

機車專用道實際使用疏解寬度及容量 估計之研究

ESTIMATION OF ACTUAL DISCHARGE WIDTH AND CAPACITY OF EXCLUSIVE MOTORBIKE LANES

張瓊文 Chiung-Wen Chang¹
曾平毅 Pin-Yi Tseng²
陳志明 Chu-Ming Cheng³

(95年9月18日收稿，95年12月18日第一次修改，96年1月18日
第二次修改，96年8月5日定稿)

摘要

探討機車專用道容量問題，必須先了解機車之疏解特性，但由於國內先前有關的研究，未考量專用道分隔方式（如標線或實體分隔）之差異，且未說明機車專用道寬度如何量測，亦未適當交代取樣之週期數，以致於沒有具體的共通成果，實務上難以運用。因此，本研究錄影蒐集臺北市八個機車專用道的現場資料，其原始車道寬介於 1.7 ~ 3.4 公尺間，每個調查地點至少有 50 個週期，以停止線為基準線，記錄停等機車後輪通過基準線之橫向位置軌跡，並提出以 α 截集的觀念來決定「實際使用疏解寬度」；同時，計算分析每 2 秒之機車疏解率。分析結果顯示：(1) 將 α 訂為 0.05 時，所得之實際使用疏解寬度可有效地作為估計飽和流率之參數，故八處調查地點的實際使用疏解寬度在 1.3 ~ 3.4 公尺之間；(2) 各車道疏解率在綠燈啟亮後 10 秒開始平穩，顯示所調查之機車

-
1. 交通部運輸研究所運輸計畫組研究員（聯絡地址：105 臺北市敦化北路 240 號 8 樓；電話：02-23496812；傳真：02-25450428；E-mail：changcwn@iot.gov.tw）。
 2. 中央警察大學交通學系暨交通管理研究所教授。
 3. 中央警察大學交通管理研究所碩士，目前服務於臺中市政府警察局。

專用道存在飽和流率；(3) 饱和流率隨著實際使用疏解寬度的增加而明顯地增加；(4) 經利用實際使用疏解寬度 (W , 公尺) 及其飽和流率 (S , 機車／小時)，可建立推估式 $S = 6168.6 + 441.9W^2$ ，其判定係數 (R^2) 為 0.88 且參數均顯著，本研究進一步應用於估計不同綠燈時段下之容量。這些研究成果可以提供未來設置機車專用道之參考。

關鍵詞： 機車專用道、飽和流率、容量分析

ABSTRACT

The characteristics of motorbike discharge behaviors are very important for the analysis of the capacity of exclusive motorbike lanes. However, previous researches disregarded the influences of different separation types (i.e. road marking or physical separation) and did not illustrate the methods of measuring lane-width, and the numbers of sampling cycles as well. The findings in previous studies were inconsistent and impractical. This study collected field data using cameras at eight sites with lane-widths ranging from 1.7 to 3.4 meters in Taipei city, with more than 50 cycles at each site. Researchers recorded the horizontal positions of back-wheels of motorbikes passing the reference line, which was identified as a stop line, and determined the actual discharge-width by an α -percentage cutting rule. In the meantime, the numbers of discharged motorbikes were counted every 2 seconds. The findings of this study were summarized as follows. (1) The value of α was 0.05 because the corresponding actual discharge-width could be effective in estimating saturation flow rates. The actual discharge widths at these eight sites ranged from 1.3 to 3.4 meters. (2) The discharge rates became stable 10 seconds after green light turned on. It showed that the saturation flow rate exists. (3) It was found that the saturation flow rates clearly increased when the available lane widths widened. (4) Based on the available lane-width (W , meters) and the corresponding saturation flow rate (S , motorbikes/hr), a simple regression model was estimated as $S = 6168.6 + 441.9W^2$. The coefficient of determination (R^2) was 0.90 with all estimated parameters being statistically significant. Furthermore, this study estimated the capacities under various green intervals based on the estimated saturation flow rates. The results of this study are essential for setting up exclusive motorbike lanes in the future.

Key Words: *Exclusive motorbike lane; Saturation flow rate; Capacity analysis*

一、前 言

為利於都市地區混合車流之旅行效率及行車安全，而有汽機車分流的觀念之提出，民國 88 年交通部更提出「機車交通管理政策白皮書」^[1]，明確訂定汽機車分流的推動政策，其中機車專用道 (exclusive motorbike lane) 的設置漸行普遍。

機車專用道之設置，因應所在地之幾何條件與交通特性因素，而有不同的型式，如圖1所示，機車專用道之設置型式可進一步細分為三種基本型式，分別是兩側實體設施分隔、一側實體分隔而另一側以標線分隔以及兩側均以標線分隔。目前道路上實際設置之機車專用道，「兩側實體」分隔設置的機車運行被限縮在特定的空間範圍，「一側實體一側標線」的分隔設置，機車則常有行駛至專用道外的情形，「兩側標線（通常是雙白實線）」的分隔設置，機車則不見得只行駛在車道內，而常有駛出車道外之現象，其他車輛（包括小型車與大型車）亦可能侵入專用道之空間。

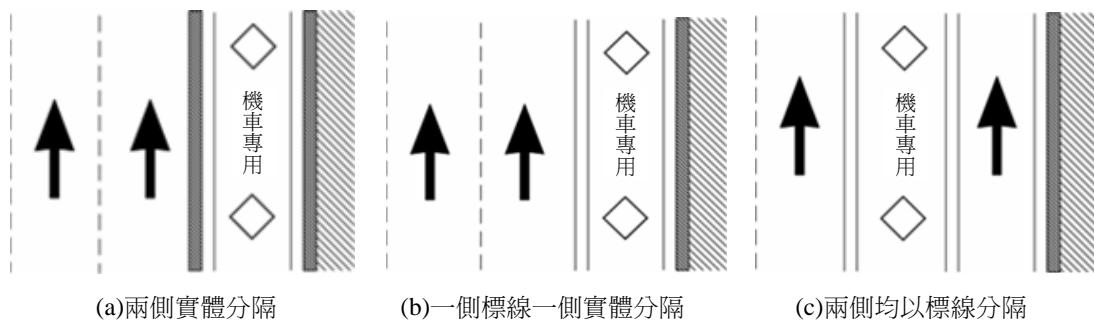


圖 1 機車專用道型式之示意圖

由於分隔型式的不同，機車行駛特性可能也就不同。停等機車的疏解特性是影響機車專用道容量之關鍵因素，其亦受車道分隔型式的影響。然而，目前國內的研究並無一公認或合理的方法來界定機車實際使用之疏解寬度^[2]，國內許多研究文獻^[3,4]，包括交通部運輸研究所（以下簡稱運研所）的一些研究^[5-7]，在推估機車專用道的飽和流率（saturation flow rate）時，多認為其與機車專用道的寬度成線性關係，並建構出線性模式來估算。

由於目前國內常見的機車尺寸差異並不大，但在各研究中所建立之飽和流率隨車道寬度的變動情形有很大差異，此狀況極有可能是因為對機車專用道之「實際使用疏解寬度」定義不同所致。換言之，如能有一合理的方法來決定機車專用道之實際使用疏解寬度，除可作為探討專用道疏解特性之基礎，並可以整合國內紛亂研究成果。

此外，由最近臺灣及美國之現場資料^[8-11]皆顯示，小汽車實際之疏解行為與傳統飽和流率之疏解觀念有很大的差距。目前資料皆顯示，車道上只有直行小車時，疏解率在第15輛停等車疏解之後仍可能繼續上升，此情況會造成運用傳統估計車道容量的困擾。曾平毅與林豐博^[12]更建議可以考慮拋棄傳統飽和流率及損失時間之運用，而採直接估計有效綠燈時間及燈號轉換時段內的平均疏解車輛數，以進行容量的估計。國內以往的研究均認為機車專用道會存在飽和流率，但不同研究對於綠燈啟亮後多久會有穩定的機車疏解率，則有差異甚大的不同的數值。事實上，國內自民國68年起就陸續有探討機車專用道容量的研究^[3-7,13,14]，且多認為純機車流之疏解存在飽和流率。但這些研究未考量專用道分隔方式

