109-111-1430
MOTC-IOT-108-PEB011

高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(1/3)－獨立進出口分匯流區

交通部運輸研究所

中華民國 109 年 10 月

109-111-1430
MOTC-IOT-108-PEB011

高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究（1/3）-獨立進出口分匯流區

著者：黃家耀、林貴璽、廖晉毅、陳威瑜、溫雲晨、
張舜淵、歐陽恬恬、楊幼文

交通部運輸研究所

中華民國 109 年 10 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究.(1/3):獨立進出口分匯流區 / 黃家耀等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民109.10
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-189-6(平裝)

1.公路管理 2.交通流量

557 109015198

高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(1/3)
-獨立進出口分匯流區

著　　者：黃家耀、林貴璽、廖晉毅、陳威瑜、溫雲晨、張舜淵、歐陽恬恬、楊幼文

出版機關：交通部運輸研究所

地　　址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網　　址：www.iot.gov.tw (中文版＞數位典藏＞本所出版品)

電　　話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 109 年 10 月

印 刷 者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 58 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定　　價：550 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號・電話：(04)2226-0330

GPN：1010901422　　ISBN：978-986-531-189-6 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(1/3)-獨立進出口分匯流區</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-531-189-6 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010901422</td><td>運輸研究所出版品編號
109-111-1430</td><td>計畫編號
108-PEB011</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：運輸計畫組
主管：張舜淵
計畫主持人：張舜淵
研究人員：歐陽恬恬、楊幼文
聯絡電話：(02)23486812
傳真號碼：(02)25450428</td><td colspan="2">合作研究單位：國立交通大學
計畫主持人：黃家耀
研究人員：林貴璽、廖晉毅、陳威瑜、溫雲晨
地址：新竹市大學路 1001 號
聯絡電話：(03)571-2121#31219</td><td>研究期間
自 108 年 3 月
至 108 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：高速公路進口匝道、高速公路出口匝道、匯流區、分流區、容量分析、服務水準</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
本所前於民國79年出版之「臺灣公路容量手冊」方法主要引用美國 Transportation Research Board（TRB）1985 年之公路容量手冊，提供規劃、設計及評估公路容量及服務水準之參考，當中關於進出口匝道路段的分析方法是基於有限之現場資料研訂，已無法滿足目前的分析需求。因此，本所於108年開始進行為期3年的研究工作，以發展高快速公路進出口匝道的分析方法。本計畫為此研究之第1年期工作，分析對象為獨立進出口分匯流區，此類型之分匯流區運作不受上下游匝道之影響，可先釐清影響車流之幾何型態關鍵因素，發展適合國內車流情況之主線分匯流區與匝道之容量及服務水準分析方法。
本研究運用無人機空中拍攝技術進行現場調查，蒐集高速公路分匯流區範圍內之車流特性資料包括車流量、車流密度、車道變換頻次等，分析分匯流區內的車流特性、影響區範圍及臨界點，並依據本年度蒐集與分析之車流特性，分別建立獨立進口匝道匯流區與獨立出口匝道分流區之服務水準分析方法。</td></tr>
</table>

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
109 年 10 月	314	550	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

備註：1.本研究之結論與建議不代表交通部之意見。
2.本研究係使用公路總局經費辦理。

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Capacity and Level of Service Analysis of Freeway and Expressway Merging and Diverging Area (1/3) – Isolated Merging Area for On-ramp and Isolated Diverging Area for Off-ramp

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-531-189-6(pbk.)	1010901422	109-111-1430	108-PEB011

DIVISION: Transportation Planning Division
DIVISION DIRECTOR: Shuen-Yuan Chang
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Shuen-Yuan Chang
PROJECT STAFF:Tien-Tien Ou-Yang, Yu- Wen Yang
PHONE: 886-2-23496812
FAX: 886-2-23450428

PROJECT PERIOD
FROM March 2019
TO December 2019

RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University, Taiwan, R.O.C.
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ka-Io Wong
PROJECT STAFF: Guey-Shii Lin, Jin-Yi Liao, Wei-yu Chen, Yun-Chen Wen
ADDRESS: 1001 University Road, Hsinchu City 300093, Taiwan, R.O.C.
PHONE: (03)571-2121#31219

KEY WORDS: Freeway On-ramp, Freeway Off-ramp, Merging area, Diverging Area, Capacity Analysis, Level of Service

ABSTRACT:

The "Taiwan Highway Capacity Manual" (THCM) published by the IOT in 1990 was developed mainly based on the methodology of the Highway Capacity Manual of the Transportation Research Board (TRB) of the United States in 1985. The manual provides an important reference for the planning, design, and evaluation of highway capacity and level of service. The Chapters related to the merging area for on-ramp and diverging area for off-ramp were developed based on limited field-data collected from the National Freeway of Taiwan, and the methodology needs to be reviewed and updated. In 2019, IOT has initialized a three-year research project to develop a new methodology for capacity and level of service analysis of merging and diverging area for freeway and expressway. This project is the first year of the research plan, and the focus is on isolated merging area for on-ramp and isolated diverging area for off-ramp. The operations of isolated ramps are not affected by the flows of upstream and downstream ramps, and the critical factors of geometric design contributing to the operation can be clarified considering the local traffic characteristics of Taiwan.

This study makes use of UAV for traffic survey, which provides observations for traffic characteristics such as traffic flow, traffic density, and lane-changing counts, which are used for the analysis and identification of influence areas and critical points for the merging and diverging areas.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
October 2020	314	550

1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

2. The budget of this research project is contributed by Directorate General of Highways, M.O.T.C.

目　錄

第一章　緒論 1

1.1 計畫背景 1
1.2 計畫範圍及對象 3
1.3 計畫內容及工作項目 4

第二章　文獻回顧 7

2.1 各國高速公路匝道口容量研究概要 8
2.2 各國高速公路匝道分匯流區容量分析方法論 24
2.3 各國方法論之評析 44
2.4 各國方法論之應用示範 60

第三章　現場調查與資料蒐集 69

3.1 調查地點選擇 69
3.2 調查作業流程 73
3.3 車流特性資料整理 75

第四章　車流特性分析 117

4.1 高速公路進口匝道匯流區 117
4.2 高速公路出口匝道分流區 133

第五章　獨立進出口匝道類型之分析方法 141

5.1 臺灣公路容量手冊分析法之檢討 141
5.2 獨立進口匝道匯流區分析方法 142
5.3 獨立出口匝道分流區分析方法 154

第六章　結論與建議 165

6.1 結論 165
6.2 建議 167

參考文獻 169

附錄 A：美國公路容量手冊重要模式變數定義表

附錄 B：符合幾何型態條件之調查地點候選清單

附錄 C：VD 資料檢核

附錄 D：電腦視覺技術在車流特性資料蒐集之應用

附錄 E： 無人機空拍調查之作業程序

附錄 F： 研究成果說明會

附錄 G： 專家學者座談會

附錄 H：研究成果展示檔內容

附錄 I： 期中審查會議意見與回覆表

附錄 J： 期末審查會議意見與回覆表

附錄 K：期末簡報

圖目錄

圖 1.1-1 進出口匝道上下游型態示意圖 2
圖 1.2-1 分匯流區示意圖 4
圖 2-1 各國公路容量手冊之年期概要 7
圖 2.1-1 1965 年 HCM 匝道口方法論各檢核點流量示意圖 9
圖 2.1-2 匝道影響區示意圖 12
圖 2.1-3 匝道口分、匯流影響區分析之主要變數示意圖 12
圖 2.2-1 出、進口匝道流量仍留在主線外側車道 1 之百分比 29
圖 2.2-2 進口匝道影響區亂流擴散示意圖 30
圖 2.2-3 高速公路設施時空區分析圖 36
圖 2.2-4 高速公路進口匝道路段基本狀況下流率與平均速率之關係 38
圖 2.2-5 高速公路出口匝道路段基本狀況下流率與平均速率之關係 40
圖 2.2-6 德國 HBS 2015 高速公路分流、匯流、交織區配置 v/c 值示意圖 41
圖 2.2-7 HBS 2015 分流區幾何型態分類示意圖 42
圖 2.2-8 HBS 2015 匯流區幾何型態分類示意圖 44
圖 2.4-1 THCM 匝道匯流區範例示意圖 62
圖 2.4-2 THCM 匝道分流區範例示意圖 66
圖 3.1-1 高速公路進口(圖左)與出口(圖右)匝道幾何型態示意圖 69
圖 3.2-1 調查作業流程圖 74
圖 3.3-1 進口匝道匯流區調查路段示意圖 76
圖 3.3-2 出口匝道分流區調查路段示意圖 76
圖 3.3-3 加、減速車道劃分示意圖 77
圖 3.3-4 加速車道實際示意圖（頭屋交流道） 77

圖 3.3-5 車流密度登錄方式示意圖 78
圖 3.3-6 車道變換示意圖..... 79
圖 3.3-7 國道一號北上頭屋交流道進口匝道區 83
圖 3.3-8 國道一號北上頭屋交流道進口各調查點流率圖 84
圖 3.3-9 國道一號北上頭屋交流道進口各車道依時各區間密度圖 85
圖 3.3-10 國道一號北上頭屋交流道進口匝道區車道變換數量圖 86
圖 3.3-11 國道三號南下安坑交流道進口匝道區 88
圖 3.3-12 國道三號南下安坑交流道進口各調查點流率圖 89
圖 3.3-13 國道三號南下安坑交流道進口各車道依時各區間密度圖 90
圖 3.3-14 國道三號南下安坑交流道進口匝道區車道變換數量圖 91
圖 3.3-15 國道三號北上中和交流道進口匝道區 93
圖 3.3-16 國道三號北上中和交流道進口匝道區各調查點流率圖 94
圖 3.3-17 國道三號北上中和交流道進口匝道區各車道依時各區間密度圖 95
圖 3.3-18 國道三號北上中和交流道進口匝道區車道變換數量圖 96
圖 3.3-19 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區 98
圖 3.3-20 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區各調查點流率圖 99
圖 3.3-21 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區各車道依時各區間密度圖..... 100
圖 3.3-22 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區車道變換數量圖 101
圖 3.3-23 國道三號南下樹林交流道出口匝道區 103
圖 3.3-24 國道三號南下樹林交流道出口匝道區各調查點流率圖 104
圖 3.3-25 國道三號南下樹林交流道出口匝道區各車道依時各區間密度圖 105
圖 3.3-26 國道三號南下樹林交流道出口匝道區車道變換數量圖 106

圖 3.3-27 國道三號北上大溪交流道出口匝道區 108
圖 3.3-28 國道三號北上大溪交流道出口匝道區各調查點流率圖 109
圖 3.3-29 國道三號北上大溪交流道出口匝道區各車道依時各區間密度圖 110
圖 3.3-30 國道三號北上大溪交流道出口匝道區車道變換數量圖 111
圖 3.3-31 國道一號北上頭屋交流道進口匝道區各斷面累積流率圖 112
圖 3.3-32 國道三號南下安坑交流道進口匝道區各斷面累積流率圖 113
圖 3.3-33 國道三號北上中和交流道進口匝道區各斷面累積流率圖 113
圖 3.3-34 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區各斷面累積流率圖 ... 114
圖 3.3-35 國道三號南下樹林交流道出口匝道區各斷面累積流率圖 114
圖 3.3-36 國道三號北上大溪交流道出口匝道區各斷面累積流率圖 115
圖 4.1-1 國道一號北上頭屋交流道進口範圍車流之車道分布 119
圖 4.1-2 國道三號南下安坑交流道進口範圍車流之車道分布 120
圖 4.1-3 國道三號北上中和交流道進口範圍車流之車道分布 121
圖 4.1-4 國道一號北上新竹 A 交流道進口範圍車流之車道分布 122
圖 4.1-5 國道一號北上頭屋交流道各車道流率與密度之關係 126
圖 4.1-6 國道三號南下安坑交流道各車道流率與密度之關係 126
圖 4.1-7 國道三號北上中和交流道各車道流率與密度之關係 127
圖 4.1-8 國道一號北上新竹 A 交流道各車道流率與密度之關係 127
圖 4.1-9 各進口地點之全車道總和之流率與密度關係圖 128
圖 4.1-10 進口匝道匯流區臨界點分析 132
圖 4.2-1 國道三號南下樹林交流道出口範圍車流之車道分布 135
圖 4.2-2 國道三號北上大溪交流道出口範圍車流之車道分布 136
圖 4.2-3 國道三號南下樹林交流道各車道流率與密度之關係 138
圖 4.2-4 國道三號北上大溪交流道各車道流率與密度之關係 138

圖 5.2-1 進口匝道匯流區段示意圖 143
圖 5.2-2 獨立進口匝道匯流區分析程序圖 144
圖 5.2-3 頭屋進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖 148
圖 5.2-4 安坑進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖 148
圖 5.2-5 中和進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖 149
圖 5.2-6 新竹進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖 149
圖 5.2-7 各進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖 150
圖 5.3-1 出口匝道分流區段示意圖 155
圖 5.3-2 獨立出口匝道分流區分析程序圖 156
圖 5.3-3 樹林交流道出口匝道區依時流率分布圖（現調資料） 158
圖 5.3-4 樹林交流道出口匝道區依時流率分布圖（VD 資料） 159
圖 5.3-5 樹林交流道出口匝道 P_{FD} 與 V_F 關係散佈圖 161

表目錄

表 2.1-1　HCM 1965 匝道口服務水準準則表 10
表 2.1-2　HCM 1985 匝道口服務水準表 11
表 2.1-3　HCM 1994/1997 匝道口服務水準等級表 13
表 2.1-4　HCM 2000 高速公路分出點上游或匯入點下游主線容量表 14
表 2.1-5　HCM 2000 匝道匯流區平均速率估算模式表 14
表 2.1-6　HCM 2000 匝道分流區平均速率估算模式表 15
表 2.1-7　HBS 2015 高速公路各級服務水準參數表 18
表 2.1-8　各年版 Dutch HCM 容量估算 20
表 2.1-9　Dutch HCM 尖峰時段路肩開放下之公路容量表（含 15%貨車） 21
表 2.2-1　Hess LOS A,B,C 方法論估算不同幾何設施車道 1 迴歸式參考表 26
表 2.2-2　Hess LOS A,B,C 方法論估算車道 1 迴歸式對照表 27
表 2.2-3　匝道口附近主線總流量仍留在外側車道 1 之百分比 29
表 2.2-4　HCM 2016 匝道影響區主線路段最大容量表 33
表 2.2-5　HCM 2016 匝道路段最大容量表 33
表 2.2-6　HCM 2016 匝道匯流區平均速率估算模式表 34
表 2.2-7　HCM 2016 匝道分流區平均速率估算模式表 34
表 2.2-8　檢核點主線車道大小車各占主線總大小車流率之百分比 37
表 2.2-9　各內車道小車占主線小車之百分比 37
表 2.2-10 服務水準等級之劃分標準 38
表 2.2-11 HBS 2015 分流區參數對照表 42
表 2.2-12 HBS 2015 匯流區參數對照表 44

表 2.3-1　不同方法論實質幾何參數比較 46
表 2.3-2　不同方法論交通特性參數比較 47
表 2.3-3　檢核前初算參數比較 50
表 2.3-4　路段流量合理性檢核參數比較 51
表 2.3-5　檢核後模式參數與附帶績效值比較 52
表 2.3-6　運行績效與服務水準評估比較 54
表 2.3-7　匝道匯流區方法論模式比較 56
表 2.3-8　匝道分流區方法論模式比較 58
表 2.4-1　各國方法論於匝道匯流區之具體差異項目表 60
表 2.4-2　各國方法論於匝道分流區之具體差異項目表 61
表 2.4-3　各國方法論對 THCM 匝道匯流區二車道範例資料數值 63
表 2.4-4　各國方法論對 THCM 匝道匯流區三車道範例資料數值 64
表 2.4-5　各國方法論對 THCM 匝道匯流區範例之輸出績效比較表 65
表 2.4-6　各國方法論對 THCM 匝道分流區範例資料數值 67
表 2.4-7　各國方法論對 THCM 匝道分流區範例之輸出績效比較表 68
表 3.1-1　調查地點之幾何型態與壅塞狀況 72
表 3.3-1　調查地點與調查時間 81
表 3.3-2　各調查地點車流量及車種比例 81
表 3.3-3　各調查點流量守恆檢核總表 116
表 4.1-1　進口匝道調查地點之幾何型態 117
表 4.1-2　進口調查地點主線各車道之車流占總流率之比例 123
表 4.1-3　匯流區範圍內各車道受變換車之影響程度 130
表 4.1-4　各調查地點臨界點與最大流率 133
表 4.2-1　出口匝道調查地點之幾何型態 133

表 4.2-2　出口調查地點主線各車道之車流占總流率之比例 137
表 4.2-3　分流區範圍內各車道受變換車之影響程度 139
表 5.2-1　匯流區臨界點個別或組合車道容量參考表 146
表 5.2-2　匯流區段上游主線車道 1+2 尖峰流率估計模式表 150
表 5.2-3　高速公路進口匝道匯流區服務水準與最大服務流率準則表 152
表 5.2-4　進口匝道匯流區分析方法論重點對照表 153
表 5.3-1　分流區臨界點個別或組合車道容量參考表 159
表 5.3-2　高速公路出口匝道分流區服務水準與最大服務流率準則表 162
表 5.3-3　出口匝道分流區分析方法論重點對照表 163

第一章 緒論

1.1 計畫背景

交通部運輸研究所（以下簡稱本所）於民國 79 年出版之「臺灣地區公路容量手冊」[2]分析方法係引用美國 Transportation Research Board（TRB）1985 年之公路容量手冊[5]，缺乏本土交通特性資料，因此展開一系列研究，以發展本土化之公路容量分析方式，隨後並出版「2001 年台灣地區公路容量手冊」[3]及「2011 年臺灣公路容量手冊」[4]。惟 2011 年手冊中仍有部分章節尚未修訂或須配合車流特性變化再做調整。

進口匝道匯流區及出口匝道分流區常為高快速公路瓶頸所在。2011 年臺灣公路容量手冊第五章及第六章雖然提供分析高速公路匯流區及分流區容量及服務水準的方法，但其所用之資料陳舊且內容有限。因此本研究希望能建立主線及匝道（包括加減速車道）之影響區域、運作績效與相關影響因素之關係，以發展主線分匯流區與匝道之容量及服務水準分析方法，並修訂容量手冊第五章及第六章，以供高快速公路規劃、幾何設計及匝道控制之應用。

建立高快速公路主線分匯流區的分析模式需要蒐集大量現場資料，以了解本土車流特性。過去修訂容量手冊的一大瓶頸是缺乏有效率的方式去蒐集現場調查資料，加上每個匝道的幾何設計及車流情況有獨特性，在選擇調查地點時應考慮調查結果之代表性。因此，本所於 107 年辦理「高速公路匝道分匯流區車流特性調查之先期規劃」(以下簡稱先期計畫)[1]，探討國內高速公路匝道區之幾何設計型態的種類，及測試現場調查與資料整理方法，先期計畫的主要成果及結論包括：

一、進、出口匝道幾何設計類型與分類統計：

1. 參考美國公路容量手冊之分析方法，近距離之上、下游鄰近匝道可影響分析匝道分匯流區之車流運作，因此將分析匝道與上、下游鄰近匝道以 1 公里間距做為分類準則，產生進、出口匝道上游 1 公里內無（有）匝道進（出）口及下游 1 公里內無（有）匝道進（出）口之各種組合，進口匝道共可分為 9 類匝道型態、出口匝道共可分為 9 類匝道型態（如圖 1.1-1 所示）、交織區類型上匝道區 3 類、下匝道區 3 類。

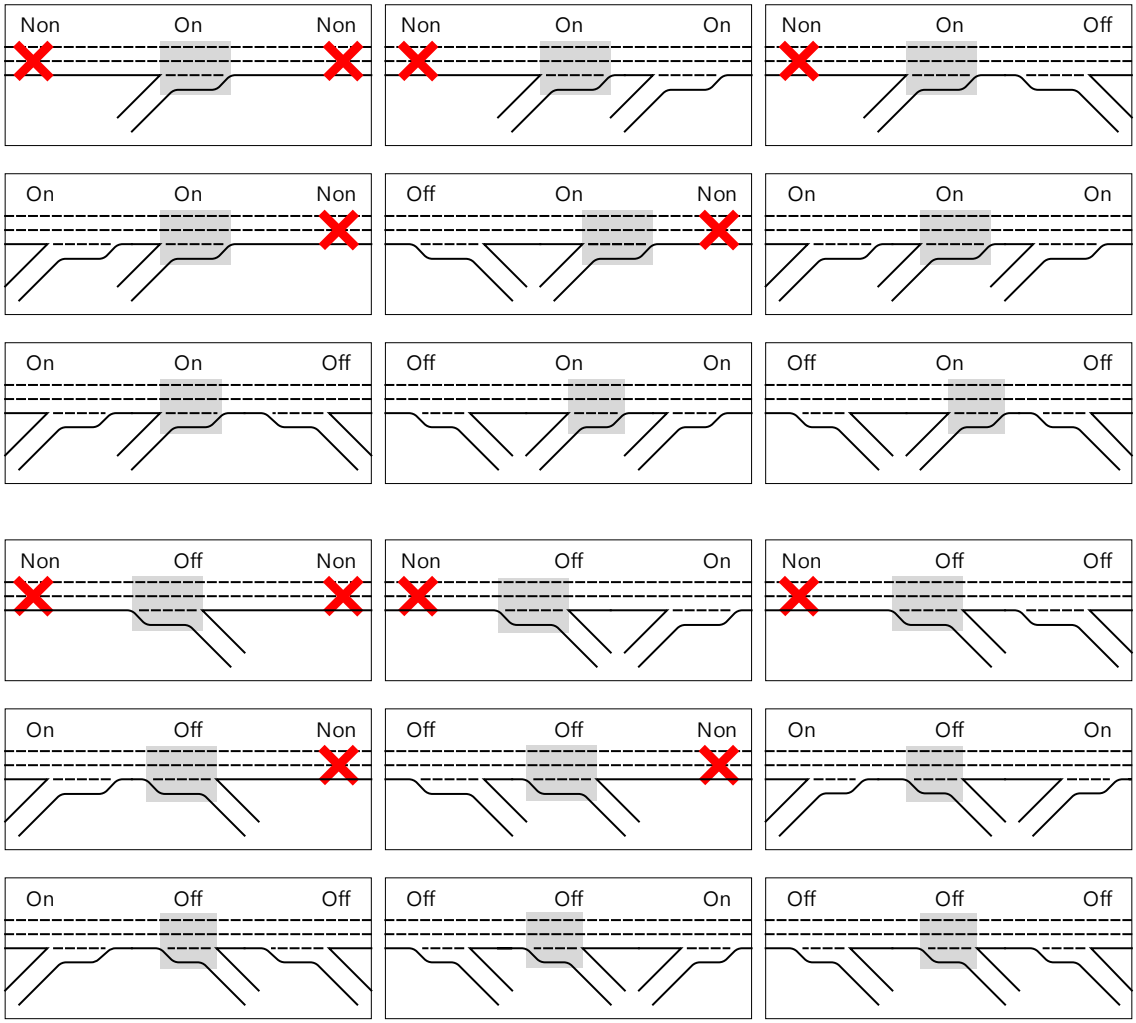


圖 1.1-1 進出口匝道上下游型態示意圖

2. 檢視國道一號、國道三號交流道設施，進口匝道共含 314 處，其中以獨立進口匝道 (On-1 類型，佔 41.7%)、上游 1 公里內有 1 出口匝道且下游 1 公里內無其他匝道(On-5 類型，佔 39.8%)最多，共佔 81.5%。

3. 國道一號、國道三號出口匝道區共 312 處，其中獨立出口匝道(Off-1 類型，佔 40.7%)、上游 1 公里內無其他匝道且下游 1 公里內有 1 進口匝道(Off-2 類型，佔 42.0%)最多，共佔 82.7%。上述型態之進出口匝道數量已超過全數之 8 成，為最常見之匝道型態，其他進出口匝道組合類型數量不多。

4. 進口匝道第 1 類 On-1（共 131 處）座落於主線三車道以上者佔 89.3%，出口匝道第 1 類 Off-1（共 127 處）座落於主線三車道以

上者亦佔 89.8%。此兩匝道區類型建議優先列入未來匝道入、出口特性分期研究中。

5. 併計匝道區類型相似之進口匝道第五類 On-5 與出口匝道 Off-2(共 256 處）座落於主線三車道者佔 82.2%，二車道者僅佔 5.5%；唯鑑於同時含上、下游出、進口匝道之匝道影響區對主線車流之影響預期將較單一匝道口為鉅，且主線車道數愈少，影響亦相對較大，因此未來匝道入、出口特性分期研究中可優先考量以座落於主線三車道以下之匝道區。

二、現場調查與資料整理方案：

1. 高速公路沿線之現場車流調查難度頗高，過去採用路側攝影機觀察車流，在布設攝影機、影像資料蒐集、資料整理等程序繁瑣而且耗費人力。分析匝道分匯流區必須取得較大調查範圍之交通資料，故採用無人機進行空中拍攝，可觀察 700 公尺範圍內之主線分匯流區。

2. 一般無人機滯空時間有限，對達成長時間且連續之拍攝任務有相當困難度，故透過兩台無人機連續接力拍攝，可不間斷的錄影車流狀態由非壅塞轉變為壅塞的完整過程。

3. 藉由空拍影像圖蒐集可能之影響區域內，不同觀測區間之流量、密度、車道變換等車流特性。

本研究修訂容量手冊第五章及第六章之工作，分三年期的執行，各年期的工作以不同形態之分匯流區做區分，第一年（1/3）的分析對象為高速公路獨立進出口分匯流區、第二年（2/3）的分析對象為高速公路受上下游影響之進出口分匯流區、第三年（3/3）為快速公路之進出口分匯區。

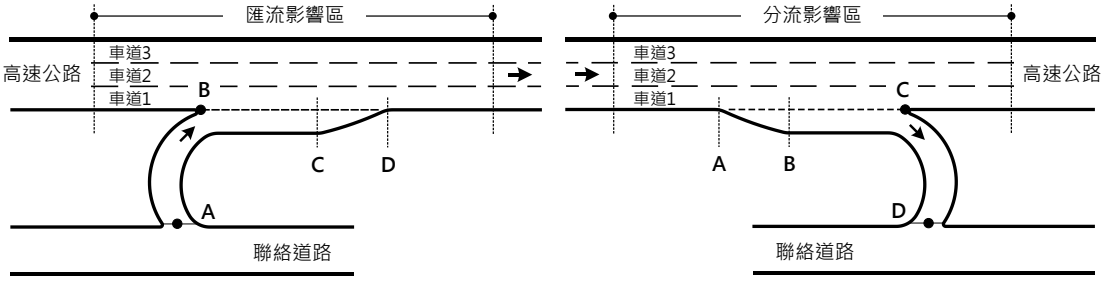
本期（第一年）工作重點為高速公路進口匝道及出口匝道上下游 1 公里內無其他匝道之分匯流區分析，由於此類型之分匯流區運作不受上下游匝道之影響，可先釐清影響車流之幾何型態關鍵變數，並建立適合國內車流情況之主線分匯流區與匝道之容量及服務水準分析方法。

1.2 計畫範圍及對象

本研究的分析對象為國內之高快速公路匝道分匯流區，進口匯流區及出口分流區的示意圖如圖 1.2-1 所示。基於分匯流區車流分段運行特性之

了解，將主線車道順序由外而內，車道編號由小而大，圖 1.2-1 (a)之 A 點為聯絡道路匯入匝道點、B 點為主線與入口匝道交接、C 點為加速車道漸變段（taper）起點，以及 D 點為加速車道終點里程；圖 1.2-1 (b)之 A 點為減速車道起點、B 點為減速車道漸變段終點、C 點為主線與出口匝道分叉點里程，以及 D 點為匝道分出聯絡道路點。模式的建立及資料的蒐集應以國內出現頻率最高之匝道型態為主，但分析程序應能應用於其他匝道型態，以確保容量手冊之完整性。

另外，本研究的目的是要分析分匯流區之容量及運作績效，下游車流壅塞而回堵至上游分匯流區，非本研究之研究範圍，應事先排除為調查對象。



(a)進口匯流區　　(b)出口分流區

圖 1.2-1 分匯流區示意圖

1.3 計畫內容及工作項目

108 年度之工作項目，彙整如下：

1. 蒐集並回顧國內外於高速公路獨立進出口分匯流區之車流特性、容量及服務水準分析等相關研究，以做為調查計畫研擬及分析方法建構之參考。
2. 符合本期研究對象之進出口分匯流區，調查至少 6 個地點。
3. 依據現場調查資料，進行車流特性分析。
4. 建立獨立進口匝道類型之分析方法。
5. 建立獨立出口匝道類型之分析方法。

為確保新修訂容量手冊的能切合使用單位需求以及協助研究成果的推廣，研究過程中並舉辦專家學者座談會、研究成果說明會，以及製作可供展示之影片電子檔。

第二章 文獻回顧

美國自 1965 年發表第二版公路容量手冊後，各國開始關注各自之公路容量研究議題，1985 年第三版公路容量手冊發行前的 1980 年期中進度報告，更引領各國基於自身交通環境、建設需要而紛紛投入研訂各自的公路設施容量參考範本（如日本、加拿大等），圖 2-1 顯示自 1950 年後，各國相繼發行公路容量手冊之年期概要。

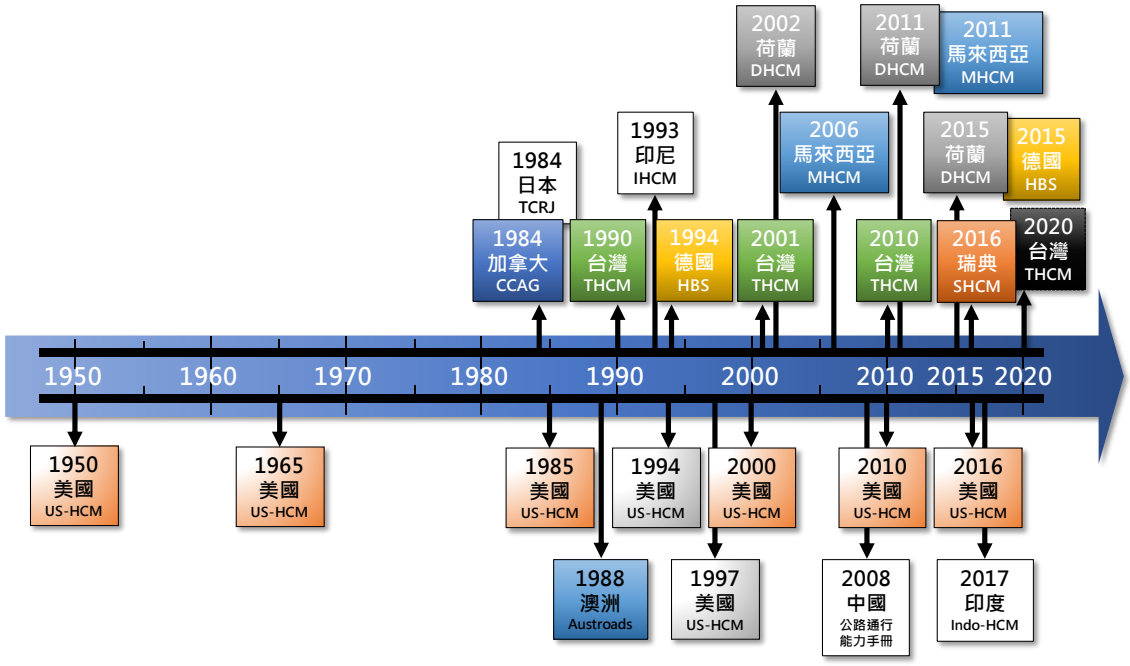


圖 2-1 各國公路容量手冊之年期概要

高速公路匝道是提供車輛經由平面式或高架式交流道的某一道路轉往另一道路的轉換路段，而相銜接的道路中最常見的是限制出入道路設施或高速公路。常見銜接高速公路與平面道路之匝道路段含三個部分，即高速公路匝道口、匝道路段，以及匝道與平面道路交叉口。高快速公路主線路段亂流大都起因於車輛由進口匝道匯入公路主線或由公路主線轉入出口匝道時，因路段實質幾何而發生必要的變換車道所致。

高速公路匝道口在車輛匯入主線或由主線分出時，因車輛間之換道衝突與速率變異而產生亂流，此特性成認是影響路段容量與運行服務品質之要素，各國由於公路法規、交通運行、幾何設計、用路人特性不同，發展分析與評估方法亦各見異同之處。

本研究在探討國內、外高速公路匝道口分匯流區容量研究時，著重於瞭解各國發展背景與各方法論的差異性，前者於 2.1 節說明，後者因限於所蒐集文獻在描述分析方法或流程時，有甚多不完整或參酌他國方法，故僅依方法論差別較大者，於 2.2 節說明，至於方法論之示範、比較等，則於後續各節說明。

2.1 各國高速公路匝道口容量研究概要

2.1.1 美國公路容量手冊 Highway Capacity Manual (HCM) [5~12, 26]

一、1950 年版 HCM (HCM 1950)

美國大規模公路建設始於 1945 年二次大戰後，HCM 1950 係基於當時公路建設需要而倉促出版，以致可供研究之高速公路設施為數甚少，即便是與多車道公路的銜接處亦大都是平面交叉口，且大多並非正規型式的匝道。因此，此版僅處理最常見的匝道口型式，並未發展方法論，手冊只提供四車道公路之計算準則，且未區分高速公路或多車道公路，而銜接之匝道亦只含由右側進出之單車道匝道，且主線大多未設加、減速車道，所以當時大多數進口匝道都是在高速公路（或多車道公路）入口處以「停」標誌管制的匝道。

觀念上，匝道匯入點運行通常比分出點更複雜，因為必須將進口匝道車輛在匯入點插入主線車流內，故邏輯上，匯入點的容量（可以是此版所定義三種容量：基本、可能、實際容量任一）必須限制不能超過進口匝道進入主線路段下游的容量。但此版特別指出前述邏輯並非主要限制因素，因為主線接近匝道口的車流並非均勻分布，由右側進口匝道匯入主線的車流只會併入主線右側車道，且只在右側車道的車流內有足夠間距時才能併入。所以 HCM 1950 認為匝道口上游主線車流的車道分布才是決定匯入點容量的重要因素，此觀點也是嗣後美國各版手冊發展匯入路段分析方法論的重要憑據。

二、1965 年版 HCM (HCM 1965)

這是提出高速公路匝道口分析方法論的首版，主要含：(1) 匝道－高速公路銜接點；(2) 匝道－平面道路交叉點；(3) 匝道路段本身等三個分析要素。由於大多數匝道的容量和運行狀況深受匝道兩端點運行狀

況影響，故此版並不處理要素 (3) 匝道路段本身的運行細節，而專注在要素 (1) 方法論之發展，至於要素 (2) 則另採號誌路口方法論進行分析。

HCM 1965 方法論核心是發展匝道影響區內主線最外側車道（即車道 1）之流量估算模式，並建立會影響匝道口運行的臨界流量檢核點（圖 2.1-1）之檢查準則，包括檢核點之總匯流量、總分流量、主線路段流量，以及交織區流量等四項。

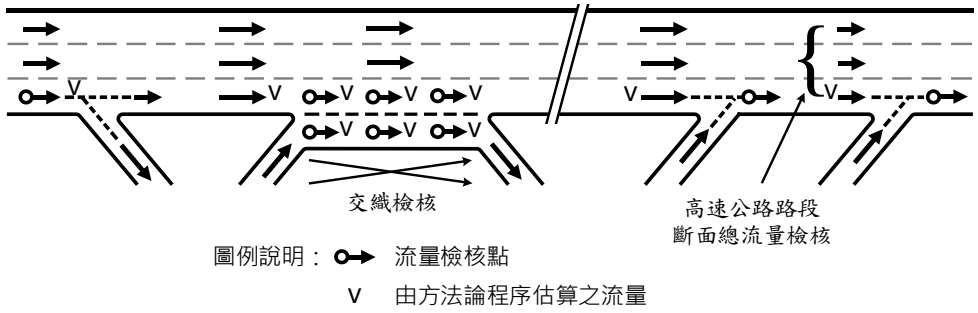


圖 2.1-1 1965 年 HCM 匝道口方法論各檢核點流量示意圖

此版在發展匝道影響區車道 1 之流量估算模式時，提出兩種匝道口分析方法論：

1. 根據聯邦公路局委託 Joseph Hess 在 1960 年進行全國性匝道口車流行為調查，對特定之 10 種匝道區類型所發展之 13 組對應迴歸模式，可適用在全部交通運行狀況。
2. 根據加州公路局同年委託 Karl Moskowitz 和 Len Newman 依據地區資料進行類似之調查研究所發展之另一決定車道 1 流量模式，可適用在擁擠交通狀況，亦可補足 Hess 方法涵蓋類型範圍不足或輸入資料超出迴歸式校估範圍的問題。

對匝道口運行服務水準 A ~ F 之評估，僅從描述駕駛人感受的品質來區分，服務水準準則實際上只有「受限的容量」單一指標，並無其他績效測度（例如速率、密度）；各服務水準等級事實上是由公路容量委員會單純依照檢核點流量（匯流量、分流量、主線流量、交織量）主觀判斷而得（如表 2.1-1）。

表 2.1-1 HCM 1965 匝道口服務水準準則表

服務水準	檢核點流量（車/小時）											
	入口匝道匯流區				出口匝道分流區				交織路段			
A	1,000				1,100				800			
B	1,200				1,300				1,000			
PHF	0.77	0.83	0.91	1.00	0.77	0.83	0.91	1.00	0.77	0.83	0.91	1.00
C	1,300	1,400	1,550	1,700	1,400	1,500	1,650	1,800	1,100	1,200	1,350	1,450
D	1,400	1,500	1,650	1,800	1,500	1,600	1,750	1,900	1,400	1,500	1,650	1,800
E	≤ 2,000				≤ 2,000				≤ 2,000			
F	變化過大				變化過大				變化過大			
服務水準	高速公路檢核點流量（車/小時）											
	四車道				六車道				八車道			
A	1,400				2,400				3,400			
B	2,000				3,500				5,000			
PHF	0.77	0.83	0.91	1.00	0.77	0.83	0.91	1.00	0.77	0.83	0.91	1.00
C	2,300	2,500	2,750	3,000	3,700	4,000	4,350	4,800	5,100	5,500	6,000	6,600
D	2,800	3,000	3,300	3,600	4,150	4,500	4,900	5,400	5,600	6,000	6,600	7,200
E	≤ 4,000				≤ 6,000				≤ 8,000			
F	變化過大				變化過大				變化過大			

三、 1985 年版 HCM (HCM 1985)

此版在 1985 年發表時，有關匝道口運行並無新的研究成果，只在分析程序上稍做調整，以便與其他公路設施（如高速公路基本路段）方法論更一致，主要包括：

1. 統一採 15 分鐘尖峰流率時段，故所有檢核點流量一律調整為以尖峰流率取代小時流量。
2. 高速公路主線檢核點流量配合高速公路基本路段流量準則進行調整。
3. 修訂匯流區、分流區檢核點最大流率，使其低於高速公路基本路段每一車道最大服務流率，並令匯流區檢核點最大流率再略低於分流區檢核點最大流率。
4. 所有檢核點流量一律轉換為純小客車流率 (pc/h)。
5. 沿用 HCM 1965 中 Hess 方法論，且可用於所有 LOS A～E 服務水準，同時也續採 Moskowitz/Newman 方法論，但只用在 Hess 模式未涵蓋的匝道型式。

HCM 1985 之匝道口服務水準評估仍只採「最大服務流率」準則，並無其他對應之績效測度指標項（例如速率、密度），這是因為此版方法論仍然以 HCM 1965 流量模式計算結果為依據之故，經由檢查各檢核點流率，便可決定該匝道口之服務水準（如表 2.1-2）。

表 2.1-2 HCM 1985 匝道口服務水準表

服務水準	進口匝道流率 (小車/時)[1]	出口匝道流率 (小車/時)[2]	高速公路流率（小車/時/車道）[3]		
			設計速率 70 英哩/時	設計速率 60 英哩/時	設計速率 50 英哩/時
A	≤600	≤600	≤1,400	-[4]	-[4]
B	≤1,000	≤1,050	≤1,100	≤1,000	-[4]
C	≤1,450	≤1,500	≤1,500	≤1,400	≤1,300
D	≤1,750	≤1,800	≤1,850	≤1,700	≤1,600
E	≤2,000	≤2,000	≤2,000	≤2,000	≤1,900
F	變化過大				

註：1. 主線車道 1 流率＋右側單車道進口匝道流率

2. 右側單車道出口匝道上游主線車道 1 流率

3. 出口匝道上游或進口匝道下游之高速公路單向每一車道流率

4. 因設計速率限制無法達到此服務水準等級

四、 1994/1997 年版 HCM (HCM 1994/1997)

此新修訂版係依據紐約理工大學於 1994 年研提於 NCHRP 3-37 報告所發展之新方法論，並成為後續 2000 年、2010 年 HCM 分析方法的基礎。資料蒐集來自全美 10 個州的 15 個城市，包含 42 處右側單線上匝道、16 處右側單線下匝道，以及 10 處較特殊幾何路型；共取得 341 筆 15 分鐘與 1,002 筆 5 分鐘單一車道匝道流率資料，提供分析與發展方法論之用。

此版在匝道影響區車道流率、影響區範圍有以下重要調整作法：

1. 定調整個方法論模式以在「基本（理想）狀況」下的小客車流率為基礎，所輸入之「現況」需求流量都必須轉換為尖峰 15 分鐘流率，各調整因素值（如車道寬、大型車、坡道等）則取自該年版 HCM 高速公路基本路段與多車道公路分析程序。
2. 確定「匝道影響區」，亦即受進口、出口匝道流動影響最大的高速公路路段（如圖 2.1-2）：
   (1) 強調匝道分匯流衝擊影響限於主線最外側兩車道(即車道 1、2）
   (2) 進口匝道影響區由匝道口向下游延伸 1,500 呎

(3) 出口匝道影響區由匝道口向上游延伸 1,500 呎

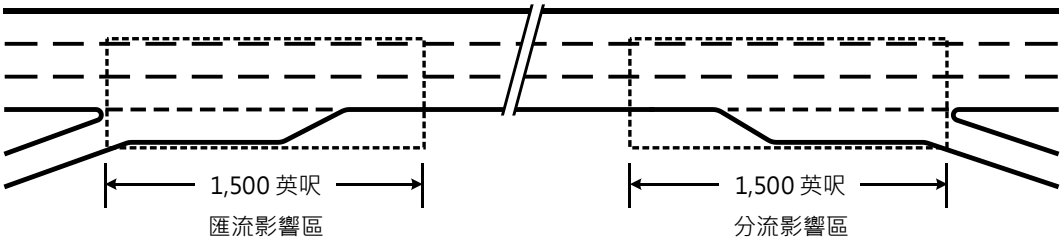


圖 2.1-2 匝道影響區示意圖

HCM 1994/1997 分析程序主要在預估匝道口上游主線車道 1、2(如圖 2.1-3 所示)的流量，另由迴歸分析法預測影響區車流密度與平均速率兩對應績效，並以車流密度為評估影響區服務水準等級之主指標。圖 2.1-3 為此版匝道口分析方法論所引用之重要變數概要，圖中各變數定義請參閱附錄 A。

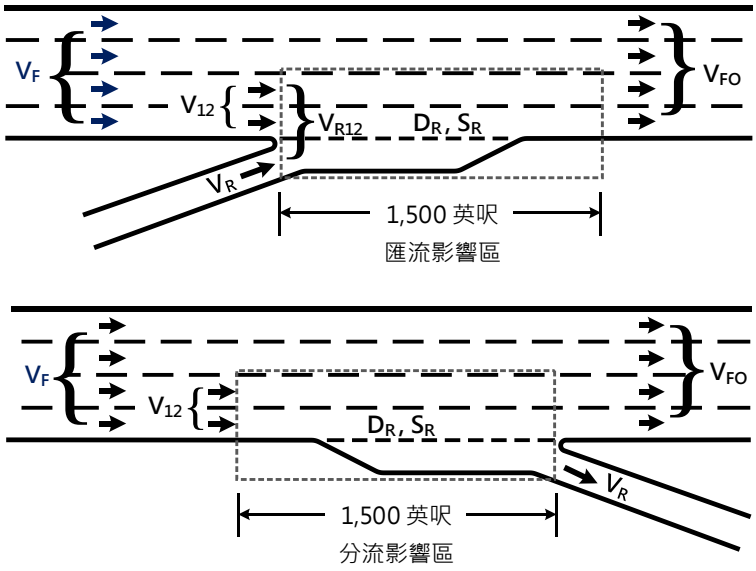


圖 2.1-3 匝道口分、匯流影響區分析之主要變數示意圖

此版評估匝道口服務水準等級是以匝道影響區之預測車流密度為依據，平均速率則為參考次指標，但不供決定服務水準之用（如表 2.1-3）；界定服務水準等級之兩步驟如下：

1. 若需求流率低於容量，則繼續估算車流密度和平均速率，進而決定服務水準等級（服務水準 A～E）。

2. 決定匝道口容量，若估算之需求流率超過容量而發生停等車隊，便界定為 F 級，不必再估算對應之車流密度、平均速率。

表 2.1-3 HCM 1994/1997 匝道口服務水準等級表

服務水準	最大密度（主指標）（小車/英哩/車道）	平均速率（次指標）（英哩/時）
A	10	58
B	20	56
C	28	52
D	35	46
E	＞35	42
F	需求流率大於容量	

五、 2000 年版 HCM (HCM 2000)

此版幾乎沿用 1994/1997 更新版方法論，流量模式只微調估算六車道高速公路車道 1、2 流量公式，此外亦只在容量上限之詮釋定義、預測高速公路斷面平均速率兩項做以下調整：

1. 最大流率與詮釋定義
   (1) 進入匝道影響區的需求流率若超過最大值時，不一定會導致 LOS F，只能說運行狀況可能比由方法論估算的車流密度和速率所預期的狀況更糟些，亦即匯入或分出流率並不會降低高速公路匝道口附近基本路段的容量，但運行狀況卻會深受影響。
   (2) 當高速公路分出點上游主線或匯入點下游主線的需求流率超過高速公路容量，或匝道需求流率超過匝道路段容量時，才認為發生 LOS F。
   (3) 調整匝道分、匯流口主線路段容量，以反映與 HCM 2000 高速公路基本路段容量一致（表 2.1-4）

表 2.1-4 HCM 2000 高速公路分出點上游或匯入點下游主線容量表

高速公路自由車流速率（英哩/時）	高速公路單向最大流率（小車/時）			
	二車道	三車道	四車道	≥ 五車道
≥ 70	4,800	7,200	9,600	每車道 2,400
65	4,700	7,050	9,400	每車道 2,350
60	4,600	6,900	9,200	每車道 2,300
55	4,500	6,750	9,000	每車道 2,250

2. 高速公路斷面所有車道之平均速率

(1) 1994/1997 更新版方法論的問題之一是只處理匝道影響區的運行狀況，若在四車道公路還好（因為影響區剛好只兩條車道），但在六或八車道公路，則有部份影響區以外的車道未被分析到。

(2) HCM 2000 採用一套可同時檢視高速公路主線、交織、匯流、分流等路段運行的方法論，當以速率做為描述運行的主要績效時，會估算影響區 1,500 呎內所有車道之平均速率，各估算式係參酌 NCHRP 3-37 迴歸模式而得，可分別估算匝道影響區內、外車道的速率，進而預估道路斷面所有車道之平均速率（如表 2.1-5、表 2.1-6）。

表 2.1-5 HCM 2000 匝道匯流區平均速率估算模式表

平均速率（英哩/時）	估 算 式
匝道影響區內車道	$S_R = FFS - (FFS - 42)M_S$ $M_S = 0.321 + 0.0039 \cdot e^{\left(\frac{v_{R12}}{1000}\right)} - 0.002\left(\frac{L_a \times S_{FR}}{1000}\right)$
匝道影響區外車道	$S_o = FFS \quad v_{oa} < 500$ pc/h $S_o = FFS - 0.0036(v_{oa} - 500) \quad v_{oa} \le 500 - 2{,}300$ pc/h $S_o = FFS - 6.53 - 0.006(v_{oa} - 2300) \quad v_{oa} > 2{,}300$ pc/h
路段全部車道	$S = \frac{v_{R12} + v_{oa} \cdot N_o}{\left(\frac{v_{R12}}{S_R}\right) + \left(\frac{v_{oa} \cdot N_o}{S_o}\right)}$

註：各變數定義請參閱附錄 A

表 2.1-6 HCM 2000 匝道分流區平均速率估算模式表

平均速率（英哩/時）	估 算 式
匝道影響區內車道	$S_R = FFS - (FFS - 42)D_S$ $D_S = 0.883 + 0.00009 \cdot v_{12} - 0.0013 \cdot S_{FR}$
匝道影響區外車道	$S_o = 1.097 \cdot FFS \quad v_{oa} < 1{,}000$ pc/h $S_o = 1.097 \cdot FFS - 0.0039(v_{oa} - 1{,}000) \quad v_{oa} > 1{,}000$ pc/h
路段全部車道	$S = \dfrac{v_{12} + v_{oa} \cdot N_o}{\left(\dfrac{v_{12}}{S_R}\right) + \left(\dfrac{v_{oa} \cdot N_o}{S_o}\right)}$

註：各變數定義請參閱附錄 A

六、 2016 年版 HCM (HCM 2016)

此版除了仍繼續沿用 1994/1997 更新方法論與 2000 年 HCM 局部調整，另進行兩項修正：

1. 匝道影響區外車道流率之合理性檢查
   (1) HCM 1994/1997 發展估算匝道匯流、分流區上游主線車道 1、2 需求流量比例迴歸模式，對後續各版 HCM 分析法產生重要引導效果。
   (2) 此模式經多年應用，發現若干不合理之例證，特別是因低估車道 1、2 需求流量，導致其他車道之估計流量會超出容量的問題。
   (3) 此版回溯 NCHRP 3-37 原始資料後，對匝道影響區其他車道最大流率增列兩個限制條件：
      - 匝道影響區其他車道之平均每車道流率應不大於 2,700 pc/h/ln。
      - 匝道影響區其他車道之平均每車道流率應不大於車道 1、2 平均流量的 1.5 倍。
   (4) 當其他車道之平均每車道流率超過上列任一限制條件時，取限制條件上限值中之最大值，再回調車道 1、2 需求流量 v_{12}，以符合所訂限制條件，檢核程序適用於六車道或八車道高速公路。

2. 因實證顯示 HCM 1994/1997 估算匯流區上游主線車道 1、2 需求流量比例常出現異常結果，特別是在低到達流率下常高估需求流量，故亦調整部份迴歸式係數與適用流量範圍。

2.1.2 臺灣公路容量分析 [2, 3, 4]

臺灣本土公路容量相關研究始於民國 75 年，初期研究以高速公路主線、一般公路，以及市區平面路口之基本容量、交通特性、相關影響因素探討為主，於民國 79 年發行包含市區街道、高速公路初期研究成果之公路容量手冊；嗣後再經由逐年分期修訂、增補原章節設施內容，並增加收費設施、快速道路、匝道匯流區、多車道公路、雙車道公路、市區幹道、機車專用道、公車設施等研究成果，於民國 90 與 100 年分別發行 2001 與 2011 年版臺灣公路容量手冊。

一、 民國 79 年版臺灣地區公路容量手冊 [2]

此版在匝道分、匯流區分析方法論中有關設施定義、分析程序、外側車道（車道 1）流量分布模式、流量檢核點等主要都以美國 HCM 1985 年版方法論為依據，只做局部微調，並未進行現場車流資料蒐集與實證。

此版有關匝道區主線路段車道 1 流量分布係先確認擬分析進、出口匝道的幾何類型，再參考美國 HCM 1985 年版對應類型之車道 1 流量模式進行估算，但匝道區範圍若可調查取得主線各車道、匝道之流量，則可直接進行運行分析。

匝道分、匯流區流量檢核目的在檢視受評估車道或路段的容量是否足以服務需求流量，主要檢核點在匝道匯入點下游、分出點上游、以及兩匝道口之間的基本路段等三個位置。此版在界定服務水準準則時，雖採單一車道容量值為 2,400 小車/小時/車道，若路段有多車道，則該路段容量等於 2,400 乘以車道數，但在綜合分析時認為匝道區段車道基本容量應比基本路段低，建議調低為 2,000 小車/小時/車道。由所界定各服務水準等級最大服務流率值可檢查各檢核點尖峰流量的落點，進而以三處檢核點中 v/c 值最大者所屬之等級區間，為該匝道區之運行服務水準。

二、2001、2011 年版臺灣公路容量手冊[3, 4]

1. 高速公路匯流影響區

本手冊之高速公路匯流區交通資料蒐集於民國 85 與 89 年間，因交通取樣地點限制，適用於分析者僅國道一號桃園南下、中壢北上、內壢南下單一進口匝道共三處約 14 小時交通狀況資料，且並未包含匝道路段本身、匝道與平面道路交叉口之分析。

對於匯流區交通特性著重在匝道路段流量－速率－密度關係特性、檢核點之選擇、檢核點流率與大小車種之車道分布統計，以界定檢核點車道流率與幾何設計、需求流率之關係。

有關分析方法之發展大致依循美國 HCM 1985 方法論與流程，本手冊建議最適檢核點設於匯入點下游相當於加速車道約三分之二長度之地點，並以影響區內之主線最內側 1 車道流率進行流率檢測。

對照前、後版手冊差異。(1) 容量值：民國 79 年版採單一容量值（2,400 小車/小時/車道），民國 90、100 年版則依內、外車道給予本土建議值。(2) 服務水準：民國 79 年版以各檢核點尖峰小時流率為評估基準，民國 90、100 年版則改以“流量與容量比值（v/c）”與“平均速率與路段速限差”雙指標進行評估。

2. 高速公路分流影響區

本手冊之高速公路分流區交通資料亦蒐集於民國 85 與 88 年間，取樣地點於新竹北上、內壢南下、桃園北上等三處單一出口匝道。

對於分流區交通特性主要探討匝道路段流量－速率－密度、佔有率關係特性、路段車流與大小型車種之車道分布，但未進行分流區檢核點之選擇。

分析方法係對影響區內之主線最內側車道，以及最外側兩車道流率進行估算；對車道流率分布仍採迴歸法，依據上列三處出口匝道資料，分別建立在已知主線分出點減速車道總流率之下，對應之分流區主線最內側 1 車道、最外側車道 1 流率之估計模式（此版之最外側車道 2 流率模式因估算誤差較大，未納入應用），進而再估算其餘車道之流率、大型車之車道分布比例。

有關服務水準之評估，手冊基於分流區斷面各車道車流運行特性不同，建議各車道分別評估。至於對照前、後版手冊，在容量值與服務水準之差異均與前述匯流區同。

2.1.3 德國容量分析（HBS 2015 年版）[13, 14, 15, 16, 18]

德國早期道路容量研究大都以「確定性」因素為著眼，直到美國發行 HCM 1950 後，德國相關研究才將「隨機性」元素（stochastic elements）結合到交通工程實證研究中。1989 年起在德國聯邦運輸部主導下，委託波鴻魯爾大學發展德國公路容量手冊（HBS）雛型，於 1993 年完成初稿，並於隔年出版。

德國聯邦運輸部於 1994 年公佈公路容量手冊草案，早期對交通設施之車流特性、容量研究常見參採美國 HCM 對該類設施之分析方法論，但截至 2001 年發表首版容量分析手冊 (HBS) 時，對設施運行品質之評估、設計標準雖仍依循美國 HCM 界定 A ~ F 六級服務水準的概念，但對各同類設施之運行分析方法、評估指標與準則仍未一致。德國聯邦政府基於容量手冊用途日益廣泛，為滿足殷切之實務設計與專業研究需要，於是責成聯邦公路研究所（Bast；公路設施專案）與道路運輸研究協會（FGSV；設計評估準則）共同籌劃、編訂，並於 2015 年發行新版容量分析手冊 (HBS 2015)，除了廣泛檢討、調整或更改各類設施原採方法論外，將交通設施統編為高速公路、鄉村公路、市區街道三大類，為求各同類設施績效測度指標之一致性，高速公路組成設施仍採飽和度 *v/c*（如表 2.1-7 所示），而鄉村公路、市區街道兩類設施則分別採車流密度與延滯指標（惟市區街道類之市區幹道、行人設施仍採密度績效）。

表 2.1-7 HBS 2015 高速公路各級服務水準參數表

服務水準	*v/c* 比值
A	≦ 0.3
B	≦ 0.55
C	≦ 0.75
D	≦ 0.90
E	≦ 1.00
F	＞ 1.00

（資料來源：Wu and Lemke, 2016）

HBS 2015 在高速公路部份主要增列容量相關研究成果、界定 30th HV 與尖峰小時需求流量之關連性、修訂流量－速率關係曲線等。

1. 高速公路主線部份

容量與車流特性資訊係參酌 1996～2010 年間有關高速公路容量、流率－速率校估關係等研究成果，根據高速公路布設路段之坡度、坡長，以及主線單向車道數、速限、座落地區、重車比例等現況資訊，界定公路斷面總容量（流量單位 veh/h）。

2. 高速公路匝道分、匯流區部份

早期德國對高快速公路匝道分、匯流區服務水準是由分析特定關鍵區域的速率、流量、密度來決定，關鍵區域指高速公路分流區、匯流區、交織區，以及上、下游主線路段等，各區域分開個別分析，其中交織區長度不超過 500 公尺，否則視為兩獨立之匯、分流區。

2.1.4 荷蘭容量分析沿革（Dutch HCM 2015 年版）[17]

荷蘭自 1999 年發行首版容量分析手冊 (Dutch HCM) 起，歷經 2002、2011 年版修訂，至 2015 年已完成第四版手冊，是荷蘭在執行道路系統規劃程序中最重要之指導範本之一。

荷蘭自 1968 年起每兩年，而自 1973~1989 年期間每年根據美國 HCM 方法計算與評估國內主要公路路段之服務水準；1986 年首次在數條高速公路建置交通管理系統 (MTM)，開始長期觀測道路容量，蒐集攸關車流與速率之資料，這是荷蘭當局在特殊交通環境下，建立道路容量觀念的起源。

1990~1995 年間荷蘭各方經由辦理 CIA-1 系列計畫累積更多容量研究經驗和資訊，惟當時基礎設施與環境部門有感於國內自有之特殊交通運行環境、沿用美國 HCM 方法遭遇諸多困難等問題，需要自行逐步發展較適用國內交通環境之容量分析方法，於是在 1999 年催生首版容量手冊（內容只含高速公路），主要包含界定高速公路主線與交織區段容量、計算流量與容量比、引進擁擠發生機率等方法，自此，荷蘭開始有正式之容量標準與分析方法，提供決定各級道路服務水準。

第二版容量手冊在 2002 年發行，之後因組織改制、重點研究議題轉移或緩辦等因素，遲至 2011 年才發行第三版容量手冊，內容包括修訂單向

二、三車道高速公路容量、引進全新且易估交織區段容量方法、將原重型車當量 PCE = 1.5 改為 2.0 等。自發行 2011 年版後，官方仍每年進行各道路容量測度與特定設施模擬，藉由持續分析資料累積、更新，加速下一新版之發行。

2015 年發表第四版手冊，內容界定更多公路設施現況實測容量值，其中較受關注者如：

1. 增加漸變路段、苜蓿型匝道、尖峰期專用道、八車道高速公路等分析方法。

   此版界定「標準公路容量」的標準狀況，對公路設施容量之測度資料大都在進口匝道匯入點或公路車道縮減地點蒐集，表 2.1-8 為各年版 Dutch HCM 在不同車道數下之估算容量，單向車道數愈多，總容量會些微增加。

表 2.1-8 各年版 Dutch HCM 容量估算

車道數	一版 (1999 年)	二版 (2002 年)	三版 (2011 年)	四版 (2015 年)
一車道 1,500 公尺以上	1,900	1,900	1,900	1,900
一車道 1,500 公尺以下	2,100	1,900	1,900	1,900
二車道	4,300	4,300	4,200	4,300
三車道	6,700	6,700	6,300	6,200
四車道	9,000	9,000	8,200	8,200
五車道	11,300	11,300	10,000	10,250
六車道	13,400	13,400	11,500	12,000
七車道	N/A	N/A	N/A	N/A

此版亦首先增加尖峰開放專用車道（路肩）(Peak hour lanes)之容量估算，荷蘭高速公路開放之路肩可分為右側與左側，路肩車道寬通常窄於標準車道寬 3.5 公尺，故路肩容量比一般車道低。表 2.1-9 為 Dutch HCM 尖峰時段路肩開放下之公路估算容量。

表 2.1-9 Dutch HCM 尖峰時段路肩開放下之公路容量表（含 15%貨車）

高速公路車道數	容量（小汽車/小時）
二車道＋路肩（右側）	5,300
二車道＋路肩（左側，寬度 3.10 公尺）	6,100
二車道＋路肩（左側，寬度 2.50～2.75 公尺）	5,800

由比較以上兩表，標準第三車道容量為 1,900 小車/小時（三車道容量與二車道容量之差），開放右側路肩額外增加之容量為 1,000 小車/小時（5,300 減 4,300），相對於標準第三車道之容量減少 47%，可能原因是右側車道之大貨車使用比例較高，且貨車車體較寬，路肩較窄，因此對容量影響較大；另外在無緊急車道的情況下，會有較少車輛使用路肩。

2. 高速公路交織區段容量因尚無測度方法，故仍以 FOSIM（Freeway Operation SIMulation）軟體進行模擬。

3. 蒐集超過 200 處交通資料進行分析，深入探討較窄車道、速限、無緊急車道路段、隧道、橋樑、施工區等之容量與關連因素。

4. 有關服務水準指標：

荷蘭官方自 1968 年起每年都會追蹤全國各道路之服務水準，並依美國 HCM 定義服務水準 A ~ F 級之方式公佈。嗣後由於大眾不易瞭解 A ~ F 各等級意涵，反對聲浪愈益高漲，且民間對政府執行專案影響力愈來愈大，因而在 1988 年引進新指標「擁擠機率」，即駕駛人遭遇道路交通擁擠的最大機率，荷蘭高速公路擁擠指標與門檻為速率低於 50 km/h，最大機率值則經由交通模擬取得。

2001 年起因新訂交通政策，改以高速公路較長路段之「平均速率」取代擁擠機率，直到 2005 年又引進「NoMo-norm 政策性指標」，即在高速公路較長路段上，尖峰時段與離峰時段平均旅行時間之比值。

在歷經多種評估指標之使用與異動檢討後，2011 年版手冊最終決定仍以「*v/c* 比值」為評估設施服務水準主指標，以「擁擠機率」為對照指標，並分別劃訂此兩項指標對應於服務水準 A ~ F 各等級的範圍。

2.1.5 瑞典容量手冊相關應用（Bergh 等人，2016）[19]

Bergh 等人（2016）探討有關瑞典國內道路投資建設、藉由速限政策降低碳排放等議題時，對瑞典大型幹道系統設施之長度與分布、日交通量與與旅行時間統計、有關道路容量與服務品質管理政策等進行廣泛說明與檢討。該研究指出首版瑞典容量手冊 (SHCM) 自 1977 年發行後，一直未更新內容，直到 2014 年才因進行 Metcap 專案而催生新版手冊。為有效提升管理幹線系統之通行效率、生產力、信賴度，有必要充份掌握幹道各入口車道、交織區段之流量。

該研究沿用 SHCM 之估算方法：

- 進口匝道匯流區容量 q_{onar}

$$q_{onar} = q_c - a\,(q_{on})$$

其中 q_{onar} 進口匝道口下游主線直行車道總容量 (pc/h)

q_c 單向二車道 4,150 pc/h，單向三車道 5,600 pc/h

a 交流道密度 > 0.33 座/公里，$a = 0.25$

交流道密度 = 0.2 ~ 0.33 座/公里，$a = 0.20$

q_{on} 進口匝道流量 (pc/h)

- 交織區段容量 C_w

$$C_w = C - 0.0065\left(\frac{q_{off}}{q_{on}+1}\right)^{0.1}\left(0.43\cdot q_{off}\right) + 1.87\cdot q_{on}\left(1+\left(q_{off}^{1.4}\cdot q_{on}\right)^{0.3}\right) + 0.05\left(L-250\right)^{1.5}$$

其中 C 單向二車道主線容量 4,150 pc/h

q_{on} 進口匝道流量 (pc/h)

q_{off} 出口匝道流量 (pc/h)

L 交織區段長度 (m)，L 最大長度 = 1,250 m

2.1.6 馬來西亞容量分析（MHCM 2011 年版）[20, 21]

馬來西亞在 2006 與 2011 年分別發行公路容量手冊 (MHCM) 第一、二版，前者以干擾車流設施－市區路口、幹道分析為主，後者則包含無干擾車流設施－多車道公路、雙車道公路、高速公路基本路段以及快速道路匝道路段等四部份。

2011 年版 MHCM 主要應用於快速道路單一進、出口匝道之分析，其方法流程、輸入資料、模式參數應用等大都參考美國 2000 年版 HCM 方法論，僅在少數交通或設施參數定義上微調，例如屬靠左行進車流設施、尖峰小時係數計算、多類重車當量建議值與綜合調整因素計算、具多車道之加、減速車道之有效長度之估算方式、匝道分/匯流影響區界定範圍為 450 公尺等。

在進行分、匯流區運行分析時，仍認為主線最外側兩車道（車道 1、2）車流對影響區運行品質之衝擊最大。運行分析程序從輸入實質幾何、交通特性、換算尖峰流率、分流（或匯流）區主線車道 1、2 流率估算、分流（或匯流）區容量計算與流入量檢核、績效指標估算、完成最後服務水準評估，整體流程與美國 HCM 相同。

MHCM 有關主線車道 1、2 流率仍以迴歸式估算，式中常數、各自變數項與對應係數，則依據國內交通與用路人操作特性進行調整，列於分析試算表中。

有關高速公路匝道分、匯流區流量檢核如下：

1. 進口匝道匯流區

   匯流區容量主要受下游主線路段總容量之影響，主要檢核由進口匝道與上游主線進入匯流區之總流量是否超過匯流區容量 4,600 pc/h，據以評估影響區的服務水準。

2. 出口匝道分流區

   分流區容量主要受上游主線總容量之影響，主要檢核由出口匝道與下游主線離開分流區之總流量是否超過分流區容量 4,400 pc/h，據以評估影響區的服務水準。

MHCM 對匝道影響區之服務水準評估與美國 HCM 作法相同，即若估算需求流量超過檢核容量時，預計該影響區路段會癱瘓，路段服務水準為

F 級；若未超過，則認為仍處在穩定車流狀況，可估算影響區的車流密度，進而決定服務水準。

2.2 各國高速公路匝道分匯流區容量分析方法論

2.2.1 美國公路容量分析

一、1950 年版 HCM (HCM 1950) [5~12, 26]

如前節所述，HCM 1950 並未區分高速公路或多車道公路設施，僅處理最常見之右側單線、不含加、減速車道之匝道口型式，手冊並未發展方法論，只經由實證調查資料，提供在不同小時流量水準下，四車道公路之 (1) 一般基本路段；(2) 近匝道口上游主線內、外車道流量分布計算準則。

除了上述車道分布準則外，HCM 1950 在匝道幾何設計上亦只提供少許參考建議準則：

1. 單車道匝道可能容量約為 1,200 pc/h/ln，而多車道匝道可提高容量，但無可供參考的準則。
2. 曲率與超高可供 30 mi/h 運行速率的匝道，其匝道車道之實際容量建議可採用一般多車道公路的車道容量準則加以估計。
3. 匝道容量主要是受匝道兩端點容量的限制。

此版雖建立一些可供發展後來方法論參考的基本觀念，但並未提出匝道分、匯流區段的分析方法，直到 1965 年發行的 HCM 才正式提出。

二、1965 年版 HCM (HCM 1965)

如前節所述，HCM 1965 基於匝道影響區運行之複雜性與既有方法使用校估資料適用範圍的限制，提出分別由 Joseph Hess 與由 Karl Moskowitz 和 Len Newman 所發展的方法論來估算主線車道 1 的流量，這是由於當時公路容量委員會無法決定何種方法較好，故同時妥協採用，但建議 Hess 方法應用在服務水準 A ~ C 狀況，而 Moskowitz/Newman 方法則用在服務水準 D 或更糟狀況。此妥協作法之後應用於設施運行分析時，常出現使用 Hess 方法，評估結果卻是服務水準 D；使用 Moskowitz/Newman 方法，評估結果卻是服務水準 C 的難題。

此版方法論正式提出匝道口服務水準準則（如表 2.1-1），其中有兩個特點：

1. 尖峰性：只在服務水準 C 和 D 時，才以尖峰 5 分鐘（非 15 分鐘）流率為基礎，其他等級則仍採尖峰小時流量。理由是在服務水準 A 和 B 之下，短暫尖峰並不會影響整個運行狀況，而服務水準 E 本來就代表在容量狀態，即整個小時流量。
2. 流量單位：各檢核點之流量準則是以「veh/h」為單位，但高速公路基本路段流量單位卻是「pc/h」。因當時一般匝道口至多僅含 5% 重型車，故只在重型車超過 5% 的情況才需調整，即使方法論是在混合車流狀況（最多 5% 重型車）下發展，當重型車少於 5% 時，即無須任何調整，故表 2.1-1 服務水準流量準則可視為以 pc/h 為單位。

有關匝道口分析之核心變數－匝道口上游主線車道 1 流量之估算：

1. Hess LOS A,B,C 估算法

Hess 方法論由彙集全國高速公路幾何資料，以主線雙向四、六、八車道為適用對象，發展 15 種可估算匝道口上游主線外側車道 1 流量的迴歸式（表 2.2-1、表 2.2-2）。估算主線車道 1 流量之主要參數包括上游主線流量、主要匝道流量、相鄰上、下游匝道流量，以及與上、下游匝道距離等項，可適用多種匝道口幾何結構，包括：

- 右側單線獨立進口匝道（適用四、六、八車道高速公路）
- 右側單線獨立出口匝道（適用四、六、八車道高速公路）
- 右側單線進口匝道，有上游與（或）下游匝道（適用四、六、八車道高速公路）
- 右側單線出口匝道，有上游與（或）下游匝道（適用四、六、八車道高速公路）
- 右側單線進口匝道與下游單線出口匝道，其間有或無輔助車道（適用四、六、八車道高速公路）
- 右側兩線獨立進口或出口匝道（僅適用六車道高速公路）
- 其他含兩條主線分流、匯流型式

表 2.2-1 Hess LOS A,B,C 方法論估算不同幾何設施車道 1 迴歸式參考表

匝道口型態	四車道高速公路		六車道高速公路		八車道高速公路	
	進口	出口	進口	出口	進口	出口
獨立進口匝道	式 9-1	無	式 9-2	無	式 9-3	無
獨立出口匝道	無	式 9-4	無	式 9-5	無	LOS D, E 方法論
獨立迴圈進口匝道	式 9-6	無	無	無	無	無
進口匝道有上游出口匝道 與/或下游出口匝道	式 9-1	無	式 9-5	無	式 9-7	無
出口匝道有上游進口匝道	無	式 9-8	無	式 9-9	無	LOS D, E 方法論
進口迴圈匝道連接出口迴圈匝道（有輔助車道）	式 9-10	式 9-10	式 9-11	式 9-11	式 9-12	LOS D, E 方法論
進口匝道連接出口匝道（輔助車道）	式 9-13	式 9-13	式 9-14	式 9-14	式 9-12	LOS D, E 方法論
連續進口匝道	車道 1：式 9-1 車道 2：式 9-15	無	車道 1：式 9-5 車道 2：式 9-2	無	LOS D, E 方法論	無
連續出口匝道	無	車道 1：式 9-8 車道 2：式 9-2	無	車道 1：式 9-9 車道 2：式 9-9	無	LOS D, E 方法論

表 2.2-2 Hess LOS A,B,C 方法論估算車道 1 迴歸式對照表

算式編號	估 算 式	估算式限制
9-1	$v_1 = 136 + 0.345v_f - 0.115v_r$	$v_f = 400 \sim 3400$ vph $v_r = 50 \sim 1400$ vph
9-2	$v_1 = 574 + 0.228v_f - 0.194v_r - 0.714D_u + 0.274v_u$	$v_f = 1800 \sim 5400$ vph $v_r = 100 \sim 1500$ vph $v_u = 100 \sim 1400$ vph $D_u = 500 \sim 1000$ ft
9-3	$v_1 = -312 + 0.201v_f + 0.127v_r$	$v_f = 3000 \sim 7700$ vph $v_r = 300 \sim 1300$ vph
9-4	$v_1 = 165 + 0.345v_f - 0.520v_r$	$v_f = 400 \sim 4200$ vph $v_r = 50 \sim 1500$ vph
9-5	$v_1 = 121 + 0.244v_f - 0.085v_u + 640\frac{v_d}{D_d}$	$v_f = 2400 \sim 6200$ vph $v_r = 100 \sim 1700$ vph $v_u = 50 \sim 1100$ vph $v_d = 50 \sim 1400$ vph $D_u = 900 \sim 5700$ ft $D_d = 900 \sim 2600$ ft
9-6	$v_1 = 128 + 0.482v_f - 0.301v_r$	$v_f = 600 \sim 2000$ vph $v_r = 600 \sim 1200$ vph
9-7	$v_1 = -353 + 0.199v_f - 0.057v_r + 0.486v_d$	$v_f = 3000 \sim 7100$ vph $v_r = 300 \sim 100$ vph $v_d = 100 \sim 800$ vph $D_d = 1500 \sim 3000$ ft
9-8	$v_1 = 202 + 0.362v_f + 0.496v_r - 0.069D_u + 0.096v_u$	$v_f = 80 \sim 4200$ vph $v_r = 50 \sim 1600$ vph
9-9	$v_1 = 94 + 0.231v_f + 0.473v_r + 215\frac{v_u}{D_u}$	無
9-10	$v_1 = 195 + 0.273v_f - 0.146v_r + 0.723v_d$	$v_f = 600 \sim 3600$ vph $v_r = 100 \sim 1500$ vph $v_d = 500 \sim 500$ vph $D_d = 400 \sim 750$ ft

註：各變數定義請參閱附錄 A

表 2.2-2 Hess LOS A,B,C 方法論估算車道 1 迴歸式對照表（續）

算式編號	估 算 式	估算式限制
9-11	$v_1 = -87 + 0.225v_f - 0.140v_r + 0.500v_d$	$v_f = 2000 \sim 5600$ vph $v_r = 200 \sim 1500$ vph $v_d = 150 \sim 1500$ vph $D_d = 400 \sim 850$ ft
9-12	$v_1 = 584 + 0.180v_f - 0.203v_r - 0.487D_d + 0.204v_d$	$v_f = 3670 \sim 7500$ vph $v_r = 110 \sim 1220$ vph $v_d = 110 \sim 1220$ vph $D_d = 500 \sim 1400$ ft
9-13	$v_1 = 281 + 0.400v_f - 0.225D_d + 0.394v_d$	$v_f = 3670 \sim 7500$ vph $v_r = 1200 \sim 3200$ vph $v_d = 50 \sim 1000$ vph $D_d = 800 \sim 1700$ ft
9-14	$v_1 = 53 + 0.283v_f - 0.409D_d + 0.547v_d$	$v_f = 1900 \sim 5600$ vph $v_d = 50 \sim 1000$ vph $D_d = 300 \sim 1400$ ft
9-15	$v_1 = 123 + 0.376v_f - 0.142v_r$	$v_f = 800 \sim 3600$ vph $v_r = 100 \sim 1500$ vph $v_u = 100 \sim 1500$ vph $D_u = 400 \sim 2000$ ft

註：各變數定義請參閱附錄 A

2. Moskowitz/Newman LOS D,E 估算法

此法著眼於不同高流量水準之匝道分析，模式遠較 Hess LOS A~C 法簡單，且可適用於任何型式之匝道結構。

本法仍以估算匝道口上游主線外側車道 1 流量為主，並額外提供兩項主線路段流量之車道分布統計資訊，即在主進口（或主出口）匝道影響區 4,000 呎內：

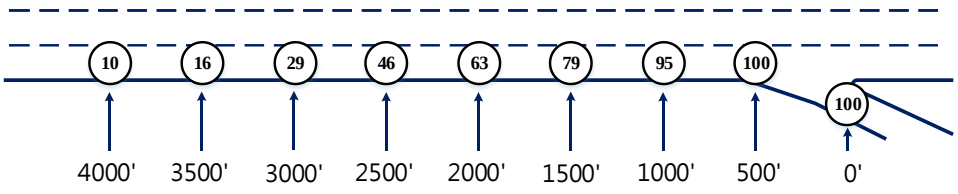
(1) 主線不同車道數、流量之下，匝道口上游主線外側車道 1 流量佔主線總流量之百分比（表 2.2-3）

(2) 由進口匝道匯入（或由主出口分出）流量在與匝道口特定距離處，仍行駛於車道 1 之百分比（圖 2.2-1）

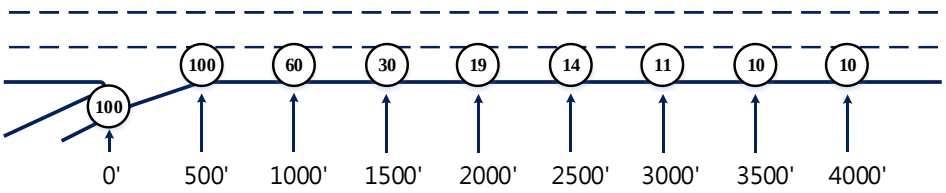
表 2.2-3 匝道口附近主線總流量仍留在外側車道 1 之百分比

單向直行流量（車/小時）[1]	直行流量位於車道 1 之百分比（%）		
	八車道	六車道	四車道
≥ 6,500	10	--	--
6,000 ~ 6,499	10		--
5,500 ~ 5,999	10	--	--
5,000 ~ 5,499	9	--	--
4,500 ~ 4,999	9	18	--
4,000 ~ 4,499	8	14	--
3,500 ~ 3,999	8	10	--
3,000 ~ 3,499	8	6	40
2,500 ~ 2,999	8	6	35
2,000 ~ 2,499	8	6	30
1,500 ~ 1,999	8	6	25
< 1,499	8	6	20

註：不包含每一方向 4,000 呎內之匝道流量



1. 分出車流在出口匝道上游不同距離位置，行駛於車道1之流量百分比



2. 匯入車流在進口匝道下游不同距離位置，行駛於車道1之流量百分比

圖 2.2-1 出、進口匝道流量仍留在主線外側車道 1 之百分比

三、1985 年版 HCM (HCM 1985)

HCM 1985 基於亂流程度很難測度、量化，故不直接探討影響區發生亂流型式和程度，而是處理相鄰匝道對高速公路主線車流的衝擊。此版認為匝道區高度亂流會由高速公路最右側車道開始，逐漸隨著愈往下游，愈

往外線道擴張，受亂流影響的車輛會儘量駛離該車道，以避免分、匯流車輛之衝擊（圖 2.2-2）。

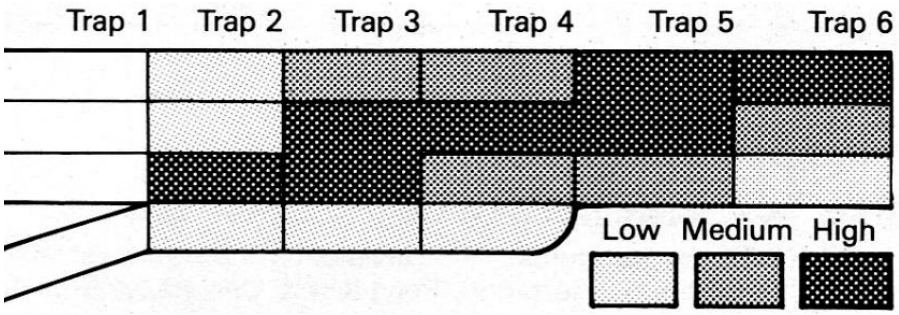


圖 2.2-2 進口匝道影響區亂流擴散示意圖

此版以高速公路主線最右側車道（車道 1）之流量與車種分布為分析匝道口分、匯流區容量與運行品質之資料要項。分析法採進入單一車道之總匯流量，或分離至兩股車流之總分流量，不會超過 2,000 pc/h（相當於無干擾車流單一車道容量）的概念進行流量檢核，主要檢核點有匯流點、分流點、相鄰匝道間之主線路段等三處，以確定運行狀況。分析程序含四個步驟：

