

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

混合車流格位傳遞模式之建立與驗證
Mixed Traffic Cell Transmission Models:
Development and Validation



研究生：謝志偉

指導教授：邱裕鈞 博士

中華民國九十九年六月

混合車流格位傳遞模式之建立與驗證

Mixed Traffic Cell Transmission Models: Development and Validation

研究生：謝志偉

Student: Chih-wei Hsieh


指導教授：邱裕鈞

Advisor: Yu-Chiun Chiou

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文



A Thesis
Submitted to Institute of Traffic and Transportation
College of Management
National Chiao Tung University
In Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of
Master
in
Traffic and Transportation
June 2010
Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

混合車流格位傳遞模式之建立與驗證

學生：謝志偉

指導教授：邱裕鈞 博士

國立交通大學交通運輸研究所碩士班

摘要

Daganzo (1994; 1995)提出格位傳遞模式(Cell transmission model, CTM)，此模式為中觀車流模式，能有效模擬不同交通狀態之車流行為，CTM 能反映簡單連續流模式(LWR)及密度與流量關係，CTM 模式與微觀車流模式相比，所需運算時間較少，且 CTM 模式已能廣泛應用在高速公路與號誌化路口。傳統 CTM 模式係假設單一車流，如高速公路上汽車所有車型大小皆相同，若要利用 CTM 模式模擬市區道路混合車流(汽車與機車)，需考慮混合車流特性。在亞洲許多國家，機車與汽車混合車道為市區道路常見的現象，機車車型較小，若干騎士不會遵循車道分配行駛，甚至利用汽車與汽車間空隙行駛，當等候車隊產生時，可藉由汽車停等的空隙繼續前進，因此，當汽車佔滿下游格位時，機車依然能進入下游格位，機車無規律性的移動行為，對大車型之側向空間，可以增加格位的機車儲車空間，進行混合車流模擬時，如未考慮上述車流行為及不同車型車種的互動關係，會使模擬結果與實際車流狀態產生差距。

基此，本研究建立混合車流格位傳遞模式(mixed traffic cell transmission models, MCTM)模擬汽機車混合車流行為，兩車種以不同的車流行為競爭道路最大容量與剩餘儲車空間，因此，MCTM 參數包含最大流率、最大儲車空間及剩餘儲車空間，這些參數根據不同混合比例與交通時相動態調整與分配，反映自由流、同步流與壅擠流車流行為。透過本研究實際觀察，建立兩種 MCTM 模式。第一個模式係參考上一格位汽車與機車之比例，決定汽車或機車能分配之道路資源(如容量與儲車空間)，也就是說汽車比例比機車大，汽車對道路資源的競爭優勢就更大，第二個模式進一步利用熵值(entropy)調整速率，因為兩車種運行的干擾，會隨著汽機車混合比例增加而增加。

本研究建立之 MCTM 驗證，拍攝台北市區三車道交通資料，拍攝時間涵蓋自由流到壅擠流時段，公車載運旅客行為，對混合車流有顯著的影響，為排除此互動關係，採用有公車專用道路段，因此選擇羅斯福路二段。驗證結果顯示，本

研究建立的兩種 MCTM 模式在號誌時相及混合比例的變化下，皆可以準確的模擬，平均絕對誤差百分比(mean absolute percentage error, MAPE)值小於 30%，此模擬結果於不同的空間(不同的格位)和不同的時間(綠燈時間 vs. 紅燈時間,離峰 vs. 尖峰)進行比較也有準確的結果。

關鍵字：混合車流、格位傳遞模式、機車、熵值。



Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

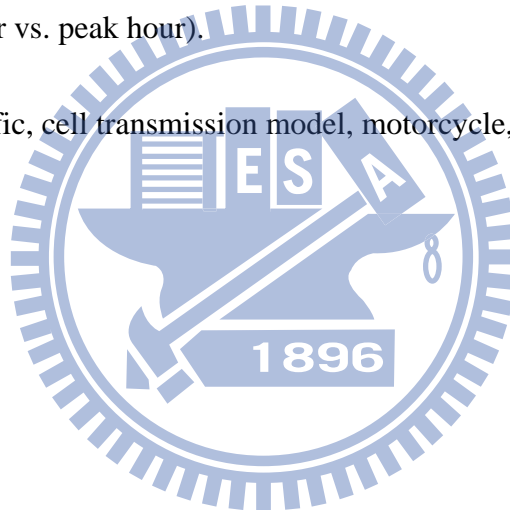
Cell transmission model (CTM), proposed by Daganzo (1994; 1995), is a mesoscopic traffic flow model which can efficiently simulate traffic hydrodynamics under various traffic conditions. CTM can provide a convergent approximation to the Lighthill and Whiteham (1955) and Richard (1956) (LWR) models and covers the entire fundamental diagram. Due to its low computation requirements compared with micro-simulation models, CTM is widely applied to simulate the traffic flow behaviors at freeways and signalized intersection. The conventional CTM was designed for pure traffic, i.e. all vehicles are of the same size such as cars on freeways. Incorporation of more realistic CTM rules into the simulation of mixed traffic (various types of vehicles such as cars and motorcycles) on urban streets is comparatively less addressed. However, it is ubiquitous in many Asian urban streets that motorcycles oftentimes move concurrently with the cars by sharing the “same lane”. Some erratic motorcyclists do not even follow the lane disciplines at all. They may make lateral drifts breaking into two moving cars. Once blocked by the front vehicles, they even make wide transverse crossings through the gap of two stationary cars in the same lane, in order to move forward. That is, even the downstream cell is fully occupied by cars, motorcycles can still move forward. These erratic behaviors of motorcycles in the lateral clearance among larger vehicles would definitely increase the storage capacity of a cell. Without considerations of such behaviors and interaction between different sized vehicles, the traffic simulation might obtain a misleading result.

Based on this, this study proposes mixed traffic cell transmission models (MCTM) to replicate the behaviors of mixed traffic consisted of cars and motorcycles. Both types of vehicles exhibit rather different traffic behaviors in competing roadway capacity and remaining storage space. Thus, the parameters of the MCTM, including maximal flow rate, maximal storage capacity, and remaining storage capacity, should be dynamically adjusted and allocated between cars and motorcycles according to mixture ratio of vehicles types and the traffic phases – free flow, synchronized, and congested. Based on our field observations, two MCTM models are developed. The first MCTM model uses the ratio of car to motorcycle in the last upstream cell to determine the amount of roadway resources (i.e. capacity and storage capacity)

allocated to cars, and vice versa for motorcycles. That is, the larger value of car to motorcycle ratio is, the more advantageous of car in competing the roadway resource is. The second MCTM model further incorporates an entropy index to adjust the traffic speed, since the interferences between two types of vehicles will be rapidly increased as the mixture ratio of cars and motorcycles becomes higher.

To validate the proposed MCTM models, videotaping traffic data of three corridors in Taipei city covering a full traffic spectrum from free-flow to congested are collected. Since the traffic behaviors will be significantly affected by the passengers embarking and disembarking maneuvers of bus traffic, to exclude such interactions, the corridors with a bus exclusive lane, Sec. 4, Roosevelt Road, are selected. The results show that the both proposed MCTM models can accurately simulate the traffic flows under various traffic phases and mixture ratios with an average MAPE (mean absolute percentage error) below 30%. The simulation accuracy is also compared spatially (different cells) and temporally (green time vs. red time, off-peak hour vs. peak hour).

Keywords: Mixed traffic, cell transmission model, motorcycle, entropy.



誌謝

終於完成了。在此之前不曾想過會在交大交通運輸研究所完成碩士學位，甚至再繼續深造。在求學過程中有著許多波折，看過很多事，碰到很多人，感謝這路途中幫助過我的人。

感謝指導教授邱裕鈞老師，在這兩年的研究所生活對學生的關心與照顧，在論文研究上給予大力的協助，讓我順利完成學業，並從老師教導過程中獲得許多寶貴的知識。感謝大學專題啟蒙恩師林良泰老師，帶領我進入交通研究的領域，讓我懂得如何開始踏出研究的第一步，讓我知道要去嘗試，才有機會；讓我了解如何去面對和克服低潮。感謝胡大瀛教授口試期間對論文的審閱及指教，提供寶貴的意見，讓論文內容更加完善。感謝許鉅秉所長、黃承傳老師、汪進財老師與馮正民老師對學生的研究內容提供許多寶貴的意見，感謝陳穆臻老師在課業上提供寶貴的意見，也謝謝陳老師對於球隊的關心及參與。

論文寫作期間感謝博士班彥斐學長辛苦的和我討論模式內容，在我遇到瓶頸時能順利發現問題癥結點。另外，謝謝牧民學長在論文研討期間，給我很多不同的思考方向。沒有忘記士軒學長在博士班入學考試時給我許多中肯的建議。逢甲博士班的欣憲學長在需要的時候給我幫助。交研 96 級的詮勳，帶領交研壘球隊進入大交盃的前四強，為我們留下難得的回憶。邱家的成員：邦政、鎮蓬、思豪、雅丹，在論文遇到困難時大家互相幫忙打氣。壘球隊的偉丞，還好有你的大力幫忙，才可以讓球隊在這一年順利的運作。美食團的千榆和小牛，帶我到處吃好吃的，讓我有充沛的活力完成論文。逢甲幫的文雅、北交動物園的夥伴秉宏、泓均、醫仲、佩怡、寶慧，還有其他交研的同學，有你們的陪伴讓我在歡笑中渡過論文寫作的生活。此外，謝謝煜勝、佩儒、盈如及尹甄等學弟妹，在論文口試期間的幫忙。大學同學家慶，我不會忘記跟你打魔獸打到天亮的日子。還有許多在這過程中幫助我陪伴我的好朋友，雖然無法在這裡一一道出，但是我內心衷心的感謝你們。

最後感謝一路辛勤栽培我的父母親，有他們的支持才能完成碩士學業，將這份喜悅與他們分享。另外，感謝大舅舅提供我良好的寫作工具，讓我可以無憂無慮的完成一件件作業與研究，於此感謝幫助過我的家人與親戚。

謝志偉 謹誌於

國立交通大學交通運輸研究所

中華民國九十九年六月

目錄

摘要	i
Abstract	iii
誌謝	v
目錄	vi
表目錄	viii
圖目錄	ix
一、 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究流程	3
1.4 研究內容	4
二、 文獻回顧	6
2.1 格位傳遞模式相關文獻	6
2.2 格位傳遞模式相關應用	9
2.3 混合車流相關文獻	14
2.4 小結	19
三、 模式建構	20
3.1 單一車流格位傳遞模式	20
3.2 混合車流格位傳遞模式	23
3.2.1 模式構建	24
3.2.2 競爭函數關係建立	27
3.3 模擬操作設定	31
3.4 模式特性分析	32
四、 車流特性調查	35
4.1 調查地點選擇	35
4.2 調查拍攝作業	36
4.3 資料處理	37
4.3.1 影像畫面轉換	38
4.3.2 格位劃分	39
4.3.3 格位車輛數統計	39
4.4 車流資料分析	40
五、 模式參數推估與驗證	42
5.1 模式參數推估	42

5.2 模式驗證.....	43
六、 結論與建議.....	59
6.1 結論.....	59
6.2 建議.....	60
參考文獻.....	61
簡歷	64



表目錄

表 2-1 格位傳遞模式應用文獻彙整	13
表 2-2 中觀混合車流相關文獻彙整	18
表 3-1 EXCEL 模擬設定表	31
表 4-1 實際道路測量標的物	37
表 4-2 格位資料統計格式	40
表 4-3 格位車輛數分析	40
表 4-4 格位流量分析	41
表 5-1 參數推估表	42
表 5-2 平均絕對誤差百分比評估準則	43
表 5-3 驗證績效表	45
表 5-4 驗證績效表(紅燈時間+綠燈時間)	56
表 5-5 驗證績效表(紅燈時間)	57
表 5-6 驗證績效表(綠燈時間)	57
表 5-7 驗證績效表(週期)	57
表 5-8 驗證績效表(離峰)	58
表 5-9 驗證績效表(尖峰)	58



圖目錄

圖 2-1 簡單連續流模式流量密度關係圖	7
圖 2-2 格位傳遞模式 流量與密度關係圖	8
圖 2-3 格位傳遞模式示意圖	8
圖 3-1 格位上下游劃分示意圖	20
圖 3-2 單一車流格位傳遞圖	21
圖 3-3 格位傳遞模式 流量與密度關係圖	22
圖 3-4 混合車流格位傳遞圖	24
圖 3-5 車種比例示意圖	26
圖 3-6 機車最大流量與熵值趨勢圖	30
圖 3-7 汽機車競爭關係與熵值趨勢圖	31
圖 3-8 格位傳遞示意圖	33
圖 3-9 汽車密度與流量關係圖	33
圖 3-10 機車密度與流量關係圖	33
圖 3-11 混合車流密度與流量關係圖	34
圖 4-1 實際拍攝畫面擷取(離峰).....	36
圖 4-2 實際拍攝畫面擷取(尖峰).....	36
圖 4-3 影像切割軟體	38
圖 4-4 影像畫格設定	39
圖 4-5 格位劃分示意圖	39
圖 4-6 實際混合車流密度與流量關係	41
圖 5-1 模式驗證示意圖	44
圖 5-2 model1 格位 1 汽車實際值與模擬值	46
圖 5-3 model1 格位 1 汽車誤差波動	46
圖 5-4 model1 格位 1 機車實際值與模擬值	46
圖 5-5 model1 格位 1 機車誤差波動	46
圖 5-6 model2 格位 1 汽車實際值與模擬值	47
圖 5-7 model2 格位 1 汽車誤差波動	47
圖 5-8 model2 格位 1 機車車實際值與模擬值	47
圖 5-9 model2 格位 1 機車誤差波動	47
圖 5-10 model1 格位 3 汽車實際值與模擬值	48
圖 5-11 model1 格位 3 汽車誤差波動	48
圖 5-12 model1 格位 3 機車實際值與模擬值	49

圖 5-13 model1 格位 3 機車誤差波動	49
圖 5-14 model2 格位 3 汽車實際值與模擬值	49
圖 5-15 model2 格位 3 汽車誤差波動	49
圖 5-16 model2 格位 3 機車實際值與模擬值	50
圖 5-17 model2 格位 3 機車誤差波動	50
圖 5-18 model1 格位 6 汽車實際值與模擬值	51
圖 5-19 model1 格位 6 汽車誤差波動	51
圖 5-20 model1 格位 6 機車實際值與模擬值	52
圖 5-21 model1 格位 6 機車誤差波動	52
圖 5-22 model1 格位 6 汽車流出實際值與模擬值	52
圖 5-23 model1 格位 6 汽車流出誤差波動	52
圖 5-24 model1 格位 6 機車流出實際值與模擬值	53
圖 5-25 model1 格位 6 機車流出誤差波動	53
圖 5-26 model2 格位 6 汽車實際值與模擬值	53
圖 5-27 model2 格位 6 汽車誤差波動	53
圖 5-28 model2 格位 6 機車實際值與模擬值	54
圖 5-29 model2 格位 6 機車誤差波動	54
圖 5-30 model2 格位 6 汽車流出實際值與模擬值	54
圖 5-31 model2 格位 6 汽車流出誤差波動	54
圖 5-32 model2 格位 6 機車流出實際值與模擬值	55
圖 5-33 model2 格位 6 機車流出誤差波動	55

一、緒論

1.1 研究背景與動機

市區道路包含不同類型之交通運具，不同類型之運具運行特性均有差異，道路績效衡量方式亦不同，交通工程師進行道路設計評估時，透過相關運具運行之道路績效評估方案，如道路容量設計或路口號誌設計，但市區道路包含多種運具，進行評估設計需花較多時間考量各種車種之特性，以我國市區道路而言，汽車及機車為主要交通運具，然機車運具盛行為我國特有之旅運行為，其中，一般道路在汽機車運具相同空間和時間下所能承受之容量及密度階不同，機車車型小且機動性較大，相對於汽車車型大且機動性小，當汽車密度達飽和，機車仍然能穿梭在汽車間的縫隙，且同樣大小的空間，汽車與機車在相同時間內能通過的流量亦不同，但國外發展之車流模式鮮少考慮機車行為，以往評估汽機車混合車流行為時，多將機車以小客車當量轉換小客車當量數，容易忽略機車車流行為之特性，交通工程師進行方案評估設計時會產生誤差，因此，建構汽機車混合車流模式，降低因小客車當量數忽略之車流特性，影響相關交通工程方案評估之誤差，為本研究之研究動機之一。

一般取得交通控制策略評估參數或道路資訊可透過車流模擬模式，運輸科技日趨成熟，使得交通控制及資訊提供需更即時與動態，因此選擇一個合適的車流模式為重要的課題，車流模擬可以三種不同層級之車流模式模擬，分別為微觀車流模式、中觀車流模式及巨觀車流模式，不同層級之車流模式模擬結果亦不同，微觀車流模式可詳細模擬個別車輛行為，當路網龐大車流量增加，會使模擬時間過長，巨觀車流模式可模擬整體車流行為，但對於較細微的車流行為模擬結果較為粗略，為此，Daganzo (1994; 1995)提出格位傳遞模式(Cell Transmission Model, CTM)為一中觀車流模式，將道路劃分為數個格位，藉由車輛在格位間的互動關係，模擬車隊運行行為，以此方法，可模擬整體車流行為，又可觀察車隊在格位間的轉換行為，模擬近似微觀車流行為，降低模擬模式所需時間及提升模擬詳細度，可以更即時及動態方式獲得相關車流模擬資訊，為本研究動機之二。

格位傳遞模式發展至今，國內外皆有文獻將其應用不同的道路類型，可分都市道路及高速公路等應用，研究課題及模式應用也非常廣泛，應用結果也符合實際車流狀況，且以車隊在格位間的互動關係，可以即時且動態的方式模擬車流行

為，符合現代運輸技術應用趨勢，但本研究發現，在若干文獻研究中，格位傳遞模式只考慮單一車種，即使模式應用混合車流，也是將不同車種轉換成小客車當量數，格位傳遞模式基礎模式之應用未考慮混合車流，無法充分模擬混合車流行為，為使格位傳遞模式之基礎模式能考慮混合車流行為，為本研究動機之三。

本研究根據國內混合交通特性，考慮汽機車混合車流行為及目前車流模式之發展，模式模擬方式趨於實際車流運行，且運算時間少及運算方式簡便，對發展即時動態交通控制有顯著的貢獻，但各國家交通組成及車流運行特性皆不同，一般化的模式無法涵蓋各地區之特性，因此，需將成熟之模式予以修正，加入可充分描述當地車流特性之因子，觀察我國市區道路多以汽機車混合車流運行，應用國外之車流模式應考慮機車與汽車間互動特性，建構適合國內的車流模式。

1.2 研究目的

本研究依據 Daganzo (1994; 1995) 提出格位傳遞模式 (Cell Transmission Model, CTM)，應用模式特性模擬我國混合車流行為，加入格位傳遞模式未考慮之混合車流特性，建構混合車流格位傳遞模式 (mixed traffic cell transmission models, MCTM)，為此，本研究針對模式進一步修正，本研究目的如下：

1. 探討汽車與機車特性，觀察汽機車車流行為之互動關係，應用於格位傳遞模式 (CTM)，推導混合車流於市區道路運行行為。
2. 探討簡單連續流模式與格位傳遞模式於混合車流之特性，並進行兩模式之特性比較。
3. 以實際市區道路混合車流資料，驗證本研究建構之混合車流格位傳遞模式，檢視模式對實際道路混合車流模擬能力。
4. 設計不同的情境，分析混合車流格位傳遞模式於自由車流、同步流及壅擠車流狀態下之模式車流行為與特性。

1.3 研究流程

本研究之流程如圖 1-1 所示。

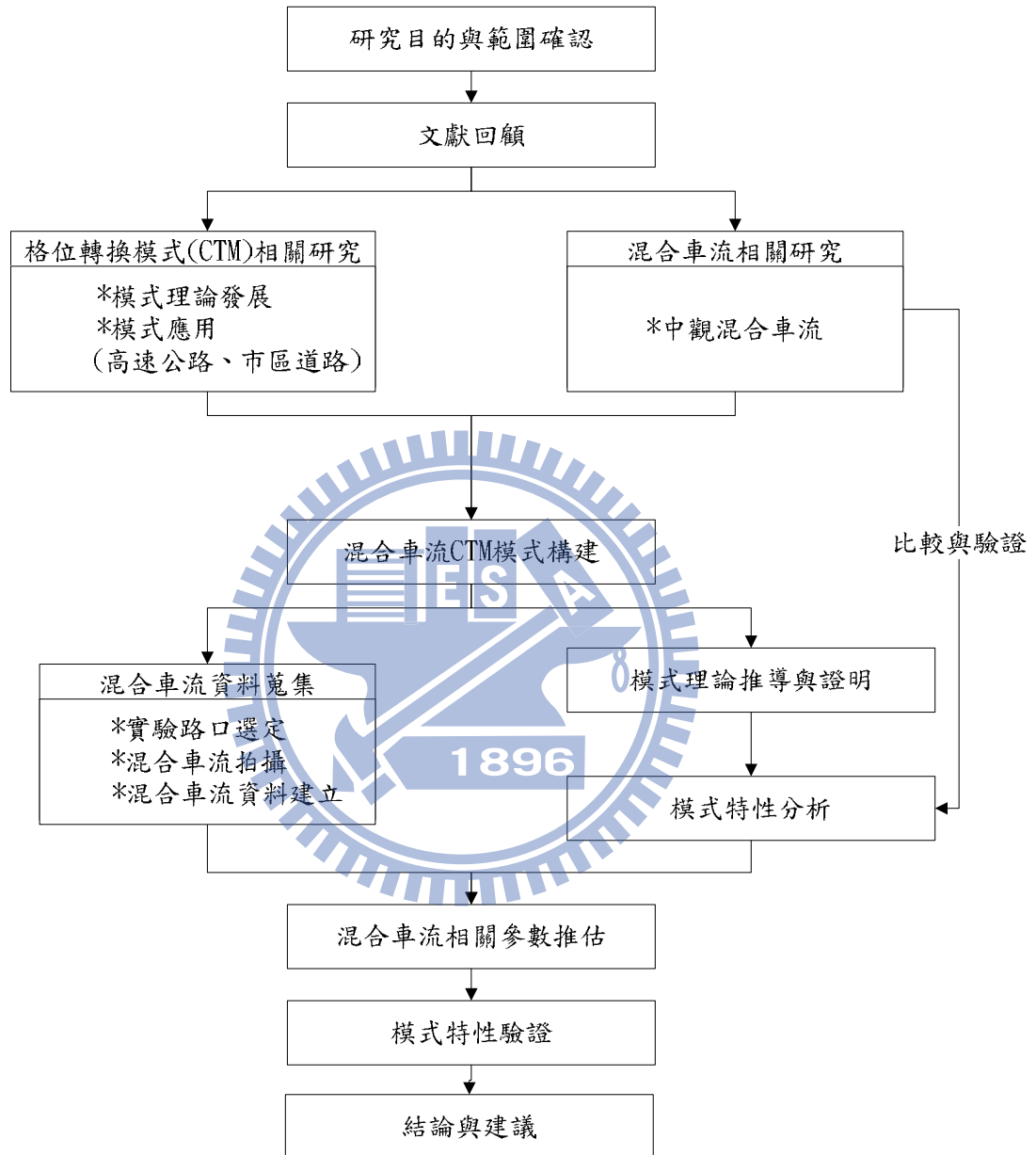


圖 1-1 研究流程圖

1.4 研究內容

本研究目的為建構混合車流 CTM 模式，推導模式理論，並且藉由實際道路資料進行模式參數推估，分析格位傳遞模式對於混合車流模擬效果，透過模式推估之結果應用於交通控制上，提供相關控制策略參考。茲將本研究之研究內容分述如下：

1. 確立研究目的與研究範圍之界定。

依據研究之背景與動機，探討實際車流運行行為以及目前發展之相關模式不足之處，建構符合實際運行狀況之車流模式，因此，本研究依照現況問題及模式發展內容，可分為三大動機構建混合車流格位傳遞模式，希冀透過模式的建構，可達到本研究預設之四大目的。

