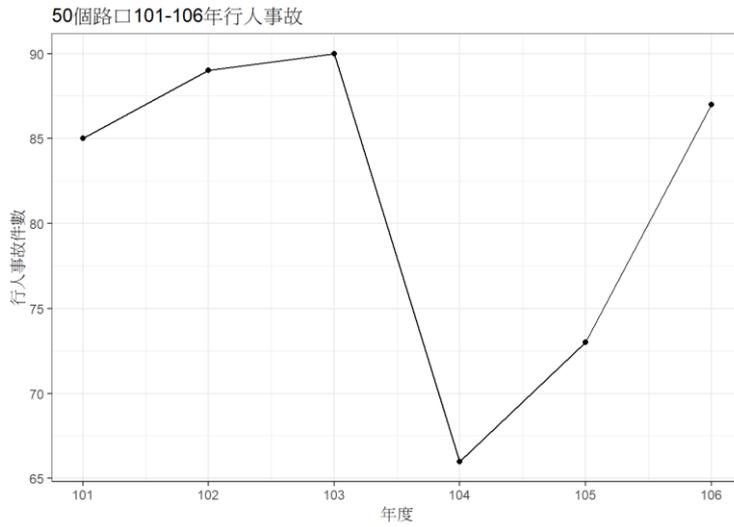
**表 4.2-1 路口行人事故發生次數**

每年行人 事故次數	路口數	百分比
0 次	83	27.7%
1 次	79	26.3%
2 次	69	23%
3 次	30	10%
4 次	19	6.33%
5 次	16	5.33%
6 次	2	0.67%
7 次	1	0.33%
8 次	1	0.33%
總計	300	100%

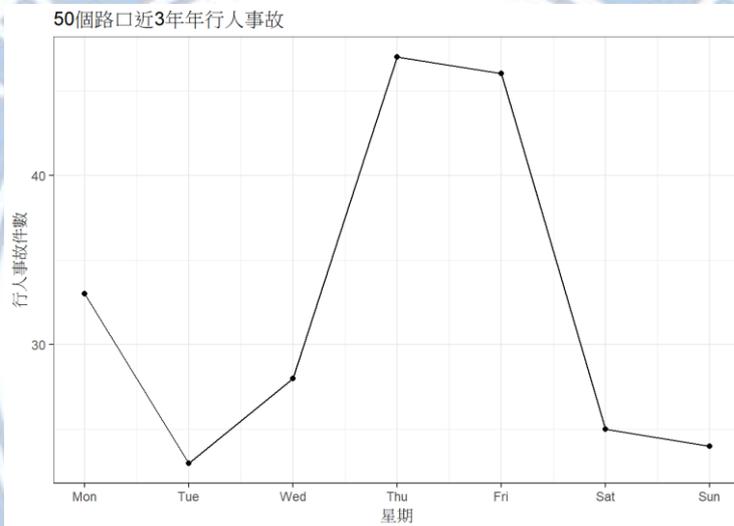
**表 4.2-2 行穿線行人事故發生次數**

每年行人 事故次數	行穿線數	百分比
0 次	848	70.7%
1 次	255	21.2%
2 次	72	6.0%
3 次	17	1.42%
4 次	4	0.33%
5 次	3	0.25%
6 次	0	0%
7 次	0	0%
8 次	1	0.08%
總計	1,200	100%

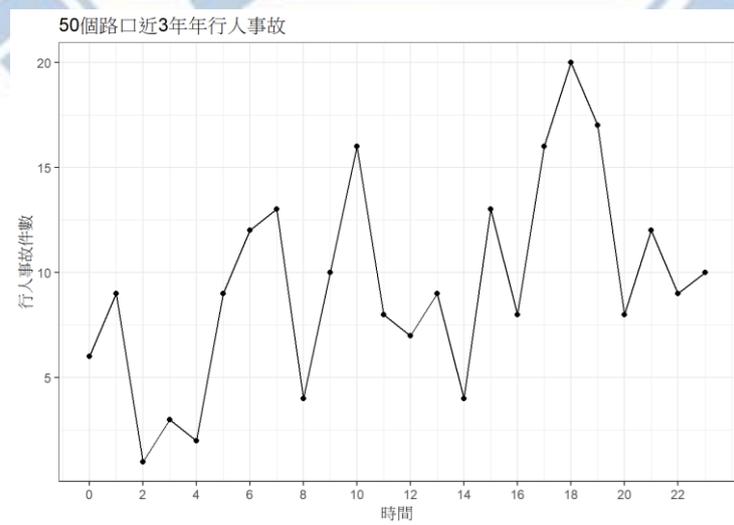
圖 4.2.1 為 50 個路口近 6 年行人事故時間趨勢，民國 101 年至 106 年除了 104 年行人事故較少外，其餘一年皆發生 70 件以上的行人事故。行人事故較多發生在周五，而較少發生在周末；行人事故多發生在晚上尖峰 5-8 點，早上尖峰約為 7-10 點。若以行人事故當事者特性進行分析，當事者年齡層最多為 50-55 歲，20-25 歲的事故當事人次之，詳細事故當事人為行人之年齡分布，如圖 4.2.2 所示。



(a)年趨勢



(b)星期趨勢



(c)24小時趨勢

圖 4.2.1 50 個路口近 6 年發生時間趨勢

台北市101-106年行人事故

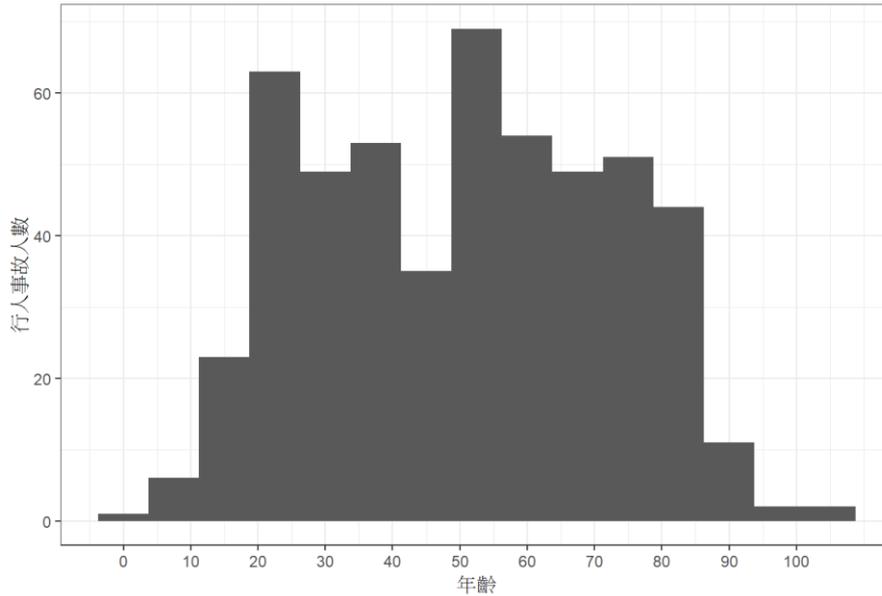


圖 4.2.2 50 個路口行人事故之行人年齡

表 4.2-3 統計 490 件事務中的車行向與人車相對方向，直行車-行人事故最多，左轉車-行人事故次之，左右轉事故接近 1:1，可能是因為 50 個路口皆屬於大路口，且多數設有禁止左轉。人車相對方向中以同向的轉彎人車事故最多，可能係因視線遮蔽影響；反向的轉彎人車事故可能係因車輛未禮讓行人，進而導致事故發生；人車相對方向為垂直的事故可能是有一方違規或是時相、車速等原因。

表 4.2-3 車行向與人車相對方向

人車相對方向	車行向				總計
	右轉	左轉與迴轉	直行	不明	
同向	102	102	4	0	208
反向	44	52	1	0	97
交叉	1	1	149	0	151
不明	4	1	20	9	34
總計	151	156	174	9	490

#### 4.2.2 事故與路口幾何交叉分析

圖 4.2.3 為道路寬度與事故關係圖，圖 4.2.4 為行穿線長度與事故關係圖，道路寬度與行穿線長度與事故略有正向關係，但行穿線長度與事故關係較道路寬度明顯。

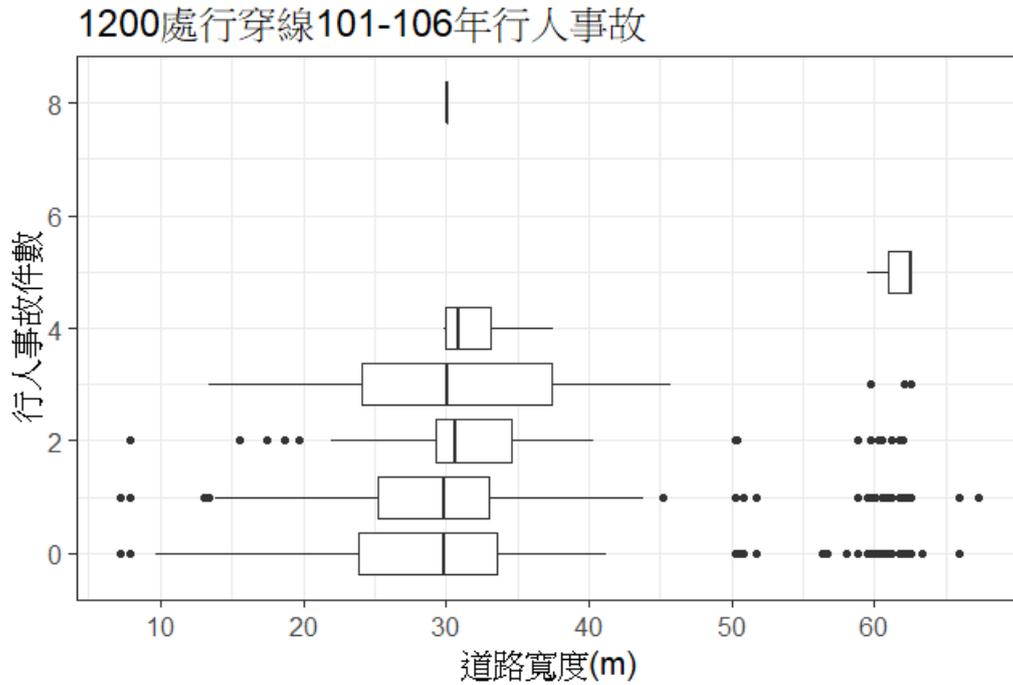


圖 4.2.3 道路寬度與事故關係

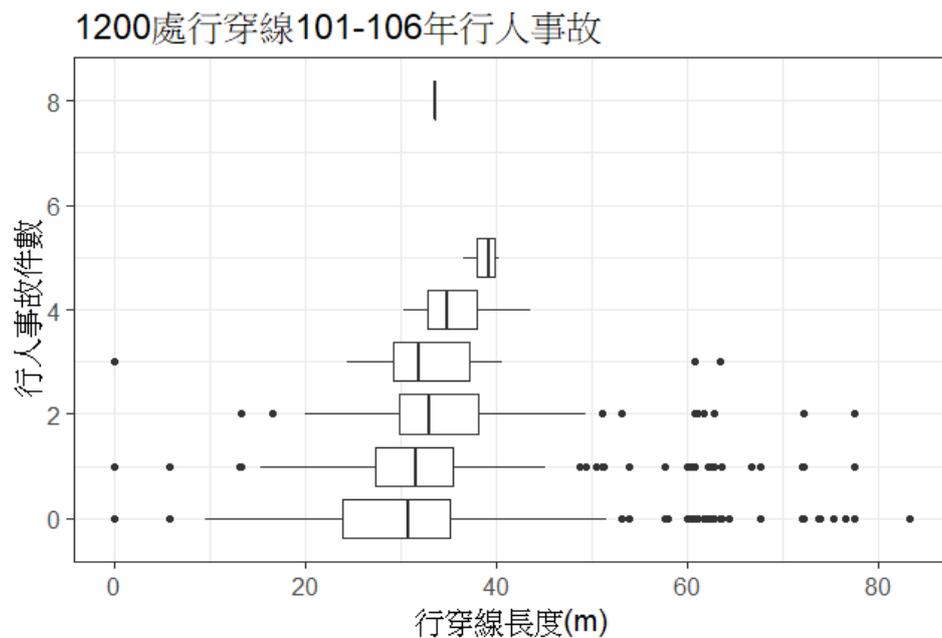


圖 4.2.4 行穿線長度與事故關係圖

圖 4.2.5 為行穿線退縮距離與事故關係圖，行穿線退縮與事故略有負向關係，表示行穿線退縮距離愈多，事故愈少。

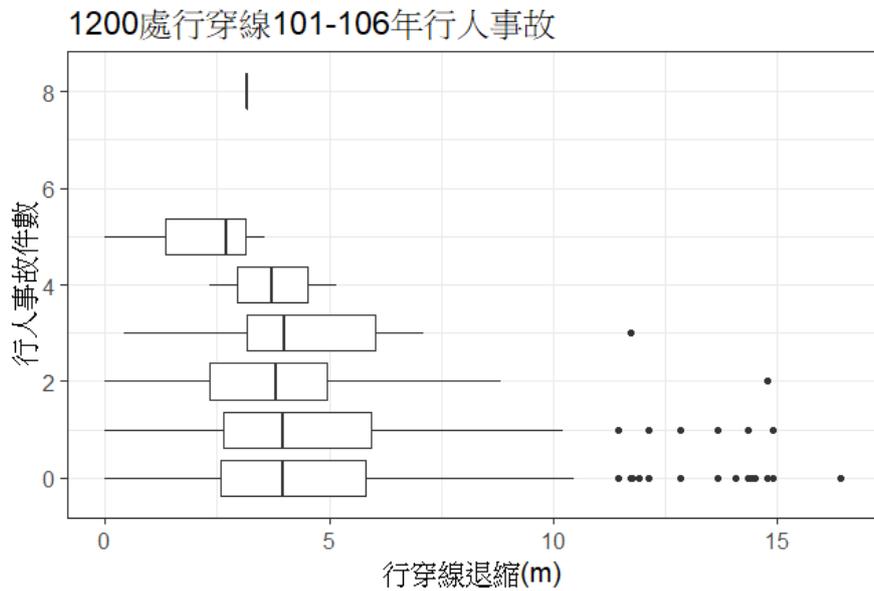


圖 4.2.5 行穿線退縮距離與事故關係

圖 4.2.6 為庇護島與事故發生率關係圖，發生率之定義為該庇護島種類發生之事故件數 / 該庇護島種類之個數。有道路中央設置公車專用道與站牌的事務發生率比無庇護島的事故發生率高，但與一般認知不同的除了 104 年以外，有庇護島的事故發生率比無庇護島的事故發生率高，表示設置庇護島對行人而言較危險。

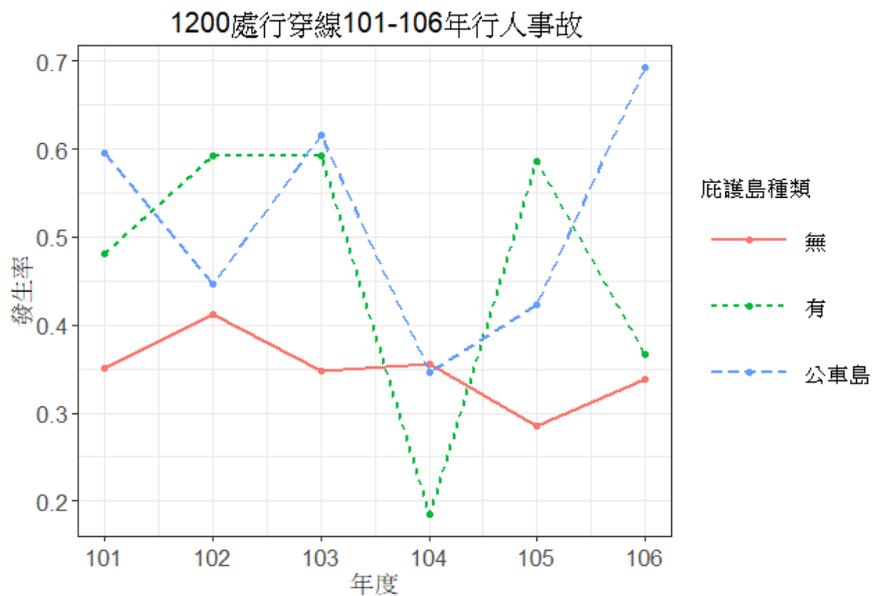


圖 4.2.6 庇護島與事故發生率

### 4.2.3 事故與流量交叉分析

圖 4.2.7 為平均車流與事故關係圖，由於車流資料調查 4 個尖峰小時的道路流量(早上 2 小時，下午 2 小時)，因此圖 4.2.7 中的車流量係 4 個尖峰小時流量的平均值，而車流與行人事故略有正向關係。

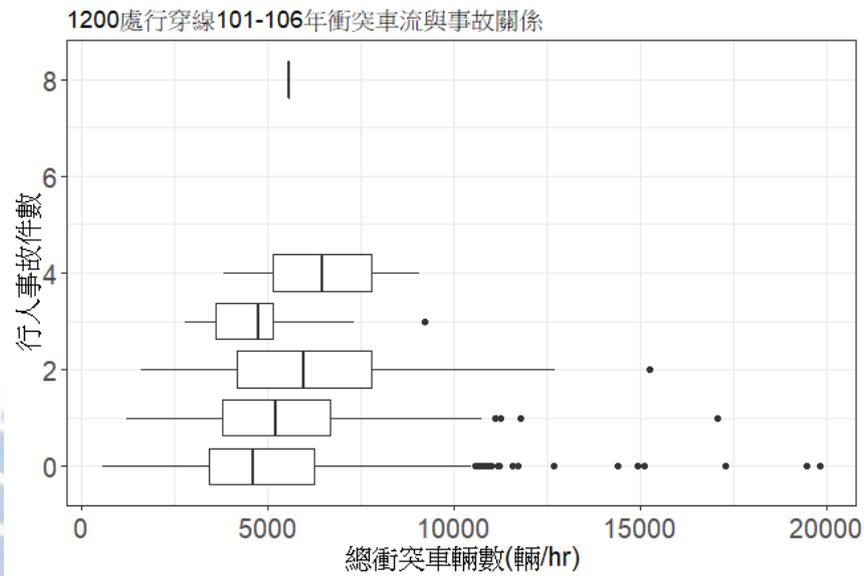


圖 4.2.7 衝突車流與事故關係圖

圖 4.2.8 為平均人流與事故關係圖，人流資料調查 2 個尖峰小時的道路流量(早上 1 小時，下午 1 小時)，因此圖 4.2.8 中的車流量係 2 個尖峰小時流量的平均值，而行人流量與行人事故約有正向關係。

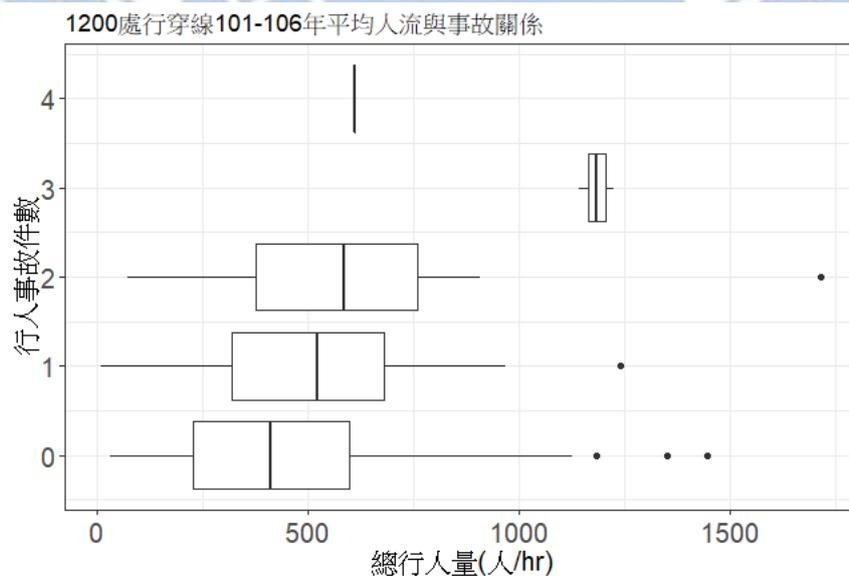


圖 4.2.8 行人量與事故關係圖

#### 4.2.4 事故與號控交叉分析

圖 4.2.9 與圖 4.2.10 為行人專用時相、行人早開時相與事故發生率之關係圖，發生率之定義為有（無）該時相發生之事故件數 / 有（無）該時相之個數。由圖 4.2.9 與圖 4.2.10 可知，有行人保護時相的事故發生率反而較沒有行人保護時相的事故發生率高，但有可能是因為在 50 個研究路口中，有行人專用時相或行人早開時相的路口相當稀少。

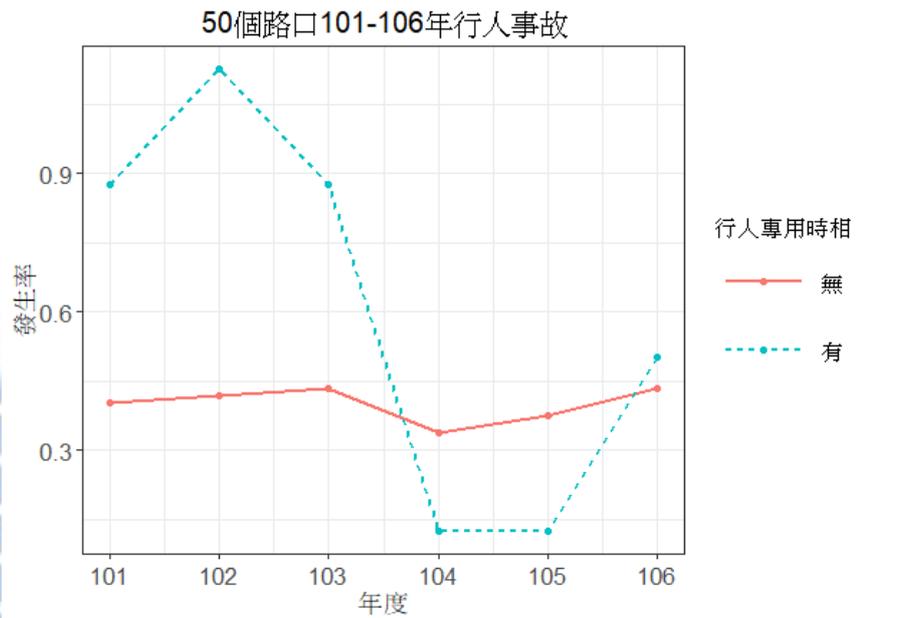


圖 4.2.9 行人專用時相與事故發生率

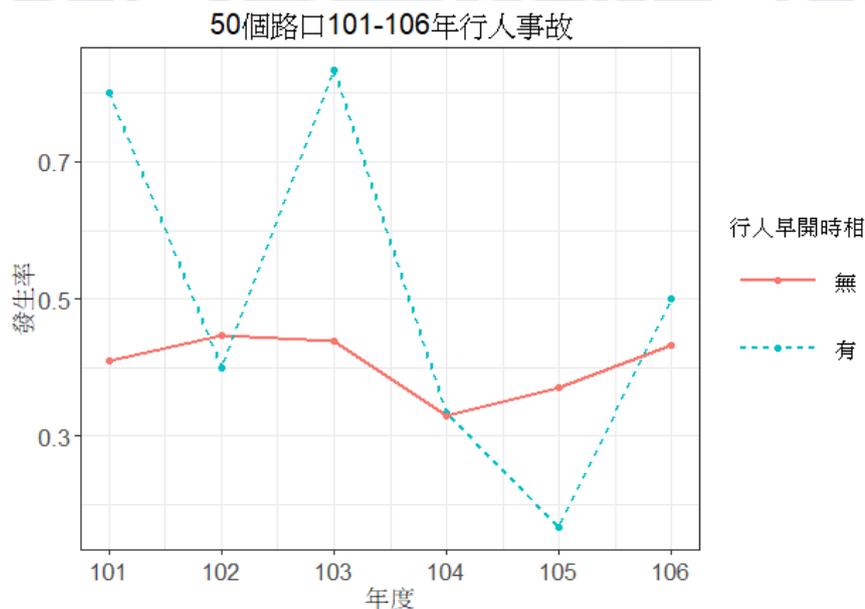


圖 4.2.10 行人早開時相與事故發生率

圖 4.2.11 與圖 4.2.12 為行人早閉時相、左轉專用時相與事故發生率之關係圖，發生率之定義為有（無）該時相發生之事故件數 / 有（無）該時相之個數。設有行人早閉時相或左轉專用時相的事故發生率與沒有設置的事故發生率無明顯關係。

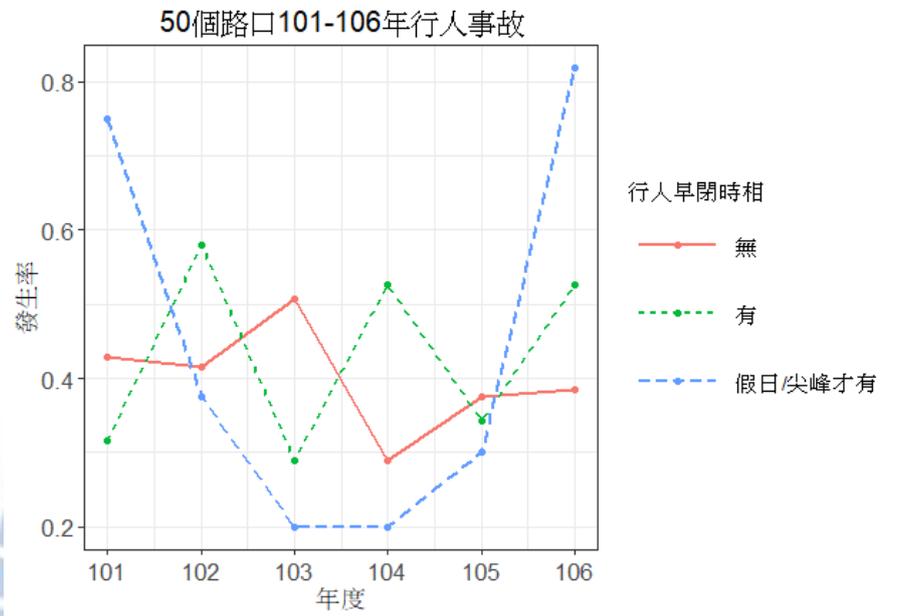


圖 4.2.11 右轉專用時相與事故發生率

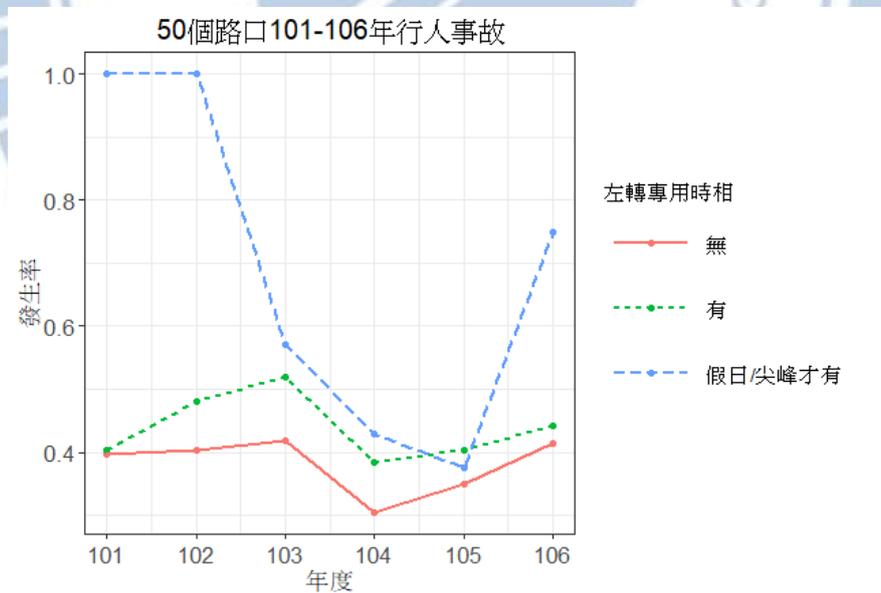


圖 4.2.12 左轉專用時相與事故發生率

## 第五章 行人流量估計模式與行人安全績效函數

本章將針對所蒐集之臺北市號誌化路口事故及相關資料，建立號誌化路口行人流量估計模式、行人安全績效函數及聯合估計模式。5.1 節將說明行人流量估計模式之建立過程與結果，5.2 節說明行人安全績效函數之建立過程，並比較各種模式結果之差異，5.3 節則說明聯合估計模式之建立過程並比較 2 種模式之結果，5.4 節利用 5.2 節所建立之最佳模式嘗試重新建立行穿線之行人安全績效函數，5.5 節將針對分析過程所遇到之問題做延伸討論，5.6 節提出分析結果之小結。

### 5.1 行人流量估計模式之建立

本研究首先利用 Pearson 相關係數分析，探討行人量與各解釋變數(連續)及解釋變數(連續)之間的相關性，並建立行人量與各解釋變數間的簡單迴歸，來選擇放入最終模式的變數，而在建立模式之前，資料中的連續變數皆經過中心化(Centering)之處理。本研究首先分別建立土地使用、人口社經以及交通建設的估計模式，將個別模式中顯著的變數，放入最後的行人流量估計模式，再根據變數之間的相關性做些微的調整，如：替換放入的變數或變數轉換，以避免變數之間的共線性，模式建立之過程請參閱附錄 C。在研究方法的部分，本研究同時考慮多元線性迴歸模式與 log linear 迴歸模式，表 5.1-1 與表 5.1-2 分別為多元迴歸模式與 log linear 迴歸模式之結果，在兩個模式中路口最大車道數、50m 內公車路線數、50m 內 Ubike 站數、400m 內捷運站數、200m 內 Ubike 平均日借還量、0 至 17 歲人口比例、18 至 64 歲人口數、商業區面積與行人流量有正向關係，公園綠地面積、是否有學校、是否有工業區、機車持有數與行人流量則是呈現負向關係。

過去研究用路口的最大車道數來表示路口特性，路口最大車道數愈大表示路口相對而言位在較主要的路口，因此最大車道數愈大，行人也相對較多。在交通建設部分，路口 50 m 內的公車路線數、50 m 內的 Ubike 站數以及 400 m 內的捷運站數代表該路口的公共運輸特性，路口的公共運輸愈便利，行人也會增加，而路口 200 m 內 Ubike 站的平均日租借量愈大，行人也會比較多。

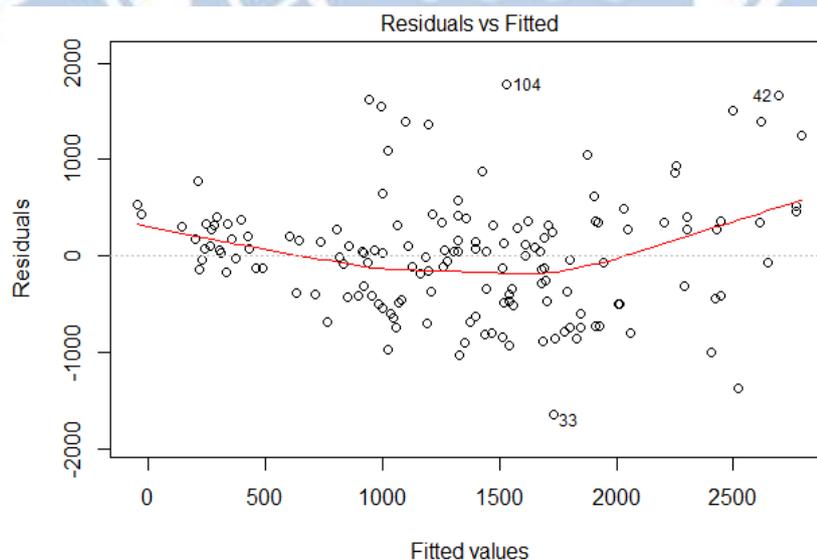
在人口社經特性部分，0-17 歲的人口因為還未達到合法取得駕照的年齡，外出活動多是依靠步行或公共運輸，因此路口周遭 0-17 歲人口的比例愈高，行人愈多；18-64 歲人口數與總人口數有極高的相關性，18-64 歲人口數也可代表路口周遭的總居住人口，居住人口多，表示在路口周遭活動的行人也會比較多。

在土地使用部分，商業區面積愈大，行人相對較多；周遭有工業區的路口，行人會比較少；公園綠地面積愈大，行人流量愈少，推測係因行人流量調查皆是在平日的尖峰時間調查，然而行人多是在離峰或假日才會在公園綠地活動，因此公園綠地面積與行人流量呈負向關係應是合理的結果。路口周遭有學校比沒有學校的行人流量少，推斷可能是與行人流量的調查時間有關。

**表 5.1-1 行人流量估計模式之結果-多元迴歸模式**

變數	估計值	標準差	Pr(> t )	
(Intercept)	-9899.702	3690.496	0.008	***
最大車道數	81.214	31.882	0.012	**
50m 內公車路線數	18.329	4.358	0.001	***
50m 內 Ubike 站數	365.747	132.996	0.007	***
400m 內捷運站數	241.666	83.896	0.005	***
200 m 內 Ubike 平均日借還量	1107.849	293.810	0.001	***
0 至 17 歲人口比例	7186.328	1731.128	0.001	***
Log(18 至 64 歲人口數)	1438.044	448.893	0.002	***
機車持有數(村里)	-2915.817	2087.246	0.165	
商業區面積 <sup>0.5</sup>	508.636	882.046	0.565	
公園綠地面積	-42820.307	9766.511	0.001	***
是否有學校	-731.714	132.917	0.001	***
是否有工業區	-486.511	194.739	0.014	**
Multiple R-squared: 0.5508				
Adjusted R-squared: 0.5126				
10 fold cross validation MAPE : 0.83				

註：\*\*\*：p-value < 0.01，\*\*：p-value < 0.05，\*：p-value < 0.1



**圖 5.1.1 行人流量估計模式殘差圖-多元迴歸模式**

表 5.1-2 行人流量估計模式之結果 - log linear 迴歸模式

變數	估計值	標準差	Pr(> t )
(Intercept)	-2.953	3.475	0.3968
最大車道數	0.071	0.030	0.0187 **
50 m 內公車路線數	0.017	0.004	0.0001 ***
50 m 內 Ubike 站數	0.319	0.125	0.0119 **
400 m 內捷運站數	0.163	0.079	0.0406 **
200 m 內 Ubike 平均日借還量	0.787	0.277	0.0051 ***
0-17 歲人口比例	6.741	1.630	0.0001 ***
Log(18-64 歲人口數)	1.231	0.423	0.0042 ***
機車持有數(村里)	-2.502	1.965	0.2051
商業區面積 <sup>0.5</sup>	1.914	0.830	0.0227 **
公園綠地面積	-29.263	9.195	0.0018 ***
是否有學校	-0.496	0.125	0.0001 ***
是否有工業區	-0.685	0.183	0.0003 ***
Multiple R-squared: 0.5089			
Adjusted R-squared: 0.4671			
10 fold cross validation MAPE : 0.072			