(如標線或實體分隔) 之差異，亦未探討專用道寬度如何量測，更未適當交代取樣之週期數(不是太少就是未交代)，以致於沒有具體的共通成果，實務上很難運用。

有鑑於亟需一套客觀、合理的定義方法，且在此共通的基礎下，可以適當彙整歷年的各研究成果，輔以現場資料的蒐集分析，以建立適切的容量估計方法，故本研究藉由下列五項工作的進行，以釐清前述問題：

1. 探討各類型機車專用道實際使用疏解寬度的客觀界定方法。
2. 探討機車專用道的疏解特性。
3. 檢視機車專用道於號誌化路口是否適用飽和流率以進行其容量之推估。
4. 建立機車專用道實際使用疏解寬度及飽和流率之關係。
5. 推估號誌化路口機車專用道容量。

基於前述說明，本研究範圍界定在機車專用道疏解行為之探討、解釋與容量之推估，研究對象之機車專用道須符合以下基本條件：

1. 在近端路口停止線上游處未設置「機車停等區」。
2. 在近端路口停止線下游處未設置「機車兩段式左轉待轉區」。
3. 機車自路口疏解而通過基準線 (reference line) 時，不因轉向車流影響其疏解特性。

其中，第 1 及第 2 主要排除機車兩段式待轉區及機車停等區對於機車專用道停等機車疏解之影響，第 3 則是排除機車轉向之影響。

二、文獻回顧與評析

2.1 號誌化路口車道容量

機車行駛於道路的行為與汽車具固定車道的駕駛行為不同，國內許多研究將機車以小客車當量 (pce) 換算的方式進行處理與探討，並無法真實反映機車之車流特性^[15]。近年許多針對機車疏解特性的研究，大多朝向飽和流率的方向解釋與探討，然目前機車的飽和流率觀念均係由小客車的研究基礎進而發展出來，雖然沒有研究可以確定機車的跟車行為或疏解特性可由小客車模式校估而得。不過純機車之疏解特性是否適合以傳統的號誌化路口容量估計方式來探討，則有需要進一步驗證^[2]。

號誌化路口等候車隊之疏解 (queue discharge) 係指綠燈時段開始後，停等之車輛依次進入交叉路口的現象。機車專用道的容量分析，長久以來均在已建立的小汽車車流理論下發展，近年來雖有許多研究對其車流特性與小汽車之不同處已有所體認，然其成果卻是多所分歧。根據傳統觀念，車道容量可估計如下^[16]：

$$c = S \frac{g}{C} \quad (1)$$

此式中，

c = 車道或車道群之容量估計值 (機車／小時)；

S = 飽和流率 (機車／小時)；

G = 有效綠燈時間 (秒)， $g = G + Y - L$ ；其中 G 為綠燈時段 (秒)， Y 為燈號轉換時段 (秒)， L 為損失時間 (秒)；

C = 週期長度 (秒)。

傳統的號誌化路口車道容量估計方法主要的弱點，在於當穩定之疏解流率不存在時，即無法估計得較精確的容量；而運研所^[8]提出，最近臺灣及美國之現場資料研究顯示，實際之疏解行為與傳統飽和流率之疏解觀念有很大的差距，車道上只有直行小車時，疏解率在第 15 輛停等車疏解之後仍可能繼續上升，此時因缺乏疏解率之穩定最高值，加上損失時間目前並沒有模式可用以準確估計的情況下，正確的損失時間卻是隨著路口及綠燈時段不同而變，而且變異相當大。

因此，純機車流之操作特性能否利用純小車流之概念來建立容量推估模式？此外，傳統方法所指之飽和流率於機車專用道時，如何應用？使用綠燈啟亮後多久之後的平均疏解率來作為飽和流率之推估值？本研究主要希望透過問題分析與現場資料，以作為探討機車專用道容量與服務水準分析方法的基礎。

2.2 國內機車專用道之飽和流率與其面臨之課題

國內對於機車專用道的研究，最早是林大煜^[13]針對臺北市天津街 1.5 公尺的機車專用道進行調查分析，其研究結果認為飽和流率應達 7,200 輛機車／小時；而後交通部運研所針對臺北市天津街^[17]、臺南市長榮路^[18]、臺北縣市間之福和橋永和端路口^[5]、馮輝昇^[3]針對敦化北路／八德路口，以及蔣靜宜^[4]針對臺北市林森南路地下道、承德路五段、忠孝橋及新竹市園區一路等地點之機車專用道進行調查。張瓊文等^[2]將調查結果彙整如表 1 及表 2，並提出目前國內對於機車專用道疏解特性的研究，對於機車專用道的寬度與其飽和流率，存在很多的問題。最共通的問題就是文獻未清楚交代其車道寬度的量測基準及調查之週期數，少部分研究有交待週期者，亦都僅在 10 ~ 20 個週期，更遑論進一步驗證。此外，由於機車道之寬度愈大，機車可以併行、鑽行或交錯行駛的機會愈大，則其飽和流率應該愈大。但各研究之結果顯然差異相當大，可信度令人質疑，亦增加了應用上之風險。

綜言之，目前國內探討機車專用道容量的研究，雖然均考量到車道寬度的影響，並且透過現場調查資料的蒐集，建構迴歸式，但是目前的各文獻成果並無法獲得一致性的合理實際使用疏解寬度定義，亦即車道的設計寬度與實際使用疏解寬度間的差異均未加以深入探討。此外，專用道的分隔型式可能會影響實際使用疏解寬度，但沒有相關的探討，卻很可能就是造成推估車道容量時的誤差來源。因此本研究認為如何研擬一符合實際狀況的「實際使用疏解寬度」，為探討後續疏解情形及容量分析的重要課題。

表 1 國內機車專用道寬度與飽和流率對照調查結果一覽表

機車專用道寬度 (公尺)	飽和流率 (機車／小時)	週期數	文獻來源	調查地點
1.50	7,200	10	林大煜 ^[13]	臺北市天津街機車專用道
1.80	3,978	未交待	運研所 ^[18]	臺南市長榮路機車專用道
1.80	5,139	30	蔣靜宜 ^[4]	臺北市林森南路地下道
2.10	7,432	18	蔣靜宜 ^[4]	臺北市承德路五段
2.30	6,140	未交待	馮輝昇 ^[3]	臺北市八德、敦化北路口
3.00	7,596	未交待	運研所 ^[5]	臺北縣福和橋機車專用道
3.00	8,255	20	蔣靜宜 ^[4]	新竹市園區一路
3.70	10,546	12	蔣靜宜 ^[4]	臺北市忠孝橋
4.50	8,906	未交待	運研所 ^[17]	臺北市天津街機車專用道

註：機車專用道寬度、飽和流率與週期數，均取自各文獻之數值。

表 2 歷年推估機車專用道飽和流率公式一覽表

公 式	文 獻	年 期	備 註
$S = 1475W + 1318$	運研所 ^[19]	民國 75 年	$2.5 \leq W \leq 6.5$
$S = 1914W$	運研所 ^[19]	民國 75 年	$2.5 \leq W \leq 6.5$
$S = 1548.37W + 4745$	運研所 ^[17]	民國 76 年	
$S = 1584.37W + 2495.74$	馮輝昇 ^[3]	民國 84 年	
$S = 5929.2W - 8424 + (1.647W - 2.34) H$	運研所 ^[6]	民國 90 年	H 為綠燈調整秒數
$S = 2597.4W + 860.5$	蔣靜宜 ^[4]	民國 92 年	

三、現場資料蒐集與分析

3.1 研究構想

經由機車專用道容量分析之課題分析後，本研究主要針對以下議題進一步探討：

1. 機車專用道的設置寬度及實際使用疏解寬度是否一致？

機車專用道與鄰近車道之分隔型式，如以實體分隔，因機車行駛時會與實體分隔設施保持某種安全的間隔，其所設計的寬度並無法完全提供疏解車流之用；若以標線分隔，則

無法完全約束車流於所繪設的標線內行駛。因此機車專用道的實際可用疏解寬度（尤其是號誌化路口疏解時），將會因其分隔型態的不同及駕駛人駕駛習慣的特性差異而交互影響。

雖然部分文獻曾提出以靜態車寬及動態車寬的觀念探討車道寬度的設置及使用情形，惟仍無法確實釐清實際使用疏解寬度。因此，本研究乃嘗試透過實地調查以取得機車在疏解時實際駛過觀察基準線車輪軌跡的使用寬度，並利用基本統計圖形顯示其分配情形，最後經由探討並尋求合理的「實際使用疏解寬度」（以 W 表示），並提出下列三類不同分隔型態配置下的寬度計算規則（左側及右側分別以 L 及 R 表示，下標 1 表示實體分隔，下標 2 表示標線分隔之情形），如此始能符合實際狀況。

