

高齡社會友善行人號誌設計之研究

Designing User-friendly Traffic Signals for Pedestrians in an Aged Society

羅孝賢 Shiaw-Shyan Luo¹

陳菟蕙 Wan-Hui Chen²

張家瑜 Chia-Yu Chang³

鄭羽均 Yu-Chun Cheng⁴

王微雯 Wei-Wen Wang⁵

(收稿2020/3/30，第一次修改2020/4/27，第二次修改2020/7/26，接受
2020/7/29)

摘要

臺灣於2018年已成為高齡社會，許多高齡者是以步行方式外出活動，然而現有號誌化路口的環境中，高齡者穿越路口常有安全疑慮，如：高齡者是在綠燈時相進入路口，但卻身陷車陣中，無法於燈號轉換為紅燈前通過路口，此一情況增加了發生交通事故的風險。本研究實地調查使用不同步行輔具之高齡者的步行速率，以高齡者安全穿越路口為時制設計之考量，諸如：不會身陷車陣中，提出高齡社會行人號誌時制之安全設計構想。本研究建議大約以使用手杖或雨傘之高齡者的第10百分位步速（約0.65公尺/秒）設計交通號誌之綠燈時相時間，另設計橘色燈和閃橘燈取代小綠人快跑之閃綠燈，讓高齡者可更明確判斷是否能進入並穿越道路。

¹ 淡江大學運輸管理學系副教授（聯絡地址：25137 新北市淡水區英專路151號，電話：02-26215656#3501，E-mail: aluo@mail.tku.edu.tw）。

² 淡江大學運輸管理學系教授。

³ 國立交通大學運輸與物流管理學系碩士生。

⁴ 淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士生。

⁵ 臺北市政府交通局運輸管理科約僱技士。

關鍵字：高齡社會、行人、交通號誌

Abstract

Taiwan has been an aged society in 2018, and numerous older adults go out for outdoor activities by walking. However, as for the existing traffic environment at signalized intersections, older adults often have safety concerns when crossing the road. For example, if older adults enter the crosswalk during the last few seconds of the green phase, they will be trapped in the traffic and will be unable to cross the road before the green light changes to red. This problem increases the risk of accidents occurring. This study conducted a field survey to investigate the walking speeds of senior citizens by using various walking aids. Concerning the safety of older adults for crossing at intersection (e.g. not be trapped in the vehicle traffic), this study proposes a new safety design concept for pedestrian traffic signals. This study suggests that about the 10th walking speed (about 0.65 m/s) of the elderly with a cane or umbrella be used when determining the duration of green lights. In addition, the orange light and flashing orange light are designed to replace the flashing green light with a small green man running. When the orange light is on, it means that older adults should not enter the intersection since they may not have sufficient time to cross. As a result, older adults can more clearly judge whether they could enter and cross the road.

Keywords: Aged society, Pedestrian, Traffic signal

一、前言

我國高齡人口比率已於 2018 年達 14.5%，正式邁入高齡社會，高齡者步行外出的事故層出不窮，許多縣市政府考量到高齡者步行穿越路口之通行時間需求，在多個地點實施號誌綠燈改善措施，例如：為因應高齡者通過路口步行速率較慢之問題，設置觸動號誌，以延長行人綠燈秒數。本研究實際至部分設置上述之行人觸動號誌的路口觀察發現，大多數路口原行人綠燈秒數已相當足夠，例如：馬偕醫院民富街的路寬為 15.2 公尺，其行人綠燈秒數已高達 120 秒。延長行人綠燈秒數是否即能改善高齡者穿越路口問題，值得商榷。

美國運輸部聯邦公路管理局 (FHWA, 2003) 為高齡者設計之交通控制相關研究報告指出，高齡者步幅小、步速慢及反應時間長，於轉彎車眾多或車流量大的路口，通過路口所需秒數更多，故應提早開放行人綠燈，讓高齡者能利用此段時間通過一個車道以避免受到轉彎車輛的干擾。DfT (2019) 設計了綠燈界間 (intergreen)，該綠燈界間可讓已進入路口之行人安全通過，其時段為行人通過道路所需時間加上安全緩衝時間。Iryo-Asano and Alhajyaseen (2014) 之研究敘及德國、日本及美國行人號誌時制之設計，於特定的時間點會提醒行人不可進入路口，若行人於此時間點前進入路口，則行人在剩餘的燈號時間會有足夠時間穿過路口。德國係以 1.2 公尺/秒步速

值計算路口所需秒數，並依據此秒數提前開啟行人紅燈，以禁止行人進入路口，若考慮行動不便者及高齡者，步速設計值為 1.0 公尺/秒。日本係以 1.5 公尺/秒（高齡者眾多的地方以 1.0 公尺/秒）計算行人通過路口所需秒數，以行人綠燈閃爍提醒行人禁止進入路口，另為避免行人與轉彎車發生衝突，行人紅燈會提早同向車行 1 至 5 秒開啟。美國以 3.5 英尺/秒 (=1.07 公尺/秒) 計算行人所需秒數，以禁止進入號誌或閃爍的行人紅燈提醒行人禁止進入路口。從上述文獻可知，行人號誌設計的基本原則是須讓綠燈進入的行人能安全通過路口。高齡者若於行人綠燈時相進入路口，卻身陷車陣中，這是危及安全的問題，一個友善的號誌系統應讓行人清楚知道何時可以或不可以進入路口，且綠燈時相時間是足夠穿越路口的，如此行人才能有穿越路口的基本安全保障。

行人步行速率是行人號誌時制設計的主要考量因素之一，許多國內外文獻已指出高齡者和行動不便者步行速率較慢，行人號誌時制設計應考量其綠燈時相秒數之需求，例如：Gates *et al.* (2006) 之研究結果顯示，年齡是行人步速最重要的影響變數，65 歲以上高齡者為步速最慢的族群，其平均步速為 0.92 公尺/秒，該研究另指出行動不便者的步速與高齡者步速相近。Webb *et al.* (2017) 透過文獻回顧方式發現，步速與年齡的關係是非線性變化的關係，其關係是平方關係。Fitzpatrick *et al.* (2006) 之研究顯示行動不便者的步速較無步行輔具的高齡者慢，步速快慢不僅受到年齡的影響，也與行動不便的情況有關。此外，國籍不同，步行速率亦有差異。Daamen and Hoogendoorn (2007) 之研究指出，亞洲人比歐美其他國家步行速率都來的慢，其原因可能為亞洲人步行跨步距離較小的緣故。張建彥等人 (2009) 之研究結果顯示，高齡者獨自穿越路口的平均步速為 0.89 公尺/秒，高齡者由於身體機能退化之影響，行動遲緩導致步行速率較慢，因而提出現有「道路交通標誌標線號誌設置規則」(交通部，2017) 之行人步速參數值 1.0 公尺/秒不適用於高齡者之行人號誌時制設計。

