

車輛行經高速公路與市區道路交流區域協調交控之 啟動與調整

楊宗璟 Chun-Zin Yang¹
黃啟倡 Chi-Chang Huang²
吳秋樺 Chu-Hwa Wu³
李亭誼 Tin-Yi Lee⁴
林秋婷 Chu-Tin Lin⁵
李雅蓁 Ya-Chern Lee⁶

摘要

高速公路依其剩餘容量以匝道儀控調整由匝道進入的車流，而市區道路依下匝道與橫交道路的相對給予對方便利，然而常是各行其道而較少以單一系統同時兼顧，本車流以時制計畫調整其各路肢的紓解率，兩者雖在自己有能力的狀況下盡量考量研究欲從汽車駕駛人的角度，思考上下匝道的整體均衡狀況，使兩個系統的服務水準互相拉近，故將以 102 年底台中市區域交控計畫之中港交流道為例，選擇一週五（12 月 27 日）與週日（12 月 29 日）之全天，同時蒐集北向高速公路主線與匝道的車輛偵測器之資料（因為南向的交通問題較不顯著）、匝道儀控率之資料以及交流道附近市區道路車牌辨識系統之旅行時間資料（其中含蓋出城方向由惠中路至環中路的路段，以及進城方向由朝富路至惠中路的路段），分析上下匝道車流狀況並針對現有交控計畫，研擬協調交控之啟動與調整，其結果是展現協調交控之啟動與調整邏輯，以及其實例應用，並說明以整體考量下之可能績效，包括確保本身系統 D 級以上道路服務水準的前提下如何盡可能提升另一系統的服務水準，例如高速公路匝道儀控率的放寬或是下匝道第一個市區道路號誌路口紅綠燈秒數的調整，而且比較調整前後的狀況，初步成果指出週五的問題不大，而主要的問題發生在週日，上匝道的方向之某些時段（下午 3 點至晚上 10 點之間），因為高速公路主線每車道尚有每小時 160 部車的剩餘容量，可將時制 5 調整至時制 6，允許每個小時多 100 部車進入國道之外車道，以減輕上匝道回堵影響，而導致市區壅塞狀況，此時之上匝道平均延滯可由 16 分鐘縮短至 13 分鐘，甚至將 3 個車道每小時各 160 部的剩餘容量全部用來允許進入國道，則儀控率可進一步放寬至時制 10，相對的平均延滯更縮短至 9 分鐘，又仍維持國道的服務水準在 D 級以上，至於下匝道部分，則因市區道路服務水準較國道差，尚未發現調整時機；最後則針對兩個系統整合成單一系統而進行協調控制時，所需新

¹ 逢甲大學運輸科技與管理學系副教授。(聯絡地址：40724 台中市文華路 100 號，電話：04-24517250 轉 4665，E-mail：czyang@fcu.edu.tw)。

² 逢甲大學建設學院土木與水利博士學位學程規劃組博士班學生。

³ 逢甲大學運輸科技與管理學系碩士班一年級學生。

⁴ 逢甲大學運輸科技與管理學系大學部三年級學生。

⁵ 逢甲大學運輸科技與管理學系大學部三年級學生。

⁶ 逢甲大學運輸科技與管理學系大學部三年級學生。

增設置的儀器設備，作一簡要的建議。

關鍵字：區域交控、匝道儀控、剩餘容量、道路服務水準

一、緣起

1. 台中市智慧畫化交通控制與上匝道協控

台中市政府近年來針對市區道路交通控制進行長期的改善，在重要的聯外道路(例如台灣大道與中清路)已獲致相當程度的改善(台中市政府, 2010; 99 年度台中市交通資訊管理中心整合與時制重整實作計畫, 台中市政府, 2011; 100 年度台中市交通資訊管理中心整合與時制重整實作計畫), 為能利用先進科技與智慧邏輯改善交通問題, 去年底起更將範圍擴大至中部地區的相關縣市(台中市政府, 2013; 102 年度中部區域交通控制中心平臺規劃設計及實作), 其中包括大台中地區與彰化縣, 而為達成有效控制所裝設的儀器設備, 則包括既有的車輛偵測器(VD)、車牌辨識系統(AVI)、可變標誌系統(CMS)、閉路電視系統(CCTV)、號誌控制箱(TC), 以及新設的 e-tag 車輛辨識器, 並與控制中心連線, 進行遠端的資料蒐集、分析以及顯示或控制; 另外為了由市區道路順利轉入高速公路, 在上匝道流量大的時候也常是高速公路主線的尖峰時段, 此時針對上匝道已實施匝道儀控, 惟此一儀控在管控進入高速公路主線流量的時機, 其儀控率有無溝通協調的空間, 端賴高速公路主線的剩餘容量尚有多少, 故上匝道與高速公路主線的車流資料之蒐集, 扮演著非常重要的角色, 同時市區道路主管單位亦可將此時的地區路況傳遞給高速公路主管單位, 以爭取是否適當合理的善意回應。

2. 高速公路中部路段上匝道儀控與下匝道協控

至於國道高速公路中部路段, 在交通控制業務部分委外每三年一期的計畫(國道高速公路局中區工程處, 2014; 交控中心部分業務委外工作, 國道高速公路局中區工程處, 2011; 交控中心部分業務委外工作, 國道高速公路局中區工程處, 2008; 交控中心部分業務委外工作, 國道高速公路局中區工程處, 2005; 交控中心人力委外工作)中, 也有一部分的主題研究(例如: 台中生活圈四號道路豐原霧峰段通車後之交通影響。(2010 年 3 月~2011 年 2 月), 高速公路基本容量資料蒐集與應用(一)。(2012 年 3 月~2013 年 2 月), 高速公路基本容量資料蒐集與應用(二)。(2013 年 3 月~2014 年 2 月))是與上下匝道的效率有關, 為了由高速公路順利轉入市區道路, 在下匝道流量大的時候也常是市區道路的尖峰時段, 此時針對下匝道第一個號誌路口的時制計畫, 也管控著由高速公路下來的流量, 其紅綠燈秒數有無溝通協調的空間, 端賴市區道路的剩餘容量尚有多少, 故下匝道與市區道路的車流資料之蒐集, 扮演著非常重要的角色, 同時高速公路主管單位亦可將此時的高速公路路況傳遞給市區道路主管單位, 以爭取是否適當合理的善意回應。

3. 區域交通控制

由上述兩段文字內容的說明, 若市區道路與高速公路的主管單位, 站在自己的本位立場來看問題, 即上匝道以原有在高速公路的車流優先, 而下匝道以原有在市區道路的車流優先, 則以必需同時行經兩種道路的駕駛人而

