

## 無號誌路口行人穿越行為特徵與車輛停讓行為分析\*

魏健宏<sup>1</sup>、陳 祺<sup>2</sup>、陳韋仔<sup>3</sup>

### 摘要

無號誌路口缺乏交通號誌控制，當汽機車行經此類型路口，駕駛人必須遵循道路交通安全規則，並與其他車輛或行人共同協調通行。然而，由於用路人普遍對於無號誌路口優先通行權的觀念理解不足，使行人穿越行為相當複雜和隨意。行人與車輛之間的衝突是許多交通事故常見的原因，行人在無號誌路口的不當穿越行為更可能增加事故與人員傷亡之風險，進而影響整體交通安全。近年國內多處路口進行3E之改善，旨在推動「人本交通」，強調行人安全。本研究探討行人於無號誌路口穿越行為，分析何種因素導致非安全穿越行為。並同時探討人車互動特性，了解路口車輛停讓行為。

本研究透過實地觀測及路口攝影進行觀測，並選擇有行人穿越線之T字、Y字、四岔、多岔型無號誌路口作為觀測路口，並將蒐集之數據透過統計方法進行分析。本研究分析行人穿越路口之行為，含行人特徵、分心行為、非安全穿越行為。並探討行人步行速率差異，分析不同行人特徵於不同類型無號誌路口之穿越行為特性。透過分析結果了解影響行人穿越無號誌路口之因子，進一步評估分心行為影響非安全穿越行為之程度。同時利用實地觀測路口車輛停讓行為，探討無號誌路口行人與車輛互動特性。

本研究經數據分析後，得出以下重要結論：（1）穿越路口時與同行者交談或使用手機易導致行人穿越前未觀察交通、穿越時未持續觀察交通；（2）行人特徵與分心行為、非安全穿越行為具顯著相關性；（3）路口車輛非停讓行為比例高，尤其機車不易停讓行人，且機車右轉、直行的停讓比例最低。研究結果能供政府交通相關機構改進交通安全之參考，應針對行人特徵因材施教，並加強取締未禮讓行人違規行為，減少事故發生。

**關鍵詞：**無號誌路口、行人穿越行為特徵、行人安全、行人事故、路口車輛停讓行為

---

\* 本研究內容係交通部運輸研究所「區域運輸研究發展中心服務升級 2.0 計畫（112 年 -113 年）一道安改善計畫」之部分成果衍生，作者感謝各單位提供之協助及意見，本文內容不代表任何機構之政策或行動計畫，僅為作者群之觀點表達。

<sup>1</sup> 國立成功大學交通管理科學系教授（聯絡地址：701 臺南市東區大學路 1 號，電話 (06)2757575 #53233，E-mail: louiswei@mail.ncku.edu.tw）。

<sup>2</sup> 國立成功大學交通管理科學系碩士。

<sup>3</sup> 雲嘉南區域運輸發展研究中心資深專案經理。

# 一、緣起

## 1.1 研究背景

交通安全為整體城市道安全的重要議題之一，然而無號誌路口交通安全課題在城市道路系統中常被忽略。近年來，行人穿越路口之安全受到重點關注，相比於號誌化的路口，無號誌路口除了無行車管制號誌進行導引。且通常缺乏規範性，使得行人穿越行為更顯得複雜和隨意。因此，無號誌路口的行人穿越路口行為和交通安全問題值得深入研究。許多城市交通事故中，行人與車輛之間的衝突是常見的原因之一，行人在無號誌路口的不當穿越行為可能導致交通事故和傷害，進而影響城市交通的運行效率和安全性。根據近十年無號誌路口行人事故統計中，行人事故總件數由 2,606 件上升至 2,692 件，肇事件數具上升之趨勢，其中肇事路口型態又以三岔路口為最多。進一步觀察近十年無號誌路口行人 A1、A2 事故中，可以發現 A1 事故並無明顯下降之趨勢。而 A2 事故件數則有緩慢上升，總件數由 2,573 件上升至 2,657 件。然而行人違規亦可能形成事故之重要因素之一，可以發現近十年無號誌路口行人違規主要肇因以未依規定行走地下道、天橋而穿越道路最多為 2,311 件，其次則為穿越道路未注意左右來車為 1,514 件。關於近十年行人個別肇因以穿越道路未注意左右來車位居首位，其次則以未依規定行走地下道、天橋穿越道路位居第二。行人事故分布年齡又以 65 歲以上高齡者居多，約占比整體行人事故 45%，顯示當今高齡者為無號誌路口行人高風險族群。觀察我國北、中、南三處縣市無號誌路口行人事故件數可以發現，近十年臺北市行人事故呈現下降趨勢，而臺中市、臺南市則具上升趨勢。近年我國針對路口車輛停讓行為加重取締，近五年取締件數由 28,402 件上升至 139,086 件，顯示我國針對駕駛人停讓行為的重視。

無號誌路口行人事故頻繁發生的趨勢，為一個令人擔憂的現象，對交通安全和人民生命安全帶來了嚴重的威脅。根據過去十年的數據，事故不僅在數量上呈現增加的趨勢，而且也反映出一些明顯特徵，如：三岔路口為事故好發的路口型態；65 歲以上高齡者行人成為無號誌路口行人事故的主要受害者。行人違規行為及路口車輛非停讓行為是事故發生的重要因素。顯示需要重視用路人對交通規則和安全的遵守情況，並採行相應的教育與宣導措施。本研究主軸以行人穿越道路行為進行探討，採用實地觀測、攝影調查、邏輯迴歸、變異數分析及卡方檢定等方法。深入探討行人穿越行為特性、步行速率、行人穿越道路產生的行為及路口車輛停讓行為。

## 1.2 研究目的

近年來，我國逐漸重視行人安全，致力於將交通規劃從「車本交通」轉向「人本交通」，以提升行人安全。無號誌路口因缺乏交通號誌導引，行人穿越面臨諸多挑戰，構成潛在的交通安全威脅。行人穿越行為受多種因素影響，如個人特徵、分心行為和人車互動，本研究探討行人穿越行為及其特徵，分析分心行為對非安全穿越行為的影響，並探討車輛停讓行為對行人安全的影響。本研究選擇台南、台中各三處無號誌路口，觀察行人和車輛互動，分析行人特徵與車輛停讓行為的關係。由於研究範圍僅限於台中和台南，樣本數量和範圍有限，僅能作為地區特性的參考基礎，研究中以三岔路口為重點，因其為行人事故好發地，並比較兩市

