

MOTC-STAO-104-03

號誌控制技術研究計畫(2/4)



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

本報告為研究案並不代表交通部意見

目 錄

第一章	計畫簡介.....	1
1.1	計畫背景與目的.....	1
1.2	計畫內容與課題.....	1
1.3	預期成果.....	2
第二章	前期研究成果回顧.....	3
2.1	混合車流號誌控制模式介紹.....	3
2.1.1	變數對照表.....	5
2.1.2	巨觀車流模式架構.....	10
2.1.3	上游抵達與需求輸入.....	10
2.1.4	車流推進模式.....	11
2.1.5	車道選擇模型.....	11
2.1.6	併入停等車道.....	13
2.1.7	車隊疏解模式.....	17
2.1.8	流量守恆.....	18
2.1.9	號誌最佳化模式.....	20
2.2	混合車流號誌控制模式評估.....	22
2.3	前期軟體介面概述.....	22
2.3.1	系統架構.....	22
2.3.2	軟體輸入及輸出介面功能.....	23
2.4	需求訪談摘錄與軟體功能開發規劃.....	27
2.5	小結.....	31
第三章	文獻回顧.....	32
3.1	號誌時制最佳化模式.....	32
3.1.1	獨立路口.....	32
3.1.2	幹道系統.....	38
3.2	車流模式與號誌最佳化模式.....	43
3.2.1	格位推移模式.....	43
3.2.2	細胞自動機.....	48
3.2.3	其他模式.....	51
3.3	機車專用道與公車專用道.....	52
3.4	文獻小結.....	56
第四章	研究方法.....	57
4.1	混合車流號誌控制最佳化模式改良.....	57
4.1.1	機車專用/優先道.....	57
4.1.2	公車專用道.....	60
4.1.3	快慢分隔島.....	61
4.1.4	模式求解演算法設計.....	62

4.2	軟體功能與介面改良.....	68
4.2.1	參數設定指引.....	68
4.2.2	本土化報表顯示及輸出.....	69
4.2.3	新增 CLV 分析功能.....	70
4.2.4	新增績效指標.....	70
4.2.5	軟體介面改良成果.....	73
第五章	路口交通實測測量與績效.....	88
5.1	路口實測計畫.....	88
5.1.1	調查目的與範圍.....	88
5.1.2	調查期程與項目.....	88
5.2	實證路口之遴選.....	89
5.3	路口交通調查.....	92
5.3.1	分項調查與方法.....	92
5.4	模式參數校估與時制最佳化.....	118
5.4.1	參數校估說明.....	118
5.4.2	實證路口參數設定與事後時制.....	120
5.4.3	快慢分隔島與公車專用道參數校估結果.....	122
5.5	路口號誌調整前、後績效之比較.....	125
第六章	結論與建議.....	132
	重要參考文獻.....	135
附錄 A	路口幾何型態與周邊設施特性調查	
附錄 B	路口號誌時制計畫現況調查	
附錄 C	路口臨進路段速率分佈	
附錄 D	公車站位與停靠公車實體屬性調查	
附錄 E	路口上游路段尖峰小時流入交通量統計	
附錄 F	路口尖峰小時轉向交通量統計	
附錄 G	路口汽車停等車數依時分佈	
附錄 H	路口機車停等車數依時分佈	
附錄 I	路口汽機車停等車數事前/事後依時分佈比較圖	
附錄 J	期中審查意見回覆	
附錄 K	號誌控制技術研究計畫交通技術論壇與技術諮詢會議	
附錄 L	號誌控制技術研究計畫成果說明會與教育訓練	
附錄 M	投稿論文大綱	
附錄 N	期末審查意見回覆	

圖 目 錄

圖 2.1-1 模式架構.....	3
圖 2.1-2 模式架構圖.....	10
圖 2.1-3 上游抵達模式示意圖.....	10
圖 2.1-4 虛擬車道概念示意圖.....	13
圖 2.1-5 溢流車隊停等示意圖.....	15
圖 2.3-1 號誌最佳化軟體功能層次結構.....	23
圖 2.3-2 「禁行機車」設定功能.....	23
圖 2.3-3 「全週期與半週期」設定功能.....	24
圖 2.3-4 「存/讀檔功能」功能.....	24
圖 2.3-5 「回復上一步」操作功能.....	25
圖 2.3-6 「匯入底圖」操作功能.....	25
圖 2.3-7 「時空圖與綠寬帶分析」功能.....	26
圖 2.3-8 「績效-Throughput 顯示」與「績效-Travel time 顯示」功能.....	26
圖 3.1-1 車流時空圖.....	39
圖 3.1-2 衝擊波(shockwave)示意圖.....	42
圖 3.2-1 邏輯規則及隸屬函數編碼方式.....	47
圖 3.2-2 異質粒子示意圖.....	49
圖 3.2-3 車道群阻擋示意圖.....	51
圖 3.2-4 區段分解為小段示意圖.....	52
圖 3.3-1 機車專用道車道寬之定義.....	53
圖 4.1-1 機車專用道(新竹市公道五路).....	57
圖 4.1-2 機車優先道(台北市承德路-大度路).....	58
圖 4.1-3 機車優先道(新北市三重環河北路-龍門路).....	58
圖 4.1-4 公車專用道(台北市仁愛路一段).....	60
圖 4.1-5 圖示 CTM 模擬公車專用道.....	61
圖 4.1-6 快慢分隔島(新竹市公道五路).....	62
圖 4.1-7 前期求解演算法流程圖.....	63
圖 4.1-8 本期求解演算法流程圖.....	64
圖 4.1-9 區域搜尋法 A 流程圖.....	66
圖 4.1-10 區域搜尋法 B 流程圖.....	67
圖 4.2-1 參數意義與介面查詢示意圖.....	68
圖 4.2-2 參數設定錯誤提醒示意圖.....	69
圖 4.2-3 本土化報表顯示與輸出頁面示意圖.....	70
圖 4.2-4 CLV 結果呈現示意圖.....	70
圖 4.2-5 績效指標-停等車輛數與停等次數示意圖.....	71
圖 4.2-6 績效指標-停等延滯示意圖.....	71
圖 4.2-7 績效指標-路口/幹道總延滯示意圖.....	72

圖 4.2-8 參數設定及提醒功能畫面	73
圖 4.2-9 參數意義及查詢功能畫面(1).....	74
圖 4.2-10 參數意義及查詢功能畫面(2).....	74
圖 4.2-11 「累計車流量」輸入畫面	75
圖 4.2-12 「尖峰小時車流量」輸入畫面	75
圖 4.2-13 本土化報表產製	76
圖 4.2-14 本土化報表(範例)資訊內容畫面(1)	77
圖 4.2-15 本土化報表(範例)資訊內容畫面(2)	77
圖 4.2-16 本土化報表(範例)資訊內容畫面(3)	78
圖 4.2-17 範例路口分析基本資訊.....	78
圖 4.2-18 計算路口個方向車道群之小客車當輛數.....	79
圖 4.2-19 判斷各分相中之臨界車道群.....	79
圖 4.2-20 CLV 分析結果顯示畫面	80
圖 4.2-21 停等車輛數與停等次數績效顯示畫面.....	81
圖 4.2-22 停等延滯績效顯示畫面.....	81
圖 4.2-23 路網總延滯績效顯示畫面.....	81
圖 4.2-24 道路幾何「有-快慢分隔」之流量設定介面.....	82
圖 4.2-25 道路幾何「無-快慢分隔」之流量設定介面.....	82
圖 4.2-26 「機車專用道」參數設定與圖樣顯示畫面	83
圖 4.2-27 「機車優先道」參數設定與圖樣顯示畫面	83
圖 4.2-28 「公車專用道」參數設定與圖樣顯示畫面	84
圖 4.2-29 「公車到站間隔」與「公車服務時間」參數設定畫面.....	84
圖 4.2-30 新增路段編號顯示畫面.....	85
圖 4.2-31 道路幾何設定防呆機制.....	86
圖 4.2-32 「幹道/支道」設定用語修改畫面	87
圖 5.2-1 實證路口 1：竹北市光明六路—博愛路口分佈位置示意圖	91
圖 5.2-2 實證路口 2：台中市台灣大道—惠中路口分佈位置示意圖	92
圖 5.3-1 竹北市光明六路—博愛路口幾何型態示意圖	93
圖 5.3-2 台中市台灣大道—惠中路口幾何型態示意圖	93
圖 5.3-3 道路現場測速示意圖.....	94
圖 5.3-4 台灣大道公車專用道實證站位示意圖.....	96
圖 5.3-5 台灣大道公車專用道公車到達間距分佈圖	97
圖 5.3-6 台灣大道公車專用道雙節公車到達間距分佈圖	98
圖 5.3-7 台灣大道公車專用道公車服務時間分佈圖	98
圖 5.3-8 台灣大道公車專用道公車駐站時間分佈圖	99
圖 5.3-9 台灣大道公車專用道公車路口號誌延滯時間分佈圖.....	100
圖 5.3-10 路口現場轉向流量攝影調查作業示範圖	101
圖 5.3-11 路口轉向流量現場登錄表與彙總表格式範例	102

圖 5.3-12	竹北市光明六路－博愛路口上游依時累積機車流量型態比較圖.....	104
圖 5.3-13	竹北市光明六路－博愛路口上游依時累積汽車流量型態比較圖.....	104
圖 5.3-14	竹北市光明六路－博愛路口上游依時 PCUs 分佈型態比較圖	105
圖 5.3-15	竹北市光明六路－博愛路口上游依時累積 PCUs 分佈型態比較圖	105
圖 5.3-16	台中市台灣大道－惠中路口上游依時 PCUs 分佈圖	106
圖 5.3-17	台中市台灣大道－惠中路口上游依時累積 PCUs 分佈圖.....	106
圖 5.3-18	竹北市光明六路－博愛路口上午尖峰時段分佈圖（事前）	107
圖 5.3-19	竹北市光明六路－博愛路口上午尖峰時段分佈圖（事後）	107
圖 5.3-20	台中市台灣大道－惠中路口下午尖峰時段分佈圖.....	108
圖 5.3-21	竹北市光明六路－博愛路口部份臨進路段停等車隊現況.....	112
圖 5.3-22	台中市台灣大道－惠中路口部份臨進路段停等車隊現況.....	113
圖 5.3-23	停等汽車隊長度調查作業示意圖.....	113
圖 5.3-24	竹北市光明六路－博愛路口各轉向車道群汽車停等車隊依時分佈圖.....	115
圖 5.3-25	台中市台灣大道－惠中路口各轉向車道群汽車停等車隊依時分佈圖.....	116
圖 5.3-26	台中市台灣大道－惠中路口各轉向車道機車停等車隊依時分佈圖.....	117
圖 5.4-1	以 PSO 作參數校估之流程圖.....	119
圖 5.4-2	竹北光明六路-博愛路口示意圖	120
圖 5.4-3	台中台灣大道-惠中路口示意圖	123
圖 5.4-4	台中台灣大道-惠中路口示意圖	125

目 錄

表 2.1-1 混合車流號誌最佳化模式變數對照表.....	5
表 2.4-1 號誌最佳化軟體各項功能開發期程規劃.....	30
表 3.3-1 推估機車專用道飽和流率公式.....	53
表 3.3-2 推估機車專用道容量公式.....	54
表 3.3-3 公車專用道設置條件.....	55
表 5.2-1 各初勘路口幾何/交通/號控/週邊設施概況表.....	90
表 5.3-1 竹北市光明六路-博愛路口 各臨進路段抽樣速率分佈表.....	95
表 5.3-2 台中市台灣大道-惠中路口 各臨進路段抽樣速率分佈表.....	95
表 5.3-3 各車種與轉向之 PCE 值參考表.....	103
表 5.3-4 兩實測路口尖峰小時各臨進路段上游流入交通量統計表.....	108
表 5.3-5 竹北市光明六路—博愛路口尖峰小時轉向交通量統計表 (事前).....	109
表 5.3-6 竹北市光明六路—博愛路口尖峰小時轉向交通量統計表 (事後).....	110
表 5.3-7 台中市台灣大道—惠中路口尖峰小時轉向交通量統計表.....	111
表 5.4-1 將進行校估作業之參數.....	118
表 5.4-2 竹北光明六路-博愛路口之參數設定.....	120
表 5.4-3 博愛路南向路段之參數校估結果.....	121
表 5.4-4 光明六路西向路段之參數校估結果.....	121
表 5.4-5 博愛路北向路段之參數校估結果.....	121
表 5.4-6 光明六路東向路段之參數校估結果.....	121
表 5.4-7 竹北光明六路-博愛路口調整前後時制計畫.....	122
表 5.4-8 台中市台灣大道—惠中路口之參數設定.....	122
表 5.4-9 台中市台灣大道東向路段之參數校估結果.....	124
表 5.4-10 台中市台灣大道西向路段之參數校估結果.....	124
表 5.5-1 光明六路—博愛路口汽、機車停等績效統計表 (事前;全期間).....	126
表 5.5-2 光明六路—博愛路口汽、機車停等績效統計表 (事後;全期間).....	127
表 5.5-3 光明六路—博愛路口事前、事後汽/機車停等績效比較表 (全期間).....	128
表 5.5-4 光明六路—博愛路口汽、機車停等績效統計表 (事前;尖峰小時).....	129
表 5.5-5 光明六路—博愛路口汽、機車停等績效統計表 (事後;尖峰小時).....	130
表 5.5-6 光明六路—博愛路口事前、事後汽/機車停等績效比較表 (尖峰小時).....	131

第一章 計畫簡介

1.1 計畫背景與目的

交通建設為國家重大建設之一，整體的交通服務品質與國家之經濟成長、社會安全、文化發展、國家安全等有密切的關係。交通部於推動與營運重大交通工程建設之同時，亦須有相關之交通技術研發成果支持與配合；面對整體環境所衍生新的需求與挑戰，更應有長期推動交通技術相關研究之系統性規劃，做為我國交通技術研究計畫之研發重點。期望將研究成果應用於未來，始能更妥善管理各交通設施，並解決當今存在之交通問題。

台灣地狹人稠，公路運輸成為主要的旅運選擇，特別是都市型的短程運輸，汽、機車為絕大多數民眾的主要運具選擇。加上我國交通具有許多異於國外的本土特色，包括快慢分隔的路型、兩段式的機車左轉待轉區、機車專用停等區、公車數量及路邊干擾大、慢車道及混合車道車流混雜、駕駛不依車道等。這些皆會影響到交通績效，特別是影響到號誌設計的成效。多年來為了改善都市交通擁擠的問題，提升交通系統效率，政府持續投入許多經費進行交通改善；其中為了號誌改善更是投入許多經費，各縣市也陸續建立交控中心。過去台灣皆依賴國外的號誌控制軟體來產生時制，也依賴國外的模擬軟體來進行評估。然而因國內針對機車而設計的機車專用道、機車左轉待轉區、機車專用停等區等特殊幾何特性，國外所發展的號誌控制模式與軟體在使用上一直有其適用性的疑慮。

民國 99 年至 102 年，交通部委託中華民國運輸學會完成四年期的計畫「交通技術研發與人才培育規劃研究」。於第二年至第四年，著手調查、評估、規劃與建構適用於我國之車流模擬軟體，並開發一混合車流之號誌控制最佳化軟體。其考慮到上述的機車行為、幾何特性，首先建立一套在號誌控制路口下，符合國內路口汽機車等候、消散、轉向的混合運行數學模式，並提供一號誌控制軟體雛形，供使用者操作。民國 103 年，交通部委託國立交通大學執行「號誌控制技術研究計畫(1/4)」(以下簡稱「前期」)。旨在延續前四年期之成果，根據使用者回饋意見作軟體與模式功能新增與強化。

本研究將延續第一期之成果，思考國內之交通特質並檢視現有號制控制軟體之適用性以及模式之完備性，以軟體產品化之角度，針對前期之軟體、模式以及演算法做強化、改良及調校，進而建立一套得以描述國內特有交通特質，且包含汽車與機車混合車流之號控模式，期能朝產品化之方向，發展成一符合本土特色之號誌控制軟體。

1.2 計畫內容與課題

根據前述之計畫背景與目的，茲將本計畫之工作內容條列如下：

1. 號控模式相關文獻與前期號控模式之回顧

針對獨立路口與幹道的混合車流號誌控制模式作文獻回顧，並加入前期中提出模式的回顧與分析，進一步探討可新增與強化之功能，作為後續研究發展之基礎。

2. 模式及演算法之改良

延伸前期研究之混合車流號控模式，擴展其適用性並設計對應演算法。

3. 使用者界面之改良

延伸前期之使用者介面，強化軟體功能與介面設計，提供使用者更方便的操作感受。

4. 期中審查

提送期中報告並進行期中簡報與審查，針對審查意見辦理審查意見回覆、報告修訂與研究工作之調整。

5. 實測路口交通量調查與分析

針對測試路口作事前及事後調查分析，以了解改良模式之可用性。

6. 辦理說明會與教育訓練

說明本計畫軟體與模式發展成果，並提供所開發之軟體由各單位試用，藉以回饋與蒐集相關使用者意見，作為後期計畫修訂之參考。

7. 期末審查

提送期末報告，並進行期末簡報與審查，針對審查意見辦理審查意見回覆與報告之修訂，最後提交修訂後之計畫成果。

1.3 預期成果

本計畫之預期研究成果條列如下：

延續前期之混合車流模式，模式中包含上游抵達模式、車流推進模式、車道選擇模式、併入停等模式以及車隊紓解模式等；並新增「機車專用/優先道」、「快慢分隔島」及「公車專用道」等功能。

1. 延續前期中所開發之求解演算法，使其能求解上述之號控模式，強化求解效率與品質，並能處理路口過飽和之問題。
2. 延續前期中所開發之使用者介面，預計新增功能包含：
 - (1) 調整軟體介面，使其可支援「機車專用/優先道」、「快慢分隔島」及「公車專用道」等情況。
 - (2) 參數設定指引：新增「參數意義及介面查詢」以及「參數設定錯誤提醒」等功能。
 - (3) 本土化報表顯示及輸出。
 - (4) 提供 CLV 之計算結果。
 - (5) 新增績效指標：停等車輛數、停等次數、停等延滯及路網總延滯等。
3. 針對本期之模式進行實際路口測試，進行事前事後分析，以確認模式之可用性。
4. 辦理交通技術論壇、諮詢會議及教育訓練，並完成相關論文發表。

第二章 前期研究成果回顧

2.1 混合車流號誌控制模式介紹

國內的交通特性和國外常見模式最大不同點在於機車之混合車流。前期研究當中，提出藉由次車道構想，同時描述不同車種佔用道路面積大小、不同車道寬度、停等與移動車輛間距等更細緻之車流行為。透過這種統一模式架構，得以在同一架構中描述多種不同車種行為（本研究將之分為機車、小汽車以及大型車輛）。前期研究將路段上動態車流行為分成數個程序，分別為上游到達程序、車道選擇程序、併入停等程序、車隊溢流阻擋程序、路口疏解程序、流量守恆以及目標函式部分，如圖 2.1-1 所示。

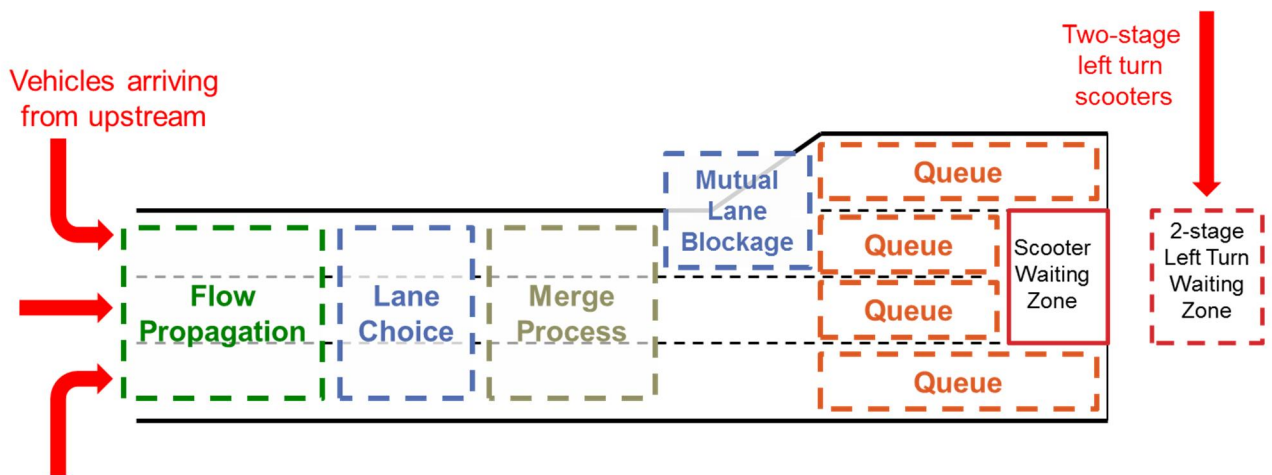


圖 2.1-1 模式架構

1. 上游抵達程序 (Arrival Process)及車流推進程序 (Propagation Process)

上游抵達程序係指車輛由上游路口進入本路段。傳統研究中，流入研究路段的車流，多由路段上游路口所流入；然本研究將機車兩段式左轉的行為納入研究考量，因此流入研究路段的車流，部分於路段上游路口所流入，兩段式左轉機車則會在研究路段下游路口直接進行停等。進入路段上游端之車輛將會以路段之平均推進速率前進，並於推進所需之時間之後抵達下游車隊尾端。

2. 車道選擇程序(Lane Choice Process)

本程序描述車流傳遞至停等車隊尾端前，選擇併入於何車道之行為。此計算程序計算各車道併入車流量時，需考慮轉向比例、車道轉向限制以及現有的車隊長度。

(1) 機車部分

此程序當中有一隱含假設，機車會傾向於使用外側之車道。而此使用機率以一車道選擇機率參數決定。

(2) 小汽車與大型車輛部分

在決定機車使用車道的比例後，將討論小汽車以及大型車輛車道選擇的行為。在此處，小汽車暨大型車輛的車道選擇行為，假設車輛傾向於選擇停等車隊長最短的車道。因此，各轉向車輛將傾向於各個轉向車道群組當中的最短的車輛，而使得各轉向車道群組中的各車道

之停等車隊總長一致。

3. 併入停等程序(Merge Process)

此程序描述車流傳遞至停等車隊尾端時，如何併入停等車隊之過程。本研究以次車道方式描述車道，並藉由次車道方式描述不同車種於車道上之混合停等行為。各車種具有不同之寬度與長度，結合次車道概念後，可描述同一車道上機車與小汽車得以併行，但大型車輛與機車無法併行之現象。

(1) 機車併入虛擬車道部分

針對機車部分，首先計算該車道上得以與汽車併行之機車數量。其計算方式是計算該車道上最短次車道與其餘次車道的長度差異，並將此長度差異除上機車車長，即可得到能併入該次車道的機車數量。

(2) 其餘車種以及剩餘機車部分

所有併入車道之車輛，必須考慮停等車隊長度不得超過轉向車道長度之限制。因此，必須計算剩餘之儲車空間長度，並將之轉換成各車種得以併入轉向車道之車輛數。

4. 車隊溢流阻擋程序

當車隊長度過長時，有可能會阻擋相鄰車道的併入停等車隊程序。舉例而言，當直進車道上停等車隊長度超過左轉專用車道（灣）的長度時，左轉車輛將無法併入左轉專用車道，並造成左轉車輛停止於直進車道上。此時，即便左轉專用車道有剩餘空間，左轉車輛依舊無法進入使用。反之，當左轉車輛停等長度超過左轉專用灣時，將會造成停等車隊溢流至直進車道，並阻擋直進車道的車輛移動

當車道溢流狀況發生時，溢流之車輛將阻擋到其他車道之車輛併入停等車隊的行為。如，當左轉車道發生溢流時，溢流之車輛將停止於直進車道上等待進入左轉車道，因而造成直進車道的車輛被阻擋。然而，不同車種之間的相互阻擋情況並不一致，不適合使用單一定值決定阻擋與否。當溢流大型車停止於車道上時，將會阻擋小汽車以及機車的通行；但當溢流小型車停止於車道上時，並不會完全阻擋機車的通行，僅會造成通過率的降低。由於溢流車輛所造成的阻擋造成機車通過率降低的方式，前期研究以車輛寬度、車道寬度以及溢流車輛數進行估計。

5. 路口紓解程序(Discharge Process)

本程序描述混合車流於路口紓解的狀況，進而說明停等車隊於綠燈時相時消散的行為。本路口紓解程序考慮車道寬、車輛寬度以及不同車種的 time headway，並且與不同車種的混合比例相關。因此，紓解率並非一定值，其最大值出現在純機車車流時，而最小值則是出現於大型車輛車流上。車輛停等於車隊中時，相互之間僅會維持最小安全間距，但當車輛啟動之後，所保持之安全間距較停等時大。故相同車道寬度所能夠通過之車輛組成與車輛數會有所不同。前期研究所提出計算紓解率的方式，是將不同車種所佔用的道路面積以及其在同一車道上可同時併行的數量納入考慮，依照比例進行分配。

6. 共用車道

當路口出現轉向共用車道的狀況時，因不同轉向間之疏解狀況會相互影響，其疏解的車流特性與轉向專用道相比有明顯不同。車流模式將需要針對原模式作進行調整，包含：停等車隊長度、車道選擇模式、溢流車隊阻擋、併入停等車隊最大流量限制、共用車道疏解率之

計算等方面。

(1) 求解演算法

由於本研究所使用之數學模式較為複雜，無法使用傳統數學最佳化方式進行求解，在「交通技術研發與人才培育規劃研究(4/4)」研究中曾提出一啟發式解法做為求解演算法。前期研究中便以此啟發式演算法為基礎作強化。在求算初始解的部分，改用傳統的 CLV(Critical Lane Volume)算法，使其在出現因路口過飽和產生之殘餘車隊(residual queue)時仍能正常輸出結果。另外調整演算法使其可針對半週期、雙週期不同時比的狀況下求解。

以下將混合車流號誌最佳化模式中所使用之變數，整理分列於下表中。

2.1.1 變數對照表

表 2.1-1 混合車流號誌最佳化模式變數對照表

描述路網幾何以及車輛特性之變數	
$\Gamma(i), \Gamma^{-1}(i)$	路段 i 之上/下游路段集合
$\Gamma_{two-stage}(i)$	路段 i 上兩段式左轉機車之上游路段
$m \in M(i) = \{thru, left, right\}$	路段 i 所含之轉向集合，以 M(i) 表示，包含直進、左轉以及右轉
LG_m^i	路段 i 上轉向 m 之可用車道集合
g^i	路段 i 之長度 (公尺)
$L^{i,l,max}$	路段 i 上車道 l 之儲車空間 (公尺)
χ^i	路段 i 上機車停等區之儲車空間 (輛)
$\eta^{i,l}$	路段 i 上車道 l 之次車道數量

$P_v^{i,l}, \tilde{P}_v^{i,l}$	路段 i 上車道 l 車種 v 所能同時併排停等/行駛之車輛數
$V = \{scooter, car, bus\}$ $= \{1,2,3\}$	車種集合，包含機車 ($v=1$)、小汽車 ($v=2$) 以及巴士 ($v=3$)
τ_v	車種 v 之平均車長 (公尺)
μ_v^i	車種 v 於路段 i 上之行駛速率 (公尺/秒)
$h_{m,v}^i$	車種 v 於路段 i 上轉向 m 之疏解車間時距 (秒)
O_v	車種 v 與機車所佔用空間之比值
κ_v	車種 v 於超車時的容量折減因子
WD_v	車種 v 所佔用次車道數量
巨觀車流模擬中描述車流動態行為之變數	
Δt	車流動態更新步階大小 (秒)
T	模式考量之總時間長度 (時間步階數)
t	時間步階
$IN_v^e[t], e \in N_E$	需求產生源 e 於時階 t 所產生車種 v 之車輛數

$\gamma_{m,v}^i [t]$	路段 i 上車種 v 轉向 m 於時階 t 的轉向比例
$Q_v^{i,arr} [t]$	路段 i 上車種 v 於時階 t 抵達停等車隊尾端車輛數
$Q_v^{i,l,arr} [t]$	路段 i 上車種 v 於時階 t 抵達車道 l 停等車隊尾端車輛數
$Q_1^{i,swa} [t]$	路段 i 上機車於時階 t 併入機車停等區車輛數
$Q_v^{i,l,pot} [t]$	路段 i 上車種 v 於時階 t 期望併入車道 l 停等車隊車輛數
$Q_v^{i,l,max} [t]$	路段 i 上車種 v 於時階 t 能併入車道 l 停等車隊車輛數
$\phi^{i,l} [t]$	路段 i 之車道 l 上摩托車於時階 t 時以並行於其他車種方式併入次車道之車輛數
$q_v^{i,l,sb} [t]$	路段 i 之車道 l 上車種 v 於時階 t 時併入次車道 sb 之車輛數
$\zeta_v^i [t]$	路段 i 上車種 v 於時階 t 時由進口至車隊尾端的旅行時間
$\bar{L} [t]$	路段 i 上於時階 t 之各車道平均停等車隊長
$L^{i,l} [t]$	路段 i 上於時階 t 之車道 l 停等車隊長
$S^{i,l} [t]$	路段 i 上於時階 t 之車道 l 平均疏解率

$S_v^{i,l}[t]$	路段 i 上於時階 t 之車道 l 之車種 v 疏解率
$S_{m,v}^{i,l}[t]$	路段 i 上於時階 t 之共用車道 l 之轉向 m 車種 v 疏解率
$X_v^{i,l}[t]$	路段 i 上於時階 t 之車道 l 停等車隊之車種 v 車輛數
$\tilde{X}_v^{i,l}[t]$	路段 i 上於時階 t 之車道 l 停等車隊之車種 v 溢流車輛數
$x_v^{i,l,sb}[t]$	路段 i 上於時階 t 之車道 l 之次車道 sb 停等車隊之車種 v 車輛數
$D_v^{i,l}[t]$	路段 i 上於時階 t 之車道 l 上疏解車輛數
$DL_v^{j,i}[t]$	由路段 j 前往路段 i 於時階 t 之車種 v 車輛數
$d_v^{i,l,sb}[t]$	路段 i 於時階 t 之車道 l 之次車道 sb 之車種 v 車輛疏解數
$N_v^i[t]$	路段 i 於時階 t 之車種 v 車輛數
$b^{i,l}[t]$	描述路段 i 上車道 l 於時階 t 是否被阻擋之二元變數
$\omega_v^{i,l}[t]$	路段 i 之車道 l 上車種 v 於時階 t 的被阻擋率
$VL^{i,l}[t]$	路段 i 之車道 l 上機車於時階 t 時得以併行於其他車種方式併入停等車隊之空間

$E^{i,lwa}[t]$	描述路段 i 機車兩段式左轉待轉區是否有車輛待轉之二元變數
$E^{i,swa}[t]$	描述路段 i 上機車停等區是否有車輛停等之二元變數
描述號誌控制之變數	
$g^{i,m}[t]$	描述路段 i 上之轉向 m 是否於時階 t 通行之二元變數
$g^{n,p}[t]$	描述路口 n 之時相 p 是否於時階 t 通行之二元變數
$PM^{n,i}$	用以描述路段 i 上之轉向 m 是否被路口 n 之時相 p 所控制之關係矩陣
NC	模擬時間總長中所含之號誌週期數
$G^{n,p}$	路口 n 時相 p 之時相長度
$I^{n,p}$	緊接於路口 n 時相 p 後之時相轉換時間
Δ^n	路口 n 的秒差
於求解演算法中所使用之變數	
$G^{i,m,dir}$	路段 i 上轉向 m 所需要增加之綠燈時間
$G^{n,p,dir}$	路口 n 時相 p 之時相長度搜尋方向
$RQ^{i,m}$	路段 i 上轉向 m 之平均每週期剩餘車隊長度增加率
$S_{AVG}^{i,m}$	路段 i 上轉向 m 於綠燈時間之平均疏解率

2.1.2 巨觀車流模式架構

此混合車流號誌最佳化模式透過次車道構想，同時描述不同車種佔用道路面積大小、不同車道寬度、停等與移動車輛間距等車流行為。此模式架構將目標路段，根據車流狀態分為數個程序，如圖 2.1-2，分別為需求輸入與上游抵達、車流推進、車道選擇、併入停等、停等車隊疏解以及流量守恆等。

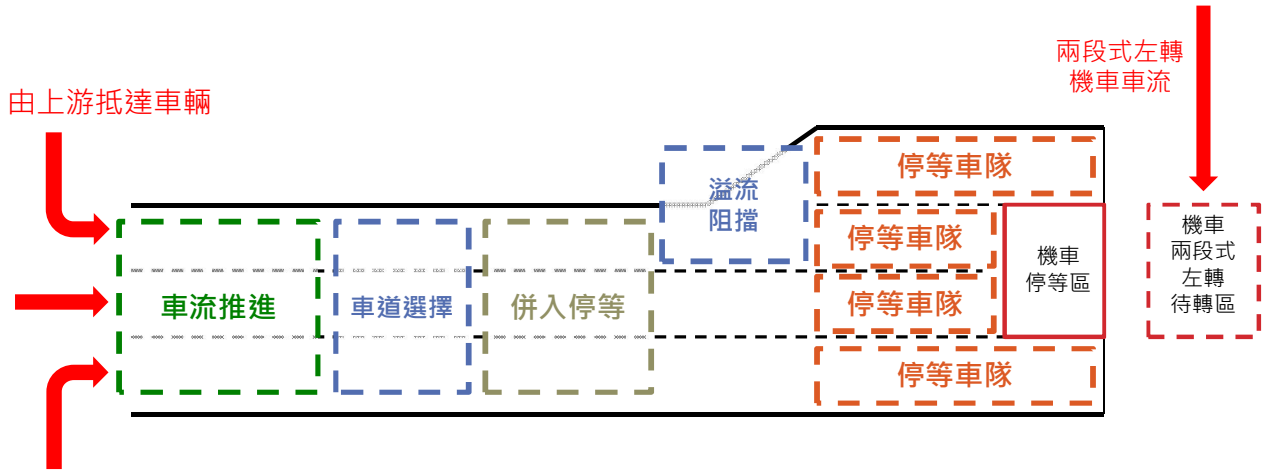


圖 2.1-2 模式架構圖

2.1.3 上游抵達與需求輸入

此部分描述進入研究路段之車流動態狀況。過去研究中，路段的需求皆由上游路口或需求產生源而來；本研究將機車兩段式左轉的行為納入考量，其會在研究路段的下游路口直接進行待轉，如圖 2.1-3 所示。

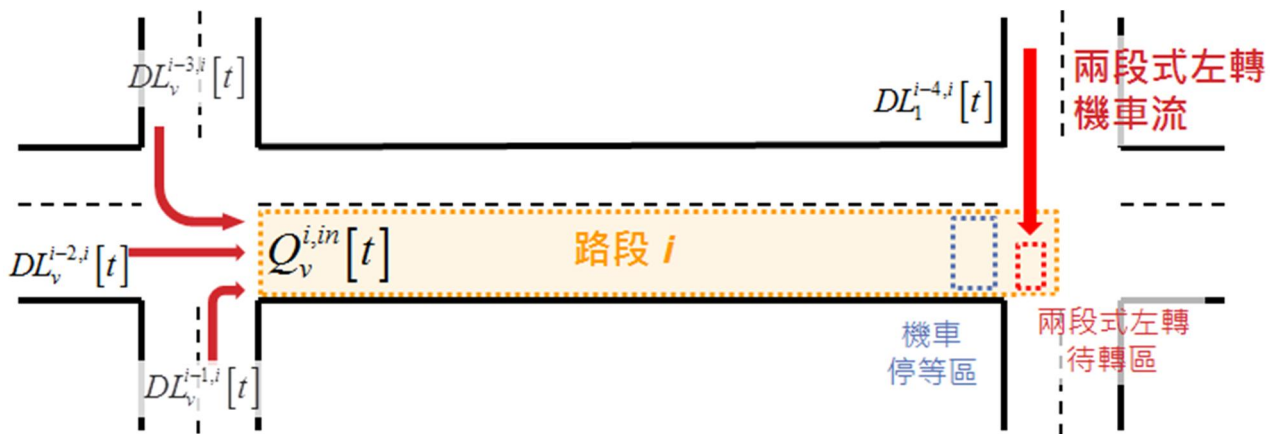


圖 2.1-3 上游抵達模式示意圖

本研究中，進入路段之需求量可分為：(1)由路段端點之需求產生源 e 直接產生；(2)從上游路段離開並進入此路段之需求量；以及(3)兩段式左轉之機車，直接進入路口待轉區。

若路段的端點為需求產生源，則其進入路段流量可由下式計算：

$$Q_v^{i,in}[t] = IN_v^e[t] \quad (2-1)$$

此方程式描述時階 t 由需求產生源 e 進入其連接之下游路段 i 之車種 v 流量。此外，從上游路段離開並進入研究路段之需求量，可由各個上游之疏解車流加總而成：

$$Q_v^{i,in}[t] = \sum_{j \in \Gamma(i)} DL_v^{j,i}[t] \quad (2-2)$$

而兩段式左轉之機車，則會由兩段式左轉之專屬上游，直接抵達兩段式左轉待轉區。其方程式如下：

$$Q_i^{i,lwa}[t] = \sum_{j \in \Gamma_{two-stage}(i)} DL_1^{j,i}[t] \quad (2-3)$$

2.1.4 車流推進模式

車流推進模式描述車流抵達路段上游端入口後，推進至停等車隊尾端所需時間。此旅行時間的計算方式是以旅行距離除以平均行駛速率計算而得，旅行距離的計算方式是將道路長度減去平均停等車隊長度，而平均行駛速率則是隨車種、所在路段而有所不同。

$$\zeta_v^i[t] = (g^i - \bar{L}^i[t]) \times (\mu_v^i)^{-1} \quad (2-4)$$

計算得到旅行時間後，車種 v 抵達停等車隊尾端的流量 $Q_v^{i,arr}$ ，可用下列方程式計算：

$$Q_v^{i,arr} \left[t + \left\lceil \frac{\zeta_v^i[t]}{\Delta t} \right\rceil \right] = Q_v^{i,in}[t] \quad (2-5)$$

2.1.5 車道選擇模型

本程序描述車流抵達停等車隊尾端之後，選擇併入於車道之行為。為了表現出道路上一般車輛傾向於選擇併入停等車隊長度較短車道的行為，因此模式假設流量分配至各車道的比例，與各車道當前停等車隊長度的倒數成正比。則車種 v 選擇併入車道 l 的車輛數可由下式表示：

$$Q_v^{i,l,arr} [t] = Q_v^{i,arr} [t] \times \gamma_{m,v}^i [t] \times \left(\frac{(L^{i,l} [t])^{-1}}{\sum_l (L^{i,l} [t])^{-1}} \right), \quad l \in LG_m^i \quad (2-6)$$

當路口上有機車停等區時，上述方程式在應用於機車時需要進行調整。模式假設直行機車會優先併入機車停等區，因此到達停等車隊尾端的直行機車，須先扣除進入機車停等區的機車數量，剩餘的機車才進行車道選擇。則描述直行機車的方程式修改如下：

$$Q_1^{i,l,arr} [t] = (Q_1^{i,arr} [t] \times \gamma_{thru,1}^i [t] - Q_1^{i,swa} [t]) \times \left(\frac{(L^{i,l} [t])^{-1}}{\sum_l (L^{i,l} [t])^{-1}} \right), \quad l \in LG_{thru}^i \quad (2-7)$$

若路口規定機車需要進行兩段式左轉，則左轉機車的需求量也一併進入機車停等區，則方程式修改如下：

$$Q_1^{i,l,arr} [t] = \left[(Q_1^{i,arr} [t] \times (\gamma_{1,thru}^i [t] + \gamma_{1,left}^i [t])) - Q_1^{i,swa} [t] \right] \times \left(\frac{(L^{i,l} [t])^{-1}}{\sum_l (L^{i,l} [t])^{-1}} \right), \quad l \in LG_{thru}^i \quad (2-8)$$

若路段含有為轉向共用車道(單一車道服務多個轉向)，則選擇併入車道之車流需求計算亦需考量多種不同的轉向需求。前期假設在共用車道狀態下，駕駛者除傾向選擇車隊長度較短的車道，亦會選擇疏解率較高的車道。其車道選擇模式如下：

$$\tilde{L}^{i,l} [t] = \frac{(L^{i,l} [t])^{-1}}{\sum_{l \in LG_m^i} (L^{i,l} [t])^{-1}}$$

$$\tilde{S}^{i,l} [t-1] = \frac{S^{i,l} [t-1]}{\sum_{l \in LG_m^i} S^{i,l} [t-1]}$$

$$Q_{m,v}^{i,l,arr} [t] = Q_v^{i,arr} [t] \times \gamma_{m,v}^i [t] \times \left[\frac{\tilde{L}^{i,l} [t] \times \tilde{S}^{i,l} [t-1]}{\sum_{l \in LG_m^i} \tilde{L}^{i,l} [t] \times \tilde{S}^{i,l} [t-1]} \right]$$

其中，

$Q_{m,v}^{i,l,arr} [t]$ ：路段 i 車種 v 轉向 m 於時階 t 抵達車道 l 停等車隊尾端車輛數

$\tilde{L}^{i,l} [t]$ ：正規化後之路段 i 車道 l 於時階 t 之停等車隊長度因子

$\tilde{S}^{i,l} [t]$ ：正規化後之路段 i 車道 l 於時階 t 之混合車流疏解率因子

此處使用之停等車隊長度 $L^{i,l}[t]$ ，將採用考慮轉向共用車道特性後的停等車隊長度計算，如下式所示：

$$L^{i,l}[t] = \max_{sb \in SB^{i,l}} \left(\sum_m \sum_v \tau_v \cdot x_{m,v}^{i,l,sb}[t] \right) + \sum_m \sum_v (P_v)^{-1} \cdot \tau_v \cdot \tilde{X}_{m,v}^{i,l'}[t]$$

其中，

$x_{m,v}^{i,l,sb}[t]$ ：路段 i 於時階 t 之車道 l 之次車道 sb 停等車隊之車種 v 轉向 m 的車輛數

$\tilde{X}_{m,v}^{i,l'}[t]$ ：路段 i 於時階 t 之相鄰車道 l' 停等車隊之車種 v 轉向 m 的溢流車輛數

另外前期考量到若是路段上有禁行機車道，車道選擇模型修改如下：

$$Q_v^{i,l,arr}[t] = Q_v^{i,arr}[t] \times \gamma_{m,v}^i[t] \times \left(\frac{(L^{i,l}[t])^{-1}}{\sum_l (L^{i,l}[t])^{-1}} \right), \quad l \in LG_{m,v}^i$$

其中， $LG_{m,v}^i$ 為路段 i 轉向 m 車種 v 可使用之車道集合。

2.1.6 併入停等車道

當車輛根據其轉向需求選擇車道後，將會嘗試加入該車道上之停等車隊。此模式以次車道觀念，描述機車於車道上並排停等之行為。各車種具有不同之寬度與長度，結合次車道概念後可描述不同車種於車道上之混合停等行為。此次車道概念如圖 2.1-4 所示。

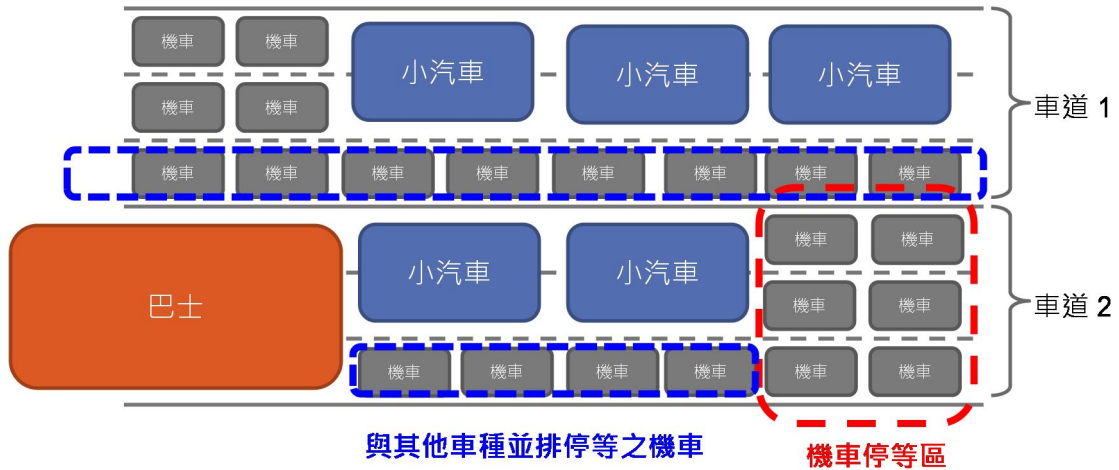


圖 2.1-4 虛擬車道概念示意圖

上圖中包含兩個車道，每個車道中各含有三個次車道。於模式中，次車道的寬度假設與機車的寬度相同。小汽車與巴士所佔用的車道寬度，根據其實際體積，分別佔用兩個與三個次車道寬；同時，假設小汽車與巴士會佔用最靠內側之次車道，而機車則是分散於各次車道上。

併入停等車隊 – 機車部分模式

機車停等區設置於直行車道的尾端，可做為直行機車的停等區，其他車輛不得於停等時占用。因此，當直行信號轉為紅燈後，僅有機車得以進入其區域。待機車停等區儲車空間被機車占滿後，機車則會與其他車輛同時停等於直行車道上。併入機車停等區之機車數量可透過下列方程式計算：

$$Q_1^{i,swa}[t] = \min\{Q_1^{i,arr}[t] \times \gamma_{thru,1}^i[t], \mathcal{X}^i - X_1^{i,swa}[t]\} \times (1 - g^{i,thru}[t]) \quad (2-9)$$

抵達車隊尾端的機車，扣除能進入機車停等區的車輛後，將會與一般車輛共同停等於車道上。模式中假設機車會嘗試鑽行並且在車道寬度允許的狀況下，與一般車輛併排。模式將與一般車輛併排的機車行為，稱為「虛擬車道」。由於除機車外，一般車輛並不允許於同一車道上並排，故，除機車外車輛並無虛擬車道概念。本模式假設與一般車輛共同停等的機車，將會優先併入虛擬車道。

「虛擬車道」儲車空間的計算概念為某一車道上之次車道間停等車隊長度差值，意味著以最長的次車道停等車隊長度為基準，其他次車道停等車隊長度與其之差值，即為「虛擬車道」之儲車空間。機車將以車道中最短之次車道做為「虛擬車道」，並且併入其中。當「虛擬車道」之儲車空間占滿後，意味著所有次車道之停等車隊長度相同。此時，機車將沒有次車道偏好，而會分散於其所選擇車道上之所有次車道中。

「虛擬車道」之儲車空間，可透過下列數學式計算：

$$VL^{i,l}[t] = \max_{sb} \left(\sum_{v \in l'} \tau_v \cdot x_v^{i,l,sb}[t] \right) \times \eta^{i,l} - \sum_{sb} \sum_{v \in l'} \tau_v \cdot x_v^{i,l,sb}[t] \quad (2-10)$$

因此，與一般車種共同排隊的機車數量為

$$Q_1^{i,l,pot}[t] = \max\{Q_1^{i,l,arr}[t] + \tilde{X}_1^{i,l}[t] - \varphi^{i,l}[t], 0\} \quad (2-11)$$

而併入「虛擬車道」之機車數量可由下列方式計算

$$\varphi^{i,l}[t] = \min\left(Q_1^{i,l,arr}[t] + \tilde{X}_1^{i,l}[t], (\tau_1)^{-1} \times VL^{i,l}[t]\right) \quad (2-12)$$

併入停等車隊 – 一般車種部分模式

得以併入停等車隊的車輛數與 1) 該車道上的儲車空間限制（如左轉專用儲車灣）以及 2) 車道是否遭遇鄰近車道停等車隊阻擋相關。無法併入停等車隊之車輛將會成為溢流車隊並停等於該車道之外，這些溢流車隊以 $\tilde{X}_v^{i,l}[t]$ 表示。希望併入某一車道 l 的車流需求量，可由抵達車隊尾端的車輛以及該車道之溢流車隊所表示，其數學式如下：

$$Q_v^{i,l,pot}[t] = Q_v^{i,l,arr}[t] + \tilde{X}_v^{i,l}[t] \quad (2-13)$$

而剩餘儲車容量可由儲車灣長度扣除停等車隊長度計算而得。剩餘儲車灣容量假設會按照各車種抵達車輛數的比例進行分配，而這些分配之儲車空間則可透過車輛長度的方式轉換為可併入之車輛數。

$$Q_v^{i,l,max}[t] = \frac{Q_v^{i,l,pot}[t]}{\sum_{v \in V} Q_v^{i,l,pot}[t]} \times \frac{1}{\tau_v} (L^{i,l,max} - L^{i,l}[t]), \quad v \in V \quad (2-14)$$

除了儲車灣容量限制外，遭受鄰近車道溢流車隊阻擋也是影響併入停等車隊車輛數的重要原因。溢流車隊阻擋發生於 1) 當某一車道的車隊長度超過臨近車道的入口（如直進車道上停等車隊長度超過左轉專用道入口），以及 2) 當轉向灣上停等車隊長度超過其容量後，溢流車隊將會停在臨近車道上等待併入，並阻擋鄰近車道車流，如下圖 2.1-5 所示。

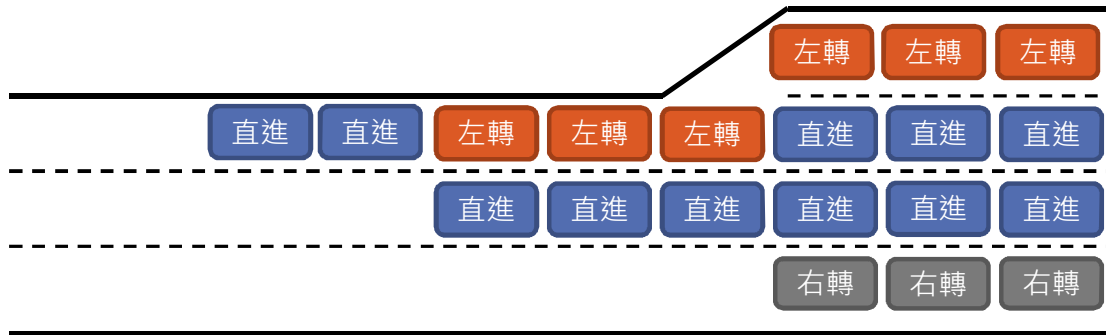


圖 2.1-5 溢流車隊停等示意圖

當轉向專用道停等車隊無法併入停車灣時，研究假設溢流車隊會停等於最臨近該停車灣的車道上等待併入。舉例而言，當左轉專用灣上停等車隊溢流發生時，溢流車隊會停在最內側的直進車道等待並入左轉專用灣。而當直進車道上停等車隊長度超過左轉專用灣入口時，左轉車輛將被阻擋於左轉灣外，並且停留在最內側直進車道上。車道是否被阻擋，可由下列數學式計算：

$$b^{i,l}[t] = \begin{cases} 1, & \text{if } L^{i,l'}[t] > L^{i,l,max} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-15)$$

為了決定車道是否被停等車隊阻擋，必須計算停等之實體長度。而此實體停等車隊長度與停等於某一車道上車隊以及停等於該車道上的鄰近車道溢流車隊相關。其計算方式如下方程式：

$$L^{i,l}[t] = \max_{sb \in SB^{i,l}} \left(\sum_v \tau_v \cdot x_v^{i,l, sb}[t] \right) + \sum_v (P_v)^{-1} \cdot \tau_v \cdot \tilde{X}_v^{i,l}[t] \quad (2-16)$$

當車流遭遇阻擋時，不同車種之阻擋情況並不相同。小型車會被停等於車道上之其他小型車輛或巴士阻擋，但機車遭遇小型車阻擋時，將能夠於同一車道上穿越。此模式假設機車車流被阻擋時所減少的通過率，與其行駛車道寬度被停等車隊佔用的寬度相關。舉例而言，當機車所併入之車道寬度為三個次車道寬，而有一台小汽車（兩個次車道寬）停等於其上時，機車的通過率會成為原本的三分之一。此外，當阻擋該車道的車隊長度小於一台車時，其阻擋機率與車輛數成等比。

因此，機車的阻擋率透過下列數學式表示：

$$\kappa_v^{i,l}[t] = \min \left\{ \left[\tilde{X}_v^{i,l}[t] + 0.5 \right], 1 \right\} \quad (2-17)$$

$$\omega_1^{i,l}[t] = \min \left\{ \left(\kappa_3^{i,l}[t] + \frac{W^{i,l} - WD_2}{W^{i,l}} \times \kappa_2^{i,l}[t] \right), 1 \right\} \quad (2-18)$$

而其他車種的阻擋率，由於其不得並行於同一車道上，因此阻擋率以下列數學式表示：

$$\omega_v^{i,l}[t] = \min \left\{ \left(\kappa_3^{i,l}[t] + \kappa_2^{i,l}[t] \right), 1 \right\} \quad (2-19)$$

想要併入某一車道上停等車隊之車輛數，不僅包含抵達車隊尾端的車輛數，亦包含想要併入該車道的溢流車隊。因此，於時間 t 時想要併入車道 l 的車輛數為：

$$Q_v^{i,l,pot}[t] = Q_v^{i,l,arr}[t] + \tilde{X}_v^{i,l}[t], \quad v \in (V \setminus scooter) \quad (2-20)$$

同時，根據停車空間的限制，可計算得到受儲車空間限制的併入車輛數為：

$$Q_v^{i,l,max}[t] = \frac{Q_v^{i,l,pot}[t]}{\sum_{v \in I'} Q_v^{i,l,pot}[t]} \times \frac{1}{\tau_v} (L^{i,l,max} - L^{i,l}[t]), \quad v \in V \quad (2-21)$$

在考量停等空間限制以及溢流車隊阻擋後，得以併入車道 l 上停等車隊之車輛數可表示為：

$$Q_v^{i,l}[t] = \min \left\{ Q_v^{i,l,pot}[t], Q_v^{i,l,max}[t] \right\} \times (1 - \omega_v^{i,l}[t] \times b^{i,l}[t]) \quad (2-22)$$

2.1.7 車隊疏解模式

混合車流疏解情況與單一車種車流不相同，其疏解狀況隨不同車種車流之混合情況而改變。個別車種有其專有之疏解率，而混合車流之疏解率則是由混合於車流中的車種組成計算而成。混合車流疏解率的計算是基於車流中各車種的個別疏解率以各車種車輛數為權種加權平均而得。

停等的車輛之間會維持最小安全間距，但當車輛移動時，此安全間距(包含橫向以及縱向)將會增加。因此，同一車道上能夠併行行駛的車輛數與併行停等的車輛數不同。

在同時考慮各車種疏解率、佔用道路空間以及疏解車隊中車輛數後，該混合車種平均疏解率的計算可由下列數學式計算而得：

$$S^{i,l}[t] = \left(\frac{\sum_{v \in V} X_v^{i,l}[t] \cdot (\tilde{P}_v^{i,l})^{-1} \cdot h_v \cdot O_v}{\sum_{v \in V} X_v^{i,l}[t] \cdot O_v} \right)^{-1} \quad (2-23)$$

個別車種疏解率的計算基於混合車流疏解率，以個別車種於疏解車流中數量分配而得：

$$S_v^{i,l}[t] = S^{i,l}[t] \times \frac{X_v^{i,l}[t]}{\sum_v X_v^{i,l}[t]} \quad (2-24)$$

兩段式左轉待轉區以及機車停等區疏解

兩段式左轉待轉區中停等的機車，會與該臨近路段之直進綠燈同時疏解。因此，路段 i 上的機車兩段式左轉待轉區停車隊疏解，可由下列數學式表示：

$$D_1^{i,lwa}[t] = \min \left\{ Q_1^{i,lwa}[t] + X_1^{i,lwa}[t], (\tilde{P}_1^{i,lwa}) \times (h_1)^{-1} \times g^{i,thru}[t] \right\} \quad (2-25)$$

機車停等區中的機車車隊，亦受直進綠燈控制。然而，其停等車隊疏解，需待機車左轉待轉區中車輛疏解後，才可進行。因此，此模式引入一二元變數，決定機車兩段式左轉待轉區是否處於空閒狀態：

$$E^{i,lwa}[t] = \begin{cases} 1, & \text{if } X_1^{i,lwa}[t] = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-26)$$

故，機車停等區的疏解車流同時考慮綠燈以及機車左轉待轉區停等車隊後，可得為：

$$D_1^{i,swa}[t] = \min \left\{ Q_1^{i,swa}[t] + X_1^{i,swa}[t], (\tilde{P}_1^{i,swa}) \times (h_1)^{-1} \times g^{i,thru}[t] \right\} \times E^{i,lwa}[t] \quad (2-27)$$

由於號誌顯示直進綠燈時，沒有機車能夠併入並停等於機車停等區上，因此疏解率的計算式中，並不包含併入停等車隊的機車。

車道上混合車流疏解

對於車道上的車輛(同時包含機車、小汽車以及巴士)疏解率可由 $S_v^{i,l}[t] \times g^{i,m}[t]$ 計算，而總需求可表示為 $Q_v^{i,l}[t] + X_v^{i,l}[t]$ 。因此，路段 i 於時間 t 時於車道 l 的疏解可用下列數學式表示：

$$D_v^{i,l}[t] = \min \{ Q_v^{i,l}[t] + X_v^{i,l}[t], S_v^{i,l}[t] \times g^{i,m}[t] \}, l \in LG_m, m = \{left, right\} \quad (2-28)$$

然而，由於機車停等區設置於直進車道末端，因此，上列數學式應用於有設置機車停等區的路口時，需改寫為下式：

$$D_v^{i,l}[t] = \min \{ Q_v^{i,l}[t] + X_v^{i,l}[t], S_v^{i,l}[t] \times g^{i,m}[t] \} \times E^{i,swa}[t], l \in LG_{thru} \quad (2-29)$$

其中

$$E^{i,swa}[t] = \begin{cases} 1, & \text{if } X_1^{i,swa}[t] = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-30)$$

這些疏解的車輛，會前往其相對應的下游路段。因此，由路段 i 前往方向 m 的下游路段 j 交通量，可由屬於轉向 m 的所有車道疏解量加總而成：

$$DL_v^{i,j}[t] = \sum_{l \in LG_m} D_v^{i,l}[t], j = \Gamma_m^{-1}(i) \quad (2-31)$$

上式應用於有設置機車停等區及機車左轉待轉區的路口時，直行方向機車疏解量應加入左轉待轉區及機車停等區的疏解量(式 2-25 與 2-27)，如下：

$$DL_1^{i,j}[t] = \sum_{l \in LG_{thru}} D_1^{i,l}[t] + D_1^{i,lwa}[t] + D_1^{i,swa}[t], j = \Gamma_{thru}^{-1}(i) \quad (2-32)$$

2.1.8 流量守恆

本小節當中將羅列上述各車流狀態間的流量守恆式。由於此模式巨觀車流模式引入次車道概念，因此流量守恆計算式需將車道流量轉為次車道流量以進行說明。

對於併入車道的機車而言，由於其能於同一車道上並排，故於巨觀模擬中，使其能分散於各個次車道上：

$$q_1^{i,l,sb}[t] = (P_1^{i,l})^{-1} \times Q_1^{i,l}[t], sb = 1, 2, \dots, W_1^{i,l} \quad (2-33)$$

對於其他車種而言，由於並不具備有於同一車道上並排的特性，因此，其併入車道的流量表

示為：

$$q_v^{i,l,sb}[t] = Q_v^{i,l}[t], \quad sb = 1, 2, \dots, W_v \quad (2-34)$$

以同樣觀念能將疏解車流量表達為：

$$d_v^{i,l,sb}[t] = D_v^{i,l}[t], \quad sb = 1, 2, \dots, W_v \quad (2-35)$$

$$d_1^{i,l,sb}[t] = (P_1^{i,l})^{-1} \times D_1^{i,l}[t], \quad sb = 1, 2, \dots, W_1^{i,l} \quad (2-36)$$

某一路段內的車輛數，可由路段上游流入與下游流出計算更新如下：

$$N_v^i[t+1] = N_v^i[t] + \sum_{j \in \Gamma(i)} DL_v^{i,j} - \sum_{j \in \Gamma^{-1}(i)} DL_v^{i,j} \quad (2-37)$$

次車道上的車隊長度，同樣可由其流進與流出計算。機車併入某一次車道的車流，包含有併入虛擬車道車流(併入已經停等之其他車種旁)和與其他車種同時抵達併入停等車隊車流：

$$x_1^{i,l,sb}[t+1] = x_1^{i,l,sb}[t] + q_{1,VL}^{i,l,sb}[t] + q_1^{i,l,sb}[t] - d_1^{i,l,sb}[t] \quad (2-38)$$

除機車外，其他車種可表達為

$$x_v^{i,l,sb}[t+1] = x_v^{i,l,sb}[t] + q_v^{i,l,sb}[t] - d_v^{i,l,sb}[t] \quad (2-39)$$

對於機車停等區中的機車，則可由下列數學式計算

$$X_1^{i,swa}[t+1] = X_1^{i,swa}[t] + Q_1^{i,swa}[t] - D_1^{i,swa}[t] \quad (2-40)$$

故，於車道上總停等車輛數可由該車隊所包含之次車道中停等車輛計算而得：

$$X_v^{i,l}[t] = x_v^{i,l,sb}[t], \quad v \in V \setminus scooter \quad (2-41)$$

$$X_1^{i,l}[t] = \sum_{sb \in SB_1^{i,l}} x_1^{i,l,sb}[t] \quad (2-42)$$

最後，溢流車隊長度可由下列數學式更新

$$\tilde{X}_v^{i,l}[t+1] = Q_v^{i,l,pot}[t] - Q_v^{i,l}[t] \quad (2-43)$$

2.1.9 號誌最佳化模式

幹道的號誌最佳化模式可以藉由 2.1.2-2.1.8 小節中所描述的巨觀混合車流方程建立。這個號誌最佳化模式將在給定時相設計與順序的狀況下，求解每個路口的最佳週期、時比以及續進秒差。

此模式的主要目標是使所有在控制範圍中的車輛的總延滯最小，本研究假設各路段、各車種的總延滯具有相同的權重。而此控制目標可藉由下式描述：

$$\text{Min} \sum_t \sum_i \sum_v \sum_l (X_v^{i,l}[t] + \tilde{X}_v^{i,l}[t]) \Delta t \quad (2-44)$$

此模式的控制變量包含有號誌週期、時比以及各路口秒差。為了實務可行性，亦加入了對於控制變量的限制式。包含有最大/最小週期、各路口 n 上時相 p 的最短綠燈時間，以及時相轉換時間等，分述如下：

$$C \geq C_{min}, \quad C \leq C_{max} \quad (2-45)$$

$$G^{n,p} \geq G_{MIN}^{n,p}, \quad G^{n,p} < C \quad (2-46)$$

$$\sum_p G^{n,p} + I^{n,p} = C \quad (2-47)$$

數學式 (2-45) 限制最大/最小週期長度、數學式 (2-46) 限制所求得各時相長度需大於所給定之最小綠燈時間長度，並小於週期長度、數學式 (2-47) 限制各時相長度與時相轉換時間的總和需等於週期長度。

此號誌控制最佳化模式之輸入變數包含週期、時相長度以及路口秒差等，透過路段轉向綠燈與否和前述混合車流模擬進行結合。其輸入方式為：

$$g^{n,p}[t] = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{j=1}^{p-1} (G^{n,j} + I^{n,j}) < \text{mod}(t + \Delta^n, C) \leq \sum_{j=1}^{p-1} (G^{n,j} + I^{n,j}) + G^{n,p} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-48)$$

和

$$g^{i,m}[t] = g^{n,p}[t] \times PM^{n,i} \quad (2-49)$$

式(2-48)計算時間 t 時，各路口 n 是否屬於時相 p 。而數學式 (2-49) 則是將路口 n 之時相 p 時間轉換為路段 i 之轉向 m 於時間 t 是否可通行。前期調整模式使其適用於半週期的路口。令 C_n 為路口 n 的週期長度， N_C 與 $N_{C/2}$ 分別表示使用全週期與半週期的路口集合。則原(2-45)至(2-48)式調整如下：

$$C_{min} \leq C_n \leq C_{max} \quad (2-45')$$

$$G_{MIN}^{n,p} < G^{n,p} < C_n \quad (2-46')$$

$$\sum_p G^{n,p} + I^{n,p} = C_n \quad (2-47')$$

$$g^{n,p}[t] = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{j=1}^{p-1} (G^{n,j} + I^{n,j}) < \text{mod}(t + \Delta^n, C_n) \leq \sum_{j=1}^{p-1} (G^{n,j} + I^{n,j}) + G^{n,p} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-48')$$

$$C_n = \begin{cases} C/2, & n \in N_{C/2} \\ C, & n \in N_C \end{cases} \quad (2-50)$$

前期亦針對「雙週期不同時比」之狀況調整模式。藉由引入新變數 $G_1^{n,p}$ 與 $G_2^{n,p}$ ，分別表示路口 n 前半週期與後半週期，時相 p 的長度； $I_1^{n,p}$ 及 $I_2^{n,p}$ 則表示前半週期與後半週期的時相轉換時間。則式(2-46')至(2-48')可以修正如下：

$$G_{MIN}^{n,p} < G_1^{n,p}, G_2^{n,p} < C_n \quad (2-46'')$$

$$\sum_p G^{n,p} + I^{n,p} = C_n, \forall n \in N_C \quad (2-47'')$$

$$\sum_p G_q^{n,p} + I_q^{n,p} = C_n, \forall n \in N_{C/2}, q \in \{1, 2\}$$

$$g^{n,p}[t] = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{j=1}^{p-1} (G^{n,j} + I^{n,j}) < \text{mod}(t + \Delta^n, C_n) \leq \sum_{j=1}^{p-1} (G^{n,j} + I^{n,j}) + G^{n,p}, \forall n \in N_C \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$g^{n,p}[t] = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{j=1}^{p-1} (G_1^{n,j} + I_1^{n,j}) < \text{mod}(t + \Delta^n, C_n) \leq \sum_{j=1}^{p-1} (G_1^{n,j} + I_1^{n,j}) + G_1^{n,p} \\ & \text{or } \sum_{j=1}^{p-1} (G_2^{n,j} + I_2^{n,j}) < \text{mod}(t + \Delta^n, C_n) \leq \sum_{j=1}^{p-1} (G_2^{n,j} + I_2^{n,j}) + G_2^{n,p}, \forall n \in N_{C/2} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-48'')$$

因此，此號誌控制最佳化模式，可總結為：

$$\min \sum_t \sum_i \sum_v \sum_l (X_v^{i,l}[t] + \tilde{X}_v^{i,l}[t])$$

s.t.

$$\text{Equations (2-1) - (2-43) and (2-45) - (2-49)}$$

2.2 混合車流號誌控制模式評估

此混合車流號誌控制最佳化模式延伸自前期所建立之模式架構，係結合以巨觀車流模式 (macroscopic traffic flow) 與車道群組 (lane-group) 觀念，以一啟發式解法進行求解。前期研究已擴充原混合車流模式部分功能，如「共用車道」、「禁行機車」、「半週期/雙週期不同時比」等。

前期針對混合車流號誌控制模式提出兩種方式求解：粒子群演算法 (Particle Swarm Optimization) 以及改良之啟發式演算法。粒子群演算法雖可提供可行解，但要取得良好之求解結果需要較大量的演算次數，進而使演算時間增長。同時並無法保證所求得解之品質，在某些狀況下，可能會收斂至較不穩定的週期與時比。啟發式解法速度較基因演算法快、且其求解品質較穩定。在求解初始解的部分，改用傳統的 CLV (Critical Lane Volume) 算法，使其在因路口過飽和出現殘餘車隊 (residual queue) 時仍能正常輸出結果，並減少運算時間。然而本啟發式算法在作區域搜尋法時較耗費計算時間，本期研究擬將針對此部分進行討論與強化。

前期之號誌最佳化模式構建於巨觀車流模擬觀念上，因此有許多巨觀車流參數與變量在使用時需要進行蒐集與分析。這些參數可以歸納為交通需求參數、路網幾何參數以及動態車流參數，茲分別討論於下：

1. 交通需求變數

交通需求變數包含有目標路網之邊界上交通需求，包含大型車、小型車以及機車之交通需求，並且包括各路口之轉向需求。這些變數是模式最主要之輸入變量，需於使用此模式時，經由路口調查或者是車輛偵測器資訊取得。

2. 路網幾何參數

路網幾何參數用以描述目標路網的幾何特性，包括有路口數、路段長度、車道群組、車道數、車道轉向設定、機車停等區儲車空間大小、路段上下游關係等，各種幾何參數。這些參數將會影響路段績效指標，例如單一路口上多個直進車道可於同一時間內紓解較單一直進車道更多的車輛數。這些參數可以很簡單的由路口調查取得，且準確度極高。

3. 動態車流參數

動態車流模式藉由車流參數決定路網上之動態行為，包含有汽機車紓解率、車流推進程序之自由車流速率等。汽機車紓解率參數將會影響綠燈時間所能通過之車輛數，進而影響在同樣需求下所需要之綠燈時間。車流推進程序之自由車流速率，將會影響車輛行駛於道路上所需之時間，進而影響號誌時制之秒差。汽機車紓解率的調查可透過路口觀察記錄，取得該路口之最大通過量，以作為紓解率；自由車流速率亦可於路段上實際觀察而得。

2.3 前期軟體介面概述

2.3.1 系統架構

軟體程式區分為核心程式及軟體操作介面程式二部分。使用者透過軟體操作介面進行各項交通環境條件、參數之設定，軟體操作介面程式會將其轉換為模式可運算之格式輸入檔，並在驅動

核心模式運作執行後，由核心程式自動讀取設定輸入檔，並開始進行最佳化求解演算，在產出最佳化輸出檔後，軟體操作介面程式再自動讀取核心程式所產出之最佳化輸出檔，並將分析結果與績效等呈現於操作圖面上。系統架構概念流程如圖 2.3-1 所示。

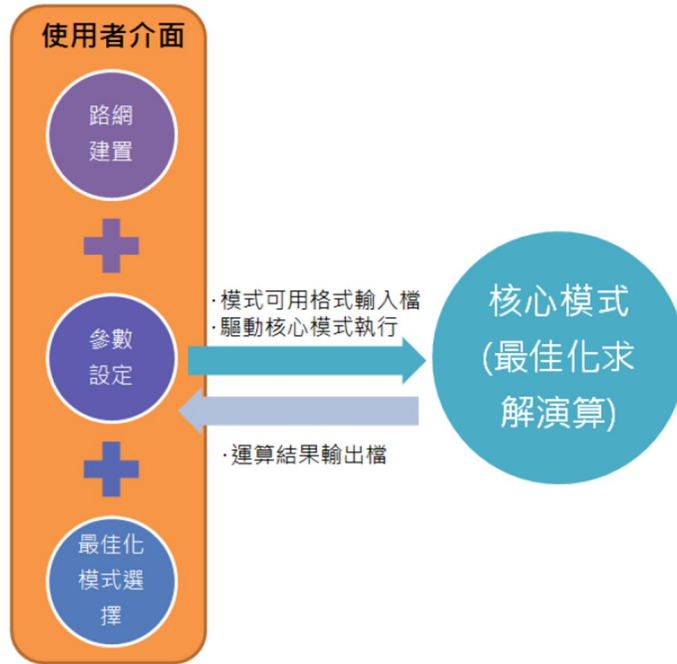


圖 2.3-1 號誌最佳化軟體功能層次結構

2.3.2 軟體輸入及輸出介面功能

前期將軟體程式問題部分進行修正調整外，亦針對軟體存/讀檔、匯入底圖、時空圖、半週期與全週期模式、旅行時間/總通過量指標等功能進行開發。軟體介面開發成果彙整說明如下。

1. 「禁行機車」設定功能，如圖 2.3-2

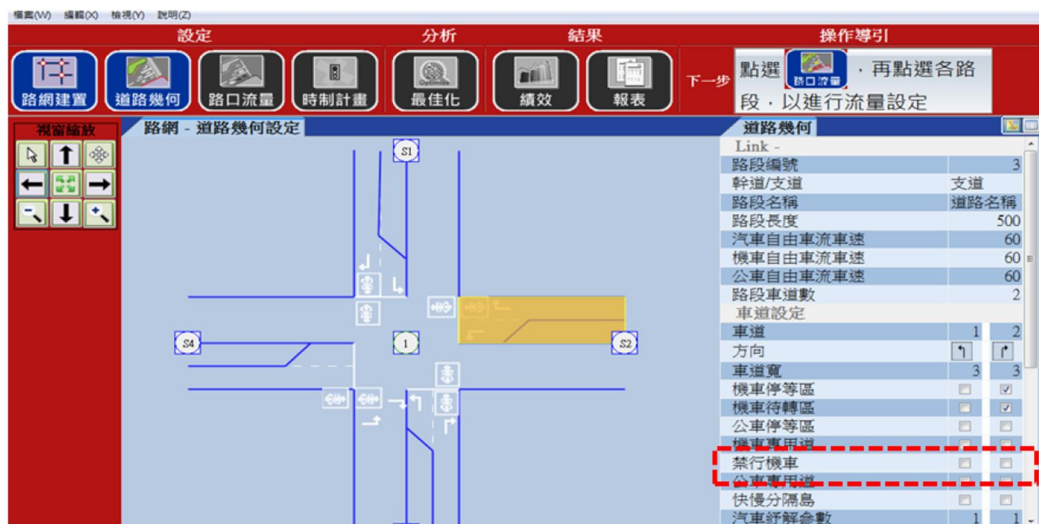


圖 2.3-2 「禁行機車」設定功能

2. 「全週期與半週期」設定功能，如圖 2.3-3



圖 2.3-3 「全週期與半週期」設定功能

3. 「存/讀檔功能」功能，如圖 2.3-4

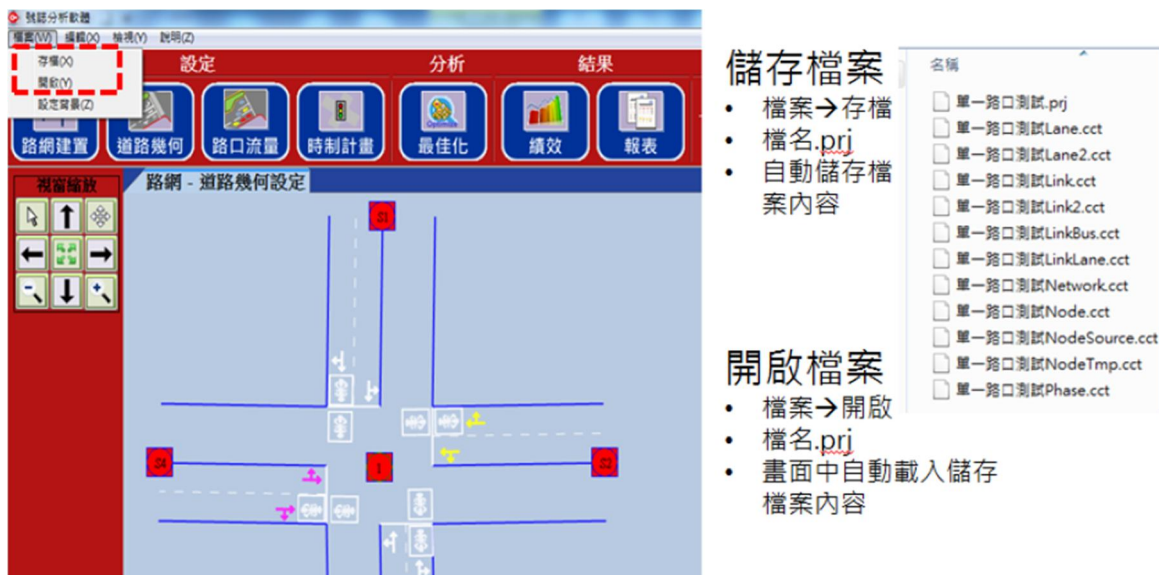


圖 2.3-4 「存/讀檔功能」功能

4. 「回復上一步」操作功能，如圖 2.3-6

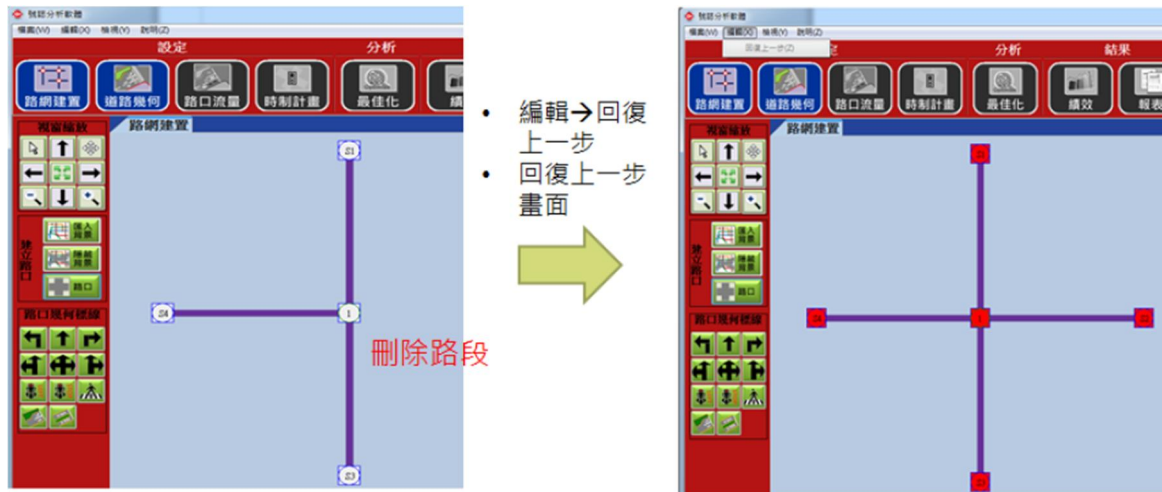
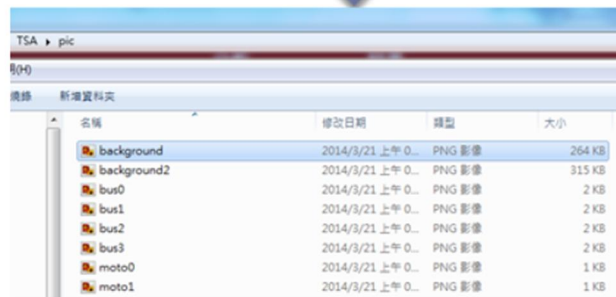
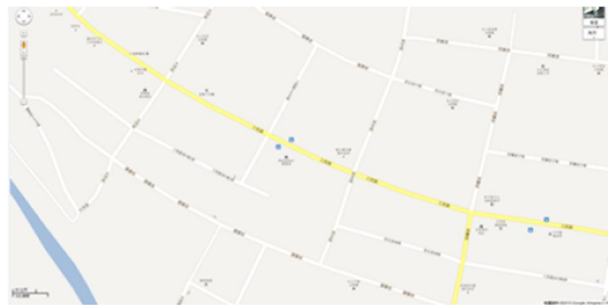


圖 2.3-5 「回復上一步」操作功能

5. 「匯入底圖」操作功能，如圖 2.3-6

- 步驟1：擷取所需繪製之路口畫面大小
- 步驟2：圖檔儲存成.png影像檔，並命名為「background」



- 步驟3：將檔案存放於TSA/pic內
- 步驟4：開啟號誌最佳化軟體，點選「匯入背景」，程式於顯示區自動載入該圖檔

- 步驟5：可直接於顯示區域上建置路網

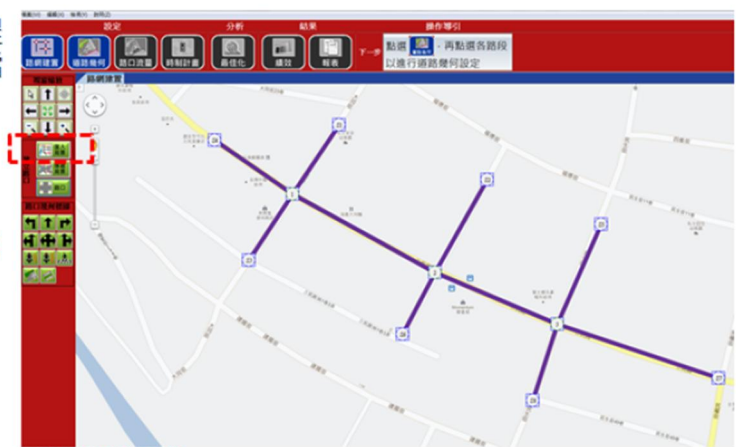


圖 2.3-6 「匯入底圖」操作功能

6. 「時空圖與綠寬帶分析」功能，如圖 2.3-7

- 步驟1：執行最佳化分析後，點選「績效」

- 步驟2：再點選時空圖顯示，於顯示區自動載入

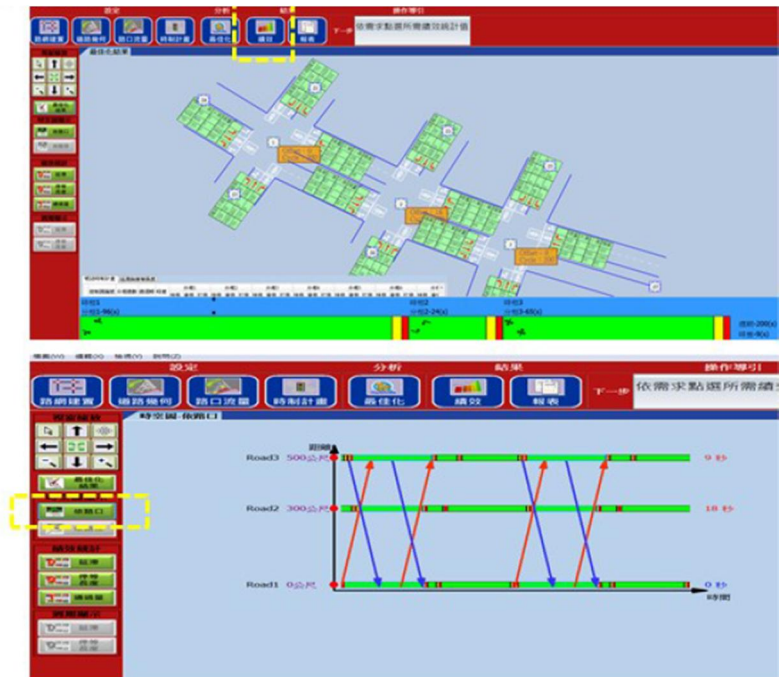


圖 2.3-7 「時空圖與綠寬帶分析」功能

7. 「績效-Throughput 顯示」與「績效-Travel time 顯示」功能，如圖 2.3-8



圖 2.3-8 「績效-Throughput 顯示」與「績效-Travel time 顯示」功能

2.4 需求訪談摘錄與軟體功能開發規劃

前期參與軟體需求訪查之單位包括：基隆市政府(交通旅遊處交通工程科)、台北市政府(交通管制工程處)、新北市政府(交通處交通管制工程科)、桃園縣政府(交通局交通工程科)等單位之實際操作人員(邀請委外顧問公司人員共同參與討論)。需求訪談內容主要包含四個議題，結果分別摘錄如下：