言，將常遭遇於道路系統轉接時的壅塞問題，因此若能將兩種道路系統整合為一種系統，使跨越不同市區道路的駕駛者能順利通行，此即為區域交通控制的基本理念，亦即原是透過個別交通控制所達到的個別道路系統的自我均衡，將轉變成透過區域交通控制所達到的共同均衡，仍有剩餘道路容量的一種系統，可將此一部分借給已將超過飽和的另一系統使用，舉例來說，如果某一系統的道路服務水準仍在 D 級以上，而另一系統的道路服務水準已是 F 級，經過調整之後，前一系統吸收一部分的流量之後仍維持在 D 級的流量上限（其具體作法詳後述邏輯說明），而另一系統則可因減少部分的流量，而減輕問題的嚴重程度，甚至有機會提升其服務水準至 E 級以上，這也是本篇章實作交控模擬的主要目標。

4. 計程收費之前

由於台中市政府本期的區域交控計畫始於 2013 年 11 月，與隔年的高速公路改為計程收費的措施實施開始日期（2014 年 1 月 1 日）相近，預計實施計程收費之後，短期間內駕駛人的交通出行計畫將有相當程度的波動，為本研究增添一項不可知的影響變數，因此本研究將只蒐集計程收費之前的數據，並研擬改善計程之前狀況的建議，至於計程收費之後的問題需另案研究，這是本研究的應用限制。此外，台灣大道自今年起將因 BRT 專案陸續施工，連可用的 AVI 資料也暫時受到影響，故資料之蒐集也以去年底為對象，因此當 BRT 專用道相關設施若施作完成並通車之後的問題需另案研究，這也是本研究的應用限制。

5. 以自己為本位但行有餘力則撥出剩餘容量供對方使用

至於如何維持一道路系統在未飽和之前的服務水準，並將剩餘容量撥給另一系統使用，本研究建議，以 E 級服務水準為門檻（代表壅塞），即一旦某系統在 E 級服務水準以上（例如 D 級），而另一系統在 E 及服務水準以下（例如 E 級或 F 級），則前者有剩餘容量撥給後者，若上匝道已啟動儀控率而且有需要時則建議調整之（此時高速公路假設在 D 級以上，而市區道路在 E 級以下），至於下匝道之第一個市區號誌道路橫交路肢之綠燈秒數有需要時則建議減少之（此時下匝道的延伸道路假設在 E 級以下，而市區道路橫交路肢在 D 級以上）。

6. 北上比南下問題嚴重

本研究以中山高速公路中港交流道為例，據長期的經驗觀察，包括一週的工作日以及週末假日，不論高速公路主線或上下匝道的交通需求，均以北向為大宗，因此本研究以北上路段為研究範圍，出口匝道上游之主線里程介於 178K~183K，而入口匝道下游之主線里程介於 174K~178K。

7. 西向比東向問題重

至於市區道路由城中心往西出城上高速公路往北的車潮，比由高速公路以西的沙鹿區往東進城上高速公路往北的車潮多，因此上匝道的重點擺在前者，反之，以車流反方向觀之，下匝道的重點則是在，高速公路北上車流於中港交流道離開高速公路往東進入城中心的方向。

8. 需要儀控細節端賴流量資料或由旅行速率與流量之關係概估

本研究在高速公路部分將蒐集 VD 的資料，故包括流量與速率均可獲得，但在市區道路只有 AVI 的資料可用來概估旅行時間與旅行速率，由於在模擬最佳儀控率或時制計畫時，需要詳細的流量資料，因此在市區的部分，將藉由過去的研究，利用已找出的速率與密度及流量的關係，由旅行速率推估流量的數據，據此帶入延滯的估算公式，或是流量增減之後，速率變化的計算（其具體作法詳見後述實例說明）。

二、國道主線與匝道車流狀況

1. 速率之綜整與計算（不分車種與不分車道）

原始的 VD 資料為每五分鐘分車種與分車道的速率與流量資料，除了部分匝道是一車道之外，只需針對不同車種先進行彙總的計算，其餘路段的車道，則需將所有車道的所有車種進行彙總的計算，以簡化問題的複雜程度，此外，本研究並從原始資料中另行計算大車比、密度與以 PCU 為單位的流量數字（原有流量數字以車輛數為單位故未考慮車種別所造成的差異）。

2. 中港交流道北上入口匝道北端與出口匝道南端主線週五與週日之速率

首先針對相關的 1 號高速公路主線北上 176.09K 位置，乃入口匝道北端，於 2013 年 12 月 27 日（星期五），利用所計算出來的資料繪製如圖 2.1a 和 2.1b（略），分別是流量（有五分鐘的 PCU 以及五分鐘的車輛數放大 12 倍的兩種線條）與速率的雙軸圖，和密度與大車比的雙軸圖；由圖形中看出，只有零星時間之速率每小時在 71 公里以下（此一門檻值之決定，請參閱本節第 7 點的說明），有點壅塞現象但不持久，而大車比對流量（以 PCU 為單位）所造成的影響有限，故週五的問題暫不納入考慮。（1 號高速公路主線北上另一位置 180.025K，乃出口匝道南端，於 2013 年 12 月 27 日的狀況與 176.09K 位置相近）

其次針對相關的 1 號高速公路主線北上 176.09K 位置，於 2013 年 12 月 29 日（星期日），利用所計算出來的資料繪製如圖 2.2a 和 2.2b，分別是流量與速率的雙軸圖，和密度與大車比的雙軸圖；由圖形中看出，下午 3 點半至晚上 10 點半之速率每小時在 71 公里以下，壅塞現象相當可觀，而每車道每公里的平均密度也接近 20 輛車左右，故週日的问题將可成為納入討論之好的案例。（1 號高速公路主線北上另一位置 180.025K，於 2013 年 12 月 29 日的狀況比 176.09K 位置之問題輕微，只有下午五點有短暫壅塞，故由出口匝道轉入市區向東的動線暫無調整市區道路橫交路肢綠燈之需要）