- (1) 兩側實體：如圖 2(a) 所示，探討機車左側與實體分隔的淨空寬度 L_1 ，右側與實體分隔的淨空寬度 R_1 ，以求得實際使用疏解寬度 W 。
- (2) 一側實體一側標線：如圖 2(b) 所示，探討機車與實體分隔的淨空寬度 L_1 ，標線外的實際使用疏解寬度 R_2 ，以求得實際使用疏解寬度 W 。此情境包括左側實體與右側標線，與左側標線與右側實體兩種狀況。
- (3) 兩側標線：如圖 2(c) 所示，探討機車在左右兩側標線外的實際使用疏解寬度 L_2 及 R_2 ，以求得實際使用疏解寬度 W 。

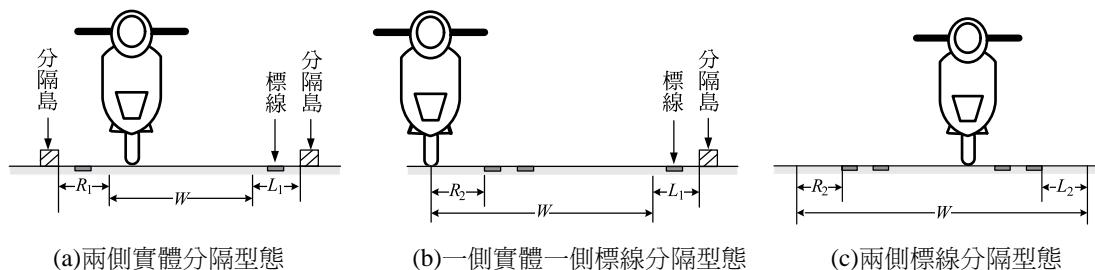


圖 2 機車專用道分隔型式示意圖

2. 機車專用道的疏解是否會存在飽和流率？

機車的運行因具有穿梭、繞行等與小汽車較不同的駕駛特性，因此在調查時係採用單位時間通過基準線的機車數來計算疏解率（機車／小時）。本研究利用現場資料計算疏解率，並繪製成圖形以觀察其疏解是否具有上下起伏或趨於平穩的趨勢，並分別檢定每兩組單位時間的疏解車輛有無顯著差異，以探討純機車流之疏解是否具有飽和流率，如有，會在綠燈啟亮後多久發生？

3. 機車專用道的實際使用疏解寬度與疏解特性的關係？

本研究透過實際使用疏解寬度的明確界定及基本條件的嚴格限定，以控制影響變數，並建立實際使用疏解寬度與飽和流率的關係式。

3.2 研究方法

為達成上述構想，研究工作與方法說明如下：

1. 疏解軌跡之探討

以攝影方式拍攝機車專用道於路口疏解之現場資料，再記錄與分析機車使用車道橫斷面空間分佈特性。

2. 飽和流率之檢定

如機車專用道之疏解特性存在飽和流率，則會在綠燈啟亮後某一時間之後呈現一穩定的最大疏解率，因此可利用不同時段分組以檢定其與最後一組可疏解機車數的差異性。本研究係以每 2 秒為單位，納入分析之各組樣本數至少有 30 個週期以上，經由單尾 t 檢定，可以檢定兩兩之間的疏解機車數是否有顯著差異，倘若在綠燈啟亮後某一時間的疏解機車數，經檢定均無顯著，則代表疏解率已趨於穩定，即代表飽和流率可能存在。

3. 機車專用道實際使用疏解寬度之決定

本研究考量統計學之信賴區間以及模糊理論中 α 截集 (α -cut) 的觀念，透過實際車行軌跡的探討以比較分析方式，訂定機車專用道的實際使用疏解寬度。 α 代表所量測軌跡最外側將切除的比率，亦即切除標線側車行軌跡最外側 α 後，剩餘軌跡最外側的刻度即為我們的上界或下界。有關 α 截集的觀念如圖 3 所示，圖中示意曲線所圍之面積代表全部疏解機車數，本研究將依實際軌跡資料，選取適當的 α 值，將超出標線外的 α 百分比機車數忽略，即忽略圖中的 A 與 B，而將 C 視為可代表疏解特性的機車流，而 L 與 R 即為車道兩側的臨界點， W 則是實際使用疏解寬度。

4. 實際使用疏解寬度與飽和流率關係之探討

利用迴歸分析^[20]可以建立實際使用疏解寬度 (W) 與飽和流率 (S) 之關係。

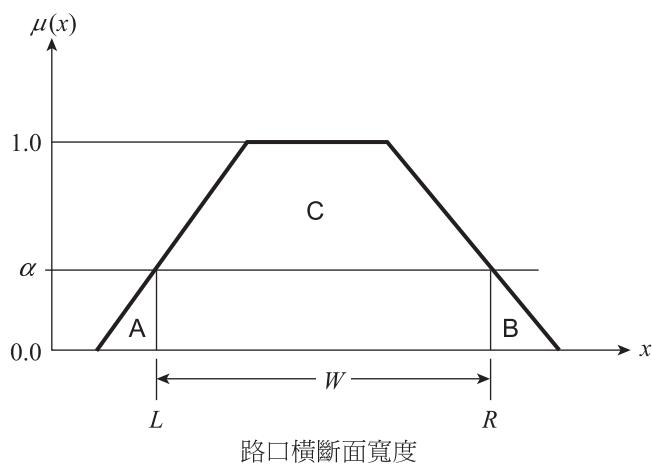


圖 3 α 截集 (α -cut) 示意圖

5. 機車專用道容量分析

如機車專用道之疏解存在飽和流率，本研究將利用傳統飽和流率之觀念建立機車專用道容量之推估式。

3.3 現場資料蒐集

本研究共蒐集得表 3 臺北市八個機車專用道的現場資料，各調查地點之調查時間主要在 95 年 1 月至 4 月間的上、下午尖峰時段。

表 3 機車專用道觀測路口一覽表

路口編號	調查地點	車道設置寬度	現場資料		分隔型式		地形
			週期數	機車數	左	右	
M1	臺北市承德路、士商路口	1.7 公尺	52	2,429	實體	標線	平地
M2	臺北市忠孝西、延平南路口	3.1 公尺	50	1,931	實體	標線	平地
M3	臺北市承德路、石牌路口	3.4 公尺	50	1,545	標線	實體	平地
M4	臺北市環河北、忠孝西路口	2.6 公尺	51	1,784	標線	標線	平地
M5	臺北市市民大道、延平北路口	3.4 公尺	52	2,265	標線	標線	平地
M6	臺北市大業路、大度路口	2.8 公尺	50	1,250	標線	標線	平地
M7	臺北市承德路、文林路口	3.4 公尺	50	2,247	標線	標線	平地
M8	臺北市端華中橋（往臺北縣上橋處）	2.8 公尺	61	912	實體	實體	橋上

註：M8 地點雖在橋上，但其地形坡度已非常接近水平，故本研究不特別處理。

本研究以停止線為參考基準線，並事先在基準線上每隔 0.3 公尺為繪設橫向的刻度，利用錄影方式將停等之機車車隊於綠燈啟亮後的疏解情形錄下，並透過事後判讀記錄機車疏解時使用路口橫斷面的寬度分配情形。以 0.3 公尺為刻畫尺度之主要理由是機車輪胎寬度約 0.1 公尺，在考量錄影之影像辨識狀況下，0.3 公尺可以作適當的刻度基準。