1. 決定匝道上游之主線車道 1 流量

本方法論仍依賴匝道口上游主線車道 1 流量預測，主要沿用 HCM 1965 之 Hess 迴歸式估算，其未涵蓋之匝道型式，則採 Moskowitz/Newman 方法論，分別參考主線、匝道流量留在車道 1 的百分比進行估算。

2. 分析重型車組成，轉換現況混合車流量為理想狀況之小客車流率

- 進行幾何、交通、駕駛人現況（較窄車道、側向淨空、駕駛人屬性）之調整
- 進行混合車流之調整：(1) 將每小時混合車流量轉換成每小時小客車流量；(2) 將每小時小客車流量轉換成分析時段內 15 分鐘尖峰流率之相當小時流量
- 對高速公路主線檢核點流量採 pc/h 單位，因此可直接檢查對應之服務水準等級

3. 計算各檢核點流率與準則

- 匯流區檢核點流率為匝道口上游主線車道 1 流率與進口匝道流率和
- 分流區檢核點流率則為匝道口上游主線車道 1 流率
- 高速公路主線段檢核點流率為該檢核點橫斷面平均每車道流率（若主線段外側另有加、減速車道，則檢核點設在加速車道後、減速車道前之主線路段上）

4. 決定匯流點、分流點、主線路段運行之服務水準

服務水準 A~E 評估僅以各檢核點之換算小客車流量為依據，並以匝道影響區所含各檢核點中評核最差者為最終服務水準，服務水準評估準則如前節表 2.1-2。

四、1994/1997 ~ 2016 年版 HCM (HCM 1994/1997 ~ 2016)

（一） 匝道分、匯流區分析

如前節所述，HCM 1994/1997 依據紐約理工大學於 1994 年研提於 NCHRP 3-37 報告發展之新方法論，並成為後續 2000、2010 年 HCM 分析方法的基礎。

本系列版本與 HCM 1985 不同之處有三：

(1) 定義匝道影響區包括位於匝道匯入點下游或匝道分出點上游 1,500 英呎範圍內之匝道加、減速車道與高速公路主線最外側二車道（車道 1、2），如前節圖 2.1-2。

(2) 認為臨近分、匯流影響區總流量（即緊鄰匝道口上游高速公路主線最右側 1、2 車道總流量）是匝道影響區交通運行之主要衝擊來源。

(3) 藉由進入影響區之估算流量，推估區內車流密度（服務水準主指標）與速率（參考次指標）。

分析程序含五個步驟：

(1) 彙整分、匯流影響區分析所需之交通、幾何、資料，以及現場高速公路主線設施與匝道之自由車流速率。

(2) 轉換現況需求流量（veh/h）為理想狀況尖峰流率（pc/h）。

(3) 決定分、匯流口上游高速公路主線車道 1、2 之需求流率。

(4) 確認各檢核點需求流率是否超過容量，若超過，則為服務水準 F，結束分析程序。

(5) 若確認影響區車流穩定，則計算匝道影響區之車流密度（評估分析之主績效測度指標），進而決定該影響區之服務水準，同時估算匝道影響區、主線所有車道之車流速率（評估分析之第二績效測度指標）。

各版分析法均仍以主線雙向四、六、八車道，且以主線最右側，單一車道之進口或出口匝道為主要適用對象，其他幾何類型如多車道進、出口匝道、左側進、出口匝道、兩主線匯流或分流路段、銜接主線單向五車道以上之匝道等，都視為「特殊路型」，每一特殊路型都以調整基本方法論的方式進行分析。

匝道影響區共區劃九種匯流區與七種分流區類型，對主線右側兩車道之需求流率改以分、匯流影響區上游主線車道 1、2 流量佔上游主線流量之比例模式來估算，估算模式原係採集全美國 70 處以上匝道口資料，以迴歸分析發展而得，主要與主線車道數、鄰近上、下游匝道之距離有關。估算主線車道 1、2 流量資料需求大都與 HCM 1985 相同，另增加、減速車道長度、主匝道自由流速率兩特殊輸入資訊。

各版認為分、匯流區亂流不會影響匝道口容量，匝道口容量僅與進出匝道容量有關，故同時界定匝道影響區之主線段與匝道路段之最大容量（HCM 2016 界定容量分別如表 2.2-4、表 2.2-5）。由於 HCM 2000 以後各版界定無干擾車流單一車道容量為 2,400 pc/h/ln（HCM 1994/1997 車道容量為 2,200 pc/h/ln），故對合併入單一車道之總匯流量或分離成兩股車流之總分流量，都以不會超過 2,400 pc/h/ln 的概念進行流量檢核，整體分析程序含有檢核兩個匯流項（即匯流影響區主線段總容量、可進入匯流影響區總容量）與三個分流項（即分流影響區主線段總容量、可進入分流影響區總容量、匝道路段容量）。

表 2.2-4 HCM 2016 匝道影響區主線路段最大容量表

自由車流速率 (英哩/時)	高速公路段上游/下游容量 單向車道數				進口匝道影響區最大期望流率 (v_{R12}) [a]	出口匝道影響區最大期望流率 (v_{12}) [b]
	2	3	4	> 4		
≥ 70	4,800	7,200	9,600	2,400 /車道	4,600	4,400
65	4,700	7,050	9,400	2,350 /車道	4,600	4,400
60	4,600	6,900	9,200	2,300 /車道	4,600	4,400
55	4,500	6,750	9,000	2,250 /車道	4,600	4,400

註：各變數定義請參閱附錄 A

表 2.2-5 HCM 2016 匝道路段最大容量表

匝道自由車流速率 S_{FR} （英哩/時）	匝道路段容量	
	單車道匝道	雙車道匝道
> 50	2,200	4,400
> 40 ~ 50	2,100	4,200
> 30 ~ 40	2,000	4,000
≥ 20 ~ 30	1,900	3,800
< 20	1,800	3,600

註：匝道路段容量不一定等於匝道與高速公路或其他快速道路交叉口，使用本表準則前，應先與交叉口容量比對。

當估算需求流量超過上述任一分項檢核容量時，預計導致路段癱瘓，路段服務水準降為 F 級，不需再進一步分析；若運行仍在穩定狀況（A ~ E 級服務水準範圍），則進一步分析影響區車流密度與服務水準。

各版對匝道口服務水準以匝道影響區車流密度為依據，由蒐集影響區之匝道流量、主線車道 1、2，以及加減速車道長度等資料，提供分、匯流影響區之車流密度估計模式，在滿足檢測路段容量與確定在穩定車流現況下使用。由分、匯流區密度模式估計之匝道影響區密度依所界定評估密度準則會介於級服務水準 A ~ E 範圍，故決定匝道影響區之服務水準。

此版亦附帶提供匝道影響區車流平均速率估計模式，HCM 2000 以後版本更額外提供影響區外之車道、所有車道之平均速率模式，表 2.2-6 與表 2.2-7 分別為 HCM 2016 匯流區、分流區平均速率模式。

表 2.2-6　HCM 2016 匝道匯流區平均速率估算模式表

平均速率 (英哩/時)	估 算 式
匝道影響區內車道	$S_R = FFS \times SAF - (FFS \times SAF - 42)M_S$ $M_S = 0.321 + 0.0039 \cdot e^{\left(\frac{v_{R12}}{1000}\right)} - 0.002\left(\frac{L_a \times RFFS \times SAF}{1000}\right)$
匝道影響區外車道	$S_o = FFS \times SAF \quad v_{oa} < 500$ pc/h $S_o = FFS \times SAF - 0.0036(v_{oa} - 500) \quad v_{oa} \le 500 - 2{,}300$ pc/h $S_o = FFS \times SAF - 6.53 - 0.006(v_{oa} - 2300) \quad v_{oa} > 2{,}300$ pc/h
路段全部車道	$S = \frac{v_{R12} + v_{oa} \cdot N_o}{\left(\frac{v_{R12}}{S_R}\right) + \left(\frac{v_{oa} \cdot N_o}{S_o}\right)}$

註：各變數定義請參閱附錄 A

表 2.2-7 HCM 2016 匝道分流區平均速率估算模式表

平均速率 (英哩/時)	估 算 式
匝道影響區內車道	$S_R = FFS \times SAF - (FFS \times SAF - 42)D_S$ $D_S = 0.883 + 0.00009 \cdot v_{12} - 0.0013 \cdot RFFS \cdot SAF$
匝道影響區外車道	$S_o = 1.097FFS \times SAF \quad v_{oa} < 1000$ pc/h $S_o = 1.097FFS \times SAF - 0.0039(v_{oa} - 1000) \quad v_{oa} \ge 1000$ pc/h
路段全部車道	$S = \frac{v_{12} + v_{oa} \cdot N_o}{\left(\frac{v_{12}}{S_R}\right) + \left(\frac{v_{oa} \cdot N_o}{S_o}\right)}$

註：各變數定義請參閱附錄 A

（二） 高速公路設施系統分析

自 HCM 2000 起各版備有包含高速公路主線、交織，以及分、匯流區等設施分析方法論，雖可合理、直接處理道路系統內無癱瘓之路段，但在分析含癱瘓路段（如服務水準 F）案例時卻相當複雜且不易手算。

進行高速公路設施系統分析前，必須先把設施依據對主線、交織、匯流、分流定義分成若干區段 (sections)，所有交織、匯流、分流區都是獨立區段，其餘的則屬高速公路主線段。每一區段常須再劃分成若干分段 (segments)，除了須界定區段邊界（範圍）外，各分段也須依據幾何、交通狀況發生變化地點建立邊界（範圍）。

由於匝道影響區係由上匝道口向下游延伸 1,500 呎或由下匝道口向上游延伸 1,500 呎，故凡較長之加、減速車道超出此影響範圍之段落都被視為高速公路主線的一部份，因而必須將高速公路主線段在加速車道終點（或減速車道起點）處再做一分割；一條高速公路主線段可能因幾何型態變化（如地形改變或特定坡道）而被劃分成若干分段。

下圖 2.2-3 顯示將高速公路系統視為一個時空區 (time-space domain)，每一區段在每一時段（通常 ≥ 15 分鐘）之需求流量都要輸入，之後再對每一時間－區段儲存格進行分析，以進一步建立分段，並獲知有關之服務水準和估計速率。如果有儲存格在任一分析時段內發生癱瘓，則新模式可追蹤往上游延伸之車隊，並將受車隊影響之需求同時做時間和空間之轉移。時空矩陣須妥為設定，以確保所有分段在分析之起始時段與終了時段都沒有癱瘓或殘存等候車隊。

應用以上程序，分析模式可產生所有分段在各時段內之服務水準和預測速率，並顯示一些癱瘓分段內車隊累積與消散之狀況。

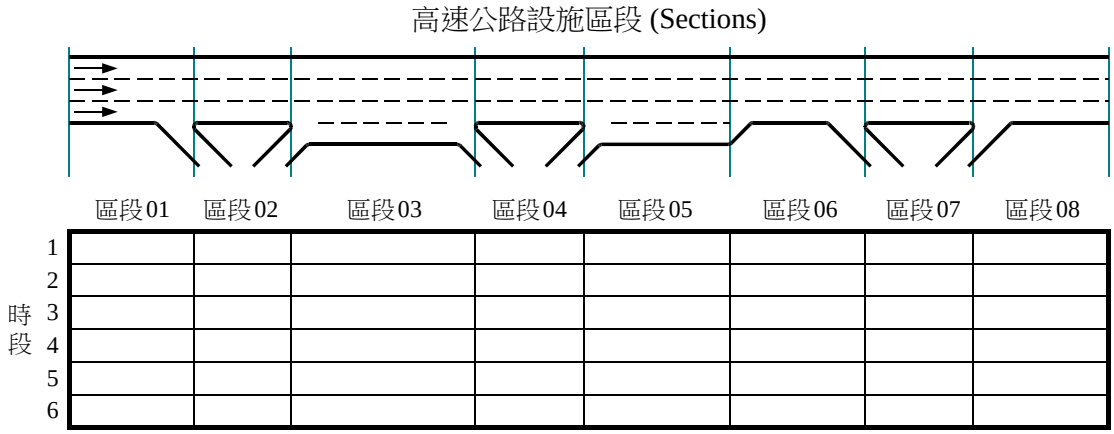


圖 2.2-3 高速公路設施時空區分析圖

2.2.2 臺灣公路容量分析 (THCM 2011)

相較於美國版本以影響區密度及速率做為匝道影響區之服務主副指標，臺灣則分別利用影響區 *v/c* 值與速差做為評估指標。

臺灣於 2001 年和 2011 年先後推出公路容量手冊，而其方法論皆以臺灣實地資料進行分析。本研究考慮新、舊版方法論並無大變動，故僅介紹 2011 年版方法論。

1. 進口匝道

此版認為主線車輛進入匝道路段前，為避免受匝道匯入車輛影響，故會傾向於往內側車道行駛，因此以最內側車道做為檢核對象，檢核點設於進口匝道加速車道往下游 2/3 距離的位置。

分析程序含以下 5 個步驟：

(1) 訂定分析之車流狀況

車流狀況必須包括分析時段內主線與匝道在併入點之需求流率與車種組成。此外，若匯流路段上下游匝道之車流對檢核點的車流分布有顯著的影響，則上、下游匝道之流率也必須包含在所需的車流資料內。

(2) 訂定分析對象之幾何設計

重要幾何設計因素包括主線與匝道車道數、加速道長度、車道、路肩寬度、坡度、在坡度路段之地點、檢核點上、下游匝道之種類與

距離等。在檢核點應考慮的車道包括主線最外側兩車道、最內側車道，而加速車道車流對主線車流亦有影響，故該車道亦是分析時應考慮之因素。

(3) 估計檢核點內車道之流率與車種組成

檢核點內車道之流率與車種組成受到幾何設計與上游併入點主線與匝道車流之影響，其關係通常可利用該路段之迴歸或其他模式估計，然而本版因缺乏較可靠之模式，故利用表 2.2-8、表 2.2-9 進行推估。

表 2.2-8 檢核點主線車道大小車各佔主線總大小車流率之百分比

主線車道數	車種	車道一	車道二	內側各車道
4	大車	10 ~ 20%	75 ~ 95%	0.5 ~ 2%
	小車	5 ~ 10%	20 ~ 25%	32 ~ 37%
3	大車	25 ~ 50%	50 ~ 75%	0%
	小車	20 ~ 26%	30 ~ 38%	38 ~ 48%

表 2.2-9 各內車道小車佔主線小車之百分比

主線車道數	2	3	4	5
百分比	60	43	35	28

(4) 估計相當於基本狀況下之流率

在求得內側車道流量後，須將大車調整因素與該路段等幾何條件列入考慮以求得基本狀況下之流率。

(5) 評估服務水準

求出各內車道小車流率後，由圖 2.2-4 可估計內車道平均速率，並將內車道流率與容量（2,300 小車/時/車道）比較，以估計 *v/c* 值，再參考服務水準準則表 2.2-10 評估服務水準等級。

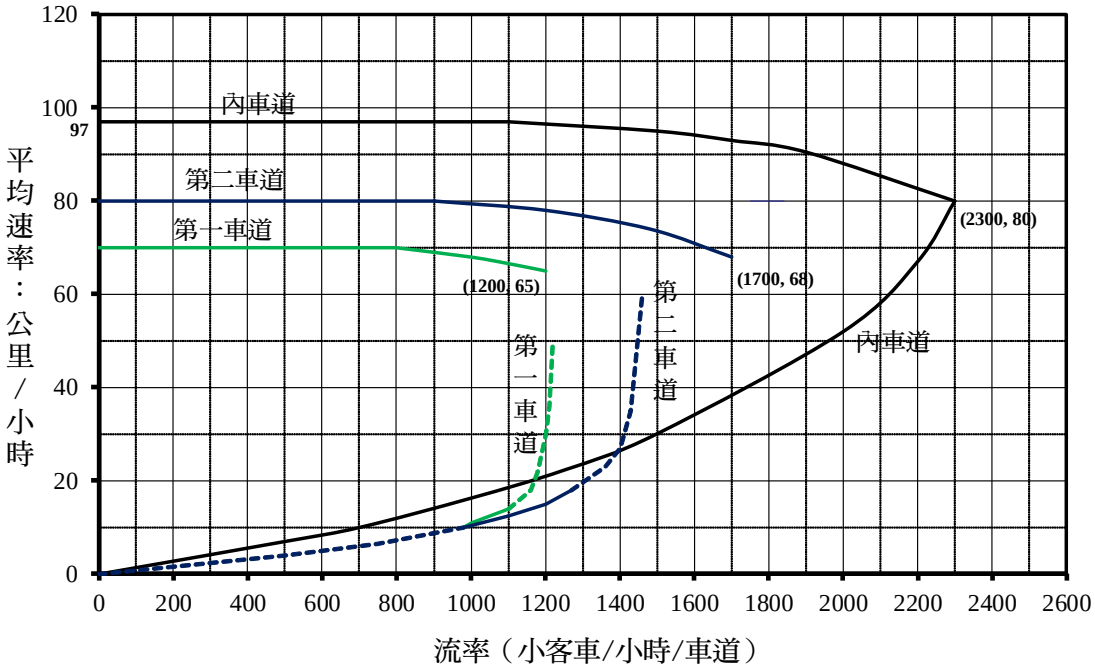


圖 2.2-4 高速公路進口匝道路段基本狀況下流率與平均速率之關係

表 2.2-10 服務水準等級之劃分標準

壅塞程度		速率狀況	
服務水準等級	*v/c* 值	服務水準等級	平均速率與速限差 (公里/小時)
A	*v/c* ≦ 0.35	1	≦5
B	0.35 < *v/c* ≦ 0.60	2	6~10
C	0.60 < *v/c* ≦ 0.85	3	11~15
D	0.85 < *v/c* ≦ 0.95	4	16~25
E	0.95 < *v/c* ≦ 1.00	5	26~35
F	*v/c* > 1.00	6	>35

2. 出口匝道

除了服務水準指標皆採 *v/c* 與速限差之雙指標外，在評估方法與檢核位置兩者都與進口匝道不盡相同。相較於進口匝道僅對主線最內側 1 車道進行評估，出口匝道亦另將最外側 1 車道做為檢核對象，檢核點位置則定調在分流點上游 50 公尺處。

分析程序有以下數個步驟：

(1) 設定幾何設計及車流狀況

影響出口匝道路段之幾何設計因素包括主線車道數、車道寬、路肩寬、減速車道長度、坡度等等。本分析方法只能考慮主線車道數之影響，且不適用於有顯著坡度或坡長之路段。車流狀況包括分流區上游主線與減速車道之尖峰小時需求流率與重車比例、尖峰小時係數。

(2) 訂定所須提供之服務水準等級

界定出口匝道路段可接受之最低服務水準等級，做為規劃與設計之依據。

(3) 選擇在基本狀況下，代表性流率與平均速率之關係

由圖 2.2-4 可看出基本狀況下流率與平均速率之關係隨車道與匝道路段所在地點而有顯著變化。本版基於調查資料無法預測流率與速率關係隨路段地點的變化程度，故建議仍暫利用圖 2.2-4 有關湖口之車流資料以分析車道 1，而主線最內側車道則採圖中基本路段之曲線資料。

(4) 估計在基本狀況下，尖峰 15 分鐘之對等流率

主要目的在估計主線最外側 1 車道與最內側 1 車道之需求流率，並將此流率轉換成在基本狀況下之對等流率。基本狀況下尖峰 15 分鐘之需求流率估計如下：

$$q_1 = Q_1 / (\mathrm{PHF} \times f_{1h} \times f_w) \quad (2.1)$$

$$q_N = Q_N / (\mathrm{PHF} \times f_{Nh} \times f_w) \quad (2.2)$$

其中

q_1：最外側車道 1 在基本狀況下尖峰 15 分鐘之對等需求流率

q_N：最內側車道 1 在基本狀況下尖峰 15 分鐘之對等需求流率

Q_1：最外側車道 1 在現況下尖峰小時需求流量

Q_N：最內側車道 1 在現況下尖峰小時需求流量

f_{1h}：最外側車道 1 之大車調整因素

f_{Nh}：最內側車道 1 之大車調整因素

f_w：路肩寬度調整係數

(5) 評估服務水準

根據所估計 q_1、q_N，以及代表性流率與速率關係圖（圖 2.2-5）可評估各車道之服務水準（如表 2.2-10）。其中第 1 車道之容量估計值為 1650 小車/時、第 2 車道之容量估計值為 2000 小車/時、第 3,4,5 車道之容量估計值為 2300 小車/時。

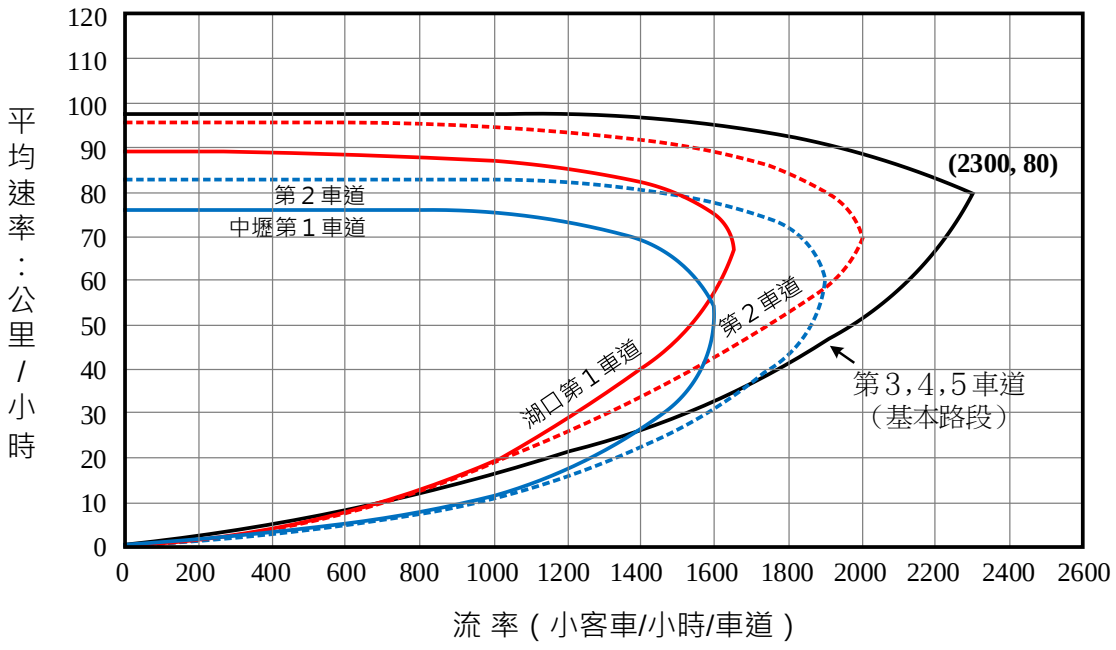


圖 2.2-5 高速公路出口匝道路段基本狀況下流率與平均速率之關係

2.2.3 德國容量分析（HBS 2015 年版）

HBS 2015 在發展高速公路新方法論時，大幅修改與簡化分、匯流區，以及交織區之服務水準評估程序，並視其為一個「整體路段」，即將主線與各匝道之服務水準指標，代入一特定飽和度公式中，產生單一「合計（combined）飽和度指標」。

容量與評估方法之發展係參酌 1995 年對特定速限都會區高速公路之交通調查與分析結果；手冊對出口匝道分流區依減速車道數、主線縮減車道數、出口匝道車道數等幾何配置，共區分 16 種類型，另含主線與出口匝道各為單車道之類型；對進口匝道匯流區依加速車道數、主線附加車道數、進口匝道車道數等幾何配置，共區分 10 種類型，另含主線與進口匝道各為單車道之類型，以及 2 種相鄰匝道間具短交織區段之類型。

HBS 2015 方法論對容量與服務水準評估模式要項如下：

- 各推估模式採用流量單位為 pc/h，故必須轉換現況混和車種流量 veh/h 為理想狀況下之單一小客車流。
- 對上述匝道分、匯流區每一類型，分別界定所含匝道之容量、上下游主線總容量，以及估算 *v/c* 值、匝道可通行最大流量模式之參數。
- 匝道分流區（或匯流區）服務水準是以合併匝道口下游主線與出口匝道（或匝道口上游主線與進口匝道）的組合 *v/c* 值方式進行評估。
- 若預定分流區（或匯流區）之 *v/c* 值，則在已知出口（或進口）匝道容量、匝道口下游（或上游）主線容量與現況流量下，可推估出口（或進口）匝道提供之最大流量。
- 依據不同類型之分、匯流區模式所估算之主線流量可能超過手冊所訂之主線容量，故必須進一步對分流匝道口下游（或匯流匝道口上游）主線容量進行檢核。

圖 2.2-6 為德國 HBS 高速公路分、匯流區、交織區，以及服務水準量化指標 *v/c* 比值（Volume/Capacity ratio，簡稱飽和度 *v/c* 值）示意圖。

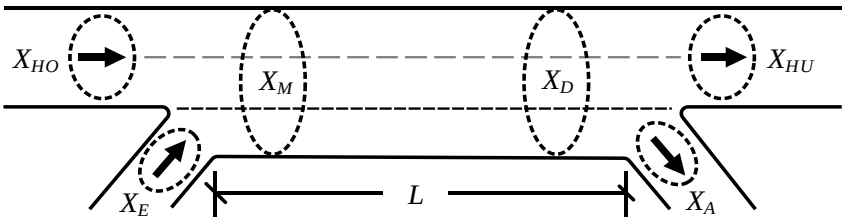


圖 2.2-6 德國 HBS 2015 高速公路分流、匯流、交織區配置 v/c 值示意圖

其中 X_{HO} 匯流區主線上游飽和度 *v/c* 值

X_{HU} 分流區主線下游飽和度 *v/c* 值

X_E 匯流區匝道飽和度 *v/c* 值

X_A 分流區匝道飽和度 *v/c* 值

X_M 匯流區合計飽和度 *v/c* 值

X_D 分流區合計飽和度 *v/c* 值

L 主線長度，若小於 500 公尺則視其為交織區，反之則視其為二獨立匯、分流區

1. 高速公路匝道分流區飽和度 X_D 估算如下式，對應高速公路各級服務水準指標參數表即可獲得分流區服務水準。

$$X_D = \sqrt[\alpha]{X_A^{\alpha} + X_{HU}^{\alpha}}$$

上式中，計算匝道飽和度 X_A 與主線下游飽和度 X_{HU} 的參數為設施容量與對應之α 值，HBS 將分流區依匝道幾何線型與主線車道數，將路段分類成 16 種（如圖 2.2-7），每一類型對應之α 值、匝道容量、主線容量如表 2.1-11 所示；HBS 對表中容量估計方式為根據現場流率、速率、密度資料，建立誤差最小之代表性關係，再藉由此關係所估計之最大流率來界定容量。

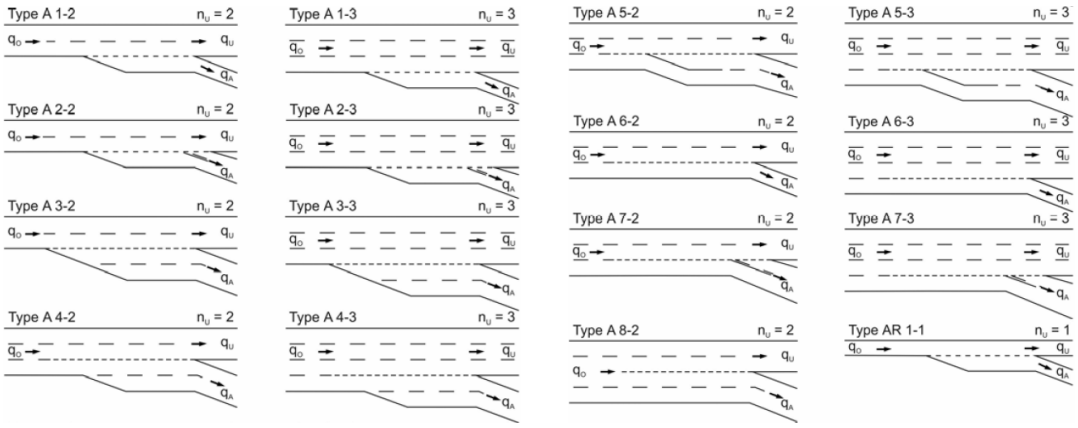


圖 2.2-7 HBS 2015 分流區幾何型態分類示意圖

表 2.2-11 HBS 2015 分流區參數對照表

種 類	α	匝道容量 C_A (pc/h)	主線容量 C_{HU} (pc/h)
A1-2	1.9	1,800	4,000
A1-3	1.9	1,800	5,800
A2-2	1.2	3,060	4,000
A2-3	1.4	3,060	5,800
A3-2	1.1	3,600	4,000
A3-3	1.3	3,600	5,800
A4-2/A5-2	1.9	3,600	4,000
A4-3/A5-3	2.5	3,600	5,800
A6-2	2.7	2,000	4,000
A6-3	4.0	2,000	5,800
A7-2	2.0	3,060	4,000
A7-3	2.9	3,060	5,800
A8-2	6.0	3,600	4,000
AR1-1	1.2	1,800	2,000

（資料來源：Wu and Lemke, 2016）

2. 高速公路匝道匯流區飽和度 X_M 估算如下式，對應高速公路各級服務水準指標參數表即可獲得分流區服務水準。

$$X_M = \sqrt[\alpha]{X_E^{\alpha} + X_{HO}^{\alpha}}$$

上式中，計算匝道飽和度 X_E 與主線上游飽和度 X_{HO} 的參數為設施容量與對應之α 值，HBS 將分流區依匝道幾何線型與主線車道數，將路段分成 11 種與 2 種交織類型（圖 2.2-8），每一類型對應之α 值、匝道容量、主線容量如表 2.2-12 所示。

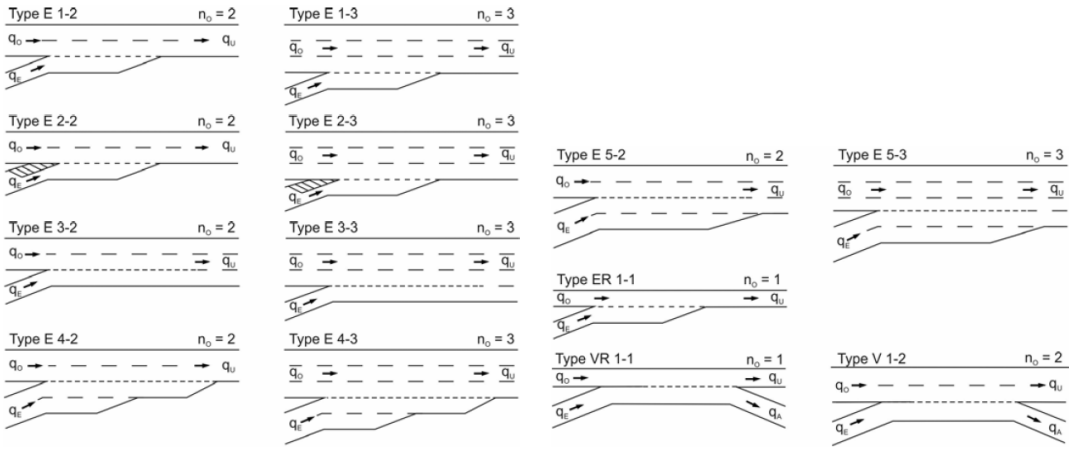


圖 2.2-8 HBS 2015 匯流區幾何型態分類示意圖

表 2.2-12 HBS 2015 匯流區參數對照表

種 類	α	匝道容量 C_E (pc/h)	主線容量 C_{HO} 或 C_{VO} (pc/h)
E1-2/E2-2	1.5	1,800	4,000
E1-3/E2-3	2.1	1,800	5,800
E3-2	2.7	2,000	4,000
E3-3	3.8	2,000	5,800
E4-2	1.05	3,600	4,000
E4-3	1.3	3,600	5,800
E5-2	1.8	3,800	4,000
E5-3	2.4	3,800	5,800
ER1-1	1.2	1,800	2,000
VR1-1	1.4	1,800	2,000
V1-2	1.5	1,800	4,000

2.3 各國方法論之評析

2.3.1 各國方法論輸入參數對照

基於美國為最早發展公路容量分析的國家，許多國家大都引為圭臬來發展各自方法論，例如德國早期容量分析手冊大抵是依循美國 HCM 的觀念作法，直至 HBS 2015 時才大幅修訂，以道路橫斷面之飽和度值做為評定服務水準的指標，而荷蘭在早期發展容量分析手冊時也大都參酌美國 HCM 的分析作業流程，直至 1999 年首版容量分析手冊 (DHCM 1999) 發

行後，才針對國內之交通運行環境進行了調整，至於馬來西亞 MHCM 2011 在公路容量分析手冊上大都參照美國 HCM 2000 的方法論，僅在參數方面進行調整，最後是瑞典的容量分析手冊 (SHCM 2016) 以進口匝道匯流區容量及交織區段容量進行分析，無考慮出口匝道分流區。

因此，本節以美國、臺灣、德國等法為主要評析對象，其中美國分析兩種版本（HCM 1985 與 HCM2016），所輸入之參數可分為實質幾何、交通特性、檢核前初算參數、路段流量合理性檢核、檢核後模式參數與附帶績效值、運行績效與服務水準評估，方法論之比較如表 2.3-1～ 表 2.3-6 所示。

表 2.3-1 顯示各國方法論在模式輸入前所需直接取得的匝道區域幾何型態的資料，其中美國 HCM 2016 所需資料數最多，如匝道影響區外主線車道數、加、減速車道長度，至於上、下游匝道口之間距則非本年期計畫的調查內容。

表 2.3-2 顯示各國方法論之交通特性資料輸入需求，主要含流率、尖峰小時係數、大型車百分比，以及相關調整係數等，顯示車種、幾何型態、駕駛人行為等，都可能會影響匝道分匯流區容量。

表 2.3-1 不同方法論實質幾何參數比較

資料名稱	變數	單位	美國（進出口）	美國（進出口）	臺灣（進口）	臺灣（出口）	德國（進出口）
			HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	THCM 2011	HBS 2015
主線雙向總車道數			●	●	●	●	●
主線單向車道數	N		●	●	●	●	●
匝道影響區外主線車道數	N_O			●			
加速車道長度	L_a	ft		●			
減速車道長度	L_d	ft		●			
與上游匝道口間距	D_U	ft	(本年期計畫不考慮)				
與下游匝道口間距	D_D	ft	(本年期計畫不考慮)				
匝道區地形（1.平原　2.丘陵　3.高山）			●	●			●

表 2.3-2 不同方法論交通特性參數比較

資料名稱	變數	單位	美國(進出口)	美國(進出口)	臺灣(進口)	臺灣(出口)	德國(進出口)
			HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	THCM 2011	HBS 2015
匝道口上游(或下游)主線流率	V_F	輛/時	●	●	●	●	●
匝道口匝道流率	V_R	輛/時	●	●	●	●	●
匝道口上游(或下游)主線調整流率(理想狀況)	v_F	小車/時	●	●			●
匝道口匝道調整流率(理想狀況)	v_R	小車/時	●	●			●
主線設計車流速率	DS_F	哩/時	●				
匝道設計車流速率	DS_R	哩/時					
主線自由車流速率	FFS	哩/時		●			
匝道自由車流速率	RFFS	哩/時		●			
主線速限	$S_{L(F)}$	哩/時			●	●	
匝道速限	$S_{L(R)}$	哩/時					
主線尖峰小時係數	PHF_F		●	●	●	●	
匝道尖峰小時係數	PHF_R		●	●	●	●	
主線大型車百分比	$P_{HV(F)}$	%	●	●	●	●	●
主線內側車道大車比例	P_t				●		
主線大型車當量	$E_{HV(F)}$		●	●	●	●	●
主線大型車調整因素	$f_{HV(F)}$		●	●	●		
主線內側車道大型車調整因素	f_{HV}				●		
匝道大型車百分比	$P_{HV(R)}$	%	●	●		●	●

表 2.3-2 不同方法論交通特性參數比較（續）

資料名稱	變數	單位	美國(進出口)	美國(進出口)	臺灣(進口)	臺灣(出口)	德國(進出口)
			HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	THCM 2011	HBS 2015
匝道大型車當量	$E_{HV(R)}$		●	●			●
匝道大型車調整因素	$f_{HV(R)}$		●	●			
車道 & 側向淨寬調整因素	f_w		●	●	●	●	
駕駛人群體調整因素	f_p		●	●	●	●	
匝道自由車流速率調整因素	SAF			●			
匝道容量調整因素	CAF			●			
主線內側車道小車佔主線小車之百分比	m	%			●		
主線內側車道大車佔主線大車之百分比	m_2	%			●		
尖峰 15 分鐘主線在併入點之小車流率	Q_{fc}	小車/時			●		
尖峰 15 分鐘主線在併入點之大車流率	Q_{ft}	大車/時			●		
尖峰 15 分鐘匝道在併入點之小車流率	Q_{rc}	小車/時			●		
尖峰 15 分鐘加速車道在併入點之小車流率	Q_{ac}	小車/時			●		

表 2.3-3 顯示在尚未檢測調查資料的合理性質前（如流量是否超過車道容量），各國方法論針對調查區域車流特性資料的比較概要，美國 HCM 1985 是調查主線最外側車道 1 的流率、美國 HCM 2010 是調查主線最外側車道 1、2 的流率，臺灣 THCM 2011 在匯流區是調查主線最內側 1 車道，在分流區則調查主線最內側 1 車道與主線最外側 1 車道，至於德國 HBS 2015 則是分析路段斷面總流量，並以流量守恆方式處理，因此並無檢核資料問題。

表 2.3-4 顯示各國方法論在合理性檢核參數之比較概要，其中美國 HCM 2016 甚至推估匝道影響區外的流率，影響區內則檢核路段總容量、分匯流區影響區容量，以及匝道容量，而臺灣 THCM 2011 則是查核主線車道最大流率或容量。

表 2.3-5 顯示各國方法論檢核後模式參數概要，將檢核不成功的參數值調整為合適的數值，其餘成功檢核的參數則維持原數值；而容量分析過程中不論在分流區或匯流區，均會產生若干附帶績效值，提供分析與評估匝道區相關車流運行特性與服務評等之用。

表 2.3-6 顯示各國方法論呈現評估績效的方式，美國 HCM 1985 採服務流率來劃分服務水準，美國 HCM 2016 同時採用密度（主指標）與平均速率（次指標）界定服務水準，臺灣 THCM 2011 與德國 HBS 2015 都採用 *v/c* 值準則劃分服務水準，而臺灣法更加入速差值準則，採雙指標方式進行設施運行評估。

表 2.3-3 檢核前初算參數比較

資料名稱	變數	單位	美國 (進出口)	美國 (進出口)	臺灣 (進口)	臺灣 (出口)	德國 (進出口)
			HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	THCM 2011	HBS 2015
匝道口上游主線車道 1 流率	V_1	輛/時	●			●	
匝道口上游主線大車流量	$V_{HV(F)}$	輛/時	●				
匝道口上游主線車道 1 大車佔主線大車之比例	$P_{HV(1/F)}$		●				
匝道口上游主線車道 1 大車流量	$V_{HV(1)}$	輛/時	●			●	
匝道口上游主線車道 1 流率中大車之比例	$P_{HV(1)}$		●			●	
匝道口上游主線車道 1 大車調整因素	$f_{HV(1)}$		●			●	
匝道口上游主線車道 1 調整流率（理想狀況）	v_1	小車/時/車道	●			●	
判定值 v_F / RFFS（八線道高速公路專用）				●			
匯流區車道 1, 2 之流量比例	P_{FM}			●			
分流區車道 1, 2 之流量比例	P_{FD}			●			
匝道口上游主線車道 1, 2 流率（理想狀況）	v_{12}	小車/時		●			
匝道口上游主線車道 1, 2 平均每車道流率（理想狀況）	$v_{12(ave)}$	小車/時/車道		●			
匝道影響區外車道流率（理想狀況）	v_O	小車/時		●			
匝道影響區外車道平均每車道流率（理想狀況）	v_{Oa} 或 q_e	小車/時/車道		●	●	●	
匝道影響區主線內側車道大車流率	Q_{Nh}	輛/時				●	
匝道影響區主線內側車道大車調整因素	f_{Nh}					●	

表 2.3-4 路段流量合理性檢核參數比較

合理性檢核	資料名稱	變數	單位	美國 (進出口)	美國 (進出口)	臺灣 (進口)	臺灣 (出口)	德國 (進出口)
				HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	THCM 2011	HBS 2015
1. 區外車道檢查								
狀況 1：	匝道影響區外每車道可通過最大流率（上限值）	$v_{O(Max1, Ave)}$	小車/哩/時		●			
狀況 2：	匝道影響區外每車道可通過流率 $1.5*v_{12(ave)}$（上限值）	$v_{O(Max2, Ave)}$	小車/哩/時		●			
2. 區段流率檢查								
路段總容量：	匝道區檢核點所有車道總容量（上限值）	$v_{f(Max)}$ 或 $v_{FO(Max)}$	小車/時	●	●			
匯流影響區容量：	可通過匯流影響區最大流率（上限值）	$v_{m(Max)}$ 或 $v_{R12(Max)}$	小車/時	●	●			
分流影響區容量：	可通過分流影響區最大流率（上限值）	$v_{d(Max)}$ 或 $v_{12(Max)}$	小車/時	●	●			
匝道容量：	匝道最大流率（上限值）	$v_{R(Max)}$	小車/時		●			
主線車道容量：	主線車道最大流率或容量（上限值）	C	小車/哩/時			●	●	

表 2.3-5 檢核後模式參數與附帶績效值比較

類別	資料名稱	變數	單位	美國 (進出口)	美國 (進出口)	臺灣 (進口)	臺灣 (出口)	德國 (進出口)
				HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	THCM 2011	HBS 2015
檢核後模式參數值	匝道影響區內車道總流率	$v_{m(Final)}$, $v_{R12(Final)}$	小車/時	●	●			
	匝道影響區內主線車道 1 或車道 1, 2 流率	$v_{d(Final)}$, $v_{12(Final)}$	小車/時	●	●			
	匝道影響區內主線車道 1, 2 平均車道流率	$v_{12(Final, Ave)}$	小車/哩/時		●			
	匝道影響區外主線車道總流率	$v_{O(Final)}$	小車/時		●			
	匝道影響區外主線每車道（或主線內側車道）平均流率	$v_{O(Final, Ave)}$ 或 q_e	小車/哩/時		●	●	●	
	匝道影響區主線內側車道 v/c 值	v/c				●	●	
	匝道影響區主線車道 1 之 v/c 比值	v/c					●	

表 2.3-5 檢核後模式參數與附帶績效值比較（續）

類別	資料名稱	變數	單位	美國 (進出口) HCM 1985	美國 (進出口) HCM 2016	臺灣 (進口) THCM 2011	臺灣 (出口) THCM 2011	德國 (進出口) HBS 2015
匯流影響區附帶績效	匝道影響區內平均每車道密度	D_R	小車/哩/時		●			
	匯流路段規模係數	M_S			●			
	匝道影響區內各車道（或車道 1）平均速率	S_R	哩/時 (或公里/時)		●			
	匝道影響區外各車道（或主線內側車道）平均速率	S_O	哩/時 (或公里/時)		●	●		
	匝道口所有車道平均速率	S	哩/時		●			
	主線速限與匝道口主線內側車道平均速率之速差	S_d	公里/時			●		
分流影響區附帶績效	匝道影響區平均每車道密度	D_R	小車/哩/時		●			
	分流路段規模係數	D_S			●			
	匝道影響區內各車道（或車道 1）平均速率	S_R	哩/時 (或公里/時)		●		●	
	匝道影響區外各車道（或主線內側車道）平均速率	S_O	哩/時 (或公里/時)		●		●	
	匝道口所有車道平均速度	S	哩/時		●			
	主線速限與匝道影響區內車道 1 平均速率之速差	$S_{d(1)}$	公里/時				●	
	主線速限與匝道口主線內側車道平均速率之速差	S_d	公里/時				●	

表 2.3-6 運行績效與服務水準評估比較

資料名稱	變數	單位	美國 (進出口)	美國 (進出口)	臺灣 (進口)	臺灣 (出口)	德國 (進出口)
			HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	THCM 2011	HBS 2015
主線服務流率（LOS A ~ F 六級）	$v_{F(i=A,B,C,D,E,F)}$	小車/時	●				
匯流區服務流率（LOS A ~ F 六級）	$v_{m(i=A,B,C,D,E,F)}$	小車/時	●				●
分流區服務流率（LOS A ~ F 六級）	$v_{d(i=A,B,C,D,E,F)}$	小車/時	●				●
車道密度（LOS A ~ F 六級）	$D_{i=A,B,C,D,E,F}$	小車/哩/時		●			
平均速率（LOS A ~ F 六級）	$S_{i=A,B,C,D,E,F}$	哩/時		●			
v/c 值（LOS A ~ F 六級）	$(v/c)_{i=A,B,C,D,E,F}$				●	●	●
與主線速限值 $S_{L(F)}$ 之速差（LOS 1 ~ 6 六級）	$S_{d(i=1,2,3,4,5,6)}$	公里/時			●	●	

以上各對照比較表可瞭解各國方法論在輸入參數與績效指標不盡相同，部份輸入資訊是各國共有的，如匝道口上游（或下）主線流率、匝道流率、主線車道數，部份則是某特定方法論所有。

2.3.2 各國方法論模式對照

本節將以上各方法論模式，依各分、匯流區細分成輸入資料、中間變數資料，以及輸出資料等項，模式資料產生方式又分成調查值、預設值、查表值、計算值、迴歸式查表值等，以便比較各國在計算初始乃至過程輸出，以及最後產出績效之異同處（如表 2.3-7 與表 2.3-8 所示）。由彙整資料可知美國 HCM 各版與臺灣 THCM 輸入資料所需蒐集之數據遠多於德國 HBS，故不論在中間變數乃至最後輸出資料，可參考之資料彈性與應用範圍也較大，而德國 HBS 方法論因所需蒐集資料不多，故可迅速獲致匝道路段分析結果，提升評估作業效率。

表 2.3-7 匝道匯流區方法論模式比較

方法論	輸入資料		中間變數資料		輸出資料	
美國 HCM 1985	調查值	v_F 上游主線流率 v_R 主要匝道流率 PHF 尖峰小時係數 P_{HV} 主線及匝道大型車百分比	迴歸式查表值	v_1 上游主線車道 1 流率	計算值	$v_{m(Max)}$可通過匯流影響區最大流率(上限值) $v_{f(Max)}$匯流區下游主線路段最大流率(上限值)
	預設值	f_W 車道寬及路肩寬調整因素 f_P 駕駛員特性調整因素 E_{HV} 大型車當量	計算值	v_{HV} 上游主線及車道 1 大車流量 P_{HV} 上游主線車道 1 流率中大車之比例 f_{HV} 上游主線車道 1 大車調整因素 v_{OA} 匝道影響區外平均每車道流率		
美國 HCM 2016	調查值	v_F 上游主線流率 v_R 主要匝道流率 PHF 尖峰小時係數 FFS 主線自由車流速率 RFFS 匝道自由車流速率 P_{HV} 主線及匝道大型車百分比 L_a 加速車道長度	計算值	v_{12} 主線最右側兩車道流率 v_{R12} 進入併流區之總需求流率 P_{FM} 匯流區車道 1,2 之流量比例 v_{OA} 匝道影響區外平均每車道流率	迴歸式查表值	D_R 匝道影響區平均每車道密度 M_S 匯流路段規模係數 S_R 匝道影響區內車道平均速率 M_S 匝道匯流區速率比例因素 S_O 匝道影響區外車道平均速率 S 匝道區所有車道平均速度
	預設值	f_W 車道寬及路肩寬調整因素 f_P 駕駛員特性調整因素 SAF 自由車流速率調整因素 E_{HV} 大型車當量				

表 2.3-7 匝道匯流區方法論模式比較（續）

方法論	輸入資料		中間變數資料		輸出資料	
臺灣 THCM 2011	調查值	v_F 上游主線流率 v_R 主要匝道流率 PHF 尖峰小時係數 P_{HV} 主線及匝道大型車百分比 S_L 高速公路速限	計算值	Q_{fc} 尖峰 15 分鐘主線在併入點之小車流率 Q_{ft} 尖峰 15 分鐘主線在併入點之大車流率 Q_{rc} 尖峰 15 分鐘匝道在併入點之小車流率 Q_{ac} 尖峰 15 分鐘加速車道在併入點之小車流率 q_i 檢核點上主線各內車道之平均流率 q_e 基本狀況下主線內車道之對等流率	計算值	v/c 主線內車道飽和度比值 S_d 速差值
	預設值	f_W 車道寬及路肩寬調整因素 f_P 駕駛員特性調整因素 E_{HV} 大型車當量			預設值	c 基本狀況下主線每一車道容量
	查表值	m 內車道小車佔主線小車百分比 m_2 內車道大車佔主線大車百分比				
德國 HBS 2015	調查值	v_F 上游主線流率 v_R 主要匝道流率	計算值	X_{HO} 匯流區主線上游飽和度值 X_E 匯流區匝道飽和度值	計算值	X_M 匯流區合計飽和度值
	查表值	C_{HO} 主線容量 C_E 進口匝道容量 α 乘冪參數值				

表 2.3-8 匝道分流區方法論模式比較

方法論	輸入資料		中間變數資料		輸出資料	
美國 HCM 1985	調查值	v_F 上游主線流率 v_R 主要匝道流率 PHF 尖峰小時係數 P_{HV} 主線及匝道大型車百分比	迴歸式查表值	v_1 上游主線車道 1 流率	計算值	$v_{d(Max)}$可通過分流影響區最大流率 (上限值) $v_{f(Max)}$分流區下游主線路段最大流率 (上限值)
	預設值	f_W 車道寬及路肩寬調整因素 f_P 駕駛員特性調整因素 E_{HV} 大型車當量	計算值	v_{HV} 上游主線及車道 1 大車流量 P_{HV} 上游主線車道 1 流率中大車之比例 f_{HV} 上游主線車道 1 大車調整因素 v_{OA} 匝道影響區外平均每車道流率		
美國 HCM 2016	調查值	v_F 上游主線流率 v_R 主要匝道流率 PHF 尖峰小時係數 FFS 主線自由車流速率 RFFS 匝道自由車流速率 P_{HV} 主線及匝道大型車百分比 L_d 減速車道長度	計算值	v_{12} 主線最右側兩車道流率 v_{R12} 進入分流區之總需求流率 P_{FD} 分流區車道 1,2 之流量比例 v_{OA} 匝道影響區外平均每車道流率	迴歸式查表值	D_R 匝道影響區平均每車道密度 D_S 分流路段規模係數 S_R 匝道影響區內車道平均速率 M_S 匝道匯流區速率比例因素 S_O 匝道影響區外車道平均速率 S 匝道區所有車道平均速度
	預設值	f_W 車道寬及路肩寬調整因素 f_P 駕駛員特性調整因素 SAF 自由車流速率調整因素 E_{HV} 大型車當量				

表 2.3-8 匝道分流區方法論模式比較（續）

方法論	輸入資料		中間變數資料		輸出資料	
臺灣 THCM 2011	調查值	v_F 上游主線流率 v_R 主要匝道流率 PHF 尖峰小時係數 P_{HV} 主線及匝道大型車百分比 S_L 高速公路速限	迴歸式查表值	Q_1 檢核點上主線車道 1 流率 Q_N 檢核點上主線車道 N(內車道) 流率 Q_{Nh} 檢核點上主線車道 N 大車流率	計算值	主線車道 1 之 v/c 比值 主線車道 N 之 v/c 比值 S_d 速差值
	預設值	f_W 車道寬及路肩寬調整因素 f_P 駕駛員特性調整因素 E_{HV} 大型車當量	計算值	Q_{1h} 檢核點上主線車道 1 大車流率 f_{1h} 檢核點上主線車道 1 大車調整因素 f_{Nh} 檢核點上主線車道 N 大車調整因素 q_{e1} 基本狀況下尖峰 15 分鐘主線車道 1 之對等流率 q_{eN} 基本狀況下尖峰 15 分鐘主線車道 N 之對等流率	查表值	c_1 基本狀況下主線車道 1 容量 c_N 基本狀況下主線車道 N 容量
			預設值	P_{t1} 檢核點上主線大車行駛車道 1 的比例		
德國 HBS 2015	調查值	v_F 上游主線流率 v_R 主要匝道流率	計算值	X_{HU} 分流區主線下游 v/c 值 X_A 分流區匝道 v/c 值	計算值	X_D 分流區合計飽和度值
	查表值	C_{HU} 主線容量 C_A 出口匝道容量 α 乘冪參數值				

2.4 各國方法論之應用示範

本節參考 2011 年版臺灣公路容量手冊第五、六章之分、匯流區應用數值範例，應用於美國 HCM 1985、HCM 2016、THCM 2011，以及 HBS2015 等四種方法論中，並進行各方法論具體差異性比較，並對示範例之中間變數與輸出結果進行探討。

表 2.4-1 為匝道匯流區具體差異性之比較項目，各國方法論在匯流區檢核點方面，因檢核點定義而有不同見解；在容量分析標的方面，德國法式分析整個匯流區車道斷面，有別於美國法、臺灣法僅分析車道的方式；在績效指標方面，美國法捨棄以 *v/c* 評定服務等級的觀念，其在 HCM 2016 版本與臺灣 THCM 2011 都有兩項評估績效指標；至於在車道容量方面，美國 HCM 1985 估計容量較為保守，而 HCM 2016 估計之最大值與臺灣 THCM 2011 相近，而德國則是利用匝道幾何條件來界定，以匯流區主線三車道範例，其容量值查表顯示為 5,800 小車/時。

表 2.4-1 各國方法論於匝道匯流區之具體差異項目表

項目	方法論			
	美國	美國	臺灣	德國
	HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	HBS 2015
檢核位置	主線車道 1 與 進口匝道 流率和	車道 1、2 流率	併入點下游 加速車道 2/3 處	匝道口下游
容量分析標的	主線車道 1	主線 車道 1、2	內車道	匝道匯流區 （車道斷面）
績效指標	流率	1.密度（主） 2.速率（次）	1.V/C 2.速差值	V/C
車道容量 （最大值）	2,000 小車/時/車道	2,400 小車/時/車道	2,300 小車/時/車道	三車道 5,800 小車/時 （依匝道幾何型態查表）

表 2.4-2 為匝道分流區具體差異性之比較項目，其中臺灣法在分流與匯流區的分析法並不相同，因此以下僅說明臺灣法的差異部分。臺灣法在分流區之流量檢核點為分流點上游 50 公尺處；容量分析標的則是分別為主線車道 1 與最內車道，故會產生兩組績效值，至於車道容量則與匯流區相同。

表 2.4-2 各國方法論於匝道分流區之具體差異項目表

項目	方法論			
	美國	美國	臺灣	德國
	HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	HBS 2015
檢核位置	主線車道 1 流率	主線 車道 1、2 流率	分流點上游 50 公尺處	匝道口上游
容量分析 標的	主線車道 1	主線 車道 1、2	1. 主線車道 1 2. 內車道	匝道分流區 （車道斷面）
績效指標	流率	1. 密度（主） 2. 速率（次）	1. V/C 2. 速差值	V/C
車道容量 （最大值）	2,000 小車/時/車道	2,400 小車/時/車道	2,300 小車/時/車道	三車道 5,800 小車/時 （依匝道幾何型態查表）

一、匝道匯流區範例：

高速公路進口匝道併入點預計在 15 年後之尖峰小時車流狀況如下所示（示意如圖 2.4-1）：

主線：需求流率 4,000 輛/小時；大車百分比 20%

匝道：需求流率 1,000 輛/小時；大車百分比 5%

速限：100 公里/小時

尖峰小時係數：0.9

從 *v*/*c* 值角度，此匝道路段之主線內車道必須維持 B 級服務水準。若主線配置二車道或三車道，則其主線內車道之服務水準分別為何？

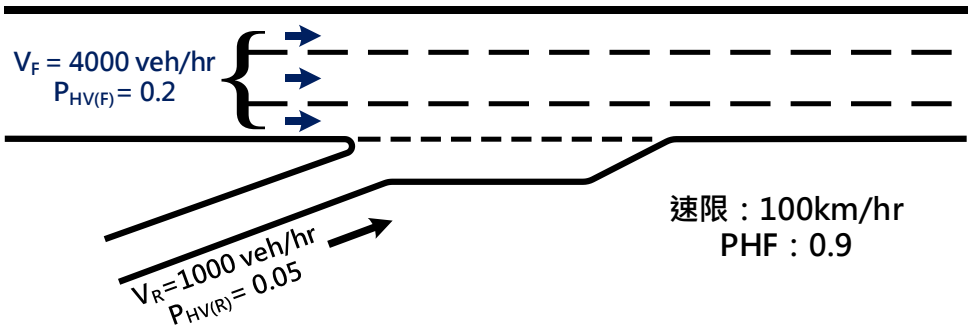


圖 2.4-1 THCM 匝道匯流區範例示意圖

各國方法論於模式輸入過程與輸出績效之數值資料分析結果如表 2.4-3 ~表 2.4-4 所示。

表 2.4-3 各國方法論對 THCM 匝道匯流區二車道範例資料數值

交流道	方法論	中間變數				輸出績效			
		中文名稱	變數	數值	單位	中文名稱	變數	數值	單位
THCM 2011 範例 2 車道	美國 HCM1985	匝道口上游主線車道 1 流率	v_1	1401	輛/時	可通過匯流影響區最大流率(上限值)	$v_{m(Max)}$	3142.22	小車/時
		匝道口上游主線大車流量	$v_{HV(F)}$	800	輛/時	匯流區下游主線路段最大流率(上限值)	$v_{f(Max)}$	6216.67	小車/時
		匝道口上游主線車道 1 大車佔主線大車之比例	$P_{HV(1/F)}$	0.7		流量容量比	V/C	1.57	
		匝道口上游主線車道 1 大車流量	$v_{HV(1)}$	560	輛/時	服務水準	LOS	F	
		匝道口上游主線車道 1 流率中大車之比例	$P_{HV(1)}$	0.4					
		匝道影響區外車道平均每車道流率	v_{OA}	3074.44	小車/時/車道				
	美國 HCM2016	匝道口上游主線車道 1,2 流率	v_{12}	5333.33	小車/時	匝道影響區平均每車道密度	D_R	49.5	小車/哩/時
		匝道影響區內車道流率	v_{R12}	6500	小車/時	匯流路段規模係數	M_s	0.65	
		匯流區車道 1,2 之流量比例	P_{FM}	1		匝道影響區內車道平均速率	S_R	49	哩/時
		匝道影響區外車道平均每車道流率	v_{OA}	—	小車/時/車道	匝道影響區外車道平均速率	S_O	—	哩/時
						匝道區所有車道平均速度	S	49	哩/時
						流量容量比	V/C	1.01	
						服務水準	LOS	F	
	臺灣 THCM 2011	尖峰 15 分鐘主線在併入點之小車流率	Q_{fc}	3555.56	小車/時	流量容量比	V/C	1.37	
		尖峰 15 分鐘主線在併入點之大車流率	Q_{ft}	888.89	大車/時	高速公路速限-內車道平均速率(速差值)	S_d	18	公里/時
		尖峰 15 分鐘匝道在併入點之小車流率	Q_{rc}	1055.56	小車/時	服務水準	LOS	F4	
		尖峰 15 分鐘加速車道在併入點之小車流率	Q_{ac}	897.22	小車/時				
		檢核點上主線各內車道之平均流率	q_i	2895	小車/時/車道				
		基本狀況下主線內車道之對等流率	q_e	3161.67	小車/時/車道				
	德國 HBS2015	匯流區主線上游匝道 v/c 值	X_{HO}	1.33		匯流區合計 v/c 值	X_M	1.62	
		匯流區匝道 v/c 值	X_E	0.65		服務水準	LOS	F	

表 2.4-4 各國方法論對 THCM 匝道匯流區三車道範例資料數值

交流道	方法論	中間變數				輸出績效			
		中文名稱	變數	數值	單位	中文名稱	變數	數值	單位
THCM 2011 範例 3 車道	美國 HCM1985	匝道口上游主線車道 1 流率	v_1	855.75	輛/時	可通過匯流影響區最大流率((上限值)	$v_{m(Max)}$	2598.61	小車/時
		匝道口上游主線大車流量	$v_{HV(F)}$	800	輛/時	匯流區下游主線路段最大流率(上限值)	$v_{f(Max)}$	6216.67	小車/時
		匝道口上游主線車道 1 大車佔主線大車之比例	$P_{HV(1/F)}$	0.8		流量容量比	V/C	1.3	
		匝道口上游主線車道 1 大車流量	$v_{HV(1)}$	640	輛/時	服務水準	LOS	F	
		匝道口上游主線車道 1 流率中大車之比例	$P_{HV(1)}$	0.7					
		匝道影響區外車道平均每車道流率	v_{OA}	1809.03	小車/時/車道				
	美國 HCM2016	匝道口上游主線車道 1,2 流率	v_{12}	3226.98	小車/時	匝道影響區平均每車道密度	D_R	33	小車/哩/時
		匝道影響區內車道流率	v_{R12}	4393.65	小車/時	匯流路段規模係數	M_s	0.58	
		匯流區車道 1,2 之流量比例	P_{FM}	0.61		匝道影響區內車道平均速率	S_R	50.5	哩/時
		匝道影響區外車道平均每車道流率	v_{OA}	2106.35	小車/時/車道	匝道影響區外車道平均速率	S_O	56.2	哩/時
						匝道區所有車道平均速度	S	74.7	哩/時
						流量容量比	V/C	0.69	
						服務水準	LOS	E	
	臺灣 THCM 2011	尖峰 15 分鐘主線在併入點之小車流率	Q_{fc}	3555.56	小車/時	流量容量比	V/C	0.69	
		尖峰 15 分鐘主線在併入點之大車流率	Q_{ft}	888.89	大車/時	高速公路速限-內車道平均速率(速差值)	S_d	7	公里/時
		尖峰 15 分鐘匝道在併入點之小車流率	Q_{rc}	1055.56	小車/時	服務水準	LOS	C2	
		尖峰 15 分鐘加速車道在併入點之小車流率	Q_{ac}	897.22	小車/時				
		檢核點上主線各內車道之平均流率	q_i	1596.97	小車/時/車道				
		基本狀況下主線內車道之對等流率	q_e	1596.97	小車/時/車道				
	德國 HBS2015	匯流區主線上游匝道 v/c 值	X_{HO}	0.92		匯流區合計 v/c 值	X_M	1.11	
		匯流區匝道 v/c 值	X_E	0.65		服務水準	LOS	F	

為便於檢視各國方法論之分析重點與結果，本研究將最後輸出績效比較彙整如表 2.4-5 所示，由表中二車道分析部份顯示此四種方法論分析之服務等級均為 F 級，即主線二道路之容量無法負荷此區段之交通需求流量，若為主線三車道，則可發現美國 HCM 1985 相對於德國 HBS 2015 以及美國 HCM 2016 相對於臺灣 THCM 2011 分別是兩兩比較相近。此外，由於二車道時臺灣法的服務等級在 *v/c* 已經達到 F 級，故未進行速差值之服務等級評估。

表 2.4-5 各國方法論對 THCM 匝道匯流區範例之輸出績效比較表

方法論	輸出績效比較					
	名稱	評估對象	二車道		三車道	
			數值	服務等級	數值	服務等級
美國 HCM 1985	V/C	車道 1	1.57	F	1.3	F
美國 HCM 2016	密度 (主指標)		49.5	F	33	D
	V/C (參考)	車道 1、2	1.01	F	0.69	E
臺灣 THCM 2011	V/C	內車道	1.37	F	0.69	C
	高速公路速限 - 內車道平均速率 (速差值)		18	—	7	2
德國 HBS 2015	V/C	匝道匯流區	1.62	F	1.11	F

二、匝道分流區範例：

在臺北附近一平坦之出口匝道路段配置有 2 主線車道與 1 減速車道。此路段之車道寬為 3.6 公尺，兩側路肩寬各為 1.0 公尺。主線速限為 90 公里/小時。本例題目的在於評估此匝道路段之服務水準（示意如圖 2.4-2 所示）。

尖峰小時主線在分流區上游之需求流率（V_F）為 3,000 輛/小時，其中 20% 為重車（$P_{HV(F)}$），尖峰小時係數 PHF = 0.95。

尖峰小時利用減速車道進入出口匝道之需求流率（V_R）為 1,200 輛/小時，其中 25% 為重車（$P_{HV(R)}$），尖峰小時係數 PHF = 0.95。

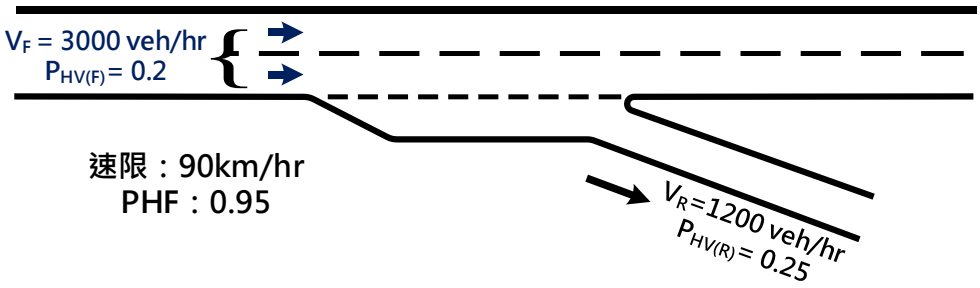


圖 2.4-2 THCM 匝道分流區範例示意圖

各國方法論於模式輸入過程與輸出績效之數值資料分析結果如表 2.4-6 所示。

表 2.4-6 各國方法論對 THCM 匝道分流區範例資料數值

方法論	中間變數				輸出績效			
	中文名稱	變數	數值	單位	中文名稱	變數	數值	單位
美國 HCM1985	匝道口上游主線車道 1 流率	v_1	576	輛/時	可通過分流影響區最大流率(上限值)	$v_{d(Max)}$	915.79	小車/時
	匝道口上游主線大車流量	$v_{HV(F)}$	600	輛/時	分流區上游主線路段最大流率(上限值)	$v_{f(Max)}$	3600	小車/時
	匝道口上游主線車道 1 大車佔主線大車之比例	$P_{HV(1/F)}$	0.7		流量容量比	V/C	0.9	
	匝道口上游主線車道 1 大車流量	$v_{HV(1)}$	420	輛/時	服務水準	LOS	E	
	匝道口上游主線車道 1 流率中大車之比例	$P_{HV(1)}$	0.73					
	匝道影響區外車道平均每車道流率	v_{OA}	2684.21	小車/時/車道				
美國 HCM2016	匝道影響區內車道 1,2 流率	v_{12}	3789.47	小車/時	匝道影響區平均每車道密度	D_R	32.1	小車/哩/時
	匝道影響區內車道流率	v_{R12}	5368.42	小車/時	分流路段規模係數	D_s	0.82	
	匯流區車道 1,2 之流量比例	P_{FD}	1		匝道影響區內車道平均速率	S_R	44.5	哩/時
	匝道影響區外車道平均每車道流率	v_{OA}	—	小車/時/車道	匝道影響區外車道平均速率	S_O	—	哩/時
					匝道區所有車道平均速度	S	44.5	哩/時
					流量容量比	V/C	0.6	
					服務水準	LOS	C	
臺灣 THCM 2011	檢核點上主線車道 1 流率	Q_1	568.27	輛/時	流量容量比(第 1 車道)	V/C	0.45	
	檢核點上主線車道 N(內車道)流率	Q_N	1231.73	輛/時	流量容量比(內車道)	V/C	0.64	
	檢核點上主線車道 1 大車流率	Q_{1h}	135	輛/時	服務水準(第 1 車道)	LOS	B1	
	檢核點上主線車道 N(內車道)大車流率	Q_{Nh}	165	大車/時	服務水準(內車道)	LOS	C1	
	檢核點上主線車道 1 大車調整因素	f_{1h}	0.81		速差值(第 1 車道)	S_{d1}	1	公里/時
	檢核點上主線車道 N 大車調整因素	f_{Nh}	0.88		速差值(內車道)	S_{dN}	2	公里/時
	基本狀況下尖峰 15 分鐘主線車道 1 之對等流率	q_{e1}	740.29	小車/時/車道				
	基本狀況下尖峰 15 分鐘主線車道 N 之對等流率	q_{eN}	1470.24	小車/時/車道				
	檢核點上主線大車行駛車道 1 的比例	P_{t1}	0.45					
德國 HBS2015	分流區主線下游匝道 v/c 值	X_{HU}	0.95		分流區合計 v/c 值	X_D	1.31	
	分流區匝道 v/c 值	X_A	0.88		服務水準	LOS	F	

與匝道匯流區範例相同，為便於檢視各國方法論之分析重點與結果，本研究將最後輸出績效比較彙整如表 2.4-7 所示，此處值得說明的是臺灣法 THCM 2011 在對分流區會分別評估主線車道 1 與最內車道之服務水準，因此有兩個服務水準等級，表中顯示主線最內側車道比最外側車道之服務等級稍差些，在方法論比較方面，與匝道匯流區同，美國 HCM 1985 相對於德國 HBS 2015 以及美國 HCM 2016 相對於臺灣 THCM 2011 分別兩兩比較相近。

表 2.4-7 各國方法論對 THCM 匝道分流區範例之輸出績效比較表

方法論	輸出績效比較			
	名稱	評估對象	數值	服務等級
美國 HCM 1985	V/C	車道 1	0.9	E
美國 HCM 2016	密度 (主指標)		32.1	D
	v/c（參考）	車道 1、2	0.6	C
臺灣 THCM 2011	*v/c*	車道 1	0.45	B
	高速公路速限 - 車道 1 平均速率（速差值）		1	1
	v/c	內車道	0.64	C
	高速公路速限 - 內車道 平均速率（速差值）		2	1
德國 HBS 2015	*v/c*	匝道分流區	1.31	F

第三章 現場調查與資料蒐集

3.1 調查地點選擇

3.1.1 匝道幾何型態分類

本期在進行高速公路主線分、匯流區分析模式之前，先藉由現場幾何、交通資料之蒐集，以瞭解實際車流特性。由於現場交通運行特性常因時間、地點而有變異，因此實證工作的一大瓶頸便是找出有效的方式來蒐集現場調查資料，加上每個匝道的幾何設計及車流情況有獨特性，在選擇調查地點時應考慮調查結果之代表性。

本期在匝道幾何型態之遴選上，主要考量符合下列 4 個條件之匝道類型：

1. 與上、下游匝道之間距 ≥ 1,000 公尺
2. 加、減速車道數僅 1 車道
3. 匝道車道數僅 1 車道
4. 主線未開放路肩

第一點條件的目的在於確保分析對象為為獨立匝道，其分匯流區運作不受上下游匝道之影響，獨立匝道口係指主要匝道口與上、下游相鄰匝道口間距在 1,000 公尺以上者，本研究對相鄰匝道口間距量測是以匝道口尖角槽化區鼻端為參考點，相鄰兩匝道口參考點之距離為兩者之間距，其幾何型態如圖 3.1-1 所示。第 2~4 點在於盡可能單純化分析對象，以求準確釐清影響車流之幾何型態關鍵變數（如主線車道數、主線速限），並建立適合國內車流情況之主線分匯流區與匝道之容量及服務水準分析方法。符合幾何型態之匝道詳見附錄 B 表格所示。

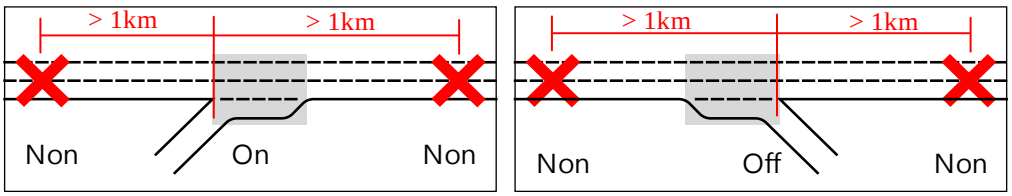


圖 3.1-1 高速公路進口(圖左)與出口(圖右)匝道幾何型態示意圖

3.1.2 選擇邏輯及依據

於第 3.1.1 節確認幾何條件後，本節進一步挑選的考量重點主要有三，分別為是否具重現性壅塞、是否為下游回堵、是否位於限航區或禁航區。

1. 是否具重現性壅塞

為確保調查出勤當日得以觀察到車流壅塞現象，故選擇具重現性壅塞特性之匝道。本研究先運用高公局發布之 107 年 10 月~12 月之國道易壅塞路段彙整表，對照 3.1.1 節中符合幾何型態之匝道，初步判斷國道經常發生壅塞的交流道地點及時段；再透過 108 年 3 至 5 月之 VD 資料，分析分匯流區上下游最近之主線 VD 資料，進一步確認壅塞的時段。時段分為 4 種，分別為平日上午尖峰、平日下午尖峰、星期六、星期日，其中平日以星期三代表。換言之，針對易壅塞路段彙整表中所有匝道，調閱 108 年 3 至 5 月中每個星期三、六、日的 VD 資料，如多數發生壅塞，則確認為重現性壅塞匝道，並註記常見壅塞時段。壅塞之具體定義為車流速率低於每小時 40 公里，或者於 30 分鐘內下降幅度達每小時 40 公里。

2. 是否為下游回堵

此外，必須確保該重現性壅塞非受下游回堵所致，而是由該匝道之車流所自然形成。具體作法為比對分匯流區 VD 及下游最接近之 VD 資料，找出兩者發生壅塞的時間點，若下游無發生壅塞現象，或下游之壅塞時間發生較晚，可確認壅塞的原因並非下游車流回堵。

3. 是否位於限航區或禁航區

本研究採用長效無人機進行空拍，故匝道所在位置是否位於限航區或禁航區將影響調查作業進行。限航區之限制雖可向民航局提出申請，解禁飛行高度，但於限禁航區調查過程中若有飛機起降之狀況發生，必須中斷空拍作業，勢必無法取得連續性之車流影片資訊，故本研究最終並無選擇任何位於限禁航區之匝道。

最後值得注意的是，匝道儀控方面由於實務上高速公路局難以關閉匝道儀控，而具有重現性壅塞之匝道實務上均有慣行之匝道儀控措施，故無法避免。僅能以高速公路局固定儀控率做為權宜方案。

3.1.3 調查地點

在匝道之幾何分類上，符合獨立進出口匝道之地點十分充足，然而透過上述之選擇邏輯進行篩選後，由於許多的分匯流區均不具有重現性壅塞，導致完全符合調查地點之匝道相當稀少。此外，即使透過上述的篩選，仍有可能會有該調查地點不符合本研究之調查對象的情形發生，本研究原定之調查地點曾包括國道一號北上北斗交流道進口，然而於 5 月 26 日之空拍調查，該匯流區發生車禍，且經由空拍影像發現該匯流區之下游主線有回堵之情形發生，故透過本次空拍之結果確認該地點並不符合本研究之調查對象。綜上所述，以上述之選擇邏輯進行篩選，尋找到全部符合條件之分匯流區十分困難。

為了確保有足夠的調查地點，本研究將匝道幾何限制放寬為上、下游相鄰匝道口間距在 800 公尺以上，而匝道口間距低於 1,000 公尺者，將採用偵測器資料進行檢查，若經確認上、下游匝道不影響調查地點的車流情況，才予以採用。最終調查地點之篩選結果可參考本報告之附錄 B，本研究最終選擇之 4 個進口匝道與 2 個出口匝道之地點如下表 3.1-1 所示。

進口匝道部分完全符合條件的為國道三號南下安坑交流道及國道一號北上新竹交流道。國道一號北上頭屋交流道於平常並無發現重現性壅塞，但經採用偵測器資料檢查後，發現該地點歷年母親節均有壅塞發生，故本研究選擇於母親節當日調查該地點；國道三號北上中和交流道與上游匝道距離 900 公尺不足 1 公里，經採用偵測器資料檢查後，確認不影響調查地點的車流情況，因此予以採用。

出口匝道部分完全符合條件的為國道三號南下樹林交流道。國道三號北上大溪交流道，與下游匝道距離 930 公尺不足 1 公里，經採用偵測器資料檢查後，確認不影響調查地點的車流情況，因此予以採用。

表 3.1-1 調查地點之幾何型態與壅塞狀況

匝道類型	交流道	交流道名稱	里程	主線/加減速/匝道車道數	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	加減速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞			
										平日上午	平日下午	週六	週日
入口	國道一號北上	頭屋交流道	125	3/1/1	100	否	200	1050	14250	X	X	X	O (母親節)
	國道三號南下	安坑交流道	31	3/2/2	90	否	650	1150	3730	O	O	O	O
	國道三號北上	中和交流道	35	3/1/1	100	否	330	900	4000	O	X	X	X
	國道一號北上	新竹交流道	95A	3/1/1	100	否	430	2120	2040	X	O	O	O
出口	國道三號南下	樹林交流道	46	4/1/1	110	否	120	3020	4530	X	X	O	X
	國道三號北上	大溪交流道	62	3/1/1	110	否	160	4650	930	X	X	X	O

3.2 調查作業流程

本研究調查作業流程分為三部分，分別為行前作業、現場調查、事後作業，詳細之項目如圖 3.2-1 所示。

為滿足前述資料需求，必須取得較大調查範圍與連續性之交通資料。過去之調查大多採取路側安裝調查設備（60 FPS 之攝影機），但此種調查方案有許多限制，以攝影範圍而言，攝影機為了要能夠錄製所有車道，勢必需要將攝影機從高一點的角度進行拍攝，但在路側並不一定有足夠的定點設施能夠供應架設。此外，在路段較長的區域也需要使用多台的攝影機，代表後續的資料處理需要觀察多部影片，人力資源成本較高。

為了克服上述問題，本研究斟酌採用無人機進行空中拍攝，但因一般無人機滯空時間有限，對達成長時間且連續之拍攝任務有相當困難度。本研究委託專業無人機研究與應用團隊，充分瞭解無人機使用條件與限制，可確保符合航空法無人機之相關法律與規範，並投保公共意外責任險保險。該團隊目前除了擁有豐富之實作經驗外，亦可提供空拍機型號選擇、拍攝高度等最佳拍攝參數建議，可滿足本研究較長滯空時間進行拍攝與資料蒐集之需求。

因調查時段須包含分匯流區車流，由中高密度之穩定狀態轉變為壅塞不穩定狀態，再由壅塞不穩定狀態回復為車流穩定狀態之過程，需要不間斷的觀察車流演變，空拍調查任務可使用兩台無人機輪流拍攝，第一台無人機升空拍攝，在監控電力即將耗盡前，令第二台無人機升空並就定位後，第一台無人機才降落至地面，進行電池更換後待命。透過此種交替升空方式，確保拍攝之依時交通影像可連續不間斷。

每一個地點於正式調查前，都需要事先實地場勘，尋找適合之無人機起飛點，並實際拍攝調查地區的一段短影片，測試不同之拍攝參數，包括起飛地點選擇、與空拍飛手進行溝通，無人機飛行位置選定（如高度、傾角、機型、拍攝時間、範圍）等，之後回實驗室檢視、評估蒐集之影片，確認一最能滿足資料分析需求之空拍方案。正式調查則依據場勘試調查所選擇能夠滿足分析需求之拍攝參數，進行正式空拍作業。

