

100-78-1292
MOTC-IOT-99-PEB002

高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量及車流特性研究 (1/3)

著者：林國顯、蘇振維、鄭嘉盈、呂怡青、林豐博、曾平毅
翁儷萍、梁嫚芸、楊信毅、曾文翰

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目資料

高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量
及車流特性研究(1/3)/林國顯等著. --
初版. --臺北市：交通部運研所，民 100. 04.
面；公分
參考書目：面
ISBN 978-986-02-4744-2（平裝）

1. 交通工程 2. 運輸工程 3. 運輸管理

000.00000

00000000

高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量及車流特性研究(1/3)

著者：林國顯等

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 100 年 5 月

印刷者：群彩股份有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：100 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 1 樓・電話：(02)25180207

GPN：1010001081

ISBN：978-986-02-7986-3(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

出版品名稱：高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量及車流特性研究(1/3)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-02-7986-3(平裝)	政府出版品統一編號 1010001081	運輸研究所出版品編號 100-78-1292	計畫編號 99-PEB002
本所主辦單位：運輸計畫組 主管：蘇振維 計畫主持人：蘇振維 研究人員：鄭嘉盈、張舜淵 聯絡電話：(02)23486808 傳真號碼：(02)25450428		合作研究單位：中華民國運輸學會 計畫主持人：林豐博、曾平毅 研究人員：翁儷萍、梁嫻芸、楊信毅、曾文翰 地址：333 桃園縣龜山鄉大崗村樹人路 56 號 聯絡電話：(03)3282321ext 4619 傳真號碼：(03)3979166	
研究期間 自 99 年 2 月 至 99 年 11 月			
關鍵詞：容量，CO ₂ 排放，耗油模式，公路容量分析，模擬模式，收費站，坡度車流特性。			
<p>摘要：</p> <p>本所於 2010 年開始進行一為期三年（民國 99 年～101 年）的研究計畫，發展高速公路收費站、公路隧道及公路坡度路段之容量分析方法。本計畫為第一階段工作，其目的為：</p> <p>(1) 發展一改良的高速公路收費站容量分析工具，並用於修訂 2001 年臺灣地區公路容量手冊之第八章；(2) 探討國一高速公路三義坡度路段之車流，以提出未來對於公路坡度路段之研究方針。為了達到這些目的，本計畫執行以下工作：</p> <p>(1) 蒐集國一、國三及國五等高速公路之大、小型收費站的車流型態、收費亭之容量及收費車道之使用特性；(2) 利用現場資料微調與校估收費站模擬 (Toll Plaza Simulation, TPS) 模式；(3) 利用本所之耗油與空氣污染實驗資料建立估計模式；(4) 發展與改良分析收費站容量之方法論；(5) 修訂 2001 年公路容量手冊之第八章；(6) 修訂 TPS 使用者手冊；(7) 蒐集三義坡度路段之自由旅行速率資料並用於校估與驗證大車速率模擬(Truck Speed Simulation, TSS) 模式；及(8) 利用高公局之偵測器資料分析三義坡度路段之流率與速率關係，並提出對於未來研究坡度路段之方針。本年期的計畫所發展之模擬軟體 (TPS-v2.exe 及 TSS-v1.exe) 將放置在本所之網頁，可免費下載。本報告說明了第一年期工作之各項研究成果。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
100 年 5 月	322	100	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。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Traffic Flow Characteristics of Toll Plazas, Tunnels, and Upgrade Segments on Freeways and other Roadways (1/3)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-02-7986-3(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010001081	IOT SERIAL NUMBER 100-78-1292	PROJECT NUMBER 99-PEB002
DIVISION: Planning Division DIVISION DIRECTOR: Cheng-Wei, Su PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng-Wei, Su PROJECT STAFF: Chia-Ying Cheng, Shuenn-Yuan Chang PHONE: 886-2-23486808 FAX: 886-2-23450428			PROJECT PERIOD FROM February 2010 TO November 2010
RESEARCH AGENCY: Institute of Transportation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Feng-Bor Lin and Pin-Yi Tseng PROJECT STAFF: Li-Ping Wong, Man-Yun Liang, Hsin-Yi Yang, Wen-Han Tseng ADDRESS: 56 Shuhren Rd., Dahgang, Kueishan, Taoyuan, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-3-3282321 ext. 4619 FAX: 886-3-3929166			
KEY WORDS: Capacity, carbon dioxide emission, fuel consumption model, highway capacity analysis, simulation model, toll plaza, traffic flow characteristics on grades.			
ABSTRACT : In 2010 the Institute of Transportation (IOT), Ministry of Transportation and Communications, initiated a three-year research project to develop methodologies for capacity analysis of toll plazas, highway tunnels, and highway grade segments. The objectives of the first phase of this research project are: (1) to develop an improved tool for capacity analysis of freeway toll plazas and use the results to revise Chapter 8 of the <i>Year 2001 Taiwan Area Highway Capacity Manual</i> , and (2) to explore the characteristics of traffic flows on San-Yi grade segment located on National Highway 1 for the purpose of setting a direction for future research. To achieve these objectives, the research team carries out the following tasks: (1) collect data from several large and small toll plazas on National Highway 1, 3, and 5 to reveal traffic patterns, capacities of toll lanes, and characteristics of toll-lane utilization; (2) use field data to calibrate and revise the Toll Plaza Simulation (TPS) model; (3) use data provided by IOT to develop a model for estimating fuel consumption and carbon dioxide emission; (4) develop an improved methodology for capacity analysis of toll plazas; (5) revise Chapter 8 of the Year 2001 manual; (6) revise the <i>TPS User Manual</i> ; (7) collect free-flow speed data on San-Yi grade segment and use the data to calibrate and validate the Truck Speed Simulation (TSS) Model; and (8) Use data provided by the Bureau of Freeways to examine the speed-flow relationships on San-Yi grade segment and recommend a direction for future research. Simulation software (Tps-v2.exe and TSS-V1.exe) developed in this phase of research will be posted at IOT's Website for free download. This report documents the findings of phase 1 research.			
DATE OF PUBLICATION MAY 2011	NUMBER OF PAGES 322	PRICE 100	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
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 計畫背景及目的	1
1.2 研究對象	2
1.3 工作項目及執行方式	2
1.4 報告內容	3

