

號誌化路口臨近路段混合車流停等特性調查與分析

張建彥¹

林泓毅²

摘要

臺灣地區市區道路之一般車流特性不同於歐美等先進國家，主要以汽、機車併流行駛之混合車流為主，因此，混合車流之特性研究，乃成為交通運輸研究的重要課題。基本上，混合車流問題主要來自於複雜的汽、機車互動行為，由於機車體積小較不受車道限制，其操作靈活且速度變異大，使其在機車與機車之間、機車與汽車之間的兩種互動行為會比純粹汽車流之間的互動行為更要複雜，即使不針對互動行為，機車行為仍較汽車行為複雜許多。鑑於國內機車駕駛者在號誌化路口臨近路段的紅燈時段時，通常會儘可能穿梭到臨近路段的前方停等，另外，此一行為往往也會因前方等候車隊之狀況、機車停等區之空間占有率而有所變化，同時汽車也會受到機車的干擾而產生不同的減速與停等行為，因此，本研究乃透過現地觀測的方法，調查並分析號誌化路口臨近路段混合車流之汽、機車減速與停等行為，並依據分析結果，建立汽車與機車之到達速率推估模式與減速率推估模式，本研究結果除了可據以分析市區號誌化路口臨近路段之混合車流停等特性外，亦可作為號誌化路口臨近路段混合車流停等模擬模式建立及汽、機車臨近路段延滯分析之基礎。

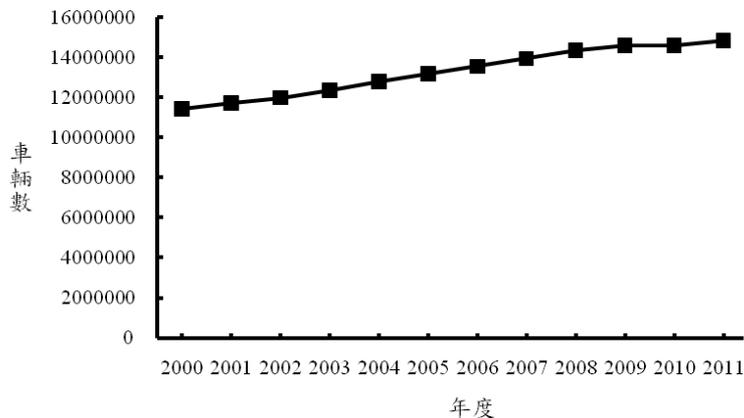
關鍵詞：號誌化路口、混合車流、停等行為、空間占有率、延滯。

一、前言

臺灣地區市區道路之一般車流特性不同於歐美等先進國家，主要以汽、機車併流行駛之混合車流為主。依據交通部統計資料顯示(交通部，2010)，近年來臺灣地區之機器腳踏車數量持續穩定成長(如圖1所示)，截至2010年年底，小客車登記數量約為580萬輛，而機車之登記數量卻已高達1,484萬輛。因此，混合車流的特性已無法單純以抑制使用量來改變，而是必須加以面對並研究的重大課題。

¹ 中華大學運輸科技與物流管理學系副教授(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)。

² 中華大學運輸科技與物流管理學系研究所碩士。



資料來源：交通部(2010)

圖 1 歷年機車數量成長趨勢圖

一般道路之上機車與汽車混合行駛之車流稱為混合車流，具體表達混合車流程度之指標為混合比(機車數量佔所有車輛數的百分比)，該指標數值愈高表示機車數量愈多、在車流中占有的比例愈大。混合車流問題主要來自於複雜的汽、機車互動行為，由於機車體積小較不受車道限制，其操作靈活且速率變異大，使其在機車與機車之間、機車與汽車之間的兩種互動行為會比純粹汽車車流之間的互動行為更為複雜，即使不針對互動行為，機車行為仍較汽車行為複雜許多，然而，目前對機車行為之研究仍有所不足。實務上處理混合車流問題，在問題嚴重或經費充足情況下，會在路段部分設置立體分隔之快慢車道設施以減少混合行駛或設置機車專用車道以純化車流藉以降低混合行駛之機會；而在路口之臨近路段部分則設置機車停等區，促使在紅燈時段停等於機車停等區之機車於綠燈始亮時先行，藉此提升車流紓解的安全性與順暢性；或者設置機車待轉區，用以減少機車靈活的左轉行為可能造成之危險與干擾。