2. 文獻回顧整理相關研究。

為達成本研究之目的，並使模式之構建能更加縝密，本研究之文獻回顧依照本研究動機與目的，可分為兩大部分，其一為格位傳遞模式基礎理論及相關應用，其二為混合車流相關文獻回顧，本研究希望透過第一部分之文獻回顧，確立格位傳遞模式基礎理論，由理論的研究中修正模式不足之地，並保留模式動態與便利之特性，建構與實際車流行為較符合之模式，並且探討模式應用，了解未來模式應用方向以及目前模式應用研究尚未考慮之因素，使模式建構能更加完善，為使模式建構能充分表現混合車流之行為，本研究回顧第二部分文獻，探討目前混合車流模式之發展，蒐集相關應用理論及變數，了解不同車種間關係之建立，並觀察中觀混合車流之特性，以便後續模式構建參考及驗證模式特性。

3. 混合車流 CTM 模式構建。

本研究將原始格位傳遞模式加以考慮混合車流行為，參考本研究蒐集之文獻，探討相關研究使用之變數，應用於格位傳遞模式適合性，建構混合車流格位傳遞模式，並應用相關文獻提出之中觀混合車流模式特性，加以證明本研究之模式與混合車流 LWR 模式之相關性，分析本研究建構模式之特性與中觀混合車流模式進行比較與驗證，確認模式之準確性，此外，進一步蒐集實際道路車流資料，選定適合實驗路口，由於格位傳遞模式係將道路分割成數個格位，拍攝地點的選擇上需考慮可拍攝之路段長度，以便本研究切割道路格位，透過道路拍攝方法彙整

混合車流資料，評估適合時階及資料樣本數，決定拍攝時間之長度，了解該路段自由車流速率之限制，衡量格位長度，本研究預計蒐集尖峰與離峰時間之道路資料，結合本研究之推估模式，探討本研究建構之模式於尖離峰之特性。

4. 混合車流 CTM 相關參數推估。

透過模式構建獲得混合車流之模式，由以上蒐集之資料與本研究推導模式之結合推估混合車流相關係數，推估出符合實際流特性之參數。

5. 混合車流 CTM 模式特性驗證。

本研究參考中觀混合車流模式相關文獻提出之變數，選擇適當變數應用於本研究模式構建，進而推估模式參數，探討在因應不同車流狀況模式參數調整，對於車流行為特性分析之可靠性，並與實際資料做比較予以驗證，確立本研究構建之混合車流 CTM 模式符合實際混合車流行為。

6. 結論與建議

根據研究結果進行歸納分析，總結本研究之結論，並依據研究過程之結果，提供後續研究發展建議。



二、文獻回顧

本研究係參考Daganzo (1994; 1995)提出之格位傳遞模式，由單一車種推估模式，進一步考量汽機車混合車流，推導為混合車流模式，期能清楚了解格位傳遞模式及混合車流模式間的關係，本研究之文獻回顧分成兩部分，第一部份為格位傳遞模式，探討Daganzo提出之原始格位傳遞模式理論以及高速公路與市區道路應用，第二部份回顧混合車流模式，本研究將介紹混合車流模式相關文獻，了解混合車流模式在不同道路狀況與交通組成之特性，以便後續研究與格位傳遞模式特性結合。本研究文獻彙整如下：

2.1 格位傳遞模式相關文獻

車流模式依對車輛行為觀察之角度，可分為巨觀、中觀及微觀等模式，巨觀模式係以整體路網車流狀況，以總體流量反映路網上車流的運行，優點為車流資料統計方便，可透過車輛偵測器取得，但較難反映交通組成及車輛運行間的關係，反之，微觀車流模式係以觀察車與車彼此間的互動關係，反映路網之車流運行行為，但微觀車流模式需要觀察每一部車的行為，蒐集資料需要花費較大的成本，資料取得不易。

考量車流資料取得的方便性，及適當反映車流運行行為，Lighthill及Whitham (1955)和Richard(1956)提出簡單連續流模式(LWR模式)，即以車流理論流量(q)及密度(k)之一對一關係如圖2-1，圖中反映流量及密度變化會彼此影響，當流量到達最大流量密度(k_{max})，流量會開始減少，直到飽和密度(k_j)時流量為0，另外，LWR模式之概念為流量守恆關係，以流量(q)對路段長度(x)微分及密度(k)對時間(t)微分之關係，表示通過上遊路段之車流，最終會通過下游路段，由以上可知，簡單連續流模式描述車流行為與巨觀模式觀察整體車流及微觀模式觀察車與車方式不同，以車隊形式透過流量守恆及流量密度關係，探討車輛在車隊中行為改變形成衝擊波(shock wave)描述車流行為，此種方式係以中觀的角度，包含巨觀及微觀的特性，以巨觀蒐集資料的方便性，透過流量、密度及衝擊波反映車輛行為改變對車隊運行之變化，兼具微觀特性，但簡單連續流模式運算上需要透過微分方式，在混合車流下運算較為複雜，因此，可考慮離散的方式考慮不同車流狀態混合車流運行狀況，格位傳遞模式係以離散的方式推估車流行為，為充分了解格位傳遞模式理論及應用，本研究將回顧格位傳遞模式相關文獻及應用。

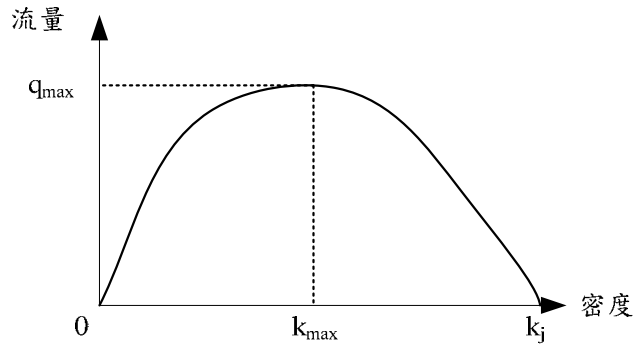


圖2-1 簡單連續流模式流量密度關係圖

格位傳遞模式(Cell Transmission Model, CTM)為Daganzo (1994; 1995)提出以中觀模式描述車流行為，透過車流流體理論之概念引伸而來，格位傳遞模式假設在一均質的系統中，每個格位特性皆為獨立，並假設格位傳遞模式最上游與最下游之兩端，藉由輸入與輸出作為格位界線。假設輸出格位能紓解所有離開的車輛數，輸出格位能容納的車輛數為無限大($N_{i+1}=\infty$)。輸入邊界則由一對格位所組成，分別為起始格位(source cell)與柵欄格位(gate cell)。假設起始格位可產生無限的車輛數($n_{00}(0)=\infty$)進入柵欄格位者，單位時間內可通過無限多之車輛數($N_0(t)=\infty$)，容量($Q_0(t)$)與單位時間內之設計流量相同，當道路容量達到飽和時將發揮柵欄格位之功能，使車輛無法順利進入，透過以上假設進行車流運行行為模倣，格位傳遞模式所模擬之車流運行結果與簡單連續流模式(LWR 模式)之流量與密度關係以圖2-2表示之，並結合Newell(1991)提出預測單一車道路段之進出口車流行為模式，但此模式未推估路段中的車流行為，因此，Daganzo提出格位傳遞模式推估路段中車流行為，以時間與空間的關係，構建在單車道、單一出入口及單車種等均質狀態下推估車輛在路段中的行為。

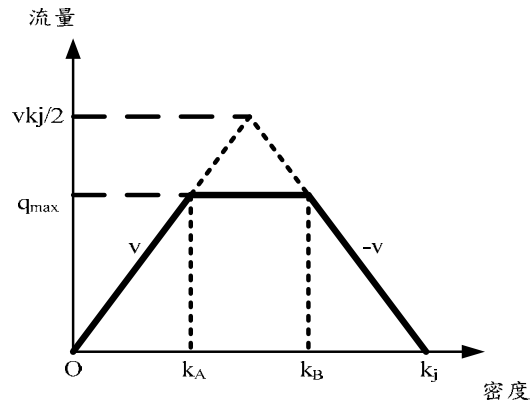


圖2-2 格位傳遞模式 流量與密度關係圖

格位傳遞模式利用車隊在格位間的轉換，推估車隊由上游到下游之行為如圖2-3所示，圖中可了解車隊在時間變化下之空間變化，格位長度係以設定時間間隔內，自由車流速度可行駛之距離，車隊在格位內轉換係依據格位內之車輛數、最大流量及可容納之空間等因子，然透過這些因子，模式在應用上可得到自由速率、最大流量、飽和密度及衝擊波波速等參數，這些參數在交通工程上，可彈性應用在複雜的路網上，評估道路績效，可評估績效有總延滯及旅行時間等，上述之模式是假設在無分出及併入較簡單之單車道道路上，但在較複雜的路網上，如市區道路或高速公路匝道路口，會產生分出及併入現象，因此，以下將加以介紹在考慮路網之格位傳遞模式。

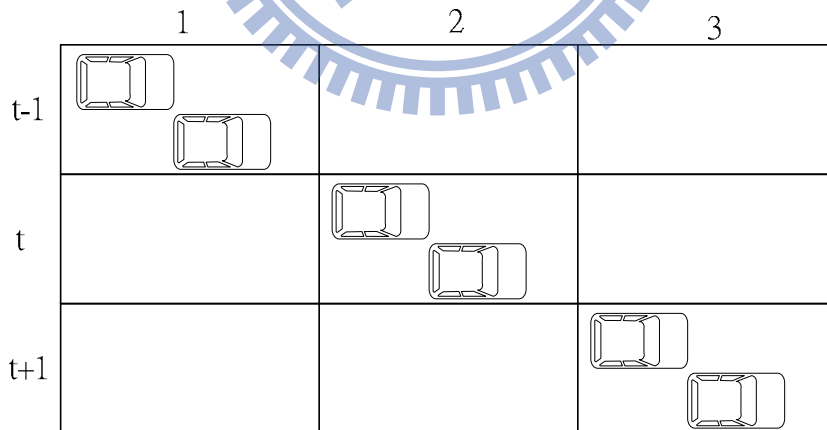


圖2-3 格位傳遞模式示意圖

Daganzo (1994; 1995)針對格位傳遞模式進一步模式修正於應用在路網之模式，考慮車輛在道路中併入及分出之運行行為，將原模式加以修正，格位假設有分出(diverge)併入(merge)及一般狀況(ordinary)三種類型如圖2-4所示，其中分出

以一節線進入分出之格位，透過兩節線離開格位，併入則為有兩節線進入格位，以一節離開格位，一般狀況則為無併入及分出，為一條進入節線及一條離開節線，由以上概念，考慮分出併入之格位傳遞模式係將原模式加入分出併入參數，建構路網之格位傳遞模式。

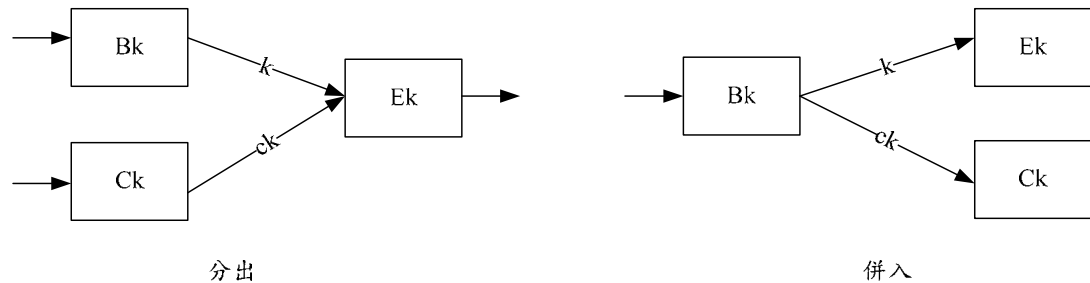


圖2-4 格位傳遞模式分出併入示意圖

資料來源：Daganzo(1995)

除上述格位模式之基本理論模式，Boel和Mihaylova(2006)提出結合機率概念之格位傳遞模式，利用格位傳遞模式連續格位和時階，以車流流入與流出格位函數發展動態機率車流模式，利用格位傳遞模式直覺性及一致性等特性描述車流運行行為，以動態的方式敘述密度及平均速度等變數，此模式結合機率模式評估車流，整合格位傳遞模式及機率模式之特性，應用在即時預測演算法及控制策略以實際路網資料驗證，推估結果與實際資料相符，顯示模式可應用於實際路網。

經由上述文獻回顧可知格位傳遞模式可以反映車隊在格位間的互動關係，模式雖近似於LWR模式，但在運用上格位傳遞模式依據最大流量、自由車流速率及飽和密度以離散的方式，推估車隊格位在格位間之轉換，在運算上較LWR模式微分方式求解較為簡便，面對較龐大的路網，可以較少的時間與資源獲得下游路段車流運行行為，此外，推估道路事件對路網之影響，LWR模式須透過速率(v)、衝擊波速(w)、位置(x)及時間(t)等因子互相對應觀察事件發生對路網之影響，但格位傳遞模式只需透過車隊在格位間的推估可即時呈現車隊在路網上的變化，由以上可得知，格位傳遞模式有直接性、即時性及簡易性等特性，透過上述特性，格位模式在高速公路及市區道路皆有相關應用及驗證，本研究將針對高速公路與市區道路相關應用整理如后。

2.2 格位傳遞模式相關應用

格位傳遞模式原始模式係以高速公路做為模擬對象，由於高速公路無平面交

織且行駛之車種均為汽車，模式校估及推導上較為便利，在國內外許多研究將格位傳遞模式應用在匝道儀控、可變標示系統及動態交通控制等，因此，本研究蒐集格位傳遞模式應用於高速公路之相關文獻，此外，市區道路組成因子較高速公路複雜，需考慮平面交織問題、交通組成之多樣性以及交通號誌等問題，國內市區道路交通組成除了汽車外，還有機車，然兩種交通運具特性均不一樣，因此，市區道路車流行為之研究乃為較複雜之課題，本研究蒐集高速公路與市區道路相關應用文獻，期能加深對該課題之了解。

Gabriel和Roberto(2006)所提出之格位傳遞模式延伸，適用於匝道儀控的非均質格位傳遞模式(Asymmetric Cell Transmission model, ACTM)，考慮通過匝道之交通量，限制每個格位最多包含一個入口匝道或出口匝道，且考慮匝道進入主線需求量與匝道停等線之車流，然ACTM模式所引用格位因匝道的影響，已無均質性存在，故稱非均質格位傳遞模式，模式導出高速公路主線與匝道之車流，以主線流率、匝道流率及儀控率為限制式，透過線性規劃求解，求得匝道儀控最佳時制計劃，進而建構最佳匝道儀控策略。

Munoz *et al.* (2004)將格位傳遞模式應用於美國加州高速公路之匝道儀控，認為欲使匝道儀控能有效管制高速公路車流量，需要準確及最佳化的儀控率(on-ramp metering rate)，因此，提出改良式的格位傳遞模式(Modified CTM, MCTM)，模式類似原始格位傳遞模式，但格位間的長度非固定並且將原本格位內車輛佔有數改成密度表示，提高模式應用的彈性，模式使用加州I-210公路開放式迴圈偵測器，蒐集實際車流資料校估並驗證模式，結果顯示，MCTM模式在壅擠與瓶頸路段預測旅行時間與實際旅行時間誤差值在6%以下，顯示該模式可有效預測高速公路車流行為，並將結果應用於儀控率最佳化之參數上。

Juang和Chiang(2003)將格位傳遞模式應用於高速公路預測型交通控制，該預測型交通控式結合遲滯模式(Hysteretic Model)及格位傳遞模式，應用延滯模式預測道路同時存在自由車流及壅擠車流之狀況，分別構建出兩種車流型態並校估參數，但未考慮高路公路之上下匝道之影響，因此，考慮格位傳遞模式在上下匝道之間格位及時間變動關係，描述車流行為在此區間的變動，補足該模式未考量上下匝道影響之因素。

Shang和Huang (2007)將格位傳遞模式應用於可變標示(Variable Message Signs, VMS)，以格位傳遞模式推估下游發生事故，根據不同OD的需求及不同的路徑需花費的旅行時間，反映在VMS上供使用者決定欲行駛路徑，降低道路事

故產生時對路網之影響，其研究假設路網分割成數個均值的格位，將VMS設置在其中一個格位，觀察VMS設置的位置對於路網績效的影響，透過簡易路網的模擬，尋求最佳化的解，結果顯示，欲使VMS的設置地點能減少整個系統的旅行時間，需考慮各OD需求時間和空間的分佈、交通事故發生的頻率及駕駛的習慣等。

蔡美蓉(2008)應用我國國道中山高速公路資料，並將格位傳遞模式參數校估為符合我國高速公路之狀態，驗證格位傳遞模式於我國高速公路之準確性，其研究修正格位傳遞模式，在模式中加入速率影響因子，考慮格位長度固定時，車輛移動速率超過或低於自由速率模式推估之結果，修正模式係透過平均絕對誤差百分比(MAPE)評估驗證結果，結果顯示考慮速率因子之模式較原始模式佳。劉峰佑(2009)進一步利用我國高速公路鄰近匝道路段車流資料，探討匝道車流行為對格位傳遞模式推估影響，以格位傳遞模式推估匝道入口之剩餘容量，以實際車流資料研擬匝道儀控策略，將研擬結果透過車流模擬軟體TSIS分析。

林柏辰(2009)為有效管理高速公路異常交通狀況對整體車流的影響，結合基因模糊邏輯控制(genetic-fuzzy logic controller, GFLC)與格位傳遞模式發展速限控制模式，利用基因模糊邏輯在異常交通狀況下找出最佳化的可變速限控制模式，以達到流量及安全最大化兩個目標，運用是由從即時的上游交通狀況及每分鐘判斷一次之事件嚴重性來決定最佳化的速限降低程度，三個狀態變數包括平均速度、流率及事件嚴重程度，控制變數為上游每一公里設置之可變速限號誌所增加的速限降低程度，為了評估學習後的邏輯規則及隸屬函數之績效，應用格位傳遞模式模擬，並針對事件的特性修改模式，為確保修改後之格位傳遞模式能精確模擬下游車流行為，運用平均絕對誤差百分比(MAPE)做為驗證依據，MAPE分別在自由流、交通壅塞和車道封閉等情形下皆低於13%。

Lo(1999)提出的新交通號誌控制模擬，模擬方式係參考格位傳遞模式，以格位間推估的關係，應用格位傳遞模式含有LWR模式概念之特性，模擬不同車流情況，依照自由車流、同步流及壅擠車流狀態下，在不同號誌時制下運行的狀況，以此模擬方式可以透過上游VD獲得道路需求，考慮速率、密度及流量關係，以簡易的方式推估下游的車流變化，且CTM有運算方便的優勢，僅需就簡易的軟體即可得到推估的結果，應用在交通控制上，可以即時反映號誌時制改變對於車流運行的影響，

Lo和Szeto(2002)發展以格位為基礎之動態交通量指派(dynamic traffic

assignment, DTA)模式，以數學規劃中變分不等式(Variational Inequality, VI)建構模式，滿足動態使用者最佳化(dynamic user optimal, DUO)及路網先進先出之現象，其認為格位傳遞模式能反映動態交通之衝擊波、車隊組成、車隊消散和反映多車道之動態交通互動關係，並且符合流量守恆定律等特性，因此將格位傳遞模式加入動態交通模式中可以在巨觀動態車隊模擬中，模擬更詳細的車流行為，以及在微觀車流模式降低運算時間，使其在上述兩者間取得平衡，此外，可透過起始格位及終點格位內車輛佔有數，隨時間的變動獲得該路段或路網之旅行時間，並且可運用格位轉換限制參數之調整，模擬路段封閉及市區道路號誌之車流行為。Lo和Chow(2004)進一步將此方法應用在過飽和交通控制策略上，參考以格位為基礎之模式，發展動態路口號誌控制最佳化模式(dynamic intersection signal control optimization, DISCO)，應用基因演算法(genetic algorithm, GA)，將格位傳遞模式納入數學規劃式，計算車隊在時階變化下格位內之車輛數，求取延滯時間，並應用格位傳遞模式之限制參數調整情境，應用在香港實際路網，並與車流模擬軟體TRANSYT做比較，模擬結果發現DISCO之總延滯時間較TRANSYT少30。

Changliang *et al.* (2004)等人提出在過飽和路網中使用固定週期的交通控制策略的研究，認為擬訂一套號誌控制策略需考量車流模式、路網控制目標及控制策略等三方面，其中，車流模式系應用格位傳遞模式，認為該模式包含LWR模式特性，可以有效的描述飽和車流之車流行為，以及提供交通控制所需之變數，透過最佳化模式獲得最佳之交通控制策略。

Long *et al.*(2008)以格位傳遞模式為基礎，模擬都市交通壅擠狀況，其認為過去模擬都市壅擠交通都是以巨觀的角度，較少研究透過微觀角度模擬壅擠車流及車流消散行為，但在交通壅擠管理策略上，對於交通事件的管理技術，需要了解較細微的的車流行為，因此，應用格位傳遞模式模擬在車流壅擠之雙向棋盤式路網下車隊擴散行為，其研究認為格位傳遞模式可有效表現出溢流及衝擊波等現象，並將LWR模式以離散的方式應用，以動態的方式描述車流行為，由此，其研究以格位傳遞模式模擬車隊壅擠和消散，考慮變動停等區長度和停等線寬度分配之影響，引用車隊壅擠大小(jam size)及延滯時間(congestion delay)衡量結果。

許珮珊(2009) 應用格位傳送模式建構高速公路動態起迄矩陣推估演算法，結合進階卡門濾波(extended Kalman filtering, EKF)與格位傳送模式來建構遞迴的動態OD 矩陣推估演算法，藉由該方法模擬車輛運行的行為，並預測各依時OD

pair 之到達型態，以便推估動態OD 矩陣，應用DynaTAIWAN (Dynamic Traffic Assignment and Information in Wide Area Network) 模式模擬路段流量以獲得計算EKF 之相關資訊，並利用中觀車流理論中之格位傳送模式(CTM)來預測車輛到達型態，改善上游路段與下游匝道時間差(time lag)的因素，同時增加推估旅行時間方法之客觀性與求解效率。

回顧格位傳遞模式基礎模式理論及相關應用之文獻，發現格位傳遞模式由1994年發展至今，對高速公路及市區道路之車流行為可以較彈性及動態的方式模擬車流行為，並且涵蓋簡單連續流模式概念，可以推估車隊行為之變化，模式推估又較為簡單，可做為車流行為相關課題廣泛運用，因此，本研究蒐集並整理相關應用文獻如表2-1所示，格位傳遞模式於高速公路及市區道路階有相關應用，高速公路較多研究課題應用於匝道儀控最佳化，而市區道路則是以交通量指派以及交通控制等課題，然格位傳遞模式雖有較佳的應用彈性，但面對多樣的課題需要修正模式，本研究於表2-1表示模式應用修正及結合其他研究方法，另外，本研究發現格位傳遞模式應用中，尚無相關文獻應用考慮混合車種之格位傳遞模式，但實際車流狀況不只有單一車種，為使其與實際車流行為較相近，需考慮混合車流之狀況，然格位傳遞模式屬中觀車流模式，因此，本研究將蒐集中觀混合車流模式以便後續模式特性推估。

表2-1 格位傳遞模式應用文獻彙整

作者	年分	道路類型	研究課題	模式應用	模式修正	考慮車種
Gabriel和Roberto	2006	高速公路	• 匝道儀控最佳化	• 推估主線與匝道車流需求	• 假設格位為非均值格位	單一車種
Munoz et al.	2004	高速公路	• 匝道儀控最佳化	• 推估最佳儀控率	• 非相等格位長度 • 修正格位車輛佔有數為車流密度	單一車種
Juang和Chiang	2003	高速公路	• 預測型交通控制	• 推估上下匝道之間格位及時間變動關係	• 結合遲滯模式	單一車種
Shang和Huang	2007	高速公路	• 可變標示系統	• 推估旅行時間	• 無修正	單一車種

表 2-1 格位傳遞模式應用文獻彙整(續)

