

行人專用時相之行人流量分析

胡大瀛¹ 江立仁² 施伯杰³

摘要

行人專用時相可分離人車動線，提供安全、舒適及便利之行人步行環境，但亦將影響路口整體效率。本研究探討行人專用時相行人流量影響，以台灣公路容量手冊與美國Highway Capacity Manual(以下簡稱美國HCM)之分析方法評估其服務水準，比較各種行人流量分析方法，以了解行人專用時相隔絕人車衝突對路口運行效率之影響。實證部份利用台北市交通管制工程處交通控制中心的路口閉路電視取得錄影畫面，由人工計算每週期使用行人穿越道之行人流量，再除以路口行人穿越道既有可用面積得到平均每人佔有面積，利用該中心提供之路口號誌定時時制計畫可取得平均行人延滯，發現以不同準則評估之服務水準仍有相當差異，未來若有更進一步之相關研究，建議可將美國HCM之行人停等區域服務水準分析、行人可用面積等分析程序針對國內交通特性略做調整，成為本土化之行人流量分析程序。

關鍵詞：行人專用時相、容量分析、平均每人佔有面積、平均行人延滯

壹、前言

在市區道路的號誌化交叉路口，當行人流量達到一定程度後，行人穿越路口與轉向車流將相互干擾；除影響道路容量、服務水準外，轉向車輛行車與行人動線交織，亦威脅行人安全及增加肇事率。而行人地下道、天橋便是分隔行人、車流的安全設施。有鑑於行人路權優先之觀念提昇，為保護特殊弱勢行人如：學童、老年人及傷殘人士等，行人流穿越道路方式又從行人、車流分隔回到原本的同一平面上，故在交叉路口的交通安全上是不容忽視的課題，黃厚淳[4]之研究認為，實施可完全分離人、車動線的行人專用時相號誌，將成為保障行人安全的利器。

台北市政府近年來於市中心商業區(如：青島西路、公園路口)、學校(如：指南路政大門口)、醫院(如：雨聲街陽明醫院前)、公園(如：公園路、貴陽街口)及行人徒步區週邊(如：西寧南路、峨嵋街口)等設置行人專用時相，有效分隔人車動線，提升行人安全。

行人專用時相雖可完全分離人車動線，提供全路口行人綠燈而行車號誌全紅之時相；允許包括路口對角方向之各個方向行人通行，創造安全、舒適及便利之

行人步行環境，但由於多增加一個時相數，Allyson 等[5]之研究發現，對車流而言，將增加路口整體車流之延滯時間，影響運行效率；對行人流而言，在感官上會使停等時間增加，行人感到不耐而違規穿越之可能性將會提高。本研究擬於以行人路權為優先考量的交通環境，探討分析實施行人專用時相路口之行人穿越道服務水準。

除了探討設置行人專用時相，對號誌化交叉路口交通運行效率所產生的影響，本研究透過 CCTV 影像資料分析相關人、車議題，進而觀察行人專用時相實施下之行人流特性，使該項措施除了保護行人通行安全，減少人車衝突外，並期望從行人延滯等運行效率觀點，評估該路口之行人穿越道服務水準，以提供參考。

本文首先於第二節回顧行人專用時相設置與效益分析相關文獻，並於第三節針對行人設施之容量分析方法進行說明，選定之路口則於第四節進行實證分析，最後於第五節提出行人專用時相路口容量分析之結論與建議。

