

混合車流模擬技術研發 - 機車行為研究

著者：黃家耀、李子璋、陳彥佑、劉品均、羅湘盈
、廖家慧、羅聖學、曾家瑜、黃維皓

執行單位：國立交通大學

委託機關：交通部

中華民國 104 年 12 月 31 日

目錄

第一章	計畫簡介	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的及範圍	1
1.3	工作內容與研究方法	3
1.4	預期成果	4
第二章	文獻回顧	5
2.1	機車跟車與變換車道行為	5
2.2	實體設施對混合車流之影響	7
2.3	車輛疏解特性	8
2.3.1	汽車疏解	9
2.3.2	機車專用道之機車疏解	9
2.3.3	混合車流之車輛疏解	10
2.4	小結	11
第三章	研究架構	12
3.1	研究議題描述	13
3.2	實證分析與歸類方式	18
3.3	模式驗證方式	20
3.3.1	模擬驗證流程	21
3.3.2	驗證指標	21
3.3.3	驗證工具	23
3.4	小結	28
第四章	資料蒐集	29
4.1	影像收集	29
4.1.1	拍攝方式	29
4.1.2	現場及室內作業	31
4.2	調查地點	33
4.2.1	調查地點—四車道 (D 與 E)	36
4.2.2	調查地點—三車道 (G)	39
4.2.3	調查地點—二車道 (H、J 與 K)	41
4.2.4	調查地點—兩段式左轉路口 (L 與 M)	46
4.2.5	調查地點—非兩段式左轉路口 (N 與 O)	50
4.3	影片拍攝時段整理	53

4.3.1	調查地點—四車道(D 與 E)	54
4.3.2	調查地點—三車道(G)	55
4.3.3	調查地點—二車道(H、J 與 K)	56
4.3.4	調查地點—兩段式左轉路口(L 與 M)	57
4.3.5	調查地點—非兩段式左轉路口(N 與 O)	58
4.4	校估用資料	58
4.4.1	車流軌跡擷取方式	58
4.4.2	資料統計	61
4.4.3	混合車流密度計算	70
4.5	驗證用資料	74
4.5.1	驗證指標	74
4.5.2	資料統計	76
4.6	小結	83
第五章	實證分析及模式建構	85
5.1	機車之車道選擇行為與橫向位置選擇之行為模式	85
5.1.1	研究問題定義	85
5.1.2	實證分析	87
5.1.3	模式建構	88
5.1.4	模式驗證及敏感度測試	93
5.2	機車對公車靠離站與路側停等車輛之反應行為模式	95
5.2.1	研究問題定義	95
5.2.2	實證分析	96
5.2.3	模式建構	106
5.3	機車路口停等位置選擇模式	119
5.3.1	研究問題定義	119
5.3.2	實證分析	120
5.3.3	模式建構	122
5.4	路口疏解時間模式	126
5.4.1	研究問題定義	126
5.4.2	實證分析	127
5.4.3	模式建構	129
5.5	小結	137
第六章	模式模擬及驗證	138
6.1	模擬驗證流程	138

6.2	與路段相關之模式.....	139
6.3	與路口相關之模式.....	142
6.4	小結	144
第七章	結論與建議.....	145
7.1	結論.....	145
7.2	建議	146
參考文獻		148
附 錄		152
附錄 A：		
	混合車流模擬技術研發-機車行為研究，調查地點計畫書	A1
附錄 B：		
	機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立，調查地點幾何型態.....	B1
附錄 C：		
	模擬軟體在交通安全評估的應用	C1
附錄 D：		
	期中審查意見回覆.....	D1
附錄 E：		
	期末審查意見回覆.....	E1

圖目錄

圖 1.1 整體架構圖.....	2
圖 1.2 研究流程圖.....	4
圖 3.1 研究架構圖.....	12
圖 3.2 車輛通過路段時的車頭橫向位置分佈.....	14
圖 3.3 利用微觀車流模擬器(VISSIM)產生的車頭橫向位置分佈.....	14
圖 3.4 不同車流密度下的車頭橫向位置分佈.....	15
圖 3.5 公車靠站示意圖.....	15
圖 3.6 機車轉向的方向與路口停等位置選擇關係示意圖.....	17
圖 3.7 機車橫向偏移示意圖.....	20
圖 3.8 模式模擬驗證流程圖.....	21
圖 3.9 Bikesim 的車流模擬畫面.....	24
圖 3.10 BikeSim 操作介面.....	25
圖 3.11 模擬控制介面 (檔案輸入-基本資料及軌跡資料庫讀取).....	26
圖 3.12 模擬控制介面 (手動輸入-基本資料讀取).....	26
圖 3.13 模擬控制介面 (手動輸入-道路交通量資訊界面).....	26
圖 3.14 動畫顯示調整介面.....	27
圖 3.15 產生車輛說明.....	27
圖 3.16 車流模擬軟體模擬畫面.....	28
圖 4.1 空中拍攝實景.....	30
圖 4.2 影片穩定效果.....	33
圖 4.3 影片後製效果.....	33
圖 4.4 影片亮度對比調整效果.....	33
圖 4.5 調查地點 D 與 E(台北市羅斯福路一段)地理位置.....	36
圖 4.6 調查地點 D 與 E(台北市羅斯福路一段)空拍圖.....	36
圖 4.7 調查地點 D 與 E(台北市羅斯福路一段)幾何型態示意圖.....	37
圖 4.8 調查地點 G(新竹市慈雲路)地理位置.....	39
圖 4.9 調查地點 G(新竹市慈雲路)空拍圖.....	39
圖 4.10 調查地點 G(新竹市慈雲路)幾何型態示意圖.....	40
圖 4.11 調查地點 H(新北市雙十路二段)地理位置.....	41
圖 4.12 調查地點 H(新北市雙十路二段)空拍圖.....	42
圖 4.13 調查地點 H(新北市雙十路二段)幾何型態示意圖.....	42
圖 4.14 調查地點 J 與 K(新北市中正路)地理位置.....	44
圖 4.15 調查地點 J 與 K(新北市中正路)空拍圖.....	44
圖 4.16 調查地點 J 與 K(新北市中正路)幾何型態示意圖.....	44
圖 4.17 調查地點 L 與 M(小東路上與林森路交叉之路口)地理位置.....	46
圖 4.18 調查地點 L(小東路上與林森路交叉之路口，東向西)空拍圖.....	46

圖 4.19 調查地點 M(小東路上與林森路交叉之路口，西向東)空拍圖	46
圖 4.20 調查地點 L(小東路上與林森路交叉之路口，東向西) 幾何型態示意圖	48
圖 4.21 調查地點 M(小東路上與林森路交叉之路口，西向東) 幾何型態示意圖	48
圖 4.22 調查地點 N 與 O(青年路上與慶東街交叉之路口)地理位置	50
圖 4.23 調查地點 N(青年路上與慶東街交叉之路口，東向西)空拍圖	50
圖 4.24 調查地點 O(青年路上與慶東街交叉之路口，西向東)空拍圖	51
圖 4.25 調查地點 N(青年路與慶東街交叉口，東向西) 幾何型態示意圖	52
圖 4.26 調查地點 O(青年路與慶東街交叉口，西向東) 幾何型態示意圖	52
圖 4.27 所擷取之車流資料與原影像套繪	59
圖 4.28 以動畫呈現車流	60
圖 4.29 時空佔有率示意圖	70
圖 4.30 時空佔有率和流量之關係(地點 H、地點 J、地點 K).....	72
圖 4.31 時空佔有率和流量之關係(地點 G)	72
圖 4.32 時空佔有率和流量之關係(地點 D、地點 E).....	71
圖 4.33 時空佔有率和流量之關係(地點 L、地點 M).....	73
圖 4.34 時空佔有率和流量之關係(地點 N、地點 O)	74
圖 4.35 路段上、中、下游位置圖(調查地點 G).....	74
圖 4.36 公車停靠站(路側停車)影響區域圖(調查地點 E).....	75
圖 4.37 路口資料蒐集示意圖(調查地點 L).....	75
圖 5.1 小汽車車輛橫向位置分佈	86
圖 5.2 機車橫向位置分佈	87
圖 5.3 各路段機車車頭分佈	87
圖 5.4 機車橫向位置分布三角形示意圖	88
圖 5.5 機車橫向位置分布模式之參數及變數示意圖	89
圖 5.6 模式校估後三角形分佈示意圖(影片編號:E11).....	92
圖 5.7 a 值對 RMSE 的敏感度分析	94
圖 5.8 b 值對 RMSE 的敏感度分析	94
圖 5.9 c 值對 RMSE 的敏感度分析	94
圖 5.10 公車站範圍內機車跟車示意圖	95
圖 5.11 機車閃避路側停車示意圖	95
圖 5.12 機車通過公車站之移動軌跡示意圖	96
圖 5.13 機車和公車之角度與距離示意圖	97
圖 5.14 機車跟車公車行為之影片還原圖	99
圖 5.15 車輛周圍區塊示意圖(機車對公車靠離站反應模式).....	100
圖 5.16 車輛座標示意圖	100
圖 5.17 車輛周圍區塊車輛狀態示意圖	101
圖 5.18 實體公車站停靠範圍、設定欲研究公車站範圍大小.....	102
圖 5.19 公車進出站判定示意圖	102
圖 5.20 機車閃避路側停等車輛軌跡示意圖	103

圖 5.21 機車對路側車輛反應行為之影片還原圖.....	104
圖 5.22 機車反應時間點分布圖.....	105
圖 5.23 車輛周圍區塊示意圖(機車對路側停等車輛反應模式).....	105
圖 5.24 機車跟車公車反應範圍.....	106
圖 5.25 機車對路側停等車輛反應範圍.....	106
圖 5.26 公車站跟車模式研究情境示意圖.....	107
圖 5.27 各個距離變數示意圖.....	109
圖 5.28 機車對路側停等車輛反應行為模式研究情境示意圖.....	111
圖 5.29 各個距離變數示意圖.....	112
圖 5.30 位置選擇決策之概念.....	120
圖 5.31 與前方停止車輛的間距下之橫向偏移意圖的分布.....	120
圖 5.32 前車兩側側向間距寬度與的橫向偏移決策比例.....	121
圖 5.33 完成橫向偏移的時間長度之分布.....	121
圖 5.34 各段停等車隊之示意圖.....	127
圖 5.35 各週期及車道之分段停等車隊長度.....	128
圖 5.36 各週期及車道之分段停等車輛數.....	128
圖 5.37 各週期及車道之分段車流疏解時間.....	129
圖 5.38 停等車輛數之示意圖.....	131
圖 5.39 停等車隊長度之示意圖(停等區停滿機車).....	132
圖 5.40 停等車隊長度之示意圖(停等區未停滿機車).....	132
圖 5.41 各模式範圍之示意圖 1.....	133
圖 5.42 各模式範圍之示意圖 2.....	133
圖 5.43 各模式之實際調查值與模式預測值比較圖.....	137
圖 6.1 模式模擬驗證流程圖.....	138
圖 6.2 機車之車道與橫向位置分布圖.....	141
圖 6.3 M10 地點週期一之停等車隊長度.....	144
圖 6.4 M10 地點週期二之停等車隊長度.....	144

表目錄

表 3.1 各問題之驗證指標對應表.....	22
表 4.1 傳統錄影和空拍方式之比較.....	31
表 4.2 模式與調查地點選擇準則對應.....	34
表 4.3 調查地點(路段).....	35
表 4.4 調查地點(路口).....	35
表 4.5 調查地點對應之模式.....	35
表 4.6 幾何型態彙整表(調查地點 D 與 E).....	38
表 4.7 調查地點 G(新竹市慈雲路)幾何型態描述.....	40
表 4.8 調查地點 H(新北市雙十路二段)幾何型態描述.....	43
表 4.9 調查地點 J 與 K(新北市中正路)幾何型態描述.....	45
表 4.10 調查地點 L 與 M 之號誌時制計畫(16:00-18:45).....	47
表 4.11 調查地點 L 與 M 之號誌時制計畫(18:45-22:15).....	47
表 4.12 調查地點 L 與 M(小東路)幾何型態描述.....	49
表 4.13 調查地點 N 與 O 之號誌時制計畫.....	51
表 4.14 調查地點 N 與 O(青年路)幾何型態描述.....	53
表 4.15 調查小時數.....	53
表 4.16 調查地點 D 與 E 的拍攝日期及時段整理.....	54
表 4.17 調查地點 G 的拍攝日期及時段整理.....	55
表 4.18 調查地點 H 的拍攝日期及時段整理.....	56
表 4.19 調查地點 J 與 K 的拍攝日期及時段整理.....	56
表 4.20 調查地點 L 的拍攝日期及時段整理.....	57
表 4.21 調查地點 M 的拍攝日期及時段整理.....	57
表 4.22 調查地點 N 與 O 的拍攝日期及時段整理.....	58
表 4.23 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 D).....	62
表 4.24 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 E).....	63
表 4.25 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 G).....	64
表 4.26 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 H).....	65
表 4.27 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 J).....	65
表 4.28 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 K).....	66
表 4.29 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 L).....	66
表 4.30 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 M).....	67
表 4.31 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 N).....	68
表 4.32 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 O).....	69
表 4.33 驗證用車流軌跡資料筆數統計(調查地點 D).....	77
表 4.34 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 E).....	78
表 4.35 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 G).....	79
表 4.36 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 H).....	80

表 4.37 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 J)	81
表 4.38 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 K)	82
表 4.39 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 L)	82
表 4.40 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 M)	82
表 4.41 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 N)	83
表 4.42 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 O)	83
表 5.1 各模式使用之資料編號一覽表	85
表 5.2 機車橫向位置選擇模式之校估結果(四車道)	91
表 5.3 機車橫向位置選擇模式之校估結果(三車道)	91
表 5.4 機車橫向位置選擇模式之校估結果(二車道)	91
表 5.5 機車橫向位置選擇模式之驗證比較	93
表 5.6 x 間隔值與模式變數之敏感度分析	93
表 5.7 機車受公車進站影響之案例 1	97
表 5.8 機車超車公車之案例 2	98
表 5.9 機車超越路側停等車輛之案例	103
表 5.10 公車站跟車模式之變數與對應參數、效用函數表	110
表 5.11 公車站跟車模式之虛擬變數與對應參數、效用函數表	111
表 5.12 機車對路側停等車輛反應行為模式之變數與對應參數、效用函數表	113
表 5.13 機車對路側停等車輛反應行為模式之虛擬變數與對應參數、效用函數表	113
表 5.14 公車站跟車模式研究資料之各機車決策筆數	114
表 5.15 公車站跟車模式初步校估結果	115
表 5.16 公車站跟車模式修改後之校估結果	116
表 5.17 機車對路側停等車輛反應模式初步校估結果	118
表 5.18 機車對路側停等車輛反應模式修改後之校估結果	118
表 5.19 路口停等行為模型校估結果(一)	124
表 5.20 路口停等行為模型校估結果(二)	125
表 5.21 各段停等車隊之範圍定義	126
表 5.22 模式中變數之定義	130
表 5.23 各模式之變數及係數預期之相關性	134
表 5.24 各段車流疏解時間模式校估結果	136
表 6.1 路段與公車影響區域之平均旅行時間	140
表 6.2 各車道車隊長度與疏解時間比較表	143

第一章 計畫簡介

1.1 研究背景

兩輪動力車 (Powered Two-Wheeler, PTW)是指使用引擎或馬達驅動的二輪車輛，臺灣的道路交通安全規則將兩輪動力車概略分為大型重型機車、普通重型機車、普通輕型機車、小型輕型機車、電動自行車、電動輔助自行車等種類。本研究的對象為最大時速超過每小時二十五公里之兩輪動力車，以下統稱為機車。在臺灣，機車十分普遍，也是世界上持有率最高的國家。以私人運具來說，機車相對小汽車有很多的優點，例如機動性高、油耗較低、使用路面及停等空間較小等。Haworth (2012) 指出機車的使用最近受到重視；然而，目前市區道路的設計主要以小汽車的特性為主，而機車在路面上的行為與小汽車差異甚大，但以機車為主的車流理論及行為分析的學術研究較為缺乏，市面上之車流模擬軟體也未能充分反應國內的混合車流特性。因此有需要發展機車的特性分析及行為模式，以期能改善國內混合車流情況下的道路設計及安全等交通問題。

交通部於民國 99 年至 102 年，辦理《交通技術研發與人才培育規劃研究》四年期計畫，其核心研究工作共包含兩個部分，一為發展本土化的車流模擬軟體，另一為發展適用於國內的號誌時制最佳化軟體。另舉辦交通專業的技術人才培訓，整體目標即透過前述兩項核心研究，促使我國交通建設的績效能夠不斷地提升，並以提升公路交通技術研發品質與能量，藉以增進交通設施服務功能與服務水準，達成交通建設永續發展，增進國家經濟發展為目標。其中，車流模擬軟體的發展重點是建立適合國內交通環境的模擬軟體和微觀車流模式，有關微觀車流模擬的探討，該計畫已利用實測所蒐集之資料，建立混合車流之跟車模式及變換車道之關係，包括：小型車與小型車、小型車與大型車、大型車與大型車、以及機車與其他車流間互動之關係。同時，透過上述不同車種間互動方式之模式的適當參數，來反應不同類型的駕駛行為。由此可知，該計畫已針對混合車流的行為分析與模擬，達到階段性的成果。

為加強機車為主題的行為研究，交通部於民國 103 年辦理《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計畫，該計畫之核心工作主要係針對以機車為本車的微觀車流進行分析，探討機車受周邊環境影響下的巨觀及微觀車流特性，並探討了機車於路段中以及路口的行為，包括如推進、變換車道、超車、滲入、啟動等各種更為細緻的分析；同時，亦將機車的駕駛行為特性納入考量。為延續上述的前期研究，應進一步考慮不同的路段及路口情景以及車流組合的情況下，分析機車的行為特性並建立行為模式，並建構於車流模擬軟體內進行驗證，如圖 1.1 所示。

1.2 研究目的及範圍

為了達到交通部發展適用於國內的車流模擬軟體之目標，需先針對國內車流特性進行各項研究。除了需要完成巨觀與微觀的機車車流特性外，也需要針對各種情境下機車之反應行為進行研究。而最後則是可將所有與機車車流相關之模式建入車流模擬軟體中，以供各縣市實際操作使用。而《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計畫已經完成了探討機車受周邊環境影響下的巨觀及微觀車流特性，並完成了探討機車於路段中以及路口

的行為之階段性任務。而本研究旨在透過我國實際車流資料的蒐集與分析，解析我國市區道路混合車流中，以下幾種機車與其他車輛互動情況下之機車行為或車流特性，以供進一步發展適用我國車流狀況之交通管理方法，如圖 1.1 所示：

- (一) 機車於路段中橫向移動的行為模式
 1. 機車的車道選擇行為；
 2. 機車在車道中的橫向位置選擇行為。
- (二) 機車於路段中對公車靠站與路邊停等車輛之反應行為模式
 1. 機車對公車靠站及離站之反應行為；
 2. 機車對路側停等車輛之反應行為。
- (三) 機車於路口停等位置選擇行為與疏解率
 1. 機車轉向的方向與路口停等位置選擇之關係；
 2. 路口疏解時間。

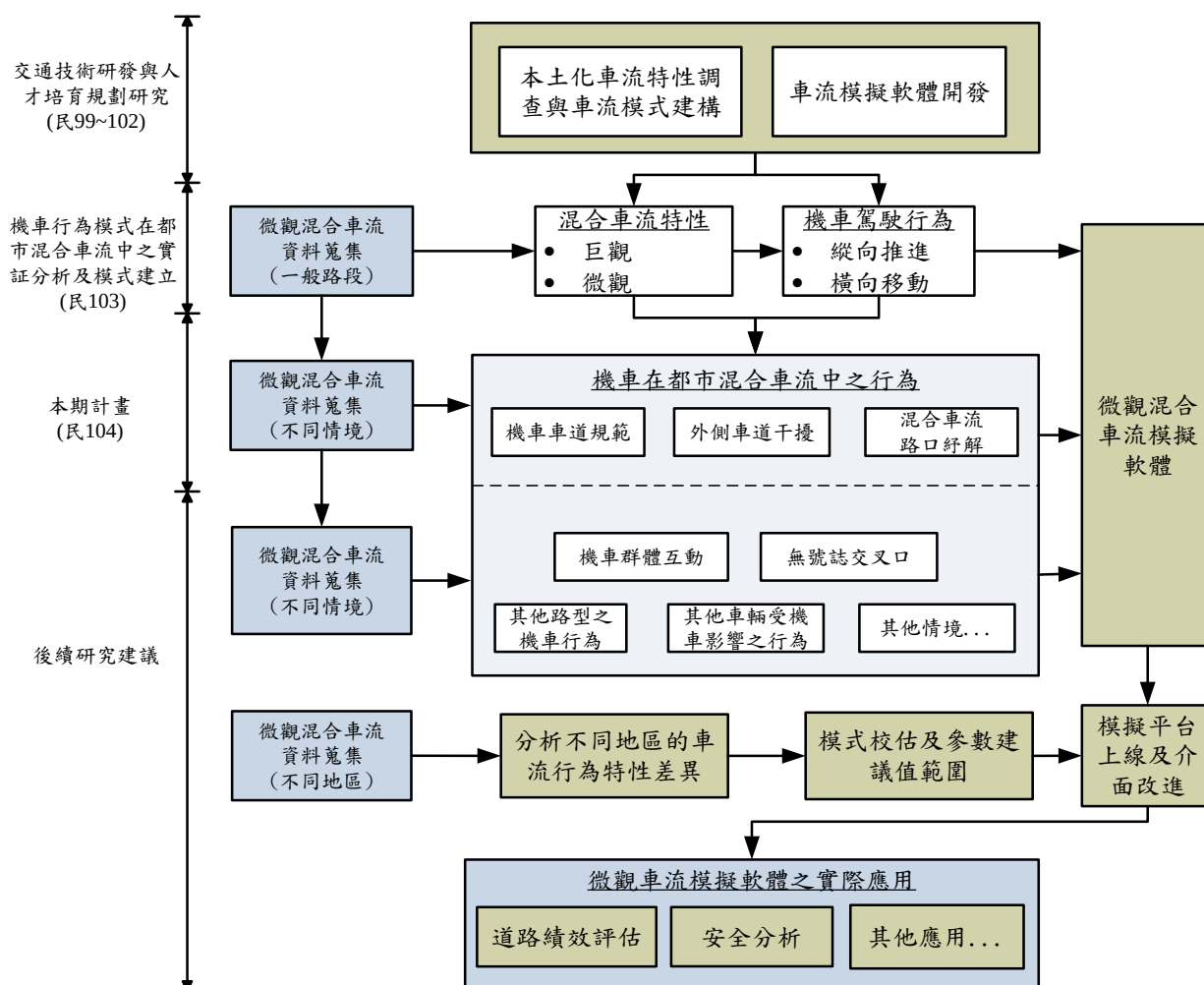


圖 1.1 整體架構圖

1.3 工作內容與研究方法

本研究的方法如下，流程圖如圖 1.2 所示。

1. 研究問題與範圍定義：依照本研究之研究目的，定義研究之問題與範圍。
2. 文獻回顧：依照本研究之研究問題與範圍，進行文獻回顧。
3. 資料收集：收集機車於混合車流的行為數據，以攝影機拍攝並利用電腦程式以半手動的方式轉換成車輛軌跡資料庫。
4. 實證分析：定義各模式中，機車於路口及路段行為相關之變數及計算規則，並利用統計方式找出關鍵變數對不同機車行為之影響。
5. 行為模式發展：針對機車橫向位置選擇行為、機車對公車靠站與路邊停車之反應行為、以及機車於路口停等位置選擇行為與疏解率，產生一系列的數學或統計模式，描述機車在不同情景混合車流內的選擇或反應情況。
6. 模式模擬及驗證：建構已發展的機車行為模式於機車模擬軟體內，測試行為模式的合理性。
7. 期刊或研討會論文投稿：把研究成果撰寫成論文並投稿至國際研討會或國際期刊。

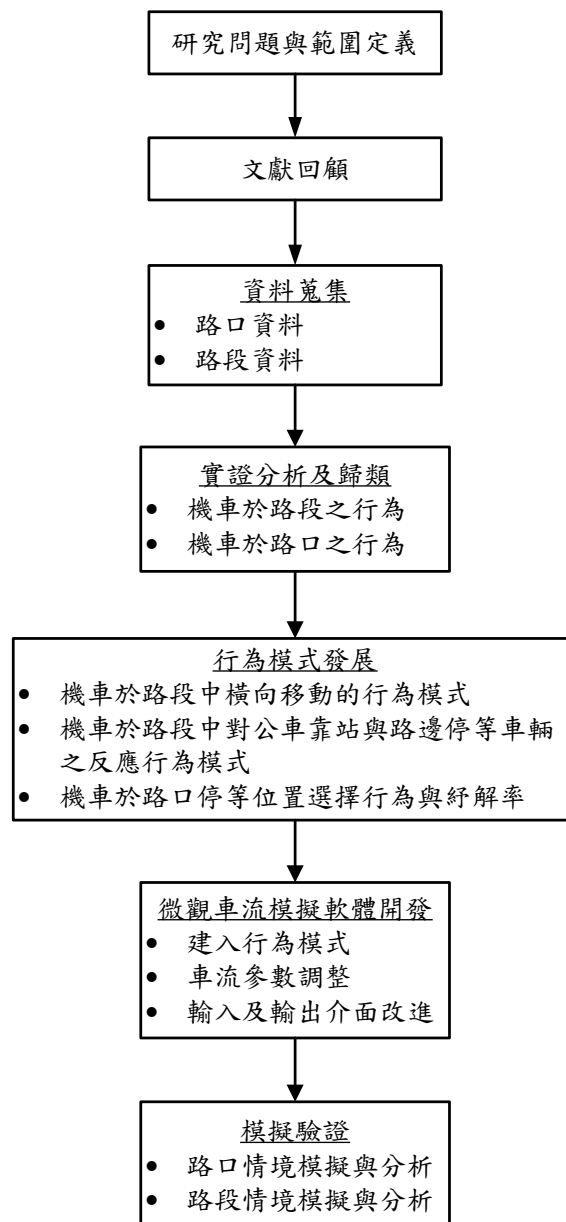


圖 1.2 研究流程圖

1.4 預期成果

本研究的預期成果如下：

1. 產出一份研究報告，詳細說明計畫中各項工作項目之應用資料及驗證結果。
2. 產出我國機車行為特性種類，並完成下列機車行為特性分析：機車於路段中之橫向位置選擇行為；機車對公車靠站與路側停等車輛之反應行為；機車路口停等位置選擇與疏解行為。
3. 利用微觀車流模擬軟體，模擬所發展的行為模式，並與實際資料作比對，驗證其績效。
4. 產生學術文章並投稿著名國際研討會或國際期刊。

第二章 文獻回顧

由於本研究於期中階段已進行“機車對公車靠離站之反應行為模式”與“路口疏解時間推估模式”之建立，因此本章暫將針對與此兩模式相關之文獻進行回顧，包括：機車跟車與變換車道行為、實體設施對混合車流之影響以及路口疏解時間推估等三大部分。

2.1 機車跟車與變換車道行為

過去的學術研究，尚未能完整的描述一些機車的實際行為。車輛在移動當中的互動複雜，過去的研究主要針對小汽車的駕駛行為做分析 (Toledo, 2007)，分別有加減速模式 (car-following model, 跟車模式)、變換車道模式 (lane changing model)、及接受區間模式 (gap acceptance model) 來分析駕駛者的操控方式 (Gipps, 1981; Gipps, 1986)，並把行駛規則建構於微觀車流模擬模型。這個模型架構假設以上三個決策是連續(sequential)的，但機車在行駛時不全然受限於車道規範(lane discipline)，這些決策可能是同時(simultaneous)發生的，其行駛路線可視為一變動的虛擬車道(Lee, Polak and Bell, 2009)，其可在同一車道內與其他車輛併行，也能在同一車道內超車；另外，機車能斜向跟車，能夠維持較小的跟車間距，而且其跟車間距會隨著與前車的相對位置而異(Lee, Polak, Bell and Wigan, 2012)；在車流中，機車會展現出穿梭、蛇行及橫向閃避之行為，塞車時也會行駛至停等車隊的前方。

有研究亦利用類神經與模糊理論來建立跟車模式。藍武王(1994)以 GM 模型為基礎，設計模糊控制系統用以模擬駕駛人之行為，其所觀察變數與 GM 相同，但採用 Pipe 模式中之安全距離定義，在觀察變數中之前後相對距離納入最佳距離之概念；張維翰(2006)一利用適應性類神經模糊理論系統建構混合車流於郊區路段的跟車模式，而車道變換模式則是分為變換車道的行為準則與偏向角模式兩種。車道變換模式依據本車為汽車和機車分為兩種不同的情況：如果本車為汽車的話，考量前車為機車的情形，並且將目標車道分為沒有車輛、有前車、有後車、有前車和後車四種不同的情境。其主要的考慮變數為偏向角，另外也考慮了本車速度、本車與鄰車的距離差與速度差、還有前方機車距右側車道緣等不同的變數。本車為機車另外考量了本車與前車的相對縱向距離與相對橫向距離，以變換行向代表機車變換車道之行為。

另外國內也對於機車變換車道之行為做了一些研究。早期的文獻利用動態車長、車寬與安全間距的概念，建立各車種的加減速、變換車道等的推進原則，陳志偉(1987)以動態車長及動態車寬之觀念計算各種車輛佔用道路面積，再輔以道路寬度限制、前車限制、直進限制以及前進路線之選擇邏輯，模擬混合車流在圓環系統中推進之行為；李樑堅(1992)以動態安全間距反推動態加減速率、汽機車不同車種之變換車道準則、機汽車混流推進理念、變動進退兩難區、「一般化固定軌跡、固定衝突點模式」作為車輛於路段、路口及黃燈行為之處理模式；何佳娟(2001)以新竹市光復路(建功路口至金城一路口)路段進行微觀汽機車混合車流研究，分別考量路段車流行為與鄰近路段車流行為。而路段車流行為主要研究變換車道行為，駕駛人變換車道必須考慮三個條件：(1)與本車道前車之關係(2)與期望車道前車關係(3)與期望車道後車關係，當三者關係同時符合時才可以變換車道。與本車道前車的關係主要是考慮偏向角，

當與前車的偏向角大於與目標車道前車的偏向角時才可以成立條件，並且將前車車種的觀念導入。與期望車道前後車關係的主要考量為大於動態安全間距時，變換車道的條件才會成立，將變換車道行為以流程圖表示判斷。提出機車的鄰近車道為機車本身之靜態車寬加上動態側向間距觀念。此研究選擇的光復路樓房較矮，攝影拍攝範圍僅能到達 12 公尺，難以掌握路段中機車的連續移動過程。上述文獻雖然有對各種情境下機車駕駛行為提出一些探討，但由於使用方法不一，因此較無法融合為一適合各種情境之車流模式。

利用上述的研究方法進行機車研究外，張正達(2012)研究機車在低速情況下的運動推進模式，將研究範圍限制於鄰近路口與紅燈號誌，研究機車在停止車陣中的低速鑽隙行為。研究中將機車的前方與左右方劃分為 14 個不同大小的格子，機車駕駛有三種方向選擇：左前方、前方、右前方。將 14 個格子的變數輸入，將數據資料格子化判斷機車駕駛在緩慢移動時的方向選擇，並將心理因素的領地效應加入變數中，建構機車推進距離的準則。但是此研究並不適用於路段中高速行駛的機車駕駛，且必須將影像畫面劃分為格子才可進行。許添本、韓復華(2011)進行交通技術研發與人才培育規劃研究(2/4)，針對國內混合車流進行完整的研究。其中包含跟車模式、錯車模式、強制型變換車道模式、接受間距模式四項主要車流模式的初步建構。原始資料收集的方式是利用高樓影像拍攝，將影片畫面依照每 0.5 秒一張(frame)的方式收集車輛座標，並以人工分組的方式將本車與鄰車的關係分為許多不同的分組類型進行研究。許家齊(2012)研究中發現兩車的側向偏移量對於機車的縱向跟車有很大的影響，側向偏移量越大會造成縱向間距越小，並且首度引入馬可夫模式於混合車流環境中，結合行為門檻模式之感知分界，駕駛人在不同的感知狀態可用不同之加減速模式做推進。李健豪(2012)利用多項羅吉特模式進行超車行為路徑選擇決策模式，分別以汽車為本車和以機車為本車校估參數。小汽車為本車考量的主要變數有距離差和車速差。機車為本車則加入了錯車距離、前一秒側向偏移量等新變數，而機車的選擇共有五種：跟車、向左錯車、向右錯車、向左偏移跟車、向右偏移跟車，最後利用判中率來檢視結果。

另外，一般車流模擬模式假設車輛進入車道時，汽車皆會行駛於車道線的正中間，符合車道規範(lane-based traffic)，然而機車由於其體積小，可穿梭於車輛之間，亦可任意變換車道，因此又稱機車不受車道規範(non-lane-based traffic)。由於機車不受到車道規範的限制，其行為違反諸多跟車模式的基本假設，因此學者們開始發展無車道規範的情況下之跟車模式，Gunay(2007)提出在無車道規範的限制下，當前車減速或停止時，候車可選擇橫向偏移至車道間的空位或超越前車，以預防追撞事故，因此其跟車模式增加考量相鄰車道的車間摩擦間隙(Frictional clearance)，以及車輛有足夠時間可變換車道以避免追撞的最大逃避速度(Maximum escape speed)。Jin (2011)提出在無車道規範下的跟車理論應考量前車與後車的橫向間距特性，因此改良傳統 TTC(Time to collision)的方法，將可視角度 (Visual angle)考量至 TTC 中，並引入至 GM model 中，發展混合車流下的車輛錯車模式(Staggered car-following theory)，此模式可描述車輛的橫向移動以及鄰近車輛的影響，提升模擬車輛跟車行為的準確度。Nguyen (2012)則針對純機車車流的駕駛行為進行分析，描述機車會受前車與鄰車的安全距離而改變行為，機車的行為則利用加減速度來表示，且建立以機車本車為中心點的橢圓之安全間距範圍，機車可藉由改變速度或行駛方向避免碰撞，並模擬機車的斜向跟車與急轉彎行為，最後比較在有無車道規範下的車流行為，無車道規範的車流因需較大寬度的安全距離，因此其交通量較

有車道規範的車流低。

過去研究多以小汽車的車流理論為基礎來研究機車，但這無法回應汽機車在混合車流情況下的一些議題。因此分析小汽車的模型架構並不完全適用於分析機車行為。而《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》針對機車為主體於都市混合車流中的行為進行分析。混合車流中的行為情景可分為路段及路口，並探討推進、變換車道、超車、路口滲入、起動等議題。該研究針對國內常見的主要幹道類型，於台北市選取了三個調查地點（150公尺以上的單向四線道含路口，如附件 B），各進行 2 小時以上的資料收集。記錄到的軌跡資料庫包含車輛數共 23286 輛，產生 972,168 筆資料，涵蓋車流密度高中低的情景。並進行實證分析及行為模式的發展，在路段方面，建立了推進、變換車道、超車頻率的行為分析，以及在各個行車道上的差異。發現機車有不同程度的激進程度（侵略性），與因子如橫向偏移、變換車道次數、有否使用內側車道、最大速度等有關。在路口方面，建立了路口滲入及停等跟疏解的行為分析。最後，該研究通過以 Java 建立的模擬平台，進行模式的驗證及參數的敏感度分析。

2.2 實體設施對混合車流之影響

本研究所述之市區道路實體設施是指公車站牌、計程車招呼站等，這些設施通常有公車與計程車的停靠與進出，勢必影響路段上混合車流的駕駛行為，尤其以機車受干擾最為嚴重。公車體積龐大，當公車於路邊停靠站牌時，會使得機車騎士被迫以鑽車或超車的方式變換車道；而計程車則是有較急遽的橫向偏移，對於最外側車道的小汽車、機車以及較為激進的計程車駕駛而言，都容易發生事故。

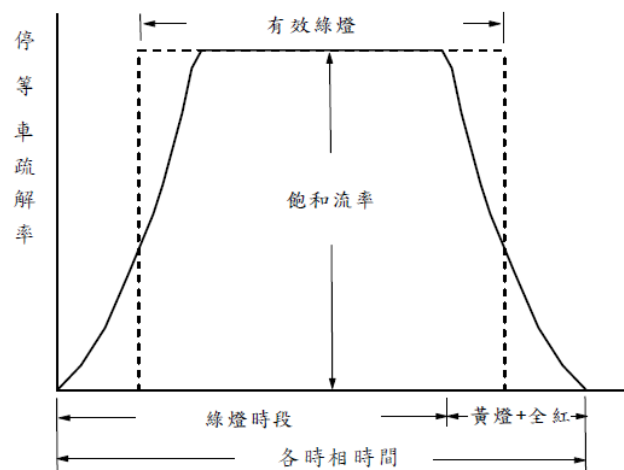
異質性混合車流下，過去研究較少有綜合性的分析結果協助公車站的設計與規劃。Koshy and Arasan (2005)曾探討公車站對於混合車流的影響，在印度清奈市區四車道的路段進行錄影、蒐集資料，利用 C++程式語言建立模擬市區道路公車站影響異質性車流的模式。研究指出公車進出站會減少可用路寬，一旦壅塞時將產生路段瓶頸，以及影響路段車輛的駕駛行為。同時也比較路邊停靠(Curbside)、公車彎(Bus bay)的設置方式對於路段車流特性的影響，無論何種設站方式，每一小時有兩千台車輛通過時，公車的停靠時間多寡並不影響道路上車輛的平均速率；當道路上車流量較大，一小時有超過三千台車輛通過時，公車路邊靠站時間愈長，路段上平均速率下降愈劇烈，相對而言，若設置公車彎的方式則較不受影響。

Zhao et al. (2009)研究公車站附近機動車輛與非機動車輛的混合車流狀況，並考慮無車道規範下的車輛行為。調查道路系統中的車流量與公車容量，將環境影響變數如公車停靠時間、加減速度值納入考慮範圍，分別繪製機動車與非機動車之相關交通時空圖，觀察其特性並提供市區混合車流下公車站管理與設計之參考。

文獻指出公車站設置方式、設置位置、公車進出站的行為等，對混合車流的交通形態有相當大的影響力，尤其機慢車輛經常受其影響，但尚未考慮到機車於混合車流下受公車影響下的微觀行為分析。

2.3 車輛疏解特性

路口車輛的疏解行為指的是綠燈開始時，車輛從路口離開的過程。一般來說，一個路口的疏解能力可藉由單位綠燈時間內能疏解的車輛數來衡量，稱疏解率，而疏解率會隨著時間在綠燈開始後一段時間達到一穩定值，稱飽和流率。在綠燈開始時，車輛會緩慢加速而有一段時間的疏解率皆小於飽和流率，此段時間稱啟動損失時間，其與燈號轉換時之損失時間和稱為損失時間。每週期車輛所能使用之有效綠燈時間即為綠燈秒數扣除掉損失時間，而 Webster (1958) 以圖 2.1 說明有效綠燈、飽和流率與損失時間之關係。



資料來源：臺灣地區公路容量手冊(2011)

圖 2.1 飽和疏解率圖

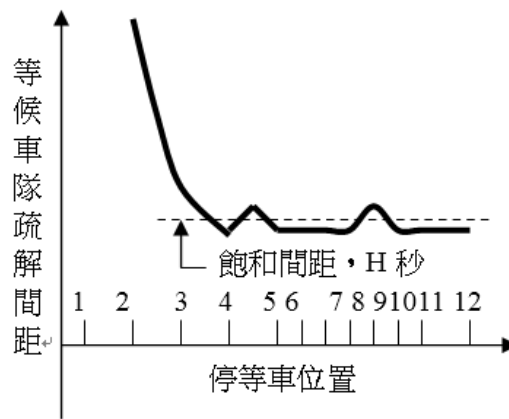
機車在路口疏解時可分為在混合車道以及機車專用道兩部分來看，在市區號誌化路口中之混合車道內大多設置有機車停等區。機車停等區的設置可讓機車在紅燈期間至最前方停等，使得汽機車混合停等的情況減少。如此一來，後方的汽車較不會受到機車的干擾，能有較高的飽和流率。

在不同車種間適用的車流疏解分析會有所不同方式，以往對於汽車的研究多使用間距法去分析，而對於機車專用道的機車大多使用固定時段法。另外還有三時段調查法與占用道路面積比例法(鄭鼎煜，2005)。若要以混合車流或是機車來分析，只能使用固定時段法和三時段調查法。原因為機車並無確切之車道規範，且其體積較小，車間距較不易判定。微觀分析使用的間距法基本上用於單一車道的調查上，再者，本研究採取的資料蒐集及整理方式對於車間距的判定較不適合。然而，固定時段法僅需計算單位時間內通過的車輛數，在使用程式判定方面彈性較大。

不同的車流形態與路口的車輛疏解有很大的關係，本研究觀察的路口為包含汽機車之混合車流，其疏解形態會因為汽機車間的相互影響而介於純機車車流及純汽車車流之間。影響車輛疏解的因素包括了週期長短、時相變化、交通組成、幾何型態和其他因素...等等(臺灣地區公路容量手冊，2011)。此節將相關文獻概分為汽車疏解、機車專用道之機車疏解以及混合車流之車輛疏解三個類別來討論。

2.3.1 汽車疏解

相對於機車因體積小，無明顯車道規範，汽車則會受到車道規範而在路口會依序停等。所以汽車在疏解時，會與前後之汽車有所謂的疏解間距。停等車隊的疏解間距會隨時間達到一穩定間距，稱飽和間距。臺灣地區公路容量手冊(2001)指出，在第 4 部、第 5 部車輛後，會趨向穩定而達飽和間距。



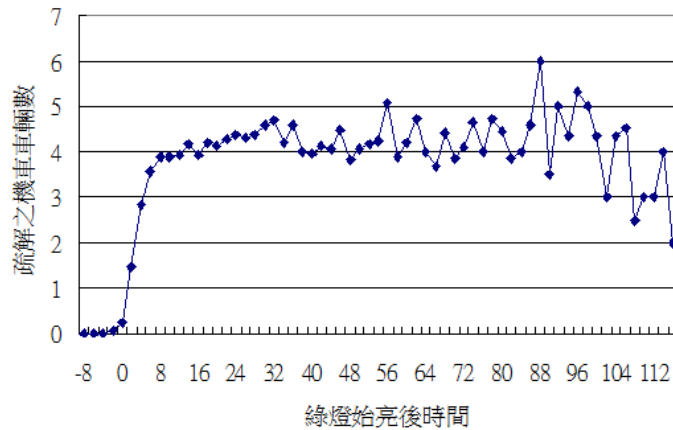
資料來源：臺灣地區公路容量手冊(2001)

圖 2.2 飽和流率和飽和間距示意圖

鄭鼎煜(2005)針對禁行機車之直行車道上的汽車，以大型車與小型車不同的跟車組合型態來探討疏解情形，建構車輛疏解時間預測模式。許銘娟(2006)則多考慮有無設置停等區、不同基準線位置比較和第一部車搶先啟動之行為等等變因對於直行汽車的影響。吳政諺(2006)則針對左轉汽車進行探討，分成單左轉和雙左轉專用道。

2.3.2 機車專用道之機車疏解

機車若與汽車行駛在同一車道上，很容易造成危險衝突，因此交通主管機關在某些路段上設置機車專用道路或車道，以分隔汽、機車。機車專用道兩端通常有號誌化路口，又因為車道不長，所以專用道上之車流一般為阻斷性車流(臺灣地區公路容量手冊，2011)。在機車專用道中，機車不會和其他車種一同停等，交通部運輸研究所(1999)則對機車專用道之機車疏解特性進行調查。以固定時段法每兩秒紀錄一次通過路口停止線的機車數，繪製出疏解機車數與綠燈時間之關係圖(如圖 2.3)，其証實純機車車流具有飽和流率的存在，且在綠燈亮後 8 至 12 秒左右達到一穩定之疏解率。



資料來源：交通部運輸研究所(1999)

圖 2.3 機車專用道平均疏解率圖

而湯儒彥(1999)分析純機車車流之疏解型態，研究最後確立純機車車流具有飽合流量之特性，並推估出在 3.0 公尺寬之機車道，飽和流量為 7,596 輛/小時 3.0m。蔣靜宜(2003)探討機車專用道車輛的疏解情形與推估飽和流率，並討論 VISSIM 微觀模擬軟體應於台灣機車專用道的可行性。張瓊文、林豐博、曾平毅(2009)探討機車專用道中之車隊擴散現象，分析車隊在各定點之間疏解時間的差異以分析行車距離與機車車隊擴散程度的關係及流率的變化。在機車專用道的疏解相關研究中，大多以車道寬為一主要的影響因素去考慮，臺灣公路容量手冊(2011)則對於以往用車道寬度在機車專用道推估出的飽和流量有著不同的見解，其認為過去模式估計值的差異來自於車道寬的定義不同，以及沒有考慮到車道寬的使用受到兩側標線或者分隔物的影響。因此，依照機車專用道左右側之分隔型式建立了一公式，根據不同分隔型式而有不同的調整因素值，以估計可用之路寬。

2.3.3 混合車流之車輛疏解

若機車騎乘在與汽車混流的道路上，兩者之間會相互干擾，這種情形在沒有繪製機車停等區的路口上，汽機車混雜的情形更加明顯，而在路口有設置機車停等區內時，機車會在紅燈期間行駛至最前方之機車停等區停等以降低混合比例，但同時也可能出現機車在汽車側邊停等的情形而造成摩擦。劉力銘(2004)對機車車隊之疏解特性進行分析，比較停在停等區內之機車與停等在汽車車混合車道之機車的疏解特性，並分別建構混合車流中機車疏解率模式。張家峰(2004)探討號誌化路口機車車隊等候長度對混合車道容量的影響，其等候長度以縱向等候列數為長度單位，但在同一長度下停等車輛數可能會因停等空間利用率而有所不同，所以也探討在不同停等空間利用率下，相同等候長度之車隊與疏解時間的關係。除了機車停等區外，張瓊文、林豐博、曾平毅(2008)亦將機車兩段式左轉待轉區納入分析，探討其與機車停等區、機車停等區上游車道之停等車疏解特性，並分別建立分析模式。

而程凱健(2014)則以機車與影響車輛的安全門檻為基礎建立微觀車流模型，以探討機車在路口疏解時的行為。模型主要是對於以下行為做描述：(1)啟動時間 (2)影響範圍 (3)激進程度 (4)安全門檻 (5)偏向角度 (6)平衡加速度。而所謂的安全門檻，簡單來說是指機車在行駛過程中，所能接受與前方影響車的最小距離，為一與縱向速度相關的函數。其於台北市四車

道的號誌化路口進行錄影調查，拍攝一小時的影片，挑選當中 6 個週期來分析，以每 0.5 秒一次去擷取螢幕上之座標得到車輛的位置與速度等資訊。以此資料量化上述行為之後並建構模型，最後，藉由撰寫模擬程式，以視覺化的方式進行模擬和模型的驗證。

在過去幾篇關於混合車流的相關文獻中，分別探討了機車疏解的影響因素。包括停等區之長寬、停等區之機車密度、在汽車前方之機車的縱向等候列數(等候長度)、提前啟動機車數、佔用停等區之汽車數、停等區機車疏解完之剩餘綠燈時間、機車混合比、右轉汽車比例、行駛各車道之汽車百分比、行駛路肩之汽車百分比、直行/右轉之大/小型車比例、與大/小型車併行之直行/右轉機車比例、車道寬...等影響因素。但要將這些文獻之模式應用在微觀模擬上，有其困難，因為以微觀來看，各車種在停等時的排列順序會與疏解率有關。停等時的排列型式越複雜，則會增加汽機車之間的交互影響，導致疏解的降低。

2.4 小結

本章針對國內外機車變換車道行為、實體設施對混合車流之影響與汽機車疏解時間的相關文獻做一回顧，綜合上述可知：

1. 許多文獻皆是以小汽車的車流理論為基礎來研究機車，但這無法回應在汽機車的混合車流情況下的一些議題。因此分析小汽車的模型架構並不完全適用於分析機車行為。
2. 《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計畫雖然已進行了機車駕駛行為特性的基礎研究，但機車行為在不同情境下或有差異，仍需要針對一些情境，分析該情境下之機車行為，例如：公車進出站對機車之影響、在不同幾何型態下，機車對於橫向位置選擇的差異等。
3. 傳統跟車、變換車道模式均以同車道前方車輛做為前車，而機車駕駛並不具有車道規範，因此若要發展國內模型，需謹慎定義周邊影響範圍。
4. 早期關於車流疏解的文獻多著重於求取單一車種時之飽和流率的數值，爾後則開始探討影響飽和流率的相關因素。近期則有文獻開始探討混合車流之流率，但受限於資料蒐集的方式，因此無法蒐集到汽機車停等時排列順序的資料，造成較無文獻探討汽機車排列順序對於疏解時間之影響，但停等時的排列型式越複雜，則會增加汽機車之間的交互影響，導致疏解的降低。隨著資料蒐集的方式及型態的發展，或許能將其量化來做探討。
5. 過去的車流行為研究大多以錄影方式進行資料收集，由路邊制高點拍攝路口或路段的情況，優點為可於事後再針對拍攝影像進行資料蒐集，若資料有誤，則可追溯。但缺點為可視範圍較小，由影像轉換成資料時，需要事前定義資料參數。應發展更全面的資料蒐集方式，以期達到更完整的呈現實際車流情況。

第三章 研究架構

為達成本研究之目的，本研究提出之研究架構如圖 3.1 所示。本章將就研究問題定義與實證分析及歸類之架構進行說明。資料蒐集將於第四章作詳細描述，模式建立與各模式之實證分析將於第五章討論，模擬及驗證則於第六章詳述。

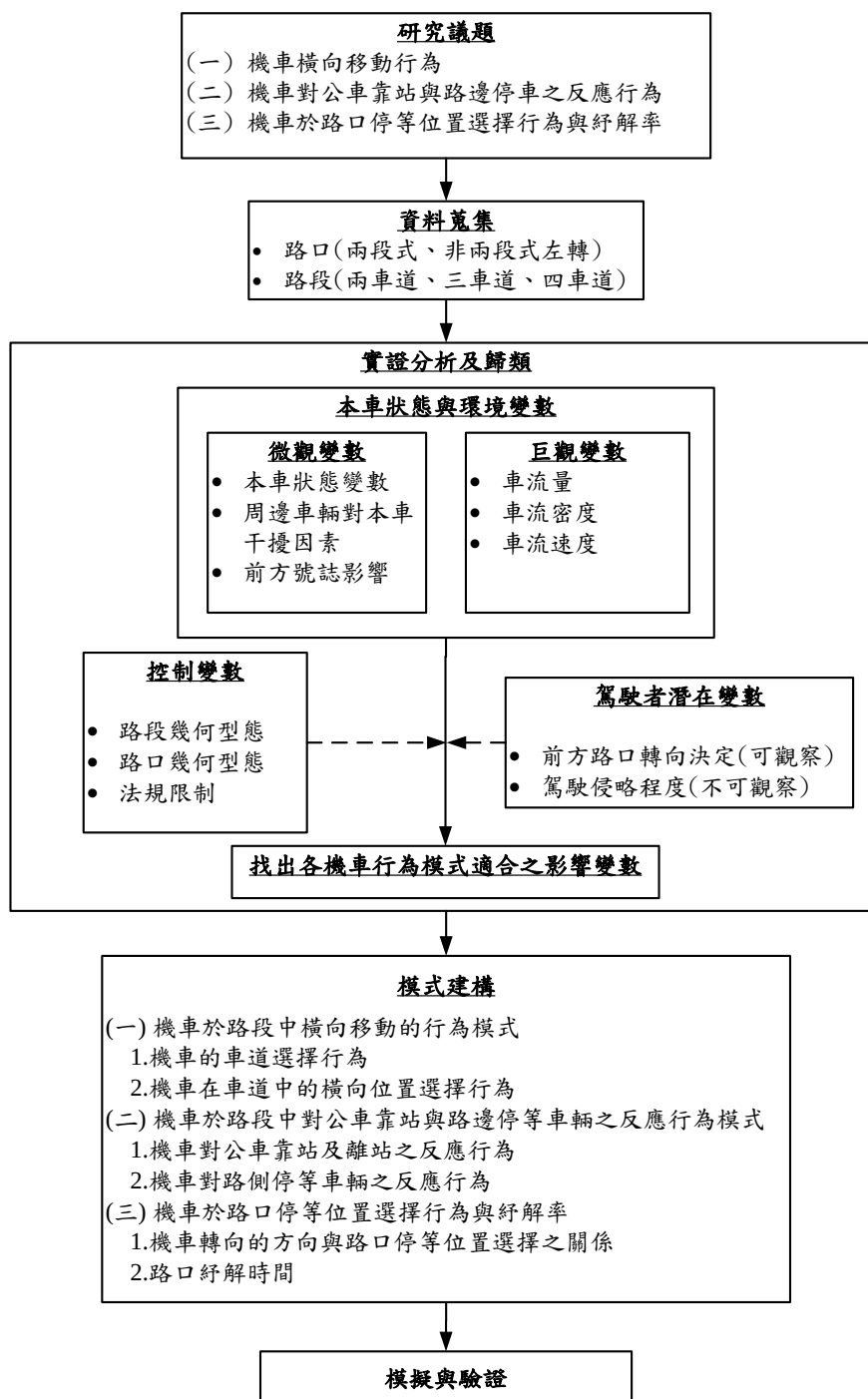


圖 3.1 研究架構圖

3.1 研究議題描述

本研究之目的為分析所蒐集之數據，了解並歸納出機車車流行為之形態，並探討機車於路段中橫向移動的行為模式、機車於路段中對公車靠站與路側停等車輛之反應行為模式、機車於路口停等位置選擇行為與疏解率等三大議題：

（一）機車於路段中橫向移動的行為模式

車道規範(lane discipline)指車輛橫向移動時的行為特性。小汽車行駛時不應任意變換車道或蛇行，在不是超車的情況下，應當行駛在行車道內，而慢車亦應當選擇使用慢車道，這是小汽車駕駛者應當遵守的車道規範原則。機車並不需要全然遵守小汽車的車道規範，因此學術文獻當中都把機車敘述為沒有車道規範(no lane discipline)。

過去研究使用車道變換(lane changing)模式去建構車輛在路段當中橫向移動的行為，以離散選擇模式(discrete choice model) 描述在車輛的不同周邊情景變數下，選擇是否變換車道或變換至左側或右側車道的決策行為。相對之下，機車寬度較小，行駛路徑也不受車道標線所規範，因此目前使用車道變換模式的微觀車流模擬器，無法完全反映機車橫向移動的整體結果。

圖 3.2 是利用實際收集的微觀車流資料，計算出小型車及機車車輛通過路段中不同地點時，車頭橫向位置的分佈次數，以及在路段中不同縱向位置($x=30\text{m}$ 、 60m 、 90m 、 120m)的變化。圖中 x 軸為車輛通過路段縱向位置時，車頭橫向位置的分布。由於本計畫為延續交通部於民國 103 年辦理《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計畫，因此為統一軌跡檔之座標格式，在縱向位置部分，本研究以最外側路緣為起點，而台灣地區為右駕，因此特將圖 3.2 與圖 3.3 之 0m 放置於最右側，而 x 軸的 3.4m 、 6.4m 、 9.4m 處標示虛線，表示車道線。 $0\sim 3.4\text{m}$ 為第四車道（最外側車道）， $3.4\sim 6.4\text{m}$ 為第三車道， $6.4\sim 9.4\text{m}$ 為第二車道， $9.4\sim 12.7\text{m}$ 為第一車道（最內側車道）。即車頭若位於 $0\sim 3.4\text{m}$ ，則該車輛位於第四車道（最外側車道），若位於 $3.4\sim 6.4\text{m}$ ，則位於第二車道，以此類推。圖中可看出，小型車遵守車道規範，車頭分佈集中於車道的中央，而且車輛使用快車道（左側行車道）比較多、慢車道（右側行車道）比較少，與預期相符。而機車的車頭分佈與小型車不同，並沒有集中於車道的中間。

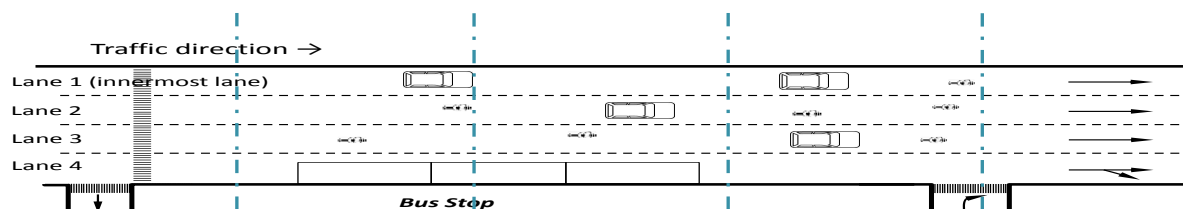
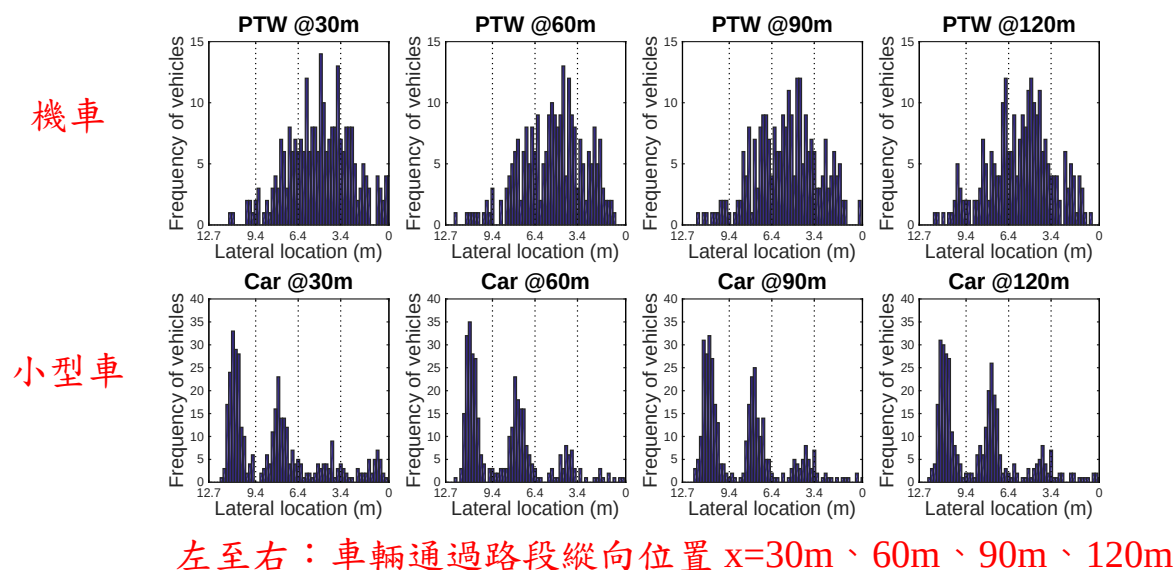


圖 3.2 車輛通過路段時的車頭橫向位置分佈

圖 3.3 是利用微觀車流模擬器產生所產生的車流結果，再計算出車頭的橫向位置分佈。圖中顯示機車集中行駛於車道的標線上，原因是小型車集中在車道中央，機車會利用臨近車道間小型車的空隙進行鑽車或超車，分佈與實際資料所觀察的現象顯著不相同。而在現實中，機車在標線上行駛會因為油漆表面的摩擦力較低而有打滑的現象，機車會自動避開。

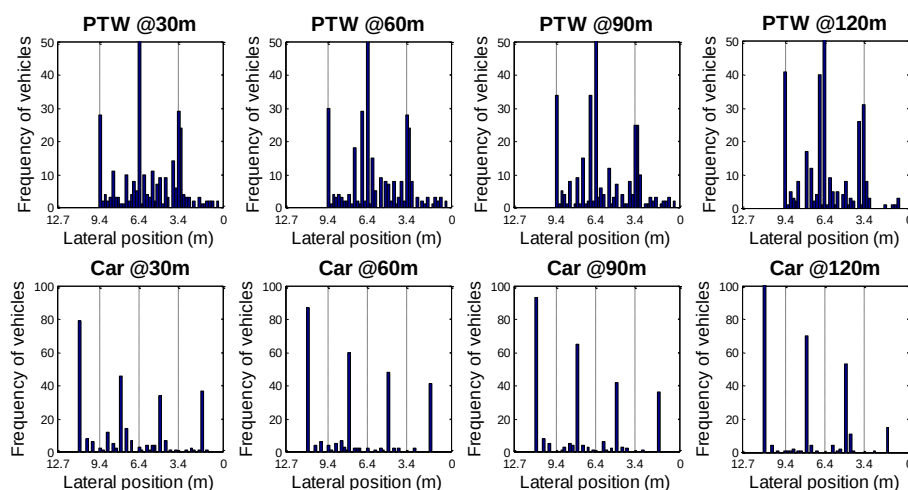


圖 3.3 利用微觀車流模擬器(VISSIM)產生的車頭橫向位置分佈

機車於路段當中，除了為超越前車或避開障礙物而進行車道變換外，亦會因駕駛者自身的激進程度或風險接受程度等而有車道選擇(lane selection)的行為，因應遠方的車流狀況而提前作橫向移動並選擇合適的車道及橫向位置。圖 3.4 說明在不同車流密度下，機車的車道選

擇有明顯的不同，在車流密度中低的情況下，機車會偏好慢車道旁邊的車道；而在車流密度高的情況下，有較多的機車會使用慢車道。

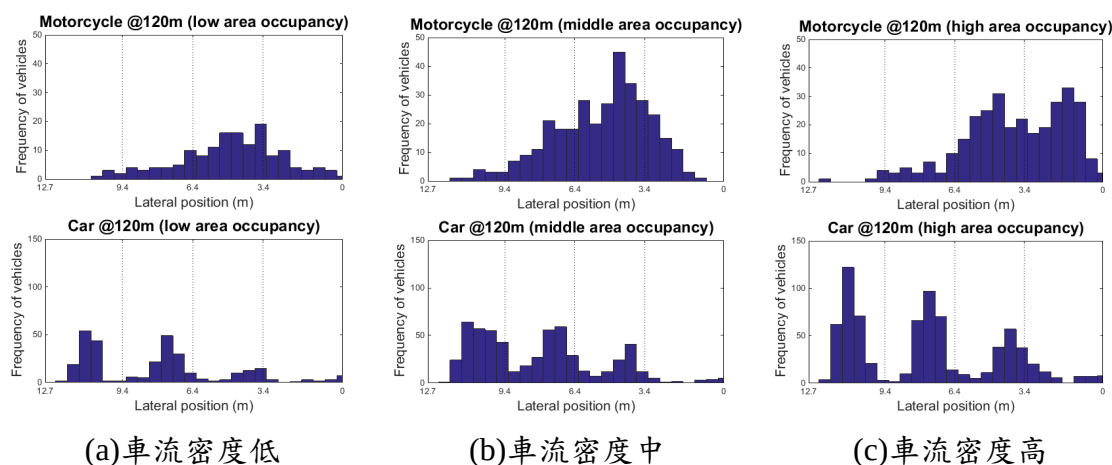


圖 3.4 不同車流密度下的車頭橫向位置分佈

綜合以上討論，本研究欲探討的問題如下：

1. 機車的車道選擇行為；
2. 機車在車道中的橫向位置選擇行為。

以上模式的建立需考慮混合車流中會遇到的情景，如不同車輛密度、汽機車的比例、大型車或公車等對機車的影響。

(二) 機車於路段中對公車靠站與路側停等車輛之反應行為模式

國內市區道路混合車流之車種包含機車、小汽車、公車等，機車於路段上的駕駛行為除了受到周遭其它行進間的車輛、整體車流密度等影響之外，行駛路段旁若有停車格、公車站牌、計程車招呼站等實體設施與標線時，這些設施常有公車與計程車等的停靠與進出。臨停車、其他車輛的進出站勢必影響機車的駕駛，且機車體積小、機動性高，轉向與移動行為較靈巧，因此本研究欲了解機車受到公車進出站與路側停等車輛之干擾後的反應行為。如圖 3.5 所示，當前方公車欲靠站時，後方的機車將會如何反應，是本計畫重要的研究議題。

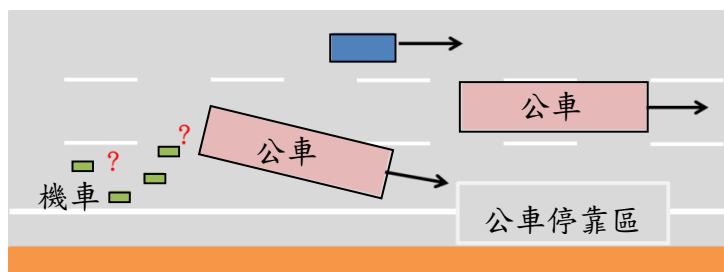


圖 3.5 公車靠站示意圖

公車體積龐大且機動性低、平均車速較汽機車緩慢，加減速度的特性也不如機車靈巧。黃俊評(2013)以國內市區幹道為研究對象，分析混合車流下以公車為本車的駕駛行為，構建路段上公車跟車以及進站、停站與離站的行為模式。Koshy and Arasan (2005)曾研究印度清奈市區路段上，公車站對於混合車流的影響，建立市區道路公車站影響異質性車流的模式，其

針對車流巨觀變數的變化做為討論基礎，例如公車停靠時間的多寡並不影響道路上車輛的平均速度，但此研究並無直接探討機車受影響後的微觀行為。而當公車進站、離站時，若以較大的角度彎入彎出，甚至是以緩慢的速度行駛在最外側車道欲停靠時，勢必影響路段上混合車流的駕駛行為，尤其以機車受干擾最為嚴重。當公車欲於路邊停靠站牌或是其它路側停等車輛欲駛出時，使得機車騎士被迫以鑽車、超車等較為激進的方式變換車道或是被迫降低速度跟車在其後。一般來說遇到此類情境，機車駕駛會視其位置、速度、加速度、後方車輛等等的影響，切至內側車道從其左方快速超越、或漸漸減速尾隨於其後、或繞至其右方並緩速通過。公車停靠、離站對於機車的影響勢必與小汽車有極大的差別，機車有可能為了閃避公車必須產生大幅度的橫向偏移，或較大的減速度行為，一旦闖入視野死角範圍，容易發生交通事故。

臨時停車或違停路邊的現象以市區幹道最為明顯，經常佔據外側車道，使得道路容量下降，市區嚴重堵塞，原本駛於外側車道的機車為了避免撞上臨時停車之車輛，被迫左切或行駛在較危險的快車道上，與小汽車爭道的駕駛行為具有高風險性，且對於路側車輛何時啟動的不確定性，也讓機車駕駛產生行車疑慮。另一種路邊實體設施包含計程車招呼站，計程車們會依序停成一排，當路邊有客人上車後再駛出，進入車道行駛，且國內計程車駕駛通常有較佳的駕駛自信和技術，李易如(2013)指出計程車完成變換車道的動作所需秒數低於一般小汽車。計程車的停靠與出站行為亦會對機車的駕駛有一定的影響，有的駕駛甚至會突然從內側車道切換至外側車道，接客之後立即從外側車道切回內側車道。這些較為激進的計程車駕駛行為，對於機車來說具有威脅性。

綜合以上討論，本研究欲探討的問題如下：

1. 機車對公車靠站及離站之反應行為
2. 機車對路側停等車輛之反應行為

過去研究皆有探討混合車流下公車的進出站行為、公車站影響混合車流的模式、小汽車變換車道以及路邊停等行為，但尚無考慮這些現象對於機車會如何反應的微觀行為分析，因此本調查計畫希望挑選台灣市區幹道為研究對象，了解機車對公車進站、離站與路側停等車輛之反應，希望藉由模式能描述機車的駕駛行為，亦可延伸探討機車是否行駛至公車站附近時較不願靠近等議題。