作者	年分	道路類型	研究課題	模式應用	模式修正	考慮車種
蔡美蓉	2008	高速公路	• 高速公路實證	• 推估上下游車流需求	• 考慮速率因子	單一車種
劉峰佑	2009	高速公路	• 匝道儀控	• 推估匝道剩餘容量	• 無修正	單一車種
林柏辰	2009	高速公路	• 可變速率控制模式	• 模擬事故地點交通變化	• 考慮速度減少比例與容量減少	單一車種
許珮珊	2009	高速公路	• 動態起迄矩陣推估	• 建構遞迴的動態OD 矩陣推估演算法	• 無修正	單一車種
Lo	1999	市區道路	• 交通號誌控制模擬	• 推估道路需求及下游的車流變化	• 無修正	單一車種
Lo和Szeto	2002	市區道路	• 動態交通量指派	• 推估旅行時間及模擬車流行為	• 無修正	單一車種
Lo和Chow	2004	市區道路	• 動態路口號誌控制最佳化	• 推估延滯時間	• 結合基因演算法	單一車種
Changliang <i>et al.</i>	2004	市區道路	• 路網交通控制策略	• 提供交通控制所需之變數	• 無修正	單一車種
Long <i>et al.</i>	2008	市區道路	• 都市交通壅擠模擬	• 模擬車隊壅擠和消散	• 無修正	單一車種

2.3 混合車流相關文獻

格位傳遞模式為中觀車流模式，由2.1節中得知格位傳遞模式中未考慮混合車流，應用之課題也大多採用單一車種，因此，本研究欲將混合車流加入模式中，由上述可知，格位傳遞模式為一中觀車流模式，理論基礎模式是由LWR模式發展而來，為使模式修正能更加縝密，本研究蒐集中觀混合車流模式相關文獻，確立中觀混合車流模式特性，以便後續修正模式特性檢驗，本研究針對混合車流相關文獻回顧如后：

Zhang和Jin(2002)考慮不同的車種，以混合車流推導運動波模式(kinematic wave model)，利用連續性車流行為，參考不同車種密度、平均速率及流量，在空間和時間變動下分析車流特性，以中觀車流模式的角度描述車流行為，該研究將不同車種分成車隊，評估高速公路上不同類型車種之車隊運行行為，將行車效率較低的車隊如大貨車，與行車效率較佳之車隊如小客車結合，觀察混合車流之特性，該模式針對車種不同的車隊訂定不同密度型態，考量各車隊之密度以車流模式中密度與速率的關係，此外，模式利用各車種自由車流速率滿足以下幾項中觀混合車流模式條件：

1. 先進先出規則
2. 非均向性(anisotropic)
3. 可反映衝擊波及不同類型車流階之車流波動

上述三項中，第三項係描述當不同車種車流混合在一起時車流擴散行為，並探討衝擊波(shock wave)及接觸波(contact wave)對混合車流之影響，以黎曼問題(Riemann problem)與流量守恆定理結合，建構自由車流及壅擠車流之混合車流模式，並應用密度與速路關係車隊穩定狀態下，參考跟車理論推導混合車流基本原則圖形，考慮參數為自由車流速率、車長及反應時間，透過此基本原則可以推估在混合車流下道路容量，該研究最後考慮實際道路狀況設定模式相關變數，檢驗模式反映混合車流行為能力，結果顯示該模式可以有效推估混合車流行為。

Chanut和Buisson(2003)將巨觀車流模式加入流量守恆規則，並考慮衝擊波之因素修正模式，以中觀的角度模擬混合車流行為，模式考慮在自由車流下，利用小客車與大貨車之車長與車速做為混合車流因子，以流率與密度關係建構流體函數(flux function)，其函數可描述流率與密度的關係，即在無車流下，流率和密度為零，然當密度達飽和密度，流率亦為0，並以此關係推估車流在不同密度下之速度，最後將上述之關係建構一階車流模式，應用一階車流模式推估流量守恆、流量與密度均衡及流量和速度等關係式，該研究將一階模式延伸到考慮雙車流行為建構混合車流模式，在模式修正中，考慮模式於自由車流與壅擠車流之狀況，於不同狀況混合車流之流量與密度結合考慮參數亦不同，在非壅擠車流下設定 β 值做為調整參數， β 為一介於0.2到0.5之數值，取得方式是以觀察車流行為之經驗，於壅擠車流下則考慮不同車種之車長的比值做為調整參數，應用上述參數與速度和密度關係建構混合車流模式，該研究進一步將混合車流模式透過黎曼問題及

Godunov Scheme法進行模擬，模擬分成四種情境，分別為上下游皆為自由車流、上下游皆為壅擠車流、上游為壅擠車流但下游為非壅擠車流以及上游為自由車流但下游為壅擠車流，Godunov Scheme將各情境以格位的方式模擬，觀察在不同情境變化，結果顯示於各情境模擬均可顯示混合車流之特性，成功的反映小汽車與大貨車的互動關係。

Tang *et al.*(2007)以速率梯度模式(speed gradient model, SG model)發展混合車流模式，然過去SG模式大多應用於單一車流上，此研究考慮動態速度評估方程式，將車種分為快車與慢車，利用穩定混合車流之特性及作者假設系統中的兩大參數，分別為快車密度與所有車種密度總合比例(R)，及快車與慢車車長之比值(α)，結合連續流模式之流量守恆定率及上述SG模式，建構考慮連續流模式之混合車流模，在設定情境下，調整快車密度與所有車種密度總合比例(R)，及快車與慢車車長之比值(α)，隱含變動 R 則是考慮混合車流之交通組成，變動 α 則為改變車種類型，因此，將車流運行狀況以三種方式變動，分別為在 R 變動 α 為1、 R 為0.5， α 為變動值以及 α 為1.5變動 R 三種變動情形，由三種變動方式分別探討快慢車交通組成以及考慮多車型之交通組成等課題，該研究進一步將模式應用於市區道路號誌路口上，以預設道路狀況，考慮系統參數 R 與 α 之變動，觀察模式對號誌轉變模擬能力，透過模擬結果顯示，不同車種速率及車長組成，對於觀察車隊運行的中觀模式有重要的影響。

Logghe和Immers(2008)提出模擬混合車流有兩種方式，其一是假設不同車種分佈在不同車道上，透過LWR模式分別建構各車道車流行為模式，再透過參考要件的整合，模擬混合車流，其二為係將所有車種細分為車隊，依各車隊的特性，觀察車隊間的互動關係，模擬混合車流行為，此研究係以後者做為模擬的方式，因為以車隊的劃分係以車種與駕駛特性做為群組，不受到道路型態及車道佈設的限制，因此，模式係先建構一般性的LWR混合車流模式，將各車種的密度與流量各別加總，再依此兩者關係透過車流理論速率、密度及流量，求取混合車流之速率，並將結果導入中觀車流模式之流量守恆定理，建構混合LWR模式，進一步探討各車種在道路佔有空間之分配，其分配是參考車種佔總道路面積的比例(α_i)，此比例可透過車輛間距加上車長的總合與該車種密度的乘積獲得，然各車種 α_i 之總和不會大於1，將此參數加入混合車流模式，以考慮車種在空間中的分配與流量的關係，此外，此研究探討各種過去發展過之混合車流模式之形式，可分為如下：

1. 多車種類型(Multicommodity class)，當駕駛者駕駛行為無法透過觀察區別差異性，可透過車輛的特性做為區隔。
2. 特定車道(special)，係參考Daganzo(1997)依車輛在不同車道允許之行駛方式做為車種之劃分。
3. 同車種等車空間(equal space)探討各車種在道路空間所佔的比例，以各車種密度間的關係，求得車種混合比例。
4. 同車種等車間距(equal distance gap)是修正同車種等車空間(equal space)之概念，假設所有車種之車間距均相同，但車種類型車長不同。
5. 車間距與車長成比例(distance gap proportional to vehicle length)是假設在自由車流速率下，各車種自由速率皆不同，並探討車間距與車長的比例，建構混合車流模式。
6. 等速率(equal speed)是假設各車種速率相同，探討各車種在道路上的佔有率，將道路空佔有比率(α_i)與不同車種之密度函數結合。
7. 使用者均衡(user-equilibrium)參考Wardrop(1952)提出之使用者均衡概念，假設所有車種在道路上都希望旅行時間最小，亦使行駛速率最大，探討在使用者均衡概念下不同車種在道路空間上的分配，研究各車種行車速度受到慢車速度影響速率上升或下降之現象。

其研究係以使用者均衡的角度發展混合車流模式，觀以使用者均衡探討不同車種車流行為之互動方式，並發現各種車輛在道路行駛中，必定會因道路上行駛較慢之車輛影響，進而降速率，因此，用中觀模式流量與密度關係圖，探討不同車種之曲線間的關係，其發現不同車流曲線車透過比例因子(r)連結其關係，比力因子(r)是由車流壅擠下之波速、密度及慢車之自由速率組成，進一步以 r 與不同車種密度做乘積，換算不同車種間的關係，並探討在非壅擠、半壅擠及過度壅擠時速率變化，以車流在上述三種型態下互相專換的行為，建構新觀念的連續混合車流模式，並將模擬瓶頸路段之車流行為，顯示可有良好的模擬效果。

本研究於本節蒐集若干中觀混合車流文獻，發現混合車種類型、應用之道路、應用理論以及考慮混合車流變數皆不同，文獻整理如表 2-2 所示，表中可發現各文獻模擬之車種皆以 2 種車種類型做為模式建構之目標，依其類型可分為小型車與大型車及快車與慢車，以不同類型的區別，探討混合車流在市區道路或高速公路行為，並透過相關理論應用於模式中，由於本研究主要以中觀混合車流模式模

擬車流行為，因此，在文獻中皆探討 LWR 模式流量守恆定理，透過此定理結合其他理論，於不同理論的結合中使用變數亦有不同，主要考慮變數有基本車流理論考慮的三個因子，流量、速度及密度，另外，還有考慮車輛特性之車長及駕駛者反應時間等，其中有若干研究透過上述變數間以比例關係或構建數學式反映適當的變數，這些關係變數，於本研究未來建構混合車流格位傳遞模式應用上，可參考格位內混合車種之車流行為，探討在混合車流在格位間轉換之特性，並於模式建構後本研究可依據相關研究對於中觀混合車流模式之特性進行證明，評估建構之模式對於實際混合車流運行模擬之有效性。

表2-2 中觀混合車流相關文獻彙整

作者	年分	混合車種數	車種類型	應用道路	應用理論	混合車流變數
Zhang和 Jin	2002	2	<ul style="list-style-type: none"> • 小客車 • 大貨車 	<ul style="list-style-type: none"> • 高速公路 	<ul style="list-style-type: none"> • 運動波模式 • 流量守恆 • 黎曼問題 	<ul style="list-style-type: none"> • 密度 • 車長 • 自由車流速率 • 反應時間
Chanut和 Buisson	2003	2	<ul style="list-style-type: none"> • 小客車 • 大貨車 	<ul style="list-style-type: none"> • 高速公路 	<ul style="list-style-type: none"> • 流量守恆 • 流量與密度均衡 • 流量和速度 • 一階模式 • 黎曼問題 • Godunov Scheme 	<ul style="list-style-type: none"> • 車長的比值 • 調整參數$\beta(0.2-0.5)$
Tang <i>et al.</i>	2007	2	<ul style="list-style-type: none"> • 快車 • 慢車 	<ul style="list-style-type: none"> • 市區道路 	<ul style="list-style-type: none"> • 流量守恆 • 速度梯度模式 	<ul style="list-style-type: none"> • 快車密度與所有車種密度總合比例(R) • 快車與慢車車長之比值(α)
Logghe和 Immers	2008	2	<ul style="list-style-type: none"> • 快車 • 慢車 	<ul style="list-style-type: none"> • 市區道路 • 高速公路 	<ul style="list-style-type: none"> • 流量守恆 • 使用者均衡 	<ul style="list-style-type: none"> • 車種佔總道路面積的比例(α_i) • 流量和密度關係曲線比例因子(r)

2.4 小結

本研究回顧格位傳遞模式理論基礎及應用，並且回顧中觀混合車流模式相關文獻，於理論基礎中可了解格位傳遞模式基本概念，其概念係由LWR模式引申而來，包含微觀與巨觀車流模式特性之中觀車流模式，不僅可計算方便且可探討車隊在格位之互動，亦了解車隊組成，便於動態車流行為推估，本研究亦蒐集市區道路及高速公路國內外應用，探討研究發展課題，發現其應用廣泛不論在動態OD規劃、號誌控制及匝道儀控等均有顯著的模擬成果，但格位傳遞模式應用中，鮮少在模式推估中，包含混合車種因素，在實際道路多以多車種方式運行，為貼近現實狀況，應該於模式中加以考慮混合車流行為。

本研究在後續研究中將探討格位傳遞模式考慮混合車種之課題，及模式未來可應用之範圍，然混合車流格為轉模式之修正需結合相關中觀混合車流行為特性，將推導模式與中觀混合車流模式特性相互結合比較，探討修正後之混合車流格位傳遞模式於LWR模式基本概念之相關性，因此，本研究進一步蒐集中觀混合車流特性文獻，探討目前中觀混合車流模式對於不同車種間的關係以何種方式結合，並且描述不同車種間的運行方式，參考混合車流考慮因子及其他應用理論，應用於本研究構建之混合車流格位傳遞模式。

三、模式建構

本研究係透過格位傳遞模式模擬混合車流運行行為，但原始的格位傳遞模式只考慮單一車流狀態，過去應用大多將不同車種分別以格位傳遞模式進行模擬，再將其整合再一起，但這樣無法表現出在空間和時間固定下，混合車流之競爭關係，因此，本研究為使格位傳遞模式能考慮車流之競爭關係，構建混合車流之格位傳遞模式，本章將先介紹單一車種格位傳遞模式以了解模式概念，再介紹本研究建構之混合車流格位傳遞模式，最後以簡例分析本研究所建構之模式。

3.1 單一車流格位傳遞模式

Daganzo (1994; 1995)提出格位傳遞模式(CTM) 將中觀車流理論之簡單連續流模式以離散的方式，推導能即時反映中觀車流行為之模式，用來分析單一方向及單一出入口之道路密度變化，格位傳遞模式源自於簡單連續流模式(LWR)，係以中觀角度描述車流行為，故忽略車輛於格位內的相對位置，將高速公路劃分成數個同質性(homogeneous)的格位(cell)，從道路上游依序給予編號從 1 到 i 如圖 3-1 所示，格位長度係依照車輛在單位時間(t)所行走的距離而定，假設格位中每輛車都會前進到下一個格位，可忽略車輛在格位的位置，關係式如式(3-1)，此式係假設在無車隊下，車輛不受前方壅塞影響，格位中的車輛可順利抵達下游格位。

$$n_{i+1}(t+1) = n_i(t) \quad t = 0, 1, 2, \dots, I \quad (3-1)$$

其中，

$n_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 的車輛數

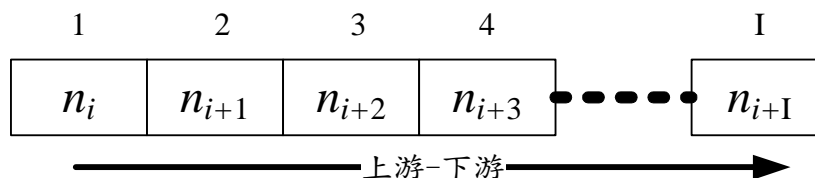


圖3-1格位上下游劃分示意圖

上述狀況為車輛均能以自由流速率行駛，而在車流量較大的路段，上游格位的車輛數將無法全部到達下游格位。因此將格位轉換係以格位間的特性做限制，使車隊能在符合 LWR 模式下描述車隊在格位間的互動關係，因此，本研究進一

步將格位間的關係透過圖 3-2 表示格位間的轉換關係，在給定一時階下，格位內車輛數為 n_i ，每時階變動可流入格位之流量為 y_i ，式(3-2)即用來表示格位內的車輛數會受限於前方格位之車輛數、單位時間可移動的最大車輛數或該格位的剩餘空間。

$$y_i(t) = \min \{ n_{i-1}(t), Q_i(t), [N_i(t) - n_i(t)] \} \quad (3-2)$$

其中，

$n_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 的車輛數

$N_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 的可容納最大車輛數（擁擠密度）

$Q_i(t)$ ：格位 i 在 t 到 $t+1$ 時階可移動的最大車輛數（最大流量）

此外，在式(3-2)中， $Q_i(t)$ 意指格位所能通過之最大流量， $N_i(t)$ 意指格位所能容納之最大車輛密度，因此 $[N_i(t) - n_i(t)]$ 則可視為單位時間格位 i 之剩餘空間，即為所能再容納的車輛數。因此，格位 i 在單位時階 $t+1$ 之車輛數，可藉由格位 i 在單位時階 t 之車輛數，加上單位時階內流入車輛數扣除流出車輛數，數學式表示如下：

$$n_i(t+1) = n_i(t) + y_i(t) - y_{i+1}(t) \quad (3-3)$$

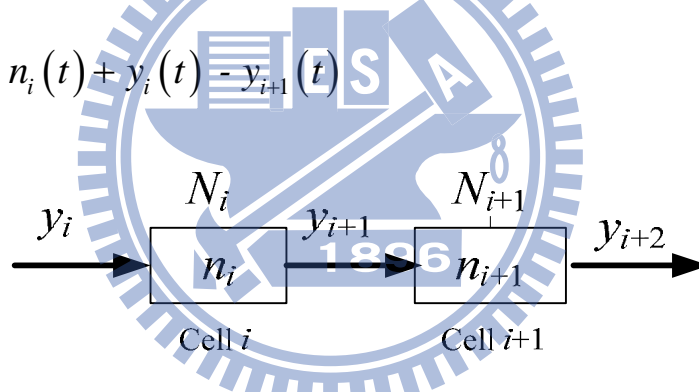


圖3-2 單一車流格位傳遞圖

資料來源：Lo, H.K. *et al.* (2004)

格位傳遞模式與簡單連續流模式(LWR Model)有存在近似的流量與密度關係，如圖 3-3 所示，此關係圖為等腰梯形，其關係式如下：

$$q = \min \{ vk, q_{\max}, v(k_j - k) \} \quad \text{for } 0 \leq k \leq k_j \quad (3-4)$$

其中，

v ：自由車流速率

k_j ：飽和密度；

$q_{\max} \leq (k_j v)/2$ ：最大流率。

將上式(3-4)代入流量守恆方程式：

$$\frac{\partial q(x,t)}{\partial x} = - \frac{\partial k(x,t)}{\partial t} \quad (3-5)$$

將微分方程系統在簡單連續流模式下推導，得到以下關係：

$$\frac{\partial \min \{vk(x,t), q_{\max}, v(k_j - k(x,t))\}}{\partial x} = - \frac{\partial k(x,t)}{\partial t} \quad (3-6)$$

將每一個時階定義為 dt ，設定 $vdt=1$ 為單位時間所走的距離，假設格位的長度與速率為 1 單位，且令將車隊位置 (x) 近似於 i 、最大密度 (k_j) 近似於格位可容忍最大車輛數 (N) 、道路容量 (q_{\max}) 近似於格位容量 (Q) 及車隊之密度 $(k(x,t))$ 近似於時階 t 時格位 i 之車輛數 $(n_i(t))$ ，由以上的假設可得到以下關係式：

$$y = \min \{n_i(t), Q, N - n_i(t)\} \quad (3-7)$$

上式(3-7)與式(3-2)的 $y_{i+1}(t)$ 定義相符，但最後一項裡面的 n 不同，應該是 n_{i+1} 而不是 n 。另外，由圖 3-3 可以格位傳遞模式流量與密度關係對應於車流的三種型態，自由車流、同步流及壅擠車流可依對應之密度範圍選定適合之參數。

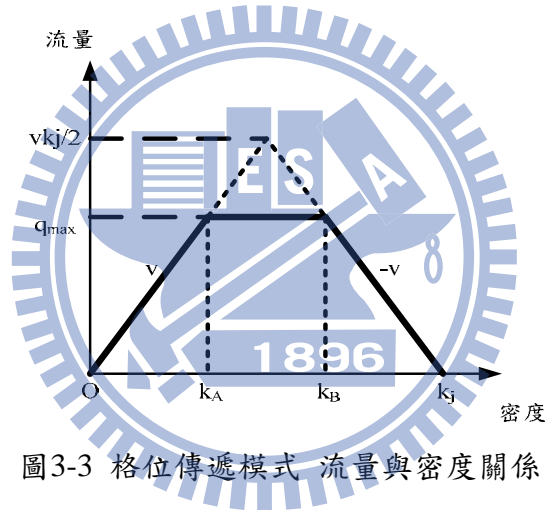


圖3-3 格位傳遞模式 流量與密度關係圖

由上述中可了解格位傳遞模式係以假設狀態下進行模式建構，假設分別在三個車流參數下(自由車流速率、最大流量和飽和密度)，車流所形成之衝擊波速度與自由車流速率相等($w=v$)。然而實際上，衝擊波速率比自由車流速率慢幾倍，另外，當衝擊波速度小於自由車流速率時($w < v$)，擁塞現象會從瓶頸路段持續延長到上游路段。因此，將一般狀態下之格位傳遞模式修正為：

$$q = \min \{vk, q_{\max}, w(k_j - k)\} \quad \text{for } 0 \leq k \leq k_j \quad (3-8)$$

其中，

$$w \leq v \text{ 和 } q_{\max} \leq \frac{k_j}{\frac{1}{v} + \frac{1}{w}}$$

$$y_i(t) = \min \left\{ n_{i-1}(t), Q_i(t), \frac{w}{v} [N_i(t) - n_i(t)] \right\} \quad (3-9)$$

以下的微分方程式在流體理論同質性系統下，發展成為：

$$\frac{\partial \min \{vk(x,t), q_{\max}, w(k_j - k(x,t))\}}{\partial x} = - \frac{\partial k(x,t)}{\partial t} \quad (3-10)$$

將單位時間內可進入之車輛數 $y_i(t)$ 改寫如下式：

$$y_i(t) = \min \{n_{i-1}(t), Q_i(t), \delta [N_i(t) - n_i(t)]\} \quad (3-11)$$

δ 為擁擠指數

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{if } n_{i-1}(t) \leq Q_i(t) \\ \frac{w}{v} & \text{if } n_{i-1}(t) > Q_i(t) \end{cases} \quad (3-12)$$

其中，

w ：衝擊波速度

v ：自由流速度

上述單一車流格位傳遞模式，可了解格位傳遞模式係透過格位之特性模擬車隊運行，然模式模擬與簡單連續流模式不同之處，前者是以離散方式，即在時階 (t) 時，格位含有車輛數、最大流量及格位剩餘可進入空間三者進行比較，與簡單連續流模式微分方式不同，但將簡單連續流模式相關參數進行假設，發現其概念與格位傳遞模式相符，顯示格位傳遞模式含有簡單連續流模式之概念，格位傳遞模式進一步探討模式與實際車流狀況之差異，由於格位傳遞模式之基本模式是建構在若干假設下，但面對實際車流需針對模式參數進行調整，因此，考慮衝擊波速率與車隊行進速率之關係，做為模式與實際車流狀況之調整因子，另外，本研究發現其調整是針對車速與衝擊波的調整，但實際車流狀況影響因素並不只有這兩者關係，亦有車隊組成因素，在上述模式介紹中，係以單車種狀態下進行模擬，實際道路為多車種交通組成，欲使模式能更貼近實際狀況，需進一步將混合車流加入格位傳遞模式，因此，本研究將參考單一車流格位傳遞模式建構混合車流格位傳遞模式。

3.2 混合車流格位傳遞模式

本研究為使格位傳遞模式能效模擬實際車流，考慮混合車流因素，格位傳遞模式若干基本假設建立，涵蓋簡單連續流概念組成，模式由式(3-2)及式(3-3)組成，式(3-2)可視為車隊於格位內的運行行為，式(3-3)則為格位間車流傳遞之關係，單

