

## 我國高齡者與孩童步行速率之調查與分析<sup>1</sup>

張建彥<sup>2</sup> 吳宗修<sup>3</sup> 王森豐<sup>4</sup> 彭裕涵<sup>4</sup>

### 摘要

行人步行速率為行人交通事故責任鑑定與號誌化路口行人號誌時制設計的重要參數。影響步行速率之因素很多，其中年齡是主要因素之一，高齡者由於身體機能退化之影響，行動遲緩導致步行速率降低；孩童則是身心發展尚未健全，故其步行速率也比一般成人低，而此二者對於交通事故風險認知不足，判斷與反應亦較一般成人差，往往成為行人交通事故的高危險群。本研究透過現地攝影調查與影像觀測之方式，分析高齡者與孩童在各種不同步行狀態與環境特性下之步行速率，研究結果顯示，高齡者單人穿越路口的一般平均步行速率為每秒 0.89 公尺，第 15 百分位速率為每秒 0.73 公尺；孩童單人穿越路口之一般平均步行速率約為每秒 1.15~1.17 公尺，第 15 百分位速率為每秒 0.98 公尺，不同的步行狀態與環境特性則會造成速率值的變化。本研究之成果，除可作為國內建立行人步行速率資料庫之基礎外，亦可供未來肇事鑑定實務與行人交通工程設施設計之應用參考。

**關鍵詞：**高齡者、孩童、步行速率、號誌時制設計、肇事鑑定

### 一、前言

步行是目前社會可以改善環境和個人健康之重要移動方式，而都會區是現今社會人口活動密集，以及通勤上學或就業的主要區域。因此，行人步行乃成為現今都會區從事各種社經活動所不可或缺的交通方式。近年來道路交通環境不斷改變，且在經濟成長情況下，汽、機車使用頻繁，倘若忽視行人良好的步行環境，行人往往容易與汽、機車發生碰撞。

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，而在釐清行人事故責任之歸屬時，行人步行速率常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

<sup>1</sup>本文為「行人步行速率資料庫之建立」的延伸性研究。

<sup>2</sup>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)。

<sup>3</sup>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)。

<sup>4</sup>中華大學運輸科技與物流管理學系碩士班研究生。

號誌時制設計的重要參數。影響步行速率之因素很多，其中年齡是主要因素之一，高齡者由於身體機能退化之影響，行動遲緩導致步行速率降低；孩童則是身心發展尚未健全，故其步行速率也比一般成人低，而此二者對於交通事故風險認知不足，判斷與反應亦較一般成人差，往往成為行人交通事故的高危險群。

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，鑒於國內目前可供引用之高齡者與孩童步行速率參數值甚少，相關研究亦頗為缺乏，反觀國外對於行人步行速率之調查與相關研究已具有相當之成果，導致現今國內肇事鑑定涉及有關於行人事故部分，仍然沿用國外之行人步行速率資料，而行人專用號誌時相設計甚至缺乏高齡者步行速率之考量，因此在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的條件下，實有必要針對台灣地區高齡者與孩童在不同行人特性與環境特性的因素影響下，積極進行行人步行速率之調查與研究，並建立相關的行人步行速率資料庫。

本研究基於前述之理念，首先透過國內、外相關文獻之回顧與探討，界定影響高齡者與孩童步行速率之行人特性因子與環境特性因子；接著進行高齡者辨識之調查員訓練，然後選取高齡者與孩童聚集之調查地點，進行各因子條件下之行人步行攝影觀測；再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，計算出高齡者與孩童之步行速率，建立各項步行速率統計量。其中有關高齡者之定義，依據聯合國 1987 年人口統計年鑑(Demographic Yearbook)[1]對於高齡化國家或地區之定義，係指 65 歲以上人口占該國或地區總人口 7%以上之國家或地區，因此 65 歲以上者可作為國際間人口統計對高齡者之普遍定義。另外，我國「老人福利法」[2]第 2 條規定，老人係指年滿 65 歲以上之人，而交通部運輸研究所「智慧型運輸系統技術於高齡化社會之應用研究」[3]亦界定 65 歲以上為高齡者，故本研究以 65 歲以上的行人為高齡者。至於孩童之界定，則參考我國「兒童及少年福利法」[4]之規定，以 12 歲為範圍，並加以區分為低年級(1 至 4 年級)學童與高年級(5 至 6 年級)學童。

## 二、文獻回顧與評析

本研究針對國內、外有關高齡者與孩童事故特性、高齡者與孩童步行速率及高齡者與孩童步行速率影響因子等研究文獻，加以整理回顧，並分別評析如後。

### 2.1 高齡者與孩童事故特性

#### (一) 高齡者事故特性

依據陳宗淋[5]針對台北市行人交通事故死、重傷者年齡分析發現，65 歲以上之高齡者發生交通事故死亡之比率，每十萬人高達 16.5 人，31-64 歲者為 2.0 人，16-30 歲者為 1.1 人，15 歲以下者為 0.6 人，顯示台北市高齡者之安全受到嚴重之威脅。其中造成事故主因為違規穿越道路，而在號誌化路口發生事故之時間以上午 6 時至 10 時件數最多，另外研究發現光線較差之氣候也易發生危險，道路之路型為二車道、路寬約十餘公尺者，是高齡者最易發生交通事故之地點。許元皇[6]之研究亦有類似之發現，在其針對高齡者步行安全之研究中，台北市政府於民國 92 年 1 月至 12 月的交通事故統計，死亡人數共有 87 位，其中屬於行人