然而，即使設置相關處理措施，機車所帶來的問題仍是不少，因此國內、外學者亦有不少研究機車車流及其行為。在探討這些行為之前，必須先了解機車於道路之上行駛行為。依據國內、外相關研究(陳世泉,1993;Powell, 2000)之整理分析，機車在道路之上行駛行為可大致分為幾個階段，首先，在路段上，機車在無任何車輛干擾時，因其不受車道限制，所以相較於汽車之自由行駛多了自由左右偏移的可能性，因此又稱之為漫遊行為(cruise)；當車輛較多時，機車只要車道空間允許，極可能在車陣中鑽行行駛，而使得跟車行為較少，另外在跟車行駛部分，機車跟車行為又不如汽車的整齊劃一，而偏向交錯形式，又稱之為錯車；其次，由路段延續至臨近路段時，若號誌化路口臨近路段處於紅燈時段時，會產生停等行為，機車在停等過程中若不受到阻礙，通常會儘其可能到臨近路口的前方停等，例如儘可能穿梭至機車停等區，此一行為又稱之為滲透行為(percolation)，而此一行為也會因前方等候車隊之狀況不同(如大型車輛較多、穿梭空間不足等)，而導致機車採取蛇行穿梭、違規穿梭等行為，直到到達前方停等；最後，前方機車停等區之空間占有率也會影響機車的停等行為，如機車停等區受到汽車違規占有時，欲儘可能往

前方停等的機車可能會採取違規超越停止線之停等行為，而因機車停等區之空間占有率不同，也會造成機車進入臨近路段之速率、減速情形產生變化。

綜上所述，臨近路段車流行為遠較路段複雜，且因為機車停等行為之影響，汽車停等之狀況亦有所變化，因此，本研究乃透過現地觀測的方法，調查並分析號誌化路口臨近路段混合車流之汽、機車減速與停等行為，並依據分析結果，建立汽車與機車之到達速率推估模式與減速率推估模式。

二、文獻回顧與評析

過去學者針對汽車車流進行研究，並利用各種方法建立各種模式來描述汽車車流，但針對較多機車使用者之亞洲地區而言，汽車車流模式不足以描述當地車流狀況，因此後續研究大多參考過去汽車車流研究所使用之方法進行改良，使之成為能表現混合車流或純機車車流之模式。然而，機車不僅靜、動態特性皆與汽車有所不同，且其駕駛行為更是比汽車複雜許多，因此許多研究陸續提升對機車行為研究之重視，透過資料蒐集、分析以及模式化方法，以提高對混合車流及駕駛行為的了解。本研究針對過去主要的相關研究加以整理，說明如後。

陳世泉(1993)透過攝影調查距上游 39 公尺至 89 公尺之間路段，主要蒐集資料為到達時間分布、與前車(汽車)相對關係、與鄰前車(汽機車)相對關係。其中與前車相對關係主要為本車車速、車頭距、車間距以及速差；而與鄰前車之相對關係則包含車種、本車車速、側向間距以及速差。最終建立機車行為門檻模組以及機車駕駛決策邏輯。行為門檻模式之優點為能夠簡單將各種行為透過門檻值清楚分門別類，而該模式未能針對各區內行為做描述，僅提供一決策邏輯之概念。

Powell(2000)之研究中對於臨近路段之車輛行為有著更多的描述，該研究著重敘述機車在紅燈時段之行為，其主要行為包括：漫遊(cruise)、滲透(percolation)以及停等。其中漫遊(cruise)表示機車在進入研究路段後之自由行駛部分，其意義為：「相較於汽車來說，機車擁有不受車道限制、可自由左右之自由行駛，因此稱之為漫遊(cruise)」；另外，滲透(percolation)代表機車因體積小不受限制，能夠自由鑽行於汽車車隊之間之特性，在紅燈時段遇上汽車停等之停等波時更有如滲透作用一般，因此稱之為滲透(percolation)，若於滲透過程中遇上綠燈時段開始時之汽車啟動波，機車之滲透行為將轉換為漫遊行為；最後停等行為表示在號誌化路口紅燈時段時，機車有著儘其可能進行滲透行為直到到達前方停等空間為止之行為特性。另外，Powell(2000)分析號誌化路口紅綠燈時，汽車啟動或停止所產生之衝擊波，並透過攝影調查得知機車在不受干擾下之漫遊速率與在停等車隊中鑽行之滲透速率，藉此描述混合車流中，機車於號誌化路口臨近路段之行為模式。在已知號誌時制計畫與觀測路段長度情況下，可推算出一時區，在該時區內進入之機車則為有效綠燈開始後六秒內可疏散之機車，再加上車道寬、大車數量、平均車道寬等因素，建立一複迴歸模式來預測可疏散之機車數量。