1. 對於相關號誌最佳化軟體之使用經驗與了解程度

(1)使用過的相關號誌最佳化軟體及使用時間長度

在各訪談單位中，以使用過 SYNCHRO 的經驗最為豐富，包括台北市、基隆市、桃園縣等縣市政府，其使用時間大致都超過 5 年以上，另其亦有使用過 THCS，使用時間大致 2-5 年，僅新北市受訪者以使用過 Transty-7F 為主，使用時間約為 2-3 年。

(2)在軟體使用經驗上，初學者上手程度評分(1-5 分)

在 SYNCHRO 軟體使用上，受訪者均表示其操作介面相對簡便，容易上手，給予 3-4 分；而 THCS 軟體部分，因不是圖形化視窗，且需搭配手冊才知道如何進行設定，需花費較多時間，給予 2 分；另 Transty-7F 操作畫面亦不很直覺，需花多一點時間學習，但其模式計算出之結果較符合實際結果，故給予 2 分。

(3)各軟體符合實際需求的項目內容

以 SYNCHRO 軟體而言：

- A.操作介面友善，包括圖形化介面(匯入底圖功能)、分頁管理與顯示方式(參數設定)等，視覺上很直覺，操作很簡便。
- B.提供 Simtraffic 模擬功能，可透過模擬結果的呈現，初步檢視分析環境參數設定之正確性，並進一步有利於針對分析環境之參數進行校估。
- C.可輸出多元績效指標，至少包括路口整體平均延滯及服務水準、路網延滯等，其它績效尚有節能減碳績效、等候長度等，符合實務上計畫之方案比較需求。
- D.模式部分，提供週期、時比、時差等最佳化分析，另有提供不同週期結果供使用者選擇，方法多元，符合求解需求。
- E.其它
 - (a)利用車道群概念進行時相組合，符合台灣複雜時相需求，不易產生設定上的侷限。
 - (b)可調整的參數很多，有利於進行路網的校估。
 - (c)具有時空圖功能，以利調整綠燈續進帶寬。

以 Transty-7F 軟體而言，其模式計算出之結果，相較 SYNCHRO，較符合實際結果。

(4)各軟體不符合實際需求或需改進的項目內容

以 SYNCHRO 軟體而言：

- A.模式運算沒有考慮機車流量功能，無法反應國內特殊混合車流狀況，機車流量需經過處理與轉換後，才能使分析環境與現況環境數據相近。
- B.模式中車流透過轉向因子調整方式運算，左轉車流極易受限於對向直行車流影響，較無法反應現實機會左轉行為，常出現左轉延滯狀況易與現況情形不符問題。

- C.各項參數與資料皆以表格方式輸入，不易與路口方向對應，很容易造成輸入數據誤植。
- D.較複雜之道路幾何設計，如快慢車道分隔，無法構建。
- E.其它

(a)沒有針對公車停靠站影響之分析

(b)僅有針對行人衝突量之參數設定，沒有更深入之分析結果。

以 Transty-7F 軟體而言：

- A.對於 4 叉路以上路口，需透過想像路口方式，針對多出的叉路以填表格方式進行各項參數設定。
- B.模擬驗證需要較複雜程序。
- C.應可增加圖形化 UI。
- D.應可增加機車分析功能。

2. 對於前期號誌最佳化軟體之使用經驗

(1)對於前期號誌最佳化軟體使用目的

在各訪談單位中，台北市、基隆市、桃園縣等縣市政府使用前期號誌最佳化軟體之目的，主要均為時制重整計畫所需，包括進行單一路口及幹道最佳化分析。而新北市以測試為主。

(2)依實務需求，前期號誌最佳化軟體最需改善的項目 (數字表示有提出相同內容的單位數)

A.最佳化之績效分析結果呈現方式過於零散，不易與現況績效值或其它方案做比較，在目前時制計畫重整案中，該軟體目前產出之績效值用不上，建議以路口每方向(或 Approach)、單一路口、幹道或整體路網之績效統計結果，或提供其它較易於判斷服務水準及有利於進行現況調查資料校估的績效值。(3)

B.軟體穩定性及效率不足，常跑一跑就當機或分析很久，應加強測試及確認原因。(3)

C.目前無法明確了解各參數的意義，其設定如何影響分析結果。(2)

D.無存檔、匯入底圖等功能，在測試上及路網建置上較不方便。(1)

E.參數設定上的問題，建議應改善

(a)可調整之參數太少，不利分析環境的校估。(1)

(b)參數設定錯誤或不完整，系統不會主動提醒。(1)

(c)T 型路口，如為單行道，無法設定左右轉共用車道。(1)

(d)流量設定參數不要有預設值，以免輸入時疏忽造成分析錯誤。(1)

(e)部分路口有行人穿越考量，應提供最低時比限制。(1)

F.分析結果上的問題，建議確認原因並改善

(a)分析出之最佳化綠燈秒數與時差，有時會出現負值或很大數值。(1)

(b)分析出之最佳化結果中，其各時相之時比秒數相加後與總週期不相等。(1)

(c)T 型路口刪除其中一方向後，無法進行分析。(1)

(d)時相或路型較複雜之設定(圓環、共用車道)，常造成軟體錯誤無法執行。(1)

3. 依實務上需求，認為現階段本研究號誌最佳化軟體最需新增的功能(數字表示有提出相同內容的單位數)

(1)增加檔案儲存。(4)

(2)增加底圖匯入等功能。(3)

- (3)加強績效的產出，或提供其它易於判斷服務水準及有利於進行現況調查資料校估的績效值，並以路口每方向(或 Approach)、單一路口、幹道或整體路網之績效統計結果呈現。(3)
 - (4)針對參數設定部分，增加指引或說明(或用顏色顯示那些一定要設定)。(3)
 - (5)提供幹道續進寬帶分析結果(時空圖)。(2)
 - (6)增加行人參數考量(或可進行最低時比限制)。(2)
 - (7)增加汽車專用道、機車專用道、機車優先道之分析。(2)
 - (8)增加車流模擬觀察介面。(2)
 - (9)增加異常訊息與原因之對照表。(1)
 - (10)開發路網分析模式。(1)
4. 依實務上需求，認為未來本研究號誌最佳化軟體最需新增的功能(數字表示有提出相同內容的單位數)
- (1)增加車流模擬觀察介面。(2)
 - (2)增加汽車專用道、機車專用道、機車優先道之分析。(1)
 - (3)增加公車專用道之分析(1)
 - (4)可依使用者不同設計目標，提供不同績效指標選擇(例如處理過飽和交通狀況，設計目標應為總通過量最大，而非延滯最小)。(1)
 - (5)依據使用者需求，提供不同運算模式選擇。(1)
 - (6)針對參數設定部分，提供指引或說明，並加強教育訓練及相關學習方式。(1)
 - (7)增加更多績效指標，例如停等長度、旅行時間等。(1)
 - (8)增加底圖匯入等功能。(1)
 - (9)增加複雜路口設定考量，例如圓環、連鎖路口等。(1)

由前述針對各單位之需求訪談結果，可了解各使用者對於目前號誌最佳化軟體在實際操作之改善意見與對未來軟體發展的期許。綜整需求訪談結果看來，各單位及使用者目前對於號誌最佳化軟體開發與設計方向係持正面看法，多數認為各操作介面以圖形化方式表現很直覺，可降低初學門檻，模式上考量汽機車混流行為，符合國內車流特性。然而以實際使用上而言，現階段之軟體開發狀態仍還有許多需改善與加強之處，最主要意見包括：

1. 對於使用上，最重要的是分析結果能產出，因此，應強化軟體與模式分析結果產出之效率性、穩定性及準確性(包括現有各項設定錯誤的檢測)，並盡可能提供較多可調整之參數，以利實務上進行分析環境的調校。
2. 在最佳化分析結果實際執行前，需透過績效指標比較過程以進行方案的評估，及了解是否達到改善目標，因此，績效指標除了多樣性外，應加強著重績效指標呈現的實用性，例如以提供較綜合性的方式呈現，才能便利於進行方案比較。
3. 可強化軟體的操作指引、說明、錯誤訊息資訊或查詢等功能，讓使用者於操作過程中遇到問題時，可自行進行初步排除。
4. 軟體部分基本功能應建立，包括檔案儲存/開啟、底圖匯入、時空圖等。
5. 增進複雜路型或時相的分析，包括行人時相、汽車專用道、機車專用道、機車優先道、連鎖路口、公車專用道、圓環、路網等。

依需求訪查結果及投標需求文件，團隊將軟體各項功能開發時程表整理如表 2.4-1。

表 2.4-1 號誌最佳化軟體各項功能開發期程規劃

功能分類		4-1	4-2(本期)	4-3	4-4	未來
號控 模式	車流	共用車道	公車專用道	單行道	多叉路口	T型路口
		禁行機車	機車專用/優先道 快慢分隔島	機車直接左轉		
	號誌	全週期與半周期	-	行人時相	數個緊鄰路口	路網分析工具
		雙週期不同時比			號誌連鎖(共用號誌)	
求解 演算法	CLV產生起始解	演算法調校	依複雜度調 整演算法效果	演算法調校	-	
	PSO演算法	處理過飽和	演算法調校			
介面 功能	存/讀檔	參數意義及 介面查詢	HCM號誌路口 容量分析	時相設計輔助工具	-	
	回復上一步	參數設定錯誤提醒				
	匯入底圖	本土化報表 顯示與輸出				
	時空圖與 綠寬帶分析	CLV介面與模式				
績效 指標	旅行時間	停等車輛數	能耗、空汙等	未服務車輛數	-	
		停等次數				
	總通過量	停等延滯		服務水準		
		路口/幹道總延滯				

2.5 小結

前期以「交通技術研發與人才培育規劃研究(4/4)」所提出之汽機車混合車流號誌控制最佳化模式為基礎，擴充模式功能，使其能適用於共用車道或禁行機車的狀況，並讓使用者選擇路口是否要應用半週期/雙週期不同時比的設置。然而，模式對於複雜路型或時相的分析，包括行人時相、汽車專用道、機車專用道、機車優先道、連鎖路口、公車專用道等尚不支援，在實務使用上仍有許多限制。團隊在前期亦強化求解演算法功能，使其能適用於持續出現殘餘車隊的狀況，唯其穩定性及效率仍待強化。而在使用者介面的部分，前期除了配合模式新增功能介面外，亦新增存/讀檔、回覆上一步、匯入底圖、綠燈寬帶等介面，方便使用者操作與應用。

本期計畫之研究重點將著重在(1)強化前期號誌最佳化之巨觀車流模式，(2)強化求解演算法，以及(3)強化使用者介面。所研擬之相關研究工作係依據公告的需求規格，並配合前期需求訪談之結果綜整而成。規劃之軟體功能開發期程如表 2.4-1 所示，目前期中完成項目將詳細於後續章節。

第三章 文獻回顧

本計畫目標在強化前期之混合車流定時號誌最佳化模式之功能。因此文獻回顧內容以定時號誌控制模式為主，僅簡要說明非定時號控系統改念，另補充文獻中用於號誌控制之車流模式等。其目的在於了解過去至現在號誌控制的發展過程以及當今之現況。

號誌化路口可根據其交通特性以及欲分析之範圍而分類成獨立路口、幹道系統以及路網系統。其中所謂的獨立路口係指該路口上下游鄰近路段的車流型態皆不受任何影響，並呈現隨機抵達情況，據 HCM(2000) 定義為與鄰近路口距離超過 1 英里(1.6 公里)以上即可當作獨立路口進行分析；而幹道系統的分析則是由於車流抵達路口的型態會受到鄰近路口的號誌時制影響，因此需同時將數個路口之號誌時制編列成同一群組做設計；路網系統也與幹道系統類似，但須牽涉到的號誌路口同時包含到兩條或兩條以上幹道進行設計規劃。本節將主要回顧定時號誌設計之概念和方法，而路網系統號誌部分並不是本研究之範圍，故在此研究中並不討論。以下章節將分為號誌時制最佳化模式、混合車流相關模式以及本期將新增之公車專用道與機車專用道等方面進行說明。

3.1 號誌時制最佳化模式

號誌最佳化模式一般可分為定時時制與非定時時制二部份。定時時制設計為利用路口鄰近路段上歷史車流流量資料作分析，推算出一套時制放置在該路口號誌控制器，藉以完成某時段上該路口之號誌設計。一般而言，會將一天分為數個時段，各時段皆將時制以預設的方式設置，此方式適用於路口車流型態相當穩定，且在一般情況下車流型態並不會有太大的變動差異之狀況。

3.1.1 獨立路口

傳統在分析獨立路口車流流量資料時，會先將鄰近路段流量推算出最大總臨界路段流量 (Critical Lane Volumes)，也就是依照路段上各轉向交通量、轉向車道數量以及車道飽和流率推算出該鄰近路口疏解車隊所需時間。若以路徑的觀點來看，獨立路口中各路段的各個轉向交通量皆可看待為單一獨立的路徑。因此在獨立路口之號誌時制設計的文獻中有許多概念可做為設計路徑模式的參考。以下會討論過去在獨立路口設計中較重要的文獻回顧。

早期 Webster(1958) 在假設車輛到達型態呈 Poisson 分配的條件下推導平均車輛於號誌化路口的延滯公式，將其轉換為車輛總延滯公式後，對週期長度微分可得到最小延滯週期長度的計算公式如下：

$$C = \frac{1.5L + 5}{1 - (y_1 + y_2 + \dots + y_n)} \quad (3-1)$$

上式中，各變數定義為

- C : 最小延滯之週期長度(秒)
- y_i : 時相*i*之臨界流量與飽和流量之比值； $i=1, 2, \dots, n$
- n : 總時相數

L : 週期總損失時間(秒)

接著再以所求得之週期長度減去損失時間，再將剩餘的有效綠燈時間依照流量與總流量之比值分配至各時相中，公式如下

$$g_i = \frac{y_i}{\sum_{j=1}^n y_j} (C - L) \quad (3-2)$$

上式中，各變數定義為

g_i : 時相 i 的綠燈秒數(秒)； $i=1,2,\dots,n$

HCM(2010)根據臨界流量和容量之比值，提出一種計算週期長度和有效綠燈時間的方法，騎著重的觀點及整個交叉路口和每個車道群之飽和度(Degree of Saturation)不能超過一限制值，公式如下：

$$C = \frac{LX_c}{X_c - \sum_{i \in c_i} y_{c,i}} \quad (3-3)$$

$$g_i = \frac{v_i C}{N_i s_i X_i} = \left[\frac{v}{N} \right]_i \left[\frac{C}{X_i} \right] \quad (3-4)$$

- C : 週期長度
- L : 週期總損失時間(秒)
- X_c : 臨界路口流量和容量之比值
- N : 總時相數
- $y_{c,i}$: 車道群 i 之流量率
- c_i : 臨界車道群
- X_i : 車道群 i 流量和容量之比值
- g_i : 車道群 i 的有效綠燈時間(s)
- v_i : 車道群 i 的需求流量(veh/h)
- N_i : 車道群 i 的車道數
- s_i : i 路段之飽和流率(veh/h/ln)

DingXin Cheng(2003)中提到 Webster 估算之最佳號誌周期長度較適用於服務水準為 C 或更好的情況，一旦服務水準為 D 以下時，其最佳週期長度將會高估，而當流量和損失時間越多，其誤差越多。因而該研究使用 HCS 軟體模擬及迴歸模型提出以下三個新的最佳周期估算公式：

1. 重新校估 Webster 公式

為了改善 Webster 週期長度計算公式，DingXin Cheng(2003)透過使用 SPSS 軟體重新校估 Webster 公式，得到下式：

$$C = \frac{1.0L + 7.6}{1 - Y} \quad (3-5)$$

上式中，各變數定義為：

- C : 期望週期長度
- L : 週期總損失時間(秒)
- Y : 各時相臨界流量總和與飽和流量之比值

2. Webster 修正公式

有鑑於原 Webster 在 $1/(1-Y)$ 越高或服務水準為 D 及更差的情形時，估算之最佳週期會高估，因而將線性迴歸方程式給予修正以適用所有不同的損失時間。各變數定義同上式所述。

$$C = \frac{0.6L + 2.9}{1 - Y} + 40 \quad (3-6)$$

3. 指數型態的週期長度模式

上述兩個模式在兩點間的連結皆不具平滑轉換，為克服此缺點，提出非線性迴歸的指數模式。

$$C = 1.5Le^{1.8Y} \quad (3-7)$$

原 Webster 公式在低車流量、服務水準為 C 或更佳的情況下，依然可估算出最佳的周期長度。在高流量的情況下，DingXin Cheng(2003)提出之重新校估的 Webster 公式與指數型態的週期長度模式皆優於原 Webster 公式，且指數型態的週期長度模式可同時適用於高流量和低流量的情況。三者之中，Webster 修正公式的解釋能力是最好的。

美國聯邦公路總局 FHWA(2005)提出一套獨立號誌路口計算流程，以總需求(TD)以及比例需求(CD)指標，決定一天所需要的時制計畫數量。FHWA 的號誌週期長度是將計算出來的最小綠燈時間乘上各時相之臨界車道的流量比值，再將各方向的綠燈時間加總起來，即可得號誌週期總綠燈時間，式子如下：

$$TD = \max(N, S) + \max(E, W) \quad (3-8)$$

上式中，各變數定義為

TD : 為交叉路口臨界路段總需求量

E, W, N, S 分別為路口上東、西、北、南各方向之總需求量

將 TD 求算出後再依下述式子求得交叉路口需求比例 CD，當 TD 的值比較小時則考慮使用較短的週期長度，而需求比例 CD 則為代表哪一方向有較高的交通需求，並需要較高的時間比例。

$$CD = \frac{\max(N, S)}{TD} \text{ or } \frac{\max(E, W)}{TD} \quad (3-9)$$

上式中，各變數定義為：

CD : 交叉路口比例需求量

FHWA 的號誌週期是先計算最小綠燈時間乘以各時相臨界車道的流量比值，將各方向調整後之綠燈時間加總起來，便得一個週期應有的綠燈時間。而最小綠燈時間則是以行人通行綠燈時間為主，以行人能夠安全通過為目標，其公式為：

$$GP_i = 7 + \frac{W}{4} - Y \quad (3-10)$$

上式中，各變數定義為：

GP_i : 第 i 時相之最小綠燈時間(秒)

W : 交叉路口寬度(英尺)

Y : 黃燈時間(秒)

n : 總時相數

i : 時相順序， $i=1\sim n$

亦有變換時段的建議公式：

$$CP = t + \frac{V}{2a + 64.4g} + \frac{W + L}{V} \quad (3-11)$$

上式中，各變數定義為：

CP : 黃燈加全紅時間(秒)

t : 反應時間，通常假設為 1 秒

V : 臨進路段之速率(英尺/秒)

a : 減速率($\frac{ft}{s^2}$)，通常採 $10 \frac{ft}{s^2}$

g : 坡度(%), 上坡為正，下坡為負

W : 交叉路口寬度(英尺)

L : 車身長(英尺)，通常設為 20 英尺

Michalopoulos(1977)提出物理學中 Hamiltonian Theory 以積分的定義解釋車流狀態，在已知系統中兩點的狀態(最初和最末)，經過求解系統(Hamiltonian 正則公式)可得知兩點之間其他點之狀態。Michalopoulos 以巨觀的方式將號誌路口建置成一套 Hamiltonian 系統進行求解，再以 Pontryagin's Maximum Principle 解釋其解情況作為綠燈秒數設置依據。

其模式以最小化路口延滯為目標式，以車隊長度和車流量之進出路段為限制式，特別針對過飽和交通狀況做最佳化號誌求解，整套號誌路口系統如下所示。假設該路口中有兩股鄰近路段之車流 (Approach)其目標式為 $\text{Min}(D_1 + D_2)$ ：

$$\begin{aligned} \text{Min}(D_1 + D_2) &= \int_0^T (x_1 + x_2)(t)dt \Rightarrow \text{Max } F = -x_0(T) \\ D_1 &= \int_0^T [Q_1(t) - G_1(t)] dt = \int_0^T x_1(t)dt, \\ D_2 &= \int_0^T x_2(t)dt \end{aligned} \tag{3-12}$$

上式中，各變數定義為

- $Q_i(t)$: 累積進入路段*i*之車流函式
 $G_i(t)$: 累積離開路段*i*之車流函式
 $x_i(t)$: 佇列在路段*i*上之停等車隊長度

當路口交通量不穩定，且會呈現短時間的巨幅震盪，將導致定時時制號誌單一或一連串週期失敗。針對此類路口，為了使號誌能夠根據交通量而改變時制以符合現況，佈設偵測器蒐集即時的車流資訊，即時計算並產出時制策略的控制方法因應而生。

1. 觸動式號誌控制 (Roess et al., 2004)

依號誌控制器的設計區分，可分為半觸動與全觸動控制：

(1) 半觸動式控制

此控制類型常用於流量甚低的小型支道與主要幹道或集散道相交之處，而當設置號誌主要是為了滿足不定時阻斷主要道路車流，讓次要道路車輛穿越時，也可考慮此系統。半觸動號誌通常只採用允許式二時相，車輛偵測器設在支道上，僅對支道的交通進行偵測，並將綠燈時間全部分配給主要道路，直到次要道路有「呼叫」服務 (call for service) 的訊息為止。支道綠燈時間的長短受號誌內定時制的限制，且必須以不干擾幹到續進時制為前提。

(2) 全觸動式控制

此控制類型下，路口各臨進路段的所有車道都設有偵測器，號誌時相則依序開放給各「呼叫」服務的臨進路段，故時相順序、綠燈時間分配、週期長度都會變動。全觸動控制可有效應用於二時相、多時相，甚至具有時相替換功能的號誌，常設於交通繁忙且一天交通需求變

化較大，設置定時號誌效果不彰的獨立路口。

2. 適應性號誌控制

以下為若干較為知名的適應性號誌控制邏輯理論：

(1) 米勒演算法 (Miller's Algorithm) (Miller, 1963)

在 1963 年由 Miller 提出，此法採用系統相對延誤估計法 (System Relative Delay Estimation) 來決定綠燈長度，即為比較每個決策時段內個方案之系統延誤值，以選定最佳綠燈延長時間。系統控制目標為路口車輛旅行延誤最小化，演算過程中只需調整兩個參數，損失時間 (Lose Time) 和飽和容量 (Saturation Flow)。

(2) 交通最適化邏輯 (Traffic Optimization Logic, TOL) (Bang, 1976)

在 1976 年由 Bang 所提出，此法主要採二元決策架構，僅考慮是否延長目前綠燈時相，與米勒演算法同時考慮多個替選方案不同。其目標也是使延誤最小化。

(3) 適應性控制之最適化策略 (Optimization Policies for Adaptive Control, OPAC) (Gartner, 1983)

為一種利用近似動態規劃的技術為基礎來進行即時時制決策之邏輯。此法必須藉由偵測器收集過去數個週期的交通流量資料以推估未來數個週期的車流型態，而後比較競爭時相間的延誤值。

(4) 現代化最佳之車輛觸動邏輯 (Modernised Optimised Vehicle Actuation, MOVA) (Vincent et al., 1988)

MOVA 採用階段基礎控制 (Stage Based Control) 而非時相群組導向控制 (Signal-Group Orientated Control)，其邏輯要判斷是否延長現行綠燈時間，必須藉由偵測器所蒐集到的車流資訊來決定。此法有針對路段是否過飽和而有不同的控制目標。

(5) 號誌時制逐步調整法 (Stepwise Adjustment of Signal Timing, SAST) (Lin et al., 1987)

此法為林豐博等人所創，為一逐步調整綠燈是否延長之二元決策邏輯。其運作也是需要車輛偵測器於上游路段收集資訊，經過分析後判斷是否延長綠燈時間。控制目標為讓所有車輛總延誤最小，或是讓某些臨界車道上的車輛總延滯最小。

(6) 模糊邏輯控制系統 (Fuzzy Logic Controller, FLC) (Chiou and Lan, 2004)

為一專家系統，以此系統為基礎的號誌控制邏輯，其內容因人而異，但通常是輸入流量

與停等車隊長度，控制綠燈延長時間這個因素，而績效指標為總車輛延誤。典型的 FLC 是由四個部分組成：規則 (rule base)、資料 (data base)、推斷機制 (inference engine)、去模糊 (defuzzification)。規則部分是由多個 IF-THEN 的模糊推理規則所組成；資料部分則是由多個可以將欲輸入的資料轉換成能進行模糊推理規則之資料隸屬函數所組成，可克服傳統專家系統無法處理人為判斷或存有語意性 (linguistic) 問題，故能更有效的模仿專家的感受與判斷行為；推斷機制即為將所有規則聯繫並進行運作；去模糊則是綜合之前作業給出決策。

在 FLC 系統中，改善規則與資料部分，能使整個 FLC 有良好的效果。由於基因演算法對於求解組合最佳化與參數最佳化有不錯的效果，基因模糊控制 (Genetic fuzzy logic controller, GFLC) 於近十年開始有相關研究，其以基因演算法建構 FLC，校估邏輯規則與隸屬函數，使之績效更好。

3.1.2 幹道系統

幹道系統連鎖為本計畫擬研究之重點，其控制邏輯與單一路口並不相同。各路口之車流型態會受到上游鄰近路口的號誌影響，並且同時也會影響到該路口之下游到達之車流。因此若僅將各獨立路口獨自做控制設計，則會因為忽略上游路口特性，可能造成績效不佳。幹道號誌時制設計考慮的元素與獨立路口也不相同，除了時相分配、綠燈時比、週期長度以外，需增加考慮時差的設置，也就是該路口綠燈開始時間與下游路口綠燈開始時間之間的時間差。時差的設置會受到路段長、路段上車流佇列情況、損失時間以及車流速率等影響。然而，受到時差設置的影響，各路口的週期長度也因此必須一致，或是須為倍數關係，否則會造成僅在第一個週期有時差設置的效應，到下一個週期時會因週期不同，而使兩路口綠燈開始時的時間差距有遞移的現象。

Traffic Engineering (2004)提出基本時差公式如下。

$$\Delta t = \frac{L}{V} - (Qh + l_1) \quad (3-13)$$

其中

- Δt : 兩路口之間時差(s)
- L : 兩路口之間路段長(m)
- V : 車流速率(m/s)
- Q : 佇列車輛數(veh)
- h : 紓解車間距(s/veh)
- l_1 : 損失時間(s)

以最大化綠燈寬帶為目標式之研究最早由 Morgan 和 Little(1964)提出將幹道號誌續進系統建

置成混合整數線性規劃模式(MILP)，以此所發展的模式皆可稱為 Maxband 模式。此套模式是在給定綠燈時比與週期長度的情況下，將時空圖(見圖 3.1-1)中各路口與各路段旅行時間之間的關係建立成數學模式，並以最大化車輛通過所有路口的續進帶寬為目標式。其基本模式如下：

目標式為

$$\text{Max } b \quad (3-14)$$

限制式為

$$w_i + b \leq 1 - r_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3-15)$$

$$\bar{w}_i + b \leq 1 - \bar{r}_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3-16)$$

$$(w_i + \bar{w}_i) - (w_{i+1} + \bar{w}_{i+1}) + (t_i + \bar{t}_i) - (r_i + \bar{r}_i) = m_i \quad (3-17)$$

$$i = 1, 2, \dots, n - 1; m_i = \text{integer}$$

$$b, w_i, \bar{w}_i \geq 0 \quad (3-18)$$

其中

- b : 續進帶寬時間長度(cycle)
- $w_i(\bar{w}_i)$: 在路口 i 綠燈開始至寬帶之間的時間長度(cycle)
- $r_i(\bar{r}_i)$: 在路口 i 紅燈的時間長度(cycle)
- $t_i(\bar{t}_i)$: 在路口 i 到 $i+1$ 的旅行時間長度(cycle)

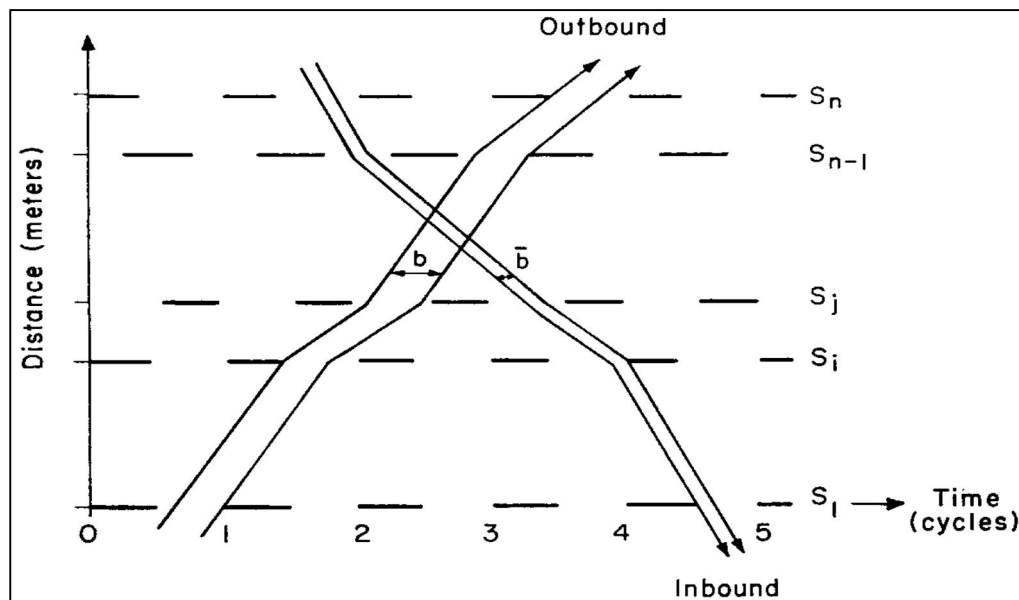


圖 3.1-1 車流時空圖

Little 在 1964 年建立的第一套模式中假設幹道上雙向續進帶寬時間必須相同，但此情況並不適用於實際道路在尖峰時段，常有某方向之車流量遠大於對向車流，因此若給另一方向的續進相等的帶寬並無法使得幹道系統有較好的績效。因此 Little 在 1966 年的文獻中也提出改良的方式並且建立三套適用在不同情境之模式分別為 LP1、LP2 和 LP3。

LP1 即為最基本的 Maxband 模式。LP2 則是放鬆幹道上兩端續進寬帶需相同的假設，分別設置成 b 和 \bar{b} ；在限制式的部分則是放鬆週期長度固定的限制、車輛續進速度在各路段為固定的假設，也就是說將路段上的續進速度放送至一個限定的範圍內，放鬆此條件的好處是能讓模式的有效解空間更大，最後放鬆的假設是鄰近路段的車流速率變化不可超過一個限定的範圍。此模式中一共有 $11n-10$ 條限制式以及 $5n$ 個變數， n 為續進路口數，如此龐大的混合整數線性規劃並不好求解，因此 Little 又重新限制一些假設而建立 LP3 模式，其目的在於減少運算量。LP3 將兩方向的續進帶寬重新限制成相同寬度，並且使整條幹道的續進速率限制成相同，但仍會有一範圍限制可求解其幹道的續進速率。因此 LP3 的限制式剩下 $6n-5$ 條以及 $3n$ 個變數量， n 為續進路口數；相較於 LP2，共可減少約 40% 的運算量。LP2 模式如下所示

目標式為

$$\text{Max } b + \bar{b} \quad (3-19)$$

限制式為

$$w_i + b \leq 1 - r_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (3-20)$$

$$\bar{w}_i + b \leq 1 - r_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (3-21)$$

$$(w_i + \bar{w}_i) - (w_{i+1} + \bar{w}_{i+1}) + (t_i + \bar{t}_i) - (r_i + r_{i+1}) = m_i \quad (3-22)$$

$$i = 1, 2, \dots, n - 1; m_i = \text{integer}$$

$$\bar{b} = kb \quad (3-23)$$

$$1/T_2 \leq z \leq 1/T_1 \quad (3-24)$$

$$d_i/f_i \leq z \leq d_i/e_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3-25)$$

$$d_i/\bar{f}_i \leq z \leq d_i/\bar{e}_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3-26)$$

$$(d_i/h_i)z \leq (d_i/d_{i+1})t_{i+1} - t_i \leq (d_i/g_i)z \quad i = 1, 2, \dots, n - 1 \quad (3-27)$$

$$(d_i/\bar{h}_i)z \leq (d_i/d_{i+1})\bar{t}_{i+1} - \bar{t}_i \leq (d_i/\bar{g}_i)z \quad i = 1, 2, \dots, n - 1 \quad (3-28)$$

$$b, \bar{b}, w_i, \bar{w}_i \geq 0 \quad (3-29)$$

其中

$b(\bar{b})$: 續進帶寬時間長度(cycle)

$w_i(\bar{w}_i)$: 在路口 i 綠燈開始至寬帶之間的時間長度(cycle)

$r_i(\bar{r}_i)$: 在路口 i 紅燈的時間長度(cycle)

$t_i(\bar{t}_i)$: 在路口 i 到 $i+1$ 的旅行時間長度(cycle)

T_1, T_2 : 最大和最小週期長度(s)

z : 週期長度的倒數(1/s)

d_i : 路口 i 到 $i+1$ 之間的距離(m)

$e_i(\bar{e}_i), f_i(\bar{f}_i)$: 分別為路口 i 最低與最高車流續進速率界線(m/s)

$g_i(\bar{g}_i), h_i(\bar{h}_i)$: 分別為路口 i 到路口 $i+1$ 最低與最高車流續進速率變動量(m/s)

同樣在 1966 年 Little 的文獻中也提到將幹道系統擴建成路網中多條幹道續進的設置，其目標式改為最大多條幹道續進帶寬，而各幹道的限制式皆於先前相同，另增設各幹道之間週期設置的關係式。然而，雖然在此文獻中已經有多條幹道的續進模式，但其模式並無法延伸為多路徑的續進模式，其原因在於 Little 所提出的多幹道模式並不能解決若是有兩條路徑在同一個路段上有競爭情況時的問題。

$$\text{Max } a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n \quad (3-30)$$

$$c(k_1, k_2, \dots, k_p) = \phi(k_1, k_2) + \phi(k_2, k_3) + \dots + \phi(k_{p-1}, k_p) + \phi(k_p, k_1) + \frac{1}{2} * p \quad (3-31)$$

其中

- $c(k_1, k_2, \dots, k_p)$: 所有幹道時差加總(必為週期的整數倍)
 k_i : 第 k 條幹道 (共有 p 條)
 p : 幹道數目
 $\phi(k_i, k_j)$: 幹道 i 和幹道 j 之間的時差(cycle)

之後 Gartner(1991)繼續對 Maxband 模式作些許修改，使模式更能符合實際情況，也放鬆一些在續進帶寬上的限制。Gartner 同樣提出三套模式分別為 MILP1、MILP2 以及 MILP3。其最大的貢獻在於增加考慮若路口原先已有佇列車隊的情況時，綠燈時間的使用也需考慮佇列車隊消散所需花費的時間；而 MILP2 中能讓幹道上兩方向所開的綠燈時間不同，也就是說讓此模式並不限制在幹道雙向開綠燈的時間要在同一個時相上；最後在 MILP3 的模式中，則是讓同一條幹道上在不同的路口可以有不同的續進帶寬，因此對於續進帶寬的寬度限制並不一定要從第一個路口至最後一個路口都相同，此方式可讓求解續進帶寬有更大的解空間。後續 Gartner(2004)亦將自行設計的 Maxband 模式建立在路網上進行多條幹道求解，但仍然不能解決以路徑為續進目的時，兩條路徑在同一路段上的競爭問題。

TRANSYT-7F 使用手冊則引用 Courage 和 Wallace(1991)所提出的續進機會(Progression opportunities, PROS)，在給定方向及號誌週期的條件下，算出兩路口或多路口間續進的機會，PROS 的值即為在設計速率下成功通過的號誌路口數。公式如下：

$$\text{PROS} = \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^C \text{PROS}_{kjt} \quad (3-32)$$

其中

- k : 車輛行進方向
 j : 交叉路口數，當路口總數為 N
 t : 其模式中的時間單位，當號誌週期長度為 C

胡大瀛(2010)以一套路徑演算法先挑選出路網中有較多流量行經之路段視為幹道，並採用

PASSER II 中的模式建立號誌連鎖最佳化，以路網總延滯時間最小為目標式，並兼顧連鎖幹道續進帶寬最大。林良泰(2001)以 Webster 提出的最小系統延滯公式的設計理念作為基本架構，並以其公式所求解的週期、時比，放入 SYNCHRO 號誌軟體求解時差。最後再以實際資料蒐集，同樣放入 SYNCHRO 進行模擬求解，藉以顯現其設計方式有較好之績效。

曾明德(2012)提出以重要路徑為幹道主要續進對象，目標式以各綠燈時比最接近各重要路徑之車流量比例。文獻中首先結合雷達偵測器以及影像處理學習技術提出一套辨別車種、車速的演算法，並利用偵測器取得該路段車流停等以及疏解的情況推算路段上車流停等和疏解衝擊波(圖 3.1-2)；再以支持向量回歸法(Support Vector Regression)和推算之衝擊波來估計各重要路徑上車隊佇列長度以及車隊所需疏解時間。最後則建立一套模式，將受限於週期的設置在實務上最大以及最小號誌週期內，扣除其他支道或次要路徑需疏解之綠燈時間後所剩餘之綠燈時間，求得最接近各重要路徑所需花費疏解時間之比例的最佳綠燈時比。

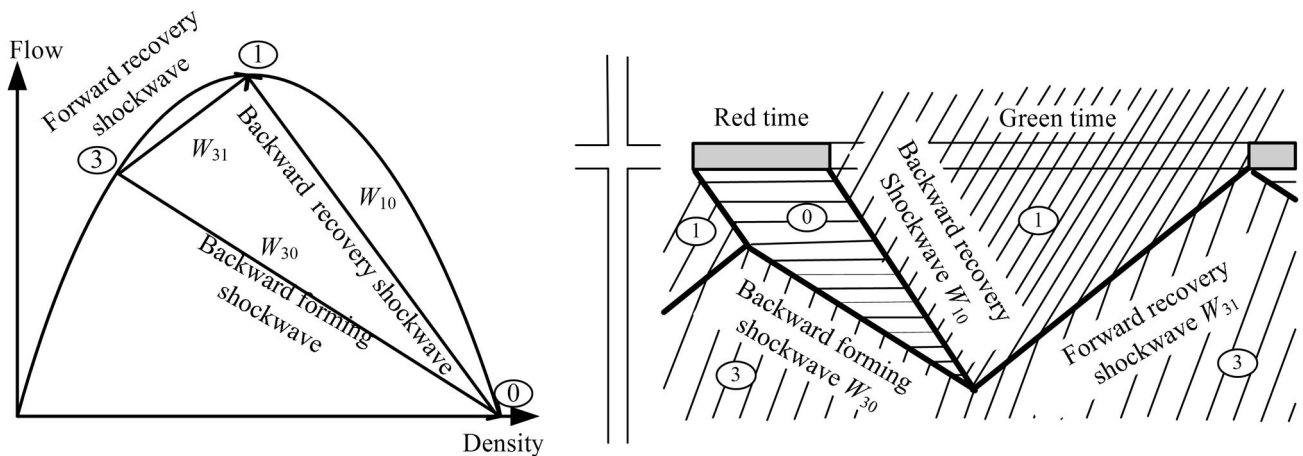


圖 3.1-2 衝擊波(shockwave)示意圖

其模式如下所示

目標式：

$$\text{Min } \left| \frac{G_1}{\sum G} - \frac{g_1}{\sum g} \right| + \left| \frac{G_2}{\sum G} - \frac{g_2}{\sum g} \right| + \dots + \left| \frac{G_n}{\sum G} - \frac{g_n}{\sum g} \right| \quad (3-33)$$

限制式：

$$\sum G = G_1 + G_2 + \dots + G_n \quad (3-34)$$

$$\sum g = g_1 + g_2 + \dots + g_n \quad (3-35)$$

$$\sum G \leq \text{Max Cycle} \quad (3-36)$$

$$\text{Min}G_i \leq G_i \leq \text{Max}G_i, 1 \leq i \leq n \quad (3-37)$$

其中

n : 重要路徑數

g_i : 路徑 i 上所需要的疏解綠燈時間

G_i : 路徑 i 上所求得的最佳路燈時間

$\text{Min}G_i$: 路徑 i 上最小的綠燈時間

$\text{Max}G_i$: 路徑 i 上最大的綠燈時間

3.2 車流模式與號誌最佳化模式

3.2.1 格位推移模式

格位推移模式(Cell Transmission Model; CTM)由 Daganzo (1994, 1995) 提出, 其以 Lighthill 與 Whitham (1955), Richards (1956) 提出的流體車流模型為基礎, 將連續之流體模型離散化。CTM 與車隊擴散模式皆以路口和路段作為基礎, 以及將時間切分為數個步階(Step), 特別的是, 格位推移模式係依據自由車流速率將路段切分為數格同質的格子, 稱作為「格位」(Cell), 不同路段的格位長度可能不盡相同。如同其他巨觀的車流模型, 格位推移模式利用流量、速度、密度, 每一個格位表示著每一個步階不同地點的車流狀況, 依據不同的車流密度, 車流由一個格位傳至下一個下游的路段的格位, 而格位的狀態會隨著每一個步階而更新其車流資訊。令車流運行方向由上游依序編號從 1 至 I , 格位的長度依照車輛於每一步階以自由車流速率所行使之距離而定。在非擁擠的車流中, 格位中每輛車在一單位時間後, 皆能順利抵達下一個格位, 故以下關係:

$$n_{i+1}(t+1) = n_i(t), \quad i = 0, 1, 2, \dots, I \quad (3-38)$$

上式中, $n_i(t)$ 表示步階 t 時格位 i 內之車輛數。

上述狀況為車輛均能以自由車流速率行駛, 而在車流量較大的路段, 上游格位的車輛數無法完全到達下游格位。依此增加限制式以符合擁擠車流之行為, 單位時間內可進入之車輛數 $y_i(t)$ 定

義如下：

$$y_i(t) = \min\{n_{i-1}(t), Q_i(t), [N_i(t) - n_i(t)]\} \quad (3-39)$$

上式中，各變數之定義為：

$N_i(t)$ ： 格位 i 在步階 t 可容納的最大車輛數 (擁擠密度)。

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

$Q_i(t)$ 意指格位所能通過之最大流量， $N_i(t)$ 意指格位所能容納之最大車輛密度，而 $N_i(t) - n_i(t)$ 則可視為每一步階格位 i 之剩餘空間，即其能再收納的車輛總數。上式即用來表示格位內的車輛數會受限於上游格位之車輛數、步階內可移動的最大車輛數或該格位的剩餘空間。所以格位 i 在步階 $t+1$ 之車輛數，可藉由格位 i 在步階 t 之車輛數，加上步階內流入車輛數，並扣除流出車輛數更新而得。關係如下：

$$n_i(t+1) = n_i(t) + y_i(t) - y_{i+1}(t) \quad (3-40)$$

格位推移模式最上游與最下游之兩端，藉由輸入與輸出作為格位界線。假設輸出格位能疏解所有離開的車輛數，故令輸出格位能容內的車輛數為無限大 ($N_i(t) = \infty$)。而輸入邊界則由一對格位所組成，分別為起始格位 (Source cell) 與門檻格位 (Gate cell)。起始格位可產生無限的車輛數 ($N_0(0) = \infty$) 進入門檻格位，門檻格位之容量與步階內之設計流量相同，當道路容量達到飽和時將發揮其門檻格位之功能，使車輛無法順利進入。

邱裕鈞與謝志偉(2012)以 CTM 為基礎，發展出混合車流格位傳遞模式(Mixed Traffic Cell Transmission Models, MCTM)。由於 CTM 僅考慮單一車種的運行行為，無法適用於市區道路上多車種的運行。MCTM 由單一車種改變為汽車與機車兩種車種，其車輛數分別以 $n_i^c(t)$ 及 $n_i^m(t)$ 表示。作者認為，汽車機車兩種車流在進行格位傳遞時，可能會產生競爭的現象，並將其分成三種狀態，分別為：無競爭、最大流率競爭及下游儲車空間競爭。分別討論如下：

1. 無競爭關係：當二車種在運行時，上游兩種車種混合之最大流率及混合密度皆小於最大流率與剩餘儲車空間，因此上游之車輛均可傳遞到下游格位。
2. 最大流率競爭：當上游格位混合車種當量數大於最大流率時如公式 3-41，兩車種間將會產生競爭。假設只有單一車種機車時，沒有汽車的競爭，機車的最大流率與混合車流最大流率關係如公式 3-42 所表示，然考慮汽車存在時，機車的最大流率就會受到汽車影響，即汽車每增加一輛，機車之最大流率會降低。並將此兩車種之競爭關係，以公式 3-43 最大流率競爭函數 $R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ 表示之。透過最大流率競爭函數，考量競爭關係後之機車最大流率如公式 3-44。由於競爭函數為百分比關係，汽車之最大流率則可由公式 3-45 表示。當上游格位僅有單一車種狀況時，無其他車種競爭，則以該車種之最大流率傳遞至下一格位，關係如公式 3-46 所示。

$$n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) \geq Q_i(t) \quad (3-41)$$

$$Q_i^m(t) = \frac{Q_i(t)}{\alpha} \quad (3-42)$$

$$R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) = \frac{\alpha \times n_{i-1}^m(t)}{\alpha \times n_{i-1}^m(t) + n_{i-1}^c(t)} \quad (3-43)$$

$$Q_i^m(t) = \frac{[R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times Q_i(t)]}{\alpha} \quad (3-44)$$

$$Q_i^c(t) = [1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times Q_i(t) \quad (3-45)$$

$$\begin{cases} \text{if } n_{i-1}^c(t) = 0, Q_i^m(t) = \frac{Q_i(t)}{\alpha} \\ \text{if } n_{i-1}^m(t) = 0, Q_i^c(t) = Q_i(t) \end{cases} \quad (3-46)$$

其中，

$n_i^c(t)$ ：格位 i 在時階 t 的汽車車輛數

$n_i^m(t)$ ：格位 i 在時階 t 的機車車輛數

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

$Q_i^m(t)$ ：格位 i 在 t 到 $t+1$ 時階可移動的最大機車車輛數

$Q_i^c(t)$ ：格位 i 在 t 到 $t+1$ 時階可移動的最大汽車車輛數

$R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ ：最大流率競爭函數

α ：小客車當量

3. 剩餘儲車空間競爭：道路可容納之最大空間固定，因此在混合車流狀態時，汽車與機車對空間存在競爭之關係。由於汽車和機車對空間分布特性不同，當下游密度已飽和時，汽車無法傳遞到下游格位，但機車具有鑽行的特性，倘若下游仍有剩餘空間時，機車會透過車間空隙鑽行至下游格位。因此，以機車為格位車輛數的基準單位，探討機車與汽車的車型比例。考慮下游剩餘可進入車流空間($S_i(t)$)如公式 3-47。當上游格位車輛數大於下游格位之最大儲車空間時，必須考慮混合車流傳遞至下游之競爭關係，根據公式 3-48 考慮剩餘儲車空間之競爭函數 $R_m^S(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ ，根據上游不同車種的車輛數、下游剩餘的儲車空間，以及兩車種間的競爭關係，可以得到汽車及機車的剩餘儲車空間 $S_i^m(t)$ 與 $S_i^c(t)$ ，如公式 3-49 和公式 3-50。

$$S_i(t) = \delta \times \{N_i(t) - [l \times n_i^c(t) + n_i^m(t)]\} \quad (3-47)$$

$$R_m^S(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) = \frac{n_{i-1}^m(t)}{n_{i-1}^m(t) + l \times n_{i-1}^c(t)} \quad (3-48)$$

$$S_i^m(t) = R_m^S(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t) \quad (3-49)$$

$$S_i^c(t) = \frac{[1 - R_m^S(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times S_i(t)}{l} \quad (3-50)$$

其中，

$S_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 的剩餘儲車空間

$N_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 可容納最大車輛數
 $n_i^c(t)$ ：格位 i 在時階 t 的汽車車輛數
 $n_i^m(t)$ ：格位 i 在時階 t 的機車車輛數
 $R_m(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ ：剩餘儲車空間競爭函數
 $S_i^c(t)$ ：格位 i 在時階 t 汽車的剩餘儲車空間
 $S_i^m(t)$ ：格位 i 在時階 t 機車的剩餘儲車空間
 l ：機車與汽車的車型比例

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

w ：衝擊波速率

v ：自由流速率

對於格位間車流傳遞之關係，將僅考慮單一車種的格位傳遞方式，進而擴展成汽車及機車，如公式 3-51 及公式 3-52。更透過確立混合車流之競爭關係，分別為無競爭、最大流率競爭及剩餘儲車空間競爭，延伸出適合混合車流於格位內的運行行為，如公式 3-53 和公式 3-54。

$$n_i^c(t+1) = n_i^c(t) + y_i^c(t) - y_{i+1}^c(t) \quad (3-51)$$

$$n_i^m(t+1) = n_i^m(t) + y_i^m(t) - y_{i+1}^m(t) \quad (3-52)$$

$$y_i^c(t) = \min\{n_{i-1}^c(t), Q_i^c(t), S_i^c(t)\} \quad (3-53)$$

$$y_i^m(t) = \min\{n_{i-1}^m(t), Q_i^m(t), S_i^m(t)\} \quad (3-54)$$

其中，

$n_i^c(t)$ ：格位 i 在時階 t 的汽車車輛數

$n_i^m(t)$ ：格位 i 在時階 t 的機車車輛數

$y_i^c(t)$ ：格位 i 在時階 t 離開的汽車車輛數

$Q_i^c(t)$ ：格位 i 在 t 到 $t+1$ 時階可移動的最大汽車車輛數

$S_i^c(t)$ ：格位 i 在時階 t 汽車的剩餘儲車空間

$y_i^m(t)$ ：格位 i 在時階 t 離開的機車車輛數

$Q_i^m(t)$ ：格位 i 在 t 到 $t+1$ 時階可移動的最大機車車輛數

$S_i^m(t)$ ：格位 i 在時階機車的剩餘儲車空間

邱裕鈞等人(2013)將混合車流格位傳遞模式應用在考量污染排放濃度影響之適應性號誌控制模式之中，該模式共分成四子模式：混合車流格位傳遞模式、車輛排放推估模式、污染擴散模式，以及基因模糊邏輯控制模式。於混合車流格位傳遞模式部分，係採用邱裕鈞與謝志偉(2012)所提出之模式為基礎，利用混合格位傳遞模式可分別推估汽車與機車之車流行為之特性，估算個別車種之流量與密度，透過流量與密度之關係推估車輛在格位中的平均速度如所示。

$$v_i^j(t) = \frac{y_i^j(t+1)}{n_i^j(t)} \quad (3-55)$$

其中， $v_i^j(t)$ ：格位 i 在時階 t 車種 j 之平均速度； $j = c, m$

Yu-Chiun Chiou 和 Yen-Fei Huang(2013)針對混合車流的號誌控制問題，首先利用混合車流格位傳遞模式正確的描述都市地區道路車輛混合之交通行為，並計算目標路網之績效，接著以汽車及機車在綠燈時段之交通量(TF)及紅燈時段之等候長度(QL)為狀態變數，綠燈延長時間為控制變數，總車輛延滯(TVD)為評估指標，再搭配逐步基因模糊邏輯控制模式(Stepwise Genetic Fuzzy Logic Controller, SGFLC)進行最佳化之計算。其中逐步基因模糊邏輯控制模式可分成編碼方法、基因演算子及逐步學習演算法。分別討論如下：

1. 編碼方法：交通量、等候長度及綠燈延長時間三個變數，採用之編碼方式是分別利用一個三角形的模糊數字，及具備 3-56 關係的三個參數 c^r 、 c^c 及 c^l ，同時為了避免違反 3-57 所描述之關係，新增了三個位置變數 r_1 - r_3 ，關係如 3-58 至 3-59，最後將模糊數字及上述之參數，透過圖 3.2-1 的方式來進行編碼。

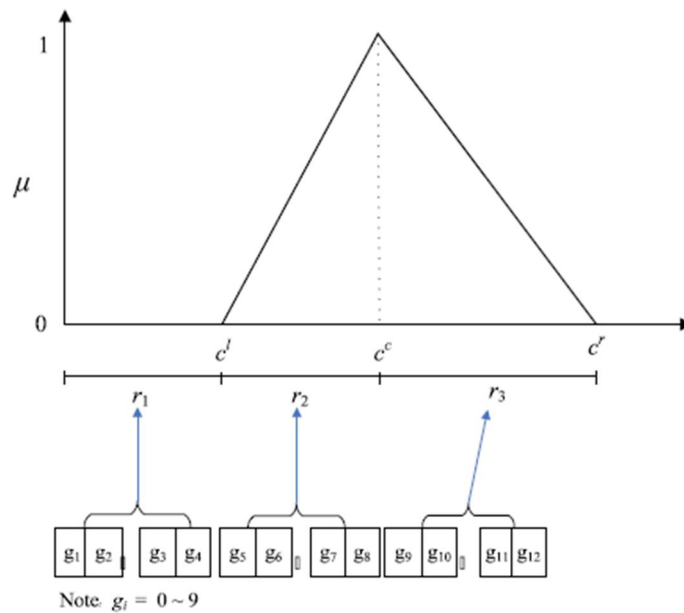


圖 3.2-1 邏輯規則及隸屬函數編碼方式

$$c^l \leq c^c \leq c^r \quad (3-56)$$

$$c^l = r_1 \quad (3-57)$$

$$c^c = r_1 + r_2 \quad (3-58)$$

$$c^r = r_1 + r_2 + r_3 \quad (3-59)$$

2. 基因演算子：在基因運算子的部分，其中交配係採用最大值-最小值-運算(max-min-arithmetical)的交配方式，令 $G_w^t = \{g_{w1}^t, \dots, g_{wk}^t, \dots, g_{wK}^t\}$ 和 $G_v^t = \{g_{v1}^t, \dots, g_{vk}^t, \dots, g_{vK}^t\}$ 為時階 t 所選擇的兩個親代，則時階 $t+1$ 會產生出4個子代，其關係如 3-60 至 3-64。而突變的方式，則是採用非均勻(non-uniform)的突變方法，令 $G_t = \{g_1^t, \dots, g_k^t, \dots, g_K^t\}$ 為一條染色體，在時階 t 基因 g_k^t 被挑選出來進行突變，則時階 $t+1$ 的基因突變方式如 3-64 所示，其中透過 3-65 $\Delta(t, z)$ 函數決定基因突變的差異，當時階越大， $\Delta(t, z)$ 函數會產生越小的值，使結果趨於收斂。

$$G_1^{t+1} = aG_w^t + (1 - a)G_v^t \quad (3-60)$$

$$G_2^{t+1} = aG_v^t + (1 - a)G_w^t \quad (3-61)$$

$$G_3^{t+1}, \text{ 其中 } g_{3k}^{t+1} = \min\{g_{wk}^t, g_{vk}^t\} \quad (3-62)$$

$$G_4^{t+1}, \text{ 其中 } g_{4k}^{t+1} = \max\{g_{wk}^t, g_{vk}^t\} \quad (3-63)$$

$$g_k^{t+1} = \begin{cases} g_k^t + \Delta(t, g_k^u - g_k^t) & \text{if } b = 0 \\ g_k^t - \Delta(t, g_k^t - g_k^l) & \text{if } b = 1 \end{cases} \quad (3-64)$$

$$\Delta(t, z) = z(1 - r^{(1-t/T)^h}) \quad (3-65)$$

其中，

a ：參數， $0 < a < 1$

t ：時間步階

g_k^t ：時階 t 染色體的第 k 個基因，其值域 = $[g_k^l, g_k^u]$

b ：隨機的二元變數； $b = 0, 1$

r ：隨機數，介於區間 $[0, 1]$

T ：最大的時階

h ：定值

3. 逐步學習演算法：逐步學習演算法不斷透過基因運算產生規則庫，接著在產生的規則中，一次選擇一個能使績效值改善最大的規則，直到入選的規則皆無法改善績效值則停止。

3.2.2 細胞自動機

細胞自動機(Cellular Automata，以下簡稱 CA)是一個離散式的動態系統，其概念係由一連串的簡單規則來產生出複雜的行為，就形式而言，細胞自動機具有三大性質：平行運算(每個細胞可同時同步改變)、局部性(細胞變化僅會受到周遭細胞的影響)以及一致姓(所有細胞受相同的規則支配)。而 CA 模式於交通上的應用，最早可追溯到 Nagel and Schreckenberg(1992)，該研究將其應用在高速公路的車流行為，首先設定一個細胞可能是空的，抑或者是被一輛車佔據，透過下述一連串的步骤(規則)進行演算：

步驟一：加速

$$V_n(t+1) = \min(V_n(t) + 1, V_{\max}) \quad (3-66)$$

步驟二：減速

$$V_n(t + 1) = \min(V_n(t + 1), d_n - 1) \tag{3- 67}$$

步驟三：隨機化減速度機率 p_{dec}

$$V_n(t + 1) = \max(V_n(t) - 1, 0); \text{ if rand} < p_{dec} \tag{3- 68}$$

步驟四：車輛移動

$$X_n(t + 1) = X_n(t) + V_n(t + 1) \tag{3- 69}$$

其中，

- $V_n(t)$ 車輛n在時間t的速度
- V_{max} 車速上限
- d_n 車輛n和前車之間的距離
- p_{dec} 發生減速度的機率
- rand 0 至 1 的隨機亂數
- $X_n(t)$ 車輛n在時間t的位置

藉由上述步驟，讓車輛彼此互相影響與規則的疊代，藉由電腦運算模擬，進一步呈現出實際的車流特性。往後便有諸多學者針對 CA 模式進行改良與應用。

其中 Lan and Chang(2005)首先將 CA 模式用以探討汽車與機車組成的異質混合流之交通特性，由於異質混合車流之車輛間彼此的交互作用和規則疊代較純車種複雜許多，因此，該研究引入更為精細的細胞大小(1.25 公尺 × 1.25 公尺)，依此，不同實體大小的混合車流車輛即可用不同數目的細胞加以描述，如圖 3.2-2 中機車需要 2 × 1 的細胞、汽車需要 6 × 2 的細胞，藉由上述較精細的細胞設置，不僅可描述不同大小的車輛，同時更消除了原先 CA 模式可能產生出不符合實際的速度差的短處。此外與原先 CA 模式之細胞狀態相同，任何時間點的每個細胞僅可能有二種狀態，不是被車輛佔用，就是未被佔用。該研究除了在細胞設置上有所發展之外，亦針對異質混合車流及精細的細胞設置新的 CA 規則，從估計速度及車間距、檢測移動誘因準則、檢測安全準則、挑選出最大的車間距作為移動方向和更新速度及位置。

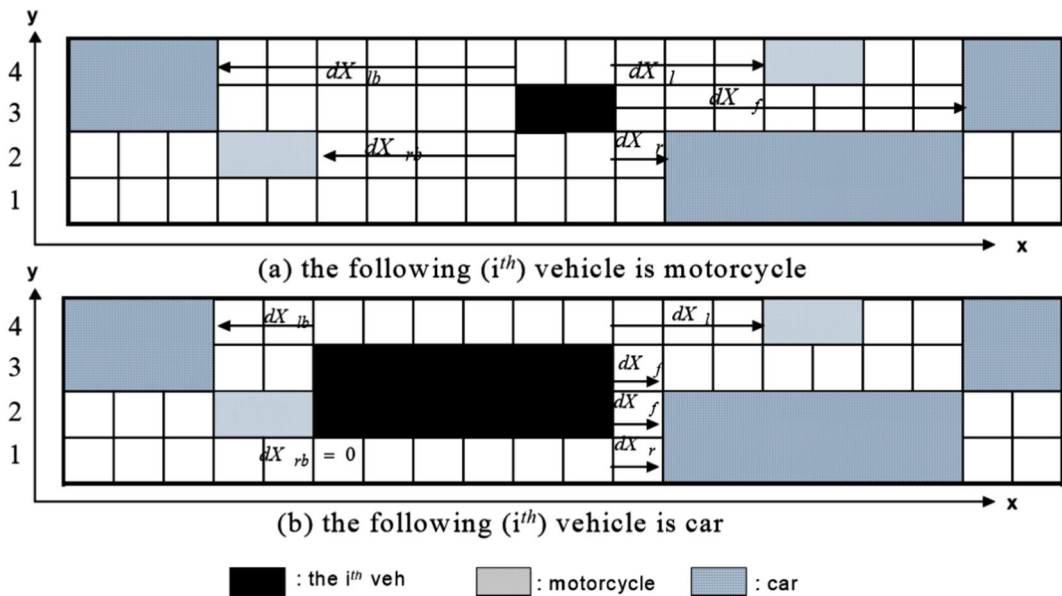


圖 3.2-2 異質粒子示意圖

Hsu et al. (2007)針對 CA 模式提出了「共有單元」的理念，透過共有單元描述不同車輛尺寸及不同道路寬度的共同基本單元，使不同車種及不同道路更能適用於 CA 模式。Lan et al. (2009)透過線段線性速度變異作為減速度之限制，來消除 CA 模式可能發生不合理的減速現象。

Lan et al. (2010)從 Hsu et al. (2007)及 Lan et al. (2009)發展的 CA 模式上，進一步設計專屬於異質車流的規則，如下所示：

1. 汽機車之前進規則

步驟一：決定隨機化機率

$$p(v_n(t), t_n, t_s, S_{n+1}(t)) = \begin{cases} p_b \\ p_o \\ p_d \end{cases} \quad (3-70)$$

步驟二：加速；決定車輛在下個時間步階的速度。

步驟三：減速；若前車速度較小，檢測安全準則。

步驟四：隨機化減速度。

步驟五：更新車輛狀態

步驟六：決定受困車陣之時間(t_{st})

步驟七：更新位置

2. 汽車之橫向移動規則

步驟一：檢測誘因準則；若與前車距離較長，汽車將不會有橫向移動的誘因；反之若與前車距離較短，汽車將會有橫向移動的誘因。

步驟二：檢測安全準則；確認周遭是否有足夠大的安全間距。

3. 機車之橫向移動規則

不像汽車只會在車道之間進行橫向移動，機車的橫向移動並不會遵守車道的規範。此外，機車被困在車陣中或是在鄰近號誌的等候車隊中，亦會產生不同的運行行為。因此，該研究針對機車之橫向移動，區分成兩部分作探討，以期能更完善的模擬出機車行為。首先是車流推進中的機車橫向移動準則，如下所示：

步驟一：檢測誘因準則；與汽車的橫向移動誘因相同，若與前方車輛距離較近，則會有橫向移動的誘因；反之則不會。

步驟二：檢測安全準則；會檢測周遭是否有足夠的安全間距進行橫向移動，但是需要的空間並不需要到整個車道，而是次車道。

接著則是在車陣當中的機車橫向移動準則，如下所示：

步驟一：檢測誘因準則；如果機車被困在車陣中，且持續一段時間，則機車便會想從停等車輛之間的縫隙進行橫向移動行為。

步驟二：檢測安全準則；假設機車會先確認進行橫向移動後的位置，是否被佔據，若沒被佔據，才會進行橫向移動。

透過上述的規則設計，使改良之 CA 模式可模擬混合車流在都市之特殊現象，尤其是機車在車陣中縱向及橫向的鑽行行為。

文獻中最早提出使用 CA 模擬都市車流並最佳化路網號誌時制的為 Brockfeld et al, (2001)，其最佳化的目標為最大化系統通過量。作者認為 CA 的優點在於其規則明確且簡單，易於運用電腦

運算；且其微觀的性質使其可適用於路型較複雜的都市路網。而 Spyropoulou, I. (2007)認為 CA 應用於模擬市區號誌化路口車流時，尚待更完整探究。無論是在確定型或隨機型 CA 模式，其產生之飽和流率仍有待確認。最後，Sanchez-Medina, J.J. (2010)提出使用基因演算法求解以 CA 為車流模式之都市號誌最佳化問題，將此最佳化平台實作在一 PC cluster 上，並實際最佳化 7 個路口之路網系統。

3.2.3 其他模式

路口發生過飽和狀況時，車流模式中會因為車流回堵(spillback)影響鄰近路口的流量進入，以及車道堵塞(blockage)時同一路段上各轉向車流互相影響的情況，因此會增加一些未飽和車流模式中並不討論的議題。Liu 等人(2011)將幹道系統建置成一套混合整數規劃問題，以巨觀車流的角度討論各時間點在車道群組在路段上的行為，共分成車流抵達、車流推進、車流併入車道、車隊佇列、車隊紓解以及車流量守恆幾個部分討論。而在車流併入車道、車隊佇列以及車隊紓解的部分，特別針對例如：左轉專用灣的進入車輛數大於其儲車空間時會對直行車道的併入和紓解造成影響，或是直行車道上的佇列車隊大於左轉專用灣長度時，欲進入左轉專用灣的車輛無法進入，也就是所謂車道堵塞現象，如圖 3.2-3；而若是此路段上的車隊長度已經超過路段長度時，會造成上游路段車輛無法進入該路段，也就是車流回堵現象。

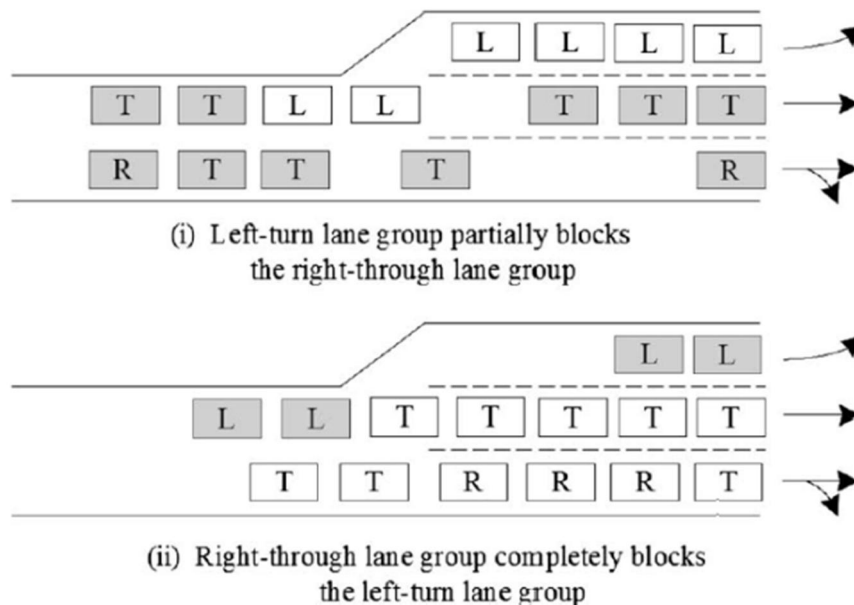


圖 3.2-3 車道群阻擋示意圖

資料來源：Liu 等人(2011)

陳彥佑(民 102)以 Liu 等人(2011)分解路網的方式為基礎，將路網進一步細分為多個小段如圖 3.2-4。並模式化車流回堵、車道堵塞、駕駛人變換車道頻次因車倒堵塞，或車道間等候長度差異大而增加之情況。其號誌最佳化之結果與 TRANSUT-7F 及 TRANSYT 14 比較，均有較大改善幅度。

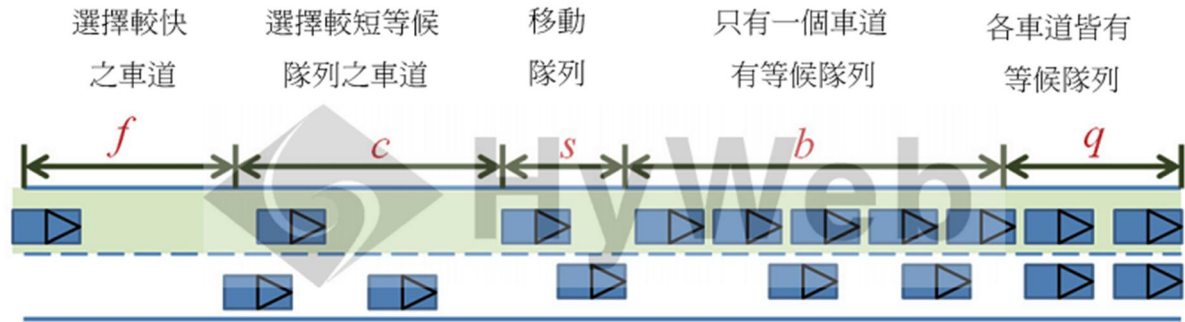


圖 3.2-4 區段分解為小段示意圖

資料來源：陳彥佑(民 102)

3.3 機車專用道與公車專用道

一、機車專用道

臺灣地區因道路及停車面積有限，並且國民所得仍不足於讓所有人皆能完全依靠汽車以滿足公路交通之需要，而機車在操作上，有輕巧、便捷、及戶性高的特性，故民眾常以機動車輛作為代步工具，高比例機車之混合車流是台灣地區的交通特色。為避免機車與汽車混流在同一車道上，增加危險性，故國內常於某些路段上設置機車專用道路分隔汽、機車，保障機車的行車安全。

機車專用道之定義依據「道路交通標誌、標線、號誌設置規則」第一百七十四條，係指專供機車行駛之車道，其他車種及行人均不得進入(包括穿越、行駛、停車等行為)。國外由於道路上機車數量所佔比例極小，對於機車專用道之研究相當缺乏，大多仍以汽車車流為發展核心，因此可供參考之相關文獻有限。故本計畫將以國內探討機車專用道之相關研究為主，分別進行機車專用道的容量與延滯回顧。

探討機車專用道容量問題，必須先了解機車之疏解特性，由於目前小汽車車流理論發展較完善，故以往研究在處理機車路口疏解問題時，多將其以一當量值轉換為小汽車單位 (PCU)。臺灣地區公路容量手冊技術報告(民 75)將機車的小汽車當量值(PCE)定為 0.3，轉換成小汽車去解釋所有機車行為，然而機車與汽車在道路之車流行為上有所差異，汽車由於有車道之設置去規範其流動，使得其呈現線性跟車之方式，現有的車流理論亦多依此為基礎建立而成，但機車車流無車道之劃分，其車流之運行較近似以「車團 (Group)」的方式向前運動，以 PCE 方式將機車轉換為小汽車單位，很容易使機車在車流中之特性被簡化或扭曲。因此，推估機車專用道的飽和流率為國內常有之研究題材，包括交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)等單位皆有討論。歷年推估機車專用道飽和流率公式可參考表 3.3-1。

表 3.3-1 推估機車專用道飽和流率公式

公式	備註	資料來源
$S = 1475W + 1318$	$2.5 \leq W \leq 6.5$ (W:路寬)	運研所(民 75)
$S = 1914W$	$2.5 \leq W \leq 6.5$ (W:路寬)	運研所(民 75)
$S = 1548.37W + 4745$	$2 \leq W$	運研所(民 76)
$S = 1584.37W + 2595.74$		馮輝昇(民 84)
$S = 2597.4W + 860.5$		蔣靜宜(民 92)
$S = 6168.6 + 441.9W^2$		張瓊文(民 96)
$S = 4,836 + 1,900 W90$	W90:使用率佔 90%之 路面寬 (公尺)	運研所(民 100)

目前國內探討機車專用道容量的研究，多主張容量受車道寬度影響，運研所之研擬台灣地區公路容量手冊有清楚說明如何定義機車專用道車道寬，如圖 3.3-1 所示，並且透過蒐集現場調查資料，建議採用第 10 秒之後的資料[5]建立飽和流率之迴歸式。

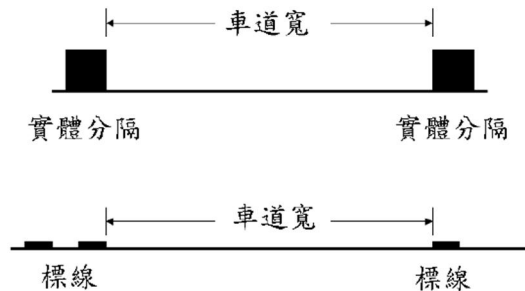


圖 3.3-1 機車專用道車道寬之定義

機車專用道的容量分析，長久以來均在已建立的小汽車車流理論下發展，而根據傳統觀念，車道容量可估計如下式：

$$c = S \frac{g}{C} \quad (3-71)$$

其中，

c = 車道或車道群之容量估計值 (機車/小時)；

S = 飽和流率 (機車/小時)；

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

C = 週期長度 (秒)。

推估機車專用道在號誌化路口之容量除了利用上述估算之飽和流率外，尚須考量損失時間，

然而目前國內並沒有模式可以準確估算機車專用道之停等機車的綠燈損失時間。僅有相關研究文獻以實地調查資料計算出建議之損失時間，如表 3.3-2 所示。

表 3.3-2 推估機車專用道容量公式

公式	備註	資料來源
$c = S \frac{G + Y - 2.7 - 0.5Y}{C}$	損失時間為(2.7 + 0.5Y)(秒)	張瓊文(民 96)
$c = (4,836 + 1,900W90) \frac{G + \Delta G - L}{C} (1 - 0.005h)$	W90: 前述車輪佔用率 90% 之路面寬 (公尺) G: 綠燈時間 (≥ 10 秒) △G: 綠燈結束之後，停等車繼續進入路口所用掉之時間 (建議 3.5 秒) L: 啟動損失時間 (建議 2.9 秒) h: 坡度(%)	運研所(民 100)

一般車流延滯公式皆以小汽車為討論對象，無法計算機車專用道的延滯，也無法反應機車在路口的橫向停等，向前集成的特性，再加上目前設置的機車停等區，純機車流的延滯必須有一套計算推導過程，1995 年馮輝昇提出純機車流的兩段紓解率延滯公式，如下式。由於該公式可同時適用於汽車延滯，因此在應用上較為廣泛。對於純汽車流與純機車而言，兩段飽和流量可視為相同，應用時若未設置機車停等區則 $N = 0$ 。

$$D = \frac{c(1-g/c)^2}{2(1-q/S_1)} + \frac{3600N(1-g/c)(1/S_2 - 1/S_1)}{(1-q/S_1)} + \frac{3600N^2(1/q - 1/S_2)(1/S_1 - 1/S_2)}{2c(1-q/S_1)} \quad (3-72)$$

其中，

- D: 平均每車延滯(sec/veh)
- c: 號誌週期(sec)
- g: 綠燈時間(sec)
- N: 停等區可容納之車輛數
- q: 機車流量(veh/hr)
- S1: 混合車道之飽和紓解率
- S2: 停等區之飽和紓解率

但該模式並未經完整驗證工作，在應用上仍有疑慮。2011 年臺灣公路容量手冊中建議可利用「公路交通系統模擬模式」(HTSS Model)，來估計延滯及其他績效指標。HTSS 模式已利用現場機車加速行為、自由速率特性及停等車疏解特性加以微調參數。

二、公車專用道

公車專用道為應用標誌、標線或其他設施，使得公車可以在具有專用路權之道路上行駛，避免與其他車輛發生干擾(李俊賢等人，民 90)。為了提升公車行車速率、並減少旅行時間的變異性，都市幹道上可視需要設置公車專用道。根據營建署之研究(民 97)，設置專用道的條件如表 3.3-3 所示。

表 3.3-3 公車專用道設置條件

考慮因素	實施時段	設置條件
公車需求	尖峰時間	尖峰小時公車流量達 50 輛以上，或公車載容量達每小時 2,000 人以上。
	全天	尖峰小時公車流量達 75 輛以上，或 12 小時內 400 輛以上。
道路幾何設施	尖峰時間	在雙向車道上，應至少需有雙向合計四車道寬度 在單行道上，應至少需有三車道。
	全天	在雙向車道上，應至少需有雙向合計六車道寬度 在單行道上，應至少需有三車道。

資料來源：市區道路工程規劃及設計規範之研究

專用道皆與號誌化路口平面交叉，而且通常只有一車道。除非轉向或特殊原因，公車必須行駛在專用道上。專用道上之公車站可能設在快慢車道之內側或外側。站台寬度一般在 3 公尺左右，長度則可讓 3 到 7 輛的公車同時停靠。一公車專用道若有停車彎，則通常停車彎本身即為公車站。換言之，停車彎須有足夠的長度同時容納數輛公車以避免公車被迫停在停車彎上游之專用道上(運研所，民 100)。臺灣公路容量手冊(民 100)中，將容量分為下列兩種：

1. 公車站容量：此容量為下列狀況下能讓乘客上下車之後離開車站之最大流率：
 - (1) 有不斷的公車等著進站。
 - (2) 公車進站及離站不受在下游號誌控制之影響。
 - (3) 公車進站及離站時不受車站下游停等車之阻礙。
2. 停止線車道容量：此容量為在有不斷之停等車等著進入下游路口時，在一小時內經常能利用綠燈及燈號轉換時段以疏解（進入路口）之最大流率。

在第一項公車站容量的部分，公路容量手冊將其分為有無停車彎的情形討論。若公車站有停車彎，則公車站容量受公車站站台長度及停車彎有效長度的影響。

如果公車長度皆為 11.5 公尺，且公車站沒有公車彎，公車站只有一車道(亦即不能超車)，靠站公車車頭與前車車尾皆保持 2 公尺，則公車站容量與平均靠站時間及同時能靠站之公車數的關係可用下列 HTSS 模式表示：

$$Q_0 = \frac{3600}{a + bT}$$

此式中，

Q_0 ：公車站容量，輛/小時

a, b ：係數

T ：平均靠站時間(秒)

係數 a, b 能隨同時靠站之公車數 N 改變：

$$a = 3.792 + 2.809e^{\frac{N-1}{1.730}}$$

$$b = 0.325 + 0.652e^{\frac{N-1}{1.407}}$$

第二項停止線車道容量的部分，其隨停等車疏散之特性而變，而其值可估計如下：

$$Q_s = (N_G + N_y) \frac{3600}{C}$$

其中，

Q_s ：無公車站作業影響時專用道之容量(輛/小時/車道)

N_G ：能在綠燈時段疏散之公車數(輛)

N_y ：在燈號轉換時段能疏散之公車數

C ：號誌週期長度(秒)

3.4 文獻小結

經由回顧以上之文獻，可得知目前之號控最佳化模式上缺少以下幾點考量：

1. 大部分現有之號誌控制最佳化模式均未於模式中討論汽、機車混合車流之議題。
2. 目前現有之號控最佳化模式多採用小汽車當量 (passenger car equivalent, PCE) 概念處理混合車流中機車問題，近年提出的混合車流格位傳遞模式(MCTM)提出競爭函數的概念處理混合車流，然而仍無法確切描述機車於路段與路口之行為，亦無法確切描述汽、機車於混合車流中之互動關係。
3. 台灣路口之幾何設計包含有機車待轉區與機車停等區，而現有之號控模式並未針對此兩區之疏散特性進行討論。
4. 現有之號控模式均未考慮本土特殊路型，如快慢分隔島、機車專用道、公車專用道、快慢分隔島等。

由於機車在台灣中為相當重要之交通工具，在都市幹道上之機車數量亦佔有相當高之比例，因此在號控最佳化模式中，應將機車視為相當重要之考量因子。然而現有號控模式中對於汽、機車混合車流之描述尚有許多不足，且難以適用於較複雜多變的本土路口設計。是以本研究將就上述幾點缺少之部分進行深入研究，並構建可適用於台灣汽、機車混合車流之號誌控制最佳化模式。

第四章 研究方法

4.1 混合車流號誌控制最佳化模式改良

本期將延續前期所使用之混合車流號誌控制模式(參考 2.1 節)，依規劃之軟體開發功能規劃之項目進行模式與求解演算法之功能新增與改良。前期之混合車流模式可概分為「上游抵達」、「車流推進」、「車道選擇」、「併入停等」以及「車隊紓解」等模式。本期將依原模式架構，新增「機車專用/優先道」、「公車專用道」、「快慢分隔島」等功能，將依序詳述如下。

4.1.1 機車專用/優先道

機車專用/優先道(如圖 4.1-1、圖 4.1-2、圖 4.1-3)的設置是為保障機車族通行權利，透過汽機車行駛空間的分隔，改善交通亂象並提昇其行駛安全與效率。本期將新增混合車流模式之功能，使其適用於建構含有機車專用道及機車優先道之路段。依道路交通標誌標線號誌設置規則第一百七十四條規定：「車種專用車道標線，用以指示僅限於某車種行駛之專用車道，其他車種及行人不得進入。」及第一百七十四條之一規定「機車優先車道標線，用以指示大型重型機車以外之機車優先行駛之車道，其他車種除起步、準備停車、臨時停車或轉向外，不得橫跨或占用行駛。」然而上述狀況較複雜細微，且須考慮駕駛人行為因素，故本研究暫不考慮汽車路邊停車、起步、或是轉向等行為對機車優先道車流之影響。在模式中，機車專用道及優先道可一併視為「僅供機車使用之專用道」。



圖 4.1-1 機車專用道(新竹市公道五路)

資料來源：Google Map



圖 4.1-2 機車優先道(台北市承德路-大度路)

資料來源：Google Map



圖 4.1-3 機車優先道(新北市三重環河北路-龍門路)

資料來源：Google Map

因一般狀況下，路段上之機車均行駛於機車專用道(暫不考慮特殊路型)，且其他車種無法行駛其上，故機車專用道之模式較原模式為簡化。車流模式中之「車道選擇模式」模組可簡化為：

$$Q^{i.sl,arr}[t] = Q^{i,arr}[t] \quad (4-1)$$

其中， $Q^{i.sl,arr}[t]$ ：路段 i 於時階 t 抵達機車專用/優先道停等車隊尾端之機車數
而「併入停等車隊」模組可修改如下：

$$Q^{i,sl}[t] = \min \left\{ Q^{i,sl,arr}[t], \frac{L^{i,sl,max}}{\tau_1 \times P^{i,sl}} - \sum_m X_m^{i,sl}[t] \right\} \quad (4-2)$$

其中， $Q^{i,sl}[t]$ ：路段 i 於時階 t 進入機車專用/優先道停等車隊之機車數

$L^{i,sl,max}$ ：路段 i 機車專用/優先道之路段長度(公尺)

$P^{i,sl}$ ：路段 i 可併排停等於機車專用/優先道之機車數

$X_m^{i,sl}[t]$ ：路段 i 於時階 t 機車專用/優先道停等車隊轉向 m 之機車數

機車專用道之「車隊紓解」模組中，紓解率計算修改如下：

$$S^{i,sl}[t] = \left(\frac{\sum_m X_m^{i,sl}[t] \cdot (\tilde{P}^{i,sl})^{-1} \cdot h_m^i}{\sum_m X_m^{i,sl}[t]} \right)^{-1} \quad (4-3)$$

其中， $S^{i,sl}[t]$ ：路段 i 於時階 t 之機車專用/優先道紓解率

h_m^i ：機車於路段 i 轉向 m 之紓解車間時距

$\tilde{P}^{i,sl}$ ：路段 i 可併排行駛於機車專用/優先道之機車數

$h_m^{i,sl}[t]$ ：路段 i 於時階 t 機車專用/優先道停等車隊轉向 m 之機車數

紓解機車數計算如下：

$$D^{i,sl}[t] = \min \left\{ Q^{i,sl}[t] + \sum_m X_m^{i,sl}[t], S^{i,sl}[t] \times g^{i,sl}[t] \right\} \quad (4-4)$$