交通事故死亡者有 28 人。行人交通事故死亡者中，65 歲以上高齡者死亡計 21 人，佔所有交通事故死亡者之 24%，而佔所有行人交通事故死亡者之 75%，顯示台北市高齡者交通死亡事故相當嚴重。另外就高齡者發生交通事故之時間分佈顯示，以上午 6 時至 7 時之事故數最多，其次為上午 9 時至 10 時。至於發生交通事故原因，主要為未依規定步行行人穿越道，其次則是穿越道路未注意來往車輛及違反號誌之交通管制。至於國外之研究，Fontaine and Gourlet[7]研究 1990 年 3 月至 1991 年 2 月間之法國行人交通事故發現，高齡者於都市穿越交叉路口時，常發生死亡交通事故。美國國家公路交通安全局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)[8]研究統計美國車輛行人事故之死亡人數，其中 1994 至 2002 年，每年平均人數約 5,000 人以上；至於 1990 至 2000 年之行人事故受傷人數，每年平均人數約 80,000 人以上。該研究同時回顧 Zegeer 之研究，提出行人事故發生在交叉路口死亡人數，佔全部死亡人數的 22%，其中年齡以 65-74 歲與 75 歲以上的老年人，發生事故地點在交叉路口的死亡率最高。研究結果亦發現，行人不當穿越交叉路口，或在交叉路口嬉戲時，發生事故的機率較高。

## (二) 孩童事故特性

英國相較歐盟其他國家其孩童行人事故是紀錄最高的國家，統計上也顯示男童是容易發生行人事故的族群。Underwood *et al.*[9]探討是否可以以性別或是發展程度的差異，來區分對道路危險的感知能力，進而解釋兒童發生行人事故的原因。研究以 119 位學童為實驗對象，並且區分成三個族群（7~8 歲、9~10 歲、11~12 歲），實驗的方式為先自行分辨 20 張照片的道路環境是否危險，而後在有提示的情況下再分辨一次。結果發現在自行分辨的情況下，年齡上的差異有顯著的影響，但在有提示的情況下卻相反，表示較幼小的學童會受到提示的影響，但在性別方面卻沒有顯著的影響。至於孩童發生事故的原因，Fontaine and Gourlet[7]及美國國家公路交通安全局[8]之研究均顯示，孩童在都市穿越交叉路口時嬉戲為發生死亡事故的重要原因。

綜上所述，交叉路口為高齡者與孩童容易發生事故的地點，而高齡者由於生理機能之特性，發生交通事故時，死亡或受重傷的機率也較高。

## 2.2 高齡者與孩童步行速率

在高齡者步行速率方面，Stollof *et al.*[10]針對高齡者之行人號誌時制進行研究，該研究提出年輕行人族群之 15 分位數步行速率為每秒 1.22 公尺，但高齡者族群之 15 分位數步行速率只有每秒 1.07 公尺。該研究建議若考慮高齡者之步行速率，甚至可採用每秒 0.91 公尺以增加號誌時制的週期長度，然而此舉勢必增加行人等待時間，必須審慎評估。此外，Stollof *et al.*也整理了其他研究[11-21]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每秒 0.97 公尺至每秒 1.4 公尺，15 分位數步行速率之範圍為每秒 0.67 公尺至每秒 1.22 公尺，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

別是每秒1.35公尺至1.51公尺，以及每秒1.10公尺至1.28公尺。一般而言，同一研究大多顯示高齡者之步行速率低於年輕族群。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每秒0.85公尺至每秒1.22公尺。

在孩童步行速率方面，Gates *et al.* [17]觀察 55 位 7 至 13 歲孩童之步行速率，結果發現孩童之平均步行速率與 15 分位數步行速率分別為每秒 1.21 公尺和每秒 1.02 公尺。

## 2.3 高齡者與孩童步行速率影響因子

除了年齡之外，性別和步行群體的人數也是另兩個影響步行速率的重要因子，男性成人或高齡者由於肌力較女性成人或高齡者強的緣故，步行速率往往較快[17, 22-24]；而兩人以上的群體由於必須相互配合的關係，其群體的步行速率則較單一行為慢[17, 24]。

行人步行速率也受環境及交通特性影響，Knoblauch *et al.*[12]在四個都會區的號誌化路口 16 個行人穿越道蒐集與分析不同地點因子與環境因子之步行速率，分析結果顯示影響步行速率之因素包括行人穿越之道路功能分類與車流量、街道寬度、氣候狀況、號誌週期長度、行人時相長度、是否開放紅燈右轉、是否設置行人號誌、有無分隔島、有無行人穿越道線、有無停止線、有無路邊停車等。Gates *et al.*[17]量測不同交通管制狀況下之步行速率，結果發現交通控制狀況對行人步行速率有顯著之影響。行人在「禁止通行時段」與「清道時段」才開始步行通過時，其步行速率高於在「可步行進入路口時段」才開始通行之步行速率。