三岔路口的行人穿越行為差異。本研究旨在探討無號誌路口行人穿越行為特徵及車輛停讓行為對行人安全的影響，並分析行人步行速率，提出改善行人安全的有效措施，具體之目的有三項：

1. 透過文獻回顧瞭解行人穿越無號誌路口行為特性與步行速率，以作為建立行人穿越道路行為觀測表的基礎，進而探究行人穿越無號誌路口行為因子。
2. 透過系統性的實地觀測和攝影調查，瞭解無號誌路口行人穿越行為特徵、行人與車輛互動特性。包括行人分心行為、步行速率、非安全穿越行為、路口停讓行為。
3. 透過邏輯迴歸模型、變異數分析、卡方檢定，運用觀測數據及統計分析得出無號誌路口之行人分心行為與非安全穿越行為之間的關係，及行人穿越無號誌路口步行速率。

## 二、文獻回顧

### 2.1 行人用路行為特性

#### 2.1.1 行人穿越行為

Tom and Granić (2011) 透過攝影機蒐集不同性別之行人於號誌化及無號誌路口的違規、穿越行為，結果發現男性行人於無號誌路口隨意穿越道路的頻率比女性高，但在穿越號誌化路口時卻比穿越無號誌路口更加謹慎。Zafri (2023) 採透過使用高解析度攝影機進行高處攝影取得行人特徵、穿越道路行為等資料，並選擇於天氣良好之工作日上午下午尖峰時段進行蒐集，再利用卡方檢定針對行人行走與奔跑穿越道路進行研究，發現奔跑穿越道路與無號誌路口、男性、年輕族群、單獨穿越路口、接受較短的間隙、穿越衝突區以及車速較快的來車前穿越有關。

#### 2.1.2 行人步行速率

張建彥等 (2010) 針對高齡者、成人及孩童步行速率進行調查。利用攝影機拍攝影片，並透過影像處理程式連續播放圖片之功能，偵測起、訖圖片張數編號，換算為步行時間。再依據不同的步行路徑長度，計算出步行速率。發現行人穿越無號誌路口平均速度成人男性為 1.27m/s、成人女性為 1.23/s、男性孩童為 1.09m/s、女性孩童為 1.13m/s、男性高齡者為 0.87m/s、女性高齡者為 0.83m/s。相比於具行車號誌及行人專用號誌路口，行人穿越無號誌路口步行速率最慢。道路寬度、是否具行人穿越線等因子會因行人特徵不同，步行速率也會有所不同。

#### 2.1.3 行人分心行為

Pešić et al. (2016) 利用符號檢定及二元邏輯迴歸 (Binary logistic regression) 探討使用手機如何影響行人穿越道路時的行為。該研究透過實地觀測蒐集使用手機的行人及不使用手機的行人，並對各組人口特徵進行記錄。並設計行人觀測表，如表 1 所示，以瞭解專注度行為對非安全行為的影響。研究結果顯示約 10%-15% 行人在穿越道路時使用手機。相比穿越道路時發簡訊、聽音樂及無使用手機的行人，在穿越道路時講電話的行人有更大的機率在穿越道路前無觀察交通情況、不等待左右車流停止即穿越道路及行走於行人穿越線。而發簡訊比講電話更容易分心。

表 1 行人觀測表

專注度 (自變數)	非安全穿越行為 (應變數)
性別	穿越道路前未觀察交通
21-40 歲	未等車輛停止就穿越
41-60 歲	穿越時未觀察交通
60 歲以上	在行人穿越線中線前未行走在行人穿越道上
講電話	在行人穿越線中線後未行走在行人穿越道上
發簡訊	-
聽音樂	-
同行人數	-

資料來源：Pešić et al. (2016)

## 2.2 行人與車輛互動特性

### 2.2.1 路口車輛停讓行為

Sucha et al. (2017) 針對捷克某城市無號誌且具行人穿越線之路口，有關行人與駕駛的交會、溝通和決策以及處理互動方式進行探討。透過實地觀測及攝影方式萃取資料，攝影機用於紀錄衝突情況，目的是確定導致衝突的因素。而現場觀測主要觀察行人穿越道路行為（如穿越前、穿越中）、行人與駕駛者互動、駕駛者的行為（主要集中於是否讓行）。結果顯示雖然違法，但大部分駕駛者在具行人穿越線的四岔路口並不會停讓行人。而那些停讓行人的駕駛者寧願降低車速也不願讓車子完全停下來，明顯與行人認為安全的情況完全相反，行人認為汽車完全停止而不是減速才會感到安全。駕駛者和行人之間的主要差異在於各自的相互溝通需求，絕大多數行人會主動尋求眼神交會或嘗試與駕駛者建立其他形式的明確溝通，但另一方面，只有一小部分駕駛者會與行人進行了明確的互動。

### 2.2.2 人車互動與衝突

行人和車輛作為道路的使用者，彼此之間的行為、理解、配合和尊重直接影響了交通安全。隨著車輛數量的增加，行人和車輛的交互動態變得複雜多樣，其中可能包括行人穿越道路、等待過馬路、車輛停讓行人等情境。而行人穿越無號誌路口時，與車輛的互動往往是事故發生與否的關鍵，穿越時易受到周圍交通環境影響而影響其穿越行為，過去曾有研究針對類似情況進行探討。Kathuria and Vedagiri (2020) 在印度蒐集四個無號誌路口資料，運用車流軌跡數據分析無號誌路口的用路人間的互動行為。結果顯示行人與右轉車輛的互動是最不安全的，可能是因為右轉時車輛的讓行時間較少。此外，汽車與公車於無號誌路口當中，行人與公車及汽車的互動相比機車較為安全。需教育駕駛減速、讓行，並教育行人注意後方車輛及與來車有適當的互動。

## 三、研究方法

確立研究目的並回顧相關文獻之後，本研究的第三章將聚焦於研究方法和架構的論述。為了深入瞭解無號誌路口行人穿越行為的特徵和影響因素。本研究採

用實地記錄、攝影調查、邏輯迴歸、變異數分析、卡方檢定作為本研究主要研究方法，以探究無號誌路口行人穿越行為特徵。3.1 節闡述研究方法與架構；3.2 節解釋實驗設計；3.3 節說明資料分析、呈現研究數據與結果之方法。

