110-097-1443
MOTC-IOT-109-PDB011

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)-非獨立進出口分匯流區

交通部運輸研究所

中華民國 110 年 8 月

110-097-1443
MOTC-IOT-109-PDB011

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)-非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、李祐德
林亶理、張舜淵、楊幼文、歐陽恬恬、洪瑋鍾

交通部運輸研究所

中華民國 110 年 8 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.（2/3）：非獨立進出口分匯流區/黃家耀，林貴璽，廖晉毅，陳威瑜，溫雲晨，李祐德 林亶理，張舜淵，楊幼文，歐陽恬恬，洪瑋鍾著. -- 初版.
-- 臺北市 ：交通部運輸研究所，民 110.08
面 ； 公分
ISBN 978-986-531-334-0（平裝）

1.公路管理 2.交通流量

557 110012736

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)
-非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、李祐德、林亶理、張舜淵、楊幼文、歐陽恬恬、洪瑋鍾
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 110 年 8 月
印 刷 者：全凱數位資訊有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 60 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定　　價： 650 元
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：1011001110　　ISBN：978-986-531-334-0(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(2/3)-非獨立進出口分匯流區</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-531-334-0(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1011001110</td><td>運輸研究所出版品編號
110-097-1443</td><td>計畫編號
109-PDB011</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：楊幼文、歐陽恬恬、洪瑋鍾
聯絡電話：02-2349-6807
傳真號碼：02-2545-0428</td><td colspan="2">合作研究單位：國立陽明交通大學
計畫主持人：黃家耀
研究人員：林貴璽、廖晉毅、陳威瑜、溫雲晨、李祐德、林亘理
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 109 年 3 月
至 109 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、非獨立匝道</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
本所出版之「臺灣地區公路容量手冊」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訂定，已無法滿足目前的分析需求。本所將修訂手冊之第五章「高速公路進口匝道路段」及第六章「高速公路出口匝道路段」，為了完成此任務，已於民國 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」，釐清國內匝道分匯流區主要的類型，並於民國 108 年辦理 3 年期的研究工作，針對在國內出現頻率最高之進出口匝道形態進行分析，建立高速公路主線分匯流區與匝道之容量及服務水準分析方法，並補充快速公路容量及服務水準之分析方式。3 年期研究工作的主題分別為（i）獨立進出口分匯流區、（ii）非獨立進出口分匯流區、（iii）快速公路。
本計畫為研究之第 2 年期，分析對象為非獨立進出口分匯流區，探討上游或下游 1 公里範圍內有其他匝道的進口匝道類型及出口匝道類型；並與第一年期的研究結果整合，以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。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本 出 版 品 取 得 方 式</td></tr>
<tr><td>110 年 8 月</td><td>376</td><td>650</td><td>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。</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Research on the Capacity and Level of Service Analysis of Freeway and Expressway Merging and Diverging Area (2/3) – Non-isolated Merging Area for On-ramp and Non-isolated Diverging Area for Off-ramp

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-531-334-0 (pbk.)	1011001110	110-097-1443	109-PDB011

DIVISION: Planning Division

DIVISION DIRECTOR: Shuen-Yuan Chang

PRINCIPAL INVESTIGATOR: Shuen-Yuan Chang

PROJECT STAFF: Yu-Wen Yang, Tien-Tien Ou-Yang, Wei-Chung Hung

PHONE: 886-2-2349-6808

FAX: 886-2-2545-0428

PROJECT PERIOD FROM March 2020

TO December 2020

RESEARCH AGENCY: National Yang Ming Chiao Tung University, Taiwan

PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ka-Io Wong

PROJECT STAFF: Guey-Shii Lin, Jin-Yi Liao, Wei-yu Chen, Yun-Chen Wen, You-Te Li, Dan-Li Lin

ADDRESS: 1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, 30010, Taiwan

PHONE: (03)571-2121#31219

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

ABSTRACT:

The “Taiwan Highway Capacity Manual” (THCM) published by the IOT 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 areas for off-ramp was developed based on limited site-data collected for the National freeway of Taiwan, and cannot meet the current analysis requirements. IOT is preparing to revise Chapter 5 "Freeway On-Ramp Sections" and Chapter 6 "Freeway Off-Ramp Sections" of the Manual. In order to accomplish this task, the "Advanced Planning for Traffic Characteristics Survey of Freeway Merging and Diverging Area" was completed in 2018 to clarify the main types of merging area for on-ramp and diverging area for off-ramp. In 2019, IOT initialized a three-year research project to analyze the most types of merging area for on-ramp and diverging area for off-ramp in Taiwan, and established the capacity and level of service analysis method of freeway and expressway merging and diverging area, and supplemented the analysis method of the expressway capacity and level of service. The themes of this three-year research work are (i) isolated merging areas for on-ramp and isolated diverging areas for off-ramp, (ii) non-isolated merging areas for on-ramp and non-isolated diverging areas for off-ramp, and (iii) expressway merging and diverging areas.

This year is the second year of this research project, and the target of analysis is the non-isolated merging areas for on-ramp and non-isolated diverging areas for off-ramp. This Project explores the on-ramp and off-ramp types where there exist other ramps within 1 kilometer upstream or downstream of the subject ramp; and integrated with the results of the first-year study, the proposed methodology establishes the capacity and level of service analysis method of freeway merging and diverging areas suitable for the traffic conditions in Taiwan.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
August 2021	376	650

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

目　錄

第一章 緒論 1
1.1 計畫背景 1
1.2 計畫範圍及對象 4
1.3 工作項目及目的 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 HCM 高速公路匝道分匯流區容量分析方法論 31
2.3 各國方法論之評析 60
2.4 各國方法論之應用示範 75
2.5 獨立及非獨立匝道分析之探究 84
第三章 現場調查與資料蒐集 91
3.1 調查地點選擇 91
3.2 調查作業流程 94
3.3 車流特性資料整理方式 96
3.4 車流特性資料整理 103
第四章 車流特性分析 145
4.1 高速公路進口匝道匯流區 145
4.2 高速公路出口匝道分流區 169
第五章 進出口匝道之分析方法 181
5.1 進口匝道匯流區 186
5.2 出口匝道分流區 202
第六章 匝道分匯流區分析方法研議 207
6.1 THCM 1990 ~ 2011 年版匝道分匯流區分析法之發展 207
6.2 THCM 2020 匝道分匯流區分析法之相關修訂與檢討 212
6.3 匝道分匯流區分析方法研議 215
第七章 結論與建議 235
7.1 結論 235
7.2 建議及後續工作 237

參考文獻 239
附錄 A 重要模式變數定義表 ..... 附 A-1
附錄 B 符合幾何型態條件之調查地點候選清單 ..... 附 B-1
附錄 C VD 資訊與現場資料相互檢核 ..... 附 C-1
附錄 D 電腦視覺技術在車流特性資料蒐集之應用 ..... 附 D-1
附錄 E 無人機空拍調查之作業程序 ..... 附 E-1
附錄 F 研究成果說明會 ..... 附 F-1
附錄 G 專家學者座談會 ..... 附 G-1
附錄 H 期中審查會議意見與回覆表 ..... 附 H-1
附錄 I 期末審查會議意見與回覆表 ..... 附 I-1
附錄 J 期末簡報 ..... 附 J-1

圖目錄

圖 1.1-1 高速公路進口匝道影響區分類示意圖 2

圖 1.1-2 高速公路出口匝道影響區分類示意圖 2

圖 1.3-1 研究流程圖 5

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 13

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 36

圖 2.2-2 進口匝道影響區亂流擴散示意圖 37

圖 2.2-3 美國 HCM 2016 之匝道分、匯流影響區分析流程圖 39

圖 2.2-4 相鄰匝道口匝道口車流之影響圖（類型編號參考本計畫 1/3）.....43

圖 2.2-5 高速公路設施時空區分析圖 51

圖 2.2-6 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 53

圖 2.2-7 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 55

圖 2.2-8 德國 HBS 2015 高速公路分流、匯流、交織區配置 V/C 值示意圖.....57

圖 2.2-9 HBS 2015 分流區幾何型態分類示意圖.....58

圖 2.2-10 HBS 2015 匯流區幾何型態分類示意圖.....59

圖 2.4-1 THCM 匝道匯流區範例示意圖.....77

圖 2.4-2 THCM 匝道分流區範例示意圖.....81

圖 2.5-1 相鄰匝道幾何設計之縱向距離間關係 86

圖 2.5-2 NCHRP 於相鄰匝道間所定義之三種長度參考點.....87

圖 2.5-3 On - Off 匝道型態建議的相鄰長度 88

圖 2.5-4 Off - Off 匝道型態建議的相鄰長度.....89
圖 3.2-1 調查作業流程圖.....95
圖 3.3-1 影像辨識分析流程圖.....96
圖 3.3-2 車流軌跡影片局部圖.....96
圖 3.3-3 資料同步架構圖.....97
圖 3.3-4 車道線標記示意圖（中和交流道）.....97
圖 3.3-5 車輛通過斷面判斷示意圖.....98
圖 3.3-6 時空圖量測方式.....99
圖 3.3-7 車道變換判斷示意圖.....99
圖 3.3-8 車道變換資料紀錄方式示意圖.....100
圖 3.3-9 車流軌跡時空圖.....100
圖 3.3-10 軌跡資料品質檢核流程圖.....101
圖 3.4-1 國道 1 號南下中壢交流道 A、B 進口匝道區分示意圖.....103
圖 3.4-2 車流軌跡示意圖-國道 3 號北上新店交流道進口匝道區.....106
圖 3.4-3 各車道各區間密度時空圖示意圖-國道 3 號北上新店交流道進口匝道區.....107
圖 3.4-4 各車道各區間速率時空圖示意圖-國道 3 號北上新店交流道進口匝道區.....107
圖 3.4-5 國道 3 號北上新店交流道進口匝道區.....110
圖 3.4-6 國道 3 號北上新店交流道進口各調查點流率圖.....111
圖 3.4-7 國道 3 號北上新店交流道進口各調查點密度圖.....112
圖 3.4-8 國道 3 號北上新店交流道進口各調查點速率圖.....113
圖 3.4-9 國道 3 號北上新店交流道進口匝道區車道變換數量圖.....114
圖 3.4-10 國道 3 號北上新店交流道進口匝道區車道變換累積機率圖.....115

圖 3.4-11 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口匝道區.....117
圖 3.4-12 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口各調查點流率圖.....118
圖 3.4-13 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口各調查點密度圖.....119
圖 3.4-14 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口各調查點速率圖.....120
圖 3.4-15 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口 122
圖 3.4-16 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道區各調查點流率圖 123
圖 3.4-17 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道區各調查點密度圖 124
圖 3.4-18 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道區各調查點速率圖 125
圖 3.4-19 國道 3 號北上三鶯交流道進口匝道區 127
圖 3.4-20 國道 3 號北上三鶯交流道進口各調查點流率圖 128
圖 3.4-21 國道 3 號北上三鶯交流道進口各調查點密度圖 129
圖 3.4-22 國道 3 號北上三鶯交流道進口各調查點速率圖 130
圖 3.4-23 國道 3 號北上三鶯交流道進口匝道區車道變換數量圖 131
圖 3.4-24 國道 3 號北上三鶯交流道進口匝道區車道變換累積機率圖 132
圖 3.4-25 國道 3 號北上土城交流道出口分流區 134
圖 3.4-26 國道 3 號北上土城交流道出口各調查點流率圖 135
圖 3.4-27 國道 3 號北上土城交流道出口各調查點密度圖 136
圖 3.4-28 國道 3 號北上土城交流道出口各調查點速率圖 137
圖 3.4-29 國道 1 號北上頭份交流道出口分流區 139
圖 3.4-30 國道 1 號北上頭份交流道出口各調查點流率圖 140
圖 3.4-31 國道 1 號北上頭份交流道出口各調查點密度圖 141
圖 3.4-32 國道 1 號北上頭份交流道出口各調查點速率圖 142
圖 3.4-33 國道 1 號北上頭份交流道出口分流區車道變換數量圖 143
圖 3.4-34 國道 1 號北上頭份交流道出口分流區車道變換累積機率圖 144

圖 4.1-1　國道 3 號北上新店交流道進口範圍車流之車道分布 148
圖 4.1-2　國道 1 號北上中壢交流道 B 進口匝道進口範圍車流之車道分布.....149
圖 4.1-3　國道 1 號北上中壢交流道 A 進口匝道進口範圍車流之車道分布.....150
圖 4.1-4　國道 3 號北上三鶯交流道進口匝道進口範圍車流之車道分布 151
圖 4.1-5　國道 3 號北上新店交流道各車道流率與密度之關係 155
圖 4.1-6　國道 1 號南下中壢交流道 B 進口匝道各車道流率與密度之關係.....155
圖 4.1-7　國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道各車道流率與密度之關係.....156
圖 4.1-8　國道 3 號北上三鶯交流道各車道流率與密度之關係 156
圖 4.1-9　國道 3 號北上新店交流道各車道速率與流率之關係 159
圖 4.1-10 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口匝道各車道速率與流率之關係.....159
圖 4.1-11 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道各車道速率與流率之關係 160
圖 4.1-12 國道 3 號北上三鶯交流道各車道速率與流率之關係 160
圖 4.1-13 國道 3 號北上新店交流道各車道密度與速率之關係 163
圖 4.1-14 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口匝道各車道密度與速率之關係.....163
圖 4.1-15 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道各車道密度與速率之關係 164
圖 4.1-16 國道 3 號北上三鶯交流道各車道密度與速率之關係 164
圖 4.2-1　國道 3 號北上土城交流道出口範圍車流之車道分布 171
圖 4.2-2　國道 1 號北上頭份交流道出口範圍車流之車道分布 172
圖 4.2-3　國道 3 號北上土城交流道各車道流率與密度之關係 174
圖 4.2-4　國道 1 號北上頭份交流道各車道流率與密度之關係 174
圖 4.2-5　國道 3 號北上土城交流道各車道速率與流率之關係 176
圖 4.2-6　國道 1 號北上頭份交流道各車道速率與流率之關係 176
圖 4.2-7　國道 3 號北上土城交流道各車道速率與密度之關係 178
圖 4.2-8　國道 1 號北上頭份交流道各車道速率與密度之關係 178

圖 5-1　流量守恆檢核之示意圖 182
圖 5.1-1 獨立匯流區由現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖 187
圖 5.1-2 非獨立匯流區由現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖 188
圖 5.1-3 On-1 三車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖 189
圖 5.1-4 On-5 三車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖 190
圖 5.1-5 四車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖 191
圖 5.1-6 中壢交流道 B 進口（本匝道）及其上游 A 進口（上游匝道） 200
圖 5.2-1 三車道分流區由 VD 所得 $v_{12} - v_R$ 與 $v_F - v_R$ 之散佈圖 202
圖 5.2-2 四車道分流區由 VD 所得 $v_{12} - v_R$ 與 $v_F - v_R$ 之散佈圖 203
圖 6.2-1 基本狀況下，匝道匯流區不同車道平均速率與流率關係圖 213
圖 6.2-2 基本狀況下，匝道分流區不同車道平均速率與流率關係圖 214
圖 6.3-1 匝道分、匯流區分析程序圖 216
圖 6.3-2 匝道分、匯流區幾何示意圖 218
圖 6.3-3 現場調查與 VD 偵測分類車種尺度對照示意圖 220
圖 6.3-4 匝道分匯流區流率 v_F、v_{12}，主線流率比例 P_{FM} 或 P_{FD} 示意圖 223
圖 6.3-5 對等距離 L_{EQ} 應用示意圖 228

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 15
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 20
表 2.1-8 各年版 Dutch HCM 容量估算 21
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） 22
表 2.1-10 KHCM 2013 匝道影響區主線路段最大容量表 26
表 2.1-11 KHCM 2013 匝道口服務水準等級表 26
表 2.1-12 南韓 KHCM 2013 之 P_{FM} 估算迴歸式表 27
表 2.1-13 南韓 KHCM 2013 之 P_{FD} 估算迴歸式表 28
表 2.1-14 SHCM 服務水準 29
表 2.1-15 RHCM 匝道口服務水準表 30
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 33
表 2.2-2 Hess LOS A,B,C 方法論估算車道 1 迴歸式對照表 34
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 36
表 2.2-4 美國 HCM 2016 之 P_{FM} 估算迴歸式表 41
表 2.2-5 美國 HCM 2016 之 P_{FD} 估算迴歸式表 42
表 2.2-6 美國 HCM 2016 之 P_{FM} 估算式選擇表 44
表 2.2-7 美國 HCM 2016 之 P_{FD} 估算式選擇表 44

表 2.2-8　美國 HCM 2016 匝道間距對等距離 L_{EQ} 估算式表 45
表 2.2-9　美國 HCM 2016 匝道影響區段最大容量表 47
表 2.2-10 美國 HCM 2016 匝道路段最大容量表 47
表 2.2-11 美國 HCM 2016 匝道口服務水準等級表 48
表 2.2-12 美國 HCM 2016 匝道匯流區平均速率估算模式表 49
表 2.2-13 美國 HCM 2016 匝道分流區平均速率估算模式表 50
表 2.2-14 檢核點主線車道大小車各占主線總大小車流率之百分比 52
表 2.2-15 各內車道小車占主線小車之百分比 52
表 2.2-16 服務水準等級之劃分標準 53
表 2.2-17 HBS 2015 分流區參數對照表 58
表 2.2-18 HBS 2015 匯流區參數對照表 59
表 2.3-1　實質幾何參數比較 61
表 2.3-2　交通特性比較 62
表 2.3-3　檢核前初算參數比較 65
表 2.3-4　路段流量合理性檢核參數比較 67
表 2.3-5　檢核後模式參數與附帶績效值比較 67
表 2.3-6　運行績效與服務水準評估比較 69
表 2.3-7　匝道匯流區方法論模式比較 71
表 2.3-8　匝道分流區方法論模式比較 73
表 2.4-1　各國方法論於匝道匯流區之具體差異項目表 75
表 2.4-2　各國方法論於匝道分流區之具體差異項目表 76
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 78
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 79
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 80

表 2.4-6 各國方法論對 THCM 匝道分流區範例資料數值.....82
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.....83
表 2.5-1 AASHTO 建議之最小相鄰匝道間距.....85
表 3.1-1 符合調查條件之地點數.....93
表 3.1-2 調查地點之幾何型態與壅塞狀況.....93
表 3.4- 調查地點資訊與本計畫採用之調查時間.....104
表 3.4-2 各調查地點於調查時間內車輛數及車種比例.....104
表 3.4-3 本計畫各調查地點之車流特性資訊.....106
表 3.4-4 各調查點流量守恆檢核總表.....108
表 4.1-1 進口匝道調查地點之幾何形態.....145
表 4.1-2 三車道進口調查地點主線各車道之車流占總流率之比例.....152
表 4.1-3 四車道進口調查地點主線各車道之車流占總流率之比例.....152
表 4.1-4 三車道主線匯流區範圍內各車道受變換車之影響程度.....166
表 4.1-5 四車道主線匯流區範圍內各車道受變換車之影響程度.....167
表 4.1-6 各調查地點最大流率.....168
表 4.2-1 出口匝道調查地點之幾何形態.....169
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.....170
表 4.2-3 分流區範圍內各車道受變換車之影響程度.....180
表 5-1 主線二車道進口匝道匯流區分析之地點篩選結果.....183
表 5-2 主線三車道進口匝道匯流區分析之地點篩選結果.....184
表 5-3 主線四車道進口匝道匯流區分析之地點篩選結果.....184
表 5-4 主線二車道出口匝道分流區分析之地點篩選結果.....185
表 5-5 主線三車道出口匝道分流區分析之地點篩選結果.....185
表 5-6 主線四車道出口匝道分流區分析之地點篩選結果.....186

表 5.1-1 獨立匯流區由現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之關係式 187
表 5.1-2 非獨立匯流區由現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之關係式 188
表 5.1-3 On-1 三車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之關係式 189
表 5.1-4 On-5 三車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之關係式 190
表 5.1-5 四車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之關係式 191
表 5.1-6 On-1 三車道匯流區由現場資料校估之 P_{FM} 迴歸式表 195
表 5.1-7 On-1 三車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式表 196
表 5.1-8 On-5 三車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式表 197
表 5.1-9 四車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式表 198
表 5.1-10 中壢交流道 B 匯流影響區上游 V_{12} 至 V_3 變換車道之比例 201
表 5.2-1 三車道分流區由 VD 所得 $v_{12} - v_R$ 與 $v_F - v_R$ 之關係式 203
表 5.2-2 四車道分流區由 VD 所得 $v_{12} - v_R$ 與 $v_F - v_R$ 之關係式 203
表 5.2-3 Off-1 與 Off-2 三車道分流區由 VD 資料校估之 P_{FD} 迴歸式表 205
表 6.2-1 匝道匯流區車道容量建議值 213
表 6.2-2 匝道分流區車道容量建議值 214
表 6.3-1 基本路段各自由車流速率、單向車道數、有無開放路肩下容量值 ... 223
表 6.3-2 進口匝道匯流區 P_{FM} 估算迴歸式表 224
表 6.3-3 出口匝道分流區 P_{FD} 估算迴歸式表 224
表 6.3-4 進口匝道匯流區 P_{FM} 估算式選擇表 225
表 6.3-5 出口匝道分流區 P_{FD} 估算式選擇表 226
表 6.3-6 美國 HCM 2016 匝道間距對等距離 L_{EQ} 估算式表 227
表 6.3-7 匝道分匯流區容量建議表（未開放使用路肩） 230
表 6.3-8 匝道分匯流區容量建議表（開放使用路肩） 231
表 6.3-9 服務水準等級之劃分標準 233

第一章 緒論

1.1 計畫背景

交通部運輸研究所（簡稱本所）於民國 79 年出版之「臺灣地區公路容量手冊」[1]分析方法係引用美國 Transportation Research Board（TRB）1985 年之公路容量手冊[30]，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 年臺灣公路容量手冊」[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。因此本計畫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 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）[5]，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：

（一） 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（如圖 1.1-1 所示）、出口匝道共可分為 9 類匝道型態（如圖 1.1-2 所示）。

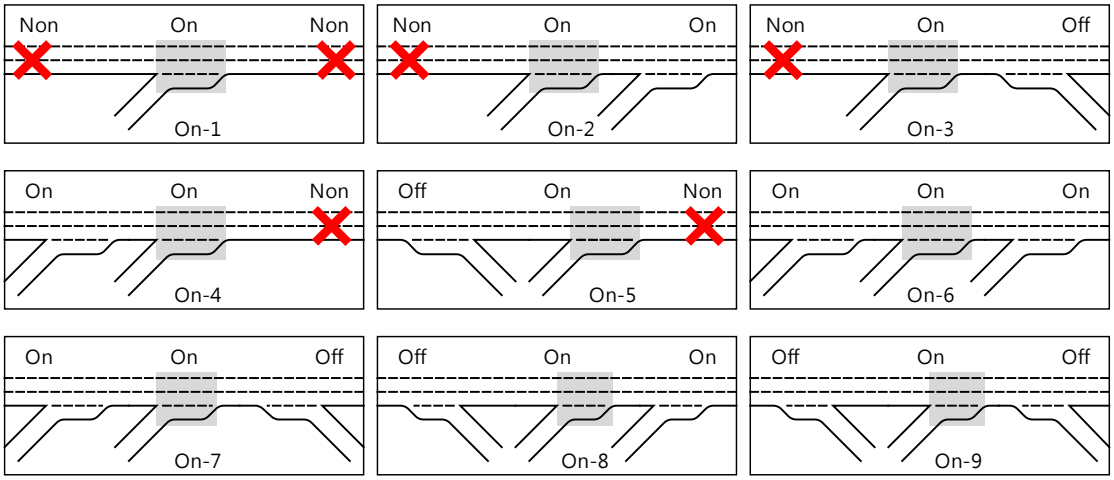


圖 1.1-1 高速公路進口匝道影響區分類示意圖

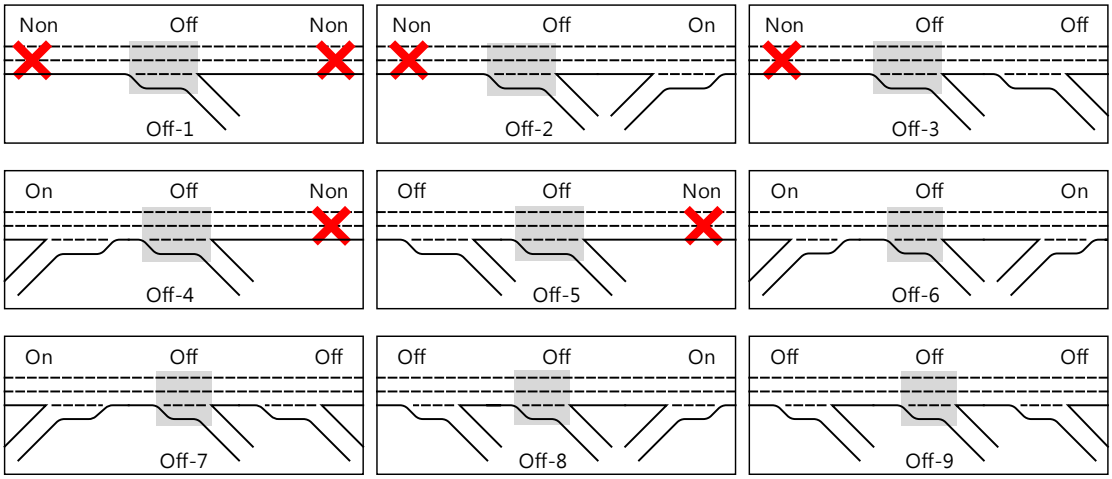


圖 1.1-2 高速公路出口匝道影響區分類示意圖

（二） 檢視國道 1 號、國道 3 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，占 41.7%）、上游 1 公里內有 1 出口匝道且下游 1 公里內無其他匝道之非獨立進口匝道（On-5 類型，占 39.8%）最多，共占 81.5%。

（三） 國道 1 號、國道 3 號出口匝道區共 312 處，其中獨立出口匝道（Off-1 類型，占 40.7%）、上游 1 公里內無其他匝道且下游 1 公里內有 1 進口匝道之非獨立出口口匝道（Off-2 類型，占 42.0%）最多，共占 82.7%。

（四） 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。

二、　現場調查與資料整理方案：

（一）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。

（二）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。

（三）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。

本所自民國 108 年辦理 3 年期的研究工作，建立高速公路主線分匯流區與匝道之容量及服務水準分析方法，各年期的工作以不同形態之分匯流區作區分，第 1 年(1/3)的分析對象為獨立進出口分匯流區、第 2 年(2/3)的分析對象為受上下游影響之進出口分匯流區、第 3 年（3/3）為快速公路之進出口分匯區。108 年之「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」（以下簡稱第一期計畫）[6]的主要成果及結論包括：

一、　獨立進、出口匝道的分析方法：

（一）針對進出口匝道分匯流區容量分析方法，詳細探討了美國法、德國法、臺灣法，並進行比較及案例分析。根據調查及車流特性分析的結果，以及考慮國內的使用習慣，美國法較適合國內的情況。

（二）參考美國法，提出了共 6 個步驟的分析程序。

二、　現場調查與資料整理方案：

（一）採用新興技術進行現場調查，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，拍攝連續約 4 小時的影片。

（二）本期計畫之車流特性資料主要依賴人工觀看影片的方式進行資料登錄及整理，並同步研發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。

（三）現場調查的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。VD 偵測器的適用性需經過檢核，未來可透過現場調查確認 VD 偵測器的準確度。

1.2 計畫範圍及對象

本期計畫（以下簡稱第 2 期計畫或本計畫）是延續第 1 期計畫，探討上游或下游 1 公里範圍內有其他匝道的進口匝道類型及出口匝道類型（以下簡稱為非獨立進出口分匯流區）。另外亦將持續精進無人機空中拍攝技術以及電腦視覺的車流分析方式，以滿足本計畫及其他車流研究的分析需求。

因人力預算有限，現場調查工作之重點為高速公路進口匝道上游 1 公里內有 1 出口匝道（參考圖 1.1-1 之 On-5 類型）、出口匝道下游 1 公里內有 1 進口匝道（參考圖 1.1-2 之 Off-2 類型）之分匯流區，此類型為我國高速公路交流道先出口、再進口之常見匝道配置。而模式建立及分析程序應包含其他進出口匝道組合類型之分析方法，以確保容量手冊之完整性。

另外，本計畫的目的是要分析分匯流區之容量及運作績效，下游主線或匝道車流壅塞而回堵至上游分匯流區，非本計畫之研究範圍，應排除為調查對象。

1.3 工作項目及目的

先期計畫及 3 年期計畫之研究流程及關係如圖 1.3-1 所示。

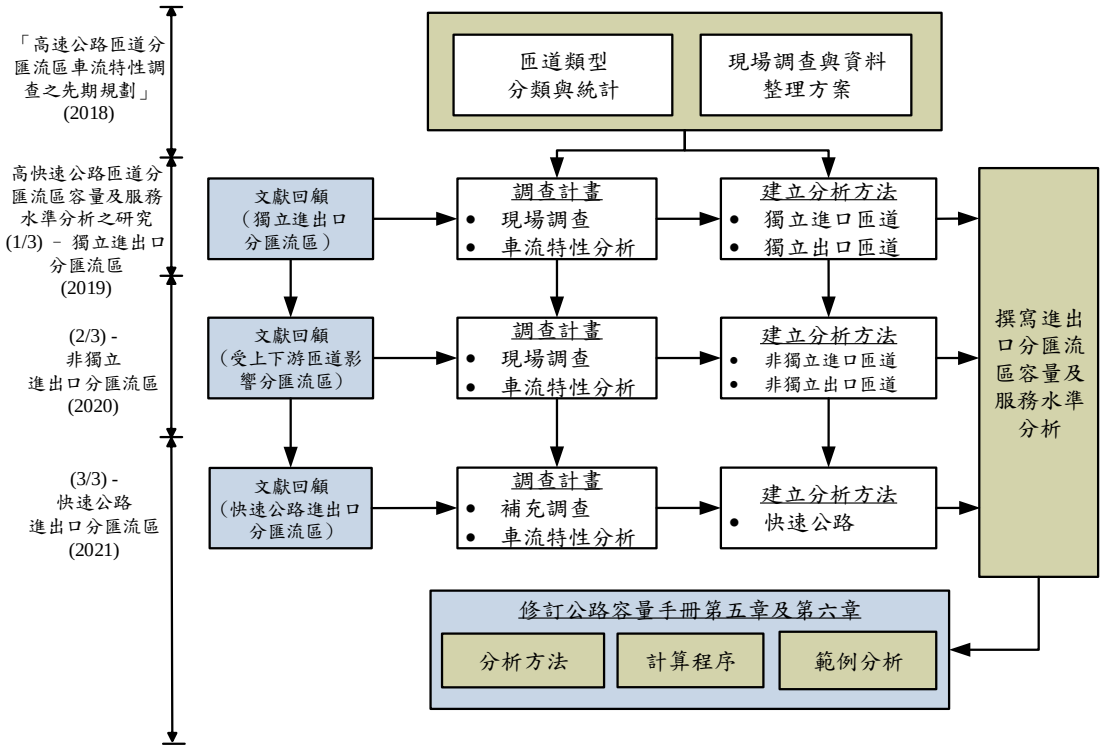


圖 1.3-1 研究流程圖

根據美國 HCM 之分析方法論，下游進口匯流區之車流狀況會受上游出口所影響，而上游出口分流區之車流並不會受下游入口所影響。因此先透過現場調查，釐清上下游匝道互相影響的情況，再考慮車流之幾何型態關鍵變數（如主線車道數、匝道車道數），以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。本計畫之主要工作項目包括：

一、 蒐集並回顧國內外於高速公路受上下游匝道影響之分匯流區車流特性、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。

二、 符合本期研究對象之進出口分匯流區，調查至少 6 個地點。

三、 依據現場調查資料，進行車流特性分析。

四、 建立上游 1 公里內有 1 出口匝道之進口匝道類型之分析方法。

五、 建立下游 1 公里內有 1 進口匝道之出口匝道類型之分析方法。

六、 建立其他進出口匝道組合類型之分析方法。

為確保新修訂容量手冊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、研究成果說明會及製作影片電子檔。

第二章 文獻回顧

美國自 1965 年發表第二版公路容量手冊後，各國開始關注本國之公路容量研究議題，1985 年第三版公路容量手冊發行前夕的 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本國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。

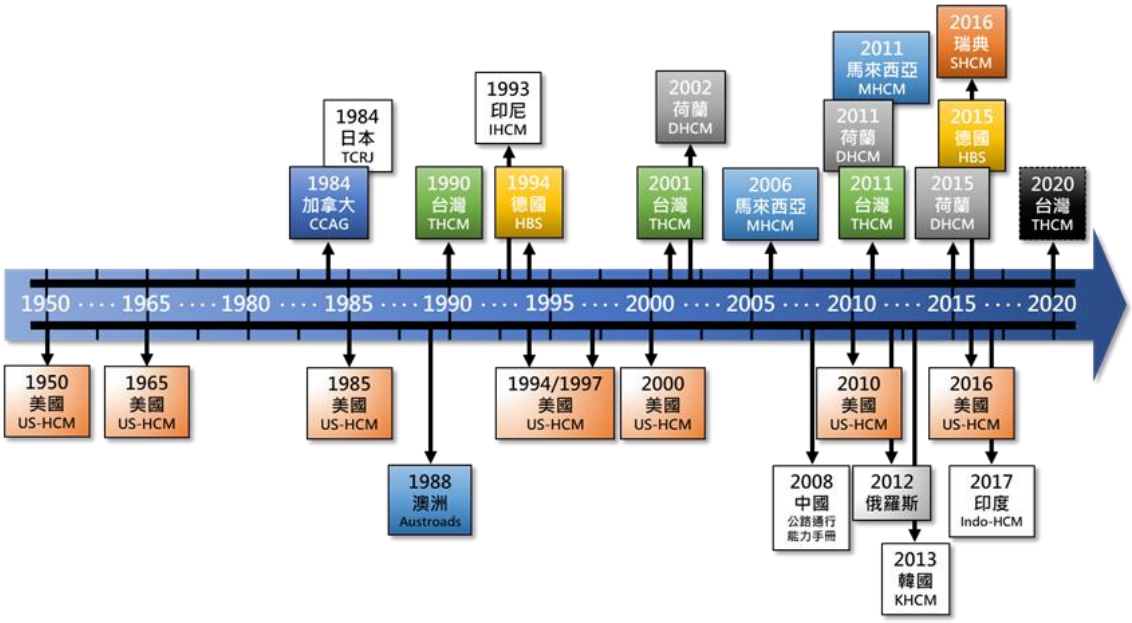


圖 2-1 各國公路容量手冊之年期概要

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，此特性咸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。

本計畫在探討國內、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) [24]–[26], [29]–[34]

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，此外亦只含右側不含加、減速車道之單車道匝道。正因為如此，大多數進口匝道都是在高速公路（或多車道公路）匯入口以「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(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。

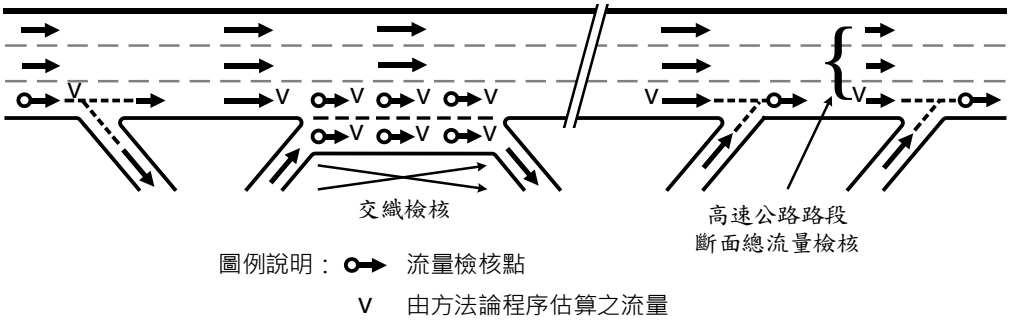


圖 2.1-1 1965 年 HCM 匝道口方法論各檢核點流量示意圖

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：

（一） 根據公路局委託 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。

（二） 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			

資料來源：HCM (1965)

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：

（一） 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。

（二） 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。

（三） 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。

（四） 所有檢核點流量一律轉換為純小客車流率 (pcu/hr)。

（五） 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				

資料來源：HCM (1985)

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：

（一） 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。

（二） 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高速公路右側兩車道
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

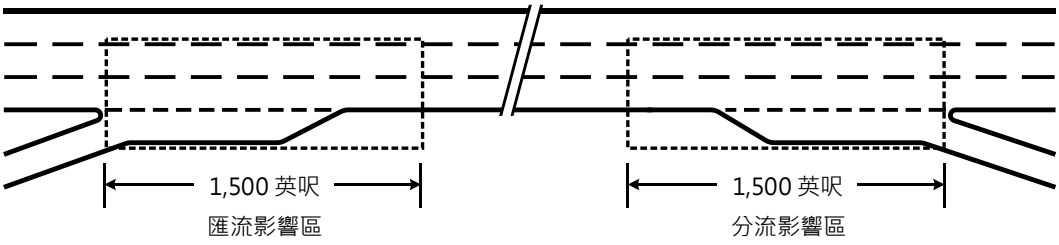
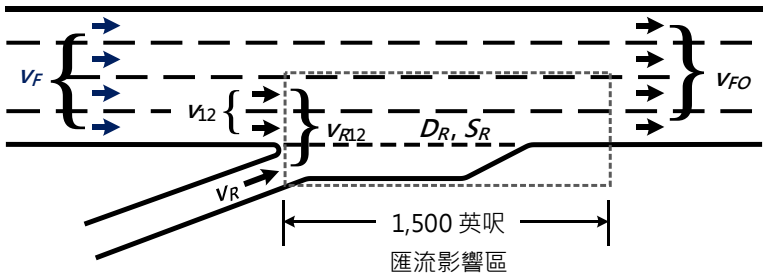


圖 2.1-2 匝道影響區示意圖

HCM 1994/1997 分析程序主要在預估匝道口上游主線車道 1、2 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：重要模式變數定義表。



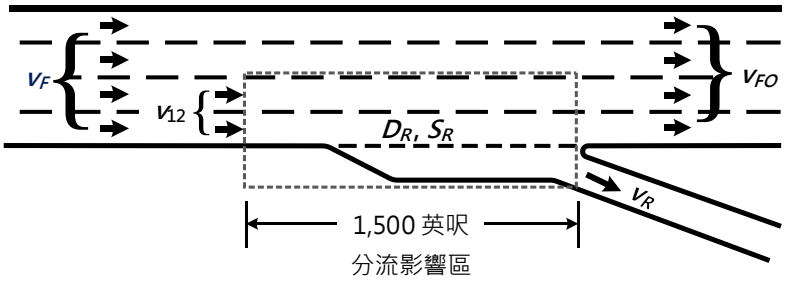


圖 2.1-3 匝道口分、匯流影響區分析之主要變數示意圖

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	

資料來源：HCM (1994/1997)

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：

(一) 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

資料來源：HCM (2000)

(二) 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（因為影響區剛好僅兩條車道），但在六或八車道公路，則有部分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	$S_R = S_F - (S_F - 42)M_S$ $M_S = 0.321 + 0.0039 \cdot e^{\left(\frac{v_{R12}}{1,000}\right)} - 0.002\left(\frac{L_A \times S_{FR}}{1,000}\right)$
匝道影響區外車道	$S_O = S_F \quad v_{oa} < 500$ pcu/hr $S_O = S_F - 0.0036(v_{oa} - 500) \quad v_{oa} \le 500 - 2,300$ pcu/hr $S_O = S_F - 6.53 - 0.006(v_{oa} - 2,300) \quad v_{oa} > 2,300$ pcu/hr
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：重要模式變數定義表

資料來源：HCM (2000)

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	$S_R = S_F - (S_F - 42)D_S$ $D_S = 0.883 + 0.00009 \cdot v_{12} - 0.0013 \cdot S_{FR}$
匝道影響區外車道	$S_O = 1.097 \cdot S_F \quad v_{oa} < 1,000$ pcu/hr $S_O = 1.097 \cdot S_F - 0.0039(v_{oa} - 1,000) \quad v_{oa} > 1,000$ pcu/hr
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：重要模式變數定義表

資料來源：HCM (2000)

六、 2010/2016 年版 HCM (HCM 2010/2016)

2010 年版除了仍繼續沿用 1994/1997 更新方法論與 2000 年 HCM 局部調整，另進行兩項修正：

（一） 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。

（二）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，故亦調整部分迴歸式係數與適用流量範圍。

2016 年版在服務水準分級、評估準則、匝道影響區範圍，以及在整體方法論與分析程序（包括匝道影響區主線外側兩車道流率估算與調整、匝道影響區各車道容量檢核、獨立上下游匝道對等距離模式、匝道影響區車道密度模式、平均速率模式等）上大致沿用 2010 年版，以下是幾個微調部分：

（一）對匝道影響區段、匝道容量、進入影響匝道區上游主線等三處容量，增列天候、瓶頸區、事故等會折減容量之調整因素 (Capacity Adjustment Factor, CAF) 。

（二）在基本狀況下，尖峰對等流率之計算不再考量駕駛人熟悉路況程度因素之調整。

（三）對單向三車道出口匝道影響區外側兩車道流率分布比例估算模式，增加（上游匝道流率）÷（與上游匝道間距）≤ 0.2 之限制條件。

（四）對匝道影響區之平均速率估計模式，增列天候、能見度、事故封閉車道、駕駛人熟悉路況程度、施工區等會影響自由車流速率之調整因素 (Speed Adjustment Factor, SAF)。

2.1.2 臺灣公路容量分析[1], [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、臺灣地區公路容量手冊（THCM 民國 79 年版）[1]

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，只作局部微調，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、臺灣公路容量分析（THCM 2001、2011 年版）[3], [4]

（一）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 1 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。

（二）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、占有率關係特性、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）[23], [35]–[38]

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（Ruhr-University Bochum）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* 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 在高速公路部分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。

（一）高速公路主線部分

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/hr）。

（二）高速公路匝道分、匯流區部分

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）[19]

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：

一、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

資料來源：Heikoop and Henkens(2016)

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

資料來源：Heikoop and Henkens(2016)

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。

二、 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。

三、 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。

四、 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 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）[9]

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}

$$q_{onar} = q_c - a\ (q_{on}) \qquad (2\text{-}1)$$

其中 q_{onar} = 進口匝道區下游主線車道總容量 (pcu/hr)

q_c = 4,150 pcu/hr，若單向二車道

= 5,600 pcu/hr，若單向三車道

a = 0.25，若交流道密度 > 0.33 座/公里

= 0.20，若交流道密度 = 0.2 ~ 0.33 座/公里

q_{on} 進口匝道流量 (pcu/hr)

- 交織區段容量 C_w

$$C_w = q_{c(2)} - 0.0065\left(\frac{q_{off}}{q_{on}+1}\right)^{0.1}\left(0.43\cdot q_{off}\right) + 1.87\cdot q_{on}\left(1+\left(q_{off}^{1.4}\cdot q_{on}\right)^{0.3}\right) + 0.05\left(L-250\right)^{1.5} \qquad (2\text{-}2)$$

其中 $q_{c(2)}$ 單向二車道主線容量 = 4,150 pcu/hr

q_{on} 進口匝道流量 (pcu/hr)

q_{off} 出口匝道流量 (pcu/hr)

L 交織區段長度 (公尺)，L 最大長度 = 1,250 公尺

2.1.6 馬來西亞容量分析（MHCM 2011 年版）[17], [18]

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分。

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：

一、 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 pcu/hr，據以評估影響區的服務水準。

二、 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 pcu/hr，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。

2.1.7 南韓容量分析（KHCM 2013 年版）[28]

為了解南韓道路之運行狀況，進而改善現有道路並提供規劃道路時適當容量數值，南韓國土交通部（舊稱國土海洋部）本於美國公路容量手冊 (HCM) 的基礎，於 1992 發行了屬於該國的韓國公路容量手冊 (KHCM)。因應時代的變遷，基於 1998 至 2001 的研究，再發行了第二版，並在 2005 年進行了小幅的修正，而目前最新的版本是在 2013 年所發行的第三版。

南韓在該國的公路容量手冊內，在多處都能發現相似於美國公路容量手冊分析的假設及計算方法，惟對於匝道之分類、迴歸式參數、運算式符號、服務水準等級劃分與指標、不同路段容量之劃分跟美國 HCM 略有不同，以下將大略介紹南韓的分析作法與定義。

一、 一般設定

（一） 主要探討先分流後匯流之匝道型式，且匝道佈設於右側。

（二） 分匯流影響區設定為 400 公尺略短於美國 HCM 的 450 公尺，且若是相鄰之匝道間距小於 500 公尺，相鄰匝道間距的量測點與美國相同為兩相鄰匝道間尖角區的距離（Gore to gore），則相鄰之兩匝道視為非獨立匝道，彼此互相影響。

二、 進、出口匝道幾何類型與分類統計

南韓公路容量手冊在匝道幾何設計類型上，以下三種在南韓高速公路最為常見：

（一） 分流區、匯流區（獨立）

（二） 分流-匯流（非獨立）

（三） 分流-分流-匯流（非獨立）

三、 進、出口匝道容量與服務水準

（一） 在匝道容量之界定上與美國 HCM 略有差異的部分為其單向車道數沒有單獨只針對四車道的分類，直接將四車道歸類於四車道（含）以上，此外南韓 KHCM 自由車流速率的劃分略高於美國 HCM，但對於高速公路主線路段上/下游容量的數值

反而低於美國 HCM，可見南韓 KMCM 在容量上限值的預估是較於保守的，詳細之容量劃分如表 2.1-10 所示：

表 2.1-10 KHCM 2013 匝道影響區主線路段最大容量表

自由車流速率(公里/時)	高速公路段上游/下游容量			進口匝道影響區最大期望流率(v_{R12})	出口匝道影響區最大期望流率(v_{12})
	單向車道數				
	2	3	≥ 4		
≤ 120	4,600	6,900	2,300/車道	4,600	4,400
110	4,500	6,750	2,250/車道	4,600	4,400
100	4,400	6,600	2,200/車道	4,600	4,400
90	4,200	6,300	2,100/車道	4,600	4,400

註：各變數定義請參閱附錄 A：重要模式變數定義表

資料來源：KHCM(2013)

（二） 在服務水準評等同美國 HCM 以最大密度（小車/公里/車道）為指標，若是運行在穩定狀況（A~E 級服務水準範圍），則以匝道影響區車流為依據，若是所估算之需求流量超過容量，則直接評定路段服務水準為 F 級，並不進行密度之估算，詳細之服務水準劃分如表 2.1-11 所示：

表 2.1-11 KHCM 2013 匝道口服務水準等級表

服務水準	最大密度（小車/公里/車道）
A	6
B	12
C	17
D	22
E	> 22
F	需求流率大於容量

資料來源：KHCM(2013)

四、 KHCM 2013 與 HCM 2000 模式之差異

南韓 KHCM 2013 整體方法論之架構參酌美國 HCM 2000，但有針對其本土車流特性進行參數之校估。

（一） 主線外側車道 1、2 之流率比例 P_{FM} 或 P_{FD} 估算式

在決定主線外側車道 1、2 之流率比例 P_{FM} 或 P_{FD} 估算式分類上，並無美國 HCM 分類的如此詳細，如單向三車道只有分獨立匝道與非獨立匝道之劃分，如表 2.1-12 ~ 表 2.1-13 所示，相較之下美國 HCM 在估算式的分類上有估算式選擇表、不同主線車道數，以及上、下游相鄰匝道口型態與分布之不同估算式組合的選擇。

表 2.1-12 南韓 KHCM 2013 之 P_{FM} 估算迴歸式表

算式編號	單向車道數		估算式
估算式 1	2		$P_{FM} = 1.00$
估算式 2	3	相鄰匝道獨立	$P_{FM} = 0.5127 + 0.000193 v_R$
估算式 3		相鄰匝道不獨立	$P_{FM} = 0.635 - 0.000022 (v_F + v_R) - 0.00504 \left(\frac{v_U}{D_U} \right)$
估算式 4	4		$P_{FM} = 0.094 - 0.0000203 v_R + 0.0502 \left(\frac{L_A}{S_{FR}} \right)$

註：各變數定義請參閱附錄 A：重要模式變數定義表

資料來源：KHCM(2013)

表 2.1-13 南韓 KHCM 2013 之 P_{FD} 估算迴歸式表

算式編號	單向車道數		估算式
估算式 5	2		$P_{FD} = 1.00$
估算式 6	3	相鄰匝道獨立	$P_{FD} = 0.609 - 0.0000004 v_F - 0.00015 v_R$
估算式 7		相鄰匝道不獨立	$P_{FD} = 0.7960 - 0.0000758 v_F + 0.0259 \left(\frac{v_D}{L_D} \right)$
估算式 8	4		$P_{FD} = 0.0453$

註：各變數定義請參閱附錄 A：重要模式變數定義表

資料來源：KHCM(2013)

（二） 分、匯流影響區之車流密度估計模式

韓國 KHCM 由於計算單位為公制，加上有依照韓國本土車流特性及道路幾何進行調整，所以在車流密度估計模式的參數上與美國 HCM 有極大的差異，但是整體模式的架構基本上仍是依循著美國 HCM，連同採用之變數也是如出一轍，以下為南韓 KHCM 匯流區與分流區的密度估計模式。

- 匯流區段密度：

$$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185 v_R + 0.005989 v_{12} - 0.00101 L_A \quad (2\text{-}3)$$

- 分流區段密度：

$$D_{DR} = 0.5108 + 0.00589 v_{12} - 0.0043 L_D \quad (2\text{-}4)$$

2.1.8 北歐四國（瑞典、挪威、芬蘭、丹麥）公路容量手冊沿革[22]

瑞典、挪威、芬蘭及丹麥四國的道路管理部門自 1996 年，開始進行一個名為 NORDKAP (NORDiskt KAPacitetssamarbete, Nordic Capacity Cooperation) 的合作計畫，而該計畫具有三個首要目標：

一、 比較容量和服務水準的計算方法；

二、 就道路議題相互協調研究；

三、 合作編撰公路容量手冊。

北歐四國公路容量手冊在計算高速公路路段的容量是以美國公路容

量手冊 (HCM)為基礎，瑞典、挪威和芬蘭先基於 1985 年的 HCM 進行編撰，然隨著 1994 年版 HCM 的出版之後，已在 1999 年的草案 (Vejdirektoratet 1999a) 後逐步隨著新版 HCM 進行更新，且方法論亦依不同地域特性進行了調整。

瑞典公路容量手冊 (SHCM) 在 1977 年首次出版 (StatensVägverk 1977)，內容有針對不同高速公路的型態分析而得的速率與流量關係圖及對其速度限制的定義，然而卻沒有提出評估服務水準的方法，取而代之的是當設計新的高速公路時，有以下服務品質的要求：

四、 平均行駛速度不得低於速限 10 公里/小時（較低標準為 20 公里/小時）。

五、 在鄉村地區，平均延遲不應超過 5 分鐘。

六、 流量與容量比值 (v/c) 應滿足表 2.1-14 的要求。

表 2.1-14 SHCM 服務水準

標準	郊區	鄉村
高	$v/c < 0.7$	$v/c \leq 0.5$
中等	$0.7 < v/c \leq 0.8$	$0.5 < v/c \leq 0.7$
低	$v/c > 0.8$	$v/c > 0.7$

資料來源：Luttinen and Innamaa(2000)

挪威公路容量手冊 (NHCM)，參酌了 1985 年 HCM，包含不同車道數的高速公路、交織區段及匝道的說明，然而卻未像 HCM 考量不同參數的相關性，如服務水準、流量密度、速度和流量容量比。

芬蘭公路容量手冊 (FHCM)，其方法論同樣參考了 1985 年的 HCM 並做了部分微調，其公路容量的衡量相較其他北歐國家相對較無急迫性，僅有在夏季週末及赫爾辛基 (Helsinki) 都會區有可能面臨較大的容量問題。對於容量的估算方式，芬蘭國家公路管理局 (Finnra) 使用 IVAR 軟體，針對兩車道高速公路及多車道高速公路進行評估，此外，就 20 種設施類型依速度和流量容量比進行服務水準劃分。

丹麥公路容量手冊 (DHCM)部分則因該國高速公路的交通量大，故高

速公路容量分析的發展一直受到高度重視，從 1981 年開始，其 Vejregler 指南中介紹了如何計算高速公路的服務水準，其服務水準係透過流量容量比和平均行駛速度表示，但目前尚無 HCM 針對服務水準進行 A~F 級分級。

2.1.9 俄羅斯公路容量手冊 (RHCM)[16]

俄羅斯公路容量手冊是由非營利組織 ANO 之「交通安全研究機構」、莫斯科國際汽車公路技術大學、太平洋國立大學、伊爾庫茨克州立技術大學及聯邦企業共同發展，並透過聯邦公路局所發布，目前版本為 2012 年版，主要異動內容為修訂道路容量的評估準則。

此版本在高速公路匝道口分析部分主要著眼於匝道之匯流點與分流點，認為影響匝道車流匯入或分出路段服務水準主要因素，除了幾何條件的限制外，主要是主線最外側車道的流量水準，因此，匝道口運行品質分析是以上述主線最外側車道為標的（大車不超過總流量的 10 ~ 15%），透過模擬模式估算主線最外側車道在不同交通（如主線、匝道流量、重車比例等）、幾何（如主線車道數、加減速車道長、與上下游匝道間距等）等條件下的流量水準，最後與預訂車道容量相比較算得流量與容量比值。表 2.1-15 為高速公路匝道口區段服務水準評估準則。

容量手冊在服務水準等級之界定上，主要以飽和度 $v/c = 1.0$ 為 D 級，凡 $v/c > 1.0$ 則歸 E、F 兩級，各等級另輔以平均速率達到自由車流速率的水準，以示區別。

表 2.1-15 RHCM 匝道口服務水準表

服務水準	流量/容量比值 v/c	平均速率達自由流速之比例
A	$v/c \leq 0.20$	≤ 100%
B	$0.20 < v/c \leq 0.45$	≤ 80%
C	$0.45 < v/c \leq 0.70$	≤ 70%
D	$0.70 < v/c \leq 1.00$	≤ 50 ~ 55%
E	> 1.00	≤ 35 ~ 40%
F	> 1.00	車流回堵壅塞

資料來源：Federal Highway Agency (2012)

2.2 各國 HCM 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) [24]–[26], [29]–[34]

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：

(一) 單車道匝道可能容量約為 1,200 pcu/hr/ln，而多車道匝道可提高容量，但無可供參考的準則。

(二) 曲率與超高可供 30 mi/hr 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。

(三) 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。此妥協做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：

(一) 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。

(二) 流量單位：各檢核點之流量準則是以「veh/hr」為單位，但高速公路基本路段流量單位卻是「pcu/hr」。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 pcu/hr 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：

(一) 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

資料來源：HCM (1965)

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 ~ 3400 vph V_R = 50 ~ 1400 vph
9-2	$V_1 = 574 + 0.228V_F - 0.194V_R - 0.714D_U + 0.274V_U$	V_F = 1800 ~ 5400 vph V_R = 100 ~ 1500 vph V_U = 100 ~ 1400 vph D_U = 500 ~ 1000 ft
9-3	$V_1 = -312 + 0.201V_F + 0.127V_R$	V_F = 3000 ~ 7700 vph V_R = 300 ~ 1300 vph
9-4	$V_1 = 165 + 0.345V_F - 0.520V_R$	V_F = 400 ~ 4200 vph V_R = 50 ~ 1500 vph
9-5	$V_1 = 121 + 0.244V_F - 0.085V_U + 640\frac{V_D}{D_D}$	V_F = 2400 ~ 6200 vph V_R = 100 ~ 1700 vph V_U = 50 ~ 1100 vph V_D = 50 ~ 1400 vph D_U = 900 ~ 5700 ft D_D = 900 ~ 2600 ft
9-6	$V_1 = 128 + 0.482V_F - 0.301V_R$	V_F = 600 ~ 2000 vph V_R = 600 ~ 1200 vph
9-7	$V_1 = -353 + 0.199V_F - 0.057V_R + 0.486V_D$	V_F = 3000 ~ 7100 vph V_R = 300 ~ 100 vph V_D = 100 ~ 800 vph D_D = 1500 ~ 3000 ft
9-8	$V_1 = 202 + 0.362V_F + 0.496V_R - 0.069D_D + 0.096V_D$	V_F = 80 ~ 4200 vph V_R = 50 ~ 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 ~ 3600 vph V_R = 100 ~ 1500 vph V_D = 500 ~ 500 vph D_D = 400 ~ 750 ft

註：各變數定義請參閱附錄 A：重要模式變數定義表

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

註：各變數定義請參閱附錄 A：重要模式變數定義表

資料來源：HCM (1965)

(二) 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：

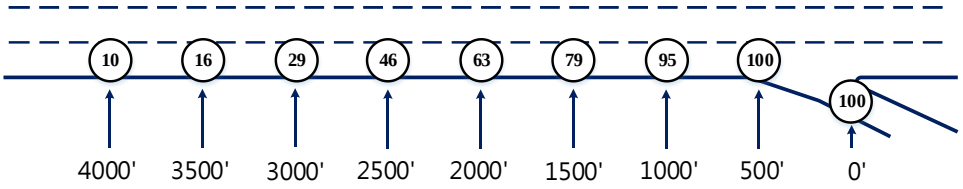
1. 主線不同車道數、流量之下，匝道口上游主線外側車道 1 流量占主線總流量之百分比（表 2.2-3）
2. 由進口匝道匯入（或由主出口分出）流量在與匝道口特定距離處，仍行駛於車道 1 之百分比（圖 2.2-1）

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

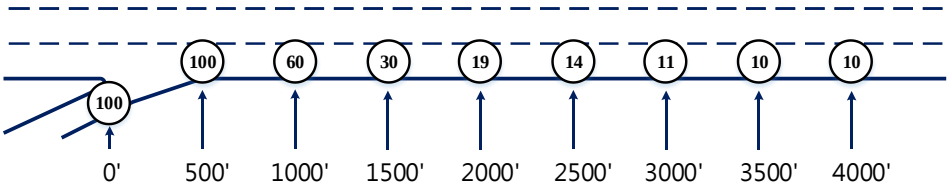
單向直行流量（車/小時）[1]	直行流量位於車道 1 之百分比（%）		
	八車道	六車道	四車道
≥ 6,500	10	--	--
6,000 ~ 6,499	10		--
5,500 ~ 5,999	10	--	--
5,000 ~ 5,499	9	--	--
4,500 ~ 4,999	9	18	--
4,000 ~ 4,499	8	14	--
3,500 ~ 3,999	8	10	--
3,000 ~ 3,499	8	6	40
2,500 ~ 2,999	8	6	35
2,000 ~ 2,499	8	6	30
1,500 ~ 1,999	8	6	25
< 1,499	8	6	20

註：不包含每一方向 4,000 呎內之匝道流量

資料來源：HCM (1965)



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

資料來源：HCM (1965)

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，愈往左擴張，亦即匝道匯流區之亂流會逐漸由併入點向下游、向內側車道擴散，因此，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（如圖 2.2-2）。

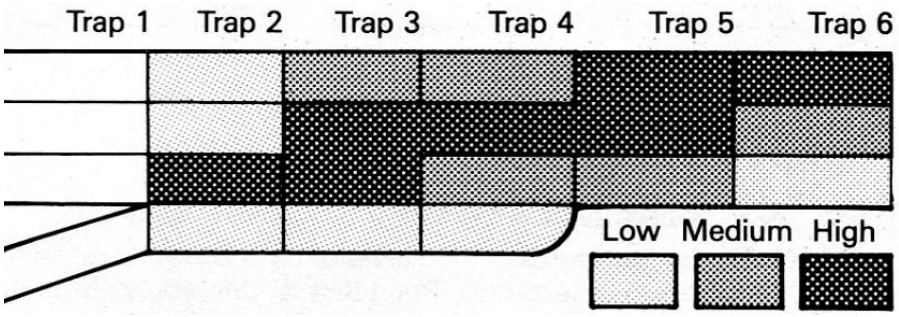


圖 2.2-2 進口匝道影響區亂流擴散示意圖

資料來源：Roger P. Roess and William R. McShan(1990)

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 pcu/hr（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：

(一) 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，則採用 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。

(二) 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 pcu/hr 單位，因此可直接檢查對應之服務水準等級

(三) 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）

(四) 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)

第一部分：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：

(一) 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。

(二) 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。

(三) 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）。

此處介紹美國 HCM 2016 之匝道分匯流影響區分析程序，包含五個步驟（圖 2.2-3）：

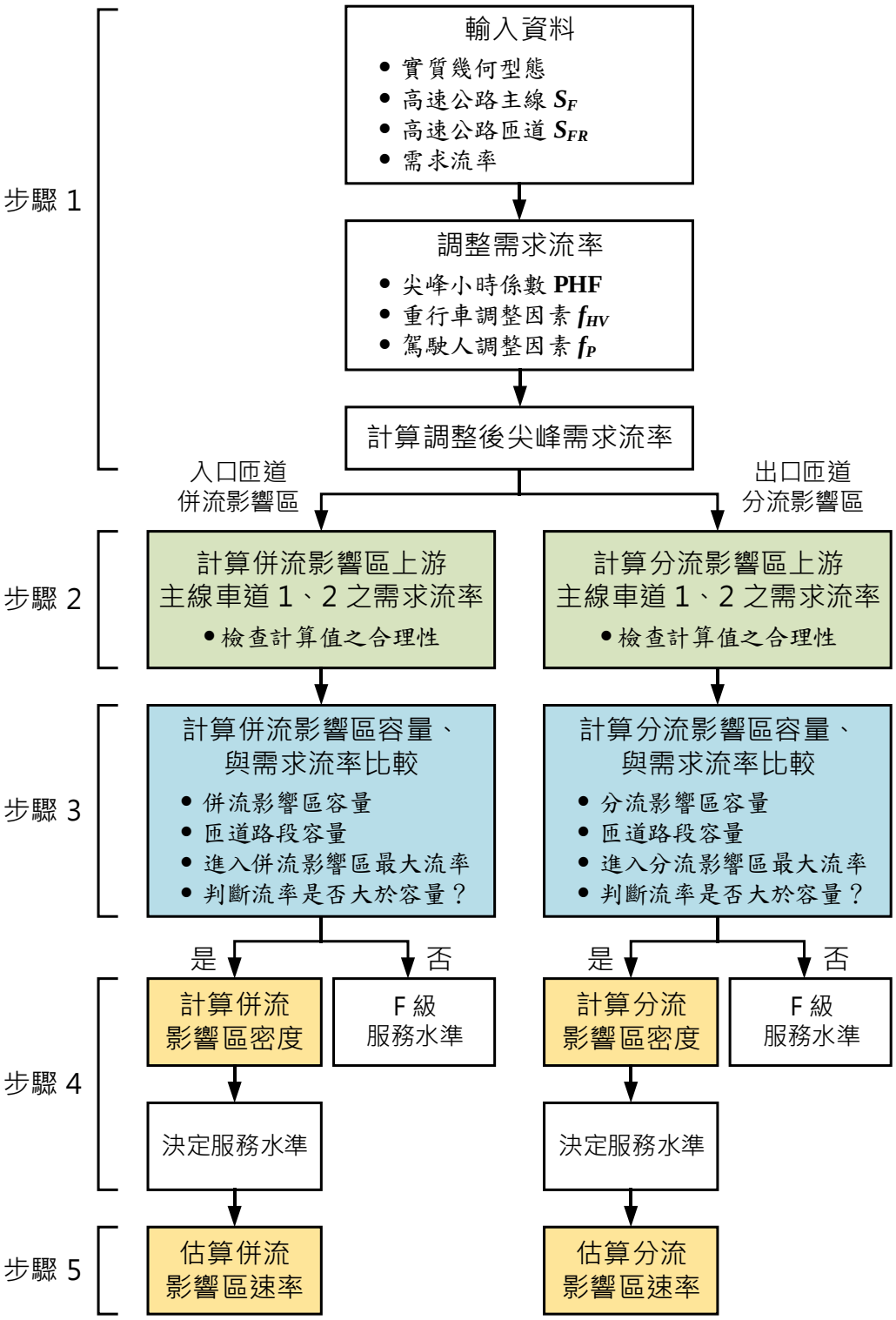


圖 2.2-3 美國 HCM 2016 之匝道分、匯流影響區分析流程圖

一、彙整分、匯流影響區分析所需之交通（如尖峰流量、PHF、重車比例等）、幾何（如車道數、加減速車道長、相鄰匝道口間距等）資料，以及現場高速公路主線設施與匝道之自由車流速率。

二、轉換現況需求流量（輛/小時 veh/hr）為理想狀況尖峰流率（小車/小時 pcu/hr）

$$v_i = \frac{V_i}{\text{PHF} \cdot f_{HV}} \qquad (2\text{-}5)$$

其中 v_i 匝道影響區組成設施 i 之尖峰流率（pcu/hr）

V_i 匝道影響區組成設施 i 之需求流率（veh/hr）

PHF 匝道影響區之尖峰小時係數

f_{HV} 重車調整因素

三、估計高速公路分、匯流區上游主線外側兩車道（車道 1、2）尖峰需求流率

（一） 基本估計模式

1. 匝道口匯流區主線車道 1、2 尖峰需求流率

$$v_{12} = v_F \times P_{FM} \qquad (2\text{-}6)$$

其中 v_{12} 進入匯流區上游之主線車道 1 與 2 之尖峰流率（pcu/hr）

v_F 進入匯流區上游主線之尖峰總流率（pcu/hr）

P_{FM} 進入匯流區上游主線總流率中，仍留在主線外側兩車道（車道 1、2）之比例

上式中，主線外側車道 1、2 之流率比例 P_{FM} 估算式如表 2.2-4 所示。

表 2.2-4 美國 HCM 2016 之 P_{FM} 估算迴歸式表

算式編號	估算式
估算式 1	$P_{FM} = 1.00$
估算式 2	$P_{FM} = 0.5775 + 0.000028 L_A$
估算式 3	$P_{FM} = 0.7289 - 0.0000135 (v_F + v_R) - 0.003296 S_{FR} + 0.000063 D_U$
估算式 4	$P_{FM} = 0.5487 + 0.2628\left(\frac{v_D}{D_D}\right)$
估算式 5-1	$P_{FM} = 0.2178 - 0.000125 v_R + 0.01115\left(\frac{L_A}{S_{FR}}\right)$ 2016 版 $v_F / S_{FR} \leq 72$
估算式 5-2	$P_{FM} = 0.2178 - 0.000125 v_R$ 2016 版 $v_F / S_{FR} > 72$

統計	估算式 1	估算式 2	估算式 3	估算式 4	估算式 5-1, 5-2
R^2	-	0.93	0.96	0.89	0.97
SE	-	202	143	219	128
v_F 範圍	-	950 ~ 7,792	950 ~ 7,280	2,038 ~ 5,886	4,012 ~ 9,102
v_R 範圍	-	112 ~ 2,310	160 ~ 1,822	160 ~ 2,310	244 ~ 672
L_A 範圍	-	325 ~ 2,300	-	-	695 ~ 1,335
S_{FR} 範圍	-	-	30 ~ 53	-	32 ~ 50
v_D 範圍	-	-	-	80 ~ 1,122	-
D_D 範圍	-	-	-	1,200 ~ 6,000	-
D_U 範圍	-	-	450 ~ 2,700	-	-

註：各變數定義請參閱附錄 A：重要模式變數定義表

參考資料：HCM(2016)

2. 匝道口分流區主線車道 1、2 尖峰需求流率

$$v_{12} = v_R + (v_F - v_R) \cdot P_{FD} \quad (2\text{-}7)$$

其中 v_{12}=進入分流區上游主線車道 1 與 2 之尖峰流率（pcu/hr）

v_F=進入分流區上游主線之尖峰總流率 （pcu/hr）

P_{FD}=分流區內主線總流率中，仍留在主線外側兩車道（車道 1、2）之比例

上式中，主線外側車道 1、2 之流率比例 P_{FD} 估算式如表 2.2-5。

表 2.2-5 美國 HCM 2016 之 P_{FD} 估算迴歸式表

算式編號	估算式
估算式 6	$P_{FD} = 1.00$
估算式 7	$P_{FD} = 0.760 - 0.000025 v_F - 0.000046 v_R$
估算式 8	$P_{FD} = 0.717 - 0.000039 v_F + 0.604 \left(\frac{v_U}{D_U} \right)$
估算式 9	$P_{FD} = 0.616 - 0.000021 v_F + 0.1248 \left(\frac{v_D}{D_D} \right)$
估算式 10	$P_{FD} = 0.436$

統計	估算式 6	估算式 7	估算式 8	估算式 9	估算式 10
R^2	-	0.87	0.92	0.97	0.85
SE	-	156	119	77	138
v_F 範圍	-	3,624 ~ 6,190	3,624 ~ 6,190	3,763 ~ 5,973	5,382 ~ 8,278
v_R 範圍	-	502 ~ 1,688	502 ~ 1,688	502 ~ 696	468 ~ 1,238
L_D 範圍	-	-	-	-	-
v_U 範圍	-	-	236 ~ 548	-	-
D_U 範圍	-	-	2,000 ~ 4,500	-	-
v_D 範圍	-	-	-	476 ~ 1,219	-
D_D 範圍	-	-	-	950 ~ 1,400	-

註：各變數定義請參閱附錄 A：重要模式變數定義表

參考資料：HCM(2016)

（二）P_{FM} 與 P_{FD} 估算式之選擇

HCM 2016 考量相鄰匝道口間距、個別匝道口類型等會對主要分析匝道口（及目前匝道口）產生影響，特別針對最常見之六車道高速公路主線相鄰上、下游匝道口車流列出四種對目前匝道口車流有影響、四種對目前匝道口車流無有影響之狀況（如圖 2.2-4）。

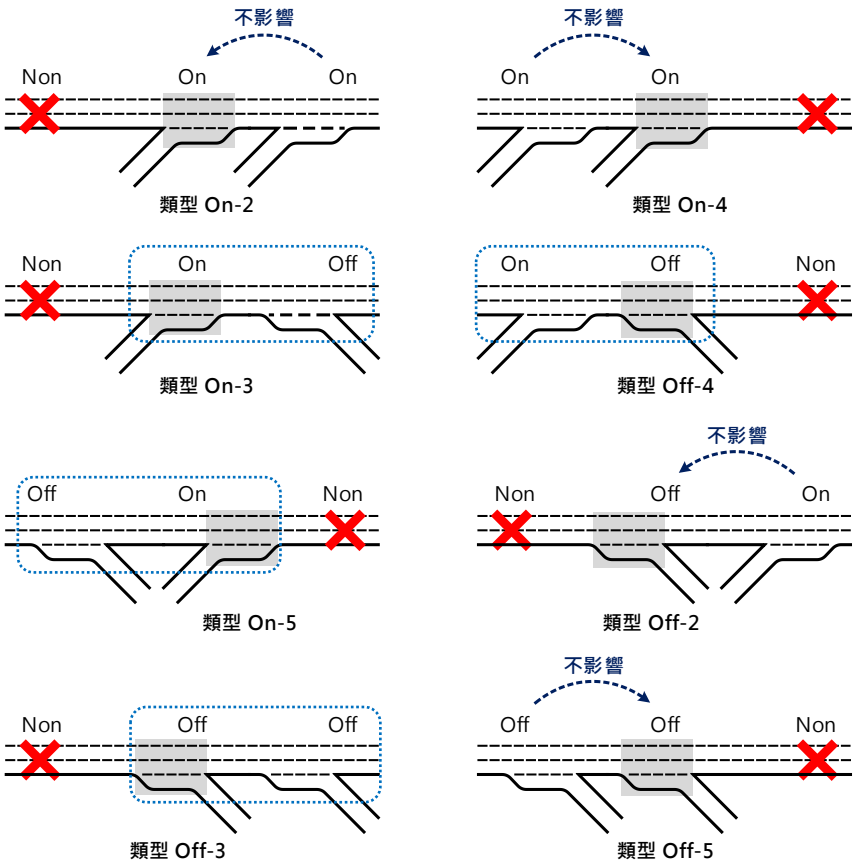


圖 2.2-4 相鄰匝道口匝道口車流之影響圖（類型編號參考第一期計畫）

根據圖 2.2-4 在不同主線車道數，以及上、下游相鄰匝道口型態與分布下，P_{FM} 估算式之選擇如表 2.2-6，P_{FD} 估算式之選擇則如表 2.2-7

表 2.2-6 美國 HCM 2016 之 P_{FM} 估算式選擇表

上游匝道	目前匝道	下游匝道	四車道高速公路	六車道高速公路	八車道高速公路
無	進口匝道	無	估算式 1	估算式 2	估算式 5-1 或 5-2
無	進口匝道	進口匝道	估算式 1	估算式 2	估算式 5-1 或 5-2
無	進口匝道	出口匝道	估算式 1	估算式 2 或 4	估算式 5-1 或 5-2
進口匝道	進口匝道	無	估算式 1	估算式 2	估算式 5-1 或 5-2
出口匝道	進口匝道	無	估算式 1	估算式 2 或 3	估算式 5-1 或 5-2
進口匝道	進口匝道	進口匝道	估算式 1	估算式 2	估算式 5-1 或 5-2
進口匝道	進口匝道	出口匝道	估算式 1	估算式 2 或 4	估算式 5-1 或 5-2
出口匝道	進口匝道	進口匝道	估算式 1	估算式 2 或 3	估算式 5-1 或 5-2
出口匝道	進口匝道	出口匝道	估算式 1	估算式 2 或 3 或 4	估算式 5-1 或 5-2

資料來源：HCM (2016)

表 2.2-7 美國 HCM 2016 之 P_{FD} 估算式選擇表

上游匝道	目前匝道	下游匝道	四車道高速公路	六車道高速公路	八車道高速公路
無	出口匝道	無	估算式 6	估算式 7	估算式 10
無	出口匝道	進口匝道	估算式 6	估算式 7	估算式 10
無	出口匝道	出口匝道	估算式 6	估算式 7 或 9	估算式 10
進口匝道	出口匝道	無	估算式 6	估算式 7 或 8	估算式 10
出口匝道	出口匝道	無	估算式 6	估算式 7	估算式 10
進口匝道	出口匝道	進口匝道	估算式 6	估算式 7 或 8	估算式 10
進口匝道	出口匝道	出口匝道	估算式 6	估算式 7 或 8 或 9	估算式 10
出口匝道	出口匝道	進口匝道	估算式 6	估算式 7	估算式 10
出口匝道	出口匝道	出口匝道	估算式 6	估算式 7 或 9	估算式 10

資料來源：HCM (2016)

（三）六車道高速公路相鄰匝道間距之對等距離 L_{EQ}

圖 2.2-4 顯示四種上游（或下游）匝道口車流對目前匝道口會有影響，影響程度視目前匝道與上游匝道間距 D_U 或與下游匝道間距 D_D 而定：

- 目前上匝道口會受下游下匝道車流之影響（類型 On-3）
- 目前上匝道口會受上游下匝道車流之影響（類型 On-5）
- 目前下匝道口會受下游下匝道車流之影響（類型 Off-3）
- 目前下匝道口會受上游上匝道車流之影響（類型 Off-4）

HCM 2016 建立之相鄰匝道間距之對等距離 L_{EQ} 由如表 2.2-8 所示。

表 2.2-8 美國 HCM 2016 匝道間距對等距離 L_{EQ} 估算式表

相鄰匝道	目前匝道	算式編號	L_{EQ} 估算式	算式編號
下游下匝道	上匝道	估算式 2 估算式 3	$L_{EQ} = 0.214\,(v_F + v_R) + 0.444\,L_A + 53.32\,S_{FR} - 2{,}403$	估算式 11
上游下匝道	上匝道	估算式 2 估算式 4	$L_{EQ} = \dfrac{v_D}{0.1096 + 0.000107\,L_A}$	估算式 12
下游下匝道	下匝道	估算式 7 估算式 9	$L_{EQ} = \dfrac{v_U}{0.071 + 0.000023\,v_F - 0.000076\,v_R}$	估算式 13
上游上匝道	下匝道	估算式 7 估算式 8	$L_{EQ} = \dfrac{v_D}{1.15 - 0.000032\,v_F - 0.000369\,v_R}$	估算式 14

資料來源：HCM (2016)

由表 2.2-8 中目前匝道與相鄰匝道組合所對應之對等距離 L_{EQ} 估算值與間距值 L_{UP}（或 L_{DN}）之大小關係比較可決定選擇表 2.2-3 之 P_{FM} 估算式或表 2.2-4 之 P_{FD} 估算式，即：

- 如果相鄰匝道間距值 L_{UP}（或 L_{DN}）≥ 對等距離 L_{EQ} 估算值，則對目前匝道之 P_{FM} 選用估算式 2（上匝道）或 P_{FD} 選用估

算式 7（下匝道）。

- 如果相鄰匝道間距值 D_U（或 D_D）< 對等距離 L_{EQ} 估算值，則對目前匝道之 P_{FM} 選用估算式 3 或 4（上匝道）或 P_{FD} 選用估算式 8 或 9（下匝道）。

如果目前匝道同時受上、下游匝道車流之影響，HCM 2016 目前並無同時處理三處相鄰匝道車流之模式，因此建議分別分析與上游匝道，以及與下游匝道，最後採用較大之 P_{FM} 或 P_{FD} 值。

四、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。

（一） 匝道影響區外其他車道流率檢核

此項檢核主要是因為當低估車道 1、2 需求流率時，會導致其他車道之估計流量會超出容量的問題，故此版回溯 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 PCU/hr/ln，否則：

$$v_{12} = v_F - 2{,}700\,N_O \qquad (2\text{-}8)$$

其中 N_O 影響區外其他車道總數

- 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，否則：

$$\text{當 } N_O = 1 \text{ 時，} v_{12} = \frac{v_F}{1.75} \qquad (2\text{-}9)$$

$$\text{當 } N_O = 2 \text{ 時，} v_{12} = \frac{v_F}{2.50} \qquad (2\text{-}10)$$

$$\text{當 } N_O \geq 3 \text{ 時，} v_{12} = \frac{2 \cdot v_F}{(1.50 N_O + 2)} \qquad (2\text{-}11)$$

若同時不滿足以上兩限制條件，則選用能同時滿足之 v_{12} 值。

（二） 匝道影響區內車道流率檢核（如表 2.2-9、表 2.2-10）

- 匯流區最大流率發生在加速車道終點下游主線處，即 $v_{FO} = v_F + v_R$。

- 分流區最大流率發生在減速車道起點上游主線處，即 v_F。
- 匝道口發生加速車道增加或減速車道縮減時，應同時檢核 v_{FO} 與 v_F。
- 進入匯流影響區總流率 $v_{R12} = v_{12} + v_R$ 應與該區最大可通行流率相比較（如表 2.2-9）。
- 匝道總流率 v_R 應與該匝道最大服務流率相比較（如表 2.2-10）。

表 2.2-9 美國 HCM 2016 匝道影響區段最大容量表

自由車流速率	高速公主線路段上游 / 下游容量				進口匝道影響區最大期望流率（v_{R12}）	出口匝道影響區最大期望流率（v_{12}）
	單向車道數					
	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：重要模式變數定義表

參考資料：HCM (2016)

表 2.2-10 美國 HCM 2016 匝道路段最大容量表

匝道自由車流速率 *RFFS*（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。

參考資料：HCM (2016)

五、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）。

（一）估計車道平均密度

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（如表 2.2-11）。

- 匯流區段密度：

$$D_R = 5.475 + 0.00734\, v_R + 0.7778\, v_{12} - 0.00627\, L_A \qquad (2\text{-}12)$$

- 分流區段密度：

$$D_R = 4.252 + 0.0086\, v_{12} - 0.009\, L_D \qquad (2\text{-}13)$$

表 2.2-11 美國 HCM 2016 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（參考指標）（英哩/時）
A	$D_R \le 10$	58
B	$10 < D_R \le 20$	56
C	$20 < D_R \le 28$	52
D	$28 < D_R \le 35$	46
E	$D_R > 35$	42
F	需求流率大於容量	

參考資料：HCM (2016)

（二）估計匝道影響區內、外車道平均速率

此版亦附帶提供匝道影響區內、外車道之平均速率估計模式，表 2.2-12 與表 2.2-13 分別為匝道匯流區、分流區平均速率模式。

表 2.2-12 美國 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	$S_R = S_F \times SAF - (S_F \times SAF - 42) M_S$ $M_S = 0.321 + 0.0039 \cdot e^{\frac{v_{R12}}{1000}} - 0.002\left(\frac{L_A \cdot S_{FR} \cdot SAF}{1000}\right)$
匝道影響區外車道	$S_O = S_F \times SAF \quad v_{oa} < 500$ pcu/hr $S_O = S_F \times SAF - 0.0036(v_{oa} - 500) \quad v_{oa} \leq 500 \sim 2{,}300$ pcu/hr $S_O = S_F \times SAF - 6.53 - 0.006(v_{oa} - 2{,}300) \quad v_{oa} > 2{,}300$ pcu/hr
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：重要模式變數定義表

參考資料：HCM (2016)

表 2.2-13 美國 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	$S_R = S_F \times SAF - (FFS \times SAF - 42) D_S$ $D_S = 0.883 + 0.00009\, v_{12} - 0.0013\, S_{FR} \cdot SAF$
匝道影響區外車道	$S_O = 1.097\, S_F \times SAF \quad v_{oa} < 1{,}000$ pcu/hr $S_O = 1.097\, S_F \times SAF - 0.0039(v_{oa} - 1000) \quad v_{oa} \geq 1{,}000$ pcu/hr
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：重要模式變數定義表

參考資料：HCM(2016)

第二部分：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分，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）處再作一分割；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 2.2-5 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作時間和空間之轉移。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。

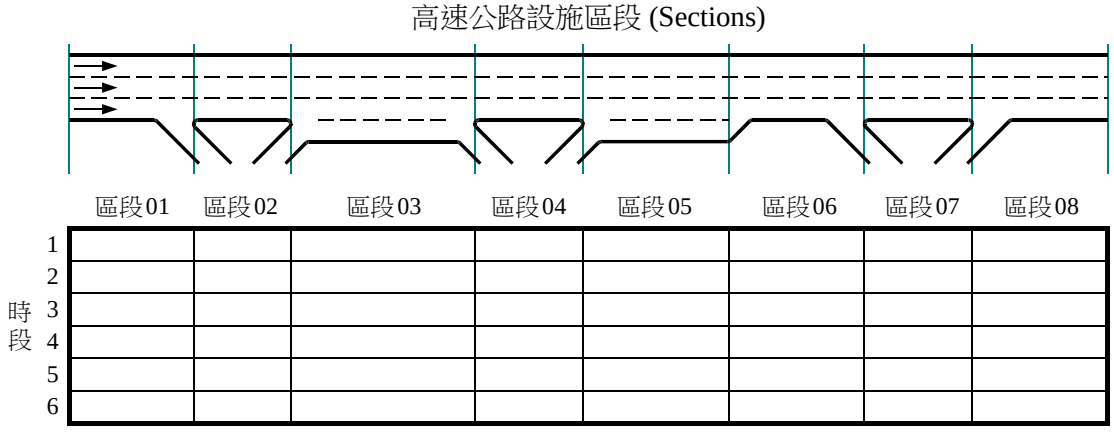


圖 2.2-5 高速公路設施時空區分析圖

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。本計畫考慮新、舊版方法論並無大變動，故僅介紹 2011 年版方法論。

一、 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：

(一) 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。

(二) 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。

(三) 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 2.2-14、表 2.2-15 進行推估。

表 2.2-14 檢核點主線車道大小車各占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%

參考資料：THCM(2011)

表 2.2-15 各內車道小車占主線小車之百分比

主線車道數	2	3	4	5
百分比	60	43	35	28

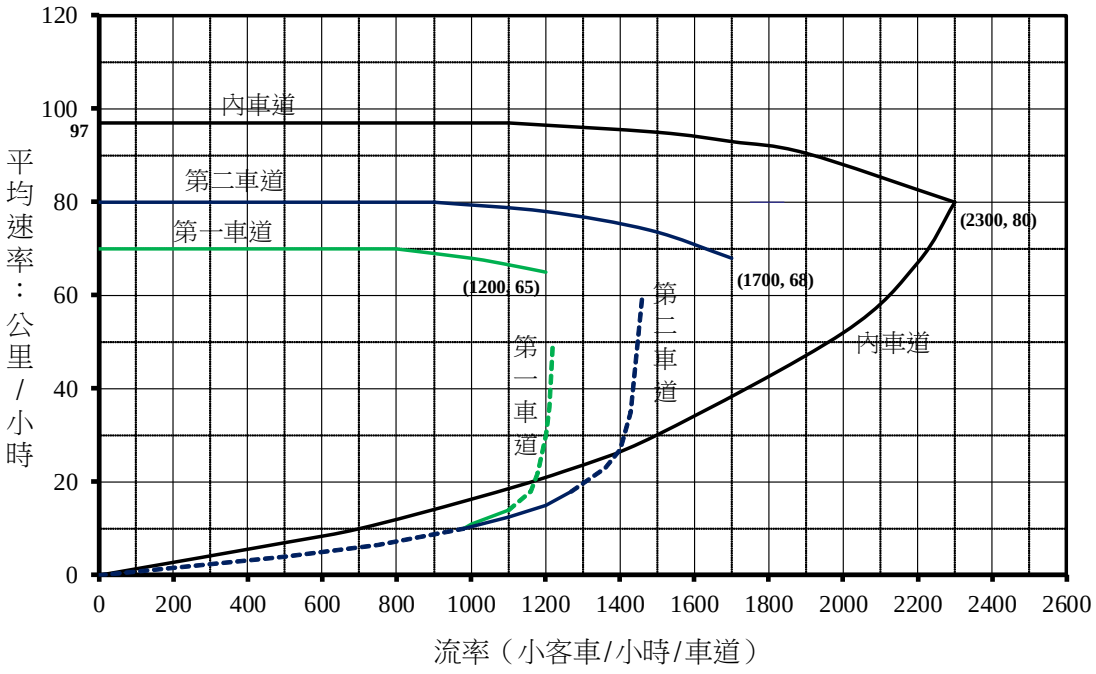
參考資料：THCM(2011)

(四) 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。

(五) 評估服務水準

求出各內車道小車流率後，由圖 2.2-6 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 2.2-16 評估服務水準等級。



參考資料：THCM (2011)

圖 2.2-6 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 2.2-16 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	$v/c \le 0.35$	1	≤ 5
B	$0.35 < v/c \le 0.60$	2	6 ~ 10
C	$0.60 < v/c \le 0.85$	3	11 ~ 15
D	$0.85 < v/c \le 0.95$	4	16 ~ 25
E	$0.95 < v/c \le 1.00$	5	26 ~ 35
F	$v/c > 1.00$	6	> 35

參考資料：THCM(2011)

二、 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：

(一) 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。

(二) 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。

(三) 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。

(四) 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：

$$q_1 = Q_1 / (\mathrm{PHF} \times f_{1h} \times f_w) \quad (2\text{-}14)$$

$$q_N = Q_N / (\mathrm{PHF} \times f_{Nh} \times f_w) \quad (2\text{-}15)$$

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

(五) 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 2.2-7）可評估各車道之服務水準（如表 2.2-16）。其中第 1 車道之容量估計值為 1,650 小車/時、第 2 車道之容量估計值為 2,000 小車/時、第 3, 4, 5 車道之容量估計值為 2,300 小車/時。

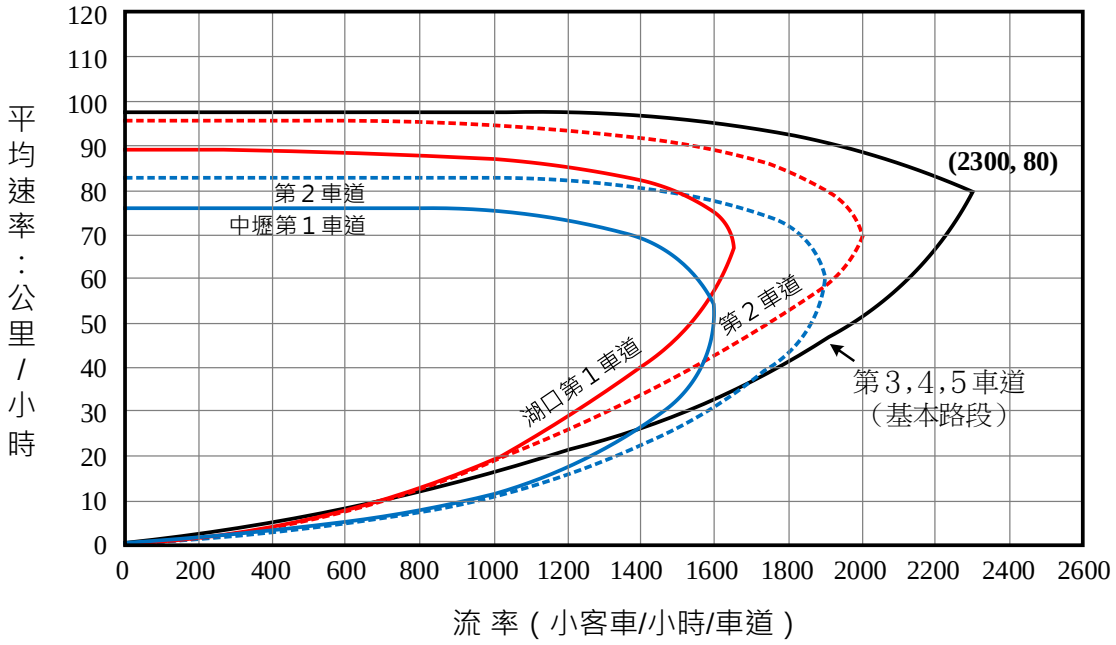


圖 2.2-7 高速公路出口匝道路段基本狀況下流率與平均速率之關係

參考資料：THCM (2011)