不同國家之行人往往也會有不同的步行速率，Daamen and Hoogendoorn[25]整理不同國家之平均自由步行速率研究發現，歐洲人之平均速率為每秒 1.41 公尺，美國人之平均步行速率為每秒 1.35 公尺，澳洲人之平均步行速率為每秒 1.44 公尺，亞洲人之平均步行速率為每秒 1.24 公尺，其中亞洲人比歐美其他國家步行速率都來的慢，原因可能因亞洲人步行跨步距離較小的緣故，從此一發現亦可看出行人步行速率本土化研究之重要性。

## 三、調查與分析方法

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，而由於觀測對象包括高齡者與孩童，因此為了在室內進行影像處理與判別分析時，能夠具體區分出高齡者，錄影時，必須由訓練過的專業人員在現場針對高齡者進行初步辨識與特徵紀錄，故本研究另進行年齡判定的訓練與檢定。有關年齡判定訓練、室外錄影與室內影像處理與分析的方法，分別說明如後。

### 3.1 年齡判定訓練

為了從一般行人中準確且嚴謹地判定與區隔65歲以上之高齡者，必須對行人步行速率調查人員做相關之訓練，使其能夠準確地判斷行人是否為65歲以上之高齡者。本研究將高齡者的外觀特徵主要分成臉部特徵、身體特徵與行為特徵三個部分，在將各部分劃分成數種細部特徵，分別整理如下：

### (一) 臉部特徵

臉部特徵包括：(1)魚尾紋明顯；(2)法令紋深；(3)眼袋下垂；(4)眼皮下垂；(5)眼眶凹陷；(6)臉部皮膚下垂鬆弛。

### (二) 身體特徵

身體特徵包括：(1)四肢皮膚乾扁皺摺；(2)老人斑較多；(3)毛髮銀白稀疏；(4)駝背。

### (三) 行為特徵

行為特徵包括：(1)行動緩慢；(2)平衡較差。

本研究五位調查人員即根據上述高齡者之特徵來進行訓練，並判定行人是否為65歲以上。調查員經訓練後，本研究進一步透過現地實驗及Cohen's Kappa檢定，來確認調查員的判定能力。檢定方法與實驗過程及結果，說明如下：

#### (一) Cohen's Kappa 檢定

Cohen's Kappa 檢定是 Cohen 於 1960 年所提出，主要是評估兩觀測員間觀察與判定的信賴度，由於計算兩觀測員判斷結果皆相同的部分占所有觀察樣本的比例作為信賴度指標的方法是過於高估且不客觀的，故必須發展 Cohen's Kappa 檢定的方法做信賴度的校正。Cohen's Kappa 檢定所得之 K 值介於-1 至 1 間，越接近 1 表示兩觀測員間觀測結果一致的程度越高，K=-1 代表兩觀測員之觀測結果是完全不一致的，K=0 表示兩觀測員的結果是完全不相關的，通常以 K=0.7 做為信賴度的門檻，當 K 值大於 0.7 時表示觀測員的觀測結果是值得信賴的，而於不同的領域或觀測事項中，可視情況調整 K 之門檻值。

#### (二) 實驗過程及結果

為了檢定五位調查員判斷高齡者之能力，必須在醫院、老人院與公園等老人聚集或老人出沒頻率較高的地方進行檢定實驗，本研究進行實驗的方式是由五位調查員同時觀測同一位具有高齡者特徵之行人，各自判斷其是否為 65 歲以上，隨後派出一位調查員詢問那位行人是否為 65 歲以上，並將實際結果與主觀判斷結果同時記錄下來，過程中不可相互討論以避免影響判斷結果。

本研究選定新竹馬偕醫院的大廳作為實驗地點，五位經過訓練的調查員於醫院的大廳觀察來往出入或等待領藥的病人，剔除過於年輕的行人而選擇接近 65 歲左右模糊地帶的行人進行觀測與判斷，五位調查員各自將實際結果與主觀判斷結果記錄下來，實驗過程總共蒐集了 106 個樣本，信賴度檢定結果如表 1 所示，表中顯示所有調查員的 K 值均大於 0.7，表示所有人的判斷能力皆合乎標準。

表 1 調查員信賴度檢定結果

調查員 編號	是是	是否	否是	否否	初步的 同意比率	K 值
調查員 1	66(0.623)	6(0.057)	5(0.047)	29(0.243)	89.6%	0.762
調查員 2	62(0.585)	5(0.047)	9(0.085)	30(0.283)	86.8%	0.709
調查員 3	64(0.604)	7(0.066)	7(0.066)	28(0.264)	86.8%	0.701
調查員 4	64(0.604)	4(0.038)	7(0.066)	31(0.292)	89.6%	0.770
調查員 5	68(0.642)	8(0.075)	3(0.028)	27(0.255)	89.6%	0.760

是是：表示主觀判斷結果與實際結果皆是 65 歲以上之次數(比例)。  
 是否：表示主觀判斷結果為 65 歲以上而實際結果卻是 65 歲以下之次數(比例)。  
 否是：表示主觀判斷結果為 65 歲以下而實際結果卻是 65 歲以上之次數(比例)。  
 否否：表示主觀判斷結果與實際結果皆是 65 歲以下之次數(比例)。

