

郊區雙車道公路號誌化路口停等車疏解特性之 初探¹

A Preliminary Study on Queue Discharge Characteristics at Signalized Rural Two-lane Highway Intersections

曾平毅 Pin-Yi Tseng²
陳昱達 Yu-Da Cheng³

摘要

郊區雙車道公路平日之交通量雖不高，但其總里程長度所佔比例將近 50%，惟國內交通界對於郊區雙車道公路交通特性的了解相當有限，早期的文獻多直接引用美國的公路容量手冊(Highway Capacity Manual, HCM)的相關資料，交通部運輸研究所（以下簡稱運研所）有關的早期研究成果可靠度也不高，因此本研究乃嘗試針對郊區雙車道公路號誌化路口之疏解特性進行探討。經於新北市及桃園市共蒐集 6 個郊區雙車道公路號誌化路口的停等車疏解特性後，分析發現郊區雙車道公路的號誌化路口所在位置不同，其交通組成與轉向情形有很大差異，本研究以直行小車分析對象，並與市區道路 S5 類型車道進行比較發現，郊區雙車道公路之號誌化路口疏解能力，相對較低於 S5 車道之疏解能力，平均約為 S5 車道的 80%，平均疏解車距為 2.98 秒/車。本研究亦分別估計得直行大車、左轉小車及右轉小車的直行小車 pce，分別是 1.55、1.23 及 1.32。這些成果有助於多了解號誌化路口之疏解特性

關鍵詞：郊區雙車道公路、容量、號誌化路口、停等車疏解車距、疏解率

¹ 本文為科技部國家科學委員會補助經費之專題研究 MOST 105-2410-H-015-007 部分成果，作者特此表示感謝。

² 中央警察大學交通學系教授（聯絡地址：桃園市龜山區樹人路 56 號，電話：03-3282321 轉 4619，E-mail：una139@mail.cpu.edu.tw）。

³ 中央警察大學交通管理研究所碩士班研究生，目前服務於中央警察大學教務處。

Abstract

The traffic on rural two-lane highways maybe light, but nearly 50% of the nation's paved highway mileages are two-lane highways. However, traffic characteristics on rural two-lane highways was rarely studied in Taiwan. Early literatures concerning this issue were often directly referenced to the US Highway Capacity Manual (HCM). Even the early researches on rural two-lane highway studies conducted by the Institute of Transportation (IOT) are considered to have limited reliability on applications. Considering the basic researches on the operational characteristics of vehicle departure at signalized rural two-lane highway intersections are very rare, this project thus explored this topic. Some findings on queue discharge characteristics of signalized rural two-lane highway intersections were obtained based on the data collected at six intersections in New Taipei City and Taoyuan City. The results show that traffic composition and traffic turning characteristics varied significantly by location of the studied signalized rural two-lane highway intersections. In this study, the straight car discharge model was examined by comparing that of the urban road S5 lane type. The results reveal that the queue discharge ability on the two-lane highways is about 80% of that of the S5 lane and the average queue discharge headway is 2.98 s/veh. The straight passenger car equivalent (pce) of a corresponding straight large vehicle, left-turn car and right-turn car were estimated to be 1.55, 1.23 and 1.32, respectively. These results provide more understanding on queue discharge characteristics at signalized intersections.

Keywords: Rural two-lane highway, Capacity, Signalized intersection, Queue discharge headway, Discharge rate

一、前言

郊區雙車道公路包括每方向只有一車道之市郊或城際公路。依據現行公路法規，汽車不得由慢車道（右線道）超車，因此雙車道上汽車之超車行為必定占用對向車道，故超車行為是此公路之一重要交通特性。而且，由於臺灣郊區雙車道公路常穿越丘陵區或山嶺區，故常有坡度路段，坡度(grade section)及平曲線(horizontal curve)對於行車運作亦有相當大的影響。另外，臺灣地區人口稠密，公路網密佈，因此郊區雙車道公路亦常設有號誌化交叉口，其運作明顯影響其整體運作。目前臺灣交通界對於郊區雙車道公路的研究很少。早期的文獻多直接引用美國的公路容量手冊(Highway Capacity Manual, HCM)等相關資料(黃燦煌, 1994; 謝志尚、許玉琴, 1996a; 1996b)，交通部運輸研究所（以下簡稱運研所）的早期研究成果(交通部運輸研究所, 2001; 2002)可靠度也不高，戴佐敏等人(2006)曾對於禁止超車區超車道佈設方法進行較深入的研究，近年來運研所陸續進行有關高速公路坡度路段的研究(交通部運輸研究所, 2013)。最近三年正在發展模擬模式，以期能進一步分析高速公路及郊區雙車道公路路段有坡度、平曲線的路段(交通部運輸研究所, 2014; 2015; 2016)。在 2016 年的研究指出(交通部運輸研究所, 2016)，於新北市金山區蒐集的一郊區雙車道公路（臺 2 甲）號誌化路口疏解特性，明顯低於市區號誌化路口的疏解率，約只有 80%。

雙車道公路之兩側如設置機慢車專用道者稱為標準雙車道，如未設置機慢車專用道者稱為混合雙車道。目前主管單位公路總局之公路編號中，第四級者為標準雙車道，而第五、六兩級者為混合雙車道，現有臺灣地區整體公路系統中，本類雙車道郊區公路所佔比例最大，約佔全長之 90%(交通部運輸研究所，2011)。郊區公路依據其所通過地區之地形，若其上、下坡度在 3% 以上且長度小於 800 公尺，或坡度在 3% 以下且長度小於 1,000 公尺者屬於一般區段公路，其他公路則屬特殊坡度區段。一般區段又可分成平原區、丘陵區及山嶺區等三類(交通部運輸研究所，2011)。平原區之公路能讓重車與小型車以相同之速率行進；丘陵區之公路迫使重車以甚低於小型車之速率行進，但重車之速率仍高於爬坡速率；山嶺區之公路只能讓重車以緩慢的爬坡速率行進。