2.2.3 德國容量分析（HBS 2015 年版）

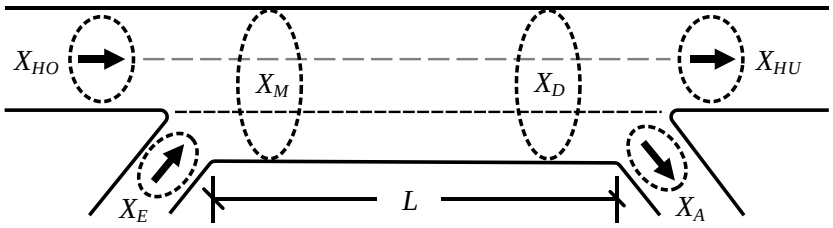
HBS 2015 在發展高速公路新方法論時，大幅修改與簡化分、匯流區，以及交織區之服務水準評估程序，並視其為一個「整體路段」，即將主線與各匝道之服務水準指標，代入一特定飽和度公式中，產生單一「合計（combined）飽和度指標」。

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 pcu/hr，故必須轉換現況混合車種流量 veh/hr 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 2.2-8 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* 值（volume/capacity ratio，簡稱飽和度 *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=相鄰兩匝道口之間主線長度，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

圖 2.2-8 德國 HBS 2015 高速公路分流、匯流、交織區配置 v/c 值示意圖

資料來源：Wu and Lemke (2016)

一、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。

$$X_D = \sqrt[\alpha]{X_A^{\alpha} + X_{HU}^{\alpha}} \qquad (2\text{-}16)$$

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 2.2-9），每一類型對應之 α 值、匝道容量、主線容量如表 2.2-17 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。

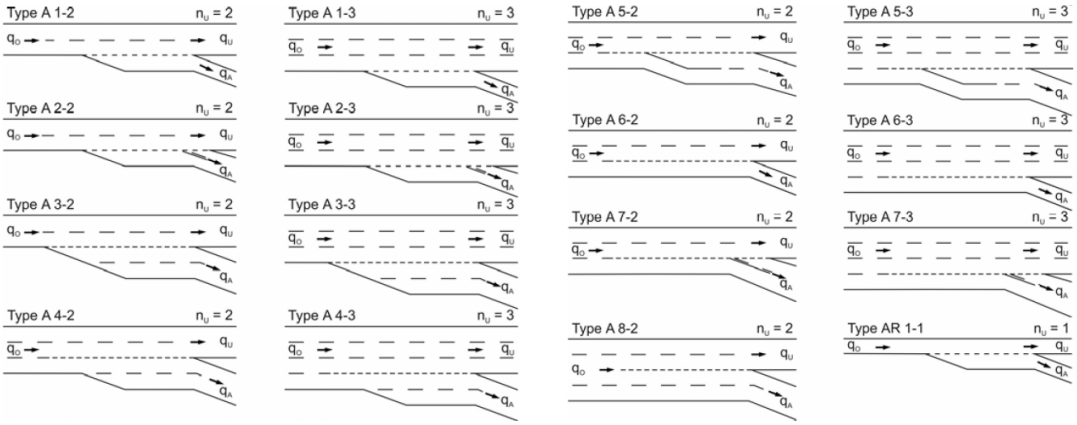


圖 2.2-9 HBS 2015 分流區幾何型態分類示意圖

資料來源：Wu and Lemke (2016)

表 2.2-17 HBS 2015 分流區參數對照表

種 類	α	匝道容量 C_A (pcu/hr)	主線容量 C_{HU} (pcu/hr)
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)

二、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。

$$X_M = \sqrt[\alpha]{X_E^{\alpha} + X_{HO}^{\alpha}} \qquad (2\text{-}17)$$

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 2.2-10），每一類型對應之 α 值、匝道容量、主線容量如表 2.2-18 所示。

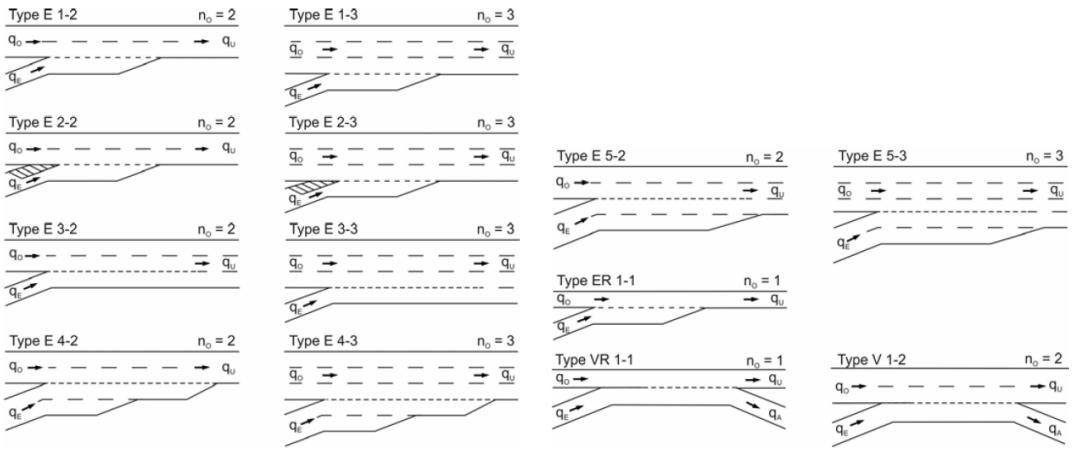


圖 2.2-10 HBS 2015 匯流區幾何型態分類示意圖

資料來源：Wu and Lemke (2016)

表 2.2-18 HBS 2015 匯流區參數對照表

種 類	α	匝道容量 C_E (pcu/hr)	主線容量 C_{HO} 或 C_{VO} (pcu/hr)
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

資料來源：Wu and Lemke (2016)

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 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	呎(或公尺)		●			
減速車道長度	L_D	呎(或公尺)		●			
與上游匝道口間距	D_U	呎(或公尺)		●			
與下游匝道口間距	D_D	呎(或公尺)		●			
匝道區地形（1.平原　2.丘陵　3.高山）			●	●			●

表 2.3-2 交通特性比較

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 (或公里/時)	●				
主線自由車流速率	S_F	哩/時 (或公里/時)		●			
匝道自由車流速率	S_{FR}	哩/時 (或公里/時)		●			
主線速限	$S_{L(F)}$	哩/時 (或公里/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 交通特性比較（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			●			
主線內側車道小車占主線小車之百分比	m	%			●		
主線內側車道大車占主線大車之百分比	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 大車占主線大車之比例	$P_{HV(1/F)}$		●				
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) 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
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/時/車道 (或小車/時/車道)		●			
狀況 2：	匝道影響區外每車道可通過流率 $1.5\times v_{12(ave)}$（上限值）	$v_{O(Max2,\,Ave)}$	小車/時/車道 (或小車/時/車道)		●			
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/時/車道 (或小車/時/車道)			●	●	

表 2.3-4 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
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/時/車道 (或小車/時/車道)		●			
	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/時/車道 (或小車/時/車道)		●	●	●	
	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* 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 (或小車/公里/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 (或公里/時)		●			
	主線速限與匝道口主線內側車道平均速率之速差	S_d	哩/時 (或公里/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 (或小車/公里/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 (或公里/時)		●			
	主線速限與匝道影響區內車道 1 平均速率之速差	$S_{d\,(1)}$	哩/時 (或公里/時)				●	
	主線速限與匝道口主線內側車道平均速率之速差	S_d	哩/時 (或公里/時)				●	

表 2.3-5 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) 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
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 (或小車/公里/時)		●			
平均速率（LOS A ~ F 六級）	$S_{i=A,B,C,D,E,F}$	哩/時 (或公里/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）	$S_{d\ (i=1,2,3,4,5,6)}$	哩/時 (或公里/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，部分輸入資訊是各國共有的，如匝道口上游（或下游）主線流率、匝道流率、主線車道數，部分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 2.3-6 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 S_F 主線自由車流速率 S_{FR} 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 內車道小車占主線小車百分比 m_2 內車道大車占主線大車百分比				
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

表 2.3-7 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 S_F 主線自由車流速率 S_{FR} 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 值 主線車道 N 之 v/c 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

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？

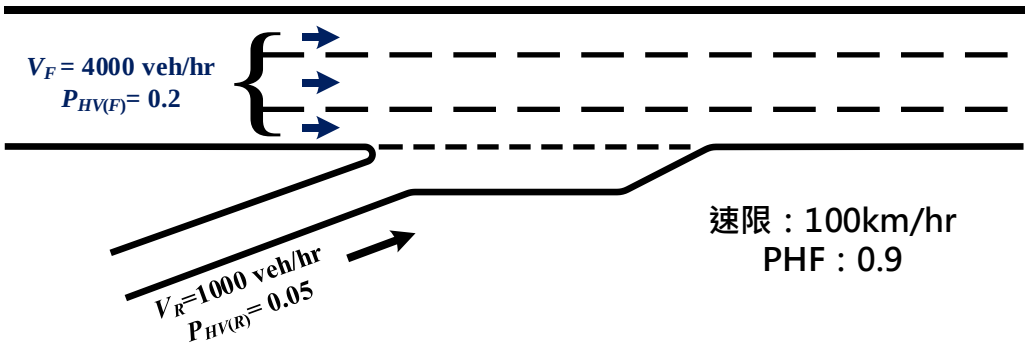


圖 2.4-1 THCM 匝道匯流區範例示意圖

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分別如表 2.4-3 與表 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 大車占主線大車之比例	$P_{HV(1/F)}$	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 大車占主線大車之比例	$P_{HV(1/F)}$	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，本計畫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分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。

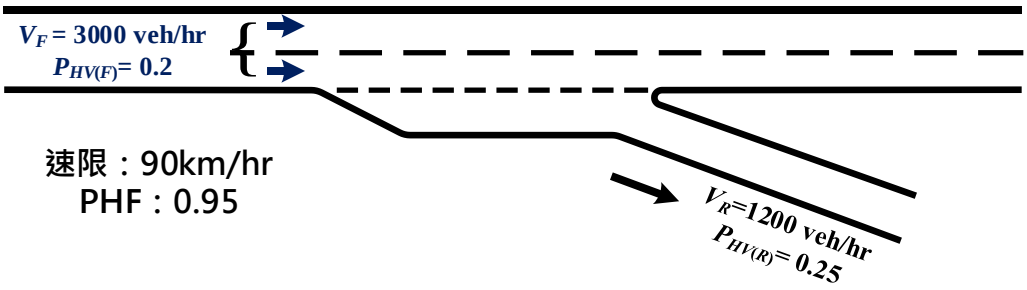


圖 2.4-2 THCM 匝道分流區範例示意圖

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 大車占主線大車之比例	$P_{HV(1/F)}$	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，本計畫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

2.5 獨立及非獨立匝道分析之探究

非獨立匝道分匯流區之運作受緊鄰匝道車流交互影響，與獨立匝道分匯流區的運行方式不盡相同，有關此類設施主線與匝道路段之幾何型態、交通特性、容量界定、相關因素之影響等之探討，主要考量如下：

一、 臺灣一般公路系統設計除了因應地狹人稠之環境限制外，大抵參酌美國公路幾何設計規範，道路（特別是無干擾車流設施）車流運行行為與特性亦較類似，歷來有關公路設施容量之界定、影響因素之引用、規劃評估與分析方法之研訂等，亦大致依循美國容量分析之步調。

二、 德國 HBS 2015 方法論以高速公路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 *v/c* 飽和度」，做為路段運行品質之評估指標，大幅簡化分、匯流區服務水準評估程序的作法足堪借鏡，惟對合計 *v/c* 模式乘冪參數之校估、是否僅適用不同幾何類型之獨立匝道口、是否可延伸至相鄰多匝道口運行水準評估等，均因文獻資料有限而不易確知。

三、 美國自 HCM 1985 年版發行迄今，各版文件無論在方法程序、資料需求、主要變數界定、研究邏輯、輸出績效、分析試算表，甚至本年期之多匝道口分析等，都有相當完整之陳述與示範，對國內在匝道口分、匯流區幾何、交通資料之蒐集、分析方法之發展，具有相當程度之參考依循與啟發。

國內地方政府常有新增設交流道的需求，然而匝道之間的距離過短會影響車流運作之順暢及安全，為探討這一議題，本節參酌匝道設置及間距要求相關之兩篇指南，分別為美國運輸研究委員會（TRB）所出版之「匝道和交流道間距指南」[27]以及德州農工大學運輸研究機構（Texas A&M Transportation Institute）所出版之「高速公路匝道間距指南」[15]。

2.5.1 匝道間距指南

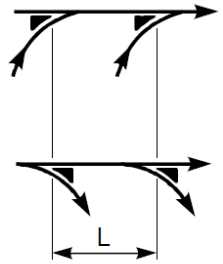
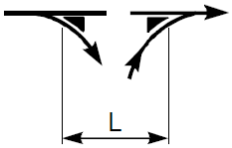
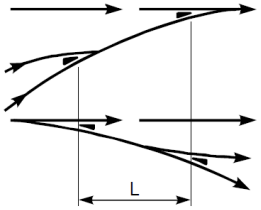
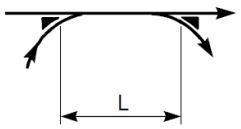
由於美國 HCM 方法論對於分匯流區分析程序的說明，僅考慮雙向六車道高速公路上的相鄰匝道。但沒有定調何謂相鄰匝道的上限距離。只有指出兩相鄰匝道超過 1 英哩（約 1,600 公尺）對於車流的交互影響不敏感。由此得知，要辨別獨立與非獨立匝道與否，要從相鄰匝道間的距離認定，認知上相鄰匝道間距離會因為速率的影響，而有不同的距離，通常速率越快所需之相鄰匝道的距離越長，但事實上兩篇指南均表明相鄰匝道間距的

幾何設計並不單取決於速度，而是尚有其他因素的影響，在這之前還尚需確立距離量測之參考點，以下歸納出指南透過相關文獻的蒐集，找尋參考點、匝道間距的選擇及距離的衡量方式。

一、 公路及街道幾何設計準則[39]

依據美國道路和運輸官員協會（AASHTO）《公路及街道幾何設計準則》（綠皮書）中提供了五種匝道組合中（表 2.5-1），兩相鄰匝道間最短距離衡量方式與界定之長度，其測量方式可以是在相似點 (like points) 之間測量，而不一定是實體的角點 (physical gores)。

表 2.5-1 AASHTO 建議之最小相鄰匝道間距

On - On 或 Off - Off	Off - On	轉向道	On - Off （交織）
			
300 公尺	150 公尺	240 公尺	600 公尺（系統到服務交流道）/ 480 公尺（服務到服務交流道）

參考資料：AASHTO (2015)

二、 高速公路與交流道幾何設計手冊[40]

Leisch (2005) 針對匝道分匯流區段，制定實體幾何設計間的距離，此處以 On - Off（交織）型態為例說明所建議的角點、分匯流點及至連接道路相互之間的長度，如圖 2.5-1 所示。

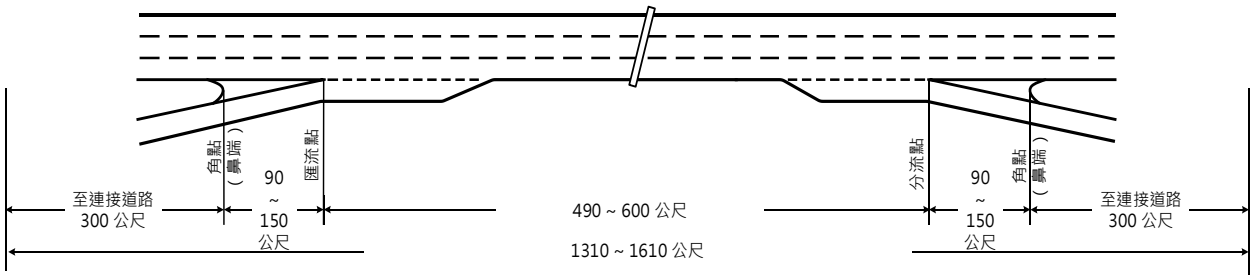


圖 2.5-1 相鄰匝道幾何設計之縱向距離間關係

參考資料：Leisch and J.P. (2005)

三、 美國各州交通部門（DOT）則建議相鄰匝道總間隔長度要 1 英哩（約 1,600 公尺）以上才不會相互影響，但會因為下列因素使相鄰匝道長度略有不同。

(一) 匝道型態；

(二) 連接道路的存在與其型態；

(三) 匝道車道數；

(四) 入出口匝道額外儲車需求；

(五) 集散道。

四、 NCHRP 3-75 報告[41]

國家協作公路研究計劃（NCHRP）3-75 報告則透過在美國拍攝幾個相鄰匝道之地點進行分析，定義出三種相鄰匝道間距的計算點（圖 2.5-2），而其三種距離分別為：

(一) 短距離（L_S）：加速車道末端至減速車道起點之距離。

(二) 基本距離（L_B）：上游匝道楔形線端點至下游匝道楔形線端點之距離。

(三) 長距離（L_L）：上游匝道與主線實體分隔點（角點）至下游匝道與主線實體分隔點之距離。

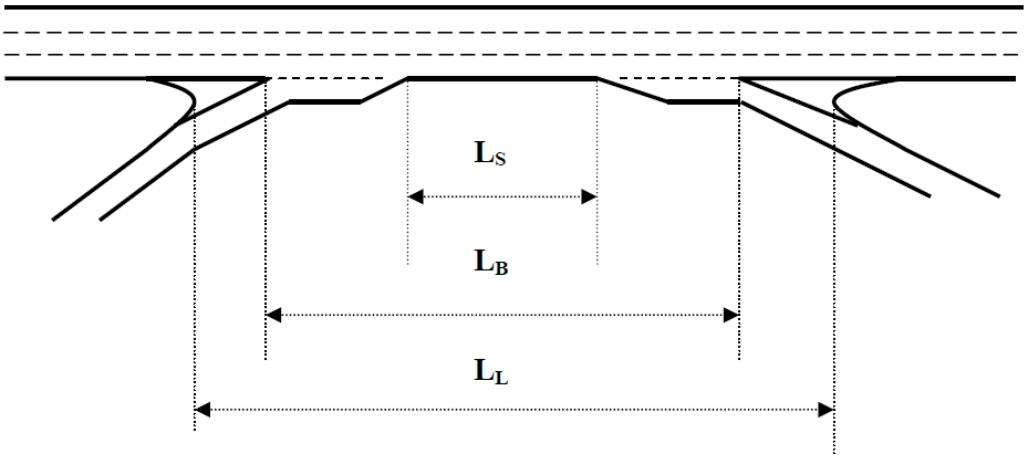


圖 2.5-2 NCHRP 於相鄰匝道間所定義之三種長度參考點

參考資料：NCHRP Project 3-75 (2008)

五、 英國道路和橋樑設計手冊

英國公路局則是對於不同種類的道路，透過《道路和橋樑設計手冊》(DRMB) 之規範建造，其得適用下列公式得出建議的相鄰匝道間距長度，該式為：

$$Spacing = 19.8 \times S \qquad (2\text{-}18)$$

其中 *Spacing*：建議的間距和交織長度（英呎）

S　　：設計速率（英哩/小時）

然而需注意該式僅適用於 On – On、Off – Off 及 Off – On 的相鄰匝道型態，對於 On – Off 的匝道型態則直接定義為在鄉村地區的高速公路須達到 6,600 英呎（約 2,000 公尺）以上彼此之車流才不至於相互影響。

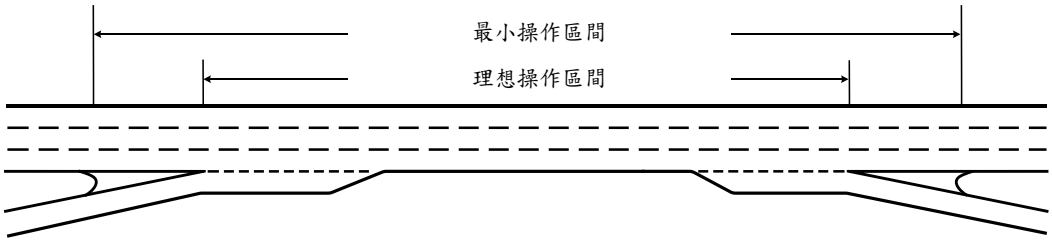
六、 非獨立匝道指南的模擬結果

透過 VISSIM 模擬數據的評估發現，當將匝道間交織長度做為連續變數時，交織長度並不重要，但對交織長度分組時，使用 80 和 100 英哩/小時的速度進行模擬，結果得出 1,000 英呎的交織長度與 2,000 到 5,000 英呎之間的交織長度統計上顯著不同。因此最後模擬結果提議使用至少 2,000 英呎（約 610 公尺）的交織長度，相鄰匝道才可視為兩個獨立匝道。

七、與道路安全相關的文獻回顧

若是以安全的角度而言，若某區段發生的車禍碰撞次數越少，則代表該區域車流的相互影響較小，故可以此做為相鄰匝道間是否相互影響的依據。文獻中的研究表明，當交織長度在 5,280 英呎（1,610 公尺）以內時，車禍的碰撞頻率為最大，但超過此長度時，其車禍次數減少，此外變異程度也會縮小，換句話說可以 5,280 英呎做為相鄰匝道獨立與否的依據。

最後，指南依據上述文獻及自己研究的結果歸納出不同匝道型態間的間距值，總共以 4 個匝道型態來做介紹，首先為先進後出（On - Off）的匝道型態（圖 2.5-3），共有 3 種不同的相鄰匝道間距值的選擇，且採用了五種不同的設計速率來劃分。



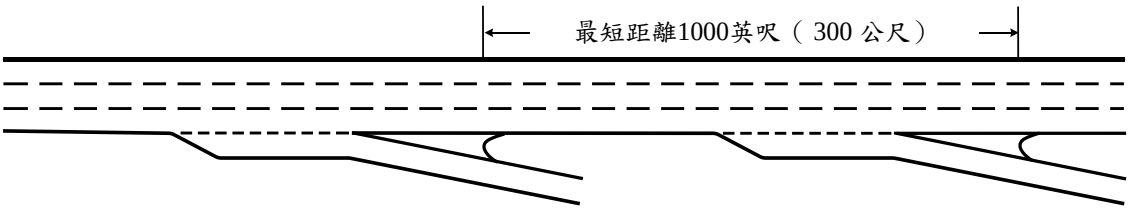
設計速率（英哩/小時）	建議長度（英呎）		
	方案 1	方案 2	方案 3
< 70	1,500	6,600	2,500
70	2,000	6,600	4,500
80	2,600	6,600	8,500
90	3,300	6,600	12,500
100	4,100	6,600	16,500

方案 1：車輛在進口匝道末端從設計速率完全停止，然後再加速回高速公路設計速率所需的匝道間距值。
方案 2：英國在鄉村道路安全考量上建議的匝道間距值。
方案 3：由手冊研究所得出之迴歸式以及較低的交織比得出的匝道間距值。

圖 2.5-3 On - Off 匝道型態建議的相鄰長度

參考資料：Fitzpatrick et al. (2011)

第二種為兩相鄰匝道均為出口（Off - Off）的匝道型態（圖 2.5-4），一樣共有 3 種不同的相鄰匝道間距值的可供選擇，但所採用的間距值方案與 On – Off 不同，此外在此型態有更多設計速率的值可供選擇。



設計速率（英哩/小時）	建議長度（英呎）		
	方案 1	方案 2	方案 3
50	1,000	1,500	5,280
60	1,200	1,700	5,280
70	1,400	1,900	5,280
80	1,600	2,200	5,280
90	1,800	2,500	5,280
100	2,000	2,800	5,280

方案 1：英國公路局對匝道間距的建議。
方案 2：基於使用者為 70 歲以上的人所需之反應時間的決策視距。
方案 3：在下個匝道口 1 英哩（5280 ft）前放置匝道出口導引標誌。

圖 2.5-4 Off - Off 匝道型態建議的相鄰長度

參考資料：Fitzpatrick et al. (2011)

第三種及第四種分別為兩相鄰匝道均為出口（On - On）及先出後進（Off - On）的匝道型態，此兩種型態指南最後所做出的決策為不更改，其理由為指南的研究區域在極少數情況下會遇到此種型態或取決於匝道與相鄰道路或連接道路的幾何型態。若要參考 On - On 或 Off - On 型態的相鄰匝道距離可參考前半部所提到由美國道路和運輸官員協會（AASHTO）出版之《公路及街道幾何設計準則》（綠皮書）對於此兩種型態匝道所給定之最短距離建議值。

2.5.2 隨機性容量之研究

除了 HCM 所提及設計用之容量定值外，近年來國外有許多研究透過調查匯流區之壅塞現象，探討匯流區之容量，而這些研究文獻中均將發生車流崩潰前之最大通過流率，定義為匯流區之容量值。然而，於不同地點或不同日期所發生之交通壅塞，其壅塞前最大通過流率並非一定值，該值可能會受到道路幾何、運行情形，或是天氣因素所影響。若以壅塞前之最

大通過流率定義為容量值，可以發現每次所得之容量值有所不同，由多次的交通壅塞事件可以得到不同容量值數據，這些數據會成為一隨機分布，故此種分析方式稱為「隨機性容量」。透過這些數據可以確認在各個流率下發生壅塞之機率為何。

最早使用隨機性容量進行容量研究之文獻為 Brilon 等人[9]在 2005 年，透過高速公路之偵測器資料進行實證分析，並利用極限乘積方法（Product Limit Method），呈現並說明在每個流率下交通壅塞之機率分布，該方法原先用於可靠性工程與存活分析，顯示各個時間的系統失敗或死亡之概率，套用於容量分析時，則將發生交通壅塞之流率做為系統運作失敗之標記。該文獻指出交通壅塞之機率分布會因高速公路之幾何型態不同而有所差異，最終建議以交通壅塞機率 90% 之流率做為運行容量之參考值，也確認透過極限乘積方法所得之隨機分布，對未來交通工程上解釋容量之定義有很大的潛力與幫助。

Kondyli 等人（2013）[21]針對五個入口匯流區，透過偵測器之資料，進行隨機性容量分析，取得各個交通壅塞機率下之容量值。該研究提出交通崩潰之定義為速度驟降，並維持低速率一段時間以上，也透過三步驟之判斷機制來確認每個時間點是否有交通崩潰之發生。該研究透過數次交通崩潰之統計數據進行存活分析，最終成功建立交通崩潰之機率模型，且可透過該模型有效地獲得運行容量，該研究期望未來交通管理能夠有效使用該模型，使高速公路之運行更有效率。

Heshami 等人[20]在 2019 年透過隨機性容量之分析，確認天氣因素對於隨機容量是否會有影響，該研究取得大量之壅塞前最大通過流率值，並將這些資料針對不同的天氣狀況分為晴天、起霧，以及下雪三群，進而校估出各群數據之韋伯分布參數，最終確定在晴天時之容量值會比起霧時之容量為高，而下雪時有最低之容量值。

Asgharzadeh 等人[7]在 2020 年透過隨機性容量之分析，嘗試量化道路幾何與運行情形對匯流區之容量的影響，其幾何因素為主線車道數；運行情形因素則為自由車流速率、匝道流率，以及是否有匝道儀控。最終確定若主線為三車道，容量值為 2,043 車輛/小時/車道，四車道之容量值為 1952 車輛/小時/車道，可得知主線車道數較多時，每車道之容量會較低；在有匝道儀控的匯流區，其容量會高出 150～300 車輛/小時/車道，而在調查的四個地點中，有兩個地點發現匝道流率越高時，匯流區之容量值會越低。

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，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其獨特性，在選擇調查地點時應考慮調查結果之代表性。

本期在匯流區之幾何型態之遴選上，主要考量符合該匝道之上游或下游匝道之間距小於 1,000 公尺之匯流區，該條件的目的在於確保分析對象為非獨立匝道，其分匯流區運作會受上下游匝道之影響。非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 公尺以內者，本計畫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，符合幾何型態之匝道詳見附錄 B 表格所示。

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。

一、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。本計畫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。

二、排除壅塞原因為下游回堵

分析對象的壅塞原因應為自然壅塞，並非受下游主線或匝道車流回堵所致。具體做法為比對分匯流區 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。

三、是否位於限航區或禁航區

本計畫採用無人機進行空拍，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，因此調查地點應避免在限禁航區範圍內。

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

先依幾何分類篩選出符合分析需求之調查地點，在透過上述之選擇邏輯逐步進行篩選，符合要求之調查地點數如表 3.1-1 所示，可發現完全符合調查條件之匝道不多，本計畫最終選擇之 4 個進口匝道與 2 個出口匝道之地點相關幾何資訊如下表 3.1-2 所示。

進口匝道部分符合條件的為國道 3 號北上新店交流道、國道 1 號國道 1 號南下中壢 A 交流道、國道 1 號國道 1 號南下中壢 B 交流道、國道 3 號南下三鶯交流道。其中國道 1 號國道 1 號南下中壢 A 交流道、國道 1 號國道 1 號南下中壢 B 交流道為兩個緊鄰的匯流區，A 交流道為較上游之匯流區，B 交流道為較下游之匯流區。出口匝道部分完全符合條件的為國道 1 號國道 1 號北上頭份交流道與國道 3 號北上土城交流道。

表 3.1-1 符合調查條件之地點數

	幾何型態	重現性壅塞	非下游回堵	非限禁航區
非獨立匯流區	112	15	10	4
非獨立分流區	120	17	9	2

表 3.1-2 調查地點之幾何型態與壅塞狀況

匝道類型	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
進口	國 3 北上新店	26	3/1/1	90	否	250	270	1,400	O	X	X	X
	國 1 南下中壢 B	62B	3/1/1	100	否	310	260	1,740	O	X	X	X
	國 1 南下中壢 A	62A	3/1/1	100	否	190	370	260	O	X	X	X
	國 3 北上三鶯	50	4/1/1	100	否	210	700	4,100	X	X	X	O
出口	國 3 北上土城	42	4/2/2	100	否	700	3,170	430	X	X	X	O
	國 1 北上頭份	110	3/1/2	100	否	470	14,250	920	X	X	X	O

*中壢交流道 B 以及中壢交流道 A 編號為依據拍攝時間。

3.2 調查作業流程

本計畫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，本計畫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。本計畫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，可滿足本計畫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。

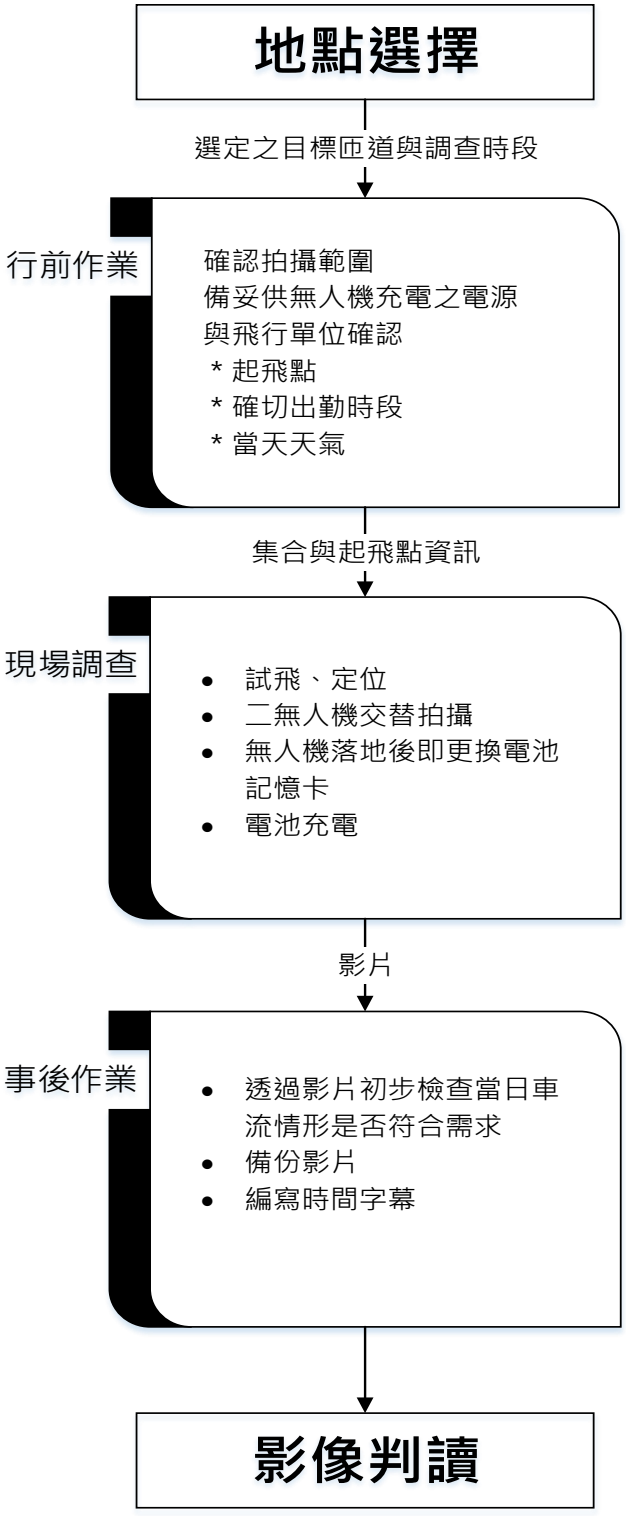


圖 3.2-1 調查作業流程圖

3.3 車流特性資料整理方式

3.3.1 電腦視覺方式

第一期計畫車流特性資料登錄方式為人工觀看影片記錄，此方式進行資料彙整容易遇到蒐集項目不完整、抽樣率不足、人工疲勞導致登錄誤差等問題，為了克服上述原因，本期計畫改採用電腦視覺方式，運用深度學習之影像辨識技術，分析無人機的空拍影像，萃取車流軌跡，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。

影像辨識之處理程序可分為四個步驟，包括影片前處理、區域穩態、目標路段剪裁、分析車流軌跡等步驟，如圖 3.3-1 所示。車流軌跡影片紀錄每一台車輛的編號與當前幀（frame），以及車輛於當前幀車身矩形框四點的 x 座標與 y 座標，局部放大如圖 3.3-2 所示。

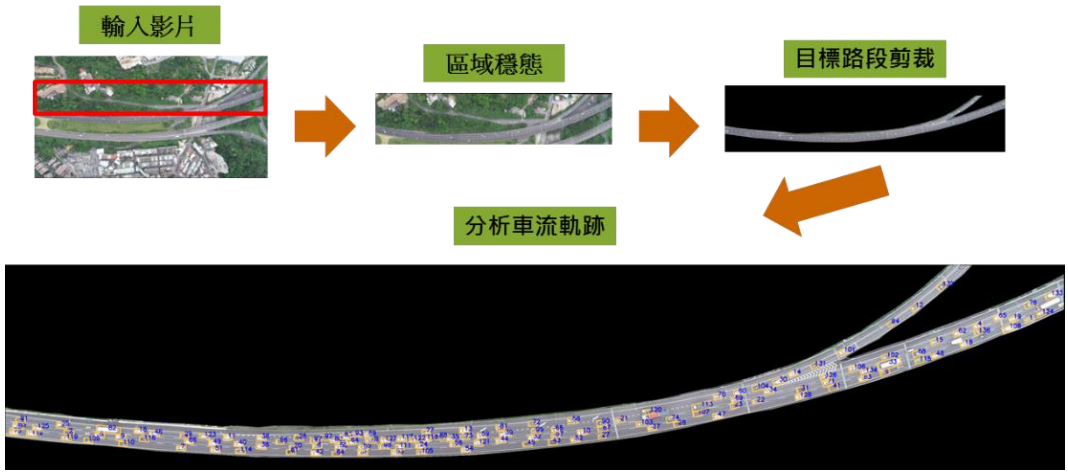


圖 3.3-1 影像辨識分析流程圖

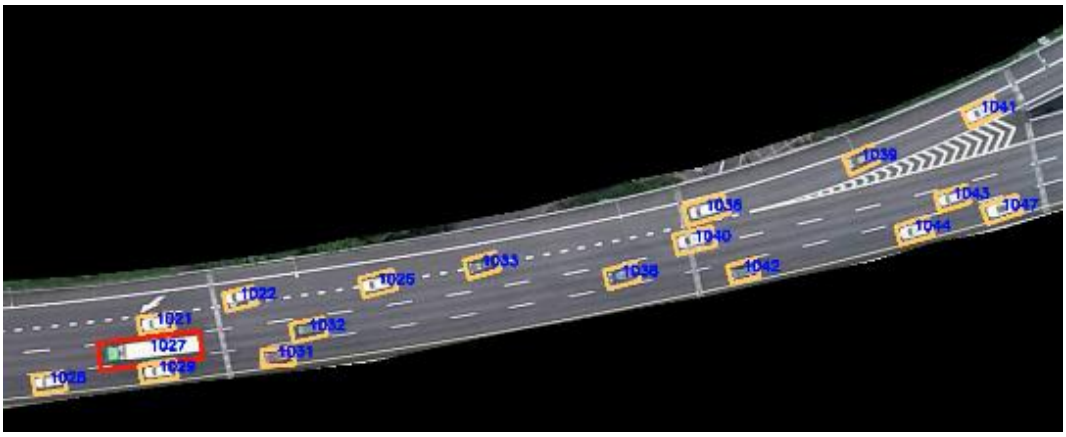


圖 3.3-2 車流軌跡影片局部圖

由於無人機每趟架次飛行的高度與位置略有不同，造成軌跡資料的座標基準也不盡相同，因此須將軌跡資料的影像座標轉為共同（common）的影像座標基礎，即可得相同的車道線與採樣斷面。此外，透過連續格位的位移，軌跡資料亦可用於計算速率，然而影像座標並非真實座標，亦需要進行座標轉換，轉換概念為透過攝影測量技術將原始空拍影像校正為具有地圖座標的準正射影像，在無人機成像中心、影像座標像點以及真實座標物點三者共線條件下進行轉換，轉換後的座標單位從像素（pixel）轉為公尺（meter）。

以上兩步驟之座標轉換稱之為資料同步，可克服無人機各個架次座標系統差異的狀況，以利後續車流資料的計算與分析，如圖 3.3-3 所示。

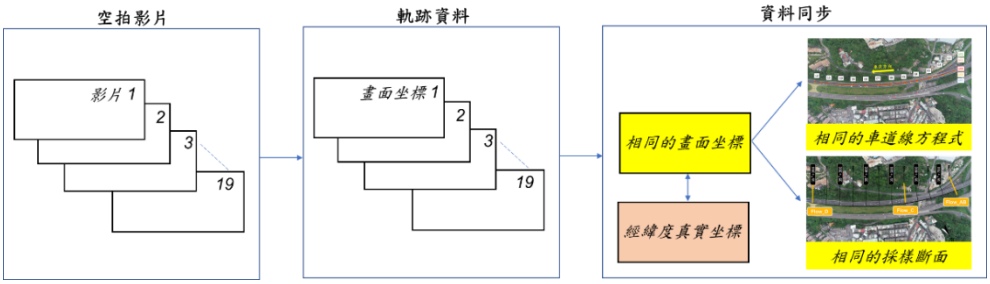


圖 3.3-3 資料同步架構圖

車道線標記方式為於進出口分析路段的各條車道線上選取數個座標點位，透過曲線擬合（curve fitting）的方式，可得車道線方程式（lane function, LF），以圖 3.3-4 中和交流道為例，於 5 條車道線上各選取 12 個點位進行校估，可得 LF1 ~ LF5，此方式能精確判斷每個時間點車輛所在的車道。



圖 3.3-4 車道線標記示意圖（中和交流道）

3.3.2 資料項目

本節主要工做為確認產生之資料項目，做為後續獲取匝道分匯流區相關分析資料之依據。

一、 車流量

以每連續 1 分鐘為時段紀錄一筆數據，依據上述所劃分之斷面記錄在該時段內通過各斷面的車流量，車流量的記錄以該車輛的車頭中心位置是否跨越界線為基準，以圖 3.3-5 示意圖為例，設置兩條斷面「Flow_1」與「Flow_2」，該車輛於時間 $t+1$ 與 $t+i$ 通過斷面，計算所有車輛通過斷面的次數與時間，即可計算斷面流率。

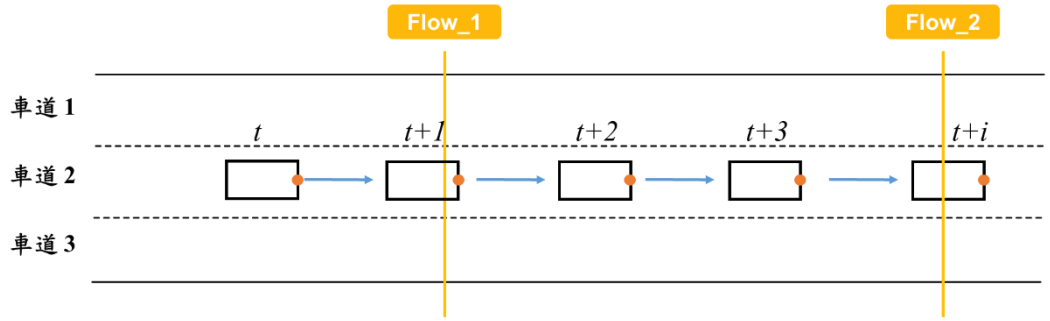


圖 3.3-5 車輛通過斷面判斷示意圖

二、 車流密度&車流速率

根據上述資料同步所述，透過座標轉換將所有的軌跡資料轉換為共同的影像基礎，座標單位從像素轉為公尺，可使用於車輛位移與速率的計算。流量、速率與密度的計算將參考 Edie (1963)[11] 所提出的方式，公式如 (3-1) ~ (3-3) 所示：

$$k = \sum_{i=1}^{n} t_i / |S| \tag{3-1}$$

$$q = \sum_{i=1}^{n} x_i / |S| \tag{3-2}$$

$$u = q / k = \sum_{i=1}^{n} x_i / \sum_{i=1}^{n} t_i \tag{3-3}$$

其中，k、q、u 分別代表密度、流量與速率；S 為任意區域，$|S|$ 為區域 S 的面積；t_i 與 x_i 分別代表第 i 輛車行駛於區域 S 的時間與距離，概念如圖 3.3-6 所示。本計畫區域 S 設定之空間維度為 50 公尺、時間維度為 1 分鐘。

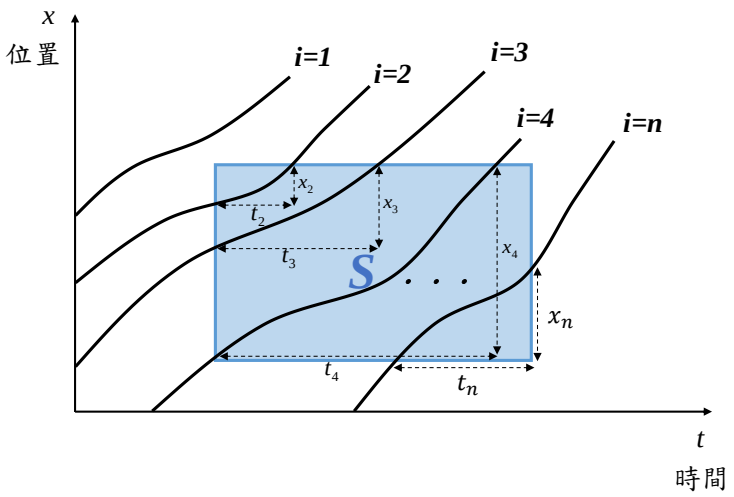


圖 3.3-6 時空圖量測方式

三、 車道變換

車道變換的判斷方式與流率相同，同樣以車輛的車頭中心位置是否跨越車道線為基準，以圖 3.3-7 為例，該車輛從車道 1 變換至車道 2，接著再從車道 2 變換至車道 3，連續追蹤車頭中心位置即可依序紀錄車輛所在的車道位置。

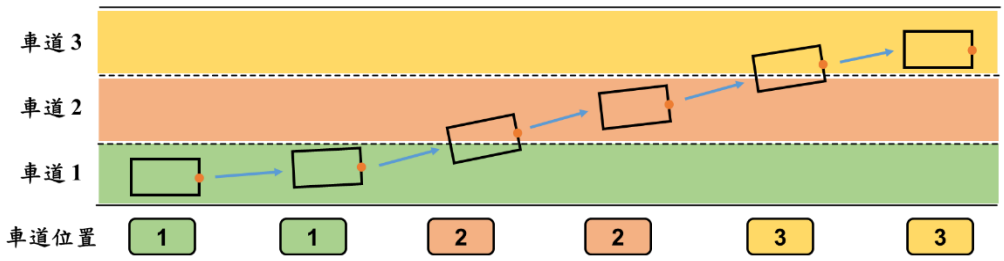
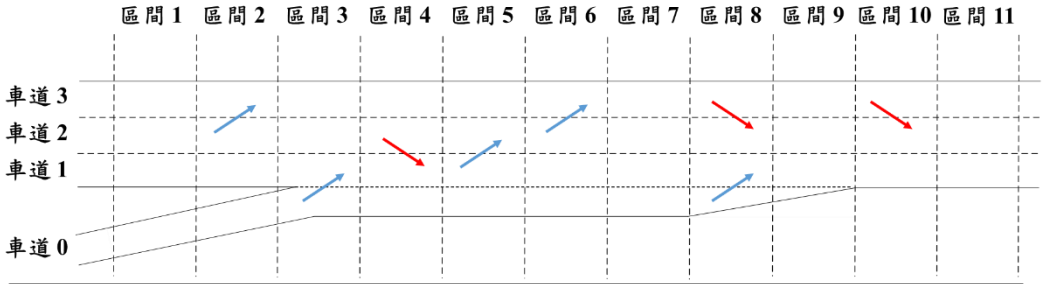


圖 3.3-7 車道變換判斷示意圖

依據前述之區間劃分記錄某時段內於各區間中，車道變換行為之發生次數，同樣以車頭中心位置做為判斷基準，可紀錄車輛車道變換的位置與頻次，若車道變換發生於定義外之區間則不記錄，如圖 3.3-8 所示。



車道變換/區間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3→2								1		1	
2→3		1				1					
2→1				1							
1→2					1						
1→0											
0→1			1					1			

圖 3.3-8 車道變換資料紀錄方式示意圖

透過以上的計算與判斷方式可產生如圖 3.3-9 的車流軌跡時空圖，該圖中橫軸為時間每 0.1 秒，縱軸為空間每公尺，每一條線代表一台車從進入空拍畫面到離開的軌跡，此外在時空圖中斜率即代表速率，速率之計算方式為每 1 秒車輛移動的距離，再取該時間點下前後各 2 筆，每筆 0.1 秒數值進行平均，每一個時間點下都有相對應數值，可參照右方的顏色條（color bar），若速率低，所呈現之顏色會接近紅色；若速率快，所呈現之顏色會接近綠色。

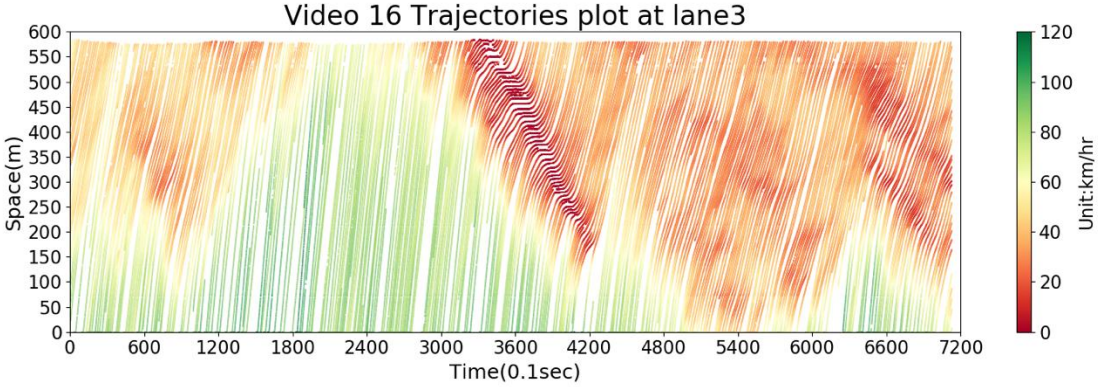


圖 3.3-9 車流軌跡時空圖

3.3.3 資料檢核方式

影像辨識技術可將無人機錄製的大範圍車流影片萃取成軌跡資料，以資料的詳細程度而言，軌跡資料能提供最詳細的交通資料，透過分析車輛軌跡，即可從中擷取出所需之車流特性，例如各車道的流率、速率、密度、與前車距離以及車道變換位置與頻次等，適合用於探討不同情境下之車流特性分析。然而，以上所述的都是基於軌跡資料是準確沒有錯誤的前提下，影像辨識技術雖逐漸成熟，但仍然有些技術問題待需克服，例如車輛外觀的顏色若與路面太相近，易造成無法偵測車輛的情況，或是萃取出的軌跡資料會發生掉幀（frame）的情形。因此需要有檢核機制用以探討軌跡資料的品質，以確保電腦視覺方式產生車流特性的準確度。

電腦視覺方式是採用影像辨識技術對影片中的車輛進行偵測及追蹤，以目前技術層面來說，發生掉幀的情況是難以避免，若掉幀的持續時間不長，可透過插補的方式補齊缺漏的軌跡資料。然而，若掉幀持續時間超過一定長度，將造成插補上的困難，以及資料不準確等問題，因此本計畫設計一檢核流程，檢核流程如圖 3.3-10 所示。

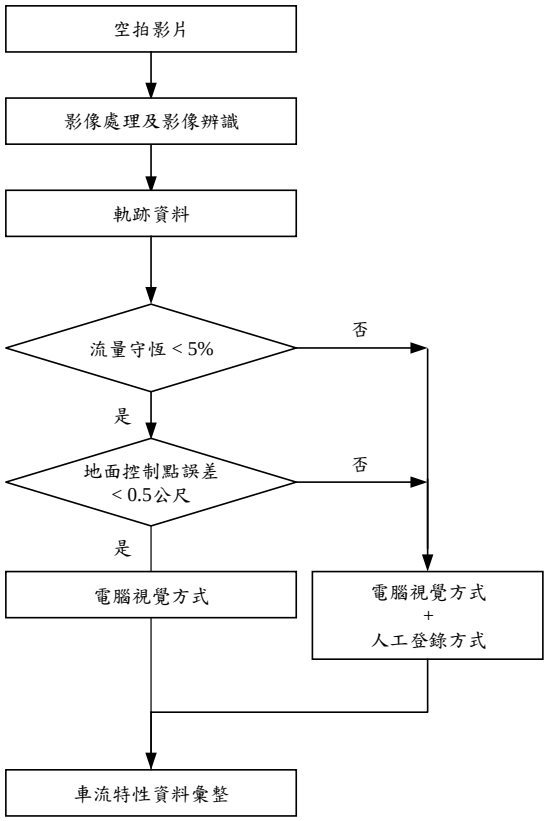


圖 3.3-10 軌跡資料品質檢核流程圖

車流軌跡資料品質的檢核流程主要包括兩個檢核條件，第一為流量守恆，做為流率的檢核，第二為地面控制點誤差，做為速率的檢核，兩個檢核條件必須全部通過才能使用於車流特性資料的彙整。如有其中任一條件不通過，則可透過增強影像辨識的模式（如增加訓練資料、修改辨識範圍等）來加強車輛辨識的效果，再重新計算車流軌跡。如最終還是無法通過，則改以人工方式進行車流特性資料的登錄作業。檢核條件的說明如下：

一、 流量守恆（Flow conservation）

本計畫將於路段上游、中游與下游處各設置一組虛擬偵測器，檢核之基準為各斷面之累積流量差異是否在 5% 以內（傳統人工觀看影片登錄的方式誤差範圍約 5% ~ 10%），其中，差異流量是以上游累積流量為基準。累積流量差異低於 5%，即可進入下一個檢核。

二、 地面控制點誤差（Ground Control Point error）

本計畫將各個架次的影像座標轉為共同（common）影像座標，然而轉換具有一定的誤差，本計畫檢核之基準為若地面控制點誤差小於 0.5 公尺，即可進入車流特性資料整理（詳細說明請參考附錄 D）。

3.4 車流特性資料整理

3.4.1 資料彙整及檢核

本計畫已完成 4 個非獨立進口匝道匯流區與 2 個非獨立出口匝道分流區之資料整理，分別為國道 3 號北上新店交流道進口、國道 1 號南下中壢交流道 A 進口、國道 1 號南下中壢交流道 B 進口、國道 3 號北上三鶯交流道進口、國道 3 號北上土城交流道出口、國道 1 號北上頭份交流道出口，此外，由於中壢交流道為連續二進口之交流道，為避免混淆，本計畫依據里程數區分為 A 進口 (62K+400) 與 B 進口 (62K+650)，詳細如圖 3.4-1 所示，各地點詳細之資訊以及本計畫採用之調查時間如表 3.4-1 所示。

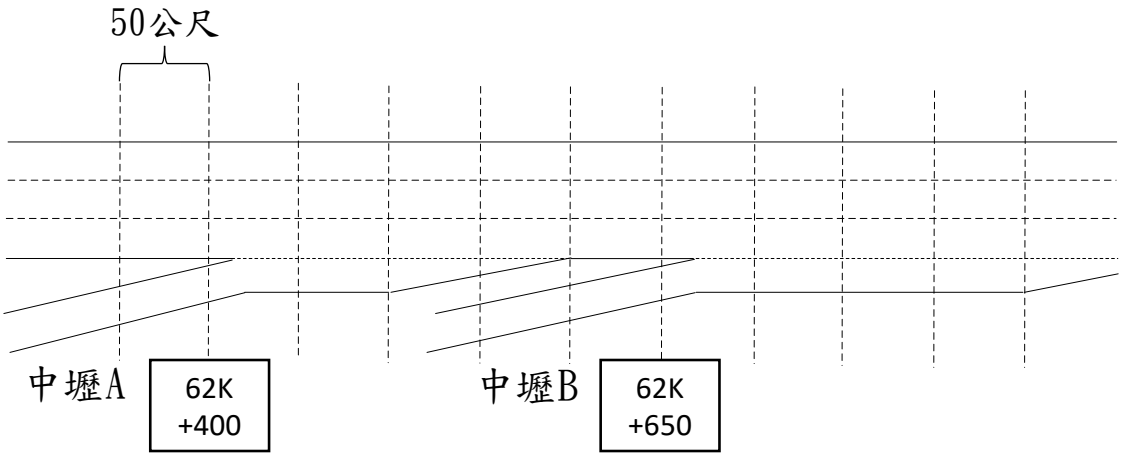


圖 3.4-1 國道 1 號南下中壢交流道 A、B 進口匝道區分示意圖

各調查地點車種比如表 3.4-2 所示，其中車種共分為 3 種，並以車長進行車種分類，定義如下：

小型車：車長為 8 公尺以內之車型，包括小客車、小貨車等。

大型車：車長為 8 公尺至 13 公尺內之車型，包括大客車、大貨車。

聯結車：車長為 13 公尺以上之車型。

表 3.4-1 調查地點資訊與本計畫採用之調查時間

	編號	交流道	交流道名稱(里程)	資料時間	儀控率	路肩開放
進口	1	國道 3 號北上	新店交流道 (26K)	2020/03/25(三) 07:00 ~ 09:30	07:00 ~ 07:30 1,300 輛/時/車道 07:30 ~ 09:30 1,400 輛/時/車道	無
	2	國道 1 號南下	中壢交流道 B (62K)	2020/03/26(四) 07:00 ~ 09:00	無儀控	無
	3	國道 1 號南下	中壢交流道 A (62K)	2020/03/27(五) 07:00 ~ 09:20	無儀控	無
	4	國道 3 號北上	三鶯交流道 (50K)	2020/07/12(日) 13:03 ~ 17:15	無儀控	無
出口	5	國道 3 號北上	土城交流道(42K)	2020/07/05(日) 12:08 ~ 15:55	-	有
	6	國道 1 號北上	頭份交流道 (110K)	2020/07/26(日) 14:08 ~ 17:45	-	無

表 3.4-2 各調查地點於調查時間內車輛數及車種比例

調查地點	小型車輛 (百分比)	大型車輛 (百分比)	聯結車輛 (百分比)	綜計 (百分比)
國道 3 號北上新店交流道進口	7,918 (95.88%)	226 (2.74%)	114 (1.38%)	8,258 (100%)
國道 1 號南下中壢交流道 B 進口	7,007 (89.11%)	584 (7.43%)	372 (3.46%)	7,970 (100%)
國道 1 號南下中壢交流道 A 進口	7,371 (87.09%)	742 (8.77%)	351 (4.15%)	8,464 (100%)
國道 3 號北上三鶯交流道出口	23,773 (97.46%)	116 (0.48%)	503 (2.06%)	24,392 (100%)
國道 3 號北上土城交流道出口	17,259 (97.14%)	103 (0.58%)	406 (2.29%)	17,768 (100%)
國道 1 號北上頭份交流道出口	14,562 (96.30%)	121 (0.80%)	438 (2.90%)	15,121 (100%)

在各地點資料整理情形上，參照 3.3.2 節所述，本計畫整理各調查地點的車流輛、密度與速率以及車道變換資料。在流率、密度以及速率的資料整理以 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、密度以及速率之數值以 5 分鐘進行滾動平滑，意思是每分鐘產生一筆數值，而該筆數值前後共 5 分鐘的平均數，在車道變換以每 50 公尺做為區間，計算該區間內車道變換數量，詳細計算方法如下所示。

- 流率：取該時間前後 2 筆，每筆 1 分鐘，共 5 分鐘之數值進行平均，轉換單位為輛/小時（veh/hr）；
- 密度：取該時間前後 2 筆，每筆 1 分鐘，共 5 分鐘之數值進行平均，轉換單位為輛/公里（veh/km）。
- 速率：取該時間前後 2 筆，每筆 1 分鐘，共 5 分鐘之數值與流率進行加權平均，轉換單位為公里/小時（km/hr）。
- 車道變換：每 50 公尺做為區間，根據車流壅塞情況將影像分為非壅塞、非壅塞進入壅塞以及車流壅塞，並透過有效可用時間進行調整，轉換單位為次/小時。

然而本次研究調查影像因設備及天候等因素（陣風），導致調查期間內有時間斷層以及影像模糊等問題。在時間斷層問題上，由於皆有拍攝到高速公路由非壅塞轉換為壅塞之過程，已符合本計畫之需求，因此本計畫使用插補之方法解決該問題；影像模糊之問題導致部分地點車道變換資訊無法取得，然而根據資料檢核後，各地點流量守恆皆符合標準，因此判斷對於研究分析結果並無嚴重影響。綜上所述，本計畫所整理之各地點車流特性資料如表 3.4-3 所示。

此外，根據此次計畫的電腦視覺方式，可繪製出車流軌跡圖、密度時空圖以及速率時空圖等資訊，範例如圖 3.4-2 ~ 3.4-4 所示。

表 3.4-3 本計畫各調查地點之車流特性資訊

調查地點	流率圖 (*q-t*)	密度圖 (*k-t*)	速率圖 (*v-t*)	車道變換圖	累積車道變換圖
國道 3 號北上 新店交流道進口	V	V	V	V	V
國道 1 號南下 中壢交流道 B 進口	V	V	V	*	*
國道 1 號南下 中壢交流道 A 進口	V	V	V	*	*
國道 3 號北上 三鶯交流道出口	V	V	V	V	V
國道 3 號北上 土城交流道出口	V	V	V	*	*
國道 1 號北上 頭份交流道出口	V	V	V	V	V

* 現場調查影像因設備及天候等因素（陣風），導致影像有晃動、模糊等問題，導致車道變換資訊誤差較大，因此不呈現於報告書內。

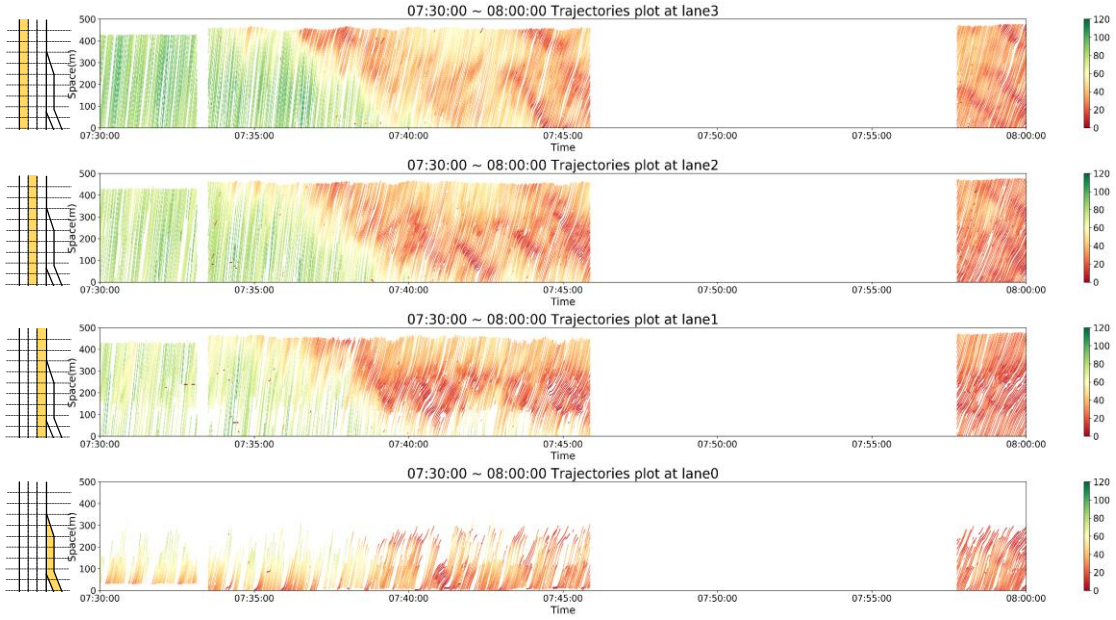


圖 3.4-2 車流軌跡示意圖-國道 3 號北上新店交流道進口匝道區

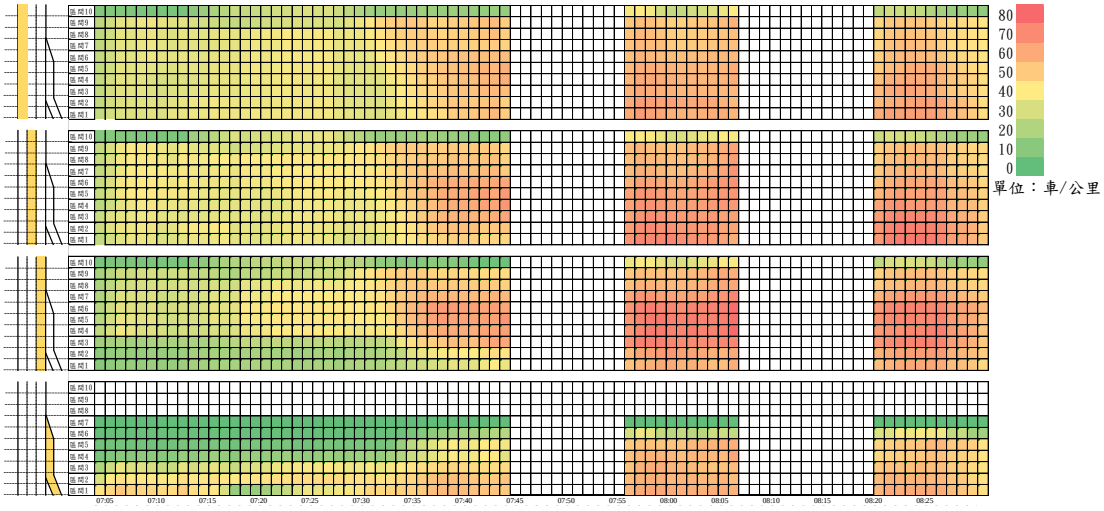


圖 3.4-3 各車道各區間密度時空圖示意圖-國道 3 號北上新店交流道進口匝道區

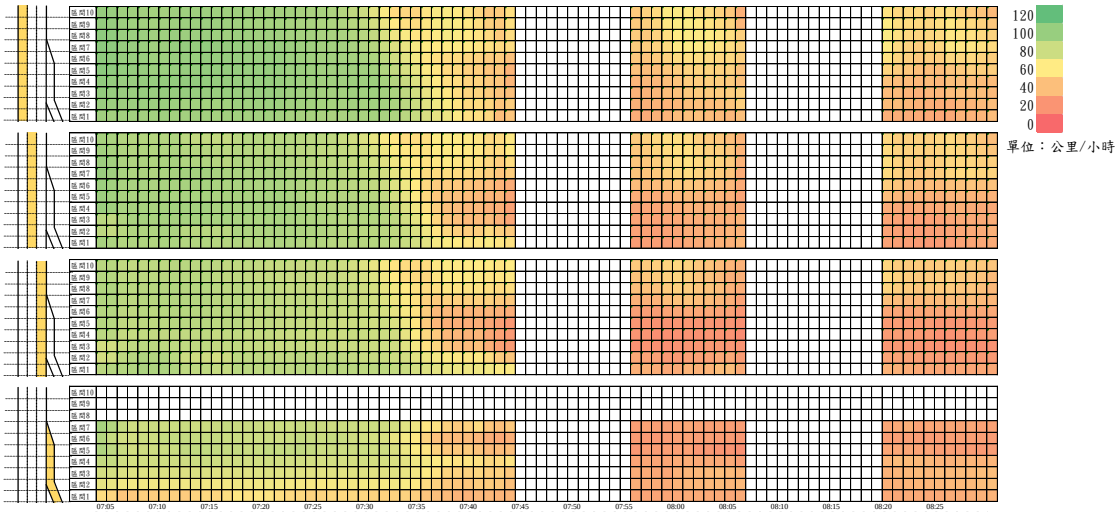


圖 3.4-4 各車道各區間速率時空圖示意圖-國道 3 號北上新店交流道進口匝道區

為確認資料無誤，本計畫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 5% 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。每個調查點最終的累積流量檢核結果如表 3.4-4 所示，由檢核結果可確認前述三個調查上下游的累積流量差異均小於 5%，可確認上下游登錄流量之一致性。

表 3.4-4 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（%）
3N 新店	8,258	8,215	8,137	(0.52%)	(1.47%)
1S 中壢 B	7,970	7,908	7,906	(0.78%)	(0.80%)
1S 中壢 A	8,464	8,774	8,596	3.66%	1.56%
3N 三鶯	24,392	24,387	24,408	(0.02%)	0.07%
出口地點	主線上遊（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（%）
3N 土城	17,768	17,811	17,561	0.24%	(1.17%)
1N 頭份	15,121	15,165	15,178	0.29%	0.38%

3.4.2 各地點車流特性資訊

本節依各個調查地點分別說明流率、密度、速率以及車道變換之資料整理結果。

一、 國道 3 號北上新店交流道進口

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 3.4-5 所示，圖上標示「Flow A」、「Flow B」、「Flow C」、「Flow D」部分，其指向的黑線即為流量的調查點。附有里程編碼（如 26K+700）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 9 個區間，總範圍為 26K+250～26K+700，車道變換共有 8 個區間，總範圍為 26K+250～26K+650。

圖 3.4-6 ~ 3.4-8 為各調查點流率、密度以及速率圖，分別有 A、B、C、D 四個調查點，並依照車道區分，各點之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 3.4-6 可看出流率保持穩定，然而從圖 3.4-7 與 3.4-8 可看出於 7:35 時，密度上升且速率下降，代表車流由非壅塞轉變為壅塞。

圖 3.4-9 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（07:00～07:20）、由非壅塞進入壅塞時段（7:30～7:35），以及車流壅塞時段（7:35～9:00）。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 3.4-10 為車道變換之累積機率圖，圖中根據不同時間時各區段由外側車道轉換到內側車道之累積機率。由此圖可看出在非壅塞情形，有約 80%的車輛會於進入加速車道 100 公尺內由加速車道進入車道 1，在壅塞情形則大多車輛會於加速車道結束之前 50 ~ 100 公尺進入車道 1，而車道 1 進入車道 2 與車道 2 進入車道 3 並無明顯趨勢。

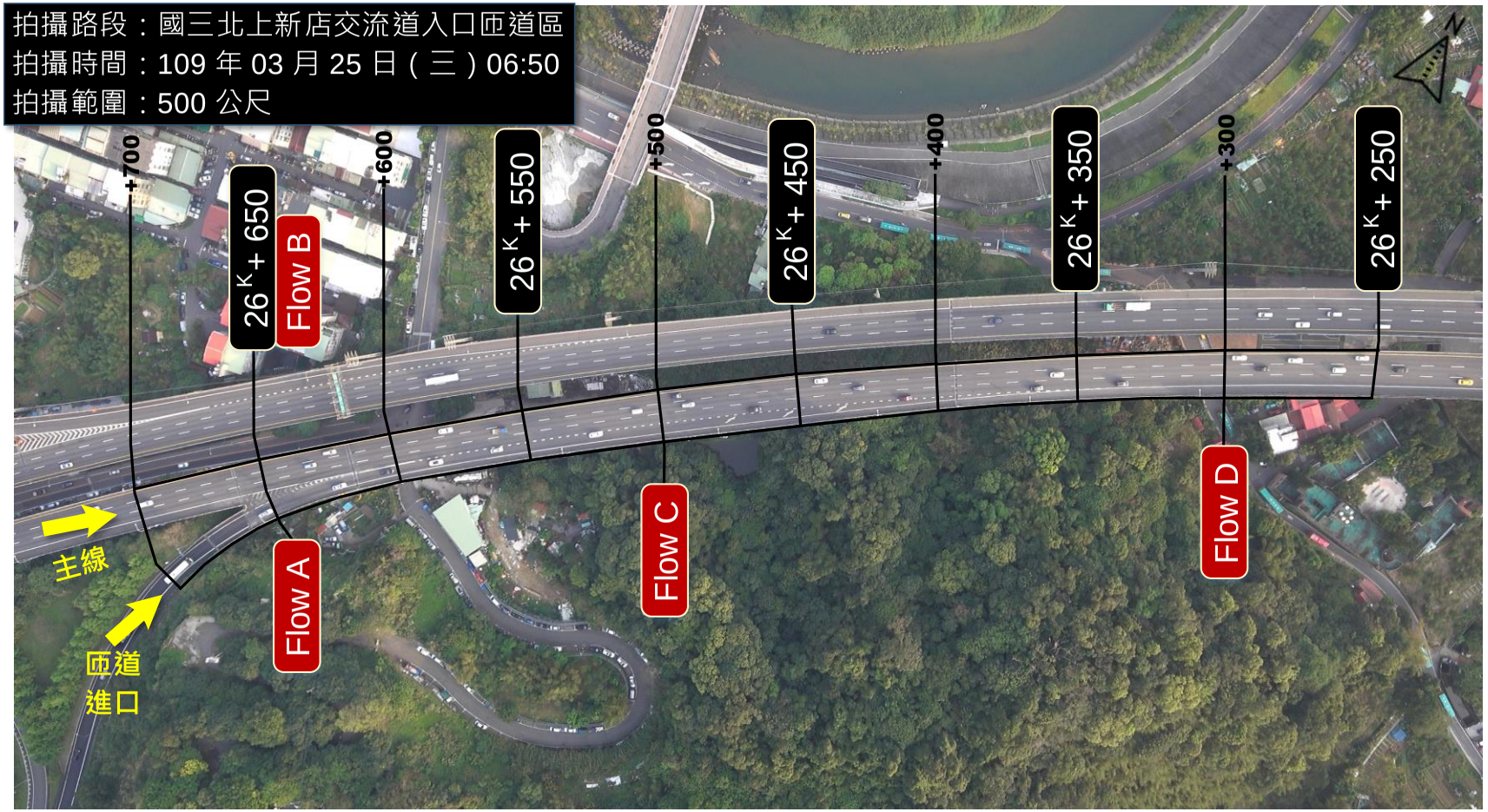


圖 3.4-5 國道 3 號北上新店交流道進口匝道區

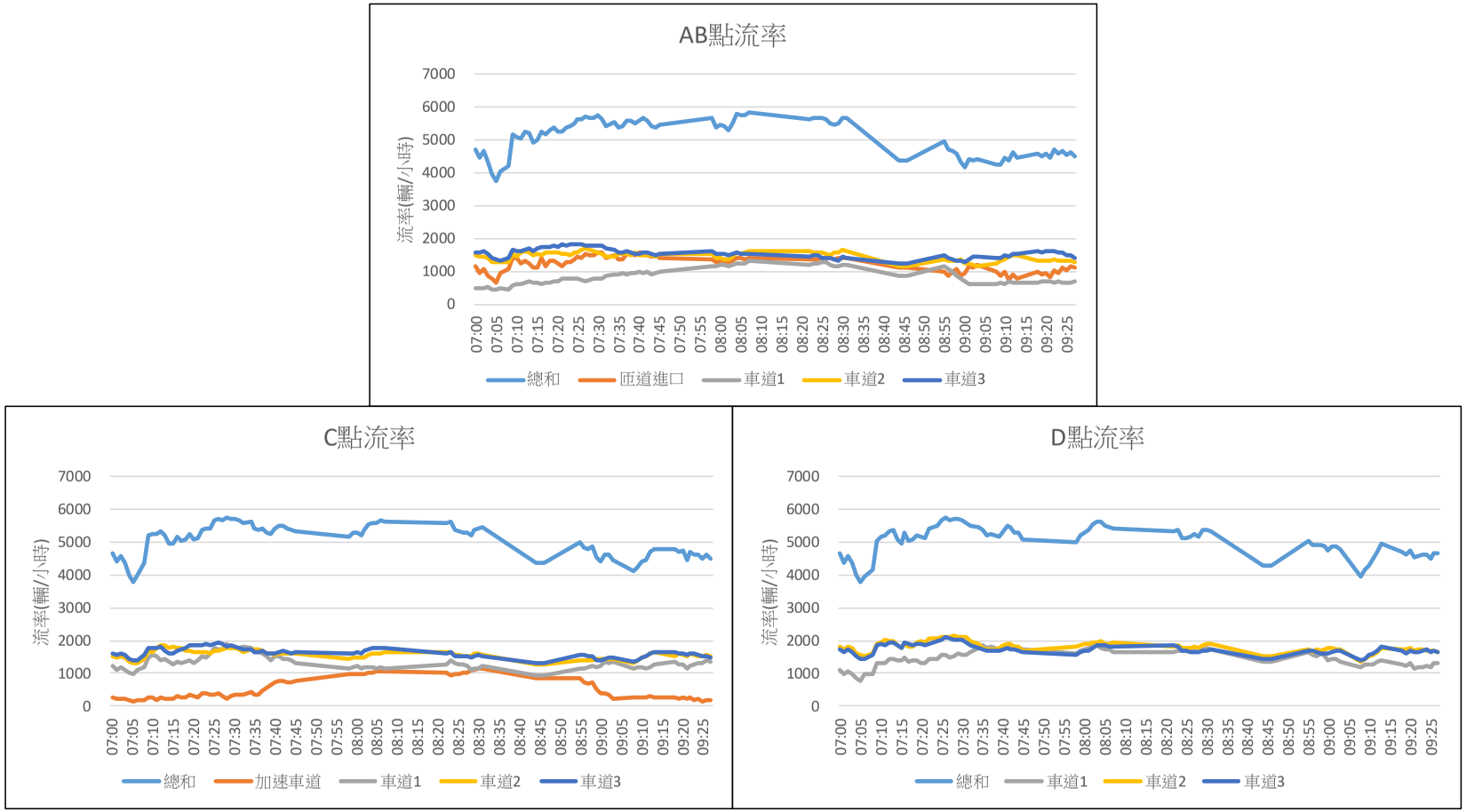


圖 3.4-6 國道 3 號北上新店交流道進口各調查點流率圖

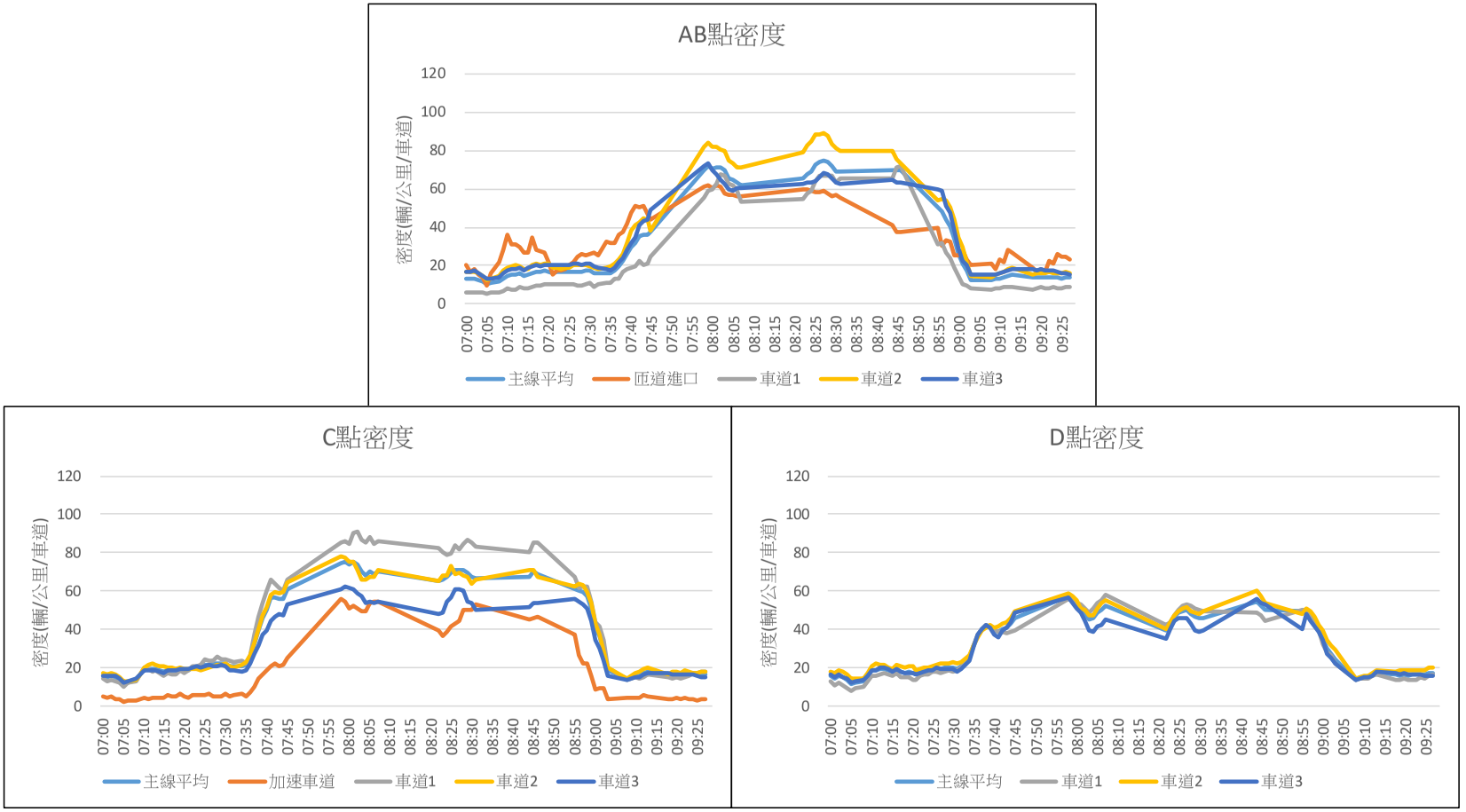


圖 3.4-7 國道 3 號北上新店交流道進口各調查點密度圖

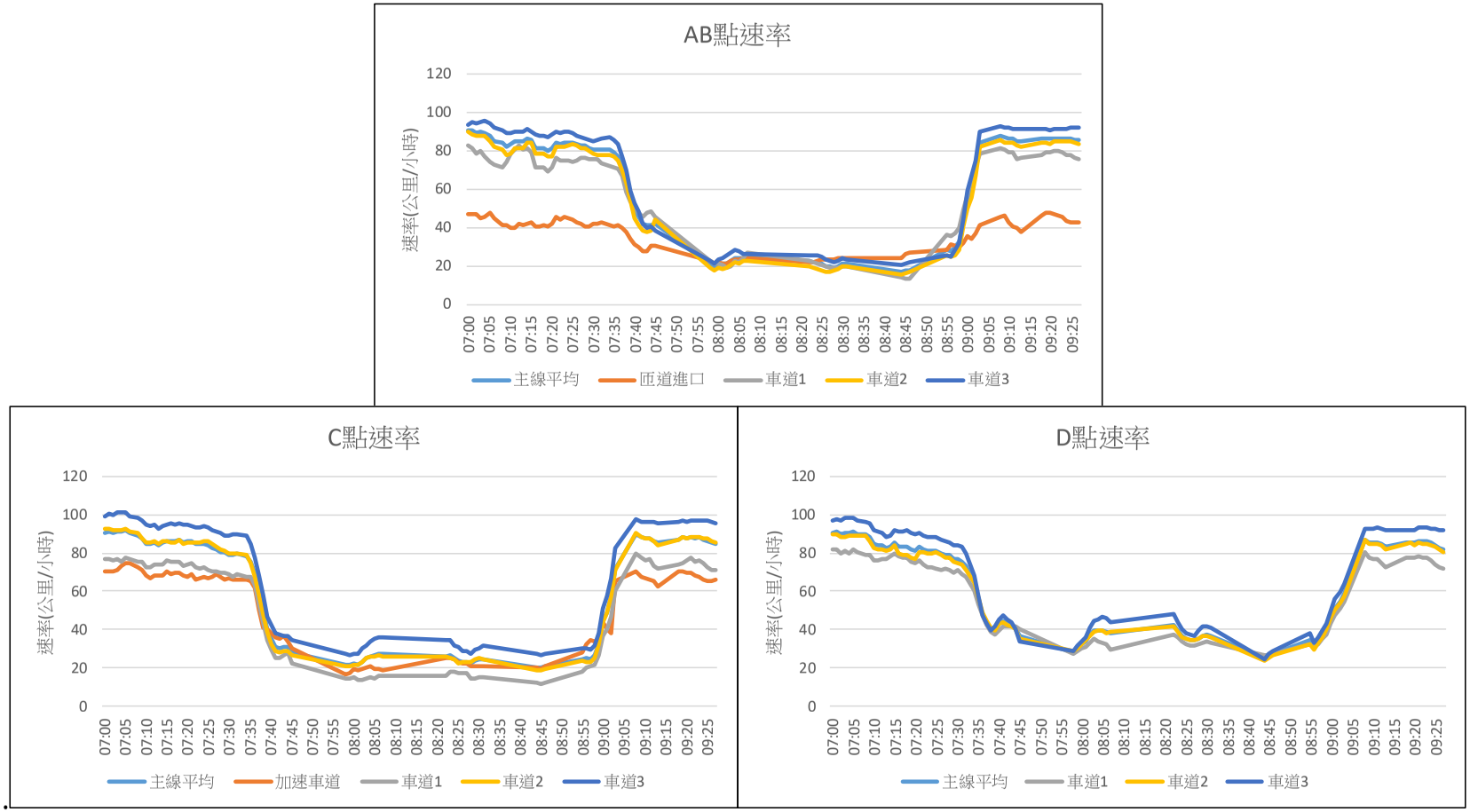


圖 3.4-8 國道 3 號北上新店交流道進口各調查點速率圖

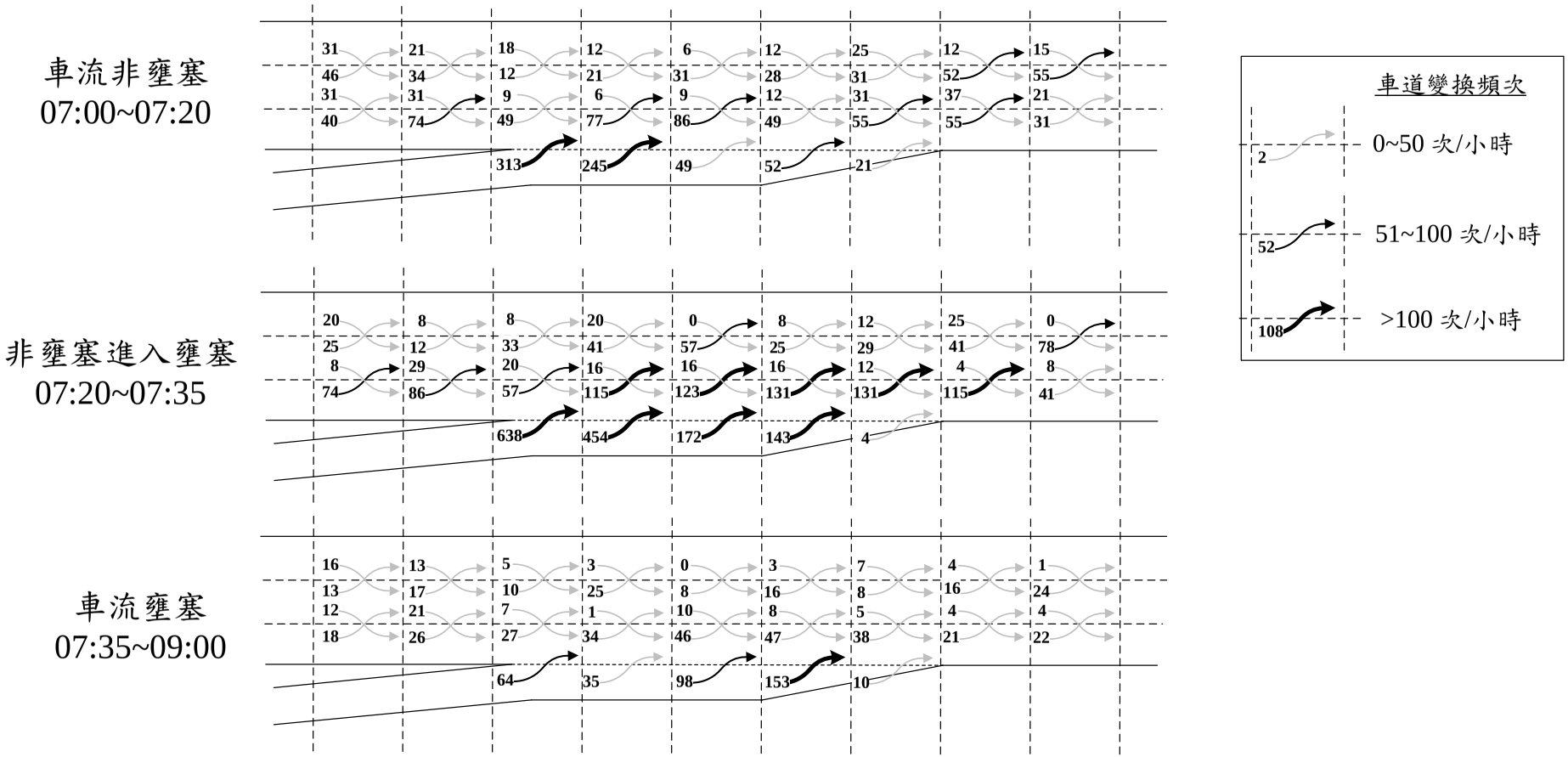


圖 3.4-9 國道 3 號北上新店交流道進口匝道區車道變換數量圖

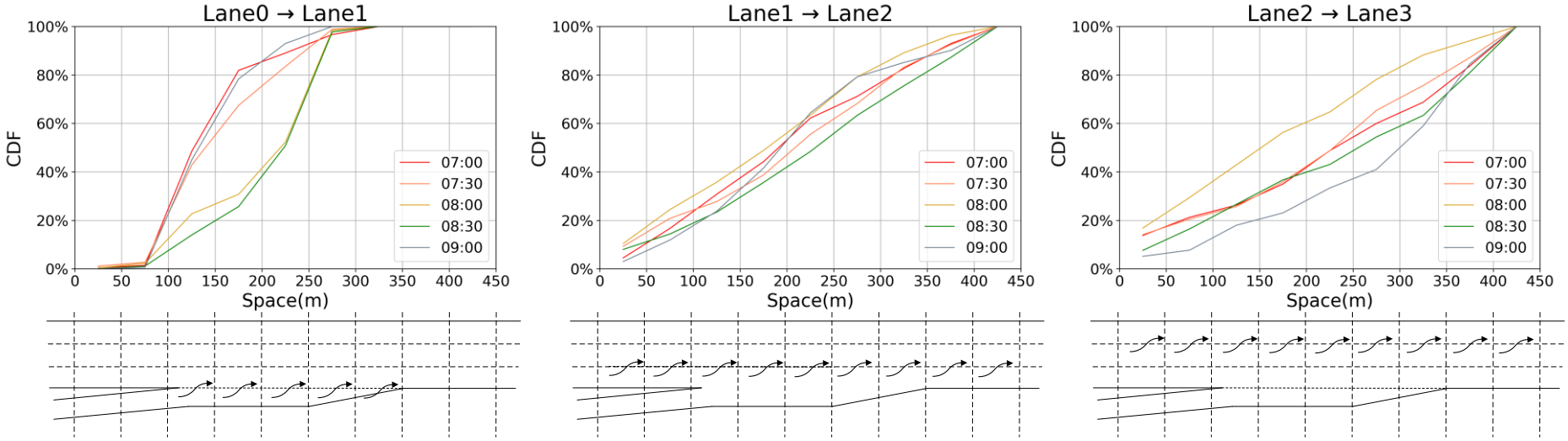


圖 3.4-10 國道 3 號北上新店交流道進口匝道區車道變換累積機率圖

二、 國道 1 號南下中壢交流道 B 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 3.4-11 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（如 62K+650）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 9 個區間，總範圍為 62K+600～63K+50。

圖 3.4.12~3.4-14 為各調查點流率、密度以及速率圖，分別有 A、B、C、D 四個調查點，並依照車道區分，各點之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 3.4-12 可看出流率保持穩定，然而從圖 3.4-13 與 3.4-14 可看出於 7:22 時，密度上升且速率下降，代表車流由非壅塞轉變為壅塞。

