

路口行人步行速率資料庫建立之研究¹

張建彥² 吳宗修³ 王森豐⁴ 彭裕涵⁴

摘要

行人在交叉路口穿越道路之步行速率為行人交通事故鑑定與行人號誌時制設計的重要參數。鑑於國人與外國人生理特徵並不相同，且道路交通環境亦有所差異，因此有必要針對台灣民眾在不同環境特性與生理特徵下，進行行人步行速率之調查與研究，並建立步行速率資料庫以供相關應用之參考。本研究以一般成人為研究對象，針對 1,697 位女性單一行人、1,794 位男性單一行人、1,484 組兩人群體及 260 組三人以上群體穿越路口之步行速率進行攝影觀測與統計分析。分析結果發現男性成人之步行速率高於女性成人之步行速率，而步行時群體人數愈多，步行速率愈慢。本研究進一步依據調查時段、氣溫、天候、道路寬度、車道數、坡度、號誌種類、行人綠燈秒數、有無行人穿越道等環境特性，分析行人之步行速率，並整合數項主要影響因子，建立多因子巢狀組合之步行速率對照圖表。最後，在平均數之差異性分析部分，本研究以推論統計之 t 檢定及變異數分析(ANOVA)為方法，判斷各分類之差異顯著性，提出相關推論。

關鍵詞：路口、行人、步行速率、資料庫、肇事鑑定

一、前言

近年來道路交通環境不斷改變，交通事故也成為重大課題之一，在道路交通事故鑑定業務所遭遇之各種交通事故類型中，行人涉及之交通事故佔有相當的比例，且由於人體之生理構造相較於汽機車堅硬的金屬構造脆弱得許多，因此行人一旦涉入交通事故時往往會受較嚴重的傷害，甚至趨向死亡事故之發生，加上近年來經濟快速地進步與地區結構逐漸朝向都市化發展，都市大眾運輸系統發展日趨成熟，一般民眾使用步行做為連接各種大眾運輸工具之中介交通工具的機會增加，造成民眾暴露在行人交通事故的風險亦相對的增加，根據台北市政府警察局交通警察大隊之統計資料，民國 88 年至民國 95 年之死亡交通事故中，行人涉及之死亡交通事故皆佔有三成左右之比例，為所有死亡事故肇事原因中的第二位，顯示出行人交通事故相關問題之嚴重性。

分析涉及行人之交通事故相關資料所得知，行人交通事故最常出現在行人穿越交叉路口或是一般路段等與車流有交叉狀況出現的時候，為釐清行人穿越肇事之事故責任，必須考慮事故發生地點、是否穿越行人穿越道、是否具有道路中央分隔、當時號誌狀況與行人步行速率等因素，並以涉及行人相關交通法規條文為

¹本文為「行人步行速率資料庫之建立」的延伸性研究。

²中華大學運輸科技與物流管理學系助理教授(聯絡地址：新竹市香山區五福路二段 707 號，電話：03-5186085，E-mail: axle@chu.edu.tw)。

³交通大學運輸科技與管理學系副教授(聯絡地址：新竹市大學路 1001 號，電話：03-5712121，E-mail: thwoo@mail.nctu.edu.tw)。

⁴中華大學運輸科技與物流管理學系碩士班研究生。

事故責任分析主要推定之參考，在這些釐清事故責任歸屬之因素當中，行人步行速率是相當重要之參考依據。此外，依據我國「道路交通標誌標線號誌設置規則」第 231 條有關行人專用號誌綠燈時相設計之規定，在綠色「行走行人」燈號結束前，應有閃光運轉，其閃光時間應適足以使已進入道路之行人能以正常速率走完全程或到達可供行人避護之交通島。其中閃光綠燈時間計算公式所採用之行走速率，一般使用每秒 1.0 公尺，學童眾多地點使用每秒 0.8 公尺，盲人音響號誌處使用每秒 0.5 公尺，顯示行人步行速率亦是行人號誌時制設計的重要參數。

一般行人步行速率因行人特性與環境特性之影響而有所不同，國外對行人步行速率之調查與相關研究已行之有年且具有相當之成果，而台灣對於此領域之研究與調查仍然相當地缺乏，而現今台灣事故鑑定涉及行人事故的部分仍然沿用國外所調查之步行速率資料，但由於外國人相較於台灣民眾仍有許多生理特徵的不同，如西方國家民眾普遍身高較台灣一般民眾為高，因此有必要就台灣民眾與台灣本地環境之特性，進行不同條件下行人步行速率之調查與分析，建立行人步行速率相關之資料庫。

由於人體生理特徵與步行狀態之差異，造成行人步行速率具有相當的變化，因此本研究首先以一般成人(年齡介於 13 至 64 歲)為對象，透過國內、外相關文獻之回顧與探討，界定影響成人之行人特性因子與環境特性因子；再進行各因子條件下之行人步行攝影觀測；然後利用影像處理軟體進行影片分割與圖片切割，並撰寫行人步行速率觀測程式，計算出高行人之步行速率，建立並比較各項步行速率統計量，以及不同因子之步行速率對照圖表。

二、文獻回顧

行人步行速率會受到行人和環境的特性影響，每位行人皆有自己偏好的步行速率(Preferred Walking Speed, PWS)，而視覺受損的行人亦有其偏好的步行速率，當失明的行人有正常人在旁引導時，其偏好之步行速率會接近正常人的步行速率，但當其獨自行走時所接受的步行速率卻不是其偏好的步行速率。

Bohannon[1]的研究分別提供了在舒適和最快速率下，20 歲到 79 歲的行人步行速率的參考值，研究測試 230 個健康的受試者，年齡從 20 到 79 歲。用碼錶記錄受試者分別用舒適和最快速率走完 7.62 公尺所需的時間。並用 Ametek Accuforce Force Gauge 來測試受試者的肌肉強度。研究結果發現年齡、身高、肌肉活動的力量在舒適和最快步行速率都有明顯相關。隨著年齡的增加，最大步行速率下降比舒適步行速率還要快。當年齡較大、身高較矮和肌肉強度較弱時，可以預期此人的步行速率會較低。