$S^{i,sl}[t]$ ：路段 i 於時階 t 之機車專用/優先道紓解率

$g^{i,sl}[t]$ ：描述路段 i 之機車專用道於時階 t 是否可通行之二元變數

最後，機車專用道之「車輛守恆」模組更新如下：

$$X^{i,sl} [t+1] = X^{i,sl} [t] + Q^{i,sl} [t] - D^{i,sl} [t] \quad (4-5)$$

4.1.2 公車專用道

公車專用道(如圖 4.1-4)係指在道路上畫出特定之車道專供公車行駛，禁止其他車輛使用。藉由隔離公車與其他車道之汽機車，保障公車專用之路權。提高公車之行駛速率、服務水準，在交通尖峰時能不受塞車之苦，降低道路上不同車種間交織造成的負面影響。



圖 4.1-4 公車專用道(台北市仁愛路一段)

資料來源：Google Map

公車專用道因不需考慮車道選擇、混合車流紓解等行為，其模式應可較其他車道為單純。而公車須停站服務上下客，是與其他車種最為不同的地方。原車流模式考慮「車流推進」至車隊尾端後，開始「選擇車道」與「併入停等車隊」等行為，與公車車流行為明顯不同。因此無法藉修改原車流模式進行描述。另外，本研究發展之模式與軟體僅適用於路口定時時誌之最佳化，公車優先號誌並不在研究範圍內。故當使用者在使用本軟體計算最佳解的過程中，公車專用道的績效並不會納入考量。僅於最後呈現路口績效報表時，提供最佳時制狀態下公車專用道的服務績效。

本研究提出以 3.2.1 節介紹的格位推移模式(CTM)，建構公車專用道之車流模式。原 CTM 模式如下：

$$y_i(t) = \min\{n_{i-1}(t), Q_i(t), [N_i(t) - n_i(t)]\} \quad (4-6)$$

$$n_i(t+1) = n_i(t) + y_i(t) - y_{i+1}(t) \quad (4-7)$$

其中

$n_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 的車輛數

$N_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 可容納最大車輛數

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

$y_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 離開的車輛數

應用 CTM 時需先設定格位大小 Δx 以及時階步幅 Δt 。為保證流量守恒式成立，在自由車流速率為 v_f 時需滿足 $v_f \Delta t \leq \Delta x$ 之限制。令 Δt 為 1 秒， $v_f = 40\text{kph}$ ，則 $\Delta x \geq 12\text{m}$ 可滿足限制式；而一般公車車長約 12 公尺，恰好可滿足此限制。故此令 $\Delta x = 12\text{m}$ ，在尚未考慮路口號誌與停靠站影響時，令 $N_i(t) = 1$ ， $Q_i(t) = 1, \forall i, t$ ，CTM 可描述公車在專用道上自由車流之情形。

以圖 4.1-5 為例，考慮公車專用道停靠站(圖中格位 $i-1$ 至格位 i)以及路口號誌之影響，本研究將 CTM 調整如下：

$$y_i(t) = \min\{n_{i-1}(t), \tilde{Q}_i(t), [N_i(t) - n_i(t)]\} \quad (4-8)$$

$$n_i(t+1) = n_i(t) + y_i(t) - y_{i+1}(t) \quad (4-9)$$

$$\tilde{Q}_i(t) = \begin{cases} Q_i(t) \times SC_i(t), & \text{cell } i \text{ 是公車站} \\ Q_i(t) \times S_i(t), & \text{cell } i \text{ 鄰近號誌路口} \\ Q_i(t) \times SC_i(t) \times S_i(t), & \text{cell } i \text{ 是公車站且鄰近號誌路口} \\ Q_i(t), & \text{其他} \end{cases}$$

其中， $SC_i(t)$ 與 $S_i(t)$ 為二元變數：

$$SC_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{公車站 cell } i \text{ 完成上下客服務} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$S_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{cell } i \text{ 前方號誌為綠燈} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

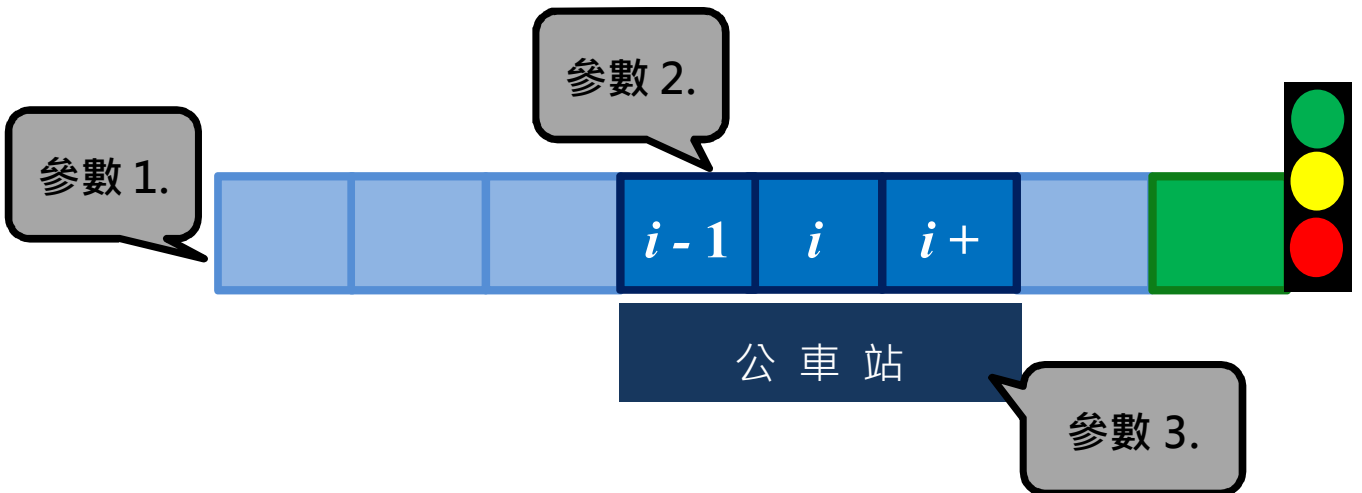


圖 4.1-5 圖示 CTM 模擬公車專用道

4.1.3 快慢分隔島

本期新增之另一車流模式功能，是使其適用於含有快慢分隔島之路段(如圖 4.1-6)。其與一般路段相異之處在於，此路段內行駛於快、慢車道之車輛無法變換車道；另外機車不能使用快車道、快車道禁止右轉、慢車道禁止左轉等特色亦須考量。欲將上述特性納入混合車流模式，軟體介面

將進行調整讓使用者可輸入快、慢車道之各車種及各轉向需求量。車流運行時，模式將依使用者輸入值換算比例，將需求量分配至快、慢車道群組。接著在快、慢車道群組內部各自進行車道選擇及後續併入車隊等模組運算。



圖 4.1-6 快慢分隔島(新竹市公道五路)

資料來源：Google Map

4.1.4 模式求解演算法設計

前期所使用的混合車流號控模式為一混合整數規劃問題。所需求解變數為各路口之(1)共同週期、(2)各時相綠燈時間以及(3)時差，統稱為號誌解。由於模式計算量龐大，難以有效地採用傳統最佳化方式進行求解，而須利用啟發式演算法來加以求解。

前期的啟發式演算法(流程如圖 4.1-7)大致上可分為：(1)以 CLV 求算各路口起始週期及綠燈時比，(2)區域搜尋逐步改善各路口時比與週期，(3)設置共同週期，(4)以 MAXBAND 求解各路口時差等四階段。經測試發現，第二階段「區域搜尋」因需針對每個路口的各時相逐一尋優，且皆以一秒作為搜尋步階逐步增減測試，每次測試均須呼叫車流模擬功能計算績效，導致耗費大量運算資源。以含有四路口，各路口皆為二時相之幹道為例，此部分就須耗時數分鐘進行改善，而其他階段僅需數秒即可完成。

特別值得一提的是，原演算法計算初始解的方式是逐步增加綠燈時間直到各路口皆無殘餘車隊為止。而在路口過飽和的狀況下因為剩餘車隊持續存在，將導致演算法無法完成初始解計算而陷入迴圈。在前期除了將此部分調整為以 CLV 求算各路口起始解外，當路口過飽和時便給予路口使用者所設定的最大週期，以使幹道通過量最大化的方式處理過飽和之情形。已可改善原本演算法不適用於過飽和路口之情況。

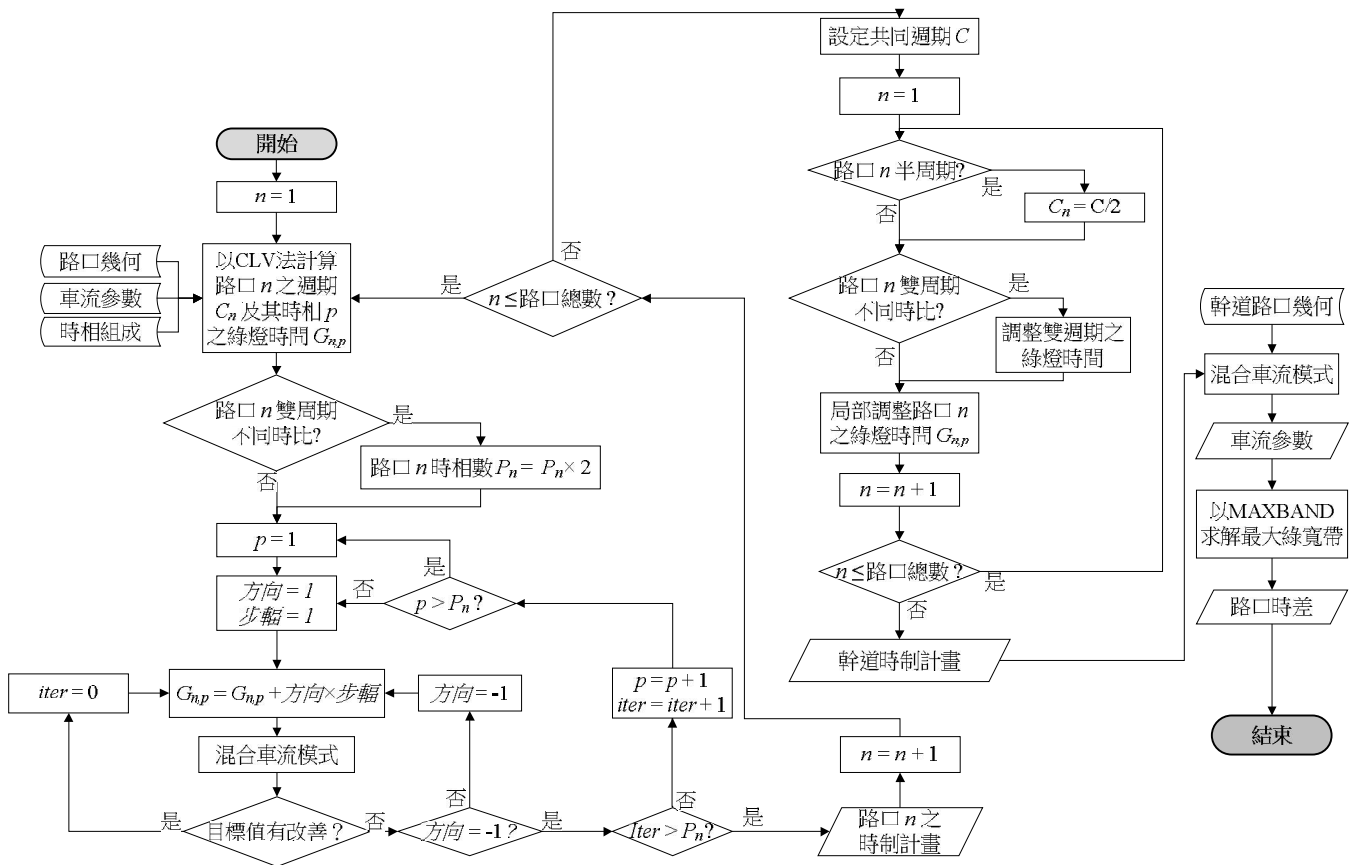


圖 4.1-7 前期求解演算法流程圖

本期新增機車專用/優先道、快慢分隔島及公車專用道等模式，檢視後確認其仍可適用於原求解演算法架構。因此本研究將著重於提升演算法效率，期望使用較少運算資源，提供使用者最佳解。茲提出改良之演算法(如圖 4.1-8)，調整功能包含如下：

1. 前期算法透過區域搜尋法逐步改善各路口之綠燈時比。若路網含有N個路口、各路口有P個時相、各時相平均須搜尋K次，則步驟(2)便約須執行 $N * P * K$ 次車流模擬。隨著路網規模加大及時相數增多，此部分之運算時間將隨之增長。然而在步驟(3)設置共同週期時，僅有週期時間最大之路口會維持原有週期，其餘路口皆會被放大至共同週期。導致其綠燈時比可能不再是最佳解，浪費先前區域搜尋綠燈時比的運算時間。因此，本研究將新增週期門檻，僅挑選週期較大的路口進行步驟(2)的區域搜尋法。挑選門檻設為 $C_{Max} - C_{Std}$ ；其中 C_{Max} 為所有路口初始解之最大週期時間， C_{Std} 為所有路口初始解之週期時間標準差。唯大於此門檻之路口才會進行週期、時比的區域搜尋，以有效減少運算時間。此部分稱為區域搜尋法 A。
2. 前期算法在爬山搜尋各路口之綠燈時比部分，採用之步幅為 1 秒。經測試發現，CLV 求得之初始時制與區域搜尋所得之時制有一段落差，若統一採用步幅為 1 秒做前後搜尋，將非常耗費運算資源。因此本研究提出一指標 $gRQ_{n,p}$ ，表示路口n時相p在現行解的狀態下，對於綠燈時間的「渴望程度」。此指標是此時相中，停等車隊尚未紓解完畢之時間長度占此時相總長度之百分比。舉例而言，若時相為 40 秒，而第 10 秒之後車隊已經紓解完畢，則 gRQ 即為 $(10/40) * 100 = 25$ 。此值界於 0-100 之間，若此值為 100，代表綠燈結束時仍有剩餘車隊，即代表此時

相對綠燈是極度渴望的。以此指標為依據，可使用動態步幅調整綠燈時間，以期在加速區域搜尋法 A 的尋優效率。

3. 區域搜尋法 A 僅針對初始週期較大的路口進行搜尋，故初始週期較小的路口在放大至共用週期後，仍沿用初始綠燈時比。而且即便某些路口已進行區域搜尋法 A，再被放大至共用週期之後，其原本之綠燈時比可能已非最佳解。為使整體系統運作績效最小化，本研究在設定完共用週期之後，再針對所有週期被放大為共用週期之路口進行一次區域搜尋，稱之為區域搜尋法 B。與區域搜尋法 A 明顯不同的地方在於，此部分區域搜尋必須保持週期固定，為此特別調整搜尋方法，以期能找到更佳的時制。

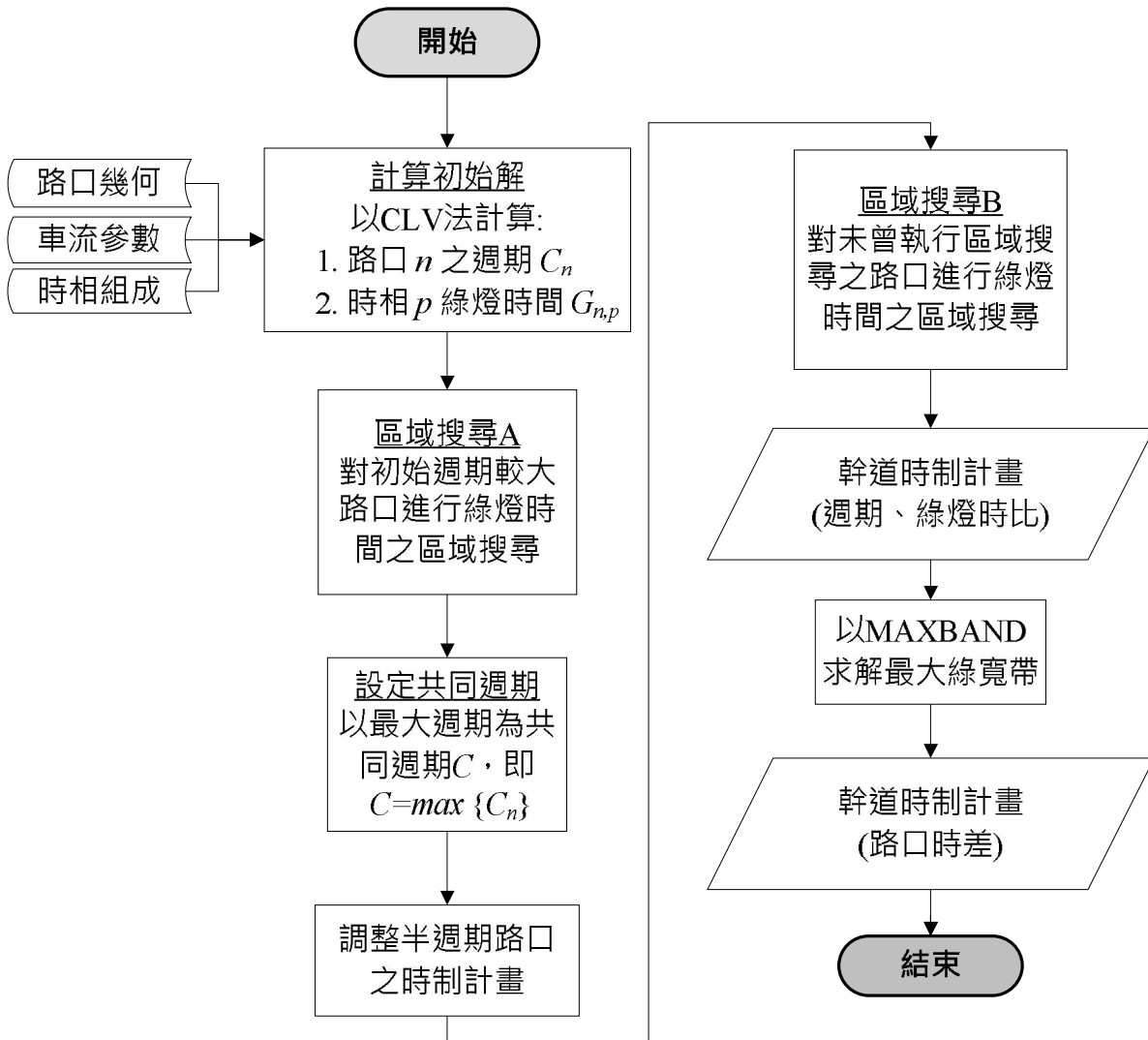


圖 4.1-8 本期求解演算法流程圖

承前所述，本研究為提升演算法之效率，已調整部分演算流程，並提出區域搜尋法 A、B。在此進一步針對此二種區域搜尋法說明如下：

1. 區域搜尋法 A(如圖 4.1-9): 首先判斷路口週期是否大於週期門檻, 挑選門檻設為, $C_{Max} - C_{Std}$; 其中, C_{Max} 為所有路口初始解之最大週期時間, C_{Std} 為所有路口初始解之週期時間標準差。唯大於此門檻之路口才會進行區域搜尋, 從第一個時相開始進行區域搜尋前, 須先判斷當前週期時間是否為最大週期(MaxC), 若是, 代表搜尋方向僅能朝綠燈時比降低前進, 然綠燈時比亦有最小綠燈(MinG)限制, 若降低後不低於最小綠燈限制, 才會降低綠燈時比; 反之, 表示此時相無法作任何調整, 則令 $Flag1=1$, 該 $Flag$ 可避免演算法執行不必要的模擬。若週期時間小於最大週期, 則會透過 $gRQ_{n,p}$ 的狀態做為是否使用動態步幅的依據, 若 $gRQ_{n,p}$ 等於 100, 表示該時相亟需額外的綠燈時間, 則會考慮使用動態步幅(DSS)。使用動態步幅前, 仍須判斷當前的週期時間是否有足夠空間使用動態步幅, 以避免超過最大週期限制。因此, 若超過限制者, 即使需要使用動態步幅, 依舊只能以最小的步幅 1 進行搜尋; 若仍可使用動態步幅者, 則會以當下之動態步幅進行搜尋, 並令 $Flag2=1$, 該 $Flag$ 將可做為後續調整動態步幅之依據。若 $gRQ_{n,p}$ 不等於 100, 則會以一般的步幅進行搜尋, 預設以綠燈時比降低為搜尋方向, 即預設 $Flag3=0$, 流程便接到與先前提到的綠燈時比降低的設置部分相同, 反之, 若是 $Flag3$ 不等於 0, 則會以綠燈時比增加為搜尋方向; 經歷這一系列的步驟, 決定綠燈時比的改善方向及步幅, 便會執行模擬, 若有改善績效, 則重置 $Flag$ 及 DSS , 回到此路口之第一個時相進行區域搜尋; 若是績效未改善, 首先判斷是否使用動態步幅($Flag2$), 若有使用, 則把步幅降低, 以確保因原先之步幅過大, 導至搜尋不完整, 隨著步幅逐漸下降至 0, 則代表所有範圍皆搜尋完整, 便接到下一個時相進行搜尋($p = p + 1$); 若未使用動態步幅, 則須判斷先前搜尋方向是否有缺漏($Flag3$), 因預設為減少綠燈時比, 如果未改善, 則有必要以綠燈時比增加為搜尋方向進行搜尋, 若仍舊未改善, 便接到下一個時相進行搜尋($p = p + 1$); 隨著此路口的所有時相皆被進行區域搜尋後($p \geq P_n$), 便會換下一個路口進行週期門檻判斷, 決定是否進行區域搜尋, 直到完成所有路口, 便可接續到本期演算法的下一階段設定共同週期。
2. 區域搜尋法 B(如圖 4.1-10): 在設置共同週期後, 針對綠燈時比是否遭共同週期放大之路口進行綠燈時比的搜尋改良。為維持週期不變, 必須有效挑出相對缺乏綠燈時間的時相與相對浪費綠燈時間的時相, 以前者做為綠燈時比增加及後者做為綠燈時比減少之對象, 做出等量的增加與減少, 以維持週期不變。判斷相對缺乏與浪費的依據為該時相之 $gRQ_{n,p}$ 是否大於 $gRQ_{n,mean}$ 及小於 $gRQ_{n,mean}$, 其中 $gRQ_{n,mean}$ 為此路口所有時相的 $gRQ_{n,p}$ 平均; 在進行搜尋的過程中, 會先針對 $gRQ_{n,p}$ 進行大小排序, 以大於 $gRQ_{n,mean}$ 中最大的時相為優先增加對象, 再挑出小於 $gRQ_{n,mean}$ 中最小的時相為減少對象, 若有改善, 便重新排序與搜尋; 若未改善, 則維持大於 $gRQ_{n,mean}$ 中最大的時相為優先增加對象, 減少對象則改為小於 $gRQ_{n,mean}$ 中次小的時相, 若一直未改善, 此大於 $gRQ_{n,mean}$ 中最大的時相便會搜尋到不再有小於 $gRQ_{n,mean}$ 的時相可以做減少對象為止, 便改為大於 $gRQ_{n,mean}$ 中次大的時相為優先增加對象, 減少對象則會再次從小於 $gRQ_{n,mean}$ 的時相中, 挑出最小、次小...依序替換, 直到針對所有大於 $gRQ_{n,mean}$ 時相進行完搜尋後, 便完成此路口的區域搜尋, 接續至下一路口進行搜尋, 若所有路口都完成, 則會接續到本期演算法的下一階段。

MaxDSS: 最大的動態步幅，預設為 3。
 DSS: 目前使用的步幅，預設狀態DSS = MaxDSS。
 Flag1: 當綠燈時間減1時小於最小綠時，Flag1=1
 Flag2: 當啟用DSS時，Flag2=1
 Flag3: 當 $gRQ < 100$ ，進行第一次調整後將Flag3=1

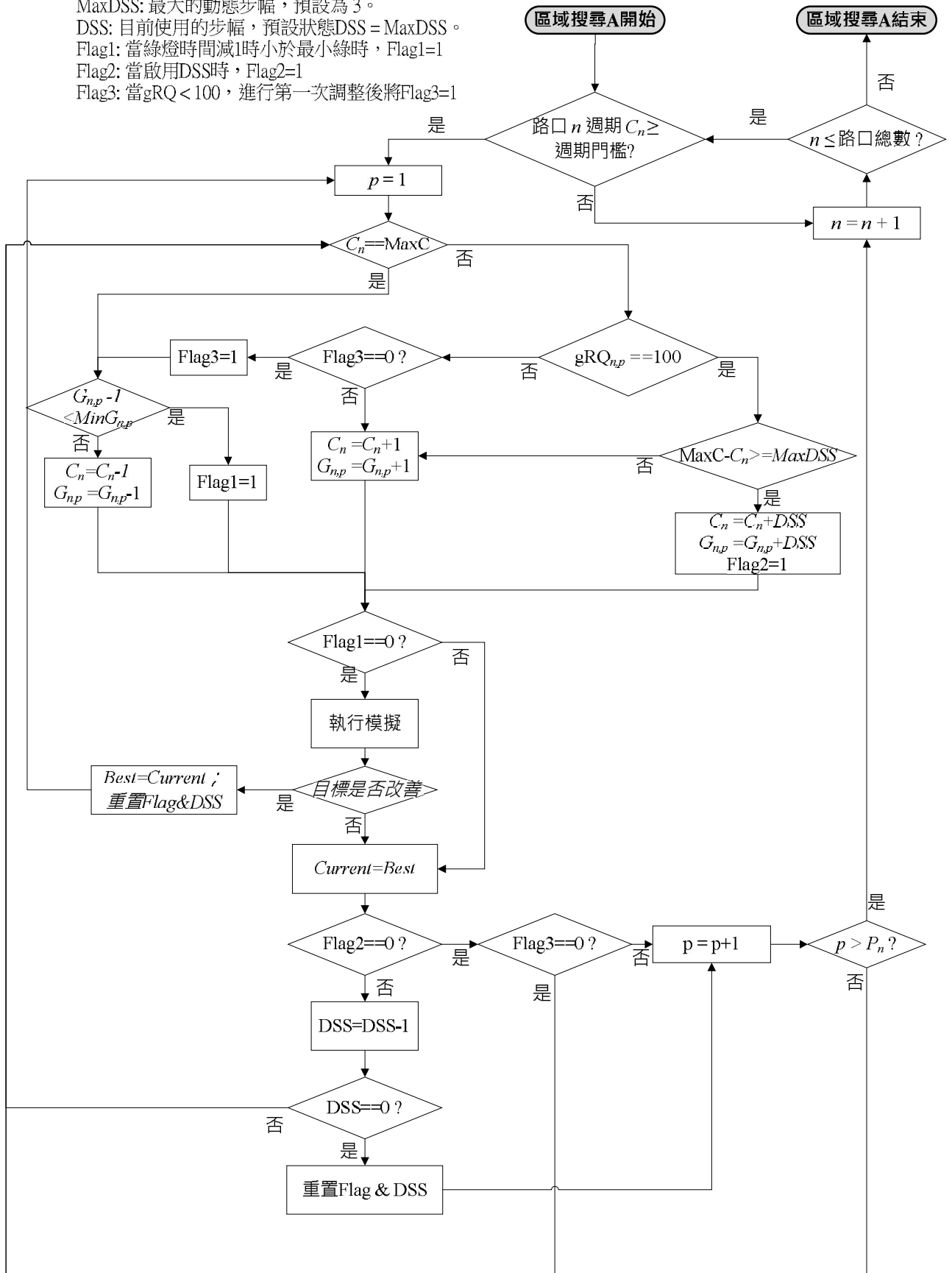


圖 4.1-9 區域搜尋法 A 流程圖

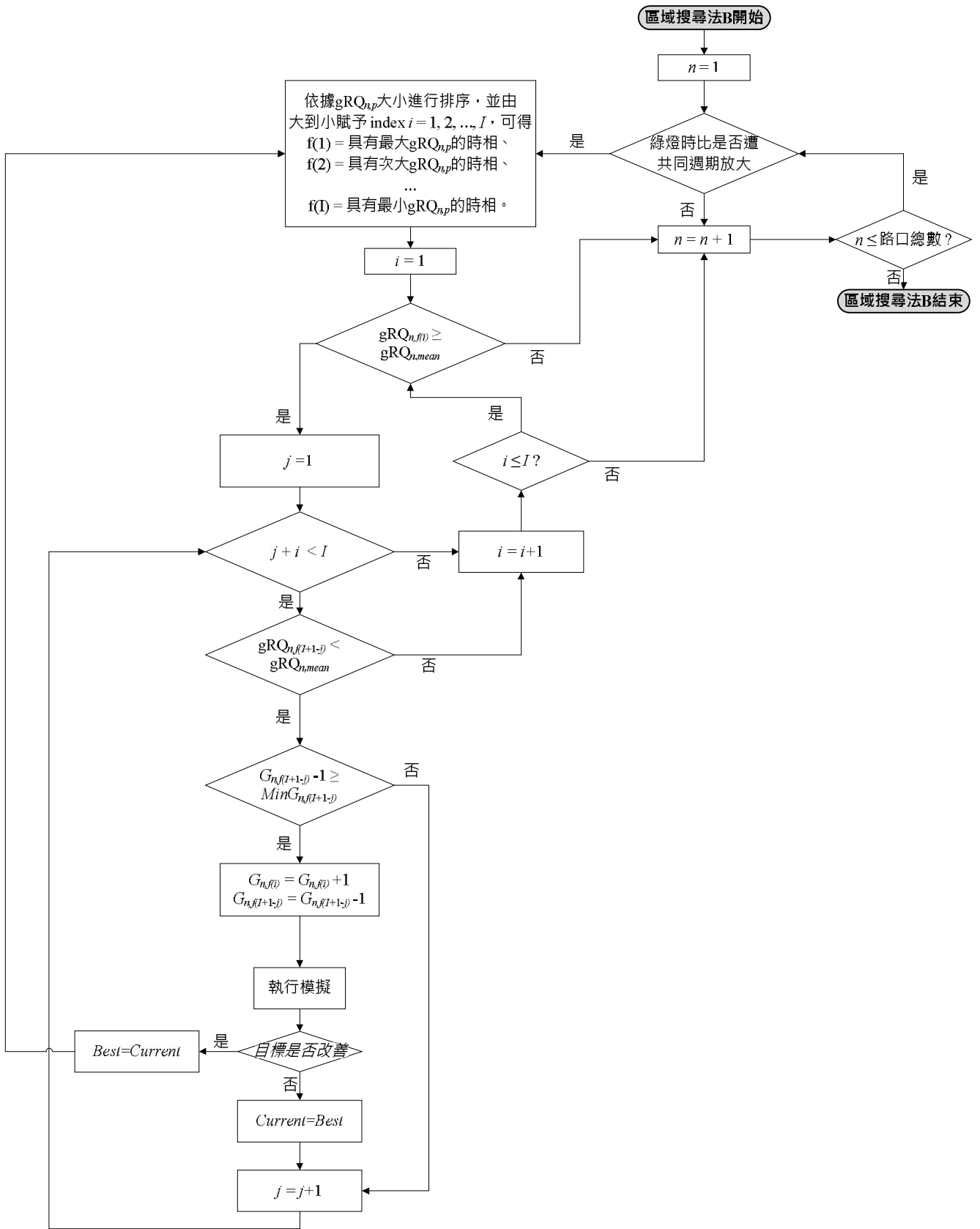


圖 4.1-10 區域搜尋法 B 流程圖

4.2 軟體功能與介面改良

針對軟體之功能，本期除配合模式擴充之功能調整使用者介面，讓使用者能夠分析包括：機車專用/優先道、快慢分隔島、公車專用道等之外，使用者介面將新增「參數意義查詢」、「參數錯誤偵測」等功能，另將新增本土化報表顯示與產出、各時相之 CLV 值以及新增績效指標。

4.2.1 參數設定指引

1. 參數意義及介面查詢

當游標移至設定參數的標籤上停留三秒，出現簡短的參數意義(包含參數範圍)提醒，並於介面的最右上方新增參數意義查詢按鈕(目前規劃問號圖樣)，點選之後彈出查詢視窗，可輸入參數名稱查詢完整定義與說明。



圖 4.2-1 參數意義與介面查詢示意圖

2. 參數設定簡化及錯誤提醒

本軟體於各參數輸入介面中，將依經驗或實際調查結果，提供初步之預設值設定，如：路段及車道參數(包括幹/支道、車速、路段長、車道數)、車輛參數(包括各車種飽和車間距、機車待轉區與停車區之飽和車間距、尖峰小時係數)、時制計畫參數(包括最大綠燈秒數、最小綠燈秒數、全紅與黃燈秒數、損失時間)、最佳化分析之參數(包括紓解車間距、車輛長度、寬度等。各車種所占之面積比值將直接換算)等，以簡化及加速使用者進行各參數設定所需時間，惟軟體所提供之各項參數預設值僅提供使用者進行初步設定之參考，並非適用所有路口或幹道，故使用者仍需視分析地點特性及實地調查結果予以調整，始可使最佳化分析結果符合現地需求。另使用者自行調

整參數設定時如超出設定範圍則設定失敗，區塊變換反白顏色做提醒，游標旁出現與參數定義提醒不同顏色之提醒，告知錯誤之範圍。

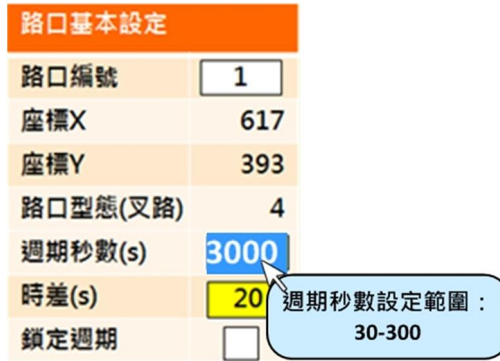


圖 4.2-2 參數設定錯誤提醒示意圖

4.2.2 本土化報表顯示及輸出

新增小汽車當量輸入欄位於流量設定頁面，點擊路口與報表後可產生三種報表，一為此路口各時段各車種各方向的 PCU 計算結果以及各時段合計結果，二為將表一轉換成各時段各車種轉向比，最後則為各時段轉向比。示意圖如圖 4.2-3 所示。而產出之各項報表將與路網建置檔案儲存在同一資料內，以便使用者找尋及進行專案計畫之檔案管理。

車種	大型車			小型車			機車			合計
轉向	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	
小汽車當量	2.3	1.8	2.7	1.5	1	1.08	0.5	0.42	0.45	
7:00-8:00	11.5	19.8	35.1	333	775	223.56	110.5	320.88	66.15	1,895.5
7:15-8:15	18.4	19.8	45.9	312	753	220.32	110	340.62	75.15	1,895.2
7:30-8:30	23	25.2	45.9	277.5	694	193.32	106	320.04	72.9	1,757.9
7:45-8:45	43.7	32.4	56.7	276	679	195.48	99	298.2	67.5	1,748.0
8:00-9:00	52.9	30.6	59.4	282	677	184.68	108.5	287.7	68.85	1,751.6

車種	大型車			小型車			機車		
轉向	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉
7:00-8:00	0.61%	1.04%	1.85%	17.57%	40.89%	11.79%	5.83%	16.93%	3.49%
7:15-8:15	0.97%	1.04%	2.42%	16.46%	39.73%	11.63%	5.80%	17.97%	3.97%
7:30-8:30	1.31%	1.43%	2.61%	15.79%	39.48%	11.00%	6.03%	18.21%	4.15%
7:45-8:45	2.50%	1.85%	3.24%	15.79%	38.84%	11.18%	5.66%	17.06%	3.86%
8:00-9:00	3.02%	1.75%	3.39%	16.10%	38.65%	10.54%	6.19%	16.42%	3.93%

轉向	左轉	直行	右轉
7:00-8:00	24.00%	58.86%	17.14%
7:15-8:15	23.24%	58.75%	18.01%
7:30-8:30	23.12%	59.12%	17.76%
7:45-8:45	23.95%	57.76%	18.29%
8:00-9:00	25.31%	56.82%	17.87%

圖 4.2-3 本土化報表顯示與輸出頁面示意圖

4.2.3 新增 CLV 分析功能

新增各路口每時相之 CLV(Critical Lane Volumes)分析結果，透過點擊分析功能鍵中的「CLV」，再點選路口，圖像顯示區中將顯示該路口各時相之臨界車道車流量值，如圖 4.2-4 所示。

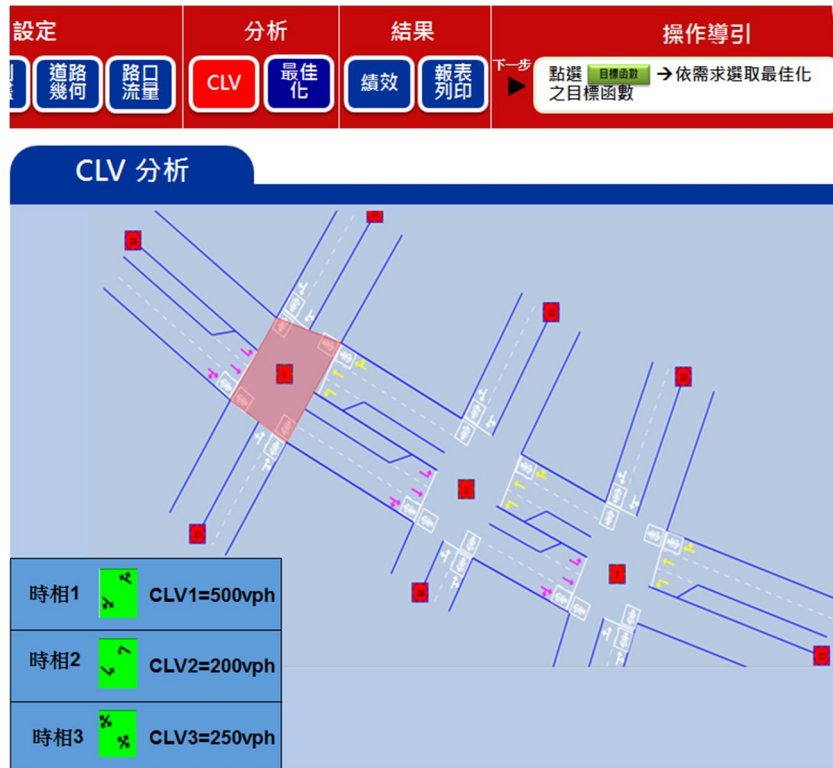


圖 4.2-4 CLV 結果呈現示意圖

4.2.4 新增績效指標

(1) 停等車輛數與停等次數

點選左邊功能列中績效統計的延滯，於路網圖上呈現各路口各車種的停等車輛數，並將數值表列呈現於下方，示意圖如圖 4.2-5 所示。

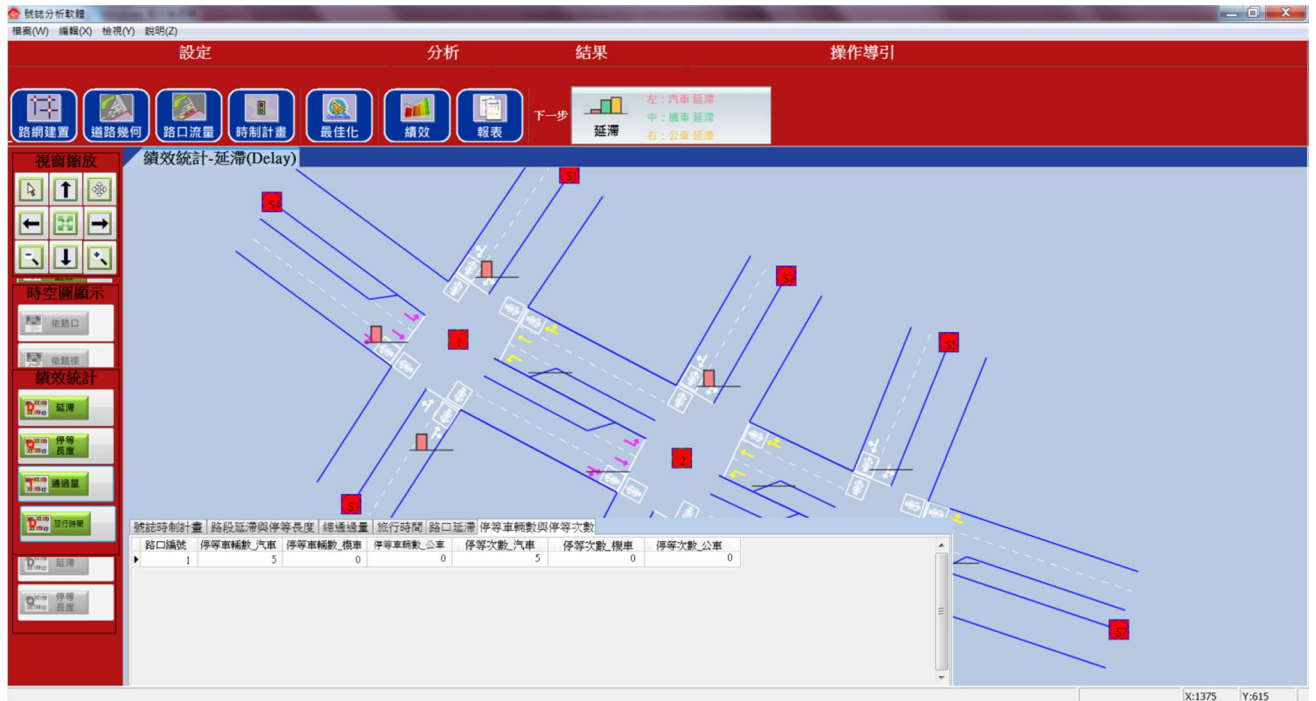


圖 4.2-5 績效指標-停等車輛數與停等次數示意圖

(2) 停等延滯

點選左邊功能列中績效統計的延滯，於路網圖上呈現各路口個車種的停等延滯長條圖，並將數值表列呈現於下方，示意圖如圖 4.2-6 所示。

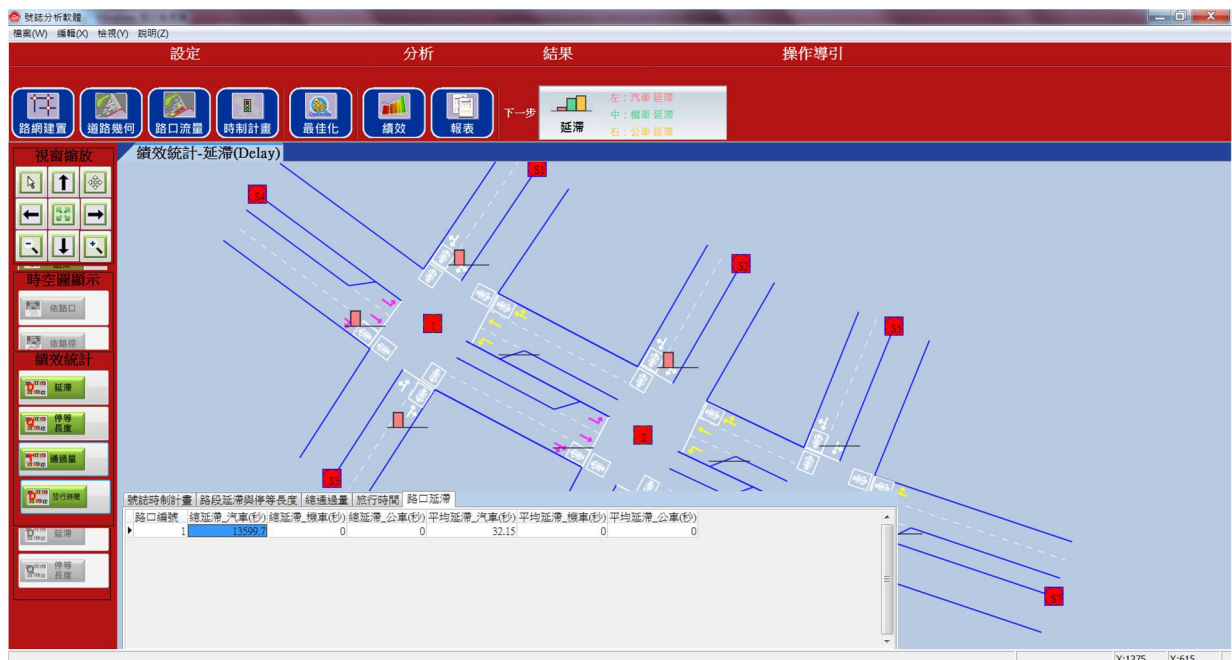
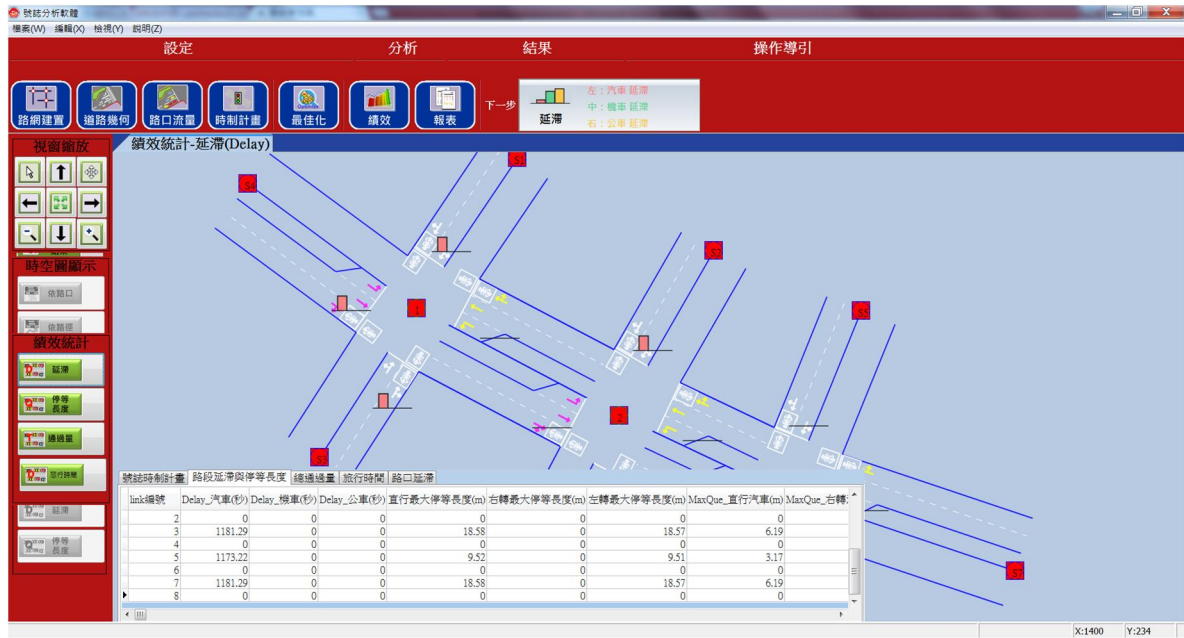


圖 4.2-6 績效指標-停等延滯示意圖

(3) 路網總延滯

本軟體針對「單一路口」及「幹道」型態之路網提供號誌最佳化之功能，本期新增之績效「路網總延滯」意指系統內所有路段之停等延滯總和。操作方法與呈現方式同停等延滯，數值位於下方表格中「路段延滯與停等長度」標籤下，除了提供延滯外亦一併呈現停等長度，示意圖如圖 4.2-7 所示。



4.2.5 軟體介面改良成果

1. 完成參數設定簡化及錯誤提醒功能，內容如下說明：

於各操作介面之參數設定欄位中，將依經驗或實際調查結果，提供初步之預設值設定，以簡化及加速使用者進行各參數設定所需時間，惟軟體目前所提供之各項參數預設值僅提供使用者進行初步設定之參考，並非適用所有路口或幹道，故使用者仍需視分析地點特性及實地調查結果予以調整，始可使最佳化分析結果符合現地需求。

另對於部分參數設定已增加最大及最小值之範圍規定，因此，使用者自行調整參數設定時，如輸入值小於最小值規定，則欄位內容會自動變更為最小值，而輸入值大於最大值規定，欄位內容則會自動變更為最大值。而在參數設定範圍提醒部分，可將游標移至設定參數的標籤上停留，則會出現參數值範圍之文字提醒，如圖 4.2-8。

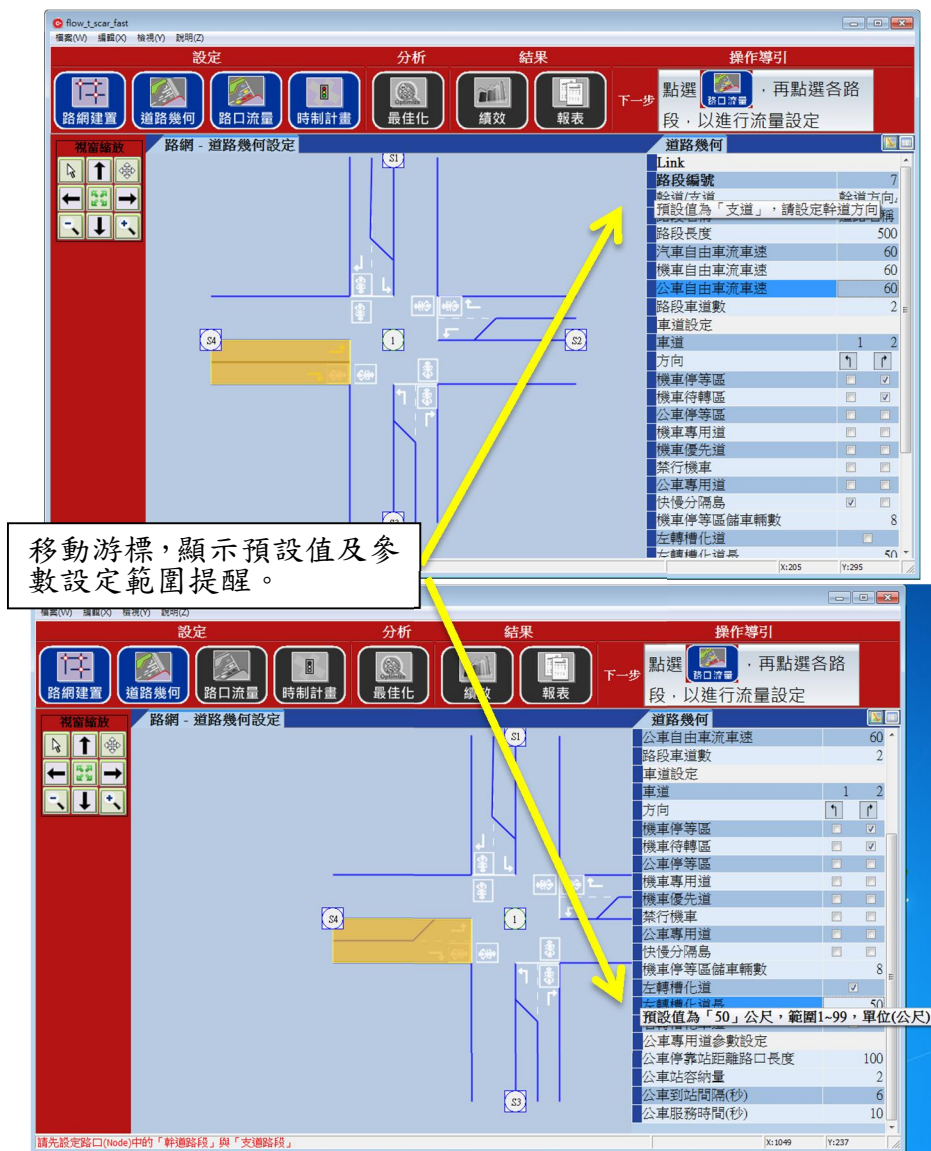


圖 4.2-8 參數設定及提醒功能畫面

2. 完成參數意義及介面查詢功能，內容如下說明：

在參數意查詢部份，為利使用者便於上手，其操作方式開發與一般軟體文件之查詢功能相同，當系統執行後，使用者只要按「F1」鍵就會開起說明文件的視窗，如圖 4.2-9 畫面所示。

「內容」就是說明文件的章節內容，點選「搜尋」可以輸入關鍵字去查詢有關的內容，例如查詢「機車」，在下方就會列出有機車關鍵字的文章，點選文章後在右方就會把關鍵字反白，如圖 4.2-10 所示。



圖 4.2-9 參數意義及查詢功能畫面(1)

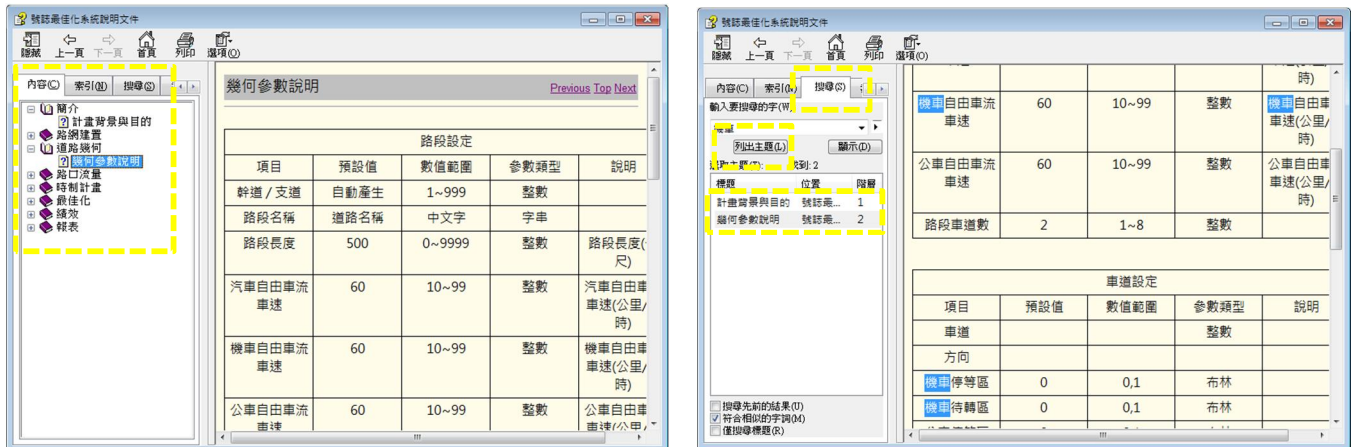


圖 4.2-10 參數意義及查詢功能畫面(2)

3. 完成本土化報表產出，內容如下說明：

(1) 於路口流量設定介面，新增流量設定欄位，車流量設定以「累計車流量」或「尖峰小時車流量」等二種方式進行輸入，其中使用者以「累計車流量」方式進行設定，本軟體可自動產製本土化報表。

A. 使用者可以「累計車流量」輸入方式進行設定(如圖 4.2-11)，於設定完成後，需再點選「計算尖峰小時流量」，程式將自動於累計車流量中判斷與計算尖峰小時流量，並顯示於圖面上，另亦可提供本土化報表之產出(路口流量設定方式改為 8 個 15 分鐘二小時方式輸入，主要是為因應產出本土化報表所需)。



圖 4.2-11 「累計車流量」輸入畫面

B. 使用者可以「尖峰小時車流量」輸入方式直接進行設定(如圖 4.2-12)，於設定完成後，可直接於圖面上顯示，並提供模式進行最佳化分析使用，但無法以此進行本土化報表之產製。

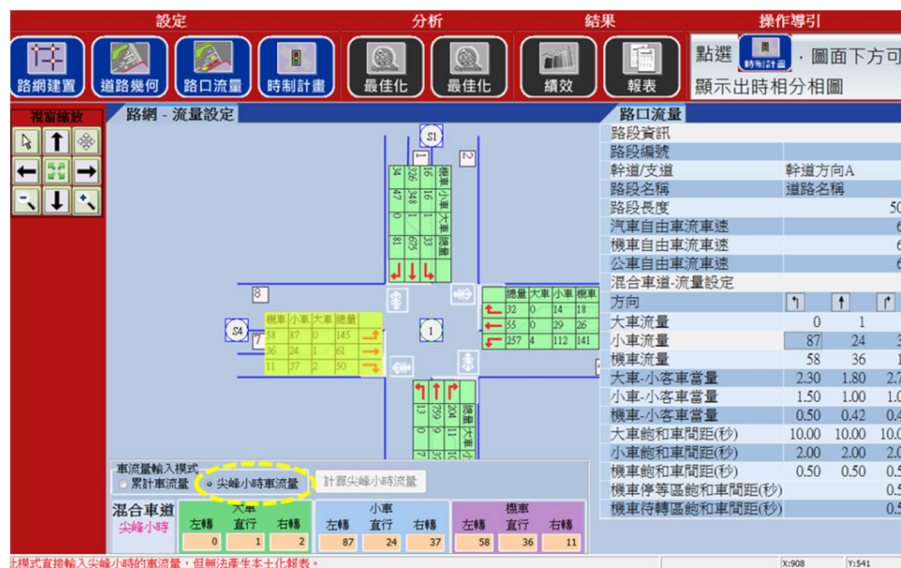


圖 4.2-12 「尖峰小時車流量」輸入畫面

(2) 點選「檢視-本土化報表」功能，軟體依據輸入之流量及機車轉向當量，自動輸出 Excel 檔之報表資訊。

A. 軟體將依使用者所指定存檔之資料夾中，自動匯出「路口 1」(依軟體中路名設定而定)檔名之 Excel 檔，如圖 4.2-13。

The screenshot displays the software's main interface with a data table and a file explorer window. The data table shows flow statistics for different vehicle types and directions. The file explorer shows a list of files, with '路口1.xls' highlighted.

Table 1: 混合車道 累計流量 (Mixed Lane Cumulative Flow)

時間	左轉	直行	右轉	小車 左轉	小車 直行	小車 右轉	機車 左轉	機車 直行	機車 右轉
00:00-00:15	0	0	0	27	6	2	31	1	4
00:15-00:30	2	0	0	59	11	4	71	10	10
00:30-00:45	3	0	0	84	20	10	109	18	14
00:45-01:00	4	0	0	112	29	14	141	26	18
01:00-01:15	7	1	0	141	36	18	177	37	24
01:15-01:30	12	3	0	168	43	23	215	45	27
01:30-01:45	19	4	1	195	48	24	247	53	28
01:45-02:00	23	4	1	226	56	27	298	62	29

Table 2: 檔案列表 (File List)

檔案名稱	日期	格式	大小
user.pj	2015/11/20 上午...	PRJ 檔案	5 KB
userBusArrInterval.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	1 KB
userBusServTime.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	1 KB
userLane.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	5 KB
userLane2.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	1 KB
userLink.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	1 KB
userLink2.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	1 KB
userLinkBus.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	7 KB
userLinkLane.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	33 KB
userNetwork.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	4 KB
userNode.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	1 KB
userNodeSource.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	2 KB
userNodeTmp.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	1 KB
userPhase.cct	2015/11/20 上午...	CCT 檔案	6 KB
路口1.xls	2015/11/20 上午...	Microsoft Excel 9...	118 KB

圖 4.2-13 本土化報表產製

B. Excel 檔報表資料內容包括:

- 各方向原始調查資料數據，如圖 4.2-14(範例中僅列出 A 方向)。
- 計算出尖峰小時流量，包括各車種之轉向 PCU 值、各轉向總 PCU 值，如圖 4.2-15。
- 產出路口轉向流量總 PCU 值，如圖 4.2-16，惟目前僅先完成標準形式之路口圖範本 (4 叉路口)，對於特殊道路幾何形式之路口圖，尚須另建範本。

• A 方向原始資料表內容

路口編號：										
車種	大型車			小型車			機車			
轉向	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	
小汽車當量	2.3	1.8	2.7	1.5	1	1.08	0.5	0.42	0.45	
7:00~7:15	0	0	0	3	86	12	2	71	3	
7:15~7:30	1	0	0	6	186	31	8	170	17	
7:30~7:45	1	1	0	10	267	40	15	246	27	
7:45~8:00	1	1	0	16	348	47	16	326	34	
8:00~8:15	1	1	0	19	419	56	18	419	47	
8:15~8:30	1	2	0	27	495	65	21	488	61	
8:30~8:45	3	4	0	36	572	72	22	564	73	
8:45~9:00	4	5	0	41	653	80	25	612	86	
合計	4	5	0	41	653	80	25	612	86	
路口編號：	A	路口：	忠孝路	調查日期：	10月21日					

車種	大型車			小型車			機車		
轉向	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉
小汽車當量	2.3	1.8	2.7	1.5	1	1.08	0.5	0.42	0.45
7:00~7:15	0	0	0	3	86	12	2	71	3
7:15~7:30	1	0	0	3	100	19	6	99	14
7:30~7:45	0	1	0	4	81	9	7	76	10
7:45~8:00	0	0	0	6	81	7	1	80	7
8:00~8:15	0	0	0	3	71	9	2	93	13
8:15~8:30	0	1	0	3	76	9	3	69	14
8:30~8:45	2	2	0	9	77	7	1	76	12
8:45~9:00	1	1	0	5	81	8	3	48	13
合計	4	5	0	41	653	80	25	612	86

車種	大型車			小型車			機車		
轉向	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉
小汽車當量	2.3	1.8	2.7	1.5	1	1.08	0.5	0.42	0.45
7:00~8:00	2.3	1.8	0	24	348	50.76	8	136.92	15.3
7:15~8:15	2.3	1.8	0	24	333	47.52	8	146.16	19.8
7:30~8:30	0	3.6	0	31.5	309	36.72	6.5	133.56	19.8
7:45~8:45	4.6	5.4	0	39	305	34.56	3.5	133.56	20.7
8:00~9:00	6.9	7.2	0	37.5	305	35.64	4.5	120.12	23.4

圖 4.2-14 本土化報表(範例)資訊內容畫面(1)

• 尖峰小時流量計算結果資料表

未換											1,895.2	
車種	大型車			小型車			機車			合計	PCU	
轉向	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉			
小汽車當量	2.3	1.8	2.7	1.5	1	1.08	0.5	0.42	0.45			
7:00~7:15	0	2	2	56	205	51	55	161	26	558	459.9	
7:15~7:30	3	2	6	70	222	66	57	221	45	692	566.55	
7:30~7:45	1	4	2	51	183	45	63	210	43	602	462.05	
7:45~8:00	1	3	3	45	165	45	36	172	32	503	401.99	
8:00~8:15	3	2	6	42	183	48	64	208	46	602	464.6	
8:15~8:30	5	5	6	47	163	41	49	172	40	528	429.22	
8:30~8:45	10	8	6	50	168	47	49	158	31	527	452.17	
8:45~9:00	5	2	4	49	163	35	65	147	36	506	410.64	
合計	28	28	35	410	1452	378	438	1449	300	4518	3647.12	

PCU總量		大型車			小型車			機車			
轉向	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉		
小汽車當量	2.3	1.8	2.7	1.5	1	1.08	0.5	0.42	0.45		
7:00~8:00	11.5	19.8	35.1	333	775	223.56	105.5	320.88	661.5	1890.49	
7:15~8:15	18.4	19.8	45.9	312	753	220.32	110	340.62	751.5	1895.19	
7:30~8:30	23	25.2	45.9	277.5	694	193.32	106	320.04	72.9	1757.86	
7:45~8:45	43.7	32.4	56.7	276	679	195.48	99	298.2	67.5	1747.98	
8:00~9:00	52.9	30.6	59.4	282	677	184.68	113.5	287.7	68.85	1756.63	

各方向權量		大型車			小型車			機車			合計
路口編號	路口名稱	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	
A	忠孝路	2.3	1.8	0.0	24.0	333.0	47.5	8.0	146.2	19.8	582.6
B	八德路	16.1	1.8	0.0	171.0	30.0	17.3	73.0	15.1	9.0	333.3
C	忠孝路	0.0	14.4	40.5	13.5	367.0	116.6	2.0	162.5	41.4	758.0
D	八德路	0.0	1.8	5.4	103.5	23.0	38.9	27.0	16.8	5.0	221.3
合計		18.4	19.8	45.9	312.0	753.0	220.3	110.0	340.6	75.2	1,895.2

各轉向		HV			HV		
路口編號	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	
A 忠孝路	34.3	481.0	67.3	7%	0%	0%	
B 八德路	260.1	46.9	26.3	6%	4%	0%	
C 忠孝路	15.5	543.9	198.5	0%	3%	20%	
D 八德路	130.5	41.6	49.2	0%	4%	11%	

圖 4.2-15 本土化報表(範例)資訊內容畫面(2)

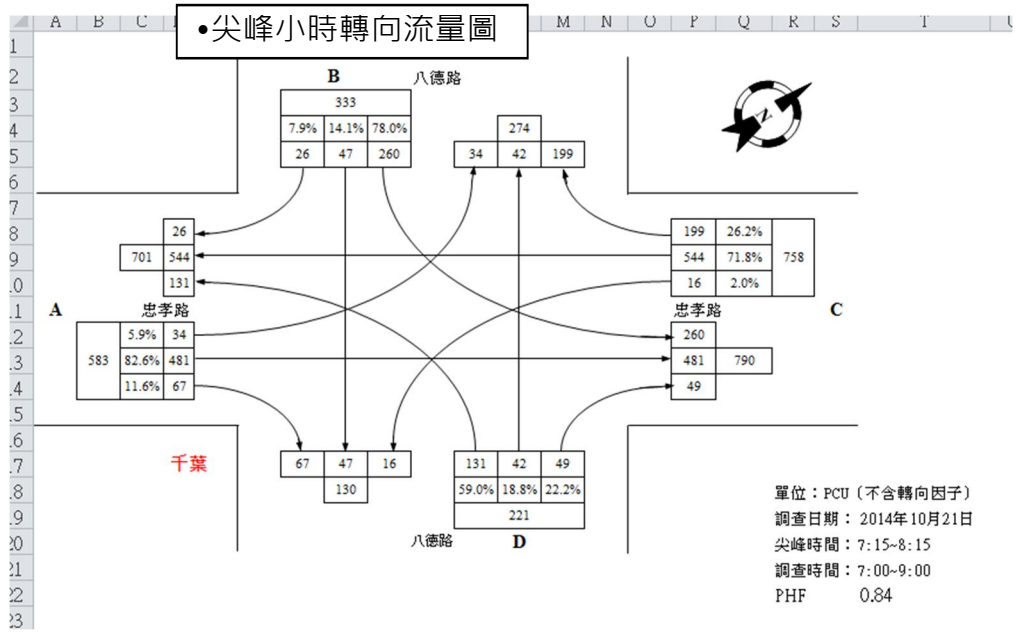


圖 4.2-16 本土化報表(範例)資訊內容畫面(3)

4. 完成 CLV 分析功能，內容如下說明：

(1) CLV 分析功能之計算步驟(範例說明)

A. 步驟一：路口道路幾何、流量及時制計畫等基本資料設定

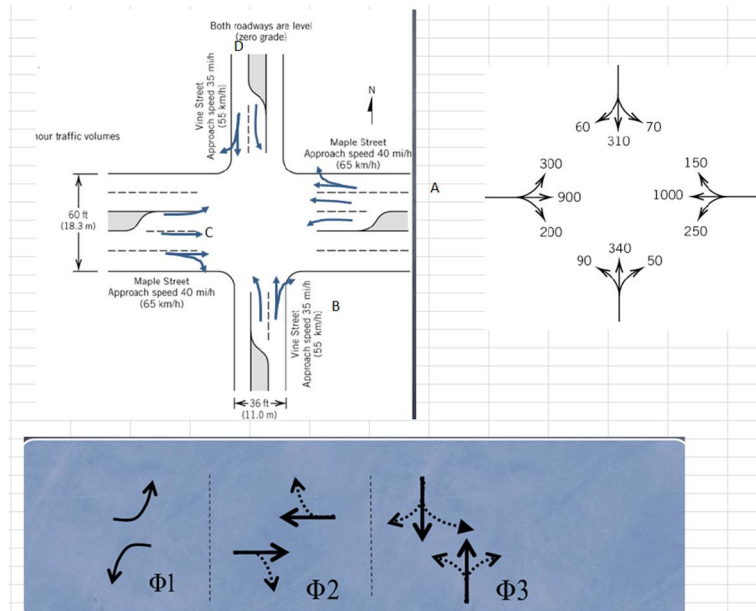


圖 4.2-17 範例路口分析基本資訊

B. 步驟二：依車道群分群，將各方向流量分配於各車道上，並計算出單一車道小客車當量數

路口方向	車道群(依路口幾何)	小客車當量數(pcu)	車道數(依路口幾何)	每車道小客車當量數(pcu)
A	左轉	315	1	315
	直行	525	1	525
	直行右轉共用	525 205.5	1	730.5
B	左轉	113.4	1	113.4
	直行右轉共用	357 68.5	1	425.5
C	左轉	378	1	378
	直行	472.5	1	472.5
	直行右轉共用	472.5 274	1	746.5
D	左轉	88.2	1	88.2
	直行右轉共用	325.5 82.2	1	407.7

圖 4.2-18 計算路口個方向車道群之小客車當輛數

C. 步驟三：依時相分佈，尋找路口該時相中(v/s)比值最高者，為臨界車道群(Yi，為該時相內需求最大之車道群)。其中需注意左轉車流是否具有專用時相，若非專用時相時(左轉與直行共用)，在計算(v/s)比值，須考量對向衝突車流量。

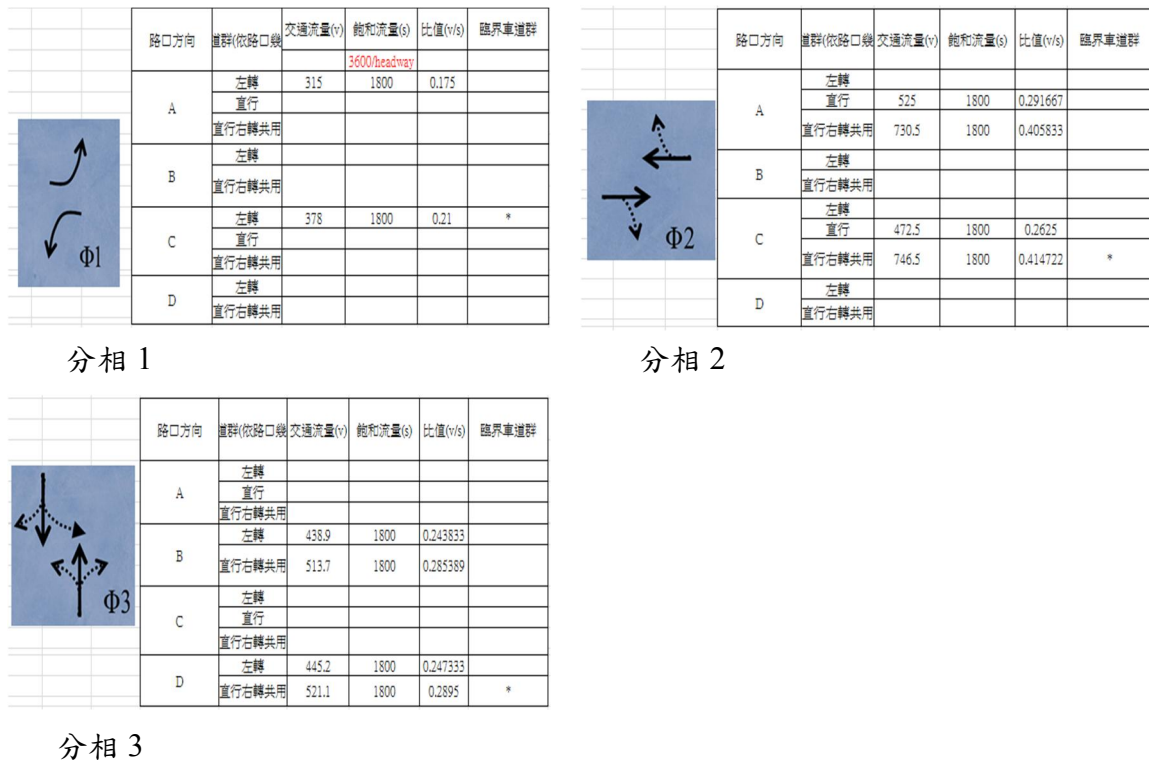


圖 4.2-19 判斷各分相中之臨界車道群

D. 步驟四：依下列公式，計算路口最小需求週期(適用未飽和路口)

$$C_{min} = \frac{L * X_c}{X_c - \sum_{i=1}^n Y_i}$$

C_{min} = 最小需求周期長度(Minimum necessary cycle length)。

X_c = 路口流量與容量比(Critical v/c ratio for the intersection)。

Y_i = 臨界車道群流率比 (Flow Ratios for Critical Lane Groups)。

n = 臨界車道群數量(Number of Critical Lane Groups)。

L = 每周期總損失時間(Total lost Time for Cycle)。

(2) 新增 CLV 分析結果顯示畫面，包括於軟體操作介面上新增 CLV 分析 icon 及計算及顯示出各時相 CLV 值與路口週期，如圖 4.2-20 所示。

A. 點選 CLV 分析 icon，進行 CLV 分析運算

B. 點選路口編號，顯示路口 CLV 計算結果

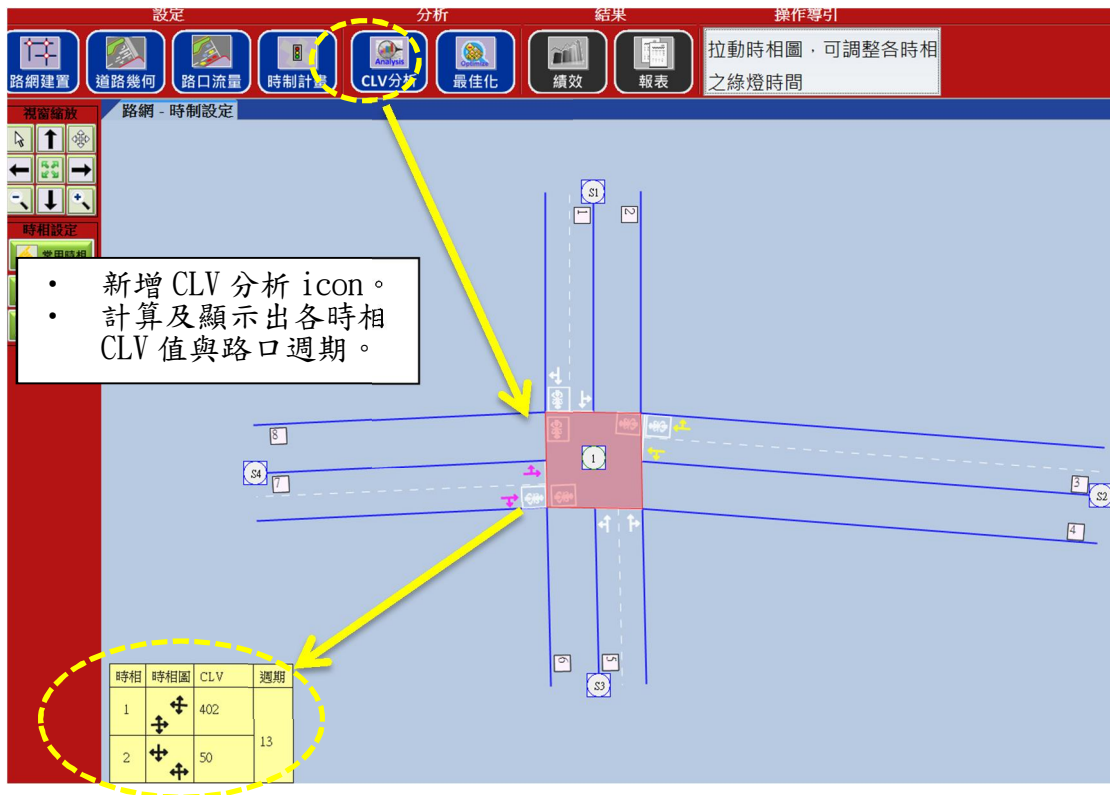


圖 4.2-20 CLV 分析結果顯示畫面

5. 完成績效指標新增，內容如下說明：

(1) 停等車輛數與停等次數：顯示各路段各車種之停等車輛數與停等次數。

The figure shows two screenshots of a traffic control software interface. The top screenshot displays '停等車輛數與停等次數' (Stoppage Vehicle Count and Stoppage Frequency) for four link numbers (1, 3, 5, 7). The bottom screenshot displays '停等延滯' (Stoppage Delay) for the same link numbers, including metrics like Delay (秒), Average Delay (秒), and MaxQue for different vehicle types and directions.

link編號	路段延滯與停等長度			總通過量			旅行時間			路網延滯			停等車輛數			停等次數		
	機車	汽車	公車	左轉	機車直行	右轉	左轉	機車直行	右轉	左轉	汽車直行	右轉	左轉	公車直行	右轉			
1	1.21	0.71	0	0.03	1.1	0.08	0.02	0.61	0.08	0	0	0	0	0				
3	0.49	0.38	0	0.34	0.1	0.05	0.26	0.07	0.04	0	0	0	0	0				
5	1.03	0.94	0	0.01	0.85	0.17	0.02	0.69	0.24	0	0	0	0	0				
7	0.3	0.3	0	0.12	0.15	0.03	0.15	0.05	0.1	0	0	0	0	0				

link編號	路段延滯與停等長度			總通過量			旅行時間			路網延滯			停等車輛數			停等次數		
	機車	汽車	公車	左轉	機車直行	右轉	左轉	汽車直行	右轉	左轉	公車直行	右轉						
1	1.83	2.01	0	1.06	1.34	0	1.13	1.36	1.26	0	0	0						
3	1.77	2.14	0	1.29	1.37	0	1.42	1.42	1.49	0	0	0						
5	1.46	2.03	0	1.06	1.18	0	1.13	1.36	1.33	0	0	0						
7	1.91	2.12	0	1.29	1.5	0	1.35	1.45	1.49	0	0	0						

圖 4.2-21 停等車輛數與停等次數績效顯示畫面

(2) 停等延滯：顯示各路段各車種之停等延滯時間及平均每車停等延滯。

The screenshot shows the '停等延滯' (Stoppage Delay) performance metrics for link numbers 1, 3, 5, and 7. It includes columns for Delay (秒), Average Delay (秒), and MaxQue for different vehicle types and directions.

link編號	Delay(秒)			平均Delay(秒)			MaxQue汽車(輛)			MaxQue機車(輛)			MaxQue公車(輛)		
	汽車	機車	公車	汽車	機車	公車	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉	直行	右轉	左轉
1	1283.96	2181.08	0	6.02	7.32	0	3.45	0.5	0.16	0.21	0.51	0.01	0	0	0
3	678.88	880.67	0	7.56	7.96	0	0.37	0.22	1.46	0.02	0.27	0.09	0	0	0
5	1691.36	1847.92	0	6.18	6.38	0	3.85	1.4	0.1	0.24	1.05	0	0	0	0
7	535.87	533.5	0	7.65	8.3	0	0.28	0.5	0.84	0.02	0.14	0.03	0	0	0

圖 4.2-22 停等延滯績效顯示畫面

(3) 路網總延滯：顯示各路口各車種總延滯、路口總延滯及路網總延滯等。

The screenshot shows the '路網總延滯' (Network Total Delay) performance metrics for two intersection numbers (1 and 2). It includes columns for total delay and network total delay for different vehicle types and directions.