### 3.2 室外錄影

針對行人之拍攝觀測作業，準備相關攝影器材，包括數位攝影機、腳架等。此外針對攝影人員進行訓練，尤其是拍攝時之天氣、觀測地點與角度選取、以及觀測時段之考量等三方面，應特別加以注意，說明如下：

#### (一) 天氣：

在開始進行拍攝工作時，應注意拍攝當天天氣，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。

#### (二) 觀測地點與角度之選取：

拍攝一般行人地點，應先考量週邊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。以圖 1 及圖 2 為例，圖 1 由於拍攝地點之制高點樓層太低，使得拍攝角度過於傾斜，則進行室內之速率觀測時，會造成較大之誤差；至於圖 2 則因拍攝制高點之樓層為五層樓高，使得拍攝角度接近於 90 度垂直於地面，行人不致產生太大的投影扭曲，因此，拍攝地點之選取與拍攝角度調整，應儘量以能拍出圖 2 角度之地點為佳。



圖 1 制高點低所拍攝之影像圖

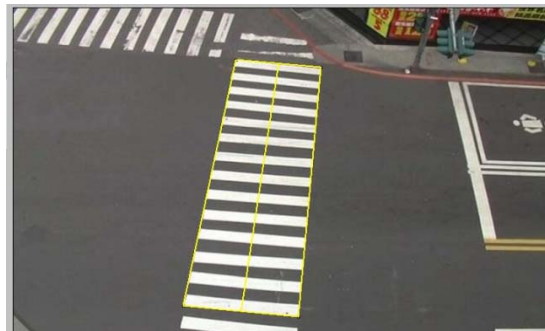


圖 2 制高點高所拍攝之影像圖

#### (三) 觀測時段：

觀測時段應選定高齡者與孩童步行之尖峰時段為佳，本研究以上、下班時段為高齡者步行之尖峰時段；上、放學時段為孩童步行之尖峰時段。

高齡者觀測時，尚必須採用對講機錄音與攝影比對作業如圖3所示，由樓上觀測員進行高齡者步行拍攝與同步錄音作業，而樓下觀測員則對行走之高齡者，進行特徵辨識與語音說明，將訊息傳達給樓上的攝影機，進行錄音作業，拍攝結束後，將拍攝影像與辨識錄音同步儲存，以利於後續室內之比對作業。

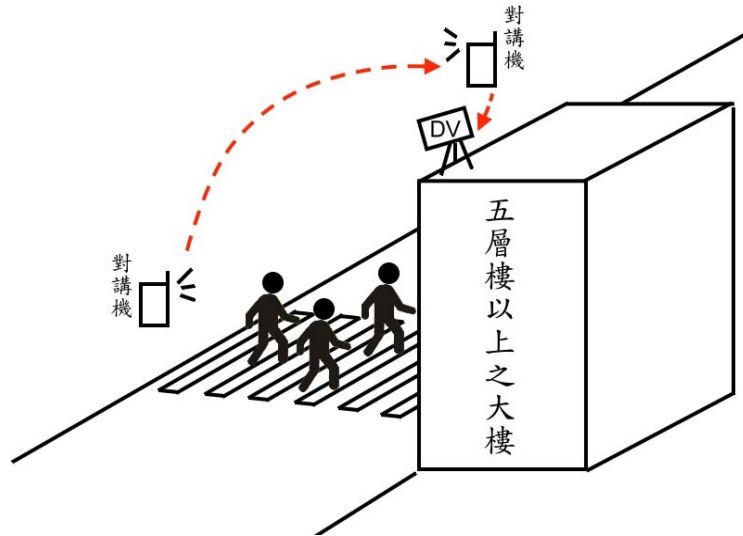


圖 3 高齡者步行觀測作業示意圖

### 3.3 室內影像處理與分析

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，且記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，其基本的系統模組架構如圖4所示，至於行人影像之判別係以影像色彩「RGB」值之設定結合「面積法」來加以處理，相關的技術特性說明如下：

#### (一) 偵測區域範圍之設定

主要的作法乃是凍結一張行人的影像照片，用滑鼠點出欲偵測的矩形區域，而在矩形區域之範圍設定上，乃是沿行人流方向，設定矩形之左下、右下、左上、右上四個端點，如此，只要行人行走至偵測區域內，一定先壓到「左下--右下」這條偵測線，而從「左上--右上」這條偵測線離開，可利於後續行人辨識及行人相對位置之分析。偵測的矩形區域會因為攝影機拍攝高度、角度而有不同，程式為了適合較廣泛的行人影像，採用固定大小的矩陣來處理此偵測的矩形區域。即不管螢幕上的偵測矩形區域多大，採用平均法將其切割成40×100的小塊。每一小塊的座標即記錄在矩陣為40×100內。以後所有影像處理範圍即為此40×100個座標點的影像色彩(R, G, B)值。