一車種格位傳遞模式只考慮單一車種運行行為，但實際市區道路係以多車種運行，道路的空間與時間有限，不同車種同時運行於道路上，需考慮空間分配與時間分配，汽車與機車兩種車種為國內市區道路常見之交通組成，由於汽機車運行特性不同，對於市區道路固定的空間與時間需求分配亦不同，汽車運行以車隊排列的方式前進，但機車由於車型較小機動性較高，可以穿梭在汽車間的空隙，當汽車對於道路空間已飽和，機車仍有剩餘空間行進，此外，汽車與機車車型大小不同，對於道路空間的需求也不同，因此，本研究認為兩車種運行時，對於固定的時間與空間需求不同，當兩種車種混合在一起時，不同車種對空間和時間的需求特性會產生競爭，兩車種之車流特性結合為本研究之重點，將針對式(3-2)三個參數與汽機車混合車流特性做進一步的討論。

3.2.1 模式構建

式(3-2)由格位 i 在時階 t 的車輛數($n_i(t)$)、格位 i 在 t 到 $t+1$ 時階可移動的最大車輛數($Q_i(t)$)及單位時間格位剩餘空間($N_i(t) - n_i(t)$)三個參數組成，本研究建構混合車流格位傳遞模式係考慮多車流行為，由考慮單一車流行為延伸考慮多車流行為，探討汽車與機車之混合車流行為，格位車種由單一車種改變成汽車($n_i^c(t)$)與機車($n_i^m(t)$)兩種車種，如圖 3-4 所示，在最大流量與格位最大儲車空間都不變下，考慮汽車與機車車流行為，於最大流量與格位最大儲車空間的限制下，兩種車種進行格位傳遞時，產生競爭的現象，本研究將此競爭現象分三種型態，分別為無競爭、最大流量競爭及下游儲車空間競爭分別討論如下：

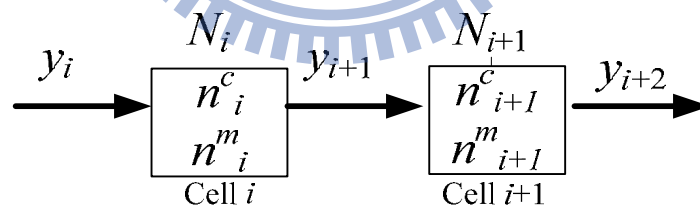


圖3-4 混合車流格位傳遞圖

1. 無競爭關係

兩種車種在運行時，不因最大流量和下游儲車空間限制時，表示上游兩種車種混合之最大流量及混合密度皆小於上述兩者，因此，在上游之車輛數均可傳遞到下游格位。

2. 最大流量競爭

當上游格位兩種車種車輛數相加大於最大流量時如式(3-13)，其中 α 假設為小客車當量，在式(3-13)條件下須考慮在最大流量限制，不同車種在此限制下可通過之流量。

$$n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) \geq Q_i(t) \quad (3-13)$$

由上面之關係，分別假設汽車與機車之最大流量分別為 $Q_i^c(t)$ 和 $Q_i^m(t)$ ，汽車及機車最大流乘以小客車當量(α)總和會等於混合車流之最大流量 $Q_i(t)$ ，即 $Q_i^c(t) + \alpha \times Q_i^m(t) = Q_i(t)$ ，其中，混合車流最大流量，本研究假設為小客車在單位時間可通過之最大流量，進一步討論流量競爭關係，假設只有存在單一車種機車時，沒有汽車的競爭，汽車之最大流量為 0，機車最大流量與混合車流最大流

量關係為 $Q_i^m(t) = \frac{Q_i(t)}{\alpha}$ ，然考慮汽車存在時，機車最大流量會受到汽車之影響，即汽車每增加一輛，機車之最大流量會降低，於此將此種關係是為混合車種之競爭關係，本研究假設兩車種競爭關係係透過一個最大流量競爭函數 $R^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ 所構成，其中為混合車流之競爭條件如格位之車輛數、速度及流量等關係，如式(3-14)所示：

$$Q_i^m(t) = \frac{[R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times Q_i(t)]}{\alpha} \quad (3-14)$$

式(3-14)為考慮競爭關係之機車最大流量，本研究設定競爭函數關係為百分比型態，當汽車車輛數為 0 時，競爭函數則為 100%，表示機車最大流量在無汽車干擾下沒有損耗，則當汽車車輛數大於 0 時，競爭函數則會小於 100%，表示出現汽車競爭時，機車會因汽車出現，減少機車最大流量，反之減少之百分比則會分配給汽車，百分比越大分配到的流量就越大，由以上之關係，汽車之最大流量可以下列型式表示：

$$Q_i^c(t) = [1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times Q_i(t) \quad (3-15)$$

當上游格位只有單一車種狀況時，無其他車種競爭時，則以該車種之最大流量傳遞至下一格位，關係如式(3-16)所示。

$$\begin{cases} \text{if } n_{i-1}^c(t) = 0, Q_i^m(t) = \frac{Q_i(t)}{\alpha} \\ \text{if } n_{i-1}^m(t) = 0, Q_i^c(t) = Q_i(t) \end{cases} \quad (3-16)$$

3. 剩餘儲車空間競爭

剩餘儲車空間競爭考慮格位密度對車輛傳遞之影響，於單一車流只需考慮單一車種對密度之影響，但在混合車流狀態，道路可容納之最大空間固定，因此兩種車種對空間存在競爭之關係，本研究係討論汽車與機車之混合車流行為，汽車和機車對於空間的分佈特性有若干差異，當下游密度已飽和，汽車無法傳遞到下游格位，但機車之車型相對於汽車小，前方有剩餘空間，機車依然能透過車與車間的空間到下游格位，為反映此現象，參考 Lan *et al.*(2010)將汽車與機車以格位為單位，以車型大小分配佔有之格位數，由此，本研究以機車為格位車輛數的基準單位圖 3-5 所示，探討機車與汽車的車型比例(l)，即一輛汽車車型約為 l 輛機車，關係式如式(3-17)所示，以此關係考慮下游剩餘可進入車流空間($S_i(t)$)如式(3-18)，其中壅擠指數(δ)為單一車流格位傳遞模式中，為使格位傳遞模式能與實際車流更吻合，在剩餘空間中考慮壅擠指數(δ)，模擬壅擠車流所產生之衝擊波之特性。

$$l = \frac{A^c}{A^m} \quad (3-17)$$

其中：

A^c 為汽車之面積。

A^m 為機車之面積。

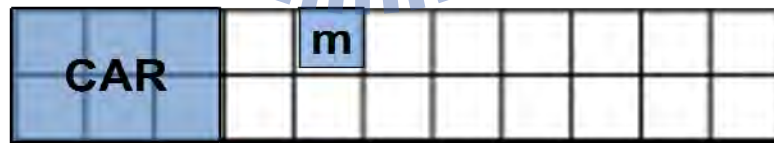


圖3-5 車種比例示意圖

$$S_i(t) = \delta \times \{N_i(t) - [l \times n_i^c(t) + n_i^m(t)]\} \quad (3-18)$$

其中，

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{if } n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) \leq Q_i(t) \\ \frac{w}{v} & \text{if } n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) > Q_i(t) \end{cases}$$

上述探討之儲車空間，當上游格位車量數大於下游格位之最大儲車空間時如式(3-19)，必須考慮混合車流傳遞至下游之競爭關係，考慮最大儲車空間之競爭函數 $R^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ ，以上游不同車種車輛數分配可傳遞到下游之車輛數，考

慮剩餘儲車空間以及競爭狀況，可以得到汽車及機車的剩餘儲車空間，關係式如式(3-20)和式(3-21)。

$$l \times n_{i-1}^c(t) + n_{i-1}^m(t) \geq S_i(t) \quad (3-19)$$

$$S_i^m(t) = R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t) \quad (3-20)$$

$$S_i^c(t) = \frac{[1 - R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times S_i(t)}{l} \quad (3-21)$$

上述的模式構建中，確立混合車流之競爭關係，分別為無競爭、最大流量競爭及剩餘儲車空間競爭，然這三個競爭關係是將單一車流格位傳遞模式加入混合車流之特性建構混合車流格位傳遞模式，單一車種格位傳遞之關係參考式(3-2)，由考慮單一車種，進而考慮汽車($n_i^c(t+1)$)及機車($n_i^m(t+1)$)，如式(3-22)和式(3-23)所示，式中的 $y_i^c(t)$ 和 $y_i^m(t)$ 分別為由上述的三種競爭關係得來，整理成式

(3-24)。

$$n_i^c(t+1) = n_i^c(t) + y_i^c(t) - y_{i+1}^c(t) \quad (3-22)$$

$$n_i^m(t+1) = n_i^m(t) + y_i^m(t) - y_{i+1}^m(t) \quad (3-23)$$

$$y_i^j(t) = \min \left\{ \begin{array}{l} n_{i-1}^c(t) \cdot \frac{[1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times Q_i(t)}{R^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t)} \\ n_{i-1}^m(t) \cdot \frac{[R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times Q_i(t)}{R^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t)} \end{array} \right\}, \quad j = c, m$$

(3-24)

3.2.2 競爭函數關係建立

在模式建構探討混合車流中，汽機車對於最大流量及下游格位剩餘空間之競爭關係，本研究係假設兩種車種以上游格位車輛數之關係，考慮最大流量競爭關係($R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$)與剩餘儲車空間競爭關係($R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$)，本研究認為兩者競爭關係為一個函數關係且以百分比之關係，汽車與機車之競爭函數相加會等於 100%，假設此函數考慮上游格位汽機車車輛數分別為 $n_{i-1}^c(t)$ 和 $n_{i-1}^m(t)$ ，競爭強度係由 $n_{i-1}^c(t)$ 和 $n_{i-1}^m(t)$ 關係組成，由上述關係，本研究將探討不同的競爭函數關係對於最大流量與剩餘儲車空間之影響，本研究將針對這兩種競爭關係進行探討介紹。

1. 剩餘儲車空間競爭函數

剩餘儲車空間競爭函數，係參考 Logghe 和 Immers(2008)探討各車種在道路佔有空間之分配，參考車種佔總道路面積的比例(α_i)，然各車種 α_i 之總和小於1，將此參數加入混合車流模式，考慮不同車種在道路運行中，在整個道路佔有之空間比例，當某車種車輛數越多，佔有的空間比例越大，假設競爭優勢越大，汽機車混合車流中，車型大小不同，探討混合車流在整個格位空間中佔有比例，並以可容納最大機車數做為基準，探討不同車輛數在總空間中佔有之比例，關係如式(3-25)所示，即可獲得以空間為考量之競爭關係函數。

$$R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) = \frac{n_{i-1}^m(t)}{n_{i-1}^m(t) + l \times n_{i-1}^c(t)} \quad (3-25)$$

2. 最大流量競爭函數

剩餘儲車空間為混合車流對空間之競爭，然最大流量競爭為混合車流對時間之競爭，在固定時間下，兩種車種各可通過之最大車輛數，兩車種的混合流量以小客車當量(Passenger Car Equivalent, PCE)進行整合，將機車流量乘小客車當量，轉換為小客車當量數(Passenger Car Unit, PCU)，與汽車流量加總，獲得混合車流流量，過去若干研究中小客車當量的應用係假設為常數，但本研究認為小客車當量應會隨著汽車與機車之車輛數的變動而變動，於此，分別假設小客車當量為固定值及變動值，建立混合車流最大流量競爭關係。

(1) 固定小客車當量(constant PCE)

固定小客車當量(constant PCE)模式假設 PCE 為常數，並依據上游格位存在之車輛數 $n_{i-1}^c(t)$ 和 $n_{i-1}^m(t)$ ，將機車車輛數乘小客車當量(α)，與汽車車輛數相加，做為上游格位之總流量，進一步探討兩種車種在總混合流量中所佔比例，做為競爭函數之關係，如式(3-26)，此關係式表示當某車種之流量，在整體車群中所佔之比例越大，假設該車種對於最大流量之競爭越大，採用此關係做為競爭關係。

$$R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) = \frac{\alpha \times n_{i-1}^m(t)}{\alpha \times n_{i-1}^m(t) + n_{i-1}^c(t)} \quad (3-26)$$

(2) 變動小客車當量(variable PCE)

變動小客車當量(variable PCE)之競爭關係假設小客車當量(α)為一個可變動的值，隨著上游格位汽機車組成比例變動，本研究觀察汽機車在道路之互動行為，發現不同車種在車隊中之密度相差較大，不同車種間的干擾較小，對於混合車隊影響較小，但當車隊密度接近時，不同車種間的干擾較大，降低各車種之速

率，進而影響不同車種之最大流量，本研究採用熵值(entropy)調整小客車當量(α)，使 α 能依據混合車流的密度關係變動，將式(3-26)之小客車當量(α)轉換為隨密度變化之變動值(η)，在混合車流最大流量之小客車當量數不變下，透過變動值(η)之變動，調整競爭關係與機車轉換之小客車當量數，上述熵值(entropy)於Bodjanova(1999)指出在一組群組中，判斷組成元素分佈的情形，通常在組成元素均勻群聚分佈且出現機率相等時，熵值最高，反之，若是組成元素群聚分佈不平均，則熵值會降低，熵值之關係式如式(3-27)所示， $H(X)$ 為熵值， $p(x)$ 則為元素之分佈機率。

$$H(X) = -\sum_{x \in X} p(x) \log p(x) \quad (3-27)$$

本研究參考元素分佈機率與熵值之特性，結合車流理論之概念，將元素分佈機率視為不同車種在車隊中所佔之比例，兩車種比例越接近，車種的分佈越平均互動越激烈，在激烈互動過程中會影響車隊行進速度，進而影響最大流量，此關係引用兩車種在車隊中所佔之比例，汽車為 $p^c(n_{i-1}(t))$ ，機車為 $p^m(n_{i-1}(t))$ ，做為兩者機率如式(3-28)和式(3-29)，兩機率式參考上一格位兩車種比例關係，將式(3-28)和式(3-29)代入式(3-30)，求得混合車流之熵值，將式(3-30)之結果，代入變動小客車當量(η)， η 為固定小客車當量(α)加上最大小客車當量增量(ε)乘以混合車流比例熵值如式(3-11)所示，進一步將式(3-14)及式(3-26)固定之 α 替換成 η 如式(3-32)及式(3-33)所示，本研究將上述關係式以簡例觀察熵值對機車最大流量的影響趨勢及汽機車競爭關係的變動，如圖 3-6 與圖 3-7 所示，熵值影響小客車當量最大增量之變動，熵值越大小客當量則會越大，機車車輛數由小客車當量轉換而來，因此，熵值越大機車可通過之車輛數會越少，圖 3-6 即顯示此現象，熵值越大機車車輛數則越小，圖 3-7 表熵值變動對競爭關係影響，熵值小的時候，表兩車種之比例相差較多，競爭優勢偏向某一車種，然當熵值逐漸變大，表兩車種比例相近，競爭關係越明顯，熵值增加小客車當量會增加，提高機車競爭力，汽車競爭力會減少。

$$p^c(n_{i-1}(t)) = \frac{l \times n_{i-1}^c(t)}{n_{i-1}^m(t) + l \times n_{i-1}^c(t)} \quad (3-28)$$

$$p^m(n_{i-1}(t)) = \frac{n_{i-1}^m(t)}{n_{i-1}^m(t) + l \times n_{i-1}^c(t)} \quad (3-29)$$

$$H(n_{i-1}(t)) = -\sum_{x \in X} p^x(n_{i-1}(t)) \log p^x(n_{i-1}(t)) \quad (3-30)$$

其中，

x 為 c 和 m

$$\eta = \alpha + (\varepsilon \times H(n_{i-1}(t))) \quad (3-31)$$

其中，

ε 為小客車當量最大增量

$$R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) = \frac{\eta \times n_{i-1}^m(t)}{\eta \times n_{i-1}^m(t) + n_{i-1}^c(t)} \quad (3-32)$$

$$Q_i^m(t) = R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times \frac{Q_i(t)}{\eta} \quad (3-33)$$

$$Q_i^c(t) = [1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times Q_i(t) \quad (3-34)$$

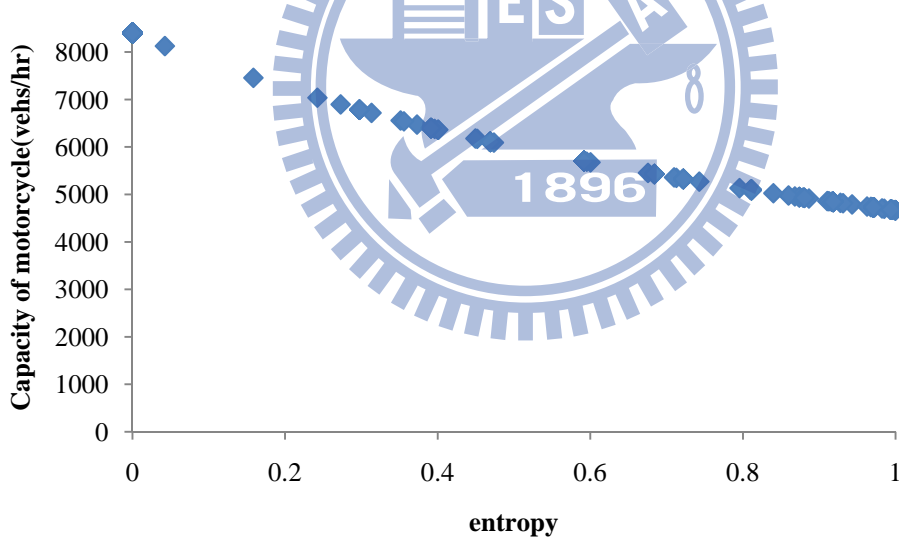


圖3-6 機車最大流量與熵值趨勢圖

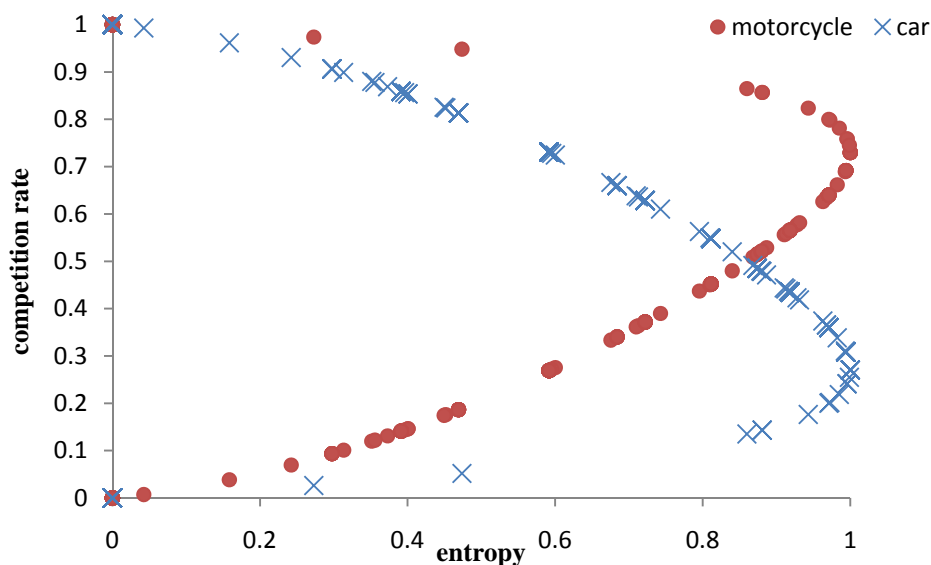


圖3-7 汽機車競爭關係與熵值趨勢圖

3.3 模擬操作設定

本研究應用 Microsoft Excel 進行混合車流格位傳遞模式建構，將建構之模式進行模擬，模式於 EXCEL 設定表如表 3.1 所示，表中以格位 1(cell 1) 為例進行設定，滿足模式之結果能得到汽機車車輛數，因此，將汽機車參數分開表示，依據混合車流格位傳遞模式，在模式模擬設定中分別以 $n_{i-1}^c(t)$ 、 $n_{i-1}^m(t)$ 、 $n_i^c(t)$ 及 $n_i^m(t)$ 表示上一格位汽機車數，與模擬格位汽機車數，模擬格位汽機車數係參考式(3-22)與式(3-23)混合車流格位傳遞模式遞迴式進行設定，表中以 $y_i^c(t)$ 及 $y_i^m(t)$ 計算遞迴式中汽機車在格位間傳遞的關係，將式(3-24)代入，本研究探討之汽機車競爭關係於模擬設定中係以 R_m^Q 與 R_m^s 參考式(3-25)、(3-26)與變動 PCE 之競爭關係式(3-32)進行運算，最後將此關係依格位數進行設定與模擬計算，為確認模式模擬符合實際車流運行特性，本研究於下一節透過簡單的參數設定，探討模式模擬特性之有效性。

表3-1 EXCEL模擬設定表

cell 1											
time	$y_i^c(t)$	$y_i^m(t)$	R_m^Q	R_m^s	$Q_i(t)$	$S_i(t)$	$N_i(t)$	$n_i^c(t)$	$n_i^m(t)$	$n_{i-1}^c(t)$	$n_{i-1}^m(t)$
1	$y_1^c(1)$	$y_1^m(1)$	R_m^Q	R_m^s	$Q_1(1)$	$S_1(1)$	$N_1(1)$	$n_1^c(1)$	$n_1^m(1)$	$n_0^c(1)$	$n_0^m(1)$
2	$y_1^c(2)$	$y_1^m(2)$	R_m^Q	R_m^s	$Q_1(2)$	$S_1(2)$	$N_1(2)$	$n_1^c(2)$	$n_1^m(2)$	$n_0^c(2)$	$n_0^m(2)$

3.4 模式特性分析

本研究構建之混合車流格位傳遞模式，係參考單一車流格位傳遞模式之限制關係式進一步構建混合車流之格位傳遞模式，單一車流格位傳遞模式係透過簡單連續流模式探討模式特性與車流行為，本研究係透過單一車流格位傳遞模式考慮不同車流之競爭關係，建構混合車流格位傳遞模式，為確認本模式之特性與車流特性相符，針對本研究模式之特性分析。

為進行混合車流格位傳遞模式之特性分析，本研究假設最大流量與剩餘空間競爭關係函數 $R^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ 和 $R^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ 係依據上游格位各車種流量與密度之比例做為競爭函數，將其代入式(3-24)，為了解此模式之特性，設定若干參數，依據市區道路速限時速 40 公里，以 2 秒為一時階，設定每格位為 22 公尺，共模擬六個格位，最大流量假設三車道，每車道最大流量為 1800 (pcu/hr/lane)，最大儲車空間以機車為基準，假設機車長為 2.2 公尺，寬為 1 公尺，市區道路車道寬為 3 公尺共三車道，換算每個格位容納 90 輛機車，參考 Lan *et al.*(2010) 設定之比例，其研究將道路劃分小格位，每個格位稱為一般化格位 (common unit, CU)，每個 CU 大小寬為 1m，長為 1.25m，並假設在市區道路狀態下，一輛機車會占據 2 格 CU，一輛汽車會佔據 12 格 CU，依據此文獻可得知，機車與汽車在市區道路面積比例為 1 比 6，一輛汽車大約為 6 輛機車的空間， l 設為 6，小客車當量 (α) 為 0.25，壅擠指數 (δ) 參考 Daganzo(1994) 之簡例設 0.5，由以上的參數進行模擬，在起始格位每時階給定若干汽機車車輛如圖 3-6 所示，並假設格位 1 在時階 1 時格位內汽車 6 輛機車 30 輛，以壅擠流的狀態開始模擬，模擬結果之密度與流量關係圖如圖 3-9 到 3-11 所示，圖中可發現，汽車、機車及混合車流之密度與流量關係圖均以類似三角型之型態呈現，與單一車流與簡單連續流模式之圖形相似，能展現流量會隨密度變化而變化，汽車之最大流量與機車之最大流量相比前者較低，混合車流之最大流量也符合設定之最大流量 1800 (pcu/hr/lane)，最大密度汽車及機車相比，機車也要汽車高，兩種車種混合之最大密度也小於設定之最大儲車空間 90 輛機車，由此顯示，本研究所建構之混合車流格位傳遞模式可以滿足格位空間和時間之限制，且反映不同車種競爭之關係，當某車種所佔比例越高，競爭優勢就會越高，是故本研究建構之混合車流格位傳遞模式可以有效反映混合車流之特性。