（三）機車於路口停等位置選擇與疏解行為

機車在紅燈期間於路口停等的位置及排列方式，會影響到綠燈初始時機車啟動之順序以及其後汽車的啟動時間，進而影響到路口容量及效率。在紅燈期間及綠燈起始時機車在路口的運動模式，與在路段中之運動有很大的差異，這些特性與汽車啟動時之行駛特性有極大的不同，在傳統以車道規範為基礎的跟車模型及換道模型中皆未於模型中加以描述，故本研究亦將路口的啟動行為列為研究重點。

機車在路口停等時排列的位置及車隊組成形態，受機車及小汽車到達路口的先後順序所影響，而車隊形態又可能會影響在綠燈時的疏解效率；機車在路口停等時，其後續轉向的方向，亦可能是影響路口停等位置選擇的重要影響因素，對不同車道之疏解率亦可能有所差異。

影響路口容量及效率的因素，可從微觀及巨觀兩個面向來探討，故本研究欲發展之路口行為模式有二：

1. 微觀面向：機車轉向的方向與路口停等位置選擇之關係
2. 巨觀面向：路口疏解時間

1. 機車轉向的方向與路口停等位置選擇之關係

微觀面向可探討機車在路口停等位置的選擇，此會影響綠燈初始時之啟動順序及路口效率，主要影響機車選擇停等區位之因素為與前面停止車隊之空間、前面停止車輛兩側之空間、機車側向移動軌跡的延續性等物理及運動學上的變因，以及機車後續在路口轉向的方向等路線選擇策略性的變因。這些變因中，又以後續在路口的轉向這種策略性變因影響較大，故本研究擬收集實證資料分析機車轉向的方向與路口停等位置選擇之關係，再以數學模式來描述此種關係。

由於目前機車停等區的設置，其大小及形狀並未考慮上述因素，且在微觀模擬系統中若未對此處理，模擬結果可能會與現實有極大差異，影響系統的準確性，故有針對上述微觀面向分析及模擬號誌路口機車停等行為之必要，本研究將選擇適當的統計及數學模型建構路口停等模式。

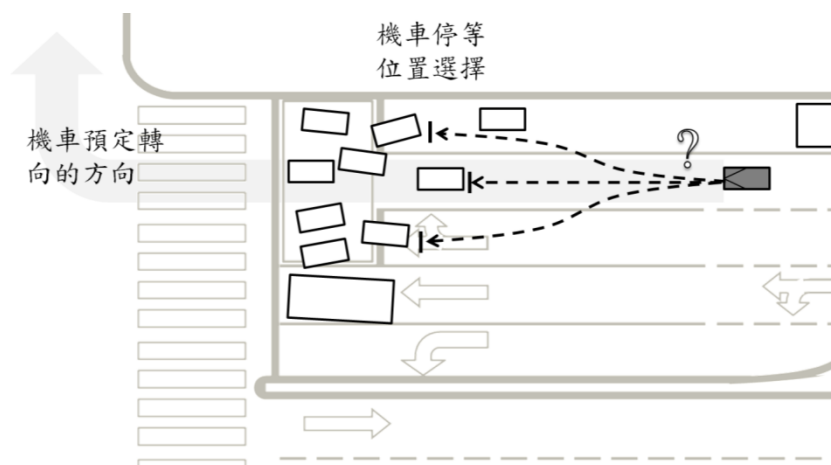


圖 3.6 機車轉向的方向與路口停等位置選擇關係示意圖

2. 路口疏解時間

巨觀面向可探討混合車流組成與路口疏解率之關係，路口停等車輛中各車種的比例、車輛在車道上的分布情形等，會影響路口效率疏解效率。此巨觀面向分析之目的，一在驗證微觀面向模擬之準確性，一在提供資訊以擬定車流控制策略及設計路口路型及標線。本研究擬收集實證資料分析上述變因與路口疏解率之關係，再以適當的數學模式來描述此種關係。

3.2 實證分析與歸類方式

(一) 實證分析

本研究提出之實證分析流程，如圖 3.1 中實證分析與歸類中所示。其中行駛環境變數可分為微觀變數(e.g.前車速度、與前車相對距離、與前車相對速度)及巨觀變數(e.g. 車流量、車流密度)，駕駛者會根據當時的情景及情況而選擇不同的行為策略，如在路段當中，機車會有選擇車道的行為；當機車前方之公車欲靠站時，機車有會對其有超車或減速之行為；於停等紅燈時，機車會選擇其停等位置等等。以上的變數，可以定出計算規則，從車流軌跡資料庫中取得。

(二) 變數定義

各研究變數地操作性的定義描述如下：

本車狀態及環境變數

- 本車狀態變數：包括
 - 本車坐標位置 (x, y)
 - 行車道 (快車道、中線道、慢線道)
 - 車頭角度 $[2\pi]$
 - 速度 (m/s)
 - 車輛種類
- 周邊車輛對本車干擾因素：定義周邊車輛為本車的鄰近 6 個方向，包括前車、左前車、右前車、後車、左後車、右後車 (F/LF/RF/R/LR/RR)
 - 周邊車輛車種，包括機車、小汽車、貨車、公車、無車
 - 周邊車輛速度 (km/hr)
 - 本車與周邊車輛相對速度 (km/hr)
 - 本車與周邊車輛距離 (m)
 - 本車前方是否存在車群
 - 本車與前方車群相對速度 (km/hr)
 - 前方、前方左側、前方右側可通過間距 (m)
 - 左側車道、右側車道兩車間間距 (m)
- 前方號誌影響：
 - 與前方路口停止線距離 (m)
 - 前方號誌燈號 (R/A/G)
 - 路口啟動紅燈倒數秒數 (s)
- 車流量：本車前方過去 X 秒鐘內各車道各車種的通過量(veh/hr)
- 車流密度：本車前方 Y 公尺範圍內的各車道的密度，可記錄為 (veh/km) 或已被佔用面積 (m^2/m^2)
- 車流速度：本車前方 Y 公尺範圍內的各車道的平均車輛速度 (km/hr)

控制變數

- 路段幾何型態
 - 路段長度 (m)
 - 行車道數
 - 行車道寬度 (m)
 - 路邊停車格位置及長度
 - 公車站位置及長度
 - 其他地面標線的坐標位置等
- 路口幾何型態
 - 機車停等區
 - 機車待轉區
 - 左轉專用車道
 - 其他地面標線的坐標位置等
- 法規限制
 - 自由速率 (km/hr)
 - 禁行機車道

駕駛者潛在變數

- 前方路口轉向決定：機車會因為要在前方路口轉向而在路段行駛中變換行車道，但這個變數是在進行變換車道動作時無法觀察，但可由資料庫中讀取整個行駛軌跡來判讀，因此定義為可觀察的潛在變數。設定為虛擬變數 [1/0/-1] 代表於前方路口左轉、直行、右轉。
- 駕駛侵略程度：過去研究發現，車流當中的機車駕駛行為有極端的差異，具侵略性 (Aggressive) 的機車駕駛其速度較高、可接受區間等較低，比較保守 (Conservative) 的駕駛者則不願超車或由兩小汽車之間通過。小汽車的駕駛行為比較一致，而機車的駕駛行為差異較大 (Wong et al., 2013; Wong and Lee, 2015)。因此設定虛擬變數代表具侵略性、一般性兩種機車駕駛者。

機車行為判定方式

車輛行為的判定是透過車輛連續 2 個或以上時階的位置、橫向偏移、及速度改變來計算，研究項目中的機車橫向位置、對公車靠站的反應、路口停等位置選擇及疏解等行為，可以拆解為以下數種基本行為（推進、超車、鑽車、變換車道、滲入、啟動）的綜合，計算定義如下：

- 推進行為：推進行為可定義為縱向移動速度及加速度。
- 超車行為：超車行為是透過兩輛車輛隨著時間變化的相對位置來決定，若車輛 i 於 t 和 t+1 秒之間，處在車輛 j 的車道之橫向空間內，且車輛 j 超過了車輛 i，則車輛 j 將被視為在時間點 t 對車輛 i 進行超車。
- 鑽車行為：機車從兩台車中間的間距穿越，並加速超過的行為稱為鑽車行為 (Vlahogianni, 2014)。

- 變換車道(橫向移動)：機車並不行駛於車道(no lane discipline)，因此使用橫向偏移代表機車變換車道的意圖。本研究所謂之橫向偏移，係指於縱向前進的同時，有意識的改變了橫向位置的行為。本研究透過分析機車的車流軌跡，改良了 Lee (2008) 所採用的方法，來對機車橫向偏移意圖進行識別。橫向偏移(變換車道)的意圖可定義如下：
 - 機車於時間 t 和 $t+1$ 秒之間橫向移動距離大於 0.5 公尺，其中 0.5 公尺乃是根據機車的最小的側向安全距離來設定(參考 Minh et al., 2005; Minh et al., 2006; Hussain et al., 2005)；
 - 機車於時間 t 和 $t+2$ 秒之間保持相同的側向移動方向，且橫向移動的距離大於 0.7 公尺，其中 0.7 公尺乃是以一輛機車的約略寬度來設定；
 - 機車於時間 t 和 $t+3$ 秒之間保持相同的側向移動方向，且橫向移動的距離大於 0.9 公尺，其中 0.9 公尺乃是以機車的虛擬車道寬度來設定(參考 Hussain et al., 2005)；
 - 機車於時間 t 和 $t+3$ 秒之間保持相同的側向移動方向，且在第一秒和第三秒都被判定為有意識的橫向偏移時，依其慣性，第二秒亦判定有橫向偏移之意圖。

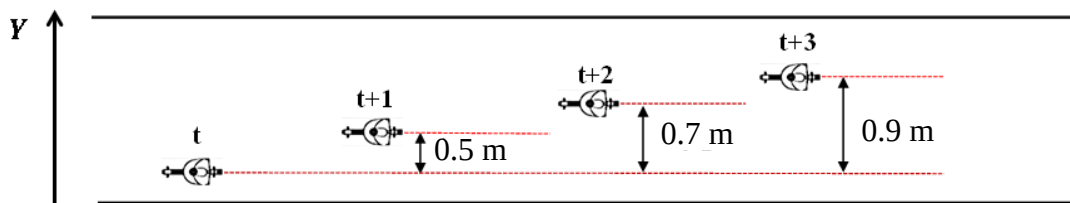


圖 3.7 機車橫向偏移示意圖

- 滲入行為：路口的滲入行為可定義為根據前方停等車輛的排列及空隙大小，而選擇最終的停等位置，變數為縱向移動速度及橫向偏移的改變，與推進行為及變換車道相同。
- 啟動行為：啟動行為是機車於路口停等時綠燈開始的行為，可分為
 - 啟動延滯 Startup delay (s)
 - 疏解間距 Discharge headway (s)
 - 啟動加速度 (m/s^2)
 - 啟動推進速度 (m/s)

(三) 分析工作

實證分析的工作內容如下：

1. 對以上變數的資料進行敘述性描述分析；
2. 釐定各個影響機車行為的關鍵變數，並校估出代表影響效力的參數數值。

3.3 模式驗證方式

本節將說明本研究如何進行各項模式的模擬驗證，以及介紹模擬驗證過程中會使用之車流模擬軟體。

3.3.1 模擬驗證流程

本研究之模式模擬驗證流程如圖 3.8 所示。首先由驗證用資料庫擷取實際之車流量、車種比例、轉向比等，接著把這些資料輸入 BikeSim 進行模擬，模擬之後 BikeSim 會輸出各項驗證指標，包括路段旅行時間、車流平均速度、等候車隊長度與疏解時間。有了模擬車流的軌跡檔後，即可依此計算出各項驗證指標的數值，將這些數值與實際車流之驗證指標數值相比較，最後即可得出結果。

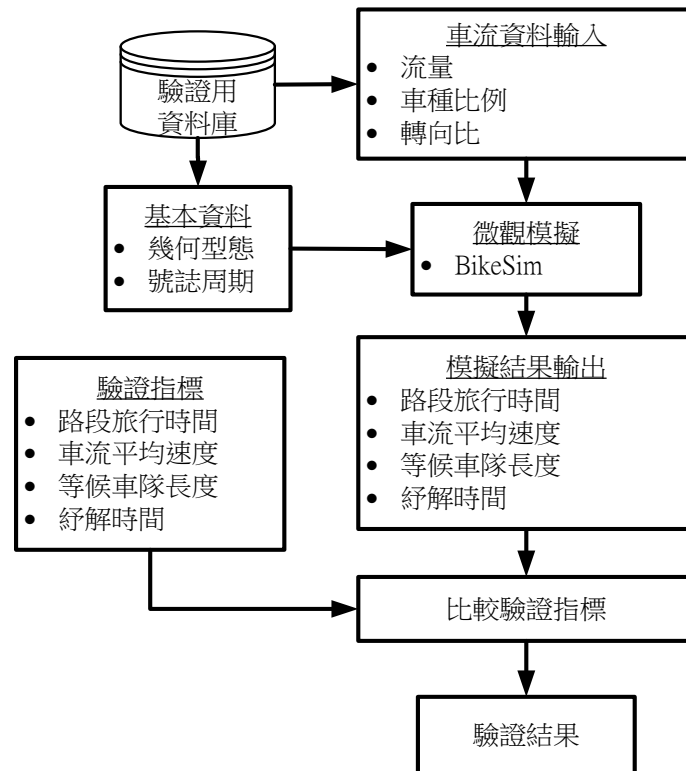


圖 3.8 模式模擬驗證流程圖

3.3.2 驗證指標

本研究共有三大議題，各議題分別有兩個問題而各問題各有相對應之模式，因此共有六個模式：

1. 機車的車道選擇行為模式
2. 機車在車道中的橫向位置選擇行為模式
3. 機車對公車靠站及離站之反應行為模式
4. 機車對路側停等車輛之反應行為模式
5. 機車轉向的方向與路口停等位置選擇之行為模式
6. 路口疏解時間推估模式

本研究針對各模式擬定不同之驗證指標，如表 3.1 所示：

1. 機車的車道選擇行為模式

由於針對本問題所建立之模式的產出為機車之車道選擇行為，因此本研究將比較實際資料與模擬結果之各車道的機車車流比例，以作為驗證此模式正確性之指標。

2. 機車在車道中的橫向位置選擇行為模式

由於針對本問題所建立之模式的產出為機車在各車道的騎乘位置選擇行為，因此本研究將比較實際資料與模擬結果之各車道的機車橫向位置分布，以作為驗證此模式正確性之指標。

3. 機車對公車靠站及離站之反應行為模式

由於針對此問題所建立之模式的產出為機車在面對公車靠站及離站之反應行為。當機車因應公車靠離站而做出反應時，本身速度會因為反應行為而有所變化，因此會影響到本身通過影響區域的旅行時間。本研究將以機車通過影響區域的旅行時間作為指標，驗證模式之正確性。

4. 機車對路側停等車輛之反應行為模式

針對路側停等車輛的反應行為模式為當機車面臨前方路側停等車輛時之反應，而由於此反應行為會影響其他車輛，因此造成路段旅行時間與平均速度的降低。本研究將以機車通過有路側停等車輛的路段旅行時間作為指標，驗證模式的正確性。

5. 機車轉向的方向與路口停等位置選擇之行為模式

當機車因為轉向方向而影響其等候位置選擇時，會影響到整體車流的疏解時間，例如：當右轉機車比例較高時，且右轉機車都傾向靠右側停等時，會增加機車停等車隊的長度，因此會增加疏解時間。因此本研究以不同轉向比時的車流疏解時間作為本項模式的驗證指標。

6. 路口疏解時間推估模式

針對此問題建立之模式的輸出為路段的車隊疏解時間，因此本研究即以此作為驗證之指標，比較實際與模擬之車流疏解時間之差異。

表 3.1 各問題之驗證指標對應表

議題	問題	驗證指標
機車於路段中之橫向位置選擇行為	如何決定使用那個車道	路段各車道的機車車流比例 (綠燈、無公車進出站時段)
	在車道中的橫向位置選擇行為	路段各車道的機車橫向位置分佈 (綠燈、無公車進出站時段)
機車對公車靠站與路側停等車輛之反應行為	對公車靠站之反應行為	通過公車停靠站影響區域的旅行時間
	對於路側停等車輛之反應行為	通過路段之旅行時間
機車路口停等位置選擇與路口疏解率	轉向與路口停等位置選擇之關係	不同車流、車種比例、轉向比例、各車道的車隊疏解時間
	路口疏解時間	

3.3.3 驗證工具

本研究係以協同主持人李子璋博士所開發的混合車流模擬軟體 BikeSim (Lee, Polak and Bell, 2008b; Lee, Polak and Bell, 2009)來做為測試模型的工具。BikeSim 為本團隊成員所開發，具有該軟體之開發經驗，又可取得該軟體之原始碼，故以 BikeSim 之架構為基礎。BikeSim 之背景、原理及界面描述如下。

3.3.3.1 BikeSim 背景

目前大多數的車流模擬軟體內之車輛都依循著車道規範行駛(FHWA, 1996; Paramics Microsimulation, 2008; PTV, 2011)，以跟車模型(car-following model)(Gipps, 1981; Leutzbach & Wiedemann, 1986)來規範車輛在車道內縱向的移動，以變換車道模型(lane-changing model)(FHWA, 1996; Gipps, 1986)來規範車輛在車道間的橫向移動，這些設定無法表現出機車在車道內穿梭及蛇行等駕駛行為，因此也無法有效的模擬機車為主的混合車流情況。故有必要發展出一套系統，可以展現出機車併行、斜向跟車、穿梭及依虛擬車道行駛等特有行為，用來模擬汽機車混合車流。

本研究以混合車流模擬軟體 BikeSim (Lee, Polak and Bell, 2008b; Lee, Polak and Bell, 2009)為基礎，加入本研究所發展之模型，以及增加輸入調查資料和輸出驗證指標的使用者介面等，用以驗證及展示本研究之成果。Bikesim 在經過改良之後，應可模擬具有臺灣都市交通特性之汽機車混合車流。

3.3.3.2 BikeSim 原理

Bikesim 以個體自主式模擬(agent-based modelling) (O'Sullivan and Haklay, 2000)為模擬架構，以 JAVA 程式語言編寫。個體自主式模擬的架構，乃是賦予模擬軟體中每一個個體有自己的記憶、偵測環境的能力以及行動規則，依其與周遭環境的關係，根據行動規則決定其下一個時間點的行動，此種模擬架構，符合 JAVA 語言物件導向的特性，而且適合用來模擬車流行為。實際進行模擬時的介面，如下圖 3.9 所示。以下將針對 Bikesim 的特點做進一步的說明。

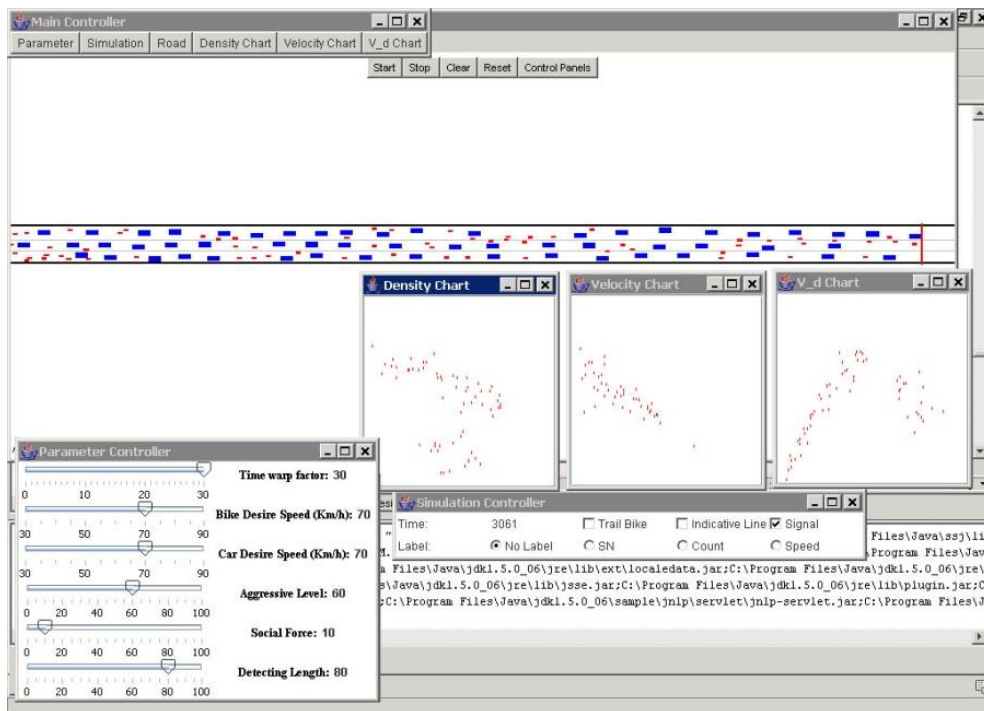


圖 3.9 Bikesim 的車流模擬畫面

BikeSim 的基本假設為機車行駛於變動的虛擬車道(dynamic virtual lane)上，機車騎士的駕駛行為取決於其與周遭汽機車的互動；而汽車則必需遵守車道規範(lane discipline)。由於機車跟汽車相比，其重量體積、性能、操控、視野與反應時間等皆有明顯的不同，這些差異導致機車有異於汽車的駕駛行為，諸如併行、斜向跟車、較小的跟車間距、穿梭及蛇行等(Lee, 2008)，這些差異反應在駕駛行為上，就是車道規範的差異。

Bikesim 主要以三個次模型來描述機車的駕駛行為在車道規範上的差異：

- 縱向跟車次模型主要在描述機車在跟車時與前車之相對位置會影響到其跟車距離，當機車跟車時是對著前車的側邊邊緣時，其跟車距離會比較近；但若是對著前車的中心線來跟車，則跟車距離會較遠(Lee, Polak, & Bell, 2009b)，機車縱向跟車次模型將此現象整合入 Gipps 的跟車模型(Gipps, 1981)來模擬機車的跟車行為。
- 斜(橫)向跟車次模型是用來形容機車的斜向跟車現象，機車常行駛在同一車道內另一輛車的斜後方或側邊，並保持相似的速度。此次模型以跟車角度、速度及速度差為自變數，以線性模型來描述此斜(橫)向跟車的距離。
- 路徑選擇次模型是以機車與周邊車輛之運動學關係，如速度、速度差、間距、相對位置等關係，以多向羅吉特模式(multinomial logit)來描述機車下一步側向移動方向的選擇。

Bikesim 依據以上所描述汽機車基本差異來模擬機車的行為，可以展現汽機車混合車流中汽機車的互動特性，尤其是機車的併行、斜向跟車、蛇行及穿梭等行為，適合用來模擬臺灣道路車流的行為。

3.3.3.3 BikeSim 介面

Bikesim 的個體自主式模擬架構及物件導向程式結構，非常適合擴充不同的交通模型進入模擬系統；另 Bikesim 具有視覺化介面，以動畫呈現車流互動過程，並收集模擬過程相關微觀及巨觀之資料。將所建構的機車的行為模型植入系統中，系統中之個體以所給予的行為模型做互動與行動的規則，所呈現之模擬結果及資料，可用來觀察及測試行為模型之效果。Bikesim 非常適合用來做為本研究行為模式驗證、模式敏感度分析之工具。

圖 3.10 為 BikeSim 之主要介面，其中 1 號方框處為模擬動畫的控制列，包含開始、暫停、停止、重置、清除畫面、離開等功能。2 號方框處為動畫顯示區域，而 3 號方框處則為模擬參數的控制區，在此處可以進行各項參數之調整，參數調整共分成四種類別，分別為模擬控制及動畫顯示調整。



圖 3.10 BikeSim 操作介面

1. 模擬控制

模擬控制主要是在模擬開始前，讓使用者選擇如何進行模擬。使用者可選擇使用資料庫軌跡檔或是手動輸入道路幾何與交通量資訊，其介面分別如圖 3.11 與圖 3.12 所示。當選擇手動輸入時，可利用如圖 3.13 的介面輸入車種比例、各車種之期望速度等等之參數。而號誌時相與其他道路幾何參數則可透過文字檔的方式輸入 BikeSim 中，號誌時相的輸入檔中包括紅燈與綠燈開始的秒數；而道路幾何的輸入檔中，則包含街道寬度、各車道的寬度、機車停等區寬度以及公車站位置；車輛軌跡檔中包含車輛編號、種類、車長車寬以及每一秒位置等資訊，輸出的檔案則會和軌跡檔格式一樣。若是選擇使用資料庫軌跡檔時，則可選擇產生車輛的方式。而無論是選擇手動或是軌跡檔，均可以設定模擬次數、選取檔案以及各項模式的開關。

控制面板

產生車輛之方式

☐ 介面手動輸入

☒ 軌跡資料庫

☒ 車輛軌跡

☐ 平均流量

模擬次數:

軌跡檔行進方向:

☒ 向左

☐ 向右

車輛軌跡檔案(輸入):

D:\LUO/BikeSim/Input/B8-for-BikeSim-input.c

開啟檔案

號誌時制檔案(輸入):

D:\LUO/BikeSim/Input/signal.txt

開啟檔案

道路幾何檔案(輸入):

D:\LUO/BikeSim/Input/road.txt

開啟檔案

模擬軌跡檔案(輸出):

\\Input\B8-for-BikeSim-input.csv_output_1.csv

機車: ☒ 上游進入 ☐ 軌跡重現 ☒ 開啟跟車模式

公車: ☒ 上游進入 ☐ 軌跡重現 ☐ 開啟錯車模式

汽車: ☒ 上游進入 ☐ 軌跡重現 ☒ 判斷壓車

☒ 判斷角度

圖 3.11 模擬控制介面 (檔案輸入-基本資料及軌跡資料庫讀取)

控制面板

☒ 介面手動輸入

☐ 軌跡資料庫

號誌時制檔案(輸入):

D:\LUO/BikeSim/Input/signal.txt

開啟檔案

道路幾何檔案(輸入):

D:\LUO/BikeSim/Input/road.txt

開啟檔案

模擬軌跡檔案(輸出):

\\Input\B8-for-BikeSim-input.csv_output_1.csv

道路資訊

模擬次數:

☒ 開啟跟車模式

☐ 開啟錯車模式

☒ 判斷壓車

☒ 判斷角度

圖 3.12 模擬控制介面 (手動輸入-基本資料讀取)

道路資訊									
車道1寬度:	4.1	車道2寬度:	3.1	車道3寬度:	3.0	車道4寬度:	3.0	車道5寬度:	0.0
車道1機車比例:	1.0	車道2機車比例:	0.92	車道3機車比例:	0.48	車道4機車比例:	0.02	車道5機車比例:	0
車道1公車比例:	0.0	車道2公車比例:	0.08	車道3公車比例:	0.22	車道4公車比例:	0.5	車道5公車比例:	0.5
車道1汽車速度(km/h):	20.0	車道2汽車速度(km/h):	20.0	車道3汽車速度(km/h):	50.0	車道4汽車速度(km/h):	55.0	車道5汽車速度(km/h):	60.0
車道1公車速度(km/h):	20.0	車道2公車速度(km/h):	20.0	車道3公車速度(km/h):	50.0	車道4公車速度(km/h):	55.0	車道5公車速度(km/h):	60.0
車道1機車速度(km/h):	30.0	車道2機車速度(km/h):	50.0	車道3機車速度(km/h):	55.0	車道4機車速度(km/h):	60.0	車道5機車速度(km/h):	60.0
車道1汽車速度變異數:	1.0	車道2汽車速度變異數:	1.0	車道3汽車速度變異數:	2.0	車道4汽車速度變異數:	2.0	車道5汽車速度變異數:	2.0
車道1公車速度變異數:	1.0	車道2公車速度變異數:	1.0	車道3公車速度變異數:	2.0	車道4公車速度變異數:	2.0	車道5公車速度變異數:	2.0
車道1機車速度變異數:	1.0	車道2機車速度變異數:	1.0	車道3機車速度變異數:	2.0	車道4機車速度變異數:	2.0	車道5機車速度變異數:	2.0
車道1車間時距(sec):	9999.0	車道2車間時距(sec):	1.97	車道3車間時距(sec):	6.46	車道4車間時距(sec):	8.44	車道5車間時距(sec):	5.3
車道1車間時距變異數:	1.0	車道2車間時距變異數:	2.0	車道3車間時距變異數:	2.0	車道4車間時距變異數:	2.0	車道5車間時距變異數:	2.0
路段顯示範圍:	200.0	街道長度:	148.8	機車停車區寬度:	10.2	機車停車區長度:	5.75	號誌週期:	130
紅燈長度:	65								

圖 3.13 模擬控制介面 (手動輸入-道路交通量資訊界面)

2. 動畫顯示調整

動畫顯示則是顯示當前模擬的資訊以及讓使用者調整模擬動畫顯示的項目與模擬速度。顯示的資訊包括顯示目前模擬時間、號誌週期、模擬週期。調整是否顯示的項目包括車輛編號或速度、號誌位置、公車站範圍、路段範圍等。



圖 3.14 動畫顯示調整介面

3.3.3.4 BikeSim 其他模擬功能

於本期計畫之前，BikeSim 即已具備基本之混合車流模擬功能。而為了配合本計畫之資料與增加使用者之便利性，因此新增了下列功能：

1. 選擇模擬次數的功能，該功能讓使用者進行多次模擬
2. 是否顯示模擬的動畫，以便能夠快速的完成模擬
3. 新增了透過讀取檔案的功能，透過讀取資料來取得號誌以及車輛軌跡的資訊

其中第三項功能為讓使用者選擇是否要透過軌跡檔來生成車輛，或是透過程式亂數自動產生車輛。當使用者選擇透過軌跡資料庫生成車輛時，又可選擇以下兩種方式，如圖 3.15 的方框 1，而車流模擬畫面如圖 3.16 所示：

1. 以軌跡檔之實際位置與時間來產生車輛

當使用者選擇此方式時，又可選擇是否要重現某一車種的軌跡資料，如圖 3.15 的方框 2。”上游進入”之選項為透過軌跡檔產生車輛第一秒的位置，再透過模式模擬車輛在道路上行駛行為，而”軌跡重現”之選項則是直接顯示車輛在軌跡檔中每一秒的位置。

2. 先計算軌跡檔中車輛的平均流量後，在由模擬軟體本身來產生車輛



圖 3.15 產生車輛說明

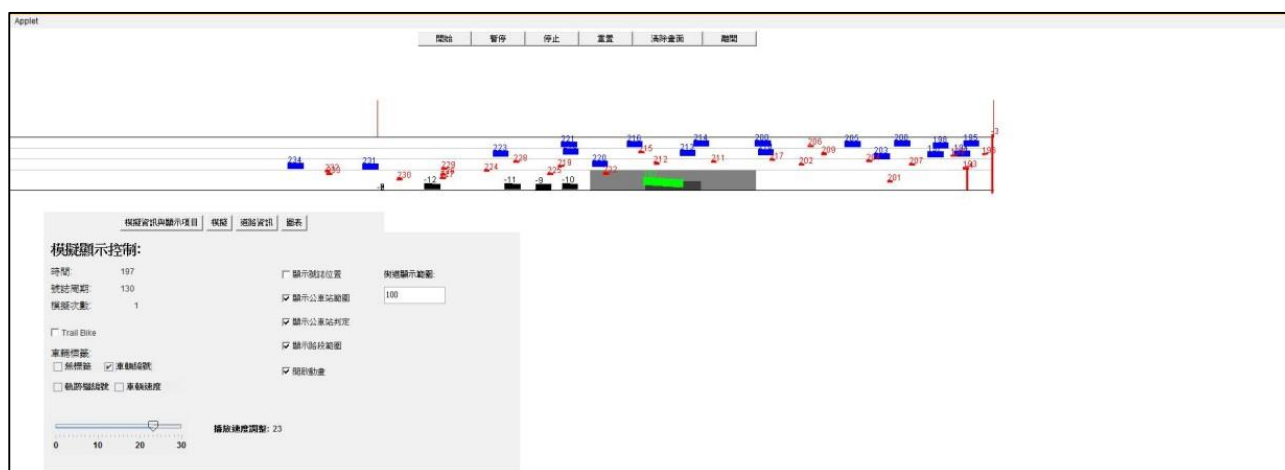


圖 3.16 車流模擬軟體模擬畫面

3.4 小結

本章介紹本研究架構。並針對研究問題定義與實證分析及歸類之架構進行說明。資料蒐集，模式構建與各模式之實證分析、模式驗證模擬則於後續章節詳述。

第四章 資料蒐集

本研究將以錄影的方式收集車流影像資料，並以半自動化的車流軌跡擷取軟體擷取影像中各時間點各車輛一系列的座標位置，並轉換成車輛軌跡，建置資料庫以供分析。因為本研究為《交通技術研發與人才培育規劃研究》與《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》的延續計畫，因此在資料編碼方面也將前兩計畫已蒐集之資料納入考量，前兩計畫之資料編碼為 A 至 C 與 X，因此本次計畫所拍攝之影片與軌跡檔皆由 D 開始編碼。因資料庫包括所有車輛的軌跡及車間距離，此方法的優點為變數的計算能中隨時修正，無需事先定義，能讓實證分析有更好的彈性。詳細的資料收集方法列述如下。

4.1 影像收集

4.1.1 拍攝方式

(一) 空中拍攝

傳統的汽機車駕駛行為的調查方式，是利用多台攝影機在約十層樓高之建築物上同時拍攝，此調查方式有諸多困難需要克服，例如(1)欲觀察的路段附近必須要有高樓可供拍攝，據經驗一般私人建築物或醫院都較難取得同意進入調查，調查團隊在社區大樓的進出也會與住戶的隱私權有所衝突；(2)建築物上路段車輛有一定之俯視角度，會因車輛的立體高度而造成車輛位置判定的誤差；(3)由 10 樓高度建築物，只能清楚拍攝到約 150 公尺的範圍，如路段較長則需要多台攝影機在不同地點同時進行拍攝。

本研究利用無人飛行載具(Unmanned Aerial Systems, UAS)在空中拍攝的方式進行車流行為的錄影，現今空中拍攝技術日趨進步，飛行器設備的設計已非常安全，其操作簡易且入門快速。團隊已經進行過多次實驗，成功的利用 UAS 拍攝交通車流，在考慮影像品質的前提下，整理出拍攝路段長度與飛行高度的最適關係，並使用影片後製軟體處理影像變形和晃動的缺點，效果如圖 4.1。空中拍攝於交通調查的優點為調查地點有更多的選擇，不受附近是否有高樓大廈可用的限制，拍攝的範圍也比較大；但缺點為飛行器的飛行時間不長(約 15~20 分鐘)，需要升降並更換電池。

國內外對空中拍攝都有制定一些法規與限制；就國內而言，交通部民用航空局(民航局)為保障民航機及國家機密的安全，在其頒布的飛航指南依國際民航組織(ICAO)規定了限航地區，包括機場周圍、博愛特區(總統府周圍)、陽明山等地方限制飛行器的進入。本團隊在調查時都有符合相關法規，並將針對空拍的特性、機種、法規限制等等整理於曾家瑜等人(2014)和 Luo et al. (2014)。



圖 4.1 空中拍攝實景

（二）空拍與傳統影像收集方式的比較

建構車流模式的實證分析，必須蒐集足夠的車輛移動資料，而微觀的車流資料較不容易取得。早期的調查方式，有利用載人直升機，以連續曝光拍照的方式記錄相關交通調查資料，用以繪製流量、速度、密度之間的關係圖。近年車流模式研究的文獻當中，常見的資料蒐集方式多是於高處架設攝影機拍攝欲研究路段的車流行為。傳統進行路口或路段的調查方式是在高處架設攝影機，利用人工、錄影設備做現場的實地調查，並利用慢速播放進行事後分析。缺點為攝影觀察之地點其視線不能受到樹或店家招牌等物體遮蔽，而其拍攝範圍僅約 100 公尺以下，除了所得資料在過濾後僅能得到部分路段流量，未必能通盤了解前後路口的整體交通狀況。而建築物上拍攝路段車輛有一定俯視角度，會因車輛的立體高度而造成車輛位置判定的誤差，首先計算出觀測處的高度與道路到建築物的距離，進而得攝影機拍攝的角度，事後必須根據誤差做進一步的坐標修正。

過去蒐集車流相關資料包含利用路口計數調查，當車輛通過路段中特定的點，依照車種記錄通過該點的時間，可進一步探討飽和流率與車流量的議題。一般來說，欲了解車輛之速率資料，通常會訂定兩座標點，透過相關軟體整理車輛通過兩座標點的秒數，便能計算出車輛每秒能前進多少距離，再轉成平均速率的資料。但若需要取得車輛於道路上每一秒速度的變化，則整體分析起來較為困難、費時。傳統的資料分析方式通常是將影片擷取成靜態影像，並將畫有座標之投影片貼於螢幕上，一一讀取車子的座標位置。有些研究則是將拍攝之資料透過 Movie Maker 軟體轉換為數位格式之檔案，並將其輸出為每秒 30 張之靜態影像檔案，再以人工座標點取的方式，由網狀投影片的格子對應螢幕，並直接觀測車輛之座標資料，進而求得各個車輛不同時間點之下的座標，接著再依據車流研究的需求蒐集資料變數，對於複雜的微觀的車流分析來說，能考慮的變數較不彈性。因此，傳統研究要取得車流的原始資料尚有諸多困難需要克服，資料處理時間也長，除了需要校估攝影角度造成的誤差之外，如拍攝路段過大，更須解決多部攝影機畫面的銜接問題。再透過影片轉檔成圖片的過程以及自行開

發的相關軟體或自動化程式，從每單位時間的圖檔讀取座標以及相關變數。

而近幾年空中拍攝技術大幅進步，已應用於許多領域，相對於傳統路邊調查方法，不僅試驗週期短、支援裝備少、設備成本低、機動性(運用靈活度)及安全性高、亦可降低人事成本。利用空拍進行調查，不受空間的束縛，所拍攝而得的資料範圍更廣且更齊全。分析作業上不受傳統調查方式的俯視角度影響，且其不需透過多個攝影鏡頭去拍攝一定長度路段，不必處理多個畫面的連結問題，大幅降低分析結果的誤差性。有關傳統錄影方式和本研究採用的空拍方式之比較，請見表 4.1 傳統錄影和空拍方式之比較。

表 4.1 傳統錄影和空拍方式之比較

比較項目	傳統錄影方式	空拍方式
拍攝範圍	窄	廣
拍攝路段選擇性	現場周邊需要有制高點可用	較彈性，但需考慮空拍法規
調查機動性	低	高
拍攝設備及成本	一般攝影機，成本較低	飛行平台，成本較高
拍攝效果	有俯視角度的差異	無俯視角度的差異
影片品質	高	高
資料處理時間	長（如需銜接多個畫面的）	短

本研究利用空中拍攝蒐集市區道路的車流影像，因拍攝所得的連續影像檔案無法直接分析，必須先進行穩定影片、去魚眼等後製過程，再搭配車流軌跡擷取軟體平台建立軌跡資料庫，以車流軌跡的資料擷取方式有許多優點，採用人工方式點擊畫面上每一秒的車輛座標，儲存每輛車於畫面的座標，接著下一秒持續追蹤。每一輛車都有自己的編號，一旦出現在畫面上便開始點擊，直到離開畫面為止，完整記錄車輛於道路上的移動軌跡，了解車輛每一秒的速度、行進角度的變化、跟車距離，甚至是與其他車輛互動的情況。相較於傳統的資料處理方式，將影像透過車輛軌跡依車種而進行座標點取的工作，除了簡化資料處理的過程，並能迅速地以高效率、低誤差的方式建置車流資料庫。本資料型態是以 Excel 檔呈現，詳細描述了每一台車在每秒的座標位置、速度、加速度、角度等相關特性，可藉由這些資料以微觀的方式分析車流行為，並從資料庫中計算相關數據進行各議題的探討。

4.1.2 現場及室內作業

利用空拍技術進行調查，需要進行的作業包括事前場地勘察、現場實際調查、及影片後製作業等。關於空拍用於交通調查之可行性分析，本團隊已將經驗及成果整理於 Luo et al. (2014)。以下介紹本計畫的影片蒐集方式：

（一）事前場地勘察

必須先到現場確認路段的幾何型態是否符合分析需求，包括：(1)路段是否有公車站牌、(2)路段是否有計程車招呼站、(3)路段有無路邊臨時停車、(4)路邊是否有樹木遮蔽、(5)路段

分隔道是否有樹木遮蔽、(6)路段車流比例是否合乎需求等等。另外，計算號誌週期秒數及完整週期的車流量判斷其車流密度，同時也進行照片拍攝或錄製一小段影片做記錄和檢討。

(二) 現場實際調查

因車流分析需要以完整週期為單位，飛行器的起飛及降落時間都需要與路口的號誌週期配合，以避免收集到不完整週期的影片造成浪費。在每次飛行一架次後及觀看影片效果確定拍攝範圍及角度為資料所需，才會進下一架次的飛行。若風力過大、降雨造成機身搖晃或是天色昏暗影響拍攝品質時，將立即停止拍攝作業。

當天拍攝完畢後，除了做調查整理得知拍攝之影片時數，尚需做影片整理得知每一完整週期不同車種之車流量判斷其車流密度及服務水準符合調查所需，並更新調查方案，確認下次調查時補足不同車流密度的時段影片，並重新估算如飛行器須在紅燈時起飛至拍攝位置準備等拍攝方式的修正，及飛行電池數目的估計等，以提高拍攝作業的效率。拍攝階段完成後，再進行室內的影片後製作業。

(三) 影片後製作業

所拍攝之空拍影片會利用 After Effects 軟體將所有影片進行穩定性調整，該軟體會將晃動之畫面修正成穩定畫面，以提高後續車流軌跡擷取的效果。但經 After Effects 穩定後之部分影片仍會有些許晃動，因此於點車作業時，會一起蒐集參考點之座標，參考點為每個調查地點被選定的四個地標物位置，爾後會利用參考點再次進行軌跡的修正。且校估之後，亦會利用軌跡檔檢核程式評估其品質。

Adobe After Effects(AE)是一套專業級影片製作軟體，用於製做動畫和視覺效果，應用領域包含電影、電視、遊戲的後製效果。將飛行平台蒐集回來的原始影片透過 AE 內建扭曲特效(Distorb)中的穩定器功能(Warp Stabilizer VFX)、光學補償(optics compensation)及色彩校正效果(color correction)中的亮度和對比度(Brightness & Contrast)去做調整與後製，AE 特效介紹如下：

1. 穩定器功能(Warp Stabilizer VFX)：進行穩定性調整，該軟體會將晃動之畫面修正成穩定之畫面，去除位置、旋轉的變化程度，以提高後續車流軌跡擷取的效果。但經 After Effects 穩定後之部分影片仍會有些許晃動，因此於點車作業時，會一起蒐集參考點之座標，參考點為每個調查地點被選定的四個地標物位置，爾後會利用參考點再次進行軌跡的修正。且校估之後，亦會利用軌跡檔檢核程式評估其品質。



(a)原始影像



(b) 穩定效果後的影像

圖 4.2 影片穩定效果

2. 光學補償(optics compensation)：校正攝像機產生透鏡變形的效果，使的影像轉換為正確的規模。



(a)原始影像



(b) 去除魚眼效果後的影像

圖 4.3 影片後製效果

3. 亮度和對比度(Brightness & Contrast)：因拍攝位置及陽光角度影響，會使得原始影片受陰影影響，故透過 AE 調整影片亮度及對比度，校正影片陰影區塊，使影片方便視覺讀取。



(a)原始影像



(b) 亮度及對比度調整效果後的影像

圖 4.4 影片亮度對比調整效果

輸入的原始影片長度為 10 分多鐘，大小約 2 GB，在經過 AE 軟體處理過後輸出的檔案大小達到一百多 GB，所以另外使用 DIVX 軟體壓縮檔案；最後將壓縮過後的檔案經過 any converter 軟體轉成車輛軌跡擷取軟體可以接受的影片格式(xvid 編碼的 AVI 格式)。

4.2 調查地點

為蒐集車流資料以探討本研究的三大議題，調查地點的選取原則須符合並滿足各主題中所需的路段幾何型態及車流行為的情景，且具有代表性、充份呈現台灣獨特的混合車流面貌。而許多如幾何、車流、空拍條件的控制因素會影響選取地點的決策，為符合各個機車行為的情境，本研究研擬各模式所對應之調查地點選擇條件如表 4.2 所示。

基於上述調查地點之選擇條件，以及擴充車流資料庫的多樣化，以期能了解台灣不同地區的車流行為的差異，本研究於台北市、新北市、新竹市、台南市選擇了共 19 處去做調查地點的篩選(同一路段不同車流方向，因無車流互動，分別以不同地點計算)，擬出『調查地點計劃書』，說明各調查地點的可符合之研究主題之對應，並把各調查地點按其互補替代性分為主要及候補調查地點。『調查地點計劃書』於 2015 年 6 月 8 日提交予委託單位進行審核，經過過後才進行實地調查，計劃書詳見於附錄 A。各調查地點如表 4.3 與表 4.4，其對應之模式如表 4.5。總括而言，調查地點皆有符合本計劃及研究主題的要求。為延續《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》之資料收集系統，本研究之調查地點編碼由 D 開始。

表 4.2 模式與調查地點選擇準則對應

準則 \ 模式	車道選擇	橫向位置選擇	公車靠離站	路側停車車輛	路口停車位置	路口疏解時間
幾何條件						
路段為直線	✓	✓	✓	✓	✓	✓
路段長度約 150-200 公尺(包含路口)	✓	✓	✓	✓		
號誌化路口					✓	✓
有公車站牌			✓			
有路邊停車格				✓		
地點須包含兩段式與非段式左轉					✓	✓
地點須包含 2、3、4 車道	✓	✓				
車流條件						
有汽機車混合車流	✓	✓	✓	✓	✓	✓
有路邊停車				✓		
有公車通過並有靠站			✓			
車流密度包含低、中、高	✓	✓	✓	✓		
有左轉機車車流					✓	✓
綠燈開始時有等候車隊					✓	✓
空拍條件						
路側無招牌或樹葉阻擋視線	✓	✓	✓	✓	✓	✓
符合空拍的操作條件及法律規範	✓	✓	✓	✓	✓	✓

表 4.3 調查地點(路段)

調查地點	D	E	G	H	J	K
縣市	臺北市	臺北市	新竹市	新北市	新北市	新北市
路段	羅斯福路一段	羅斯福路一段	慈雲路	雙十路二段	中正路	中正路
位置	林森南路至愛國東路	愛國西路至林森南路	埔頂一路至埔頂路	松柏街至文化路二段	永利路至永貞路	永貞路至永利路
方向	南向北	北向南	南向北	南向北	北向南	南向北
路段長度	約 170m	約 170m	約 140m	約 120m	約 160m	約 160m
車道數	四車道	四車道	三車道	二車道	二車道	二車道
其它	有公車停靠區	有公車停靠區	無公車停靠區	有公車停靠區	有公車停靠區	有公車停靠區

表 4.4 調查地點(路口)

調查地點	L	M	N	O
縣市	台南市	台南市	台南市	台南市
路段	小東路	小東路	青年路	青年路
位置	小東路至林森路口	林森路口至小東路	青年路至慶東街口	慶東街口至青年路
方向	東向西	西向東	東向西	西向東
路段長度	-	-	-	-
車道數	四車道	四車道	二車道	二車道
其它	兩段式左轉	兩段式左轉	非兩段式左轉	非兩段式左轉

表 4.5 調查地點對應之模式

地點 模式	D	E	G	H	J	K	L	M	N	O
車道選擇	✓(4)	✓(4)	✓(3)	✓(2)	✓(2)	✓(2)				
橫向位置選擇	✓(4)	✓(4)	✓(3)	✓(2)	✓(2)	✓(2)				
公車靠離站	✓	✓		✓	✓	✓				
路側停等車輛	✓	✓		✓	✓	✓				
路口停等位置	✓(兩)	✓(兩)	✓(兩)	✓(兩)	✓	✓	✓(兩)	✓(兩)	✓	✓
路口疏解時間	✓(兩)	✓(兩)	✓(兩)	✓(兩)	✓	✓	✓(兩)	✓(兩)	✓	✓

✓(4)：該路段符合該主題，且為 4 車道之調查地點

✓(3)：該路段符合該主題，且為 3 車道之調查地點

✓(2)：該路段符合該主題，且為 2 車道之調查地點

✓(兩)：該路段符合該主題，且為須兩段式左轉之調查地點

4.2.1 調查地點—四車道 (D 與 E)

調查地點 D 與 E 為台北市羅斯福路一段林森南路至愛國東/西路間往北/往南方向路段，長度約 167.8 公尺。D 與 E 為同一個路段的對向，幾何型態相同，將同時拍攝兩個地點，再按車流狀況挑選轉換成資料的影片。此路段為台北市重要的交通幹道，附近有市場、學校及商務機構，平常日上下班/課期間會有較多的人潮，車流量較大。另外，路段內皆有停車格及公車停靠區，車道數為四車道。調查時與大樓協調後於頂樓處供空拍飛行器起飛，可加快拍攝進度及避免對用路人之干擾。

地點 D 上午尖峰時段的號誌週期長度為 200 秒，含綠燈 104 秒、紅燈 96 秒；離峰時段的號誌週期長度為 150 秒，含綠燈 74 秒，紅燈 76 秒；下午尖峰時段的號誌週期長度為 200 秒，含綠燈 124 秒、紅燈 76 秒。地點 E 下午尖峰時段的號誌週期長度為 200 秒，含綠燈 100 秒、紅燈 100 秒；離峰時段的號誌週期長度為 150 秒，含綠燈 74 秒，紅燈 76 秒。

幾何型態示意圖與彙整表如圖 4.7 與表 4.6 所示，調查地點 D 有公車停靠區、機車停車格、兩個叉路以及違規停車的路邊干擾；調查地點 E 有公車停靠站、計程車停車格、一個路側建築車道出口、兩個路側建築車道入口以及違規停車會干擾車流。D 與 E 車道規劃的部分，皆有三個車道，其中內側兩個車道為禁行機車道，無機慢車優先道。



圖 4.5 調查地點 D 與 E(台北市羅斯福路一段)地理位置

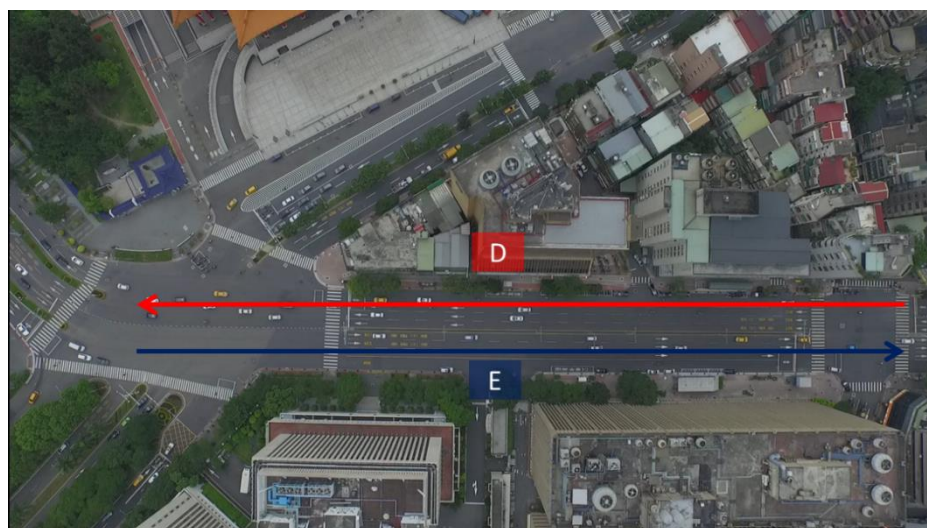


圖 4.6 調查地點 D 與 E(台北市羅斯福路一段)空拍圖

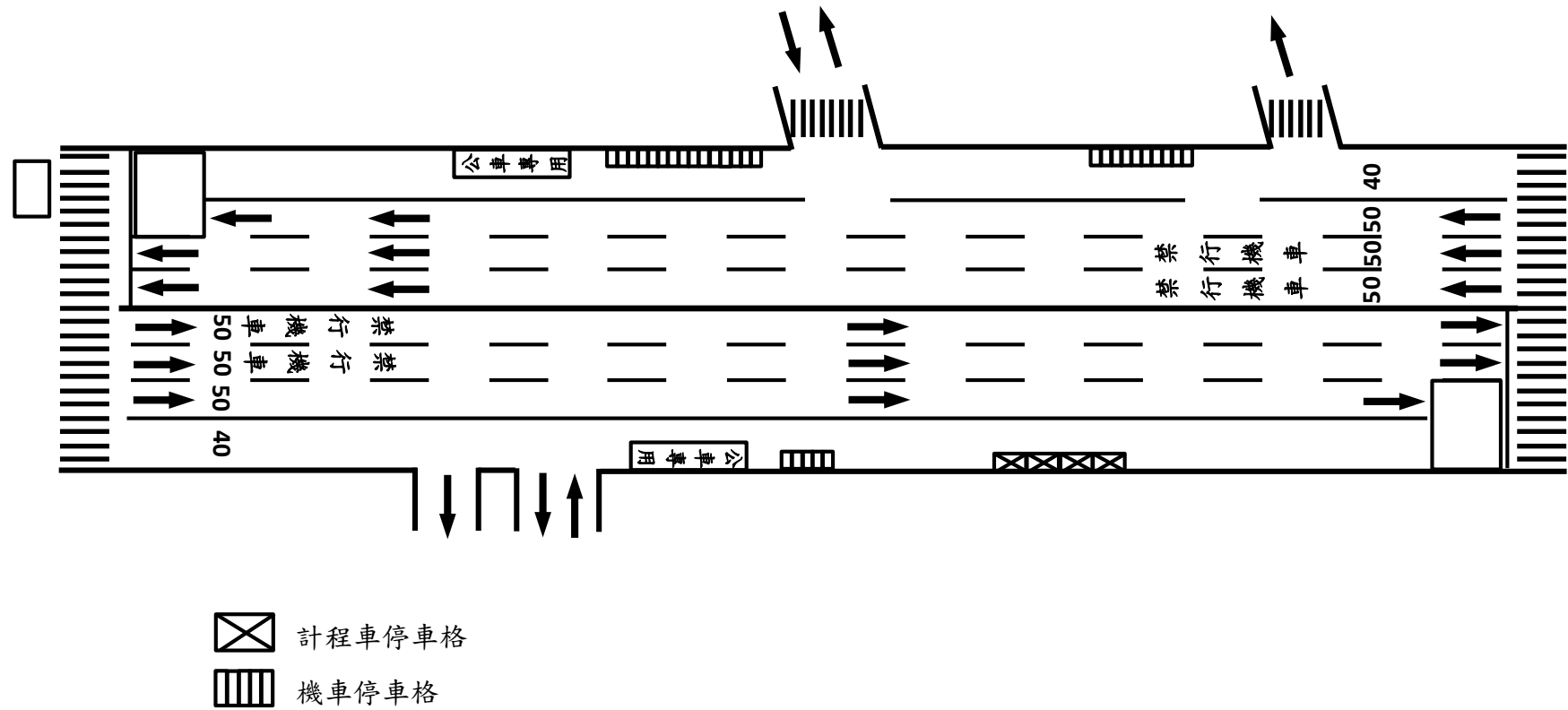


圖 4.7 調查地點 D 與 E(台北市羅斯福路一段)幾何型態示意圖

表 4.6 幾何型態彙整表(調查地點 D 與 E)

路段方向			南往北 (D)	北往南 (E)
路段寬度			14.1	14.4
路段長度			167.8	167.8
車道數			34	34
車道寬	車道 1(禁行機車)		3	3
	車道 2(禁行機車)		2.9	3
	車道 3		2.8	3
	路車道 4		5.4	5.4
機車停等區	寬度		5.2	6
	長度		7.1	6.8
	分布車道		車道 3&路肩	車道 3&路肩
機車待轉區	長度		5.8	6.9
	寬度		3	2.2
	與停止線距離		9	12.1
	分布車道		車道 3&路肩	車道 3&路肩
實體分隔設施	有無分隔島		有	有
	寬度		1.3	1.3
車道規劃	機慢車優先道		N	
	禁行機車車道	車道編號	1,2	1,2
公車停靠區	數量		1	1
	起始位置(路段上游為 0 m)		106.4	73.1
	結束位置(路段上游為 0 m)		119.4	88.3
計程車停車格	數量	第一群	N	4
	起訖位置	第一群	N	117.1-131.7
	寬度		N	3
汽車停車格	N			
路邊機車停車格	起訖位置	第一群	31.7-23.5	N
		第二群	74.2-99.8	N
	寬度		2	N
路側進出口	叉路	第一個	8.7-14.8	N
		第二個	59.9-67.2	N
	路側建築車道出口	第一個	N	62.2-65.6
	路側建築車道入口	第一個	N	42.9-51.1
		第二個	N	58.8-62.2
違規停車區域	區域 1	起點	31.7	0
		迄點	59.9	42.9
		頻率(輛/週期)	1	2

*起始路段上游為 0m

4.2.2 調查地點—三車道 (G)

調查地點 G 為新竹市慈雲路埔頂一路至埔頂路間往北方向路段，長度約 135.4 公尺。慈雲路為新竹市東區南北向道路，附近連接新竹科學園區，是竹北、竹科間往來通勤的重要聯絡道路，私人運具使用比例高，平常日上下班期間擁有大量人潮，交通量較大。另外，路段內有無停車格及公車停靠區，車道數為三車道。

地點 G 下午尖峰時段的號誌週期長度為 300 秒，包含綠燈 133 秒、紅燈 167 秒；離峰時段的號誌週期長度為 180 秒，包含綠燈 58 秒、紅燈 122 秒。

幾何型態示意圖與彙整表如圖 4.10 與表 4.7 所示，本路段無路邊停車格、公車停靠站、違規停車等路邊干擾，車道規劃上亦無禁行機車車道與機慢車優先道，然而慈雲路外側有一 Costco 的停車場入口，位於此路段下游 93.2~119.5 公尺處。



圖 4.8 調查地點 G(新竹市慈雲路)地理位置

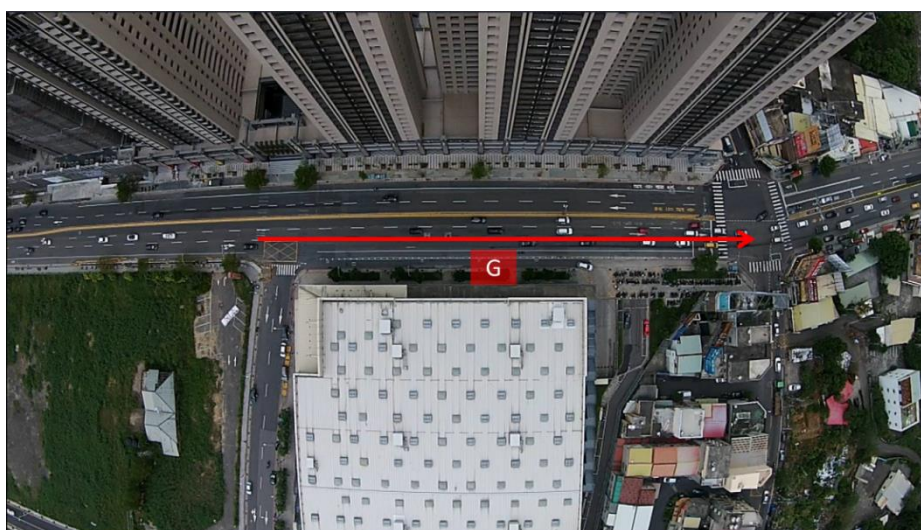


圖 4.9 調查地點 G(新竹市慈雲路)空拍圖

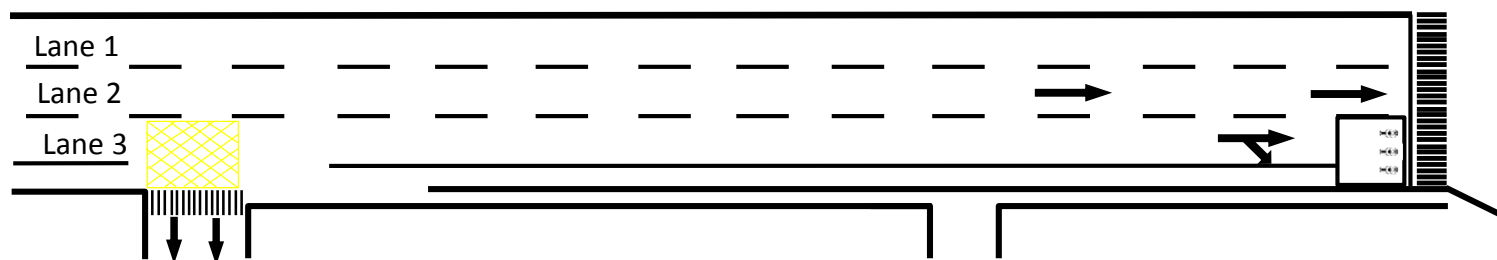


圖 4.10 調查地點 G(新竹市慈雲路)幾何型態示意圖

表 4.7 調查地點 G(新竹市慈雲路)幾何型態描述

路段方向			南往北 (G)	
路段寬度			9.85	
路段長度			135.4	
車道數			3	
車道寬		車道 1	3.15	
		車道 2	3	
		車道 3	3.7	
		路肩	1.6	
機車停等區		寬度	4.3	
		長度	6.2	
		分布車道	車道 3&路肩	
機車待轉區		N		
實體分隔設施		有無分隔島	有	
		寬度	1.6	
車道規劃	機慢車優先道	N		
	公車專用道			
	禁行機車車道			
公車停靠區	N			
路邊汽車停車格	N			
路邊機車停車格	N			
路側進出口	叉路	N		
	路側建築車道出口	N		
	路側建築車道入口	第一個	93.2~119.5	
違規停車	N			

*起始路段上游為 0m

4.2.3 調查地點—二車道 (H、J 與 K)

調查地點 H 為新北市雙十路二段松柏街至文化路二段間往北方向路段，路段長度約 120 公尺。附近有文教設施、學校、辦公大樓，路段內有停車格及公車停靠區，車道數為二車道。調查時與大樓協調後於頂樓處供空拍飛行器起飛，可加快拍攝進度及避免對用路人之干擾。

地點 H 上午尖峰時段的號誌週期長度為 210 秒，含綠燈 107 秒、紅燈 103 秒；上午離峰時段的號誌週期長度為 180 秒，含綠燈 97 秒，紅燈 83 秒。

地點 H 的幾何型態示意圖與彙整表如圖 4.13 與表 4.8 所示，本路段無路側進出口與路邊汽車停車格的干擾，但有路邊機車停車格，共三群，寬度均為 1.8 公尺，並有一個公車停靠區，位於停止線前 12.1~27.2 公尺處，車道規劃上無機慢車優先道、公車轉用道或禁行機車車道。

調查地點 J 與 K 為新北市中正路永利路至永貞路間往南/往北路段，路段長度約 155 公尺。J 與 K 為同一個路段的對向，幾何型態相同，將同時拍攝兩個地點，再按車流狀況挑選轉換成資料的影片。附近有學校、商業大樓，平常日上下班/課期間會有較多的人潮，車流量較大。另外，兩者路段內有公車停靠區，車道數皆為二車道。

地點 J 與 K 下午尖峰的號誌週期長度為 130 秒，包含綠燈 63 秒、紅燈 67 秒。

地點 J 與 K 的幾何型態示意圖與彙整表如圖 4.16 與表 4.9 所示，本路段無路邊停車格干擾車流，但北往南方向的路段有三個叉路口，分別位於停止線前 39.4~42.1 公尺、55.8~59.6 公尺以及 87.4~90.7 公尺處，此路段兩個方向各有一個公車停靠區，而車道規劃上無機慢車優先道、公車專用道或禁行機車車道，亦無機車待轉區。

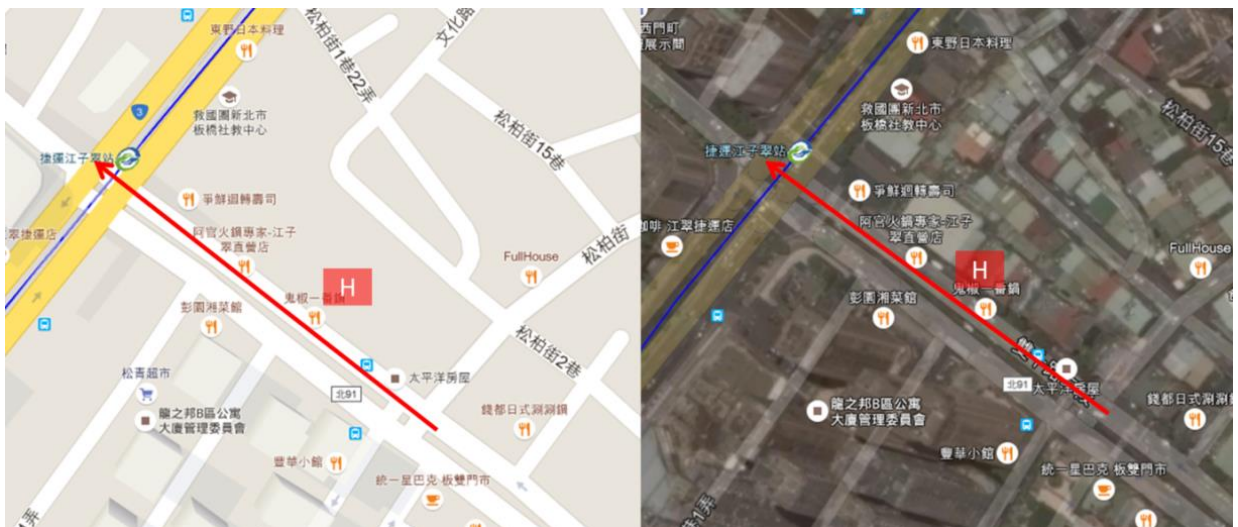


圖 4.11 調查地點 H(新北市雙十路二段)地理位置

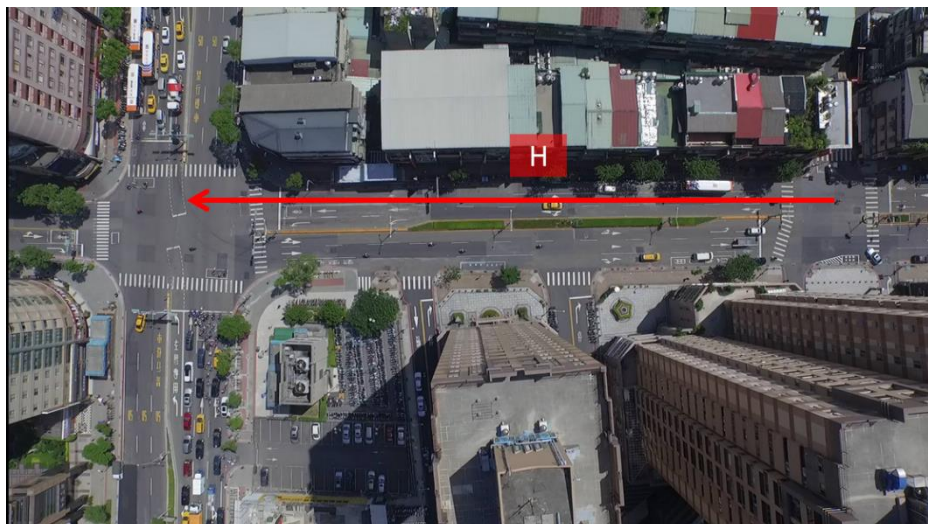


圖 4.12 調查地點 H(新北市雙十路二段)空拍圖

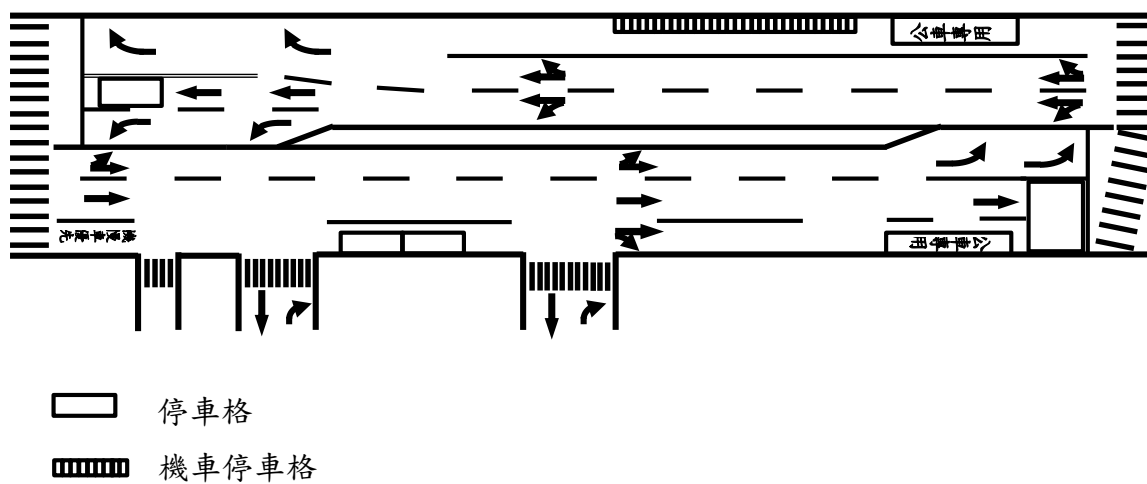


圖 4.13 調查地點 H(新北市雙十路二段)幾何型態示意圖

表 4.8 調查地點 H(新北市雙十路二段)幾何型態描述

路段方向		南往北 (H)	
路段寬度		10	
路段長度		120	
車道數		2	
車道寬	車道 1	3	
	車道 2	3	
	路肩	4	
機車停等區	寬度	2.5	
	長度	6.15	
	分布車道	車道 2	
機車待轉區	長度	4.8	
	寬度	2.5	
	與停止線距離	7.4	
	分布車道	車道 2&路肩	
實體分隔設施		有無分隔島	有
		寬度	1.3
車道規劃	機慢車優先道	N	
	公車專用道	N	
	禁行機車車道	N	
公車停靠區	數量		1
	起始位置(路段上游為 0 m)		12.1
	結束位置(路段上游為 0 m)		27.2
路邊汽車停車格	N		
路邊機車停車格	起訖位置	第一群	32.8-41.3
	寬度		1.8
	起訖位置	第二群	42-47.1
	寬度		1.8
	起訖位置	第三群	50.6-56.45
	寬度		1.8
路側進出口	叉路	N	
	路側建築車道出口	N	
	路側建築車道入口	N	
違規停車區域	區域 1	起點	0
		迄點	12.1
		頻率 (一週期)	1