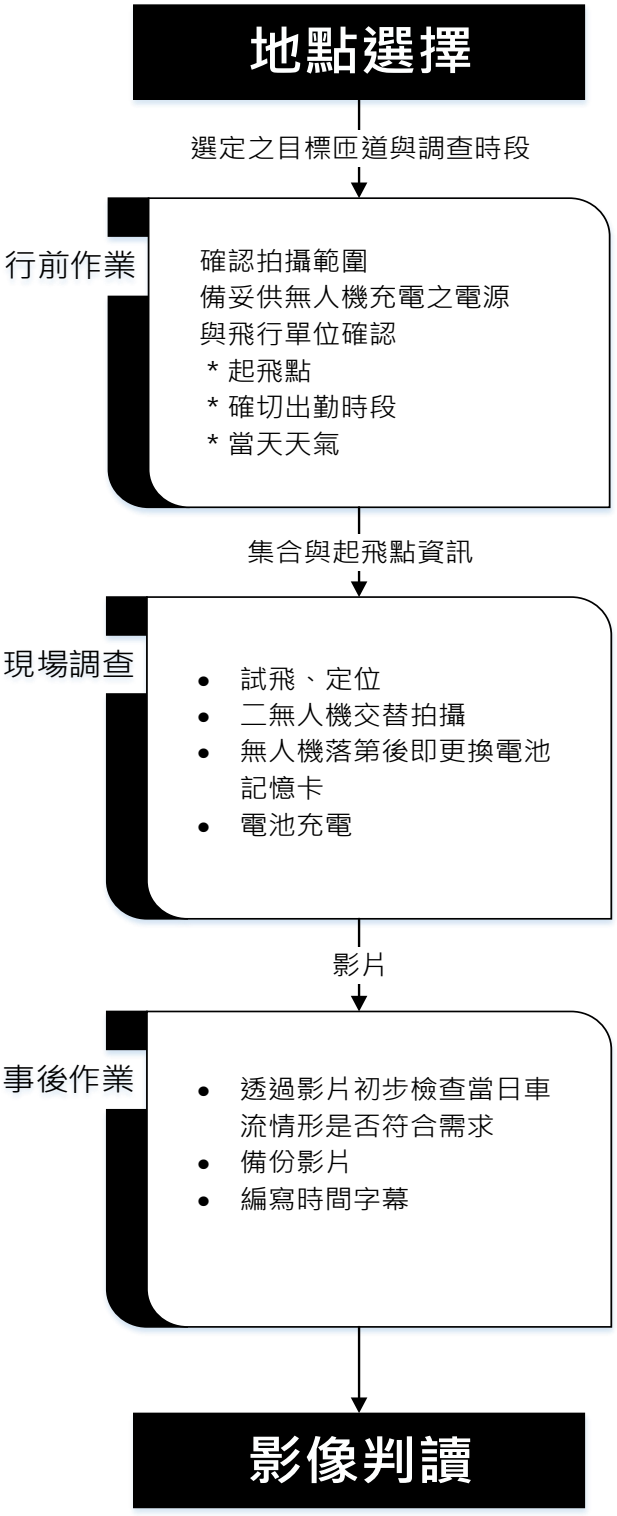


圖 3.2-1 調查作業流程圖

3.3 車流特性資料整理

3.3.1 資料登錄項目

本節主要工作為確認登錄之資料，做為後續獲取匝道分匯流區相關分析資料之依據。以下依次對資料蒐集需求、資料登錄作業兩個部分分別說明。

1. 資料蒐集需求

現場調查所紀錄之資料分為以下三項：

(1) 車流狀況由流暢進入壅塞之時間點和地點

本項工作為紀錄車流狀況由流暢進入壅塞之時間點與詳細地點，主要目的係找出臨界點位置，例如加速車道與主線交界點上游幾公尺處、加速車道與主線交界點及終點之間、加速車道終點下游幾公尺處等。

(2) 特定區域之車流量與車流密度

本項工作為紀錄調查路段特定區域內，每 5 分鐘之車流量，以及該區域內之平均速率或密度。進口匝道匯流區調查路段位置如圖 3.3-1 所示，共分為 A、B、C、D 四個區域，主線之調查路段長度在 80~100 公尺範圍。圖中之 A 路段位於匝道口，B 路段位在主線與進口匝道交接點上游，C 路段位在加速車道漸變段 (taper) 起點至加速車道終點之間，D 路段則位在加速車道終點下游。出口匝道分流區調查路段位置如圖 3.3-2 所示，共分為 A、B、C 三個區域。主線之調查路段長度在 80 ~ 100 公尺範圍，圖中之 A 路段位於減速車道漸變段之上游，B 路段位在減速車道漸變段起點，C 路段則位在主線與出口匝道交接點。

各流量調查點與各密度區間範圍標定方式為以 100 公尺里程為基準，透過 Google 資料尋找里程牌附近標的物並對照畫面並標定出里程牌位置，再透過車道線（車道線中一組實線與虛線標線長 10 公尺）標定出二里程牌之間的 50 公尺位置。流量調查點位置為里程牌或 50 公尺里程所在處，而密度則以每 50 公尺為一觀測區間。

(3) 進口（出口）匝道車輛於匯流區（分流區）各分區發生變換車道頻率

本項工作為紀錄進口（出口）匝道車輛於匯流區（分流區）各分區發生變換車道之次數，區域之劃分如圖 3.3-3 所示。車道變換方面與密度觀測區間相同，範圍從尖角槽化區（gore area）鼻端至加（減）速車道終止處每 50 公尺為一區段，圖 3.3-4 為尖角槽化區鼻端至加速車道終止處之實際示意圖，即為加速車道之定義。

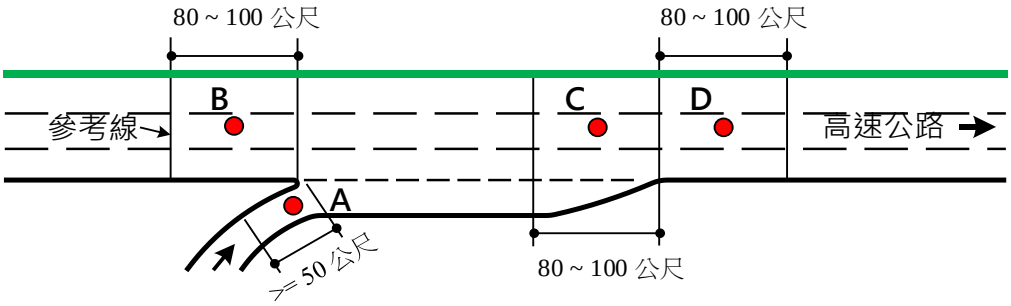


圖 3.3-1 進口匝道匯流區調查路段示意圖

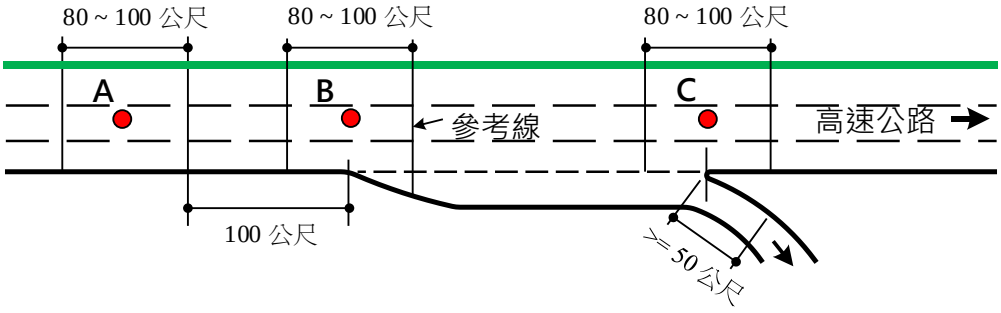


圖 3.3-2 出口匝道分流區調查路段示意圖

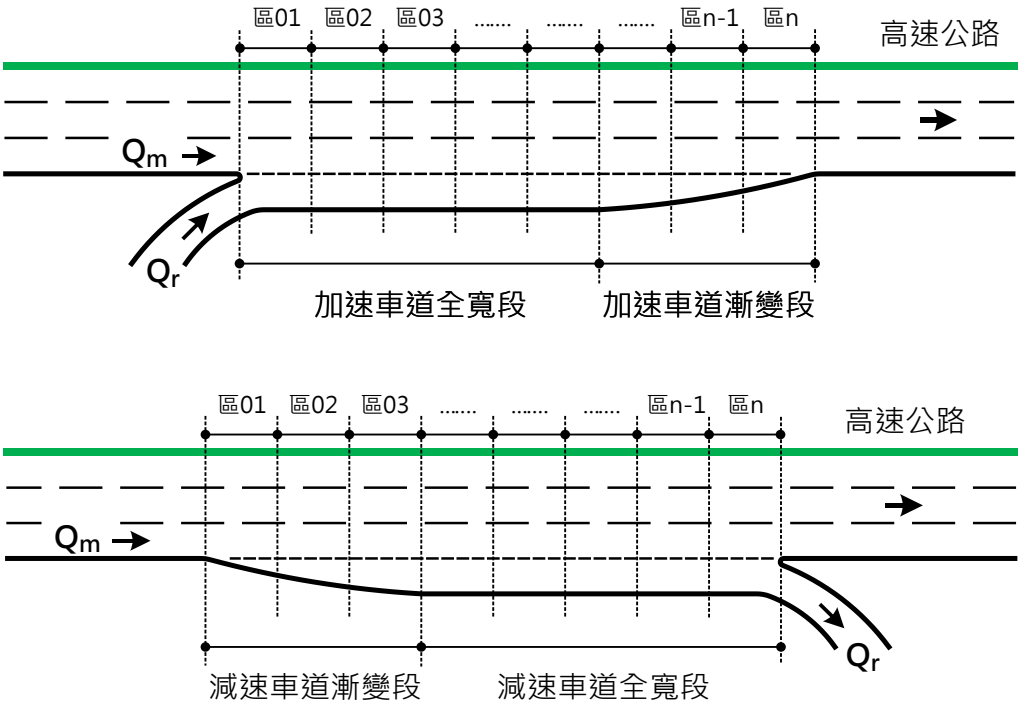


圖 3.3-3 加、減速車道劃分示意圖

圖 3.3-4 加速車道實際示意圖（頭屋交流道）

2.車流量、車流密度、車道變換之資料登錄作業

(1) 車流量

以每連續 1 分鐘為時段紀錄一筆數據，依據上述所劃分之界線記錄在該時段內通過 A、B、C、D 各點界線的車流量，車流量的記錄以車頭通過界線為準，並依行車道及車種分別登錄，車種共分為 4 種，包括小型車、大客車、大貨車、聯結車，小型車為一般自用小汽車或小貨車，大客車與大貨車之車種判斷基準係因高空攝影輔以車道線標線

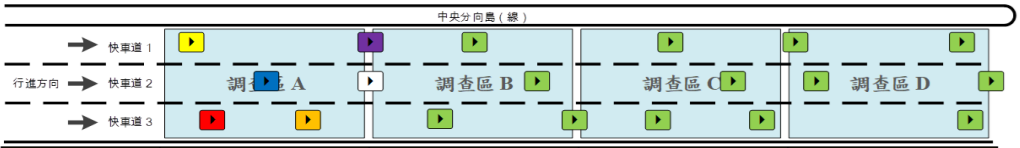
長度，做為判斷車種之參考標的，故大客車為超過 10 公尺之載人車輛、大貨車為超過 10 公尺之載貨車輛，聯結車為汽車與重型拖車所組成之車輛，且重型拖車有兩節以上。

因空拍機受風影響導致影像晃動，若記錄員發現參考線有移動，需重新畫設參考線，避免登錄結果產生誤差。紀錄完成後將流量每五分鐘進行上下游流量對照，確認上下游的累計車流量無大幅度偏差，可接受範圍是低於 5 %。如誤差超過 5%，則會進行檢討並重新登錄，以保持資料的準確性。

(2) 車流密度

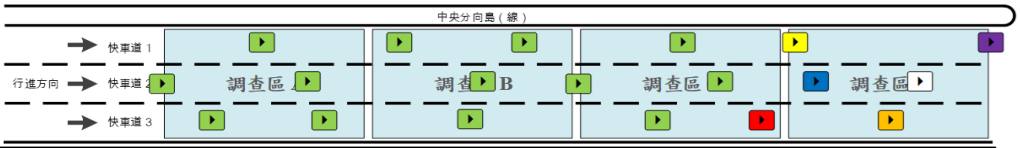
以每 15 秒暫停影片記錄一次，每次記錄該時間點的瞬間每個區間編號之各車道中車輛數，需區分車種。若車輛於第 n 時間點內車頭進入第 $m+1$ 區間而車尾仍在區間 m，仍算是在 n 時間點於區間 m+1 之車輛數，簡言之車頭越線即算是下一區間，記錄方式如圖 3.3-5 所示。

T_1=07:00:00



車道\區域	A	B	C	D
1	1	2	1	2
2	1	2	1	1
3	2	1	3	1

T_2=07:00:15



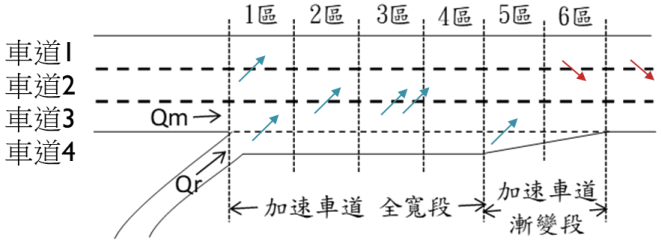
車道\區域	A	B	C	D
1	1	2	1	2
2	2	1	2	2
3	2	1	2	1

圖 3.3-5 車流密度登錄方式示意圖

(3) 車道變換

以流量方面，以每連續 5 分鐘為時段記錄一筆數據。依據前述之區間劃分記錄某時段內於各區間中，各類型車道變換行為之發生次數，不需區分車種。若某車於區間 m 開始自某車道開始變換至另一車道，

卻於行駛至區間 $m+1$ 才全部切換至另一車道，仍算是發生在區間 m，簡言之於何區間開始變換即紀錄在該區間，記錄方式如圖 3.3-6 所示。圖 3.3-6 中假設 $m=1,2,3,\ldots,6$，當 $m+1=7$ 時，代表車輛完成車道變換處為觀察範圍之外，亦即第六區間之下游位置。）



車道變換\區域	1	2	3	4	5	6
1→2					1	1
2→1	1					
2→3						
3→2		1	2			
3→4						
4→3	1				1	

圖 3.3-6 車道變換示意圖

3.3.2 資料整理結果

本研究完成 4 個次獨立進口匝道區與 2 個次獨立出口匝道區之資料整理，分別為國道一號北上頭屋交流道進口、國道三號南下安坑交流道進口、國道三號北上中和交流道進口、國道一號北上新竹 A 交流道進口、國道三號南下樹林交流道出口、國道三號北上大溪交流道出口，詳細調查時間等資訊如下表 3.3-1 所示。各調查地點於正式登載車流資料時段之車種比例如下表 3.3-2 所示，其中車種共分為 4 種，並以車長外觀進行車種分類，定義如下：

小型車：車長 10 公尺內之車型，包括小汽車、小貨車等。

大客車：超過 10 公尺之載人車輛。

大貨車：超過 10 公尺之載貨車輛。

聯結車：汽車與重型拖車所組成之車輛，且重型拖車有兩節以上。

在各地點資料整理情形上，參照表 3.3-1 與 3.3-2 可以發現國道三號北

上大溪交流道出口現調空拍時間為 13:00 ~ 17:00，但登載車流時段僅為 16:30 ~ 17:00，與其餘地點全時段登載不同。由於現調空拍時間之決定係透過檢視多日 VD 資訊獲取較大機會發生壅塞之時段，惟空拍當日因大部分前段時間為非壅塞車流狀況（速率 90kph 以上）；基於本研究主要著重於掌握非壅塞進入壅塞之車流狀況，故僅登載近臨界車流狀況（現調最後約 30 分鐘資訊）。

在流率與密度的資料整理以 1 分鐘為記錄單位，但 1 分鐘資料會有大幅波動，難以觀察趨勢，因此將流率與密度之數值以 5 分鐘進行滾動平滑，意思是每分鐘產生一筆數值，而該筆數值是後 5 分鐘的平均數。

- 流率：取該時間後 5 筆，每筆 1 分鐘數值進行平均，轉換單位為輛/小時（veh/hr）；
- 密度：取該時間後 20 筆，每筆 15 秒瞬間數值進行平均，轉換單位為輛/公里（veh/km）。
- 車道變換：每 50 公尺做為區間，記錄 20 分鐘內車道變換的位置及頻次，單位為次/20 分鐘。

後續依各個調查地點分別說明流率、密度、車道變換之資料整理結果。

表 3.3-1 調查地點與調查時間

	編號	交流道	交流道名稱(里程)	調查時間	儀控率	路肩開放
進口	1	國道一號北上	頭屋交流道(125K)	2019/5/12(日) 13:30~17:00	800 輛/時/車道	無
	2	國道三號南下	安坑交流道(31K)	2019/5/15(三) 06:00~10:00	07：15～07：30 1400 輛/時/車道 07：30～08：30 1300 輛/時/車道 08：30～09：00 1400 輛/時/車道	無
	3	國道三號北上	中和交流道(35K)	2019/5/22(三) 06:25~10:00	閃黃	無
	4	國道一號北上	新竹 A 交流道(95K)	2019/8/3(六) 09:00~12:00	閃黃	無
出口	5	國道三號南下	樹林交流道(47K)	2019/5/11(六) 07:00~11:35	-	無
	6	國道三號北上	大溪交流道(62K)	2019/6/16(日) 13:00~17:00	-	有

表 3.3-2 各調查地點車流量及車種比例

調查地點 （登載車流資料時段）	小型車輛 （百分比）	大客車輛 （百分比）	大貨車輛 （百分比）	聯結車輛 （百分比）	總計 （百分比）
國道一號北上頭屋交流道進口 （14:10～17:00）	14324 （96.1%）	467 （3.1%）	100 （0.7%）	8 （0.1%）	14899 （100.0%）
國道三號南下安坑交流道進口 （06:10～10:00）	16122 （93.2%）	233 （1.3%）	939 （5.4%）	12 （0.1%）	17306 （100.0%）
國道三號北上中和交流道進口 （06:25～09:55）	15239 （92.2%）	362 （2.2%）	901 （5.5%）	15 （0.1%）	16518 （100.0%）
國道一號北上新竹 A 交流道進口 （09:10～12:00）	13428 （91.1%）	518 （3.5%）	726 （4.9%）	69 （0.5%）	14741 （100.0%）
國道三號南下樹林交流道出口 （07:15～11:35）	26635 （95.0%）	606 （2.2%）	801 （2.8%）	7 （0.0%）	28049 （100.0%）
國道三號北上大溪交流道出口 （16:：30～17:：00）	2983 （96.3%）	86 （2.8%）	27 （0.9%）	0 （0.0%）	3096 （100.0%）

（一） 國道一號北上頭屋交流道進口

影片拍攝範圍畫面、各流量調查點與各密度區間範圍標定方式如圖 3.3-7 所示，圖上標示「Flow A」、「Flow B」、「Flow C」、「Flow D」的部分，其指向的黑線即為流量的調查點。附有里程編碼(如 125K+300）的黑線部分，兩條黑線之間為密度、車道變換之登錄區間，每區間均相距 50 公尺，其中密度共有 12 個區間，總範圍為 125K+300～124K+700，車道變換共有 9 個區間，總範圍為 125K+150～124K+700。

圖 3.3-8 為各調查點流率圖，分別有 A、B、C、D 四個調查點，並依照車道區分，各點之流量紀錄位置如前段所述，其中車道位置由外而內，為車道代碼由小而大排序。由圖可看出於 14:55 時，流率有下降的跡象。

圖 3.3-9 為各車道依時各區間密度圖，圖中共有 4 個熱區圖，分別代表 4 個車道，其車道、區間對應之位置如圖片左側之簡圖所示，若密度越低，熱區圖所呈現之顏色會接近綠色；若密度越高，熱區圖所呈現之顏色會接近紅色，若該車道沒有相對應的區間位置，熱區圖則會以白色顯示。由圖可看出 14:55 左右，密度在車道 1（第 3 張熱區圖）區間 10 之部分有顯著上升。

圖 3.3-10 為車道變換之數量圖，其中登錄時間之範圍分為三部分，包含車流非壅塞時段（14:15~14:35）、由非壅塞進入壅塞時段（14:45~15:05），以及車流壅塞時段（15:10~15:30）。圖中之變換車道之線條顏色與對應關係可參考右下方之圖示。由此圖可看出多數變換車道之車輛以加速車道往內側移動為主，也有部分在車道 1 的車輛受加速車道車輛往內側移動的影響，也跟著往內側移動。

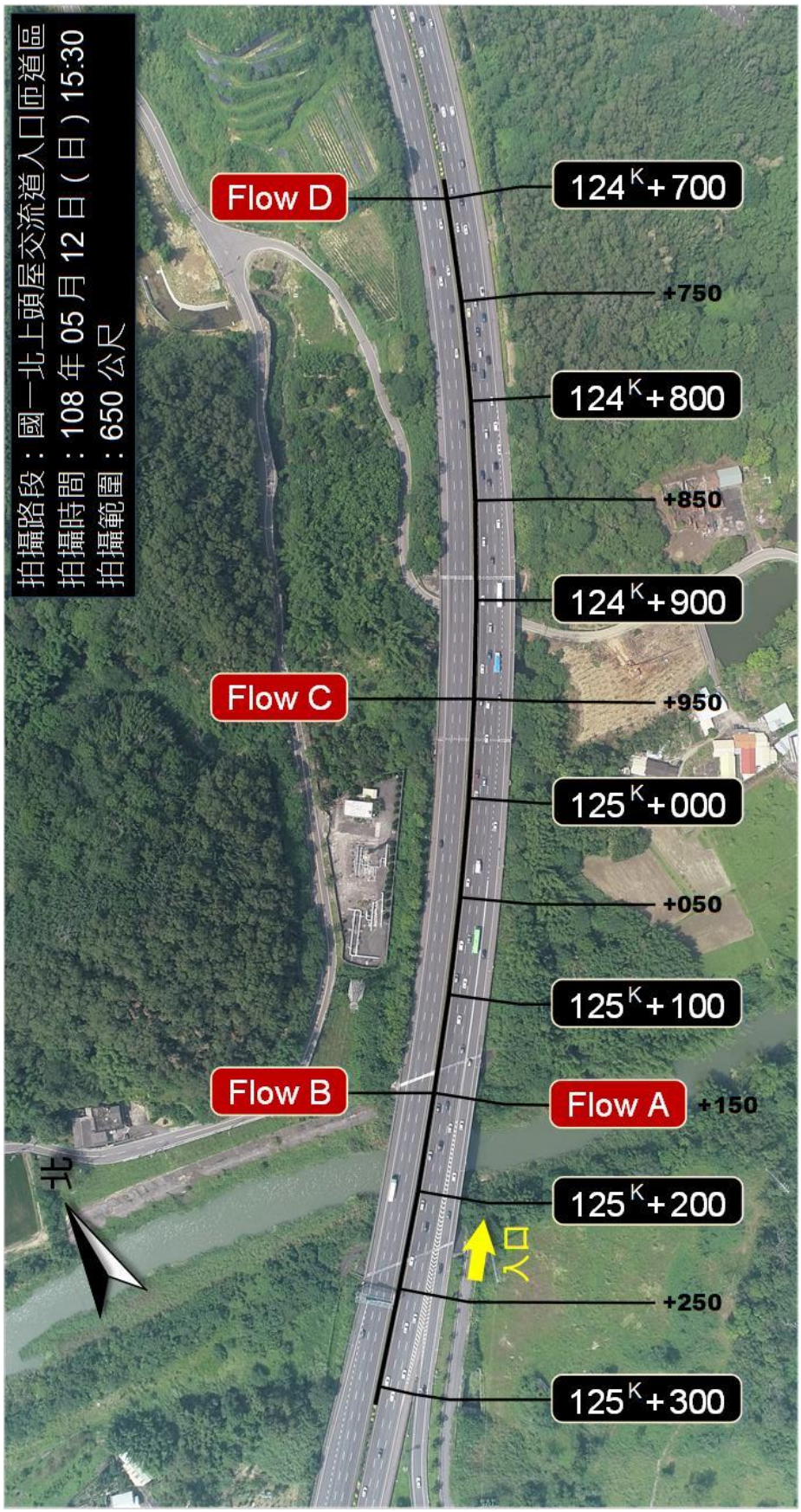


圖 3.3-7 國道一號北上頭屋交流道進口匝道區

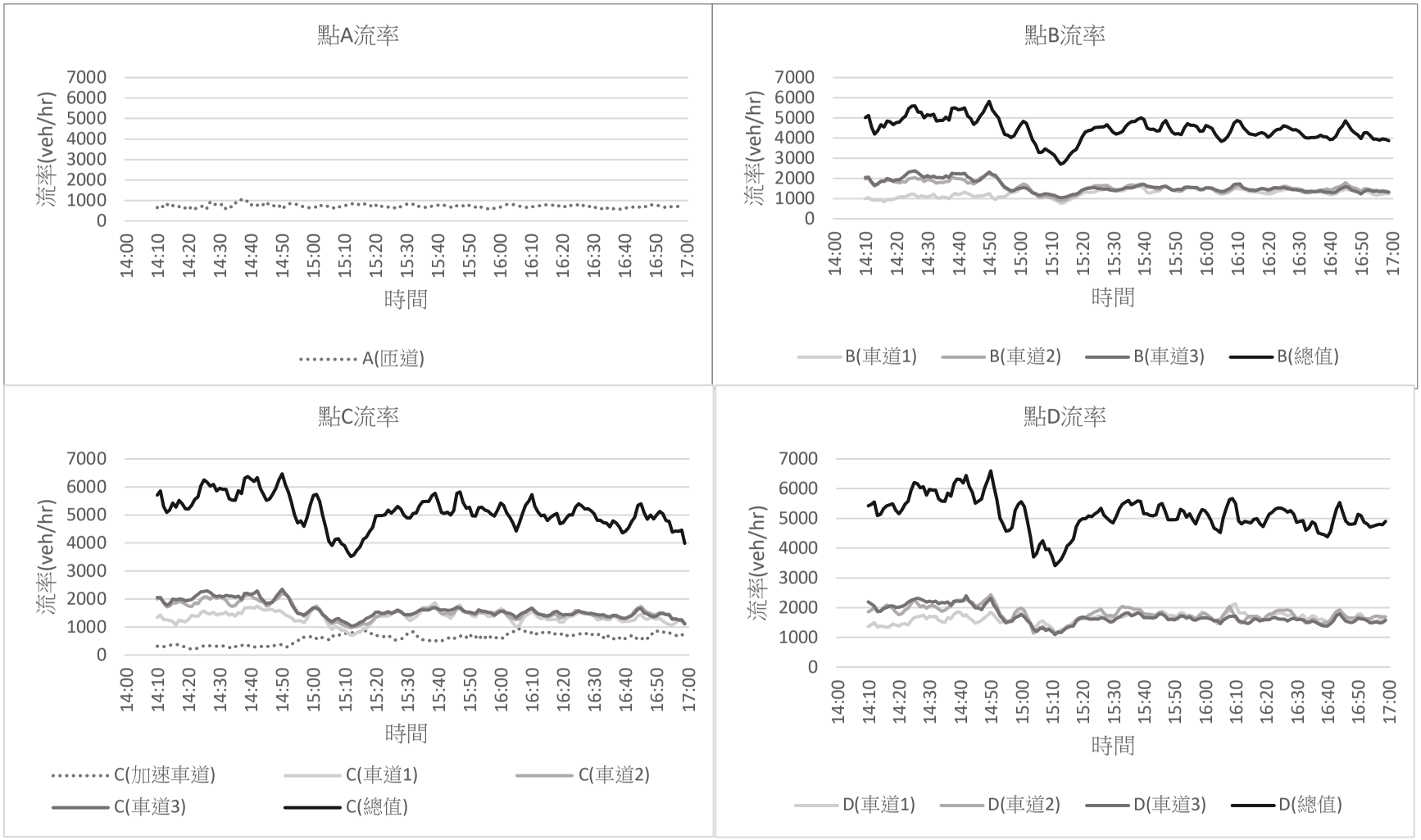


圖 3.3-8 國道一號北上頭屋交流道進口各調查點流率圖

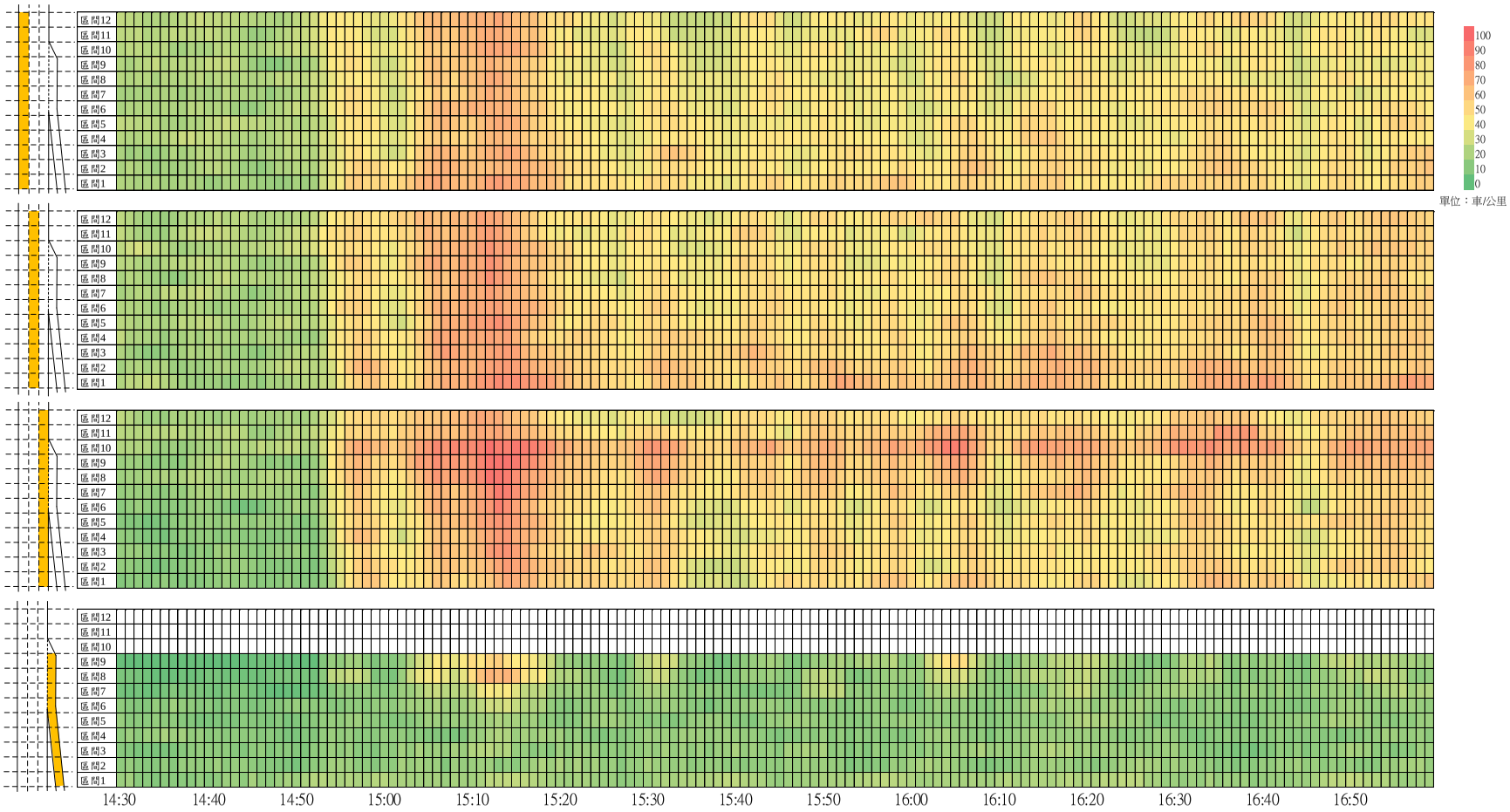


圖 3.3-9 國道一號北上頭屋交流道進口各車道依時各區間密度圖

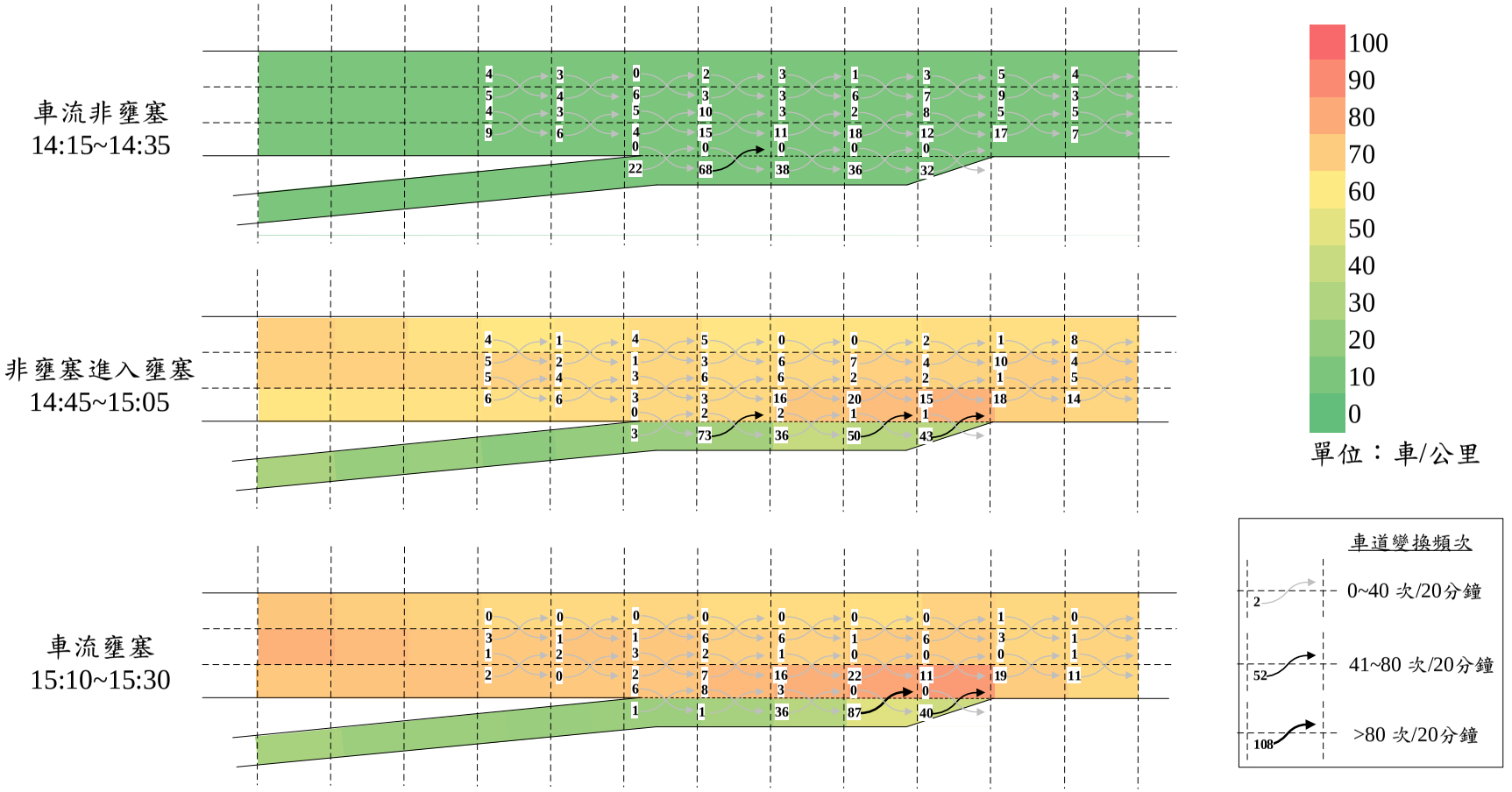


圖 3.3-10 國道一號北上頭屋交流道進口匝道區車道變換數量圖

（二） 國道三號南下安坑交流道進口

影片拍攝範圍畫面、各流量調查點與各密度區間範圍標定方式如圖 3.3-11 所示，圖上標示「Flow A」、「Flow B」、「Flow C」、「Flow D」的部分，其指向的黑線即為流量的調查點。附有里程編碼的黑線部分，兩條黑線之間為密度、車道變換之登錄區間，每區間均相距 50 公尺，其中密度共有 14 個區間，總範圍為 31K+650～32K+350，車道變換共有 12 個區間，總範圍為 31K+700～32K+300。

圖 3.3-12 為各調查點流率圖，分別有 A、B、C、D 四個調查點，並依照車道區分，各點之流量紀錄位置如前段所述，其中車道位置由外而內，為車道代碼由小而大排序。由圖可看出從 7:05 開始，點 C 與點 D 流率有些許下降的跡象。

圖 3.3-13 為各車道依時各區間密度圖，圖中共有 5 個熱區圖，分別代表 5 個車道，其車道、區間對應之位置如圖片左側之簡圖所示，熱區圖之顏色定義與頭屋進口相同。由圖可看出 7:10 左右，密度在車道 1（第 3 張熱區圖）區間 12 之部分有顯著上升。

圖 3.3-14 為車道變換之數量圖，其中登錄時間之範圍分為三部分，包含車流非壅塞時段（6:30~6:50）、由非壅塞進入壅塞時段（7:00~7:20），以及車流壅塞時段（7:30~7:50）。圖中之變換車道之線條顏色與對應關係可參考右下方之圖示。由圖可看出多數變換車道之車輛以加速車道往內側移動為主，而變換車道之區域以兩個區域為主，分別為剛從匝道進入加速車道時立即往內側移動，以及在加速車道結束前一刻才往內匯入主線。也有部分在車道 1 的車輛受加速車道車輛往內側移動的影響，也跟著往內側移動。

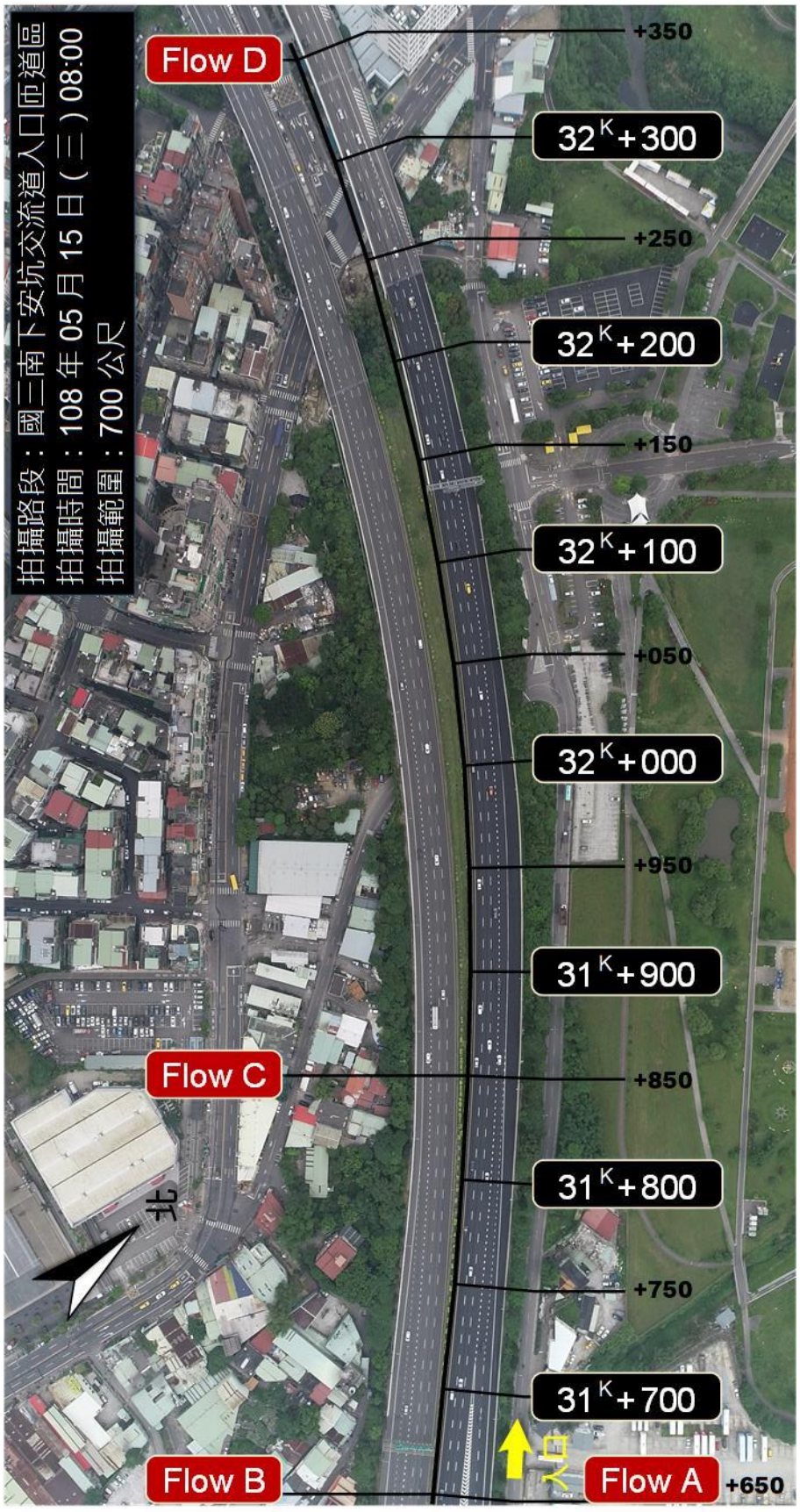


圖 3.3-11 國道三號南下安坑交流道進口匝道區

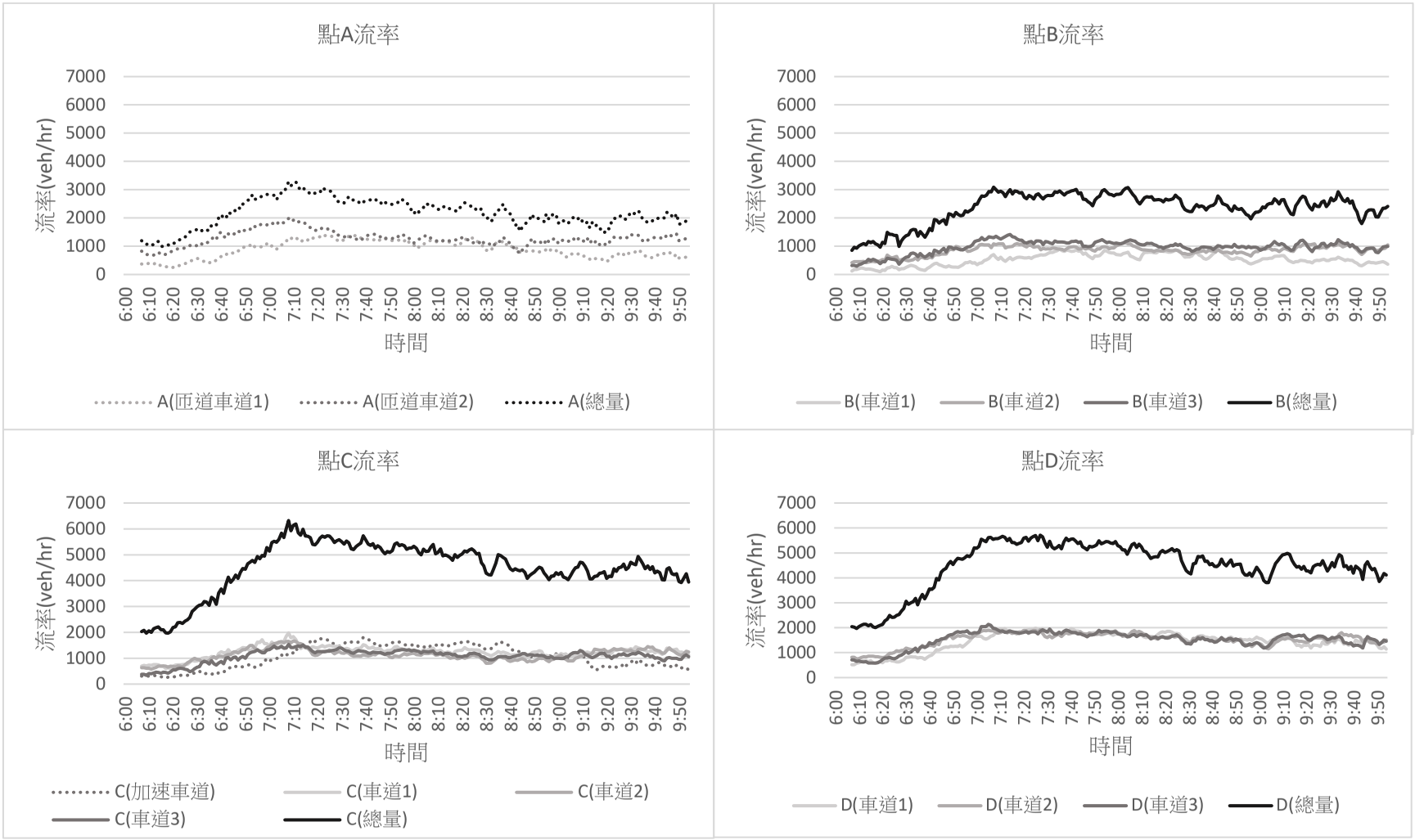


圖 3.3-12 國道三號南下安坑交流道進口各調查點流率圖

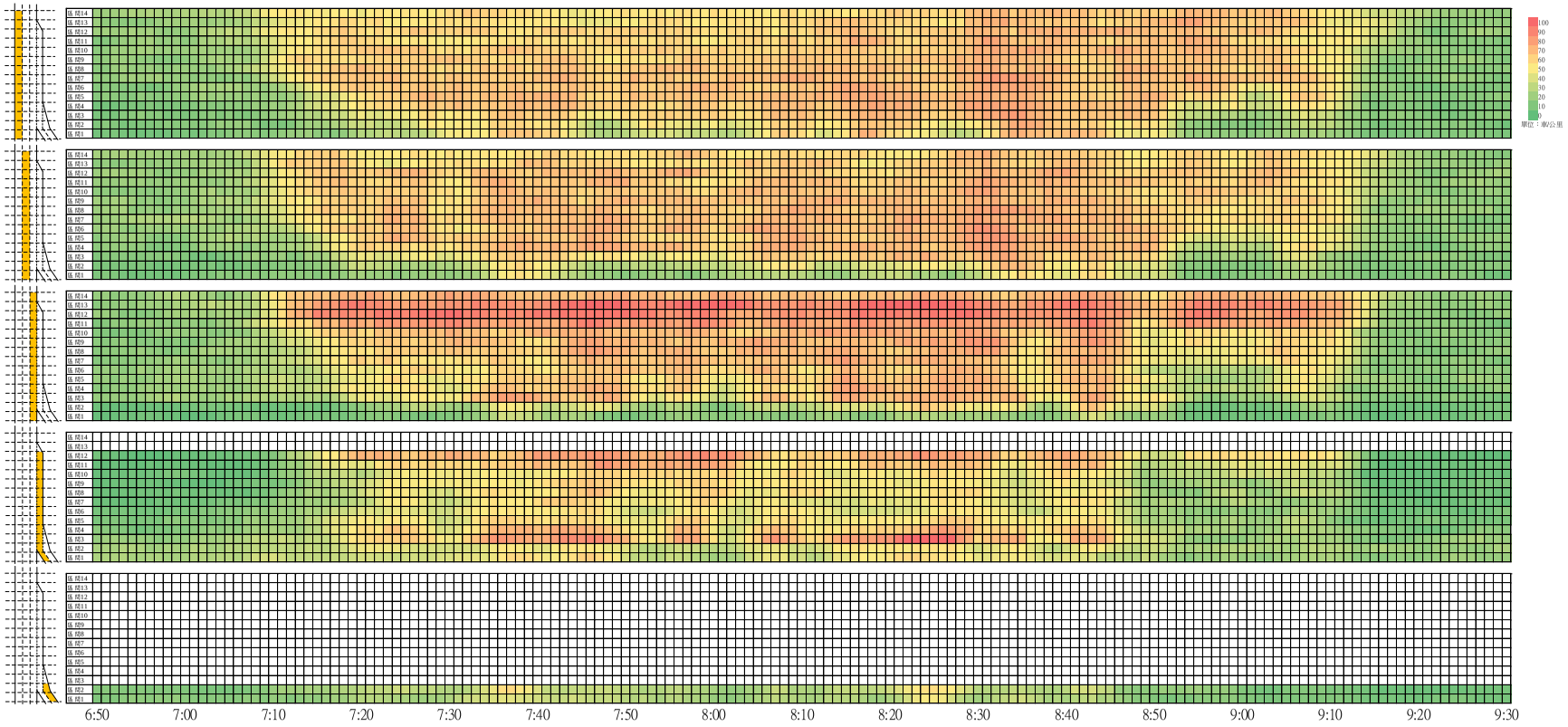


圖 3.3-13 國道三號南下安坑交流道進口各車道依時各區間密度圖

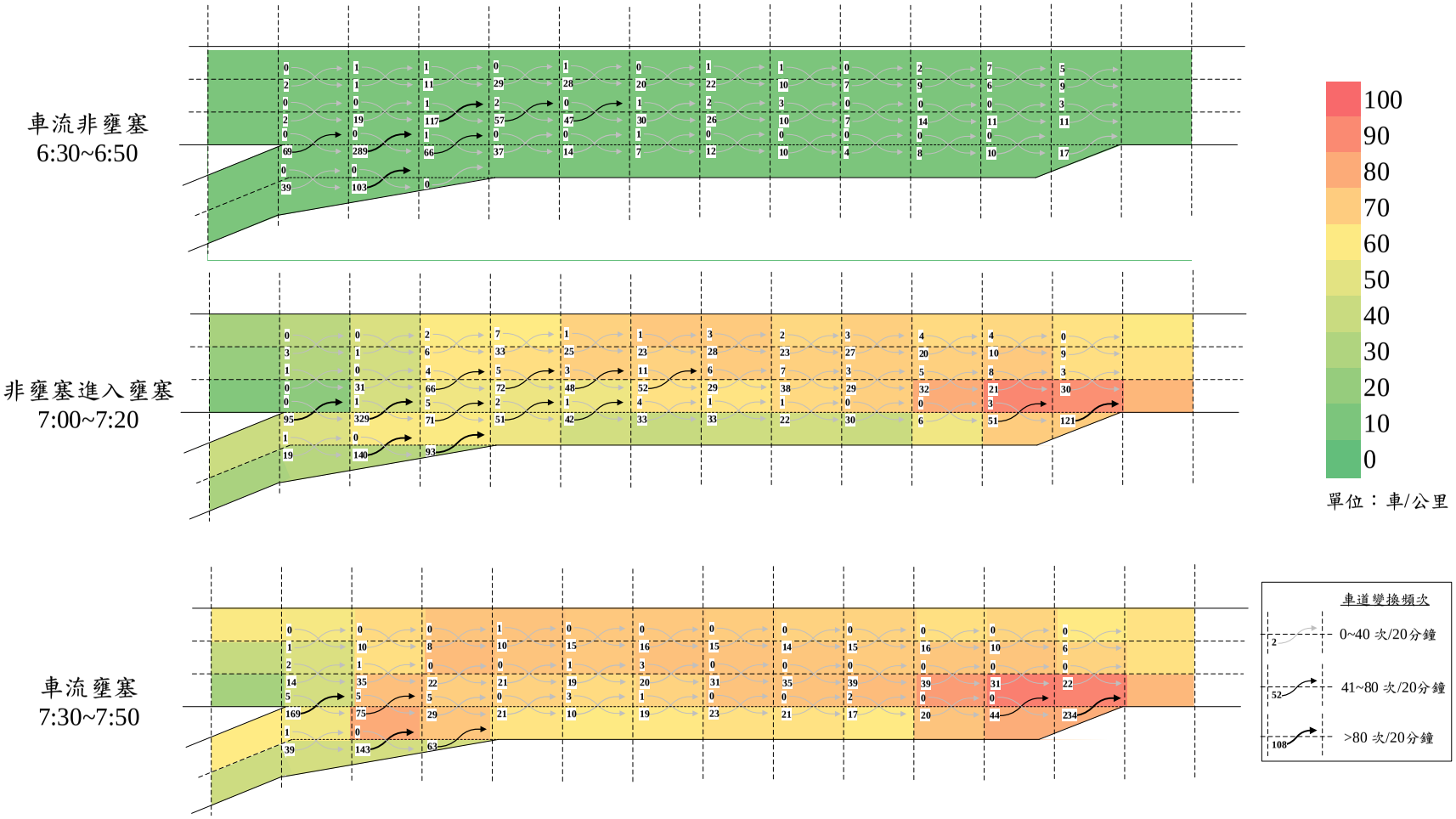


圖 3.3-14 國道三號南下安坑交流道進口匝道區車道變換數量圖

（三） 國道三號北上中和交流道進口

影片拍攝範圍畫面、各流量調查點與各密度區間範圍標定方式如圖 3.3-15 所示，圖上標示「Flow A」、「Flow B」、「Flow C」、「Flow D」的部分，其指向的黑線即為流量的調查點。附有里程編碼的黑線部分，兩條黑線之間為密度、車道變換之登錄區間，每區間均相距 50 公尺，其中密度共有 11 個區間，總範圍為 35K+750～35K+200，車道變換共有 11 個區間，總範圍為 35K+750～35K+200。

圖 3.3-16 為各調查點流率圖，分別有 A、B、C、D 四個調查點，並依照車道區分，其中車道位置由外而內，為車道代碼由小而大排序，各點之流量紀錄位置如前段所述。

圖 3.3-17 為各車道依時各區間密度圖，圖中共有 4 個熱區圖，分別代表 4 個車道，其車道、區間對應之位置如圖片左側之簡圖所示，熱區圖之顏色定義與頭屋進口相同。由圖可看出 7:15 左右，密度在車道 1（第 3 張熱區圖）區間 9 之部分開始上升。

圖 3.3-18 為車道變換之數量圖，其中登錄時間之範圍分為三部分，包含車流非壅塞時段（6:35~6:55）、由非壅塞進入壅塞時段（6:55~7:15），以及車流壅塞時段（7:15~7:35）。圖中之變換車道之線條顏色與對應關係可參考右下方之圖示。由圖可看出多數變換車道之車輛以加速車道往內側移動為主，而加速車道車輛變換車道之行為，以剛從匝道進入加速車道時立即往內側移動為主。也有部分在車道 1 的車輛受加速車道車輛往內側移動的影響，也跟著往內側移動。

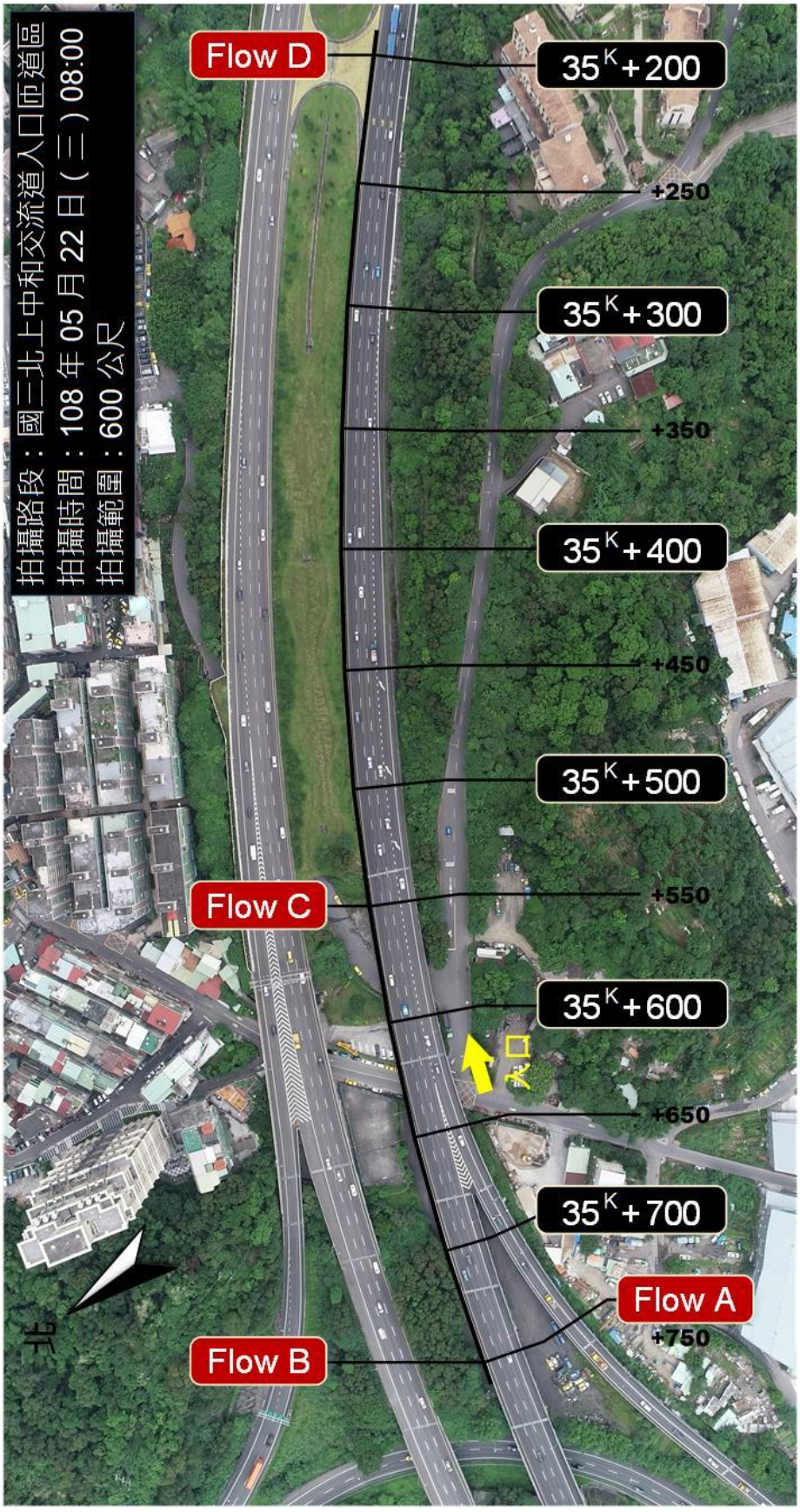


圖 3.3-15 國道三號北上中和交流道進口匝道區

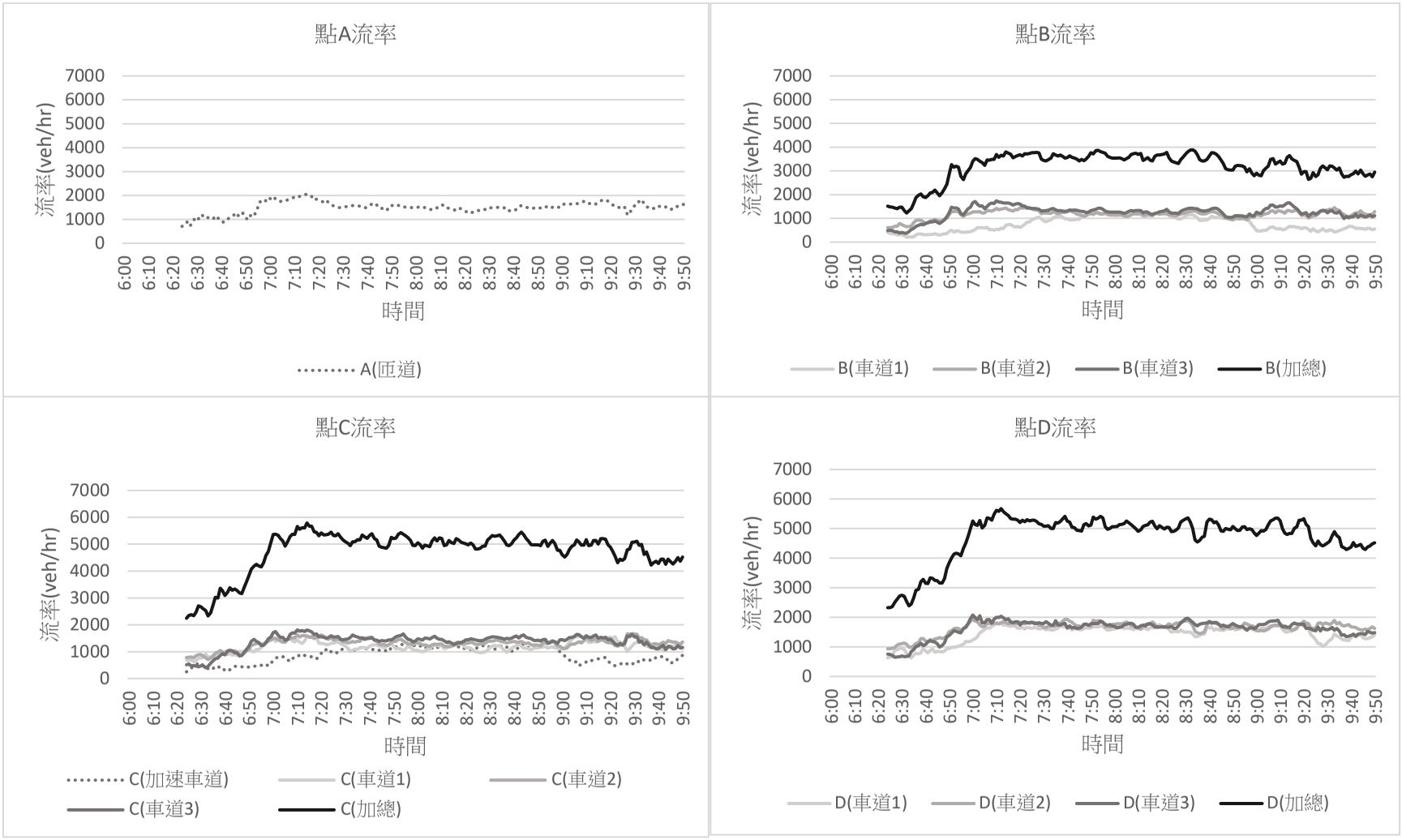


圖 3.3-16 國道三號北上中和交流道進口匝道區各調查點流率圖

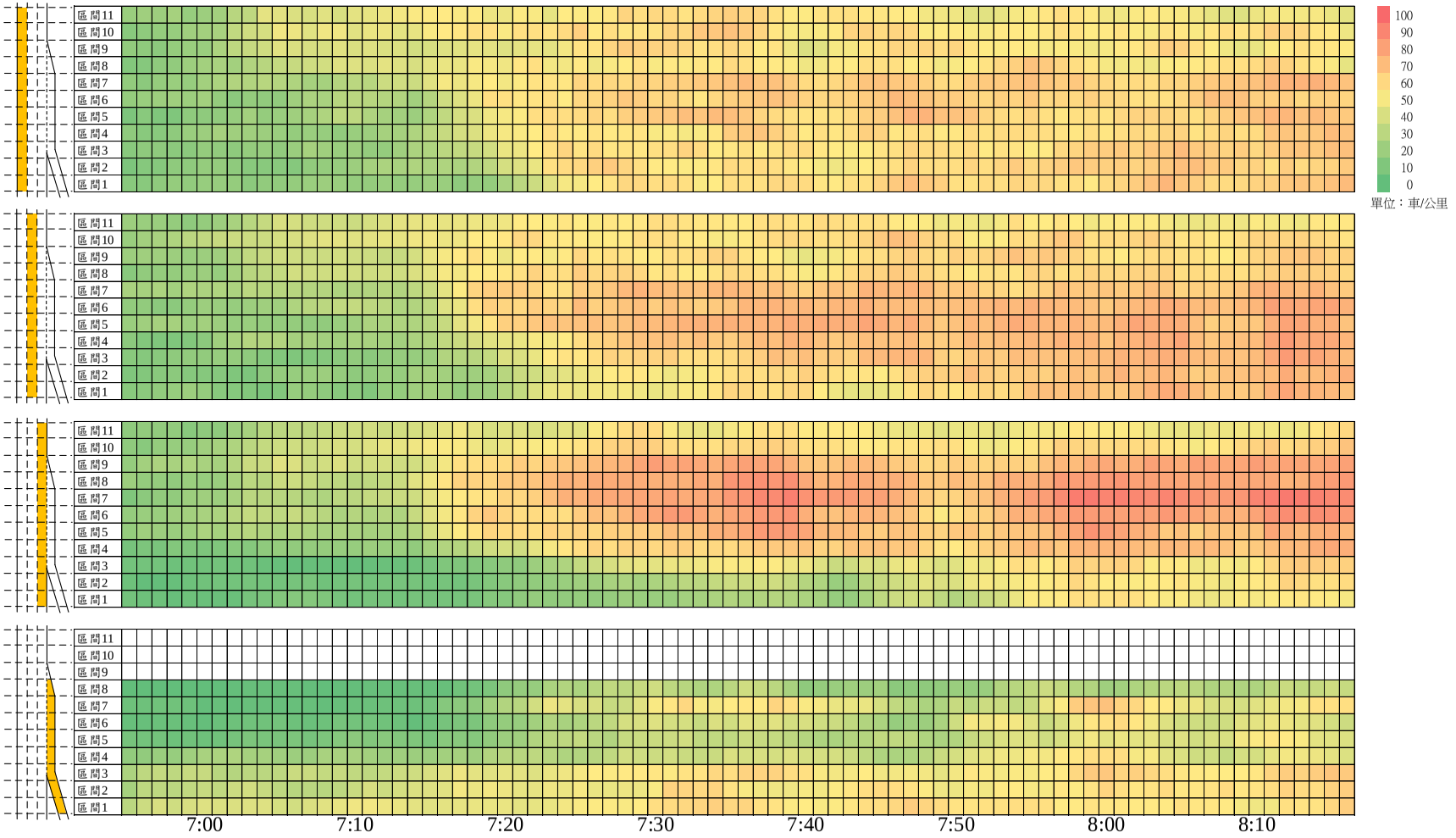


圖 3.3-17 國道三號北上中和交流道進口匝道區各車道依時各區間密度圖

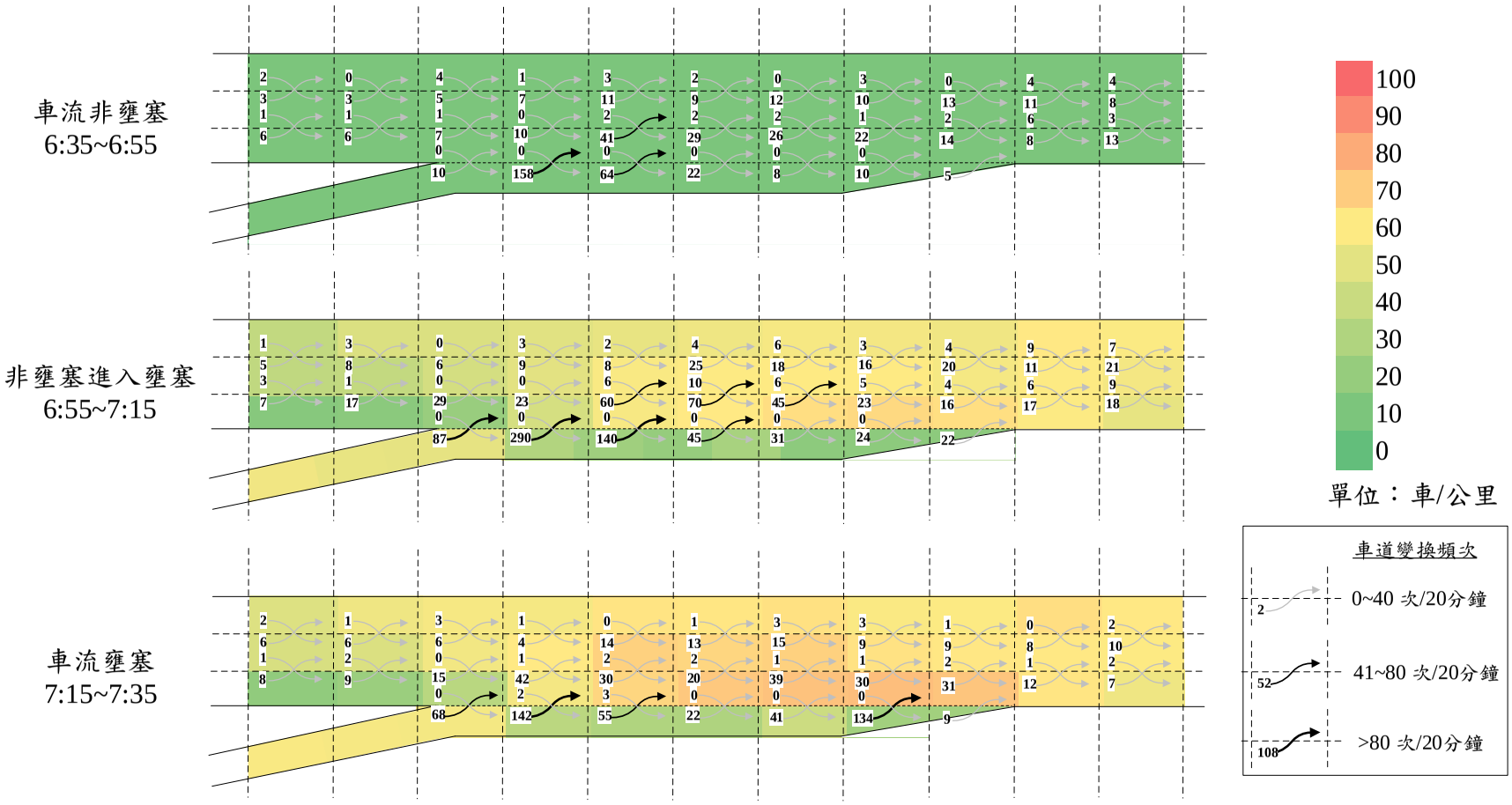


圖 3.3-18 國道三號北上中和交流道進口匝道區車道變換數量圖

（四） 國道一號北上新竹 A 交流道進口

影片拍攝範圍畫面、各流量調查點與各密度區間範圍標定方式如圖 3.3-19 所示，圖上標示「Flow A」、「Flow B」、「Flow C」、「Flow D」的部分，其指向的黑線即為流量的調查點。附有里程編碼的黑線部分，兩條黑線之間為密度、車道變換之登錄區間，每區間均相距 50 公尺，其中密度共有 12 個區間，總範圍為 95K+550～94K+950，車道變換共有 11 個區間，總範圍為 95K+550～95K+000。

圖 3.3-20 為各調查點之流率圖，分別有 A、B、C、D 四個調查點，並依照車道區分，其中車道位置由外而內，為車道代碼由小而大排序，各點之流量紀錄位置如前段所述。

圖 3.3-21 為各車道依時各區間密度圖，圖中共有 4 個熱區圖，分別代表 4 個車道，其車道、區間對應之位置如圖片左側之簡圖所示，熱區圖之顏色定義與頭屋進口相同。由圖 3.3-20 可看出 7:15 左右，密度在車道 1（第 3 張熱區圖）區間 9 之部分開始上升。

圖 3.3-22 為車道變換之數量圖，其中登錄時間之範圍分為三部分，包含車流非壅塞時段（9:25~9:45）、由非壅塞進入壅塞時段（9:45~10:05），以及車流壅塞時段（10:05~10:25）。圖中之變換車道之線條顏色與對應關係可參考右下方之圖示。由圖可看出多數變換車道之車輛以加速車道往內側移動為主，而加速車道車輛變換車道之行為，以剛從匝道進入加速車道時立即往內側移動為主。也有部分在車道 1 的車輛受加速車道車輛往內側移動的影響，也跟著往內側移動。

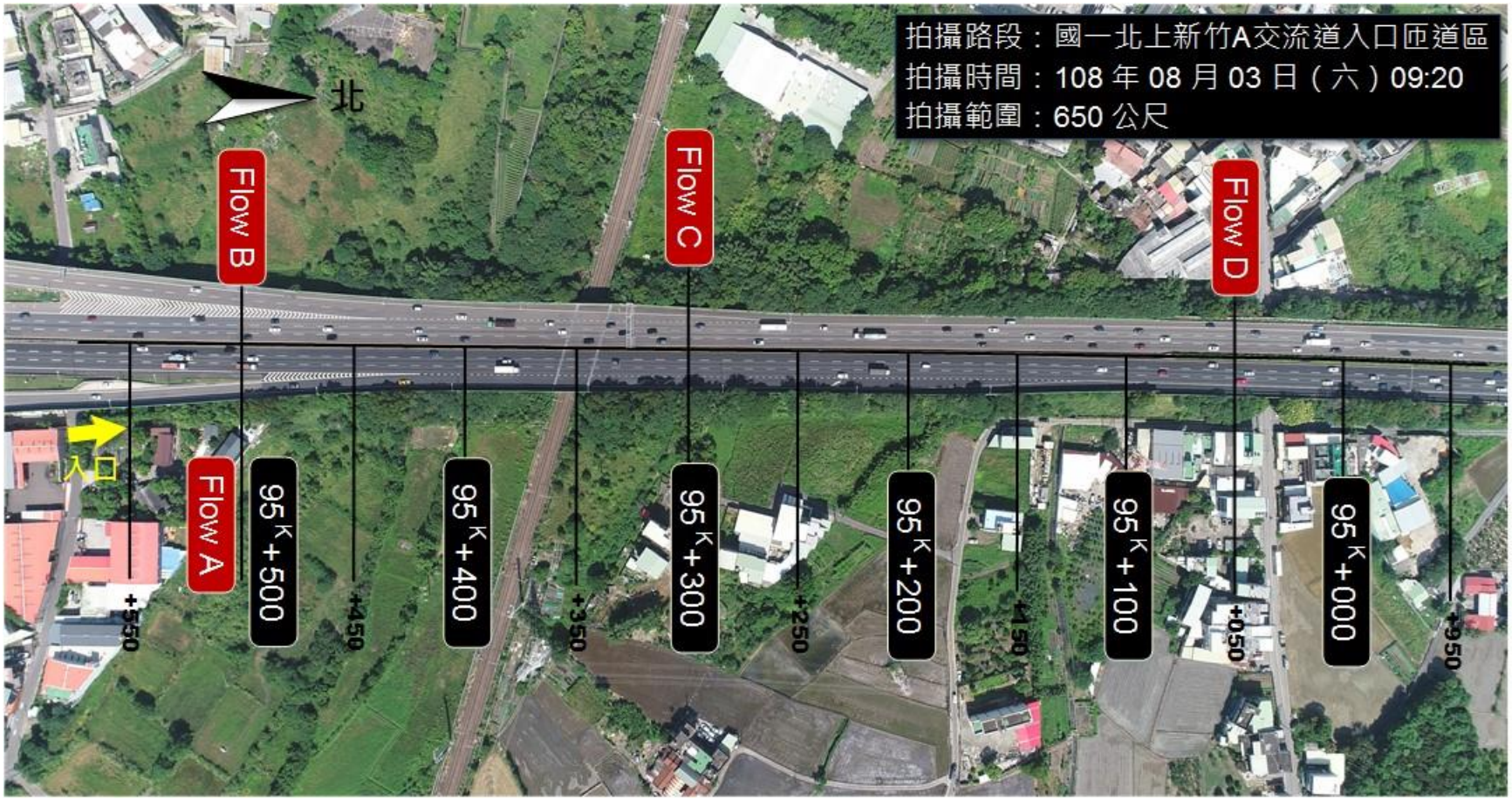


圖 3.3-19 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區

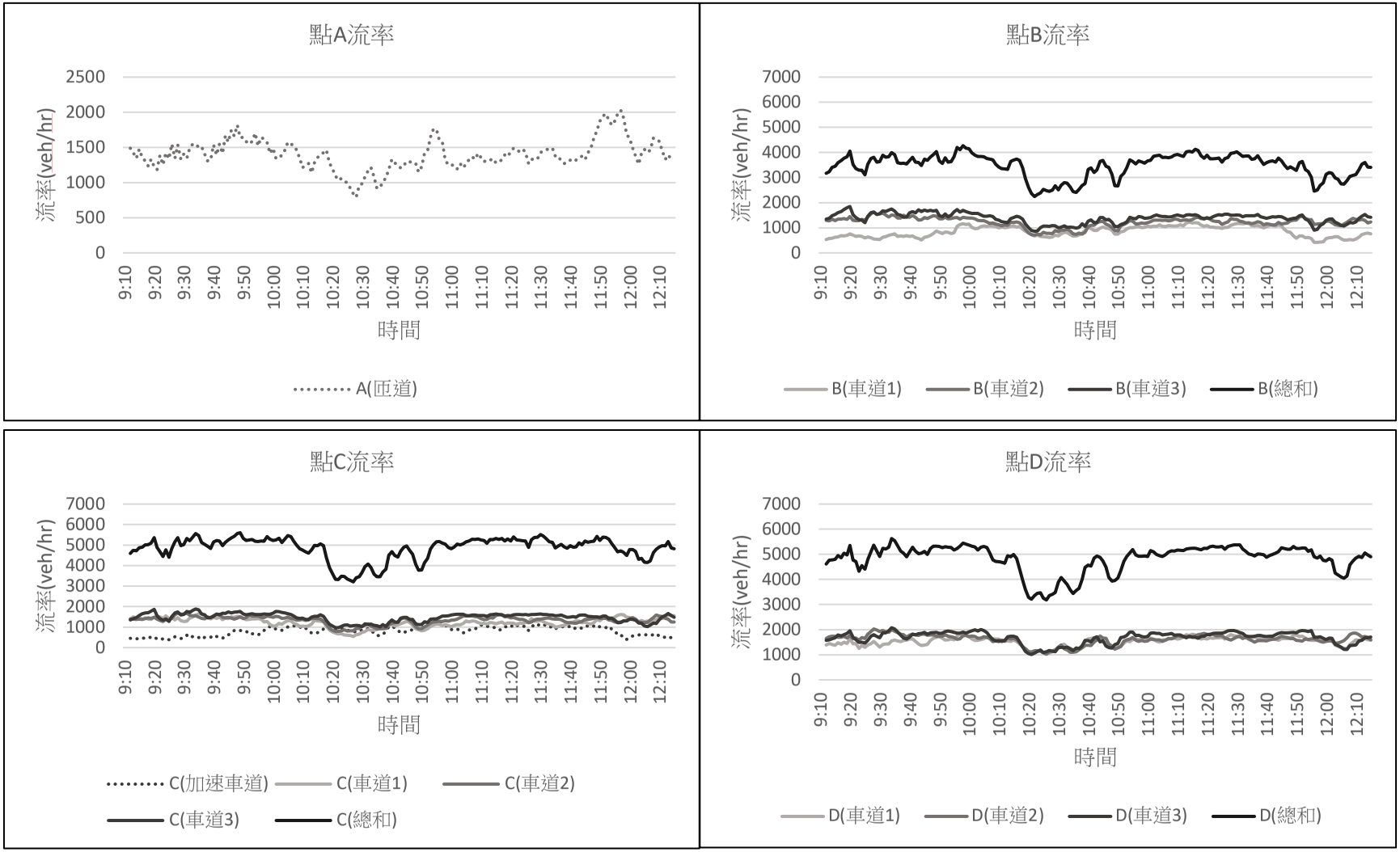


圖 3.3-20 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區各調查點流率圖

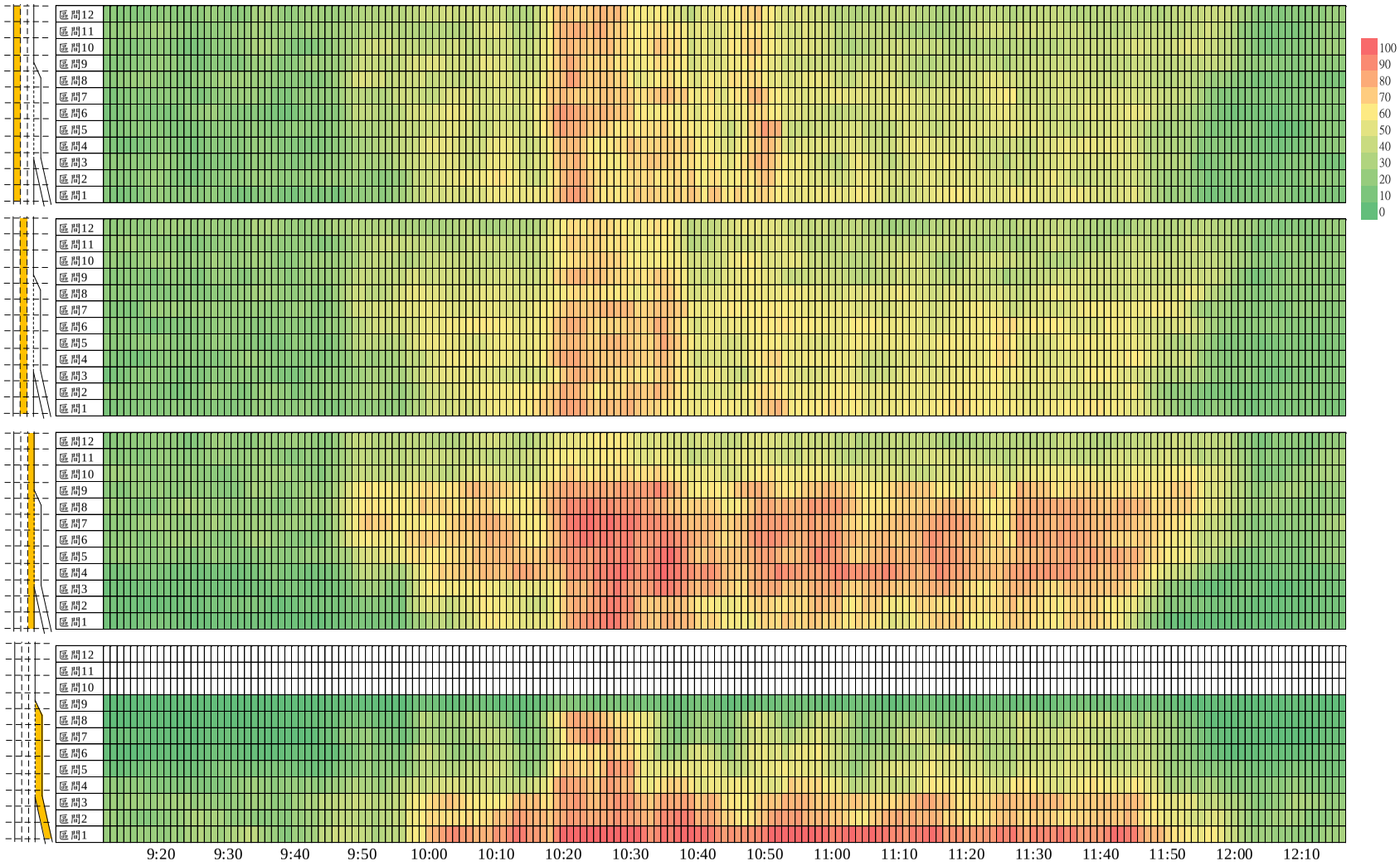


圖 3.3-21 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區各車道依時各區間密度圖

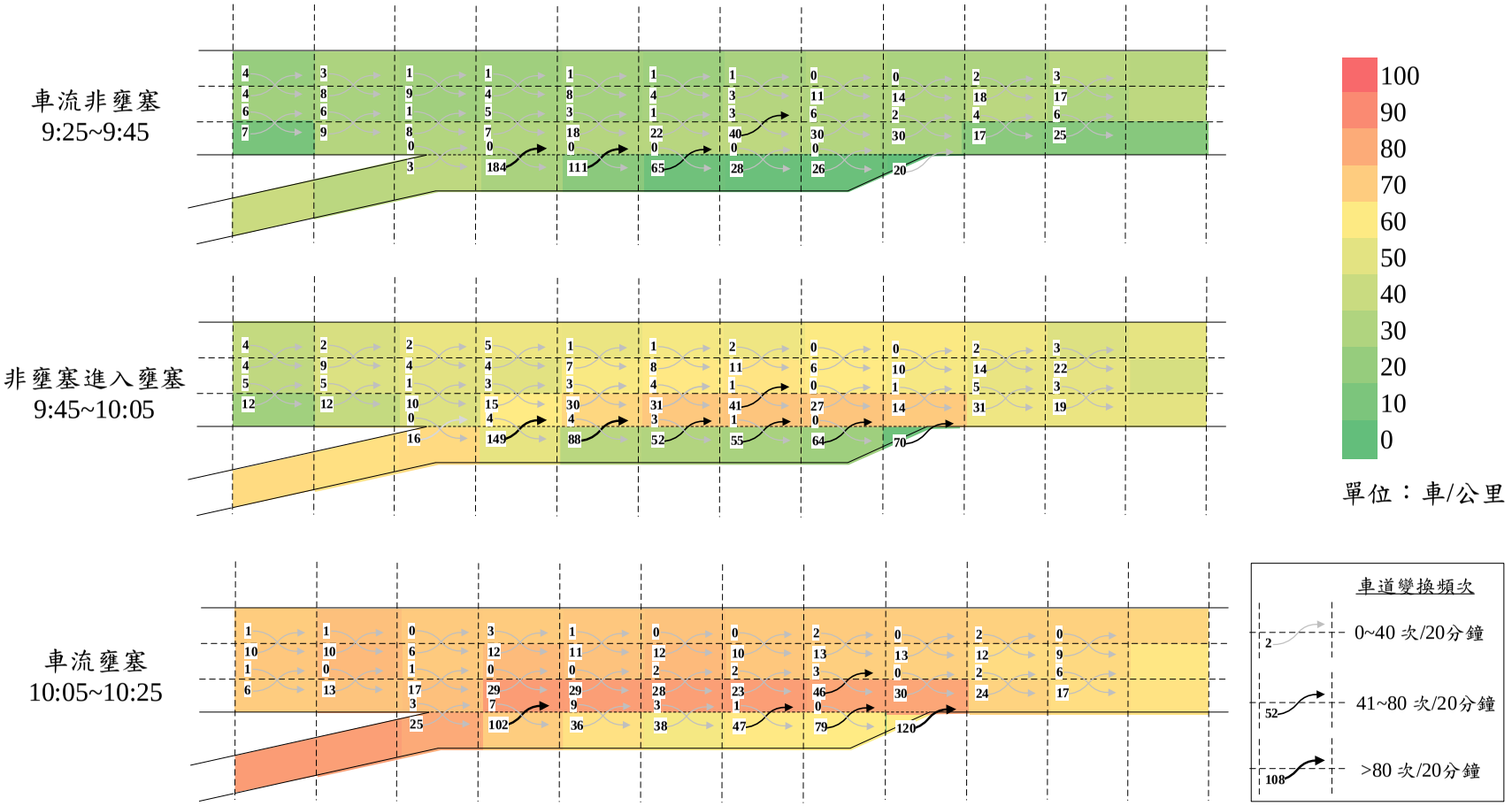


圖 3.3-22 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區車道變換數量圖

（五） 國道三號南下樹林交流道出口

影片拍攝範圍畫面、各流量調查點與各密度區間範圍標定方式如圖 3.3-23 所示，圖上標示「Flow A」、「Flow B」、「Flow C」的部分，其指向的黑線即為流量的調查點。附有里程編碼的黑線部分，兩條黑線之間為密度、車道變換之登錄區間，每區間均相距 50 公尺，其中密度共有 10 個區間，總範圍為 45K+400～45K+900，車道變換共有 6 個區間，總範圍為 45K+550～45K+850。