圖 3-8 格位傳遞示意圖

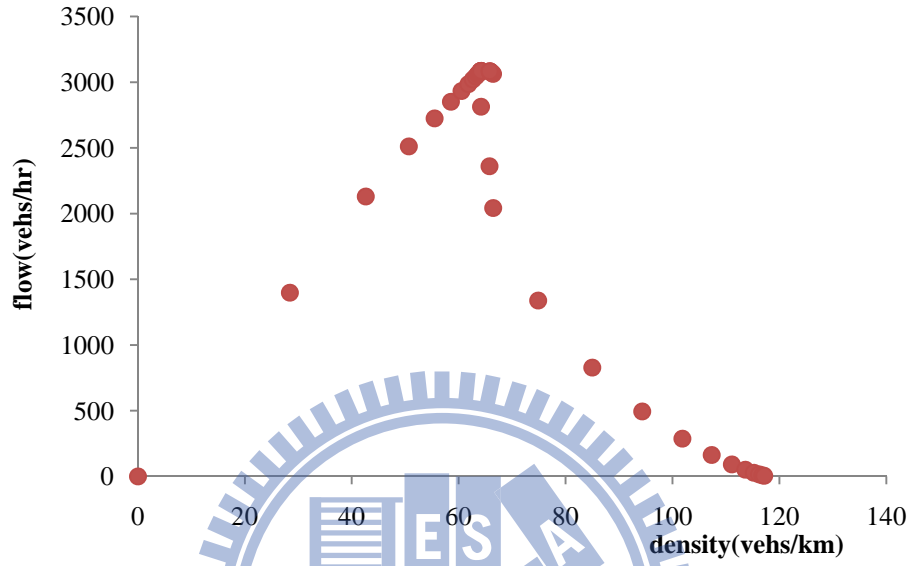


圖3-9 汽車密度與流量關係圖

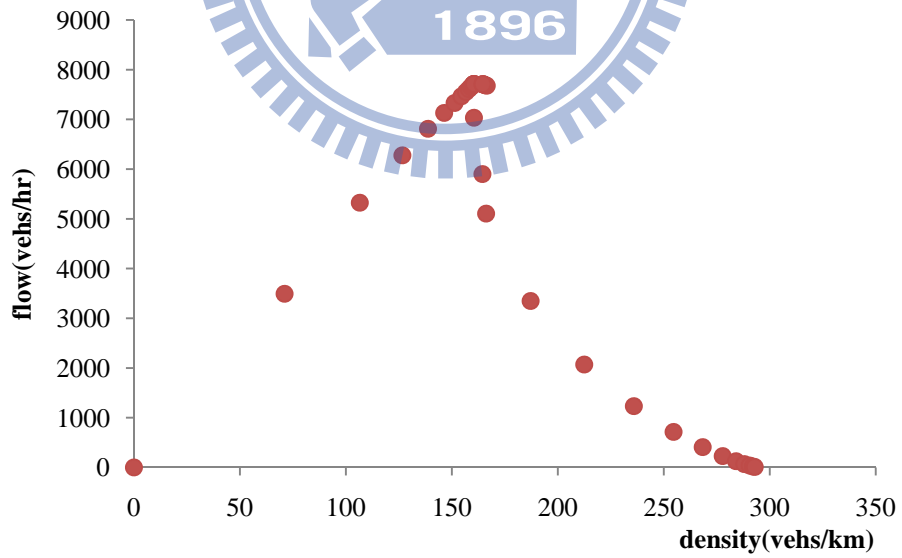


圖3-10 機車密度與流量關係圖

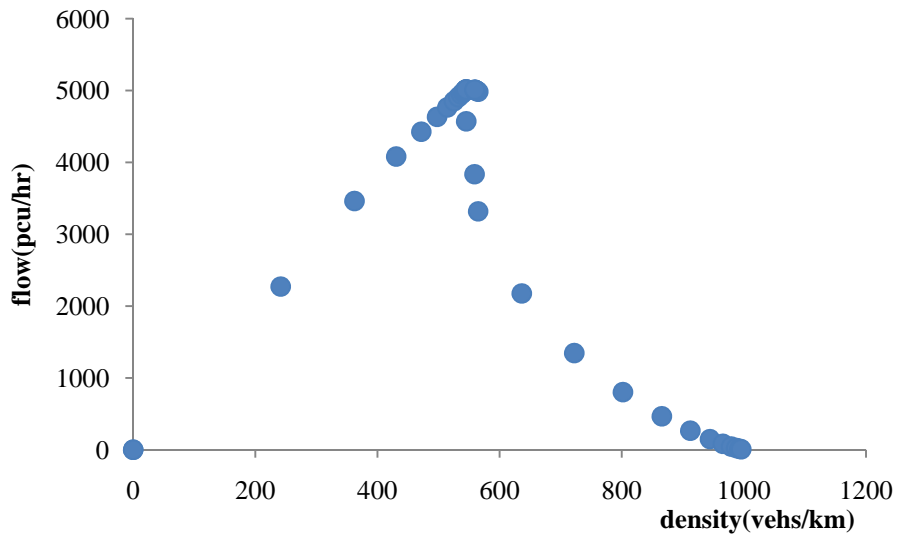
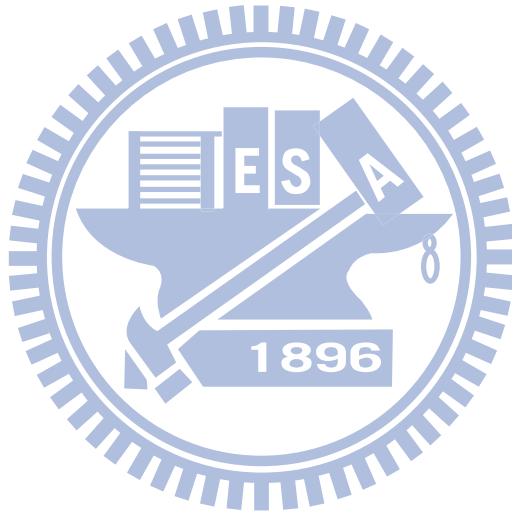


圖3-11 混合車流密度與流量關係圖



四、車流特性調查

本研究之目的為建立符合實際混合車流格位轉換模式，然透過模式的推估只能推斷模式與過去研究之簡單連續流模式之概念能相互符合，模式參數設定是以假設的方式取得，尚未與實際車流運行狀況進行檢視，因此，本研究透過實際資料的拍攝，蒐集混合車流資訊，進一步推估模式參數，並且以實際資料進行模式驗證確立模式模擬有效性。

4.1 調查地點選擇

格位傳遞模式假設在單一車道、單車種、單一出入口及單一速度狀態下進行模擬，基礎模式是在高速公路進行模擬，能滿足上述假設，但本研究進一步考量市區道路汽機車混合車流，在道路條件的差異下，市區道路與基本模式假設亦有差異，為確保拍攝資料能達到本研究模式建構要求並減少格位傳遞模式假設差異，拍攝地點尋找本研究依據幾項特性參考，簡述如后：

- 路段長度符合格位推估需求
- 汽機車混合車道
- 鄰近號誌路口
- 有明顯尖離峰車流狀態
- 汽機車限速相同
- 路段中無巷道
- 有公車專用道

參考以上特性進行實際車流資料拍攝與蒐集，本研究選定台北市羅斯福路二段，拍攝日期為 2009 年 2 月 27 日下午四點半到五點半之間，為求能拍攝到夠長的路段，以畫分足夠的格位，選定羅斯福路二段慶安財星大廈之頂樓，該樓共十三層樓有足夠的高度拍攝，且羅斯福路二段有公車專用道，可以降低大客車對於模式之影響，了解汽機車混合車流之競爭關係，本研究拍攝方向為往東方向之車道如圖 4-1 所示，圖中可明顯看出該路段為鄰近號誌路口，拍攝道路長度約為 132 公尺，假設市區道路自由速率為時速 40 公里，以每 2 秒做為本研究之時階，因此每 22 公尺劃分一個格位，可劃分 6 個格位，顯示距離足夠本研究進行格位推估需求，且有汽車機混合車道，本研究實地觀察，該路段於下午為尖峰，早晨由於車流是往西方向，因此其他時段為離峰狀態，經觀察尖離峰車流有明顯差異，

尖離峰車流狀況如圖 4-1 為離峰狀態，圖 4-2 為尖峰狀態，本研究將拍攝之畫面透過電腦數位化方式，應用實地測量之相對距離位置，劃分出格位，並透過劃分之格位計算每個時階格位內之車輛數。



圖4-1 實際拍攝畫面擷取(離峰)



圖4-2 實際拍攝畫面擷取(尖峰)

4.2 調查拍攝作業

本研究拍攝作業可分為路段距離測量及攝影機定位兩階段，以確定實際路段之位置與本研究格位設定之關係，兩階段進行方式說明如后：

第一階段 路段實際距離測量

格位傳遞模式之格位長度設定是由該路段之自由車流速率與時階長度決定格位長度，因此，以羅斯福路二段之限速時速40公里，約每秒11公尺，以時階設定設定為2秒，因此，格位長度為22公尺，透過格位設定至實際路段以道路停等線做為起點開始量測，每22公尺尋找一個地標物做為依據，本研究參考之地標物如表4-1所示，採用之標的物選擇以高樓拍攝下容易觀察之目標，以便後續進行畫面數位化應用。

表4-1 實際道路測量標的物

編號	地標物
1	停等線
2	人行道第三棵樹
3	人行道第六棵樹
4	公車分隔倒數第三根柱子
5	人行道第 11 顆與第 12 顆樹中間點
6	人行道第 14 顆與第 15 顆樹中間點
7	人行道邊緣

第二階段 攝影機定位

本研究拍攝影片係以DV攝影機做為拍攝工具，並選用符合頂樓矮牆高度之角架，如前述說明，拍攝地點為羅斯福路二點12層樓大廈之頂樓，由頂樓往下拍攝會有角度誤差，本研究為減少誤差發生，以攝影機臨近之矮牆邊緣做為基準點，確保攝影角度與訂定之標的物參考點偏差較小，另外，攝影機之設定範圍需包含快車道和混合車道，確定欲研究之參數與車流行為皆在拍攝範圍內，實際拍設畫面如圖4-1和4-2所示。

4.3 資料處理

本研究車流行為調查影像拍攝共計拍攝45分鐘，混合車流格位傳遞模式設定時階為2秒，拍攝影像為連續畫面，如要將路段畫分格位於連續畫面處理較不容易，因此，拍攝畫面之處理先以影像軟體進行畫面切割，以符合時階的設定做為切割依據，將連續畫面轉換成圖片，針對圖片與實際之標的物進行格位之劃分，最後進行格位內的車輛統計，此部分將針對上述過程詳細說明。

4.3.1 影像畫面轉換

拍攝畫面透過攝影機輸出至電腦，由於拍攝影像為連續的畫面，無法區隔時階之變化，需應用相關軟體將影像切換成圖片，本研究係採用TMPGEnc影像編輯軟體進行影像切割如圖4-3，將影像輸入到軟體中並進行影像切割，TMPGEnc之畫格係以每秒畫格(frame/s)為單位，本研究在影像切換時係以每兩秒一個格位，因此設定0.5 frame/s，每秒0.5畫格如圖4-4所示，這樣就能取得每兩秒一個畫面。

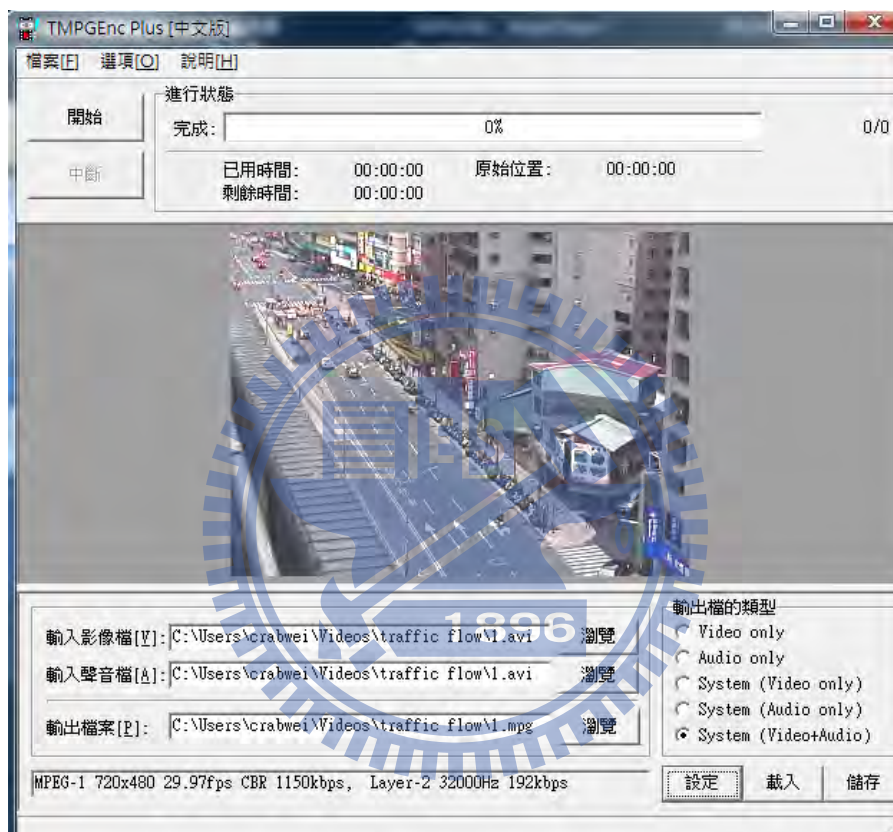


圖4-3 影像切割軟體

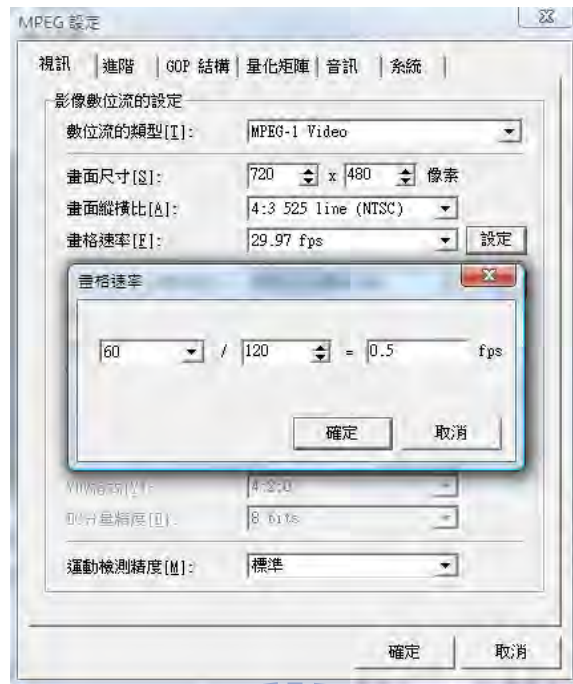


圖4-4 影像畫格設定

4.3.2 格位劃分

由上述的影像切割共可取得1350張圖片，每張圖片都需要進行格位劃分，如在每張圖片都畫格位非常耗時，因此，本研究應用Microsoft Office Visio 2007進行格位劃分，如圖4-5所示，依照實際路段之標的物在圖片進行劃分，以此方式只需抽換圖片，透過疊圖的方式即可確立格位劃分之位置。

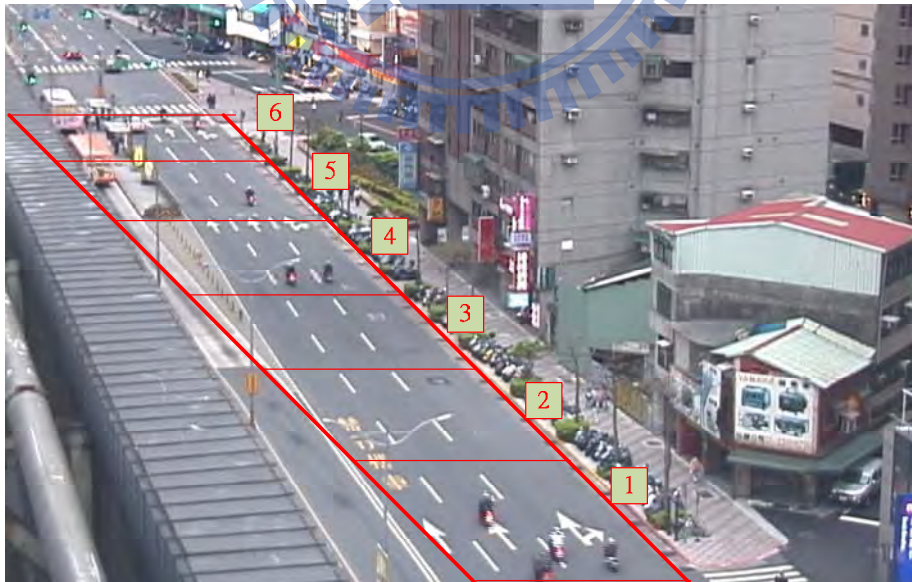


圖4-5 格位劃分示意圖

4.3.3 格位車輛數統計

進行車輛統計，需事先確立本研究模式之變數，設計資料整理表格，本研究透過圖片計算希望得到之資料有機車與汽車在格位之車輛數、流入研究路段機車

與汽車之流量及流出去的流量，依此本研究針對上述變數進行格式設計如表4-2所示，表中yc01和ym01表示流入研究路段之車輛數，yc6I和ym6I則表示流出路段之車輛數，c1到6及m1到6分別表示汽車和機車在格位之車輛數，號誌狀態則表示該時階之號誌為紅燈(R)或綠燈(G)。

表4-2 格位資料統計格式

時階/格位	yc01	ym01	c1	m1	c2	m2	c3	m3	c4	m4	c5	m5	c6	m6	yc6I	ym6I	號誌狀態
1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	2	3	8	0	0	R
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	3	8	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	5	8	0	0	
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	8	0	0	

4.4 車流資料分析

本節將針對上述格位車輛統計及車流特性進行資料分析，本研究係拍攝共45分鐘影片，劃分時階共1350個時階，本研究取其中20分鐘共600個時階之資料進行分析，此部分將針對初步資料進行車流資料分析，參考模式特性分析所設定之 l 、 α 等混合車流參數探討實際車流混合情形，並以實際資料繪製流量與密度關係圖觀察其分佈，分析內容如后說明。

4.4.1 格位車輛數分析

本研究統計資料可分為機車、汽車兩種車種及混合車種之車輛數，混合車種車輛數係以式(4-1)運算，其中 l 為6，希望透過實際統計資料分析觀察實際車流資料之情形，由表4-3中可發現蒐集到之實際車流資料，汽車最大車輛數為11輛，機車最大車輛數為25輛，兩種車種混合之最大車輛數為91輛，其中混合車種之車輛數與本研究預設之最大儲車空間90輛機車數相符，表示本研究預設之參數與實際狀況接近。

$$n_i^{mix}(t) = l \times n_i^c(t) + n_i^m(t) \quad (4-1)$$

表4-3 格位車輛數分析

車種	汽車	機車	混合車輛數
混合車種最大車輛數(輛)	11	25	91

4.4.2 格位流量分析

此部分係要探討實際流量與模式預設之差距，由於在資料統計時，只統計流入研究路段與流出研究路段之車流量，因本研究係以市區道路做為研究對象，因此會受號誌影響，下游格位會因紅燈開始儲車，綠燈時可觀察到最大流量之變化

，所以本研究採用流出之車流量進行格位流量分析，並以式(4-2)換算混合車流流量，其中 α 以0.25代入，結果如表4-4所示，最大混合車流為4.75(pcu/2s)比預設之最大流量大，顯示有高估的可能，此部分需進一步探討此差異是因為 α 或是原模是預設之Q已低估。

$$y_i^{mix}(t) = y_i^c(t) + \alpha y_i^m(t) \quad (4-2)$$

表4-4 格位流量分析

車種	汽車流量	機車流量	混合流量
混合車流最大流量	2(輛/2s)	11(輛/2s)	4.75(pcu/2s)

本研究為了探討實際車流密度與流量關係圖，將蒐集到資料取尖峰十分鐘之混合車流關係繪製密度與流量關係圖，如圖4-6，在圖中可發現密度與流量之關係為類似三角形之圖形，與本研究建構之模式特性相符，隱含本研究建構之模式車流特性與實際車流行為特性相符，因此，在後續的研究中需要進一步探討，本研究建構之混合車流格位傳遞模式模擬結果與實際車流資料誤差之差距。

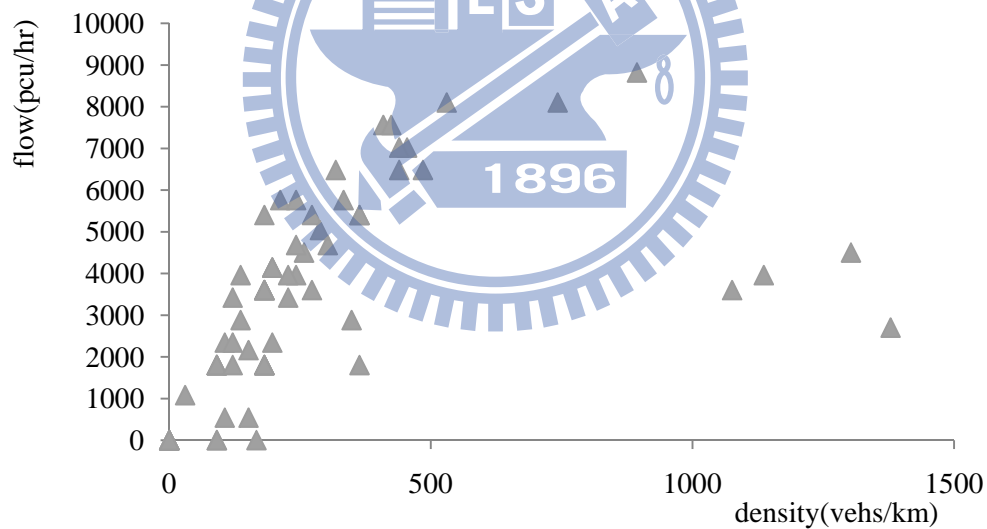


圖4-6 實際混合車流密度與流量關係

五、模式參數推估與驗證

本研究由第三章確立混合車流格位傳遞模式模擬之車流特性，與單一車流格位傳遞模式與簡單連續流模式特性相符，但尚未對實際混合車流模擬進行驗證，因此，此部分將針對本研究所構建之混合車流格位傳遞模式與實際車流資料進行驗證，本章節將介紹模式參數之推估及模式驗證。

5.1 模式參數推估

本研究將以混合車流格位傳遞模式與實際混合車流料進行比較及驗證，旨在找出基本參數設定值，透過參數設定進行混合車流行為模擬，再將實際資料與模擬資料進行比較，本研究依照實際道路狀況之限速、車道數及模擬時階設定，轉換成混合車流格位傳遞模式進行模式之參數設定，混合車流格位轉換模式需推估之參數有每一格位最大可通過車輛數(Q)、格位最大儲車空間(N)、小客車當量(α)、汽機車車型比例(L)及壅擠指數(δ)，上述參數之基本推估如表5-1所示。

表5-1 參數推估表

英文	中文解釋	參數值	英文	中文解釋	參數值
L	路段長度	132(m)	V_f	自由車流速率	40(km/h)
T	模擬時間	20min			
G	綠燈時間長	100(s)	Lane	車道數	3(lanes)
R	紅燈時間長	50(s)			
cell	格位數	6	t	時階	2(s)
Δ	壅擠指數	0.5	α	小客車當量	0.25
L	汽機車車型比例	6	ϵ	最大小客車當量增量	0.2
Q	每格位最大流量	4(pcu/2s)	N	每一格位最大可容納車輛數(以機車為單位)	90(vehs)