調查地點的選擇主要排除路邊違規停車問題，且不受橫向、轉向車流或行人影響之鋪面平整機車專用道。當停等車隊因綠燈啟亮開始疏解後，上游仍有車輛停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，則亦視為停等車隊。本次研究所調查之八處地點，抽取數個週期，逐一讀取每輛車後輪通過基準線之軌跡並加以記錄，而抽取之週期數所包含之總疏解車輛數至少達 500 輛以上，以減少誤差並增加精確及可信度，並明確定義車道設置寬度的量測方式。

1. 兩側實體分隔。以基準線左右延伸至實體分隔體的內緣寬度為其設置寬度，如圖 4(a) 所示。

2. 兩側標線分隔。以基準線左右延伸至標線分隔的外緣寬度為其設置寬度，如圖 4(b) 所示。
3. 一側標線一側實體分隔。以基準線延伸至實體分隔體的內緣，與基準線延伸至標線分隔的外緣為其設置寬度，如圖 4(c) 所示。

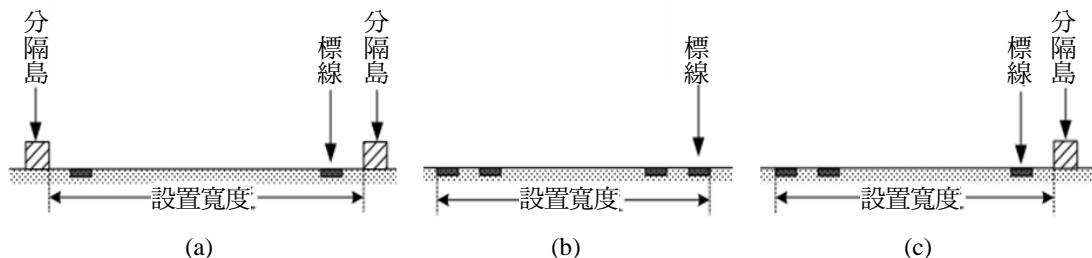


圖 4 車道設置寬度量測示意圖

四、實際使用疏解寬度與飽和流率

4.1 實際使用疏解寬度之探討

經本研究連續讀取每個路口調查資料數個週期，逐一判讀與記錄每部機車疏解時的後輪輪胎軌跡至少 500 個樣本。輪胎軌跡係以停止線為基準線，分別記錄每部機車後輪通過基準線時之橫向位置。經初步觀察發現機車駕駛人對於實體分隔及標線分隔有不同的駕駛行為，而且機車騎士面臨左側實體分隔或右側實體分隔時，其軌跡特性亦不相同。M1、M2、M3、M4、M6 及 M8 等六處路口的機車輪胎軌跡可繪製成圖 5，而 M5 及 M7 車道因錄影調查時無法取得最佳觀測位置，無法進行機車軌跡之探討。由圖 5 可知，在現有的執法管制方式下，機車在疏解時所使用的車道橫斷面分配均有雙駝峰的現象，顯示車道兩側被駕駛人使用的頻率較高，該現象可能是因為多數機車併排或交錯行駛，而兩車間必須保持的淨寬；也可能是機車騎士傾向靠車道兩側行駛，以防止其他機車超越時之間距不足而導致擦撞。

由各路口所調查的車行軌跡可知，除了 M8 路口為兩側實體而無車行軌跡超出專用道以外，其餘五處路口係一側或兩側為標線，軌跡均有超出專用道以外之情形，故在探討機車專用道的疏解寬度時，不應僅止於原始設計寬度，而應依駕駛人的駕駛傾向，以尋求停等車輛疏解時所利用車道的真正「實際使用疏解寬度」。另外可以發現，駕駛人跨越左側標線的比率明顯大於右側，以兩側均為標線的 M4 及 M6 為例，均是左側的比率大於右側，另以單側為標線的 M3 與 M1 為例，M3 左側為標線其超出專用道軌跡占 13.20%，較右側為標線的 M4 之 4.20% 為多，由此討論可知駕駛人在同樣面對標線分隔時，亦會因左、右側的不同而有不同的駕駛行為。

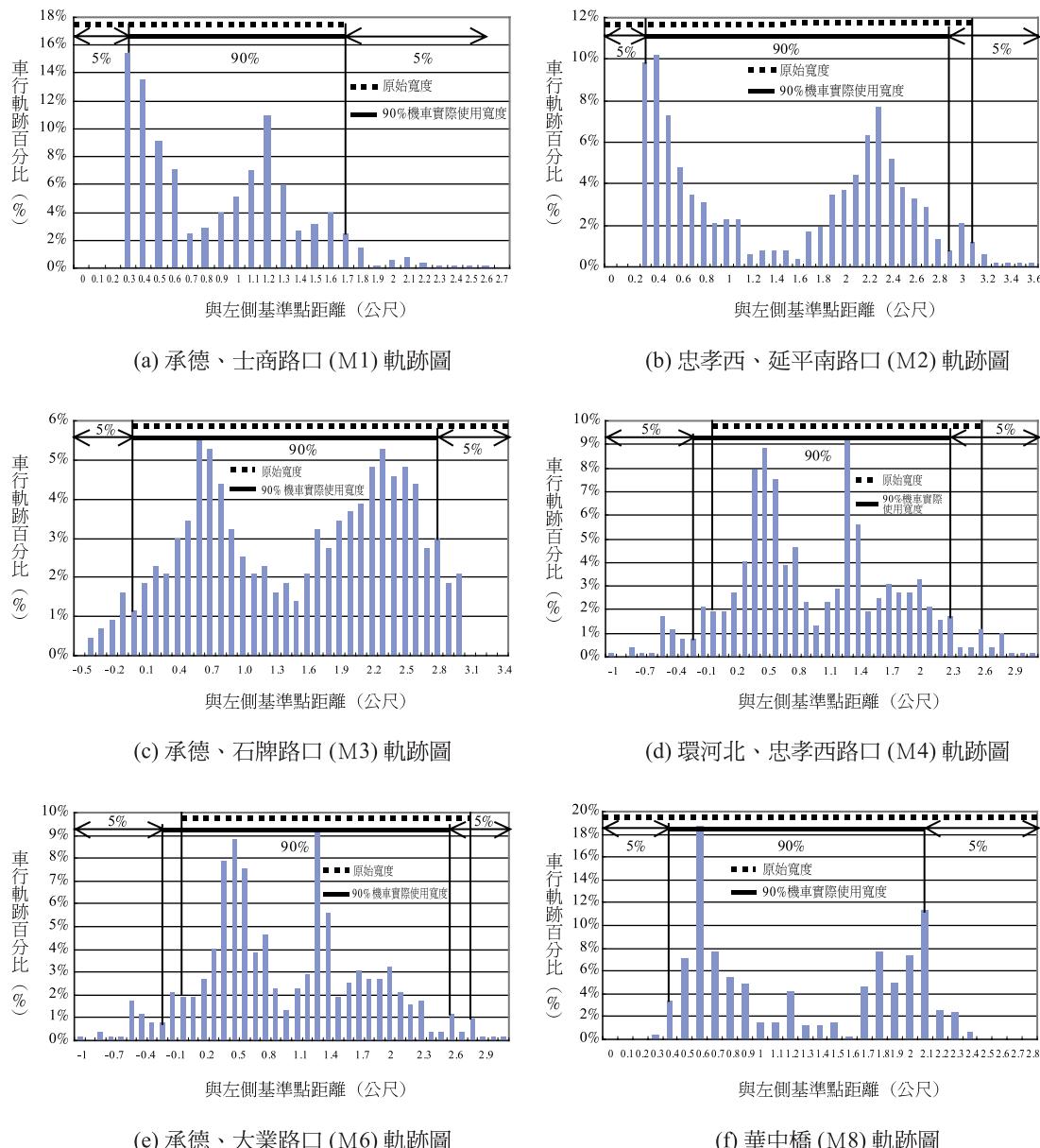


圖 5 六個機車臺用道機車輪胎軌跡統計分配圖

在實體分隔部分，由 M1、M2、M3 及 M8 等四處路口的軌跡分佈統計圖，可以發現在實體分隔設施的內緣，會有一段距離未被駕駛人使用，而影響該距離大小的原因可能是因本研究係以機車後輪通過基準線的軌跡為其使用分配情形，而機車實體本身具有一固定寬度，在不可能跨越實體分隔的狀況下，疏解軌跡與實體分隔的最小距離，至少應大於車輪至車體可能接觸分隔設施的寬度。另一可能是，當機車面臨實體分隔設施時，駕駛行為