第二章 文獻回顧

2.1 收費目的	2
2.2 收費方法	9
2.3 收費孔道容量	13
2.4 收費站作業之分析	16

第三章 收費站資料蒐集、分析及應用

3.1 工作重點	25
3.2 車流型態	25
3.2.1 汐止收費站	26
3.2.2 泰山收費站	28
3.2.3 樹林收費站	31
3.2.4 頭城收費站	34
3.2.5 小結	38
3.3 收費站減速區進口自由速率	39
3.4 電子收費（ETC）車道自由速率	41
3.5 收費車道服務時間	42
3.5.1 回數票車道服務時間	42
3.2.1 電子收費（ETC 車道服務時間）	44
3.2.1 小車找零車道之服務時間	46
3.2.1 大車找零車道之服務時間	46
3.2.1 地磅站服務時間	47

3.6 車輛耗油率(Fuel Consumption Rate)及廢氣排放(Emissions)率	49
3.6.1 瞬間耗油率及排放率之一般特性	51
3.6.2 怠速 (Idling) 狀況耗油率	26
3.6.3 穩定速率狀況耗油率	55
3.6.4 加減速耗油率	58
3.6.5 後續油耗率及排放率之研究方針	66
第四章 TPS 模式之改良及微調	69
4.1 變換車道之邏輯	69
4.2 減速區進口自由速率	69
4.3 電子收費車道之自由速率	70
4.4 收費車道服務時間	70
4.4.1 小車回數票孔道服務時間及容量	70
4.4.2 電子收費車道道服務時間及容量	72
4.4.3 小車找零孔道服務時間及容量	75
4.4.4 大車找零孔道之服務時間及容量	78
4.4.5 地磅站之服務時間及容量	80
4.5 耗油量及 CO ₂ 排氣量之估計	81
4.5.1 耗油量之估計	81
4.5.2 CO ₂ 排氣量之估計	81
第五章 容量手冊第八章「收費站」之修訂	85
5.1 交通特性	85
5.1.1 一般性交通特性	85
5.1.2 減速區進口自由速率及電子收費車道自由速率	90
5.2 收費車道服務時間及容量	90
5.3 地磅站服務時間及容量	92
5.4 簡化分析法	92
5.5 地磅站作業資料	104
5.6 耗油量及 CO ₂ 排放量之估計方法	104
第六章 高速公路三義坡度路段車流特性之調查及分析	107

6.1 背景	107
6.2 自由速率特性	107
6.3 TRUCKSPEED 模擬模式	112
6.3.1 TSS 模式之理論基礎	112
6.3.2 模擬之加減速行為	114
6.3.3 TSS 模式之測試及應用	115
6.4 坡度路段之車流特性	123
6.4.1 坡度對小車車流之影響	123
6.4.2 坡度對大車及混合車種之車流的影響	123
6.4.3 車流之車道分布	126
6.4.4 車種組成之特性	130
6.5 後續研究之方針	132
第七章 結論與建議	135
7.1 結論	135
7.2 建議	136
參考文獻	137
附錄 A 99 年高速公路收費站交通量資料	A-1
附錄 B 99 年高速公路收費站減速區自由速率資料	B-1
附錄 C 99 年高速公路收費站 ETC 車道自由速率資料	C-1
附錄 D 99 年收費站小車回數票服務時間資料	D-1
附錄 E 99 年收費站 ETC 服務時間資料	E-1
附錄 F 99 年收費站小車找零/回數票服務時間資料	F-1
附錄 G 99 年收費站大車找零車道服務時間資料	G-1
附錄 H 99 年收費站地磅站服務時間資料	H-1
附錄 I 公路容量手冊第八章高速公路收費站修訂版	I-1
附錄 J TPS 收費站模擬模式第二版使用者手冊	J-1
附錄 K 99 年期中座談會會議記錄	K-1
附錄 L 99 年期末審查會議之意見與回應說明	L-1
附錄 M 99 期末審查會議簡報資料	M-1