表中路段長度、自由車流速率、綠燈時間與紅燈時間是依據拍攝道路實際狀況設定，為模擬市區道路混合車流行為，本研究依據推估模式所需之參數，其中，格位最大可通過車輛數，依據一般交通工程應用道路容量合理範圍每車道1800(pcu/小時)，換算成三車道每個時階格位最大通過車輛數為3(pcu/2s)，但觀察實際資料，發現最大流量應為4(pcu/2s)，本研究於此進行修正，最大儲車空間則參考機車車型大小與格為長度、車道寬等因素，設定每格位最大儲車空間為90輛機車，小客車當量與最大增量，則設定最小小客車當量為0.25，最大小客車當量為0.45，其中0.2為小客車增量範圍，本研究應用上述參數設定，於下節進行模式模擬與驗證。

5.2 模式驗證

此節將以混合車流格位傳遞模式模擬資料與實際車流資料進行驗證，本研究採實際資料20分鐘車流資料共600個時階進行驗證，本研究之驗證將比較格位實際資料與模擬結果之差距，及各時階流出之流量與實際流出之流量的差距，上述之差距採平均絕對誤差百分比(MAPE)值與均方根誤差法(RMSE)表示，計算方式如式(5-1)與式(5-2)，MAPE值衡量標準如表5-2，由於MAPE在實際資料車輛數少時衡量尺度較小，對於上游車輛數較少格位反映出來之誤差較大，因此，本研究利用均方根誤差法探討模式模擬值與實際值之差距。

$$MAPE = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t \frac{|A-P|}{A} \times 100\% \quad (5-1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{t} \sum (A-P)^2} \quad (5-2)$$

其中，

A為實際值

P為模擬值

t為驗證時間間隔數

表5-2 平均絕對誤差百分比評估準則

MAPE(%)	說明
<10	高準確的預測
10-20	優良的預測
20-50	合理的預測
>50	不準確的預測

本研究驗證步驟係將實際流入研究路段之車流資料(y_{0I})及時階1各格位之車輛數($n_i^c(1), n_i^m(1)$)匯入混合車流格位傳遞模式如圖5-1所示，模式以第三章所構建之模式，參考表5-1推估之參數，於式(3-22)、(3-23)及(3-24)中將競爭函數分別以Constant PCE(model 1)及Variable PCE(model 2)代入格位計算，綠燈和紅燈時間依實際號誌設定，綠燈時間為100秒，紅燈時間為50秒，模擬時間為20分鐘共600個時階，本研究將每兩秒為一時階之資料，參考本研究推估之參數，將其代入模式，整合為一分鐘的資料進行比較，得到表5-3之結果，Constant PCE及Variable PCE兩模式之MAPE值均在有效範圍內，顯示本研究推估之參數能有效的模擬混合車流行為，此外，由表5-3中發現，MAPE值分佈狀況兩個model皆有從上游到下游降低之趨勢，進一步觀察RMSE變動，發現MAPE值較高者，RMSE值並不是最大，顯示車輛數的數量會影響MAPE值的尺度，因此，在觀察模擬的有效性時，須配合RMSE觀察誤差差距，由上述驗證可了解模式可以有效模擬實際混合車流行為，本研究進一步探討本研究建構的兩個模式，於空間區隔和時間區隔的模擬能力，空間區隔是從上游到下游各取一個格位及下游流出研究路段之車輛數，探討實際值與格位傳遞模式模擬之誤差關係，為探討模擬模式在研究路段之模擬能力，在路段劃分的六個格位中，選擇第1格位、第3格位、第6格位及第6格位流出車輛數，分別代表路段上游、路段中、路段下游及流量之模擬能力，取一號誌週期實際資料與模式模擬資料進行比較，並觀察實際資料與模擬資料高估或低估探討誤差原因，比較關係圖如圖5-2到5-33所示，時間區隔則是觀察不同時間切割Constant PCE及Variable PCE兩模式之模擬能力，時間切割單位可分為號誌週期、紅燈時間、綠燈時間及尖離峰時間，結果可參考表5-4到表5-9，上述模式模擬過程詳述如后。

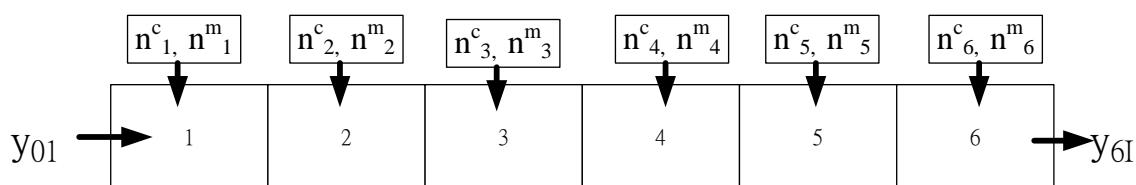


圖 5-1 模式驗證示意圖

表5-3 驗證績效表

model	Index	vehicle/cell	1	2	3	4	5	6	Y6I
Constant PCE	MAPE	car	33.37%	44.09%	34.65%	20.69%	26.60%	12.34%	11.72%
		motorcycle	21.02%	34.93%	32.52%	12.26%	21.16%	13.87%	11.32%
	RMSE	car	7.09	9.06	7.84	14.61	20.57	22.01	3.08
		motorcycle	9.63	14.74	12.43	5.43	10.68	57.24	4.40
Variable PCE	MAPE	car	34.44%	44.03%	34.58%	20.54%	26.77%	11.70%	11.91%
		motorcycle	22.46%	34.93%	32.50%	12.27%	21.06%	13.29%	10.87%
	RMSE	car	7.42	9.02	7.80	14.52	20.44	21.65	3.06
		motorcycle	10.92	14.74	12.43	5.43	10.65	59.80	4.29

圖5-2到圖5-9分別為model 1與model 2第1格位實際資料與模擬資料比較圖，本研究以號誌週期為單位觀察實際資料與模擬資料變化趨勢，發現整體的變化趨勢相差不遠，對照汽車與機車MAPE值介於10%到40%之間在可接受範圍，進一步探討誤差的波動，由RMSE值中model 1與model 2第1格位汽車與機車之誤差值均在10以內，由汽機車誤差波動圖之趨勢來看，在紅燈時間汽車與機車之誤差波動趨於0，係受到上游路口號誌的影響，進入格位的車輛數較少，甚至若干時階之車輛數皆為0，在綠燈時間時，上游路口綠燈始亮，車群從上游路口進入第1格位，中間尚有一段距離，因此，可發現車流趨勢隨時間變化增加而增加，在誤差趨勢圖中，綠燈時間誤差以總體來說模擬模式結果有高估現象，在上游格位無車的狀態下，有些車輛行駛速率會超過本研究設定之最高速限，導致車輛在時階內跨越第1格位，本研究建立之模式，係假設車輛均在最高限速下行進，因此，模式模擬結果在第1格位會有高估之現象。

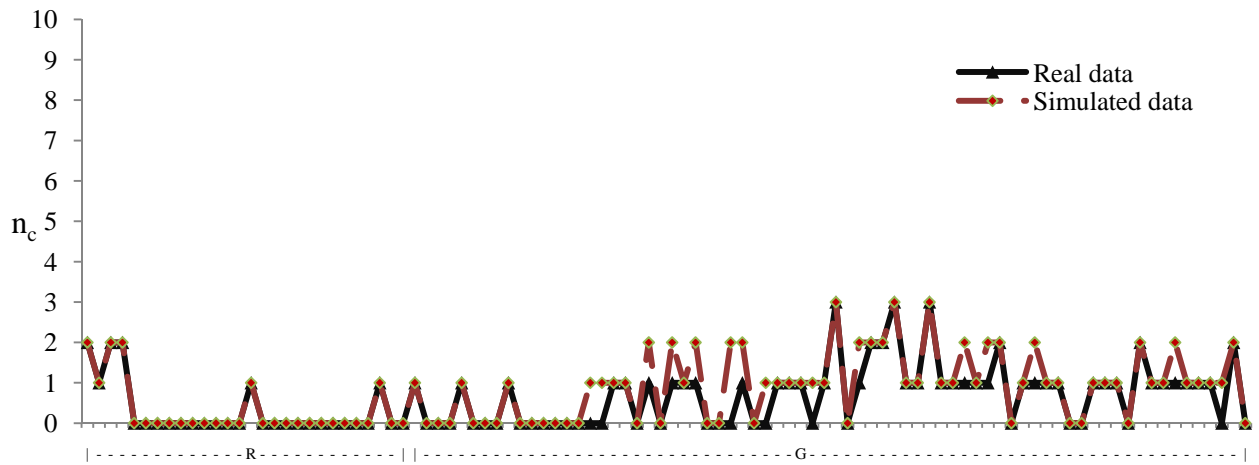


圖5-2 model1 格位1汽車實際值與模擬值



圖5-3 model1 格位1汽車誤差波動

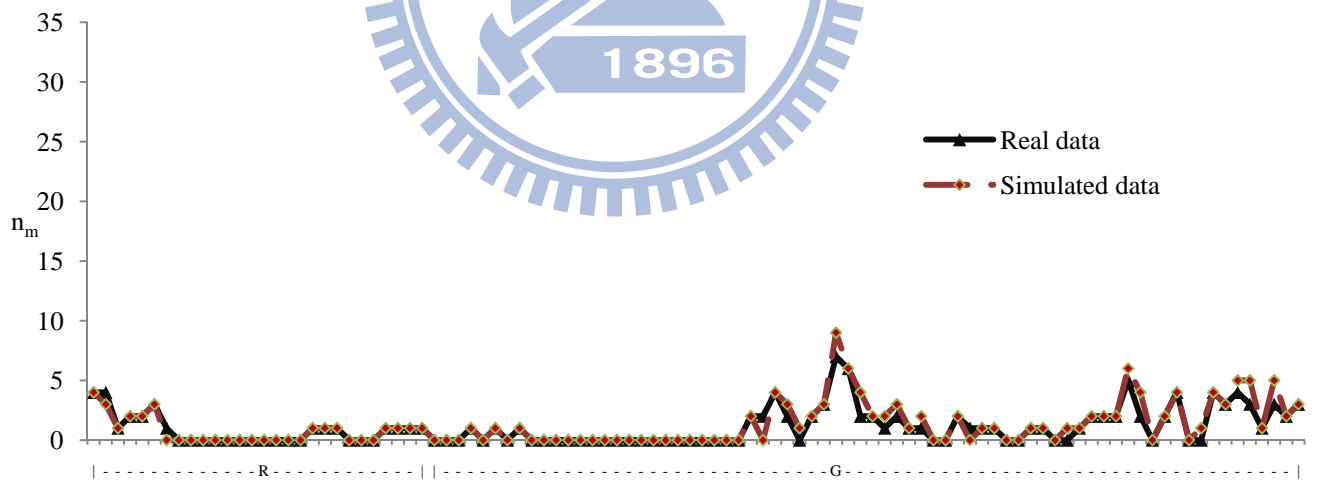


圖5-4 model1 格位1機車實際值與模擬值

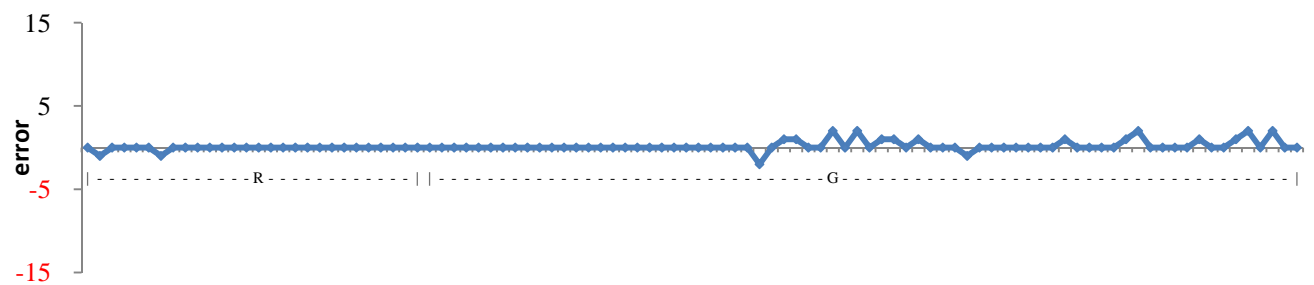


圖5-5 model1 格位1機車誤差波動

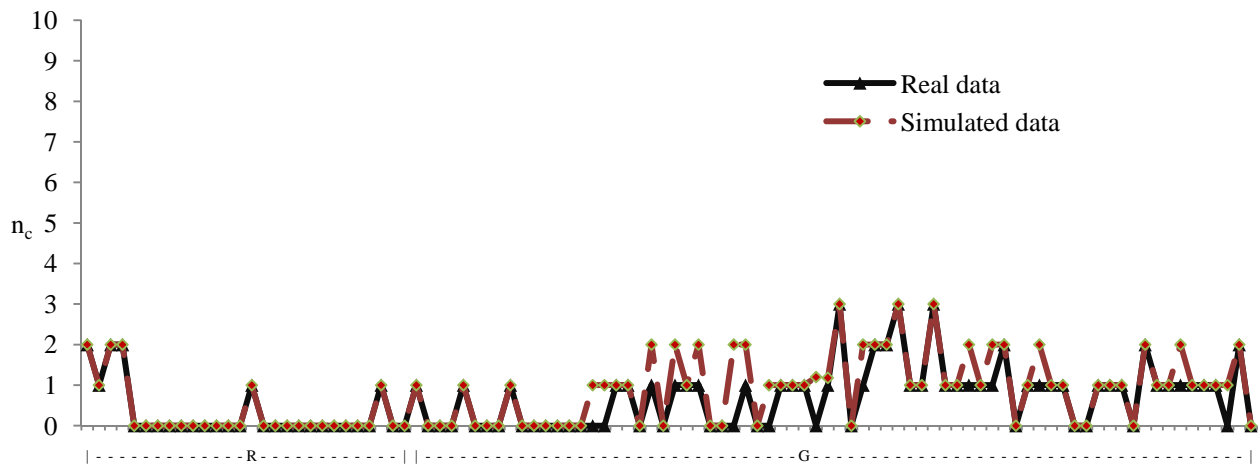


圖5-6 model2 格位1 汽車實際值與模擬值



圖5-7 model2 格位1汽車誤差波動

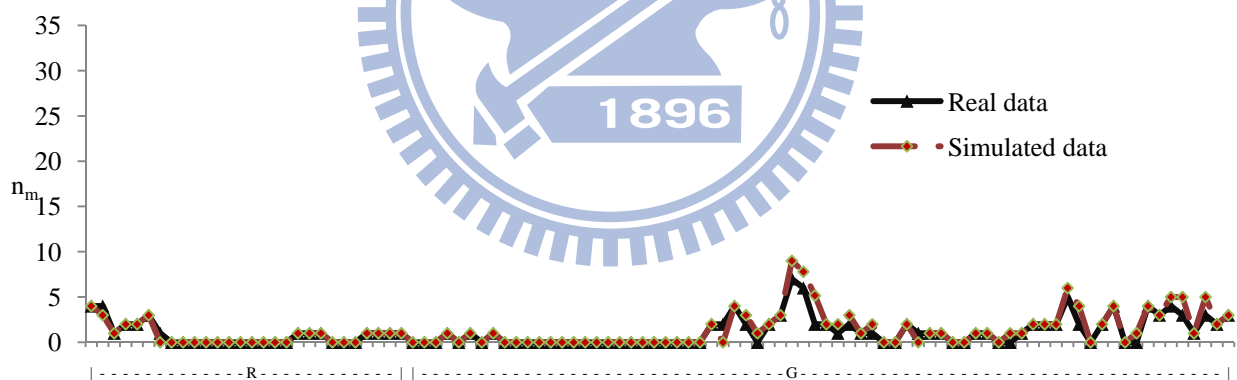


圖5-8 model2 格位1機車車實際值與模擬值

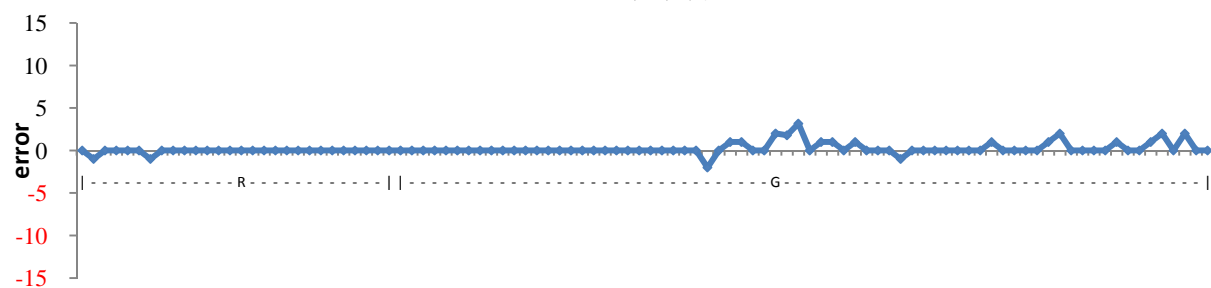


圖5-9 model2 格位1機車車誤差波動

圖5-10到5-17代表路段中格位3車輛數變動趨勢與誤差趨勢，車輛數的變動趨勢中，model1與model2實際資料與模擬結果變動趨勢相差不遠，但相較於格位1的趨勢，格位3實際資料與模擬結果的差異較大，表5-3格位3 model1與model2之MAPE值平均為33%，但值比格位1高，RMSE值也較格位1高，從圖中觀察，格位3格位內競爭關係較不顯著，上游格位的車輛數大多可傳遞到下游，模式之模擬方式係依照此關係模擬，但實際資料變動趨勢存在格位1車輛跨格位之誤差，此誤差隨格位傳遞誤差變動越大，比較誤差波動之趨勢，格位1與格位3之誤差波動，後者波動較大，觀察格位車輛數趨勢圖，模擬結果趨勢圖之變動型態相差不大，差別在於時階變動，由此可以反映上述說明之現象。