Bendall *et al.*[2] 研究蒐集了 65 至 90 歲女性與男性各 67 名與 58 名之步行速率與其他變數的關係，發現男性小腿肌肉強健、花費在閒暇活動的時間、身高與體重等等因素對步行速率有正向的影響，年齡與健康狀態對步行速率有負面的影響，而女性除了體重與腳部疼痛對步行速率有負面的影響外，其他大致上與男性相同，經過多元迴歸分析後，男性步行速率之差異 44%是由身高、小腿肌肉強健程度與身體的健康狀態所決定的，而女性步行速率之差異 42%是由身高、小腿肌肉強健程度與腳部疼痛的狀況所決定的，所得步行速率之結果為男性步行速率 1.33m/s，而女性步行速率為 1.17m/s。

自由步行速率(*free speed*)定義為當行人在沒有其他人阻礙的狀況下所樂意選擇之步行速率，每位行人都會有不同的特性而影響其選擇，因此各自的步行速率亦有所不同，除此之外行人的自由步行速率亦會受到一些外在條件如路面坡度、道路寬度與長度、行人設施種類與天氣狀況等等之影響，而自由步行速率的分配亦在許多交通流模式與其他相關應用上扮演重要的角色。

Daamen and Hoogendoorn[3]以模擬方式經由大規模的步行實驗所取得的數據，來分析不同流動狀況下自由步行速率的分配，單向流動(*unidirectional flows*)時步行速率最快為 1.54m/s，其次是反向流動(*opposite flows*)時步行速率為 1.41m/s，最低是交叉流動時(*crossing flows*)步行速率為 1.35m/s 與通過寬與窄瓶頸之速率各為 1.43 與 1.42m/s，若是平均速率則單向流動為 1.49m/s，反向流動為 1.33m/s，交叉流動為 1.33m/s，寬瓶頸為 1.22m/s，窄瓶頸為 0.93m/s。此外本篇研究亦有整理各國研究之平均自由步行速率，歐洲人之平均步行速率為 1.41m/s，美國人的步行速率為 1.44m/s，澳洲與亞洲人的平均速率為 1.24m/s。

Gates *et al.*[4]根據在美國威斯康辛州的 11 個十字路口，對 1947 個行人穿越馬路的事件來研究年齡、身心障礙者、十字路口交通管制的情況、團體大小和性別的特性對於步行速率的影響。在不明顯的地方設置觀察人員或是攝影機，並用碼表來測量行人通過馬路的時間。研究結果發現，大人牽著小孩和身心障礙者過馬路的速率和 65 歲以上的人相似。兩個以上一起走的行人步行速率比一個人的還要慢 0.4 到 0.6ft/s。另外，在年齡的分類中，女性的步行速率通常比同年齡群的男性慢 0.1 至 0.2ft/s，年輕男性步行速率最快，年長的女性則是步行速率最慢。研究也建議在市區、購物中心、學校附近使用 3.8ft/s 的步行速率來設計行人穿越的計時器。通常所使用 4.0ft/s 的步行速率來設定過馬路的時間，對 65 歲以上、大人協助的小孩、身體殘缺的人和一群人過馬路來說並不够。4.0ft/s 的步行速率只適合給很少有高齡者、孩童、身心障礙者的地方像是大學校區所使用。

Knoblauch *et al.*[5]對不同年齡與不同狀況下對行人之步行速率與啟動時間(*start-up times*)做一系列量化的田野調查，其中在四個城市地區 16 個行人穿越道進行調查，以所在位置與環境因素如街道寬度、人行道鑲邊石高度、道路坡度、道路車道數、號誌週期長度、行人號誌類型、街道與人行道類型等等因素作為影響步行速率與啟動時間的因子，主要將行人年紀分為兩個群組，及 65 歲以上高齡者與 14 至 64 歲的一般人，前百分之十五之一般人的步行速率為 1.25m/s，而高齡者的步行速率為 0.97m/s，對道路設計目的建議的一般人步行速率為 1.22m/s，而高齡者步行速率為 0.91m/s。

Stollof *et al.*[6]整理了其他研究在行人步行速率上之調查值或建議值，其中高齡者之平均步行速率範圍為 0.97m/s 至 1.4m/s，15 分位數步行速率之範圍為 0.67m/s 至 1.22m/s，顯示各研究之數值範圍變化相當大。另一方面，年輕族群之平均步行速率與 15 分位數步行速率範圍，分別是 1.35m/s 至 1.51m/s，以及 1.10m/s 至 1.28m/s。這些研究在以高齡者為主要考量之行人號誌時制設計方面，建議步行速率參數值範圍為 0.85m/s 至 1.22m/s。

安全的交通號誌設計與運作，是要有足夠的時間讓行人安全的通過。然而在約旦卻沒有一套很明確的指導方針是與行人步行速率相關的，且國外的指導方針也不一定適用於約旦。Tarawneh[7]量測約旦行人穿越路口的步行速率，以及評估年齡、性別、穿越的距離(街道寬)、群體個數等因子是否會影響行人的步行速率，並且算出代表整體約旦行人的步行速率，以作為號誌設計的參考依據。結果發現

年齡、性別、群體大小、街道寬這四個因子會影響行人步行速率；21-30 歲的行人是步行速率最快的族群；而 65 歲以上的高齡者是步行速率最慢的族群；男性的步行速率高於女性；三人或三人以上的群體穿越行人穿越道的速率相較自行或兩人結伴的速率高；行人在穿越路幅較寬的道路時其速率較路幅較窄的道路快。整體來說約旦行人平均步行速率為 1.34m/s，而第 15 百分位數的步行速率為 1.11 m/s，因此建議以 1.11m/s 為做為號誌設計時的參考依據。

綜上所述，行人步行速率受到性別、年齡、群體行人數等行人特性，以及車流影響、尖離峰時段、氣溫、天候、街道寬度、車道數、坡度、號誌狀況、行人穿越道之設置狀況等環境特性所影響。而不同國家的行人，亦會有不同的步行速率，顯示行人步行速率本土化研究的必要性。