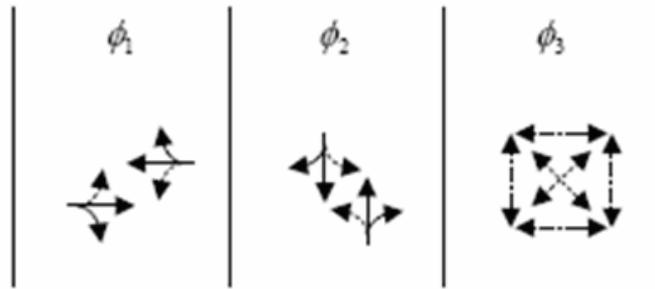
貳、文獻回顧

本節回顧有關行人專用時相文獻，從法源至設置方式，進而討論國內、外相關利用錄影、實地調查、模擬等方式評估設置行人專用時相造成路口人、車運行效率消長之研究。

根據「道路交通標誌標線號誌設置規則」第230條[1]，關於行車管制號誌之時相規定之規定，具有下列情形之一者，得使用三時相或四時相：

- 一、設置於五岔路口者
- 二、設置於左轉車輛特多之四岔路口者，但該路口宜有左轉專用設施配合
- 三、設於行人特多須使用行人專用時相之交岔路口者
- 四、設置於道路錯綜、交通繁複之交岔路口者，視需要可使用五時相以上號誌，並得視交通情況將不必要之時相予以跳越。

何志宏[2]在單一路口號誌績效分析與時制設計之研究中，逐一說明各種常用時相之使用時機與其特性。行人專用時可完全分離人車動線，提供全路口行人綠燈而行車號誌全紅之時相，其運作配合行車簡單二時相，如圖1所示：



資料來源：[2]

圖1 行人專用三時相運作簡圖（搭配X型行人穿越道）

黃厚淳[4]現場調查台北市四個實行人專用時相之路口，以車輛、行人停等延滯調查及計算方法為分析比較基礎，利用複迴歸分析方法構建有、無實行人專用時相下車輛及行人停等延滯模式，並推估適合實行人專用時相之人車交通量門檻值。研究結果顯示轉向交通量及行人穿越量對行人延滯有顯著的影響力。路口有實行人專用時相情形下，行人需等候所有方向的車輛號誌時間，俟專供行人通行的專用時相出現方能通過，故有實行人專用時相情形下，行人延滯時間大幅高於無實施。惟該研究並未考量轉向車流之人車衝突所造成車輛運行效率之影響，以及安全方面之影響。

Allyson 等[5]針對行人專用時相的效用做評估，在加州奧克蘭市的 8th Street 和 Webster Street 做實務調查。透過 CCTV 收集實施前後三個月路口相關資料：行人流、車流、人車衝突事件、行人違規件數（紅燈穿越行人道）等，針對人車衝突、行人違規兩特性中之相關變數間做統計、多變量分析，並對當地大眾做接受程度的調查。結果顯示初期在實施遇到一些適應性問題：用路人（行人和車輛）初期不習慣號誌調整，對行人而言，相對延滯時間變長誘導違規穿越、行人清道時間有更多的行人嘗試穿越道路，有增加危險的疑慮；評估結果顯示在行人違規件數雖然有上升，但此實施明顯減低人車衝突事件，增加了行人面安全性，民眾也願意接受這樣的時制改變。

Muhammad 等[6]透過 VISSIM 微觀模擬軟體，針對四種行人穿越道的設計、兩種行人遵守號誌程度、兩種不同行人流動型態來進行交叉模擬分析，得到行人專用時相下行人、駕駛兩者各特性的有效性度量。在駕駛部分結果實施「Staggered」在延滯時間、停等次數、旅行時間都明顯較低，而「Scrambled」則是三者都最高；在行人部份「Parallel」、「Scrambled」相對較低許多，而「Staggered」在延滯時間、停等次數則是明顯居高。根據以上結果，「Scrambled」行人專用時相對於車輛行駛路段中增加其延滯時間且減少其單位時間內的流量，但對於行人安全上有一定的效益，而且是行人數量越大效果越顯著。而結果也有別於早期研究，其顯示實行人專用時相並未增加行人延滯的時間。惟因其採用極短的週期（42 秒），是否可適用於人、車交通量均大之路口，實用性尚待評估。

參、 分析方法

本文主要係以台灣地區公路容量手冊[2]與美國 HCM[7]之相關模式分析行人水平步道容量，利用有效步道寬度流率、行人延滯法、行人可用面積法等估計行人穿越道服務水準。

3.1 台灣地區公路容量手冊分析方法

台灣地區公路容量手冊[2]對於行人交通設施之容量分析，以行人步行速率、有效步道寬度、每行人所佔面積與速率、密度、流率之關係等行人流特性，輔以主觀的感受與度量之考量下，定義水平步道之服務水準如下列六級：