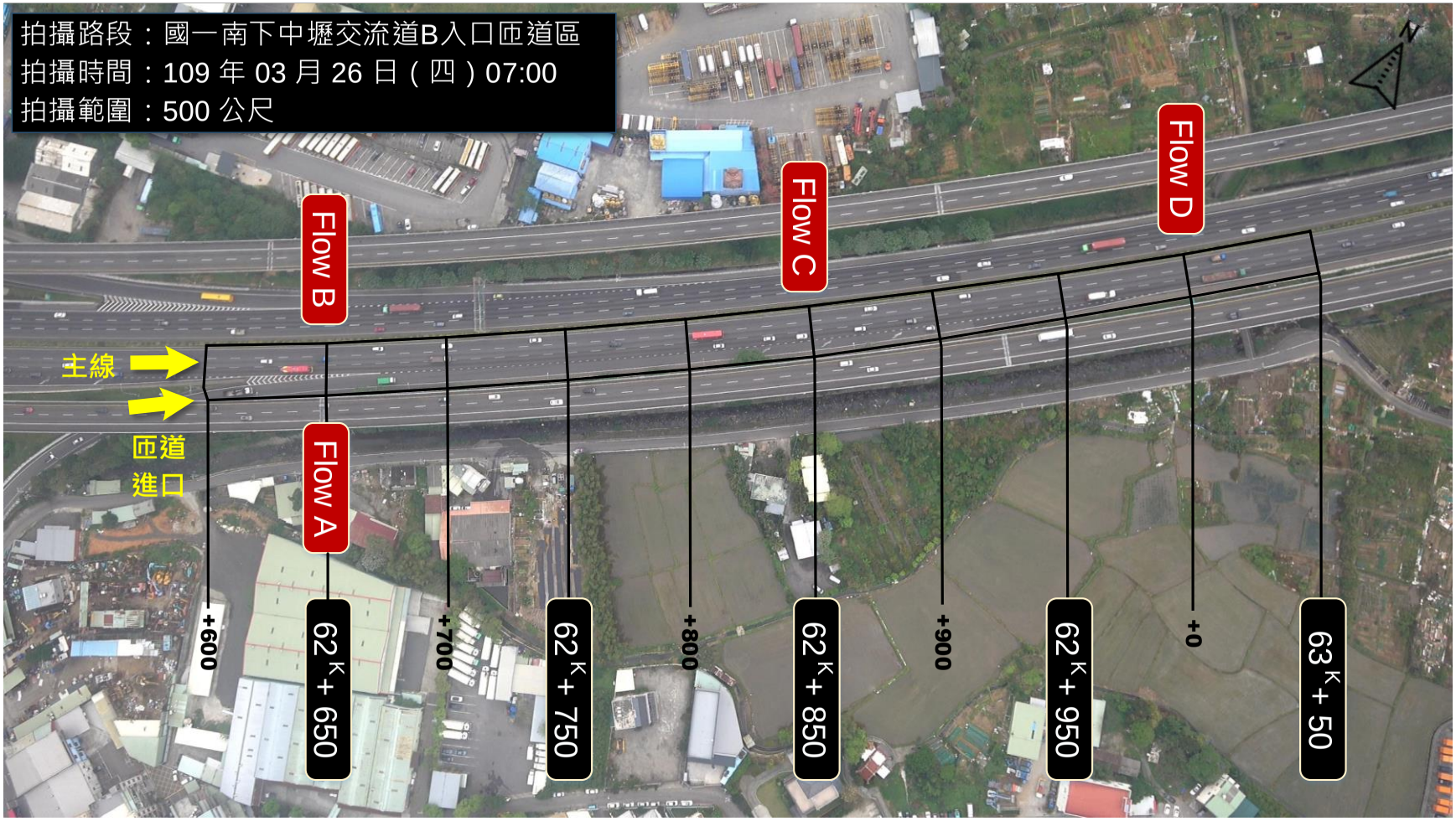


圖 3.4-11 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口匝道區

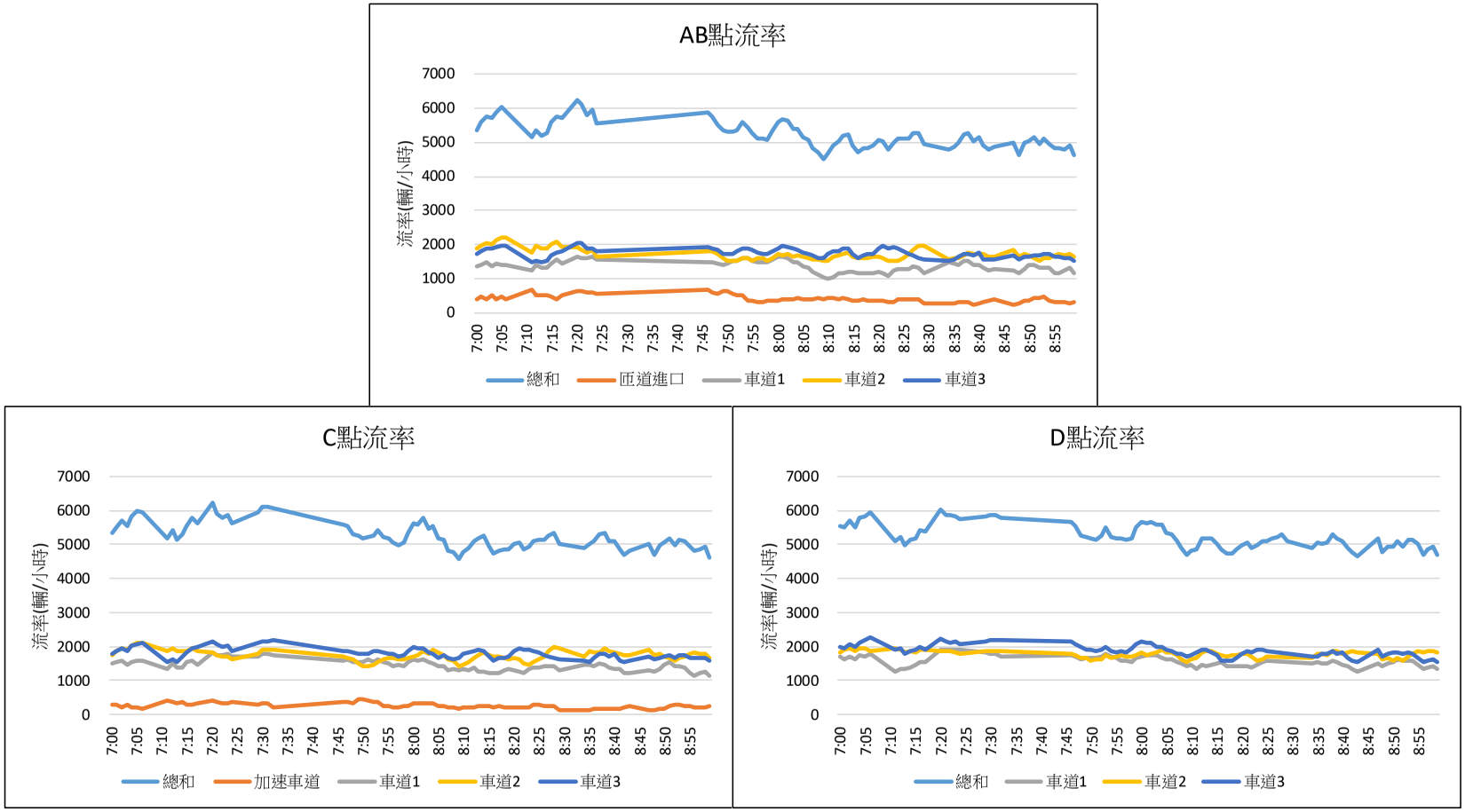


圖 3.4-12 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口各調查點流率圖

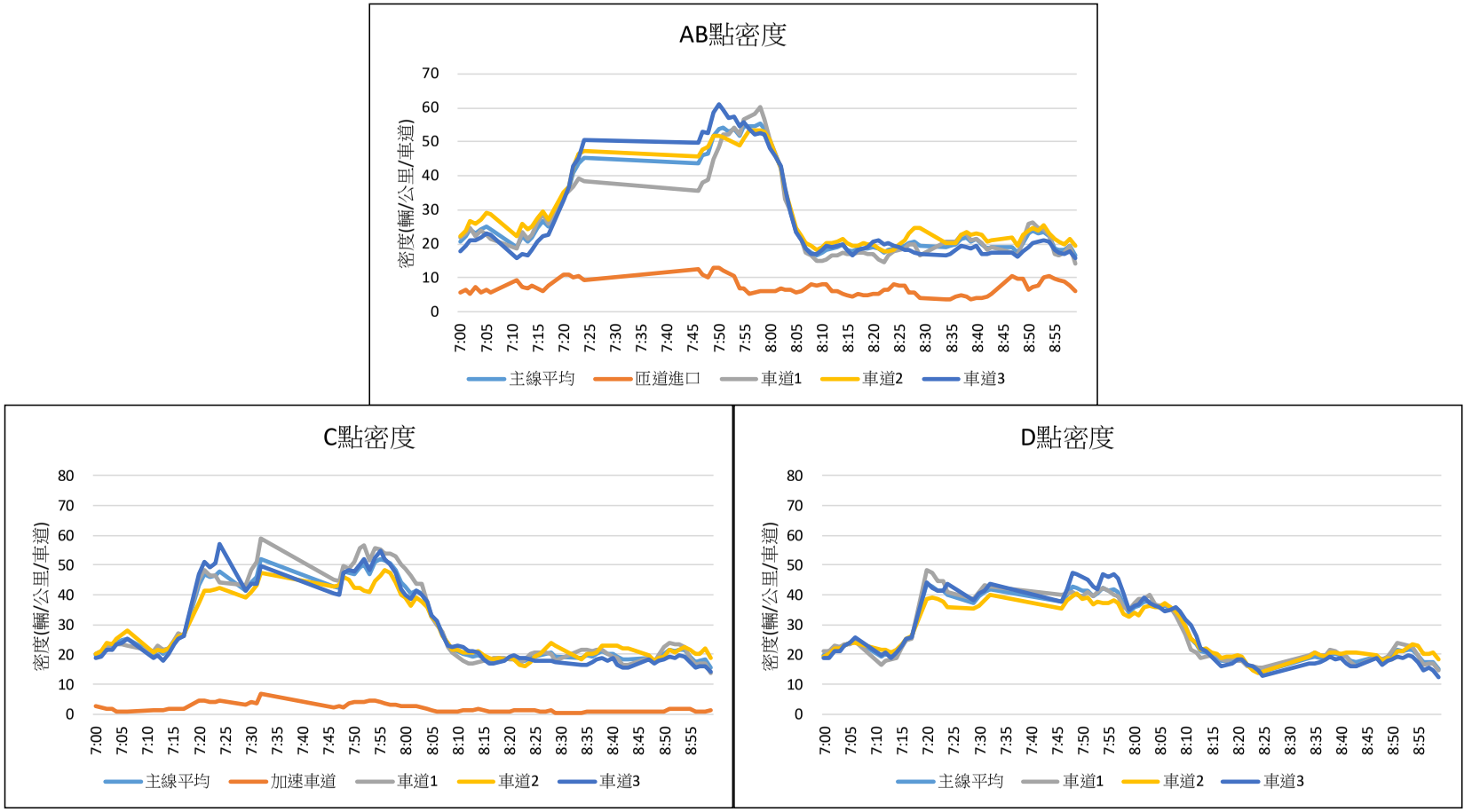


圖 3.4-13 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口各調查點密度圖

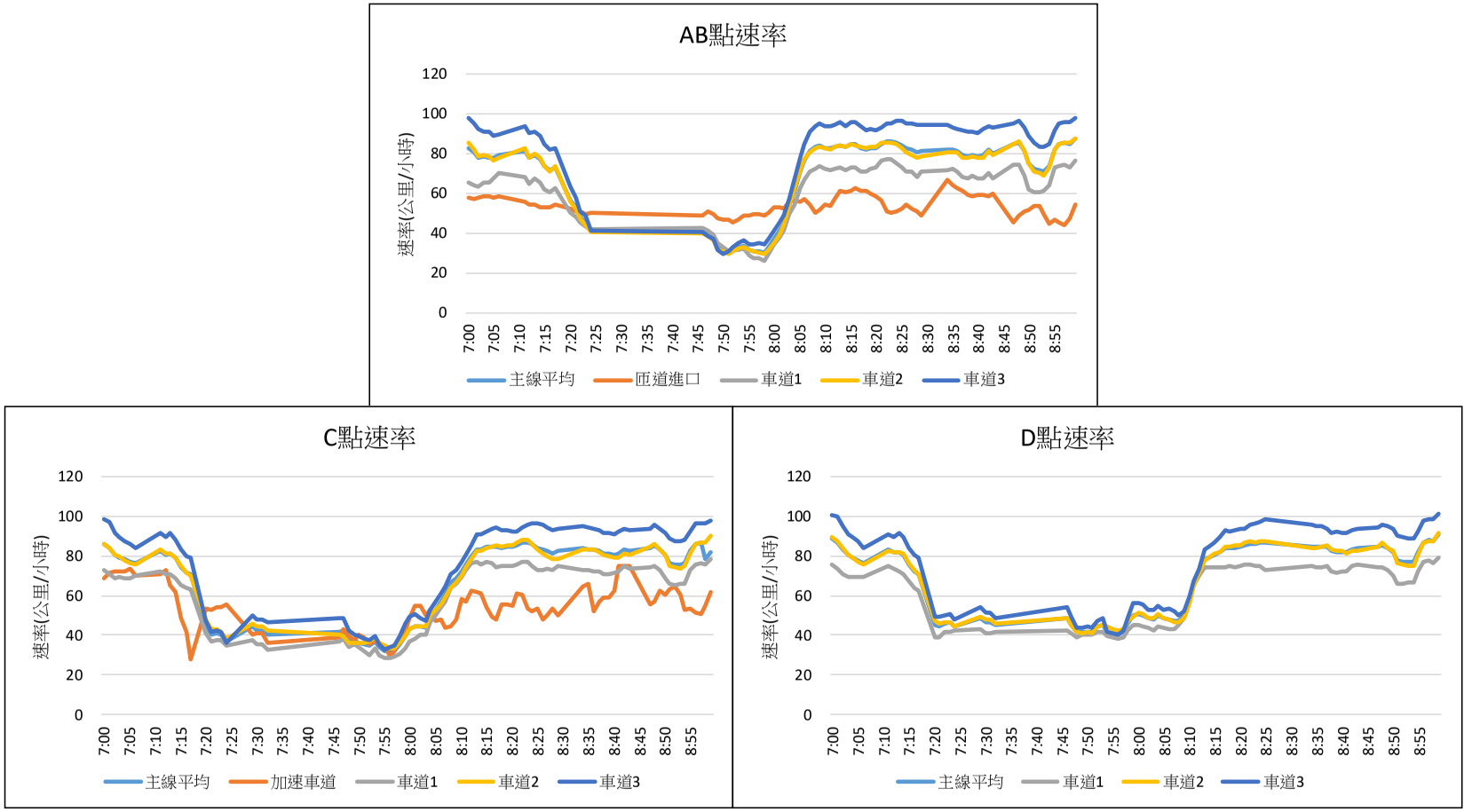


圖 3.4-14 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口各調查點速率圖

三、 國道 1 號南下中壢交流道 A 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 3.4-15 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（如 62K+350）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 62K+350～62K+850。

圖 3.4.16~3.4-18 為各調查點流率、密度以及速率圖，分別有 A、B、C、D 四個調查點，並依照車道區分，各點之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 3.4-16 可看出於 7:18 時流率有突然下降，隨後回升後趨於穩定，從圖 3.4-17 與 3.4-18 可看出於 7:18 時，密度上升且速率下降，代表車流由非壅塞轉變為壅塞。

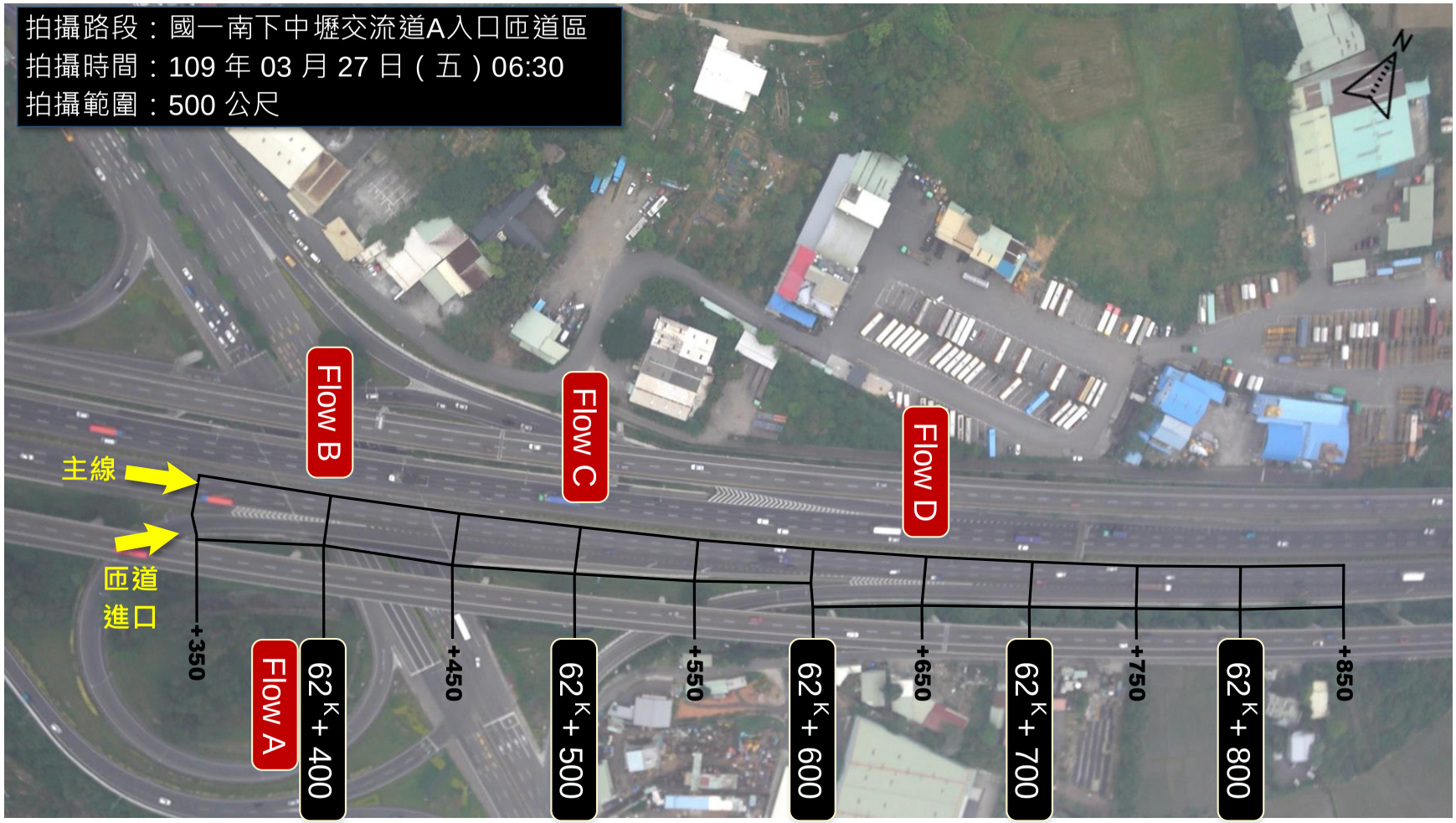


圖 3.4-15 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口

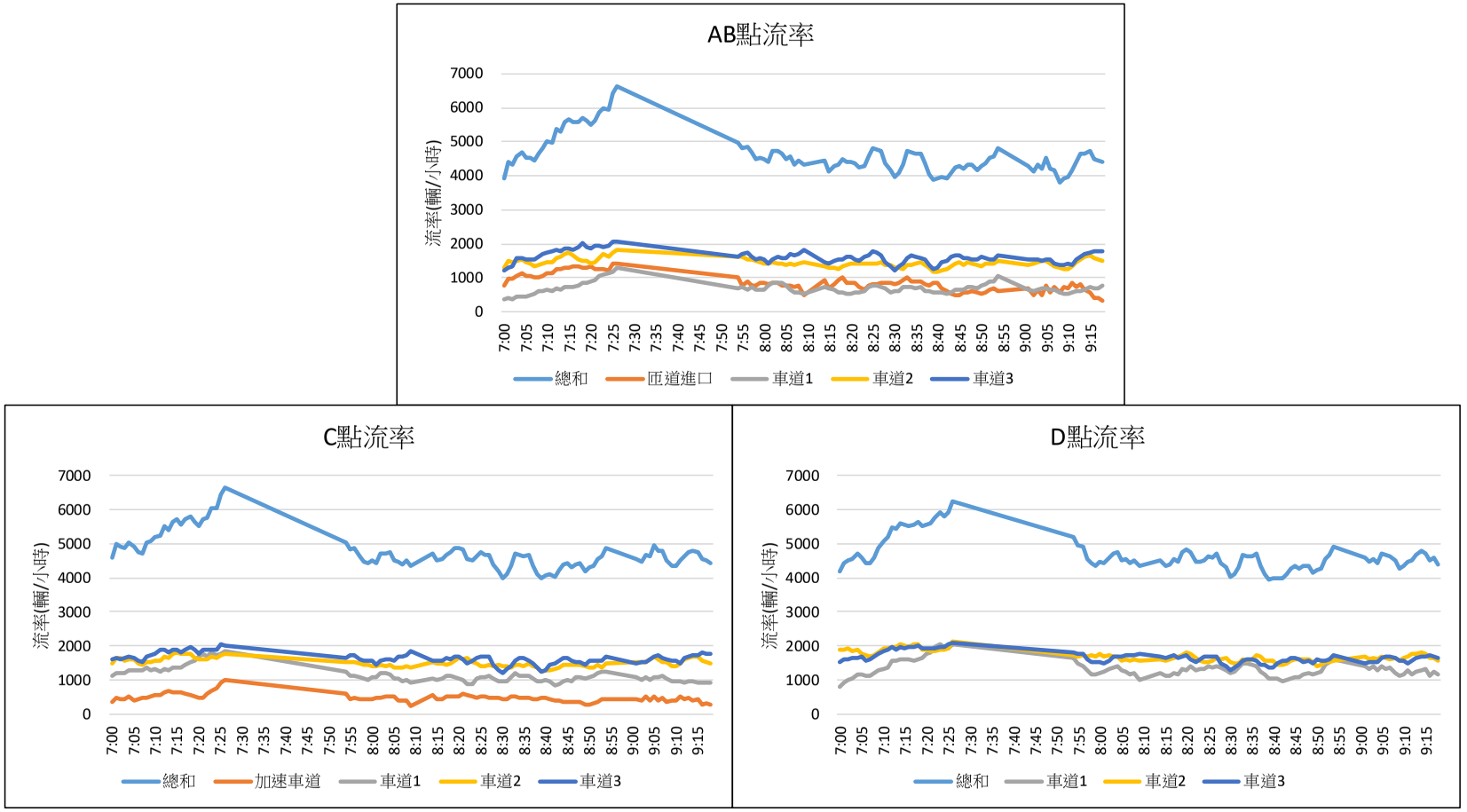


圖 3.4-16 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道區各調查點流率圖

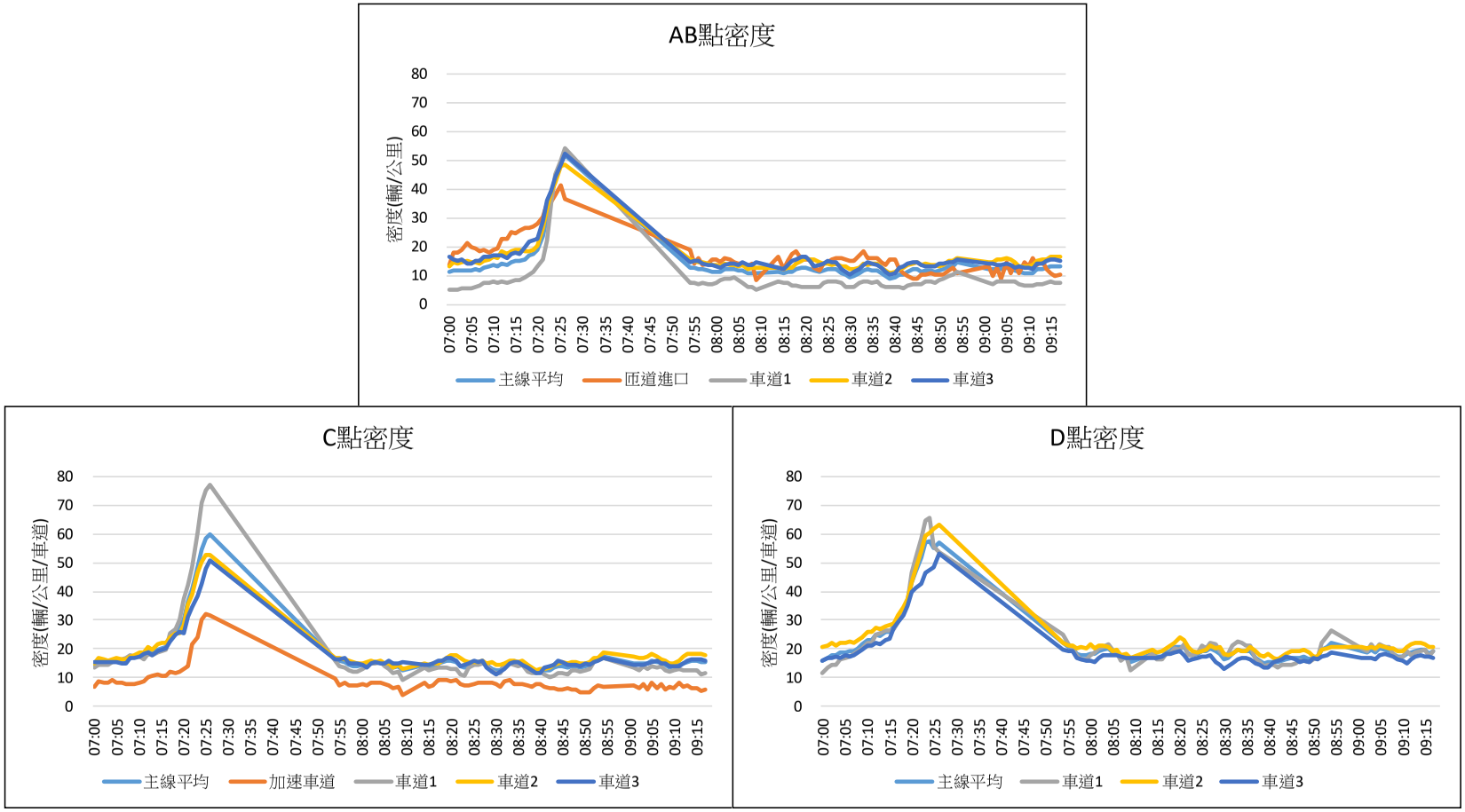


圖 3.4-17 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道區各調查點密度圖

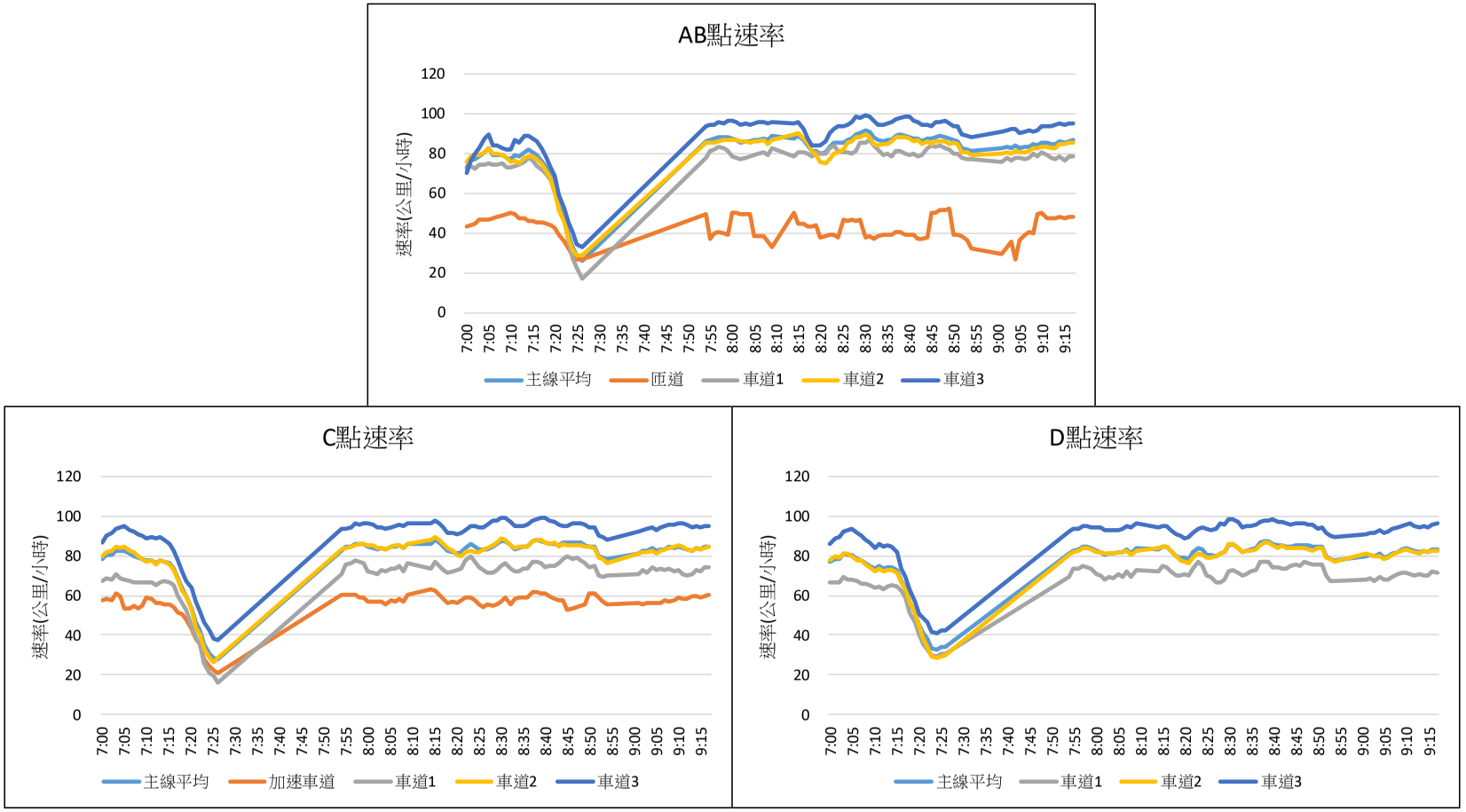


圖 3.4-18 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道區各調查點速率圖

四、 國道 3 號北上三鶯交流道進口

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 3.4-19 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(如 50K+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 9 個區間，總範圍為 50K+300～49K+850，車道變換共有 9 個區間，總範圍為 50K+300～49K+850。

圖 3.4-20～3.4-22 為各調查點流率、密度以及速率圖，分別有 A、B、C、D 四個調查點，並依照車道區分，各點之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 3.4-20～3.4-22 可看出調查前期，流率、密度及速率保持穩定狀態，然而於 16:42 時密度上升且速率下降，於 17:00 時，流率逐漸下降，代表車流由非壅塞轉變為壅塞。

圖 3.4-23 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（16:20～16:35）、由非壅塞進入壅塞時段（16:35～16:55），以及車流壅塞時段（17:00～17:15）。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 3.4-24 為車道變換之累積機率圖，圖中根據不同時間時各區段由外側車道轉換到內側車道之累積機率。由此圖可看出在非壅塞情形，有約 80%的車輛會於進入加速車道 100 公尺內由加速車道進入車道 1；在壅塞情形則大多車輛會於加速車道結束之前 50～100 公尺進入車道 1，而車道 1 進入車道 2、車道 2 進入車道 3 及車道 3 進入車道 4 並無明顯趨勢。



圖 3.4-19 國道 3 號北上三鶯交流道進口匝道區



圖 3.4-20 國道 3 號北上三鶯交流道進口各調查點流率圖

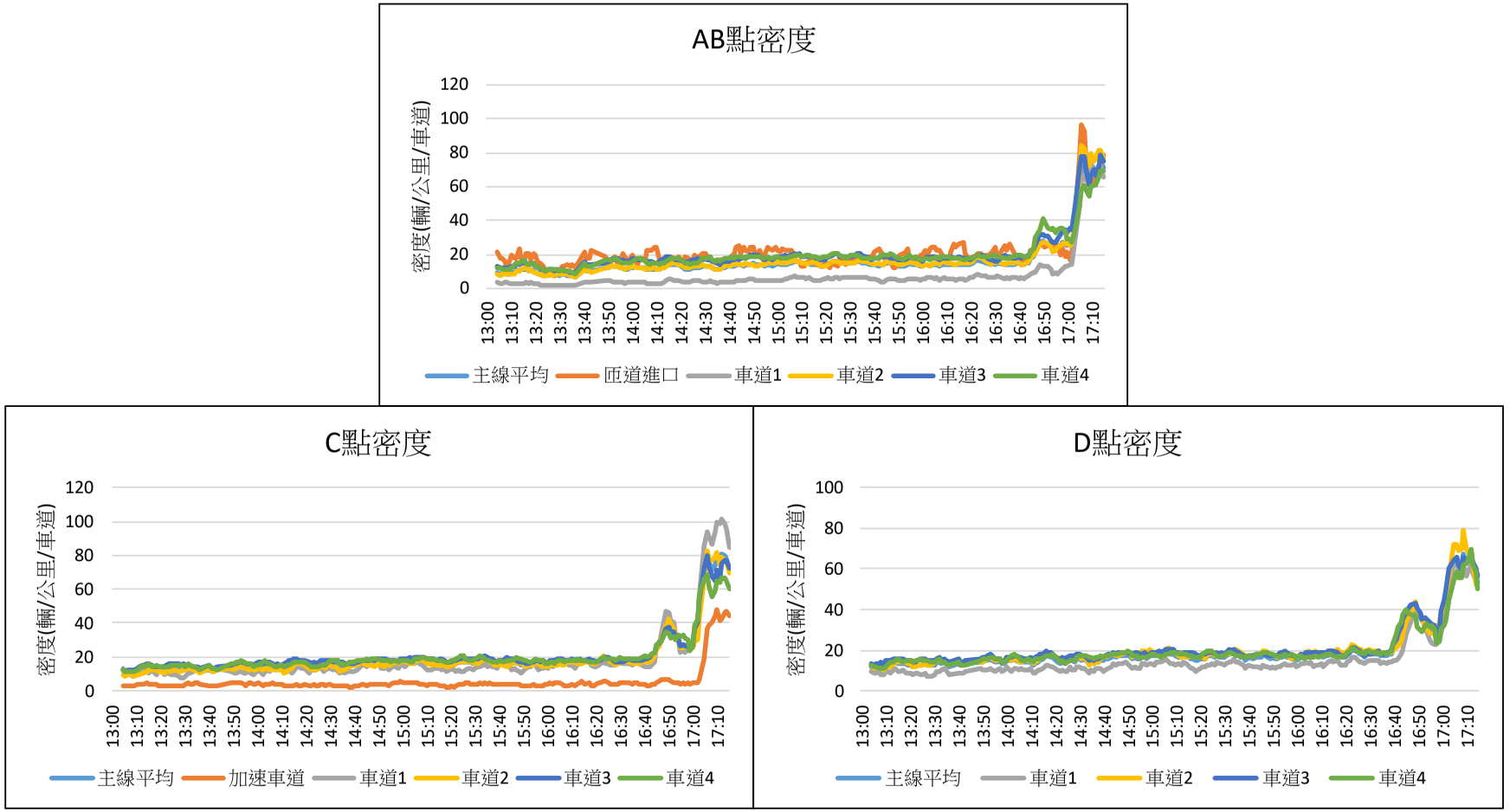


圖 3.4-21 國道 3 號北上三鶯交流道進口各調查點密度圖

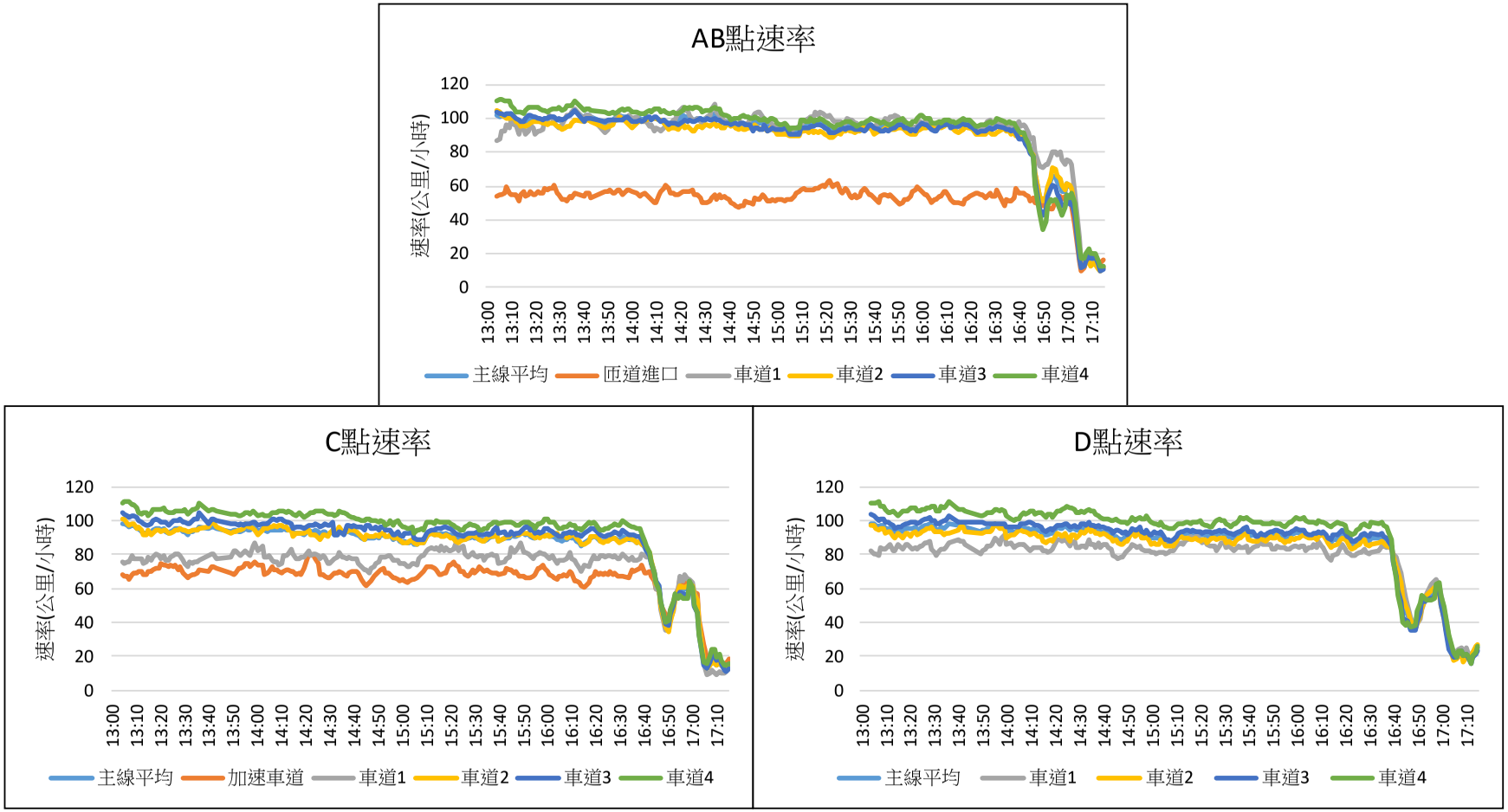
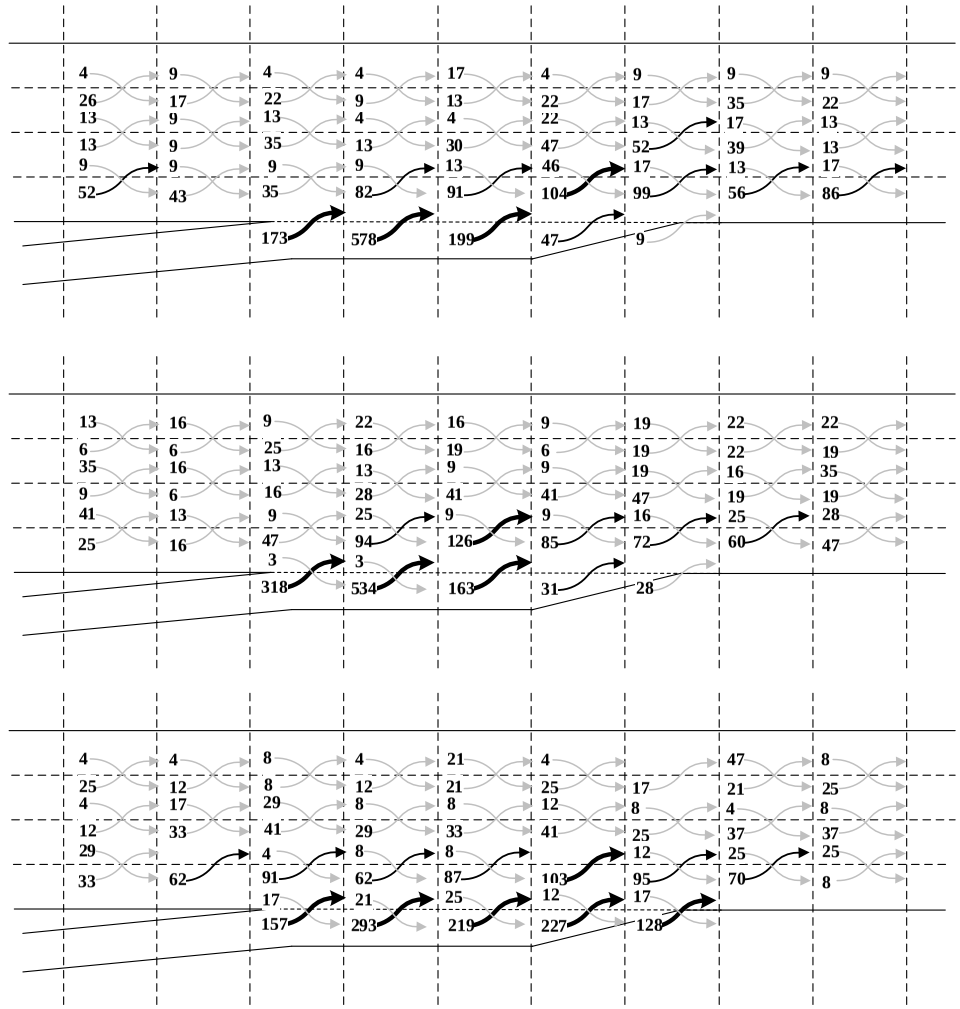


圖 3.4-22 國道 3 號北上三鶯交流道進口各調查點速率圖

車流非壅塞
16:20~16:35

非壅塞進入壅塞
16:35~16:55

車流壅塞
17:00~17:15



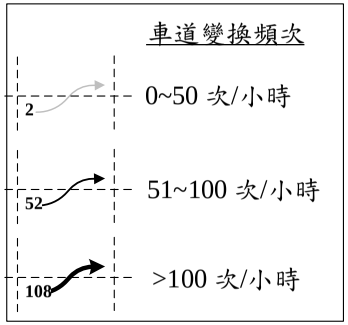


圖 3.4-23 國道 3 號北上三鶯交流道進口匝道區車道變換數量圖

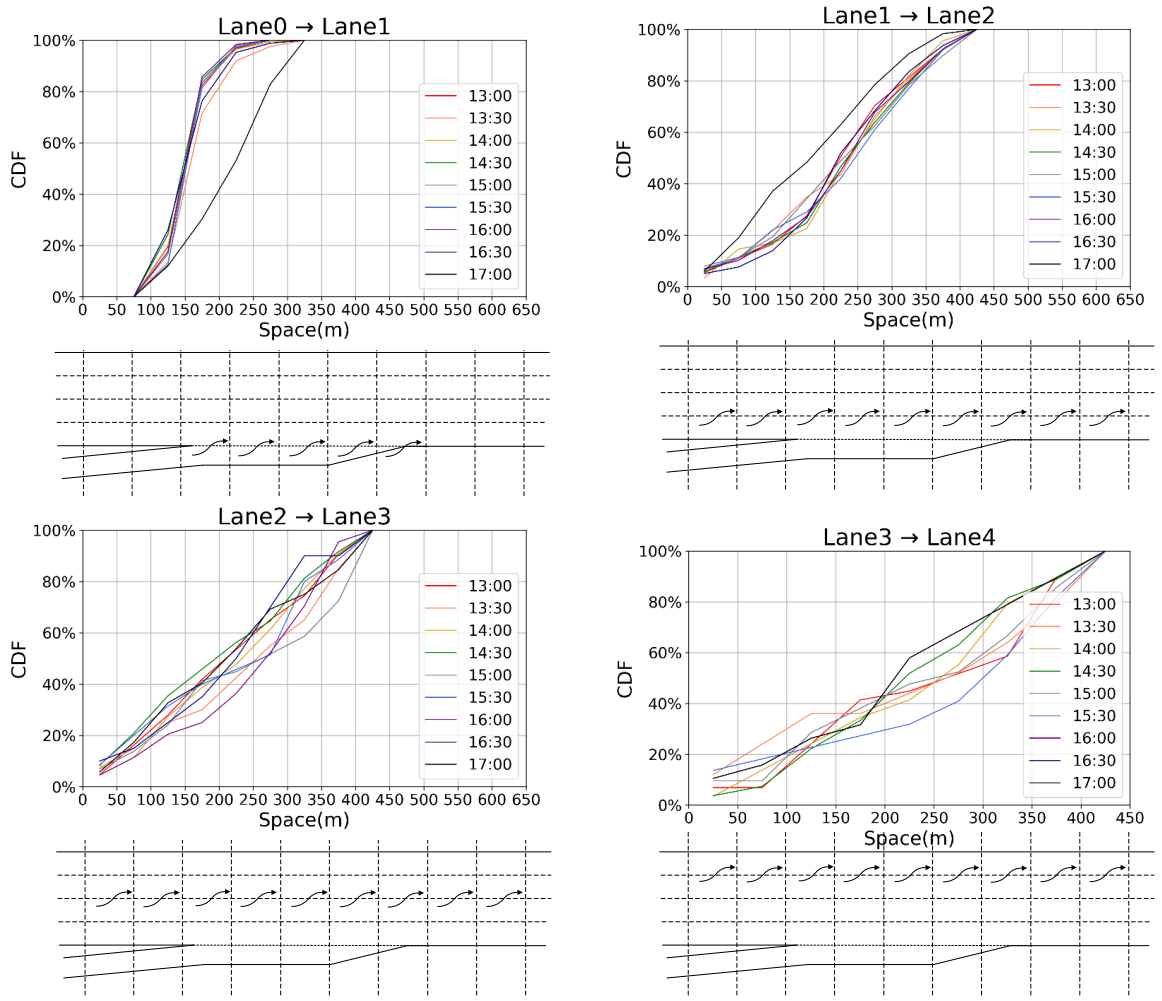


圖 3.4-24 國道 3 號北上三鶯交流道進口匝道區車道變換累積機率圖

五、 國道 3 號北上土城交流道出口

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 3.4-25 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 12 個區間，總範圍為 43K+450 ~ 42K+800。

圖 3.4-26 ~ 3.4-28 為各調查點流率、密度以及速率圖，分別有 A、B、C 三個調查點，並依照車道區分，各點之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 3.4-36 可看出流率保持穩定，然而從圖 3.4-27 與 3.4-28 可看出於 14:42 時，密度上升且速率下降，代表車流由非壅塞轉變為壅塞。

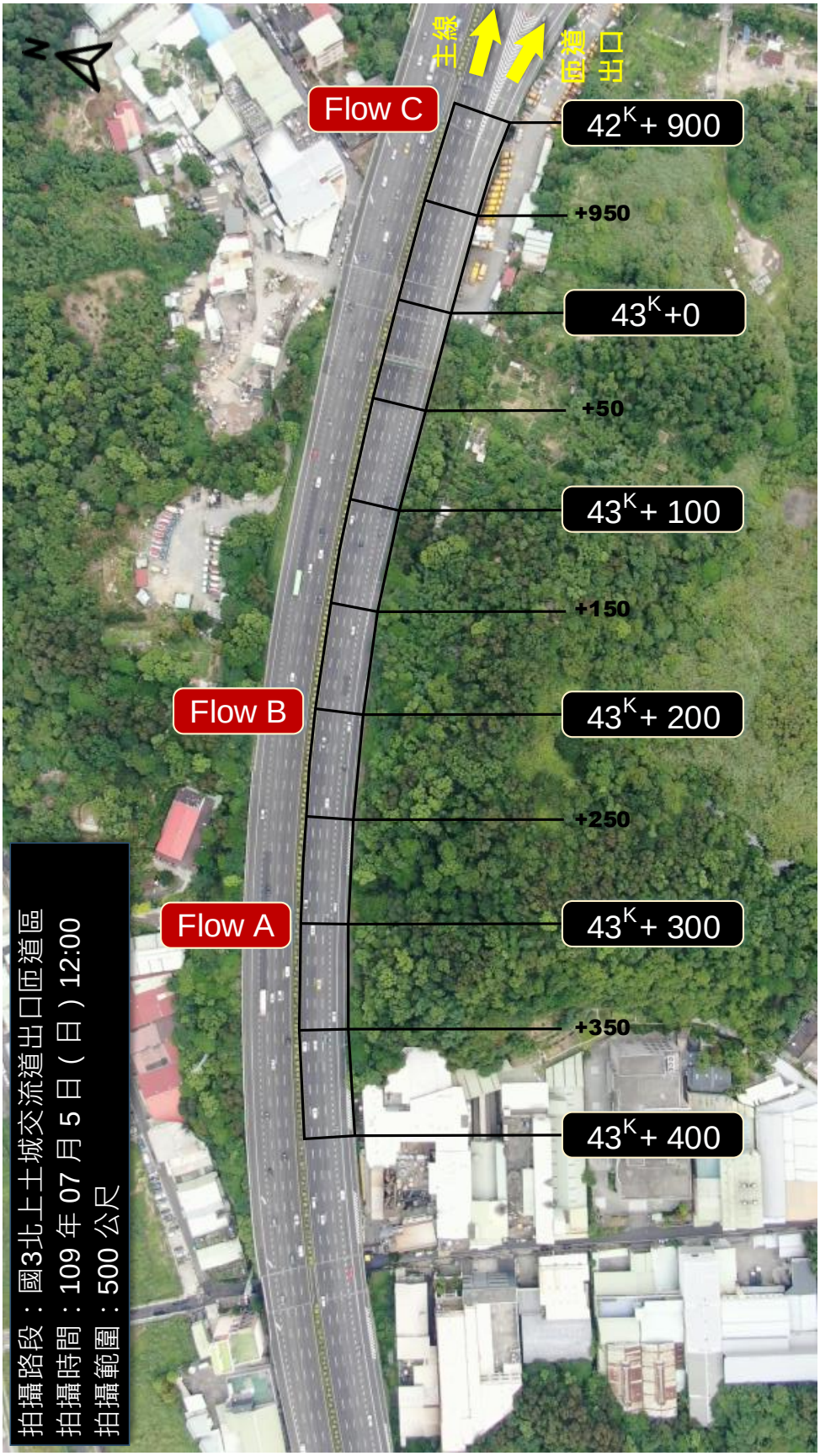


圖 3.4-25 國道 3 號北上土城交流道出口分流區

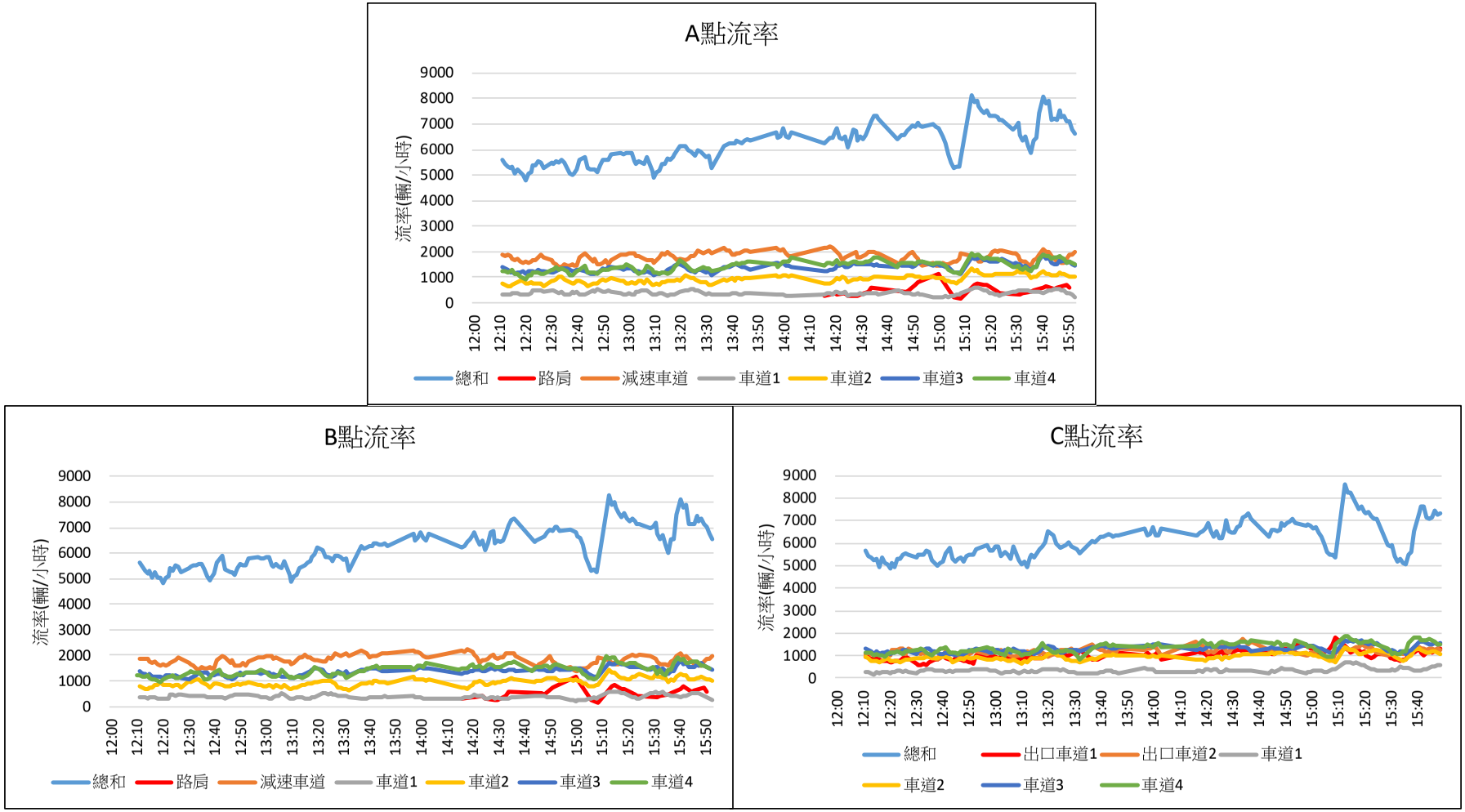


圖 3.4-26 國道 3 號北上土城交流道出口各調查點流率圖

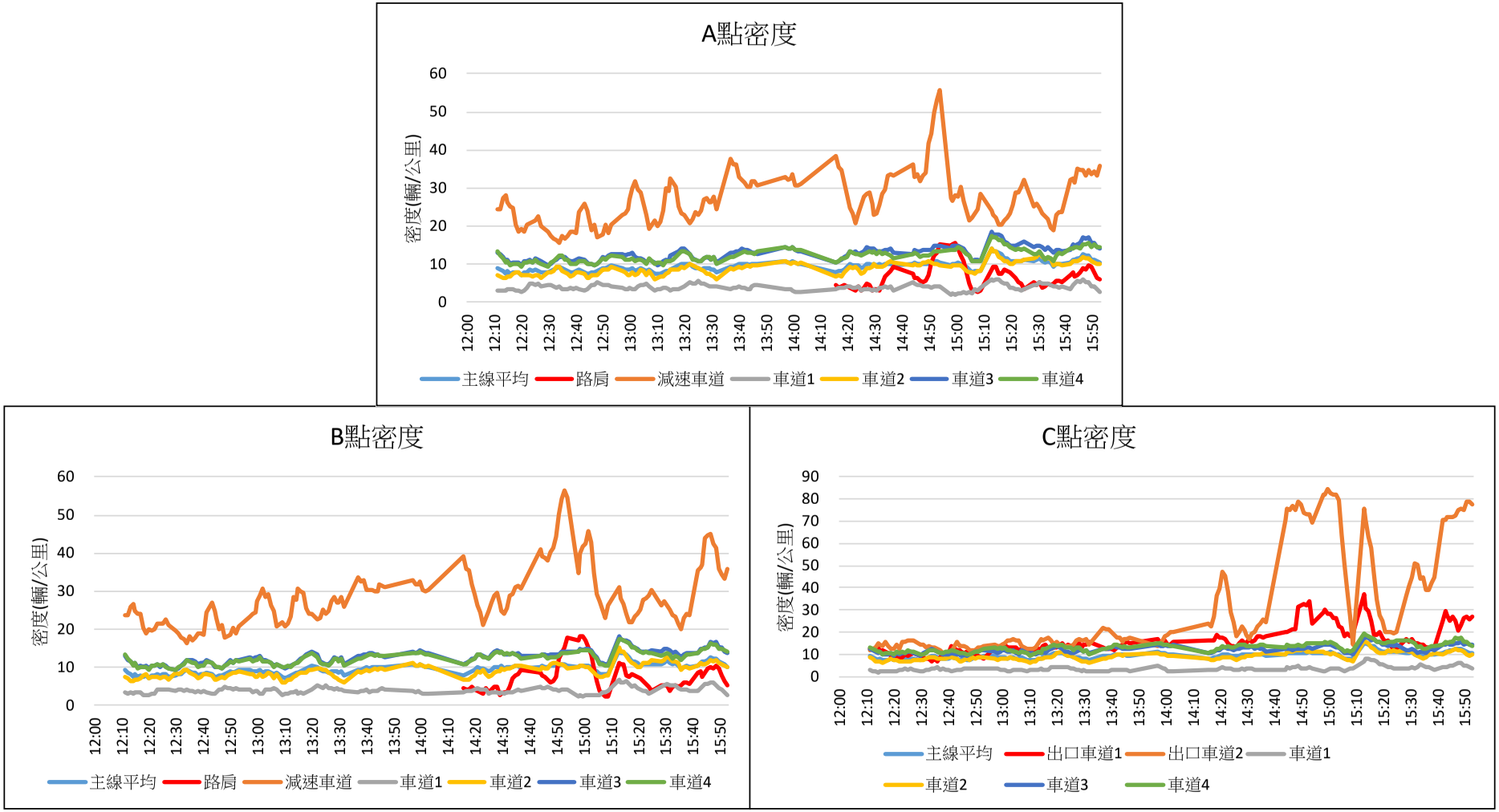


圖 3.4-27 國道 3 號北上土城交流道出口各調查點密度圖

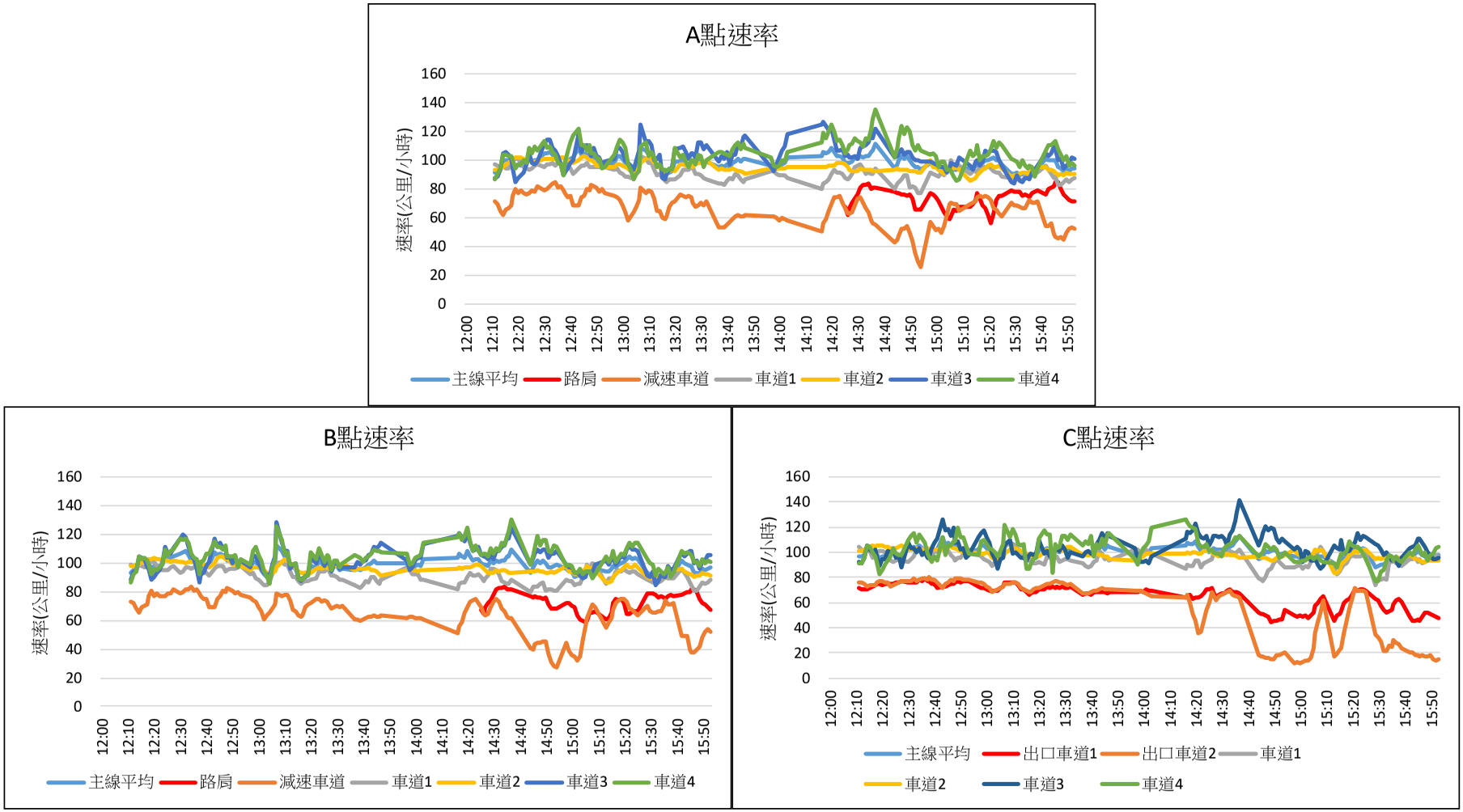


圖 3.4-28 國道 3 號北上土城交流道出口各調查點速率圖

六、 國道 1 號北上頭份交流道出口

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 3.4-29 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 12 個區間，總範圍為 111K+300～110K+700，車道變換共有 12 個區間，總範圍為 111K+300～110K+700。

圖 3.4-30～3.4-32 為各調查點流率、密度以及速率圖，分別有 A、B、C 三個調查點，並依照車道區分，各點之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 3.4-30～3.4-32 可看出流率與密度保持穩定，然而從圖 3.4-32 可得知出口車輛會有減速的狀況發生，與一般認知相符。

圖 3.4-33 為車道變換之數量圖，由於該觀測點並未發生壅塞情形，因此選取流量最高的兩時段，包含時段一（14:10～14:30）以及時段二（15:30～15:30）。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於減速車道開始 100 公尺內進入減速車道以利其離開高速公路。

圖 3.4-34 為車道變換之累積機率圖，圖中根據不同時間時各區段由內側車道轉換到外側車道之累積機率。由此圖可看出，約 80% 的車輛會於減速車道開始後 100 公尺內進入減速車道，而車道 3 進入車道 2 及車道 2 進入車道 1 並無明顯趨勢。

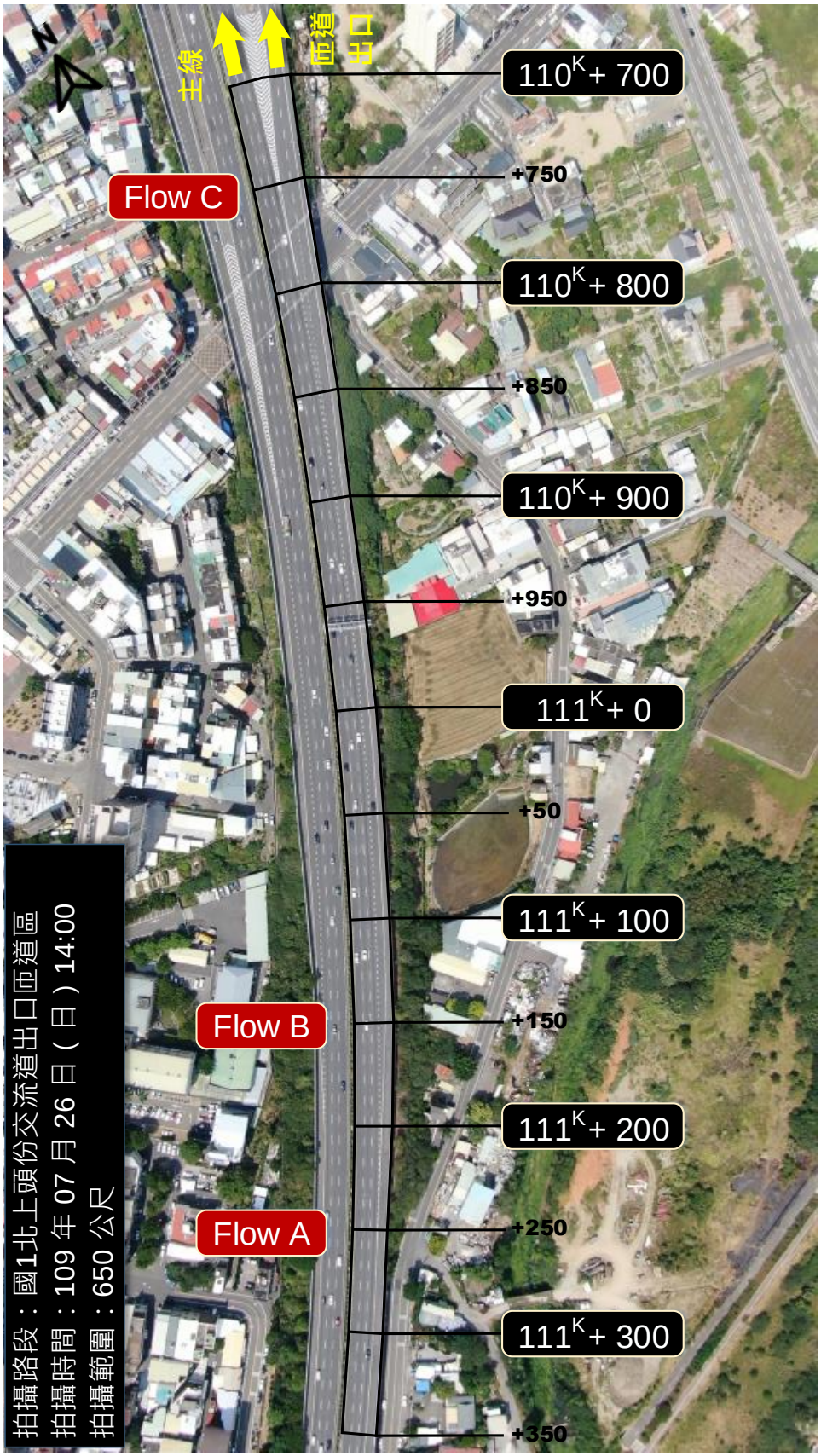


圖 3.4-29 國道 1 號北上頭份交流道出口分流區

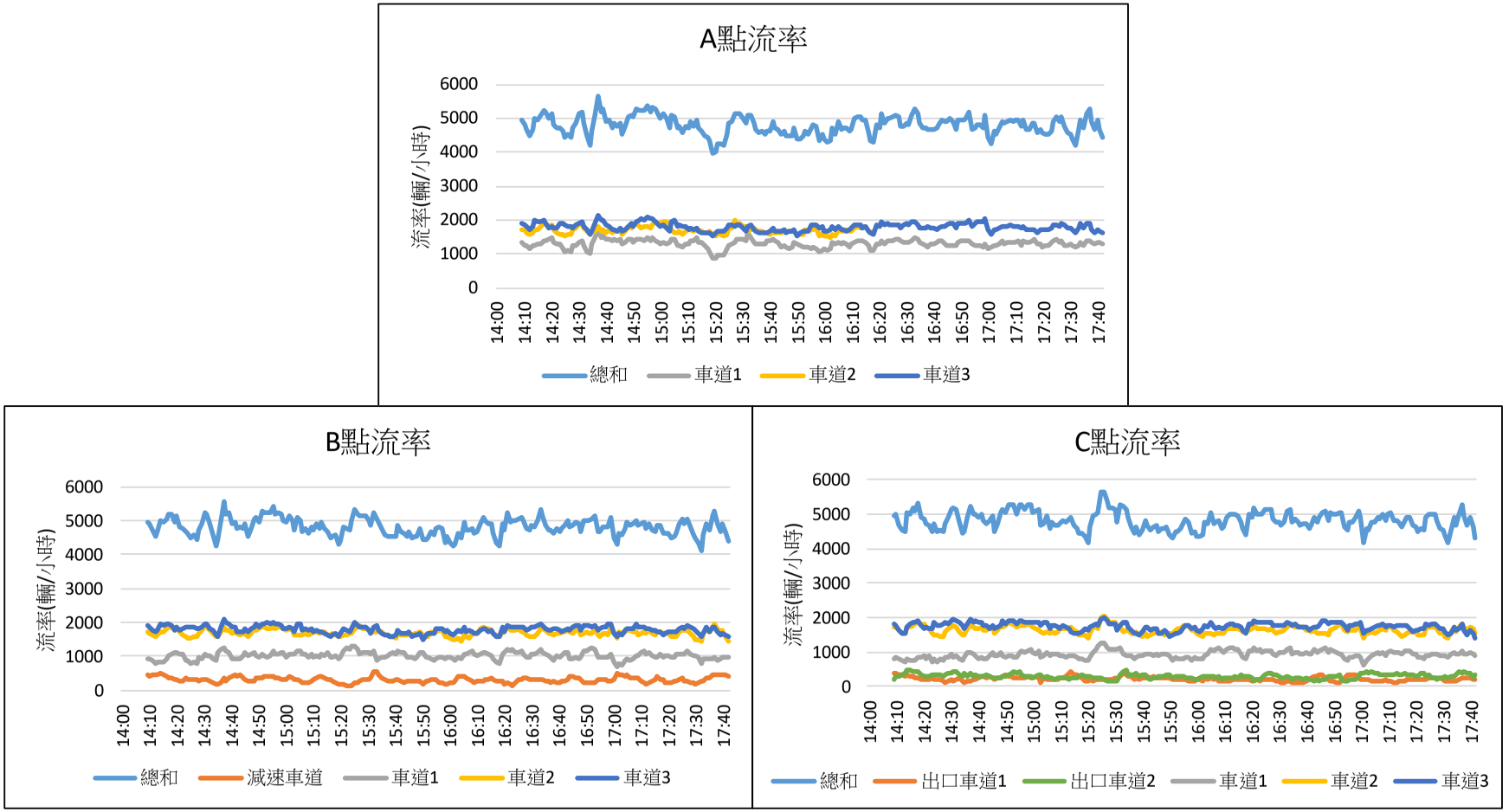


圖 3.4-30 國道 1 號北上頭份交流道出口各調查點流率圖

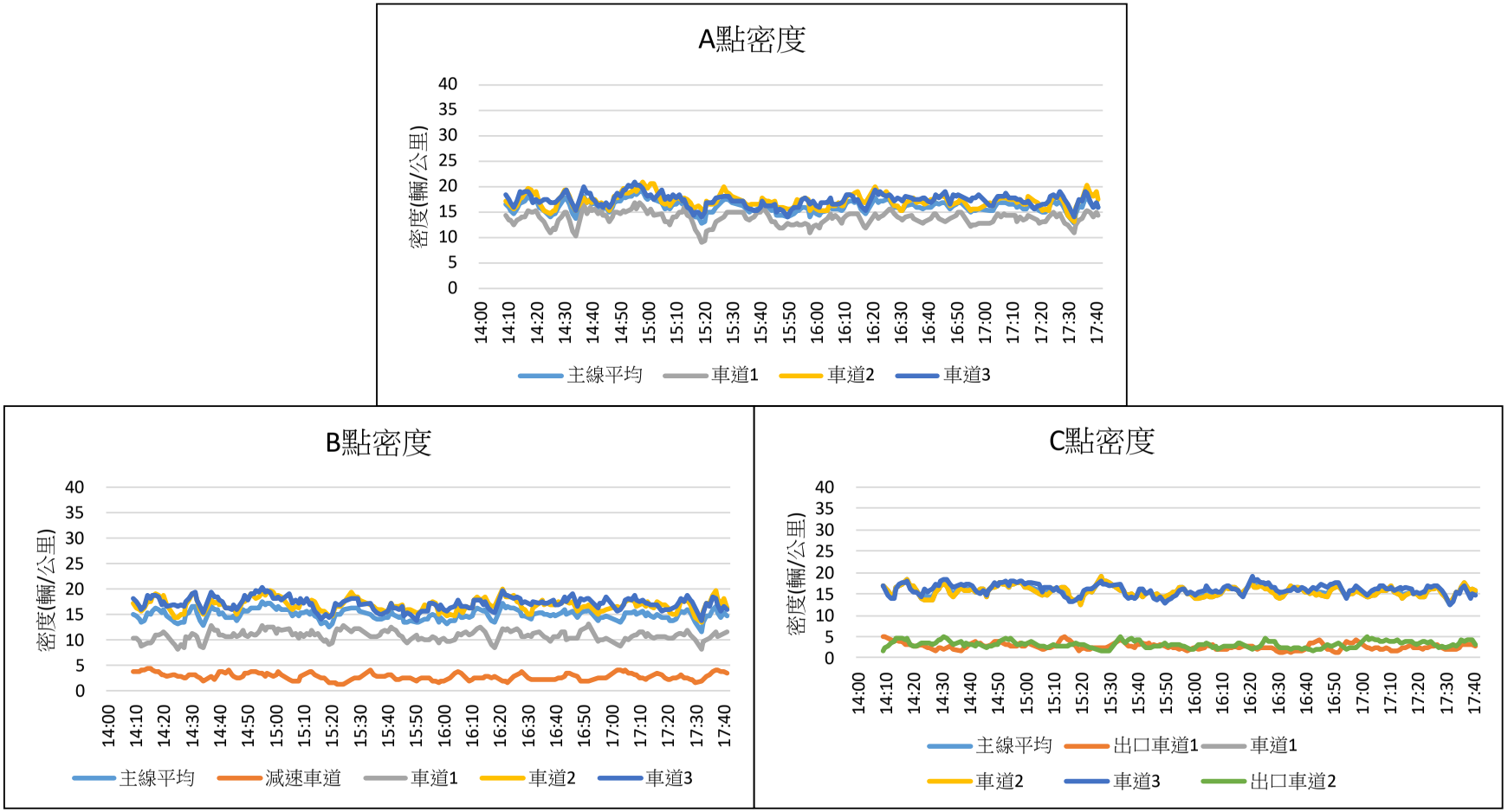


圖 3.4-31 國道 1 號北上頭份交流道出口各調查點密度圖

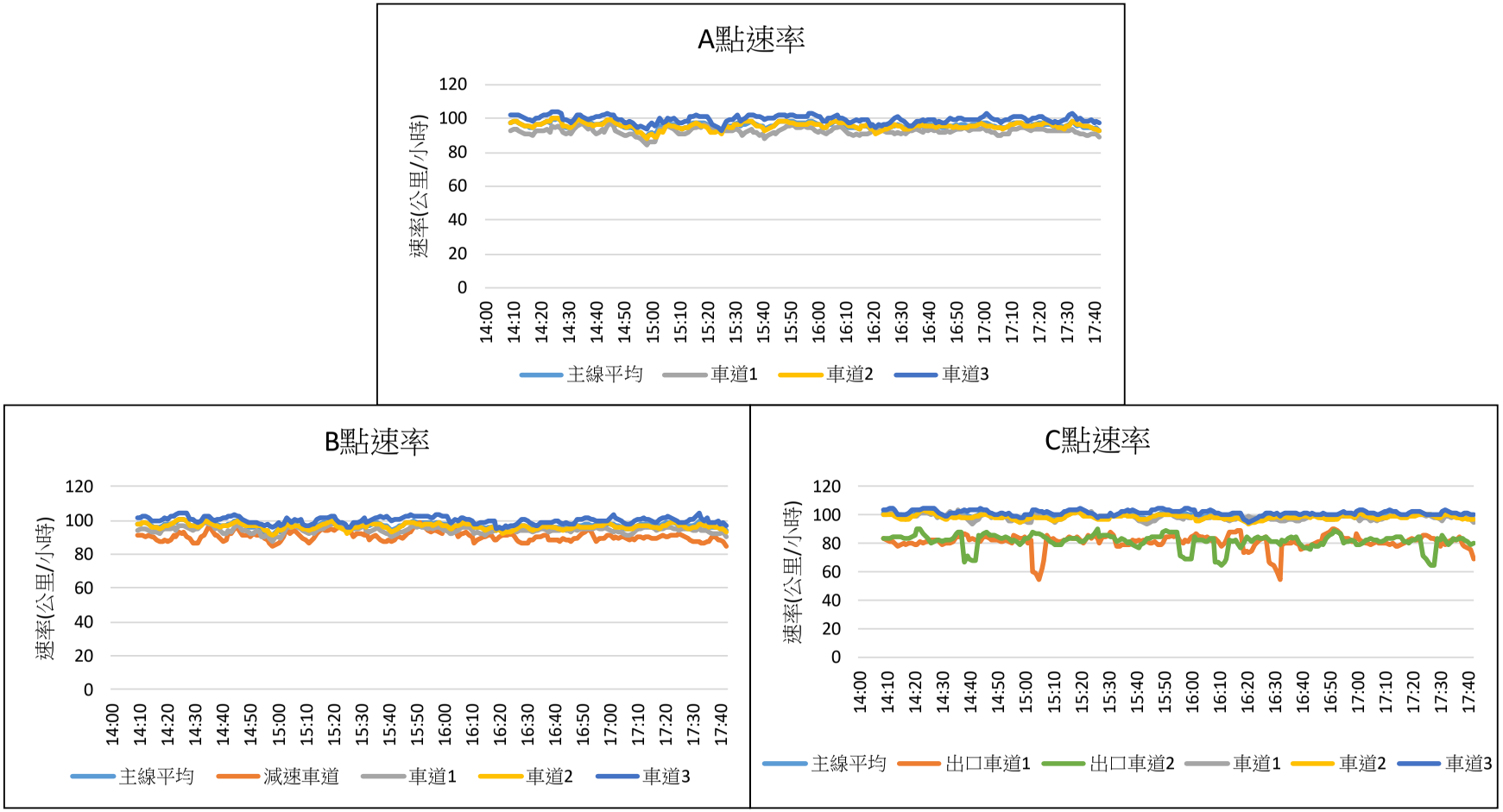
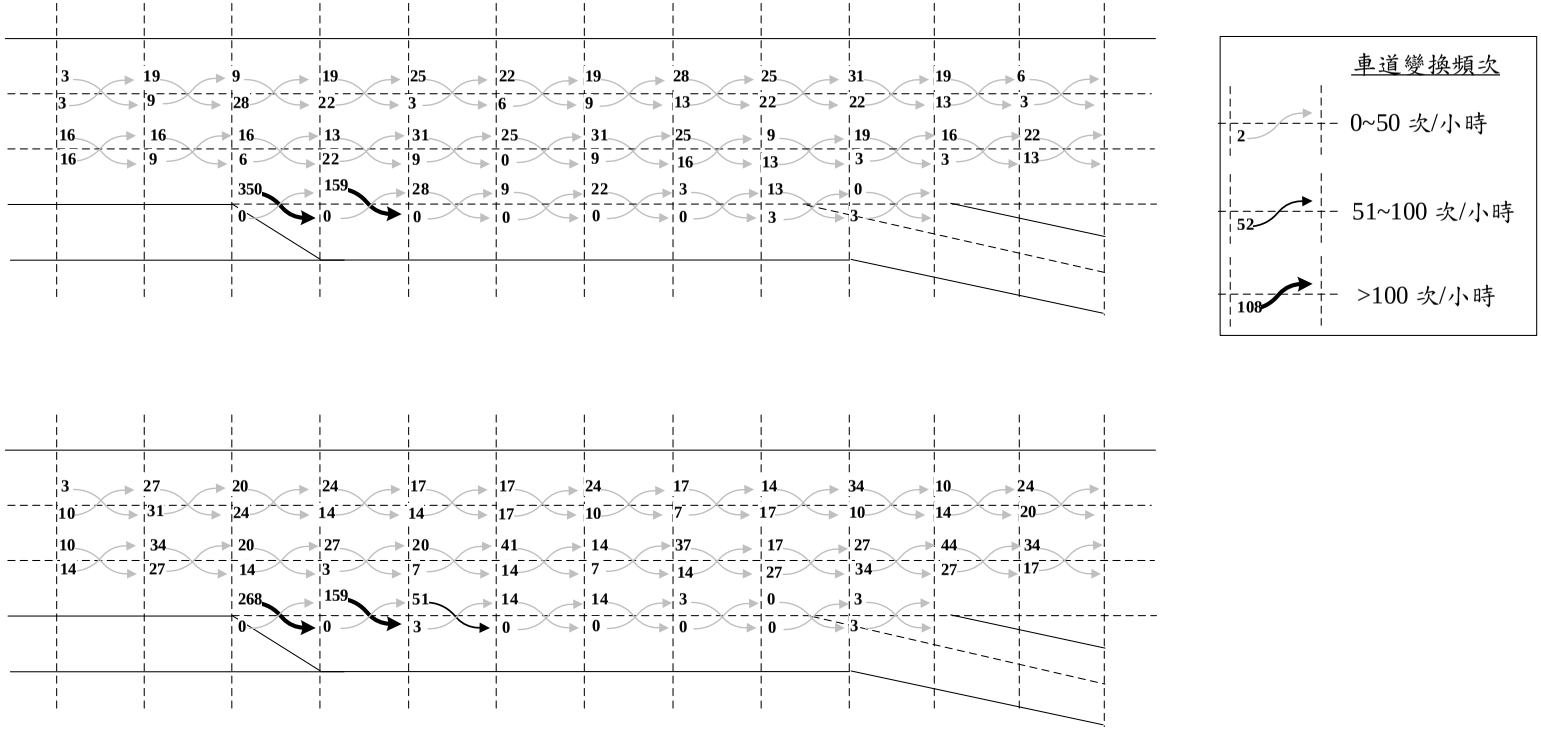


圖 3.4-32 國道 1 號北上頭份交流道出口各調查點速率圖

14:10~14:30



15:10~15:30

圖 3.4-33 國道 1 號北上頭份交流道出口分流區車道變換數量圖

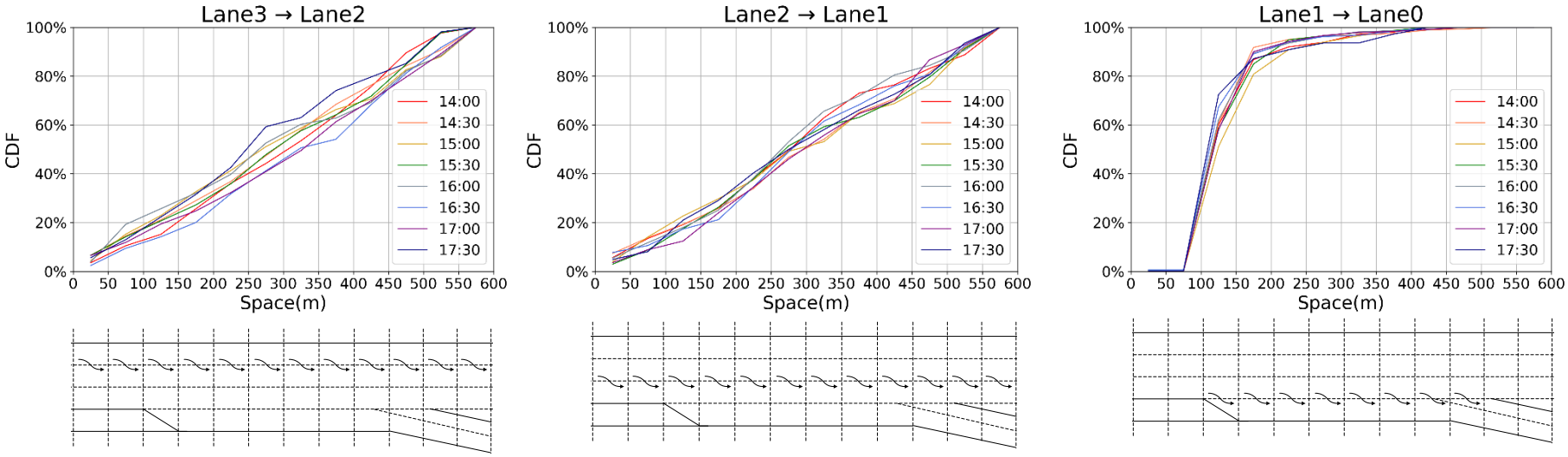


圖 3.4-34 國道 1 號北上頭份交流道出口分流區車道變換累積機率圖

第四章 車流特性分析

本章就車流特性分析進行探討，將於 4.1 節分析進口匝道匯流區的（1）車道分布、（2）流率與密度關係、（3）流率與速率關係、（4）速率與密度關係、（5）匯流影響區、（6）最大流率； 4.2 節對出口匝道分流區的（1）車流的車道分布、（2）流率與密度關係、（3）流率與速率關係、（4）速率與密度關係、（5）分流影響區，進行討論。

4.1 高速公路進口匝道匯流區

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，詳細內容整理如表 4.1-1 所示。而本計畫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，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，兩者對於加速車道之定義略有不同。本期計畫之分析對象為非獨立匝道，分析匝道之上游或下游有距離相近之匝道。新店交流道之上游有相近的出口匝道，中壢 A、B 交流道為兩相鄰之進口匝道，三鶯交流道則是主線 4 車道且上游有相近出口匝道之進口匝道。

表 4.1-1 進口匝道調查地點之幾何形態

調查地點	主線 車道數	主線 限速	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
3N 新店 交流道	3 車道	90 公里/小時	1 車道	250 公尺	出口匝道 270 公尺	出口匝道 1,400 公尺
1S 中壢 交流道 B 進口	3 車道	100 公里/小時	1 車道	310 公尺	進口匝道 260 公尺	出口匝道 1,740 公尺
1S 中壢 交流道 A 進口	3 車道	100 公里/小時	1 車道	190 公尺	出口匝道 370 公尺	進口匝道 260 公尺
3N 三鶯 交流道	4 車道	110 公里/小時	1 車道	210 公尺	出口匝道 700 公尺	進口匝道 4,100 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），調查地點涵蓋 3 個主線 3 車道及 1 個主線 4 車道不開放路肩之路段。本計畫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。由於主線 4 車道之地點有其特殊性，為方便討論，將地點車流之車道分布資料分別整理為三車道地點表 4.1-2 與四車道地點表 4.1-3。

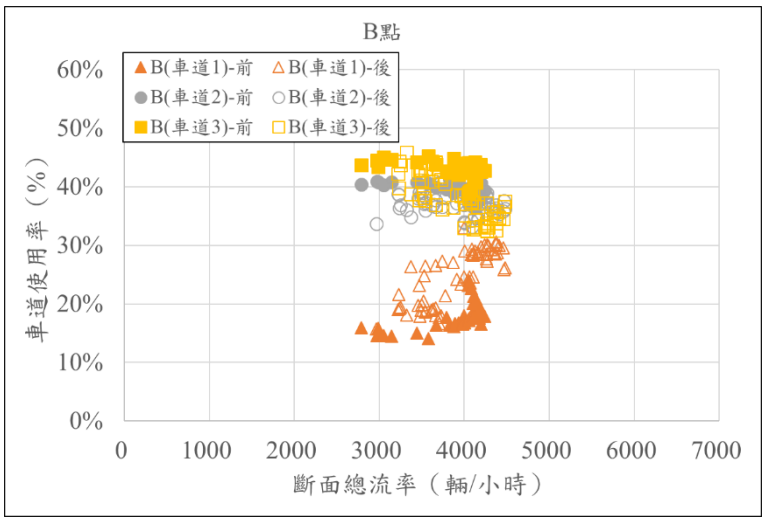
以新店交流道為例，在穩定車流進入壅塞前的情況下，主線上游（B 點）車道 1 之車流流率占主線總流率之 14～24%、車道 2 占 36% ~ 42%、車道 3 占 38～46%，車道 1 之使用比例比車道 2 及車道 3 低很多。主線下游（D 點）因受匝道匯入車流之影響，車道 1 的車道使用上升至 20~35%，車道 2 及車道 3 的使用比例稍微下降至 33~42%與 32~39%。然而，在進入壅塞車流的情況下，主線上游（B 點）之車道 1 的使用上升至 15~33%、車道 2 下降至 33~40%、車道 3 下降至 32~51%；主線下游（D 點）呈現相同的趨勢。