有鑑於臺灣位於平原及丘陵地區的郊區雙車道公路之號誌化路口運作，常常是其公路運作的瓶頸，而臺灣交通界對於其疏解特性了解甚少，因此本研究乃以此為主題進行探討，以提供交通界參考。

本研究之研究目的有二：

1. 蒐集與分析臺灣郊區雙車道公路號誌化路口疏解特性。
2. 比較與分析郊區雙車道公路與一般市區道路之停等車疏解特性。

目前 2011 年臺灣 HCM(交通部運輸研究所，2011)第 13 章「市區號誌化路口」將車道疏解特性，依據以下 8 種車道類型進行探討：(1)直行快車道；(2)無衝突車流之直行/左轉共用快車道；(3)無衝突車流之直行/右轉共用快車道；(4)無衝突車流之直行/右轉共用的混合車流車道；(5)無衝突車流之左轉車道；(6)其他無衝突車流之車道；(7)衝突左轉車道；(8)機車專用道。經檢視常見之臺灣郊區雙車道公路，其疏解行為主要是直行車，其次才是左轉車及右轉車，故與市區號誌化路口疏解特性比較時，可能與(1)、(2)、(3)等三種車道進行比較。在目前有限資源狀況下，暫時不考慮有汽車及機車混合車流的狀況。

二、文獻回顧

本研究以下回顧 2011 年臺灣 HCM 號誌化路口容量估計方法、郊區雙車道公路車流特性、國內相關研究等，並作一綜合評析。

2.1 市區號誌化路口容量估計方式

一些文獻(曾平毅、林豐博，2005；曾平毅等人，2007；交通部運輸研究所，2006；2007)指出，當號誌化路口之綠燈啟亮後，一車道上停等車陸

續疏解之最大穩定流率，傳統上將之界定為飽和流率(Saturation Flow Rate)，一般都利用此值來估計號誌化路口之車道容量，而容量的估計主要來衡量路口之運作績效指標及化分服務水準等級。但研究發現，由臺灣本土性郊區及市區之現場資料顯示，停等車疏解特性與傳統飽和流率之觀念下的行為有顯著不同的行為；事實上，飽和流率並不是估計號誌化路口車道或車道群容量之必要基本參數，分析號誌化路口容量之方法，可利用直接估計在綠燈時段及燈號轉換時段的平均疏解車數的方式，以估計車道或車道群之容量，此方法可避免在應用飽和流率之觀念時所牽涉到的許多問題(張瓊文等人，2007)。其中，坡度之調整因素仍參考 2001 臺灣 HCM(交通部運輸研究所，2011)之設定值，並未針對坡度影響因素(例如最陡坡度、平均坡度、坡度終點與下游停止線之距離等)進一步探究。

換言之，2011 年臺灣 HCM(交通部運輸研究所，2011)認為在分析號誌化路口車道容量時，礙於飽和流率之不穩定性，以及損失時間估計上之困難，為了減少容量估計值誤差，可拋棄飽和流率及損失時間之運用，而採每週期能疏解車輛數之容量估計替代方法。由於不同路口之綠燈長度與每週期內能疏解之車輛數皆呈現接近直線之關係，若經由現場調查以估計車道容量，可有效減少估計誤差，並且相當接近實際值。

2011 年臺灣 HCM(交通部運輸研究所，2011)第 13 章利用下式以估計一般車道之容量：

$$c = \frac{3600}{C} \left[\sum_{i=1}^n N_{gyi} \right] f_v f_g f_b f_s f_z f_p \quad (1)$$

此式中，

c : 車道容量(輛/小時)；

C : 號誌週期長度(秒)；

N_{gyi} : 特定狀況下，在第 i 個可用時相之綠燈時段及燈號轉換時段中能疏解之平均停等車輛數(輛)；

n : 可用之時相數；

f_v : 車種及行進方向調整因素；

f_g : 坡度調整因素；

f_b : 公車站調整因素；

f_s : 路邊停車調整因素；

f_z : 交叉路口所在市區調整因素；

f_p : 衝突行人調整因素。

式 1 中之調整因素的性質，隨 N_{gyi} 的性質而變。例如 N_{gyi} 之值若已包括所有車種及行進方向，則沒有必要利用 f_V 來調整（換言之， $f_V=1.0$ ）。

2011 臺灣 HCM(交通部運輸研究所, 2011) 將車道分成 8 大類進行分析，其中「直行快車道」又可區分為表 1 之 6 種類型，其 N_{gyi} 可由表 2 之對應公式估計。其中能與郊區雙車道公路號誌化路口相接近的很可能是 S5 類型。

表 2 之 g 須根據下式來訂定：

$$g = G + \beta \tag{2}$$

此式中， g 為有效時相長度（秒）； G 為綠燈時段長度（秒）； β 為綠燈時段結束之後停等車繼續疏解之時間(秒)，建議值：3.5 秒。至於式 1 之各項調整因素，可參見 2011 年臺灣 HCM 之第 13 章。

表 1 直行快車道類型劃分

類型代號	車道之性質
S1	中央實體分隔、無快慢分隔、無緊鄰公車專用道
S2	中央實體分隔、無快慢分隔、有緊鄰公車專用道
S3	中央實體分隔、快慢分隔
S4	中央標線分隔、快慢分隔
S5	中央標線分隔、無快慢分隔
S6	緊鄰左側快慢分隔島