三、調查與觀測方法

有關行人步行速率之觀測，本研究結合了室外錄影與室內影像處理與分析兩大步驟，室外攝影主要是針對行人進行現地拍攝觀測，拍攝時應注意天氣是否會影響拍攝鏡頭，如果拍攝當時下大雨，則會影響攝影鏡頭之影像拍攝。拍攝地點應先考量周圍是否有足夠之制高點可供進行高空攝影，至於攝影之角度，以能接近於 90 度的五層以上高樓地點，進行由上往下拍攝作業為佳。

行人影像拍攝結束後，對當天拍攝的光碟進行封存作業，將錄影資料建檔並紀錄當天開始拍攝的時間與結束拍攝的時間，以及天氣狀況，且紀錄拍攝路口或路段長度與寬度。本研究利用威力導演(Power Director)軟體，對影像時間進行 15 分鐘的切割作業。由於下一步驟的影像轉存圖片程式(例如 Video Edit Guru 程式)，只能對少於 15 分鐘的影像進行圖片切割，因此必須運用威力導演程式，將影像時間進行切割作業，若影像總拍攝時間經由威力導演程式切割之後，還有剩餘時間，則再進行 10 分鐘或 5 分鐘的影像切割作業，以方便於行人觀測應用。切割後之影片，再應用影像轉存圖片程式(如 Video Edit Guru 程式)進行影像圖檔建立作業，Video Edit Guru 程式主要是將 15 分鐘影像切割成 27,000 張圖片檔案，故一秒的影片可連續切割成 30 張圖片檔案；若其他影像時間為 10 分鐘或 5 分鐘，程式會將影像切割成 18,000 張或是 9,000 張圖片檔案。

在行人步行速率分析上，本研究利用 Visual Basic.Net 語言開發一套影像判讀處理分析系統，對於較不適用影像處理系統分析之觀測地點，本研究則以人工判讀的方式，針對分析時段內之圖片，利用影像處理程式之圖片連續播放功能，將每一觀測樣本在固定偵測範圍內之起、迄圖片張數編號，換算成步行時間，再依據不同的步行路徑長度，計算出各觀測樣本之步行速率，建立行人速率資料檔。圖 1 即為步行速率觀測之照片圖，圖中行人穿越道線外框即為偵測範圍，觀測時必須先界定行人步行之偵測範圍長度。



圖 1 步行速率觀測之照片圖

四、資料蒐集

依據文獻回顧中所探討之步行速率影響因子，本研究整理之因子分類與水準如表 1 及表 2 所示。表 1 為行人特性因子表，表 2 則是環境特性因子表。

表 1 行人特性因子表

因子類別	因子名稱及水準
行人特性	年齡：(1)一般成人：13 歲至 64 歲。
	性別：(1)女性；(2)男性。
	步行狀態：(1)受車流影響；(2)未受車流影響。
	群體人數：(1)獨自一人；(2)兩人群體；(3)三人以上群體。

表 2 環境特性因子表

因子類別	因子名稱及水準
時間特性	調查時段*：(1)上午尖峰時段；(2)離峰時段；(3)下午尖峰時段。
氣候特性	氣溫：(1)寒冷：19°C 以下；(2)舒適：20~25°C；(3)悶熱：26~30°C； (4)易中暑：31°C 以上。
	天候：(1)晴天；(2)陰天；(3)雨天。
道路特性	道路寬度：(1)窄：10 公尺以下；(2)適中：10.1~20 公尺；(3)寬： 20.1 公尺以上。
	車道數：(1)2 車道；(2)3~5 車道；(3)6 車道以上。
	坡度：(1)2 度以下；(2)2.1~4 度；(3)4.1 度以上。
交通控制特性	號誌種類：(1)行車管制號誌(無附設行人專用號誌)；(2)行車管 制號誌(附設行人專用號誌)；(3)無號誌。
	行人綠燈倒數秒數：(1)短：20 秒以下；(2)適中：21~40 秒；(3) 長：41 秒以上；(4)無。
	行人穿越線：(1)有設置；(2)無設置。

*上午尖峰時段為 7:00-9:00、下午尖峰時段為 16:00-20:00，其餘為離峰時段。

本研究在台北市、新竹市、台中市及高雄市四個都市挑選了 8 個路口進行行人觀測，各都市之觀測路口整理如表 3 所示；調查時間為民國 97 年 9 月至民國 98 年 2 月。本研究總共觀測了 1,697 位女性單一行人、1,794 位男性單一行人、1,484 組兩人群體及 260 組三人以上群體穿越路口之步行速率。

表 3 觀測路口整理表

都市名稱	路口名稱
台北市	中山北路與民生東路交叉路口
	重慶北路與忠孝西路交叉路口
	館前路與忠孝西路交叉路口
	懷寧路與忠孝西路交叉路口
新竹市	東門街與民族路交叉路口
	光復路與建功路交叉路口
台中市	錦新路與五權路交叉路口
高雄市	中山三路與三多四路交叉路口