表 1 所示為各國研究高齡者或行動不便者之步速相關統計資料，各國高齡者步速的平均數差異大，此外，不同步行輔具使用者之步速應有差異，但這些文獻尚未考慮高齡者使用不同步行輔具之步速。

綜合上述，本研究主要研究目的包含：

1. 實地觀察我國行人穿越號誌化路口之交通安全問題現況，並針對問題研議行人號誌改善對策。
2. 實地蒐集非高齡者和高齡者的步速資料 (含使用不同步行輔具之高齡者)，分析行人步速的基本統計資料，並建立多元迴歸模式以分析高齡者穿越路口步速之影響因素。
3. 因應高齡者步行安全問題，提出友善行人號誌設計構想。高齡者步行速

率較慢，其用路需求與一般人不同，通用化之交通號誌設計需將兩者的差異性納入號誌設計考慮中，希冀以簡單、清楚為原則，提出通用化之高齡社會友善行人號誌設計構想。

表 1 各國文獻高齡者步速相關資料

文獻	國家	族群	平均數	中位數	15 百分位
Fitzpatrick <i>et al.</i> (2006)	美國	行動不便者	-	1.03	0.84
Arango and Montufar (2008)	加拿大	65 歲以上且行動不便者	0.95	-	0.73
Obuchi <i>et al.</i> (1994)	日本	60-69 歲	1.21	-	-
Fitzpatrick <i>et al.</i> (2006)	美國	60 歲以上	-	1.34	0.97
Amosun <i>et al.</i> (2007)	南非	65 歲以上	1.36	-	-
Kamide <i>et al.</i> (2009)	日本	60-69 歲	1.43	-	-
		70-79 歲	1.35	-	-
		80-89 歲	1.16	-	-
Bollard and Fleming (2013)	愛爾蘭	65 歲以上	0.82	-	-
Trpković <i>et al.</i> (2017)	塞爾維亞	65 歲以上	1.11	1.10	0.90
Duim <i>et al.</i> (2017)	巴西	60 歲以上	0.75	0.72	-
張建彥 (2009)	臺灣	65 歲以上	0.89	-	-

單位：公尺/秒

二、行人穿越號誌化路口之現況問題

用路人普遍受「紅燈停，綠燈行」觀念之影響，認為只要是綠燈就能進入路口，但實際上若用路人於綠燈倒數最後幾秒闖入路口，可能會因為行人綠燈剩餘秒數不足而卡在馬路中，因而與車輛發生衝突。聯合報新聞報導(2018) 有些縣市針對用路人無法順利通過路口之現況，於高齡者易出入地點實施延長行人綠燈秒數之措施，各縣市實施延長行人綠燈秒數的地點如表 2 所示。本研究為了解延長綠燈秒數是否可真正解決用路人無法順利通過路口的現況問題，實地至臺北市與新北市之實施地點蒐集道路寬度、路口週期、行人綠燈秒數及閃光綠燈秒數等資料，詳表 3 所示。另因「道路交通標誌標線號誌設置規則」無高齡者步速值，因此以學童步速值 (0.8 公尺/秒) 計算通過路口所需時間，本研究實地觀察之行人；尤其是高齡者穿越路口問題分述如后。

表 2 各縣市延長行人綠燈秒數地點

縣市別	地點
臺北市	陽明醫院、青年公園、大安森林公園
新北市	馬偕醫院、恩主公醫院、亞東醫院
桃園市	榮總醫院 (桃園分院)、中壢高中、敏盛醫院
臺中市	學校或醫院附近
高雄市	聯合醫院
臺南市	車流量多的路口

資料來源：聯合報 (2018)

表 3 現場觀察路口行人號誌時制資料

地點	路名	路寬 (公尺)	週期 (秒)	行人綠燈 總時間 (秒)	行人閃光綠 燈倒數秒數 (秒)	高齡者所 需時間 (秒)
陽明 醫院	雨聲街	18.0	150	30	7	22.5
	忠義街	8.4	150	30	7	10.5
馬偕 醫院	民富街	15.2	180	120	9	19.0
	民權路	25.2	180	32	7	31.5
亞東 醫院	南雅南路	12.0	180	25	7	15.0
	醫院出口	10.8	180	25	7	13.5

註：高齡者所需時間係以學童眾多地點設計號誌所採用之參考步速 (0.8 公尺/秒) 計算得之。

1. 問題一：在行人綠燈秒數已相當足夠的路口，延長行人綠燈秒數無法解決高齡者穿越路口問題。

表 3 之現有行人綠燈秒數及高齡者所需秒數資料顯示，大多數行人綠燈秒數已相當足夠，高齡者若非於綠燈時相末段進入路口，號誌之綠燈秒數是相當充裕的，應不致發生因綠燈秒數不足而身陷車陣的問題。以馬偕醫院前的民富街為例，其路寬為 15.2 公尺，高齡者通過路口僅需 19 秒，而此路口行人綠燈秒數為 120 秒，綠燈秒數相當足夠，延長行人綠燈秒數無法解決高齡者穿越路口問題。

2. 問題二：若行人於綠燈末始進入路口，則無法順利通過。

依據《道路交通標誌標線號誌設置規則》第 207 條第二項規定：「行走行人」之綠色燈號閃光顯示時 (以下簡稱閃綠燈)，表示警告行人，剩餘之綠燈時間不多，如已進入道路者，應快速通過，或停止於道路中之交通島上，如尚未進入道路者，禁止跨入。但多數民眾對於行人閃光綠燈的認知不足，認為只要在綠色燈號進入路口皆能通過，有人甚至在綠燈最後一秒時還衝入路口。

現況中高齡者無法有充裕時間通過路口的原因大多與高齡者進入路口的時間點有關，從表 3 調查路口資料中發現，臺灣行人綠燈之閃綠燈秒數大多為 7 秒到 9 秒，假設高齡者於綠燈倒數 10 秒時進入，若以 0.8 公尺/秒計算，在剩餘秒數內僅能行走 8 公尺，但目前許多號誌化路口寬度為 14 公尺以上，一般人能以快走或快跑順利通過路口，但高齡者或行動不便者礙於身體狀況是無法順利通過路口。7 秒到 9 秒之綠燈閃爍秒數在長度較長的路口仍不足，無法提醒高齡者剩餘秒數不足，不可進入路口。