表 2 直行快車道 N_{gyi} (小車) 之估計模式

車道類型	估計模式	g 之範圍(秒)
S1	$N_{gyi} = -0.77 + 0.475 g + 1.273 \times 10^{-3} g^2$	5~55
	$N_{gyi} = -3.69 + 0.598 g$	>55
S2	$N_{gyi} = -0.98 + 0.426 g + 1.105 \times 10^{-3} g^2$	5~60
	$N_{gyi} = -5.40 + 0.566 g$	>60
S3	$N_{gyi} = -0.59 + 0.428 g + 1.250 \times 10^{-3} g^2$	5~50
	$N_{gyi} = -4.36 + 0.566 g$	>50
S4	$N_{gyi} = -0.88 + 0.437 g + 1.783 \times 10^{-3} g^2$	5~50
	$N_{gyi} = -3.70 + 0.582 g$	>50
S5	$N_{gyi} = -0.71 + 0.422 g + 1.500 \times 10^{-3} g^2$	5~70
	$N_{gyi} = -8.68 + 0.638 g$	>70
S6	$N_{gyi} = -1.28 + 0.425 g + 1.150 \times 10^{-3} g^2$	5~50
	$N_{gyi} = -3.24 + 0.522 g$	>50

此外，估計「無衝突車流之直行/左轉共用快車道」容量時， N_{gyi} 可用以下兩式來估計：

$g \leq 40$ 秒時，

$$N_{gyi} = 0.24 - 0.2W + (0.116 + 0.093W)g - (0.080 - 0.102W) \times 10^{-2} g^2 \quad (3a)$$

$g > 40$ 秒時，

$$N_{gyi} = -6.75 + 1.517W + (0.341 + 0.062W)g \quad (3b)$$

上兩式中，

N_{gyi} ：在有效時相 g 秒（見式 2）內能疏解之直行小車數（小車）；

W ：車道寬（公尺），適用範圍 2.8~3.4 公尺。

至於「無衝突車流之直行/右轉共用快車道」容量之分析， N_{gyi} 值可估計如下：

$g = 5 \sim 100$ 秒時，

$$N_{gyi} = -2.09 + 0.525g + 0.556 \times 10^{-3} g^2 \quad (4a)$$

$g > 100$ 秒時，

$$N_{gyi} = -7.43 + 0.634g \quad (4b)$$

上兩式中之 g 為式 2 之有效時相長度（秒）， N_{gyi} 之單位為直行小車。

式 1 中之 N_{gyi} 可能只代表一車道上其中一車種及行車方向（如直行小車），亦即式 3 及式 4 估計對象均為直行小車。在此情況下，其他車種及行車方向之車輛對容量的影響須用一因素或模式以反映在容量之估計值。傳統訂定此種因素的方法先將 N_{gyi} 所代表之車種及行進方向當作基本車種及行進方向。然後根據此基本車種及行進方向估計非基本車種及行進方向之車輛的當量，並利用下式以訂定調整因素 f_V ：

$$f_V = \frac{1}{1 + \sum_V \sum_i P_{Vi} (E_{Vi} - 1)} \quad (5)$$

此式中，

f_V ：車種及行進方向調整因素；

P_{Vi} ：車種 V 、行進方向 i 之車輛的百分比（%）；

E_{Vi} ：車種 V 、行進方向 i 之車輛與基本車種及行進方向之車輛比較所得之當量。

表 3 不同車種及行進方向相關車輛之當量

車種及方向		基準車種及方向				
		直行小車	右轉小車	左轉小車	直行機車	右轉機車
直行	機車	0.42	0.39	0.40	1.00	0.93
	小車	1.00	0.93	0.95	2.38	2.22
	大車	1.80	1.67	1.71	4.33	4.00
左轉	機車	0.43	0.40	0.41	1.02	0.96
	小車	1.05	0.97	1.00	2.50	2.33
	大車	2.00	1.85	1.90	4.76	4.44
右轉	機車	0.45	0.42	0.43	1.07	1.00
	小車	1.08	1.00	1.03	2.57	2.40
	大車	2.70	2.50	2.57	6.43	6.00

註：1.機車比例大於 90%，將機車當量減少 0.05。

2.機車比例為 30%~50%，將機車當量增加 0.05。

3.機車比例小於 30%，將機車當量增加 0.10。

資料來源：2011 臺灣公路容量手冊(交通部運輸研究所，2011)。

2.2 郊區雙車道公路車流特性

目前國內對於郊區雙車道公路的探討，主要針對於不受號誌化路口影響的路段，故通常會探討超車行為（包括超車視距、超車速率等）、超車道或爬坡道設置、容量等議題。容量是最受關切的議題，雙車道公路的容量受駕駛行為、超車視距之供應、雙向車流中車距分布等因素的影響。運研所運輸安全組早期的研究(交通部運輸研究所，2001；2002)曾蒐集郊區二車道公路的資料與探討容量，但由於資料蒐集方法與分析錯誤：(1)對於自由車流速率的定義有誤；(2)速率資料來自於長度僅 5 公尺之短路段，估計誤差太大；(3)以車隊數 15 輛以上之樣本探討容量，車隊速率實際上是受到第 1 輛慢車的影響。因此沒有獲得可用的研究成果。

運輸計劃組後於 2006、2008 及 2009 年春節期間蒐集平坦雙車道公路上流率與速率關係的資料(交通部運輸研究所，2010)。調查地點包括南投縣從鹿谷往溪頭縣道 151 之 1.55K 處及阿里山公路（臺 18）31+900K 處。結果如圖 1 所示。上述兩地點之容量約略在 1,400~1,500 小車/小時/車道之範圍。目前臺灣已有的現場資料相當缺乏，因此運研所乃於 2013~2015 年進行發展模擬模式，並納入坡度及曲度等幾何設計對於車流運作的影響。預期未來將利用其所發展的模擬模式（命名為 2015HTSS 模式）之模擬結果來建立。