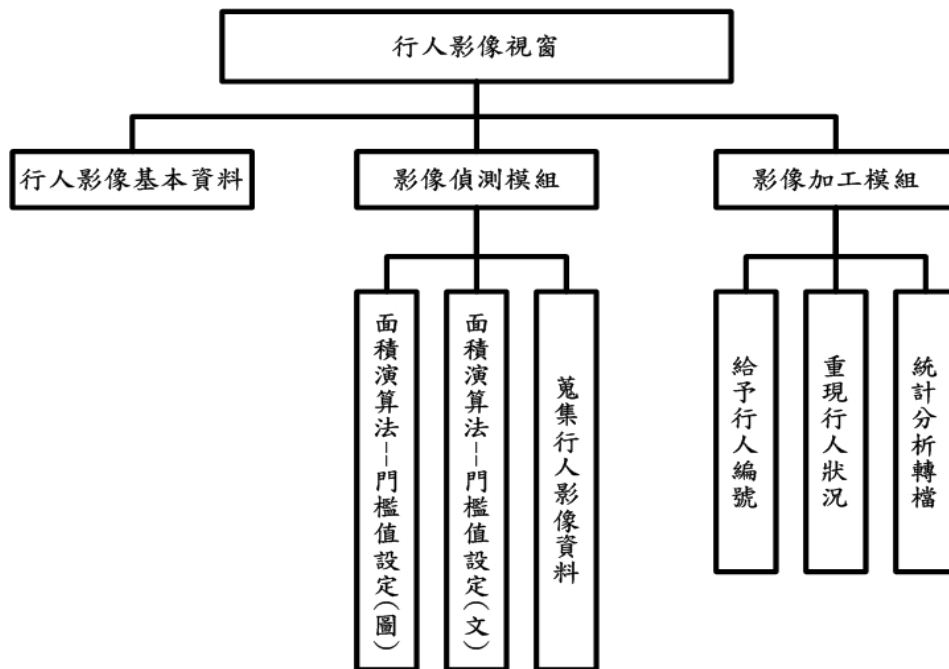


圖 4 影像處理分析系統之架構圖

## (二) 行人辨識之門檻設定

在行人辨識之門檻設定上，本研究主要透過偵測區域內各車種影像 RGB 值與無行人影像之背景 RGB 值的相減，再將相減後之 RGB 值取絕對值後相加，亦即相減值 $\Delta = |R| + |G| + |B|$ 。 $\Delta$ 值在兩張圖都無行人的地方應為 0 到 60 或 100 之間。而在一張圖有行人，一張圖沒行人之下此 $\Delta$ 值通常大於 60 或 100；因此，我們可以列出40×100個的 $\Delta$ 值，判斷此值大於等於多少時為有行人，反之小於此值時為無行人。將大於等於門檻值之座標設為 1，小於門檻值之座標設為 0，此過程稱為二值化；亦即 1 的部分代表有行人，0 的部分代表無行人，再計算圖中各行人之具有 1 的長度格數和寬度格數，此即為各行人類別門檻值之設定。其中，由於行人某部分的顏色會接近行人穿越道線之顏色，故行人的投影範圍並非都會為 1；同理行人穿越道線由於反光等原因，無行人的道路部分並非都為 0。因此本研究利用區塊值「放大」後再「縮小」的方法，「放大」之目的在於連結被切割之不完整區塊，縮小之目的在於還原為原來行人



投影面積的大小。

### (三) 背景更換

由於影像觀測時程往往超過數個小時以上，因此不可能從頭到尾都用同一張背景，故背景更換為影像處理的基本工作，本研究所採用之背景更換公式如下：

背景 RGB 值=

原背景 RGB 值+0.15×(無行人時的背景 RGB 值-原背景 RGB 值) (1)

其中，0.15 為經驗值。若大於此值甚多，例如 0.4，背景可能會失真，因為行人衣服的顏色接近路面顏色，故容易被帶離原來路面顏色，所以背景一次不可調整太多。若大於此值甚小，例如 0.01，則當路面被其他因陽光照射所產生之其他非行人物體(如空中的飄動的雲)陰影遮住時，又會來不及調整背景。

### (四) 行人編號

若任一張圖有行人於偵測區內，則針對每位行人，電腦都會記錄圖號、左下座標、右上座標。然後再依不同連續圖號之行人中心座標與前一圖號行人左下座標、右上座標之關係來判定行人是否為同一行人，每一行人均需重覆進行圖號的偵測與判定，最後進行刪除少張圖號及重新行人編號，以確認真正偵測到的行人。

此外，透過影像處理系統自動觀測及計算行人步行速率，往往需要選擇適當的制高點與拍攝角度，方能得到較準確與完整的分析結果。鑑於實際調查時，制高點與攝影角度選取不易，因此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(如圖 5 所示)，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，再建立行人速率之 Excel 資料檔。