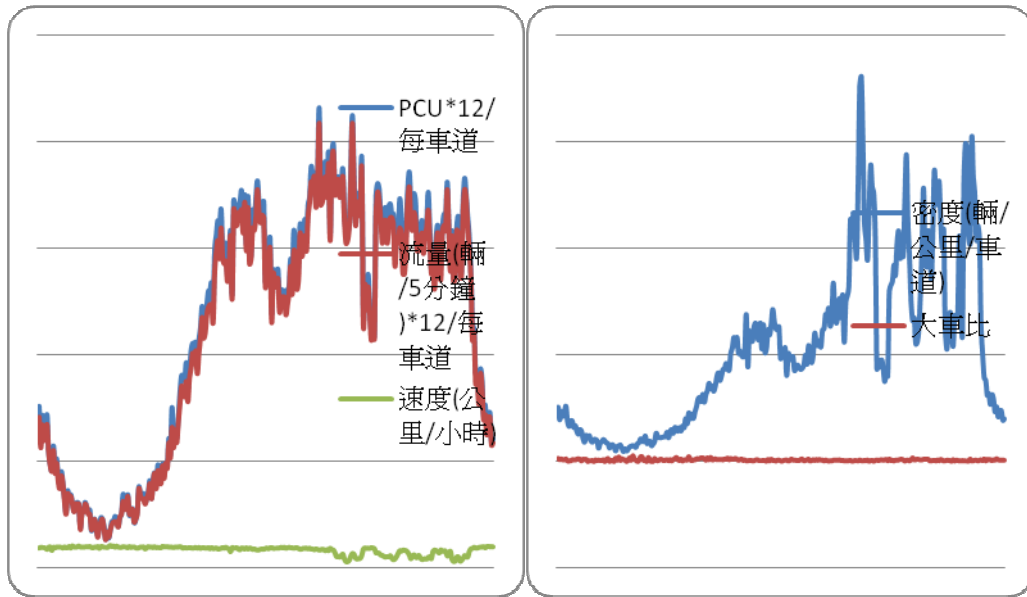


圖 2.2a 國 1 北週日流量與速率雙軸圖 圖 2.2b 國 1 北週日密度與大車比雙軸圖

3. 台灣大道由火車站往西上匝道往北週五與週日之速率

與本研究有關的入口匝道之位置圖如圖 2.3 所示，本小節先介紹台中 2 與台中 1 兩處 VD 週五與週日的部分。

首先針對台中 2 的位置，於 2013 年 12 月 27 日（星期五），利用所計算出來的資料繪製如圖 2.4a 和 2.4b（略），分別是流量與速率的雙軸圖，和密度與大車比的雙軸圖；由圖形中看出，下午 4 點至晚上 7 點之速率每小時在 42 公里以下（此一門檻值之決定，請參閱本節第 7 點的說明），壅塞現象已維持一段時間，而部分時段之每車道每公里的平均密度已超過 38 輛車，故週五的這些時段，此一上匝道位置已過飽和，惟同一時段的高速公路主線路段，並未有持久的問題，也少見匝道儀控的施作，故週五的問題暫不納入考慮。（另一位置台中 1，於 2013 年 12 月 27 日的狀況與台中 2 位置相近，但壅塞時段只由下午 5 點半至晚上 6 點半，問題較輕微）

其次針對台中 2 的位置，於 2013 年 12 月 29 日（星期日），利用所計算出來的資料繪製如圖 2.5a 和 2.5b，分別是流量與速率的雙軸圖，和密度與大車比的雙軸圖；由圖形中看出，下午 2 點至晚上 10 點之速率每小時在 42 公里以下（此一門檻值之決定，請參閱本節第 7 點的說明），壅塞現象已維持一段時間，而很長時段之每車道每公里的平均密度已超過 38 輛車，故週日的這些時段，此一上匝道位置已過飽和，搭配同一時段的高速公路主線路段，也有持久的問題，常見匝道儀控的施作，故週日的问题將為本研究的主要範圍。（另一位置台中 1，於 2013 年 12 月 29 日的狀況與台中 2 位置相近，更能支持本研究以週日的问题為對象）

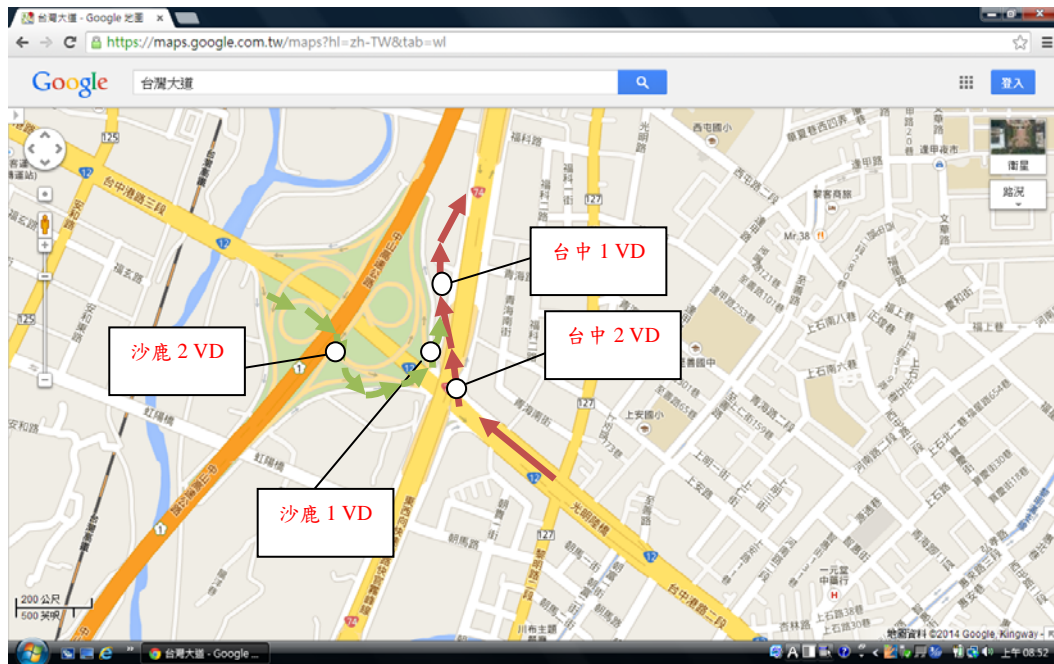


圖 2.3 國 1 北上入口匝道車流方向與 VD 位置圖

4. 台灣大道由沙鹿往東上匝道往北週五與週日之速率

如圖 2.3 所示，本小節再介紹沙鹿 2 與沙鹿 1 兩處 VD 週五與週日的部分。

首先針對沙鹿 2 的位置，於 2013 年 12 月 27 日（星期五），利用所計算出來的資料繪製如圖 2.6a 和 2.6b（略），分別是流量與速率的雙軸圖，和密度與大車比的雙軸圖；由圖形中看出，整天絕大多數的時間之速率每小時均在 42 公里以上（此一門檻值之決定，請參閱本節第 7 點的說明），而整天絕大多數的時間之每車道每公里的平均密度均低於 10 輛車，故週五的這些時段，此一上匝道位置並未壅塞，再加上同一時段的高速公路主線路段，並未有持久的問題，也少見匝道儀控的施作，故週五的問題暫不納入考慮。（另一位置沙鹿 1，於 2013 年 12 月 27 日的狀況與沙鹿 2 位置相近）