路口編號	各車種總延滯(秒)			各車種平均延滯(秒)			路口總延滯(秒)	路網總延滯(秒)	路口延滯比例(%)
	汽車	機車	公車	汽車	機車	公車			
1	5380.25	4373.69	0	6.94	5.73	0	9753.95	18969.09	51.42
2	4146.24	5068.9	0	6.87	7.06	0	9215.14	18969.09	48.58

圖 4.2-23 路網總延滯績效顯示畫面

6. 其它新增功能與顯示畫面成果，內容如下說明：

(1) 配合道路幾何「快慢分隔」之模式需求，新增不同流量設定欄位。

若道路幾何呈現快慢車道形式，即於於道路幾何設定介面中，有勾選「快慢分隔島」設定時，則於路口流量設定中，流量輸入欄位及相關參數設定將自動區分為「混合車道-流量設定」及「快車道-流量設定」二表格方式分別進行輸入與設定，如圖 4.2-24。反之，於道路幾何介面設定中，若無勾選「快慢分隔島」設定時，則於路口流量設定中，流量輸入欄位僅會顯示「混合車道-流量設定」，如圖 4.2-25。

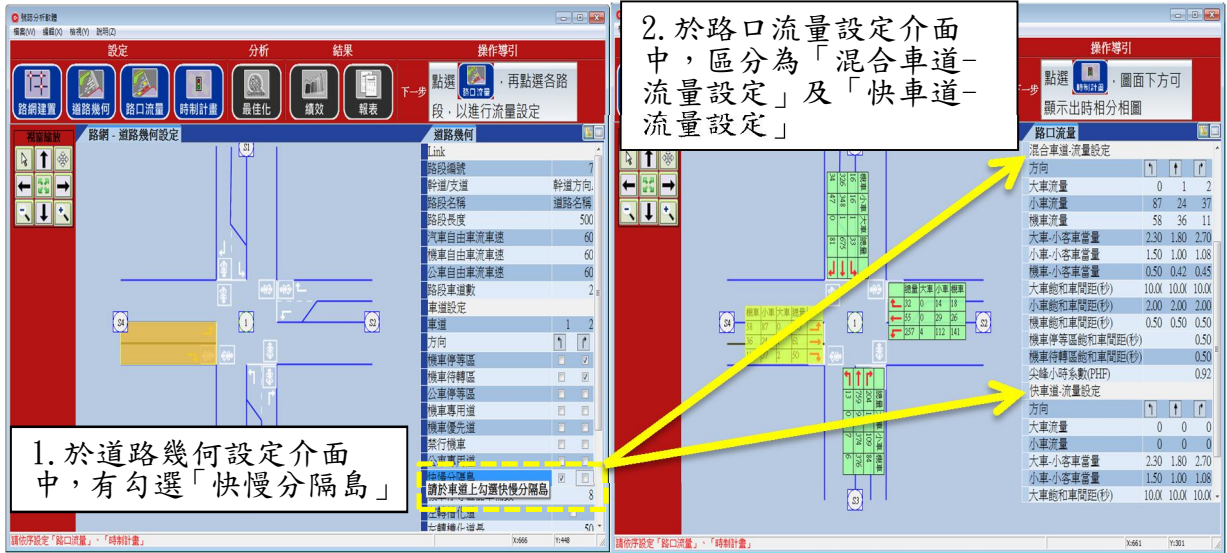


圖 4.2-24 道路幾何「有-快慢分隔」之流量設定介面

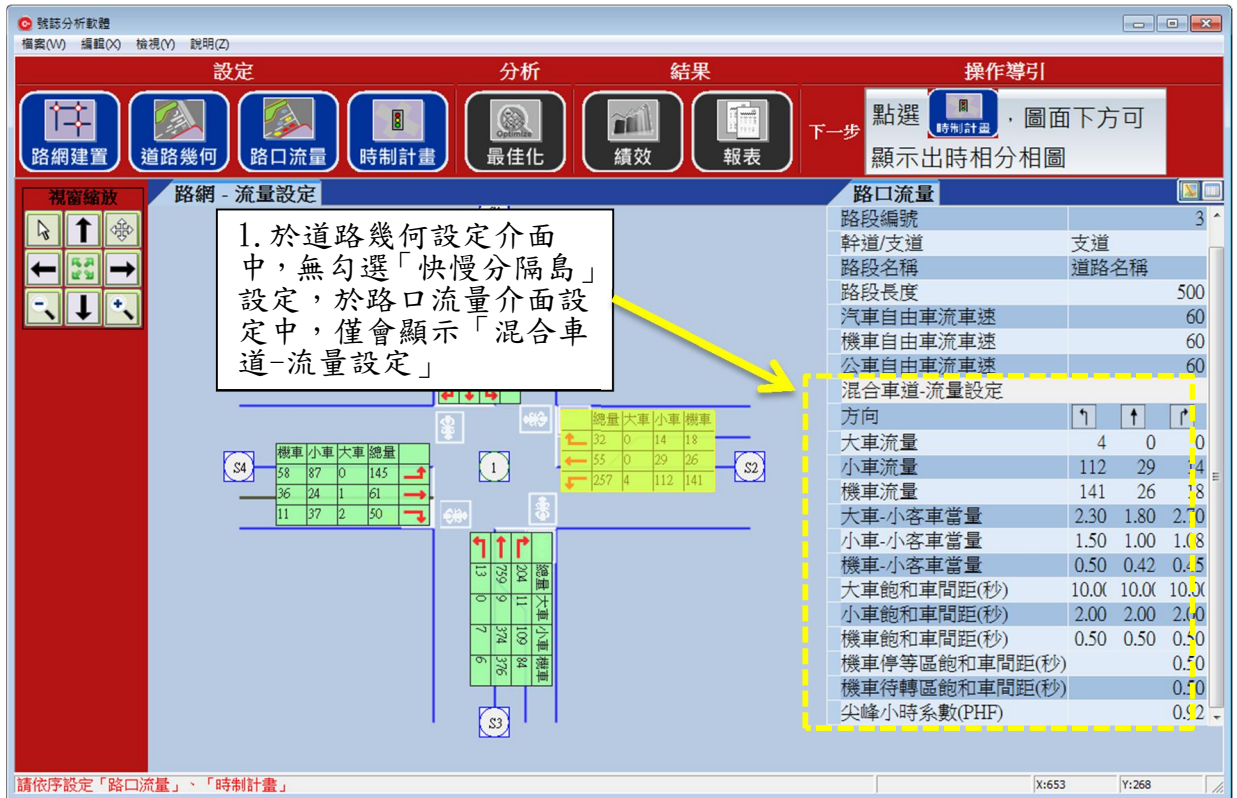


圖 4.2-25 道路幾何「無-快慢分隔」之流量設定介面

(2) 配合「機車專用道」、「機車優先道」、「公車專用道」等道路幾何參數勾選，於道路幾何畫面上呈現相關文字圖樣，如圖 4.2-26~圖 4.2-28。

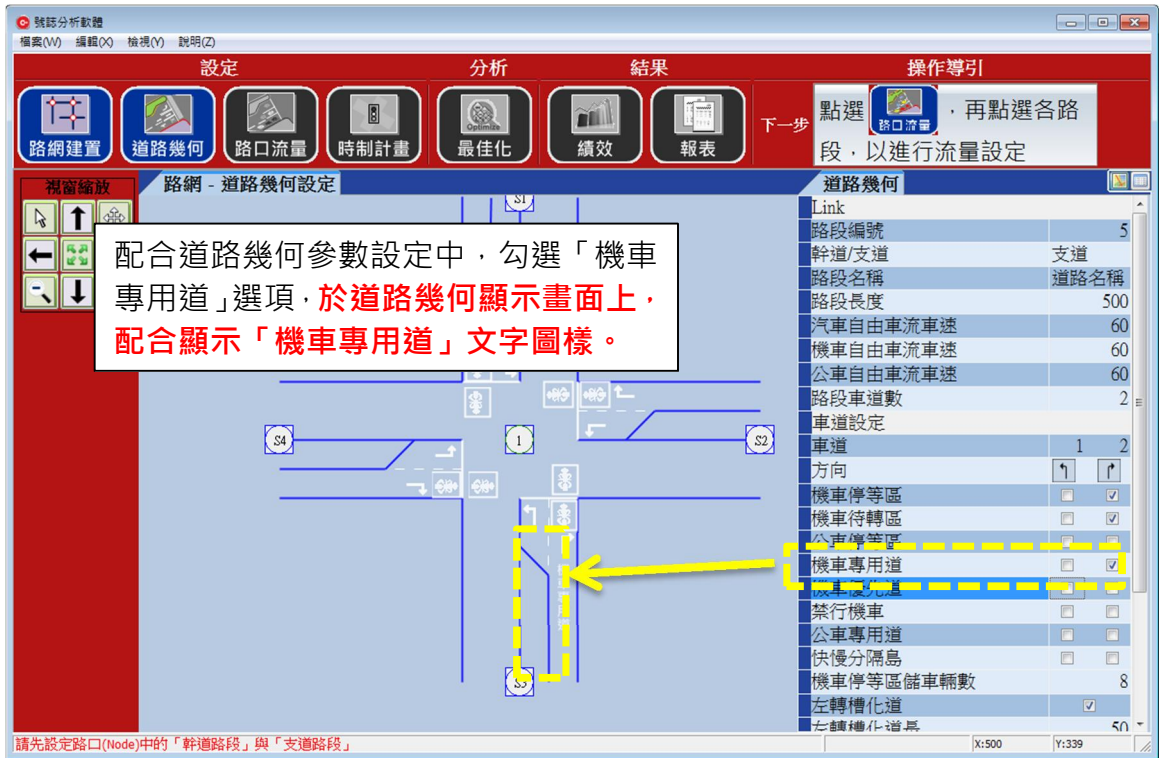


圖 4.2-26 「機車專用道」參數設定與圖樣顯示畫面

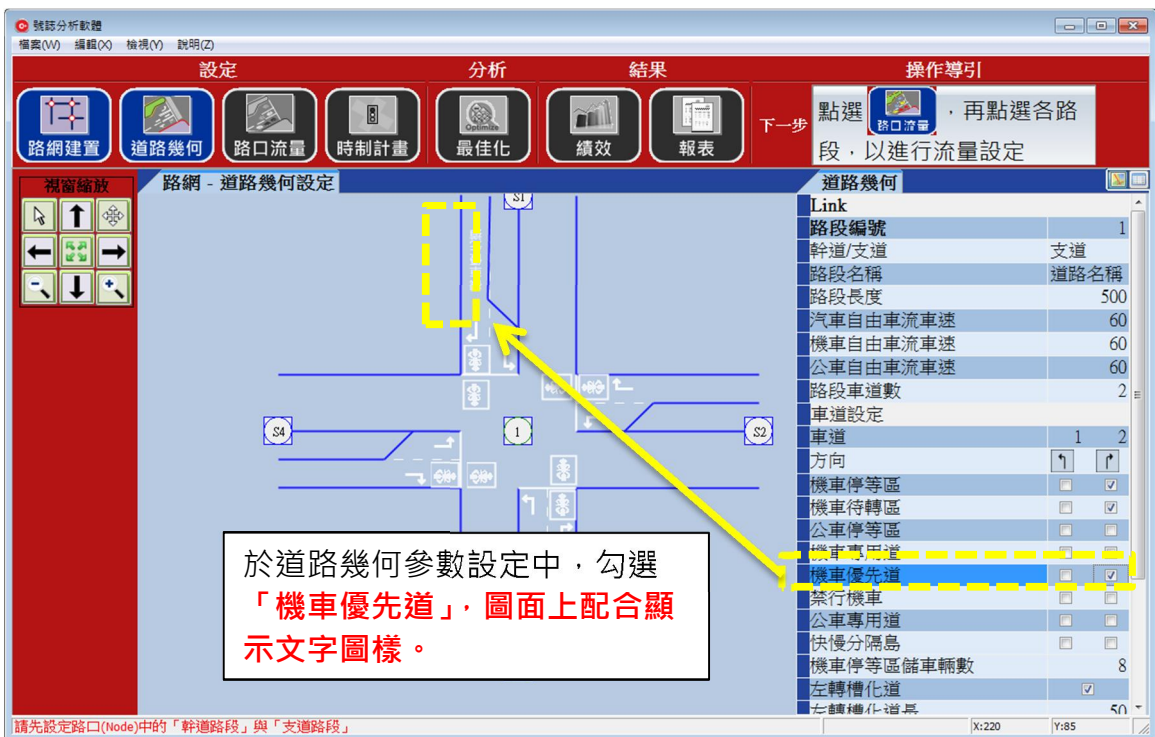


圖 4.2-27 「機車優先道」參數設定與圖樣顯示畫面

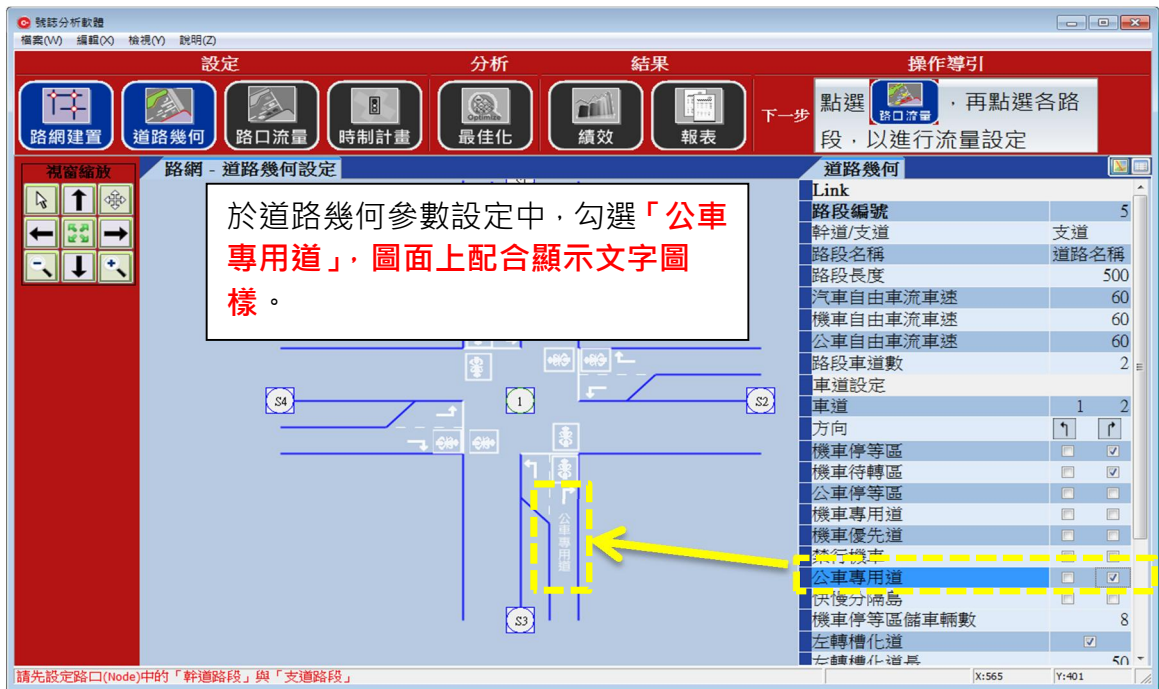


圖 4.2-28 「公車專用道」參數設定與圖樣顯示畫面

- (3) 配合模式需求，新增公車專用道參數設定欄位：於道路幾何設定介面中，新增「公車到站間隔」、「公車服務時間」等參數設定。

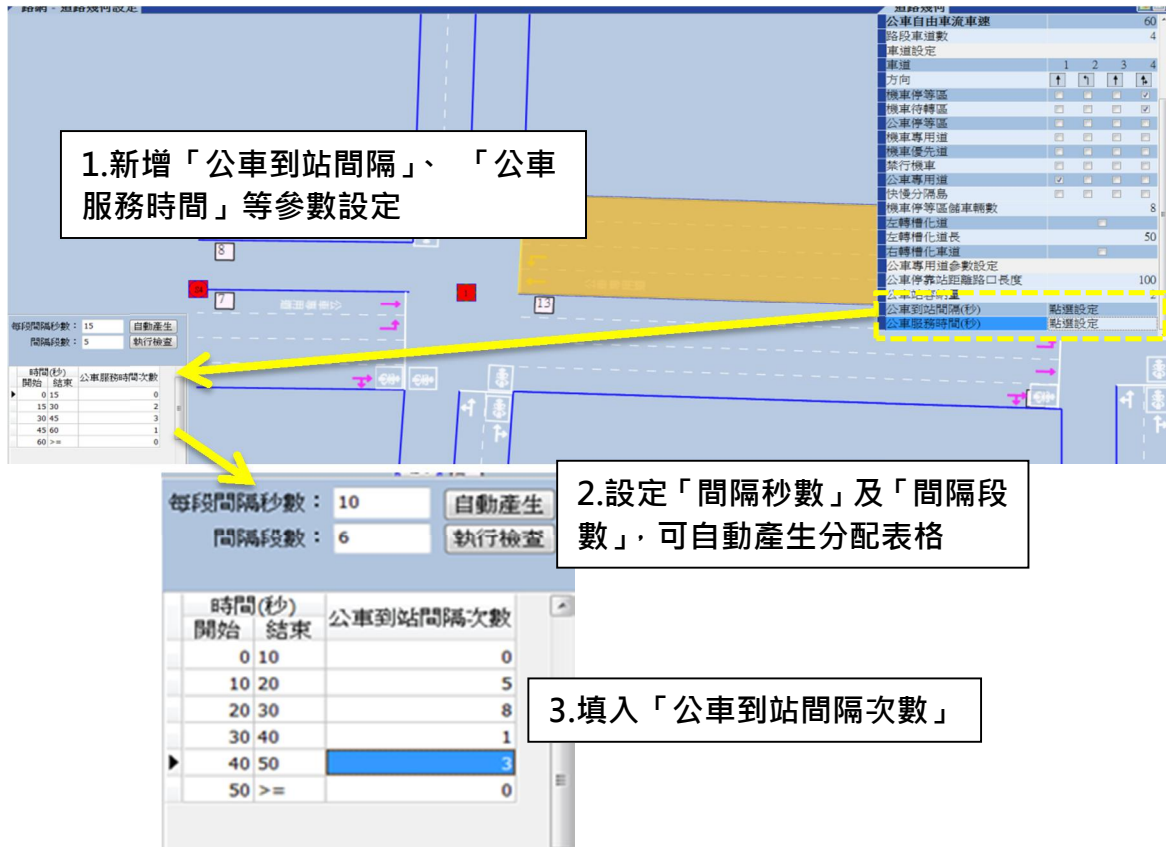


圖 4.2-29 「公車到站間隔」與「公車服務時間」參數設定畫面

(4) 於圖面上新增顯示路段編號，以利對應各路段之績效顯現。

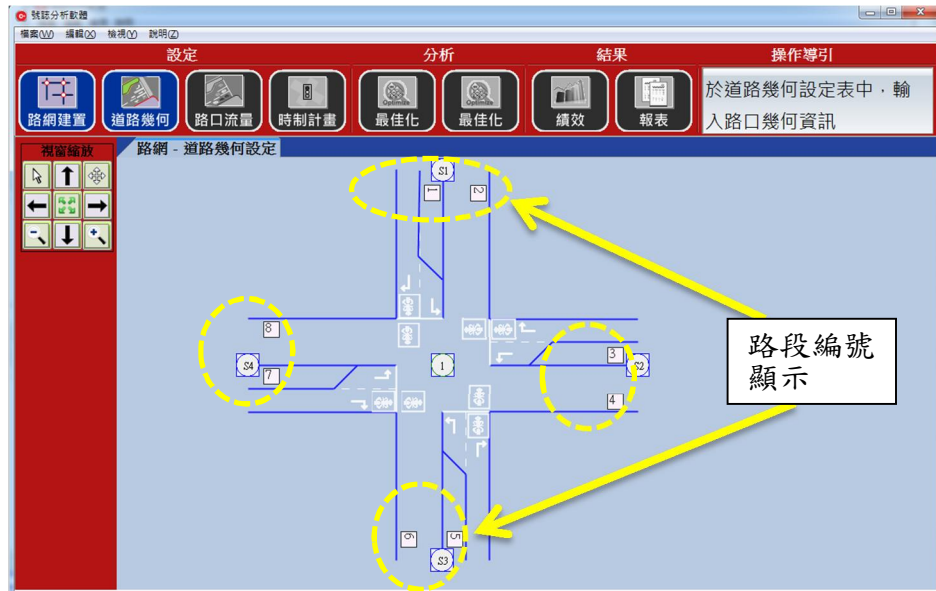


圖 4.2-30 新增路段編號顯示畫面

(5) 新增道路幾何設定之防呆機制，內容包括：

- A. 「機車停等區」及「機車待轉區」無法與「公車專用道」同時勾選，並於最下方之文字列，提供設定說明，如圖 4.2-31 所示。
- B. 「機車專用道」、「機車優先道」、「禁行機車」、「公車專用道」等選項，無法同時勾選。
- C. 無左轉或右轉專用車道時，自動取消「左轉槽化道」或「右轉槽化道」之設定，即「左轉槽化道」或「右轉槽化道」之設定需配合有左轉或右轉獨立專用時才可勾選。



圖 4.2-31 道路幾何設定防呆機制

- (6) 因應一般使用者慣用語，於道路幾何設定介面中，完成「幹道進出城」用語修正，改為「幹道方向 AB」，如圖 4.2-32。

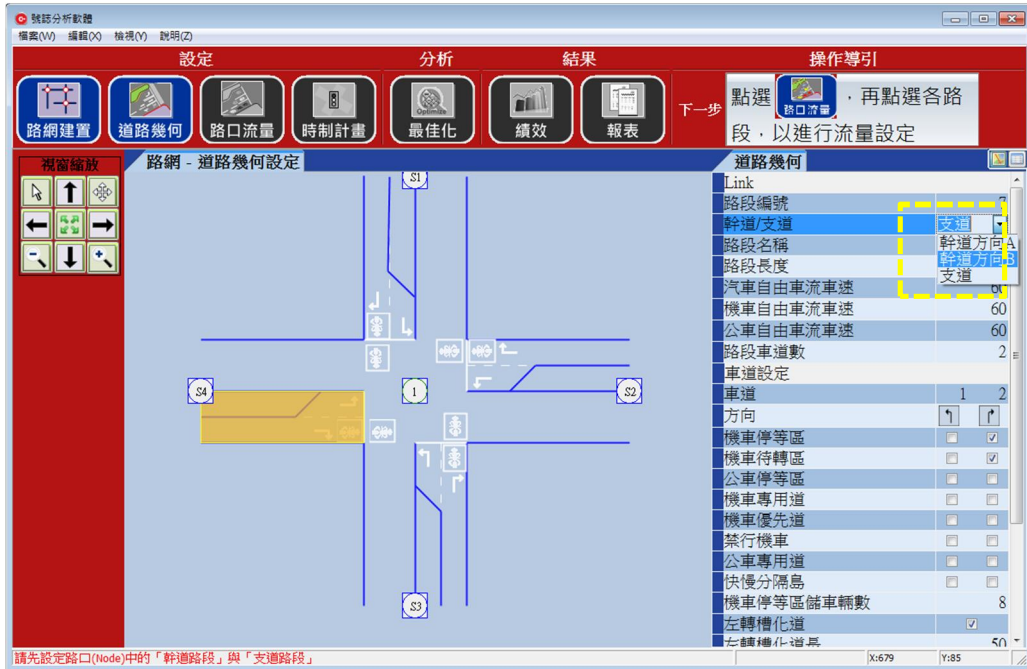


圖 4.2-32 「幹道/支道」設定用語修改畫面

第五章 路口交通實測測量與績效

大多數交通系統規劃、設計、運行分析大都是由現有設施（或未來計畫設施）的人、車交通的需求調查開始，交通需求調查必須蒐集大量足以描述運輸系統、附屬設施、交通運行與管理的現況資料和訊息，再經彙整、處理程序，以便於說明與分析之用。本交通調查計畫擬針對實際路口進行車流特性勘查與事前事後驗證，以測試號誌最佳化模式之可行性。以下將說明調查之路口挑選、調查項目、調查方法以及初步分析結果等。

5.1 路口實測計畫

本節將分別針對路口調查目的、配合號控模式參數校估之調查項目與範圍、以及執行實測之期程加以說明。

5.1.1 調查目的與範圍

本調查計畫主要目的係針對所發展之混合車流號誌最佳化模式，提供系統參數之設定與校估需求，進而檢核在單一路口之實證效果，可分為以下幾個子目的：

1. 瞭解目標路口交通需求，並確認路口幾何、專用設施、現有號誌時制設計等資訊。
2. 藉由輸入目標路口幾何與交通參數，求算與分析本研究混合車流最佳化模式之號誌時制設計結果。
3. 驗證與比較本研究模式於實際路口之運作績效。

基於本研究發展之交通號誌最佳化模式主要在解決國內實際路口尖峰擁塞交通現況，因此遴選之號誌路口除了應符合現有常見之典型道路型態外，交通組成亦應具有混合車流（機踏車、小型車、大型車）實況運作特性，以測試建構模式之合理性。有關實證路口之遴選，在路口幾何型態方面，本計畫除了延續前期交叉路口佈設有轉向或共用車道之實質條件外，亦進一步考量路口局部臨進路段具有快慢車分隔設施、配置公車專用道，以及設有機車道的情況進行實證；在路口轉向特性方面，針對常見之臨進路段具單一車道路口，將機車在路口逕行左轉之特性納入實證；而在號誌控制方面，將協調當地交通管理單位對實證路口號誌時制進行調控，以評估本模式對時制改善前後之交通運行績效。

5.1.2 調查期程與項目

一般而言，交通調查係基於下列各項目的與應用來蒐集交通資料：

1. 調查交通資料的時間趨勢
2. 校正基本關係與參數
3. 評量改善的效果
4. 評估可能的衝擊
5. 評估設施或系統的績效

本調查旨在蒐集路口臨進路段混合車流推進、車隊佇列與紓解、各分類車種在路段或轉向專用/共用車道運行行為等現況資料，並分析所發展之模式求解是否足以反映現有交通現象或解決現

有交通問題，因此，依據研究模式之發展、驗證、調整、實作等程序，將調查參數、幾何、交通、控制等資料蒐集，以及相關行政支援之時程預定如下：

- | | |
|----------------------|---------------|
| 1. 決定調查項目/參數 | (104年06月30日前) |
| 2. 調查路口初勘、遴選與交通試調 | (104年07月15日前) |
| 3. 路口幾何、交管設施現勘 | (104年07月15日前) |
| 4. 交通調查前人力/設施整備、單位協調 | (104年07月15日前) |
| 5. 現況交通調查 | (104年08月30日前) |
| 6. 模式發展、調整、參數校估 | (104年10月15日前) |
| 7. 模式求解、分析與檢討 | (104年10月25日前) |
| 8. 號控時制調整施做 | (104年10月31日前) |
| 9. 施做後交通調查、統計與分析 | (104年11月10日前) |

為配合本期計畫對模式開發與驗證之需求，並滿足上述工作時程中有關實證路口改善前、後績效量測與評估之需要，本調查作業所蒐集之道路幾何、交通現況，以及現有交控設施與號誌時制計畫考量如下：

1. 平面路口幾何型態與交管設施特性
 - (1) 路口與各臨進路段提供人、車通行空間之實質幾何與周邊設施現況
 - (2) 公車專用道、機車專用道設施佈設現況、幾何型態、使用特性與限制
2. 路口號誌時制計畫
 - (1) 路口交通號誌時制計畫現況
3. 路口交通特性
 - (1) 路口各臨進路段街廓分類車種之行駛速率
 - (2) 公車專用道站位實體設施與公車運行現況
 - (3) 路口各臨進路段下游分類車種之轉向交通量與比例
 - (4) 各臨進路段上游分類車種之進入流率與比例
 - (5) 路口主要路段之停等車隊長度
 - (6) 機車停等區與待轉區疏解流率

5.2 實證路口之遴選

根據 5.1 節所述模式發展對實證路口之幾何、專用設施、交通、號控條件等需求，本計畫於 105 年 6~7 月份分別於台北(信義路、民權東/西路)、新竹(園區一/二路、公道五路、光明六路)、台中(台灣大道)三個都會區數處預定路口進行實際現況初勘、遴選與續勘等作業，瞭解各勘查路口之實質條件、交通需求、號誌時制，以決定目標路口、進行方式、調查佈設，以及資源需求，提供模式驗證之需。有關實證路口之遴選原則主要考量：

1. 交通需求特性
 - (1) 尖峰期間具有中至高量交通需求之未飽和路口

(2) 含相當機車混合比 (機車量達總流量之 20 ~ 50% 為原則) 之路口

2. 幾何型態特性

- (1) 部份臨進路段具有快慢車分隔設施之路口
- (2) 部份臨進路段設有公車專用道之路口
- (3) 部份臨進路段設有機車專用道之路口
- (4) 具有轉向專用與 (或) 轉向共用車道，但無槽化式轉向輔助車道之路口
- (5) 劃設機車停等區與 (或) 待轉區之路口
- (6) 各臨進路段街廓長度約在 150 公尺以上之路口

3. 號誌控制特性

- (1) 具預設時制式行車號誌之路口
- (2) 採多時相號誌設計 (但無行人專用時相) 之路口

4. 週圍環境設施

- (1) 周圍有高樓座落或設有行人天橋等制高設施之路口
- (2) 各臨進路段、分隔 (或分向) 島不受綿密行道樹、植栽或其他附加設施影響之路口

在上列諸項原則，加上便於在新竹都會區聯繫、掌握號誌調控時效，以及進行事前、後交通調查調度作業之考量下，本研究進行初勘之五處路口主要座落於新竹都會區 (新竹縣、市)，各路口所在縣市、名稱如下：

1. 新竹市—經國路/西大路口
2. 新竹市—經國路/延平路口
3. 新竹市—茄苳景觀大道/牛埔路口
4. 竹北市—光明六路/博愛路口
5. 台中市—台灣大道/惠中路口

各初勘路口之幾何、交通、交控、週邊設施概況如下表 5.2-1 所示：

表 5.2-1 各初勘路口幾何/交通/號控/週邊設施概況表

項目	西大路口	延平路口	牛埔路口	博愛路口	惠中路口
1. 幹道具中央分隔設施	有	有	有	有	有
2. 幹道具快慢分隔設施	無	無	無	無	有
3. 幹道具多線直行車道	有	有	有	有	有
4. 幹道具左轉專用道	有	有	有	有	有
5. 具公車專用道與站位	無	無	無	無	有
6. 具機慢車專用道	無	無	無	有	無
7. 具完整機慢車優先道	無	無	有	無	有
8. 具兩側以上行人陸橋	有	有	無	有	無
9. 汽車流量水準	中	中	低	中	高
10. 機慢車流量水準	中	中	低	中	高
11. 路側人、車干擾	中	中	低	低	中

12. 現場制高點調查視野	佳	佳	無	佳	中
13. 幹道具多時相號誌	有	無	有	有	有
14. 支道具多時相號誌	無	無	有	無	有
15. 具行人專用號誌	無	無	無	無	無

根據上列原則，同時考量路口幾何配置、轉向流動複雜度、各交通組成之飽和程度、交通尖峰警力指揮等限制，本研究由初勘結果遴選之實測路口為：

1. 竹北市 光明六路—博愛路口（初勘：104年7月8日）
2. 台中市 台灣大道—惠中路口（初勘：104年7月13日）

兩路口分別座落之台灣大道與光明六路均為該轄管都市之重要通勤道路（分佈位置如圖 5.2-1 與圖 5.2-2 所示），交通需求水準較高，幾何型態亦較完整。



圖 5.2-1 實證路口 1：竹北市光明六路—博愛路口分佈位置示意圖



圖 5.2-2 實證路口 2：台中市台灣大道－惠中路口分佈位置示意圖

5.3 路口交通調查

5.3.1 分項調查與方法

本研究檢視號控模式開發與驗證之需求，依據 6.2 節所訂各分類計畫任務執行時程，對兩目標路口之實質幾何、交通運行、號誌控制等現況資料進行調查。

一、平面路口幾何型態與交管設施特性

以人力方式進行現場調查與記錄，主要包含以下兩實證路口與各臨進路段提供人、車通行空間之幾何型態與周邊設施現況（如附錄 A）。

1. 竹北市光明六路-博愛路口（104 年 7 月 20 日調查），如圖 5.3-1 所示。
2. 台中市台灣大道-惠中路口（104 年 7 月 21~22 日調查），如圖 5.3-2 所示。

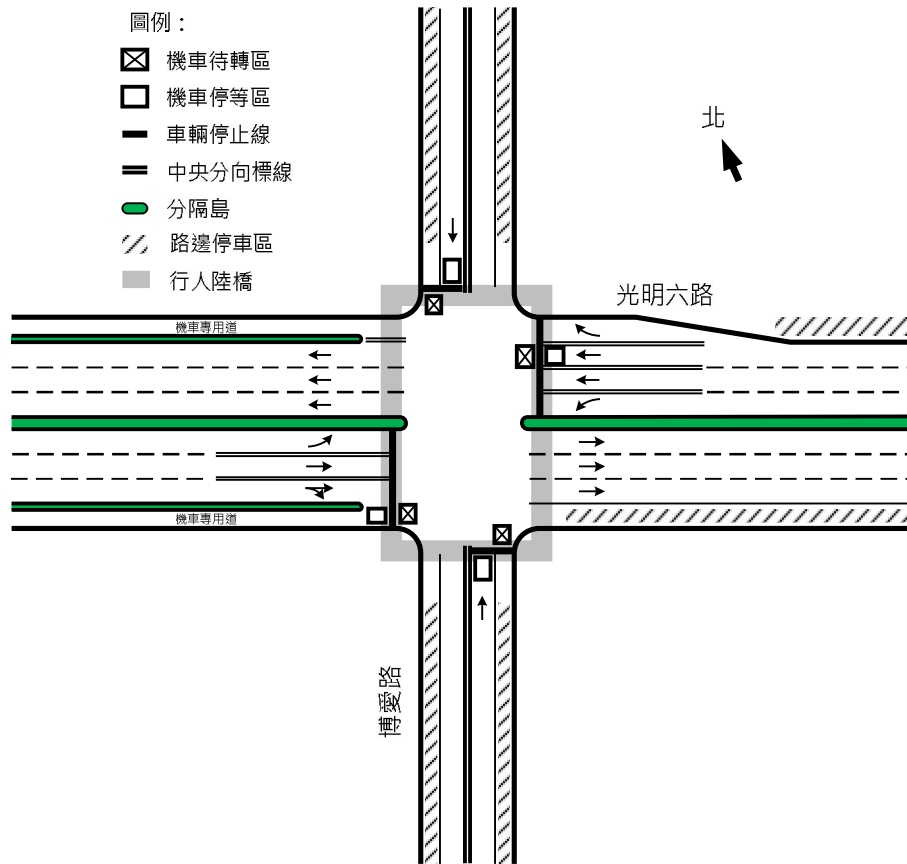


圖 5.3-1 竹北市光明六路—博愛路口幾何型態示意圖

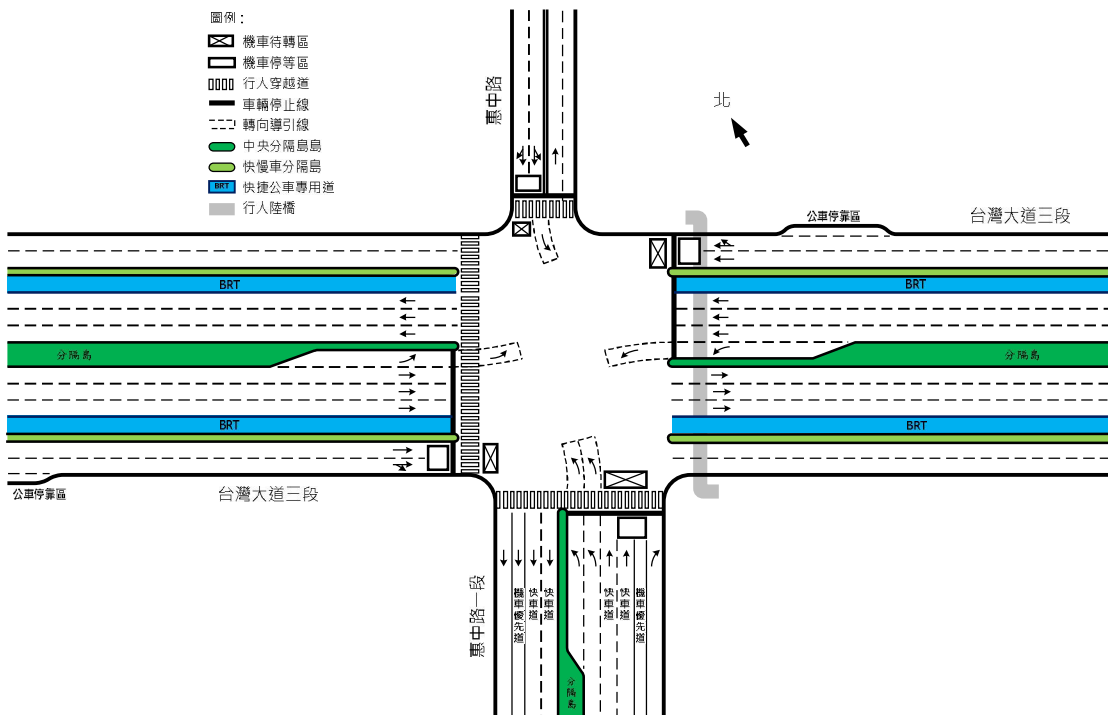


圖 5.3-2 台中市台灣大道—惠中路口幾何型態示意圖

二、路口交通號誌時制計畫

主要含路口交通號誌時制計畫現況，本資料係由協調管轄各實證路口之縣市政府交通控制中心取得（如附錄 B），其中：

1. 竹北市光明六路-博愛路口

為全週全日時制，由新竹縣政府交通旅遊處於 104 年 7 月 17 日提供。

2. 台中市台灣大道-惠中路口

主要為台中市政府自 104 年 7 月 8 日辦理優化公車專用道措施後之新設全週全日時制，由台中市政府交通局於 104 年 9 月 1 日提供。

三、路段交通運行特性

主要蒐集兩實證路口周邊臨進路段支援號控模式輸入參數所需之交通運行資料，包括：

（一）路口各臨進路段街廓分類車種行駛速率現況

蒐集實證路口各臨進路段街廓分類車種之行駛速率，以人力方式進行現點抽樣測速。各臨進路段速率調查與統計主要在提供號控模式車流推進模組之輸入資料，據以推算車輛由路段上游沿特定車道推進至下游車隊尾端所需之旅行時間。兩實證路口速率調查日期如下：

1. 竹北市光明六路-博愛路口（104 年 7 月 24 日現調）

2. 台中市台灣大道-惠中路口（104 年 7 月 21 日現調）

本速率調查在各該調查日下午 14:00~16:30 離峰時段，以手持便攜式測速器分別於各路口臨進路段上游街廓進行各分類車種（機踏車、小型車、大型車）測速作業，路側測速器之測角約 30° （如圖 5.3-3）。選擇離峰時段進行測速，係為避免尖峰時段較多慢速車輛阻礙以及路口回堵車隊等之干擾，表 5.3-1 與

表 5.3-2 為兩調查路口各臨進路段取樣速率分佈概況，其中取樣速率值為現場實測值經測角 $A \approx 30^\circ$ 修正後之校正值，各路段分類車種之速率分佈圖請參考附錄 C。

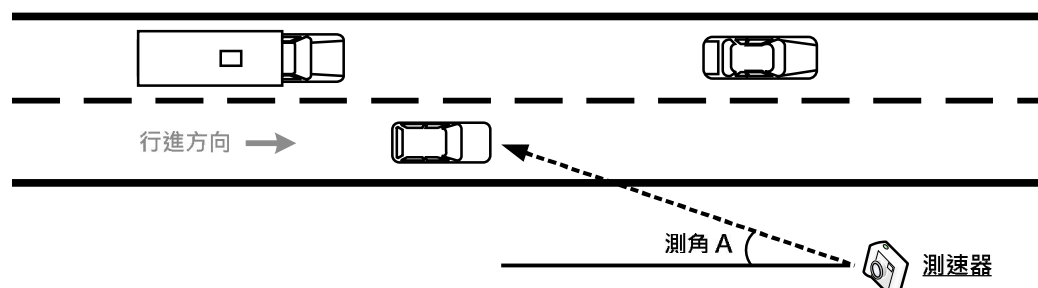


圖 5.3-3 道路現場測速示意圖

表 5.3-1 竹北市光明六路-博愛路口 各臨進路段抽樣速率分佈表

樣本數	路段一 (往西)			路段二 (往北)			路段三 (往東)			路段四 (往南)		
	機車	小車	大車	機車	小車	大車	機車	小車	大車	機車	小車	大車
速率 $S \leq 20$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$20 < S \leq 30$	0	0	0	1	2	1	1	0	1	2	0	2
$30 < S \leq 40$	5	2	1	44	36	4	25	4	9	32	38	12
$40 < S \leq 50$	18	7	11	44	63	10	48	31	14	77	66	6
$50 < S \leq 60$	24	25	27	23	17	5	38	63	6	6	14	0
$60 < S \leq 70$	15	56	14	7	1	0	7	17	1	2	2	0
速率 $S > 70$	11	30	9	1	1	0	1	5	0	1	0	0
總樣本數	73	120	62	120	120	20	120	120	31	120	120	20
平均數	56.4	64.5	58.2	44.9	43.4	43.9	47.1	53.8	43.6	43.0	43.5	36.8
最小值	34.6	34.6	34.6	25.4	27.7	27.7	28.9	37.0	28.9	27.7	32.3	23.1
最大值	91.6	98.1	80.8	73.9	70.4	54.3	78.5	79.7	61.2	79.7	65.8	47.3
中位數	55.4	64.7	56.6	45.0	43.9	43.3	46.2	53.1	42.7	42.7	42.7	36.4
85%分位值	68.6	73.9	68.0	54.3	50.8	52.0	55.4	61.2	53.1	47.3	49.7	42.1

表 5.3-2 台中市台灣大道-惠中路口 各臨進路段抽樣速率分佈表

樣本數	路段一 (往西)			路段二 (往北)			路段三 (往東)			路段四 (往南)		
	機車	小車	大車	機車	小車	大車	機車	小車	大車	機車	小車	大車
速率 $S \leq 20$	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
$20 < S \leq 30$	2	13	0	26	9	6	13	21	9	24	47	0
$30 < S \leq 40$	74	89	37	59	65	0	63	149	19	50	61	0
$40 < S \leq 50$	46	92	60	29	39	2	32	89	13	39	16	0
$50 < S \leq 60$	12	45	27	2	12	0	16	23	3	6	2	0
$60 < S \leq 70$	2	6	9	2	5	0	6	1	0	1	0	0
速率 $S > 70$	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
總樣本數	136	246	133	120	132	8	131	283	44	120	126	0
平均數	40.2	42.6	45.5	36.0	40.2	30.0	40.7	39.1	37.7	37.2	32.3	NA
最小值	25.4	21.9	30.0	19.6	19.6	23.1	23.1	24.2	23.1	21.9	20.8	NA
最大值	63.5	78.5	65.8	68.1	70.4	43.9	72.7	60.0	58.9	67.0	52.0	NA
中位數	38.7	41.6	45.0	34.6	38.1	26.6	39.3	38.1	35.8	35.8	31.2	NA
85%分位值	48.5	52.3	55.4	44.1	49.7	42.0	50.8	47.3	48.0	47.3	38.4	NA

註：NA (Not Available) = 無現調樣本，故未統計

(二) 公車專用道站位實體設施與公車運行現況

採分組人力方式蒐集公車專用道沿線站位實質設施與公車運行、服務特性等資料，以支援號誌控模式公車相關參數之校估需求，以及對應之操作特性分配。公車專用道現況調查項目主要包含：

1. 站位實體設施寬度

2. 站位與上、下游路口之距離
3. 各路線公車編號、車體長度
4. 各路線公車到達時間分佈
5. 各路線公車上、下乘客服務時間分佈
6. 各路線公車延滯時間（區分進站停靠、號誌控制、前車阻攔）分佈

本研究考慮站位所在位置、公車種類、服務頻次、公車行駛路權、受混合車流干擾、現調設施佈設等因素，選擇以台中市台灣大道沿線之公車專用道進行實證調查。本專用道原屬雙節公車專用，自 104 年 7 月 8 日台中市政府改辦優化公車專用道措施後，已有多條公車路線加入營運，目前除了原來 300 號雙節公車外，尚有統聯、巨業、台中客運 301~308 號等公車。沿台灣大道公車專用道之實證站位共計三處（分佈位置如圖 5.3-4 所示）：

1. 台灣大道-文心路口 近端站位（104 年 7 月 21 日 17:00~20:00）
2. 台灣大道-精誠/太原路口 遠端站位（104 年 7 月 22 日 17:00~20:00）
3. 台灣大道-惠中路口 遠端站位（104 年 7 月 23 日 17:00~20:00）

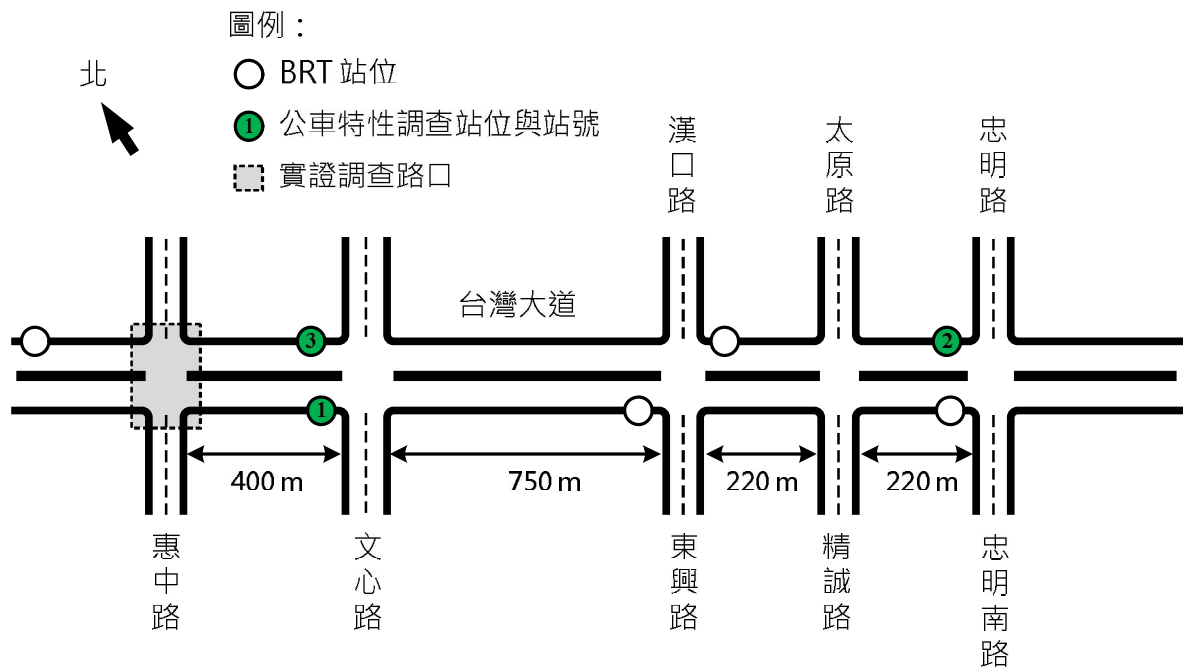


圖 5.3-4 台灣大道公車專用道實證站位示意圖

公車站位與運行屬性調查說明如下：

1. 公車站位與停靠公車實體屬性（如附錄 D）

主要包括以下項目：

- (1) 站位編號與地圖位置
- (2) 站位實體長度（公尺）
- (3) 站位出站端與下游路口停止線距離（公尺）
- (4) 站位進站端與路段上游端距離（公尺）
- (5) 停靠公車長度（公尺）

(6) 公車到達參考點與站位進站端距離 (公尺)

2. 公車到達時間

- 定義：公車通過到達參考點的時間
- 調查：到達參考點設置於公車站位進站端上游約 5 ~ 50 公尺處，記錄時間單位為 hh:mm:ss (時鐘時間)

由前述三處調查站位取得不同公車路線之到達時間資料 (時鐘時間)，經轉化為依序先後進站公車之到達間距 (秒) 資料共計 230 組，圖 5.3-5 為不同間距分組下所呈現兩種較明顯的分佈型態，型態一為在 2 分鐘內的間距分佈，型態二則為 2 ~ 5 分鐘的間距分佈。

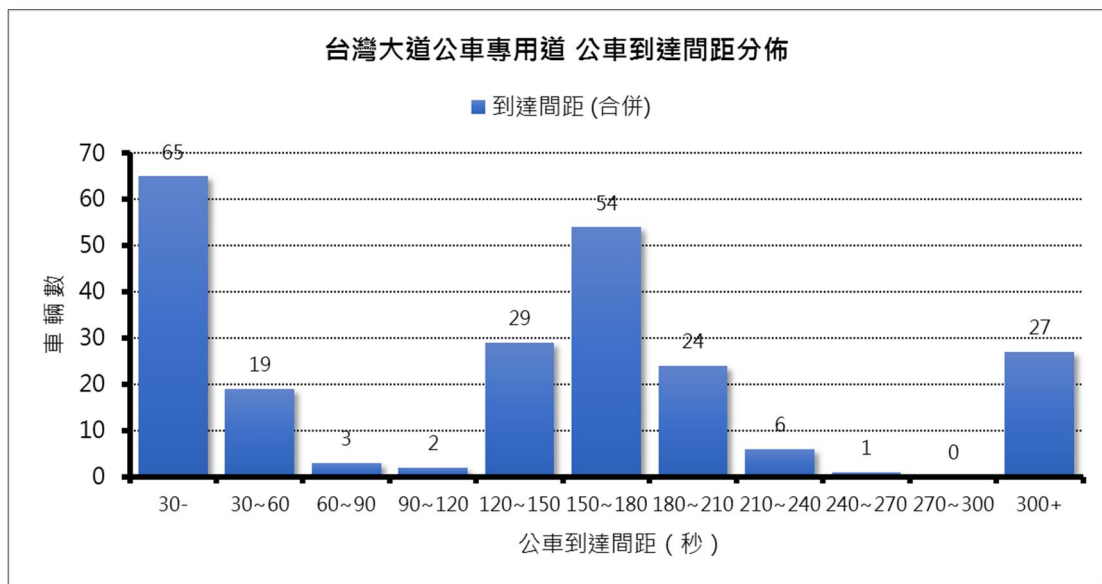


圖 5.3-5 台灣大道公車專用道公車到達間距分佈圖

基於雙節公車車長 (實證值 18.0 公尺) 大於其他公車 (實證值約 11 ~ 12 公尺)，因此，本研究進一步擷取前後兩雙節公車之到達間距資料共 65 組，圖 5.3-6 為在不同間距分組下之雙節公車到達間距分佈型態，顯示間距在 5 分鐘以內、5 ~ 10 分鐘，以及 10 分鐘以上三種組距範圍，比例分別約為 32%、37%、31%，各佔約三分之一。

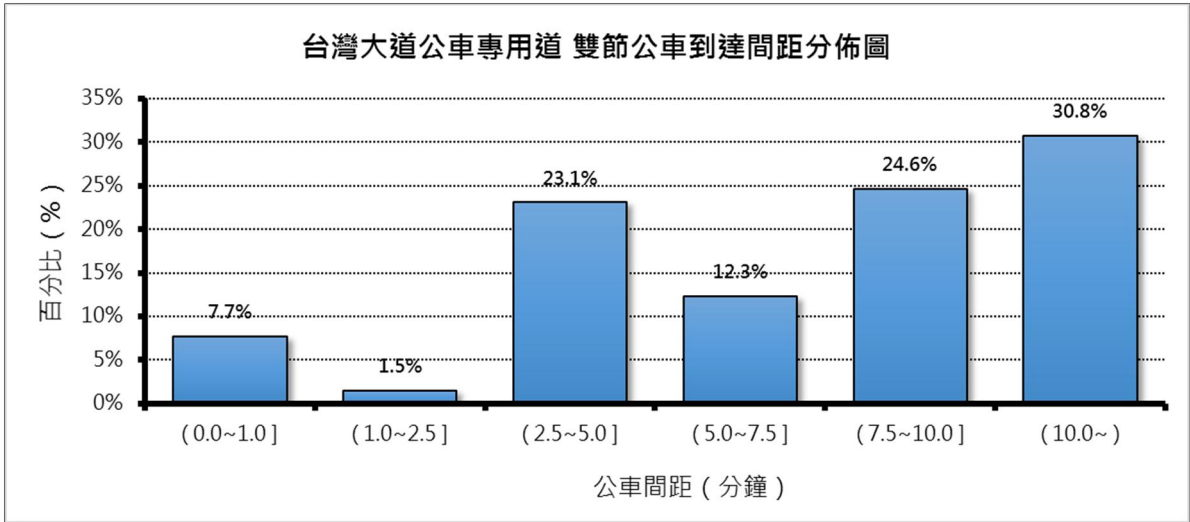


圖 5.3-6 台灣大道公車專用道雙節公車到達間距分佈圖

3. 公車服務時間

- 定義：公車進站停靠，提供乘客上、下車的時間
- 調查：公車進站後，自第一次開啟車門上/下乘客起，至第一次關閉車門結束服務乘客所需之時間（秒）。

根據本調查之公車服務時間定義，於三處調查站位取得各路線之個別公車服務時間資料共 233 組，圖 5.3-7 為不同服務時間分組下所呈現之分佈型態，為一右偏分配曲線。

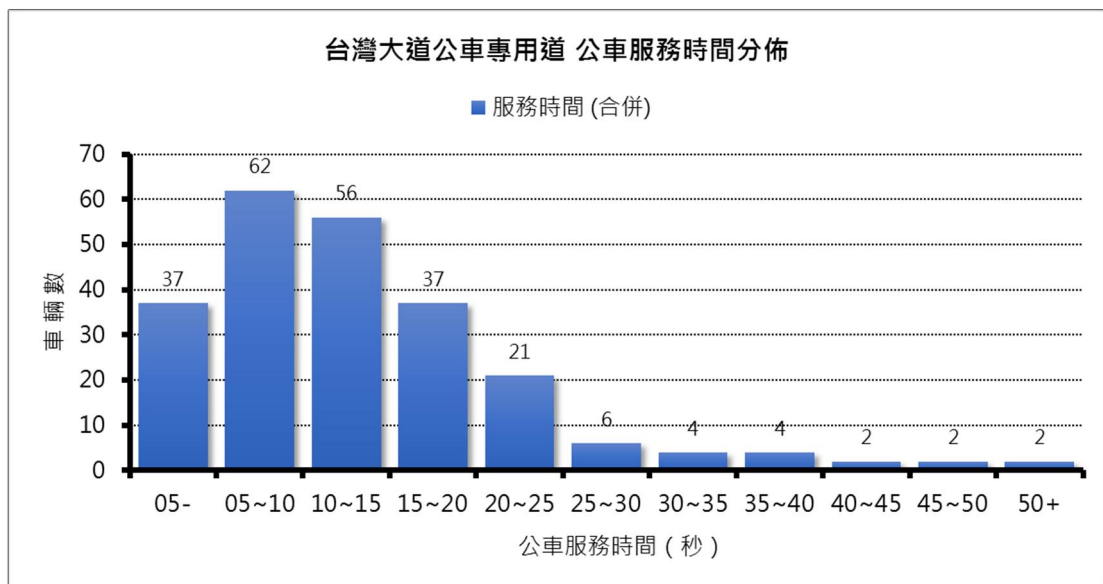


圖 5.3-7 台灣大道公車專用道公車服務時間分佈圖

4. 公車延滯時間

(1) 公車停靠延滯

- 定義：公車進站前，因已有其他公車佔用停靠區，以致無法順利進站所產生之延滯。

- 調查：臨近站位之公車自第一次停車起，至第一次開啟車門服務所需之時間（秒）；若第一次停靠後立即開車門，則無停靠延滯。

(2) 前車阻攔延滯

- 定義：公車完成靠站服務後，因前車仍在服務中，以致無法前進所導致之停等延滯。
- 調查：自公車完成服務，關閉車門起，至前方公車啟動，而能開始啟動跟進所經過之時間（秒）；若完成服務後，前方並無公車阻擋，則無阻攔延滯。

本調查將某一公車駐站時間界定為該公車由到達站位範圍起，以至完全離開站位為止所經過之時間，公車駐站時間主要除了公車服務時間外，亦包括進站前之停靠延滯與出站前之前車阻攔延滯。由三處調查站位取得各路線之每一個別公車之服務時間、停靠延滯、前車阻攔延滯等三項調查資料，經合併後共 233 組，圖 5.3-8 為不同公車駐站時間分組下所呈現之分佈型態，亦為一右偏分配曲線。

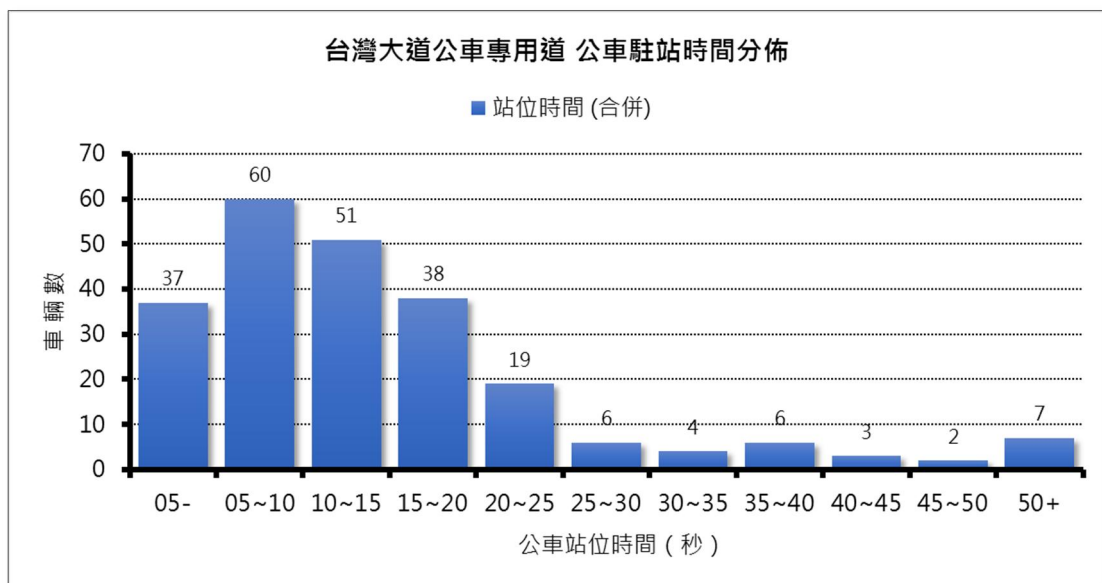


圖 5.3-8 台灣大道公車專用道公車駐站時間分佈圖

(3) 公車號誌停等延滯

- 定義：公車通過站位後，行駛至下游路口，因交通號誌紅燈影響所導致之停等延滯。
- 調查：到達下游路口之公車，因受路口號誌管制，自第一次停車起，至公車重新啟動前進所經過之時間（秒）。

到達之公車亦有可能在路口號誌綠燈期間，因原先停等車隊尚未消散而發生停等延滯。

號誌路口在交通尖峰期間執行的時制計畫，會影響一般道路車輛的通行績效（如平均旅行速率、延滯、停等次數、甚至油耗等），由於行駛於公車專用道之公車並不與一般車流混合併行，故其通行績效自與一般車流不同，本調查主要在取得公車專用道公車在同一號誌時制下的通行績效，以提供號控模式公車參數校驗與績效評估之需。

由於一般幹道號誌雙向直行時相長度都較大，故在公車運行現況調查中，可發現即使是在遠端站位，部份公車駕駛員仍會把已完成上下乘客服務的公車一直停駐在站位內，直到下游

路口號誌轉為綠燈才駛出站位，此結果會導致低估正常公車運行所遭遇之號誌停等延滯；故在現況調查時，以下游路口紅燈結束的時間減去該公車在站位完成服務的時間，再減去全部取樣公車在該路段之平均旅行時間，作為該公車之號誌延滯值。

圖 5.3-9 為台灣大道公車專用道之公車路口號誌延滯分佈概況；沿台灣大道三處調查站位下游路口號誌之週期長度均為 180 秒，幹道雙向直行綠燈時間分別為 68、88、70 秒（平均綠燈時間約 75 秒），故平均綠燈時比約 0.42，與圖 6.4.9 中未發生號誌延滯的 90 輛公車比例 0.39 相近。現調資料中值得注意的是各個路口號誌幹道雙向紅燈時間在 90~110 秒（平均紅燈時間約 100 秒），而圖 5.3-9 中發生號誌延滯公車數量明顯隨號誌延滯秒值的增加而以幾近直線比例加大，其中發生號誌延滯達 50 秒以上之公車比例約佔全部停等公車數的 78%，佔全部調查公車數的 48%，顯示目前約有半數的公車是在幹道號誌紅燈前半段內到達路口，屬較低效到達型態，故無論在現況號誌連鎖時制或公車續進效果上，都有改善的空間。

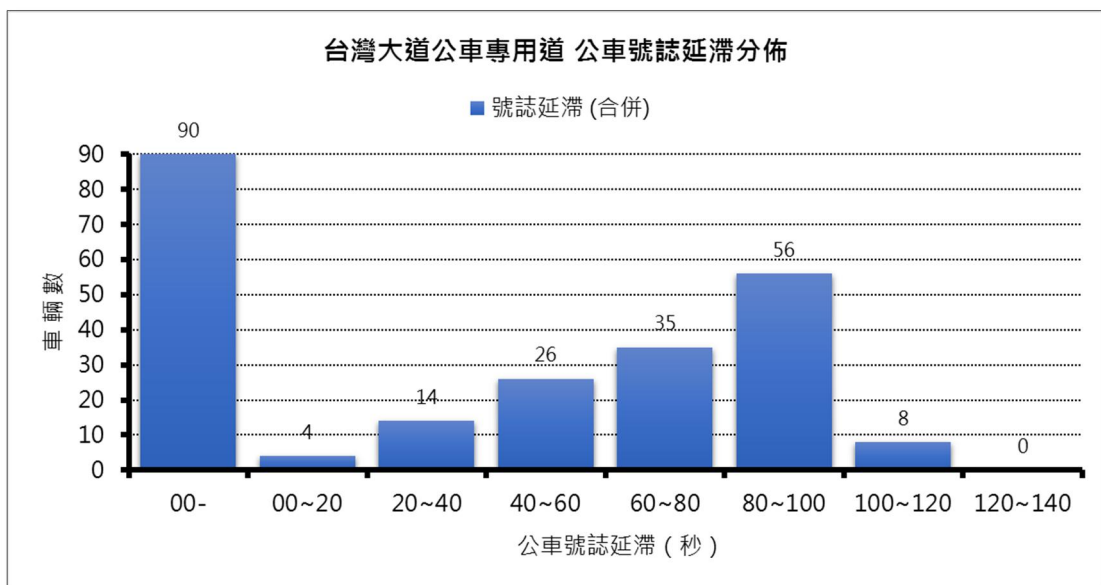


圖 5.3-9 台灣大道公車專用道公車路口號誌延滯時間分佈圖

四、路口交通量現況調查

本調查在提供校估號控模式參數、檢討時制調整前、後運行績效所需之交通量型態與數值水準，主要包括路口上游尖峰交通組成與需求型態、路口轉向交通量等兩項。校估模式參數之現況交通量取自竹北市光明六路—博愛路口與台中市台灣大道—惠中路口，而比較時制調整前、事後運行績效之現況交通量則取自竹北市光明六路—博愛路口。路段上游流入量與路口轉向流量資料均以室外人力與視訊錄影現場調查，室內登錄方式進行資料蒐集與彙整。

(一) 路側視訊攝影

1. 在實測交叉口現場週邊行人天橋設施或路口轉角使用架高攝影機拍攝特定方向之轉向車

流，路口轉向流量現場攝影調查示範如圖 5.3-10 所示。

2. 路幅規模較小之路口（如竹北市光明六路—博愛路口）則以配置 2 位調查員與 2 台攝影機為原則，每一台攝影機紀錄路口所座落幹道之某一臨進路段出口方向之所有轉向車流視訊，每一調查員則負責登錄某一次要支道臨進路段出口方向之所有轉向車流資料（如圖 5.3-10(a)）。
3. 路幅規模較大之路口（如台中市台灣大道—惠中路口）配置 2 位調查員與 4 台攝影機為原則，每一台攝影機紀錄路口某一臨進路段出口方向之所有轉向車流視訊，每一調查員則負責監管兩組視訊設備或視實際需要，於現場即時記錄某一臨進路段特定轉向之交通量資料（如圖 5.3-10 (b)）。



(a) 路口單向攝影



(b) 路口多向攝影

圖 5.3-10 路口現場轉向流量攝影調查作業示範圖

(二) 流量資料記錄

路口轉向交通量資料係依照交通工程手冊之規範進行登錄，調查員（或記錄員）以每 5 分鐘為一單位時段，就調查站所在位置，將現場觀測（或錄影拍攝）到之各臨近路段所有通過停止線之車輛，按時間、流向與車種，分別在交通量調查表對應格位內，紀錄依時通過之車種與數量(如圖 5.3-11)

路口名稱：		路口轉向流量記錄表		路口轉向流量調查表 (彙整)																					
路口編號：		時段序	起迄時間	類別	左轉	直進	右轉	前進路段 1				2				3				4					
路段編號：		1	630-631	機車				時間	車種	左轉	直進	右轉	左轉	直進	右轉	左轉	直進	右轉	左轉	直進	右轉	左轉	直進	右轉	
目前時段： 1		2	631-632	小型車				06:30-06:35	大型車																
起始時間： 時 6 分 30 秒		3	632-633	機車				06:35-06:40	機車																
小計時段： (分鐘) 1		4	633-634	小型車				06:40-06:45	大型車																
點按/A開始 車種 轉向		5	634-635	機車				06:45-06:50	機車																
註： 左轉 直進 右轉				大型車				06:50-06:55	大型車																
機車 7 8 9				小型車				06:55-07:00	機車																
小型車 4 5 6				大型車				07:00-07:05	大型車																
大型車 1 2 3				機車				07:05-07:10	機車																

圖 5.3-11 路口轉向流量現場登錄表與彙總表格式範例

實證調查、彙集之項目主要包括兩路口各臨進路段之：

- (1) 上游分類車種之進入流率與比例
- (2) 下游分類車種之轉向交通量與比例
- (3) 停等車隊之車道分佈與長度
- (4) 機車停等區與待轉區紓解流率與使用比例

兩處實測路口現場交通量調查作業執行如下：

1. 竹北市光明六路—博愛路口
 - 事前調查：104 年 8 月 4 日上午 07:00 ~ 09:00
 - 事後調查：104 年 11 月 4 日上午 07:00 ~ 09:00
2. 台中市台灣大道—惠中路口
 - 一般交通特性調查：104 年 8 月 11 日下午 17:00 ~ 20:00

本節主要針對兩實測路口各臨進路段上游進入、下游轉向之分類車種、流率與比例進行統計。

(一) 上游尖峰交通需求型態

需求量調查主要在提供路口號控模式上游抵達模組之輸入資料，基於模式之目標係以檢視並調整號控預設時制計畫，以滿足尖峰轉向需求，提升整體路口通過量，並降低延滯時間，因此，必須界定路口上游總流入量之尖峰小時落點，以及各臨進路段對應於該小時之分類車種流量。

路口各臨進路段上游交通尖峰小時之界定係將該上游點在交通調查期間內，各分類車種依時每 5 分鐘流入率乘以該類車種當量 (PCE) 後予以加總，可得所有路段上游每 5 分鐘總流入小客車流率 (PCUs)，最後再找出最大連續 12 組 5 分鐘流入率加總值座落的小時，即為該臨進路段上游之尖峰小時。各類車種轉向當量 (PCE) 係參考交通部運研所 2011 年版台灣公路容量手冊之建議值 (如表 5.3-3)。

表 5.3-3 各車種與轉向之 PCE 值參考表

PCE 值	迴轉	左轉	直行	右轉
機踏車	0.50	0.50	0.43	0.45
小型車	1.50	1.50	1.00	1.08
大型車	2.30	2.30	1.80	2.70

資料來源：交通部運研所-台灣公路容量手冊 (2011 年)

圖 5.3-12 與圖 5.3-13 分別為竹北市光明六路—博愛路口上游路段機車與汽車每 5 分鐘時段依時累積流量型態之分佈現況，就整個交通調查期間來看，事後調查日之路口上游總機車流入量明顯較事前調查日高，但總汽車流入量則較低。若採計總流入小客車數 (PCUs)，則路口上游前、後兩調查日之依時總流入量與依時總累積流入量圖分別如圖 5.3-14 與圖 5.3-15 所示，事後總流入量約在上午 08:00 前之各時段稍高，而事前總流入量則約在上午 08:00 後之各時段稍高，整個交通調查期間之事前與事後調查日之流量型態大致相當。

圖 5.3-16 與圖 5.3-17 分別為台中市台灣大道—惠中路口上游路段每 5 分鐘依時 PCUs 與累積 PCUs 流量型態之分佈現況。

由每小時路口上游總流入需求分析 (如附錄 E) 可知：

1. 竹北市光明六路—博愛路口
 - 事前調查：尖峰時段上午 08:00 ~ 09:00，PHF = 0.95 (圖 5.3.18)
 - 事後調查：尖峰時段上午 07:20 ~ 08:20，PHF = 0.88 (圖 5.3.19)
2. 台中市台灣大道—惠中路口
 - 一般調查：尖峰時段下午 17:45 ~ 18:45，PHF = 0.98 (圖 5.3.20)

表 5.3-4 為兩實測路口各臨進路段在上列尖峰小時內，由上游流入之分類車種交通量統計結果。

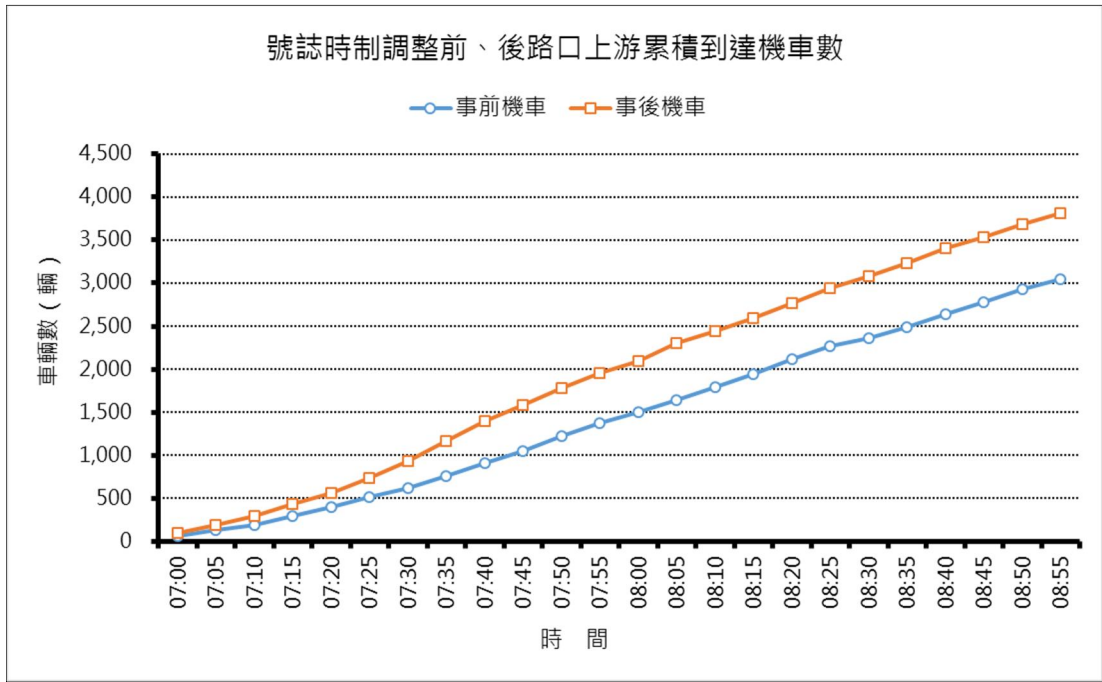


圖 5.3-12 竹北市光明六路—博愛路口上游依時累積機車流量型態比較圖

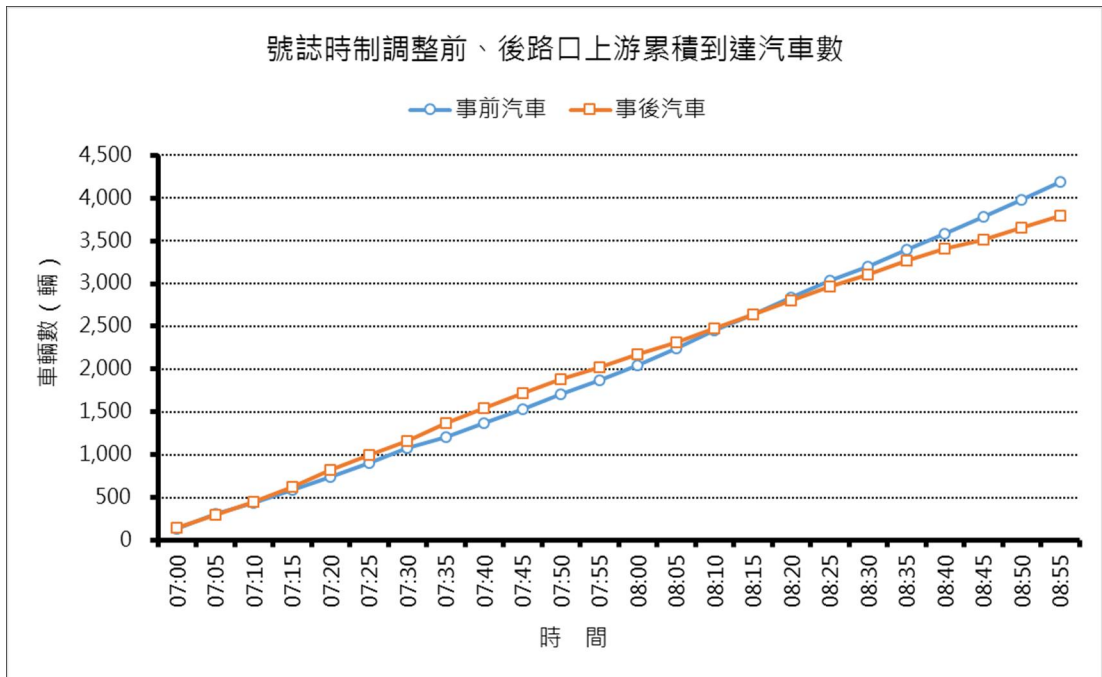


圖 5.3-13 竹北市光明六路—博愛路口上游依時累積汽車流量型態比較圖

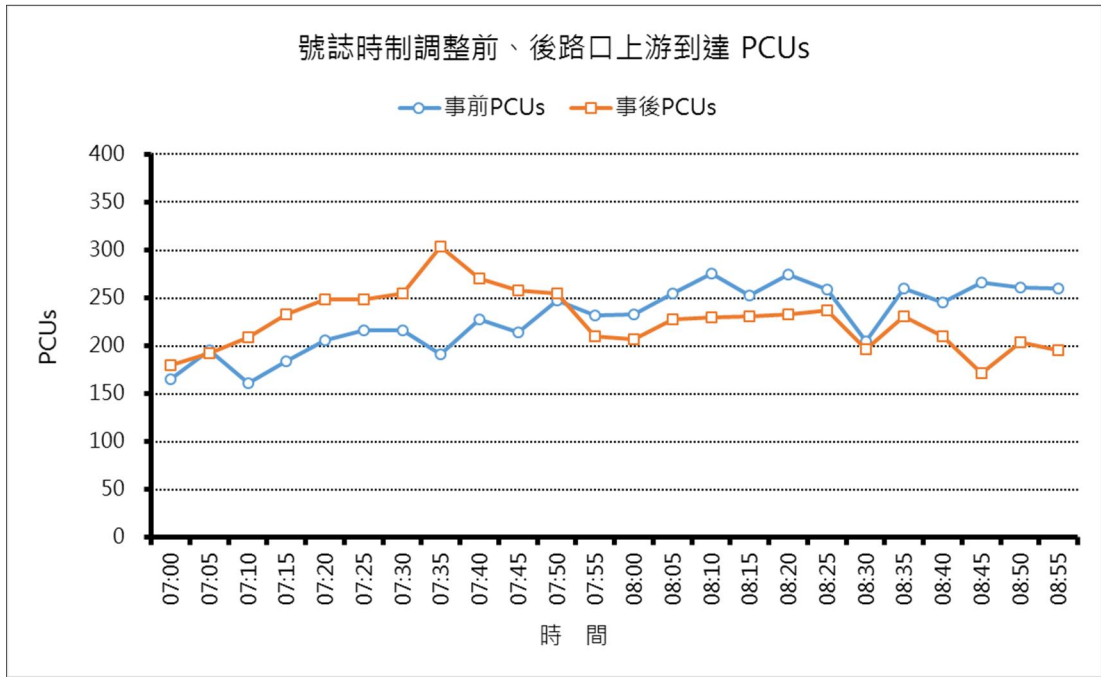


圖 5.3-14 竹北市光明六路－博愛路口上游依時 PCUs 分佈型態比較圖

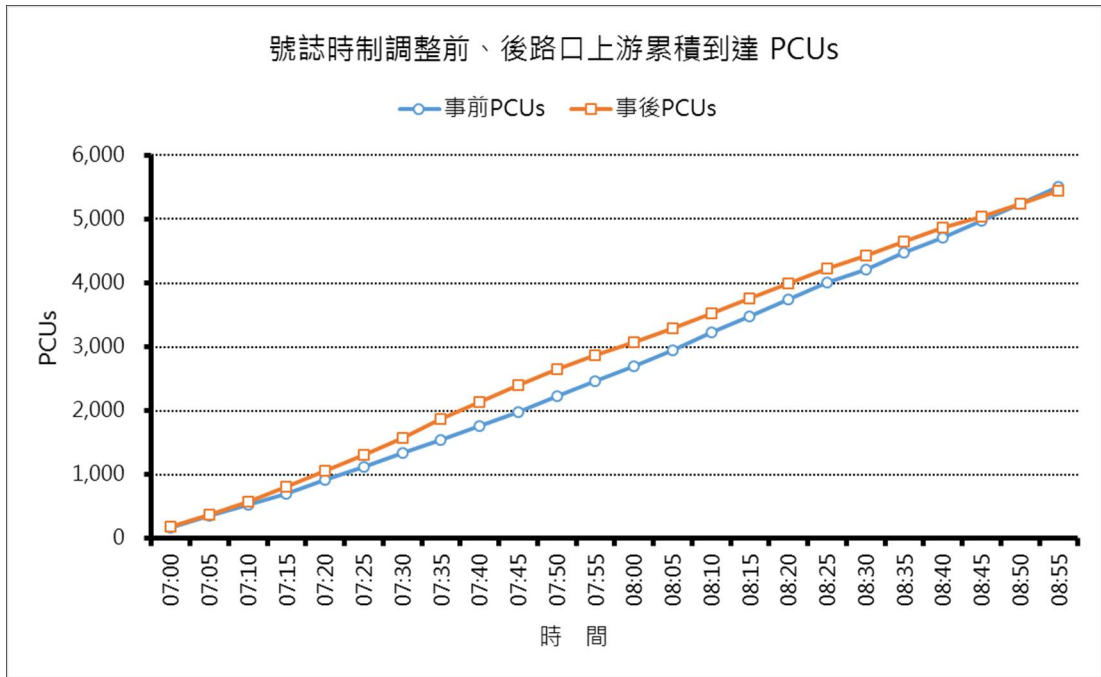


圖 5.3-15 竹北市光明六路－博愛路口上游依時累積 PCUs 分佈型態比較圖

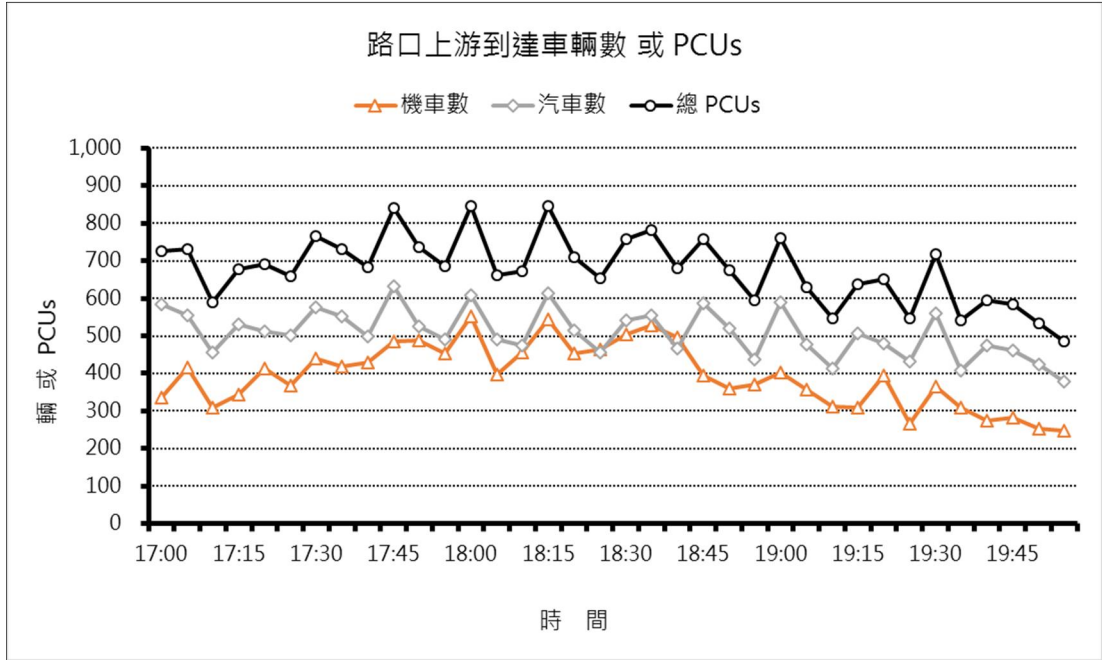


圖 5.3-16 台中市台灣大道－惠中路口上游依時 PCUs 分佈圖

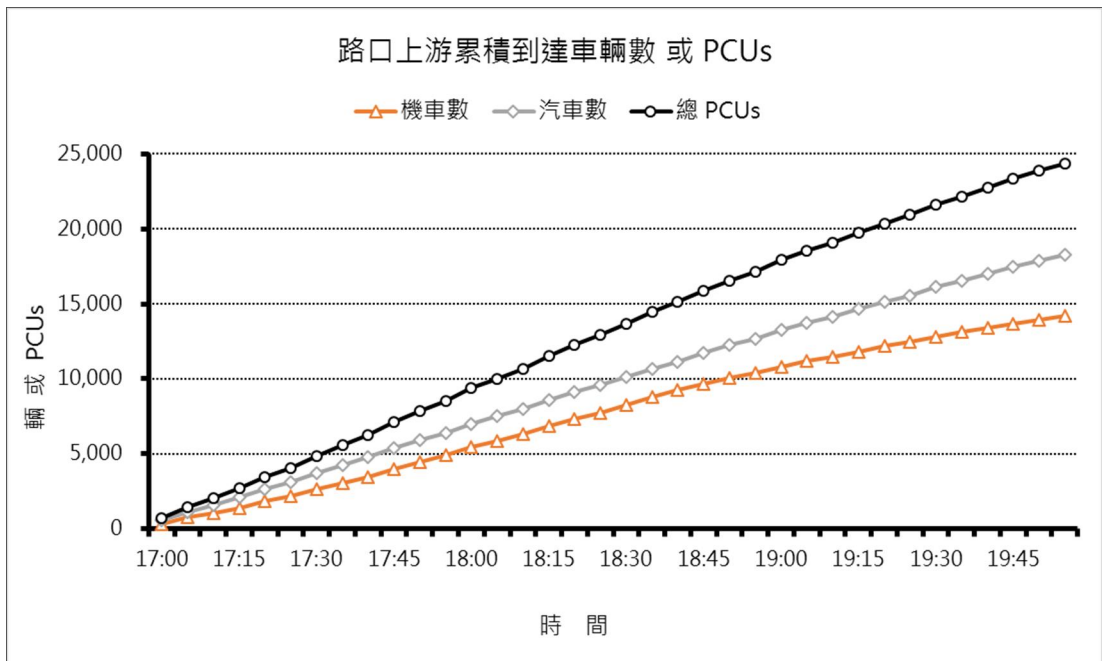


圖 5.3-17 台中市台灣大道－惠中路口上游依時累積 PCUs 分佈圖

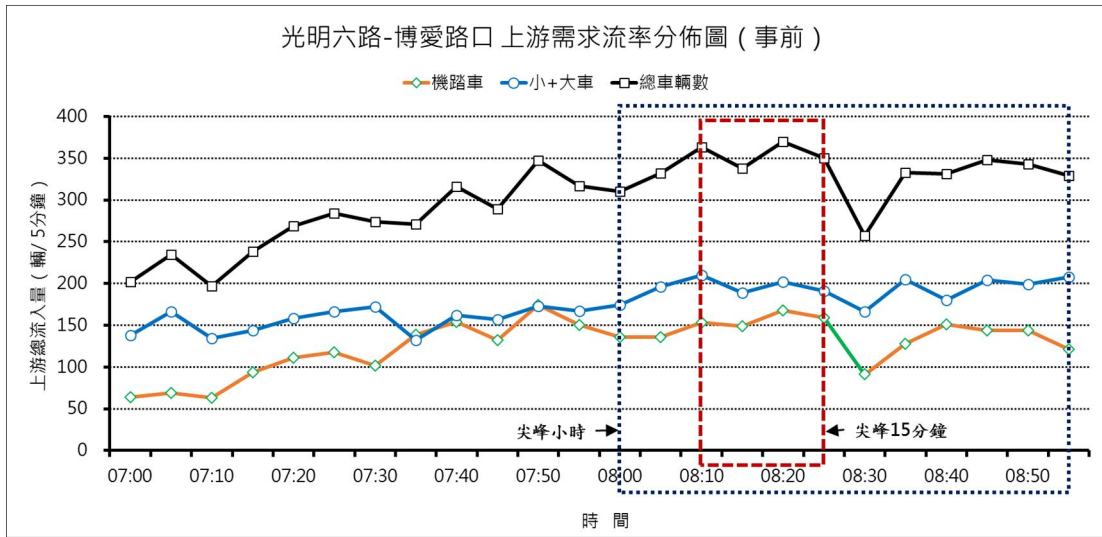


圖 5.3-18 竹北市光明六路—博愛路口上午尖峰時段分佈圖 (事前)