註：\*\*\*：p-value < 0.01，\*\*：p-value < 0.05，\*：p-value < 0.1

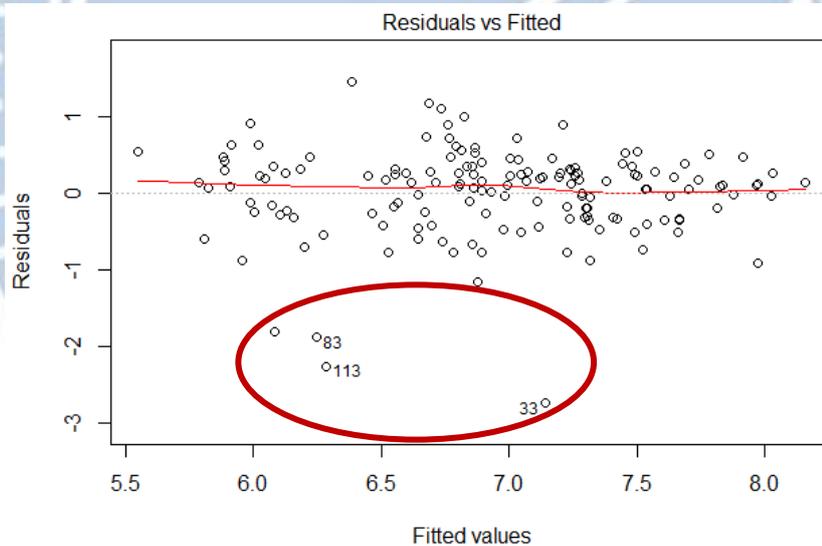


圖 5.1.2 行人流量估計模式殘差圖- log linear 模式

在模式當中有 4 個誤差較大的資料點(圖 5.1.2 紅色圓圈內)，在檢視資料時發現 4 個路口的行人流量相對偏低，4 個路口分別為 101 年南港路八德路東新街成美橋、102 年新生北路錦州街、102 年文林路福國路、103 年忠孝東路研究院路。南港路八德路東新街成美橋雖是大型路口，但該路中僅一個方向有劃設行穿線，可能因此導致行人流量少。新生北路錦州街位於新生高架道路下方，行人無法直接穿越該路口，可能因此導致行人流量較少。文林路福國路路口雖緊鄰捷運芝山站，但該路口周邊主要的建築為臺北高等行政法院與臺灣戲曲中心，兩個建築皆不是在尖峰時段吸引人流前往，在行人流量估計模式沒有捕捉到此特性的狀況下，模式的估計誤差也較大。忠孝東路研究院路路口在 104 年之前皆未劃設行穿線只有設置行人天橋，可能導致行人流量相對較少。

兩個模式中  $R^2$  值雖以多元線性迴歸較佳，但從殘差圖(圖 5.1.1、圖 5.1.2)與 10-fold cross validation 的 MAPE 值可看出 log linear 迴歸模式的估計結果較佳，因此本研究選用 log linear 迴歸模式作為最終行人流量估計模式。本研究另畫出兩個模式的觀察值與 95% 估計信賴區間比較圖，民國 106 年結果如圖 5.1.3 所示，從圖 5.1.3 可看出行人流量估計模式在實際行人量低以及離市中心較遠的路口時估計不準確，100-105 的模式觀察值與 95% 估計信賴區間比較圖詳見附錄 A。

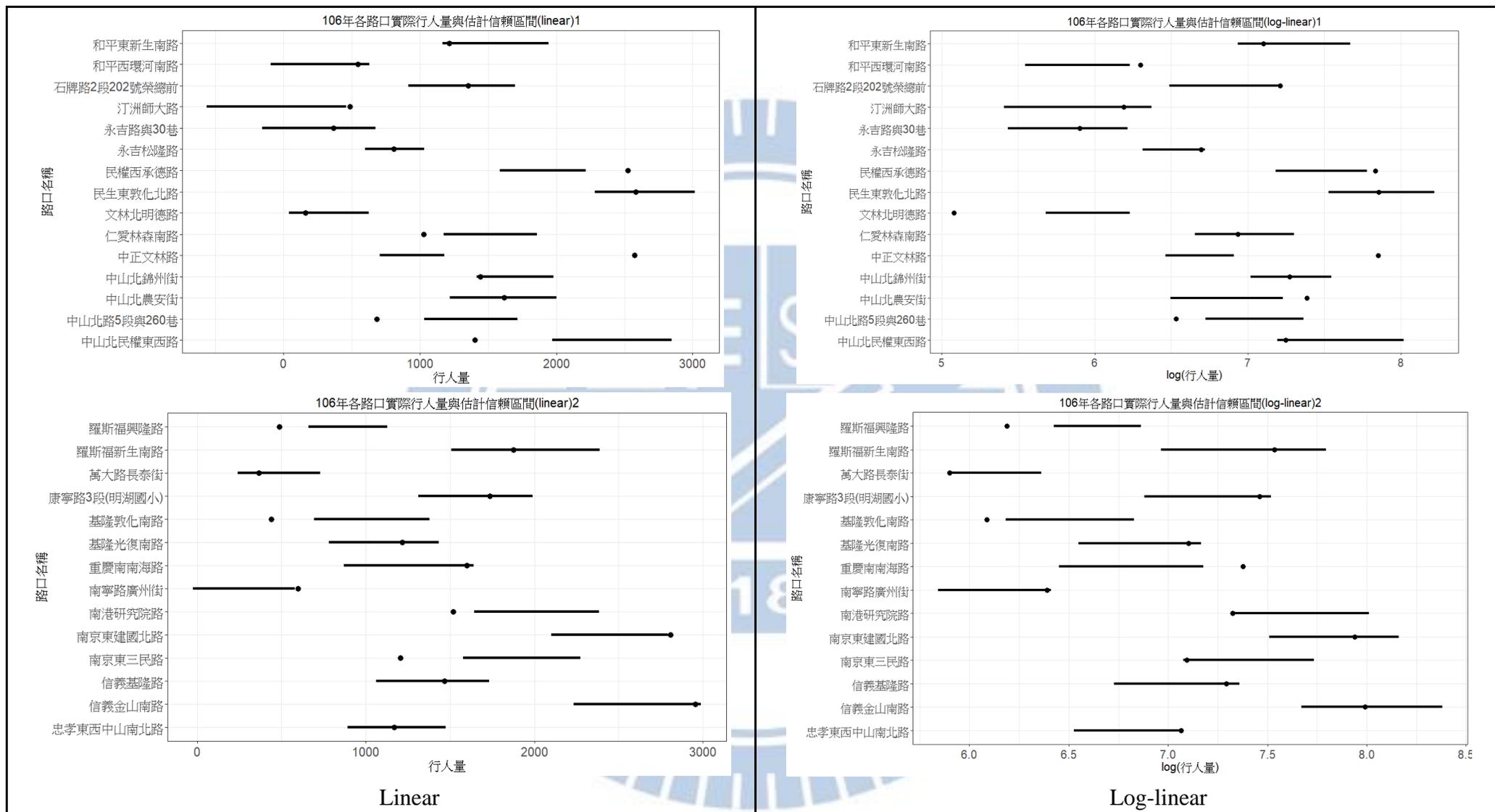


圖 5.1.3 民國 106 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

## 5.2 號誌化路口行人安全績效函數

### 5.2.1 行人安全績效函數之建立

過去文獻在建立行人安全績效函數卻缺乏行人流量時，除利用路口周遭土地使用與人口社經特性建立行人流量估計模式外，也會用路口周遭土地使用與人口社經特性作為行人流量的相關變數放入行人安全績效函數。因此本研究利用 5.1 節建立的行人流量估計模式，將估計行人量代入行人安全績效函數中，並建立使用行人流量相關變數的行人安全績效函數。

由於臺北市的行人流量調查係在平日尖峰做抽樣調查，5.1 節行人流量估計模式的估計結果係尖峰小時的行人流量，但行人事故並非完全發生在尖峰時段，因此除了建立上述兩種行人安全績效函數外，也嘗試建立第三種行人安全績效函數，將估計行人量以及與行人流量相關的相關變數同時放進行人安全績效函數中，用來捕捉非尖峰時間的特性，以彌補估計行人量係尖峰流量的缺點。此外，由於行人事故資料有大量 0 的現象，因此除了負二項迴歸模式(以下簡稱 NB model) 之外，本研究亦嘗試使用零膨脹負二項模式(以下簡稱 ZINB model) 來建立行人安全績效函數，最後比較六個模式的結果。

使用估計行人量的行人安全績效函數首先考慮曝光量(估計行人量、車流量)，車流量部分先分別使用路口總車流與分向車流進行模式建構，模式以分向車流的結果較佳，後續模式中的曝光量皆以分向的車流為主，有些模式中的曝光量雖不顯著，但考量到須控制住曝光量，才能探討其他變數對行人事故的影響，因此即使曝光量不顯著，模式中仍予以保留。考慮完曝光量之後再依序加入車種比例、道路幾何、號控時相等變數，由於事故資料為 panel data，因此最後在模式中加入發生年份的 dummy 變數，探討資料是否有時間相關性。

使用相關變數的行人安全績效函數首先考慮曝光量(車流量)，考慮完曝光量之後再依序加入車種比例、道路幾何、號控時相、年份等變數，最後依序加入土地使用、人口社經及交通建設變數。同時使用估計行人量與相關變數的行人安全績效函數則係以用估計行人量的行人安全績效函數為基礎，再依序加入土地使用、人口社經及交通建設變數，模式建立之中間過程請參閱附錄 D。

三個 ZINB 模式中的 Count model 係以上述三個 NB 模式為基礎進行些微調整，Zero model 則僅考慮曝光量與號控變數，上述的六個模式中的連續變數皆經過中心化(Centring)處理，應變數(Y)皆為路口行人事故次數 / 年。

表 5.2-1 為只用估計行人量與 NB model 建立的行人安全績效函數結果，在模式中曝光量的部分，僅直行車流量與行人事故有顯著正相關，表示通過路口的直行車流愈多，該路口的行人事故愈多。在車種比例的部分，則是路口小型車比例愈高，行人事故愈多。道路幾何部分，路口內的公車島個數愈多，行人事故愈多；路口內行穿線退縮 5m 以上的行穿線個數愈多，行人事故愈少。

圖 5.2.1 為表 5.2-1 模式的殘差圖，殘差圖中點落在灰線內表示誤差在可接受範圍內，圖 5.2.2 為表 5.2-1 模式中各變數對行人事故的影響效果圖，模式中以小型車比例對行人事故的影響最大，其次為直行車流量。

圖 5.2.3 為表 5.2-1 模式的 95% 估計信賴區間與民國 106 年實際行人事故數，圖中大部分路口的行人事故數都不在 95% 的信賴區間內，表示 NB 模式估計的較不準確，民國 101 年至 105 年的 95% 估計信賴區間與實際事故數圖詳見附錄 B。

**表 5.2-1 行人安全績效函數-估計行人量( NB model )**

變數	估計值	標準差	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.891	0.306	0.004	***
Log(估計行人量)	-0.075	0.120	0.536	
Log(左轉車流量)	-0.034	0.033	0.307	
Log(直行車流量)	0.574	0.251	0.022	**
Log(右轉車流量)	-0.131	0.196	0.505	
小型車比例	2.948	0.655	0.000	***
路口內公車島個數	0.206	0.056	0.000	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.132	0.049	0.008	***
Null deviance: 332.57 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 295.27 on 245 degrees of freedom				
AIC: 821.85				
估計值與觀察值相關係數：0.377				

註：\*\*\*：p<0.01，\*\*：p<0.05，\*：p<0.1

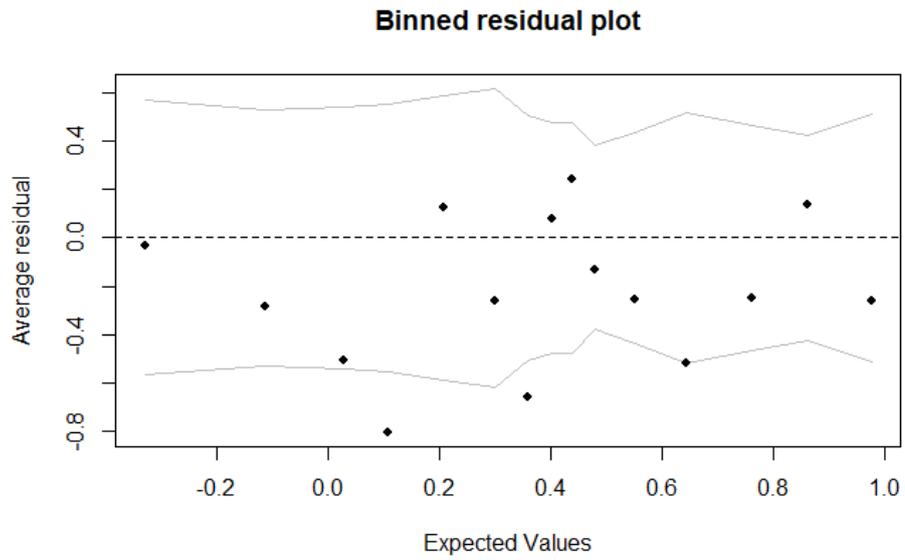


圖 5.2.1 估計行人量-NB model 殘差圖

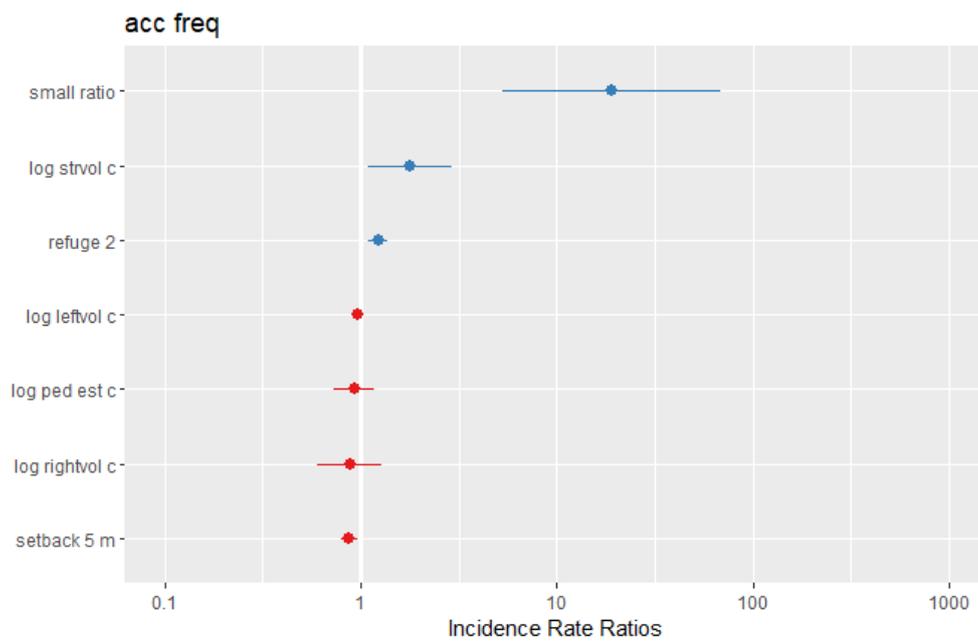


圖 5.2.2 估計行人量-NB model 各變數對事故之影響效果

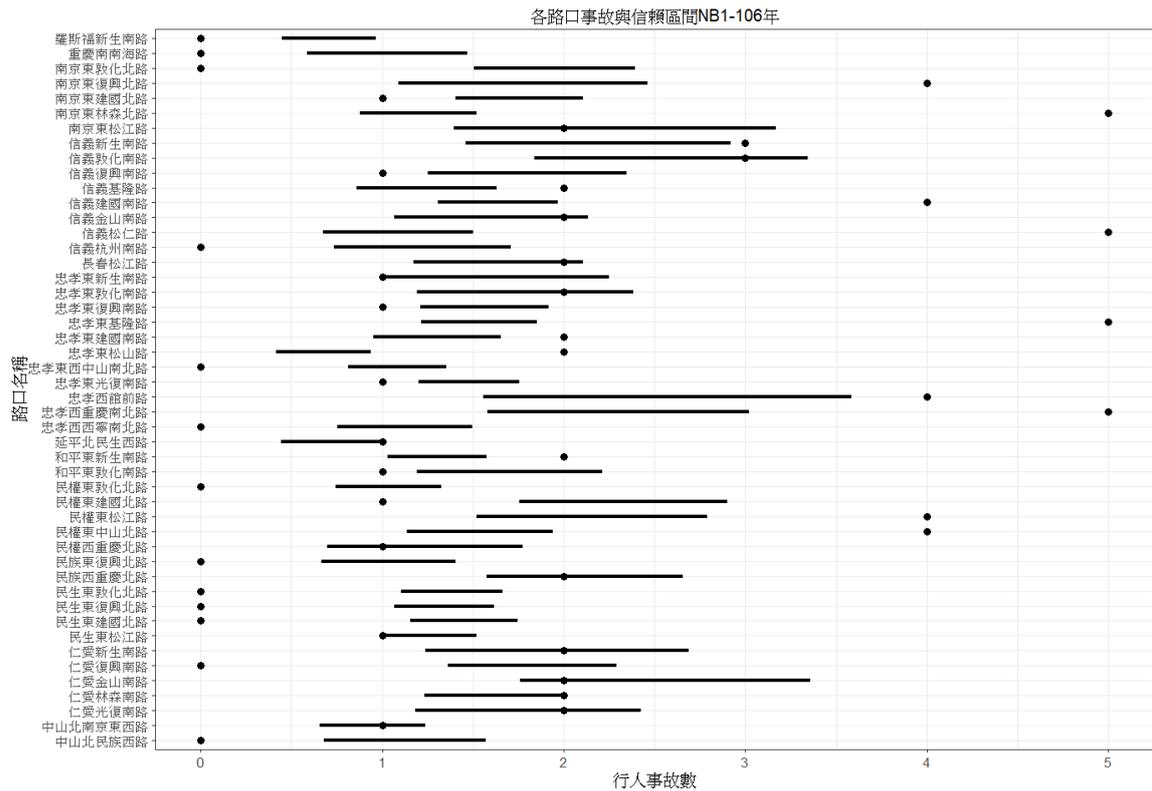


圖 5.2.3 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(106 年)

表 5.2-2 為用估計行人量與 ZINB model 建立的行人安全績效函數結果，在 Count 模式中變數的影響皆與 NB model 相同，僅參數的數值有些微差異，而在 Zero model 中，行人量愈多，愈不會發生行人事故，左轉車流量愈多，則愈容易發生行人事故。

圖 5.2.4 為表 5.2-2 模式的殘差圖，殘差圖中點落在灰線內表示誤差在可接受範圍內，圖 5.2.5 為表 5.2-2 模式中各變數對行人事故的影響效果圖，模式中以小型車比例對行人事故的影響最大，其次為直行車流量。從殘差圖可知兩個模式中 ZINB 模式落在線外的點較少，且從 AIC 值及與觀察值的相關係數來看，ZINB 模式皆比 NB 模式好。

圖 5.2.6 為表 5.2-2 模式的 95%估計信賴區間與民國 106 年實際行人事故數，圖中大部分路口的行人事故數都不在 95%的信賴區間內，表示 ZINB 模式估計較不準確，民國 101 年至 105 年的 95%估計信賴區間與實際事故數圖詳見附錄 B。

表 5.2-2 行人安全績效函數-估計行人量( ZINB model )

變數	估計值	標準差	Pr(> z )	
Count model coefficients (negbin with log link)				
(Intercept)	-0.576	0.318	0.070	*
Log(估計行人量)	-0.165	0.118	0.163	
Log(左轉車流量)	-0.009	0.035	0.789	
Log(直行車流量)	0.513	0.244	0.036	**
Log(右轉車流量)	-0.180	0.206	0.384	
小型車比例	2.473	0.637	0.000	***
路口內公車島個數	0.176	0.057	0.002	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.124	0.047	0.008	***
Log(theta)	2.685	1.043	0.010	**
Zero-inflation model coefficients (binomial with logit link)				
(Intercept)	-4.960	2.070	0.017	**
Log(估計行人量)	-3.514	1.841	0.056	*
Log(左轉車流量)	1.400	0.621	0.024	**
AIC : 815.479				
Log-likelihood: -395.7 on 12 Df				
估計值與觀察值相關係數 : 0.399				

註：\*\*\*：p<0.01，\*\*：p<0.05，\*：p<0.1

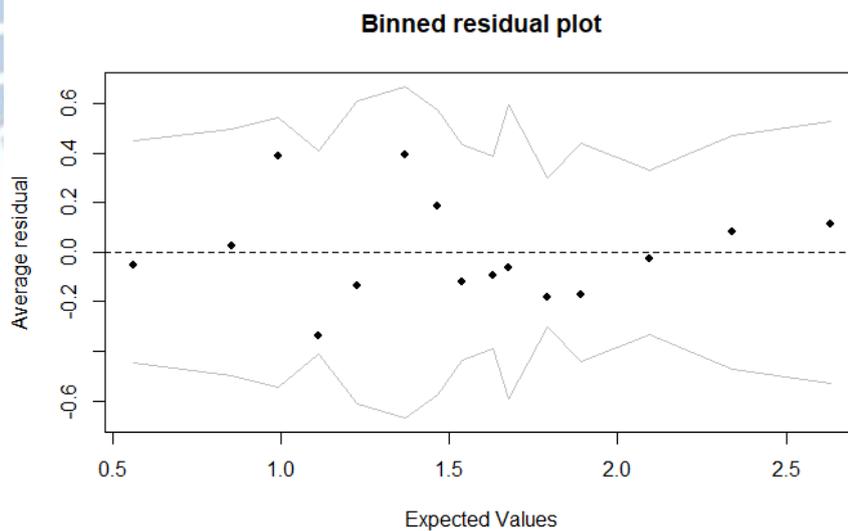


圖 5.2.4 估計行人量-ZINB model 殘差圖

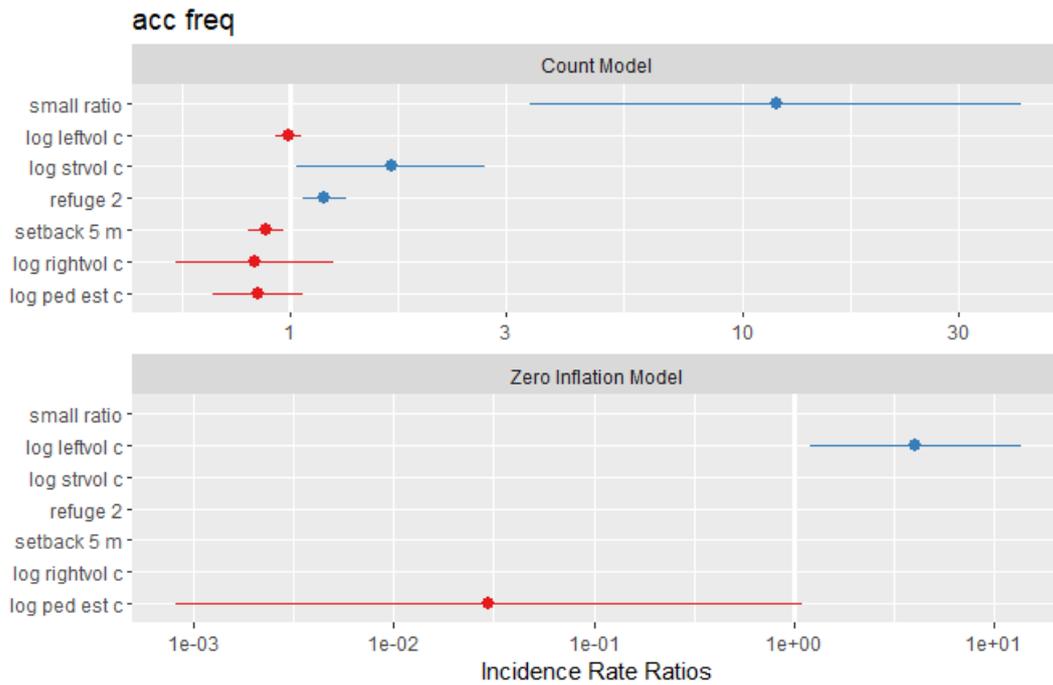


圖 5.2.5 估計行人量-ZINB model 各變數對事故之影響效果

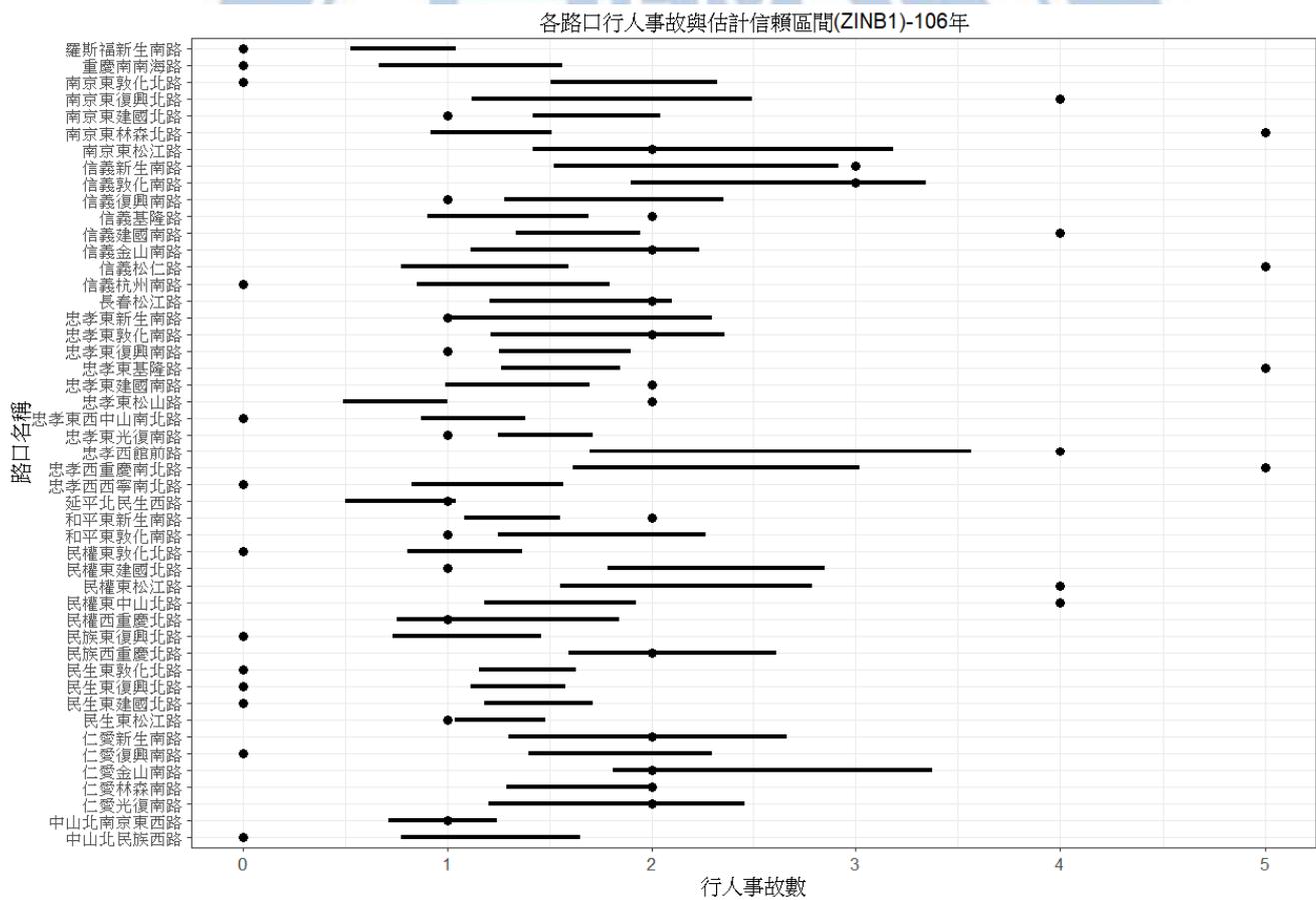


圖 5.2.6 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(106 年)

表 5.2-3 為用相關變數與 NB model 建立的行人安全績效函數結果，在曝光量的部分，直行車流量與行人事故有顯著正相關，表示路口的直行車流愈多，該路口的行人事故愈多；在車種比例的部分，則是路口小型車比例愈高行人事故愈多；道路幾何部分，行穿線退縮 5m 以上的行穿線個數愈多，行人事故愈少。在相關變數的部分，商業區面積愈大，行人事故愈多；100 m 內的公車路線愈多，行人事故也愈多。路口 400 m 內大學數量與路口 400 m 內公園數量愈多，行人事故也會較多，而路口 400 m 內高、國中、小學數量愈多行人事故愈低。

圖 5.2.7 為表 5.2-3 模式的殘差圖，殘差圖中點落在灰線內表示誤差在可接受範圍內，圖 5.2.8 為表 5.2-3 模式中各變數對行人事故的影響效果圖，模式中商業區面積對行人事故的影響最大，小型車比例的影響次之。

圖 5.2.9 為表 5.2-3 模式的 95% 估計信賴區間與民國 106 年實際行人事故數，圖中大部分路口的行人事故數都不在 95% 的信賴區間內，表示 NB 模式估計的較不準確，民國 101 年至 105 年的 95% 估計信賴區間與實際事故數圖詳見附錄 B。

**表 5.2-3 行人安全績效函數-相關變數( NB model )**

變數	估計值	標準差	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.801	0.291	0.006	***
Log(左轉車流量)	0.026	0.036	0.473	
Log(直行車流量)	0.666	0.213	0.002	***
Log(右轉車流量)	-0.151	0.183	0.409	
小型車比例	2.136	0.578	0.000	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.096	0.048	0.045	**
商業區面積	5.413	3.031	0.074	*
100m 內公車路線數	0.014	0.003	0.000	***
路口 400 m 內大專院校數量	0.113	0.063	0.076	*
路口 400 m 內高、國中、小學數量	-0.092	0.034	0.006	***
路口 400 m 內公園數量	0.100	0.024	0.000	***
Null deviance: 376.86 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 292.10 on 242 degrees of freedom				
AIC: 789.42				
估計值與觀察值相關係數：0.502				

註：\*\*\*：p<0.01，\*\*：p<0.05，\*：p<0.1

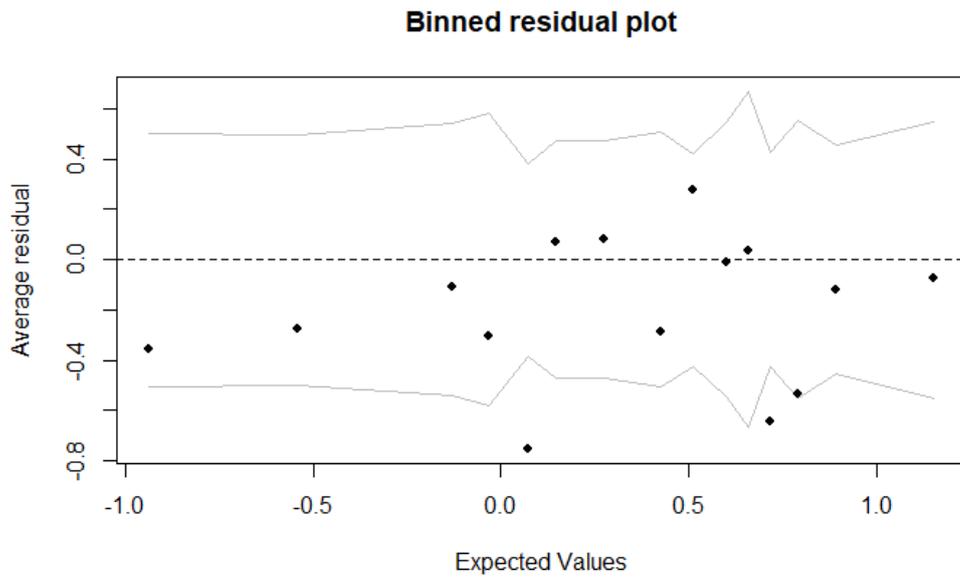


圖 5.2.7 相關變數-NB model 殘差圖

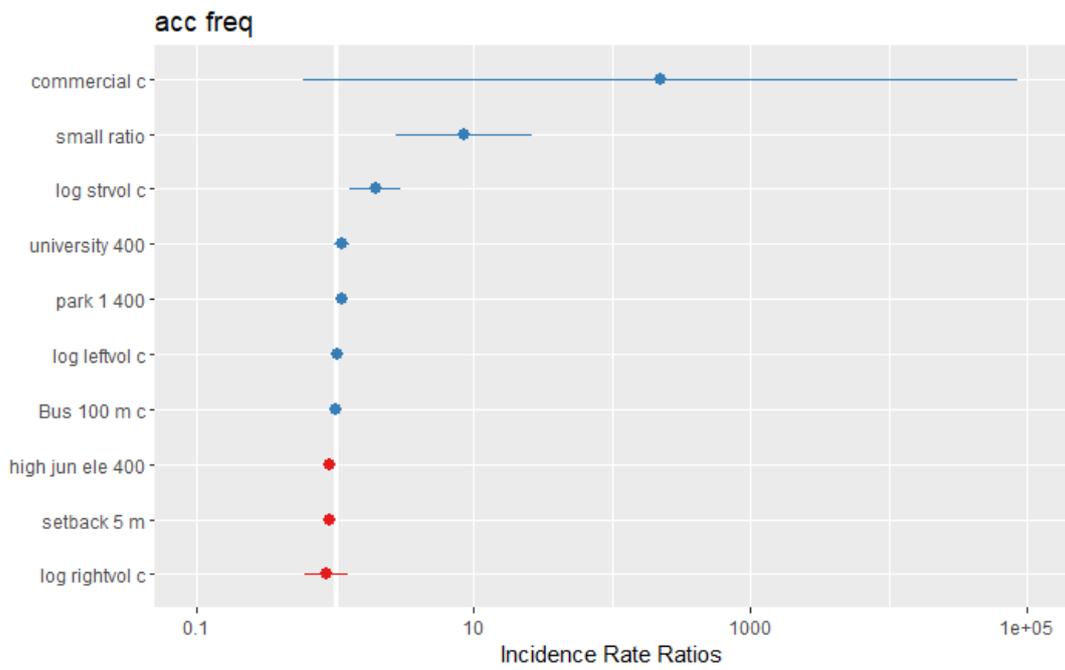


圖 5.2.8 相關變數-NB model 各變數對事故之影響效果

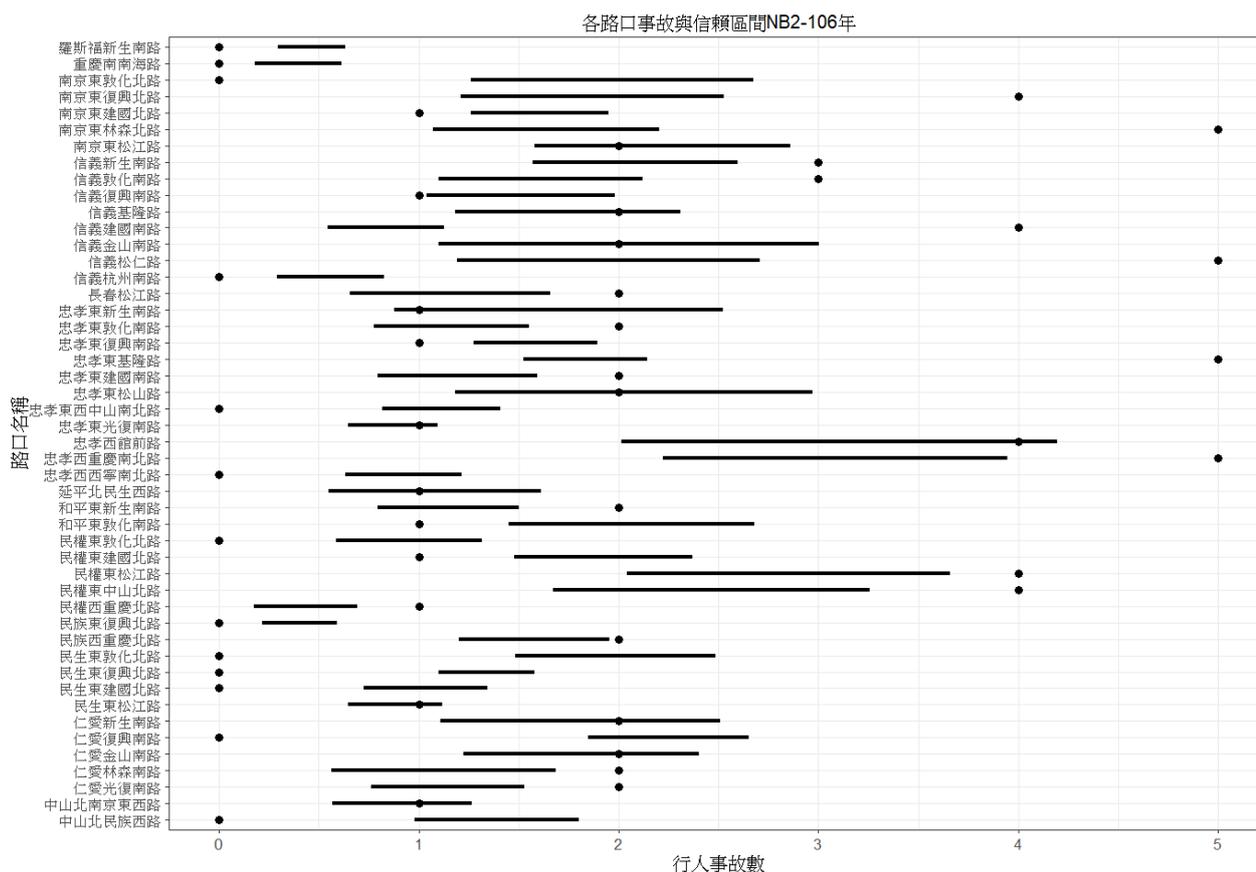


圖 5.2.9 相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(106 年)