### 3.1 研究方法與架構

本研究以台中、台南的無號誌路口行人穿越行為特性為基礎，進行路口資料蒐集。透過實際觀測及攝影調查方法，並利用行人觀測表，瞭解行人特徵及穿越行為數據。並透過計算行人穿越道路所需時間及路口距離，進行行人步行速率計算。最後彙整行人觀測表所記錄之數據，利用二元邏輯迴歸為分析方法，探討個別變數合理性，其變數包含行人特徵、專注度及非安全穿越行為。使用卡方檢定瞭解個別變數之間的相關性，再透過變異數分析步行速率差異，藉由邏輯迴歸探討無號誌路口行人穿越行為影響因子。本研究架構圖如圖 1 所示。

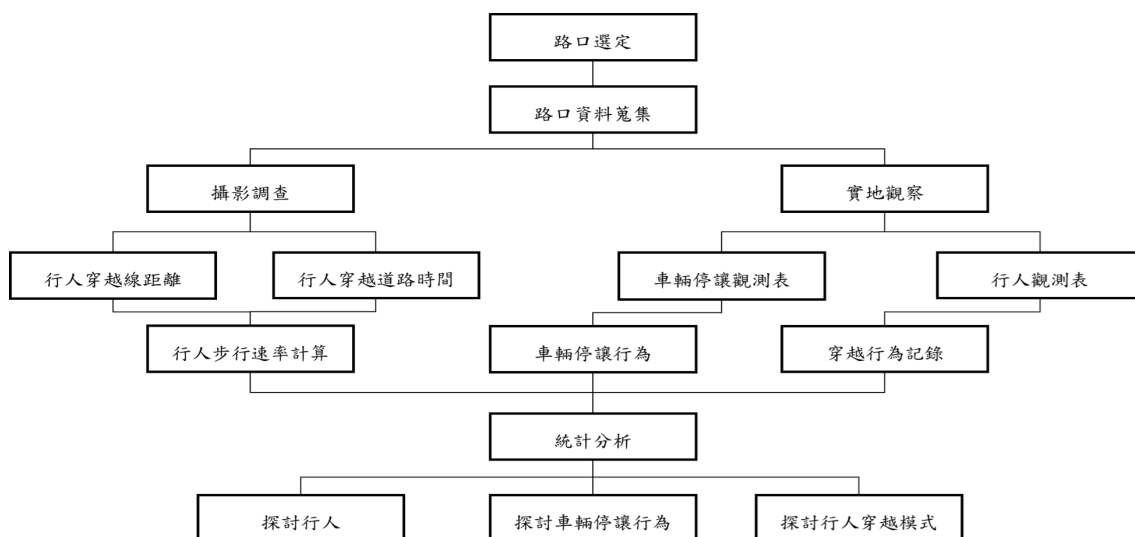


圖 1 研究架構圖

### 3.2 實驗設計

#### 3.2.1 實驗目的與流程

本研究選取了臺南市和臺中市共 6 處無號誌路口進行觀測，由於此二都市近年的整體無號誌路口的行人事故逐漸上升，因此擇定為本研究的觀測城市。本研究同時針對不同地區之路口進行探討，涵蓋了不同的交通環境和幾何條件，確保研究結果的多樣化及代表性。本研究選擇了鄰近眾多商家的路口，因行人流量較大，且以成年人居多，此類型路口通常擁有密集的商業活動，吸引大量行人穿越，提供了豐富的觀察數據來分析成年人在無號誌路口的穿越行為。其次，本研究選取了廟宇附近的路口進行觀測，因此類型地點通常為高齡者的聚集場所，經常吸引大量高齡者前來參拜和聚會，因此能有效蒐集高齡者穿越行為數據。同時本研究選擇學校周邊路口，因兒童和學生為主要行人群體，學校周邊的路口在上、下學時間內行人流量大，能夠充分觀測青少年族群穿越行為。綜上，本研究選擇具明顯行人特徵之路口，能夠全面分析不同年齡段和身份的行人在無號誌路口的穿越行為。

本研究蒐集樣本時間有限，因此於臺南市觀測了三岔路口、四岔路口和多岔路口，而在臺中市僅擇定三岔路口進行觀測。選擇三岔路口作為主要觀測類型是因三岔路口為我國行人事故最常發生之道路類型，因此將其作為觀測最多之道路型態。本研究係採攝影調查及實地觀測方式，以高處、平視影片視角進行觀測及記錄。安排觀測員實地觀測行人穿越道路行為，並透過拍攝行人穿越道路影片及畫面凍結技術，計算行人步行速率。透過上述兩種觀測方式，使本研究能瞭解行人穿越道路相關因素。無號誌路口之環境因子，設定三個因子一天候光線、車流組成、行人穿越線。行人調查表包括了多個觀測項目如性別、身分別及專注度及非安全穿越行為等。本研究透過實地觀測和影片拍攝來記錄行人穿越無號誌路口的行為，並分別記錄穿越線兩端的行人流量，每側路口觀測時間為 15 分鐘，觀測將使用高處或平視角度攝影，以避免行人注意到攝影機而改變行為。若遇到天氣或其他突發狀況，觀測將暫停並進行補充，以確保數據完整性。調查之作業籌備及實地執行，彙整如以下八個程序：

1. 觀測者分組與分配路口：每次觀測一處路口，由 6 人分為兩組，各 3 人分別在行人穿越道兩端進行雙向觀測。
2. 觀測前說明：研究人員口述和書面解釋觀測方式及注意事項，並確認觀測者了解。
3. 填寫同意書：觀測者閱讀並簽署參與同意書。
4. 練習觀測：播放範例影片，發放練習用觀測表及示範填寫。
5. 正式觀測：在指定路口實地觀測，記錄數據。
6. 填寫觀測表：記錄行人和車輛的相關數據，包括性別、年齡、專注度、非安全穿越行為等。
7. 確認完成：確保每個方位的觀測都已完成，若尚未完成則繼續觀測。
8. 結束觀測：確認所有觀測完成後，停止觀測。