何佳娟(2001)透過攝影調查及分析方法，蒐集道路幾何狀況及時制計畫、車輛正常加減速、車輛動態屬性資料(到達時間、到達速率以及變換車道)與車輛總體行為(車種組成、車輛轉向、進入車道比例)，並驗證旅行時間、路段定點通過車輛數以及停等延滯。該研究所建立之模擬程式中實際應用過去學者所建立之機車行為，包括自由流加減速與不同車速下之偏向角等。該程式可描述自由行駛、停止線煞車、跟車行為、迫近前車區、避禍煞車以及變換車道等行為，可展現類似行為門檻模式之分區行為。該模擬中主要展現車輛於路段之行為，對於路口之疏解情形則僅以簡化處理。

Lan and Chang (2003)利用一維細胞自動機模擬混合車流，得到其最高流量密度與過去學者研究結果一致，且在 2.5 公尺寬車道之純機車車流下之最大車流量與過去學者實際觀測情況亦十分接近。

Chang (2004)透過攝影觀察距路口 120 公尺之 30 公尺長路段內之慢車道車流行為，以機車為主體，蒐集 36.2% 的前方區域無車、6.4% 的前方僅有一輛汽車、46.4% 的斜前方有汽車、7.4% 的前方與斜前方同時有汽車、3.6% 的明顯變換相對位置，共五種情況。該研究將蒐集之側向間距、本車速率、與前(斜前)車間距、本車加速率等資料，利用模糊理論建立機車跟車模式。該研究並建立二維細胞自動機模式藉以描述機車在混合車流中之互動行為。

張維翰(2006)透過攝影郊區 100 公尺長路段，觀察混合車流跟車與變換車道行為。該研究跟車主體可為汽車或機車，分別蒐集不同跟車型態與變換車道型態之資料。其中跟車型態部分分析其本車加速率、本車車速、與前車速差、間距、側向間距以及前車加速率等資料；而變換車道型態部分分析其偏向角、本車車速、(鄰)前車車速、與(鄰)前車速差、與(鄰)前車間距、側向間距、與車道緣間距等資料。最後透過適應性類神經模糊推論系統建立郊區路段微觀混合車流模式。

Meng et al. (2007)建立一維混合車流細胞自動機模式，該研究透過細胞自動機描述機車行為，發現模擬結果與實際車流現象接近，認為細胞自動機能有效描述混合車流中機車之行為。

整體而言，過去有關機車行為之研究大多著重於路段中，並聚焦於機車跟車行為與變換車道行為，然而回顧過去學者研究之機車行為可發現，臨近路段之機車行為較為不同，因受號誌化臨近路段之影響，會有明顯的滲透及停等行為，而跟車與變換車道行為較不明顯，因此進行號誌化路口臨近路段之機車行為研究有其必要性。Powell(2000)為少數針對臨近路段之混合車流行為進行探討的研究，然而該研究對於車輛進入臨近路段為紅燈時之車輛減速情形，包括進入臨近路段時之速率與減速率，則有所不足，僅以平均滲透率來描述機車在等候車隊間之行進，因此本研究乃針對此方向進行停等特性之調查與分析，使臨近路段車輛行為之分析更加完善，並作為後續發展相關模式之基礎。

3.1.3 調查方式

攝影調查後須透過事後作業進行資料之蒐集，本研究透過特殊影像撥放軟體進行資料之蒐集，而該影像撥放軟體具有同步子母畫面撥放功能，可同時使兩攝影資料進行播放，並且可將影像分解為每秒 30 畫格進行播放。最終透過反覆播放以達到蒐集資料之目的，實際進行資料蒐集之畫面如圖 3 所示。圖中左上角之框線內為臨近路段前半部(攝影機 A)，而其餘部分為臨近路段之後半部(攝影機 B)。圖中 X 所示為兩攝影機相接之部分路段，兩影片時間調整為同步時間播放。線 1 至線 2 之間長度為 5.72 公尺、線 2 至線 3 之間長度為 4.01 公尺、線 3 至線 X4 之間長度為 5.74 公尺、線 X4 至線 4X 之間長度為 3.96 公尺、線 4X 至線 5 之間長度為 5.71 公尺、線 5 至線 6 之間長度為 3.98 公尺、線 6 至線 7 之間長度為 5.80 公尺、線 7 至線 8 之間長度為 8.13 公尺、線 8 至線 9 之間長度為 7 公尺。