其次針對沙鹿 2 的位置，於 2013 年 12 月 29 日（星期日），利用所計算出來的資料繪製如圖 2.7a 和 2.7b，分別是流量與速率的雙軸圖，和密度與大車比的雙軸圖；整天絕大多數的時間之速率每小時均在 42 公里以上（此一門檻值之決定，請參閱本節第 7 點的說明），而整天絕大多數的時間之每車道每公里的平均密度均低於 10 輛車，故週五的這些時段，此一上匝道位置並未壅塞，惟同一時段的高速公路主線路段，已有持久的問題，也常見匝道儀控的施作，故週日的问题將仍為本研究的主要範圍。（另一位置沙鹿 1，於 2013 年 12 月 29 日的狀況與沙鹿 2 位置相近）

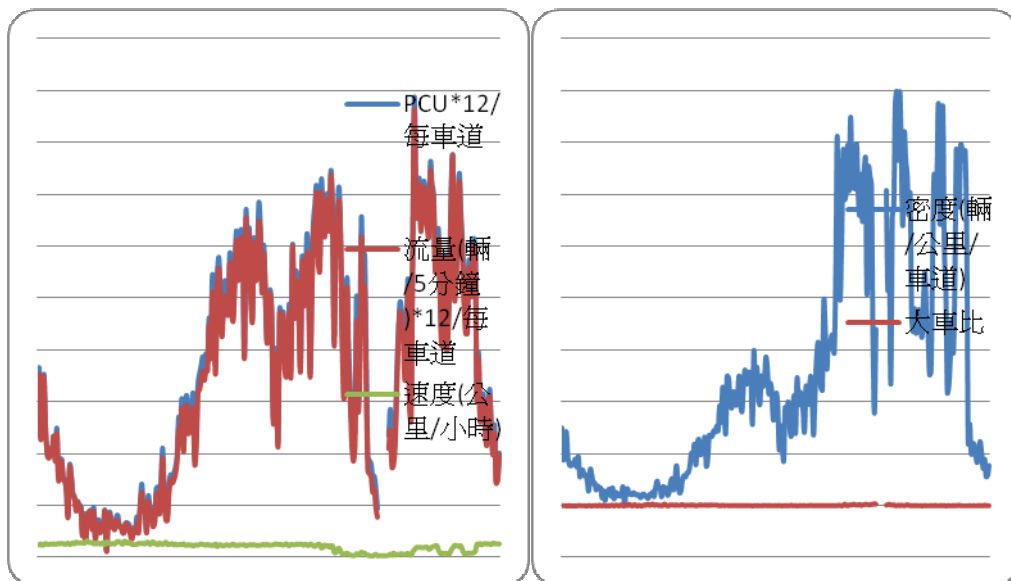


圖 2.5a 台中 2 匝道週日流量與速率雙軸圖 圖 2.5b 台中 2 匝道週日密度與大車比雙軸圖

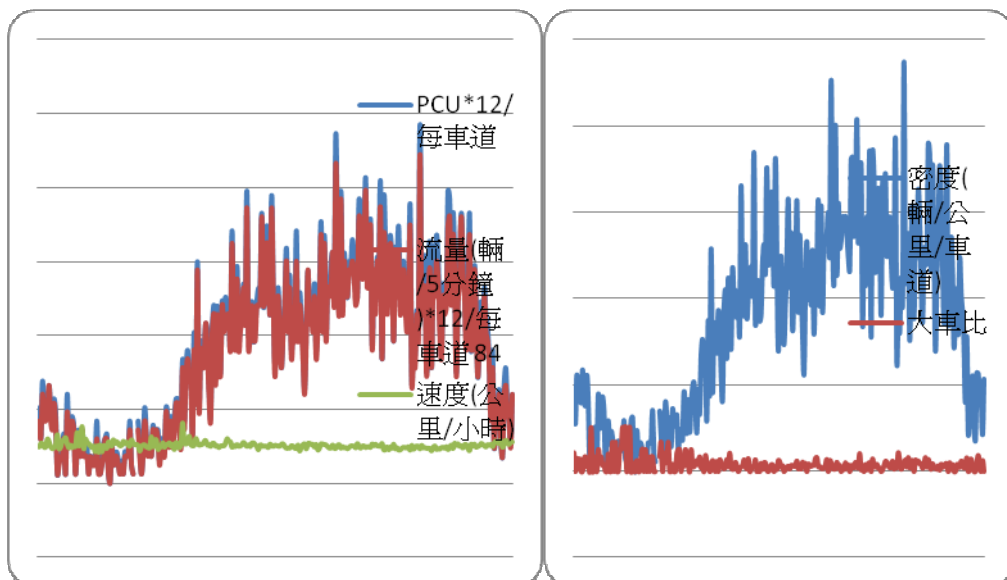


圖 2.7a 沙鹿 2 匝道週日流量與速率雙軸圖 圖 2.7b 沙鹿 2 匝道週日密度與大車比雙軸圖

5. 高速公路北上車流下中港交流道往東週五與週日之速率

首先針對北上出口匝道往東的位置，於 2013 年 12 月 27 日（星期五），利用所計算出來的資料繪製如圖 2.8a 和 2.8b（略），分別是流量與速率的雙軸圖，和密度與大車比的雙軸圖；整天絕大多數的時間之速率每小時均在 42 公里以上（此一門檻值之決定，請參閱本節第 7 點的說明），而整天絕大多數的時間之每車道每公里的平均密度均低於 10 輛車，故週五的這些時段，此一下匝道位置並未壅塞，且同一時段的高速公路主線路段，也少有持久的問題，故週五的問題暫不納入考。（至於高速公路南下車流下中港交流道往東的位置，於 2013 年 12 月 27 日的狀況則欠資料無法分析）

其次針對北上出口匝道往東的位置，於 2013 年 12 月 29 日（星期日），利用所計算出來的資料繪製如圖 2.9a 和 2.9b，分別是流量與速率的雙軸圖，

和密度與大車比的雙軸圖；整天絕大多數的時間之速率每小時均在 42 公里以上（此一門檻值之決定，請參閱本節第 7 點的說明），而整天絕大多數的時間之每車道每公里的平均密度均低於 10 輛車，故週日的這些時段，此一下匝道位置並未壅塞，且同一時段的高速公路主線路段，也少有持久的問題，故週日的問題仍暫不納入考。（至於高速公路南下車流下中港交流道往東的位置，於 2013 年 12 月 29 日的狀況則欠資料無法分析）