3. 問題三：許多路口號誌週期過長，紅燈等候時間長。

由表 3 之各路口號誌週期和行人綠燈秒數可發現，路口週期為 150 秒和 180 秒，週期長，若未於該次綠燈時間通過，則至少需等待 2 分鐘才能通過路口，導致用路人常不耐等候，於綠燈閃爍或紅燈無來車時強行通過路口。

4. 問題四：道路交通標誌標線號誌設置規則中無高齡者及行動不便者之步速數值。

我國《道路交通標誌標線號誌設置規則》第 231 條第五項內容為：「在行人綠色燈號結束前，應有閃光綠燈，其閃光綠燈時間計算公式所採用之行走速率，一般使用 1.0 公尺/秒，學童眾多地點使用 0.8 公尺/秒，盲人音響號誌處使用 0.5 公尺/秒。」，該設置規則中皆未提及高齡者和行動不便者之步速數值。

三、行人步速調查計畫

3.1 步速調查地點及方法

本研究調查路口挑選原則包含：需有較多高齡者及行動不便者、道路車道數至少雙向四車道，路口並設置有行人號誌倒數器等，臺北市雙連馬偕紀念醫院外之路口符合上述原則，本研究以此路口作為行人步速調查地點。本研究主要調查對象為高齡者及行動不便者等步速較慢族群，調查日期為 2018 年 4 月 20 日及 5 月 5 日、5 月 11 日、5 月 18 日四天上午 11 點至下午 6 點，該四天皆為晴天、氣溫介於 29 至 31 度。

調查過程中發現使用步行輔具的高齡者樣本數相當少，如表 7 所示。持四腳助行器僅有 3 筆資料，且蒐集不到自己推輪椅之樣本，此現象可能係因為道路現有設施讓行動不便者不敢踏出戶外，就如同 Pinna and Murrau (2018) 之研究指出，如果交通號誌燈號的時間週期設計對象是一般行人，則許多面臨問題的行人可能會決定不使用道路。本研究為了解這些使用步行輔具的高齡者族群之步速，另至臺北市雙連馬偕醫院內進行資料收集，以

了解這些使用步行輔具之慢速行人的步速。此二地點調查方式說明如下：

1. 馬偕醫院外路口

圖 2 所示為馬偕醫院外旁之中山北路二段、民生西路和民生東路的交岔口（簡稱中山北路二段與民生西（東）路口），本研究以手推式測距輪量測道路寬度，利用碼錶計時方式計時，記錄調查對象從進入路口行穿線至離開行穿線之步行時間，以進一步推算其步行速率。

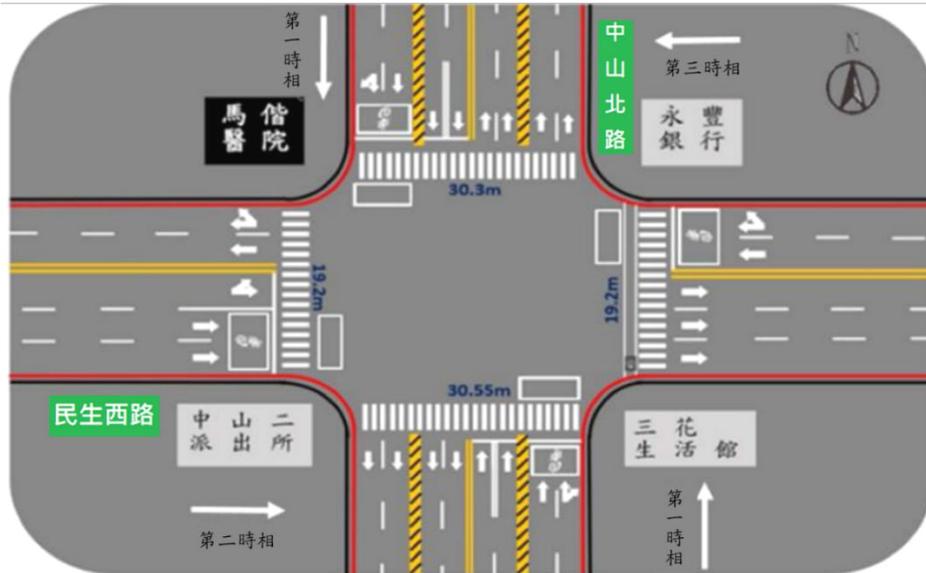


圖 2 臺北市雙連馬偕醫院旁中山北路二段與民生西（東）路之路口示意圖

2. 馬偕醫院內

圖 3 所示為馬偕醫院內調查地點示意圖，本研究以醫院內地面上的磁磚顏色（圖 3 藍色與紅色）作為參考線，以手推式測距輪量測其路段之距離（圖 3，照片為選定路段之起迄點），並以碼錶紀錄調查對象通過此特定路段的秒數，推算其步行的速率；若調查對象沒有行經本研究預設路段時，則會另外紀錄該調查對象之路線（步行距離至少約 20 公尺），並以手推式測距輪量測其距離，以推算該調查對象之步行速率。



圖 3 臺北市雙連馬偕醫院內調查地點示意圖

3.2 步速資料蒐集

本研究實地蒐集非高齡者和高齡者的步速資料 (含使用不同步行輔具之高齡者)，並分析行人在通過路口時步速之影響因素。表 4 所示為本研究納入調查之影響步速的變數，許多因素係參考國內外相關文獻之影響行人步速的因素 (表 5)，如：性別、年齡、群體步行人數等變數，本研究另將高齡者之步行輔具類別納入考量。高齡者之判定方式係參考張建彥等人 (2009) 研究，由被觀測者之臉部特徵 (皺紋等)、身體特徵 (白髮、駝背等) 及行為特徵 (行動緩慢、平衡較差) 區分是否為高齡者。調查員之訓練部份，本研究共有四位調查員，觀察變數 (如：年齡族群) 之判定訓練是實際於路口選定觀察對象，四位調查員同步針對該名觀察對象進行變數填表，若填表結果不一致，則進行判定原則之溝通與協調，再重新測試，須四位調查員填表結果一致，方可開始進行現場調查。