- A 級：可自由地選擇步行的速率，可穿越慢行的人，且不會產生衝突，可任意改變方向。
- B 級：尚可選擇自由的步行速率，穿越時會產生輕微的衝突，可以超越前方的行人但會產生干擾。
- C 級：選擇自由的步行速率的能力受到限制，穿越時有較高的衝突可能性，略有可能超越前方行人。
- D 級：正常的步行速率受到限制，穿越或超越他人的可能性低，改變方向困難。
- E 級：行人接著前方的人群移動，步行速率受限於他人，穿越或超越他人的行動很困難，無法避免與他人產生衝突。
- F 級：行人的步行狀態為拖者腳走，穿越或超越他人的行動很不可能，與他人產生身體的接觸，反向行走很不可能。

除了文字定義外，本手冊依據商業區、通勤區之水平步道可依行人步行速率、有效步道寬度流率、行人平均佔有面積、平均密度等進行服務水準之估計（如表 1），本研究將依照該路口行人穿越道寬度之幾何條件，估計各側行穿行人量最大之週期有效步道寬度流率與服務水準。

表 1 行人交通設施服務水準等級

類		分 項 目	行人平均佔 有 面 積 (平方公尺/ 人)	流 率 (人/分·公 尺)	平均密度 (人/平方公 尺)	平均速率 (公尺/分)
A	水平 步道	商業區	≥ 3.13	≤ 22	≤ 0.32	67
		通勤區	≥ 3.13	≤ 23	≤ 0.32	> 72
B	水平 步道	商業區	2.08-3.12	23-31	0.33-0.48	63-67
		通勤區	2.08-3.12	24-33	0.33-0.48	69-72
C	水平 步道	商業區	1.28-2.07	30-48	0.49-0.78	58-63
		通勤區	1.28-2.07	34-49	0.49-0.78	63-69
D	水平 步道	商業區	0.85-1.27	49-59	0.79-1.18	50-58
		通勤區	0.85-1.27	50-66	0.79-1.18	56-63
E	水平 步道	商業區	0.84-0.84	60-72	1.19-2.10	35-50
		通勤區	0.84-0.84	67-80	1.19-2.10	38-56
F	水平 步道	商業區	< 0.48	< 72	> 2.10	< 35
		通勤區	< 0.48	< 80	> 2.10	< 38

資料來源：[3]，本研究改寫。

3.2 美國 HCM 分析方法

本研究另外使用美國 HCM[7]行人延滯法(average pedestrian delay method)和行人佔有面積法(time-space method)來評估行人穿越道的服務水準。

行人延滯法探討有效綠燈長度和週期長度間的關係，求得平均行人延滯時間來做為衡量行人通行行人穿越道的服務水準，透過公式(3.2-1)和表 2 求得相關週期下之平均每人延滯時間及其服務水準。

$$d_p = \frac{0.5(C-g)^2}{C} \quad (3.2-1)$$

其中

d_p ：平均每人延滯時間(秒)

g ：有效綠燈時間(秒)

C ：週期長度(秒)

表 2 各種行人延滯時間下之服務水準

服務水準	行人延滯(秒)	違規穿越路口可能性
A	<10	低
B	>=10 – 20	
C	>20 – 30	中
D	>30 – 40	
E	>40 – 60	高
F	>60	非常高

資料來源：[7]

行人佔有面積法主要透過行人和交管兩種構面下之因素考量進行分析。行人構面中如流量、速度、進出流量以及交管構面如有效綠燈長度、行穿長度、寬度等，來計算平均每人佔有面積來計算服務水準。公式(3.2-2)至(3.2-6)求得相關週期下之平均每人佔有面積 M 。

$$M = \frac{TS}{T} \quad (3.2-2)$$

其中

M ：每人佔有面積(平方公尺/人)

TS ：固定時間內行人所佔有面積(平方公尺-秒)

T ：總穿越佔有時間(人-秒)