五、步行速率分析

步行速率之分析包括單一因子各水準之步行速率統計量、巢式因子組合之步行速率統計量，以及各因子分類之平均速率差異性比較分析三大部分，各部分之分析結果，說明如後。

(一) 單一因子各水準之步行速率統計量

依據步行速率分析結果，單一因子各水準之步行速率統計量整理如表 4 所示。由表中之數值，可歸納出下列數項特點：

表 4 步行速率整理表

因子	樣本數		平均數		標準差		15 th 百分位數	
	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性
行人特性								
群體人數								
獨自一人	1697	1794	1.18	1.23	0.20	0.20	0.98	1.02
兩人群體	1484		1.09		0.17		0.90	
三人以上群體	260		0.96		0.20		0.72	
步行狀態								
受車流影響	98	74	1.10	1.07	0.17	0.18	0.94	0.86
不受車流影響	1599	1720	1.18	1.24	0.20	0.20	0.98	1.03
環境特性								
調查時段								
上午尖峰時段	124	151	1.14	1.21	0.19	0.18	0.96	1.06
離峰時段	1256	1200	1.17	1.21	0.21	0.22	0.96	0.98
下午尖峰時段	317	443	1.23	1.28	0.16	0.16	1.08	1.10
氣溫								
19°C 以下	259	279	1.25	1.25	0.19	0.18	1.06	1.05
20~25°C	130	186	1.21	1.27	0.13	0.15	1.10	1.10
26~30°C	270	233	1.05	1.12	0.22	0.23	0.78	0.82
31°C 以上	1038	1096	1.19	1.24	0.19	0.20	1.00	1.03
天候								
晴天	1504	1555	1.19	1.25	0.18	0.19	1.01	1.06
陰天	113	177	1.24	1.21	0.16	0.18	1.05	1.02
雨天	80	62	0.85	0.85	0.18	0.16	0.66	0.70
道路寬度								
窄	1088	1117	1.17	1.22	0.20	0.21	0.97	1.12
適中	463	581	1.16	1.23	0.21	0.21	0.95	1.02
寬	146	96	1.25	1.30	0.13	0.15	1.09	1.10
車道數								
2 車道	486	202	1.17	1.27	0.18	0.16	0.99	1.11
3 至 5 車道	715	1046	1.18	1.21	0.20	0.21	0.97	1.01
6 車道以上	496	546	1.18	1.25	0.21	0.21	0.97	1.05
坡度								
2 度以下	1697	1794	1.18	1.23	0.20	0.20	0.98	1.02
號誌種類								
行車管制號誌	106	155	1.27	1.33	0.16	0.16	1.11	1.19
行車管制號誌 (附設行人號誌)	1401	1437	1.16	1.21	0.20	0.21	0.96	1.00
無號誌	190	202	1.23	1.27	0.16	0.15	1.07	1.12
行人綠燈倒數秒數								
適中	802	818	1.16	1.20	0.21	0.22	0.94	1.00
長	599	619	1.16	1.23	0.19	0.20	0.98	1.02
無	296	357	1.24	1.30	0.16	0.16	1.08	1.11
行人穿越線								
有設置	1551	1589	1.17	1.22	0.20	0.21	0.97	1.01
無設置	146	205	1.25	1.30	0.17	0.16	1.09	1.14

- 1.就性別而言，男性之平均步行速率明顯大於女性之平均步行速率。
- 2.以群體人數而言，獨自一人行走比其他群體人數(兩人群體及三人以上群體)快，而三人以上群體則是最慢的一群。
- 3.以步行狀態而言，男性受車流影響比女性小，而以整體結果來看，受車流影響之男、女性平均步行速率皆小於未受車流影響之平均步行速率。
- 4.以調查時段而言，不論任何時段男性平均步行速率皆大於女性之平均步行速率，而就各時段之比較，下午尖峰時段之平均步行速率大於上午尖峰時段及離峰時段之平均步行速率。
- 5.以氣溫而言，19°C以下之男、女性平均步行速率相等，其他氣溫(20~25、26~30 及 31°C以上)之男性平均步行速率大於女性平均步行速率；另外，19°C以下之平均步行速率大多高於其他氣溫的平均步行速率，顯示一般行人在低溫時有快步行走的趨向。
- 6.以天候而言，雨天男、女性之平均步行速率相等，雨天之平均步行速率小於晴天之平均步行速率，晴天時男性平均步行速率大於女性平均步行速率，但陰天時女性平均步行速率反而較大。
- 7.以道路寬度而言，寬度較大之道路，男、女性平均步行速率明顯較大。
- 8.車道數之影響與道路寬度類似，其中男性平均步行速率大於女性平均步行速率，車道數愈多，步行速率似乎有較大之傾向。
- 9.以號誌種類而言，行車管制號誌(無附設行人專用號誌)下之平均步行速率大於行車管制號誌(有附設行人專用號誌)及無號誌狀況下之平均步行速率；而無號誌狀況下之平均步行速率又大於行車管制號誌(有附設行人專用號誌)下之平均步行速率。顯示行人穿越道路時，會考慮同方向車流通行(包括直進及轉向行為)或橫向穿越車流之影響，而增加其通行速率。
- 10.以行人綠燈倒數秒數而言，短秒數因觀測地形關係並無樣本數，女性於適中秒數及長秒數的平均步行速率相等，而無秒數時，女性平均步行速率大於其他秒數下之平均步行速率；男性亦以無秒數時平均步行速率最大。
- 11.以行人穿越線有無設置而言，無行人穿越線之男、女性平均步行速率皆大於有行人穿越線之平均步行速率。
- 12.坡度因子因受限於地形或觀測條件影響，僅有單一條件下之平均步行速率，其中女性平均步行速率為 1.18 公尺/秒，男性平均步行速率為 1.23 公尺/秒。

(二) 巢式因子組合之步行速率統計量

表 4 之單一因子行人步行速率統計量雖可提供交通工程師於行人號誌時制設計，或事故鑑定專家於行人事故鑑定時之有用參數，但是當交通工程師或事故鑑定專家面臨兩種因子組合之狀況且參數值亦不同時，