亦會有如兩車併行時，於其間保持一安全間隔寬度。

本研究利用前一節決定實際使用疏解寬度之構想及輪胎軌跡分布資料，分別就機車專用道的「標線分隔」、「實體分隔」、「左側」、「右側」等四個因素加以組合，由現場資料決定出 α 為 5%。針對機車輪胎軌跡之空間分布，本研究曾設定單尾 α 為 2.5%、5% 及 7.5% 加以討論，經利用 α 截集所計算出來的寬度界定基準線，得知不同分隔型式之「原始設置寬度」與「實際使用疏解寬度」間的增減調整值較有規則性，而且也發現以此涵蓋率 90% 之寬度與飽和流率之關係亦較明確，因此本研究乃建議 α 值為 5%。換言之，實際使用疏解寬度包含了 90% 的機車輪胎運行軌跡。經進一步分析發現：

1. 機車專用道的左側與臨近車道為實體分隔時，所需保持的側向淨寬為 0.3 ~ 0.4 公尺；換言之，與左側實體設施間有 0.3 ~ 0.4 公尺的無效寬度。
2. 機車專用道的右側與臨近車道為實體分隔時，所需保持的側向淨寬為 0.6 ~ 0.7 公尺；換言之，與右側實體設施間有 0.6 ~ 0.7 公尺的無效寬度。
3. 以標線分隔的機車專用道，絕大部分的機車係行駛在標線最外緣之車道範圍內，其實際使用疏解寬度可以標線最外緣為基準。
4. 就現有的資料與前述分析，可歸納成表 4 之劃分方法，以決定專用道之實際使用疏解寬度。實際使用疏解寬度增減值與分隔型式較明顯有關，其與專用道設置寬度並無顯著關係；但是否與相鄰車道之寬度、交通量有關，因受限於調查地點之影像資料，並無法進行相關的分析與討論，建議後續研究深入探討。

依此，本研究調查之八個機車專用道可依據其分隔型式、原始設置寬度與實際使用增減值，估計其實際使用疏解寬度，請見表 5。

表 4 機車專用道分隔型式與實際使用疏解寬度之調整值

分隔型式	左側 (公尺)		右側 (公尺)		備註
	實體	標線	實體	標線	
I	-0.4	—	-0.7	—	
II	-0.3	—	—	-0.1	介於 -0.2 ~ 0 間
III	—	0	-0.6	—	
IV	—	0.2	—	-0.2	

4.2 飽和流率之探討

本研究利用八個機車專用道之現場資料，計算綠燈啟亮後每 2 秒之疏解機車數，用以估計其疏解率。每個地點之觀測週期數均超過 50 個以上，資料之準確性與可信度相當高。經計算後，可以獲得各車道的機車疏解率與綠燈時段的關係圖，請見圖 6。

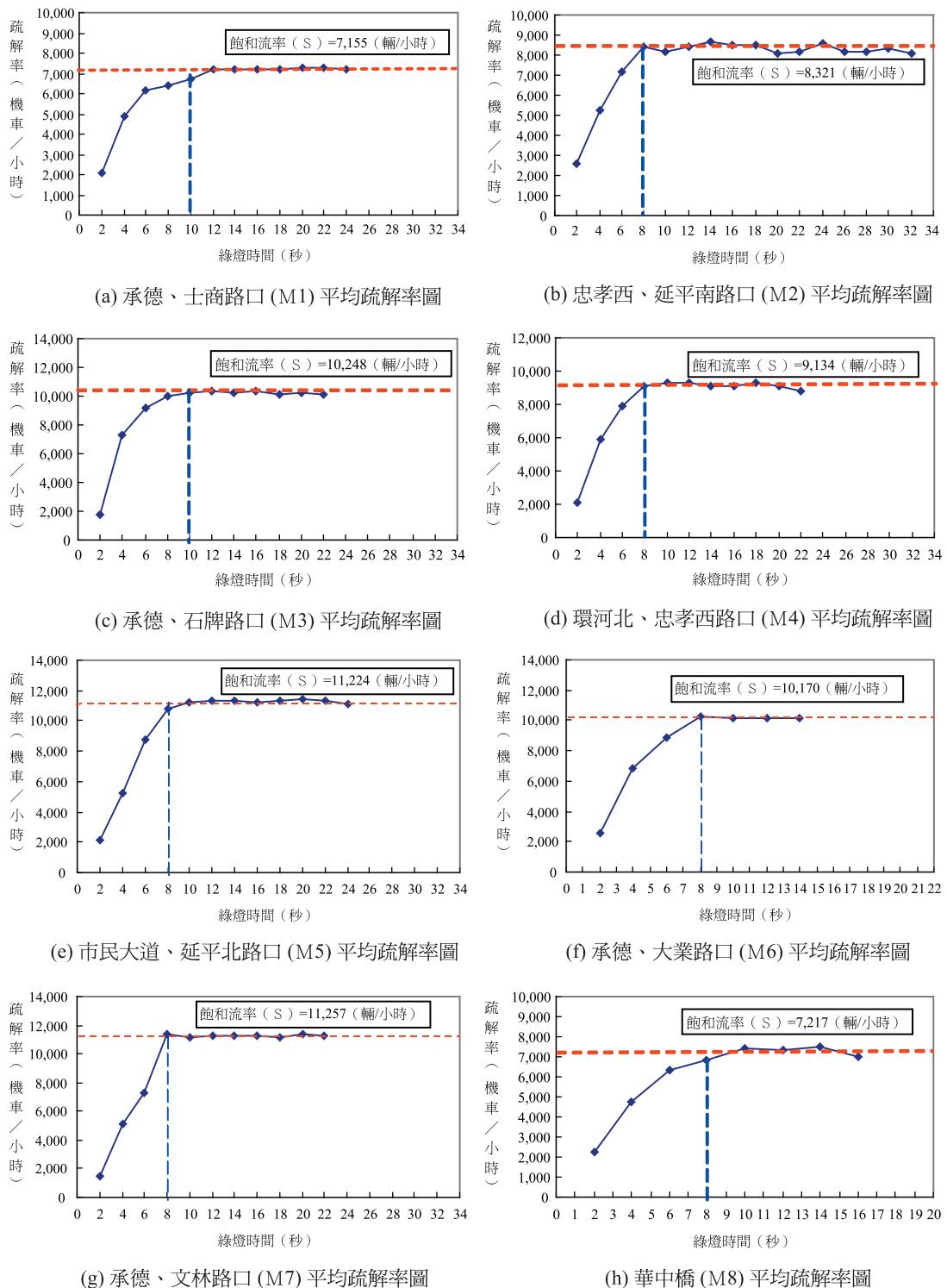


圖 6 各機車專用道之疏解特性圖

表 5 各機車專用道之設置寬度與實際使用疏解寬度

調查地點	分隔型式		原始設置寬度 (公尺)	寬度調整值 (公尺)		實際使用疏解寬度(公尺)
	左	右		左	右	
M8	實體	實體	2.8	-0.4	-0.7	1.7
M1	實體	標線	1.7	-0.3	-0.1	1.3
M2	實體	標線	3.1	-0.3	-0.1	2.7
M3	標線	實體	3.4	0	-0.6	2.8
M4	標線	標線	2.6	0.2	-0.2	2.6
M6	標線	標線	2.8	0.2	-0.2	2.8
M5	標線	標線	3.4	0.2	-0.2	3.4
M7	標線	標線	3.4	0.2	-0.2	3.4

由圖 6 之圖形可知，各地點之疏解率大約在綠燈啟亮後第 8 秒或第 10 秒以後，有較穩定之最大疏解率，很可能存在傳統學理之飽和流率。為了進一步解析機車疏解時是否存在飽和流率，由各路口調查所得的每單位時間疏解車輛數統計表中，抽取樣本至少有 30 個週期以上的疏解時間組數，透過 t 檢定比較不同疏解時間平均疏解車輛數之差異，並以同一調查地點之最後一組停等車平均疏解車輛數為比較基礎。