表 5.2-4 為用相關變數與 ZINB model 建立的行人安全績效函數結果，在 Count 模式中變數的影響皆與 NB model 相同，僅參數的數值有些微差異，而在 Zero model 中，右轉車流量愈多，則愈容易發生行人事故。

圖 5.2.10 為表 5.2-4 模式的殘差圖，殘差圖中點落在灰線內表示誤差在可接受範圍內，與涂 5.2.7 相比，兩個相關變數模式中 ZINB 模式落在線外的點較少，且從 AIC 值及與觀察值的相關係數來看，ZINB 模式皆比 NB 模式好。圖 5.2.11 為表 5.2-4 模式中各變數對行人事故的影響效果圖，模式中以商業區面積對行人事故的影響最大，其次則為小型車比例。

圖 5.2.12 為表 5.2-4 模式的 95%估計信賴區間與民國 106 年實際行人事故數，圖中有許多路口的行人事故數都不在 95%的信賴區間內，表示 ZINB 模式估計的不準確，但與估計行人量-ZINB 模式的圖 5.2.6 相比，圖 5.2.12 中 95%估計信賴區間有涵蓋實際行人事故數的路口較多，表示與估計行人量-ZINB 模式相比，相關變數-ZINB 模式較佳，民國 101 年至 105 年的 95%估計信賴區間與實際事故數圖詳見附錄 B。

表 5.2-4 行人安全績效函數-相關變數( ZINB model )

變數	估計值	標準差	Pr(> z )
Count model coefficients (negbin with log link)			
(Intercept)	-0.702	0.290	0.016 **
Log(左轉車流量)	0.025	0.037	0.495
Log(直行車流量)	0.549	0.213	0.010 ***
Log(右轉車流量)	0.118	0.202	0.559
小型車比例	2.107	0.574	0.000 ***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.091	0.047	0.055 *
商業區面積	5.996	3.108	0.054 *
100m 內公車路線數	0.013	0.003	0.000 ***
路口 400 m 內大專院校數量	0.105	0.063	0.096 *
路口 400 m 內高、國中、小學數量	-0.090	0.034	0.008 ***
路口 400 m 內公園數量	0.097	0.026	0.000 ***
Log(theta)	9.454	31.391	0.763
Zero-inflation model coefficients (binomial with logit link)			
(Intercept)	-3.631	1.137	0.001 ***
Log(右轉車流量)	4.877	2.356	0.038 **
AIC : 786.50			
Log-likelihood: -379.2 on 14 Df			
估計值與觀察值相關係數 : 0.505			

註：\*\*\*：p<0.01，\*\*：p<0.05，\*：p<0.1

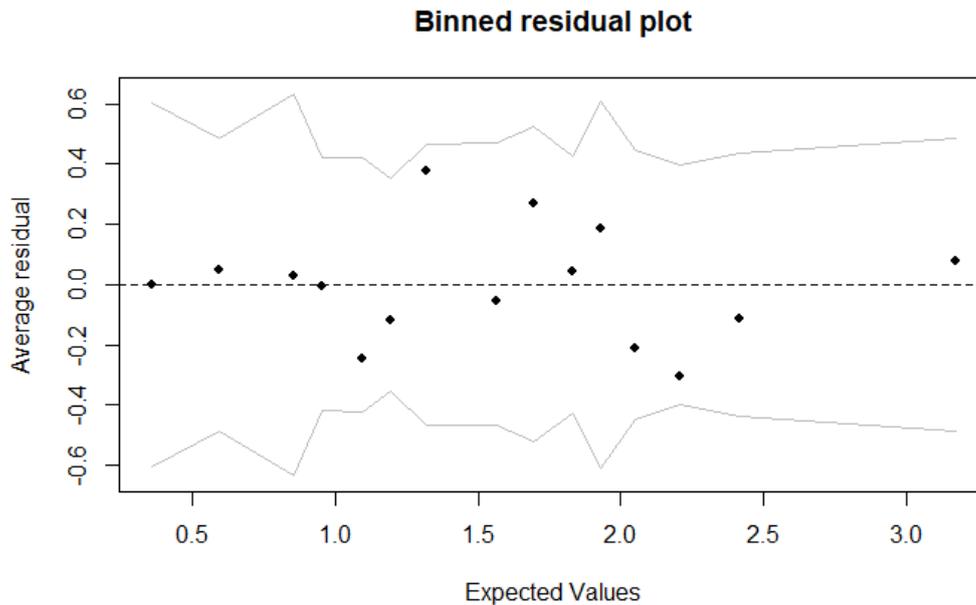


圖 5.2.10 相關變數-ZINB model 殘差圖

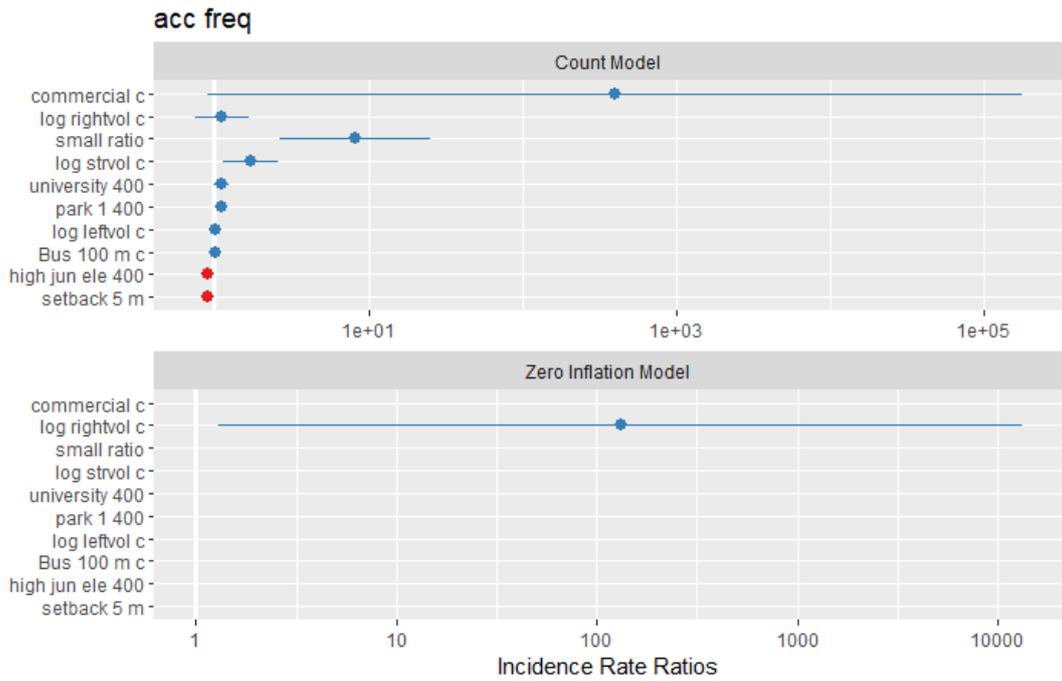


圖 5.2.11 相關變數-ZINB model 各變數對事故之影響效果

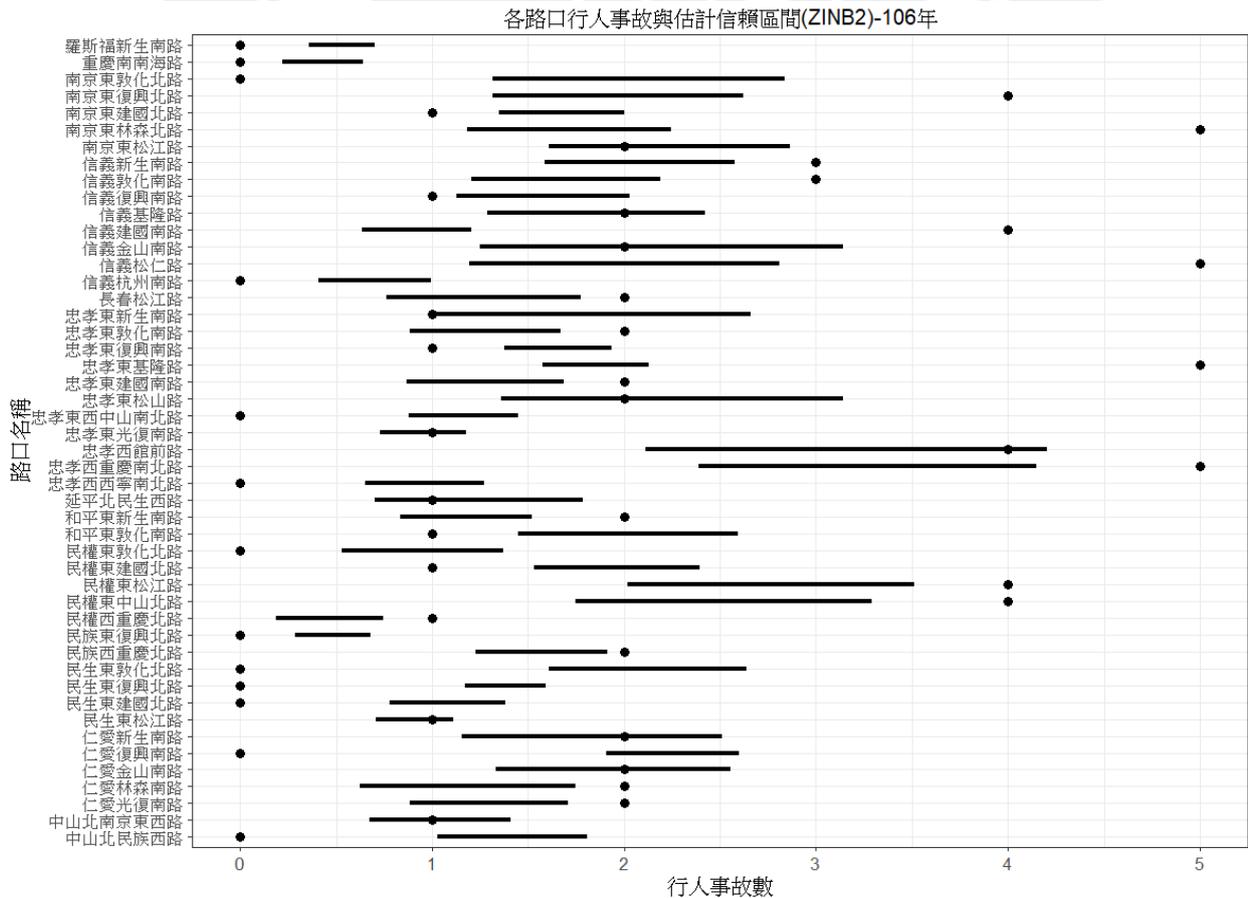


圖 5.2.12 相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(106 年)

表 5.2-5 為同時用估計行人量、相關變數與 NB model 建立的行人安全績效函數結果，在曝光量的部分，估計行人量愈大，路口的行人事故愈少，而直行車流量與行人事故有顯著正相關，表示路口直行車流愈多，該路口的行人事故愈多；在車種比例的部分，路口小型車比例愈高，行人事故愈多；道路幾何部分，行穿線退縮 5m 以上的行穿線個數愈多，行人事故愈少；路口內公車島個數與行人事故有顯著正相關，表示路口內公車島個數愈多，行人事故愈多。在相關變數的部分，商業區面積、100m 內公車路線數、50m 內捷運站數、路口 400 m 內百貨公司數量、路口 400 m 內公園數量愈多，行人事故也會增加。

圖 5.2.13 為表 5.2-5 模式的殘差圖，殘差圖中點落在灰線內表示誤差在可接受範圍內，圖 5.2.14 為表 5.2-5 模式中各變數對行人事故的影響效果圖，模式中商業區面積對行人事故的影響最大，小型車比例的影響次之。圖 5.2.15 為表 5.2-5 模式的 95% 估計信賴區間與民國 106 年實際行人事故數，圖中行人事故較多的路口估計的較不準確，民國 101 年至 105 年的 95% 估計信賴區間與實際事故數圖詳見附錄 B。

**表 5.2-5 行人安全績效函數-估計行人量與相關變數( NB model )**

變數	估計值	標準差	Pr(> z )	
(Intercept)	-1.656	0.332	0.000	***
Log(估計行人量)	-0.347	0.119	0.003	***
Log(左轉車流量)	0.076	0.048	0.117	
Log(直行車流量)	0.698	0.219	0.001	***
Log(右轉車流量)	-0.086	0.190	0.652	
小型車比例	3.302	0.585	0.000	***
路口內公車島個數	0.263	0.076	0.001	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.144	0.047	0.002	***
商業區面積	10.297	3.212	0.001	***
100m 內公車路線數	0.007	0.004	0.093	*
50m 內捷運站數	0.279	0.166	0.091	*
路口 400 m 內百貨公司數量	0.102	0.041	0.013	**
路口 400 m 內公園數量	0.085	0.022	0.000	***
Null deviance: 388.49 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 292.04 on 240 degrees of freedom				
AIC: 784.84				
估計值與觀察值相關係數：0.527				

註：\*\*\*：p<0.01，\*\*：p<0.05，\*：p<0.1

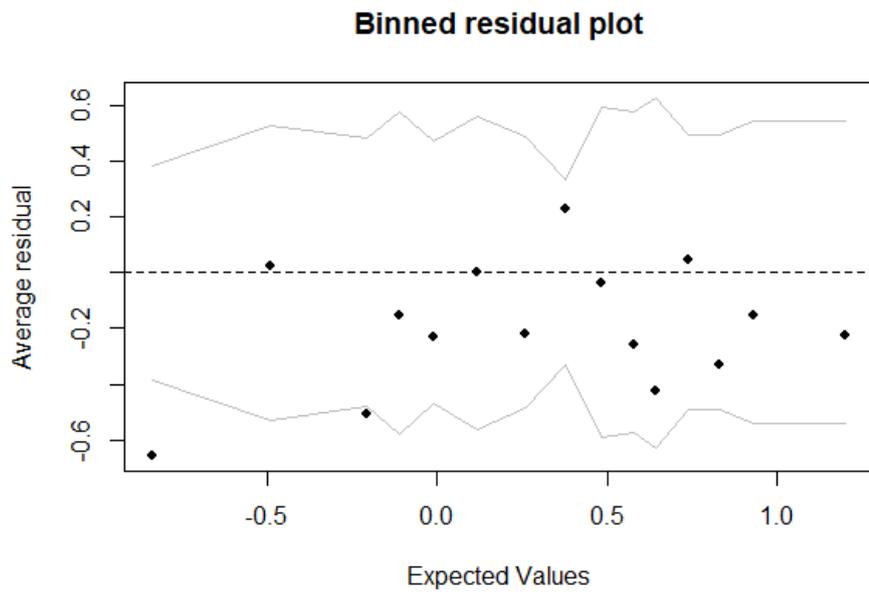


圖 5.2.13 估計行人量與相關變數-NB model 殘差圖

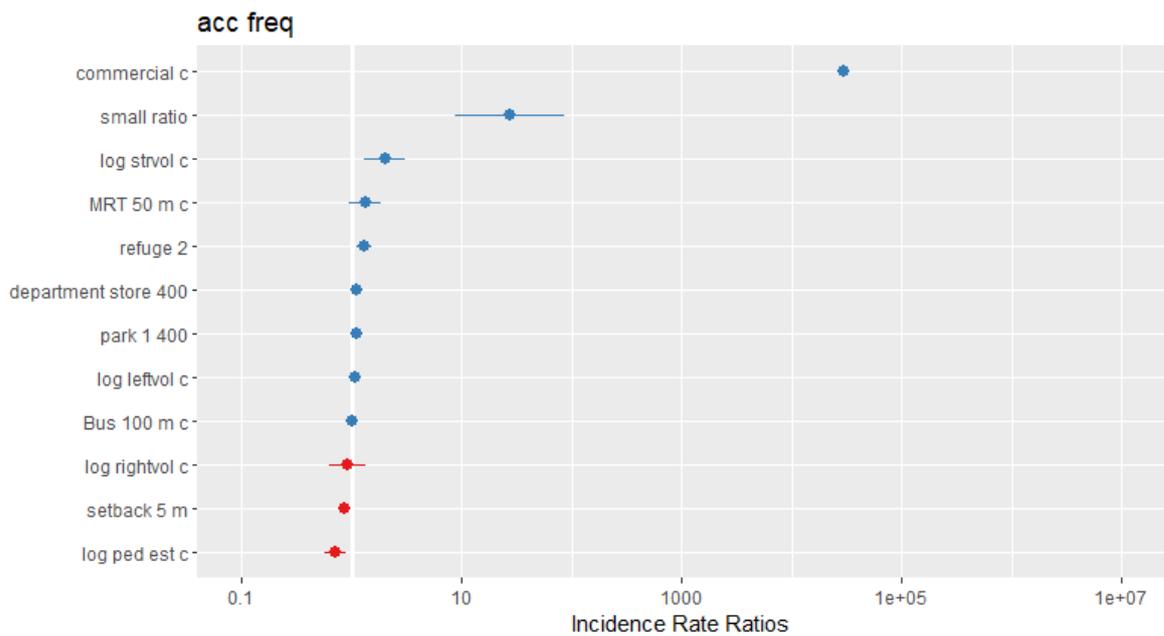


圖 5.2.14 估計行人量與相關變數-NB model  
各變數對事故之影響效果

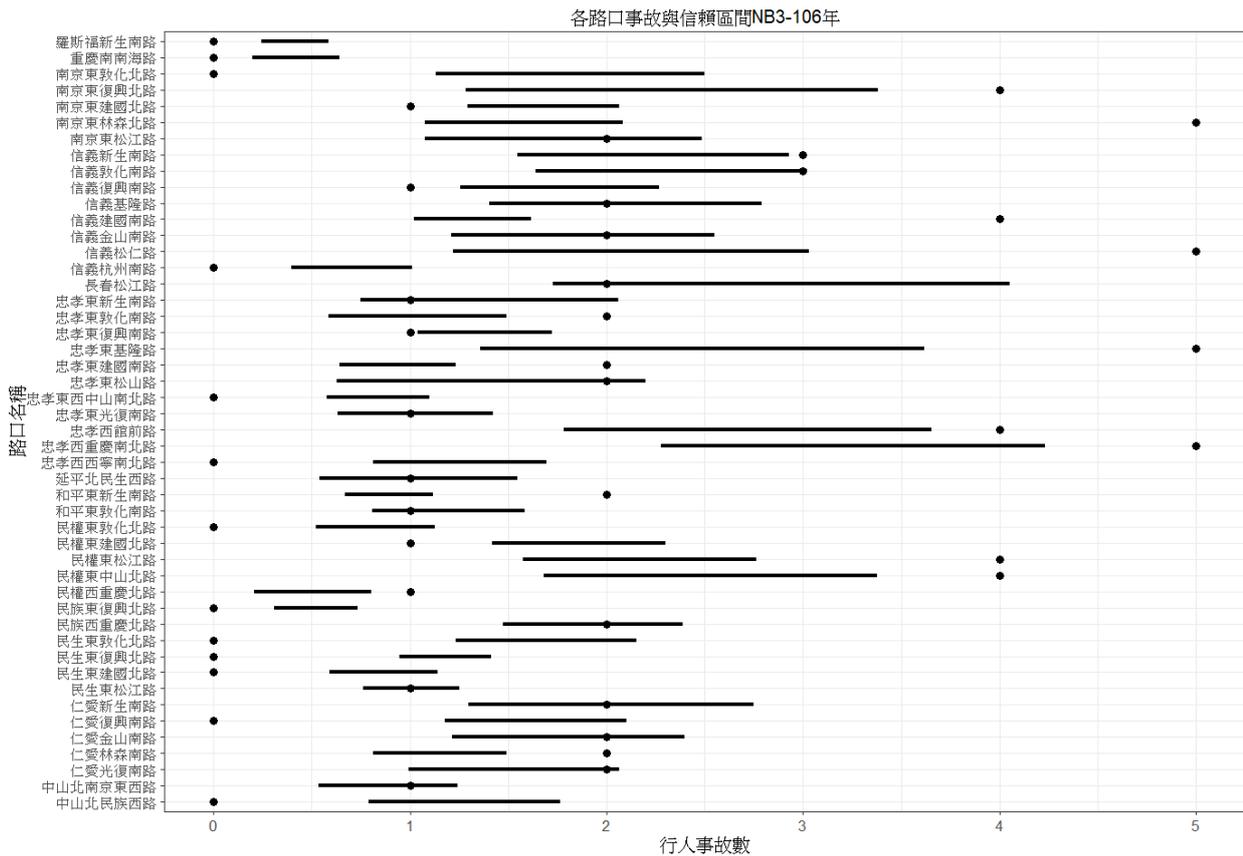


圖 5.2.15 估計行人量與相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(106 年)

表 5.2-6 為同時用相關變數與 ZINB model 建立的行人安全績效函數結果，在 Count 模式中變數的影響皆與 NB model 相同，僅參數的數值與顯著性有些微差異，而在 Zero model 中，左轉車流量愈多，則愈容易發生行人事故。

圖 5.2.16 為表 5.2-6 模式的殘差圖，殘差圖中點落在灰線內表示誤差在可接受範圍內，圖 5.2.17 為表 5.2-6 模式中各變數對行人事故的影響效果圖，模式中商業區面積對行人事故的影響最大，其次為小型車比例。圖 5.2.18 為表 5.2-6 模式的 95%估計信賴區間與民國 106 年實際行人事故數，圖中有些路口的行人事故數都不在 95%的信賴區間內，表示模式估計有誤差，但與前兩個 ZINB 的模式相比，圖 5.2.18 中 95%估計信賴區間有涵蓋實際行人事故數的路口較多，表示與另外兩種 ZINB 模式相比，同時用估計行人量與相關變數-ZINB 模式較佳，民國 101 年至 105 年的 95%估計信賴區間與實際事故數圖詳見附錄 B。

表 5.2-6 行人安全績效函數-估計行人量與相關變數( ZINB model )

變數	估計值	標準差	Pr(> z )	
Count model coefficients (negbin with log link)				
(Intercept)	-1.370	0.354	0.000	***
Log(估計行人量)	-0.270	0.124	0.029	**
Log(左轉車流量)	0.131	0.054	0.015	**
Log(直行車流量)	0.635	0.230	0.006	***
Log(右轉車流量)	-0.083	0.196	0.671	
小型車比例	2.685	0.652	0.000	***
公車島個數	0.238	0.078	0.002	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.129	0.049	0.008	***
商業區面積	10.844	3.319	0.001	***
100m 內公車路線數	0.008	0.004	0.063	*
50m 內捷運站數	0.393	0.172	0.022	**
路口 400 m 內百貨公司數量	0.111	0.043	0.010	**
路口 200 m 內大專院校數量	0.346	0.197	0.080	*
路口 400 m 內公園數量	0.081	0.023	0.000	***
Log(theta)	9.556	29.259	0.744	
Zero-inflation model coefficients (binomial with logit link)				
(Intercept)	-4.842	1.984	0.015	**
Log(左轉車流量)	1.757	1.035	0.090	*
AIC : 783.03				
Log-likelihood: -374.5 on 17 Df				
估計值與觀察值相關係數 : 0.547				

註：\*\*\*：p<0.01，\*\*：p<0.05，\*：p<0.1

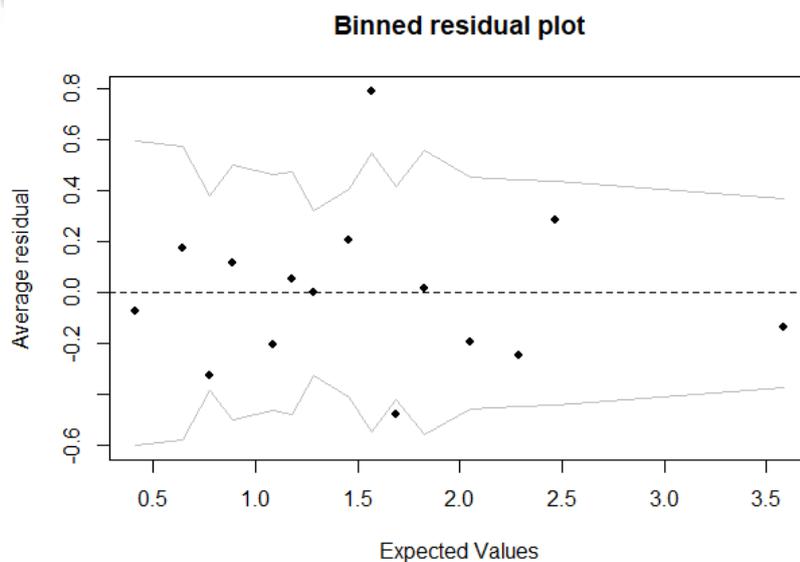


圖 5.2.16 估計行人量與相關變數-ZINB model 殘差圖

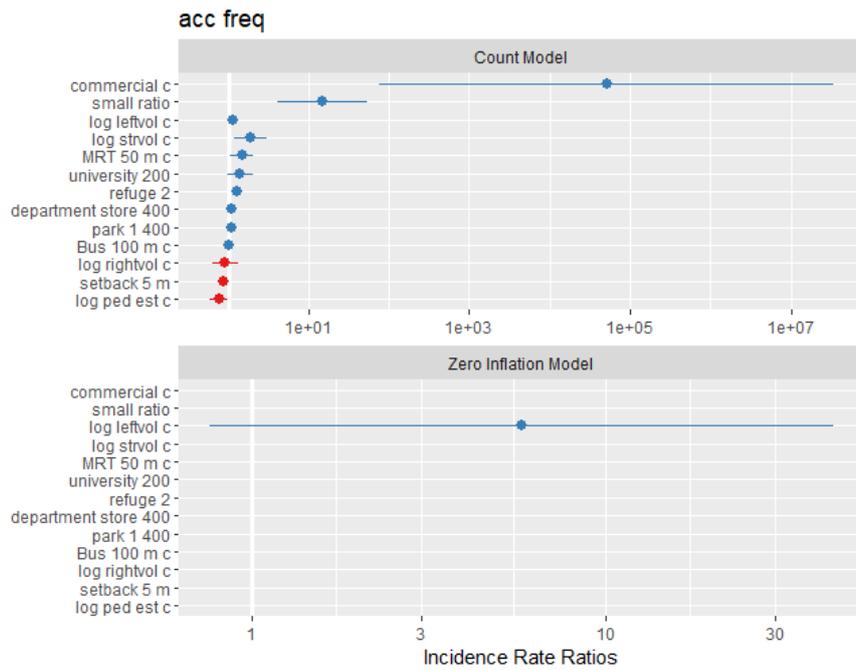


圖 5.2.17 估計行人量與相關變數-ZINB model  
各變數對事故之影響效果

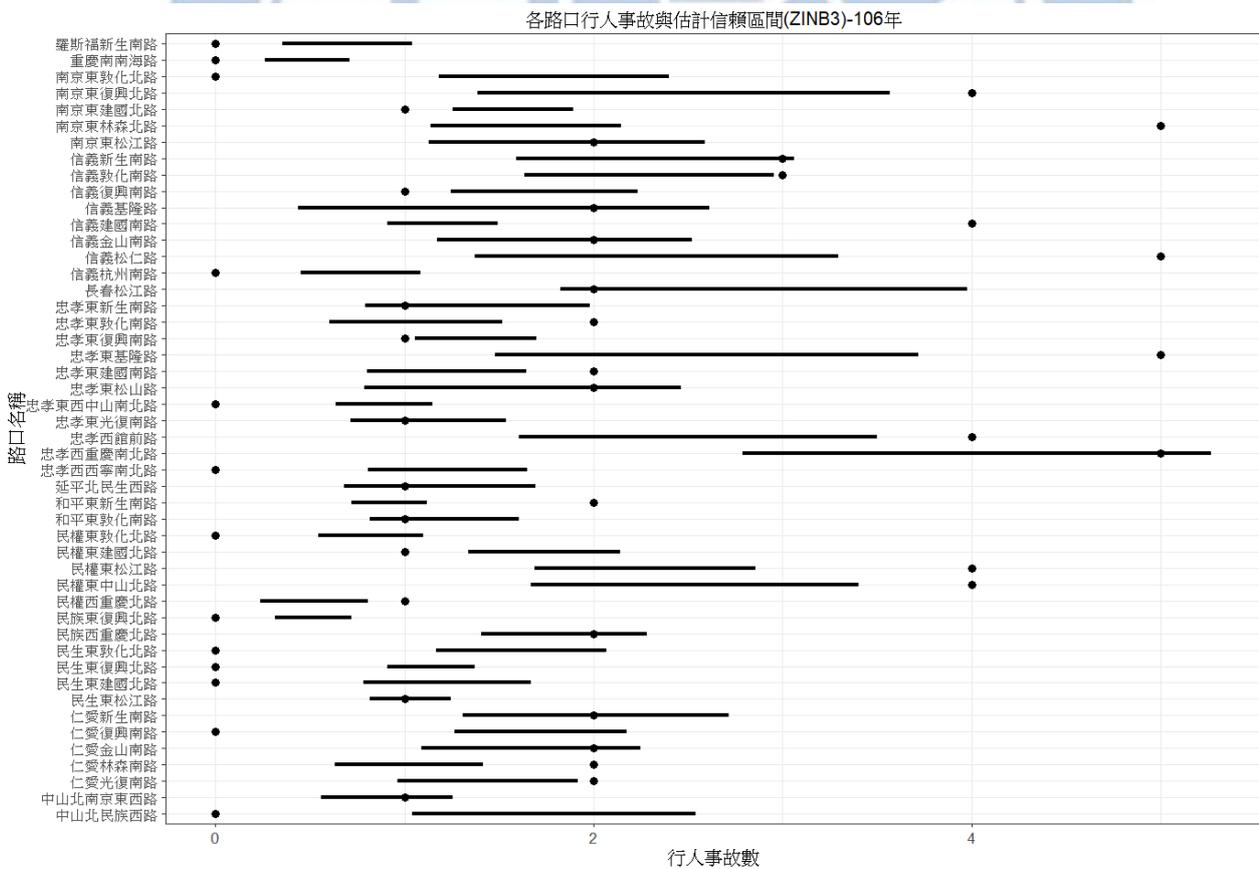


圖 5.2.18 估計行人量與相關變數-ZINB model 之  
95%估計信賴區間(106年)

表 5.2-7 比較 6 種行人安全績效函數，除了左轉車流量與右轉車流量之外，大部分的變數在 6 個模式中的正負號皆一致，表示模式為穩健(robust)的模式。估計行人量愈多事故愈少，可能係因路口尖峰時候的行人量愈大，車輛愈容易注意到行人並禮讓行人較不容易發生事故；小型車比例愈高行人事故愈多，可能係因為與機車相比小型車較容易有視野死角和視線遮蔽的情況，車輛較不易注意到行人，導致行人事故發生。路口內公車島個數愈多行人事故愈多，除了公車島的設置會帶來更多的行人之外，也可能會讓行人為了趕公車而違規穿越道路，進而導致行人事故的發生；路口行穿線退縮 5m 以上之行穿線個數愈多行人事故愈少，係因行穿線退縮會使轉向車輛在車輛轉正之後才遇到行穿線，此時車輛較不會與行人發生衝突，行人事故也會減少。