圖5-10 model1 格位3汽車實際值與模擬值

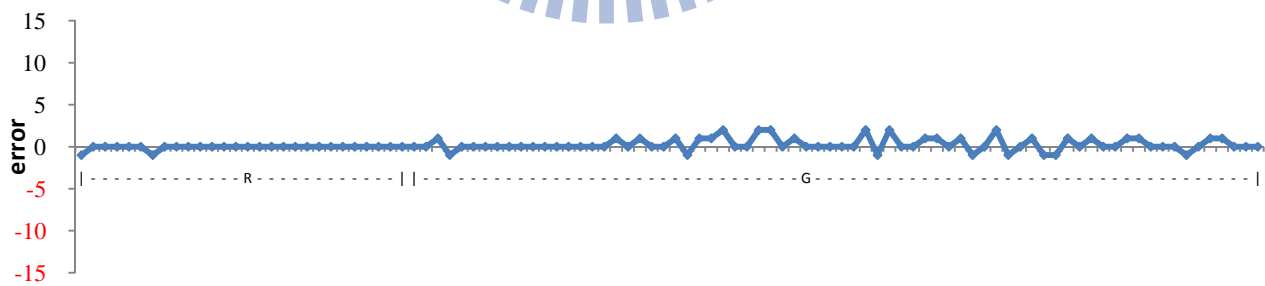


圖5-11 model1 格位3汽車誤差波動

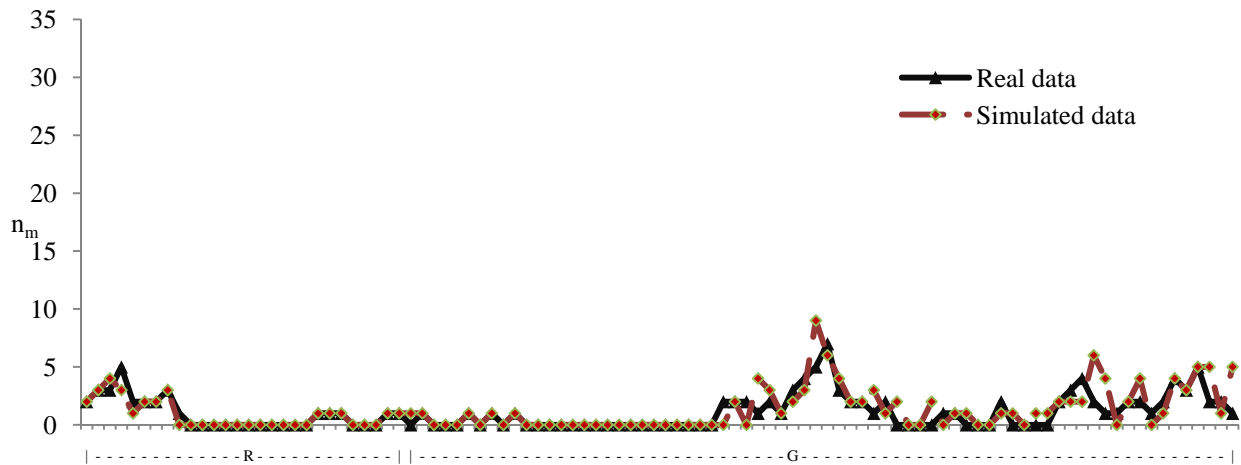


圖5-12 model1 格位3機車實際值與模擬值

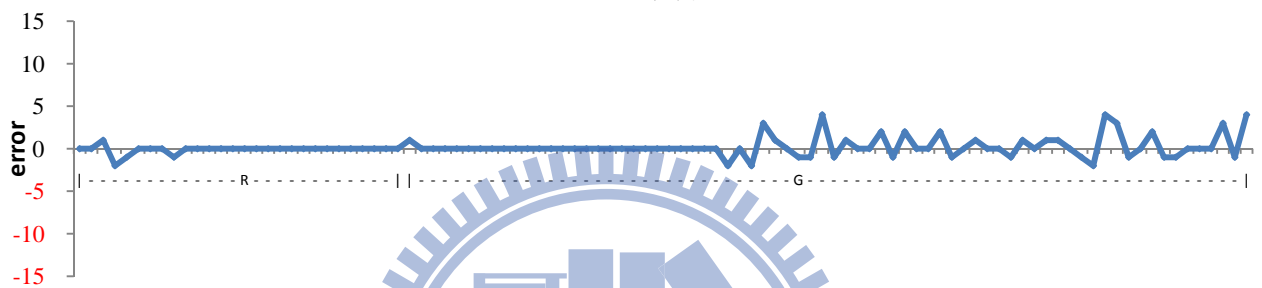


圖5-13 model1 格位3機車誤差波動

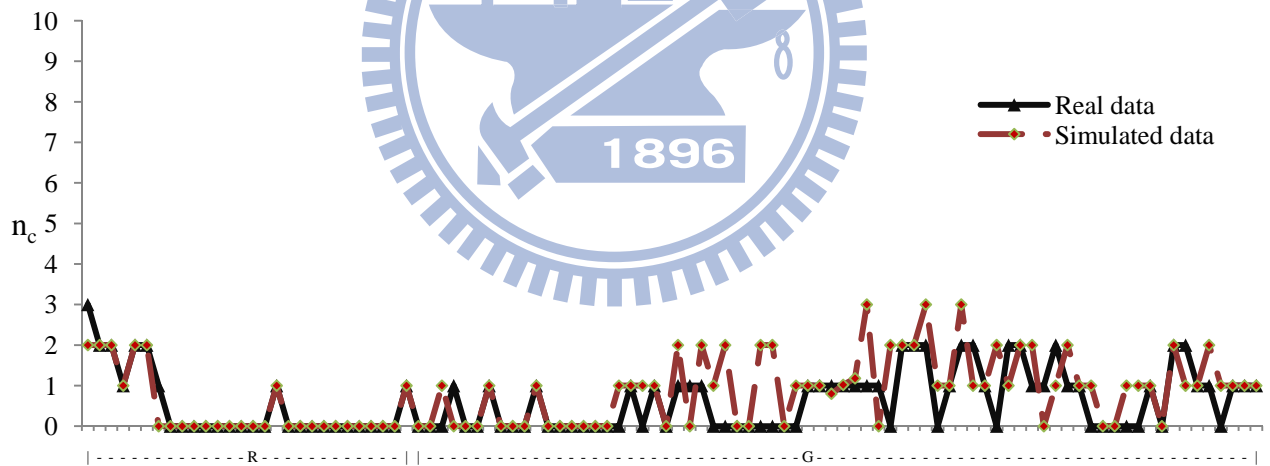


圖5-14 model2 格位3汽車實際值與模擬值

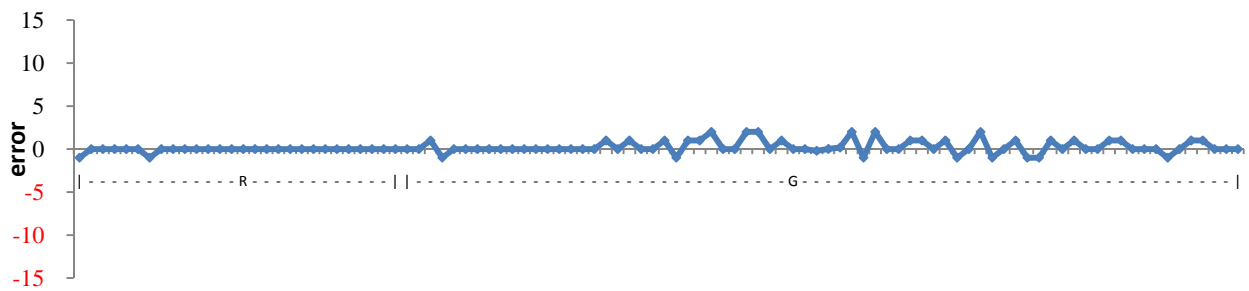


圖5-15 model2 格位3汽車誤差波動

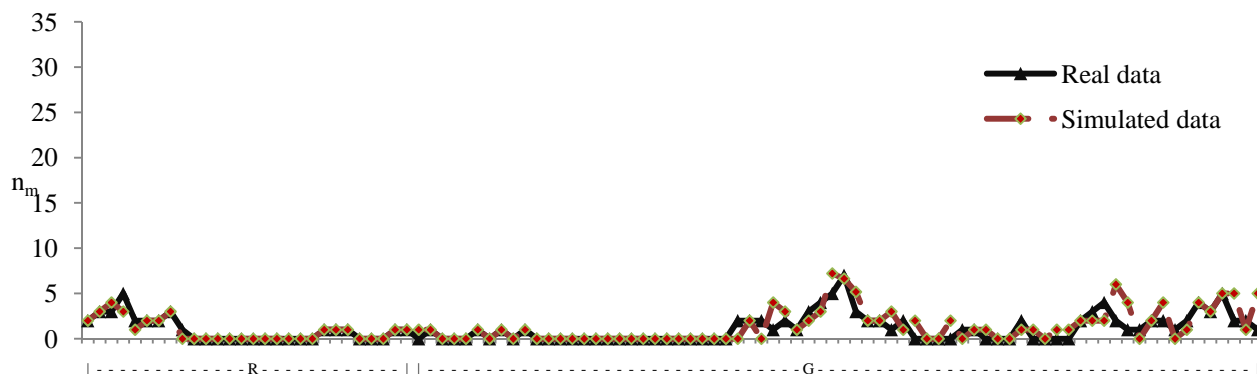


圖5-16 model2 格位3機車實際值與模擬值

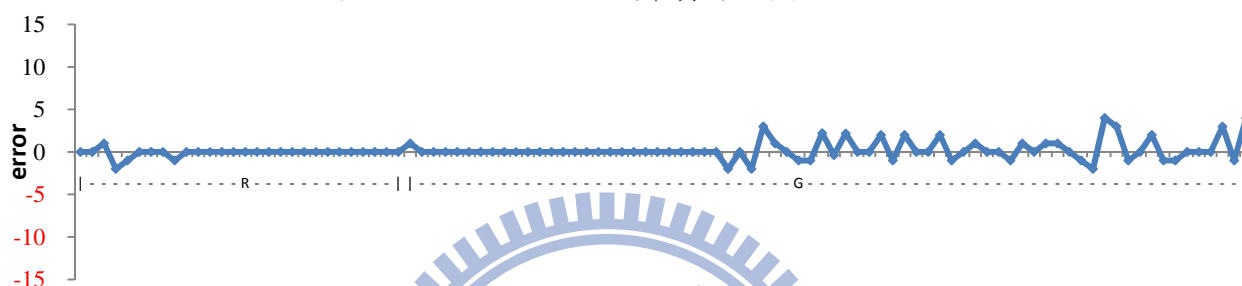


圖5-17 model2 格位3機車誤差波動

圖5-18到圖5-33分別為model 1與model 2路段下游格位6汽機車趨勢圖及誤差趨勢圖，格位6不同於前述格位1及格位3，格位6包含路口及號誌，受到號誌之影響較上中游格位劇烈，由於號誌的影響，格位6隨著號誌轉換，會有車隊的產生與車隊消散之問題，前者須探討格位儲車空間對於車隊產生之影響，後者則探討在格位最大流量的限制下，汽車與機車如何競爭最大流量，於表5-3中觀察MAPE值，汽機車模擬結果皆小於20%，表示本研究模式對於此現象有較佳的模擬結果，進一步探討實際資料與模擬結果車輛數之趨勢，由圖5-18、圖5-20、圖5-26和圖5-28中發現，於紅燈時間時，有等候車隊產生現象，可反映儲車空間競爭，觀察圖中紅燈時間之趨勢圖，在汽車的趨勢中，可模擬混合車流競爭後汽車最大之車輛數，但機車模式模擬結果低估實際資料，本研究為探討其原因改變最大儲車空間，發現低估現象仍未改善，排除儲車空間低估之原因，改以增加該時間區段之車輛數，增加圖5-20與5-26顯示之誤差車輛數，發現圖中實際資料與模擬結果最大車輛數誤差差距縮小，因此，圖5-20與5-26之誤差係因為上游車輛不足產生，本研究探討誤差原因有二，一為跨格位之誤差，二為在紅燈時機車車隊成團聚集，在人工車輛計算中產生之誤差，格位6於綠燈時間時格位車輛數之趨勢，觀察綠燈始亮時，汽車與機車消散現象，可參考兩model流出格位6之車輛數

，MAPE值汽機車階小於20%，顯示模式對路口模擬有較佳的結果，觀察流出車輛數變動趨勢，綠燈始亮模擬結果變動趨勢相符，但在綠燈前幾秒時間模擬模式有高估現象，之後因模擬之等候車隊已消散，而實際等候車隊尚未消散，產生低估現象，此原因為等候車隊在綠燈始亮時會有啟動時間與機車等候車隊在機車停等區對汽車等候車隊之干擾，產生車輛數流出之變化，但本模式係採中觀模擬模式，未對車輛啟動時間進行探討，對於機車停等區對汽車等候車隊之影響，模式雖未能充分模擬其影響，但以本研究設定之最大流量競爭關係，由圖中變動趨勢觀察，已能模擬這種現象。