雖然各車道之車流占總流率之比例隨地點而異，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共占 70%。

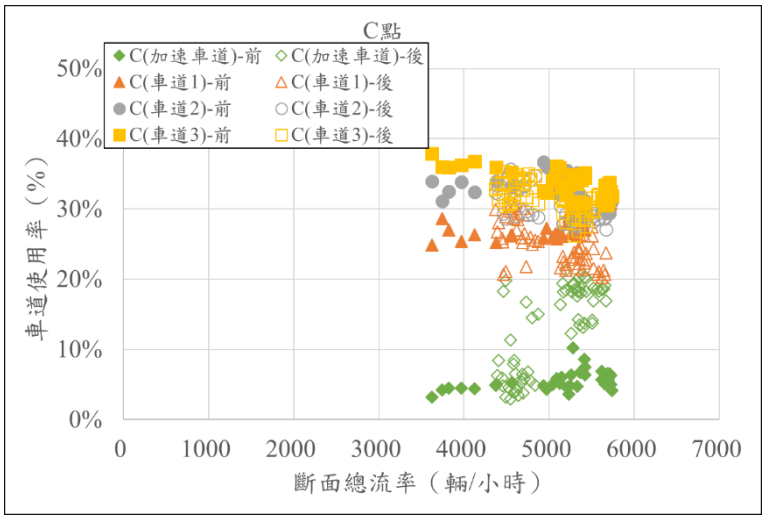
四車道地點之三鶯交流道，在穩定車流進入壅塞前的情況下，主線上游（B 點）車道 1 之車流流率僅占主線總流率之 4~13%、車道 2 占 22%~29%、車道 3 占 27~37%、車道 4 占 31~39%，車道 1 之使用比例比大幅低於車道 2、車道 3 與車道 4。主線下游（D 點）因受匝道匯入車流之影響，車道 1 的車道使用上升至 12~20%，車道 2 的使用比例並無變化，依然維持 22%~29%，車道 3 及車道 4 的使用比例稍微下降至 26 ~ 33%與 26 ~ 34%。然而，在進入壅塞車流的情況下，主線上游（B 點）之車道 1 的使用上升至 18~25%、車道 2 微幅下降至 23~27%、車道 3 下降至 24~27%、車道 4 下降至 25~29%；主線下游（D 點）亦呈現相同的趨勢。

因此，可以發現四車道調查地點在壅塞前後之車道使用比例變化情形與三車道調查地點雷同，在發生壅塞前的穩定車流的狀況下，車道 4（內側車道）的使

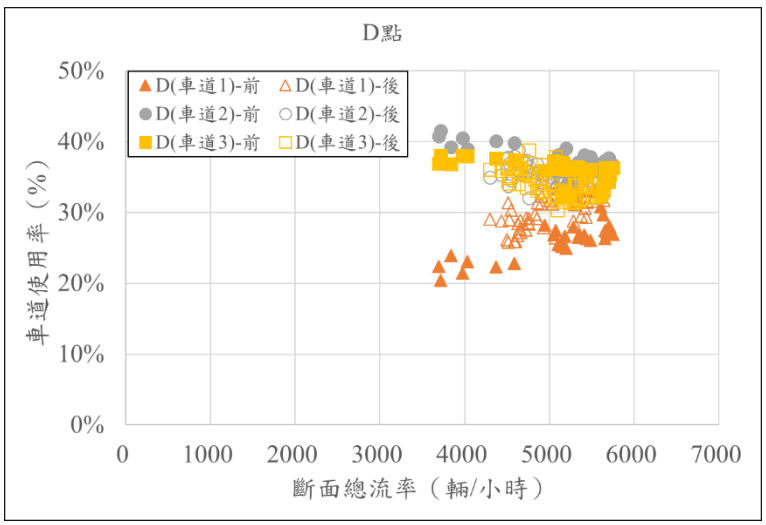
用率最高，車道 1（外側車道）的使用率最低。在壅塞狀況下，車道 1（外側車道）的使用率提高至約 20%，其他三車道的使用率則各約為 27%。



主線上游（B 點）

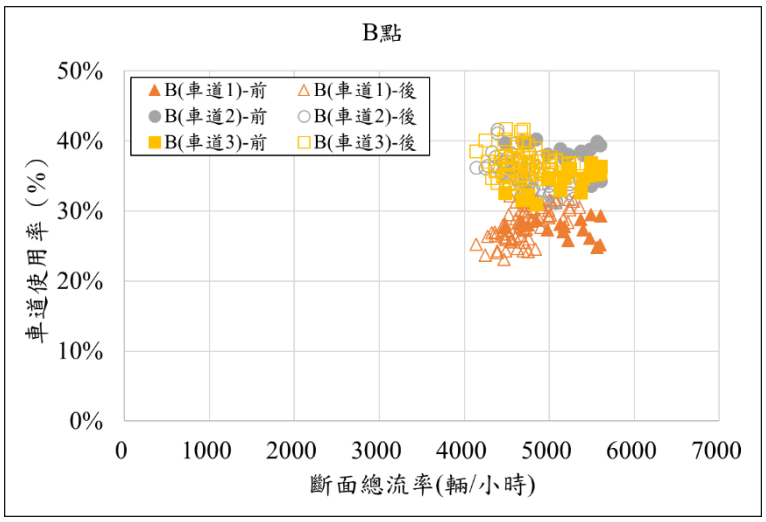


匯流區內（C 點）

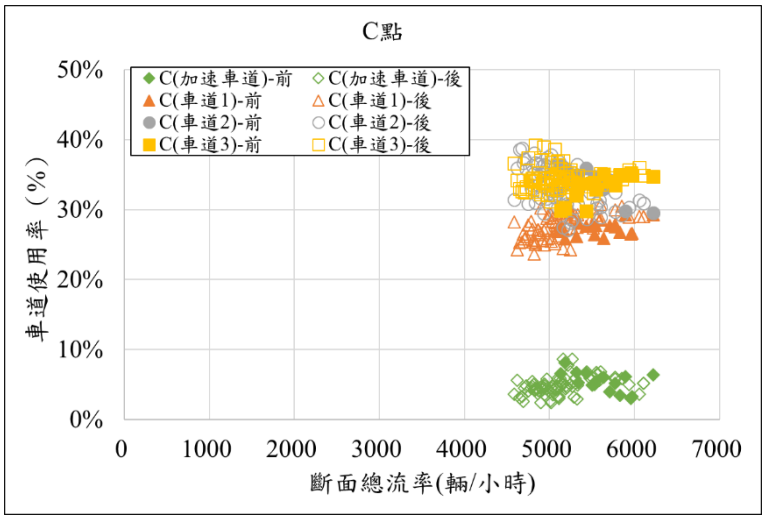


主線下游（D 點）

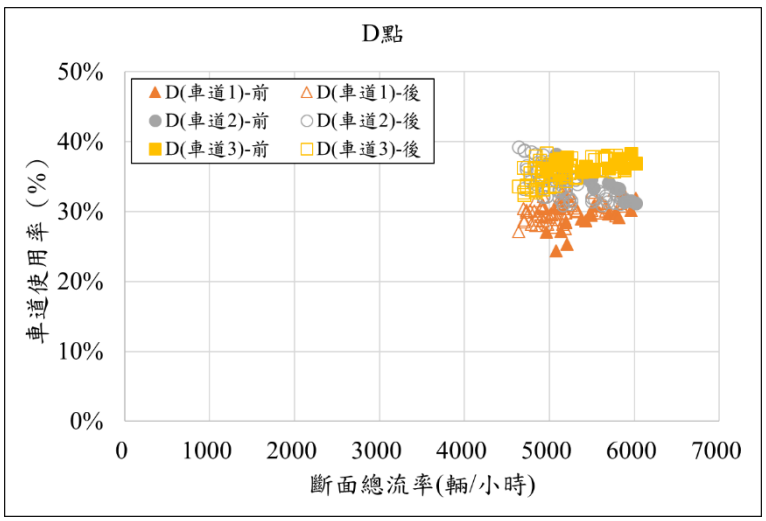
圖 4.1-1 國道 3 號北上新店交流道進口範圍車流之車道分布



主線上游（B 點）

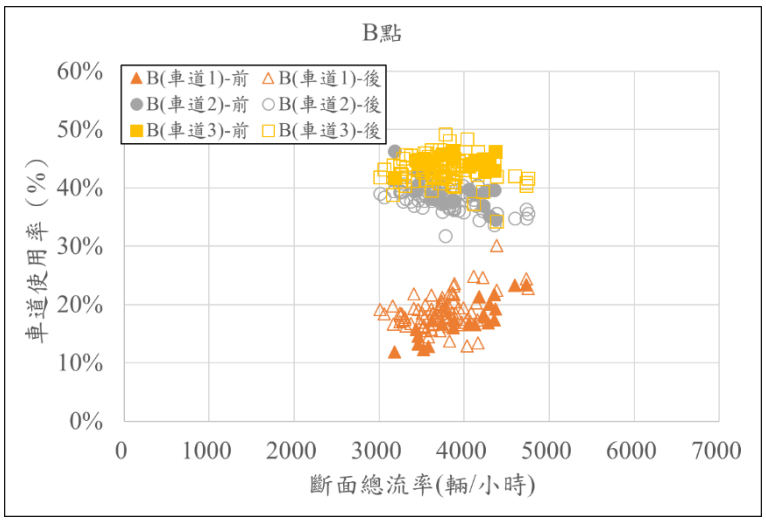


匯流區內（C 點）

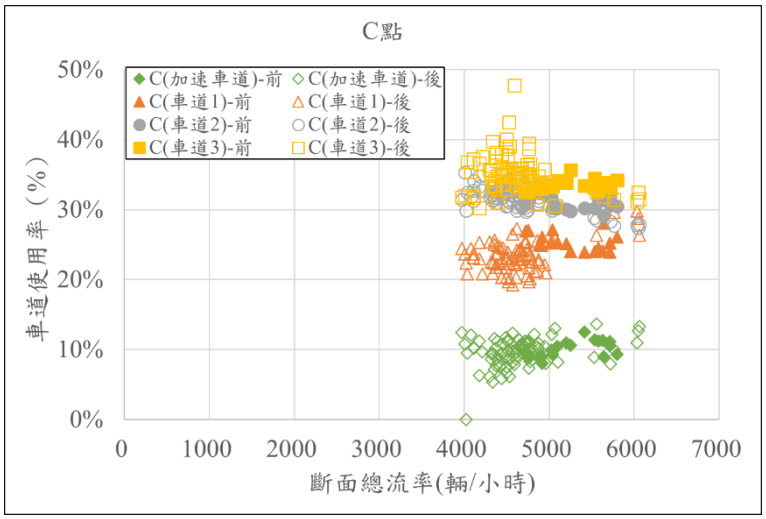


主線下游（D 點）

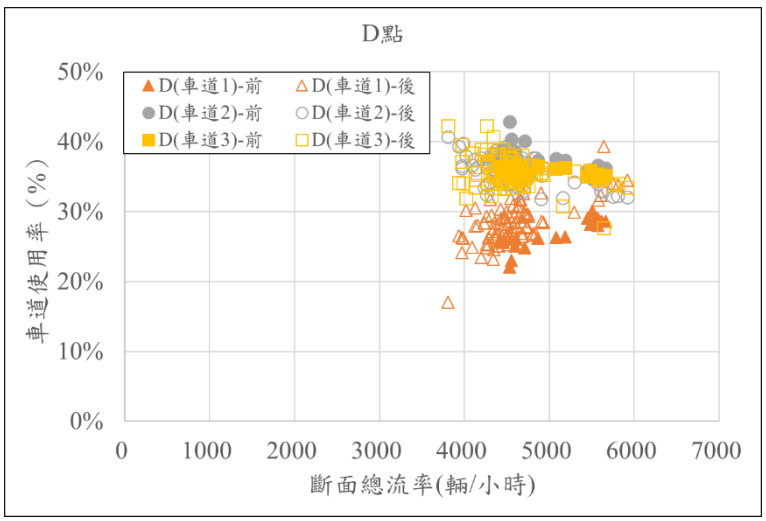
圖 4.1-2 國道 1 號北上中壢交流道 B 進口匝道進口範圍車流之車道分布



主線上游（B 點）

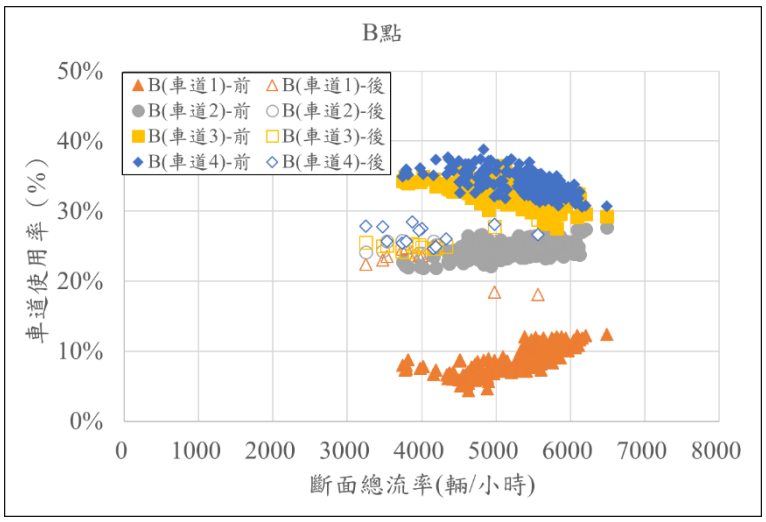


匯流區內（C 點）

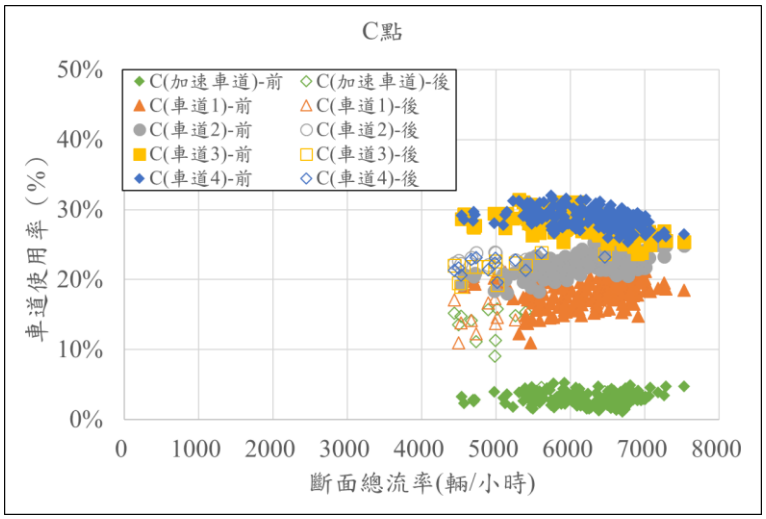


主線下游（D 點）

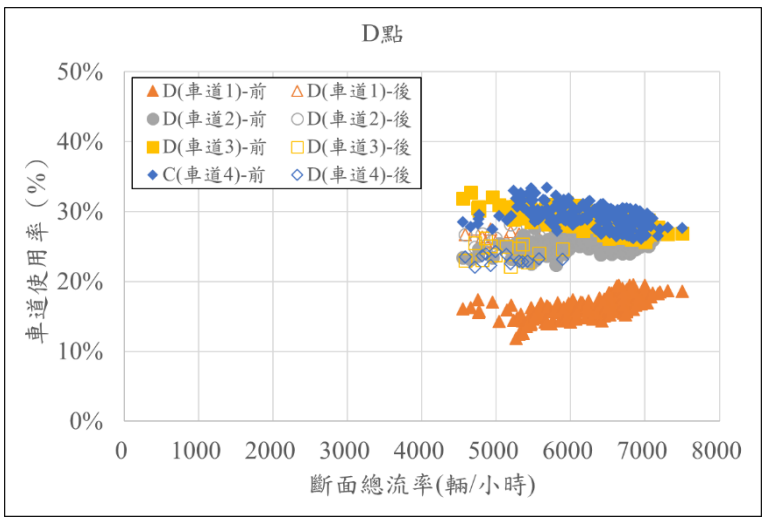
圖 4.1-3 國道 1 號北上中壢交流道 A 進口匝道進口範圍車流之車道分布



主線上游（B 點）



匯流區內（C 點）



主線下游（D 點）

圖 4.1-4 國道 3 號北上三鶯交流道進口匝道進口範圍車流之車道分布

表 4.1-2 三車道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）
3N 新店	主線上游（B 點）	穩定車流		14 ~ 24%	36 ~ 42%	38 ~ 46%
		壅塞車流	—	15 ~ 33%	33 ~ 40%	32 ~ 51%
	匯流區內（C 點）	穩定車流	3 ~ 11%	24 ~ 33%	29 ~ 37%	30 ~ 38%
		壅塞車流	4 ~ 22%	20 ~ 31%	27 ~ 33%	26 ~ 35%
	主線下游（D 點）	穩定車流		20 ~ 35%	33 ~ 42%	32 ~ 39%
		壅塞車流	—	27 ~ 35%	32 ~ 38%	30 ~ 38%
1S 中壢 B	主線上游（B 點）	穩定車流		24 ~ 30%	33 ~ 41%	31 ~ 37%
		壅塞車流	—	23 ~ 33%	31 ~ 42%	33 ~ 42%
	匯流區內（C 點）	穩定車流	3 ~ 9%	25 ~ 30%	29 ~ 37%	29 ~ 36%
		壅塞車流	2 ~ 9%	23 ~ 31%	27 ~ 39%	31 ~ 40%
	主線下游（D 點）	穩定車流		24 ~ 33%	31 ~ 39%	35 ~ 39%
		壅塞車流	—	27 ~ 33%	30 ~ 40%	32 ~ 39%
1S 中壢 A	主線上游（B 點）	穩定車流		11 ~ 21%	34 ~ 47%	41 ~ 47%
		壅塞車流	—	12 ~ 31%	31 ~ 42%	34 ~ 50%
	匯流區內（C 點）	穩定車流	8 ~ 13%	23 ~ 29%	29 ~ 34%	32 ~ 36%
		壅塞車流	5 ~ 14%	19 ~ 31%	27 ~ 36%	30 ~ 48%
	主線下游（D 點）	穩定車流		22 ~ 31%	34 ~ 43%	34 ~ 37%
		壅塞車流	—	17 ~ 40%	31 ~ 41%	27 ~ 43%

表 4.1-3 四車道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	車道 4（內側）
3N 三鶯	主線上游（B 點）	穩定車流		4 ~ 13%	22 ~ 29%	27 ~ 37%	31 ~ 39%
		壅塞車流	—	18 ~ 25%	23 ~ 27%	24 ~ 27%	25 ~ 29%
	匯流區內（C 點）	穩定車流	1 ~ 5%	11 ~ 23%	18 ~ 25%	24 ~ 31%	25 ~ 32%
		壅塞車流	7 ~ 19%	17 ~ 25%	22 ~ 24%	21 ~ 23%	16 ~ 23%
	主線下游（D 點）	穩定車流		12 ~ 20%	22 ~ 29%	26 ~ 33%	26 ~ 34%
		壅塞車流	—	24 ~ 28%	24 ~ 28%	22 ~ 26%	22 ~ 24%

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，圖中只記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。可看出由非壅塞狀況進入壅塞狀況之過渡階段，在車流密度大約 25 ~ 30 輛/公里/車道之資料點明顯呈現一斷層。

一、 圖 4.1-5 顯示，新店交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 從穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度在 20 輛/公里/車道的情況下，車道 1 的流率可維持 1,500 ~ 1,800 輛/小時，車道 2 約 1,800 ~ 2,200 輛/小時、車道 3 約 1,800 ~ 2,200 輛/小時。

(二) 進入壅塞狀況後，車道 2 及車道 3 之流率皆有斷層式的下降，從單車道 1,800 ~ 2,200 輛/小時下降至 1,600 ~ 1,800 輛/小時，流率下降約 200 ~ 400 輛/小時，車道 1 的流率維持 1,500 ~ 1,800 輛/小時的水準。

二、 圖 4.1-6 顯示，中壢交流道 B 進口匝道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 從穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度在 25 輛/公里/車道的情況下，車道 1 的流率可維持 1,600 ~ 1,800 輛/小時，車道 2 約 1,600 ~ 2,000 輛/小時、車道 3 約 1,900 ~ 2,200 輛/小時。

(二) 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 45 ~ 50 輛/公里/車道的範圍下，車道 1 能維持 1,600 ~ 1,800 輛/小時的流率，車道 2 能維持 1,600 ~ 1,950 輛/小時，車道 3 的流率則維持在 1,800 ~ 2,100 輛/小時範圍內。

三、 圖 4.1-7 顯示，中壢交流道 A 進口匝道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 從穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度在 25 輛/公里/車道的情況下，車道 1 的流率可維持 1,400 ~ 1,800 輛/小時，車道 2 約 1,600 ~ 2,000 輛/小時、車道 3 約 1,800 ~ 2,000 輛/小時。

(二) 密度超過 30 輛/公里/車道時，車道 1 流率下降，車道 1 的流率在 600 ~ 1,000 輛/小時，車道 2 和車道 3 約 1,600 ~ 1,800 輛/小時。

(三) 進入壅塞狀況後，流率與車流密度呈水平趨勢，在車流密度達到 60 輛/公里/車道的情況下，車道 1 流率回升到 1,400 ~ 1,600 輛/小時流率，車道 2 和車道 3 的流率則維持在 1,600 ~ 1,800 輛/小時。

四、 圖 4.1-8 顯示，三鶯交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 從穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度在 20 輛/公里/車道的情況下，車道 1 的流率可維持 1,200 ~ 1,300 輛/小時，車道 2 約 1,800 ~ 2,000 輛/小時、車道 3、車道 4 約 1,800 ~ 2,100 輛/小時。

(二) 進入壅塞狀況後，車道 2、車道 3 及車道 4 之流率皆有斷層式的下降，從單車道 1,800 ~ 2,100 輛/小時下降至 1,600 ~ 1,800 輛/小時，流率下降約 200 ~ 300 輛/小時，車道 1 的流率則從 1,200 ~ 1,400 輛/小時上升到 1,400 ~ 1,600 輛/小時。

(三) 進入壅塞狀況後，各車道流率隨著密度的升高持續下降，在車流密度達 60 ~ 70 輛/公里/車道時，四個車道的流率皆下降到 1,000 ~ 1,400 輛/小時範圍間。

流率與密度的關係隨地點而異，資料帶有隨機性，但整體而言，可發現車流由非壅塞進入壅塞的臨界車流密度約在 25~30 輛/公里/車道，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、加速車道長度以及距離上下游進出口匝道之間隔長度有關，後續進行模式建構時將加以探討。

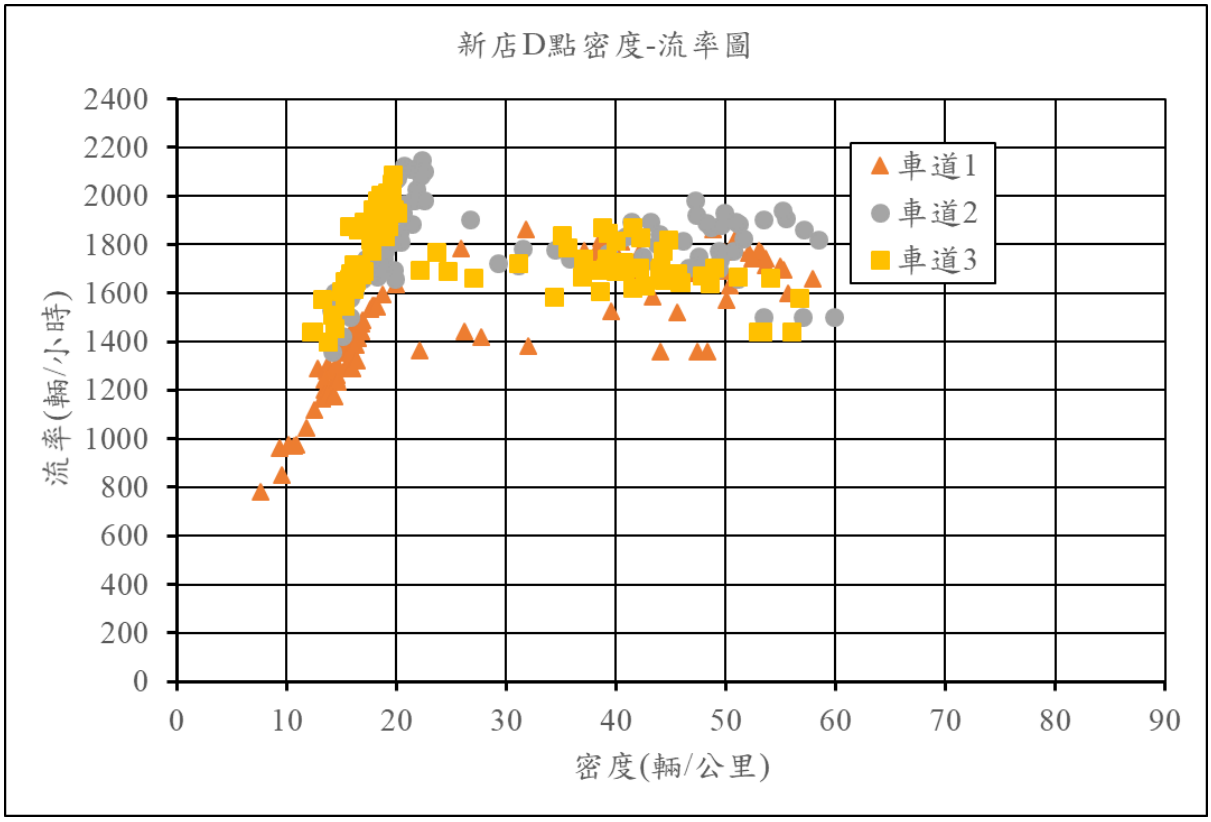


圖 4.1-5 國道 3 號北上新店交流道各車道流率與密度之關係

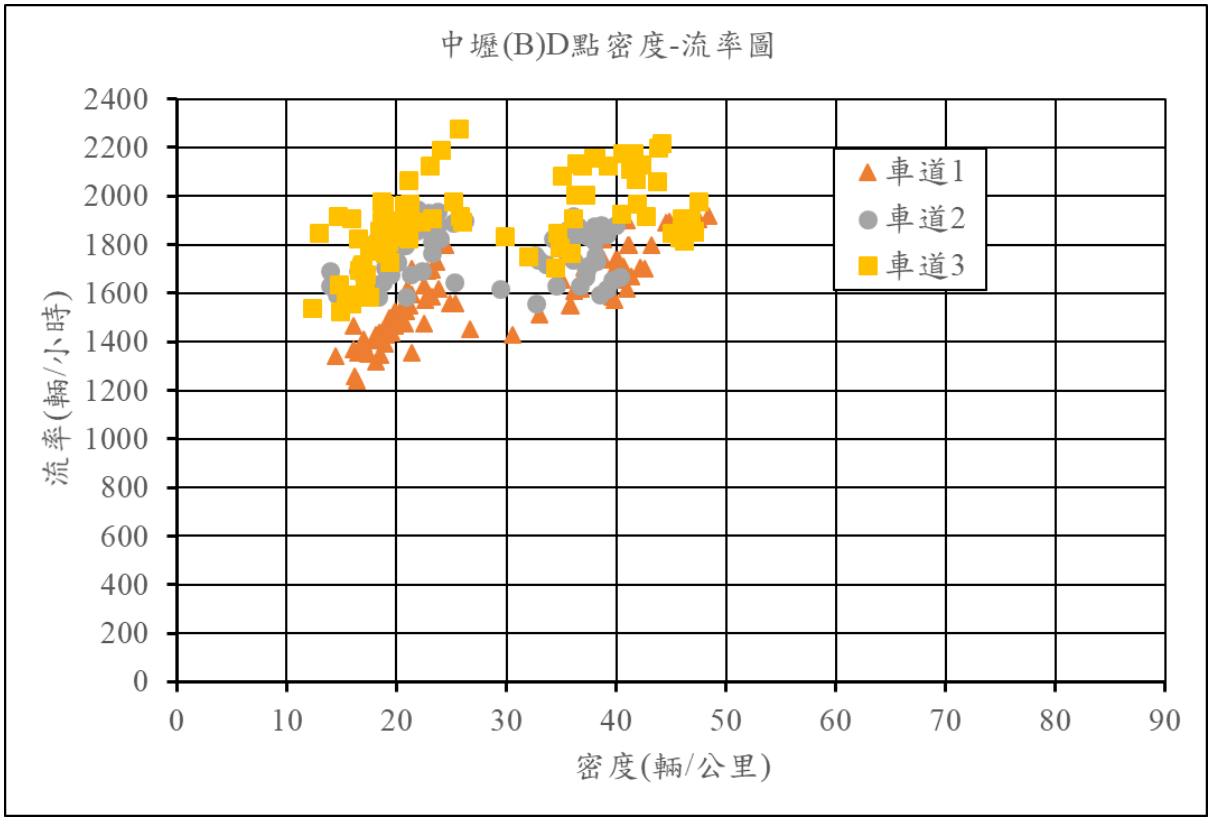


圖 4.1-6 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口匝道各車道流率與密度之關係

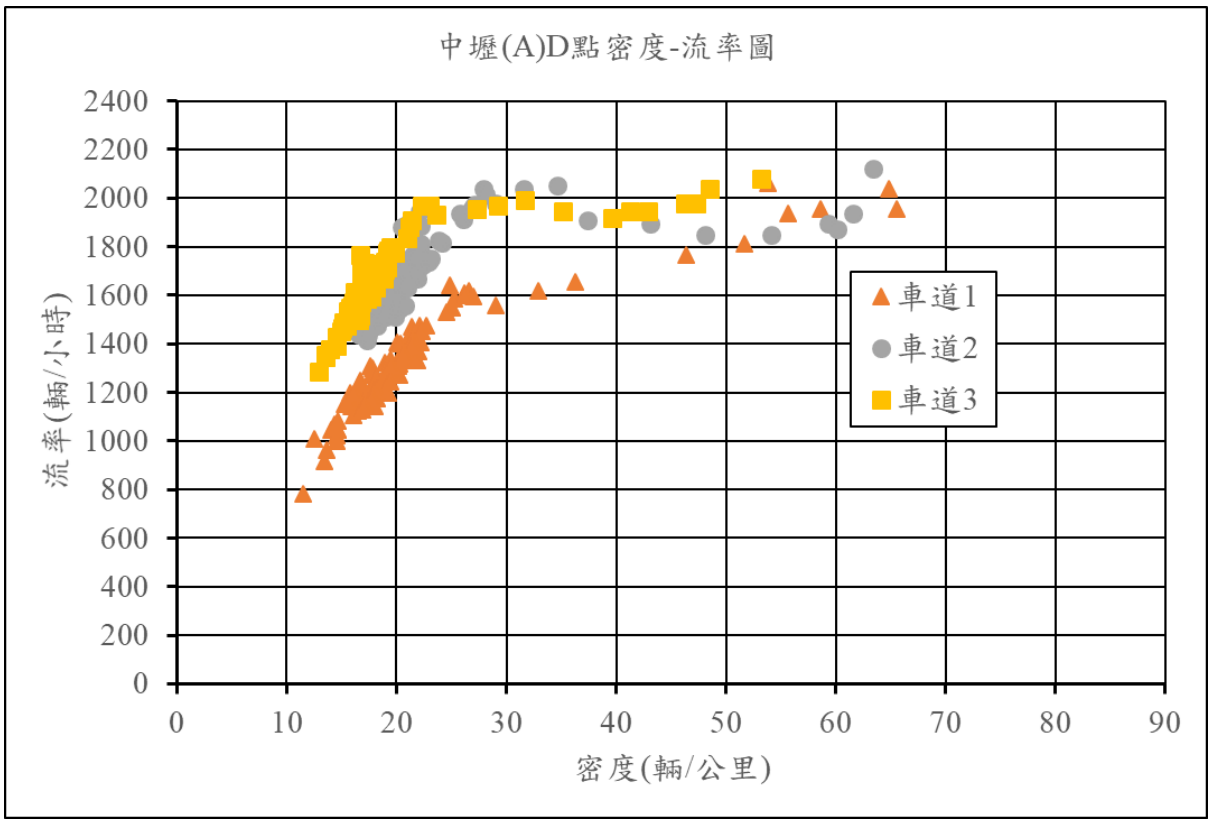


圖 4.1-7 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道各車道流率與密度之關係

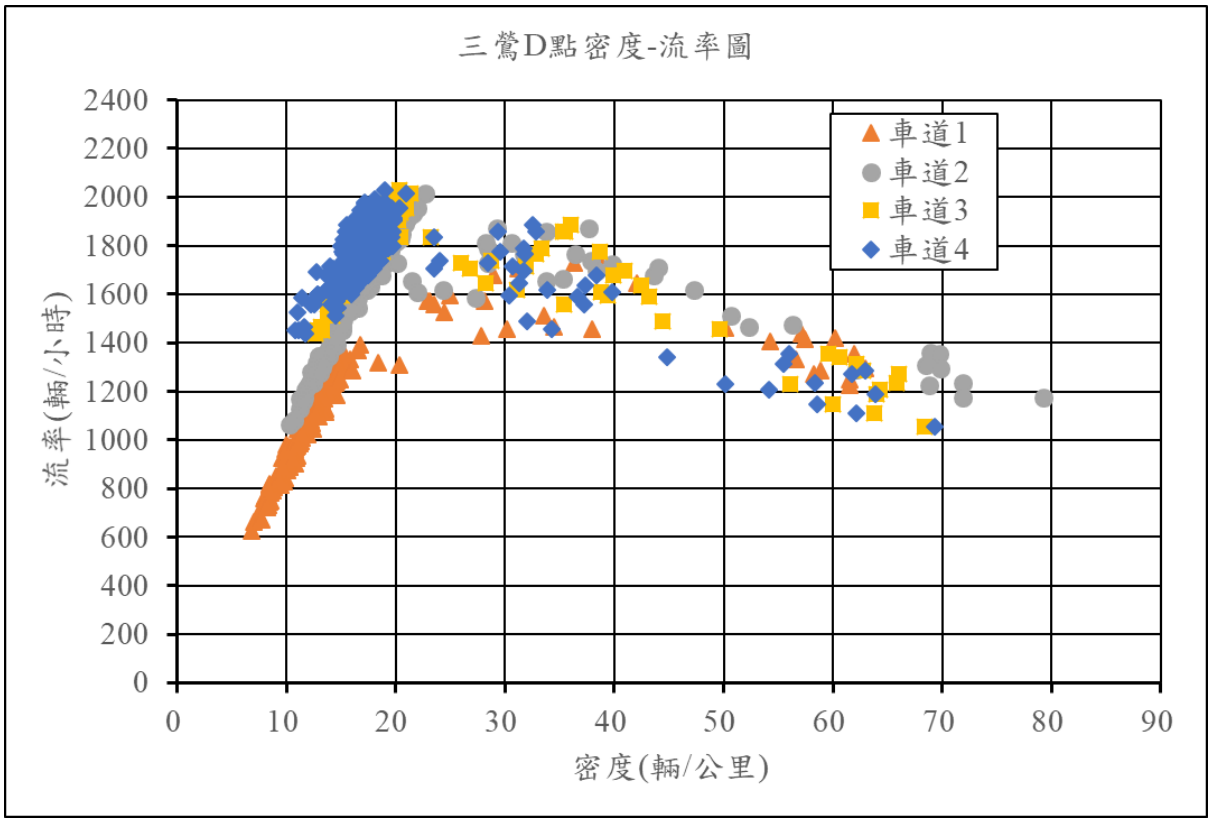


圖 4.1-8 國道 3 號北上三鶯交流道各車道流率與密度之關係

4.1.3 流率與速率之關係

圖 4.1-9~4.1-12 顯示 4 個調查地點各車道之速率與流率之關係，因受調查時段長度限制，圖中只有記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，各車道流率在速率 70 公里/小時呈現明顯分野。

一、 圖 4.1-9 顯示，新店交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車道 1 之速率為 70~80 公里/小時，車道 2 約 80 ~ 90 公里/小時，車道 3 約 90 ~ 100 公里/小時；各車道速率隨流率上升而逐漸下降。

(二) 車道 1 之速率在流率 1,600 ~ 1,700 輛/小時開始大幅下降，車道 2 與車道 3 之速率則在 2,000 ~ 2,200 輛/小時開始大幅下降，判斷為進入壅塞狀況。

(三) 進入壅塞狀況後，流率與速率同時呈現下降趨勢，當為流率 1,600 ~ 1,800 輛/小時的時候，各車道有相同的速率，約為 30~40 公里/小時。

二、 圖 4.1-10 顯示，中壢交流道 B 進口匝道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車道 1 之速率為 70~80 公里/小時，車道 2 約 70 ~ 90 公里/小時，車道 3 約 90 ~ 100 公里/小時；各車道速率隨流率上升而逐漸下降。

(二) 車道 1 之速率在流率 1,600 ~ 1,700 輛/小時開始自 70 公里/小時大幅下降，車道 2 在流率 1,800 ~ 2,000 輛/小時速率自 70 ~ 90 公里/小時下降，車道 3 之速率則在 2,000~2,200 輛/小時開始大幅下降，判斷為進入壅塞狀況。

(三) 進入壅塞狀況後，流率與速率同時呈現下降趨勢，當為流率 1,600 ~ 1,800 輛/小時的時候，各車道之速率皆維持在 40 ~ 50 公里/小時。

三、 圖 4.1-11 顯示，中壢交流道 A 進口匝道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車道 1 之速率為 60~80 公里/小時，車道 2 約 70~90 公里/小時，車道 3 約 90~100 公里/小時；各車道速率隨流率上升而逐漸下降。

(二) 車道 1 之速率在流率 1,600~1,800 輛/小時呈現劇烈下降，車道 2 與車道 3 之速率則在 1,800~2,000 輛/小時開始大幅下降，判斷為主線進入壅塞狀況。

(三) 進入壅塞狀況後，當為流率 1,800~2,000 輛/小時的時候，各車道速率皆在 30~40 公里/小時。

四、 圖 4.1-12 顯示，三鶯交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車道 1 之速率為 80~90 公里/小時，車道 2 約 80~100 公里/小時，車道 3 約 90~100 公里/小時，車道 4 約 100~110 公里/小時；各車道速率隨流率上升而逐漸下降。

(二) 車道 1 在流率 1,400~1,600 輛/小時的時候速率自 70~80 公里/小時開始大幅下降，車道 2 和車道 3 之速率從 90~100 公里/小時隨流量上升逐漸下降，在 1,800~2,000 輛/小時開始大幅下降；車道 4 則在流率為 2,000~2,200 輛小時呈現下幅下降趨勢，主線進入壅塞狀況。

(三) 進入壅塞狀況後，流率與速率同時呈現下降趨勢，當為流率 1,200~1,400 輛/小時的時候，各車道的速率皆在 20~30 公里/小時。

觀察各調查地點流率與速率的關係，可以發現在穩定車流狀態進入壅塞前，各車道有明顯的速率差異，車道 1（外側車道）之速率與車道 3 或車道 4（內側車道）會達到 20 公里/小時的速率差異。而車流由非壅塞進入壅塞的臨界流率在車道 1 約 1,400~1,700 輛/小時，其他車道約 1,800~2,200 輛/小時，臨界流率在不同地點以及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，以及距離上下游進出口匝道之間距有關，後續進行模式建構時將再探討。

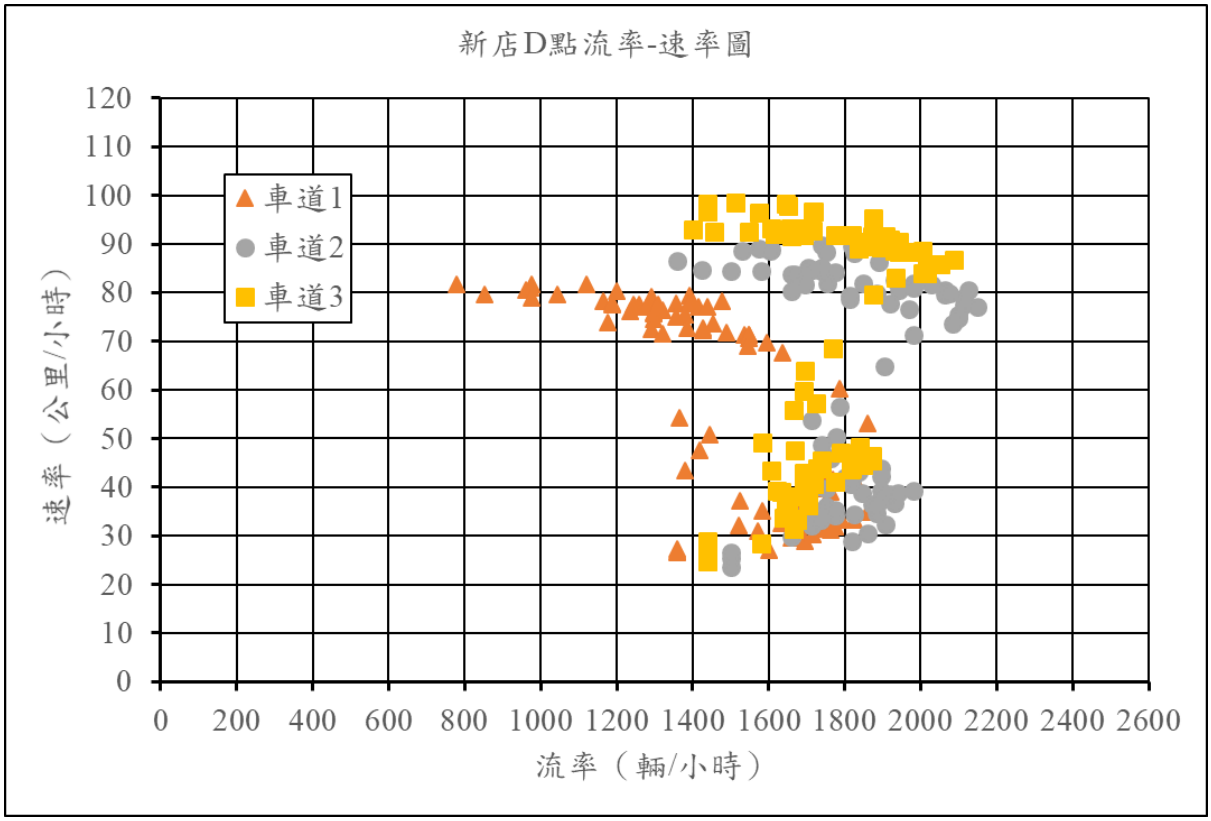


圖 4.1-9 國道 3 號北上新店交流道各車道速率與流率之關係

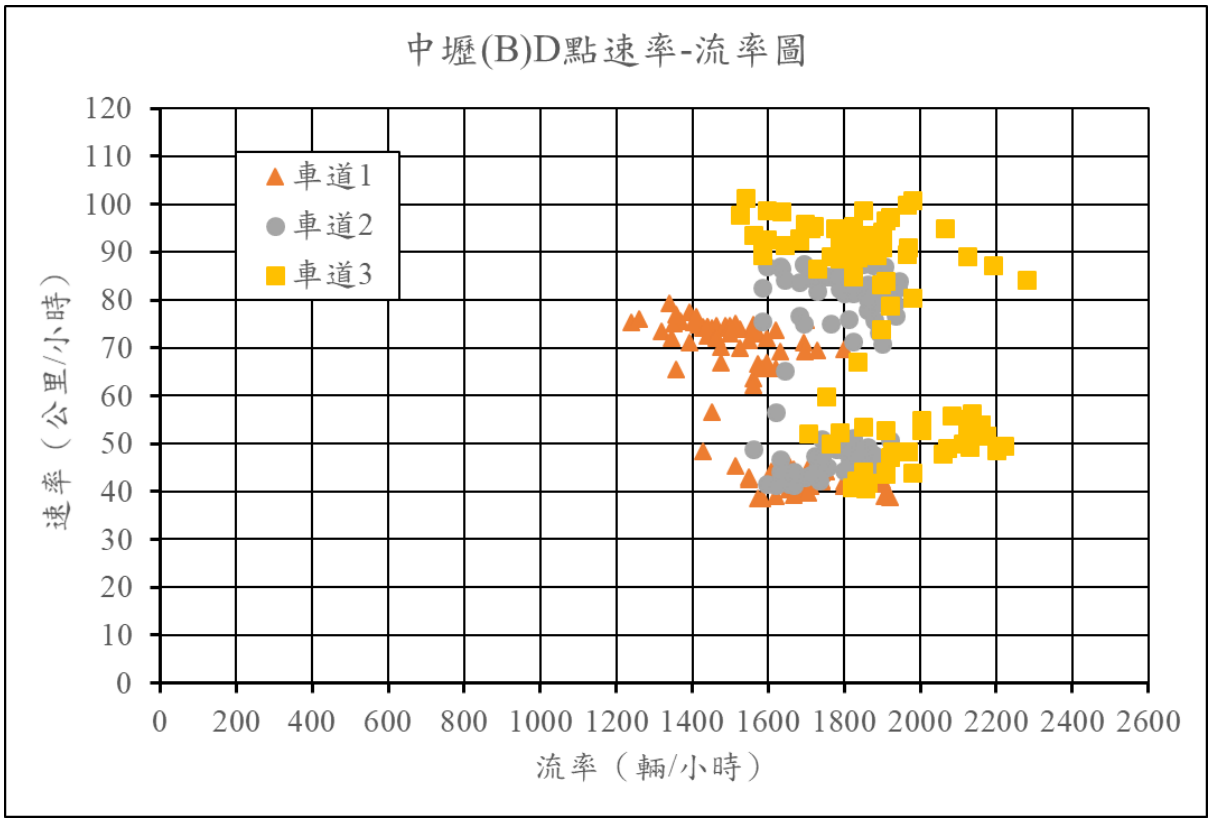


圖 4.1-10 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口匝道各車道速率與流率之關係

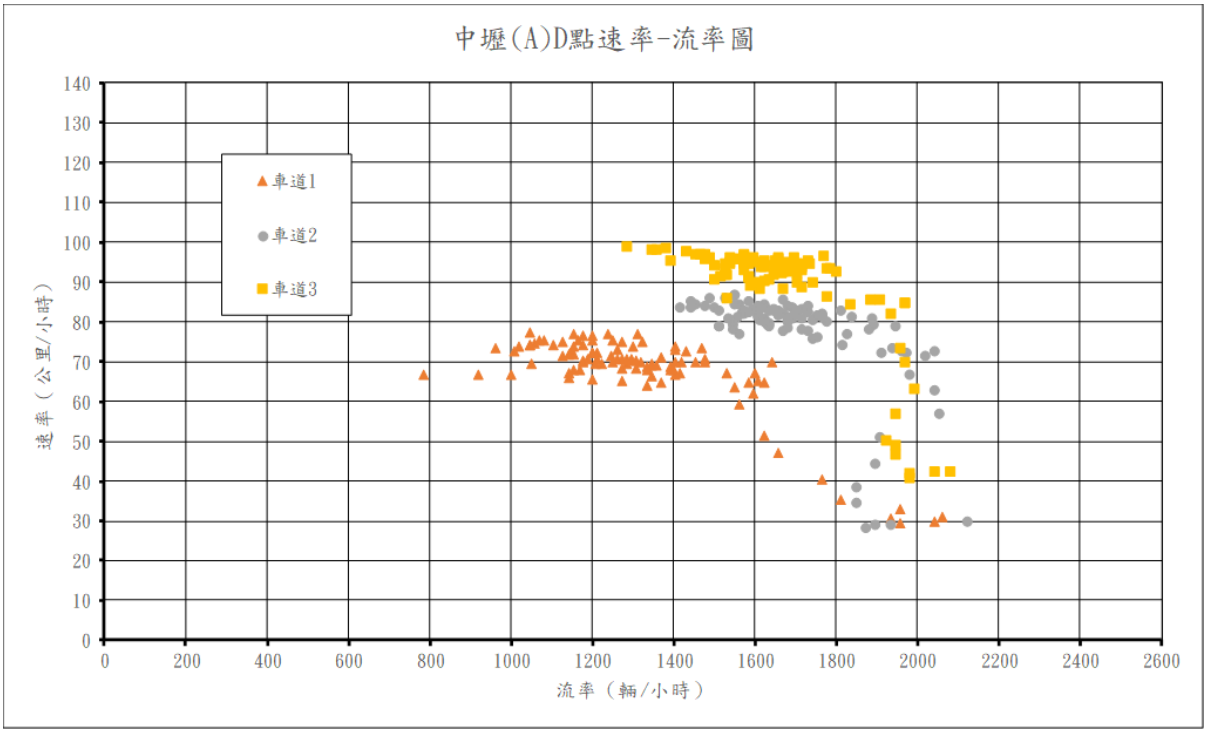


圖 4.1-11 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道各車道速率與流率之關係

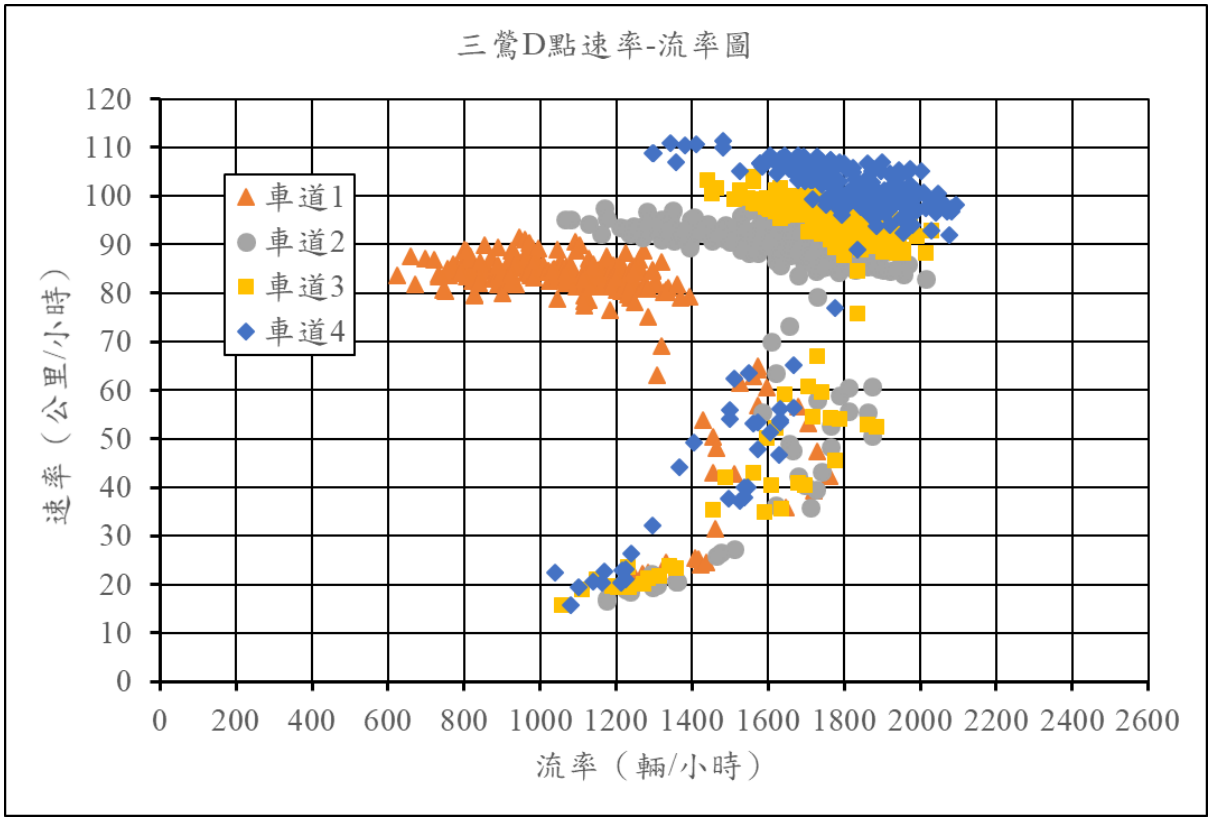


圖 4.1-12 國道 3 號北上三鶯交流道各車道速率與流率之關係

4.1.4 密度與速率之關係

圖 4.1-13～4.1-16 顯示 4 個調查地點各車道之密度與流率之關係，因受調查時段長度限制，圖中只有記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。觀察可以發現速率與密度之關係呈現明顯負相關，且速率資料在車流密度為 25～30 輛/公里呈現斷層。

一、 圖 4.1-13 顯示，新店交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度約為 10～20 輛/公里，車道 1 之速率為 70~80 公里/小時，車道 2 約 70~90 公里/小時，車道 3 約 90～100 公里/小時；各車道速率隨密度上升而下降。

(二) 進入壅塞狀況後，車速隨著密度上升而下降，在密度 50～60 輛/公里時，各車道速率皆降至 20～30 公里/小時。

二、 圖 4.1-14 顯示，中壢交流道 B 進口匝道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度約為 10～20 輛/公里，車道 1 之速率為 70~80 公里/小時，車道 2 約 80~90 公里/小時，車道 3 約 90～100 公里/小時；各車道速率隨密度上升而下降。

(二) 在密度 25～30 輛/公里時進入壅塞狀況，進入壅塞狀況後，速率隨著密度上升而下降，在密度 40～50 輛/公里時，各車道速率皆降至 40～50 公里/小時。

三、 圖 4.1-15 顯示，中壢交流道 A 進口匝道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度約為 10～20 輛/公里，車道 1 之速率為 60~80 公里/小時，車道 2 約 75~90 公里/小時，車道 3 約 90～100 公里/小時；各車道速率隨密度上升而下降。

(二) 進入壅塞狀況後，速率隨著密度上升而下降，在密度 50～60 輛/公里時，各車道速率皆降至 30～40 公里/小時。

四、 圖 4.1-16 顯示，三鶯交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度約為 10 ~ 20 輛/公里，車道 1 之速率為 80 ~ 90 公里/小時，車道 2 約 80 ~ 100 公里/小時，車道 3 與車道 4 約為 90~110 公里/小時；各車道速率隨密度上升而下降。

(二) 進入壅塞狀況後，速率隨著密度上升而下降，在密度 60 ~ 70 輛/公里時，各車道速率皆降至 20 公里/小時。

觀察各調查地點之速率與密率的關係，可以發現速率與密度之關係呈現明顯負相關，在穩定車流狀態進入壅塞前，各車道有明顯的速率差異，且速率資料在車流密度為 25 ~ 30 輛/公里呈現斷層。與本章 4.1.2 和 4.1.3 觀察所得之結果相印證。不同地點差異之因素亦將於後續進行模式建構時將加以探討。

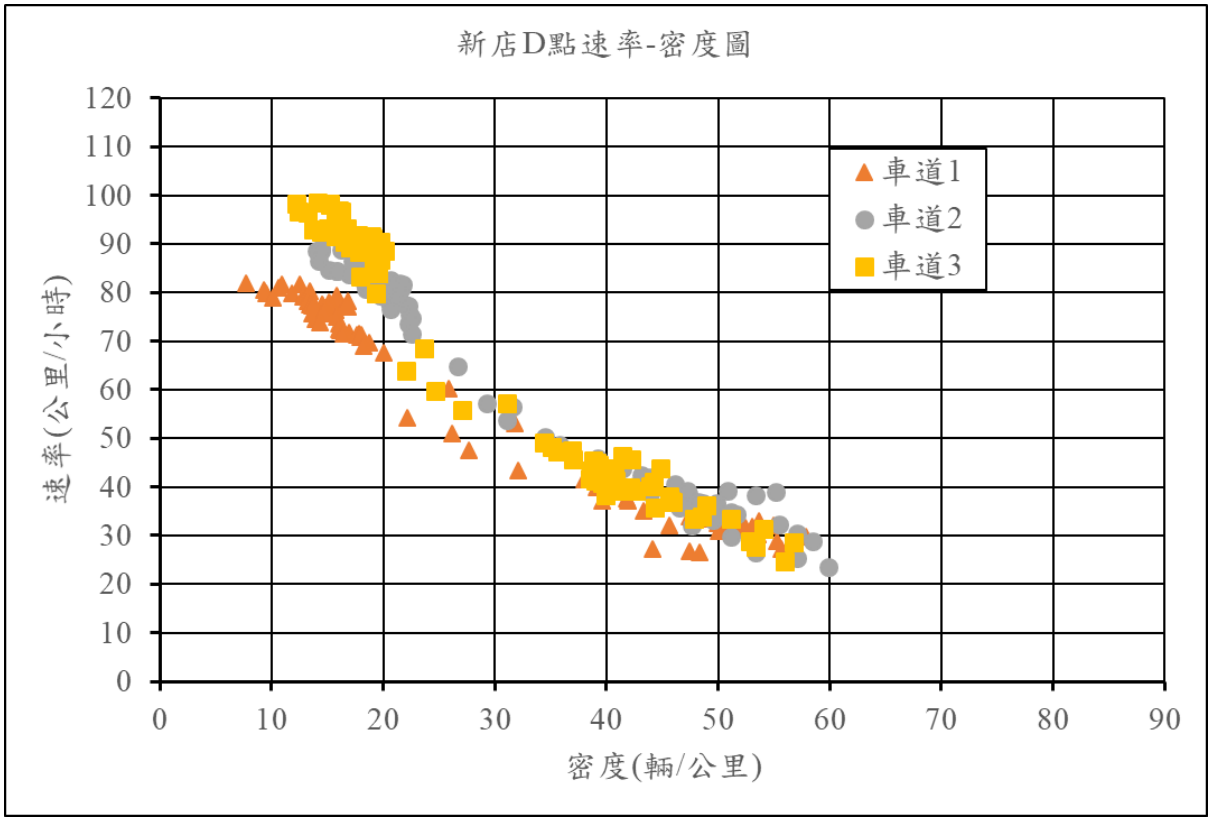


圖 4.1-13 國道 3 號北上新店交流道各車道密度與速率之關係

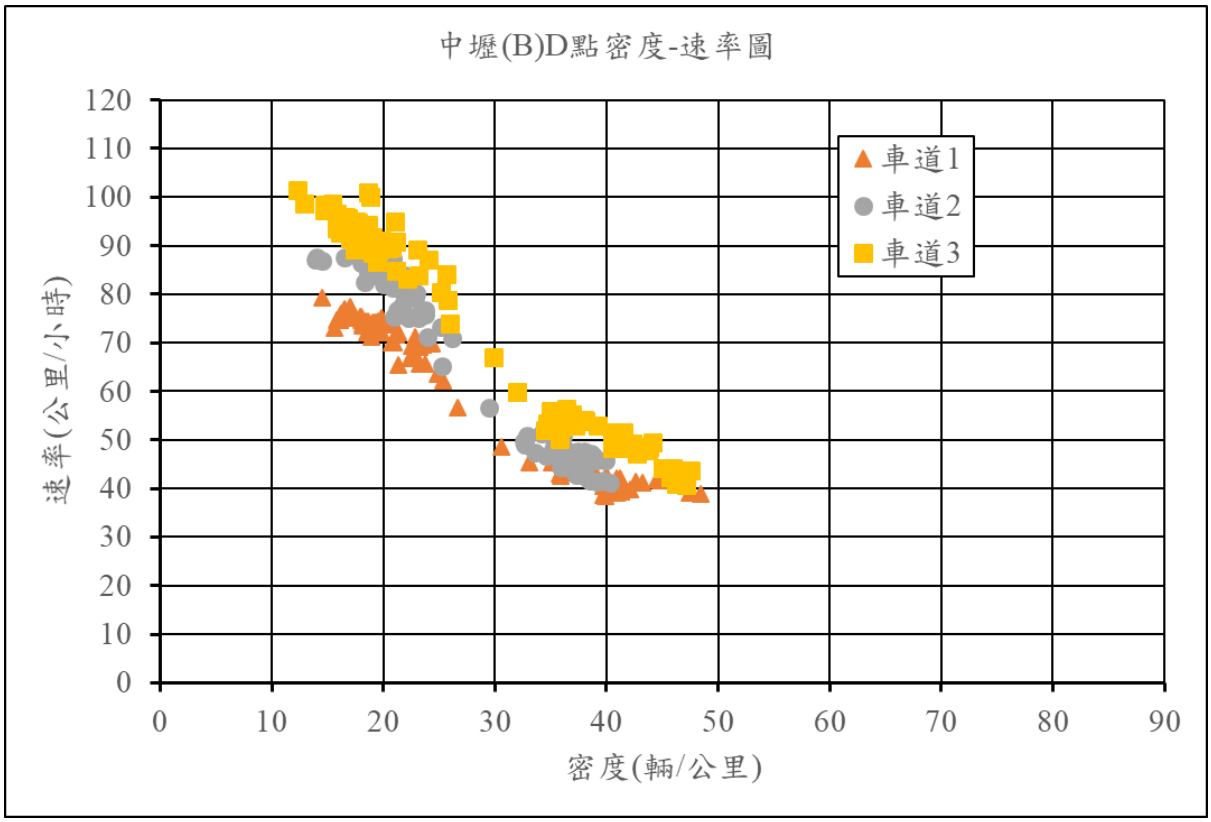


圖 4.1-14 國道 1 號南下中壢交流道 B 進口匝道各車道密度與速率之關係

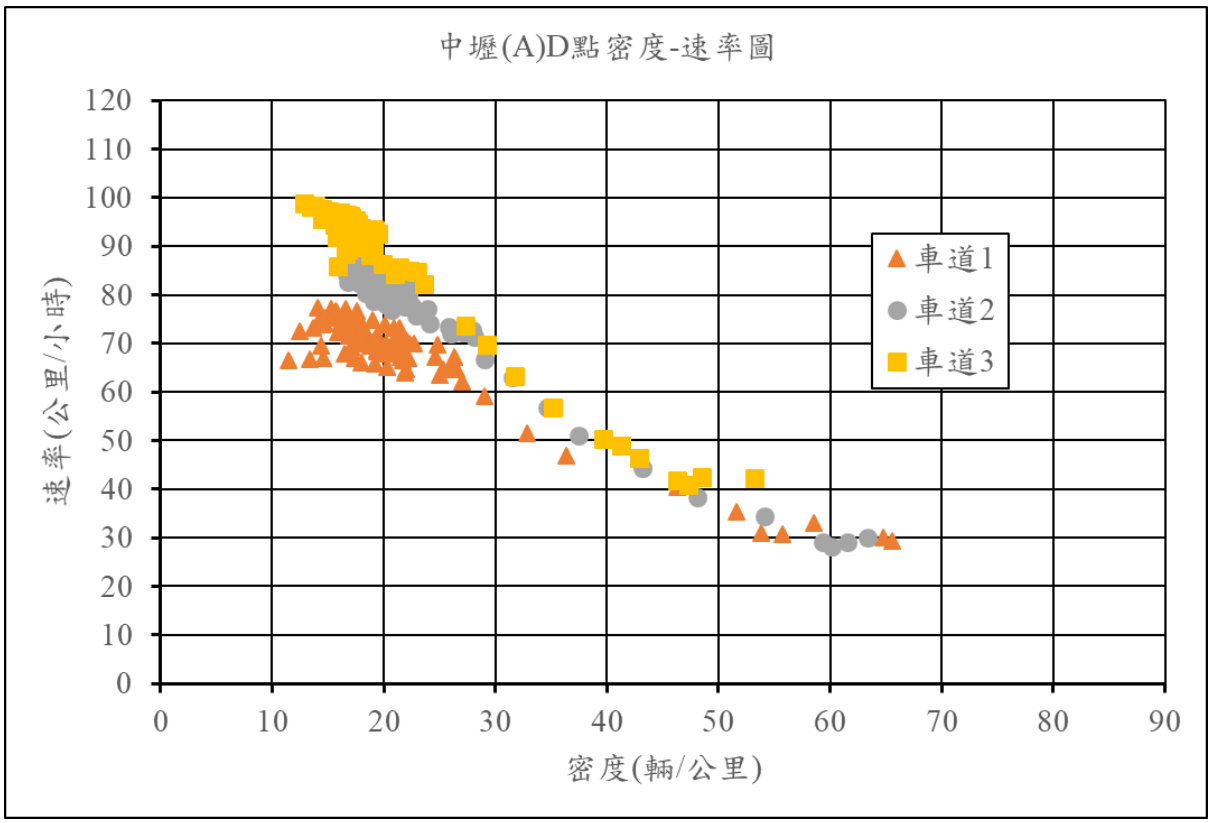


圖 4.1-15 國道 1 號南下中壢交流道 A 進口匝道各車道密度與速率之關係

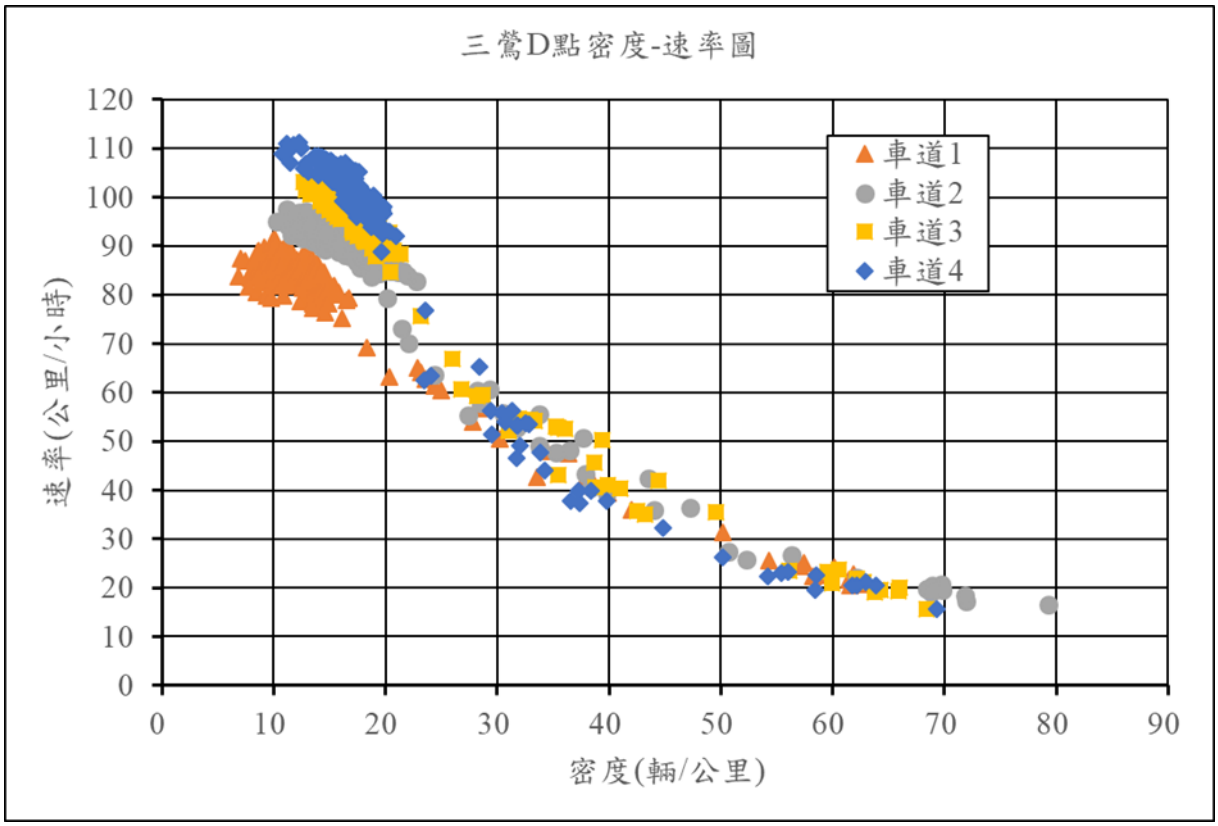


圖 4.1-16 國道 3 號北上三鶯交流道各車道密度與速率之關係

4.1.5 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 1,500 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佈設偵測器，因此過去難以觀察匯入車流所導致的影響範圍。本計畫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。

第三章所提及之中壢交流道 A 進口匝道與 B 進口匝道有影片品質問題，導致車輛軌跡資料在辨識車道變換資料誤差較大，經重複檢驗資料後並無法將辨識錯誤狀況有效排除，導致車道變換數值無法正確推估，因此本節不將中壢交流道 A 進口匝道與 B 進口匝道之車道變換情形納入討論。針對進口匝道匯入主線之影響程度部分，可參考新店交流道進口匝道以及三鶯交流道進口匝道此兩個調查地點之車道變換數量圖（圖 3.4-9、圖 3.4-32）。由於各個地點之車流非壅塞、車流非壅塞進入壅塞以及車流壅塞的時間段不盡相同，故將各個地點各車道受影響之程度以每小時匯入該車道之數量，初步區分變換次數之階級，0~50 次/小時為第一階、51~100 次/小時為第二階、大於 100 次/小時以上為第三階。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

三車道主線的調查地點為新店交流道進口匝道，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；(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，可透過區間密度圖觀察壅塞的擴散情形。參考調查地點之各車道依時各區間密度圖（圖 3.4-7），可發現壅塞發生後，車流密度高點的擴散情

形。

圖 3.4-7 顯示，新店交流道於 07:20 開始由非壅塞進入壅塞車流，於 07:35 車道 1 加速車道結束位置其密度超過 80 輛/公里，車道 2 之密度亦超過 80 輛/公里；然而，車道 3 之密度則達 70 輛/公里，此情形持續至 09:00 壅塞紓解，時長約為 1.5 小時，顯示車道 1 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。

三車道主線匯流區調查地點的各車道受影響之嚴重程度整理如表 4.1-4。壅塞前，調查地點之外側車道受到高度影響，而三車道之中間車道受中度影響、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同樣受到高度影響，中間車道亦受中度影響、內側車道幾乎不受影響。可判斷主線車道的車流運作於外側車道受到匯入車流相當高程度的影響，中間車道壅塞發生後由中度影響降低至幾乎無影響，推測為主線壅塞後，在高車流密度下中間車道與內線車道難以進行車道變換導致。

表 4.1-4 三車道主線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
3N 新店	250 公尺	無	中	高	無	中	高	無	無	中

主線為四車道的三鶯交流道之顯示結果與三車道主線地點雷同，在非壅塞時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外車道，在加速車道末端可以觀察到中外車道有較多併入中內車道。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；(ii) 加速車道結束位置。和三車道主線地點相同，內側車道幾乎不受影響。

透過區間密度圖觀察壅塞的擴散情形。觀察三鶯交流道之各車道依時各區間密度圖（圖 3.4-30）顯示，三鶯交流道於 17:00 開始由非壅塞進入壅塞車流，於 17:05 車道 1 加速車道結束位置其密度超過 80 輛/公里，車道 2 之密度亦超過 80 輛/公里，車道 3、4 之密度則達 70 輛/公里車流；然而，可以觀察到於 16:45 時，即有一波車流導致密度上升，而後密度稍稍下降後又再 16:55 開始上升，直至 17:00 由壅塞開始進入非壅塞，推測是由於主線下游回堵所導致。

四車道主線匯流區調查地點的各車道受影響之嚴重程度整理如表 4.1-5。壅塞前，調查地點之外側車道受到高度影響，中外車道受中度影響、中內車道低度影響、內側車道則幾乎不受影響。當壅塞發生後，調查地點之外側車道同樣受到高度影響，中外車道亦受中度影響、中內車道以及內側車道幾乎不受影響。可判斷主線車道的車流運作於外側車道受到匯入車流相當高程度的影響，中內車道在非壅塞進入壅塞與壅塞發生後由中度影響降低至幾乎無影響，推測為主線壅塞後，在高車流密度下中間車道與內線車道難以進行車道變換導致。

表 4.1-5 四車道主線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	中內車道	中外車道	外側車道	內側車道	中內車道	中外車道	外側車道	內側車道	中內車道	中外車道	外側車道
3N 三鶯	210 公尺	無	低	中	高	無	無	中	高	無	無	中	高

4.1.6 最大流率

本節將各調查地點的流率進行 5 分鐘滾動得出 5 分鐘流率，並觀察 AB 點（主線上游）、C 點（匯流區內）、D 點（主線下游）不同斷面之斷面最大流率。由於不同車種的長度對於車道空間之使用有不同的影響，為方便後續的分析比對，最大流率採兩個不同方式進行計算：(1) 車輛數/小時；(2) 小客車當量/小時，兩個方式發生最大流率的時間可能有所不同，結果如表 4.1-6 所示。

由表中可得知，主線三車道三個調查地點的最大流率有所差異，在 5,849 至 7,092 小客車/小時。而 A/B 點、C 點、D 點的最大流率也有所不同，新店、中壢 B 的上下游斷面最大流率差異較小，而中壢 A 的上游斷面最大流率比下游斷面最大流率多於 300 輛/小時（或主線流率的 5%）。

主線四車道調查地點的三鶯交流道 D 點最大流率發生之時間皆在 16:23，根據現場資料，三鶯交流道之壅塞時間發生在 16:45 之後且壅塞型態為下游回堵，16:23 時即使 D 點斷面最大流率高達 7,670 小客車/小時仍維持穩定車流，因此可以推斷三鶯交流道路段之容量值，可能比觀察到的最大流率為高。

表 4.1-6 各調查地點最大流率

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（車輛數/小時）			D 點最大流率之時間	小客車當量斷面最大流率（小客車/小時）		
			AB 點	C 點	D 點		AB 點	C 點	D 點
3N 新店	250 公尺	07:26	5,652	5,718	5,748	07:27	5,849	5,906	5,902
1S 中壢 B	310 公尺	07:20	6,240	6,220	6,020	07:06	6,412	6,472	6,460
1S 中壢 A	190 公尺	07:26	6,640	6,660	6,260	07:26	7,092	7,084	6,770
3N 三鶯	210 公尺	16:23	7,584	7,524	7,500	16:23	7,670	7,630	7,622

4.2 高速公路出口匝道分流區

出口匝道調查地點之幾何形態關鍵變數，包括主線車道數、匝道車道數、減速車道長度，以及與上下游匝道之距離整理如表 4.2-1 所示，而本計畫對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，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，兩者對於減速車道之定義略有不同。本年期計畫之分析對象為非獨立匝道，此分析匝道之上游或下游有距離相近之匝道。

表 4.2-1 出口匝道調查地點之幾何形態

調查地點	主線車道數	主線速限	匝道車道數	是否開放路肩	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
3N 土城交流道	4 車道	110 公里/小時	2 車道	有開放路肩	700 公尺	進口匝道 3,170 公尺	進口匝道 430 公尺
1N 頭份交流道	3 車道	100 公里/小時	2 車道	無開放路肩	470 公尺	進口匝道 14,250 公尺	進口匝道 920 公尺

4.2.1 車流之車道分布

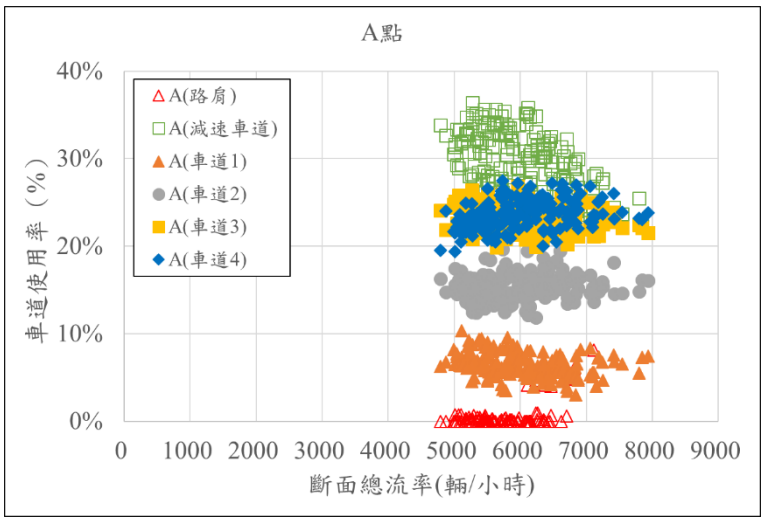
圖 4.2-1 ~ 4.2-2 顯示各調查地點之車道分布情況，每個地點共分 3 個斷面進行探討，包括主線上游（A 點）、分流區範圍（B 點）、主線下游（C 點）。由於本次兩個調查地點均無觀測到壅塞之現象發生，故僅呈現穩定車流，並將車流之車道分布資料整理如表 4.2-2 所示。

圖 4.2-1 顯示了土城交流道的車道分布，該地點的主線為四車道，在調查期間有開放路肩。此調查地點有兩車道長 700 公尺的減速車道。主線上游（A 點）車道 1 之車流流率占主線總流率之 3~10%、車道 2 占 13%~19%、車道 3 占 19~27%、車道 4 占 20~26%、減速車道 23%~36%、路肩 0~10%。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 5~11%，車道 2～4 的使用比例稍微上升。減速車道的高使用比例，推測為出口匝道下游回堵導致。

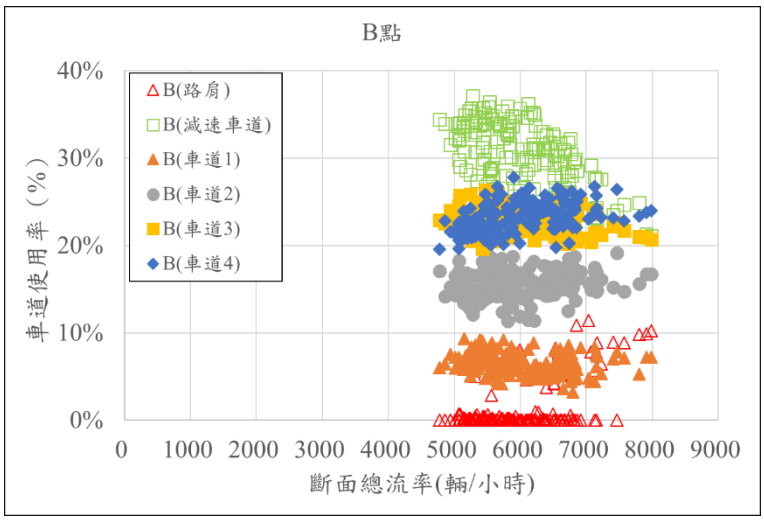
圖 4.2-2 顯示頭份交流道的車道分布，主線上游（A 點）受準備匯出出口匝道的車流影響，車道 1 占 21~32%、車道 2 占 32~40%、車道 3 占 34~41%；車道 1 比起在分流區內（B 點）及主線下游（C 點）有較高的使用占比。在主線下游（C 點），穩定車流的情況下，車道 1 受出口匝道車流離開主線流之影響下降為 16~25%，車道 2 與車道 3 分別占 33~42%、占 36~45%，並無受太大影響。

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

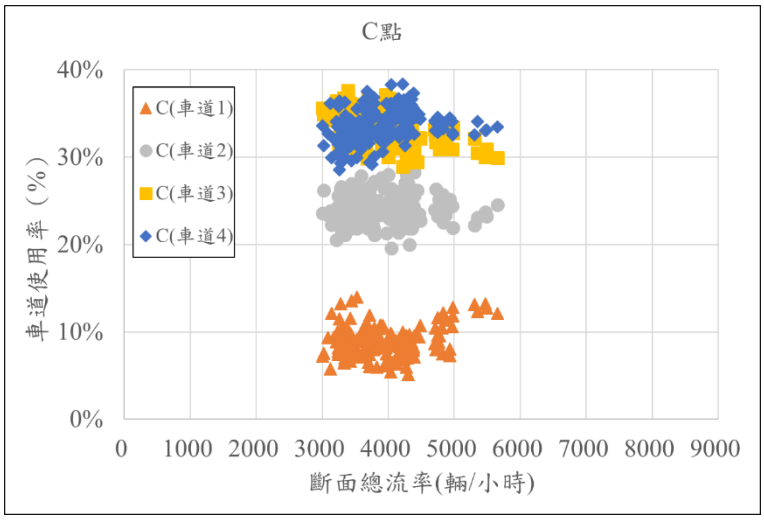
調查地點	位置	車流狀況	路肩	車道 1（外側）	車道 2	車道 3	車道 4（內側）
3N 土城	主線上游（A 點）	穩定車流	0~10%	13~19%	19~27%	19~27%	20~26%
	分流區內（B 點）	穩定車流	0~10%	13~19%	19~27%	19~27%	20~26%
	主線下游（C 點）	穩定車流	—	5~11%	20~28%	29~38%	28~38%
1N 頭份	主線上游（A 點）	穩定車流	—	21~32%	32~40%	34~41%	—
	分流區內（B 點）	穩定車流	—	16~26%	32~38%	34~41%	—
	主線下游（C 點）	穩定車流	—	16~25%	33~42%	36~45%	—



(a) 主線上游（A 點）

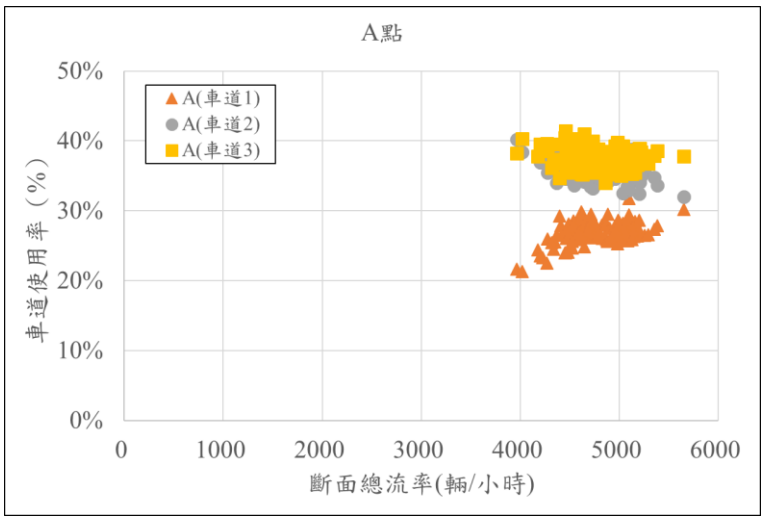


(b) 分流區內（B 點）

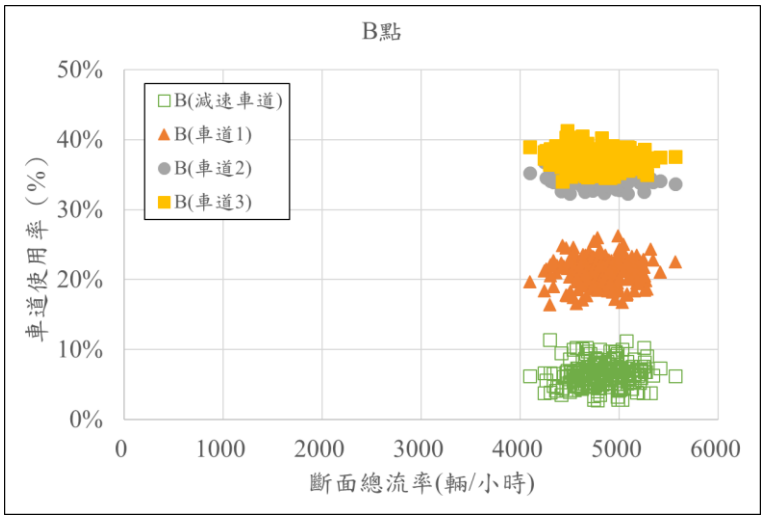


(c) 主線下游（C 點）

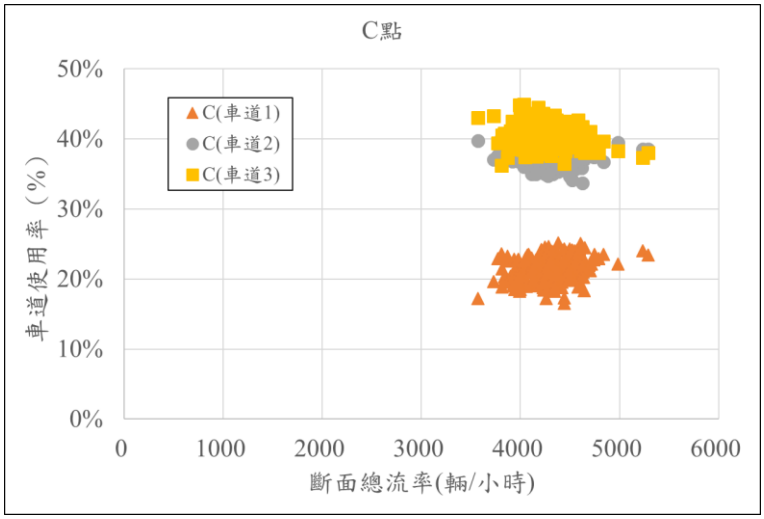
圖 4.2-1 國道 3 號北上土城交流道出口範圍車流之車道分布



(a) 主線上游（A 點）



(b) 分流區內（B 點）



(c) 主線下游（C 點）

圖 4.2-2 國道 1 號北上頭份交流道出口範圍車流之車道分布

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。

一、 圖 4.2-3 顯示，土城交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 由於土城交流道之減速車道長約 700 公尺，許多匯出車流會提早切換至此很長的減速車道，故在密度-流率圖將減速車道納入考慮。

(二) 只探討主線的情況下，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）。

(三) 車道 4 的流率隨密度上升，在密度 15~20 輛/公里時達最大值約 1,800~2,000 輛/小時。

(四) 可以發現車道 1 的流量與密度非常低，最大流率發生在車流密度為 5 輛/公里/車道的情況下，車道 1 的流率只有約 600 輛/小時，推測是受到較長減速車道以及路肩開放的影響，車輛提前變換車道至減速車道導致。

(五) 減速車道在密度 30~40 輛/公里/車道的情況下，流率可達 1,400~2,200 輛/小時，且在密度達 40~50 輛/公里/車道時呈現流率下降的趨勢，推測為車輛提前由車道 1 變換車道至減速車道以及出口匝道下游回堵導致。

二、 圖 4.2-4 顯示，頭份交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 在相同密度下，車道 3（內側車道）有最高的流率，其次是車道 2、車道 1（外側車道）。

(二) 車道 3 的流率在密度 10 輛/公里時達最大值約 1,600~2,000 輛/小時，密度 20 輛/公里時之流率略升為為 1,800~2,200 輛/小時，並無太大差異。

流率與密度的關係隨地點而異，且有隨機性，但由於並未觀測到壅塞的發生，因此難以藉由穩定車流進入壅塞狀況時所產生的變化以判斷不同地點之隨機性以及其特性，因此將會利用已知的差異，例如幾何型態、主線流率、匝道流率、是否開放路肩等，將在後續進行模式建構時再探討。

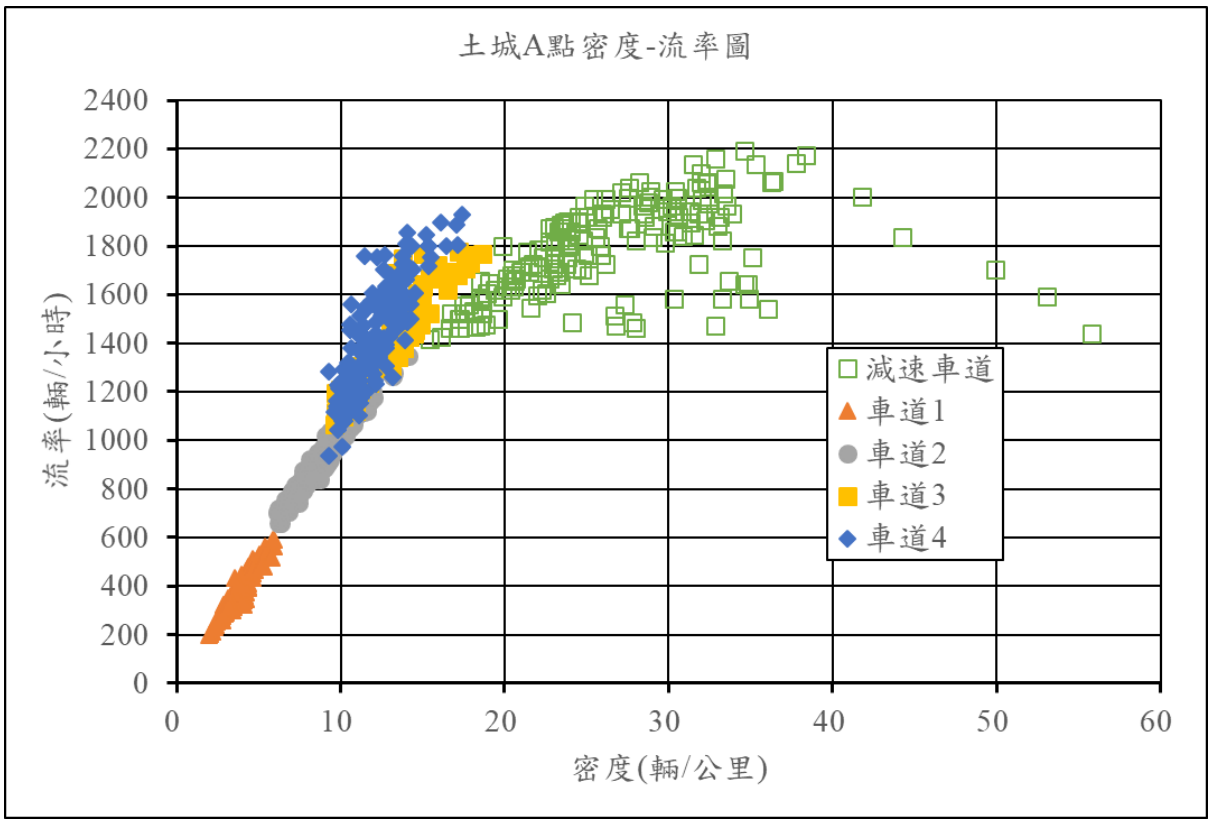


圖 4.2-3 國道 3 號北上土城交流道各車道流率與密度之關係

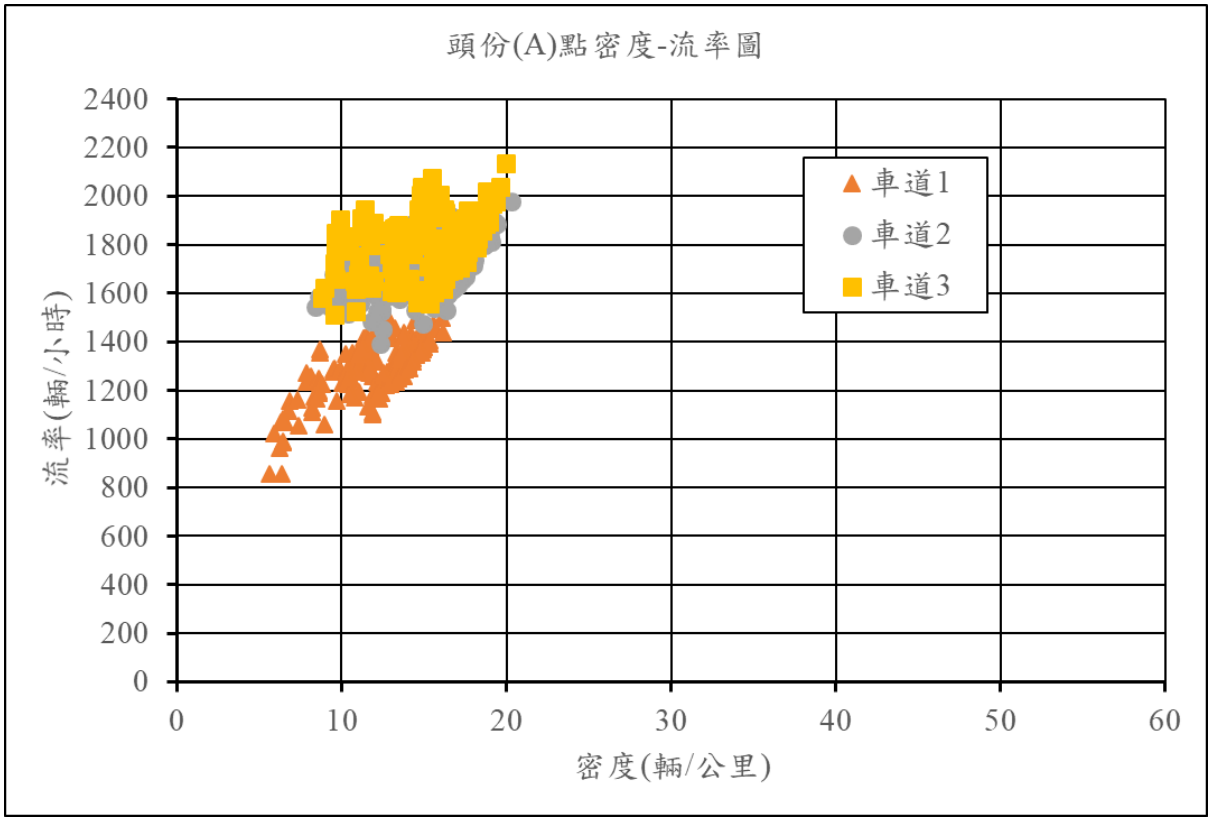


圖 4.2-4 國道 1 號北上頭份交流道各車道流率與密度之關係

4.2.3 速率與流率之關係

圖 4.2-5～4.2-6 顯示兩個調查地點各車道之速率與流率之關係。

一、 圖 4.2-5 顯示，土城交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 由於土城交流道之減速車道長約 700 公尺，許多匯出車流會提早切換至此很長的減速車道，故在速率-流率圖將減速車道納入考慮。