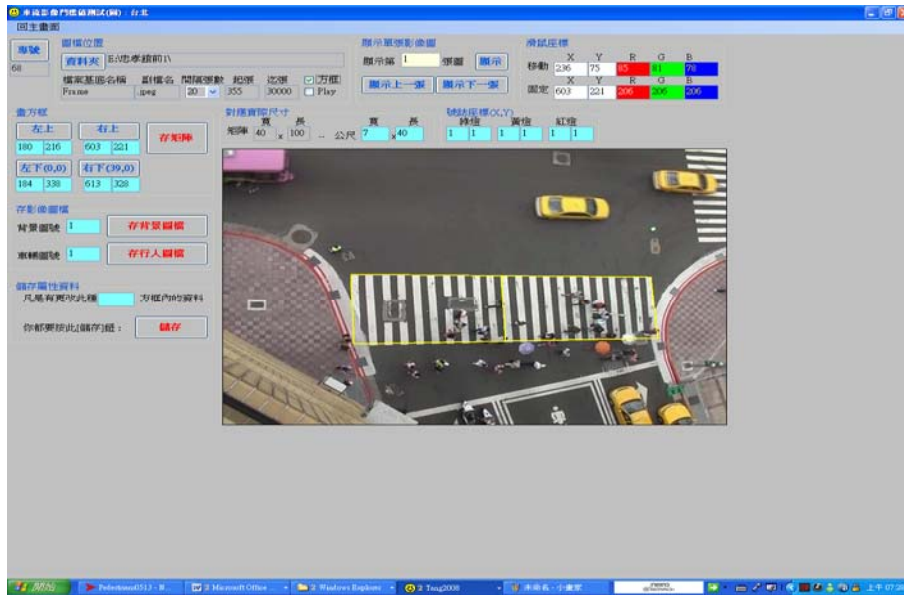


圖 5 行人影像播放介面圖

#### 四、資料蒐集與分析

依據文獻回顧中所探討之步行速率影響因子，以及國內高齡者與孩童的步行特性，本研究整理之因子分類與水準如表 2 及表 3 所示。表 2 為行人特性因子表，表 3 則是環境特性因子表。至於觀測地點則以新竹市區為主，其中高齡者之觀測地點為南大路與竹蓮街交叉路口、孩童之觀測地點為東門國小路口、東大路民族路口，調查時間為民國 97 年 9 月至 10 月間，表 4 為調查地點之環境特性與交通控制特性。

表 2 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.高齡者-65 歲以上；2.孩童-7 歲至 12 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。
	群體步行人數：1.獨自一人；2.兩人群體；3.三人以上群體。
	以下步行狀態僅對於孩童
	交通狀況：1.有導護或交通警察協助；2.無導護及交通警察協助。
	書包型態：1.拉式書包；2.背式書包。

表 3 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℃以下；2.舒適：20~25℃；3.悶熱：26~30℃； 4.易中暑：31℃以上。
	天候：1.晴天；2.陰天；3.雨天。
道路特性	道路寬度：1.窄：道路寬度為 10 公尺以下；2.適中：道路寬度為 10.1 公尺~20 公尺；3.寬：道路寬度為 20.1 公尺以上。
	車道數：1.兩車道；2.三~五車道；3.六車道以上。
	坡度：1.坡度 2 度以下；2.坡度 2.1 度~4 度；3.坡度 4.1 度以上。
交通控制特性	號誌種類：1.行車管制號誌(不附設行人專用號誌)；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。

\*高齡者上午尖峰時段為 7:00-9:00、下午尖峰時段為 16:00-20:00，其餘為離峰時段；孩童因各年級下課時間有所不同，故上午尖峰時段為 7:00-8:00、低年級(1-4 年級)學童下午尖峰時段為 11:50-13:00、高年級(5-6 年級)下午尖峰時段為 15:45-16:40，其餘為離峰時段。

表 4 調查地點環境特性與交通控制特性整理表

特性	南大路與竹蓮街交叉路口	東門國小路口	東大路民族路口
上午尖峰	○	○	○
離峰	○	○	○
下午尖峰	○	○	○
氣溫(°C)	29~32	32	30~32
天候	晴天	晴天	晴天
車道數	5	2	2
行車管制號誌	○	×	○
行人專用號誌	○	×	○
無號誌	×	○	×
行人穿越線	○	○	○

註：○表具有此特性；×表無此特性。

依據前述之因子分類，高齡者與孩童之步行速率統計量分別整理如表 5 及表 6 所示，由表中可歸納高齡者與孩童之步行速率特性如下：

(一) 高齡者

高齡者在男女性別之平均速率均為 0.89 公尺/秒；以群體人數因子而言，獨自一人與兩人群體平均速率一樣，而三人群體則是最慢；以調查

時段而言，離峰時段男女平均步行速率相同，而尖峰時刻男性步行速率高於女性步行速率；以氣溫而言，19°C以下平均速率均快於其他氣溫之平均速率；以天候而言，晴天時男女平均速率皆是相同，陰天時男性速率則快於女性，雨天則顯得男女平均速率較慢於晴天與陰天之平均速率；另外在步行狀態、坡度、號誌種類、行人穿越線部分，因受限地形或觀測條件影響，僅有單一條件下之速率統計量。

## (二) 孩童

孩童的女性平均速率(1.17 公尺/秒)略快於男性平均速率(1.15 公尺/秒)；以群體人數而言，獨自一人除了男女性平均速率不同外，兩人群體和三人群體以上皆慢於獨自一人；而未受車流影響之女性平均速率快於男性平均速率；有導護情況下女性平均速率快於男性平均速率，另外有導護之男女平均速率皆快於無導護之平均速率；以書包型態而言，女性平均速率快於男性平均速率，而背式書包之平均步行速率比拉式書包之平均步行速率快；以調查時段而言，男性與女性步行速率差異較小，而男女性同一條件下離峰平均速率快於上午尖峰及下午尖峰之平均速率；以氣溫而言，31°C以上之平均速率高於26~30°C之平均速率；以號誌種類而言，行車管制號誌男女平均速率相同，而無號誌方面女性平均速率高於男性平均速率；以行人綠燈倒數秒數而言，適中秒數之男女性平均速率相同，無號誌秒數之女性平均速率高於男性平均速率；以行人穿越線而言，無設置行人穿越線之男女性平均速率相同，而有設置行人穿越線之男女性平均速率差異不大。