### 3.2.2 行人穿越行為觀測因子

本研究參考 Peši et al. (2016) 針對無號誌路口行人分心及非安全穿越行為設計觀測表進行設計，該研究透過邏輯迴歸探討自變數 - 專注度行為對於應變數 - 非安全行為影響進行研究。再針對當中變數因子進行修改，以適合本研究路口進行觀測。有關被觀察對象分為不同的身分別，本研究針對不同身分別之判斷將分述如下：

1. 兒童（如穿著幼兒園制服、國小制服、外貌特徵似兒童者）
2. 學生（僅限穿著國、高中制服者）
3. 成年人（依外貌特徵判斷，如穿著工作制服者、臉部皺紋較少者等）
4. 高齡者（依外貌特徵判斷如臉部特徵皺紋明顯、眼袋下垂、眼皮下垂、眼眶凹陷等。身體特徵如四肢皮膚乾扁皺摺、老人斑較多、毛髮銀白稀疏、駝背等。行為特徵如行動緩慢、平衡較差等）。
5. 行動不便者（如使用拐杖者、使用輪椅者等）

6. 無法判斷者（如可能為學生但未穿校服者，因此無法判斷為大學生或國、高中生）。

透過身分別的細分，本研究能夠更了解不同年齡層在行人穿越行為上的差異與模式。本研究未將聽音樂變數納入考量，因現今許多行人使用無線藍芽耳機，透過觀測難以判斷行人係講電話、聽音樂抑或是單純配戴。行人觀測表包含了各種參數，以評估行人穿越道路行為。表中項目包括行人特徵如性別、身分別、專注度因子與非安全穿越行為因子，如表 2 及表 3 所示。

表 2 行人特徵觀測表

行人特徵	選項
性別	男、女
身分別	高齡者、兒童、學生（國中、高中）、成年人、行動不便者、無法判斷者

表 3 行人專注度、非安全穿越行為

觀測項目	觀測內容
專注度	穿越道路時飲食
	穿越道路時與同行者交談
	穿越道路時使用手機（使用時間超過 50%）
非安全穿越行為	未在穿越前觀察交通
	未在穿越時持續觀察交通
	完全未使用行穿線穿越路口（行走於行穿線與停止線間）
	完全未使用行穿線穿越路口（行走於行穿線與路心中間）
	未在行穿線內完成穿越路口（一開始沒有走，後來有）
	未在行穿線內完成穿越路口（一開始有走，後來沒有）

### 3.2.3 路口車輛停讓觀測因子

本研究通過實地觀測車輛的路口停讓行為，定義為車輛在行經行人穿越線前是否停等行人通行，不論後續是否發生衝突。計算方法為：停讓行人的車輛數量除以車輛臨近行穿線時有行人通行的車輛數量。如果車輛在遇到第一位行人時停讓，但在遇到第二位行人時未停讓，則記錄為一次停讓和一次未停讓行為。觀測重點因子如表 4，執行細節詳細說明如下：

1. 當車輛接近行穿線時與行人距離小於三個枕木紋：當汽、機車接近行穿線時，面對行人行走於行穿線上，與其距離小於三個枕木紋。同時，判斷該車輛行進方向為左轉、直行或右轉。
2. 車輛通過行穿線時與行人距離小於三個枕木紋：當汽、機車符合第一點要素，即判斷該車輛是否通過行穿線時，與行人距離小於三個枕木紋，若有則視為非停讓行人。若汽、機車駕駛人暫停（車輛停止行駛）讓行人通過，則視為停讓行人。
3. 車輛與行人距離：當汽、機車符合第二點要素，即判斷該車輛通過時，與行人距離小於三個枕木紋，並計算與行人距離枕木紋個數。

表 4 路口車輛停讓觀測因子

停讓行為		
車輛接近行穿線時與行人 前後距離小於三個枕木紋	機車	左轉
		直行
		右轉
	汽車	左轉
		直行
		右轉
車輛通過行穿線時與行人距離小於三個枕木紋		
車輛與行人距離 (以枕木紋個數進行計算)	前一個	
	前二個	
	前三個	

### 3.2.4 觀測情境設定

本研究為有效觀測行人穿越道路行為，設定以下外在環境因子：

1. 天候光線：觀測在日間、陽光充足時進行，以確保良好觀測條件，捕捉行為細節。
2. 車流組成：觀測不同車種（汽車、機車、慢車）在無號誌路口的駛入情況。
3. 行人穿越線：選擇具行人穿越線的無號誌路口，觀察行人安全穿越行為。
4. 觀測時間：根據路口事故高發時段選擇觀測時間，平日時段更具代表性。
5. 觀測方式及位置：使用高處攝影機俯瞰角度觀測，避免行人行為改變；無法高處架設時則用隱密平視角度。採取雙向觀測法，一組觀測 A 至 B 方位行人，另一組觀測 B 至 A 方位行人，全面了解行人行為特徵，提升統計分析精確性。

### 3.2.5 路口選定

本研究選擇觀測四種幾何類型路口：T 字、Y 字、正交四岔、多岔圓環，以分析不同路口的行人穿越模式。路口選址以行人流量高的學校或商業區周邊為主，並選擇具行人穿越線的路口，以觀察行人安全穿越行為。考量行人穿越線上可能的障礙，如變電箱、雜物、攤商，這些因素影響行人決策，可能迫使其繞過障礙物而在非行穿線內穿越。為減少障礙物影響，本研究選擇穿越線能順暢連接至人行道或騎樓的路口，確保觀測結果不受干擾。本研究選定六處人流眾多且道路幾何不同的路口及觀測時段，如下所示：

1. 台南市歸仁區文化街三段 / 保興街：T 字路口，位於住宅區，靠近南興南寶清水宮。周邊有商家，吸引當地居民進行宗教和商業活動。
2. 台中市南區工學路 / 工學路 146 巷：T 字路口，位於住宅區，高級工業職業學校後門。周圍有商家和住宅區，主要人流為當地居民和學生。行人多從騎樓穿越路口或從路口穿越至騎樓。
3. 台南市東區東寧路 / 東寧路 296 巷：Y 字路口，位於成功大學附近，住宅區與商業區混合。上下班高峰時段吸引大量學生和居民，適於觀察行人穿越行為。