(二) 只探討主線的情況下，主線車流速率皆維持在 90～120 公里/小時，車道 4（內側車道）的流率最高，可達 1,800～2,000 輛/小時，其次是車道 3 亦可達 1,600～1,800 輛/小時，車道 2 之流率約為 1,200～1,400 輛/小時。

(三) 車道 1 的流率只約 600 輛/小時，推測是受到較長減速車道以及路肩開放的影響，車輛提前變換車道至減速車道導致。

(四) 減速車道之速率明顯低於主線速率，且有隨流率上升而下降的現象。推測為車輛提前由車道 1 變換車道至減速車道以及出口匝道下游回堵導致。

二、 圖 4.2-6 顯示，頭份交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 在相同密度下，車道 3（內側車道）有最高的流率，其次是車道 2、車道 1（外側車道）。

(二) 由於該地點於調查日並未有壅塞之狀況發生，因此速率與流率維持在一穩定狀態，呈水平趨勢。

由於並未觀測到壅塞的發生，因此難以藉由穩定車流進入壅塞狀況時所產生的變化以判斷不同地點之隨機性以及其特性，明顯觀察到土城交流道的減速車道對主線車流有產生影響，在後續進行模式建構時減速車道長度可能是一項值得探討的因素。

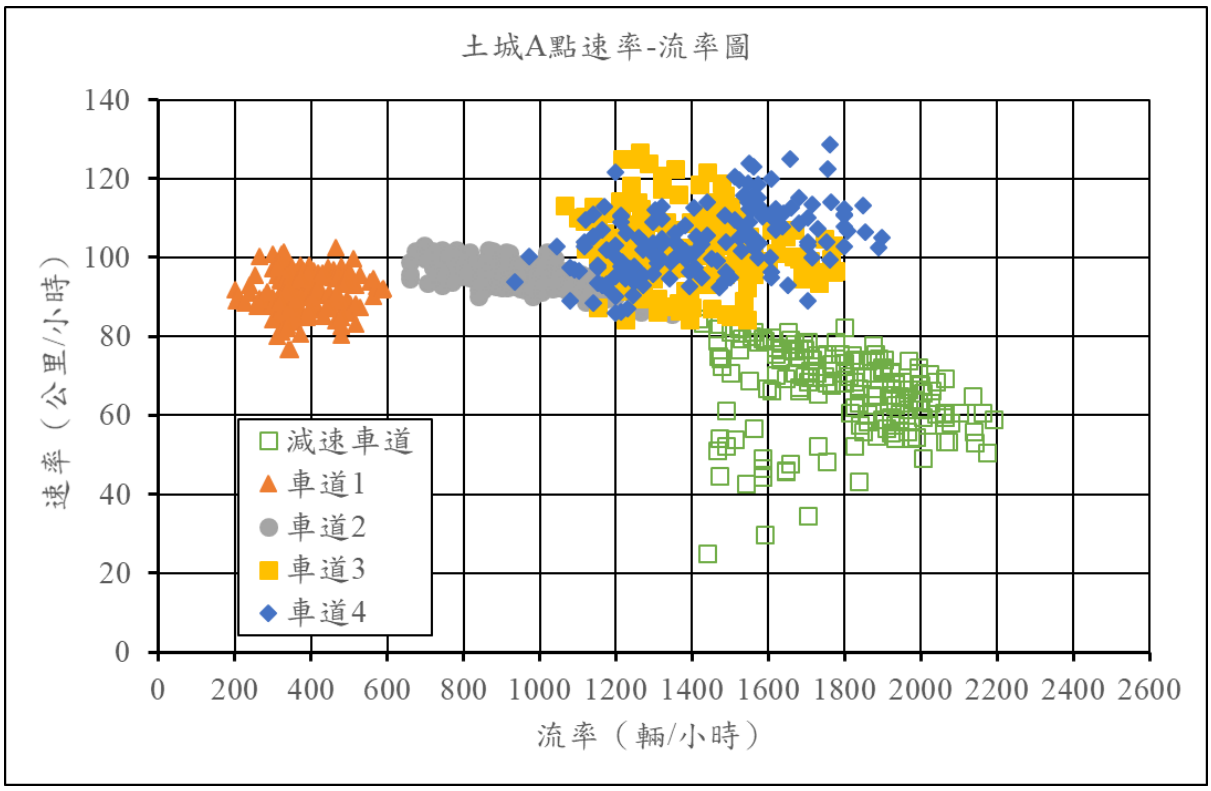


圖 4.2-5 國道 3 號北上土城交流道各車道速率與流率之關係

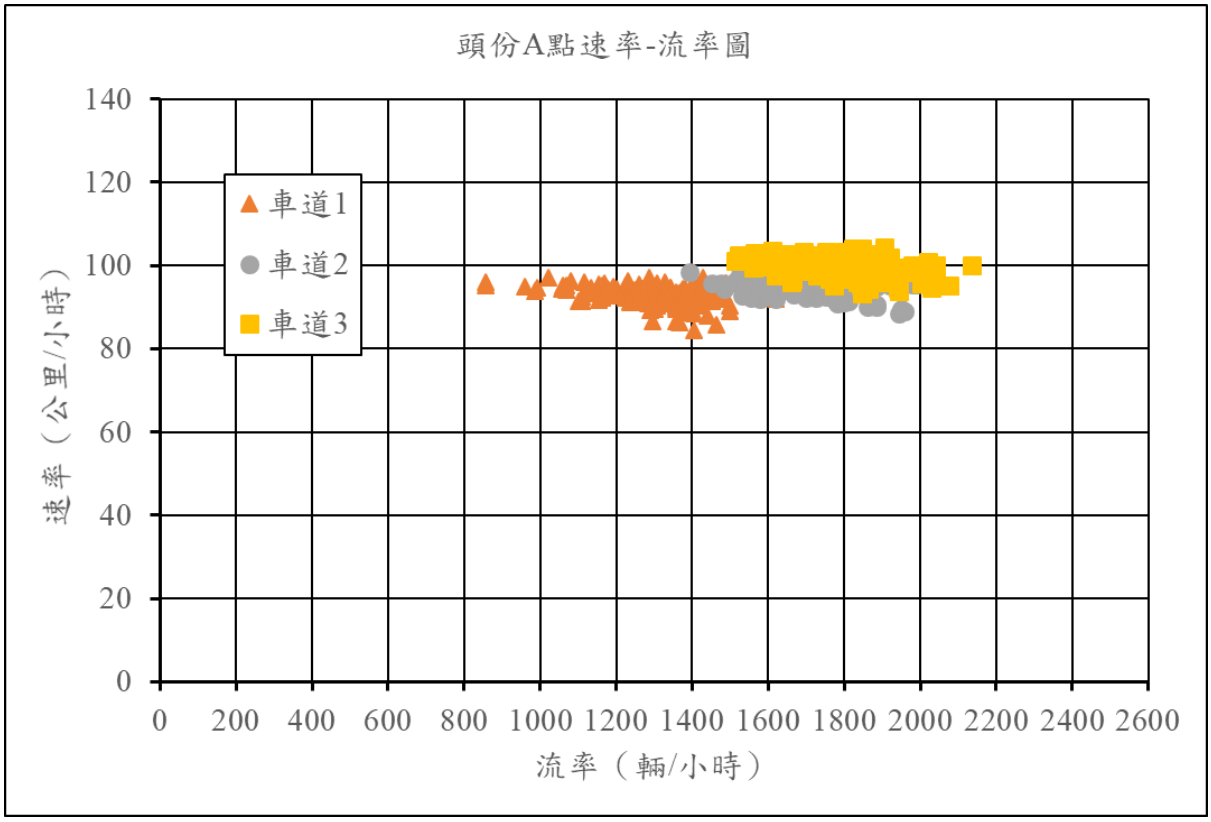


圖 4.2-6 國道 1 號北上頭份交流道各車道速率與流率之關係

4.2.4 速率與密度之關係

圖 4.2-7~4.2-8 顯示 2 個調查地點各車道之速率與密度之關係。

一、 圖 4.2-5 顯示，土城交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 由於土城交流道之減速車道長約 700 公尺，許多匯出車流會提早切換至此很長的減速車道，故在密度-速率圖將減速車道納入考慮。

(二) 只探討主線的情況下，速率維持在該路段之最高速限 80~120 公里/小時，推測由於該地點為四車道且幾何線型較為筆直，因此在車流密度 10~20 輛/公里時可以觀察到速率高達 140 公里/小時的超速車輛。

(三) 車道 1 密度非常低，速率亦低於其他三車道，推測車道 1 之速率是受到欲匯出車流以及大型車影響。

(四) 減速車道的速率與密度呈現負相關，速率隨密度上升而下降，在速率達 30~40 輛/公里時，密度下降至 40~60 公里/小時，顯示減速車道有壅塞的發生，觀察為出口匝道下游回堵導致。

二、 圖 4.2-6 顯示，頭份交流道調查資料呈現下列之車流特性：

(一) 在相同密度 10~20 輛/公里下，主線三車道皆維持在該路段最高限速 90~100 公里/小時

(二) 由於該地點於調查日並未有壅塞之狀況發生，因此速率與密度維持在一穩定狀態。

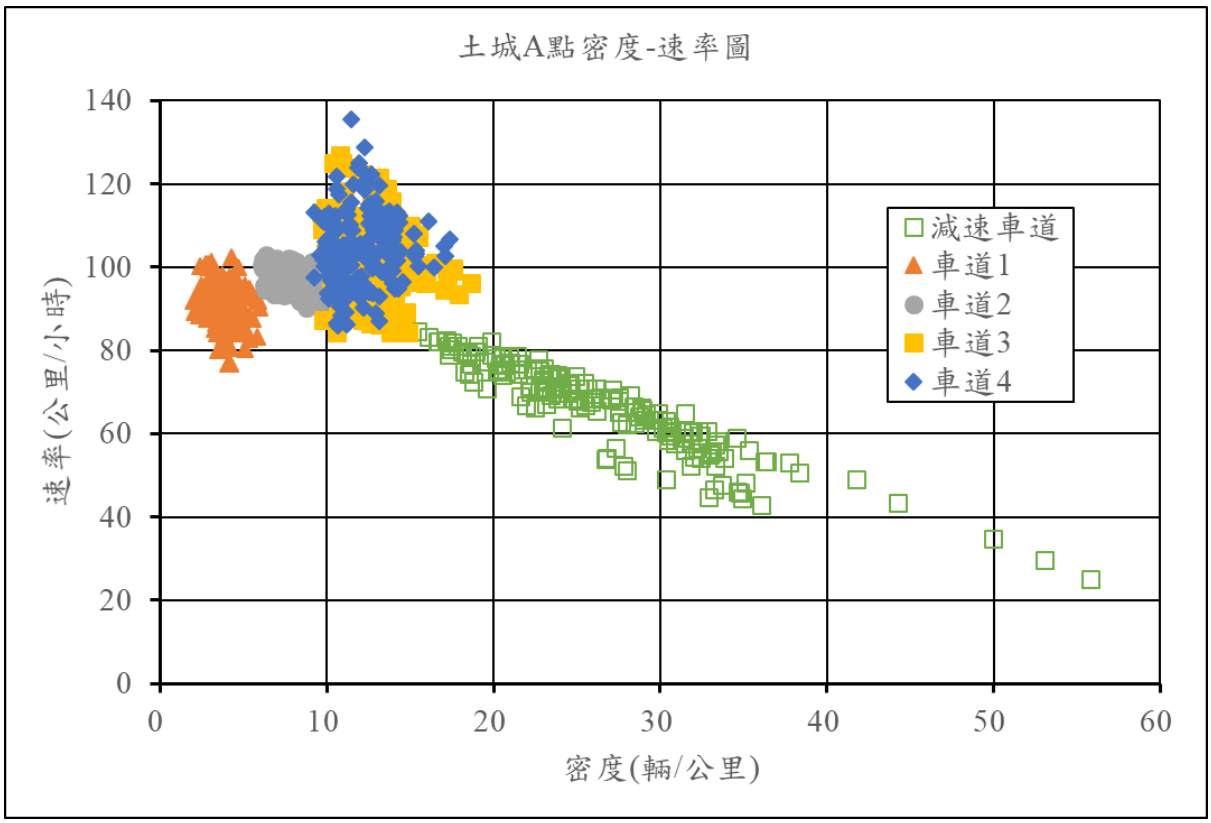


圖 4.2-7 國道 3 號北上土城交流道各車道速率與密度之關係

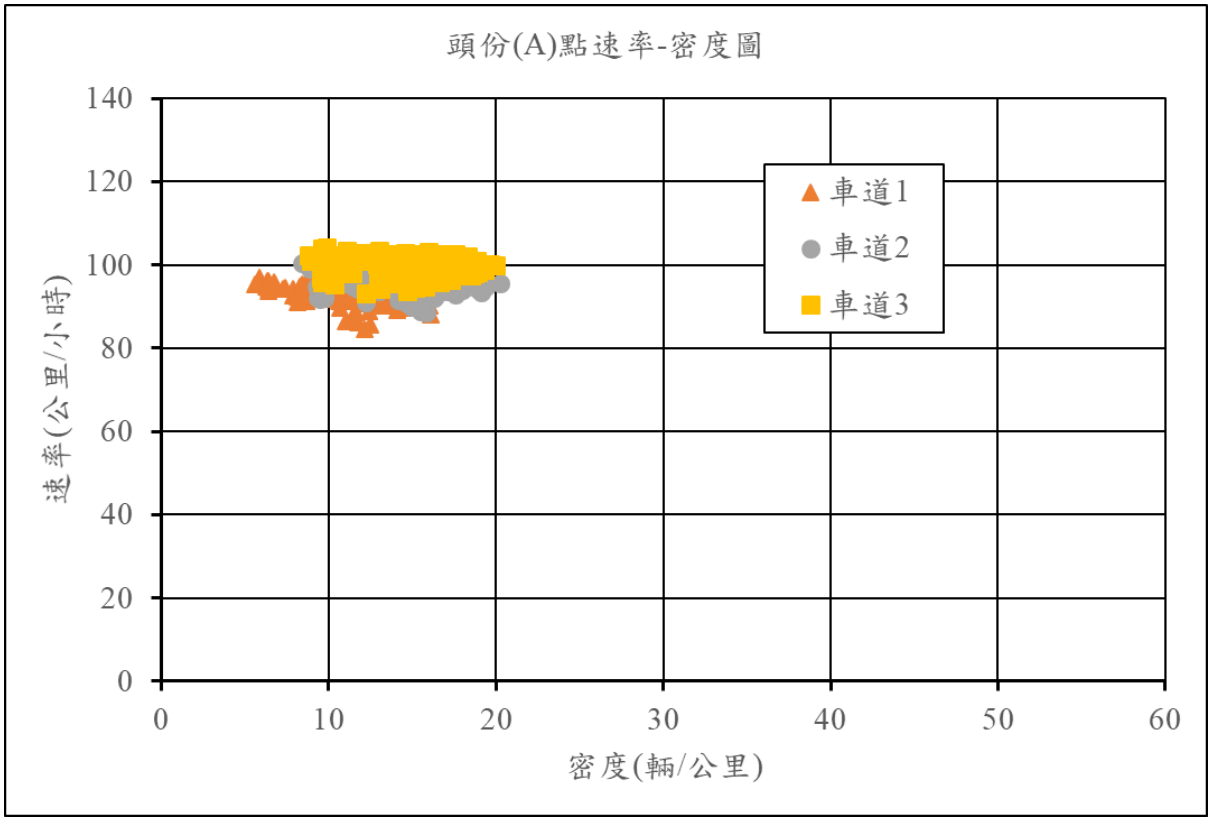


圖 4.2-8 國道 1 號北上頭份交流道各車道速率與密度之關係

4.2.5 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 1,500 英呎（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。

由於 3.4 節所提及土城交流道之影片品質問題，導致車輛軌跡資料在辨識車道變換資料有所誤差，經重複檢驗資料後並無法將辨識錯誤狀況有效排除，導致車道變換數值無法正確推估，因此本節不將土城交流道之車道變換情形納入討論。各個地點各車道受影響之程度階級同 4.1.5 節所述，以每小時匯入該車道之數量，初步區分變換次數之階級，0～50 次/小時為第一階、51～100 次/小時為第二階、大於 100 次/小時以上為第三階。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

針對主線車流進入減速車道之地點，可參考頭份交流道之車道變換數量圖（圖 3.4-33）及分流區範圍內各車道受變換車之影響程度(表 4.2-3)。圖 3.4-48 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，車道變換大量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中間車道以及內側車道幾乎無影響。速率方面，參考土城交流道之流率與密度之關係（圖 4.2-3）,可看出車道 1、2 在穩定車流下的運作速率（流率/密度，或趨勢線之斜率）比車道 3、車道 4 來得低，而車道 1 受到雙線減速車道以及路肩開放的影響，流率更是明顯低於其他三車道，因此可認定車道 1 為分流影響區的範圍。而參考頭份交流道之流率圖（圖 3.4-30）顯示在不同斷面的觀察下，車道 1 的流率亦較車道 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），也可看出相同密度下車道 1 之流率明顯比低於車道 2、車道 3。

兩次現場調查的資料可得知車道 1 為影響較大的範圍，然而，因車流資料中並未觀察到由非壅塞進入壅塞的情況，因此分流影響區的範圍是在外側一車道或

者是外側兩車道，目前無法得到明確結論。

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	是否 開放路肩	車道 1（外側）	車道 2	車道 3
1N 頭份	470 公尺	無開放路肩	高	無	無

第五章 進出口匝道之分析方法

為了確認匯流區與分流區上游主線外側兩車道流量占主線總流量之比例（匯流區為 P_{FM}；分流區為 P_{FD}），需要大量之資料進行模式校估。由於現場調查資料之資料量較少，本計畫需要使用資料量較大之 VD 資訊。本章將透過 VD 資料與現場調查資料確認匯流區與分流區上游主線外側兩車道流率與主線總流率之分布情形。

本計畫已針對共 18 種匝道型態之分匯流區進行地點選擇。在地點選擇上，本計畫透過以下流程進行篩選：（1）重現性壅塞與非下游回堵；（2）VD 資料品質檢核;（3）國內符合此種匝道幾何型態之地點數占比大於 1%。

一、 重現性壅塞與非下游回堵

為了能夠使 P_{FM} 與 P_{FD} 之校估準確，主線總流率之值須能對應到低流率至高流率，故分析需選擇具重現性壅塞特性之匯流區。本計畫先運用高公局發布之 107 年 10~12 月之國道易壅塞路段彙整表，再對應上個步驟提及符合幾何型態之匯流區，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 3~5 月之 VD 資料，分析匯流區上下游最近之主線 VD 資料，進一步確認該匯流趨勢否有重現壅塞。

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。具體做法為比對匯流區 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。

二、 VD 資料品質檢核

為了確認 VD 資料所得流量資訊之合理性，本部分為針對多個 VD 以及 ETC 之門架資訊，進行流量守恆之檢核，其檢核方式為確認一個月之 VD 資料中，該匯流區或分流區上游以及下游之單日總流量，只要上游與下游之單日總流量誤差少於 5%以內，該地點之 VD 即可納入模式分析使用。圖 5-1 為流量守恆檢核之示意圖，編號 N 與 OUT1 之流量總和，需與標號 UP1 或 UP2 之流量總和以及編號 ETC1 之流量總和誤差小於 5%以內；在匯流區之流量守恆檢核，編號 N、IN1 與 IN2 之流量總和，需與標號 DN1 或 DN2 之流量總和以及編號 ETC2

之流量總和誤差小於 5%以內。

三、 國內符合此種匝道幾何型態之地點數占比

為了確認此種匝道幾何型態分析之必要性。經針對重現性壅塞與非下游回堵及 VD 資料品質檢核篩選後，其符合條件之各種匝道幾何型態地點數需分別大於總匝道數之百分之一。以確認 VD 資料的資料量足夠及此種匝道幾何型態有分析之需求。

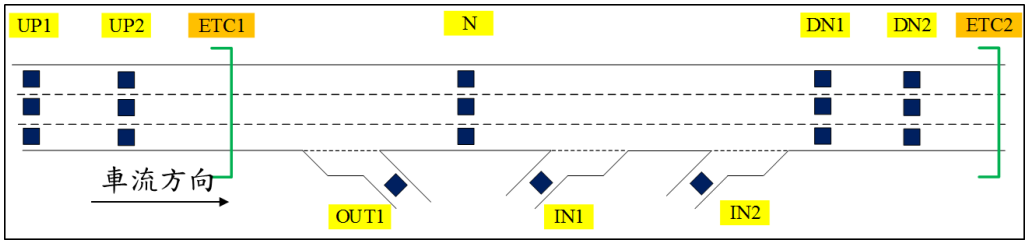


圖 5-1 流量守恆檢核之示意圖

根據上述篩選流程，最終所得符合分析條件之匯流區與分流區地點數如表 5-1 至表 5-6 所示，其中在兩車道匯流區與分流區的部分，由於此種幾何型態之地點其 P_{FM} 與 P_{FD} 必為 100%，故無分析之必要，後續將針對三車道與四車道之匯流區與分流區進行分析。

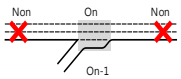
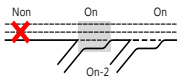
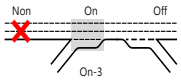
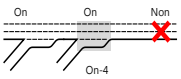
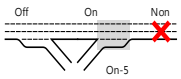
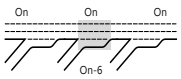
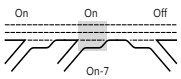
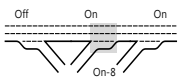
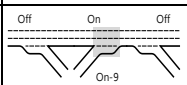
針對進口三車道之匯流區之篩選結果，On-1 三車道匯流區及 On-5 三車道匯流區此兩種匝道型態符合 VD 資料調查所需之條件，故本部分將以 VD 資料進行分析。On-4 三車道匯流區此型態雖無可使用 VD 資料之地點，但因本計畫此地點有足夠現場調查資料之資料量可供分析，故 On-4 三車道匯流區將以現場調查資料進行。

由進口四車道之匯流區之篩選結果，本計畫根據以下因素：(1) 此進口之匯流區受下游匝道影響程度較小，故將不針對有無下游匝道分別進行分析；(2) On-1 四車道匯流區及 On-5 四車道匯流區此兩種匝道型態之資料量較少，無法分別進行分析，因此在此部分將合併分析；(3) 美國公路容量手冊內之高速公路進口四車道匝道影響區之分析方法亦認為可合併為一種模式。本計畫將進口四車道之匯流區其分析合併為一種模式進行校估分析。

針對出口三車道之分流區之篩選結果，Off-1 三車道分流區與 Off-2 三車道分流區此兩種匝道型態符合 VD 資料調查所需之條件，但此兩種匝道型態根據以下因素：(1) 各別 VD 資料之資料量較少；(2) 此進口之匯流區受下游匝道影響程度較小，故 Off-2 三車道分流區其車流運行行為與 Off-1 三車道分流區相似；(3) 美國公路容量手冊內之高速公路出口三車道匝道影響區之分析方法亦將此兩種匝道幾何型態合併為一種模式。

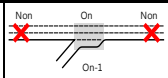
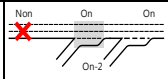
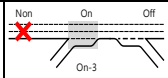
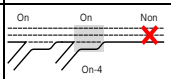
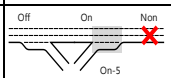
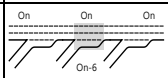
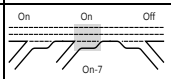
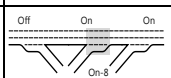
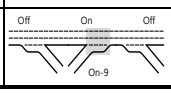
由出口四車道之分流區之篩選結果，本計畫根據以下因素：(1) 此出口之分流區受下游匝道影響程度較小，故將不針對有無下游匝道分別進行分析 (2) Off-1 四車道分流區與 Off-3 四車道分流區此兩種匝道型態之資料量較少，無法分別進行分析，因此在此部分將合併分析 (3) 美國公路容量手冊內之高速公路出口四車道匝道影響區之分析方法亦認為可合併為一種模式。本計畫將出口四車道之分流區其分析合併為一種模式進行校估分析。

表 5-1 主線二車道進口匝道匯流區分析之地點篩選結果

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數 (百分比 %)	壅塞地點數	模式分析地點數		地點		v_{12}/v_F 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
On-1		無	進口	無	14 (4.46%)	-	-	-	-	-	常數：1.00
On-2		無	進口	進口	2 (0.64%)	-	-	-	-	-	X
On-3		無	進口	出口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X
On-4		進口	進口	無	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
On-5		出口	進口	無	5 (1.59%)	-	-	-	-	-	常數：1.00
On-6		進口	進口	進口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X
On-7		進口	進口	出口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X
On-8		出口	進口	進口	3 (0.96%)	-	-	-	-	-	X
On-9		出口	進口	出口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X

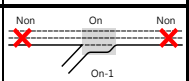
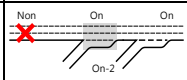
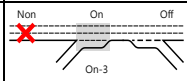
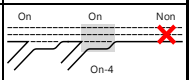
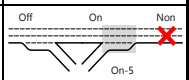
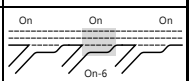
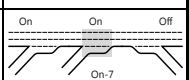
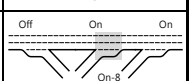
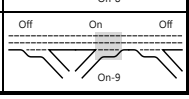
註："X" 表示匝道類型比例 < 1.0%

表 5-2 主線三車道進口匝道匯流區分析之地點篩選結果

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數 (百分比 %)	壅塞地點數	模式分析地點數		地點		v_{12} / v_F 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場調查	VD	
On-1		無	進口	無	108 (34.39%)	7	4	5	1N頭屋 3S安坑 1N新竹A 3N中和	1N頭屋 3N中和 1S后里 1N新竹A 3S安坑	現場：0.5961 VD：0.6018
On-2		無	進口	進口	3 (0.96%)	0	0	0			X
On-3		無	進口	出口	3 (0.96%)	0	0	0			X
On-4		進口	進口	無	13 (4.14%)	1	1	0	1S中壢B		現場：0.6776 VD：無資料
On-5		出口	進口	無	101 (32.17%)	9	1	5	3N新店	1S新竹B 1N台中 1N竹北 1S龍潭 1N岡山	現場：0.5866 VD：0.5787
On-6		進口	進口	進口	0 (0%)	0	0	0			X
On-7		進口	進口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
On-8		出口	進口	進口	10 (3.18%)	1	1	1	1S中壢A	1S中壢A	現場：0.5973 VD：0.5863
On-9		出口	進口	出口	2 (0.64%)	2	0	0			X

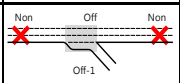
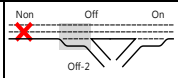
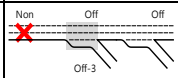
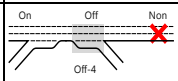
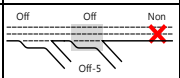
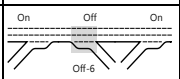
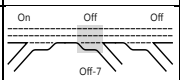
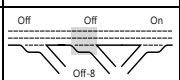
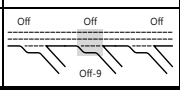
註："X" 表示匝道類型比例 < 1.0%

表 5-3 主線四車道進口匝道匯流區分析之地點篩選結果

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數 (百分比 %)	壅塞地點數	模式分析地點數		地點		v_{12} / v_F 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
On-1		無	進口	無	9 (2.87%)	3	0	2		3S土城 1N桃園	現場：無資料 VD：0.3319
On-2		無	進口	進口	0 (0%)	0	0	0			X
On-3		無	進口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
On-4		進口	進口	無	3 (0.96%)	0	0	0			X
On-5		出口	進口	無	19 (6.05%)	4	1	3	3N三鶯	3N三鶯 1S三重 3N土城	現場：0.3497 VD：0.3280
On-6		進口	進口	進口	0 (0%)	0	0	0			X
On-7		進口	進口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
On-8		出口	進口	進口	2 (0.64%)	0	0	0			X
On-9		出口	進口	出口	1 (0.32%)	0	0	0			X

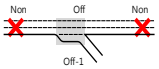
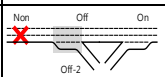
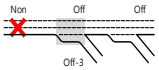
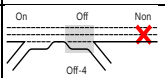
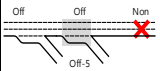
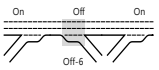
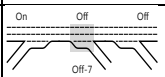
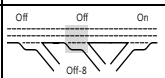
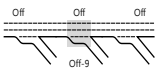
註："X" 表示匝道類型比例 < 1.0%

表 5-4 主線二車道出口匝道分流區分析之地點篩選結果

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數 (百分比 %)	壅塞地點數	模式分析地點數		地點		$(v_{12}-v_R) / (v_F-v_R)$ 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
Off-1		無	出口	無	13 (4.17%)	-	-	-	-	-	常數：1.00
Off-2		無	出口	進口	9 (2.88%)	-	-	-	-	-	常數：1.00
Off-3		無	出口	出口	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
Off-4		進口	出口	無	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
Off-5		出口	出口	無	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
Off-6		進口	出口	進口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X
Off-7		進口	出口	出口	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
Off-8		出口	出口	進口	2 (0.64%)	-	-	-	-	-	X
Off-9		出口	出口	出口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X

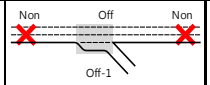
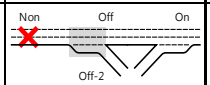
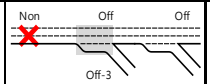
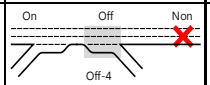
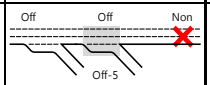
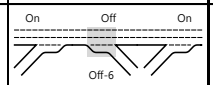
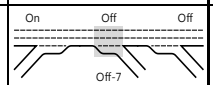
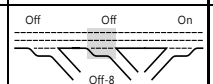
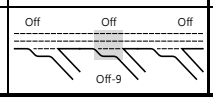
註："X" 表示匝道類型比例 < 1.0%

表 5-5 主線三車道出口匝道分流區分析之地點篩選結果

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數 (百分比 %)	壅塞地點數	模式分析地點數		地點		$(v_{12}-v_R) / (v_F-v_R)$ 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
Off-1		無	出口	無	106 (33.97%)	10	0	2		3S安坑 3N木柵	現場：無資料 VD：0.5484
Off-2		無	出口	進口	109 (34.94%)	14	1	7	1N頭份	1S路竹 1N頭份 3S龍潭 3N龍潭 3S木柵 3S中和 1N中壢	現場：0.5965 VD：0.6189
Off-3		無	出口	出口	8 (2.56%)	3	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-4		進口	出口	無	2 (0.64%)	0	0	0			X
Off-5		出口	出口	無	4 (1.28%)	0	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-6		進口	出口	進口	1 (0.32%)	0	0	0			X
Off-7		進口	出口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
Off-8		出口	出口	進口	6 (1.92%)	0	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-9		出口	出口	出口	0 (0%)	0	0	0			X

註："X" 表示匝道類型比例 < 1.0%

表 5-6 主線四車道出口匝道分流區分析之地點篩選結果

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數 (百分比 %)	壅塞地點數	模式分析地點數		地點		$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$ 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
Off-1		無	出口	無	8 (2.56%)	4	0	1		3S樹林	現場：無資料 VD：0.3919
Off-2		無	出口	進口	13 (4.17%)	5	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-3		無	出口	出口	5 (1.6%)	4	0	1		3N草屯	現場：無資料 VD：0.3883
Off-4		進口	出口	無	1 (0.32%)	0	0	0			X
Off-5		出口	出口	無	0 (0%)	0	0	0			X
Off-6		進口	出口	進口	0 (0%)	0	0	0			X
Off-7		進口	出口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
Off-8		出口	出口	進口	4 (1.28%)	0	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-9		出口	出口	出口	0 (0%)	0	0	0			X

註："X" 表示匝道類型比例 < 1.0%

5.1 進口匝道匯流區

5.1.1 外側兩車道流量占主線總流量之比例

本部分將各個地點透過 VD 資料與現場資料，確認匯流區上游主線外側兩車道流率 (v_{12}) 與主線總流率 (v_F) 之分布情形。在主線外側兩車道上，會有部分的大型車與聯結車資料，為了避免重車資料對分析造成影響，本計畫已針對重車進行當量調整，在現場資料中，大型車以 1.6 做為小車當量值，聯結車以 2.0 做為小車當量值；在 VD 資料中，由於 VD 所定義之大型車為車長 5.5~12.2 公尺之車輛，有許多的車輛車長位於此長度以內，但其加速性能應與小型車相同，故在當量調整上，本計畫針對大型車不進行當量調整，僅針對大於 12.2 公尺之聯結車乘以 2.0 做為小車當量值。

透過前期計畫與本期計畫所現場調查之匯流區，各地點透過現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖如圖 5.1-1 與圖 5.1-2 所示，v_{12} 與 v_F 之關係式如表 5.1-1 與 5.1-2 所示；在 VD 資料部分，On-1 三車道匯流區所得 v_{12} 與 v_F 之

散佈圖如圖 5.1-3 所示，v_{12} 與 v_F 之關係式如表 5.1-3 所示；On-5 三車道匯流區所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖如圖 5.1-4 所示，v_{12} 與 v_F 之關係式如表 5.1-4 所示；四車道匯流區所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖如圖 5.1-5 所示，v_{12} 與 v_F 之關係式如表 5.1-5 所示。

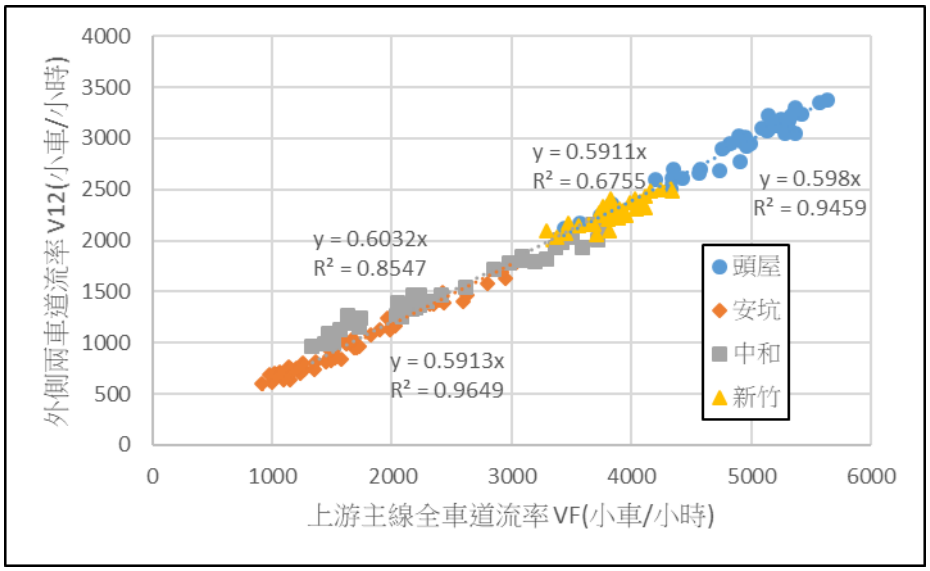


圖 5.1-1 獨立匯流區由現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖

表 5.1-1 獨立匯流區由現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之關係式

交流道	v_{12} 與 v_F 之關係式	v_F 係數 P 值	v_F 範圍（pcu/hr）
1N 頭屋	$v_{12} = 0.5980v_F$ $(R^2 = 0.9459)$	0.00	3,437 ~ 5,633
3N 中和	$v_{12} = 0.6032v_F$ $(R^2 = 0.8547)$	0.00	1,334 ~ 3,737
1N 新竹 A	$v_{12} = 0.5911v_F$ $(R^2 = 0.6755)$	0.00	3,295 ~ 4,337
3S 安坑	$v_{12} = 0.5913v_F$ $(R^2 = 0.9649)$	0.00	914 ~ 3,029
全部地點	$v_{12} = 0.5961v_F$ $(R^2 = 0.9881)$	0.00	914 ~ 5,633

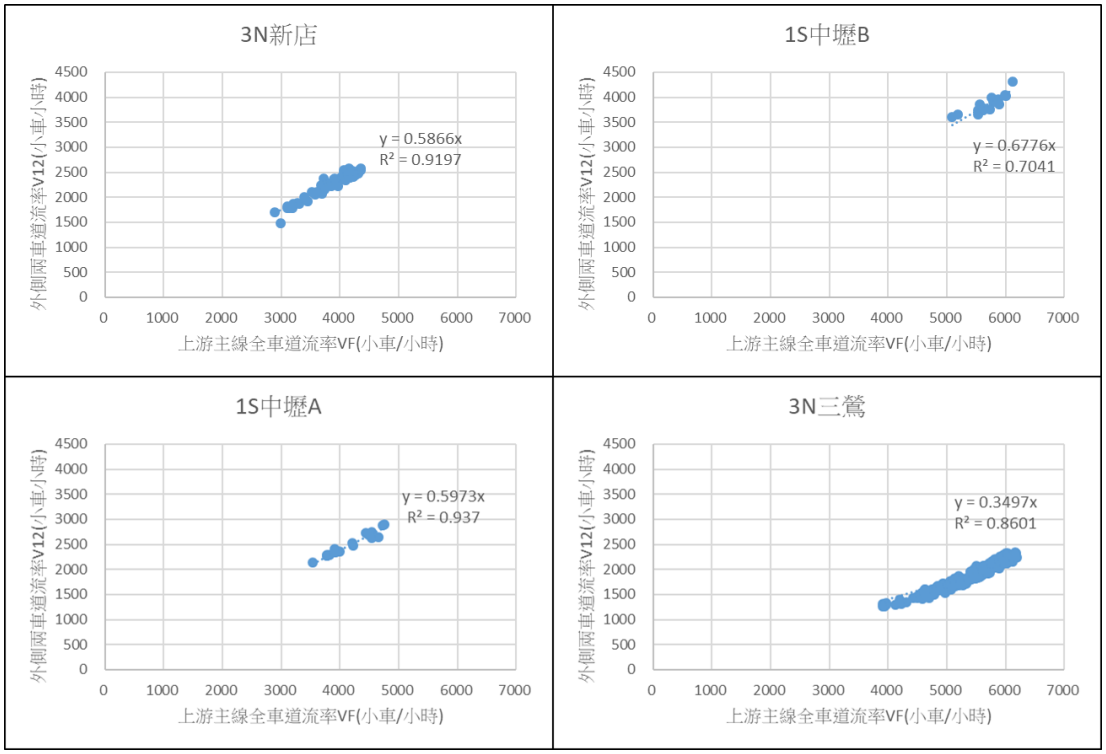


圖 5.1-2 非獨立匯流區由現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖

表 5.1-2 非獨立匯流區由現場資料所得 v_{12} 與 v_F 之關係式

交流道	匯流區型態	車道數	v_{12} 與 v_F 之關係式	v_F 係數 P 值	v_F 範圍（pcu/hr）
3N 新店	On-5	3	$v_{12} = 0.5866v_F$ $(R^2 = 0.9197)$	0.00	2,896~4,358
1S 中壢 B	On-4	3	$v_{12} = 0.6776v_F$ $(R^2 = 0.7041)$	0.00	5,086~6,120
1S 中壢 A	On-8	3	$v_{12} = 0.5973v_F$ $(R^2 = 0.9370)$	0.00	3,538~4,757
3N 三鶯	On-5	4	$v_{12} = 0.3497v_F$ $(R^2 = 0.8601)$	0.00	3,902~6,194

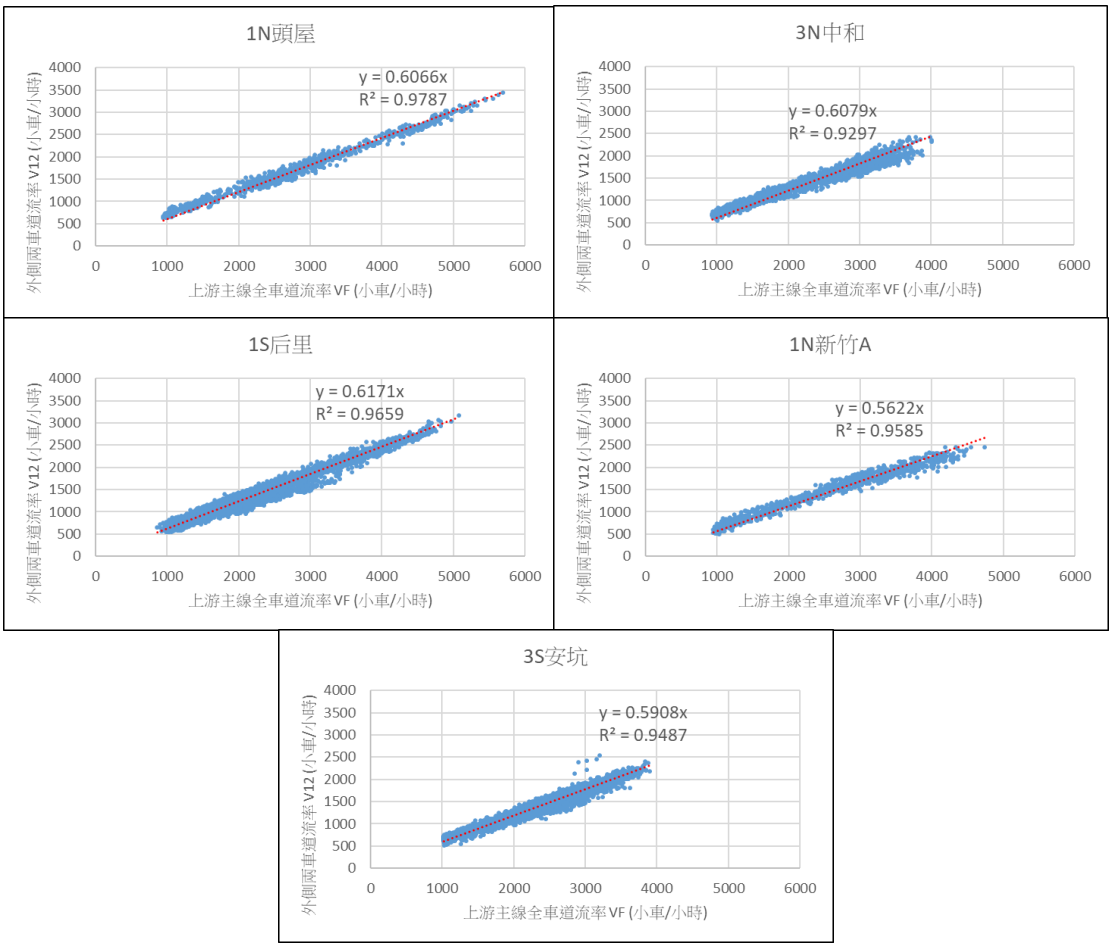


圖 5.1-3 On-1 三車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖

表 5.1-3 On-1 三車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之關係式

交流道	v_{12} 與 v_F 之關係式	係數 P 值	v_F 範圍 （pcu/hr）
1N 頭屋	$v_{12} = 0.6066v_F$ $(R^2 = 0.9787)$	0.00	948 ~ 5,688
3N 中和	$v_{12} = 0.6079v_F$ $(R^2 = 0.9297)$	0.00	936 ~ 4,008
1S 后里	$v_{12} = 0.6171v_F$ $(R^2 = 0.9659)$	0.00	864 ~ 5,076
1N 新竹 A	$v_{12} = 0.5622v_F$ $(R^2 = 0.9585)$	0.00	948 ~ 4,740
3S 安坑	$v_{12} = 0.5908v_F$ $(R^2 = 0.9487)$	0.00	1,020 ~ 3,900
全部地點	$v_{12} = 0.6018v_F$ $(R^2 = 0.9954)$	0.00	864 ~ 5,688

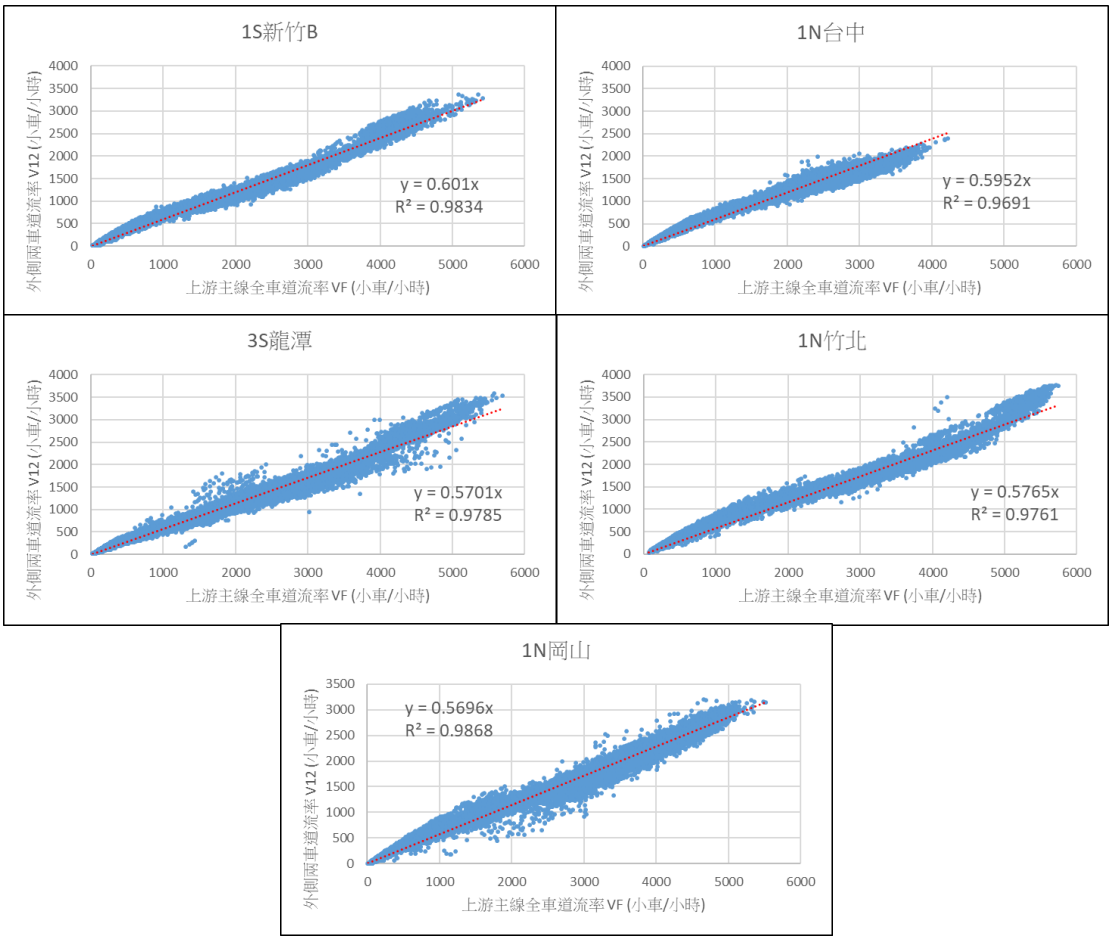


圖 5.1-4 On-5 三車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖

表 5.1-4 On-5 三車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之關係式

交流道	v_{12} 與 v_F 之關係式	v_F 係數 P 值	v_F 範圍 (pcu/hr)
1S 新竹 B	$v_{12} = 0.6010 v_F$ $(R^2 = 0.9834)$	0.00	24 ~ 5,424
1N 台中	$v_{12} = 0.5952 v_F$ $(R^2 = 0.9691)$	0.00	12 ~ 4,224
1N 竹北	$v_{12} = 0.5765 v_F$ $(R^2 = 0.9761)$	0.00	72 ~ 5,748
3S 龍潭	$v_{12} = 0.5701 v_F$ $(R^2 = 0.9785)$	0.00	24 ~ 5,688
1N 岡山	$v_{12} = 0.5696 v_F$ $(R^2 = 0.9868)$	0.00	12 ~ 5,520
全部地點	$v_{12} = 0.5787 v_F$ $(R^2 = 0.9940)$	0.00	12 ~ 5,743

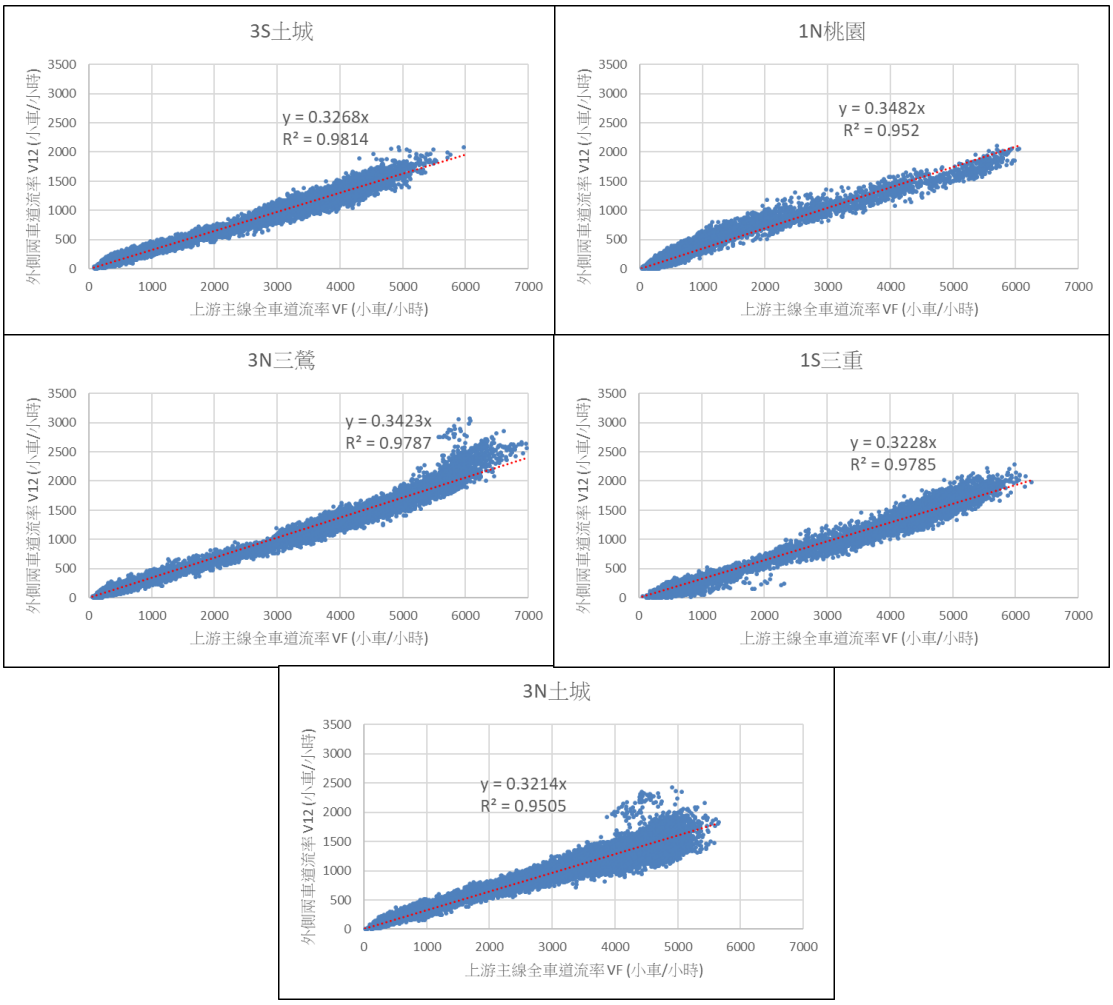


圖 5.1-5 四車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之散佈圖

表 5.1-5 四車道匯流區由 VD 所得 v_{12} 與 v_F 之關係式

交流道	匯流區型態	v_{12} 與 v_F 之關係式	v_F 係數 P 值	v_F 範圍（pcu/hr）
3S 土城	On-1	$v_{12} = 0.3268v_F$ $(R^2 = 0.9814)$	0.00	84 ~ 5,976
1N 桃園	On-1	$v_{12} = 0.3482v_F$ $(R^2 = 0.9520)$	0.00	36 ~ 6,060
3N 三鶯	On-5	$v_{12} = 0.3423v_F$ $(R^2 = 0.9787)$	0.00	60 ~ 6,972
1S 三重	On-5	$v_{12} = 0.3228v_F$ $(R^2 = 0.9785)$	0.00	60 ~ 6,252
3N 土城	On-5	$v_{12} = 0.3214v_F$ $(R^2 = 0.9505)$	0.00	24 ~ 5,652
全部地點		$v_{12} = 0.3287v_F$ $(R^2 = 0.9882)$	0.00	24 ~ 6,972

5.1.2 P_{FM}之迴歸式校估

本節為透過建立數個 P_{FM} 之迴歸式，確認影響 P_{FM} 之因子。本計畫已回顧美國 HCM 中所提及影響 P_{FM} 之因子包含加速車道長度（L_A）、匝道自由車流速率（S_{FR}）、主線總流率（v_F）、匝道流率（v_R）、與上游之匝道距離（D_U）等，其中當 L_A 越長時，會使 P_{FM} 提升；當 S_{FR} 越大時，因外側兩車道之車輛容易受匯入主線之車輛所影響，故會使 P_{FM} 下降；當 v_F、v_R 越大，也會使 P_{FM} 下降；當 D_U 越長，因上游內側車道之車輛有較充足之時間往外側移動，故會使 P_{FM} 上升。

本節透過 5.1.1 節各種匯流區之資料進行迴歸分析，本計畫已得出以下幾何型態數個 P_{FM} 之迴歸式：（1）On-1 三車道（2）On-5 三車道（3）四車道匯流區。P_{FM} 迴歸式之選擇主要考慮以下三點：係數方向的合理性、係數數值大小的合理性、資料取得是否容易。

一、On-1 三車道匯流區

On-1 三車道匯流區由現場資料校估之 P_{FM} 迴歸式如表 5.1-6 所示，各個模式之校估結果與合理性如下所述：

模式 1：L_A 為負相關，該方向性與先驗知識「L_A 越大，會使 P_{FM} 提升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 2：因 L_A/S_{FR} 不顯著異於 0，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 3：L_A 為負相關，該方向性與先驗知識「L_A 越大，會使 P_{FM} 提升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 4：L_A/S_{FR} 為負相關，該方向性與先驗知識「L_A/S_{FR} 越大，會使 P_{FM} 提升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 5：各變數均顯著異於 0，且方向性合理，故可使用該模式。

模式 6：L_A 為負相關，該方向性與先驗知識「L_A 越大，會使 P_{FM} 提升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

On-1 三車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式如表 5.1-7 所示，各個模式之校估結果與合理性如下所述：

模式 1：各變數均顯著異於 0，且方向性合理，故可使用該模式。

模式 2：各變數均顯著異於 0，且方向性合理，故可使用該模式。

模式 3：L_A 為負相關，該方向性與先驗知識「L_A 越大時，會使 P_{FM} 提升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 4：L_A/S_{FR} 為負相關，該方向性與先驗知識「L_A/S_{FR} 越大時，會使 P_{FM} 提升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 5：各變數均顯著異於 0，且方向性合理，故可使用該模式。

模式 6：L_A 為負相關，該方向性與先驗知識「L_A 越大時，會使 P_{FM} 提升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

透過上述之迴歸分析，已得知可用之模式為現場資料之模式 5，以及 VD 資料之模式 1、2、5。本計畫在模式的選擇上，因考量 S_{FR} 之數值取得不易，且不一定能用匝道速限加上固定值來代表，故不推薦使用 VD 資料之模式 1、2，而在現場資料與 VD 資料之模式選擇上，由於 VD 資料各變數所涵蓋之資料較多，故最終本計畫推薦使用 VD 資料所校估之模式 5 做為 On-1 三車道匯流區 P_{FM} 之迴歸式。

二、On-5 三車道匯流區

On-5 三車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式如表 5.1-8 所示，各個模式之校估結果與合理性如下所述：

模式 1：S_{FR} 為正相關，該方向性與先驗知識「S_{FR} 越大，會使 P_{FM} 下降」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 2：D_U 為負相關，該方向性與先驗知識「D_U 越大，會使 P_{FM} 上升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 3：S_{FR} 為正相關，該方向性與先驗知識「S_{FR} 越大，會使 P_{FM} 下降」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 4：D_U 為負相關，該方向性與先驗知識「D_U 越大，會使 P_{FM} 上升」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 5：各變數均顯著異於 0，且方向性合理，故可使用該模式。

模式 6：各變數均顯著異於 0，且方向性合理，故可使用該模式。

透過上述之迴歸分析，已得知可用之模式為模式 5 與 6，本計畫考量模式 5 係數考量較全面，因此以該模式做為 On-5 三車道匯流區 P_{FM}

之迴歸式。

三、四車道匯流區

四車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式如表 5.1-9 所示，各個模式之校估結果與合理性如下所述：

模式 1：S_{FR} 與 v_F 為正相關，兩變數之方向性均與先驗知識不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 2：v_F 為正相關，該方向性均與先驗知識「v_F 越大，會使 P_{FM} 下降」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 3：S_{FR} 與 v_F+v_R 為正相關，兩變數之方向性均與先驗知識不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 4：v_F+v_R 為正相關，該方向性均與先驗知識「v_F、v_R 越大，會使 P_{FM} 下降」之說法不符，故本計畫不考慮使用該模式。

模式 5：各變數均顯著異於 0，且方向性合理，故可使用該模式。

模式 6：各變數均顯著異於 0，且方向性合理，故可使用該模式。

透過上述之迴歸分析，已得知可用之模式為模式 5 與 6，本計畫考量模式 5 係數考量較全面，因此以該模式做為四車道匯流區 P_{FM} 之迴歸式。

表 5.1-6 On-1 三車道匯流區由現場資料校估之 P_{FM} 迴歸式表

模式	常數項	L_A	S_{FR}	L_A/S_{FR}	v_F	v_R	(v_F+v_R)	R^2
模式 1 (t 值)	0.7597 (19.52)	-0.000061 (-1.39)	-0.000798 (-1.73)		-0.000027 (-5.52)	-0.000028 (-2.91)		0.9987
模式 2 (t 值)	0.6952 (54.33)			0.000253 (0.13)	-0.000022 (-7.39)	-0.000045 (-7.25)		0.9987
模式 3 (t 值)	0.7618 (35.95)	-0.000063 (-3.48)	-0.000822 (-3.73)				-0.000027 (-5.63)	0.9987
模式 4 (t 值)	0.6872 (51.59)			-0.004760 (-2.96)			-0.000021 (-6.81)	0.9985
模式 5 (t 值)	0.6068 (132.2)	0.000087 (2.29)				-0.000035 (-4.02)		0.9983
模式 6 (t 值)	0.6014 (131.1)	-0.000032 (-1.28)						0.9981

註：本計畫推薦採用模式 5

各變數之資料範圍如下

L_A：200 ~ 650 公尺　　S_{FR}：56.5 ~ 88.71 公里/小時　　v_F：914 ~ 5,633 小車/小時　　v_R：540 ~ 2,974 小車/小時

表 5.1-7 On-1 三車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式表

模式	常數項	L_A	S_{FR}	L_A/S_{FR}	v_F	v_R	(v_F+v_R)	R^2
模式 1 (t 值)	0.6681 (200.2)	0.000040 (10.56)	-0.000798 (-3.15)		-0.000016 (-23.40)	-0.000057 (-40.74)		0.9965
模式 2 (t 值)	0.6586 (466.8)			0.003340 (12.77)	-0.000016 (-28.33)	-0.000059 (-52.56)		0.9965
模式 3 (t 值)	0.7169 (299.3)	-0.000028 (-12.44)	-0.000758 (-17.27)				-0.000024 (-55.50)	0.9964
模式 4 (t 值)	0.6787 (520.4)			-0.002595 (-14.28)			-0.000026 (-55.57)	0.9963
模式 5 (t 值)	0.6260 (943.1)	0.000087 (23.23)				-0.000073 (-56.37)		0.9964
模式 6 (t 值)	0.6188 (864.0)	-0.000073 (-26.61)						0.9956

註：本計畫推薦採用模式 5

各變數之資料範圍如下

L_A：200 ~ 650 公尺　　S_{FR}：56.5 ~ 88.71 公里/小時　　v_F：864 ~ 5,688 小車/小時　　v_R：0 ~ 3,564 小車/小時

表 5.1-8 On-5 三車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式表

模式	常數項	L_A	S_{FR}	L_A/S_{FR}	v_F	v_R	(v_F+v_R)	D_U	R^2
模式 1 (*t* 值)	0.5570 (204.9)	0.000047 (58.02)	0.000938 (13.15)		-0.000015 (-66.40)	-0.000010 (-13.35)		0.000027 (7.90)	0.9945
模式 2 (*t* 值)	0.6164 (399.9)			0.003066 (63.61)	-0.000017 (-91.11)	-0.000004 (-10.01)		-0.000026 (-9.54)	0.9944
模式 3 (*t* 值)	0.5456 (266.9)	0.000048 (57.56)	0.001150 (32.45)				-0.000001 (-78.11)	0.000037 (11.12)	0.9945
模式 4 (*t* 值)	0.6124 (397.5)			0.003124 (64.23)			-0.000014 (-87.19)	-0.000021 (-7.68)	0.9944
模式 5 (*t* 值)	0.5581 (392.2)	0.000055 (69.12)				-0.0000095 (-22.97)		0.000042 (14.50)	0.9942
模式 6 (*t* 值)	0.5447 (394.4)	0.000054 (66.63)						0.000049 (16.35)	0.9942

註：本計畫推薦採用模式 5

各變數之資料範圍如下

L_A：240 ~ 1100 公尺　　v_F：12 ~ 5,748 小車/小時　　D_U：750 ~ 950 公尺

S_{FR}：50 ~ 66.75 公里/小時　　v_R：0 ~ 2,748 小車/小時

表 5.1-9 四車道匯流區由 VD 資料校估之 P_{FM} 迴歸式表

模式	常數項	L_A	S_{FR}	L_A/S_{FR}	v_F	v_R	(v_F+v_R)	R^2
模式 1 (t 值)	0.2810 (310.7)	0.000163 (42.55)	0.002348 (11.96)		0.000043 (64.90)	-0.000051 (-34.53)		0.9892
模式 2 (t 值)	0.2984 (468.7)			0.006227 (47.95)	0.000031 (54.09)	-0.000078 (-45.81)		0.9888
模式 3 (t 值)	0.2932 (330.0)	0.000105 (29.22)	0.002426 (12.66)				0.000019 (40.49)	0.9888
模式 4 (t 值)	0.3139 (548.9)			0.007970 (19.99)			0.0000073 (21.57)	0.9884
模式 5 (t 值)	0.3263 (1019)	0.000088 (41.24)				-0.0000023 (-2.16)		0.9885
模式 6 (t 值)	0.3257 (2101)	0.000088 (41.34)						0.9885

註：本計畫推薦採用模式 5

各變數之資料範圍如下

L_A：200 ~ 1420 公尺　　S_{FR}：61.59 ~ 72.25 公里/小時　　v_F：36 ~ 6,972 小車/小時　　v_R：12 ~ 3,276 小車/小時

5.1.3 進口匝道匯流區類型 On-4 分析方法

進口匝道匯流區類型 On-4 （On-On-Non）指分析之本進口匝道上游有一鄰近匝道，下游無鄰近匝道，美國公路容量手冊（HCM 2016）高速公路進口匝道影響區的分析方法指這一類型匝道匯流區的車流運作與獨立匝道相近，可採用獨立匝道的方程式估算外側兩車道的使用比例。然而，本計畫之現場調查（國 1 南下中壢交流道 B 進口）發現，其外側兩車道使用比例（v_{12}/v_F 約為 0.6776）比獨立匝道類型的外側兩車道使用比例（v_{12}/v_F 約為 0.5574）明顯高出許多。因 On-4 占國內的匝道類型比例約 4.14%，出現頻率不低，因此有必要進一步探討。

一般而言，聯繫兩個進口匝道之間的主線並不會有佈設 VD 偵測器，因此無可用數據以建立統計性模式。而在上游進口匝道的主線上游以及各匝道應有佈設 VD 偵測器，因此本計畫提出採用分析性模式，用以估算分析匝道的外側兩車道使用比例。

以中壢交流道 B 進口與其上游 A 進口為例（圖 5.1-6），變數定義如下：

S 點 = 本進口匝道 (Subject ramp) 匯流區

U 點 = 上游進口匝道 (Upstream ramp) 匯流區

v_R = 本進口匝道之匝道流量 (pcu/hr)

v_R^U = 上游進口匝道之匝道流量 (pcu/hr)

v_F = 本進口匝道之主線車流量 (pcu/hr)

v_F^U = 上游進口匝道之主線車流量 (pcu/hr)

v_{12} = 本進口匝道之外側兩車道流量 (pcu/hr)

v_{12}^U = 上游進口匝道之外側兩車道流量 (pcu/hr)

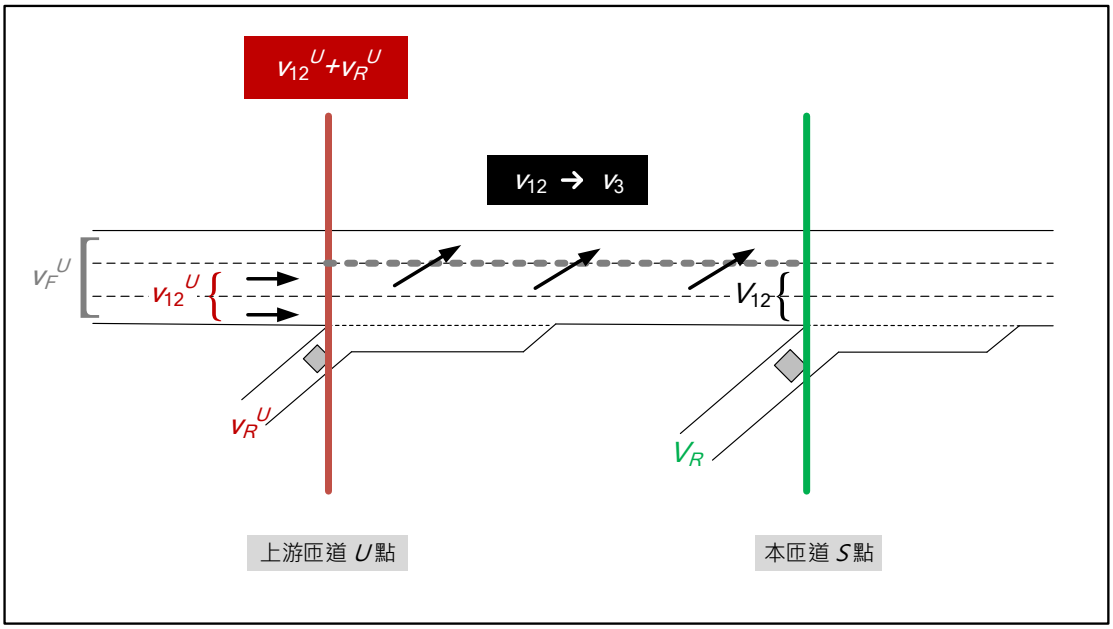


圖 5.1-6 中壢交流道 B 進口（本匝道）及其上游 A 進口（上游匝道）

要求得進口匝道之外側兩車道使用比例 P_{FM} ，可用式 5-1 計算：

$$P_{FM} = \frac{v_{12}}{v_F} = \frac{\alpha(v_{12}^U+v_R^U)}{(v_F^U+v_R^U)} \quad (5\text{-}1)$$

以上方程式之v_F^U、v_R^U 可透過偵測器資料取得，v_{12}^U 可由 On-1 或 On-5 之統計模式估算之取得。當中的 α 值是上游匝道加速車道開始前至分析匝道加速車道開始前之間的車流保留在外側兩車道的比例，即(1-α)代表車流由外側兩車道變換車道至內車道的比例。

直覺上，α 值會隨兩匝道之間的距離 D_U 而遞減，如沒有車輛由外側兩車道切換到內側車道，則 α=1.0。此處以現場調查「中壢交流道 B 進口匝道」為例進行估算，因其與上游進口匝道「中壢交流道 A 進口匝道」相鄰，距離為僅 260 公尺。

因該地點兩相鄰匝道間並無 VD 偵測器布設，若要了解流量與變換車道的次數，需從本計畫現場調查而得的空拍影片進行分析。分析方式為透過人工進行車輛的計數，以每連續 1 分鐘為時段，紀錄一筆數據，計算由中壢交流道 A 進口之匝道流量(v_R^U)與外側兩車道流量(v_{12}^U)，以及在此區間由 v_{12} 變換至內側車道 v_3 的車輛數，計算此區間 v_{12} 至 v_3 變換車道的比例。

結果顯示 v_{12} 至 v_3 變換車道的比例約在 0 ~ 5% 之間，平均為 1.87%，如表 5.1-10 所示，再校估下列關係式 5-2：

$$\alpha = \frac{v_{12}}{(v_{12}^{U}+v_{R}^{U})} \tag{5-2}$$

求出的調整係數值 α 為 0.9809，R^2 為 0.9996。此係數值能說明了外側兩車道之車輛在經過中壢交流道 A 匯流影響區後，因下游相鄰進口匝道的影響（中壢交流道 B 進口匝道），而續留在下游匯流影響區之外側兩車道之比例。結果表明兩相鄰匝道之 v_{12} 至 v_3 變換車道比例只有約 2%，推論大部分的駕駛人在此影響區間由於距離過短故變換車道的傾向並不高。

表 5.1-10 中壢交流道 B 匯流影響區上游 v_{12} 至 v_3 變換車道之比例

	$v_{12}{}^{U} \rightarrow v_3$	$v_{12}{}^{U} + v_{R}{}^{U}$	v_{12}	$\frac{(v_{12}^{U} \rightarrow v_3)}{(v_{12}^{U}+v_{R}^{U})}$	$\frac{v_{12}}{(v_{12}^{U}+v_{R}^{U})}$
每分鐘平均值	0.91 輛	48.9 輛	47.99 輛	1.87%	98.13%

總括而言，非獨立匝道類型 On-4 可運用方程式（5-1），配合上游匝道匯流區的計算結果進行分析，當中 α 係數可假設為 0.98，而按鄰近匝道的距離或現場調查資料而加以調整。

5.2 出口匝道分流區

5.2.1 非下匝道外側兩車道流量占非下匝道主線總流量之比例

本部分將各個地點透過 VD 資料，確認分流區上游非下匝道主線外側兩車道流率（v_{12} - v_R）與非下匝道主線總流率（v_F - v_R）之分布情形。

Off-1 與 Off-2 三車道分流區（v_{12} - v_R）與（v_F - v_R）之散佈圖如圖 5.2-1 所示，（v_{12} - v_R）與（v_F - v_R）之關係式如表 5.2-1 所示；四車道分流區（v_{12} - v_R）與（v_F - v_R）之散佈圖如圖 5.2-2 所示，（v_{12} - v_R）與（v_F - v_R）之關係式如表 5.2-2 所示。

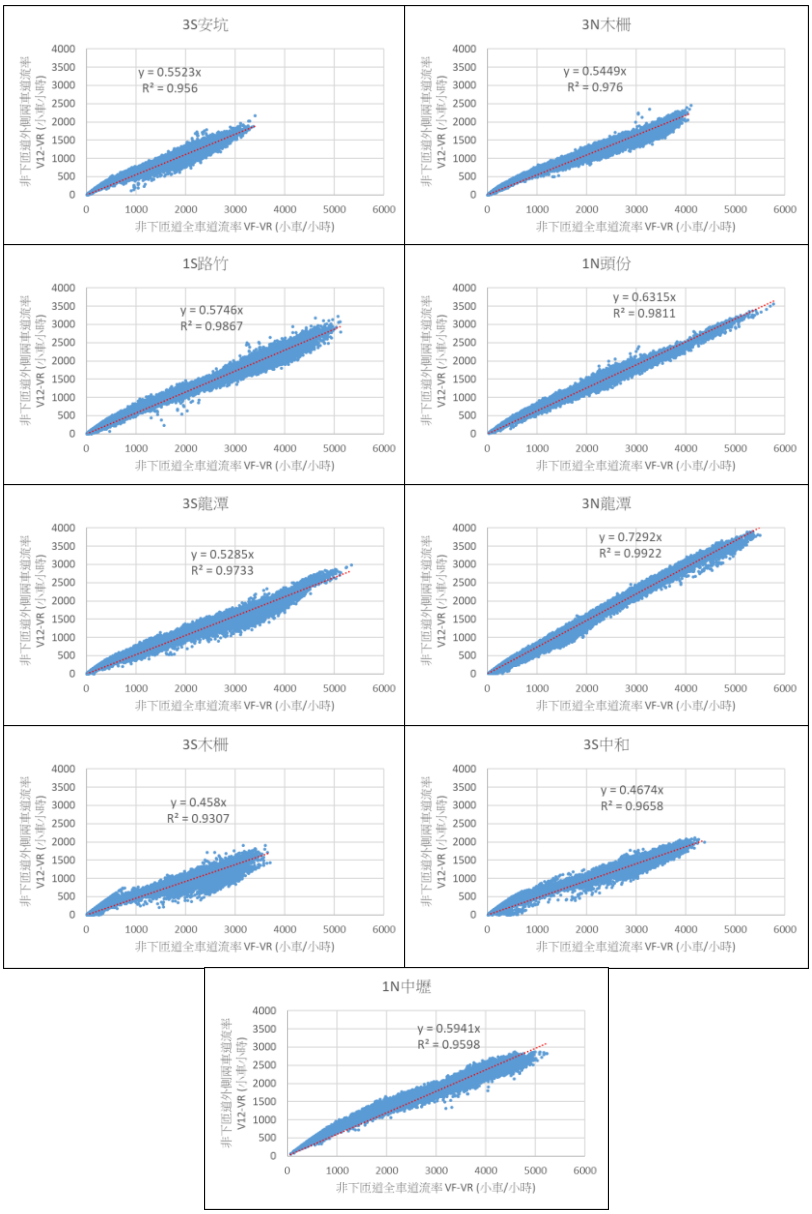


圖 5.2-1 三車道分流區由 VD 所得 v_{12} - v_R 與 v_F - v_R 之散佈圖

表 5.2-1 三車道分流區由 VD 所得 v_{12} - v_R 與 v_F - v_R 之關係式

交流道	分流區型態	v_{12} - v_R 與 v_F - v_R 之關係式	v_F - v_R 係數 P 值	v_F -v_R 範圍（pcu/hr）
3S 安坑	Off-1	$v_{12} - v_R = 0.5523(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9560)$	0.00	12 ~ 3,420
3N 木柵	Off-1	$v_{12} - v_R = 0.5449(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9760)$	0.00	12 ~ 4,110
1S 路竹	Off-2	$v_{12} - v_R = 0.5746(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9867)$	0.00	12 ~ 5,142
1N 頭份	Off-2	$v_{12} - v_R = 0.6315(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9811)$	0.00	36 ~ 5,790
3S 龍潭	Off-2	$v_{12} - v_R = 0.5285(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9733)$	0.00	12 ~ 5,358
3N 龍潭	Off-2	$v_{12} - v_R = 0.7292(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9922)$	0.00	24 ~ 5,502
3S 木柵	Off-2	$v_{12} - v_R = 0.4580(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9307)$	0.00	12 ~ 3,720
3S 中和	Off-2	$v_{12} - v_R = 0.4674(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9658)$	0.00	12 ~ 4,386
1N 中壢	Off-2	$v_{12} - v_R = 0.5941(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9598)$	0.00	60 ~ 5,244
全部地點		$v_{12} - v_R = 0.5796(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9596)$	0.00	12 ~ 5,790

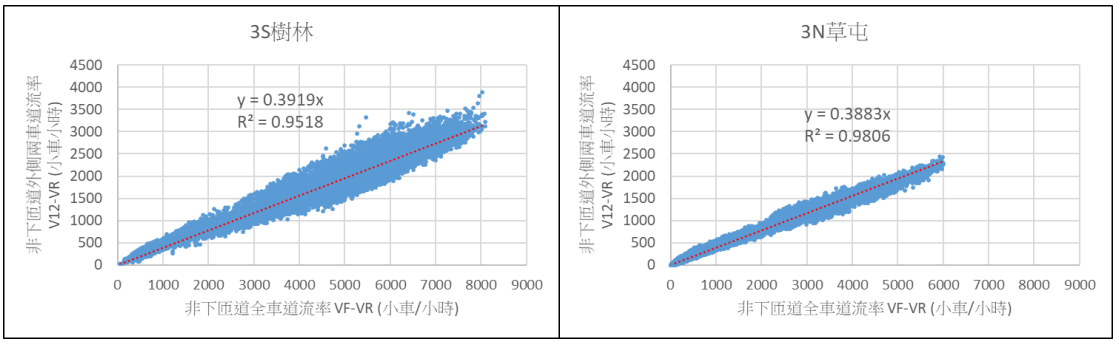


圖 5.2-2 四車道分流區由 VD 所得 v_{12} - v_R 與 v_F - v_R 之散佈圖

表 5.2-2 四車道分流區由 VD 所得 v_{12} - v_R 與 v_F - v_R 之關係式

交流道	分流區型態	v_{12} - v_R 與 v_F - v_R 之關係式	v_F - v_R 之 P 值	v_F -v_R 範圍（pcu/hr）
3S 樹林	Off-1	$v_{12} - v_R = 0.3919(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9518)$	0.00	60 ~ 8,100
3N 草屯	Off-3	$v_{12} - v_R = 0.3883(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9806)$	0.00	12 ~ 6,000
全部地點		$v_{12} - v_R = 0.3912(v_F - v_R)$ $(R^2 = 0.9673)$	0.00	12 ~ 8,100

5.2.2 P_{FD}之迴歸式校估

本節為透過建立數個 P_{FD} 之迴歸式，確認影響 P_{FD} 之因子。本計畫已回顧美國 HCM 中所提及影響 P_{FD} 之因子包含減速車道長度（L_D）、主線總流率（v_F），以及匝道流率（v_R），其中當 L_D 越大，會使 P_{FD} 下降；v_F、v_R 越大，也會使 P_{FD} 下降。

本節透過 5.2.1 節各種匯流區之資料進行迴歸分析，本計畫已得出以下幾何型態數個 P_{FD} 之迴歸式：（1）Off-1 與 Off-2 三車道（2）四車道分流區。

一、 Off-1 與 Off-2 三車道分流區

Off-1 與 Off-2 三車道分流區由 VD 資料校估之 P_{FD} 迴歸式如表 5.2-3 所示，模式 1 與模式 2 之 v_F 與 P_{FD} 呈現正向關係，與美國 HCM 之說法有所不同。

經檢視 VD 資料後，本計畫發現在 v_F 大於 1,500 小車/小時之情況下，當 v_F 越大，確實會使 P_{FD} 提昇，但對 P_{FD} 並不會造成大影響，與模式 2 中 v_F 之係數為正向且為極小值之解釋一致，此外，由本期現場調查所得國道 1 號北上頭份交流道出口範圍車流之車道分布圖(圖 4.2-2)，可發現當 v_F 越大，最內側車道之車道使用率會下降，意味著 P_{FD} 會上升，故模式 1 與模式 2 之 v_F 與 P_{FD} 呈現正向關係應為合理。考量使用上之簡易性，本計畫推薦使用模式 2 做為 Off-1 與 Off-2 三車道分流區 P_{FD} 之迴歸式。

二、 四車道分流區

在四車道分流區部分，因美國 HCM 在四車道分流區中為採用一固定值，而臺灣於四車道分流區之幾何條件下，僅有國道 3 號南下樹林出口以及國道 3 號北上草屯出口兩地點有重現性壅塞之現象，且兩地點非下匝道外側兩車道流量占非下匝道主線總流量之比例相近，故本計畫推薦 P_{FD} 為一固定值，即 P_{FD} = 0.3912。

表 5.2-3 Off-1 與 Off-2 三車道分流區由 VD 資料校估之 P_{FD} 迴歸式表

模式	常數項	v_F	v_R	L_D	R^2
模式 1 (*t* 值)	0.7339 (1891)	0.000017 (112.5)	-0.000255 (-661.7)	-0.000286 (-327.7)	0.9898
模式 2 (*t* 值)	0.6758 (1641)	0.0000035 (18.44)	-0.000208 (-481.9)		0.9928

註：本計畫推薦採用模式 2

各變數之資料範圍如下

V_F：12 ~ 6,700 小車/小時　V_R：0 ~ 2,402 小車/小時　　L_D：150 ~ 620 公尺

第六章 匝道分匯流區分析方法研議

6.1 THCM 1990 ~ 2011 年版匝道分匯流區分析法之發展

本所自民國 75 年起開始著手研擬臺灣公路容量手冊研究草案，初期亦針對主要公路設施如市區街道交叉路口、高速公路基本路段設施發表有關容量、影響因素、服務水準等相關研究之技術報告，並於民國 79 年(1990 年）先發行初版臺灣地區公路容量手冊，由於當時欠缺本土交通特性資料支持，以致整冊中之各類設施分析方法論幾乎參照美國 HCM 1985 觀念架構。嗣後自民國 80 年起，本所才開始分別透過自辦與委辦方式展開一系列本土化公路容量研究(如表 6.1-1、表 6.1-2)，發展較適用之設施分析方式，逐步更新初版內容。民國 80~90 年間對上述市區街道（如快速道路、號誌路口、非號誌路口）與高速公路（如基本路段、匯流區、收費站）設施分析有更多零星研究成果，並於民國 90 年依據現有文獻、成果發行「2001 年臺灣公路容量手冊」。

表 6.1-1 與表 6.1-2 顯示自民國 90 年起，本所對公路容量研究較著重於公路組成設施的涵蓋性與分析方法的完整性，前者如增加市區幹道、機車道、公車道、郊區多車道公路、雙車道公路、公路隧道、坡道等，後者如模擬模式發展、參數調校等，且大多為多年期研究。因此，民國 100 年發行的「2011 年臺灣公路容量手冊」中，版本內容雖仍有若干設施內容未及更新，但大多數設施無論在資料需求、模式方法、分析程序、適用狀況等，或甚至採用績效指標、評估方式與準則已與 79 年首版有所不同。

臺灣歷年各版公路容量手冊除了發行背景說明、車流基本觀念等兩章之外，對交通設施主要區分為「非阻斷性」與「阻斷性」車流設施兩大類，本計畫之進出匝道口分匯流區段屬前者，預計更新出版之「新版臺灣公路容量手冊」仍依循這兩種分類與編纂格式。此外，本所考量在極端缺乏本土公路容量基礎研究之下：(1) 採全面逐章深入修正的方式將非常耗時費事；(2) 更新修訂作業僅能藉極有限資源發展初步適用之分析方法，先滿足部分實務設計或分析之需。因此，新版手冊仍有部分設施章節分析方法論自民國 79 年迄今仍未修訂，或需配合車流時空特性變化再做調整、或該方法在當時僅以很有限資料所發展，必須再蒐集資料更新，甚至仍未設相關章節討論城際快速公路之車流特性與分析方法。

表 6.1-1 臺灣歷年公路容量研究時程表（非阻斷性車流設施）

日期	研究主題
76.05	臺灣地區公路容量手冊初稿草案（第二部分）
76.05	臺灣地區公路容量手冊初稿技術報告（第二部分）
76.05	臺灣地區公路容量手冊初稿草案（高速公路部分）
76.08	一般公路交通特性與基本容量訂定
76.01	一般公路容量調整因素之研究
76.11	高速公路交通特性與基本容量訂定
79.01	臺灣地區公路容量手冊（第一版）
79.07	日本道路容量手冊譯本
82.11	臺灣地區高速公路容量與服務水準評估指標之研究
86.04	臺灣地區公路容量手冊（高速公路主線收費站）
86.11	高速公路基本路段容量分析手冊
88.11	高速公路進口匯流路段容量分析之架構
90.03	2001 年臺灣地區公路容量手冊（第二版）
90.04	城際二車道公路容量修定研究（一）~（二）
91.02	
91.06	臺灣地區城際快速公路容量及特性之研究（西濱快速公路部分）
92.04	臺灣地區多車道郊區公路容量與特性研究（一）~（三）
93.05	
94.06	
100.01	2011 年臺灣地區公路容量手冊（第三版）
100.06	高快速公路收費站、隧道、坡道路段容量與車流特性研究（一）~（三）
101.07	
102.04	
103.05	公路坡道路段模擬模式之發展及應用（一）~（三）
104.07	
105.09	
107.11	高速公路匝道區車流特性調查先期規劃
108.11	高快速公路匝道分匯流區容量研究（一）~（三）
109.10	
110.10	
未訂	新版臺灣地區公路容量手冊（第四版）

表 6.1-2 臺灣歷年公路容量研究時程表（阻斷性車流設施）

日期	研究主題
75.10	臺灣地區公路容量手冊草案（市區街道部分）
75.10	研擬臺灣地區公路容量手冊技術報告（市區街道部分）
76.09	非號誌交叉路口容量研究
77.01	市區街道容量調整因素之研究
77.12	非號誌交叉路口容量影響因素與服務水準分析
79.01	臺灣地區公路容量手冊（第一版）
85.11	修訂臺灣地區公路容量手冊第一章－號誌化路口
87.01	市區號誌化路口容量分析手冊
87.01	市區快速道路基本路段容量分析手冊
90.03	2001 年臺灣地區公路容量手冊（第二版）
91.01	機車專用道車流特性與容量探討
95.07	市區號誌路口容量分析及服務水準之研究（一）~（二）
96.08	
97.07	機車道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究（一）~（三）
98.09	
99.09	
100.01	2011 年臺灣地區公路容量手冊（第三版）
106.07	公路交通系統模擬模式調校與新版容量手冊研訂（一）~（三）
107.07	
108.07	
未訂	新版臺灣地區公路容量手冊（第四版）

在高速公路進出口匝道分、匯流區部分，上述 2001 與 2011 兩年版方法論內容大致相同，僅在分、匯流區之服務水準指標與評估準則有所調整，兩版本與民國 79 年版之主要差異部分如下（表 6.1-3、表 6.1-4）：

表 6.1-3 進口匝道匯流區段對照表

項 目	民國 79 年版	2001 與 2011 年版
1. 本土車流特性資料支持	無	(1) 含桃園、中壢、內壢三處交流道之主線與匝道 (2) 幾何實質、交通組成、車道分布等特性分析資料
2. 區段檢核點之界定	進口匝道加速車道終點處下游主線	進口匝道併流點起之加速車道約 2/3 長度處之主線斷面
3. 受影響主線車道之認定	主線外側一車道	(1) 主線內側車道 (2) 主線外側第一、二車道
4. 主要檢核流量項目	(1) 主線外側第一車道估計流量 (2) 上游主線總流入量	(1) 主線內側車道估計流量 (2) 主線外側第一車道估計流量
5. 車道容量標準	(1) 匝道與受影響之主線車道併流容量 2,400 pc/hr (2) 上游主線總斷面容量 2,400×(車道數 *N*) pcu/hr	(1) 主線內側車道容量 2,300 pc/hr (2) 主線最外側第一車道 1,200 pc/hr (3) 主線最外側第二車道 1,700 pc/hr
6. 服務水準測度指標	*v*/*c* 比值	(1) 主線內側車道 *v*/*c* 比值 (2) 主線內側車道均速與路段速限之差值
7. 服務水準評估分級準則	*v*/*c* 比值分 A ~ F 六級	(1) *v*/*c* 值分 A ~ F 六級 (2) 速差值分 1 ~ 6 六級