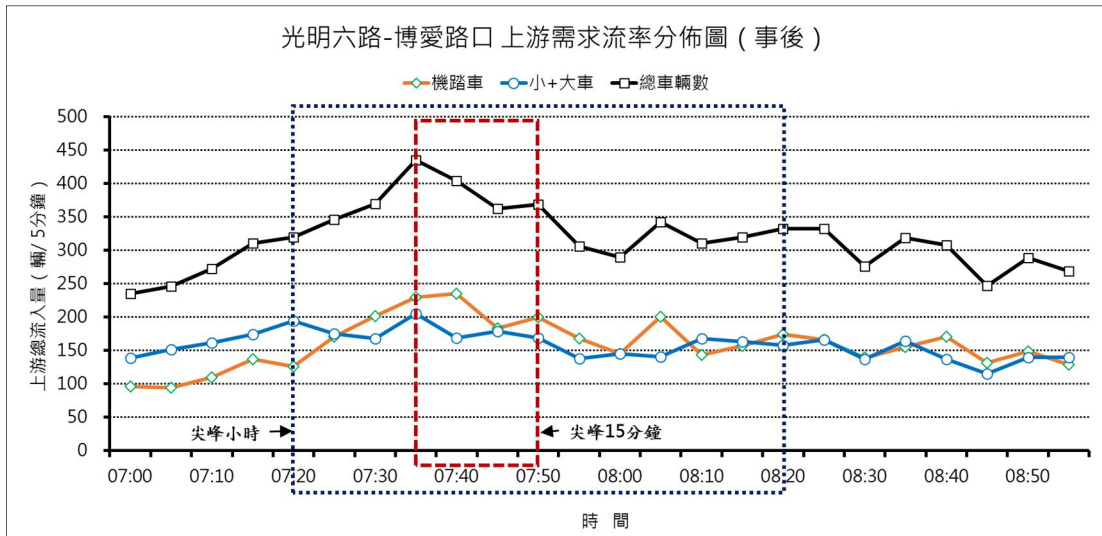


圖 5.3-19 竹北市光明六路—博愛路口上午尖峰時段分佈圖 (事後)

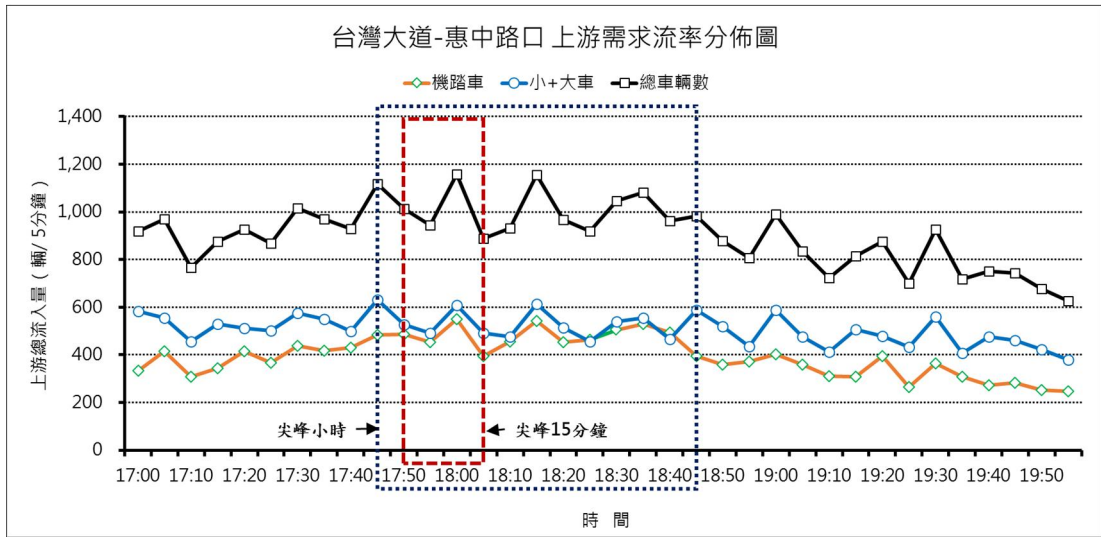
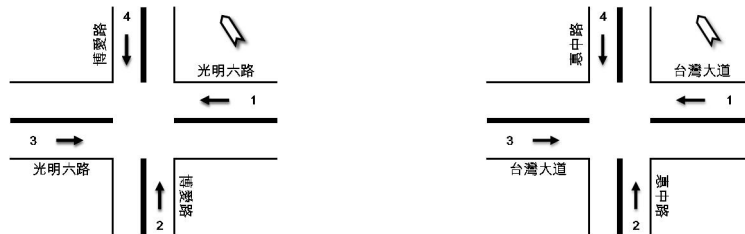


圖 5.3-20 台中市台灣大道—惠中路口下午尖峰時段分佈圖

表 5.3-4 兩實測路口尖峰小時各臨進路段上游流入交通量統計表



路口	竹北光明六路-博愛路口 (事前)				竹北光明六路-博愛路口 (事後)				台中台灣大道-惠中路口							
	轉向	快/慢車道		PHF	轉向	快/慢車道		PHF	轉向	快(快/慢)車道		慢車道		合計		PHF
方向	車種	輛	PCUs		車種	輛	PCUs		車種	輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	
方向_1	機踏車	172	74.0	0.92	機踏車	606	260.6	0.85	機踏車	0	0.0	2274	977.8	2274	977.8	0.95
	小型車	675	675.0		小型車	366	366.0		小型車	1734	1734.0	573	573.0	2307	2307.0	
	大型車	34	61.2		大型車	7	12.6		大型車	49	88.2	38	68.4	87	156.6	
	合計	881	810.2		合計	979	639.2		合計	1783	1822.2	2885	1619.2	4668	3441.4	
方向_2	機踏車	573	246.4	0.84	機踏車	530	227.9	0.89	機踏車	1089	468.3	×	×	1089	468.3	0.90
	小型車	368	368.0		小型車	361	361.0		小型車	1089	1089.0	×	×	1089	1089.0	
	大型車	2	3.6		大型車	1	1.8		大型車	32	57.6	×	×	32	57.6	
	合計	943	618.0		合計	892	590.7		合計	2210	1614.9	×	×	2210	1614.9	
方向_3	機踏車	395	169.9	0.92	機踏車	419	180.2	0.84	機踏車	0	0.0	1957	841.5	1957	841.5	0.97
	小型車	820	820.0		小型車	865	865.0		小型車	1451	1451.0	809	809.0	2260	2260.0	
	大型車	43	77.4		大型車	41	73.8		大型車	29	52.2	61	109.8	90	162.0	
	合計	1258	1067.2		合計	1325	1119.0		合計	1480	1503.2	2827	1760.3	4307	3263.5	
方向_4	機踏車	540	232.2	0.93	機踏車	606	260.6	0.85	機踏車	495	212.9	×	×	495	212.9	0.93
	小型車	379	379.0		小型車	366	366.0		小型車	496	496.0	×	×	496	496.0	
	大型車	3	5.4		大型車	7	12.6		大型車	9	16.2	×	×	9	16.2	
	合計	922	616.6		合計	979	639.2		合計	1000	725.1	×	×	1000	725.1	

資料來源：本研究整理

(二) 路口尖峰轉向交通量

路口轉向交通調查主要在提供號誌控模式車道選擇模組之輸入資料，亦即提供路口各臨進路段、

各車種、各轉向之尖峰小時內依時轉向流量分佈與轉向比資訊。

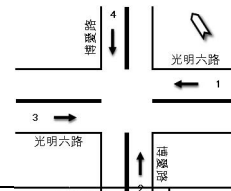
路口尖峰小時之界定係在調查期間（竹北 07:00~09:00，台中 17:00~20:00）內，將目標路口每一臨進路段各分類車種與各個轉向，依時每 5 分鐘轉向流率乘以該類車種之當量 (PCE) 後予以加總，得路口每 5 分鐘總流入小客車流率 (PCUs)，最後再找出最大連續 12 組 5 分鐘流率加總值所座落的小時，即定義為該路口之尖峰小時。

表 5.3-5（竹北事前實測）、表 5.3.6（竹北事後實測）與表 5.3.7（台中實測）分別為路口尖峰小時轉向交通量統計結果，表中各類車種當量 (PCE) 係參酌交通部運研所之 2011 年版台灣公路容量手冊規範值（如表 5.3.3）。由比較兩表所列各臨進路段之尖峰小時係數 (PHF) 可知台灣大道—惠中路口之尖峰性相對較不明顯，尖峰小時內流率變異相對較小。

竹北路口號誌調整施做前、後，以及台中路口一般實測彙整之尖峰小時轉向交通量（分別以車輛數計與以小客車單位計）統計圖請參考目錄 F。

表 5.3-5 竹北市光明六路—博愛路口尖峰小時轉向交通量統計表（事前）

- 尖峰小時：08:00 至 09:00
- 資料日期：104/08/04

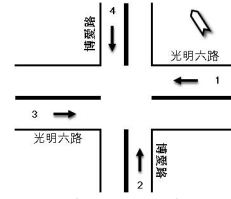


方向	轉向	迴轉		左轉		直進		右轉		合計		PHF
		輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	
方向_1	機踏車	0	0.0	3	1.5	132	56.8	42	18.9	177	77.2	0.86
	小型車	0	0.0	27	40.5	475	475.0	56	60.5	558	576.0	
	大型車	0	0.0	1	2.3	60	108.0	5	13.5	66	123.8	
	合計	0	0.0	31	44.3	667	639.8	103	92.9	801	776.9	
方向_2	機踏車	0	0.0	7	3.5	653	280.8	16	7.2	676	291.5	0.91
	小型車	0	0.0	44	66.0	238	238.0	43	46.4	325	350.4	
	大型車	0	0.0	1	2.3	2	3.6	1	2.7	4	8.6	
	合計	0	0.0	52	71.8	893	522.4	60	56.3	1005	650.5	
方向_3	機踏車	0	0.0	88	44.0	284	122.1	27	12.1	399	178.3	0.91
	小型車	0	0.0	104	156.0	640	640.0	52	56.2	796	852.2	
	大型車	0	0.0	0	0.0	44	79.2	0	0.0	44	79.2	
	合計	0	0.0	192	200.0	968	841.3	79	68.3	1239	1109.6	
方向_4	機踏車	0	0.0	23	11.5	474	203.8	28	12.6	525	227.9	0.94
	小型車	0	0.0	76	114.0	185	185.0	94	101.5	355	400.5	
	大型車	0	0.0	5	11.5	4	7.2	1	2.7	10	21.4	
	合計	0	0.0	104	137.0	663	396.0	123	116.8	890	649.8	

資料來源：本研究整理

表 5.3-6 竹北市光明六路—博愛路口尖峰小時轉向交通量統計表 (事後)

- 尖峰小時：07:15 至 08:15
- 資料日期：104/11/04

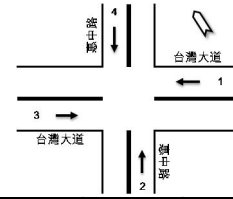


方向	轉向	迴轉		左轉		直進		右轉		合計		PHF
		輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	
方向_1	機踏車	0	0.0	8	4.0	547	235.2	25	11.2	580	250.5	0.87
	小型車	0	0.0	57	85.5	196	196.0	106	114.5	359	396.0	
	大型車	0	0.0	4	9.2	2	3.6	0	0.0	6	12.8	
	合計	0	0.0	69	98.7	745	434.8	131	125.7	945	659.2	
方向_2	機踏車	0	0.0	6	3.0	501	215.4	16	7.2	523	225.6	0.92
	小型車	0	0.0	64	96.0	270	270.0	22	23.8	356	389.8	
	大型車	0	0.0	0	0.0	1	1.8	0	0.0	1	1.8	
	合計	0	0.0	70	99.0	772	487.2	38	31.0	880	617.2	
方向_3	機踏車	0	0.0	103	51.5	247	106.2	30	13.5	380	171.2	0.81
	小型車	0	0.0	146	219.0	698	698.0	46	49.7	890	966.7	
	大型車	0	0.0	3	6.9	42	75.6	0	0.0	45	82.5	
	合計	0	0.0	252	277.4	987	879.8	76	63.2	1315	1220.4	
方向_4	機踏車	0	0.0	15	7.5	539	231.8	29	13.0	583	252.3	0.89
	小型車	0	0.0	68	102.0	194	194.0	105	113.4	367	409.4	
	大型車	0	0.0	4	9.2	2	3.6	0	0.0	6	12.8	
	合計	0	0.0	87	118.7	735	429.4	134	126.5	956	674.5	

資料來源：本研究整理

表 5.3-7 台中市台灣大道－惠中路口尖峰小時轉向交通量統計表

- 尖峰小時：17:40 至 18:40
- 資料日期：104/08/11



方向	轉向	迴轉		左轉		直進		右轉		合計		PHF
	車種	輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	輛	PCUs	
方向_1	機踏車	0	0.0	194	97.0	1693	728.0	104	46.8	1991	871.8	0.95
	小型車	0	0.0	272	408.0	1966	1966.0	89	96.1	2327	2470.1	
	大型車	0	0.0	17	39.1	48	86.4	0	0.0	65	125.5	
	合計	0	0.0	483	544.1	3707	2780.4	193	142.9	4383	3467.4	
方向_2	機踏車	0	0.0	93	46.5	744	319.9	472	212.4	1309	578.8	0.94
	小型車	0	0.0	268	402.0	369	369.0	480	518.4	1117	1289.4	
	大型車	0	0.0	6	13.8	5	9.0	11	29.7	22	52.5	
	合計	0	0.0	367	462.3	1118	697.9	963	760.5	2448	1920.7	
方向_3	機踏車	0	0.0	42	21.0	1926	828.2	106	47.7	2074	896.9	0.95
	小型車	0	0.0	171	256.5	1950	1950.0	247	266.8	2368	2473.3	
	大型車	0	0.0	1	2.3	85	153.0	5	13.5	91	168.8	
	合計	0	0.0	214	279.8	3961	2931.2	358	328.0	4533	3538.9	
方向_4	機踏車	0	0.0	75	37.5	572	246.0	21	9.4	668	292.9	0.93
	小型車	0	0.0	80	120.0	360	360.0	107	115.6	547	595.6	
	大型車	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
	合計	0	0.0	155	157.5	932	606.0	128	125.0	1215	888.5	

資料來源：本研究整理

五、路口停等車隊調查

路口停等車隊調查主要在瞭解各臨進路段某一行進車道(或車道群)車輛在現有號控時制下，穿越路口前所遭遇之阻延失誤；本項調查資料亦提供在路口號控與車流推進模式下，進行校核各行進車道輸出依時車隊長度變化的依據。

都市地區道路交叉口臨進路段一旦號控容量因無法滿足流量需求或被車流充分使用，停等車隊便會產生回堵或行進車隊在強迫車流下呈現走走停停的狀況。由於路口每一臨進路段某特定車道發生最長停等車隊的時間點通常都在號誌紅燈終了時，之後隨著綠燈時間放行，車隊前端雖會開始依序消散，但車隊尾端仍會持續向上游延伸，一旦回堵至上游路口，便會耗損該路口的轉向容量。

因此，路口臨進路段長度與車道數、號誌紅燈時段比例，以及交通量水準是考量停等車隊調查方式的三個重要因素，這些影響因素值愈大，現場調查人力、設施整備、事後資料處理的需求愈高。本項停等車隊長度調查，同時配合兩實測路口之現場交通量調查，採用方式如下：

1. 竹北市光明六路－博愛路口（號誌時制調整前、後調查）

因路口幹道路段車道數雖多但較短，且交通量適中，故於路口行人陸橋制高點處，採直接人力紀錄（攝影輔助）方式，在現場登錄每一臨進路段（含機車停等區、機車左轉待轉區）、每一車道、每一單位時段（15 秒）停等之汽車、機車輛數；部分臨進路段汽、機車停等車隊現況如圖 5.3-21 所示。



圖 5.3-21 竹北市光明六路—博愛路口部份臨進路段停等車隊現況

2. 台中市台灣大道—惠中路口（一般交通調查）

(1) 機車停等數

每一臨進路段（含機車停等區、機車左轉待轉區）、每一車道、每一單位時間之機車停等數則採直接現場人力登錄（攝影輔助）方式進行；部分臨進路段停等機車現況如圖 5.3-22(a)。

(2) 汽車停等數

鑑於路口臨進路段長、車道數多、交通量大等之影響，對每一臨進路段全長，採切分責任區段方式，直接分派人力在現場負責區段內，紀錄每一車道、每一單位時段（15 或 20 秒）停等之汽車車隊長度佔該負責區段長度的比例，以及該時段內停等之大型車輛數；部分臨進路段停等機車現況如圖 5.3.22(b)。

參酌前期實證研究大、小型車輛之有效停等車長，可據以推估每一單位時段內，某一車道調查區段內的停等車數，再將同一時段內，該車道前、後區段停等車輛數加總，即可估算臨進路段該車道全段之總停等車輛數，進而由彙整同一時段內，相鄰各車道之總停等車輛數，可推算整條臨進路段在某一時段內之總停等車輛數（如圖 5.3.23）。

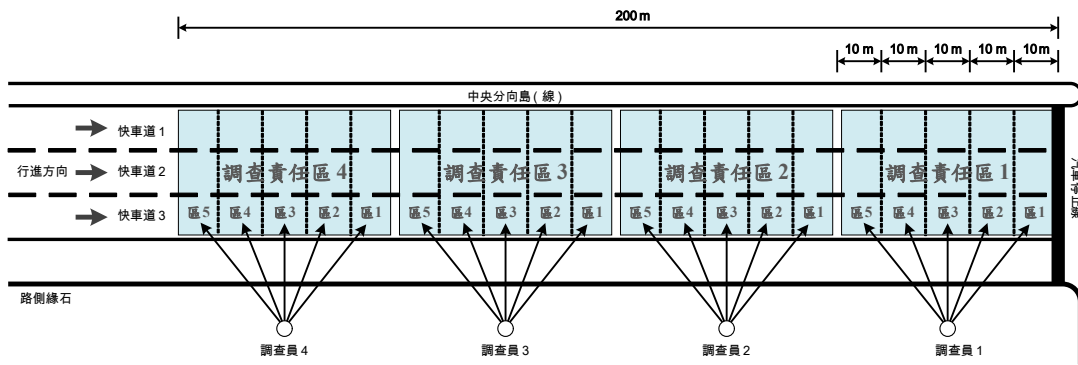


(a) 路段機車停等現況

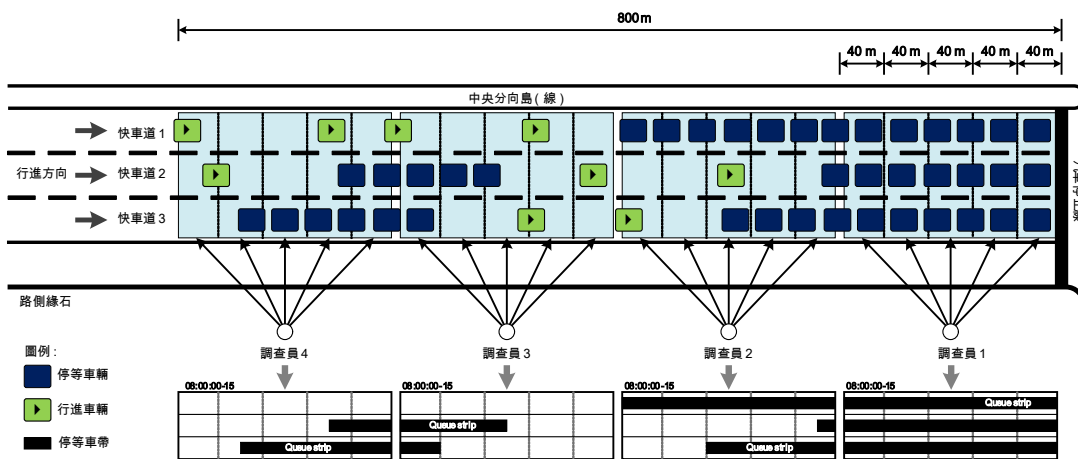


(b) 路段汽車停等現況

圖 5.3-22 台中市台灣大道－惠中路口部份臨進路段停等車隊現況



(A) 車隊長度調查責任分區示意圖



(B) 各分區車隊長度資料組合示意圖

圖 5.3-23 停等汽車隊長度調查作業示意圖

本節主要針對兩處實測路口在目前號控時制下之交通績效進行統計，以下各表中：

1. 各臨進路段方向之停等車數為在全部調查期間或尖峰小時，由現場路側每 15 或 20 秒鐘

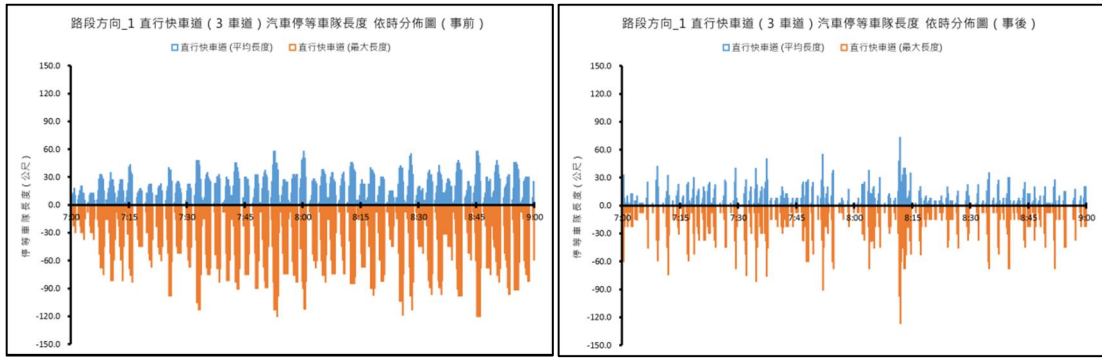
觀測所得該臨進路段方向每一車道汽車（機車）停等車輛數的加總值。

2. 總停車數為該路口所有臨進路段方向汽車（機車）停等車輛數的總和。
3. 總延滯為路口總停等車輛數乘以 15 或 20 秒/輛的總值。
4. 平均延滯為全部調查期間或尖峰小時，路口各臨進路段方向平均延滯依該路段下游汽車（機車）流出量的加權值。

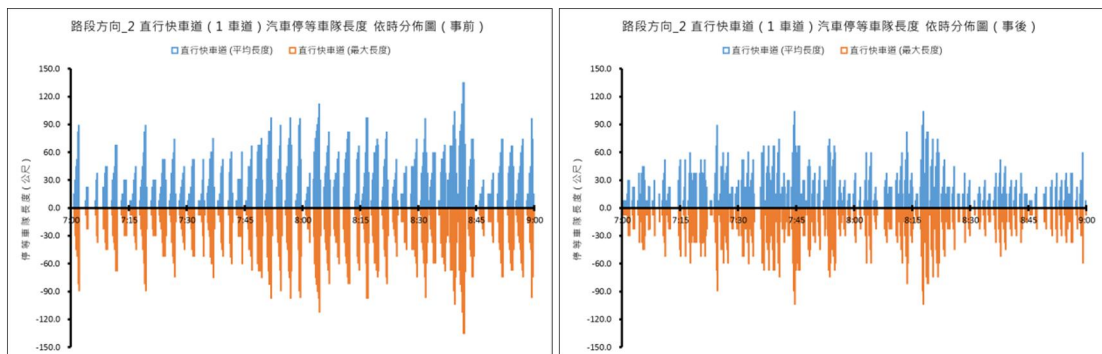
兩實測路口各臨進路段與各車道於調查期間之汽車停等車數依時分佈現況請參考附錄 G，機車停等車數依時分佈現況則參考附錄 H。

圖 5.3-24 為竹北市光明六路—博愛路口號誌時制調整前、後各轉向車道群汽車停等車隊之依時分佈現況比對圖，圖 5.3-25、圖 5.3-26 則分別為台中市台灣大道—惠中路口各轉向車道群汽車停等車隊、機車停等車數之依時分佈現況。各圖中僅顯示臨進路段具有兩車道（含）以上之車道群停等車隊（數）分佈訊息。

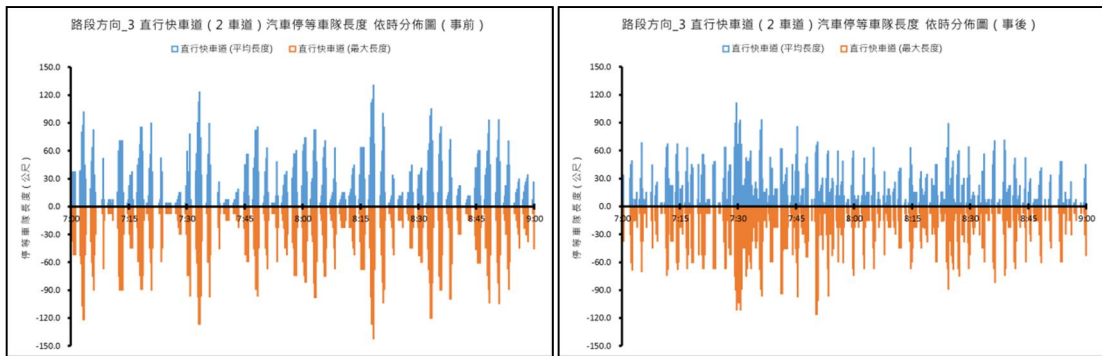
本研究整理繪製上列汽車停等車隊時空分佈圖時，各圖都含有調查期間每一登錄時間點各行進路段特定轉向車道群之最大車隊長度（橙色條狀線，時間軸下方區域）與路段平均車隊長度（藍色條狀線，時間軸上方區域）。在一般交通尖峰期間，當最大車隊長度接近行進路段長度時，顯示該路段有局部動線開始發生壅塞；當平均車隊長度亦接近行進路段長度時，顯示該路段全線發生壅塞；當最大（或平均）車隊長度與行進路段長度相差較大時，顯示若干動線（路段全線）壅塞狀況解除；若路段最大車隊長度與平均車隊長度相差愈大，則該路段含重要轉向動線或起迄動線愈明顯；若本路段最大與平均車隊長度相差甚大，而其下游銜接路段兩者卻相近，則可能有重要動線由本路段下游端轉出。



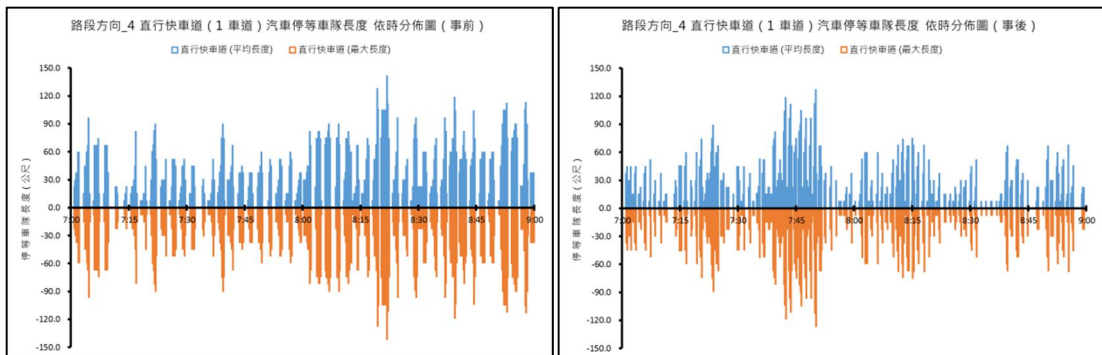
(a) 路段方向 1 (往西) 事前、事後直行快車道汽車依時停等車隊長度分佈圖



(b) 路段方向 2 (往北) 事前、事後直行快車道汽車依時停等車隊長度分佈圖

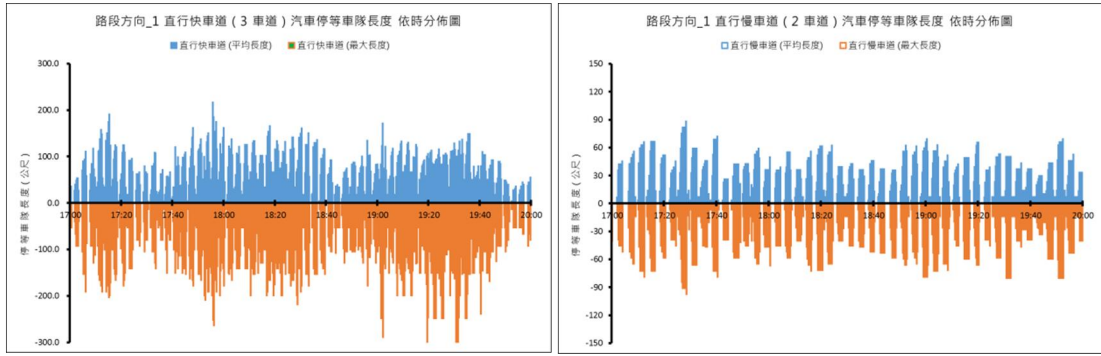


(c) 路段方向 3 (往東) 事前、事後直行快車道汽車依時停等車隊長度分佈圖

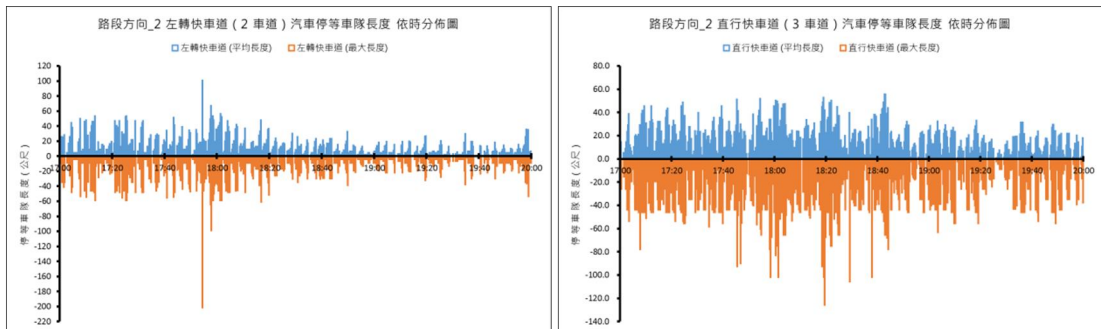


(d) 路段方向 4 (往南) 事前、事後直行快車道汽車依時停等車隊長度分佈圖

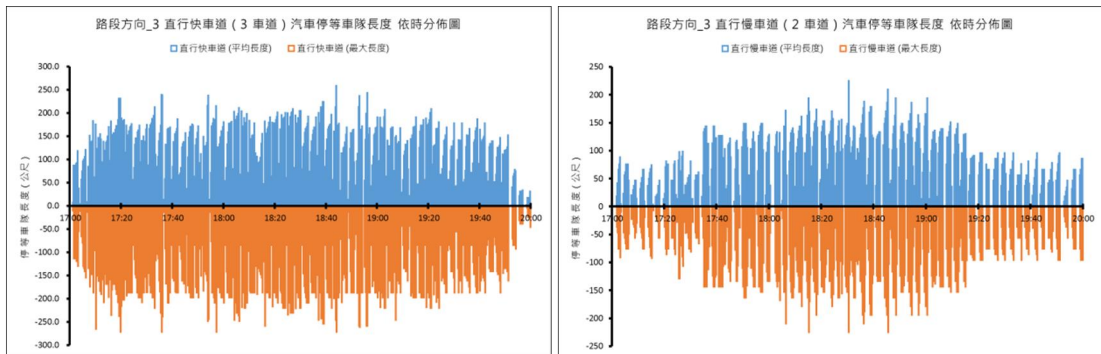
圖 5.3-24 竹北市光明六路—博愛路口各轉向車道群汽車停等車隊依時分佈圖



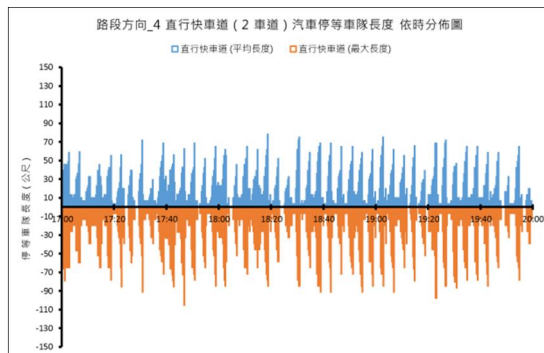
(a) 路段方向 1 (往西) 直行快、慢車道汽車依時停等車隊長度分佈圖



(b) 路段方向 2 (往北) 左轉、直行快車道汽車依時停等車隊長度分佈圖

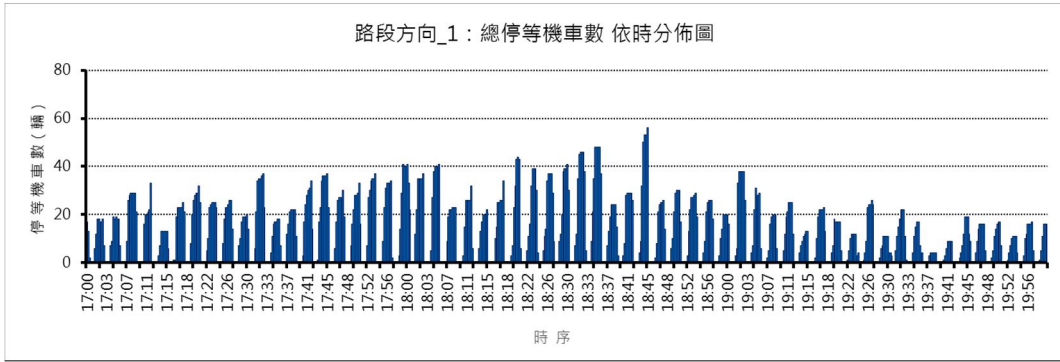


(c) 路段方向 3 (往東) 直行快、慢車道汽車依時停等車隊長度分佈圖

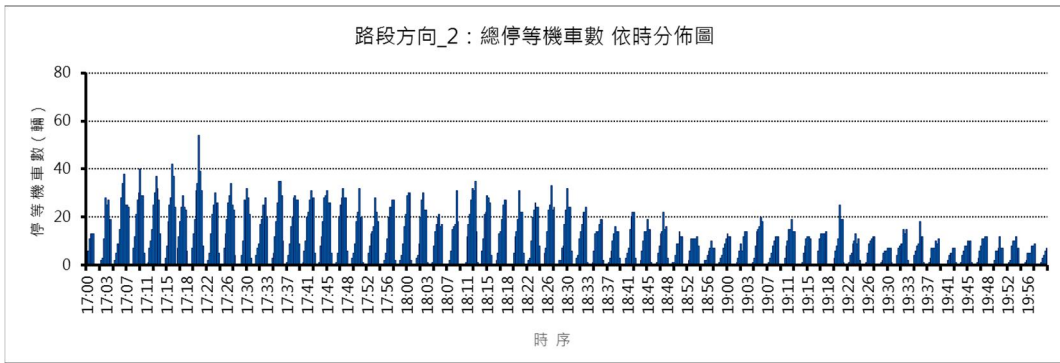


(d) 路段方向 4 (往南) 一般快車道汽車依時停等車隊長度分佈圖

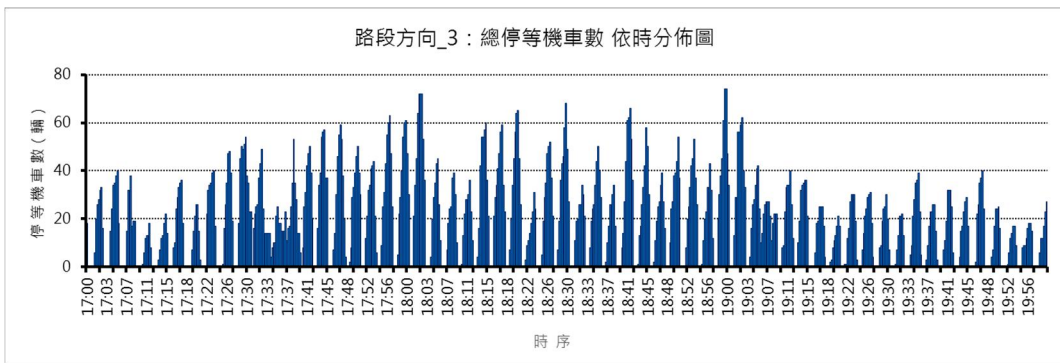
圖 5.3-25 台中市台灣大道一惠中路口各轉向車道群汽車停等車隊依時分佈圖



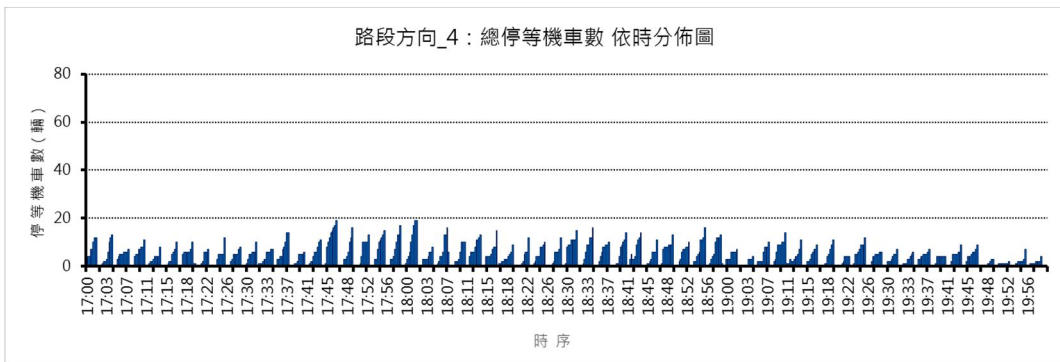
(a) 路段方向 1 (往西) 慢車道機車依時停等車隊長度分佈圖



(b) 路段方向 2 (往北) 慢車道機車依時停等車隊長度分佈圖



(c) 路段方向 3 (往東) 慢車道機車依時停等車隊長度分佈圖



(d) 路段方向 4 (往南) 慢車道機車依時停等車隊長度分佈圖

圖 5.3-26 台中市台灣大道一惠中路口各轉向車道機車停等車隊依時分佈圖

5.4 模式參數校估與時制最佳化

本研究選擇以竹北光明六路-博愛路口作為實證之路口。以前節所述之事前調查，可取得路口幾何、各方向轉向量以及運行狀態等資料。接著以調查資料作模式參數校估，並以本期之號控最佳化模式計算路口最佳時制，之後可分析路口號誌調整前、後之運行績效，以客觀了解本期軟體的效果。

本節將說明本期實證路口參數校估的方法與結果，並列出模式計算之路口最佳時制計畫。

5.4.1 參數校估說明

參數校估的目的在於找出一組最佳參數，使模式之行為與實際觀測值盡量相符。後續以最佳的參數進行模式運算與求解時，方能求出滿足實際需求的最佳解。參數校估的作業須先確認欲調整之參數及校估目標，藉由一參數最佳化方法，使實際觀測值與模式推估值之誤差最小化。因一般號誌化路口多以停等延滯(或停等車隊長)作為績效指標及判斷服務水準的標準，且本研究的調查項目包含以十五秒為間隔、路段各車道之汽、機車之停等車輛數，加上模式中亦可產出對應數值做為比對；因此，本研究將校估的目標值定為「各車道汽、機車之平均停等車輛數」。參數校估的目的即是使模式推估值以及實際觀測值之誤差絕對值總和最小化。

而本研究評估，模式中影響路口車隊紓解、停等狀態最關鍵的參數，包含機車停等區容量、紓解率以及汽、機車各轉向之飽和紓解率等，皆是需要校估的。茲將路口各路段需校估之八項參數，列於表 5.4-1。

表 5.4-1 將進行校估作業之參數

參數	搜尋範圍
路段之機車停等區可停駐車輛數	調查資料之邊界值
路段之機車停等區紓解率	[1.7 4]
路段之 左轉 機車 飽和車間距	[0.26 0.61]
路段之 直行 機車 飽和車間距	[0.25 0.60]
路段之 右轉 機車 飽和車間距	[0.27 0.65]
路段之 左轉 汽車 飽和車間距	[1.58 2.36]
路段之 直行 汽車 飽和車間距	[1.54 2.32]
路段之 右轉 汽車 飽和車間距	[1.66 2.50]

本研究以粒子群演算法(Particle Swarm Optimization; PSO)針對實證路口之四個鄰近路段逐步進行參數校估。PSO 演算流程圖如圖 5.4-1 所示。

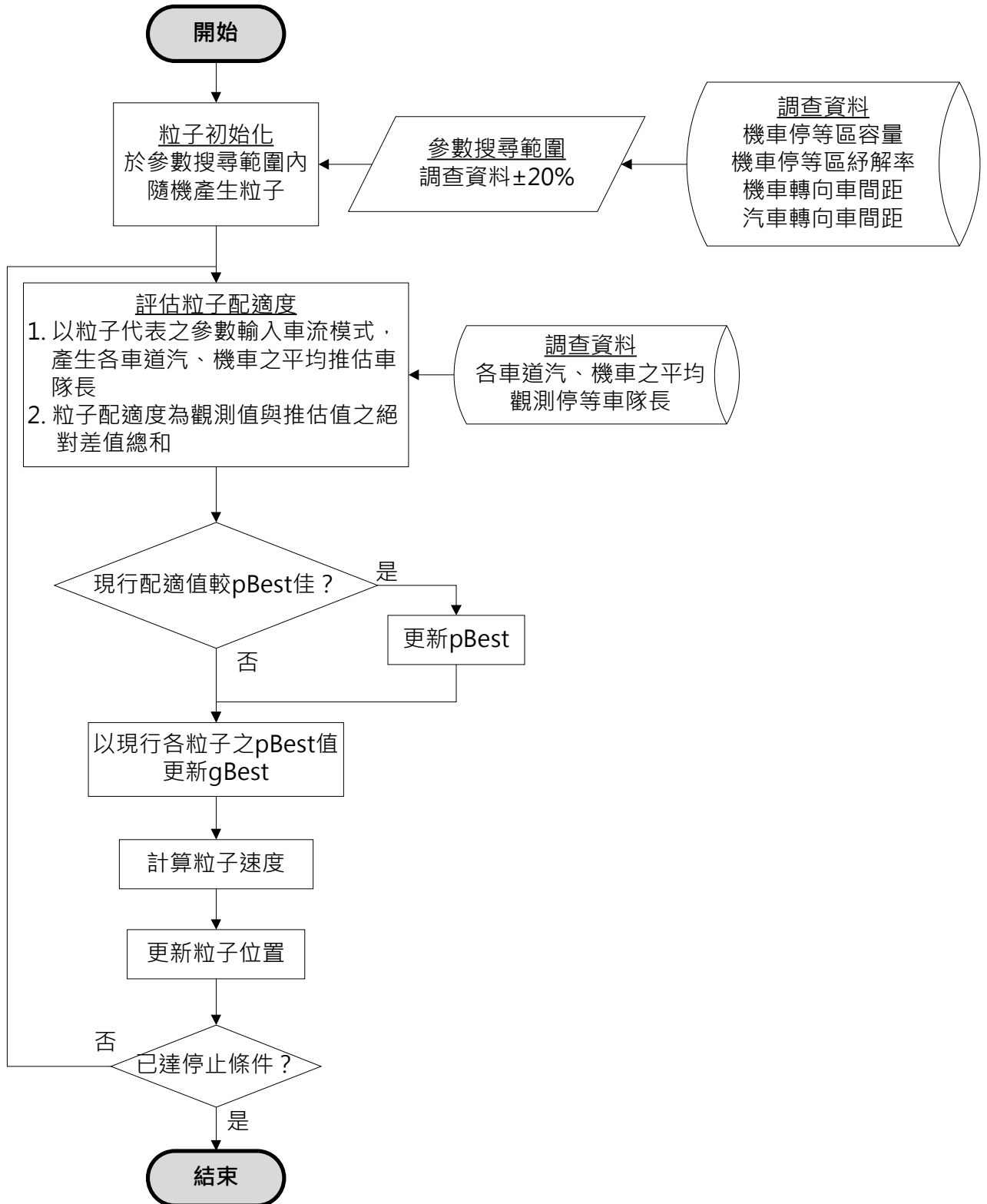


圖 5.4-1 以 PSO 作參數校估之流程圖

5.4.2 實證路口參數設定與事後時制

依前述之參數最佳化方法，竹北光明六路-博愛路口之參數設定如下：

表 5.4-2 竹北光明六路-博愛路口之參數設定

參數 \ 路段		往南	往西	往北	往東
機車停等區容量		5.64	2.89	11.27	4.11
機車停等區紓解率 (veh/s)		3.23	1.49	3.44	2.22
機車飽和車間距 (s/veh)	左	0.42	0.61	0.3	0.58
	直	0.52	0.6	0.31	0.49
	右	0.41	0.57	0.34	0.59
汽車飽和車間距 (s/veh)	左	1.58	2.36	1.58	2.03
	直	1.57	2.02	1.54	2.06
	右	1.71	1.77	1.67	1.95

依此參數設定，實證路口(圖 5.4-2)之各路段上各車道之汽、機車停等車隊長度之推估值以及觀測值列如表表 5.4-3 至表 5.4-6。

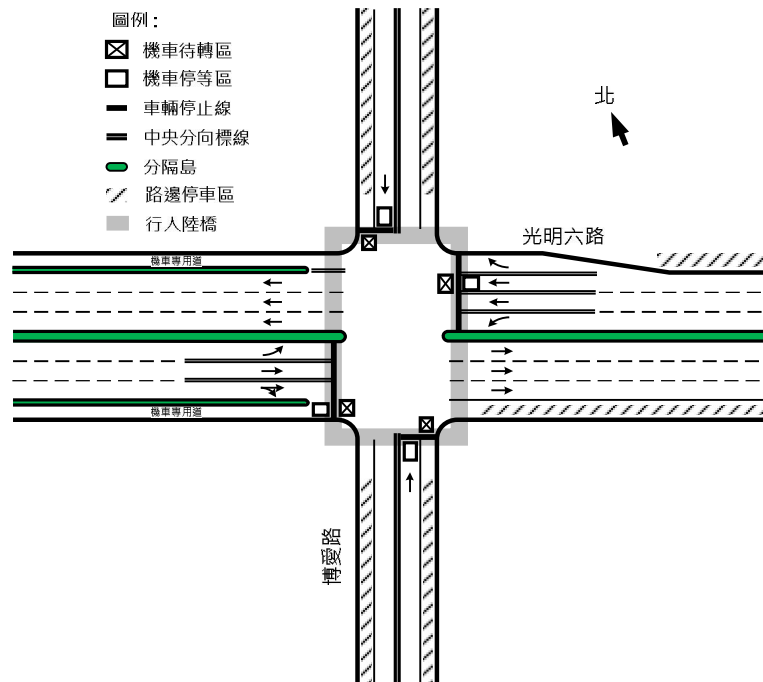


圖 5.4-2 竹北光明六路-博愛路口示意圖

表 5.4-3 博愛路南向路段之參數校估結果

	(單位:輛)	車道 1 (左直右)
汽車	觀測值	3.8
	估計值	3.8
機車	觀測值	5.2
	估計值	5.2

表 5.4-4 光明六路西向路段之參數校估結果

	(單位:輛)	車道 1 (左)	車道 2 (直)	車道 3 (直)	車道 4 (右)
汽車	觀測值	2.6	5.4	3.4	1
	估計值	0.4	3.1	3.4	0.7
機車	觀測值	0	0	0.2	0.4
	估計值	0	0	0.2	0.5

表 5.4-5 博愛路北向路段之參數校估結果

	(單位:輛)	車道 1 (左直右)
汽車	觀測值	2.9
	估計值	2.9
機車	觀測值	4.2
	估計值	4.7

表 5.4-6 光明六路東向路段之參數校估結果

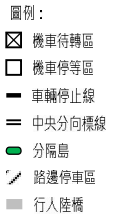
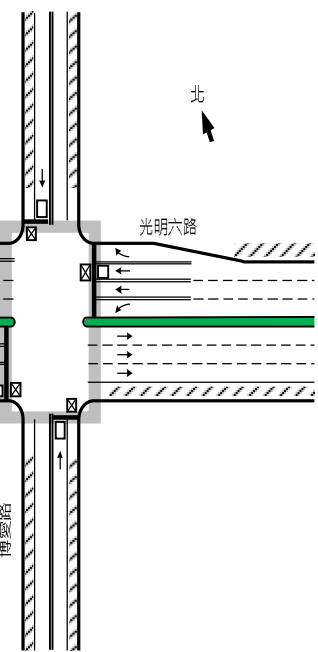




	(單位:輛)	車道 1 (左)	車道 2 (直)	車道 3 (直右)	車道 4 (機車專用)
汽車	觀測值	1.5	3.3	2.4	0
	估計值	1	2.7	3.2	0
機車	觀測值	0	0	0	1.2
	估計值	0	0	0	1

其中值得一提的是光明六路西向路段(表 5.4-4)的誤差，在內側二車道相對較大。而檢視轉向需求量發現，此處左轉車輛尖峰小時僅27輛；加上現場觀測人員觀察到此車道偶有直行車輛停等，故推測觀測值 2.6 應包含些許直行的違規停等車輛，意即此處誤差係由違規行為所造成。

以表 5.4-2 設定的模式參數進行實證路口的時制最佳化，路口之原始時制與最佳時制列於表

5.4-7。可看出週期降低了 47%，由原本 150 秒降至 80 秒，綠燈時間比例也有些微調整。

表 5.4-7 竹北光明六路-博愛路口調整前後時制計畫

圖例： 		週期 (秒)	時相 1 (秒)	時相 2 (秒)	時相 3 (秒)	時相 4 (秒)
						
原始號誌		150	30	20	45	55
最佳號誌解		80	16	16	16	32

5.4.3 快慢分隔島與公車專用道參數校估結果

本研究除針對竹北光明六路-博愛路口進行模式參數校估以及路口號誌調整前後分析，亦對另兩項新增之模式功能(快慢分隔島及公車專用道)作模式參數校估。本節說明二模式之校估結果。

(一) 快慢分隔島

本研究針對台中台灣大道－惠中路口(圖 5.4-3)的東、西向路段進行快慢分隔島之模式參數校估。校估之參數與方法如 5.4.1 節所述，茲將最佳參數列於表 5.4-8，參數校估結果列於表 5.4-9 及表 5.4-10。

表 5.4-8 台中市台灣大道－惠中路口之參數設定

參數 \ 路段		往西	往東
機車停等區容量		25	16
機車停等區紓解率 (veh/s)		1.55	3.53
機車飽和車間距 (s/veh)	左	0.26	0.6
	直	0.25	0.25

	右	0.65	0.27
汽車飽和車間距 (s/veh)	左	1.51	1.5
	直	3.01	2.68
	右	3.5	2.68

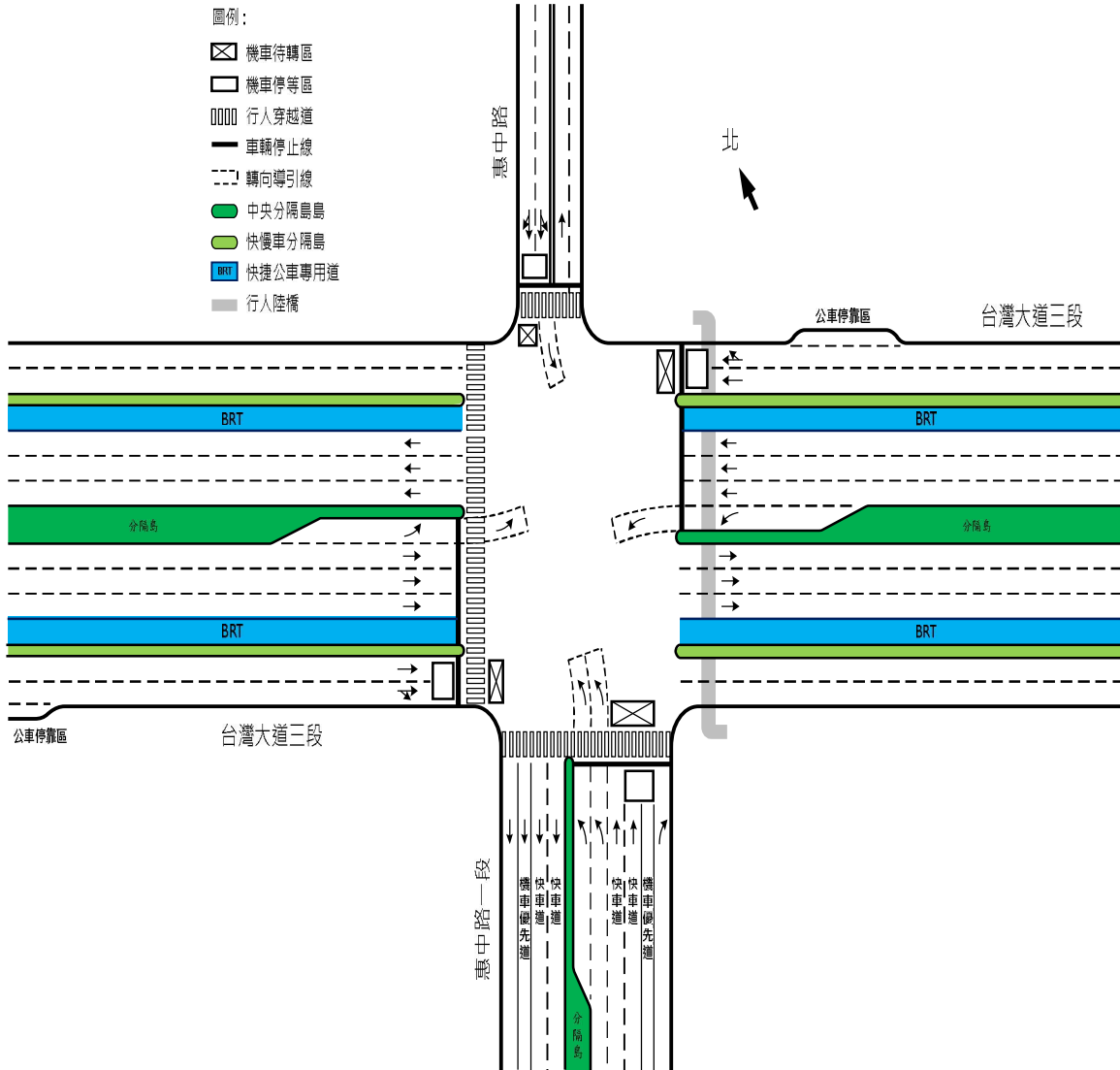


圖 5.4-3 台中台灣大道-惠中路口示意圖

表 5.4-9 台中市台灣大道東向路段之參數校估結果

	(單位:輛)	快車道				慢車道	
		車道 1 (左)	車道 2 (直)	車道 3 (直)	車道 4 (直)	車道 5 (直)	車道 6 (直右)
機車	估計值	0	0	0	0	6.7	7.8
	觀測值	0	0	0	0	1.7	6.5
汽車	估計值	3.3	20.9	20.9	20.9	14.8	10.5
	觀測值	1.1	15.1	24.3	23.5	13.6	12.9

表 5.4-10 台中市台灣大道西向路段之參數校估結果

	(單位:輛)	快車道				慢車道	
		車道 1 (左)	車道 2 (直)	車道 3 (直)	車道 4 (直)	車道 5 (直)	車道 6 (直右)
機車	估計值	0	0	0	0	6.4	7.5
	觀測值	0	0	0	0	1.5	9.2
汽車	估計值	5.7	12.6	12.6	12.6	3.6	4.8
	觀測值	3.3	12.1	13	12.6	4.4	2.9

由表 5.4-9 與表 5.4-10，發現車道 5 在機車的部分誤差皆較高。從實際觀測值來看，車道 6 的平均停等機車數明顯高於車道 5。顯示在此二道路上，機車偏好停在路段慢車道的外側車道上。然而在車流模式中，車道選擇模組僅考量以各車道之車隊長度及紓解率計算權重，尚無法表現實際上車道偏好的情況。在表 5.4-9 的車道 2、3、4 亦因為相似情形而導致些許誤差的產生，

(二) 公車專用道

本研究提出使用格位推移模式(CTM)建構公車專用道，可描述公車專用道上車輛靠站停等以及不同情況下的停等延滯。此模式假設公車在專用道上皆以均一速度前進，然檢視實際資料發現，公車在進站前、出站後之速度可能不同。此因素影響公車抵達下游路口之時間點甚巨，進而影響公車之平均號誌延滯。故本研究將公車於公車進站前、站內、出站後三區段的行駛速度視為三項參數(V_1 、 V_2 、 V_3)，以最小化平均號誌延滯誤差的方式進行參數校估。

圖 5.4-4 列出本期調查三段公車專用道路段的參數校估結果。站位 1 因屬近端設站，亦即公車站距離下游路口較近，導致其出站後行駛速度(V_3)較另兩站低、而其近站前之行駛速率(V_1)較高。可見參數彼此間之相對關係係屬合理，而平均號誌延滯之誤差均在 3% 以內。

編號	地點	參數 (kph)			號誌延滯(秒/輛)		誤差(%)
		V1	V2	V3	實際值	模式值	
1	台灣大道-文心路(近端)	22.0	9.9	19.8	65.4	65.1	0.5
2	台灣大道-太原路(遠端)	11.3	13.2	36.6	24.2	24.9	3.0
3	台灣大道-惠中路(遠端)	12.4	13.2	28.0	44.5	43.7	1.8

圖 5.4-4 台中台灣大道-惠中路口示意圖

5.5 路口號誌調整前、後績效之比較

由前節號控模式求解結果可發現新時制採較短週期，本節將依據路口實測調查，對竹北市光明六路—博愛路口號控時制調整前、後之運行績效進行統計與比較，主要績效指標為平均停等車數與平均停等延滯兩項，並將路口轉向交通量資料蒐集期間之長度，分為全調查期間（二小時）與尖峰小時（一小時）兩部份進行比較。

一、全調查期間（兩事前、事後調查日上午 07:00~09:00）

表 5.5-1 與表 5.5-2 分別為竹北市光明六路—博愛路口各臨進路段與整體路口於號誌時制調整前、後之汽、機車停等數與估計延滯統計，表 5.5-3 為彙總兩表事前、事後整體路口績效之比較結果。

表 5.5-1 光明六路－博愛路口汽、機車停等績效統計表 (事前；全期間)

I01(1) 光明六路-博愛路口 (時制調整前)

路段1					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
4,293	64,395	1,245	530	7,950	315
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
3.4	51.7		1.7	25.2	
路段2					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,728	25,920	601	1,946	29,190	1,150
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.9	43.1		1.7	25.4	
路段3					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
3,143	47,145	1,494	1,245	18,675	734
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.1	31.6		1.7	25.4	
路段4					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,900	28,500	632	1,673	25,095	933
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
3.0	45.1		1.8	26.9	
整體路口					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
11,064	165,960	3,972	5,394	80,910	3,132
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.8	41.8		1.7	25.8	

資料來源：本研究統計

表 5.5-2 光明六路－博愛路口汽、機車停等績效統計表 (事後；全期間)

I01(2) 光明六路-博愛路口 (時制調整後)

路段1					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,605	24,075	679	190	2,850	953
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.4	35.5		0.2	3.0	
路段2					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,242	18,630	676	1,081	16,215	1,052
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
1.8	27.6		1.0	15.4	
路段3					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
2,984	44,760	1,712	580	8,700	692
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
1.7	26.1		0.8	12.6	
路段4					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,240	18,600	694	1,059	15,885	975
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
1.8	26.8		1.1	16.3	
整體路口					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
7,071	106,065	3,761	2,910	43,650	3,672
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
1.9	28.2		0.8	11.9	

資料來源：本研究統計

表 5.5-3 光明六路－博愛路口事前、事後汽/機車停等績效比較表 (全期間)

整體路口 (號誌時制調整前)					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
11,064	165,960	3,972	5,394	80,910	3,132
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.8	41.8		1.7	25.8	
整體路口 (號誌時制調整後)					
汽車 (全調查時段 07:00~09:00)			機車 (全調查時段 07:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
7,071	106,065	3,761	2,910	43,650	3,672
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
1.9	28.2		0.8	11.9	
改善率 33%		變動率 -5%	改善率 54%		變動率 17%

表 5.53 顯示實測路口在新時制控制下，估算汽車平均延滯改善率約 33%，而機車平均延滯改善率更達約 54%。

二、尖峰期間 (兩事前、事後調查日上午尖峰小時)

表 5.5-4 與表 5.5-5 分別為竹北市光明六路－博愛路口各臨進路段與整體路口於上午尖峰小時內，號誌時制調整前、後之汽、機車停等數與估計延滯統計，表 5.5-6 則為彙總兩表事前、事後整體路口績效之比較結果，顯示實測路口在新時制控制下，上午尖峰小時估算汽車平均延滯改善率約 26%，而機車平均延滯改善率更達約 52%。

實測路口各臨進路段事前、事後汽、機車依時停等績效比較圖如附錄 I。

表 5.5-4 光明六路－博愛路口汽、機車停等績效統計表 (事前；尖峰小時)

I01(1) 光明六路-博愛路口 (時制調整前)

路段1					
汽車 (尖峰小時 08:00~09:00)			機車 (尖峰小時 08:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
2,332	34,980	624	287	4,305	177
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
3.7	56.1		1.6	24.3	
路段2					
汽車 (尖峰小時 08:00~09:00)			機車 (尖峰小時 08:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,013	15,195	329	1,082	16,230	676
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
3.1	46.2		1.6	24.0	
路段3					
汽車 (尖峰小時 08:00~09:00)			機車 (尖峰小時 08:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,747	26,205	840	684	10,260	399
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.1	31.2		1.7	25.7	
路段4					
汽車 (尖峰小時 08:00~09:00)			機車 (尖峰小時 08:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,234	18,510	365	920	13,800	525
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
3.4	50.7		1.8	26.3	
整體路口					
汽車 (尖峰小時 08:00~09:00)			機車 (尖峰小時 08:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
6,326	94,890	2,158	2,973	44,595	1,777
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.9	44.0		1.7	25.1	

資料來源：本研究統計

表 5.5-5 光明六路－博愛路口汽、機車停等績效統計表 (事後；尖峰小時)

I01(2) 光明六路-博愛路口 (時制調整後)

路段1					
汽車 (尖峰小時 07:15~08:15)			機車 (尖峰小時 07:15~08:15)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
985	6,795	365	124	1,860	580
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.7	18.6		0.2	3.2	
路段2					
汽車 (尖峰小時 07:15~08:15)			機車 (尖峰小時 07:15~08:15)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
753	11,295	357	547	8,205	523
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.1	31.6		1.0	15.7	
路段3					
汽車 (尖峰小時 07:15~08:15)			機車 (尖峰小時 07:15~08:15)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
1,817	27,255	935	336	5,040	380
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
1.9	29.1		0.9	13.3	
路段4					
汽車 (尖峰小時 07:15~08:15)			機車 (尖峰小時 07:15~08:15)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
822	12,330	373	640	9,600	583
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.2	33.1		1.1	16.5	
整體路口					
汽車 (尖峰小時 07:15~08:15)			機車 (尖峰小時 07:15~08:15)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
4,377	57,675	2,030	1,647	24,705	2,066
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.2	28.4		0.8	12.0	

資料來源：本研究統計

表 5.5-6 光明六路—博愛路口事前、事後汽/機車停等績效比較表 (尖峰小時)

整體路口 (號誌時制調整前)					
汽車 (尖峰小時 08:00~09:00)			機車 (尖峰小時 08:00~09:00)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
6,326	94,890	2,158	2,973	44,595	1,777
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.9	44.0		1.7	25.1	
整體路口 (號誌時制調整後)					
汽車 (尖峰小時 07:15~08:15)			機車 (尖峰小時 07:15~08:15)		
總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)	總停等車數 (次)	總停等延滯 (秒)	通過量 (輛)
4,377	57,675	2,030	1,647	24,705	2,066
平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)		平均停等數 (次)	平均延滯 (秒/車)	
2.2	28.4		0.8	12.0	
改善率 26%		變動率 -6%	改善率 52%		變動率 16%

第六章 結論與建議

台灣本土的都市號誌化路口多為汽機車混合車流，因而具有許多異於國外的交通特色，如快慢分隔的路型、兩段式的機車左轉待轉區、機車專用停等區等。這些皆會影響到路口號誌設計的成效，也使得國外未考量機車車流之號誌控制軟體(如 TRANSYT、SYNCHRO 等)，在應用上遭遇諸多限制。本研究將延續第一期之成果，以軟體產品化之角度，針對前期之軟體、模式以及演算法做強化、改良及調校，進而建立一套得以描述國內特有交通特質，且包含汽車與機車混合車流之號控模式，並發展成一符合本土特色之號誌控制軟體。

本計畫自 104 年 5 月底啟動至 12 月初提送期末報告初稿，期間研究團隊完成之內容歸納彙整如下：

1. 模型、演算法與相關軟體功能

- 新增機車專用/優先道模型：新增機車專用/優先道之車道選擇模型，機車將直接進入機車專用/優先道。另新增併入車隊之模型，在機車專用道上不須以次車道方式與汽車共同停等。
- 新增公車專用道模型：以格位推移模式(CTM)建構公車專用道模型。可描述公車在路段中進站服務與排隊停等的情況，亦可描述進站延滯、站內延滯以及號誌延滯等公車專用道特有情形。另提供使用者以頻次分配的方式輸入公車到達間距以及服務時間。
- 新增快慢分隔島模型：車流運行時，模式將依使用者輸入值換算比例，將需求量分配至快、慢車道群組。接著在快、慢車道群組內部各自進行車道選擇及後續併入車隊等模組運算。
- 改善前期求解演算法(heuristic method)，新增區域搜尋法 A、B 取代原有之區域搜尋法，提升演算法效率。

2. 參數調查與校估

- 本期計畫提供參數校估的內容與方法，有助於提升後續實務上的可應用性。
- 本次機車校估參數包含「專用停等區車輛數」、「專用停等區紓解率」與「飽和車間距」三項，汽車校估參數則為「飽和車間距」乙項。
- 本次校估方法係建構一個「校估績效指標最佳化」程序，其校估績效指標選用「每 15 秒」停等車輛數的平均值，並以參數調查值為基礎，設定其在某數值範圍內，進行校估績效指標最佳化的搜尋。
- 本期針對台中台灣大道-惠中路口東、西向路段進行快慢分隔島之參數校估。結果顯示，

二處慢車道的平均停等機車誤差皆較大；另東向快車道三車道亦出現誤差。其可歸因為本研究使用的車流模式僅依照各車道之車隊長度及紓解率進行車道選擇運算，尚未能反應出不同地區之駕駛行為，或用路人因道路幾何設計而產生的車道偏好。

- 本期針對台中台灣大道公車專用道三處站位進行參數校估。校估參數包含公車在「進站前」、「站內」以及「出站後」之運行速度。校估結果顯示，三處公車專用道之平均號誌誤差均在 3% 以內。且已校估參數之間的相對關係尚屬合理。

3. 事前事後績效評估

- 光明六路-博愛路口的全調查時段「汽車平均延滯(每 15 秒觀察)」事後改善率約 33%；事後路口總通過量略小於事前路口總通過量(約降低 5%)；尖峰時段「汽車平均延滯(每 15 秒觀察)」事後改善率約 26%；事後路口總通過量略小於事前路口總通過量(約降低 6%)。
- 光明六路-博愛路口的全調查時段「機車平均延滯(每 15 秒觀察)」事後改善率約 54%；事後路口總通過量大於事前路口總通過量(約增加 17%)；尖峰時段「機車平均延滯(每 15 秒觀察)」事後改善率約 52%；事後路口總通過量大於事前路口總通過量(約增加 16%)。

4. 軟體介面功能擴充

- 新增參數設定指引、錯誤提醒以及查詢介面。
- 新增本土化報表顯示與輸出之功能。
- 新增 CLV 分析之功能。
- 新增績效指標，包含停等車輛數、停等次數、停等延滯與路網(系統)總延滯等績效指標。

因應本計畫軟體研發過程中，實務單位提供之回饋意見與需求，本計畫建議未來於軟體、演軟法與介面開發等可就以下方向探討：

1. 建議未來可強化車流模型之車道選擇模組，以反應出因駕駛人行為或不同地區之幾何設計下，而產生汽機車針對不同車道之偏好行為。
2. 在路口因行人穿越導致右轉車輛無法順利紓解之現象，經常見於都市較大型且行人量大之路口。建議此現象可納入第 3 年期之模式功能「行人時相」中一併考慮。
3. 本計畫之交通資料調查與模式參數校估等工作是模型與軟體實作時最重要且絕不可缺少的。建議後續計畫執行時持續針對此部分之技術文件進行更新，以作為實務單位使用軟體之參考

依據。

4. 本計畫執行過程中，透過與實務單位的多次交流，讓模型與軟體的發展得以考量實務單位的經驗與需求，此計畫執行機制有利於計畫成果可應用性的提升，建議後續計畫執行應持續此方式推動。

重要參考文獻

1. 毛啟明，「美國式 TRANSYT 模式之理論與發展」，運輸計畫季刊，第 11 卷，第 1 期，民國 71 年，頁 1-33。
2. 交通部運輸研究所，臺灣地區公路容量手冊技術報告（市區街道部分），民國 75 年。
3. 交通部運輸研究所，臺灣地區公路容量手冊技術報告（第二部分），民國 76。
4. 蔡輝昇，交通控制理論與實務，民國 79 年。
5. 林呂相，「應用遺傳演算法於 TRANSYT 模式以求解網路最佳時制計畫」，國立成功大學交通管理(科學)學系碩士論文，民國 82 年。
6. 馮輝昇，「整合機車流動特性之號誌設計方法與等候佈置方式之研究」，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 84 年。
7. 交通部運輸研究所，機車車道寬度與路口疏解型態之研究，民國 88 年。
8. 蘇昭銘、洪啟源、李建昌，「從機車使用特性探討機車專用道之車道設置」，2000 年道路交通安全執法研討會論文集，民國 89 年，頁 365-375。
9. 交通部運輸研究所，機車專用道之設計與設置準則初探，民國 90 年。
10. 林良泰、李建昌、許乃文，「延滯最小化之幹道號誌時制設計研究」，國際道路交通安全與執法研討會，民國 90 年。
11. 交通部運輸研究所，台中市公車專用道系統規劃與設置可行性研究，民國 90 年。
12. 交通部運輸研究所，機車專用道車流特性與容量探討，民國 91 年。
13. 蔣靜宜，「機車專用道飽和流率探討與模擬參數校估之應用」，臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 92 年。
14. 何志宏，「SYNCHRO 時制分析軟體之教學與應用」，93 年度交通工程人才培訓課程，民國 93 年。
15. 張瓊文，曾平毅，陳志明，「機車專用道實際使用疏解寬度及容量估計之研究」，運輸計畫季刊，第 36 卷，第 3 期，頁 371-392，民國 96 年。
16. 內政部營建署，市區道路工程規劃及設計規範之研究，民國 97 年。
17. 胡大瀛、黃秀雲、許義宏、吳東祐，「都市路網號誌連鎖策略改進之研究」，運輸計畫季刊，第 39 卷，第 3 期，民國 99 年，頁 323-358。
18. 交通部運輸研究所，2011 年臺灣公路容量手冊，民國 100 年。
19. 邱裕鈞、謝志偉，「混合車流格位傳遞模式之建立與驗證」，運輸學刊，第 24 卷，第 2 期，民國 101 年，頁 245-276。
20. 曾明德，「雷達車輛偵測及衝擊波技術應用於緊鄰路口號誌控制之研究」，交通大學運輸科技與管理學系博士論文，民國 101 年。
21. 交通部，交通技術研發與人才培育規劃研究(4/4)，民國 102 年。
22. 邱裕鈞、吳怡潔、黃彥斐、謝志偉，「考量混合車流污染排放濃度影響之適應性號誌控制模式」，運輸學刊，第二十五卷第四期，民國 102 年，頁 449-478。
23. 陳彥佑，「過飽和市區幹道號誌控制之研究」，運輸計畫季刊，第 42 卷，第 4 期，民國 102 年，頁 331-360。

24. 交通部科技顧問室，區域交通控制中心雲端化計畫(1/4)，民國 103 年。
25. 交通部科技顧問室，號誌控制技術研究計畫(1/4)，民國 103 年。
26. Bang, K. L., 1976, Optimal Control of Isolated Traffic Signals, *Traffic Engineering & Control*, 288-292.
27. Binning, J. C., Crabtree M., and Burtenshaw, G., 2010, TRANSYT 14 User Guide.
28. Brockfeld, E., Barlovic, R., Schadschneider, A., and Schreckenberg, M., 2001, "Optimizing traffic lights in a cellular automaton model for city traffic", *Physical Review E*, 64, 056132.
29. Chiou, Y. C., Zhou, L., and Song, H., 2010, Development and Calibration of the Anisotropic Mesoscopic Simulation Model for Uninterrupted Flow Facilities, *Transportation Research-B*, 44 (1), pp. 152-174.
30. Chiou, Y. C., Huang, Y. F., 2013, Stepwise genetic fuzzy logic signal control under mixed traffic conditions, *JOURNAL OF ADVANCED TRANSPORTATION* 47:43-60
31. Crabtree M., 2002a, Modelling Opposed Right-Turn Movements in TRANSYT – Part 1, *Traffic Software News*, 20, TRL.
32. Crabtree M., 2002b, Modelling Opposed Right-Turn Movements in TRANSYT – Part 2, *Traffic Software News*, 21, TRL.
33. Crabtree M., 2002c, Modelling Opposed Right-Turn Movements in TRANSYT – Part 3, *Traffic Software News*, 22, TRL.
34. D'Ans G.C. and D.C. Gazis, 1976, Optimal Control of Oversaturated Store-and-Forward Transportation, *Transportation Science*, 10, 1-19
35. Daganzo, C. F., 1992, The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with the Hydrodynamic Theory, *Transportation Research-B*, 269-287.
36. Daganzo, C. F., 1994, "The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with the Hydrodynamic Theory," *Transportation Research-B*, 28 (4), pp.269-287.
37. Daganzo, C. F., 1995, "The Cell Transmission Model, Part II: Network Traffic," *Transportation Research-B*, 29 (2), pp.79-93.
38. Gartner, N.H., 1983, OPAC: A Demand-Responsive Strategy for Traffic Signal Control, *Transportation Research Record* 906, 75-81.
39. Gartner, N.H., C. Stamatidis, 2004, Progression Optimization Featuring Arterial- and Route-Based Priority Signal Networks, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 8, 77-86.
40. Gartner, N. H., Assman, S. F., Lasaga, F., and Hou, D. L., 1991, "A Multi-Band Approach to Arterial Traffic Signal Optimization", *Transportation Research-B*, 25 (1), 55-74.
41. Highway Capacity Manual, 2000, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
42. Hsu, C.C., Lin, Z.S., Chiou, Y.C. and Lan, L.W., 2007, "Exploring traffic features with stationary and moving bottlenecks using refined cellular automata", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 7, pp. 2246-2260.

43. Kai Nagel, Michael Schreckenberg., 1992, "A cellular automaton model for freeway traffic", *Journal de Physique I, EDP Sciences*, 2 (12), pp.2221-2229.
44. Lan, L.W. & Chang, C.W., 2005, "Inhomogeneous cellular automata modeling for mixed traffic with cars and motorcycles", *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 39, pp. 323-349.
45. Lan, L.W., Chiou, Y.C., Lin, Z.S. and Hsu, C.C., 2009, "A refined cellular automaton model to rectify impractical vehicular movement behavior", *Physica A*, Vol. 388, pp. 3917-3930.
46. Lan, L.W., Chiou, Y.C., Lin, Z.S. and Hsu, C.C., 2010, "Cellular automaton simulations for mixed traffic with erratic motorcycles behaviors", *Physica A*, Vol. 389, pp. 2077-2089.
47. Lighthill, M.J., and Whitham, J.B., 1955, "On Kinematic Waves: I. Flow Movement in Long Rivers; II. A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Road," *Proceedings of Royal Society*, A229, pp 281-345.
48. Lin, F. B., Wang, N., and Vijayakumar, S., 1987, "Development of an Intelligent Adaptive Signal Control Logic," *Management and control of urban traffic systems*, Sam Yagar, ed., Engineering Foundation, New York, N.Y., pp. 257-279.
49. Little, J. D. C., 1966, The SYNCHRONization of Traffic Signal by Mixed-Integer Linear Programming, *Operations Research*, 14 (4), 568-594.
50. Liu, Y., and Chang, G. L., 2011, An Arterial Signal Optimization Model for Intersections Experiencing Queue Spillback and Lane Blockage, *Transportation Research-C*, 19 (1), 130-144.
51. Lo, H. K., 2001, A Cell-Based Traffic Control Formulation: Strategies and Benefits of Dynamic Timing Plans, *Transportation Science*, 35 (2), 148-164.
52. McTrans Company, 2008, *Transyt-7F User Guide*, University of Florida.
53. Morgan, J. T. and Little, J. D. C., 1964, SYNCHRONizing Traffic Signals for Maximal Bandwidth, *Operations Research*, 12 (6), 896-912.
54. Michalopoulos P.G. and G. Stephanopoulos, 1997, Oversaturated signal systems with queue length constraints, *Transportation Research*, 11, 413-421.
55. Miller, A. J., 1963, A Computer Control System for Traffic Networks, *Proceedings of the Second International Symposium on the Theory of Traffic Flow*, Paris, 202-206.
56. Roess, R. P., Prassas, E. S., and McShane, W. R., 2004, *Traffic Engineering 3th Ed.*
57. Richards, P.I., 1956, "Shock Waves on the Highway," *Operations Research*, 4(1), pp.42-51.
58. Sanchez-Medina, J.J., 2010, "Traffic Signal Optimization in "La Almozara" District in Saragossa Under Congestion Conditions, Using Genetic Algorithms, Traffic Microsimulation, and Cluster Computing", *IEEE Transactions on ITS*, Vol 11, Issue 1, Pages 132-141.
59. Spyropoulou, I., 2007, "Modelling a signal controlled traffic stream using cellular automata", *Transportation Research Part C*, Volume 15, Issue 3, Pages 175–190.
60. *Traffic Control Systems Handbook*, 2005, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
61. *Trafficware Ltd.*, 2006, *SYNCHRO Studio 7 User Guide*.
62. *Traffic Engineering-third edition*, 2004, Pearson Education, New Jersey.
63. Vicent, R. A., and Peirce, J. R., 1988, "MOVA: Traffic Responsive, Self-Optimising Signal Control

for Isolated Intersections," Crowthorne, TRRL Research Report, No. 170.

64. Wallace, C. E., and Courage, K. G., 1982, Arterial Progression - New Design Approach, Transportation Research Record 881, 53-59.
65. Webster, F.V., 1958, Traffic Signal Settings, Road Research Technical Paper, No. 39.