圖目錄

圖 2-1	標準化之服務時間累積機率分配圖	16
圖 3-1	汐止收費站北上全天車流型態	26
圖 3-2	泰山收費站北上全天車流型態	28
圖 3-3	泰山收費站南下全天車流型態	29
圖 3-4	樹林收費站北上全天車流型態	32
圖 3-5	樹林收費站南下全天車流型態	32
圖 3-6	頭城收費站北上全天車流型態	35
圖 3-7	頭城收費站南下全天車流型態	36
圖 3-8	小車在減速區起點之平均自由速率	39
圖 3-9	小車在減速區起點正常化自由速率之分布	40
圖 3-10	ETC 車道車輛正常化自由速率之分布	42
圖 3-11	小車回數票正常化服務時間之分布	43
圖 3-12	ETC 車道流率及速率關係示意圖	45
圖 3-13	ETC 車道服務時間之分布	45
圖 3-14	地磅站正常化服務時間之分布	47
圖 3-15	大車正常化車重累積分布	49
圖 3-16	快速公路上 B 車之速率與耗油率	52
圖 3-17	快速公路上 B 車之速率與 CO 排放	52
圖 3-18	快速公路上 B 車之速率與 THC 排放	53
圖 3-19	快速公路上 B 車之速率與 NO _x 排放	53
圖 3-20	怠速狀況下耗油率之變化	55
圖 3-21	B 車穩定速率與耗油率之變化樣本	56
圖 3-22	C 車穩定速率與耗油率之變化樣本	57
圖 3-23	B 車及 C 車穩定速率行進 1 公里之耗油量	57
圖 3-24	C 車持續加速瞬間速率及耗油量之變化樣本	58
圖 3-25	C 車持續減速時瞬間速率及耗油量之變化樣本	59
圖 3-26	瞬間速率與耗油率之關係	60

圖 3-27	加速率與瞬間耗油率之關係	60
圖 3-28	B 車加速期間耗油量增加值	63
圖 3-29	C 車加速期間耗油量增加值	63
圖 3-30	B 車減速期間耗油量增加值	64
圖 3-31	C 車減速期間耗油量增加值	64
圖 4-1	回數票小車收費車道服務時間之分布	73
圖 4-2	舊版 TPS 模式之電子收費車道服務時間之分布與現場分布之比較	74
圖 4-3	新版 TPS 模式之電子收費車道服務時間之分布與現場分布之比較	75
圖 4-4	小車找零服務時間之模擬及現場分布	77
圖 4-5	大車回數票服務時間之模擬及現場分布	79
圖 5-1	泰山收費站南下全天車流型態	86
圖 5-2	頭城收費站北上全天車流型態	86
圖 5-3	尖峰小時流量與尖峰小時係數之關係	88
圖 5-4	回數票及找零共用之小車車道及大車車道之容量(TPS 模式模擬值)	91
圖 5-5	小車電子收費及找零車道上模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較	99
圖 5-6	小車找零/回數票車道及大車找零/回數票車道上模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較	99
圖 5-7	小車回數票車道上模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較	100
圖 5-8	分析時段為 0.25 小時之模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較	100
圖 5-9	分析時段為 0.75 小時之模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較	101
圖 5-10	車道數對找零小車車道之平均延滯的影響	102
圖 5-11	車道數對小車及回數票車道之平均延滯的影響	102
圖 5-12	車道數對電子收費車道之平均延滯的影響	103

圖 5-13 找零車道上路段延滯與停等延滯之關係	105
圖 5-14 電子收費車道上路段延滯與停等延滯之關係	105
圖 5-15 回數票收費車道上路段延滯與停等延滯之關係	106
圖 5-16 找零/回數票收費車道上路段延滯與停等延滯之關係	106
圖 6-1 三義坡度路段之縱斷面圖	108
圖 6-2 北上 153K+123 錄影資料顯示之內車道流率與速率關係	108
圖 6-3 外車道大車自由速率隨地點之變化	111
圖 6-4 大車與小車平均自由速率之比較	111
圖 6-5 TSS 模式之一應用：估計大車在坡度路段速率變化之特性 (三義路段)	122
圖 6-6 坡度對小車車流之影響	124
圖 6-7 平坦路段上小車流率與速率關係之差異	124
圖 6-8 坡度對純大車車流之流速與速率關係的影響	125
圖 6-9 大車比例對流率與速率關係之影響	126
圖 6-9 大車比例對流率與速率關係之影響	126
圖 6-10 車道位置對流率與速率關係之影響	127
圖 6-11 最內側兩車道的流率比較 (156K+010 處)	127
圖 6-12 速率隨車道位置之變異 (156K+010, 平坦地點)	128
圖 6-13 速率隨車道位置之變異 (153K+480, 坡度 4.84%)	128
圖 6-14 密度隨車道位置之變異 (156K+010, 平坦地點)	129
圖 6-15 密度隨車道位置之變異 (153K+480, 坡度 4.84%)	129
圖 6-16 不同車道小車比例之變化 (153K+480, 坡度：4.84%)	131
圖 6-17 不同車道小車比例之變化 (156K+010, 平坦路段)	131