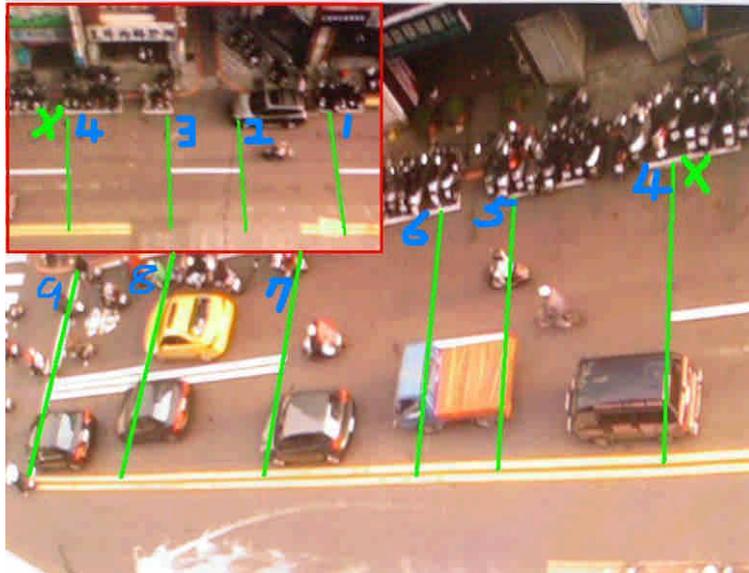


圖 3 圓環往東門街與民族路交叉路口之臨近路段圖

3.2 調查結果與分析

根據前述之調查範圍與方法，針對所蒐集到之資料進行汽、機車之到達間隔時間分配、到達速率及減速率分析，分析結果說明如後。

3.2.1 到達間隔時間

汽車到達間隔時間之分布，經 Arena 分析工具計算後，其分佈圖如圖 4 所示。樣本數為 115 輛，平均數為 10.1 秒，標準差為 7.52 秒，最大到達間隔時間為 39.1 秒，最小到達間隔時間為 1.7 秒。

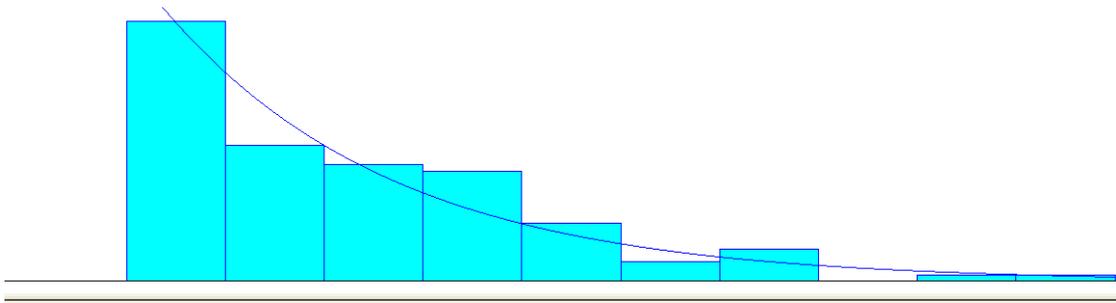


圖 4 汽車到達間隔時間分佈圖

上述汽車到達間隔時間，經 Arena 分析工具計算後，可得其最佳配適度為 Beta 分配。進一步檢視其配適度前三名，依序為 Beta、Erlang、Exponential，其誤差依序為 0.00429、0.00576、0.00576，以 Exponential 分配而言，其適合度檢定之卡方檢定 p 值為 0.241 大於 0.05，顯示實際資料亦符合 Exponential 分配，二者並無顯著差異。

機車到達間隔時間之分布，經 Arena 分析工具計算後，其分佈如圖 5 所示。樣本數為 644 輛，平均數為 2.91 秒，標準差為 2.97 秒，最大到達間隔時間為 21.4 秒，最小到達間隔時間為 0 秒(即為同時到達)。

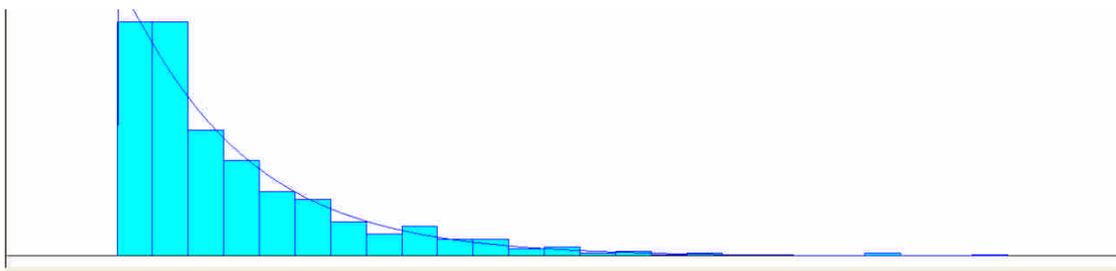


圖 5 機車到達間隔時間分佈圖

上述機車到達間隔時間，經 Arena 分析工具計算後，可得其最佳配適度為 Gamma 分配，誤差值為所有配適度中之最小值 0.00314，其 P 值大於 0.05，顯示實際資料符合 Gamma 分配，二者並無顯著差異，故可選擇以 Gamma 分配做為機車到達間隔時間分配。