*起始路段上游為 0m

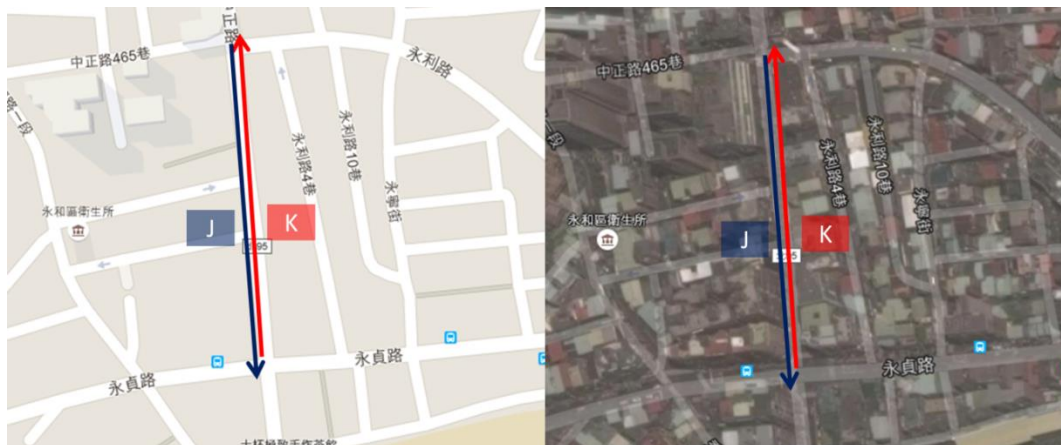


圖 4.14 調查地點 J 與 K(新北市中正路)地理位置



圖 4.15 調查地點 J 與 K(新北市中正路)空拍圖

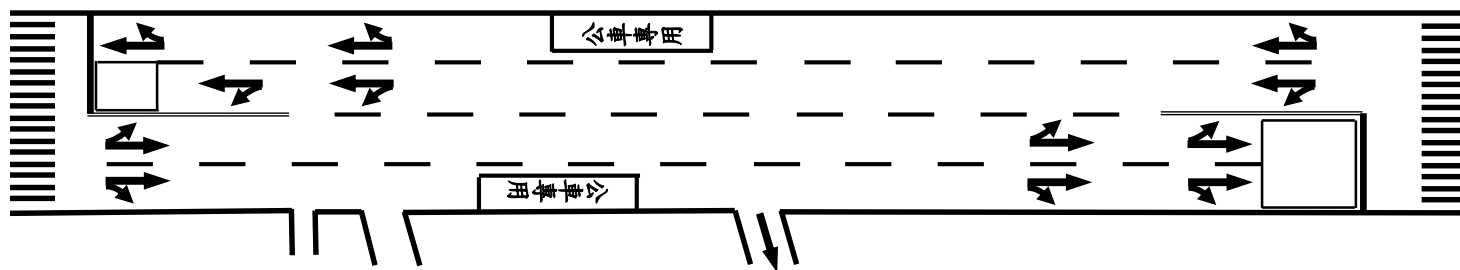


圖 4.16 調查地點 J 與 K(新北市中正路)幾何型態示意圖

表 4.9 調查地點 J 與 K(新北市中正路)幾何型態描述

路段方向			南往北 (J)		北往南 (K)		
路段寬度			6.6		7.4		
路段長度			155		155		
車道數			2		2		
車道寬		車道 1		3.4		3.7	
		車道 2		3.2		3.7	
機車停等區		寬度		3.1		6.4	
		長度		5.74		6.7	
		分布車道		車道 1		車道 1&車道 2	
機車待轉區		N					
實體分隔設施		N					
車道規劃	機慢車優先道		N				
	公車專用道		N				
	禁行機車車道		N				
公車停靠區	數量			1		1	
	起始位置*			69		63.1	
	結束位置*			83.3		78.3	
路邊汽車停車格		N					
路邊機車停車格		N					
路側進出口	叉路*	第一個		N		39.4~42.1	
		第二個				55.8~59.6	
		第三個				87.4~90.7	
	路側建築車道出口		N				
	路側建築車道入口		N				
違規停車區域	區域 1*	起點		65		78.3	
		迄點		75		87.4	
		頻率(一週期)		1		1	

*起始路段上游為 0m

4.2.4 調查地點—兩段式左轉路口 (L 與 M)

調查地點 L 與 M 為台南市小東路上與林森路交叉路口之往西/往東方向，L 與 M 為同一個路口的相對方向，幾何型態相同，將同時拍攝兩個地點，再按車流狀況挑選轉換成資料的影片。小東路現為臺南市東西向主要幹道之一，沿途經國立成功大學、成大醫院，該路段車流量較高，調查路段長度約 200 公尺，路寬 30 公尺，人行道寬 10 公尺，有足夠空間供空拍飛行器平地起飛，且路側無招牌或樹葉阻擋視線，符合空拍的操作條件及法律規範。



圖 4.17 調查地點 L 與 M(小東路上與林森路交叉之路口)地理位置

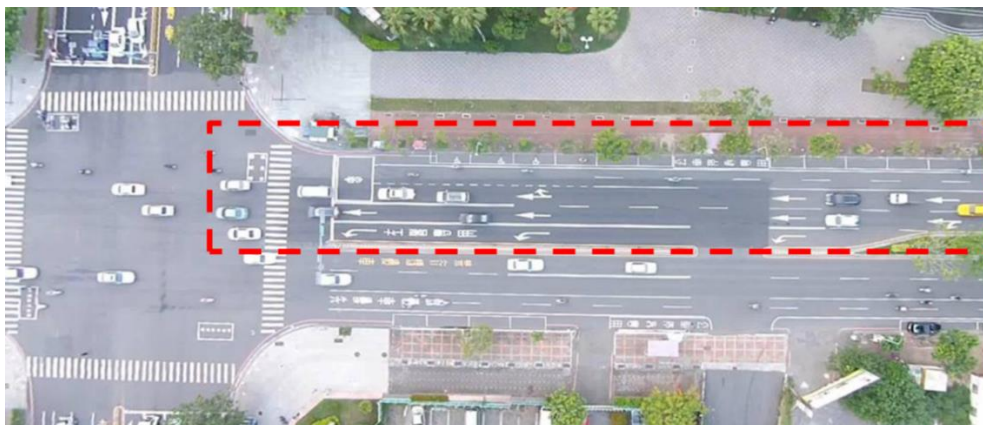


圖 4.18 調查地點 L(小東路上與林森路交叉之路口，東向西)空拍圖

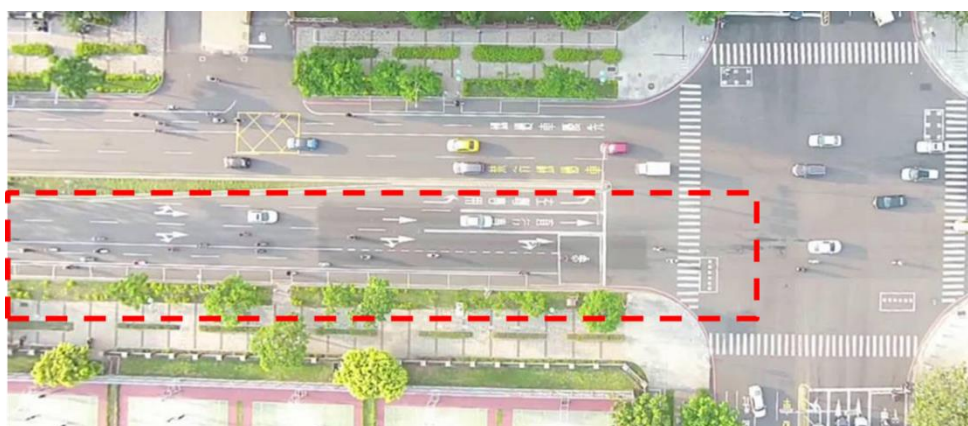


圖 4.19 調查地點 M(小東路上與林森路交叉之路口，西向東)空拍圖

此路口 16:00-18:45 的號誌週期為 130 秒，第一至第四時相綠燈秒數分別為 49 秒、7 秒、40 秒、9 秒，18:45-22:15 的號誌週期為 120 秒，第一至第四時相綠燈秒數分別為 44 秒、5 秒、39 秒、7 秒，第一時相指派給小東路東西向的直行與右轉，第二時相指派給小東路東西向的左轉，第三時相指派給林森路南北向的直行與右轉，第四時相指派給林森路南北向的左轉，如表 4.10 與表 4.11 所示。

幾何型態示意圖與彙整表如圖 4.20、圖 4.21 與表 4.12 所示，調查地點 L 有路邊停車格以及公車停靠區會干擾車流；調查地點 M 有路邊停車格會干擾車流。L 與 M 車道規劃的部分，皆有 4 個車道，其中最內側為汽車左轉專用道，中間車道 2、3 為混合車道，最外側車道為機車優先車道。

表 4.10 調查地點 L 與 M 之號誌時制計畫(16:00-18:45)

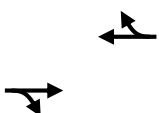
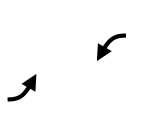
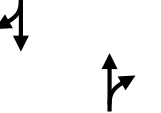
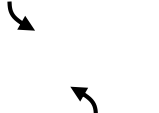
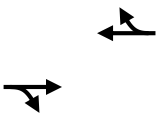
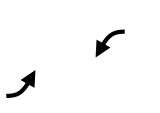
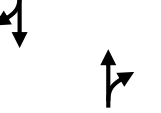
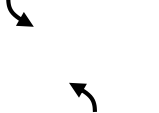
時相	第一時相	第二時相	第三時相	第四時相	週期長度
					
時相長度	56s	13s	46s	15s	130s
綠燈	49s	7s	40s	9s	
黃燈	4s	3s	3s	3s	
全紅	3s	3s	3s	3s	

表 4.11 調查地點 L 與 M 之號誌時制計畫(18:45-22:15)

時相	第一時相	第二時相	第三時相	第四時相	週期長度
					
時相長度	51s	11s	45s	13s	120s
綠燈	44s	5s	39s	7s	
黃燈	4s	3s	3s	3s	
全紅	3s	3s	3s	3s	

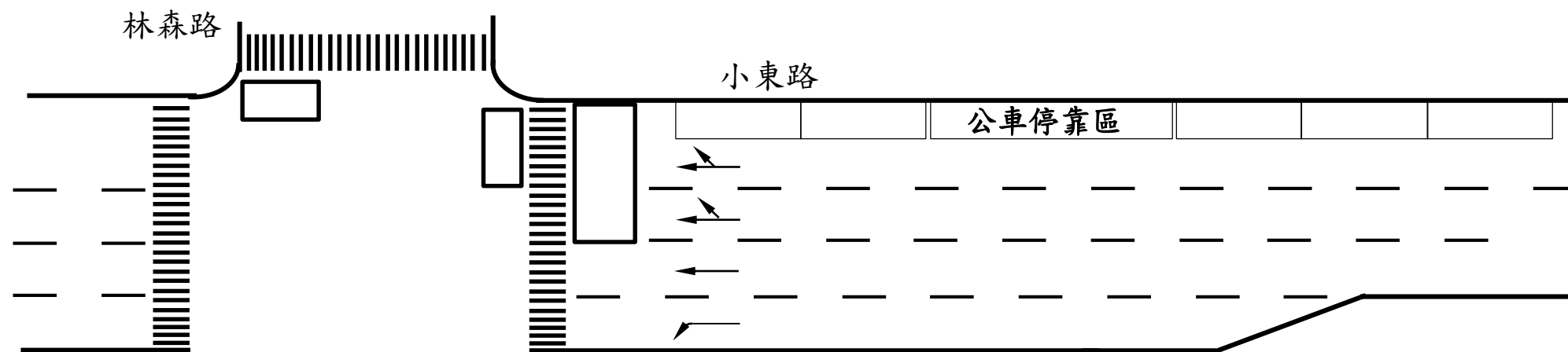


圖 4.20 調查地點 L(小東路上與林森路交叉之路口，東向西) 幾何型態示意圖

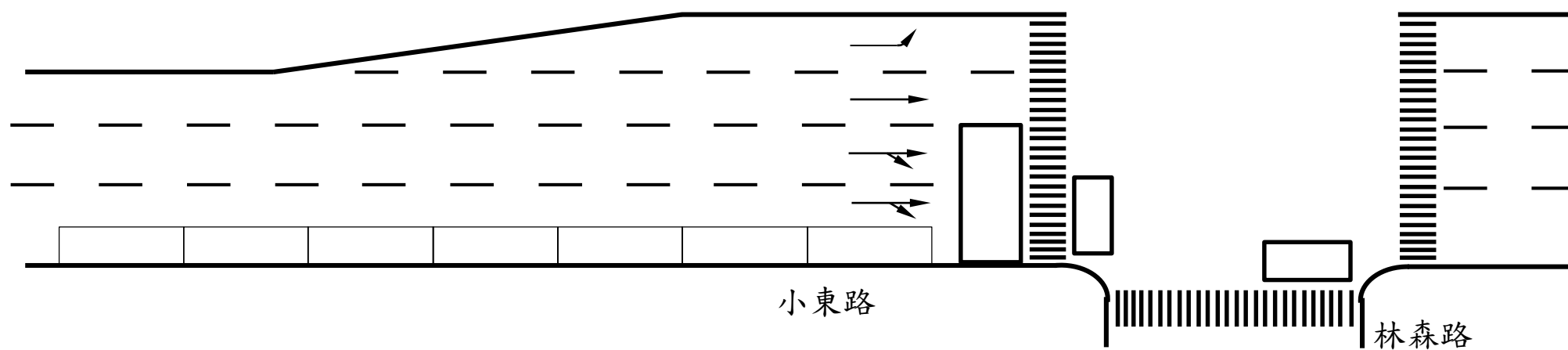


圖 4.21 調查地點 M(小東路上與林森路交叉之路口，西向東) 幾何型態示意圖

表 4.12 調查地點 L 與 M(小東路)幾何型態描述

路段方向			東往西 (L)	西往東 (M)
路口寬度			15	15
是否需兩段式左轉			Y	Y
車道數			4	4
車道寬度	車道 1(左轉專用道)		3	3
	車道 2		3	3
	車道 3		3	3
	車道 4(機慢車優先)		3	3
	路肩寬(含水溝蓋及停車格)		2.5	2.5
有無新增車道、新增車道漸變點與路口距離			85	80
路側進出口	N			
分隔島	寬度		2	2
	與斑馬線距離		5	10
路邊停車格	數量	第一群	4	6
		第二群	2	8
	起訖位置	第一群	距停止線 12m	距停止線 12m
		第二群	距停止線 85m	距停止線 50m
	寬度		2.5	2.5
公車停車格	數量		1	N
	與停止線之距離		50	N
	長度		15	N
	寬度		2.5	N
計程車停車格	N			
機車停等區	寬度		6	6
	長度		7	7
	分布車道		車道 3&車道 4	車道 3&車道 4
機車待轉區	長度		5	5
	寬度		3	3
	與停止線之距離		10	10
	分布車道		4	4

*起始路段上游為 0m

4.2.5 調查地點—非兩段式左轉路口 (N 與 O)

調查地點 N 與 O 為台南市青年路上與慶東街交叉路口之往西/往東方向，N 與 O 為同一個路口的相對方向，幾何型態相同，將同時拍攝兩個地點，再按車流狀況挑選轉換成資料的影片。青年路現為臺南市橫跨東區及中西區的重要東西向道路之一，該路段無須兩段式左轉，且車流量充足，足以供機車非兩段式左轉行為之觀察，調查路段長度約 100 公尺，有足夠空間供空拍飛行器平地起飛，且路側無路樹阻擋視線，符合空拍的操作條件及法律規範。



圖 4.22 調查地點 N 與 O(青年路上與慶東街交叉之路口)地理位置

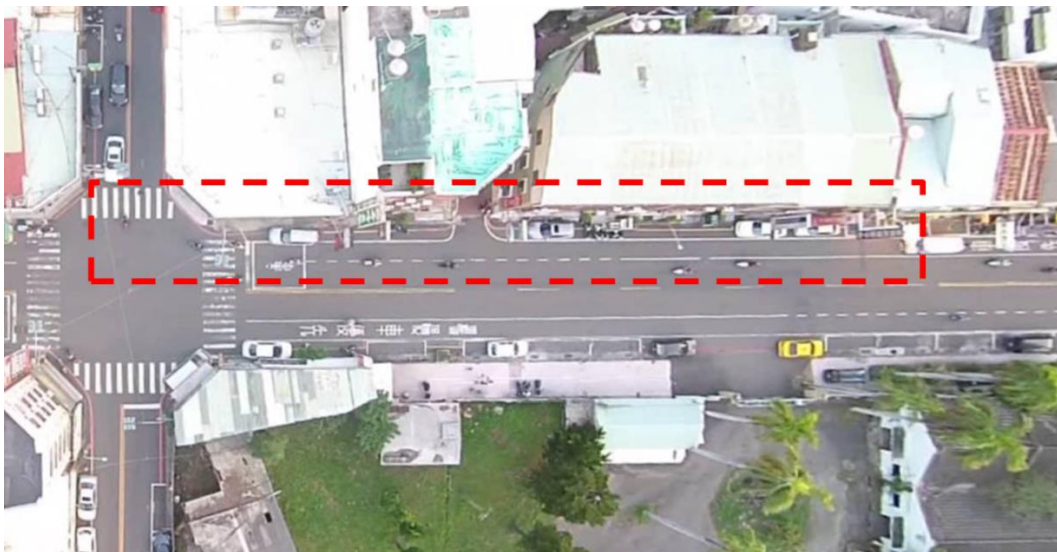


圖 4.23 調查地點 N(青年路上與慶東街交叉之路口，東向西)空拍圖

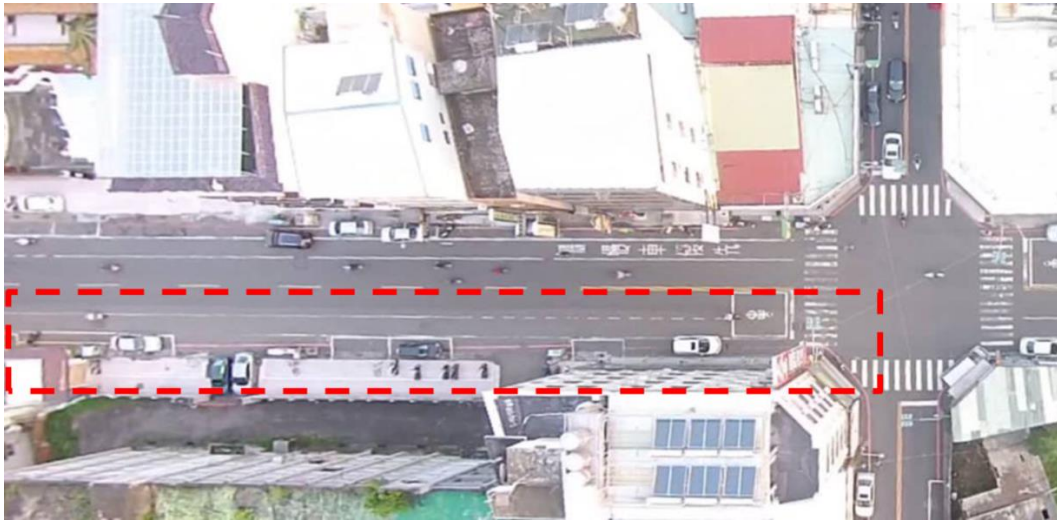


圖 4.24 調查地點 O(青年路上與慶東街交叉之路口，西向東)空拍圖

此路口的號誌週期為 100 秒，第一時相指派給青年路東西向的左轉、直行、右轉，第二時相指派給慶東街南北向的左轉、直行、右轉，第一與第二時相綠燈秒數分別為 60 秒、30 秒，如表 4.13。

幾何型態示意圖與彙整表如圖 4.25、圖 4.26 與表 4.14 所示，調查地點 N 與 O 有路邊停車格會干擾車流。車道規劃的部分，皆有 2 個車道，其中外側車道為機慢車優先車道。

表 4.13 調查地點 N 與 O 之號誌時制計畫

時相	第一時相	第二時相	週期長度
時相長度	65s	35s	100s
綠燈	60s	30s	
黃燈	3s	3s	
全紅	2s	2s	

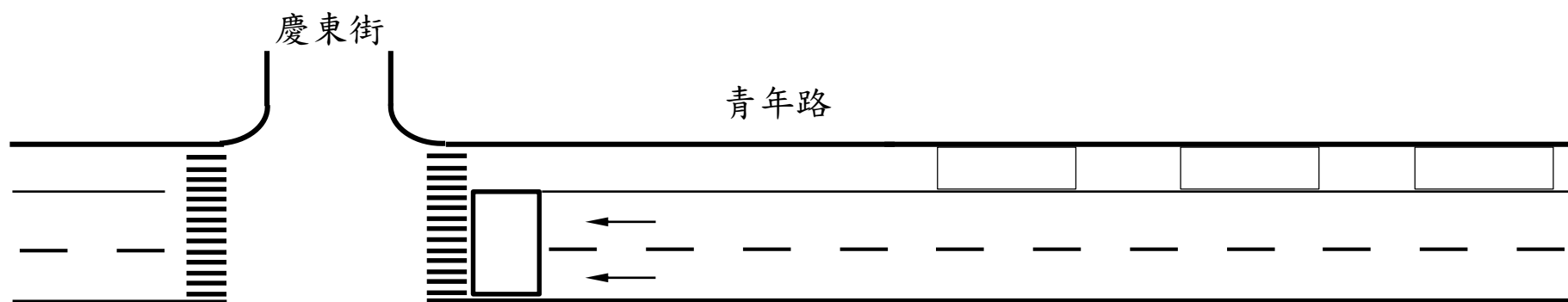


圖 4.25 調查地點 N(青年路與慶東街交叉口，東向西) 幾何型態示意圖

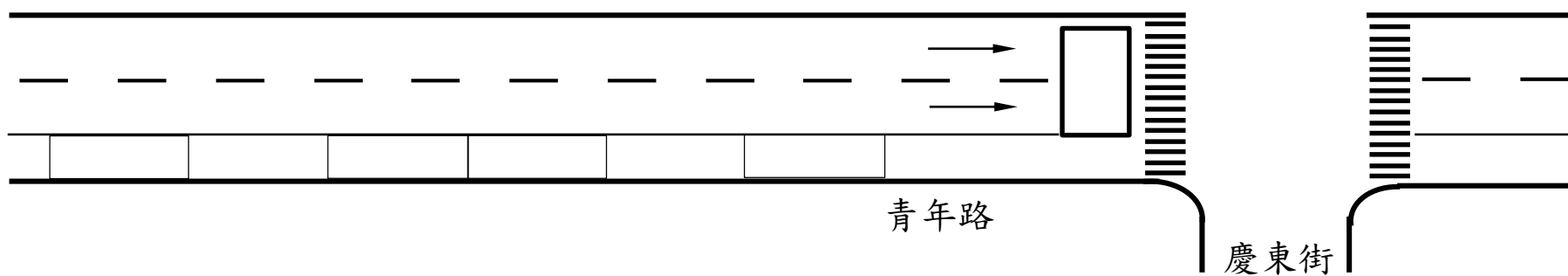


圖 4.26 調查地點 O(青年路與慶東街交叉口，西向東) 幾何型態示意圖

表 4.14 調查地點 N 與 O(青年路)幾何型態描述

路段方向			東往西 (N)	西往東 (O)
路口寬度			7	7
是否需兩段式左轉			N	N
車道數			2	2
車道寬度	車道 1		3	3
	車道 2(機慢車優先)		2	2
	路肩寬(含水溝蓋)		2	2
有無新增車道、新增車道漸變點與路口距離			N	N
路側進出口	N			
分隔島	N			
路邊停車格	數量	第一群	1	1
		第二群	1	2
	起訖位置	第一群	距停止線 57m	距停止線 16m
		第二群	距停止線 65m	距停止線 32m
	寬度		2	2
公車停車格	N			
計程車停車格	N			
機車停等區	寬度		5	5
	長度		5	5
	分布車道		車道 1&車道 2	車道 1&車道 2
機車待轉區	N			

*起始路段上游為 0m

4.3 影片拍攝時段整理

本研究調查各種資料所需之小時數可見表 4.15。

表 4.15 調查小時數

	車道特性	模式校估用	模式驗證用	總時數
路段	4 線道	2 小時	2 小時	12 小時
	3 線道	2 小時	2 小時	
	2 線道	2 小時	2 小時	
路口	路口可左轉	2 小時	2 小時	8 小時
	路口兩段式左轉	2 小時	2 小時	
總時數		10 小時	10 小時	20 小時

空中拍攝的工作於 6 月份至 10 月份的平常日進行，拍攝時間涵蓋上午尖峰時段(07:30~10:00)及下午尖峰時段(16:00~19:00)。實際拍攝的日期、時間、地點詳列如下。

4.3.1 調查地點—四車道(D 與 E)

調查地點 D 為羅斯福路一段往北路段，林森南路至愛國東路；調查地點 E 為羅斯福路一段往南路段，愛國東路至林森南路，D 與 E 為同一個路段的對向，幾何型態相同，將同時拍攝兩個地點，再按車流狀況挑選轉換成資料的拍攝影片，包含早上尖、離峰與下午尖、離峰時段的車流狀況，含括低、中、高密度車流，影片長度各為 192 分鐘 38 秒，共 384 分鐘 76 秒。由於調查地點 E 之上午尖、離峰車流量較少，故不採用於後續研究分析。經初步篩選後有 58 個完整週期可使用，符合計畫需求。詳細資料如表 4.16 所示：

表 4.16 調查地點 D 與 E 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期 數目
		開始	結束	影片長度	
2015/06/26	D1&E1	08:15:10	08:25:00	00:09:50	3
2015/06/26	D2&E2	08:31:24	08:41:00	00:09:36	3
2015/06/26	D3&E3	08:47:47	08:59:00	00:11:13	3
2015/06/26	D4&E4	09:03:05	09:16:13	00:13:08	4
2015/06/26	D5&E5	09:22:38	09:33:44	00:11:06	4
2015/06/26	D6&E6	09:39:14	09:51:12	00:11:58	4
2015/06/26	D7&E7	09:56:57	10:08:40	00:11:43	4
2015/06/26	D8&E8	16:06:00	16:18:00	00:12:00	4
2015/07/06	D9&E9	16:26:00	16:38:00	00:12:00	4
2015/07/06	D10&E10	16:48:00	16:59:00	00:11:00	3
2015/07/06	D11&E11	17:07:45	17:21:54	00:14:09	4
2015/07/06	D12&E12	17:28:50	17:41:35	00:12:45	4
2015/07/06	D13&E13	17:48:05	18:01:30	00:13:25	4
2015/07/06	D14&E14	18:07:55	18:21:30	00:13:35	4
2015/07/06	D15&E15	18:28:05	18:39:45	00:11:40	3
2015/07/06	D16&E16	18:44:50	18:58:20	00:13:30	3
Total				3:12:38	58

4.3.2 調查地點—三車道(G)

調查地點 G 為新竹市慈雲路往北路段，拍攝影片僅含下午尖、離峰時段的車流狀況，影片長度共 214 分鐘 35 秒，經初步篩選後有 37 個完整週期可使用，符合計畫需求。詳細資料如表 4.17 所示：

表 4.17 調查地點 G 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期 數目
		開始	結束	影片長度	
2015/08/10	G1	17:43:26	17:52:06	00:08:40	1
2015/08/10	G2	17:59:21	18:11:39	00:12:18	2
2015/08/10	G3	18:18:12	18:30:04	00:11:52	2
2015/08/10	G4	18:36:40	18:46:58	00:10:18	1
2015/08/10	G5	18:53:30	19:00:31	00:07:01	1
2015/08/11	G6	17:52:35	18:02:39	00:10:04	2
2015/08/11	G7	18:14:02	18:21:49	00:07:47	1
2015/08/11	G8	18:26:09	18:38:10	00:12:01	2
2015/08/11	G9	18:44:32	18:50:30	00:05:58	1
2015/08/11	G10	18:58:23	19:10:15	00:11:52	2
2015/08/17	G11	16:59:09	17:10:43	00:11:34	2
2015/08/17	G12	17:19:16	17:32:29	00:13:13	2
2015/08/17	G13	17:40:01	17:52:23	00:12:22	2
2015/08/17	G14	17:59:22	18:12:51	00:13:29	3
2015/08/17	G15	18:19:43	18:32:07	00:12:24	2
2015/08/18	G16	16:36:43	16:49:10	00:12:27	4
2015/08/18	G17	16:54:56	17:06:58	00:12:02	3
2015/08/18	G18	17:35:00	17:42:38	00:07:38	1
2015/08/18	G19	17:50:03	18:02:12	00:12:09	2
2015/08/18	G20	18:09:36	18:19:02	00:09:26	1
Total				3:34:35	37

4.3.3 調查地點—二車道(H、J 與 K)

二車道的調查共分 3 組不同路段的影片，因原定調查地點 H 於第一天的拍攝(7/6)順利進行，但第二天(7/13)調查當日，飛行平台受磁場干擾，考量飛行安全因素後，決定轉移至調查地點 J 及 K 繼續進行。而這些地點的幾何型態相近，可互相替補，不影響分析工作。

調查地點 H 為新北市雙十路二段往北方向路段，松柏街至文化路二段，拍攝影片僅含早上尖峰時段的車流狀況，影片長度共 106 分鐘 5 秒，經初步篩選後有 29 個完整週期可使用。

調查地點 J 與 K 為同一個路段的對向，幾何型態相近，將同時拍攝兩個地點，再按車流狀況挑選轉換成資料的影片，包含下午尖、離峰時段的車流狀況，含括低、中、高密度車流，影片長度各 94 分鐘 32 秒，共 189 分鐘 4 秒，經初步篩選後有 38 個完整週期可使用，詳細資料如表 4.18 所示：

表 4.18 調查地點 H 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期 數目
		開始	結束	影片長度	
2015/07/06	H1	07:46:44	08:00:56	00:14:12	4
2015/07/06	H2	08:07:49	08:21:37	00:13:48	3
2015/07/06	H3	08:28:50	08:44:14	00:15:24	4
2015/07/06	H4	08:49:36	09:04:43	00:15:07	4
2015/07/06	H5	09:08:24	09:25:21	00:16:57	4
2015/07/06	H6	09:31:29	09:46:58	00:15:29	5
2015/07/06	H7	09:52:21	10:07:29	00:15:08	5
Total				1:46:05	29

表 4.19 調查地點 J 與 K 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期 數目
		開始	結束	影片長度	
2015/07/13	J1&K1	17:12:17	17:23:34	00:11:17	5
2015/07/13	J2&K2	17:27:20	17:41:20	00:14:00	6
2015/07/13	J3&K3	17:45:58	18:00:05	00:14:07	6
2015/07/13	J4&K4	18:02:41	18:16:09	00:13:28	5
2015/07/13	J5&K5	18:19:39	18:33:46	00:14:07	5
2015/07/13	J6&K6	18:37:05	18:50:51	00:13:46	5
2015/07/13	J7&K7	18:54:12	19:07:59	00:13:47	6
Total				1:34:32	38

4.3.4 調查地點—兩段式左轉路口(L 與 M)

調查地點 L 與 M 為台南市小東路上與林森路交叉之路口，兩個地點位於同一個路口的對向，如圖 4.17。地點 L 影片編號 L1 至 L10，拍攝影片包含低、中、高密度車流，影片長度為 127 分鐘 17 秒，符合計畫需求。地點 M 影片編號 M1 至 M10。拍攝影片包含低、中、高密度車流，影片長度為 123 分鐘 29 秒，符合計畫需求。各影片完整週期數目、影片開始與結束時間等詳細資料如表 4.20、表 4.21 所示。

表 4.20 調查地點 L 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期數目
		開始	結束	影片長度	
2015/07/23	L1	17:40:49	17:51:36	00:10:47	4
2015/07/23	L2	17:58:10	18:11:04	00:12:54	5
2015/07/23	L3	18:17:41	18:30:40	00:12:59	5
2015/07/23	L4	18:37:10	18:50:10	00:13:00	5
2015/08/04	L5	18:15:44	18:28:46	00:13:02	5
2015/08/03	L6	18:33:04	18:43:50	00:10:46	4
2015/08/03	L7	18:58:53	19:05:32	00:06:39	2
2015/08/04	L8	17:58:25	18:09:28	00:11:03	4
2015/08/04	L9	18:35:15	18:46:04	00:10:49	4
2015/10/06	L10	17:04:16	17:18:40	00:14:24	6
2015/10/06	L11	17:23:06	17:34:00	00:10:54	4
Total				2:07:17	48

表 4.21 調查地點 M 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期數目
		開始	結束	影片長度	
2015/07/31	M1	17:45:19	17:56:16	00:10:57	4
2015/07/31	M2	18:20:00	18:32:58	00:12:58	5
2015/07/31	M3	18:39:31	18:52:20	00:12:49	5
2015/08/03	M4	17:54:06	18:07:02	00:12:56	5
2015/08/03	M5	18:13:48	18:26:28	00:12:40	5
2015/07/31	M6	18:02:40	18:15:32	00:12:52	5
2015/08/04	M7	18:52:36	19:03:20	00:10:44	4
2015/10/01	M8	17:49:15	18:01:50	00:12:35	5
2015/10/06	M9	17:40:25	17:51:06	00:10:41	4
2015/10/07	M10	17:10:47	17:25:04	00:14:17	6
Total				02:03:29	48

4.3.5 調查地點—非兩段式左轉路口(N 與 O)

調查地點 N 為台南市青年路上與慶東街交叉之路口，如圖 4.22。各影片完整週期數目則視各影片長度而定，除影片編號 N2 與 N9 僅具 3 個完整週期，其餘影片大致具有 5 至 8 個不等的完整週期。

調查地點 O 為台南市青年路上與慶東街交叉之路口，N 與 O 為同一個路口的對向，幾何型態相同，將同時拍攝兩個地點，再按車流狀況挑選轉換成資料的影片拍攝影片，包含下午尖、離峰時段的車流狀況，含括低、中、高密度車流，影片長度各 131 分鐘 43 秒，符合計畫需求。詳細資料如表 4.22 所示：

表 4.22 調查地點 N 與 O 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期 數目
		開始	結束	影片長度	
2015/07/24	N1&O1	18:22:24	18:37:04	00:14:40	8
2015/07/29	N2&O2	18:00:35	18:07:08	00:06:33	3
2015/07/29	N3&O3	18:17:33	18:30:32	00:12:59	7
2015/07/29	N4&O4	18:35:52	18:48:50	00:12:58	7
2015/07/30	N5&O5	18:02:32	18:15:30	00:12:58	7
2015/07/30	N6&O6	18:20:52	18:32:12	00:11:20	6
2015/07/24	N7&O7	18:07:57	18:19:12	00:11:15	6
2015/07/24	N8&O8	18:42:25	18:55:24	00:12:59	7
2015/07/29	N9&O9	17:46:12	17:52:28	00:06:16	3
2015/07/29	N10&O10	18:56:32	19:07:02	00:10:30	6
2015/07/30	N11&O11	17:47:33	17:57:12	00:09:39	5
2015/07/30	N12&O12	18:39:12	18:48:48	00:09:36	5
Total				2:11:43	70

4.4 校估用資料

依表 4.2 可知，本研究之蒐集資料工作分為蒐集校估用之資料以及驗證模式用之資料。而為顧及校估用資料與驗證用資料均包含高、中、低車流密度，因此以人工方式將拍攝回來之影片分為兩部分，各部分均包含高、中、低之車流密度。一部分拿來蒐集校估用之資料，另一部分則用來蒐集驗證用之資料。兩部分之資料統計如下述。

4.4.1 車流軌跡擷取方式

本研究所蒐集之車流資料分為校估模式用與驗證模式用兩類。校估模式用之資料主要用來進行模式參數的校估，而驗證模式用之資料為模式建立完成後，用來測試模式準確性之資料。於蒐集資料的過程中，本研究係以「工讀生—隊長—研究者」三個層次來控管、檢核資料蒐集和處理的品質。藉由此分層處理方式，可節省並且有效率的管理。工讀生負責進行軌

跡擷取；隊長負責教工讀生使用車流軌跡擷取軟體並控管其品質，並修正軌跡擷取時的誤差；研究者將軌跡資料進行分析並給予隊長一套資料檢核機制去執行。

4.4.1.1 軟體介紹

校估模式用之資料與部份驗證模式用之資料係使用車流軌跡擷取軟體(Trajectory Extractor (Lee, Polak and Bell, 2008a)來擷取影片車流中各車輛的座標位置。Trajectory Extractor 為本團隊協同主持人李子璋博士所開發之半自動的車輛軌跡擷取軟體。此軟體中有測量車輛長度寬度的功能。測量車輛長寬時，操作者將車輛在螢幕上所佔之長度及寬度之端點以滑鼠點出，軟體可以藉由座標轉換之功能而換算出車輛真實之長寬。

此軟體另有設定擷取頻率之功能。操作時該軟體會將所讀入的影片檔停格於指定的時間點並顯示於螢幕上，操作者設定好欲擷取軌跡資料時間序列中每個時間點之間隔，選定欲擷取軌跡之車輛，以滑鼠點擊螢幕上該車之位置，每點擊一次，此軟體會記錄所點擊之座標，然後影片會自動跳至下一個時間點並停格，以供操作者辨視並點擊該車在下一時時間點之位置。經一系列之點擊後，這些座標序列即為該車在螢幕上之軌跡，此軟體以其內建之座標轉換功能，將這些座標轉換為現實世界之座標位置，並儲存於資料庫中。

此軟體可將所擷取之軌跡資料庫以分二種型式以動畫呈現，一是將資料庫之車輛種類、編號、大小套繪在原有之影片上，如下圖 4.27 所示；一是將資料庫之車流及道路，以俯視的角度，以動畫放映，如下圖 4.28 所示。此功能有數個優點，(1)可即時檢視所擷取資料之正確性及合理性，將人為誤差之發生率減至最低；(2)可供研究人員觀察及判讀車流狀態，協助建構模型。



圖 4.27 所擷取之車流資料與原影像套繪

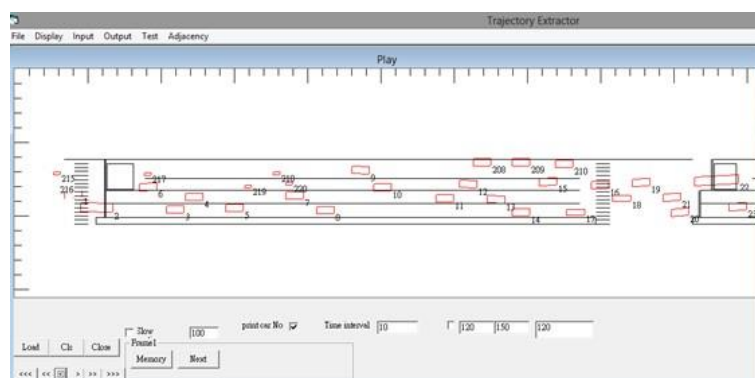


圖 4.28 以動畫呈現車流

本研究對拍攝的影片進行車流軌跡資料的擷取，藉由車流軌跡擷取軟體所建立之車輛軌跡資料庫，可計算各車輛在各個時間點之速度及加速度，除此之外，不僅可分析個別車輛的行駛特性，連帶的車與車間之互動關係，包括時間間距、空間間距、相對位置等，亦可同時計算，這些微觀尺度的資料亦可整合成巨觀尺度的車流特性。

4.4.2 資料統計

本研究對拍攝的影片進行車流軌跡資料的擷取，各調查地點的資料狀況如表 4.23-表 4.32 所示。

表 4.23 中為調查地點 D 之資料統整，調查地點 D 共分 9 段資料，所有資料之總共秒數為 6330 秒，共擷取了 11458 筆車輛，總共有 420636 筆資料，一輛車在影片中停留一秒即產生一筆資料，其中 64%為機車、24%為小汽車、10%為計程車、1%為公車。表 4.24 錯誤! 找不到參照來源。中為調查地點 E 之資料統整，調查地點 E 共分 2 段資料，所有資料之總共秒數為 1721 秒，共擷取了 2935 筆車輛，總共有 131241 筆資料，一輛車在影片中停留一秒即產生一筆資料，其中 62%為機車、27%為小汽車、8%為計程車、1%為公車。

表 4.25 中為調查地點 G 之資料統整，調查地點 G 共分 10 段資料，所有資料之總共秒數為 5861 秒，共擷取了 5733 筆車輛，總共有 320080 筆資料，其中 52%為機車、45%為小汽車。

表 4.26 中為調查地點 H 之資料統整，調查地點 H 共分 3 段資料，所有資料之總共秒數為 2675 秒，共擷取了 1536 筆車輛，總共有 105018 筆資料，一輛車在影片中停留一秒即產生一筆資料，其中 62%為機車、29%為小汽車、8%為計程車。表 4.27 中為調查地點 J 之資料統整，調查地點 J 共分 3 段資料，所有資料之總共秒數為 2266 秒，共擷取了 1052 筆車輛，總共有 40210 筆資料，其中 70%為機車、18%為小汽車、9%為計程車、3%為公車。

表 4.28 中為調查地點 K 之資料統整，調查地點 K 共分 3 段資料，所有資料之總共秒數為 2265 秒，共擷取了 1236 筆車輛，總共有 51690 筆資料，一輛車在影片中停留一秒即產生一筆資料，其中 67%為機車、23%為小汽車、7%為計程車、3%為公車。

表 4.29 中為調查地點 L 之資料統整，調查地點 L 共分 5 段資料，所有資料之總共秒數為 3455 秒，共擷取了 2408 筆車輛，總共有 107037 筆資料，其中 1%為自行車、65%為機車、32%為小汽車、2%為計程車。

表 4.30 中為調查地點 M 之資料統整，調查地點 M 共分 5 段資料，所有資料之總共秒數為 3508 秒，共擷取了 3063 筆車輛，總共有 107945 筆資料，其中 1%為自行車、64%為機車、32%為小汽車、2%為計程車。

表 4.31 中為調查地點 N 之資料統整，調查地點 N 共分 6 段資料，所有資料之總共秒數為 4007 秒，共擷取了 1487 筆車輛，總共有 32246 筆資料，一輛車在影片中停留一秒即產生一筆資料，其中 2%為自行車、82%為機車、15%為小汽車、1%為計程車。

表 4.32 中為調查地點 O 之資料統整，調查地點 O 共分 6 段資料，所有資料之總共秒數為 3925 秒，共擷取了 906 筆車輛，總共有 34132 筆資料，一輛車在影片中停留一秒即產生一筆資料，其中 1%為行人、2%為自行車、78%為機車、19%為小汽車。

表 4.23 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 D)

資料編號	秒數	資料型態	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
D1	617	資料筆數	49822	14641	5654	9	45	1067	71238
			70%	21%	8%	0%	0%	1%	100%
		車輛數	1066	348	139	1	1	13	1568
			68%	22%	9%	0%	0%	1%	100%
D2	612	資料筆數	45894	14212	4740	69	0	724	65639
			70%	22%	7%	0%	0%	1%	100%
		車輛數	980	341	132	1	0	11	1465
			67%	23%	9%	0%	0%	1%	100%
D3	640	資料筆數	29633	12249	6421	42	0	377	48722
			61%	25%	13%	0%	0%	1%	100%
		車輛數	937	359	185	1	0	10	1492
			63%	24%	12%	0%	0%	1%	100%
D4	707	資料筆數	27348	9722	5076	117	0	693	42956
			64%	23%	12%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	619	273	150	4	0	13	1059
			58%	26%	14%	0%	0%	1%	100%
D5	665	資料筆數	23355	8767	3890	66	0	805	36883
			63%	24%	11%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	399	145	76	2	0	14	636
			63%	23%	12%	0%	0%	2%	100%
D6	695	資料筆數	22360	10721	4216	0	0	552	37849
			59%	28%	11%	0%	0%	1%	100%
		車輛數	507	272	140	0	0	16	935
			54%	29%	15%	0%	0%	2%	100%
D7	672	資料筆數	18596	9933	4072	56	0%	170	32827
			57%	30%	12%	0%	0%	1%	10%
		車輛數	394	229	116	10	0%	7	756
			52%	30%	15%	1%	0%	1%	100%
D11	849	資料筆數	34499	9220	3966	0	0	864	48615
			71%	19%	8%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	1212	417	130	0	0	17	1779
			68%	23%	7%	0%	0%	1%	100%
D12	873	資料筆數	24294	8236	2800	0	0	577	35907
			68%	23%	8%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	1272	356	129	0	0	11	1768
			72%	20%	7%	0%	0%	1%	100%
Total	6330	資料筆數	275801	97701	40835	359	45	5829	420636
			66%	23%	10%	0%	0%	1%	100%
		車輛數	7386	2740	1197	19	1	112	11458
			64%	24%	10%	0%	0%	1%	100%

表 4.24 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 E)

資料編號	秒數	資料型態	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
E11	849	資料筆數	35078	22170	5532	0	0	1095	64409
			54%	34%	9%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	565	293	84	0	0	14	969
			58%	30%	9%	0%	0%	1%	100%
E12	872	資料筆數	39041	19505	6794	0	0	1428	66832
			58%	29%	10%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	1260	514	163	0	0	26	1966
			64%	26%	8%	0%	0%	1%	100%
Total	1721	資料筆數	74119	41675	12326	0	0	2523	131241
			56%	32%	9%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	1825	807	247	0	0	40	2935
			62%	27%	8%	0%	0%	1%	100%

表 4.25 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 G)

資料編號	秒數	資料型態	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
G01	519	資料筆數	10594	16647	274	0	226	25	27766
			38%	60%	1%	0%	1%	0%	100%
		車輛數	237	287	4	0	3	1	532
			45%	54%	1%	0%	1%	0%	100%
G02	737	資料筆數	13510	16301	213	143	0	0	30167
			45%	54%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	347	386	6	3	0	0	742
			47%	52%	1%	0%	0%	0%	100%
G03	711	資料筆數	18505	17926	33	0	0	0	36464
			51%	49%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	402	312	1	0	0	0	715
			56%	44%	0%	0%	0%	0%	100%
G04	617	資料筆數	13256	25536	107	93	18	214	39224
			34%	65%	0%	0%	0%	1%	100%
		車輛數	313	295	1	3	1	1	614
			51%	48%	0%	0%	0%	0%	100%
G05	420	資料筆數	11389	19685	205	33	126	0	31438
			36%	63%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	186	180	3	1	1	0	371
			50%	49%	1%	0%	0%	0%	100%
G06	603	資料筆數	11248	17794	248	118	0	32	29440
			38%	60%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	200	293	3	3	0	1	500
			40%	59%	1%	1%	0%	0%	100%
G07	466	資料筆數	17536	20534	0	0	0	0	38229
			46%	54%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	357	247	0	0	0	0	607
			59%	41%	0%	0%	0%	0%	100%
G08	720	資料筆數	19649	9976	224	0	0	0	33787
			58%	30%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	485	105	1	0	0	0	685
			71%	15%	0%	0%	0%	0%	100%
G09	357	資料筆數	8688	9047	81	0	0	0	17816
			49%	51%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	207	161	2	0	0	0	370
			56%	44%	1%	0%	0%	0%	100%
G10	711	資料筆數	10726	24922	67	0	34	0	35749
			30%	70%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	255	339	2	0	1	0	597
			43%	57%	0%	0%	0%	0%	100%
Total	5861	資料筆數	135101	178368	1452	387	404	271	320080
			42%	56%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	2989	2605	23	10	6	3	5733
			52%	45%	0%	0%	0%	0%	100%

表 4.26 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 H)

資料編號	秒數	資料型態	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
H03	715	資料筆數	20961	11678	2796	0	150	93	35678
			59%	33%	8%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	357	151	31	0	1	1	541
			66%	28%	6%	0%	0%	0%	100%
H04	924	資料筆數	15566	13122	3690	0	0	142	32594
			48%	40%	11%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	218	146	39	0	0	2	413
			53%	35%	9%	0%	0%	0%	100%
H05	1036	資料筆數	20459	11537	4436	0	113	201	36746
			56%	31%	12%	0%	0%	1%	100%
		車輛數	370	152	57	0	2	1	582
			64%	26%	10%	0%	0%	0%	100%
Total	2675	資料筆數	56986	36337	10922	0	263	436	105018
			54%	35%	10%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	945	449	127	0	3	4	1536
			62%	29%	8%	0%	0%	0%	100%

表 4.27 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 J)

資料編號	秒數	資料型態	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
J01	706	資料筆數	6803	2636	1117	0	0	263	10819
			63%	24%	10%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	226	65	27	0	0	8	326
			69%	20%	8%	0%	0%	2%	100%
J02	714	資料筆數	6948	2923	875	33	19	661	11459
			61%	26%	8%	0%	0%	6%	100%
		車輛數	209	62	25	1	1	15	313
			67%	20%	8%	0%	0%	5%	100%
J03	846	資料筆數	12436	3335	1830	21	6	304	17932
			69%	19%	10%	0%	0%	2%	100%
		車輛數	302	60	40	1	1	9	413
			73%	15%	10%	0%	0%	2%	100%
Total	2266	資料筆數	26187	8894	3822	54	25	1228	40210
			65%	22%	10%	0%	0%	3%	100%
		車輛數	737	187	92	2	2	32	1052
			70%	18%	9%	0%	0%	3%	100%

表 4.28 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 K)

資料編號	秒數	資料型態	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
K01	706	資料筆數	8140	2475	740	0	0	360	11715
			69%	21%	6%	0%	0%	3%	100%
		車輛數	211	51	14	0	0	6	282
			75%	18%	5%	0%	0%	2%	100%
K02	714	資料筆數	7361	8111	1113	0	0	654	17239
			43%	47%	6%	0%	0%	4%	100%
		車輛數	172	101	27	0	0	13	313
			55%	32%	9%	0%	0%	4%	100%
K03	845	資料筆數	14388	5406	2121	0	0	794	22736
			63%	24%	9%	0%	0%	3%	100%
		車輛數	447	131	47	0	0	15	641
			70%	20%	7%	0%	0%	2%	100%
Total	2265	資料筆數	29889	15992	3974	0	0	1808	51690
			58%	31%	8%	0%	0%	3%	100%
		車輛數	830	283	88	0	0	34	1236
			67%	23%	7%	0%	0%	3%	100%

表 4.29 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 L)

資料編號	秒數	資料型態	行人	自行車	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
L01	645	資料筆數	0	160	13340	6266	291	0	23	0	20080
			0%	1%	66%	31%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	3	300	143	8	0	2	0	456
			0%	1%	66%	31%	2%	0%	0%	0%	100%
L02	692	資料筆數	0	131	13194	6749	354	14	123	0	20565
			0%	1%	64%	33%	2%	0%	1%	0%	100%
		車輛數	0	2	306	139	6	1	2	0	456
			0%	0%	67%	30%	1%	0%	0%	0%	100%
L03	713	資料筆數	0	171	16538	8340	530	64	96	0	25739
			0%	1%	64%	32%	2%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	3	341	175	10	1	3	0	533
			0%	1%	64%	33%	2%	0%	1%	0%	100%
L04	713	資料筆數	0	203	12348	7240	310	10	81	0	20192
			0%	1%	61%	36%	2%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	4	282	165	9	1	2	0	463
			0%	1%	61%	36%	2%	0%	0%	0%	100%
L05	692	資料筆數	0	437	12179	7164	610	37	34	0	20461
			0%	2%	60%	35%	3%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	8	336	143	11	1	1	0	500
			0%	2%	67%	29%	2%	0%	0%	0%	100%
Total	3455	資料筆數	0	1102	67599	35759	2095	125	357	0	107037
			0%	1%	63%	33%	2%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	20	1565	765	44	4	10	0	2408
			0%	1%	65%	32%	2%	0%	0%	0%	100%

表 4.30 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 M)

資料編號	秒數	資料型態	行人	自行車	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
M01	656	資料筆數	0	390	13481	7285	846	0	48	109	22159
			0%	1%	66%	31%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	6	385	191	23	0	2	3	614
			0%	1%	66%	31%	2%	0%	0%	0%	100%
M02	713	資料筆數	0	275	14745	7571	755	15	0	109	23470
			0%	1%	63%	32%	3%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	4	428	187	17	1	0	2	639
			0%	1%	67%	29%	3%	0%	0%	0%	100%
M03	713	資料筆數	0	263	11453	8719	255	45	0	14	21001
			0%	1%	55%	42%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	6	361	191	10	3	0	1	580
			0%	1%	62%	33%	2%	1%	0%	0%	100%
M04	713	資料筆數	0	0	12162	9247	92	0	186	0	21822
			0%	0%	56%	42%	0%	0%	1%	0%	100%
		車輛數	0	0	415	232	1	0	3	0	656
			0%	0%	63%	35%	0%	0%	0%	0%	100%
M05	713	資料筆數	0	292	12435	6058	465	218	0	25	19493
			0%	2%	60%	35%	3%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	7	381	169	11	4	0	2	574
			0%	2%	67%	29%	2%	0%	0%	0%	100%
Total	3508	資料筆數	0	1220	64276	38880	2413	278	234	257	107945
			0%	1%	60%	36%	2%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	23	1970	970	62	8	5	8	3063
			0%	1%	64%	32%	2%	0%	0%	0%	100%

表 4.31 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 N)

資料編號	秒數	資料型態	行人	自行車	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
N01	714	資料筆數	0	118	3216	968	0	0	13	0	4315
			0%	3%	75%	22%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	3	202	33	0	0	1	0	239
			0%	1%	85%	14%	0%	0%	0%	0%	100%
N02	475	資料筆數	0	213	2550	2443	0	0	0	0	5206
			0%	4%	49%	47%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	6	147	34	0	0	0	0	187
			0%	3%	79%	18%	0%	0%	0%	0%	100%
N03	713	資料筆數	0	183	3257	4189	24	46	0	0	7699
			0%	2%	42%	54%	0%	1%	0%	0%	100%
		車輛數	0	5	183	31	2	1	0	0	222
			0%	2%	82%	14%	1%	0%	0%	0%	100%
N04	714	資料筆數	5	83	3906	916	69	0	0	0	4987
			0%	2%	78%	18%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	1	3	225	41	1	0	0	0	272
			0%	1%	83%	15%	0%	0%	0%	0%	100%
N05	713	資料筆數	0	175	3291	687	13	0	0	0	4166
			0%	4%	79%	16%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	5	230	36	1	0	0	0	272
			0%	2%	85%	13%	0%	0%	0%	0%	100%
N06	678	資料筆數	0	92	4535	1093	132	21	0	0	5873
			0%	2%	77%	19%	2%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	3	239	48	4	1	0	0	295
			0%	1%	81%	16%	1%	0%	0%	0%	100%
Total	4007	資料筆數	5	864	20755	10296	238	67	13	0	32246
			0%	3%	64%	32%	1%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	1	25	1226	223	8	2	1	0	1487
			0%	2%	82%	15%	1%	0%	0%	0%	100%

表 4.32 車流軌跡資料統計狀況(調查地點 O)

資料編號	秒數	資料型態	行人	自行車	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
O01	714	資料筆數	0	74	2664	3671	0	0	0	0	6409
			0%	1%	42%	57%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	3	131	35	0	0	0	0	169
			0%	2%	78%	21%	0%	0%	0%	0%	100%
O02	391	資料筆數	63	0	2245	2680	0	0	0	0	4988
			1%	0%	45%	54%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	1	0	74	26	0	0	0	0	102
			1%	0%	73%	25%	0%	0%	0%	0%	100%
O03	714	資料筆數	45	54	4091	2855	0	0	0	0	7045
			1%	1%	58%	41%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	5	1	143	34	0	0	0	0	183
			3%	1%	78%	19%	0%	0%	0%	0%	100%
O04	714	資料筆數	60	262	2872	3496	11	0	0	0	6744
			1%	4%	43%	52%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	1	8	125	20	1	0	0	0	157
			1%	5%	80%	13%	1%	0%	0%	0%	100%
O05	714	資料筆數	0	27	2192	2441	0	0	11	0	4671
			0%	1%	47%	52%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	1	118	32	0	0	1	0	152
			0%	1%	78%	21%	0%	0%	1%	0%	100%
O06	678	資料筆數	0	104	2464	1532	0	0	0	0	4100
			0%	3%	60%	37%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	0	3	115	25	0	0	0	0	143
			0%	2%	80%	17%	0%	0%	0%	0%	100%
Total	3925	資料筆數	168	521	16528	16675	11	0	11	0	34132
			0%	2%	49%	49%	0%	0%	0%	0%	100%
		車輛數	7	16	706	172	1	0	1	0	906
			1%	2%	78%	19%	0%	0%	0%	0%	100%

4.4.3 混合車流密度計算

在車流理論當中，以車流密度代表觀測路段內車流的服務水準，是一個瞬間值；而佔有率則是指路段的某一空間定點在一段觀測時間內被車輛佔用的比例，主要為車輛偵測器的輸出所採用。密度及佔有率都假設單一車道、後車跟着前車的方式行駛，不適合用於表達混合車流的車流密度。在考慮車輛佔用道路面積的大小不一、車輛能於同一車道內超車等情況，Mallikarjuna and Rao (2006)提出了空間佔有率 (Area Occupancy) 的概念，以代表在有小汽車、機車的混合車流下，路面空間被佔用的比例。其是指在一段觀測時間內，某一車道的一個道路面積（長度*路寬）被車輛佔用的比例，單位為百分比(%)。

為計算各段資料的車流密度，本研究提出時空佔有率的概念，計算一度時間（如一個號誌週期）內路面空間被車流佔用的平均比率，其定義如下：

$$AreaOcc = \frac{1}{TWL} \sum_t \sum_{i \in I_t} w_i l_i \quad (4.1)$$

當中 $AreaOcc$ = 時空佔有率(%)

T = 觀測時間(sec)

W = 觀測路段的寬度(m)

L = 觀測路段的長度(m)

t = 時間點

I_t = 時間點 t 在觀測路段內的車輛集合

w_i = 第 i 輛車的寬度(m)

l_i = 第 i 輛車的長度(m)

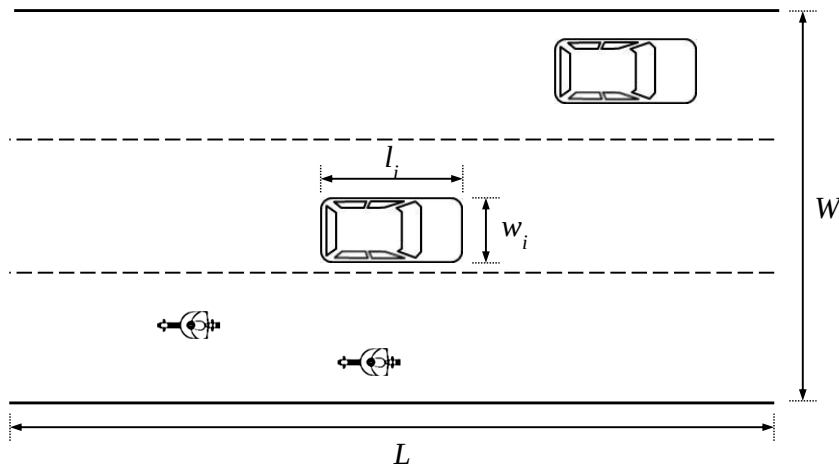


圖 4.29 時空佔有率示意圖

將各調查地點的資料以每個週期(綠燈開始至紅燈結束)切割成一筆資料，計算每筆資料的時空佔有率(一個資料點代表一個週期)，將時空佔有率與流量(pcu/hr)關係分成不同車道以及路口型態進行分析，分別為四車道(地點 D、地點 E)、三車道(地點 G)、二車道(地點 H、地點 J、地點 K)、兩段式左轉路口(地點 L、地點 M)、非兩段式左轉路口(地點 N、地點 O)五個部分。

四車道(地點 D、地點 E)的時空佔有率與車流量(pcu/hr)的關係如圖 4.30。地點 D 涵蓋低、中密度的車流，其時空佔有率偏低，地點 E 涵蓋中、高密度車流。地點 E 的時空佔有率較地點 D 高，原因是地點 E 的上游路口，右轉及左轉進入路段 E 受紅燈停等的車輛數較地點 D 的上游路口，左轉及右轉進入路段 D 受紅燈停等的車輛數還要多，導致地點 E 的時空佔有率偏高。

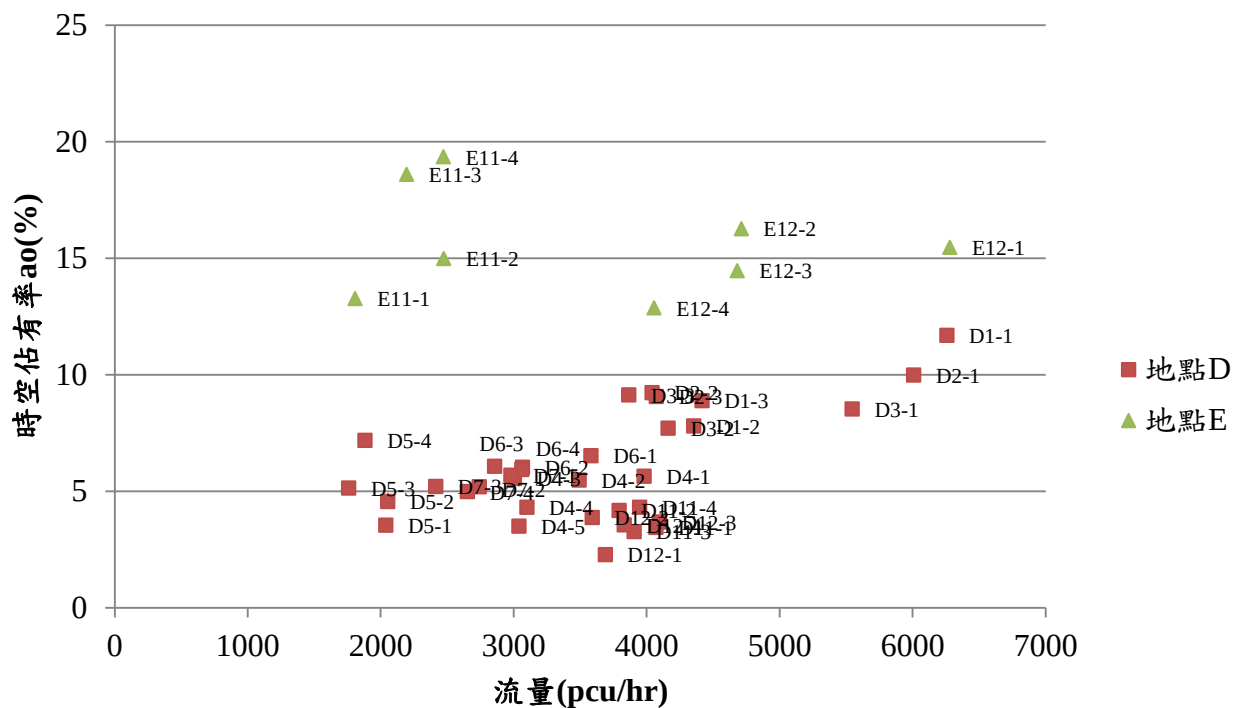


圖 4.30 時空佔有率和流量之關係(地點 D、地點 E)