表目錄

表 2.1	單一車種之平均服務時間	15
表 2.2	天候良好狀況下收費車道之容量	15
表 2.3	收費站服務水準劃分標準	17
表 2.4	Canadian Capacity Guide 所估計 2001 年綜合車輛在穩定 速率下每 100 公尺行車距離之耗油量及排氣量	22
表 2.5	Canadian Capacity Guide 所估計 2001 年綜合車輛從穩定速率 減速停車然後加速回到原來穩定速率所增加之耗油量及排氣量	22
表 3.1	汐止收費站北上車流之狀況	27
表 3.2	汐止收費站北上收費車道使用百分比	27
表 3.3	泰山收費站北上車流之狀況	29
表 3.4	泰山收費站南下車流之狀況	30
表 3.5	泰山收費站北上收費車道使用百分比	30
表 3.6	泰山收費站南下收費車道使用百分比	31
表 3.7	樹林收費站北上車流之狀況	33
表 3.8	樹林收費站南下車流之狀況	33
表 3.9	樹林收費站北上收費車道使用百分比	34
表 3.10	樹林收費站南下收費車道使用百分比	34
表 3.11	頭城收費站北上車流之狀況	36
表 3.12	頭城收費站南下車流之狀況	36
表 3.13	頭城收費站北上收費車道使用百分比	37
表 3.14	頭城收費站南下收費車道使用百分比	38
表 3.15	ETC 車道車輛之自由速率	41
表 3.16	小車回數票車道服務時間特性	43
表 3.17	ETC 車道之平均服務時間及容量	44
表 3.18	找零收費車道之小車服務時間	46
表 3.19	找零收費車道之大車服務時間	46
表 3.20	地磅站之平均服務時間及容量	47

表 3.21 高速公路通過地磅站大車之平均重量及標準差	48
表 3.22 臺灣 ARTC 實驗室車輛瞬間速率、加速率、耗油率及排氣 樣本	50
表 3.23 B 車及 C 車規格	51
表 4.1 回數票小車收費車道付費後加速率調整係數與容量模擬值之 關係	73
表 4.2 式 4.4 及式 4.5 中間距調整係數 β_1 及 β_2 與電子收費車道容 量模擬值的關係	74
表 4.3 小車找零孔道之容量及付費方式之比例	75
表 4.4 只有找零小車時收費車道之容量	76
表 4.5 小車找零平均付費時間與容量模擬值之關係	76
表 4.6 找零小車收費車道在不同跟車狀況時之平均服務時間	77
表 4.7 小車找零孔道在混合收費方式下之現場及模擬容量值	78
表 4.8 只有回數票大車時收費車道之容量	78
表 4.9 回數票大車收費車道付費後加速率調整係數	79
表 4.10 只有找零大車時收費車道容量模擬值與輸入平均付費時間 的關係	80
表 4.11 大車找零孔道在混合收費方式下之現場及模擬容量值	80
表 4.12 地磅站容量模擬值	81
表 5.1 尖峰流量係數及方向係數	87
表 5.2 尖峰小時及全天車流之車種組成	87
表 5.3 假日尖峰小時中收費車道之使用率(%)	89
表 5.4 平常日尖峰小時中收費車道之使用率(%)	89
表 5.5 全天車流中 ETC 車輛占總車輛之百分比(%)	89
表 5.6 收費車道之服務時間及容量特性	91
表 5.7 找零及回數票共用車道之代表性服務時間	92
表 5.8 式 5.6 及 5.7 之 T_k 值	96
表 5.9 式 5.6 之 β_1 及 β_2 適用值	97
表 5.10 式 5.6 之 f 係數調整值($n_k \geq 2$)	103
表 6.1 三義坡度自由速率調查地點及坡度	109

表 6.2	三義坡度路段平均自由速率調查值	109
表 6.3	車輛測試中心 2003~2007 年合格發證之大車質量上限及馬力	116
表 6.4	TSS 模式輸入檔樣本	116
表 6.5	TSS 模擬模式輸出之樣本	118
表 6.6	現場平均自由速率與模擬值之比較	121
表 6.7	2001 年容量手冊劃分高速公路基本路段服務水準之標準	130

第一章 緒 論

1.1 計畫背景及目的

交通部運輸研究所(以下簡稱本所)正逐步修訂「2001 年臺灣地區公路容量手冊」[1]。最近幾年的修訂工作對象包括：第十一章多車道郊區公路[2]、第十三章市區號誌化路口[3]、第十六章都市幹道[4]、第十七章市區公車[5]及第十八章機車專用道[6]。為了達到公路容量分析方法本土化的理想，並且提供交通界規劃、設計及運作交通設施所需之參考資料，本所決定在民國 99 到 101 年（2010 到 2012 年）期間探討收費站、坡度路段、隧道及二車道郊區公路之作業特性。本計畫為第一期工作，其研究對象主要包括國道 1 號、3 號及 5 號上之收費站及國道 1 號在三義之坡度路段。

臺灣國道 1 號、3 號及 5 號公路設有收費站，這些收費站皆設有傳統的收費孔道及收費亭。絕大多數的國道收費站皆設在主線，因此收費站之作業對高速公路之服務水準有相當大的影響。2001 年容量手冊第八章已提供一分析方法及「收費站模擬模式(Toll Plaza Simulation Model, 簡稱 TPS Model)」來分析收費站之作業。但該章沒有國道電子收費作業特性的資料。民國 95 年 2 月 10 日起，臺灣的高速公路收費站開始使用電子收費，而且其他收費孔道之作業方式也有變更，因此第八章沒有可靠的資料來分析目前的收費站作業。第八章的現場資料也很有限，TPS 模式也沒有估計油耗量及空氣汙染之功能，因此第八章須加以修訂。