商業區面積、100m 內公車路線數、50m 內捷運站數、路口 400 m 內公園數量、路口 400 m 內百貨公司數量、路口 200 m、400 m 內大專院校數量、路口 400 m 內高中國中小學數量在本研究中係用來捕捉非尖峰行人流量特性之變數，這些變數中除了高中、國中與小學數量外，其餘變數對行人事故皆是正影響。商業區面積愈大或百貨公司數量愈多代表該路口的商業活動愈多，除了非尖峰時間行人會比較多以外，通過該路口的車輛也相對較多，非尖峰時間的曝光量大行人事故通常也會增加。公車路線數與捷運站站數的多寡代表了該路口公共運輸便利性，公共運輸愈便利行人活動愈多，行人活動愈多行人事故發生的風險也愈大。行人大多係在非尖峰或假日會到公園綠地活動，路口 400 m 內公園數量愈多，行人活動與行人事故發生的風險也皆會增加。而大專院校的學生上課的時間較為彈性，因此尖峰與非尖峰大專院校周邊的行人活動都很頻繁，行人活動頻繁就比較容易發生行人事故。高中、國中與小學的學生上學時間較為固定且多為尖峰時段，而現今多數的學生都是由家長接送至校門口，可能導致路口周邊高中、國中與小學數量與行人事故為負相關。

以方法而言，三種 ZINB 模式的結果皆比 NB 模式的結果較好，表示事故資料中事故數多為 0 的情況會影響模式的參數估計。以放入模式的變數而言，估計行人量與相關變數同時放入行人安全績效函數為最佳，表示與只用估計行人量的模式相比，加入相關變數可以捕捉非尖峰時段的事務特性，有效彌補估計行人量為尖峰行人量的缺點；而與只放相關變數的行人安全績效函數相比，兩者的 AIC 值雖然相近，但 MAE 值係同時放估計行人量與相關變數的模式最低，表示同時用估計行人量與相關變數能增加預測的精確度。

表 5.2-7 六種行人安全績效函數比較

	估計行人量		相關變數		估計行人量與 相關變數	
	NB	ZINB	NB	ZINB	NB	ZINB
Count model coefficients (negbin with log link):						
(Intercept)	-0.891 ***	-0.576 *	-0.801 ***	-0.702 **	-1.656 ***	-1.370 ***
Log(估計行人量)	-0.075	-0.165			-0.347 ***	-0.270 **
Log(左轉車流量)	-0.034	-0.009	0.026	0.025	0.076	0.131 **
Log(直行車流量)	0.574 **	0.513 **	0.666 ***	0.549 ***	0.698 ***	0.635 ***
Log(右轉車流量)	-0.131	-0.180	-0.151	0.118	-0.086	-0.083
小型車比例	2.948 ***	2.473 ***	2.136 ***	2.107 ***	3.302 ***	2.685 ***
公車島個數	0.206 ***	0.176 ***			0.263 ***	0.238 ***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.132 ***	-0.124 ***	-0.096 **	-0.091 *	-0.144 ***	-0.129 ***
商業區面積			5.413 *	5.996 *	10.297 ***	10.844 ***
100m 內公車路線數			0.014 ***	0.013 ***	0.007 *	0.008 *
50m 內捷運站數					0.279 *	0.393 **
路口 400 m 內公園數			0.100 ***	0.097 ***	0.085 ***	0.081 ***
路口 400 m 內百貨公司數					0.102 **	0.111 **
路口 200 m 內大專院校數						0.346 *
路口 400 m 內大專院校數			0.113 *	0.105 *		
路口 400 m 內高中國中 小學數			-0.092 ***	-0.090 ***		
Log(theta)		2.685 **		9.454		9.556
Zero-inflation model coefficients (binomial with logit link):						
(Intercept)		-4.960 **		-3.555 ***		-4.842 **
Log(估計行人量)		-3.514 *				
Log(左轉車流量)		1.400 **				1.757 *
Log(右轉車流量)				4.765 **		
AIC	821.851	815.479	789.416	786.499	784.84	783.028
BIC	853.652	-	831.816	-	834.307	-
Log Likelihood	-401.926	-395.739	-382.708	-379.25	-378.42	-374.514
Deviance	295.272	-	292.1	-	292.039	-
估計值與觀察值相關係數	0.377	0.399	0.502	0.504	0.527	0.547
MAE	1.099	1.079	1.001	1.004	0.999	0.984

### 5.3 聯合估計模式

內生性問題常用 Two-stage Residual Inclusion (2SRI)或 Two-stage Predictor Substitution (2SPS)，但 2SRI 需要實際內生變數  $X$  的觀察值，在本研究中內生變數  $X$  為行人量，但因為行人流量資料相當缺乏，6 年 50 個路口(300 筆資料)僅 38 筆資料同時具有實際行人量與車流量資料，因此在 5.2 節的行人安全函數分析中行人量皆是使用估計行人量，也就是使用 2SPS 的估計方法。而為了比較 2SRI 與 2SPS 兩種方法之差異，本研究利用 38 筆同時具有行人與車流資料的路口，重新建立行人安全績效函數。

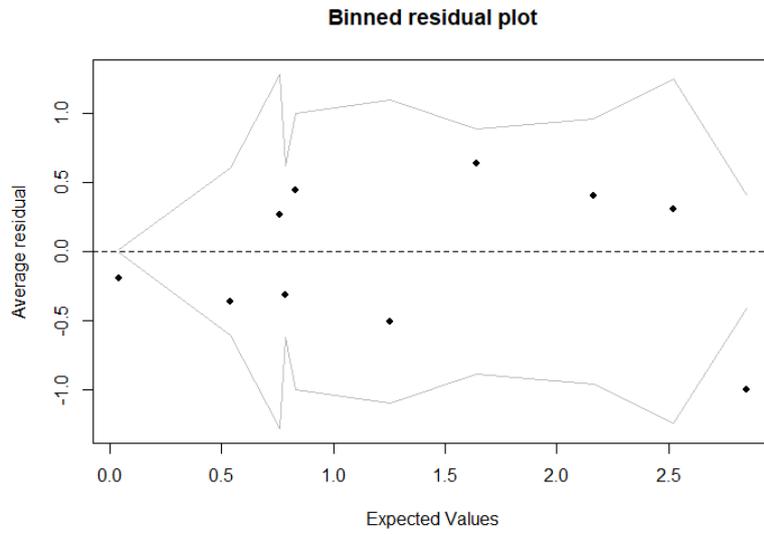
模式建立首先考慮曝光量再依序加入車種比例、道路幾何、號控時相、等變數，最後加入土地使用、人口社經及交通建設變數。由於資料筆數太少，因此在建立模式的過程中有些變數不顯著但接近顯著，且參數正負號與預期相符者，在模式中仍予以保留。車種比例、道路幾何設計、號控時相的變數都不顯著，因此最後模式中僅剩下曝光量、土地使用及交通建設變數。

表 5.3-1 為用兩種方式重新建立行人安全績效函數之結果比較，從表 5.3-1 可看出兩個模式結果相近，各變數的參數正負號也一致，但 2SPS 模式的 AIC 值與 MAE 值皆比 2SRI 模式的結果低，且 2SPS 模式的估計值與觀察值之相關係數也較 2SRI 模式高。從圖 5.3.1 兩個模式的殘差圖來看，點在灰線內表示估計誤差在可接受範圍內，2SPS 模式落在線外的點也 2SRI 模式少，就模式結果來看 2SPS 的結果較 2SRI 好。但從圖 5.3.2 兩個模式的 95% 的估計信賴區間來看，兩個模式的估計結果相近，而在實際行人事故數不包含在 95% 的估計信賴區間時，2SRI 的 95% 估計信賴區間較接近實際行人事故數，因此很難判斷哪種聯合估計模式的結果較好。

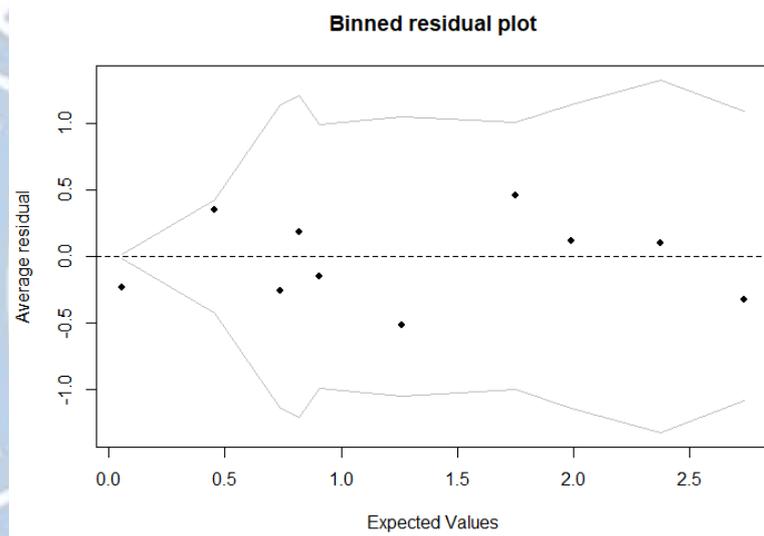
表 5.3-1 兩種聯合估計模式之結果比較

	2SRI	2SPS	
	估計值	估計值	
Count model coefficients (negbin with log link)			
(Intercept)	-1.431	-1.356	
Log(實際行人量)	-0.331	-	
行人流量估計模式之殘差	-0.351	-	
Log(估計行人量)	-	-0.095	
Log(左轉車流量)	0.256	0.391	
Log(直行車流量)	0.173	0.022	
Log(右轉車流量)	1.501	1.584	
100m 內公車路線數	0.030	0.033	
路口 200 m 內金融機構數量	0.090	**	0.074 ***
路口 400 m 內百貨公司數量	1.249	1.014	
Log(theta)	8.807	8.512	
Zero-inflation model coefficients (binomial with logit link)			
(Intercept)	-1.360	*	-1.378 *
Log(左轉車流量)	-0.623	-0.586	
AIC	127.771	126.341	
Log Likelihood	-51.886	-52.17	
估計值與觀察值之相關係數	0.443	0.486	
MAE	1.133	1.107	

註：\*\*\*：p<0.01，\*\*：p<0.05，\*：p<0.1



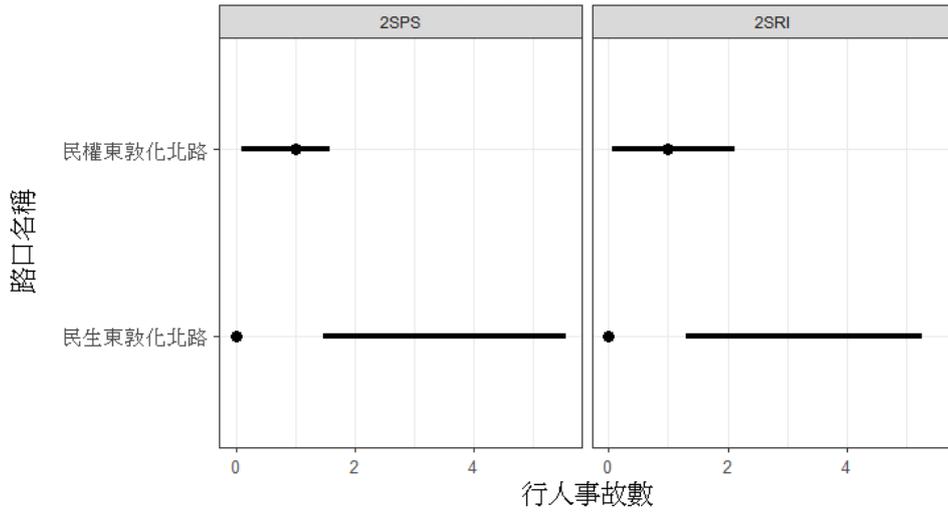
(a) 2SRI



(b) 2SPS

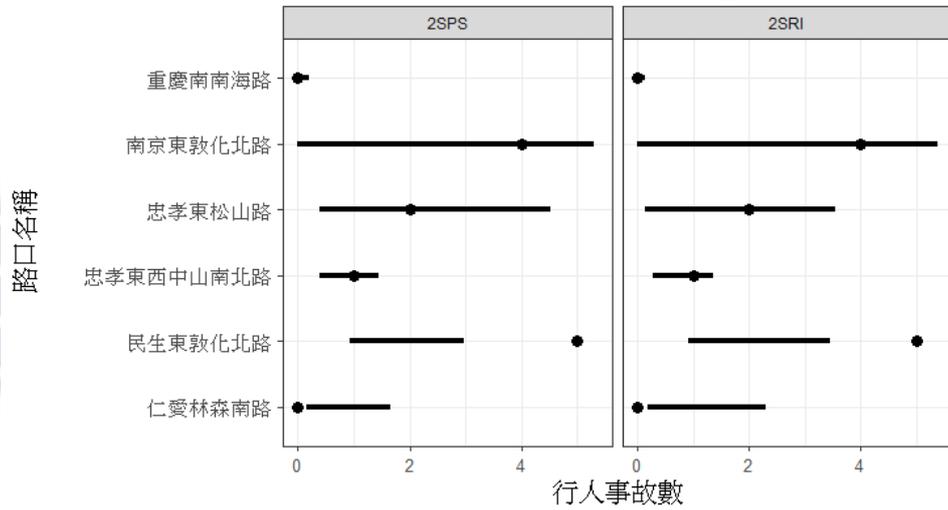
圖 5.3.1 兩種聯合估計模式殘差圖

各路口行人事故與估計信賴區間-101年



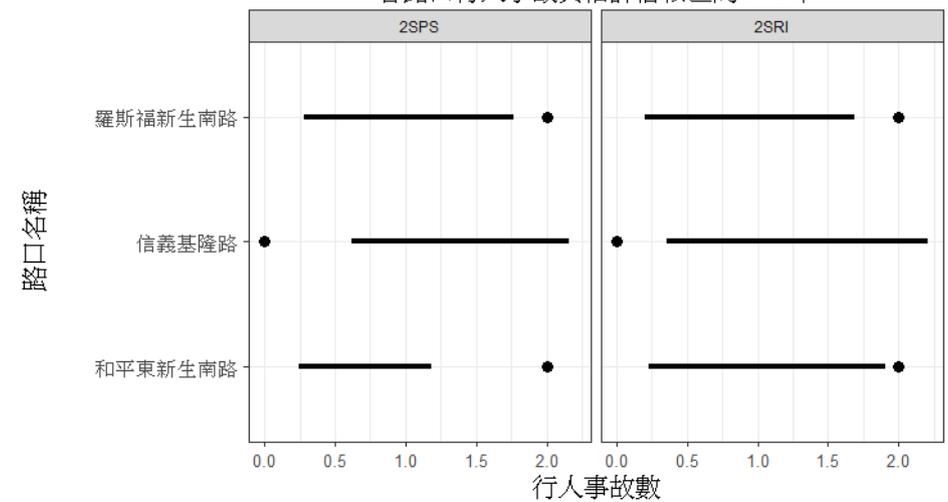
(a)101 年

各路口行人事故與估計信賴區間-102年



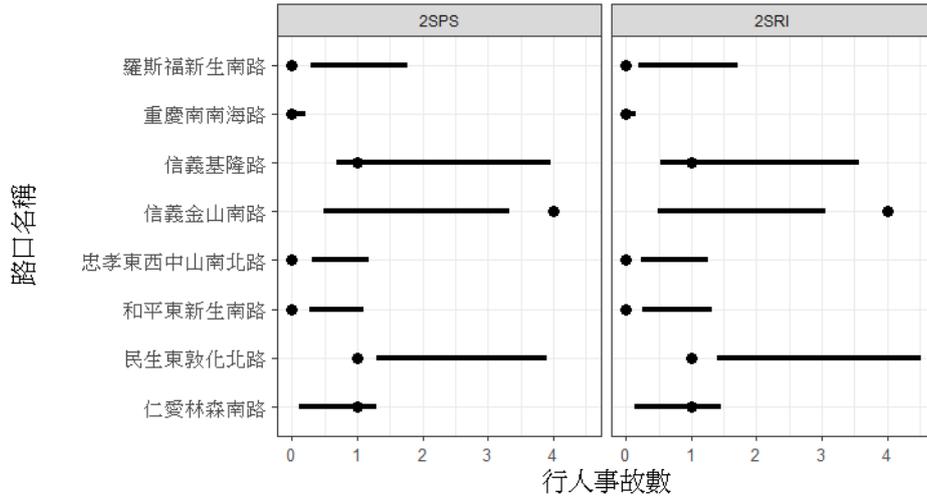
(b)102 年

各路口行人事故與估計信賴區間-103年



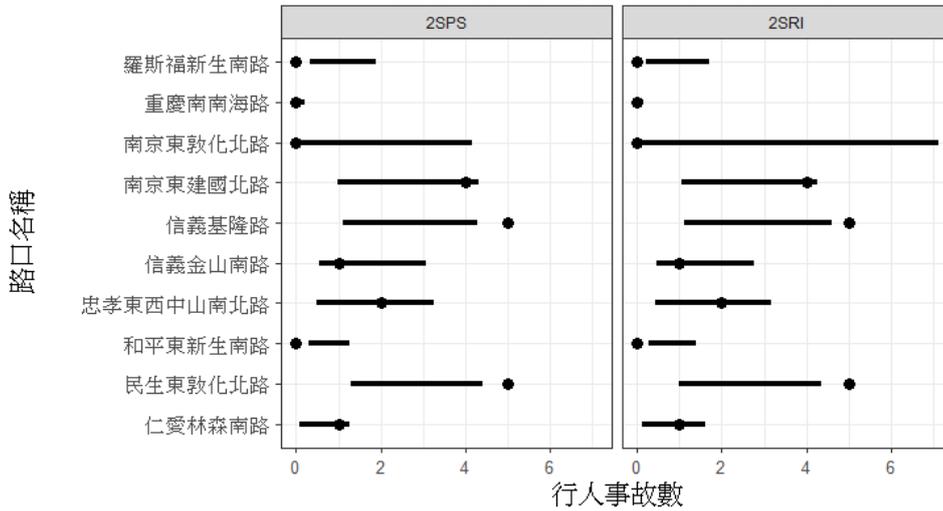
(c)103 年

各路口行人事故與估計信賴區間-104年



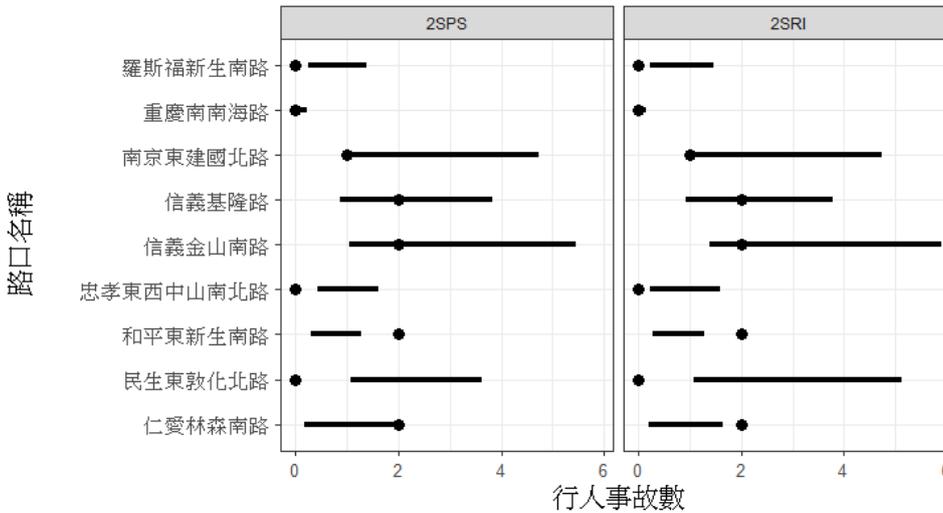
(d)104 年

各路口行人事故與估計信賴區間-105年



(e)105 年

各路口行人事故與估計信賴區間-106年



(f)106 年

圖 5.3.2 路口行人事故與估計信賴區間

## 5.4 行穿線行人安全績效函數

本研究蒐集許多以行穿線為單位的路口道路幾何設計與號控資料，但由於估計行人量、土地使用、人口社經及交通建設皆是路口的資料，因此 5.2 節的分析中係以路口為單位建立行人安全績效函數，但有些可能會影響行人安全的道路幾何設計(如：道路寬度、庇護島、行穿線退縮距離)，較難以路口為評估單位，且在 5.2 節的安全績效函數中除了公車島個數與行穿線退縮 5 m 以上的個數外，其餘的道路幾何特性與號控皆不顯著。因此為了探討路口幾何特性與號誌對行人事故的影響，本小節將以行穿線為單位利用 5.2 節的最佳模式(同時用估計行人量與相關變數的 ZINB 模式)，進行行穿線行人安全績效函數之建立，來探討道路幾何設計與號控對行人事故的影響。

由於路口行人安全績效函數的預測結果為各路口每年行人事故次數，而行穿線安全績效函數的預測結果為各行穿線每年的行人事故次數，因此本研究最後將同一個路口的行穿線每年預測行人事故次數做加總，並與路口行人安全績效函數之預測結果做比較，探討何種行人安全績效函數較適合用來預測路口行人事故，兩種行人安全績效函數之比較過程如圖 5.4.1 所示。

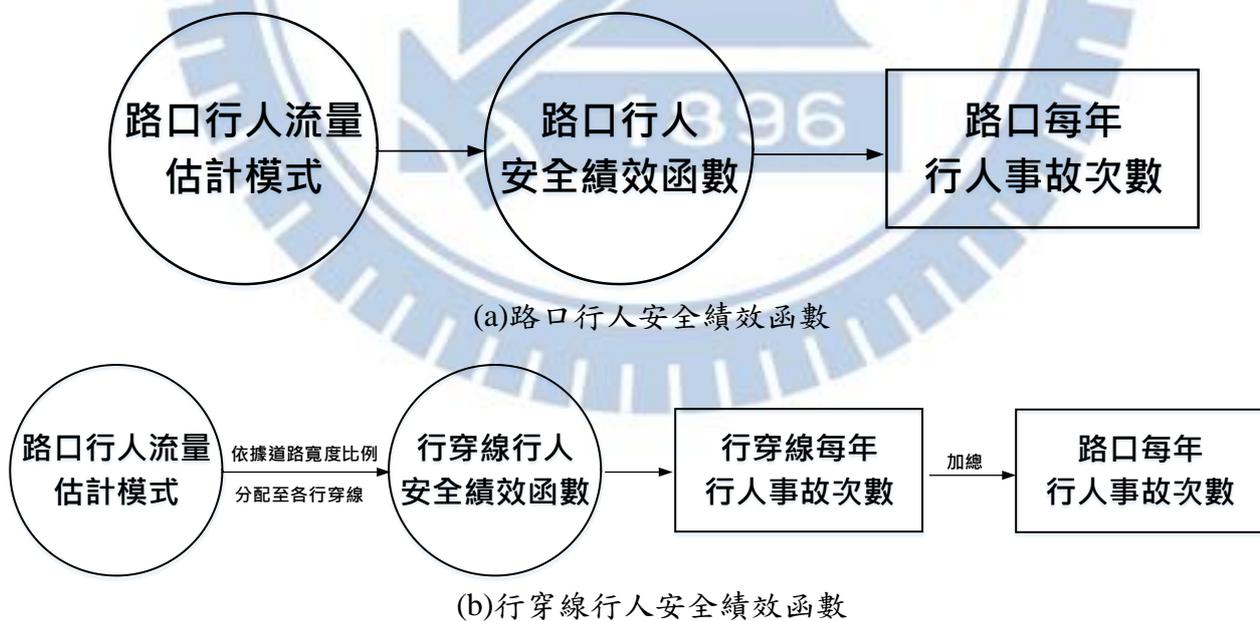


圖 5.4.1 行人安全績效函數之比較

由於 5.1 節估計出的行人量為路口的總行人量，為了建立行穿線的行人安全績效函數，首先利用 17 個有行人流量調查資料的路口，進行行人量與道路幾何特性(如：道路寬度、行穿線長度)的相關係數檢定，再將路口總行人量與相關性較高的道路寬度，依道路寬度比例(該方向之道路寬度 / 路口 4 個方向道路寬度加總)分配至各行穿線，作為行穿線行人安全績效函數的行人曝光量。車流曝光量的部分則是取會與該行穿線產生衝突的車流(如圖 3.3.2)，作為車流曝光量。行人安全績效函數的建立過程首先考慮曝光量 (估計行人量、車流量)，考慮完曝光量之後再依序加入車種比例、道路幾何、號控時相、土地使用、人口社經及交通建設變數，最後考慮變數之間的交互效果，模式的應變數(Y)為行穿線行人事故次數 / 年。

表 5.4-1 為行穿線行人安全績效函數的最終模式，就此模式的主因子而言，左轉與直行衝突車流量愈大行人事故愈多；與無庇護島相比，有庇護島的行人事故較多；與沒有行人早閉時相相比，有行人早閉時相的行人事故較多。而有立體人行設施較無立體人行設施的行人事故多。行穿線退縮雖不顯著，但與行穿線退縮 5 公尺以下相比，行穿線退縮 5 公尺以上的行人事故較少。路口 100 m 內公車路線數、路口 200 m 內大專院校數量、路口 200 m 內便利商店數量愈多，行人事故也會增加。Zero model 的部分則是行人量愈多愈不會發生事故，左轉與右轉衝突車流量愈大愈容易發生事故。

圖 5.4.2 與圖 5.4.3 為表 5.4-1 模式的交互效果圖，庇護島的安全效果出現在行人量大的情況下，表示行人愈多有庇護島的行人事故會比無庇護島或公車島的行人事故少，但是在行人量少時設置庇護島或公車島反而會使行人事故增加。行人量與立體人行設施雖不顯著但接近顯著，表示行人量愈大，有立體人行設施會減少行人事故，而行人量少時有立體人行設施，行人事故會增加。

表 5.4-1 行穿線行人安全績效函數

變數	估計值	標準差	Pr(> z )	
Count model coefficients (negbin with log link):				
(Intercept)	-1.776	0.222	0.000	***
Log(估計行人量)	0.003	0.178	0.985	
Log(左轉衝突車流量)	0.172	0.025	0.000	***
Log(直行衝突車流量)	0.497	0.139	0.000	***
Log(右轉衝突車流量)	-0.021	0.031	0.496	
小型車比例	1.064	0.420	0.011	**
庇護島種類-公車島 (與無庇護島相比)	0.231	0.166	0.164	
庇護島種類-有 (與無庇護島相比)	0.334	0.194	0.085	*
行穿線退縮-5m 以上 (與 5m 以下相比)	-0.165	0.119	0.165	
行人早閉時相-有 (與無行人早閉時相相比)	0.432	0.147	0.003	***
行人早閉時相-假日/尖峰才有 (與無行人早閉時相相比)	0.333	0.261	0.202	
立體人行設施-有 (與無立體人行設施相比)	0.263	0.127	0.039	**
商業區面積	7.495	3.030	0.013	**
路口 100 m 內公車路線數	0.015	0.003	0.000	***
路口 200 m 內大專院校數量	0.403	0.213	0.058	*
路口 200 m 內便利商店數量	0.053	0.019	0.005	***
Log(行人量)*庇護島種類-公車島	-0.406	0.214	0.058	*
Log(行人量)*庇護島種類-有	-0.733	0.284	0.010	***
Log(行人量)*立體人行設施-有	-0.200	0.189	0.291	
Log(theta)	3.798	4.174	0.363	
Zero-inflation model coefficients (binomial with logit link):				
(Intercept)	-3.627	1.188	0.002	***
Log(估計行人量)	-1.807	0.649	0.005	***
Log(左轉車流量)	0.829	0.310	0.008	***
Log(右轉車流量)	0.487	0.184	0.008	***
AIC : 1516.382				
Log-likelihood: -734.2 on 24 Df				
估計值與觀察值相關係數 : 0.419				
MAE : 0.498				

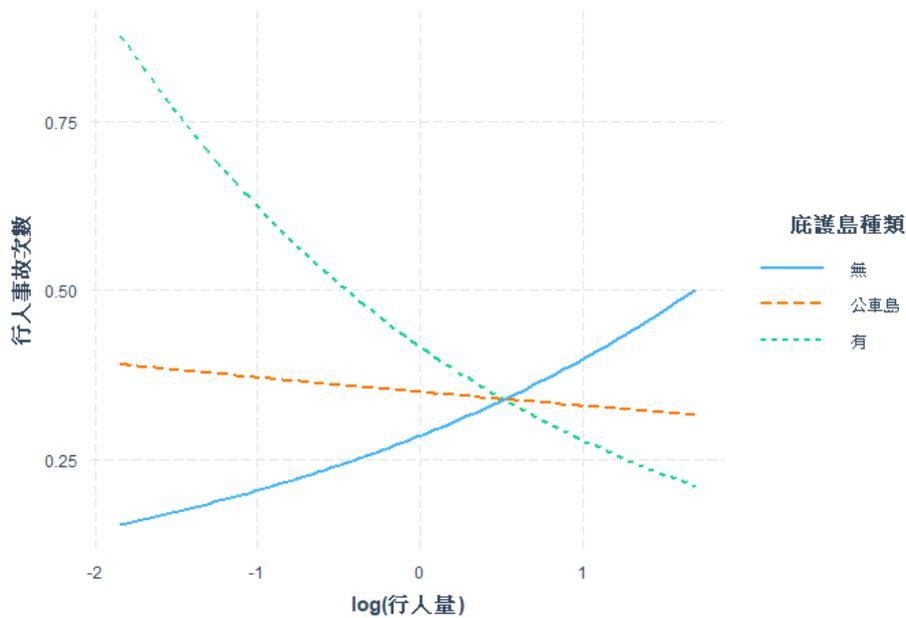


圖 5.4.2 行人量與庇護島種類交互效果圖

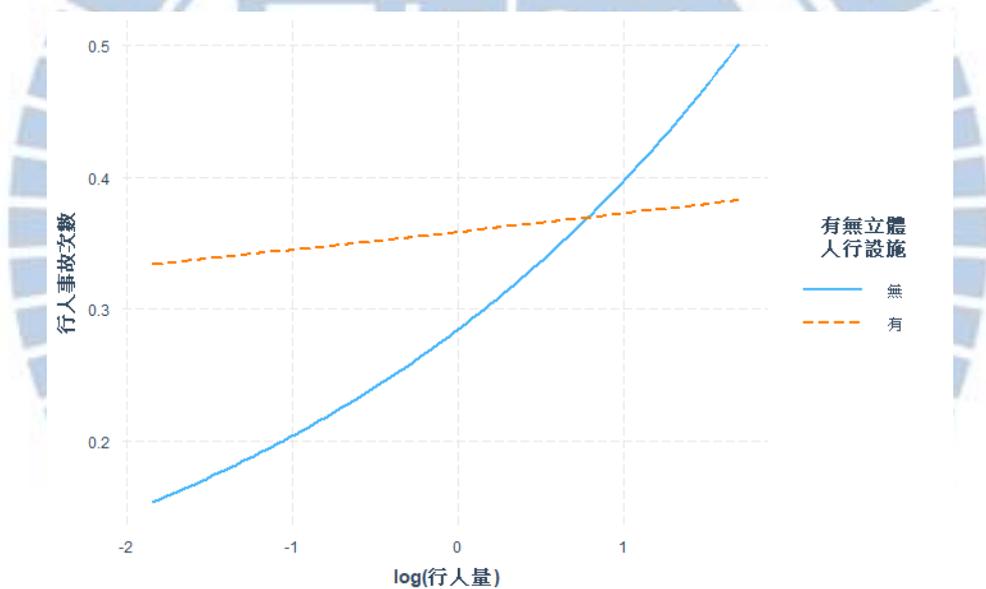


圖 5.4.3 行人量與立體人行設施交互效果圖

本研究最後將行穿線之行人安全績效函數所預測出來的各行穿線每年行人事故次數加總成路口每年行人事故數，並與 5.2 節路口行人安全績效函數預測的路口每年行人事故數做比較，結果發現使用行穿線行人安全績效函數再加總成路口行人事故的結果 (MAE:0.983)與直接用路口安全績效函數的結果(MAE:0.984)相近。但經過 10-fold cross validation 後，使用行穿線行人安全績效函數再加總成路口行人事故的 MAE 為 1.03，比直接用路口安全績效函數的 MAE 值(1.11)低，表示用行穿線行人安全績效函數來預測路口的行人事故數的誤差較低。

## 5.5 討論

綜合上述的分析與結果，在行人流量估計模式中，路口周邊有學校對行人流量為負影響，但過去的研究結果指出路口周邊有學校對行人流量應為正影響，本研究曾嘗試將學校分級，探討路口周邊有各級學校對行人流量的影響，但模式結果仍與未分級前相同。在檢查資料時發現路口周邊沒有學校的調查路口大多是大型路口或商業活動極為頻繁的地點(如：民生敦化路口或忠孝復興路口)，而路口周邊有學校的調查路口則相對來說屬於較小的路口，且交工處挑選行人流量調查地點並非隨機挑選，而係為了檢討立體人行設施使用率，因此原始的行人調查資料可能有選樣偏差(selection bias)，導致一些變數(如：學校)在模式中的符號與先驗知識不符。

除此之外，路口的行人流量調查皆係尖峰時間的抽樣調查，因此本研究在建置行人安全績效函數時，僅能使用行人流量估計模式估計出的尖峰行人量作為行人安全績效函數中的曝光量，為了彌補估計行人量為尖峰行人量之缺點，本研究嘗試在模式中加入其他路口周邊的土地使用等變數來捕捉非尖峰事故的特性，結果也顯示加入其他變數的模式最佳，表示土地使用等變數能捕捉非尖峰時間行人事故的特性。

國外的研究指出路口設有行人專用時相可以減少行人事故與人車衝突，降低行人的事故風險，本研究曾嘗試將路口設有行人專用時相與左轉保護時相等號控變數加入行人安全績效函數中，但分析結果中所有與號控有關的變數皆不顯著。推測係因 50 個研究路口中設有行人專用或左轉保護時相的路口非常少，尤其是行人專用時相，僅 2 個路口設有行人專用時相，且臺北市的大型路口通常都設有禁止左轉的行車限制，因此有設置左轉保護時相的路口也屬少數，在研究路口的挑選上可能也有選樣偏差。

從文獻回顧可知，道路幾何設計對行人事故有一定的影響，如：設置庇護島能降低行人事故、道路寬度太寬會增加行人暴露在道路的時間，導致行人的事故風險增加。本研究雖然係以行穿線為單位進行路口幾何資料的建置，但受限於行人流量係以路口周邊土地使用、人口社經及交通建設所估計出來的路口總行人量，因此在 5.2 節的分析中僅能將一些道路幾何特性轉換為路口總體的道路特性變數，如：行穿線退縮距離轉換為路口行穿線退縮 5 m 以上的行穿線個數，導致路口行人安全績效函數能探討的道路幾何特性較少。5.4 節的分析也嘗試用行穿線為單位建立行人安全績效函數來探討道路幾何特性，結果發現道路幾何設計變數在行