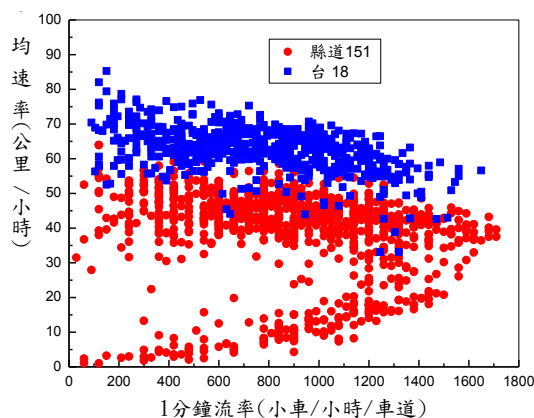


圖 1 南投縣道 151 及臺 18 雙車道公路車流之流率與速率關係

至於臺灣郊區雙車道公路的號誌化路口部分，運研所(交通部運輸研究所，2015)曾分析新北市金山區臺 2 甲陽金公路(往金山方向)與臺 2 基金公路的交叉口的疏解特性。該地點的速限為 50 公里/小時，單向有一寬 3.5 公尺之車道，另有一寬 2.1 公尺之慢車道及 1.5 公尺之路肩。號誌週期長度為 150 秒。面對調查路段之綠燈、黃燈及全紅時段各為 55、3 及 2 秒。此路段沒有機車停等區，但停止線下游 6.1 公尺處有一寬 5.3 公尺(大約等於主線車道及慢車道寬之和)，縱深 2.3 公尺之兩段式左轉機車待轉區。幾項特性說明如下：

1. 停止線下游機車之疏解

綠燈開始之後，在待轉區的機車先進入路口。因為待轉區的寬度(5.3 公尺)足夠 3 或 4 輛機車併排，所以除非機車排成好幾行等待綠燈，這些機車在綠燈亮後全部離開待轉區(後輪通過待轉區下游邊緣)所需的時間很短。根據 90 個號誌週期的資料，3 或 4 輛機車駛離待轉區所需的時間在 2.6 秒左右。因為停止線上游第一輛停等車與下游機車之距離常超過 5 公尺，而且疏解機車所需的時間短，所以停止線上游車輛的疏解率受下游機車影響的程度很低。

2. 主線 3.5 公尺寬車道停止線上游車輛之疏解

停止線上游一般只有小車、大車及未能在紅燈時段內超車接近或進入待轉區之機車。在調查路段停止線上游小車之第一輛車之疏解車距指綠燈開始到該車後輪通過停止線之所需時間，隨後車輛之疏解車距，則是該車後輪通過停止線之瞬間與前車後輪通過停止線之瞬間的時差。因為樣本數不足，該計畫將樣本數最少 3 輛的資料用來製成圖 2，則這些資料明顯的展現小車疏解車距有隨疏解之車數而下降的趨勢。右轉之平均疏解車距顯然比左轉車距及直行車距長。疏解車輛數不超過 6 輛時，直行之平均疏解

車距有稍低於左轉車距的現象。根據圖 2，在第 9 及第 10 停等位置之小車的平均疏解車距大約為 2.45 秒，相當於 1,470 小車/小時之疏解率。疏解 9 到 10 輛停等小車所需的時間在 24 秒到 27 秒之範圍內。根據 2011 臺灣 HCM(交通部運輸研究所，2011)所示之市區小車疏解特性(圖 3)，綠燈亮後 25 秒的疏解率約在 1,700~1,950 小車/小時之範圍內。所以郊區雙車道公路上號誌化路口停等小車之疏解率可能只有市區之 80%。

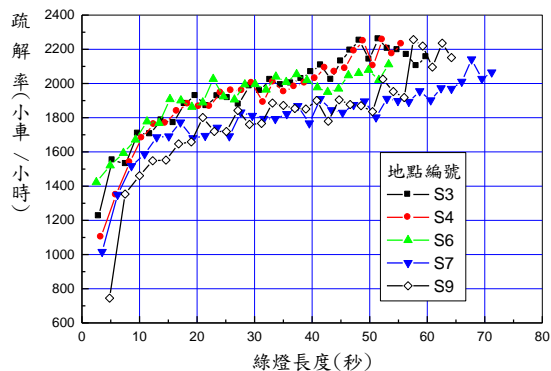
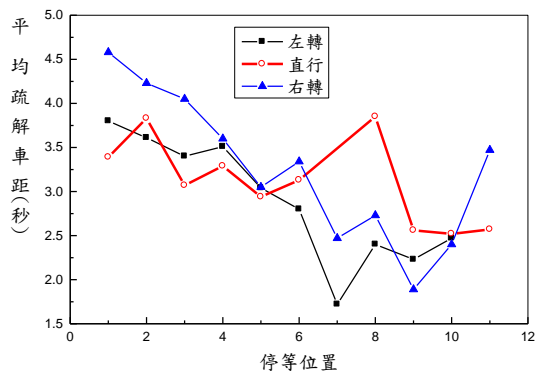


圖 2 停止線上游 3.5 公尺寬車道停等小車之疏解車距

圖 3 市區號誌化路口直行停等小車疏解率

調查路段上的大車不多，如不分停等位置，這些大車(多數為大客車)之平均疏解車距如下：左轉 5.07 秒(樣本數 3 輛)、直行 4.52 秒(樣本數 16 輛)、右轉 5.32 秒(樣本數 9 輛)。

2.3 綜合評析

本研究已於前言說明國內對於郊區雙車道公路的基礎研究相當的少。除已說明的文獻外，雖還有一些相關的文獻探討郊區雙車道公路之行車安全(謝志尚譯，1985；張新立，1989)。由於臺灣的各種公路設施，當然也包括郊區雙車道公路，其規劃設計與運作具有本土特性，國外之文獻並不見得適用於國內使用。因此，如果要進一步了解常見的郊區雙車道公路號誌化路口停等車疏解特性，有必要進一步蒐集現場資料，以探究其特性。