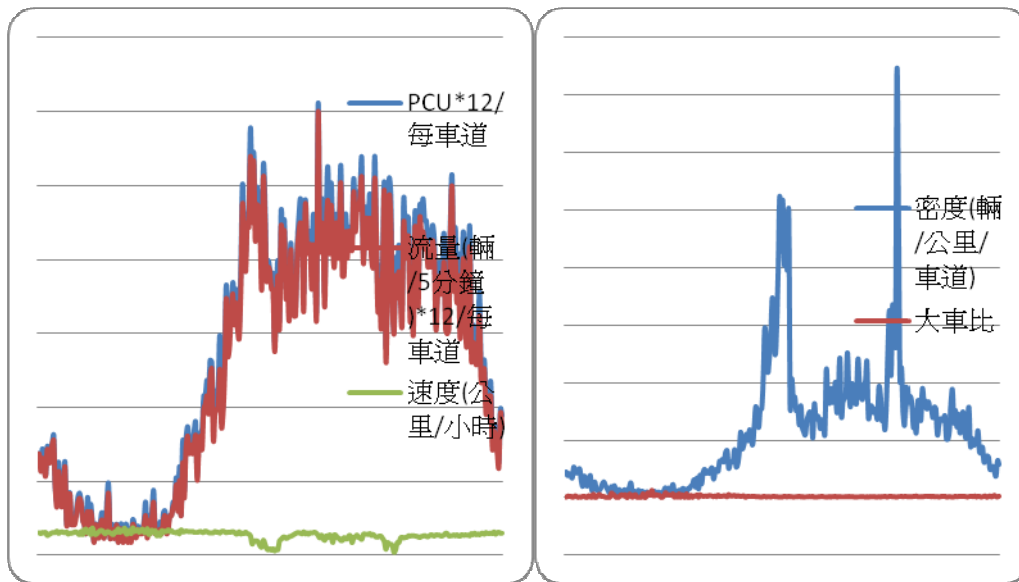


圖 2.9a 出口匝道週日流量與速率雙軸圖圖 2.9b 出口匝道週日密度與大車比雙軸圖

6. 高速公路北上車流下中港交流道往西週五與週日之速率（欠資料）

由於北上出口匝道往西的位置（以及南下出口匝道往西的位置），不論於 2013 年 12 月 27 日（星期五）或 2013 年 12 月 29 日（星期日），均欠資料，故無法分析。

7. 過去有關國道 1 號主線與匝道之服務水準門檻劃分

根據過去有關國道 1 號中部路段主線與匝道之服務水準，速率門檻的劃分，請參見如下表 2.1。由表中資料可見，主線的速率低於時速 71 公里則屬於壅塞，而匝道的速率低於時速 42 公里則屬於壅塞。至於流量與密度的門檻值，亦可由文獻中查詢。

表 2.1 過去有關國道 1 號主線與匝道之服務水準門檻劃分表

高速公路 主線	速率門檻	>105	A	匝道	速率門檻	>62	A
		>95	B			>56	B
		>81	C			>48	C
		>71	D			>42	D
		>58	E			>34	E
		<58	F			<34	F

引述之資料來源：Yang, Huang, Chen, Lu and Wu, 2013

三、國道匝道儀控率實況

1. 週五中港交流道北上入口匝道儀控率實況

2014年12月27日，由高速公路局中區工程處交控中心，所提供之儀控內容如下表3.1（略）所示，再搭配表3.2之數字，可知週五需要儀控的時機有限，在下午6點左右的儀控率，每小時約可允許1000部車通行。

表 3.2 匝道儀控率與燈號秒數之對照表

編號	控制功能	儀控率	綠燈時間（秒）	黃燈時間（秒）	紅燈時間（秒）
1	儀控率	100	4	3	65
2	儀控率	200	7	3	44
3	儀控率	300	10	3	35
4	儀控率	400	10	3	23
5	儀控率	500	10	3	16
6	儀控率	600	10	3	11
7	儀控率	700	10	3	8
8	儀控率	800	13	3	7
9	儀控率	900	15	3	6
10	儀控率	1000	19	3	6
11	儀控率	1100	24	3	6
12	儀控率	1200	27	3	6
29	長綠	2 長綠	All		
30	閃黃	3 閃黃		Flash	

引述之資料來源：高速公路局中區工程處交控中心，2010年，春節儀控檢驗表

2. 週日中港交流道北上入口匝道儀控率實況

2014年12月29日，由高速公路局中區工程處交控中心，所提供之儀控內容如下表3.3所示，再搭配表3.2之數字，可知週日需要儀控的時機較多，自下午2點半至凌晨都有，除了時制30之外，每小時約可允許500~1200部車通行。

表 3.3 中港交流道北上入口匝道儀控之內容（2014年12月29日）

方向	里程	時間	通訊狀態	運作狀態	顯示內容
北向	178K+320	2013/12/29 15:25	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:固定時制 模式時制編號:5
北向	178K+320	2013/12/29 15:25	連線	熄滅中現場偵測	RMS 模式:固定時制 模式時制編號:5
北向	178K+320	2013/12/29 15:26	連線	熄滅中現場偵測	RMS 模式:預設時制 模式時制編號:5
北向	178K+320	2013/12/29 15:26	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:預設時制 模式時制編號:5
北向	178K+320	2013/12/29 17:09	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:固定時制 模式時制編號:6

北向	178K+320	2013/12/29 19:18	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:固定時制 模式時制編號:30
北向	178K+320	2013/12/29 21:27	連線	熄滅中現場偵測	RMS 模式:預設時制 模式時制編號:8
北向	178K+320	2013/12/29 21:27	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:預設時制 模式時制編號:8
北向	178K+320	2013/12/29 22:25	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:固定時制 模式時制編號:8
北向	178K+320	2013/12/29 23:49	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:預設時制 模式時制編號:8
南向	173K+920	2013/12/29 11:36	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:固定時制 模式時制編號:8
南向	173K+920	2013/12/29 12:21	連線	熄滅中日照表控制	RMS 模式:固定時制 模式時制編號:10

引述之資料來源：高速公路局中區工程處交控中心，2014 年 12 月 29 日，儀控內容

3. 高速公路北上車流下中港交流道往東第一個號誌路口之時制計畫

此一路口之位置為台灣大道與黎明路的交岔路口，除了平面道路之外，上有陸橋跨越黎明路，而陸橋的東端為朝富路，故時制計畫需兼顧台灣大道、陸橋、黎明路與朝富路的交通需求。