至於坡度路段，本所只有在民國 84 年時在國道 1 號三義之上坡路段蒐集了一些資料[7]，但那些資料不夠用來建立分析坡度路段交通作業方法。有關其他公路設施(如市區地下道、二車道公路及多車道公路)上坡路段交通特性的資料更缺乏。因此坡度路段之分析為臺灣公路容量手冊之一大弱點。

1.2 研究對象

為了修訂容量手冊之需要，本計畫必須蒐集有關收費站及坡度路段交通特性之資料。基於資源之限制，本計畫之收費站研究對象包括下列 5 個收費站：

國道 1 號

泰山收費站：大型收費站

楊梅收費站：中型收費站

后里收費站：中型收費站

汐止收費站：小型收費站

國道 3 號

樹林收費站：大型收費站

國道 5 號

頭城收費站：小型收費站；高休閒旅次

國道 1 號及 3 號之 5 個收費站中，泰山收費站、汐止收費站及樹林收費站用來仔細探討大、小型收費孔道之服務時間及相關車流特性。其他收費站只用於探討高速公路車流進入收費站減速區時自由速率與減速區長度之關係。頭城收費站之車流因偏於休閒性質，而且靠近雪山隧道，因此其交通作業之特性可能異於國道 1 號上之收費站。本計畫亦仔細探討此收費站之作業特性。

臺灣國道上只有在三義附近之坡度有相當顯著之坡長及坡度。其他非國道公路，尤其是郊區二車道公路，通過山坡之路段相當多。根據本所之要求，本計畫先探討國道 1 號三義坡度路段之交通特性。下一期工作將進一步在其他高速公路、快速公路二車道及多車道公路上蒐集資料。

1.3 工作項目及執行方式

本計畫之工作包括下列項目：

- (1) 收費系統之文獻回顧。

- (2) 收費站收費及交通特性之調查及整理。
- (3) 三義坡度路段交通特性之調查及整理。
- (4) 利用現場資料微調並改良 TPS 模式。
- (5) 修訂容量手冊分析收費站之方法。

因為本計畫之重點在於收費站之作業，而且有關坡度之研討工作將在第二期及第三期繼續進行，所以本計畫文獻回顧之工作只討論收費系統之作業。TPS 模式除了須根據現場收費時間及其他車流加以微調之外，也須將模擬功能擴展，來估計耗油量及污染排氣量。

1.4 報告內容

本報告第二章的文獻回顧描述國內外公路收費之方式、收費站容量及分析收費站作業之方法。第三章的一重點在於討論國道高速公路上收費站的作業特性，另一重點在於說明一估計車輛耗油量及污染排放量的估計模式。第四章說明 TPS 模式之微調及測試。第五章說明修訂容量手冊之重點。第六章根據三義爬坡路段現場資料，探討一估計大車自由速率的一模擬模式。第七章歸納本計畫之研究成果及建議。而公路容量手冊第八章及 TPS 模式使用者手冊之修訂版，列於本報告之附錄中。

第二章 文獻回顧

本計畫之研究重點在於高速公路收費站之交通作業特性及分析。但是世界各國之公路收費系統還在持續演變中，所以本章亦描述各種收費系統之特點。

2.1 收費目的

公路設施之建設、運作及養護須要大量資金，因此在用路人須付費之原則下，世界各國常在特殊之公路設施上(如高速公路、快速公路、橋梁、隧道等)收費。臺灣在民國 99 年 4 月時，只有國道 1、3 及 5 號高速公路設有收費站。國 1 有 11 個收費站，其中月眉收費站設在匝道上，其他收費站為主線收費站。國 3 有 10 個主線收費站。國 5 則只有 1 主線收費站，位於在雪山隧道東南端附近之頭城。

如果所有收費站皆設在匝道上，或一收費公路之兩端點，則用路費可依據車輛之里程來收費。因為車輛對一公路之損壞程度隨車種(或車重及軸重)及里程而變，所以按照里程及車種收費是一比較公平的策略。相對而言，收費站若設在主線上，則兩收費站之間可能有數個匝道。在這種情形之下，用路人通過一收費站前後的里程可能不同，但須付同樣的過路費。因此主線收費站之收費難以達到公平之原則。此外，主線收費站很可能在大都會區附近造成嚴重塞車。

隨著人口及車輛之快速成長，市中心常有嚴重塞車之現象，連帶的造成空氣品質的惡化。為了鼓勵民眾使用大眾運輸，並且抑制市區車流，有些城市已開始對進入特定區域的車輛收費。新加坡是第一個實施這種壅塞費(Congestion toll or Congestion Charge)的城市。新加坡在 1975 年起開始使用人工收費之 Area Licensing System (ALS)(區域牌照系統)以限制車輛進入管制區[8,9]，並在 1988 年 9 月起採用 Electronic Road Pricing (ERP)之系統根據車流狀況彈性收費[8,9]。ALS 實施之後在 1988 年時將進入限制區之車流量降低了 31%，在同一期間內，市區之就業人口增加了 33%，車輛數則增加了 77%[8]。ERP