4. 台中市南區美村路二段 / 美村路二段 293 巷：Y 字路口，位於住宅區，靠近信義國小。上下課高峰期，家長和兒童頻繁經過。
5. 台南市南區美南街 / 文南路：四岔路口，位於住宅區，商家聚集。觀察行人穿越行為時，商家騎樓偶爾堆放雜物，影響行人使用穿越線。
6. 台南市歸仁區歸仁圓環：多岔路口，位於商業區。周圍有郵局和區公所等行政機關，適合觀察行人面對複雜交通情況和不同條件下的行為變化。

### 3.3 資料分析方法

本研究依據行人行走速率，進行變異數分析進行檢定步行速率差異。透過卡方檢定探討行人特徵是否與專注度、非安全穿越行為及步行速率具特殊關係。並使用邏輯迴歸方法探討行人穿越道路專注度行為，屬於具有二元結果的情況，即分心或非分心。邏輯迴歸能夠評估各種自變數（例如交談、使用手機等）於行人分心行為，對於應變數 - 非安全穿越行為的影響（例如穿越前未觀察交通等），如圖 2 所示。

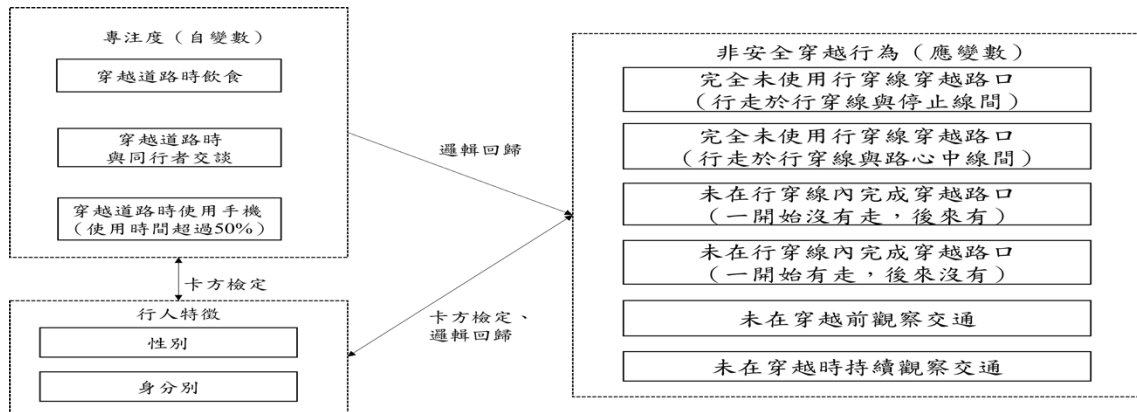


圖 2 行為因子分析關聯圖

#### 3.3.1 邏輯分析方法

建構行人穿越行為模型前，必須先調查無號誌路口行人穿越行為數據，運用本研究中所使用之觀測表中專注度、非安全穿越行為因子，及透過影片凍結方式計算步行速率，進而作為後續行人穿越模型的基礎。針對第二章文獻回顧中，行人分心行為之研究多選擇使用實地觀測、攝影調查並使用邏輯迴歸方法。因此，本研究使用邏輯分析方法，此方法適合本研究的觀測項目，其探討行人穿越道路專注度行為，屬於具有二元結果的情況，即分心或非分心。邏輯迴歸能夠評估各種自變數（例如交談、使用手機等）於行人分心行為，對於應變數 - 非安全穿越行為的影響（例如穿越前未觀察交通等）。

#### 3.3.2 變異數分析

變異數分析 (Analysis of Variance, ANOVA) 為統計分析常用方法之一，其主要目的在於篩選實驗因子對於結果影響是否顯著，每項建立之實驗數據與資料會受到不同因子所影響。本實驗依據行人行走速率，進行變異數分析，將採用 F 檢定法來判斷各環境因子對感知能力之變異程度。

### 3.3.3 卡方檢定

卡方獨立性檢定 (chi-squared test of independence) 可以用來檢定兩個類別變數 (X 和 Y) 之關聯性，本研究透過卡方檢定探討行人特徵是否與專注度、非安全穿越行為及步行速率具特殊關係，如果兩個類別變數沒有互動關係 (卡方值不顯著)，稱兩個變數相互獨立；相反地，當兩個變數有交互作用影響時 (卡方值顯著)，則此兩個變數不獨立，或具有相依或相互關聯。當卡方值 (Pearson) 大於顯著水準之臨界值，則拒絕虛無假設，接受兩變數具有特殊關係之對立假設。

### 3.3.4 步行速率計算

本研究利用攝影機高處或平視角度拍攝行人穿越路口，以秒為單位記錄步行持續時間。攝影機提供高解析度和精確的時間記錄，拍攝時間設定為每側路口 15 分鐘。依據張建彥等 (2010) 的方法，影像處理使用威力導演 (Power Director) 進行切割，並由 PotPlayer 將 15 分鐘的影像切割成 27,000 張圖片檔案，用於步行速率的計算。本研究計算步行速率的步驟如下：

1. 確定行人進入和離開偵測範圍的時間點，計算兩者之間的總圖片數。
2. 將總圖片數除以 30 (每秒 30 張圖片) 得到行人穿越的秒數。
3. 計算步行速率 = 距離 / 秒數。
4. 偵測線範圍由拍攝鏡頭的可見區域確定，量測其距離以設定偵測線範圍。

## 四、資料分析與結果

### 4.1 樣本結構分析

本研究施測期間自 112 年 12 月 10 日至 113 年 04 月 1 日，計近四月期間進行行人穿越樣本蒐集，並擇定某六處無號誌路口進行觀測。本研究將觀測人員分為 A、B 兩個組別，各蒐集 3 處路口行人穿越行為資料。彙整本次實際觀測結果統計表，如表 5 所示。

表 5 觀測數據回收統計表

觀測組別	道路幾何	觀測路口	有效觀測樣本數
A	T 字路口	台南市歸仁區文化街三段 / 保興街	194
		台中市南區工學路 / 工學路 146 巷	585
	四岔路口	台南市南區美南街 / 文南路	436
B	Y 字路口	台南市東區東寧路 / 東寧路 296 巷	46
		台中市南區美村路二段 / 美村路二段 293 巷	256
	多岔路口	台南市歸仁區歸仁圓環	141
合計			1,658