4. 高速公路北上車流下中港交流道往西第一個號誌路口之時制計畫

此一路口之位置為台灣大道與安和路的交岔路口，而且離交流道較遠，故上下匝道較無回堵的疑慮。

四、市區道路車流狀況

1. 車牌號碼之配對與旅行時間及速率之計算（不分車種與不分車道）

在台灣大道上，由火車站往出城方向最接近交流道的兩支 AVI 分別位於惠中路與環中路，而反方向由交流道往火車站方向最接近交流道的兩支 AVI 分別位於朝富路與惠中路，因為記錄的內容是依日期、時間與車道的車牌號碼，加上能正確記錄的資料有限，故在計算每一部車的旅行時間，均不考慮其車道的變換，只要在上游地點以及一段合理的時間後在下游地點能配對到同一部車，即將記錄其旅行時間，並以 5 分鐘為單位，計算這些車輛的平均旅行時間，再搭配惠中路至環中路的距離 1550 公尺，以及朝富路至惠中路的距離 900 公尺，即可估計這些車輛的平均旅行速率。

2. 出城方向由惠中路至環中路的路段週五與週日之速率

準備上匝道往高速公路往北的車潮，會不會回堵至市區道路而影響到街道，由火車站往出城方向 2014 年 12 月 27 日的整天每五分鐘的資料，如圖 3.1a 可以看出，市區道路在週五只有偶爾的時間有壅塞，速率低於時速 24.9 公里（此一門檻值的決定，請參閱第 5 小節的說明），故週五時段暫不考慮上匝道回堵對市區道路的影響。

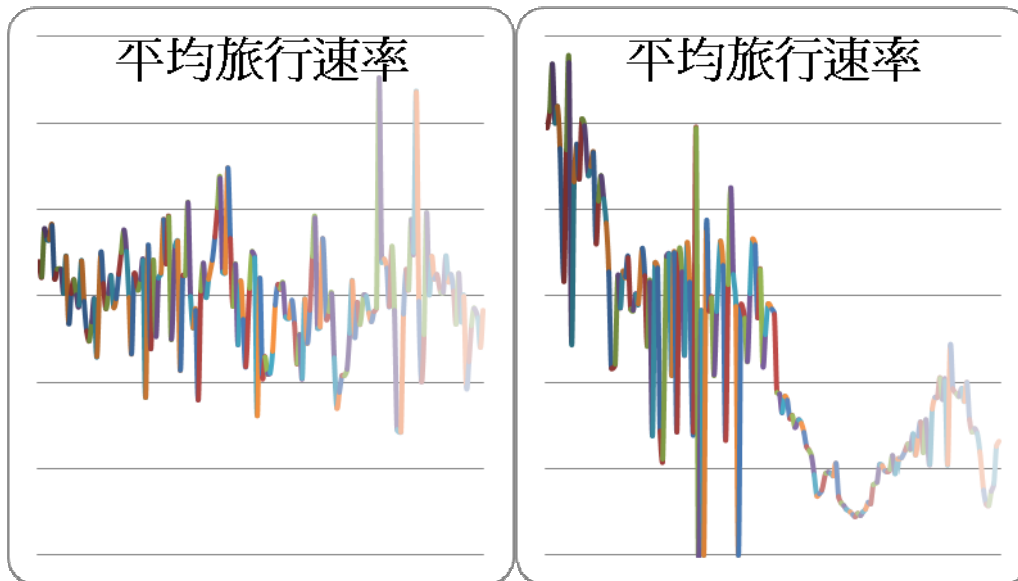


圖 3.1a 出城方向週五的旅行速率圖 3.1b 出城方向週日的旅行速率

另由火車站往出城方向 2014 年 12 月 29 日的整天每五分鐘的資料，如圖 3.1b 可以看出，市區道路在週日自下午 3 點起至晚上 10 點的時間都有壅塞，速率低於時速 24.9 公里（此一門檻值的決定，請參閱第 5 小節的說明），故週日時段應考慮上匝道回堵對市區道路的影響。

3. 進城方向由朝富路至惠中路的路段週五與週日之速率

下匝道準備由市區道路往北東的車潮，會不會回堵至高速公路而影響到主線，由交流道往進城方向 2014 年 12 月 27 日的整天每五分鐘的資料，如圖 3.2a（略）可以看出，市區道路在週五自下午 1 點半以後至晚上 10 點的時間都有壅塞，速率低於時速 24.9 公里（此一門檻值的決定，請參閱第 5 小節的說明），故週五這些時段市區道路已無剩餘容量供下匝道使用（請見第五節第 2 點之說明）。

另由交流道往進城方向 2014 年 12 月 29 日的整天每五分鐘的資料，如圖 3.2b（略）可以看出，市區道路在週日自上午 8 點起至下午 6 點的時間都有壅塞，速率低於時速 24.9 公里（此一門檻值的決定，請參閱第 5 小節的說明），故週日這些時段市區道路亦已無剩餘容量供下匝道使用（請見第五節第 2 點之說明）。

4. 高速公路以西的市區道路之速率

高速公路以西的市區道路，不論是 2014 年 12 月 27 日或是 29 日，能配對到的車牌資料相當少，故此一路段暫不納入考慮。

5. 國去有關台灣大道之服務水準門檻劃分

根據過去有關台灣大道之服務水準，速率門檻的劃分，請參見如下表 3.4。由表中資料可見，主線的行駛速率低於時速 41.5 公里則屬於壅塞，而行駛速率打 6 折約是旅行速率，故旅行速率低於時速 24.9 公里即屬於壅塞，至於流量與密度的門檻值，亦可由文獻中查詢。

表 3.4 過去有關市區道路之服務水準門檻劃分表

市區道路	行駛速率 門檻	>61.2	A
		>55.3	B
		>47	C
		>41.5	D
		>33.9	E
		<33.9	F

引述之資料來源：楊宗璟，艾嘉銘，黃啟倡，盧修群，2012 年

五、上下匝道協控之邏輯

1. 上匝道協控之邏輯（匝道之服務水準或需大於供的流量狀況）

以台灣大道為例，在出城（由國道以東的地點往西）方向，車輛上匝道向北行駛於國道時（向南方面較不壅塞暫不考慮），結合由國道以西的地點往東上匝道向北行駛於國道的車流，若滿足四個條件：(1)有施行匝道儀控的狀況下、(2)市區道路壅塞（服務水準 E 級以下）、(3)匝道壅塞（服務水準 E 級以下）以及(4)國道主線未壅塞（服務水準 D 級以上），建議可以協調放寬匝道儀控率。其中第(3)條件在施行匝道儀控的條件下，可修改為上匝道的流量大於儀控率所能允許進入的流量。