附 錄

目 錄

附錄 A	路口幾何型態與周邊設施特性調查.....	1
附錄 B	路口號誌時制計畫現況調查.....	10
附錄 C	路口臨進路段速率分佈.....	21
附錄 D	公車站位與停靠公車實體屬性調查.....	27
附錄 E	路口上游路段尖峰小時流入交通量統計.....	31
附錄 F	路口尖峰小時轉向交通量統計.....	35
附錄 G	路口汽車停等車數依時分佈.....	42
附錄 H	路口機車停等車數依時分佈.....	58
附錄 I	路口汽機車停等車數事前/事後依時分佈比較圖.....	65
附錄 J	期中審查意見回覆.....	73
附錄 K	號誌控制技術研究計畫交通技術論壇與技術諮詢會議.....	79
附錄 L	號誌控制技術研究計畫成果說明會與教育訓練.....	88
附錄 M	投稿論文大綱.....	95
附錄 N	期末審查意見回覆.....	97
附錄 O	軟體使用手冊	
附錄 P	參數調查與校估手冊	

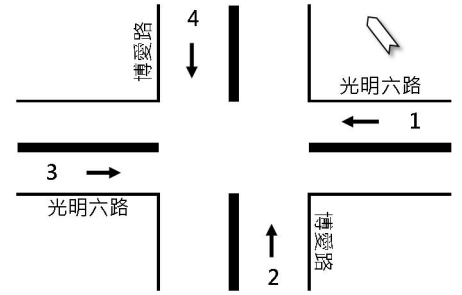
附錄 A

路口幾何型態與周邊設施特性調查

- 竹北市光明六路－博愛路口
- 台中市台灣大道－惠中路口

路口名稱：I-1 光明六路、博愛路口 (流入方向)

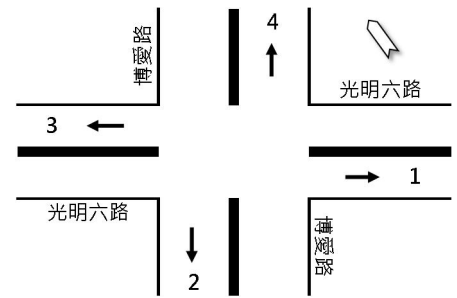
調查日期：2015/7/20



編號	臨近路段調查項目	1	2	3	4
1	行車方向(流出)	光明六路_往西	博愛路_往北	光明六路_往東	博愛路_往南
2	流入方向總路寬(公尺)	12.7	6.1	13.1	6.5
3	中央分隔島寬度 最寬/最窄 (公尺)	2,5		2.4	
4(0)	快車道數(單位:股)	4	1	3	1
4(1)	快車道 1(最左側) 寬度/長度/箭頭	3.6 / 279.7/ 左	3.7 / 186.3 / n	168 / 2.95 / 左	3.5 / 165.9
4(2)	快車道 2 寬度/長度/箭頭	3.6 / 279.7/ 直		168 / 2.95 / 直	
4(3)	快車道 3 寬度/長度/箭頭	2.9 / 279.7/ 直		168 / 3.5 / 直右	
4(4)	快車道 4 寬度/長度/箭頭	2.65 / 58.5 / 右			
4(5)	快車道 5 寬度/長度/箭頭				
4(6.1)	快車道路段公車專用道 寬度/長度				
4(6.2)	有無公車站位 ; 實體寬度 (公尺)				
4(6.3)	公車站位左緣至路段上游起點之距離	77			
4(7)	快車道雙白實線平均長度	20.4		22.5	
5	快慢車分隔島寬度(公尺)			1.8	
6(0)	慢車道數(單位:股)				
6(1)	慢車道1 (最左側) 寬度/長度/箭頭				
6(2)	慢車道2 寬度/長度/箭頭				
6(3.1)	慢車道路段公車專用道 寬度/長度				
6(3.2)	有無公車停靠區 ; 區域寬度(公尺)	2.9			
6(3.3)	公車停靠區左緣至路段上游起點之距離	65			
6(4)	慢車道雙白實線平均長度				
7	機慢車專用道/優先道 (寬度/長度)			3.2 / 162.5	
8	路肩寬 (含水溝蓋)	1	3.6	0.7	4.1
9	斑馬線寬度/與分隔島距離				
10	紅磚行人道寬度	4.9		4.7	
11	路邊停車管制方式 (紅/黃線)	紅線	紅線(一小段)		紅線(一小段)
12	路邊停車格 (寬度)	2			
13	消防栓與路口距離		32.7		
14	電力設施與路口距離	17.3		3.7	5
15	機車停等區面積 (長x寬(車道))	5 x 2.4 (第3車道)	5.5 x 3.2 (1)	5.1x2.6 (機車專用道)	5 x 3.1 (1)
16	機車二段式待轉區面積(長x寬)	2.7 x 3.1	2 x 3.5	2.8 x 2.1	2.4 x 2.8
17	有無計程車招呼站 ; 與路口停止線距離				
18	計程車招呼站寬度 (公尺)				
19	備註 : 有無管制、限制 (例 : 禁止左轉)	最內側左轉專用道 ; 10噸以上貨車禁止右 轉 ; 機車兩段式左轉	機車兩段式左轉	大貨車禁止左轉 ; 機 車兩段式左轉	機車兩段式左轉

路口名稱：I-1 光明六路、博愛路口 (流出方向)

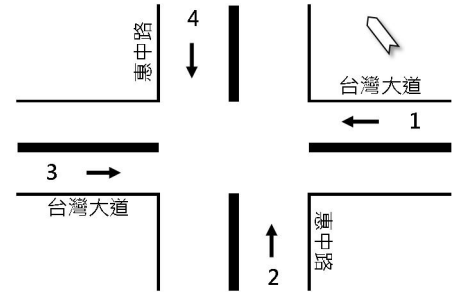
調查日期：2015/7/20



編號	臨近路段調查項目	1	2	3	4
1	行車方向(流出)	光明六路_往東	博愛路_往南	光明六路_往西	博愛路_往北
2	流出方向總路寬(公尺)	13.9	5.7	14.8	7.5
3(0)	快車道數(單位:股)	3	1	3	1
3(1)	快車道 1(最左側) 寬度/長度/箭頭	3.5 / 279.7 / 左直	3.3 / 186.3 / X	3.3 / 168 / X	3.5 / 167.2 / n
3(2)	快車道 2 寬度/長度/箭頭	3.6 / 279.7 / 直		3.3 / 168 / X	
3(3)	快車道 3 寬度/長度/箭頭	3.3 / 279.7 / 右		3.3 / 168 / X	
3(4)	快車道 4 寬度/長度/箭頭				
3(5)	快車道 5 寬度/長度/箭頭				
3(6.1)	快車道路段公車專用道 寬度/長度				
3(6.2)	有無公車站位 ; 實體寬度 (公尺)				
3(6.3)	公車站位右緣至路段上游起點之距離				
3(7)	快車道雙白實線平均長度				
4	快慢車分隔島寬度(公尺)			1.4	
5(0)	慢車道數(單位:股)				
5(1)	慢車道1 (最左側) 寬度/長度/箭頭				
5(2)	慢車道2 寬度/長度/箭頭				
5(3.1)	慢車道路段公車專用道 寬度/長度				
5(3.2)	有無公車停靠區 ; 區域寬度(公尺)	有 ; 2.4(寬)x14.2(長)			
5(3.3)	公車停靠區右緣至路段上游起點之距離	96.2			
5(4)	慢車道雙白實線平均長度				
6	機慢車專用道/優先道 (寬度/長度)			3.5 / 162.5	
7	路肩寬 (含水溝蓋)	2.9	1.4	0.7	1.2
8	斑馬線寬度/與分隔島距離				
9	紅磚行人道寬度	5.1		3.4	3.8
10	路邊停車管制方式 (紅/黃線)			紅線	紅線
11	路邊停車格 (寬度)	無停車格,但有停車	無停車格,但有停車		3.3
12	消防栓與路口距離				
13	電力設施與路口距離				53.7
14	機車停等區面積 (長x寬(車道))				
15	機車二段式待轉區面積(長x寬)				
16	有無計程車招呼站 ; 與路口停止線距離				
17	計程車招呼站寬度 (公尺)				
18	備註 : 有無管制、限制 (例 : 禁止左轉)	最內側禁行機車		快車道禁行機車	

路口名稱：I-2 台灣大道、惠中路口 (流入方向)

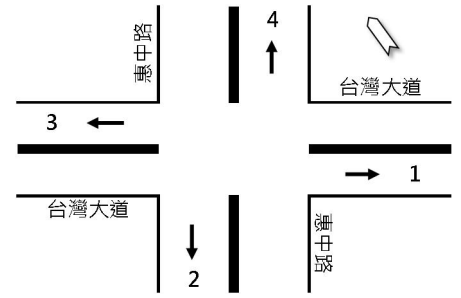
調查日期：2015/7/21~22



編號	臨進路段調查項目	1	2	3	4
1	行車方向 (流入)	台灣大道_往西	惠中路_往北	台灣大道_往東	惠中路_往南
2	流入方向總路寬 (公尺)	25.2	17.7	26.2	7.4
3	中央分隔島寬度 最寬/最窄 (公尺)	16	0.6	1.1	
4(0)	快車道數 (單位：股)	5	4	5	
4(1)	快車道 1(最左側) 寬度/長度/箭頭	2.5/40.6左	2.8/40.1左	2.8/44.4/左	2.9/104.2左直
4(2)	快車道 2 寬度/長度/箭頭	2.5/343.5直	3.0/168.7左	2.8/271.3/直	3.2/104.2右直
4(3)	快車道 3 寬度/長度/箭頭	2.7/343.5直	2.8/168.7直	3.0/271.3/直	
4(4)	快車道 4 寬度/長度/箭頭	2.7/343.5直	2.8/168.7直	3.1/271.3/直	
4(5)	快車道 5 寬度/長度/箭頭		3.0/168.7右		
4(6.1)	快車道路段公車專用道 寬度/長度	3.0/343.5		2.9/271.3	
4(6.2)	有無公車站位；實體寬度 (公尺)				
4(6.3)	公車站位左緣至下游路口停止線之距離	27.4		199.7	
4(7)	快車道雙白實線平均長度	20.5	30.6	20.2	26.2
5	快慢車分隔島寬度 (公尺)	3		3.1	
6(0)	慢車道數 (單位：股)	2	0	2	
6(1)	慢車道 1(最左側) 寬度/長度/箭頭	2.5/343.5/直		3.05/271.3直	
6(2)	慢車道 2 寬度/長度/箭頭	2.5/343.5/左直		3.05/271.3右直	
6(3.1)	慢車道路段公車專用道 寬度/長度				
6(3.2)	有無公車停靠區；區域寬度 (公尺)				
6(3.3)	公車停靠區左緣至下游路口停止線之距離	21.7		195.1	
6(4)	慢車道雙白實線平均長度	40.8		31.2	
7	機慢車專用道/優先道 (寬度/長度)		1.3		
8	路肩寬 (含水溝蓋)				
9	斑馬線寬度 / 與分隔島距離 (公尺)		17.2/4.7	24.6/10.7/1.41	11/2.5
10	紅磚行人道寬度				
11	路邊停車管制方式 (紅/黃線)				
12	路邊停車格 (寬度)				
13	消防栓與路口距離	62.3/275.8	4.6	171.3	
14	電力設施與路口距離	118/304.6/324.9	7.2	23.2/28.8/77.2/193.2/204.6	
15	機車停等區面積 (長x寬 (車道))	35.5 x 4.3	4.0 x 6.3	6.0 x 6.8	6.1 x 2.9
16	機車二段式待轉區面積 (長x寬)	2.0 x 5.5	5.0 x 3.2	2.9 x 1.8	5.0 x 2.8
17	有無計程車招呼站；與路口停止線距離				
18	計程車招呼站寬度 (公尺)				
19	備註：有無管制、限制 (例：禁止左轉)				

路口名稱：I-2 台灣大道、惠中路口 (流出方向)

調查日期：2015/7/21~22



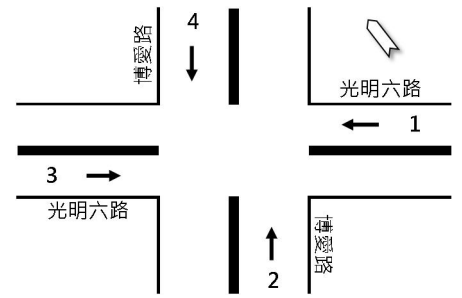
編號	臨進路段調查項目	1	2	3	4
1	行車方向 (流出)	台灣大道_往東	惠中路_往南	台灣大道_往西	惠中路_往北
2	流出方向總路寬 (公尺)	23.3	7.4	23.5	14.3
3	中央分隔島寬度 最寬/最窄 (公尺)				
4(0)	快車道數 (單位：股)	4		4	
4(1)	快車道 1(最左側) 寬度/長度/箭頭	3.0/263.0/直	3.0/104.2右直	2.9/329左直	3.2/168.7直
4(2)	快車道 2 寬度/長度/箭頭	3.0/263/直		2.9/329直	3.4/168.7直
4(3)	快車道 3 寬度/長度/箭頭	2.8/263/直		2.9/329直	4.0/168.7右
4(4)	快車道 4 寬度/長度/箭頭				
4(5)	快車道 5 寬度/長度/箭頭				
4(6.1)	快車道路段公車專用道 寬度/長度	3.2/263		3	
4(6.2)	有無公車站位；實體寬度 (公尺)				
4(6.3)	公車站位左緣至下游路口停止線之距離	238.7		103.7	
4(7)	快車道雙白實線平均長度	20.2		19.8	25
5	快慢車分隔島寬度 (公尺)	3		3.3	
6(0)	慢車道數 (單位：股)	2		2	
6(1)	慢車道 1(最左側) 寬度/長度/箭頭	2.9/263/直		3.25/329直	
6(2)	慢車道 2 寬度/長度/箭頭	2.9/263/右直		3.25/329	
6(3.1)	慢車道路段公車專用道 寬度/長度				
6(3.2)	有無公車停靠區；區域寬度 (公尺)				
6(3.3)	公車停靠區左緣至下游路口停止線之距離	235.5		96.2	
6(4)	慢車道雙白實線平均長度	20.1		26.2	
7	機慢車專用道/優先道 (寬度/長度)		1.7		2
8	路肩寬 (含水溝蓋)				
9	斑馬線寬度 / 與分隔島距離 (公尺)	21.3(0.6/1.4)	7.2/2.7		14
10	紅磚行人道寬度				
11	路邊停車管制方式 (紅/黃線)				
12	路邊停車格 (寬度)				
13	消防栓與路口距離	94			96.2
14	電力設施與路口距離	111.2/130.9/211.1	9.2/82.8	6.5/45.8/67.7/215.8	
15	機車停等區面積 (長x寬 (車道))	5.0 x 7.5		5.0 x 6.0	4.7 x 6.0
16	機車二段式待轉區面積 (長x寬)	1.8 x 7.5		2.9 x 6.1	
17	有無計程車招呼站；與路口停止線距離				12.4
18	計程車招呼站寬度 (公尺)				1
19	備註：有無管制、限制 (例：禁止左轉)				

附錄 B

路口號誌時制計畫現況調查

- 竹北市光明六路—博愛路口
- 台中市台灣大道—惠中路口
- 台中市台灣大道—文心路口
- 台中市台灣大道—太原路/精誠路口

路口名稱：I-1 光明六路、博愛路口
調查日期：2015/7/17



交通控制中心時制計畫報表

頁數: 1

路口編號: 20002

電信專線號碼: 03-5584449

通訊協定: 92年版

控制器版本: 0

控制器廠商: 建程

路口名稱: 竹北市光明六路與博愛街

列印時間: 2015/7/20 上午 11:33:03

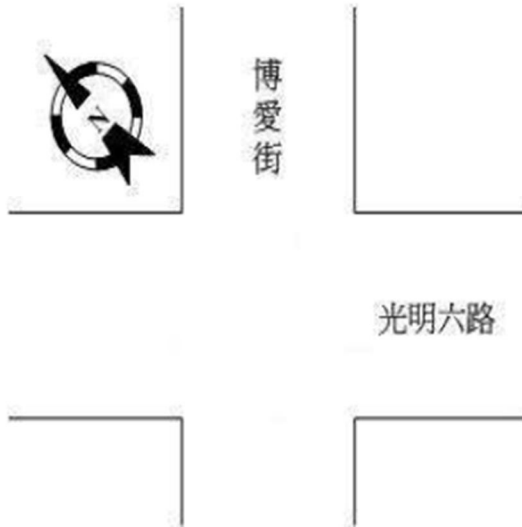
時相編號: a1 幹道早開運閉二時相

綠燈分相數: 4

基準方向:

	紅燈秒數	黃燈秒數	行人綠閃燈秒數
第一時相	2	4	4
第二時相	2	4	4
第三時相	2	4	4
第四時相	2	4	4
第五時相	0	0	0
第六時相	0	0	0

星期	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
時段型態	1	1	1	1	1	3	3
特別日	2000/1/1	2000/1/1	2000/1/1	2000/1/1	2000/1/1	2000/1/1	1899/12/30
時段型態	8	9	10	11	12	13	
特別日	1899/12/30	2013/3/1	2013/3/4	2013/2/23	2013/3/2	2013/3/9	
時段型態	14	15	16	17	18	19	



交通控制中心時制計畫報表

頁數: 1

路口編號: 20002

電信專線號碼: 03-5584449

通訊協定: 92年版

控制器版本: 0

控制器廠商: 建程

路口名稱: 竹北市光明六路與博愛街

列印時間: 2015/7/20 上午 11:32:30

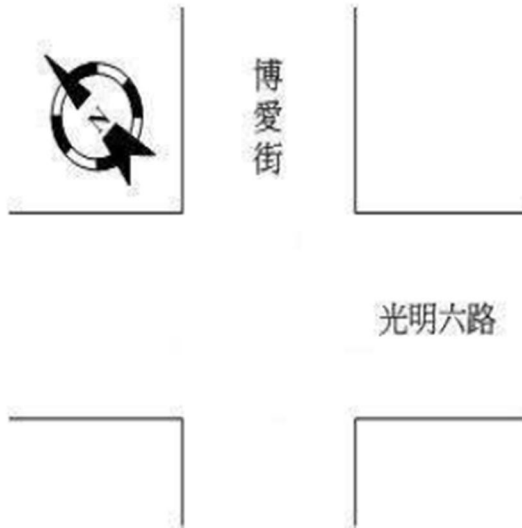
時相編號: 21 左轉保護三時相

綠燈分相數: 3

基準方向:

	紅燈秒數	黃燈秒數	行人綠閃燈秒數
第一時相	2	4	4
第二時相	2	4	4
第三時相	2	4	4
第四時相	0	0	0
第五時相	0	0	0
第六時相	0	0	0

星期	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
時段型態	1	1	1	1	1	3	3
特別日	2000/1/1	2000/1/1	2000/1/1	2000/1/1	2000/1/1	2000/1/1	1899/12/30
時段型態	8	9	10	11	12	13	
特別日	1899/12/30	2013/3/1	2013/3/4	2013/2/23	2013/3/2	2013/3/9	
時段型態	14	15	16	17	18	19	



交通控制中心時制計畫報表						頁數: 2
路口編號: 20002	電信專線號碼: 03-5584449	通訊協定: 92年版				
控制器版本: 0	控制器廠商: 建程					
路口名稱: 竹北市光明六路與博愛街	列印時間: 2015/7/20 上午 11:32:30					

時段型態 1

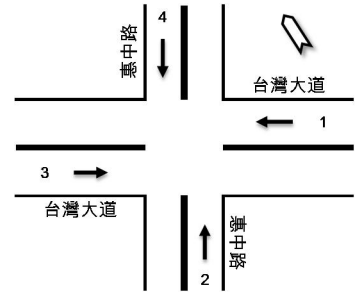
起始時間	時制計畫	時相編號	時相名稱	分相數	時差	時相一	時相二	時相三	時相四	時相五	時相六	週期
00:00	2	21	左轉保護三時相	3	16	55	20	55	0	0	0	130
07:00	4	a1	幹道早開運閉二時相	4	20	30	20	45	55	0	0	150
09:00	2	21	左轉保護三時相	3	16	55	20	55	0	0	0	130
17:00	5	a1	幹道早開運閉二時相	4	138	50	20	50	60	0	0	180
19:00	3	21	左轉保護三時相	3	0	55	20	45	0	0	0	120

時段型態 2

起始時間	時制計畫	時相編號	時相名稱	分相數	時差	時相一	時相二	時相三	時相四	時相五	時相六	週期
00:00	1	b0	閃光時相(一)	1	0	10	0	0	0	0	0	10

路口名稱：I-2 台灣大道、惠中路口 (流入方向)

調查日期：2015/9/1 (台中市政府交通局函)



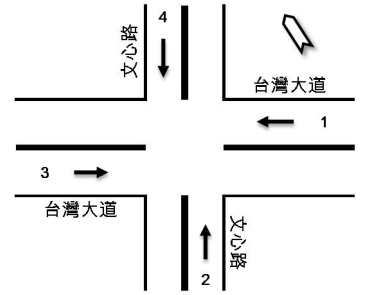
台中市交通號誌時制計劃表 CC1-9999 NO:0149

臺灣大道 惠中路 路口 時制計劃	時制	一		二		三		四		五		六			
	時相	特殊時相		特殊時相		特殊時相		特殊時相		特殊時相		特殊時相			
	時差	170		100		140		170		145		000			
	週期	180		120		150		180		150		180			
步階	燈號	秒數	min	秒數	min	秒數	min	秒數	min	秒數	min	秒數	min		
1	G1	25		14		25		25		25		25			
2	G2	50		44		47		61		41		46			
3	Y2	4		4		4		4		4		4			
4	R2	2		2		2		2		2		2			
5	G3	13		5		18		7		3		30			
6	Y3	4		3		4		4		3		4			
7	R3	2		2		2		2		2		2			
8	G4	12		5		26		12		5		43			
9	Y4	3		3		3		3		3		3			
10	R4	2		2		2		2		2		2			
11	G5	42		18		10		31		39		13			
12	Y5	3		3		3		3		3		3			
13	R5	3		3		3		3		3		3			
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
連鎖輸出	時差	秒數	型態	時差	秒數	型態	時差	秒數	型態	時差	秒數	型態	時差	秒數	型態
1															
2															
3															
4															

時相	特殊時相	特殊時相(行人燈)	外線接線圖	星期	型態		
G 1		STOP		一	1		
G 2		P1		二	1		
G 3		STOP		三	1		
G 4		P3+P4		四	1		
G 5		STOP		五	1		
G 6				六	1		
				日	1		
			時段管制計劃				
			型態	一	二	三	
			時段	時間	時制	時間	時制
			1	07:00	06		
			2	23:00	03		
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				

路口名稱：I-3 台灣大道、文心路口 (流入方向)

調查日期：2015/9/1 (台中市政府交通局函)



台中市交通號誌時制計劃表

CC1-9999-

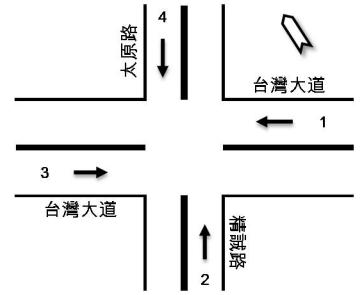
NO:0154

臺灣大道 文心路 路口 時制 計劃	時制	一		二		三		四		五		六	
	時相												
	時差	DOH											
	週期	100		120		150		180		150		180	
燈號	秒數	min	秒數	min	秒數	min	秒數	min	秒數	min	秒數	min	
G1	行綠					8							31
	行閃					35							35
	行停					3							3
Y1	黃燈					4							4
	R1 全紅					2							2
G2	行綠					18							22
	行閃					0							0
	行停					0							0
Y2	黃燈					3							3
	R2 全紅					2							2
G3	行綠					9							10
	行閃					36							36
	行停					3							3
Y3	黃燈					3							3
	R3 全紅					2							2
G4	行綠					16							18
	行閃					0							0
	行停					0							0
Y4	黃燈					3							3
	R4 全紅					3							3
G5	行綠												
	行閃												
	行停												
Y5	黃燈												
	R5 全紅												

時相	DOH	外線接線簡圖			星期	型態	
G1					一	1	
	G2				STOP	二	1
					G3	P4	三
G4	STOP					四	1
	G5						五
						六	1
			日	1			

時段	時間	一		二		三	
		時間	時制	時間	時制	時間	時制
1	07:00	06					
2	23:00	03					
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

路口名稱：I-4 台灣大道、太原路/精誠路口 (流入方向)
調查日期：2015/9/1 (台中市政府交通局函)



附錄 C

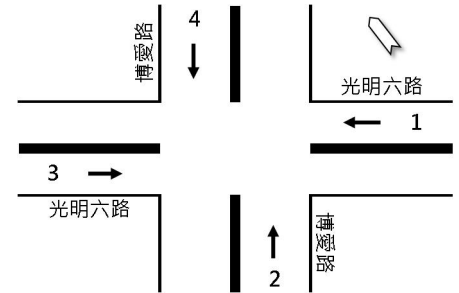
路口臨進路段速率分佈

- 竹北市光明六路－博愛路口
- 台中市台灣大道－惠中路口

一、路口臨進路段分類車種速率分佈統計表

(一) 路口名稱：I-1 竹北市光明六路、博愛路口（流入方向）

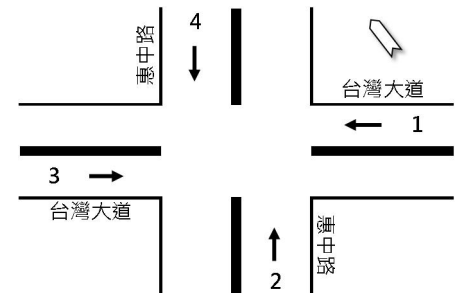
調查日期：2015/7/24



速率範圍	路段一（往西）			路段二（往北）			路段三（往東）			路段四（往南）		
	機車	小車	大車	機車	小車	大車	機車	小車	大車	機車	小車	大車
速率 $S \leq 20$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$20 < S \leq 30$	0	0	0	1	2	1	1	0	1	2	0	2
$30 < S \leq 40$	5	2	1	44	36	4	25	4	9	32	38	12
$40 < S \leq 50$	18	7	11	44	63	10	48	31	14	77	66	6
$50 < S \leq 60$	24	25	27	23	17	5	38	63	6	6	14	0
$60 < S \leq 70$	15	56	14	7	1	0	7	17	1	2	2	0
速率 $S > 70$	11	30	9	1	1	0	1	5	0	1	0	0
總樣本數	73	120	62	120	120	20	120	120	31	120	120	20
平均數	56.4	64.5	58.2	44.9	43.4	43.9	47.1	53.8	43.6	43.0	43.5	36.8
最小值	34.6	34.6	34.6	25.4	27.7	27.7	28.9	37.0	28.9	27.7	32.3	23.1
最大值	91.6	98.1	80.8	73.9	70.4	54.3	78.5	79.7	61.2	79.7	65.8	47.3
中位數	55.4	64.7	56.6	45.0	43.9	43.3	46.2	53.1	42.7	42.7	42.7	36.4
85%分位值	68.6	73.9	68.0	54.3	50.8	52.0	55.4	61.2	53.1	47.3	49.7	42.1

(二) 路口名稱：I-2 台中市台灣大道、惠中路口（流入方向）

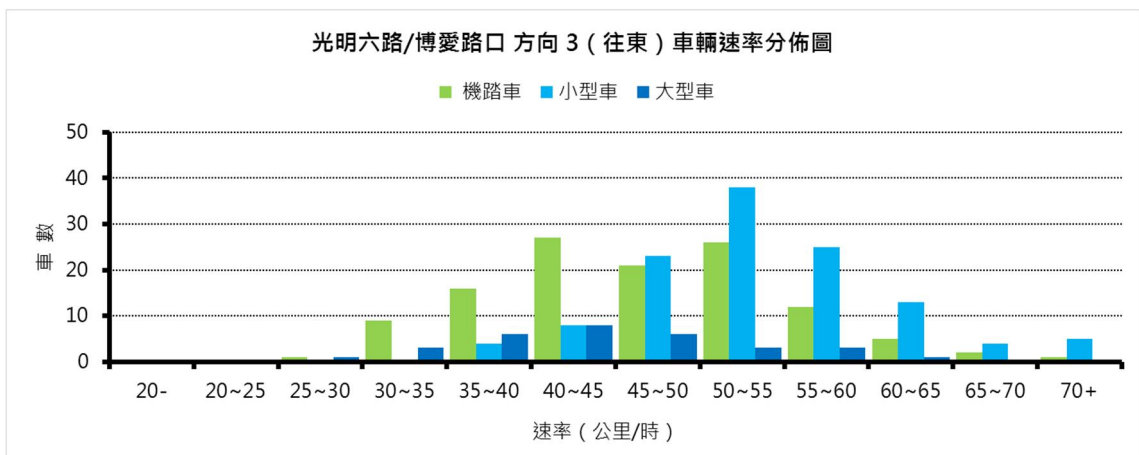
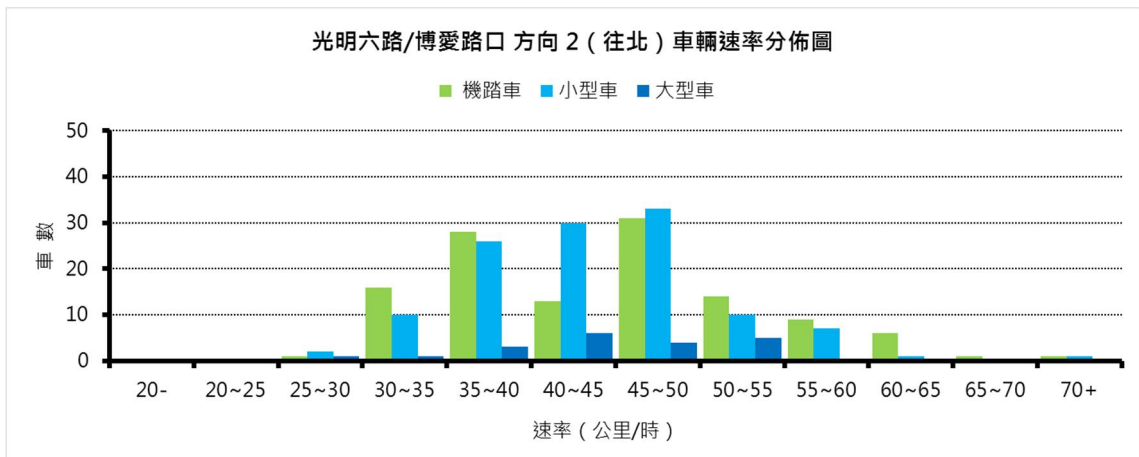
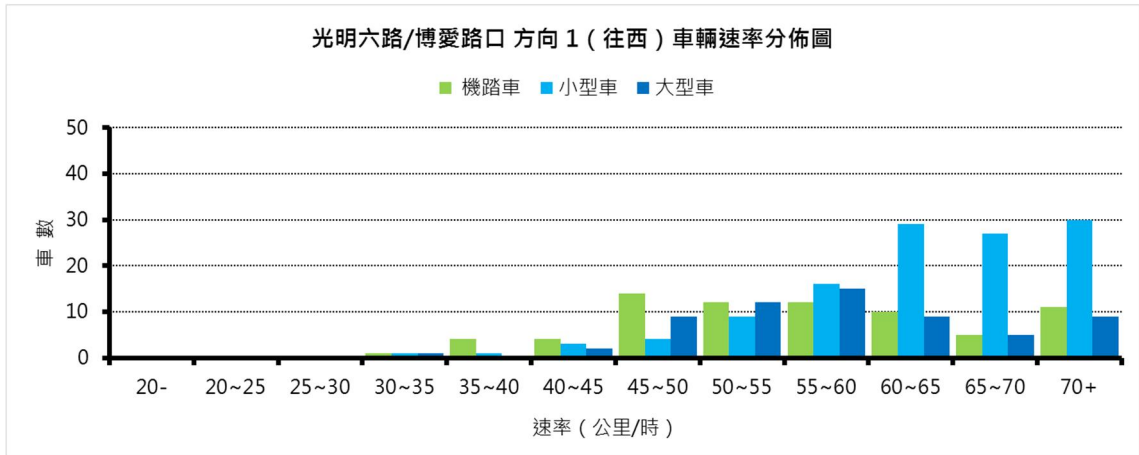
調查日期：2015/7/21

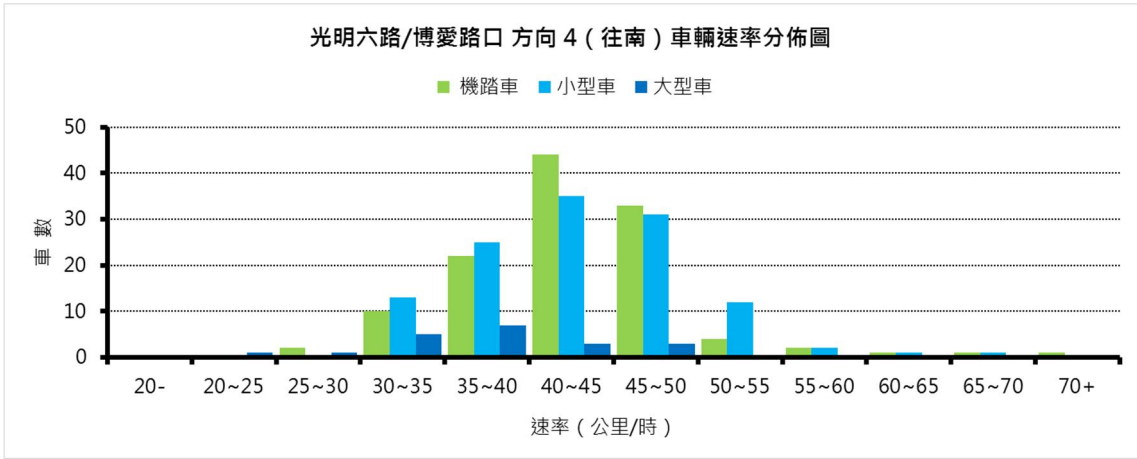


速率範圍	路段一 (往西)			路段二 (往北)			路段三 (往東)			路段四 (往南)		
	機車	小車	大車	機車	小車	大車	機車	小車	大車	機車	小車	大車
速率 $S \leq 20$	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
$20 < S \leq 30$	2	13	0	26	9	6	13	21	9	24	47	0
$30 < S \leq 40$	74	89	37	59	65	0	63	149	19	50	61	0
$40 < S \leq 50$	46	92	60	29	39	2	32	89	13	39	16	0
$50 < S \leq 60$	12	45	27	2	12	0	16	23	3	6	2	0
$60 < S \leq 70$	2	6	9	2	5	0	6	1	0	1	0	0
速率 $S > 70$	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
總樣本數	136	246	133	120	132	8	131	283	44	120	126	0
平均數	40.2	42.6	45.5	36.0	40.2	30.0	40.7	39.1	37.7	37.2	32.3	NA
最小值	25.4	21.9	30.0	19.6	19.6	23.1	23.1	24.2	23.1	21.9	20.8	NA
最大值	63.5	78.5	65.8	68.1	70.4	43.9	72.7	60.0	58.9	67.0	52.0	NA
中位數	38.7	41.6	45.0	34.6	38.1	26.6	39.3	38.1	35.8	35.8	31.2	NA
85%分位值	48.5	52.3	55.4	44.1	49.7	42.0	50.8	47.3	48.0	47.3	38.4	NA

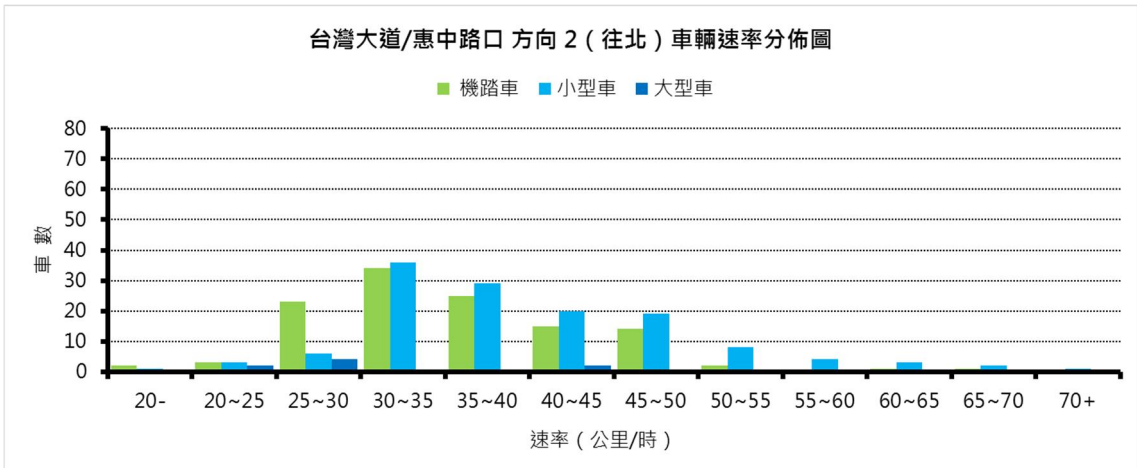
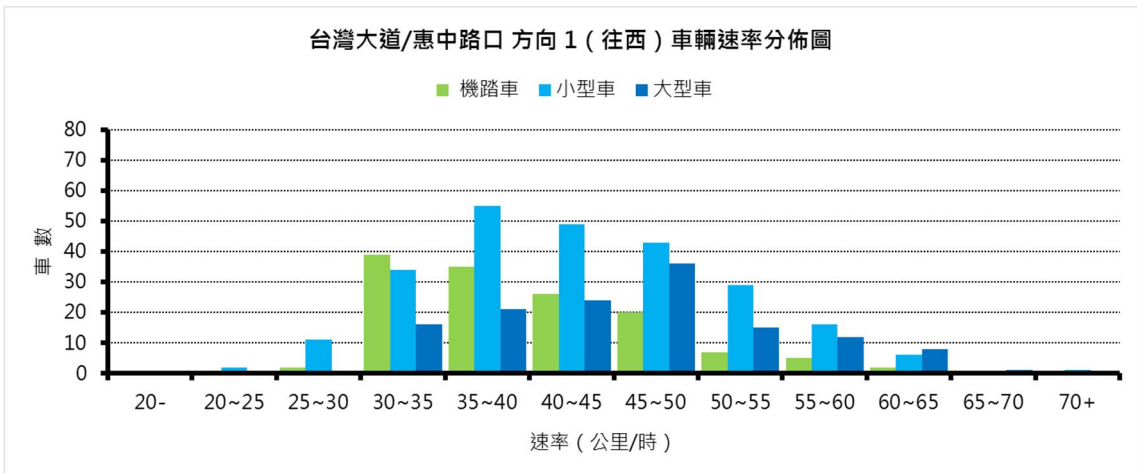
二、路口臨進路段分類車種速率分佈統計圖

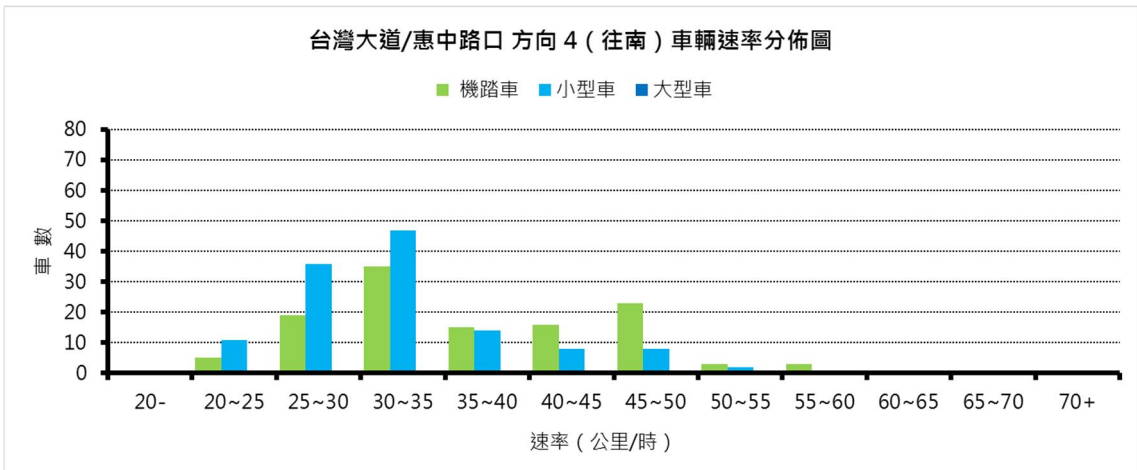
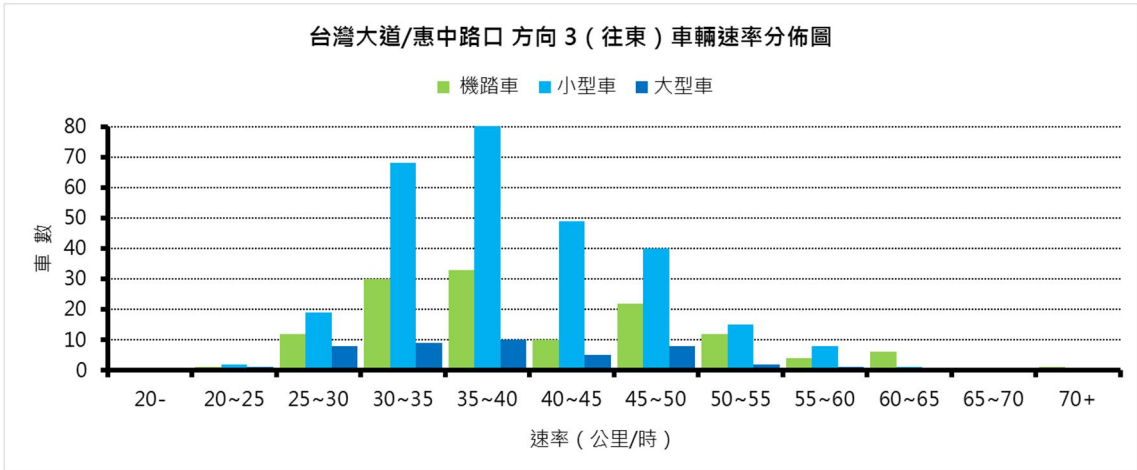
(一) 路口名稱：I-1 竹北市光明六路、博愛路口（流入方向）





(二) 路口名稱：I-2 台中市台灣大道、惠中路口 (流入方向)



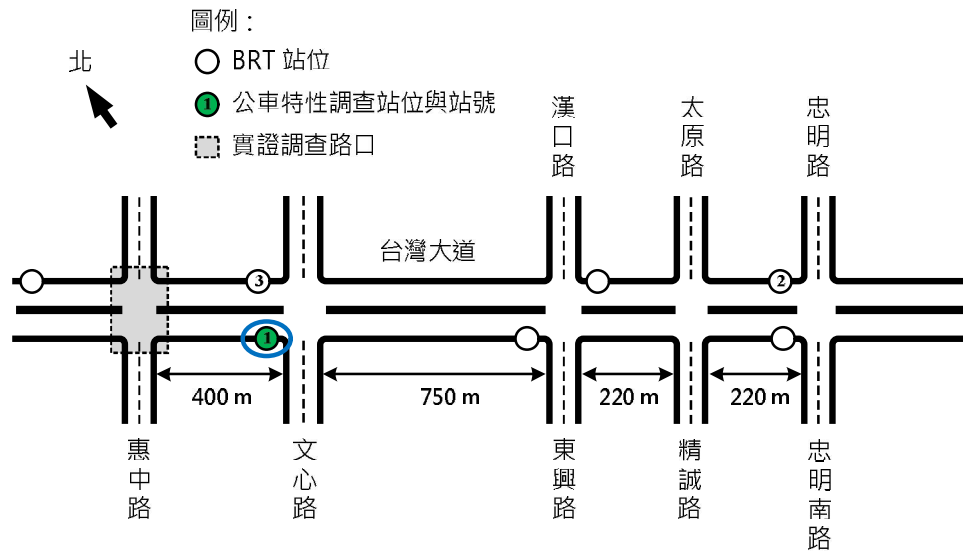


附錄 D

公車站位與停靠公車實體屬性調查

站位名稱：B1 台灣大道往東（惠中路往文心路）

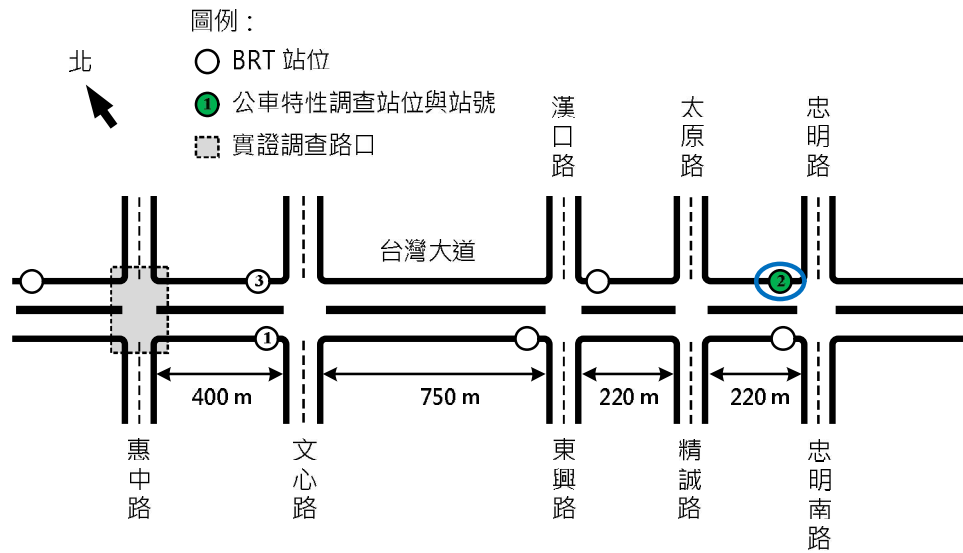
調查日期：2015/7/21



調查項目	記錄資料
1. 站位編號與方向	B1. 惠中路 → 文心路
2. 站位實體長度（公尺）	69.31
3. 站位出站端與下游路口停止線距離（公尺）	16.57
4. 站位進站端與路段上游端距離（公尺）	$400 - (69.31 + 16.57) = 314.12$
5. 停靠公車長度：	
(1) #300 雙節公車（公尺）	18.0
(2) 統聯客運（公尺）	11.1
(3) 台中客運（公尺）	12.0
(4) 巨業客運（公尺）	12.0
6. 公車到達參考點與站位進站端距離（公尺）	23.22

站位名稱：B2 台灣大道往西（忠明路往精誠/太原路）

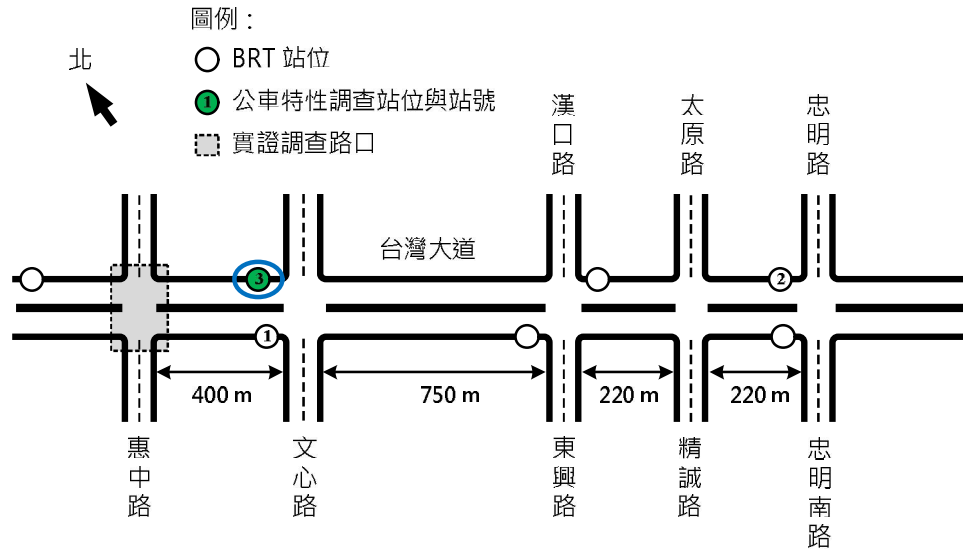
調查日期：2015/7/22



調查項目	記錄資料
1. 站位編號與方向	B2. 忠明路 → 精誠/太原路
2. 站位實體長度 (公尺)	63.8
3. 站位出站端與下游路口停止線距離 (公尺)	$220 - (63.8 + 5.3) = 150.9$
4. 站位進站端與路段上游端距離 (公尺)	5.3
5. 停靠公車長度：	
(1) #300 雙節公車 (公尺)	18.0
(2) 統聯客運 (公尺)	11.1
(3) 台中客運 (公尺)	12.0
(4) 巨業客運 (公尺)	12.0
6. 公車到達參考點與站位進站端距離 (公尺)	5.3

站位名稱：B3 台灣大道往西（文心路往惠中路）

調查日期：2015/7/23



調查項目	記錄資料
1. 站位編號與方向	B3. 文心路 → 惠中路
2. 站位實體長度 (公尺)	69.21
3. 站位出站端與下游路口停止線距離 (公尺)	$400 - (69.21 + 40) = 290.79$
4. 站位進站端與路段上游端距離 (公尺)	40
5. 停靠公車長度：	
(1) #300 雙節公車 (公尺)	18.0
(2) 統聯客運 (公尺)	11.1
(3) 台中客運 (公尺)	12.0
(4) 巨業客運 (公尺)	12.0
6. 公車到達參考點與站位進站端距離 (公尺)	40.0

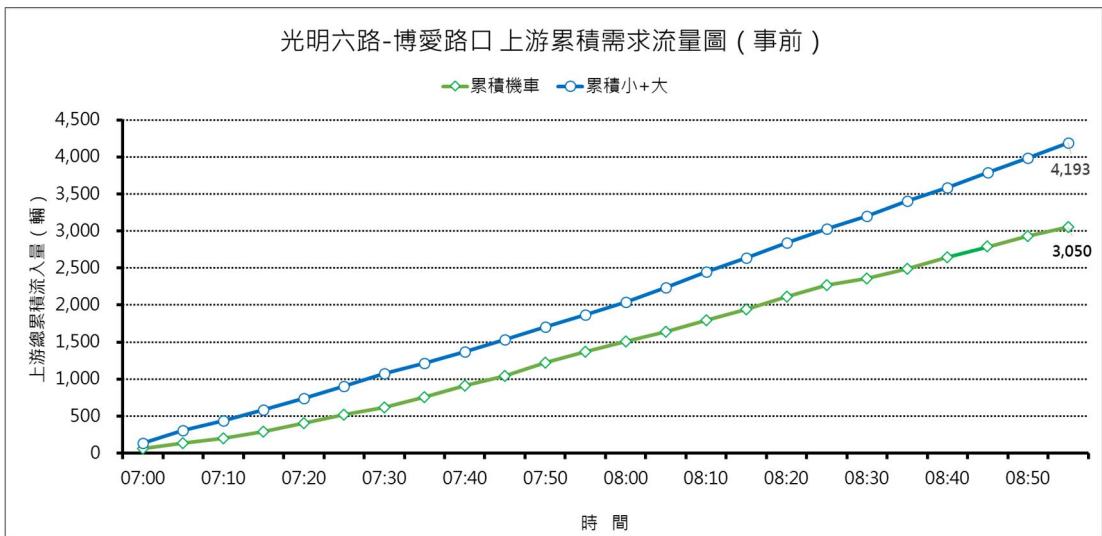
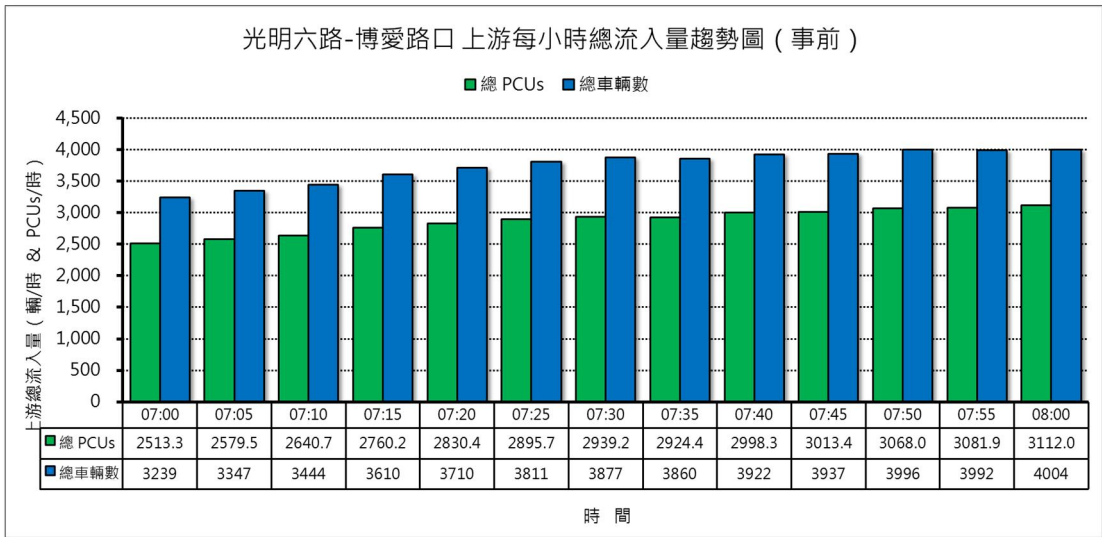
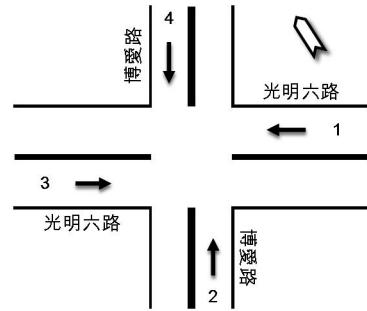
附錄 E

路口上游路段尖峰小時流入交通量統計

- 竹北市光明六路－博愛路口（號誌時制調整前）
- 竹北市光明六路－博愛路口（號誌時制調整後）
- 台中市台灣大道－惠中路口

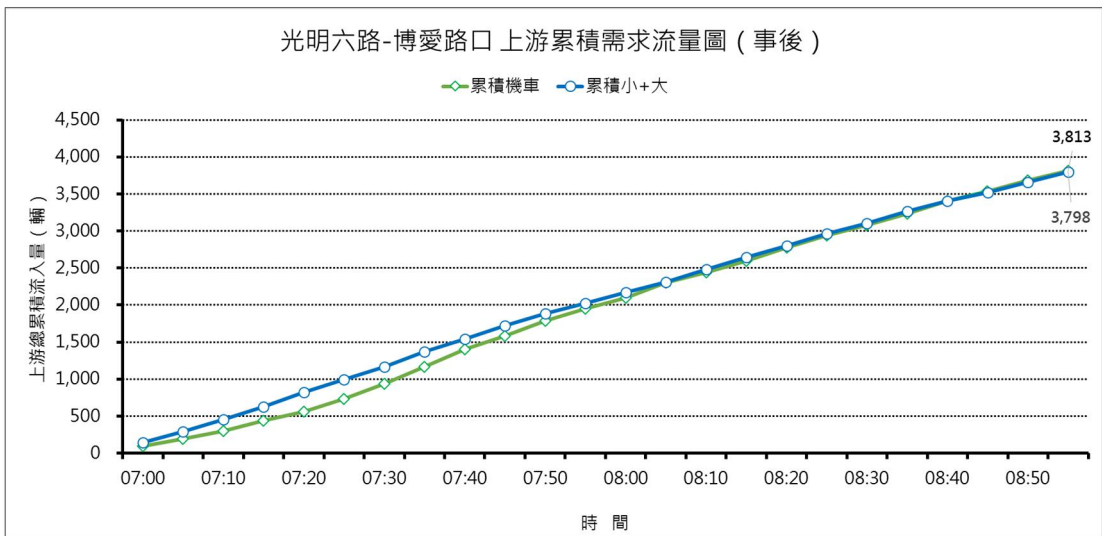
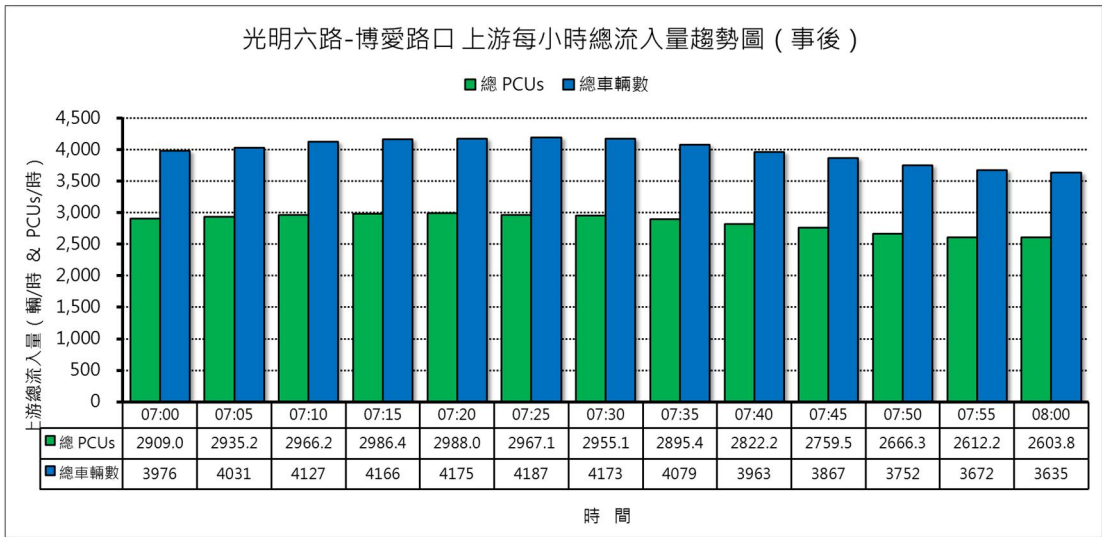
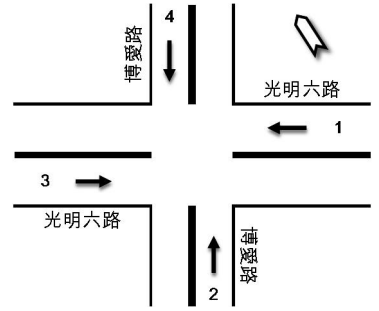
路口上游尖峰小時流入交通量統計圖

- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 上午尖峰小時：08:00 至 09:00
- 資料日期：2015/08/04（號誌時制調整前調查日）



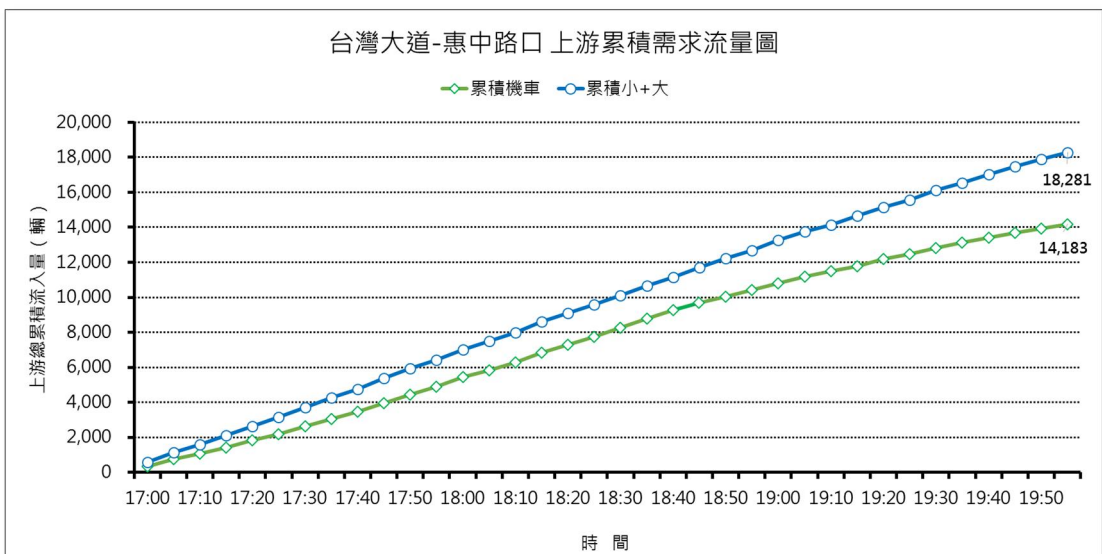
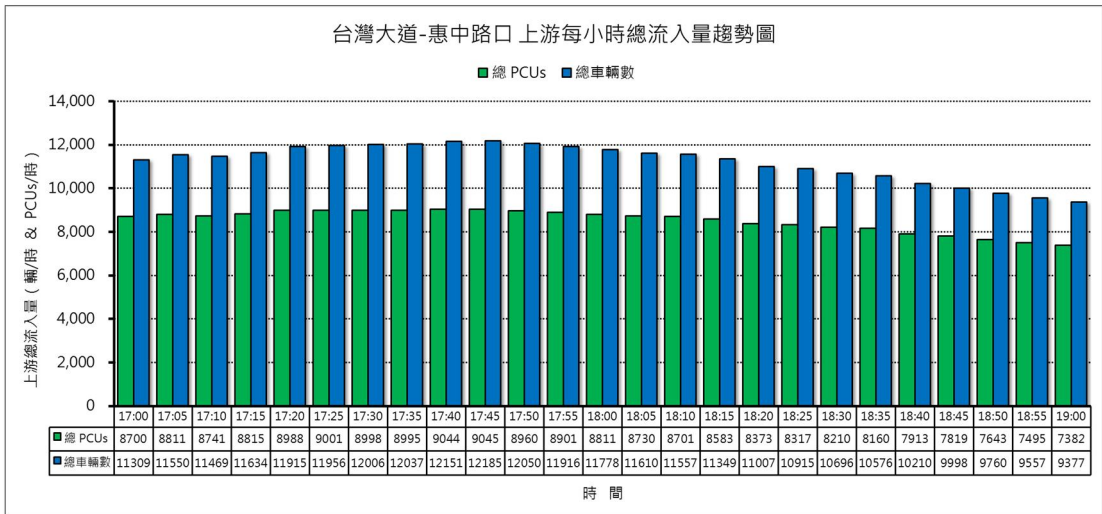
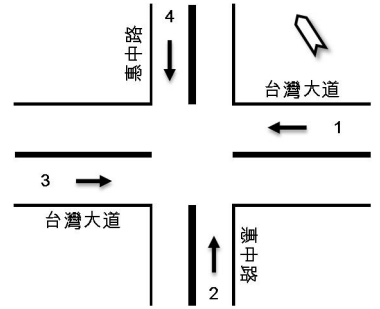
路口上游尖峰小時流入交通量統計圖

- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 上午尖峰小時：07:20 至 08:20
- 資料日期：2015/11/04（號誌時制調整後調查日）



路口上游尖峰小時流入交通量統計圖

- 路口名稱：台中市台灣大道－惠中路口
- 下午尖峰小時：17:45 至 18:45
- 資料日期：2015/08/11



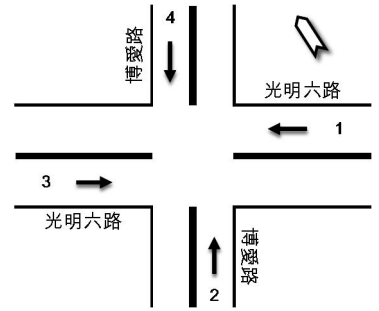
附錄 F

路口尖峰小時轉向交通量統計

- 竹北市光明六路－博愛路口（號誌時制調整前）
- 竹北市光明六路－博愛路口（號誌時制調整後）
- 台中市台灣大道－惠中路口

路口尖峰小時轉向交通量統計圖

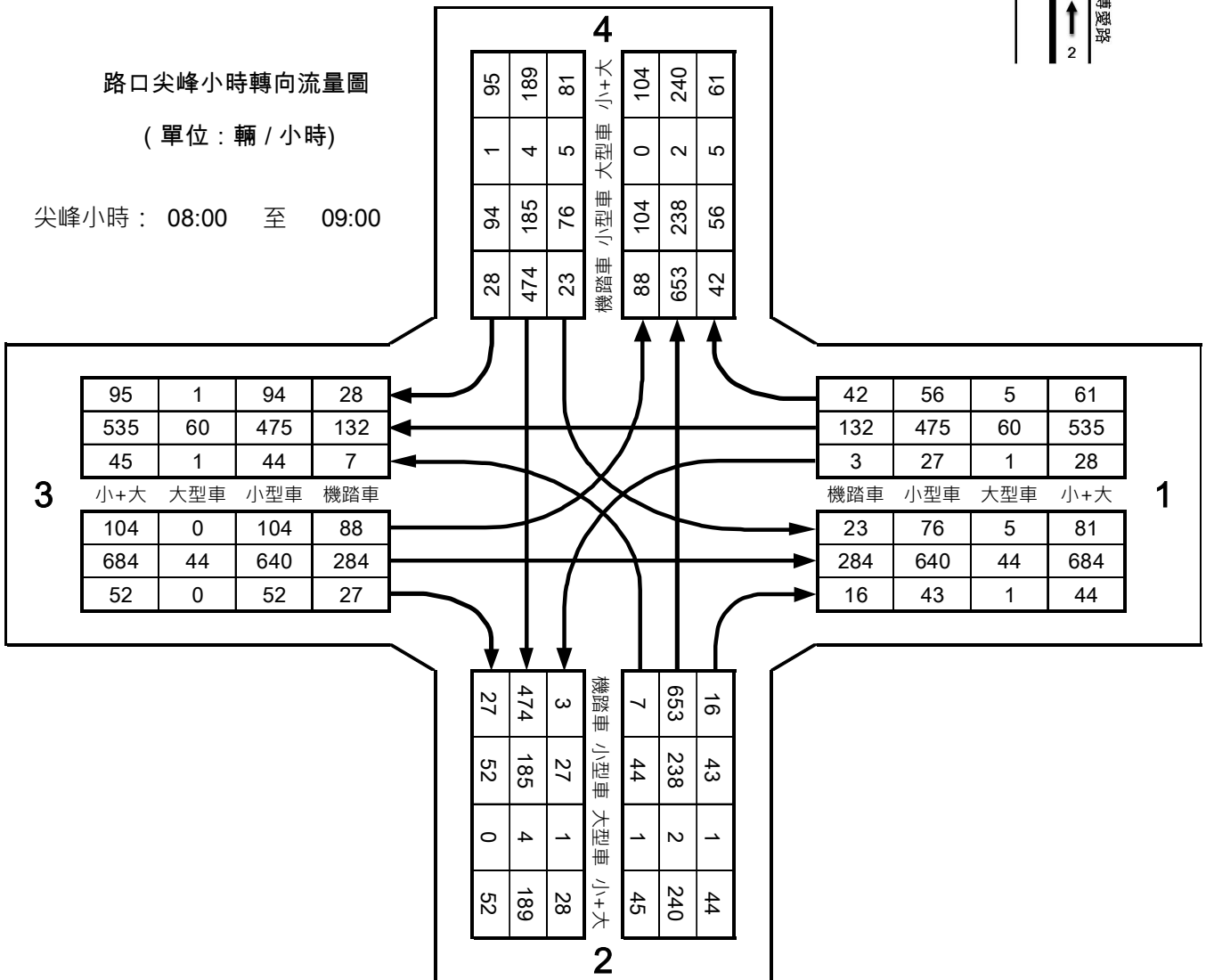
- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 下午尖峰小時：08:00 至 09:00
- 資料日期：2015/08/04 (號誌時制調整前調查日)



路口尖峰小時轉向流量圖

(單位：輛 / 小時)

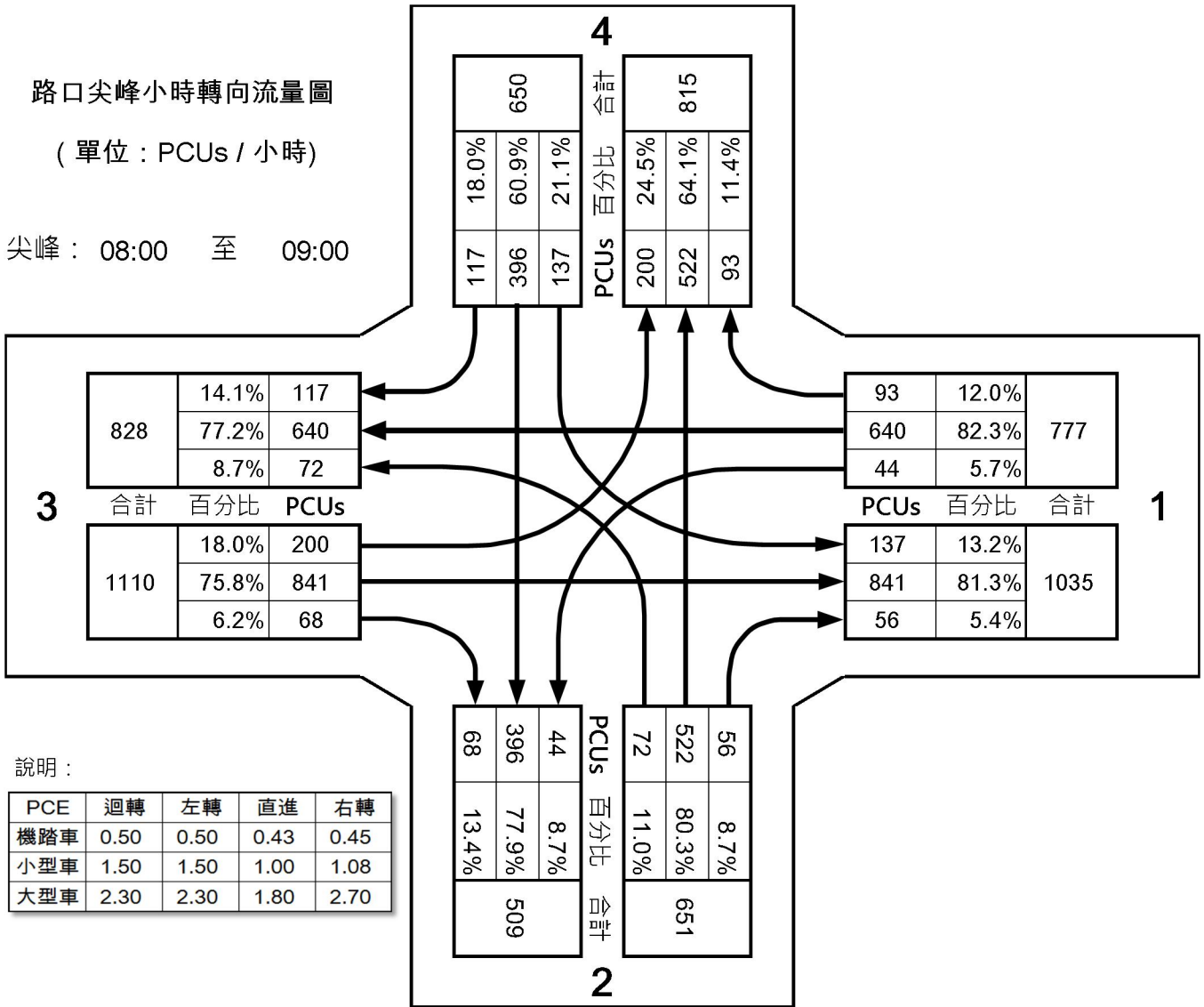
尖峰小時：08:00 至 09:00



路口尖峰小時轉向流量圖

(單位：PCUs / 小時)

尖峰：08:00 至 09:00

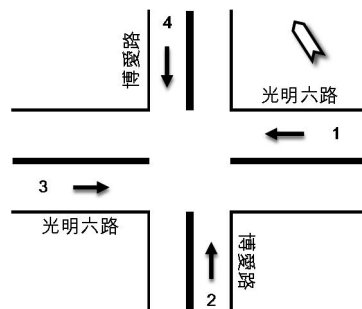


說明：

PCE	迴轉	左轉	直進	右轉
機踏車	0.50	0.50	0.43	0.45
小型車	1.50	1.50	1.00	1.08
大型車	2.30	2.30	1.80	2.70

路口尖峰小時轉向交通量統計圖

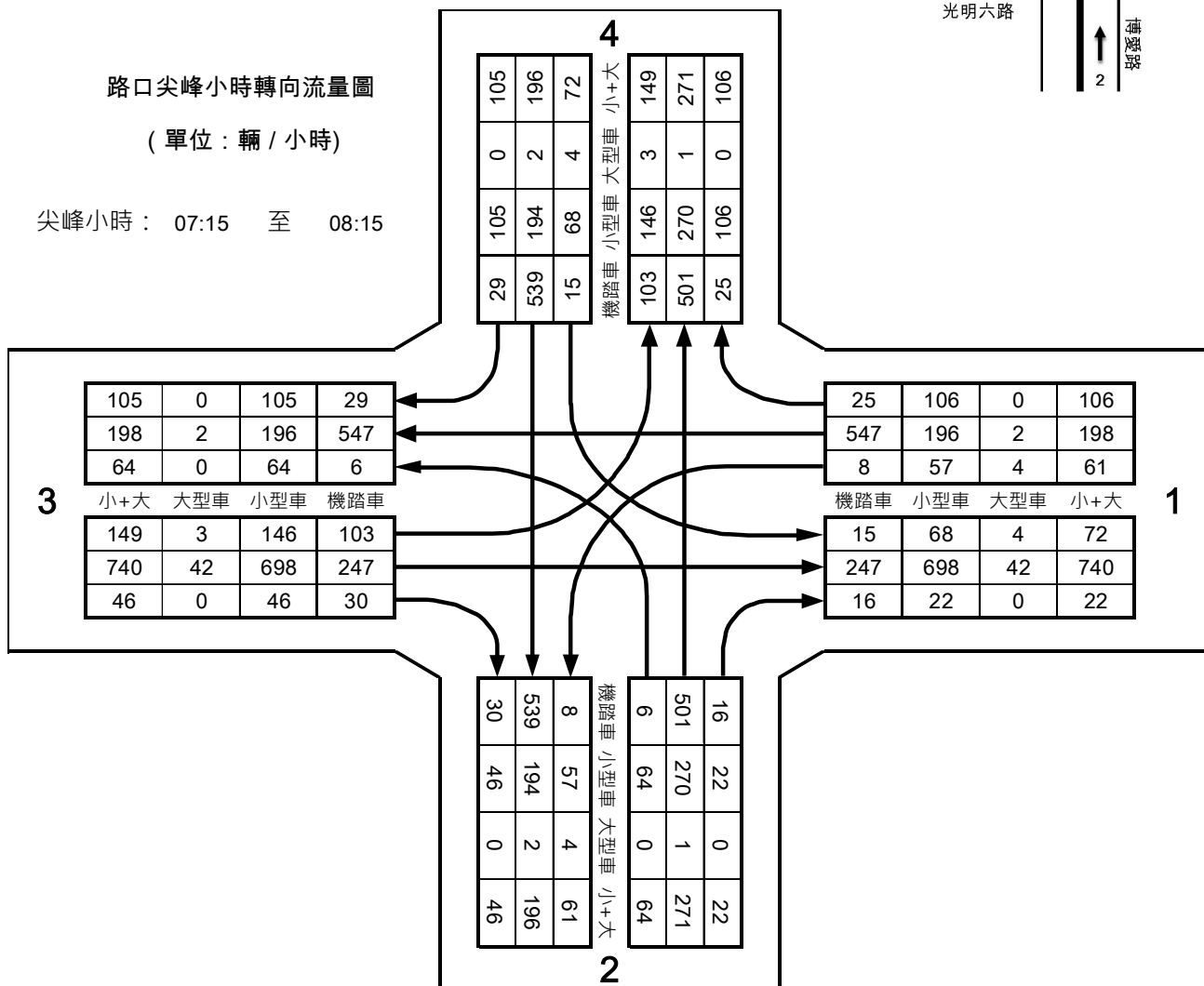
- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 下午尖峰小時：07:15 至 08:15
- 資料日期：2015/11/04 (號誌時制調整後調查日)



路口尖峰小時轉向流量圖

(單位：輛 / 小時)

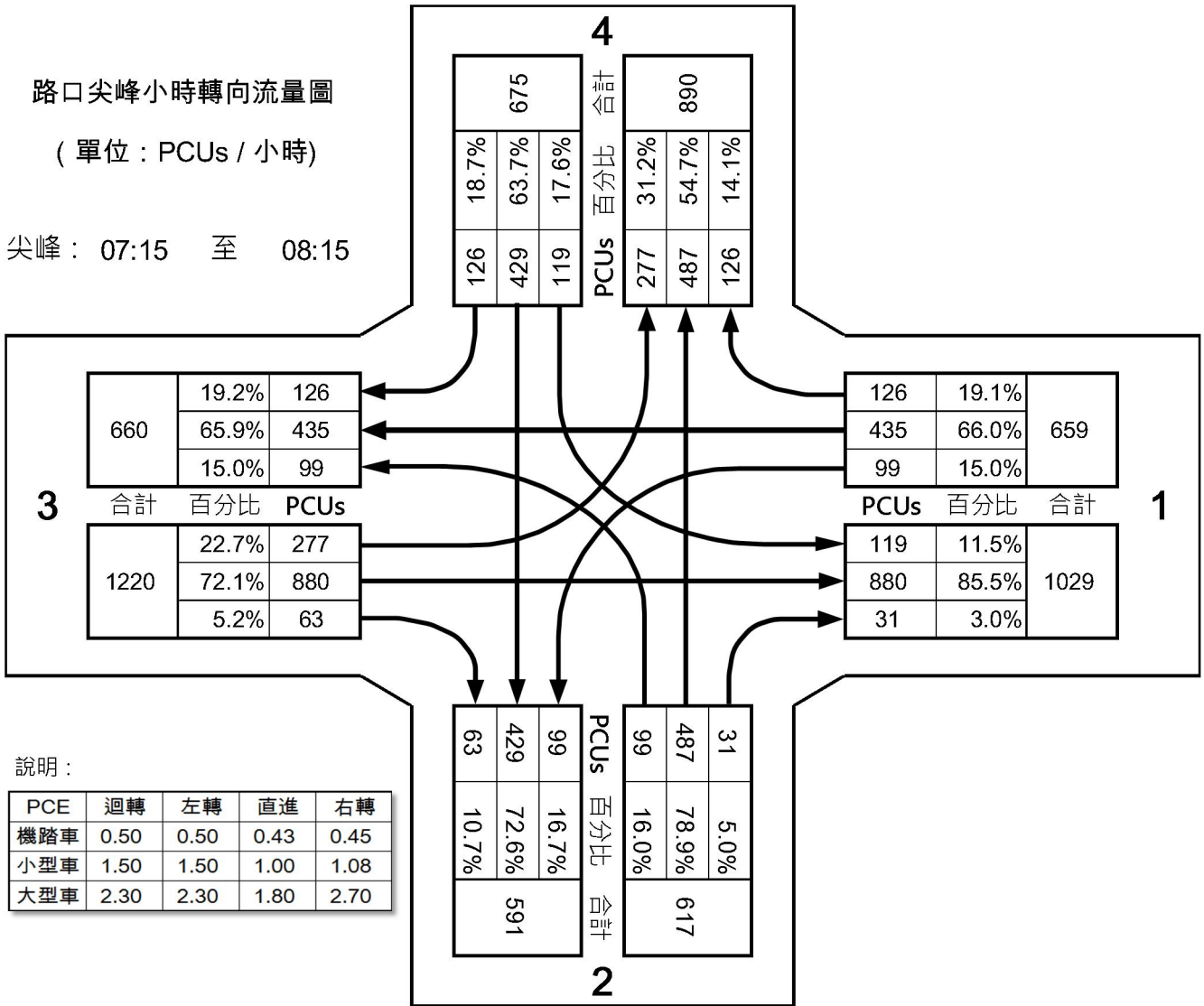
尖峰小時： 07:15 至 08:15



路口尖峰小時轉向流量圖

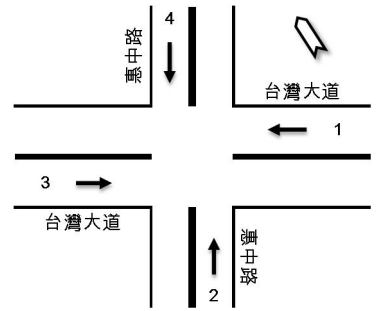
(單位：PCUs / 小時)

尖峰：07:15 至 08:15



路口尖峰小時轉向交通量統計圖

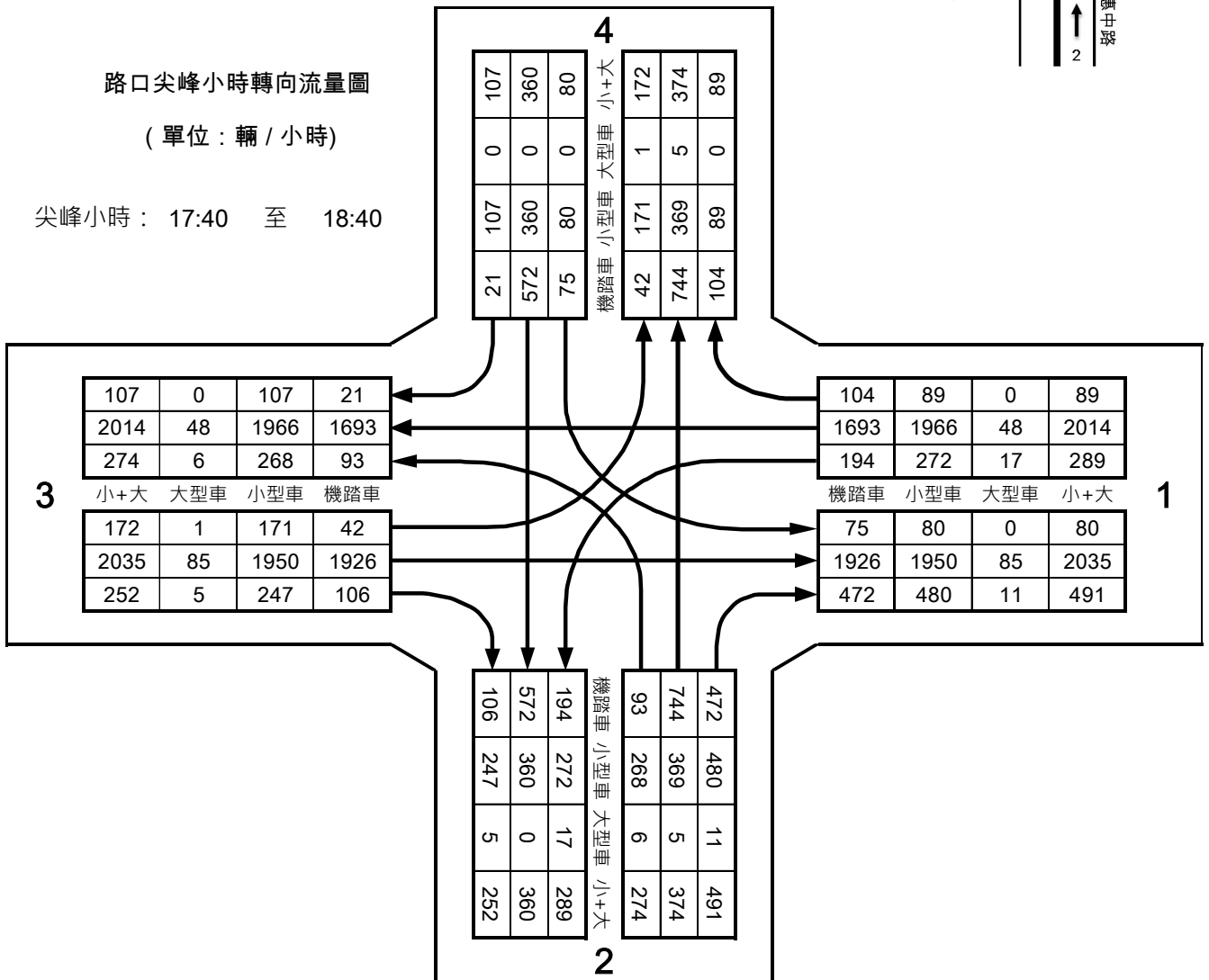
- 路口名稱：台中市台灣大道－惠中路口
- 下午尖峰小時：17:40 至 18:40
- 資料日期：2015/08/11



路口尖峰小時轉向流量圖

(單位：輛 / 小時)

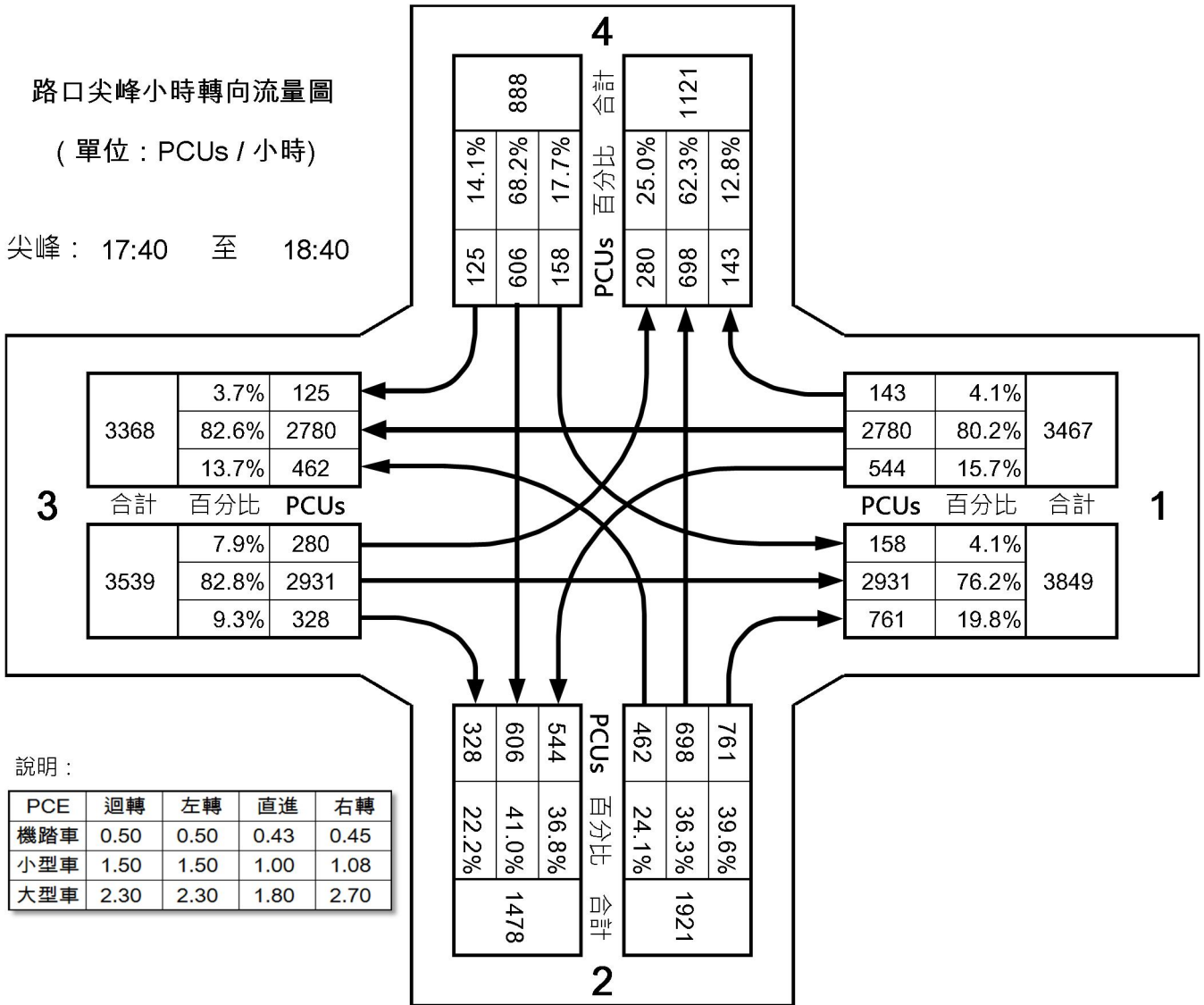
尖峰小時：17:40 至 18:40



路口尖峰小時轉向流量圖

(單位：PCUs / 小時)