圖 3.3-24 為各調查點流率圖，分別有 A、B、C 三個調查點，並依照車道區分，其中車道位置由外而內，為車道代碼由小而大排序，各點之流量紀錄位置如前段所述。9:40~10:10 之流率發生急劇下降之原因，與高速公路局確認後，其原因為該日 09:46 於上游 44K+000 處發生事故，該事故排除時間為 10:16，並非自然壅塞所引起之流率驟降。

圖 3.3-25 為各車道依時各區間密度圖，圖中共有 5 個熱區圖，分別代表 5 個車道，其車道、區間對應之位置如圖片左側之簡圖所示，熱區圖之顏色定義與頭屋進口相同。

圖 3.3-26 為車道變換之數量圖，其中登錄時間之範圍分為三部分，包含車流非壅塞時段（7:30~7:50）、由非壅塞進入壅塞時段（8:45~9:05），以及車流壅塞時段（10:20~10:40）。圖中之變換車道之線條顏色與對應關係可參考右下方之圖示。由圖可看出多數變換車道之車輛以往外側移動為主。

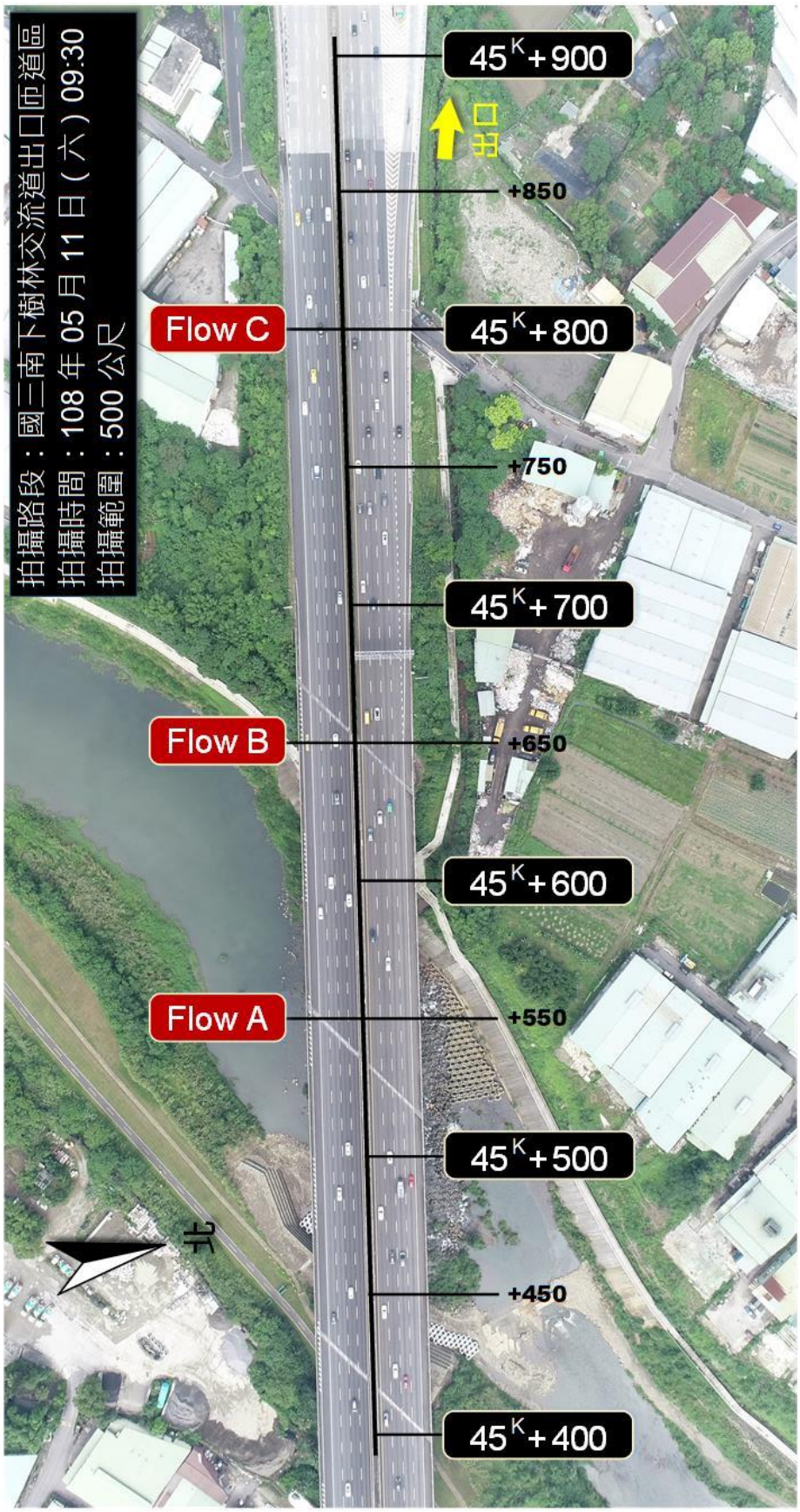


圖 3.3-23 國道三號南下樹林交流道出口匝道區

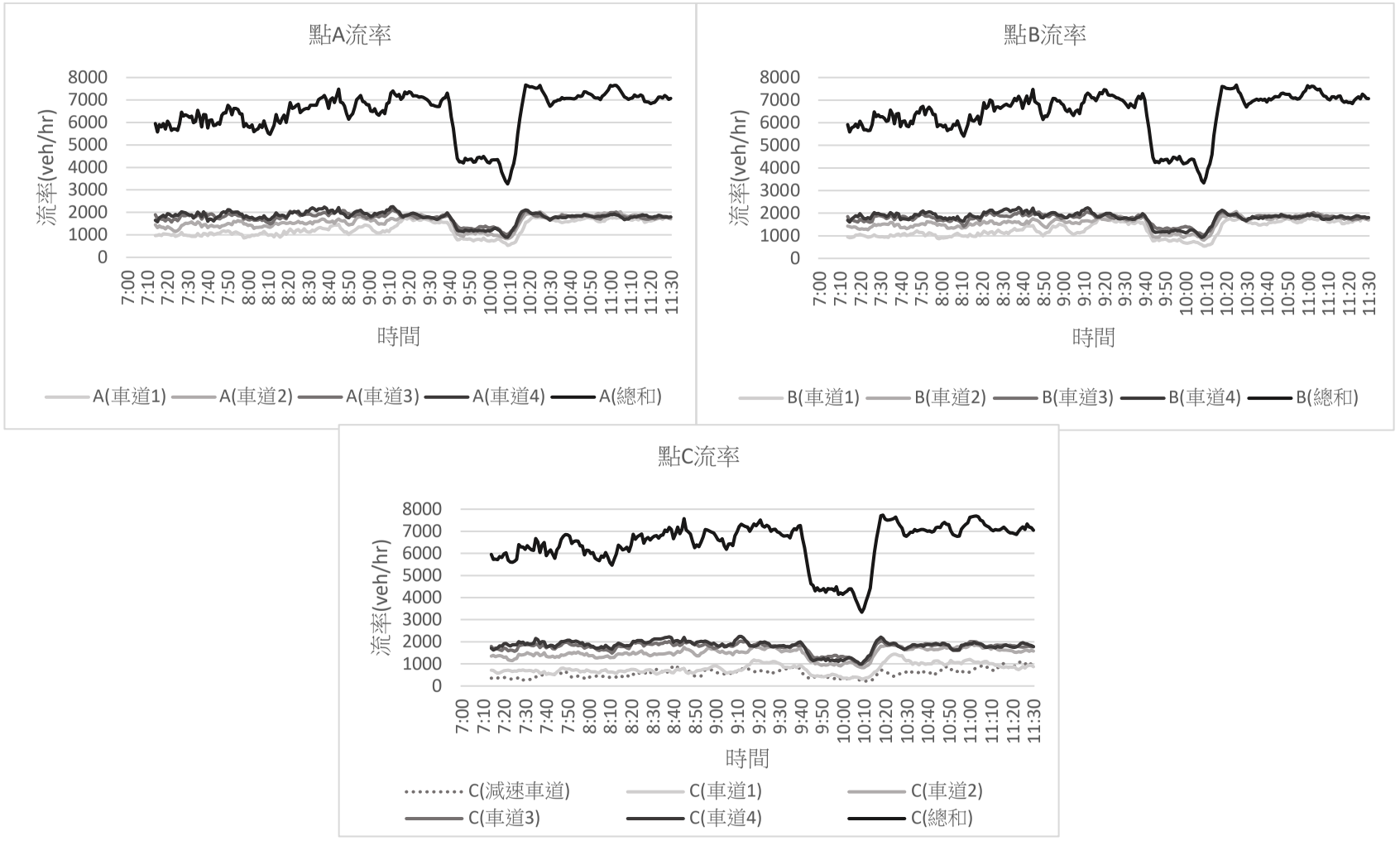


圖 3.3-24 國道三號南下樹林交流道出口匝道區各調查點流率圖

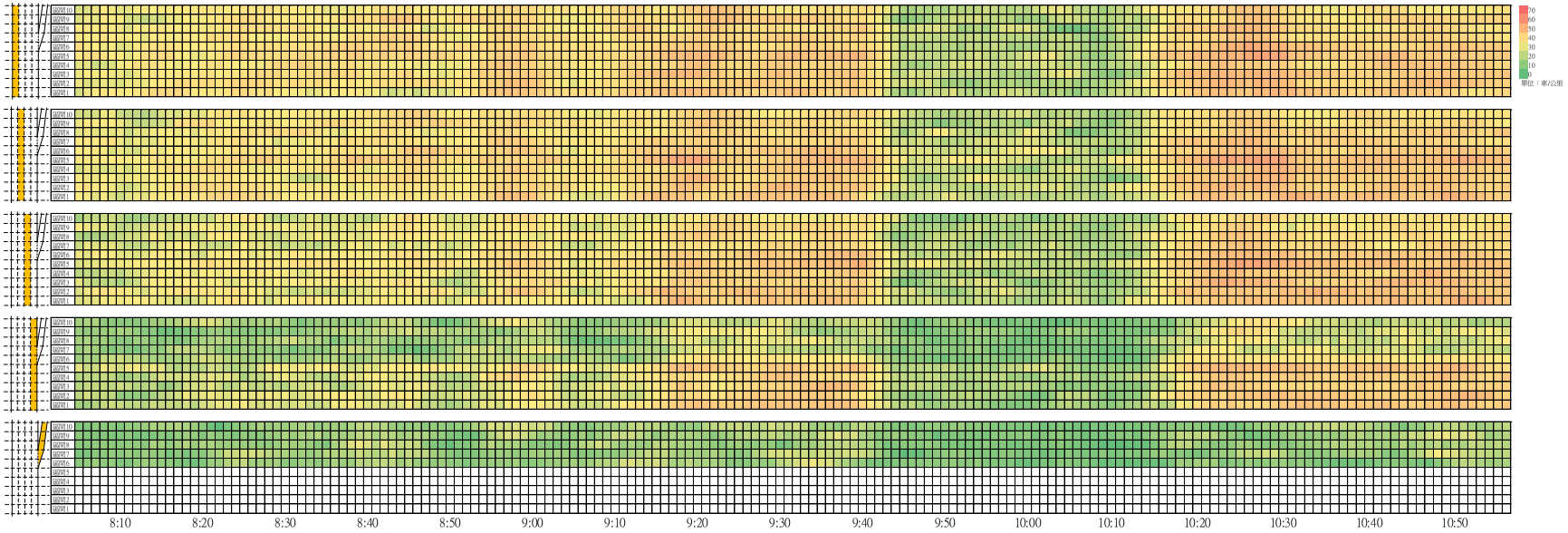


圖 3.3-25 國道三號南下樹林交流道出口匝道區各車道依時各區間密度圖

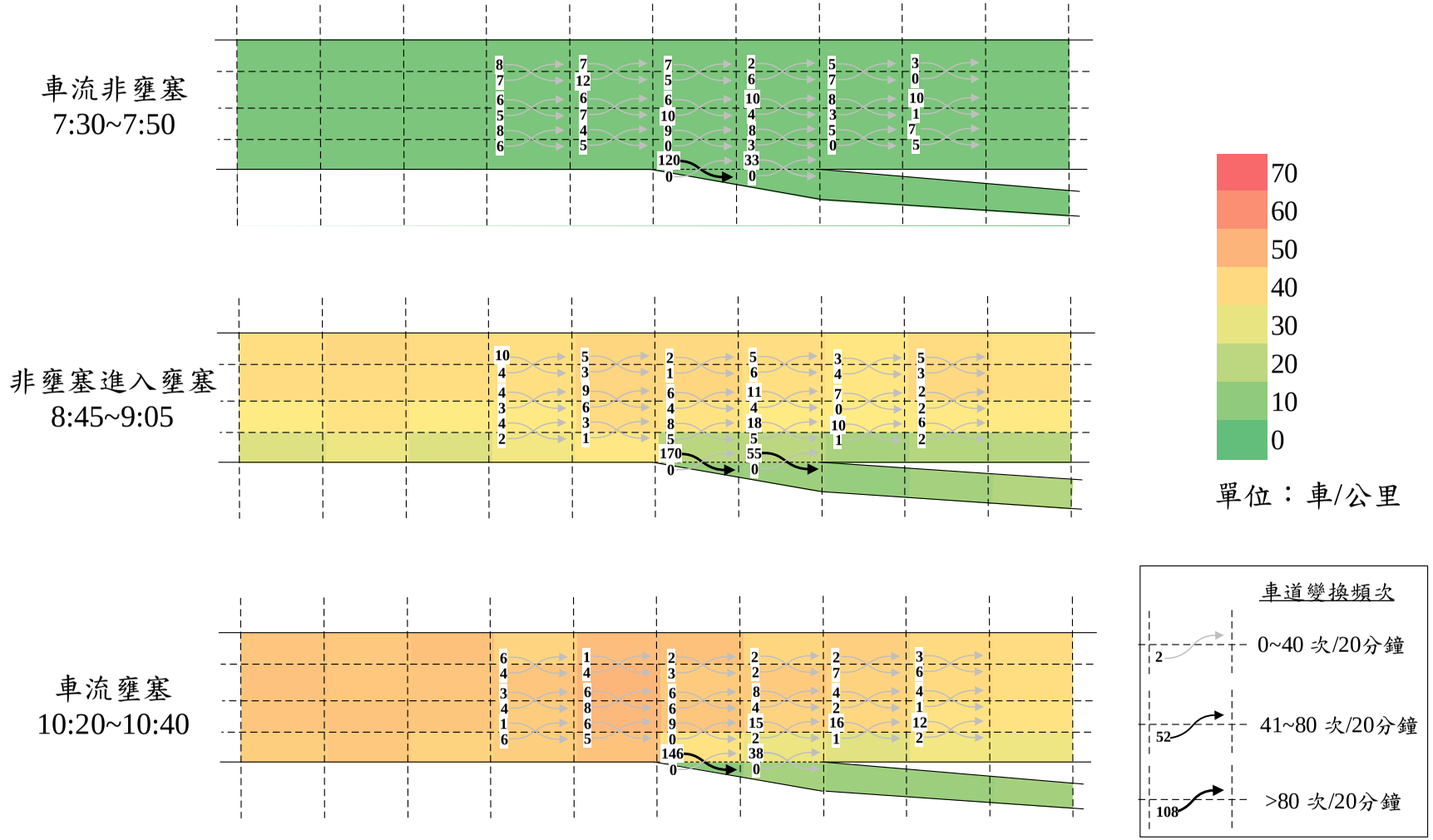


圖 3.3-26 國道三號南下樹林交流道出口匝道區車道變換數量圖

（六） 國道三號北上大溪交流道出口

影片拍攝範圍畫面、各流量調查點與各密度區間範圍標定方式如圖 3.3-27 所示，圖上標示「Flow A」、「Flow B」、「Flow C」的部分，其指向的黑線即為流量的調查點。附有里程編碼的黑線部分，兩條黑線之間為密度、車道變換之登錄區間，每區間均相距 50 公尺，其中密度共有 10 個區間，總範圍為 63K+500～63K+000，車道變換共有 8 個區間，總範圍為 63K+400～63K+000。

圖 3.3-28 為各調查點流率圖，分別有 A、B、C 三個調查點，並依照車道區分，其中車道位置由外而內，為車道代碼由小而大排序，各點之流量紀錄位置如前段所述。

圖 3.3-29 為各車道依時各區間密度圖，圖中共有 4 個熱區圖，分別代表 4 個車道，其車道、區間對應之位置如圖片左側之簡圖所示，熱區圖之顏色定義與頭屋進口相同。

圖 3.3-30 為車道變換之數量圖，其中登錄時間之範圍分為兩部分，包含車流非壅塞時段（16:15~16:35），以及非壅塞進入壅塞時段（16:35~16:55）。圖中之變換車道之線條顏色與對應關係可參考右下方之圖示。由圖可看出多數變換車道之車輛以往外側移動為主。

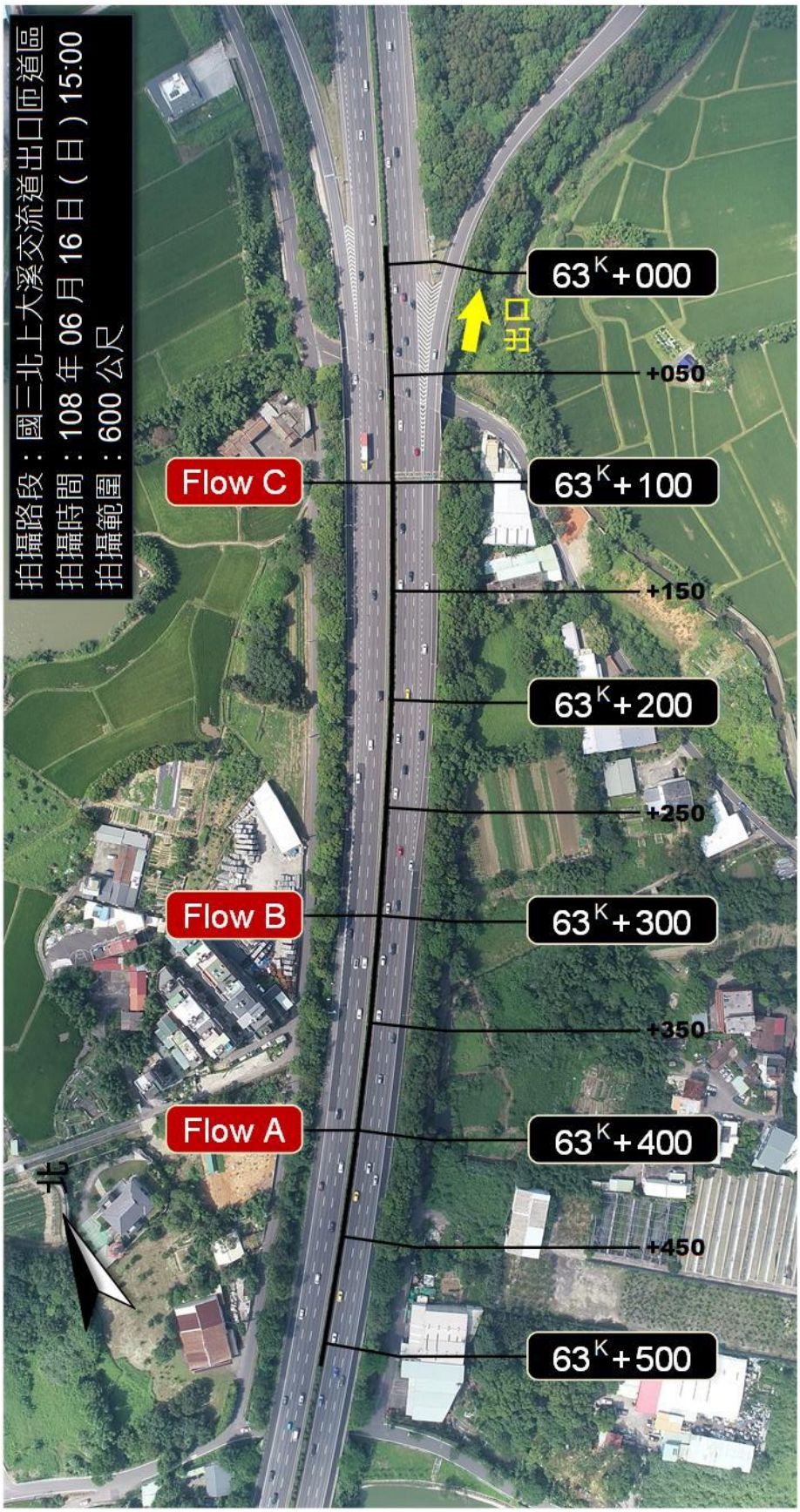


圖 3.3-27 國道三號北上大溪交流道出口匝道區

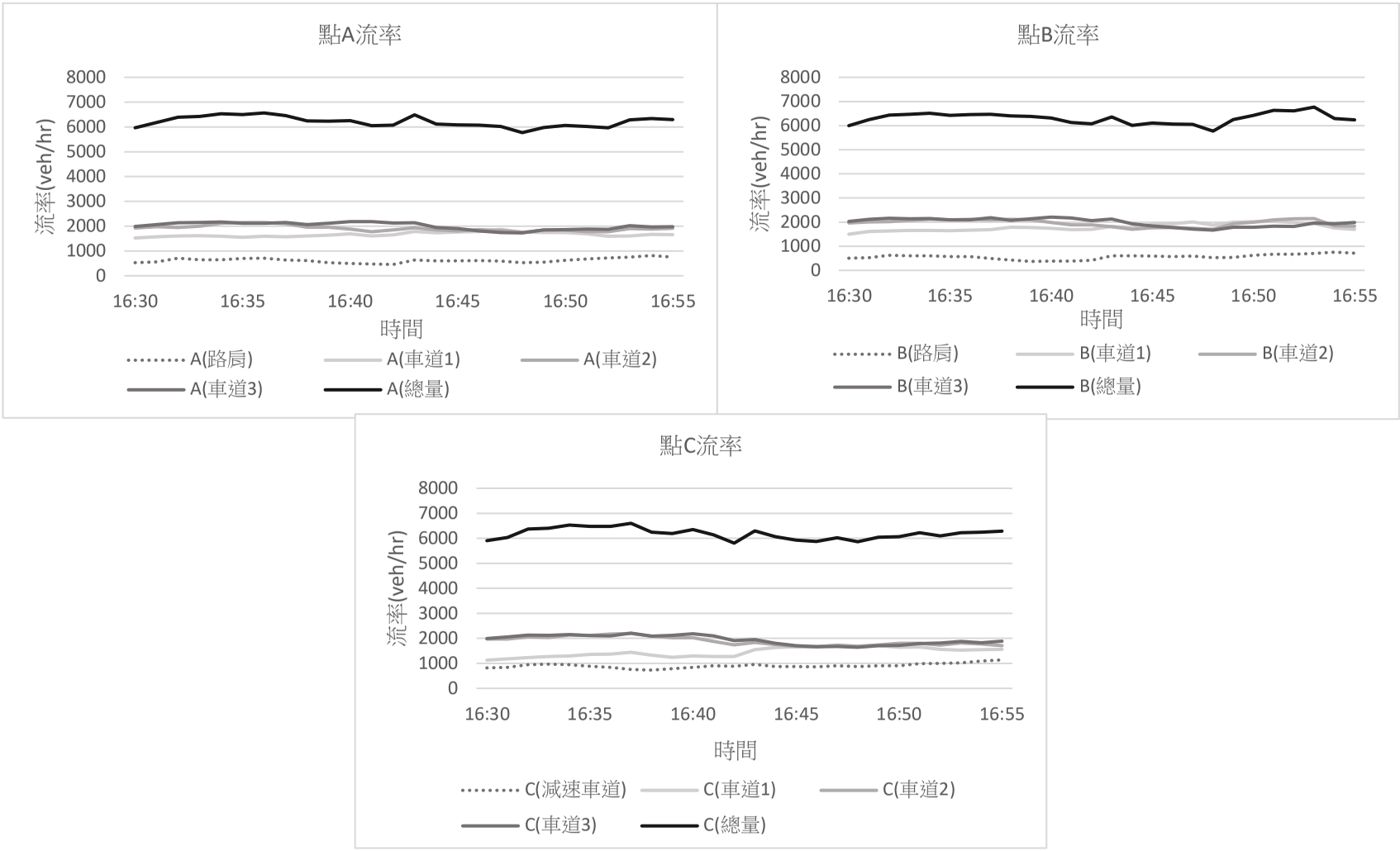


圖 3.3-28 國道三號北上大溪交流道出口匝道區各調查點流率圖

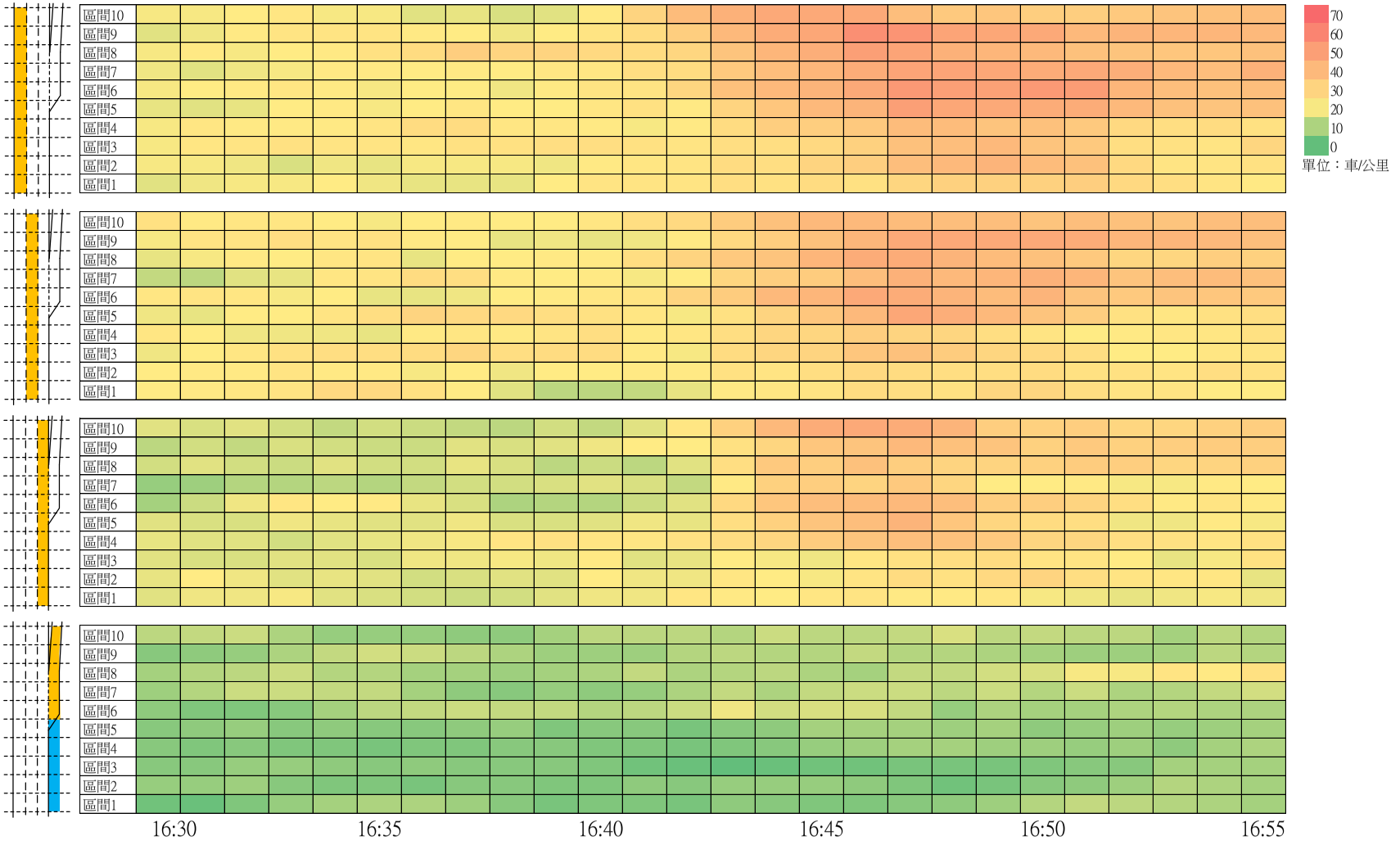


圖 3.3-29 國道三號北上大溪交流道出口匝道區各車道依時各區間密度圖

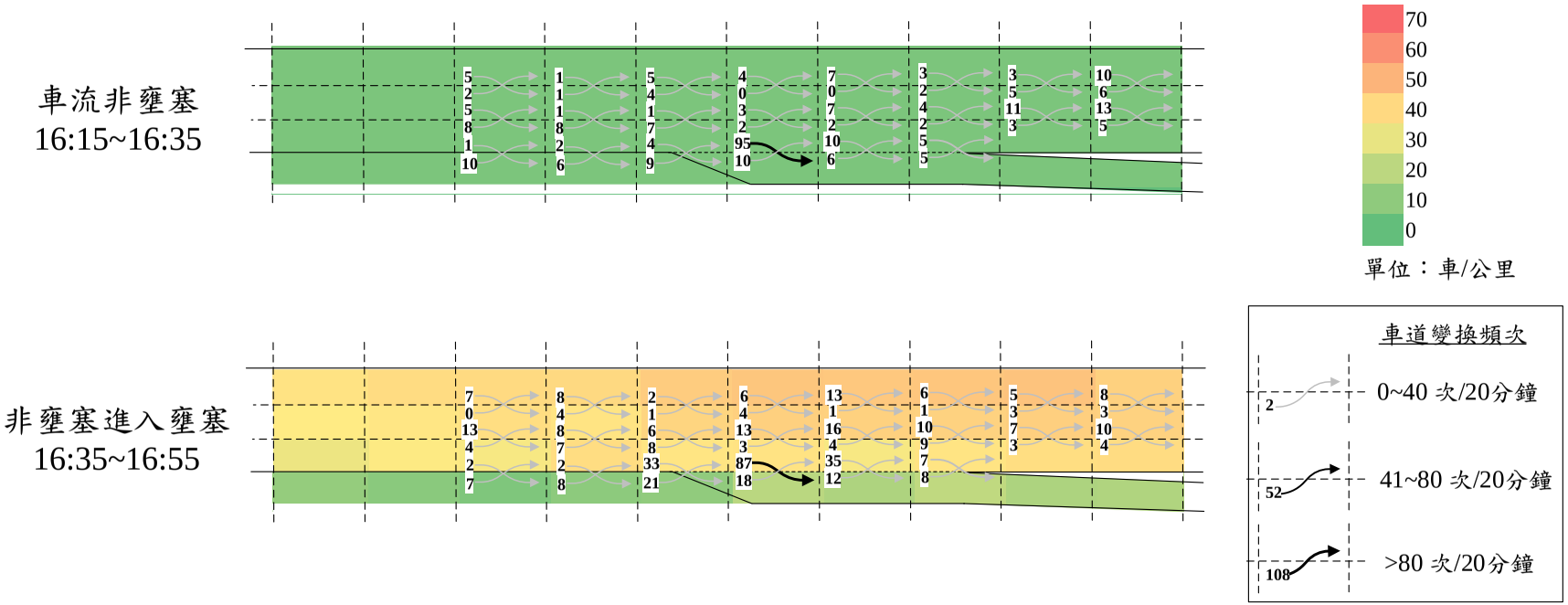


圖 3.3-30 國道三號北上大溪交流道出口匝道區車道變換數量圖

3.3.3 資料檢核

為確認資料登錄無誤，本研究資料檢核之方法分為上下游流量守恆，以及透過 VD 資料檢核空拍所得之流量資訊。本部分僅說明透過空拍所得之流量進行上下游之流量守恆，有關透過 VD 進行資料檢核之詳細流程請參閱附錄 C。

本部分為整理各調查點斷面的累積流量，目的在檢測路段上、下游流量是否一致，檢測之基準為各斷面之累積流量差異是否在 3 %內。其中差異流量以上游累積流量為基準，即進口之誤差流量以 A,B 調查點為基準，出口之誤差流量以 A 調查點為基準。各地點之累積流量圖如圖 3.3-31~3.3-36 所示，每個調查點最終的累積流量檢核結果如表 3.3-3 所示，由檢核結果可確認前述 6 個次調查上下游的累積流量差異均小於 3%，可確認上下游登錄流量之一致性。

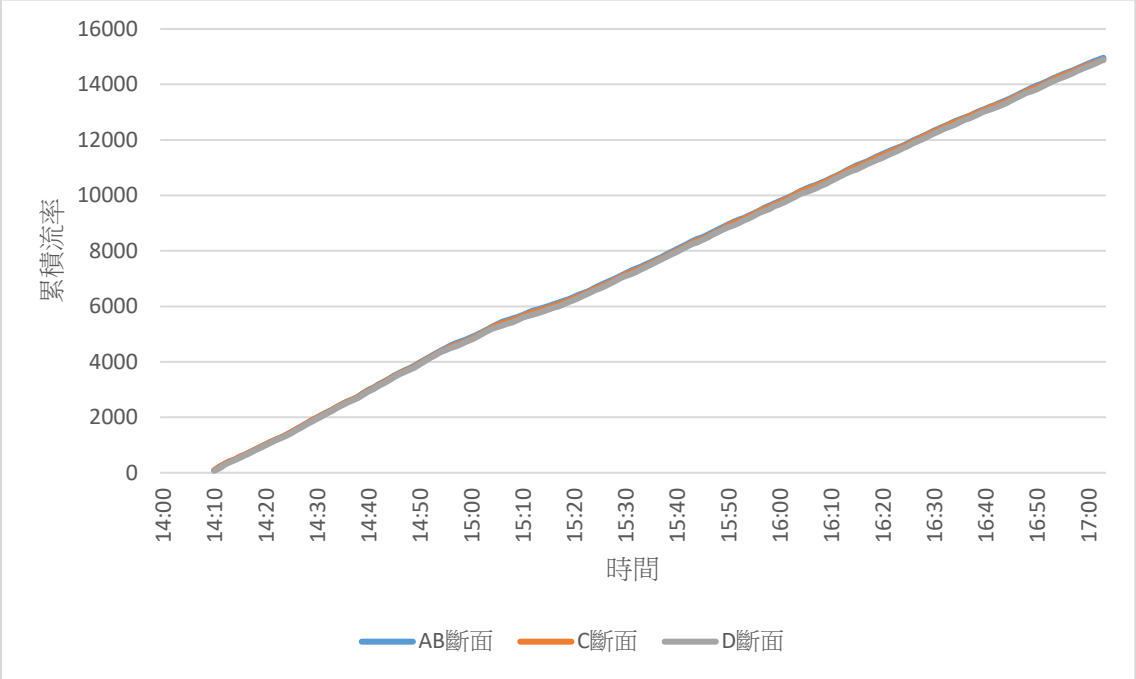


圖 3.3-31 國道一號北上頭屋交流道進口匝道區各斷面累積流率圖

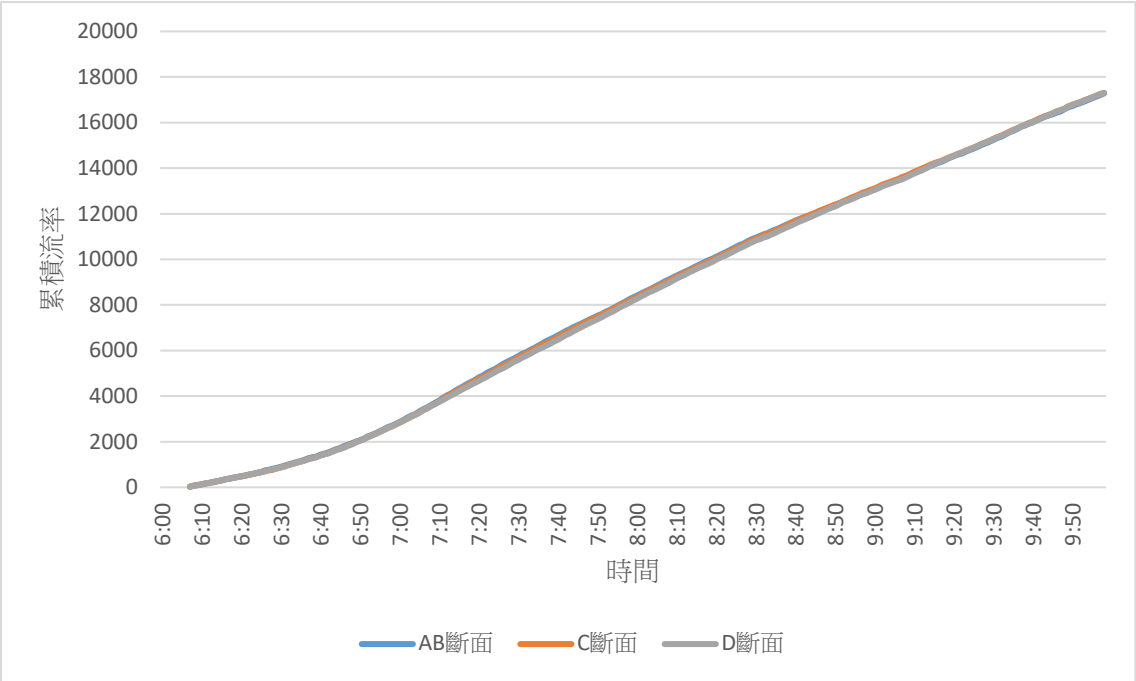


圖 3.3-32 國道三號南下安坑交流道進口匝道區各斷面累積流率圖

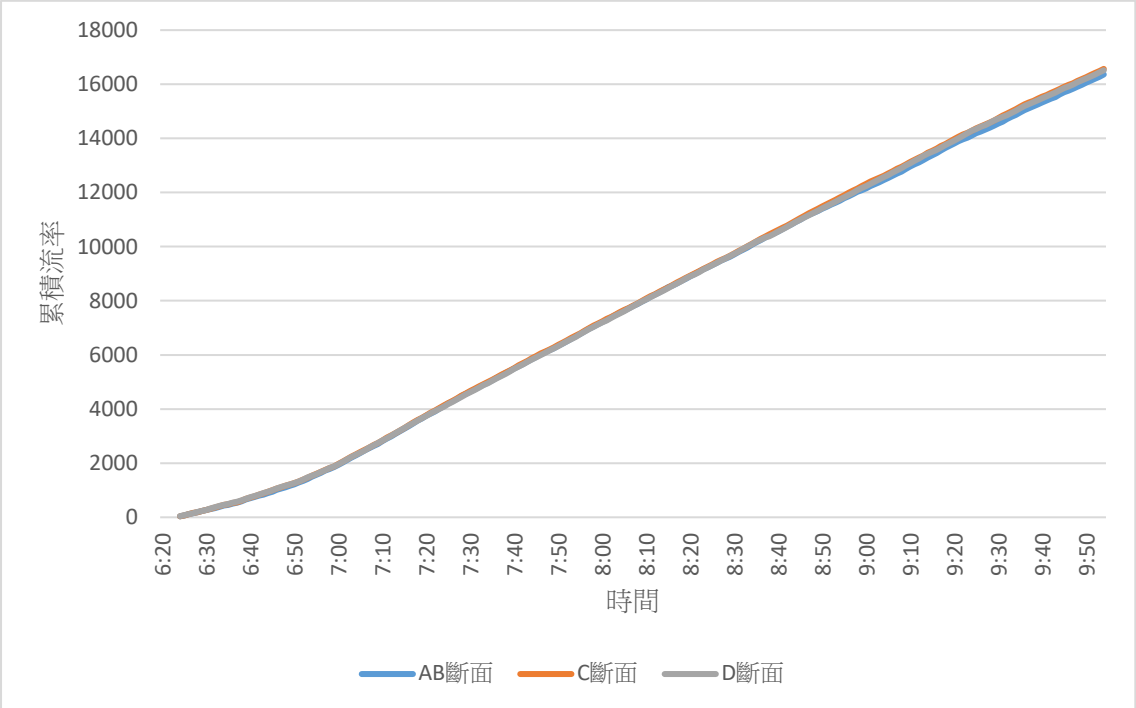


圖 3.3-33 國道三號北上中和交流道進口匝道區各斷面累積流率圖

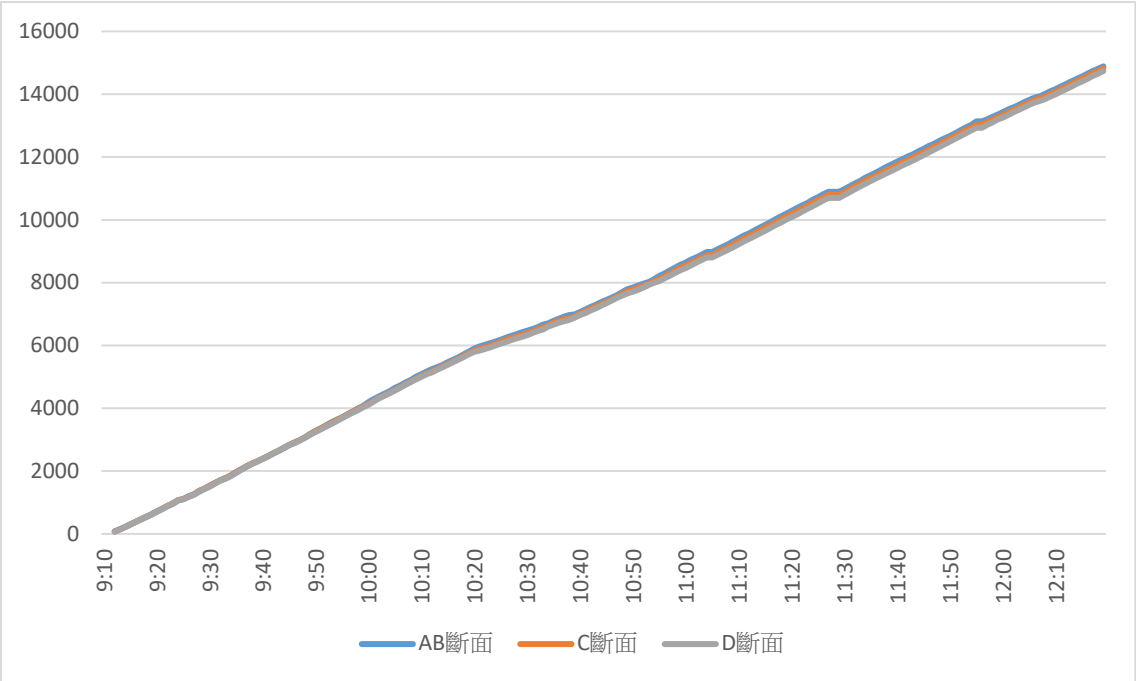


圖 3.3-34 國道一號北上新竹 A 交流道進口匝道區各斷面累積流率圖

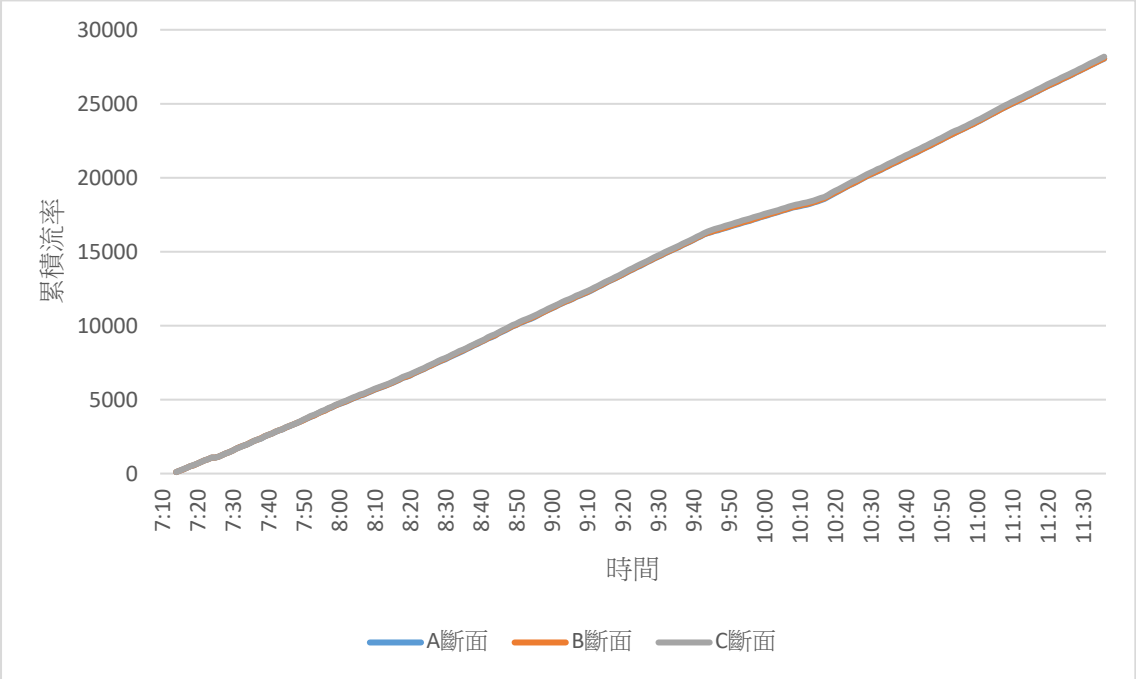


圖 3.3-35 國道三號南下樹林交流道出口匝道區各斷面累積流率圖

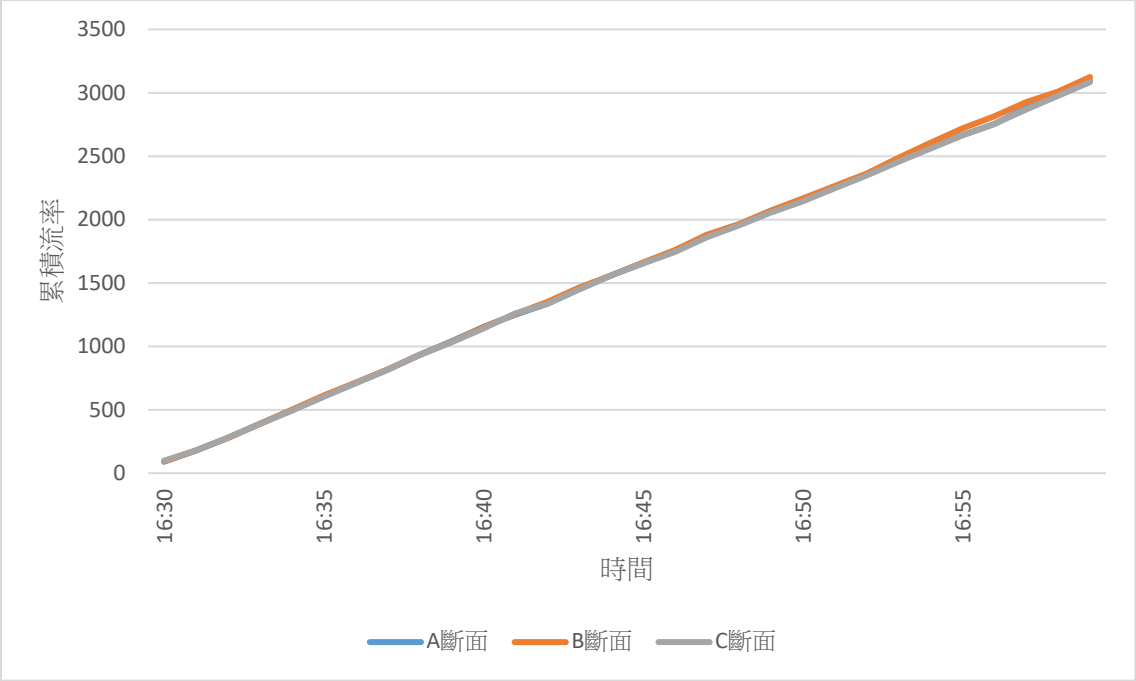


圖 3.3-36 國道三號北上大溪交流道出口匝道區各斷面累積流率圖

表 3.3-3 各調查點流量守恆檢核總表

進口地點	進口匝道（A 點）＋主線上游（B 點）累積流量	匯流區內（C 點）累積流量	主線下游（D 點）累積流量	C 點與 A+B 點差異（%）	D 點與 A+B 點差異（%）
1N 頭屋	14,962	14,881	14,899	0.54%	0.42%
3S 安坑	17,276	17,302	17,306	0.15%	0.17%
3N 中和	16,362	16,568	16,518	1.26%	0.95%
1N 新竹	14,886	14,825	14,741	0.41%	0.97%
出口地點	主線上游（A 點）累積流量	分流區內（B 點）累積流量	出口匝道與主線下游（C 點）累積流量	B 點與 A 點差異（%）	C 點與 A 點差異（%）
3S 樹林	28,049	28,068	28,182	0.07%	0.47%
3N 大溪	3,097	3,124	3,084	0.87%	0.42%

第四章 車流特性分析

本章節根據第 3.3 節之車流資料，進行車流特性分析，探討之議題主要有三項，包括：(1)分匯流影響區、(2)臨界點、(3)加減速車道之使用與密度之關係。

4.1 高速公路進口匝道匯流區

為方便以下討論，調查地點之幾何型態關鍵變數，包括主線車道數、匝道車道數、加速車道長度，以及與上下游匝道之距離整理如表 4.1-1 所示。本年度之分析對象為獨立匝道，因此上下游匝道與分析匝道距離應超過 1 公里。國道三號北上中和交流道，與上游匝道距離 900 公尺不足 1 公里，但經採用偵測器資料檢查後，確認不影響調查地點的車流情況，因此予以採用。

表 4.1-1 進口匝道調查地點之幾何型態

調查地點	主線車道數	主線速限	匝道車道數	加速車道長度	上游鄰近匝道類型及距離	下游鄰近匝道類型及距離
1N 頭屋交流道	3 車道	100 公里/小時	1 車道	250 公尺	出口匝道 1050 公尺	出口匝道 14250 公尺
3S 安坑交流道	3 車道	90 公里/小時	2 車道	630 公尺	出口匝道 1150 公尺	出口匝道 3730 公尺
3N 中和交流道	3 車道	100 公里/小時	1 車道	330 公尺	出口匝道 900 公尺	出口匝道 4000 公尺
1N 新竹交流道 (95A)	3 車道	100 公里/小時	1 車道	430 公尺	進口匝道 2120 公尺	出口匝道 2040 公尺

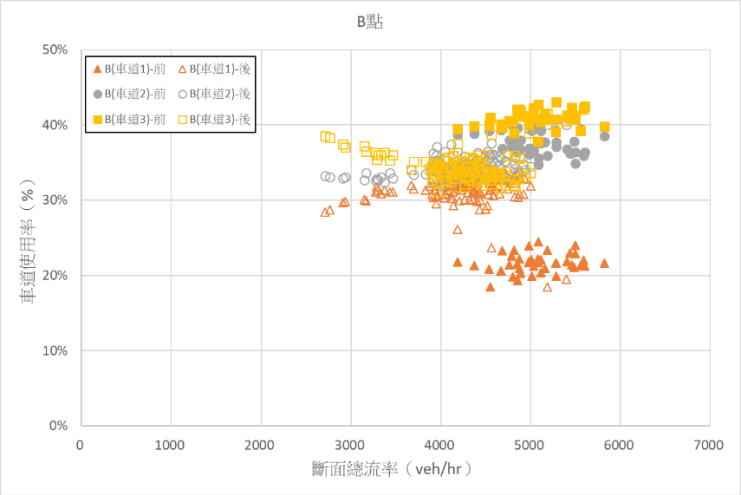
4.1.1 車流之車道分布

圖 4.1-1~4.1-4 顯示各調查地點之車道分布情況，每個地點共分 3 個斷面進行探討，包括主線上游（B 點）、匯流區內（C 點）、主線下游（D 點），調查地點只涵蓋主線 3 車道不開放路肩之路段。本研究所稱穩定車流為路段在發生擁擠，導致速率驟降之前，即流率漸增至最高點前的車流狀況，發生擁擠後且流量驟降之車流狀況即視為壅塞車流。由圖中可看出，

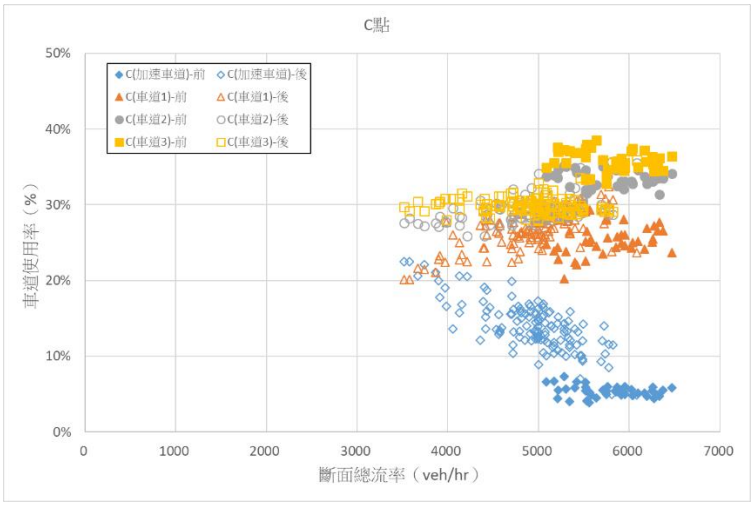
不同斷面之車道分布在穩定車流的情況下與壅塞車流情況下有明顯差別，為便於討論，將車流之車道分布資料整理如表 4.1-2 所示。由於調查地點及調查期間之大貨車、大客車、聯結車數量不多（3.9%～8.9%）（參考表 3.3-2），因此各車種之車道使用分布不另外討論。

以頭屋交流道為例，在穩定車流進入壅塞前的情況下，主線上游（B 點）車道 1 之車流流率佔主線總流率之 18～25%、車道 2 佔 35%～41%、車道 3 佔 38～43%，車道 1 之使用比例比車道 2 及車道 3 低很多。主線下游（D 點）因受匝道匯入車流之影響，車道 1 的車道使用上升至 25~29%，車道 2 及車道 3 的使用比例稍微下降至 34~38%及 34~40%。然而，在進入壅塞車流的情況下，主線上游（B 點）之車道 1 的使用上升至 28~25%、車道 2 下降至 32～37%、車道 3 下降至 31～38%；主線下游（D 點）呈現相同的趨勢。

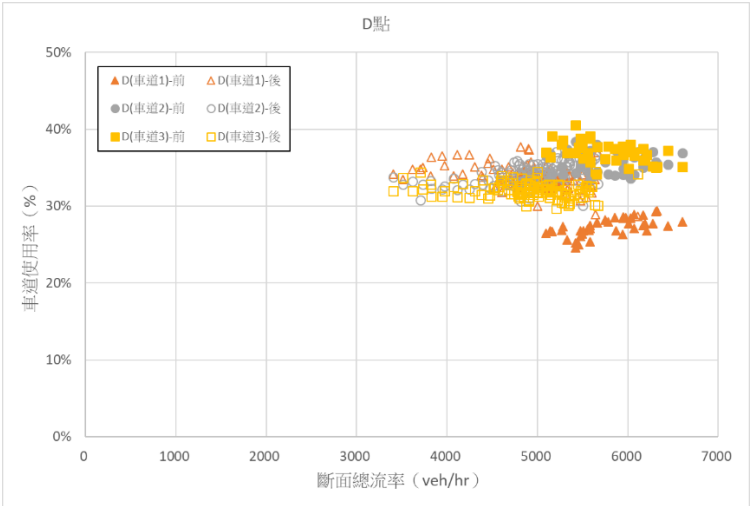
雖然車道使用率隨地點而異，也會跟觀察位置及車流狀況而有所不同，整體而言，可發現在穩定車流的狀況下，車道 3（內側車道）的使用率最高，其次為車道 2（中間車道），車道 1（外側車道）的使用率遠低於其他兩車道。在壅塞狀況下，車道 1（外側車道）的使用率提高至約 30%，其他兩車道的使用率則各約為 35%。



(a) 主線上游（B 點）



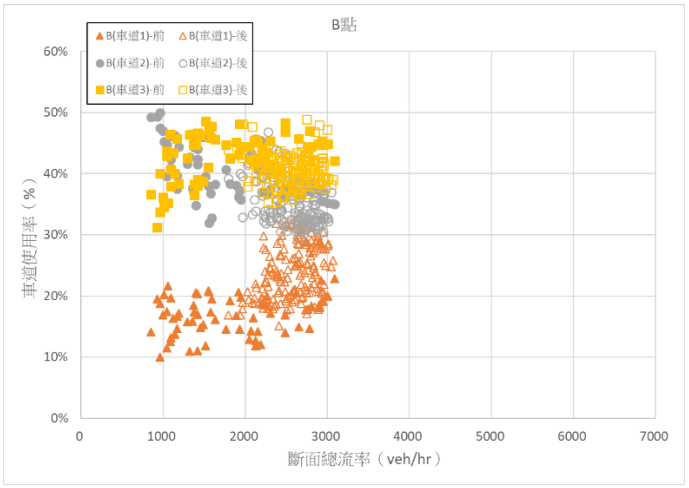
(b) 匯流區內（C 點）



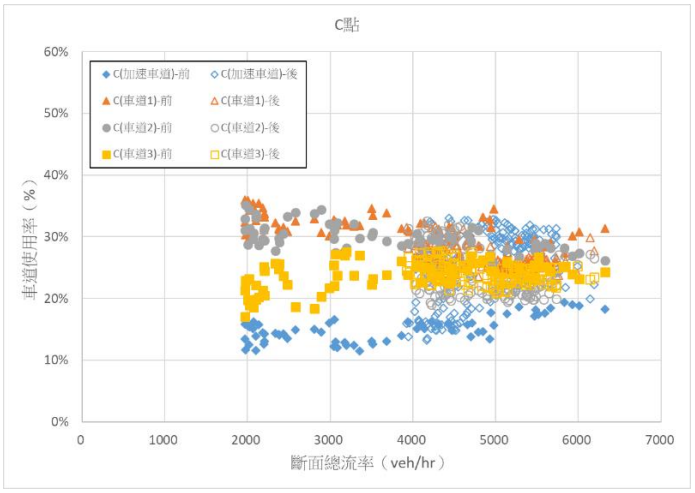
(c) 主線下游（D 點）

註：圖例中，前/後係指壅塞前/後。

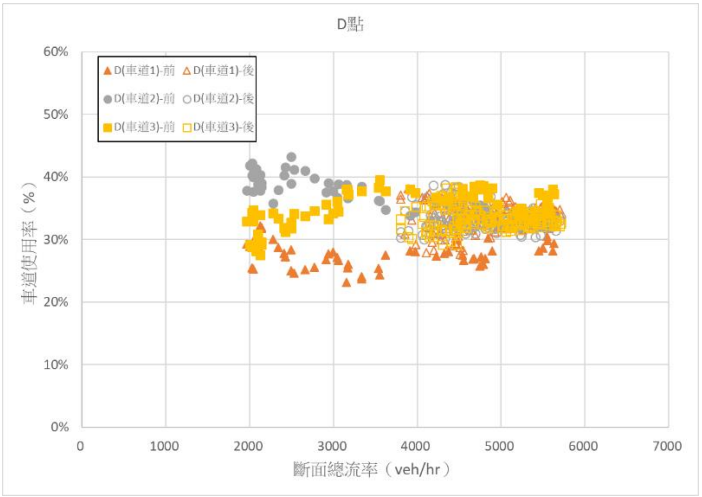
圖 4.1-1 國道一號北上頭屋交流道進口範圍車流之車道分布



(a) 主線上游（B 點）



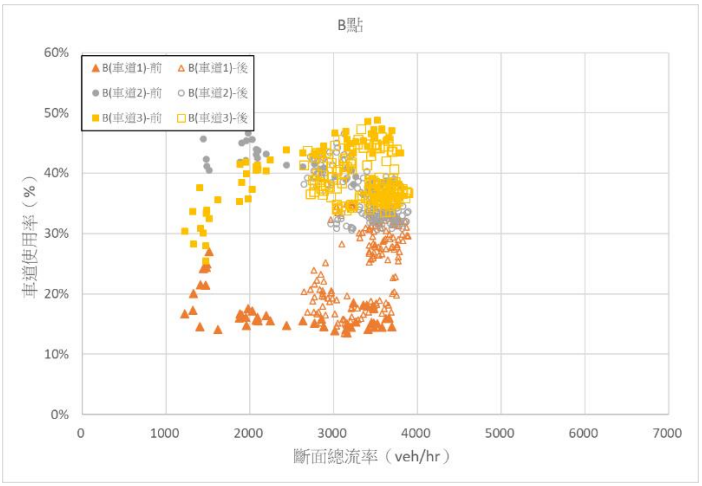
(b) 匯流區內（C 點）



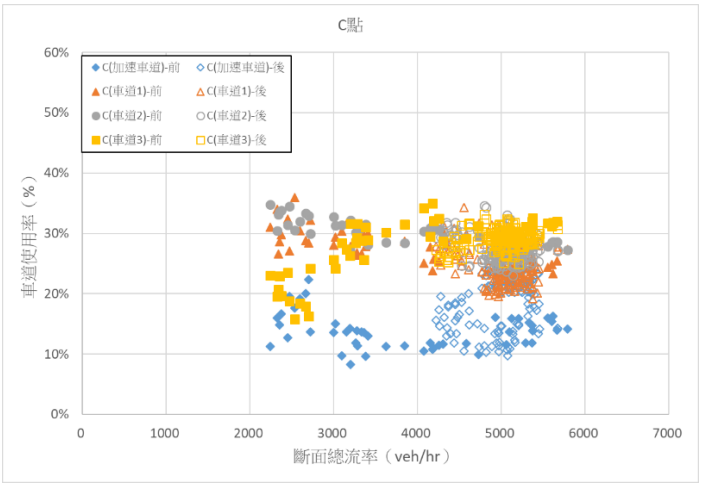
(c) 主線下游（D 點）

註：圖例中，前/後係指壅塞前/後。

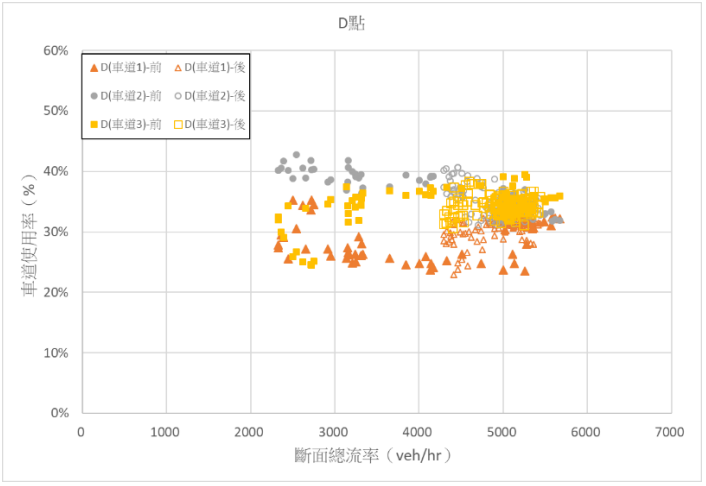
圖 4.1-2 國道三號南下安坑交流道進口範圍車流之車道分布



(a) 主線上游（B 點）



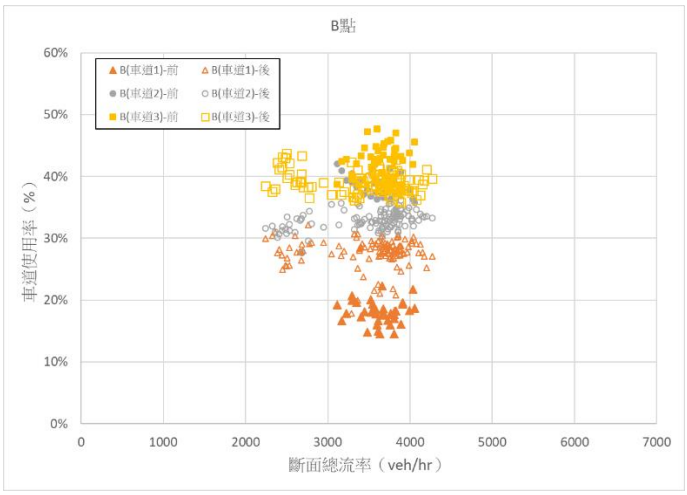
(b) 匯流區內（C 點）



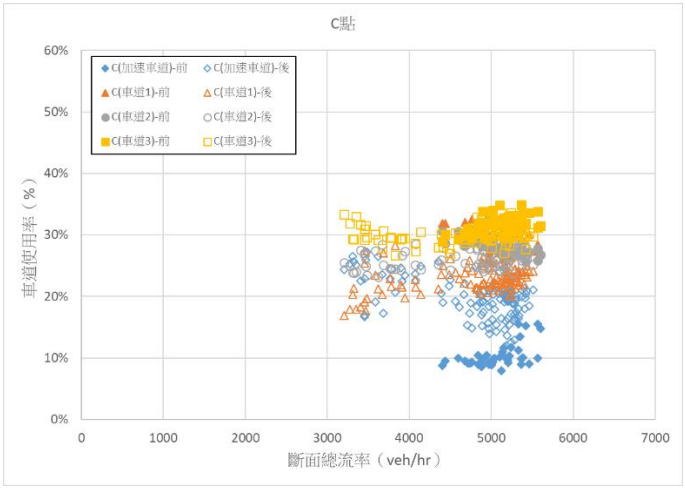
(c) 主線下游（D 點）

註：圖例中，前/後係指壅塞前/後。

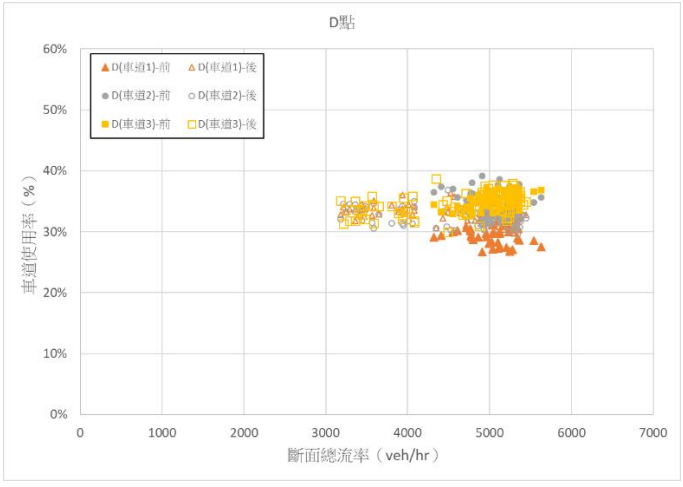
圖 4.1-3 國道三號北上中和交流道進口範圍車流之車道分布



(a) 主線上游（B 點）



(b) 匯流區內（C 點）



(c) 主線下游（D 點）

註：圖例中，前/後係指壅塞前/後。

圖 4.1-4 國道一號北上新竹 A 交流道進口範圍車流之車道分布

表 4.1-2 進口調查地點主線各車道之車流占總流率之比例

調查地點	位置	車流狀況	加速車道	車道 1（外側）	車道 2	車道 3（內側）
1N 頭屋	主線上游（B 點）	穩定車流	—	18~25%	35~41%	38~43%
		壅塞車流		28~35%	32~37%	31~38%
	匯流區內（C 點）	穩定車流	4~7%	20~29%	31~35%	33~39%
		壅塞車流	9~23%	20~32%	26~32%	28~32%
	主線下游（D 點）	穩定車流	—	25~29%	34~38%	34~40%
		壅塞車流		31~39%	30~37%	30~34%
3S 安坑	主線上游（B 點）	穩定車流	—	10~23%	32~50%	31~49%
		壅塞車流		15~33%	29~47%	35~49%
	匯流區內（C 點）	穩定車流	11~20%	26~36%	25~36%	17~28%
		壅塞車流	13~33%	23~32%	18~33%	20~28%
	主線下游（D 點）	穩定車流	—	23~34%	32~44%	27~40%
		壅塞車流		22~39%	30~39%	29~39%
3N 中和	主線上游（B 點）	穩定車流	—	13~27%	36~54%	25~49%
		壅塞車流		13~36%	30~47%	33~48%
	匯流區內（C 點）	穩定車流	8~23%	23~36%	26~35%	15~35%
		壅塞車流	9~27%	19~35%	23~35%	25~34%
	主線下游（D 點）	穩定車流	—	23~36%	31~43%	24~40%
		壅塞車流		23~35%	31~41%	30~39%
1N 新竹	主線上游（B 點）	穩定車流	—	15~22%	35~43%	39~48%
		壅塞車流		18~32%	28~40%	36~44%
	匯流區內（C 點）	穩定車流	8~16%	24~33%	26~33%	29~35%
		壅塞車流	12~27%	17~28%	23~31%	27~34%
	主線下游（D 點）	穩定車流	—	27~33%	33~39%	33~37%
		壅塞車流		30~37%	30~37%	30~39%

4.1.2 流率與密度之關係

圖 4.1-5~4.1-8 顯示 4 個調查地點各車道之流率及密度之關係，因受調查時段長度限制，圖中只紀錄穩定車流進入壅塞前約半小時至壅塞發生後約 1 小時之資料。圖中可看出由非壅塞狀況進入壅塞狀況之過渡階段，在車流密度少於或多於約 25 輛/公里之資料點明顯呈現一斷層。

（一） 頭屋交流道調查資料呈現下列之車流特性，如圖 4.1-5 所示：

1. 穩定進入壅塞狀況前，車流密度在 20 輛/公里的情況下，車道 1 的流率可維持 1500～1800 輛/小時，車道 2 約 2200～2400 輛/小時、車道 3 約 2200～2400 輛/小時。
2. 密度超過 25 輛/公里時，流率迅速下降，車流不穩定，車道 1 的流率在 1500～1800 輛/小時，車道 2 約 1700～2000 輛/小時、車道 3 約 1600～1800 輛/小時。
3. 密度從 25 輛/公里增大到 70 輛/公里時，流率大幅下降，車道 1 的流率可維持在 1200 輛/小時，車道 2、車道 3 的流率同維持在 1200 輛/小時，與車道 1 相同。

（二） 安坑交流道調查資料呈現下列之車流特性，如圖 4.1-6 所示：

1. 穩定進入壅塞狀況前，車流密度在 25 輛/公里的情況下，車道 1 的流率可維持 1200～1700 輛/小時，車道 2 約 1400～1900 輛/小時、車道 3 約 1500～2100 輛/小時。
2. 車流由不壅塞進入壅塞的過渡時間很短,車流密度於 10 分鐘內由 25 輛/公里上升至 50 輛/公里，推測是因為匝道有大量的車流匯入所導致。車流流率的最大值發生在 07:09 分，當時的主線上游（B 點）的總流率 2900 輛/小時，而匝道（A 點）匯入的總流率為 3100 輛/小時。
3. 由高速公路局得知，當天 07:15 啟動匝道儀控，07:15～09:00 的儀控率在 1300~1400 輛/時/車道範圍之間。匝道儀控啟動後，匝道匯入車流量受到控制。
4. 進入壅塞狀況後，流率與車流密度呈下降趨勢，在車流密度達到 70 輛/公里的情況下，車道 1 能承受 1400~1950 輛/小時的流率，車道 2 能維持 1400~1900 輛/小時，車道 3 的流率則下降至 1300~1500 輛/小時。

（三） 中和交流道調查資料呈現下列之車流特性，如圖 4.1-7 所示：

1. 穩定進入壅塞狀況前，車流密度在 20 輛/公里的情況下，車道 1 的流率可維持 1300～1450 輛/小時，車道 2 約 1500～1900 輛/小時、車道 3 約 1700～2100 輛/小時。

2. 進入壅塞狀況後，流率與車流密度無明顯下降趨勢，在車流密度達到 40-60 輛/公里的範圍下，車道 1 能承受 1600~1800 輛/小時的流率，車道 2 能維持 1600~1950 輛/小時，車道 3 的流率則維持在 1600~2050 輛/小時範圍內。