3.2.2 到達速率

本研究利用可撥放每秒 30 畫格之影片播放軟體進行資料之蒐集與分析，其中所蒐集之到達速度為圖 3 中線 1(距路口 51 公尺)到線 2(距路口 45 公尺)的長度除以該車輛車頭恰好壓到線 2 的時間與該車輛車頭恰好壓到線 1 的時間之時間差。

在觀測汽車到達速率部分，明顯可見因臨近路段容量有限，在紅燈時段駛入之汽車明顯受到前方空間不足之影響，而導致到達速率近乎無一般路段中所觀測之汽車自由速率。因此，本研究透過迴歸方法，針對直接影響進入車輛判斷的「前方停等車隊長度 X1」與「前方有車空間 X2」兩者進行校估，判斷其變數對「汽車到達速率 Y」之影響。本研究透過 EXCEL 軟體內建之

迴歸工具進行分析，結果如表 1 所示。本研究依據表 1 進行迴歸參數之 t 檢定，虛無假設與對立假設分別為 $H_0: \beta_i=0$ 、 $H_1: \beta_i \neq 0$ ，其中 β_i 為迴歸式截距與變數係數之母體參數，由表 1 可知 P 值皆小為 0.05，拒絕 H_0 ，顯示截距與兩變數之係數皆不為 0，因此，汽車到達速率之複迴歸式為：

$$Y=7.2636-0.0776X_1-0.0334X_2 \quad (1)$$

其中，

Y：汽車到達速率(公尺/秒)。

X1：前方停等車隊長度(公尺)， $0 \leq X_1 \leq 45$ 。

X2：前方有車空間(公尺)， $0 \leq X_2 \leq 45$ 。

舉例說明，本研究路段長度為 45 公尺，假設汽車 A 到達時，前方停等車隊長度為 15 公尺，且前方 10 公尺處有行駛中之前車，因此，汽車 A 到達速率則為 $7.2636-0.0776 \times 15-0.0334 \times (45-10)=4.9306$ (公尺/秒)。

表 1 汽車到達速率之複迴歸分析結果表

調整的 R 平方	0.4894					
標準誤	1.2802					
觀察值個數	115					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	7.2636	0.2086	34.8179	0.0000	6.8512	7.6761
前方停等車隊長度 X_1	-0.0776	0.0109	-7.1173	0.0000	-0.0992	-0.0561
前方有車空間 X_2	-0.0334	0.0092	-3.5984	0.0004	-0.0518	-0.0151

機車因為擁有體積小之靈活操作性，故其到達速率並非如同汽車一般，直接受到空間阻斷的影響，然而仍會受到空間不足之影響而影響其到達速率，因此改以整體空間占有率取代影響汽車到達速率之變數。

本研究透過 EXCEL 軟體內建之迴歸分析工具進行分析，其結果如表 2 所示。本研究依據表 2 進行迴歸參數之 t 檢定，虛無假設與對立假設分別為 $H_0: \beta_i=0$ 、 $H_1: \beta_i \neq 0$ ，其中 β_i 為迴歸式截距與變數係數之母體參數，由表 2 可知 P 值皆小為 0.05，拒絕 H_0 ，顯示截距與兩變數之係數皆不為 0。至於 R^2 僅有 0.11，明顯偏低，但迴歸趨勢顯示機車到達速率隨占有率提高而降低，如圖 6 所示，其殘差圖亦符合隨機分布，如圖 7 所示。

表 2 機車到達速率之迴歸分析結果表

調整的 R 平方	0.1165					
標準誤	1.7601					
觀察值個數	644					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	7.846	0.1964	39.9485	3.1E-176	7.4603	8.2317
空間占有率 X_1	-7.073	0.7638	-9.2613	2.99E-19	-8.5735	-5.5739