表 4 行人步速調查變數與變數意義

變數	意義	類別/單位
性別	目測觀察對象外觀特徵判定。	0：女、1：男
年齡族群	目測觀察對象外觀特徵判定。	0：青少年 1：壯年 2：高齡者
同伴人數	與調查對象一同行走的人數，包含該調查對象。	0：獨自一人 1：兩人群體 2：三人以上群體
同向人流	調查對象行走時，與其同向且會影響調查對象行走速度之人流數量。	0：無 1：少 (1-3 人) 2：中 (4-8 人) 3：多 (至少 9 人以上)
反向人流	調查對象行走時，與其反向且會影響調查對象行走速度之人流數量。	0：無 1：少 (1-3 人) 2：中 (4-8 人) 3：多 (至少 9 人以上)
行人號誌剩餘秒數	當調查對象進入路口時，該路口行人號誌燈綠燈剩餘秒數。	單位為秒
轉彎車輛多寡	轉彎車輛為調查對象在通過路口時，會對其步行速率造成影響的車輛數量，左右轉車輛合併計算。	0：少 (2 輛以下轉彎車) 或無轉彎車 1：多 (至少 3 輛以上轉彎車)
道路寬度	調查地點之道路寬度。	公尺
步行輔具類別	使用步行輔具類別	0：未使用步行輔具 1：手杖或雨傘 (包含雨傘) 2：四腳助行器 4：輪椅 (青壯年推) 5：輪椅 (另一位高齡者推) 6：輪椅 (自己推)

表 4 行人步速調查變數與變數意義 (續)

變數	意義	類別/單位
攜帶物品情況	攜帶物品大小及數量情況	0：攜帶物品少(無)，其意義為攜帶小型物品 2 件(含)以下，含未攜帶物品。 1：攜帶物品多(大)，其意義為攜帶小型物品 3 件(含)以上或攜帶如行李箱之大型物品。

表 5 行人步速之影響變數彙整表

影響變數	Tarawneh (2001)	Willis et al. (2004)	Gates et al. (2006)	張建彥等人 (2009)	Laxman et al. (2010)	Weber (2016)	Duim et al. (2017)	Webb et al. (2017)	Pinna and Murrau (2018)
性別	◎ (女)	◎ (女)	◎ (女)	◎ (女)	◎ (女)	◎ (女)	V	◎ (女)	
年齡	◎ (65 歲以上)	◎ (65 歲以上)	◎ (65 歲以上)	◎ (高齡者)	◎ (高齡者)	◎ (85 歲以上)	◎ (80 歲以上)	◎ (年齡愈高)	◎ (高齡者)
同伴人數	◎ (三人或以上)	◎ (兩人或以上)	◎ (五人或以上)	◎ (三人或以上)	◎ (多人)				
同向人流									◎ (多)
反向人流									◎ (多)
攜帶物品		◎ (有攜帶)			◎ (有攜帶)				
步行輔具		◎ (有使用步行輔具)							
轉彎車				◎ (有轉彎車)					
道路寬度				◎ (長)	◎ (長)				
行人號誌剩餘秒數				◎ (無此設備)					
教育程度						◎ (低等教育)			
貧富程度						◎ (貧窮)		◎ (貧窮)	
職業						◎ (勞工)			

表 5 行人步速之影響變數彙整表 (續)

影響變數	Tarawneh (2001)	Willis et al. (2004)	Gates et al. (2006)	張建彥等人 (2009)	Laxman et al. (2010)	Weber (2016)	Duim et al. (2017)	Webb et al. (2017)	Pinna and Murrau (2018)
抽菸								◎ (有)	
長年疾病								◎ (有)	
日常活動受限								◎ (兩項目以上)	

註：V：有採用且不顯著、◎：有採用且顯著、()：在該變數類別中，步速最慢的類別或情況。

四、步行速率資料分析

4.1 基本統計量分析

表 6 所示為現場實測資料樣本數統計表，本研究於馬偕紀念醫院內和醫院附近路口收集資料總筆數為 912 筆，高齡者資料總筆數為 464 筆，其中 203 筆為無使用步行輔具者，130 筆為持手杖或雨傘者 (包含傘)，34 筆為持四腳助行器者，43 筆為坐輪椅者 (青壯年推)，28 筆為輪椅者 (另一位高齡者推)及 26 筆為輪椅者 (自己推)。本研究另蒐集 448 筆非高齡者 (無使用步行輔具)之步速資料，以進行不同年齡族群之比較。

表 6 現場實測資料樣本數

資料類別		樣本數		小計	合計
		醫院內	路口		
非高齡者	青少無步行輔具	99	101	200	448
	中年無步行輔具	124	124	248	
高齡者	無步行輔具	99	104	203	464
	手杖或雨傘	84	46	130	
	四腳助行器	31	3	34	
	輪椅 (青壯年推)	34	9	43	
	輪椅 (另一位高齡者推)	24	4	28	
	輪椅 (自己推)	26	0	26	
合計		521	391		912

表 7 整理調查對象使用不同步行輔具類別在不同地點之步速，行人於路口之步速較醫院內快，可能因路口步行較醫院內有壓力，需盡快通過，也

可能行走於路口之被觀察者較醫院內被觀察者健康。

目前常見係以 0.8 公尺/秒設計弱勢用路者之行走步速，由高齡者步速資料進行累積百分比分析得知，166 位於路口的高齡者調查對象中，有 27 位 (16.3%) 高齡者步速低於 0.8 公尺/秒，故現有的號誌設計秒數無法滿足部分高齡者步速需求。此外，調查路口未觀察到自己推輪椅的高齡者，且持四腳助行器者僅 3 筆資料，目前號誌設計秒數現況可能不符合此二類族群之需求，高齡者步速低於 0.8 公尺/秒之人數比率應高於 16.3%。

非輪椅使用者部份，使用不同步行輔具之高齡者步速較未使用步行輔具高齡者步速慢，四腳助行器之步速最慢。輪椅使用者部份，自己推輪椅的高齡者之步速亦相對較慢；當輪椅係由青壯年或另一位高齡者推行，其步速受推輪椅者的情況所影響，其步速較使用其他步行輔具類別高齡者快，號誌設計之高齡者行人步速不考量此類輪椅為他人所推行之族群。

表 8 所示為本研究步速分析結果與文獻相關資料之比較彙整表，無使用步行輔具高齡者之步速的平均數和中位數介於文獻彙整值之間，第 15 百分位值則較慢。國內持手杖或雨傘、四腳助行器的高齡者步速皆較國外行動不便者的步速慢，國外文獻並未詳列行動不便者之使用步行輔具，無法得知使用不同步行輔具之高齡者的步速情況。