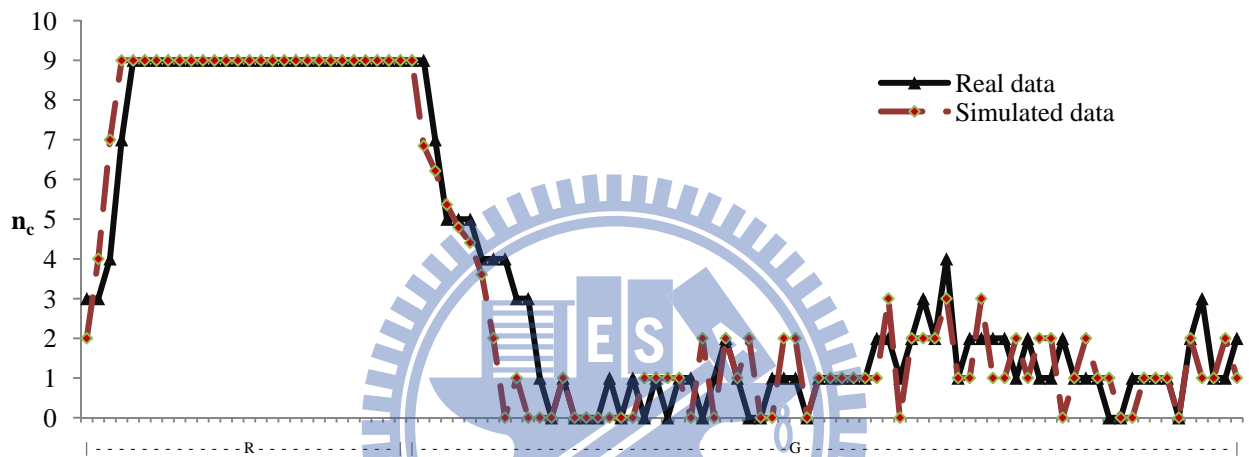


圖5-18 model1 格位6汽車實際值與模擬值

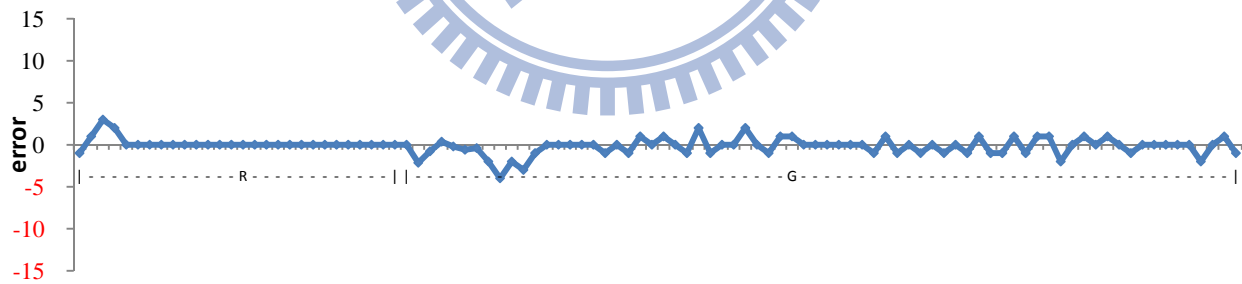


圖5-19 model1 格位6汽車誤差波動

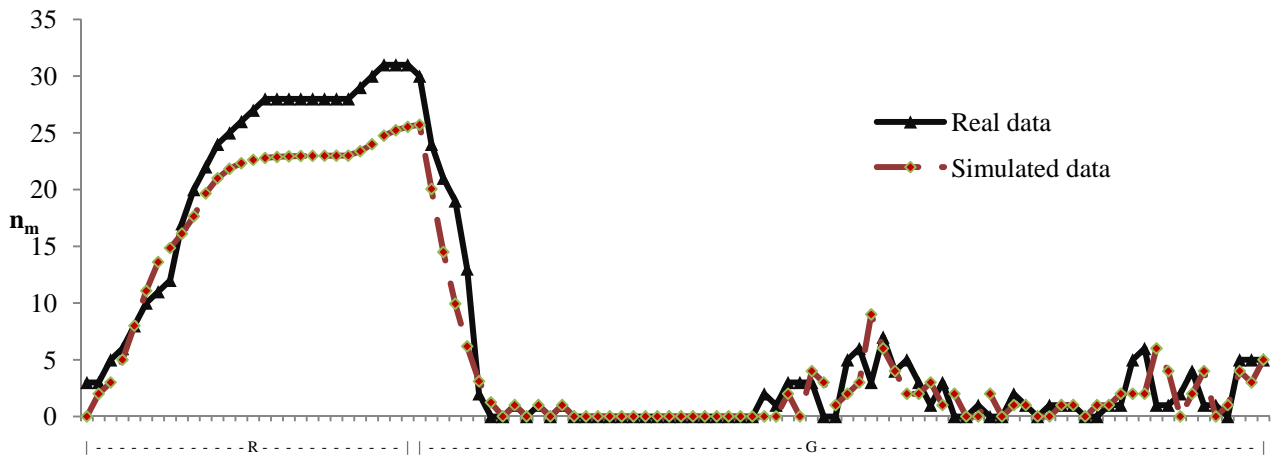


圖5-20 model1 格位6機車實際值與模擬值

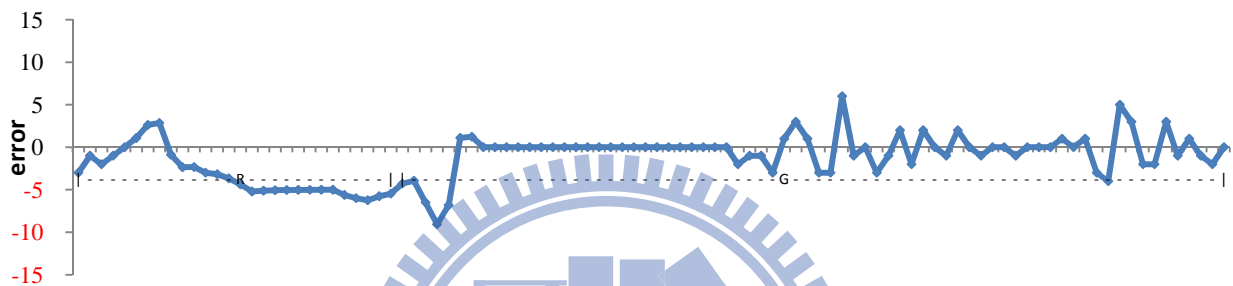


圖5-21 model1 格位6機車誤差波動

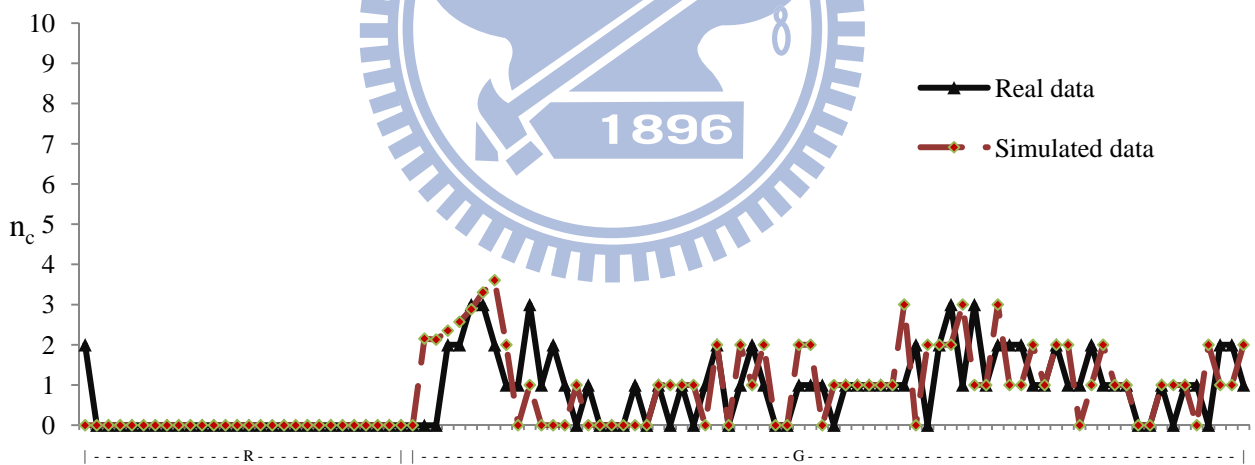


圖5-22 model1 格位6汽車流出實際值與模擬值

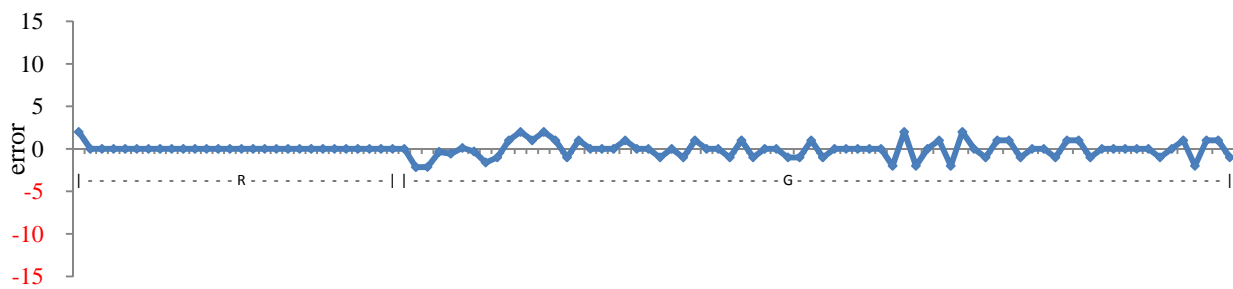


圖5-23 model1 格位6汽車流出誤差波動

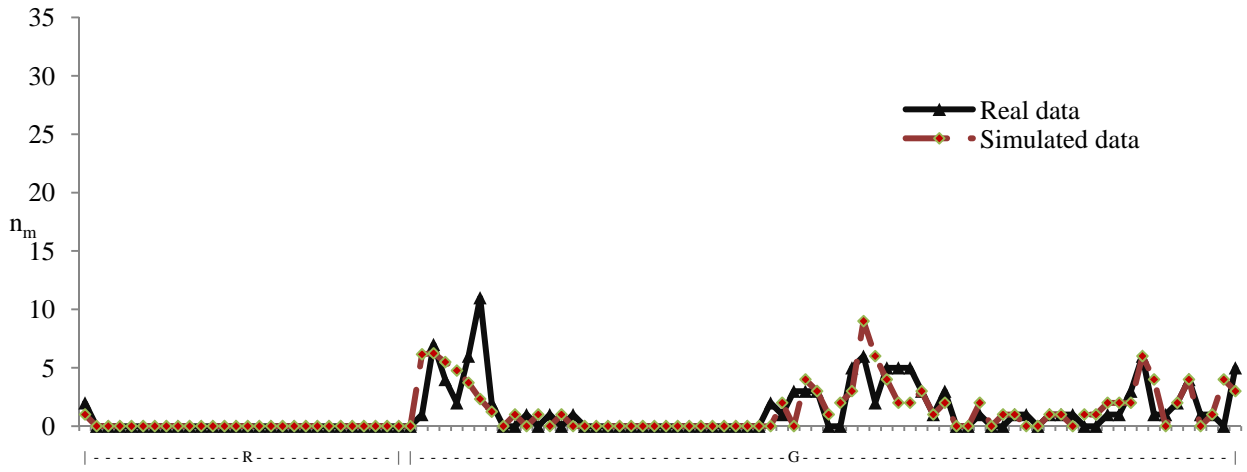


圖5-24 model1 格位6機車流出實際值與模擬值



圖5-25 model1 格位6機車流出誤差波動

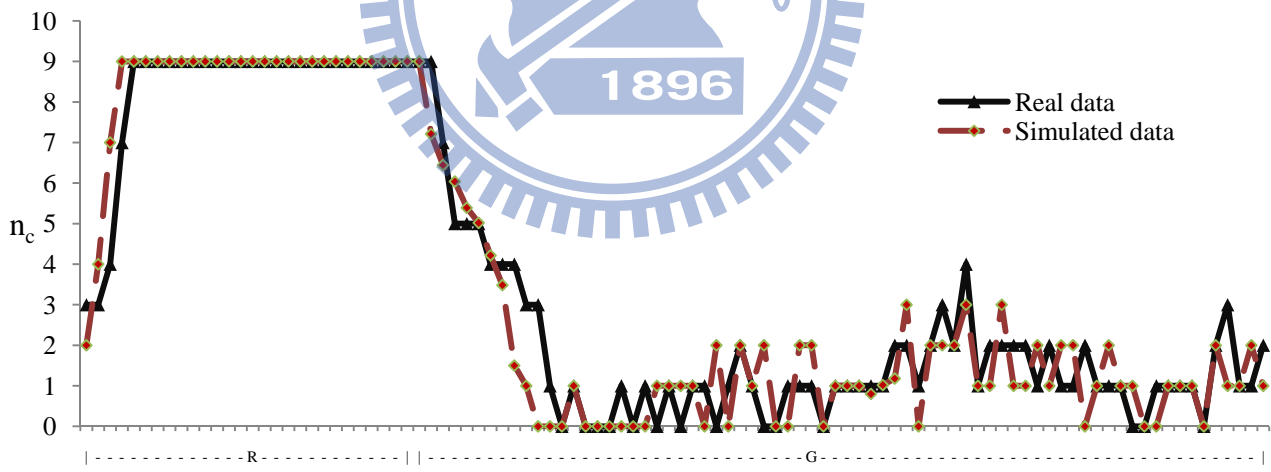


圖5-26 model2 格位6汽車實際值與模擬值

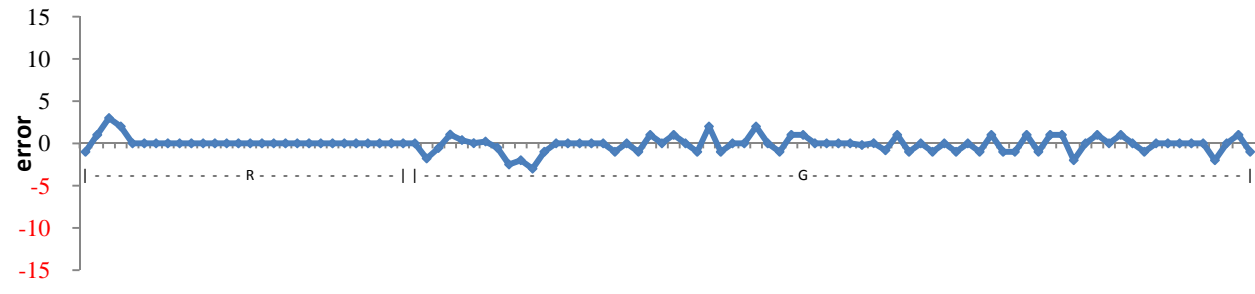


圖5-27 model2 格位6汽車誤差波動

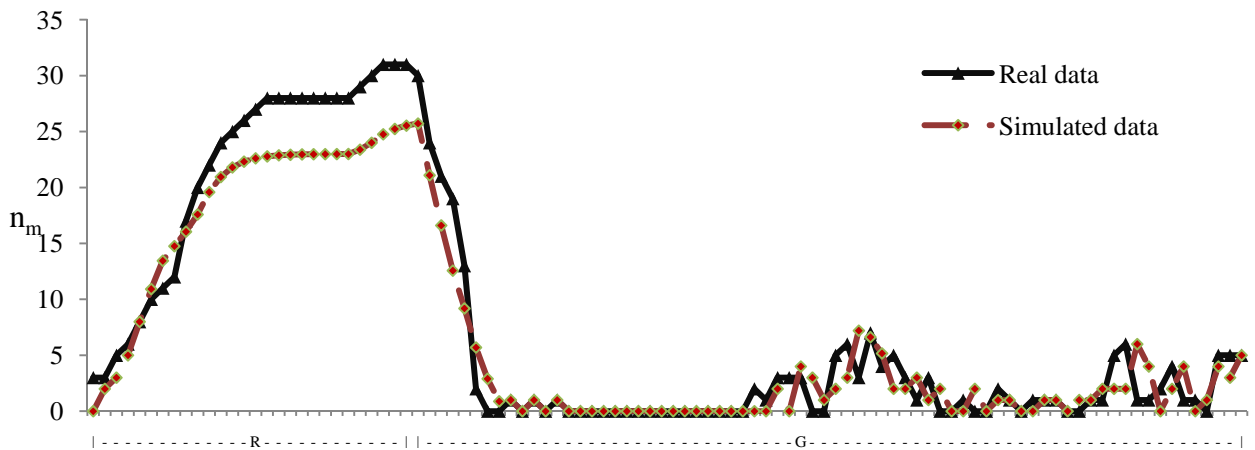


圖5-28 model2 格位6機車實際值與模擬值

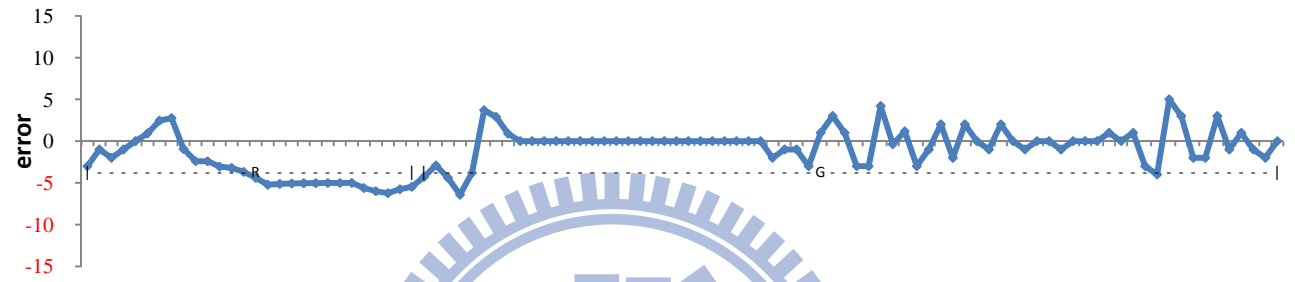


圖5-29 model2 格位6機車誤差波動

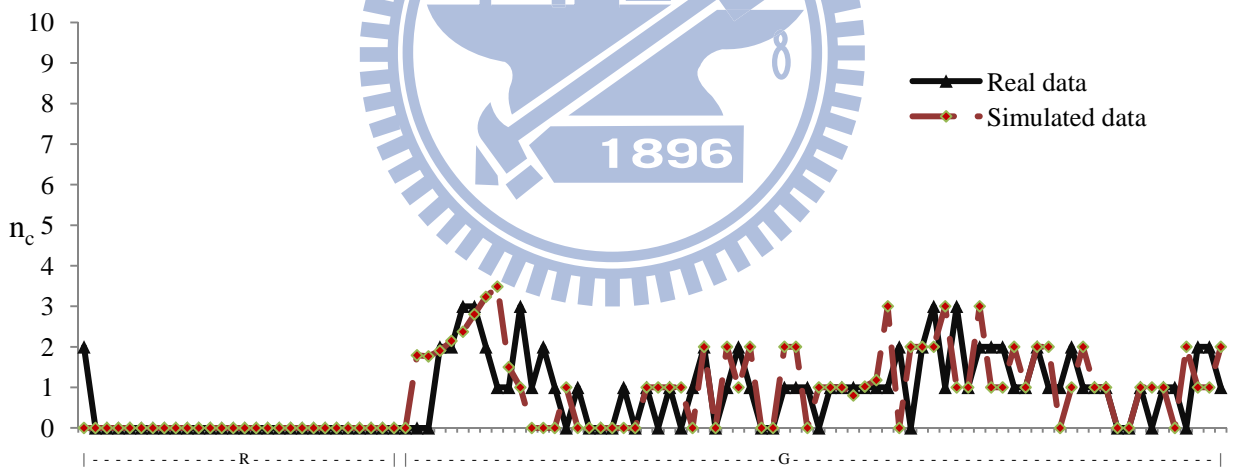


圖5-30 model2 格位6汽車流出實際值與模擬值

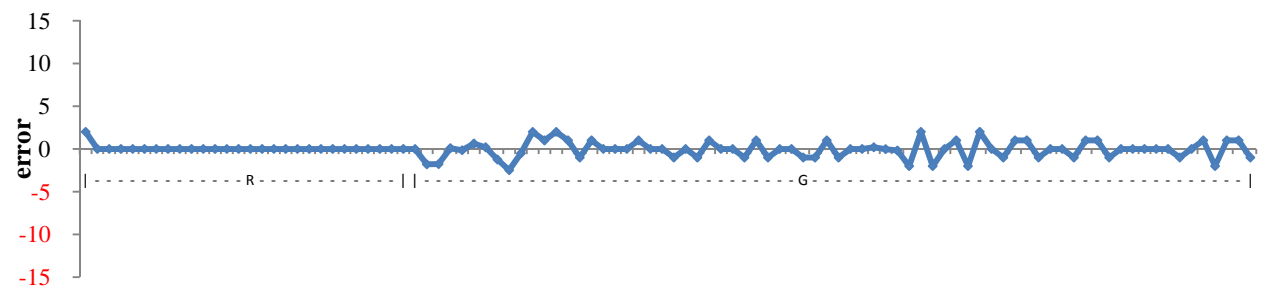


圖5-31 model2 格位6汽車流出誤差波動

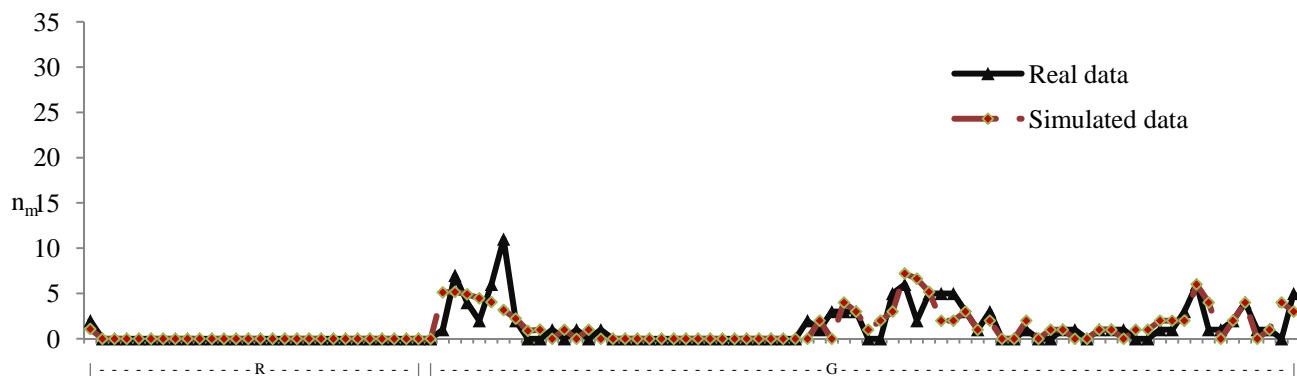


圖5-32 model2 格位6機車流出實際值與模擬值

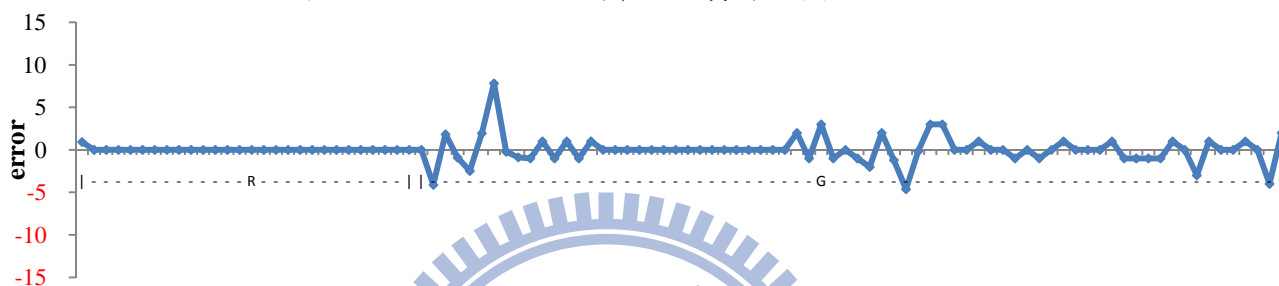


圖5-33 model2 格位6機車流出誤差波動

於上述的分析中，採用之誤差值參考係將兩秒為一時階，整合成一分鐘資料進行驗證分析，而在格位車輛數趨勢圖中發現號誌變化會影響格位車輛數之模擬，於此，將原一分鐘整合之驗證資料，改以不同時間區隔進行整合驗證，首先以號誌轉換時間做為整合時間，探討在不同號誌的狀態下模式模擬能力，比較表5-3與表5-4之結果，號誌影響對下游格位影響較劇烈，此結果與上述之推測相符，但上游格位因採用紅燈與綠燈時間，採樣時階減少，使得格位車輛數較少，又因跨格位產生之誤差，導致上游格位誤差變大，本研究進一步將號誌切分為紅燈時間、綠燈時間及週期觀察，參考表5-5、表5-6及表5-7，觀察紅燈時間之模擬能力，發現model 1與model 2格位1及格位5之汽車MAPE值較大，格位1甚至超過50%，觀察RMSE值皆僅有2.03，顯示MAPE值受到尺度影響放大，但誤差較小，此外，紅燈時間模式設定最大流量為0，所以誤差範圍均為0，表5-6為綠燈時間之模擬績效，MAPE值均在合理範圍內，綠燈時間包含綠燈始亮車隊消散時間，觀察下游格位也均有良好的模擬績效，另外可發現，變動PCE模式於第六格格位驗證績效較固定PCE模式佳，顯示變動PCE模式能較有效的模擬車隊消散的現象，表5-7為以週期為單位之模擬結果，MAPE值也均在可接受範圍內，表5-8與表5-9分別表示尖離峰模擬結果，離峰時間車流量較少，車輛運行容易超過最高限速，因此，於離峰時間上游之模擬績效較差，反之，尖峰時間由於車流量較高，跨格

位現象較少模擬績效較佳。

在各時間區隔驗證績效中發現，本研究建立之兩種競爭函數model，在上游路段車輛數較少，未考慮到兩車種競爭之關係，驗證績效值在若干時間區隔下相等，而中下游因受到號誌影響，會有車隊產生須考慮到競爭關係，發現兩個模式在下游的績效model2有改善的效果，但就總體而言，本研究建立之模式，不論是採用model 1或model 2之競爭關係，對於市區道路汽機車混合車流有較佳的模擬能力。

本研究模式驗證分別以路段上、中、下游及流出路段車輛數進行實際值與模擬值比較，分別以車輛數的趨勢圖、MAPE值及RMSE值觀察模擬績效，並將以兩秒為一時階之資料分別依照一分鐘、綠燈時間、紅燈時間、號誌週期與尖離峰時間，進行整合及探討，上游格位可以觀察自由流狀態，混合車流格位傳遞之績效，中下游則可觀察同步流及壅擠流之車流狀態，驗證本研究建立之模式，汽機車混合車流在格位傳遞時最大流量(Q)及儲車空間(S)之競爭關係是否能反映實際車流，最後由實例績效結果顯示，上游格位MAPE值較高，受到未遵守速限之跨格位車輛影響，及MAPE值計算尺度影響，但後者參考RMSE值與格位車輛數趨勢圖觀察，發現模式模擬能力有不錯的表現，中下游格位受到路口號誌影響，產生等候車隊，混合車輛在格位傳遞時，須考慮競爭關係，在模式績效表現上在不同的號誌時間下均有良好結果，顯示本研究採用之競爭關係，對於兩種車流在空間和時間的限制下能有效的分配。

表5-4 驗證績效表(紅燈時間+綠燈時間)

model	Index	vehicle/cell	1	2	3	4	5	6	Y6I
Constant	MAPE	car	42.82%	27.04%	29.66%	19.60%	32.20%	15.14%	3.93%
		motorcycle	13.56%	32.58%	29.03%	12.23%	20.84%	14.35%	1.76%
PCE	RMSE	car	11.91	14.74	13.67	17.27	24.89	28.20	3.56
		motorcycle	15.62	23.21	18.64	5.88	12.72	66.87	4.38
Variable	MAPE	car	43.57%	27.11%	29.53%	19.57%	32.23%	13.64%	4.03%
		motorcycle	14.91%	32.92%	29.02%	12.29%	20.74%	13.98%	1.74%
PCE	RMSE	car	12.60	14.68	13.63	17.17	24.68	26.84	3.65
		motorcycle	17.59	23.14	18.62	5.87	12.69	67.43	4.28

表5-5驗證績效表(紅燈時間)

model	Index	vehicle/cell	1	2	3	4	5	6	Y6I	
Constant	MAPE	car	60.42%	11.13%	24.76%	28.10%	48.47%	11.95%	0.00%	
		motorcycle	6.05%	26.12%	27.40%	21.09%	33.55%	16.21%	0.00%	
	PCE	RMSE	car	2.03	0.71	3.18	22.06	32.94	31.88	0.00
			motorcycle	1.12	3.26	3.84	6.98	14.02	91.83	0.00
Variable	MAPE	car	60.42%	11.42%	24.60%	28.24%	47.66%	11.49%	0.00%	
		motorcycle	6.21%	26.89%	27.40%	21.19%	33.31%	16.21%	0.00%	
	PCE	RMSE	car	2.03	0.71	3.18	22.06	32.33	31.56	0.00
			motorcycle	1.12	3.30	3.84	6.98	13.96	91.87	0.00

表5-6驗證績效表(綠燈時間)

model	Index	vehicle/cell	1	2	3	4	5	6	Y6I	
Constant	MAPE	car	25.23%	42.95%	34.56%	11.11%	15.94%	18.33%	7.86%	
		motorcycle	21.07%	39.05%	30.65%	3.38%	8.12%	12.50%	3.52%	
	PCE	RMSE	car	16.72	20.84	19.07	10.50	12.41	23.97	5.03
			motorcycle	22.06	32.66	26.07	4.53	11.27	22.56	6.19
Variable	MAPE	car	26.71%	42.80%	34.46%	10.90%	16.81%	15.79%	8.05%	
		motorcycle	23.60%	38.95%	30.63%	3.38%	8.17%	11.75%	3.48%	
	PCE	RMSE	car	17.70	20.75	19.01	10.17	13.17	21.09	5.16
			motorcycle	24.85	32.56	26.06	4.50	11.29	25.59	6.05

表5-7驗證績效表(週期)

model	Index	vehicle/cell	1	2	3	4	5	6	Y6I	
Constant	MAPE	car	24.77%	41.02%	30.66%	15.10%	26.83%	12.28%	7.86%	
		motorcycle	19.10%	37.73%	29.27%	7.02%	14.31%	14.05%	3.52%	
	PCE	RMSE	car	50.74	60.16	53.87	88.57	125.41	136.62	14.23
			motorcycle	61.76	96.40	80.51	20.75	62.81	305.27	17.52
Variable	MAPE	car	26.19%	40.91%	30.56%	14.98%	26.71%	11.63%	8.05%	
		motorcycle	21.37%	37.72%	29.26%	7.00%	14.39%	13.79%	3.48%	
	PCE	RMSE	car	53.58	59.99	53.66	87.58	127.42	130.82	14.59
			motorcycle	69.66	96.32	80.47	20.72	62.89	310.55	17.11

表5-8驗證績效表(離峰)

model	Index	vehicle/cell	1	2	3	4	5	6	Y6I	
Constant	MAPE	car	44.99%	66.19%	40.60%	16.10%	17.56%	7.93%	11.41%	
		motorcycle	30.17%	38.90%	36.20%	14.02%	19.85%	17.26%	11.33%	
	PCE	RMSE	car	8.04	10.16	8.39	3.90	11.14	17.18	3.12
			motorcycle	12.10	15.71	16.04	4.76	6.27	74.71	4.82
Variable	MAPE	car	46.18%	66.14%	40.54%	16.06%	16.87%	8.09%	12.35%	
		motorcycle	31.46%	38.90%	36.16%	14.04%	19.65%	17.94%	11.10%	
	PCE	RMSE	car	8.46	10.12	8.35	3.87	9.89	19.18	3.14
			motorcycle	12.87	15.72	16.03	4.77	6.28	81.26	4.80

表5-9驗證績效表(尖峰)

model	Index	vehicle/cell	1	2	3	4	5	6	Y6I	
Constant	MAPE	car	25.07%	28.31%	30.40%	23.97%	33.06%	15.50%	11.94%	
		motorcycle	14.48%	32.09%	29.89%	11.00%	22.09%	11.45%	11.32%	
	PCE	RMSE	car	6.85	8.27	7.70	21.70	27.14	18.73	2.93
			motorcycle	7.15	13.07	8.60	6.57	14.77	43.59	4.32
Variable	MAPE	car	29.55%	29.21%	32.22%	27.68%	31.51%	11.70%	9.46%	
		motorcycle	15.82%	30.44%	34.05%	13.17%	27.53%	12.06%	12.05%	
	PCE	RMSE	car	7.11	8.22	7.65	21.58	27.39	16.77	2.86
			motorcycle	9.23	13.07	8.60	6.57	14.70	40.19	4.09

六、結論與建議

本研究以Daganzo (1994; 1995)提出之格位傳遞模式為基礎，建立混合車流傳遞模式，旨在將我國市區道路汽機車混合車流運行特性，結合格位傳遞模式，建立市區道路混合車流模擬模式，探討汽機車車流之運行，在空間和時間的限制下，兩種車種之互動關係，並以實際道路資料進行參數調整與模式驗證，依據研究成果得到以下幾點結論與建議。

6.1 結論

1. Daganzo (1994; 1995)提出之格位傳遞模式係假設單一車流，透過中觀模式概念，即時模擬車流運行行為，但我國市區道路為汽機車混合車流，在應用上頗受限制，因此，分析我國市區道路車流行為實有必要考慮汽機車混合車流特性，方能應用於交通管理與控制策略之評估與研擬。
2. 本研究將單一車流格位傳遞模式考慮之最大流量(Q)與最大儲車空間(N)，將其修正為考慮混合車流之關係，以上游格位不同車種之車輛數做為車流運行時間與空間之競爭關係。
3. 本研究將混合車流最大流量(Q)及最大儲車空間(N)設為常數，表在時間與空間固定下，不同車種之競爭關係，此競爭關係以競爭函數表現某車種受到相對車種影響，最大流量與最大儲車空間減少之比例，最大儲車空間是考慮該車輛數在車群中所佔之百分比，做為空間競爭函數，最大流量則考慮兩種model，第一為該車種在混合車種的比例，第二結合熵值(entropy)與車輛在車隊中之比例，做為最大流量競爭關係，反映混合車流在空間和時間限制下，不同車種通過之情形。
4. 本研究以熵值調整小客車當量，將過去常用的固定小客車當量，轉變成變動的小客車當量，參考上游車種的比例及互動關係，決定機車和汽車之最大流量的變化。
5. 本研究將建立之模式，設定簡單之參數，進行模式特性分析，並將其特性與單一車流格位傳遞模式進行比較，確立模式流量與密度關係能與簡單連續流模式特性相符。
6. 本研究透過攝影方式，將影像依據設定時階進行切割，透過實際道路量測，設定參考劃分格位，藉由上述數位化之資料，從圖像中計算各時階

車輛數及流入流出研究路段流量，以蒐集實際道路格位資料，並分析流量特性，檢視本研究推估之參數之合理性。

7. 藉由蒐集實際道路資料，進行模式驗證，比較實際值與模擬值，修正推估之參數，以絕對物差百分比(MAPE)與均方根誤差法(RMSE)評估模式模擬之績效，本研究模擬後之績效model 1與model 2，MAPE值介於10%到40%之間。
8. 本研究選定之路段包含號誌化路口，在號誌的影響下有車隊的產生與消散現象，此兩種現象包含最大流量與剩餘空間之競爭，觀察本研究建立之兩種型式競爭函數關係，路段下游格位6之MAPE值均小於20%顯示本研究模式可以反映剩餘格位之競爭，另外，流出格位6之車輛數，MAPE值均小於10%，顯示模式亦可反映最大流量之競爭，變動小客車當量模式較固定小客車當量模式佳。

6.2 建議

1. 本研究主要探討混合車流在路段中之運行行為，僅考慮號誌對路段車流變化之影響，未考慮路口轉向因素，未來研究可將路段延伸到路口，考慮混合車流轉向之現象。
2. 格位劃分係參考市區道路最高限速，但在實際資料蒐集中，發現在自由車流狀態下，會有超速的行為，在單位時間下有跨格位車輛的產生導致誤差，未來研究可尋求佈設有嚴格超速取締之路段，降低跨格位誤差產生。
3. 本研究僅考慮汽機車混合車流之互動行為，然在市區道路中尚有公車或大貨車等車種，未來研究可加以考慮公車行為，探討公車靠站對於機車和汽車車流行為之影響。
4. 本研究只考慮單一路口車流運行行為，但市區道路多以路網形式運行，未來研究可以考慮多路口，增加模式應用範圍。

參考文獻

- 蔡美蓉 (2008), 「格位轉換模式 (CTM) 之實證-以中山高速公路為例」, 逢甲大學交通工程與管理學系碩士班, 碩士論文。
- 劉峰佑 (2009), 「格位轉換模式應用於匝道儀控之研究」, 逢甲大學運輸科技與管理學系碩士班, 碩士論文。
- 林柏辰 (2009), 「異常交通狀況下之高速公路基因模糊邏輯速限控制模式」, 國立交通大學交通運輸研究所, 碩士論文。
- 許珮珊 (2009), 「應用格位傳送模式建構高速公路動態起迄矩陣推估演算法」, 國立交通大學交通運輸研究所, 碩士論文。
- Bodjanova, S., 1999. Exploratory Analysis of Empirical Frequency Distributions Based on Partition Entropy. *Information Sciences*, 121, 135-147.
- Boel, R. & Mihaylova, L., 2006. A compositional stochastic model for real time freeway traffic simulation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40, 319-334.
- Chanut, S. & Buisson, C., 2003. Macroscopic model and its numerical solution for two-flow mixed traffic with different speeds and lengths. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1852, 209-219.
- Chandra, S. & Sikdar, P. K., 2000. Factors affecting PCU in mixed traffic on urban roads. *Road Transport Research*, 9, 40-50.
- Changliang, Y., Xiaoguang, Y. & Feng, S., 2004. Fixed cycle strategy in oversaturated network traffic control. In: *Intelligent Control and Automation, 2006. WCICA 2006. The Sixth World Congress on, 2006.* 8674-8678.
- Daganzo, C. F., 1994. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory. *Transportation Research Part B: Methodological*, 28, 269-287.
- Daganzo, C. F., 1995. The cell transmission model, part II: Network traffic. *Transportation Research Part B: Methodological*, 29, 79-93.
- Daganzo, C. F., 1997. A continuum theory of traffic dynamics for freeways with special lanes. *Transportation Research Part B: Methodological*, 31, 83-102.

- Gomes, G. & Horowitz, R., 2006. Optimal freeway ramp metering using the asymmetric cell transmission model. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 14, 244-262.
- Juang, J. C. & Chiang, Y. H., 2003. Predictive control of a hysteretic model - with applications to intelligent transportation system. *In: Systems, Man and Cybernetics*, 2003. IEEE International Conference on, 2003. 78-83 vol.1.
- Lo, H. K., 1999. A novel traffic signal control formulation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 33, 433-448.
- Lo, H. K. & Szeto, W. Y., 2002. A cell-based variational inequality formulation of the dynamic user optimal assignment problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 36, 421-443.
- Lo, H. K. & Chow, A. H. F., 2004. Control Strategies for oversaturated traffic. *Journal of Transportation Engineering*, 130, 466-478.
- Long, J., Gao, Z., Zhao, X., Lian, A. & Orenstein, P., 2008. Urban traffic jam simulation based on the cell transmission model. *Networks and Spatial Economics*.
- Logghe, S. & Immers, L. H., 2008. Multi-class kinematic wave theory of traffic flow. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42, 523-541.
- Lan, L. W., Chiou, Y.C., Lin, Z.S. & Hsh, C.C., 2010. Cellular automaton simulations for mixed traffic with erratic motorcycles' behaviours. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389, 2077-2089.
- Munoz, L., Xiaotian, S., Dengfeng, S., Gomes, G. & Horowitz, R., 2004. Methodological calibration of the cell transmission model. *In: American Control Conference*, 2004. Proceedings of the 2004, 2004. 798-803 vol.1.
- Shang, H. Y. & Huang, H. J., 2007. A cell transmission model and its application in optimizing the location of variable message signs. *In: Natural Computation*, 2007. ICNC 2007. Third International Conference on, 2007. 75-79.
- Tang, C., Jiang, R., Wu, Q., Wiwatanapataphee, B. & Wu, Y., 2007. Mixed traffic flow in anisotropic continuum model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1999, 13-22.
- Wardrop, J. G., 1952. Some theoretical aspects of road traffic research. *In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers II*, 1952. 235-278.

Zhang, H. & Jin, W., 2002. Kinematic wave traffic flow model for mixed traffic.
Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1802, 197-204.



簡 歷

姓名：謝志偉

生日：民國 75 年 1 月 22 日

出生地：台灣省嘉義縣

學歷： 國立交通大學交通運輸研究所(2008.09-2010.06)

逢甲大學交通工程與管理學系(2004.09-2008.06)

國立嘉義高級中學(2001.09-2004.06)

經歷： 全國大專優秀青年(2008)

逢甲大學學生議會議長(2007.08-2008.06)

E-mail：crabwei@gmail.com