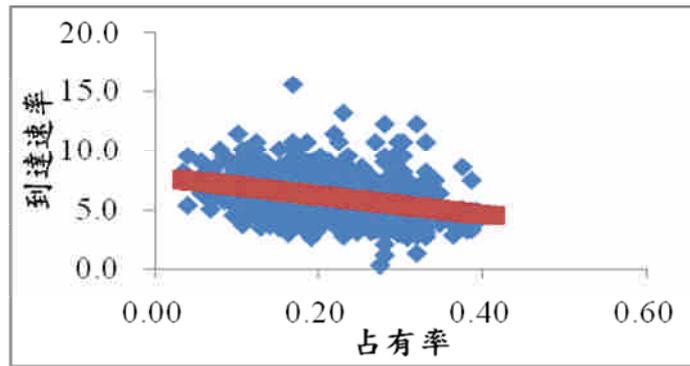


圖 6 機車到達速率與占有率之迴歸趨勢圖

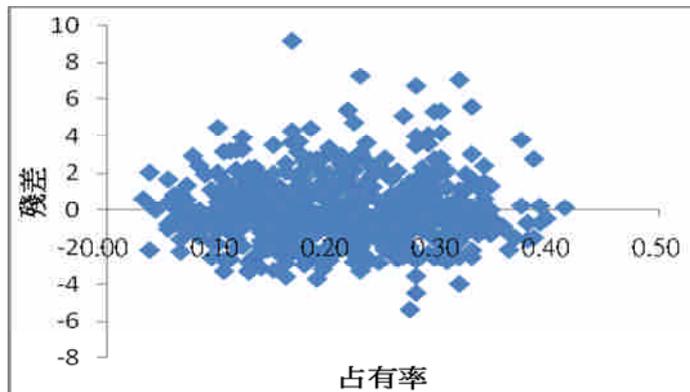


圖 7 機車到達速率迴歸式之殘差圖

原迴歸式 R^2 值偏低，因此考慮增加相關的變數，將原變數 X_1 之平方項 X_1^2 設定為另一新的變數，重新進行迴歸分析並加以檢定後，其結果如表 3 所示。由表 3 可知變數 X_1 與新變數 X_1^2 之 P 值大於 0.05，顯示加入新變數後， X_1 與 X_1^2 的係數均不顯著，無法拒絕其為 0 的假說，且新增變數不會提高 R^2 值。因此，原迴歸式仍具有代表性，故機車到達速率之迴歸式為：

$$Y = 7.846 - 7.073X_1 \quad (2)$$

其中，

Y ：機車到達速率(公尺/秒)。

X_1 ：空間占有率(占有面積/路段總面積)， $0 \leq X_1 \leq 0.40$ 。

舉例說明，本研究路段長度為 45 公尺，雙車道寬度共 7 公尺，路段總面積為 315 公尺，假設汽車靜態面積為 5×2 公尺、機車靜態面積為 2×1 公尺，若機車 B 進入研究路段時，已有 5 輛汽車、14 輛機車占據道路，此時空間占有率為 $(5 \times 10 + 14 \times 2) / 315 = 0.25$ ，因此機車 B 到達速率為 $7.846 - 7.073 \times 0.25 = 6.078$ (公尺/秒)。

表 3 機車到達速率之複迴歸分析結果表

調整的 R 平方	0.1151					
標準誤	1.7615					
觀察值個數	644					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	7.8350	0.4410	17.7660	1.02E-57	6.9690	8.7011
空間占有率 X_1	-6.969	3.8365	-1.8166	0.0698	-14.5028	0.5643
空間占有率 X_1'	-0.2141	7.7078	-0.0278	0.9779	-15.3498	14.9216

綜上，本研究整理前述之機車到達速率與占有率之檢定步驟，說明如下：

1. 先擷取所有機車到達時之初速率與占有率。以占有率為 X 軸，初速率為 Y 軸，進行兩者之迴歸分析，並繪其殘差圖。
2. 進行係數顯著性檢定及 R2 判斷。
3. 檢視其迴歸趨勢是否合乎邏輯與其殘差圖是否合理。
4. 將原占有率平方成新變數，重新進行迴歸，檢視其新變數對預測值之影響。

3.2.2 減速率

本研究利用可撥放每秒 30 畫格之影片播放軟體進行資料之蒐集與分析，其中所蒐集之減速率係指圖 3 中車輛車頭恰好壓到兩條連續觀測線時之兩個時間點之速率平方差，再除以兩倍兩條連續觀測線之長度，即 $a = (V_{末}^2 - V_{初}^2) / 2S$ 。本研究根據實際車道分隔線之位置劃分觀測線段，取其減速率區段分別為距路口 45 公尺至 41 公尺處、41 公尺至 35 公尺處、35 公尺至 31 公尺處、31 公尺至 25 公尺處、25 公尺至 21 公尺處、21 公尺至 15 公尺處、15 公尺至 7 公尺處、7 公尺處至路口處，共 8 個區段之減速率，其中汽車與機車分別計算，說明如後。