而固定時間內行人所佔有面積 TS 和總穿越時間 t 則是透過收集而來的相關資料來求得；公式(3.2-3)探討從已知的行人平均速度和道路幾何條件下，可得知固定時間內行人所佔有面積 TS 。

$$TS = LW_E \left\{ (WALK + FDW) - \frac{L}{2S_p} \right\} \quad (3.2-3)$$

其中

TS ：固定時間內行人所佔有面積(平方公尺-秒)

L ：行人穿越道長度(公尺)

W_E ：有效行人穿越道寬度(公尺)

$WALK + FDW$ ：有效行人綠燈時間(秒)

S ：行人平均速度(公尺/秒)

公式(3.2-4)及(3.2-5)從已知行人平均速度的情況，以及考慮到調查區域行人流特性加以定義所產生的行人啟動延滯時間，來求得總穿越時間 t 。

$$t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.81 \frac{N_{ped}}{W}) \text{ 當 } W > 3.0 \text{ 公尺} \quad (3.2-4)$$

$$t = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.27 N_{ped}) \text{ 當 } W < 3.0 \text{ 公尺} \quad (3.2-5)$$

其中

t ：總穿越時間(秒)

L ：行人穿越道長度(公尺)

N_{ped} ：固定時距下通過之行人數

W ：行人穿越道寬度(公尺)

3.2：行人啟動延滯時間(秒)

從調查區域得知流進、出行人流量，與公式(3.2-4)及(3.2-5)所求之總穿越時間 t ，即可從公式(3.2-6)得知總穿越佔有時間 T 。最後透過公式(3.2-2)和表3求得相關週期下之平均每人佔有面積 M 及其服務水準。

$$T = (v_i + v_o)t \quad (3.2-6)$$

其中

v_i ：進入某側路口之行人數量

v_o ：流出某測路口之行人數量

表3 各種評比下之服務水準

服務水準	行人佔有面積(平方公尺/每人)
A	>5.6
B	>3.7 – 5.6
C	>2.2 – 3.7
D	>1.4 – 2.2
E	>0.75 – 1.4
F	>0.75

資料來源：[7]

本研究針對三種觀點一步道寬度流率、行人延滯法、行人可用面積法進行估

計行人穿越道上之服務水準。台灣公路容量手冊所提供之方法，是以行人行走在水平步道上的觀點來進行探討，本研究探討之研究區域，屬於路口有號誌時相變換之因素，造成行人等候、行人囤積在停等區等行為，以致於行人號誌綠燈使亮時會有行人流流動不均衡之狀態；美國 HCM 中之行人延滯法考慮有效綠燈長度和週期間的關係，行人構面之因素如行人流量、行人速度、行人流到達型態等未考慮。前兩者方法適用在缺乏相關交通偵測器之地區；美國 HCM 中之行人佔有面積法從行人和交管兩構面內之各因素進行行人佔有面積的推估，其推估出之服務水準較具有可靠度，此方法適合用在人口眾多、交管設施完善之地區。

肆、實證分析

根據台北市交通管制工程處之統計，台北市目前(96.4.30)共計 96 處路口實行人專用時相，專用時相實施時間因地區特性有所不同，大致區分為上下班(學)時段實施、部分時段實施及全天候實施等三種運作時段。

本研究以路口所在區位為依據，選擇台北市實行人專用時相之代表性中心商業區路口：松壽、松智路口，進行延滯及行人設施服務水準估計所需要之相關資料之調查。本研究路口現況如圖 2 所示：