由前述之文獻回顧，綜合評析如下：

1. 2011 年臺灣 HCM(交通部運輸研究所，2011)在分析號誌化路口車道容量時，建議可以每週期能疏解車輛數之容量估計替代方法。由於不同路口綠燈長度與每週期內能疏解之車輛數皆呈現接近直線之關係，若經由現場調查以估計車道容量，可有效減少估計誤差，且相當接近實際值。

- 2.目前臺灣交通對於郊區雙車道公路的基礎研究相當少，早期的文獻多直接引用美國 HCM 的相關資料。為分析坡度及平曲線對郊區雙車道公路運作的影響，運研所最近三年著手於發展模擬模式(2015HTSS 模式)，以作為分析工具。但是對於在臺灣相當常見的郊區雙車道公路號誌化路口，目前的現場資料與了解相當缺乏。
- 3.根據運研所最近的研究指出，於新北市金山區蒐集的一郊區雙車道公路(臺 2 甲)號誌化路口疏解率，明顯低於市區號誌化路口的疏解率，約只有 80%。此現場資料是否有代表性，有賴多蒐集更多的現場資料，以進一步了解。

三、調查計畫與執行

3.1 研究範圍與限制

本研究考量路程往返的交通因素與時間成本，乃以新北市及桃園市之郊區雙車道公路號誌化路口作為研究對象。由於基礎的車流行為研究，多以小型車來建立，大型車或機車行為，則常利用小汽車當量(passenger car equivalent, *pce*)來換算為純小汽車流。加以預期郊區公路的大車(大客車、大貨車、聯結車等)及機車預期較少，因此，本研究蒐集的資料包括所有小型車及大型車，分析及比較時將以小型車為主要對象。資料處理時會暫時摒棄大型車及其後的車輛資料，大型車的疏解車距最後再一起分析其 *pce*。

臺灣郊區雙車道公路的號誌化路口一般不大，由於機車通常也不多，故不像市區號誌化路口有很多的機車設施(兩段式左轉待轉區及機車停等區)，因此本研究選取的路口為沒有機車待轉區及停等區的路口。資料蒐集過程僅針對未受到機車影響的停等小型車。此外，雙車道公路之兩側如設置機慢車專用道者稱為標準雙車道，如未設置機慢車專用道者稱為混合雙車道。受制於有限的資源，本研究暫時不考慮標準雙車道公路的資料蒐集。

3.2 停等車疏解車距調查方法

停等車疏解車距(headway)資料蒐集之方法，可以號誌化路口之停止線為參考線(原則上參考線應在第一部停等車車頭下游約 1~2 公尺之處)，參考線不能在第一部停等車車尾之上游(示意圖如圖 4)。調查員必須站立在不影響車流疏解但能觀察到整個因號誌而停等之車隊狀況的位置，檢視號誌轉換為綠燈之瞬間之車隊尾端(必須默記其車輛特徵)；並自號誌

轉換為綠燈之瞬間利用有記憶體之碼錶(stopwatch)開始計時，分別紀錄每一部停等車之車尾通過參考線之時間（以後輪通過參考線之時間為準）。第一部停等車之疏解車距則是綠燈啟亮至第一部停等車後輪通過參考線之車距，第二部停等車以後之疏解車距，則為前一部車通過參考線到該車輛通過參考線之車距。如有大車、左轉小車、右轉小車，則必須特別紀錄其停等位置。本研究目前之各項討論係以直行小車為主要對象，分析時暫時將大車、左轉小車、右轉小車及其後之樣本資料捨棄不用。綠燈時段完畢之後後輪尚未通過參考線但可疏解之車輛，則歸屬於燈號轉換期間內（包括黃燈與紅燈）之疏解車輛。由此，每一號誌週期如有大量之停等車輛，即可獲得適當之一筆停等車疏解車距資料。

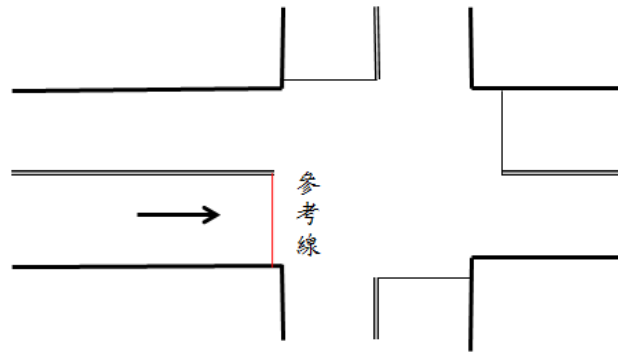


圖4 號誌化路口停等車疏解車距調查示意圖

調查期間須有較長之停等車隊，比較有利於資料蒐集，資料的蒐集非常耗時。但為了能有較高的資料可靠度，各停等位置之疏解車距資料，本研究均要求必須在估計誤差在 0.2 秒之內。

3.3 調查計畫

比對 2011 臺灣 HCM 第 13 章直行車道類型進行分類。並經前述文獻回顧本研究之郊區雙車道之類型較符合 S5 之類型（中央標線分隔/無快慢分隔），透過現地履勘的方式，決定實施調查之地點，且需要依照各調查路口的車流方向性，選擇調查時段，儘量增加調查週期數。本研究選取表 4 之六個地點進行調查。

本研究研究人員於前述地點，在天候良好之白天的尖峰期間進行實地觀測。主要選擇有足夠停等車隊長度（至少 10 部小車以上）、容易觀測及不受相關干擾因素（其他車種或行人、橫向車流、交通疏導人員指揮等）影響之調查車道，進行調查時並不需要量測交通量狀況。