（四）新竹交流道調查資料呈現下列之車流特性，如圖 4.1-8 所示：

1. 穩定進入壅塞狀況前，車流密度在 20 輛/公里的情況下，車道 1 的流率可維持 1200～1600 輛/小時，車道 2 約 1400～2000 輛/小時、車道 3 約 1600～2100 輛/小時。
2. 進入壅塞狀況後，流率與車流密度無明顯下降趨勢，在車流密度達到 40-60 輛/公里的範圍下，車道 1 能承受 1000~1800 輛/小時的流率，車道 2 能維持 1100~1800 輛/小時，車道 3 的流率則維持在 1300~2050 輛/小時範圍內。

單向所有車道總和之流率與密度關係圖，如圖 4.1-9 所示。

流率與密度的關係隨地點而異，也帶有隨機性，但整體而言，可發現車流由不壅塞進入壅塞的臨界車流密度約在 25~30 輛/公里，進入壅塞車流狀況後，流率呈下降趨勢，但下降幅度會跟地點、第幾車道而有所不同。推測與主線流率、匝道流率、加速車道長度有關，後續進行模式建構時宜加以探討。

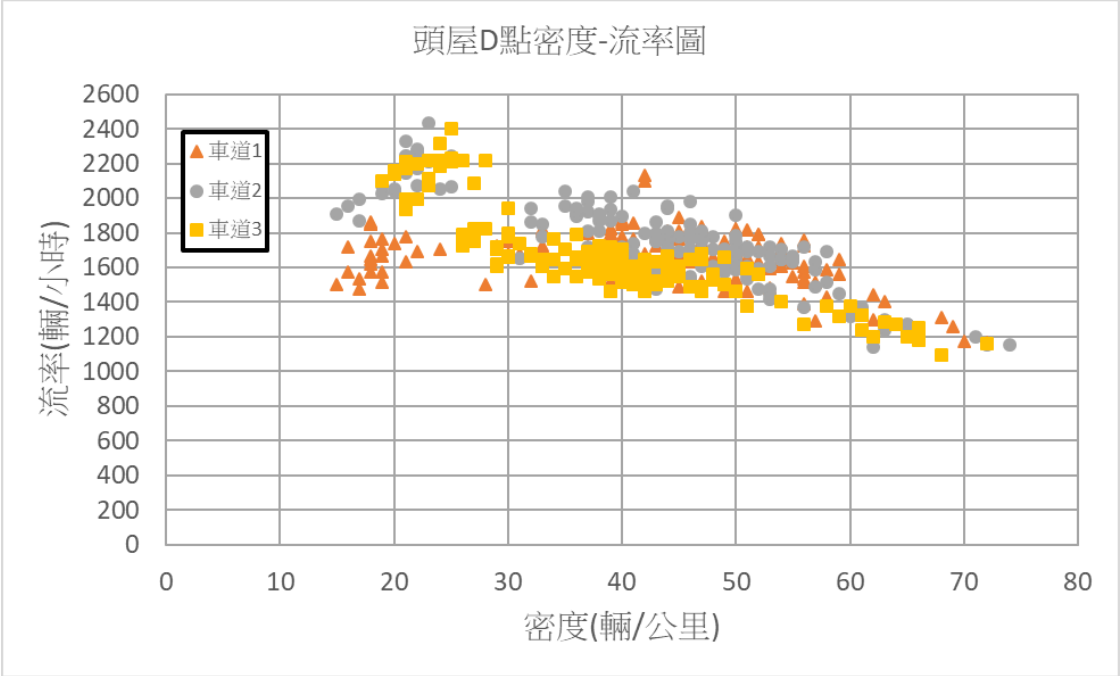


圖 4.1-5 國道一號北上頭屋交流道各車道流率與密度之關係

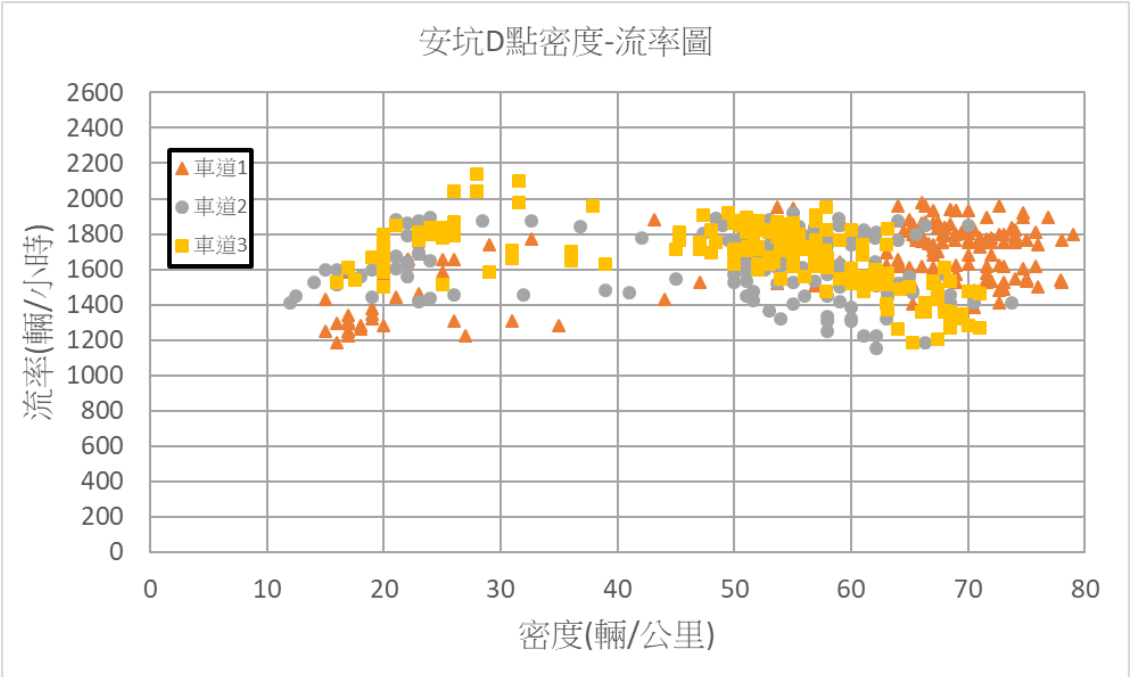


圖 4.1-6 國道三號南下安坑交流道各車道流率與密度之關係

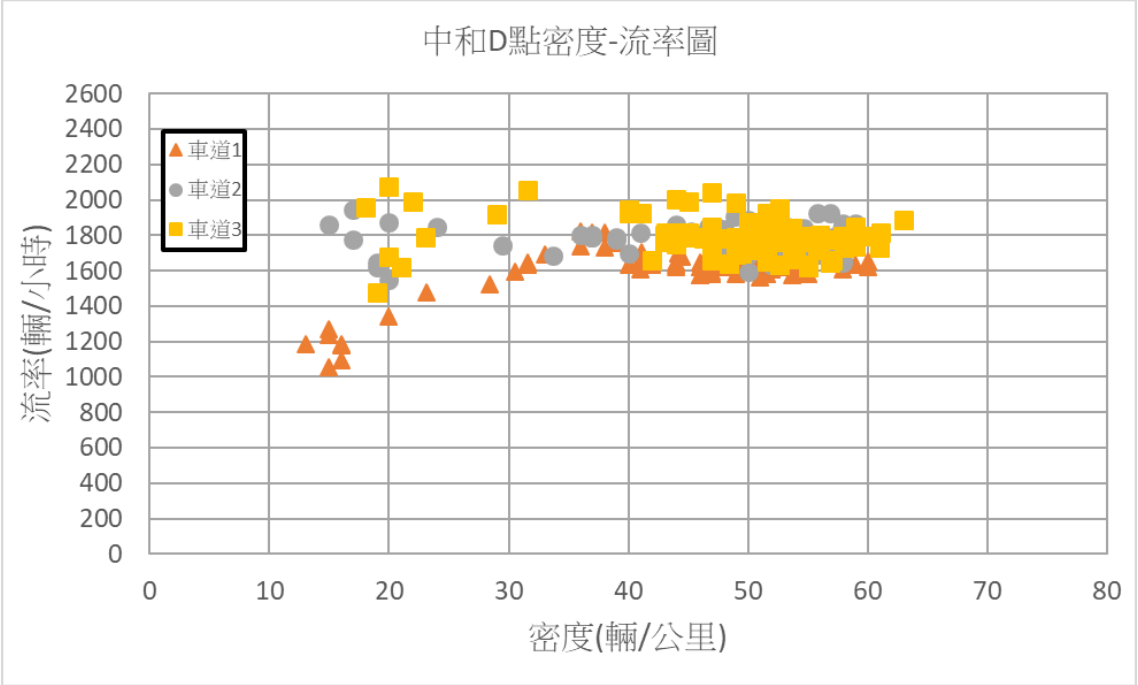


圖 4.1-7 國道三號北上中和交流道各車道流率與密度之關係

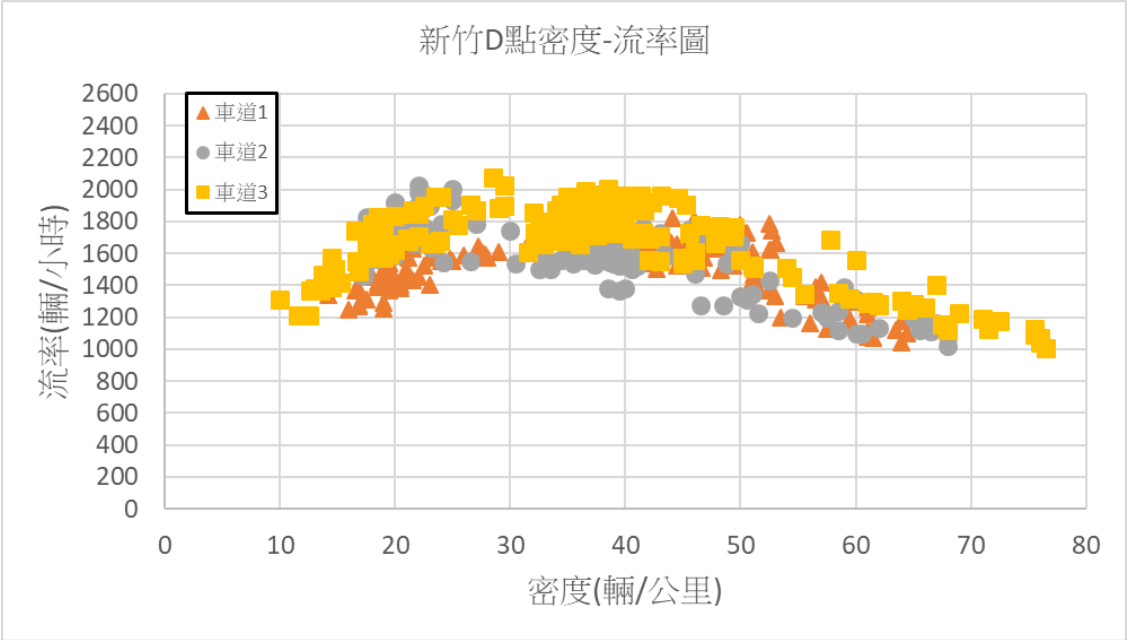


圖 4.1-8 國道一號北上新竹 A 交流道各車道流率與密度之關係

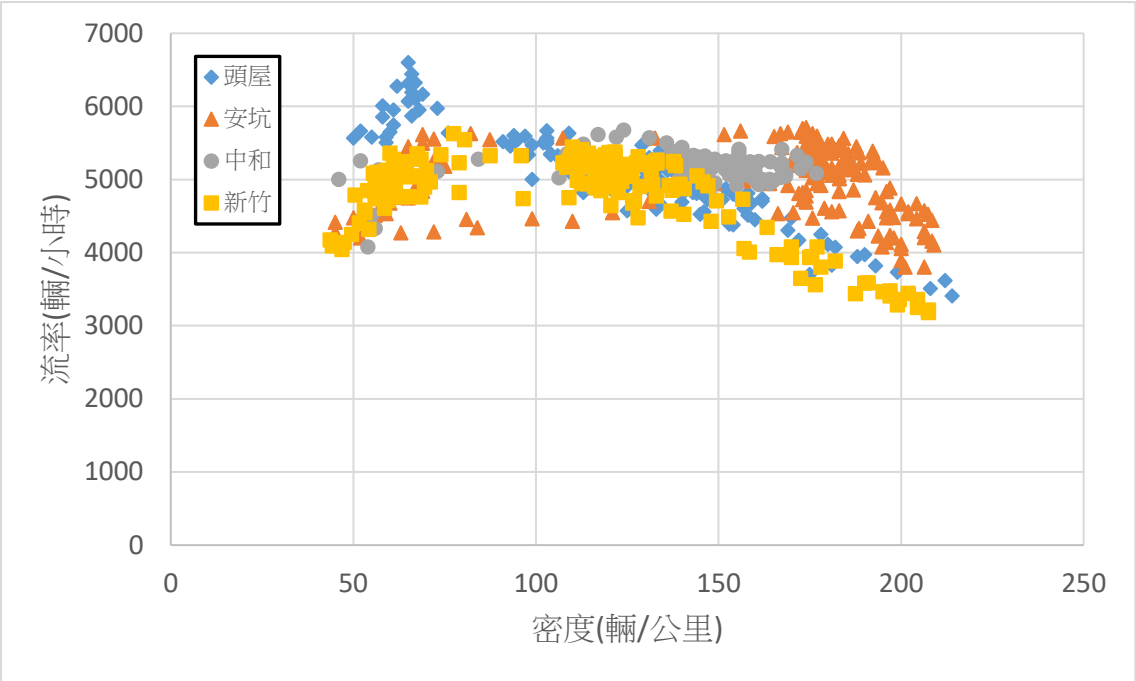


圖 4.1-9 各進口地點之全車道總和之流率與密度關係圖

4.1.3 匯流影響區

匯流影響區(Merge-influence area) 指車流未進入壅塞狀況之前，主線車流受進口匝道匯入車流影響之區域。美國公路容量手冊（HCM，2010）將匯流區影響範圍定義為進口匝道鼻端起算至下游 1500 英尺（約 457 公尺）主線外側兩車道以及加速輔助車道之範圍，當匯流區之車流狀況接近或超過其容量，容易成為高速公路的瓶頸路段。

匯流影響區判斷方法包括：(1)主線與進口匝道交接點上游，主線車輛變換車道，以避免與匝道匯入車輛衝突之地點；(2)進口匝道匯入主線之地點。一般而言，匯流區範圍內並不會布設偵測器，因此過去難以觀察匯入車流所導致的影響範圍。本研究採用之空中拍攝技術提供了匯流區範圍內的車流演變情況，提供了進一步的車流特性資料。

針對進口匝道匯入主線之影響程度部分，可參考 4 個調查地點之車道變換數量圖（圖 3.3-10、圖 3.3-14、圖 3.3-18、圖 3.3-22）。本研究將 4 個地點各車道受影響之嚴重程度以每 20 分鐘匯入該車道之數量，初步區分變換次數之階級，每 20 分鐘 0~40 次為第一階、每 20 分鐘 41~80 次為第

二階、每 20 分鐘大於 80 次以上為第三階。再透過匯入該車道之車道變換階級，做為四種影響程度之依據：

無影響：全為第一階

低度影響：至少一個為第二階

中度影響：至少有一個第二階與一個第三階

高度影響：至少兩個第三階

4 個調查地點均顯示主要的車道變換為匝道車流由加速車道併入至主線外側車道、其次為外側車道變換至中間車道，進口匝道匯入至主線的位置，主要集中於(i)加速車道開始位置及(ii)加速車道結束位置。另外，內側車道幾乎不受影響。

當壅塞發生後，可透過車流密度圖觀察壅塞的擴散情形。參考 4 個調查地點之各車道依時各區間密度圖（圖 3.3-9、圖 3.3-13、圖 3.3-17、圖 3.3-21），可發現壅塞發生後，車流密度高點的擴散情形在 3 個調查地點有所差異。圖 3.3-9 顯示，頭屋交流道於 14:50 開始由非壅塞進入壅塞車流，於 15:05 車道 1 加速車道結束位置其密度達 86 輛/公里，車道 2 之密度超過 80 輛/公里；然而，車道 3 之密度亦達 70 輛/公里，持續約 10 分鐘，顯示車道 3 的車流受到匝道匯入車流所影響，車流狀況應呈現不穩定的狀態，推測是因為該匝道之加速車道較短所引致。圖 3.3-13 顯示，安坑交流道調查於 07:10 開始由非壅塞進入壅塞車流，車道 1 於加速車道結束位置為車流密度最高之位置，密度達 90~100 輛/公里，持續達 1.5 個小時之久，而車道 2、車道 3 之則維持在 55~75 輛/公里的範圍。該地點的流率下降幅度亦較頭屋交流道平緩（參考圖 3.3-12），推測是因為該匝道之加速車道較長之緣故。圖 3.3-17 顯示，中和交流道調查於 07:15 開始由非壅塞進入壅塞車流，密度較高的位置同樣發生在車道 1 加速車道結束位置，密度由 65 輛/公里上升至最高的 90 輛/公里；車道 2 的密度影響次之，密度在 60-75 輛/公里範圍內，車道 3 的影響最低，密度在 50-65 輛/公里左右，受影響時間亦較短。圖 3.3-21 顯示，新竹交流道調查於 09:50 開始由非壅塞進入壅塞車流，密度較高的位置同樣發生在車道 1 加速車道結束位置，密度由 60 輛/公里上升至最高的 90 輛/公里；車道 2 的密度影響次之，密度在 40-75 輛/公里範圍內，車道 3 的影響最低，密度在 35-65 輛/公里左右，受影響時間亦較短。

四個調查地點的各車道受影響之嚴重程度整理如表 4.1-3。壅塞前，調查地點之外側車道皆受到高度影響，中間車道受低度影響、內側車道幾乎不受影響。當壅塞發生後，調查地點之外側車道皆受到高度影響，中間車道受中度至低度影響、內側車道幾乎不受影響，可判斷主線所有車道的車流運作都受到匯入車流不同程度的影響。另外，匯流區影響範圍除了受主線及匝道的流率的影響外，加速車道長度也是關鍵因素之一，加速車道較短，壅塞的影響範圍會急速擴散至主線上游以及內側車道。

表 4.1-3 匯流區範圍內各車道受變換車之影響程度

調查地點	加速車道長度	非壅塞			非壅塞進入壅塞			壅塞後		
		內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道
1N 頭屋	250 公尺	無	無	低	無	無	低	無	無	中
3S 安坑	550 公尺	無	中	中	無	中	高	無	無	高
3N 中和	330 公尺	無	低	中	無	中	高	無	無	高
1N 新竹	430 公尺	無	低	高	無	低	高	無	低	高

4.1.4 臨界點

臨界點指分匯流區內，流率高但未進入壅塞之前，經常發生速率最低的地點。參考 2011 年臺灣公路容量手冊第 4 章，在高速公路基本路段上，平坦路段之臨界點為自由速率最低之點；如只有一上坡度路段，臨界點會發生在該路段之頂端。容量分析可針對臨界點位置之平均自由速率及基本狀況下之需求流率進行分析，評估服務水準。

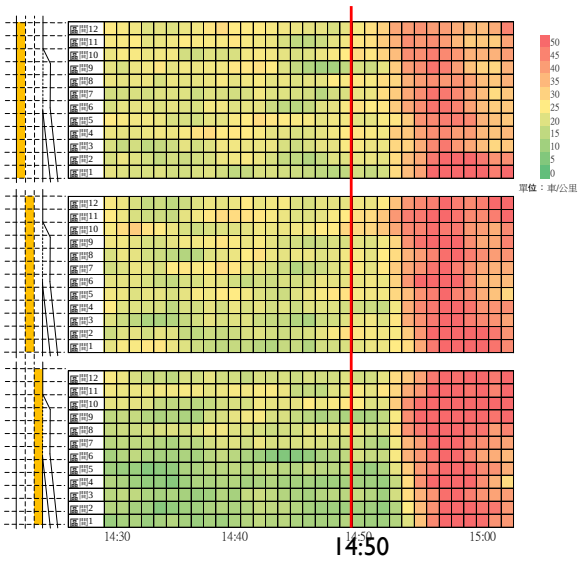
高速公路進出口匝道路段的臨界點位置不詳，過去曾將分匯流影響區劃分成數個調查路段，透過路側攝影機記錄車輛通過參考線之時間差再推算車速，以了解分匯流區內不同路段平均速率之變化，然而，實務執行上有相對的困難度及誤差，而本期計畫採用無人機空中拍攝，但使用人工方式整理資料也無法精確記錄車速資訊，因此由現場調查的方式找出速率最

低的地點幾乎是不可行。未來透過電腦視覺技術則有可能計算速率的時空變化（請參考附錄 D 之說明）。

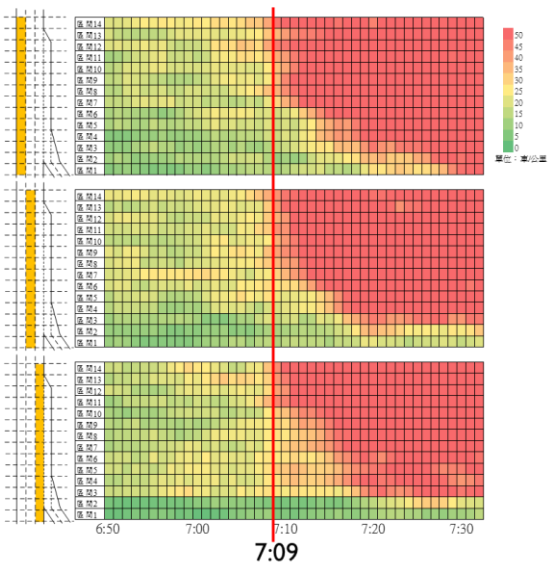
臨界點議題在專家學者座談會有進行深度的交流討論(參考附錄 G)，分匯流區內有車道變換的行為，速率最低點可能發生在一車道的上游或下游，但不同車道的最大流率及最低速率的地點也可能隨時間發生變化，因此是一個多維度的問題。座談會雖然沒有就臨界點之定義有完成的結論，但其精神在於找出路段中速率最低點之斷面做為瓶頸地點，如發現臨界點為一固定地點，日後調查只需要針對該點進行資料蒐集即可。

臨界點的界定有兩個條件，第一條件為流率高但未進入壅塞之前，上下游流量守恆的關係，不同斷面位置所能觀察到的流率應相同，因此可理解為最大流率發生的時間點；第二條件為速率最低的地點，因目前無有效而精確的方式取得影響區內各區段的速率變化，因此先採用密度做為替代指標，找出密度變高的地點做為臨界點；參考附錄 D 圖 D-10 速率時空圖及圖 D-11 之密度時空圖之右上方區域，可得知速率驟降的地點其對應密度也會驟升。

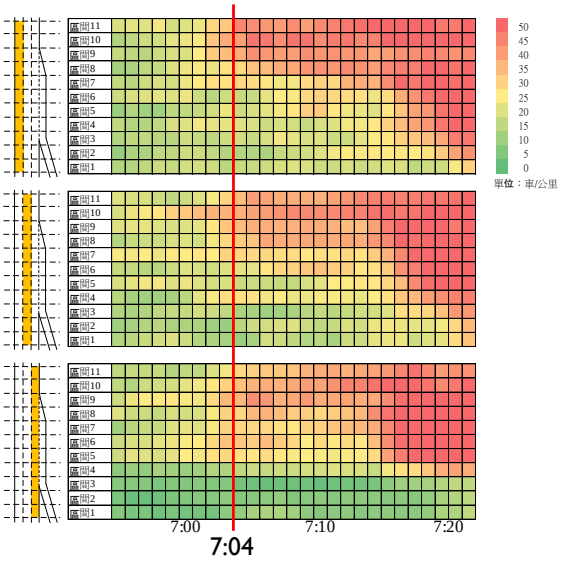
將調查的四個匯流區的密度時空圖，整理如圖 4.1-10；為方便討論，於圖上標記最大流率發生時間，並將密度圖的時間範圍及色階進行調整。歸納 4 個調查地點之各車道依時各區間密度圖，可發現加速車道較長的地點（安坑、中和、新竹交流道），臨界點發生於匯流區末端，其後車流密度高的狀態往上游擴散;在加速車道較短的地點(頭屋交流道,250 公尺)，整個匯流區範圍內於極短時間同時進入車流密度高的狀態，而非一個特定的斷面地點。總括而言，臨界點的位置可能因加速車道長度、主線流率、匝道流率等因素有關，並非發生在固定的位置。就調查點的選擇而言，建議日後調查可在匯流區末端位置進行資料蒐集即可。



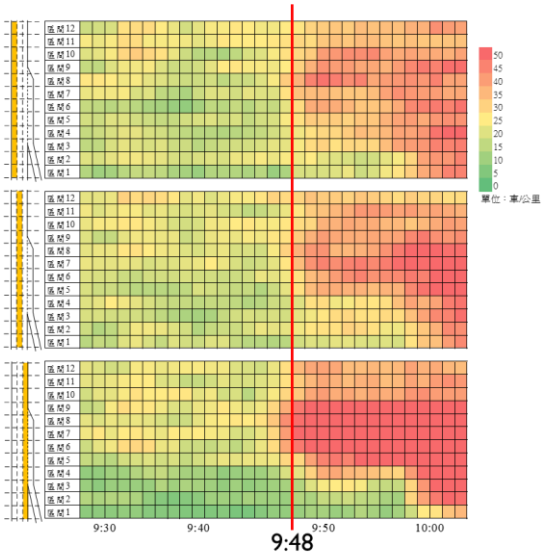
（a）頭屋交流道



（b）安坑交流道



（c）中和交流道



（d）新竹交流道(95A)

圖 4.1-10 進口匝道匯流區臨界點分析

表 4.1-4 各調查地點臨界點與最大流率

調查地點	加速車道長度	D 點最大流率之時間	斷面最大流率（車/小時）				臨界密度發生位置	
			A 點	B 點	C 點	D 點	地點	車道
1N 頭屋	250 公尺	14:50	570	6,392	6,468	6,600	匯流區範圍	1~3
3S 安坑	630 公尺	07:09	3,132	2,909	5,928	5,568	匯流區末端	1~3
3N 中和	330 公尺	07:04	1,759	3,356	5,123	5,676	匯流區末端	1~3
1N 新竹	430 公尺	09:48	1,818	3,912	5,568	5,328	匯流區末端	1~3

4.2 高速公路出口匝道分流區

為方便討論，調查地點之幾何型態關鍵變數，包括主線車道數、匝道車道數、加上車道長度，以及與上下游匝道之距離整理如表 4.2-1 所示，而本研究對加減速車道長度係參酌美國 HCM 方法論，從運行分析面(非設計或法規面)定義，加速車道為進口端鼻端線尖點起算至加速車道引導標線終點止，減速車道由引導標線起點至出口彼端線尖點止，與公路路線設計規範所設定之加速車道為加速長度起點可達速率之對應點起算，至匯入操作區之終點為止，以及減速車道長度為匝道車道寬度等於主線車道寬度起算，至減速車道終點可達速率之對應點止，兩者對於加減速車道之定義略有不同。本年度之分析對象為獨立匝道，因此上下游匝道與分析匝道距離應超過 1 公里。國道三號北上大溪交流道，與下游匝道距離 930 公尺不足 1 公里，但經採用偵測器資料檢查後，確認不影響調查地點的車流情況，因此予以採用。

表 4.2-1 出口匝道調查地點之幾何型態

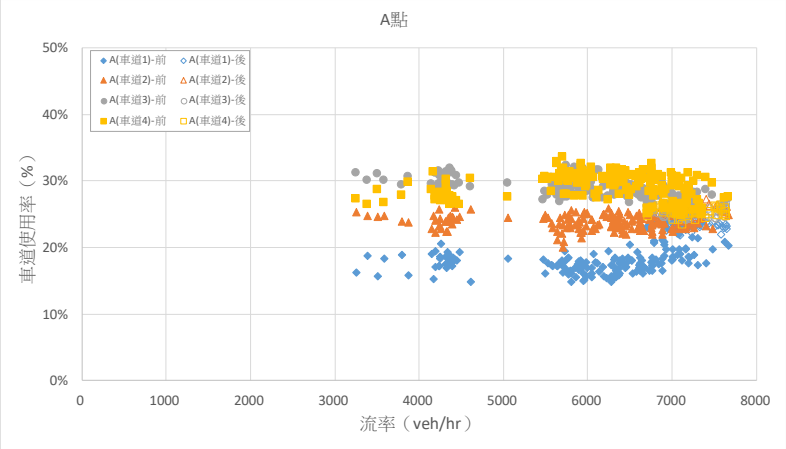
調查地點	主線車道數	主線速限 Km/hr	匝道車道數	開放路肩	減速車道長度	上游鄰近匝道類型及距離	下游鄰近匝道類型及距離
3S 樹林交流道	4	110	1	無	120 公尺	進口匝道 3020 公尺	出口匝道 4530 公尺
3N 大溪交流道	3	110	1	有	160 公尺	進口匝道 4650 公尺	進口匝道 930 公尺

4.2.1 車流之車道分布

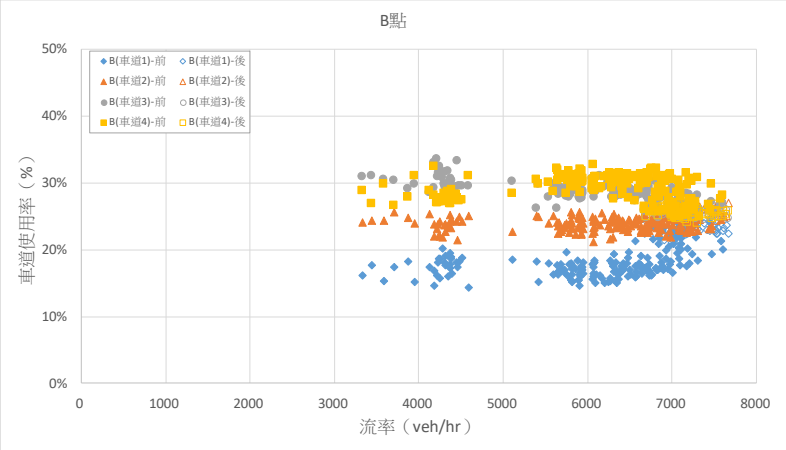
圖 4.2-1~4.2-2 顯示各調查地點之車道分布情況，每個地點共分 3 個斷面進行探討，包括主線上游（A 點）、分流區範圍（B 點）、主線下游（C 點）。由圖中可看出，不同斷面之車道分布在穩定車流的情況下與壅塞車流情況下有明顯差別，為便於討論，將車流之車道分布資料整理如表 4.2-2 所示。由於調查地點及調查期間之大貨車、大客車、聯結車數量不多（3.7%～5.0%）（參考表 3.3-2），因此各車種之車道使用分布不另外討論。

圖 4.2-1 顯示了樹林交流道的車道分布，流率在 4500 輛/小時 與 5500 輛/小時之間沒有資料，參考圖 3.3-24 之流率圖，可發現當天 09:40~10:10 之間的流率大幅下降，10:10 後恢復至之前的流率水平。翻看當天影片，確認是因為上游車流減少，可能是因為上游路段發生交通事故或嚴重壅塞所引致。因為兩段資料的車道分布一致，這個問題不影響車道分布的分析。在穩定車流進入壅塞前的情況下，主線上游（A 點）車道 1 之車流流率佔主線總流率之 14～25%、車道 2 佔 20%～27%、車道 3 佔 24～33%、車道 4 佔 24～34%，車道 1 之使用比例較低。在流率比較低的情況下，車道 3 的使用比例較車道 4 高；在流率較高的情況下，車道 4 的使用比例則比較高。這個趨勢在分流區內（B 點）一致。主線下游（C 點）的因受出口匝道車流離開主線流之影響，車道 1 的車道使用下降至 8~18%，車道 2～4 的使用比例稍微上升。在進入壅塞車流的情況下車道 1 的使用比例稍微上升，推測是車流較大的情況下有比較多的車輛需要下交流道所致。

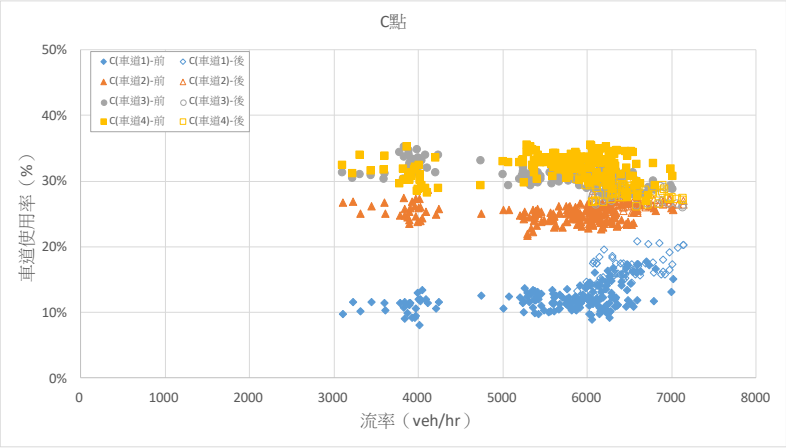
圖 4.2-2 顯示了大溪交流道的車道分布，該地點在調查期間有開放路肩，路肩的車道分布為總流率的為 7~12%，位於主線上游（A 點）及分流區內（B 點）的百分比沒有很大差異。在主線下游（C 點），穩定車流的情況下，車道 1 佔 22~25%、車道 2 佔 36~39%、車道 3 佔 37~40%。在壅塞車流狀況下，車道 1 的使用比例會提高至 29～34%、車道 2～3 的使用比例則下降至約 35%，這個比例與進口匝道壅塞狀況的比例相同。



(a) 主線上游（A 點）



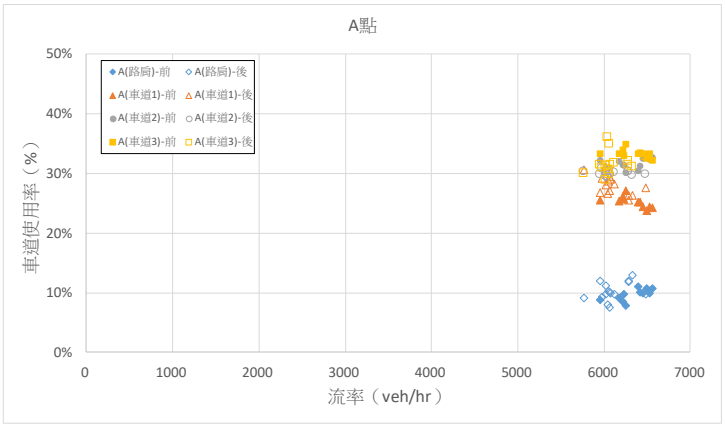
(b) 分流區內（B 點）



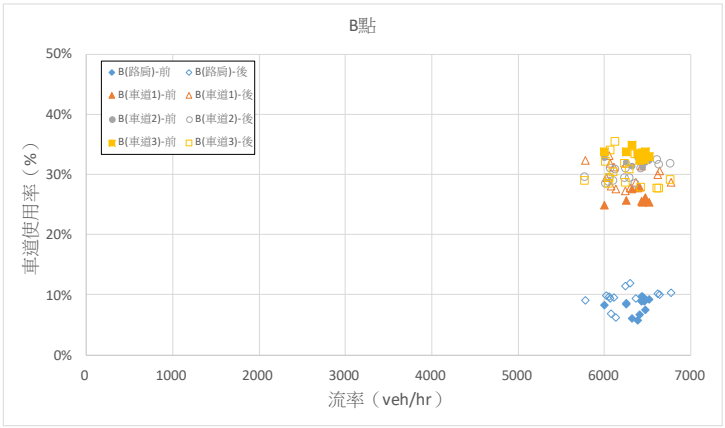
(c) 主線下游（C 點）

註：圖例中，前/後係指壅塞前/後。

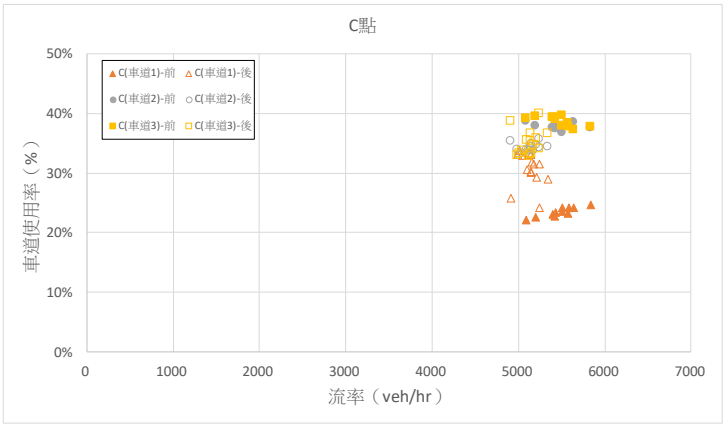
圖 4.2-1 國道三號南下樹林交流道出口範圍車流之車道分布



(a) 主線上游（A 點）



(b) 分流區內（B 點）



(c) 主線下游（C 點）

註：圖例中，前/後係指壅塞前/後。

圖 4.2-2 國道三號北上大溪交流道出口範圍車流之車道分布

表 4.2-2 出口調查地點主線各車道之車流占總流率之比例

調查地點	位置	車流狀況	路肩	車道 1 (外側)	車道 2	車道 3	車道 4 (內側)
3S 樹林	主線上游 (A 點)	穩定車流 壅塞車流	—	14~25% 21~26%	20~27% 24~28%	24~33% 24~27%	24~34% 23~27%
	分流區內 (B 點)	穩定車流 壅塞車流	—	14~25% 21~26%	21~27% 24~27%	24~34% 24~28%	24~33% 24~27%
	主線下游 (C 點)	穩定車流 壅塞車流	—	8~18% 12~19%	21~29% 25~30%	27~36% 26~31%	26~36% 26~32%
3N 大溪	主線上游 (A 點)	穩定車流 壅塞車流	7~12% 9~13%	23~28% 25~32%	30~33% 29~31%	32~35% 28~33%	—
	分流區內 (B 點)	穩定車流 壅塞車流	5~10% 8~12%	25~28% 27~34%	31~33% 28~33%	32~35% 27~32%	—
	主線下游 (C 點)	穩定車流 壅塞車流	—	22~25% 29~34%	36~39% 33~35%	37~40% 32~37%	—

4.2.2 流率與密度之關係

圖 4.2-3~4.2-4 顯示 2 個調查地點各車道之流率及密度之關係，因受調查時段長度限制，大溪交流道只有記錄穩定車流進入壅塞前至壅塞發生後約 0.5 小時之資料。圖中可看出由資料點的車流密度約在 40 輛/公里之內的範圍。

(一)樹林交流道調查資料呈現下列之車流特性，如圖 4.2-3 所示：

1. 在相同密度下，車道 4（內側車道）的流率最高，其次是車道 3、車道 2、車道 1（外側車道）。
2. 車道 4 的流率隨密度上升，在密度 25~30 輛/公里時達最大值約 2250 輛/小時。
3. 車道 1 的最大流率發生在密度 25 輛/公里，流率為 1700 輛/小時。

(二)大溪交流道調查資料呈現下列之車流特性，如圖 4.2-4 所示：

1. 在相同密度下，車道 3（內側車道）的流率最高，其次是車道 2、車道 1（外側車道）。
2. 車道 3 的流率在密度 25 輛/公里時達最大值約 2200 輛/小時，然後隨密度上升而下降，密度 40 輛/公里時之流率為 1800 輛/小時。
3. 路肩的車流流率在 600～800 輛/小時，車流密度低於 10 輛/公里。

流率與密度的關係隨地點而異，也帶有隨機性，但整體而言，可發現車流由不壅塞進入壅塞的臨界車流密度約在 25~30 輛/公里，進入壅塞車流狀況後，流率跟密度呈下降趨勢，但下降幅度會跟地點、第幾車道而有所不同。推測與主線流率、匝道流率、是否開放路肩有關，後續進行模式建構時宜加以探討。

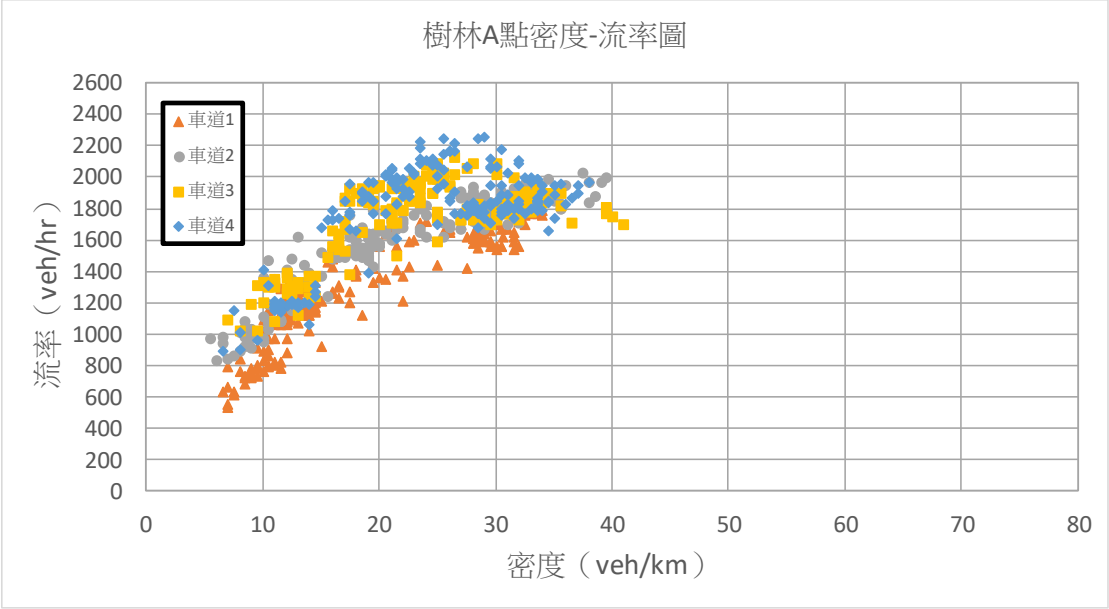


圖 4.2-3 國道三號南下樹林交流道各車道流率與密度之關係

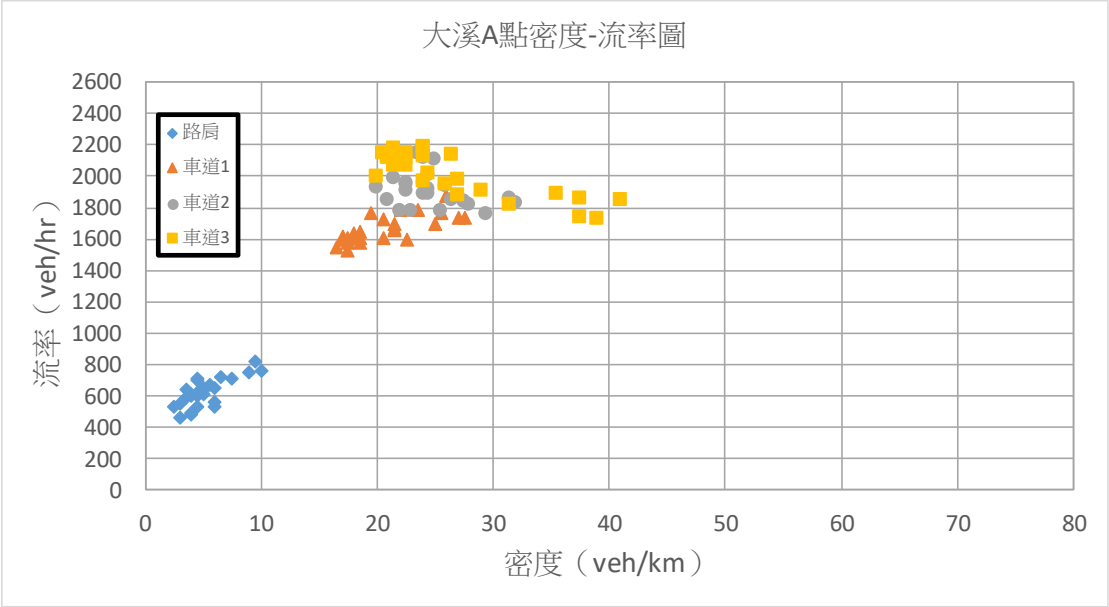


圖 4.2-4 國道三號北上大溪交流道各車道流率與密度之關係

4.2.3 分流影響區

分流影響區(Diverge influence area) 指車流未進入壅塞狀況之前，主線車流受出口匝道分流所影響之區域。美國公路容量手冊（HCM，2010）將分流區影響範圍定義為出口匝道鼻端起算至上游 1500 英尺(約 457 公尺）主線外側兩車道以及減速輔助車道之範圍。

分流影響區判斷方法包括：(1) 主線車輛接近出口匝道起點時，明顯減速之地點；(2) 主線車流進入減速車道之地點。

針對主線車流進入減速車道之地點，參考 2 個調查地點之車道變換數量圖（圖 3.3-26、圖 3.3-30)，顯示大部分的車道變換為主線車道 1 進入至減速車道的車流，車道變換至減速車道集中於減速車道開始的位置，然後越接近減速車道結束而遞減。

速率方面，參考樹林交流道之流率與密度之關係（圖 4.2-3),可看出車道 1、2 在非壅塞車流下的運作速率（流率/密度，或趨勢線之斜率）比車道 3、車道 4 來得低，因此可認定車道 1、2 為分流影響區的範圍。而參考大溪交流道之流率圖（圖 3.3-28）顯示在不同斷面的觀察下，車道 1 的流率較車道 2、車道 3 來得低，參考該地點各車道流率與密度之關係（圖 4.2-4)，也可看出車道 1 之速率比車道 2、車道 3 來得低，可認定車道 1 為分流影響區的範圍。大溪交流道只有車道 1 受影響，應該是因為該路段在調查時段有開放路肩之緣故。

表 4.2-3 分流區範圍內各車道受變換車之影響程度

調查地點	減速車道長度(m)	開放路肩	車道 1（外側）	車道 2	車道 3	車道 4（內側）
3S 樹林	120 公尺	無	高	無	無	無
3N 大溪	160 公尺	有	高	無	無	—

第五章 獨立進出口匝道類型之分析方法

5.1 臺灣公路容量手冊分析法之檢討

第二章曾說明各國發表容量分析與研究的期程概要，顯示多數國家容量研究大都在 1980 年後，美國公路容量之研究緣於二戰後之經濟建設需要，早在 1950 年發行第一版公路容量手冊，嗣後分別在 1965、1985、2000、2010、2016 年陸續發表第二~六版手冊，後續各版對不同運輸設施涵蓋性、設施特性描述、方法論調整或發展、模式參數分析、以至績效測度與評估流程等愈見周延成熟，成為許多國家發展容量分析方法的參酌指南。

美國 1965 年版容量分析手冊首次提出有關高速公路匝道分、匯流區容量分析方法論，主要包含匝道進出口範圍、評估主線外側車道、容量檢核三部份，這三部份在 1985 年後各版並無大異動，只是在分析模式、流率單位、檢核條件、績效測度指標，以及對匝道口擁擠車流之解釋做調整。此外，1985 年版調整匝道口分、匯流區主線路段容量，以反映與高速公路基本路段容量一致，亦為後續各版沿用，2016 年版更認定由分、匯流區分出或匯入之流率並不會降低高速公路匝道口附近基本路段的容量。

本所在民國 79 年發行初版臺灣地區公路容量手冊，而高速公路匝道口分、匯流區容量分析方法因缺乏國道交通特性資料支持，遲至民國 90 與 100 年發行 2001 與 2011 年版臺灣公路容量手冊，才將初步發展之分析程序列入專章討論與示範，所採用之方法論對於資料需求、評估對象、模式重要參數、分析程序等雖仍以綜合美國 1985 年、1994/1997 年版觀念為依據，但已納入匝道口上、下游主線 VD，以及局部匝道口內現場觀測車流統計資料。2011 年版雖受研究人力、設備資源，以及現調交通資料相當缺乏之侷限，在匝道口分、匯流區容量分析方法上大致定調：

1. 以匝道口匯流（或分流）區段，加上、下游各約 100 公尺主線路段為匝道影響區，進行運行分析。
2. 由匝道口分、匯流區段內之單一檢核點（約 60 公尺路段）做為模式校估、交通資料蒐集、容量檢核、績效評估之地點。

(1) 匯流區位於主線在進口匝道匯流點下游約加速車道 2/3 長度處。

(2) 分流區位於主線在出口匝道分流點上游約 50 公尺處。

3. 匝道口分、匯流區主線車道容量與基本路段車道容量具一致性。

4. 採雙服務水準指標準則（行車速率與道路速限差、飽和度），並建議每一指標各等級範圍，以供路段車流運行績效評估之需。

嗣後本所基於高速公路逐年車流特性變化，對分、匯流區方法論中調查地點幾何類型一致性、部份模式參數調整、評估車道與檢核地點確認，以及車道容量檢討等之需要，於 104 年起對高速公路匝道分、匯流區車流特性、影響範圍等相關議題研議階段性研究重點項目與進行局部現場調查，並訴求該研議構想併以下應進一步深入探討之主題，納入本研究內容與擬議分析方法中：

1. 建置國內高速公路進、出口匝道幾何設計分類（107 年先期研究）

2. 進行相關容量分析文獻探討、彙整，以及示範比較（本研究第二章）

3. 遴選後續分、匯流區調查地點與現場調查設計（本研究第三章）

4. 進行匝道口分、匯流區段內車流運行特性分析（本研究第三、四章）

5. 界定分、匯流區臨界點與匝道口之相對位置（本研究第四章）

6. 確認匝道口分、匯流區之主要影響車道，建立影響車道分布估計模式，以及區段各車道之評估方式（本研究第五章）

7. 研擬本年期獨立進、出口匝道類型之分析方法（本研究第五章）

5.2 獨立進口匝道匯流區分析方法

5.2.1 進口匝道匯流區段範圍

進口匝道（on-ramp）與高速公路主線會合之路段常因車輛匯流而產生交通瓶頸，本研究依據 2011 年臺灣公路容量手冊說明，高速公路進口匝道路段（on-ramp junction）包括匝道本身、匝道與高速公路主線之匯流區（merge area），以及匝道與市區或其他道路交叉口，與主線匯流區段通常配置 200 ~ 400 公尺加速車道。

進口匝道之容量分析最少應考慮匝道與高速公路主線匯流區，以及匝道路段兩部分，參考 2011 年臺灣公路容量手冊在國道一號桃園、中壢、內壢三處匝道共 14 小時交通分析結果，由於三處匝道現調交通資料大多屬中低流率狀況，本期研究在發展分析方法時，由進口匝道區幾何分類另篩選出國道一號新竹，以及國道三號頭屋、安坑、中和等四處匝道口，並以無人機定點空拍方式進行現調作業，以增加對匯流區中、高流率與壅塞車流狀況之取樣資料與描述確度。

如圖 5.2-1，本研究將高速公路主線行車方向最外側車道由外而內劃分為車道 1 與車道 2（或依高速公路局通稱為外側車道、中外側車道），其餘主線各車道統稱為內車道，若主線僅布設兩車道，則車道 2 與內車道同。圖中臨界點係依據第四章臨界點分析結果所研訂之主要運行狀況檢核斷面（加速車道終點下游主線約 80～100 公尺範圍），為蒐集匯流區段車流資料、進行容量檢核，以及評估車道服務水準的建議位置。

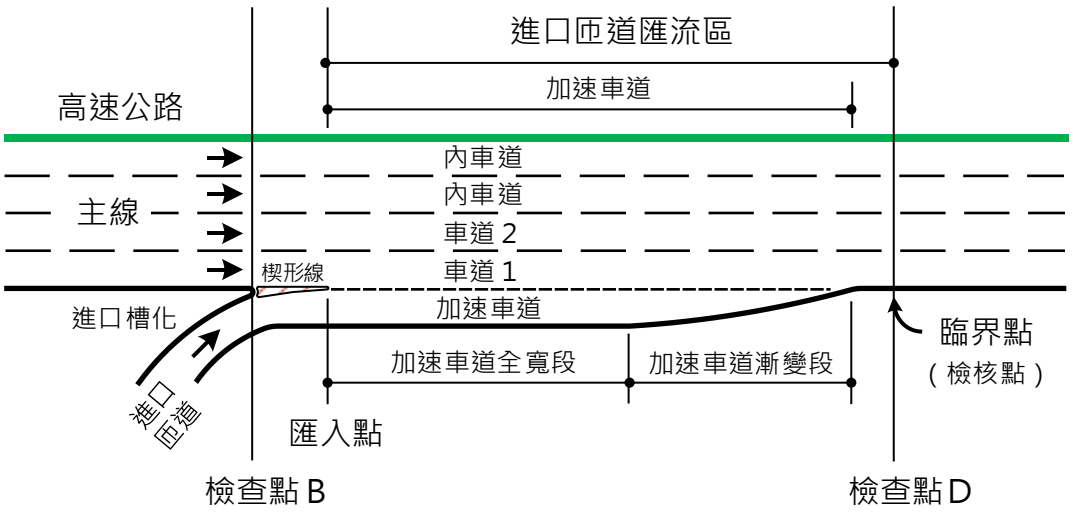


圖 5.2-1 進口匝道匯流區段示意圖

5.2.2 進口匝道匯流區分析程序

本節分析方法目前用於匯流區之車流運行分析（operational analysis），主要目的在評估設施之服務水準，其分析程序如圖 5.2-2，依序說明如下。

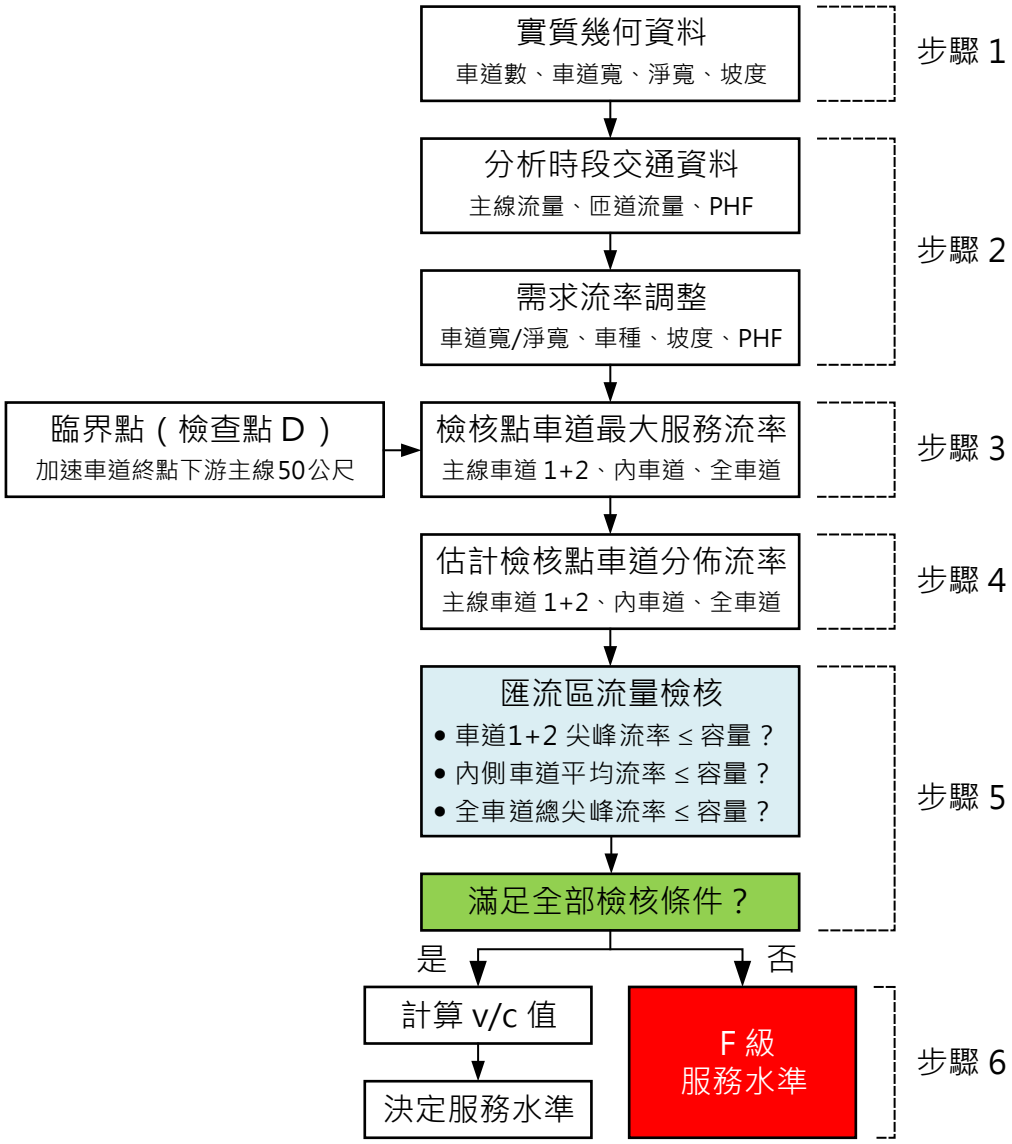


圖 5.2-2 獨立進口匝道匯流區分析程序圖

一、實質幾何資料

1. 基本狀況資料（引用 2011 年臺灣公路容量手冊）

(1) 單向車道數 N（本期研究暫適用 $N = 3$）

(2) 車道寬為 3.65 公尺以上

(3) 左側路肩寬 1.0 公尺以上，右側路肩寬為 3.0 公尺以上

(4) 匯流路段在平坦地區

基本狀況資料用來檢視設施之幾何現況可滿足的程度，本期研究雖未探討目前設施在不符合基本狀況下對車流運行程度之影響，惟臺灣高速公路沿線視距，以及車道寬、側向淨寬等斷面設計之一致性甚高，應大都滿足基本狀況資料。

本研究依據表 3.3-2 頭屋、安坑、中和、新竹等四處調查地點之大車比例約在 9% 以下，幾乎對車流運行無影響，故在後續分析各調查期間之依時流率型態、發展各調查地點之車道分布模式時，並未區分車種。惟當設施之大車比例較高且（或）在坡道路段時，可暫參酌 2011 年臺灣公路容量手冊第四章高速公路基本路段大車之小車當量 PCE 示範值（平坦路段 1.5、坡度路段 2.0）概算之。

2. 加速車道長度

加速車道長度為由入口匝道槽化島楔形標線鼻端點至加速車道終點之距離，此資料在檢查加速車道長度是否在本年期各匯流調查點長度範圍（約 200 ~ 650 公尺），若否，則應另分析。

二、 分析時段交通特性資料

1. 上游主線流量(預計會通過進口匝道匯流區上游主線檢查點 B 之流量，本期未區分車種）、尖峰小時係數 PHF
2. 進口匝道流量（本期未區分車種）、尖峰小時係數 PHF

上游主線（或進口匝道）尖峰需求流率 V_F（或 V_{ON}）可由主線（或進口匝道）尖峰小時流量 Q_F（或 Q_{ON}）除以對應之尖峰小時係數 PHF_F（或 PHF_{ON}）而得，若因其他實質幾何（如車道寬、淨寬、坡度等）、交通組成（如大車比例）近乎基本狀況而不考慮調整，則：

$$\text{主線尖峰需求流率 } V_F = \frac{Q_F}{PHF_F} \text{（輛/小時）}$$

$$\text{進口匝道尖峰需求流率 } V_{ON} = \frac{Q_{ON}}{PHF_{ON}} \text{（輛/小時）}$$

三、 匯流區車道容量

1. 臨界點位置

依據第四章 4.1.4 節說明,臨界點為匯流區發生斷面最大流率的時段內，車流最早由穩定進入壅塞狀況的位置，本研究由四處匝道口實證顯示臨界點位於匯流區終點下游主線處，即加速車道終點下游主線約 80 ~ 100 公尺範圍之檢查點 D，此為匯流區流量檢核、績效評估地點。

2. 臨界點車道容量

界定臨界點各受檢核個別或組合車道之容量，主要包括：

(1) 檢查點 D 車道 1+2、車道 3（即內車道）之最大流率（輛/小時）

(2) 檢查點 D 斷面全部車道最大總流率（輛/小時）

表 5.2-1 為各進口匝道匯流區臨界點（主線檢查點 D）每一車道發生壅塞前最大 5 分鐘流率放大之小時流量統計，由於各車道發生最大流率（容量）時間不一，故表中車道 1+2（即車道 1、2 合計）、全車道（即車道 1、2、3 合計）之容量並非個別車道之容量和；本程序建議採表中綜合各交流道之平均容量值。

表 5.2-1 匯流區臨界點個別或組合車道容量參考表

（單位：輛/小時）

交流道	車道 1	車道 2	車道 1+2	內車道	全部車道
頭屋	2,130	2,436	4,284	2,400	6,600
安坑	1,980	1,920	3,864	2,136	5,568
中和	1,824	1,944	3,636	2,076	5,676
新竹	1,824	2,028	3,564	2,076	5,232
平均值	1,940	2,080	3,840	2,170	5,900

註：綜合各交流道之平均容量值取至最近 10 輛/小時

四、 匯流區車道分布（依據第四章 4.1.3 節、表 4.1-3）

1. 進入匯流區上游主線（檢查點 B）車道 1+2 尖峰流率估計模式，包括：

   (1) 各匯流區檢查點 B 車道 1+2 尖峰流率分布估計模式（如圖 5.2-3 ~ 5.2-6）。

   (2) 所有匯流區檢查點 B 車道 1+2 尖峰流率分布估計模式(如圖 5.2-7）

圖 5.2-7 顯示頭屋匝道區全車道流率較其他調查地點為高，可能是因為頭屋進口匝道匯入主線段為下坡路段，其他調查地點則為上坡路段，以致頭屋全車道之流率趨勢與其他地點差別較大。

表 5.2-2 為匯流區上游檢查點 B 主線車道 1+2 分別在穩定與壅塞車流狀況下之流率估計模式彙總表，表中綜合模式是將四處匯流區車流資料組合後的估計模式。本程序基於對匯流區運行品質評估係以穩定車流階段為範圍，故建議採表中穩定車流下之綜合模式估算 V_{12}，因為表中兩組綜合模式估算結果很相近，故建議採 $V_{12} = 0.5804\ V_F$ ($R^2 = 0.989$) 推估主線車道 1+2 分布流量。因此，進入匯流區主線車道 1+2 尖峰流率佔上游主線尖峰總流率之比例可估計如下：

$$P_{FM} = \frac{V_{12}}{V_F} = 0.5804 \approx 58\%$$

其中 P_{FM} 進入匯流區上游主線車道 1+2 流量佔主線尖峰流量之比例

V_F 匯流區上游主線尖峰總流量（輛/時）

V_{12} 進入匯流區主線最右側兩車道（車道 1+2）之估計尖峰流量（輛/時）

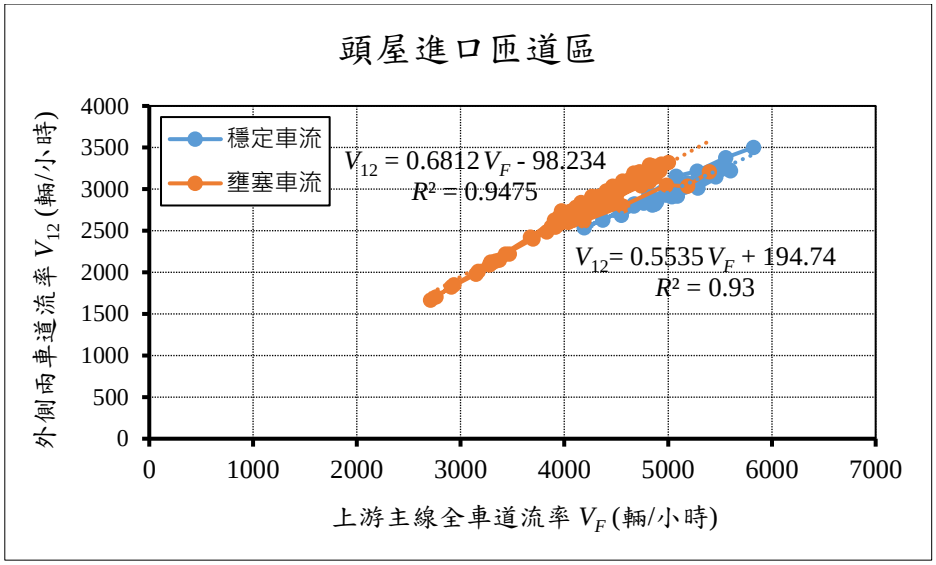


圖 5.2-3 頭屋進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖

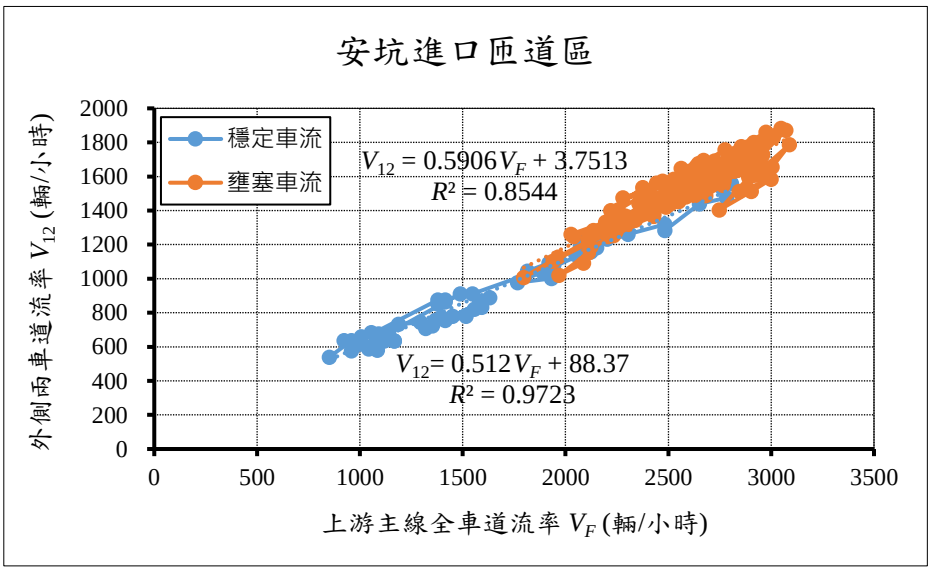


圖 5.2-4 安坑進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖

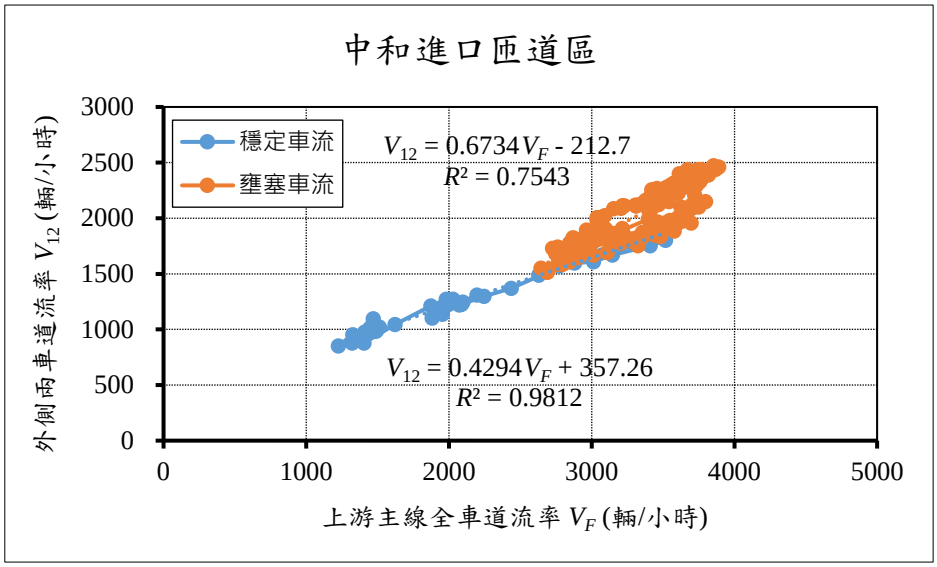


圖 5.2-5 中和進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖

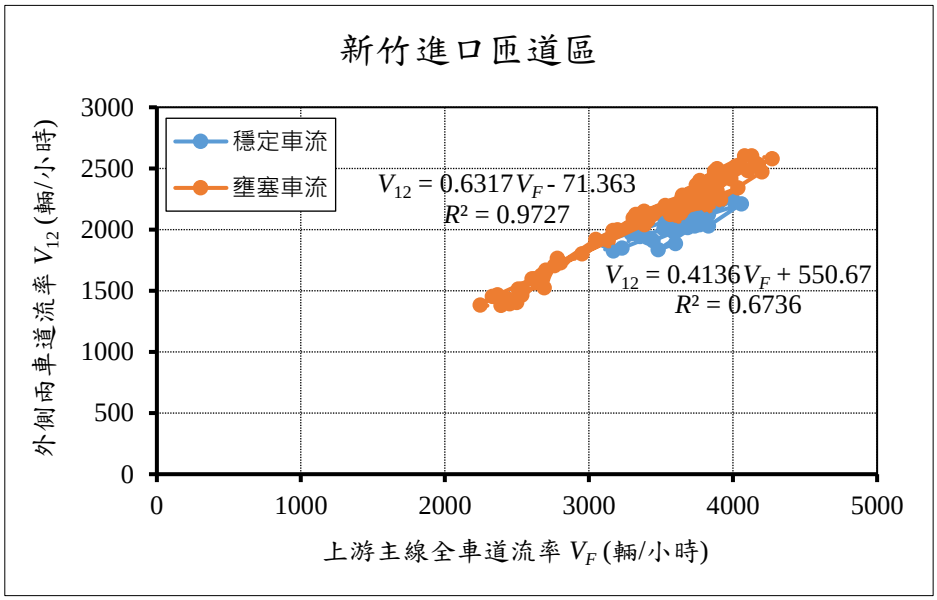


圖 5.2-6 新竹進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖

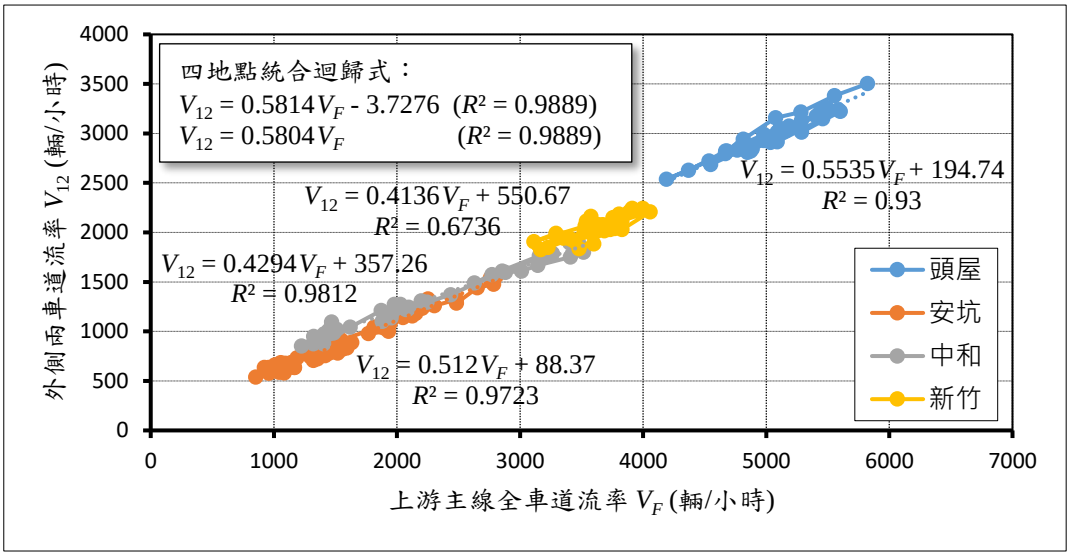


圖 5.2-7 各進口匝道匯流區 V_{12} 與 V_F 關係圖

表 5.2-2 匯流區段上游主線車道 1+2 尖峰流率估計模式表

交流道	主線車道數	匝道區車流	車道 1、2 流量分布模式	係數 R^2
頭屋	3 車道	穩定車流	$V_{12} = 0.5535\ V_F + 194.74$	0.930
		壅塞車流	$V_{12} = 0.6812\ V_F - 98.23$	0.948
安坑	3 車道	穩定車流	$V_{12} = 0.512\ V_F + 88.37$	0.972
		壅塞車流	$V_{12} = 0.5906\ V_F + 3.7513$	0.854
中和	3 車道	穩定車流	$V_{12} = 0.4294\ V_F + 357.26$	0.981
		壅塞車流	$V_{12} = 0.6734\ V_F - 212.7$	0.754
新竹	3 車道	穩定車流	$V_{12} = 0.4136\ V_F + 550.67$	0.674
		壅塞車流	$V_{12} = 0.6317\ V_F - 71.363$	0.973
綜合	3 車道	穩定車流	• $V_{12} = 0.5814\ V_F - 3.7276$	0.989
			• $V_{12} = 0.5804\ V_F$	0.989

註：V_{12} = 進入匝道區車道 1+2 流量分布（輛/小時）

V_F = 匝道區上游主線總流量（輛/小時）

2. 檢查點 D 車道 1+2 估計尖峰流率

等於“進入檢查點 B 之車道 1+2 估計尖峰流率＋進口匝道尖峰流率”。

3. 檢查點 D 各內車道平均尖峰流率

假設進入檢查點 B 與 D 之流率大致相等，則車道平均尖峰流率等於“上游主線尖峰總流率（檢查點 B）－主線車道 1+2 估計尖峰流率（檢查點 D）”除以 $(N - 2)$。

4. 檢查點 D 總尖峰流率

等於“進入檢查點 B 之總尖峰流率＋進口匝道尖峰流率”。

五、 流量檢核（檢查點 D）

若以下任一檢核項不滿足，則研判該匯流區段之車流會癱瘓，服務水準為 F 級；否則，進行服務水準評估。

1. 是否滿足“檢查點 D 車道 1+2 估計尖峰流率”≤“檢查點 D 車道 1+2 之最大流率”？
2. 是否滿足“檢查點 D 各內車道平均尖峰流率”≤“檢查點 D 車道 3（即內車道）之最大流率”？
3. 是否滿足“檢查點 D 總尖峰流率”≤“檢查點 D 全斷面最大總流率”？

六、 服務水準評估

1. 計算以上各流量檢核項之 v/c 值，以其中最大 v/c 值進行服務水準評估。
2. 本期暫採單評估指標 v/c，各等級 v/c 範圍參採 THCM 2011 準則，評估個別車道、組合車道、斷面全部車道之最大服務流率如表 5.2-3 所示。
3. 未採速差（平均速率與速限之差值）指標原因

(1) 無匯流區速率調查或登錄資料，以致未校估或發展本年期匯流區研究之流量－速率關係，故無法估計對應於某一匯流區流量之平均速率。

(2) THCM 2011 基本路段之流量－速率曲線不適用（該曲線最大流量較本年期匯流區研究平均最大流率調查值高），故無法查得平均速率。

表 5.2-3 高速公路進口匝道匯流區服務水準與最大服務流率準則表

（輛/小時）

服務水準	*v*/*c* 值	車道 1+2	內車道	全部車道
A	$v/c \leqq 0.35$	1,340	760	2,070
B	$0.35 < v/c \leqq 0.60$	2,300	1,300	3,540
C	$0.60 < v/c \leqq 0.85$	3,260	1,850	5,020
D	$0.85 < v/c \leqq 0.95$	3,650	2,060	5,610
E	$0.95 < v/c \leqq 1.00$	3,840	2,170	5,900

註：各等級最大服務流率值取至最近 10 輛/小時

本期研究與 THCM 2011 分析方法論重點對照如表 5.2-4。

表 5.2-4 進口匝道匯流區分析方法論重點對照表

分析方法論重點	臺灣 THCM 2011	本研究
◆ 檢核點/臨界點	• 加速車道起點起算 2/3 長度（主線流率扣除尚在加速車道之流率）	• 匝道區終點下游主線檢查點 D（加速車道終點下游約 50 公尺處）
◆ 服務水準等級	• THCM 2011	• 暫採 *v/c* 單一評估指標 • 將配合新版基本路段準則檢討
◆ 車道容量值	• 每車道 2,300 小車/小時	• 暫採匯流區臨界點（檢查點 D）個別車道容量值 • 將配合新版基本路段標準值檢討
◆ 大車與重車流量	• 採用獨立計算式估算車道分布流量	• 採 PCE 轉換小車當量值 • 將配合新版基本路段分析
◆ 重點車道分析	• 內側車道	• 檢查點 D 主線車道 1+2、內車道，以及全部車道
◆ 主線車道數	• 考慮	• 考慮
◆ 匝道流率	• 未考慮	• 經模式測試後未考慮
◆ 加速車道長度	• 未考慮	• 供檢查是否適用於本研究模式估計範圍 • 經模式測試後暫未考慮
◆ 上、下游匝道之型式或距離	• 未考慮	• 109 年度研究主題與內容

5.3 獨立出口匝道分流區分析方法

5.3.1 出口匝道分流區段範圍

高速公路出口匝道路段（off-ramp junction）包括主線分流區（diverge area）、出口匝道（off-ramp），以及匝道與平面道路或其他高、快速道路之銜接區域。臺灣高速公路最低速限為 90 公里/小時，但一般出口匝道速限僅 50 公里/小時，由主線進入匝道之車輛必須減速，故出口匝道上游主線常見設置 100~300 公尺減速車道，以分隔直行車輛與進入匝道之車輛。出口匝道通常僅布設一車道，但在車流較大地點（如圓山、臺北、楊梅交流道）則設有兩車道。

出口匝道容量分析至少應考慮匝道與高速公路主線分流區，以及匝道路段兩部分；本所於民國 85 年在國道一號桃園、內壢、新竹三處出口匝道區現場各蒐集約 0.5~1.0 小時交通資料，THCM 2011 即根據此有限資料對分流區車流特性做一初步描述與分析。本期研究在發展分析方法時，由出口匝道區幾何分類另篩選出國道三號樹林、大溪兩處匝道口，並以無人機定點空拍方式進行現調作業，以增加對分流區中、高流率與壅塞車流狀況之瞭解。

如圖 5.3-1，本研究將高速公路主線行車方向最外側車道由外而內劃分為車道 1 與車道 2（或依高速公路局通稱為外側車道、中外側車道），其餘主線各車道統稱為內車道，若主線僅布設兩車道，則車道 2 與內車道同，圖中臨界點為依據第四章臨界點分析結果所研訂之主要運行狀況檢核斷面（減速車道起點之主線約 80~100 公尺範圍），為蒐集分流區段車流資料、進行容量檢核，以及評估車道服務水準的建議位置。

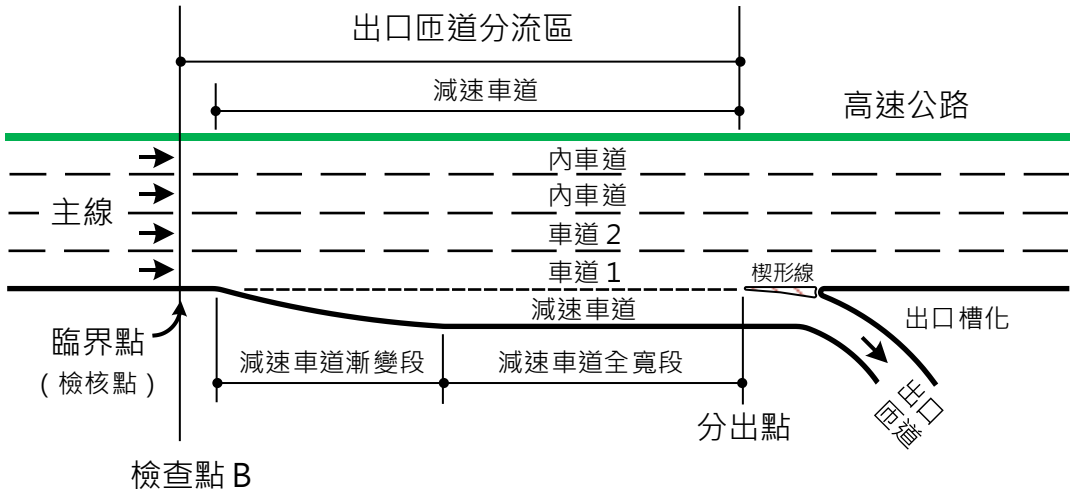


圖 5.3-1 出口匝道分流區段示意圖

5.3.2 出口匝道分流區分析程序

本節分析方法目前用於分流區之車流運行分析，運行分析（operational analysis）主要目的在評估設施之服務水準，其分析程序如圖 5.3-2，依序說明如下。