三車道(地點 G)的時空佔有率與車流量(pcu/hr)的關係如圖 4.31。地點 G 涵蓋中、高密度車流路段。

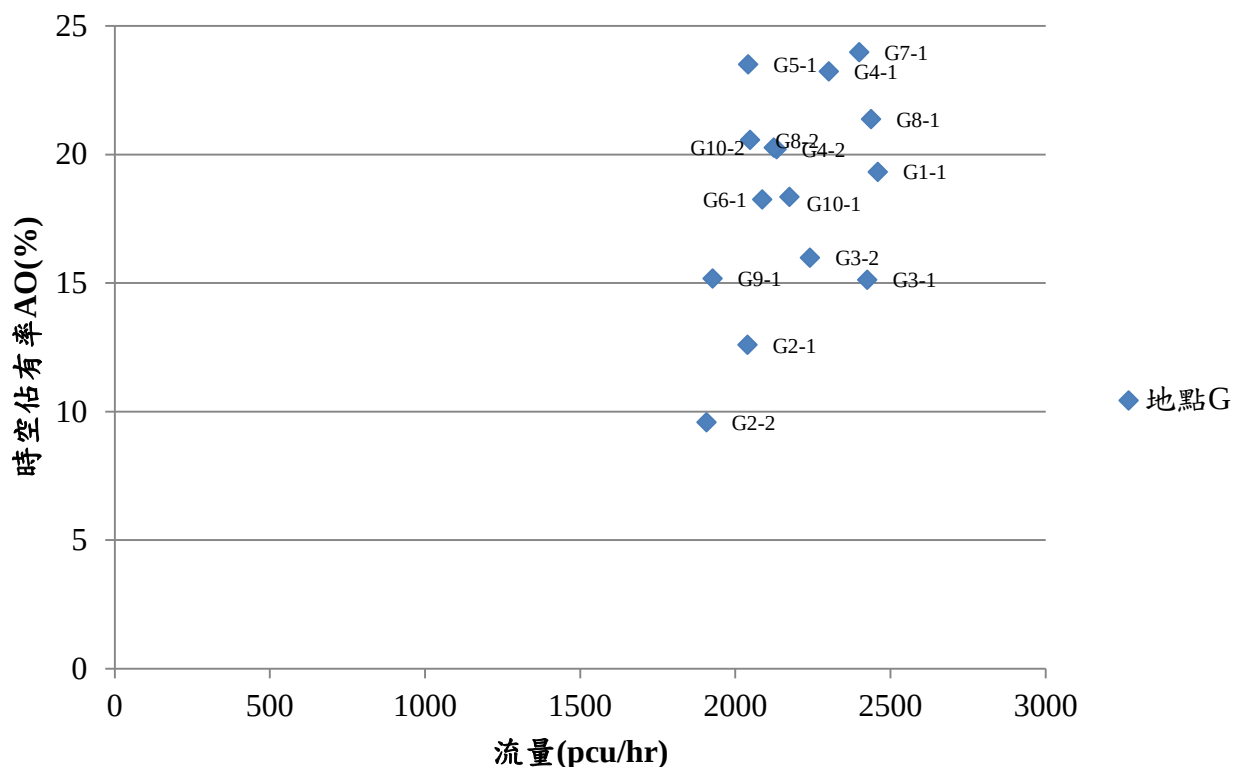


圖 4.31 時空佔有率和流量之關係(地點 G)

二車道(地點 H、地點 J、地點 K)的時空佔有率與車流量(pcu/hr)的關係如圖 4.32。整體趨勢為流量越高，時空佔有率越高。地點 H 涵蓋中、高密度車流，地點 K 屬於中密度車流，地點 J 涵蓋低、中密度車流。

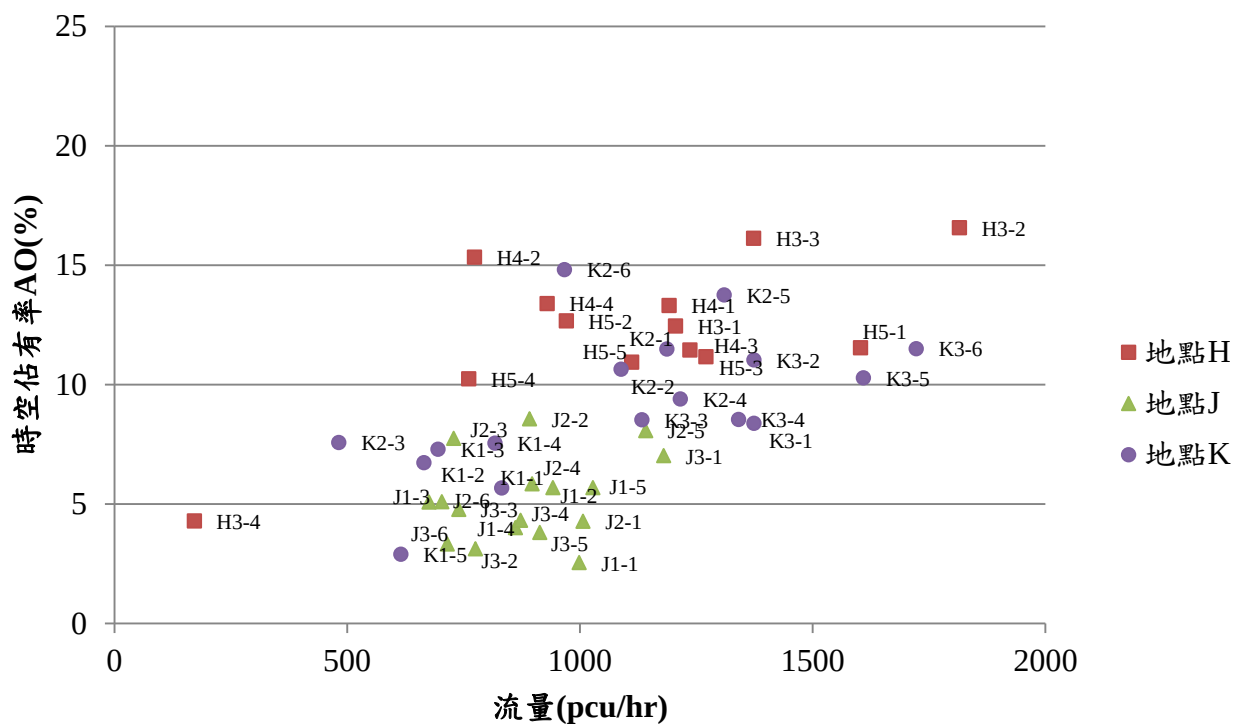
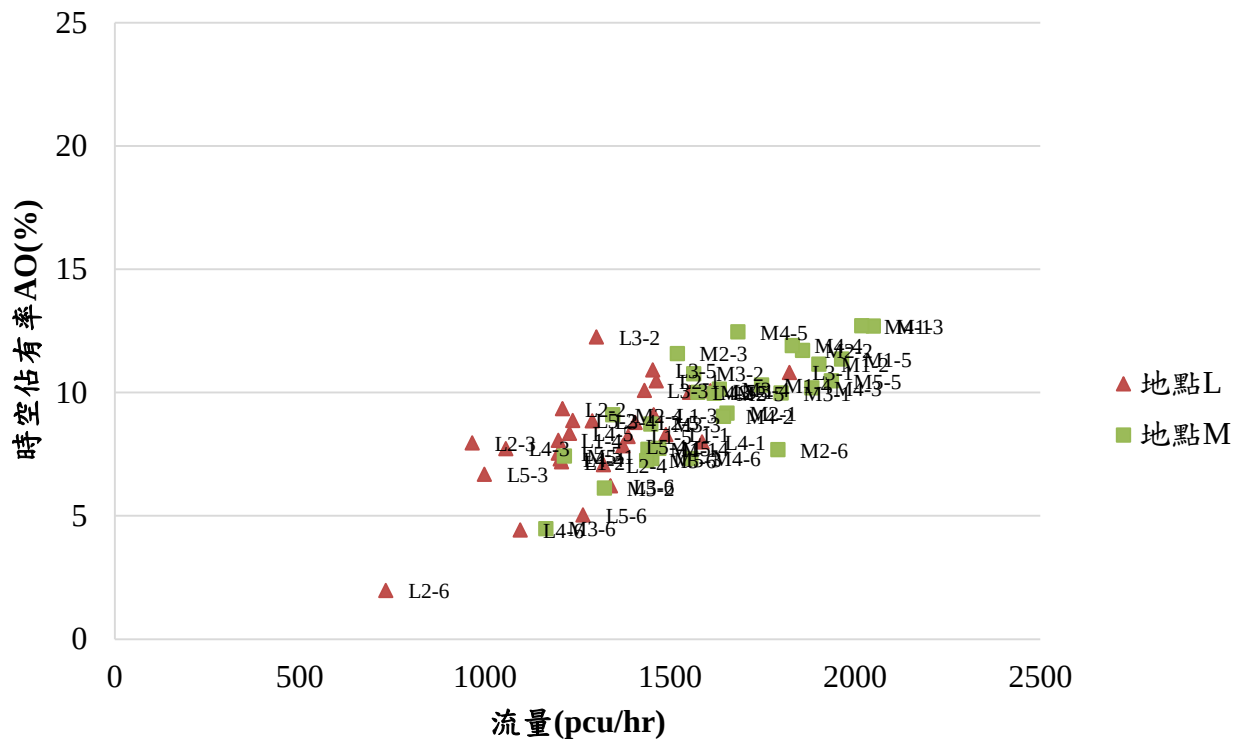


圖 4.32 時空佔有率和流量之關係(地點 H、地點 J、地點 K)

兩段式左轉路口(地點 L、地點 M)的時空佔有率與車流量(pcu/hr)的關係如圖 4.33。地點 L 與 M 的流量越高，時空佔有率越高，其涵蓋低、中密度車流。



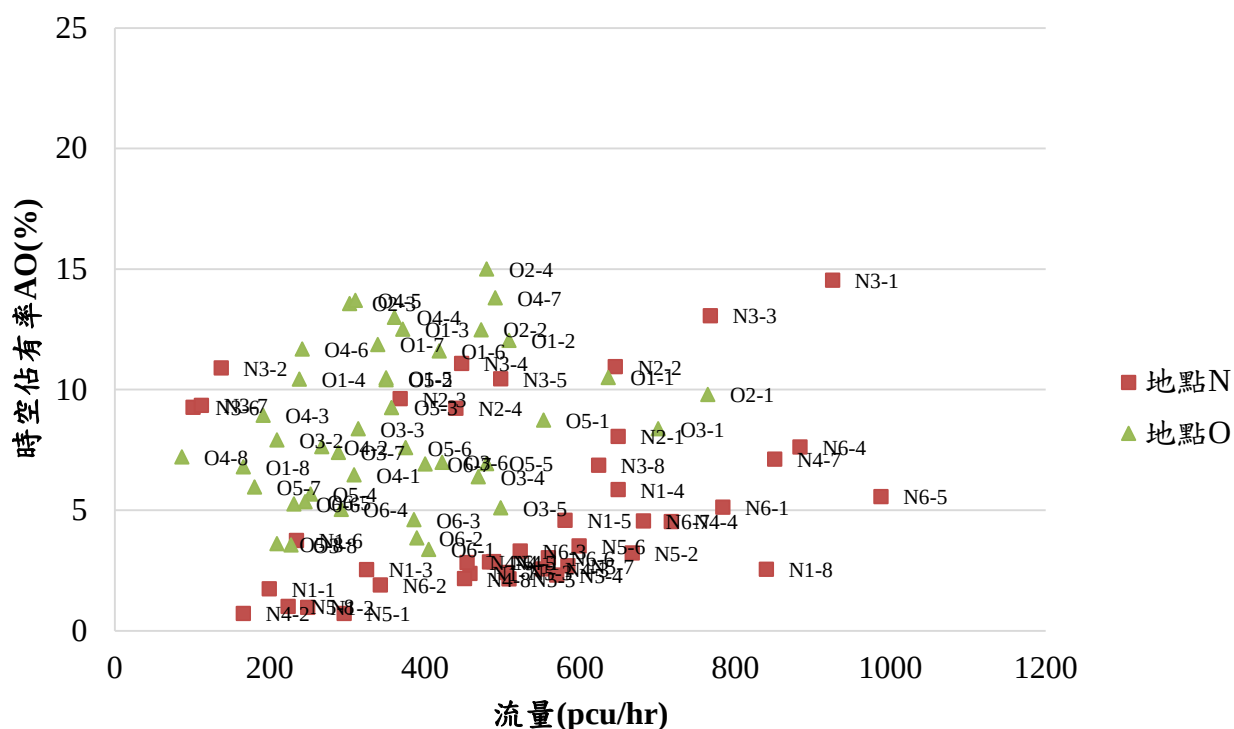


圖 4.34 時空佔有率和流量之關係(地點 N、地點 O)

4.5 驗證用資料

驗證用資料主要用於驗證模式的正確性，因此係依照本研究所訂定出的驗證指標來進行資料蒐集。

4.5.1 驗證指標

本研究共有三個議題，各議題分別對應兩個問題，而各問題之驗證指標如表 3.1 所示。而各驗證指標之資料擷取方式說明如下：

1. 路段上、中、下游各車道的車流/車頭分佈

擷取路段上中下游車流/車頭分布之資料時，係利用車流軌跡擷取軟體，擷取車輛經過路段上、中、下游之位置。以調查地點 G 為例，本研究利用車流軌跡軟體蒐集該地點車輛通過上、中、下游之位置(圖 4.35 之實線處)。

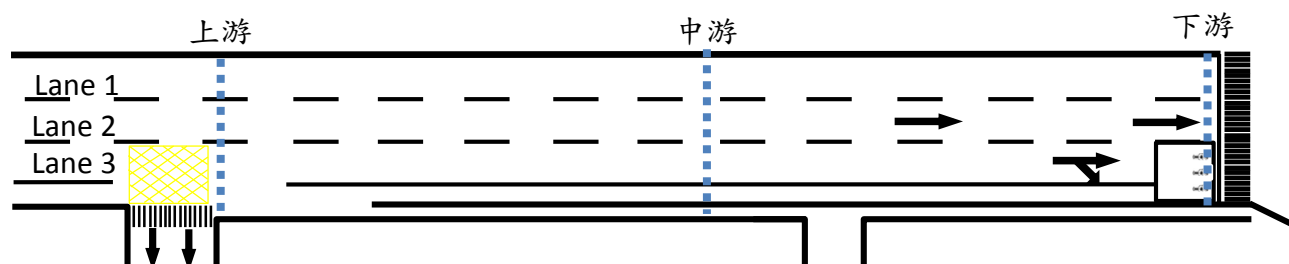


圖 4.35 路段上、中、下游位置圖(調查地點 G)

2. 通過公車停靠站(路側停車)影響區域的旅行時間與平均速度

擷取通過公車停靠站(路側停車)影響區域的旅行時間與平均速度資料時，係利用車流軌跡擷取軟體，擷取通過該影響區域上下游之車輛位置與時間，再依此求其旅行時間與平均速度。以調查地點 E 為例，圖 4.36 中的兩條實線間為公車停靠站的影響區域，本研究會利用車流軌跡擷取軟體蒐集機車進入與離開此區域的時間與位置，而圖中兩條虛線間的區域為路側停車影響區域，本研究亦利用車流軌跡擷取軟體蒐集機車進入與離開此區域的時間與位置。

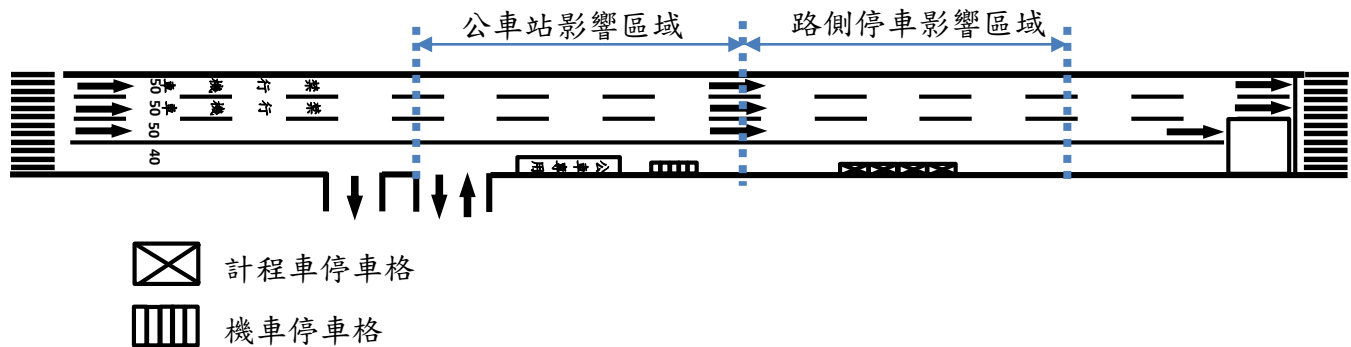


圖 4.36 公車停靠站(路側停車)影響區域圖(調查地點 E)

3. 不同車流、車種比例、轉向比例、車道的車隊疏解時間

為驗證轉向與路口停等位置選擇模式與車隊疏解時間模式之正確性，本研究會蒐集不同車流、車種比例、轉向比例、各車道的車隊疏解時間。蒐集方式為透過觀看空拍影片，蒐集每個週期的下列資料，如圖 4.37 所示：

- (1) 該方向綠燈開始前一秒之各車道等候車隊長度
- (2) 該方向綠燈開始前一秒之等候車隊中，各車種之數量
- (3) 該方向綠燈開始前一秒之等候車隊中的各車種之轉向比例
- (4) 該方向的車隊疏解時間

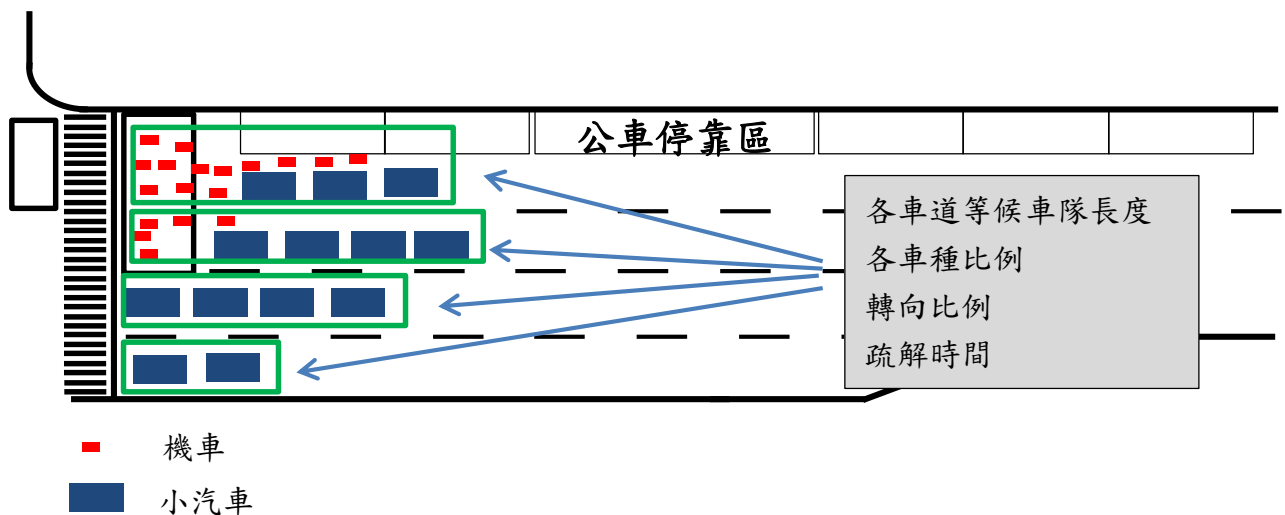


圖 4.37 路口資料蒐集示意圖(調查地點 L)

4.5.2 資料統計

驗證資料統計如表 4.33-表 4.42 所示：

表 4.33 中為調查地點 D 之驗證用資料筆數統計，調查地點 D 分 5 段資料，共計 3596 台車輛，其中機車佔 66.6%，汽車佔 32.3%，公車佔 1.1%。車頭/車道分布之驗證指標共 1410 筆，路段平均旅行時間驗證指標共 238 筆，車輛通過公車停等區與路邊車輛停等區域之驗證指標各 247 與 454 筆。

表 4.34 中為調查地點 E 之驗證用資料筆數統計，調查地點 E 分 5 段資料，共計 3091 台車輛，其中機車佔 60.2%，汽車佔 37.6%，公車佔 2.2%。車頭/車道分布之驗證指標共 1208 筆，路段平均旅行時間驗證指標共 241 筆，車輛通過公車停等區與路邊車輛停等區域之驗證指標各 241 與 463 筆。

表 4.35 中為調查地點 G 之驗證用資料筆數統計，調查地點 G 分 10 段資料，共計 4502 台車輛，其中機車佔 46.2%，汽車佔 44.9%，公車佔 8.9%。車頭/車道分布之驗證指標共 2403 筆，路段平均旅行時間驗證指標共 807 筆，因為此調查地點無公車停等區與路邊車輛停等區，故無車輛通過公車停等區與路邊車輛停等區域之驗證指標資料。

表 4.36 中為調查地點 H 之驗證用資料筆數統計，調查地點 H 分 4 段資料，共計 1322 台車輛，其中機車佔 61.2%，汽車佔 38.1%，公車佔 0.7%。車頭/車道分布之驗證指標共 524 筆，路段平均旅行時間驗證指標共 131 筆，車輛通過公車停等區之驗證指標 131 筆，因為此調查地點無路邊車輛停等區，故車輛通過路邊車輛停等區域之驗證指標為 0 筆。

表 4.37 中為調查地點 J 之驗證用資料筆數統計，調查地點 J 分 2 段資料，共計 568 台車輛，其中機車佔 67.9%，汽車佔 27.4%，公車佔 4.7%。車頭/車道分布之驗證指標共 460 筆，路段平均旅行時間驗證指標共 107 筆，車輛通過公車停等區之驗證指標 107 筆，路邊車輛停等區域 1 及區域 2 之驗證指標各 105 與 107 筆。

表 4.38 中為調查地點 K 之驗證用資料筆數統計，調查地點 K 分 2 段資料，共計 603 台車輛，其中機車佔 68.8%，汽車佔 27.3%，公車佔 3.9%。車頭/車道分布之驗證指標共 348 筆，路段平均旅行時間驗證指標共 76 筆，車輛通過公車停等區之驗證指標 76 筆，路邊車輛停等區域 1 及區域 2 之驗證指標各 75 與 76 筆。

表 4.39 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 L)中為調查地點 L 之驗證用資料筆數統計，調查地點 L 分 6 段資料，共計 965 台車輛，其中機車佔 59.8%，汽車佔 39.4%，公車佔 0.8%。

表 4.40 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 M)中為調查地點 M 之驗證用資料筆數統計，調查地點 M 分 6 段資料，共計 1110 台車輛，其中機車佔 54.2%，汽車佔 44.9%，公車佔 0.9%。

表 4.41 中為調查地點 N 之驗證用資料筆數統計，調查地點 N 分 6 段資料，共計 175 台車輛，其中機車佔 71.4%，汽車佔 27.4%，公車佔 1.1%。

表 4.42 中為調查地點 O 之驗證用資料筆數統計，調查地點 O 分 6 段資料，共計 129 台車輛，其中機車佔 71.3%，汽車佔 28.7%。

表 4.33 驗證用車流軌跡資料筆數統計(調查地點 D)

資料編號	驗證資料類型	機車	汽車	公車	總計
D08	車輛數	258	176	8	442
	車道/車頭分布	205	115	0	320
	路段平均旅行時間	42	14	--	56
	通過公車停等區之平均旅行時間	41	14	--	55
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	38	14	--	52
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	41	13	--	54
D09	車輛數	803	336	5	1144
	車道/車頭分布	235	90	0	325
	路段平均旅行時間	47	16	--	63
	通過公車停等區之平均旅行時間	47	16	--	63
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	42	16	--	58
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	31	16	--	47
D10	車輛數	343	211	8	562
	車道/車頭分布	120	105	0	225
	路段平均旅行時間	24	15	--	39
	通過公車停等區之平均旅行時間	24	15	--	39
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	23	15	--	38
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	24	15	--	39
D13	車輛數	473	222	9	704
	車道/車頭分布	120	65	5	190
	路段平均旅行時間	24	11	--	35
	通過公車停等區之平均旅行時間	24	11	--	35
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	22	11	--	33
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	21	10	--	31
D14	車輛數	517	218	9	744
	車道/車頭分布	220	130	0	350
	路段平均旅行時間	34	11	--	45
	通過公車停等區之平均旅行時間	44	11	--	55
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	36	11	--	47
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	44	11	--	55

表 4.34 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 E)

資料編號	驗證資料類型	機車	汽車	公車	總計
E08	車輛數	221	177	26	424
	車道/車頭分布	168	80	0	248
	路段平均旅行時間	42	15	--	57
	通過公車停等區之平均旅行時間	42	15	--	57
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	38	15	--	53
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	42	17	--	59
E09	車輛數	251	219	10	480
	車道/車頭分布	104	72	0	176
	路段平均旅行時間	26	17	--	43
	通過公車停等區之平均旅行時間	26	17	--	43
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	23	17	--	40
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	26	17	--	43
E10	車輛數	254	216	8	478
	車道/車頭分布	108	76	4	188
	路段平均旅行時間	27	12	--	39
	通過公車停等區之平均旅行時間	27	12	--	39
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	26	12	--	38
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	26	13	--	39
E13	車輛數	521	259	12	792
	車道/車頭分布	164	84	0	248
	路段平均旅行時間	41	17	--	58
	通過公車停等區之平均旅行時間	41	17	--	58
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	32	17	--	49
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	41	16	--	57
E14	車輛數	613	291	13	917
	車道/車頭分布	236	112	0	348
	路段平均旅行時間	33	11	--	44
	通過公車停等區之平均旅行時間	33	11	--	44
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	31	11	--	42
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	33	10	--	43

表 4.35 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 G)

資料編號	驗證資料類型	機車	汽車	公車	總計
G11	車輛數	101	174	--	275
	車道/車頭分布	39	54	--	93
	路段平均旅行時間	13	18	--	31
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
G12	車輛數	169	302	--	471
	車道/車頭分布	81	156	--	237
	路段平均旅行時間	27	52	--	79
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
G13	車輛數	225	259	--	484
	車道/車頭分布	162	144	--	306
	路段平均旅行時間	54	47	--	111
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
G14	車輛數	282	277	--	559
	車道/車頭分布	102	159	--	261
	路段平均旅行時間	34	52	--	86
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
G15	車輛數	403	267	--	670
	車道/車頭分布	291	150	--	441
	路段平均旅行時間	97	50	--	147
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
G16	車輛數	79	186	--	265
	車道/車頭分布	18	114	--	132
	路段平均旅行時間	6	38	--	44
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
G17	車輛數	87	333	--	420
	車道/車頭分布	51	78	--	129
	路段平均旅行時間	17	26	--	43
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--

續表 4.35 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 G)

資料編號	驗證資料類型	機車	汽車	公車	總計
G18	車輛數	130	183	--	313
	車道/車頭分布	12	120	--	138
	路段平均旅行時間	4	40	--	44
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
G19	車輛數	299	289	--	588
	車道/車頭分布	102	138	--	240
	路段平均旅行時間	34	46	--	80
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
G20	車輛數	306	151	--	457
	車道/車頭分布	267	159	--	426
	路段平均旅行時間	89	53	--	142
	通過公車停等區之平均旅行時間	--	--	--	--
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--

表 4.36 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 H)

資料編號	驗證資料類型	機車	汽車	公車	總計
H01	車輛數	279	177	3	459
	車道/車頭分布	104	64	0	168
	路段平均旅行時間	26	16	--	42
	通過公車停等區之平均旅行時間	26	16	--	42
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
H02	車輛數	347	166	3	459
	車道/車頭分布	103	32	0	136
	路段平均旅行時間	26	8	--	34
	通過公車停等區之平均旅行時間	26	8	--	34
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
H06	車輛數	56	41	1	98
	車道/車頭分布	52	28	0	80
	路段平均旅行時間	13	7	--	20
	通過公車停等區之平均旅行時間	13	7	--	20
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--
H07	車輛數	127	121	1	249
	車道/車頭分布	76	64	0	140
	路段平均旅行時間	19	16	--	35
	通過公車停等區之平均旅行時間	19	16	--	35
	通過車輛停等區域之平均旅行時間	--	--	--	--

表 4.37 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 J)

資料編號	驗證資料類型	機車	汽車	公車	總計
J04	車輛數	193	64	14	271
	車道/車頭分布	120	44	24	188
	路段平均旅行時間	30	9	--	39
	通過公車停等區之平均旅行時間	30	9	--	39
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	29	9	--	38
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	30	9	--	39
J05	車輛數	193	92	12	297
	車道/車頭分布	216	56	--	272
	路段平均旅行時間	54	14	--	68
	通過公車停等區之平均旅行時間	54	14	--	68
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	53	14	--	67
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	54	14	--	68

表 4.38 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 K)

資料編號	驗證資料類型	機車	汽車	公車	總計
K4	車輛數	178	82	13	273
	車道/車頭分布	104	40	4	148
	路段平均旅行時間	26	5	--	31
	通過公車停等區之平均旅行時間	26	5	--	31
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	26	5	--	31
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	26	5	--	31
K5	車輛數	237	83	10	330
	車道/車頭分布	160	36	4	200
	路段平均旅行時間	40	5	--	45
	通過公車停等區之平均旅行時間	40	5	--	45
	通過車輛停等區域 1 之平均旅行時間	40	4	--	44
	通過車輛停等區域 2 之平均旅行時間	40	5	--	45

表 4.39 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 L)

資料編號	機車					汽車					其他					總計
	Lane1	Lane2	Lane3	Lane4	小計	Lane1	Lane2	Lane3	Lane4	小計	Lane1	Lane2	Lane3	Lane4	小計	
L06	0	0	3	102	105	2	41	26	2	71	0	0	1	0	1	177
L07	0	0	10	44	54	3	19	14	0	36	0	0	1	0	1	91
L08	0	0	7	85	92	2	22	17	2	43	0	1	1	0	2	137
L09	0	0	10	66	76	2	27	25	1	55	0	0	2	0	2	133
L10	0	0	12	102	114	10	38	39	7	94	0	0	1	0	1	209
L11	0	0	18	118	136	5	38	34	4	81	0	0	1	0	1	218

表 4.40 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 M)

資料編號	機車					汽車					其他					總計
	Lane1	Lane2	Lane3	Lane4	小計	Lane1	Lane2	Lane3	Lane4	小計	Lane1	Lane2	Lane3	Lane4	小計	
M06	0	1	10	61	72	2	37	30	10	79	0	0	2	0	2	153
M07	0	0	9	44	53	2	29	12	12	65	0	0	0	0	0	118
M08	0	0	16	81	97	7	35	31	9	82	0	1	1	0	2	181
M09	0	0	20	75	95	7	31	31	9	78	0	0	1	0	1	174
M10	0	0	26	181	207	7	45	45	13	110	0	1	2	0	3	320
M11	0	1	10	61	72	2	38	30	10	80	0	0	2	0	2	154

表 4.41 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 N)

資料編號	機車			汽車			其他			總計
	Lane1	Lane2	小計	Lane1	Lane2	小計	Lane1	Lane2	小計	
N07	1	18	19	5	0	5	1	0	1	25
N08	2	20	22	9	0	9	1	0	1	32
N09	6	20	26	2	0	2	0	0	0	28
N10	2	10	12	10	1	11	0	0	0	23
N11	3	24	27	11	0	11	0	0	0	38
N12	2	17	19	10	0	10	0	0	0	29

表 4.42 驗證用車流軌跡資料統計狀況(調查地點 O)

資料編號	機車			汽車			其他			總計
	Lane1	Lane2	小計	Lane1	Lane2	小計	Lane1	Lane2	小計	
O07	0	5	5	3	0	3	0	0	0	8
O08	3	16	19	11	0	11	0	0	0	30
O09	4	19	23	7	0	7	0	0	0	30
O10	13	7	20	5	0	5	0	0	0	25
O11	0	8	8	6	0	6	0	0	0	14
O12	3	14	17	5	0	5	0	0	0	22

4.6 小結

本研究以無人飛行載具(Unmanned Aerial Systems, UAS)在空中拍攝的方式進行車流行為的錄影，並對拍攝回來的影片進行影片後製，包括剪接、去除廣角(魚眼)效果及穩定性調整，以減少軌跡擷取時的誤差，並以車流軌跡擷取軟體 Trajectory Extractor (Lee, Polak and Bell, 2008a)來擷取影片車流中各車輛的座標位置，並可針對每種車輛制訂不同的車長與車寬，得到車流軌跡資料庫。本研究之資料庫包括所有車輛的軌跡，在計算軌跡資料庫中的變數時能隨時修正，無需事先定義，能對研究方向做出彈性的調整，並從原始資料庫計算所需之研究變數。

本研究共收集校估用資料 10 小時，驗證用資料 10 小時，符合本計畫要求，而有關本研究蒐集之資料特性，可歸結如下：

1. 校估用資料

調查地點 D、E、G、H、J、K、L、M、N、O 之資料庫時間長度分別為 6330 秒、1721 秒、5861 秒、2675 秒、2266 秒、2265 秒、3455 秒、3508 秒、4007 秒和 3925 秒，總資料筆數分別為 420636 筆、131241 筆、320080 筆、105018 筆、40210 筆、51690 筆、107037 筆、107945 筆、32246 筆和 34132 筆，總車輛筆數分別為 11458 輛、2935 輛、5733 輛、1536 輛、1052 輛、1236 輛、2408 輛、3063 輛、1487 輛和 906 輛，且包含高、中、低密度之車流。在調查地點 D 的機車數量佔總車輛數之比例高達 64%，調查地點 E 的機車數量佔總車輛數之比例高達 62%，調查地點 G 的機車數量佔總車輛數之比例為 52%，調查地點 H 的機車數量佔總

車輛數之比例為 62%，調查地點 J 的機車數量佔總車輛數之比例為 70%，調查地點 K 的機車數量佔總車輛數之比例為 67%，調查地點 L 的機車數量佔總車輛數之比例為 65%，調查地點 M 的機車數量佔總車輛數之比例為 64%，調查地點 N 的機車數量佔總車輛數之比例為 82%，調查地點 O 的機車數量佔總車輛數之比例為 78%。

2. 驗證用資料

調查地點 D、E、G、H、J、K、L、M、N、O 之總車輛筆數分別為 3596 輛、3091 輛、4502 輛、1322 輛、568 輛、603 輛、965 輛、1110 輛、175 輛和 129 輛，且包含高、中、低密度之車流。在調查地點 D 的機車數量佔總車輛數之比例高達 66.6%，調查地點 E 的機車數量佔總車輛數之比例高達 60.2%，調查地點 G 的機車數量佔總車輛數之比例為 46.2%，調查地點 H 的機車數量佔總車輛數之比例為 61.2%，調查地點 J 的機車數量佔總車輛數之比例為 67.9%，調查地點 K 的機車數量佔總車輛數之比例為 68.8%，調查地點 L 的機車數量佔總車輛數之比例為 59.8%，調查地點 M 的機車數量佔總車輛數之比例為 54.2%，調查地點 N 的機車數量佔總車輛數之比例為 71.4%，調查地點 O 的機車數量佔總車輛數之比例為 71.3%。

第五章 實證分析及模式建構

本研究共計有三大議題，每個議題下皆有兩個模式：

(一) 機車於路段中橫向移動的行為

- 1.機車的車道選擇行為模式
- 2.機車在車道中的橫向位置選擇行為模式

(二) 機車於路段中對公車靠站與路側停等車輛模式之反應行為

- 1.機車對公車靠站及離站之反應行為模式
- 2.機車對路側停等車輛之反應行為模式

(三) 機車於路口停等位置選擇行為與疏解率

- 1.機車轉向的方向與路口停等位置選擇之模式
- 2.路口疏解時間推估模式

因除了本期所蒐集的資料外，本研究亦使用《交通技術研發與人才培育規劃研究》與《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計劃案所蒐集之資料，分別為調查地點A~C與X。其資料內容如附件B所示，編號A之調查地點為臺北市羅斯福路六段(育英街至車前路)，編號B為臺北市忠孝東路四段(忠孝東路四段181巷至敦化南路一段)，編號C為臺北市忠孝東路四段(敦化南路一段至忠孝東路四段181巷)，編號X為台南市小東路至勝利路口(東往西方向)。發展各模式時，所使用資料如表5.1所示：

表 5.1 各模式使用之資料編號一覽表

地點 主題	A	B	C	D	E	G	H	J	K	L	M	N	O	X
1				✓	✓	✓	✓	✓	✓					
2				✓	✓	✓	✓	✓	✓					
3		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓					
4		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓					
5				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

5.1 機車之車道選擇行為與橫向位置選擇之行為模式

5.1.1 研究問題定義

車流模擬模式一般假設車輛進入路口時，在各車道的速度相同的情況下，選擇各行車道的機率相同；而進入車道時都是行駛於車道兩側車道線的正中間，符合車道規範 (lane-based traffic)。臺灣道路交通安全規則第九十八條指出，汽車在同向二車道以上之道路，除準備停

車或臨時停車外，不得駛出路面邊線或跨越兩車道行駛，亦即汽車需行駛在車道中間，遵守車道規範；而對於機車無此規定，僅規定機車不得駛出路面邊線，且不得蛇行，也就是機車不受車道規範限制 (non-lane-based traffic)。

本章節分析車輛通過路段一縱向位置時，車輛中央於整個路面的橫向位置，以下簡稱為車輛橫向位置分佈（或車頭分佈）。下圖 5.1 為實際資料及 VISSIM 模擬所產生的小汽車橫向位置分佈，左側為內線道、右側為外線道，X 由右側路緣開始計算。根據實際資料顯示，小汽車的車道選擇及車道內位置選擇，符合以上假設；而又因為內線道的車速較快，被選擇到的機率（即車流量）稍微比較高。VISSIM 的模擬結果有效的呈現這個現象。

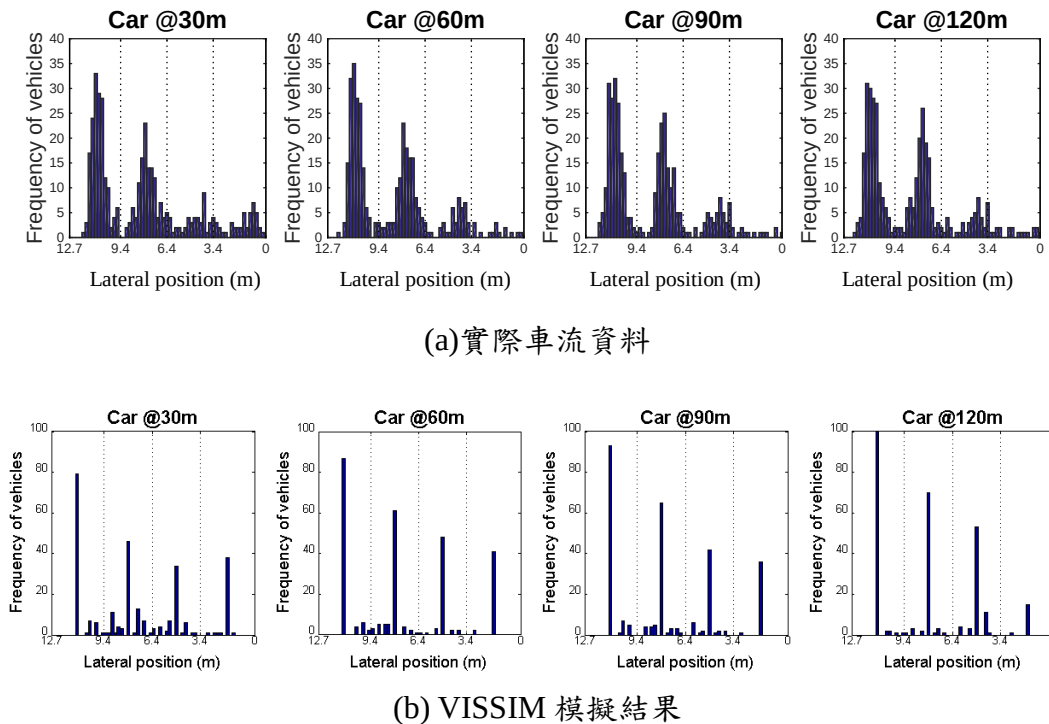
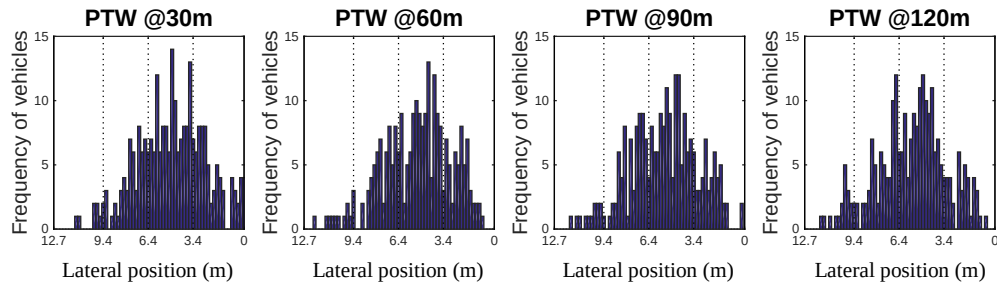
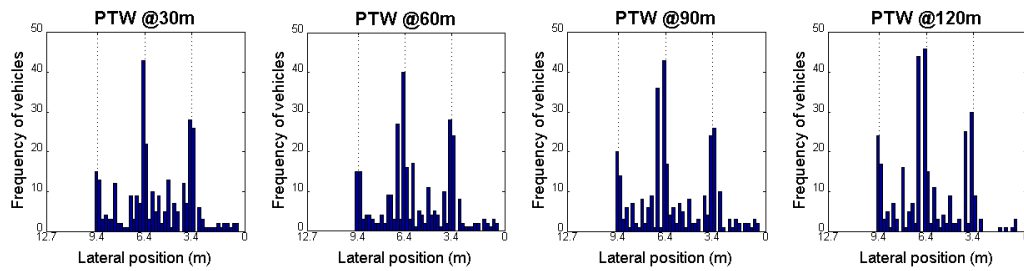


圖 5.1 小汽車車輛橫向位置分佈

機車駕駛並不需要符合小汽車之車道規範，因此又稱為不受車道規範，圖 5.2 為實際資料及 VISSIM 模擬所產生的機車橫向位置分佈，其分佈約集中於使用第三車道，並向左右兩方距離而下降，左側的內線道及右側的外線道只有少量的機車使用，顯示出機車的車道選擇行為及橫向位置分佈與小汽車相差甚遠，而橫向位置分佈與車道的標線也沒有明顯關係。VISSIM 模擬的車流軌跡中，機車的橫向位置分佈結果類似小汽車的車道選擇行為，並未能呈現實際資料所描述的現象。如無法正確在模式中表達，將嚴重影響車流模擬時各車道的汽機車數比例以及其互動頻率。



(a) 實際車流資料



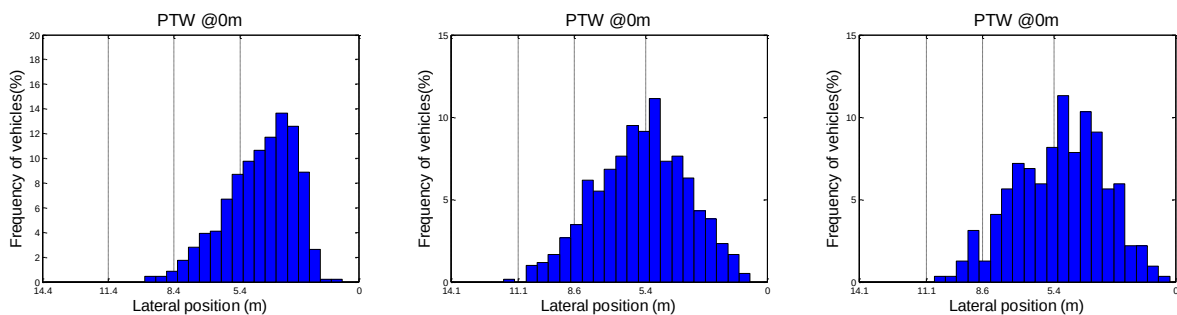
(b) VISSIM 模擬結果

圖 5.2 機車橫向位置分佈

綜合以上討論，機車的車道選擇並不受車道標線所影響，因此將就(1)機車的車道選擇行為以及(2)機車在車道中的橫向位置選擇行為，兩個行為模式一起進行探討。

5.1.2 實證分析

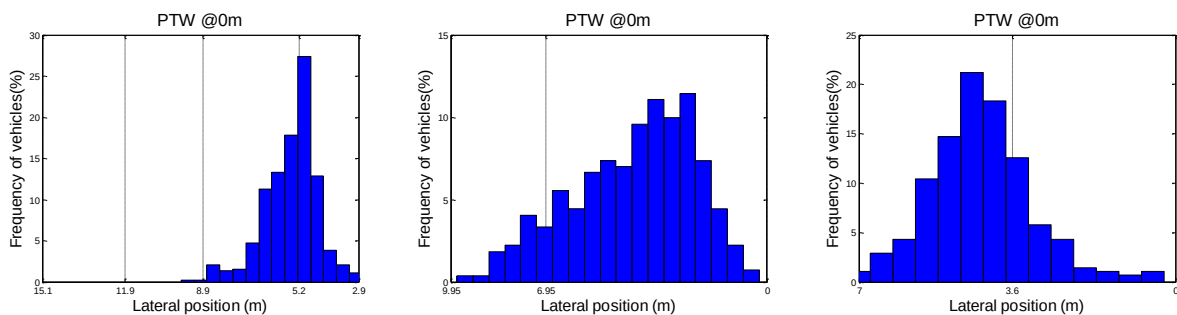
為分析機車的橫向位置分佈屬於何總形態，以下實際車流資料畫出多個不同路段的橫向位置分佈圖。根據觀察，機車的橫向位置選擇呈三角形分佈。



(a) 路段：E11

(b) 路段：D2

(c) 路段：D5



(d) 路段:G6+G10

(e) 路段：H3

(f) 路段：K3

圖 5.3 各路段機車車頭分佈

三角形分佈的左角離中央分隔島有一段距離、左角離路緣有一段距離，頂點的位置約在外側車道的左邊。因此推論機車於路段當中，選擇行駛於那個橫向位置時，將考慮

- 左側內線道是否禁行機車道
- 右側外線道是否有路段干擾因素，如公車站、路邊停車

機車將避開以上範圍，並集中於右側外線道的左方位置以及鄰近線道中。

綜合以上假設，機車的橫向選擇分佈，可以以一三角形表達，如圖 5.4 所示，圖中 X 軸為道路的橫向位置，X 軸左側為內側車道，右側則為外側車道，而 Y 軸為機車車頭的橫向位置於該橫向位置間距的百分比。

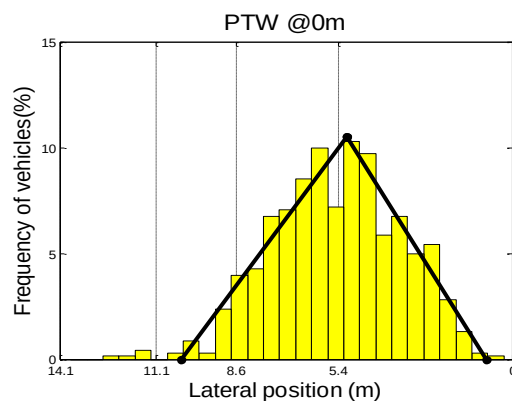


圖 5.4 機車橫向位置分布三角形示意圖

5.1.3 模式建構

5.1.3.1 變數定義及模式設定

模式化圖 5.4 之橫向位置分佈，可假設以上之三角形以三個變數代表，如圖 5.5 所示：

- a ：由左側中央分隔路緣至三角形左側之起始點 (m)
- b ：由右側人行道路緣至三角形右側之起始點 (m)
- c ：三角形的頂點位置，位於三角形底部的相對位置 (%)

模式當中的參數包括：

- L ：路面寬度 (m)

為方便計算，另定義相關變數如下：

- h ：三角形的頂點位置之高度，亦為三角形中機車分布最高之比例 (%)
- m_1 ：由三角形頂點位置，至三角形近中央分隔路緣的起始點之距離 (m)
- m_2 ：由三角形頂點位置，至三角形近人行道路緣的起始點之距離 (m)

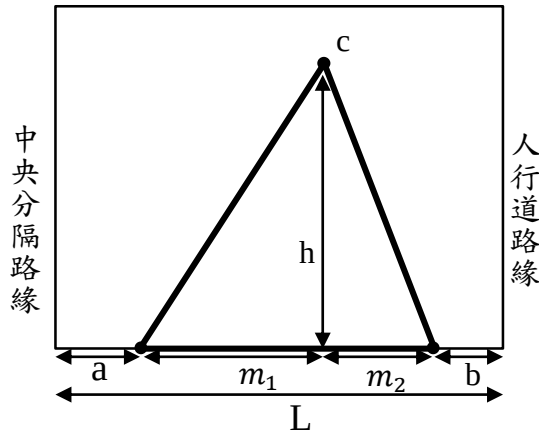


圖 5.5 機車橫向位置分布模式之參數及變數示意圖

以上變數的相關性如下：

$$m_2 = c(L - a - b) \quad (5.1)$$

$$m_1 = (1 - c)(L - a - b) \quad (5.2)$$

$$h = \frac{2}{L - a - b} \times 100\% \quad (5.3)$$

假設機車的橫向位置選擇符合三角形分佈，設 x 為由某一橫向位置（由右側人行道路緣開始計算），該位置被機車所選擇的機率 $f(x)$ 可表達為所對應的三角形高度：

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } b \geq x \geq 0 \\ \frac{h}{m_2}(x - b), & \text{if } (m_2 + b) \geq x \geq b \\ \frac{h}{m_1}(m_1 + m_2 + b - x), & \text{if } (m_1 + m_2 + b) \geq x \geq (m_2 + b) \\ 0, & \text{if } L \geq x \geq (m_1 + m_2 + b) \end{cases} \quad (5.4)$$

效估後的三角形分佈用於車流模擬時機車進入路段所選擇的橫向位置，需要運用三角形分佈的累積分佈函數 $F(x)$ 及其反函數 $F^{-1}(u)$ 。累積分佈函數 $F(x)$ 可推導為：

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } b \geq x \geq 0 \\ \frac{h}{2m_2}(x - b)^2, & \text{if } (m_2 + b) \geq x \geq b \\ 1 - \frac{h}{2m_1}(m_1 + m_2 + b - x)^2, & \text{if } (m_1 + m_2 + b) \geq x \geq (m_2 + b) \\ 0, & \text{if } L \geq x \geq (m_1 + m_2 + b) \end{cases} \quad (5.5)$$

設 u 為符合均勻分佈由 0 到 1 之間的隨機亂數， $u = [0, 1]$ ，代入 $F^{-1}(u)$ 可得出機車進入路段時所選擇橫向位置

$$F^{-1}(u) = \begin{cases} b + \sqrt{\frac{2m_2}{h}}u, & \text{if } \left(\frac{1}{2}m_2h\right) \geq u \geq 0 \\ (m_1 + m_2 + b) - \sqrt{\frac{2m_1}{h}}(1-u), & \text{if } 1 \geq u \geq \left(\frac{1}{2}m_2h\right) \end{cases} \quad (5.6)$$

5.1.3.2 模式參數校估

模式的參數可以利用迴歸進行校估，設 x 的資料點數值為 $y(x)$ 、模式數值為 $f(x)$ ，當中的三角形高度 h 的計算，是假設三角形分佈的面積為 100% 而且底部 x 為連續變數。如用於數據校估時， x 的數值會以間隔(interval)代表（如 0-0.5m、0.5-1.0m ...），而數據整理一般表達為所有間隔高度加總等於 100%，i.e. $\sum_x y(x) = 100\%$ ，因此於模式校估時其 h 需要調整

為 $h = \frac{2}{L-a-b} \times 100\% \times (\text{間隔長度})$ 。

迴歸的目標為最小化 $y(x)$ 及 $f(x)$ 之差異，將使用均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)當作其差異評估指標，因此迴歸的目標即為藉由改變模式變數 a 、 b 、 c 值以最小化模式之 RMSE 值，設 x 由 0 至 L 共分為 N 等分，RMSE 的計算方式如下：

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f(x_n) - y(x_n))^2} \quad (5.7)$$

模式表現的評估指標除 RMSE 外，本研究亦使用常用的平均絕對誤差百分比 (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) 以及線性迴歸的 R^2 兩個評估指標來量化本模式之表現。MAPE 的公式如下：

$$\text{MAPE} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left| \frac{f(x_n) - y(x_n)}{y(x_n)} \right| \quad (5.8)$$

本模式假設圖 5.5 中之 a 、 b 範圍皆無機車行駛，但實際情況會有少量車輛行駛於這兩個範圍。假設一個橫向位置間隔 x_n 的資料點 $y(x)$ 為 1、模式數值 $f(x)$ 預測為 0，該筆資料的估算誤差為 100%；在計算 MAPE 時，每一個橫向位置間隔的權重相同都是相同的，會導致計算出的 MAPE 的數值偏高，因此解讀 MAPE 結果時需要注意。

本研究亦使用 R^2 當作評估指標之一，設 $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y(x_n)$ ， R^2 的計算公式如下：

$$SS_{tot} = \sum_{n=1}^N (y(x_n) - \bar{y})^2 \quad (5.9)$$

$$SS_{res} = \sum_{n=1}^N (f(x_n) - y(x_n))^2 \quad (5.10)$$

$$R^2 \equiv 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} \quad (5.11)$$

本研究分別對於二、三、四車道的路段進行模式建構，每種路段中挑選不同密度下的影片車流進行模式變數的校估，考量機車於路段中會因其他車輛變換車道，因此本研究選擇路段的起始位置 0 公尺處資料進行分析，且道路橫向位置 x 的數值會以 0.5 公尺做為一個間隔，模式變數校估結果分別如下表 5.2 至表 5.4 所示。

表 5.2 機車橫向位置選擇模式之校估結果(四車道)

車道數	密度	影片編號	路段寬(L)	a	b	c	RMSE	MAPE	R ²
四車道	高密度	E11	14.4	5.77	1.68	20.9%	0.41	19.5%	0.99
		E12	14.4	5.21	0.18	33.1%	0.50	15.2	0.98
	中密度	D1	14.1	3.79	0.79	45.6%	0.80	43.9%	0.95
		D2	14.1	3.42	0.93	43.4%	0.52	14.7%	0.98
	低密度	D4	14.1	3.39	1.38	34.4%	0.92	22.7%	0.94
		D5	14.1	3.69	1.03	32.7%	0.91	29.4%	0.94

表 5.3 機車橫向位置選擇模式之校估結果(三車道)

車道數	密度	影片編號	路段寬(L)	a	b	c	RMSE	MAPE	R ²
三車道	高密度	G4	12.0	7.17	0.39	38.0%	1.28	34.5%	0.96
		G7	12.0	7.39	0.83	37.8%	1.18	45.9%	0.97
		G6+G10	12.0	7.39	0.84	39.2%	1.04	27.5%	0.98
	中密度	G9	12.0	5.63	0.89	28.7%	2.09	25.1%	0.88
		G2	12.0	6.41	1.24	23.5%	1.67	37.9%	0.93

表 5.4 機車橫向位置選擇模式之校估結果(二車道)

車道數	密度	影片編號	路段寬(L)	a	b	c	RMSE	MAPE	R ²
二車道	高密度	H3	10.0	0.51	0.70	21.4%	0.67	24.4%	0.97
	中密度	K3	7.4	0.69	2.12	49.0%	1.32	45.1%	0.96
		J2	7.0	0.35	0.66	53.2%	2.48	59.2%	0.82
	低密度	J1	7.0	0.69	0.88	50.0%	2.18	43.4%	0.88

綜觀整個模式分析結果的評估指標，RMSE 在 0.4 至 2.5 左右，MAPE 的結果大多在 50% 以下，其中以四車道的 MAPE 結果最佳，多在 30% 之下；另外，R² 無論在幾車道的模式表現結果都在 0.8 以上，其中四車道的結果亦為最佳，R² 值皆在 0.94 以上，模式表現算是非常優良。

四車道及三車道的變數校估結果顯示，a 值皆大於 b 值，且三角形分佈的頂點位置 c 皆小於 50%，指三角形的頂點皆偏三角形的右側，而整體三角形分佈會較偏外側車道，指機車較常選用較外側的車道。另外，在四車道中可明顯看出，在高密度的情況下，a 的值較中、低密度下之 a 值大，代表高密度時機車的分佈會離內側車道較遠，此可說明在高密度車較多的情況下，機車會避開最內側的禁行機車道，選擇使用較外側的車道，四車道高密度(影片編號:E11)的三角形分佈結果示意圖如圖 5.6 所示。

另外，三車道選取新竹市慈雲路進行拍攝，由於此路段為連接新竹科學園區之交通要道，尖峰時段車流密度皆為中、高車流密度，但當離峰時段車流將變非常稀少，因此調查中無低密

度車流的情況。

二車道的變數校估結果則予三、四車道結果略微不同，a 值較三、四車道小，指機車會行駛於最內側車道，此現象是由於二車道並無規範機車不能行駛於內側車道，與三、四車道不同，另外，二車道的 a 值皆小於 b 值，可說明二車道中右側路段干擾因素(ex.公車站、路邊停車)對機車的橫向位置分佈影響較大，而 c 值在中低密度下皆約為 50%，整體三角形分佈較靠近內側車道一點；而 c 值在高密度下的結果與三、四車道結果類似，c 值較中低密度小，亦為機車多會分佈在偏外側的車道中，在高密度情況下減少使用內側車道的比例。

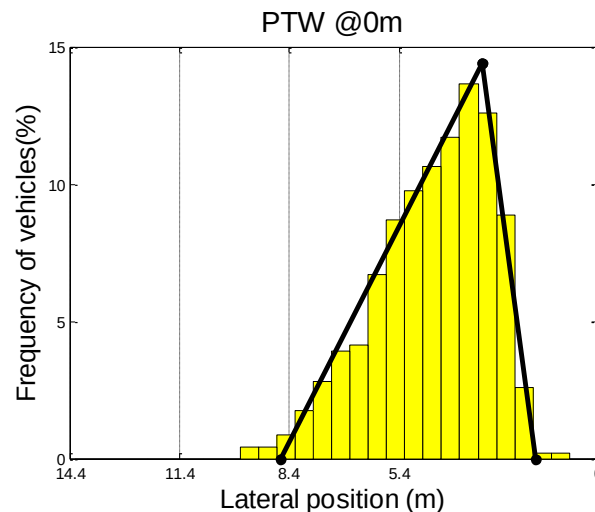


圖 5.6 模式校估後三角形分佈示意圖(影片編號:E11)

模式在車流模擬模式的應用上，a、b、c 值並非傳統的交通調查項目，歸納上述討論，a、b、c 值除了與車流密度相關外，亦與道路的幾何型態有關，例如：車道數、是否有禁行機車道、是否有路邊停車...等。在應用本模式時，參數的建議設定原則如下：

- 參數 a：參數 a 的值與車流密度、車道數以及是否有禁行機車道有關。當路段為四車道時，高密度下 a 值約 5.5 公尺，若為中、低密度時，則 a 值約為 3.5 公尺；當路段為三車道時，高密度下 a 值約為 7.3 公尺，若為中密度時，a 值則為 6 公尺；當路段為二車道時，a 值的範圍則應該在 0.35~0.7 之間。
- 參數 b：參數 b 的值主要與路段當下是否有路邊障礙物有關，像是路邊停車等因素，因此較無固定的規律，b 值的範圍應在 0.2~2.2 公尺之間。
- 參數 c：參數 c 會受到參數 a、b、車流密度以及車道數有關。當路段為四車道時，高密度下 c 值約為 21%，中密度下 c 值約為 46%，低密度時則為 33%；當路段為三車道時，高密度下 c 值約為 38%，中密度則應在 24~29%之間；當路段為二車道時，高密度下 c 值約為 21%，中低密度下 c 值則約為 51%。

5.1.4 模式驗證及敏感度測試

5.1.4.1 驗證比較

本研究以四車道中密度進行驗證分析，選取符合此情境的 D3 影片資料，並套用表 5.2 中兩筆校估後的中密度 a、b、c 值平均(D1、D2 參數的平均值)，將 D3 經 MATLAB 平台分析後的機車橫向位置分布套用在此三角形分佈下，評估 D3 的實際資料 $y(x)$ 與四車道中密度的模式數值 $f(x)$ 之差異，此差異亦利用 RMSE、MAPE、 R^2 此三種指標評估，結果如下表 5.5 所示。驗證用之 D3 的 RMSE 值為 0.77，MAPE 值則為 27.1%，兩種結果都較校估用的 D1 資料佳，而 D3 的 R^2 值則為 0.95，代表此模式套用在非校估路段的其他路段資料表現依舊穩定和良好。

表 5.5 機車橫向位置選擇模式之驗證比較

車道數/ 密度	校估/ 驗證	影片 編號	路段寬 (L)	a	b	c	RMSE	MAPE	R^2
四車道/ 中密度	校估	D1	14.1	3.79	0.79	45.6%	0.80	43.9%	0.95
	校估	D2	14.1	3.42	0.93	43.4%	0.52	14.7%	0.98
	驗證	D3	14.1	3.61	0.86	44.5%	0.77	27.1%	0.95

本研究利用四車道中密度(影片編號:D2)來做兩種敏感度分析，分別為:(1)x 間隔值與模式變數之敏感度分析、(2)模式變數與 RMSE 值之敏感度分析，以探討模式在參數設定時的穩定性。

5.1.4.2 間隔寬度與模式變數之敏感度分析

x 的間隔值會造成機車車頭分佈的比例 $y(x)$ 有所不同，本研究於第 5.1.3.2 節進行的各路段模式校估中，校估所使用的 x 間隔值皆為 0.5 公尺，本節利用改變選取的 x 間隔值，檢查對於模式中三個變數 a、b、c 的改變，分析結果如下表 5.6 所示，當 x 間隔值為 0.25、0.5 以及 1 時 a 的差異不大，皆在 0.1 公尺內，而 x 間隔值從 0.5 公尺變為 0.75 公尺時，其 a 的改變幅度較大，兩者差 0.36 公尺；而 b 的差異則皆控制在 0.25 公尺以內，變化幅度不大；c 的位置因為受 a、b 的長度影響，因此差異較大，當 x 間隔值為 0.75 公尺時，與 x 間隔值為 0.5 公尺時相差 7.2%，其餘差異在 2.5% 內；而當模式選取 0.25 做 x 間隔值時，其 R^2 雖與其他模式有所差異，但亦為良好的 0.91，而 RMSE 皆小於 1%，MAPE 值最大約 20%。綜合以上，當模式選取之 x 間隔值改變的情況下，模式變數 a、b、c 皆無大幅度的改變，此模式的表現依舊呈現穩定的狀態。

表 5.6 x 間隔值與模式變數之敏感度分析

影片編號/ 位置	x 間隔 值(m)	a	b	c	RMSE	MAPE	R^2
D2/0m	0.25	3.52	0.88	45.9%	0.52	20.2%	0.91
	0.5	3.42	0.93	43.4%	0.52	14.7%	0.98
	0.75	3.78	0.71	50.6%	0.76	20.4%	0.98
	1	3.44	0.90	43.8%	0.58	16.0%	0.99

5.1.4.3 模式變數值與 RMSE 之敏感度分析

本節將分別對模式變數 a 、 b 、 c 與 RMSE 做敏感度分析，檢視當 a 、 b 、 c 其中一點因資料不同而得到不同參數時，RMSE 是否會有劇烈的變動。校估後的模式中 D2 的 a 、 b 、 c 值分別為 3.42、0.93 以及 43.4%，RMSE 最佳則為 0.52，而敏感度分析的結果如圖 5.7~圖 5.9 所示，當 a 值在 3~4 公尺變動時，RMSE 僅從 0.52 上升至 0.60，變動不大；當 b 值在 0.6~1.4 公尺變動時，RMSE 變動亦不大，僅從 0.52 上 0.60，當 b 值變動到 2 公尺時，RMSE 則略為上升至 0.95；當 c 值在 41%~47% 變動時，RMSE 將上升至約 0.6。以上結果可說明，此模式的變數 a 、 b 、 c 若略有些許變動，將不會對於模式的結果造成劇烈的影響。

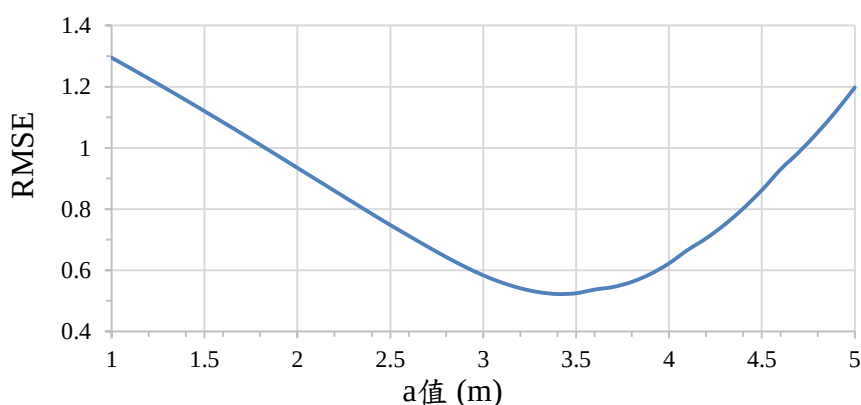


圖 5.7 a 值對 RMSE 的敏感度分析

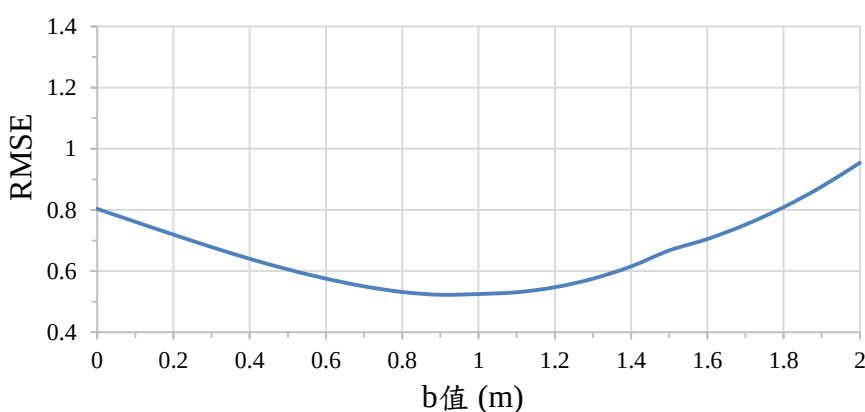


圖 5.8 b 值對 RMSE 的敏感度分析

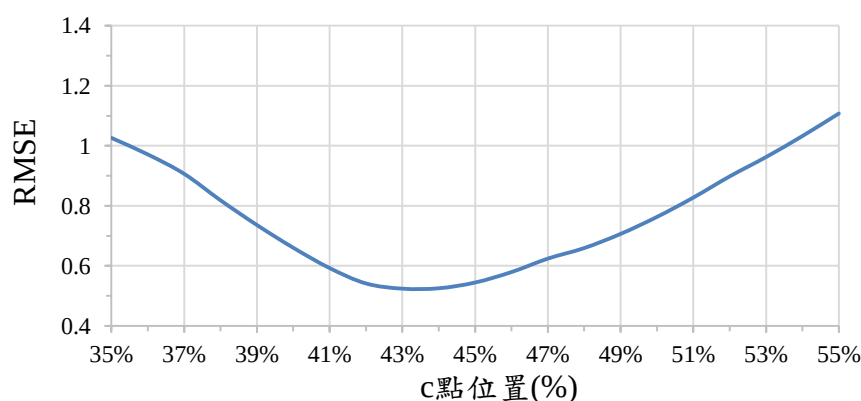


圖 5.9 c 值對 RMSE 的敏感度分析

5.2 機車對公車靠離站與路側停等車輛之反應行為模式

由於台灣地區的機車於行進時，多數為靠道路右側行駛，因此容易受到路側設施與停等車輛的影響而變換行進路線。本次研究先針對機車對於公車靠離站與路側停等車輛之反應行為建立模式。本章 5.2.1 節先說明問題之定義，接下來於 5.2.2 節探討機車對公車靠站與路側車輛反應行為之實證分析，最後則於 5.2.3 節介紹機車對公車靠站與路側車輛反應行為模式。

5.2.1 研究問題定義

機車相較於小汽車容易做出橫向偏移的動作，也較不受車道的規範。因此當機車面臨前方公車到離站時，機車駕駛很有可能會選擇左偏、右偏，而有些較保守之騎士可能會選擇持續跟在公車後方。如圖 5.10 所示。而當機車面臨前方車輛為路側停等車輛時，由於停等車輛多數為靠路側停放，且為一靜止狀態，因此不像公車靠離站，有些保守的機車或許會持續待在公車後方等待公車離站，所有的機車皆會由左側超越路側停等車輛，但機車選擇左偏的時間點會隨著周遭環境而有所差異，如圖 5.11 所示。