穿線行人安全績效函數中的效果較明顯，表示多數的道路幾何設施(如：庇護島、行穿線退縮、道路寬度)係針對個別的行穿線所設計，且不同的設施會影響不同碰撞類型的事務，因此若要探討道路幾何設計對行人安全的影響，以行穿線為評估單位並將不同種類的事務型態分開探討較為合適。

過去研究結果顯示聯合估計模式以 Two-stage Residual Inclusion (2SRI)的結果較好，但與過去文獻結果不同的是，本研究在比較兩種聯合估計模式的差異時，發現 2SPS 較 2SRI 好，但兩種方法的預測結果十分相近，在實際行人量資料太少的情形下，很難比較哪種方法較好，因此內生性模式仍有待後續研究更深入的探討。

## 5.6 小結

路口周邊土地使用、社會經濟及交通建設等特性對行人流量有顯著影響，路口最大車道數、商業區面積、路口 50 m 內的公車路線數、Ubike 站數、400 m 內的捷運站數以及 200 m 內 Ubike 站的平均日租借量、0-17 歲人口比例、18-64 歲人口數對於行人量有顯著正影響，且利用 log-linear 模式可以降低模式的預測誤差，有效估計號誌化路口之行人流量。

在 6 個行人安全績效函數中，大部分的變數的正負號皆一致，表示模式穩健(robust)，路口行人量、路口行穿線退縮 5m 以上之行穿線個數與事務呈現負相關，小型車比例、路口內公車島個數、商業區面積、公車路線數、捷運站站數則與事務有顯著正向關係。就模式的配適度而言 3 個 ZINB 的模式結果皆較佳。

而在三種行人安全績效函數中，以估計行人量與相關變數同時放入行人安全績效函數為最佳，只放入相關變數的行人安全績效函數為次之，表示相關變數可以捕捉非尖峰時段的事務特性，改善估計行人量為尖峰行人量的缺點。但在缺乏行人量時亦可用相關變數的行人安全績效函數來預測路口行人事務。聯合估計模式以 2SPS 的結果較佳，因此處理模式內生性問題時，若缺乏內生變數的實際資料，可用 2SPS 的方式處理。

本研究嘗試以行穿線為單位建立行穿線行人安全績效函數，探討道路幾何設計與號誌對行人事務的影響。結果發現道路幾何特性對行人安全的影響在行穿線行人安全績效函數較為明顯，結果也比路口行人安全績效函數的結果略好。庇護島與立體人行設施的安全效果在行人量大時較明顯。有行人早閉時相的行人事務較多，表示在行人紅燈、同向車流綠燈的情況下，可能還是會有行人違反號誌穿越馬路的情況，且若是尖峰或假日才有行人早閉時相對行人而言也較危險。

## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

本研究利用土地使用、人口社經及交通建設等路口特性與行人流量之影響關係，建立行人流量估計模式，並利用估計的行人量帶入行人安全績效函數中。由於估計行人量為尖峰時段的路口行人流量，因此本研究考慮了3種行人安全績效函數的型式，分別為包含估計行人量、與行人量相關之相關變數及估計行人量與相關變數兼具之行人安全績效函數，並因應事故資料大量零值的特性，使用不同的分析方法，比較6種行人安全績效函數之差異。最後探討土地使用、行人流量及行人事故三者之關係，利用實際行人流量資料，比較 Two-stage predictor substitution(2SPS)與 Two-stage residual inclusion (2SRI)兩種聯合估計方法的差異，以解決估計模式中的內生性問題。綜合上述，統整本研究的重要結果：

1. 路口周邊土地使用、社會經濟及交通建設等特性對行人流量有顯著影響，如：路口最大車道數、商業區面積、路口 50 m 內的公車路線數、Ubike 站數、400 m 內的捷運站數以及 200 m 內 Ubike 站的平均日租借量、0-17 歲人口比例、18-64 歲人口數，且透過 log-linear 模式可以降低預測誤差，增加估計行人量的準確度，以利後續行人安全分析。
2. 在 6 個行人安全績效函數中，以同時放入估計行人量與相關變數的零膨脹模式 (ZINB) 為最佳，表示事故數多為 0 的情況會影響參數估計，且估計行人量為尖峰行人量時，加入相關變數能改善此缺點。
3. 聯合估計模式以 2SPS 的估計結果較佳，表示在缺乏實際資料時用 2SPS 的方式處理模式內生性之問題是可行的。但由於資料量不足，在兩種方法預測結果相近的情況下，較難比較哪一種方法較好。
4. 與路口行人安全績效函數相比，以行穿線為單位建立行穿線行人安全績效函數，來探討道路幾何特性與號控對行人事故的影響，才能凸顯道路幾何特性與號控對行人事故的影響。
5. 道路幾何設計與曝光量有顯著的交互效果，因此在設計道路幾何時需考慮到不同的曝光量條件，如：庇護島與立體人行設施適合設置在行人量多的路口，在行人量少時設置庇護島或立體人行設施反而會使行人事故增加。

6. 在號誌時相的部分，有行人早閉時相的行人事故較多，表示在行人紅燈、同向車流綠燈的情況下，可能還是會有行人違反號誌穿越馬路的情況，且若是尖峰或假日才有行人早閉時相對行人而言也較危險。

## 6.2 建議

本研究期望透過行人流量估計模式之建立，彌補行人安全分析中缺乏行人曝光量之問題，並透過行人安全績效函數之建立，評估路口行人的安全效益。以下針對分析結果與分析過程中所遇到的問題進行歸納提出幾點建議，供後續相關研究參考精進。

1. 臺北市行人流量調查資料相當少，104 年至 106 年 1 年僅調查 30 個地點，且調查地點多是為了檢討立體人行設施的使用率，因此存在選樣偏差。建議相關單位在進行行人流量調查時，能多調查一些地點，並考慮路口的多樣性以利相關行人研究。
2. 行人流量調查時間皆為尖峰時段，但行人事故並非完全發生在尖峰時段，因此事故模式中需要其他變數來捕捉非尖峰時段的事故特性，建議相關單位應在不同時段進行流量調查，後續相關研究在使用行人流量調查資料時，也應注意行人流量資料的選樣偏誤及調查時段為尖峰的特性。
3. 本研究的行人流量估計模式並未考慮行政區之間的差異，但臺北市 12 個行政區特性略有不同，如：大安區商圈較多、內湖區南港區為科技園區企業公司大樓多，因此建議後續研究可考慮行政區之間的差異，使行人流量估計模式更精確。
4. 路口 200 m 內土地使用分區會互相影響，如：200 m 內的商業區面積較大時，學校就會比較少；公園綠地面積大時，商業區面積就會比較小，因此建議後續研究可考慮在建立行人安全績效函數前，先將路口按照土地使用做分群，來探討
5. 路口號誌控制能降低行人的事故風險，但本研究的 50 個路口中設有行人專用或左轉保護時相的路口非常少，且臺北市的大型路口多設有禁止左轉的行車限制，因此在探討路口號控對行人事故的影響時有些困難，建議後續相關研究在挑選研究路口時，應注意路口號控的樣本比例與路口的行車限制狀況。

6. 設置行人早閉時相的行人事故較多，表示在行人紅燈的情況下，仍有行人違規穿越馬路，因此建議相關單位在設置號誌時相時，盡可能避免設置行人紅燈，同向車流綠燈的行人早閉時相或行人晚開時相。
7. 尖峰或假日才有保護時相對行人而言比較危險，不同時段設置不同的號誌時相容易讓行人混淆，且特別時段才有保護時相必須設立標誌提醒駕駛人，但駕駛人有可能不會注意到標誌，或是因為標誌而分心，因此建議相關單位在設置號誌時相時，減少設置特別時段才有保護時相的情況。
8. 本研究建立路口與行穿線兩種不同評估單位的行人安全績效函數，道路幾何設計對行人事故的影響在行穿線的模式較明顯，因此建議後續研究以行穿線為評估單位。此外不同的道路幾何設施係針對不同碰撞型態的事故，如：庇護島與公車島主要影響車輛左轉的軌跡，進而減少左轉事故，但行人常為了趕公車而違規穿越道路反而增加行人事故，因此後續探討道路幾何設計的安全效果時，建議將不同的事故碰撞型態分開探討。
9. 本研究的行穿線模式中有許多土地使用等路口層級變數，可能會影響模式中其他變數的參數估計，因此建議後續研究可以嘗試用其他方法(如：多層次迴歸)，將路口單位與行穿線單位的變數分層估計，以便更深入地探討行人事故的影響因素，使研究更精進。

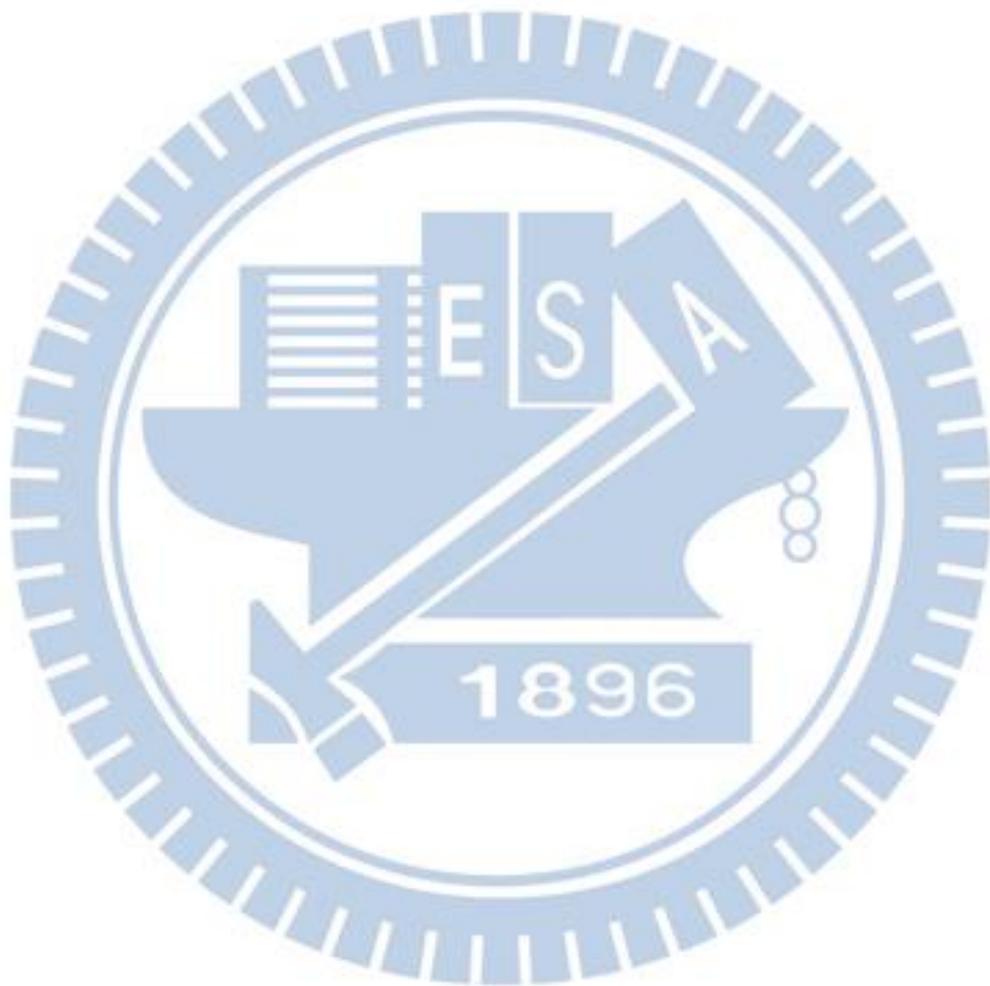
## 參考文獻

1. 潘韋靈等人(2005)，臺灣行人事故傷害之探討，澄清醫護管理雜誌，1(4)，頁 16-23。
2. 盧成皆等人(1996)，臺灣北部地區三縣市學齡兒童行人傷害之流行病學調查研究，中華公共衛生雜誌，15(6)，頁 562-571。
3. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Highway Safety Manual, 1st Edition, Washington, DC, 2010.
4. Cheng, W., Wang, J. H., Bryden, G., Ye, X., & Jia, X. (2013). An Examination of the Endogeneity of Speed Limits and Accident Counts in Crash Models. *Journal of Transportation Safety & Security*, 5(4), p.314-326.
5. Chung, Y. S., Chiou, Y. C., & Lin, C. H. (2015). Simultaneous Equation Modeling of Freeway Accident Duration and Lanes Blocked. *Analytic Methods in Accident Research*, 7, p.16-28.
6. Jamali, A., & Wang, Y. (2017). Estimating Pedestrian Exposure for Small Urban and Rural Areas. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2661), p.84-94.
7. Lee, J., Abdel-Aty, M., & Shah, I. (2018). Evaluation of Surrogate Measures for Pedestrian Trips at Intersections and Crash Modeling. *Accident Analysis & Prevention*.
8. Lord, D. (2006). Modeling Motor Vehicle Crashes Using Poisson-gamma Models: Examining the Effects of Low Sample Mean Values and Small Sample Size on the Estimation of the Fixed Dispersion Parameter. *Accident Analysis & Prevention*, 38(4), p.751-766.
9. McArthur, A., Savolainen, P., & Gates, T. (2014) Spatial Analysis of Child Pedestrian and Bicycle Crashes: Development of Safety Performance Function for Areas Adjacent to Schools. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2465), p.57-63.
10. Miranda-Moreno, L., & Fernandes, D. (2011). Modeling of pedestrian activity at signalized intersections: land use, urban form, weather, and spatiotemporal patterns. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2264), p.74-82.
11. Miranda-Moreno, L. F., Morency, P., & El-Geneidy, A. M. (2011). The Link between Built Environment, Pedestrian Activity and Pedestrian–Vehicle Collision Occurrence at Signalized Intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), p.1624-1634.

12. Nesoff, E. D., Milam, A. J., Branas, C. C., Martins, S. S., Knowlton, A. R., & Furr- Holden, D. M. (2018). Alcohol Outlets, Neighborhood Retail Environments, and Pedestrian Injury Risk. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 42(10), p.1979-1987.
13. Pulugurtha, S., & Repaka, S. (2008). Assessment of Models to Measure Pedestrian Activity at Signalized Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2073), p.39-48.
14. Retting, R. A., Ferguson, S. A., & McCartt, A. T. (2003). A Review of Evidence-based Traffic Engineering Measures Designed to Reduce Pedestrian-motor Vehicle Crashes. *American Journal of Public Health*, 93(9), p.1456-1463.
15. Sanders, R. L., Frackelton, A., Gardner, S., Schneider, R., & Hintze, M. (2017). Ballpark Method for Estimating Pedestrian and Bicyclist Exposure in Seattle, Washington: Potential Option for Resource-Constrained Cities in an Age of Big Data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2605), p.32-44.
16. Schneider, R. J., Diogenes, M. C., Arnold, L. S., Attaset, V., Griswold, J., & Ragland, D. R.(2010)Association Between Roadway Intersection Characteristics and Pedestrian Crash Risk in Alameda County, California. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2198), p.41-51.
17. Schneider, R. J., Henry, T., Mitman, M. F., Stonehill, L., & Koehler, J. (2012). Development and Application of a Pedestrian Volume Model in San Francisco, California. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2299), p.65-78.
18. Sobhani, A., Jurewicz, C., Makwasha, T., Alavi, H., & Nieuwesteeg, M. (2016, November). Assessing Key Engineering Treatments Addressing Major Pedestrian Serious Casualties in Victoria, Australia. In *Australasian Transport Research Forum (ATRF)*, 38th, 2016, Melbourne, Victoria, Australia.
19. Terza, J. V., Basu, A., & Rathouz, P. J. (2008). Two-stage Residual Inclusion Estimation: Addressing Endogeneity in Health Econometric Modeling. *Journal of Health Economics*, 27(3), p.531-543.
20. Thomas, L., Lan, B., Sanders, R. L., Frackelton, A., Gardner, S., & Hintze, M. (2017)Changing the Future? Development and Application of Pedestrian Safety Performance Functions to Prioritize Locations in Seattle, Washington. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2659), p.212-223.
21. Torbic, D., Harwood, D., Bokenkroger, C., Srinivasan, R., Carter, D., Zegeer, C., & Lyon, C. (2010). Pedestrian Safety Prediction Methodology for Urban

Signalized Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2198), p.65-74.

22. Wang, J., Huang, H., & Zeng, Q. (2017). The Effect of Zonal Factors in Estimating Crash Risks by Transportation Modes: Motor Vehicle, Bicycle and Pedestrian. *Accident Analysis & Prevention*, 98, p. 223-231.
23. Zegeer, C., D. Nabors, D. Gelinne, N. Lefler, and M. Bushell. "Pedestrian Safety Strategic Plan: Recommendations for Research and Product Development." FHWA-10-03 5, Federal Highway Administration, Washington, DC. (2010).