一、實質幾何資料

1. 基本狀況資料（引用 THCM 2011）

(1) 主線單向車道數 N（本期研究暫適用 $N = 4$）

(2) 車道寬為 3.65 公尺以上

(3) 左側路肩寬 1.0 公尺以上，右側路肩寬為 3.0 公尺以上

(4) 分流路段在平坦地區（坡度 ≤2%，坡長 ≤500 公尺）

基本狀況資料在檢視設施之幾何現況可滿足的程度，本期研究雖未探討目前設施在不符合基本狀況下對車流運行程度之影響，惟臺灣高速公路沿線視距，以及車道寬、側向淨寬斷面設計之一致性甚高，應大都滿足基本狀況資料。

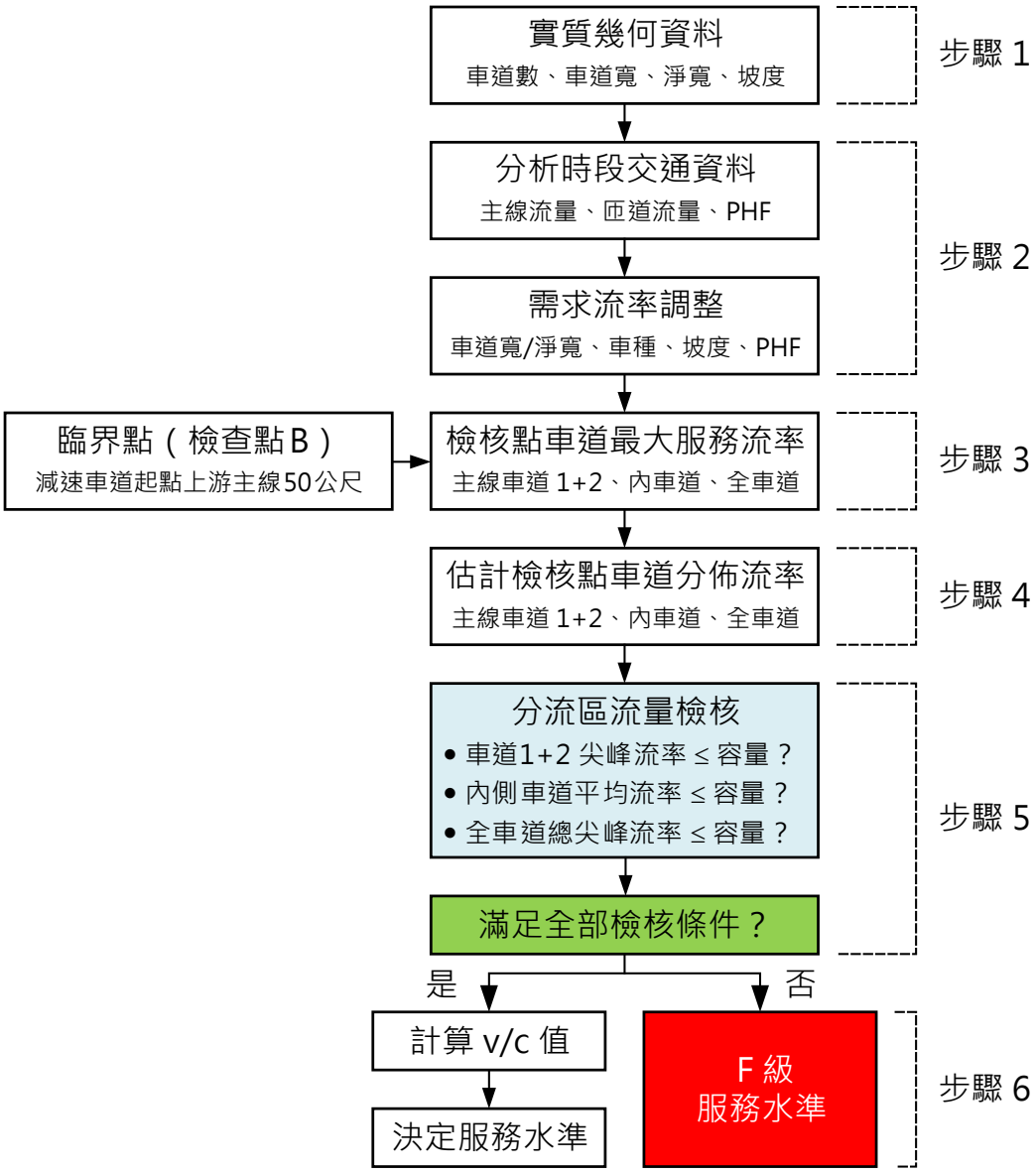


圖 5.3-2 獨立出口匝道分流區分析程序圖

本研究依據表 3.3-2 樹林、大溪兩調查點之大車比例都在 5% 以下，對車流運行幾無影響，故在後續分析各調查期間之依時流率型態、發展各調查地點之車道分布模式時，並未區分車種。惟當設施之大車比例較高且（或）在坡道路段時，可暫參酌 THCM 2011 第四章高速公路基本路段大車之小車當量 PCE 示範值（平坦路段 1.5、坡度路段 2.0）概算之。

2. 減速車道長度

減速車道長度為由減速車道起點至出口匝道槽化島楔形標線鼻端點之距離，本項資料在檢查減速車道長度是否在本期分流調查點長度範圍（約 200 公尺以下），若否，則應另分析。

二、 分析時段交通特性資料

1. 上游主線流量（預計會通過出口匝道分流區上游主線檢查點 B 之流量，本期未區分車種）、尖峰小時係數 PHF

2. 出口匝道流量（本期未區分車種）、尖峰小時係數 PHF

上游主線（或出口匝道）尖峰需求流率 V_F（或 V_{OFF}）可由主線（或出口匝道）尖峰小時流量 Q_F（或 Q_{OFF}）除以對應之尖峰小時係數 PHF_F（或 PHF_{OFF}）而得，若因其他實質幾何（如車道寬、淨寬、坡度等）、交通組成（如大車比例）近乎基本狀況而不考慮調整，則：

$$\text{主線尖峰需求流率 } V_F = \frac{Q_F}{PHF_F} \text{（輛/小時）}$$

$$\text{出口匝道尖峰需求流率 } V_{OFF} = \frac{Q_{OFF}}{PHF_{OFF}} \text{（輛/小時）}$$

三、 分流區車道容量

1. 臨界點位置：分流區起點（減速車道起點）上游主線檢查點 B（依據第四章 4.1.4 節分析），為分流區流量檢核、績效評估地點。

依據第四章 4.1.4 節分析，臨界點為分流區發生斷面最大流率的時段內，車流最早由穩定進入壅塞狀況的位置，本研究由兩處匝道口實證顯示臨界點大致位於分流區起點之主線上，即減速車道起點之主線約 80 ~ 100 公尺範圍之檢查點 B，此為分流區流量檢核、績效評估地點。

2. 臨界點車道容量：

界定臨界點各受檢核個別或組合車道之容量，主要包括：

(1) 檢查點 B 車道 1+2、平均內車道之最大流率（輛/小時）

(2) 檢查點 B 斷面全部車道最大總流率（輛/小時）

本研究調查過程中，恰逢大溪交流道出口在該調查日機動性路肩開放，以致現場車道流量資料不適合引入車道分布模式，但仍可在各檢查點蒐集車道依時流率分布、型態，以及最大流率等。樹林交流道出口調查日上午 07:10 主線流率 V_F 已屆 6,000 輛/小時（如圖 5.3-3），最高達 7,500 車/小時（A 時段），其後約 09:30 上游主線因發生交通事故，導致 09:40 後調查點流量大幅下降至約 4,500 輛/小時（B 時段）；10:10 上游事故排除，調查點流率上升至約 7,700 車/小時，但只維持約 10 分鐘後下降（C 時段）。因此樹林出口匝道區段觀測車道最大流率係由 A 與 C 兩時段取得。

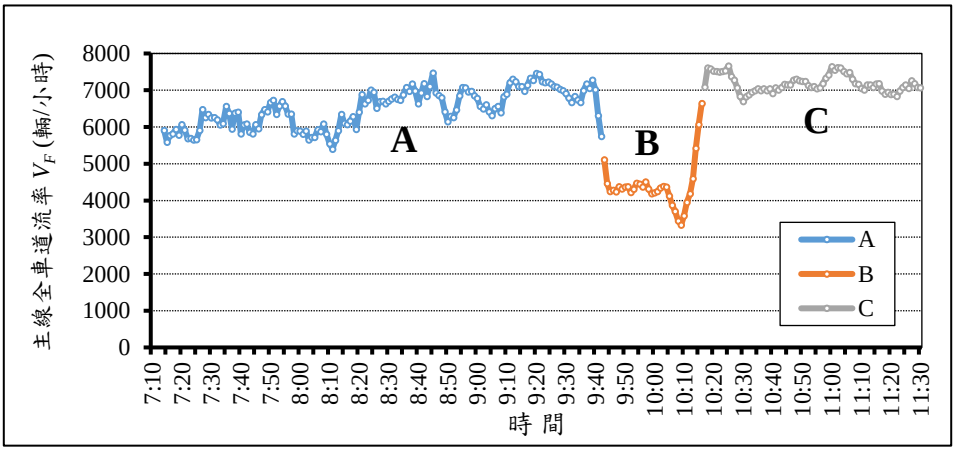


圖 5.3-3 樹林交流道出口匝道區依時流率分布圖（現調資料）

表 5.3-1 為大溪、樹林兩出口匝道分流區臨界點（主線檢查點 B）每一車道發生壅塞前最大 5 分鐘流率放大之小時流量統計，由於各車道發生最大流率（容量）時間不一，故表中車道 1+2（即車道 1、2 合計）、全車道（即車道 1、2、3 合計）之容量並非個別車道容量和；本程序建議採表中綜合兩交流道之平均容量值，但因表中僅含兩處調查點，且各具不同車道數，最大流率值代表性不足，有待未來現場相關研究進一步取樣補充。

表 5.3-1 分流區臨界點個別或組合車道容量參考表

（單位：輛/小時）

交流道	車道 1	車道 2	車道 1+2	內車道平均	全部車道
樹林（四車道）	1,938	2,112	3,960	2,178	7,670
大溪（三車道）	1,940	2,110	3,960	2,180	6,770
平均值	1,940	2,110	3,960	2,180	—

註：(1) 全部車道容量值取至最近 10 輛/小時

(2) 綜合各交流道之平均容量值取至最近 10 輛/小時

四、 分流區車道分布（依據第四章 4.2.3 節、表 4.2-3）

1. 進入分流區段上游主線（檢查點 B）車道 1+2 尖峰流率分布估計模式

如前述，樹林交流道出口適合車道分布模式分析之車流資料為事故發生前之 07:10 ~ 09:40（A 時段），流量範圍為 5,500 ~ 7,500 輛/小時，因考量資料涵蓋範圍過窄，代表性不足，故另以樹林交流道分流區上游 VD(nfbVD-N3-S-44.995-M-LOOP)與樹林交流道出口匝道 VD（nfbVD-N3-S-46-O-NW-1-樹林）兩組車流資料進行補充分析。

分析 VD 資料之日期與調查日相同（2019/05/11），分流區上游之 VD 資料所呈現之流率時間序列圖如圖 5.3-4 所示。本研究採用分析時間範圍為 03:00～09:15，其全部車道流率範圍為 1,000～7,500 輛/小時，涵蓋範圍較實際現場調查資料充足。

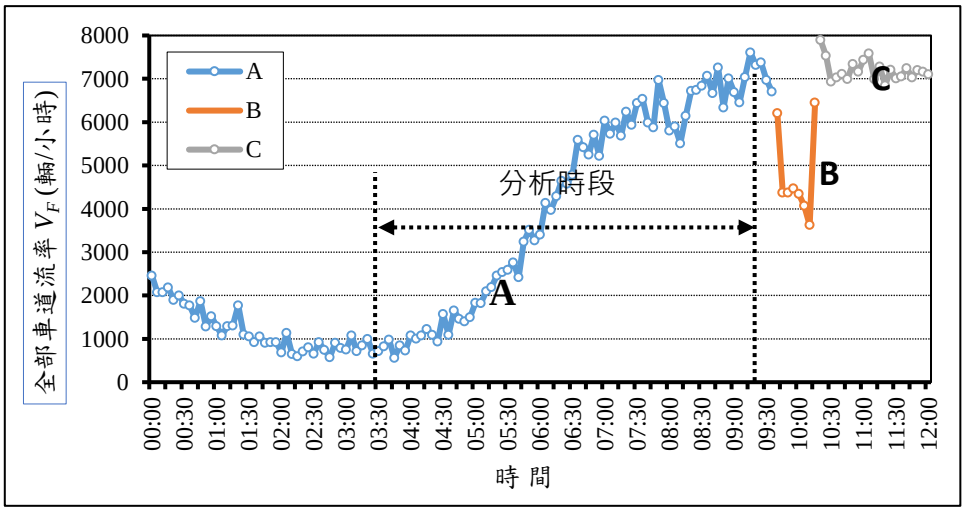


圖 5.3-4 樹林交流道出口匝道區依時流率分布圖（VD 資料）

在出口匝道分流區車道流量分析模式上，本研究分別由調查地點上游主線檢查點 A 斷面總流量、檢查點 B 車道 1+2 流量，以及出口匝道流量，校估臨界點（檢查點 B）上游主線總流量使用匝道區車道 1+2 之比例，進而估算使用車道 1+2 之流量。

$$(V_{12} - V_{OFF}) = (V_F - V_{OFF})\, P_{FD}$$

$$即 \quad V_{12} = V_{OFF} + (V_F - V_{OFF})\, P_{FD}$$

其中 V_{12} 進入分流區主線最右側兩車道（車道 1+2）之估計尖峰流量（輛/時）

V_F 分流區上游主線尖峰總流量（輛/時）

V_{OFF}出口匝道尖峰流量（輛/時）

P_{FD} 進入分流區上游主線車道 1+2 流量佔主線尖峰總流量之比例

根據上游主線總流量使用車道 1、2 之流量比例 P_{FD} 定義，圖 5.3-5 為上游主線總流量與上游主線總流量使用車道 1、2 流量比例之散佈關係圖；由於大溪出口匝道區（主線單向 3 車道）調查日開放路肩，故未納入分析，故由樹林出口匝道區（主線單向 4 車道）可能模式之校估結果如下：

(1) $P_{FD} = 0.4819 - 0.0000244\, V_F + 0.0000787\, V_{OFF}$

($t = 61.68$) ($t = -7.16$) ($t = 1.81$)

(2) $P_{FD} = 0.4814 - 0.0000191\, V_F$

($t = 60.73$) ($t = -10.85$)

(3) $P_{FD} = 0.4081$

($t = 61.56$)

上列可能關係式顯示出口匝道流量 V_{OFF} 對上游主線總流量使用車道 1、2 流量比例之影響並不顯著（t 值），而上游主線總流量 V_F 對上游主線總流量使用車道 1、2 流量之比例 P_{FD} 則有顯著影響，本期研究針對主線單向 4 車道之出口匝道分流區暫採關係式 (2) $P_{FD} = 0.4814 - 0.0000191\, V_F$。

值得注意的是上式 P_{FD} 與 V_F 呈負向關係，因取樣限制，模式參數

值未來可能須進一步取樣校估進行確認。

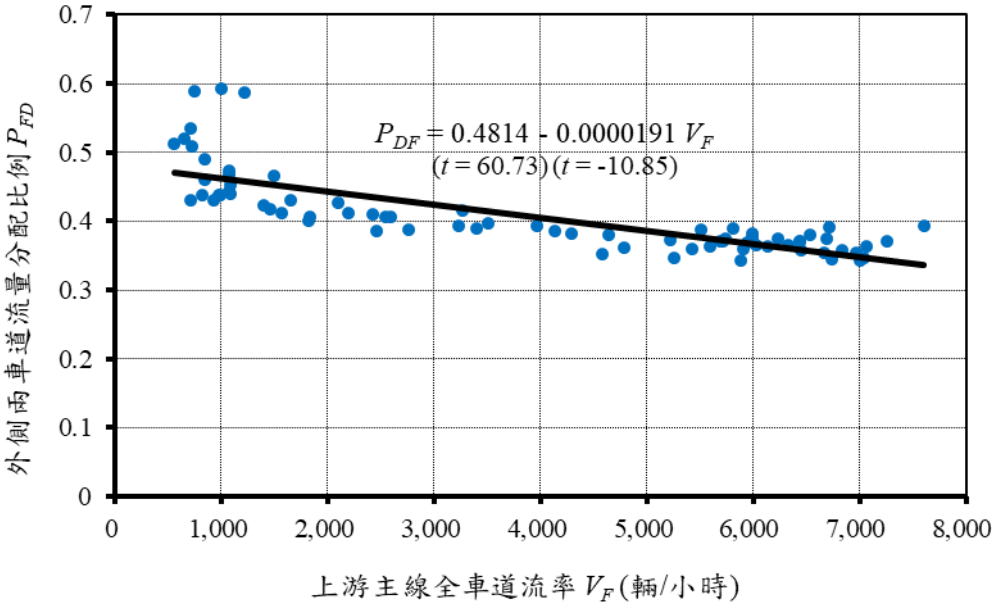


圖 5.3-5 樹林交流道出口匝道 P_{FD} 與 V_F 關係散佈圖

2. 檢查點 B 各內車道平均尖峰流率

等於“預計通過檢查點 B 主線尖峰總流率－檢查點 B 車道 1+2 估計尖峰流率”除以 (N - 2)。

3. 檢查點 B 全部車道總尖峰流率

等於“預計通過檢查點 B 之總尖峰流率”。

五、 流量檢核（檢查點 B）

若以下任一檢核項不滿足，則匯流區車流可能癱瘓，服務水準為 F 級；否則，進行服務水準評估。

1. 是否滿足“檢查點 B 車道 1+2 估計尖峰流率”≤“檢查點 B 車道 1+2 之最大流率”？
2. 是否滿足“檢查點 B 各內車道平均尖峰流率”≤“檢查點 B 內車道平均最大流率”？
3. 是否滿足“檢查點 B 總尖峰流率”≤“檢查點 B 斷面最大總流率”？

六、 服務水準評估

1. 計算以上各流量檢核項之 v/c 值，以其中最大 v/c 值進行服務水準評估。
2. 本期暫採單評估指標 v/c，各等級 v/c 範圍參採 THCM 2011 準則，評估個別車道、組合車道、斷面全部車道之最大服務流率如表 5.3-2 所示。
3. 未採速差（平均速率與速限之差值）指標原因與匯流區程序同。

表 5.3-2 高速公路出口匝道分流區服務水準與最大服務流率準則表

（輛/小時）

服務水準	*v/c* 值	車道 1+2	內車道	全部車道
A	$v/c \leqq 0.35$	1,390	760	2,690
B	$0.35 < v/c \leqq 0.60$	2,380	1,310	4,600
C	$0.60 < v/c \leqq 0.85$	3,370	1,850	6,520
D	$0.85 < v/c \leqq 0.95$	3,760	2,070	7,290
E	$0.95 < v/c \leqq 1.00$	3,960	2,180	7,670 (2)

註：(1) 各等級最大服務流率值取至最近 10 輛/小時

(2) 全部車道最大服務流率取樣自樹林出口匝道區（四車道主線）

本期研究與臺灣 THCM 2011 分析方法論重點對照如表 5.3-H，主要差別為檢核分析之車道與匝道流率兩部分，前者在 THCM 2011 僅針對車道 1、外側車道分析，本研究則對外側車道（車道 1+2）、內車道，以及路段斷面全車道進行分析；後者在 THCM 2011 認為車道 1 流率會受減速車道流率影響，而本研究分析顯示出口匝道流量之影響並不顯著（受限於取樣地點數，結論有待進一步確認），故未納入模式中，其他有關服務水準等級準則、容量值、大車與重車比例等，本研究雖已有初步研究值和準則，仍有待配合新版高速公路基本路段分析規範一併檢討。

表 5.3-3 出口匝道分流區分析方法論重點對照表

分析方法論重點	臺灣 THCM 2011	本研究
◆ 檢核點/臨界點	● 分流點上游 50 公尺	● 減速車道起點上游主線約 50 公尺處
◆ 服務水準等級	● THCM 2011	● 暫採 *v/c* 單一指標 ● 將配合新版基本路段準則檢討
◆ 車道容量值	● 車道 1：1,650 小車/時 ● 車道 2：2,000 小車/時 ● 內側車道：2,300 小車/時	● 暫採分流區臨界點（檢查點 B）車道容量值 ● 將配合新版基本路段標準值檢討
◆ 大車與重車流量	● 採用獨立計算式估算車道分布流量	● 採 PCE 轉換小車當量值 ● 將配合新版基本路段分析
◆ 重點車道分析	● 車道 1、內側車道	● 檢查點 B 主線車道 1+2、內車道、全部車道
◆ 主線車道數	● 考慮	● 考慮
◆ 主線、匝道流率	● 車道 1 流率 V_1 受減速車道流率影響	● 主線 3 車道： 目前無資料 ● 主線 4 車道： 經測試主線流率顯著，匝道流率不顯著
◆ 上、下游匝道之型式或距離	● 未考慮	● 109 年度研究主題與內容

第六章 結論與建議

本所前於民國 79 年出版之「臺灣地區公路容量手冊」分析方法主要引用美國 Transportation Research Board（TRB）1985 年之公路容量手冊，提供規劃、設計及評估公路容量及服務水準之參考，其中關於進出口匝道路段的分析方法是基於有限之現場資料研訂，已無法滿足目前的分析需求。因此，本所於 108 年開始進行為期 3 年的研究工作，以發展高快速公路進出口匝道的分析方式。本計畫為此研究之第 1 年期工作，分析對象為獨立進出口分匯流區，此類型之分匯流區運作不受上下游匝道之影響，可先釐清影響車流之幾何型態關鍵因素。

綜合研究過程中的發現，本計畫提出結論及建議未來的發展方向說明如下：

6.1 結論

1. 運用無人機空中拍攝可清楚觀察高速公路 500-700 公尺之有效範圍，且拍攝連續約 4 小時的影片，相較傳統之路側攝影是更有效率的調查方式。且透過無人機拍攝可解決過往偵測器無法觀察的問題，例如分匯流區車道變換的情形、實際的密度資料，此為無人機拍攝的主要優勢，雖無法同偵測器一樣記錄 24 小時的資料，惟續航力部分應會隨著科技的進步而解決。
2. 完成六個地點的現場調查，包括四個進口匝道（國一頭屋交流道北上、國三安坑交流道南下、國三中和交流道北上、國一新竹交流道北上(95A)）及兩個出口匝道（國三樹林交流道南下、國三大溪交流道北上），並由影片中整理出車流特性資料，包括車流量、車流密度、車道變換等。
3. 完成車流特性分析，包括調查地點的車道使用、各車道的流率-密度關係、分匯流區的影響區、臨界點等。以進口匝道匯流區為例，車流由不壅塞進入壅塞的臨界車流密度約在 25~30 輛/公里；進口匝道匯入至主線的位置，主要集中於(i)加速車道開始位置及(ii)加速車道結束位置。此外，進口匝道車流匯入對於主線 1、2 車道影響較大，內側車道之車流幾乎不受影響。

4. 臨界點的界定目的是為確認壅塞之關鍵位置，目前無有效的方式觀察影響區內各區段的速率變化，因此採用匯流區下游斷面流率之最大值做為臨界點發生之時機，再找出當下各區段的臨界車流密度之發生位置做為臨界點。根據四個進口匝道的調查資料顯示，在加速車道較長的匯流區，臨界點發生於匯流區末端；在加速車道較短的匯流區，整個匯流區範圍內於短時間進入車流密度高的狀態，而非一個特定的斷面地點。建議日後調查可在匯流區末端位置進行資料蒐集即可。

5. 回顧各國公路容量手冊的發展歷程，並針對美、德、我國進出口匝道分匯流區容量分析方法，詳細探討並進行比較及案例分析。依據現場調查車流特性分析結果，進口匝道車流匯入對於主線 1、2 車道影響較大，而美國公路容量手冊亦以主線 1、2 車道為分析對象，爰以美國之分析方法為基礎，並以國內車流特性調校模式參數。

6. 完成獨立進口匝道匯流區分析方法，提出了共 6 個步驟的分析程序。車道流率分布之分析方法，是採用 4 個現場調查地點所蒐集到的資料進行模式校估，提出了主線 3 車道的車道 1、2 流率分布模式，當中發現加速車道長度、匝道流率兩個因素不顯著，經模式測試後暫未考慮。

7. 完成獨立出口匝道匯流區分析方法，提出了共 6 個步驟的分析程序。車道流率分布之分析方法，因現場調查資料不足所限制，採用偵測器資料進行模式校估，提出了主線 4 車道的車道 1、2 流率分布模式，經模式測試後發現主線上游之流率為顯著變數，匝道流率不顯著。

8. 運用深度學習之影像辨識技術，能分析無人機的空拍影像，萃取車流軌跡，再經過計算後產生衍生資料，包括車流率、車流速率、車流密度、變換車道位置及頻次等車流特性。而其所產製之速率時空圖、密度時空圖，無法透過傳統的路側攝影機及人工資料整理方式取得，對於容量分析有重大的意義。

6.2 建議

1. 無人機的技術持續發展中，建議本研究未來仍採用無人機空拍拍攝做為現場調查的方式。

2. 未來上下游影響之進出口分匯流區之研究工作，建議可採用兩組無人機同時拍攝上游匝道及下游匝道，觀察上下游車流之相互影響。

3. 持續發展影像辨識技術進行自動化的車流資料整理，以利未來可部分或全部取代人工資料整理。目前使用人工方式分析空中拍攝影片，能有效地量測車流密度，但無法精確地量測速率。未來可使用影像辨識技術處理車流軌跡，取得速率資料。

4. 交通壅塞前的最大流率具有隨機性，因此現場調查只能反映調查日當天的車流情況，其主要功能是蒐集偵測器無法觀察的車流特性。因調查成本及觀測時間長度之限制，仍需採用 VD 資料去建立容量分析的方法。而 VD 偵測器的適用性需經過檢核，未來或許可透過現場調查確認 VD 偵測器的準確度。

5. 匝道出口分流區的分析方法是針對出口車流減速而影響主線的績效，然而我國高速公路出口分流區壅塞的主要成因，大多是出口平面道路容量不足導致匝道車流回堵，不符合目前出口分流區容量分析章節的應用情境。建議未來可針對下游回堵的情況，另訂議題探討。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所 (2018)，「高速公路匝道分匯流區車流特性調查之先期規劃」成果報告，民國 107 年 11 月。
2. 交通部運輸研究所 (1990)，「臺灣地區公路容量手冊」，79-27-160，民國 79 年 10 月。
3. 交通部運輸研究所 (2001)，「2001 年台灣地區公路容量手冊」，90-16-1183，民國 90 年 3 月
4. 交通部運輸研究所 (2011)，「2011 年臺灣公路容量手冊」，100-132-1299，民國 100 年 10 月。
5. TRB (1985) *Highway Capacity Manual* (*HCM 1985*), Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
6. TRB (1994) *Highway Capacity Manual* (*HCM 1994*), Special Report 209 (Revised in 1994), Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.
7. TRB (2000) *Highway Capacity Manual* (*HCM 2000*), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
8. TRB (2010) *Highway Capacity Manual* (*HCM 2010*), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
9. TRB (2016) *Highway Capacity Manual* (*HCM 2016*), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
10. McShane, W. and Roess, R. (1990) *Traffic Engineering*, 1st Edition, Pretice Hall.
11. McShane, W., Roess, R., and Prassas, S. (2008) *Traffic Engineering*, 4th Edition, Pearson, Pretice Hall.
12. McShane, W., Roess, R., and Prassas, S. (2016) *Traffic Engineering*, 5th Edition, Pearson, Pretice Hall.
13. Wu, N. (1999) *Capacity of shared-short lanes at unsignalized intersections*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33(3-4), 255-274.
14. Wu, N., and Lemke, K. (2011) *A new Model for Level of Service of Freeway Merge, Diverge, and Weaving Segments*. Procedia Social and Behavioral Sciences, 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service. Volume 16, Elsevier, Stockholm, Sweden, June 28 – July 1.

15. Wu, N (2016) *New features in the 2015 German Highway Capacity Manual* (*HBS 2015*). World Conference on Transport research (WCTR), July 10-15, Shanghai, China.

16. Wu, N., and Lemke, K. (2016) *The new procedures for diverge, merge, and small weaving segments in the new version of German Highway Capacity Manual* (*HBS 2015*) *Transportation Research Procedia, International Symposium on Enhancing Highway Performance*, Berlin, Germany.

17. Heikoop, Henk and Henkens, Niels. (2016) *Recent Developments and History of the Dutch HCM*. Transportation Research Procedia, International Symposium on Enhancing Highway Performance (ISEHP), June 14-16, Berlin, Germany.

18. Lemke, K. (2016) *The New German Highway Capacity Manual* (*HBS 2015*). Transportation Research Procedia, International Symposium on Enhancing Highway Performance (ISEHP), June 14-16, Berlin, Germany.

19. Bergh, T., Nordqvist, K., Strömgren, P., Davidsson, F., Bång, K.L. and Carlsson, A. (2016) *Capacity issues in Sweden - applications and research*, Transportation Research Procedia, International Symposium on Enhancing Highway Performance (ISEHP), vol 15, p.36-50, June 14-16, 2016, Berlin, Germany.

20. Highway Planning Unit (2006) *Highway Capacity Manual*. Highway Planning Unit, Ministry of Works Malaysia, Malaysia.

21. Highway Planning Unit (2011) *Highway Capacity Manual 2011*. Highway Planning Unit, Ministry of Works Malaysia, Malaysia.

22. Elefteriadou, L. (2014) *An Introduction to Traffic Flow Theory*. Springer.

23. Elefteriadou, L. and Lertworawanich, P. (2003) *Defining, measuring and estimating freeway capacity*. Transportation Research Board Meeting, Washington, D.C.

24. Elefteriadou, L., Kondyli A., Brilon, W., Jacobson, L., Hall., F. and Persaud, B. (2009) *Proactive ramp management under the threat of freeway-flow breakdown*, NCHRP 3-87. Transportation Research Board, Washingtoon, D.C.

25. Dehman, A. and Drakopoulos, A. (2016) *Revisiting merge-influence area empirically: operations inside recurrent freeway bottlenecks*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2553, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2016, pp. 52–62. DOI: 10.3141/2553-06.

26. Roess, P. and Prassas, S. (2014) *The Highway Capacity Manual: A Conceptual and Research History Volume 1: Uninterrupted Flow*, Springer Tracts on Transportation and Traffic.

附錄A

美國公路容量手冊
重要模式變數定義表

附錄 A　美國公路容量手冊重要模式變數定義表

變數名稱	定 義
v_f	上游主線流量 (veh/hr)
v_r	主要匝道流量 (veh/hr)
v_u	上游匝道流量 (veh/hr)
v_d	下游匝道流量 (veh/hr)
v_1	主線最外側車道（車道 1）流量 (pc/hr)
v_{12}	主線最外側兩車道（車道 1、2）流量 (pc/hr)
v_{R12}	進入併流影響區之總需求流率 (pc/hr)
v_{1+a}	具雙車道匝道之主線最外側車道（車道 1）流量 (pc/hr)
v_c	主分流點之分出流量分佈 v_c（單向三車道之第一主線，由分流點轉至單向二車道、含二車道匝道之第二主線）
v_{FO}	主線車流通過匝道影響區後之總流量
v_{oa}	匝道影響區外平均每車道流率 (pc/hr)
D_u	與上游匝道距離 (ft)
D_d	與下游匝道距離 (ft)
v_a	雙線主要匝道左線道流量 (veh/hr)
v_b	雙線主要匝道右線道流量 (veh/hr)
L_a (L_A)	加速車道長度 (ft)
L_a (L_D)	減速車道長度 (ft)
PHF	尖峰小時係數
f_{HV}	大貨車/型重車調整因素
f_w	車道寬/測向淨寬調整因素
f_P	主要駕駛人類型調整因素
FFS	主線自由流速率 (mi/hr)
$RFFS$	主要匝道自由車流速率 (mi/hr)
SAF	速度調整因素
S_R	匝道影響區內所有車道之空間平均速率 (mi/hr)
S_o	匝道影響區外所有車道之空間平均速率 (mi/hr)
S_{FR}	匝道自由車流速率 (mi/hr)
P_{FM}	上游主線車道 1、2 流量占主線總流量之比例
P_{FD}	上游主線總流量使用車道 1、2 之比例
D_R	匝道影響區平均密度 (pc/mi/ln)
M_s	匝道匯流區速率比例因素
D_s	匝道分流區速率比例因素
N_o	匝道影響區外車道數

附錄B

符合幾何型態條件之調查地點候選清單

附錄 B　符合幾何型態條件之調查地點候選清單

先期計畫已運用 Google 地圖街景服務與交通部高速公路局之匝道里程資訊，整理國道一號與國道三號中每一個進出口匝道之匝道口鼻端標線尖端為參考點，訂定為各匝道之里程位置。後續再透過各匝道之里程位置，計算加速車道長度、上游、下游匝道距離等等資訊，做為分類依據。幾何形態資訊之檢核時間為 2018 年 11 月。

本期研究以獨立進出口匝道為研究對象，先根據幾何形態條件篩選出所有符合的進出口匝道對象，再考慮是否有壅塞現象，並排除下游回堵、無人機限禁航區等不利條件，但因最終符合調查條件之地點不足，將匝道上下游 1,000 公尺範圍內無其他匝道之限制放寬至 800 公尺。經篩選之進出口匝道統整如下表 B-1~表 B-8 所示，其中表格中灰底部分為本次研究調查之地點。

表 B-1 國道一號南下-獨立進口匝道

交流道名稱	里程	主線車道數	加減速車道數	匝道車道數	開放路肩	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	加速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞				是否下游回堵	符合調查條件	備註
											平日上午	平日下午	週六	週日			
八堵交流道	2	2	1	1	有	100	否	340	1310	2780	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
桃園交流道	49	4	2	2	有	100	否	650	1420	1760	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
平鎮系統交流道	65	3	1	1	無	100	否	350	1120	1390	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
湖口交流道	83	3	1	1	無	100	是	430	970	1990	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
新竹交流道	95A	3	1	2	無	100	否	1100	870	1440	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
新竹交流道	95B	3	1	1	無	100	否	560	1440	2080	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
頭份交流道	110	3	1	1	有	100	否	290	990	14470	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
銅鑼交流道	140	4	1	1	無	100	否	210	1340	8990	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
三義交流道	150	4	1	1	無	100	否	430	810	8180	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
后里交流道	160	3	1	1	無	110	否	250	1150	3890	X	X	O	O	下游匝道回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
大雅交流道	174	3	1	1	有	110	是	300	1100	3500	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
台中交流道	178	3	1	1	無	110	是	250	830	1900	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
彰化交流道	198	3	1	1	無	110	否	430	1250	8020	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
員林交流道	211	3	1	1	無	110	否	250	1140	8010	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
北斗交流道	220	3	1	1	無	110	否	220	1300	8310	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
西螺交流道	230	3	1	1	無	110	否	200	2260	3880	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
虎尾交流道	235	3	1	1	無	110	否	470	1060	3930	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
雲林系統交流道	243	3	1	1	無	110	否	1790	1440	5320	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
大林交流道	250	3	1	1	無	110	是	300	860	5870	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
民雄交流道	257	3	1	1	無	110	否	220	1230	5720	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
嘉義交流道	264	3	1	2	無	110	是	330	1400	5060	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
嘉義系統交流道	272	3	1	2	無	110	是	310	1330	10050	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
新營服務區	284	3	1	1	無	110	否	420	930	3160	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
新營交流道	288	3	1	2	無	110	否	310	1420	9910	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
下營系統交流道	299	3	1	2	無	110	否	350	1210	2910	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
麻豆交流道	303	3	1	1	無	110	否	280	1250	6070	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
安定交流道	311	3	1	1	無	110	否	380	1140	3210	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
永康交流道	319	3	1	1	無	110	是	400	820	3700	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
台南交流道	327	3	1	1	無	110	是	220	1550	2150	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
仁德系統交流道	330	3	1	1	無	110	是	300	1100	3560	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
高科交流道	342	3	1	1	無	110	是	280	1550	5860	X	X	O	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
岡山交流道	349	3	1	1	有	110	否	490	840	5000	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-2 國道一號北上-獨立進口匝道

交流道名稱	里程	主線車道數	加減速車道數	匝道車道數	開放路肩	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	加速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞				是否下游回堵	符合調查條件	備註
											平日上午	平日下午	週六	週日			
五甲交流道	371	3	1	2	無	80	是	120	950	1750	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
五甲系統交流道	370	3	1	2	無	100	是	230	1750	1420	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
鼎金系統交流道	362	4	1	1	無	100	是	270	2200	3740	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
楠梓交流道	356	3	1	2	有	110	否	1700	3220	4630	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
岡山交流道	349	3	1	1	無	110	否	350	950	5930	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
高科交流道	342	3	1	1	無	110	是	370	1320	2850	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
路竹交流道	338	3	1	1	無	110	是	350	1070	2100	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
仁德服務區	335	3	1	1	無	110	是	360	960	3450	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
仁德系統交流道	330	3	1	1	無	110	是	350	1240	2120	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
台南交流道	327	3	1	1	無	110	是	430	1470	1960	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
大灣交流道	324	3	1	1	無	110	是	210	1960	3880	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
永康交流道	319	3	1	1	無	110	是	290	860	2920	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
台南系統交流道	315	3	1	1	無	110	是	210	1350	3100	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
安定交流道	311	3	1	1	無	110	否	260	1230	6490	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
下營系統交流道	299	3	1	1	無	110	否	310	1210	9770	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新營交流道	288	3	1	2	無	110	否	300	1490	3080	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
嘉義系統交流道	272	3	1	2	無	110	是	460	1300	1460	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
嘉義交流道	264	3	1	2	無	110	是	250	1390	5720	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
民雄交流道	257	3	1	1	無	110	是	230	1210	5820	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
大林交流道	250	3	1	1	無	110	否	250	890	5490	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
雲林系統交流道	243	3	1	1	無	110	否	1980	1410	1970	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
斗南交流道	240	3	1	1	無	110	否	410	950	3810	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
虎尾交流道	235	3	1	1	無	110	否	480	1080	3960	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
北斗交流道	220	3	1	1	無	110	否	840	1360	7100	X	X	X	O	下游主線回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
員林交流道	211	3	1	1	無	110	否	530	2020	2030	X	X	X	O	下游主線回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
埔鹽系統交流道	207	3	1	2	有	110	否	2460	1510	7790	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
彰化交流道	198	3	2	2	無	110	否	4410	1300	4410	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
彰化系統交流道	192	3	1	1	無	110	否	310	1210	1830	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
台中交流道	178	3	2	2	無	110	是	310	950	4310	X	X	O	X	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
台中系統交流道	165	3	2	2	無	110	否	700	1360	3960	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
泰安服務區	159	3	1	1	無	110	否	290	1480	8050	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
銅鑼交流道	140	3	1	1	無	100	否	130	2320	6030	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
頭屋交流道	125	3	1	1	無	100	否	200	1050	14250	X	X	X	O(母親節)	-	△	經過檢核發現歷年母親節有自然性壅塞，故可於母親節該日調查
頭份交流道	110	3	1	1	有	100	否	220	920	10100	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新竹交流道	95A	3	1	1	有	100	否	430	2120	2040	X	O	O	O	非下游回堵	O	週六上午無路肩開放且有自然性壅塞，適合調查
湖口服務區	86	4	1	1	無	100	是	385	830	1380	X	X	X	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
湖口交流道	83	3	1	1	無	100	是	390	1130	12810	X	X	X	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
幼獅交流道	67	3	1	1	無	100	否	200	850	1500	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
平鎮系統交流道	65	3	1	1	無	100	否	200	1210	1670	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
桃園交流道	49	4	2	2	無	100	否	1420	1020	5770	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-3 國道三號南下-獨立進口匝道

交流道名稱	里程	主線車道數	加減速車道數	匝道車道數	開放路肩	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	加速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞				是否下游回堵	符合調查條件	備註
											平日上午	平日下午	週六	週日			
瑪東系統交流道	2	3	1	1	無	90	否	130	1160	7200	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
汐止系統交流道	10	2	2	2	無	90	是	170	1150	1000	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
安坑交流道	31	3	2	2	無	90	否	650	1150	3730	O	O	O	O	非下游回堵	△	加速車道為兩車道，幾何型態較不單純，列為候補對象
土城交流道	42	4	2	2	無	110	否	880	1010	3020	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
龍潭交流道	68	3	1	1	無	110	否	240	860	7160	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
關西服務區	76	3	1	1	無	110	否	200	1220	1640	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
新竹系統交流道	100	3	2	2	無	110	否	1000	1120	2060	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
茄苳交流道	103	3	1	1	無	110	是	250	1010	4520	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
香山交流道	109	3	1	1	無	110	是	1670	1740	4550	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
竹南交流道	119	3	2	2	無	110	否	800	830	4670	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
大山交流道	124	4	1	1	無	110	否	230	960	4490	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
後龍交流道	130	3	2	2	無	110	否	2500	1140	3640	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
西湖服務區	134	3	1	1	無	110	否	380	1570	7740	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
通霄交流道	144	3	1	1	無	110	否	270	1320	11240	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
苑裡交流道	156	3	1	1	無	110	是	240	1070	6380	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
大甲交流道	164	3	1	1	無	110	是	260	1110	3350	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
中港系統交流道	169	3	1	1	無	110	是	370	1310	2480	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
沙鹿交流道	176	4	1	1	無	110	是	610	1140	5490	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
和美交流道	191	3	1	1	無	110	否	180	1530	3830	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
彰化系統交流道	196	3	2	2	無	110	否	820	1140	3610	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
快官交流道	202	3	1	1	無	110	否	240	2070	3740	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
霧峰系統交流道	214	4	1	1	無	110	否	360	830	1960	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
草屯交流道	217	4	1	1	無	110	否	530	860	4900	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
中興交流道	224	3	1	1	無	110	否	390	1300	1890	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
南投交流道	228	3	1	1	無	110	否	160	1770	1990	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
南投服務區	231	3	1	1	無	110	否	280	860	4940	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
名間交流道	237	4	1	1	無	110	否	200	970	4710	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹山交流道	243	3	1	1	無	110	否	370	1290	5950	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
南雲交流道	250	3	1	1	無	110	否	310	900	9130	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
斗六交流道	260	3	1	1	無	110	否	200	1320	6600	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
古坑系統交流道	269	3	1	1	無	110	否	280	1900	2230	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
古坑交流道	271	3	1	1	無	110	否	260	2230	4890	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
梅山交流道	279	3	1	1	無	110	否	240	1150	8360	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹崎交流道	290	3	1	1	無	110	否	260	3360	5180	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
中埔交流道	297	3	1	1	無	110	否	250	1220	2170	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
柳營交流道	322	3	1	1	無	110	否	410	900	6350	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
烏山頭交流道	329	3	1	1	無	110	否	260	990	4020	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
官田系統交流道	334	3	1	1	無	110	否	240	1350	4180	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
善化交流道	340	3	1	1	無	110	否	380	870	5730	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
新化系統交流道	346	3	1	1	無	110	否	320	1140	2940	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
關廟服務區	363	3	1	1	無	110	否	290	940	4850	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
長治交流道	400	2	1	1	無	110	是	240	1680	5220	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
麟洛交流道	407	2	1	1	無	110	是	280	2380	5980	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
竹田系統交流道	415	2	1	1	無	110	否	400	1210	5450	X	X	X	X	－	X	無重現性壅塞，不適合調查
南州交流道	424	2	1	1	無	110	是	350	1000	4850	X	X	X	X	－	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查

表 B-4 國道三號北上-獨立進口匝道

交流道名稱	里程	主線車道數	加減速車道數	匝道車道數	開放路肩	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	加速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞				是否下游回堵	符合調查條件	備註
											平日上午	平日下午	週六	週日			
南州交流道	424	2	1	1	無	110	是	390	1160	2730	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
崁頂交流道	421	2	1	1	無	110	否	190	2730	5870	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
麟洛交流道	407	2	1	1	無	110	是	280	2390	5020	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
長治交流道	400	2	1	1	無	110	是	260	1730	7950	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
新化系統交流道	346	3	1	1	無	110	否	370	1300	5860	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
善化交流道	340	3	1	1	無	110	否	270	1030	4070	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
官田系統交流道	334	3	1	1	無	110	否	250	1250	3940	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
烏山頭交流道	329	3	1	1	無	110	否	170	1080	5250	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
柳營交流道	322	3	1	1	無	110	否	570	1940	2060	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
白河交流道	311	3	1	1	無	110	是	210	940	10400	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
水上系統交流道	300	3	1	1	無	110	否	230	860	2060	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
中埔交流道	297	3	1	1	無	110	否	250	860	5180	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹崎交流道	290	3	1	1	無	110	否	240	3430	8550	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
古坑交流道	271	3	1	1	無	110	否	180	1950	6720	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
斗六交流道	260	3	1	1	無	110	否	260	1180	9220	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
南雲交流道	250	3	1	1	無	110	否	290	960	5620	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
南投服務區	231	3	1	1	無	110	否	210	810	2650	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
南投交流道	228	3	1	1	無	110	否	370	830	2560	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
霧峰交流道	211	3	1	1	無	110	否	350	1170	1000	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
烏日交流道	207	3	1	1	無	110	否	200	970	3560	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
快官交流道	202	3	1	2	無	110	否	730	2040	3830	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
彰化系統交流道	196	3	1	2	無	110	否	710	1120	3910	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
和美交流道	191	3	1	2	無	110	否	250	2060	7080	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
龍井交流道	182	3	1	2	無	110	是	840	980	5650	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
沙鹿交流道	176	3	1	2	無	110	是	260	1160	2440	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
中港系統交流道	169	3	1	2	無	110	是	2180	1050	3390	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
大甲交流道	164	3	1	2	無	110	是	220	1280	6380	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
苑裡交流道	156	3	1	2	無	110	是	220	1060	11510	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
通霄交流道	144	3	1	2	無	110	否	200	870	8620	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
西湖服務區	134	3	1	1	無	110	否	380	880	4050	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹南交流道	119	3	1	2	無	110	否	930	1000	3120	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
西濱交流道	115	3	1	1	無	110	是	250	3120	4500	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
香山交流道	109	3	1	1	無	110	是	380	2030	4220	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
茄苳交流道	103	3	1	2	無	110	否	700	820	2030	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
寶山交流道	98	3	1	1	無	110	否	220	1000	7700	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
關西交流道	79	3	1	1	無	110	否	1900	1360	1840	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
鶯歌系統交流道	54	3	2	2	無	110	否	350	1240	2360	X	X	X	O	非下游回堵	X	本期計畫之調查對象不含系統交流道
樹林交流道	47	4	1	1	有	110	否	170	4100	3170	X	X	X	O	非下游回堵	X	該處路肩開放，匯入車流行為與一般匯流區不同，不適合調查
中和交流道	35	3	1	1	無	100	否	330	900	4000	O	X	X	X	非下游回堵	Δ	與上游匝道距離不足1公里，但符合其餘調查要求，列為候補對象
木柵交流道	20	3	1	1	無	90	否	260	1150	3950	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
汐止系統交流道	10	2	2	2	無	90	是	320	1360	6850	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，不適合調查
瑪東系統交流道	2	3	1	1	無	90	否	170	1000	1650	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-5 國道一號南下-獨立出口匝道

交流道名稱	里程	主線車道數	加減速車道數	匝道車道數	開放路肩	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	減速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞				是否下游回堵	符合調查條件	備註
											平日上午	平日下午	週六	週日			
泰山轉接道	35	3	2	2	無	100	是	650	1460	5440	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
桃園交流道	49	4	2	2	無	100	否	1380	5850	1420	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
機場系統交流道	52	3	1	2	有	100	否	140	1760	1280	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
平鎮系統交流道	65	3	1	1	無	100	否	160	1740	1120	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
楊梅交流道	69	3	2	2	無	100	否	740	1240	810	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
湖口交流道	83	3	1	1	無	100	是	260	12840	970	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
新竹交流道	95A	3	1	2	有	100	是	200	2100	1190	O	X	O	X	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
新竹交流道	95B	3	1	1	無	100	否	70	1190	870	O	X	O	X	下游匝道回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
頭份交流道	110	3	2	2	無	100	否	640	9840	990	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
銅鑼交流道	140	3	1	1	無	100	否	100	6260	1340	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
三義交流道	150	4	1	1	無	100	否	160	8990	810	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
台中系統交流道	165	3	2	2	無	110	否	670	3890	920	X	X	O	O	非下游回堵	X	本期計畫之調查對象不含系統交流道
大雅交流道	174	3	2	2	有	110	是	190	5530	1100	X	O	O	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
台中交流道	178	3	2	2	有	110	是	620	3500	830	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
王田交流道	189	3	1	1	無	110	是	140	7370	1790	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
彰化系統交流道	192	3	1	1	無	110	否	530	1970	1050	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
員林交流道	211	3	2	2	無	110	否	680	2220	1140	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
西螺交流道	230	3	1	2	無	110	否	200	8310	2260	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
虎尾交流道	235	3	2	2	無	110	否	680	3880	1060	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
斗南交流道	240	3	2	2	無	110	否	450	3930	950	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
大林交流道	250	3	2	2	無	110	否	510	5320	860	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
民雄交流道	257	3	1	1	無	110	否	100	5870	1230	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
嘉義交流道	264	3	2	2	無	110	是	670	5720	1400	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
嘉義系統交流道	272	3	1	2	無	110	是	340	1450	1330	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
新營服務區	284	3	1	1	無	110	否	540	10050	930	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新營交流道	288	3	2	2	無	110	否	640	3160	1420	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
下營系統交流道	299	3	2	2	無	110	否	680	9910	1210	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
麻豆交流道	303	3	2	2	無	110	否	510	2910	1250	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
安定交流道	311	3	1	1	無	110	否	100	6070	1140	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
台南系統交流道	315	3	1	1	無	110	是	60	3210	1470	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
大灣交流道	324	3	1	1	無	110	是	180	3700	2660	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
台南交流道	327	3	2	2	無	110	是	700	2660	1550	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
仁德系統交流道	330	3	2	2	無	110	是	860	2150	1100	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
高科交流道	342	3	2	2	無	110	是	630	2990	1550	X	X	O	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
岡山交流道	349	3	2	2	無	110	否	600	5860	840	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
楠梓交流道	356	3	2	2	有	100	否	650	5000	2900	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
鼎金系統交流道	362	4	1	1	無	100	是	210	3980	1450	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查

表 B-6 國道一號北上-獨立出口匝道

交流道名稱	里程	主線車道數	加減速車道數	匝道車道數	開放路肩	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	減速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞				是否下游回堵	符合調查條件	備註
											平日上午	平日下午	週六	週日			
楠梓交流道	356	3	2	2	無	100	是	150	3740	3220	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
岡山交流道	349	3	2	2	有	110	否	610	4630	950	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
高科交流道	342	3	1	1	無	110	是	370	5930	1320	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
路竹交流道	338	3	1	2	無	110	是	660	2850	1070	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
仁德服務區	335	3	1	1	無	110	是	120	2100	960	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
仁德系統交流道	330	3	2	2	無	110	是	530	3450	1240	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
永康交流道	319	3	2	2	無	110	是	650	3880	860	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
台南系統交流道	315	3	1	1	有	110	是	1450	2920	1350	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
安定交流道	311	3	1	1	無	110	否	190	3100	1230	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
下營系統交流道	299	3	2	2	無	110	否	690	3080	1210	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
新營交流道	288	3	2	2	無	110	否	630	9770	1490	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
嘉義系統交流道	272	3	1	2	無	110	是	350	10250	1300	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
嘉義交流道	264	3	2	2	無	110	是	660	5240	1390	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
民雄交流道	257	3	1	1	無	110	是	100	5720	1210	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
大林交流道	250	3	2	2	無	110	是	520	5820	890	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
雲林系統交流道	243	3	2	2	無	110	否	2000	5490	1410	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
斗南交流道	240	3	2	2	無	110	否	1980	1970	950	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
虎尾交流道	235	3	2	2	無	110	否	640	3810	1080	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
西螺交流道	230	3	2	2	無	110	否	620	3960	1100	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
北斗交流道	220	3	1	1	無	110	否	190	8270	1360	X	X	X	O	下游匝道回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
員林交流道	211	3	2	2	無	110	否	690	7100	2020	X	X	X	O	下游匝道回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
埔鹽系統交流道	207	3	1	1	無	110	否	260	2030	1510	X	X	X	O	下游匝道回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
彰化交流道	198	3	2	2	有	110	否	750	7790	1300	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
彰化系統交流道	192	3	2	2	無	110	否	4410	4410	1210	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
台中交流道	178	3	2	2	無	110	是	660	1680	950	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
豐原交流道	168	3	2	2	有	110	否	550	5190	1200	X	X	X	O	非下游回堵	△	減速車道為兩車道，幾何型態較不單純，列為候補對象
后里交流道	160	3	2	2	無	110	否	1130	3960	910	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
銅鑼交流道	140	3	1	1	無	100	否	110	8270	2320	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
頭屋交流道	125	3	1	1	無	100	否	130	6400	1050	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
頭份交流道	110	3	1	2	無	100	否	470	14250	920	X	X	X	O	非下游回堵	△	匝道車道為兩車道，幾何型態較不單純，列為候補對象
湖口服務區	86	4	1	1	無	100	是	120	4040	830	X	X	X	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
湖口交流道	83	3	2	2	無	100	是	100	1380	1130	X	X	X	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
高架道路楊梅端	71	3	1	2	無	100	否	210	12810	890	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
平鎮系統交流道	65	3	1	2	無	100	否	670	1500	1210	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
內壢交流道	57	3	2	2	無	100	否	400	1090	1100	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
桃園交流道	49	4	2	2	無	100	否	350	2090	1020	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
台北交流道	25	4	2	2	無	100	是	160	1290	970	O	X	O	X	下游匝道回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
八堵交流道	2	2	1	1	有	100	否	140	3270	1170	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-7 國道三號南下-獨立出口匝道

交流道名稱	里程	主線車道數	加減速車道數	匝道車道數	開放路肩	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	減速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞				是否下游回堵	符合調查條件	備註
											平日上午	平日下午	週六	週日			
安坑交流道	31	3	1	1	無	90	否	200	3390	1150	X	X	O	O	下游匝道回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
中和交流道	35	3	1	1	無	100	否	150	3730	950	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
土城交流道	42	4	2	2	無	110	否	550	5310	1010	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
樹林交流道	46	4	1	1	無	110	否	120	3020	4530	X	X	O	X	非下游回堵	O	有自然之重現性壅塞，適合調查
龍潭交流道	68	3	1	1	無	110	否	160	4760	860	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
關西服務區	76	3	1	1	無	110	否	190	7160	1220	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
寶山交流道	98	3	1	1	無	110	否	110	1310	890	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
茄苳交流道	103	3	1	1	無	110	否	130	2060	1010	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
香山交流道	109	3	1	1	無	110	是	170	4520	1740	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
西濱交流道	115	3	1	1	無	110	是	110	4550	3600	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
竹南交流道	119	3	1	1	無	110	否	340	3600	830	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
大山交流道	124	3	1	1	無	110	否	160	4670	960	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
後龍交流道	130	3	1	1	無	110	否	320	4490	1140	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
西湖服務區	134	3	1	1	無	110	否	190	3640	1570	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
通霄交流道	144	3	1	1	無	110	否	150	7740	1320	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
苑裡交流道	156	3	1	1	無	110	是	130	11240	1070	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
大甲交流道	164	3	1	1	無	110	是	140	6380	1110	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
中港系統交流道	169	3	2	2	無	110	是	810	3350	1310	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
沙鹿交流道	176	3	1	1	無	110	是	160	3140	1140	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
和美交流道	191	3	1	1	無	110	否	210	8330	1530	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
彰化系統交流道	192	3	2	2	無	110	否	640	3830	1140	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
快官交流道	202	3	2	2	無	110	否	700	3610	2070	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
烏日交流道	207	3	1	1	無	110	否	190	3740	890	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
草屯交流道	217	4	2	2	無	110	否	680	1960	860	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
南投交流道	228	3	1	1	無	110	否	100	1890	1770	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
南投服務區	231	3	1	1	無	110	否	130	1990	860	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
名間交流道	237	4	1	1	無	110	否	150	4940	970	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹山交流道	243	3	1	1	無	110	否	150	4710	1290	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
南雲交流道	250	3	1	1	無	110	否	120	5950	900	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
斗六交流道	260	3	1	1	無	110	否	220	9130	1320	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
古坑交流道	271	3	1	1	無	110	否	110	6600	1900	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
梅山交流道	279	3	1	1	無	110	否	100	1760	1150	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹崎交流道	290	3	1	1	無	110	否	130	8360	3360	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
中埔交流道	297	3	1	1	無	110	否	170	5180	1220	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
柳營交流道	322	3	1	1	無	110	否	120	1620	900	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
烏山頭交流道	329	3	1	1	無	110	否	140	6350	990	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
官田系統交流道	334	3	1	1	無	110	否	160	4020	1350	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
善化交流道	340	3	1	1	無	110	否	250	4180	870	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新化系統交流道	346	3	1	1	無	110	否	170	5730	1140	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
關廟服務區	363	3	1	1	無	110	否	310	6090	940	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
長治交流道	400	2	1	1	無	110	是	130	8390	1680	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
麟洛交流道	407	2	1	1	無	110	是	290	5220	2380	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
竹田系統交流道	415	2	1	1	無	110	否	120	5980	1210	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
崁頂交流道	421	2	1	1	無	110	否	200	5450	2860	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
南州交流道	424	2	1	1	無	110	是	220	2860	1000	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查

表 B-8 國道三號北上-獨立出口匝道

交流道名稱	里程	主線車道數	加減速車道數	匝道車道數	開放路肩	主線速限(km/hr)	是否在限航區內	減速車道長度(m)	與上游匝道距離(m)	與下游匝道距離(m)	重現性壅塞				是否下游回堵	符合調查條件	備註
											平日上午	平日下午	週六	週日			
南州交流道	424	2	1	1	無	110	是	190	4840	1160	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
麟洛交流道	407	2	1	1	無	110	是	150	6120	2390	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
長治交流道	400	2	1	1	無	110	是	110	5020	1730	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
新化系統交流道	346	3	1	1	無	110	否	1800	2730	1300	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
善化交流道	340	3	1	1	無	110	否	190	5860	1030	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
官田系統交流道	334	3	1	1	無	110	否	180	4070	1250	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
烏山頭交流道	329	3	1	1	無	110	否	150	3940	1080	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
柳營交流道	322	3	1	1	無	110	否	110	5250	1940	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
白河交流道	311	3	1	1	無	110	是	300	7420	940	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
水上系統交流道	300	3	1	1	無	110	否	120	10400	860	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
中埔交流道	297	3	1	1	無	110	否	120	2060	860	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹崎交流道	290	3	1	1	無	110	否	150	5180	3430	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
古坑交流道	271	3	1	1	無	110	否	110	4740	2100	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
古坑系統交流道	269	3	1	1	無	110	否	150	2100	1950	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
斗六交流道	260	3	1	1	無	110	否	100	6720	1180	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
南雲交流道	250	3	1	1	無	110	否	140	9220	960	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
南投服務區	231	3	1	1	無	110	否	80	4670	810	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
南投交流道	228	3	1	1	無	110	否	100	2650	830	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
中興交流道	224	3	1	1	無	110	否	230	2560	830	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
中投交流道	209	3	1	1	無	110	否	200	1000	1450	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
快官交流道	202	3	1	1	無	110	否	840	3560	2040	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
彰化系統交流道	192	3	1	2	無	110	否	670	3830	1120	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
和美交流道	191	3	1	1	無	110	否	160	3910	2060	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
龍井交流道	182	3	1	1	無	110	是	320	7080	980	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
沙鹿交流道	176	3	1	1	無	110	是	150	5650	1160	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
中港系統交流道	169	3	1	1	無	110	是	230	2800	1050	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
大甲交流道	164	3	1	1	無	110	是	100	3390	1280	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
苑裡交流道	156	3	1	1	無	110	是	100	6380	1060	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
通霄交流道	144	3	1	1	無	110	否	140	11510	870	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
西湖服務區	134	3	1	1	無	110	否	160	8620	880	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹南交流道	119	3	1	1	無	110	否	210	4960	1000	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
香山交流道	109	3	1	1	無	110	是	1940	4500	2030	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
茄苳交流道	103	3	1	1	無	110	是	390	4220	820	X	X	X	X	–	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
新竹系統交流道	99	3	2	2	無	110	否	700	2030	1300	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
關西交流道	79	4	1	1	無	110	否	290	10080	1360	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
龍潭交流道	68	3	1	1	無	110	否	170	7550	920	X	X	X	O	下游匝道回堵	X	非自然性壅塞，不適合調查
大溪交流道	62	3	1	1	有	110	否	160	4650	930	X	X	X	O	非下游回堵	△	該區域路肩開放，列為候補對象
中和交流道	35	3	2	2	有	100	否	600	6000	900	O	O	X	X	非下游回堵	△	匝道車道為兩車道且路肩開放，列為候補對象
木柵交流道	5	3	1	1	無	90	否	200	3480	1150	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查
瑪東系統交流道	2	3	1	1	無	90	否	100	6850	1000	X	X	X	X	–	X	無重現性壅塞，不適合調查

附錄C

VD資料檢核

附錄 C　透過 VD 資訊進行空拍資料檢核

● 確認 VD 準確性

本研究為了使用準確的 VD 資料與實際登錄資料進行比對，必須先行確認可用的 VD 資料。在篩選可用 VD 的階段，進口部分會以進口匯流區下游的 VD 做為檢核對象，出口部分則會以出口分流區上游的 VD 做為檢核對象。在判斷的基準上，會先以最接近調查點的 VD 資料為主要確認對象，如 VD 資料經檢查並無異常，後續的資料比對將以此 VD 做為比對基準；若經確認發現最接近調查點的 VD 資料有異常，則會選擇下一個較接近調查點的 VD 資料再進行檢查，直到 VD 資料無誤為止。為了確認 VD 的準確性，本階段檢核 VD 資料的兩項資訊：流量與密度。

1. 流量檢核

本部分將離調查點最近的數個 VD，以 ETC 資料比對流量，比對的資訊為調查日該星期內，每日的總流量，若目標日的 VD 或 ETC 資料有缺失的狀況產生，則會挑選下一星期的 VD 與 ETC 資料，直至資料無缺失後再進行比對。以安坑進口為例，由於該地點在 5/15（星期三）進行調查，在流量檢核方面則會先以選取 5/12（星期日）到 5/18（星期六）進行比對，但經確認後 ETC 資料在 5/13、5/14 有缺失資料的現象，故這兩日會改取 5/20 與 5/21 的 VD 與 ETC 資料進行比對。

2. 密度檢核

本研究參考本所 108 年 10 月出版之「公路交通系統模擬模式調校與新版容量手冊研訂(3/3)」報告書 3.2 節內文中，檢核 VD 資料正確性之流程進行密度檢核。本部分將離調查點最近的 VD 進行密度的檢核，檢核方式為比對調查日上週、調查日、調查日下週三天中，每車道之流率、速度、密度關係式所得之密度（後以 D1 表示），與每車道透過佔有率計算之密度（後以 D2 表示）進行比較，若目標日的 VD 資料有缺失的狀況產生，會挑選下一星期的 VD 資料，直至資料無缺失後再進行比對。

D1 之流率（Q）、速率（TMS）、密度（D1）關係式如下所示，由於 VD 所取得之速率為時間平均速率（TMS），而非該關係式所使用

的空間平均速率（SMS），文中提及在車流穩定的狀況下，臺灣高速公路偵測器所估計之時間平均速率約比空間平均速率高 0~3 km/hr，並假設時間平均速率與空間平均速率之差距為 2 km/hr，故本研究將時間平均速率扣除β＝2值，轉換為空間平均速率。

$$\mathrm{D1} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{TMS} - \beta}$$

D2 之佔有率（K）與密度（D2）關係式如下所示，其中L_v代表平均車長，L_D代表偵測器長度，車長部分定義小型車車長為 4.6 公尺、大型車為 9 公尺，平均車長將參照各調查地點小型車與大型車的比例進行加權平均，偵測器長度則定義為 7.5 公尺。

$$\mathrm{D2} = \frac{\mathrm{K} \times 10}{L_v + L_d}$$

透過上述兩階段，各調查地點詳細的檢核結果如下所述：

（一） 國道一號北上頭屋進口

1. 流量

星期一與星期二的資料，因 5/13、5/14 之 ETC 資料有空缺，5/20、5/21、5/27、5/28 之 VD（123.880K）有空缺，故星期一與星期二的資料改使用 6/3、6/4 兩日之資料來做比對。由表 C-1 可看出 123.880K 之 VD 資料與 ETC 差異不大，故取 123.880K 為參照之 VD。

表 C-1 頭屋 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD			ETC
	123.880K	122.260K	120.230K	
05/12（日）	70510	68726	70341	71850
06/03（一）	42767	42035	42979	41487
06/04（二）	39115	38606	39259	40409
05/15（三）	39068	38422	39288	41116
05/16（四）	41307	40691	41434	42494
05/17（五）	44077	43704	44314	46041
05/18（六）	52510	51851	52619	53987

2. 密度（123.880K）

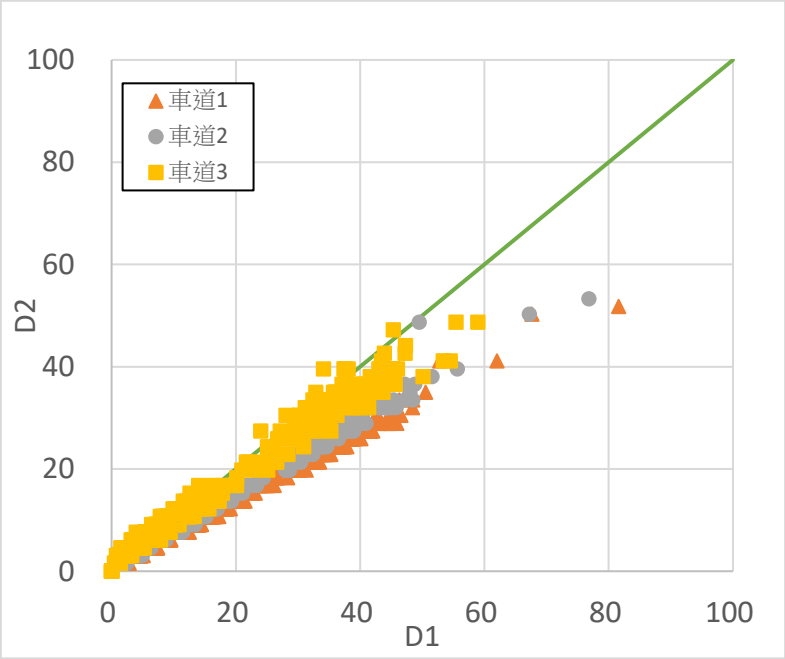


圖 C-1 頭屋密度檢核圖

（二） 國道三號南下安坑進口

1. 流量

星期一與星期二的資料，因 5/13、5/14 之 ETC 資料有空缺，故星期一與星期二的資料改使用 5/20、5/21 兩日之資料來做比對。其中 32.185K 的 VD 缺失加速車道之流量，由表 C-2 可看出 32.735K 之 VD 資料與 ETC 差異不大，故取 32.735K 為參照之 VD。

表 C-2 安坑 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD			ETC
	32.185K	32.735K	32.985K	
05/12（日）	51817	73017	73012	74280
05/20（一）	50579	67046	67117	69932
05/21（二）	51572	68949	68947	71664
05/15（三）	50092	70272	70281	73078
05/16（四）	51953	71959	72093	73255
05/17（五）	56739	74204	74330	76992
05/18（六）	53526	73340	73352	74632

2. 密度（32.735K）

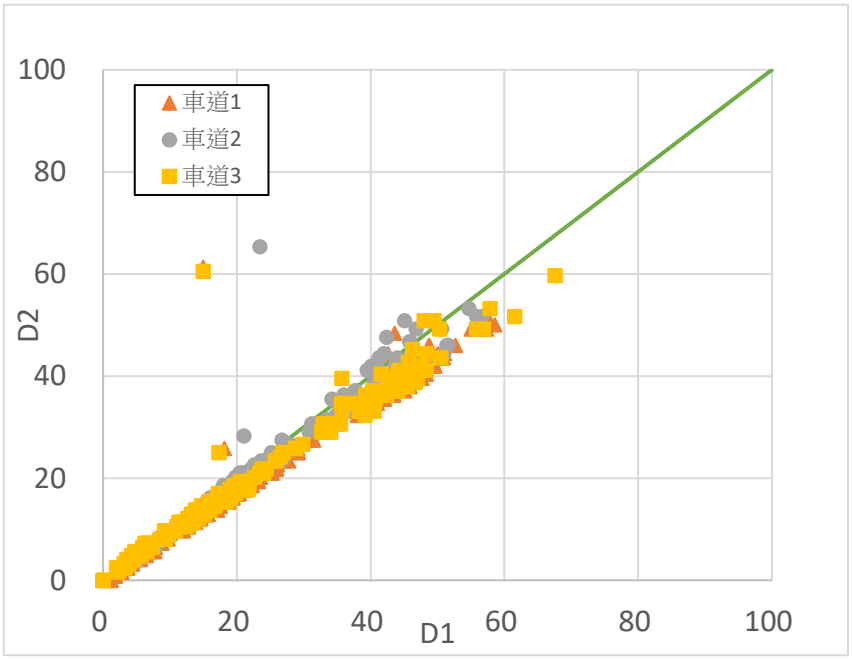


圖 C-2 安坑密度檢核圖

（三） 國道三號北上中和進口

1. 流量

由表 C-3 可看出 35.300K 之 VD 資料與 ETC 差異不大，故取 35.300K 為參照之 VD。

表 C-3 中和 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD			ETC
	35.300K	34.723K	34.423K	
05/19（日）	63643	62885	62926	63965
05/20（一）	62165	61266	61293	63274
05/21（二）	65545	64551	64611	66818
05/22（三）	67351	66487	66168	67853
05/23（四）	66313	65569	65539	66927
05/24（五）	75823	75062	75133	76757
05/25（六）	72650	71793	71826	72449

2. 密度（35.300K）

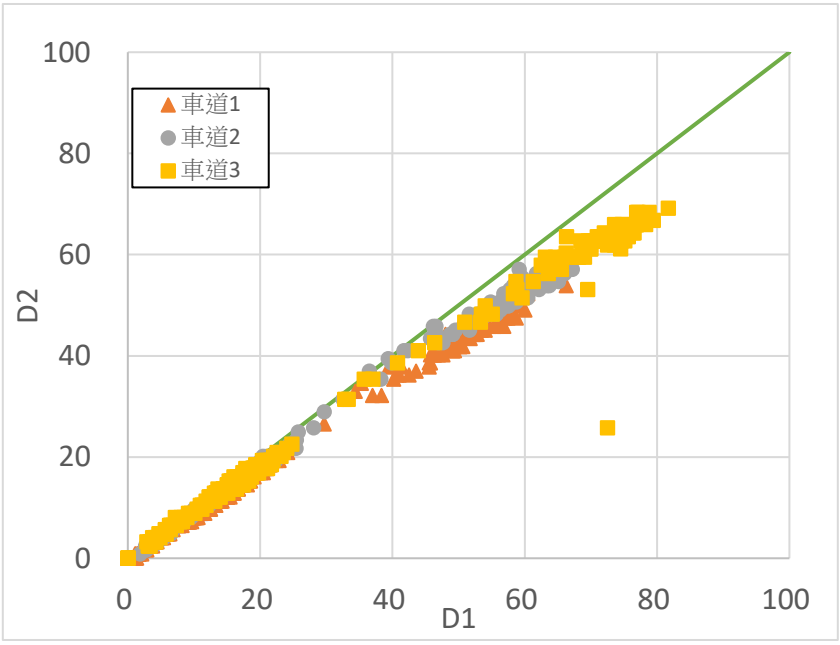


圖 C-3 中和密度檢核圖

（四） 國道一號北上新竹 A 進口

1. 流量

由表 C-4 可看出 92.900K 之 VD 資料與 ETC 差異較小，故取 92.900K 為參照之 VD。

表 C-4 新竹 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD			ETC
	94.030K	93.590K	92.900K	
07/28（日）	66229	66194	87575	87736
07/29（一）	65754	65895	89673	89328
07/30（二）	61871	61896	86248	85676
07/31（三）	61605	61632	86248	86561
08/01（四）	59882	59934	83778	83110
08/02（五）	63842	63739	89961	89455
08/03（六）	57915	57888	80895	80262

2. 密度（92.900K）

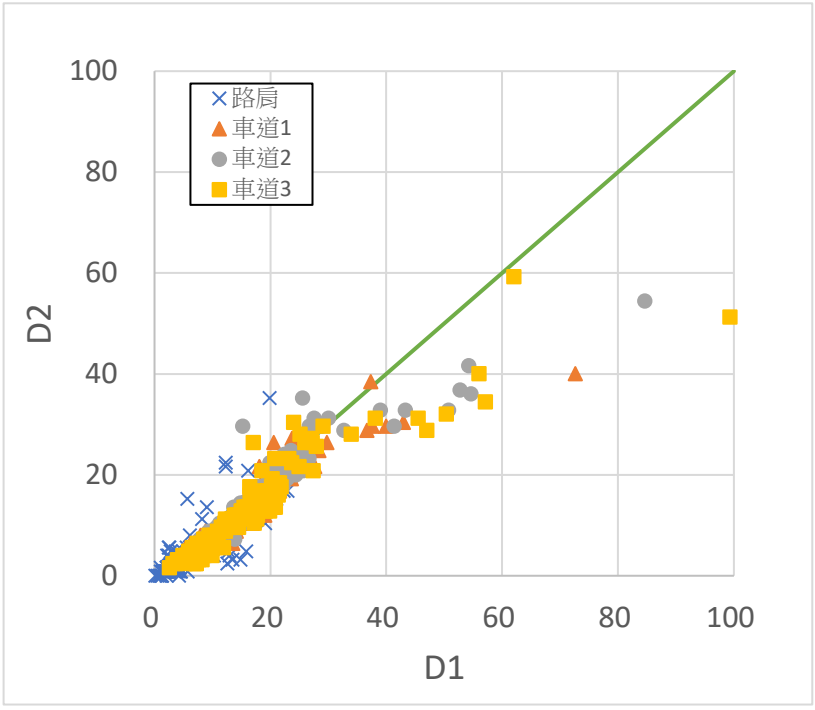


圖 C-4 新竹密度檢核圖

（五） 國道三號南下樹林出口

1. 流量

由於樹林出口上游僅有 1 顆 VD 能供參考，故僅以 44.995K 的 VD 與 ETC 比對。星期一因 5/6 之 VD 資料有空缺，5/13 之 ETC 資料有空缺，故星期一改取 5/20 之資料來做比對；星期三因 5/8 之 VD 資料有空缺，故星期三改取 5/15 之資料來做比對。由表 C-5 可看出 44.995K 之 VD 資料與 ETC 差異不大，故取 44.995K 為參照之 VD。

表 C-5 樹林 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD	ETC
	44.995K	
05/05（日）	105448	105673
05/20（一）	93718	94638
05/07（二）	96040	95129
05/15（三）	98894	100165
05/09（四）	98432	98644
05/10（五）	112959	113807
05/11（六）	114263	114984

2. 密度（44.995K）

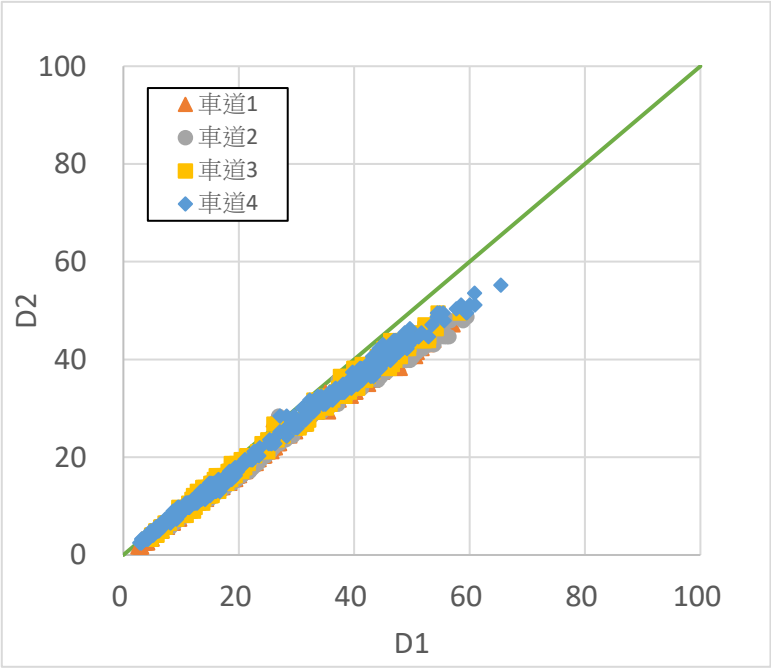


圖 C-5 樹林密度檢核圖

（六） 國道三號北上大溪出口

1. 流量

由於大溪出口上游僅有 1 顆 VD 能供參考，故僅以 63.990K 的 VD 與 ETC 比對。星期日與星期一因 6/16、6/17 之 VD 資料有空缺，故星期日與星期一改取 6/23、6/24 兩日之資料來做比對。因 44.995K 之 VD 資料最內側車道資料長期有缺失，由表 C-6 可看出該 VD 總流量呈現的數據與 ETC 落差較大，故在流量檢核上，可確認大溪出口沒有適合做為參考的 VD 可供比對。

表 C-6 大溪 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD	ETC
	63.990K	
06/23（日）	41305	48667
06/24（一）	31818	94638
06/18（二）	32251	98325
06/19（三）	32357	98858
06/20（四）	33199	60324
06/21（五）	38542	67728
06/22（六）	42898	63009

2. 密度（63.990K）

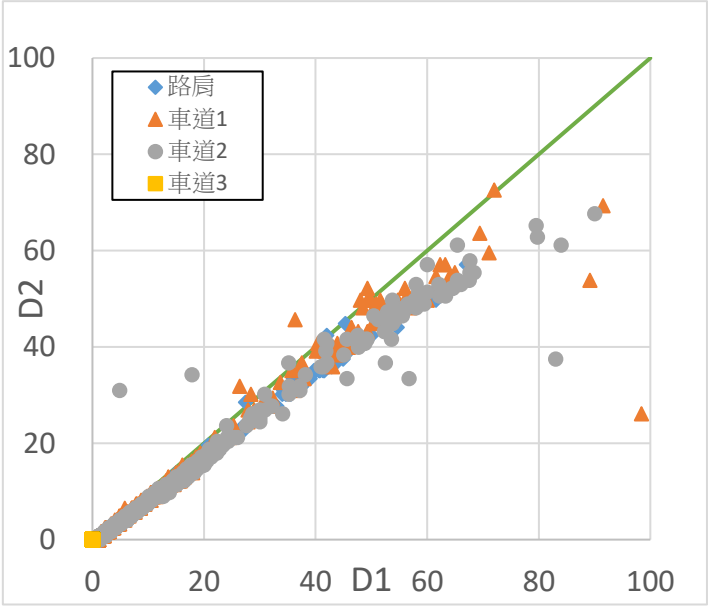


圖 C-6 大溪密度檢核圖

表 C-7 為最終確認使用之 VD 資料，其中大溪出口上游數個 VD 資料均缺失最內側車道的流量，無可靠之 VD 資料可參考，後續比對 VD 資訊部分將不針對大溪出口進行檢核。