系統實施之後，進入市中心之車輛比 ALS 策略下之流量又低了 10~15%[8]。在 2008 年時，只要快速道路之平均速率維持在 45~60 公里/小時，其他主要道路之平均速率維持在 20~30 公里/小時，則使用這兩類公路之用路人不必付費。但新加坡政府可能將平均速率改為第 85 百分位(percentile)速率做為收費及不收費之界限。

其他城市也有收壅塞費之策略，例如英國之 Durham，義大利之 Rome 及 Milan, Norway 之 Trondheim, Oslo 及 Bergen [10,11]。但規模比較大而且比較受注意的策略實施在英國之 London 及瑞典之 Stockholm [10,12]。London 從 2003 年開始設立擁擠收費區(Congestion Charge Zone)，並用影像處理之牌照自動辨識(Automatic License Plate Recognition or ALPR)科技記錄進入收費區之車輛。此系統相當昂貴，光設備費就花了 1 億 8 仟萬英鎊。如加上作業及養護費，平均每年須花 1 億英鎊[10]。但這系統將尖峰之平均延滯降低了 30%，公車延滯及計程車費也各下降了 50%及 20~40%。

瑞典之 Stockholm 在 2006 年上半期測試擁擠費之策略，然後在 2007 年 8 月正式實施。此系統用無線射頻識別系統(Radio-frequency Identification, RFID)及 ALPR 之科技來辨識車輛。裝有異頻雷達收發器(transponder)之車輛可由 RFID 系統之讀取機(reader)辨識及記錄。沒有異頻雷達收發器之車輛則用牌照之影像來辨識。此策略實施之後，市區之流量減少了 18%，市中心之 CO₂ 排氣量也減少了 14~18 % [14]。

英國之 London 在 2008 年 4 月時更進一步設立低排氣區(Low Emission Zone)[15]。排氣高的車輛進入低排氣區必須每天付相當於美金 \$200~\$400 之污染費。此策略使用 ALPR 辨識車輛。

另一方面，美國有些機構已陸續建立高乘載收費(High Occupancy Toll, HOT)車道。設立這種車道之一原因是目前的高乘載車輛(High Occupancy Vehicle, HOV)車道常常車輛很少，但是在旁邊的其他車道則相當擁擠。因此 HOT 車道之構想是不僅讓高乘載車輛免費使用，也讓願意付費的人使用，以期提高整條公路之運作效率。根據這構

想，加州 Orange County 在 1995 年時首先在加州公路 SR91 設立 HOT 車道[16]。目前北美洲公路上之 HOT 車道總共約有 2,400 車道—英哩[17]，其中比較受注意的 HOT 公路包括[16,18]：

- 華盛頓州之州公路 SR167(北上 11 公里；南下 8 公里)
- 德州 Fort Worth 市北方之 North Tarrant Expressway(36 英哩長；造價約 20 億美元)
- 維吉尼亞州北部華盛頓外環之 Capital Beltway 之新設施(14 英哩長；造價約 19 億美元；2013 年通車)

HOT 車道的效益如何尚難定論，因為 HOT 車道之作業隨各公路所在地之人為因素、交通狀況、執法程度等條件而變化。實施 HOT 策略之一大難題是如何訂定費率以讓整條公路之作業效益達到最佳化[19]。費率太高時很少人會使用 HOT 車道，費率訂得太低，則 HOT 之壅塞程度可能與其他車道相近，因而失去了鼓勵高乘載之功能。以華盛頓州之州公路 SR167 為例，此公路上 HOT 車道之費率隨擁擠程度而變，最快可每分鐘調整一次以期 HOT 車道能維持接近自由旅行之狀況（流率不超過 1,600 輛/小時/車道）。在 2008 年五月通車後第一年 3 萬多單獨的駕駛員付了平均大約 1 美元以使用這些 HOT 車道[20]。但是相關之 HOT 車道流率很少超過 1,050 輛/小時/車道[21]，除了訂定費率的問題之外，HOT 車道也有與 HOV 車道相似之執法問題，其中一難於解決的問題是如何辨識高乘載車輛。目前唯一辨識高乘載車輛之方法是用人工觀察車內之人數，這種方法不太可靠而且除了花大筆經費設置執法場所之外，用路人及執法人員之安全也很有問題。所以美國有 10 州聯合展開一研究計畫以探討利用新科技來辨識高乘載車輛[17]。這計畫考慮路旁及車內之偵測系統，路旁偵測系統可利用近紅外線（波長 800nm~2,500nm）、熱紅外線（波長 3.5 μ m~20 μ m）、超寬頻雷達（>500MHz）、微波（300 MHz~300 GHz）等電磁波。但目前為止尚沒有可靠的路旁偵測儀器可以辨識車內人數。車內偵測器可利用空氣囊(airbag)、電波(electric field)、重量偵測器或

生物偵測(biometric)之相關科技。發展及運用車內偵測器可能比發展及運用路旁偵測器有效益[17]。

目前大多數國家之交通建設所需的財源來自稅收，如車輛購買稅、牌照稅、油料稅、財產稅、所得稅等。在這種用稅收建設交通設施(tax financing)之政策下，即使很少上公路的人也須負擔交通設施建設及保養之費用。比較公平的做法是改用使用者付費(user financing)之政策。因此歐美有幾個國家在最近 15 年來已陸續考慮改用使用者付費。