進行調查時，當停等車隊因綠燈啟亮開始疏解後，上游仍有車輛駛至車隊最後方停等或後續車流有明顯接續停等車隊，且其車速受制於疏解車隊時，亦視為停等車隊。停等車隊疏解時，如有其他鄰近車道之車輛插入排隊停等車隊依序疏解，則亦視為停等車隊。

如有大車、轉彎車及干擾車流則必須特別記錄其停等位置，本研究將大車與小車資料分開討論，分析時乃將大車及其後方受影響之小車車距資料捨棄不用。

受干擾之停等車亦須特別註記，如第 1 部停等車有綠燈啟亮前提前起步之情形、臨時變換車道駛出停等車隊之車輛或其他不明原因非正常運行之車輛，分析時將這些受干擾之樣本資料捨棄不用。

本研究以有記憶體的碼錶現場觀察並記錄停等車隊疏解車距資料，調查人員之觀測位置需能同時觀測車隊最末端及車輛通過基準線的情形。觀測位置通常選擇路側選擇有遮蔽物或不易讓駕駛人察覺的位置，避免影響駕駛人的駕駛行為。可清楚觀測到停等車通過停止線之情形，且駕駛人不易察覺到觀測者。另一重點是要能很清楚地明視車輛通過基準線的瞬間。

表 4 調查地點與基本資料

地點 序號	路口名稱	道路 編號	週期數	號誌狀況(秒)		
				綠燈	黃燈	紅燈
1	新北市林口區麗園一街/忠孝路	北 76	36	70	2	38
2	桃園市龜山區大湖路/大坑路	桃 6	41	45	3	72
3	桃園市桃園區中興路/三鶯路	桃 10	31	105	3	42
4	桃園市龜山區大湖路/大湖一路 160 巷	桃 14	43	35	2	82
5	新北市林口區文化東路/文化七路	-	40	40	2	33
6	桃園市龜山區大湖路/忠義路	桃 14	39	43	2	72

註：均為中央標線分隔路型。

四、資料分析

4.1 資料處理

本研究參考臺灣 HCM 第 13 章「市區號誌化路口」分析市區號誌化路口疏解率之程序，探討郊區雙車道號誌化路口之停等車疏解特性。相關基本說明與資料處理程序如下：

1. 本研究所蒐集的現場資料只涉及中央標線分隔，無快慢分隔(S5 車道)號誌化路口的直行車道，透過分析新北市及桃園市等 6 個路段，說明郊

區雙車道停等車疏解特性之分析程序。前述路段皆為中央標線分隔、無快慢分隔、無緊鄰公車專用道，屬於 2011 臺灣 HCM 第 13 章「市區號誌化路口」所劃分之 S5 類型直行快車道。

2. 現場蒐集的資料先進行資料篩選，此階段先刪除停等車隊中大車及其後方的疏解資料，左轉小車與右轉小車及其後的疏解資料亦先刪除，此階段僅保留執行小車的疏解資料。直行大車、左轉小車及右轉小車的疏解資料，另外儲存，最後使用於計算平均疏解車距，再與直行小車平均疏解車距相比較，以估計合宜的小客車當量值(*pce*)。
3. 為提高資料可信度，本研究先計算每一停等位置之疏解車距平均值及標準差，進一步刪除兩個標準差以外之離散值(outliers)，並反覆操作至各停等位置之疏解車距資料均在兩個標準差以內。另外，選取的最後停等位置以估計誤差在 0.2 秒以內作為準則。

4.2 資料分析

經整理表 4 之六個路口資料，可彙整成表 5 之每一停等位置平均疏解車距（秒/車）資料與每個停等位置之疏解率（輛/小時）。由表 5 可知，在綠燈始亮到 15 秒至 20 秒之間，調查車道疏解率有持續上升的趨勢。但由於郊區雙車道公路之號誌化路口車流量相對較低，沒辦法類似市區道路號誌化路口能觀測到較長的停等車隊。

表 5 調查地點之平均疏解車距與疏解率資料

停等位置	地點 1		地點 2		地點 3		地點 4		地點 5		地點 6	
	疏解車距	疏解率	疏解車距	疏解率	疏解車距	疏解率	疏解車距	疏解率	疏解車距	疏解率	疏解車距	疏解率
1	3.13	1151	3.52	1023	3.29	1095	3.15	1143	3.11	1157	3.56	1010
2	3.19	1130	2.74	1312	2.94	1223	2.67	1346	3.22	1118	3.31	1086
3	3.18	1134	2.53	1421	2.59	1391	2.87	1255	2.99	1203	3.19	1127
4	2.77	1298	2.39	1508	2.27	1585	2.50	1441	2.55	1410	2.85	1265
5	2.77	1299	2.30	1567	2.09	1726	2.50	1439	2.41	1491	2.58	1396
6	2.44	1474	2.12	1699	2.25	1602	2.35	1531	2.33	1542	2.79	1291
7	--	--	2.03	1771	2.32	1549	2.32	1553	2.58	1393	2.63	1371
8	--	--	2.01	1793	2.20	1636	2.04	1764	2.61	1381	2.80	1285
9	--	--	2.00	1797	2.07	1739	2.30	1565	2.50	1443	2.35	1533
10	--	--	2.04	1769	2.01	1788	2.12	1702	2.76	1304	2.43	1484
11	--	--	2.04	1766	2.01	1790	2.21	1633	2.54	1415	2.33	1545
12	--	--	2.16	1664	1.99	1811	2.02	1782	2.38	1510	2.54	1420
13	--	--	1.97	1831	1.89	1901	2.13	1691	--	--	2.40	1501