表 6.1-4 出口匝道分流區段對照表

項 目	民國 79 年版	2001 與 2011 年版
1. 本土車流特性資料支持	無	(1) 含內壢、桃園、新竹等三處交流道之主線與匝道 (2) 幾何實質、交通組成、車道分布等特性分析資料
2. 區段檢核點之界定	出口匝道減速車道起點處上游主線	出口匝道分流點上游約 50 公尺處之主線斷面
3. 受影響主線車道之認定	主線外側一車道	(1) 主線內側車道 (2) 主線外側第一、二車道
4. 主要檢核流量項目	(1) 主線外側第一車道估計流量 (2) 上游主線總流入量	(1) 主線內側車道估計流量 (2) 主線外側第一、二車道估計流量
5. 車道容量標準	(1) 受影響之主線車道併流容量 2,400 pcu/hr (2) 上游主線總斷面容量 2,400×(車道數 *N*) pc/hr	(1) 主線內側車道容量 2,300 pc/hr (2) 主線最外側第一車道 1,650 pc/hr (3) 主線最外側第二車道 2,000 pc/hr
6. 服務水準測度指標	*v*/*c* 比值	(1.1) 主線內側車道 *v*/*c* 比值 (1.2) 主線內側車道均速與路段速限之差值 (2.1) 主線外側第一車道 *v*/*c* 比值 (2.2) 主線外側第一車道均速與路段速限之差值
7. 服務水準評估分級準則	*v*/*c* 比值分 A ~ F 六級	(1) *v*/*c* 比值分 A ~ F 六級 (2) 速差值分 1 ~ 6 六級

6.2 THCM 2020 匝道分匯流區分析法之相關修訂與檢討

本所有鑑於過去在高速公路現場交通調查與資料蒐集之瓶頸，因此在107 年下半年委託交通大學先啟動「高速公路匝道區車流特性調查之先期規劃」短期計畫，除了確認大範圍現場無人機空拍調查方法的可行性外，亦完成國道1、3 號全線各匝道口位置、幾何、管制等資料建檔工作。嗣後從108 年起，開始進行一系列分期探討進出匝道口分匯流區段車流特性之專案研究，由於此系列專案目前尚未完成，因此預計發行新版手冊中有關匝道口分匯流區段運行分析仍大都預定沿用 2011 年版 THCM 之方法論。值得說明的是，民國 108 年起分期研究對於不同類型之進出口匝道影響區基本上雖仍沿襲 2011 年版 THCM 分析觀念架構，然而：

一、 對影響區內車流操作特性（如流量-速率-密度關係、車道分佈、最大觀測流率、車流崩潰時空關連、車道變換行為等）、對影響區外各 VD 偵測車流參數之驗證，都有更細緻之描述與剖析，以致對先前各年版所訂流量檢核點位置、主線外側車道估計流量等稍有調整。

二、 基於新年版 THCM 對高速公路基本路段在不同運行環境（例如車道數、自由車流速率）或車道管理（例如開放路肩與否）之下，已分別界定不同之車道容量，因而對進出口匝道影響區分析程序中有關流量檢核、績效評估等，都在參採新訂容量規範之下一併考量。

而就新版公路容量手冊在匝道分、匯流區段車流運行與容量之調整如下：

一、 補充定義匝道分流或匯流區段之流量「檢核點」為該路段在高需求流率狀況下，平均速率通常最低的地點。

二、 流量檢核點

(一) 維持進口匝道匯流區之檢核點大約在併入點下游相當於加速車道約2/3 長度的地點，惟依據本系列 108 年研究，由區段內各車道變換頻次、最大流率時空分析結果，建議改設於匝道匯流區加速車道終點下游主線約 80 ~ 100 公尺處。

(二) 維持出口匝道分流區之檢核點在分流點上游約 80 ~ 100 公尺處之主線斷面，惟依據本系列 108 年研究，由區段內各車道變換頻次、最大流率時空分析結果，建議改設於匝道分流區減速車道起點上游主線約 50 公尺處。

三、 2011 年版有表列對應各服務水準等級之最大服務流率，並將匯流路段內側車道之容量訂為 2,300 小車/小時/車道，但考量：(1) 分析法並未採用服務流率；(2) 基本路段內側車道容量很難超過 2,100 小車/小時/車道（如圖 6.2-1）。故除了分析法不再採用服務流率外，亦考慮將主線內側車道容量調降為最多 2,100 小車/小時/車道，主線外側兩車道之容量亦同時調降（如表 6.2-1）。

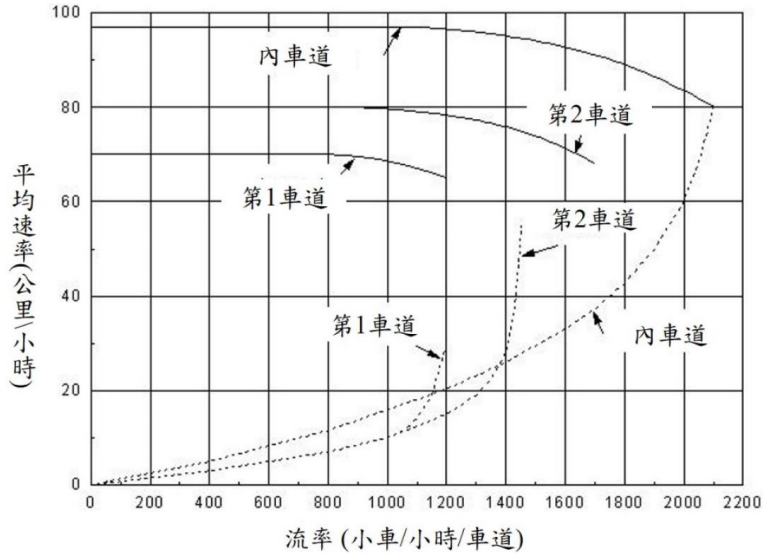


圖 6.2-1 基本狀況下，匝道匯流區不同車道平均速率與流率關係圖

表 6.2-1 匝道匯流區車道容量建議值

車 道	容量（小車/小時/車道）
主線外側第一車道	1,200
主線外側第二車道	1,700
主線內側車道	2,100

四、 2011 年版將分流路段內側車道容量亦訂為 2,300 小車/小時/車道，但即使基本路段內側車道之容量也難超過 2,100 小車/小時/車道（如圖 6.2-2），故考慮將主線內側車道容量調降為最多 2,100 小車/小時/車道，主線外側兩車道之容量亦同時調降（如表 6.2-2）。

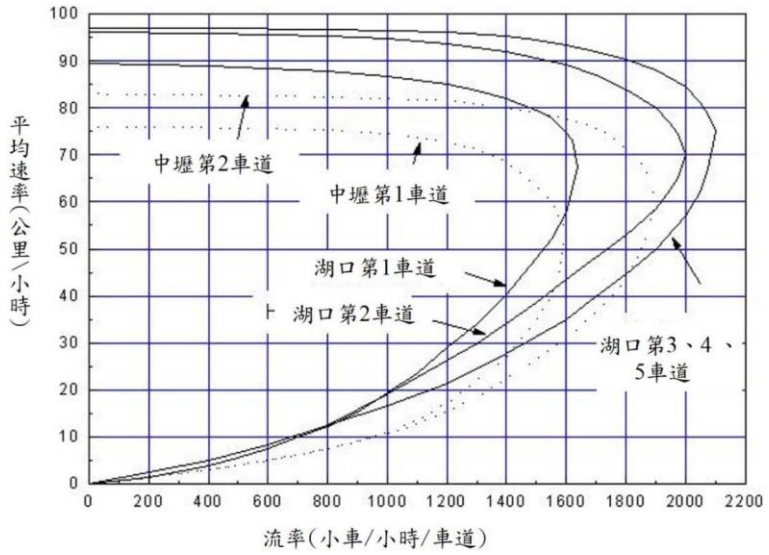


圖 6.2-2 基本狀況下，匝道分流區不同車道平均速率與流率關係圖

表 6.2-2 匝道分流區車道容量建議值

車 道	容量（小車/小時/車道）
主線外側第一車道	1,650
主線外側第二車道	2,000
主線內側第三、四、五車道	2,100

五、 分、匯流區主線各車道容量值擬配合新版 THCM 新訂規範，在不同自由車流速率、車道數與有無開放路肩狀況下調整。新版手冊將國內高速公路基本路段流率－速率關係依不同自由車流速率（115、110、105，以及 100 公里/小時）區分為四類。在不開放使用主線路肩之下，主線路段自由車流速率 115 公里/小時、單向二車道之車道容量最高達 2,050 小車/小時/車道，而在開放使用主線路肩之下，最高達 1,850 小車/小時/車道。依易記、易用原則：(1) 主線路段每遞增一車道，則容量遞減 50 小車/小時/車道；(2) 主線路段自由車流速率每遞減 50 公里/小時，則容量遞減 50 小車/小時/車道。

六、 將 2011 年版評估「速率狀況」績效指標所採用之平均速率與速限之速差值改為平均速率與速限之比值，並依據基本路段規範，重新界定各服務水準分級。

6.3 匝道分匯流區分析方法研議

依據臺灣 2011 年 THCM 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。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。出口匝道通常僅佈設一車道，但在車流較大地點（如圓山、臺北、楊梅交流道）則設有兩車道。

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 年版 THCM 在國道 1 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，本計畫前一年期，由獨立進口匝道區幾何分類另篩選出國道 1 號頭屋、新竹，以及國道 3 號安坑、中和等四處匝道口，本年期增加新店、中壢 A、中壢 B、三鶯等四處匝道口，均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。

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；交通部本所於民國 85 年在國道 1 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，2011 年版 THCM 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。本計畫前一年期，由出口匝道區幾何分類另篩選出國道 3 號樹林、大溪兩處匝道口，本年期增加土城、頭份等二處匝道口，空拍現調作業與進口匝道同。

本分析方法目前用於匝道分、匯流區車流運行分析（operational analysis），方法論主要經由判別匝道口分、匯流區之類型，以對應之迴歸模式預估該類區段內特定車道之尖峰需求流率，據以評估區段內車流運行之服務水準。一般咸認進口（出口）匝道路段車輛在併入（分出）主線前的操作特性會衝擊主線較外側車道之車流，本計畫現場調查顯示主線最外側二車道受影響程度最明顯，因此本分析方法論主要是經由確認之匝道口類型，預估主線最外側二車道之流率比例，再以臨界點之車道最大服務流率檢核所估算之需求流率，產生服務水準評估結果。

匝道分匯流區分析程序主要含六個步驟（如圖 6.3-1），各分析步驟依序說明如後：

一、匝道區實質幾何資料

二、分析時段交通資料與調整

三、匝道區檢核點車道容量

四、估計匝道區車道分佈流率

五、匝道區檢查點流量檢核

六、服務水準評估

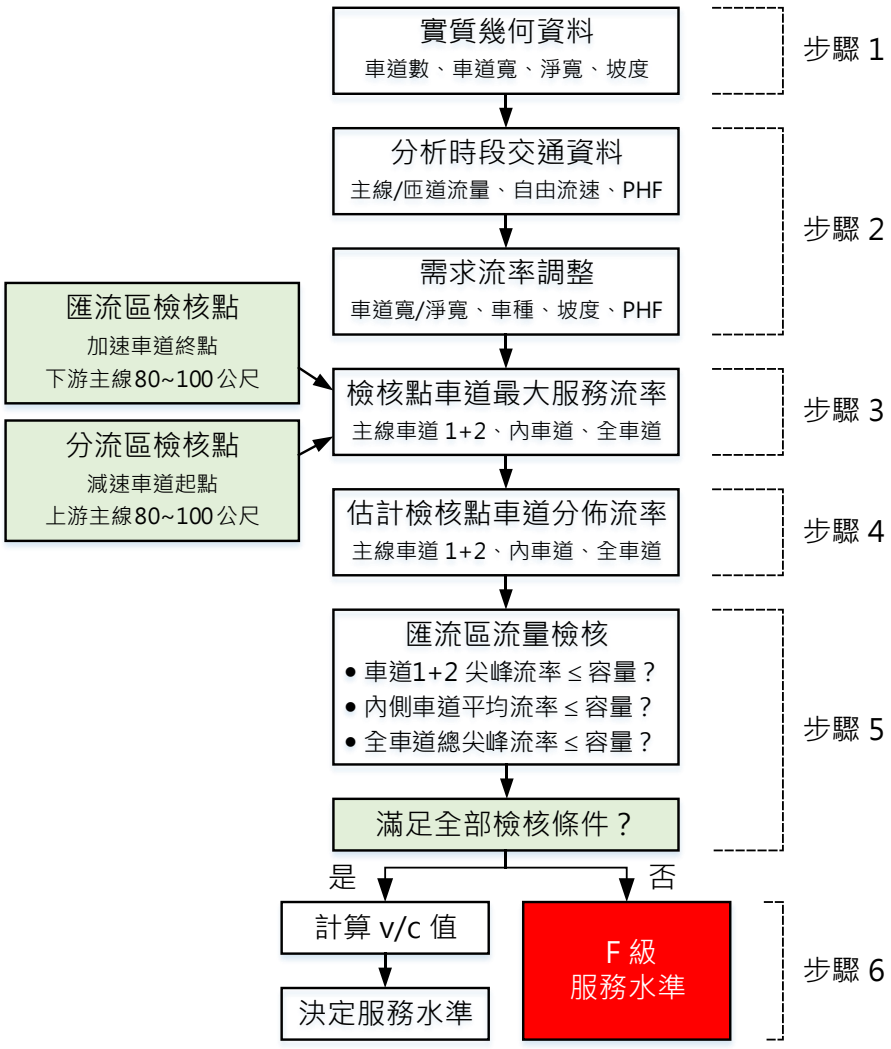


圖 6.3-1 匝道分、匯流區分析程序圖

6.3.1 匝道區實質幾何資料

實質幾何資料分為預設基本狀況和現況兩部分：

一、 預設基本狀況資料（引用 THCM 2011）

(一) 車道寬為 3.65 公尺以上

(二) 左側路肩寬 1.0 公尺以上，右側路肩寬為 3.0 公尺以上

(三) 匝道分、匯流區位於平坦地區（坡度≤2%，坡道長≤500 公尺）

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。

二、 現況資料

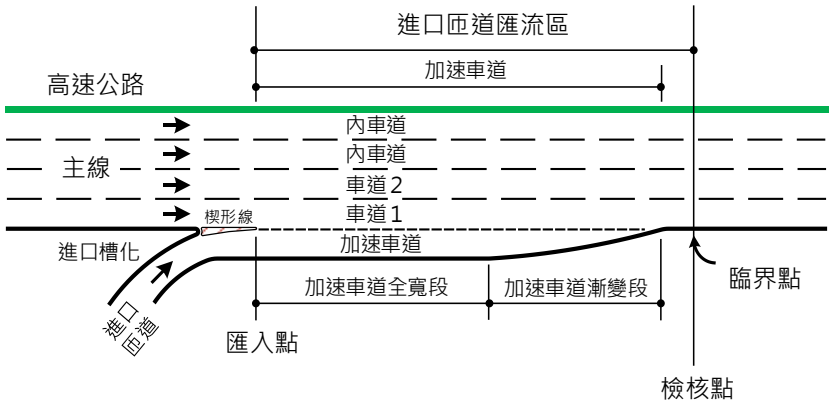
(一) 主線單向車道數 N

(二) 目前匝道區加、減速車道長度

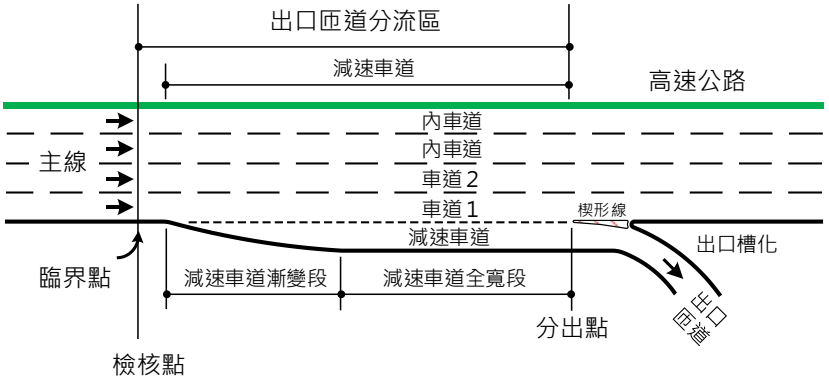
(三) 目前匝道區與上、下游匝道口之間距

(四) 目前匝道區與上、下游匝道口之類型（進口、出口）

本計畫適用主線單向車道數 $N = 2$、3、4，若 $N > 4$，則建議暫採 $N = 4$；匝道區加(減)速車道長度為加(減)速車道全寬段與漸變段長度和(如圖 6.3-2)；加速車道長度為由進口匝道槽化島楔形標線鼻端至加速車道終點之距離(圖 6.3-2(A))，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之距離(圖 6.3-2(B))；目前匝道區與上、下游匝道口之間距係以兩相鄰匝道實體槽化島之楔形標線鼻端為量測基準點(如圖 6.3-2)，若楔形標線鼻端另有劃設禁止換道標線，則量測基準點延伸至該標線端點。相鄰匝道間距量測值是確認目前匝道區是否獨立之依據，若結合問題路段各匝道類型資訊，也是分析匝道區車道分佈是否受上、下游匝道進出車流影響之重要資料。



(A) 進口匝道匯流區段



(B) 出口匝道分流區段

圖 6.3-2 匝道分、匯流區幾何示意圖

6.3.2 分析時段交通資料與調整

匝道區分析時段交通資料包括：

一、目前匝道區與上、下游相鄰匝道區之主線交通量（依車種分類）

二、目前匝道區與上、下游相鄰匝道區之進（出）口匝道路段交通量（依車種分類）

三、各匝道區之主線與進（出）口匝道路段尖峰小時係數 (PHF)

四、各匝道區之主線與進（出）口匝道路段自由車流速率

匝道區各路段尖峰小時係數 (PHF) 可將該路段之小時流量調整為尖峰需求流率，但因為各路段發生尖峰的時間不同，故本項調整旨在反映匝道區各路段都在最大需求流率下的運行狀況。主線自由車流速率可供界定目前匝道區之主線車道容量，而進、出口匝道路段自由車流速率則會影響主

線車輛選擇行駛較外側車道之比例。

有關較大型車種當量設定、對等小型車流量調整分別說明如下：

一、 界定大型車種當量

本計畫前一年期因各分匯流區調查地點之大車比例大都在 10% 以下，幾乎對車流運行無影響，故在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佈模式時，並未區分車種。本年期新增六處分匯流區現調資料，並蒐集更多地點之長時間車道 VD 依時資訊，可對較高比例大型車種對車流的影響進行校驗。由分類車種流量資料可獲得較大型車種（如大貨車、聯結車）的比例，進而由大型車種當量，將總流量 (veh/hr) 轉換成總對等小車流量 (pcu/hr)。

在界定較大型車輛之車種當量 (PCE) 值時，本計畫採現場空拍影像辨識車體尺度方式判讀，在幾經測試調整後，以小型車長 < 8.0 公尺（當量 $E_P = 1.0$），8.0 公尺 ≤ 大型車長 ≤13.0 公尺（當量 $E_T = 1.6$），聯結車長 >13.0 公尺（當量 $E_C = 2.0$）做為發展預估車道分佈模式的依據，然現行高速公路 VD 流率資訊採小型車長 < 5.5 公尺，5.5 公尺 ≤ 大型車長 ≤12.2 公尺，聯結車長 >12.2 公尺（近似 13.0 公尺），顯然在定義大型車種長度上與現場調查有落差（如圖 6.3-3），故再經比對鄰近各 VD 佈設點上、下游 ETC 門架依時車種資訊以及現場影像辨識，發現由 VD 偵測之大型車長介於 5.5 ~ 8.0 公尺的比例約 13 ~ 33%（平均 24%），而 VD 偵測車長介於 12.2 ~ 13.0 公尺之聯結車，在本計畫現場調查車長分類中被歸類為大型車。因此建議後續容量分析之車種當量 (PCE) 值如下：

(一) 現場調查

- 小型車（小客車、小貨車）..... $E_P = 1.0$
- 大型車（大客車、大貨車）..... $E_T = 1.6$
- 聯結車 ..... $E_C = 2.0$

(二) 偵測

- 小型車（車長 < 5.5 公尺）..... $E_P = 1.0$
- 大型車（5.5≤ 車長 ≤12.2 公尺）..... $E_T = 1.0$

- 聯結車（車長 >12.2 公尺）..... $E_C = 2.0$

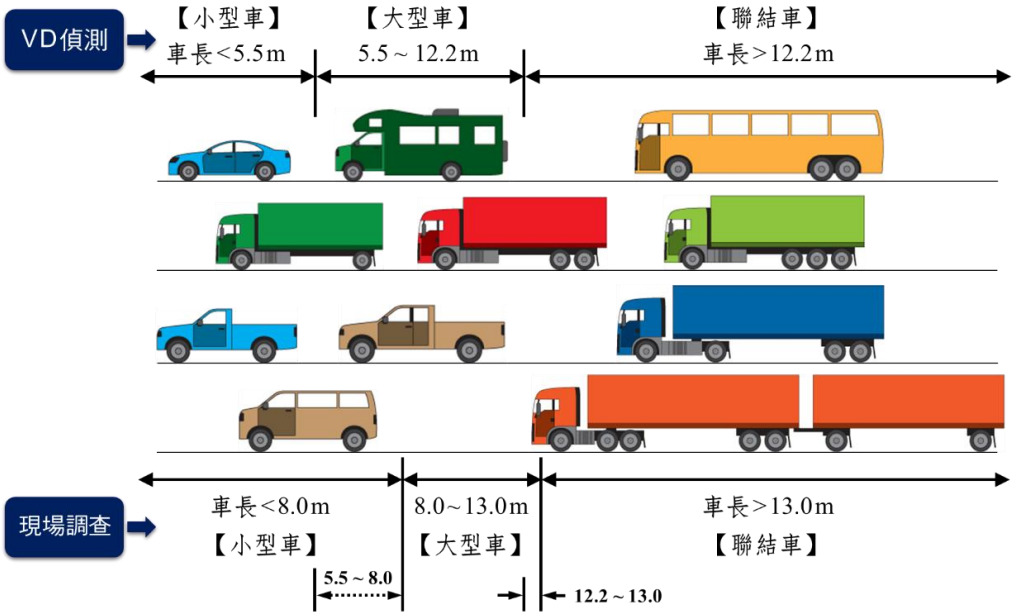


圖 6.3-3 現場調查與 VD 偵測分類車種尺度對照示意圖

二、 調整對等小型車流量

(一) 進口匝道匯流區

已知以下資料：

- 上游主線、匝道路段總流量（V_F 與 V_{ON}）
- 主線、匝道路段尖峰小時係數（PHF_F 與 PHF_{ON}）
- 主線大型車、聯結車比例（$P_{T(F)}$ 與 $P_{C(F)}$）
- 匝道路段大型車、聯結車比例（$P_{T(ON)}$ 與 $P_{C(ON)}$）
- 大型車、聯結車當量值（E_T 與 E_C）

上游主線（或進口匝道）尖峰對等小車需求流率 v_F（或 v_{ON}）可由主線（或進口匝道）尖峰小時總流量 V_F（或 V_{ON}）經大型車、聯結車當量(E_T、E_C)調整後，除以對應尖峰小時係數 PHF_F（或 PHF_{ON}）而得，若其他實質幾何（如車道寬、淨寬、坡度等）近乎基本狀況而不考慮調整，則：

- 上游主線對等小車尖峰流率 v_F

$$v_F = \frac{V_F\left(1+(E_T-1)\cdot P_{T(F)}+(E_C-1)\cdot P_{C(F)}\right)}{\mathrm{PHF}_F}$$ （小車/小時）

- 進口匝道路段對等小車尖峰流率 v_{ON}

$$v_{ON} = \frac{V_{ON}\left(1+(E_T-1)\cdot P_{T(ON)}+(E_C-1)\cdot P_{C(ON)}\right)}{\mathrm{PHF}_{ON}}$$ （小車/小時）

(2) 出口匝道分流區

已知以下資料：

- 上游主線、匝道路段總流量（V_F 與 V_{OFF}）
- 主線、匝道路段尖峰小時係數（PHF_F 與 PHF_{OFF}）
- 主線大型車、聯結車比例（$P_{T(F)}$與 $P_{C(F)}$）
- 匝道路段大型車、聯結車比例（$P_{T(OFF)}$與 $P_{C(OFF)}$）
- 大型車、聯結車當量值（E_T與 E_C）

上游主線（或出口匝道）尖峰對等小車需求流率 v_F（或 v_{OFF}）可由主線（或出口匝道）尖峰小時總流量 V_F（或 V_{OFF}）經大型車、聯結車當量（E_T、E_C）調整後，除以對應尖峰小時係數 PHF_F（或 PHF_{OFF}）而得，若其他實質幾何（如車道寬、淨寬、坡度等）近乎基本狀況而不考慮調整，則：

- 上游主線對等小車尖峰流率 v_F

$$v_F = \frac{V_F\left(1+(E_T-1)\cdot P_{T(F)}+(E_C-1)\cdot P_{C(F)}\right)}{\mathrm{PHF}_F}$$ （小車/小時）

- 出口匝道路段對等小車尖峰流率 v_{OFF}

$$v_{OFF} = \frac{V_{OFF}\left(1+(E_T-1)\cdot P_{T(OFF)}+(E_C-1)\cdot P_{C(OFF)}\right)}{\mathrm{PHF}_{OFF}}$$ （小車/小時）

6.3.3 匝道分匯流區檢核點之車道容量

一、 匝道區檢核點

依據圖 6.3-2，將高速公路進（出）口匝道匯（分）流區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「高速公路及快速公路交通管制規則」之規範通稱為外側車道、中外側車道），其餘主線各車道統稱為內車道（或稱車道 3），若主線僅佈設兩車道，則車道 2 與內車道同。

圖 6.3-2(A)、(B) 之臨界點係依據 108 年期臨界點分析結果所分別研訂之匯、分流區主要運行狀況檢核斷面，匯流區檢核點位於加速車道終點下游主線約 80~100 公尺範圍，分流區檢核點位於減速車道起點之主線約 80~100 公尺範圍，為匝道蒐集匝道匯、分流區交通特性資料、進行流量檢核，以及評估車道服務水準之建議位置。

二、 匝道分匯流區檢核點車道容量

匝道分匯流區主線檢核點各車道容量值擬配合新版 THCM 新訂規範（如表 6.3-1），在不同自由車流速率、主線單向車道數，以及有無開放使用路肩狀況之下調整。

表 6.3-1 顯示對於開放使用路肩之單向二或三車道基本路段，在不同自由車流速率下，平均車道容量約為未放路肩車道容量的 90%（89.2% ~ 90.2%），由於該表目前尚無單向四車道（或以上）之車道容量值，故本計畫先採用「開放路肩車道容量」與「未開放路肩車道容量」比值的方式來預設單向四車道基本路段在各種自由車流速率下之車道容量。以自由車流速率 = 115 kph 為例，單向二車道（開放路肩容量 1,850 pcu/hr）:（未開放路肩容量 2,050 pcu/hr）的比值 = 0.9024；單向三車道比值 = 1,800 / 2,000 = 0.9000，依照此比率遞減值 0.0024 預估單向四車道之比值 = 0.8976，故在開放路肩時，單向四車道之車道容量約為 1,750 小車/小時/車道。

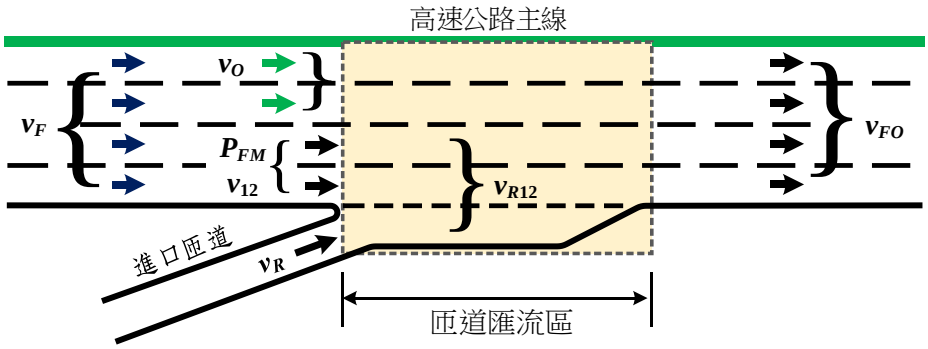
6.3.4 匝道分匯流區車道流率分佈比例

一、 匝道分匯流區車道分佈估計模式

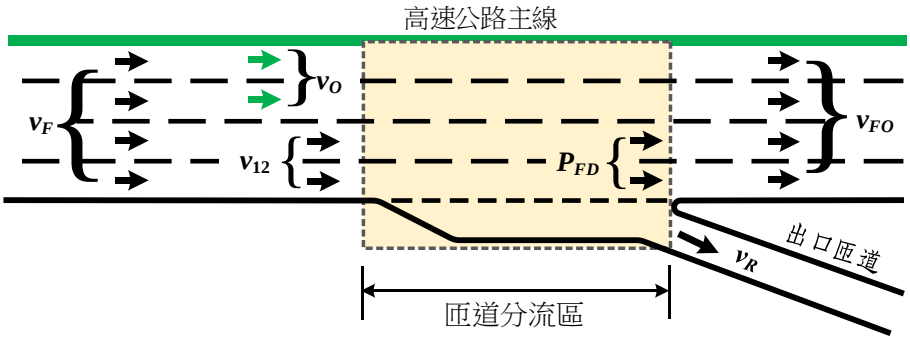
匝道影響區上游主線流率 v_F、外側兩車道（車道 1、2）流率 v_{12}，以及影響區內主線外側兩車道（車道 1、2）流率比例 P_{FM} 或 P_{FD} 如圖 6.3-4 所示。

表 6.3-1 基本路段在各種自由車流速率、單向車道數、有無開放路肩下之容量值

自由車流速率（公里/小時）	車道容量（小車/小時/車道）					
	未開放路肩			開放路肩		
	二車道	三車道	四車道	二車道	三車道	四車道
115	2,050	2,000	1,950	1,850	1,800	1,750
110	2,000	1,950	1,900	1,800	1,750	1,700
105	1,950	1,900	1,850	1,750	1,700	1,650
100	1,900	1,850	1,800	1,700	1,650	1,600



(A) 進口匝道匯流區



(B) 出口匝道分流區

圖 6.3-4 匝道分匯流區流率 v_F、v_{12}，主線流率比例 P_{FM} 或 P_{FD} 示意圖

(一) 進口匝道匯流區主線車道 1、2 尖峰需求流率

$$v_{12} = v_F \times P_{FM}$$

其中 v_{12}=進入匯流區上游主線車道 1 與 2 流率（小車/小時）

v_F=進入匯流區上游主線總流量（小車/小時）

P_{FM}=進入匯流區上游之主線車流量中，仍留在主線外側兩車道（車道 1、2）之比例

上式中，主線外側車道 1、2 之流率比例 P_{FM} 估算式如表 6.3-2 所示。

表 6.3-2 進口匝道匯流區 P_{FM} 估算迴歸式表

算式編號	P_{FM} 估算式
估算式 1	$P_{FM} = 1.00$
估算式 2	$P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_A - 0.000073 \cdot v_R$
估算式 3	$P_{FM} = \frac{0.9813 \cdot (v_{12}^U + v_R^U)}{v_F^U + v_R^U}$
估算式 4	$P_{FM} = 0.5581 + 0.000055 \cdot L_A - 0.0000095 \cdot v_R + 0.000042 \cdot D_U$
估算式 5	$P_{FM} = 0.3263 + 0.000088 \cdot L_A - 0.0000023 \cdot v_R$

(二) 出口匝道分流區主線車道 1、2 尖峰需求流率

$$v_{12} = v_R + (v_F - v_R) \cdot P_{FD}$$

其中 v_{12}=進入分流區上游之主線車道 1 與 2 流率（小車/小時）

v_F=進入分流區上游之主線總流量（小車/小時）

P_{FD}=進入分流區上游之主線車流量中，扣除出口匝道流量後，仍留在主線外側兩車道（車道 1、2）之比例

上式中，主線外側車道 1、2 之流率比例 P_{FD} 估算式如表 6.3-3。

表 6.3-3 出口匝道分流區 P_{FD} 估算迴歸式表

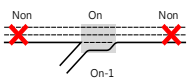
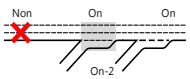
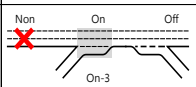
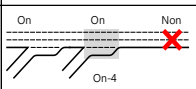
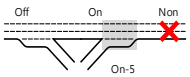
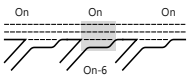
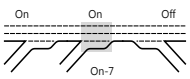
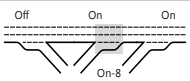
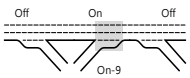
算式編號	P_{FD} 估算式
估算式 6	$P_{FD} = 1.00$
估算式 7	$P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035 \cdot v_F - 0.000208 \cdot v_R$
估算式 8	$P_{FD} = 0.3912$

二、 P_{FM} 與 P_{FD} 估算式之選擇

相鄰匝道口之間距、個別匝道口類型等會對主要分析匝道口（即目前匝道口）產生影響。根據在不同主線車道數，上、下游相鄰匝道口型態與分佈，P_{FM} 與 P_{FD} 估算式之選擇分別如表 6.3-4 與表 6.3-5。本計畫在流量分佈模式發展時，可能限於國內並無某種匝道口類型或該匝道口類型數量太少（<1.0％）而未發展估算式，或因現調車流資料不足、匝道區附近 VD

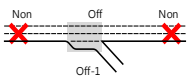
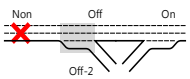
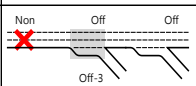
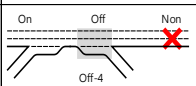
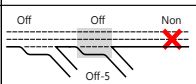
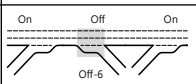
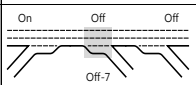
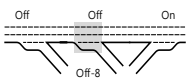
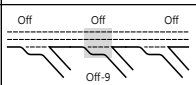
群組未能通過流量型態檢核、迴歸式變數之係數不顯著或符號、數值不合理等因素，亦未能發展估算式，匝道口類型有這些情況時，建議以相同主線車道數之獨立匝道口估算式，或以相鄰匝道幾何型態類似之匝道區估算式進行預估。

表 6.3-4 進口匝道匯流區 P_{FM} 估算式選擇表

編號	匝道口類型	匝道位置			二車道		三車道		四車道	
		上游	中間	下游	地點數(比例)	P_{FM} 算式	地點數(比例)	P_{FM} 算式	地點數(比例)	P_{FM} 算式
On-1		無	入口	無	14 (4.46%)	估算式 1	107 (34.39%)	估算式 2	9 (2.87%)	估算式 5 *
On-2		無	入口	入口	2 (0.64%)	估算式 1	3 (0.96%)	估算式 2 *	0 (0.00%)	估算式 5 *
On-3		無	入口	出口	0 (0.00%)	估算式 1	3 (0.96%)	估算式 2 *	0 (0.00%)	估算式 5 *
On-4		入口	入口	無	1 (0.32%)	估算式 1	12 (4.14%)	估算式 3	3 (0.96%)	估算式 5 *
On-5		出口	入口	無	4 (1.59%)	估算式 1	101 (32.17%)	估算式 4	18 (6.05%)	估算式 5
On-6		入口	入口	入口	0 (0.00%)	估算式 1	0 (0.00%)	估算式 2 * 估算式 3 *	0 (0.00%)	估算式 5 *
On-7		入口	入口	出口	0 (0.00%)	估算式 1	0 (0.00%)	估算式 2 * 估算式 3 *	0 (0.00%)	估算式 5 *
On-8		出口	入口	入口	3 (0.96%)	估算式 1	9 (3.18%)	估算式 2 * 估算式 4 *	2 (0.64%)	估算式 5 *
On-9		出口	入口	出口	0 (0.00%)	估算式 1	2 (0.64%)	估算式 2 * 估算式 4 *	1 (0.32%)	估算式 5 *

註：*依目前匝道幾何型態所建議之估算式

表 6.3-5 出口匝道分流區 P_{FD} 估算式選擇表

編號	匝道口類型	匝道位置			二車道		三車道		四車道	
		上游	中間	下游	地點數(比例)	P_{FD} 算式	地點數(比例)	P_{FD} 算式	地點數(比例)	P_{FD} 算式
Off-1		無	出口	無	13 (4.17%)	估算式 6	106 (33.97%)	估算式 7	8 (2.56%)	估算式 8
Off-2		無	出口	入口	9 (2.88%)	估算式 6	109 (34.94%)	估算式 7	13 (4.17%)	估算式 8 *
Off-3		無	出口	出口	1 (0.32%)	估算式 6	8 (2.56%)	估算式 7 *	5 (1.60%)	估算式 8
Off-4		入口	出口	無	1 (0.32%)	估算式 6	2 (0.64%)	估算式 7 *	1 (0.32%)	估算式 8 *
Off-5		出口	出口	無	1 (0.32%)	估算式 6	4 (1.28%)	估算式 7 *	0 (0.00%)	估算式 8 *
Off-6		入口	出口	入口	0 (0.00%)	估算式 6	1 (0.32%)	估算式 7 *	0 (0.00%)	估算式 8 *
Off-7		入口	出口	出口	1 (0.32%)	估算式 6	0 (0.00%)	估算式 7 *	0 (0.00%)	估算式 8 *
Off-8		出口	出口	入口	2 (0.64%)	估算式 6	6 (1.92%)	估算式 7 *	4 (1.28%)	估算式 8 *
Off-9		出口	出口	出口	0 (0.00%)	估算式 6	0 (0.00%)	估算式 7 *	0 (0.00%)	估算式 8 *

註：* 依目前匝道幾何型態所建議之估算式

三、 界定匝道區類型

本所於 107 年委託交通大學辦理「高速公路匝道分匯流區車流特性調查之先期規劃」時，曾對國道 1、3 號沿線匝道區位置、運行屬性、幾何現況等進行資料蒐集、建檔、統計。由檢視國道 1 號、3 號沿線雙向各進出匝道口幾何型態與分佈位置，在決定各個匝道區究屬獨立與否時，曾以美國 HCM 所界定 1,500 呎（約 460 公尺）為進口（或出口）匝道影響區範圍，若上、下游匝道區不重疊，但車流可能會相互影響時，相鄰兩匝道區影響範圍至多為 3,000 呎（約 910 公尺，以 1,000 公尺計），此為單純由靜態匝道間距考量，因為國內尚無此類車流行為研究資訊。

108 年首期計畫以獨立匝道口為對象，故當某匝道區上、下游 1.0 公里範圍內無其他進口或出口匝道時，則視其為獨立匝道區，若該匝道區上、下游 1.0 公里範圍內有其他進口或出口匝道，則因可能受那些匝道進出車

流之影響，故視其為非獨立匝道區。

上述兩相鄰匝道影響區之總長度可做為界定獨立匝道區的原則，但實際上，美國 HCM 對主線單向三車道之匝道口另有判定是否「獨立」的對等距離 (L_{EQ}) 估計模式，這些模式係綜合考慮目前匝道區主線流量、進出口匝道流量、加速車道長度、自由車流速率，以及上游（或下游）匝道流量等因素所發展的距離估算式，凡目前匝道區與上游（或下游）匝道實際間距大於所估算之對等距離，則視為獨立匝道區，反之，則為非獨立匝道區。表 6.3-6 為美國 HCM 2016 匝道間距對等距離 L_{EQ} 估算模式，表中各建議模式僅適用在於單向三車道主線沿線，且僅限於各自對應之目前匝道與相鄰上、下游匝道之特定類型。

表 6.3-6 美國 HCM 2016 匝道間距對等距離 L_{EQ} 估算式表

相鄰匝道	目前匝道	L_{EQ} 估算式	單位
上游出口匝道	進口匝道	$L_{EQ} = 0.214(v_F + v_R) + 0.444 \cdot L_A + 53.32 \cdot S_{FR} - 2{,}403$	英呎
		$L_{EQ} = 0.06523(v_F + v_R) + 0.444 \cdot L_A + 10.101 \cdot S_{FR} - 732.43$	公尺
下游出口匝道	進口匝道	$L_{EQ} = \frac{v_D}{0.1096 + 0.000107 \cdot L_A}$	英呎
		$L_{EQ} = \frac{v_D}{0.3596 + 0.001152 \cdot L_A}$	公尺
上游進口匝道	出口匝道	$L_{EQ} = \frac{v_U}{0.071 + 0.000023 \cdot v_F - 0.000076 \cdot v_R}$	英呎
		$L_{EQ} = \frac{v_U}{0.23294 + 0.00007546 \cdot v_F - 0.002493 \cdot v_R}$	公尺
下游進口匝道	出口匝道	$L_{EQ} = \frac{v_D}{1.15 - 0.000032 \cdot v_F - 0.000369 \cdot v_R}$	英呎
		$L_{EQ} = \frac{v_D}{3.773 - 0.000105 \cdot v_F - 0.00121 \cdot v_R}$	公尺

註：L_{EQ} 模式變數採英制（公制）單位：v_x 流量 pc/hr； L_A 距離 ft (m)； S_{FR} 速率 mi/hr (km/hr)

如果目前匝道同時受上、下游匝道車流之影響，HCM 目前並無同時處理三處相鄰匝道車流之模式，故建議分別分析與上游匝道，以及與下游匝道，最後採用較大之 P_{FM} 或 P_{FD} 值。

目前匝道區是獨立或非獨立之界定結果，對後續預估匝道區外側車兩車道流量分配比例 P_{FM}（或 P_{FD}）影響甚鉅；國內目前並無類似用途之間距估算方法，如果要引用上述對等距離 (L_{EQ}) 估計法，則由實際匝道間距判別目前匝道區是否獨立時，因 L_{EQ} 模式估算值常不等於本計畫 1,000 公尺（=3,280 呎）預設值，故當此兩距離值不相等時，建議採妥協之折衷法則，折衷法則意即當實際匝道間距（D_U 或 D_D）介於此兩距離值之間時，應同時對目前匝道區屬獨立時之 P_{FM}（或 P_{FD}）與屬非獨立時之 P_{FM}（或 P_{FD}）進行試算，再取較大之 P_{FM}（或 P_{FD}）值。

依據以上說明，對目前匝道區是否獨立之判別方法如下（如圖 6.3-5）：

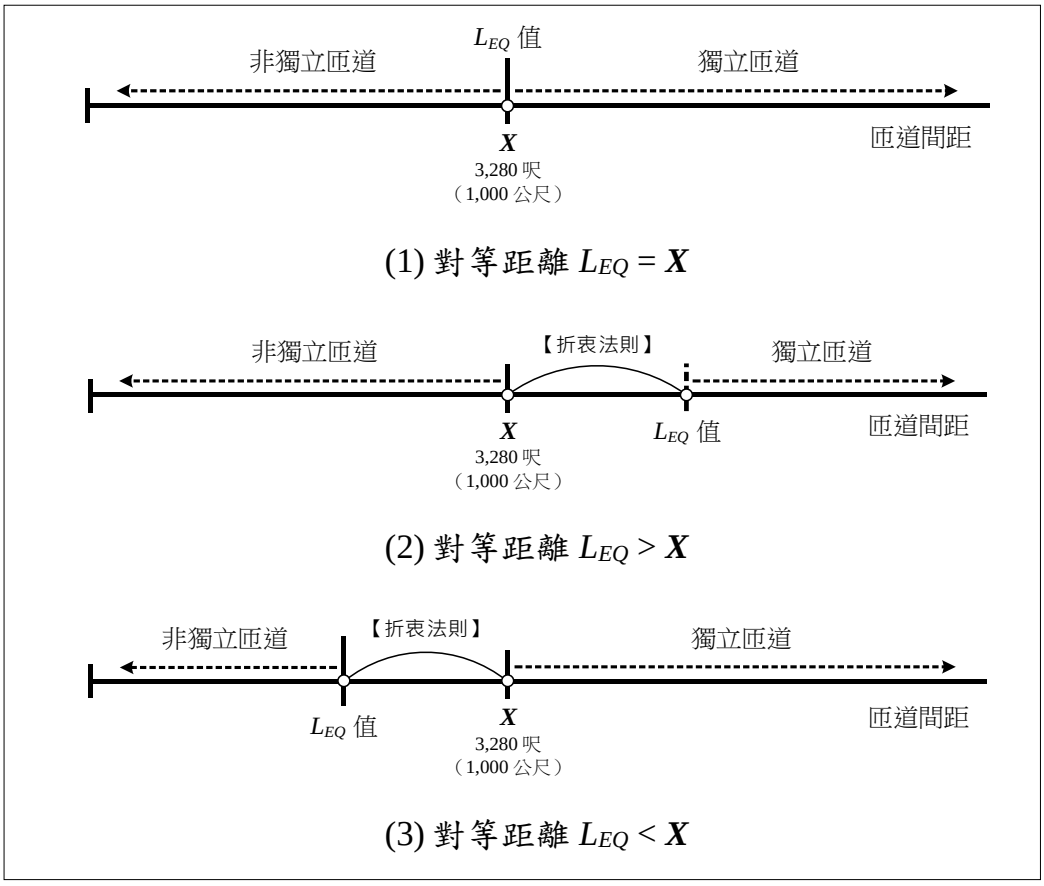


圖 6.3-5 對等距離 L_{EQ} 應用示意圖

(一) 當對等距離 L_{EQ} = ***X***（3,280 呎；1,000 公尺）時（圖 6.7(1)）

- 若與上游匝道口實際間距 D_U（或與下游匝道口實際間距 D_D）> L_{EQ}，則目前匝道為獨立匝道區
- 若 D_U（或 D_D）≤ L_{EQ}，則目前匝道為非獨立匝道區

(二) 當對等距離 L_{EQ} > ***X***（3,280 呎；1,000 公尺）時（圖 6.7(2)）

- 若 D_U（或 D_D）> L_{EQ}，則目前匝道為獨立匝道區
- 若 D_U（或 D_D）< $\boldsymbol{X}$，則目前匝道為非獨立匝道區
- 若 $\boldsymbol{X} \leq D_U$（或 D_D）$\leq L_{EQ}$，則對目前匝道採折衷法則

(三) 當對等距離 L_{EQ} < $\boldsymbol{X}$（3,280 呎；1,000 公尺）時（圖 6.7(3)）

- 若 D_U（或 D_D）< L_{EQ}，則目前匝道為非獨立匝道區
- 若 D_U（或 D_D）> $\boldsymbol{X}$，則目前匝道為非獨立匝道區
- 若 $L_{EQ} \leq D_U$（或 D_D）$\leq \boldsymbol{X}$，則對目前匝道採折衷法則

6.3.5 匝道分匯流區流量檢核

美國 HCM 2016 對匝道分、匯流區（除匝道路段之外）主要有三個檢核點，以查驗各檢核點流量是否超過容量：

- 分、匯流區段上游主線斷面之小車總流量
- 分、匯流區段下游主線斷面之小車總流量
- 分、匯流區段內主線外側兩車道之小車總流量

匝道區上、下游主線斷面總容量係依據基本路段在不同自由車流速率下之（單一車道容量）乘以（單向車道數）而得，而匝道區內主線外側兩車道平均車道容量則稍低於上游或下游主線每車道容量。本計畫在循上列作法時，前兩項檢核雖可依據預定新版 THCM 基本路段每車道容量規範進行檢核，但匝道區主線外側兩車道平均每車道或個別車道之容量因目前尚未定論，故先依以下說明建立匝道分匯流區檢核準則。

一、 美國 HCM 2016 採納在不同自由車流速率下：

(一) 所有匯流區（或分流區）主線外側車道 1、2 總容量均具相同值。

(二) 主線外側兩車道（車道 1、2）之平均車道容量不一定比主線內車道之平均車道容量低。

二、 未開放使用路肩

(一) 匯流區部分：

由前節圖 6.2-1 之 THCM 2020 匯流區各車道速率－流量關係曲線顯示匯流區主線內車道自由車流速率約 98 kph，外側兩車道則介在 70~80 kph；且由圖 6.2-1 與表 6.2-1 可查知車道 1、2 合計最大流量為 2,900 小車/小時。因此，本計畫預設凡主線內車道自由車流速率大於 100 kph 之匯流區段，其外側車道 1、2 總容量應不小於 2,900 小車/小時。

(二) 分流區部分：

由前節圖 6.2-2 之 THCM 2020 分流區各車道速率－流量關係曲線顯示分流區主線內車道平均自由車流速率約 98 kph，外側第一車道稍低約在 90 kph；且由圖 6.2-2 與表 6.2-2 查知車道 1、2 合計最大流量為 3,650 小車/小時。因此，本計畫預設凡主線內車道自由車流速率大或等於 100 kph 之分流區段，其外側車道 1、2 總容量應不小於 3,650 小車/小時。

(三) 表 6.3-7 為未開放使用路肩之下，匝道分、匯流區容量值建議表

表 6.3-7 匝道分匯流區容量建議表（未開放使用路肩）

自由流速 KPH	上游/下游主線總斷面容量 單向車道數				進口匝道區下游車道 1＋2 容量 (v_{R12})	出口匝道區上游車道 1＋2 容量 (v_{12})
	2	3	4	> 4		
115	4,100	6,000	7,800	1,950 /車道	2,900	3,650
110	4,000	5,850	7,600	1,900 /車道	2,900	3,650
105	3,900	5,700	7,400	1,850 /車道	2,900	3,650
100	3,800	5,550	7,200	1,800 /車道	2,900	3,650

註：v_{R12}：進口匝道區主線外側兩車道與進口匝道之總合併需求流量（小車/小時）

v_{12}：出口匝道區主線外側兩車道之需求流量（小車/小時）

三、 開放使用路肩：

(一) 本計畫未對主線路肩開放使用下，匝道分匯流區各車道車流運行特性進行調查分析，故目前尚未建立匝道分匯區外側兩車道（車道1、2）合併容量參考值。

(二) 表 6.3-8 為當開放使用路肩時，在不同自由車流速率下，匝道分匯流區上、下游主線總斷面容量值，可供檢核分、匯流區段上、下游主線斷面之小車總流量。

表 6.3-8 匝道分匯流區容量建議表（開放使用路肩）

自由流速 KPH	上游/下游主線總斷面容量 單向車道數			進口匝道區下游車道 1+2 容量 (v_{R12})	出口匝道區上游車道 1+2 容量 (v_{12})
	2	3	≥ 4		
115	3,700	5,400	7,000	—	—
110	3,600	5,250	6,800	—	—
105	3,500	5,100	6,600	—	—
100	3,400	4,950	6,400	—	—

註：v_{R12}：進口匝道區主線外側兩車道與進口匝道之總合併需求流量（小車/小時）

v_{12}：出口匝道區主線外側兩車道之需求流量（小車/小時）

界定進、出口匝道區檢核點各受檢核個別車道或組合車道之主要流量項目，包括：

一、 進口匝道匯流區流量檢核項

(一) 檢核點之主線車道 1+2 估計尖峰流率 v_{R12} (= v_{12} + v_R)

等於“匝道區內主線車道 1+2 估計小車流率”+“進口匝道小車流率”

(二) 檢核點斷面總尖峰流率 v_{FO} (= v_F + v_R)

等於“匝道區上游主線斷面總小車流率”+“進口匝道小車流率”

(三) 檢核點之主線內車道平均尖峰流率

等於“檢核點斷面總尖峰流率”－“檢核點之主線車道 1+2 估計小車流率”除以“單向車道數 N - 2”（其中 N > 2）

二、 出口匝道分流區流量檢核項

(一) 檢核點之主線車道 1＋2 估計尖峰流率 v_{12}

等於“匝道區內主線車道 1＋2 估計小車流率”+“出口匝道小車流率”

(二) 檢核點斷面總尖峰流率 v_F

等於“匝道區上游主線斷面總小車流率”

(三) 檢核點之主線內車道平均尖峰流率

等於 “檢核點斷面總尖峰流率” －“檢核點之主線車道 1＋2 估計尖峰流率” 除以 “單向車道數 N - 2”（其中 N > 2）

6.3.6 服務水準評估

一、 流量檢核

(一) 進口匝道匯流區

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

1. 是否滿足“檢核點車道 1＋2 估計尖峰流率 v_{R12}”≤“檢核點車道 1＋2 容量”？
2. 是否滿足“檢核點斷面總尖峰流率 v_{FO}” ≤ “檢核點（即匝道區下游）主線總斷面容量”？
3. 是否滿足“檢核點各內車道平均尖峰流率”≤“檢核點主線車道 3（即內車道）容量”？

(二) 出口匝道分流區

1. 是否滿足“檢核點車道 1+2 估計尖峰流率 v_{12}” ≤ “檢核點車道 1+2 容量”？
2. 是否滿足“檢核點斷面總尖峰流率 v_F” ≤ “檢核點（即匝道區上游）主線總斷面容量”？

3. 是否滿足“檢核點各內車道平均尖峰流率”≤“檢核點主線車道 3（即內車道）容量”？

二、 服務水準評估

(一) 計算以上匝道區各流量檢核項之 *v/c* 值，以其中最大 *v/c* 值進行服務水準評估。

(二) 各等級 *v/c* 範圍參採預定新版 THCM 高速公路基本路段服務水準準則（如表 6.3-9），評估匝道區檢核點組合車道、斷面全部車道，以及內車道之 *v/c* 等級。

表 6.3-9 服務水準等級之劃分標準

壅塞程度	
服務水準等級	*v/c* 比值
A	≤ 0.25
B	≤ 0.50
C	≤ 0.80
D	≤ 0.90
E	≤ 1.00
F	> 1.00

第七章 結論與建議

本所出版之「臺灣地區公路容量手冊」方法主要引用美國 Transportation Research Board（TRB）1985 年之公路容量手冊，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訂定，已無法滿足目前的分析需求。因此，本所於民國 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 2 年期工作，分析對象為非獨立進出口分匯流區，並與第 1 年期之獨立進出口分匯流區分析結果進行比對。

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：

7.1 結論

一、 調查技術：

採用新興技術進行現場調查，運用無人機空中拍攝可觀察高速公路 500~700 公尺之有效範圍，並透過電腦視覺技術分析影像，結合攝影測量技術將各架次影片進行同步，由影片中整理出不同斷面位置的車流特性資料，包括車流量、車流密度、車速、車道變換……等。

二、 文獻回顧：

回顧各國公路容量手冊之相關研究的發展歷程，進出口匝道分匯流區的分析方法可歸納為美國方法 (HCM 2016)、德國方法 (HBS 2016)、臺灣方法 (THCM 2011)。美國方法以外側兩車道影響範圍（influence area）為主要分析對象，考慮國內的車流特性以及使用單位的使用習慣，建議參考美國方法為本計畫的分析方法。

三、 車流特性（檢核點）：

過去現場調查[2][4]發現，匯流路段運作效率最差地點發生在匝道併入點下游相當於加速車道約三分之二長度之地點，訂定為最適當之檢核點。然而，本計畫及第一年期於不同加速車道長度地

點之現場調查結果發現，透過車道變換的頻次及密度變化，認為運作效率最差點發生在加速車道末端前 0~100 公尺範圍內。為便於分析，建議將檢核點訂定於加速車道末端之位置。

四、 進口匝道匯流區之車流分析與模式建立：

本計畫發現進口匝道匯流區之車道使用分布的主要影響因素，以及受上游、下游鄰近匝道之影響關係如下：

主線車道數為 3 車道時：

（一） 獨立匝道匯流區的外側兩車道使用，主要受加速車道長度及匝道流率所影響（參考進口匝道類型 On-1）。

（二） 如上游有一鄰近出口匝道，會導致分析匯流區的外側兩車道使用比例下降（參考進口匝道類型 On-5、On-8、On-9）；

（三） 如上游有一鄰近進口匝道，會導致分析匯流區的外側兩車道使用比例上升（參考進口匝道類型 On-4、On-6、On-7）；

（四） 如下游有一鄰近出口匝道，因國內符合該匝道型態的地點數較少，無資料可判斷匯流區的外側兩車道使用是否受到影響（參考進口匝道類型 On-3、On-7、On-9）

（五） 如下游有一鄰近進口匝道，因國內符合該匝道型態的地點數較少，無資料可判斷匯流區的外側兩車道使用是否有影響（參考進口匝道類型 On-2、On-6、On-8）

主線車道數為 4 車道時：

外側兩車道使用比例，主要受加速車道長度及匝道流率所影響，較不受上游、下游鄰近匝道所影響。

根據以上說明，本計畫針對主線 3 車道進口匝道型態 On-1 、On-5、On-4、主線 4 車道匝道型態 On-1 建立模式，其餘匝道型態採最相近的模式進行分析。

五、 出口匝道分流區之車流分析及模式建立：

本計畫發現出口匝道分流區中，非下匝道車流之車道使用分布的主要影響因素，以及受上游、下游鄰近匝道之影響關係如下：

（一） 主線車道數為 3 車道時，非下匝道車流使用外側兩車道的比例主要受主線上游及出口匝道之車流率所影響，較不受上游、下游鄰近匝道所影響。

（二） 主線車道數為 4 車道時，非下匝道車流使用外側兩車道的比例約為固定值，不受車流及鄰近匝道因素之影響。

根據以上說明，本計畫針對主線 3 車道出口匝道型態 Off-1、主線 4 車道匝道型態 Off-1 建立模式，其餘匝道型態採用相對應的模式進行分析。

7.2 建議及後續工作

一、進口匝道的容量值及服務水準的分析方法

根據本計畫舉辦之專家學者座談會討論結果，THCM 2011 並未提供匝道（ramp roadways）的容量值及服務水準評估方法，無法滿足國內「高速公路增設及改善交流道申請」的分析及審核作業。建議後續可再進一步建立匝道的容量分析方法，讓申請單位及顧問公司能有所依循。

二、快速公路應如何納入容量手冊

根據本計畫舉辦之專家學者座談會討論結果，THCM 2011 並未明訂快速公路的分析方法。快速公路涵蓋多樣的幾何型態及車流運作方式，部分快速公路路段的運作較接近高速公路，亦有快速公路下匝道與平面道路號誌化路口產生車流交織；快速公路線型有高架及平面，也有大型重機的行駛，所以快速公路的容量分析問題有困難之處。建議快速公路的分類方式可再討論，針對不同路段類比對應到容量手冊內不同道路型態的分析方法，若是快速公路速限達到高速公路的標準，可用高速公路的容量分析方法。

參考文獻

[1] 交通部運輸研究所，「臺灣地區公路容量手冊」， 79-27-160，民國79年10月。

[2] 交通部運輸研究所，「高速公路上匝道路段交通特性資料蒐集」，87-75-1124。

[3] 交通部運輸研究所，「2001年臺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年臺灣公路容量手冊」，100-132-1299，民國100年10月。

[5] 交通部運輸研究所，「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。

[6] 交通部運輸研究所，「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」，民國109年10月。

[7] M.Asgharzadeh and A.Kondyli, “Effect of Geometry and Control on the Probability of Breakdown and Capacity at Freeway Merges,” *J. Transp. Eng. Part A Syst.*, 2020, doi: 10.1061/JTEPBS.0000381.

[8] W.Brilon, J.Geistefeldt, and M.Regler, “Reliability of Freeway Traffic Flow: A stochastic Concept of Capacity,” *Proc. 16th Int. Symp. Transp. Traffic Theory*, 2005.

[9] T.Bergh, K.Nordqvist, P.Strömgren, F.Davidsson, K. L.Bång, and A.Carlsson, “Capacity Issues in Sweden - Applications and Research,” 2016, doi: 10.1016/j.trpro.2016.06.004.

[10] A.Dehman and A.Drakopoulos, “Revisiting Merge-Influence Area Empirically: Operations Inside Recurrent Freeway Bottlenecks,” *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, 2016, doi: 10.3141/2553-06.

[11] L. .Edie, “Discussion of Traffic Stream Measurements and Definitions,” 1963.

[12] L.Elefteriadou and P.Lertworawanich, “Defining, Measuring and Estimating Freeway Capacity,” *82nd Annu. Transp. Res. Board Meet. 12-16 January, Washingt. D.C*, 2003.

[13] L.Elefteriadou, *An Introduction to Traffic Flow Theory*. 2014.

[14] M.Essa and T.Sayed, “Traffic conflict models to evaluate the safety of signalized intersections at the cycle level,” *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, 2018, doi: 10.1016/j.trc.2018.02.014.

[15] K.Fitzpatrick, R. J.Porter, G.Pesti, C. L.Chu, E. S.Park, and T.Le, “Guidelines for spacing between freeway ramps,” *Transp. Res. Rec.*, 2011, doi: 10.3141/2262-01.

[16] Federal Highway Agency, *Methods for estimating road capacity*. Ministry of Transport of the Russian Federation, 2012.

[17] Highway Planning Unit, *Highway Capacity Manual*. Highway Planning Unit, Ministry of Works Malaysia, Malaysia, 2006.

[18] Highway Planning Unit, *Highway Capacity Manual 2011*. 2011.

[19] H.Heikoop and N.Henkens, "Recent Developments and History of the Dutch HCM," 2016, doi: 10.1016/j.trpro.2016.06.005.

[20] S.Heshami, L.Kattan, Z.Gong, and S.Aalami, *Deterministic and Stochastic Freeway Capacity Analysis Based on Weather Conditions*. 2019.

[21] A.Kondyli, L.Elefteriadou, W.Brilon, F. L.Hall, B.Persaud, and S.Washburn, "Development and evaluation of methods for constructing breakdown probability models," *J. Transp. Eng.*, 2013, doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000574.

[22] R. T.Luttinen and S.Innamaa, *Nordic Highway Capacity*. Uninterrupted Flow Facilities in Denmark, Finland, Norway, and Sweden. Helsinki: Finnra, 2000.

[23] K.Lemke, "The New German Highway Capacity Manual (HBS 2015)," 2016, doi: 10.1016/j.trpro.2016.06.003.

[24] W.Mcshane and R. P.Roess, *Traffic Engineering*, 1st ed. 1990.

[25] W.Mcshane, R. P.Roess, and E. S.Prassas, *Traffic Engineering*, 4th ed. 2008.

[26] W.Mcshane, R. P.Roess, and E. S.Prassas, *Traffic Engineering*, 5th ed. 2016.

[27] B.Ray, *Guidelines for ramp and interchange spacing (Vol. 687)*. Transportation Research Board, 2011.

[28] MOIST, *Korea Highway Capacity Manual*. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013.

[29] R. P.Roess, E. S.Prassas, and S. S. & B.Media, *The Highway Capacity Manual: A Conceptual and Research History: Volume 1: Uninterrupted Flow*. 2014.

[30] TRB, *Highway Capacity Manual(HCM 1985)*. 1985.

[31] TRB, *Highway Capacity Manual (HCM 1994)*. 1994.

[32] TRB, *Highway Capacity Manual(HCM 2000)*. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 2000.

[33] TRB, *Highway Capacity Manual(HCM 2010)*. 2010.

[34] TRB, *Highway Capacity Manual(HCM 2016)*. 2016.

[35] N.Wu, "Capacity of shared-short lanes at unsignalized intersections," *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, 1999, doi: 10.1016/s0965-8564(98)00041-x.

[36] N.Wu, “New Features in the 2015 German Highway Capacity Manual (HBS2015),” *Transp. Res. Procedia*, 2017.

[37] N.Wu and K.Lemke, “A new model for level of service of freeway merge, diverge, and weaving segments,” 2011, doi: 10.1016/j.sbspro.2011.04.438.

[38] N.Wu and K.Lemke, “The New Procedures for Diverge, Merge, and Small Weaving Segments in the New Version of German Highway Capacity Manual (HBS 2015),” 2016, doi: 10.1016/j.trpro.2016.06.031.

[39] American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. 2015.

[40] Leisch and J.P, *Freeway and interchange geometric design handbook*. Institute of Transportation Engineers, 2005.

[41] R. P.Roess and J.Uliero, “Analysis of Freeway Weaving Sections. Final report. NCHRP Project 3-75,” in *Transportation Research Institute, Polytechnic University, Brooklyn, NY.*, 2008.

附錄 A　重要模式變數定義表

變 數	定 義	單 位
a	交流道密度係數	十進位
C_w	交織區段容量	pcu/hr
D_D	與下游匝道距離	ft 或 m
D_{DR}	分流區路段密度	pcu/km/ln
D_{MR}	匯流區路段密度	pcu/km/ln
D_R	匝道影響區平均密度	pcu/mi/ln
D_S	匝道分流區速率比例因素	十進位
D_U	與上游匝道距離	ft 或 m
E_C	聯結車當量值 (PCE)	十進位
E_P	小型車（小客車、小貨車）當量值 (PCE)	十進位
E_T	大型車（大客車、大貨車）當量值 (PCE)	十進位
f_{1h}	最外側車道 1 之大車調整因素	十進位
f_{HV}	重型車輛調整因數	十進位
f_{Nh}	最內側車道 1 之大車調整因素	十進位
f_P	主要駕駛人類型調整因素	十進位
f_w	車道寬/側向淨寬調整因數	十進位
k	道路車流密度	veh/mi 或 veh/km
L	交織區路段長度 或 相鄰兩匝道口間之主線長度	ft 或 m
L_A	匯流區進口匝道之加速車道長度	ft 或 m
L_D	分流區出口匝道之減速車道長度	ft 或 m
L_{EQ}	判定目前匝道區是否獨立之對等距離	ft 或 m
M_S	匯流區主線之速率比例調整因素	十進位
N	主線單向車道數	十進位
N_O	匝道影響區外車道數	十進位
$P_{C(F)}$	主線聯結車比例	十進位
$P_{C(OFF)}$	出口匝道聯結車比例	十進位
$P_{C(ON)}$	進口匝道聯結車比例	十進位
P_{FD}	上游主線總流量使用車道 1、2 之比例	十進位
P_{FM}	上游主線車道 1、2 流量站主線總流量比例	十進位

PHF	尖峰小時係數	十進位
PHF_F	主線尖峰小時係數	十進位
PHF_{OFF}	出口匝道尖峰小時係數	十進位
PHF_{ON}	進口匝道尖峰小時係數	十進位
$P_{T(F)}$	主線大型車比例	十進位
$P_{T(OFF)}$	出口匝道大型車比例	十進位
$P_{T(ON)}$	進口匝道大型車比例	十進位
q	道路車流流量	veh/hr
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	pcu/hr
Q_1	最外側車道 1 在現況下尖峰小時需求流量	veh/hr
q_c	主線單向總容量	pcu/hr
$q_{c(2)}$	主線單向二車道容量	pcu/hr
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	pcu/hr
Q_N	最內側車道 1 在現況下尖峰小時需求流量	veh/hr
q_{off}	出口匝道路段流量	pcu/hr
q_{on}	進口匝道路段流量	pcu/hr
q_{onar}	進口匝道區下游主線車道總容量	pcu/hr
R^2	統計迴歸複判定係數	十進位
S	匝道區段主線所有車道之空間平均速率	mi/hr 或 km/hr
SAF	速率調整因素	十進位
S_F	高速公路主線自由車流速率	mi/hr 或 km/hr
S_{FR}	匝道路段自由車流速率	mi/hr 或 km/hr
S_O	匝道影響區外主線之空間平均速率	mi/hr 或 km/hr
S_R	分流或匯流影響區內主線之空間平均速率	mi/hr 或 km/hr
t_i	第 i 輛車行駛於特定區域的時間	sec
u	道路車流空間平均速率	mi/hr 或 km/hr
v/c	流量與容量比值	十進位
V_1	主線最外側車道（車道 1）需求流量	veh/hr
v_{12}	目前匝道區上游主線最右側兩車道（車道 1＋2）之總尖峰流率	pcu/hr

v_{12}^{U}	上游進口匝道之外側兩車道總尖峰流率	pcu/hr
v_D	下游匝道路段尖峰流率	pcu/hr
V_D	下游匝道需求流量	veh/hr
v_F	目前匝道區上游主線尖峰流率	pcu/hr
v_F^U	上游進口匝道之主線尖峰流率	pcu/hr
V_F	目前匝道區上游主線需求流量	veh/hr
v_{FO}	主線車流通過匝道影響區後之總尖峰流率	pcu/hr
v_O	匝道影響區外主線車道總尖峰流率	pcu/hr
v_{oa}	匝道影響區外主線平均每車道尖峰流率	pcu/hr/ln
V_{OFF}	目前匝道區出口匝道需求流量	veh/hr
v_{OFF}	目前匝道區出口匝道尖峰流率	pcu/hr
V_{ON}	目前匝道區進口匝道需求流量	veh/hr
v_{ON}	目前匝道區進口匝道尖峰流率	pcu/hr
v_R	目前匝道區主要匝道尖峰流率	pcu/hr
v_R^U	上游進口匝道之匝道尖峰流率	pcu/hr
V_R	目前匝道區主要匝道需求流量	veh/hr
v_{R12}	進口匝道匯流區主線外側兩車道與進口匝道之總尖峰流率	pcu/hr
v_U	上游匝道路段尖峰流率	pcu/hr
V_U	上游匝道需求流量	veh/hr
X_A	分流區匝道飽和度 *v/c* 值	十進位
X_D	分流區合計飽和度 *v/c* 值	十進位
X_E	匯流區匝道飽和度 *v/c* 值	十進位
X_{HO}	匯流區主線上游飽和度 *v/c* 值	十進位
X_{HU}	分流區主線下游飽和度 *v/c* 值	十進位
x_i	第 *i* 輛車行駛於特定區域的距離	ft 或 m
X_M	匯流區合計飽和度 *v/c* 值	十進位

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 1 號與國道 3 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，上述資訊之檢核時間為 2018 年 11 月。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，其分類之幾何類型如圖 B-1 所示，進口匝道分為 On-1～On-9；出口匝道分為 Off-1～Off-9。其中各個小圖的中央灰色範圍代表目標匝道，目標匝道的上下游會有以下三種類型之匝道：「Non」代表上游或下游有距離大於或等於 1 公里之進出口匝道，「On」代表上游或下游有距離小於 1 公里之進口匝道、「Off」代表上游或下游有距離小於 1 公里之出口匝道。

本期研究以非獨立進出口匝道（On-1 與 Off-1 以外之匝道）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。本計畫原先以臺灣占比較高之 On-5 與 Off-2 為主要調查對象，然而，經過篩選後發現在 On-5 之地點僅有兩個地點可進行調查，不滿本期所要求的四個地點，故除了 On-5 以及 Off-2 兩種類型的非獨立進出口匝道外，本計畫也將其餘類型之非獨立進出口匝道進行統整。經篩選之進出口匝道統整如下表 B-1~表 B-12 所示，其中表格中灰底部分為本次研究調查之地點。表 B-5、表 B-6、表 B-11、表 B-12 中之「幾何類型」欄位中的數字代表不同的非獨立進出口匝道類型，幾何類型如圖 B-1 所示。

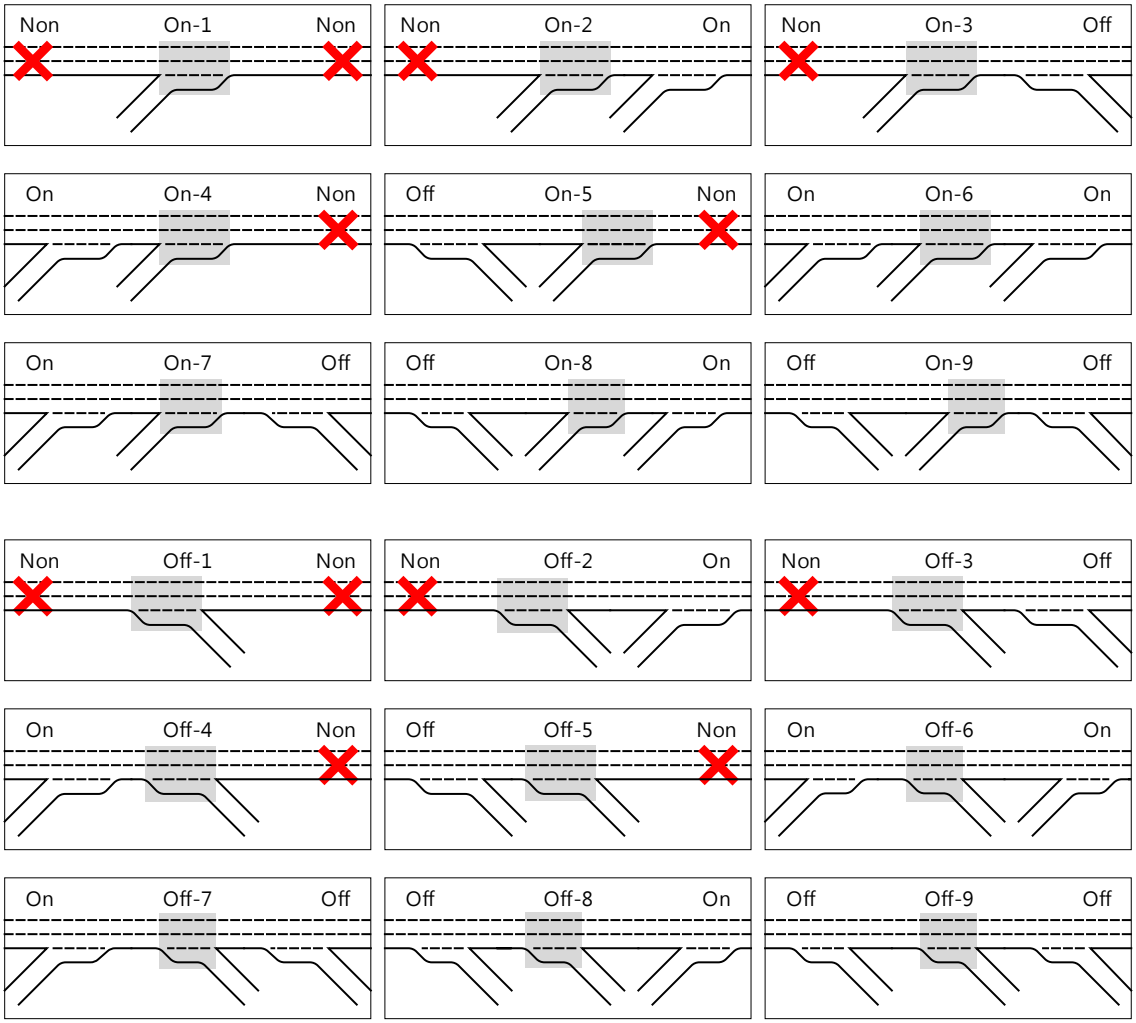


圖 B-1 進出口匝道上下游型態示意圖

表 B-1 國道 1 號南下-匯流區上游為出口匝道之非獨立進口匝道（On-5）

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			
五堵交流道	6	3	1	1	無	100	是	340	210	3190	O	X	X	O	下游匝道回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
內湖交流道	17	2	2	2	有	100	是	760	720	5700	X	X	O	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
台北交流道	25	3	1	2	無	100	是	230	480	1030	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，不適合調查
三重交流道	27	4	1	1	無	100	是	300	340	4630	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，不適合調查
中壢服務區	55	4	1	1	無	100	否	250	630	1000	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
幼獅交流道	67	3	1	1	無	100	否	190	620	1240	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
湖口服務區	86	3	1	1	有	100	是	350	680	3550	X	X	O	O	下游主線回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
竹北交流道	91	3	1	2	有	100	是	270	790	2100	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	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
新竹系統交流道	99	3	2	2	無	100	否	710	460	9840	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
頭屋交流道	125	3	1	1	無	100	否	280	740	6280	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
苗栗交流道	132	3	1	1	無	100	否	290	750	6260	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
豐原交流道	168	3	1	1	有	110	否	380	290	5530	X	X	X	X	-	X	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
南屯交流道	181	3	1	1	無	110	是	180	300	7370	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，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
水上交流道	270	3	1	2	無	110	是	330	770	1450	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，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
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
仁德服務區	335	3	1	1	無	110	是	380	650	2550	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，不適合調查
路竹交流道	338	3	1	1	無	110	是	350	660	2990	X	X	O	X	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 1 號北上-匯流區上游為出口匝道之非獨立進口匝道（On-5）

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	372	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
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
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
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
麻豆交流道	303	3	1	1	無	110	否	210	800	3080	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新營服務區	284	3	1	1	無	110	否	490	760	10250	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
水上交流道	270	3	1	1	無	110	是	440	690	5240	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，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
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
南屯交流道	181	3	1	1	無	110	是	160	330	1680	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，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
大雅交流道	174	3	2	2	有	110	是	260	90	5190	X	X	X	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
后里交流道	160	3	1	1	無	110	否	260	590	1480	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
三義交流道	150	3	1	1	無	100	否	340	300	8270	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	220	920	10100	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	290	650	2120	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹北交流道	91	3	1	1	無	100	是	270	750	4040	X	X	X	O	下游主線回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
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
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
中壢交流道	62	3	1	1	無	100	否	240	530	1870	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
機場系統交流道	52	4	2	2	無	100	否	260	770	2090	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
三重交流道	27	4	2	2	無	100	是	260	580	1290	O	X	X	X	下游匝道回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查

表 B-3 國道 3 號南下-匯流區上游為出口匝道之非獨立進口匝道（On-5）

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			
南港系統交流道	16	3	2	2	無	90	是	700	310	4220	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，不適合調查
木柵交流道	20	3	1	1	無	90	否	220	500	5650	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新店交流道	26	3	1	1	無	90	否	280	510	3390	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
三鶯交流道	50	4	1	1	有	110	否	430	260	2870	O	X	O	X	非下游回堵	△	有開放路肩，列為候補對象
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
關西交流道	79	3	1	1	無	110	否	250	390	10830	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹林交流道	90	3	1	1	無	110	否	210	800	5860	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
寶山休息站	96	3	1	1	無	110	否	170	400	1310	X	X	X	X	-	X	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
清水服務區	172	4	1	1	無	110	是	500	530	3140	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，不適合調查
龍井交流道	182	3	1	1	無	110	是	240	310	8330	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，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
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
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
古坑服務區	276	3	1	1	無	110	否	230	480	1760	X	X	X	X	-	X	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	260	600	10470	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	290	740	7790	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，不適合調查
東山服務區	319	3	1	1	無	110	否	460	420	1620	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
鳥山頭交流道	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
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
新化休息站	350	3	1	1	無	110	否	370	690	5470	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
關廟交流道	357	3	1	1	無	110	否	340	790	6090	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
田寮交流道	369	3	1	1	無	110	否	380	680	12730	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
燕巢系統交流道	383	3	1	1	無	110	否	300	540	7370	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
九如交流道	391	3	1	1	無	110	是	490	330	8390	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，不適合調查

表 B-4 國道 3 號北上-匯流區上游為出口匝道之非獨立進口匝道（On-5）

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			
竹田系統交流道	415	2	1	1	無	110	否	330	640	6120	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
田寮交流道	369	3	1	1	無	110	否	460	750	25010	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	320	740	35940	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
關廟交流道	357	3	1	1	無	110	否	490	290	6100	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新化休息站	350	3	1	1	無	110	否	370	600	2730	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
東山服務區	319	3	1	1	無	110	否	430	390	7420	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
梅山交流道	279	3	1	1	無	110	否	260	150	2780	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
古坑服務區	276	3	1	1	無	110	否	200	730	4740	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
竹山交流道	243	3	1	1	無	110	否	310	560	6530	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
名間交流道	237	3	1	1	無	110	否	210	420	4670	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
中興系統交流道	222	4	1	1	無	110	否	300	520	4380	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	1070	390	2200	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	370	630	2000	X	X	X	O	非下游回堵	X	為系統交流道，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
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
清水服務區	172	3	1	1	無	110	是	440	660	2800	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內，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
後龍交流道	130	3	2	2	無	110	否	900	750	4700	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	850	720	4960	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
苑苳交流道	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
竹林交流道	90	3	1	1	無	110	否	240	620	10080	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
關西服務區	76	4	1	1	無	110	否	200	450	7550	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	有	110	否	220	920	4250	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
三鶯交流道	50	4	1	1	無	110	否	210	700	4100	X	X	X	O	非下游回堵	O	
土城交流道	42	4	1	1	無	100	否	200	430	6000	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，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	△	(1/3)已調查過
新店交流道	26	3	1	1	無	90	否	250	270	1400	O	X	X	X	非下游回堵	O	
木柵休息站	25	3	1	1	無	90	否	240	140	3480	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-5 國道 1 號與國道 3 號南下-其餘類型之非獨立進口匝道

交流道	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	幾何類別	備註
												平日上午	平日下午	週六	週日				
國道一號南下	基隆交流道	1	2	1	1	無	100	否	150	200	200	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	基隆交流道	1	2	1	1	無	100	否	320	200	1310	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	汐止交流道	10	2	1	1	無	100	是	230	1640	230	X	X	X	X	-	X	2	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	汐止系統交流道	11	3+1	2	2	無	100	是	1080	230	1080	X	X	X	X	-	X	4	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	東湖交流道	15	3	1	1	無	100	是	560	2370	960	O	X	X	X	非下游回堵	X	3	位於限禁航區內，不適合調查
	五股轉接道	32	3	1	2	無	100	是	410	1180	760	X	O	X	X	非下游回堵	X	2	位於限禁航區內，不適合調查
	五股交流道	33	3	2	2	無	100	是	600	760	1460	X	O	X	X	非下游回堵	X	4	位於限禁航區內，不適合調查
	林口交流道	41	4	1	1	無	100	否	250	840	750	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	林口交流道	41	4	1	1	無	100	否	320	750	5850	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	內壢交流道	57	3	1	1	無	100	否	290	300	780	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	內壢交流道	57	3	1	1	無	100	否	250	780	1210	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	中壢交流道	62	3	1	1	無	100	否	190	370	260	O	X	X	X	非下游回堵	O	8	
	中壢交流道	62	3	1	1	無	100	否	310	260	1740	O	X	X	X	非下游回堵	O	4	
	楊梅交流道	69	3	1	1	無	100	否	370	810	920	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	高架道路楊梅端	71	3	1	2	無	100	否	380	920	12840	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	泰安服務區	159	3+1	1	1	無	110	否	980	240	980	X	X	X	O	非下游回堵	X	9	含輔助車道，不適合調查
	埔鹽系統交流道	207	3	1	1	無	110	否	500	390	630	X	X	O	X	非下游回堵	X	8	為系統交流道，不適合調查
	埔鹽系統交流道	207	3	1	1	無	110	否	260	630	2220	X	X	O	X	非下游回堵	X	4	為系統交流道，不適合調查
	五甲交流道	372	3+1	1	1	無	80	是	280	1800	280	X	X	X	X	-	X	3	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
國道三號南下	新台五路交流道	12	3	1	1	無	90	是	130	510	580	X	X	X	X	-	X	8	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	新台五路交流道	12	3+1	1	1	無	90	是	430	580	430	X	X	X	X	-	X	7	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	大溪交流道	62	3	1	1	無	110	否	310	310	380	X	X	X	X	–	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	大溪交流道	62	3	1	1	無	110	否	300	380	4760	X	X	X	X	–	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	寶山交流道	98	3+1	1	1	無	110	否	850	890	850	X	X	X	X	-	X	9	無重現性壅塞，不適合調查
	烏日交流道	207	3+1	2	2	無	110	否	630	890	630	X	X	X	X	-	X	9	無重現性壅塞，不適合調查
	中投交流道	209	3	1	2	無	110	否	200	1460	870	X	X	X	X	-	X	3	無重現性壅塞，不適合調查
	霧峰交流道	209	3	1	1	無	110	否	190	1170	500	X	X	O	X	非下游回堵	O	2	
	霧峰交流道	211	3+1	2	2	無	110	否	1580	500	1580	X	X	O	X	非下游回堵	X	4	含輔助車道，不適合調查
	中興系統交流道	222	4	2	1	無	110	否	300	650	870	X	X	X	X	-	X	9	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-6 國道 1 號與國道 3 號北上-其餘類型之非獨立進口匝道

交流道	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	幾何類別	備註
												平日上午	平日下午	週六	週日				
國道一號北上	高雄端	373	2	1	1	無	80	是	40	高速公路起點	260	X	X	X	X	-	X	2	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	高雄端	373	2+1	3	3	無	80	是	260	260	260	X	X	X	X	-	X	7	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	西螺交流道	230	3	1	1	無	110	否	300	1100	980	X	X	X	X	-	X	2	無重現性壅塞，不適合調查
	西螺交流道	230	3	1	1	無	110	否	230	980	8270	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	王田交流道	189	2	1	1	無	110	是	930	970	930	X	X	X	X	-	X	8	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	2	無	110	是	280	930	7260	X	X	X	X	-	X	4	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+1	1	1	無	110	否	2060	1200	860	X	X	X	O	非下游回堵	X	3	含輔助車道，不適合調查
	苗栗交流道	132	3	1	1	無	100	否	260	350	380	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	苗栗交流道	132	3	1	1	無	100	否	280	380	6400	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	新竹系統交流道	99	3	2	2	無	100	否	1170	1020	830	O	X	X	O	非下游回堵	X	3	為系統交流道，不適合調查
	楊梅交流道	69	3	1	1	有	100	否	340	870	810	X	X	X	X	-	X	9	無重現性壅塞，不適合調查
	林口交流道	41	4	1	1	無	100	否	280	780	720	X	X	O	X	非下游回堵	X	8	調查範圍被高架道路阻擋視線，不適合調查
	林口交流道	41	4	1	1	無	100	否	830	720	5990	X	X	O	X	非下游回堵	X	4	調查範圍被高架道路阻擋視線，不適合調查
	泰山轉接道	35	4+1	1	2	無	100	是	870	5990	870	X	X	O	O	非下游回堵	X	3	位於限禁航區內，不適合調查
	圓山交流道	23	2+1	1	2	無	100	是	160	530	160	O	O	O	X	非下游回堵	X	9	位於限禁航區內，不適合調查
	內湖交流道	17	2	1	1	無	100	是	190	760	380	X	O	O	X	非下游回堵	X	8	位於限禁航區內，不適合調查
	內湖交流道	17	2+1	1	1	無	100	是	990	380	990	X	O	O	X	非下游回堵	X	7	位於限禁航區內，不適合調查
	汐止系統交流道	11	3	1	1	無	100	是	80	710	860	X	X	X	X	-	X	8	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	汐止交流道	10	3	1	1	有	100	是	240	860	3040	X	X	X	X	-	X	4	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	五堵交流道	6	3+1	1	1	無	100	是	550	730	550	X	X	X	X	-	X	9	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
國道三號北上	燕巢系統交流道	383	3	2	2	無	110	否	500	550	500	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	燕巢系統交流道	383	4	1	1	無	110	否	200	500	12430	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	中投交流道	209	3+1	1	2	無	110	否	640	1450	640	X	X	X	X	-	X	3	無重現性壅塞，不適合調查
	新竹系統交流道	100	3+1	2	2	無	110	否	900	1300	900	O	X	X	X	非下游回堵	X	3	含輔助車道，不適合調查
	安坑交流道	31	3	1	1	無	90	否	200	300	700	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	安坑交流道	31	3	1	1	無	90	否	230	700	3730	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	南港系統交流道	16	3+1	1	1	無	90	是	550	550	500	X	X	X	X	-	X	9	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	南港交流道	14	3+1	1	1	無	90	是	920	980	920	X	X	X	X	-	X	9	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	新台五路交流道	12	3	1	1	無	90	是	260	880	860	X	X	X	X	-	X	9	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查

表 B-7 國道 1 號南下-分流區下游為進口匝道之非獨立出口匝道（Off-2）

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			
圓山交流道	23	2	1	1	有	100	是	150	5700	380	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
三重交流道	27	4	2	2	無	100	是	210	1030	340	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
內壢交流道	57	3	1	2	無	100	否	170	1000	300	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
中壢交流道	62	3	1	1	無	100	否	220	1800	370	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
幼獅交流道	67	3	1	1	無	100	否	110	1390	620	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
湖口服務區	86	3	1	1	無	100	是	220	1990	680	X	X	O	X	下游匝道回堵	X	位於限禁航區，不適合調查
竹北交流道	91	3	1	1	有	100	是	150	3550	790	O	X	O	X	非下游回堵	X	位於限禁航區，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
頭屋交流道	125	3	1	1	無	100	否	120	14470	740	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
苗栗交流道	132	3	1	1	無	100	否	220	6280	750	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
泰安服務區	159	3	1	1	無	110	否	230	8180	240	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	為系統交流道，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
南屯交流道	181	3	2	2	無	110	是	690	1900	300	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
埔鹽系統交流道	207	3	1	1	無	110	否	2710	8020	390	X	X	O	X	下游主線回堵	X	非自然性壅塞，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
水上交流道	270	3	2	2	無	110	是	630	5060	770	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
仁德服務區	335	3	1	1	無	110	是	100	3560	650	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	2	2	無	110	是	620	2550	660	X	X	X	O	非下游回堵	X	位於限禁航區，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