1995 年時比利時、丹麥、德國及盧森堡開始共同使用歐洲 Euro vignette 讓重達 12 噸以上之大型車在幾個國家的主要道路上通行。Euro vignette 是一小小貼在擋風玻璃之貼紙(sticker)以表明該車已付費，費率隨時間而變。荷蘭及瑞典也各在 1996 及 1997 年加入使用 Euro vignette 之會員國家[22]。

在 1999 年時，德國政府成立一 High Commission on Financing the Federal Transport 來探討建設交通設施所需資金之來源。這委員會建議逐步從使用一般性預算(budget)轉移為使用者付費[22]。在 2003 年 1 月德國政府決定使用高速公路(autobahns)之重車必須根據里程收費(mileage tolling)，此政策在 2005 年正式實施，但是只有 50%之里程收費的收入撥給公路建設之用，因此失掉了使用者付費之原則[22]。

因為使用者付費較公平而且有潛力成為交通管理之一有效工具，英國政府在 2004 年成立的 Commission for Integrated Transport 建議儘快從稅收付費(tax financing)轉移為使用者付費。但是在民眾反應不佳之情況下，英國政府沒有進一步推動使用者付費之政策。瑞典也在 2004 成立一委員會探討如何實行使用者付費之政策。到 2009 年為止，該委員會所考慮的替代方案皆太貴[22]。

美國在 2008 年 4 月開始展開經費達美金 16.5 百萬元之實驗以探討里程收費之作業。此實驗牽涉到 Texas (德州)、Maryland (馬里蘭州)、Idaho (愛達荷州)、North Carolina (北卡羅萊州)及 California (加州)的幾個城市[23]。目前 Netherlands (荷蘭)是使用者付費政

策走得最前進的國家。荷蘭在 2007 年決定全國實施里程收費[22,23]，費率將隨時間、地點及環境因素而改變。此政策將在 2011 年從貨運先開始執行，然後在 2016 年遍及所有車輛。

2.2 收費方法

傳統的收費方法用人工或自動投幣機(automatic coin machine)。在這種收費方式下，匝道收費站最少須有一收費孔道，而且人工收費也須在孔道旁設置收費亭。因為每小時能通過傳統性收費孔道的車輛數遠低於從上游移向收費站之車輛數，所以在主線上之大型收費站常有需要 20 幾個收費孔道之情形。

車輛通過傳統性收費之孔道之前必須停車或將速率降到幾乎停車之狀況，因此在尖峰時段內，傳統性收費站常有嚴重塞車之現象。為了改善收費站之交通作業，世界各國之交通機構已經普遍採用電子收費(Electronic Toll Collection，簡稱 ETC)。歐洲及美國各在 1987 及 1990 年開始使用 ETC[24]。日本也在 2001 年開始使用 ETC[25]。目前歐美及日本使用 ETC 付費的車輛常佔通過一收費站總車輛之 70% 以上。

ETC 利用 RFID 之科技來辨識車輛。每一車輛需裝置異頻雷達收發器(transponder)以接發資訊。收費孔道上則須裝置讀取器 (reader 或稱 antenna) 從異頻雷達收發器取得資訊。目前在美國普遍使用之公路 RFID 系統利用 915MHZ 附近(902~928 MHZ)之頻寬(frequency band)[24]。這種雷達頻率(radio frequency)之功能有限，其通訊距離通常只有 15~20 公尺(最多 90~100 公尺)，通訊率只有 500 Kbps，而且通訊沒有保安(security)之保障。

美國 915 MHZ 之 ETC 系統沒有單一通訊標準。不同製造儀器之廠商使用其特有之標準，另一些廠商則採用加州訂定 Title 21 之公開標準。通訊標準不一造成收費設備不能到處都可用(interoperability)。歐洲也有相似的困擾。

美國在 1999 年 10 月將 5.9 GHz(5.850~5.925 GHz)之頻寬開放給商業界及保安(security)機構使用於專用短距離無線通信系統(Dedicated Short Range Communications, DSRC)[26]。5.9 GHz DSRC 之通訊距離可達 1,000 公尺。通訊率最高為 2700 Kbps，而且資訊安全有保障[24]。所以 5.9 GHz DSRC 不僅可用於公車收費，也可提供其他智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)之應用（如警告駕駛員前面路況）。

日本及歐洲所採用的 ETC 利用 5.8 GHz 之頻寬[27]。這種 RFID 之通訊距離只有 10 公尺。日本將異頻雷達收發器(transponder)敏感度改善以增長通訊距離。但是異頻雷達收發器必須連接到車輛之電池(battery)。歐洲在 2008 年九月也將 5.9 GHz 附近之 30 MHz 之頻寬開放給 DSRC 之運用[28]。

一般廠商宣稱 ETC 的精確度達 99.99%。澳州 Melbourne（墨爾本市）用在 City Link Toll Road（22 公里長）之 ETC 系統的精確度達 99.9%[29]。在 2008 年時美國一廠商在丹佛市之 E-470 公路上測試 5.9 GHz DSRC 之收費系統。此公路有 5 個收費站。在 2008 年期間通過收費站之車輛中有 72%利用 ETC 付費，但現鈔付費已在 2009 年七月廢除。測試結果達到 100%之精確度[30]。