# 附錄 A 行人流量模式預測區間

## Linear Model

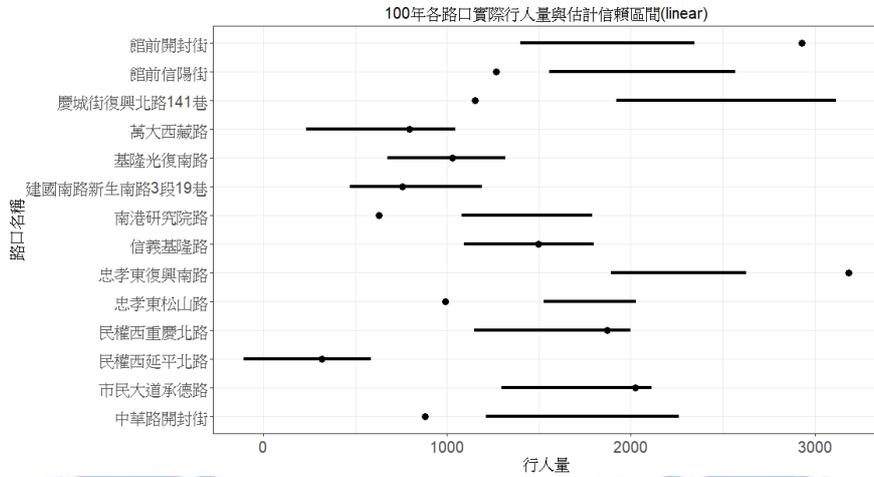


圖 A.1 民國 100 年實際行人量與 95%估計信賴區間

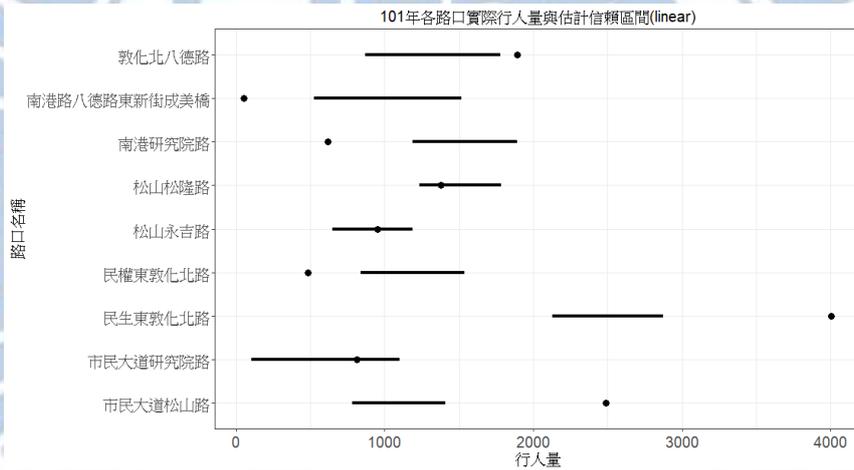


圖 A.2 民國 101 年實際行人量與 95%估計信賴區間

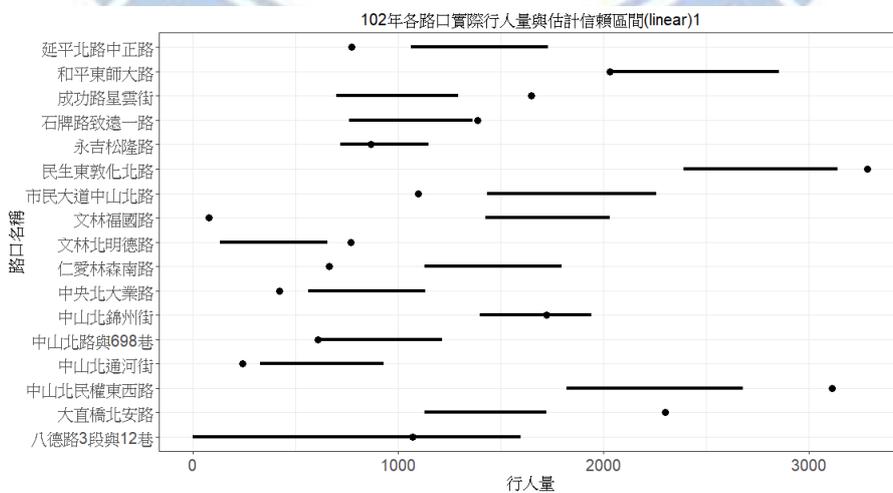


圖 A.3 民國 102 年實際行人量與 95%估計信賴區間

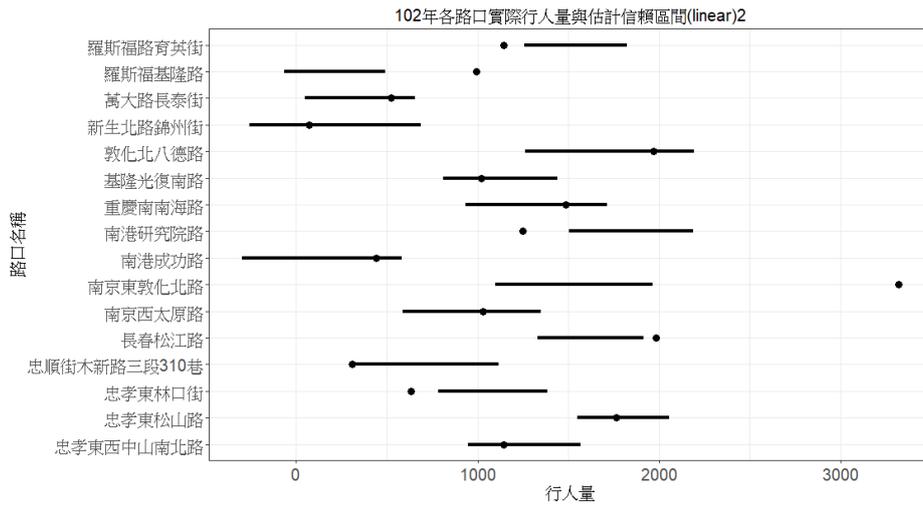


圖 A.4 民國 102 年實際行人量與 95% 估計信賴區間 2

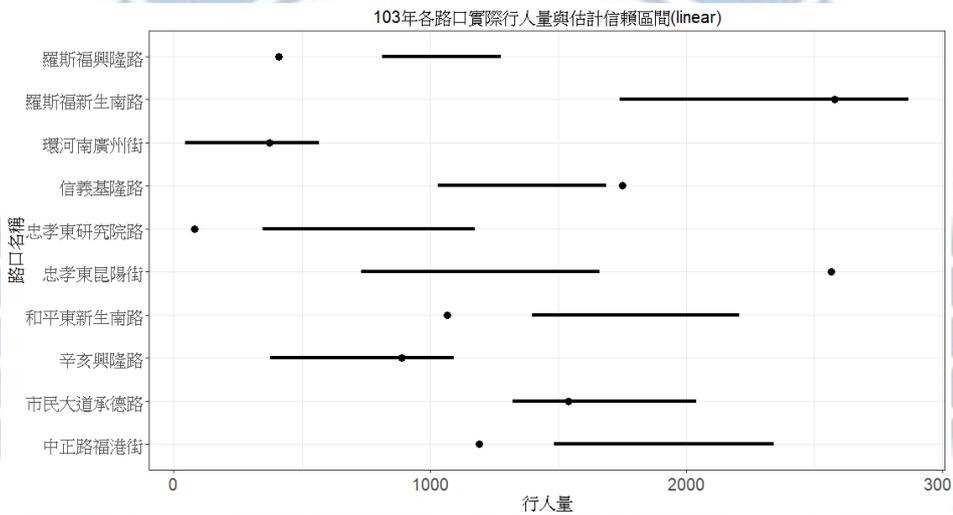


圖 A.5 民國 103 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

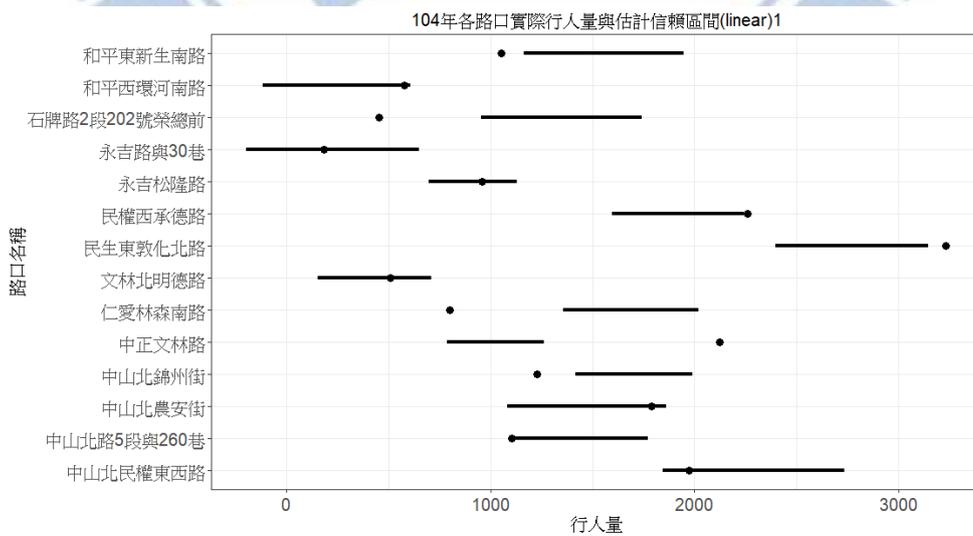


圖 A.6 民國 104 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

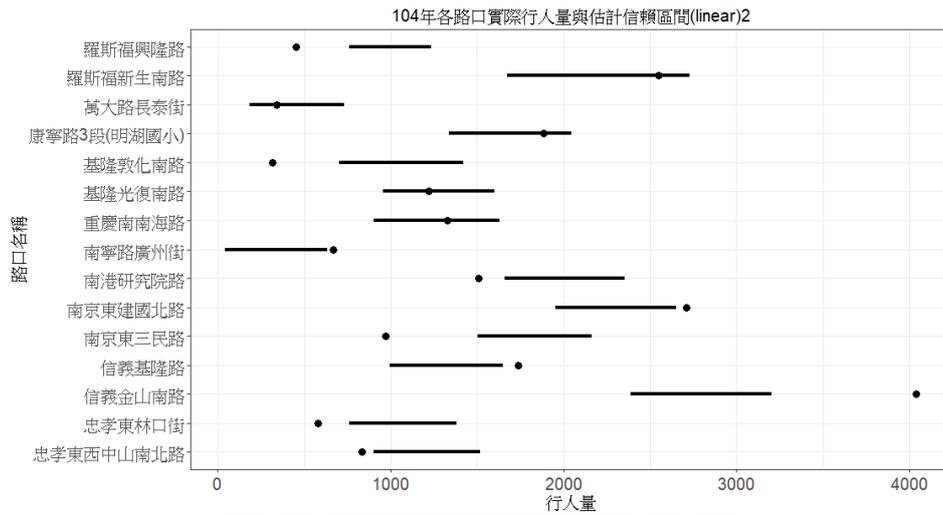


圖 A.7 民國 104 年實際行人量與 95% 估計信賴區間 2

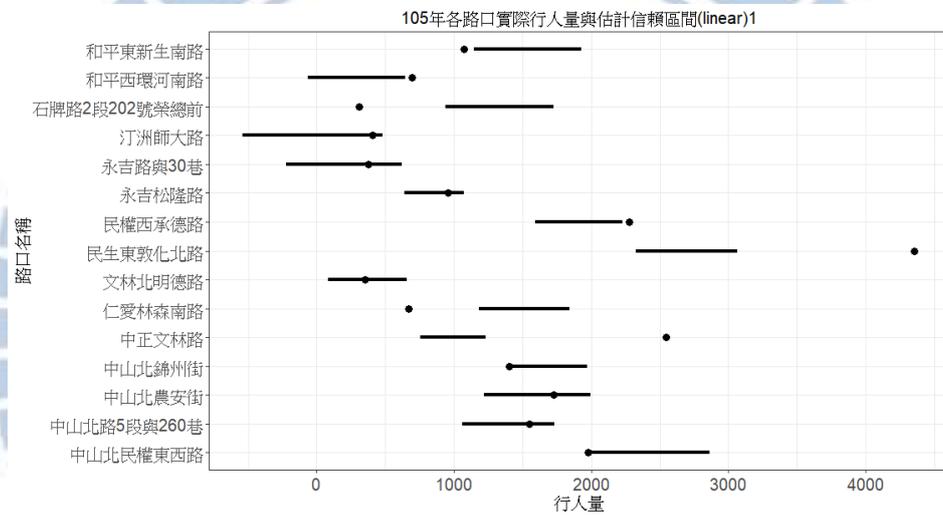


圖 A.8 民國 105 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

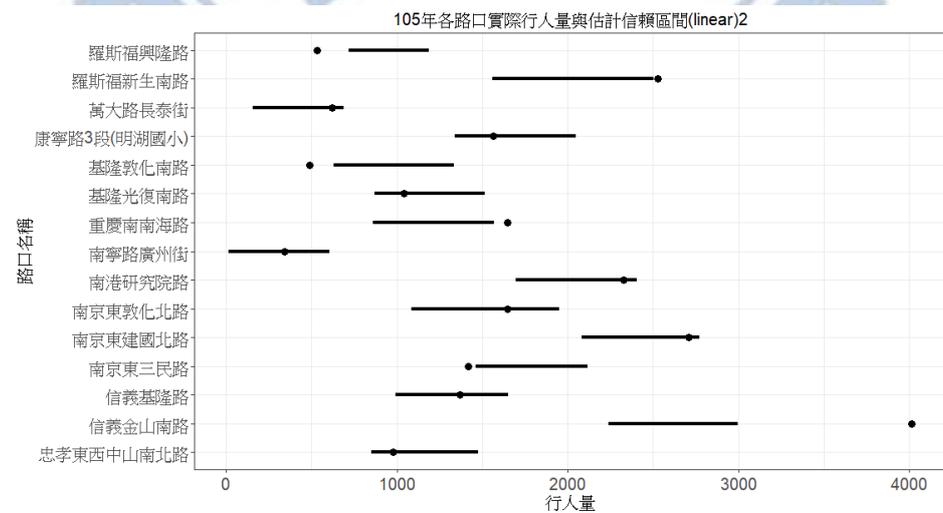


圖 A.9 民國 105 年實際行人量與 95% 估計信賴區間 2

# Log-linear Model

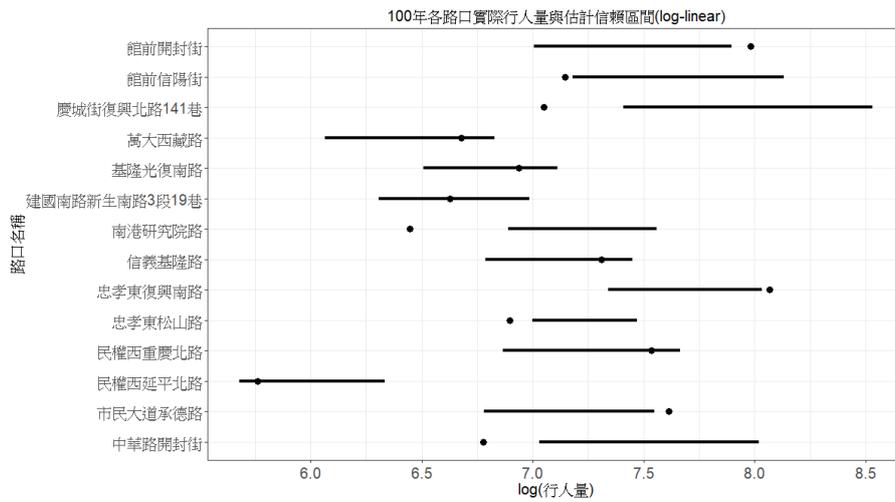


圖 A.10 民國 100 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

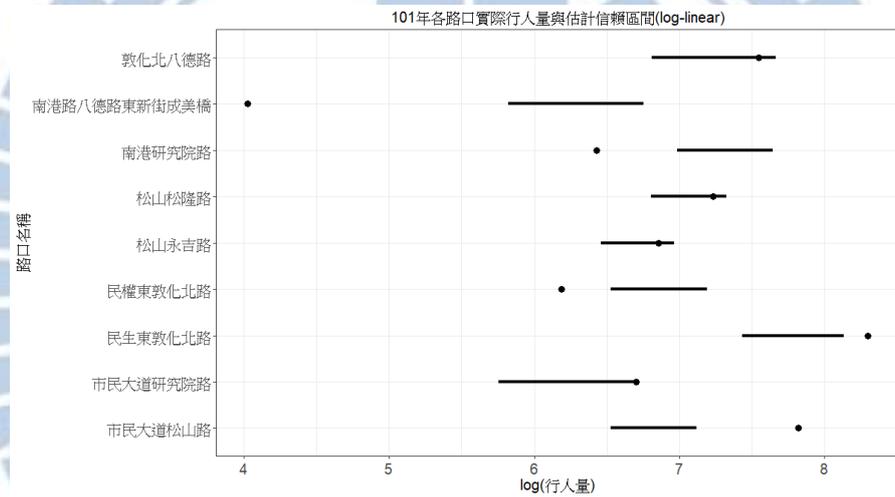


圖 A.11 民國 101 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

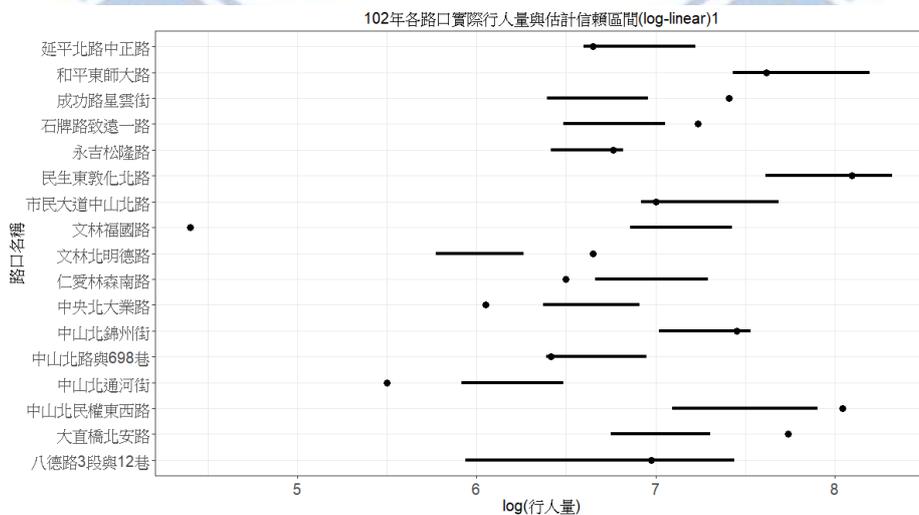


圖 A.12 民國 102 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

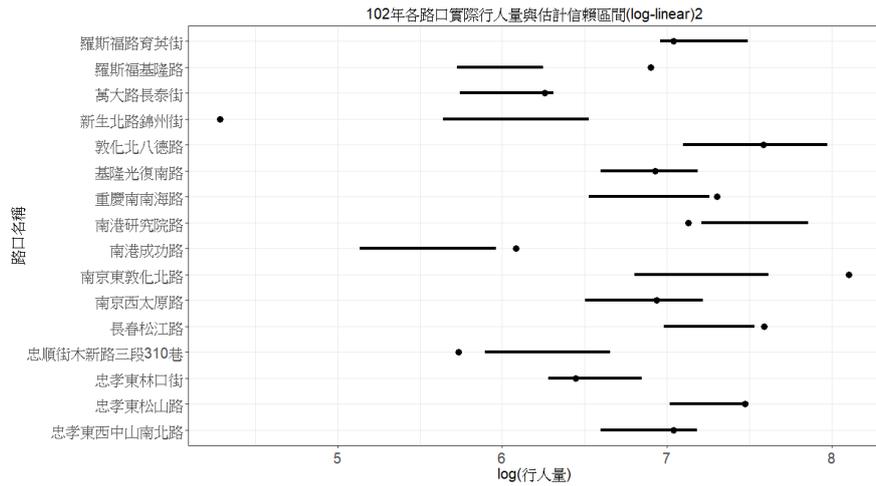


圖 A.13 民國 102 年實際行人量與 95% 估計信賴區間 2

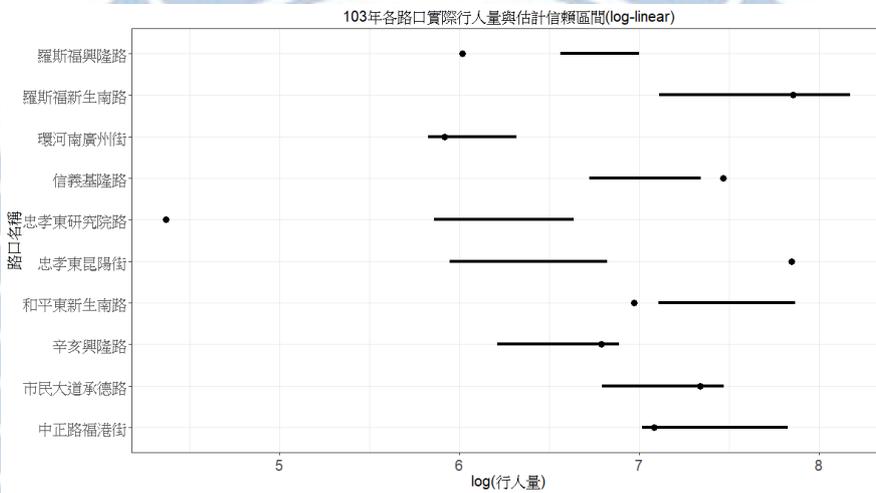


圖 A.14 民國 103 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

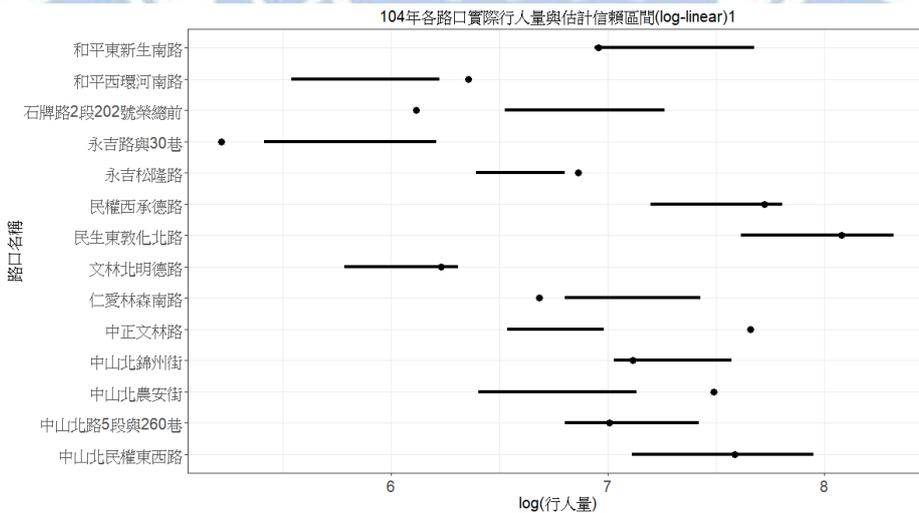


圖 A.15 民國 104 年實際行人量與 95% 估計信賴區間

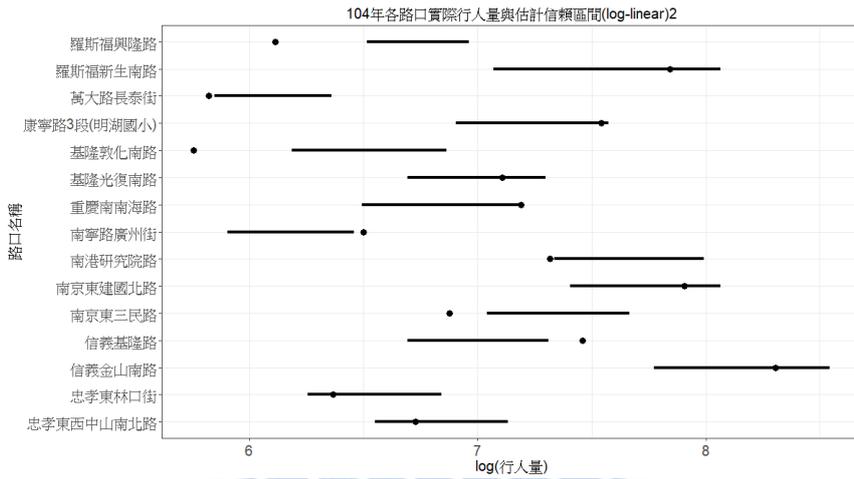


圖 A.16 民國 104 年實際行人量與 95%估計信賴區間 2

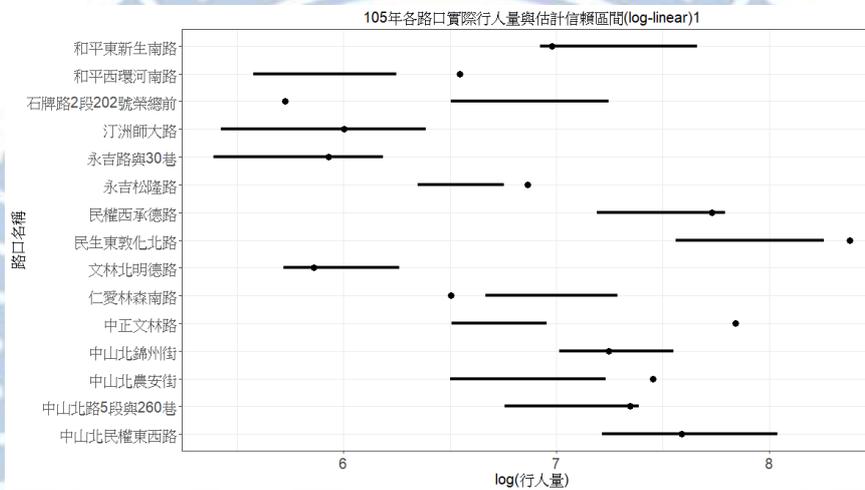


圖 A.17 民國 105 年實際行人量與 95%估計信賴區間

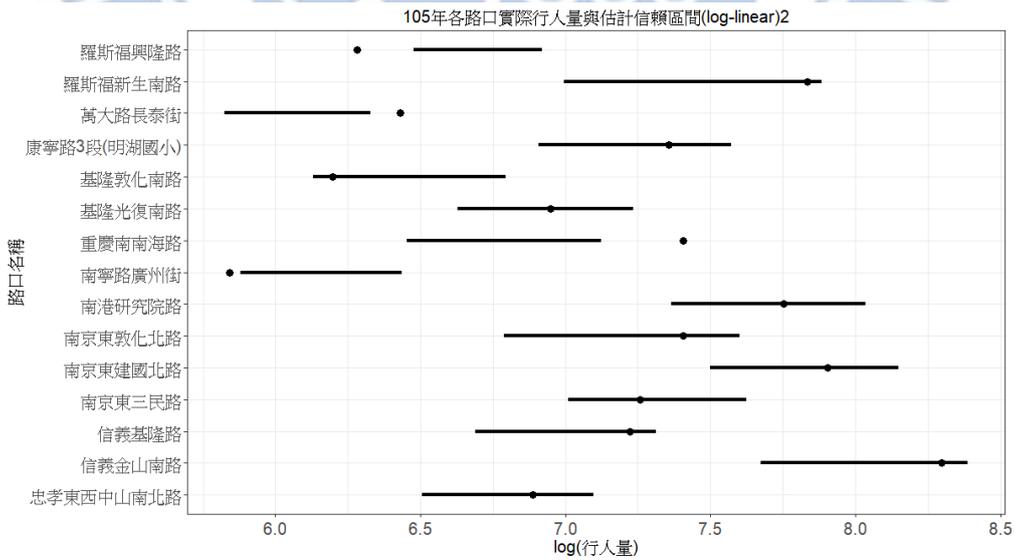


圖 A.18 民國 105 年實際行人量與 95%估計信賴區間 2

# 附錄 B 行人事故預測模式預測區間

## 估計行人量-NB

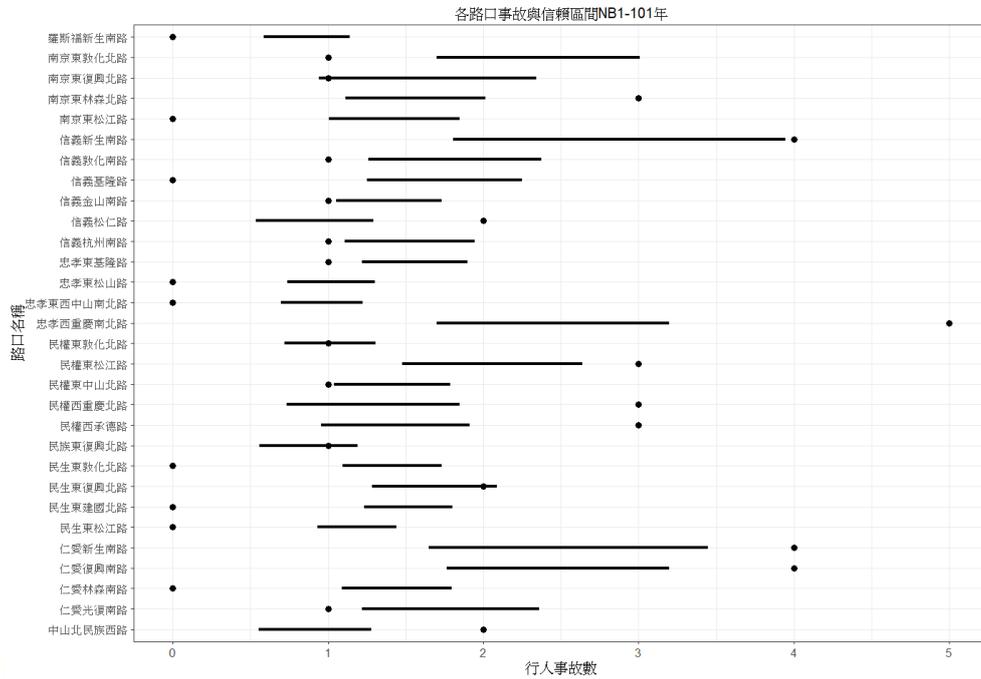


圖 B.1 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(101 年)

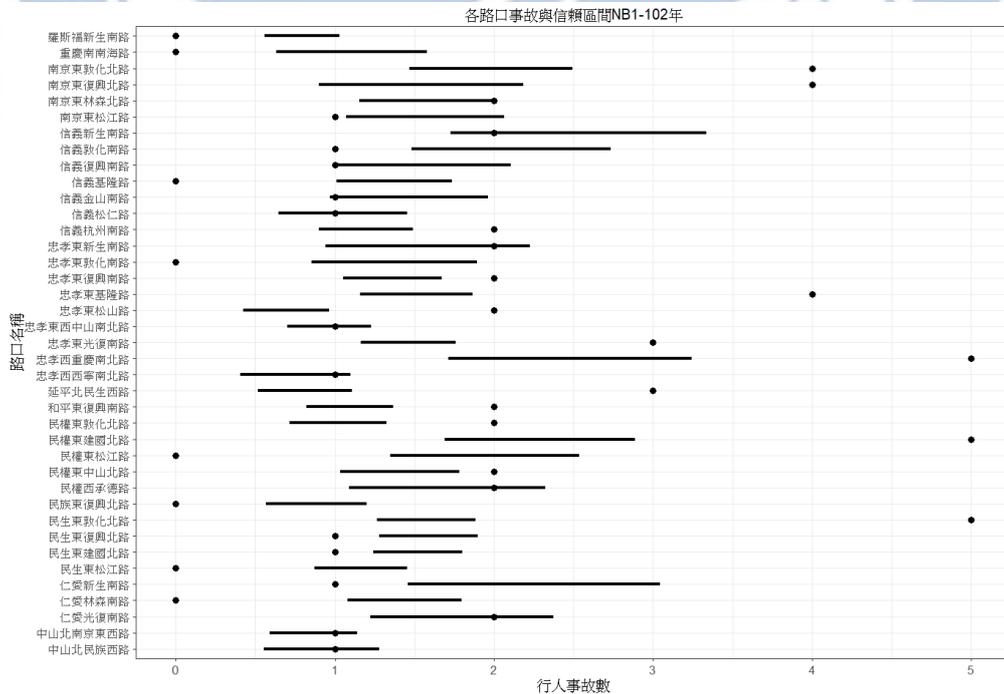


圖 B.2 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(102 年)

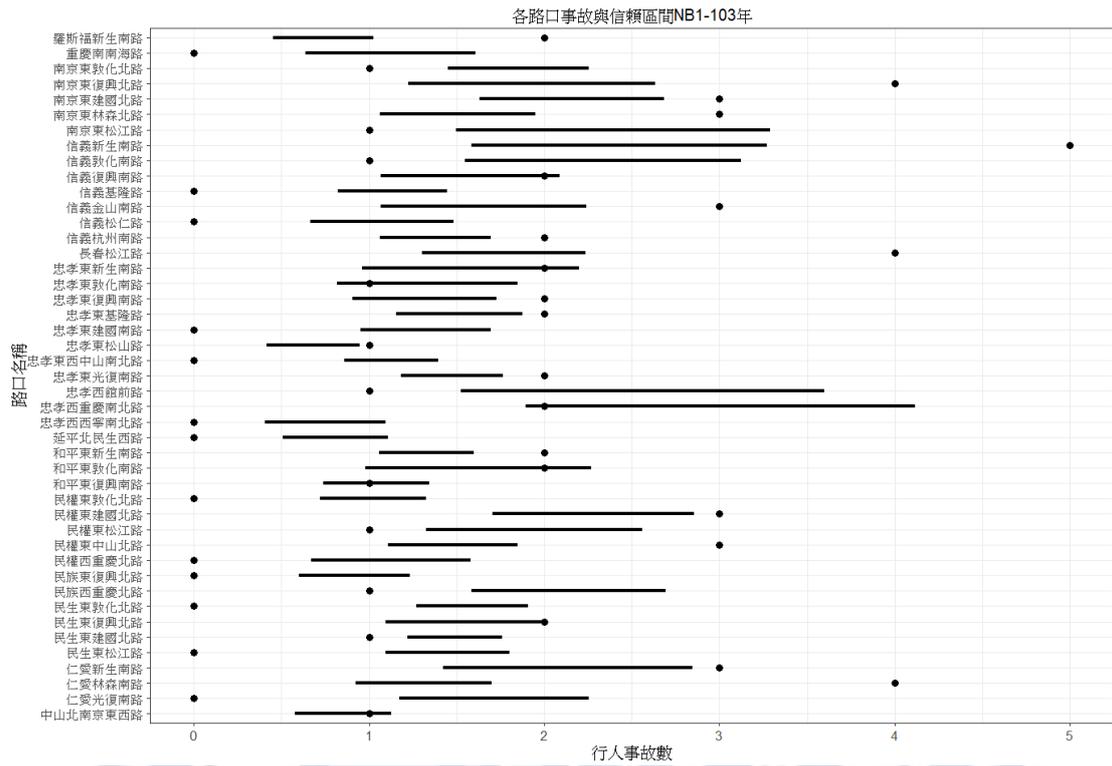


圖 B.3 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(103 年)

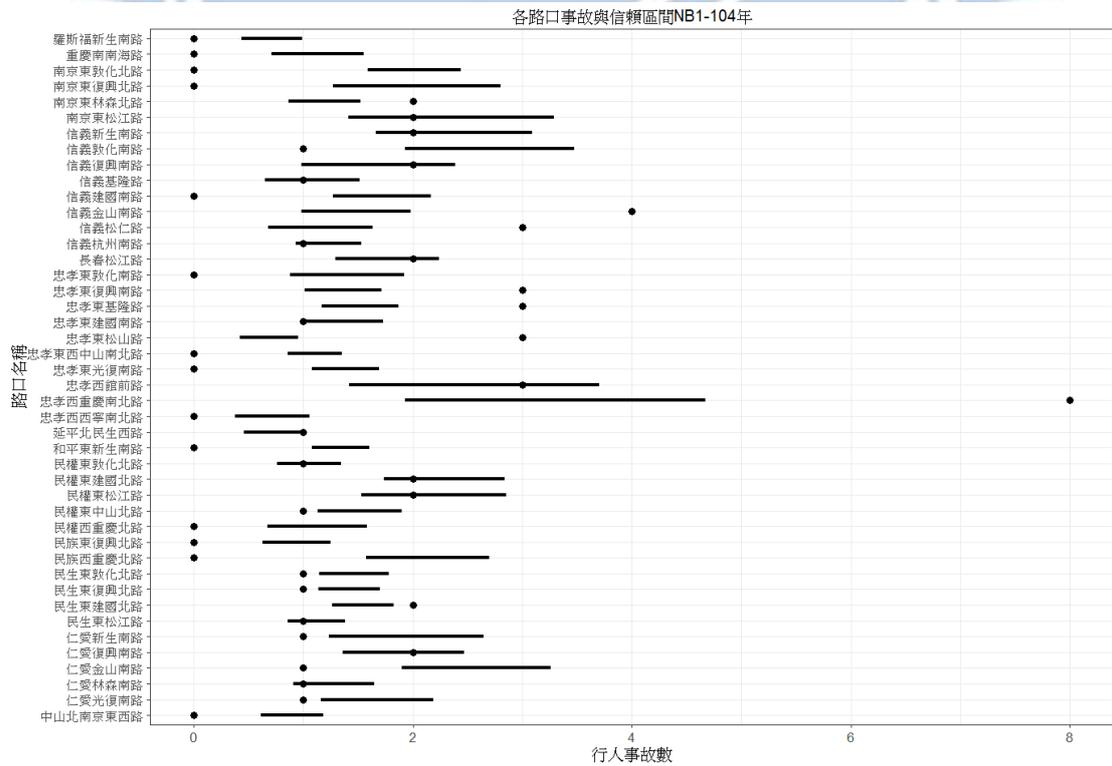


圖 B.4 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(104 年)

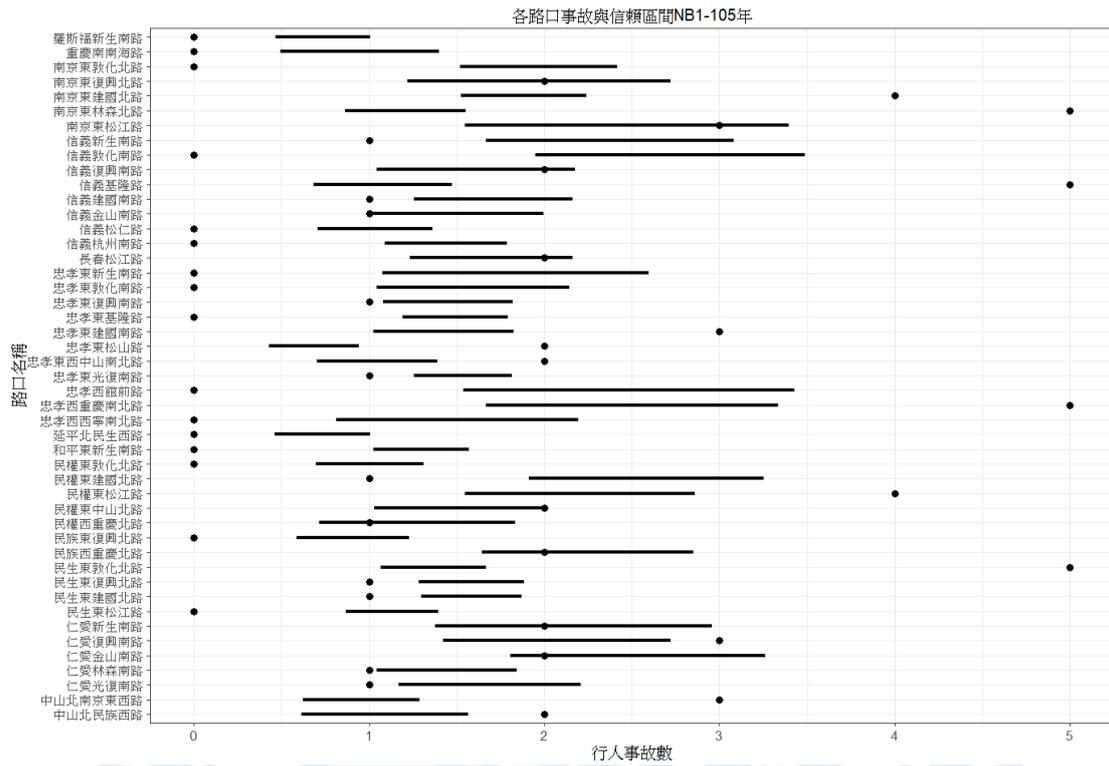


圖 B.5 估計行人量-NB model 之 95%估計信賴區間(105 年)

估計行人量-ZINB

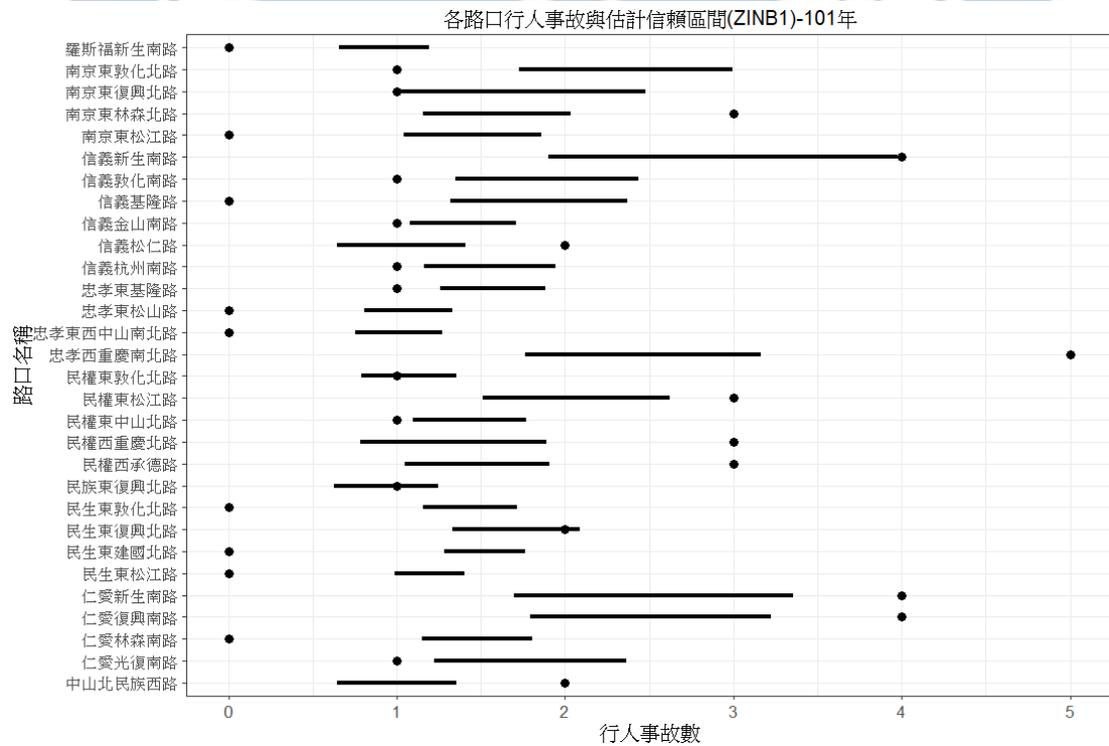


圖 B.6 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(101 年)

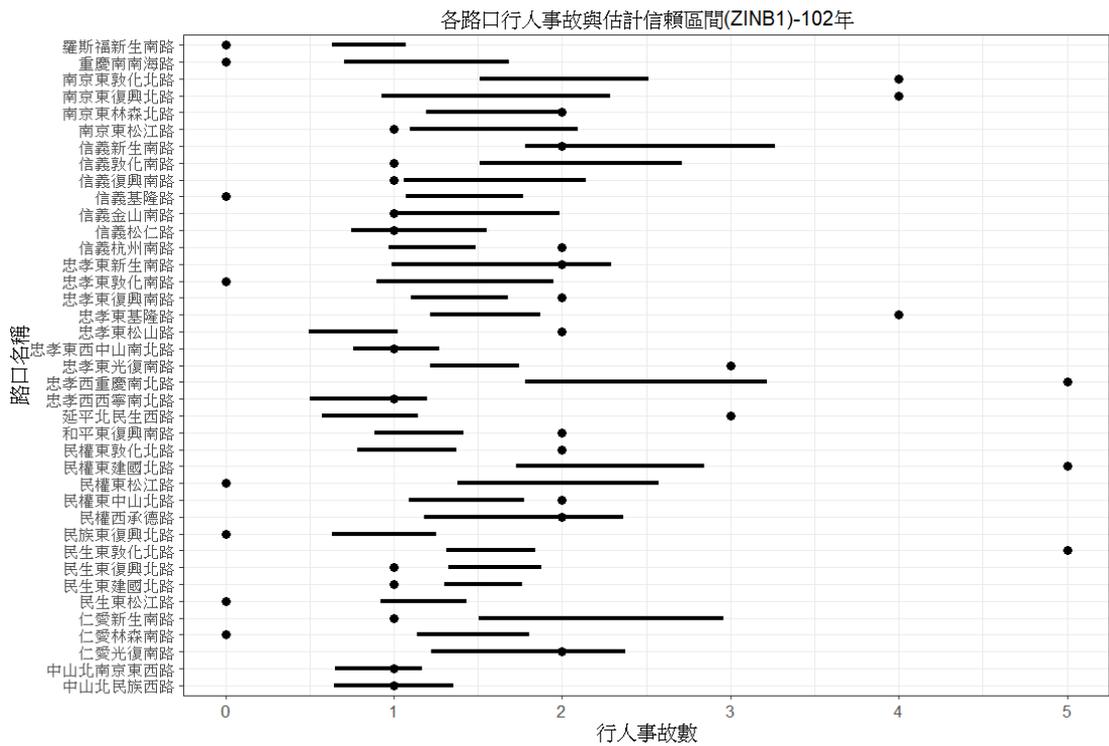


圖 B.7 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(102年)

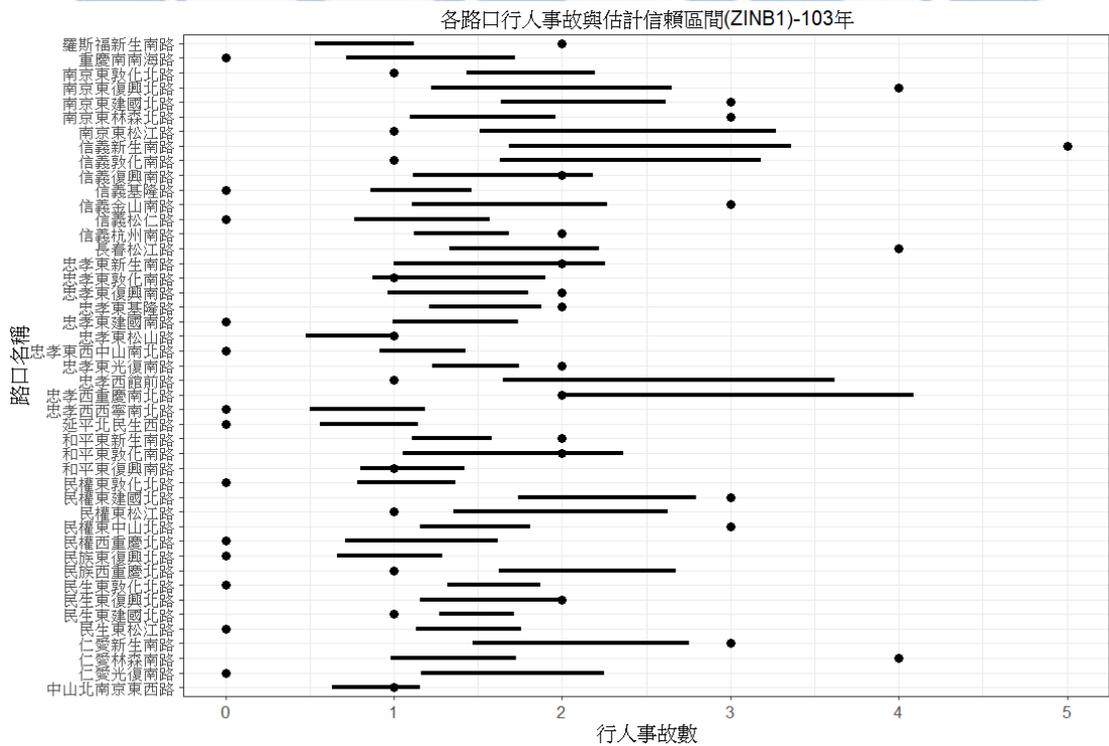


圖 B.8 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(103年)

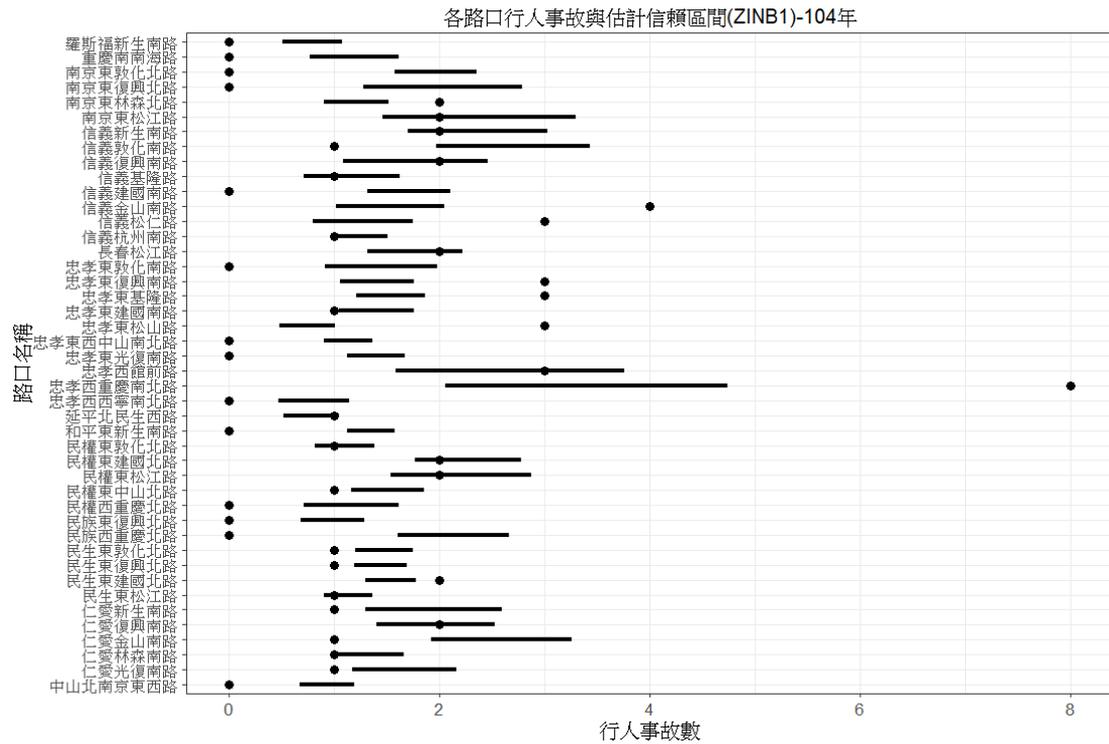


圖 B.9 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(104 年)