表 C-7 各調查地點可參考之 VD 資料

地點	可參考之 VD 編碼
國道一號北上頭屋進口	nfbVD-N1-N-123.880-M-LOOP
國道三號南下安坑進口	nfbVD-N3-S-32.735-M-LOOP
國道三號北上中和進口	nfbVD-N3-N-35.300-M-LOOP
國道一號北上新竹進口	nfbVD-N1-N-92.900-M-LOOP
國道三號南下樹林出口	nfbVD-N3-S-44.995-M-LOOP
國道三號北上大溪出口	無可靠之 VD 資料可參考

- 比對 VD 資訊

本部分以登錄作業所得的流率資料，比對 VD 取得的流率資訊。進口部分，以登錄資料之主線下游（D 點），與表 C-7 所列之 VD 資料進行檢核；出口部分，以登錄資料之主線上游（A 點），與表 C-7 所列之 VD 資料進行檢核。圖 C-7~C-11 為頭屋、安坑、中和、新竹、樹林四個調查地點之檢核結果，其中 UAV 代表現場調查之登錄資料、VD 代表 VD 偵測器資料，由比對結果可看出登錄資料與 VD 資料大致吻合，故可確認登錄資料之準確性。

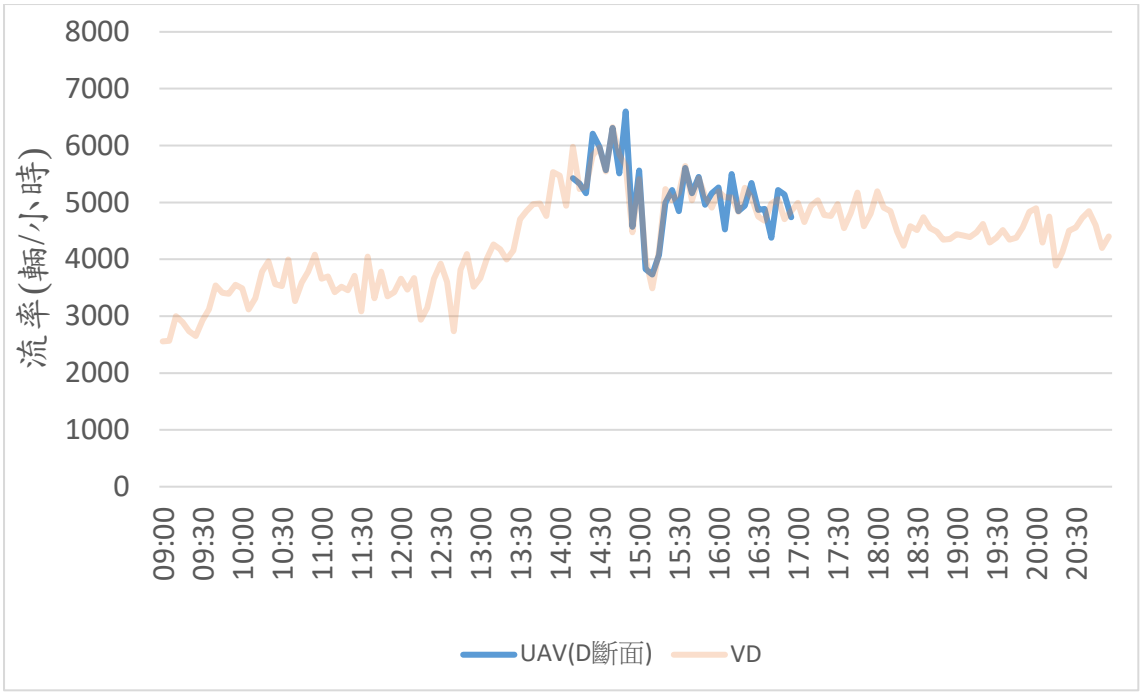


圖 C-7 國道一號北上頭屋進口流率資訊比對

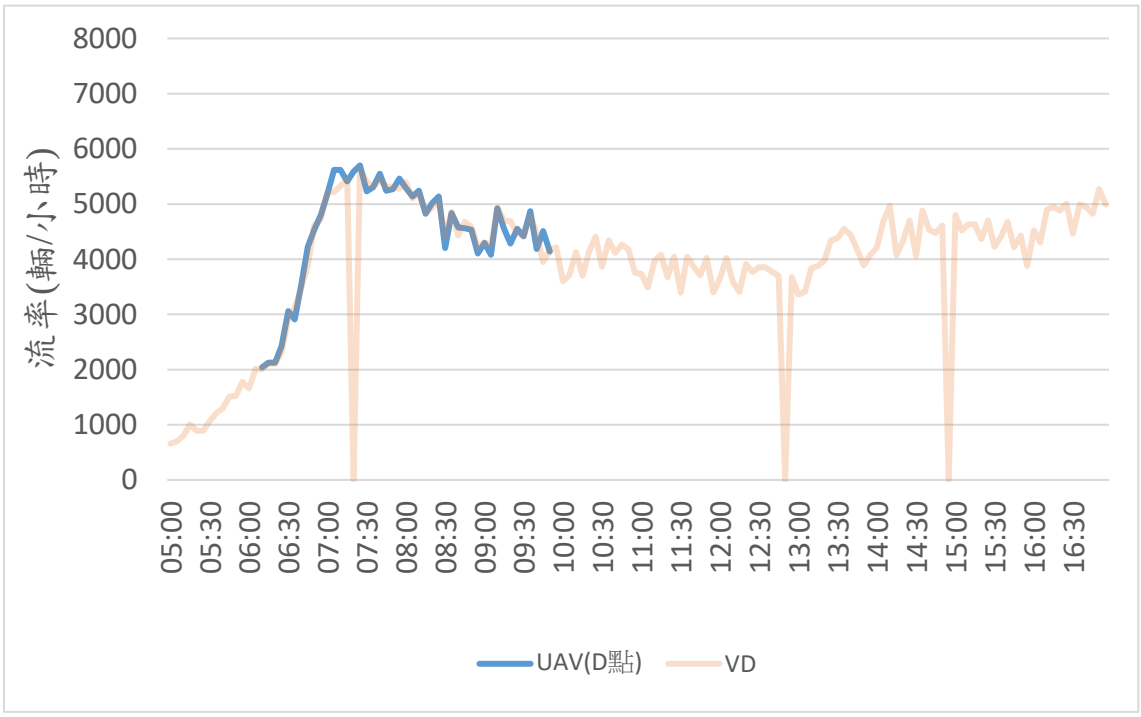


圖 C-8 國道三號南下安坑進口流率資訊比對

圖 C-9 國道三號北上中和進口流率資訊比對

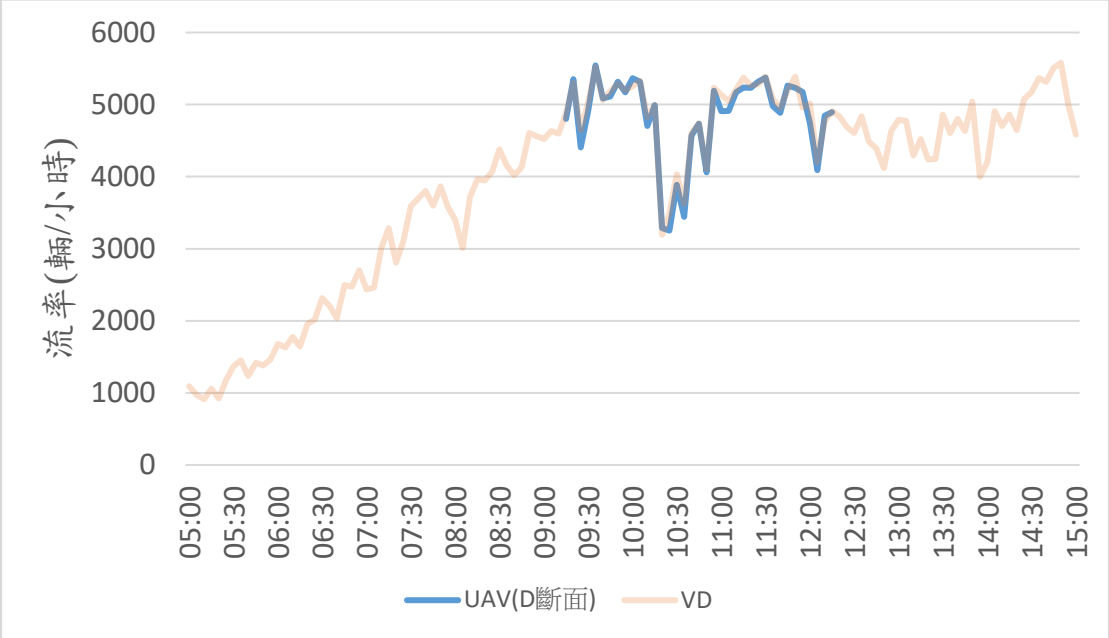


圖 C-10 國道一號北上新竹 A 進口流率資訊比對

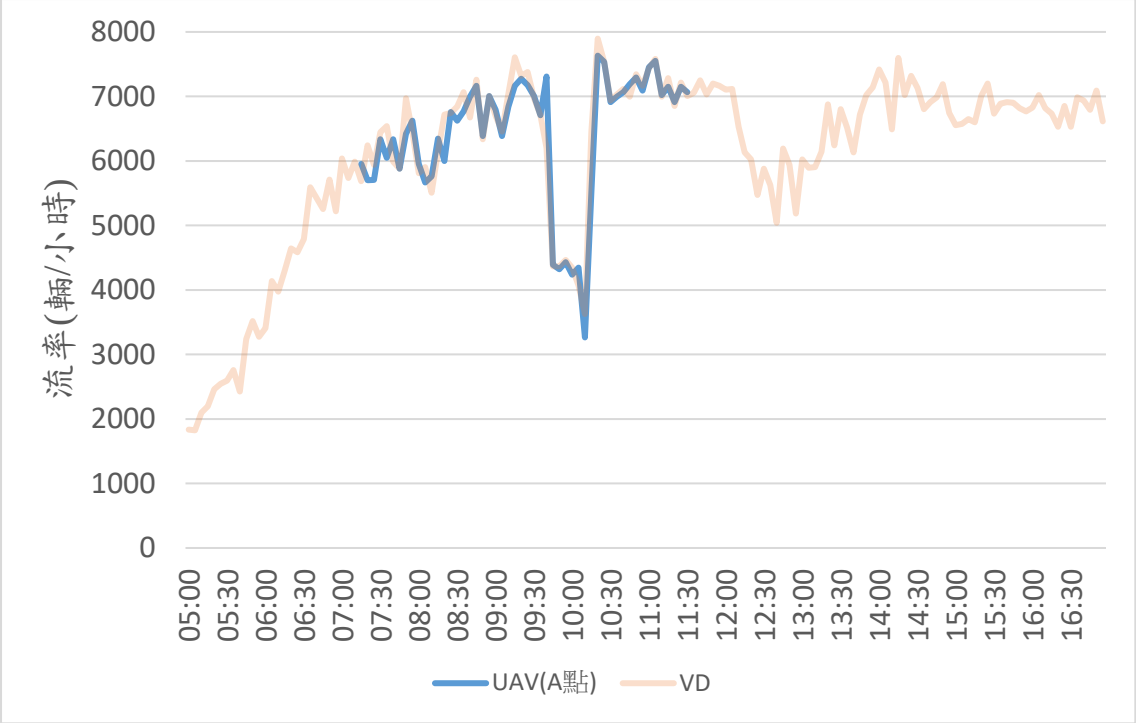


圖 C-11 國道三號南下樹林出口流率資訊比對

附錄D

電腦視覺技術在車流特性資料蒐集之應用

附錄 D　電腦視覺技術在車流特性資料蒐集之應用

1. 背景

容量分析工作必須運用現場實測之交通特性資料，但現場資料蒐集不易，一般透過架設路側攝影機觀察車流，再透過人工方式將所需的交通特性資料進行整理。然而，透過人工進行資料蒐集，容易遇到蒐集項目不完整、抽樣率不足、人工疲勞導致資料登錄有誤差等問題，後續也難以追踪問題的原因。

近年由於無人機應用以及電腦視覺技術的發展，本研究嘗試透過影像分析技術，由空拍影片中取得車流軌跡資訊，推算觀測區域內各重要車流特性參數，除了能提升現場調查暨資料整理之作業效率，更能補足資料蒐集項目的多樣性及準確性。影像辨識透過在影片中的移動物件進行偵測及追踪，萃取車流軌跡，再針對所需要的車流特性資料進行程式撰寫，計算衍生資料，包括車流率、車流速率、車流密度、變換車道頻次等資訊。

附錄 D 介紹影像辨識的技術以及車流資料處理的方法，並且運用在 1 段 12 分鐘的影片進行分析，產生車流軌跡資料，並進一步計算車流特性資料，說明初步測試結果。

2. 影像辨識技術及資料處理

2.1 深度學習影像辨識與追蹤

卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)是目前運用在影像辨識的問題上最常用的深度學習架構，近年來不斷有基於卷積神經網路的優良架構被提出，現今已成為物體偵測技術之骨幹。在車輛偵測與分類問題上，本研究採用 Mask-RCNN 架構，透過提取可能含有物件的外框(bounding box)位置，再對矩形內的特徵圖(feature map)進行分類，進而提高物體辨識速度。物體追蹤技術則是將不同影格偵測到的物件位置串聯成車流軌跡。

影像辨識模式的建立工作，可分為影像蒐集、訓練資料標註、模式訓練等步驟。影像分析的處理工作，包括影片前處理、區域穩態、分析範圍剪裁、車輛偵測與分類、車輛追蹤等步驟，如圖 D-1 所示。訓練後模型有一定的可移植性(portability)，但也受訓練資料的蒐集地點、車流情境的多樣性、樣本數等影響。影像分析輸出的車流軌跡的準確度，也受輸入影片的品質(如穩定程度、畫質、光影等)、車流情境(車流密度、車種的複雜性)等影響，因此每一部影片的分析效果需個別進行測試。

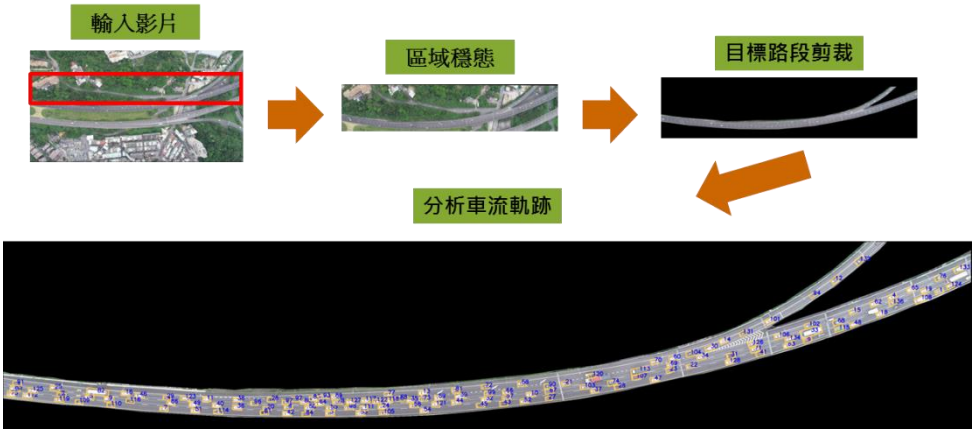


圖 D-1 高速公路車流分析流程

2.2 車流軌跡分析方法

2.2.1 車流軌跡的格式及內容

影片經過分析後，可得到初始的車流軌跡資料，格式為每一台車每一個時間點在畫面中的矩形四點座標位置，包括車輛編號(車 ID)、當前幀(frame)代表時間，車輛於當前幀其車身矩形框四點的 x 座標與 y 座標，如圖 D-2 所示。當前幀及座標是以影片的開始相對時間及畫面像素為單位，需要進一步轉換為真實時間及真實座標。

車ID	當前幀	x1	y1	x2	y2	x3	y3	x4	y4
car_id	frame	x1	y1	x2	y2	x3	y3	x4	y4
1	1	3392	336	3382	317	3348	335	3358	354
1	2	3384	341	3373	322	3340	342	3352	360
1	3	3373	349	3362	328	3329	346	3340	367
1	4	3363	353	3351	332	3318	351	3330	372
1	5	3352	360	3341	338	3306	356	3316	377
1	6	3345	364	3327	340	3297	363	3315	386
1	7	3335	368	3321	348	3287	371	3301	391
1	8	3325	374	3312	350	3270	373	3283	397
1	9	3318	377	3305	355	3266	378	3278	400
1	10	3313	380	3301	357	3256	381	3268	403
1	11	3296	387	3284	368	3247	390	3258	409
1	12	3283	395	3271	372	3231	393	3242	416
1	13	3275	398	3263	376	3224	397	3236	418
1	14	3264	406	3253	385	3215	405	3226	426
1	15	3250	415	3241	391	3202	406	3212	430
1	16	3246	415	3234	390	3189	411	3201	436
1	17	3232	419	3221	398	3180	418	3191	439
1	18	3217	426	3207	405	3172	421	3182	442
1	19	3205	430	3195	409	3161	427	3171	447
1	20	3195	436	3185	415	3150	431	3159	451

圖 D-2 車流軌跡資料格式

2.2.2 軌跡資料的座標轉換

（一）修正座標相對位置

由於透過深度學習模式偵測出的車身矩形框四點座標並沒有一定的順序規則，無法直接得知車頭中心點的位置，故須進行修正。修正程序為先計算每台車於每一時間點(t)的矩形中心座標(center_x_t, center_y_t)；接著計算時間(t)與下一時間($t+1$)四點的距離，分別為 Distance1~Distance4；最後將四個距離進行比較，距離較長的判斷為車頭座標，距離短的判斷為車尾座標，修正概念如圖 D-3 所示。

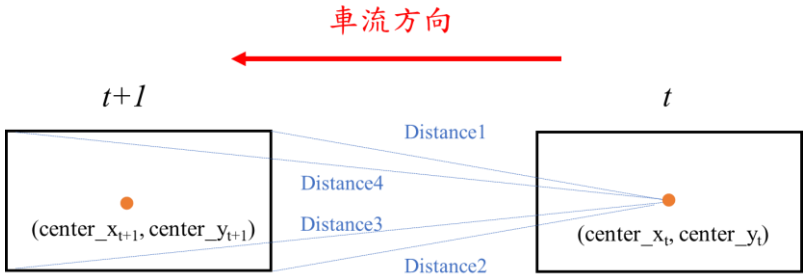


圖 D-3 座標相對位置修正方式概念

（二）座標轉換

藉由連續格位的位移，可進一步計算速率資料，然而初始座標為影像中的座標位置，並非真實的空間座標，因此需進行座標轉換。轉換方式為選取空拍範圍中三個或以上明顯的特徵點，運用 Google Earth 找出其影像

座標與實際的經緯度座標，計算任意兩點間的距離，即可推算像素(pixel)與公尺之間的轉換參數，如圖 D-4 所示。

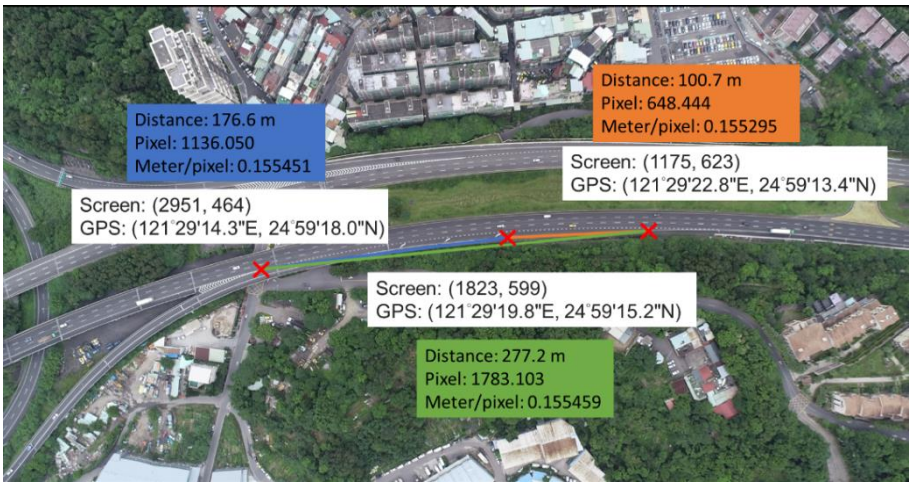


圖 D-4 空間單位轉換方式

（三）判斷車輛所在區段與車道

為探討巨觀車流特性，可設定任意多條橫斷面將觀察路段切割，計算於觀測時間內通過橫斷面的車頭分布狀況，透過車頭分布可判斷車輛位於哪個車道；此外，藉由車道資訊，可進一步探討各車道流率、速率、密度的關係，詳細操作結果於下一節說明。

3. 初步成果

3.1 資料來源

初步成果將以國道三號北上中和交流道入口匝道區 600 公尺為例，拍攝時間為 108 年 5 月 22 日上午 6:54~7:06 共 12 分鐘。

3.2 初始資料

如同 2.2 所述，初始資料格式為每一台車進入到離開空拍畫面的軌跡，並依序紀錄每一台車的車輛編號與當前幀，以及車輛於當前幀車身矩形框四點的 x 座標與 y 座標，車流軌跡影片如圖 D-5，可見藍色數字即為車輛 ID，黃色方框代表小車，紅色方框代表大車。透過進一步的修正座標位置，可得車輛車頭中心之軌跡圖(以六台車輛樣本為例)，如圖 D-6 所示，可看出影像分析所得的車流軌跡平滑，不會有劇烈跳動和掉格的問題。

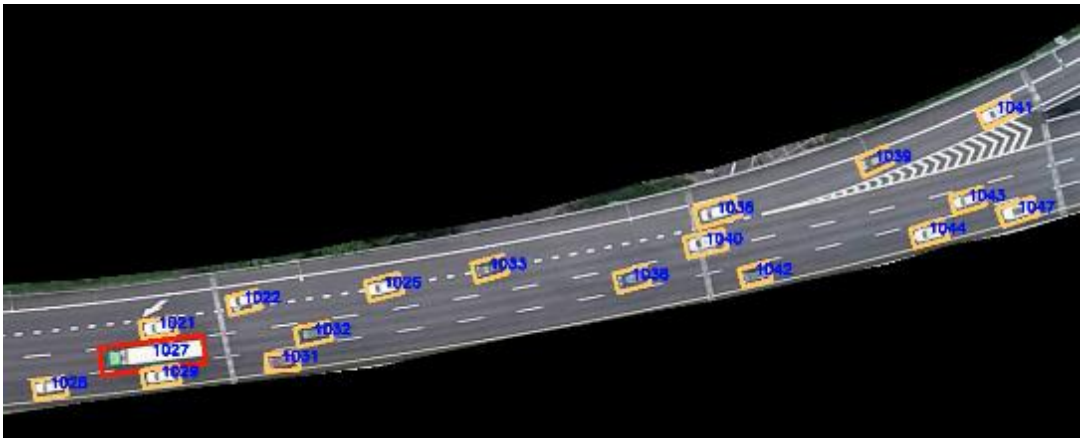


圖 D-5 車流軌跡影片局部圖

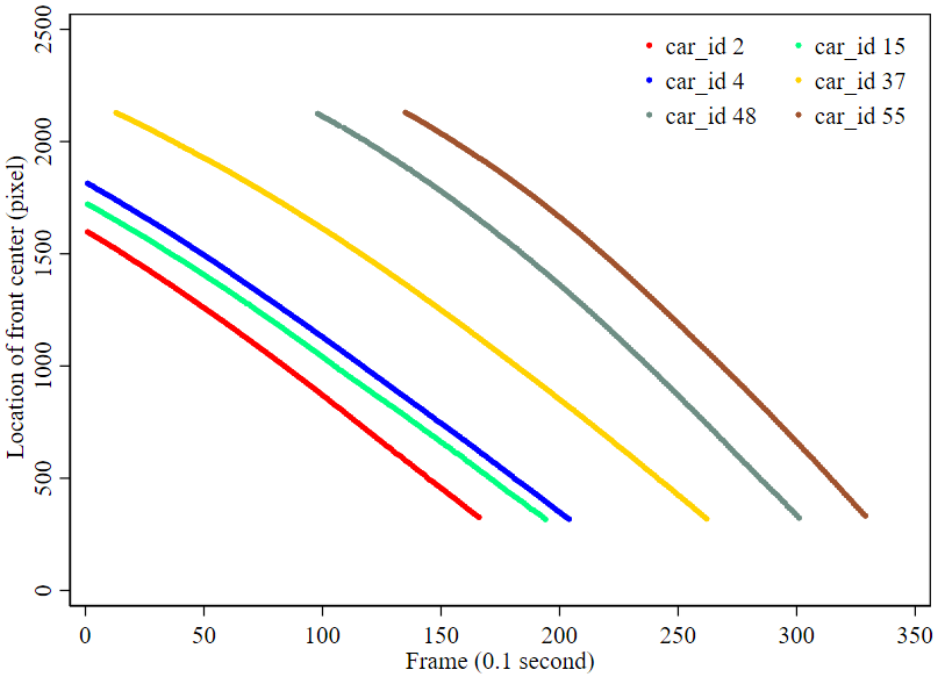


圖 D-6 車流軌跡圖

3.3 衍生資料

運用初始資料可計算車流率以及繪製速率時空圖與密度時空圖，影片拍攝範圍畫面、各流量調查點與各密度區間範圍標定方式如圖 D-7 所示，圖上標示「Flow_3」、「Flow_6」、「Flow_10」的黃線為計算流量的三個採樣斷面，對應匝道匯入點前、加速車道中、加速車道結束後三個位置，流量計算的斷面位置及數量可依分析需求而任意調整。附有里程編碼的黑線部分，兩條黑線之間為密度、速率與車道變換之計算區間，每區間均相距 50

公尺，其中共有 11 個區間，總範圍為 35K+750~35K+200，以下三小節依序介紹計算結果。

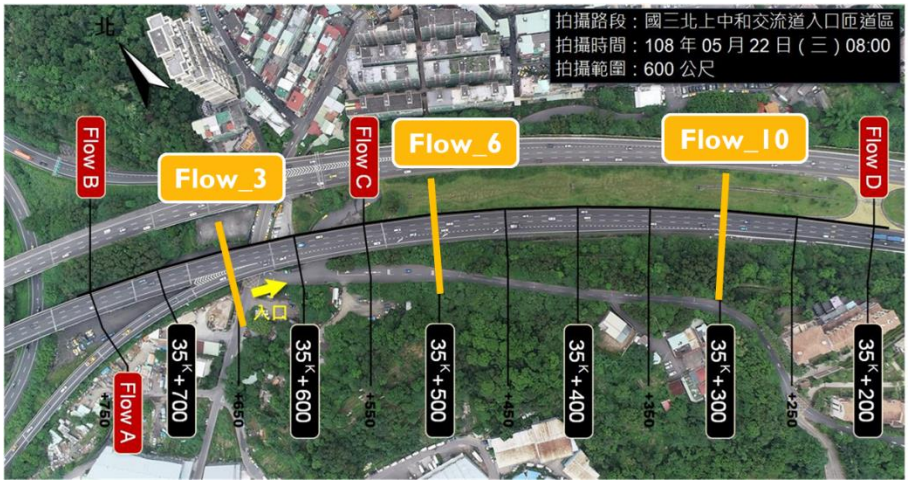
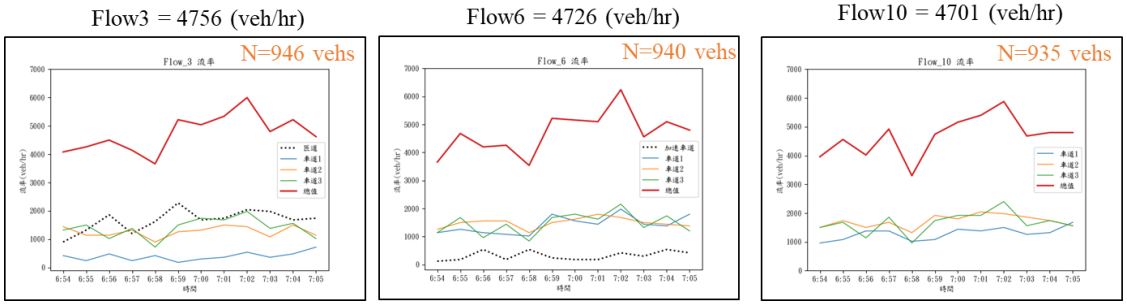


圖 D-7 國道三號北上中和交流道入口匝道區

3.3.1 車流率

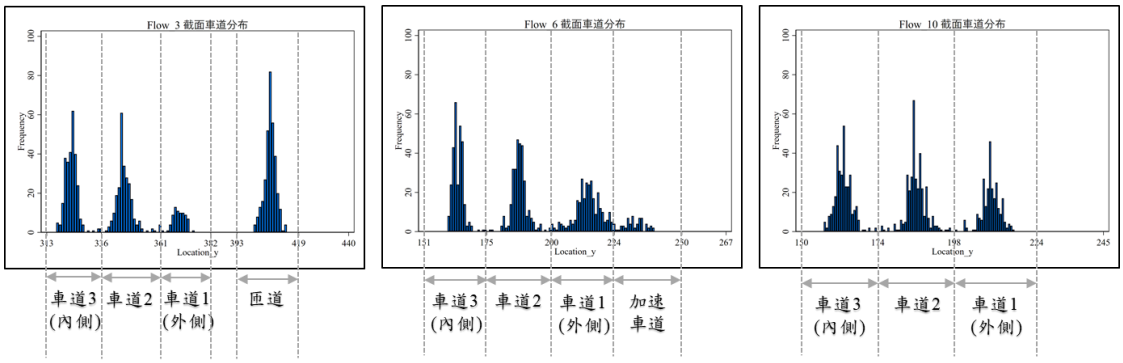
圖 D-8 為各調查點流率圖，分別有「Flow_3」、「Flow_6」、「Flow_10」三個採樣斷面，並依照車道區分。流率圖除了可以觀測單位時間內通過多少車輛之外，亦可用於流量守恆的檢核，做為判斷軌跡檔品質之依據之一。由圖 D-8 可知通過「Flow_3」、「Flow_6」、「Flow_10」的車輛數分別為 946、940、935 輛，誤差為 1.2%，與傳統人工觀看影片登錄的方式(可接受誤差範圍約 5-10%)相比，整體計算更為精準，代表電腦視覺技術是為更準確及有效率的作法。



(a)匝道匯入點前　　(b)加速車道中　　(c)加速車道結束後

圖 D-8 國道三號北上中和入口交流道入口匝道區各調查點流率圖

此外，軌跡資料可繪製通過各斷面點之車頭分布圖，紀錄車輛通過斷面時所採用的車道及位置分佈，如圖 D-9 所示。圖 D-9(a)為匝道匯入點前，主線三車道及匝道的車道使用情況；圖 D-9(b)為主線三車道及加速車道的車道使用情況；圖 D-9(c)為加速車道結束後主線三車道的車道使用情況，由上游往下游方向可看出車道變換的趨勢，車流由匝道併入至加速車道再併入至主線。



(a)匝道匯入點前　　(b)加速車道中　　(c)加速車道結束後

圖 D-9 國道三號北上中和入口交流道入口匝道區各調查點車頭分布圖

3.3.2 速率時空圖

圖 D-10 為各車道依時各區間速率圖，空間維度以每 50 公尺為單位、時間維度以每 5 秒鐘為單位，圖中共有 4 個熱區圖，分別代表主線 3 車道及匝道至加速車道，其車道、區間對應之位置如圖片左側之簡圖所示，若速率越低，熱區圖所呈現之顏色會接近紅色；若速率越高，熱區圖所呈現之顏色會接近綠色；若該區間於時階內沒有車輛通過，或沒有相對應的區間位置，熱區圖則會以白色顯示。由圖可看出 7:04 左右，速率在車道 3(第 1 張熱區圖)區間 10 與區間 11 明顯下降。

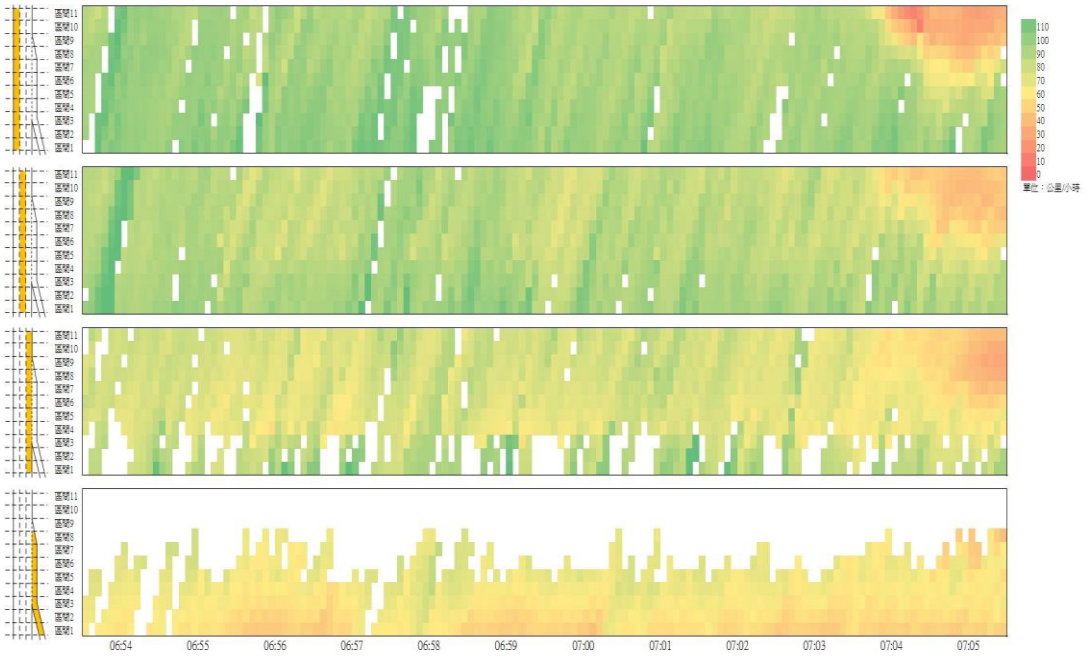


圖 D-10 速率時空圖

3.3.3 密度時空圖

圖 D-11 為各車道依時各區間密度圖，空間維度以每 50 公尺為單位、時間維度以每 5 秒鐘為單位，圖中共有 4 個熱區圖，與速率時空圖對應。若密度越低，熱區圖所呈現之顏色會接近綠色(每公里 0 台車)；若密度越高，熱區圖所呈現之顏色會接近紅色(每公里 50 台車)；若該區間於時階內沒有車輛通過，或沒有相對應的區間位置，熱區圖則會以白色顯示。

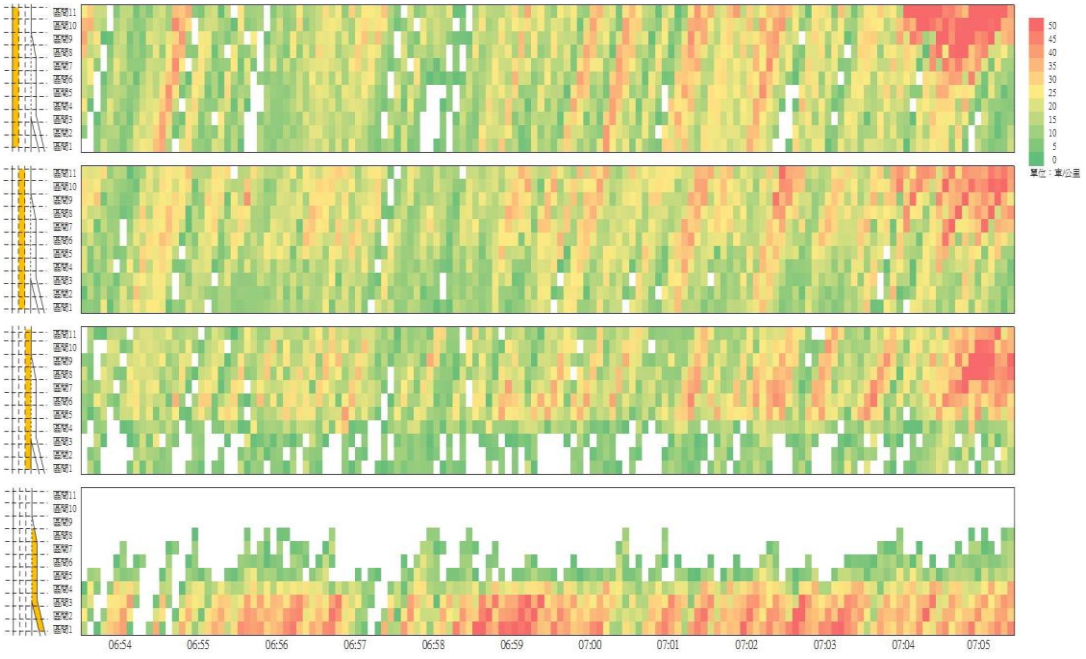


圖 D-11 密度時空圖

3.3.4 車道變換位置及頻次

圖 D-12 為車道變換位置及頻次，由圖可看出多數變換車道之車輛以加速車道往內側移動為主，而加速車道車輛變換車道之行為，從匝道進入加速車道時立即往內側移動為主。也有部分在車道 1 的車輛受加速車道車輛往內側移動的影響，也跟著往內側移動。

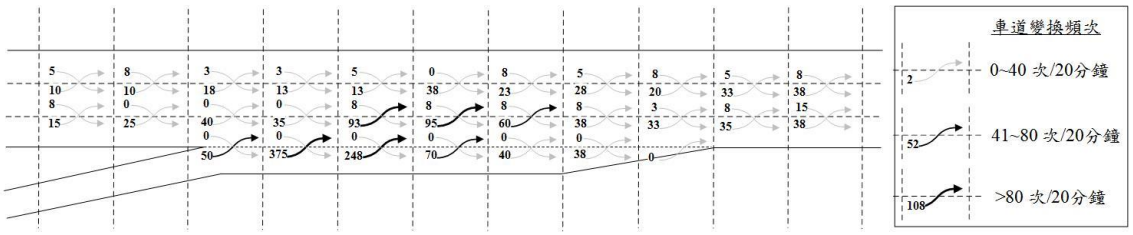


圖 D-12 車道變換位置及頻次

4. 結論與建議

(1) 運用深度學習之影像辨識技術分析無人機的空拍影像，能萃取車流軌跡，計算容量分析所需的車流特性，包括車流率、車流速率、車流密度、變換車道頻次等資訊。

(2) 車流軌跡的精確度，受深度學習模式所採用訓練資料的蒐集地點、車流情境、樣本數等影響，後續將對其他影片及調查地點進行分析測試。

(3) 本研究所產生之速率時空圖、密度時空圖，對於容量分析的意義重大。這些屬於新的衍生資料項目，無法透過傳統的路側攝影機及人工資料整理方式取得。

(4) 由車流軌跡產生車流特性資訊，原則上非常彈性，可自由調整空間及時間的區間範圍，但目前並無軟體能自動化分析，需要針對影片內容自行撰寫程式計算，技術上有一定的門檻。

附錄E

無人機空拍調查之作業程序

附錄 E　無人機空拍調查之作業程序

高速公路沿線之現場車流調查難度頗高，本計畫運用無人機對匝道分匯流區範圍之車流進行攝錄觀察，推算觀測區域內各重要車流特性參數，以提升現場調查暨資料整理之作業效率與準確性。

過去採用路側攝影之調查方式，面臨觀察範圍不連續、資料整理困難等困境。無人機空中拍攝進行交通調查為創新之嘗試， 能較大範圍的觀察車流行為特性，然而該新興技術尚在持續發展中，在執行上也有一些限制及應注意之事項。為使本研究之經驗得到累積及分享，茲彙整無人機於交通調查方法之適用情景、作業流程與優劣勢分析。

本附錄彙整之議題主要有四項，包括：(1)行前作業、(2)現場調查、(3)事後作業、以及(4)優劣勢分析。本附錄部分內容節錄自 107 年度運研所之委託計畫「高速公路匝道分匯流區車流特性調查之先期規劃」。

1. 行前作業

行前作業著重於拍攝範圍、起飛點與出勤日期的確認，以及備妥相關硬體設備。

1.1 確認拍攝範圍

- 透過 Google 地圖確認拍攝範圍。
- 拍攝範圍以加(減)速車道長度上下游各延伸 150 公尺。

1.2 確認起飛地點符合以下條件

- 限禁航區：無人機之拍攝懸停位置不應在限禁航區內。
- 高速公路淨空：無人機不得進入與高速公路直線距離 30 公尺之範圍內。
- 起降地點：無人機須盡量於空曠平地起降。應盡量避免周遭有樹木或電線存在以防意外撞擊發生，而後者之交流電更會對無人機之無線通訊與控制產生影響。

- 天氣：天氣需晴朗，若有下雨或者陰天的狀況，應避免無人機進行拍攝任務。

1.3 確認出勤日期

- 透過智慧型手機應用程式【UAV Forecast】確認各項天氣要件是否允許飛行，例如降雨機率、風速等，如圖 E-1 所示。

圖 E-1 【UAV Forecast】應用程式介面

1.4 備妥相關硬體設備

- 無人機

  以大疆 DJI 之 Phantom 4 Pro (P4P) 型號為例，升降時間約 3-5 分鐘，如需要拍攝連續之影像，建議採用 2 台無人機連續作業。

- 無人機充電用的電池

  以拍攝時間 4 小時為例，約需準備 6-8 顆電池，以及充電設備（汽車充電或攜帶式行動電源）於現場進行充電。

- 記憶卡：

  拍攝 4K 影片之 5 分鐘檔案約 4Gb，建議準備至少 2 張 32Gb 以上之記憶卡，

- 筆記型電腦

  無人機降落後，立即將拍攝影片進行備份，以及檢查影片是否符合調查需求。

2. 現場調查

現場調查著重於無人機的試飛，以及釐清各項拍攝參數，以確保蒐集影像之品質。

2.1 試飛

- 鏡頭對焦與影像設定

  確認鏡頭為可對焦的狀況，以及確認無人機裝載之記憶卡未存入任何資料，並且讀寫速率足以支援目標解析度與幀率(以本案為例為 4K、30FPS)以保證影像正常寫入。

- 選定無人機起飛位置

  於正式拍攝前，需先試飛以選定無人機起飛之位置，透過實際拍攝調查地區的一段短影片，以調整空拍影像範圍、高度、傾角與測試不同之拍攝參數。

2.2 正式拍攝

- 紀錄起飛與降落當下的時間

  由於無人機拍攝的影片無法紀錄當下的時間，故需於起飛前與降落後紀錄當下的時間，以便後續對時作業之所需。

- 兩台無人機交替拍攝

  為取得時間上連續性之交通資料，必須解決無人機續航力的問題。本案透過兩台無人機交替拍攝，以達成拍攝不間斷的效果，但當兩台無人機進行交替時，仍會有約 30~40 秒影像不連續的情況無法避免，實際輪替作業流程以圖 E-2 表示。

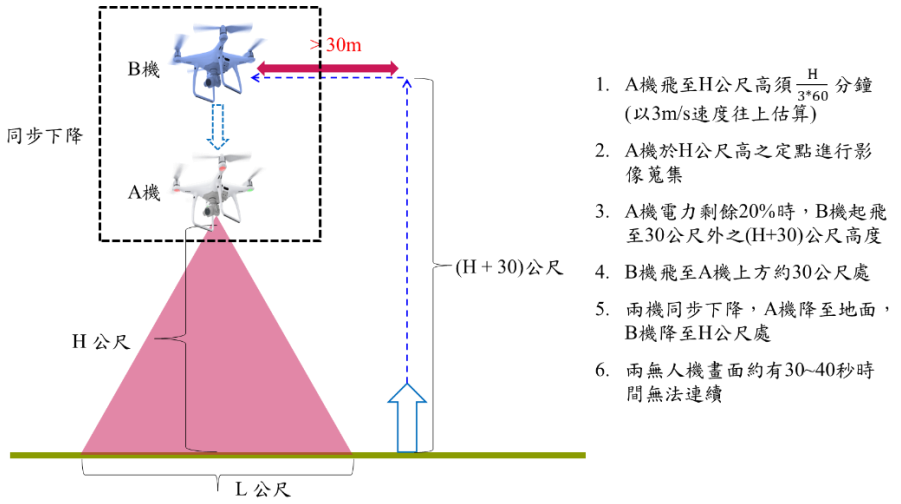


圖 E-2 無人機輪替作業流程說明

- 影像備份與品質確認

當一台無人機完成一次拍攝任務時，需於該無人機下次升空前備份影像與確認影像之品質，利用已備妥的筆電備份影像，確認影像品質的部分需檢查解析度、幀率與鏡頭是否成功對焦等等，若發現問題需於下次升空前排除，否則將有礙於後續判讀作業。

3. 事後作業

事後作業著重於調查之車流是否符合實際需求，以及時間字幕的編寫。

3.1 確認車流是否符合需求

雖然於現場拍攝時已確認影像之品質，然而拍攝當下由於時間有限，無法針對每一架次的影片詳細檢核，因此亦需要再檢核一次影像之品質，如是否有劇烈晃動等情況，並確認車流是否符合分析需求，判斷由車流順暢進入暢車流壅塞的時間點等。經評估後，再進行資料整理。

3.2 編寫拍攝時間字幕

無人機雖然有內建時鐘，但更換電池後可能會有時間重設的情況。為保證不同架次的影片能對應時間同步，因此另外紀錄拍攝的開始與結束時間，再利用此資訊填補時間字幕，如圖 E-3 所示，於影片下方編寫拍攝時間字幕檔，供後續車流資料整理所用。

圖 E-3 無人機拍攝影片與字幕檔

4. 優劣勢分析

隨著科技的進步，無人機遙測技術漸趨成熟，透過空中拍攝方式存取影像，其具有拍攝範圍廣、調查機動性高等特性，逐漸取代過往路側攝影調查方式，詳細比較如表 E-1 所示。

不論採用哪種方式，皆可得流率、速率或密度、車道變換等車流特性資料。由於路側攝影調查方式，於車流密度高時，可能會造成外側車道車輛遮蔽內側車道的情況，導致紀錄流率時產生誤差，攝影機應架設於高點，實際情況取決於是否有可用之設施桿掛載攝影機；路側攝影機在紀錄車流速率時，須紀錄同一車輛通過兩台攝影機之時間差，需要耗費大量人力追蹤車輛，後續如資料有疑慮亦難以追蹤；相反地，空拍方式無俯視角度的差異，可清楚觀察到於每一個時間點下車輛互動的情形，透過人工登錄作業方式，可得較精準的車流特性資料。

除了上述討論之外，無人機空拍影像亦具備發展影像辨識的可能性，透過人工智慧(artificial intelligence, AI)影像辨識技術，針對影像中特定的物件進行偵測、追蹤與分類，可得車輛於每一時間點下的軌跡資料，利用程式的撰寫亦可得車流特性資料，與投入人力觀察相比，將能大幅地降低作業時間，為高效率的作法，也是目前研究上的趨勢。

表 E-1 調查方式比較

比較項目	路側錄影調查方式	無人機空中拍攝方式
拍攝範圍	窄、多台攝影機	廣、一鏡到底
最大拍攝時間長度	~10 小時	~4 小時
執行調查彈性	須提前發文申請、工程車協助交維、提前現場施工、調查時段需為晴天	調查日之天氣要適合飛行任務
調查地點的選擇	路側有可用設施桿，掛載攝影機	限禁航區、相關法規
資料整理項目	流率、速率、車道變換	流率、密度、車道變換
資料整理困難	透過追車紀錄速率，耗費人力	密度低時誤差較大
其他	太多部影片，後續難以追踪	發展 AI 影像辨識的可能性

附錄F

研究成果說明會

附錄 F　研究成果說明會

一.時間: 108 年 10 月 23 日（星期三）上午 9 時 30 分
二.地點: 交通部運輸研究所 10 樓會議室
三.主席: 張舜淵組長　　紀錄: 陳威瑜
四.與會人員與單位: (詳會議簽到單)
五.議程:

時　　間	議　　程	主持（講）人
09:10 ~ 09:30	報　　到	-
09:30 ~ 09:40	主席致詞	交通部運研所 張舜淵組長
09:40 ~ 10:10	新興科技於交通調查之經驗分享	國立交通大學 黃家耀副教授
10:10 ~ 10:40	匝道分匯流區容量分析方法	
10:40 ~ 11:30	綜合討論	交通部運研所 張舜淵組長 國立交通大學 黃家耀副教授 國立交通大學 林貴璽老師

本成果說明會內容共分『階段研究成果展示與說明』與『意見交流與建議』兩部份，分別紀要如下：

（一）階段研究成果展示與說明

1. 主題一：新興科技於交通調查之經驗分享

介紹運用無人機進行現場調查之經驗分享，說明空拍調查之適用條件與執行細節，並介紹影像車流分析技術於本研究之應用與初步成果。

2. 主題二：匝道分匯流區容量分析方法

介紹目前各國容量手冊方法論與學術文獻在分析匝道分匯流區容量及服務水準時之考慮重點與計算方法。

（二）意見交流與建議

邀請與會人員提出相關問題與看法，收納重要回饋與建議，為本研究後續研發方向之依循與參考。

六.研究成果說明會照片

叁、高速公路分區流區容量
分析方法

追求卓越

七.研究成果說明會簽到單

「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究 (1/3)—

獨立進出口分匯流區」

研究成果說明會

簽到單

姓名	單位	簽名
~~申璋琦~~ 申瑋琦	亞聯工程顧問股份有限公司	申瑋琦
洪承佑	易緯工程顧問股份有限公司	洪承佑
陳昱辰	鼎漢國際工程顧問股份有限公司	陳昱辰
黃吏辰	交通大學運輸與物流管理學系	黃吏辰
徐筠婷	交通大學資訊管理與財務金融學系	徐筠婷
楊孟璇	交通大學運輸與物流管理學系	楊孟璇
黃蘋	交通大學運輸與物流管理學系	黃蘋
林維衡	交通大學運輸與物流管理學系	林維衡
陳立璇	台灣世曦工程顧問有限公司	陳立璇
吳宜萱	台灣世曦工程顧問有限公司	吳宜萱
陳翰玲	運研所	陳翰玲
陳峙樺	台灣世曦	陳峙樺
張哲榮	運研所	
歐陽恬恬	運研所	歐陽恬恬

「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究 (1/3)－

獨立進出口分匯流區」

研究成果說明會

簽到單

姓名	單位	簽名
黃郁凱	高速公路局	黃郁凱

附錄G

專家學者座談會

附錄 G　專家學者座談會

一. 時間：108 年 10 月 23 日（星期三）下午 2 時 00 分

二. 地點：交通部運輸研究所 10 樓會議室

三. 主席：運輸計畫組 張舜淵組長　　紀錄：陳威瑜

四. 出席專家學者與單位：（如會議簽到單）

五. 討論議題

(一) 容量分析資料蒐集方式之合理性

1. 現場調查之資料蒐集方式之檢討
2. 偵測器（如 VD、ETC）交通資料在容量分析之應用性
3. 增設匝道分匯流區偵測器，進行長期觀察之可能性

(二) 國內匝道分匯流區容量分析方法之妥適性

1. 匝道分匯流區段臨界點（區）之界定
2. 基本路段與匝道分匯流區段容量與評估準則之一致性

(三) 後續工作之問題

六. 簡報內容

報告內容包括資料蒐集方式與容量分析回顧，重點記錄如下：

(一) 資料蒐集

1. 本研究透過無人機空拍進行交通調查，與過往的路側攝影機錄影調查相比，前者於未來的成本較低，且有發展影像辨識的可能性。本次以中和交流道之影像資料為例，已於會議中展示影像辨識進行車流資料整理之初步成果。
2. 現場調查若需建立完整之 Q-K-V 關係圖，以下午尖峰為例，必須清晨 4 點開始調查，連續觀察 16 小時以上，現場作業上不太可行。故壅塞前的資料擬使用 VD 資料補齊。
3. 由偵測器設施可取得較長時間之交通資訊，提供車流特性與容量分析之用，為確保資料正確可靠，引用偵測器資料前必須進行資料有效性檢核。本研究建議 VD 資料檢核可與下游（匯流區）或上游（分流區）之 VD 及 ETC 進行全天總流量守恆、5 分鐘之流率趨勢資料做比對，佔有率及密度的檢核依據需要多個假設數值，因此較不適合用在檢核的主要條件。
4. 分匯流區容量分析對於偵測器之布設位置、分類資訊等有較高確度之要求，因此需要釐清偵測器資料在本研究主題之適用性。VD 之布設位置因較接近分匯流區，故在資料正確時可以使用；ETC 門架與分匯流區有一段距離，無法反映進入壅塞時流率、速率的變化，因此無法用於容量分析。

(二) 容量分析回顧

1. 介紹目前各國容量手冊方法論、相關學術文獻在匝道分匯流區容量分析與服務水準評估時之考慮重點與計算方法。美國方法論為檢核匝道與外側兩車道匯入之運作情形；台灣方法論為確認內側車道之運作情形；德國方法論為透過主線與匝道匯入之 V/C 值得出匯流區之運作情形。
2. 有研究將發生交通崩潰前的最大流率，定義為容量。過去大量研究發現，崩潰前的最大流率具有隨機性，每一天的情況不太一樣。目前普遍使用的分析方法有極限乘積法，以及韋伯分配。
3. 臨界點指分匯流區內，流率高但未進入壅塞之前，經常發生速率最低的地點，該位置之通過流率即可訂定為容量。然而臨界點之定義較不明確，有文獻將流率最高之點、或速率急速下降之點做爲分析對象。因此本研究測試採取斷面流率最高之點，做為臨界點發生的時間點。

七. 專家學者意見

(一) 亞聯顧問公司楊金華總經理

1. 顧問公司在執行匝道分匯流區容量及服務水準分析時，會同時參考美國 HCM 與臺灣 THCM，原因是實際觀察到的車流情形與臺灣 THCM 的分析結果差距很大，加上 THCM 於匝道的分類不足，並設定過多的假設。
2. 資料蒐集經驗
   (1) 過往執行計畫時，曾使用無人機取得一些必要的資料，並且與 VD、ETC 的資料混用，相互補足不足之處。
   (2) VD 資料能蒐集分車道分車種之車流量、速率，而 ETC 雖可蒐集到車種，但無法得知每車道車種的分布情況，不過在車流量方面就很精確，故各車種的流率就會以 ETC 資料為基礎，車道的分布會使用 VD 資料。
   (3) 其餘無法蒐集到的資料就使用無人機，但受到續航力以及天候的影響，無法連續觀測，觀測時間約 20~30 分鐘以內，觀測範圍分流區是從下匝道的出口預告牌面為起點，但 700~1,000 公尺對於無人機而言範圍太大，所以是兩部無人機同時觀測，抓取整路段的交通情況。
3. 容量分析
   (1) 臺灣 THCM 在分流部分是以內車道與車道 1 為分析標的，但其實主線車輛分出時，內側車道所受到的影響很小，對於服務水準的變化內側車道感覺差異不大，在匯流部分內側車道的確會受到車流擾動的影響。
   (2) 由交大團隊所呈現出的密度時空圖及車道變換資料來看，匝道的流量的確對於車道 1、2 有影響，其他車道或許有

影響，但仍不如前者的影響大，故美國法的分析流程似乎比較合理。

4. 其他意見

(1) 基本路段的評估與匝道分析一定是不同的，故要達成一致性是不太可行，評定標準應該有區別。

(2) 分匯流區依幾何型態、主線車道數、匝道車道數、進出口等可至少分為 16 種，建議資料蒐集及容量分析方法要考慮分類的多樣性，以增加容量分析應用的便利性。

(3) 針對未來快速公路的容量分析是否也能比照本次研究的調查結果。

(二) 中華大學卓裕仁副教授

1. 資料蒐集

(1) 長期而言，無人機可讓資料的精確度更高，而且成本也會降低，但對於要蒐集長期持續的資料，無人機的續航力仍然不足，需要其他調查方式來補足資料，如使用 VD 資料。

(2) 無人機所蒐集到的資料可以驗證 VD 資料的精確度。

2. 容量分析

(1) 對於引用的理論架構，各章節需有一致性，因此針對 THCM 第五與第六章進行探討與修正時，須檢討其他章節之一致性。

(2) 容量值較難定義

a. 絕對最大值－實際上難以達到最大值。

b. 可以從實際調查資料反推能夠觀察到的最大流量，但在不同時間觀察到的結果可能又會不一樣。

c. 美國法著重於外側第 1、2 車道的局部性，臺灣法參考內側（著重整體性），兩者方法看事情的角度不一樣，可藉由本次研究來釐清。

3. 臨界點的訂定

(1) 流率最高後進入壅塞的轉折點，並非空間上的地點。

(2) 交大團隊可與運研所進一步商討臨界點之議題，個人看法於容量分析上不一定需拘泥於臨界點之尋找。

(三) 高速公路局吳木富副局長

1. 有關 ETC 資料開放之項目及內容尚待進一步確認，但可確定的是 ETC 資料會記錄車種與所在的車道位置，車種部分分為小車、大車（大貨車、大客車）、聯結車，過去的研究針對兩門架所提供的資訊，可計算速率或是變換車道的比例。

2. 車輛偵測器（VD）可分為路側式、路面式兩種。路面式藉由雙迴圈的設計，可計算流量、車速（點速率）與車長，透過流量與車速，可反推得密度。
3. 以資料精確程度比較，ETC 資料優於 VD 資料；以布設的位置比較，VD 資料較優於 ETC 資料。
4. 高速公路車輛偵測器布設原則以交流道主線一組，加速車道不布設，減速車道視情況布設，若是因下游回堵造成壅塞狀況，則會考慮布設偵測器。以目前偵測器布設的情況來看，似不符合本期研究對於資料地點的需求。
5. 透過無人機拍攝可解決過往偵測器無法觀察的問題，例如分匯流區車道變換的情形、實際的密度資料，此為無人機拍攝的主要優勢，續航力部分應會隨著科技的進步而解決，但無法與偵測器一樣紀錄 24 小時的資料。
6. 建議資料蒐集的方式可考慮閉路電視攝影機（CCTV），以高架的方式觀察 300 公尺內的車流狀況。
7. 由於 1990 年與 2011 年的公路容量手冊於匝道分析部分撰寫內容不一致，導致顧問公司在評估是否增設交流道時，不是採用 2011 年的版本，反而是採用 1990 年的匝道容量值做為服務水準的計算，因為 2011 年的版本並沒有匝道容量值，此部分不應該如此簡化。此外計算服務水準的用意是為了營運（operation），而不是為了規劃（planning），因此在評估是否增設交流道時，不能一味地計算服務水準，而是需要有系統地估算分匯流匝道容量，若是匯流區匝道則需要考慮主線；若是分流區匝道則需要考慮下游回堵的問題。
8. 建議研究報告彙整以無人機拍攝解決實務問題的經驗，例如：限高、氣候、角度等問題，以利後續相關研究工作。

(四) 易緯工程顧問公司高錫鉦董事長

1. 認同以無人機拍攝解決匝道分匯流區無法觀測的問題。
2. 由於偵測器的佈設位置不一定適當本研究，認同研究團隊以空拍的方式調查。
3. 分匯流匝道容量隨機性值得探討，因為在不同的時間與地點下，匝道容量確實不同。
4. 容量分析該以美國版、台灣版或德國版值得討論，但個人比較偏好美國版。
5. 認為匝道匯流造成的壅塞不是位於加速車道末端，而是位於一上匝道後即進入加速車道，過多的車輛匯入主線而造成壅塞，此部分希望可藉由空拍影片釐清壅塞的主因。

(五) 本所張舜淵組長

1. 界定分匯流區臨界點之原因為確認壅塞之關鍵位置，若經確認臨界點之發生位置一致，未來可以縮小研究及調查範圍，針對該範圍進行多次的資料蒐集與分析。
2. 有關臨界點的議題，可先確認臨界點是否存在。若臨界點確實存在，可維持上述之方法繼續進行容量分析；若臨界點不存在，將與研究團隊與各專家學者討論後續容量界定之處理方式。

八. 主席結論:

感謝與會專家提供寶貴的實務經驗與建議，本所將與研究團隊討論並參考納入後續的研究方向。

九.專家學者座談會照片

專業領航 追求卓越
CHAIRPERSON

十.專家學者座談會簽到單

「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究 (1/3)－

獨立進出口分匯流區」

專家座談會

簽到單

姓名	單位	簽名
曾平毅	中央警察大學交通學系	
卓裕仁	中華大學運輸科技與物流管理學系	卓裕仁
吳木富	高速公路局	吳木富
高錫鉦	易緯工程顧問公司	高錫鉦
楊金華	亞聯工程顧問公司	楊金華
廖言毅	交大運管所	廖言毅
溫雲晨	交大運管所	溫雲晨
陳威瑜	交大運管所	陳威瑜
黃家鋐	〃	黃家鋐
林貴雲	〃	林貴雲

附錄H

研究成果展示檔內容

附錄 H　研究成果展示檔內容

高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(1/3)-獨立進出口分匯流區

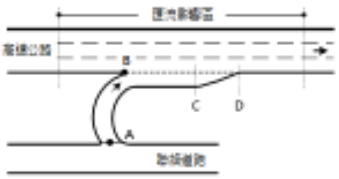
成果展示

主辦單位：交通部運輸研究所
協辦單位：國立交通大學運輸研究中心

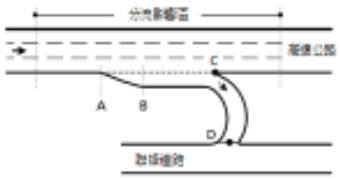
1

壹、計畫目的

- 「臺灣地區公路容量手冊」分析法係引用美國1985年之公路容量手冊（1985 HCM），缺乏本土交通特性資料。
- 本計畫自107年起，將分年修訂現行容量手冊之第五章「高速公路進口匝道路段」與第六章「高速公路出口匝道路段」。
  - 建立主線及匝道（包括加減速車道）之影響區域、運作績效與相關影響因素之關係
  - 發展主線分匯流區與匝道之容量及服務水準分析方法



進口匯流區



出口分流區

2

貳、新興科技與交通調查(1)

- 現場調查方案 - 無人機空拍
  - 拍攝可涵蓋約500～700公尺範圍
  - 採DJI P4P，定點飛行錄影可達15分鐘，兩台無人機交替拍攝
  - 影片規格4K/30fps
  - 需考慮禁航區/限航區、天氣因素

3

貳、新興科技與交通調查(2)

- 空拍影片：國道一號北上頭屋交流道入口

4

貳、新興科技與交通調查(2)

- 空拍影片：國道一號北上頭屋交流道入口

4

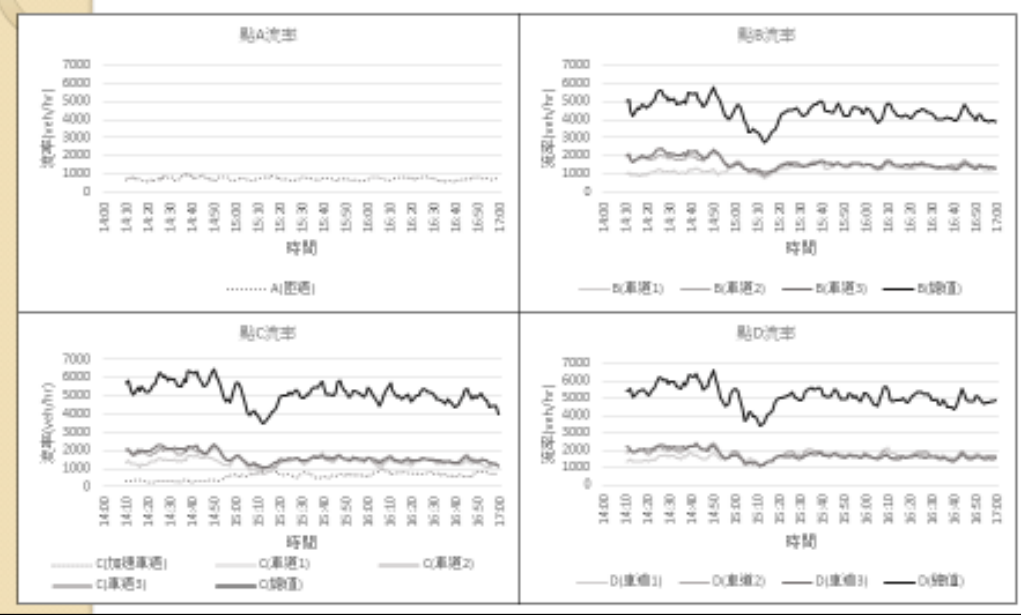
貳、新興科技與交通調查(4)

- 國道一號北上頭屋交流道入口

6

貳、新興科技與交通調查(5)

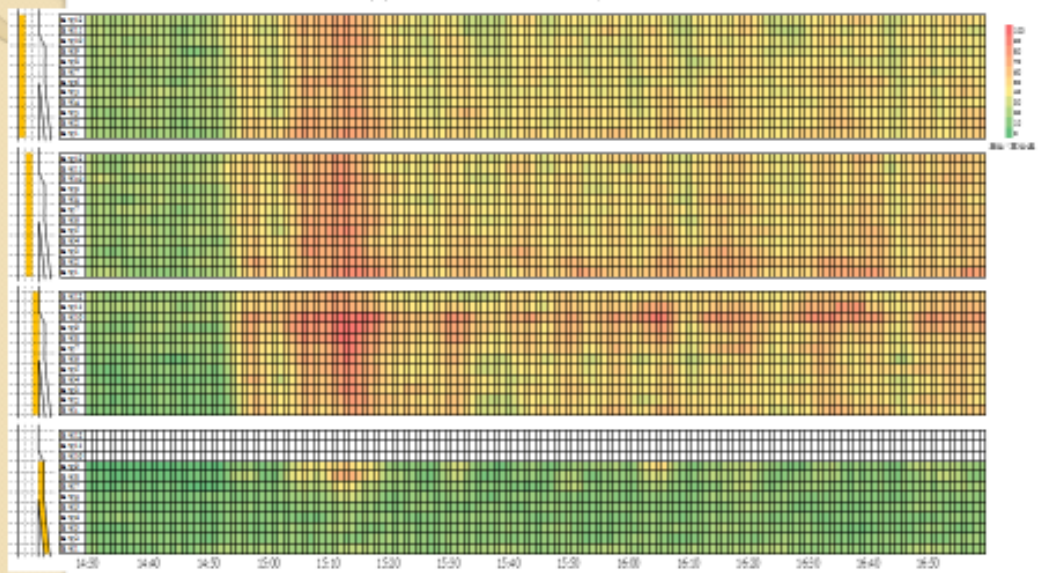
- 國道一號北上頭屋交流道入口-流率



7

貳、新興科技與交通調查(6)

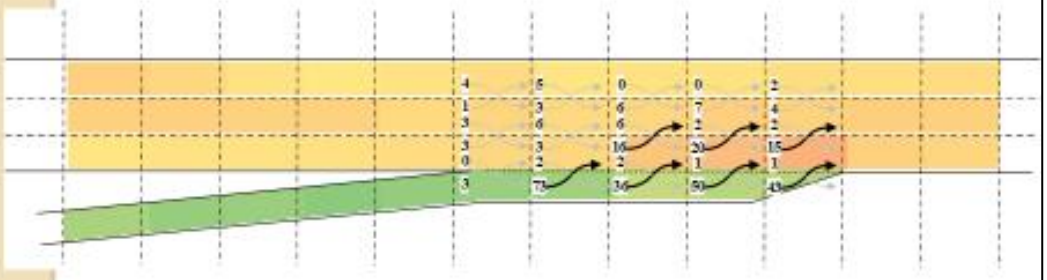
- 國道一號北上頭屋交流道入口-密度



8

貳、新興科技與交通調查(7)

- 國道一號北上頭屋交流道入口-車道變換



登錄時間：14:45~15:05

9

貳、新興科技與交通調查(8)

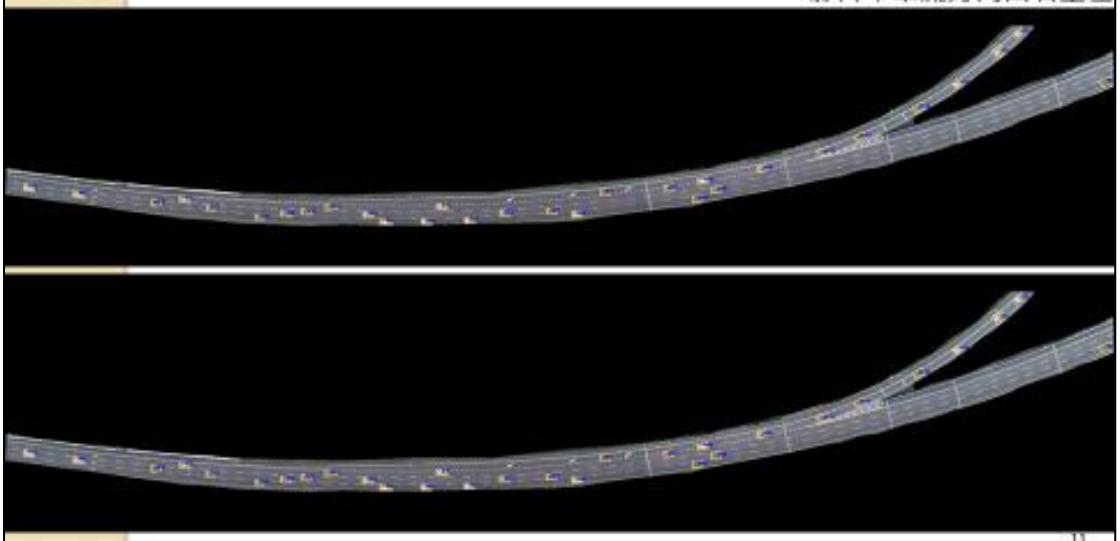
- 電腦視覺影像分析技術
  - 高速公路沿線之現場車流調查難度頗高，本計畫運用無人機對匝道分匯流區範圍之車流進行攝錄觀察。
  - 嘗試結合電腦視覺影像分析技術取得車流軌跡資訊，推算觀測區域內各重要車流特性參數，以提升現場調查暨資料整理之作業效率與準確性。
- 初步成果
  - 初始資料：車輛時空軌跡座標、車流軌跡影片
  - 衍生資料：
    - 車流率（可自由調整count line）
    - 車道變換位置及頻次
    - 平均速率、平均密度
    - 速率時空圖…等等

10

貳、新興科技與交通調查(9)

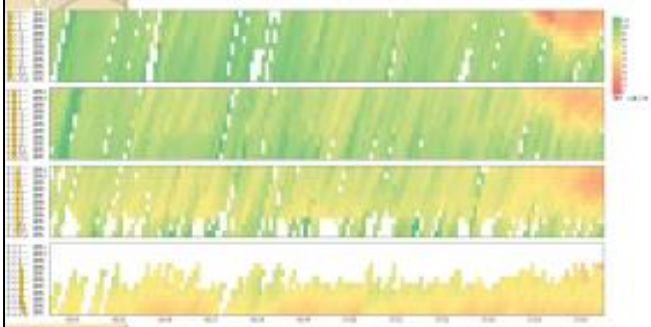
- 影像分析與車流軌跡

*影片中車流方向由右至左

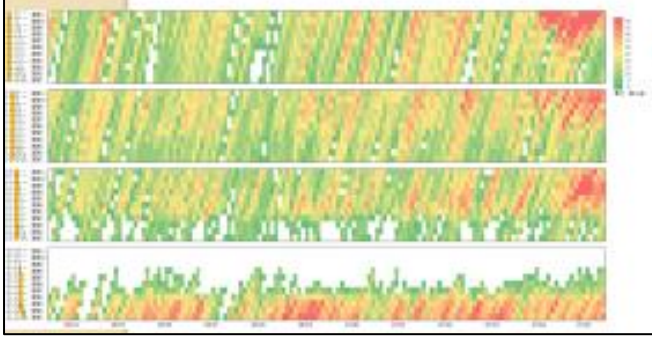


11

貳、新興科技與交通調查(10)



- 速率時空圖
  - 5秒鐘內於50公尺區段之車流平均速率 (06:55-07:06)

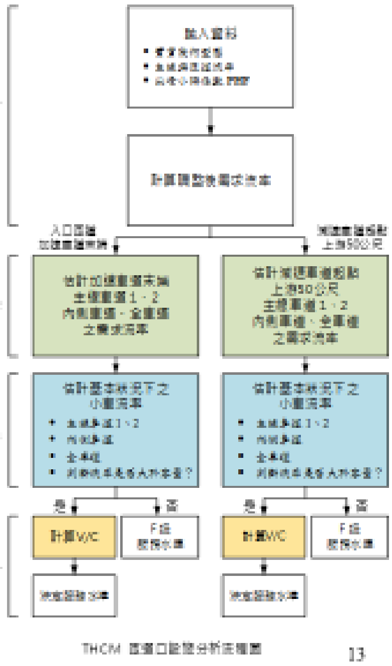


- 密度時空圖
  - 5秒鐘內於50公尺區段之車流平均密度 (06:55-07:06)

12

叁、高速公路分匯流區容量分析方法(1)

- 分析步驟（本研究）
  1. 彙整分、匯流影響區分析之交通、幾何、資料、現場高速公路主線與匝道之流率。
     轉換現況需求流量（veh/h）為理想狀況尖峰流率（pc/h）。
  2. 估計檢核點需求流率。
     a. 分流區：
        主線車道1與2、內側車道、全車道
     b. 匯流區：
        主線車道1與2、內側車道、全車道
  3. 確認各檢核點需求流率是否超過各該點容量，若超過，則為服務水準**F**，結束分析程序。
  4. 若確認影響區車流穩定，則計算匝道影響區流量容量比（V/C），進而決定該影響區之服務水準。



叁、高速公路分匯流區容量分析方法(2)

- 1. 進口匝道分析方法

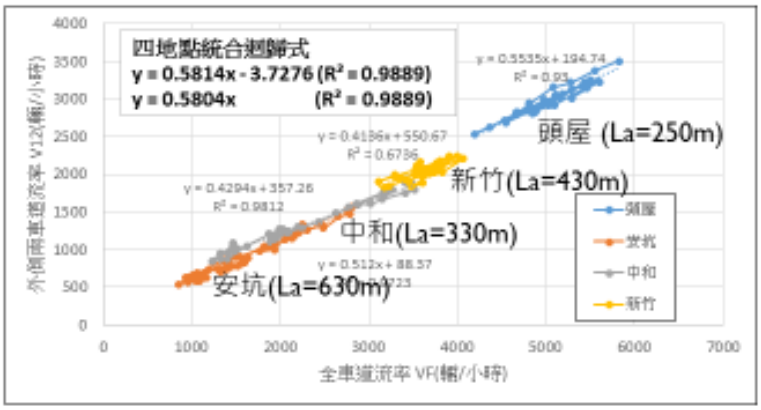
$$V_{12} = V_F \times P_{FM}$$

V_{12} = 主線最右側兩車道（車道1、2）流量
V_F = 上游主線流量
P_{FM} = 上游主線車道1、2 流量佔主線總流量之比例

參、高速公路分匯流區容量分析方法(3)

- 1. 進口匝道分析方法

$$V_{12} = V_F \times P_{FM}$$
$$P_{FM} = 0.5804$$



參、高速公路分匯流區容量分析方法(4)

- 2. 出口匝道分析方法

$$V_{12} = V_R + (V_F - V_R)\, P_{FD}$$
$$\text{i.e. } (V_{12} - V_R) = (V_F - V_R)\, P_{FD}$$

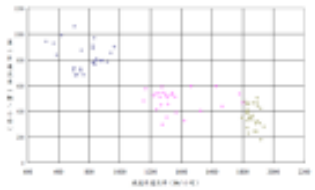
V_{12} = 主線最右側兩車道（車道1、2）流量
V_F = 上游主線流量
P_{FD} = 上游主線總流量使用車道1 、 2之比例

2011 THCM 採用之方法

$$Q_1 = e^{7.227 - 0.737 Q_d/1000}$$

where

Q_1 = 車道1 流率
Q_d = 減速車道流率



參、高速公路分匯流區容量分析方法(4)

- 2. 出口匝道分析方法

$$V_{12}=V_R + (V_F - V_R)\, P_{FD}$$

主線單向4車道：

(Ver.1) P_{FD} = 0.4819 -0.0000244 VF +0.0000787 VR
(t=61.68) (t=-7.16) (t=1.81)

(Ver.2) P_{FD} = 0.4814 -0.0000191 VF
(t=60.73) (t=-10.85)

(Ver.3) P_{FD} = 0.4081
(t=61.56)