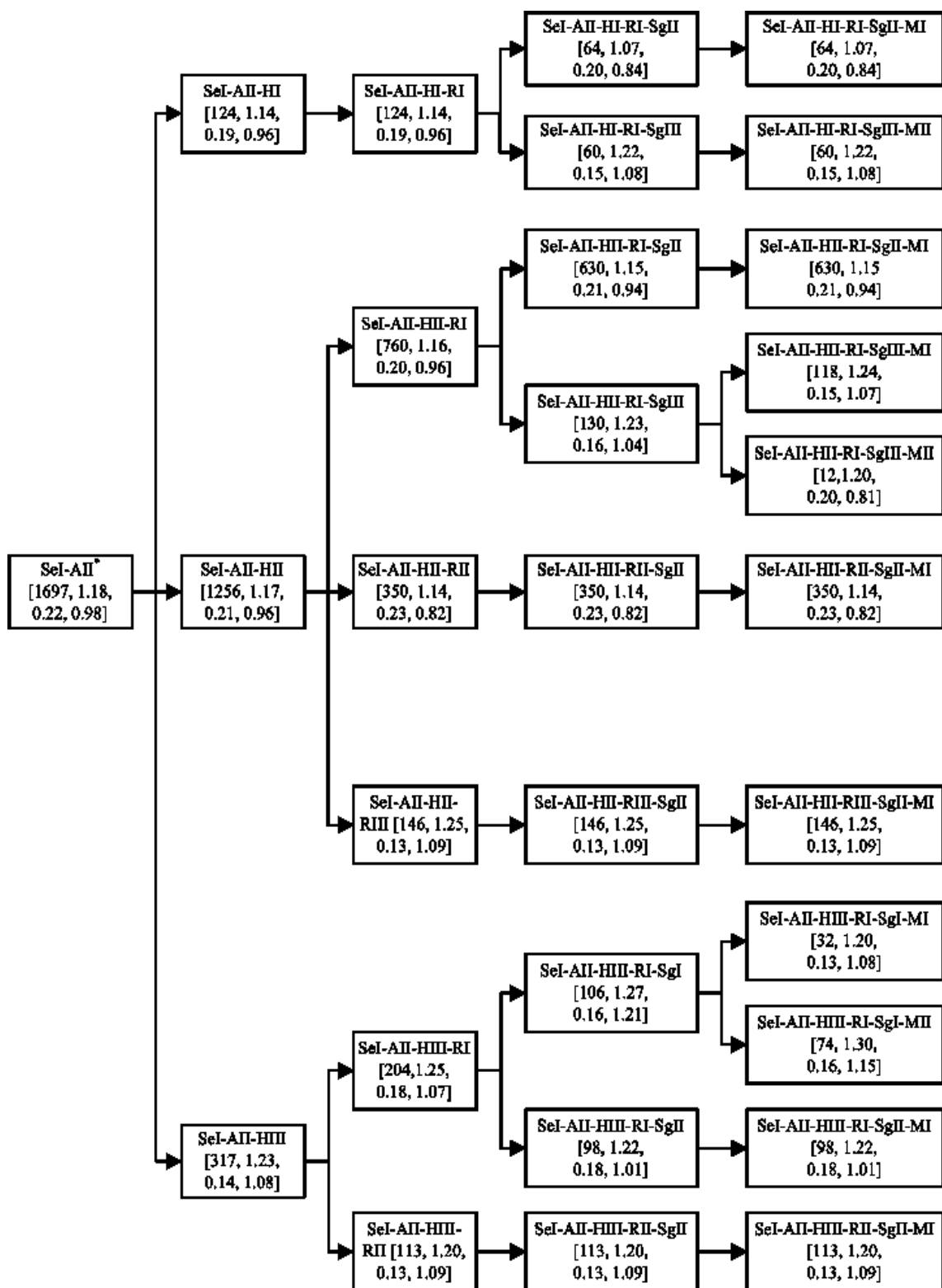
則行人步行速率之參數值決定便有所困難。例如，交通工程師或事故鑑定專家可以從表 4 中查到離峰時段之男性成人平均步行速率為 1.21 公尺/秒，以及 10 公尺以下之窄道路男性成人平均步行速率為 1.22 公尺/秒，但是卻無法查到男性成人於離峰時段穿越 10 公尺以下道路之平均步行速率，因此進一步建立多因子組合之步行速率參數值有其必要性。

本研究以國內常用之道路交通事故調查報告表為基礎，考量因子的重要性與樣本數限制，挑選性別、年齡、時段、道路寬度、號誌種類、行人穿越線等 6 項因子，建立巢式因子組合之步行速率統計量參照圖。表 5 為參照圖之因子水準數與相對編碼，其中考量編碼表未來應用之擴充性，本研究在年齡部分先將高齡者與孩童的編碼編入，因此成人之編碼為 AII。依據編碼表，將步行速率調查資料重新分類統計後，女性成人之巢式因子組合步行速率參照圖如圖 2 所示，男性成人之巢式因子組合步行速率參照圖如圖 3 所示。圖中各編碼即代表相關因子水準的組合；而「巢式因子組合」的意義乃是指圖中由左至右之因子組合數係逐層遞增，每一層的因子組合數均為前一層的因子數再增加一個因子，頗類似於程式設計之巢式結構，故以此命名。

利用表 5 及圖 2、圖 3，交通工程師及事故鑑定專家即可查到複雜狀況之行人步行速率參數值，例如男性成人於離峰時段穿越 10 公尺以下道路之平均步行速率為 1.19 公尺/秒(參見圖 3 編碼組合為 SeII-AII-HII-RI 之統計量)，而男性成人於離峰時段穿越 10 公尺以下道路且具有行車管制號誌(附設行人專用號誌)之平均步行速率為 1.18 公尺/秒(參見圖 3 編碼組合為 SeII-AII-HII-RI-SgII 之統計量)。