註：平均疏解車距的單位為秒/車，疏解率（=3600/平均車距）的單位為車/小時。

本研究進一步整合六個調查地點的資料，並根據 2011 年臺灣 HCM 的資料整理方式，停等車位置與平均疏解車距資料，可估計每一位置之累積疏解車距(秒)，亦即自綠燈開始以後的「綠燈時間長度(秒)」，以下簡稱綠燈時間(秒)，進而建立其與「可疏解車輛數」(即停等位置之數值)的關係。本研究整理如表 6 所示。表 6 同時列出 2011 年臺灣 HCM 之市區道路 S5 類型車道的相關資料。

表 6 的資料可以繪製成圖 5 的關係圖，縱軸為綠燈長度(秒)，橫軸為可疏解車輛數(輛)。由表 6 及圖 5 均可發現，相對而言，郊區雙車道公路號誌化路口的疏解能力，相對較低於市區道路之 S5 類型車道的疏解能力。

表 6 綠燈長度(秒)與可疏解車輛數(輛)之關係

可疏解 車輛數(輛)	郊區雙車道公路		S5 車道	
	疏解車距(秒)	綠燈長度(秒)	疏解車距(秒)	綠燈長度(秒)
1	3.29	3.29	4.00	4.00
2	3.01	6.30	2.29	6.28
3	2.89	9.20	2.25	8.53
4	2.55	11.75	2.22	10.75
5	2.44	14.19	2.19	12.94
6	2.38	16.57	2.15	15.09
7	2.38	18.95	2.13	17.22
8	2.33	21.28	2.10	19.31
9	2.24	23.53	2.07	21.38
10	2.27	25.80	2.04	23.43
11	2.23	28.02	2.02	25.45
12	2.22	30.24	1.99	27.44
13	2.10	32.34	1.97	29.41
14	--	--	1.95	31.36
15	--	--	1.93	33.29
16	--	--	1.91	35.19
17	--	--	1.89	37.08
18	--	--	1.87	38.95
19	--	--	1.85	40.79
20	--	--	1.83	42.62

利用表 6 資料可建立以下 N_{gyi} 關係式：

$$N_{gyi} = -0.20 + 0.3356 g + 2.275 \times 10^{-3} g^2 \quad (6)$$

此式中， g 為綠燈長度(秒)， N_{gyi} 為可疏解的停等小車數(輛)。式 6 之判定係數 R^2 為 0.99，迴歸式之係數均顯著異於 0， F 統計量為 42550.85，亦具有顯著性(0.000)。整體言之，式 6 的迴歸式如同表 2 之各類型車道的迴歸式一樣，均具有統計意義，可作為估計停等小車疏解數之依據。

式 6 的綠燈適用範圍為 5~35 秒，主要是受制於郊區雙車道公路之號誌化路口停等車輛一般不長，綠燈長度及號誌週期均不長。S5 車道屬於市區道路的號誌化路口，由表 2 可知，其綠燈長度的適用範圍較長。

另由圖 5 知，郊區雙車道公路之號誌化路口疏解能力，相對於 S5 車道的疏解能力較低。亦即相同的綠燈長度，其可疏解的停等小車數低於 S5 車道可疏解的小車數。由表 2 的各迴歸式及式 6 可知，綠燈長度 g 的係數值（單位為車/秒）主要控制其平均疏解能力。表 2 之 S5 車道 g 的係數為 0.422（車/秒），式 6 之綠燈長度 g 的係數則是 0.3356（車/秒），換言之，S5 車道之平均疏解率為 $1/0.422 = 2.37$ 秒/車，郊區雙車道之平均疏解率為 $1/0.3356 = 2.98$ 秒/車。若是以 S5 車道為基準，郊區雙車道公路號誌化路口之停等車疏解能力調整係數(adjusted factor)為 $2.37/2.98 = 0.795$ ，約為 S5 車道疏解能力之 80%。

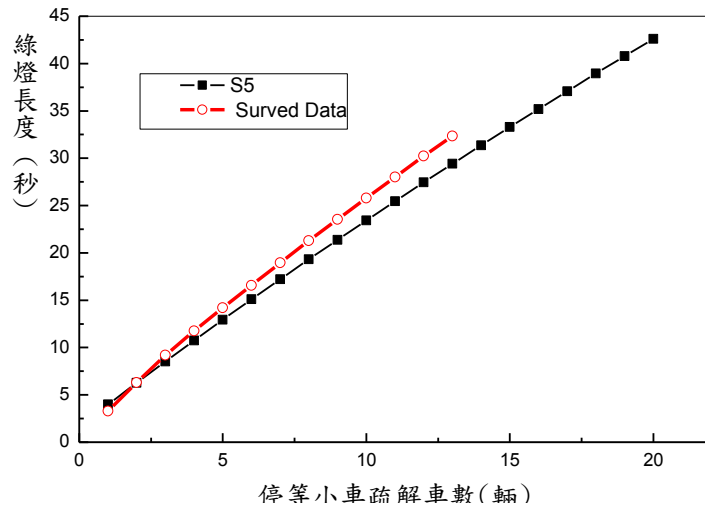


圖 5 綠燈長度與可疏解停等小車數之關係圖

4.3 小客車當量值(pce)

由於郊區雙車道公路之單向車道數僅有一車道，前述分析時僅針對純直行小汽車流的資料分析，但實際的車流中存在直行大車與左轉、右轉小車，故本研究彙整所有調查資料中之平均疏解車距資料，用以估計其直行小客車當量值(pce)。由於郊區雙車道公路之號誌化路口的交通組成差異性很大，要在同一地點蒐集足夠的各車種及左轉、直行、右轉疏解資料，實不可行，因此本研究乃彙整所有調查地點的資料進行分析。另外，因調查資料中左轉與右轉大車的樣本數甚低，不具代表性，故暫時不予分析。