透過單尾 t 檢定，並以最後一組樣本數達 30 週期以上的疏解時間平均疏解車數為基準，在信賴區間為 95% 的設定下進行檢定。由統計檢定資料顯示，各路口檢定後的顯著性，隨著綠燈時間的推進由「顯著」變為「不顯著」後，即均為「不顯著」，可見疏解流率在某一時間點（自綠燈啟亮後 8 秒或 10 秒）後即無振盪的現象，而有一穩定之最大疏解率，亦即機車專用道純機車流疏解時有「飽和流率」。這些現場資料顯示，自綠燈啟亮後 8 秒或 10 秒後機車之疏解率才會穩定，此與前期研究認為綠燈啟亮第 4 秒以後或第 6 秒以後會有飽和流率之情形明顯不同。本研究建議，機車專用道飽和流率之計算，可以綠燈啟亮第 10 秒以後之平均疏解率來估算。各機車專用道之實際使用疏解寬度與其飽和流率如表 6 所示。

表 6 各機車專用道之實際使用疏解寬度與其飽和流率對照表

地點	實際使用疏解寬度 (公尺)	平均飽和流率 (機車／小時)
M1	1.3	7,155
M8	1.7	7,217
M2	2.7	8,321
M4	2.6	9,134
M6	2.8	10,170
M3	2.8	10,248
M5	3.4	11,224
M7	3.4	11,257

4.3 實際使用疏解寬度與飽和流率之關係

表 6 之資料可以繪製成實際使用疏解寬度及其飽和流率的關係圖，如圖 7 所示。本研究分別利用線性、二次多項式及指數等三類函數進行配適 (curve fitting)，結果如表 7。由各項統計量顯示，三種型式之迴歸式均有統計意義，都可以利用。而二次多項式的 R^2 值 0.88，比線性的 0.85 及指數的 0.87 為高，本研究考量關係式之實用性與統計性質，乃選用二次多項式作為機車專用道實際使用疏解寬度與飽和流率之關係式，適用的實際使用疏解寬度範圍介於 1.3 ~ 3.4 公尺。

表 7 機車專用道實際使用疏解寬度 (W) 與飽和流率 (S) 回歸統計量表

回歸類型	回歸式	自由度	R^2	F 值	顯著值	公式編號
線性	$S = 3964.9 + 2077.6 W$ (4.60) (6.46)	6	0.853	41.74	0.001	(2)
二次多項式	$S = 6168.6 + 441.9 W^2$ (12.92) (7.32)	6	0.883	53.61	0.000	(3)
指數	$S = 5052.2 e^{0.2320W}$ (95.08) (6.93)	6	0.870	48.03	0.000	(4)

註：回歸係數下括弧內數字表示 t 值，在 95% 信賴水準下均顯著異於 0。表中 S 指飽和流率； W 指實際使用疏解寬度。

由於現場資料之蒐集、整理與分析相當不易，本研究能用於構建迴歸模式之樣本數並不多 (只有八筆樣本)。但由圖 7 之關係可知，機車專用道之實際使用疏解寬度 (W) 與其飽和流率 (S) 之間存在很明顯之關係。基於實務應用之需要，仍有必要建立適用之關係式。本研究最後選用之二次多項式之 F 統計量顯著，表示該迴歸式具有統計意義；而各迴歸係數之 t 值亦均顯著異於 0，表示各係數有統計意義，亦即實際使用疏解寬度 (W) 具有解釋意義。因此式 (3) 在尚無更完整資料以建立關係式之情況下，可以暫時提供實務應用。

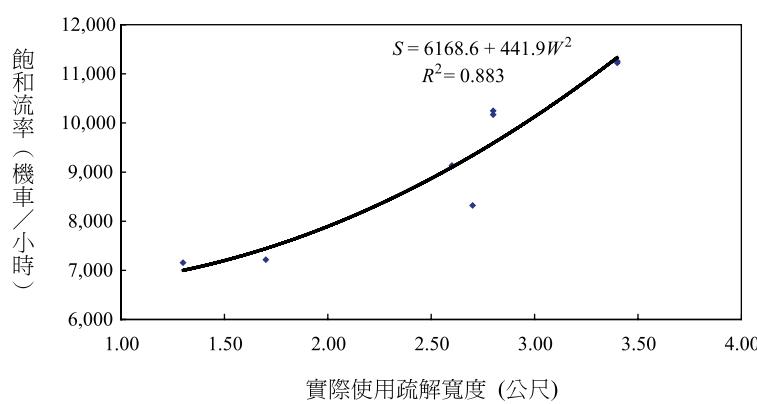


圖 7 機車專用道實際使用疏解寬度與飽和流率之關係圖

由圖 7 可知，當實際使用疏解寬度較低時，飽和流率隨著實際使用疏解寬度而增加的幅度較小，當實際使用疏解寬度較大時，飽和流率會較快速地隨之增加。此一情形很可能隱含著實際使用疏解寬度較小（例如低於 2.0 公尺），機車並不利於併行，但超過兩部機車可以併行之寬度時，機車行駛較有彈性，則飽和流率明顯隨著實際使用疏解寬度而增高。

五、機車專用道之容量估計

5.1 利用傳統飽和流率觀念之機車專用道容量估計方法

由前述本研究之探討知，機車專用道於號誌化路口之疏解特性存在飽和流率，且建議利用第 10 秒之後的資料以估計飽和流率。因此，本小節主要探討如何利用傳統飽和流率之觀念來探討機車專用道容量及其面對的問題。

如果利用式 (1) 來分析機車專用道之容量時，必須決定損失時間（包括綠燈啟亮之損失時間及燈號轉換時間之損失時間^[16]），但目前國內沒有可靠的研究指出如何適當決定機車專用道之損失時間。因此本研究乃利用目前八個調查地點的資料，以推估機車專用道之停等機車的綠燈損失時間。由於前述之探討已經指出，機車專用道可以利用綠燈啟亮後第 10 秒以後之平均疏解率作為飽和流率之推估值，因此，八個調查地點可分別利用飽和流率來計算前 10 秒疏解機車之「理論時間」，並利用 10 秒與該「理論時間」之差距來估計各車道之綠燈損失時間。綠燈損失時間之估計情形如表 8 所示，最大值為 3.53 秒，最小值為 2.35 秒，平均值為 2.69 秒，標準差為 0.43 秒。本研究建議以 2.7 秒作為綠燈損失時間之參考值。

表 8 八個調查地點之機車專用道綠燈損失時間估計值

地點	實際使用疏解寬度（公尺）	飽和流率（機車／小時）	(1) 飽和平均車距（秒／機車）	(2) 前 10 秒之機車數（機車）	(3) = (1) × (2) 理論疏解時間（秒）	(4) = 10 - (3) 綠燈損失時間（秒）
M1	1.30	7,155	0.50	14.60	7.35	2.65
M8	1.70	7,217	0.50	15.29	7.65	2.35
M2	2.70	8,321	0.43	17.54	7.59	2.41
M4	2.60	9,134	0.39	19.08	7.52	2.48
M6	2.80	10,170	0.35	21.48	7.60	2.40
M3	2.80	10,248	0.35	21.36	7.50	2.50
M5	3.40	11,224	0.32	21.21	6.80	3.20
M7	3.40	11,257	0.32	20.22	6.47	3.53

目前臺北市之機車專用道均與一般車道共同設置，由於機車疏解較快，其特性明顯有別於一般汽車之疏解特性，故於號誌化路口之各車道疏解特性顯示，機車專用道之機車均於很快的時間內疏解完畢，而此時其他車道則尚未疏解完畢。而且，號誌化路口之時制設計目前並未特別針對機車專用道之設置而有所調整。因此，從現場調查資料並無法觀測到燈號轉換期間之機車疏解特性資料。就學理與實務而言，沒有燈號轉換期間之損失時間估計值，就也很難應用式(1)之估計式。