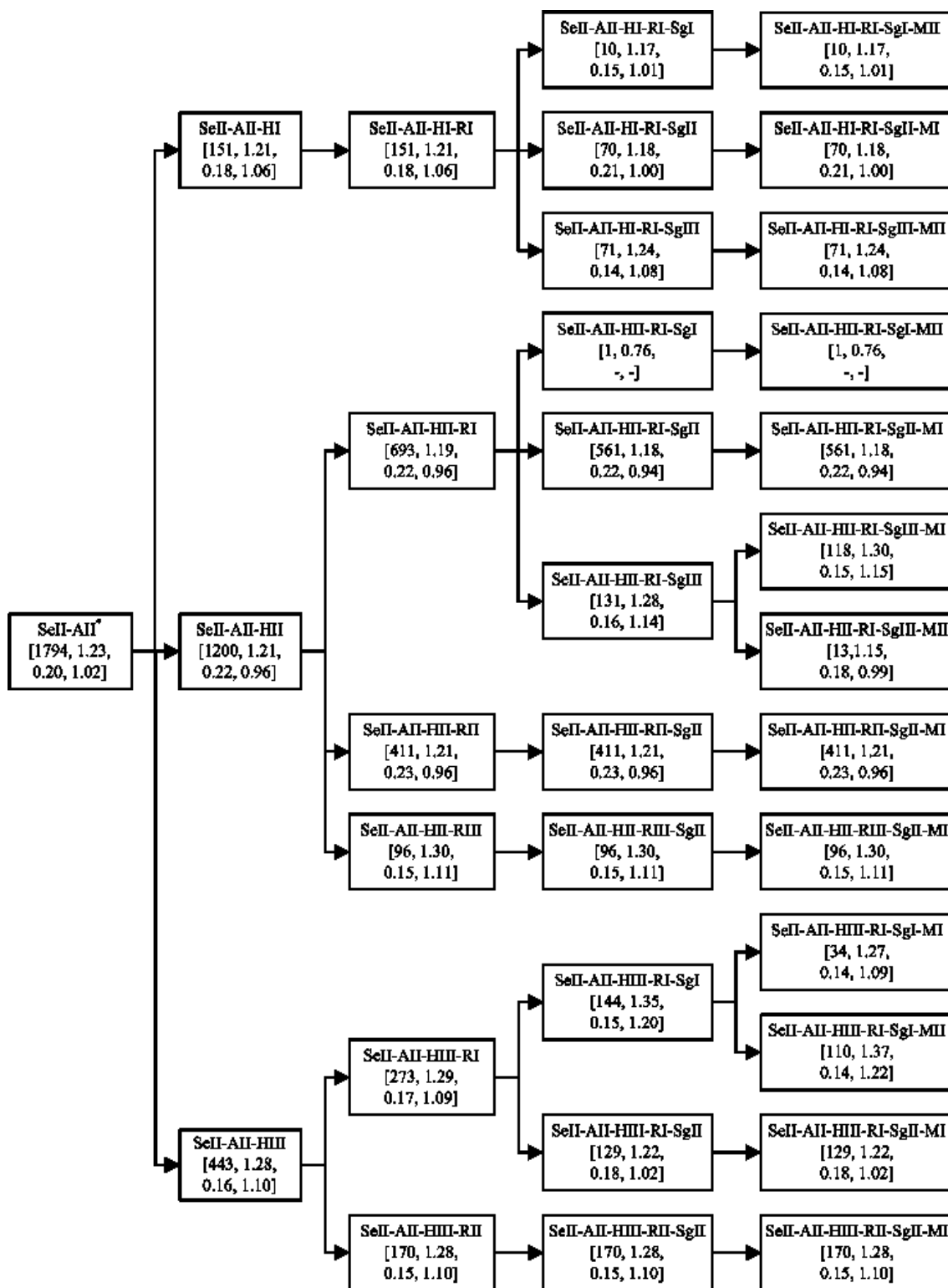
表 5 各因子水準之代號編碼表

因子	代號	因子水準	代號編碼
性別	Se	女性	SeI
		男性	SeII
年齡	A	高齡者	AI
		成人	AII
		孩童	AIII
調查時段	H	上午尖峰時段	HI
		離峰時段	HII
		下午尖峰時段	HIII
道路寬度	R	10 公尺以下	RI
		10.1~20 公尺	RII
		20.1 公尺以上	RIII
號誌種類	Sg	行車管制號誌(無附設行人專用號誌)	SgI
		行車管制號誌(附設行人專用號誌)	SgII
		無號誌	SgIII
行人穿越線	M	有設置	MI
		無設置	MII



*因子之編碼組合 [樣本數, 平均數, 標準差, 15th 百分位數]; 平均數、標準差、15th 百分位數之速率單位為公尺/秒。

圖 2 女性成人之巢式因子組合步行速率統計量對照圖



*因子之編碼組合 [樣本數, 平均數, 標準差, 15th 百分位數]; 平均數、標準差、15th 百分位數之速率單位為公尺/秒。

圖 3 男性成人之巢式因子組合步行速率統計量對照圖

(三) 各因子分類之平均速率差異性比較分析

根據表 4 之敘述性統計量，各因子水準對於步行速率之影響似乎是有差異性，因此為了瞭解各因子中水準分類間之差異顯著性，本研究以 SPSS 統計軟體進行單一因子兩水準之獨立樣本 t 檢定 (Independent-Samples t Test) 及單一因子多水準之獨立樣本變異數分析 (one-way ANOVA)，分析方法如圖 4 所示。圖中 K 代表各因子中的水準分類數，例如性別因只有男、女性兩水準，故 K 等於 2；而調查時段有上午尖峰、離峰、下午尖峰三個時段，故 K 等於 3。當 K 等於 2 時，本研究採用獨立樣本 t 檢定比較因子中各水準分類之步行速率平均數差異顯著性，若差異顯著，則維持原分類數，並加以推論；若差異不顯著，則將兩分類合併為一類，再分析其平均數與標準差等統計量。當 K 大於等於 3 時，本研究先採用單因子變異數分析比較因子中各水準分類之步行速率平均數是否完全相等，若檢定結果拒絕平均數完全相等之假說，則暫時維持原分類數，再採用 Scheff 多重比較法進行事後之兩兩比較分析，經比較後若各分類之步行速率平均數均有顯著差異，則維持原分類數；若有一組之兩分類步行速率平均數差異不顯著，則進行分類合併，並確定合併後之新分類數 K 值，再回饋進行新的水準分類間之平均數差異顯著性檢定；若單因子變異數分析結果顯示各水準分類之步行速率平均數完全相等，則將所有分類合併為一類，再分析其平均數與標準差等統計量。