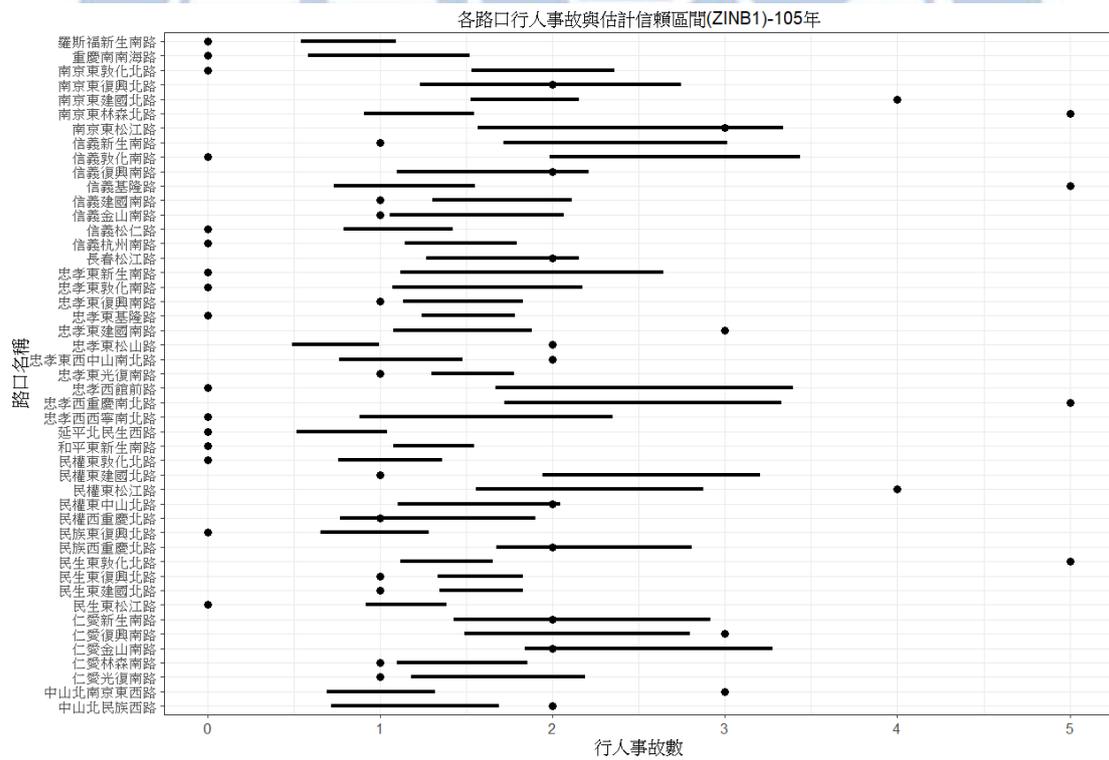


圖 B.10 估計行人量-ZINB model 之 95%估計信賴區間(105 年)

# 相關變數-NB

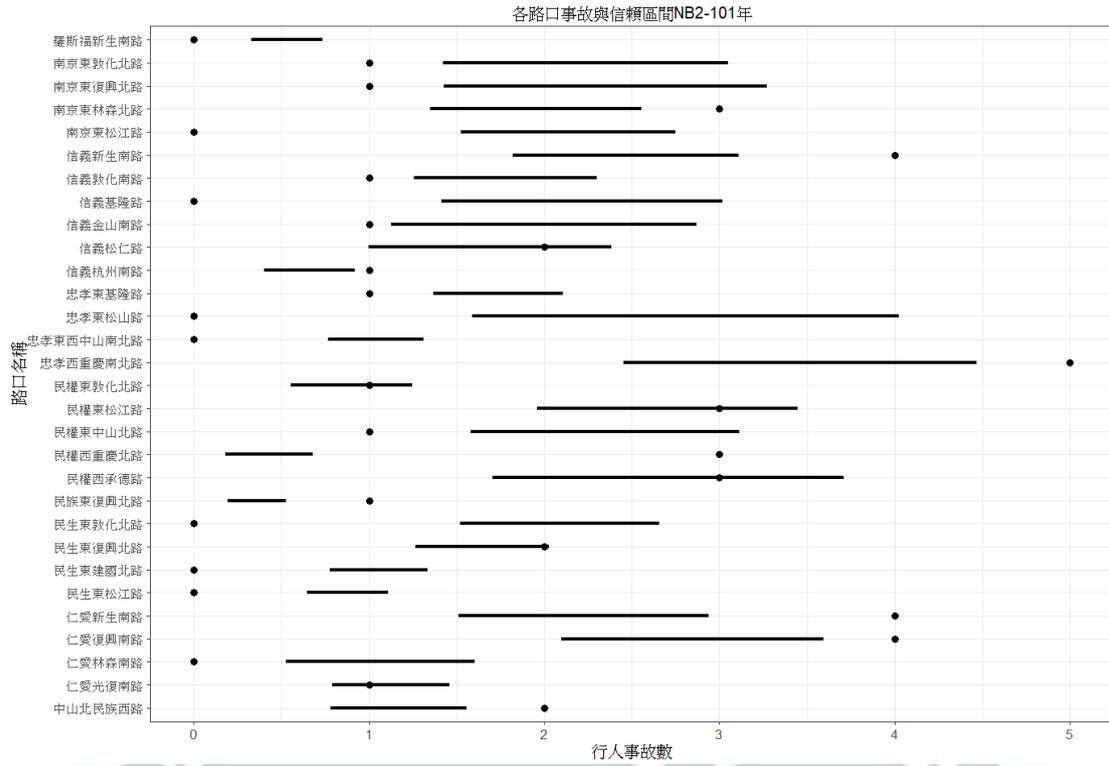


圖 B.11 相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(101 年)

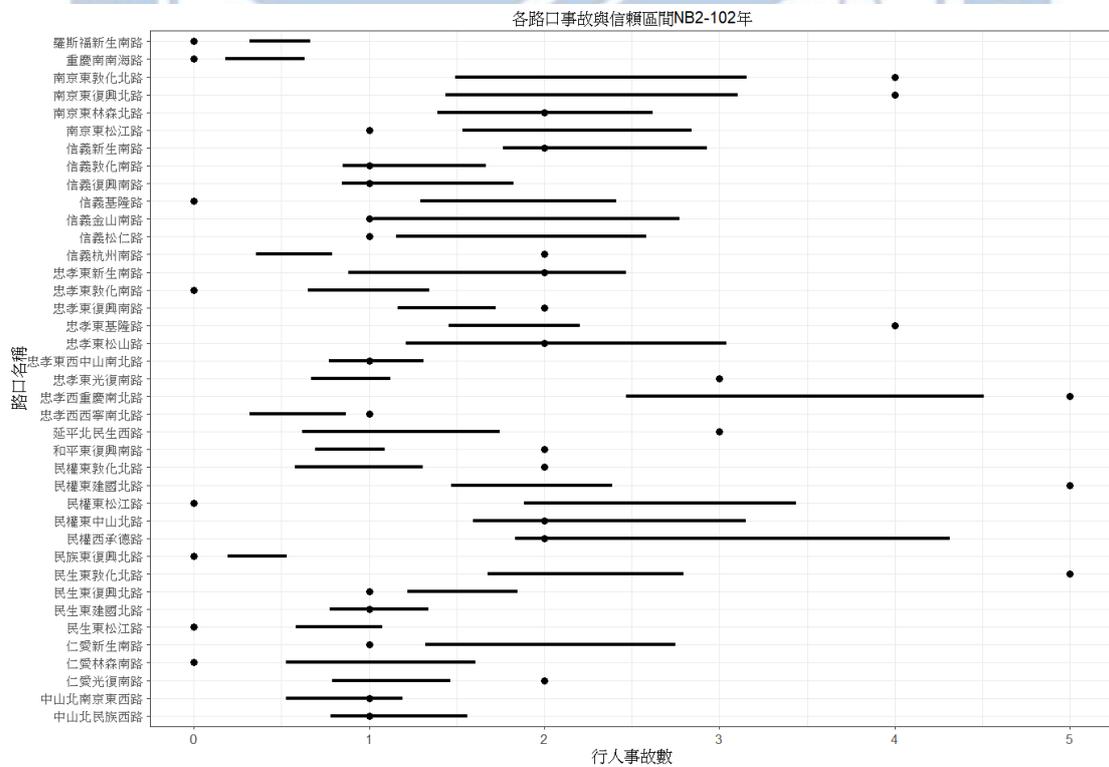


圖 B.12 相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(102 年)

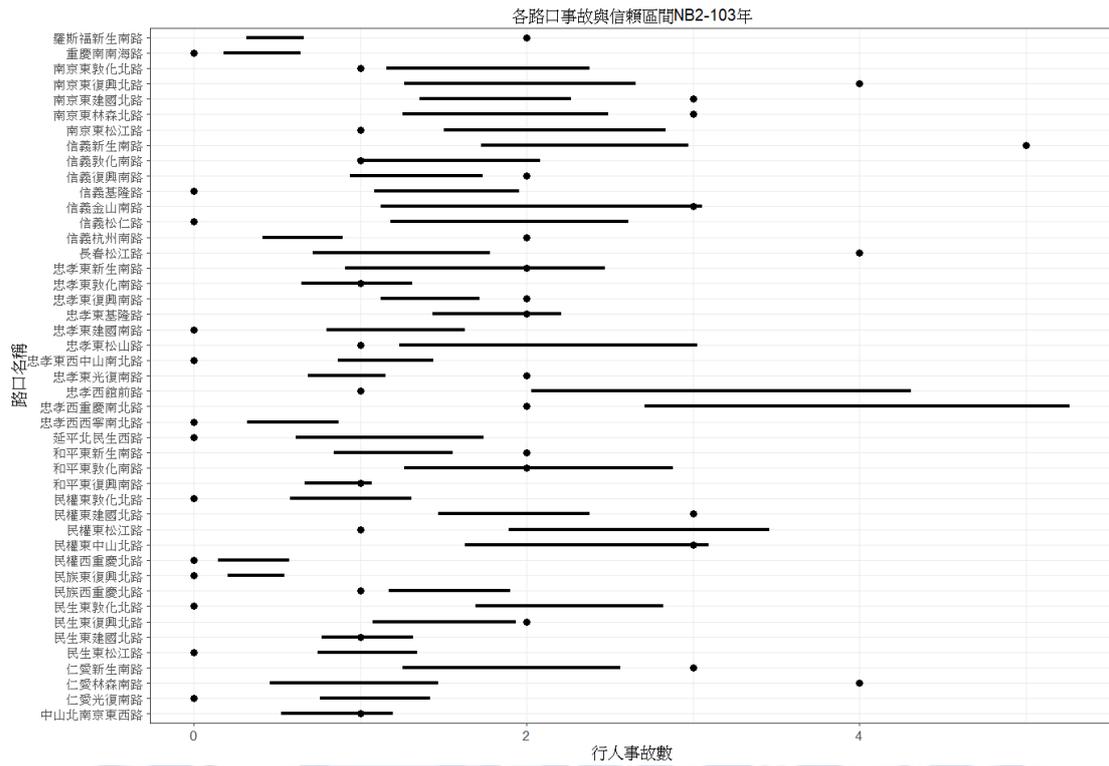


圖 B.13 相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(103 年)

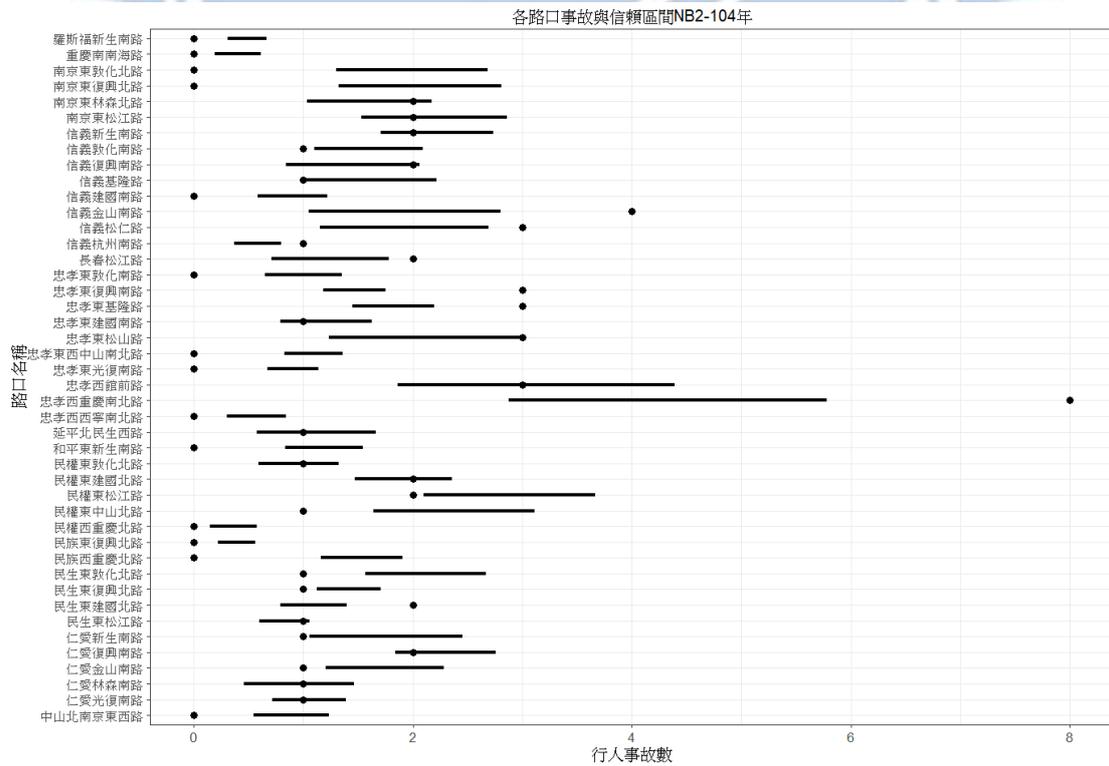


圖 B.14 相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(104 年)

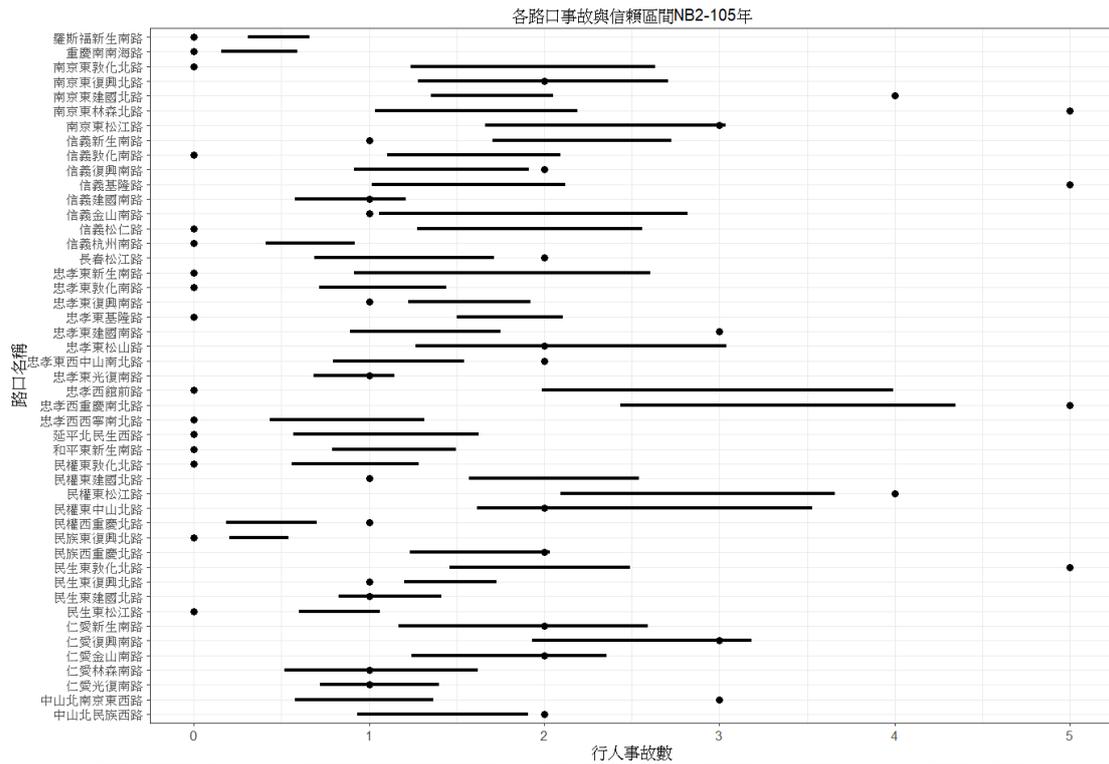


圖 B.15 相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(105 年)

相關變數-ZINB

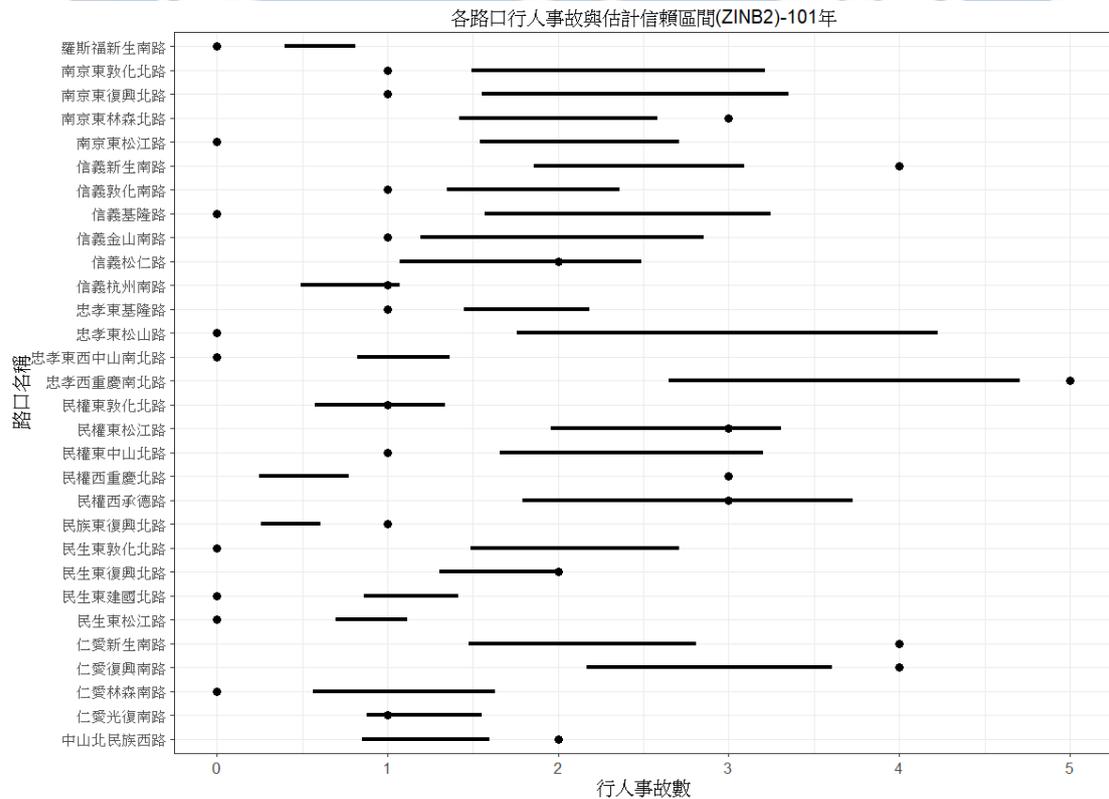


圖 B.16 相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(101 年)

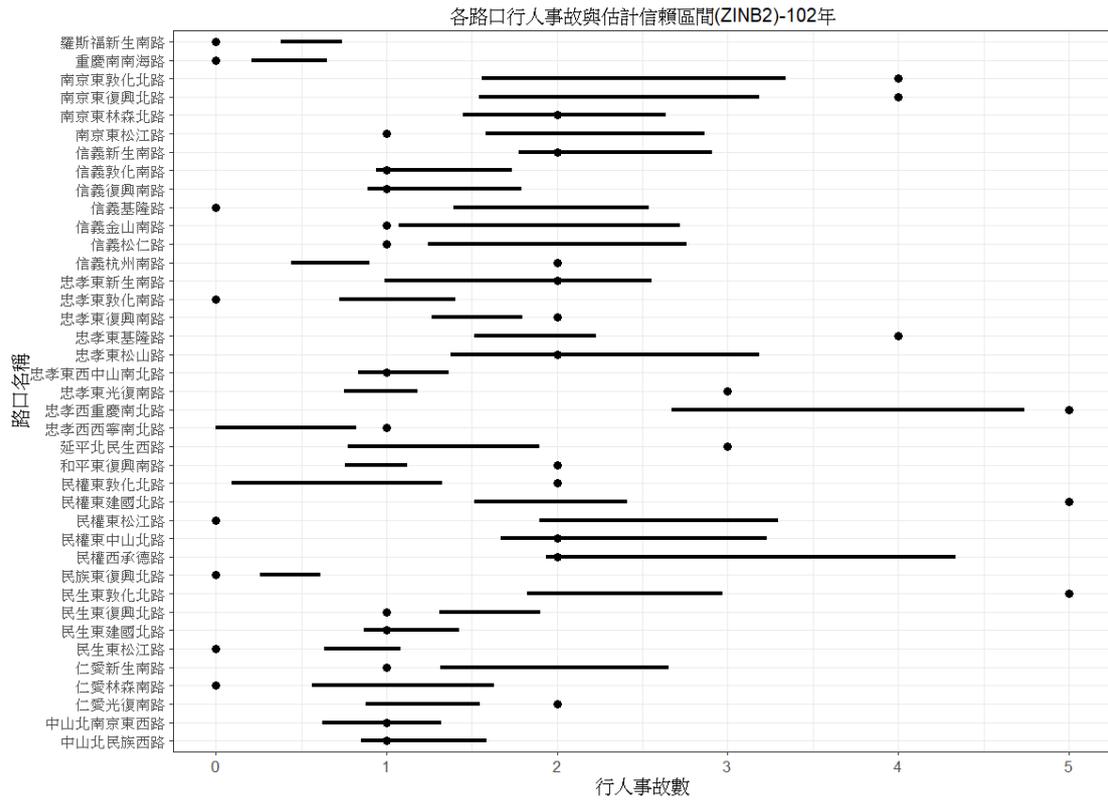


圖 B.17 相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(102年)

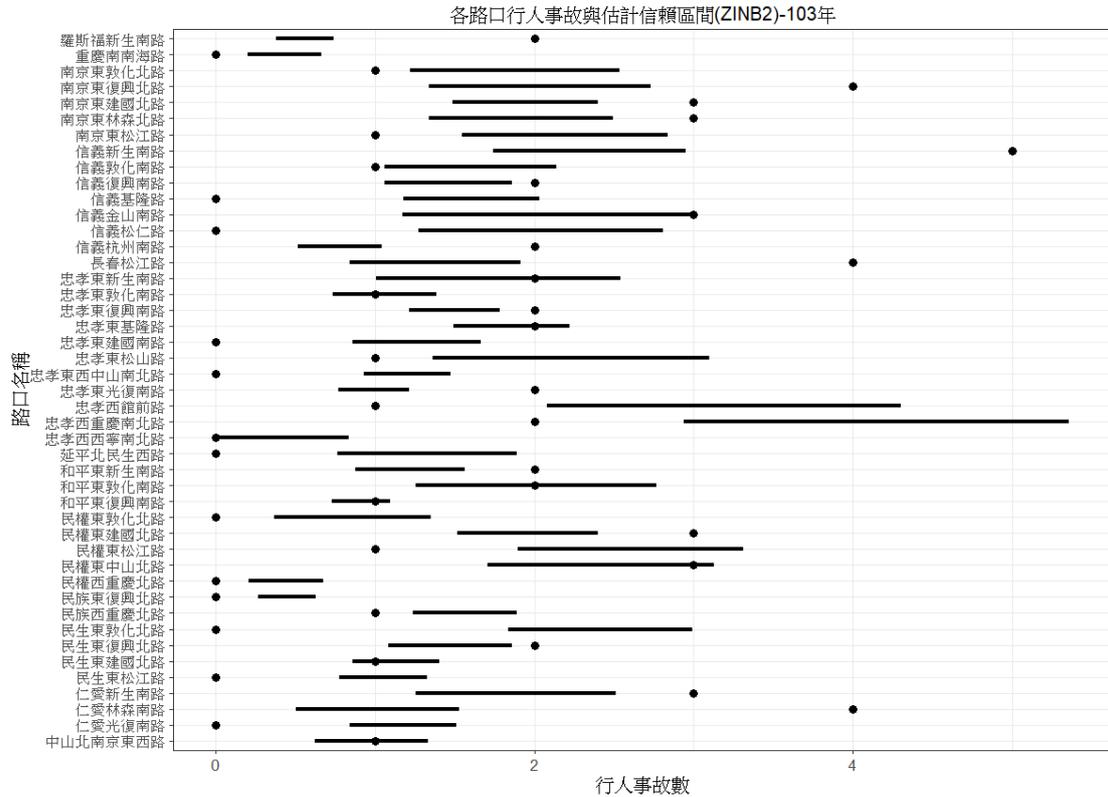


圖 B.18 相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(103年)

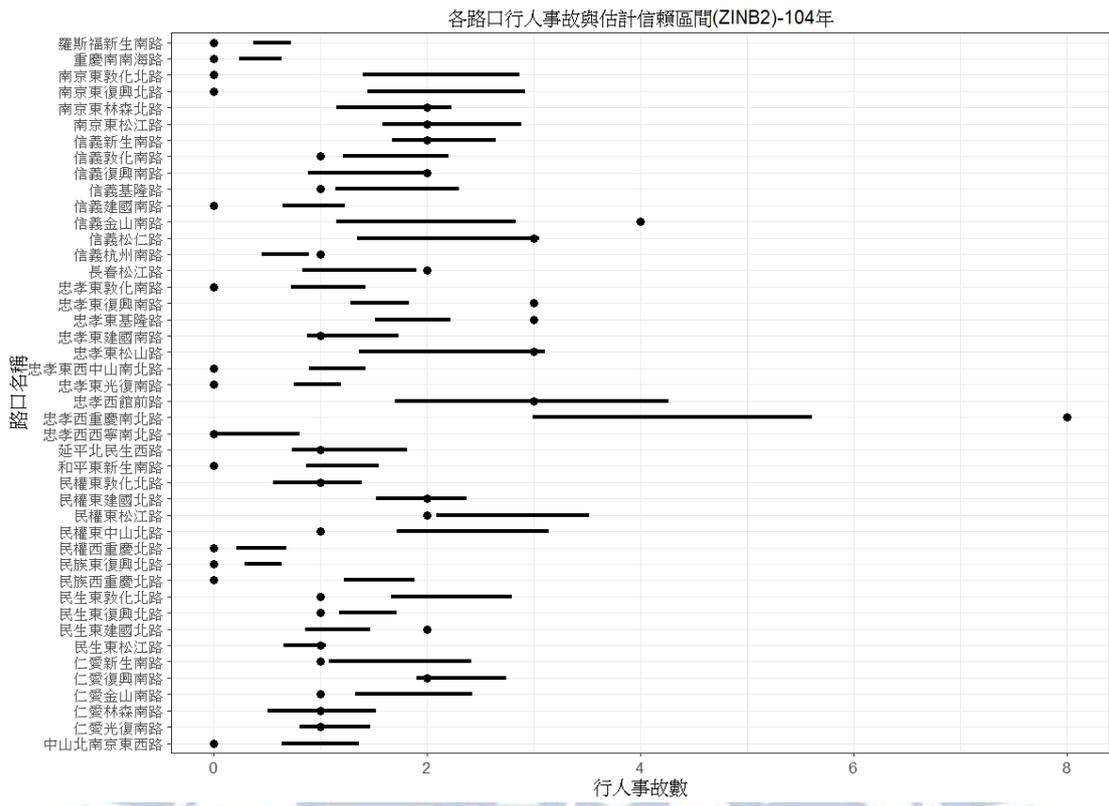


圖 B.19 相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(104 年)

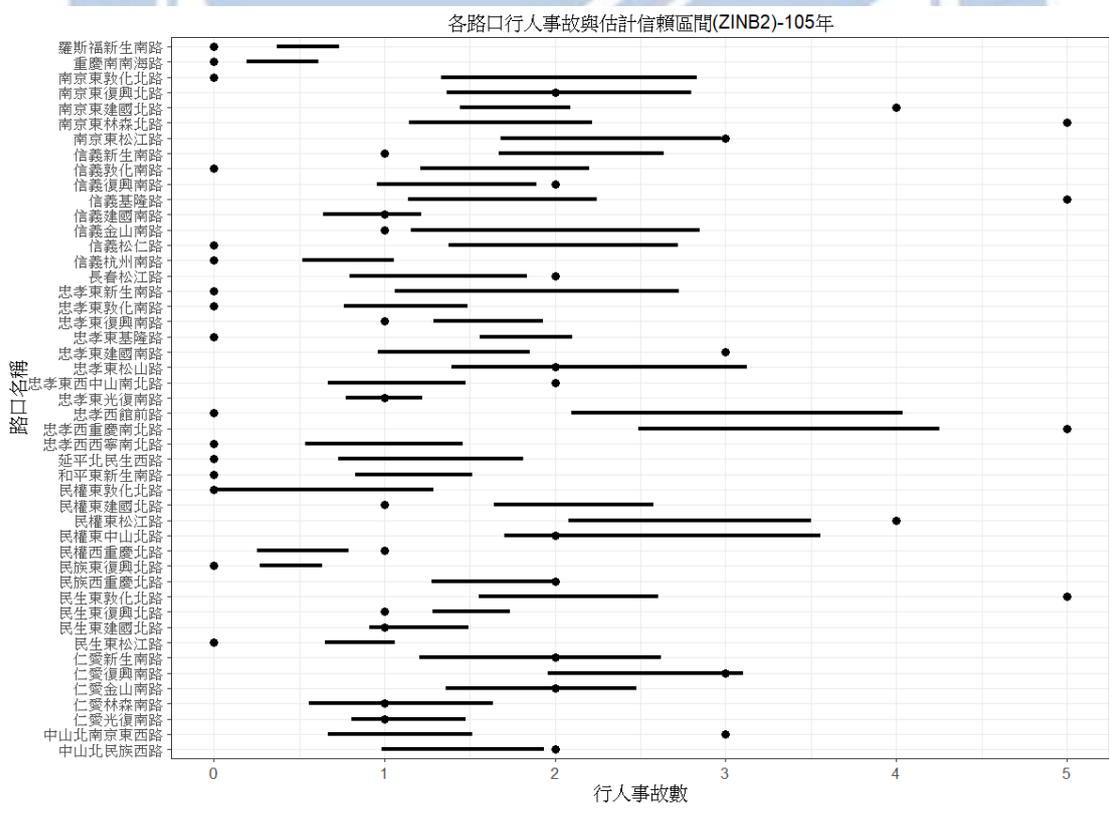


圖 B.20 相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(105 年)

# 估計行人量與相關變數-NB

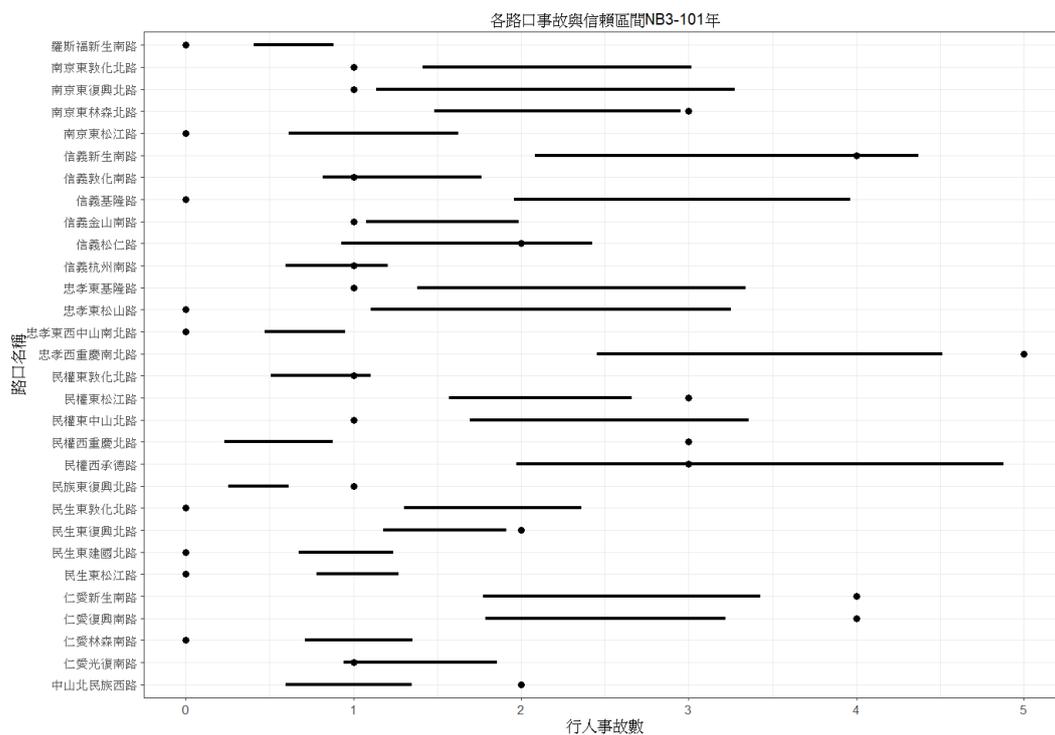


圖 B.21 估計行人量與相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(101年)