根據本研究探訪臺北市交通控制工程處之官員得知，目前臺北市之黃燈時段一般為3秒，全紅時段則為3~8秒。由運研所之研究^[8]及前期研究^[12]顯示，要觀察停等車隊相當長，綠燈時段無法疏解完畢，而有車輛需要在燈號轉換時段疏解之資料相當難以取得。而目前本研究對於機車專用道之調查顯示，由於機車之疏解較快，故通常在目前之號誌化路口時制設計時，並不是主要之關鍵因素，故通常在綠燈啟亮達一綠燈時段後即疏解完畢，該時間通常比一般車道為短。如果假設機車於燈號轉換期間之損失時間為轉換時段之一半，換言之，如果燈號轉換時段為4秒，則轉換期間之損失時間為2秒。建議未來研究可進一步探討如何合理估計燈號轉換時段之損失時間或可疏解機車數。美國2000公路容量手冊對於一般汽車車道之損失時間則逕以4.0秒來估計^[21]。

因此，機車專用道於號誌化路口之容量(c)可修改式(1)而估計如下：

$$c = S \frac{G + Y - 2.7 - 0.5Y}{C} \quad (5)$$

此式中，

c = 機車專用道之容量估計值(機車／小時)；

S = 飽和流率(機車／小時)；

g = 有效綠燈時間(秒)， $g = G + Y - L$ ；其中 G 為綠燈時段(秒)， Y 為燈號轉換時段(秒)， $(2.7 + 0.5Y)$ 為損失時間(秒)；

C = 週期長度(秒)。

實際應用時，必須先估計機車專用道之實際使用疏解寬度(W)，利用式(3)估計其飽和流率(S)，加上號誌化路口之時制資料，以式(5)可估計該機車專用道之容量。

舉例而言，兩側為實體分隔之機車專用道，其設置寬度(分隔設施間的距離)為3.5公尺，其於A號誌化路口之時制狀況為週期長度100秒，綠燈時段40秒，燈號轉換時段6秒。該機車專用道之容量估計如下：

- (1)由於兩側實體分隔之機車專用道左側及右側分別有0.4與0.7公尺之無效寬度，故其實際使用疏解寬度為2.4公尺(W 值)；
- (2) $W = 2.4$ 公尺帶入式(3)，可計算得飽和流率($S = 6168.6 + 441.9 \times 2.4^2$)為8,714機車／小時；
- (3) $S = 8,714$ 機車／小時， $C = 100$ 秒， $G = 40$ 秒， $Y = 6$ 秒等資料帶入式(5)，則可計算得該機車專用道於A號誌化路口之容量 $c = 8,714 \times (40 + 6 - 2.7 - 3) / 100 = 3,512$ 機車／小時。

車／小時。

5.2 機車專用道路口容量估計

表 9 為週期長度 100、120、150 秒及 200 秒與不同綠燈長度組合情況下，各實際使用疏解寬度之機車專用道容量估計值，此值介於 1,809 機車／小時 ~ 9,307 機車／小時之間。以兩側均為標線 2.8 公尺寬之承德、大業路口機車專用道為例，現況尖峰小時之週期約為 200 秒，綠燈時段約為 95 秒，實際使用疏解寬度為 2.8 公尺計，其容量約在 4,590 機車／小時，服務目前 900 ~ 1,200 機車／小時之機車流率，僅約綠燈時段之 1/5 ~ 1/4 的時間即可疏解完畢。

表 9 為機車專用道容量估計之舉例，實際使用時仍必須以實際之燈號時制狀況（包括週期長度、綠燈時段、黃燈時段及全紅時段等），作為估算容量之基礎。

表 9 不同實際使用疏解寬度之機車專用道容量估計值

週期 (秒)	綠燈長度 (秒)	實際使用疏解寬度 (公尺)							
		1.5	2.0	2.4	2.5	2.8	3.0	3.5	4.0
100	30	2,170	2,405	2,640	2,706	2,919	3,074	3,509	4,011
	40	2,887	3,198	3,512	3,599	3,882	4,089	4,667	5,335
	50	3,603	3,992	4,383	4,492	4,845	5,103	5,826	6,659
	60	4,319	4,786	5,255	5,385	5,809	6,118	6,984	7,983
	70	5,036	5,579	6,126	6,278	6,772	7,132	8,142	9,307
120	30	1,809	2,004	2,200	2,255	2,432	2,562	2,924	3,343
	40	2,406	2,665	2,926	2,999	3,235	3,407	3,890	4,446
	50	3,002	3,327	3,653	3,743	4,038	4,253	4,855	5,549
	60	3,599	3,988	4,379	4,488	4,841	5,098	5,820	6,653
	70	4,196	4,649	5,105	5,232	5,643	5,944	6,785	7,756
150	40	1,924	2,132	2,341	2,399	2,588	2,726	3,112	3,557
	50	2,402	2,661	2,922	2,995	3,230	3,402	3,884	4,439
	60	2,879	3,190	3,503	3,590	3,873	4,079	4,656	5,322
	70	3,357	3,719	4,084	4,185	4,515	4,755	5,428	6,205
	80	3,835	4,249	4,665	4,781	5,157	5,431	6,200	7,087
200	60	2,160	2,393	2,627	2,693	2,904	3,059	3,492	3,992
	70	2,518	2,790	3,063	3,139	3,386	3,566	4,071	4,654
	80	2,876	3,186	3,499	3,586	3,868	4,073	4,650	5,315
	90	3,234	3,583	3,934	4,032	4,349	4,581	5,229	5,977
	95	3,413	3,782	4,152	4,255	4,590	4,834	5,519	6,308
	100	3,592	3,980	4,370	4,479	4,831	5,088	5,808	6,639

註：設定燈號轉換時段為 6 秒（黃燈 3 秒及全紅 3 秒）進行估計。

六、結論與建議

都市地區機車專用道的運作效率，主要受號誌化路口停等機車疏解行為之影響，因此探討其疏解行為乃成為分析機車專用道容量及服務水準的重要工作。本研究為探討號誌化路口機車之疏解行為，乃針對機車專用道的實際使用疏解寬度與其飽和流率進行研究，並獲致以下結論與建議事項。

6.1 結論

1. 先前國內對於機車專用道疏解特性的研究，主要著重在疏解率與車道寬度間的關係，但本研究發現，國內對於機車專用道研究所掌握到之現場資料相當有限，甚至對於車道寬度之定義不一，且未考量機車專用道與鄰近車道分隔型式之影響，致使各研究推估所得之飽和流率差異甚大。基本上，機車專用道之寬度愈大，則機車因為可以併行、鑽行或交錯行駛的機會愈大，故其飽和流率應該愈大。然而，從目前國內之已有研究至少可以發現以下四項問題：(1) 相同車道寬度但飽和流率差距太大；(2) 較窄的車道寬卻有較大的飽和流率；(3) 飽和流率並未隨著機車專用道寬度之增加而明顯增加；(4) 各研究的週期數不是沒交代就是太少，欠缺可信度。
2. 本研究利用攝影機錄影蒐集臺北市八個機車專用道的現場資料，其設置車道寬度在 1.7 ~ 3.4 公尺之間，每個調查地點至少有 50 個週期。為探討機車專用道之實際使用疏解寬度，本研究以停止線為基準線，分別記錄每部機車通過基準線之橫向位置，以了解機車專用道疏解的運作特性。由機車後輪通過停止線之軌跡，初步觀察發現：
 - (1) 不論機車專用道與臨近車道的分隔型式為何，所呈現的疏解軌跡均有雙駝峰的現象，顯示機車行駛在專用道時，車道兩側被駕駛人使用的頻率較高，這很可能是因為機車會併排或錯車行駛，亦可能是駕駛人潛意識自我防衛的駕駛行為。
 - (2) 雙駝峰趨勢使得疏解車輛有向左右兩側推擠的效果，因而在標線路段疏解機車有一定比率會跨出標線以外行駛，故在探討機車專用道的實際使用疏解寬度時，若能將之併入分析，將可求得更符合機車駕駛人實際騎乘行為的趨勢，並據以訂定合理的「實際使用疏解寬度」。
 - (3) 專用道如與鄰近車道或右側人行道是以實體設施（如緣石、護欄、導桿等）分隔，則機車之行駛空間受到實質的限制，基於安全的考量，駕駛人會與實體設施之間保持某種的側向淨空。換言之，以實體設施劃分的機車專用道，其實際使用疏解寬度並不及於實體設施之內緣。
3. 機車專用道之疏解率可以利用綠燈啟亮後每 2 秒，後輪通過基準線之機車數來計算，而且可以進一步觀察綠燈啟亮後，疏解率隨著綠燈長度的變化情形。經本研究分析 8 處調查資料顯示，各車道之疏解率會在綠燈啟亮後第 8 秒（有六個車道）或 10 秒（有兩個車道）