## 4.2 行人穿越行為卡方檢定分析

本節將針對本研究欲探討之行人穿越模式進行模型假說檢定，首先探討行人性別穿越行為特徵比例，具體通過各觀測項目評估不同性別在分心行為及非安全穿越行為的發生率是否存在顯著差異。再透過卡方檢定了解不同性別、族群對於分心行為、非安全穿越行為是否具相關性。

### 4.2.1 整體路口行人性別穿越行為卡方檢定結果

本研究以卡方檢定分析性別對行人穿越行為的影響，涵蓋了分心行為和非安全穿越行為。結果顯示，在過馬路時飲食（值為 0.783， $> 0.05$ ）、與同行者交談（值為 0.477， $> 0.05$ ）以及使用手機進行穿越（持續超過 50% 使用距離，值為 0.292， $> 0.05$ ）的行為中，性別對這些分心行為並無顯著影響。在非安全穿越行為方面，未在穿越前觀察交通（值為 0.875， $> 0.05$ ）也未顯示出性別差異的顯著性。然而，未在穿越時持續觀察交通的行為（值為 0.024\*\*， $< 0.05$ ）與性別具有顯著相關，顯示出性別對這一行為有顯著影響。此外，完全未使用行穿線穿越路口（行穿線與停止線間）的行為（值為 0.875， $> 0.05$ ），以及未在行穿線內完成穿越路口的行為（包括一開始沒有走後來有，值為 0.8， $> 0.05$ ；一開始有走後來沒有，值為 0.997， $> 0.05$ ）均未顯示性別的顯著影響。

### 4.2.2 整體路口行人族群穿越行為卡方檢定結果

本研究行動不便者樣本數較少且該族群多屬於高齡族群，因此將其納入高齡者分析，以提升結果代表性。本研究透過卡方檢定分析行人族群的分心行為及非安全穿越行為，結果顯示，過馬路時飲食、與同行者交談及使用手機在各族群中均顯示出顯著相關性（值均為 0.000\*\*\*， $< 0.05$ ）。在非安全穿越行為方面，未在穿越前觀察交通（值為 0.000\*\*\*， $< 0.05$ ）及未在穿越時持續觀察交通（值為 0.000\*\*\*， $< 0.05$ ）均與族群特性顯著相關。此外，完全未使用行穿線穿越路口（行穿線與停止線間）的行為都達到統計顯著性（值為 0.000\*\*\*， $< 0.05$ ）。未在行穿線內完成穿越路口的行為，如一開始沒有走，後來有（值為 0.037\*\*， $< 0.05$ ）及一開始有走，後來沒有（值為 0.037\*\*， $< 0.05$ ）也顯示出顯著相關性。

### 4.2.3 台中市三岔路口行人穿越行為卡方檢定結果

本研究使用卡方檢定分析台中市三岔路口性別對行人穿越行為的影響，結果顯示，分心行為（如過馬路時飲食、與同行者交談及使用手機）與性別無顯著關聯（ $> 0.05$ ）。在非安全穿越行為方面，多項變數（如未觀察交通、未持續觀察交通、未使用行人穿越線）也未顯示顯著性。然而，未在行穿線內完成穿越路口的行為（如一開始有走後來沒有）具有顯著性（ $= 0.036^{**}$ ），顯示性別對此有顯著影響。同時，針對族群分析結果顯示，分心行為（如飲食、交談、使用手機）及非安全穿越行為（如未觀察交通、未使用行人穿越線）均顯示顯著相關。

### 4.2.4 台南市三岔路口行人穿越行為卡方檢定結果

本研究對台南市三岔路口進行卡方檢定，分析性別對分心行為及非安全穿越行為的影響。結果顯示，性別與過馬路時飲食無顯著相關（ $= 0.792$ ），但與同行者交談的行為顯著相關（ $= 0.067^{*}$ ）。使用手機的行為未達顯著性（ $= 0.148$ ）。

在非安全穿越行為中，未觀察交通 (= 0.015\*\*) 及未持續觀察交通 (= 0.012\*\*) 顯示性別有顯著影響，而未完全使用行人穿越線的行為則無顯著性。兒童與學生樣本合併分析顯示，分心行為（如飲食、交談、使用手機）顯著影響穿越行為，未在穿越前觀察交通 (= 0.154) 未呈顯著相關，而完全未使用行人穿越線（行穿線與路心中線間 = 0.034\*\*）則顯示顯著相關。

### 4.3 邏輯迴歸模型

本節主要在探討人口統計特徵及行人穿越行為特徵如何影響行人非安全穿越行為，將性別、族群、分心行為納入自變數，並針對不同應變數如未在穿越前觀察交通、未在穿越時持續觀察交通、行走於行穿線與停止線間、行走行穿線與路心中線間、未在行穿線內完成穿越路口進行邏輯迴歸模型。因高齡者男性為我國無號誌路口行人事故之好發族群，因本研究將此人口特徵作為參照組，進行邏輯迴歸模型。

#### 4.3.1 未在穿越前觀察交通邏輯迴歸模式

本研究透過邏輯迴歸分析探討未在穿越前觀察交通的行為，結果顯示模型自變數解釋了 12.8% 的變異。性別（女性）、兒童和學生對於是否在穿越前觀察交通未顯著影響（p 值均大於 0.05）。然而，成年人對該行為有顯著影響（ $B = -0.257, = 0.085^*$ ），成年人在穿越前觀察交通的可能性較高齡者更高。分心行為中，過馬路時的飲食行為（ $B = 0.175, = 0.41$ ）未顯著影響觀察交通，但與同行者交談（ $B = 0.932, = 0.000^{***}$ ）和使用手機（ $B = 0.897, = 0.000^*$ ）均呈現顯著正向影響，顯示這些行為降低了在穿越前觀察交通的可能性。與同行者交談的行人未在穿越前觀察交通的機率增加了 2.54 倍，而使用手機的行人則增加了 2.452 倍。