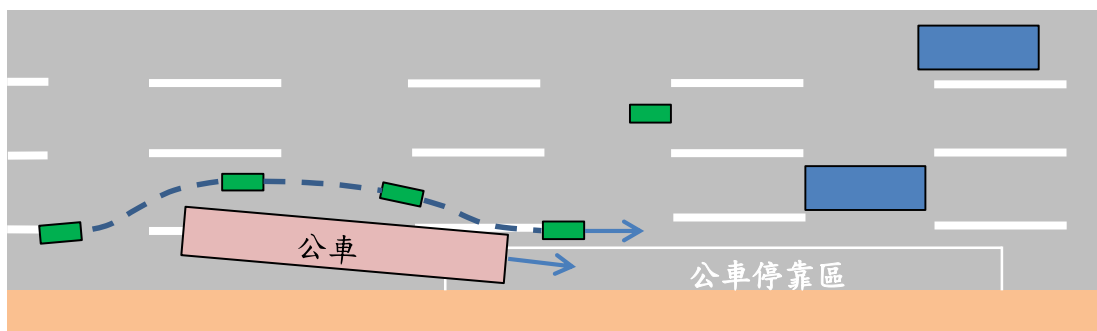


圖 5.10 公車站範圍內機車跟車示意圖

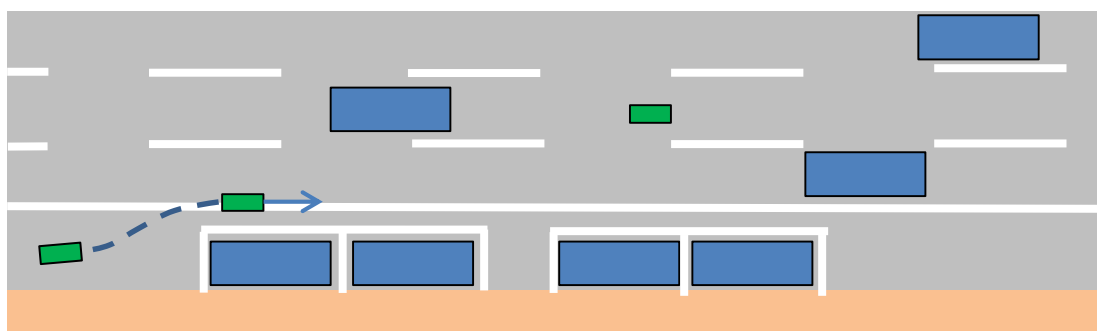


圖 5.11 機車閃避路側停車示意圖

由於車輛於市區道路行駛時，會受到各種外在因素影響其駕駛行為，包含其它車輛、實體設施、行人穿越、路邊停車、號誌以及標誌等等。本研究為了精準找出機車於公車站受公車或路側停等車輛影響之案例，本研究需要建立一套區間判斷規則，了解鄰車所在位置於本車周遭的哪一個區間，區間判斷準則將於 5.2.2.2 節中說明。另外，由於欲研究機車對公車到離站之反應行為，因此也需要判斷公車是否處於到離站狀態，此判斷準則將於 5.2.2.2 節中說明。

5.2.2 實證分析

5.2.2.1 資料來源

本研究之調查地點 D、E、H、J 與 K 皆有公車停靠站與路側停等車輛，而《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計劃案中之地點 B 與 C 也有公車停靠站與路側停等車輛，因此此兩模式將使用上述資料進行模式校估。

本研究透過 MATLAB 平台的開發，可將資料庫的數據進行相關分析。資料庫存有每台車在道路中每一秒的座標位置，可定義將車輛周遭範圍內的最近車輛，若該車輛為公車或路側停等車輛則符合條件。而機車對公車或路側停等車輛反應行為實證分析分別如下：

5.2.2.2 機車對公車靠離站之決策行為

本分析僅先探討公車位於機車右前方與右後方的案例，藉由兩車的座標、車體角度、速度、距離、夾角等變數，觀察機車超車的過程。篩選而得的資料呈現出機車會先漸漸往內側車道偏移，直到即將超越公車車頭時，又漸漸往外側車道移動。如圖所示，機車因為公車在路邊停靠，從其左方通過的軌跡。

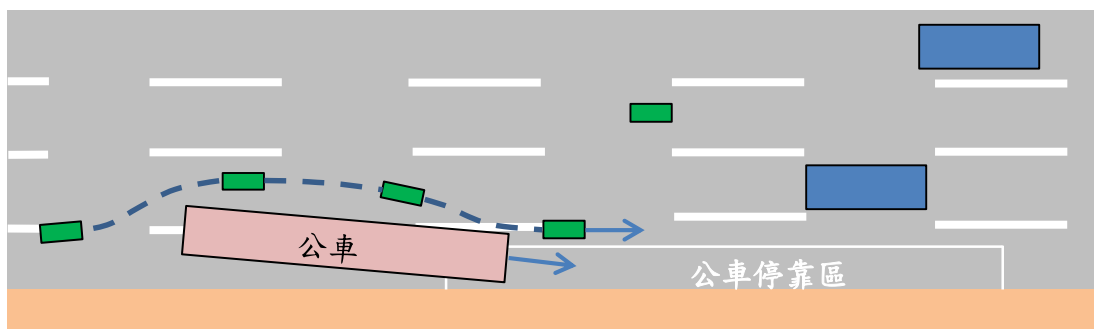


圖 5.12 機車通過公車站之移動軌跡示意圖

為了能解釋機車行為受公車影響之情況，本節中挑選兩個案例加以說明。首先必須從車輛軌跡資料庫進行篩選，判定方式是從機車(本車)周邊六個區間(前、左前、右前、後、左後、右後方)中各挑出最多十台車輛，並找出各個區間裡距離本車最近的車輛，若該車為公車則符合條件，並記錄兩車的車輛編號與當下的車輛移動特性。本案例探討公車原先位於機車右前方，而機車漸漸超車直到公車位於機車右後方的過程。兩個案例列出了各相關之變數，希望藉由對變數的觀察了解機車行為受公車影響的情況，並進一步解釋：

1. t ：時間，秒
2. Zone：公車所在區間，判定以兩車車頭位置為基準。3 代表公車位於機車右前方，6 代表公車位於機車右後方。
3. V_m 、 V_b ：前者為機車速度，後者為公車速度。
4. ACC_m 、 ACC_b ：前者為機車加速度，後者為公車加速度。
5. ΔY_m ：為機車橫向偏移值。正值代表向內側車道移動，負值代表向外側車道移動。

6. Ang_m 、 Ang_b ：車體本身偏向角度。正值為車頭偏向內側車道，負值為車頭偏向外側車道。
7. D_{MB} ：機車與公車的距離。當公車為前車，機車為後車，此距離是指機車與公車的最短直線距離。若兩車為並排，則距離為兩車之平行距離。
8. ΔX_{mb} ：指機車與公車之 x 座標的差值，若兩車為並排，則值為 0
 ΔY_{mb} ：指機車與公車之 y 座標的差值
9. Ang_{mb} ： θ ，指公車(右後/左後角)與機車車頭所形成之夾角。若兩車為並排，則角度為 90 度。

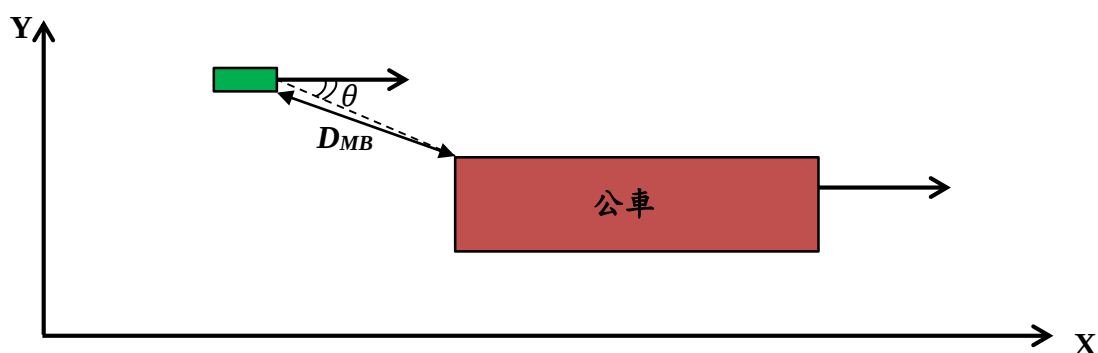


圖 5.13 機車和公車之角度與距離示意圖

表 5.7 機車受公車進站影響之案例 1

t (秒)	Zone --	V_m (公里/小時)	V_b (公里/小時)	ACC_m (公尺/秒 ²)	ACC_b (公尺/秒 ²)	ΔY_m (公尺)	Ang_m (度)	Ang_b (度)	D_{MB} (公尺)	ΔX_{mb} (公尺)	ΔY_{mb} (公尺)	Ang_{mb} (度)
91	3	44.55	16.09	-4.16	-0.27	0.87	3.86	-7.87	4.24	3.73	2.02	31.69
92	3	38.39	13.46	-6.16	-2.63	-0.22	-0.53	-5.08	2.12	0.00	2.12	90.00
93	6	41.91	11.64	3.52	-1.83	-0.24	-1.11	-4.14	2.93	0.00	2.93	90.00
94	6	36.49	4.68	-5.42	-6.95	-0.75	-3.84	-2.57	8.25	8.00	2.01	111.09
95	6	32.31	3.27	-4.17	-1.41	-0.45	-3.01	-5.05	16.33	16.19	2.08	101.03

案例 1 當中，機車受公車影響的情況持續了五秒，由公車所在區間得知原先在機車右前方的公車逐漸被機車超車的過程。當兩車夾角 Ang_{mb} 為 90 度時，代表兩車正並排，亦即兩車車身的某一部份有在同一 X 座標上，因此兩車並排時有可能會出現公車車頭(Zone=3)在前或是機車車頭在前(Zone=6)的情況。機車於 91 秒的時候預備超車，此時 ΔY_m 和 Ang_m 皆為正值，代表機車正朝內側車道移動，有明顯的橫向偏移行為。當機車車頭預備超越公車車頭時，機車的速度較高一些，一旦超車之後，此時 ΔY_m 和 Ang_m 皆為負值，代表機車開始向外側移動，並漸漸遠離公車。本案例公車速度愈來愈慢，且 Ang_b 為負值，代表公車正朝外側車道移動，單就表格數據顯示，有可能是預備停靠公車站的行為。

表 5.8 機車超車公車之案例 2

t (秒)	Zone --	V_m (公里/小時)	V_b (公里/小時)	ACC_m (公尺/秒 ²)	ACC_b (公尺/秒 ²)	ΔY_m (公尺)	Ang_m (度)	Ang_b (度)	D_{MB} (公尺)	ΔX_{mb} (公尺)	ΔY_{mb} (公尺)	Ang_{mb} (度)
508	3	58.89	37.52	12.01	7.01	-0.08	-0.29	-2.22	2.76	0.50	2.71	80.58
509	3	61.03	32.96	2.14	-4.56	-0.33	-1.04	-0.38	2.45	0.00	2.45	90.00
510	6	55.05	36.83	-5.98	3.86	-0.38	-1.40	-0.76	2.38	0.00	2.38	90.00
511	6	59.00	45.87	3.95	9.04	-0.78	-2.60	0.07	3.73	3.43	1.47	126.85
512	6	58.52	32.52	-0.47	-13.34	-0.34	-1.32	-0.32	10.71	10.65	1.22	102.27

此案例機車與公車皆在市區道路中以較高速行駛。機車於 508 秒的時候預備超車，車體偏向角度為負值，代表機車正往外側車道靠，出現了偏移約 0.08 公尺的行為，至於為何其不選擇向內側車道的原因，可能是機車覺得與公車之間的安全距離已經足夠，或是後方快車道有來車，無法切進內側車道。509 秒時兩車已經並排前進，機車持續地向外側車道些微移動，但兩車平行距離仍保持約 2.45 公尺。511 秒當機車車頭已經超越公車車頭時，機車有往外側車道較大的偏移行為約 0.78 公尺，行車角度也較大，代表機車駕駛確認超車之後，馬上切至外側慢車道。超車後機車持續以高速向外側車道行駛，漸漸遠離公車。本案例中的公車速度皆維持在 30km/hr 以上，與前一個案例不同之處在於公車並未路邊停靠，而是正常行駛在車道上且被機車超車的例子。

本研究透過忠孝東路路段所蒐集的影片還原，挑出機車跟車公車的案例，如下圖(a)至(e)分別為不同秒數下的連續移動行為，機車想找機會從公車左側通過，但發現公車有微向內側車道偏移的動作，且再比較左前方間距與右前方間距以及周遭鄰車的行車狀態後，可能覺得從左側超車風險性太大，便決定開始向右偏移跟車，直到偏移至可以鑽車的位置，最後從公車與路邊停等計程車之間快速通過。



(a)時間= t ：機車想從公車左側通過



(b)時間= $t+2$ ：機車觀察到公車有些許向內側車道偏移的行為



(c)時間= $t+4$ ：機車比較左前、右前間距以及周圍鄰車狀態後，決定偏右行駛



(d)時間= $t+7$ ：機車持續向右偏移至可進行鑽車位置



(e)時間= $t+9$ ：機車最後從路邊停等計程車與公車之間快速通過

圖 5.14 機車跟車公車行為之影片還原圖

由上述可知，機車會受鄰車之影響而有不同之決策行為，藉由本車與鄰車相對關係，進一步探討本車受鄰車影響的駕駛行為。本研究將本車周邊分成六個區塊，涵蓋左前(2)、右前(3)、前(1)、左後(5)、右後(6)、後方(4)，如圖 5.15 所示，其中 M 為本車。所有區塊之長度為以本車車頭為基準，往前或往後延伸 15 公尺，左前、右前、左後、右後區塊寬度設定為 4 公尺，為一個車道寬 3 公尺加上預留寬度 1 公尺，前後方區塊寬度設定為機車本身的寬度，0.6 公尺。

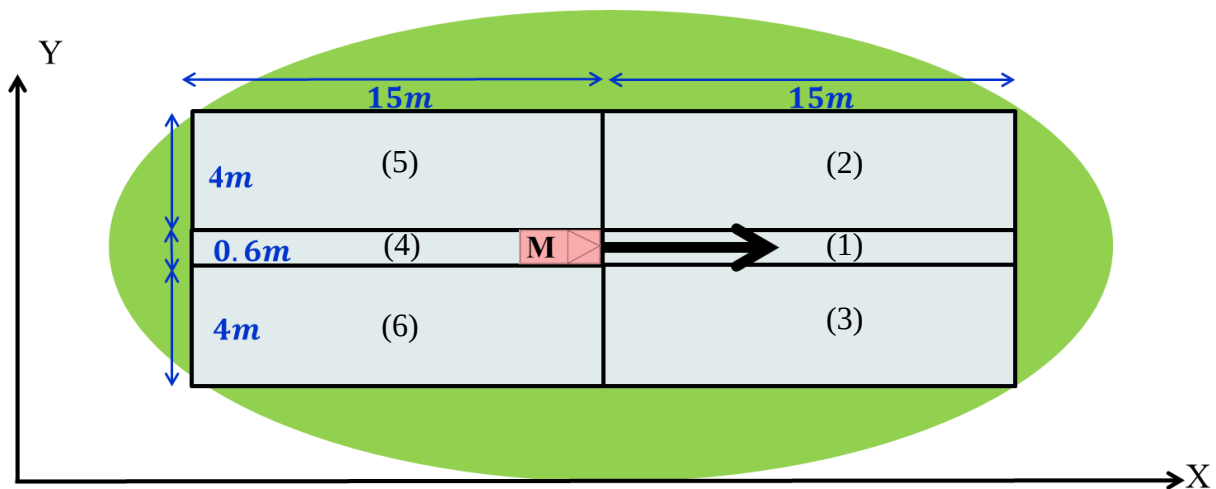


圖 5.15 車輛周圍區塊示意圖(機車對公車靠離站反應模式)

如圖 5.16 所示，定義車輛(Vehicle)的車頭與車尾點，A、B 分別代表車前中點、車後中點。判定區間必須用到車輛車頭與車尾之 X 、 Y 座標，因此以下敘述皆用 X_{VA} 、 Y_{VA} 、 X_{VB} 、 Y_{VB} 、 X_{MA} 、 Y_{MA} 、 X_{MB} 、 Y_{MB} 分別代表臨車車前中點之 X 座標、臨車車前中點之 Y 座標、臨車車後中點之 X 座標、臨車車後中點之 Y 座標、本車車前中點之 X 座標、本車車前中點之 Y 座標、本車車後中點之 X 座標、本車車後中點之 Y 座標。

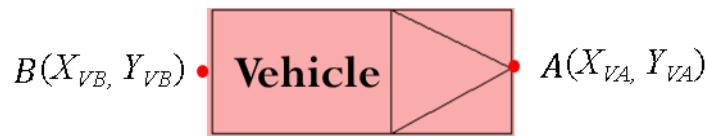


圖 5.16 車輛座標示意圖

區間判斷方法先了解各車輛之 A 點或 B 點是否有在六個區塊裡，若有才代表該車輛為本車之鄰車。接著比較鄰車車頭 X_{VA} 與本車車頭 X_{MA} 之大小：

- 若 $X_{VA} \leq X_{MA}$ ，代表鄰車車頭位置在本車車頭位置之後，判斷 Y_{VA} 位置便可將鄰車歸類於本車之左後方、後方或右後方；
- 若 $X_{VA} > X_{MA} \geq X_{VB}$ ，代表鄰車車頭位置已在本車車頭之前，但鄰車車尾仍在本車車頭之後方，判斷 Y_{VA} 位置便可將鄰車歸類於本車之左前方或右前方；

- 若 $X_{VB} > X_{MA}$ ，代表鄰車之車尾已經在本車車頭前方，而本研究主要探討公車對於機車的影響，公車車身龐大移動緩慢，進出站時行駛角度較大，因此本研究判斷鄰車位於本車之前方之條件為，只要鄰車之車身占用位本車之前方區塊時，便已經阻擋本車直線前進的路徑，因此將該鄰車判定在本車前方，同時為了避免車輛並未阻擋本車直線前進，但卻被判定在本車前方的情況發生，本研究設置前方區塊的寬度僅 0.6 公尺，即一般機車寬度。此情境下，若機車欲超車前方公車或路側停等車輛時，則必須進行橫向偏移行為，否則直行之路線受到公車車身阻擋。上述為設置前方區塊寬度大小的考量原因。若鄰車之車身並沒有位於本車之前方區塊裡，則可依其 Y_{VA} 、 Y_{VB} 位置判定該車位於左前方或右前方。當前方車輛為公車時，由於公車車身較長，因此本研究認為只要車輛車尾位於區塊裡，亦可視為機車之左前方、前方、右前方的車輛。

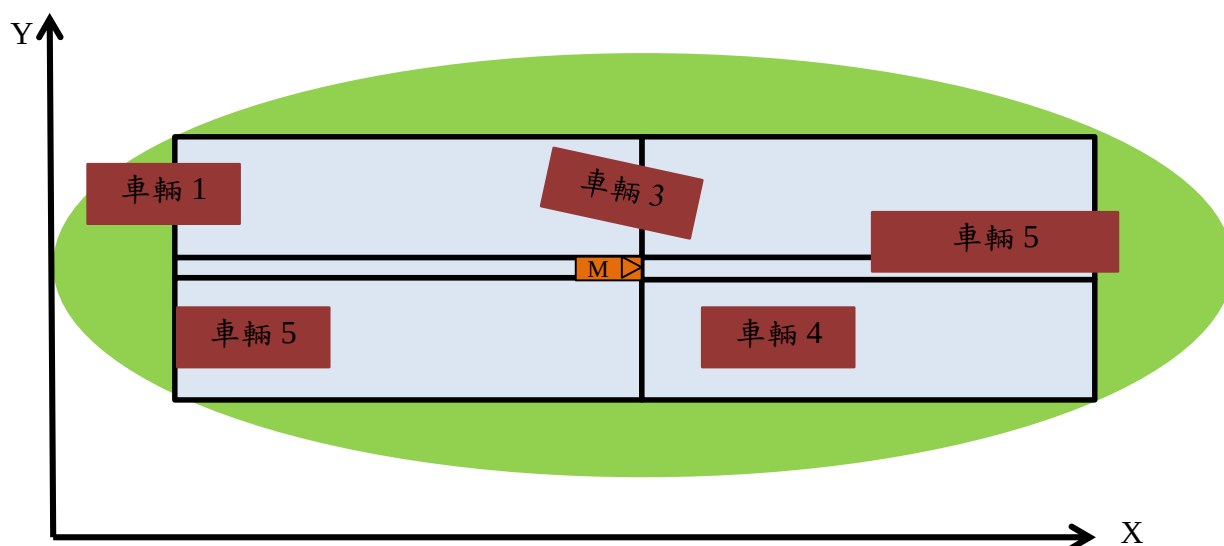


圖 5.17 車輛周圍區塊車輛狀態示意圖

利用圖 5.17 所示，便能將上述規則以簡單明瞭的方式呈現。車輛 1 位於本車 M 之左後方；車輛 2 位於本車 M 之右後方；車輛 3 位於本車 M 之左前方；車輛 4 位於本車 M 之右前方；車輛 5 之車身已經占用到前方區塊的範圍裡，因此可判定該車輛位於本車 M 之前方。

透過電腦程式判斷及篩選，可以得知每輛車於每一秒之周遭鄰車編號，篩選而得之車輛相對位置的資料與原始影片還原播放比較下並無差異，本車之各區間車輛編號與車輛數亦皆吻合。本研究將循此周遭鄰車的相關變數如位置、速度等進行機車受大型車與路側停等車輛影響之行為模式探討。

另外，為了解前方公車之狀態對於後方機車行為決策的影響，將位於公車站範圍內之公車狀態區分為三類，分別是進站、公車站停靠、出站。另外由於路側停等車輛的狀態只有一種，靜止狀態，因此本研究僅需建立公車狀態判斷準則。

本研究建立的座標軸為車輛前進，X 座標將愈大；愈靠內側車道，Y 座標愈大。以圖 5.18 的路段為例，其公車站範圍之 X 座標約在 25-70 公尺間，Y 座標則約為 0-3 公尺左右，如圖

中之紅色區塊所示。考慮實際上公車會提前準備進入公車站，並不一定按照實體分隔線進出站，因此將欲研究之公車站範圍 X 座標前後各延伸 15 公尺，Y 座標向內側車道延伸 3 公尺。如圖中之黑色區塊所示，欲研究之公車站範圍之 X 座標為 10 - 85 公尺，Y 座標則落在 0-6 公尺。



圖 5.18 實體公車站停靠範圍、設定欲研究公車站範圍大小

本研究將公車位置區分在公車站範圍內以及在路段上，因為公車於此兩範圍內的駕駛行為不一，在公車站範圍內，公車有較多橫向偏移和加減速的行為。由於公車進站、出站時，若採用公車速度、Y 座標、行駛角度等特性來判定，可能無法正確判斷出公車狀態，係因公車在進站時，並不一定都處於減速狀態，也不一定會漸漸向外側車道偏移，難免有誤差，且整體判斷較無系統性。

因此本研究擬定一個較簡單的判斷方法，利用 MATLAB 軟體撰寫程式，判定公車車頭位置是否在公車站範圍內(BS)、公車速度(BV)是否為 0。判定公車狀態之前，必須先確認該公車是否會在公車站範圍內停靠，因為有些公車僅僅是駛過公車站範圍，但沒有進出站與停靠的行為，因此將判斷該公車行駛於路段上。一旦有公車在公車站範圍停靠時，代表該車當下速度為 0，而在停靠之前於公車站範圍內的狀態都將設定為進站，其它時點下在公車站範圍內速度不為 0 的狀態則可判定為出站。本研究反覆嘗試之後，將公車不同狀態以不同顏色呈現，經由動畫還原的方式，確認判定結果皆和預期相符。

圖 5.19 範例說明判定進出站的規則，假設一台公車出現在路段的時間點共 26 秒，起初公車尚未進入公車站範圍，因此不輸出任何狀態，直到第 2 秒開始進入公車站範圍，且速度不為 0，代表該公車為進站狀態，第 10 秒後便於公車站停靠，至第 24 秒時速度便開始不為 0，此時程式輸出公車為出站狀態，一直到公車車頭離開公車站範圍為止。

將公車狀態判定完成後，後續構建模式會將上述所分類的公車狀態設為虛擬變數，了解當前方公車的狀態，對於後方機車的路徑選擇行為之影響，並對校估結果進行解釋。

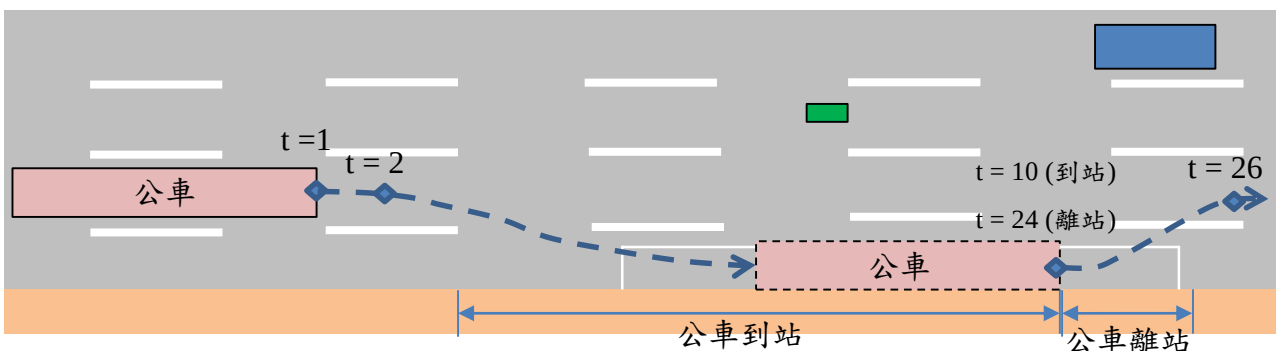


圖 5.19 公車進出站判定示意圖

5.2.2.3 機車對路側停等車輛之決策行為

本小節旨在以案例分析與探討機車受路側停等車輛影響時之偏移行為，如圖 5.20 所示。分析方式與分析機車對公車靠離站反應行為一致，首先先從車輛軌跡資料庫進行篩選，判定方式是從機車(本車)周邊六個區間(前、左前、右前、後、左後、右後方)中各挑出最多十台車輛，並找出各個區間裡距離本車最近的車輛，若該車為路側停等車輛則符合條件，並記錄兩車的車輛編號與當下的本車車輛的移動特性。本案例探討機車從路側停等車輛後方慢慢接近路側停等車輛並進行向左側偏移的過程。案例列出了各相關之變數，希望藉由對變數的觀察了解機車行為受路側停等車輛影響的情況，並進一步解釋：

1. t ：時間，秒
2. V_m ：機車速度。
3. ΔY_m ：為機車橫向偏移值。正值代表向內側車道移動，負值代表向外側車道移動。
4. D_{MP} ：機車與路側停等車輛的距離。此距離係指機車與路側停等車輛的最短直線距離。若兩車為並排，則距離為兩車之平行距離。
5. ΔY_{mp} ：指機車與公車之 y 座標的差值，若是為正值，表示機車較路側停等車輛靠內側，若是為負值，表示機車較路側停等車輛靠外側

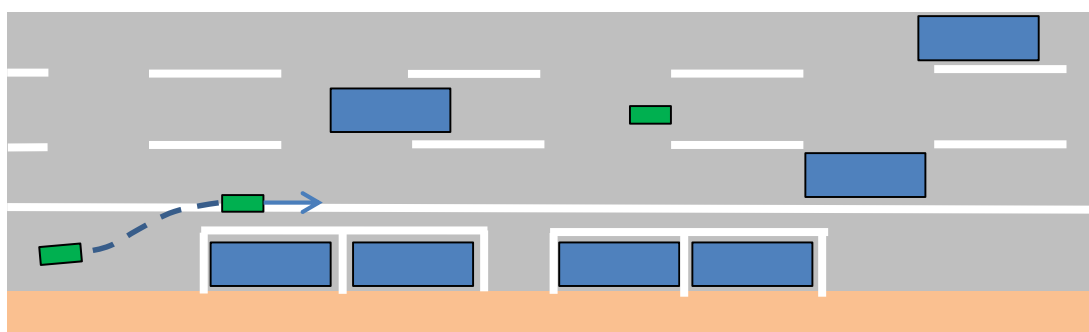


圖 5.20 機車閃避路側停等車輛軌跡示意圖

表 5.9 機車超越路側停等車輛之案例

t (秒)	V_m (公里/小時)	ΔY_m (公尺)	D_{MP} (公尺)	ΔY_{mp} (公尺)
429	28.25683	0.01	21.914	-0.44
430	21.28411	0.01	16.002	-0.43
431	19.58436	0.27	10.569	-0.15
432	19.66992	0.01	5.105	-0.15
433	12.83271	0.22	1.547	0.07

於案例當中，機車受影響的情況持續了五秒，由表 5.9 可知，該輛機車於 429 與 430 秒時與前方路側停等車輛距離 21.914 與 16.002 公尺，而其選擇繼續直進，因此在 429 與 430 秒時，其 ΔY 皆只位移了 0.01 公尺，而當 431 秒時，機車開始進行第一次的左偏，偏了 0.27 公尺，接著下一秒選擇直進，最後於 433 秒又再次左偏，偏了 0.22 公尺。

本研究透過所蒐集的影片還原，挑出機車對路側停等車輛反應的案例，如圖 5.21 (a)至(f)分別為不同秒數下的連續移動行為，其中圓圈處為機車，方塊處為路側停等車輛。當機車接近路側停等車輛時，由於路側車輛大多緊靠路緣停放，因此機車僅能左偏，於圖 5.21 中可看出，機車由 $t+1$ 秒至 $t+4$ 秒之間皆有左偏之行為，而後機車覺得其與前方停等車輛之橫向間距夠大，因此於 $t+5$ 秒時即停止左偏並保持直進。



(a) 時間 = t ：機車由路側停等車輛後方接近



(b) 時間 = $t+1$ ：機車開始稍微向左偏



(c) 時間 = $t+2$ ：機車繼續稍微向左偏



(d) 時間 = $t+3$ ：機車繼續稍微向左偏



(e) 時間 = $t+4$ ：機車繼續稍微向左偏



(f) 時間 = $t+5$ ：機車停止左偏並保持直進

圖 5.21 機車對路側車輛反應行為之影片還原圖

由上述可知由於路側停等車輛為靜止狀態，因此機車會較早開始進行閃避的動作，依照實際資料顯示，機車最早約 65 公尺前開始有閃避的動作，如圖 5.22 所示。因此本研究將路側停等車輛反應模式中之車輛周圍區塊的前方區塊長度修改為 65 公尺，其餘尺寸與公車靠離站反應模式之區間尺寸一致，如圖 5.23 所示。

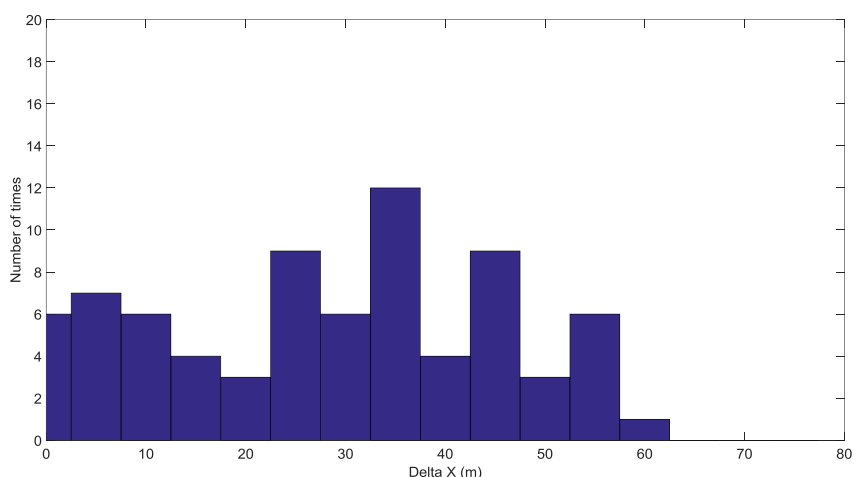


圖 5.22 機車反應時間點分布圖

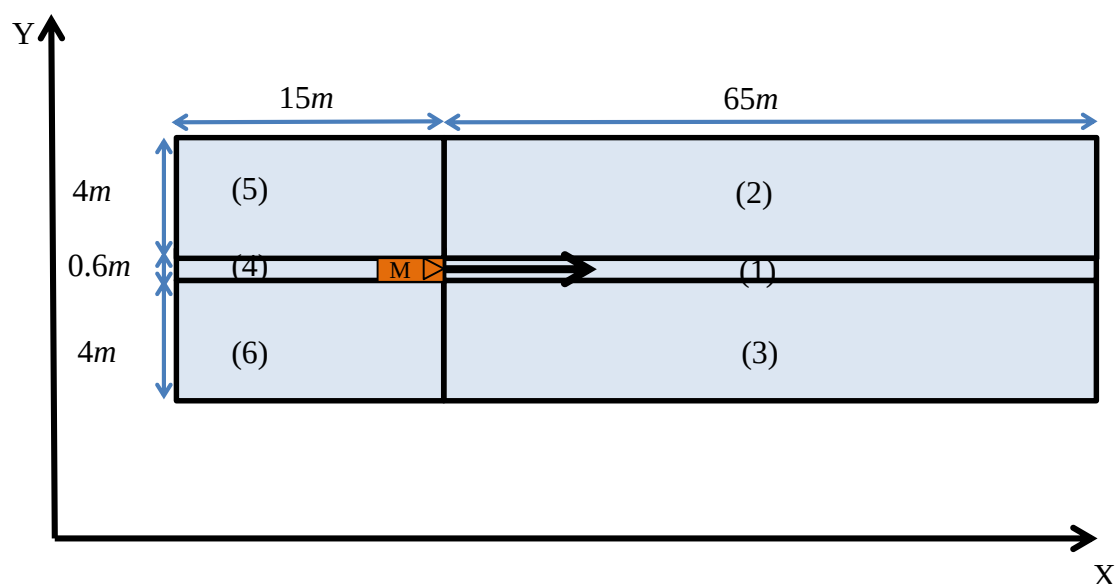


圖 5.23 車輛周圍區塊示意圖(機車對路側停等車輛反應模式)

5.2.2.4 資料選取

機車面臨公車或路側停等車輛的偏移行為，與周遭的環境變數有關。當機車發現前方公車行駛較為緩慢，或是前方有路側停等車輛時，只要左前方或右前方間距夠大，便會產生偏移行為，並從間距中以鑽車、超車的方式快速通過。為能了解機車受公車或路側停等車輛影響的駕駛行為，本節將會構建機車跟車公車之偏移行為模式，由於本模式建構之機車前方區間長度時，若前方車輛為公車，則長度為為 15 公尺，若是前方車輛為路側停等車輛，則長度為 65 公尺，且機車的寬度為 0.6 公尺，若是機車車頭之中央位置位於公車或路側停等車輛後方，則會突出 0.3m 的距離。因此，各模式之反應範圍界定如下：

1. 機車對公車靠離站反應行為模式

公車正後方 15 公尺長、2.8 公尺寬的區域內之機車視為跟隨公車行駛之機車。如圖 5.24 所示。

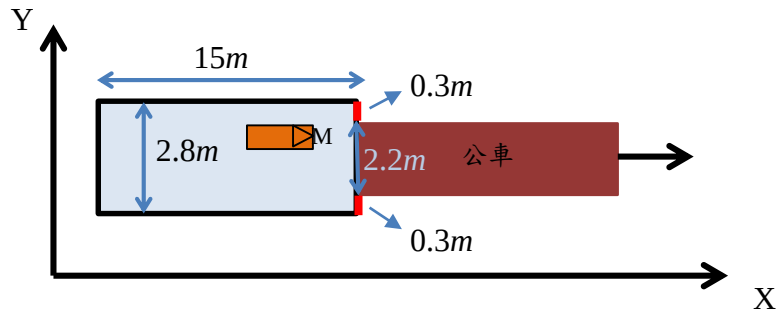


圖 5.24 機車跟車公車反應範圍

2. 機車對路側停等車輛反應行為模式

路側停等車輛正後方 65 公尺長、2.25 公尺寬的區域內之機車視為跟隨公車行駛之機車。如圖 5.25 所示。

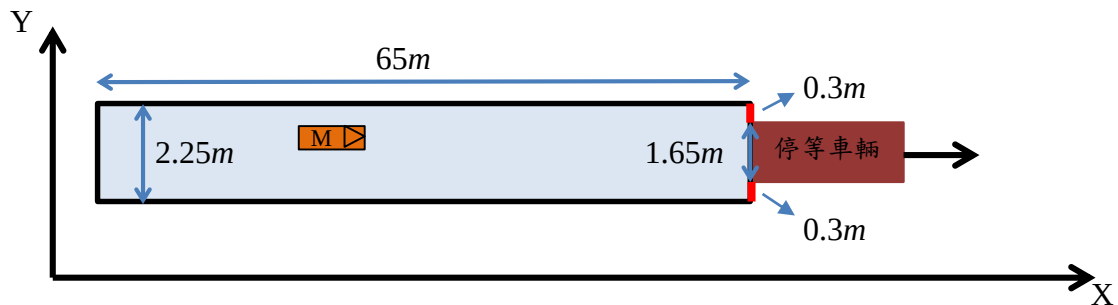


圖 5.25 機車對路側停等車輛反應範圍

5.2.3 模式建構

本節將會以個體選擇模型構建機車受公車與路側停等車輛影響的駕駛行為模式，根據機車與公車/路側停等車輛的相對位置分成數種情境，各個情境下有不同的決策模式。因此 5.2.3.1 節將會介紹個體選擇模型與效用函數； 5.2.3.2 節說明兩個模式的校估結果。

5.2.3.1 個體選擇模型及效用函數

個體選擇模型在過去研究經常被用在旅運者運具選擇行為上，對於個體進行決策行為時，有一定程度的預期結果。其模式是基於隨機效用最大化的理論，假設個體選擇是理性的，且決策者對於各方案的偏好程度能以效用函數表示。根據每個替選方案(alternative)對於個體的效用值(U_{in})，選擇效用最大的方案。其中效用值可分成兩部份，一是可衡量的效用(V_{in})，另一是不可衡量的隨機誤差項(ε_{in})。效用函數表示方法如下：

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (5.12)$$

$$V_{in} = \alpha_i + \beta \cdot x_{in} \quad (5.13)$$

其中，

U_{in} ：方案 i 對於決策者 n 之效用值

V_{in} ：方案 i 對於決策者 n 之可衡量效用

ε_{in} ：方案 i 對於決策者 n 之不可衡量效用

α_i ：方案 i 之方案特定常數

x_{in} ：方案 i 對於決策者 n 之屬性向量

β ：校估參數之向量

根據誤差項 ε_{in} 假設不同的分配型態，則可推導出不同型態之個體選擇模型。本研究所使用之多項羅吉特模型，其假設誤差項 ε_{in} 互相獨立且分配相同(independent and identical distribution, IID)之 Gumbel 分配。

將參數校估後可得決策者 n 對於各個方案 i 的選擇機率：

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in J_n} e^{V_{jn}}} \quad (5.14)$$

多項羅吉特模型係以個體選擇理論為基礎的應用模型，決策者僅會選擇效用最大的方案，無法同時選擇兩個以上的方案，亦即離散選擇模型(Discrete Choice Model)。另外，多項羅吉特模型假設各個方案間互相獨立且沒有相關性(Independence of Irrelevant Alternative Property, IIA)之特性。

5.2.3.1.1 機車對公車靠離站反應行為模式之效用函數

機車不如小汽車有車道規範，而是根據虛擬車道的概念在行駛。將車輛之間每個時點下的周邊區塊車輛進行自動化的篩選後，本研究將利用多項羅吉特模式進行機車跟車公車之偏移行為之探討，如下圖所示，假設機車駕駛在面臨前方區塊最近的車輛為公車時，有三種偏移行為可選擇，分別為跟車公車(V_C)、向左偏移(V_L)、向右偏移(V_R)， V_i 代表方案對於駕駛人的效用值。定義各方案的方案特定常數 $ASCC$ (直行)、 $ASCL$ (左偏)、 $ASCR$ (右偏)、方案特定變數以及共生變數後，透過參數的校估結果，便可了解機車駕駛於各類情境下選擇各方案的機率與效用值大小。以下將以公車站跟車模式代稱機車於公車站範圍內，跟車公車的路徑選擇行為。

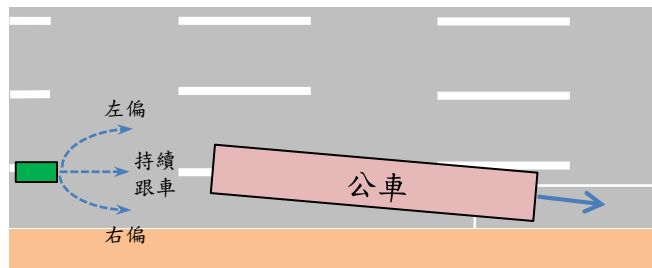


圖 5.26 公車站跟車模式研究情境示意圖

由於本研究僅僅探討機車於路段上的行為，因此靠近路口的資料不在研究範圍裡，將會篩選出機車之車頭 X 座標值大於 0 且小於 130 公尺內的車流行為資料。機車的行為比小型車與大型車更為複雜，挑選機車行為的影響變數若不適當，則校估而得的參數將會不顯著，模型結果也無法解釋機車的複雜行為，因此必須謹慎評估。假設機車進行偏移或繼續跟車前，會考量周圍環境以決定下一秒的行為，本研究所考慮之變數包含本車速度、本車與公車距離以及速度差、與公車之車間時距(time headway)、機車與鄰前車和鄰後車之距離、鄰前車與鄰後車車種、左前與右前方可通過間距、機車至可鑽車位置之距離、前一秒之決策，並含三種公車狀態，包含公車進站中、於路邊停靠、出站中，但模式不考慮公車於路段上停等時機車的跟車行為。

而模式所考慮的變數內容分別詳述如下：

1. 本車速度(V_m)

本研究加入本車速度當作選擇直行方案的方案特定變數，測試本車速度大小是否對於機車選擇跟車公車的效用有顯著性的影響，單位為 kph。

2. 機車車頭至公車車尾之縱向距離(D_{MB})，單位為公尺(m)

3. 機車與公車之相對速度(V_{MB})

當機車不滿意前車公車速度時，應會試著以偏移的方式超車，因此本研究將機車速度減公車速度($V_m - V_b$)，考慮相對速度當作直行方案之特定變數，單位為 kph。

4. 與公車之車間時距($Headway_{MB}$)

計算方式為與公車距離除以機車當前速度，可以理解還需要多少時間，機車車頭將撞上公車車尾，單位為秒。

5. 機車與鄰前車和鄰後車之距離 (D_{MFL} 、 D_{MFR} ； D_{MRL} 、 D_{MRR})

如下圖 5.27 所示，分別呈現機車與各鄰車之相對距離計算方式。以機車與左前車的距離為例，相對距離為機車左前角與左前車右後角之直線距離。若無鄰前車，則相對距離假定為 15 公尺。

有一種情況，當前方公車右後角與路緣十分接近(小於 1.5 公尺)時，此時幾乎不可能有右前車，機車向右偏的意願會降低，因此本研究假定此情況下機車與右前車距離為 0 公尺。

6. 左前方、右前方可通過間距(GAP_L 、 GAP_R)

鄰前車與前方車輛的距離，是本車欲鑽行前會觀察的重要變數，尤其一般機車駕駛較不願跟車於速度緩慢的公車之後，且所及視線容易被體積龐大的車身阻擋。因此當左前、右前之鑽行空間夠大時，機車便會偏移並進行鑽車行為，其判定方法為鄰前車與前車距離，單位為公尺。計算左前方區域距離本車最近之車輛，與公車的距離(m)，若無鄰前車，則假設 GAP 為 15 公尺。當鄰前車與公車併排時，則計算方式為兩車之平行間距。若本車之前車與鄰前車之前車皆為該公車，則 GAP 為 0。

7. 至可鑽車位置之距離(LD_L 、 LD_R)

機車跟車公車時，若其欲進行超車或鑽車行為，必須偏移左側、右側至可鑽車位置，才能從車輛中通過。本研究認為此距離乃是機車偏移的重要變數之一。計算方法如下圖所示，為機車距離公車左、右後角之橫向距離再加上最小安全間距(Minimum Separation Distance) 0.5 公尺與機車車寬(W_m)之一半 0.3 公尺共 0.8(m)。

案為向右偏移(V_R)時，考慮的變數包含與右前車距離(D_{MFR})、右後車距離(D_{MRR})、右前可通過間距(GAP_R)、至右側可鑽車位置之距離(LD_R)、前一秒是否右偏($Last_R$)以及公車行駛狀態，其中公車行駛狀態包含公車進站(BE)、公車站停靠(BS)、公車出站(BL)，模式將虛擬變數之參數值與常數值合併呈現，可根據不同的公車狀態選擇模式所使用的常數值，因此公車站跟車模式之效用函數的形式可定義為：

$$(\text{直行})V_C = \beta_1 V_m + \beta_2 D_{MB} + \beta_3 V_{MB} + \beta_4 Headway_{MB} \quad (5.16)$$

$$(\text{左偏})V_L = \beta_5 D_{MFL} + \beta_6 D_{MRL} + \beta_7 GAP_L + \beta_8 LD_L + \beta_9 Last_L + \beta_{11} FVS_L + \beta_{12} RVS_L + DummyBE \cdot ASCL_{BE} + DummyBS \cdot ASCL_{BS} + DummyBL \cdot ASCL_{BL} \quad (5.17)$$

$$(\text{右偏})V_R = \beta_5 D_{MFR} + \beta_6 D_{MRR} + \beta_7 GAP_R + \beta_8 LD_R + \beta_{10} Last_R + \beta_{11} FVS_R + \beta_{12} RVS_R + DummyBE \cdot ASCR_{BE} + DummyBS \cdot ASCR_{BS} + DummyBL \cdot ASCR_{BL} \quad (5.18)$$

茲將公車站跟車模式之效用函數各項參數以及變數對應名稱整理列表如下：

表 5.10 公車站跟車模式之變數與對應參數、效用函數表

方案特定變數、共生變數	變數符號	參數	所屬效用函數
本車速度(kph)	V_m	β_1	V_C
與公車距離(m)	D_{MB}	β_2	V_C
與公車速度差(kph)	V_{MB}	β_3	V_C
與公車之車間時距(s)	$Headway_{MB}$	β_4	V_C
與左前車、右前車距離	D_{MFL} 、 D_{MFR}	β_5	V_L 、 V_R
與左後車、右後車距離	D_{MRL} 、 D_{MRR}	β_6	V_L 、 V_R
左、右可通過間距(m)	GAP_L 、 GAP_R	β_7	V_L 、 V_R
至左、右可鑽車位置之距離(m)	LD_L 、 LD_R	β_8	V_L 、 V_R
左前車車種、右前車車種 (大型車 2、小型車 1、機車 0)	FVS_L 、 FVS_R	β_{11}	V_L 、 V_R
左後車車種、右後車車種 (大型車 2、小型車 1、機車 0)	RVS_L 、 RVS_R	β_{12}	V_L 、 V_R

表 5.11 公車站跟車模式之虛擬變數與對應參數、效用函數表

虛擬變數	變數符號	參數	所屬效用函數
前一秒左	$Last_L$	β_9	V_L
前一秒右	$Last_R$	β_{10}	V_R
公車是否進站	$DummyBE$	$ASCL_{BE}$	V_L
		$ASCR_{BE}$	V_R
公車是否於公車站停靠	$DummyBS$	$ASCL_{BS}$	V_L
		$ASCR_{BS}$	V_R
公車是否出站	$DummyBL$	$ASCL_{BL}$	V_L
		$ASCR_{BL}$	V_R

5.2.3.1.2 機車對路側停等車輛反應行為模式之效用函數

本研究亦利用多項羅吉特模式進行機車對路側停等車輛之偏移行為進行模式建構，如下圖

所示，由於路側停等車輛多靠路緣停等，右側已無空隙能讓機車超車，因此機車駕駛在面臨前方區塊最近的車輛為路側停等車輛時，僅有兩種偏移行為可選擇，分別為持續前進(V_C)與向左偏移(V_L)， V_i 代表方案對於駕駛人的效用值。定義各方案之常數、特定變數以及共生變數後，透過參數的校估結果，便可了解機車駕駛於各類情境下選擇各方案的機率與效用值大小。

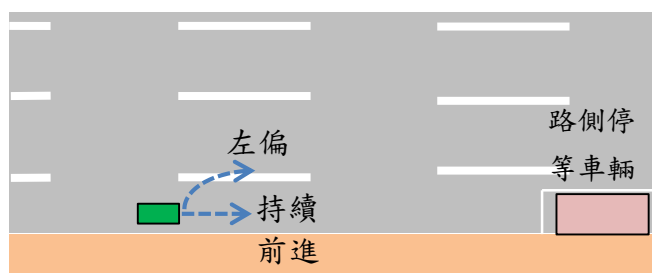


圖 5.28 機車對路側停等車輛反應行為模式研究情境示意圖

由於本研究僅僅探討機車於路段上的行為，因此靠近路口的資料不在研究範圍裡，將會篩選出機車之車頭 X 座標值大於 0 且小於 130 公尺內的車流行為資料。機車的行為比小型車與大型車更為複雜，挑選機車行為的影響變數若不適當，則校估而得的參數將會不顯著，模型結果也無法解釋機車的複雜行為，因此必須謹慎評估。假設機車進行偏移或繼續直行前，會考量周圍環境以決定下一秒的行為，本研究所考慮之變數包含本車速度、本車與路側停等車輛之車間時距(time headway)、機車與鄰前車和鄰後車之距離、機車與鄰前車和鄰後車之速度差、鄰前車與鄰後車之車種、左前方可通過間距、機車至左側可超車之距離、前一秒之決策。

而模式所考慮的變數內容分別詳述如下：

1. 本車速度(V_m)

本研究加入本車速度當作選擇直行方案的方案特定變數，測試本車速度大小是否對於機車選擇跟車公車的效用有顯著性的影響，單位為 kph。

2. 與路側停等車輛之車間時距($Headway_{MP}$)

計算方式為與路側停等車輛之距離除以機車當前速度，可以理解還需要多少時間，機車車頭將撞上停等車輛之車尾，單位為秒。

3. 機車與鄰前車和鄰後車之距離 (D_{MFL} ; D_{MRL})

如下圖 5.29 所示，分別呈現機車與各鄰車之相對距離計算方式。以機車與左前車的距離為例，相對距離為機車左前角與左前車右後角之直線距離。

4. 左前方可通過間距(GAP_L)

鄰前車與前方車輛的距離，是本車欲鑽行前會觀察的重要變數，當左前之鑽行空間夠大時，機車便會偏移並進行鑽車行為，其判定方法為鄰前車與前車距離，單位為公尺。計算左前方區域距離本車最近之車輛，與前方路側停等車輛的距離(m)，若無鄰前車，則假設 GAP 為 15 公尺。

5. 至可超車位置之距離(LD_L)

當機車越來越接近停等車輛後方時，若其欲進行超車或鑽車行為，必須偏移至左側的可超車位置，才能從車輛中通過。本研究認為此距離乃是機車偏移的重要變數之一。計算方法如下圖所示，為機車距離前方停等車輛左、右後角之橫向距離再加上最小安全間距(Minimum Separation Distance) 0.5 公尺與機車車寬(W_m)之半 0.3 公尺共 0.8 公尺。

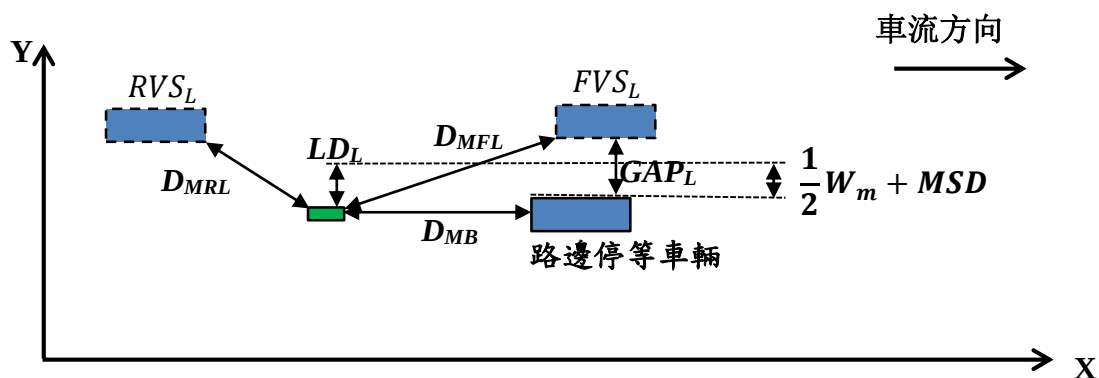


圖 5.29 各個距離變數示意圖

另也考慮下列兩變數：

1. $Last_L$ ：前一秒是否為左偏

2. $Last_R$ ：前一秒是否為右偏

本研究假設機車於各方案選擇無特別的偏好行為，會根據當下環境變數決定其路徑選擇行為，機車對路側停等車輛反應行為模式將探討當機車面臨路側停等車輛時的偏移行為；本研究將本車速度、與兩車間的車間時距變數當成模式之直行方案特定變數，其餘解釋變數皆

為左偏的共生變數，以及虛擬變數。當駕駛者選擇方案為直行(V_C)時，考慮的效用變數包含本車速度(V_m)、與公車之車間時距($Headway_{MB}$)；當駕駛者選擇方案為向左偏移(V_L)時，考慮的變數包含與左前車距離(D_{MFL})、左後車距離(D_{MRL})、左前車速度差(VD_{MFL})、左後車速度差(VD_{MRL})、左前車車種(FVS_L)、左後車車種(RVS_L)、左前可通過間距(GAP_L)、至左側可超車位置之距離(LD_L)、前一秒是否左偏($Last_L$)，因此機車對路側停車反應行為模式之效用函數的形式可定義為：

$$(\text{直行})V_C = \beta_1 V_m + \beta_2 Headway_{MB} \quad (5.19)$$

$$(\text{左偏})V_L = C + \beta_3 D_{MFL} + \beta_4 D_{MRL} + \beta_5 VD_{MFL} + \beta_6 VD_{MRL} + \beta_7 FVS_L + \beta_8 RVS_L + \beta_9 GAP_L + \beta_{10} LD_L + \beta_{11} Last_L \quad (5.20)$$

茲將機車對路側停等車輛反應模式之效用函數各項參數以及變數對應名稱整理列表如下：

表 5.12 機車對路側停等車輛反應行為模式之變數與對應參數、效用函數表

方案特定變數、共生變數	變數符號	參數	所屬效用函數
本車速度(kph)	V_m	β_1	V_C
與路側停等車輛之車間時距(s)	$Headway_{MB}$	β_2	V_C
與左前車距離	D_{MFL}	β_3	V_L
與左後車距離	D_{MRL}	β_4	V_L
與左前車速度差	VD_{MFL}	β_5	V_L
與左後車速度差	VD_{MRL}	β_6	V_L
左前車車種 (大型車 2、小型車 1、機車 0)	FVS_L	β_7	V_L
左後車車種 (大型車 2、小型車 1、機車 0)	RVS_L	β_8	V_L
左側可通過間距(m)	GAP_L	β_9	V_L
至左側可超車位置之距離(m)	LD_L	β_{10}	V_L

表 5.13 機車對路側停等車輛反應行為模式之虛擬變數與對應參數、效用函數表

虛擬變數	變數符號	參數	所屬效用函數
前一秒左	$Last_L$	β_{11}	V_L

5.2.3.2 模式參數校估

本節將介紹機車對公車靠離站與機車對路側停等車輛之反應行為模式的校估結果。

5.2.3.2.1 機車對公車靠離站反應模式

運用 5.2.2.4 節的判斷方式於資料庫上，可得出 438 個機車跟公車的反應行為案例資料，當中按前方公車的動作（進站、停靠、出站）以及機車的決策（左偏、直行、右偏）組合，

整理如表 5.6 所示。當中機車三種決策的筆數分別為，向左偏 250 筆、直行 79 筆、向右偏 109 筆，而直行筆數少於左偏與右偏的筆數，與一般小汽車行駛偏移狀況的直覺並不相同，資料顯示當前方公車進站時，機車左偏的資料筆數較高；當前方公車停靠時，機車也較願意左偏；當公車出站時，機車選擇左偏與右偏的比例並無較大的差異。過去研究以多項羅吉特進行車輛變換車道模式構建時，都指出車輛直行資料數會遠大於左偏與右偏，因此分析上，車輛直行資料必須進行規模性的篩選與過濾。由資料筆數顯示，可以推論機車較不偏好在此類情境下持續跟車公車，而是有較大的比例會進行偏移行為。本研究使用軟體 NLOGIT 5 進行多項羅吉特模式的校估。

表 5.14 公車站跟車模式研究資料之各機車決策筆數

	機車左偏	機車直行	機車右偏	Total
前方公車進站	144	46	19	209
前方公車停靠	71	3	42	116
前方公車出站	35	30	48	113
Total	250	79	109	438

表 5.15 公車站跟車模式初步校估結果

變數符號	對應參數	參數值	標準誤差	t-Statistic	p-value
V_m	β_1	-0.00543	0.03167	-0.17	-0.00543
D_{MB}	β_2	.17403**	0.07079	2.46	0.0139
V_{MB}	β_3	-.05931***	0.02174	-2.73	0.0064
$Headway_{MB}$	β_4	-0.05908	0.28117	-0.21	0.8336
D_{MFL} 、 D_{MFR}	β_5	-0.02302	0.01957	-1.18	0.2396
D_{MRL} 、 D_{MRR}	β_6	0.00531	0.0183	0.29	0.7715
GAP_L 、 GAP_R	β_7	.05907***	0.01813	3.26	0.0011
LD_L 、 LD_R	β_8	-.13688**	0.06961	-1.97	0.0493
$Last_L$	β_9	1.41429***	0.28422	4.98	0
$Last_R$	β_{10}	0.29181	0.25388	1.15	0.2504
FVS_L 、 FVS_R	β_{11}	-0.0158	0.01589	-0.99	0.3201
RVS_L 、 RVS_R	β_{12}	.05231***	0.01744	3	0.0027
$DummyBE$	$ASCL_{BE}$	1.66455**	0.78518	2.12	0.034
	$ASCC_{BE}$	0	fixed	-	-
	$ASCR_{BE}$	-0.20975	0.8297	-0.25	0.8004
$DummyBS$	$ASCL_{BS}$	0.78133	0.79923	0.98	0.3283
	$ASCC_{BS}$	0	fixed	-	-
	$ASCR_{BS}$	1.33022*	0.80117	1.66	0.0968
$DummyBL$	$ASCL_{BL}$	3.11786***	0.9516	3.28	0.0011
	$ASCC_{BL}$	0	fixed	-	-
	$ASCR_{BL}$	2.46267**	0.97308	2.53	0.0114
Observations : 438					
L(0) : -481.192					
L(β) : -328.978					
ρ^2 : 0.3163					
adjusted ρ^2 : 0.2831					

初步校估結果發現諸多變數皆不顯著，包含機車與鄰前車、鄰後車之距離，顯見機車跟車公車的偏移決策行為可能不受與鄰車距離之影響。另外，本車速度與公車車間時距等也不顯著。在鄰車車種的部分，前車車種對於機車決策影響不顯著，但後車車種則為顯著。根據各變數的顯著性，經由反覆測試各變數對於最大概似函數值的表現，並將虛擬變數留下，本研究經重新校估模式，修正後模式之校估結果如表 5.16 所示：

表 5.16 公車站跟車模式修改後之校估結果

變數符號	對應參數	參數值	標準誤差	t-Statistic	p-value
D_{MB}	β_2	.16162***	0.04006	4.03	0.0001
V_{MB}	β_3	-.05837***	0.01977	-2.95	0.0032
GAP_L 、 GAP_R	β_7	.05984***	0.01523	3.93	0.0001
LD_L 、 LD_R	β_8	-.15180**	0.06868	-2.21	0.0271
$Last_L$	β_9	1.44753***	0.28035	5.16	0
$Last_R$	β_{10}	0.24556	0.25107	0.98	0.3281
RVS_L 、 RVS_R	β_{12}	.04621***	0.01209	3.82	0.0001
$DummyBE$	$ASCL_{BE}$	1.62711***	0.44224	3.68	0.0002
	$ASCC_{BE}$	0	fixed	-	-
	$ASCR_{BE}$	-0.27246	0.50463	-0.54	0.5893
$DummyBS$	$ASCL_{BS}$	3.09892***	0.78069	3.97	0.0001
	$ASCC_{BS}$	0	fixed	-	-
	$ASCR_{BS}$	2.44693***	0.80041	3.06	0.0022
$DummyBL$	$ASCL_{BL}$	0.70152	0.51348	1.37	0.1719
	$ASCC_{BL}$	0	fixed	-	-
	$ASCR_{BL}$	1.26297**	0.50812	2.49	0.0129
Observations : 438					
L(0) : -481.192					
L(β) : -329.841					
ρ^2 : 0.3145					
adjusted ρ^2 : 0.2917					

修改後的 adjusted ρ^2 有明顯上升，表示刪除的變數對模式並無影響力。校估而得的結果大致符合預期，且根據 ρ^2 值可以說明模式具有不錯的解釋能力。當機車與公車相對距離愈大時，其選擇直行的效用愈高。當機車與公車速差越大時，則機車選擇直行的效用越低。左前方與右前方的可通過間距如前述所提及，是駕駛考慮進行左偏、右偏的重要因素之一，其參數結果非常顯著。鑽車與超車是國內機車騎士的駕駛特性，駕駛會根據可通過間距大小決定機車的推進行為；至可鑽車位置距離亦是顯著的變數之一，而上一秒的決策行為影響該秒的偏移方向，且其參數值大。另外，後車車種亦為顯著之變數，當後車車種越大時，機車越不會想要繼續等在公車後方，而是越想要超越前方公車，以免被兩車夾擊。

本研究將公車狀態以虛擬變數的方式呈現，以了解前方公車的狀態對於本車選擇偏移行為效用的影響性。校估結果指出：

- 當公車進站時，對於機車左偏有顯著性的影響，右偏則無。此時機車右偏效用將會降低，左偏效用的參數值為正，本研究認為由於公車進站是屬於減速行為，且公車漸漸往外側車道偏移會阻礙到機車的行駛路線，機車若欲避免受到公車阻擋，會較希望能從左側通過，盡速離開公車站範圍。

- 當公車在路邊停靠，等待乘客上下車的同時，對於後方機車選擇左偏、右偏都有顯著的影響，且參數值極大。指出機車騎士遇到此類情境時會大幅提升偏移的意願，幾乎不太會選擇直行。左偏參數值較大是可預期的，一般騎士都會從左側超車；至於為何右偏也為正值，或許可解釋為有些保守的機車騎士較不願從左側超車，先緩慢右偏行駛於公車後，待公車出站後再找空間前行；或其認為公車與路緣之間仍有空隙可通過，比起與左後方來車爭道來說，行駛於外側是相對安全的。
- 當前方公車預備出站時，對於機車右偏行為有顯著的影響，且藉由校估結果可發現機車選擇左偏、右偏的效用皆為正值，且右偏效用明顯較大，與預期相符。代表機車騎士遇到前方公車出站時，進行偏移的意願提昇，而少數較激進(aggressive)會從公車左側超車，多數機車則較願意從公車右側超車。

校估結果顯示機車的駕駛行為是否受到前方公車影響，從參數值的大小可看出前方公車的狀態幾乎主導了機車的偏移行為。觀察公車狀態影響機車的偏移效用之參數值，並與直行效用值 0 相比，發現除了公車進站時會降低機車選擇右偏的效用之外，其它情境下無論大小，皆會提升機車偏移的效用，機車較不願繼續跟車在公車後方，會盡可能地超越公車。

模式經修正後，公車站跟車模式如下：

$$V_C = 0.16162D_{MB} - 0.05837V_{MB} \quad (5.21)$$

$$V_L = 0.05984GAP_L - 0.15180LD_L + 1.44753Last_L + 0.04621RVS_L + 1.62711DummyBE + 3.09892DummyBS + 0.70152DummyBL \quad (5.22)$$

$$V_R = 0.05984GAP_R - 0.15180LD_R + 1.44753Last_R + 0.04621RVS_R - 0.27246DummyBE + 2.44693DummyBS + 1.26297DummyBL \quad (5.23)$$

5.2.3.2.2 機車對路側停等車輛反應模式

運用 5.2.2.4 節的判斷方式於資料庫上，可得出 560 筆機車對路側停等車輛反應行為案例資料，當中按前方公車的動作（進站、停靠、出站）以及機車的決策（左偏、直行、右偏）組合。當中機車兩種決策的筆數分別為，向左偏 280 筆、直行 280 筆。由於當機車面臨前方路側停等車輛時，最終一定會選擇左偏，不會一直待在路側停等車輛後側，因此左偏與直行的資料筆數各半。本模式亦使用軟體 NLOGIT 5 進行多項羅吉特模式的校估。

初步校估結果發現諸多變數皆不顯著，如表 5.17 機車對路側停等車輛反應模式初步校估結果所示。包含機車與鄰前車、鄰後車之距離與速差，顯見機車面臨路側停等車輛時的偏移決策行為較不受與鄰車距離與速度之影響。另外，與前方路側停等車輛之車間時距也不顯著。在鄰車車種的部分，前車車種對於機車決策影響不顯著，但後車車種則為顯著。根據各變數的顯著性，經由反覆測試各變數對於最大概似函數值的表現，並將虛擬變數留下，本研究重新校估模式，修正後模式之校估結果如表 5.18 所示：

表 5.17 機車對路側停等車輛反應模式初步校估結果

變數符號	對應參數	參數值	標準誤差	t-Statistic	p-value
V_m	β_1	-.02823**	0.01157	-2.44	0.0146
$Headway_{MB}$	β_2	0.0404	0.04817	0.84	0.4017
D_{MFL}	β_3	-0.0024	0.00603	-0.4	0.6906
D_{MRL}	β_4	-0.02336	0.02579	-0.91	0.365
VD_{MFL}	β_5	-0.01022	0.00722	-1.42	0.1568
VD_{MRL}	β_6	0.00891	0.00902	0.99	0.3232
FVS_L	β_7	-0.04166	0.16983	-0.25	0.8062
RVS_L	β_8	-.40410**	0.19204	-2.1	0.0354
GAP_L	β_9	0.00326	0.0086	0.38	0.7047
LD_L	β_{10}	.28231**	0.13237	2.13	0.0329
$Last_L$	β_{11}	0.13458	0.25999	0.52	0.6047
	C	-0.63542	0.43742	-1.45	0.1463
Observations : 560 L(0) : -615.223 L(β) : -374.965 ρ^2 : 0.3905 adjusted ρ^2 : 0.3759					

表 5.18 機車對路側停等車輛反應模式修改後之校估結果

變數符號	對應參數	參數值	標準誤差	t-Statistic	p-value
V_m	β_1	-.03187***	0.00893	-3.57	0.0004
RVS_L	β_8	-.36852**	0.17043	-2.16	0.0306
LD_L	β_{10}	.24342**	0.12266	1.98	0.0472
	C	-.95842***	0.30707	-3.12	0.0018
Observations : 560 L(0) : -615.223 L(β) : -376.931 ρ^2 : 0.3873 adjusted ρ^2 : 0.3727					