道) 開始平穩，此現象與傳統飽和流率之概念相似 (純小車流在綠燈啟亮後 4 秒或 6 秒之後會有一穩定之疏解率)。因此，本研究建議以綠燈啟亮後第 10 秒以後之平均疏解率來推估機車專用道之飽和流率。

4. 本研究探討機車專用道之實際使用疏解寬度時，係將機車專用道的「標線分隔」、「實體分隔」、「左側」、「右側」等四種組合進行探討，並提議以 α -cut 觀念來探討實際使用疏解寬度，最後由現場資料決定出 α 為 0.05，換言之，實際使用疏解寬度包含了 90% 的機車軌跡。經進一步分析發現：
 - (1) 機車專用道的左側與臨近車道為實體分隔時，所需保持的側向淨寬為 0.3 ~ 0.4 公尺；換言之，與左側實體設施間有 0.3 ~ 0.4 公尺的無效寬度。
 - (2) 機車專用道的右側與臨近車道為實體分隔時，所需保持的側向淨寬為 0.6 ~ 0.7 公尺；換言之，與右側實體設施間有 0.6 ~ 0.7 公尺的無效寬度。
 - (3) 以標線分隔的機車專用道，絕大部分的機車係行駛在標線最外緣之車道範圍內，其實際使用疏解寬度可以標線最外緣為基準。
5. 本研究進一步以迴歸分析建立實際使用疏解寬度 (W ，公尺) 與其對應的平均飽和流率 (S ，機車數／小時) 間的迴歸式。經測試線性、二次多項式、指數等關係式，結果顯示此三種函數型態之統計量皆顯著，其中以二次多項式的判定係數 R^2 最高 (0.88)，基於簡單函數關係利於應用的觀點，本研究最後採用二次多項式作為估計式。當實際使用疏解寬度較小時，飽和流率隨著實際使用疏解寬度而增加的幅度較小，當實際使用疏解寬度較大時，飽和流率會較快速地隨之增加。此一情形很可能隱含著實際使用疏解寬度較小 (例如低於 2.0 公尺)，機車並不利於併行，但超過兩部機車可以併行之寬度時，機車之行駛較有彈性，則飽和流率明顯地隨著實際使用疏解寬度而提高。
6. 經由飽和流率推估目前臺灣地區常見之週期長度 (100 ~ 200 秒) 與綠燈時段 (30 ~ 100 秒) 組合下之容量知，於實際使用疏解寬度 1.5 ~ 4.0 公尺時，其個別容量介於 1,700 機車／小時 ~ 9,170 機車／小時不等。

6.2 建議

1. 經由本研究所建立之各類機車專用道實際使用疏解寬度決定方法，以及實際使用疏解寬度與飽和流率之關係，可以作為未來交通管理單位規劃設置機車專用道之參考，以避免不當的設計。舉例而言，要決定機車專用道與鄰近車道之劃分方式時，除了當地車流狀況與安全的考量外，交通管理單位需要決定要提供多少實際使用疏解寬度以符合其交通需求，如此才能決定出適宜的分隔型態。
2. 兩側均為實體分隔之機車專用道，會有 1.1 公尺 (左側 0.4 公尺及右側 0.7 公尺) 的無效寬度，而實際使用疏解寬度在 2.1 公尺以下時，其疏解能力差異不大，由此顯示兩側實體分隔物間內緣寬度為 2.1 ~ 2.9 公尺時之飽和流率差異不大，此現象可以提供交通主管單位設置機車專用道之參考，另一方面，如果實際使用疏解寬度不足時，在安全無虞狀

- 況下，可以考慮在接近路口之鄰近路段改以標線來劃分機車專用道，以提升疏解效率。
3. 本研究受限於可供調查之機車專用道不足，因而將其分隔型式歸類為實體及標線兩大類加以探討，然實體分隔的型式可能為回復式導桿、分隔島、人行道或是緣石等，此亦會對機車駕駛人的行為產生影響，建議未來可針對不同的分隔實體型式，探討其對駕駛人的影響。
 4. 機車專用道為標線分隔時，駕駛人使用「實際使用疏解寬度」進行疏解可能會因為臨近車道的車流量、車速、及車道數的不同而受影響；本研究發現部分臨近車道幾何配置及車流特性，可能會允許機車的大量駛入而變成混合車流，因此建議未來可針對此議題，再深入研究。
 5. 目前本研究在有限資源狀況下，僅蒐集得六個車道的輪胎軌跡資料與八個飽和流率資料，據以估計得機車實際使用疏解寬度及飽和流率的關係，並無額外的專用道資料進行驗證。建議後續研究繼續補充蒐集足夠的現場資料，以建立更為可靠實用之模式，並作必要之驗證。
 6. 目前國內許多機車專用道的設置因考量實際交通操作之需求，部分已經修改為「機車優先道」，而允許在特定情況下讓其他車輛跨越，如此一來，該優先道已不具專用道的疏解特性，本研究並未探討此類車道之疏解特性，後續研究可加以進一步探討。

參考文獻

1. 交通部，**機車交通管理政策白皮書**，民國八十八年。
2. 張瓊文、曾平毅、陳志明，「機車專用道容量分析之課題」，**中華道路季刊**，第四十五卷，第三期，民國九十五年九月。
3. 馮輝昇，「整合機車流動特性之號誌設計方法與等候佈置方式之研究」，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國八十四年六月。
4. 蔣靜宜，「機車專用道飽和流率探討與模擬參數校估之應用」，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國九十二年六月。
5. 交通部運輸研究所，**機車車道寬度與路口疏解型態之研究**，88-24-1154，民國八十八年。
6. 交通部運輸研究所，**機車專用道之設計與設置準則初探**，90-40-1188，民國九十年。
7. 交通部運輸研究所，**機車專用道車流特性與容量探討**，91-77-1196，民國九十一年。
8. 交通部運輸研究所，**市區號誌化路口容量分析及服務水準之研究(1/2)**，95-78-1221，民國九十五年七月。
9. Li, H. and Prevedouros, P. D., "Detailed Observation of Saturation Headways and Start-up Lost Times", *Transportation Research Record* 1802, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2002, pp. 44-53.

10. Lin, F. B., Tseng, P. Y., and Su, C. W., "Variations in Queue Discharge Patterns and Their Implications in Analysis of Signalized Intersections", *Journal of the Transportation Research Board*, No. 1883, 2004, pp.192-197.
11. Lin, F. B. and Thomas, D., "Headway Compression during Queue Discharge at Signalized Intersections", *Journal of the Transportation Research Board*, No.1920, 2005, pp. 81-85.
12. 曾平毅、林豐博，「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，第十七卷，第二期，民國九十四年六月，頁 363-371。
13. 林大煜，「臺北市天津街機車專用道之交通量及特性分析」，運輸計劃季刊，第八卷，第二期，民國六十八年六月，頁 231-244。
14. 許添本、王義川，「機車專用道之設計與績效評估」，運輸學刊，第十三卷，第二期，民國九十年六月，頁 27-56。
15. 藍武王、張瓊文，「GM 與 ANFIS 機車跟車模式之比較」，運輸計劃季刊，第三十三卷，第三期，民國九十三年九月，頁 511-536。
16. 交通部運輸研究所，2001 年臺灣地區公路容量手冊，90-16-1183，民國九十年。
17. 交通部運輸研究所，臺灣地區公路容量手冊技術報告（第二部分），民國七十六年。
18. 交通部運輸研究所，號誌化交叉路口飽和流率之估計，民國八十三年。
19. 交通部運輸研究所，臺灣地區公路容量手冊技術報告（市區街道部分），民國七十五年。
20. Pindyck, R. S. and Rubinfeld, D. L., *Econometric Models and Economic Forecasts*, 4th ed., Irwin/McGraw-Hill, Singapore, 1998.
21. *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2000.