#### 4.3.2 未在穿越時持續觀察交通邏輯迴歸模式

在本研究中，透過邏輯迴歸分析未在穿越時持續觀察交通的行為，模型的解釋力達 23.1%。結果顯示，女性行人在穿越時較多持續觀察交通（ $B = -0.208, = 0.071^*$ ），其勝算比為 0.812。兒童（ $B = 0.567, = 0.017^{**}$ ）和學生（ $B = 0.851, = 0.000^{***}$ ）則顯示出較少持續觀察交通的趨勢，勝算比分別為 1.763 和 2.343。成年人亦有輕微正向影響（ $B = 0.267, = 0.093^*$ ），勝算比為 1.306。在分心行為方面，過馬路時飲食對持續觀察交通無顯著影響（ $B = 0.325, = 0.136$ ），而與同行者交談（ $B = 1.179, = 0.000^{***}$ ）和使用手機（ $B = 1.363, = 0.000^{***}$ ）顯著增加未持續觀察交通的風險，因上述兩者分心行為而發生未在穿越時持續觀察交通的機率，分別增加至 3.252 倍和 3.907 倍。

#### 4.3.3 完全未使用行穿線穿越路口（行穿線與停止線間）邏輯迴歸模式

本研究分析了完全未使用行穿線穿越路口（行穿線與停止線間）的行為，模型解釋力為 4.7%，顯示整體解釋力較低。因觀測之路口行人特徵、分心行為對於完全未行走行穿線並無顯著影響。性別對此行為無顯著影響（ $B = -0.094, = 0.629$ ）。在族群方面，兒童（ $B = 0.673, = 0.052^*$ ）和學生（ $B = -1.233, = 0.003^{**}$ ）顯示顯著影響，而成年人則無顯著影響（ $B = 0.243, = 0.349^*$ ）。分心行為如過馬路時飲食（ $B = -0.021, = 0.951$ ）、與同行者交談（ $B = 0.296, = 0.169$ ）及使用手機（ $B = 0.189, = 0.42$ ）對此行為無顯著影響。分析結果顯示，這些分心行為在樣本中對於行穿線與停止線間的行走行為影響不顯著。

#### 4.3.4 完全未使用行穿線穿越路口（行穿線與路心中線）邏輯迴歸模式

本研究分析了完全未使用行穿線穿越路口的行為模式，模型解釋力為 3.2%。因觀測之路口行人特徵、分心行為對於完全未行走行穿線並無顯著影響。結果顯示，性別（女性）對此行為無顯著影響（ $B=-0.095, =0.485$ ）。族群方面，兒童、學生和成年人均顯示負向影響，顯示這些族群更可能遵守交通規則，其中學生的負向影響最為顯著（ $B=-1.078, =0.000^{***}$ ）。分心行為如過馬路時飲食、與同行者交談及使用手機（超過 50% 距離）對未使用行穿線的行為無顯著影響。

#### 4.3.5 未在行穿線內完成穿越路口邏輯迴歸模式

本研究探討了行人在未在行穿線內完成穿越路口的行為模式，並將「一開始沒有走，後來有」及「一開始有走，後來沒有」兩者合併。邏輯迴歸模型的解釋力為 5%，顯示自變數對應變數變異的解釋有限。性別（女性）影響不顯著（ $B=0.012, =0.927$ ）。在族群變數中，學生（ $B=0.717, =0.000^{***}$ ）顯示顯著影響，表示學生較少在行穿線內完成穿越，而成年人（ $B=-0.274, =0.065^*$ ）較高齡者更易於行穿線內完成穿越。分心行為如過馬路時飲食（ $B=0.139, =0.522$ ）、與同行者交談（ $B=0.071, =0.557$ ）及使用手機（持續超過 50% 距離）（ $B=0.008, =0.095$ ）均未顯示顯著影響。

### 4.4 步行速率分析

針對男女性步行速率的測量與分析，獲得了以下結果：男性步行速率樣本範圍介於 0.49 至 2.294 公尺 / 秒之間，整體男性平均速率為 1.1 公尺 / 秒；女性步行速率的樣本範圍則介於 0.55 至 1.3917 公尺 / 秒之間，整體女性平均速率為 1.092 公尺 / 秒。透過獨立樣本 T 檢定進行分析後，得到值為 0.789，顯示性別間無顯著差異。

本研究對不同族群的步行速率進行了詳細測量和分析。根據觀測結果，兒童的步行速率範圍為 0.872 至 1.356 公尺 / 秒，平均速率為 1.174 公尺 / 秒；學生的步行速率範圍為 0.674 至 1.624 公尺 / 秒，平均速率為 1.1315 公尺 / 秒；成年人的步行速率範圍為 0.49 至 2.294 公尺 / 秒，平均速率為 1.1162 公尺 / 秒；高齡者的步行速率範圍為 0.55 至 1.392 公尺 / 秒，平均速率為 0.9873 公尺 / 秒。進一步利用變異數分析（ANOVA）進行統計檢定後，得到值為 0.000<sup>\*\*\*</sup>，顯示不同族群的步行速率之間存在顯著差異。再針對族群間步行速率比較差異，可以發現兒童、學生、成年人三族群之間步行速率並無顯著差異，但都與高齡者具顯著差異。分析結果顯示，高齡者步行速率為各族群中最慢。

### 4.5 路口車輛停讓行為結果與分析

本研究分析了人車衝突特性，發現機車直行與行人衝突最頻繁，共 108 次，其次是汽車直行衝突，共 38 次。機車左轉非停讓行人比例為 86%，直行為 76%，右轉為 58%。汽車左轉非停讓行人比例為 14%，直行為 55%，右轉為 42%。統計結果顯示，汽車與機車於行駛方向左轉、直行停讓行人比例上具顯著差異（左轉： $< 0.001$ ，直行： $< 0.1$ ），右轉無顯著差異（ $> 0.1$ ）。車種針對不同性別行人停讓分析顯示，機車左轉對女性未停讓比例最高為 100%；直行對女性為 74.42%；右轉對女性為 57.89%。汽車左轉對女性未停讓比例最高為 25%；

直行對女性為 58.82%；右轉對男性為 25%。不同族群分析顯示，機車左轉對成年人、高齡者未停讓比例最高為 100%；直行對成年人為 77.78%；右轉對成年人、高齡者為 60%。汽車左轉對學生未停讓比例最高為 14.29%；直行對高齡者為 100%；右轉對高齡者為 66.67%。整體而言，機車對學生未停讓比例最高為 73.68%，汽車對高齡者未停讓比例最高為 70%。