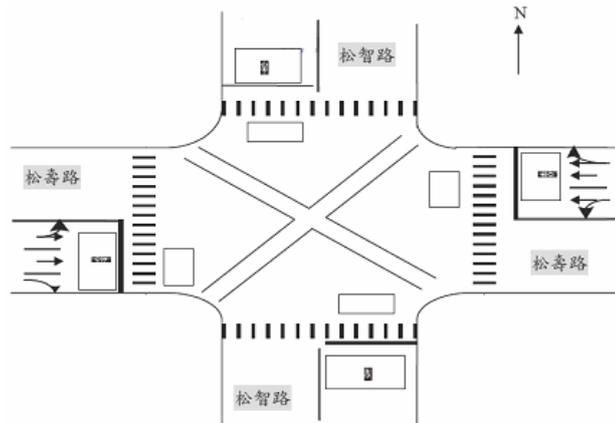
資料來源：台北市交通管制工程處

圖 2 調查路口之現況

4.1 松壽、松智路口之交通現況

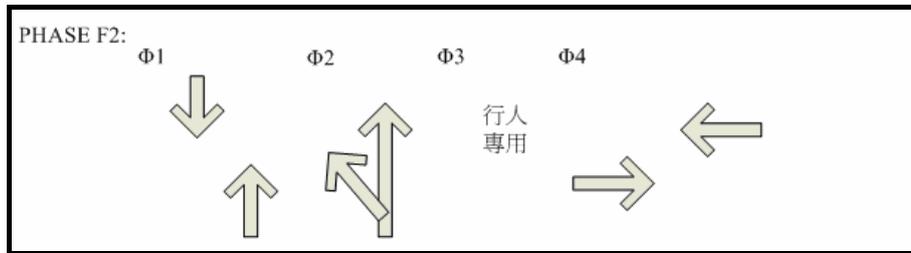
調查路口之幾何設計為 90 度交岔之十字路口。松智路為南北向共六車道（南北向各三車道）、無分隔島、禁止路邊停車之設計，寬約 20 公尺、行人穿越道寬約 4 公尺，松壽路為東西向共六車道（東西向各三車道）、無分隔島、禁止路邊停車之設計，寬約 20 公尺、行人穿越道寬約 3 公尺。此路口並繪有交岔型行人穿越道寬約 3 公尺，供行人專用時相作用時行人對角穿越使用，其示意圖如圖 3 所示。

路口號誌時制為影響延滯之重要因素之一，根據台北市交通管制工程處交控中心之設定，圖 4 為本路口實行人專用時相時之管制順序；表 4、表 5 所示為研究路口於平日、假日實行人專用時相之號誌週期長度、各行進方向綠燈時間、黃燈時間、全紅時間及各向行人穿越時間，單位均以秒計之。



資料來源：[4]

圖 3 松壽、松智路口幾何設計



資料來源：本研究整理

圖 4 時相F2示意圖

表 4 平日實行人專用時相號誌時制表

時段	時相	週期	時相數	時相一	時相二	時相三	時相四
0900~1900	F2	200	4	45	20	50	85
1900~2200	F2	150	4	35	15	40	60

資料來源：台北市交通管制工程處交控中心

表 5 假日實行人專用時相號誌時制表

時段	時相	週期	時相數	時相一	時相二	時相三	時相四
0900~1300	F2	200	4	45	20	50	85
1300~1630	F2	240	4	50	40	50	100
1630~1700	F2	240	4	60	25	40	115
1700~1900	F2	240	4	60	25	50	105
1900~2200	F2	150	4	35	15	40	60

資料來源：台北市交通管制工程處交控中心

4.2 個案分析

本研究挑選台北市信義區松智、松壽路口進行行人流調查，該路口位於台北市政府大樓東南角，台北市交通管制工程處交通控制中心在此架設閉路電視攝影機，可利用錄影資料分析行人流相關資料。惟該具攝影機於資料取得期間正好進行大修而無法運作，故本研究採用鄰近之松智、松高路口攝影機拉近焦距後進行行人流特性調查，其畫面如圖 5 所示：