表 B-8 國道 1 號北上-分流區下游為進口匝道之非獨立出口匝道（Off-2）

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			
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
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
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
麻豆交流道	303	3	2	2	無	110	否	530	6490	800	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新營服務區	284	3	1	1	無	110	否	640	3080	760	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
水上交流道	270	3	2	2	無	110	是	460	1460	690	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
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
南屯交流道	181	3	2	2	無	110	是	710	7260	330	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	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
大雅交流道	174	3	2	2	無	110	是	710	4310	90	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
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
三義交流道	150	3	2	2	無	100	否	4200	8050	300	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
苗栗交流道	132	3	1	2	無	100	否	210	6030	350	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	O	
新竹交流道(A)	95	3	2	2	無	100	否	190	1070	650	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹北交流道	91	3	1	1	有	100	是	180	2040	750	X	O	X	O	非下游回堵	X	位於限禁航區內，不適合調查
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
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
中壢交流道	62	3	1	1	無	100	否	150	1670	530	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
三重交流道	27	4	1	1	無	100	是	70	4220	580	O	X	X	X	下游主線回堵	X	位於限禁航區內，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
內湖交流道	17	2	2	2	有	100	是	760	5250	760	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
五堵交流道	6	2	1	1	有	100	是	290	3040	730	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
基隆交流道	1	2	1	1	有	100	否	130	1170	670	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-9 國道 3 號南下-分流區下游為進口匝道之非獨立出口匝道（Off-2）

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			
新台五路交流道	12	3	1	1	有	90	是	120	1000	510	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
木柵交流道	20	3	1	1	無	90	否	220	4220	500	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新店交流道	26	3	1	1	無	90	否	170	5650	510	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，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
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
關西交流道	79	3	1	1	無	110	否	250	1640	390	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
竹林交流道	90	3	1	1	無	110	否	150	10830	800	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
寶山休息站	96	3	1	1	無	110	否	110	5860	400	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
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
清水服務區	172	4	1	1	無	110	是	140	2480	530	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
龍井交流道	182	3	1	1	無	110	是	110	5490	310	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，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
中興系統交流道	222	4	1	1	無	110	否	140	4900	650	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
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
古坑服務區	276	3	1	1	無	110	否	130	4890	480	X	X	X	X	-	X	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	130	2170	600	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	290	10470	740	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
東山服務區	319	3	1	1	無	110	否	180	7790	420	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
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
新化休息站	350	3	1	1	無	110	否	160	2940	690	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
關廟交流道	357	3	1	1	無	110	否	240	5470	790	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
田寮交流道	369	3	1	1	無	110	否	240	4850	680	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
燕巢系統交流道	383	3	1	2	無	110	否	700	12730	540	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
九如交流道	391	3	1	1	無	110	是	220	7370	330	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-10 國道 3 號北上-分流區下游為進口匝道之非獨立出口匝道（Off-2）

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			
竹田系統交流道	415	2	1	1	無	110	否	160	5870	640	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
九如交流道	391	2	1	1	無	110	是	120	7950	530	X	X	X	X	-	X	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
燕巢系統交流道	383	3	1	1	無	110	否	1060	7560	550	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
田寮交流道	369	3	1	1	無	110	否	260	12430	750	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	210	25010	740	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
關廟交流道	357	3	1	1	無	110	否	190	35940	290	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
新化休息站	350	3	1	1	無	110	否	140	6100	600	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
東山服務區	319	3	1	1	無	110	否	180	2060	390	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
梅山交流道	279	3	1	1	無	110	否	160	8550	150	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
古坑服務區	276	3	1	1	無	110	否	150	2780	730	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
竹山交流道	243	3	1	1	無	110	否	150	5620	560	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
名間交流道	237	3	1	1	無	110	否	250	6530	420	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
中興系統交流道	222	4	1	1	無	110	否	150	1550	520	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	130	2200	630	X	X	X	O	下游主線回堵	X	非自然性壅塞，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
清水服務區	172	3	1	1	無	110	是	140	2440	660	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
後龍交流道	130	3	1	1	無	110	否	200	4050	750	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	170	4700	720	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查
苑苳交流道	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
竹林交流道	90	3	1	1	無	110	否	170	7700	620	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	1840	450	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	△	(1/3)已調查過
土城交流道	42	4	2	2	有	100	否	700	3170	430	X	X	X	O	非下游回堵	O	
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
安坑交流道	31	3	2	2	無	90	否	700	4000	300	X	X	X	X	-	X	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-11 國道 1 號與國道 3 號南下-其餘類型之非獨立出口匝道

交流道	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	幾何類別	備註
												平日上午	平日下午	週六	週日				
國道一號南下	內湖交流道	17	2	1	1	無	100	是	400	960	550	X	X	X	X	-	X	7	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	內湖交流道	17	2	1	1	無	100	是	160	550	720	X	X	X	X	-	X	8	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	台北交流道	25	3+1	1	1	無	100	是	1370	1370	200	X	X	X	X	-	X	3	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	台北交流道	25	3	1	1	無	100	是	130	200	480	X	X	X	X	-	X	8	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	林口交流道	41	5	1	2	無	100	否	80	5440	620	X	X	X	X	-	X	3	無重現性壅塞，不適合調查
	林口交流道	41	5	1	1	無	100	否	170	620	840	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	新竹系統交流道	99	3	1	2	無	100	否	750	2080	600	X	X	X	X	-	X	3	無重現性壅塞，不適合調查
	新竹系統交流道	99	3	1	1	無	100	否	150	600	460	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	后里交流道	160	3+1	2	2	無	110	否	980	980	1150	X	X	X	O	非下游回堵	X	4	含輔助車道，不適合調查
	瑞隆路出口匝道	369	4	2	2	無	100	是	130	1490	770	X	X	X	X	-	X	3	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	2	2	無	100	是	770	770	1800	X	X	X	X	-	X	5	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	高雄端	373	2+1	3	3	無	60	是	280	280	910	X	X	X	X	-	X	7	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	高雄端	373	2	1	1	無	60	是	80	910	高速公路終點	X	X	X	X	-	X	5	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
國道三號南下	南港交流道	14	3+1	1	1	無	90	是	430	430	960	X	X	X	X	-	X	6	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	三鶯交流道	50	4	1	1	無	110	否	150	4530	430	X	X	O	X	非下游回堵	O	3	
	三鶯交流道	50	4	1	1	無	110	否	210	430	260	O	X	O	X	非下游回堵	O	8	
	新竹系統交流道	100	3+1	2	2	無	110	否	850	850	1120	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	中投交流道	209	3+1	1	1	無	110	否	630	630	1460	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	霧峰交流道	211	3	1	1	無	110	否	190	870	1170	X	X	O	X	非下游回堵	O	4	
	中興交流道	224	3+1	1	1	無	110	否	870	870	1300	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查

表 B-12 國道 1 號與國道 3 號北上-其餘類型之非獨立出口匝道

交流道	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	幾何類型	備註
												平日上午	平日下午	週六	週日				
國道一號北上	五甲交流道	372	3+1	2	2	無	80	是	260	260	950	X	X	X	X	-	X	6	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	高雄交流道	367	4	1	1	無	100	是	80	1420	420	X	X	X	X	-	X	3	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	高雄交流道	367	3	2	2	有	100	是	420	420	950	X	X	X	X	-	X	8	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	620	2120	690	X	X	X	X	-	X	3	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	70	690	1470	X	X	X	X	-	X	5	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	台中系統交流道	165	3+1	2	2	無	110	否	2060	860	1360	X	X	X	X	-	X	4	無重現性壅塞，不適合調查
	后里交流道	160	3	2	2	無	110	否	1130	3960	910	X	X	X	X	-	X	3	無重現性壅塞，不適合調查
	泰安服務區	159	3	1	1	無	110	否	110	910	590	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	新竹系統交流道	99	3	2	2	有	100	否	1000	10100	660	X	X	X	X	-	X	3	無重現性壅塞，不適合調查
	新竹系統交流道	99	3	1	1	無	100	否	110	660	1020	X	X	X	O	非下游回堵	O	5	
	新竹交流道	95	4	2	2	無	100	否	190	830	1070	O	X	X	O	非下游回堵	O	4	
	高架道路楊梅端	71	3	1	2	無	100	否	210	12810	890	X	X	X	X	-	X	3	無重現性壅塞，不適合調查
	楊梅交流道	69	3	1	1	無	100	否	200	890	870	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	幼獅交流道	67	3	1	1	有	100	否	200	810	850	X	X	X	X	-	X	6	無重現性壅塞，不適合調查
	林口交流道	41	4	2	2	無	100	否	200	5770	760	X	X	O	X	非下游回堵	O	3	
	林口交流道	41	4	1	1	無	100	否	200	760	780	X	X	O	X	非下游回堵	O	8	
	五股交流道	33	4+1	2	2	無	100	是	870	870	600	O	X	O	O	非下游回堵	X	7	位於限禁航區內，不適合調查
	五股轉接道	32	3	2	2	無	100	是	600	600	1290	O	X	X	X	非下游回堵	X	5	位於限禁航區內，不適合調查
	圓山交流道	23	2+1	1	1	無	100	是	160	160	5250	O	O	O	X	非下游回堵	X	4	位於限禁航區內，不適合調查
	東湖交流道	15	2+1	1	1	無	100	是	990	990	1260	O	O	O	X	非下游回堵	X	4	位於限禁航區內，不適合調查
	汐止系統交流道	11	2+1	2	2	無	100	是	1610	1610	680	X	X	X	X	-	X	3	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	汐止交流道	10	2	1	1	無	100	是	680	680	710	X	X	X	X	-	X	8	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	大華系統交流道	5	3+1	1	2	有	100	是	550	550	3270	X	X	X	X	-	X	4	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
國道三號北上	草屯交流道	217	4	1	1	無	110	否	160	4380	530	X	X	X	X	-	X	3	無重現性壅塞，不適合調查
	草屯交流道	217	4	1	1	無	110	否	250	530	390	X	X	X	X	-	X	8	無重現性壅塞，不適合調查
	烏日交流道	207	3	2	2	無	110	否	640	640	970	X	X	X	X	-	X	6	無重現性壅塞，不適合調查
	寶山交流道	98	3	1	1	無	110	否	900	900	1000	O	X	X	X	非下游回堵	O	4	
	三鶯交流道	50	3	1	1	無	110	否	90	2360	500	X	X	X	O	非下游回堵	O	3	
	三鶯交流道	50	4	1	1	無	110	否	260	500	700	X	X	X	O	非下游回堵	O	8	
	南深路出口匝道	16	3	1	1	有	90	是	80	3950	330	X	X	X	X	-	X	3	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	南港系統交流道	16	3	1	1	無	90	是	130	330	550	X	X	X	X	-	X	8	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	南港交流道	14	3	2	2	無	90	是	550	500	980	X	X	X	X	-	X	6	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	新台五路交流道	12	3	2	2	無	90	是	920	920	880	X	X	X	X	-	X	6	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查
	汐止系統交流道	10	2	2	1	無	90	是	640	860	1360	X	X	X	X	-	X	4	位於限禁航區內且無重現性壅塞，不適合調查

附錄 C　VD 資訊與現場資料相互檢核

- 確認 VD 準確性

本計畫為了使用準確的 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。以新店進口為例，由於該地點在 3/25（星期三）進行調查，在流量檢核方面則會先以選取 3/22（星期日）到 3/28（星期六）進行比對。

2. 密度檢核

本計畫參考本所 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），與每車道透過占有率計算之密度（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，故本計畫將時間平均速率扣除β＝2值，轉換為空間平均速率。

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

D2 之占有率（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。

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

透過上述兩階段，目前已針對國道 3 號北上新店進口、國道 1 號南下中壢 B 進口，以及國道 1 號南下中壢 A 進口三個已完成調查之地點進行檢核，詳細的檢核結果如下所述：

（一） 國道 3 號北上新店進口

1. 流量

由於新店進口下游僅有 1 顆 VD 能供參考，故僅以 25.335K 的 VD 與 ETC 比對。流量守恆之檢核結果如表 C-1 所示，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，可確認新店進口沒有適合做為參考的 VD 可供比對。

表 C-1 新店之 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD	ETC
	25.335	
3/22（日）	32353	48391
3/23（一）	47923	49930
3/24（二）	42725	49515
3/25（三）	36294	51556
3/26（四）	28933	52115
3/27（五）	41076	57610
3/28（六）	44271	45103

2. 密度（25.335K）

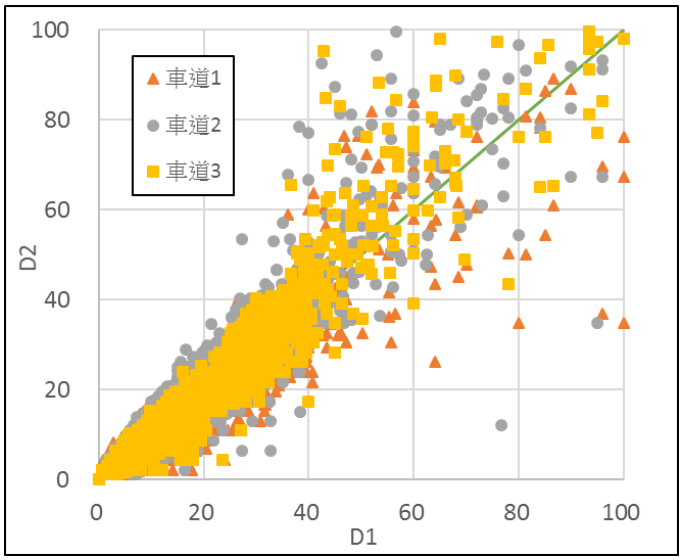


圖 C-1 新店密度檢核圖

（二） 國道 1 號南下中壢 B 進口

1. 流量

流量守恆之檢核結果如表 C-2 所示，可看出 63.020K 之 VD 資料與 ETC 有較大之落差，63.420K 之 VD 資料與 ETC 落差較小，故取 63.420K 為參照之 VD。

表 C-2 中壢 B 之 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD		ETC
	63.020K	63.420K	
3/22（日）	41575	60173	59845
3/23（一）	46554	69325	68666
3/24（二）	47074	70296	70021
3/25（三）	52678	70619	70422
3/26（四）	69174	71467	71257
3/27（五）	74273	76631	76230
3/28（六）	62417	62795	62589

2. 密度（63.420K）

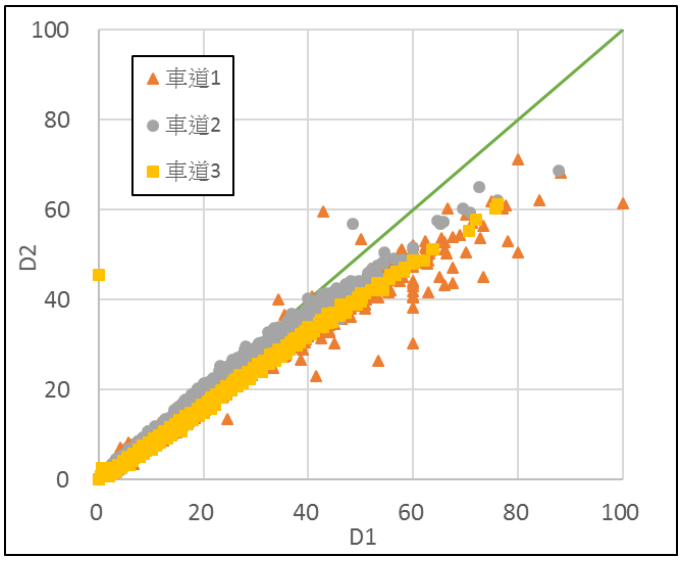


圖 C-2 安坑密度檢核圖

（三） 國道 1 號南下中壢 A 進口

1. 流量

由於本匯流區之下游並無可直接參考之 VD 與 ETC，故在流量守恆部分，僅能檢核匯流區上游與下游兩進口匝道之 VD 所得出之流量總和與匯流區下游之 ETC 流量是否一致。

匯流區上游之 VD 編碼為「nfbVD-N1-S-62.200-N-LOOP」，兩進口匝道之 VD 編碼分別為「nfbVD-N1-S-62-I-ES-1A-中壢-環道」與「nfbVD-N1-S-62-I-WS-1B-中壢-匝道」。

流量守恆之檢核結果如表 C-3 所示，可看出 62.200K 以及下游兩匝道流率之 VD 資料總和與 ETC 差異不大，故取 62.200K 為參照之 VD。

表 C-3 中壢 A 之 VD 與 ETC 單日流量資訊

日期	VD	ETC
	62.200K	
05/19（日）	59755	59845
05/20（一）	68375	68666
05/21（二）	69015	70021
05/22（三）	69647	70422
05/23（四）	70713	71257
05/24（五）	75640	76230
05/25（六）	62318	62589

2. 密度（62.200K）

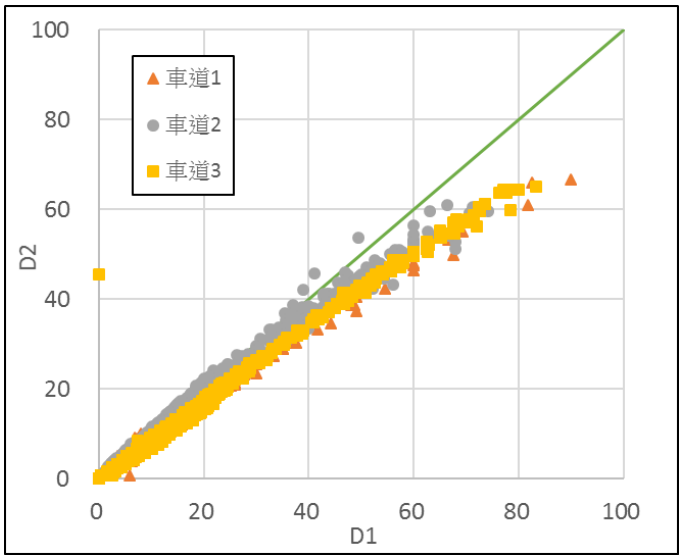


圖 C-3 中壢 A 密度檢核圖

表 C-4 為最終確認使用之 VD 資料，其中新店進口下游無可靠之 VD 資料可參考，後續比對 VD 資訊部分將不針對新店進口進行檢核。

表 C-4 各調查地點可參考之 VD 資料

地點	可參考之 VD 編碼
國道 3 號南下新店進口	無可靠之 VD 資料可參考
國道 1 號南下中壢 B 進口	nfbVD-N1-S-63.420-M-LOOP
國道 1 號南下中壢 A 進口	nfbVD-N1-S-62.200-N-LOOP

- 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。同前面所述，由於新店進口下游無可靠之 VD 資料可參考，故在比對 VD 資訊中，將不針對新店進口進行檢核。圖 C-4 與圖 C-5 為中壢 B、中壢 A 兩個調查地點之檢核結果，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。

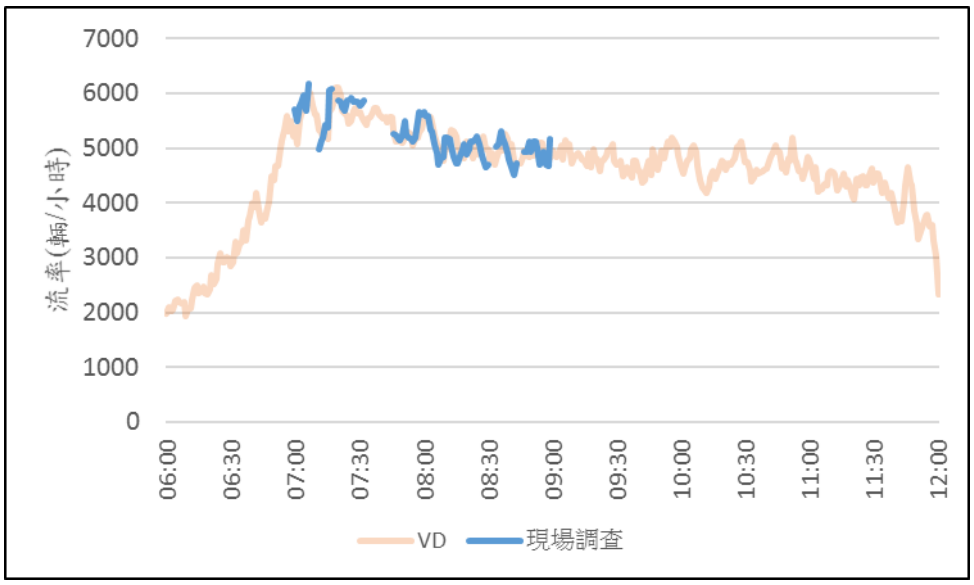


圖 C-4 國道 1 號南下中壢 B 進口流率資訊比對

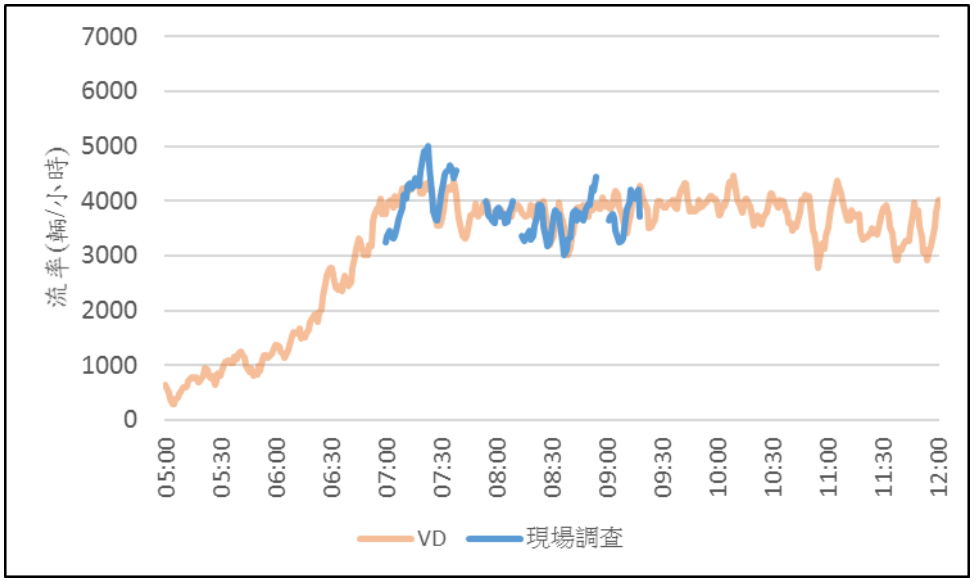


圖 C-5 國道 1 號南下中壢 A 進口流率資訊比對

附錄 D 電腦視覺技術在車流特性資料蒐集之應用

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，一般透過路側佈設攝影機觀察車流，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，本計畫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蹤，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，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，說明研究結果。

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，本計畫採用 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。

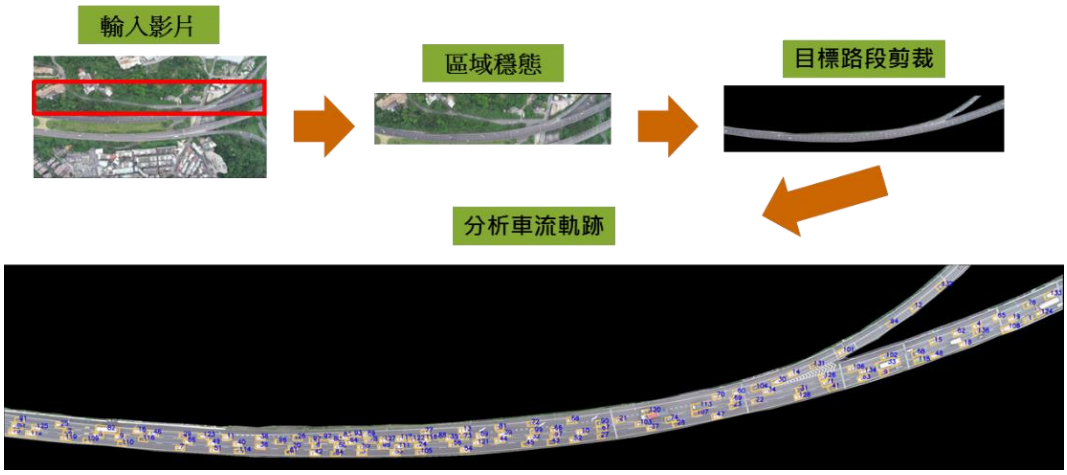


圖 D-1 高速公路車流分析流程

2.2 車流軌跡資料之格式與內容

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

2.3 車流軌跡資料之分析方法

（一） 修正座標相對位置

由於透過影像辨識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(x_t^C, y_t^C)；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，可分為右前方（right front, RF）與左前方（left front, LF）；距離較短的判斷為車尾座標，可分為右後方（right rear, RR）與左後方（left rear, LF），四個方向各有其 x 座標與 y 座標，修正概念如圖 D-3 所示。

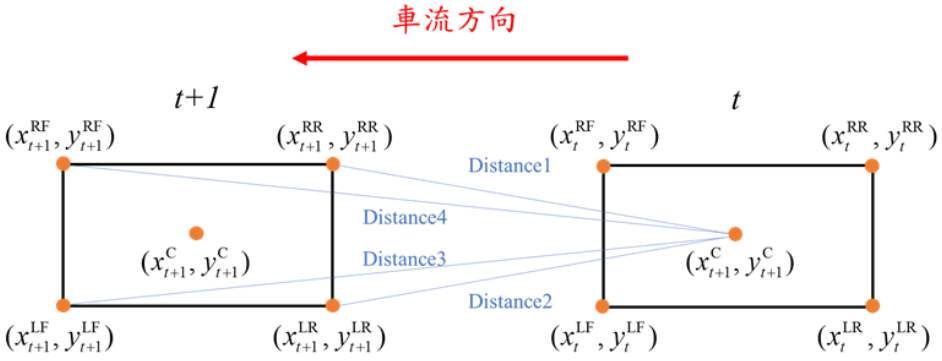


圖 D-3 座標相對位置修正方式概念

（二）座標轉換

由於無人機每趟架次飛行的高度與位置略有不同，造成軌跡資料的座標基準也不盡相同，因此須將軌跡資料的影像座標轉為共同（common）的影像座標基礎，即可得相同的車道線與採樣斷面。此外，透過連續格位的位移，軌跡資料亦可用於計算速率，然而影像座標並非真實座標，亦需要進行座標轉換，轉換概念為透過攝影測量技術將原始空拍影像校正為具有地圖座標的準正射影像，在無人機成像中心、影像座標像點以及真實座標物點三者共線條件下進行轉換，轉換後的座標單位從像素（pixel）轉為公尺（meter）。

以上兩步驟之座標轉換稱之為資料同步，可克服無人機各個架次座標系統差異的狀況，以利後續車流資料的計算與分析。

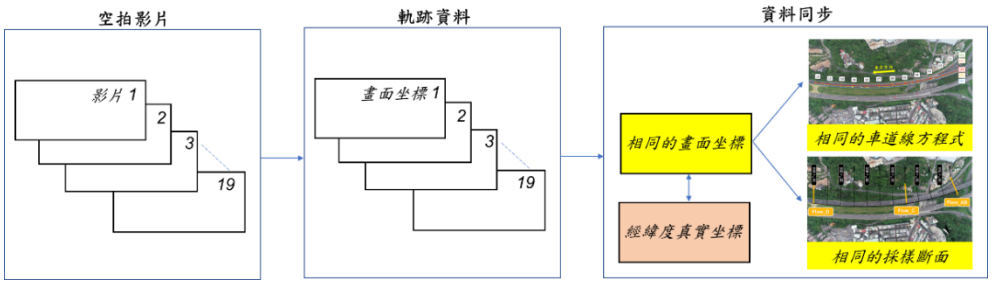


圖 D-4 資料同步架構圖

車道線標記方式為於進出口分析路段的各條車道線上選取數個座標點位，透過曲線擬合（curve fitting）的方式，可得車道線方程式（lane function, LF），以圖 D-5 的中和交流道為例，於 5 條車道線上各選取 12 個點位進行校估，可得 LF1~LF5，此方式能精確判斷每個時間點下車輛所在的車道。



圖 D-5 車道線標記示意圖（中和交流道）

（三） 車流特性資料項目

(1) 車流量

以每連續 1 分鐘為時段紀錄一筆數據，依據上述所劃分之斷面記錄在該時段內通過 A、B、C、D 各斷面的車流量，車流量的記錄以該車輛的車頭中心位置是否跨越界線為基準，以圖 D-6 示意圖為例，設置兩條斷面「Flow_1」與「Flow_2」，該車輛於時間 *t+1* 與 *t+i* 通過斷面，計算所有車輛通過斷面的次數與時間，即可計算斷面流率。

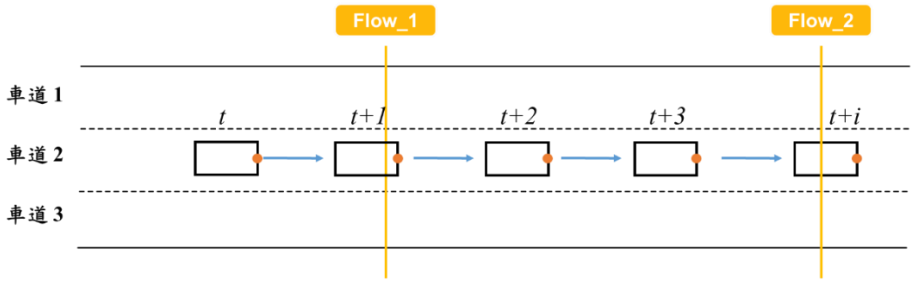


圖 D-6 車輛通過斷面判斷示意圖

(2) 車流密度&車流速率

根據上述資料同步所述，透過座標轉換將所有的軌跡資料轉換為共同的影像基礎，座標單位從像素轉為公尺，可使用於車輛位移與速

率的計算。流量、速率與密度的計算將參考 Edie（1963）所提出的方式，公式如（D-1）~（D-3）所示：

$$k = \sum_{i=1}^{n} t_i / |S| \qquad \text{（D-1）}$$

$$q = \sum_{i=1}^{n} x_i / |S| \qquad \text{（D-2）}$$

$$u = q / k = \sum_{i=1}^{n} x_i / \sum_{i=1}^{n} t_i \qquad \text{（D-3）}$$

其中，k、q、u 分別代表密度、流量與速率；S 為任意區域，$|S|$ 為區域 S 的面積；t_i 與 x_i 分別代表第 i 輛車行駛於區域 S 的時間與距離，概念如圖 D-7 所呈現。區域 S 之空間維度與時間維度可自行設定。

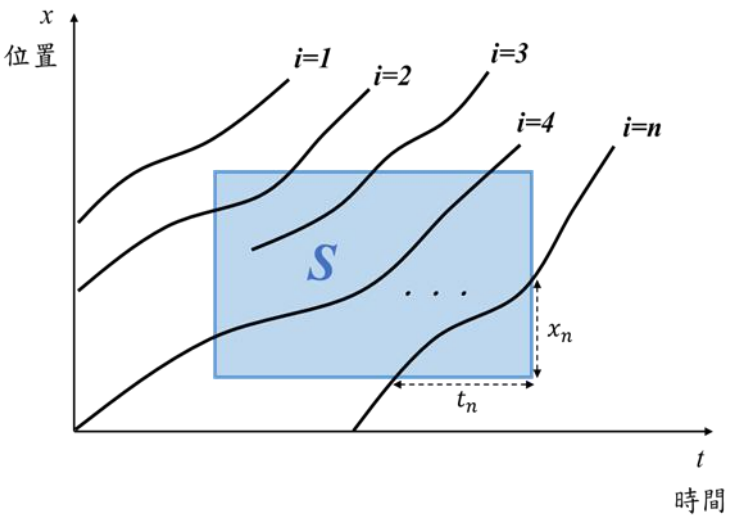


圖 D-7 時空圖量測方式

(3) 車道變換

車道變換的判斷方式與流率相同，同樣以車輛的車頭中心位置是否跨越車道線為基準，以圖 D-8 為例，該車輛從車道 1 變換至車道 2，接著再從車道 2 變換至車道 3，連續追蹤車頭中心位置即可依序紀錄車輛所在的車道位置。

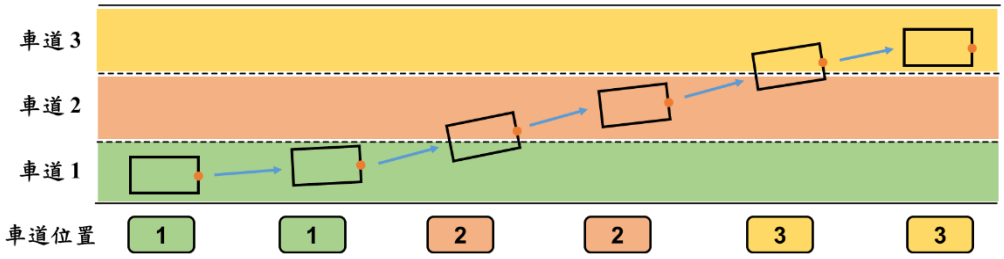
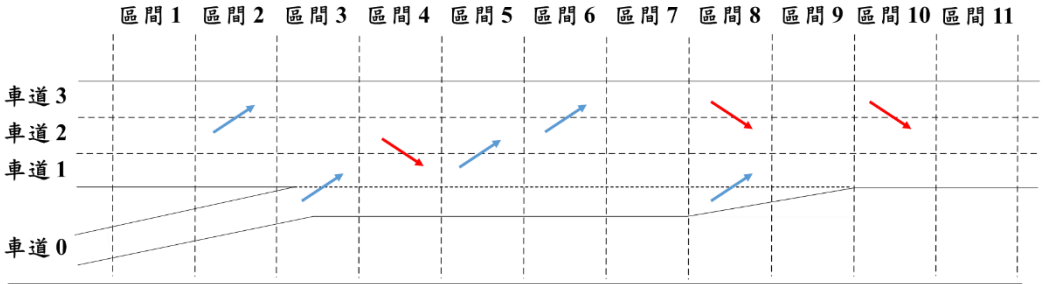


圖 D-8 車道變換判斷示意圖

依據前述之區間劃分記錄某時段內於各區間中，車道變換行為之發生次數，同樣以車頭中心位置做為判斷基準，可紀錄車輛車道變換的位置與頻次，若車道變換發生於定義外之區間則不記錄，如圖 D-9 所示。



車道變換/區間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 → 2								1		1	
2 → 3		1				1					
2 → 1				1							
1 → 2					1						
1 → 0											
0 → 1			1					1			

圖 D-9 車道變換示意圖

3. 研究成果

電腦視覺技術在車流軌跡的應用目前已可同步多個架次之軌跡資料，並且產出完整的巨觀車流特性，附錄 D 將以無人機一個架次之研究成果為例進行說明。

3.1 資料來源

國道 3 號北上中和交流道進口匝道區 600 公尺，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，初始軌跡資料格式為每一台車進入到離開空拍畫面的軌跡，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-10，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。

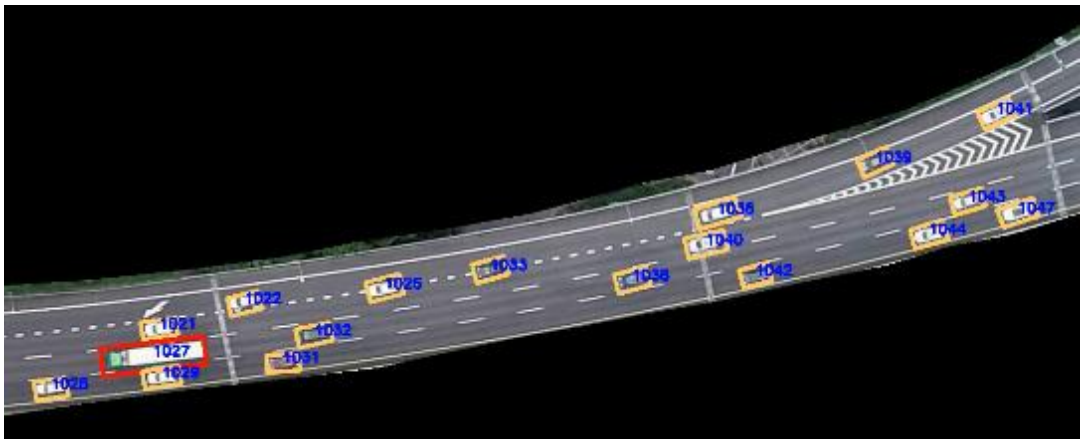


圖 D-10 車流軌跡影片局部圖

3.3 衍生資料

運用初始資料可產生車流軌跡時空圖、車流率以及速率與密度時空圖等衍生資料，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-11 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與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，以下五小節依序介紹計算結果。

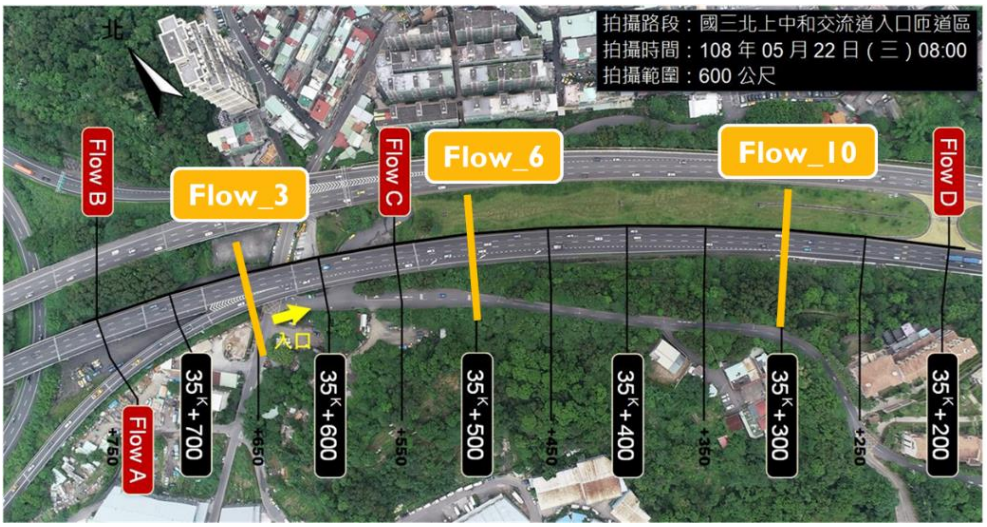
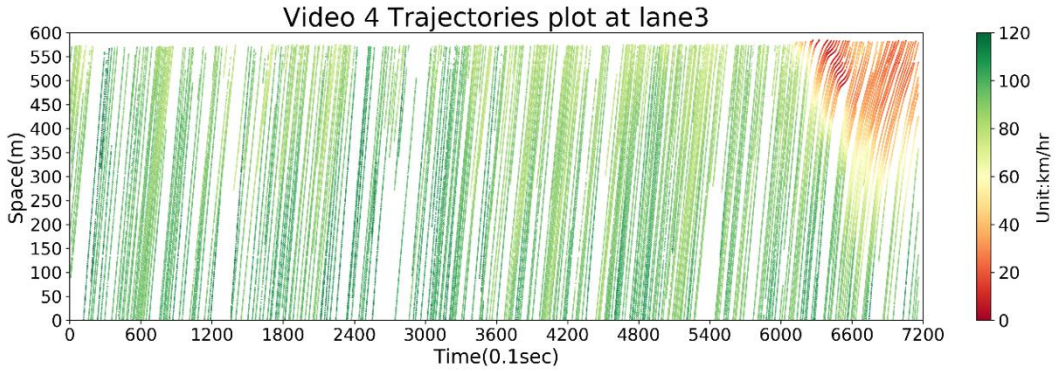


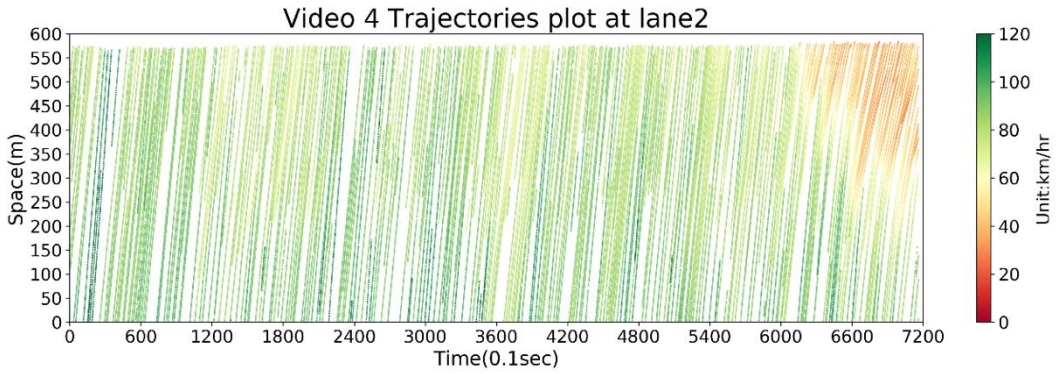
圖 D-11 國道 3 號北上中和交流道進口匝道區

3.3.1 車流軌跡時空圖

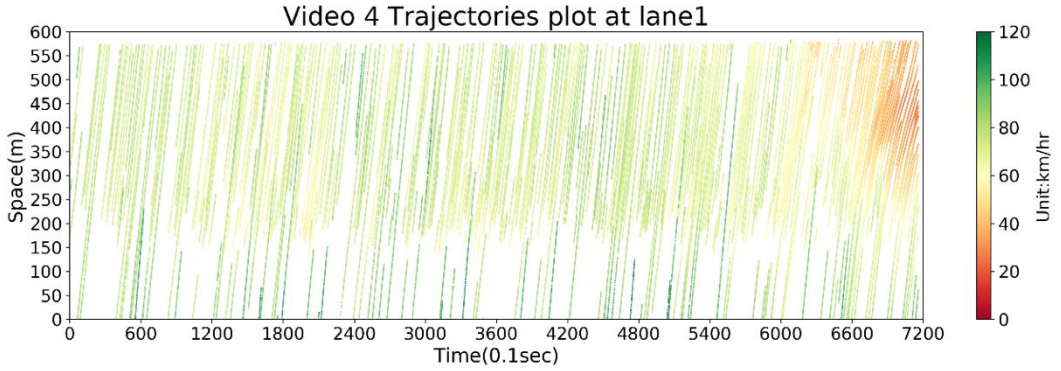
透過進一步的修正座標位置與後續處理，可得各車道的車流軌跡時空圖，如圖 D-12 所示，該圖中橫軸為時間每 0.1 秒，縱軸為空間每公尺，每一條線代表一台車從進入空拍畫面到離開的軌跡，此外在時空圖中斜率即代表速率，每一個時間點下都有相對應數值，可參照右方的顏色條（color bar），若速率低，所呈現之顏色會接近紅色；若速率快，所呈現之顏色會接近綠色。



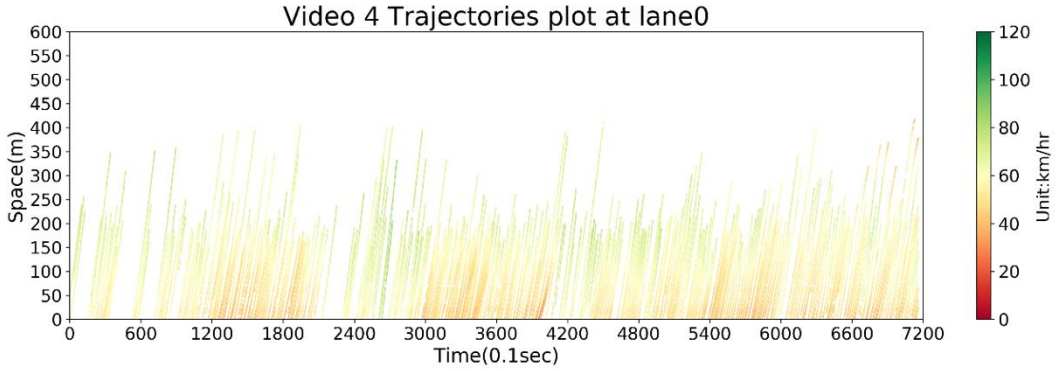
(a) 第 3 車道



(b) 第 2 車道



(c) 第 1 車道



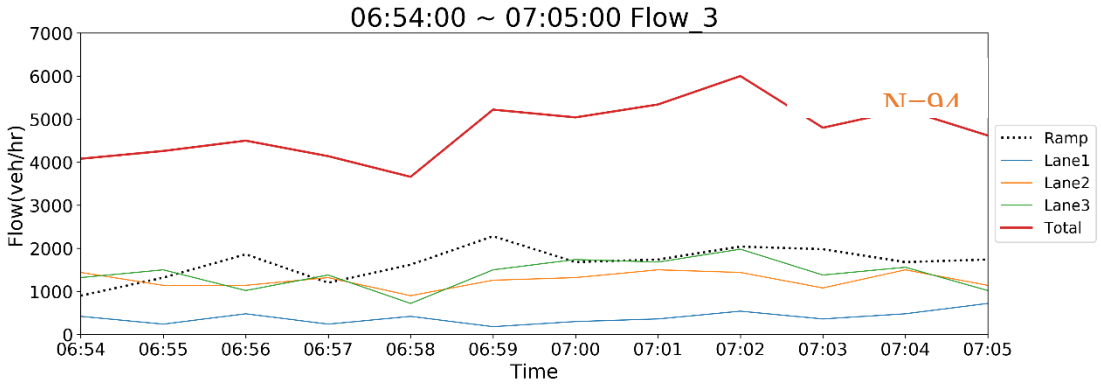
(d) 第 0 車道

圖 D-12 車流軌跡時空圖

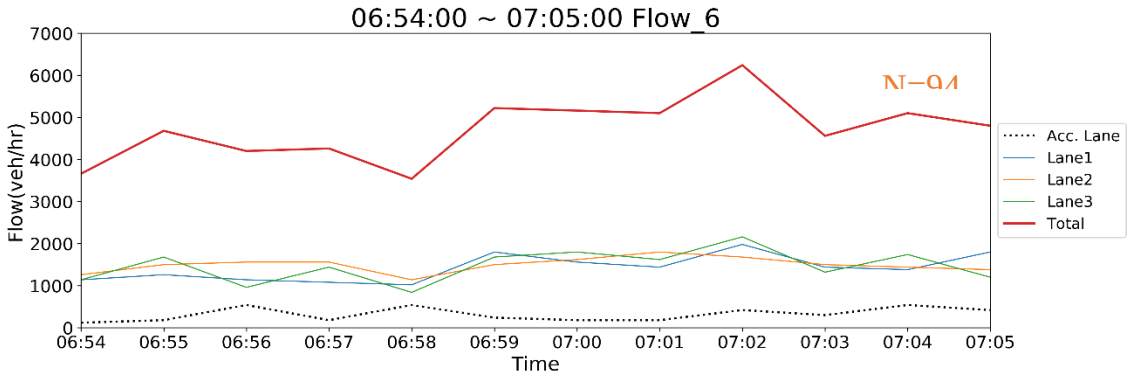
3.3.2 車流率

圖 D-13 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，做為判斷軌跡品質依據之一。由圖 D-13 可知通過「Flow_3」、「Flow_6」、「Flow_10」的車輛數分別為

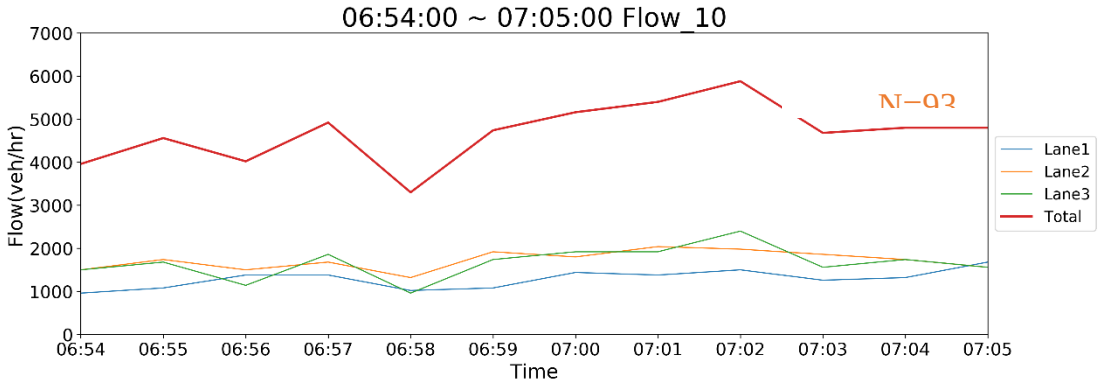
946、940、935 輛，誤差為 1.2%，與傳統人工觀看影片登錄的方式（可接受誤差範圍約 5-10%）相比，整體計算更為精準，代表電腦視覺技術是為更準確及有效率的作法。



（a）匝道匯入點前



（b）加速車道中



（c）加速車道結束後

圖 D-13 各調查點流率圖

3.3.3 速率時空圖

圖 D-14 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。

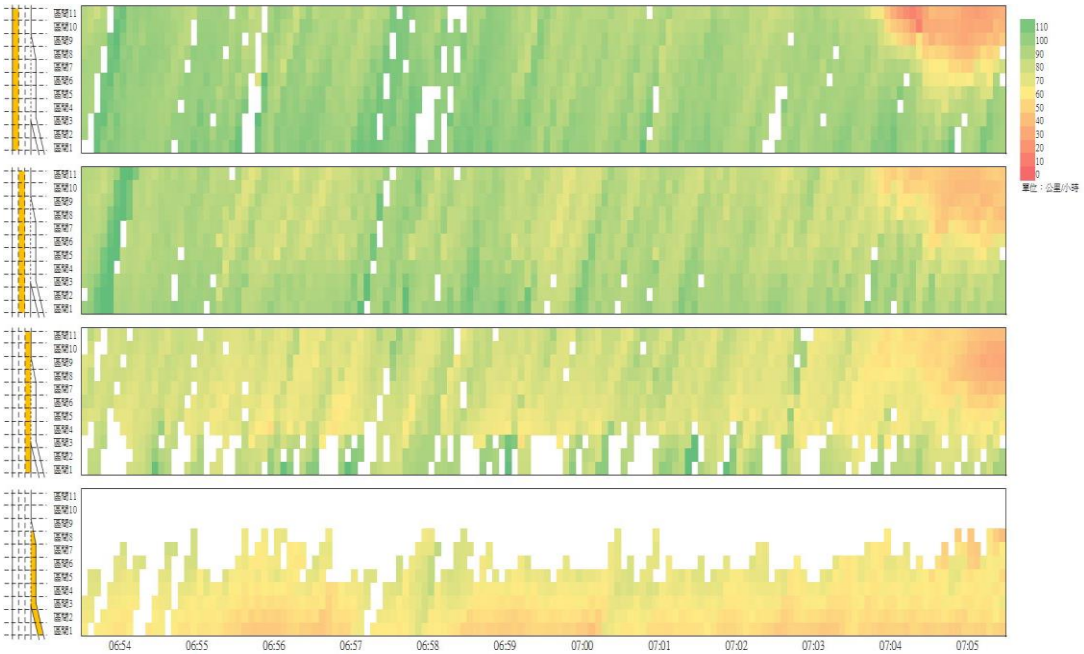


圖 D-14 速率時空圖

3.3.4 密度時空圖

圖 D-15 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。

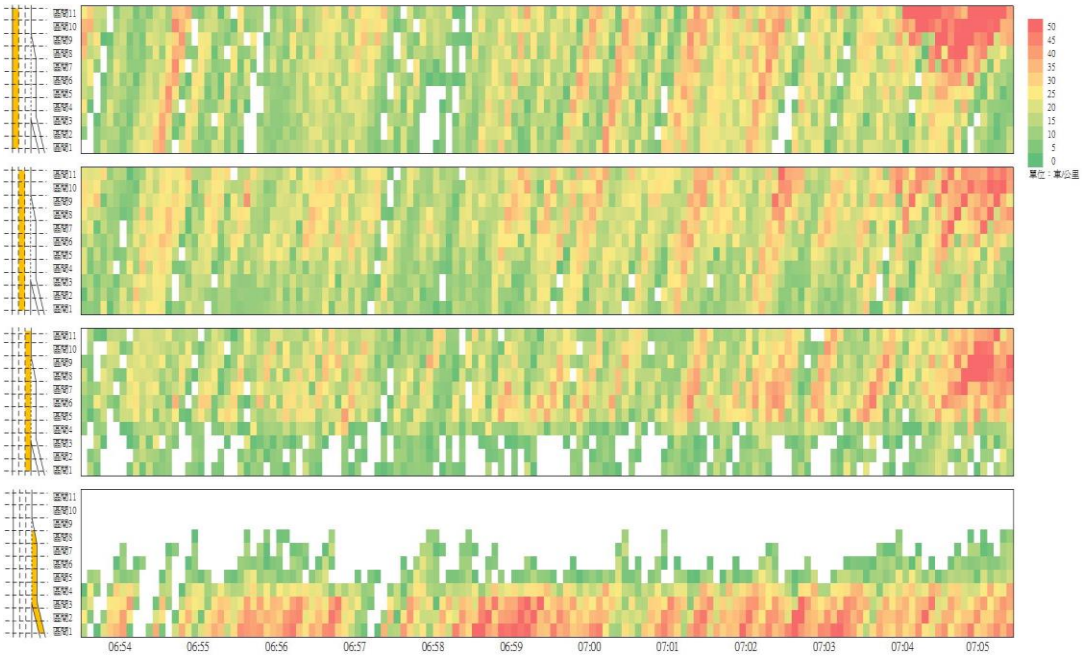


圖 D-15 密度時空圖

3.3.5 車道變換位置及頻次

圖 D-16 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。

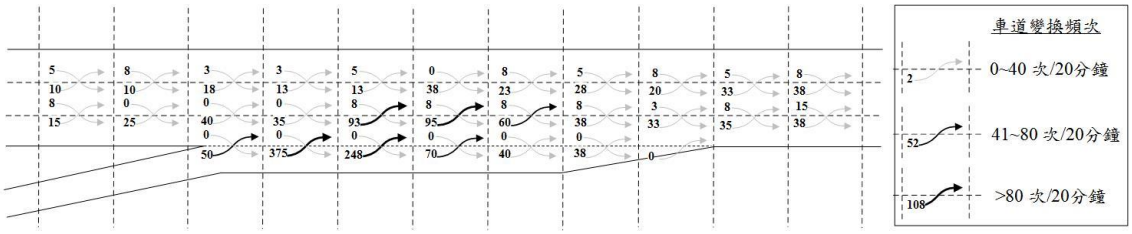


圖 D-16 車道變換位置及頻次

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) 本計畫所產生之車流軌跡時空圖、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

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。為使本計畫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 年度本所之委託計畫「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。

2.1 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記錄當下的時間，故需於起飛前與降落後記錄當下的時間，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。

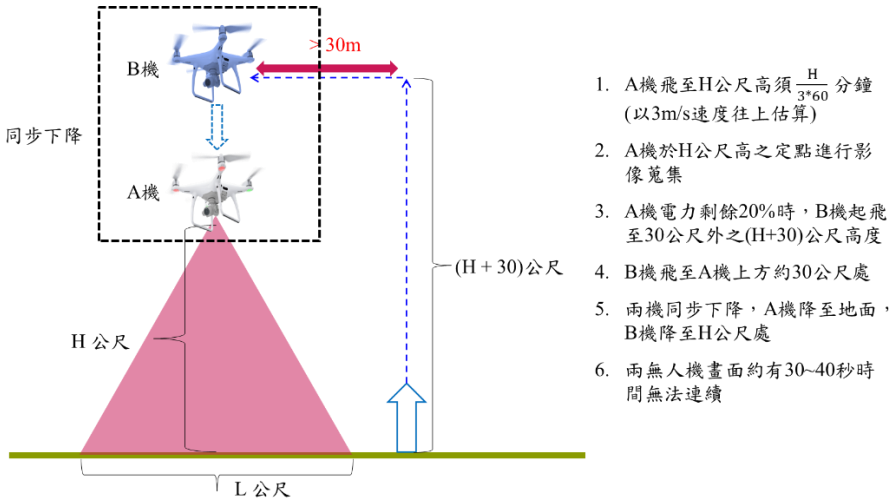


圖 E-2 無人機輪替作業流程說明

- 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

無人機需然有內建時鐘，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，因此另外記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，導致記錄流率時產生誤差，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；路側攝影機在記錄車流速率時，須記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，為高效率的做法，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	透過追車記錄速率，耗費人力	密度低時誤差較大
其他	太多部影片，後續難以追蹤	發展 AI 影像辨識的可能性

附錄 F　研究成果說明會

「MOTC-IOT-109-PDB011 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)-非獨立進出口分匯流區」研究成果說明會會議紀錄

一. 時間: 109 年 10 月 23 日（星期五）上午 9 時 30 分

二. 地點: 交通部本所 5 樓會議室 (10548 臺北市敦化北路 240 號)

三. 主席: 楊幼文 副組長　　紀錄：陳威瑜

四. 出席專家學者與單位: (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	本所 楊幼文副組長
09:40 ~ 10:10	新興科技於交通調查與車流特性分析	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及案例探討	
10:40 ~ 11:30	綜合討論	本所 楊幼文副組長 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』兩部分，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與車流特性分析

   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計畫之應用與成果。

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與實例示範分析。

（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，做為本計畫後續研究方向之依循與參考。

六.研究成果說明會照片






專業領航 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 (2/3)－非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
申瑋琦	亞聯工程顧問股份有限公司	
蘇立荃	鼎漢國際工程顧問公司	
陳全彧	鼎漢國際顧問工程股份有限公司	
廖晉毅	國立交通大學運輸與物流管理學系	
林亶理	國立交通大學運輸與物流管理學系	
莊宜芳	國立交通大學運輸與物流管理學系	
林佳欣	國立交通大學運輸與物流管理學系	
呂丞翊	國立交通大學運輸與物流管理學系	
朱彥蓁	國立交通大學運輸與物流管理學系	
陳瑄汝	國立交通大學運輸與物流管理學系	
陳威瑜	國立交通大學運輸與物流管理學系	
李語婕	國立交通大學運輸與物流管理學系	
黃馨	國立交通大學運輸與物流管理學系	
李祐德	國立交通大學運輸與物流管理學系	

「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)—

非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
蕭惟心	國立交通大學運輸與物流管理學系	
	運研所	歐陽恬恬
	運研所	洪瑋鏡
	台灣世曦	吳宜萱 林心莉
	交通部公路總局	符人懿 林緯
	易狩工程顧問	洪承佑
	運研所	張皓筑

附錄 G　專家學者座談會

「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)－非獨立進出口分匯流區」專家學者座談會會議紀錄

一、 時間：109年10月23日（星期五）下午2時00分

二、 地點：交通部運輸研究所5樓會議室

三、 主持人：張舜淵組長(楊幼文副組長代理)、黃家耀副教授　　紀錄：洪瑋鍾、陳威瑜

四、 出席專家學者與單位：(如會議簽到單)

五、 主持人：(略)。

六、 研究單位簡報：(略)。

七、 專家學者意見：

議題一：進口匝道的容量值及服務水準的分析方法

(一) 高速公路局 吳木富 副局長

1. 「高速公路增設及改善交流道設置原則」之評分項目並無匝道服務水準，然而顧問公司評估增設交流道對交通衝擊時，為提高分析之完整性，可能就會針對匝道容量進行分析，以提高案件通過之機會。
2. 地方政府欲增設交流道需要明確之依循條件，惟不同的地點有不同的影響因素，訂定統一標準難度相對較高，故目前「高速公路增設及改善交流道設置原則」中提供充分條件及必要條件供審查處理參考。
3. 分析匝道服務水準確有必要，不同設計方式及車流組成均將影響匝道服務情形，如：在實務操作方面匝道或匝環道的設計均將影響容量高低。
4. 有關匝道儀控對於匝道容量的影響，過往評估匝環道容量為1400 vph，從初始訂定14種不同的儀控率，之後增加至31種以對照不同的時制計畫，但以目前

實際狀況而言，此方式不符合需求，因此，各交控中心會視情況調整時相。

5. 關於路肩開放對於匝道容量的影響，該措施為非常態性交通管制手段，其主要是在高速公路主線上進行路肩開放，而匝道開放路肩為特殊案例，因此有關匝道路肩部分可以暫緩考慮，後續建議可以車流密度做為分析評估標準。
6. 建議交大團隊以現有的研究成果，就高速公路匝道交織區段部分，提供容量值的範圍，讓顧問公司能夠依循。

(二) 中央警察大學交通學系 曾平毅 教授

1. 服務水準是一項主觀的分析，固定匝道容量值之訂定與否需視調查分析本身的目的而定，但容量實質上會受到各種因素的影響（如匝道線型、坡度），故要評估匝道的服務水準，其必要性不及高速公路主線，但由於交大團隊所蒐集之資料十分珍貴，可藉由這些資料來獲取最大的流量值，做為後續公路容量手冊中匝道容量分析方法的參考。
2. 為利顧問公司在評估新增交流道時有明確標準，建議高公局的設置原則中清楚說明各種評估項目，並提示要引用何種版本的公路容量手冊，以讓顧問公司評估時有所依循。
3. 匝道儀控為一項重要影響車流特性的因素，儀控方式不同，在匝道上的車流行為亦不相同，交大團隊可整理目前有匝道儀控的調查地點，以供後續相關研究有所依循。

(三) 易緯工程顧問公司 高錫鉦 董事長

1. 就匝道容量而言，顧問公司執行上的困擾為標準不明確，每間公司都用不同的模擬模式，校估出來的

參數都不同，若是新版容量手冊在匝道容量與參數上有明確的規範，在執行面上會有更好的依據。

2. 匝道容量可能是一個變動值，且目前觀察皆低於傳統訂定的高速公路主線容量值1900 vph，若將匝道容量訂為與主線容量相同，往後新增之匝道可能僅需1車道即可；若非如此，確實應就匝道容量訂立一定之標準，始能就匝道車道數配置進行較明確之評估。

(四) 亞聯工程顧問公司 楊金華 總經理

1. 匝道容量如何訂定實屬不易，關於匝道分析，各家顧問公司使用標準不一，目前匝道容量本公司以1900 vph 為計算基礎，但會考慮不同地點及車流特性加以調整（介於1500 vph~2200 vph 之間）。
2. 評估交織區域（匝道分匯流前區域）之服務水準，目前公路容量手冊沒有匝道分析，因此顧問公司多採匝道檢核點的密度去評估服務水準。
3. 匝道分匯流區及交流道加減速車道長度等都是影響匝道分析的因素，目前臺灣匝道服務水準尚無明確標準，造成規劃上的困難，因此暫時參考美國公路容量手冊做為評估依據。
4. 後續臺灣公路容量手冊如有針對匝道(ramp roadways)提供容量值及服務水準的分析方法，且運研所有提供此更新資訊，顧問公司就會參考使用。

(五) 高速公路局

匝道服務水準並不會做為審查計畫書的評分標準，而評估匝道容量主要目的係為確認匝道設計所需的車道數。

議題二：快速公路應如何納入容量分析的章節內

(一) 高速公路局 吳木富 副局長

1. 在快速公路方面，目前並無明確容量研究內容，未來或許可針對國內快速公路予以分類，並透過既有高速公路容量研究先研擬初步建議值，實施5年後再評估調整。
2. 快速公路之劃分方式，若以速限做為劃分標準討論或許有較多討論空間，另若以進出管制方式討論亦為另一種可參考之劃分方式（如：對於非立體交叉路段則可考量號誌的影響）。
3. 若分類後發現有特殊案例，可再針對該特殊個案並加以分析研討。

(二) 中央警察大學交通學系 曾平毅 教授

1. 以目前快速公路而言，台74線、台64線及台88線因車流量較大可優先調查，了解快速公路與高速公路差異後，再進行後續的研究分析。
2. 由於快速公路有進出匝道與平面道路號誌化路口交織的問題，又可分為高架及平面路段，另有部分路段可行駛大型重機，爰快速公路的容量分析相對較為複雜。
3. 有關快速公路的分類方式，建議可於後續研究列出清單，整理各種路段型態，並就路段特性提供對應到公路容量手冊章節之容量分析方法，例如：快速公路速限及進出管制若已達到高速公路的標準，可採用高速公路的容量分析方法。

(三) 易緯工程顧問公司 高錫鉦 董事長

1. 公路總局預計將台61線西濱平面路段全線高架化，因此目前對台61線平面路段的調查以後可能不適用。

2. 由於台74線分別由營建署與以前的國工局建造，因此道路標準、路肩寬度各有不同，若需進行快速公路類型劃分，可能難有統一之標準。
3. 台74線之主要問題為匝道出口受平面號誌路口的影響造成回堵，問題出現在下匝道而非上匝道。其型態接近市區快速道路，受到平面道路的影響相當大，但由於台74線有3車道且有銜接高速公路，是否仍應採用公路容量手冊之高速公路容量進行分析，為實務上所面臨之課題。

(四) 亞聯工程顧問公司 楊金華 總經理

1. 快速公路應區分為兩種不同系統，包含類似高速公路系統（亞聯公司定義為：與高速公路類似但等級較低、速限較低）、類似多車道公路系統（亞聯公司定義為：比市區多車道公路等級高、速限較高），但部分路段確實在區分上有其困難度。
2. 不同型態的快速公路可建立對照表進行規劃分析，包括：封閉型態（管制狀態、路側活動狀態）、道路橫斷面（側向間距）、車種寬度、車道數、速率等。
3. 建議公路容量手冊多加一章節專門討論快速公路，包含區分快速道路應用系統區分標準、各種系統所應用的參數，在應用面上能清楚釐清在不同狀態上的標準。

(五) 公路總局

1. 有關簡報中藍色盾牌的部分應為為省道，非快速公路。
2. 建議快速公路與平面道路交會的部分以平交路口的模式進行分析，高架路段則以高速公路的模式進行分析。

八、 主席結論：

各位專家學者及各單位的參與，並針對本次座談會討論的2項議題提供寶貴的實務經驗與具體建議，本所會儘速與研究團隊共商討論，以規劃後續年度的研究方向。

一.專家學者座談會照片






卓越追求 領航專業



二. 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(2/3)－非獨立進出口分匯流區」

專家學者座談會

時間：民國 109 年 10 月 23 日下午 2 時

地點：交通部運輸研究所 5 樓會議室

主席：張組長營淵、黃教授家耀　　紀錄：洪瑋鍾

出席：楊幼文代

單　位	職　稱	姓　名
吳委員木富	副局長	吳木富
曾委員平毅	教授	曾平毅
羅委員仕京	教授	
鄭委員雅萍	科長	請假
高委員錫鈺	董事長	高錫鈺
楊委員金華	總經理	楊金華
交通部高速公路局		游衣芸 林義貴
交通部公路總局		李奕瑋　曾乙庭

單　　位	職　　稱	姓　　名
運輸研究所		歐陽恬恬
國立交通大學		林祥重 莊宜芳 呂正翔 林佩玲 李秉臻 蕭旭
		朱家亮 陳瑋琳 李語姚 [illegible] 林宜瑾 陳威瑜 [illegible] [illegible]

附錄 H 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.	第二章模式變數前後、主文說明及附錄 A 請檢視一致性。	謝謝委員提醒，模式變數選取主要源於多份原文，以致前後有不一致的情況，本團隊並未加以統一。 將於期末報告進一步檢視、訂正。	同意
2.	表 2.3-1 ~ 2.3-6 各國 HCM 參數比較表，內容為空白？	謝謝委員提醒，已將表格內容補上。	同意
3.	P90 第 4 行（610 公尺），是否正確？	謝謝委員提醒，已訂正為「1610 公尺」。	同意
4.	3.4 節各交流道調查分析圖（圖 3.4-3、7、8、12 ~ 17、21 ~ 26）時間範圍，時間與表 3.4-1 調查時間不一。	由於車輛軌跡圖及密度速率時空圖篇幅較大，因此期中報告書之軌跡圖及密度速率時空圖只選取具有代表性的時間區間納入(非壅塞進入壅塞之時段；密度速率時空圖包含壅塞前 30 分鐘及壅塞後 1 小時之資料)。 未來會將完整調查時間之軌跡資料納入期末審查之附錄或以技術報告方式呈現	同意
5.	P107 第 2 段、P118 第 2 段、P129 第 2 段之說明錯誤，請更正。	謝謝委員提醒，已訂正。	同意
6.	第四章主文或表格說明中壢 A 交流道、中壢 B 交流道，請以「中壢交流道 A 進口匝道」或「中壢交流道 B 進口匝道」說明，以免誤解為兩處交流道。	謝謝委員建議，已更改「中壢A交流道、中壢B交流道」為「中壢交流道A進口匝道」及「中壢交流道B進口匝道」。	同意
7.	P150 第 2 行圖 4.1-4 ~ 4.1-8，應為圖 4.1-4 ~ 4.1-6。P151 及 P152 圖號請一併更改（圖 4.1-4 ~ 4.1-6）。	謝謝委員提醒，已修正圖號為「4.1-4 ~ 4.1-6」	同意
8.	P153 第 3 段倒數第 2 行，51 ~ 10 次/小時，應為 51 ~ 100 次/小時。	謝謝委員提醒，已修正為「51 ~ 100 次/小時」。	同意
9.	P164 第二段說明在獨立三車道匯流區中，P_{FM} 會受到加速車道長度（L_a）影響；在非獨立三車道匯流區中，P_{FM}	參考美國公路容量手冊之相關模式，獨立匝道匯流區之車流運作主要影響因素為加速車道長度；而在非獨立	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
	為何未列入加速車道長度之影響，與P154 第 4 段之說明不一。	匝道之匯流區，主要變因則為上下游匝道之位置及車流量，影響力較加速車道長度為大，故目前在模式分析中並未將加速車道長度納入考量。 待本計畫分析完成後，容量的分析程序將另會提出檢核條件，建議使用者採用獨立或非獨立匝道匯流區的模式進行分析。	
10.	P167 表 5.1-1、P168 表 5.1-2 標題有誤，另建議 79 年版加上民國或改為 1990 年版。	謝謝委員提醒，已修正表標題。	同意
11.	建議本所新版 THCM 除加註修正比較外，舊版有取消或不適用部分一併註明避免不當之沿用（Ex：1990 年版有高速公路匝道基本設施服務水準等級劃分標準，2001、2011 版已不列，但顧問公司仍沿用！）	謝謝委員提點，將於專家學者座談會討論，後續如有修正一併加註提醒。	同意
曾委員平毅			
1.	研究團隊的工作內容充實且完整，分析工作也很用心，值得肯定。	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.	此次以「車道變換」及「累積車道變換」的圖形來呈現上匝道之各車道變換情形，成效良好。	感謝委員不吝肯定與鼓勵。	同意
3.	研究團隊擬透過電腦視覺技術計算速率的時空變化（附錄 D），期待能有良好的成果表現。	謝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
4.	P172 服務水準第二個指標最後配合本所的指示再行調整。	謝謝委員意見，目前新版容量手冊仍在修訂階段，其中高速公路主線容量模式已有大幅調整，且依據 109.7.29 於本所召開之「新版容量手冊非阻斷性車留路段及幹道績效指標與服務水準等級劃分標準修訂」座談會，對另採速比第二指標有大致理解和共識，故未來匝道分匯流區容量分析將參採以上調整結論，並與本所討論適合納入期末報告之內容。	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
		本說明已於期中報告中補述。	
5.	ETC 的資料可區分小型車、大貨車、大客車及聯結車，或許可用以對應 < 5.5 m、5.5 ~ 12.2 m 及 > 12.2 m 之合適 PCE；另外，大車組成比例較高時，其 PCE 常有增加的情形，亦即大車組成或許是其 PCE 的影響變數。	ETC 的資料的車種區分方式是以車輛的登記屬性區分，與 VD 以車長來區分沒有必然的對應關係，加上 ETC 資料為全車道的車輛數，並未按車道區分，因此未能直接採用。 車輛分類之議題，本團隊將會進一步探討，並與本所及專家學者座談會中進行討論。	同意
6.	VD 與加速車道之距離可能影響 P_{FM} 值，是否可做為估計 P_{FM} 之自變數？請參考。	謝謝委員建議，經確認 VD 佈設之位置確實會影響 P_{FM} 值，本團隊將進一步確認，並於期末報告書補充說明。	同意
7.	國三北上新店交流道進口匝道之變換車道型態，可與其他兩個同為進口匝道之現場調查地點相互比較。	國一南下中壢交流道之 A 進口匝道與 B 進口匝道兩次現場調查，取得之影像品質較差，車道變換之分析結果誤差較大，經重複檢驗資料後仍無法有效排除不合理之數據，因此這兩次調查的車流特性將不呈現變換車道，故無法進行與新店比對。 本計畫已於七月拍攝國三北上三鶯交流道，後續可以將該地點與國三北上新店交流道之變換車道型態進行相互比對。	同意
8.	「座標」似應為「座標」。	感謝委員提醒，經查「座標」與「座標」兩詞通用，在本計畫書均採「座標」一詞。	同意
羅委員仕京			
1.	本期之文獻回顧較上期新增許多國家之公路容量手冊，可見研究團隊之努力。於 2.1.9 節俄羅斯之回顧中表 2.1-15 與 2.1-16 為何服務水準之分別有 C,D 同一車流級距、E,F 同一級距。是否有其他判別的變數？	謝謝委員提示，經重新回顧俄羅斯容量分析概要，刪除表 2.1-15，調整表 2.1-16 內容與說明。此手冊視 D 級為飽和，E、F 兩級為過飽和，故另附速率參考指標供對照，相關敘述已於內文補充修訂。	同意
2.	附錄 A 之變數定義是否適用於全文？還是適用於第二章文獻回顧。因部分變數於第二章與第四章使用的	謝謝委員提醒，目前暫將各章相關模式（或公式）所含變數、定義與附錄 A 先進行核對；所有具相同定義之變	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
	符號有差異，單位亦有英制與公制的差別，請確認並統一。如第二章 P41，主線總流量 v_F，單位為 (pc/h)，在附錄中為 v_f，單位為 veh/hr。第四章 P160 ~ 163 則用 V_F。	數將在期末報告中以相同標記符號表示，以求一致，至於各變數所採用單位，若屬文獻，則仍沿用原著，若屬本計畫，則一律採公制表示。	
3.	P78 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…，」此處 「預計在 15 年後」有無特別意義？若無，建議刪除，避免讀者誤解。	謝謝委員意見，此處「預計在 15 年後」確實無特別意義，已將其刪除。	同意
4.	3.4 節中，各地點的圖，流率有總和，速率有主線平均，建議密度也提供主線平均密度，以便比較流率、速率與密度關係。	依指示辦理。	同意
5.	比較新店交流道與中壢交流道，中壢交流道南下B之AB點的速率(P124)超過速限，比較兩交流道各車道的密度圖，中壢交流道南下 B 匝道的密度於調查時段都很低，是因為匝道交通量低或有其他原因？	經調查影片及蒐集資料的比對下，確認在中壢交流道南下交流道 B 進口匝道之流率較低，導致其密度低且速率高，且因其平面至高速公路之匝道進口相較於中壢 A 進口匝道較平順，導致駕駛容易超出規定速限。	同意
6.	速率的等級劃分用「平均速率/速限」與以往「速限與平均速率差」的劃分比較有何優劣？為何採用比例做為等級劃分準則？速度越慢兩劃分法的差異越大。	謝謝委員意見，有關速率之等級劃分，本計畫是參考新版臺灣公路容量手冊第四章高速公路基本路段之劃分進行說明。 因新版容量手冊尚未正式出版，後續將會與本所討論是否適合放入期末報告書中。	同意
7.	單位統一部分：		
	(1)3.4 節，有的圖密度單位用「輛/公里」，如圖 3.4-5、3.4-14、3.4-23，有的用「車/公里」，如圖 3.4-7、3.4-16、3.4-25。應採用一致的單位。如為每車道之密度，建議加上「 /車道」。	謝謝委員提醒，已訂正。	同意
	(2)4.1.2 節提及之車流密度單位為「輛/公里」，建議以「輛/公里/車道」取代。	謝謝委員建議，已將單位更改為「輛/公里/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
	(3)P155，表 4.1-4，斷面最大流率單位為(車/小時)，文中多以「輛/小時」，如 4.1.2 節，建議統一。	謝謝委員建議，已統一單位為「輛/小時」。	
8.	勘誤：		
	(1)P107，第二段第四行，「因此當圖中顏色由紅轉率時」，率應為「綠」。	謝謝委員提醒，已訂正。	同意
	(2)P165，4.2.4 節第一點第三行，「兩車道的實際小車當量低估」，其中「小車當量」 應為「小車當量數」。	謝謝委員提醒，已修正為「小車當量數」。	同意
	(3)P179，第(六)點，第 3 點，「暫未未採速比…」 應刪除一個未。	謝謝委員提醒，已修正為「暫未採速比…」。	同意
	(4)附錄 A，f_{HV} 之定義，「大貨車/型重車調整因素」，是否應為「大型貨車/重車調整因素」。	謝謝委員建議，已修正為「大型貨車/重車調整因素」。	同意
李委員忠璋			
1.	本次調查國道一號中壢交流道，與 2011 年版容量手冊第 5 章也是國道一號中壢交流道，建議可以做比較。	謝謝委員意見， 2011 年版容量手冊第 5 章之分析，其交通特性資料蒐集引用自民國 85 年之技術報告，該報告因年代久遠已不可考，因此無法進行比較。本團隊會再跟本所確認是否能取得該技術報告。	同意
2.	國道三號新店交流道及國道一號中壢交流道，研究團隊對於路段區域劃分數目及起點從何判斷？	在各地點之路段區域劃分部分，本計畫針對高速公路上之每 100 公尺之里程牌進行劃分，並再切分每 50 公尺為一區間。範圍之起點為匝道匯入之鼻端點（gore area）上游 100 公尺處，終點為加速車道結束之下游 100 公尺處。	同意
3.	報告書 P114、115 進口匝道在區間 7 的密度低，但速率也低，建議請說明原因。	區間 7 為加速車道縮減之區間，車輛行駛的區間範圍可能不足 50 公尺。根據計算密度之公式(參照公式 3-1)以 50 公尺計算，密度會有低估的情形。為避免委員們誤會，將會加上註解並於內文詳細說明。	同意
4.	報告書 P121 中壢交流道 B 進口的 lane 1 軌跡圖在 7:20 到 7:30 的速率	中壢交流道 B 進口匝道與中壢交流道 A 進口匝道兩個地點的現場調查	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
	和 P132 圖 3.4-21 lane 1 軌跡圖在 7:20 到 7:30 的速率好像有些差異。	於不同天進行，因此軌跡圖並不能銜接。	
5.	P38 圖 2.2-2 進口匝道影響區亂流擴散示意圖與文字「愈往下游，愈往外線道擴張，…」不太一致。	謝謝委員意見，圖 2.2-2 原意為匝道匯流區之亂流會逐漸由併入點向下游、向外擴散，本敘述已於內文補充改寫。	同意
6.	報告書 P93 ~ P95，關於匝道幾何型態，在名詞使用像是「非獨立分匯流區」是否等同「非獨立進口匝道」，建議說明清楚避免混淆。	謝謝委員意見，「非獨立分匯流區」及「非獨立進口匝道」之定義並不相同，惟在報告書撰寫過程中可能有混用的情況。將於期末報告書針對兩詞彙明確定義及用詞。	同意
交通部高速公路局			
1.	目前建議之服務水準劃分標準依 V/C 及均速/速限比值兩種，請說明各等級之劃分依據，兩指標之評估結果是否有一致性？是否會有 V/C 值低，速率低的情形發生，如 B5。	謝謝委員意見，有關速率之等級劃分，本計畫是參考新版臺灣公路容量手冊第四章高速公路基本路段之劃分進行說明。 因新版容量手冊尚未正式出版，後續將會與本所討論是否適合放入期末報告書中。	同意
2.	表 5.2-3 主線內車道容量有可能低於表 5.2-1、5.2-2、主線外側第二車道？例如，表 5.2-3 自由流速率 100 有開放路肩之容量為 1650，會比表 5.2-1、5.2-2、主線外側第二車道容量低，是否合理？報告書有說明依據新版 THCM 解釋，但新版還沒出版，後續應依據規定再行修正。	謝謝委員意見，表 5.2.3 為新版預定之容量值，而表 5.2.1、5.2.2 為分別依據圖 5.2.1、5.2.2 之對應值，此兩圖目前都在檢討階段，後續將與本所討論適合納入期末報告之內容。	同意
3.	P107、P118、P129 第二段應為速率越「低」車輛軌跡所呈現之顏色會接近紅色。另圖中顏色由紅轉「綠」。	謝謝委員提醒，已訂正。	同意
4.	P150 圖 4.1.4 說明 2.應為車道「2」。	謝謝委員提醒，已修正為「車道 2」。	同意
5.	P153 第三段階級說明: 51~「100」次/小時為第二階，大於 100「次」/小時以上為第三階。	謝謝委員提醒，已修正為「51 ~ 100 次/小時」、100「次」/小時。	同意
6.	VD 跟現場調查情況所得之資料若誤差不大是否有一個參數值去調整；若	本計畫的目的主要為更新及修訂公路容量手冊第五章及第六章之分析	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
	誤差大，除了使用空拍機做調查之外，是否還有其他調查方式可以做現場調查？	方法，為釐清實際的車流行為，採用較為複雜（空拍機）的調查方式，以蒐集較精細之車流特性資料。 容量手冊的使用者，如應用於規劃與設計方面，其需求流率可透過預估方式取得，不需進行現場調查；如應用於運作評估，可透過較簡單的現場調查或 VD 資料進行，不一定需要使用空拍機進行現場調查。	
7.	P159 表 4.2-3 符合非獨立三車道匯流區之地點，1N 台中、1N 新竹 B、1N 竹北、3S 龍潭交流道與對應的 VD 編碼不符，請再確認資料來源正確性。	謝謝委員提醒，已將 1N 台中、1N 新竹 B、1N 竹北、3S 龍潭交流道修正為正確的 VD 編碼。	同意
8.	P160～161 觀察獨立與非獨立三車道匯流區，獨立 V_F 範圍最低值都是 1002、非獨立為 12，是否獨立三車道匯流區 VD 資料不齊全，能否與非獨立三車道匯流區呈現一致的資料量及範圍？	在獨立三車道分析上，由於資料中 V_F 小於 1000 小車/小時之資料筆數龐大，導致模式分析上會傾向車流量低的運作情形，不符合原先需要探討車流量較高的運作情形，故與本所工作會議討論後，將獨立三車道 V_F 小於 1000 小車/小時之資料予以排除。	同意
9.	P165 4.2.4 論述中，一天的現場資料分布為一直線，VD 資料分布並非為一直線，如何判斷？是否為 VD 資料樣本數較現場資料多所致？	謝謝委員意見，在 VD 資料部分以圖 4.2-2 中 1S 高科為例，可看出當 V_F 在小於 3000 小車/小時之狀況下，其 V_{12} 所占比例較低；在大於 3000 小車/小時之狀況下，其 V_{12} 所占比例較高，後續將進一步確認該以線性、非線性或是多段線性（stepwise）之方式進行分析。	同意
10.	P172 表 5.2-4 服務水準等級劃分標準，本所刻正研修訂中，建議更新至最終版本。	謝謝委員意見，因新版容量手冊尚未正式出版，後續將會與本所討論是否適合放入期末報告書中。	同意
本所運輸計畫組 (書面意見)			
1.	「2.1.1 節」對於美國公路容量手冊的回顧止於 2010 年版，請補充 2016 年的版本。	已將 2010 與 2016 年版回顧合併為 2010/2016 年版 HCM (HCM 2010/2016)，基本上兩版本在資料需求、設施定義、分析方法論、估算模	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
		式等幾乎相同，有關 2016 年版微調之處，已於 2.1.1 節內文補述。	
2.	報告書第 2 章有引用或參考的文獻，請於「參考文獻」中詳列作者、篇名、出版年期。例如，報告書第 87 頁提及 AASHTO 的綠皮書及 Leisch 的 Freeway and Interchange: Geometric Design Handbook，惟在參考文獻中並未列出該 2 本報告書及版本年期；另外，AASHTO 綠皮書中文名稱請修正為「公路及街道幾何設計準則」。	參考文獻已新增 2 本報告書及版本年期，且 AASHTO 綠皮書中文名稱已修正為「公路及街道幾何設計準則」。	同意
3.	報告書所列圖表，請加註資料來源。	謝謝委員提醒，已在有參考相關文獻之圖、表下加註資料來源。	同意
4.	「國道一號」請修正為「國道 1 號」，國道三號亦同。	依指示辦理。	同意
5.	P95，表 3.1-2 的字體太小，請調整，另外，表中「62B」及「62A」兩列的順序請調整為「62A」及「62B」。表 3.4-1 亦請調整兩列的順序。	表 3.1-2 的字體大小已修正，有關地點的部分目前表 3.1-2 與表 3.4-1 均為以調查時間順序排序，已於表 3.1-2 下方註解補充說明。	同意
6.	P97，報告書的編排請儘量不要使用反白的設計，以減少印刷的碳粉。	依指示辦理。	同意
7.	P100，第七列提及「在該時段通過 A、B、C、D 各斷面的車流量」，其中，「A、B、C、D」的意義為何，似無法了解，請檢討修正。	原「A、B、C、D」的意義為參照圖 3.4-2 的「Flow A」、「Flow B」、「Flow C」、「Flow D」，為避免混淆，此處將「A、B、C、D」予以刪除。	同意
8.	P100，有關車流密度&車流速率的公式如何推導，在圖 3.3-6 似看不出來。	已修改圖 3.3-6，增加各車輛通過區域 S 的 x_n 與 t_n，希望此方式能清楚表達公式的計算。	同意
9.	圖 3.3-9，圖中的速率是如何推算(每 0.1 秒為單位，計算車輛移動距離來估算；或是每 1 分鐘車輛移動的距離來估算)，請補充說明。	單點（0.1 秒）的瞬時速率有劇烈跳動且誤差過大，因此圖中呈現的是平滑後的平均車速。車速之計算方式採用 1 秒的車輛位移距離乘以 3600 秒每小時換算為時速，再取該時間點前後各 2 筆（t-2, t-1, t, t+1, t+2）共 5 筆資料進行平均。 計算說明已補充於內文中。	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
10.	圖 3.3-10 過於模糊，請更換較清晰的圖。	謝謝委員提醒，已訂正。	同意
11.	圖 3.4-3，除了時間斷層沒有速率資料外，其他時段在第 1 車道 0~100 公尺的區間，似有部分時段沒有速率資料，其原因為何？	空拍機的拍攝範圍以能涵蓋分匯流區的必要分析範圍為主，但每一架次的拍攝範圍因手動操作差異而會略有不同，如一影片沒有函蓋到該區域（如 0~100 公尺及 400~500 公尺的邊緣區間）則不會有軌跡資料。	同意
12.	表 4.2-4、表 4.2-5、表 4.2-6、表 4.2-7，目前對於 V_{12} 的估算是以 V_F 來建立迴歸模式，建議增列 V_R 的變數，以檢視外側 2 個車道的車流比例是否會受到入口匝道交通量的影響。	該章節原意為確認 V_{12} 與 V_F 之分布情形，而 V_R 為用來確認是否會影響 P_{FM}，後續會將 V_R 納入匯流區模式考量。	同意
13.	報告書提及新版公路容量手冊，請加註「(草案)」。	依指示辦理。	同意
14.	報告書的符號及用語請檢討修正，例如，表 5.1-2，「v/c 比值」請修正為「V/C 值」，「pc/hr」請修正為「PCU/hr」。	依指示辦理，後續將再與本所討論，以使期末報告各模式參、變數之單位表示格式一致。	同意
15.	P176，(二)之 2.，有關上游主線及進口匝道尖峰流率之推導方式，請分別論述以利閱讀。	進口匝道區對等流率計算式已於內文補述，出口匝道區對等流率之計算，亦已一併補述。	同意
16.	P178，表 5.3-2 所列「非獨立三車道 None-On-Off」及非獨立四車道，後續如何應用及分析，研究團隊是否有構想。	非獨立三車道（Non-On-Off）與非獨立四車道（Non-On-Off）種類之地點由於在國內高速公路較少，且較無重現壅塞之現象，故無可用之資料進行分析。研究團隊建議後續將此類型之匯流區合併於其他種類之匯流區後，再進行模式分析。	同意
17.	有關 P.129 頁說明影片品質問題，除以附錄型式補充無人機空拍調查作業程序外，建議可於期末報告結論與建議中納入可減少此問題方式，以供未來相關研究參考。	影片品質問題的主要原因是當天陣風過大，雖當天風速及陣風有符合無人機的起飛條件，但陣風會導致影片晃動，透過影像辨識技術可計算流量、速率、密度，但車道變換的資料蒐集會產生許多錯誤。因為已取得分析所需之主要車流特性資料，因此沒	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
		有進行重新拍攝之措施。 如需減少此問題之發生，則可進一步考慮更嚴格的風速條件。	
18.	P.179 建議說明暫未採速比（平均速率與速限比值）時補充說明是否將在期末階段完成此項內容。	如曾委員平毅審查意見 4 之回覆說明，並已於期中報告中補述。	同意
19.	P.184 表 5.3-4 建議將「VD 檢核通過」一欄「未確認」調整為「確認中」。	依指示辦理。	同意
20.	P.187 現場調查及資料蒐集「車流特性資料整理」部分請於期末階段補充完成分析工作。	依指示辦理。	同意
21.	後續請持續依本所排版格式編輯，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，後續請合作團隊於 8 月 17 前完成期中報告書修正。	依指示辦理。	同意