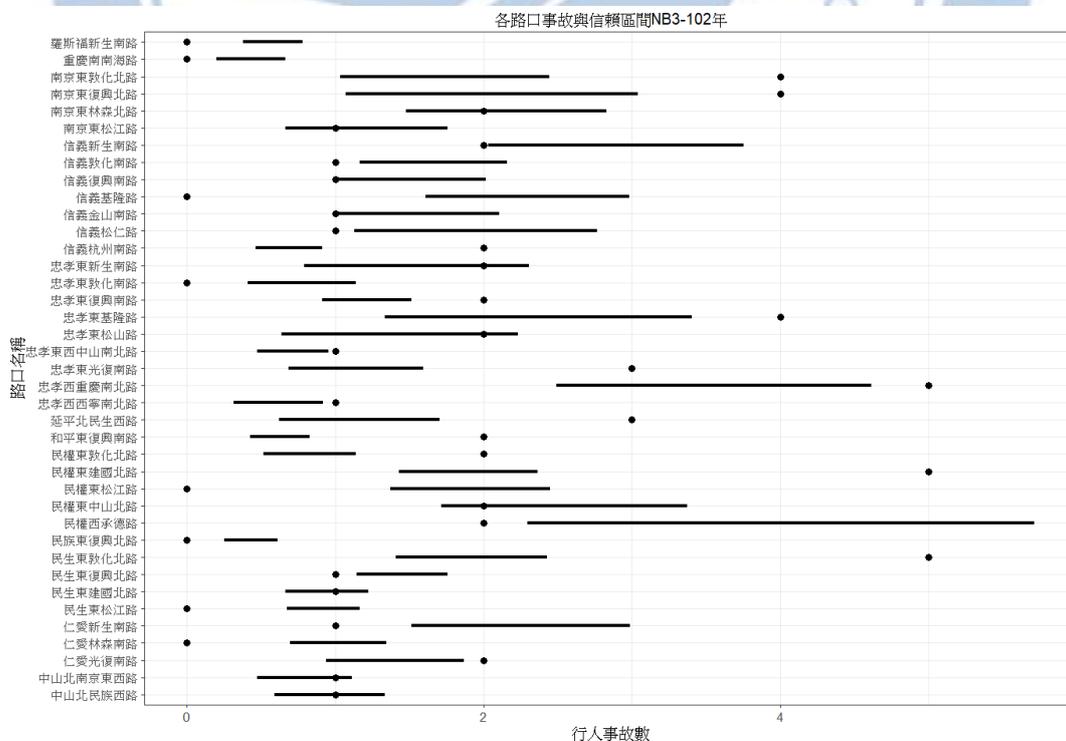
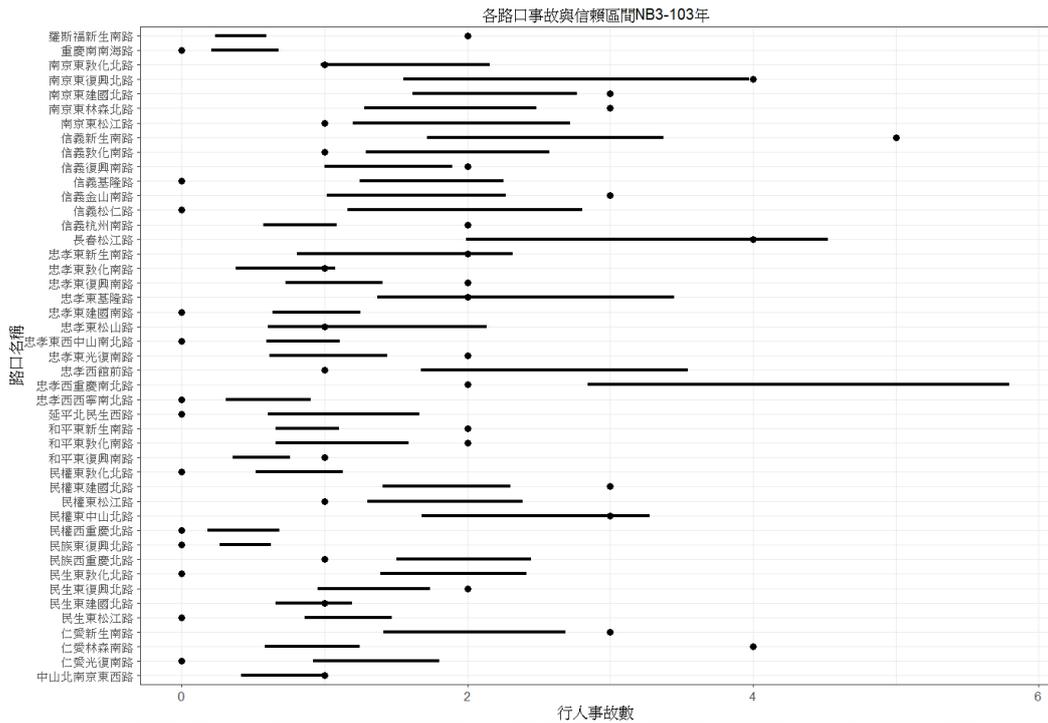
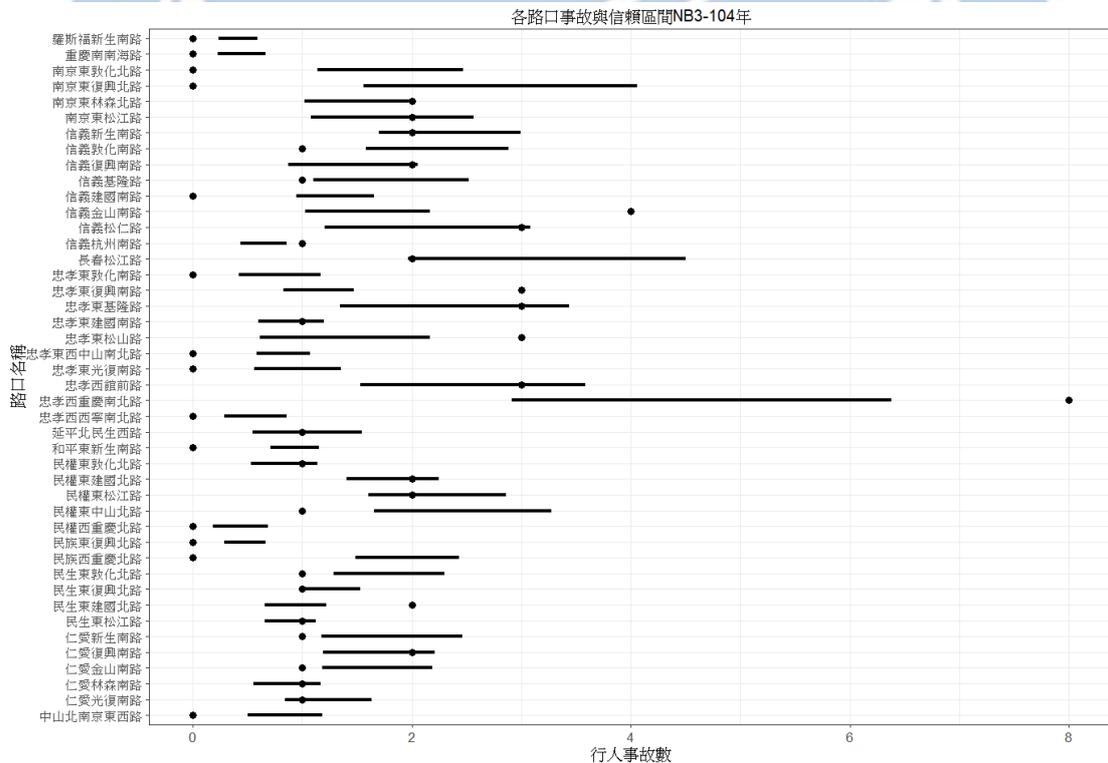


圖 B.22 估計行人量與相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(102年)



**圖 B.23 估計行人量與相關變數-NB model 之  
95%估計信賴區間(103年)**



**圖 B.24 估計行人量與相關變數-NB model 之  
95%估計信賴區間(104年)**

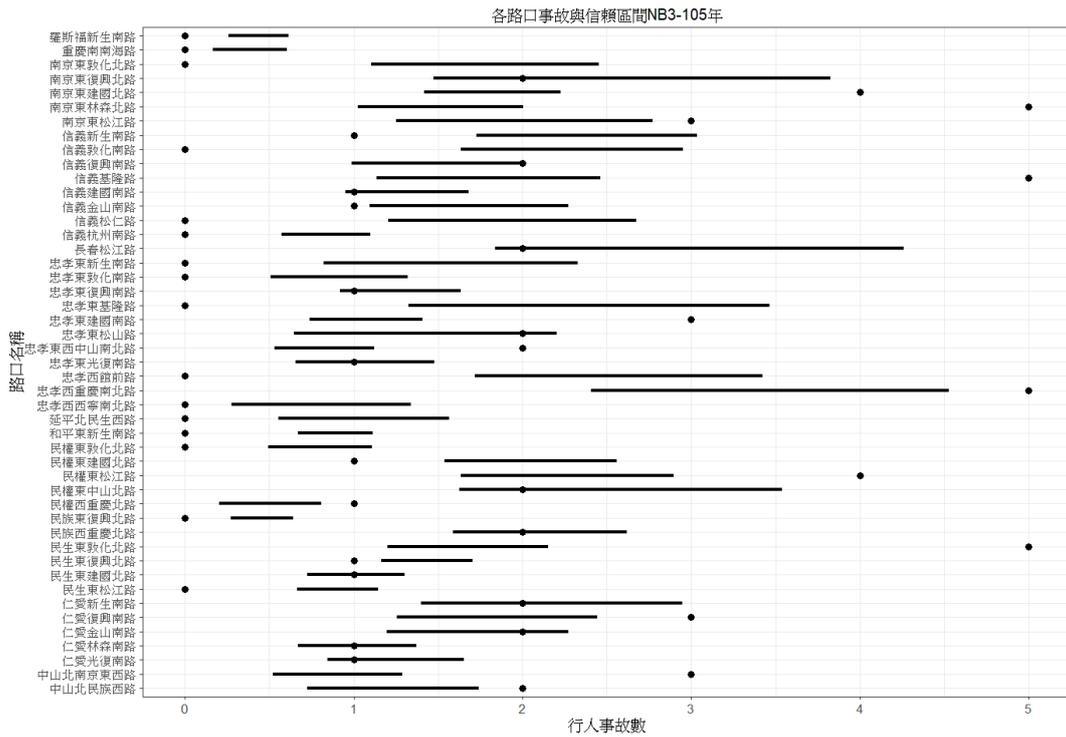


圖 B.25 估計行人量與相關變數-NB model 之 95%估計信賴區間(105年)

估計行人量與相關變數-ZINB

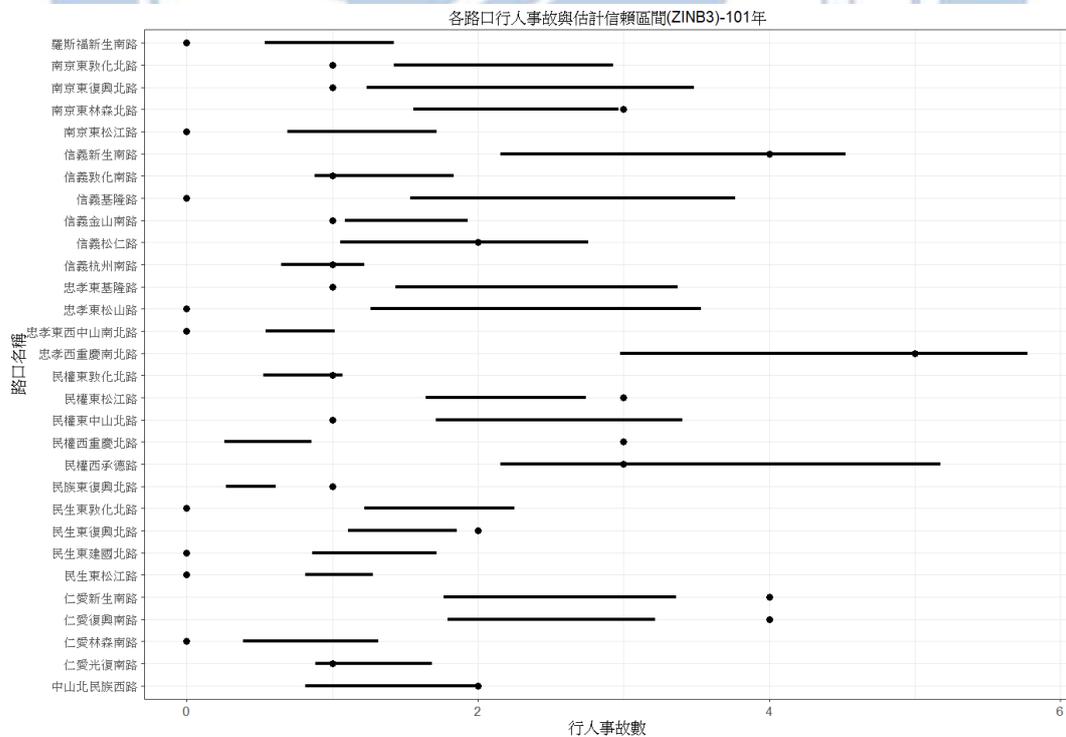
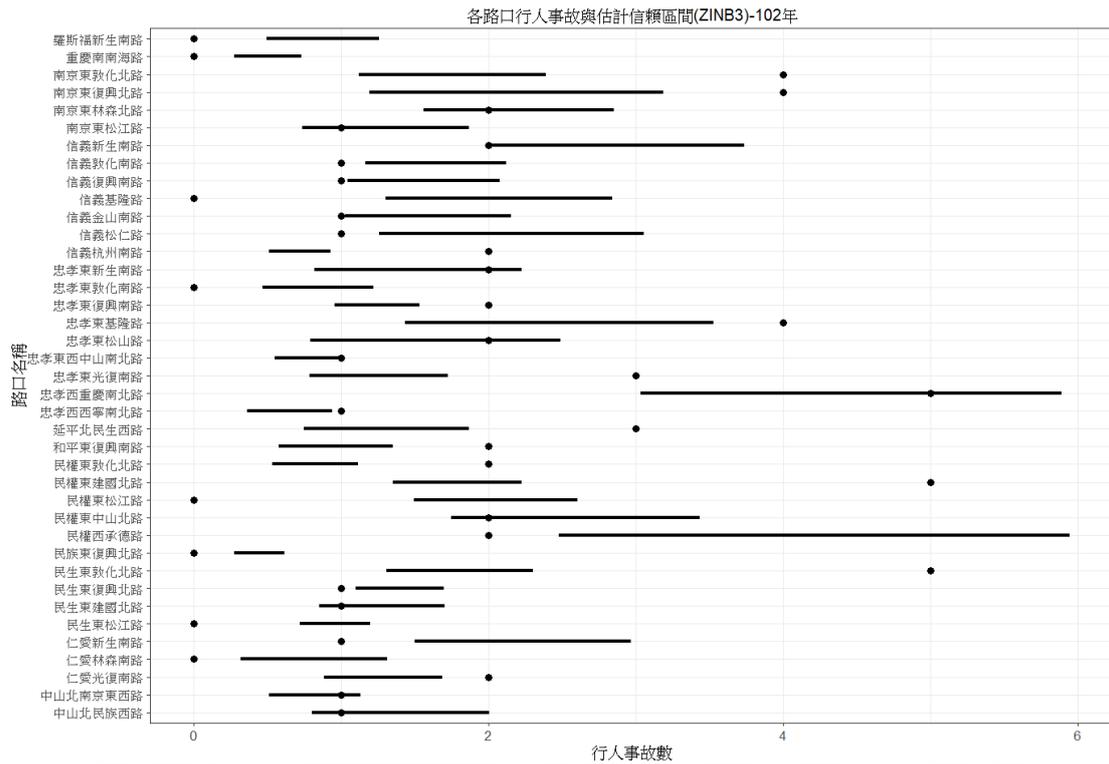
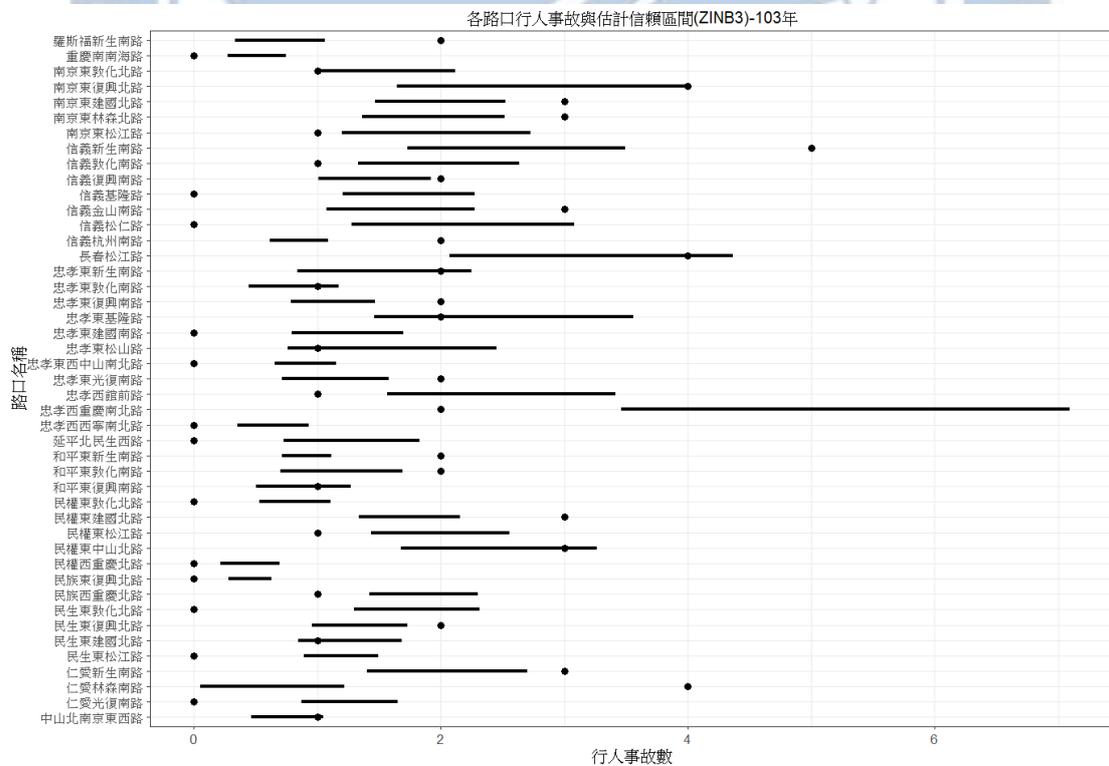


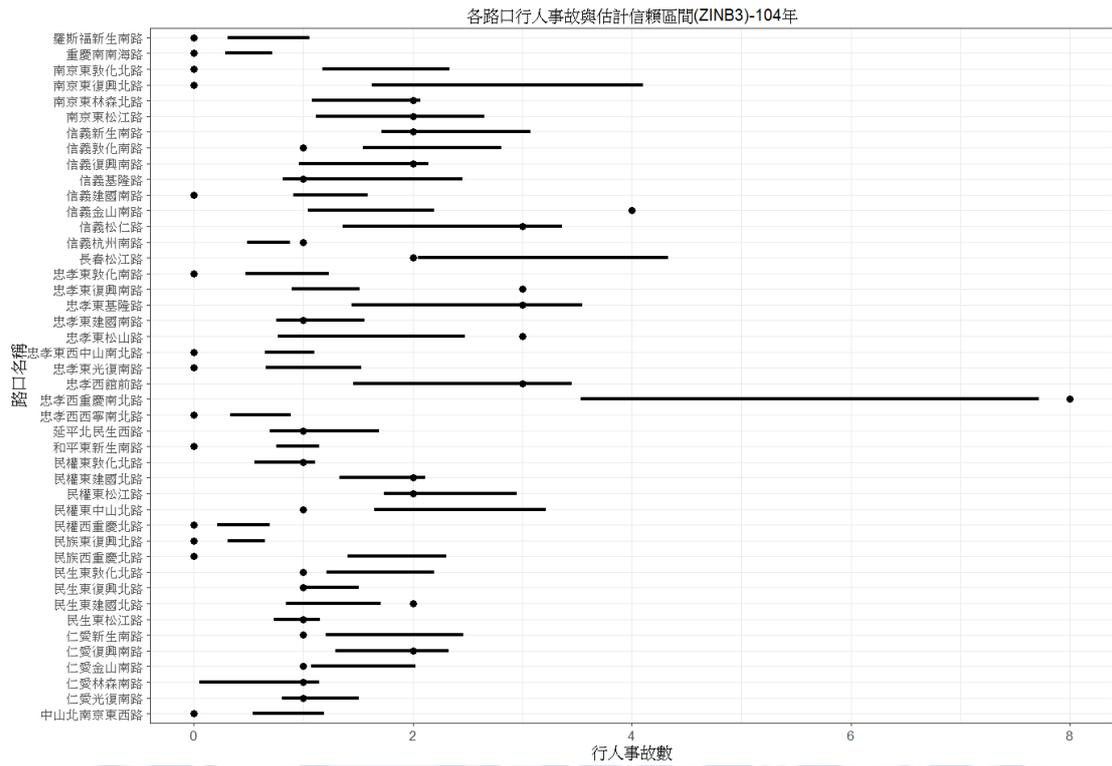
圖 B.26 估計行人量與相關變數-ZINB model 之 95%估計信賴區間(101年)



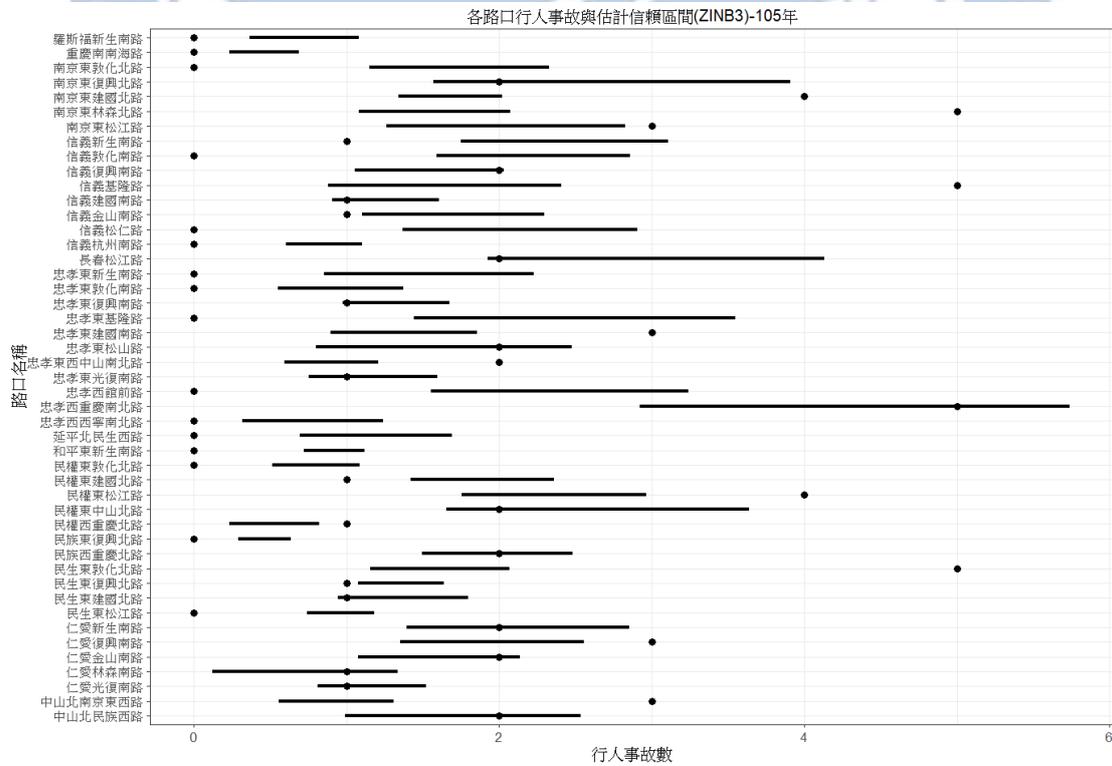
**圖 B.27 估計行人量與相關變數-ZINB model 之  
95%估計信賴區間(102年)**



**圖 B.28 估計行人量與相關變數-ZINB model 之  
95%估計信賴區間(103年)**



**圖 B.29 估計行人量與相關變數-ZINB model 之  
95%估計信賴區間(104年)**



**圖 B.30 估計行人量與相關變數-ZINB model 之  
95%估計信賴區間(105年)**

## 附錄 C 行人流量估計模式中間過程

**表 C-1 土地使用 (log-linear model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> t )	
(Intercept)	7.239	0.201	< 2e-16	***
商業區面積	8.984	5.106	0.081	*
住宅區面積	0.125	5.666	0.982	
是否有小學	-0.330	0.144	0.023	**
是否有國中	-0.298	0.163	0.070	*
是否有高中	-0.176	0.253	0.489	
是否有大學	-0.007	0.241	0.977	
是否有公園	0.022	0.165	0.895	
是否有工業區	-0.610	0.224	0.007	***
Residual standard error: 0.781 on 145 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.1393, Adjusted R-squared: 0.09183				
F-statistic: 2.934 on 8 and 145 DF, p-value: 0.004564				

**表 C-2 人口社經 (log-linear model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> t )	
(Intercept)	6.935	0.063	< 2e-16	***
0-17 歲人口比例	5.238	1.836	0.005	***
18-64 歲人口數	0.000	0.000	0.177	
行政區機車登記數	-0.079	0.039	0.047	**
Residual standard error: 0.7848 on 150 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.1008, Adjusted R-squared: 0.08279				
F-statistic: 5.604 on 3 and 150 DF, p-value: 0.001141				

**表 C-3 交通建設 (log-linear model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> t )	
(Intercept)	6.935	0.057	< 2e-16	***
50m 公車路線數	0.019	0.005	0.000	***
50m Ubike 站數	0.434	0.138	0.002	***
與最近捷運站之距離	-0.001	0.000	0.008	***
400m 內捷運站進出站人數	0.018	0.008	0.029	**
200m 內 Ubike 平均每日借還量	0.838	0.273	0.003	***
Residual standard error: 0.7114 on 148 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.2711, Adjusted R-squared: 0.2465				
F-statistic: 11.01 on 5 and 148 DF, p-value: 5.036e-09				

## 附錄 D 路口行人安全績效函數之中間過程

**表 D-1 估計行人量(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	0.487	0.055	<2e-16	***
Log(估計行人量)	0.150	0.090	0.095	*
Null deviance: 346.42 on 299 degrees of freedom				
Residual deviance: 343.72 on 298 degrees of freedom				
AIC: 1020				
2 x log-likelihood: -1013.961				

**表 D-2 估計行人量(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	0.423	0.061	0.000	***
Log(估計行人量)	0.203	0.109	0.062	*
Log(左轉車流量)	0.010	0.034	0.765	
Log(直行車流量)	0.171	0.222	0.443	
Log(右轉車流量)	-0.202	0.194	0.298	
Null deviance: 296.75 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 289.88 on 248 degrees of freedom				
AIC: 843.09				
2 x log-likelihood: -831.093				

**表 D-3 估計行人量(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.382	0.276	0.165	
Log(估計行人量)	0.097	0.111	0.383	
Log(左轉車流量)	0.001	0.035	0.973	
Log(直行車流量)	0.557	0.243	0.022	**
Log(右轉車流量)	-0.255	0.191	0.181	
小車比例	1.191	0.712	0.095	*
大車比例	8.862	3.451	0.010	**
Null deviance: 315.86 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 290.69 on 246 degrees of freedom				
AIC: 829.97				
2 x log-likelihood: -813.971				

**表 D-4 估計行人量(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.836	0.298	0.005	***
Log(估計行人量)	-0.101	0.120	0.400	
Log(左轉車流量)	-0.017	0.034	0.622	
Log(直行車流量)	0.576	0.249	0.020	**
Log(右轉車流量)	-0.116	0.194	0.552	
小車比例	2.095	0.729	0.004	***
大車比例	7.987	3.422	0.020	**
公車島個數	0.211	0.056	0.000	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.100	0.051	0.050	*
Null deviance: 339.86 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 296.10 on 244 degrees of freedom				
AIC: 818.52				
2 x log-likelihood: -798.524				

**表 D-5 估計行人量(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.913	0.453	0.044	**
Log(估計行人量)	-0.111	0.120	0.357	
Log(左轉車流量)	-0.029	0.038	0.447	
Log(直行車流量)	0.594	0.254	0.020	**
Log(右轉車流量)	-0.124	0.195	0.525	
小車比例	2.184	0.739	0.003	***
大車比例	7.796	3.470	0.025	**
公車島個數	0.212	0.055	0.000	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.104	0.052	0.044	**
左轉專用時相-有 (與無相比)	0.092	0.130	0.481	
行人專用時相-無 (與有相比)	-0.002	0.354	0.994	
Null deviance: 339.99 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 295.67 on 242 degrees of freedom				
AIC: 821.99				
2 x log-likelihood: -797.993				

**表 D-6 估計行人量(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-1.015	0.328	0.002	**
Log(估計行人量)	-0.095	0.119	0.427	
Log(左轉車流量)	-0.017	0.034	0.619	
Log(直行車流量)	0.582	0.248	0.019	*
Log(右轉車流量)	-0.145	0.194	0.455	
小車比例	2.132	0.735	0.004	**
大車比例	8.002	3.444	0.020	*
公車島個數	0.213	0.055	0.000	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.106	0.051	0.040	*
101 年之事故 (與 104 年相比)	0.084	0.220	0.704	
102 年之事故 (與 104 年相比)	0.320	0.197	0.105	
103 年之事故 (與 104 年相比)	0.125	0.194	0.518	
105 年之事故 (與 104 年相比)	0.137	0.192	0.475	
106 年之事故 (與 104 年相比)	0.282	0.187	0.132	
Null deviance: 344.61 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 296.10 on 239 degrees of freedom				
AIC: 824.6				
2 x log-likelihood: -794.605				

**表 D-7 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	0.434	0.061	0.000	***
Log(左轉車流量)	-0.001	0.034	0.986	
Log(直行車流量)	0.321	0.206	0.119	
Log(右轉車流量)	-0.301	0.186	0.107	
Null deviance: 293.28 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 289.91 on 249 degrees of freedom				
AIC: 844.53				

**表 D-8 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	0.378	0.060	0.000	***
Log(左轉車流量)	0.085	0.038	0.026	**
Log(直行車流量)	0.100	0.199	0.617	
Log(右轉車流量)	-0.033	0.192	0.862	
商業區面積	8.926	2.950	0.002	***
100m 內公車路線數	0.015	0.003	0.000	***
Null deviance: 320.18 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 287.29 on 247 degrees of freedom				
AIC: 820.68				

**表 D-9 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	0.370	0.060	0.000	***
Log(左轉車流量)	0.096	0.038	0.012	**
Log(直行車流量)	0.165	0.200	0.410	
Log(右轉車流量)	-0.097	0.191	0.611	
商業區面積	8.808	2.925	0.003	***
100m 內公車路線數	0.015	0.003	0.000	***
人口密度	0.000	0.000	0.052	*
Null deviance: 325.76 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 288.43 on 246 degrees of freedom				
AIC: 818.9				

**表 D-10 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	0.362	0.060	0.000	***
Log(左轉車流量)	0.151	0.048	0.002	***
Log(直行車流量)	0.173	0.200	0.387	
Log(右轉車流量)	-0.082	0.190	0.665	
商業區面積	10.090	3.008	0.001	***
100m 內公車路線數	0.016	0.003	0.000	***
人口密度	0.000	0.000	0.061	*
50m 內捷運站站數	0.321	0.170	0.058	*
Null deviance: 330.64 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 289.20 on 245 degrees of freedom				
AIC: 817.44				

**表 D-11 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	0.356	0.060	0.000	***
Log(左轉車流量)	0.141	0.049	0.004	***
Log(直行車流量)	0.210	0.199	0.292	
Log(右轉車流量)	-0.135	0.192	0.481	
商業區面積	9.318	3.023	0.002	***
100m 內公車路線數	0.015	0.003	0.000	***
人口密度	0.000	0.000	0.067	*
50m 內捷運站站數	0.369	0.172	0.032	**
100m 內 Ubike 站數	-0.211	0.122	0.085	*
Null deviance: 334.22 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 289.26 on 244 degrees of freedom				
AIC: 816.44				

**表 D-12 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.433	0.267	0.105	
Log(左轉車流量)	-0.006	0.034	0.870	
Log(直行車流量)	0.646	0.219	0.003	***
Log(右轉車流量)	-0.303	0.183	0.097	*
大車比例	8.933	3.435	0.009	***
小車比例	1.316	0.696	0.059	*
Null deviance: 316.30 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 291.87 on 247 degrees of freedom				
AIC: 828.75				

**表 D-13 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.773	0.276	0.005	***
Log(左轉車流量)	-0.012	0.032	0.717	
Log(直行車流量)	0.574	0.239	0.017	**
Log(右轉車流量)	-0.065	0.194	0.739	
大車比例	6.759	3.460	0.051	*
小車比例	2.233	0.734	0.002	***
庇護島個數	-0.093	0.071	0.189	
公車島個數	0.173	0.050	0.001	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.101	0.051	0.047	**
Null deviance: 339.88 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 295.08 on 244 degrees of freedom				
AIC: 817.49				

**表 D-14 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.764	0.443	0.084	*
Log(左轉車流量)	-0.020	0.036	0.574	
Log(直行車流量)	0.588	0.245	0.017	**
Log(右轉車流量)	-0.073	0.195	0.709	
大車比例	6.718	3.488	0.054	*
小車比例	2.270	0.737	0.002	***
庇護島個數	-0.092	0.072	0.204	
公車島個數	0.173	0.050	0.001	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.105	0.051	0.042	**
左轉專用時相-有 (與無相比)	0.070	0.130	0.591	
行人專用時相-無 (與有相比)	-0.060	0.358	0.868	
Null deviance: 339.88 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 294.79 on 242 degrees of freedom				
AIC: 821.21				

**表 D-15 相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.957	0.310	0.002	***
Log(左轉車流量)	-0.012	0.032	0.710	
Log(直行車流量)	0.584	0.239	0.015	**
Log(右轉車流量)	-0.096	0.193	0.620	
大車比例	6.834	3.476	0.049	**
小車比例	2.267	0.738	0.002	***
庇護島個數	-0.092	0.070	0.192	
公車島個數	0.177	0.050	0.000	***
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.107	0.051	0.037	**
101 年之事故(與 104 年相比)	0.086	0.219	0.695	
102 年之事故(與 104 年相比)	0.318	0.197	0.106	
103 年之事故(與 104 年相比)	0.128	0.194	0.510	
105 年之事故(與 104 年相比)	0.147	0.191	0.441	
106 年之事故(與 104 年相比)	0.291	0.187	0.120	
Null deviance: 344.81 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 295.18 on 239 degrees of freedom				
AIC: 823.52				

**表 D-16 估計行人量與相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-1.119	0.436	0.010	**
Log(估計行人量)	-0.290	0.121	0.016	**
Log(左轉車流量)	0.089	0.051	0.085	*
Log(直行車流量)	0.635	0.236	0.007	***
Log(右轉車流量)	-0.025	0.191	0.895	
小車比例	3.227	0.615	0.000	***
公車島個數	0.177	0.078	0.024	**
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.121	0.049	0.014	**
商業區面積	13.836	3.264	0.000	***
100m 內公車路線數	0.013	0.004	0.004	**
50m 內捷運站站數	0.315	0.167	0.059	*
左轉專用時相-有(與無相比)	0.142	0.129	0.273	
行人專用時相-無(與有相比)	-0.008	0.340	0.982	
Null deviance: 365.56 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 292.49 on 240 degrees of freedom				
AIC: 802.35				

**表 D-17 估計行人量與相關變數(NB model)**

	Estimate	Std. Error	Pr(> z )	
(Intercept)	-1.224	0.454	0.007	***
Log(估計行人量)	-0.289	0.120	0.017	**
Log(左轉車流量)	0.088	0.052	0.091	*
Log(直行車流量)	0.660	0.236	0.005	***
Log(右轉車流量)	-0.049	0.191	0.797	
小車比例	3.258	0.612	0.000	***
公車島個數	0.175	0.078	0.025	**
行穿線退縮 5m 以上個數	-0.131	0.050	0.008	***
商業區面積	13.852	3.262	0.000	***
100m 內公車路線數	0.013	0.004	0.003	***
50m 內捷運站站數	0.302	0.166	0.070	*
左轉專用時相-有(與無相比)	0.149	0.129	0.246	
行人專用時相-無(與有相比)	-0.029	0.339	0.932	
101 年之事故(與 104 年相比)	-0.049	0.213	0.819	
102 年之事故(與 104 年相比)	0.234	0.190	0.219	
103 年之事故(與 104 年相比)	0.139	0.185	0.453	
105 年之事故(與 104 年相比)	0.103	0.184	0.577	
106 年之事故(與 104 年相比)	0.233	0.179	0.193	
Null deviance: 370.18 on 252 degrees of freedom				
Residual deviance: 292.34 on 235 degrees of freedom				
AIC: 808.67				