資料來源：台北市交通管制工程處交控中心

圖 5 松智松高路口 CCTV 攝影機拉近拍攝調查路口之畫面

錄影資料以人工方式計算南側、北側、交叉型行人穿越道各號誌週期通過之行人量，其調查屬性如表 6：

表 6 本研究調查屬性

開始時間	結束時間	資料頻率	尖離峰別
2007/6/21 10:11	2007/6/21 12:11	一週期/200 秒	上午離峰

資料來源：本研究整理

本路口於調查期間之號誌時制參數如表 7：

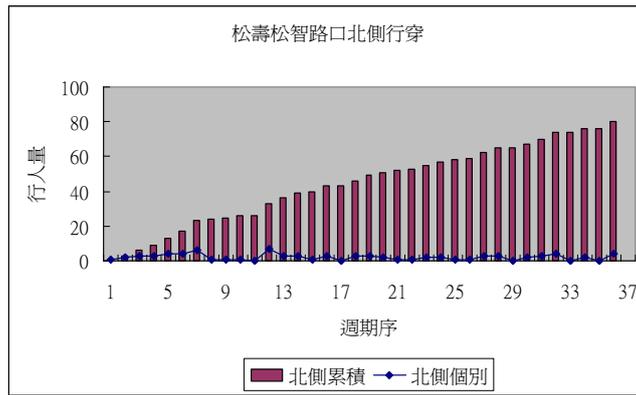
表 7 松壽松智路口上午離峰號誌時制

時制計畫別	週期	行人專用 時相時比	行人閃 綠秒數	行人專用時 相全紅秒數	行人專用時相 有效綠燈
4	200	50	20	5	45

資料來源：台北市交通管制工程處交控中心

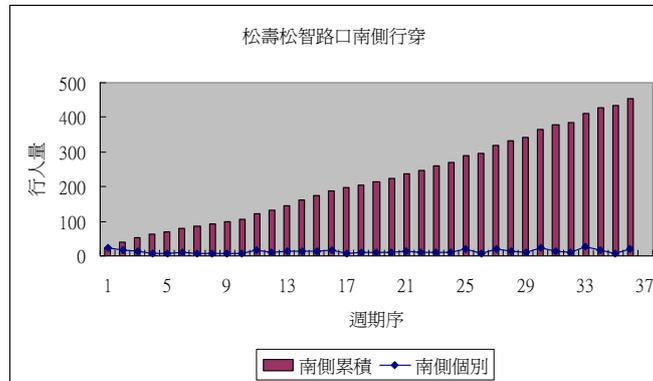
4.3 資料分析

本研究繪製該路口南側、北側、交叉型行人穿越道之各週期流率與累積流率圖如圖 6、圖 7、圖 8 所示：



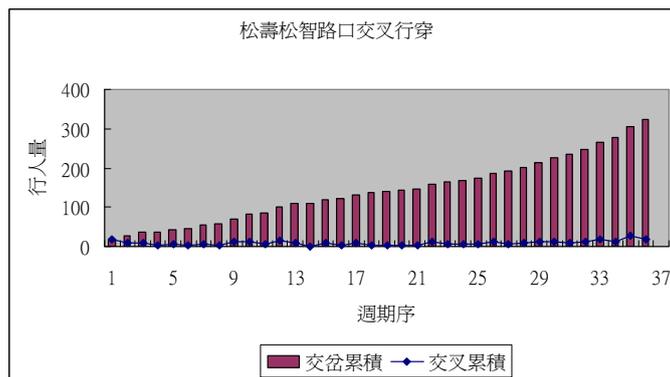
資料來源：本研究整理

圖 6 松壽松智路口北側行穿累積及各週期行人流率圖



資料來源：本研究整理

圖 7 松壽松智路口南側行穿累積及各週期行人流率圖



資料來源：本研究整理

圖 8 松壽松智路口交叉型行穿累積及各週期行人流率圖

根據台灣公路容量手冊之定義，水平步道依行人步行速率、有效步道寬度流率、行人所佔面積等進行服務水準之估計，本研究即依照該路口行人穿越道寬度

之幾何條件（南、北側各 3 公尺，交叉型 2 公尺），結果估計各側行穿行人量最大之週期有效步道寬度流率與服務水準如表 8。可以發現該路口行穿在調查時段內以本法評估均處於優良的服務水準之下。

表 8 松壽松智路口各側行穿有效步道寬度與服務水準

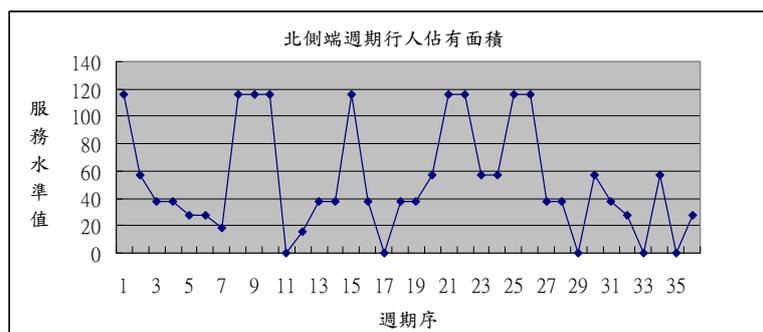
	週期別	有效步道寬度流率 (人/分·公尺)	服務水準
北側行穿	12	4.67	A
南側行穿	33	16.67	A
交叉型行穿	35	28	B