經整理後，獲得表 7 的資料。平均而言，直行大車的平均疏解車距為 4.62 秒/車，相對於直行小車的平均疏解車距 2.98 秒/車，其直行小車 pce 可

估計為 $4.62/2.98 = 1.55$ 。左轉與右轉小車的平均疏解時間分別為 3.68 及 3.93 秒/車，故其直行小車 *pce* 分別估計為 $3.68/2.98 = 1.23$ 及 $3.93/2.98 = 1.32$ 。

表 7 小客車當量值(*pce*)之估計

平均疏解車距(秒/車)	直行大車	左轉小車	右轉小車
平均值	4.62	3.68	3.93
標準差	1.38	1.32	1.61
樣本數	98	71	55
<i>pce</i> 估計值	1.55	1.23	1.32

表 7 的直行大車平均疏解車距略大於直行小車，故 *pce* 大於 1，與先驗知識相符，但略小於 2011 年臺灣 HCM 的市區道路直行大車之直行小車 *pce* = 1.80 (交通部運輸研究所，2011)，此數值可供國內交通界參考。另外，2011 年臺灣 HCM 的市區道路左轉小車與右轉小車的直行小車 *pce* 分別是 1.05 及 1.08 (交通部運輸研究所，2011)，這些資料係來自於多個車道的市區道路，除了市區道路的車輛較多外，郊區雙車道公路的號誌化路口的轉彎小車操作一般也不像市區道路之駕駛人趕時間或積極，故轉彎的操作相對於市區道路駕駛人的操作較慢。這些數值亦可提供國內交通界參考。

五、結語

由於國內交通界對於郊區雙車道公路之號誌化路口停等車疏解特性的了解不多，本研究乃以此為題，進行初步的現場資料蒐集與分析。經本研究於新北市及桃園市共蒐集六個號誌化路口的停等車疏解特性後，分析後發現：

1. 郊區雙車道公路的號誌化路口所在位置不同，其交通組成與轉向情形有很大差異。本研究屬於基礎調查研究，故暫時以直行小車較多的地點進行調查分析，因此資料處理時，捨棄大車及轉彎小車，及其後方的停等車疏解車距資料，先行建立直行小車疏解分析模式。
2. 本研究整合六個地點的資料，建立式(6)的關係式。在目前 2011 年臺灣 HCM 的市區道路類型中，可以 S5 類型車道進行對照與比較。經式(6)及圖 5 的比較發現，郊區雙車道公路之號誌化路口疏解能力，相對較低於 S5 車道之疏解能力，平均而言約為 S5 車道的 80%，平均疏解車距為 2.98 秒/車。
3. 由於郊區雙車道公路會有大型車、左轉小車與右轉小車，本研究亦整合各調查地點的資料，分別估計得直行大車、左轉小車及右轉小車的直行小車 *pce*，分別是 1.55、1.23 及 1.32。這些數值可以提供作為轉換為純直行小車流疏解特性分析之用。

因郊區雙車道公路的號誌化路口一般停等車隊不長，且號誌週期較市區道路短，故現場調查工作不容易蒐集到有很長的停等車隊，調查工作相當艱辛。本研究為一年期的調查研究工作，其相關成果可以提供國內交通界及後續研究之參考。

參考文獻

- 交通部運輸研究所(2001)，城際二車道公路容量修訂之研究(二)。
- 交通部運輸研究所(2002)，城際二車道公路容量修訂之研究(一)。
- 交通部運輸研究所(2006)，市區號誌化路口容量分析及服務水準之研究。
- 交通部運輸研究所(2007)，市區號誌化路口容量分析及服務水準之研究(2/2)。
- 交通部運輸研究所(2010)，機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究(3/3)。
- 交通部運輸研究所(2011)，2011年臺灣公路容量手冊。
- 交通部運輸研究所(2013)，高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量及車流特性研究(3/3)。
- 交通部運輸研究所(2014)，公路坡度路段模擬模式之發展及應用(1/3)。
- 交通部運輸研究所(2015)，公路坡度路段模擬模式之發展及應用(2/3)。
- 交通部運輸研究所(2016)，公路坡度路段模擬模式之發展及應用(3/3)。
- 黃燦煌(1994)，「車道公路服務水準評估方式之探討」，*中華道路季刊*，第33卷第3期，頁12-19。
- 曾平毅、林豐博(2005)，「利用飽和流率分析號誌化路口車道容量之重新檢視」，*中國土木水利工程學刊*，第17卷第2期，頁001-009。
- 曾平毅、張筱瑜(2016)，「市區道路下坡直行車道停等車疏解特性之研究」，*交通學報*，第15卷第1期，頁99-116。
- 曾平毅、張瓊文、林豐博(2007)，「市區號誌化路口停等車疏解特性」，*中國土木水利工程學刊*，第19卷第2期，頁289-300。

張瓊文、曾平毅、林豐博(2007)，「停等車疏解特性對號誌週期長度之影響」，運輸學刊，第 19 卷第 4 期，頁 363-382。

張新立(1989)，「影響二車道公路行車安全因素之研究」，運輸計劃季刊，第 18 卷第 4 期，頁 441-450。

謝志尚譯(1985)，「郊區雙車道公路之行車安全」，公路工程，第 11 卷第 11 期，頁 51-56。

謝志尚、許玉琴(1996a)，「雙車道公路容量分析-1」，公路工程，第 23 卷第 3 期，頁 35-50。

謝志尚、許玉琴(1996b)，「雙車道公路容量分析-2」，公路工程，第 23 卷第 6 期，頁 29-48。

戴佐敏、徐福聲、陳文琦(2006)，「郊區二車道公路禁止超車區超車道佈設方法」，運輸計劃季刊，第 35 卷第 3 期，頁 59-83。

(收稿 106/10/10，第一次修改 106/11/1，接受 106/11/17，定稿 106/11/23)