主線單向3車道：調查日開放路肩，不適合分析

17

簡報結束，感謝指教

18

附錄I

期中審查會議
意見與回覆表

附錄 I　期中審查會議意見與回覆表

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
吳委員木富			
1	報告 36 頁，表 2.2-4 自由速率 65 之入口匝道最大期望流率為 4600 請修正，另表下方之「註 ...參閱附錄一」，應為附錄 A（表 2.2-5~2.2-7 亦請一併修改）。	謝謝委員協助，各表內容與附註已分別檢視、訂正。	同意
2	報告 3.3 節調查車流量分成 4 種，其中小客車是否包含小貨車，若是則建議改為小型車；另外貨車是否改為大貨車？	謝謝委員意見，受限於空拍影像，本研究主要依車長與較明顯之車型進行車種定義，調整車型名稱與定義如下： 小型車：車長 10 公尺內之車型，包括小汽車、小貨車等 大客車：超過 10 公尺之載人車輛 大貨車：超過 10 公尺之載貨車輛 聯結車：汽車與重型拖車所組成之車輛，且重型拖車有兩節以上。	同意
3	報告 49 頁，表 3.3-1 各交流道調查時間與表 3.3-2 調查時間，及後續各交流道分析之時間均不同，請補充說明原因。	表 3.3-1 為各匝道區現場空拍之起迄時間（中和交流道現調起訖時間已訂正為 06:25-10:00）；表 3.3-2 所列為空拍影片期間內，正式登載車流資料之起訖時間，兩表已分別修改時間名稱。	同意
4	報告49頁，大溪交流北上入口的部分，實際拍攝時間為週日13:00 ~ 17:00，但資料只分析16:30 ~ 17:00。為何其餘地點為全時段分析，而該地點僅分析30分鐘？另外，週日13:00~17:00大溪北上，依據經驗並非車流由不壅塞到壅塞的轉換時間（反過來也不是），因為這段時間都是尖峰，一直要到19:00才會有變化。當然實際情形可能不同，請說明當天狀況。	現調空拍時間之決定係透過檢視多日 VD 資訊獲取較大機會發生壅塞之時段，惟空拍當日因大部分前段時間為順暢車流狀況（速率 90kph 以上）；基於本研究主要著重於掌握非壅塞進入壅塞之車流狀況，故僅登載近臨界車流狀況（現調最後約 30 分鐘資訊）。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
5	報告53頁圖3.3-8，車道1區間9-11（D區）密度相對於其他車道為高，但對照報告81頁，車道1流率占比低，原因為何？請補充說明。	圖 3.3-8 車道 1 (D 區) 之依時密度為發生壅塞後之車流狀況，相對於其他車道為高，P81 所述為路段車流之車道分佈，附圖 4.1-1(c)為 D 區發生壅塞前、後，各車道流量之車道分佈比例 (非流量值)，壅塞前車道 1 之流率比例相對於其他車道低，但壅塞後之比例則與其他車道相當。	同意
6	圖 3.3-9（54 頁）、3.3-13（58 頁）、3.3-17（63 頁）、3.3-21（67 頁）、3.3-25（71 頁）變換車道數，請說明標註黑色箭頭線之原則。另，建議製作各調查時段之統計圖，比較壅塞發生前、發生後之差異，及與交通流率之關係。	黑箭頭用以顯示每 20 分鐘之變換車道數約 33-35 次以上，且相對高於鄰側車道，各圖顯示不同加、減速車道長度，在擁擠車流狀況下，車輛選擇進行車道變換位置的數量。 有關製作調查時段統計圖，比較壅塞發生前、發生後車道變換數之差異，已補充於 3.3.3 節中。	同意
7	每 50 公尺一區間紀錄車道變換對於管理者很有用，可以看到車輛在加速車道一開始就匯入主線，還是到加速車道快結束才匯入主線。目前只有 20 分鐘資料，以後是否可以有更多研究分析資料，做為判斷加速車道是否延長的依據。	針對壅塞前車流狀態、臨界車流狀態、壅塞後車流狀態，各整理 20 分鐘的車道變換資料，已補充於 3.3.3 節中。	同意
8	報告 65 頁，樹林交流道南出 9:40~10:10 流率突降，請補充原因。可與高公局交控中心聯繫是否保留事故資料。	有關 P65 圖 3.3-19 各檢核點流率在 9:40-10:10 驟降之狀況，經檢視該區段當時並無事故，而是上游流入量驟減所致。 團隊已與交控中心聯繫，提供可能原因，以及發生時間、期間、地點、事件車道等資訊，詳細原因已於 3.3.3 節中補充說明。	同意
9	報告 80 頁，表 4.1-1 加速車道長度之調查原則為何？與公路路線設計規範有無一致？建議定義清楚。	本研究對加減速車道長度係參酌美國 HCM 方法論，從運行分析面 (非設計或法規面) 定義，以下長度定義所含專用詞係參酌交通部頒「公路路	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
		線設計規範」與高速公路局「交通工程標準圖」之標線規範： (1) 進口匝道區加速車道長度 由進口槽化楔形標線尖端(非槽化島鼻端)至加速車道漸變段終點止之長度；若加速車道含兩線以上，則至最下游加速車道漸變段終點止；簡易測度方式可由連接進口槽化楔形標線尖端之穿越虛線總長度量得，可適用於平行式或直接式進口匝道區。 (2) 出口匝道區減速車道長度 由減速車道漸變段起點至出口槽化楔形標線尖端(非槽化島鼻端)止之長度，若減速車道含兩線以上，則由最上游減速車道漸變段起點起算；簡易測度方式可由連接出口槽化楔形標線尖端之穿越虛線總長度量得，可適用於平行式或直接式出口匝道區。	
10	報告 81 頁，請補充穩定車流、壅塞車流之判別方法，並於圖 4.1-1~4.1-3 中說明兩種車流。其他交流道亦請比照。	本研究所稱穩定車流為路段在發生擁擠，導致速率驟降之前，即流率漸次增至最高點前的車流狀況，發生擁擠後之車流狀況即視為壅塞車流。圖 4.1-1 ~ 4.1-3 主要呈現各車道之使用比例。	同意
11	報告 92 頁，表 4.2-1 加速車道長度欄位應為減速車道長度，長度之調查原則為何？與公路路線設計規範有無一致？建議定義清楚。	謝謝指正，表 4.2-1 已訂正減速車道長度欄位名稱；有關加、減速車道長度設定原則如以上第 9 項所述。	同意
12	臨界車流分析可否分成進入壅塞、由壅塞變成疏解，個別討論。	本期階段重點置於檢察衝擊匝道口容量的位置與對應車流狀況，故主要以進入擁擠狀況之分析為止。目前可供分析之匝道口資訊：進入壅塞車流過程（中和、安坑、頭屋、新竹四處匝道口皆有登載），由壅塞車流回復過程(中和、安坑、新竹三處匝道口)。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
13	本案研究對象為車流由順暢進入壅塞的地點，且以速率低於 40 kph 做為調查地點選擇條件。建議篩選條件可參考高公局現行平日/週末路肩開放原則：一週/月當中同時段速率低於 60 kph 出現 2 次。	感謝委員提供本資訊與建議，未來現場調查前置作業將參酌辦理。	同意
14	簡報第 53 頁，流率隨時間變化圖部分，正常車流由於車輛增加、密度提高，出現車流速率驟降（breakdown）現象，該現象常見於雪隧與國三北上竹林等地，並且有許多管制。該頁的圖可觀察到由順暢轉為壅塞時的臨界流率，但可否觀察到速率回復的情形？速率下降後大概何時會回升？順暢之後的流率是否可以回到臨界流率?車流回復後流量是否與順暢情況相同？上述問題，就管理面而言值得探討，可提供為匝道儀控管制鬆緊的依據。交大團隊可否在研究範圍內協助處理由壅塞到不壅塞的車流觀察。	(1) 簡報 P53 圖顯示安坑進口匝道區段由漸入壅塞，達到最大流率的時間，之後逐漸再回復的車流狀況，全程車流變換資訊之蒐集端視空拍持續能力（約連續四小時）、載具滯空時間、天候等而定。 (2) 本研究主要以分析容量，由壅塞進入不壅塞的車流分析並非本計畫之研究範圍。 (3) 本研究之資料蒐集於安坑與新竹交流道有觀察到車流由壅塞進入不壅塞之狀況，請委員參考。但因非本研究之主題，故無特別進行分析，建議可透過其他專案計畫進行處理。	同意
曾教授平毅			
1	研究團隊相當用心完成期中應進行之工作項目，內容充實且相當辛勞、值得感佩。	感謝委員不吝肯定與鼓勵，團隊將賡續、積極完成本專案預定工作目標。	同意
2	報告第 4 頁，工作項目第 1 點之文獻回顧，可做為調查計畫研擬及分析方法建構之參考，故建議第二章最後面加一小節評論或評析，連結後續調查設計以及臺灣公路容量手冊將採用何種方法論。	有關文獻評析部分，已增列各國方法論參數、模式對照，各版之實證匝道口分析、實測輸出績效、服務等級之對照，除增進對各國方法論應用與限制之瞭解，也有利於後續本土研究調整方向與重點之參考。	同意
3	報告 46 及 48 頁有關車種的劃分，10 公尺車長以下之車輛宜定義為「小型車」、貨車宜改為「大貨車」	謝謝委員提醒，車型定義請參考吳副局長木富第 2 項陳述與回覆。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
4	國內常以內側車道為第 1 車道，向外依序編碼，提供參考。	謝謝委員建議，目前國道 VD 資訊中之車道編碼以內側車道為 1，而美國 HCM 與台灣 THCM 均以外側車道為 1，本研究採後者，已於 1.2 節中定義。	同意
5	報告 100 頁表 5.1-1 之工作期程規劃至 12 月，惟本案期末報告完成期限很可能限定在 11 月底，俾利於公路總局經費之結報。	感謝委員提醒。	同意
6	表 2.2-4、表 2.2-6 及表 2.2-7 註解之「附錄一」應為「附錄 A」。	謝謝委員提醒，已訂正為 "附錄A"。	同意
7	引進 AI 的車輛影像辨識及追蹤相當有意義，值得鼓勵，預期將有利於資料整理。	感謝委員肯定，本期對路段車流採影像辨識、追蹤車輛軌跡、擷取車流運行參數等係屬初測，目前已能滿足預定之辨識確度需求，已於報告附錄 D 展示初步成果。	同意
8	簡報 23 頁中的實際調查情形，例如北斗調查後不採用，而中和第 1 次調查失敗後再調查一次。建議可納入報告書中，以呈現實地調查的諸多限制及困難。	謝謝委員提議，將於期末報告中補充說明。	同意
9	擁擠或壅塞不要混用為擁塞。	感謝委員提醒，已修正完畢。	同意
羅教授仕京			
1	文獻回顧 2.2 節雖然有分匯流區容量分析的方法論回顧，卻未提及各國 HCM 匝道容量分析之資料蒐集方式、區段長度分割原則、斷面選擇與獨立出、入口匝道的定義。建議補充。	各版分析方法論對於各類輸入資料項目大都有明確定義，故均未明訂蒐集方式；美國 HCM 對進、出口匝道是否獨立運作、區段長度分割、檢核斷面選擇等係以所訂影響區範圍為依據，為各國所參酌採用，目前本研究界定匝道區分析範圍亦以此為依據。本項併同以下第 2 項說明與回覆辦理。	同意
2	第三章，3.1 節獨立匝道長度的定義是否如圖 3.1-1 所示，從灰底區域外計算 1,000 公尺？建議於圖上標明 1,000 公尺距離或由文字描述。	本研究對相鄰匝道口間距量測是以匝道口槽化楔形標線尖端（非實體槽化島鼻端）為參考點，相鄰兩匝道口參考點間之距離為兩者之間距，本期	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
		計畫所稱獨立匝道口係指目前匝道口（進口或出口）與上、下游相鄰匝道口之間距都在 1,000 公尺以上者，本項建議標示或文字描述已於期末報告 3.1.1 節補充，並修正圖 3.1-1 示意方式。	
3	報告 41 頁，下游的定義，雖然以最近的 VD 為準，建議補充分析區位 VD 的間距或國道平均 VD 間距供參考。	檢視各處匝道口下游是否有車隊回堵之各 VD 位置、各檢核日期，以及對應之流量、密度資訊列於 "附錄 C：VD 資料檢核" 中，請參閱。	同意
4	3.3 節車流特性分析為何以 50 公尺為觀測區段長度，請說明。以 50 公尺若有 1 輛車密度為 20 輛/公里，2 輛車密度為 40 輛/公里，3 輛車密度為 60 輛/公里以此類推，密度最高為 200 輛/公里，是否會影響密度估算的精確度。為何不用占有率推算？請補充說明。	本研究設定 50 公尺為觀測區段長度，是因為經測試後 50 公尺為目前可由空拍影片中能有效觀察並登錄車流密度的最少長度。登錄方式採 15 秒抽樣記錄一次一區間內之車輛數，用 20 筆資料平均去計算 5 分鐘的平均值密度，可降低抽樣所導致的誤差。 占有率為點偵測器所記錄的資料形態，無法透過人工觀察的方式去有效率的記錄占有率。	同意
5	報告 76 頁，時間平均速率轉換為空間平均速率公式，beta=2 如何得來？請說明。	VD 檢定部分參考 "公路交通系統模擬模式調校與新版容量手冊研訂 (3/3)" 報告書 3.2 節內文，已於附錄 C 中補充說明。	同意
6	表 4.1-3 與 4.2-3 中調查地點各車道受影響程度：高度、中度、低度影響如何定義？門檻為何？是否用密度變化量或速度變化量做為定義較明確？	影響範圍除了以密度做為判斷依據外，還有考慮車道變換資料。各車道受影響程度已於 4.1.3 節重新定義門檻並進行分析。	同意
7	是否會建立獨立進、出口匝道的服務水準參數表？是否提供流率、密度或車道使用比例之估算公式？	將配合新版容量手冊高速公路設施章節的修訂檢討辦理。	同意
8	文中使用流量、密度單位有：小車/小時、veh/hr、輛/小時、小車/公里、輛/公里，建議統一表示方式。	本研究對流量定義：輛/時 (veh/hr)、輛/公里 (veh/km) 為不區分車種、車型之流量、密度單位；小車/時	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
		(pc/hr)、小車/公里 (pc/km) 為以換算小型車數之流量、密度單位。	
9	定義獨立匝道長度時(例如簡報第61頁），建議再說明清楚點長度定義。例如起/終點位置。	謝謝委員提醒，匝道口分、匯流區範圍定義請參考上列第2項回覆，以及吳委員木富第9項陳述之回覆。	同意
10	報告勘誤： (1)34頁，倒數第2行，認為臨“近”。 (2)36頁，表2.2-4自由車流速率65之入口匝道影響區之最大期望流率是否應為 4,600 而非 400。 (3)42頁，第(四)點第一段第3行，本研究最“終”。 (4)87頁，第一段第2行，“關鍵”車流密度，是否應為“臨界”車流密度。 (5)91頁，第二段第2行應為“ Pre-Breakdown”。	(1)謝謝委員建議，已訂正。 (2)謝謝委員提醒，最大流率訂正如吳副局長木富第1項陳述與回覆。 (3)謝謝委員提醒，已訂正。 (4)謝謝委員提醒，已調整。 (5)謝謝委員提醒，已訂正。	同意
交通部高速公路局			
1	報告42頁第3行：本研究「最爭」並無……，應為最終。	謝謝委員提醒，已訂正。	同意
2	簡報 53 頁，“Per-Breakdown”應為“Pre-Breakdown”。	謝謝委員提醒，已訂正。	同意
3	簡報提及獨立入出口占比為40%，但報告書為80%，有所歧異。	本專案先期計畫檢視國道一、三號進口匝道型式 1(41.7%)與型式 5(39.8%)，出口匝道型式1(40.7%)與型式 2(42.0%)，兩組型式各佔約80%，其中獨立進、出口匝道型式各約佔40%，本統計已1.1節中補列與說明。	同意
4	關於幾何線型部分可直接參考公路路線設計規範。	謝謝委員，已與委辦單位參酌本項建議辦理。	同意
5	報告44、45頁出現之漸變（taper）起點、尖角端（gore area）等不同名詞，建議參考國內相關規範統一定義。	謝謝委員提醒，本研究參考交通部頒「公路路線設計規範」與高速公路局「交通工程標準圖」之標線設置規範，統一敘述格式。其中： (1) 尖角槽化區 (gore area)：布設於進(出)口匝道與主線之併入(分出）位置之角形實體槽化島設施，其尖端位置稱為“槽化區鼻端”。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
		(2) 進口匝道：提供車流由其他街路加速、併入高快速公路主線之路段。 (3) 出口匝道：提供車流由高快速公路主線分出、減速至其他街路之路段。 (4) 加速車道漸變段：加速車道由原設計車道寬逐漸縮減至主線外緣之路段。 (5) 減速車道漸變段：減速車道由主線外緣逐漸加寬至設計車道寬之路段。	
6	報告呈現之調查地點都是在北部路段，且都是主線速限為 100 的交流道，是否有考量不同區域（重車比與駕駛特性不同）、不同主線速限、不同交通量等級，來進行比較分析？	(1) 經過幾何型態篩選，南部地區有許多符合幾何型態條件之地點，但許多匯流區發生重現性壅塞之次數甚低，發生時間亦無法掌握，而其他發生重現性壅塞之地點，多數為路段下游回堵所引起之壅塞，亦不適合做為調查地點。 (2) 本期調查計畫最後依符合實質幾何型式、發生壅塞條件與頻次、現場交通控制措施等進行地點遴選，地區、重車比例等暫未考慮。 (3) 有關調查地點選定之詳細過程以及是否符合調查條件，已於 3.1 節中補充說明。	同意
7	入口匝道如何反應（或避免）匝道儀控之影響？	調查前一周與高公局討論是否能夠因應，甚至是暫停匝道儀控。若無法關閉匝道儀控，會與高公局確認固定之儀控率。	同意
8	有關車種分類（例如報告第 48 頁）可參考公路路線設計規範之設計車種，如報告中提到 10 公尺以內為小客車，但這樣應該是小型車，因為小客車應該是 5.5 公尺而貨車是 9 公尺，大於 10 公尺之貨車應該是半聯結車。另外於 VD 判斷部分：小車判	謝謝委員提供本項寶貴資訊，本研究目前對車型定義已於 3.3.2 節補充說明。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	斷<5.5 公尺、大車 5.5~12.2 公尺、聯結車>12.2 公尺，可供研究參考。		
9	空間平均速率或許可以使用現點速率之調和平均數公式進行計算?	目前國道 VD 提供之速率資訊為固定時段(如 1 分鐘、5 分鐘)內所有車輛之平均速率，此為經平均後之速率值，並無個別車輛之現點速率，故未採調和均數換算。	同意
蘇主秘振維			
1	本研究結果是否也可應用於公路總局管轄之快速公路？請補充說明。	本研究第一、二期以國道匝道口設施為分析對象，第三年期會將快速公路設施納入觀察與檢討。	同意
2	德國是否有大於 4 車道之公路容量資訊？請補充說明。	德國 HBS-2015 對匝道口分析目前僅提供最多三車道之模式參數資訊，但基本路段部分，則有依單向四車道以下、重車 30% 以下、不同坡長與坡度、不同公路設施速限等分類組合界定對應設計容量。	同意
3	簡報第 30 頁提到速率由密度與流率計算而得，是否有速率實測資料？QKV 關係是否有以速率測試？請補充說明。	目前之登錄資料僅有流量、密度、車道變換資訊，並無於現場實測速率資料，僅以 QKV 關係推導速率。本團隊正嘗試透過影像辨識技術取得流量、速率、密度等項資料。	同意
4	匝道績效受加減速車道長度影響，研究成果也許可以提供做為公路設計規範編修標準。	本期現調進口匝道區包含短(頭屋)、中（中和）、長（安坑）之加速車道長度，可嘗試歸納特定加速車道長度與路段流量、速率、密度、車道變換頻次之關係。	同意
本所運輸計畫組 (書面意見)			
1	報告內容請摘錄前期研究，如匝道分類統計、本案調查於影像資料蒐集、處理之需求特性、採路側攝影困難之處、空拍需求之特點以及注意事項，有助說明本期研究對象與調查方法。	依指示辦理。	同意
2	本案於研究過程對於調查地點之篩選考量，請納入報告書說明。	依指示辦理。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
3	簡報呈現之 AI 結合視覺辨識蒐集車流資料之方法，請於報告中補充，並比較適用本案之視覺辨識技術與其他調查(如市區道路車流速率、路口車流量…等)之差異。	依指示辦理。	同意
4	請合作團隊就本期調查經驗與資料分析結果，提出後續研究調整建議。	依指示辦理。	同意
5	有關報告內容相關用詞，請以本所角度(或立場)撰寫，並於後續工作會議提交修正版期中報告，以縮短報告校稿印製出版時程。	依指示辦理。	同意
主席結論			
1	有關與會委員及各單位提供之意見，請合作團隊審慎檢討，並製表整理回應處理情形，送交主辦單位審閱同意後，做為後續研提期末報告之依據。	依指示辦理。	同意
2	本計畫期中報告審查通過，後續請依契約規定辦理相關事宜。	依指示辦理。	同意

附錄J

期末審查會議
意見與回覆表

附錄 J　期末審查會議意見與回覆表

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
吳副局長木富			
1	報告第 3 頁第 1 行「區類型」建議刪除。	感謝委員提醒，已訂正。	同意
2	報告第 16 頁建議補充臺灣公路容量手冊 80 年版與 90、100 年版對匝道之容量及服務水準評估之方法與差異。	80 年版經檢視更正為 79 年版，79 年版與 90、100 年版對匝道之容量及服務水準評估之方法與差異已補充於 2.1.2 節內。	同意
3	報告第 40 頁（5），建議將 THCM 100 年版評估服務水準各車道容量估計值參考資料（1 車道 1650；2 車道 2000；3、4、5 車道 2300）列入，以方便參考。	感謝委員意見，已於 2.2.2 節中補充 2011 年版臺灣公路容量手冊評估服務水準各車道容量估計值參考資料。	同意
4	報告第73頁，大溪、中和出口均符合條件，但表3.1-1重現性壅塞大都標註X，請說明。	現場調查地點的選擇應符合一些條件，包括幾何設計條件、車流條件、拍攝條件、管制條件等。當中車流條件指應有重現性壅塞但非下游回堵所造成，以利調查日的選定。 重現性壅塞之時段分為 4 種，分別為平日上午尖峰、平日下午尖峰、星期六、星期日。表 3.3-1 中，4 種時段內至少有其中一時段標註為「O」，即代表該地點符合調查標準。	同意
5	匝道與主線之高差，有匝道高主線低（如頭屋北入）、有匝道低主線高（如中和北入）、有匝道與主線等高，匝道下坡或上坡對匯流分流之影響，建議未來應加以納入探討。	感謝委員意見，未來將視情況針對匝道上下坡對分匯流區之影響納入探討。	同意
6	報告第 80 頁，由於高快速公路交通管制規則有不同車種使用不同車道之規定，故不同車種變換車道潛在意向會有所差異，變換車道調查分析不分車種之原因請補充說明。另外，可	同意委員對不同車種變換車道潛在意向會有所差異的意見。目前透過人工方式登錄資料工作量大，加上各調查地點之車種組成資料中，大車比例均較低，故本期計畫於變換車道調查	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	否提供不同車種不同車道變換車道調查資料？	中，並未針對不同車種進行車道變換之資料登錄。 未來可考慮挑選大車比例較高的地點，視情況分車種登錄。此外，未來也能透過影像辨識輔助，整理不同車種的車道變換資料。	
7	報告第 118 頁表 4.1-1，頭屋交流道上游鄰近匝道距離請再確認。	感謝委員意見，經確認頭屋交流道北上與上游鄰近匝道距離為 1,050 公尺無誤。	同意
8	由於大型車對外車道影響甚大，表 4.1-2、表 4.2-2 之各車道交通量分布占比是否已經將大貨車、聯結車、大客車換算成小客車當量？若無，其差別應加以考量。	本計畫於各調查地點之大車比例於匯流區部分均為 9%以下，分流區部分均為 5%以下，故先以「車輛數」計算，目的為先行確認分匯流區分析之方法論。未來配合新版容量手冊公佈之當量值，建立模式時會一併考慮將大貨車、聯結車、大客車換算成小客車當量。	同意
9	運用空拍機做交通調查是一項新的嘗試，本案證明其是可行的，但過程中遭遇的技術問題，如空拍機續航力、投影範圍、解析度...等，如何克服；交通資料參數蒐集之優勢、劣勢，如變換車道、影像判讀、車速計算...等，頗值得參考，建議收錄至專節，以供其他相關研究借鏡。	感謝委員建議，有關空拍調查之標準程序，以及交通資料參數蒐集之優劣勢分析，已補充於附錄 E 無人機空拍調查之作業程序。	同意
10	簡報第 30 頁，於臨界點界定之 2 個條件下，請說明如何在「最大流率發生的時間點」下，找出密度「變」高的地點。	簡報中提及之「密度變高」的地點，其定義為「最大流率發生的時間點」後，密度短時間之內提升至 40 車/公里之區間位置。	同意
羅副教授仕京			
1	建議文中對於車道位置的描述統一，如報告第 10 頁表 2.1-2 的註解用外側車道 1；報告第 11 頁最後一段提及主線車道 1、2；報告第 60-61 頁表 2.4-1 與 2.4-2 有車道 1、2、內車道，報告第 61 與 68 頁第一段提及最外	感謝委員指正，已將上述各頁車道位置的用語統一敘述，車道由外而內，編號由小而大，依序為主線車道 1 及主線車道 2，依此類推，而主線車道最內側為內車道。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	側車道 1 與最內側車道 1；3.3.2 節的討論中則由外而內，車道編號由小而大。建議在 1.2 節計畫範圍與對象中說明，並標明於圖 1.2-1，以統一文中對於車道位置的用語。		
2	報告第 61 頁第一段第 3 行最後…“則是分分別”，是否多一個“分”。	感謝委員指正，已將第 61 頁節第一段第 3 行文字訂正。	同意
3	表 2.4-3 與表 2.4-6 美國 HCM2016 之 V_{OA} 與 S_O 變數值均為 0 是否正確？	經檢視後 V_{OA} 與 S_O 變數值均為 0，其原因為主線單向兩車道，而美國 HCM 2016 之匝道影響區分析影響變數為主線車道 1、2，故無 V_{OA}(匝道影響區外車道平均每車道流率)及 S_O(匝道影響區外車道平均速率)的存在，已將 V_{OA} 與 S_O 欄位之數值 0 刪除，改填「－」。	同意
4	報告第 70 頁 3.1.2 節第一段第 1 行最後， …“重點主又有四”，應為 “重點主要有四”。	感謝委員指正，已將第 70 頁 3.1.2 節第一段第 1 行文字敘述改正。	同意
5	建議 3.3.2 節中，各車道變換數量圖比照，色階之圖例下方均加上“單位：車/公里”，如圖 3.3-9。	感謝委員意見，已將 3.3.2 節中，各車道變換數量圖中色階之圖例下方均加上“單位：車/公里”。	同意
6	報告第 97 頁圖 3.3-18、第 102 頁圖 3.3-22 與第 92 頁圖 3.3-14，車流壅塞時加速道的車流密度分布有明顯不同。圖 3.3-18 與圖 3.3-22 匝道處密度較高，加速道密度反而低，圖 3.3-14 則是加速道密度高。是因有匝道儀控的關係或是與加速道長度有關，請說明。	安坑交流道於調查當日有匝道儀控，且上游為兩車道，匯入車流量大，此外，匯入點下游加速車道併為一車道，導致加速車道之密度比匝道要來得高。新竹與中和交流道於調查當日並無匝道儀控，從入口匝道進入加速車道之車輛，會直接併入主線，使得加速車道之密度比匝道來得低。	同意
7	報告第 129-130 頁，以車道變換次數分階級，僅提到次數，並未提及觀測時段長，是否與圖 3.3-10、3.3-14、3.3-18 與 3.3-22 的觀測時間 20 分鐘一致？或是其他的時段長度，應說明。	感謝委員意見，已於 4.1.3 節中補充車道變換次數觀測之時長。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
8	報告第 131 頁最後 1 行之敘述：平坦路段之臨界點為自由車流速率最低之點。請研究團隊斟酌是否改為平坦路段之臨界點為自由車流狀態下速率最低之點。因自由車流速率一般指的是車流最高運行速率，原描述容易混淆。	臨界點之描述根據 2011 年臺灣公路容量手冊第 4 章之說明，平坦路段之臨界點定義為「自由車流速率最低之點」。	同意
9	報告第 132 頁第四段第 1 行最後，“上下流量守恆”是否應為“上下游流量守恆”。	謝謝委員提醒，已將報告第 132 頁第四段第 1 行文字改正。	同意
10	報告第 132 頁關於臨界點的討論，由密度不連續之處(shock wave)觀測，除了頭屋交流道外，其他三處都可在匝道鼻端與加速道尾端觀察到。這些位置速度的變異數應該也是最大之處，研究團隊或許可以加入速度變異數的比較。以匯流處為臨界點資料蒐集應為可行，但應討論是否會受到匝道儀控的影響。	謝謝委員提供觀點，但此部分並非本計畫之研究範圍內，未來將會納入學術研究分析的考量。	同意
交通部高速公路局			
1	報告第 4 頁，圖 1.2-1 建議加註 A、B、C、D 各點之說明，以呈現調查對象與設計規範之不同。	感謝委員建議，已將圖 1.2-1 各點說明。 圖 1.2-1 中 A、B、C、D 各點無關設計規範與實務，而是本研究由現場實質幾何線型所設定的交通調查點，各調查點的定義如 1.2 節所列。	同意
2	報告第 102 頁，圖 3.3-22 的車流壅塞的部分，加速車道終點轉換達 120 次，但密度顯示為綠色，代表不壅塞，為何顯示如此狀況請說明。	圖 3.3-22 中該加速車道末段尖端只占 50 公尺區段約一半，並不會有車輛堆積於該區間之狀況產生，故於資料處理上，該區間之密度為綠色無誤。 為避免讀者誤會，已將圖 3.3-22 加速車道末端之密度採用上游一格之密度做為顯示，該圖已更正於 3.3.2 節。	同意
3	報告第 92、97 及 102 頁車道變換數量圖，可觀察到非壅塞時段許多用路	謝謝委員提供觀點。過去調查蒐集車道變換是一件困難的事，本期計畫透	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	人在加速車道初始就變換車道，而由非壅塞進入壅塞，用路人變換車道的區域就較為分散，在車流壅塞時段，又分為兩種，一是加速車道起點，二是加速車道終點，這些觀察結果可做為評估是否延長加速車道以及擴大車道容量之參考依據，若能針對此議題深入探討，對本局將會有極大幫助。	過空拍機錄製影像，首次得到車道變換之較完整資訊。 有關進一步車道變換之行為分析，應可納入明後年的研究範圍。	
本所運輸計畫組（書面意見）			
1	期末簡報說明之獨立進出口匝道類型之分析方法，請補充於報告中。	完整內容已補充於報告書第五章。	同意
2	簡報 26 頁的圖，顯示單一車道流率高達 6,000 veh/hr，是否有誤，請再檢視確認。	簡報 26 頁之車道分布圖，其橫軸代表為「斷面總流率」，為該地點斷面所有車道流率之加總。為避免誤解，已將該頁車道分佈圖之橫軸改為「斷面總流率」。	同意
3	報告所附之期中審查意見回應辦理情形，請依期末報告實際調整或增補內容，以及所在章節，進行回覆。	依指示辦理。	同意
4	報告第 38 頁圖 2.2-4，請更正為 2011 年臺灣公路容量手冊之圖 5.9，圖名請調整為“高速公路進口匝道路段”基本狀況下流率與平均速率之關係。原圖 2.2-4 請調整至報告第 40 頁(5)項下，並調整圖編號及圖名。	已修訂 2.2 節之圖，並調整圖編號及圖名。	同意
5	報告 79 頁，本研究大小車之判斷是以 10 公尺為分界，請補充係因高空攝影輔以車道線標線長度，做為判斷車種之參考標的。	已補充說明於 3.3.1 節內。	同意
6	報告 118 及 135 頁之調查地點幾何型態表，請補充主線速限的資訊。	已補充於 4.1 節與 4.2 節內。	同意
7	報告 133 頁表 4.1-4，請補充說明最大流率為何係呈現斷面最大流率(D 點)、匝道流率(A 點)、外側兩車道(B	表 4.1-4 原本是要說明模式中進入影響區範圍的車流率，為避免誤解，已修改為 D 斷面發生最大流率時，A 點、B 點、C 點、D 點之斷面流率。	同意

項次	與會人員審查意見	合作單位 處理情形或說明	承辦單位 審查意見
	點)此 3 處分析結果，而無 B 點及 C 點之斷面流率。		
8	報告 177 頁說明圖 D-9 可看出車道變換的趨勢，而於本研究利用圖 D-9 是否可看出車道分布之變化，有助於建立分析方法。	可用圖 D-8 看出不同車道之流率、圖 D-9 可看出通過不同斷面之車道使用，原始軌跡資料檔可整理出車道分布之變化。	同意
9	附錄 F 專家學者座談會紀錄，專家學者意見及主席結論，請依本所發文版紀錄替取代。	已修改於附錄 G。	同意
主席結論			
1	本期末報告審查通過，各委員及單位代表提供之意見，請研究團隊檢討修訂並製表回應，並請於 11 月 29 日前提送修正定稿。	依指示辦理。	同意

附錄K

期末簡報

附錄 K　期末簡報

高快速公路匝道分匯流區容量及
服務水準分析之研究(1/3)-
獨立進出口分匯流區

期末簡報

簡 報 人：黃家耀 副教授
執行單位：國立交通大學
委託單位：交通部運輸研究所

2019/11/15

1

簡報大綱

壹、計畫背景
貳、分匯流區容量分析方法與對照
參、資料蒐集與整理
肆、車流特性分析
伍、獨立進出口匝道類型之分析方法
陸、電腦視覺影像分析技術
柒、結論

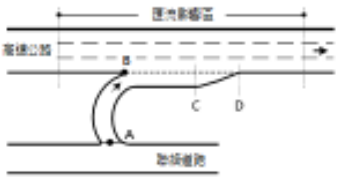
2

壹、計畫背景

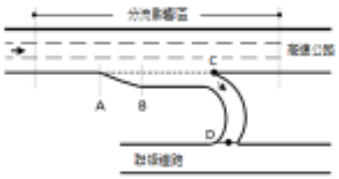
3

壹、計畫背景(1)

- 「臺灣地區公路容量手冊」分析法係引用美國1985年之公路容量手冊（1985 HCM），缺乏本土交通特性資料。
- 本計畫自107年起，將分年修訂現行容量手冊之第五章「高速公路進口匝道路段」與第六章「高速公路出口匝道路段」。
  - 建立主線及匝道（包括加減速車道）之影響區域、運作績效與相關影響因素之關係
  - 發展主線分匯流區與匝道之容量及服務水準分析方法



進口匯流區



出口分流區

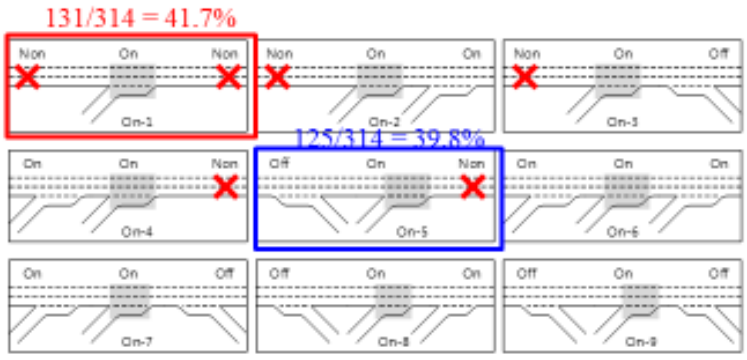
4

壹、計畫背景(2)

- 107：「高速公路匝道分匯流區車流特性調查之先期規劃」
- **108**：**「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究 (1/3) - 獨立進出口分匯流區」**
- 109：「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究 (2/3) - 上下游影響之進出口分匯流區」
- 110：「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究 (3/3) - 快速公路進出口分匯流區」

壹、計畫背景(3)

- 考慮上、下游是否有鄰近匝道，分九種型態組合
- 獨立進口匝道：上、下游 1 公里內沒有其他匝道
- 檢視國道一號、國道三號交流道設施，共含 314 處進口匝道，其中獨立進口匝道型態佔 41.7 %



高速公路進口匝道影響區分類示意圖

壹、計畫背景(4)

- 考慮上、下游是否有鄰近匝道，分九種型態組合
- 獨立出口匝道：上、下游 1 公里內沒有其他匝道
- 檢視國道一號、國道三號交流道設施，共含 312 處出口匝道，其中獨立出口匝道型態佔 40.7 %

高速公路出口匝道影響區分類示意圖

7

壹、計畫背景(5)

工作項目	期中階段					期末階段				
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
文獻回顧	■	■								
選定調查地點	■	■	■							
確立調查計劃	■									
現場調查			■	■	■	■				
車流特性資料整理			■	■	■	■				
車流特性分析			■	■	■	■				
獨立入口匝道類型之分析方法					■	■	■	■		
獨立出口匝道類型之分析方法					■	■	■	■		
專家學者座談會							■			
說明會								■		
報告書撰寫				■	■				■	

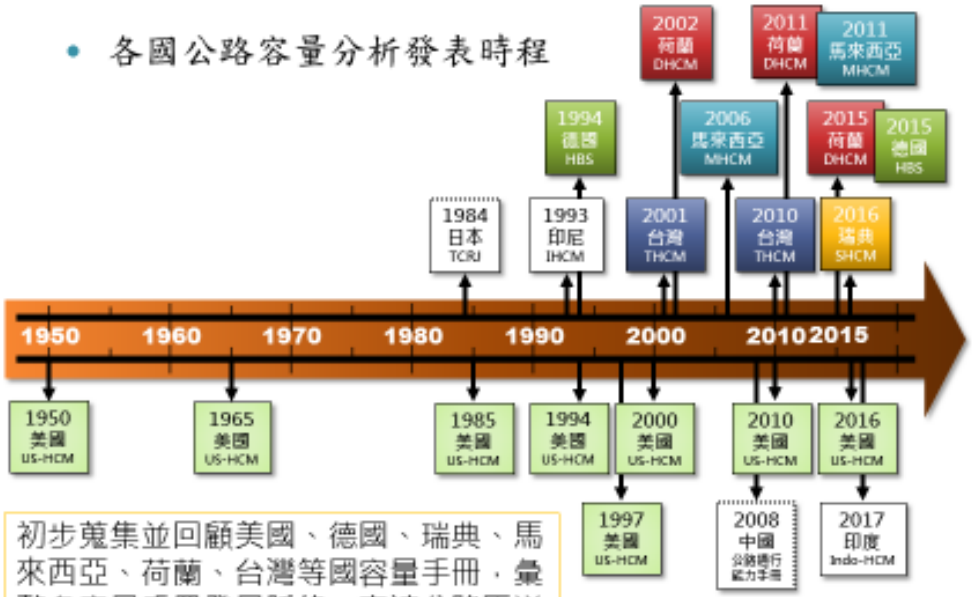
已完成工作：

1. 文獻回顧
2. 現場調查與資料整理（已完成全部地點：4個進口、2個出口）
3. 車流特性分析（已完成全部地點）
4. 獨立進出口匝道類型之分析方法
5. 專家學者座談會、成果說明會、成果推廣用之電子檔

貳、分匯流區容量分析方法與對照

貳、分匯流區容量分析方法與對照(1)

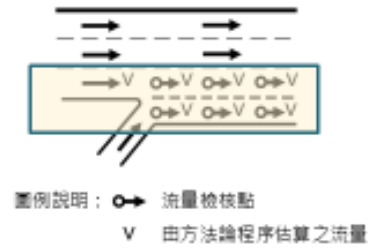
- 各國公路容量分析發表時程



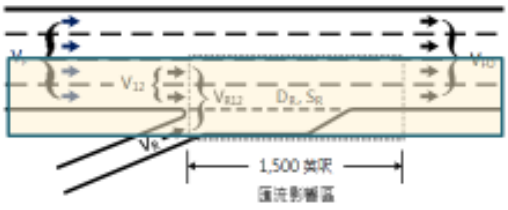
初步蒐集並回顧美國、德國、瑞典、馬來西亞、荷蘭、台灣等國容量手冊，彙整各容量手冊發展脈絡、高速公路匝道分匯流區容量與服務水準之分析方法。

貳、分匯流區容量分析方法與對照(2)

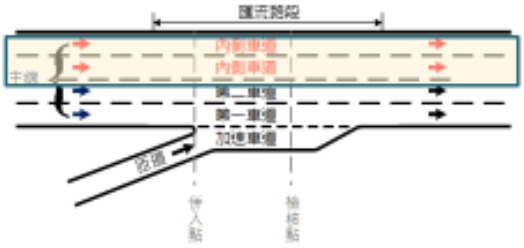
美國法、臺灣法、德國法於匯流區之具體差異



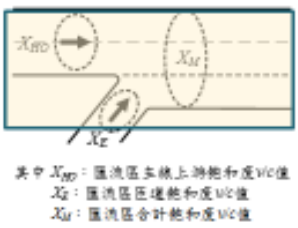
HCM 1985



HCM 1994/2016



THCM 2011



HBS 2015

11

貳、分匯流區容量分析方法與對照(3)

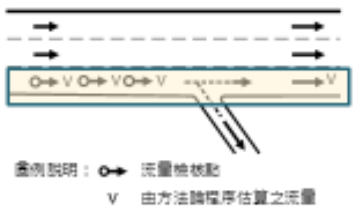
美國法、臺灣法、德國法於匯流區之具體差異

項目	方法論			
	美國	美國	臺灣	德國
	HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	HBS 2015
檢核點	車道1與入口匝道流率和	車道1、2流率	併入點下游加速車道2/3處	匝道口下游
容量分析標的	車道1	車道1、2	內車道	匝道匯流區(車道斷面)
績效指標	流率	1.密度(主) 2.速率(次)	1.V/C 2.速差值	V/C
車道容量(最大值)	2,000 小車/時/車道	2,400 小車/時/車道	2,300 小車/時/車道	三車道 5,800小車/時 (依匝道幾何型態查表)

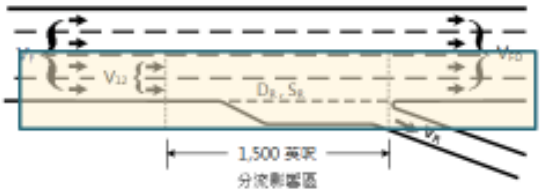
12

貳、分匯流區容量分析方法與對照(4)

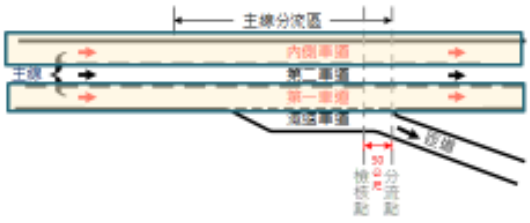
美國法、臺灣法、德國法於分流區之具體差異



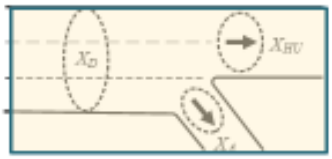
HCM 1985



HCM 1994/2016



THCM 2011



其中 X_{HU}：分流區主線下游飽和度v/c值
X_A：分流區匝道飽和度v/c值
X_D：分流區合計飽和度v/c值

HBS 2015

貳、分匯流區容量分析方法與對照(5)

美國法、臺灣法、德國法於分流區之具體差異

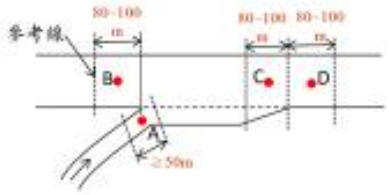
項目	方法論			
	美國	美國	臺灣	德國
	HCM 1985	HCM 2016	THCM 2011	HBS 2015
檢核點	車道1流率	車道1、2流率	分流點上游50公尺處	匝道口上游
容量分析標的	車道1	車道1、2	1. 車道1 2. 內車道	匝道分流區(車道斷面)
績效指標	流率	1. 密度(主) 2. 速率(次)	1. V/C 2. 速差值	V/C
車道容量(最大值)	2,000小車/時/車道	2,400小車/時/車道	2,300小車/時/車道	三車道5,800小車/時(依匝道幾何型態查表)

參、資料蒐集與整理

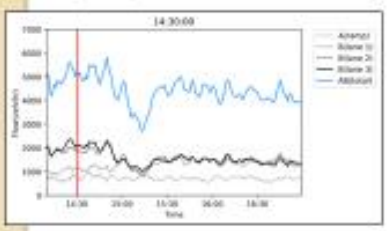
15

參、資料蒐集與整理(1)

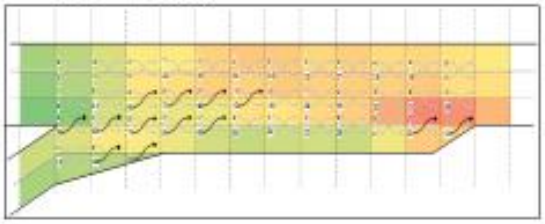
- 調查項目需求
  - 1. 車流率
  - 2. 速率 or 密度
  - 3. 車道變換次數



- 車流率



- 密度、車道變換



16

參、資料蒐集與整理(2)

現場調查地點選擇

- 幾何條件：主線車道數、匝道車道數、上下游匝道距離大於1公里
- 車流條件：重現性壅塞、非下游回堵
- 其他條件：非限禁航區、非開放路肩、非系統交流道

進口匝道	國一南下	國一北上	國三南下	國三北上
符合幾何條件	32	40	45	42
當中符合車流條件	1	4	1	3
符合其他調查條件	0	2	1	1
調查選取	0	2	1	1

出口匝道	國一南下	國一北上	國三南下	國三北上
符合幾何條件	37	38	45	40
當中符合車流條件	4	4	1	2
符合其他調查條件	0	0	1	1
調查選取	0	0	1	1

17

參、資料蒐集與整理(3)

現場調查地點選擇

匝道	編號	交流道	交流道名稱(里程)	調查時間	備註
進口匝道	1	國道一號北上	頭屋交流道(125K)	5/12(日) 13:30~17:00	母親節
	2	國道三號南下	安坑交流道(31K)	5/15(三) 06:00~10:00	-
	3	國道三號北上	中和交流道(35K)	5/22(三) 06:30~10:00	-
	4	國道一號北上	新竹交流道95A (95K)	8/03(六) 09:00~12:00	-
出口匝道	5	國道三號南下	樹林交流道(45.74)	5/11(六) 07:00~11:30	-
	6	國道三號北上	大溪交流道(63.13)	6/16(日) 13:00~17:00	-

18

參、資料蒐集與整理(4)

- 現場調查方案 - 無人機空拍
  - 拍攝可涵蓋約500～700公尺範圍
  - 採DJI P4P，定點飛行錄影可達15分鐘，兩台無人機交替拍攝
  - 影片規格4K/30fps
  - 需考慮禁航區/限航區、天氣因素

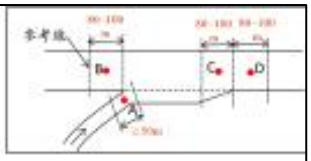
19

參、資料蒐集與整理(5)

- 空拍影片：國道一號北上頭屋交流道入口

20

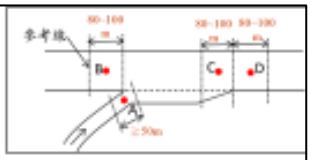
參、資料蒐集與整理(6)



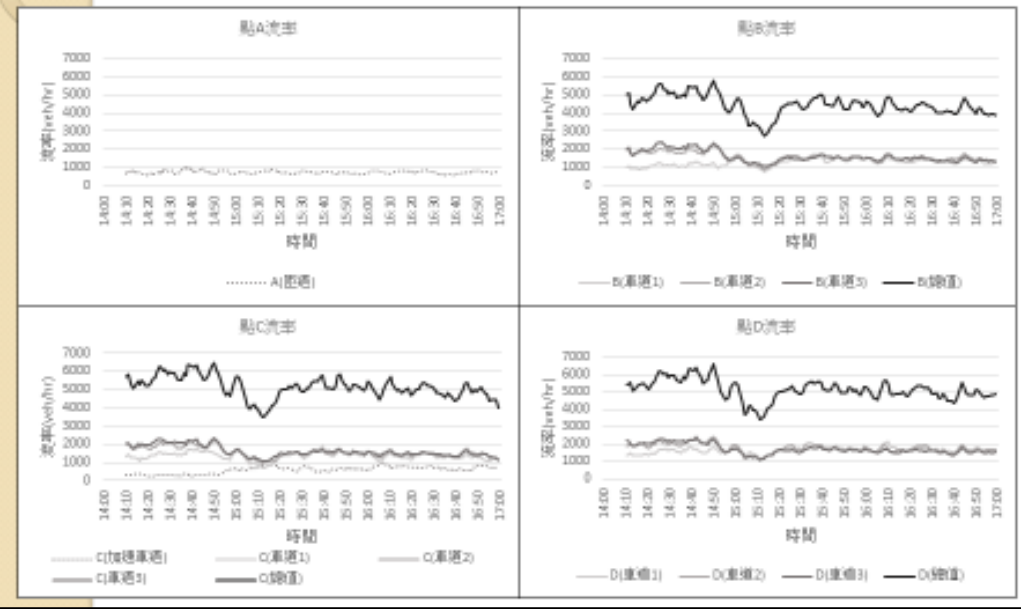
- 國道一號北上頭屋交流道入口

21

參、資料蒐集與整理(7)



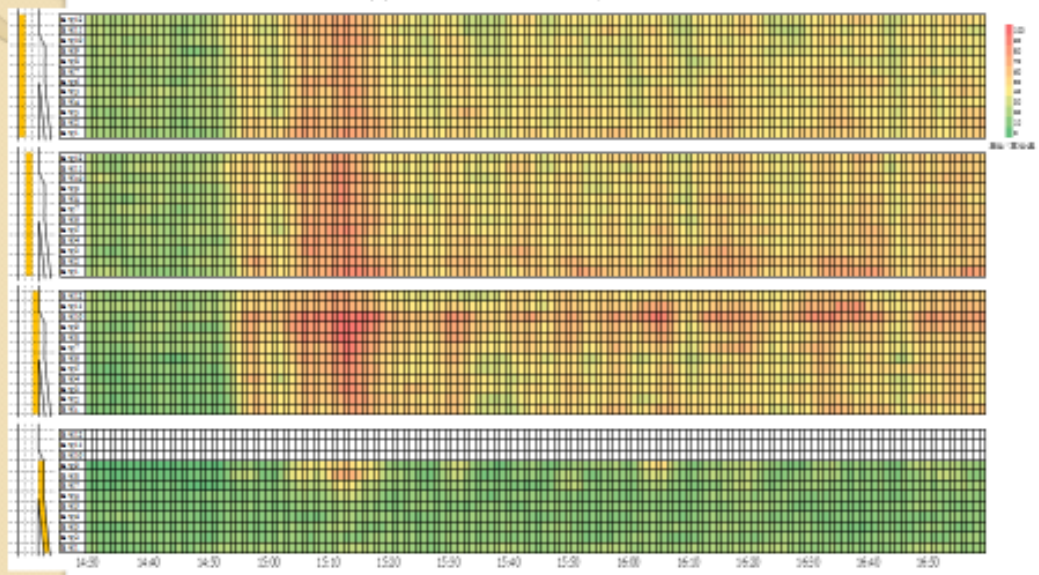
- 國道一號北上頭屋交流道入口-流率



22

參、資料蒐集與整理(8)

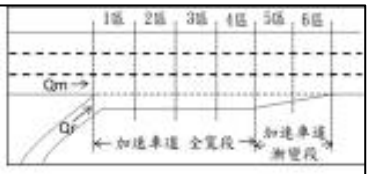
- 國道一號北上頭屋交流道入口-密度

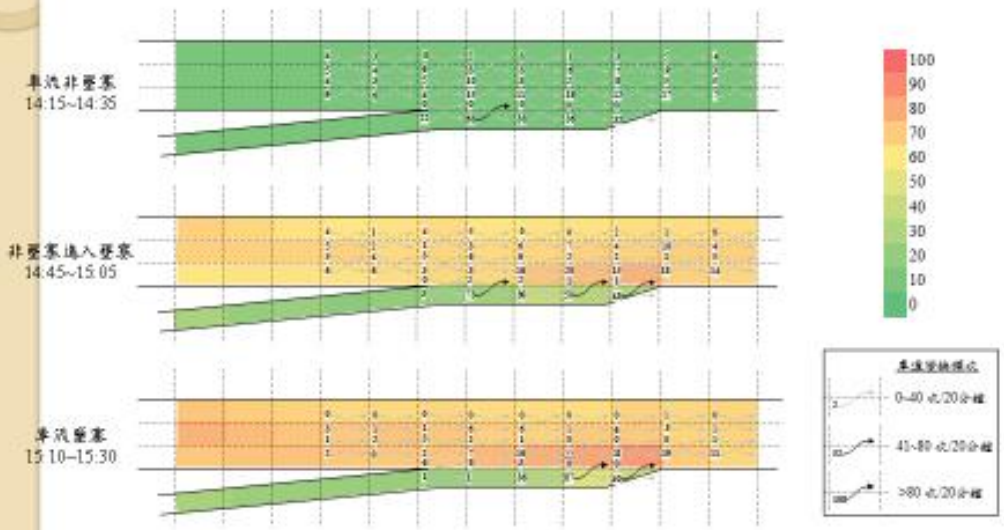


23

參、資料蒐集與整理(9)

- 國道一號北上頭屋交流道入口-車道變換





24

肆、車流特性分析

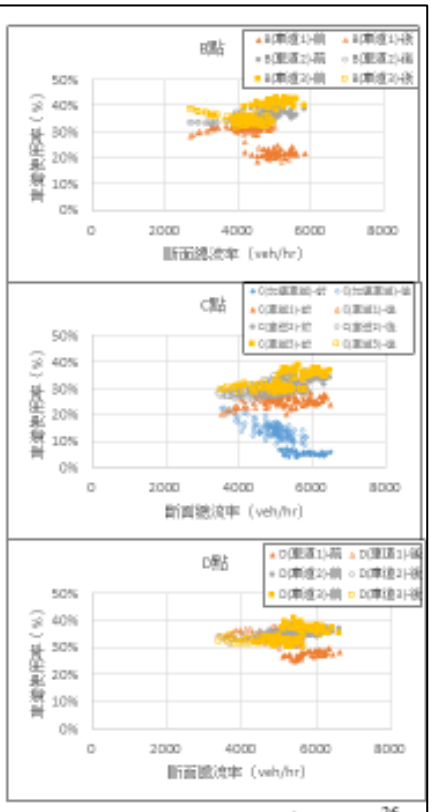
25

肆、車流特性分析(1)

車流之車道分佈(進口匝道)

- 每個地點共分3個斷面進行探討
  - 主線上游（B點）
  - 匯流區內（C點）
  - 主線下游（D點）
- 上下游不同斷面之車道分佈在穩定車流、擁塞車流情況下有明顯差別
  - 穩定車流：上游車道1之使用比例較低、下游車道1之使用比例較高
  - 擁塞車流：上下游車道1之使用比例均提升，下游3車道之車道分佈接近

調查地點	位置	車流狀況	加速車道	車道1（外側）	車道2	車道3（內側）
1N 頭屋	主線上游（B點）	穩定車流	—	18–25%	35–41%	38–43%
		擁塞車流		28–35%	32–37%	31–38%
	匯流區內（C點）	穩定車流	4–7%	20–29%	31–35%	33–39%
		擁塞車流	9–23%	20–32%	26–32%	28–32%
	主線下游（D點）	穩定車流	—	25~29%	34~38%	34~40%
		擁塞車流		31~39%	30~37%	30~34%



頭屋交流道進口範圍

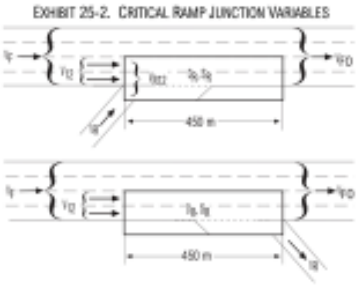
26

肆、車流特性分析(2)

分匯流影響區範圍

- 分匯流影響區(influence area)指車流未進入壅塞狀況之前，主線車流受進口匝道匯入車流影響之區域。

- 美國公路容量手冊（HCM，2010）將匯流區影響範圍定義為進/出口匝道鼻端起算至下/上游1500英尺（約457公尺）主線外側兩車道以及加速輔助車道之範圍。當匯流區之車流狀況接近或超過其容量，將會造成高速公路系統的瓶頸路段。



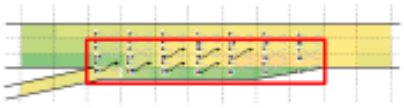
27

肆、車流特性分析(3)

分匯流影響區範圍：採用車道變換發生的位置及頻次作為指標

- 匯流區範圍內各車道受變換車之影響程度

調查地點	加速車道長度	非壅塞			非壅塞進入壅塞			壅塞後		
		內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道	內側車道	中間車道	外側車道
1N 頭屋	250公尺	無	無	低	無	無	低	無	無	中
3S 文山	550公尺	無	中	中	無	中	高	無	無	高
3N 中和	330公尺	無	低	中	無	中	高	無	無	高
1N 新竹	430公尺	無	低	高	無	低	高	無	低	高



中和交流道入口

- 分流區範圍內各車道受變換車之影響程度

調查地點	減速車道長度	是否開放路肩	車道1（外側）	車道2	車道3	車道4（內側）
3S 樹林	120公尺	無開放路肩	高	無	無	無
3N 大溪	160公尺	有開放路肩	高	無	無	-

樹林交流道出口

28

肆、車流特性分析(4)

- 臨界點（區）之界定

> 臨界點指分匯流區內，流率高但未進入壅塞之前，經常發生速率最低的地點

- 臨界點之定義有多個解讀空間，定義可能不夠精準，但其精神在於找出路段中速率最低點之斷面作為瓶頸地點。
- 如發現臨界點為一固定地點，日後調查只需要針對該點進行資料蒐集即可。

29

肆、車流特性分析(5)

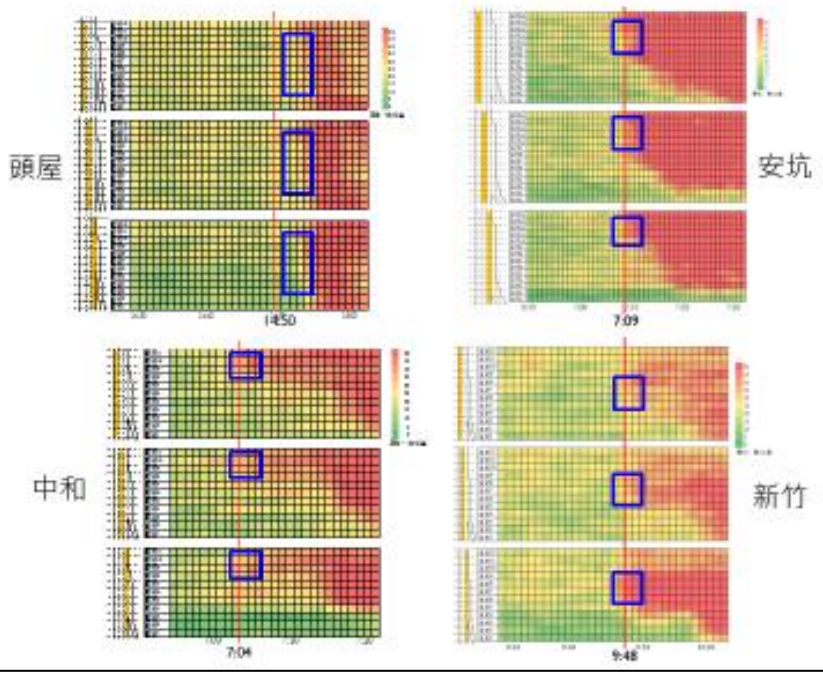
- 臨界點（區）之界定

> 臨界點指分匯流區內，流率高但未進入壅塞之前，經常發生速率最低的地點

- 可簡化為兩個條件：
  1. 流率高但未進入壅塞之前，上下流量守恆的關係，不同斷面位置所能觀察到的流率應相同，因此可理解為最大流率發生的時間點；
  2. 速率最低的地點，因目前無有效而精確的方式取得影響區內各區段的速率變化，因此先採用密度作為替代指標，找出密度變高的地點作為臨界點

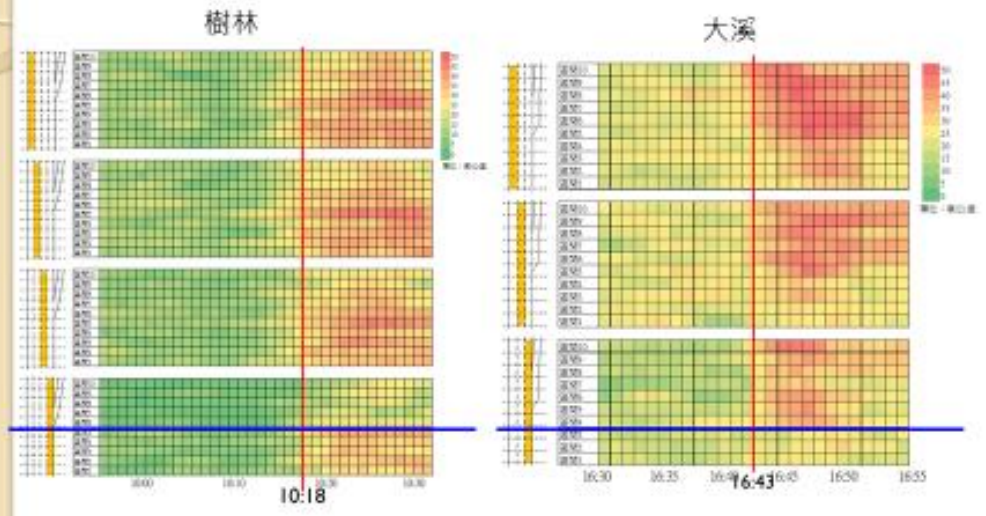
30

肆、車流特性分析(6)



31

肆、車流特性分析(7)



32

肆、車流特性分析(8)

臨界點分析之歸納發現

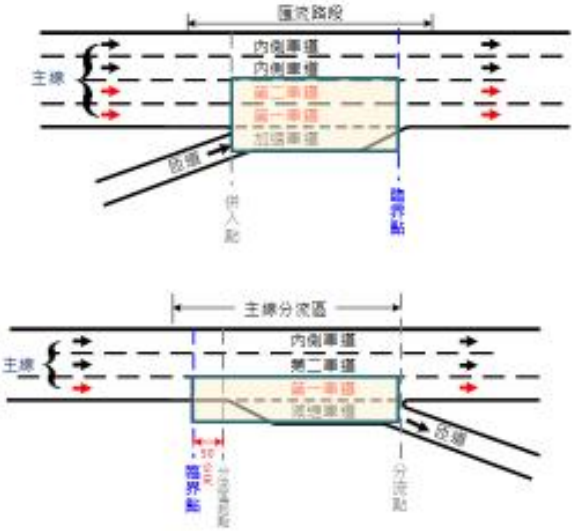
- 加速車道較長的地點（安坑、中和、新竹交流道），臨界點發生於匯流區末端，其後車流密度高的狀態往上游擴散；
- 加速車道較短的地點（頭屋交流道），整個匯流區範圍內於極短時間同時進入車流密度高的狀態，而非一個特定的斷面地點。
- 臨界點的位置可能因加速車道長度、主線流率、匝道流率等因素有關，並非發生在固定的位置。
- 建議日後調查可在匯流區末端位置進行資料蒐集即可

調查地點	加速車道長度	斷面最大流率（車/小時）				臨界密度發生位置	
		發生時間	最大流率（D點）	匝道流率（A點）	外側兩車道（B點）	地點	車道
IN 頭屋	250公尺	14:50	6,600	570	3,502	匯流區範圍	車道1~3
3S 安坑	630公尺	07:09	5,568	3,132	1,608	匯流區末端	車道1~3
3N 中和	330公尺	07:04	5,676	1,759	1,832	匯流區末端	車道1~3
IN 新竹	430公尺	09:48	5,232	1,818	2,244	匯流區末端	車道1~3

33

肆、車流特性分析(9)

- 影響區範圍及臨界點



34

伍、獨立進出口匝道類型之分析方法

35

伍、獨立進出口匝道類型分析方法(1)

- 1. 進口匝道分析方法

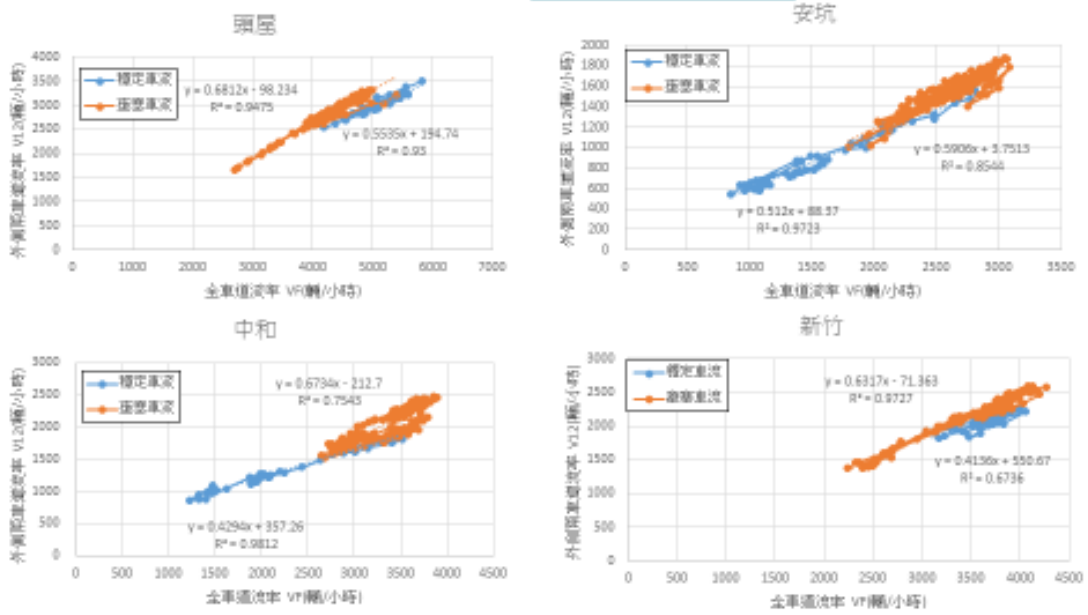
$$V_{12} = V_F \times P_{FM}$$

V_{12} = 主線最右側兩車道（車道1、2）流量
V_F = 上游主線流量
P_{FM} = 上游主線車道1、2 流量佔主線總流量之比例

36

伍、獨立進出口匝道類型分析方法(2)

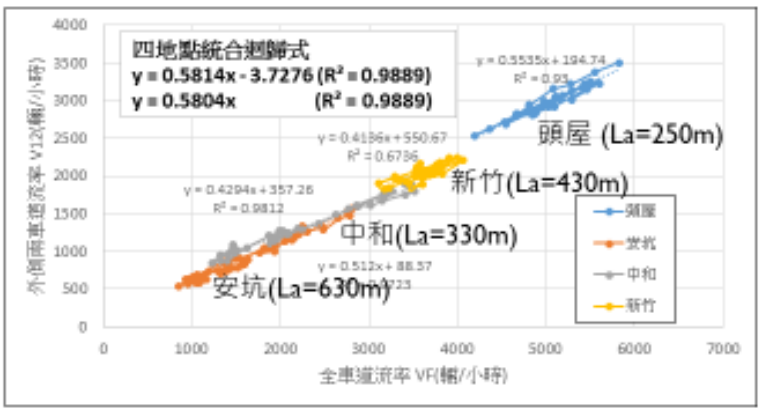
- 1. 進口匝道分析方法 $V_{12} = V_F \times P_{FM}$



伍、獨立進出口匝道類型分析方法(3)

- 1. 進口匝道分析方法

$$V_{12} = V_F \times P_{FM}$$
$$P_{FM} = 0.5804$$



伍、獨立進出口匝道類型分析方法(4)

- 1. 進口匝道分析方法比較

分析方法重點	2011 THCM	本研究提出之方法
檢核點/臨界點	加速車道2/3長度（主線流率扣除尚在加速車道的車流率）	加速車道末端
服務水準等級	2011 THCM	配合新版基本路段
容量值	2300小車/小時/車道	配合新版基本路段
大車&重車	採用獨立之方程式計算車道使用	配合新版基本路段，採用PCE轉換至小車當量
分析車道使用分佈之重點車道	內側車道	第12車道、內側車道、全車道
主線車道數	考慮	考慮
匝道流率	不考慮	經測試後不考慮
加速車道長度	不考慮	經測試後不考慮
上下游匝道距離及流率	不考慮	109年度研究主題

39

伍、獨立進出口匝道類型分析方法(5)

- 2. 出口匝道分析方法

$$V_{12} = V_R + (V_F - V_R)\,P_{FD}$$
$$\text{i.e. } (V_{12} - V_R) = (V_F - V_R)\,P_{FD}$$

V_{12} = 主線最右側兩車道（車道1、2）流量
V_F = 上游主線流量
P_{FD} = 上游主線總流量使用車道1 、 2之比例

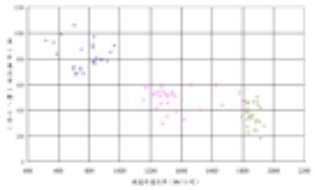
2011 THCM 採用之方法

$Q_1 = e^{7.227 - 0.737 Q_d/1000}$

where

Q_1 = 車道1 流率

Q_d = 減速車道流率

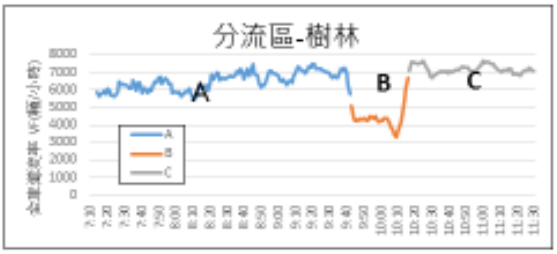


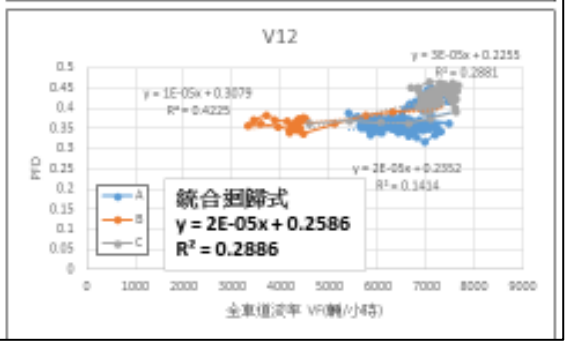
40

伍、獨立進出口匝道類型分析方法(6)

- 2. 出口匝道分析方法

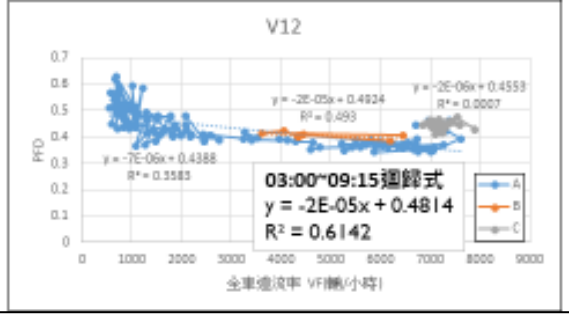
- 調查日7:10 主線流率VF已經得到6000 車/小時，最高達到7500車/小時（A時段），其後約9:30 上游發生車禍但流率仍有4000車/小時（B時段）
- 10:10 車禍排除，流率衝上高點約7700車/小時但只維持10分鐘後下降（C時段）
- A 段資料流率涵蓋範圍過窄，恐代表性不足，試分析VD 資料





伍、獨立進出口匝道類型分析方法(7)

- 2. 出口匝道分析方法



伍、獨立進出口匝道類型分析方法(8)

- 2. 出口匝道分析方法

$$V_{12}=V_R + (V_F - V_R)\, P_{FD}$$

主線單向4車道：

(Ver.1) P_{FD} = 0.4819 -0.0000244 VF +0.0000787 VR
(t=61.68) (t=-7.16) (t=1.81)

(Ver.2) P_{FD} = 0.4814 -0.0000191 VF
(t=60.73) (t=-10.85)

(Ver.3) P_{FD} = 0.4081
(t=61.56)

主線單向3車道：調查日開放路肩，不適合分析

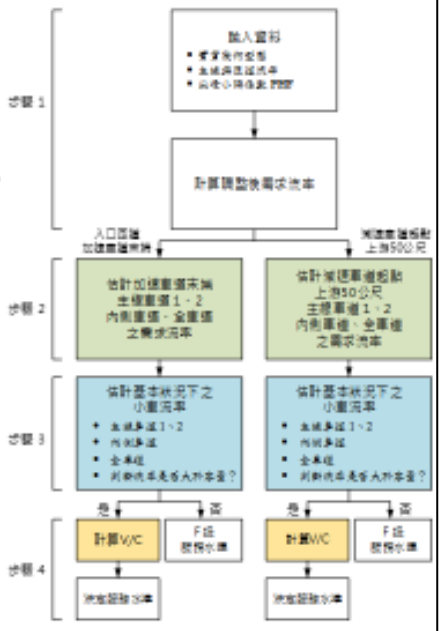
伍、獨立進出口匝道類型分析方法(9)

- 2. 出口匝道分析方法

分析方法重點	2011 THCM	本研究提出之方法
檢核點/臨界點	分流點上游50公尺	減速車道起點上游50公尺
服務水準等級	2011 THCM	配合新版基本路段
容量值	第1車道：1650 第2車道：2000 內側車道：2300	配合新版基本路段
大車&重車	採用獨立之方程式計算車道使用	配合新版基本路段，採用PCE轉換至小車當量
分析車道使用分佈之重點車道	第1車道、內側車道	第1,2車道、內側車道、全車道
主線車道數	考慮	考慮
匝道流率	V_1（第1車道流率）受減速車道流率影響	主線3車道：目前無資料 主線4車道：經過測試後匝道流率不顯著，主線流率影響顯著
主線流率	不考慮	
上下游匝道距離及流率	不考慮	109年度研究主題

伍、獨立進出口匝道類型分析方法(10)

- 分析步驟（本研究）
  1. 彙整分、匯流影響區分析之交通、幾何、資料、現場高速公路主線與匝道之流率。
     轉換現況需求流量（veh/h）為理想狀況尖峰流率（pc/h）。
  2. 估計檢核點需求流率。
     a. 分流區：
        主線車道1與2、內側車道、全車道
     b. 匯流區：
        主線車道1與2、內側車道、全車道
  3. 確認各檢核點需求流率是否超過各該點容量，若超過，則為服務水準F，結束分析程序。
  4. 若確認影響區車流穩定，則計算匝道影響區流量容量比（V/C），進而決定該影響區之服務水準。



THCM 匝道口設置分析流程圖

陸、電腦視覺影像分析技術

陸、電腦視覺影像分析技術(1)

- 現場資料蒐集之新技術
  - 高速公路沿線之現場車流調查難度頗高，本計畫運用無人機對匝道分匯流區範圍之車流進行攝錄觀察。
  - 嘗試結合電腦視覺影像分析技術取得車流軌跡資訊，推算觀測區域內各重要車流特性參數，以提升現場調查暨資料整理之作業效率與準確性。
- 初步成果
  - 初始資料：車輛時空軌跡座標、車流軌跡影片
  - 衍生資料：
    - 車流率（可自由調整 count line）
    - 車道變換位置及頻次
    - 平均速率、平均密度
    - 速率時空圖…等等

47

陸、電腦視覺影像分析技術(2)

- 電腦視覺進行車流資料整理-初步成果

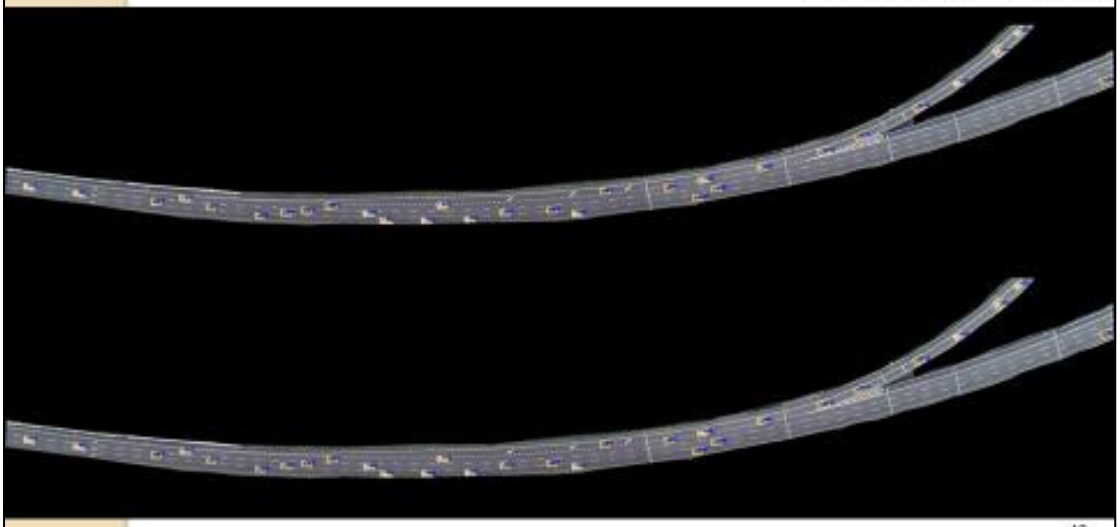
主線車道數：3	匝道車道數：1	主線速限：100 (km/hr)	匝道速限：50 (km/hr)
加速車道長度：220 m	匝道儀控：閃黃	路肩開放：無	

48

陸、電腦視覺影像分析技術(3)

- 電腦視覺進行車流資料整理-初步成果

*影片中車流方向由右至左

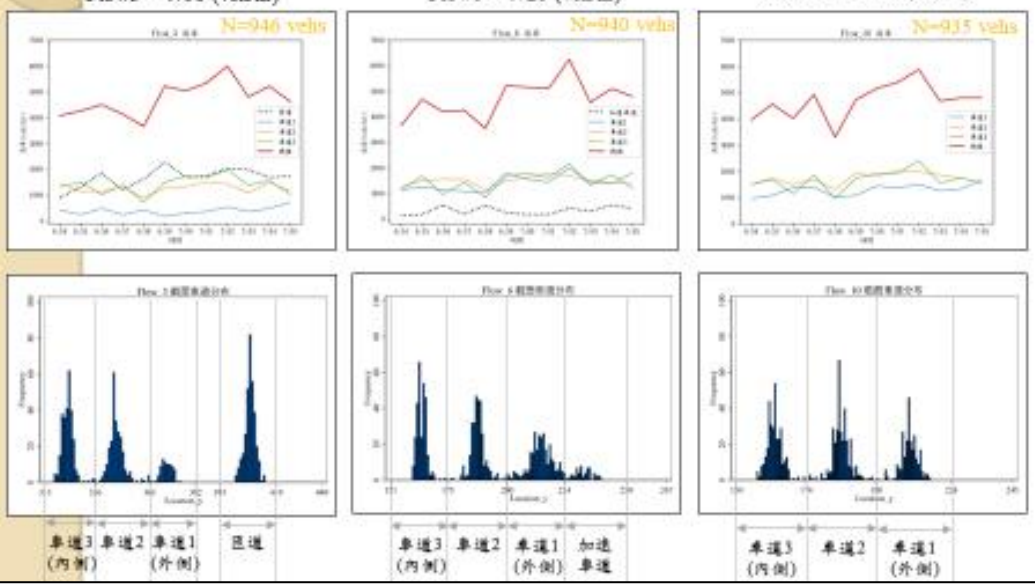


49

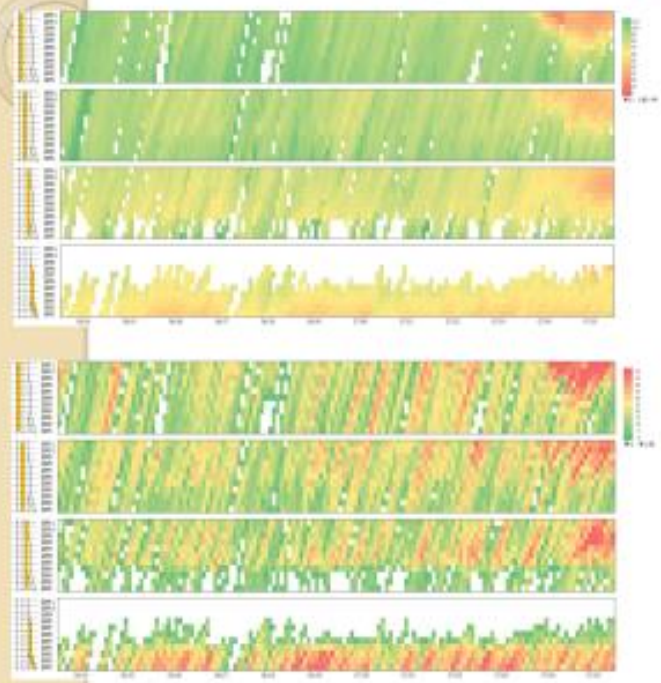
陸、電腦視覺影像分析技

- 流率圖、車頭分布圖

Flow3 = 4756 (veh/hr)　Flow6 = 4726 (veh/hr)　Flow10 = 4701 (veh/hr)



陸、電腦視覺影像分析技術(5)



- 速率時空圖
  - 5秒鐘內於50公尺區段之平均車流速率 (06:55-07:06)
- 密度時空圖
  - 5秒鐘內於50公尺區段之平均車流密度 (06:55-07:06)

51

柒、結論

52

柒、結論

1. 採用無人機進行現場調查，取得過去無法取得的交通資料。
2. 運用現場調查資料，分析出影響範圍及臨界點
3. 已完成進出口匝道分匯流區容量分析方法的核心部分，估算車道分佈。未來將配合新版基本路段的容量值與服務水準評定方法，進行評估。
   - 進口匝道匯流區目前只有建立3車道模式，未來將視情況補充其他車道數的模式
   - 出口匝道分流區目前只有建立4車道模式，未來將視情況補充其他車道數的模式

53

簡報結束，感謝指教

54