重新校估後的變數參數值之正負號大致符合預期，當本車速度越大時，選擇執行的效用越低。當左後車種越大時，機車左偏的效用會越低。至左側可超車位置越遠時，機車選擇左偏的效用越高，原因為機車面臨路側停等車輛時，最終一定會選擇左偏，若是機車當下離左側可超車位置越遠時，機車會越想趕快進行偏移的動作，以降低在路側停等車輛後側停等的機率。除了變數參數值之正負號符合預期外，亦可從 ρ^2 值看出本模式具有不錯的解釋能力。

模式經修正後，機車對路側停等車輛反應行為模式如下：

$$V_C = -0.3187V_m \quad (5.24)$$

$$V_L = -0.95842 - 0.36852RV S_L + 0.24342LD_L \quad (5.25)$$

於模式校估完成後，本研究將會利用微觀車流模擬軟體，BikeSim，對其進行模擬驗證，相關模擬測試將於第六章詳述。

5.3 機車路口停等位置選擇模式

機車在紅燈期間於路口停等的位置及排列方式，會影響到綠燈初始時機車起動之順序以及其後汽車的起動時間，進而影響到路口容量及效率。在紅燈期間及綠燈起始時機車在路口的運動模式，與在路段中之運動有很大的差異，這些特性與汽車起動時之行駛特性有極大的不同，在傳統以車道規範為基礎的跟車模型及換道模型中皆未於模型中加以描述，故本研究亦將路口的停等行為列為研究重點。

5.3.1 研究問題定義

機車在路口停等時排列的位置及車隊組成形態，受機車及小汽車到達路口的先後順序所影響，而車隊形態又可能會影響在綠燈時的疏散效率；機車在路口停等時，其後續轉向的方向，亦可能是影響路口停等位置選擇的重要影響因素，對不同車道之疏散率亦可能有所差異。故本研究發展之路口停等行為模式之重點，在了解機車轉向的方向與路口停等位置選擇之關係。

機車在紅燈期間於路口停等的位置及排列方式，其在路口的移動角度、車輛間的間距，與鄰車間之互動關係，位置選擇決策行為等，可能與路段中的跟車模型及車道變換模型不同。在微觀模擬系統中若未對此處理，模擬結果可能會與現實有極大差異，影響系統的準確性，故有針對紅燈時路口之機車停等行為模擬的必要。

機車在路口停等位置的選擇，此會影響綠燈初始時之起動順序及路口效率，本研究對機車於路口停等時之位置選擇行為之假設，示意於圖 5.30，機車在路口之移動為在平面空間二維的位置選擇行為（Lee et al., 2013），車輛位置變化也是根據「動態的虛擬車道」之概念來行駛（Lee et al., 2009），而非基於傳統跟車或變換車道的一維空間行為類型。當機車 A 行駛接近路口機車停等區，遇到前方有停等車隊時，該機車之路徑選擇有三個選項(alternatives)：(1)左偏；(2)直行；(3)右偏。

另外，機車在後續路口之轉向，亦會影響到停等位置的選擇。例如，在後續在路口要右轉或是兩段式左段，機車應傾向停等在靠人行道側的位置；若後續在路口要直接左轉，在紅燈停等時，應傾向停在靠中心線的位置。故本研究收集實證資料分析機車轉向的方向與路口停等位置選擇之關係，再以數學模式來描述此種關係。

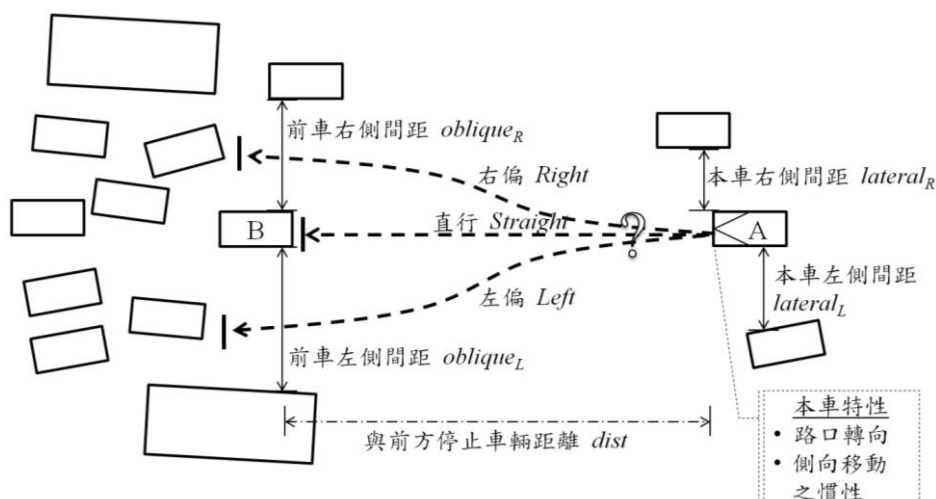


圖 5.30 位置選擇決策之概念

5.3.2 實證分析

本研究分析調查地點 L、M、N、O 四個路口所收集的資料，觀察及分析了 1,696 輛機車的側偏、轉向及停等位置選擇的行為，做為發展模式之依據。

5.3.2.1 機車橫向偏移與前方停止車輛距離之關係

橫向偏移的原因通常是前方沒有適當的空間可供行駛，故應與「前方停止車輛之距離」有直接的關係，圖 5.31 描繪了在與前方停止車輛距離 30m 以內，橫向偏移意圖的比例，橫軸為機車進行側向時距前方停止車輛之距離，縱軸為選擇側偏的比例，該圖中曲線的分布，可得知機車與前方停止車輛距離越近，橫向偏移的機率越大，顯示了當機車與前方停止的車輛間的距離越短，橫向偏移的次數會越頻繁。因此，與前方停止車輛間之距離，應納入於模式建構時考量。

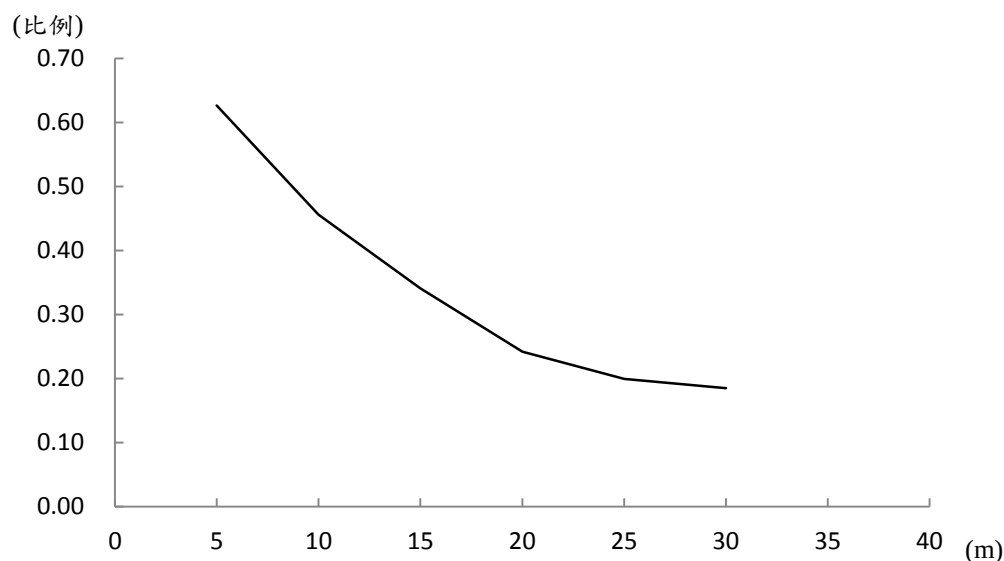


圖 5.31 與前方停止車輛的間距下之橫向偏移意圖的分布

5.3.2.2 機車前車側向間距與機車橫向偏移之關係

在圖 5.32 中，探討了橫向偏移和前車側向間距（包含前車左側、前車右側）空間大小的關係（見圖 5.30），亦即當機車前方有車輛停等時，前車側向空間大小與機車決定左偏、直行或右偏的之比例。其結果指出了，當機車前方有車輛停等時，斜前方的空間越大，機車往該方向偏移的機率也越大。

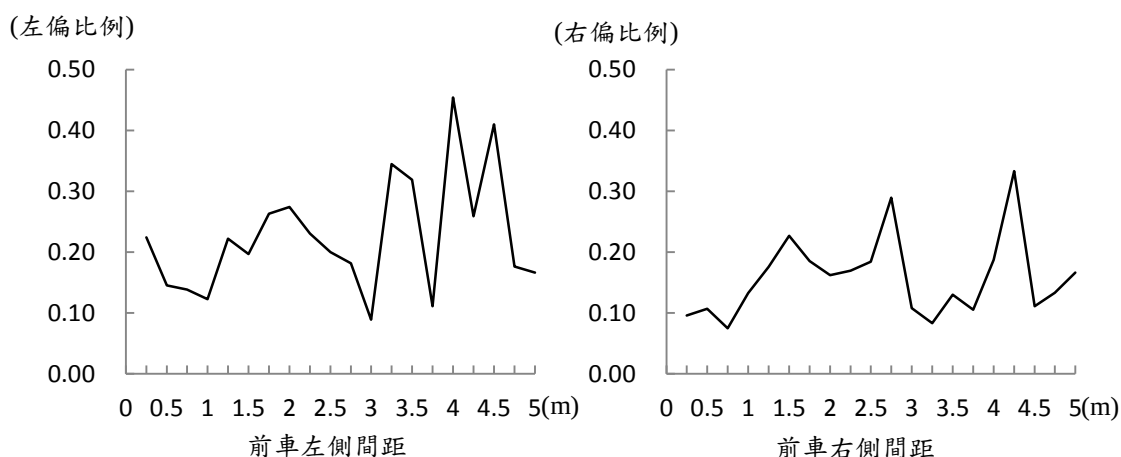


圖 5.32 前車兩側側向間距寬度與的橫向偏移決策比例

5.3.2.3 機車完成橫向偏移的時間長度分析

機車在執行左偏或右偏的動作時，每一次的橫向偏移所經歷的過程可能會持續數秒，亦即機車一旦決定側偏，下一秒的決策會受到前面幾秒決策所影響。圖 5.33 為完成一次橫向偏移的時間長度的次數分布，顯示完成一次橫向偏移的時間，大約在 1 至 4 秒之間，眾數在 2 秒，此意謂著，若第 1 秒決定側偏，第 2 秒繼續側偏的機率很高，但第 3 秒則會大幅降低。故最近幾個連續的決策對現在決策之影響，會納為模式的變數。

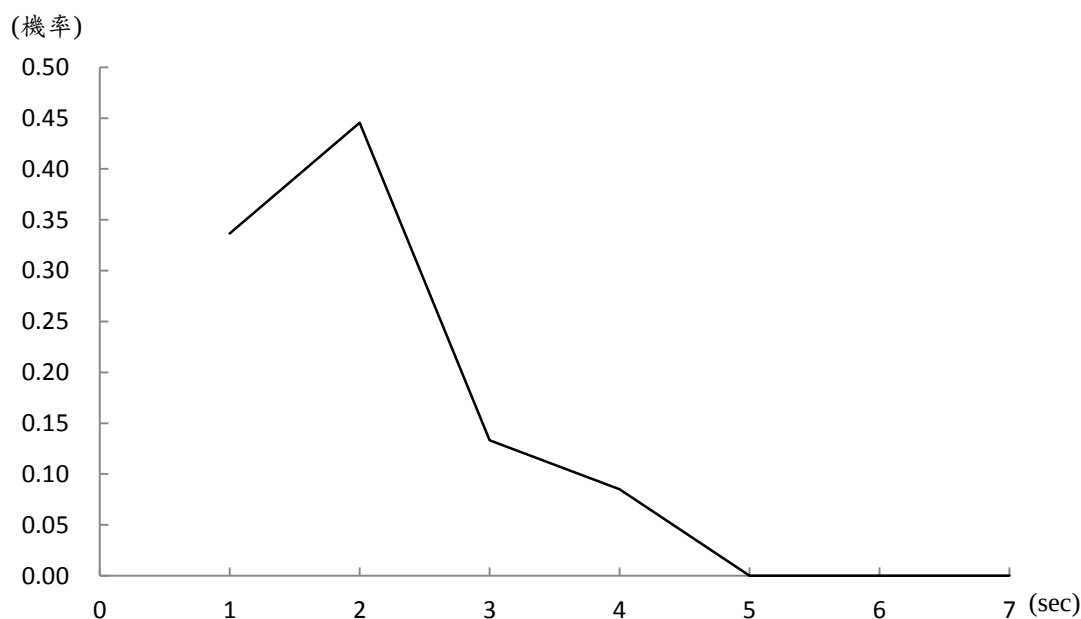


圖 5.33 完成橫向偏移的時間長度之分布

5.3.3 模式建構

主要影響機車選擇停等區位之因素圖示於圖 5.30，可分周邊環境及車輛特性兩大類，前者包含與前面停止車隊之空間、前面停止車輛兩側之空間、機車兩側之空間；後者包含機車後續在路口轉向的方向及、機車側向移動軌跡的延續性等物理及運動學上的變因。這些變因中，又以後續在路口的轉向這種策略性變因影響較大，本研究以不連續選擇模型(discrete choice model)來描述機車在路口的停等位置選擇。

5.3.3.1 變數定義及模式設定

假設機車每隔一段時間間隔做一次決策，考量反應時間一般在 0.7 秒至 1.5 秒之間(Green, 2000)，時間間隔設定為 1 秒鐘，此時間間距也與本研究資料收集的時間間距一致。假設機車 n 在時間 t 選擇路徑 i 的效用為：

$$U_{i,n,t} = V_{i,n,t} + \varepsilon_{i,n,t}, \text{ for all } i \in C_{n,t}, \quad (5.26)$$

其中 $U_{i,n,t}$ 為效用； $V_{i,n,t}$ 為可描述的系統性效用； $\varepsilon_{i,n,t}$ 是隨機效用， $C_{n,t}$ 是選項組合。機車 n 在時間 t 選擇路徑 i 的機率為：

$$P_{n,t}(i) = \frac{e^{V_{i,n,t}}}{\sum_{j \in C_{n,t}} e^{V_{j,n,t}}}, \quad (5.27)$$

可描述的系統性效用以下列方程式表示，此式改良自 Heckman (1979) 為描述在一系列時間下所做的不連續選擇決策所建立之模型，系統性效用 $V_{i,n,t}$ 假設與外生變數 $Z_{i,n,t}$ 及過去一系列之時間點 t' , ($t' \leq t$) 所做的選擇 $d_{i,n,t'}$ 呈線性相關。

$$V_{i,n,t} = \beta Z_{i,n,t} + \gamma \sum_{j=1}^{\infty} d_{i,n,t-j} + \sum_{j=1}^{\infty} \lambda_j \prod_{k=1}^j d_{i,n,t-k} \quad (5.28)$$

外生變數 $Z_{i,n,t}$ 為可描述變數之向量，這些變數包含與前方停止車輛之距離，前車之側向間距， β 則是待校估之參數向量。

上式等號右側第二項用來形容過去所有的決策對現在決策之影響，若是在過去的時間點 t' 的決策 $d_{i,n,t'}$ 是直行的話，則 $d_{i,n,t'} = 0$ ，若有橫向偏移的話， $d_{i,n,t'} = 1$ ，此項用來描述此機車的特性，若是過去的時間點的軌跡是飄忽不定，這一項會有比較大的值，反之則小。

等號右側第三項用來形容最近幾個連續的決策對現在決策之影響，此項用來描述橫向偏移可能會持續數秒。在模型校估時，過去的決策可以從資料庫中獲得，在模擬時，過往每一秒的模擬結果則成為現在模擬這一秒的輸入變數。基於以上的設定，此不連續選擇模型可以下式表示：

$$\begin{aligned}
V_L &= \beta_L + \beta_{2L} \text{lateral}_L + \beta_{3L} \text{oblique}_L + \beta_{4L} \text{turn}_L \\
&\quad + \gamma \text{history} + \lambda_1 d_{L,t-1} + \lambda_2 d_{L,t-1} d_{L,t-2} + \lambda_3 d_{L,t-1} d_{L,t-2} d_{L,t-3} + \dots \\
V_C &= \beta_1 \text{dist} \\
V_R &= \beta_R + \beta_{2R} \text{lateral}_R + \beta_{3R} \text{oblique}_R + \beta_{4R} \text{turn}_R + \beta_5 \text{turn}_{\text{two_stage_left}} \\
&\quad + \gamma \text{history} + \lambda_1 d_{R,t-1} + \lambda_2 d_{R,t-1} d_{R,t-2} + \lambda_3 d_{R,t-1} d_{R,t-2} d_{R,t-3} + \dots
\end{aligned} \tag{5.29}$$

其中 V_L 、 V_C 及 V_R 各代表左偏、直行及右偏的選項； β_L 及 β_R 是依選項而異的常數項 (alternative-specific constants)； β 、 γ 及 λ 則為待校估的參數，其他的變數說明如下：

- dist : 與前方停止車輛之距離，
 lateral : 本車機車之側向間距，
 oblique : 前車之側向間距，
 turn_L : 後續在路口直接左轉，為虛擬變數，
 turn_R : 後續在路口右轉，為虛擬變數，
 $\text{turn}_{\text{two_stage_left}}$: 後續在路口兩段式左轉，為虛擬變數，由於兩段式左轉待轉區在車道的右側，故列於右偏效用，
 history : 本車過去之橫向偏移秒數總和， $\text{history} = \sum_{j=1}^{\infty} d_{i,n,t-j}$ 。

5.3.3.2 模式參數校估

本研究以調查地點 L、M、N、O 四個路口所收集的資料來校估 5.4.3.1 小節所發展之模型，經初步測試，將數個變數在測試時顯著與決策不相關的變數如過去之橫向偏移秒數總和 history 及最近連續 3 個以上決策 $d_{l,t-1}d_{l,t-2}d_{l,t-3}$ 、 $d_{l,t-1}d_{l,t-2}d_{l,t-3}d_{l,t-4}$...，先予剔除，第一階段校估之模型如下，校估之結果列於下表。

$$\begin{aligned}
V_L &= \beta_L + \beta_{2L} \text{lateral}_L + \beta_{3L} \text{oblique}_L + \beta_{4L} \text{turn}_L + \lambda_1 d_{L,t-1} + \lambda_2 d_{L,t-1} d_{L,t-2} \\
V_C &= \beta_1 \text{dist} \\
V_R &= \beta_R + \beta_{2R} \text{lateral}_R + \beta_{3R} \text{oblique}_R + \beta_{4R} \text{turn}_R + \beta_5 \text{turn}_{\text{two_stage_left}} + \lambda_1 d_{R,t-1} + \lambda_2 d_{R,t-1} d_{R,t-2}
\end{aligned} \tag{5.30}$$

表 5.19 路口停等行為模型校估結果(一)

參數名稱	所影響之變數	參數值	標準差	t-statistic	p-value
β_L	選擇左偏的常數項	-1.453 ***	0.204	-7.12	0.000
β_R	選擇右偏的常數項	-1.933 ***	0.197	-9.81	0.000
β_1	dist (與前方停止車輛之距離)	0.053 ***	0.010	5.47	0.000
β_{2L}, β_{2R}	lateral (本車機車之側向間距)	-0.030	0.032	-0.91	0.363
β_{3L}, β_{3R}	oblique (前車之側向間距)	0.083 **	0.035	2.38	0.018
β_{4L}	turn _L (是否在後續路口直接左轉)	1.237 ***	0.478	2.59	0.010
β_{4R}	turn _R (是否在後續路口右轉)	0.927 ***	0.296	3.13	0.002
β_5	turn _{two_stage_left} (是否在後續路口兩段式左轉)	0.646 *	0.382	1.69	0.091
λ_1	$d_{L,t-1}$ (上一秒的決策)	3.272 ***	0.142	23.1	0.000
λ_2	$d_{L,t-2}$ (過去 2 秒的決策)	-0.688 ***	0.207	-3.32	0.001

觀察值數量 : 1696

 $L(0)$: -1863.246 $L(B)$: -977.311 ρ^2 : 0.475adj- ρ^2 : 0.470

*** : 通過顯著水準 0.01 之 t 檢定

** : 通過顯著水準 0.05 之 t 檢定

* : 通過顯著水準 0.10 之 t 檢定

上表顯示模式的解釋力 adj- ρ^2 值為 0.470，此數值在不連續選擇模式研究法中，屬相當高解釋力。 β_L 及 β_R 各為左偏選項及右偏選項的常數項，其值皆為負值，顯示在一般情況下機車會選擇直行，不易左偏及右偏。

β_1 為描述與前方停止車輛距離之參數，距離越遠，選擇直行的機率越大，在模型的假設上 β_1 之值應為正值。

β_{2L} 及 β_{2R} 為描述本車機車側向間距之參數，二個參數值設定為等值，間距越大，選擇往該側偏的機率越大，在模型的假設上應為正值，但校估結果為-0.030，正負號不如預期，也未通過顯著性檢定，此結果顯示，側邊距離並不對是否側偏之決策有直接性的影響，故本變數在下階段校估中予以剔除。

β_{3L} 及 β_{3R} 為描述前方停止車輛距離側邊間距之參數，二個參數值設定為等值，間距越大，選擇往該側偏的機率越大，在模型的假設上應為正值，校估結果為 0.083，符合假設，且通過顯著水準 0.05 之檢定，顯示前車兩側之空間對本車機車側偏之選擇有顯著的影響。

β_{4L} 及 β_{4R} 分別為描述機車在後續路口直接左轉或右轉與否的參數，為虛擬變數，若有在後續路口直接左轉(或右轉)的計畫，則左偏(或右偏)的機率變大，在模型的假設上應為正值，校估結果分別為 1.237 及 0.927，皆符合假設，且皆通過顯著水準 0.01 之檢定，顯示是否在後續路口直接左轉(或右轉)，對本車機車左偏(或右偏)之選擇有顯著的影響。

β_5 為描述機車在後續路口兩段式左轉與否的參數，為虛擬變數，由於兩段式左轉待轉區在車道的右側，故列於右偏效用 V_R 中，若有在後續路口兩段式左轉的計畫，則右偏的機率變大，在模型的假設上應為正值，校估結果為 0.646，符合假設，且皆通過顯著水準 0.10 之檢定，顯示是否在後續路口兩段式，對本車機車右偏之選擇有顯著的影響，只是其顯著程度不如直接左轉及右轉明顯。

λ_1 所描述的變數為前 1 秒之決策， λ_1 值的校估結果為穩定且顯著的正值，表示前 1 秒的決策對後續的決策，皆有正向且顯著的影響。 λ_2 所描述的變數為前 2 秒之連續決策，在模型之設定上，若連續側偏的秒數大於 2 秒，則 λ_2 為正值，否則為負值。校估結果顯示 λ_2 之值為 -0.688，且通過顯著水準 0.01 之檢定，顯示機車每次側偏大多在 2 秒以內完成，大於 2 秒的機會很小。

依上述分析，剔除顯著與決策不相關的變數，即本車側向間距 *lateral*，做第二階段校估，模型如下，校估之結果列於下表。

$$\left. \begin{aligned} V_L &= \beta_L + \beta_{3L} oblique_L + \beta_{4L} turn_L + \lambda_1 d_{L,t-1} + \lambda_2 d_{L,t-1} d_{L,t-2} \\ V_C &= \beta_1 dist \\ V_R &= \beta_R + \beta_{3R} oblique_R + \beta_{4R} turn_R + \beta_5 turn_{two_stage_left} + \lambda_1 d_{R,t-1} + \lambda_2 d_{R,t-1} d_{R,t-2} \end{aligned} \right\} (5.31)$$

表 5.20 路口停等行為模型校估結果(二)

參數名稱	所影響之變數	參數值	標準差	t-statistic	p-value
β_L	選擇左偏的常數項	-1.537 ***	0.182	-8.43	0.000
β_R	選擇右偏的常數項	-1.972 ***	0.192	-10.26	0.000
β_1	<i>dist</i> (與前方停止車輛之距離)	0.055 ***	0.010	5.67	0.000
β_{3L}, β_{3R}	<i>oblique</i> (前車之側向間距)	0.081 **	0.035	2.32	0.021
β_{4L}	<i>turn_L</i> (是否在後續路口直接左轉)	1.310 ***	0.472	2.78	0.006
β_{4R}	<i>turn_R</i> (是否在後續路口右轉)	0.956 ***	0.295	3.24	0.001
β_5	<i>turn_{two_stage_left}</i> (是否在後續路口兩段式左轉)	0.654 *	0.383	1.71	0.088
λ_1	$d_{L,t-1}$ (上一秒的決策)	3.280 ***	0.141	23.22	0.000
λ_2	$d_{L,t-2}$ (過去 2 秒的決策)	-0.677 ***	0.207	-3.28	0.001

觀察值數量 : 1696

$L(0)$: -1863.246

$L(B)$: -977.727

ρ^2 : 0.475

$adj-\rho^2$: 0.469

*** : 通過顯著水準 0.01 之 t 檢定

** : 通過顯著水準 0.05 之 t 檢定

* : 通過顯著水準 0.10 之 t 檢定

第二階段校估之模式及參數整理如下式，其 $adj-\rho^2$ 值為 0.469，較前一階段之 0.470 相比幾無下降，解釋力相當高；各參數值之正負值皆符合預期，且皆通過顯著水準至少為 0.10 之檢定，顯示這些變數及參數具穩定性；加上本模式設計三個虛擬變數來涵蓋路型的差異使其具有一般性，為相當成熟及穩定之模式，可以加入模擬軟體中，重現機車在路口停等之行為。

$$\left. \begin{aligned} V_L &= -1.537 + 0.081 oblique_L + 1.310 turn_L + 3.280 d_{L,t-1} - 0.677 d_{L,t-1}d_{L,t-2} \\ V_C &= 0.055 dist \\ V_R &= -1.972 + 0.081 oblique_R + 0.956 turn_R + 0.654 turn_{two_stage_left} + 3.280 d_{R,t-1} - 0.677 d_{R,t-1}d_{R,t-2} \end{aligned} \right\} (5.32)$$

5.4 路口疏解時間模式

本研究其中一個模式為路口疏解時間推估模式，本節將先針對此路口疏解時間進行實證分析，接著再依照實證分析結果進行模式建構與參數校估。

5.4.1 研究問題定義

車流調查的資料處理與分析完後，本研究希望建立一套對於混合車流車輛疏解時間的預測模式，以此模式去推估在市區號誌化路口中之汽機車停等車隊的疏解時間，本研究定義之車隊疏解時間為綠燈開始的第一秒至最後一台車車尾通過停止線的時間。

本研究以車道作為劃分，以一個車道作為一個樣本來分析，且認為在不同位置和車種組成之停等車隊的疏解時間會有不同的影響因素。以圖 5.34 的汽機車停等狀況為例，可將路口之停等車隊依照表 5.21 之定義分為 3 段，用以分析各段車隊在不同影響因素下的疏解時間。另外，將最內側車道令為 Lane 1，由內至外為 Lane 1 至 Lane 4。由於本研究僅針對路口處有機車停等區之混合車道進行分析，而 Lane 1 和 Lane 2 為汽車專用道，故不予以討論。

表 5.21 各段停等車隊之範圍定義

	名稱	定義
第 1 段	機車車隊	停止線至第一台汽車車頭中點範圍內之機車車隊
第 2 段	汽機車車隊	第一台汽車車頭中點至最後一台機車車尾中點範圍內之汽機車車隊。(機車車身若和汽車車身有並排的情形則視為此段之車輛)。
第 3 段	汽車車隊	最後一台機車車尾中點至最後一台汽車車尾中點範圍內之汽車車隊。

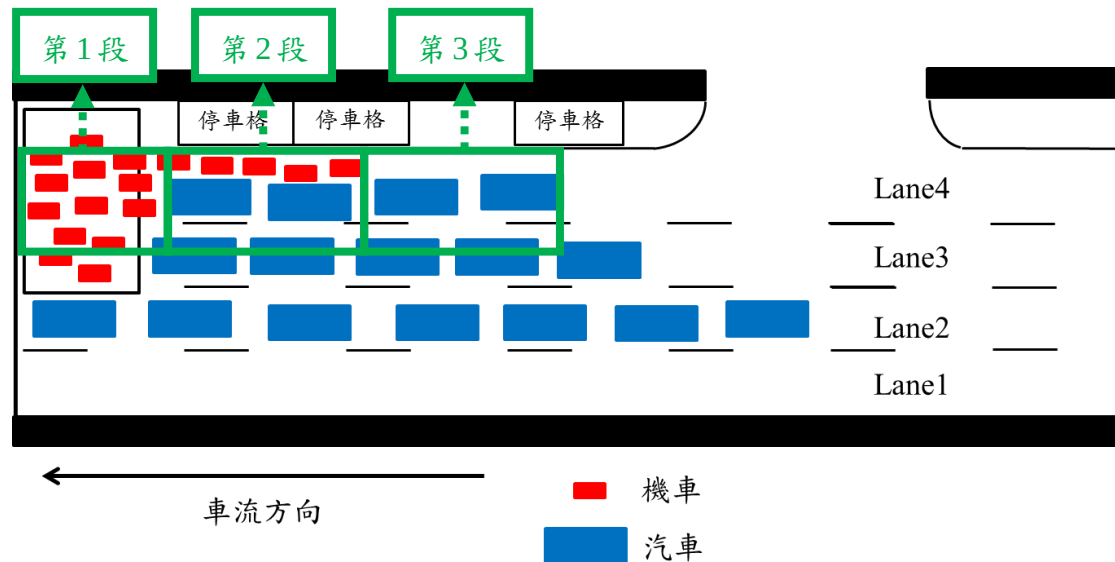


圖 5.34 各段停等車隊之示意圖

5.4.2 實證分析

由表 5.1 可知本模式所使用之資料為調查地點 L、M、N、O 與 X。調查地點之幾何型態請參考 4.3 小節。

於建構模式前，本研究先針對所蒐集之資料特性進行初步的描述及探討，包括停等車隊之車隊長度、汽機車車輛數和疏散時間。在停等車隊長度與汽機車車輛數方面，Lane 1 和 Lane 2 為汽車左轉與直行專用道，因此無機車或汽機車混合之停等車隊，僅有純汽車的停等車隊，其中由於 Lane 1 是左轉專用道，且此路口之左轉車流較少，因此 lane1 之等候車隊長度較短，而 lane 2 的等候車隊長度最長可達 90 公尺，最短則約為 20 公尺。

於 Lane 3 中，機車車隊皆停等於汽車車隊前方，無停等於汽車側邊的情況產生，因此僅出現純機車與純汽車的等候車隊，亦即圖 5.34 中的第 1 段和第 3 段。比較圖 5.35 與圖 5.36 可知，等候機車車輛數雖然不一定比等候汽車車輛數低，但等候機車的車隊長度卻比汽車車隊長度低，這是由於機車可以併排停等的原因。

然而於 Lane4 中，因機車車輛數較多，因此會有機車停等區已無空間可供停等，而須與汽車混合停等的情形，所以 Lane 4 有第 2 段的等候車隊。如圖 5.35 與圖 5.36 所示。由於機車停等時會發生並排之現象，因此由圖中也可看出，機車數量與機車等候車隊長度並無一定之關係。

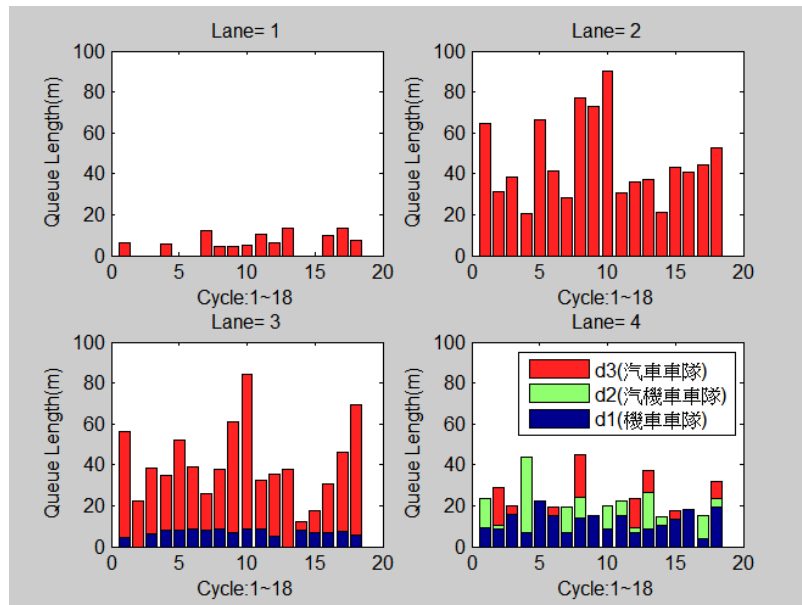


圖 5.35 各週期及車道之分段停等車隊長度

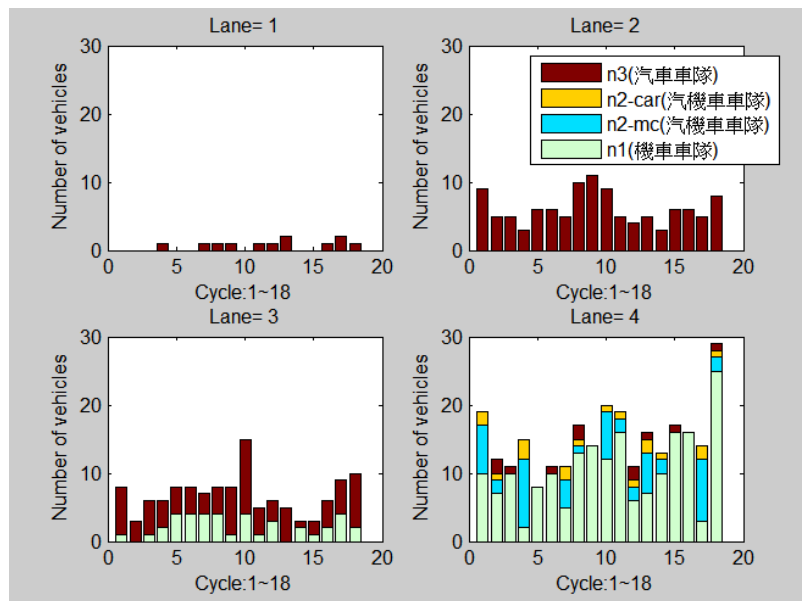


圖 5.36 各週期及車道之分段停等車輛數

另外，各週期、各分段之疏散時間如圖 5.37 所示，車隊疏散時間大致與車隊長度與車輛數呈現正相關，不過仍有少數例外，這是由於車隊中剛好有一台較慢之車輛，影響後方車輛，導致整體疏散時間的增加。

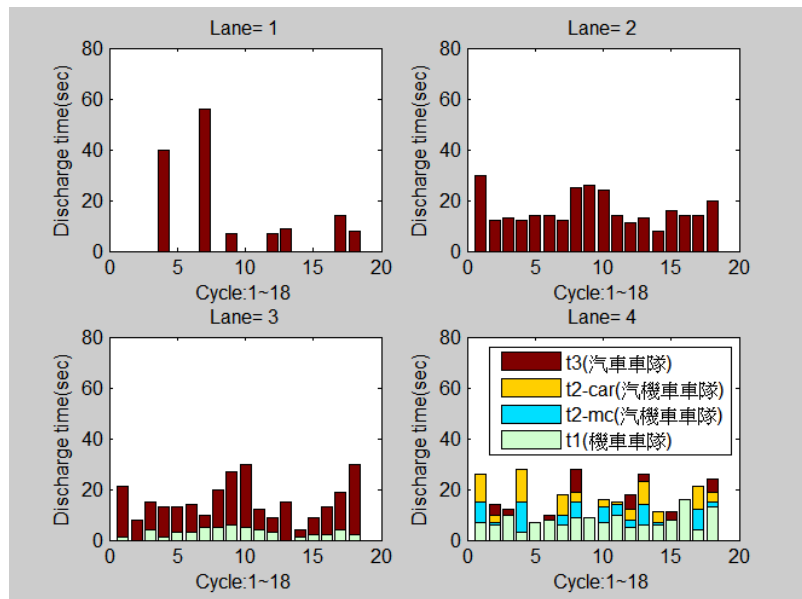


圖 5.37 各週期及車道之分段車流疏解時間

傳統的路口車流疏解分析是為找出疏解率，代表車隊疏解時間僅考慮車流量為變數。然而由上述可知混合車流之疏解時間除了受車流量之影響外，與車隊長度、汽機車停等時的排列順序和混合程度皆有關。當停等車隊長度越長，其疏解時間也需要越長。雖然機車數量與停等車隊長度間無一定之關係，但當機車數量越多時，疏解時間也會越長。整體疏解時間除了與車隊長度有關外，也與汽機車在車隊中的比例與停等位置有關，由於機車的啟動速度較快，因此若是在相同停等車隊長度的情況下，機車多數皆停於車隊之最前方，且在車隊中所佔比例較大時，則疏解時間會較短。反之，若是機車與汽車混合程度較高，則疏解時間會較長。

經由上述討論，可知車隊總疏解時間與各段停等車隊長度及車輛數有關，因此模式建構時將把上述變數納入考慮。

5.4.3 模式建構

5.4.3.1 變數定義及模式設定

影響車流疏解之主要因素大致可分為號誌時制、交通組成、道路因素及其他因素等。於號誌時制方面，因本研究資料中之號誌時制皆屬相同，因此暫不考慮此因素。於交通組成方面，將停等汽機車之數量(n)和停等車隊長度(d)一同納入影響因素。表 5.22 為本研究所使用之應變數與自變數之定義：

表 5.22 模式中變數之定義

變數	說 明
T_{mc}	整段機車之疏解時間
T_{car}	整段汽車之疏解時間
t_1	第 1 段機車之疏解時間
t_2^{mc}	第 2 段機車之疏解時間
t_2^{car}	第 2 段汽車之疏解時間
t_3	第 3 段汽車之疏解時間
SO	停等機車之空間佔有率
n_1	第 1 段之停等機車數
n_2^{mc}	第 2 段之停等機車數
n_2^{car}	第 2 段之停等汽車數
n_3	第 3 段之停等汽車數
d_1^{mc}	第 1 段之機車車隊長度
d_1^{car}	停止線至第一台停等汽車之距離
d_2	第 2 段之車隊長度
d_3	第 3 段之車隊長度
O_m	m 類型車輛之佔用面積， $O_m = (2, 10)$ ， $m = \{1, 2\}$
m	車種： $m = 1$ 代表機車； $m = 2$ 代表汽車
LW	車道寬度
SAW	機車停等區寬度

停等機車數(n_1 、 n_2^{mc})、停等汽車數(n_2^{car} 、 n_3)：

若要建構預測疏解時間的模式，停等車隊中之汽、機車數絕對是一項重要的因素。越多車輛需要越多的時間才能疏解完畢，兩者呈正相關，所以在模式中勢必得將此因素加進來考量。以圖 5.38 中的 $n_1(4)$ 為例，括號中的 4 為第 4 車道，而下標的 1 則為第 1 段的停等車隊。根據定義，第 1 段車隊為機車車隊，所以整個 $n_1(4)$ 則代表第 1 段停等車隊的機車數。

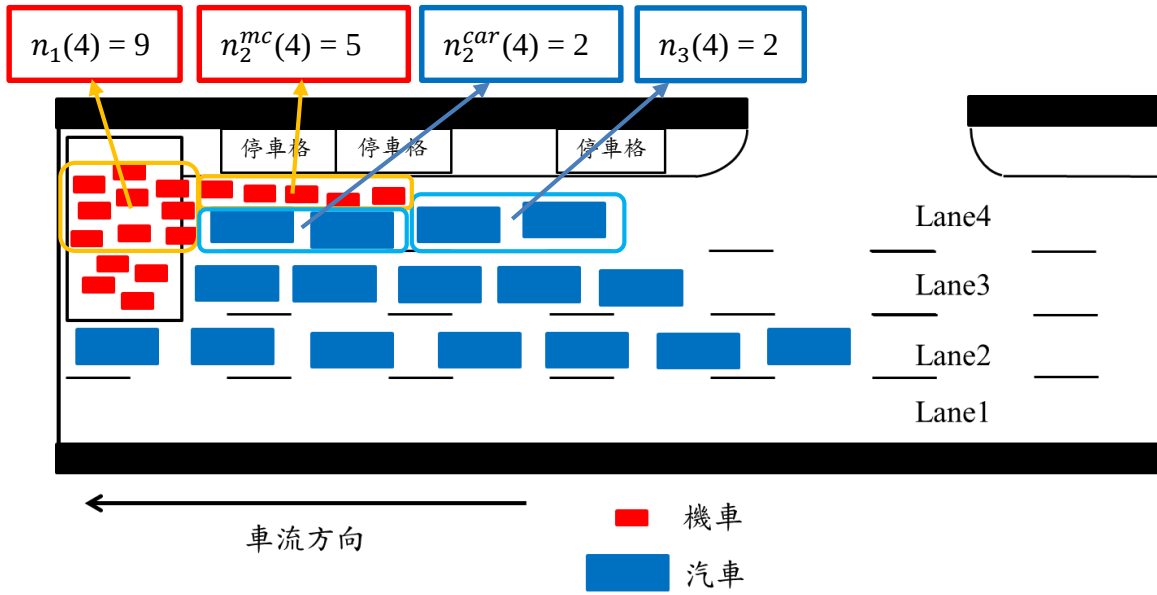


圖 5.38 停等車輛數之示意圖

各車隊長度(d_1^{mc} 、 d_1^{car} 、 d_2 、 d_3):

於疏解時間的模式中，除了停等車隊中之汽、機車數是一項重要的因素外，車隊長度亦為一不可或缺之因素，因為相同的車輛數不代表會有相同的車隊長度。在相同車輛的情形下，不同的停等間距會造成不同的車隊長度，不同的車隊長度會造成疏解時間的不同。

由於本模式著重於研究混合車流，因此將等候車隊分為三段，各段之長度分別為 d_1^{car} 、 d_2 與 d_3 ，如圖 5.39。另外由於有些低密度時段，機車或許不會停滿機車停等區，在此情形下，若是仍以表 5.21 中之定義來擷取第一段之長度則無法完全表達實際機車停等車隊的長度，因此本研究新增了一個變數， d_1^{mc} 。此變數為停止線至純機車車隊中，最後一台機車車尾的距離，如圖 5.40，用以表達純機車車隊之長度。當機車停滿停等區時， d_1^{car} 即會等於 d_1^{mc} 。

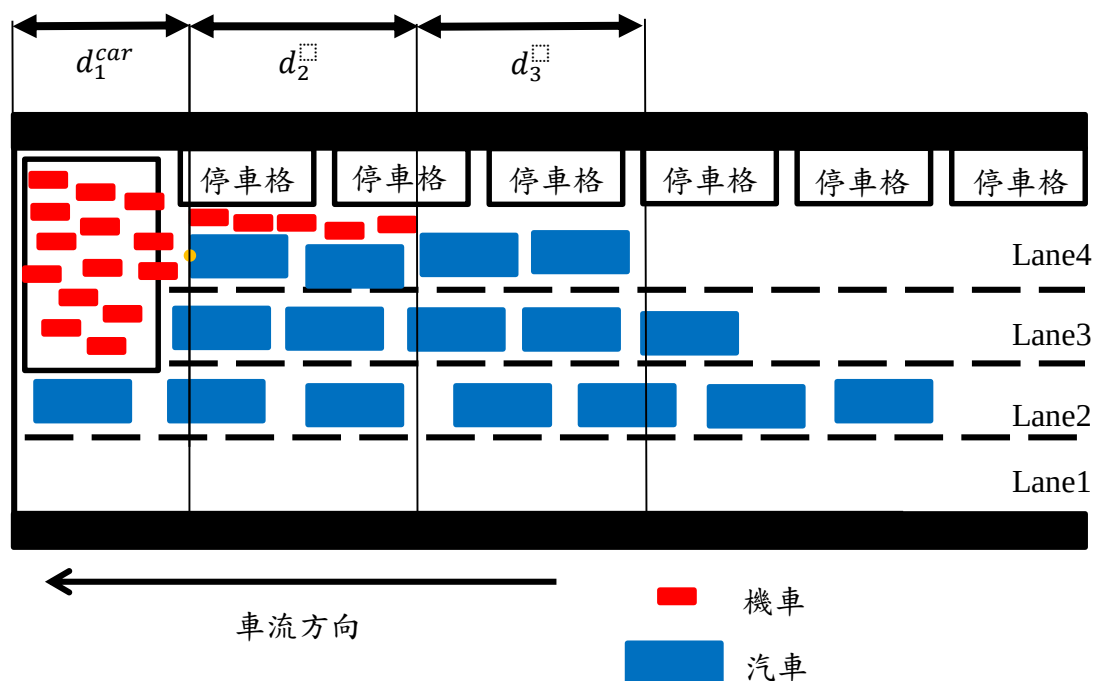


圖 5.39 停等車隊長度之示意圖(停等區停滿機車)

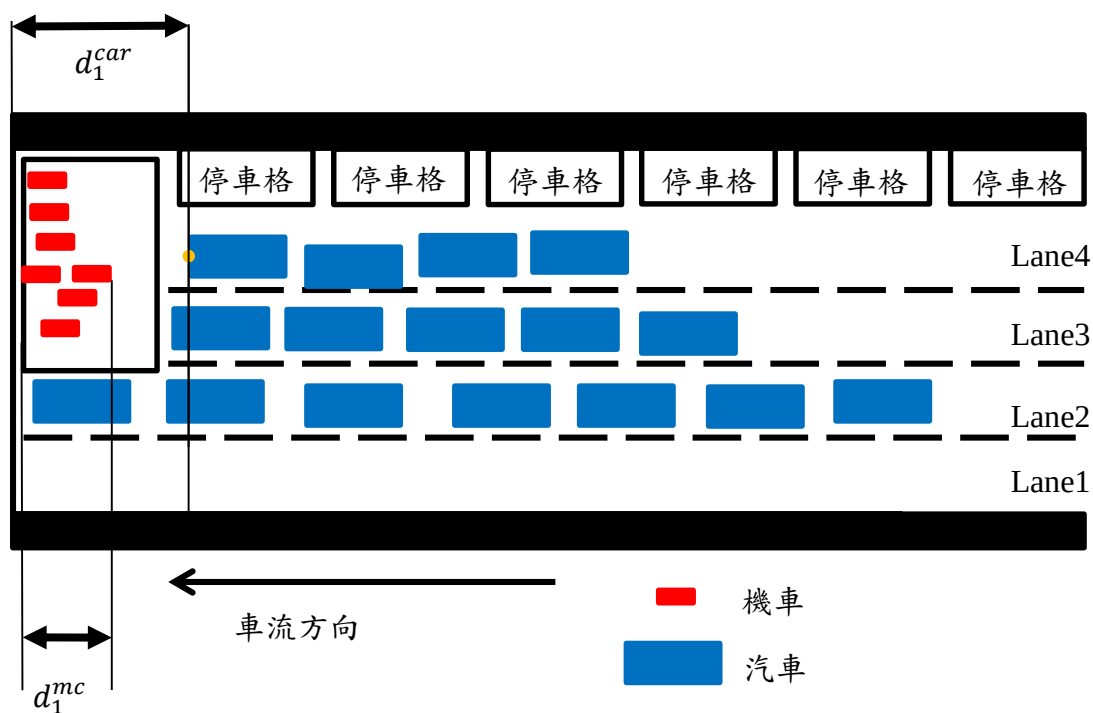


圖 5.40 停等車隊長度之示意圖(停等區未停滿機車)

本研究將於路口停等之車隊分成 3 段，包括第 1 段機車車隊、第 2 段混合車流車隊以及第 3 段汽車車隊，並在第 2 段將機車和汽車分為兩個模式去建構模式，同時也以整段車道來建構模式，共 6 個模式，如圖 5.41 所示：

- (1) t_1^{mc} 模式：第 1 段機車之疏散時間預測模式(停止線至機車停等區最後一台機車車尾)
- (2) t_1^{car} 模式：第 1 段機車之疏散時間預測模式(停止線至第一台汽車車頭)
- (3) t_2^{mc} 模式：第 2 段機車之疏散時間預測模式
- (4) t_2^{car} 模式：第 2 段汽車之疏散時間預測模式
- (5) t_3 模式：第 3 段汽車之疏散時間預測模式
- (6) T_{mc} 模式：整段機車之疏散時間預測模式
- (7) T_{car} 模式：整段汽車之疏散時間預測模式

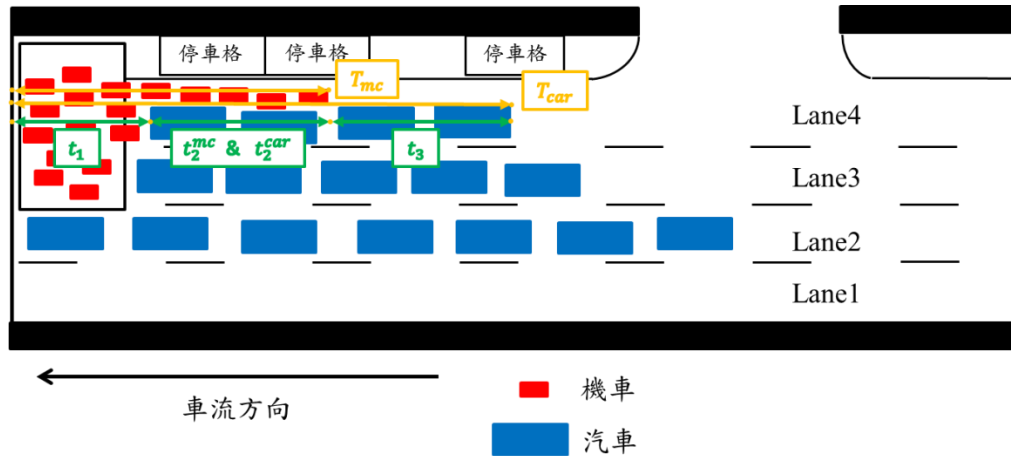


圖 5.41 各模式範圍之示意圖 1

起初，本研究在第 1 段車隊長度的定義為停止線至第一台汽車車頭中點，為 t_1 模式，但由於某些週期會產生特殊的情況，所以本研究將 t_1 模式分為 t_1^{mc} 和 t_1^{car} 兩種，兩者間的差異在於採用的車隊長度定義不同， t_1^{mc} 模式中的車隊長度為停止線至此段最後一台機車車尾中點， t_1^{car} 模式中則就是原先的 t_1 模式，意即 t_1 等於 t_1^{car} 。

在第 1 段車隊具有足夠停等機車的情況下，此兩種定義下的車隊長度幾乎沒有差異，兩模式趨近於相同。然而，當第 1 段內的機車數過少時(如圖 5.42)，停等區會有一段區域內沒有機車，此段最後一台機車車尾與第一台汽車車頭之間有一段較大的空間，對於第 1 段車隊長度的判定將會有所差別。

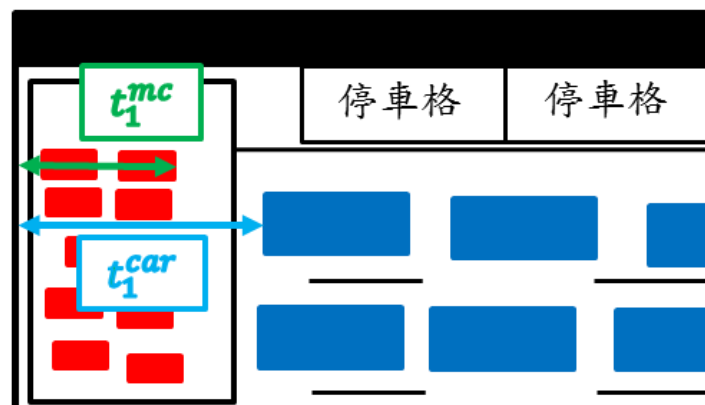


圖 5.42 各模式範圍之示意圖 2

另外，此 7 個模式之間的疏解時間關係如下：

$$T_{mc} = t_1^{car} + t_2^{mc} \quad (5.33)$$

$$T_{car} = t_1^{car} + \max(t_2^{mc}, t_2^{car}) + t_3 \quad (5.34)$$

T_{mc} 代表整段機車疏解完畢所需之時間，也等於第 1 段機車疏解完畢所需時間再加上第 2 段機車疏解完畢所需時間。 T_{car} 則代表整段汽車疏解完畢所需之時間，其等於第 1 段機車疏解完畢所需時間加第 2 段汽車疏解完畢所需時間，再加上第 3 段汽車疏解完畢所需時間。

經過實證分析之後，疏解時間推估之各模式的自變數與應變數如表 5.23 所示。其中打 X 者表示此自變數與該應變數無關，因此不放入模式中。

表 5.23 各模式之變數及係數預期之相關性

應變數 自變數	t_1^{mc}	t_1^{car}	t_2^{mc}	t_2^{car}	t_3	T_{mc}	T_{car}
SO	X	X	X	X	X	—	+
n_1	+	+	X	X	X	+	+
n_2^{mc}	X	X	+	+	X	+	+
n_2^{car}	X	X	+	+	X	+	+
n_3	X	X	X	X	+	X	+
d_1^{mc}	+	X	X	X	X	X	X
d_1^{car}	X	+	(+)	(+)	(+)	+	+
d_2	X	X	+	+	(+)	+	+
d_3	X	X	X	X	+	X	+
LW	—	—	—	X	X	—	X
SAW	—	—	—	—	—	—	—

＋：正相關

(+)：可能正相關

—：負相關

X：未使用

5.4.3.2 模式參數校估

經過參數校估後，各模式如表 5.24 所示，此結果需注意，本模式之車流疏解時間為綠燈第一秒至最後一台車車尾通過停止線的時間。在 t_1^{mc} 模式中，影響變數為第 1 段之停等機車數(n_1)和第 1 段之機車車隊長度(d_1^{mc})。當此段機車每多一台時，疏解時間增加 0.230 秒；車隊長度每多一公尺時，疏解時間增加 0.203 秒。在 t_1^{car} 模式中，影響變數為第 1 段之停等機車數(n_1)和第 1 段之長度(d_1^{car})。當此段機車每多一台時，疏解時間增加 0.250 秒；車隊長度每多一公尺時，疏解時間增加 0.202 秒。在 t_2^{mc} 模式中，影響變數為第 2 段之停等機車數(n_2^{mc})和第 2 段之車隊長度(d_2)。當此段機車每多一台時，疏解時間增加 0.126 秒；第 2 段車隊長度每多一公尺時，疏解時間增加 0.293 秒。在 t_2^{car} 模式中，影響變數為第 2 段之停等汽車數(n_2^{car})與車道寬(LW)。當此段汽車每多一台時，疏解時間增加 4.475 秒，當車道寬每增加一公尺，疏解時間減少 0.688 秒。在 t_3 模式中，影響變數為第 3 段之停等汽車數(n_3)和第 3 段之車隊長度(d_3)。

當此段汽車每多一台時，疏解時間增加 0.969 秒；第 3 段車隊長度每多一公尺時，疏解時間增加 0.188 秒。在 T_{mc} 模式中，影響變數為第 1 段之停等機車數(n_1)、第 1 段之機車車隊長度(d_1^{mc})、第 2 段之停等汽車數(n_2^{car})與停等機車數(n_2^{mc})、第 2 段之車隊長度(d_2)。當第 1 段機車車輛數每增加一台，疏解時間增加 0.211 秒；第二段停等汽車車輛數增加一台，疏解時間增加 0.835 秒；第二段停等機車車輛數每增加一台，疏解時間增加 0.257 秒；第一段機車的等候車隊長度每增加 1 公尺，疏解時間增加 0.231 秒；第二段的停等車隊長度每增加 1 公尺，疏解時間增加 0.233 秒。在 T_{car} 模式中，影響變數為第 1 段之停等機車數(n_1)、第 2 段之停等汽車數(n_2^{car})、第 3 段之停等汽車數(n_3)、第 1、2、3 段之車隊長度(d_1^{car} 、 d_2 、 d_3)。當第 1 段停等機車每多一台時，疏解時間增加 0.131 秒；第 2 段停等汽車每多一台時，疏解時間增加 2.274 秒；第 3 段停等汽車每多一台時，疏解時間增加 0.927 秒；第 1 段車隊長度每多一公尺時，疏解時間增加 0.308 秒；第 2 段車隊長度每多一公尺時，疏解時間增加 0.133 秒；第 3 段車隊長度每多一公尺時，疏解時間增加 0.201 秒。各模式之實際調查值與模式預測值比較圖如圖 5.43 所示，可看出每個模式比較圖的點均集中於 45 度線周邊。

本章利用迴歸模式建立各自變數與各車種疏解時間之七種關係模式，由上述分析結果可知，各模式之平均誤差皆在 1 秒上下，其中 t_3 模式與 T_{car} 模式之平均誤差雖較大，但也在兩秒以內。

表 5.24 各段車流疏解時間模式校估結果

名稱	模 式	R ² 值	平均誤差(秒)
t_1^{mc} 模式	$t_1^{mc} = 2.116 + 0.230n_1 + 0.203d_1^{mc}$ (13.604) (8.511) (5.917)	0.907	0.759
t_1^{car} 模式	$t_1^{car} = 1.516 + 0.250n_1 + 0.202d_1^{car}$ (8.144) (11.581) (7.528)	0.886	0.831
t_2^{mc} 模式	$t_2^{mc} = 1.120 + 0.126n_2^{mc} + 0.293d_2$ (2.960) (1.648) (7.053)	0.825	1.016
t_2^{car} 模式	$t_2^{car} = 1.886 + 4.475n_2^{car} - 0.688LW$ (1.618) (11.747) (-3.154)	0.844	0.847
t_3 模式	$t_3 = 2.406 + 0.969n_3 + 0.188d_3$ (5.028) (3.384) (5.277)	0.870	1.770
T_{mc} 模式	$T_{mc} = 1.975 + 0.211n_1 + 0.835n_2^{car} + 0.257n_2^{mc} + 0.231d_1^{mc} + 0.233d_2$ (9.811) (7.735) (2.313) (3.273) (7.117) (4.265)	0.920	0.920
T_{car} 模式	$T_{car} = 2.776 + 0.131n_1 + 2.274n_2^{car} + 0.927n_3 + 0.308d_1^{car} + 0.133d_2 + 0.201d_3$ (2.947) (2.150) (3.438) (3.106) (3.563) (1.680) (5.236)	0.835	1.634

註：() 為對應係數之 t 值

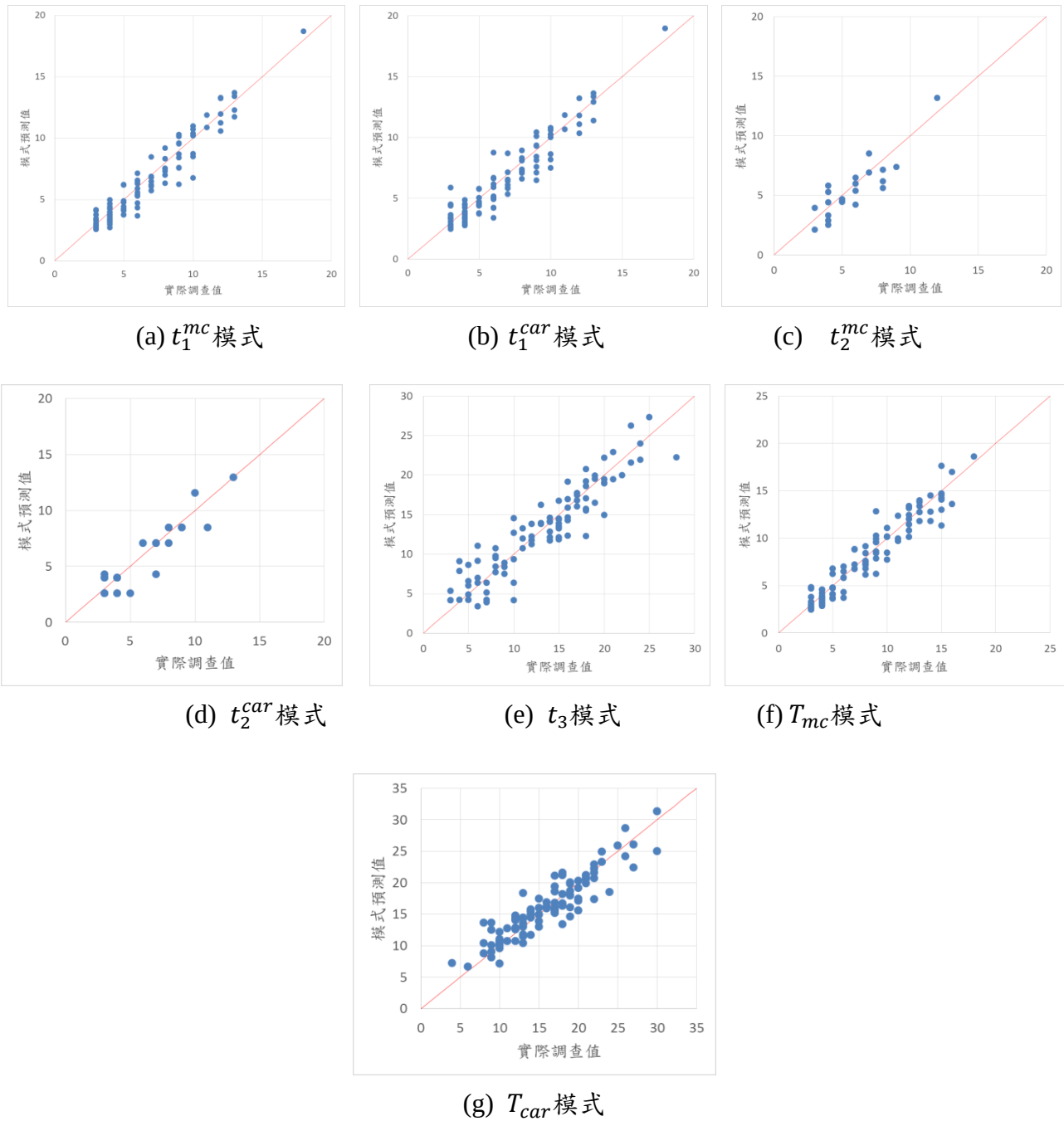


圖 5.43 各模式之實際調查值與模式預測值比較圖

5.5 小結

本章建構了對應本研究三大議題之模式，包括機車車道與橫向位置選擇模式、機車對公車靠離站與路側停等車輛反應行為模式、機車停等位置選擇模式與疏解時間推估模式。由結果可知，本研究所發展之模式確實能掌握混合車流之特性。

第六章 模式模擬及驗證

本章將先簡述模擬驗證的流程，接著將說明模擬驗證之結果。

6.1 模擬驗證流程

本研究的模式模擬驗證流程如圖 6.1 所示。首先由驗證用資料庫擷取實際之每分鐘的車流量、車種比例、轉向比等，接著把這些資料輸入 BikeSim 進行模擬，針對每一筆驗證資料，會進行 10 次模擬。模擬之後 BikeSim 會輸出車流軌跡檔。有了模擬車流的軌跡檔後，即可依此計算出各項驗證指標的數值，各項驗證指標如 3.3.2 小節所述，每項驗證指標的蒐集方式如第四章所述，所有驗證指標的數值皆是 10 次模擬的平均值，最後將這些數值與實際車流之驗證指標數值相比較，最後即可得出結果。

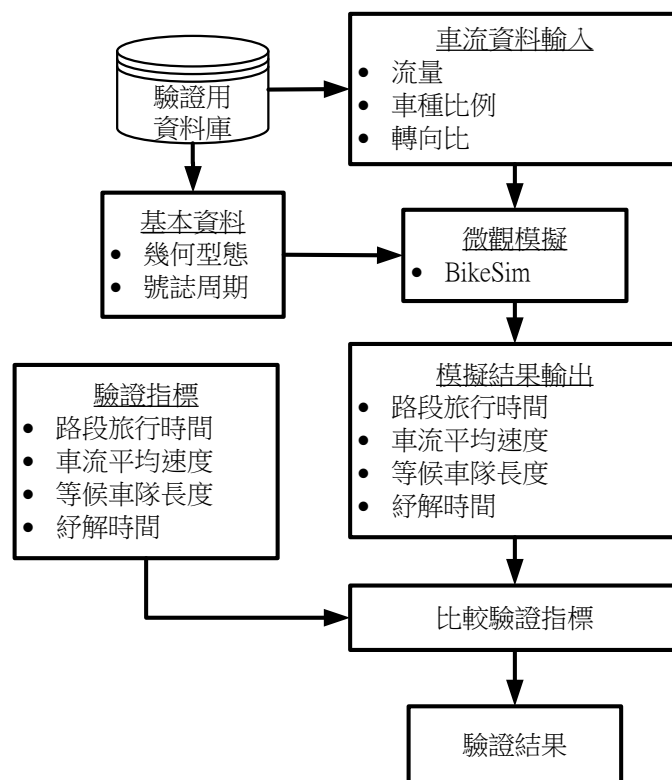


圖 6.1 模式模擬驗證流程圖

於本研究的六個模式中，有四個模式係與路段相關之模式，有兩個模式係與路口相關之模式，與路段相關之模式包括：

1. 機車的車道選擇行為模式
2. 機車在車道中的橫向位置選擇行為模式
3. 機車對公車靠站及離站之反應行為模式
4. 機車對路側停等車輛之反應行為模式

與路口相關之模式包括：

1. 機車轉向的方向與路口停等位置選擇之模式
2. 路口疏解時間推估模式

與路段有關之模式的驗證指標包括各車道的機車車流比例及橫向位置分佈、路段平均旅行時間、通過公車停等區影響區域之平均旅行時間等；與路口有關之模式的驗證指標包括不同車道的車隊長度與車隊總疏解時間。以下分別介紹兩大類模式的驗證結果。

6.2 與路段相關之模式

各車道各車種之旅行時間與機車於公車停靠站影響區域之平均旅行時間如表 6.1 所示，其中車道 1 至車道 4 之旅行時間為路段旅行時間，無公車影響與受公車影響之旅行時間為機車通過公車站影響範圍之旅行時間。另由於調查地點 E 之內側兩車道為禁行機車道，且於驗證資料蒐集時段並無機車通過，因此 E 地點的車道 1 與車道 2 之機車旅行時間註記為” —”，其他無資料的部分亦標註” — “。

在小汽車的部分，本研究並未針對小汽車建立其行為模式，因此在小汽車的部分係使用模擬軟體內建之行為模式，但原模擬軟體中之小汽車行為模式尚未包含小汽車對公車靠離站與路側停等車輛之反應行為模式，而四車道路段的最外側車道為受到公車與路側停等車輛之影響之車道，因此其誤差較大。另外於三車道路段，G17 與 G18，的第二車道由於受到下游路段回堵之影響，因此實際資料的旅行時間較長，但是模擬軟體中僅針對目標路段進行模擬，因此無模擬下游車輛回堵之情境，這也造成了其誤差較大。其他路段的均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)皆 5 秒內。

於機車部分，四車道路段之最大 RMSE 在 4 秒內，三車道則在 3 秒內，兩車道更是在 2 秒內。另外在機車於公車站範圍的旅行時間方面，由於模擬軟體中的公車停靠與否以及靠站時間是以亂數決定，因此對車流之影響會與實際情形略有差異。例如：當實際資料有連續兩台公車靠站，但模擬中卻沒有的時候，則模擬結果中的機車在公車站範圍之平均旅行時間會較短。不過整體來說，機車於公車站範圍內且受公車靠離站影響之旅行時間的 RMSE 僅 1.6 秒。而在路側停等車輛影響方面，四車道與兩車道的外側車道皆有路側停等車輛，由表中可知，四車道的外側車道的 RMSE 為 3.7 秒，而二車道的則為 1.6 秒，由於四車道的外側車道不僅受路側停等車輛影響，還受到公車靠離站之影響，且公車是否靠離站與公車停等時間係由隨機亂數決定，也因此造成了四車道之外側車道的 RMSE 較兩車道之外側車道的 RMSE 為大的情形。