汽車部分由於減速率樣本偏少，其原因為每一輛汽車進入臨近路段後，從減速至停止皆會占據部分道路空間，導致相同週期內之相同區段減速率樣本有限。各區段內之平均減速率及減速比率如表 4 所示。

表 4 汽車減速情形表

減速區段	45~41	41~35	35~31	31~25	25~21	21~15	15~7	7~0
平均減速率	(0.48)	(0.08)	(0.95)	(0.63)	(0.53)	(0.63)	(0.94)	(1.13)
減速比率	72.73%	50.00%	80.00%	100.00%	90.00%	100.00%	100.00%	100.00%

單位：公尺/秒²

從過去研究可知，在不同初速率下會有不同之減速率，鑑於汽車減速率樣本過少，因此本研究將所有區段減速率與其區段初速率做區段減速率迴歸式，以減速率為 y，初速率為 x，得一個迴歸式 $y = a + bx$ ，結果常數與變數之係數均不顯著，因此不適合建立迴歸式。

在機車部分樣本較無汽車取樣之問題，原因為機車體積較小，能夠儘可能鑽行至離路口最近之位置停等，機車減速率樣本足夠。為分辨不同區段之減速率是否為同一現象，本研究透過 F 檢定與 t 檢定進行分群，其步驟如下：

1. 進行兩群組資料之 F 檢定。當 F 值大於臨界值，其變異數不相等；反之則變異數相等。
2. 進行兩群組資料之 t 檢定。根據前步驟選擇變異數是否相等之 t 檢定。當 t 值落於雙尾值域內時，接受兩群組資料平均數相等；反之則不相等。
3. 組比較；反之則認定該群組為獨立資料，選取下兩群組資料重新進行步驟 1。

根據前述步驟，其機車平均減速率從原有八個減速區段變為七個減速區段，而從過去研究可知，在不同初速率下會有不同之減速率，因此本研究將各個區段減速率與其區段初速率做區段減速率迴歸式，以減速率為 y，初速率為 x，得七個迴歸式 $y=a+bx$ ，各迴歸式中之截距與變數係數之 P 值皆小於 0.05，拒絕 H_0 ，表示具有顯著性，其結果整理如表 5 至表 11 所示。

表 5 區段 45 公尺~41 公尺處減速率迴歸式表

調整的 R 平方	0.0979					
標準誤	0.8367					
觀察值個數	262					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	0.8531	0.1997	4.2713	2.73E-05	0.4598	1.2465
45 公尺初速度	-0.1626	0.0300	-5.4167	1.38E-07	-0.2218	-0.1035

表 6 區段 41 公尺~31 公尺處減速率迴歸式表

調整的 R 平方	0.2651					
標準誤	0.7159					
觀察值個數	130					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	0.7892	0.2470	3.1950	0.0018	0.3005	1.2780
41 公尺初速度	-0.2647	0.0384	-6.8939	2.22E-10	-0.3407	-0.1887

表 7 區段 31 公尺~25 公尺處減速率迴歸式表

調整的 R 平方	0.3388					
標準誤	0.4955					
觀察值個數	123					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	0.8586	0.1750	4.9073	2.91E-06	0.5122	1.2050
31 公尺初速度	-0.2343	0.0294	-7.9701	9.94E-13	-0.2925	-0.1761

表 8 區段 25 公尺~21 公尺處減速率迴歸式表

調整的 R 平方	0.1810					
標準誤	0.7163					
觀察值個數	119					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	1.0557	0.2608	4.0474	9.33E-05	0.5391	1.5723
25 公尺初速度	-0.2463	0.0473	-5.2036	8.44E-07	-0.3400	-0.1526

表 9 區段 21 公尺~15 公尺處減速率迴歸式表

調整的 R 平方	0.2999					
標準誤	0.4771					
觀察值個數	105					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	0.5507	0.2038	2.7019	0.0081	0.1465	0.9550
21 公尺初速度	-0.2519	0.0373	-6.74835	8.98E-10	-0.3260	-0.1779

表 10 區段 15 公尺~7 公尺處減速率迴歸式表

調整的 R 平方	0.4939					
標準誤	0.3399					
觀察值個數	75					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	0.6968	0.1412	4.9331	4.94E-06	0.4153	0.9783
15 公尺初速度	-0.2541	0.0297	-8.5573	1.26E-12	-0.3133	-0.1949

表 11 區段 7 公尺~0 公尺處減速率迴歸式表

調整的 R 平方	0.6358					
標準誤	0.2885					
觀察值個數	38					
	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	0.9960	0.2211	4.5044	6.76E-05	0.5475	1.4444
7 公尺初速度	-0.4145	0.0512	-8.0983	1.26E-09	-0.5183	-0.3107