表 7 行人使用不同步行輔具類別在不同地點之步速

資料類別		樣本數		中位數		平均數		第 20 百分位		第 15 百分位		第 10 百分位	
		醫院	路口	醫院	路口	醫院	路口	醫院	路口	醫院	路口	醫院	路口
非高齡者	青少年 無步行輔具	99	101	1.04	1.31	1.05	1.35	0.85	1.14	0.81	1.07	0.79	0.95
	中年 無步行輔具	124	124	1.09	1.14	1.11	1.16	0.90	0.87	0.87	0.85	0.82	0.74
高齡者	無步行輔具	99	104	0.84	1.17	0.88	1.16	0.69	0.98	0.68	0.87	0.59	0.80
	手杖或雨傘	84	46	0.63	0.89	0.65	0.89	0.48	0.74	0.44	0.69	0.40	0.64
	四腳助行器	31	3	0.48	0.81	0.56	0.80	0.40	0.47	0.37	0.47	0.35	0.47
	輪椅 (青壯年推)	34	9	0.96	1.30	0.98	1.20	0.79	0.94	0.79	0.94	0.73	0.89
	輪椅 (另一位高齡者推)	24	4	0.92	1.02	0.95	1.05	0.81	0.98	0.71	0.98	0.66	0.98
	輪椅 (自己推)	26	0	0.64	-	0.62	-	0.49	-	0.43	-	0.43	-

單位：公尺/秒

表 8 本研究步速分析結果與文獻相關資料之比較

資料來源	高齡者族群	平均數	中位數	第 15 百分位
國外文獻	無使用步行輔具	0.75-1.43	0.72-1.34	0.90-0.97
本研究		1.16	1.17	0.87
國外文獻	行動不便	0.95	1.03	0.73~0.84
本研究	手杖或雨傘	0.89	0.89	0.69
	四腳助行器	0.80	0.81	0.47

單位：公尺/秒

4.2 多元迴歸模式分析行人步行速率影響因素

為探討各變數對行人步行速率之影響，本研究依調查地點不同，以逐步選取變數方法建構二個多元迴歸模式，如表 9 所示。模式分析結果顯示，醫院內行人步速之顯著影響變數包含使用步行輔具類別、同伴人數、同向人流、反向人流和性別；實際路口行人步速之顯著影響變數包含使用步行輔具類別、同伴人數、轉彎車及行人穿越時剩餘綠燈秒數。國內外相關文獻無使用步行輔具類別以及行人穿越時剩餘綠燈秒數二個變數，其餘影響行人步速顯著變數之趨勢與國內外相關文獻之研究成果均一致。攜帶物品情況和道路寬度二個變數在上述兩個模式中對行走步速皆無顯著影響，由於本計畫調查的道路為四車道以上的道路，道路寬度較寬，無較窄路寬的步速資料，建議未來可蒐集不同長短距離之路口資料以進行路寬對行人步速之影響分析。

無論是醫院內和實際路口，所有顯著變數中以使用步行輔具為影響行人步速最重要的因素，高齡者持手杖（或雨傘）和四腳助行器之步行輔具類別的步速比一般人至少慢 0.4 公尺/秒。同伴人數是另一個醫院內和實際路口均顯著的影響變數，有同伴同行，步速會較慢。

影響醫院內步速之顯著變數另有同向人流、反向人流和性別等三個變數，室內空間有限，同向和反向人流愈多，行人步速愈慢；女性較男性步速慢。在實際路口另有二個顯著變數：轉彎車數量和行人穿越時剩餘綠燈秒數，路口轉彎車輛多會讓行人步速變慢；行人穿越路口時，綠燈剩餘秒數愈長，較無行走壓力，步速較慢，剩餘秒數每增加一秒，步行速率慢 0.005 公尺/秒。

表 9 行人於醫院內和實際路口之步行速率影響因素迴歸模式

變數	醫院內		實際路口	
	參數估計	P 值	參數估計	P 值
常數	1.17	<0.001**	1.58	<0.001**
使用步行輔具				
壯年無步行輔具	0.03	0.266	-0.19	<0.001**
高齡者無步行輔具	-0.19	<0.001**	-0.18	<0.001**
高齡者手杖或雨傘	-0.41	<0.001**	-0.45	<0.001**
高齡者四腳助行器	-0.50	<0.001**	-0.46	0.004**
高齡者輪椅(自己推)	-0.43	<0.001**	-	-
高齡者輪椅(青少推)	-0.03	0.569	-0.10	0.319
高齡者輪椅(另一位高齡者推)	-0.08	0.108	-0.14	0.334
青少年無步行輔具(比較基底)				
同伴人數				
兩人同行	-0.05	0.036**	-0.12	0.0002**
三人(含以上)同行	-0.19	0.001**	-0.12	0.075*
獨自行走(比較基底)				
同向人流				
同向人流-少	-0.04	0.184		
同向人流-中	-0.04	0.273		
同向人流-多	-0.11	0.006**		
無同向人流(比較基底)				
反向人流				
反向人流-少	-0.03	0.198		
反向人流-中	-0.03	0.488		
反向人流-多	-0.16	0.0001**		
無反向人流(比較基底)				
轉彎車				
轉彎車多			-0.11	0.003**
轉彎車少(比較基底)				
行人穿越時剩餘秒數			-0.005	<0.001**
性別				
女性	-0.03	0.091*		
男性(比較基底)				
調整 R2	0.45		0.27	

註：*p 值 $<\alpha=0.1$ ，**p 值 $<\alpha=0.05$ 。

所有影響行人步速之顯著變數中，使用步行輔具為最重要的影響因素，從表 7 之不同步行輔具類別之步速調查結果可知，現行「道路交通標誌標線號誌設置規則」採用之學童參考步速 (0.8 公尺/秒) 對使用步行輔具之高齡者仍過快。考量目前許多高齡者會使用手杖或雨傘輔助行走，另可能仍有其他因素會干擾行人步速，如：轉彎車。此外，我國將於 2026 年邁入超高齡社會，未來情境將有許多高齡者穿越路口，因此，本研究建議以 0.65 公