尖峰：17:40 至 18:40



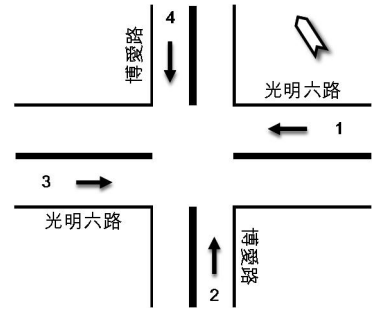
附錄 G

路口汽車停等車數依時分佈

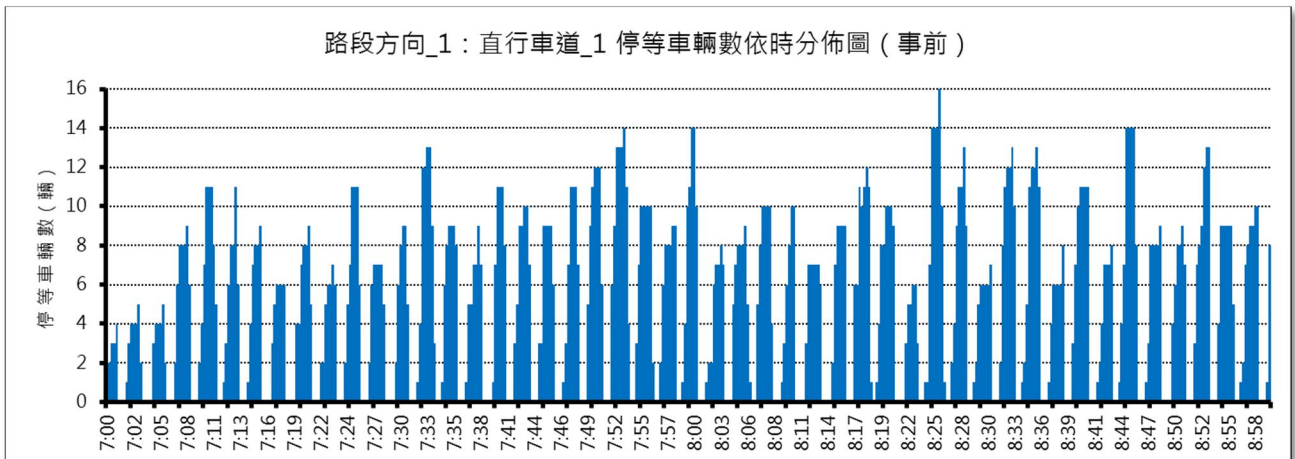
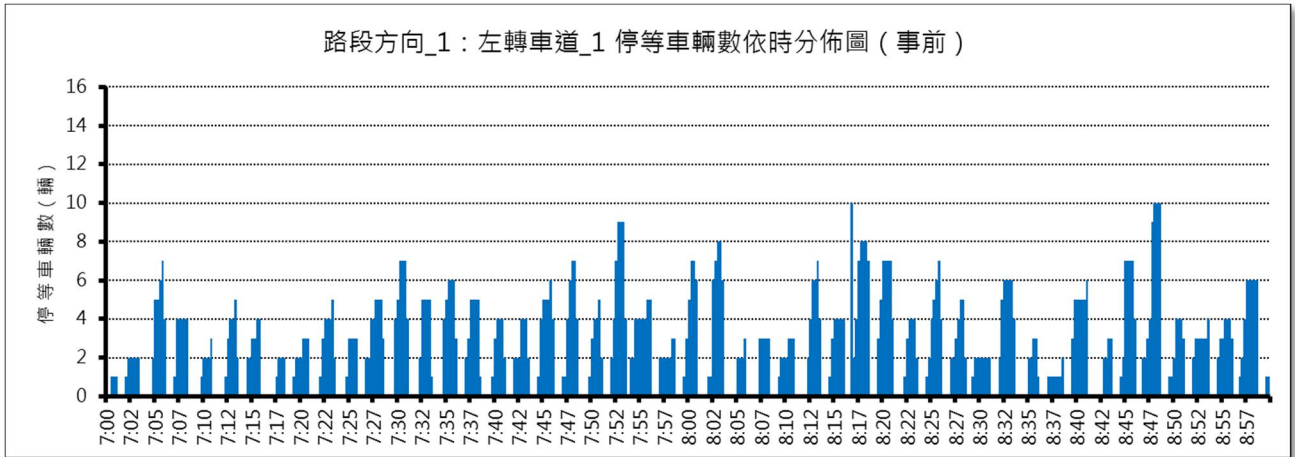
- 竹北市光明六路—博愛路口（號誌時制調整前）
- 竹北市光明六路—博愛路口（號誌時制調整後）
- 台中市台灣大道—惠中路口

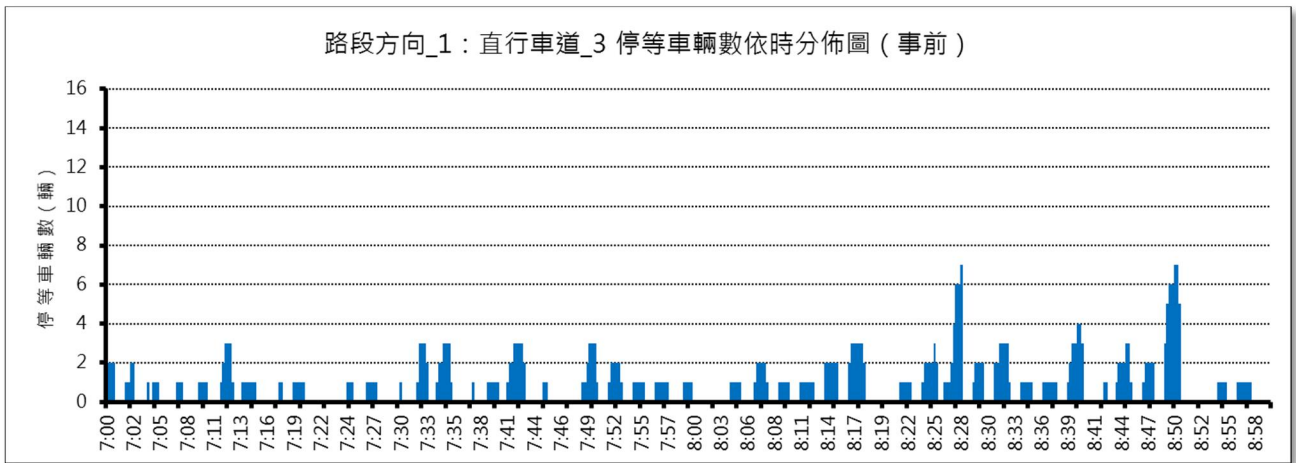
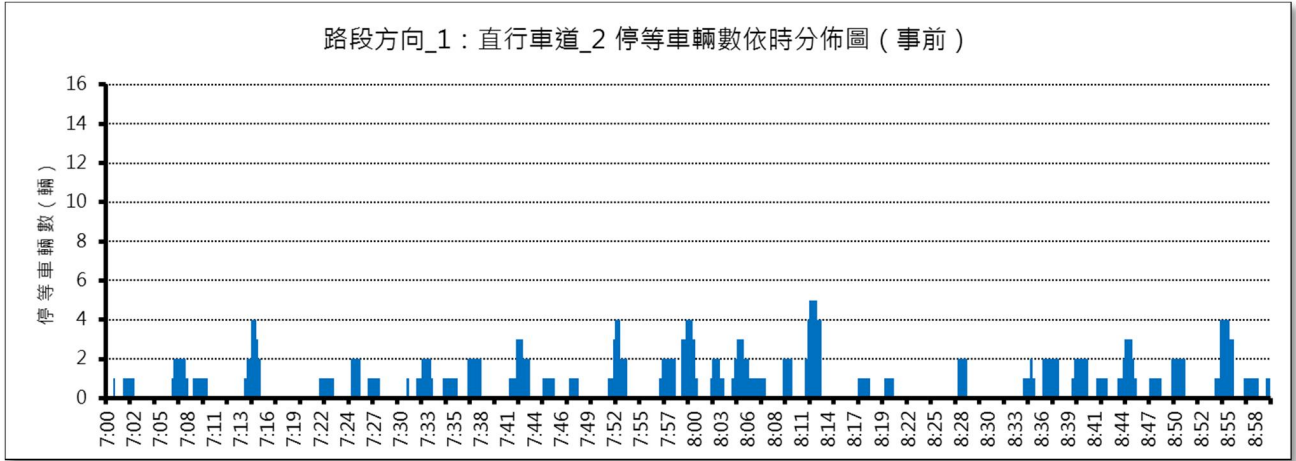
路口汽車停等車數依時分佈圖

- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 上午尖峰小時：08:00 至 09:00
- 資料日期：2015/08/04（號誌時制調整前調查日）

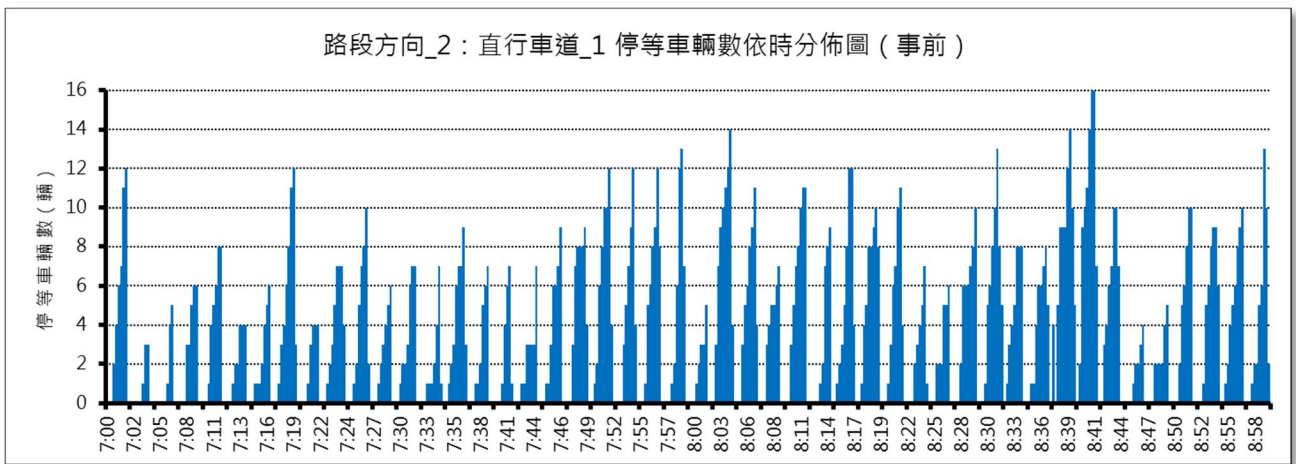


路段方向 1（往西）

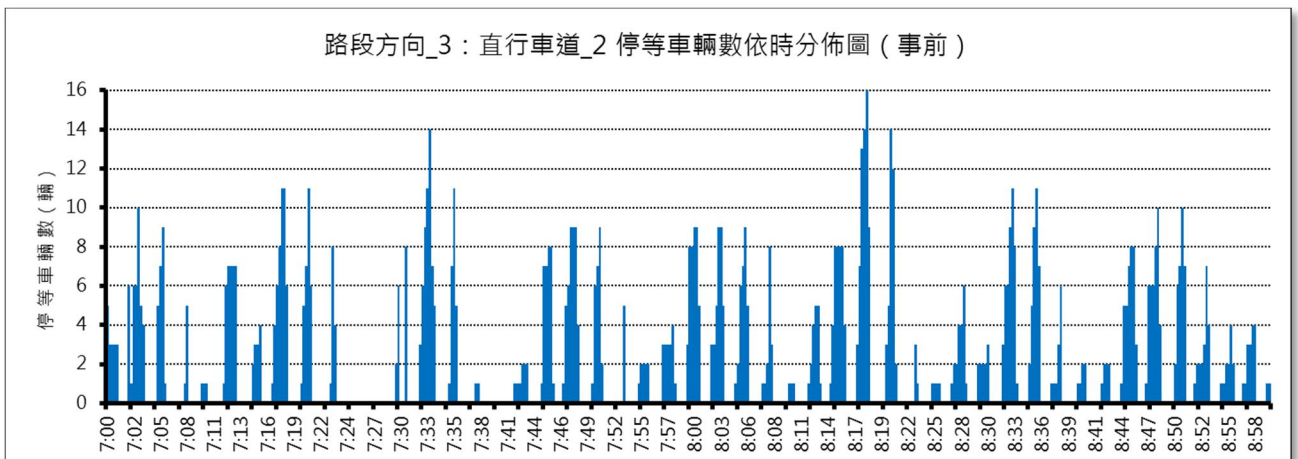
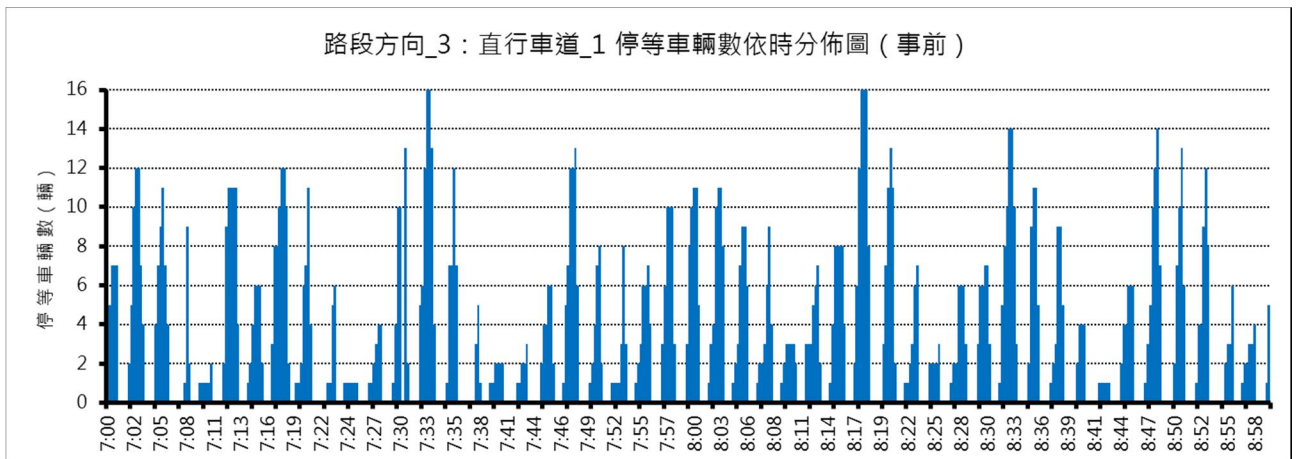
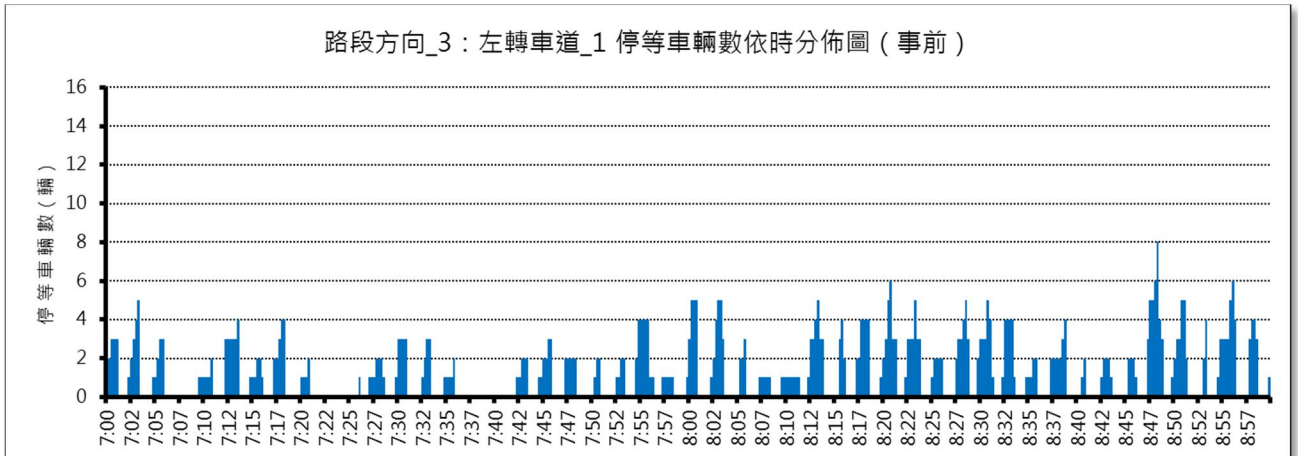


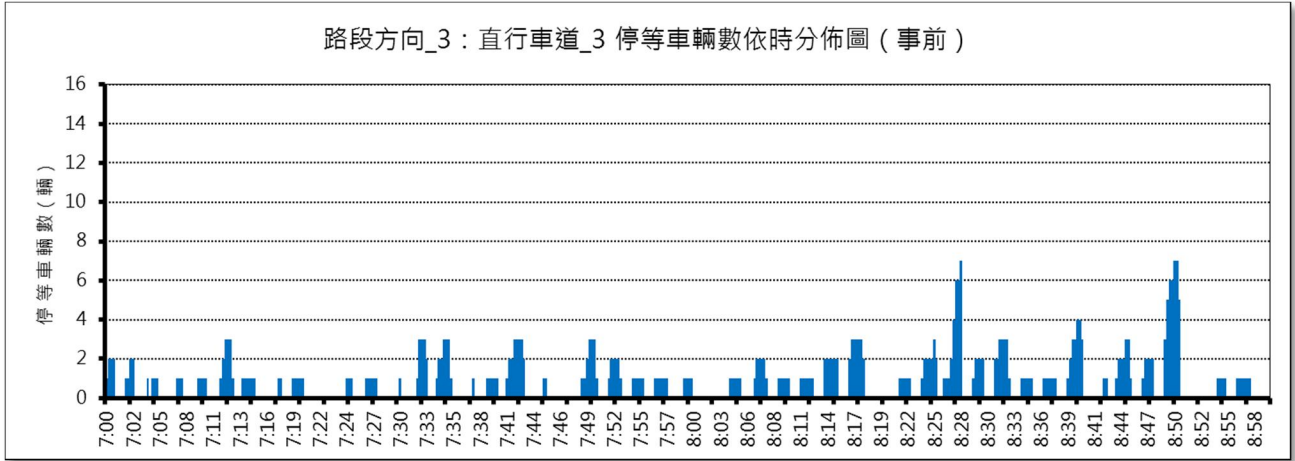


路段方向 2（往北）

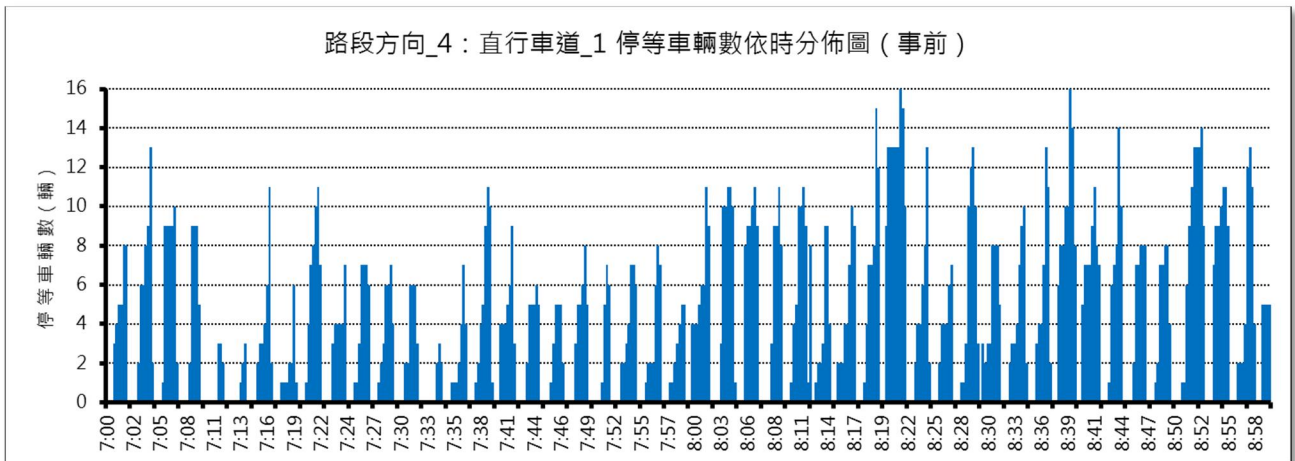


路段方向 3 (往東)



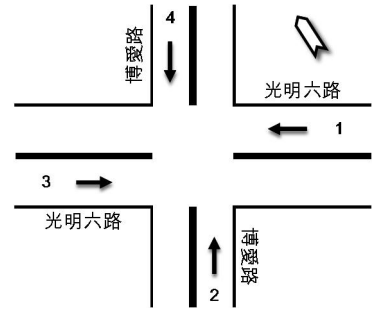


路段方向 4（往南）

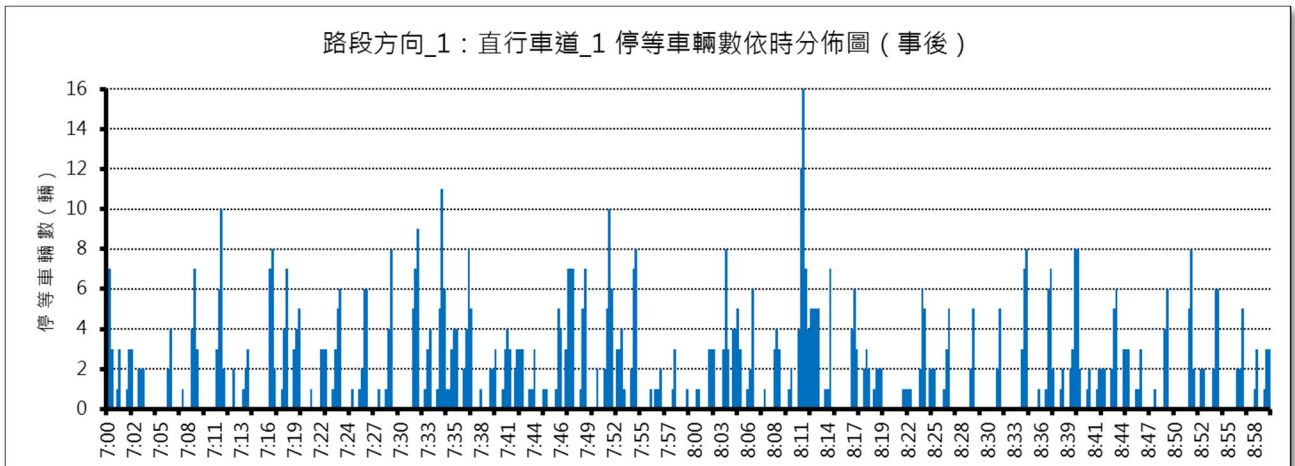
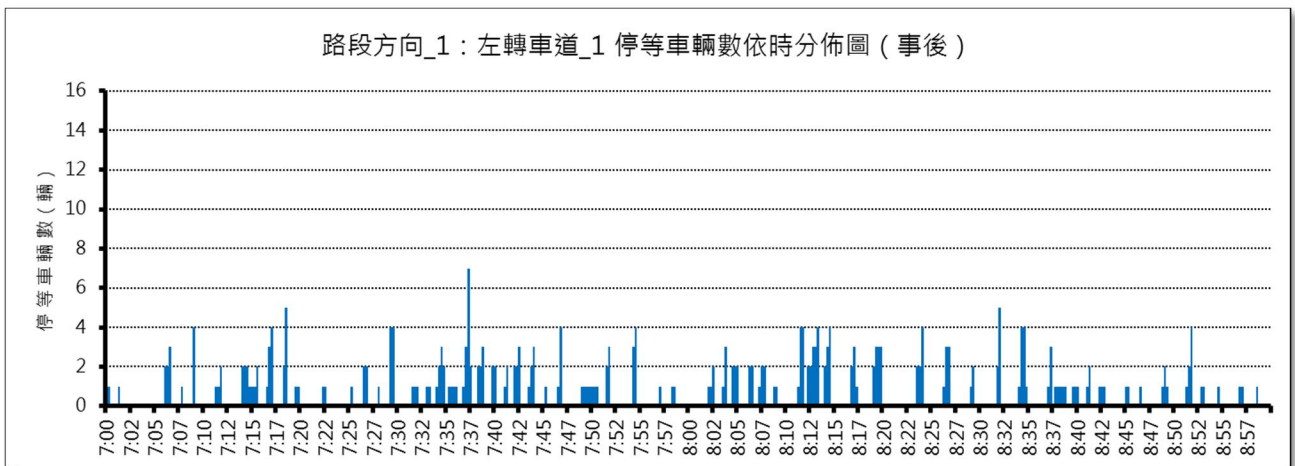


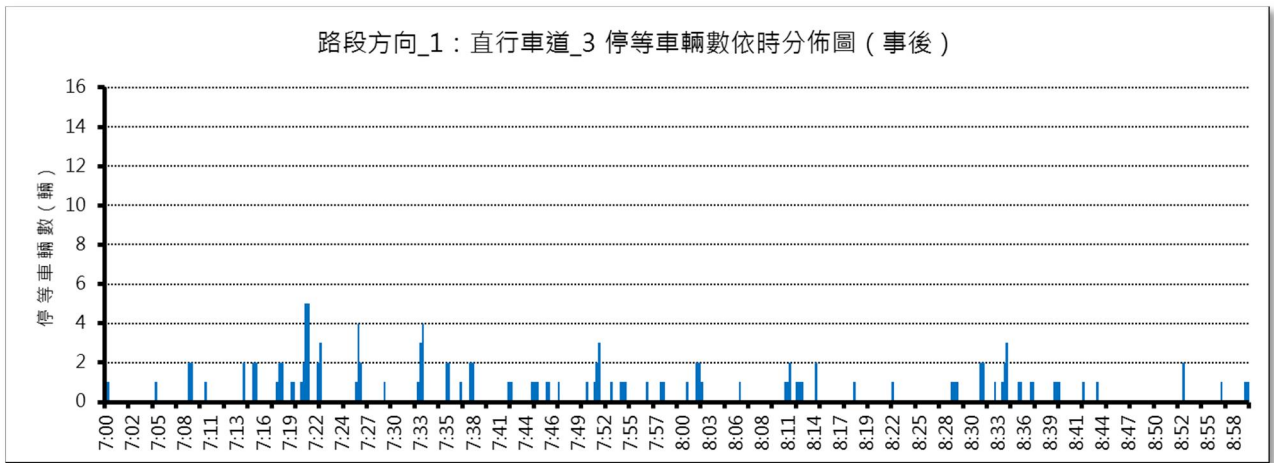
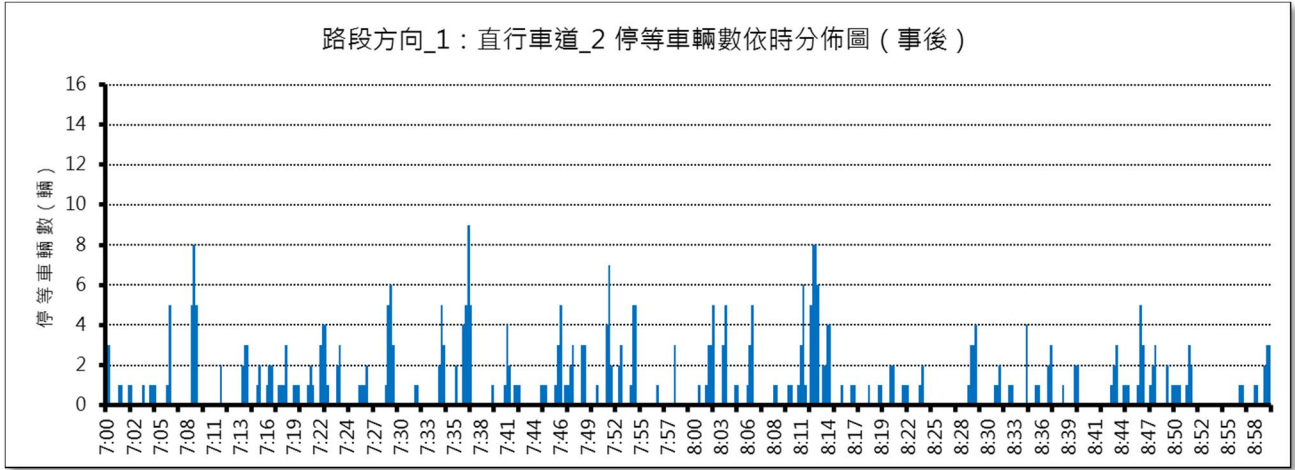
路口汽車停等車數依時分佈圖

- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 上午尖峰小時：07:15 至 08:15
- 資料日期：2015/11/04 (號誌時制調整後調查日)

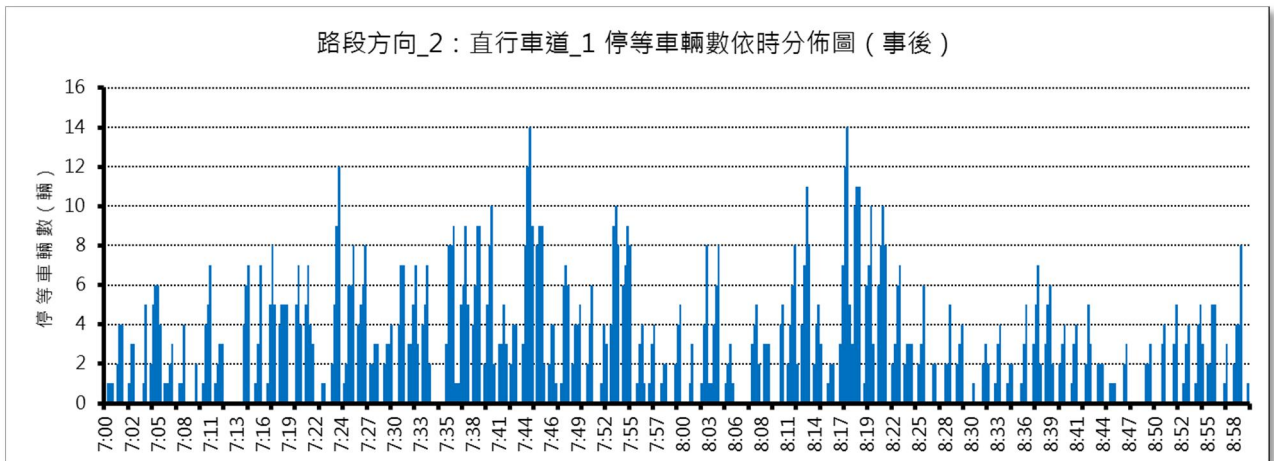


路段方向 1 (往西)

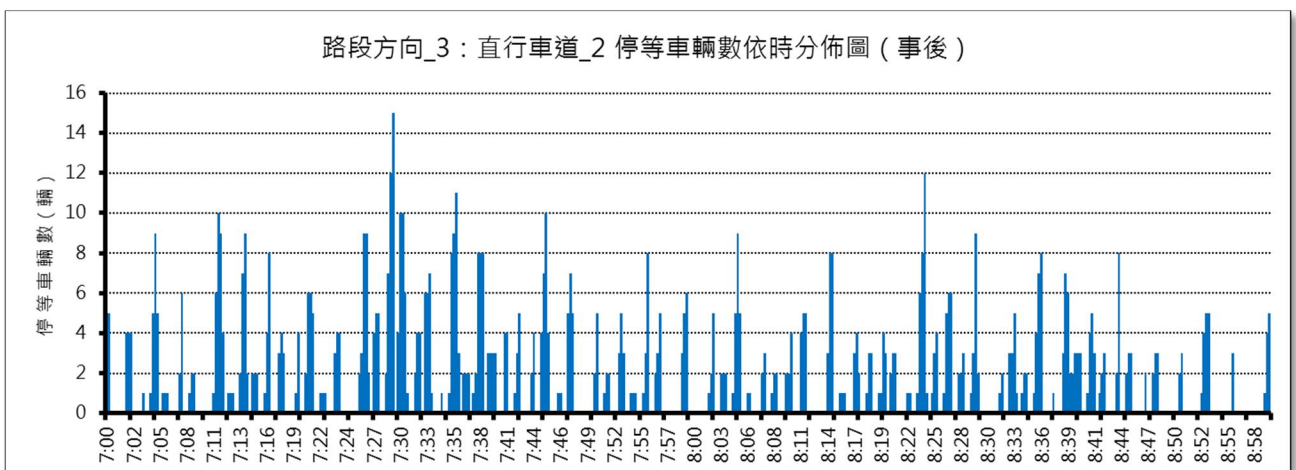
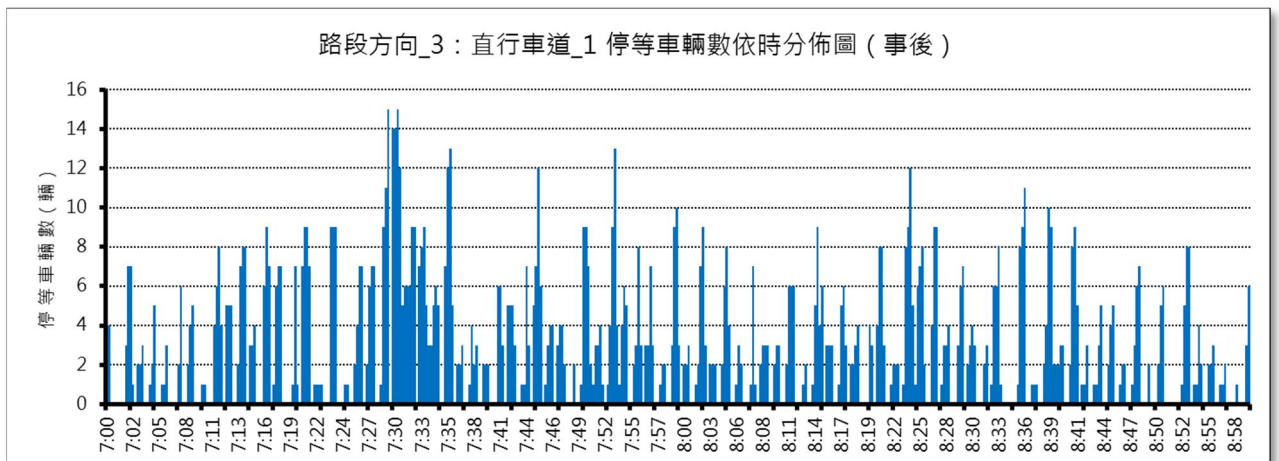
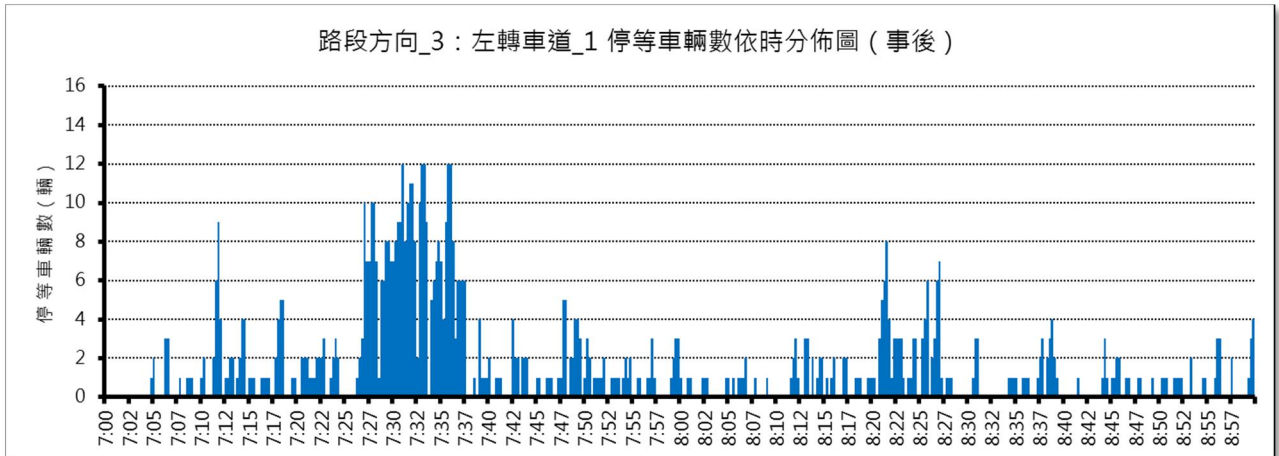


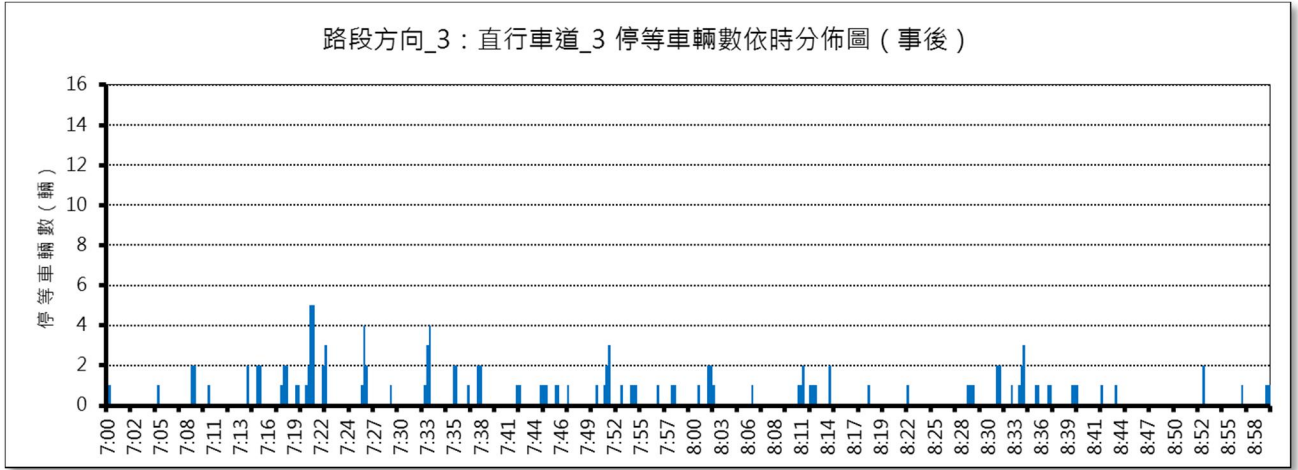


路段方向 2（往北）

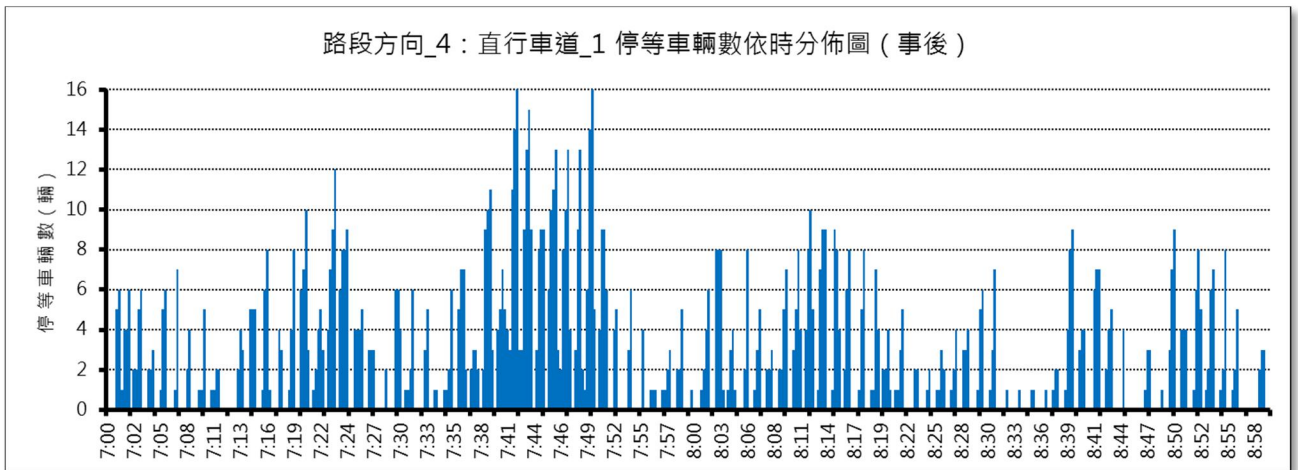


路段方向 3 (往東)



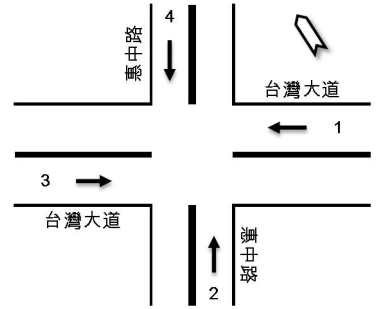


路段方向 4（往南）

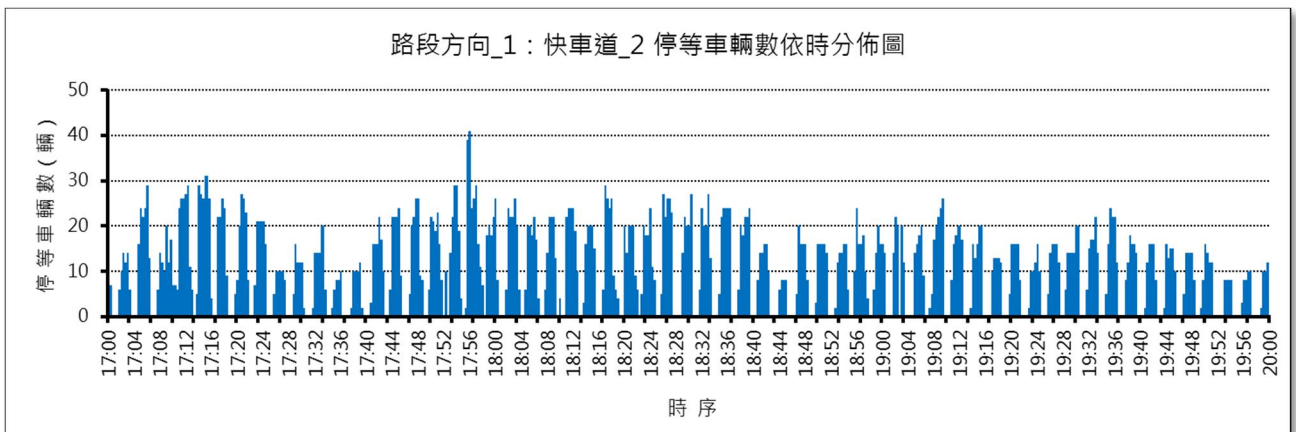
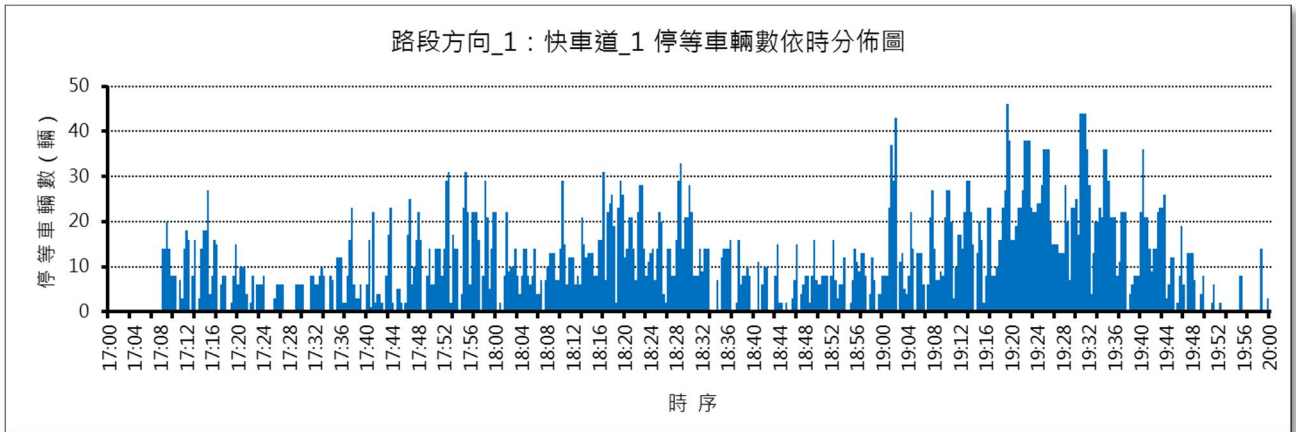
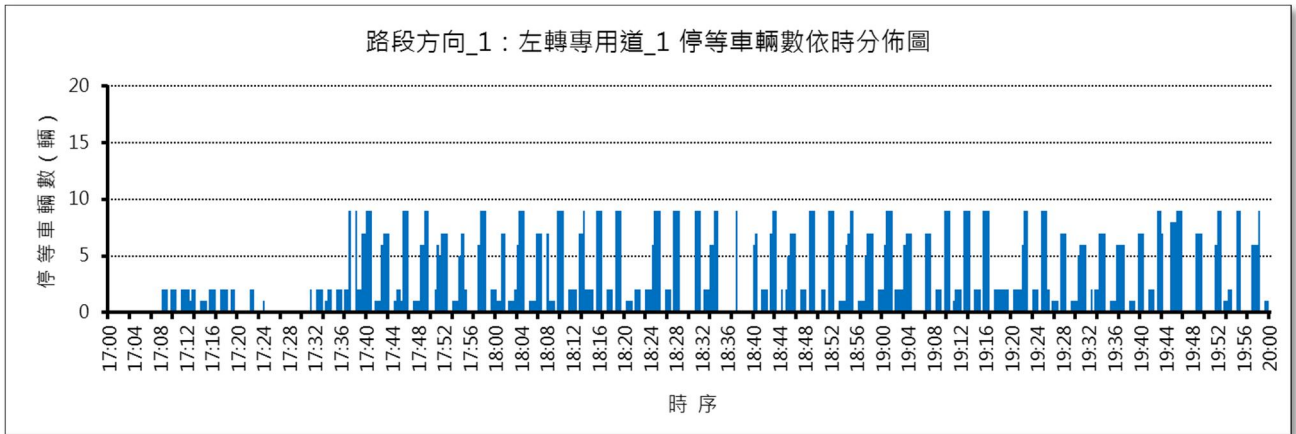


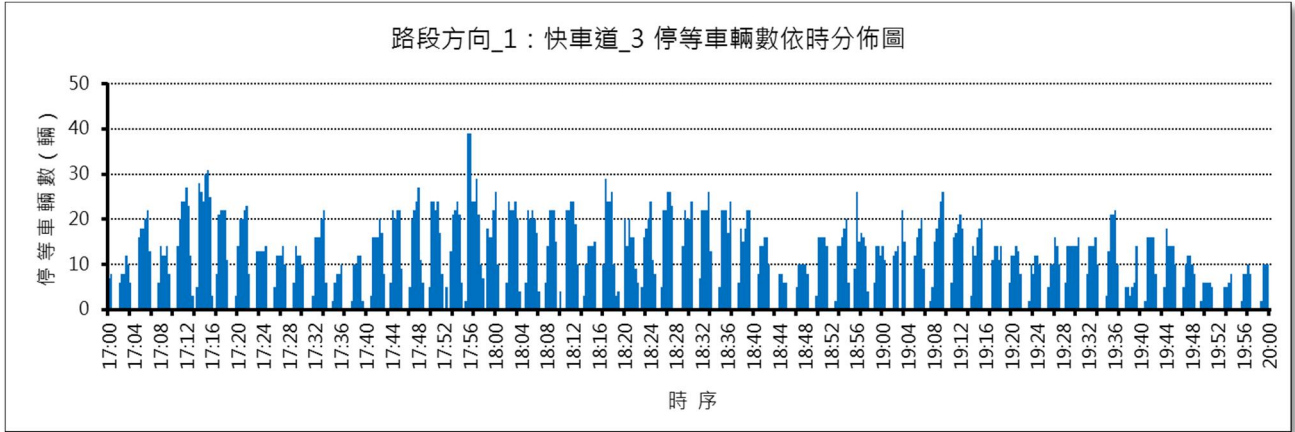
路口汽車停等車數依時分佈圖

- 路口名稱：台中市台灣大道－惠中路口
- 下午尖峰小時：17:40 至 18:40
- 資料日期：2015/08/11

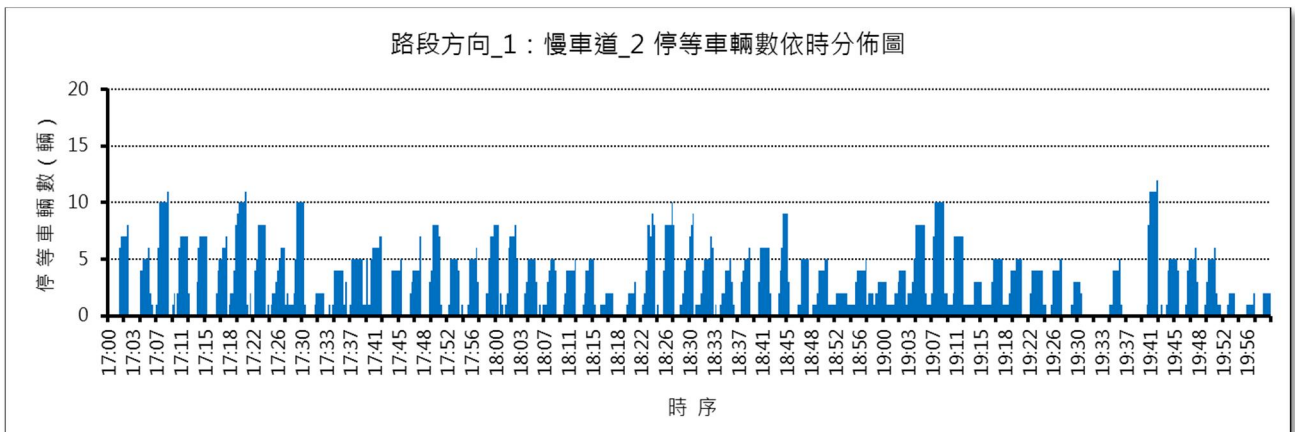
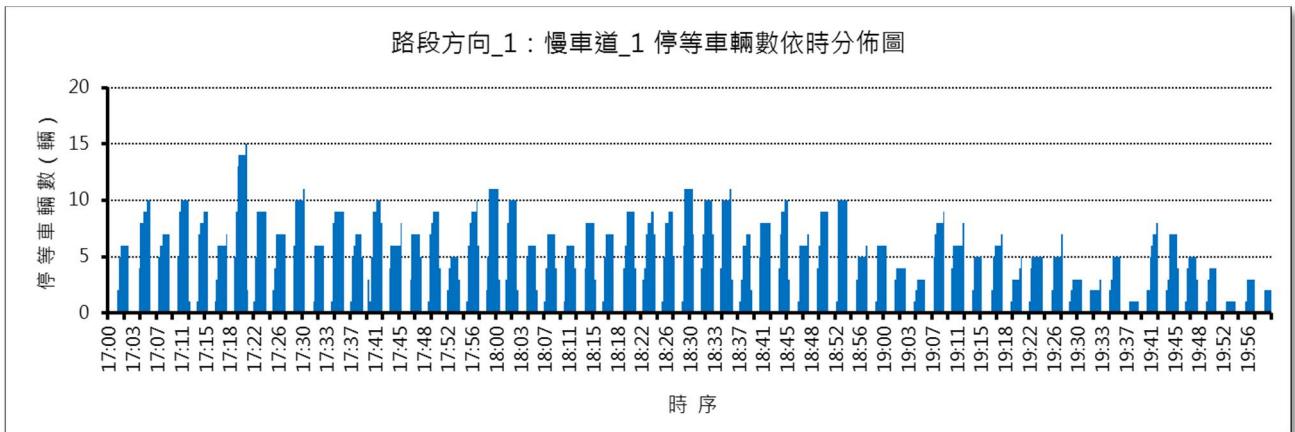


路段方向 1 (往西) 快車道

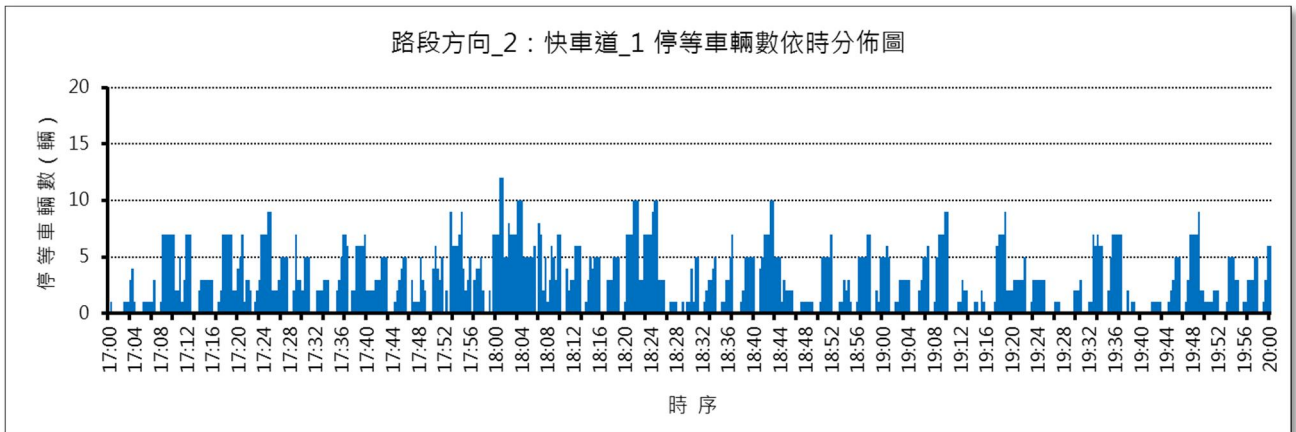
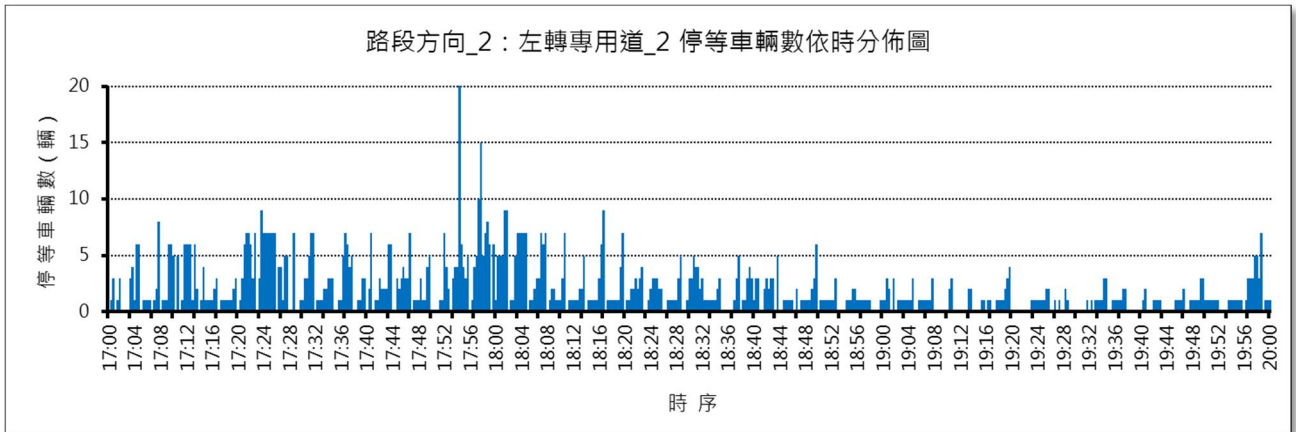
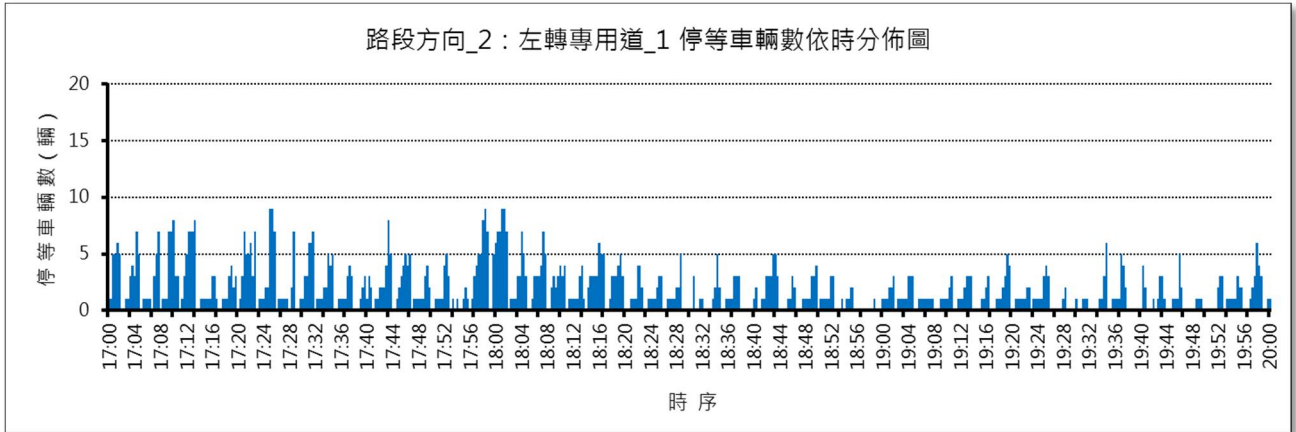


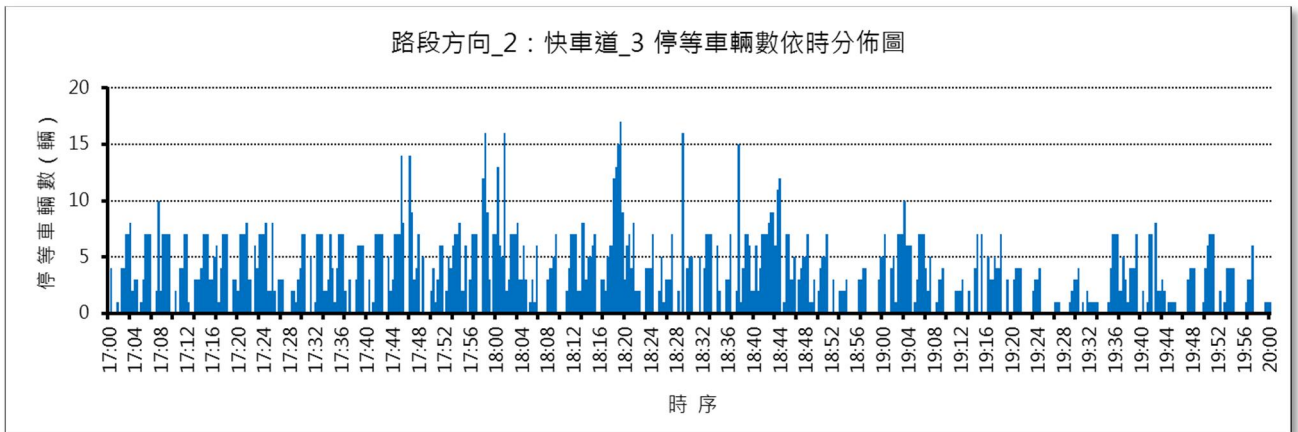
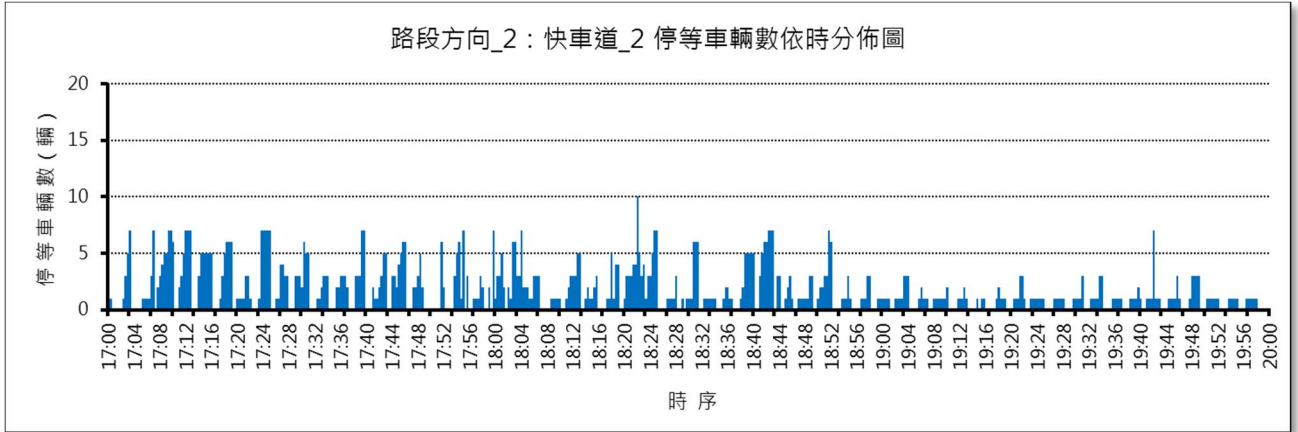


路段方向 1 (往西) 慢車道

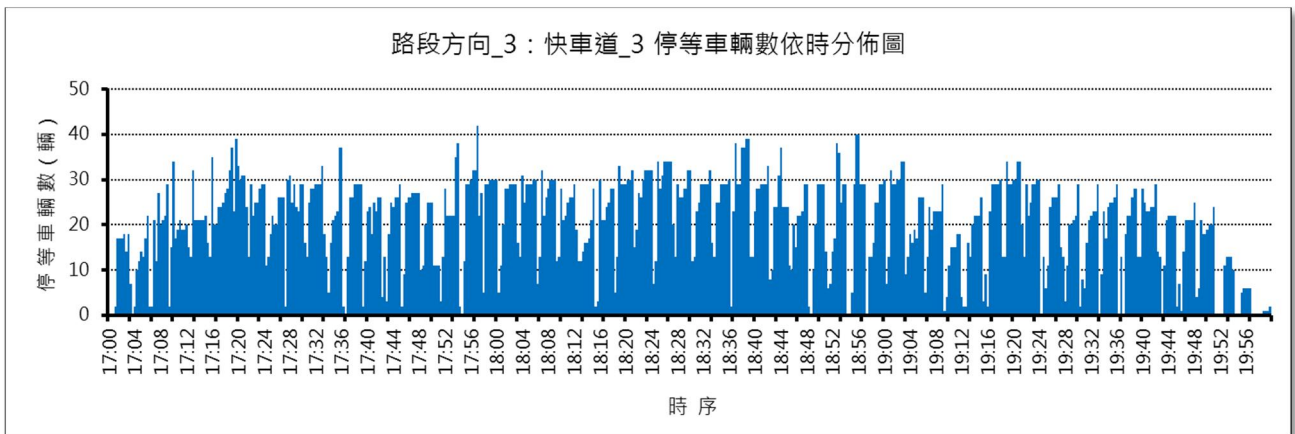
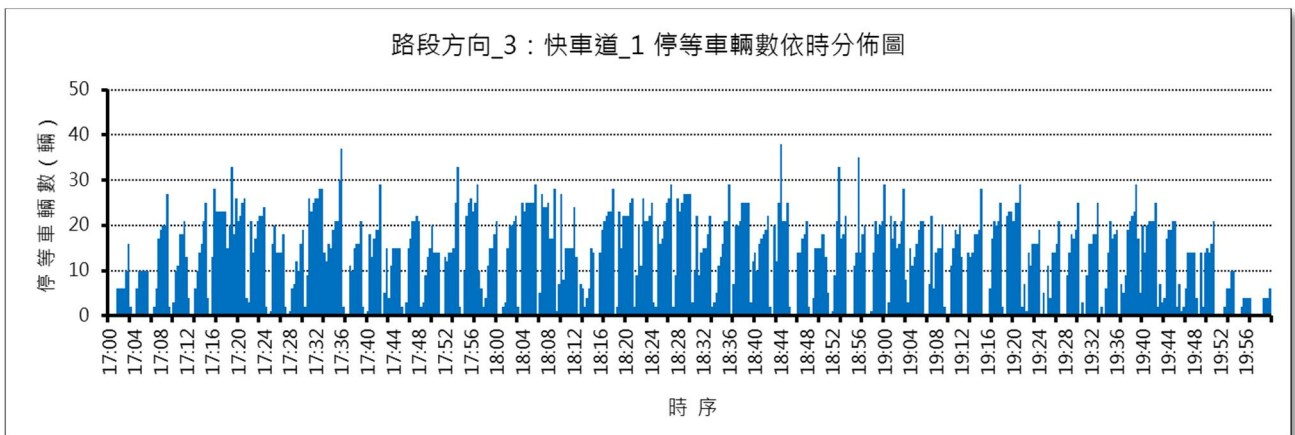
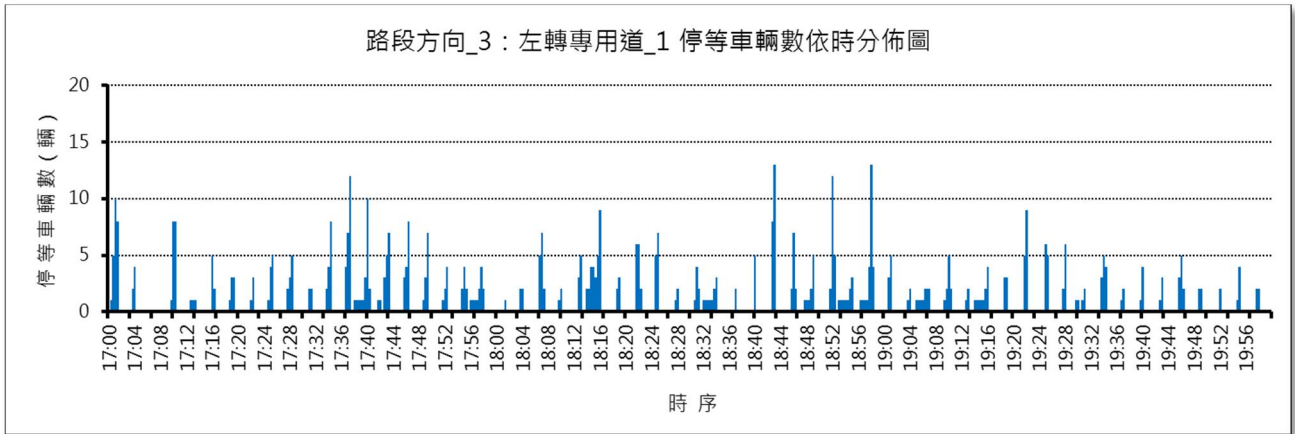


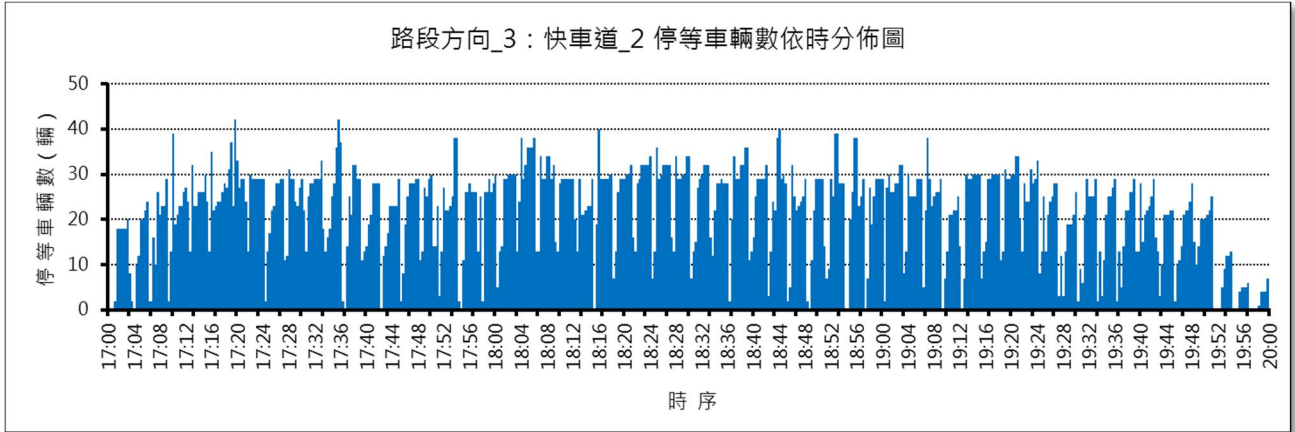
路段方向 2 (往北)



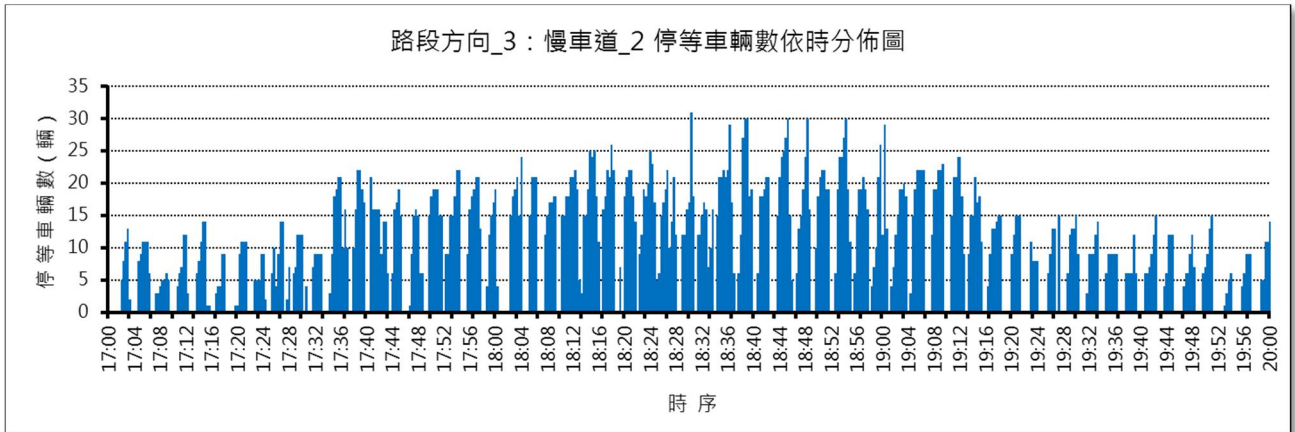
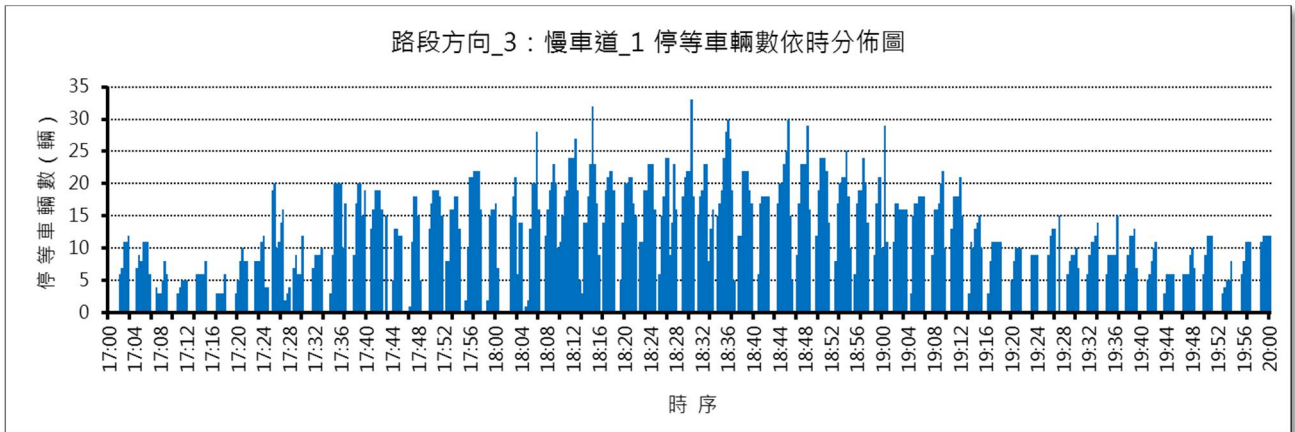


路段方向 3 (往東) 快車道

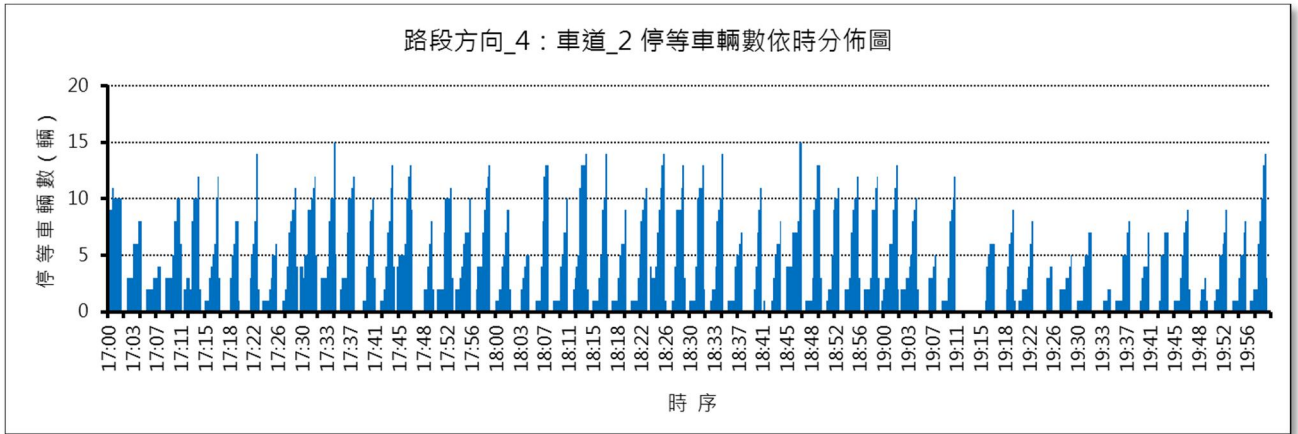
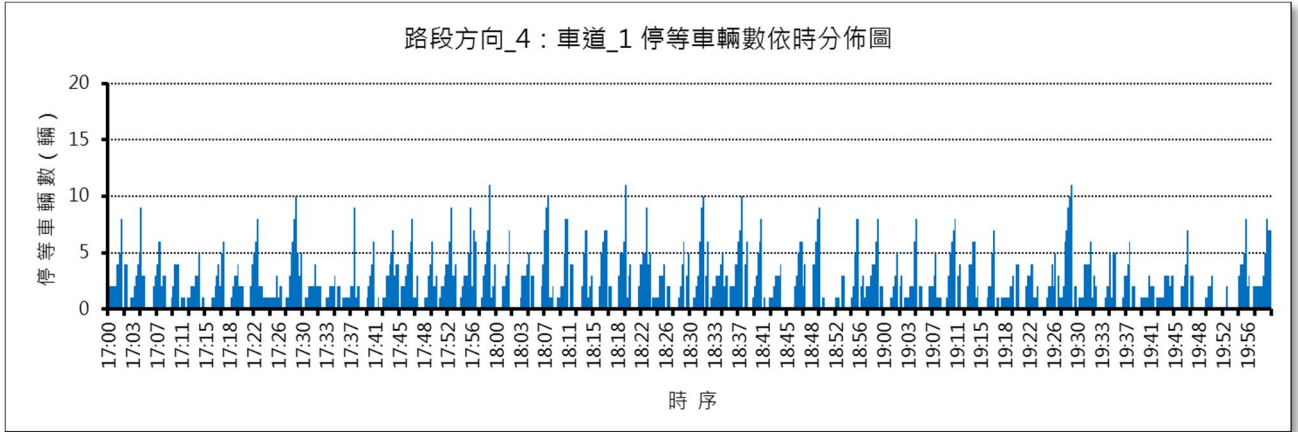




路段方向 3 (往東) 慢車道



路段方向 4 (往南)



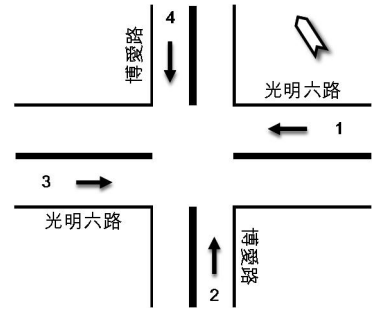
附錄 H

路口機車停等車數依時分佈

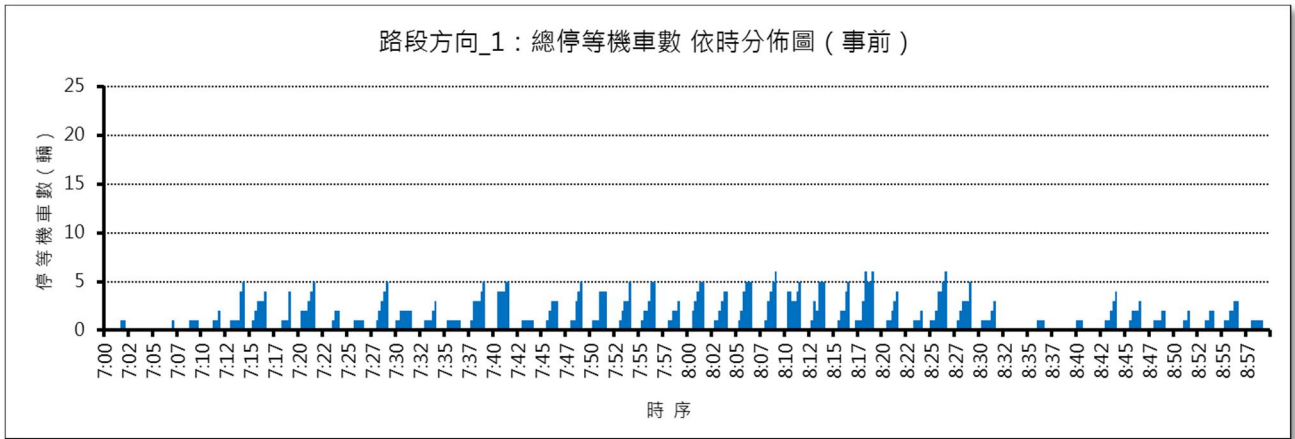
- 竹北市光明六路－博愛路口（號誌時制調整前）
- 竹北市光明六路－博愛路口（號誌時制調整後）
- 台中市台灣大道－惠中路口

路口機車停等車數依時分佈圖

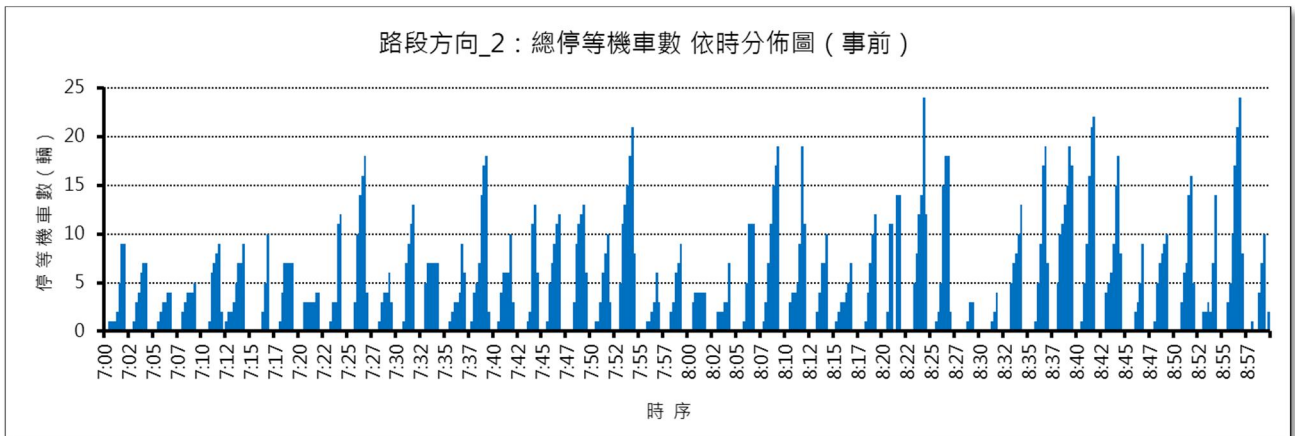
- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 上午尖峰小時：08:00 至 09:00
- 資料日期：2015/08/04（號誌時制調整前調查日）



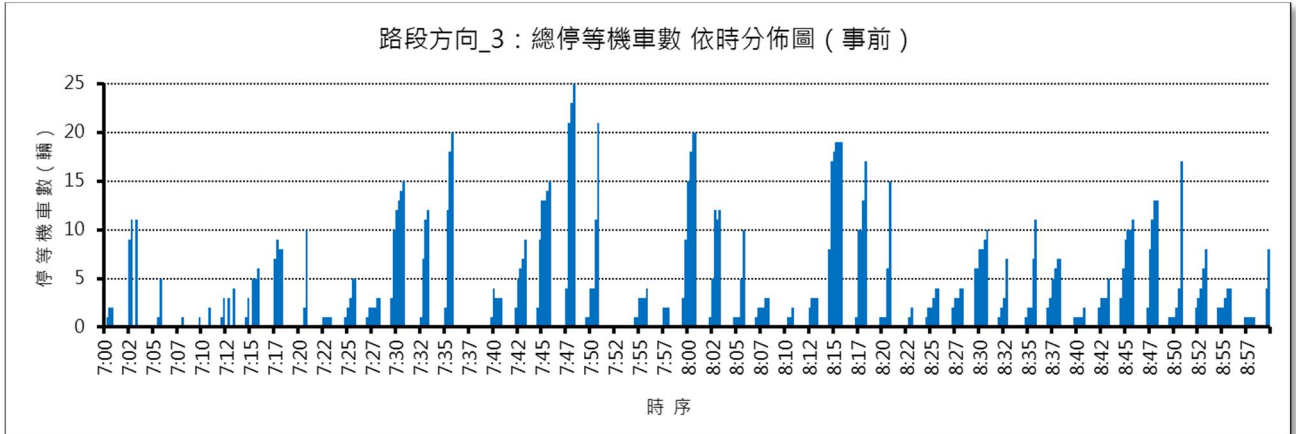
路段方向 1（往西）



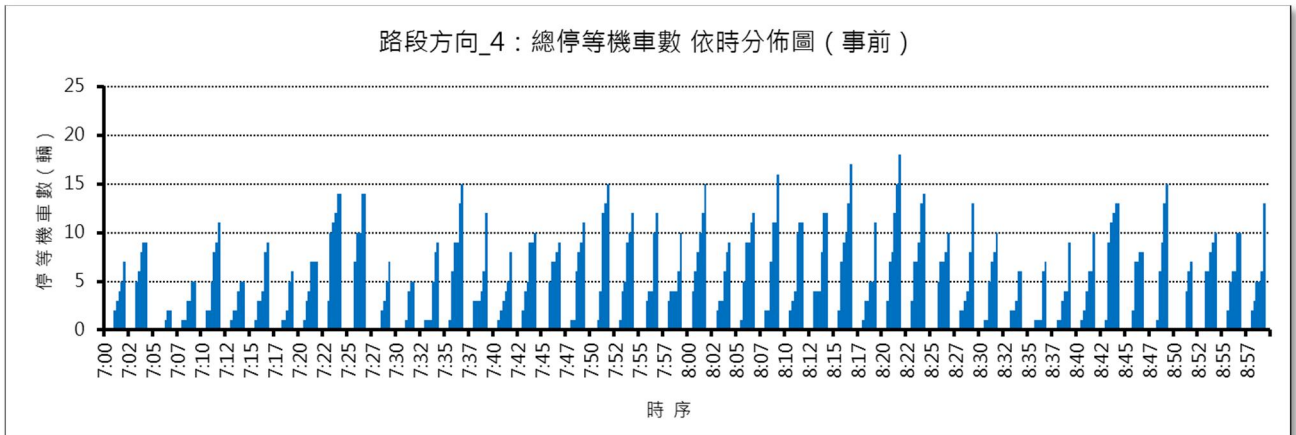
路段方向 2（往北）



路段方向 3 (往東)