四、結論與建議

本研究透過實際路口觀測與統計分析，探討號誌化路口臨近路段之汽、機混合車流之紅燈時段停等特性，分別建立相關的初速率與煞車減速率推估模式，具體結論與建議，整理說明如後。

4.1 結論

本研究蒐集之汽車到達間隔時間之樣本數為 115 輛，平均數為 10.1 秒，標準差為 7.52 秒，最大到達間隔時間為 39.1 秒，最小到達間隔時間為 1.7 秒，其適合度分配可為 Beta、Erlang 或 Exponential 分配；機車到達間隔時間之樣本數為 644 輛，平均數為 2.91 秒，標準差為 2.97 秒，最大到達間隔時間為 21.4 秒，最小到達間隔時間為 0 秒(即為同時到達)，其最佳適合度分配為 Gamma 分配。

透過迴歸分析方法，針對直接影響進入汽車速率的「前方停等車隊長度 X1」與「前方有車空間 X2」兩者進行校估，得到汽車到達速率之複迴歸式為 $Y=7.2636-0.0776 X1-0.0334 X2$ 。

本研究透過迴歸分析方法，針對直接影響進入機車判斷速率的「空間占有率 X1」進行校估，得到機車到達速率之迴歸式為 $Y=7.846-7.073 X1$ 。

本研究蒐集之汽車區段平均減速率共分 8 段，分別為離停止線 45~41 公尺、41~35 公尺、35~31 公尺、31~25 公尺、25~21 公尺、21~15 公尺、15~7 公尺與 7~0 公尺，其中減速率分別為 0.48、0.08、0.95、0.63、0.53、0.63、0.94 以及 1.13，單位為公尺/秒²。

本研究蒐集之機車區段平均減速率透過分群共分 7 段，針對個別區段之初速率所作之區段減速率迴歸式分別為

$$\begin{aligned}d_{45\sim 41\text{公尺}} &= 0.85 - 0.16V_{45\text{公尺}} & d_{41\sim 31\text{公尺}} &= 0.79 - 0.26V_{41\text{公尺}} \\d_{31\sim 25\text{公尺}} &= 0.86 - 0.23V_{31\text{公尺}} & d_{25\sim 21\text{公尺}} &= 1.06 - 0.25V_{25\text{公尺}} \\d_{21\sim 15\text{公尺}} &= 0.55 - 0.25V_{21\text{公尺}} & d_{15\sim 7\text{公尺}} &= 0.70 - 0.25V_{15\text{公尺}} \\d_{7\sim 0\text{公尺}} &= 1.00 - 0.41V_{7\text{公尺}}\end{aligned}$$

4.2 建議

1. 本研究礙於人力、物力以及時間有限之情況，未能涵蓋不同流量、不同路型等其他狀況之研究，後續研究可探究各種不同狀況進行研究，以使此類研究更加完善。
2. 本研究為簡化蒐集減速率方式，以道路之標線做為分割依據，後續研究可透過更細微之分割，使其準確度更加提升。
3. 本研究結果可作為號誌化路口臨近路段混合車流停等模擬模式建立及汽、機車臨近路段延滯分析之基礎。

參考文獻

- 交通部(2010)，機動車輛登記數，擷取日期：2011 年 7 月 15 日，網站：
http://www.motc.gov.tw/mocwebGIP/wSite/lp?ctNode=550&xq_xCat=15。
- 交通部(2011)，道路交通安全規則，擷取日期：2011 年 7 月 15 日，網站：
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=K0040013>。
- 何佳娟(2001)，微觀汽機車混合車流行為之研究，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 張維翰(2006)，郊區路段微觀混合車流特性研析與模式建立，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 陳世泉(1993)，混合車流中機車駕駛行為之分析，台灣大學土木工程研究所碩士論文。
- Chang, C. W. (2004), Motorcycles' Moving Behaviors in Mixed Traffic: Fuzzy-based and Cellular Automata Approaches, Ph.D. Thesis, National Chiao Tung University, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.
- Lan, L. W. and Chang, C.W. (2003), "Motorbike's Moving Behavior in Mixed Traffic: Particle-Hopping Model with Cellular Automata," *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, pp. 23-37.
- Meng, J. P., Dai, S. Q., Dong, L. Y., and Zhang, J. F. (2007), "Cellular Automaton Model for Mixed Traffic Flow with Motorcycles," *Physica A*, 380, pp. 470-480.
- Powell (2000), "A Model to Represent Motorcycle Behaviour at Signalised Intersections Incorporating an Amended First Order Macroscopic Approach," *Transportation Research Part A*, 34, pp. 497-514.