尺/秒作為高齡者之步速值，此值略高於手杖或雨傘高齡者之第 10 百分位步速，讓更多高齡者能有足夠時間穿越路口。

表 10 所示為前所提及各縣市政府實施觸控號誌的路口，若以本研究建議之 0.65 公尺/秒步速推估行人最短綠燈時間，馬偕醫院前民權路之路寬為 25.2 公尺，最短綠燈時間需 38.8 秒，目前行人綠燈時間秒數為 32 秒，建議延長該路口的行人綠燈時間。

現行的行人號誌無法提醒步速較慢者何時不可進入路口，大多數的號誌有行人綠燈倒數功能，可利用行人綠燈倒數秒數判斷之。依據市區道路及附屬工程設計規範（內政部營建署，2015），快車道 3 公尺、慢車道 2 公尺、混合車道 3.5 公尺及內外路肩各 0.25 公尺，表 11 整理高齡者於幾種常見不同路型之路寬以及平均每車道所需時間，為方便高齡者記憶和計算，本研究建議高齡者以平均每車道 5 秒計算通過路口所需秒數，例如：通過四車道路口，若行人綠燈倒數秒數少於 20 秒，則等候下一次綠燈再通過。

表 10 非尖峰時期之路口行人號誌秒數與路口資訊

地點	路名	路寬 (公尺)	行人綠燈總時間 (秒)	行人最短綠燈時間 (秒)
陽明醫院	雨聲街	18.0	30	27.7
	忠義街	8.4	30	12.9
馬偕醫院	民富街	15.2	120	23.4
	民權路	25.2	32	38.8
亞東醫院	南雅南路	12.0	25	18.5
	醫院出口	10.8	25	16.6

表 11 高齡者於不同路寬之平均每車道所需時間

車道數	路寬 (公尺)	平均每車道所需時間 (秒)
四車道 (2 快+2 混)	14	5.4
六車道 (2 快+2 混+2 慢)	18	4.6
八車道 (2 快+4 混+2 慢)	25	4.8

五、友善號誌設計

5.1 友善號誌設計構想

表 12 所示為行人號誌現況問題之建議改善方法，本研究據以設計新號誌時相，可提醒高齡者何時該停止進入路口為設計重點之一；另針對號誌週期過長問題，於非尖峰時段，在可確保高齡者可順利通過路口的前提下，縮短路口週期。詳細現況問題改善構想說明如下：

表 12 行人號誌現況問題之改善方法

現況問題	行人號誌問題	行人號誌改善之構想
問題二	若行人於綠燈末才進入路口，則無法順利通過。	增設新時相（橘燈），以顏色變化讓高齡者判斷何時就不該進入路口，須等候下一個綠燈；另行人閃綠燈改為閃橘燈（或改為閃紅燈）。
問題三	路口號誌週期過長，等候紅燈時間長。	重新設計各時相時間，此數值或可縮短等紅燈時間和號誌週期。
問題四	臺灣現無高齡者（包含行動不便高齡者）之步速值	建議以 0.65 公尺/秒為步速值

1. 增設新時相—橘燈，並將閃綠燈改為閃橘燈

目前路口號誌為綠燈、閃綠燈、紅燈，根據本研究實際調查路口，高齡者及行動不便者於綠燈末進入路口時，無法如同一般人藉由快走或小跑步通過，因此受困於路中央。本研究為改善現況問題，在綠燈與閃綠間增設一個橘燈時相。圖 4 為其增設時相前後示意圖，而該橘燈時相用途為提醒或警示高齡用路人剩餘秒數已不足夠使其順利通過路口，建議等待至下個行人綠燈再通行，而橘燈的增設對一般人而言並無影響，仍能於橘燈時間穿越路口。另外，將原先之閃綠燈改為閃橘燈，讓高齡者能明確透過燈號顏色之變化（橘色）判斷自己能否進入路口，以提高用路安全，增設後臺灣的行人號誌燈號依序將為綠燈、橘燈、閃橘燈、紅燈。閃橘燈改為閃紅燈亦可，即行人時相燈號依序為綠燈、橘燈、閃紅燈、紅燈。

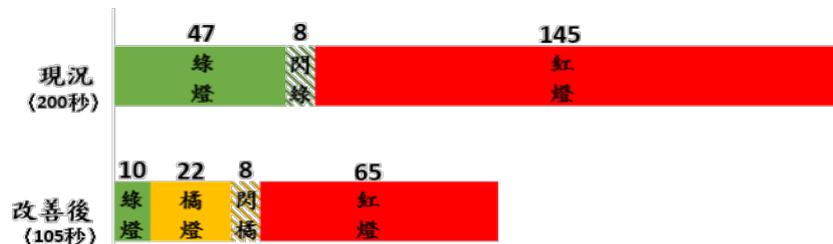


圖 4 行人時相改善前後示意圖（馬偕醫院-派出所為例）

2. 縮短號誌週期

許多高齡者腳力退化，無法等候長週期的紅燈，因此需思考在高齡者可順利通過路口的前提下，縮短路口號誌週期，號誌時制之設計須落實以人為本的設計理念，而非以疏散車流為主，以免造成高齡者在長週期路口長時間等候問題，甚至可能因為不耐等候而闖紅燈。

圖 4 所示為行人時相改善前後示意圖，號誌改善後，號誌週期可由 200 秒縮短為 105 秒，以下為新號誌週期之設計：

- (1) 行人綠燈秒數：行人可行走時間 10 秒 (含行人起動延滯)
- (2) 行人橘燈秒數 (高齡者不可再進入路口，但一般人仍能通行)：
 $W/V - A$
W：路口寬度 (公尺)
V：高齡者步速 (0.65 公尺/秒)
A：行人閃橘燈秒數 (8 秒)
- (3) 行人閃橘燈秒數：提醒一般人剩餘秒數已不足；沿用現況之閃綠燈秒數
- (4) 行人紅燈秒數：以南北向行人紅燈秒數為例，行人紅燈秒數為東西向行人可通行秒數 (行人綠燈、橘燈、閃橘燈) + 全紅秒數

5.2 應用案例分析

本研究將友善號誌設計構想應用於臺北市雙連馬偕醫院路口進行案例分析，表 13 所示為該路口現有時制表，號誌週期為 200 秒。表 14 所示為該路口之新行人號誌各時相數據，新號誌週期為 105 秒。新的號誌設計結果呈現於圖 5 與表 15，表 16 為現況號誌時制與改善後號誌時制之比較表，改善後的號誌雖然允許行人進入的時間減少，但可以讓步速較慢之族群明確知道何時進入路口，亦大幅縮短等待時間，縮短號誌週期可提高行人選擇等待下一個綠燈週期之意願，解決現況週期過長讓民眾不耐久候之問題；改善後的號誌可能會影響車行服務水準，建議未來研究進行相關研究課題之探討。