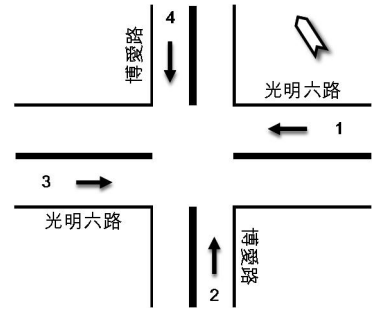


路段方向 4 (往南)

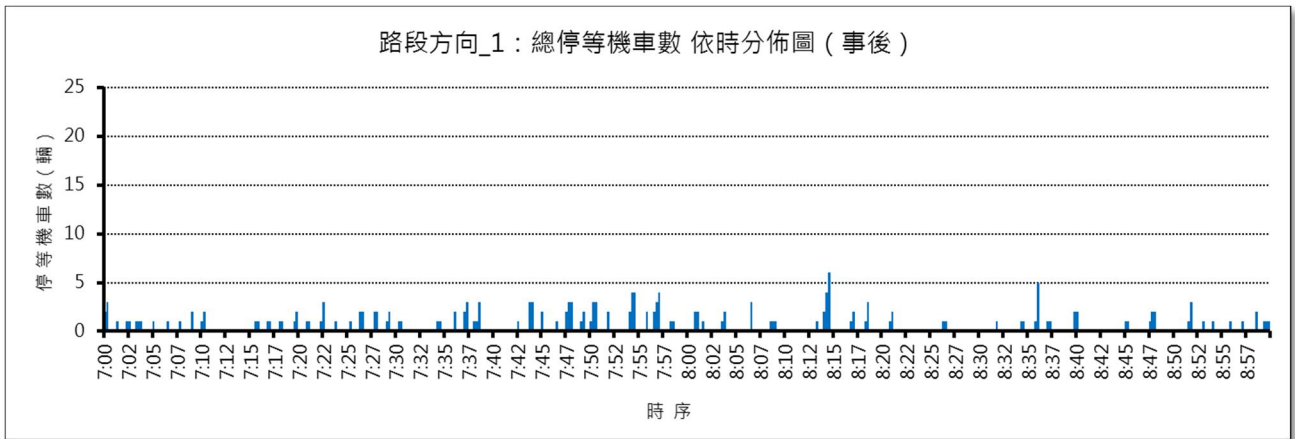


路口機車停等車數依時分佈圖

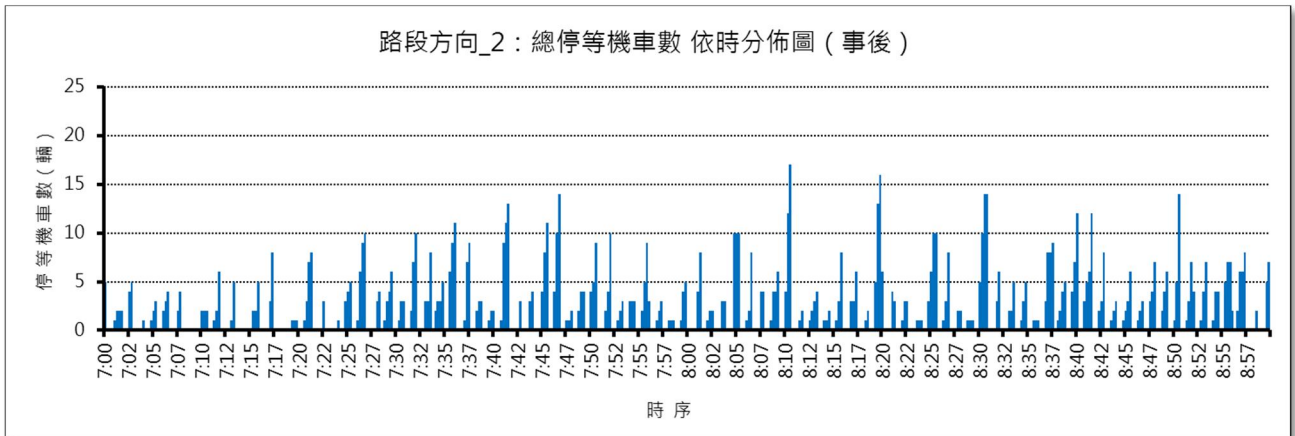
- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 上午尖峰小時：07:15 至 08:15
- 資料日期：2015/11/04 (號誌時制調整後調查日)



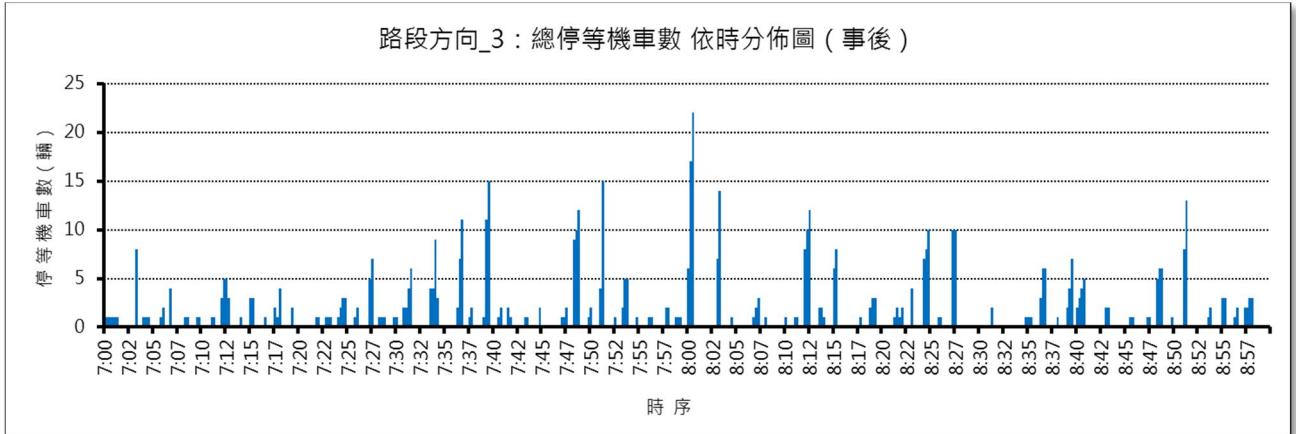
路段方向 1 (往西)



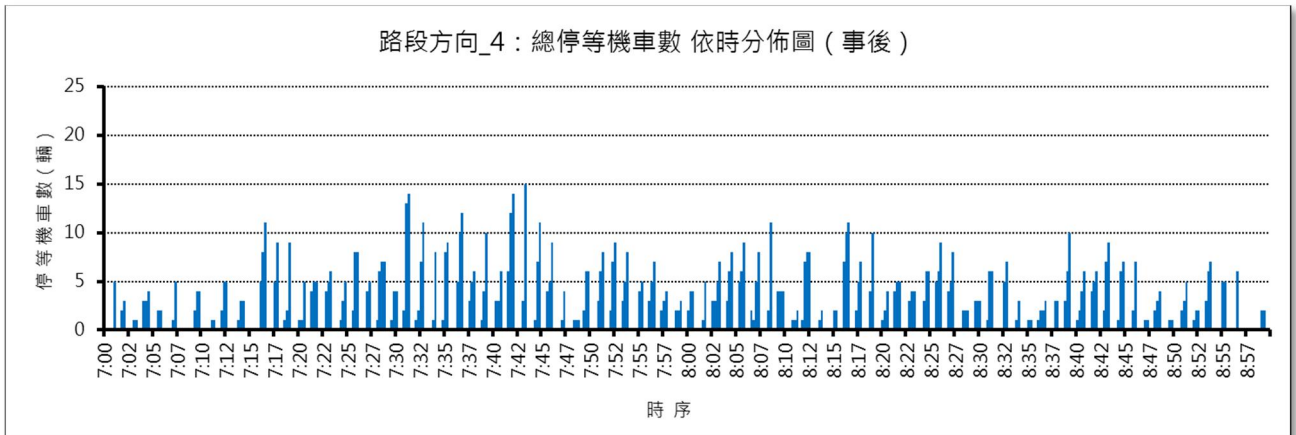
路段方向 2 (往北)



路段方向 3 (往東)

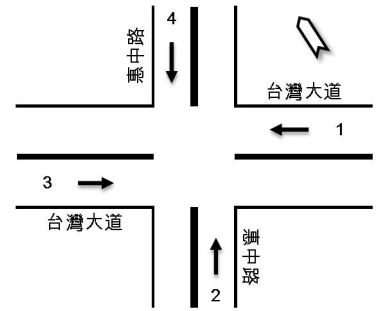


路段方向 4 (往南)

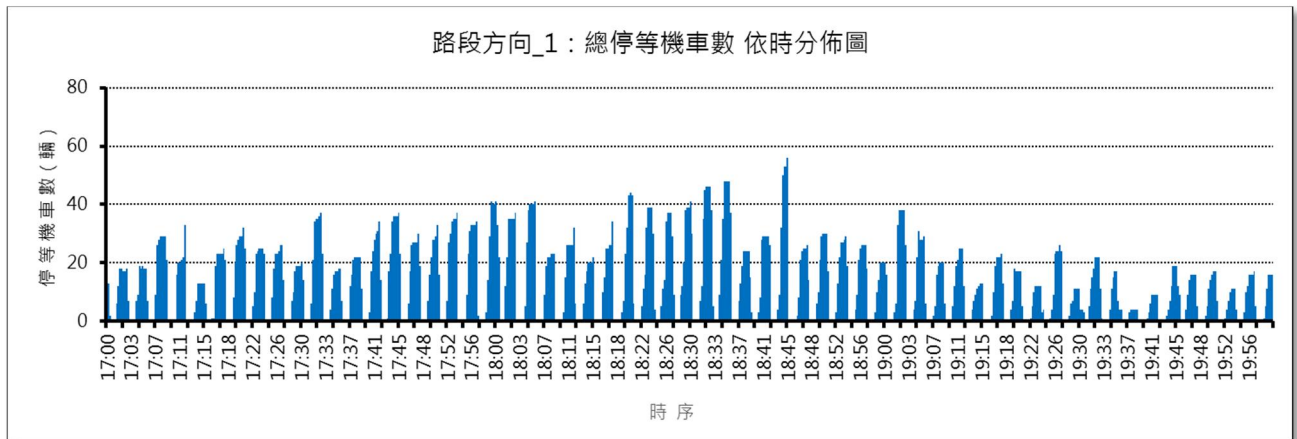


路口機車停等車數依時分佈圖

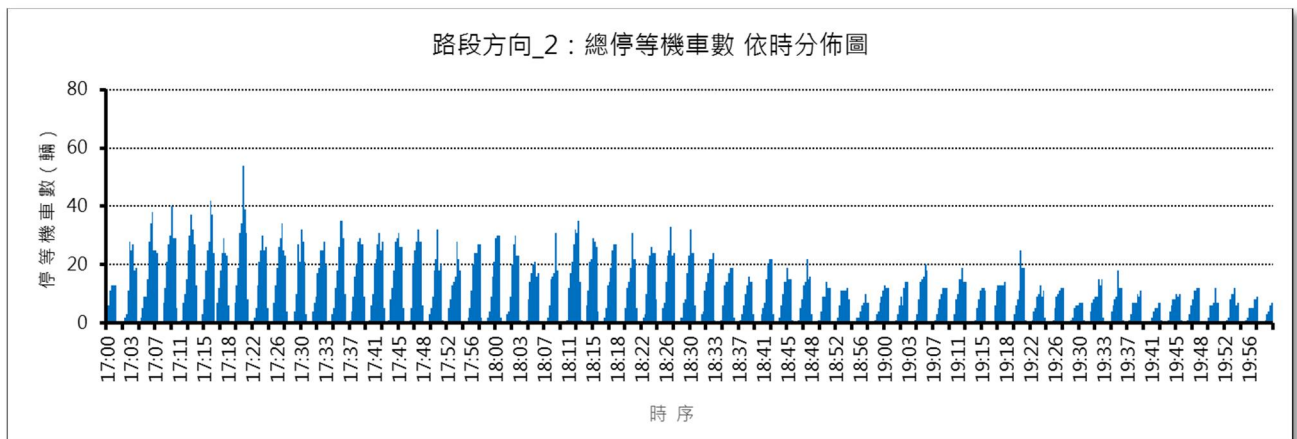
- 路口名稱：台中市台灣大道－惠中路口
- 下午尖峰小時：17:40 至 18:40
- 資料日期：2015/08/11



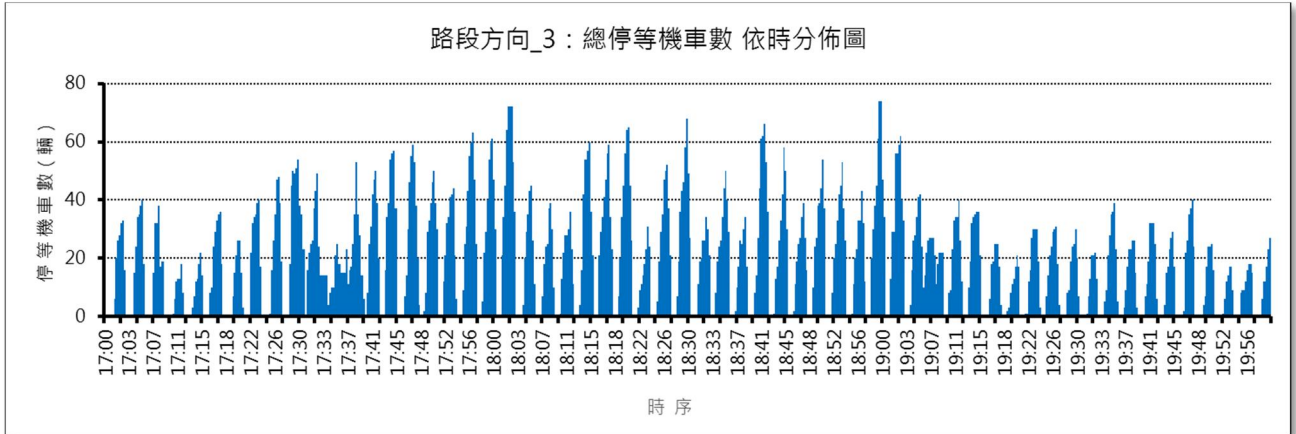
路段方向 1 (往西)



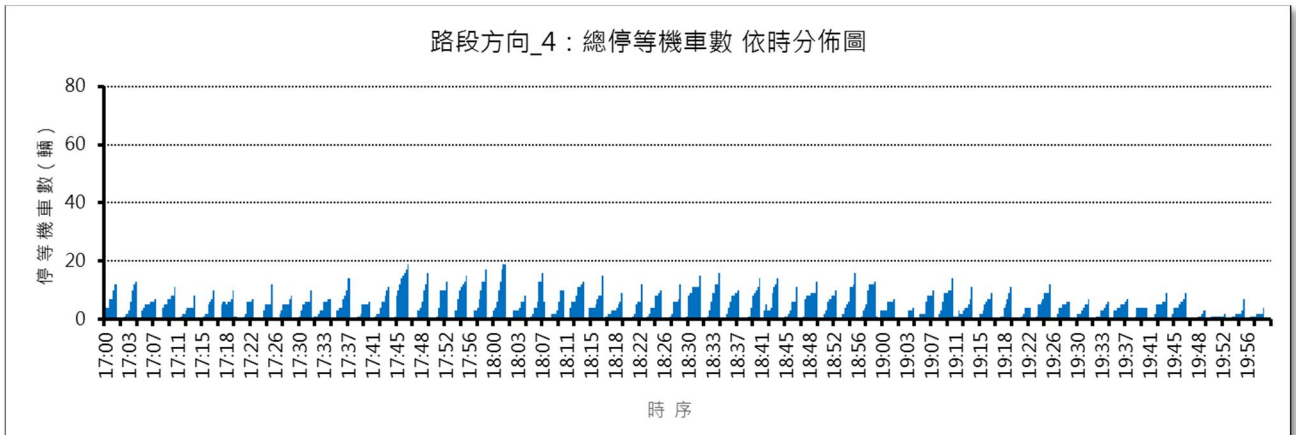
路段方向 2 (往北)



路段方向 3 (往東)



路段方向 4 (往南)



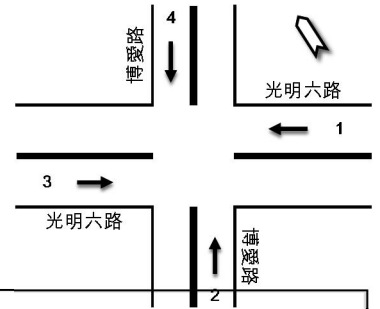
附錄 I

路口汽機車停等車數事前/事後依時分佈比較圖

- 竹北市光明六路—博愛路口（汽車）
- 竹北市光明六路—博愛路口（機車）

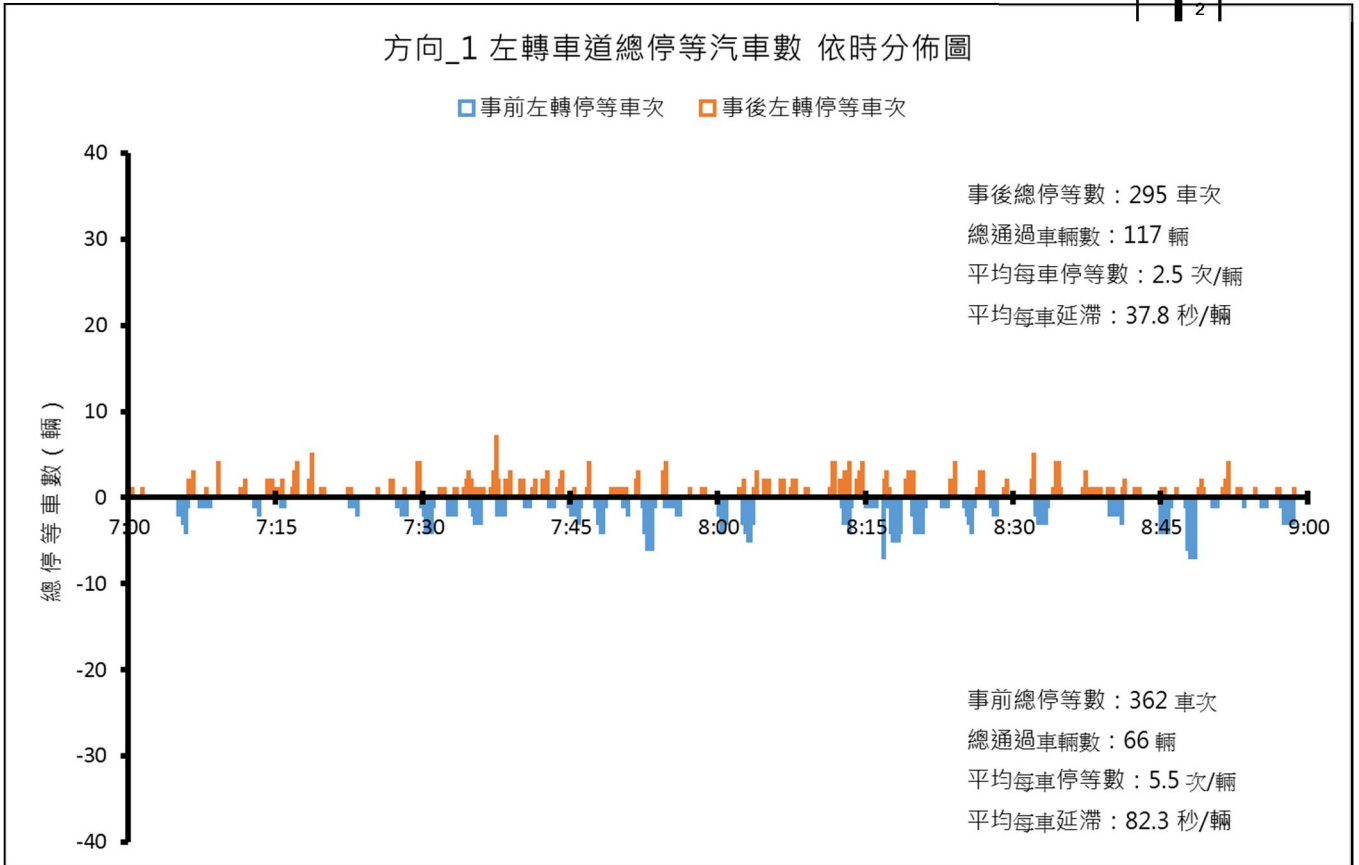
路口汽車停等車數事前/事後依時分佈比較圖

- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 資料日期：2015/08/04（號誌時制調整前調查日，時間軸下方）
2015/11/04（號誌時制調整後調查日，時間軸上方）

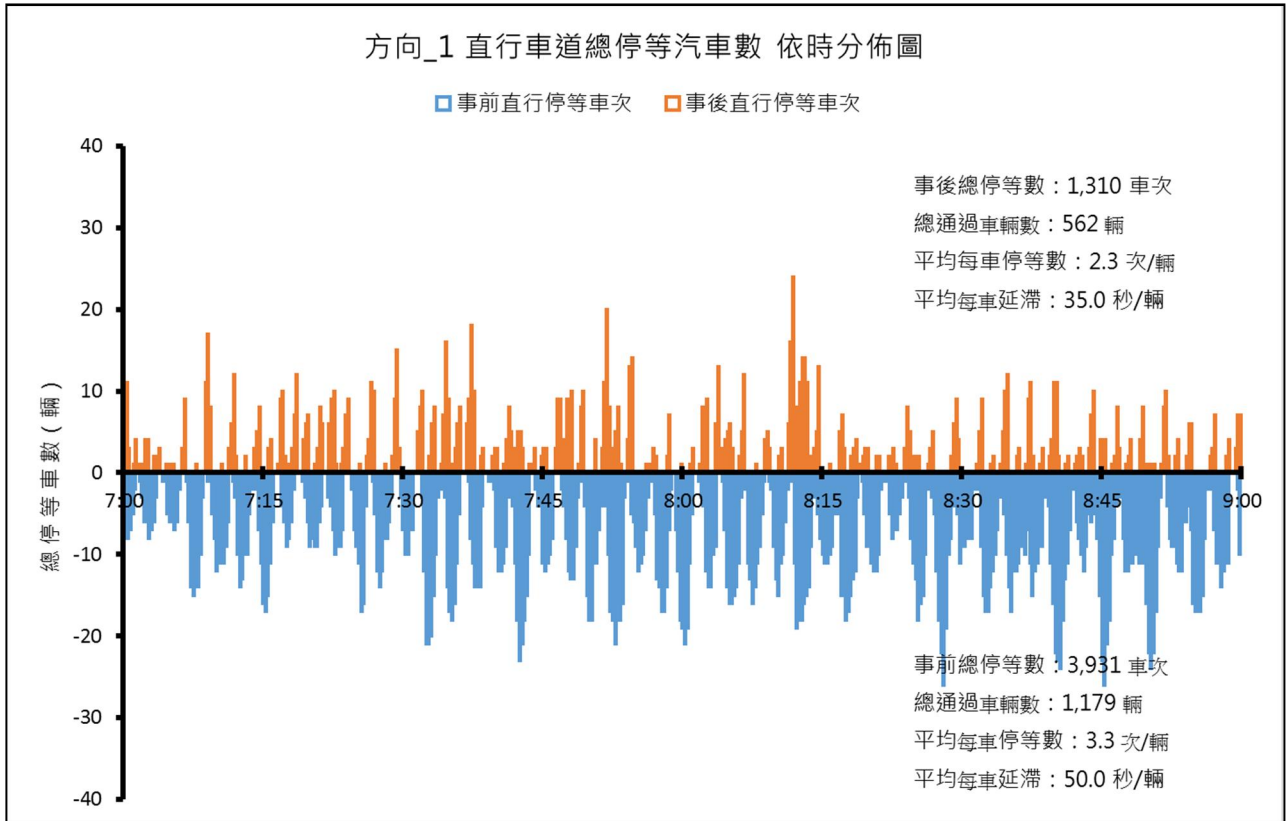


路段方向 1 左轉車道（往西）

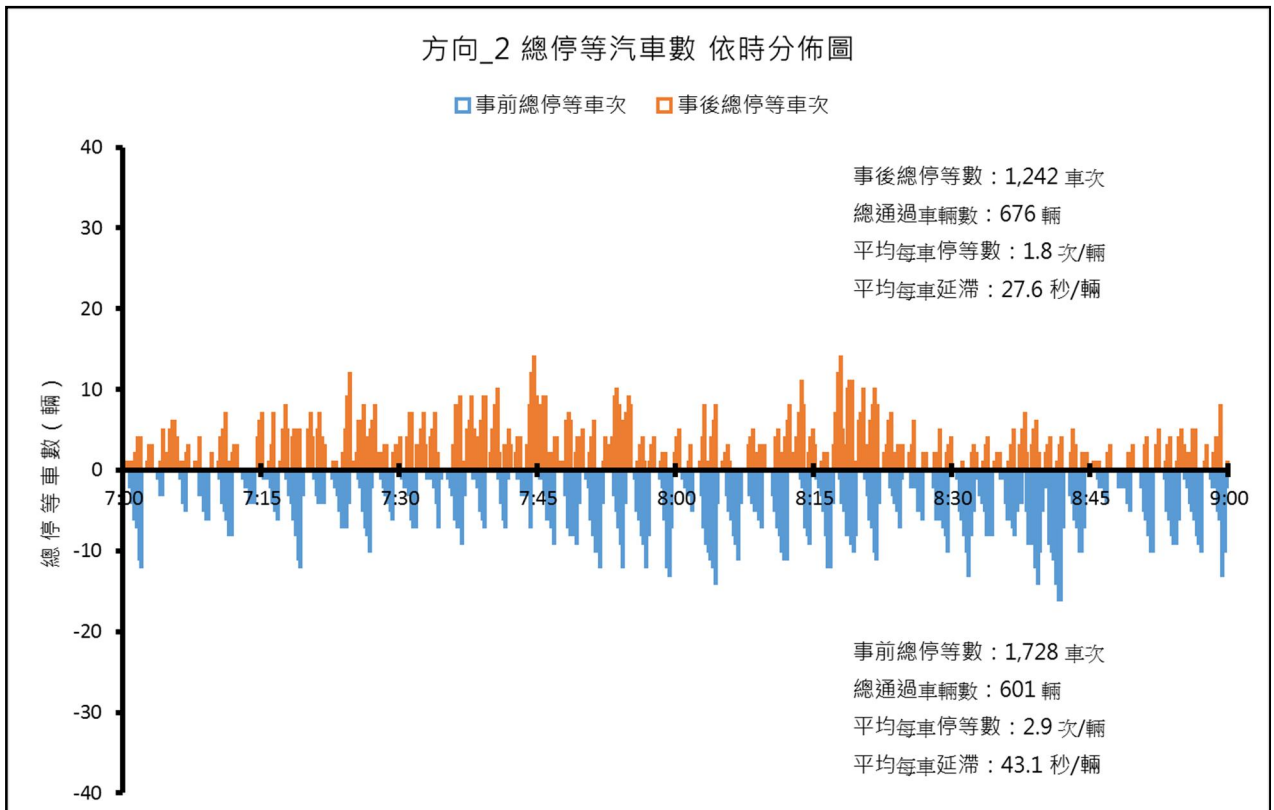
方向_1 左轉車道總停等汽車數 依時分佈圖



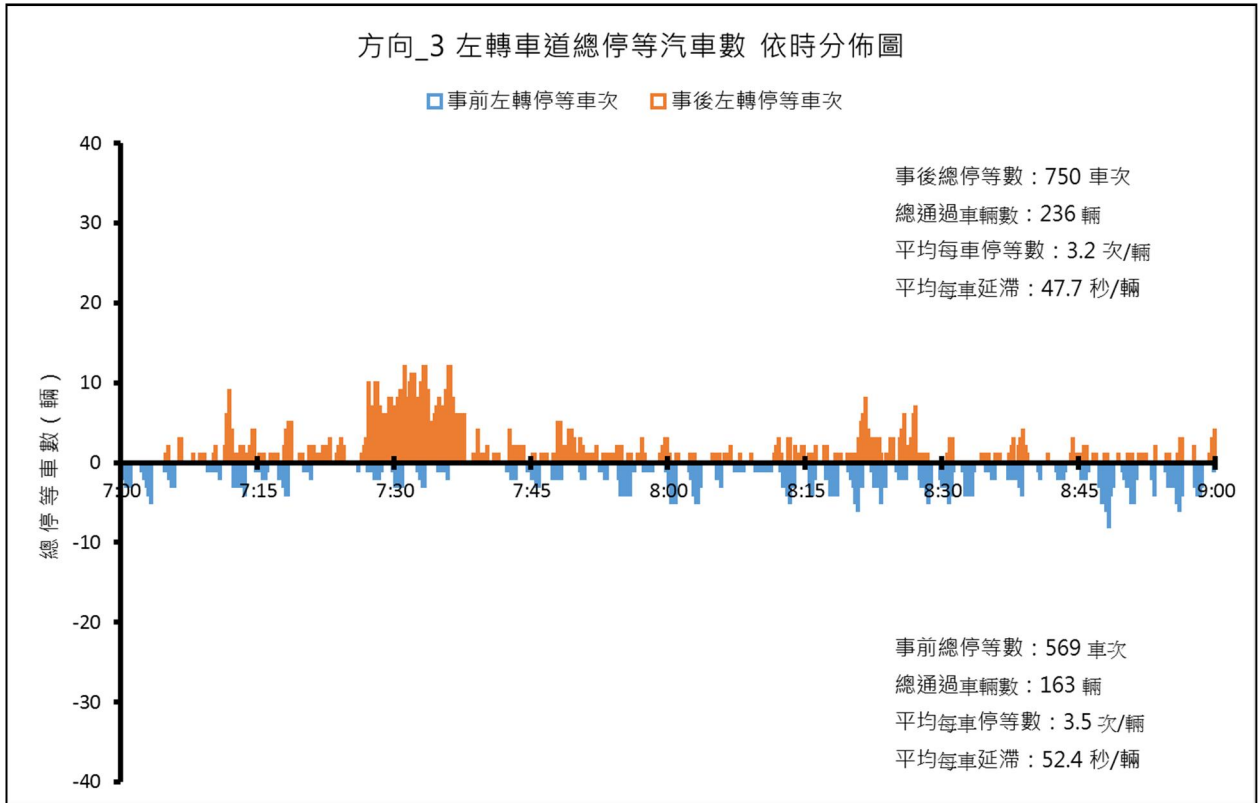
路段方向 1 直行車道 (往西)



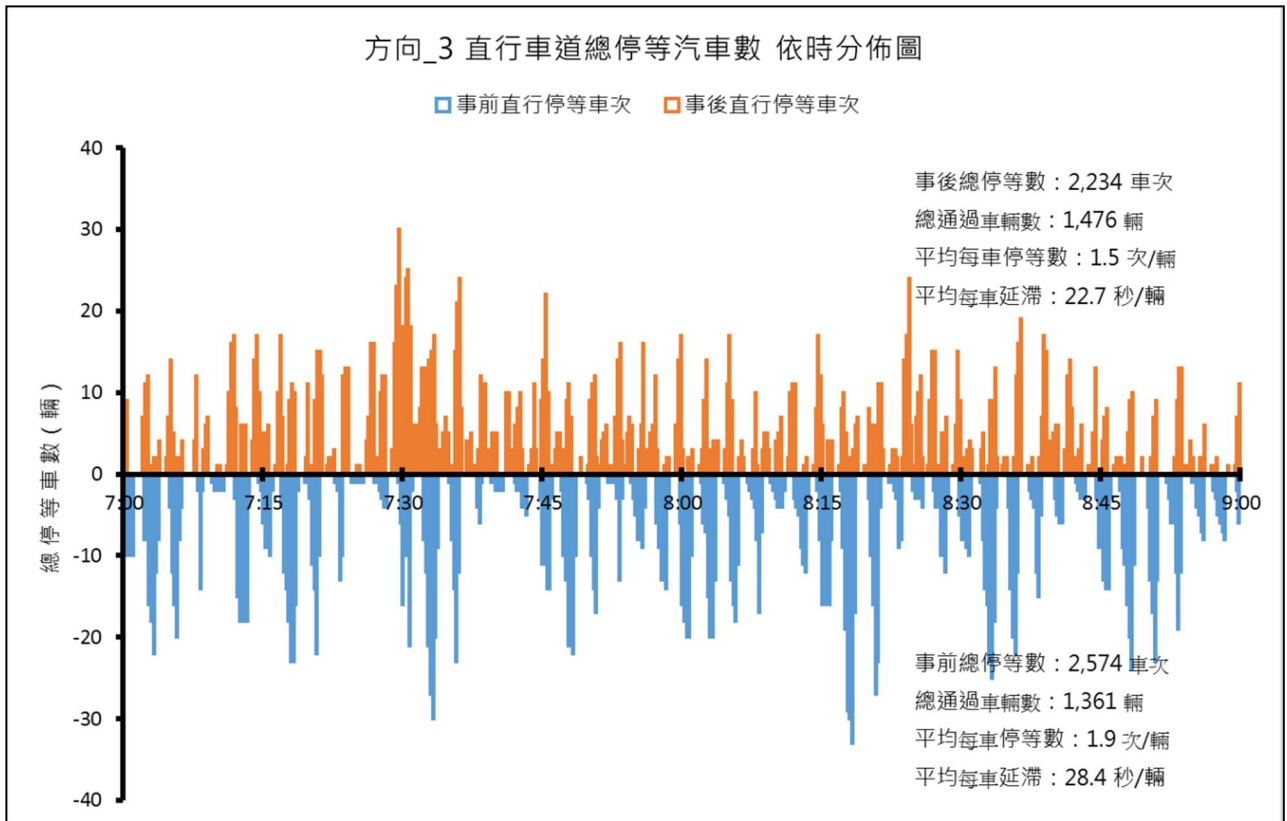
路段方向 2 共用車道 (往北)



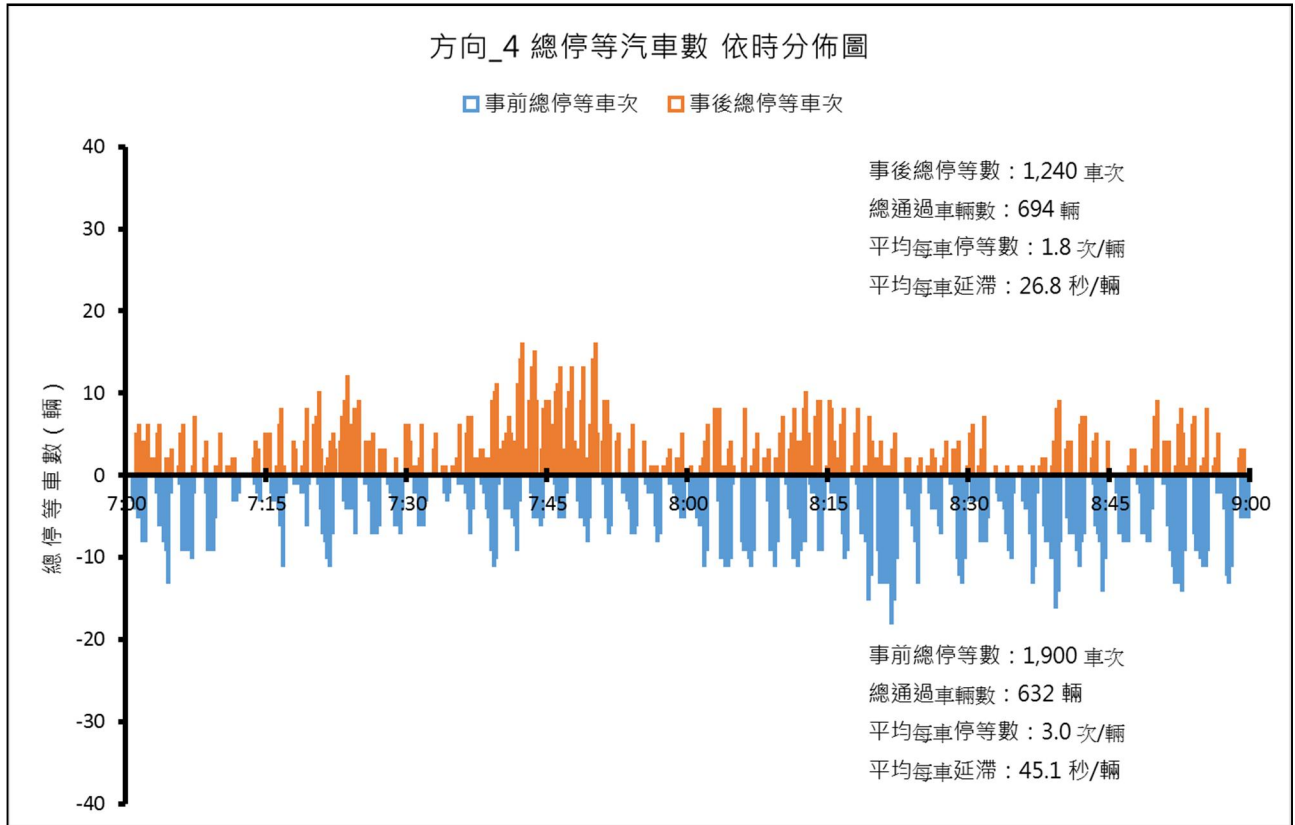
路段方向 3 左轉車道 (往東)



路段方向 3 直行車道 (往東)

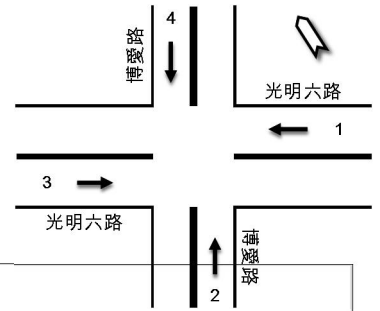


路段方向 4 共用車道 (往南)



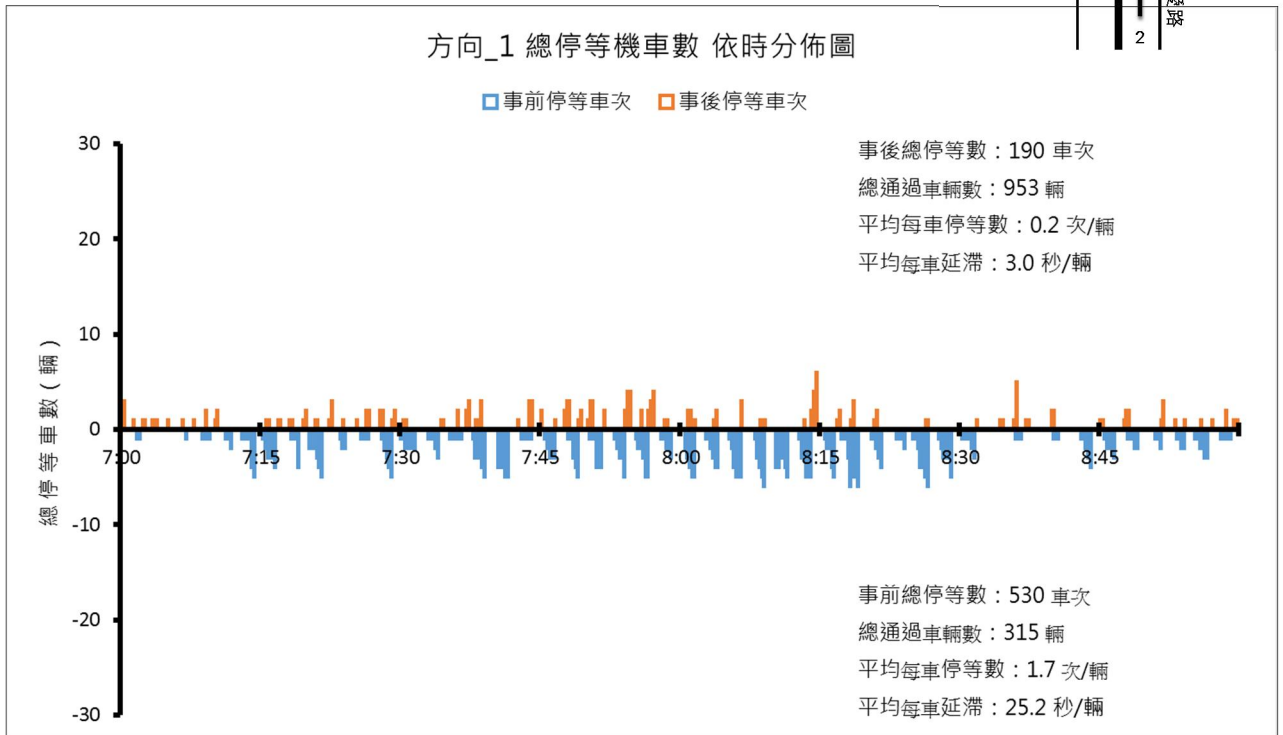
路口機車停等車數事前/事後依時分佈比較圖

- 路口名稱：竹北市光明六路－博愛路口
- 資料日期：2015/08/04（號誌時制調整前調查日，時間軸下方）
2015/11/04（號誌時制調整後調查日，時間軸上方）

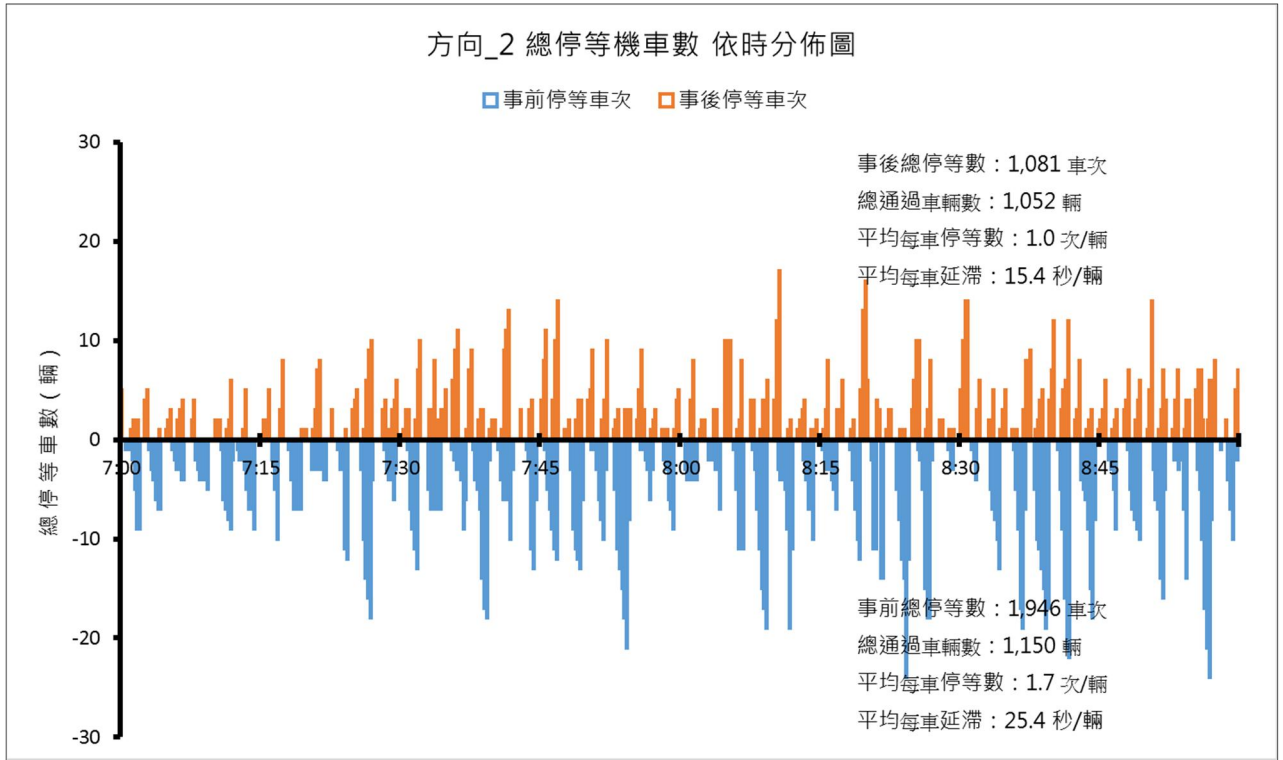


路段方向 1 共用車道（往西）

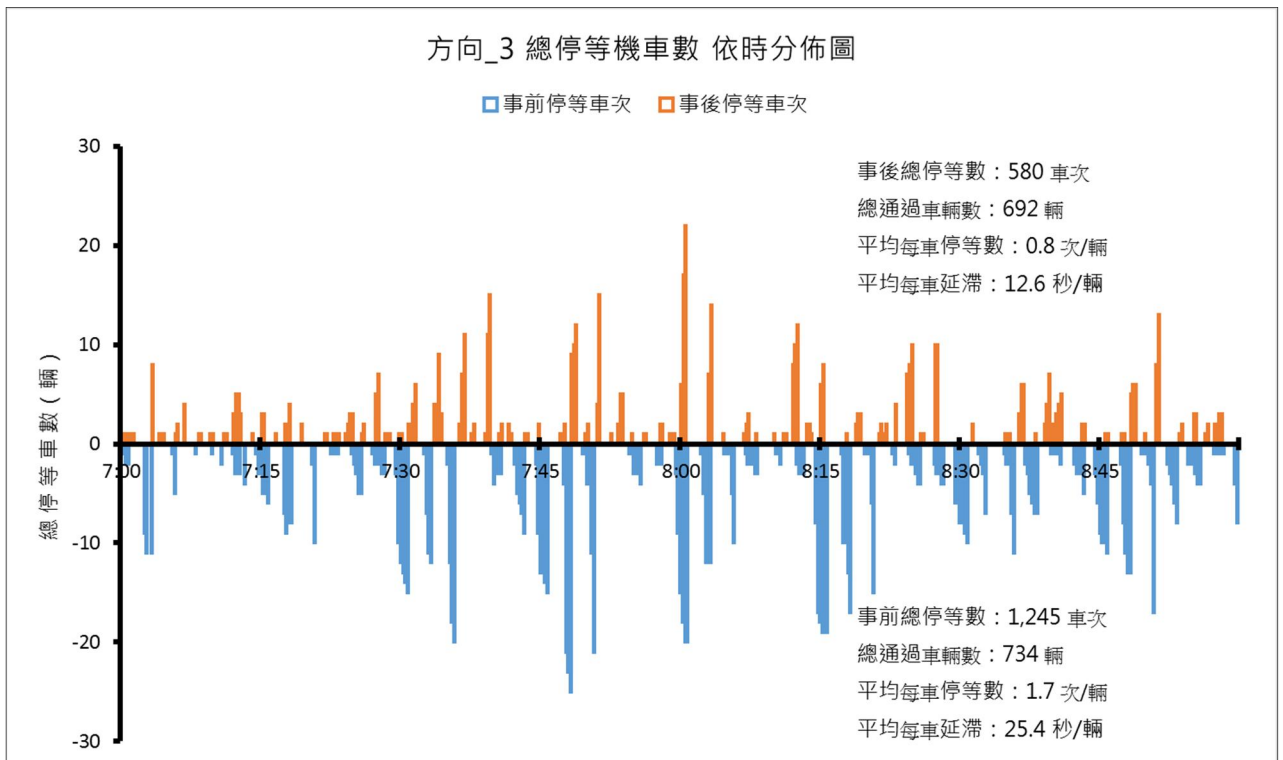
方向_1 總停等機車數 依時分佈圖



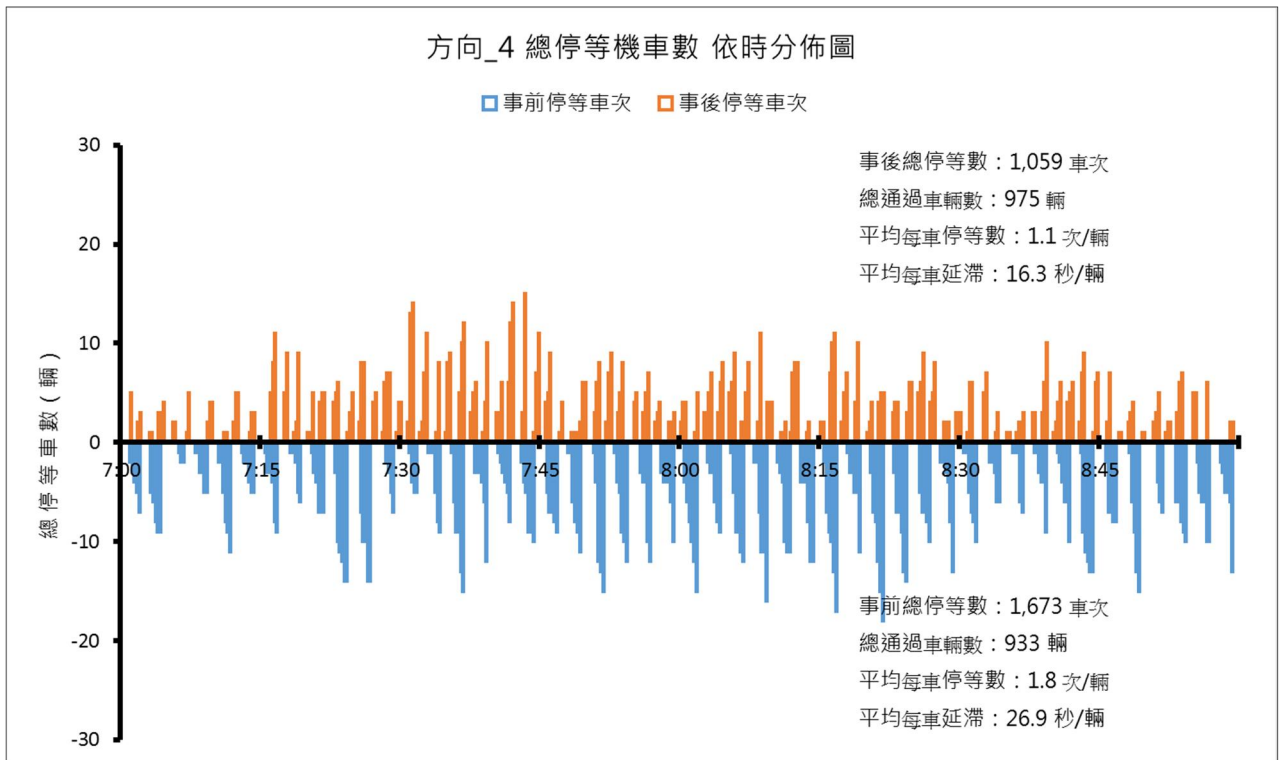
路段方向 2 共用車道 (往北)



路段方向 3 共用車道 (往東)



路段方向 4 共用車道 (往南)



附錄 J

期中審查意見回覆

委員	審查意見	回覆
周家慶委員	<p>1. 請補充說明在混合車流紓解模式中如何因應溢流阻擋案例，其可能的影響為何？建議在後續實證或模擬時加以評估。</p>	<p>目前模型可處理二種溢流阻擋情況：一為左轉車輛過多導致左轉車無法進入左轉專用道；二為直行停等車隊超過左轉專用道入口，導致左轉車無法進入左轉專用道。溢流阻擋的實證係屬前四年期計畫評估的工作，不納入本年期實證評估範圍。</p>
	<p>2. 在軟體功能或介面改良上，建議列表說明有關各縣市所提使用意見之回饋與處理情形。並請持續更新完善軟體功能與介面。</p>	<p>1. 合先敘明，本研究於 4-1 期計畫中，已訪談過北部主要縣市政府，了解本軟體未來發展方向，相關軟體功能規劃藍圖如期中報告書表 2.4-1 所示。</p> <p>2. 考量「智慧交控補助款計畫」中並未規定要使用本研究之軟體，因此，本研究已另請大部協助發文，提供軟體予各縣市單位協助進行測試，後續若有縣市單位提供相關回饋意見，本研究會將各意見內容及處理情形一併紀錄於報告書中。</p> <p>3. 本計畫軟體相關功能的改善與擴充將依據大部所提之需求持續辦理。</p>
	<p>3. 在公車專用道分析中有關公車到達間距與服務時間分布上，如何考量號誌設計與駕駛人行為所造成之影響？可否加以量化分析？</p>	<p>公車到達站位時間，普遍受公車路線數量、各路線發車班距、沿線停靠時間變異、駕駛速率變異、上游路口號誌時制等因素之影響，而公車服務時間主要受公車容量、上下車乘客需求量、上下車動線等因素之影響；本研究視公車到達時間與站位服務時間為綜合各項因素的影響結果，故兩者都不採平均值，而是以現調之實證時間分配，提供模式進行驗證。</p>

	<p>4. 建議期中階段之後，在各演算法優化或調整內容之量化評估成果上加以考量納入，並搭配在新竹市與台中市之調查資料進行模式效能分析與參數調校工作</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>5. 建議本案可提出模式運作或模擬所需之交通資料要求，透過交通部補助地方政府時制重整計畫進行交通量調查成果回饋本案，以增加本案實測案例探討與模式分析。並與縣市政府最佳化時制進行比較。</p>	<p>1. 感謝寶貴建議。因本案考量之汽機車混合車流所需輸入之資料與參數與一般未考量混合車流之號控軟體差異頗大。時制重整計畫之交通量調查是否能提供本計畫之資料與參數需求，宜在詳細評估。 2. 不同號控軟體是否都能描述汽機車混合車流以及本土化之交通工程設計，比較上難以有相同標準。</p>
<p>李綱委員</p>	<p>1. 有關演算法調整區域搜尋法為動態步幅，其是否為即時存取實際道路資料，再計算出最佳時制？另外，格位推移模式(Cell Transmission Model; CTM)在實務應用時是否適當？</p>	<p>本案之號控最佳化軟體定位在定時時制的號控最佳化設計，依合約及使用者需求，逐年擴充軟體功能至不同型態的路口及號誌設置，以符合使用者期待。 CTM 是將 LWR 車流模式離散化的巨觀模型，被廣泛應用在高速公路匝道儀控、主線速限控制、市區道路號誌控制、交通量指派等領域。在實務上，知名號控軟體 TRANSYT 從版本 13 開始引入 CTM 作為車流模式替代選項之一。足見 CTM 廣被學術界、實務界使用之程度。</p>
	<p>2. 台中市中港路的公車專用道沒有台北市公車專用道常見的禁止左轉措施，車流會被影響。號誌最佳化應考慮整體系統績效，此部分是否有納入考量？</p>	<p>公車專用道通常設置於幹道或流量較大的直通路段上，以避免影響路段直行車流，故若在施行路段沿線允許公車併入混合車流或路口允許左轉，則常採上游端設站，交控策略通常也會提供左轉專用時相，並予以局部優化。因此現階段模式並未特別模化公車在准許式左轉運行下的複</p>

	<p>3. 中港路公車專用道的公車量較台北市小，是否有取樣不足的問題？</p>	<p>雜狀況。</p> <p>目前已調查中港路三處公車專用道站點各三小時，共包含 233 組公車資料，並無取樣不足問題。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 檢討本號控模式有關公車特性資料之蒐集，主要是希望能明確探討與掌握各個單獨導致公車進出站位延滯時間之影響因素，當公車需求流率過高時，雖然可增加取樣，但導致站區嚴重壅塞因素之關連與不定性亦提高，不利於模式校估。 2. 台中公車特性調查取樣數雖相對較台北為低，但路段擁擠發生率與程度亦較低，有利於檢驗個別公車進出站區服務、額外延誤等時間資料。 3. 目前公車道因偶發性高需求導致之壅塞狀況，可由本模式之敏感性模擬過程加以呈現。
<p>蘇振維委員</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 軟體開發時，可用輸出錯誤報告或是工程版本等方式提供軟體錯誤資訊，提供給團隊參考。 2. 本案之號控模式是否考量自行車或是重型機車？ 3. 在台灣常見駕駛人從直行車道開到鄰近路口端，才插入左轉道準備左轉；或是在車流量大時，二車道路段可能併行成三股車流。本案之號控模式如何描述此狀況？ 4. 本軟體是否會開發微觀模擬介面，提供使用者。 	<p>感謝委員建議，已針對各項參數之輸入設定，加強輸入數值範圍及數值型態的限制，避免輸入錯誤造成模式無法運算問題。</p> <p>本期計畫暫時沒有把自行車納入考量。另在都市號誌化路口，重型機車相較於一般汽機車仍屬少數，故模式不納入考量。</p> <p>本案研發之模式仍限用於符合一般規範之交通型態。而委員提出之狀況並不屬原交通設施在設計時所考慮的行為，故不會納入模式研發考量。</p> <p>本模式使用巨觀車流模式，不易以車輛為單位作微觀的視覺化呈現。故此項目目前尚未納入四年期之軟體開發規劃(參考期</p>

		中報告表 2.4-1)。
	5. 建議加入列表說明選擇實證路口時考慮的各項因子。	依建議採表列呈現。
	6. 運研所長期蒐集許多路口容量資料，歡迎索取資料，以利後續軟體發展測試	感謝委員提供寶貴資料。
	7. 能耗、空汙的部分後續可納入考量	後續年期將產出能耗、空汙等相關績效指標
	8. 建議蒐集縣市政府之軟體使用回饋，作為軟體後續開發方向之參考	同周委員第二點回應。
黃玠庸 委員	1. 使用者在參數輸入錯誤時，可否提醒使用者何處出錯？	1. 參數設定欄位，除提供文字提醒外，已針對各項參數之輸入設定，加強輸入數值範圍及數值型態的限制，避免輸入錯誤。 2. 參數數值設定方式，另增加數值選擇方式(透過滑鼠滾輪上下移動，以選擇欲設定之參數值)，供操作者使用。
	2. 路段延滯之時間，除了汽、機車總延滯可否在各加一欄平均延滯，以利明確顯示該路段為壅塞或順暢。另路段停等長度分析並無資料。	感謝委員提醒，目前已有平均延滯欄位。另將檢視並視需要修正路段停等長度的輸出資料。
	3. 路段編號可否直接顯示於路網圖示上，以利使用者辨認。	遵照辦理。
	4. 路口延滯之機車平均延滯公式可能有誤，其值會隨分析模擬時間長度而增加，或許是之分母數帶錯，導致路口平均延滯隨分析時間長度累進所致。	感謝委員意見，將修正該程式錯誤。
	5. 時空圖之續進帶寬與路口號誌燈態不太符合，是否為路口距離不會隨著設定而改變所致	感謝委員意見，初步檢視確認目前時空圖之路口距離未能隨路段設定數值而變動，將修正該程式錯誤。
	6. 最佳時制設定時差最佳化之幹道雙向比率似乎無作用，若有此功能時，其雙向比是否要再加註幹道方向 A/幹道方向 B 之比值	將檢視此功能並視情況進行修正。
	7. 最佳時制求解時未依各分相所設定之最長綠限制求解。	將修正該程式錯誤。
	8. 在除錯防呆部分，請再加強輸入欄位之值範圍	參數設定欄位，除提供文字

	<p>或限制等之提示，例如目前車道寬僅能整數值，應加以備註。</p>	<p>提醒外，已針對各項參數之輸入設定，加強輸入數值範圍及數值型態的限制，避免輸入錯誤。</p>
	<p>9. 本期路口流量資料改為輸入 8 個 15 分鐘二小時之流量。但一般使用者希望輸入資料越少越好，且已有「尖峰小時係數」之欄位，是否有強制改以每 15 分鐘之方式輸入之必要？可否小時流量和 15 分鐘流量並存方式填寫</p>	<p>1. 合先敘明： (1) 路口流量設定方式改為 8 個 15 分鐘二小時方式輸入，主要是為因應產出本土化報表所需。 (2) 本研究雖於軟體中，提供尖峰小時係數之預設值，但該參數仍應依調查結果予以調整後供模式分析使用，故不建議直接用於換算尖峰小時流量使用。 2. 考量模式所需流量分析最小單元為「尖峰小時流量」，故本研究將再增加「直接輸入」尖峰小時流量方式，讓使用者可依實際調查狀況予以選擇設定方式。</p>
<p>公路總局</p>	<p>1. 簡報 33 頁之圖片有誤植，公車專用道上出現機車停等區。本期使用者介面是否加入防呆機制，避免此類狀況發生？</p>	<p>感謝委員建議，已針對公車專用道上出現機車停等區或機車待轉區等情形，增加防呆機制(無法同時勾選)。</p>
	<p>2. 報告書 57 頁提及「暫不考慮汽車路邊停車、起步、或是轉向等行為對機車優先道車流之影響」，模式是否可加入干擾因子等描述此狀況？</p>	<p>汽車因轉向需求跨越機車優先道，或是路邊停車、起步等行為，對計算最佳號誌的影響較小，故模式不考慮此等狀況。</p>
<p>交通部科 顧室</p>	<p>1. 模式中可用參數表示不同地區的交通特性、駕駛習慣等。</p>	<p>不同地區宜進行適當之參數校估，以反應各地區的交通特性。</p>
	<p>2. 請將本期軟體發送給縣市政府及相關單位試用，以利後續軟體發展。</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>3. 請團隊在期末審查時預備本期研發之軟體成果，以作現場展示使用。</p>	<p>遵照辦理。</p>

附錄 K

號誌控制技術研究計畫交通技術論壇與技術諮詢會議

1. 緒言

民國 99 年至 102 年，交通部委託中華民國運輸學會完成四年期的計畫「交通技術研發與人才培育規劃研究」。其計畫成果之一為考量台灣交通車流特性與管制措施(例如：「機車混合車流」與「機車專用停等/兩段式機車左轉」等)所建立在號誌控制路口下，符合國內路口汽機車等候、消散、轉向的混合運行數學模式。並提供一號誌控制軟體雛形供使用者操作。民國 103 年，交通部委託國立交通大學執行「號誌控制技術研究計畫(1/4)」，旨在延續前四年期之成果，根據使用者回饋意見作軟體與模式功能新增與強化。

本研究將延續去年之成果，持續以軟體產品化之角度，針對前期之軟體、模式以及演算法做強化與調校，進而建立一套得以描述國內特有交通特質，且包含大型車輛、小汽車以及機車混合車流之號控模式。期能發展成一符合本土特色之號誌控制軟體。

本次論壇主要目的係邀請交通控制領域的學者/專家與各縣市政府相關單位，以論壇方式進行計畫內容交流，以作為本計畫後續工作之參考，並有利於提升本計畫成果。

2. 活動程序

日期	時間	內容	地點
11/11(三)	0930-1000	報到	台北交研所 三樓視聽教室
	1000-1100	號控最佳化模式、 演算法及軟體介紹	
	1100-1200	議題研討與技術諮詢	
	1200-	午餐、散會	

3. 討論議題

本論壇含括兩大主題，其相關討論議題表列如次：

(一) 模型與演算法強化：(15-20 分鐘)

1. 快慢分隔島
2. 機車專用/優先道
3. 公車專用道
4. 求解演算法
5. 模型驗證

(二) 軟體改良開發 (15-20 分鐘)

1. 軟體改良與新開發功能
2. 未來年期軟體功能開發方向

4. 號誌控制技術研究計畫交通技術論壇執行結果與活動縮影

本論壇邀請產、官、學、研各單位，共計 20 餘人參加，講習會實況如圖所示，邀請單位如下：

一、政府機關(10 個機關，共 15 人)

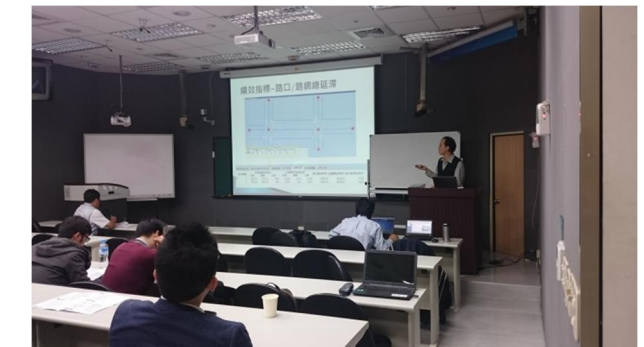
1. 交通部科技顧問室
2. 交通部公路總局
3. 臺北市政府交通局
4. 桃園縣政府交通局
5. 臺南市政府交通局
6. 基隆市政府觀光旅遊處
7. 嘉義市政府交通觀光處
8. 新北市政府交通局
9. 新竹縣政府交通旅遊處
10. 高雄市政府交通局

二、學術單位((1 所學校，共 4 人))

1. 國立交通大學運輸與物流管理學系

三、顧問與科技公司(3 間公司，共 7 人)

1. 台灣世曦工程顧問股份有限公司
2. 中華電信研究院智慧聯網研究所
3. 創新交通科技股份有限公司



5. 號誌控制技術研究計畫交通技術論壇會議紀錄

5.1 座談會出席人員

時間：2015 年 11 月 11 日(星期三)上午 10:00-12:00

地點：國立交通大學運輸與物流管理學系(台北校區)三樓視聽教室

主持人：國立交通大學 黃銘崇 博士

交通部「號誌控制技術研究計畫(2/4)」

交通技術論壇與技術諮詢會議 簽到表

會議時間：104 年 11 月 11 日星期三，上午 10:00 - 12:00

會議地點：國立交通大學交通運輸研究所三樓視聽教室

機關	姓名	職稱	簽到
交通部科技顧問室		主任 科員	陳信忠 陳信忠
交通部運輸研究所	黃新薰	主任秘書	
中華電信研究院智慧聯網研究所	董聖龍	博士	董聖龍
立新交通技師事務所	吳育婷	博士	
臺南市政府交通局	黃玠庸	約聘人員	黃玠庸
	黃仲康	技士	黃仲康
基隆市政府交通旅遊處	施國賢	約聘人員	施國賢
嘉義市政府交通觀光處	林志榮	技士	林志榮
	陳信良	約聘人員	陳信良
交通部公路總局	黃益羣	工務員	黃益羣
	宋建宏	幫工程司	宋建宏

新北市政府交通局	陳俊銘	股長	陳俊銘
	黃仲平	技士	黃仲平
臺北市政府交通局	李佩洋	約聘人員	李佩洋
新竹縣政府交通旅遊處	陳順利	科員	
	陳彥仲	科員	陳彥仲
桃園市政府交通局	劉廣堂	股長	劉廣堂
高雄市政府交通局	洪聖峰	股長	洪聖峰
台灣世曦工程顧問股份有限公司	張凱鈞	工程師	張凱鈞
	鄒政修	工程師	鄒政修
	林銘樂	工程師	林銘樂
	卓楷霖	工程師	卓楷霖
創新交通科技股份有限公司	曾明德	博士	
	莊智仁		莊智仁
			傅仲平
國立交通大學	卓訓榮	教授	卓訓榮
	林貴璽	老師	林貴璽

5.2 會議記錄

臺南市政府交通局 黃玠庸先生

1. 建議與其他軟體(SYNCHRO)做比較，不只是本土化且優於其他軟體。

主持人 黃銘崇博士回覆

1. 在高機車組成下此軟體才會有較明顯的差異，此軟體的績效值，汽車、機車皆會輸出延滯，PCU 延滯較難操作，因為機車行為差別較大。

桃園市政府交通局

1. 快車道右轉未來是否可以加入，或是再開另外的時制?
2. 將來行人干擾模式是否有考量?
3. 模式最佳化參數校估之方法?
4. 是否有參數最佳化工具?

主持人 黃銘崇博士回覆

1. 規劃在第三期會加入。
2. 規劃在第三期會加入。
3. 之後會出校估參數的手冊，像是機車停等區的紓解率等較特殊之參數。
4. 會列入考量，盡量使模式較完整，使用者可以輸入較少的值。

世曦工程顧問公司

1. 在嘉義綠燈還需考量老農過馬路，此軟體將來是否可以應用於嘉義?
2. 未來是否可以應用於慢車道左轉?
3. 未來是否會開發多叉路口?

主持人 黃銘崇博士回覆

1. 第三期會加入行人時相。
2. 未來皆會納入考量。
3. 第四期會加入多叉入口。

中華電信研究院智慧聯網研究所董勝龍博士

1. 使用者介面插入底圖後，該底圖是否會等比例縮放?左轉專用道長度可以設定，若縮放線條是否會相對縮放?
2. 輸出皆是表或數值，如有統計圖會更好比較
3. 先做單一路口再串起來，單一路口 cycle lane 初始值都不同，最後串起來 Maxband 真的有比較好?
4. delay 績效是真的變好，但有些交通量整體也變小，那是否有精進空間?

主持人 黃銘崇博士回覆

1. 路口間關係會維持正確，底圖亦會等比例縮放。
2. 未來會列入考量。
3. 幹道續進不一定要 common cycle，原規劃是用 common cycle，因此我們是根據之前的規劃續用。

附錄 L

號誌控制技術研究計畫成果說明會與教育訓練

會議記錄

交通部運輸研究所 孔垂昌研究員

1. 如果單純做時制重整，參數校估的方法為何？八項參數內，有哪些需要校估？
2. 多路口的情況下，如何遴選需參數校估的路口？
3. 時制重整的問題上目前似乎沒有具體參數校估的步驟，可擬技術文件以供參考。
4. 車尾距與車頭距之差異為何？

主持人 黃銘崇博士回覆

1. 需先檢討現行的時制及車流特性。若在道路幾何設計有針對機車設計的情形、或混合車流內機車交通量較高時，再根據路況收集需要的參數。
2. 計畫前兩年皆針對單一路口，在 4/4 時才會對多路口議題有詳盡研究。
3. 依建議執行。

國立交通大學 林貴璽老師

4. 此屬實證上的問題。在以偵測器收集資料時，汽車壓管從而觸動偵測器的時候是由車後輪觸動。以往採用車頭距並平均飽和間距的處理方式，由於混合車流內有大車與小車的差異，可能會有計算容量與實際不符的情形，採用車尾距可避免此一問題。



交通部「號誌控制技術研究計畫(2/4)」

成果說明會 簽到表

時間：104年12月4日星期五，上午 9:20 - 下午 12:30

地點：國立交通大學運輸與物流管理學系(台北校區)三樓視聽教室

機關	姓名	職稱	簽到
交通部科技顧問室	杜宗敬	主任	杜宗敬
	饒宗敬		饒宗敬
臺北市交通管制工程處	李岱蔚	工程員	李岱蔚
臺南市政府交通局	黃仲康	技士	黃仲康
新北市政府交通局	陳俊銘	股長	
	黃仲平	技士	黃仲平
高雄市政府交通局	洪聖峰	股長	
交通部運輸研究所	孔垂昌	副研究員	孔銘
交通部公路總局	毛皖亭	幫工程司	毛皖亭
	宋建宏	幫工程司	宋建宏
台灣世曦工程顧問股份有限公司	卓楷霖	工程師	卓楷霖
	劉宜傑	工程師	劉宜傑
	張恆維	工程師	
	許家齊	工程師	許家齊

交通部「號誌控制技術研究計畫(2/4)」

教育訓練 簽到表

時間：104年12月4日星期五，下午 1:30 - 4:30

地點：國立交通大學運輸與物流管理學系(台北校區)三樓視聽教室

機關	姓名	職稱	簽到
交通部科技顧問室			
	饒宗敬		饒宗敬
臺北市交通管制工程處	李岱蔚	工程員	李岱蔚
臺南市政府交通局	黃仲康	技士	黃仲康
新北市政府交通局	陳俊銘	股長	
	黃仲平	技士	黃仲平
高雄市政府交通局	洪聖峰	股長	
交通部運輸研究所	孔垂昌	副研究員	孔垂昌
交通部公路總局	毛皖亭	幫工程司	毛皖亭
	宋建宏	幫工程司	宋建宏
台灣世曦工程顧問股份有限公司	卓楷霖	工程師	卓楷霖
	劉宜傑	工程師	劉宜傑
	張恆維	工程師	
	許家齊	工程師	許家齊

附錄 M

投稿論文大綱

預定投稿至 The 5th International Workshop on Agent-based Mobility, Traffic and Transportation
Models, Methodologies and Applications (ABMTRANS-2016)

A Cell-based Model for Arterial Bus Lanes

Hsun-Jung Cho^{1,2}, Ming-Chorng Hwang¹, and Chia-Chun Hsu¹

¹ Department of Transportation and Logistics Management, National Chiao Tung University, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

² Chairman of the board, China Engineering Consultants Inc., Taipei, Taiwan

Abstract

Bus lane is a form of exclusive bus facility that is typically found along busy arterial streets. It is intended to improve the level of service of bus transport in terms of speed, reliability, safety, etc. The use of bus lanes is generally justified under the grounds that buses can potentially carry more passengers than automobiles. Most of existing tools for evaluating the bus lane facilities are analytical models or by means of microscopic simulation. This paper aims to develop a traffic model for bus lanes along arterial streets based on cell transmission model (CTM). The model is able to depict different sources of delay to a bus along the bus lanes, including bus stop failure, traffic signal delay and blockage by fore buses. The model has three parameters: operating speed of bus before entering the berth, in berth and after leaving the berth area. Field data has been collected and used to conduct parameter calibration. The result shows the proposed bus lane model has potential use in evaluating performances of bus lane facilities.

附錄 N

期末審查意見回覆

項次	委員意見	研究團隊回覆
周家慶委員		
1	交通部補助各縣市執行時制重整工作時所蒐集交通量，路口幾何數據及其透過時制設計軟體及經微調後之實務上最佳化時制計畫等資訊是否可供本案測試之用。惟團隊回應本案混合車流模式所需輸入資料與參數不同於各縣市所用軟體。因此請補充說明需求為何？	謝謝委員意見，將於期末報告書附錄加入文件，說明模式所需資料的調查方法、校估方式，提供各地方政府參照執行。
2	請補充說明本案在測試時是否有進行多次運作，並評估在時制計畫績效值、運算時間等面向有穩定的輸出結果。	本案之混合車流模式為確定性模式(deterministic model)。故針對同一測試案例，每次執行所需的運算資源與輸出結果均相同。
3	請補充說明竹北市光明六路-博愛路目前是否仍持續執行本案所得最佳化時制計畫，且此路口多數時向綠燈時間為 16 秒是否符合最小綠燈要求。	該路口目前仍持續執行本案之最佳時制計畫。另因此路口四個路段皆設有天橋供行人通行，故無最短綠之設計，惟本軟體可提供輸入最短綠燈時間限制之功能
4	請補充說明本案如何評估研發成果在快慢分隔島、公車專用道方面的實務應用可行性。	針對快慢分隔島的模式，本案已在台中市台灣大道-惠中路口進行調查與參數校估。而公車專用道則選在台灣大道三處公車專用道路段進行調查及參數校估。校估結果請詳見於報告書 5.4.3 節。因本案之模式假設快慢分隔有轉向限制，即快車道禁止右轉、慢車道禁止左轉等。故在實務應用上，無法處理不符合此設定之路口。 此假設符合多數都市道路設有快慢車道分隔路口之交通管制方式，尤其是交通量大的都市路口，其他較特殊的快慢分隔路口轉向動線方式(例如：允許快車道右轉或慢車道左轉)，則可於後續年期評估是否納入功能擴充。 另外本案研發之號誌最佳化軟體

		<p>乃為定時時制最佳化，在使用者設定號誌、公車專用道相關參數後，可評估公車專用道之號誌延滯績效。亦可以系統總延滯為目標，求解最佳時制計畫。</p>
5	<p>請補充說明本案模式目標函數為系統延滯最小，但為何參數校估時僅使用平均停等車輛數。</p>	<p>平均停等車輛數與系統延滯時間有絕對相關。時制最佳化的目標函數其意義為反應系統績效，延滯只是其中一種，並被本軟體選用在單一路口情境之系統績效目標函數；然而本研究選用停等車輛數作為參數校估時的目標函數，係考量該車流模型在號誌化路口是否能反映實際的停等車隊型態，這也對後續車隊紓解過程有很大的影響，進而影響綠燈時間的計算結果，因此本研究認為參數校估選用停等車輛數是很適當的。並且在單一路口或幹道多路口連鎖的情境下，本研究初步認為停等車輛數應該都是適當的參數校估目標函數。</p>
黃玠庸委員		
1	<p>左轉槽化島長只限制 99 公尺，但實際應用超過該值，建議該欄位之最大值為該路段之長度。</p>	<p>已將左轉槽化道長度上限修改為 999 公尺。</p>
2	<p>若該路段沒公車站牌時，公車停靠站距離路口長度是否需要填寫？</p>	<p>若路段無公車專用道，則相關設定不須填寫。已修改使用者介面，當勾選公車專用道後，下方才會出現公車設定參數的欄位。</p>
3	<p>設定原始時制時，無最大綠之除錯警告。</p>	<p>已修改使用介面：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 輸入之最大綠如果小於綠燈秒數會出現訊息，並將最大綠設為 999。 2. 輸入最小綠時如果大於綠燈秒數會出現訊息，並將最小綠設為 0。

		<p>3. 輸入之綠燈若小於最小綠，則會自動將綠燈設為最小綠的秒數；若大於最大綠則自動設為最大綠秒數。</p> <p>4. 下方分相可拉動調整綠燈的介面，也會依使用者設定之最小最大綠燈時間做防呆檢查。</p>
4	<p>臨界車道流量結果顯示之週期是系統最佳化求解之起始值嗎？其值如何而來？應再考量最短綠。</p>	<p>1. 臨界車道流量分析結果並非系統最佳化求解之起始值。</p> <p>2. 透過臨界車道流量分析，可利用使用者掌握路口目前車流紓解所需最短週期時間及各分相所需時比分配狀況，作為最佳化分析結果之微調參考，故建議此分析中應先不考量最短綠燈時間限制。</p> <p>其計算過程詳報告書 4.2.5 節第 4 點說明。</p>
5	<p>執行最佳化後，修正部分資料後再執行最佳化動作，則會出現非合理之結果（例如各路口週期不一致、時比不合宜）</p>	<p>各路口週期不一致可能是委員使用之軟體(技術論壇釋出)功能尚未完善，已將此錯誤修正。至於修改資料後再執行最佳化，會導致時比不合宜之狀況，團隊測試後並未出現。</p>
6	<p>開啟舊檔之資料僅載至基本設定部分，未將以執行過之最佳時制載入，且也未清空上次使用後之績效內容，請改善。</p>	<p>1. 未將已執行過之最佳時制載入問題，主要係先前檔案管理之儲存功能開發未考量使用者亦可能一直執行到跑完最佳化後才儲存而導致之儲存不完全問題(原設計認為一般使用者之操作習慣，應會在執行最佳化前即先儲存專案)，已另增加「快速儲存」功能，以改善儲存不完全問題。</p> <p>另對於未清空上次使用後之績效內容部分，亦已修正此錯誤。</p>
7	<p>期中時所提績效分析報表中，路口延滯之機</p>	<p>感謝委員建議，此現象係因模擬</p>

	<p>車平均延滯公式有誤，這次換部分之汽車平均延滯公式有誤，其值會隨分析模擬時間長度而增加，請再次查核並修正。(流量母數可能只用 5 分鐘或 15 分鐘之流量)</p>	<p>時未先執行夠長的暖機時間 (warm up period) 所導致，已修正此錯誤。</p> <p>另外，路段之停等延滯與其上游路口之轉向流量、時制設計等有絕對相關。而因模擬時間長度決定了模擬結束時各路段的狀態，亦影響模擬時間內系統總延誤與平均延誤之結果。故使用不同模擬時間產生路段的平均延滯仍會存在些許差異。</p>
8	<p>檔案儲存建議再友善一點，自動以新增資料夾(名稱同儲存之檔名)方式儲存檔案，以利檔案之存取。</p>	<p>原本的儲存功能會把最佳化成果檔一起存到專案資料夾中，但要先儲存專案或開起專案後再執行最佳化，才會把最佳化成果檔自動放到專案資料夾中。此功能不做修改。</p> <p>另外加入「快速儲存」： 點選後會在 TSA 程式根目錄下建立以當下時間為名稱的專案檔及資料夾，例如：資料夾名稱 (20151218-135502)，專案檔名稱 (20151218-135502.prj)。執行完後會出現訊息視窗顯示儲存的資料夾路徑。如果修改專案後要再儲存，只要再點選一次「快速儲存」就會儲存於原有的專案，不會再另外建立新的專案。若要儲存到另外一個資料夾或變更專案名稱，請點選「儲存」鈕。另外加一個按鈕「開啟資料夾」，如果未儲存專案，會開啟 TSA 程式的資料夾；如果有儲存或開啟專案，則會開啟目前專案的資料夾</p>
9	<p>目前使用測試，個人的使用心得是最佳化之週期似乎偏短，但其時比合宜，是否是疏解率推估過高所致，或其他原因，請規劃團隊再深入探討。</p>	<p>謝謝委員意見，檢視發現此係疏解模組中的行為較樂觀導致，已進行調整。後續年期將更著重於紓解率的參數調查與校估。</p>

10	因本案計畫書已編訂各年度之執行內容，惟各使用單位有提出許多之功能建議，或貴團隊認為需加強之功能無法完成，所以是否請貴團隊將目前未能納入開發之功能依其重要性彙整，再建議交通部逐年編列預算辦理，讓本軟體功能更完備。	謝謝委員意見，去年已針對北部主要使用單位進行需求訪談，並於該計畫期末報告中將各年度建議開發之功能項目提供予大部參考，其中已包含原計畫各年度未編定之執行內容。
公路總局		
1	使用軟體時發現有時候執行很久，使用者無法確認程式是否在正常運作。建議軟體可否加入訊息提醒使用者軟體執行狀況，或將執行時間限制在合理的範圍內。	經了解使用者在測試單一路口時制最佳化時，發生執行時間過長的情形。而經團隊多次測試，本軟體最佳化單一路口約在 30 秒內均可執行完成。故推測使用者發生執行時間過長的情形，可能是因為使用者雙擊執行按鍵，程式多次存取導致錯誤而無法停止。因此目前已將使用者介面執行按鍵改為點按一次後，按鍵功能即被關閉(disabled)，待程式執行完成，按鍵功能才會再次被開啟(enabled)，可避免此類狀況發生。
科技顧問室		
1	請於報告書加入表格，列出實證路口的遴選因素	已新增表 5.2-1 說明路口遴選因素。
2	報告書結論與建議處應加入對本計畫未來年期相關工作之建議事項，如行人時相之實證地點遴選考量因素等	遵照辦理。