此外，天候、道路寬度、車道數、坡度等因子受限地形或觀測條件影響，僅有單一條件下之速率統計量。

表 5 高齡者步行速率整理表

因子	樣本數		平均數 (公尺/秒)		標準差 (公尺/秒)		15 <sup>th</sup> 百分位數 (公尺/秒)	
	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性
<b>行人特性</b>								
<b>群體步行人數</b>								
獨自一人	151	126	0.89	0.89	0.15	0.16	0.73	0.73
兩人群體	19		0.89		0.11		0.75	
三人以上群體	4		0.84		0.12		0.72	
<b>步行狀態</b>								
未受車流影響	151	126	0.89	0.89	0.15	0.16	0.73	0.73
<b>環境特性</b>								
<b>調查時段</b>								
上午尖峰時段	-	1	-	0.79	-	-	-	-
離峰時段	148	119	0.89	0.89	0.15	0.16	0.73	0.72
下午尖峰時段	3	6	0.93	1.02	0.27	0.12	-	0.87
<b>氣溫</b>								
19°C 以下	6	12	1.03	1.13	0.21	0.11	0.62	0.97
20~25°C	-	7	-	0.81	-	0.13	-	0.63
26~30°C	52	35	0.83	0.87	0.13	0.14	0.65	0.75
31°C 以上	93	72	0.91	0.87	0.14	0.16	0.75	0.68
<b>天候</b>								
晴天	146	115	0.89	0.89	0.15	0.16	0.73	0.73
陰天	3	6	0.93	1.09	0.27	0.10	-	0.96
雨天	2	5	0.65	0.76	0.01	0.10	-	0.63
<b>道路寬度</b>								
窄	149	111	0.89	0.90	0.15	0.16	0.73	0.73
適中	2	11	0.65	0.92	0.01	0.19	-	0.68
寬	-	4	-	0.75	-	0.18	-	0.55
<b>車道數</b>								
兩車道	143	98	0.88	0.87	0.14	0.14	0.73	0.73
三至五車道	6	16	1.03	1.11	0.21	0.13	0.62	0.96
六車道以上	2	12	0.65	0.80	0.01	0.15	-	0.63
<b>坡度</b>								
2 度以下	151	126	0.89	0.89	0.15	0.16	0.73	0.73
<b>號誌種類</b>								
行車管制號誌 (附設行人號誌)	151	126	0.89	0.89	0.15	0.16	0.73	0.73
<b>行人綠燈倒數秒數</b>								
適中	-	117	-	0.89	-	0.16	-	0.73
長	151	9	0.89	0.91	0.15	0.23	0.73	0.55
<b>行人穿越線</b>								
有設置	151	126	0.89	0.89	0.15	0.16	0.73	0.73

表 6 孩童步行速率整理表

因子	樣本數		平均數 (公尺/秒)		標準差 (公尺/秒)		15 <sup>th</sup> 百分位數 (公尺/秒)	
	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性
<b>行人特性</b>								
<b>群體步行人數</b>								
獨自一人	168	215	1.17	1.15	0.16	0.16	0.98	0.98
兩人群體	96		1.02		0.15		0.83	
三人群體以上	5		1.01		0.13		0.79	
<b>步行狀態</b>								
受車流影響	1	-	0.81	-	-	-	-	-
未受車流影響	167	215	1.17	1.15	0.16	0.16	0.98	0.98
<b>導護及交通警察協助</b>								
有	19	6	1.22	1.19	0.14	0.20	1.08	0.80
無	149	209	1.16	1.15	0.16	0.16	0.98	0.98
<b>書包型態</b>								
拉式	17	29	1.12	1.11	0.19	0.14	0.94	0.90
背式	151	186	1.17	1.15	0.16	0.16	0.99	0.98
<b>環境特性</b>								
<b>調查時段</b>								
上午尖峰時段	47	84	1.09	1.08	0.16	0.13	0.93	0.94
離峰時段	97	104	1.21	1.21	0.14	0.16	1.05	1.07
下午尖峰時段	24	27	1.15	1.11	0.18	0.14	0.99	0.96
<b>氣溫</b>								
26~30°C	47	84	1.09	1.08	0.16	0.13	0.93	0.94
31°C 以上	121	131	1.20	1.19	0.15	0.16	1.02	1.02
<b>天候</b>								
晴天	168	215	1.17	1.15	0.16	0.16	0.98	0.98
<b>道路寬度</b>								
窄	168	215	1.17	1.15	0.16	0.16	0.98	0.98
<b>車道數</b>								
兩車道	168	215	1.17	1.15	0.16	0.16	0.98	0.98
<b>坡度</b>								
2 度以下	168	215	1.17	1.15	0.16	0.16	0.98	0.98
<b>號誌種類</b>								
行車管制號誌 (附設行人號誌)	101	125	1.19	1.19	0.15	0.16	1.02	1.02
無號誌	67	90	1.13	1.09	0.16	0.13	0.94	0.94
<b>行人綠燈倒數秒數</b>								
適中	101	125	1.19	1.19	0.15	0.16	1.02	1.02
無	67	90	1.13	1.09	0.16	0.13	0.94	0.94
<b>行人穿越線</b>								
有設置	120	131	1.20	1.19	0.15	0.16	1.03	1.02
無設置	48	84	1.08	1.08	0.16	0.13	0.91	0.94