資料來源：本研究整理

根據美國 HCM 之定義，本研究在行人延滯法評估的部份，透過公式(3.2-1)以及從現有資料得知有效綠燈時間 g 為 45 秒、週期長度 C 為 200 秒，其計算結果平均行人延滯時間 d_p 為 60.1 秒，服務水準為 F 級。

本研究在佔有面積法評估的部份，根據本研究相關資料收集，定義有效綠燈時間 $WALK + FDW$ 為 45 秒；行人平均速度 S_p 為 1.2 公尺/秒；進入某側路口之行人數量 v_i 、流出某測路口之行人數量 v_o 則為 N_{ped} 的加總；台灣的行人啟動延滯時間為 2 秒。透過公式(3.2-2)至(3.2-6)求得固定時間內行人佔有面積 TS (平方公尺-秒) 與總穿越佔有時間 T (人-秒)，故可知行人佔有面積 M (平方公尺/每人)，其計算結果如圖 9、圖 10、圖 11。

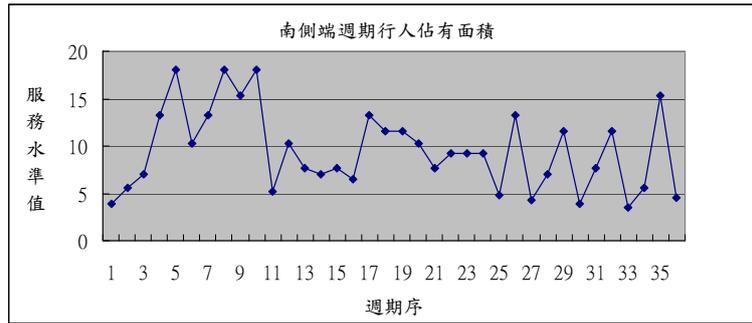
圖 9 為松壽松智北側端週期行人佔有面積(平方公尺/每人)相關示意，可知 36 個週期其服務水準均為 A 級。



資料來源：本研究整理

圖 9 松壽松智北側端週期行人佔有面積圖

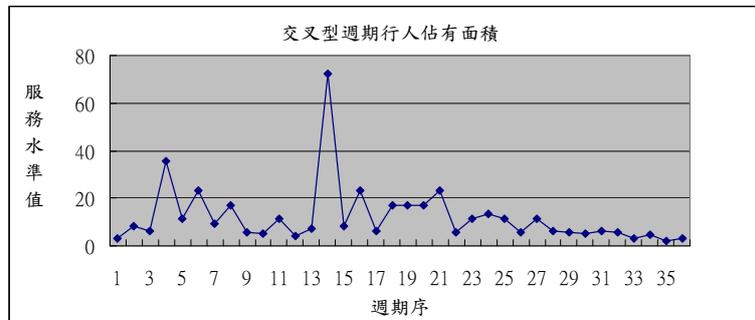
圖 10 為松壽松智南側端週期一行人佔有面積(平方公尺/每人)相關示意，可知週期 1、2、11、25、27、30、34、36 為 B 級；在第 33 個週期呈現 C 級狀態，其餘為 A 級。



資料來源：本研究整理

圖 10 松壽松智南側端週期行人佔有面積圖

圖 11 為松壽松智交叉型週期行人佔有面積(平方公尺/每人)相關示意，可知服務水準在週期 1、10、12、30、34、36 小部份為 B 級；在第 33 個週期呈現 C 級狀態；在第 35 個週期呈現 D 級狀態，其餘為 A 級。