2. 下匝道協控之邏輯（匝道之服務水準或需大於供的流量狀況）

進城（由國道南下或北上車流下中港或沙鹿之交流道往東）方向，車輛由國道主線將下匝道進入市區道路時，若滿足三個條件：(1)國道主線壅塞（服務水準 E 級以下）、(2)匝道壅塞（服務水準 E 級以下）以及(3)市區道路未壅塞（服務水準 D 級以上），建議可以協調增加下匝道方向的綠燈秒數。其中第(2)條件即是下匝道的流量大於其容量的 9 成 5 以上。

六、上下匝道協控之實際案例

6.1 上匝道協控之實際案例

出城方向，2014 年 12 月 27 日，星期五，惠中路至環中路的市區道路壅塞時段較集中於 0715-0750、1500-1525、1715-1745、2200-2220，而於市區道路壅塞的時段中，台中入口匝道亦壅塞的時間在 0720-0735，但國道主線皆未有壅塞的情況發生，所以並沒有協調調整匝道儀控率的需要。

出城方向，2014 年 12 月 29 日，星期日，惠中路至環中路的市區道路 1505-2230 是處於壅塞的情況，在市區道路壅塞的情況下，台中入口匝道處 2（接近市區道路端，請參見圖 2.3）在 1520-2035、2045-2135 以及 2200-2230 而入口匝道處 1（接近國道主線端，請參見圖 2.3）則在 1520-1940、2045-2130 及 2200-2225 皆有壅塞的情況（至於由沙鹿方向進入國道向北的車流較少暫

不納入考慮)，再進一步比對在市區道路及入口匝道皆有壅塞的情況下，而國道主線是屬於不壅塞的時段則有 1520-1535、1705-1745、1900-1930 及 2110-2130，同時在這些時段中已經啟動匝道儀控的條件下，於 1525、1705、1915 及 2125 這四個時段可以協調調整放寬匝道儀控率，讓車輛在單位時間內通過匝道的車流輛可以增加，減少市區道路及等候在匝道準備上國道主線的車流壅塞情形。

1. 市區道路之過飽和狀況

進一步探討將如何調整儀控率時，因欠缺市區道路流量資料，乃以料惠中路至環中路旅行速率的資料，借用過去台中港路的研究文獻（引述之資料來源：楊宗璟，艾嘉銘，黃啟倡，盧修群，2012 年），推估相關的其他資料，以下午 1525 為例，旅行速率每小時為 18 公里，相對應的行駛速率概估每小時為 30 公里，套用行駛速率與密度的線性迴歸公式($V = 67.8 - 0.835K$)，當時的密度約為每車道每公里 45.27 部車，已屬於 F 級服務水準的過飽和狀況，此時流量約為每車道每小時 1358 部車，若將上匝道的流量每小時 1200 部車（上匝道台中端）扣除（當時此匝道之速率每小時 17 公里也屬於 F 級服務水準），市區道路原有四車道每小時 5432 部車，剩下的車輛由剩下的三個車道負擔，交通狀況將更加嚴重。

2. 匝道之剩餘容量狀況

此時匝道儀控率時制 5（16 秒紅燈、13 秒綠燈），但近國道主線端的匝道流量為每小時 1392 部車（當時此匝道之速率每小時 25 公里也屬於 F 級服務水準），故一小內將有 892 部車無法順利進入國道，一小時內的每部車平均延滯約為 968 秒（約 16 分鐘），另在上匝道沙鹿端的流量為每小時 300 部車（當時此匝道之速率每小時 48.2 公里屬於 C 級服務水準），假設以等比例方式計算回堵車數，則台中端一小時將有 714 部車，已遠遠超過台中端上匝道的長度所能容納的回堵車數（約 80 部），剩下的車數將回堵至市區道路中，另於沙鹿端則一小時回堵 178 部車，也已超過沙鹿端上匝道的長度（請參見圖 2.3）所能容納的回堵車數（約 120 部），但回堵至市區道路的部分較少。

3. 主線之剩餘容量狀況

為了舒緩此一嚴重狀況，端賴國道在維持 D 及服務水準的前提下，是否仍有剩餘容量，採用過去國道 1 號的研究文獻引述之資料來源：Yang, Huang, Chen, Lu and Wu, 2013），其飽和流率為每車道每小時 2165 部車，則 D 級服務水準的流量上限約為此一數字的 95 折，即為 2057 部車，由於當時國道主線的速率每小時 84 公里（屬於 C 級服務水準），而流量為每車道每小時 1896 部車，密度約為每車道每公里 25 部車，代入速率與密度的線性迴歸公式 ($V = 116.8 - 1.576K$)，估計速率約為每小時 81 公里，與觀察值之誤差有限，若與 D 及服務水準的流量上限相比，尚有約每車道每小時 160 部車的容量可用。

4. 建議調整之時制計畫與概估調整後之狀況

每小時若能允許增加 100 部車匯入國道主線外車道，則建議將儀控時制由 5 改為 6（11 秒紅燈、13 秒綠燈），則一小時內無法順利進入國道的將可降至

792 部車，一小時內的每部車平均延滯約縮短為 794 秒（約 13 分鐘），則台中端一小時將有 634 部車回堵，另於沙鹿端則一小時回堵 158 部車，將可在維持國道服務水準 D 級以上的狀況下稍微減輕市區道路的負擔。（或可考慮最大的調整極限，每小時若能允許增加 160 部車匯入國道主線所有三個車道，可調整至時制 10，6 秒紅燈、22 秒綠燈，一小內將只有 392 部車無法順利進入國道，一小時內的每部車平均延滯約再縮短為 561 秒（約 9 分鐘），則台中端一小時將有 314 部車回堵，另於沙鹿端則一小時回堵 78 部車）

6.2 下匝道協控之實際案例

進城方向，2014 年 12 月 27 日，星期五，朝富路至惠中路的市區道路壅塞時段較集中於 0725-0905、1120-1125、1335-2020 及 2120-2140，除了市區道路壅塞的時段以外，國道主線及出口匝道（由國道南下車流下中港或沙鹿之交流道出口匝道往東之車流，因為欠缺資料暫不考慮，此處只針對由國道北上車流下中港或沙鹿之交流道出口匝道往東之車流）並未有壅塞的情況，所以並沒有協調調整匝道儀控率的需要。