## 五、結論與建議

本研究於新竹市交叉路口拍攝並分析高齡者與孩童之步行速率，結果顯示高齡者之步行速率確實較低，甚至比孩童之步行速率還低；而孩童之平均步行速率均高於目前行人號誌時制建議值，因此「道路交通標誌標線號誌設置規則」之行人步行速率參數值並不適用於高齡者眾多之行人號誌時制設計，相關單位應檢討修正。另外，獨自一人的步行速率大多大於兩人群體步行速率，而兩人群體步行速率又高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，此一結果亦與國外相關研究[12]所得的結果相同。關於孩童步行速率部分，男性與女性孩童之步行速率差距都不大，可能是因為此時男性與女性生理特徵的發展尚未有顯著差異的關係；而孩童使用拉式書包的步行速率皆稍慢於使用背式書包之步行速率，可能是使用拉式書包步行較為困難的緣故；至於有導護老師狀況下孩童步行速率會快於無導護老師狀況下的步行速率，可能是與導護老師催促孩童快步通過有關。整體而言，本研究建立各種不同行人特性與環境特性之高齡者與孩童步行速率，結果可提供未來肇事鑑定實務與行人交通工程設施設計之應用參考。

**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. United Nations Statistics Division, "Demographic Yearbook 1987: Household and Family Statistics," 1989.
2. 內政部，「老人福利法」，民國 98 年 7 月修正。
3. 沈添財，王國材，李永駿，張琪華，陳一昌，黃運貴，張益城，「智慧型運輸系統技術於高齡化社會之應用研究」，交通部運輸研究所報告，民國 92 年 4 月。
4. 內政部，「兒童及少年福利法」，民國 97 年 8 月修正。
5. 陳宗淋，「台北市行人肇事與違規特性分析」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 89 年 6 月。
6. 許元皇，「尊重與關心年長者行的安全」，都市交通季刊，第十九卷，第二期，第 86~95 頁，民國 93 年 6 月。
7. H. Fontaine, Y. Gourlet, "Fatal Pedestrian Accidents in France: A Typological Analysis," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 29, No. 3, pp. 303-312, May 1997.
8. National Highway Traffic Safety Administration. *Pedestrians Type of Problem Being Addressed*. [http://safety.transportation.org/htmlguides/peds/types\\_of\\_probs.htm](http://safety.transportation.org/htmlguides/peds/types_of_probs.htm).
9. J. Underwood, G. Dillon, B. Farnsworth, "Reading the Road: The Influence of Age and Sex on Child Pedestrians' Perceptions of Road Risk," *British Journal of Psychology*, Vol. 98, No. 1, pp. 93-110, 2007.

10. 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.
11. R.L. Knoblauch, M. Nitzburg, R. Dewar, J. Templer, M. Pietrucha. *Older Pedestrian Characteristics for Use in Highway Design*. FHWA-RD-93-177, McLean, Virginia: Federal Highway Administration, 1995.
12. 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.
13. .K. Fitzpatrick, M.A. Brewer, S. Turner. *Improving Pedestrian Safety at Unsignalized Crossings*. TCRP D-08, NCHRP 3-71, August 2005.
14. Akcelik and Associates. *An Investigation of Pedestrian Movement Characteristics at Mid-Block Signalised Crossings*. Technical Report, Melbourne, December 2001.
15. B.L. Bowman, R.L. Vecellio, "Pedestrian Walking Speeds and Conflicts at Urban Median Locations," *Transportation Research Record* 1438, 1994.
16. A. Coffin and J. Morrall, "Walking Speeds of Elderly Pedestrians at Crosswalks," *Transportation Research Record* 1487, 1995.
17. 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.
18. *Traffic Control Devices Handbook*. Ed. J. L. Pline. Washington DC: Institute of Transportation Engineers, 2001.
19. J. LaPlante and T. Kaeser, "The Continuing Evolution of Pedestrian Walking Speed Assumptions," *ITE Journal* 74 (9), September 2004.
20. C. V. Zegeer. *Pedestrian Facilities Users Guide--Providing Safety and Mobility*. FHWA-RD-01-102. McLean, Virginia: Federal Highway Administration, 2001.
21. L. Staplin, K. Lococo, S. Byington, D. Harkey. *Guidelines and Recommendations to Accommodate Older Drivers and Pedestrians*. FHWA-RD-01-051. McLean, Virginia: Federal Highway Administration, 2001.
22. TranSafety. *Study Compares Older and Younger Pedestrian Walking Speeds*. Road Engineering Journal, <http://www.usroads.com/journals/p/rej/9710/re971001.htm>.
23. M.J. Bendall, E.J. Basseby, M.B. Pearson, "Factors Affecting Walking Speed of Elderly People," *Age and Ageing*, Vol. 18, pp. 327-332, 1989.
24. 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.
25. 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.