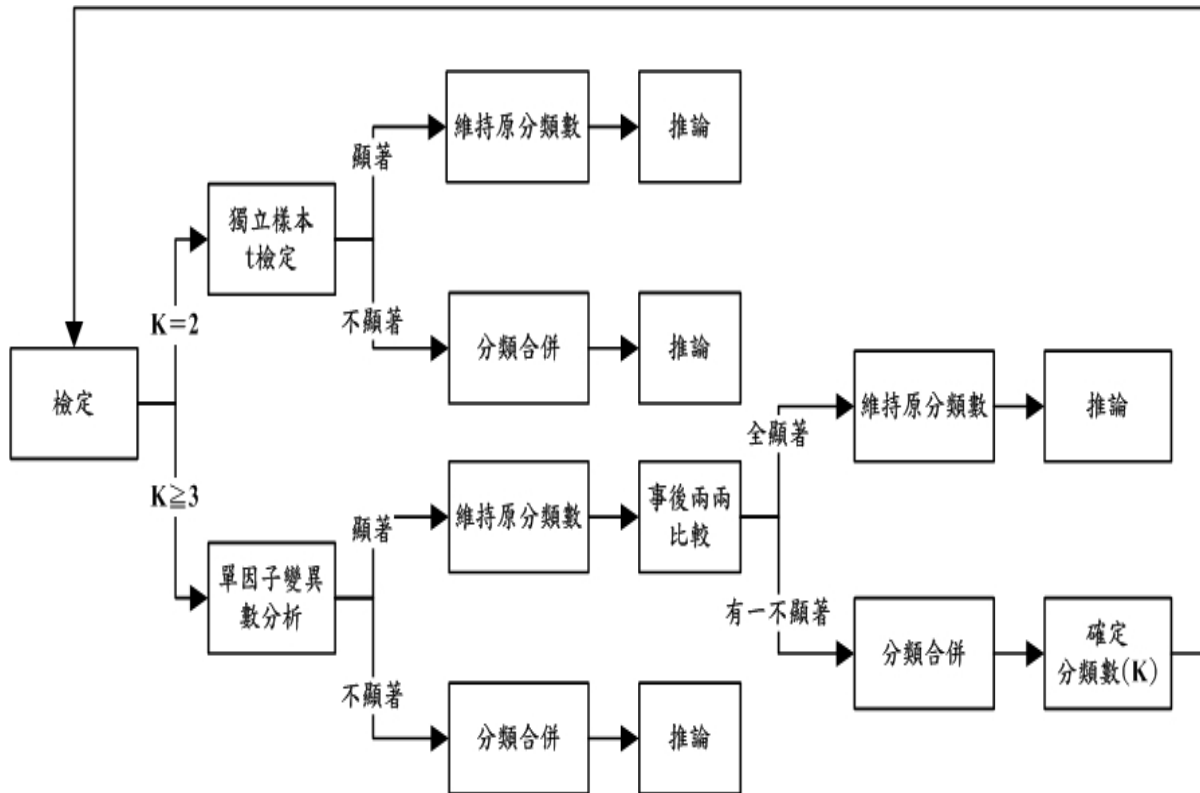


圖 4 各因子分類之平均速率差異性比較分析圖

依據圖 4 之分析方法，本研究建立新的因子水準分類數如表 6 所示。至於各因子水準分類之平均步行速率差異性分析，則分別說明如下：

1. 性別因子分為女性與男性兩類，男性之平均步行速率(1.23 公尺/秒)顯著大於女性之平均步行速率(1.18 公尺/秒)。
2. 群體人數因子分為獨自一人、兩人群體及三人以上群體三類，獨自一人之平均步行速率(1.20 公尺/秒)顯著大於兩人群體之平均步行速率(1.09 公尺/秒)及三人以上群體之平均步行速率(0.96 公尺/秒)；兩人群體之平均步行速率又顯著大於三人以上群體之平均步行速率。
3. 調查時段因子分為上午尖峰時段及離峰時段與下午尖峰時段兩類，或上午尖峰時段與離峰時段及下午尖峰時段兩類。若分為上午尖峰時段及離峰時段與下午尖峰時段兩類，則下午尖峰時段之平均步行速率(1.26 公尺/秒)顯著大於上午尖峰時段及離峰時段之平均步行速率(1.17 公尺/秒)；若分為上午尖峰時段與離峰時段及下午尖峰時段兩類，則離峰時段及下午尖峰時段之平均步行速率(1.21 公尺/秒)顯著大於上午尖峰時段之平均速率(1.18 公尺/秒)。
4. 氣溫因子分為 19°C 以下與 20°C 以上兩類，或 25°C 以下與 26°C 以上兩類。若分為 19°C 以下與 20°C 以上兩類，則 19°C 以下之平均步行速率(1.25 公尺/秒)顯著大於 20°C 以上之平均步行速率(1.19 公尺/秒)；若分為 25°C 以下與 26°C 以上兩類，則 25°C 以下之平均步行速率(1.25 公尺/秒)顯著大於 26°C 以上之平均步行速率(1.19 公尺/秒)。
5. 天候因子分為晴天與非晴天兩類，或雨天與非雨天兩類。若分為晴天與非晴天兩類，則晴天之平均步行速率(1.22 公尺/秒)顯著大於非晴天之平均步行速率(1.10 公尺/秒)；若分為雨天與非雨天兩類，則非雨天之平均步行速率(1.22 公尺/秒)顯著大於雨天之平均步行速率(0.85 公尺/秒)。
6. 道路寬度因子分為 10 公尺以下之較窄與 10.1 公尺以上之較寬兩類，或 20 公尺以下之較窄與 20.1 公尺以上之較寬兩類。若分為 10 公尺以下之較窄與 10.1 公尺以上之較寬兩類，則較寬之平均步行速率(1.21 公尺/秒)顯著大於較窄之平均步行速率(1.19 公尺/秒)；若分為 20 公尺以下之較窄與 20.1 公尺以上之較寬兩類，則較寬之平均步行速率(1.27 公尺/秒)顯著大於較窄之平均步行速率(1.20 公尺/秒)。
7. 車道數因子分為 5 車道以下與 6 車道以上兩類，6 車道以上之平均步行速率(1.22 公尺/秒)顯著大於 5 車道以下之平均步行速率(1.20 公尺/秒)。
8. 號誌種類因子分為行車管制號誌(無附設行人專用號誌)、行車管制號誌(附設行人專用號誌)、無號誌三類，行車管制號誌(無附設行人專用號誌)之平均步行速率(1.31 公尺/秒)顯著大於行車管制號誌(附設行人專用號誌)之平均步行速率(1.19 公尺/秒)與無號誌之平均步行速率(1.25 公尺/秒)；無號誌之平均步行速率又顯著大於行車管制號誌(附設行人專用號誌)之平均步行速率。