各車道的機車車道選擇與橫向位置選擇之模擬輸出如圖 6.2，由圖中可看出與實際車流狀況相似，於四車道的路段，機車主要集中於第三與第四車道，於三車道的路段，機車主要集中於第三車道，於二車道的路段，機車主要集中於第二車道。

由此模擬驗證結果可知，本研究之模式確實能反映機車在路段上的車道選擇、橫向位置選擇與面臨公車及路側停等車輛之反應行為對整體車流之影響。

表 6.1 路段與公車影響區域之平均旅行時間

車種/車道 資料來源		小汽車				機車				機車於公車影響區域	
		車道 1	車道 2	車道 3	車道 4	車道 1	車道 2	車道 3	車道 4	無公車 影響	受公車 影響
E8	實際資料	11.3	12.4	14.3	17.6	—	—	11.1	16.6	3.9	7.4
	模擬資料	11.0	11.7	13.8	15.1	—	—	12.4	14.6	3.9	7.4
	差異(秒)*	-0.3	-0.7	-0.5	-2.5	—	—	1.3	-2.0	0.0	0.0
	差異(%)**	-2.7%	-5.3%	-3.4%	-14.2%	—	—	11.4%	-11.8%	0.4%	-0.3%
E14	實際資料	12.9	15.4	18.2	24.8	—	—	17.3	20.4	5.7	14.4
	模擬資料	13.2	13.7	14.9	16.2	—	—	13.4	15.1	7.5	11.2
	差異(秒)	0.3	-1.7	-3.3	-8.6	—	—	-3.9	-5.3	1.8	-3.2
	差異(%)	2.2%	-10.9%	-18.3%	-34.7%	—	—	-22.5%	-25.9%	31.2%	-22.2%
RMSE		0.3	1.2	1.9	5.6	—	—	2.6	3.7	0.9	1.6
MAPE		2.5%	8.1%	10.9%	24.5%	—	—	17.0%	18.9%	15.8%	11.3%
G17	實際資料	10.9	17.6	16.4	—	—	15.1	12.3	—	—	—
	模擬資料	11.0	11.7	13.2	—	—	12.8	12.9	—	—	—
	差異(秒)	0.1	-5.9	-3.2	—	—	-2.3	0.6	—	—	—
	差異(%)	0.6%	-33.5%	-19.6%	—	—	-15.0%	4.9%	—	—	—
G18	實際資料	11.5	21.1	15.1	—	—	—	14.6	—	—	—
	模擬資料	11.0	12.1	13.3	—	—	—	13.2	—	—	—
	差異(秒)	-0.5	-9.1	-1.8	—	—	—	-1.4	—	—	—
	差異(%)	-4.3%	-42.9%	-12.2%	—	—	—	-9.5%	—	—	—
RMSE		0.3	7.5	2.5	—	—	2.3	1.0	—	—	—
MAPE		2.5%	38.2%	15.9%	—	—	15.0%	7.2%	—	—	—
K4	實際資料	22.3	25.6	—	—	17.1	19.5	—	—	—	—
	模擬資料	18.2	27.2	—	—	19.1	19.3	—	—	—	—
	差異(秒)	-4.1	1.6	—	—	2.0	-0.1	—	—	—	—
	差異(%)	-18.3%	6.3%	—	—	11.6%	-0.6%	—	—	—	—
K5	實際資料	17.9	32.2	—	—	17.6	16.4	—	—	—	—
	模擬資料	18.5	27.2	—	—	19.1	19.5	—	—	—	—
	差異(秒)	0.6	-5.1	—	—	1.5	3.0	—	—	—	—
	差異(%)	3.3%	-15.7%	—	—	8.4%	18.5%	—	—	—	—
RMSE		2.4	3.4	—	—	1.8	1.6	—	—	—	—
MAPE		10.8%	11.0%	—	—	10.0%	9.6%	—	—	—	—

*差異(秒)=(模擬資料-實際資料)

**差異(%)=(模擬資料-實際資料)/實際資料*100%

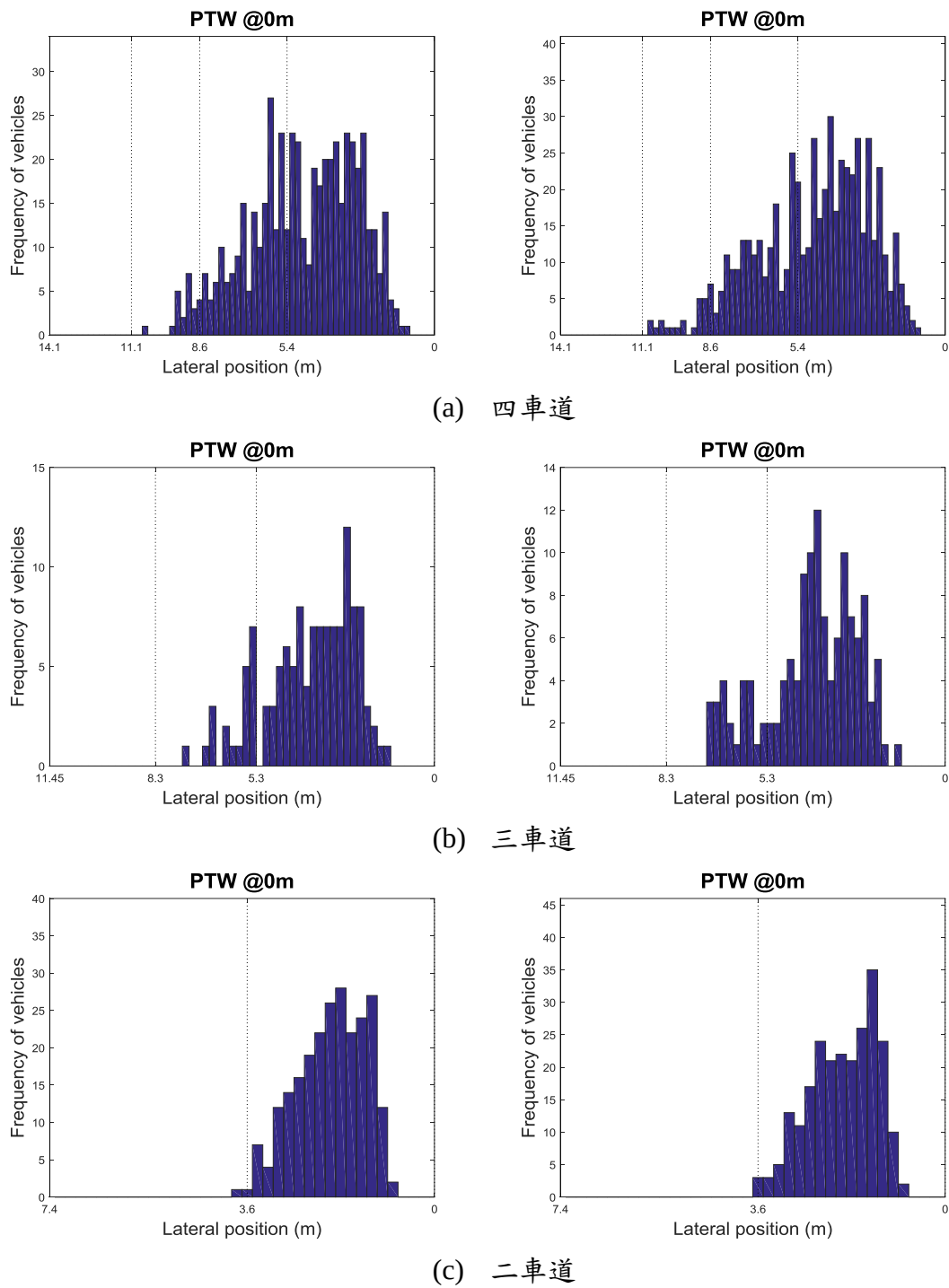


圖 6.2 機車之車道與橫向位置分布圖

6.3 與路口相關之模式

本小節利用路口之驗證資料驗證與路口相關之模式的準確度，各汽機車混合車道之總車隊長度與疏解時間如表 6.2 所示。

L6、L11、M6 的第三車道之停等車隊長度的平均誤差皆小於 8 公尺，平均誤差百分比皆在 20%以下，而第四車道之平均誤差更是約僅在 3 公尺左右，平均誤差也在 20%以下。至於車隊疏解時間方面，第三與第四車道之疏解時間之平均誤差皆小於 2.5 秒，而平均誤差也在 20%以下。

而 M10 的第三車道與第四車道之疏解時間的 RMSE 皆為 4 秒，較其他資料為大，此係由於 M10 之週期一的第三車道之停等車輛為右轉車輛，而其綠燈後才由第三車道直接右轉，因此速度較一般直行車輛為低，且影響後方機車之疏解，如圖 6.3 所示。由於本研究僅建構機車轉向與停等位置關係之模式，並無針對汽車進行相關模式的建構，因此其誤差較大。另外，M10 之停等車隊長度的平均誤差分別大於 20 公尺與 7 公尺，也較其他資料大，此係由於 M10 的週期二有一輛起重車停於第三車道，因此其後車輛距離該車較遠，因此拉大了停等車隊長度，並且由於機車較不願停在起重車前方，因此也造成了第四車道的機車停等長度較長，也間接造成第三與第四車道的疏解時間較長，如圖 6.4 方框處所示。本研究僅考慮機車對公車靠離站之反應行為，而並無探討大型吊車對於周遭車輛之影響，這也是造成誤差之原因。

由上討論可知，在一般車流情形下，本研究能準確推估車隊長度及車隊疏解時間。由於機車停等位置選擇會影響車隊之長度，機車的停等位置選擇會反映出機車停等的車道以及該車道的車隊長度，本研究無直接驗證各車道的汽機車停等數量，但車隊停等長度能間接反映停等位置之正確性。由於車隊長度的預測結果頗佳，顯示本模式能有效表現出機車停等位置的合理性。

表 6.2 各車道車隊長度與疏解時間比較表

地點			L6		L11		M6		M10	
車道			3	4	3	4	3	4	3	4
週期一	停等車隊 長度(m)	實際資料	33.3	15.4	51.7	19.6	26.3	15.3	41.0	17.2
		模擬資料	34.4	13.6	49.7	17.4	21.8	8.0	28.0	8.5
	差異(m)*		1.1	-1.8	-1.9	-2.2	-4.5	-7.4	-13.1	-8.7
	差異(%)***		3%	-12%	-3.7%	-11.4%	-17.2%	-48.0%	-31.9%	-50.9%
	總疏解時 間(秒)	實際資料	19	11	19.0	11.0	11.0	8.0	18.0	14.0
		模擬資料	16.8	8.9	23.4	11.9	15.6	8.9	14.4	8.8
	差異(秒)**		-2.2	-2.1	4.4	0.9	4.6	0.9	-3.6	-5.2
	差異(%)		-12%	-19%	23.2%	8.2%	41.8%	11.3%	-20.0%	-37.1%
週期二	停等車隊 長度(m)	實際資料	46.4	16.6	38.9	30.6	32.1	21.2	90.1	22.9
		模擬資料	54.7	11.6	34.9	28.8	27.5	20.7	69.1	14.2
	差異(m)		8.3	-5.0	-4.0	-1.8	-4.6	-0.5	-21.0	-8.7
	差異(%)		17.9%	-30.1%	-10.4%	-5.7%	-14.3%	-2.5%	-23.3%	-38.2%
	總疏解時 間(秒)	實際資料	24.0	10.0	17.0	21.0	15.0	10.0	30.0	10.0
		模擬資料	24.5	8.4	18.4	18.4	14.5	9.9	27.1	12.5
	差異(秒)		0.5	-1.6	1.4	-2.6	-0.5	-0.1	-2.9	2.5
	差異(%)		2.1%	-16.0%	8.2%	-12.4%	-3.3%	-1.0%	-9.7%	25.0%
週期三	停等車隊 長度(m)	實際資料	61.7	15.0	74.6	21.2	56.9	28.1	75.9	45.1
		模擬資料	48.1	16.1	69.6	17.7	41.2	27.5	62.3	35.3
	差異(m)		-13.6	1.1	-5.0	-3.5	-15.6	-0.6	-13.6	-9.7
	差異(%)		-22.1%	7.2%	-6.7%	-16.6%	-27.5%	-2.2%	-17.9%	-21.6%
	總疏解時 間(秒)	實際資料	22.0	12.0	31.0	14.0	18.0	10.0	35.0	32.0
		模擬資料	23.6	9.7	29.1	10.8	19.3	11.7	31.7	28.1
	差異(秒)		1.6	-2.3	-1.9	-3.2	1.3	1.7	-3.3	-3.9
	差異(%)		7.3%	-19.2%	-6.1%	-22.9%	7.2%	17.0%	-9.4%	-12.2%
週期四	停等車隊 長度(m)	實際資料	36.6	17.5	47.5	15.6	74.1	16.5	79.2	37.2
		模擬資料	34.4	15.0	48.8	13.3	69.1	20.8	69.7	28.4
	差異(m)		-2.2	-2.5	1.3	-2.3	-5.0	4.3	-9.5	-8.8
	差異(%)		-6.0%	-14.1%	2.8%	-14.5%	-6.7%	25.8%	-12.0%	-23.6%
	總疏解時 間(秒)	實際資料	14.0	14.0	22.0	9.0	26.0	11.0	27.0	21.0
		模擬資料	17.4	9.7	22.8	9.7	30.6	11.5	31.5	26.5
	差異(秒)		3.4	-4.3	0.8	0.7	4.6	0.5	4.5	5.5
	差異(%)		24.3%	-30.7%	3.6%	7.8%	17.7%	4.5%	16.7%	26.2%
週期五	停等車隊 長度(m)	實際資料	35.3	10.5	50.5	18.5	37.2	24.5	42.9	31.1
		模擬資料	21.9	9.0	48.1	14.6	27.9	20.8	27.9	34.1
	差異(m)		-13.4	-1.4	-2.4	-3.8	-9.4	-3.7	-15.0	3.0
	差異(%)		-38.1%	-13.6%	-4.8%	-20.8%	-25.2%	-15.1%	-34.9%	9.5%
	總疏解時 間(秒)	實際資料	14.0	7.0	20.0	10.0	14.0	11.0	19.0	18.0
		模擬資料	12.4	6.6	21.4	9.0	14.8	11.5	13.2	15.0
	差異(秒)		-1.6	-0.4	1.4	-1	0.8	0.5	-5.8	-3
	差異(%)		-11.4%	-5.7%	7.0%	-10.0%	5.7%	4.5%	-30.5%	-16.7%
RMSE	停等車隊長度(m)		7.7	2.4	2.9	2.7	7.8	3.3	14.4	7.8
	總疏解時間(秒)		1.9	2.1	2.0	1.7	2.4	0.7	4.0	4.0
MAPE	停等車隊長度(m)		17.4%	15.4%	5.7%	13.8%	18.2%	18.7%	24.0%	28.8%
	總疏解時間(秒)		11.4%	18.1%	9.6%	12.3%	15.1%	7.7%	17.3%	23.4%

*差異(m)=(模擬資料-實際資料)

*差異(秒)=(模擬資料-實際資料)

**差異(%)=(模擬資料-實際資料)/實際資料*100%



圖 6.3 M10 地點週期一之停等車隊長度



圖 6.4 M10 地點週期二之停等車隊長度

6.4 小結

本章利用微觀車流模擬軟體驗證模式的表現。驗證分兩個方面，一個是路段模式為主的驗證分析，一個是路口模式為主的驗證分析。路段模式的驗證指標包括各車道的車輛數及橫向位置分佈、路段平均旅行時間、通過公車停等區(或路側停車)影響區域之平均旅行時間等；路口模式的驗證指標包括不同車種和車道的車隊疏解時間。由上述之驗證結果可知，平均路段旅行時間之 MAPE 為 13.5%，機車通過公車影響區域範圍旅行時間之 MAPE 為 11.3%。停等車隊長度之 MAPE 為 17.8%，車隊紓解時間之 MAPE 為 14.4%。整體來說，各指標之 MAPE 皆小於 18%。

第七章 結論與建議

7.1 結論

考慮國內機車的持有及使用率十分高，本研究延續交通部於民國 99 年至 102 年辦理之《交通技術研發與人才培育規劃研究》及民國 103 年《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》，針對機車為主體於都市混合車流中的情景進行分析。本研究共分析三個機車行為相關的議題：機車於路段中橫向移動的行為、機車於路段中對公車靠站與路邊停等車輛之反應行為、機車於路口停等位置選擇行為與疏解時間。本研究針對國內常見的主要幹道類型，於台北市、新竹市、台南市，選擇了符合分析議題之地點作為調查對象，收集資料並建立車流軌跡資料庫，進行實證分析及模式的校估。最後，通過以 Java 建立的模擬平台，進行模式的驗證測試。

本期研究計畫之成果可茲列於下：

1. 資料收集：

使用空中拍攝收集影像，搭配自行開發的點車軟體，萃取車流軌跡。此方法能有效收集 150 公尺以上的路段及路口的所有車流情況，突破以往在路邊高樓往下拍攝，因車輛遠近及立體容易造成位置判定上的誤差。本研究目標為收集 5 種車道特性共 20 小時的車流特性資料（分為 10 小時校估用的車流軌跡資料及 10 小時的驗證指標資料），於台北市、新竹市、台南市三個地區進行蒐集。記錄到的軌跡資料庫包含車輛數共 31576 輛（機車 20179 輛、小型車 11090 輛、大型車 307 輛），產生 1344760 筆資料，涵蓋車流密度高中低的情景。

2. 實證分析及模式發展：

本計畫共發展六個模式分析，在路段方面有四個模式，包括機車的車道選擇行為、機車在車道中的橫向位置選擇行為、機車對公車靠站及離站之反應、及機車對路側停等車輛之反應行為模式。在路口方面有兩個模式，包括機車轉向的方向與路口停等位置選擇之關係、及路口疏解時間。所有模式都利用本研究和 103 年《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》所收集的車輛軌跡資料進行實證分析及模式校估。

3. 驗證分析：

利用以 Java 建立的模擬平台，將發展的所有模式植入，用以驗證模式的表現。驗證分兩個方面，一個是路段模式為主的驗證分析，一個是路口模式為主的驗證分析。路段模式的驗證指標包括各車道的車輛數及橫向位置分佈、路段平均旅行時間、通過公車停等區(或路側停車)影響區域之平均旅行時間等；路口模式的驗證指標包括不同車種和車道的車隊疏解時間。結果顯示，模式的確能描述機車之反應行為，平均路段旅行時間之 MAPE 為 13.5%，機車通過公車影響區域範圍旅行時間之 MAPE 為 11.3%。停等車隊長度之 MAPE 為 17.8%，車隊紓解時間之 MAPE 為 14.4%。

4. 論文投稿：

團隊已經把部分的研究成果撰寫成論文並發表於國際研討會：

- (1) Wong, K.I., Lee, T.-C. and Chen, Y.-Y. (2015) Traffic Characteristics of Mixed Traffic Flow in Urban Arterials. The 11th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS), 11-14 September 2015, Philippines, Cebu. (Accepted for publication in Asian Transport Studies)
- (2) Liao, C.H., Chen, Y.Y. and Wong, K.I. (2015) Crash surrogate measures for mixed traffic flow. *The 20th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (HKSTS)*, 12-14 December, Hong Kong.
- (3) Wong, K.I., Chen, Y.Y., Luo, J.T. and Lee, T.-C. (2016) Modeling the behavior of powered two-wheelers near a bus stop in mixed traffic. *The 95th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 10-14 January 2016, Washington, D.C.
- (4) 黃郁傑、陳彥佑、黃家耀 (2015) 混合車流號誌化路口疏解時間預測模式之研究，中華民國運輸學會 104 年學術論文國際研討會，12 月 3-4 日，基隆，台灣。

7.2 建議

本研究的主要目的為分析機車於混合車流當中的行為，以發展更合適台灣地區的微觀車流模擬軟體，已達到階段性的成果。此小節針對未來研究方向提出以下建議：

1. 增加不同情境下的混合車流行為模式，如：機車群體互動、其他車輛的因應行為、無號誌交叉口、與不同路型下的混合車流行為等。
2. 本期計畫主要以機車為研究對象，若將 BikeSim 發展成國內版的 Vissim，尚需要加入台灣地區的汽車及公車的模式，包括車輛推進、變換車道、路口轉向等行為。部分模式已經於『交通技術研發與人才培育規劃研究（民 99-102）』進行探討，可考慮直接使用該計畫的成果，或重新建立模式。
3. 本研究開發之車流模擬軟體主要為研究及模式測試之用，如要推廣至各地方政府單位使用，需改進混合車流微觀模擬軟體之介面。
4. 蒐集不同縣市的車流數據，並提供參數值之建議範圍，以期能更完善本土混和車流微觀模擬軟體。

另外，於本土混合車流微觀模擬軟體之後續應用方面，由於交通安全為目前國內當務之急的議題，如何運用本研究之成果去評估及改善台灣的交通安全環境將會是重要的工作。本研究團隊已對這一議題進行初步探討，整理於附錄 C 之『模擬軟體在交通安全評估的應用』及研討會論文 Liao et al. (2015)。

參考美國聯邦公路局(FHWA)開發出的 Surrogate Safety Assessment Model (SSAM)軟體，能讀取微觀車流模擬的結果，運用事故指標法去評估模擬地點及情景的事故發生機率，也可用於比較不同的道路設計的相對安全性。建議未來研究可以就以下方向加以探討：

1. SSAM 的事故指標預設值是根據過去文獻所設定，這些文獻的研究對象以小汽車為主，是否適合運用於台灣市區道路的汽機車混合車流，尚需進行評估。目前已取得 SSAM 軌跡檔的格式檔，將可由 BikeSim 的結果自行產生車流軌跡檔，進行 SSAM 的後續分析。
2. 機車的移動行為與小汽車大不相同，根據機車的行為特性如超車、鑽車、橫向偏移等，應可以發展出更適合機車於混合車流的事故指標。
3. 運用事故指標法，評估路段或路口現況的安全情況，並與交通事故的統計數據作比較分析，以驗證其適用程度，並對路段或路口的設計提出實際的改善建議。

除了安全方面的議題外，亦可以將模擬軟體應用於道路標線建議與道路績效之評估。

參考文獻

- 2001 年台灣地區公路容量手冊 (2001)，交通部運輸研究所。
- 2011 年臺灣公路容量手冊 (2011)，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 (2006)，交通部運輸研究所。
- 李樑堅 (1992)，建立微觀車流模擬模式以發展交通適應性號誌控制邏輯之研究，博士論文，國立成功大學交通管理(科學)研究所。
- 李健豪 (2012)，市區幹道汽機車超車行為路徑選擇決策模式，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學系。
- 何佳娟 (2001)，「微觀汽機車混合車流行為之研究」，碩士論文，國立交通大學運輸科技與管理學系。
- 吳政諺 (2007)，號誌化平面交叉路口序別無衝突左轉車微觀疏解模式，國立交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。
- 陳志偉 (1987)，混合車流在圓環交叉口之模擬研究，碩士論文，國立交通大學交通運輸工程研究所。
- 張家峰 (2004)，號誌化路口機車車隊等候長度對混合車道容量影響之研究，國立交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。
- 張維翰 (2006)，郊區路段微觀混合車流特性研析與模式建立，碩士論文，國立交通大學運輸科技與管理學系。
- 許銘娟 (2007)，號誌化平面交叉路口序別直行車微觀疏解模式之研究，國立交通大學運輸與物流管理學系碩士論文。
- 張瓊文、林豐博、曾平毅 (2008)，設置機車待轉區及停等區之直行／右轉共用車道疏解特性與分析模式，運輸計劃季刊，第三十七卷，第三期，頁 263- 284。
- 張瓊文、林豐博、曾平毅 (2009)，機車專用道車隊擴散行為之探討，中國土木水利工程學刊，21(1)，頁 51- 60。
- 張正達 (2012)，混合車流中機車運動推進模式之研究—以鄰近路口與紅燈號誌為條件，碩士論文，淡江大學運輸管理學系。
- 許家齊 (2012)，市區道路微觀汽機車混合車流機率式跟車模式之研究，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學系。
- 許添本、韓復華 (2011)，交通技術研發與人才培育規劃研究(2/4)，交通部委託研究。
- 許添本、藍健綸、江伊嵐 (2013)，交通技術研發與人才培育規劃研究(4/4)，交通部。
- 程凱健 (2014)，混合車流號誌化路口微觀機車疏解模型之建立，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
- 曾家瑜、黃維皓、羅峻庭、黃家耀 (2014)，利用空中拍攝進行交通調查之可行性研究，中華民國運輸學會 103 年學術論文國際研討會。
- 黃郁傑、陳彥佑、黃家耀 (2015) 混合車流號誌化路口疏解時間預測模式之研究，中華民國運輸學會 104 年學術論文國際研討會，12 月 3-4 日，基隆，台灣。
- 湯儒彥 (1999)，機車車道寬度與路口疏解型態之研究，交通部運輸研究所。
- 鄭鼎煜 (2005)，交叉路口大小車組合車隊疏解模式之研究，淡江大學運輸管理學系碩士論文。

- 蔣靜宜 (2003)，機車專用道飽和流率探討與模擬參數校估之應用，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文。
- 劉力銘 (2004)，機車在號誌化路口混合車流中之疏解特性研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- 藍武王、王日昌、江勁毅 (1994)，模糊控制跟車模式之探討，運輸，第二十五期，頁 43-55。
- AAA Foundation for Traffic Safety (2009) Aggressive Driving: Research Update.
- Ben-Akiva, M., & Lerman, S. R. (1985) Multinomial choice *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand* (pp. 100-130). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- FHWA. (1996). CORSIM user manual version 1.01. Retrieved from http://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/repts_te/6408.pdf.
- Gipps, P.G. (1981) A Behavioral Car-Following Model for Computer-Simulation. *Transport Res B-Meth* **15**: 105-11.
- Gipps, P. G. (1986). A model for the structure of lane-changing decisions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 20(5), 403-414.
- Green, M. (2000). "How long does it take to stop?" methodological analysis of driver perception-brake times. *Transportation Human Factors*, 2 (3), 195-216.
- Gunay, B. (2007) Car following theory with lateral discomfort. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41, 722-735.
- Haworth, N. (2012) Powered two wheelers in a changing world-Challenges and opportunities. *Accident Anal Prev* **44**: 12-18.
- Heckman, J. J. (1979) Statistical models for discrete panel data. In C. F. Manski & D. McFadden (Eds.), *Structural analysis of discrete data with econometric applications* (pp. 114-178): Department of Economics and Graduate School of Business, University of Chicago.
- Hussain, H., R. S. Radin Umar, M. S. Ahmad Farhan, and M. M. Dadang (2005) Key components of a motorcycle-traffic system: a study along the motorcycle path in Malaysia. *IATSS Research* **29**(1): 50-56.
- Jin, S., Wang, D.-H. and Yang, X.-R. (2011) Non-lane-based car-following model with visual angle information. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 7-14.
- Koshy, R. Z. & Arasan, V. T. (2005) Influence of bus stops on flow characteristics of mixed traffic. *Journal of Transportation Engineering*, 131, 640-643.
- Lan, L.W. and Chang, C.W. (2004) Motorcycle-following models of general motors (GM) and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *Transportation Planning Journal* **33**(3): 511-36. (In Chinese)
- Lan, L.W. and Chang, C.W. (2005) Inhomogeneous cellular automata modeling for mixed traffic with cars and motorcycles. *Journal of Advanced Transportation* **39**: 323-49.
- Lan, L.W., Chiou, Y.C., Lin, Z.S. and Hsu, C.C. (2010) Cellular automaton simulations for mixed traffic with erratic motorcycles' behaviours. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* **389**: 2077-89.
- Lee, T.-C (2008) An agent-based model to simulate motorcycle behaviour in mixed traffic flow. In, No. PhD, Imperial College London, UK. Accessed on 1st July 2008 at www.cts.cv.ic.ac.uk/documents/theses/LeePhD.pdf.

- Lee, T.-C., Polak, J.W. and Bell, M.G.H. (2008a) *Trajectory Extractor user manual version 1.0*, Technical Report, Centre for Transport Studies, Imperial College London, UK. Available at <http://myweb.ncku.edu.tw/~jtclee/bike/iccts01155.pdf>
- Lee, T.-C., Polak, J.W. and Bell, M.G.H. (2008b) *BikeSim- an agent-based microscopic traffic simulation system focusing on the behaviour of motorcycles, microsimulation software*. Available at <http://myweb.ncku.edu.tw/~jtclee/bike/Bike.htm>
- Lee, T.-C., Polak, J.W. and Bell, M.G.H. (2009) New Approach to Modeling Mixed Traffic Containing Motorcycles in Urban Areas. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* **2140**: 195-205.
- Lee, T.-C., Polak, J.W., Bell, M.G.H. and Wigan, M.R. (2010) The PCU Values of Motorcycles in Congested Flow. In *Transportation Research Board 89th Annual Meeting*, Washington, DC, USA, 2010, 17.
- Lee, T.-C., Polak, J.W., Bell, M.G.H. and Wigan, M.R. (2012), The kinematic features of motorcycles in congested urban networks, *Accident Analysis & Prevention* **49**: 203-211, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.002>
- Lee, T.-C., Wong, K.I., Hsu, T.-P. and Chang, G.-L. (2013) Modelling the formation of queues by a cluster of powered two-wheelers at signalised intersections. In *the 18th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (HKSTS 18)*, Hong Kong.
- Leutzbach, W., & Wiedemann, R. (1986). Development and applications of traffic simulation models at the Karlsruhe Institut fur Verkehrswesen. *Traffic Engineering & Control*, 27(5), 270-278.
- Liao, C.H., Chen, Y.Y. and Wong, K.I. (2015) Crash surrogate measures for mixed traffic flow. *The 20th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (HKSTS)*, 12-14 December, Hong Kong.
- Luo, J.-T., Huang, Y.-C., and Wong, K.I. (2014) The feasibility of aerial videography using multicopter for traffic surveys. *The 19th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (HKSTS)*, 13-15 December, Hong Kong.
- Mallikarjuna, C. and Rao, K.R. (2006) Area occupancy characteristics of heterogeneous traffic. *Transportmetrica* **2**(3): 223-236.
- 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: Statistical Mechanics and its Applications* **380**: 470-80.
- Minh, C.C., Matsumoto, S. and Sano, K. (2005) Characteristics of passing and paired riding maneuvers of motorcycle. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* **6**: 186-197.
- Minh, C. C., Sano, K. and Matsumoto, S. (2006) Deceleration models of motorcycles at signalized intersections. In *Transportation Research Board 85th Annual Meeting*, Washington, DC, USA.
- Nguyen, L. X., Hanaoka, S. and Kawasaki, T. (2012) Describing non-lane-based motorcycle movements in motorcycle-only traffic flow. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2281, 76-82
- Paramics Microsimulation. (2008). S-Paramics 2007 reference manual. SIAS Limited, Edinburgh,

UK.

- PTV. (2011). VISSIM 5.30-05 user manual. Karlsruhe, Germany: Planung Transport Verkehr AG.
- Tasca, L. (2000). A review of the literature on aggressive driving research. Aggressive Driving Issues Conference.
- Toledo, T. (2007) Driving behaviour: Models and challenges. *Transport Reviews* **27**: 65-84.
- Vlahogianni, E. I. (2014) Powered-Two-Wheelers kinematic characteristics and interactions during filtering and overtaking in urban arterials. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* **24**: 133-145.
- Wong, K.I., Wang, H.-C., Lee, T.-C., Hsu, T.-P. and Chang, G.-L. (2013) Modelling Driving Behaviour of Powered Two-Wheelers in Mixed Traffic Flow, presented at *the 18th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (HKSTS 18)*, Dec 2013, Hong Kong.
- Wong, K.I. and Lee, T.-C. (2015) Investigation the heterogeneity in driving behavior for powered two-wheelers under mixed traffic flow. *The 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 11th – 15th January 2015, Washington, D.C.
- Wong, K.I., Lee, T.-C. and Chen, Y.-Y. (2015) Traffic Characteristics of Mixed Traffic Flow in Urban Arterials. *The 11th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS)*, 11-14 September 2015, Philippines, Cebu. (Accepted for publication in *Asian Transport Studies*)
- Wong, K.I., Chen, Y.Y., Luo, J.T. and Lee, T.-C. (2016) Modeling the behavior of powered two-wheelers near a bus stop in mixed traffic. *The 95th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 10-14 January 2016, Washington, D.C.
- Zhao, X.-M., Jia, B., Gao, Z.-Y. and Jiang, R. (2009) Traffic interactions between motorized vehicles and nonmotorized vehicles near a bus stop. *Journal of Transportation Engineering*, **135**, 894-906.

附錄

附錄 A：

混合車流模擬技術研發-機車行為研究，調查地點計畫書	A1
---------------------------------	----

附錄 B：

機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立，調查地點幾何型態	B1
---	----

附錄 C：

模擬軟體在交通安全評估的應用	C1
----------------------	----

附錄 D：

期中審查意見回覆	D1
----------------	----

附錄 E：

期末審查意見回覆	E1
----------------	----

混合車流模擬技術研發 -機車行為研究

調查地點計畫書

國立交通大學

中華民國 104 年 06 月 08 日

背景

本研究『混合車流模擬技術研發-機車行為研究』的目的為透過我國實際車流資料的蒐集與分析，分析我國市區道路混合車流中，機車與其他車輛之互動情況下的機車行為特性，以供進一步發展適用我國車流狀況之交通管理方法。本研究探討三大議題，每一議題均有兩主題，因此共有六個主題：

議題一：機車於路段中之橫向位置選擇行為

- 主題 1：機車如何決定使用那個車道
- 主題 2：機車在車道中的橫向位置選擇行為

議題二：機車於路段中之橫向位置選擇行為

- 主題 3：機車對公車靠站之反應行為
- 主題 4：機車對於路側車輛停等之反應行為

議題三：機車於路段中之橫向位置選擇行為

- 主題 5：機車轉向的方向與路口停等位置選擇之關係
- 主題 6：機車停等時，其車流量與車流轉向比例與路口紓解率之關係

為探討上述議題，本研究需蒐集車流資料。而蒐集資料之地點須符合並滿足各主題中所需要的路段幾何形態及車流行為的情景，且具有代表性、充份呈現台灣獨特的混合車流面貌。

表 1 為各種資料所需之小時數。而為符合各個機車行為的情境，本研究研擬各主題所應對應之調查地點選擇條件，見表 2。

表 1 調查小時數

	車道特性	模式校估用	模式驗證用	總時數
路段	4 線道	2 小時	2 小時	12 小時
	3 線道	2 小時	2 小時	
	2 線道	2 小時	2 小時	
路口	路口可左轉	2 小時	2 小時	8 小時
	路口兩段式左轉	2 小時	2 小時	
總時數		10 小時	10 小時	20 小時

表 2 主題與地點選擇準則對應

主題 準則	1	2	3	4	5	6
<u>幾何條件</u>						
路段為直線	✓	✓	✓	✓	✓	✓
路段長度約 150-200 公尺(包含路口)	✓	✓	✓	✓		
號誌化路口					✓	✓
有公車站牌			✓			
有路邊停車格				✓		
地點須包含兩段式與非段式左轉					✓	✓
地點須包含 2、3、4 車道	✓	✓				
<u>車流條件</u>						
有汽機車混合車流	✓	✓	✓	✓	✓	✓
有路邊停車				✓		
有公車通過並有靠站			✓			
車流密度包含低、中、高	✓	✓	✓	✓		
有左轉機車車流					✓	✓
綠燈開始時有等候車隊					✓	✓
<u>空拍條件</u>						
路側無招牌或樹葉阻擋視線	✓	✓	✓	✓	✓	✓
符合空拍的操作條件及法律規範	✓	✓	✓	✓	✓	✓

調查地點

基於上述調查地點之選擇條件，以及擴充車流資料庫的多樣化，以期能了解台灣不同地區的車流行為的差異，本研究於台北市、新北市、新竹市、台南市各選擇共 17 個地點（同一路段不同車流方向，因無車流互動，分別以不同地點計算），整理如表 3。各地點之位置如圖 1 至圖 3 所示，其中紅色區域為禁航區，無法進行空中拍攝。各地點之詳細位置圖與空照圖請見附錄。

表 3 調查地點清單

編號	縣市	路段	位置	方向	路段長度(m)	車道數	兩段式左轉
A1	台北市	羅斯福路二段	潮州街至杭州南路二段	北向南	155	4	Y
A2	台北市	羅斯福路一段	林森南路至愛國東路	南向北	173	4	Y
A3	新北市	四川路二段	南雅南路二段至德興街	西向東	190	3	無左轉需求
A4	新北市	建一路	建康路至建八路	北向南	180	2	N
A5	新北市	中正路	永利路至永貞路	北向南	180	2	N
A6	新北市	中正路	永貞路至永利路	南向北	180	2	N
A7	新北市	雙十路二段	文化路二段至松柏街	北向南	150m	2	Y
A8	新北市	雙十路二段	松柏街至文化路二段	南向北	150m	2	Y
B1	新竹市	慈雲路	埔頂一路至埔頂路	南向北	150	3	Y
B2	新竹市	四維路	中山路至西門街	北向南	164	2	Y
B3	新竹市	四維路	西門街至中山路	南向北	164	2	N
B4	新竹市	民生路	民族路至中華路	北向南	211	2	N
B5	新竹市	民生路	中華路至民族路	南向北	211	2	N
B6	新竹市	西大路	西大路 102 巷至南大路	東向西	194	2	Y
B7	新竹市	西大路	南大路至西大路 102 巷	西向東	194	2	N
C1	台南市	小東路	小東路、林森路口	東向西	--	4	Y
C2	台南市	小東路	小東路、林森路口	西向東	--	4	Y
C3	台南市	青年路	青年路、慶東街口	東向西	--	2	N
C4	台南市	青年路	青年路、慶東街口	西向東	--	2	N

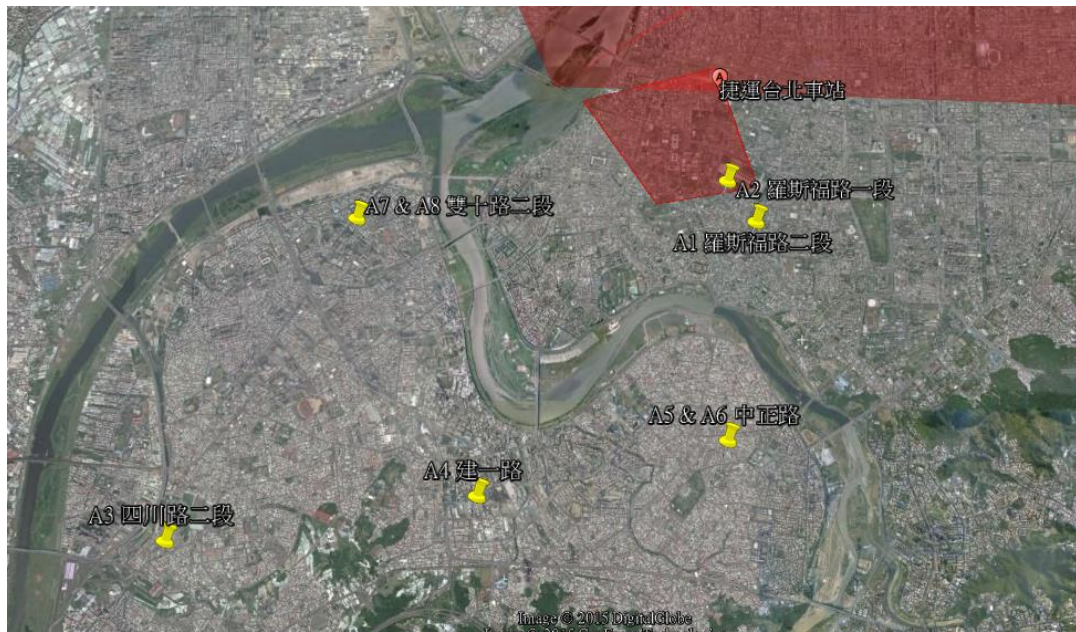


圖 1 台北市與新北市調查地點位置圖



圖 2 新竹市調查地點位置圖



圖 3 台南市調查地點位置圖

本團隊已經於各調查地點進行過現場勘察，各地點之幾何及車流條件整理如表 4 所示，其中有些準則應包括不同的調查地點才可以滿足，如：準則「須包含 2、3、4 車道」，並無一個路段包含三種車道數量，因此需找尋一個 2 車道的調查地點、一個 3 車道的調查地點及一個 4 車道的調查地點來符合該準則，此時以符號「 Δ 」來表示此地點為符合該準則的其中一部份，須配合其他調查地點。而符號「 $\checkmark$ 」則表示該地點完全符合該準則。

為了解各調查地點可以用來分析何項主題，可綜合表 2 與表 4 的對應，結果如表 5 所示。如前述說明，有些準則須調查多個地點，如「須包含 2、3、4 車道」之準則便需要調查三個地點。因此主題 1 所對應之欄位，符號「 $\checkmark$ 」後括弧之數字為車道數目。而主題 5 與 6 所對應之欄位，符號「 $\checkmark$ 」後有附註“(兩)”之調查地點，為需要兩段式左轉之路口。

表 4 地點與選擇準則對應表

主題 準則	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4
<u>幾何條件</u>																			
路段為直線	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
路段長度約 150-200 公尺	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
號誌化路口	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
有公車站牌	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
有路邊停車格	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓
須包含兩段式與非段式左轉	△	△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
須包含 2、3、4 車道	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
<u>車流條件</u>																			
有汽機車混合車流	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
有路邊停車	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
有公車通過並有靠站	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓				
車流密度包含低、中、高	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
有左轉機車車流	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
綠燈開始時有等候車隊	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<u>空拍條件</u>																			
路側無招牌或樹葉阻擋視線	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
符合空拍的操作條件及法律規範	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

表 5 調查地點可符合之研究主題

地點 主題	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4
1	✓(4)	✓(4)	✓(3)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(3)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)				
2	✓(4)	✓(4)	✓(3)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(3)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)	✓(2)				
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓				
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
5	✓(兩)	✓(兩)		✓	✓	✓	✓(兩)	✓(兩)	✓(兩)	✓(兩)	✓	✓	✓	✓(兩)	✓	✓(兩)	✓(兩)	✓	✓
6	✓(兩)	✓(兩)		✓	✓	✓	✓(兩)	✓(兩)	✓(兩)	✓(兩)	✓	✓	✓	✓(兩)	✓	✓(兩)	✓(兩)	✓	✓

✓(4)：該路段符合該主題，且為 4 車道之調查地點

✓(3)：該路段符合該主題，且為 3 車道之調查地點

✓(2)：該路段符合該主題，且為 2 車道之調查地點

✓(兩)：該路段符合該主題，且為須兩段式左轉之調查地點

結論

根據表 5 的結果，有多個地點符合同一主題之需求；因前期研究的資料收集主要以台北市為主，而為考量車流行為之多樣性，將優先考慮把調查地點分散於不同縣市。因一個調查地點的資料可以同時符合多個研究主題的準則，選擇調查地點時也會把資料的利用率納入考量。

本研究預定選取的調查地點如下：

- A1【主要用於主題 1、主題 2、主題 3、主題 4；可輔助主題 5、主題 6】
- B1【主要用於主題 1、主題 2；可輔助主題 5、主題 6】
- A4【主要用於主題 1、主題 2；可輔助主題 3、主題 4、主題 5、主題 6】
- C1、C2【主要用於主題 5、主題 6】
- C3、C4【主要用於主題 5、主題 6】

當中 C1、C2 和 C3、C4 為同一個路口的對向，幾何形態相同，將同時拍攝兩個地點，再按車流狀況挑選轉換成資料的影片，並滿足應有的資料量。

雖然所有提議的調查地點都已進行現場勘察，但未免因現場有道路施工或其他未考慮到的因素而無法進行調查，進而耽誤調查及研究進度，因此各地點也提出其候補調查地點，這些候補地點也符合研究主題的準則，詳細資料整理如表 6 所示。

表 6 各主題調查地點與候補調查地點一覽表

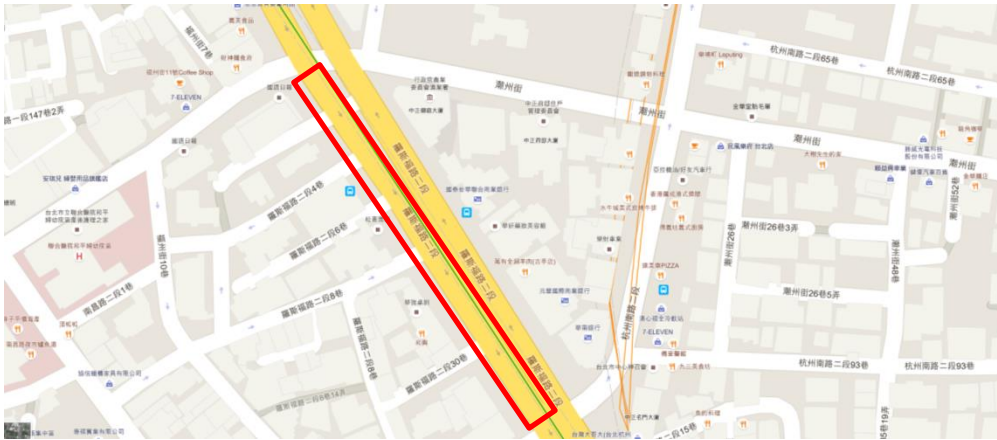
主題	調查地點	候補調查地點
1	四車道：A1 三車道：B1 兩車道：A4	四車道：A2 三車道：A3 兩車道：A5、A6~A8、B2~B7
2	四車道：A1 三車道：B1 兩車道：A4	四車道：A2 三車道：A3 兩車道：A5、A6~A8、B2~B7
3	A1	A2~A8 B4、B6、B7
4	A1	A2~A8 B2~B7
5	兩段式左轉：C1、C2 非兩段式左轉：C3、C4	兩段式左轉：A2、A7、A8、B2、B6 非兩段式左轉：A5、A6、B3~B5
6	兩段式左轉：C1、C2 非兩段式左轉：C3、C4	兩段式左轉：A2、A7、A8、B2、B6 非兩段式左轉：A5、A6、B3~B5

後續調查地點微調

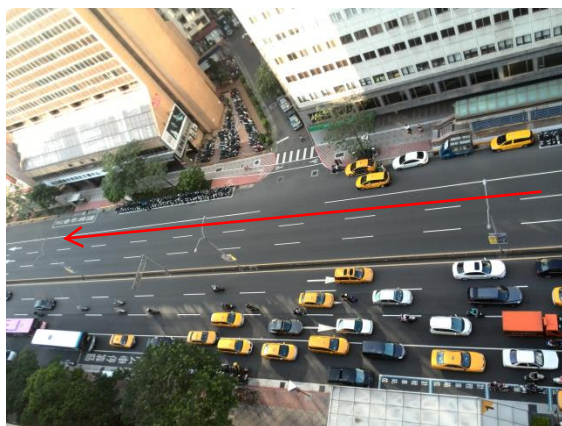
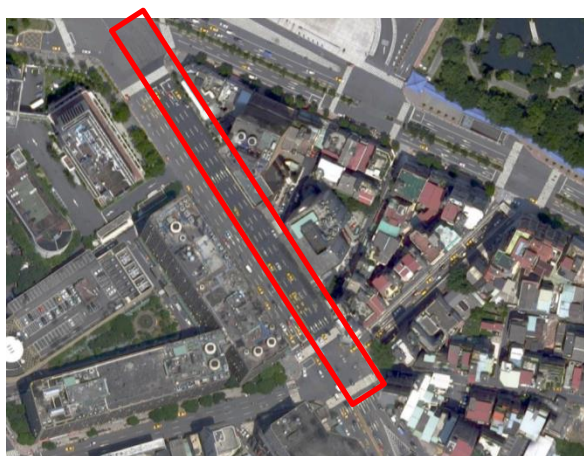
地點的選擇是考慮到調查現場可能干擾空中拍攝的影響因素(如風力、無線干擾等)以及車流狀況(如車流量、車流密度、機車比例、公車班次等)。就表 6 之主要及候補調查地點編碼而言，現場發現地點 A2 之車流量較高，較能呈現機車於混合車流的駕駛行為，因此用以取代原定調查地點 A1。而為蒐集主題 3(機車對公車靠站之反應行為)的資料，故選擇公車班次較多且有含括高密度車流的候選點 A8 取代原定調查點 A4；但於 A8 進行第二次調查時，又受嚴重磁場干擾問題，考量飛行安全因素後，轉移至調查地點 A5 及 A6 進行調查。

附錄

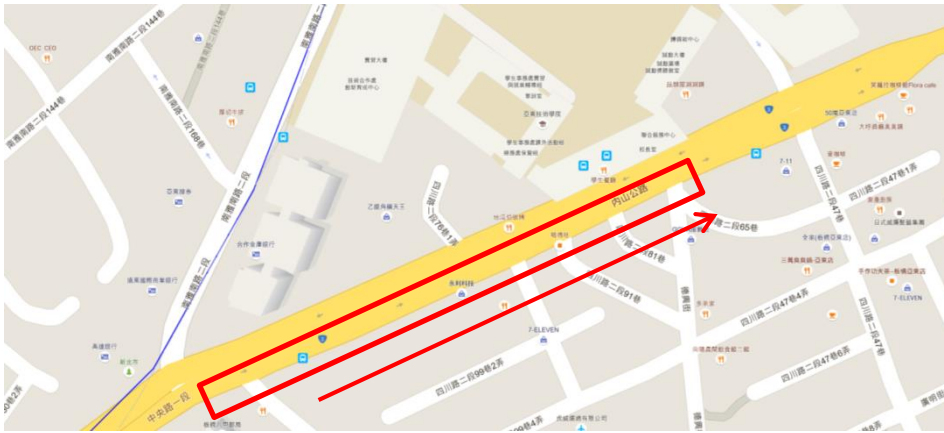
A1 – 台北市羅斯福路二段(潮州街至杭州南路二段)



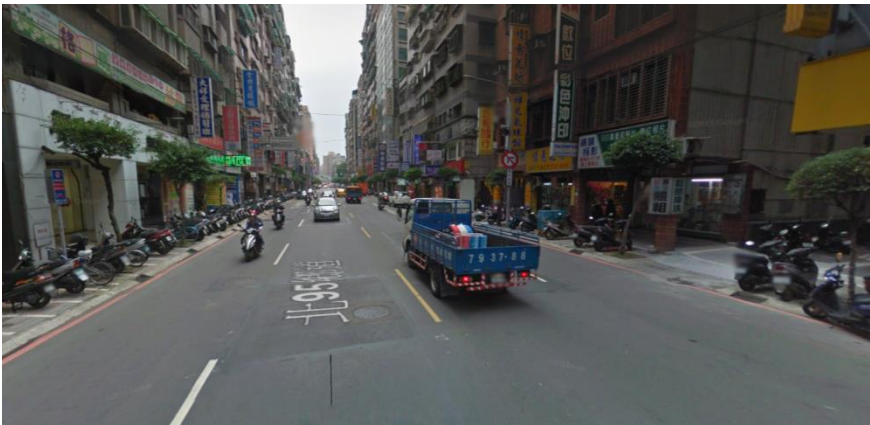
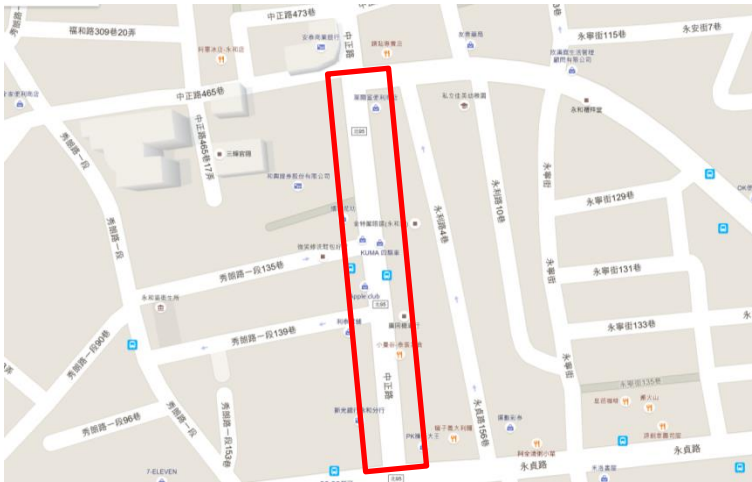
A2- 台北市羅斯福路一段(林森南路至愛國東路)



A3—新北市四川路(林森南路至愛國東路)



A5 & A6 – 新北市中正路(永貞路至永利路)



A7 & A8 雙十路二段(文化路二段至松柏街)



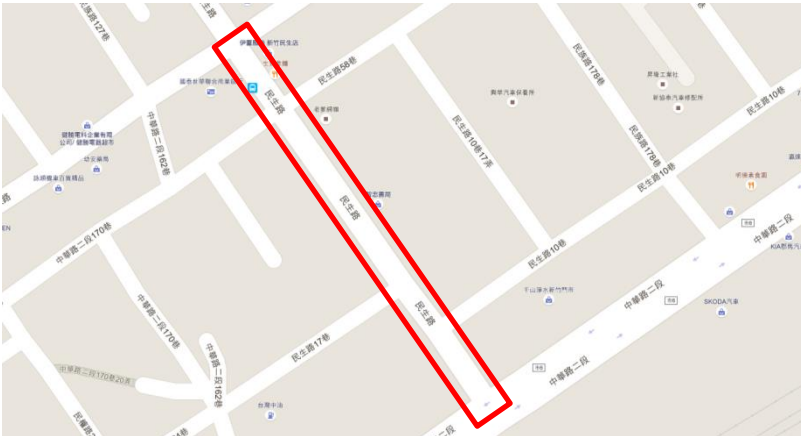
B1 – 新竹市慈雲路(埔頂一路至埔頂路)



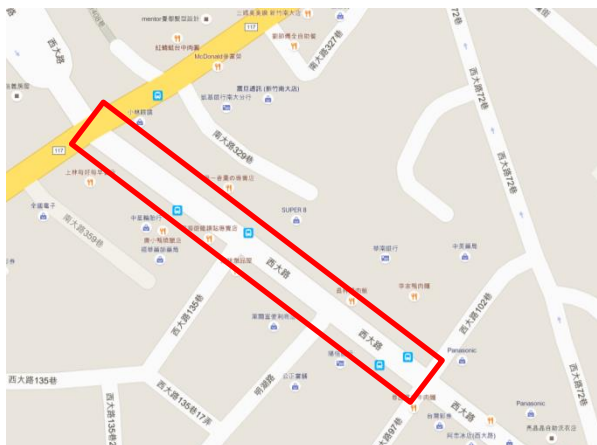
B2 & B3 – 新竹市四維路(中山路至西門街)



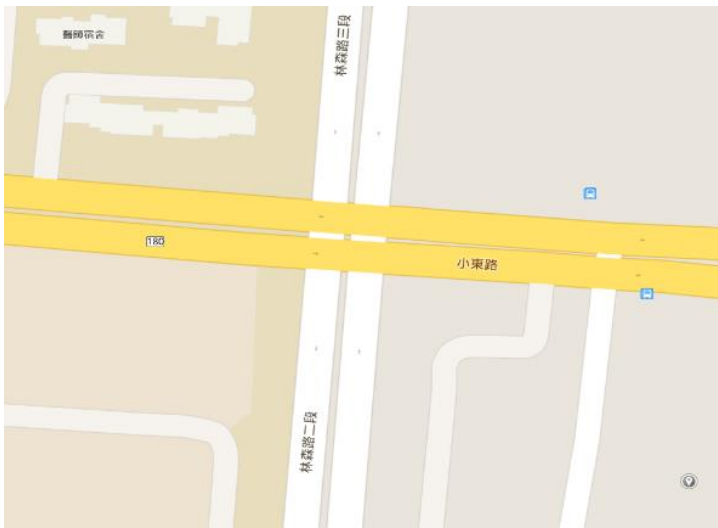
B4 & B5 – 新竹市民生路(民族路至中華路)



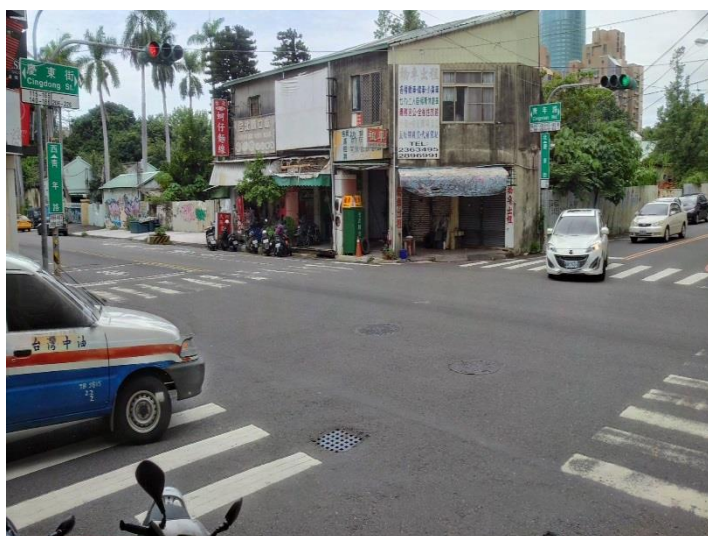
B6 & B7 – 新竹市西大路(西大路 102 巷至南大路)



C1 & C2 – 台南市小東路、林森路口



C3 & C4－ 台南市青年路、慶東街口



附錄 B-機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式

建立的調查地點幾何型態

附錄 B 為民國 103 年交通部辦理的《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》以及民國 99-102 年《交通技術研發與人才培育規劃研究》兩個計畫案中的調查地點資料，總共有三個台北市路段以及一個台南市路口。第 B-1 章為調查地點的選擇條件及其幾何型態，第 B-2 章為 103 年計畫調查地點的資料整理，第 B-3 章則為 103 年計畫調查地點的車流軌跡資料。

B-1 調查地點

103 年《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計畫於臺北市選定三個路段進行調查，各收集二小時以上的資料。路段選擇之條件為以下幾點：(1)直線且多車道：可觀察車流互動，變換車道的情況；(2)路段長度約 150-200 公尺，前後有號誌路口；(3)無大量違規停車：若周邊干擾多，則會影響車流行為；(4)包含不同之車流密度：本研究蒐集車流密度低、中、高的影片，含上午與下午尖峰，以及中午時段；(5)路段中無太多巷道路口；(6)路口有機車停等區；(7)符合空拍的操作條件及法法律規範。根據上述條件，選出之調查地點及其拍攝效果整理如表 B.1 所示，路口的詳細幾何型態將於第 B-2.1、B-2.2 節介紹。

表 B.1 調查地點(103 年計畫案)

調查地點	A	B	C
縣市	臺北市	臺北市	臺北市
路段	羅斯福路六段	忠孝東路四段	忠孝東路四段
位置	育英街 至 車前路	忠孝東路四段 181 巷 至 敦化南路一段	敦化南路一段 至 忠孝東路四段 181 巷
方向	南往北	東往西	西往東
路段長度	160m	180m	180m
錄影時間長度	共 141 分鐘 5 秒	共 142 分鐘 40 秒	共 142 分鐘 40 秒
車道數	四車道	四車道	四車道
其它	無路邊停車格 有公車停靠區	無路邊停車格 有公車停靠區	無路邊停車格 有公車停靠區

99 年-102 年《交通技術研發與人才培育規劃研究》計畫則於台南市小東路與勝利路交叉口進行調查，詳細幾何型態將於第 B-2.3 節介紹。

B-2.1 調查地點 A：台北市羅斯福路六段

調查地點 A 為台北市羅斯福路六段育英街至車前路，此路段長度約 160 公尺，路段附近有多間學校及商務機構，平常日上下班/課期間會有較多的人潮，車流量在此時會較大。另外，路段內沒有停車格，車道數為四車道。

幾何型態示意圖與彙整表如圖 B.3 與表 B.2 所示，調查地點 A 有公車停靠區、汽車停車格、一個叉路的路邊干擾，公車停靠區位於停止線前 26~58 公尺處，汽車停車格共二群，寬度均為 2.1 公尺。A 地點車道規劃的部分，有四個車道，其中內側兩個車道為禁行機車道，無機慢車優先道。



圖 B.1 調查地點 A(臺北市羅斯福路六段)地理位置



圖 B.2 調查地點 A(臺北市羅斯福路六段)空拍圖

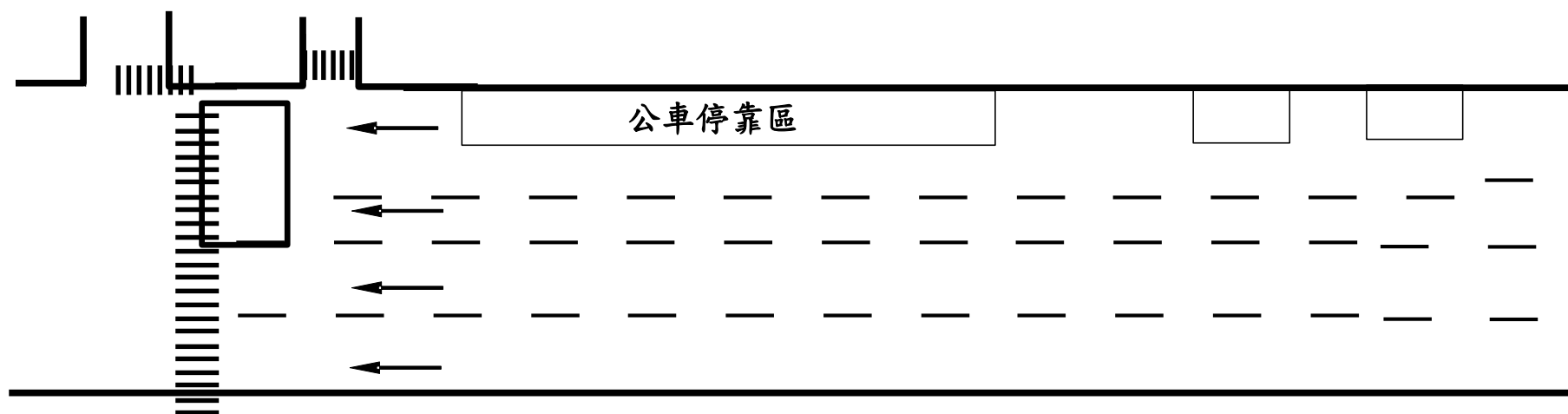


圖 B.3 調查地點 A(台北市羅斯福路六段)幾何型態示意圖

表 B.2 幾何型態彙整表(調查地點 A)

路段方向			南往北 (A)
路段寬度			13.5
路段長度			126
車道數			4
車道寬	車道 1(禁行機車)		3.3
	車道 2(禁行機車)		3
	車道 3		3
	車道 4		4.2
機車停等區	寬度		6.5
	長度		6.5
	分布車道		3,4
機車待轉區		N	
實體分隔設施	有無分隔島		有
	寬度		2.2
車道規劃	機慢車優先道		N
	公車專用道		N
	禁行機車車道	車道編號	1,2
公車停靠區	數量		1
	起始位置*		68
	結束位置*		100
路邊汽車停車格	數量	第一群	1
		第二群	1
	起訖位置	第一群	16-22.3
		第二群	24.3-30.5
	寬度		2.1
路邊機車停車格	N		
路側進出口	叉路	第一個	109.1-114.7
	路側建築車道出口	N	
	路側建築車道入口	N	

*起始路段上游為 0 m

**車道編號為最內側為 1，依序往外側車道遞增

B-2.2 調查地點 B 與 C：台北市忠孝東路四段

調查地點 B 與 C 為台北市忠孝東路四段之忠孝東路四段 181 巷至敦化南路一段間往西/往東路段，路段長度約 180 公尺，忠孝東路為臺北市主要幹道之一，其東至西橫貫整個臺北市，選擇其車流量較多的四段做為調查路段，此路段車流量多，有足夠的車流量可觀察機車之行為。調查期間，路上大樓頂樓處在協調後可供空拍飛行器起飛，可加快拍攝進度及避免可能對用路人之干擾。

調查地點 B 與 C 的幾何型態示意圖如圖 B.6 與圖 B.7 所示，調查地點 B 與 C 的幾何型態彙整表則如表 B.3 所示。調查地點 B 有公車停靠區、一個叉路的路邊干擾，公車停靠區位於停止線前 79.6~124.4 公尺處，車道規劃上，有四個車道，其中內側兩個車道為禁行機車道，無機慢車優先道以及公車專用道。調查地點 C 亦有公車停靠區、一個叉路的路邊干擾，公車停靠區位於停止線前 15.6~50.1 公尺處，車道規劃上，有四個車道，其中內側兩個車道為禁行機車道，無機慢車優先道以及公車專用道。