資料來源：本研究整理

圖 11 松壽松智交叉型週期行人佔有面積圖

4.4 小結

本研究使用三種分析方法：台灣公路容量手冊有效步道寬度流率評估分析方法、美國 HCM 行人延滯法評估以及行人佔有面積法評估。結果發現台灣公路容量手冊在松壽、松智路口北側、南側均為 A 級，交叉處則僅有一個週期為 B 級服務水準；美國 HCM 之行人延滯法評估松壽、松智路口均為 F 級服務水準；行人佔有面積法評估北側均為 A 級、南側大部分為 A 級，小部分 B 級以及出現一個 C 級服務水準。如表 9 所示：

表 9 三種分析方法之服務水準比較

	北側	南側	交叉處
台灣公路容量手冊有效步道寬度流率評估	A 級	A 級	最低為 B 級
美國 HCM2000 行人延滯法評估	F 級	F 級	F 級
美國 HCM2000 行人佔有面積法評估	A 級	最低為 C 級	最低為 D 級

資料來源：本研究整理

台灣公路容量手冊所提供行人流服務水準之方法，是以行人行走在水平步道上的觀點來建立。本研究之類型為路口行人流服務水準，有因號誌時相轉換而產生的停等行為，即產生所謂的阻斷率，有別於行走於水平步道上之行為，故有高估之疑慮。美國 HCM2000 中，行人延滯法評估只考慮有效綠燈長度和週期間的關係，未考慮到行人到達型態、行人量等變數，故結果有低估之疑慮；行人佔有面積法評估，從行人構面中如流量、速度、進出流量等和交管構面如有效綠燈長度、行穿長度、寬度等來計算平均每人佔有面積來計算服務水準。相較於上述兩種方法，其考慮面相較多元以及完善，故計算結果較具有真實性和可靠度。

伍、 結論與建議

本研究所觀測之路口為松壽、松智路口之 CCTV 資料，其 CCTV 視角僅包含北側端、南側端、交叉面等，其餘如東側端和西側端行穿、路口四個角的行人停等區域等，都無法可得，再者 CCTV 擺設高度過低，故也缺少相關更精確的行人流到達狀態、累積人數、最大人數等，故在有限的環境下，無法評估出更準確之行人流服務水準。又因未取得尖峰時段之 CCTV 資料(如下午五點到八點間)，無法以最大行人流量狀態下之各項參數值來評估服務水準。

建議未來若有更進一步之行人專用時相路口行人流研究，可將美國 HCM2000 之行人停等區域服務水準分析、行人佔有面積法等分析程序本土化，過程中換算公式之相關係數應符合國內交通特性而略做調整。未來若能取得由路口上方俯瞰拍攝之 CCTV 畫面，則可進一步分析行人穿越道行人流最大密度、路口四個角等候區之行人到達型態與停等延滯，更精確定義路口行人穿越道服務水準。

經觀察錄影畫面，發現調查路口週邊之人、車違規情形在每個週期均有零星出現，如：行人於世貿三館違規穿越松智路至紐約紐約百貨、汽機車利用行人專用時相逆向行駛或逕行轉彎等，上述的行為或多或少都會影響研究資料之完整性，除建請加強取締類似行為外，國人對於遵守交通標誌、標線、號誌的觀念仍十分薄弱，主管機關仍有努力教育用路人遵守號誌管制通過路口之空間。

參考文獻

1. 交通部、內政部，「道路交通標誌線號誌設置規則」，民國95年。
2. 交通部運輸研究所，「2001年台灣地區公路容量手冊」，民國90年。
3. 何志宏，「單一路口號誌績效分析與時制設計」，交通部運輸研究所93年度交通工程人才培訓課程講義，民國93年。
4. 黃厚淳，「設置行人專用時相對車輛與行人延滯影響之研究」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國93年。
5. Allyson, K. B., Kara, E. M., and David, R. R., Oakland Chinatown Pedestrian Scramble: An Evaluation, Escholarship Repository, The University of California, 2003.
6. Muhammad, M. I. and Robert, B. N., “Micro-simulated Comparisons of Alternative Signalized Pedestrian Crossings,” *The Transportation 85th Research Record*, 2006.
7. Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, Special Report 209, NCHRP, 2000.