## 五、結論與建議

本研究旨在探究無號誌路口行人穿越行為的多個面向，含分心行為、非安全穿越行為、路口車輛停讓行為等。針對行人特徵與分心行為及非安全穿越行為是否存在相關行進行卡方檢定。此外，本研究建立了邏輯迴歸模型，以非安全穿越行為作為應變數，行人特徵、分心行為作為自變數，從而評估不同行為模式對安全穿越行為潛在影響的重要程度。本研究將行人特徵分為性別與族群不同評估面向，並對行人步行速率進行分析。同時針對路口車輛停讓行為的情況進行觀測，了解路口車輛停讓行為。本節將討論研究結果並提出整體結論與建議，以提供行人安全教育和相關交通管理機構，針對無號誌路口行人穿越行為改善參考依據。

### 5.1 結論

#### 5.1.1 人口特徵與行人穿越行為之關聯性

本研究探討了行人事故與分心行為之間的關聯，並比較了台中市和台南市的三岔路口情況。結果顯示，行人分心行為與性別無顯著相關，但男性在穿越馬路時更容易未持續觀察交通，因此需加強對男性行人的交通安全教育。兒童和學生在分心行為方面較為普遍，易出現交談、滑手機等行為。而成年人和高齡者較常未使用行穿線穿越，推測兩族群往往選擇看似更便捷的路徑，這可能增加了事故風險。台中市的研究發現，男性在行穿線外穿越行為上顯著較多，而台南市則顯示男性較易出現非安全穿越行為，尤其是在與同行者交談時。不同城市和族群的行人行為差異強調了針對特定地區和群體的交通安全教育和政策制定的重要性。

#### 5.1.2 邏輯迴歸分析結果

本研究發現，分心行為（如與同行者交談或使用手機）顯著影響行人在穿越前觀察交通的行為，在年輕族群中尤為明顯。女性較少持續觀察交通，而高齡者因行動能力受限，通常會在穿越時更為謹慎。兒童和學生則較少持續觀察交通，並且相比高齡者，兒童在穿越路口時更可能完全不使用行穿線。學生則較容易遵守行穿線規則，這可能與校園交通安全教育有關。整體而言，不同年齡層在遵守交通安全規則上存在顯著差異，這強調了針對不同族群制定專門的交通安全教育計畫的必要性。

#### 5.1.3 步行速率分析結果

本研究分析了無號誌路口行人的步行速率。男性和女性的平均步行速率分別為 1.1 公尺/秒和 1.092 公尺/秒，差異不顯著。不同族群中，兒童步行速率最快（1.174 公尺/秒），其次是學生（1.1315 公尺/秒），成年人（1.1162 公尺/秒），高齡者最慢（0.9873 公尺/秒）。族群間步行速率差異顯著，可能與生理特徵和

健康狀況有關。兒童相比學生、成年人並無顯著較慢之情形，推測兒童因穿越馬路時，步行速率會隨著身旁成年人而改變。學生步行速率並非最快可能因穿越道路時，易存在分心行為導致。高齡者相比其他族群，展現出較慢的步行速率。

#### 5.1.4 路口車輛停讓行為

本研究分析了路口車輛的停讓行為，結果顯示：整體而言，車輛直行時較少停讓行人，機車在直行時的非停讓比例（76%）顯著高於汽車（55%），這可能與機車的高機動性有關。性別分析顯示，機車在左轉時對女性的停讓意願最低，整體停讓比例較低，而汽車對女性的停讓比例亦不佳，反映了駕駛者對不同性別行人的態度差異。不同人口特徵分析中，機車對學生停讓比例最低，可能因學生易分心，學生容易分心導致穿越行為不穩定，增加了機車駕駛者預測行為困難。而汽車對高齡者停讓比例較低，推測因高齡者行動緩慢，駕駛者不願延長等待時間。

## 5.2 建議

本節針對本研究各階段研究內容與分析結果，提出了幾項針對行人安全的具體建議並就研究過程與成果提出後續研究改善建議，簡要說明如下：

1. 加強交通安全教育：針對兒童、學生的分心行為，增加學校和社區的交通安全教育，利用虛擬實境或角色扮演模擬交通情境。成年人和高齡者需定期接受交通安全培訓講習，特別是如何在無號誌路口安全穿越。
2. 增加保護措施：在學校周圍的無號誌路口安排交通指揮，設置行人庇護島及顯眼的行人優先標誌，並加強科技執法，減少車輛未停讓行為。
3. 針對高齡者的具體措施：在大型無號誌路口設置行人庇護島，提供安全的停留空間。強化駕駛者對高齡者行動限制的認識，提升對行人安全的意識。
4. 改善人本交通設施：確保行人穿越線與人行道銜接順暢，清理騎樓障礙，設立庇護島為行人提供安全的中途停留地點，特別是對高齡者。
5. 加強駕駛人教育與執法：提高駕駛人對行人優先權的認識，擴大「車輛未停讓行人」執法取締，並加強對違停於行穿線上的車輛之處罰。

## 5.3 研究限制

本研究致力於無號誌路口行人穿越行為分析，並獲得許多珍貴分析結果，但仍有不足之處，以下為本研究所受之限制

1. 本研究所觀測之行人族群判別，無法準確判斷被觀測者行人確切為成年人或高齡者，僅能依外觀判斷，可能導致分析時會有些許誤差。
2. 因本研究所觀測之樣本有限，因此車流方向（左轉、直行、右轉）停讓數據偶有顯示過於極端之情形，如停讓比例 0%、100%，因此無法進行相關統計檢定。

## 參考文獻

張建彥、吳宗修、王森豐、郭明仁 (2010)，交叉路口高齡者與孩童步行速率之調查與分析，都市交通，25(1)，1-17。

- Kathuria, A., & Vedagiri, P. (2020). Evaluating pedestrian vehicle interaction dynamics at un-signalized intersections: A proactive approach for safety analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 134, 105316.
- Pešić, D., Antić, B., Glavić, D., & Milenković, M. (2016). The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at unsignalized intersections—Models for predicting unsafe pedestrians behaviour. *Safety science*, 82, 1-8.
- Sucha, M., Dostal, D., & Risser, R. (2017). Pedestrian-driver communication and decision strategies at marked crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 102, 41-50.
- Tom, A., & Granić, M. A. (2011). Gender differences in pedestrian rule compliance and visual search at signalized and unsignalized crossroads. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1794-1801.
- Zafri, N. M. (2023). Walk or run? An observational study to explore pedestrian crossing decision-making at intersections in Dhaka, Bangladesh applying rules mining technique. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 94, 83-98.