附錄Ⅰ 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
吳委員木富			
1.	P.93 第 2 段第 1 行末「下游」，請修正。	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
2.	P.106 小型車、大型車車常與目前 VD 之車長不同，P.220 亦說明有不少 5.5 ~ 8 公尺之大型車，請補充說明不一致之影響為何。	經比對國道 3 號中和交流道主線鄰近 VD 佈設點上、下游 ETC 門架依時車種資訊，發現由 VD 偵測之大型車長介於 5.5 ~ 8.0 公尺的比例約 13 ~ 33%（平均 24%），而 VD 偵測車長介於 12.2 ~ 13.0 公尺之聯結車，在本計畫現場調查車長分類中被歸類為大型車。有關不一致之說明，已補充說明於 6.3.2 節內。	同意
3.	P.148 第 3 段「車道使用率」未有定義，應是各車道之車流占總流率之比例，建議統一名詞。另段末，「其他兩車道的使用率各占」45%，建議調整敘述方式，以免誤認 3 車道總和大於 100%。最末段請一併修正。	謝謝委員建議，「車道使用率」已改為「各車道之車流占總流率之比例」，該段末之說明已修正為「其他兩車道的使用率共占 70%」	同意
4.	P.172 第 4 行末，「並受太大影響」是否有誤？	謝謝委員提醒，已修正為「並無受太大影響」。	同意
5.	P.183 第 4 段「比對匯流區 VD 及下游最接近之 VD…」，仍有可能因事件產生回堵，建議透過交控中心紀錄，查核該路段是否有事件。	謝謝委員建議，本計畫在模式之迴歸分析上採用一個月之 VD 資料，因事件產生回堵之機率較低，故在模式分析上應不造成影響。	同意
6.	P.189 表 5.1-1 新竹 A、P.190 表 5.1-2 中壢 B，R^2 值偏低是何原因？（與連續 2 次入口且屬第 2 入口有無關聯？）	此兩地點R^2值偏低之原因為該兩地點於現場調查之資料筆數不多，以及v_F之涵蓋範圍較窄，導致R^2值較低。	同意
7.	P.223 第 2 段檢核點之說明建議與 P.212 一致。	謝謝委員建議，P.212為THCM 新版對檢核點之定義，而P.223為本計畫根據第一期臨界點分析所得出之結論，後續會與所內討論檢核點之位置定義。	同意
8.	P.224 圖 6.3-4(A)匝道匯流區內之變	謝謝委員提醒，已修正印刷問題。	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
	數（v_{12}）不清楚。		
曾委員平毅			
1.	P.97 圖 3.2-1「落第」請改為「落地」。	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
2.	相關的車流參數關係圖，多以不同顏色來展示不同車道資料，請改量可以不同符碼來呈現。	謝謝委員建議，未來將考慮以不同符碼呈現。	同意
3.	P_{FM} 迴歸式之選取大多以「與美國 HCM 所提及之方向性不同」為由，建議可多一些討論或以「與先驗知識不符」等論述。	謝謝委員建議，已於迴歸分析中追加說明。	同意
4.	國 1 南下中壢 A、B 進口及國 3 北上土城出口因陣風，而未分析車道變換行為，能否盡量分析可用之資料，以提供交通界進一步的瞭解。	此三地點因受陣風影響，導致影像之晃動，導致車道變換有許多誤判，無法透過影像辨識來擷取車道變換之資訊，後續會再評估是否能以人工登錄之方式取得車道變換之資訊。	同意
5.	建議考量以每 5 分鐘為一筆資料（雖資料會大幅減少），比對目前以 5 分鐘移動平均值的特性，俾利增加對匝道車流特性之瞭解。	謝謝委員建議，本計畫因空拍機輪替會有無資料之時間，若以 5 分鐘為一筆資料，可能會有部分時間點無完整之資料，導致資料筆數減少，故本計畫採 5 分鐘移動平均。	同意
羅委員仕京			
1.	本計畫逐年完成國際間 HCM 之回顧與評析，並建立以空拍機進行交通資料蒐集方法和分匯流區之容量及服務水準分析，內容嚴謹詳盡，予以高度肯定。	感謝委員之肯定與鼓勵。	同意
2.	本年期資料蒐集的路段中相對地觀測點（例如 C 點），流率、密度、速率之變化趨勢不盡相同，研究團隊有無探討可能原因，如：坡度、車流組成。建議可進一步探討或加入調整因子（如有需要）為調整項。	感謝委員意見，本次研究之現場調查並未探討流率、密度、速率之變化趨勢不同之原因，未來將考慮是否將匯流區之幾何型態與車流組成做為調整因素。	同意
3.	v_{12} 與 v_F 之關係式之顯著性為何？（P 值），國際間 R^2 是否有接受的門檻值？目前 1N 新竹 A 之 R^2 相較其他	(1)各地點之 v_{12} 與 v_F 經統計數據確認後均有顯著之關係，關係式之 P 值為 0.00，已將 P 值補充於表 5.1-	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
	地點為低，同一型態區段如何選擇？P_{FM} 的選擇除了係數的合理性外是否已 R^2 為參考標準？	1~表 5.1-5 內。 (2) 參考美國容量手冊，R^2 值範圍介於 0.89 ~ 0.97 之間（表 2.2-4），而本計畫之 R^2 值介於 0.98 ~ 0.99 之間，顯示模式之解釋能力已相當不錯。 (3)參考圖 5.1-1 與表 5.1-1，新竹地點現場調查之 v_F 範圍僅有(3295-4337)=1,042 PCU/hr，而其他地點的 v_F 範圍都有超過 2,000PCU/hr。解釋變數的範圍較窄，較不利於迴歸式的估算，導致 R^2 值較低。故在模式分析上本計畫依據該幾何型態採用 VD 資料進行分析。 (4)P_{FM} 選擇主要考慮：係數方向的合理性、係數數值大小的合理性、資料取得是否容易。因各個測試模式之 R^2 值都達到 0.9 以上，解釋能力均較高，故未以 R^2 值做為模式選擇之依據。	
4.	暫未採用速率/速限比的原因在於同樣的 v/c 比會出現等級 1~5 的情況。以圖 6.3-6（P.233）為參考。本圖之資料係由實際資料繪製或由何而來？如為實際資料，資料點的觀測時間為何？每個觀測時段若拉長，速率/速限比是否會較穩定？	1. 圖 6.3-5 與圖 6.3-6 之曲線並非現場實際觀測資料。 2. 各關係曲線係由預計於新發行之「新版臺灣公路容量手冊」，第四章「高速公路基本路段」所研提之平均速率-流量關係式求算繪出。	同意
5.	勘誤：		
	(1) P.58，第 8 行，「…混和車種…」應為「混合車種」。	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
	(2) P.93，第 8 行，「…上遊或下」應為「上游或下」。	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
	(3) P.97，圖 3.2-1，現場調查中第 3 點，「無人機落第…」應為「無人機落地」。	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
	(4) P.232，第 1 行，「假設公路法訂…」	謝謝委員提醒，已修正文字。	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
	應為「法定」 。		
	(5) P.232，第 1 行，圖 6.9 是否應為圖 6.3-6。	謝謝委員提醒，已修正編號。	同意
	(6) P.232，第 2 行，圖 6.10 是否應為圖 6.3-8。	謝謝委員提醒，已修正編號。	同意
李委員忠璋			
1.	報告書 P.150 ~ P.153 圖 4.1-1 ~ 4-1-4 橫座標是斷面總流率，而各個統計資料分別代表每一車道的使用率，感覺上不同交流道車道流量占總流量比例有不小差異。	因不同匯流區之幾何型態不同，故在相同之總流率下，不同地點每一車道的使用率會有所不同。本部分主要目的為探討各地點於穩定車流與壅塞車流之狀況下，各車道之車流占總流率之比例是否有所不同。	同意
2.	報告書 P.154，表 4.1-2，同一點的車道車流占總流率的比例差距可以高達 22%，其中差距 15%以上有 9 個，這些比例的差距是否代表資料變異很大，是否會對於統計分析及回歸模式有影響？	本計畫在模式之迴歸分析上採用現場資料以及一個月之 VD 資料，因資料量較多，資料變異較小，故不會對迴歸模式造成影響。	同意
3.	進口匝道模式為 $v_{12}=v_F*P_{FM}$ ，而報告書 P.203 關係式 $v_{12}=\alpha(v_{12}^U+v_R^U)$，$v_{12}^U$ 、v_R^U、v_F 若是已知，似乎只要推估 α 值即可。	是的，在沒有現場調查的情況下，v_R^U、v_F 可透過偵測器資料取得，v_{12}^U 可透過上游入口匝道的分析（On-1 或 On-5 型態）估算。再透過 α 值之推估（或採用建議值），即可計算 P_{FM} 之值。	同意
4.	P.150 圖 4.1-1，圖名應該是國道 3 號北上新店交流道。	謝謝委員提醒，圖名已修正。	同意
交通部高速公路局			
1.	P.139 中，圖 3.4-28 之土城 A、B 點速率圖，未呈現路肩情形，且車道 3 與車道 4 之顏色相近，建議調整。	謝謝委員提醒，已修正該圖。	同意
2.	P.185，第二段「本計畫將進口四車道之分流區…」，應為「出口」	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
3.	P.185 與 P.187 之表 5-1 與表 5-4，篩選結果最末欄 v_{12}/v_F 及 $(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$，模式值標示有 1.0000 及 X1.0000，請再檢視。	謝謝委員提醒，已修正表 5-1~表 5-6 為正確版本。	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.	P.231 之表 6.3-8 服務水準等級劃分標準，請更新至最新版本。	謝謝委員提醒，已修正該表為最新版本。	同意
交通部公路總局			
1.	P.179（一）之 4.，「在速率達 30~40 輛/公里時」應為「密度」。	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
2.	P.185 第一段，建議將「off」改為「Off」。	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
3.	第六章，「國道一號」及「國道三號」應為「國道 1 號」及「國道 3 號」。	謝謝委員提醒，已修正文字。	同意
4.	P.231 服務水準等級劃分標準新版（草案），平均速率/速限（S/S_L）應無良好、可接受…等文字說明，且採用 6 個分級。	謝謝委員提醒，已修正該表為最新版本。	同意
本所運輸資訊組			
1.	部分格式未統一，如 P.49 與 P.175，另建議重要公式給予編號。	謝謝委員提醒，已統一各段落之格式，並將重要公式給予編號。	同意
2.	樣本數較少，且資料具隨機性，另現場調查以車長做為判斷車長標準可能有誤判車種之疑慮。	謝謝委員意見，本計畫因經費有限，於合約內已確認調查六個地點，包含四個入口匝道匯流區，以及兩個出口匝道分流區，並已於期末完成空拍調查以及車流資料整理作業。	同意
3.	VD 資料與空拍資料依報告書呈現具有差異性，倘後續樣本數增加，應能使其模式更具代表性。	謝謝委員意見，因 VD 資料有長時間之車流資訊，故在模式分析本計畫已 VD 資料為主要依據。空拍之現場資料主要用途為相互佐證 VD 資料所建構之模式。	同意
本所運輸管理組			
1.	建議參考本所公告之報告書格式進行撰寫，以利後續修訂作業。	依指示辦理。	同意
2.	部分圖表未標註來源出處，可再進行補充與強化，以利閱讀與對照。	依指示辦理。	同意
本所運輸計畫組			
1.	報告 P.4 建議於說明第 1 期計畫結果時，先簡要說明 3 年期計畫中規劃內容為何，再闡述該其研究成果，俾利讀者閱讀。	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
2.	建議於報告書中若提及國外學校、單位時，加註該機關學校原文，如：P.20之波鴻魯爾大學。	依指示辦理。	同意
3.	P.58，建議 v/c 統一修正為 V/C。	1.已將該頁統一以 v/c 表示。 2.本計畫尚在發展模式階段，為求本計畫各年期報告所採模式變數定義的一致性，目前先維持以 *v/c* 為變數表示方式，未來公路容量手冊定稿時，再由所方統一採用 V/C。	同意
4.	P.118、123、135 末段，有關陣風所造成問題為多交流道調查時之共通問題，建議統一說明即可。	已移除該段落之重複敘述，並於表 3.4-3 統一說明。	同意
5.	P.140，第 3 段之處選取時間有誤植，請修正。	依指示辦理。	同意
6.	P.194，有關迴歸分析之模式變數選取原則，建議補充說明。	依指示辦理。	同意
7.	P.222，有關英文代號下標應力求一致。	依指示辦理。	同意
8.	P.223，第 1 段第 2 行有關高速公路局通稱外側車道、中外側車道一節，建議調整為依據「高速公路及快速公路交通管制規則」之規範。	依指示辦理。	同意
9.	後續請持續依本所排版格式編輯，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.	本期末報告審查原則通過，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 30 日前提送修正定稿。	依指示辦理。	同意

附錄 J 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(2/3)-非獨立進出口分匯流區

期末簡報

主持人：黃家耀副教授
研究團隊：林貴璽老師、廖晉毅、溫雲晨、陳威瑜、林亶理、李祐德
國立交通大學運輸研究中心

國立交通大學 National Chiao Tung University

2020/11/13

1

簡報大綱

壹、計畫背景
貳、文獻回顧
參、現場調查方法
肆、資料蒐集與整理
伍、車流特性分析
陸、模式建立及分析方法
柒、結論

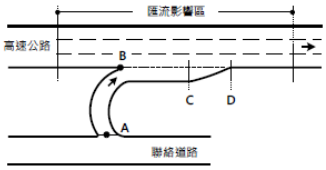
2

壹、計畫背景

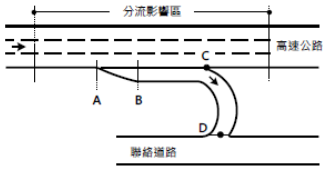
壹、計畫背景(1)

背景說明

- 「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

壹、計畫背景(2)

多年期計畫主題

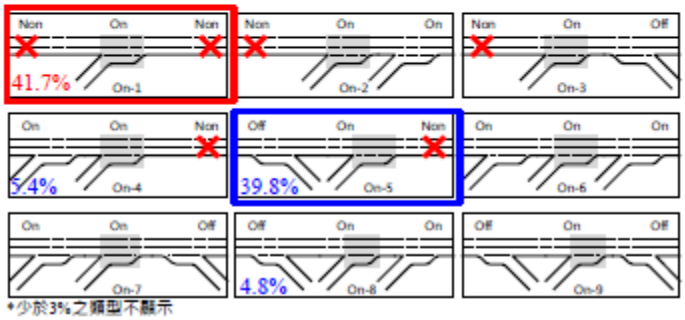
- **107**
  - 高速公路匝道分匯流區車流特性調查之先期規劃
- **108**
  - 高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(1/3) - 獨立進出口分匯流區
- **109**
  - **高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(2/3) - 非獨立進出口分匯流區**
- **110**
  - 高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(3/3) - 快速公路進出口分匯流區

5

壹、計畫背景(3)

進口匝道類型組合統計

- 考慮上、下游是否有鄰近匝道，可分九種型態組合
  - 獨立進口匝道：上、下游 1 公里內沒有其他匝道
  - 非獨立進口匝道：上、下游 1 公里內有其他匝道
- 檢視國道一號、國道三號交流道設施，共含 314 處
- 各類型之佔比如下



*少於3%之類型不顯示

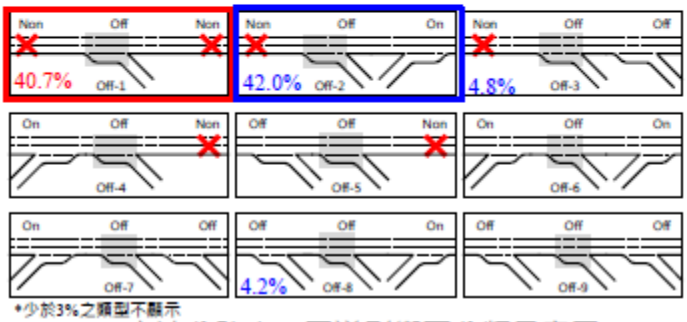
高速公路進口匝道影響區分類示意圖

6

壹、計畫背景(4)

出口匝道類型組合統計

- 考慮上、下游是否有鄰近匝道，可分九種型態組合
  - 獨立出口匝道：上、下游 1 公里內沒有其他匝道
  - 非獨立出口匝道：上、下游 1 公里內有其他匝道
- 檢視國道一號、國道三號交流道設施，共含 312 處
- 各類型之佔比如下



*少於3%之類型不顯示

高速公路出口匝道影響區分類示意圖

壹、計畫背景(5)

計畫進度甘梯圖

編號	工作項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	文獻回顧										
2	選定調查地點										
3	確立調查計劃										
4	現場調查										
5	車流特性資料整理										
6	車流特性分析										
7	上游1公里內有出口匝道之入口匝道之分析方法										
8	下游1公里內有入口匝道之出口匝道之分析方法										
9	其他端出口匝道類型之分析方法										
10	專家學者座談會										
11	說明會										
12	報告書撰寫										
13	期中報告繳送與審查					※					
14	期末報告繳送與審查									※	
15	期末修訂及定稿										※
	工作進度估計百分比(累積數)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

本期計畫工作項目

1. 現場調查、車流特性資料整理、車流特性分析
2. 建立非獨立入口匝道、出口匝道類型之分析方法
3. 辦理專家學者座談會1次、說明會1次
4. 製作可供展示之海報或影片電子檔
5. 提送期末報告
6. 論文投稿（未完成）

貳、文獻回顧

9

貳、文獻回顧

一、分匯流區容量分析方法與對照

- 各國公路容量分析發表時程

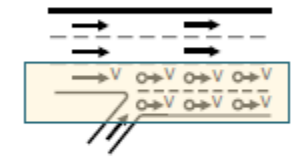


初步蒐集並回顧美國、德國、瑞典、馬來西亞、荷蘭、韓國、北歐四國、俄羅斯、台灣等國容量手冊，彙整各容量手冊發展脈絡、高速公路匝道分匯流區容量與服務水準之分析方法。

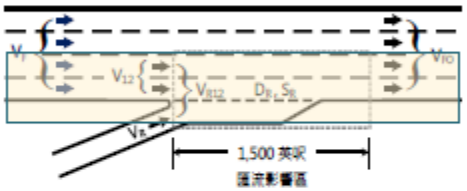
10

貳、文獻回顧

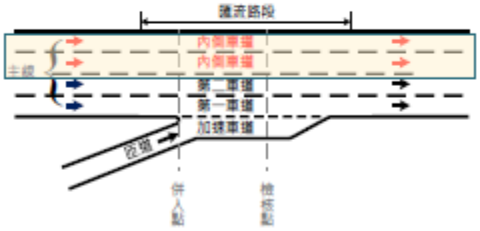
二、美國法、臺灣法、德國法於匯流區之具體差異



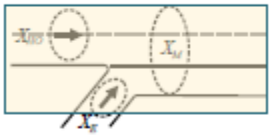
HCM 1985



HCM 1994/2016



THCM 2011



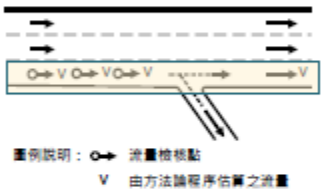
其中 X_{MD}：匯流區主線上游飽和度v/c值
X_R：匯流區匝道飽和度v/c值
X_M：匯流區合計飽和度v/c值

HBS 2015

11

貳、文獻回顧

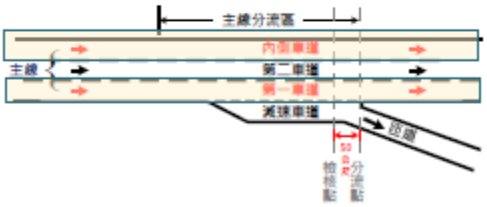
三、美國法、臺灣法、德國法於分流區之具體差異



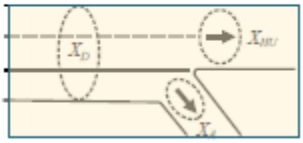
HCM 1985



HCM 1994/2016



THCM 2011



其中 X_{MU}：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

12

參、現場調查方法

13

參、現場調查方法(1)

- 現場調查方案 - 無人機空拍
  - 拍攝可涵蓋約 500 ~ 700 公尺範圍
  - 採自組或市售無人機 定點飛行，每架次可錄影約15分鐘，採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





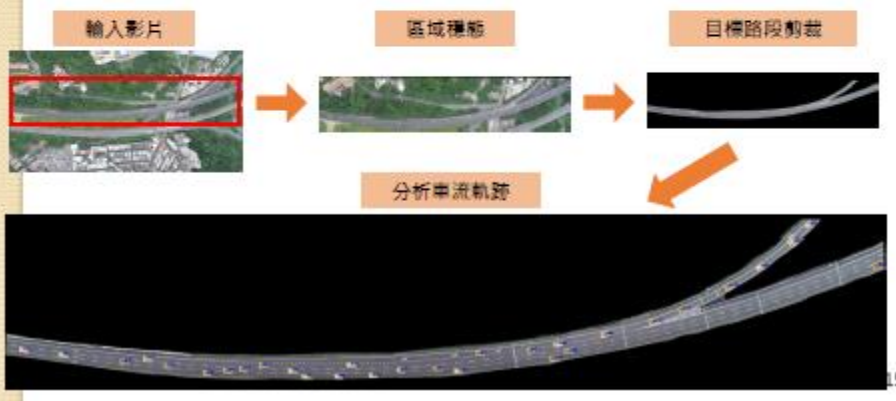




14

參、現場調查方法(2)

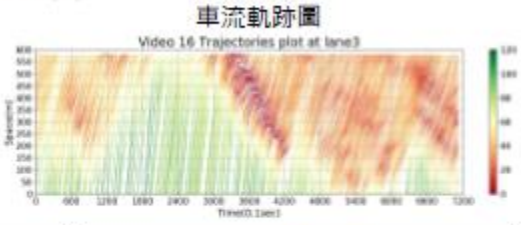
- 電腦視覺方式
  - 人工觀看影片登錄資料，容易遇蒐集項目不完整、抽樣率不足、人工疲勞導致登錄誤差等問題
  - 結合電腦視覺影像分析技術取得車流軌跡資訊，推算觀測區域內各重要車流特性參數，以提升現場調查暨資料整理之作業效率與準確性。



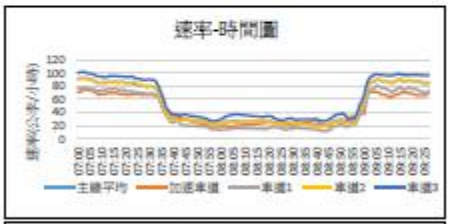
15

參、現場調查方法(3)

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











16

肆、資料蒐集及整理

17

肆、資料蒐集與整理(1)

現場調查地點選擇

- 幾何條件：主線車道數、匝道車道數、上下游匝道距離小於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、非系統交流道

進口匝道（On-5）	國1 南下	國1 北上	國3 南下	國3 北上
符合幾何條件	25	22	30	35
當中符合車流條件	3	3	1	4
符合其他調查條件	0	0	0	2
調查選取	**0**	**0**	**0**	**2**

進口匝道（其餘非獨立類型）	國1 南下	國1 北上	國3 南下	國3 北上
符合幾何條件	19	20	10	9
當中符合車流條件	8	8	2	1
符合其他調查條件	2	0	1	0
調查選取	**2**	**0**	**0**	**0**

出口匝道（Off-2）	國1 南下	國1 北上	國3 南下	國3 北上
符合幾何條件	26	25	32	37
當中符合車流條件	3	3	0	3
符合其他調查條件	0	1	0	1
調查選取	**0**	**1**	**0**	**1**

出口匝道（其餘非獨立類型）	國1 南下	國1 北上	國3 南下	國3 北上
符合幾何條件	13	23	7	11
當中符合車流條件	1	8	3	3
符合其他調查條件	0	4	3	3
調查選取	**0**	**0**	**0**	**0**

18

肆、資料蒐集與整理(2)

- 現場調查地點選擇

匝道	編號	交流道	交流道名稱(里程)	資料時間	儀控率	路肩開放
進口匝道	1	國道3號北上	新店交流道(26K)	3/25(三) 07:00~09:30	07:00～07:30 1300 輛/時/車道 07:30～09:30 1400 輛/時/車道	無
	2	國道1號南下	中壢交流道B(62K)	3/26(四) 07:00~09:00	無儀控	無
	3	國道1號南下	中壢交流道A(62K)	3/27(五) 07:00~09:20	無儀控	無
	4	國道3號北上	三鶯交流道(50K)	7/12(日) 13:03~17:15	無儀控	無
出口匝道	5	國道3號北上	土城交流道(42K)	7/05(日) 12:08~15:55	-	有
	6	國道1號北上	頭份交流道(110K)	7/26(日) 14:08~17:45	-	無

19

肆、資料蒐集與整理(3)

- 空拍畫面-進口匝道

國3北上新店



國1南下中壢B



國1南下中壢A



國3北上三鶯



20

肆、資料蒐集與整理(4)

- 空拍畫面-出口匝道

國3北上土城



國1北上頭份



21

肆、資料蒐集與整理(5)

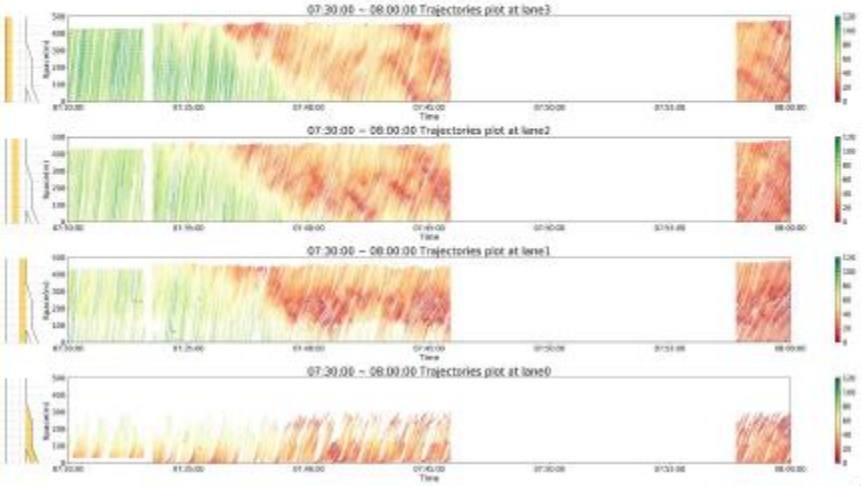
- 國道3號北上新店交流道進口匝道區



22

肆、資料蒐集與整理(6)

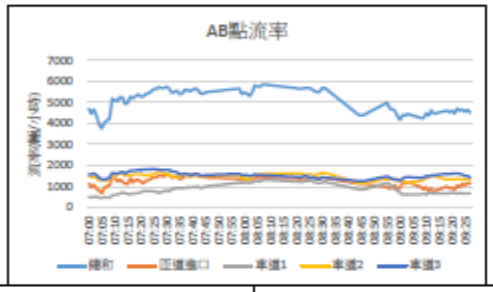
- 國道3號北上新店交流道進口-各車道之車流軌跡圖



23

肆、資料蒐集與整理(7)

- 國道3號北上新店交流道進口-流率

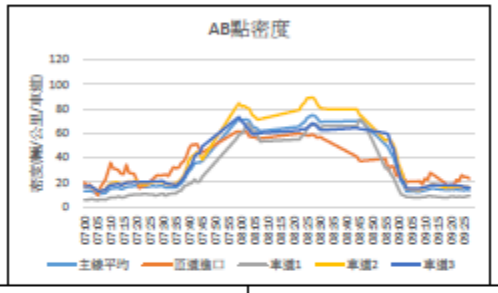


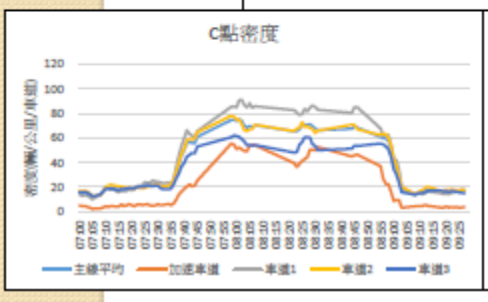


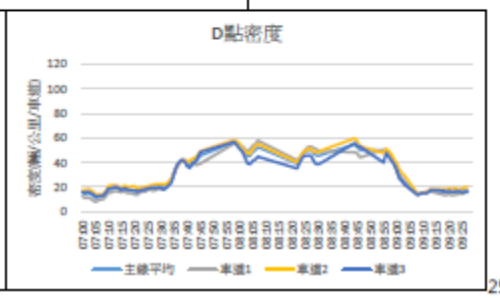
24

肆、資料蒐集與整理(8)

- 國道3號北上新店交流道進口-密度



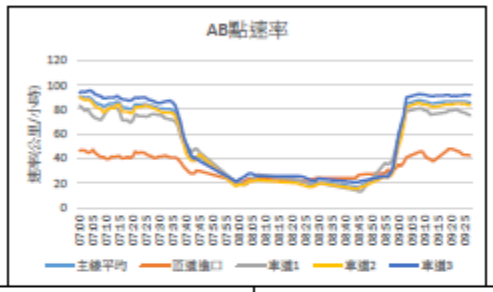


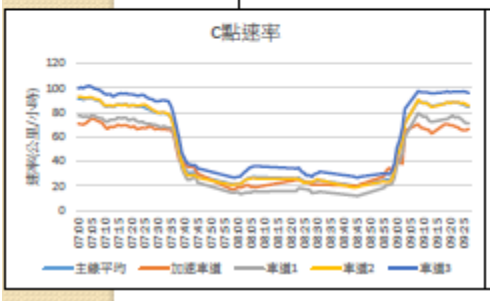


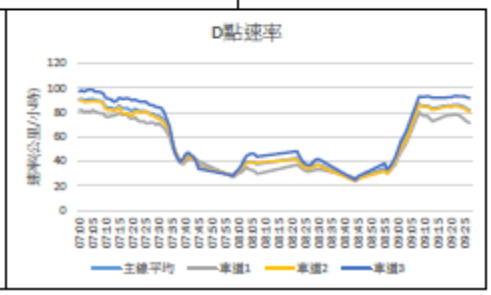
25

肆、資料蒐集與整理(9)

- 國道3號北上新店交流道進口-速率



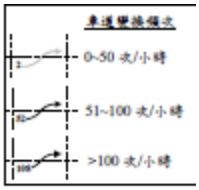




26

肆、資料蒐集與整理(10)

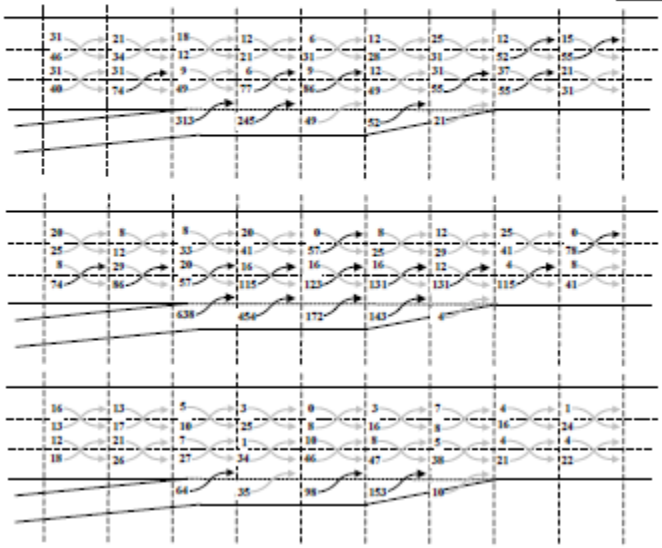
- 國道3號北上新店交流道進口-車道變換



車流非壅塞
07:00~07:20

非壅塞進入壅塞
07:20~07:35

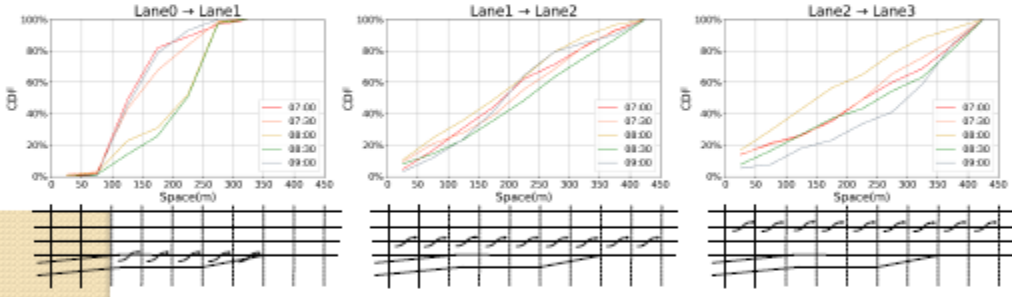
車流壅塞
07:35~09:00



27

肆、資料蒐集與整理(11)

- 國道3號北上新店交流道進口-累積車道變換



28

肆、資料蒐集與整理(12)

- 本期計畫6個現場調查地點之原始資料及車流特性資料由於資料量太多，並未全部呈現於報告書內文，因此獨立成冊於技術報告，供有興趣的單位參考。
  - 車流軌跡圖
  - 流率、密度、速率圖
  - 密度、速率時空圖
  - 車道變換頻次圖、累積車道變換圖
  - 車道使用率圖
  - 速率-流率、速率-密度、流率-密度關係圖


（初稿）

- 技術報告書下載連結：https://reurl.cc/GrDvRD

29

伍、車流特性分析

30

伍、車流特性分析(1)

現場調查地點之幾何形態（進口匝道）

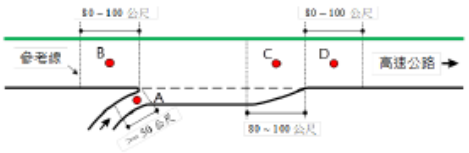
調查地點	主線車道數	主線速限	匝道車道數	加速車道長度	上游鄰近匝道類型及距離	下游鄰近匝道類型及距離
3N新店	3 車道	90 公里/小時	1 車道	250 公尺	出口匝道 270 公尺	出口匝道 1400 公尺
1S中壢B	3 車道	100 公里/小時	1 車道	310 公尺	進口匝道 260 公尺	出口匝道 1740 公尺
1S中壢A	3 車道	100 公里/小時	1 車道	190 公尺	出口匝道 370 公尺	進口匝道 260 公尺
3N三鶯	4 車道	110 公里/小時	1 車道	210 公尺	出口匝道 700 公尺	進口匝道 4100 公尺

31

伍、車流特性分析(2)

現場調查車流之車道分佈（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）

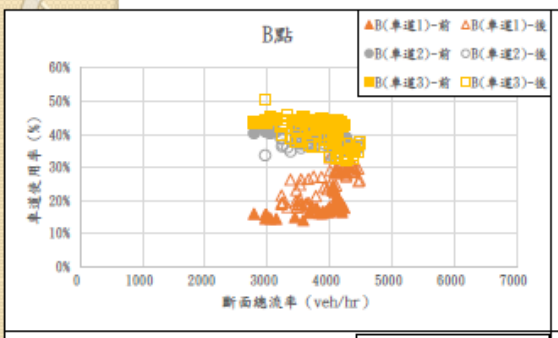


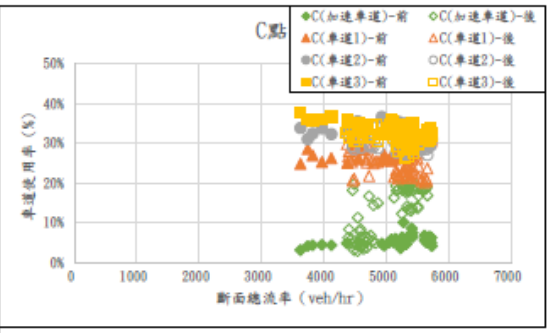
- 上下游不同斷面之車道分佈在穩定車流、壅塞車流情況下有明顯差別
  - 穩定車流：
    - 上游車道1之使用比例低於平均值
    - 下游車道1之使用比例較上游為高
  - 壅塞車流：
    - 上下游車道1之使用比例均較穩定車流高
    - 下游所有車道之各車道分佈使用趨於相等

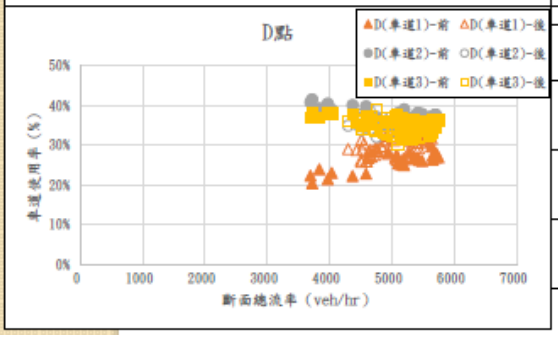
32

伍、車流特性分析(3)

現場調查車流之車道分佈-新店進口匝道





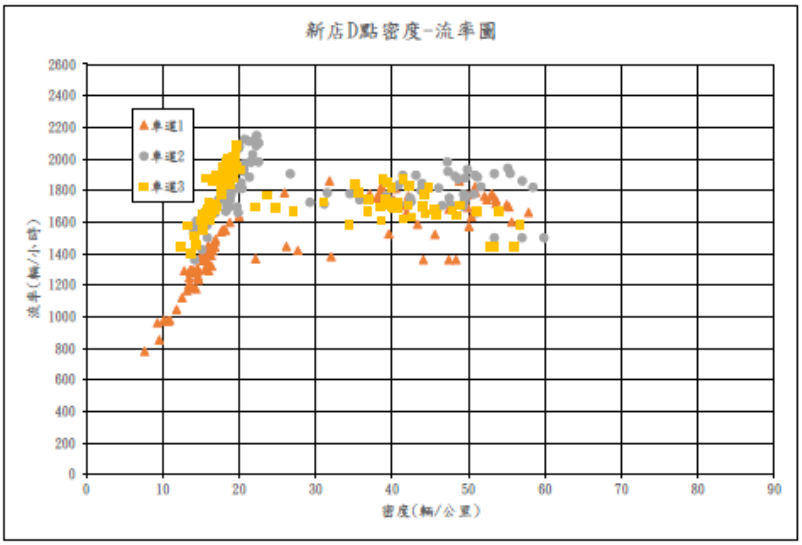


位置	車流狀況	加速車道	車道1（外側）	車道2	車道3（內側）
主線上游（B點）	穩定車流 擁塞車流	—	14~24% 16~33%	36~41% 33~40%	39~45% 33~51%
匯流區內（C點）	穩定車流 擁塞車流	3~10% 5~21%	25~33% 20~30%	29~37% 27~32%	31~38% 26~34%
主線下游（D點）	穩定車流 擁塞車流	—	20~35% 27~34%	33~42% 33~37%	32~38% 30~37%

33

伍、車流特性分析(4)

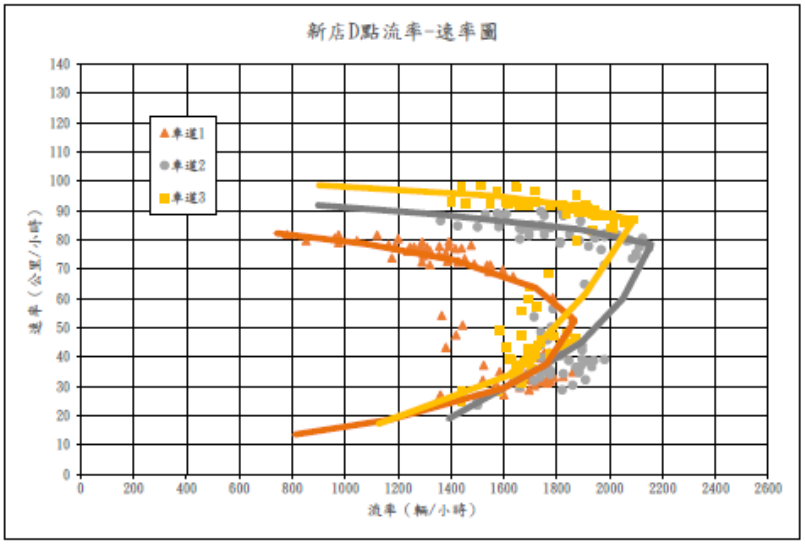
- 流率-密度圖-新店進口匝道



34

伍、車流特性分析(5)

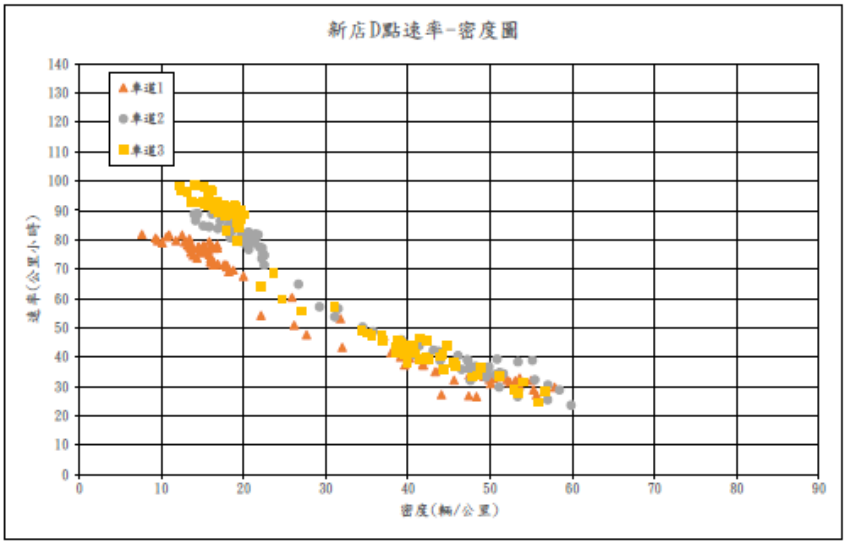
- 速率-流率圖-新店進口匝道



35

伍、車流特性分析(6)

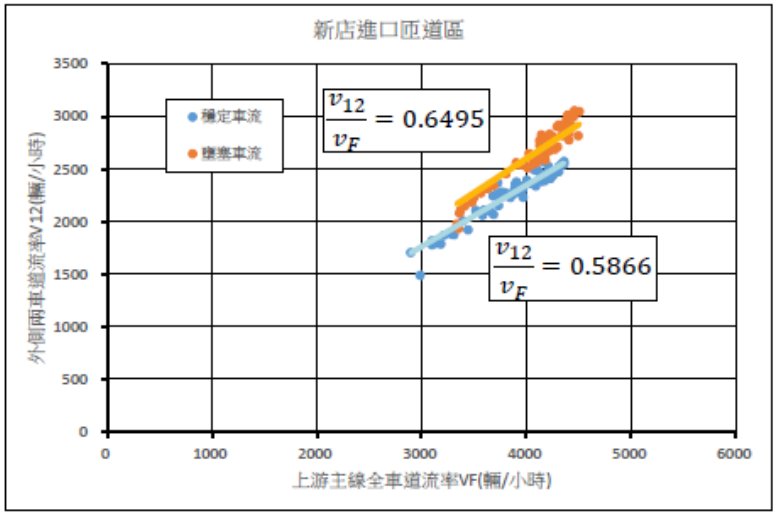
- 速率-密度圖-新店進口匝道



36

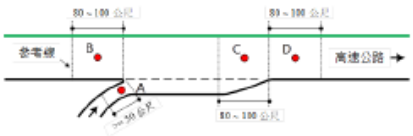
伍、車流特性分析(7)

- B點v_{12}/v_F分佈圖-新店進口匝道



37

伍、車流特性分析(8)



匝道匯流區分析－全部現場調查地點

- 進口匝道匯流區斷面最大流率

調查地點	加速車道長度	D點最大流率(輛/小時)之時間	該時間斷面流率（輛/小時）			D點最大流率(小車/小時)之時間	該時間斷面流率（小車/小時）		
			AB點 匝道+上游主線	C點 含加速車道	D點 下游主線		AB點 匝道+上游主線	C點 含加速車道	D點 下游主線
3N 新店	250 公尺	07:26	5,652	5,718	5,748	07:27	5,849	5,906	5,902
1S 中壢A	190 公尺	07:20	6,240	6,220	6,020	07:06	6,412	6,472	6,460
1S 中壢B	310 公尺	07:26	6,640	6,660	6,260	07:26	7,092	7,084	6,770
3N 三鶯	210 公尺	16:23	7,584	7,524	7,500	16:23	7,670	7,630	7,622

*3N三鶯為主線 4 車道，其他地點為主線 3 車道

38

伍、車流特性分析(9)

現場資料所得v_{12}與v_F之關係式 – 全部現場調查地點

- 獨立三車道匯流區（On-1）

交流道	v_{12}與v_F之關係式	v_F範圍（pc/hr）
1N頭屋	$v_{12} = 0.5980 v_F$ ($R^2 = 0.9459$)	3437~5633
3N中和	$v_{12} = 0.6032 v_F$ ($R^2 = 0.8547$)	1334~3737
3S安坑	$v_{12} = 0.5913 v_F$ ($R^2 = 0.9649$)	914~3029
1N新竹A	$v_{12} = 0.5911 v_F$ ($R^2 = 0.6755$)	3294~4337
全地點	$v_{12} = 0.5961 v_F$ ($R^2 = 0.9881$)	914~5633

- 非獨立匯流區（On-2 ~ On-9）

交流道	車道數	匝道類型	v_{12}與v_F之關係式	v_F範圍（pc/hr）
3N新店	3 車道	(On-5)Off-On-Non	$v_{12} = 0.5866 v_F$ ($R^2 = 0.9197$)	2896~4358
1S中壢B	3 車道	(On-4)On-On-Non	$v_{12} = 0.6776 v_F$ ($R^2 = 0.7041$)	5086~6120
1S中壢A	3 車道	(On-8)Off-On-On	$v_{12} = 0.5973 v_F$ ($R^2 = 0.9370$)	3538~4757
3N中壢	4 車道	(On-5)Off-On-Non	$v_{12} = 0.3497 v_F$ ($R^2 = 0.8601$)	3902~6194

39

伍、車流特性分析(10)

現場調查地點之幾何形態（出口匝道）

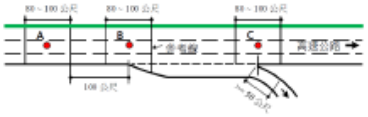
調查地點	主線車道數	主線速限	匝道車道數	是否開放路肩	減速車道長度	上游鄰近匝道類型及距離	下游鄰近匝道類型及距離
3N土城	4 車道	110 公里/小時	2 車道	有開放路肩	700 公尺	進口匝道 3170 公尺	進口匝道 430 公尺
1N頭份	3 車道	100 公里/小時	2 車道	無開放路肩	470 公尺	進口匝道 14250 公尺	進口匝道 920 公尺

40

伍、車流特性分析(11)

現場調查車流之車道分佈（出口匝道）

- 每個地點共分3個斷面進行探討
  - 減速車道漸變段上游（A點）
  - 減速車道漸變段起點（B點）
  - 主線與出口匝道交接點（C點）

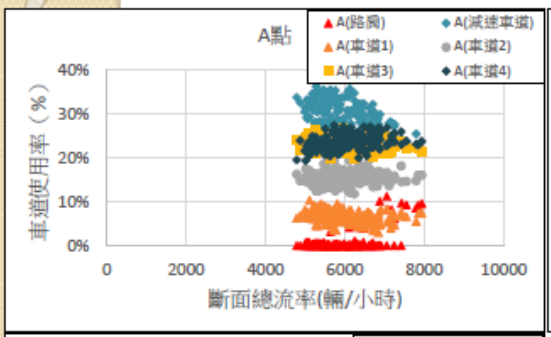


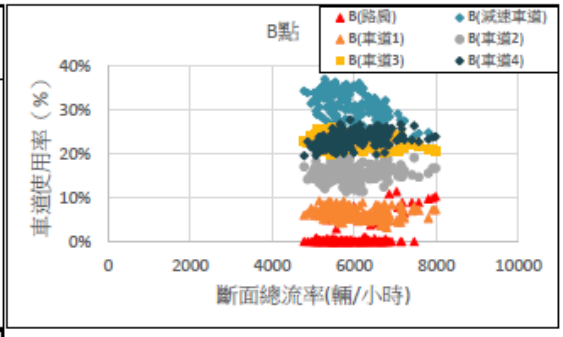
- 兩調查地點屬於穩定車流，車道分佈之觀察如下：
  - 土城屬於4車道，該地點之A、B點包含減速車道，在A、B點斷面流率高於4500~8000時，減速車道使用比例隨著流率提升而下降，其餘各車道使用比例不一，但幾乎趨於平緩
  - 頭份屬於3車道，流率於4000~4700時，車道1使用比例上升，於4700後趨近於平緩

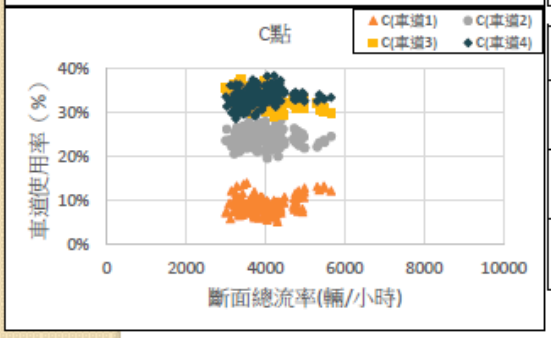
41

伍、車流特性分析(12)

現場調查車流之車道分佈-土城出口匝道





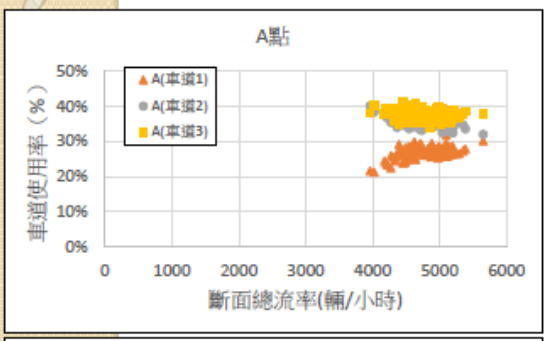


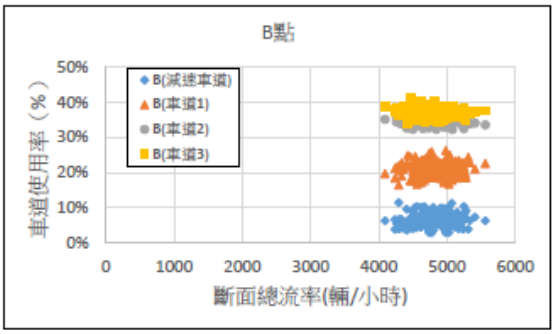
位置	車流狀況	路肩	車道1（外側）	車道2	車道3	車道4（內側）
主線上游（A點）	穩定車流	0~10%	13~19%	19~27%	19~27%	20~26%
分流區內（B點）	穩定車流	0~10%	13~19%	19~27%	19~27%	20~26%
主線下游（C點）	穩定車流	—	5~11%	20~28%	29~38%	28~38%

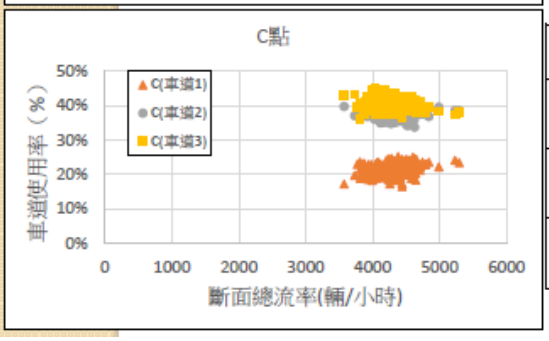
42

伍、車流特性分析(13)

現場調查車流之車道分佈-頭份出口匝道





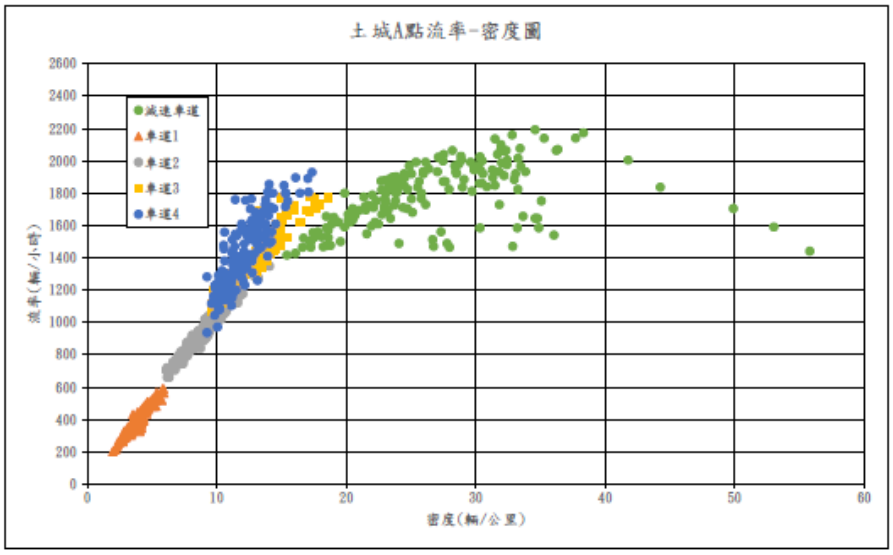


位置	車流狀況	車道1(外側)	車道2	車道3
主線上游（A點）	穩定車流	21~32%	32~40%	34~41%
分流區內（B點）	穩定車流	16~26%	32~38%	34~41%
主線下游（C點）	穩定車流	16~25%	33~42%	36~45%

43

伍、車流特性分析(14)

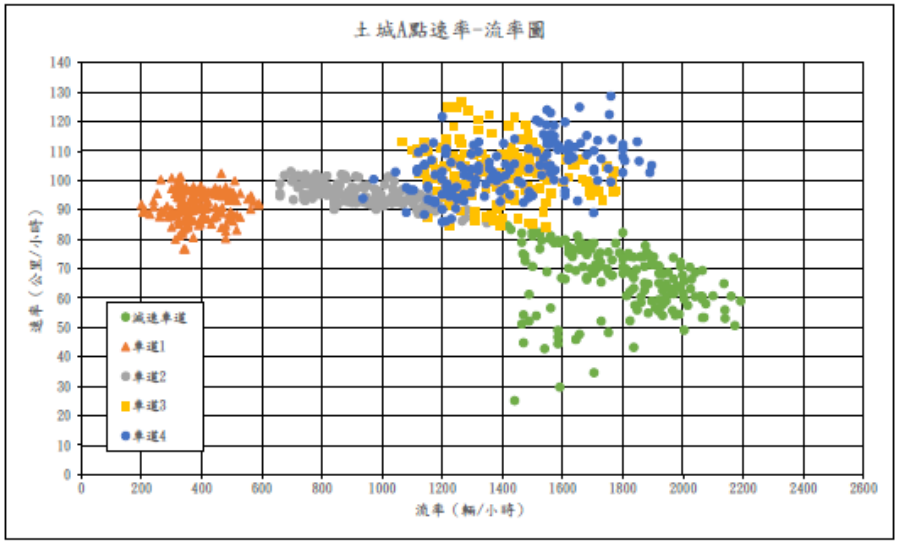
- 流率-密度圖-土城出口匝道



44

伍、車流特性分析(15)

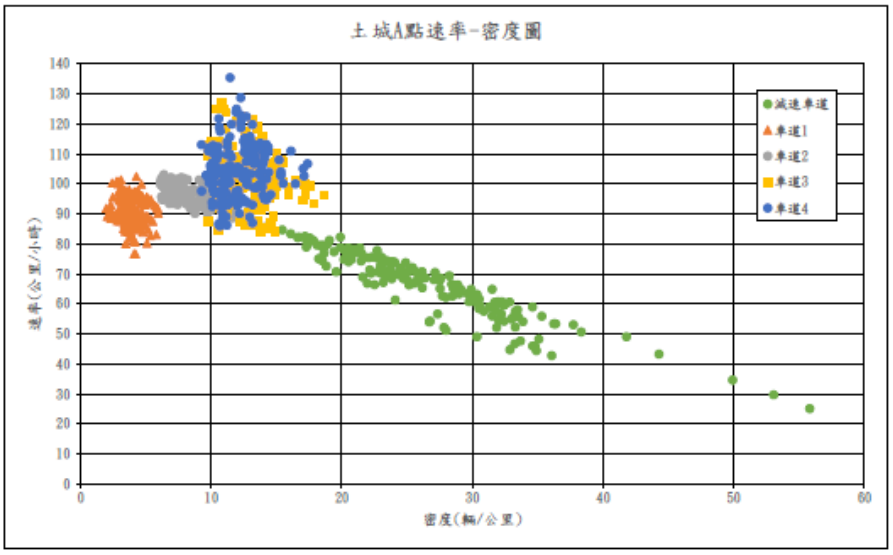
- 速率-流率圖-土城出口匝道



45

伍、車流特性分析(16)

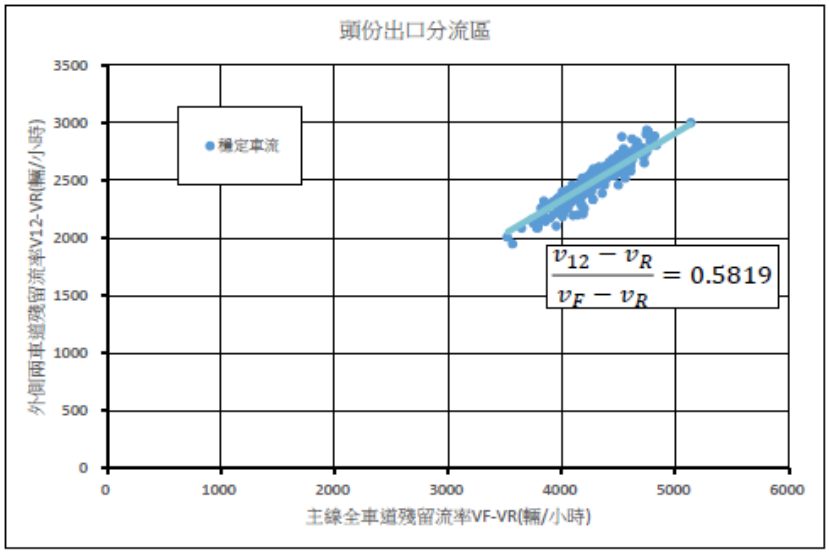
- 速率-密度圖-土城出口匝道



46

伍、車流特性分析(17)

- A點$\frac{v_{12}-v_R}{v_F-v_R}$分佈圖-頭份出口匝道



47

陸、模式建立及分析方法

48

陸、模式建立及分析方法

一、配合新版手冊匝道分匯流區之修訂(1)

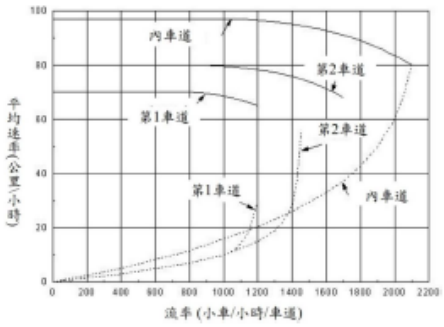
1. 補充定義匝道分流或匯流區之「檢核點」為該路段在高需求流率狀況下，平均速率通常最低的地點。
2. 流量檢核點
   1) 維持進口匝道匯流區之檢核點大約在併入點下游相當於加速車道約2/3長度的地點，惟108年本研究由區段內各車道變換頻次、最大流率時空分析結果，建議在匝道匯流區加速車道終點下游主線約50公尺處。
   2) 維持出口匝道分流區之檢核點在分流點上游約50公尺處之主線斷面（與108年本研究分析結果相同）。

49

陸、模式建立及分析方法

一、配合新版手冊匝道分匯流區之修訂(2)

3. 2011年版有表列對應各服務水準等級之最大服務流率，並將匯流路段內側車道之容量訂為 2,300 小車/小時/車道
4. 2020年版：(1) 分析法並未採用服務流率；(2) 基本路段內側車道容量很難超過2,100小車/小時/車道。故除了分析法不再採用服務流率外，亦考慮將主線內側車道容量調降為最多2,100小車/小時/車道，主線外側兩車道之容量亦同時調降。



基本狀況下，匝道匯流區不同車道平均速率與流率關係圖（2020年版）

匝道匯流區車道容量建議值（2020年版）

車 道	容量（小車/小時/車道）
主線外側第一車道	1,200
主線外側第二車道	1,700
主線內側車道	2,100

50

陸、模式建立及分析方法

一、配合新版手冊匝道分匯流區之修訂(3)

5. 將2011年版評估「速率狀況」之速差指標改為平均速率與速限之比值，並考慮依據基本路段規範，重新界定各服務水準分級。

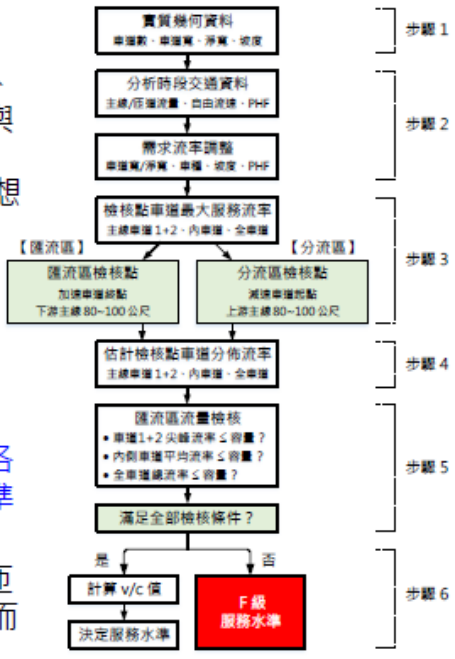
壅塞程度		速率狀況	
服務水準等級	v/c比值	服務水準等級	均速/速限比值
A	≤ 0.25	1（良好）	≥ 0.90
B	0.26 ~ 0.50	2（可接受）	0.80 ~ 0.89
C	0.51 ~ 0.80	3（不理想）	0.60 ~ 0.79
D	0.81 ~ 0.90	4（很不理想）	0.40 ~ 0.59
E	0.91 ~ 1.00	5（非常不理想）	0.20 ~ 0.39
F	> 1.00	6（極端不理想）	< 0.20

51

陸、模式建立及分析方法

二、分析步驟

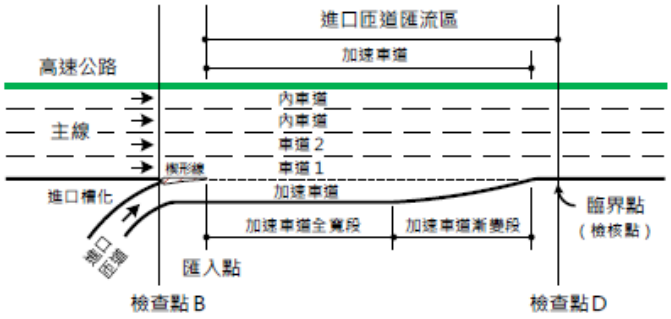
1. 彙整分、匯流影響區分析之交通、幾何、資料、現場高速公路主線與匝道之流率。
   轉換現況需求流量（veh/h）為理想狀況尖峰流率（pc/h）。
2. 估計檢核點需求流率。
   a. 匯流區：
      主線車道 1與 2、內側車道、全車道
   b. 分流區：
      主線車道 1與 2、內側車道、全車道
3. 確認各檢核點需求流率是否超過各該點容量，若超過，則為服務水準 **F**，結束分析程序。
4. 若確認影響區車流穩定，則計算匝道影響區流量容量比（*v/c*），進而決定該影響區之服務水準。



52

陸、模式建立及分析方法

三、進口匝道分析方法(1)



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

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

53

陸、模式建立及分析方法

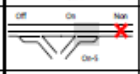
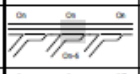
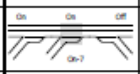
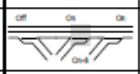
三、進口匝道分析方法(2)

- 地點選擇及VD資料檢核方式
  1. 有重現性壅塞，或能找到有壅塞的日期
  2. 有 VD 資料可用，VD 需經過檢測
  3. 車種資料要有可靠的車種資料，或挑選少於 5% 大車的地點
  4. 地點應涵蓋模式分析的對象
     - 獨立匝道：主線 3 車道、主線 4 車道
     - 非獨立匝道：主線 3 車道、主線 4 車道
     - 有現場調查的地點優先

54

陸、模式建立及分析方法

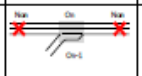
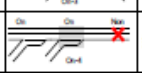
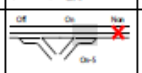
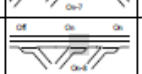
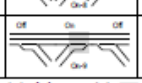
四、二車道匯流區v_{12}/v_F模式值

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數(百分比 %)	應棄地點數	模式分析地點數		地點		v_{12}/v_f 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
On-1		無	進口	無	14 (4.46%)	-	-	-	-	-	常數：1.00
On-2		無	進口	進口	2 (0.64%)	-	-	-	-	-	X
On-3		無	進口	出口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X
On-4		進口	進口	無	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
On-5		出口	進口	無	5 (1.59%)	-	-	-	-	-	常數：1.00
On-6		進口	進口	進口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X
On-7		進口	進口	出口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X
On-8		出口	進口	進口	3 (0.96%)	-	-	-	-	-	X
On-9		出口	進口	出口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X

X：該地點數量少於匯流區總數(314處)之1%

陸、模式建立及分析方法

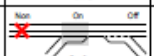
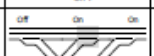
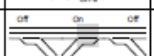
四、三車道匯流區v_{12}/v_F模式值

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數(百分比 %)	應棄地點數	模式分析地點數		地點		v_{12}/v_f 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場調查	VD	
On-1		無	進口	無	108 (34.39%)	7	4	5	1N頭屋 3S安坑 1N新竹A 3N中和	1N頭屋 3N中和 1S忠孝 1N新竹A 3S安坑	現場：0.5961 VD：0.6018
On-2		無	進口	進口	3 (0.96%)	0	0	0			X
On-3		無	進口	出口	3 (0.96%)	0	0	0			X
On-4		進口	進口	無	13 (4.14%)	1	1	0	1S中興B		現場：0.6776 VD：無資料
On-5		出口	進口	無	101 (32.17%)	9	1	5	3N新店	1S新竹B 1N竹中 1N竹北 1S頭屋 1N同山	現場：0.5866 VD：0.5787
On-6		進口	進口	進口	0 (0%)	0	0	0			X
On-7		進口	進口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
On-8		出口	進口	進口	10 (3.18%)	1	1	1	1S中興A	1S中興A	現場：0.5973 VD：0.5863
On-9		出口	進口	出口	2 (0.64%)	2	0	0			X

X：該地點數量少於匯流區總數(314處)之1%

陸、模式建立及分析方法

四、四車道匯流區v_{12}/v_F模式值

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數 (百分比 %)	總應地點數	模式分析地點數		地點		v_{12}/v_F 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
On-1		無	進口	無	9 (2.87%)	3	0	2		3S土城 1N桃園	現場：無資料 VD：0.3319
On-2		無	進口	進口	0 (0%)	0	0	0			X
On-3		無	進口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
On-4		進口	進口	無	3 (0.96%)	0	0	0			X
On-5		出口	進口	無	19 (6.05%)	4	1	3	3N三[illegible]	3N三[illegible] 1S三[illegible] 3N土城	現場：0.3497 VD：0.3280
On-6		進口	進口	進口	0 (0%)	0	0	0			X
On-7		進口	進口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
On-8		出口	進口	進口	2 (0.64%)	0	0	0			X
On-9		出口	進口	出口	1 (0.32%)	0	0	0			X

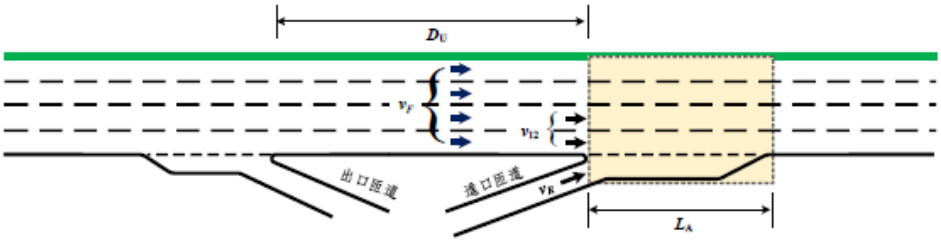
X：該地點數量少於匯流區總數(314處)之1%

57

陸、模式建立及分析方法

五、匯流區P_{FM}校估結果(1)

- 匯流區P_{FM}校估考慮的變數項目
  - L_A：加速車道長度（公尺）
  - S_{FR}：匝道自由車流速率（公里/小時）
  - v_F：分流區上游之主線總流率（小車/小時）
  - v_R：進口匝道流率（小車/小時）
  - D_U：與上游匝道之距離（公尺）



58

陸、模式建立及分析方法

五、匯流區P_{FM}校估結果(2)

- (On-1)Non-On-Non三車道匯流區 - 現場資料

交流道	v_{12}-v_F關係式	加速車道長度 (m)	匯道速限 (km/hr)	匯道自由車流速率 (km/hr)
1N頭屋	$v_{12}=0.5980v_F$ ($R^2=0.9459$)	200	50	56.50
3S安坑	$v_{12}=0.5913v_F$ ($R^2=0.9649$)	650	40	73.90
1N新竹A	$v_{12}=0.5911v_F$ ($R^2=0.6755$)	300	60	75.74
3N中和	$v_{12}=0.6032v_F$ ($R^2=0.8547$)	220	50	88.71

模式	Cons	L_A	S_{FR}	L_A/S_{FR}	v_F	v_R	(v_F+v_R)	R^2
1 (t值)	0.7597 (19.52)	-0.000061 (-1.39)	-0.000798 (-1.73)		-0.000027 (-5.52)	-0.000028 (-2.91)		0.9987
2 (t值)	0.6952 (54.33)			0.000253 (0.13)	-0.000022 (-7.39)	-0.000045 (-7.25)		0.9987
3 (t值)	0.7618 (35.95)	-0.000063 (-3.48)	-0.000822 (-3.73)				-0.000027 (-5.63)	0.9987
4 (t值)	0.6872 (51.59)			-0.004760 (-2.96)			-0.000021 (-6.81)	0.9985
5 (t值)	0.6068 (132.2)	0.000087 (2.29)				-0.000035 (-4.02)		0.9983
6 (t值)	0.6014 (131.1)	-0.000032 (-1.28)						0.9981

59

陸、模式建立及分析方法

五、匯流區P_{FM}校估結果(3)

- (On-1)Non-On-Non三車道匯流區 - VD資料

交流道	v_{12}-v_F關係式	加速車道長度 (m)	匯道速限 (km/hr)	匯道自由車流速率 (km/hr)
1N頭屋	$v_{12}=0.6066v_F$ ($R^2=0.9787$)	200	50	56.50
3N中和	$v_{12}=0.6079v_F$ ($R^2=0.9297$)	220	50	88.71
1S后里	$v_{12}=0.6171v_F$ ($R^2=0.9659$)	250	50	61.54
1N新竹A	$v_{12}=0.5622v_F$ ($R^2=0.9585$)	300	60	75.74
3S安坑	$v_{12}=0.5908v_F$ ($R^2=0.9487$)	650	40	73.90

模式	Cons	L_A	S_{FR}	L_A/S_{FR}	v_F	v_R	(v_F+v_R)	R^2
1 (t值)	0.6681 (200.2)	0.000040 (10.56)	-0.000169 (-3.15)		-0.000016 (-23.40)	-0.000057 (-40.74)		0.9965
2 (t值)	0.6586 (466.8)			0.003340 (12.77)	-0.000016 (-28.33)	-0.000059 (-52.56)		0.9965
3 (t值)	0.7169 (299.3)	-0.000028 (-12.44)	-0.000758 (-17.27)				-0.000024 (-55.5)	0.9964
4 (t值)	0.6787 (520.4)			-0.002595 (-14.28)			-0.000026 (-55.57)	0.9963
5 (t值)	0.6260 (943.1)	0.000087 (23.23)				-0.000073 (-56.37)		0.9964
6 (t值)	0.6188 (864.0)	-0.000073 (-26.61)						0.9956

60

陸、模式建立及分析方法

五、匯流區P_{FM}校估結果(4)

- (On-5)Off-On-Non三車道匯流區 - VD資料

交流道	v_{12}-v_F關係式	加速車道長度(m)	匯道速限(km/hr)	自由車流速率(km/hr)	與上游匯道距離(m)
1S新竹B	$v_{12}=0.6010v_F$ ($R^2=0.9834$)	1100	50	66.75	870
1N台中	$v_{12}=0.5952v_F$ ($R^2=0.9691$)	310	50	61.75	950
1N竹北	$v_{12}=0.5765v_F$ ($R^2=0.9761$)	270	60	62.58	750
3S龍潭	$v_{12}=0.5701v_F$ ($R^2=0.9785$)	240	50	64.99	860
1N岡山	$v_{12}=0.5696v_F$ ($R^2=0.9868$)	350	40	50	900

模式	Cons	L_A	S_{FR}	L_A/S_{FR}	v_F	v_R	(v_F+v_R)	D_U	R^2
1 (t值)	0.5570 (204.9)	0.000047 (58.02)	0.000938 (13.15)		-0.000015 (-66.40)	-0.000010 (-13.35)		0.000027 (7.90)	0.9945
2 (t值)	0.6164 (399.9)			0.003066 (63.61)	-0.000017 (-91.11)	-0.000004 (-10.01)		-0.000026 (-9.54)	0.9944
3 (t值)	0.5456 (226.9)	0.000048 (57.56)	0.001150 (32.45)				-0.000001 (-78.11)	0.000037 (11.12)	0.9945
4 (t值)	0.6124 (397.5)			0.003124 (64.23)			-0.000014 (-87.19)	-0.000021 (-7.68)	0.9944
5 (t值)	0.5581 (392.2)	0.000055 (69.12)				-0.0000095 (-22.97)		0.000042 (14.50)	0.9942
6 (t值)	0.5447 (394.4)	0.000054 (66.63)						0.000049 (16.35)	0.9942

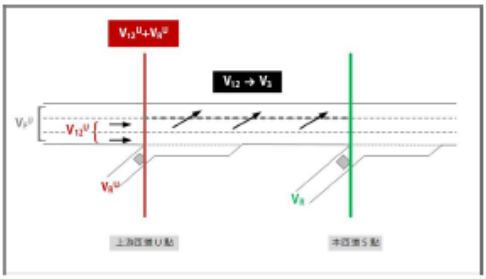
61

陸、模式建立及分析方法

五、匯流區P_{FM}校估結果(5)

- (On-4)On-On-Non 三車道匯流區之分析方法
  - 由現場調查所得，1S中壢B進口其v_{12}/v_F約為0.6776，比獨立匝道類型的v_{12}/v_F（約為0.5574）明顯高出許多
  - On-4佔國內的匝道類型比例約4.14%，占比不低，有必要進一步探討
  - 兩個進口匝道之間的主線並不會有佈設VD偵測器，因此無可用數據以建立統計性模式。而在上游進口匝道的主線上游以及各匝道應有佈設VD偵測器，因此本研究提出採用分析性模式，用以估算分析匝道的外側兩車道使用比例。

$$P_{FM}=\frac{v_{12}}{v_F}=\frac{\alpha(v_{12}^U+v_R^U)}{(v_F^U+v_R^U)}$$



62

陸、模式建立及分析方法

五、匯流區P_{FM}校估結果(6)

- (On-4)On-On-Non 三車道匯流區之分析方法

$$P_{FM} = \frac{v_{12}}{v_F} = \frac{0.9809(v_{12}^U + v_R^U)}{(v_F^U + v_R^U)}$$

- v_F^U、v_R^U 可透過偵測器資料取得，v_{12}^U 可由 On-1 或 On-5 之統計模式估算之取得。
- α 值是上游匝道加速車道開始前至分析匝道加速車道開始前之間的車流保留在外側兩車道的比例，即$(1-\alpha)$代表車流由外側兩車道變換車道至內車道的比例。
- 以現場調查進行模式校估，求出的 α 為0.9809，R^2 為0.9996。

陸、模式建立及分析方法

五、匯流區P_{FM}校估結果(7)

- 四車道匯流區 - VD資料

交流道	匯流區型態	v_{12}-v_F關係式	加速車道長度(m)	匝道速限(km/hr)	自由車流速率(km/hr)
3S土城	Non-On-Non	$v_{12}=0.3268v_F$ ($R^2=0.9814$)	880	50	72.24
1N桃園	Non-On-Non	$v_{12}=0.3482v_F$ ($R^2=0.9520$)	1420	50	71.35
3N三鶯	Off-On-Non	$v_{12}=0.3423v_F$ ($R^2=0.9787$)	210	50	61.59
3N土城	Off-On-Non	$v_{12}=0.3228v_F$ ($R^2=0.9785$)	200	50	72.25
1S三重	Off-On-Non	$v_{12}=0.3214v_F$ ($R^2=0.9505$)	260	50	63.81

模式	Cons	L_A	S_{FR}	L_R/S_{FR}	v_F	v_R	(v_F+v_R)	R^2
1 (t值)	0.2810 (310.7)	0.000163 (42.55)	0.002348 (11.96)		0.000043 (64.90)	-0.000051 (-34.53)		0.9892
2 (t值)	0.2984 (468.7)			0.006227 (47.95)	0.000031 (54.09)	-0.000078 (-45.81)		0.9888
3 (t值)	0.2932 (330.0)	0.000105 (29.22)	0.002426 (12.66)				0.000019 (40.49)	0.9888
4 (t值)	0.3139 (548.9)			0.007970 (19.99)			0.0000073 (21.57)	0.9884
5 (t值)	0.3263 (1019)	0.000088 (41.24)				-0.0000023 (-2.16)		0.9885
6 (t值)	0.3257 (2101)	0.000088 (41.34)						0.9885

陸、模式建立及分析方法

五、匯流區P_{FM}校估結果(8)

- 匯流區P_{FM}估計模式表

編號	匝道口類型	二車道	三車道	四車道
On-1	Non-On-Non	估算式 1	估算式 2	估算式 5
On-2	Non-On-On	估算式 1	估算式 2*	估算式 5*
On-3	Non-On-Off	估算式 1	估算式 2*	估算式 5*
On-4	On-On-Non	估算式 1	估算式 3	估算式 5*
On-5	Off-On-Non	估算式 1	估算式 4	估算式 5
On-6	On-On-On	估算式 1	估算式 2 or 3*	估算式 5*
On-7	On-On-Off	估算式 1	估算式 2 or 3*	估算式 5*
On-8	Off-On-On	估算式 1	估算式 2 or 4*	估算式 5*
On-9	Off-On-Off	估算式 1	估算式 2 or 4*	估算式 5*

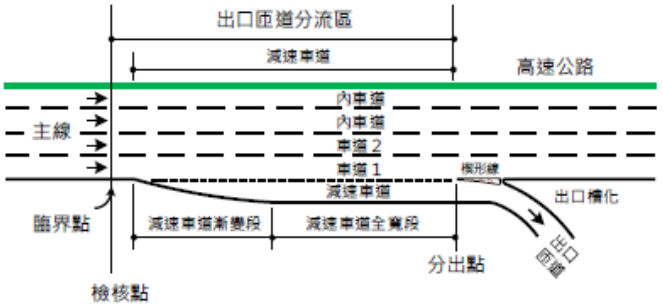
*依目前匝道幾何型態所建議之估算式

算式編號	P_{FM}估算式
估算式 1	$P_{FM} = 1.00$
估算式 2	$P_{FM} = 0.6260 + 0.000087L_A - 0.000073v_R$
估算式 3	$P_{FM} = \frac{v_{12}}{v_F} = \frac{0.9809(v_{12}^U + v_R^U)}{(v_F^U + v_R^U)}$
估算式 4	$P_{FM} = 0.5581 + 0.000055L_A - 0.0000095v_R + 0.000042D_U$
估算式 5	$P_{FM} = 0.3263 + 0.000088L_A - 0.0000023v_R$

65

陸、模式建立及分析方法

六、出口匝道分析方法



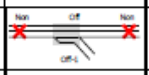
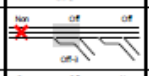
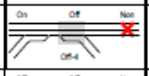
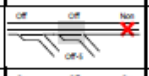
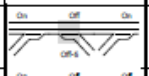
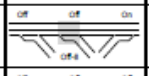
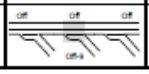
$$v_{12} = v_R + (v_F - v_R) P_{FD}$$
$$\text{i.e. } (v_{12} - v_R) = (v_F - v_R) P_{FD}$$

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

66

陸、模式建立及分析方法

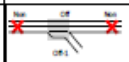
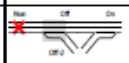
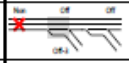
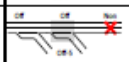
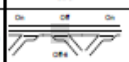
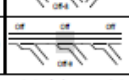
七、二車道分流區$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$模式值

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數(百分比%)	樣本地點數	模式分析地點數		地點		$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
Off-1		無	出口	無	13 (4.17%)	-	-	-	-	-	常數：1.00
Off-2		無	出口	進口	9 (2.88%)	-	-	-	-	-	常數：1.00
Off-3		無	出口	出口	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
Off-4		進口	出口	無	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
Off-5		出口	出口	無	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
Off-6		進口	出口	進口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X
Off-7		進口	出口	出口	1 (0.32%)	-	-	-	-	-	X
Off-8		出口	出口	進口	2 (0.64%)	-	-	-	-	-	X
Off-9		出口	出口	出口	0 (0%)	-	-	-	-	-	X

X：該地點數量少於分流區總數(312處)之1%

陸、模式建立及分析方法

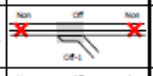
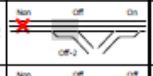
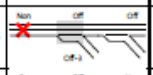
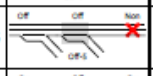
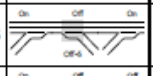
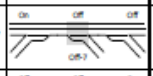
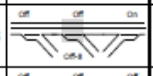
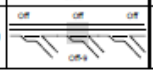
七、三車道分流區$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$模式值

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數(百分比%)	樣本地點數	模式分析地點數		地點		$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
Off-1		無	出口	無	106 (33.97%)	10	0	2		3S安坑 3N木柵	現場：無資料 VD：0.5484
Off-2		無	出口	進口	109 (34.94%)	14	1	7	1N錫分	1S錫竹 1N錫分 3S錫潭 3N錫潭 3S木柵 3S中和 1N中信	現場：0.5965 VD：0.6189
Off-3		無	出口	出口	8 (2.56%)	3	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-4		進口	出口	無	2 (0.64%)	0	0	0			X
Off-5		出口	出口	無	4 (1.28%)	0	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-6		進口	出口	進口	1 (0.32%)	0	0	0			X
Off-7		進口	出口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
Off-8		出口	出口	進口	6 (1.92%)	0	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-9		出口	出口	出口	0 (0%)	0	0	0			X

X：該地點數量少於分流區總數(312處)之1%

陸、模式建立及分析方法

七、四車道分流區$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$模式值

編號	匝道口類型	匝道位置			符合型態之地點個數 (百分比 %)	標準地點數	模式分析地點數		地點		$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$ 平均值
		上游	中間	下游			現場調查	VD	現場	VD	
Off-1		無	出口	無	8 (2.56%)	4	0	1		3S車林	現場：無資料 VD：0.3919
Off-2		無	出口	進口	13 (4.17%)	5	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-3		無	出口	出口	5 (1.6%)	4	0	1		3N華亞	現場：無資料 VD：0.3883
Off-4		進口	出口	無	1 (0.32%)	0	0	0			X
Off-5		出口	出口	無	0 (0%)	0	0	0			X
Off-6		進口	出口	進口	0 (0%)	0	0	0			X
Off-7		進口	出口	出口	0 (0%)	0	0	0			X
Off-8		出口	出口	進口	4 (1.28%)	0	0	0			現場：無資料 VD：無資料
Off-9		出口	出口	出口	0 (0%)	0	0	0			X

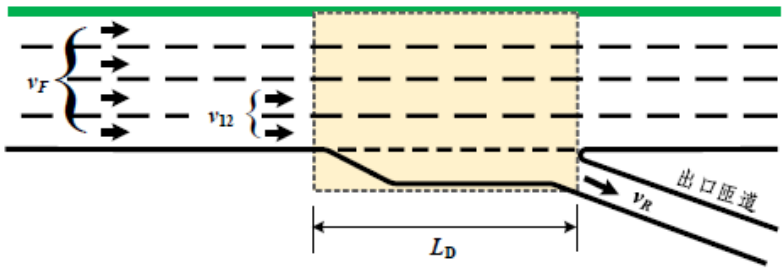
X：該地點數量少於分流區總數(312處)之1%

69

陸、模式建立及分析方法

八、分流區P_{FD}校估結果(1)

- 分流區P_{FD}校估考慮的變數項目
  - V_F：分流區上游之主線總流率（小車/小時）
  - V_R：出口匝道流率（小車/小時）
  - L_D：減速車道長度（公尺）



70

陸、模式建立及分析方法

八、分流區P_{FD}校估結果(2)

因地點數量不足，故參考美國HCM之方法，將Off-1與Off-2合併分析

- (Off-1, Off-2)三車道分流區 - VD資料

交流道	型態	$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$關係式	減速車道長度(m)	匝道車道數
3S安坑	Non-Off-Non	$v_{12}-v_R=0.5523(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9560$)	200	1
3N永福	Non-Off-Non	$v_{12}-v_R=0.5449(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9760$)	200	1
1S路竹	Non-Off-On	$v_{12}-v_R=0.5746(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9867$)	620	2
1N頭份	Non-Off-On	$v_{12}-v_R=0.6315(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9811$)	470	1
3S龍潭	Non-Off-On	$v_{12}-v_R=0.5285(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9733$)	240	1
3N龍潭	Non-Off-On	$v_{12}-v_R=0.7292(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9922$)	170	1
3S永福	Non-Off-On	$v_{12}-v_R=0.4580(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9307$)	220	1
3S中和	Non-Off-On	$v_{12}-v_R=0.4674(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9658$)	150	1
1N中壢	Non-Off-On	$v_{12}-v_R=0.5941(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9598$)	150	1

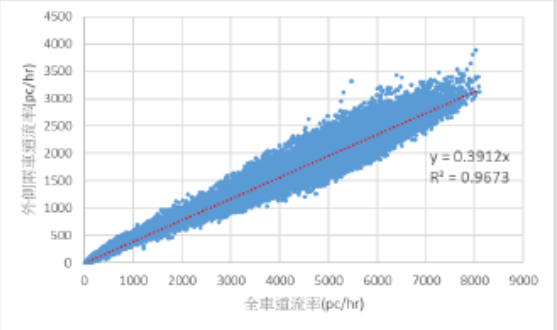
模式	Cons	v_F	v_R	L_D	R^2
1 (t值)	0.7339 (1891)	0.000017 (112.5)	-0.000255 (-661.7)	-0.000286 (-327.7)	0.9898
2 (t值)	0.6758 (1641)	0.0000035 (18.44)	-0.000208 (-481.9)		0.9928
3 (t值)	0.7605 (2409)		-0.000220 (-751.6)	-0.000249 (-301.2)	0.9925
4 (t值)	0.6824 (3252)		-0.000201 (-591.8)		0.9898

陸、模式建立及分析方法

八、分流區P_{FD}校估結果(3)

- (Off-1, Off-3)四車道分流區 - VD資料

交流道	分流區型態	$(v_{12}-v_R)/(v_F-v_R)$關係式
3S樹林	Non-Off-Non	$v_{12}-v_R=0.3919(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9518$)
3N草屯	Non-Off-Off	$v_{12}-v_R=0.3883(v_F-v_R)$ ($R^2=0.9806$)



因可供分析之地點數量不足，故參考美國HCM之方法，四車道分流區不受鄰近匝道及車流量所影響

$P_{FD} = 0.3912$ ($R^2 = 0.9673$)

陸、模式建立及分析方法

八、分流區P_{FD}校估結果(4)

- 分流區P_{FD}估計模式表

編號	匝道口類型	二車道	三車道	四車道
Off-1	Non-Off-Non	估算式 6	估算式 7	估算式 8
Off-2	Non-Off-On	估算式 6	估算式 7	估算式 8*
Off-3	Non-Off-Off	估算式 6	估算式 7*	估算式 8
Off-4	On-Off-Non	估算式 6	估算式 7*	估算式 8*
Off-5	Off-Off-Non	估算式 6	估算式 7*	估算式 8*
Off-6	On-Off-On	估算式 6	估算式 7*	估算式 8*
Off-7	On-Off-Off	估算式 6	估算式 7*	估算式 8*
Off-8	Off-Off-On	估算式 6	估算式 7*	估算式 8*
Off-9	Off-Off-Off	估算式 6	估算式 7*	估算式 8*

*依目前匝道幾何型態所建議之估算式

算式編號	P_{FD}估算式
估算式 6	$P_{FD} = 1.00$
估算式 7	$P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035v_F - 0.000208v_R$
估算式 8	$P_{FD} = 0.3912$

73

柒、結論

74

柒、結論(1)

1. 採用無人機進行現場調查，透過電腦視覺技術分析影像，整理出不同斷面位置的車流特性資料

2. 進出口匝道分匯流區的分析方法可歸納為美國法(HCM 2016)、德國法 (HBS 2016)、臺灣法 (THCM 2011)。考慮國內的車流特性以及使用單位的使用習慣，建議參考美國法為本研究的分析方法。

75

柒、結論(2)

3. 進口匯流區之車流分析及模式建立
   - 主線車道數為3車道時：
     - 獨立匝道匯流區的外側兩車道使用，主要受加速車道長度及匝道流率所影響（參考進口匝道類型 On-1）
     - 如上游有一鄰近出口匝道，會導致分析匯流區的外側兩車道使用比例下降（參考進口匝道類型 On-5、On-8、On-9）
     - 如上游有一鄰近進口匝道，會導致分析匯流區的外側兩車道使用比例上升（參考進口匝道類型 On-4、On-6、On-7），**此發現與US HCM 的模式有所不同。**
     - 下游有一鄰近出口匝道、下游有一鄰近進口匝道，國內符合的地點數較少，無足夠資料可判斷是否有影響
   - 主線車道數為4車道時：
     - 外側兩車道使用比例，主要受加速車道長度及匝道流率所影響，較不收上游、下游鄰近匝道所影響。

76

柒、結論(3)

4. 出口分流區之車流分析及模式建立
   - 主線車道數為3車道時：
     - 非下匝道車流使用外側兩車道的比例主要受主線上游之車流率及出口匝道之車流率所影響，較不受上游、下游鄰近匝道所影響。
   - 主線車道數為4車道時：
     - 非下匝道車流使用外側兩車道的比例約為固定值，不受車流及鄰近匝道因素之影響。

77

簡報結束，感謝指教

78

ISBN 978-986-531-334-0

GPN：1011001110
定價 650 元