表 13 臺北市雙連馬偕醫院路口時制表 (現況)

時相別	第一時相 (南北向)			第二時相 (東西向)	第三時相 (東西向)			週期
	綠燈	黃燈	紅燈	綠燈	綠燈	黃燈	紅燈	
車行	105 秒	3 秒	2 秒	早開 15 秒	67 秒	3 秒	5 秒	200 秒
圖			-				-	
時相別	第一時相 (南北向)		第二時相 (東西向)	第三時相 (東西向)			週期	
燈號	綠燈	紅燈	綠燈	綠燈	紅燈			
人行	55 秒	55 秒	早開 15 秒	48 秒	27 秒		200 秒	
圖								

表 14 臺北市雙連馬偕醫院路口號誌時制計算

行人走向 \ 號誌	南北向 (19 公尺)	東西向 (31 公尺)
行人綠燈	10 (秒)	10 (秒)
行人橘燈秒數	$(19/0.65)-8=21.2$ ， 取 22 (秒)。	$(31/0.65)-8=39.7$ ， 取 42 (秒)
行人閃橘燈秒數	8 (秒)	8 (秒)
行人紅燈	$10+42+8=60$ (秒)	$10+22+8=40$ (秒)
全紅秒數	南北向接東西向：2 (秒) 東西向接南北向：3 (秒)	
總秒數	105 (秒)	

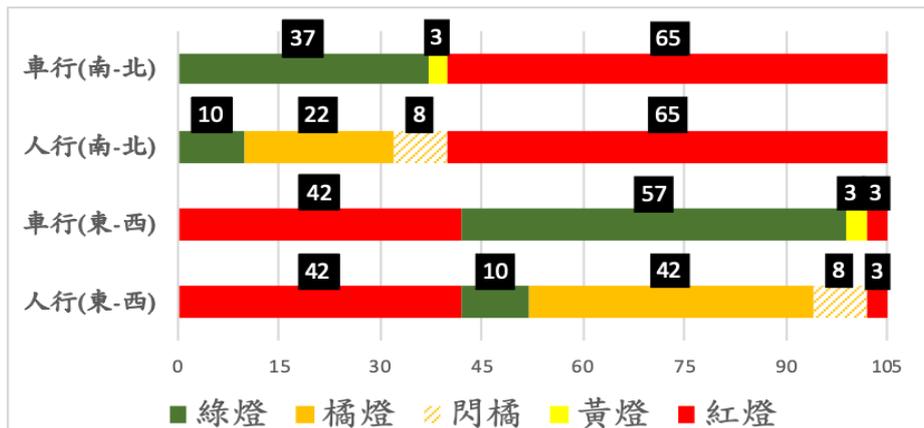


圖 5 臺北市雙連馬偕醫院路口各行向時相表 (新設計)

表 15 臺北市雙連馬偕醫院路口時制表 (新設計)

車行	時相別	第一時相 (南北向)			第二、三時相 (東西向)			週期		
	燈號	綠燈	黃燈	紅燈	綠燈	黃燈	紅燈	105 秒		
	綠燈 秒數	37 秒	3 秒	2 秒	57 秒	3 秒	3 秒			
	圖									
人行	時相別	第一時相 (南北向)				第二、三時相 (東西向)				週期
	燈號	綠燈	橘燈	閃橘	紅燈	綠燈	橘燈	閃橘	紅燈	105 秒
	綠燈 秒數	10 秒	22 秒	8 秒	2 秒	10 秒	42 秒	8 秒	3 秒	
	圖									

註：*改善後的號誌時制中第二、三時相由於該路口的轉彎車流量少，因此取消東西向的早開時相。

表 16 臺北市雙連馬偕醫院路口號誌時制改善前後之比較

比較項目	改善前號誌時制	改善後號誌時制	效益
號誌週期	200 秒	105 秒	縮短號誌週期
行人可進入路口秒數	全部行人(綠) 南北向：47 秒 派出所至生活館：55 秒 醫院至銀行：40 秒	一般人(綠+橘) 南北向：32 秒 東西向：52 秒 高齡者(綠) 南北向：10 秒 東西向：10 秒	在滿足高齡者 0.65 公尺/秒之步速需求下，有效調整行人可通行時間，確保行人可安全通過路口。
等候下一個綠燈所需秒數	全部行人(閃綠+紅) 南北向：153 秒 派出所至生活館：145 秒 醫院至銀行：160 秒	一般人(閃橘+紅) 南北向：73 秒 東西向：53 秒 高齡者(橘+閃橘+紅) 南北向：95 秒 東西向：95 秒	縮短用路人等待時間
能否提醒高齡者剩餘秒數不足？	不能	可以	當行人號誌為閃橘燈時，能提醒高齡者剩餘秒數不足，應停止通過路口，此時段一般人仍可通行。
若高齡者於行人綠燈最後幾秒進入路口，能否順利通過？	不能	可以	高齡用路人只要在綠燈時間進入路口，皆可利用橘燈加行人閃橘燈時間順利通過路口。

表 16 臺北市雙連馬偕醫院路口號誌時制改善前後之比較 (續)

比較項目	改善前號誌時制	改善後號誌時制	效益
是否影響車行服務水準？	-	可能會影響	-

六、結論與建議

臺灣於 2018 年已成為高齡社會，現有號誌化路口的環境中，高齡者穿越路口常有安全疑慮，如：於行人綠燈時相進入路口，卻身陷車陣中。為鼓勵高齡者多出門活動，務必改善他們在號誌化路口面臨的安全問題，落實以人為本的行人號誌設計。本研究實際到路口觀察高齡者穿越路口之現況問題，並針對問題提出高齡社會友善行人號誌設計構想，主要的結論與建議分述如下：