- 9.行人綠燈倒數秒數因子分為有行人綠燈倒數秒數與無行人綠燈倒數秒數兩類，無行人綠燈倒數秒數之平均步行速率(1.27 公尺/秒)顯著大於有行人綠燈倒數秒數之平均步行速率(1.19 公尺/秒)。
- 10.行人穿越線因子分為有設置與無設置兩類，無設置行人穿越線之平均步行速率(1.28 公尺/秒)顯著大於有設置行人穿越線之平均步行速率(1.19 公尺/秒)。
- 11.坡度因子因僅有坡度為 2 度之資料，故暫不進行分析。

表 6 比較後之因子水準分類表

類別	因子名稱及水準
行人特性	性別：(1)女性；(2)男性。
	群體人數：(1)獨自一人；(2)兩人群體；(3)三人以上群體。
環境特性	調查時段：(1)上午尖峰時段及離峰時段；(2)下午尖峰時段。 或(1)上午尖峰時段；(2)離峰時段及下午尖峰時段。
	氣溫：(1)19°C 以下；(2)20°C 以上。 或(1)25°C 以下；(2)26°C 以上。
	天候：(1)晴天；(2)非晴天 或(1)雨天；(2)非雨天。
	道路寬度：(1)較窄：10 公尺以下；(2)較寬：10.1 公尺以上。 或(1)較窄：20 公尺以下；(2)較寬：20.1 公尺以上。
	車道數：(1)5 車道以下；(2)6 車道以上。
	坡度： (僅有坡度為 2 度之資料)
	號誌種類：(1)行車管制號誌(無附設行人專用號誌)；(2)行車管制號誌(附設行人專用號誌)；(3)無號誌。
	行人綠燈倒數秒數：(1)有行人綠燈倒數秒數；(2)無行人綠燈倒數秒數。
	行人穿越線：(1)有設置；(2)無設置。

六、結論與建議

行人步行速率為交叉路口行人號誌時制設計與行人事故鑑定的重要參數，在行人號誌時制設計部分，必須依據行人穿越長度與步行速率提供足夠的綠燈清道時段秒數，才能保護行人能安全通過路口；而交叉路口行人與車輛碰撞事故發生後，如何依據事後行人與車輛之相對位置，正確地重現事前行人與車輛的行進軌跡，以及推算碰撞發生的時間點，進而鑑定事故責任歸屬，則有賴於正確的行人步行速率分析，因此積極建立本土化之路口行人步行速率資料庫，具有其迫切重要性。由於行人步行速率的大小深受行人特性與環境特性所影響，故本研究以 13 至 64 歲的成人為對象，首先依據國外文獻回顧整理，確立 4 項行人特性因子與 9 項環境特性因子，每一因子並有 1 至 4 項的水準分類，然後蒐集資料進行分析，建立單一因子各水準之步行速率對照表。由對照表中發現，男性之平均步行速率

(1.23 公尺/秒)明顯大於女性之平均步行速率(1.18 公尺/秒),此乃因男性成人的肌耐力較強之緣故;而獨自一人的步行速率往往大於兩人群體步行速率,兩人群體步行速率又大於三人以上群體之步行速率,顯示行人成群步行的狀態下可能會因交談或其他因素而減緩步行速率;低溫時步行速率較大,雨天時步行速率較小,顯示出行人對氣候變化的合理步行反應;至於通過較寬的街道或較多的車道數時,步行速率較大,表示當行人對其完成通過路口行為之確定性較低時,會希望儘快通過路口;此一心理行為特性,亦同樣反映於交通控制系統之提供對步行速率之影響,當路口無行人專用號誌或無設置行人穿越線時,行人均會以較大之步行速率穿越路口,反之當路口有設置行人專用號誌或行人穿越線時,行人通過路口之步行速率較小。

此外,有鑒於單一因子步行速率對照表並無法有效提供兩因子以上組合之步行速率參數值,因此本研究進一步整合性別、年齡、時段、道路寬度、號誌種類、行人穿越線等 6 項因子,分別建立女性成人與男性成人之巢式因子組合步行速率參照圖,擴大步行速率調查資料之應用。

本研究最後整合獨立樣本 t 檢定及單因子變異數分析,建立各因子分類之平均速率差異性比較方法,具體推論各因子水準對步行速率影響之差異顯著性,並建立新的因子水準分類數,可提供未來相關研究進行步行速率調查及分析行人步行速率影響因子之參考。

本研究後續可再針對高齡者與孩童之步行速率進行調查分析,並將研究範圍擴大到非路口範圍,同時結合電腦資料庫程式之應用,建立電腦化行人步行速率資料庫與分析系統,提供肇事鑑定實務與行人交通工程設施設計之有用工具。

致謝:本研究承國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班研究生郭明仁、林佩霖、鮑雨薇協助行人步行速率之調查,謹此致謝。

參考文獻

1. R.W. Bohannon, "Comfortable and Maximum Walking Speed of Adults Aged 20-79 Years Reference Values and Determinants," *Age and Ageing*, Vol. 26, pp. 15-19, 1997.
2. M.J. Bendall, E.J. Bassey, M.B. Pearson, "Factors Affecting Walking Speed of Elderly People," *Age and Ageing*, Vol. 18, pp. 327-332, 1989.
3. W. Daamen, S.P. Hoogendoorn, "Free Speed Distributions –Based on Empirical data in Different Traffic Conditions," *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005*, pp.13-25, 2007.
4. T.J. Gates, D.A. Noyce, A.R. Bill, N. Van Ee, "Recommended Walking Speeds for Pedestrian Clearance Timing Based on Pedestrian Characteristics," the 85th Annual Transportation Research Board Meeting, Washington DC, January 2006.
5. R.L. Knoblauch, M.T. Pietrucha, M. Nitzburg, "Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time," *Transportation Research Record* 1538, pp.27-38, 1996.
6. E.R. Stollof, H. McGee, and K.A. Eccles. *Pedestrian Signal Safety for Older Persons*. Report prepared for AAA Foundation for Traffic Safety, July 2007.

7. M.S. Tarawneh, "Evaluation of Pedestrian Speed in Jordan with Investigation of Some Contributing Factors," *Journal of Safety Research*, Vol. 32, Issue 2, pp. 229-236, 2001.