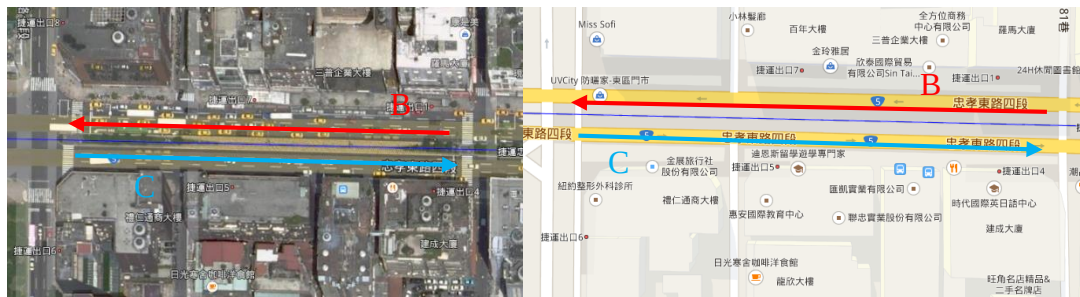


圖 B.4 調查地點 B 與 C(臺北市忠孝東路四段)地理位置



圖 B.5 調查地點 B 與 C(臺北市忠孝東路四段)空拍圖

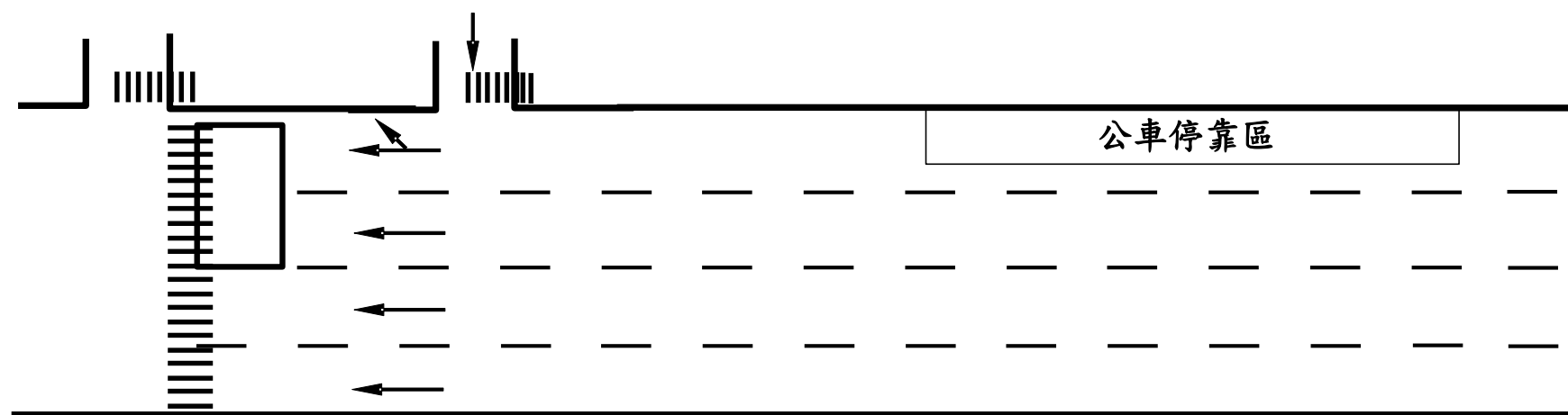


圖 B.6 調查地點 B(台北市忠孝東路四段)幾何型態示意圖

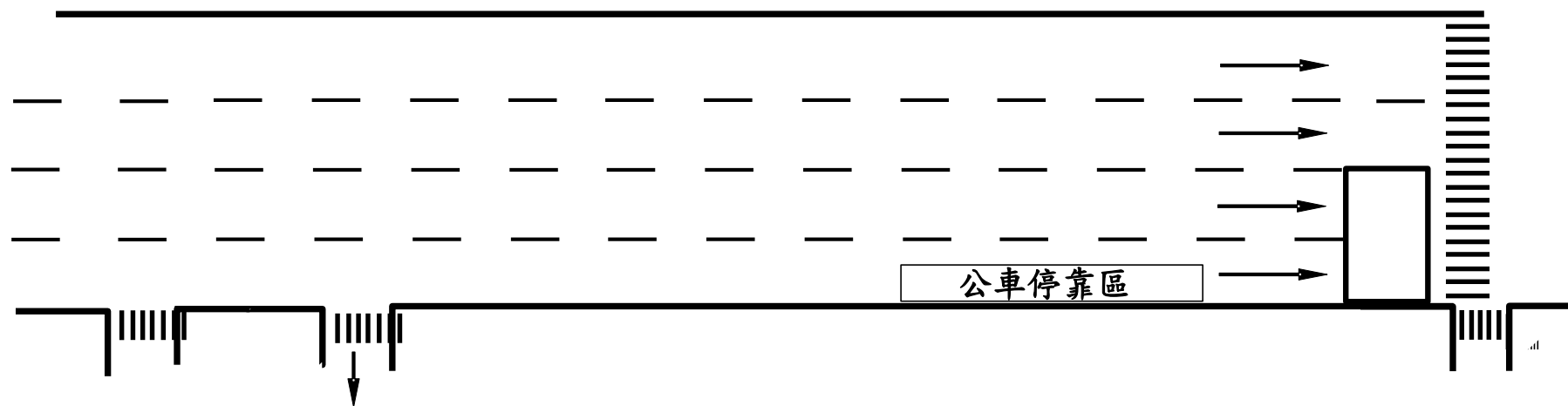


圖 B.7 調查地點 C(台北市忠孝東路四段)幾何型態示意圖

表 B.3 幾何型態彙整表(調查地點 B 與 C)

路段方向			東往西 (B)		西往東 (C)	
路段寬度			12.2		12.7	
路段長度			142.4		142.4	
車道數			4		4	
車道寬		車道 1(禁行機車)	3		3.3	
		車道 2(禁行機車)	3		3	
		車道 3	3.1		3	
		車道 4	3.1		3.4	
機車停等區		寬度	6		5.1	
		長度	9		7.8	
		分布車道	2,3,4		2,3,4	
機車待轉區		長度	9		N	
		寬度	2.8		N	
		與停止線距離	1.4		N	
		分布車道	2,3,4		N	
實體分隔設施		有無分隔島	有		有	
		寬度	4		4	
車道規劃	機慢車優先道	N				
	公車專用道	N				
	禁行機車車道	車道編號	1,2		1,2	
公車停靠區	數量		1		1	
	起始位置*		18		92.3	
	結束位置*		62.8		126.8	
路邊汽車停車格		N				
路邊機車停車格		N				
路側進出口	叉路*	第一個	100.5		36.4	
	路側建築車道出口	N				
	路側建築車道入口	N				

*起始路段上游為 0m

**車道編號為最內側為 1，依序往外側車道遞增

B-2.3 調查地點 X：台南市小東路與勝利路交叉口

調查地點 X 為小東路與勝利路交叉口之往西方向，小東路現為臺南市東西向主要幹道之一，沿途經國立成功大學、成大醫院，該路段車流量較高，調查路段長度約 200 公尺，路寬 30 公尺，人行道寬 10 公尺，有足夠空間供空拍飛行器平地起飛，且路側無招牌或樹葉阻擋視線，符合空拍的操作條件及法律規範。

調查地點 X 的幾何型態示意圖與彙整表如圖 B.9 與表 B.4 所示。調查地點 X 有兩群路邊停車格及一個叉路的路邊干擾，路邊停車格第一群為計程車停車格，起始於停止線前 10 公尺處，第二群則為殘障停車格，起始於停止線前 75 公尺處。車道規劃上，有四個車道，其中最內側車道為左轉專用道，最外側車道則為機慢車優先道。



圖 B.8 調查地點 X(台南市小東路與勝利路交叉口)地理位置

-  計程車停車格
 一般停車格

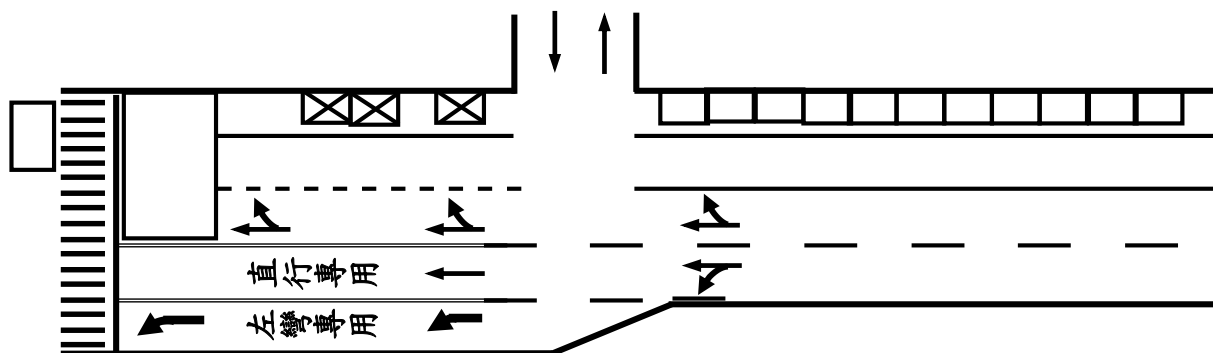


圖 B.9 調查地點 X(台南市小東路與勝利路交叉口)幾何型態示意圖

表 B.4 幾何型態彙整表(調查地點 X)

路段方向			東往西 (X)
路口寬度			15
是否需兩段式左轉			Y
車道數(單位:股)			4
車道寬度	車道 1(左轉專用道)		3
	車道 2		3.3
	車道 3		3.3
	車道 4(機慢車優先)		3.3
	路肩寬(含水溝蓋及停車格)		2.1
有無新增車道、新增車道漸變點與路口距離			50
路側進出口	Y(成大醫院)		
分隔島	寬度		3
	與斑馬線距離		0.2
路邊停車格	數量	第一群	3(計程車停車格)
		第二群	3(殘障停車格)
	起訖位置	第一群	距停止線 10m
		第二群	距停止線 75m
	寬度		2
公車停車格	數量		N
	與停止線之距離		N
	長度		N
	寬度		N
計程車停車格	3		
機車停等區	寬度		5.5
	長度		7
	分布車道		3,4
機車待轉區	長度		4.6
	寬度		2.8
	與停止線之距離		10
	分布車道		4

B-2 資料整理

103 年《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計畫的空中拍攝的工作共分三天不同時段進行，分別為 8/8(五)15:00~19:00、8/14(四)7:30~15:00、8/19(二)08:30~13:00，蒐集羅斯福路六段、忠孝東路四段的車流影像超過兩小時，當中包含車流密度低、中、高的影片。

B-2.1 調查地點 A：台北市羅斯福路六段

羅斯福路六段往北週期長度為 150 秒，包含綠燈 97 秒、紅燈 50 秒、黃燈 3 秒，而上午與下午的週期相同。拍攝影片包含早上尖峰與下午尖峰時段的車流狀況，影片長度共 141 分鐘 5 秒，經篩選後有 51 個完整週期可使用。詳細資料如下表所示：

表 B.5 調查地點 A 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期 數目
		開始	結束	影片長度	
2014/8/8	A1	15:16:00	15:28:14	00:12:14	4
2014/8/8	A2	16:18:00	16:28:07	00:10:07	3
2014/8/8	A3	16:54:00	17:08:31	00:14:31	5
2014/8/8	A4	17:21:00	17:34:15	00:13:15	5
2014/8/8	A5	17:56:00	18:09:15	00:13:15	5
2014/8/8	A6	18:22:00	18:34:04	00:12:04	4
2014/8/8	A7	18:48:00	19:00:14	00:12:14	4
2014/8/14	A8	7:48:00	7:58:34	00:10:34	4
2014/8/14	A9	8:11:00	8:21:07	00:10:07	4
2014/8/14	A10	8:33:00	8:43:02	00:10:02	4
2014/8/14	A11	8:58:00	9:10:34	00:12:34	5
2014/8/14	A12	9:23:00	9:33:08	00:10:08	4
Total				2:21:05	51

B-2.2 調查地點 B：臺北市忠孝東路四段(忠孝東路四段 181 巷至敦化南路一段)

忠孝東路往西之週期長度為 200 秒，包含綠燈 100 秒、紅燈 97 秒、黃燈 3 秒。拍攝時段包含早上尖峰至中午的影片資料，此路段車流量較大。影片長度共 142 分鐘 40 秒，經篩選後有 41 個完整週期可使用。其中影片編號 JS_B4 由於當天拍攝風大，使得其 3 個週期的影片畫面晃動、移動劇烈，進行穩定性處理後，建議在後續分析中不要使用此段影片。詳細如下表所示：

表 B.6 調查地點 B 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期 數目
		開始	結束	影片長度	
2014/8/14	B1	13:10:00	13:20:13	00:10:13	3
2014/8/14	B2	13:33:00	13:43:08	00:10:08	3
2014/8/14	B3	14:06:00	14:19:40	00:13:40	4
2014/8/14	B4	14:43:00	14:53:06	00:10:06	3
2014/8/19	B5	8:56:00	9:09:30	00:13:30	4
2014/8/19	B6	9:21:00	9:33:01	00:12:01	3
2014/8/19	B7	9:50:00	10:00:52	00:10:52	3
2014/8/19	B8	10:13:00	10:23:20	00:10:20	3
2014/8/19	B9	10:36:00	10:46:23	00:10:23	3
2014/8/19	B10	10:56:00	11:06:21	00:10:21	3
2014/8/19	B11	11:20:00	11:30:21	00:10:21	3
2014/8/19	B12	11:43:00	11:53:27	00:10:27	3
2014/8/19	B13	12:36:00	12:46:18	00:10:18	3
Total				2:22:40	41

B-2.3 調查地點 C：臺北市忠孝東路四段(敦化南路一段至忠孝東路四段 181 巷)

忠孝東路四段往東之週期長度為 200 秒，包含綠燈 135 秒、紅燈 62 秒、黃燈 3 秒，拍攝時段包含早上尖峰至中午的影片資料，此路段車流量龐大。影片長度共 142 分鐘 40 秒，經篩選後有 41 個完整週期可使用。其中影片編號 JS_C4 由於當天拍攝風大，使得其 3 個週期的影片畫面晃動、移動劇烈，進行穩定性處理後，建議在後續分析中不要使用此段影片。詳細如下表所示：

表 B.7 調查地點 C 的拍攝日期及時段整理

拍攝日期	資料編號	時間			完整週期 數目
		開始	結束	影片長度	
2014/8/14	C1	13:10:00	13:20:13	00:10:13	3
2014/8/14	C2	13:33:00	13:43:08	00:10:08	3
2014/8/14	C3	14:06:00	14:19:40	00:13:40	4
2014/8/14	C4	14:43:00	14:53:06	00:10:06	3
2014/8/19	C5	8:56:00	9:09:30	00:13:30	4
2014/8/19	C6	9:21:00	9:33:01	00:12:01	3
2014/8/19	C7	9:50:00	10:00:52	00:10:52	3
2014/8/19	C8	10:13:00	10:23:20	00:10:20	3
2014/8/19	C9	10:36:00	10:46:23	00:10:23	3
2014/8/19	C10	10:56:00	11:06:21	00:10:21	3
2014/8/19	C11	11:20:00	11:30:21	00:10:21	3
2014/8/19	C12	11:43:00	11:53:27	00:10:27	3
2014/8/19	C13	12:36:00	12:46:18	00:10:18	3
Total				2:22:40	41

B-3 車流軌跡資料

103 年《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計畫對拍攝的影片進行車流軌跡資料的擷取，各調查地點的資料狀況如表 B.8-表 B.10 所示。

表 B.8 中為調查地點 A 之資料統整，調查地點 A 共分 13 段資料，所有資料之總共秒數為 8414 秒，共擷取了 7336 筆車輛，總共有 214583 筆資料，一輛車在影片中停留一秒即產生一筆資料，其中 0.2%為自行車、57.5%為機車、38.8%為小汽車、1.4%為貨車、0.1%為大型車、2.1%為公車。

表 B.9 中為調查地點 B 之資料統整，調查地點 B 共分 13 段資料，所有資料之總共秒數為 8434 秒，共擷取了 7398 筆車輛，總共有 390347 筆資料，其中 0.1%為自行車、37.1%為機車、57.9%為小汽車、1.8%為貨車、3.1%為貨車。

表 B.10 中為調查地點 C 之資料統整，調查地點 C 共分 13 段資料，所有資料之總共秒數為 7721 秒，共擷取了 8863 筆車輛，總共有 373941 筆資料，其中 0.0%為自行車、33.9%為機車、38.2%為小汽車、22.4%為計程車、2.3%為貨車、0.2%為大型車、3.0%為公車。

表 B.8 車流軌跡資料整理狀況（調查地點 A）

資料編號	秒數	資料型態	自行車	機車	小汽車	貨車	大型車	公車	總計
A1	714	資料筆數	41	3417	8046	755	0	281	12540
			0.3%	27.2%	64.2%	6.0%	0.0%	2.2%	100%
		車輛數	1	173	178	12	0	9	373
			0.3%	46.4%	47.7%	3.2%	0.0%	2.4%	100%
A2	606	資料筆數	0	2183	6967	325	6	265	9746
			0.0%	22.4%	71.5%	3.3%	0.1%	2.7%	100%
		車輛數	0	103	187	14	1	8	313
			0.0%	32.9%	59.7%	4.5%	0.3%	2.6%	100%
A3	871	資料筆數	86	3885	5790	419	0	381	10561
			0.8%	36.8%	54.8%	4.0%	0.0%	3.6%	100%
		車輛數	2	186	156	21	0	11	376
			0.5%	49.5%	41.5%	5.6%	0.0%	2.9%	100%
A4	795	資料筆數	131	6060	4716	191	19	448	11565
			1.1%	52.4%	40.8%	1.7%	0.2%	3.9%	100%
		車輛數	3	317	230	6	1	15	572
			0.5%	55.4%	40.2%	1.0%	0.2%	2.6%	100%
A5	714	資料筆數	46	8612	9248	23	0	421	18350
			0.3%	46.9%	50.4%	0.1%	0.0%	2.3%	100%
		車輛數	1	358	280	1	0	13	653
			0.2%	54.8%	42.9%	0.2%	0.0%	2.0%	100%
A6	724	資料筆數	0	16639	10264	193	33	517	27646
			0.0%	60.2%	37.1%	0.7%	0.1%	1.9%	100%
		車輛數	0	453	277	6	1	13	750
			0.0%	60.4%	36.9%	0.8%	0.1%	1.7%	100%
A7	734	資料筆數	0	10221	11388	0	63	810	22482
			0.0%	45.5%	50.7%	0.0%	0.3%	3.6%	100%
		車輛數	0	395	312	0	3	17	727
			0.0%	54.3%	42.9%	0.0%	0.4%	2.3%	100%

註：當中影片 A1 和 A5 原始影片時間長度為 734 和 765 秒，而在擷取軌跡後的時間長度皆為 714 秒。原因為分析是以完整週期去討論，所以這 2 部影片原始的時間長度皆會較轉換成軌跡資料庫時來得長。

續表 B.8 車流軌跡資料整理狀況（調查地點 A）

資料編號	秒數	資料型態	自行車	機車	小汽車	貨車	大型車	公車	總計
A8	634	資料筆數	28	10281	7842	35	0	515	18701
			0.1%	55.0%	41.9%	0.2%	0.0%	2.8%	100%
		車輛數	1	439	264	3	0	13	720
			0.1%	61.0%	36.7%	0.4%	0.0%	1.8%	100%
A9	607	資料筆數	0	12458	9054	164	21	806	22503
			0.0%	55.4%	40.2%	0.7%	0.1%	3.6%	100%
		車輛數	0	586	298	2	1	21	908
			0.0%	64.5%	32.8%	0.2%	0.1%	2.3%	100%
A10	602	資料筆數	169	13168	9839	212	0	632	24020
			0.7%	54.8%	41.0%	0.9%	0.0%	2.6%	100%
		車輛數	2	514	235	5	0	11	767
			0.3%	67.0%	30.6%	0.7%	0.0%	1.4%	100%
A11	754	資料筆數	253	9606	8262	413	21	597	19152
			1.3%	50.2%	43.1%	2.2%	0.1%	3.1%	100%
		車輛數	6	432	260	11	1	11	721
			0.8%	59.9%	36.1%	1.5%	0.1%	1.5%	100%
A12	608	資料筆數	0	9303	6843	653	0	518	17317
			0.0%	53.7%	39.5%	3.8%	0.0%	3.0%	100%
		車輛數	0	259	167	19	0	11	456
			0.0%	56.8%	36.6%	4.2%	0.0%	2.4%	100%
Total	8414	資料筆數	754	105833	98259	3383	163	6191	214583
			0.4%	49.3%	45.8%	1.6%	0.1%	2.9%	100%
		車輛數	16	4215	2844	100	8	153	7336
			0.2%	57.5%	38.8%	1.4%	0.1%	2.1%	100%

表 B.9 車流軌跡資料整理狀況（調查地點 B）

資料編號	秒數	資料型態	自行車	機車	小汽車	貨車	公車	總計
B1	612	資料筆數	63	4807	18053	144	1005	24072
			0.3%	20.0%	75.0%	0.6%	4.2%	100%
		車輛數	1	133	277	2	10	423
			0.2%	31.4%	65.5%	0.5%	2.4%	100%
B2	607	資料筆數	0	6788	17024	17	793	24622
			0.0%	27.6%	69.1%	0.1%	3.2%	100%
		車輛數	0	176	287	1	7	471
			0.0%	37.4%	60.9%	0.2%	1.5%	100%
B3	713	資料筆數	92	8614	22723	57	841	32327
			0.3%	26.6%	70.3%	0.2%	2.6%	100%
		車輛數	1	233	371	1	10	616
			0.2%	37.8%	60.2%	0.2%	1.6%	100%
B4	605	資料筆數	0	8606	29448	0	1295	39349
			0.0%	21.9%	74.8%	0.0%	3.3%	100%
		車輛數	0	177	372	0	16	565
			0.0%	31.3%	65.8%	0.0%	2.8%	100%
B5	713	資料筆數	0	10065	23189	716	2564	36534
			0.0%	27.5%	63.5%	2.0%	7.0%	100%
		車輛數	0	326	390	4	23	743
			0.0%	43.9%	52.5%	0.5%	3.1%	100%
B6	713	資料筆數	0	11023	23066	643	1962	36694
			0.0%	30.0%	62.9%	1.8%	5.3%	100%
		車輛數	0	259	376	17	30	682
			0.0%	38.0%	55.1%	2.5%	4.4%	100%
B7	651	資料筆數	0	6348	14093	609	1227	22277
			0.0%	28.5%	63.3%	2.7%	5.5%	100%
		車輛數	0	226	300	17	20	563
			0.0%	40.1%	53.3%	3.0%	3.6%	100%

註：當中影片 B3、B5 原始影片時間長度為 820、810 秒，而在擷取軌跡後的時間長度皆為 713 秒。原因為分析是以完整週期去討論，所以這 2 部影片原始的時間長度皆會較轉換成軌跡資料庫時來得長。

續表 B.9 車流軌跡資料整理狀況（調查地點 B）

資料編號	秒數	資料型態	自行車	機車	小汽車	貨車	公車	總計
B8	619	資料筆數	0	7538	18607	1982	1661	29788
			0.0%	25.3%	62.5%	6.7%	5.6%	100%
		車輛數	0	200	297	23	18	538
			0.0%	37.2%	55.2%	4.3%	3.3%	100%
B9	622	資料筆數	0	6361	17650	2617	1301	27929
			0.0%	22.8%	63.2%	9.4%	4.7%	100%
		車輛數	0	177	297	39	18	531
			0.0%	33.3%	55.9%	7.3%	3.4%	100%
B10	620	資料筆數	0	5958	18036	1078	2227	27299
			0.0%	21.8%	66.1%	3.9%	8.2%	100%
		車輛數	0	171	286	19	23	499
			0.0%	34.3%	57.3%	3.8%	4.6%	100%
B11	620	資料筆數	241	7097	19970	33	1058	28399
			0.8%	25.0%	70.3%	0.1%	3.7%	100%
		車輛數	5	161	320	1	15	502
			1.0%	32.1%	63.7%	0.2%	3.0%	100%
B12	626	資料筆數	0	6866	19075	284	1049	27274
			0.0%	25.2%	69.9%	1.0%	3.8%	100%
		車輛數	0	178	341	5	15	539
			0.0%	33.0%	63.3%	0.9%	2.8%	100%
B13	617	資料筆數	0	10240	20312	716	2515	33783
			0.0%	30.3%	60.1%	2.1%	7.4%	100%
		車輛數	0	327	373	4	22	726
			0.0%	45.0%	51.4%	0.6%	3.0%	100%
Total	8338	資料筆數	396	100311	261246	8896	19498	390347
			0.1%	25.7%	66.9%	2.3%	5.0%	100%
		車輛數	7	2744	4287	133	227	7398
			0.1%	37.1%	57.9%	1.8%	3.1%	100%

表 B.10 車流軌跡資料整理狀況（調查地點 C）

資料編號	秒數	資料型態	自行車	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
C1	612	資料筆數	0	4309	18123	0	209	297	1505	24443
			0.0%	17.6%	74.1%	0.0%	0.9%	1.2%	6.2%	100%
		車輛數	0	169	375	0	7	9	24	584
			0.0%	28.9%	64.2%	0.0%	1.2%	1.5%	4.1%	100%
C2	607	資料筆數	26	6082	10862	5946	2529	218	1411	27074
			0.1%	22.5%	40.1%	22.0%	9.3%	0.8%	5.2%	100%
		車輛數	1	173	188	131	49	6	21	569
			0.2%	30.4%	33.0%	23.0%	8.6%	1.1%	3.7%	100%
C3	713	資料筆數	0	7252	23554	12431	1360	119	1469	46185
			0.0%	15.7%	51.0%	26.9%	2.9%	0.3%	3.2%	100%
		車輛數	0	200	323	176	19	2	19	739
			0.0%	27.1%	43.7%	23.8%	2.6%	0.3%	2.6%	100%
C4	605	資料筆數	0	5739	24729	13859	1688	0	1436	47451
			0.0%	12.1%	52.1%	29.2%	3.6%	0.0%	3.0%	100%
		車輛數	0	153	247	157	12	0	13	582
			0.0%	26.3%	42.4%	27.0%	2.1%	0.0%	2.2%	100%
C5	713	資料筆數	66	9005	9743	6159	1480	68	1040	27561
			0.2%	32.7%	35.4%	22.3%	5.4%	0.2%	3.8%	100%
		車輛數	1	390	324	169	17	2	24	927
			0.1%	42.1%	35.0%	18.2%	1.8%	0.2%	2.6%	100%
C6	713	資料筆數	0	7947	8099	6111	0	0	1654	23812
			0.0%	33.4%	34.0%	25.7%	0.0%	0.0%	6.9%	100%
		車輛數	0	310	282	189	0	0	36	817
			0.0%	37.9%	34.5%	23.1%	0.0%	0.0%	4.4%	100%
C7	651	資料筆數	0	6600	8241	5385	0	0	779	21020
			0.0%	31.4%	39.2%	25.6%	0.0%	0.0%	3.7%	100%
		車輛數	0	299	245	157	0	0	19	720
			0.0%	41.5%	34.0%	21.8%	0.0%	0.0%	2.6%	100%

註：當中影片 C3 和 C5 原始影片時間長度為 820 和 810 秒，而在擷取軌跡後的時間長度皆為 713 秒。原因為分析是以完整週期去討論，所以這 2 部影片原始的時間長度皆會較轉換成軌跡資料庫時來得長。

續表 B.10 車流軌跡資料整理狀況（調查地點 C）

資料編號	秒數	資料型態	自行車	機車	小汽車	計程車	貨車	大型車	公車	總計
C8	619	資料筆數	0	6385	8512	7954	1161	0	897	24909
			0.0%	25.6%	34.2%	31.9%	4.7%	0.0%	3.6%	100%
		車輛數	0	210	201	163	32	0	20	626
			0.0%	33.5%	32.1%	26.0%	5.1%	0.0%	3.2%	100%
C9	622	資料筆數	0	9852	9602	7329	874	0	984	28641
			0.0%	34.4%	33.5%	25.6%	3.1%	0.0%	3.4%	100%
		車輛數	0	246	224	183	25	0	23	701
			0.0%	35.1%	32.0%	26.1%	3.6%	0.0%	3.3%	100%
C10	620	資料筆數	0	5771	6295	7324	1097	0	987	21474
			0.0%	26.9%	29.3%	34.1%	5.1%	0.0%	4.6%	100%
		車輛數	0	231	201	157	15	0	18	622
			0.0%	37.1%	32.3%	25.2%	2.4%	0.0%	2.9%	100%
C11	620	資料筆數	0	7180	12451	7667	1426	0	528	29252
			0.0%	24.5%	42.6%	26.2%	4.9%	0.0%	1.8%	100%
		車輛數	0	212	274	141	15	0	14	656
			0.0%	32.3%	41.8%	21.5%	2.3%	0.0%	2.1%	100%
C12	626	資料筆數	0	6186	13516	7848	1007	0	1002	29559
			0.0%	20.9%	45.7%	26.6%	3.4%	0.0%	3.4%	100%
		車輛數	0	213	279	173	11	0	16	692
			0.0%	30.8%	40.3%	25.0%	1.6%	0.0%	2.3%	100%
C13	617	資料筆數	0	6477	7751	7229	94	0	1009	22560
			0.0%	28.7%	34.4%	32.0%	0.4%	0.0%	4.5%	100%
		車輛數	0	198	223	186	4	0	17	628
			0.0%	31.5%	35.5%	29.6%	0.6%	0.0%	2.7%	100%
Total	8338	資料筆數	92	88785	161478	95242	12925	702	14701	373941
			0.0%	23.7%	43.2%	25.5%	3.5%	0.2%	3.9%	100.0%
		車輛數	2	3004	3386	1982	206	19	264	8863
			0.0%	33.9%	38.2%	22.4%	2.3%	0.2%	3.0%	100.0%

模擬軟體在交通安全評估的應用

廖家慧、黃家耀

1. 背景

事故的形成原因複雜，主要因素有人為因素、道路環境與汽車失靈等。過去交通安全的研究重點於分析道路環境對交通安全的影響，並使用事故分析方法藉由統計各個路段的歷史事故資料，衡量交叉路口、交流道或其他交通設施的安全，當一個特定地點的事故頻率異常高時，則該地點被認為是易肇事路段，需進行改善，目前台灣易肇事地點的研判也是透過這樣的過程。

近年亦有學者提出利用車流模擬模式(traffic simulation model)來評估交通安全的研究，其方法是根據路段的幾何形態及車流狀況進行模擬，利用產生之車流移動軌跡，運用事故指標(crash surrogate)去評估潛在的衝突(conflicts)。雖然車流模擬模式本身是以安全跟車行為為前提，其車流軌跡並不會有事故產生，但車流當中仍會有潛在的衝突。假設潛在衝突的發生次數與事故的發生機率成正向關係，此方法能評估模擬地點的事故發生機率。相較於傳統事故分析法需要收集事故資料，此方法能更有效率地評估道路或路口設計的交通安全，改善四項主要問題：(1)事故是稀少事件，當某處實際發生多筆事故或發現該處事故數異常高，才推斷該處為危險路段的過程相當耗時；(2)事故資料的取得通常來自警方筆錄，非第一手資料，正確性存疑；(3)事故真正的發生過程難以透過筆錄資料完全得知；(4)無法透過歷史資料對一項新設施或新技術做安全評估 (Laureshyn et al., 2010)。

於 2004 年，美國聯邦公路局(FHWA)研發出 Surrogate Safety Assessment Model 軟體，簡稱 SSAM，這是一項融入多種事故指標，對車流模擬進行交通安全評估的工具，並且於近年來廣泛應用於實務上的道路設計及學術研究。

2. 文獻回顧

事故指標(Crash Surrogate)

事故指標可以說是發生事故前，有極高機會會發生的一件事情，當事件達到事故指標門檻後，可能演變成為事故，或成為接近事故(Near Crash)，事故與接近事故的事件演變過程如圖 4 所示。因目前車流模擬軟體無法直接模擬事故，因此使用事故指標的目的是為了在車流模擬軟體中找出可能成為事故的事件，即潛在事故，也就是說，若能證實在真實情況下，事件達到事故指標門檻後，有一定的比例成為事故，則該事故指標即為一個有用的事故指標。使用事故指標判斷車輛是否處於危險狀況的實際例子之一就是現今的先進車載系統，如：自動煞車裝置，該裝置即是利用事故指標中的最小碰撞時距作為判斷是否發生潛在碰撞的依據。根據 Wu and Jovanis (2012)，良好的事故指標應滿足以下五點準則：

1. 比事故更能頻繁地被觀察到。
2. 必須與事故有相似特性。

3. 與事故具有因果關係。
4. 若一項措施能減少事故指標發生的頻率，則合理推論該措施也可以減少事故發生。
5. 從正常事件演變成事故的過程中，需經過事故指標，即達到事故指標門檻值。

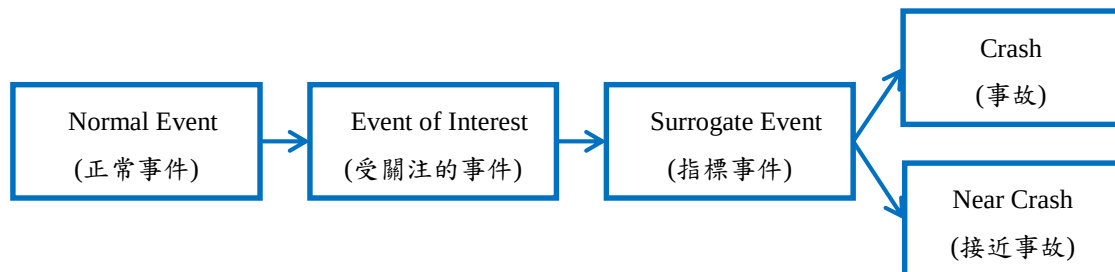


圖 4 事故與接近事故的事件發展過程

車輛跟車輛之間的互動或會產生衝突事件(Conflict event)，衝突事件的發生或許能從一些事故指標表現出來。常用的指標有：

1. 碰撞時距(Time-to-collision, TTC)
如兩台車輛維持其移動速度及角度不變，兩台車將會於 TTC 秒後相撞。TTC 越短代表發生事故機率越大。
2. 事後侵犯時距(Post-encroachment time, PET)
轉向車輛通過路口後，直進車輛於 PET 秒後移動至轉向車輛車尾剛經過的位置。PET 越短代表發生事故機率越大。
3. 最大速度(Maximum speed, MaxS)
衝突事件過程中，兩台車輛的最大速度的較大值。
4. 速度差(Maximum speed differential, DeltaS)
衝突事件過程中，兩台車輛的速度差異的最大值。
5. 起始減速率(Initial deceleration Rate, initial DR)
本車在衝突事件發生前一瞬間的減速率。
6. 最大減速度(Maximum Deceleration rate, MaxD)
車輛在衝突過程當中的最大減速率。
7. 衝突點的位置(Location of the conflict point)
車輛發生衝突的座標位置，可用於分析事故發生的危險區域。

SSAM (Surrogate Safety Assessment Model)

SSAM 是美國聯邦公路局(FHWA)委託西門子(Siemens) 公司開發，目前世界唯一一套結合微觀車流模擬及自動交通衝突分析，用以評估交通安全的模擬工具。SSAM 的背景及操作將於第 3 節詳細介紹。

SSAM 能讀取多種微觀車流模擬的輸出檔，包括 VISSIM、AIMSUN、Paramics 和 TEXAS 等，因此廣泛應用於實務上的道路設計及學術研究。近年來，有不少應用 SSAM 於各種交通安全的研究，一些相關文獻整理如表 7 所示。

表 7 使用 SSAM 評估交通安全的文獻

作者(年份)	研究主題	研究內容與結果
Stevanovic et al. (2011)	優化號誌時制以改善號誌化幹道的安全	主張藉由 VISSIM、SSAM 及 VISGAOST 優化號誌時制來減少真實世界的潛在車禍。以布卡拉頓的 Glades Road 為例，結果顯示：優化後的號誌時制所產生的交通衝突，比原先減少了 7%，此外，本文亦採用帕雷托最優檢驗(Pareto Front)和車流通過量，權衡號誌時制計劃中，事故指標的能力。
Habtemichael and Picado-Santos (2012)	藉由微觀交通模擬軟體與事故指標法評估機車道上激進駕駛行為的安全性	探討激進駕駛的安全性，藉由 VISSIM 模擬出機車道，並將激進駕駛行為分為四種：逼車、變換車道、超速與綜合上述三種行為，最後用 SSAM 評估各種行為的安全性。結果顯示：超車、逼車、變化車道與綜合行為分別是一般駕駛行為變成交通衝突的 2.36 倍、6.16 倍、7.02 倍與 10.36 倍。
Huang et al. (2013)	確認 VISSIM 模擬軟體與 SSAM 是否提供號誌化路口合理的交通衝突估計值	以號誌化路口為例，分析 SSAM 提供之結果是否與實際觀察之交通衝突情況相符。結果顯示 SSAM 產生的交通衝突數目與觀察到的追撞衝突、總交通衝突數目之間有合理的配適度指標，但由於模擬軟體尚無法模擬真實世界不可預期的駕駛者行為，如違規超車，研究團隊進一步測試模擬軟體產生交通衝突的績效，結果顯示，總衝突數與追撞衝突數具可接受的 MAPE 值，分別為 18%與 20%，穿越十字路口與變換車道則具適中的 MAPE 值，分別為 31%與 38%。

3. SSAM (Surrogate Safety Assessment Model) 軟體介紹

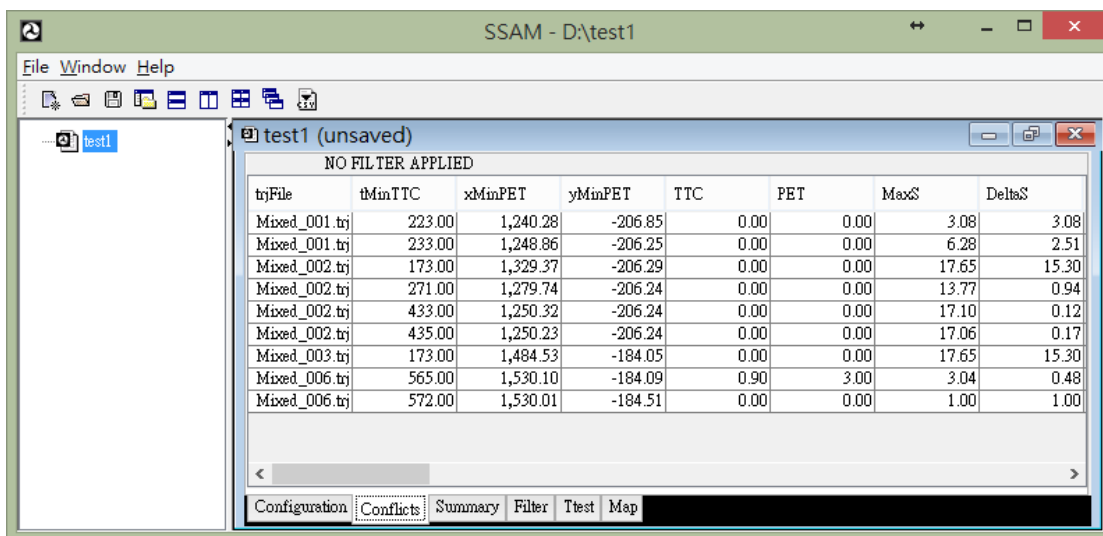
SSAM 背景、假設及功能

SSAM 是美國聯邦公路局(FHWA)委託西門子(Siemens) 公司開發的軟體，目前最新版本為 2.1.6，可以於其官方網站申請後免費下載。SSAM 能夠讀取車微觀流模擬模式的車流軌跡檔輸出，評估交通安全的模擬工具。目前 SSAM 支援由 VISSIM、AIMSUN、Paramics 和 TEXAS 等四種微觀車流模擬軟體產生的車輛軌跡檔，由軌跡檔計算車流的交通衝突情況，其運作原理是透過系統事先設定好的事故指標門檻值，讀取車輛軌跡資料，分析車與車之間的互動，當分析出的數值達到門檻值時，即紀錄為一筆交通衝突(conflict)，並輸出交通衝突時間的多個事故指標數值。此外，SSAM 亦同時輸出衝突發生地點、兩車之間的角度等資訊，以利使用者判斷交通衝擊型態。

SSAM 的操作界面及結果輸出

進入 SSAM 後，需要先行新建一個檔案，並於 Configuration 頁面選取已由微觀車流模擬軟體產生的車輛軌跡檔(.trj 檔)，讓 SSAM 進行分析，分析完畢的 SSAM 會於 Conflicts 頁面顯示分析出的交通衝擊事件與事件資訊；於 Summary 頁面顯示該分析結果的統計數值；於 Map 頁面以地圖方式呈現出交通衝擊地點、交通衝擊類型與不同 TTC 之衝擊分布；另外 SSAM 亦可對另一個 SSAM 檔進行 T test，檢驗兩組檔案的分析結果是否在統計學上相同，以 t value、t critical、significant 等值表示，如圖 5 至圖 7 所示，以一段 150 公尺的四車道市區道路為例，路段下游設置公車停靠站，讓 SSAM 分析三種不同車流密度情況下的車輛軌跡檔所產生的交通衝突。

而 Conflicts 頁面顯示的交通衝擊事件與每筆事件的詳細資訊包括：交通衝突的數目、型態、地點與事故指標數值等，以及產生衝突的兩車資訊如車輛編號、車輛長寬等，其中，交通衝突型態共有三種：追撞、變換車道、穿越十字路口；產生交通衝突的事故指標共七項，同第 2 小節中，其他常見的事故指標。



trjFile	tMinTTC	xMinPET	yMinPET	TTC	PET	MaxS	DeltaS
Mixed_001.trj	223.00	1,240.28	-206.85	0.00	0.00	3.08	3.08
Mixed_001.trj	233.00	1,248.86	-206.25	0.00	0.00	6.28	2.51
Mixed_002.trj	173.00	1,329.37	-206.29	0.00	0.00	17.65	15.30
Mixed_002.trj	271.00	1,279.74	-206.24	0.00	0.00	13.77	0.94
Mixed_002.trj	433.00	1,250.32	-206.24	0.00	0.00	17.10	0.12
Mixed_002.trj	435.00	1,250.23	-206.24	0.00	0.00	17.06	0.17
Mixed_003.trj	173.00	1,484.53	-184.05	0.00	0.00	17.65	15.30
Mixed_006.trj	565.00	1,530.10	-184.09	0.90	3.00	3.04	0.48
Mixed_006.trj	572.00	1,530.01	-184.51	0.00	0.00	1.00	1.00

圖 5 SSAM 分析.trj 檔後產生的交通衝擊事件

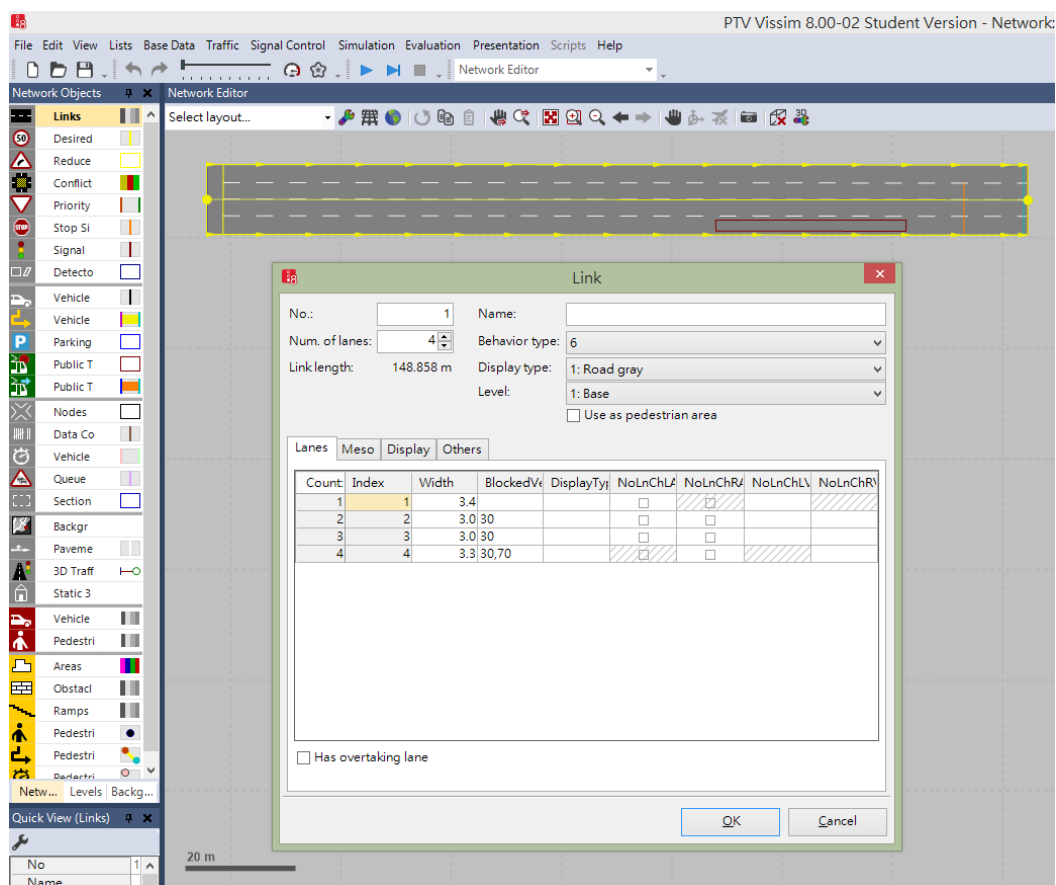


圖 6 分析路段之路網(呈現於 VISSIM)

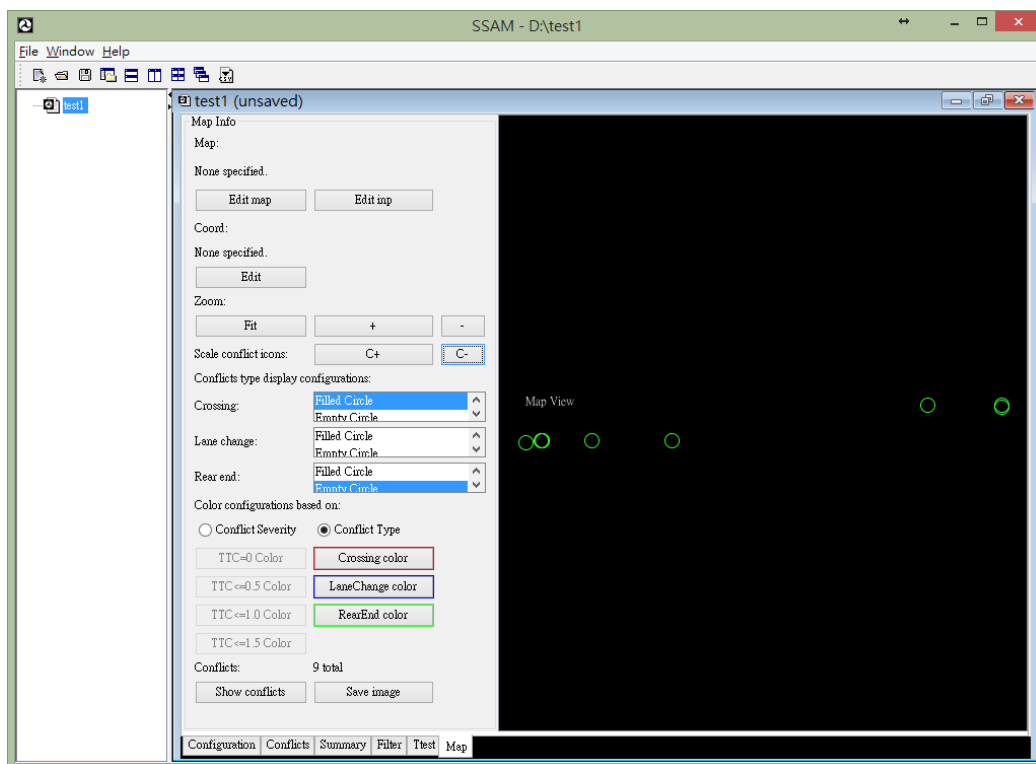


圖 7 以交通衝擊地圖呈現衝擊地點與型態

4. 結論及後續研究

SSAM 是一個以分析車流軌跡的交通安全評估軟體，使用上須配合微觀車流模擬軟體(如 VISSIM)。目前 SSAM 是一項公開且可以免費取得的軟體，已被很多交通安全相關的研究所採用。

本研究的主要目的為分析機車於混合車流當中的行為，以發展更合適台灣地區的微觀車流模擬軟體。交通安全為目前國內當務之急的議題，因此運用 SSAM 或類似的方法去評估及改善台灣的交通安全環境是理所當然的。本研究團隊已經開始研究，SSAM 及本研究所開發的車輛模擬軟體，嘗試進行評估，初步成果已發表於研討會(Liao, Chen and Wong, 2015)，詳見附錄 H。本團隊將進行一些後續研究，包括

- SSAM 的事故指標預設值是根據過去文獻所設定，這些文獻的研究對象以小汽車為主，是否適合運用於台灣市區道路的汽機車混合車流，尚需進行評估。目前已取得 SSAM 軌跡檔的格式檔，將可由 BikeSim 的結果自行產生車流軌跡檔，進行 SSAM 的後續分析。
- 機車的移動行為與小汽車大不相同，根據機車的行為特性如超車、鑽車、橫向偏移等，應可以發展出更適合機車於混合車流的事務指標。
- 運用事故指標法，評估路段或路口現況的安全情況，並與交通事故的統計數據作比較分析，以驗證其適用程度，並對路段或路口的設計提出實際的改善建議。

5. 參考文獻

- Gettman, D. and Head, L. (2003) *Surrogate safety measures from traffic simulation models*. Federal Highway Administration, Technical report FHWA-RD-03050.
- Gettman, D., Pu, L., Sayed, T. and Shelby, S. (2008) *Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report*, Federal Highway Administration, Technical report FHWA-HRT-08-051.
- Habtemichael, F. and Picado-Santos, L. (2012) Safety evaluation of aggressive driving on motorways through microscopic traffic simulation and surrogate measures. *The 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, DC
- Huang, F., Liu, P., Yu, H. and Wang W. (2013) Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 50, pp.1014-1024.
- Laureshyn, A., Svensson, Å. and Hydén C. (2010) Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42, Issue 6, pp.1637-1646.

- Planung Transport Verkehr AG (2015). *PTV VISSIM 8 User Manual*. Karlsruhe, Germany: PTV.
- Stevanovic, A., Stevanovic, J. and Kergaye, C. (2011) Optimizing Signal Timings to Improve Safety of Signalized Arterials. *The 3rd International Conference on Road Safety and Simulation*, September 14-16, Indianapolis, Indiana, USA.
- Wu, K. and Jovanis, P. (2012) Crashes and crash-surrogate events: Exploratory modeling with naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention*, 45, pp. 507-51.

交通部 104 年度委研計畫「混合車流模擬技術研發 – 機車行為研究」期中報告審查意見回覆

壹、開會時間：104 年 9 月 16 日（星期三）下午 2 時

貳、開會地點：交通部 1609 會議室

參、主席：施仁忠主任 紀錄：陳信中

肆、執行廠商：國立交通大學

伍、意見內容：

一、李綱委員：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	空拍時，空拍機晃動是否會影響軌跡資料庫的精準度，尤其是路段長達 150 公尺時畫面兩端是否會因空拍機晃動而有很大誤差？	所拍攝之空拍影片會利用 After Effects 軟體將所有影片進行穩定性調整，該軟體會將晃動之畫面修正成穩定之畫面，以提高後續車流軌跡擷取的效果。但經 After Effects 穩定後之部分影片仍會有些許晃動，因此於點車作業時，會一起蒐集參考點之座標，爾後會利用參考點再次進行校估。且校估之後，亦會利用軌跡檔檢核程式評估其品質。	相關說明已補充至 4.5.1 小節(p.83)
(二)	應詳細說明拍攝地點中有哪些影響車流的因素。例如：羅斯福路一段有兩個停車場出口、新竹市慈雲路外側有一 Costco 的停車場入口。	已繪製各調查地點之幾何型態，並將其中之參數整理成表格，例如：路寬、路長等等。	相關說明已補充至 4.2 節(p.41)
(三)	本計劃案包含六個主題，須說明各調查地點對應之主題為何。	已補充各調查地點對應研究主題之說明已新增至 4.2 節中。實際分析時，應用哪些地點校估模式則放於第五章表 5.1	相關說明已補充至 4.2 節(p.41)與表 5.1 (p.97)
(四)	於機車對公車進出站反應行為模式中，可將相鄰車輛的車種納入考量。	遵照辦理。已將左前車種(FVSL)、左後車種(RVSL)、右前車種(FVSR)與右後車種(RVSR)之變數新增於模式中。	相關說明已補充至 5.2.3.1.1(p.117)
(五)	須將調查地點之路段幾何型態作一清楚說明，例如：哪幾個車道是禁行機車。	已繪製各調查地點之幾何型態，且另外加註禁行機車字樣與速限，並將其參數整理成表格，例如：路寬、路長等等。	相關說明已補充至 4.2 節(p.41)

二、黃新薰委員：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	於期中報告第一章中，應加入整體架構以及本計畫在整體架構中之定位。	整體架構圖已於第二次工作會議中提出，已新增至第一章中。	p.10
(二)	圖 1.1 需要與交通部的施政作一結合。	遵照辦理，已修改於第一章中。	p.10
(三)	需針對期中報告中的圖 3.2 與圖 3.3 的 x 軸詳加說明，以使閱讀者能更快了解圖的含意。	圖 3.2 與圖 3.3 中 x 軸為車輛通過路段縱向位置時，車頭橫向位置的分布。由於本計畫為延續交通部於民國 103 年辦理《機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立》計畫，因此為統一軌跡檔之座標格式，在縱向位置部分，本研究以最外側路緣為起點，而台灣地區為右駕，因此特將圖 3.2 與圖 3.3 之 0m 放置於最右側，而 x 軸的 3.4m、6.4m、9.4m 處標示虛線，表示車道線。0~3.4m 為第四車道（最外側車道），3.4~6.4m 為第三車道，6.4~9.4m 為第二車道，9.4~12.7m 為第一車道（最內側車道）。即車頭若位於 0~3.4m，則該車輛位於第四車道（最外側車道），若位於 3.4~6.4m，則位於第二車道，以此類推。相關說明已補充至 3.1 小節	3.1 小節(p.21)
(四)	需說明期中報告圖 3.3 中的”一般模擬”係指何意。亦即須說明該結果是用何種模擬軟體所得到之結果。	圖 3.3 已更新為使用 Vissim 的模擬結果，修正相關說明。	圖 3.3(p.22)
(五)	期中報告 p.24 中有提及天色昏暗時須停止拍攝，如此是否會造成拍攝影片數量的不足？	由於拍攝期間為夏天，因此大約晚間七點才會天黑。而拍攝作業係由下午 4 點開始，且分多天拍攝，因此無影片數量不足之問題。	
(六)	報告書 p.41 與 p.42 中的資料有些有包含行人與自行車，有些則無。請說明理由。	由於台南之調查地點對應之研究主題為與路口相關之主題，而在某些情境下，路口之車流會受行人與自行車之影響，雖目前本研究之主題與行人與自行車無關，但未來或許會有與行人與自行車之研究主題，因此本計畫仍先蒐集行	

		人與自行車之資料，以供日後其他與行人或自行車有關之計畫使用。而在台北市與新竹市之調查地點部分，因為其對應之主題只與路段有關，因其較不受行人與自行車之影響，因此無蒐集行人與自行車之資料。	
(七)	本研究蒐集了許多的資料，而各時間與地點的流量與時空佔有率如報告書 p.50 中的圖 4.20 所示，而這些情境是否足以含括研究需要？	該圖已依照號誌時相與路段幾何特性重新繪製，由該圖來看，本研究蒐集之資料已包含高、中、低之流量，因此符合本研究需要。	
(八)	需針對報告書圖 5.2 的六個區塊定義詳加說明。	已將六個區塊標註號碼，並於文內說明各區塊之定義。	相關文字與圖形已補充至 5.2.2. 小節。(p.106)
(九)	期中報告前，係用前期資料來校估模式。而當本期資料蒐集完成後，是否會重新建立模式？還是僅是用新的資料來校估已建立之模式的係數？	由於本研究之目的為建立一通用的混合車流模式，因此僅會用新的資料來校估係數，並不會重新建立模式。	
(十)	報告書 p.70 中的”違規”車流模擬軟體，應為”微觀”車流模擬軟體。	已修正於文中。	
(十一)	報告書 p.84 中，提到模擬軟體在車輛產生設定初始值時，機車的平均值設在離路肩緣石 5.9m 處，該值否恰當？	該值係由分析機車之實際橫向位置分布情形而得。	
(十二)	報告書中的績效評估看似誤差很大，在評估模式績效之指標方面，需要找出更能代表模式績效之指標。	遵照辦理，會重新研擬定義評估指標，並將於工作會議中提出說明。	

三、黃玠庸委員：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	調查地點之選擇部分:對於所選定之每一個路段應明確說明該路段之車道配置及交通方式，而非僅敘述幾車道、交通狀況。因取樣樣本所處狀況不一，對其決策是否左、右偏有可能會造成不同之結果，所以請補充說明車道配合，以利模式因子之擬定，因此舉例 1、2 處之調查地點建議說明方式如下: (1)調查地點 D 與 E，應補充說明該路段為 4 車道，其中內側 2 車道為快車道、外 2 車道為混合車道、最外側車道為慢車道，慢車道外有停車格位及公車停靠區。 (2)調查地點 J 與 K，應補充說明該路段為 2 車道，均為混合車道，外側車道無停車格位但劃有公車停靠區(在車道上)。	已繪製各調查地點之幾何型態，且另外加註禁行機車字樣與速限，並將其中之參數整理成表格，例如：路寬、路長等等。	相關說明已補充至 4.2 節(p.41)
(二)	報告書中表 5.13(p.80)各段車流疏解時間模式適用各個車道配置嗎？還是僅是和外側車道純為右轉車道者。因為最外側車道純為右轉車道，與可直行或右轉之車道，其第三疏解模式第 2 段右轉汽車應會與第 2 段之機車產生干擾，所以汽車右轉比率應會產生不同之干擾程度，而影響模式之結果。	本期模式僅針對機車行為建構模式，並未特別考慮汽車之行為，並假設汽車皆為直行。於 5.4 章的疏解模式參數是運用所有車道的資料一起校估，因此模式適用於各個車道配置。 如發生委員所說之車流情況，本模式並未考慮，因此會造成較大之誤差。驗證結果也顯示，當該週期有出現汽車右轉時，的確會影響模式的準確度。	

(三)	報告書中 p.31 中 J、K 路段依 Google 地圖看起來好像是”無”停車格位，只有公車停靠區。	經過現場觀察與檢視空拍圖後，該路段確實無停車格位，僅有人行道上有畫設機車停車格，已修正於報告書 4.2.3 小節中。	4.2.3 小節(p.49)
(四)	報告書中 p.39 調查地點 L、M 之週期長度均應為 130 秒...，第 1 次黃燈應為 4 秒...，第二次紅燈應為 64 秒，p.40 查地點 N、O 之週期長度均應為 100 秒...，紅燈 37 秒。	已更正號誌週期於報告書中。	表 4.10 與表 4.11(p.55)、表 4.13(p.59)

四、交通部公路總局：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	報告書 p.72 中，台南市路段有時會將外側車道再分為兩個機車車道，而本計畫定義該情形為幾車道之路段？	於本研究模式中，該情形視為一個車道。	
(二)	報告書 p.85 中，機車的偏移次數會與個人的駕駛習慣有關，因此或許可將個人特質納入模擬，例如：駕駛的激進程度。	感謝委員指教，目前的模擬中已有納入期望速度、變換車道時的臨界接受間距、加速度、減速度等之變數。這些都與駕駛的激進程度有關，但因激進程度無法直接由影片中量測，因此並沒有直接納入為模式變數。未來會再嘗試進行激進程度的分析。	
(三)	機車對公車靠離站反應行為模式似乎只考慮一台機車對於一台公車之反應，但台北市許多時候都是同時有多台公車靠站，因此是否能將多台公車對於機車之影響納入模式考量？	感謝委員指教。 在一般車流模式中，皆會先定義影響本車最大的一台前方車輛，以期為主軸分析其對本車之影響變數。再搭配上其他周邊車輛對本車的影響，如：車間距、車種、相對速度等。而委員所提及多台公車同時靠站之情境，於本模式中會透過本車與前後車間距及前後車車種來考量多台公車靠站時，對機車之影響。	

交通部 104 年度委研計畫「混合車流模擬技術研發 – 機車行為研究」期末報告審查意見回覆

壹、開會時間：104 年 12 月 15 日（星期二）下午 2 時

貳、開會地點：交通部 1609 會議室

參、主席：施仁忠主任 紀錄：陳信中

肆、執行廠商：國立交通大學

伍、意見內容：

二、黃新薰委員：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	應補強未來混合車流的整體架構以及後續其他發展，若將 BikeSim 視為國內版的 Vissim，是否也要建立汽車行為模式。	混合車流模擬的未來發展方向，已於第 7 章的建議中補充說明。 本期計畫主要以機車為研究對象，若將 BikeSim 發展成國內版的 Vissim，尚需要加入台灣地區的汽車及公车的模式，包括車輛推進、變換車道、路口轉向等行為。部分模式已經於『交通技術研發與人才培育規劃研究（民 99-102）』進行探討，可考慮直接使用該計畫的成果，或重新建立模式。	7.2 節(p.146)
(二)	三車道的調查地點無公車停靠站，是否對於後續校估、模擬結果造成影響。	機車對公車靠離站模式考慮機車於公車站範圍內受周邊車輛影響下的行為，故只受外側兩線道之車流狀況有關，而行為模式應與車道數無直接關係。	無
(三)	調查地點有新北市雙十路(H)，受何干擾停止調查，在後續校估中是否還有使用此地點資料。	雙十路在進行第二次空拍調查時遭受電磁波干擾，因此更換地點進行調查，但第一次調查時的資料亦有使用。	無
(四)	報告書 p.98 中 m1、m2 之定義是否有誤，請確認。	原報告書內定義筆誤，已更正，且依公路總局意見，使用”靠中央分隔路緣”以及”靠路緣側”之方式定義。	5.1.3 小節(p.88)
(五)	機車橫向位置選擇模式之評估方式，是否也可量化計算如 MAPE 等指標？	因為本研究於報告書使用“驗證用”資料來進行驗證，而蒐集驗證用資料時係採抽樣方式，並無調查所有車輛。抽樣所得的橫向位置分佈並未能全面反映現況，只用於檢查錯誤使用，因此未量化計算 MAPE。 本研究內部測試時有利用校估用的	無

		軌蹟資料來產生橫向位置分佈並驗證模式，驗證結果實屬優良。	
(六)	報告書 P.153 頁表 6.2 中，M5 的驗證結果較差，若為特殊車流，為何不使用其他段的數據進行驗證。	本研究並未特別挑選驗證用資料，包括 M10(原 M5)的結果於報告書內是為了真實反映模式的限制，並分析績效不佳的原因以及未來可改進之處。	無

二、周家慶委員：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	期末報告 p.8 中有利用錄影資料進行混合車流研究，該研究是否有供本案參考沿用之處，及其關聯為何？	過去類似的車流行為研究大多以錄影方式進行資料收集，但都是由路邊制高點拍攝路口或路段的情況，可視範圍較小，收集的資料參數也需要事前定義。本研究採用空拍的方式能拍攝較大範圍的路段，並把所有車輛轉換為坐標，能事後再定義及計算所需要的資料參數。因此本研究的調查方法比過去的方式能收集到更完整及全面的資訊。	2.4 節(p.11)
(二)	應摘錄第一期計畫之內容及成果於報告書內。	遵照辦理。	2.1 節最後一段(P.7)
(三)	應進行模式歸納，如激進的機車騎士在不同模式中是否會有相同的反映。	激進駕駛可分為行為面及心理面，本研究以車流行為方面，於去年相關研究中有對於激進機車行為進行初步分析。本年度研究在分析機車橫向位置選擇模式中，嘗試探討激進與非激進機車的差別，發現兩類機車的橫向位置選擇有明顯差異，非激進機車呈現三角形分布（本研究模式），而激進機車可能就是要超車，因此多騎乘於車道線上。因機車的激進程度並非本計畫的研究範圍內，因此並未納入報告書內容說明。未來將針對機車的激進行為進行探討。	無
(四)	報告書 p.44 調查地點的號誌週期長度為約 200 秒，若有需要，可與交通局進行確認。	遵照辦理。已分別描述尖離峰的號誌週期於內文。	4.2.1 小節(p.36)
(五)	報告書 p.55 的表 4.10 調查地點 L、M 的號誌週期秒數應做確認。	遵照辦理。號誌週期秒數已修正於文中表 4.10。	4.2.4 小節(p.47)
(六)	公車在各縣市的比例不同，是否會造成影響，某些國道客運亦會在路段中停等上下客，是否有考量進模式中，另外，公車駕駛的行為是否會對機車造	公車在各縣市不同的比例及行為，須於該縣市進行調查，蒐集資料並分析後才能確認是否有顯著差異。 本模式分析並未針對國道客運及市區公車分別進行分析，但兩種車輛除了停等時間外，其行為應無差異；而停等時	無

	成影響。	間可視為一個參數，能於本車流模擬中控制。	
(七)	資料中的相對速度變化如何取得。	本研究之資料調查方法可以取得每一輛車每一秒鐘的位置及速度，因此可以計算任何時間點任兩輛車之間的相對速度。有了各時間點的相對速度後，即可計算其相對速度的變化。	無
(八)	於機車對於路側停等車輛的反應模式中，停等車輛皆在路段右側，若於單行道且停等車輛於路段左側的情況下，此模式是否適用。另外，若車流量過大，機車若無法左偏，模式中能否表達其停車的行為。	由於該模式為描述機車何時會進行閃避之動作，且以雙向道之路段來建立模式，當道路為單行道時，該模式一樣適用。且本模式有考慮周遭車輛對機車之影響，因此本模式亦能反映車流過大時，機車無法左偏之情形。	無
(九)	投影片 p.59 中，第 1.2 車道無機車的數據，是否是因禁行機車道。	調查中觀察到確實有少數機車會行駛內側禁行機車道；但驗證用資料為抽樣蒐集，並無抽樣到機車行駛於禁行機車的情況。	無
(十)	調查影片中是否有事故發生，可利用於後續研究。	於調查時段皆無事故發生。	無
(十一)	建議補充說明本案目前成果若要達成為本土化的混合車流模擬分析軟體尚須進行的工作為何？	混合車流模擬的未來發展方向，已於第 7.2 節補充描述。	7.2 節(p.146)

三、黃玠庸委員：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	在機車於路口停等位置選擇與疏解率之議題中，規劃使用之資料有分機車有無兩段式左轉，但在路口疏解時間推估模式報告中，並無特別強調區分，僅以有兩段式左轉之調查地點做驗證說明，並無以調查地點 N 和 O 做驗證分析，請補充說明。	機車是否進行兩段式左轉會對機車的停等位置有所影響；而疏解速度應只與車輛數及車隊長度有關，與機車將進行直性或兩段式左轉無關，因此並未納入疏解模式內考慮。	無
(二)	若路口停止線前方有機車左轉待轉區則對路口疏解時間推估模式是否有影響？因目前研究團隊所設定之 D1(第 1 段之機車車隊長度)是以”停止線”至第一台汽車車頭為計算之長度，但機車停等區疏解會受機車左轉待轉區之影響，研究團隊是否對此有所考量。	如左轉待轉區的機車確實是來自左方路口等待左轉，因一般左轉的機車數量不多，不會對停止線後方的車輛疏解造成影響。 但如果是直進機車偷跑到待轉區停等，屬於違規行為，則本模式無法考慮。	無
(三)	在報告書第 6.3 章節，對機車停等位置選擇之驗證部分，只寫了”由結果也顯示，本研究能確實掌握機車選擇停等位置的相關特性”而已，似乎較無說服力，是否可以再加強說明。	已加強說明於 6.3 節中。	6.3 節(p.142)
(四)	周委員所提報告書 p.55 之號誌時制正確應為： 第一時相 49,4,3 第二時相 7,3,3 第三時相 40,3,3 第四時相 9,3,3 共 130 秒，請修正，而週期 120 秒之資料是正確的。	遵照辦理。號誌週期秒數已修正於文中表 4.10。	4.2.4 小節(p.47)

四、交通部公路總局：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	公車靠站時，機車多從外側閃避，與以往概念多從車道內側閃避不同，確認是否實際資料如此。	實際資料之統計如表 5.14 所示，由該表可知，當公車進站時，大多數之機車皆是由內側車道閃避。但當公車出站時，較多機車會選擇由外側車道閃避。	無
(二)	路口疏解時間推估模式報告中，調查地點小東路之驗證誤差較大，是否應考量汽車於第三車道右轉，與直行機車造成衝突之現象，並由於此現象經常發生於台灣地區，是否可將其放入 BikeSim 中進行模擬。	由於本計畫目前僅建立機車之行為模式，小汽車之行為模式為沿用舊有 BikeSim 內建的模式，而 BikeSim 中目前的小汽車皆為直行狀態，若是要加入此現象，則需將小汽車轉向的行為模式建立至 BikeSim 中。	無
(三)	報告書 p.98 中 m1、m2 之定義是否有誤，能否不使用左右來定義，改使用”靠中央分隔路緣”以及”靠路緣側”等方式定義。	原報告書內定義筆誤，已更新，且依意見修正 m1、m2 之定義，m1 為”由三角形頂點位置，至三角形近中央分隔路緣的起始點之距離(m)”，m2 為”由三角形頂點位置，至三角形近人行道路緣的起始點之距離(m)”。	5.1.3 小節(p.88)

四、科顧室：

編號	意見	回覆	對應章節及頁碼
(一)	可否對微觀模擬軟體如何進行安全評估加以說明	微觀模擬軟體如何進行安全評估並非本研究的重要工作項目，因此並未納入簡報內容。微觀模擬在安全評估的應用已經於口頭回應中說明，內容亦請參與報告書附錄 C。	無