1. 本研究建立多元迴歸模式，以了解號誌化路口行人步速之影響因素，顯著影響變數包含高齡者所使用之步行輔具類別、轉彎車流量、行人穿越時剩餘綠燈秒數以及同伴人數。所有顯著變數中以使用步行輔具為影響高齡者步速最重要的因素，高齡者持手杖、雨傘或四腳助行器之步行輔具類別的步速比一般人至少慢 0.4 公尺/秒。
2. 臺灣目前無高齡者及行動不便者步速相關資料，本研究由資料分析結果建議高齡者之設計步速為 0.65 公尺/秒，此數值約為使用手杖或雨傘之高齡者的第 10 百分位步速。
3. 高齡者於綠燈進入路口，卻身陷車陣的主要原因是因為太晚進入路口，因此本研究建議之新行人號誌時制設計重點包含：增加橘燈時相，藉由顏色變化讓高齡者判斷何時即不該進入路口，一般人步速較快，在此橘燈時相仍可進入路口；另由於閃綠燈容易讓用路人誤解仍能通行，因此將行人閃綠燈改為閃橘燈；橘燈時相和閃橘燈時相之加總時間為以 0.65 公尺/秒步速可穿越通過路口的時間，此即為最短綠燈秒數；由於高齡者腳力退化，不耐久站，號誌週期不宜過長，本研究將上述號誌設計要點應用於臺北市雙連馬偕醫院案例，可將週期由 200 秒縮減至 105 秒。
4. 閃橘燈之設計沿用現況閃綠燈之秒數，建議未來可針對一般人在路口行人號誌倒數秒數末之步速深入研究，探討閃橘燈所需秒數的課題，使該號誌設計更完善，同時滿足高齡者及一般人之需求，達到安全通過路口之目的。
5. 現行的行人號誌無法提醒步速較慢者何時不可進入路口，大多數的號

誌有行人綠燈倒數秒數的功能，綠燈倒數秒數亦可協助判斷。本研究建議高齡者可以每車道 5 秒的方式計算通過路口所需秒數，例如：通過四車道路口，若行人綠燈倒數秒數少於 20 秒，則等候下一次綠燈再通過。

6. 由於路口號誌時制設計仍須考量其對車流之影響，建議後續研究進行相關課題之研究分析。

參考文獻

- 內政部營建署 (2015)，市區道路及附屬工程設計規範。
- 交通部 (2017)，道路交通標誌標線號誌設置規則。
- 聯合報 (2018)，紅綠燈為長者變友善，聯合報願景工程「行的正義」，擷取日期：2019 年 8 月 9 日，網站：<https://vision.udn.com/vision/story/12133/3199766>。
- 張建彥、吳宗修、王森豐、彭裕涵 (2009)，「我國高齡者與孩童步行速率之調查與分析」，九十八年道路交通安全與執法研討會論文集，頁 519-534。
- Amosun, S. L., Burgess, T., Groeneveldt, L., and Hodgson, T. (2007), "Are Elderly Pedestrians Allowed Enough Time at Pedestrian Crossings in Cape Town, South Africa?" *Physiotherapy Theory and Practice*, Vol. 23, No. 6, pp. 325-332.
- Arango, J. and Montufar, J. (2008), "Walking Speed of Older Pedestrians Who Use Canes or Walkers for Mobility," *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2073, No. 2073, pp. 79-85.
- Bollard, E. and Fleming, H. (2013), "A Study to Investigate the Walking Speed of Elderly Adults with Relation to Pedestrian Crossings," *Physiotherapy Theory and Practice*, Vol. 29, No. 2, pp. 142-149.
- DfT (2019), Traffic Signs Manual—Guidance for Traffic Authorities on the Use of Traffic Signs and Road Markings, Department for Transport, United Kingdom.
- Duim, E., Lebrão, M. L., and Antunes, J. L. F. (2017), "Walking Speed of Older People and Pedestrian Crossing Time," *Journal of Transport and Health*, Vol. 5, pp. 70-76.

- Daamen, W. and Hoogendoorn, S. P. (2007), "Free Speed Distributions—Based on Empirical Data in Different Traffic Conditions," *In Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005*, pp. 13-25.
- FHWA (2003), *Travel Better, Travel Longer: A Pocket Guide to Improving Traffic Control and Mobility for Our Older Population*, FHWA-OP-03-098, Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C.
- Fitzpatrick, K., Brewer, M. A., and Turner, S. (2006), "Another Look at Pedestrian Walking Speed," *Transportation Research Record*, Vol. 1982, No. 1, pp. 21-29.
- Gates, T. J., Noyce, D. A., Bill, A. R., and van Ee, N. (2006), "Recommended Walking Speeds for Pedestrian Clearance Timing Based on Pedestrian Characteristics," *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 1982, No. 1, pp. 38-47.
- Iryo-Asano, M. and Alhajyaseen, W. K. (2014), "Analysis of Pedestrian Clearance Time at Signalized Crosswalks in Japan," *Procedia Computer Science*, Vol. 32, pp. 301-308.
- Kamide, N., Shiba, Y., Koide, K., Haga, H., and Shibata, H. (2009), "The Timed Up and Go Test is Related to Quantitative Ultrasound Parameters of Bone Strength in Japanese Community-dwelling Elderly Women," *Journal of Physical Therapy Science*, Vol. 21, No. 4, pp. 373-378.
- Laxman, K. K., Rastogi, R., and Chandra, S. (2010), "Pedestrian Flow Characteristics in Mixed Traffic Conditions," *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 136, No. 1, pp. 23-33.
- Obuchi, S. (1994), "Relationship between Walking Ability and Falls in Community Dwelling Elderly in Japan," *The Journal of Physical Therapy Science*, Vol. 6, pp. 39-44.
- Pinna, F. and Murrau, R. (2018), "Agefactor and Pedestrian Speed on Sidewalks," *Sustainability*, Vol. 10, No. 4084.
- Tarawneh, S. (2001), "Evaluation of Pedestrian Speed in Jordan with Investigation of Some Contributing Factors," *Journal of Safety Research*, Vol. 32, No. 2, pp. 229-236.
- Trpković, A., Milenković, M., Vujanić, M., Stanić, B., and Glavić, D. (2017), "The Crossing Speed of Elderly Pedestrians," *Promet-Traffic and Transportation*, Vol. 29, No. 2, pp. 175-183.

- Webb, E. A., Bell, S., Lacey, R. E., and Abell, J.G. (2017), "Crossing the Road in Time: Inequalities in Older People's Walking Speeds," *Journal of Transport and Health*, Vol. 5, pp. 77-83.
- Weber, D. (2016), "Differences in Physical Aging Measured by Walking Speed: Evidence from the English Longitudinal Study of Ageing," *BMC Geriatrics*, Vol. 16, No. 1, pp. 31.
- Willis, A., Gjersoe, N., Havard, C., Kerridge, J., and Kukla, R. (2004), "Human Movement Behaviour in Urban Spaces: Implications for the Design and Modelling of Effective Pedestrian Environments," *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 31, No.6, pp. 805-828.