進城方向，2014 年 12 月 29 日，星期日，朝富路至惠中路的市區道路壅塞時段較集中於 1010-1730，而在下午五點半過後則是會出現短暫的壅塞情況，所以除了市區道路壅塞的情況外，1730-1825 國道主線有發生壅塞的現象，且出口匝道在 1750-1840 也有壅塞的情況，綜合以上條件，在 1810-1815 這個時段可以視橫交與下匝道兩方向之相對流量狀況，協調調整紅綠燈秒數，紓解國道主線下匝道壅塞的情況，惟時間短暫用處不大。

七、資料整備之問題

1. 市區道路欠缺流量資料

由於儀控率或時誌秒數之調整，需有詳細的流量資料，除了國道需注意資料妥善率的問題之外，市區道路則是欠缺流量資料，因此只能由其他關係推估，故其正確性將較不足。

2. 市區道路欠缺時制計畫資料

本研究於下匝道的部分用途不大，故尚未認真蒐集時制計畫，未來當條件符合時，即需完整的時制計畫，以便研擬調整的作法，特別是在國道已施行計程收費之後以及台灣大道已完成 BRT 之建置並通車之後（其中更包括 BRT 專用優先號誌之運作）。

3. 匝道資料不完整

若考慮匝道資料的完整性，則不論上匝道或下匝道，南下或北上，均需至少三處的 VD，即包括由東西向市區道路剛轉入匝道的各別流向，以及匯流後的狀況，惟本研究在高速公路西側的匝道資料較少，故應用受到限制。

4. 高速公路以西的市區道路欠缺速率與流量資料

雖然台灣大道沿線在高速公路兩側均設有 AVI 以蒐集車牌資料，惟在高速公路西側的配對資料相當少，常在一天之內只有數十筆旅行時間資料，若

再以 5 分鐘為單位，將一天資料分成 288 時段，則每一時段的資料以不足實際應用之使用。

八、結論與建議

8.1 結論

本節針對過程及內容歸納以下各項結論。

1. 北向問題

本研究以北向問題為對象，由市區道路向西上匝道或向東上匝道轉接高速公路往北，在週日的部分時機，入口匝道的北端主線尚有部分的容量，故於原有實施的時制有調整為較寬的空間，以紓解部分市區已過飽和的交通狀況。至於由出口匝道南端的主線，雖於週日有部分時段壅塞，出口匝道也需大於供，然而北上車流下了匝道之後的市區道路已呈現長時間的壅塞，因此已無剩餘容量，故未能透過調整市區號誌路口紅綠燈秒數，來紓解高速公路主線的回堵問題。

2. 國道與匝道

國道在中港交流道附近的北向交通，在週日只呈現偶爾時間的壅塞，特別是入口匝道的下游，故在採行儀控的措施時，應可使用較寬的儀控率，以允許更多的上匝道車流順利進入國道主線，另在出口匝道上游，雖然週日亦有偶爾時間的壅塞，而且出口匝道也有同樣的狀態，惟下了匝道之後，往東的市區道路之壅塞時間更長，故無法藉由調整時制計畫來改善問題，若往西的市區道路之壅塞時間較短，或可將車流引導由西向（往沙鹿）的匝道離開國道，再繞行至往東的路段，以減少回堵至國道主線的影響。

3. 儀控率

中港交流道於週日入口的儀控率，每小時原只允許 500 部車輛進入，惟在仍然維持原有服務水準的狀況下，尚有些許的剩餘容量，可用來紓解市區道路的回堵問題，然而本研究只考慮單一交流道，中港交流道附近的國道北向車流，續行至下一大雅交流道時，是否仍有剩餘容量之狀況不詳，故僅能針對單一匝道之儀控進行改善之研擬。

4. 市區道路

高速公路東側的市區道路，在週末已呈現長時段的壅塞，故於上匝道時常需與國道儀控溝通調整機制，而下匝道至市區道路時則又難以提供國道任何協助，長期以往將欠缺互惠的條件，故有需要另覓台中市的其他交流道，其銜接的市區道路需有較佳的條件。

5. 控制邏輯

本研究的調整邏輯，旨在縮短不同道路系統介面間的服務水準之差異，讓駕駛者可以感覺到系統的銜接時服務水準改變不大，其最終目標在於不同系統整合成單一系統時的系統最佳化，則不論上匝道或下匝道，均可考慮國道與市區道路雙方整合的最佳化，促進整合道路系統的最佳使用。

6. 實際案例

本研究只舉一 5 分鐘的時段為例，故能應用改善的問題有限，未能應能利用車流模擬軟體進行更細微的模擬，以了解改變儀控率的長期影響，從而配合長時間的車流數字變化，最終目的是研擬能隨車流的需求改變而隨時反應的調整機制。

8.2 建議

1. 增設流量偵測器

由於市區道路欠缺流量資料，故建議能於交流道附近的市區道路（可能包括橫交道路），增設能蒐集流量的儀器設備，使在研擬儀控率或時制計畫的調整時，能夠更加精準可靠。

2. 增設時制資料遠端監控

若證明市區道路有剩餘容量可以改善下匝道的車潮時，則需蒐集相關地點號誌時制的計畫，甚至包括連鎖系統的秒差資料，這些資料若能由遠端掌握，將更能掌握改善的時機。

3. 增加匝道資料之妥善率

由於匝道資料相當有限，影響本研究的應用，這些沒有資料的 VD，若能進行搶修維護，恢復其原有的功能，將有助於儀控率的精確研擬以及下匝道至平面市區道路的紅綠燈秒數精確調整。

4. 增設車牌辨識系統

在高速公路西側的台灣大道，由於能蒐集車牌資料的儀器設備不足，引此能配對到的車牌號碼相當少，很難據以分析與研擬改善措施，故期能增加相關設備以蒐集有用的資料。

5. 增加地區與高速公路之協控溝通平台

其實依現有研究知道，每週日應是地區與高速公路都有需要進行調整控制措施之時機，引此建議成立常用平台，進行協調控制的溝通，待有默契與共識之後，即可設計調控邏輯，並由電腦進行自動化操控，以減少人力的負擔並促進調控效率。

參考文獻

Yang, C. Z., Huang, C. C., Chen, L. M., Lu, H. C. and Wu, Z. H. (2013, September). "Exploring the Traffic Characteristics and Evaluating Level of Service for Basic Segment and Ramp in a Freeway System." *The 10th Conference of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Ms. No. PP1020, Accepted for the Presentation, in Practical Category. Taipei, Taiwan, September 9 – 12.

楊宗璟、艾嘉銘、黃啟倡、盧修群（2012年12月），「都市幹道號誌路口下游路段有效密度之衡量與應用」，*中華民國運輸學會101年（第27屆）學術論文國際研討會論文集*，第（5）0513_0101篇。