將來歐美國家之 ETC 系統可能會逐漸採用 5.9GHz DSRC。目前多數之 ETC 作業是將原有收費站之一些孔道改為 ETC 孔道，或 ETC 與現鈔收費共用孔道。但是因為行車安全之考量或 ETC 系統通訊率之限制，通過收費孔道之前車輛仍須大幅降低速率。例如美國東部普遍使用之 E-Z Pass 系統將收費孔道之速限訂為 5 英哩/小時(8 公里/小時)。

臺灣高速公路上 ETC 孔道之速限原訂為 40 公里/小時，但在民國 97 年時提高到 50 公里/小時。歐美國家有些收費站將 ETC 及現鈔作業實體分隔，讓 ETC 車道能使用專用車道以高速度通過收費站。

因為人工收費成本高而且交通作業效率低，所以歐美的交通機構已逐漸廢除收費站而改用開放式收費(open-road tolling)，這些收費方式只須在收費地點設立高架結構體(gantry)來架設車輛辨識儀器。車

輛可以正常之速率通過收費地點，因此不會造成交通瓶頸。開放式收費另一優點是在高工資之國家可降低收費成本。美國賓州 Pennsylvania Turnpike Authority 估計，完全採用自動收費之收費成本只有人工收費成本之 20%~25%[30]。North Carolina（北卡羅萊州）Turnpike Authority 在考慮新建收費公路應採用什麼收費系統時曾做詳細的財務分析，其結論是不設收費站時減少購買土地及建造收費站的費用，就可省下 6 千萬美金[31]。

完全用自動收費系統之一問題是有些車輛沒有異頻雷達收發器(transponder)，因此不能只依靠 RFID 之辨識系統。為了解決這問題，交通機構已普遍使用影像處理之牌照自動辨識(ALPR)之科技。ALPR 是英國 Police Scientific Development 在 1976 首創之產品[31,32]。此科技是利用影像處理辨讀車輛之牌照號碼。ALPR 系統之精確度隨許多因素而變，但廠商常表示其產品之精確度在 99% 以上。根據英國及北愛爾蘭利用 4,105 車輛之測試結果[33]，ALPR 能抓讀牌照而且正確辨識牌照號碼之精確度可達 97.02%。在抓得到之牌照中，沒有讀錯之百分比為 97.22%，如果容許讀錯一個字，則辨識率(recognition rate)增高到 99.46%。

瑞典之 Stockholm（斯德哥爾摩）在 2006 年上半期測試 ALPR 及異頻雷達收發器(transponder)合用之一收費系統[32]。測試結果發現 ALPR 之精確度達 96~97%。在下雪時，精確度降到 85%，但沒有被 ALPR 辨識之車輛仍可用人工閱讀牌照號碼。後來將錄影鏡頭隨時保持乾淨而且將 OCR(Optical Character Recognition)之演算法(algorithm)改良之後，ALPR 在不良天候狀況之精確度達 93%~94%。大部分不能辨讀的車輛來自國外，因為 ALPR 之精確度適合斯德哥爾摩擁擠收費(Congestion Charge)系統之需要，而且 ALPR 單獨使用比與異頻雷達收發器合用的成本低，所以斯德哥爾摩將異頻雷達收發器廢除不用。在理想的狀況下，美國新型 ALPR 系統一般的精確度在 90%~94% 左右，而舊的系統之精確度則只有 60%~80%[31]。

ALPR 及 RFID 科技不適用於大規模之公路收費。如果欲實施全

面性的公路收費，則極不可能在所有或大多數之公路裝 ALPR 及 RFID 所需之設備。目前較成熟之替代系統是利用全球導航衛星系統 (Global Navigation Satellite System，或簡稱 GNSS)。這種系統利用衛星接收到裝在車上接收器來估計車輛的位置。美國目前維持 24~32 個 GPS(Global Positioning System)之衛星。俄羅斯之 GLONASS 系統有 20 個在運轉，另 3 個在保養或備用[34]，其定位精確度在 100 公尺內[35]。歐洲聯盟國家也正在發展其 Galileo (伽利略) GNSS。此系統將有 33 個衛星 (3 個備用)，預期在 2014 年開始運轉[36]，其定位精度為 1 公尺。

美國軍方將民間所用之 GPS 訊號的精確度降低，但目前有幾套系統可改善訊號之精確度[37]。這些系統中用於公路及水路運輸之 National Differential GPS (NDGPS) 之定位精確度一般在 1~3 公尺之範圍。為了達到這精確度，美國在全國各地設立地面站(ground station)發播調整訊號，越接近地面站之地位精確度越高。目前美國正在改良 NDKPS。改良後之高精度 NDKPS 的精確度在 10~15 公分之範圍內。

GNSS 的訊號有時因隧道或高樓之存在而接收不到或被扭曲，因此實際定位的精確度隨地點而變。在英國倫敦及西班牙馬德里市區測試之結果顯示有 50%之機會精確度在 10 公尺之內[38]。新加坡之陸運局(Land Transport Authority)曾考慮應用 GNSS 收費以替代 ETC 收費，因此使用 10 輛汽車進行 GNSS 定位測試。該計畫發現在空曠地區 (如快速公路) 之定位精確度超過 90%，但在市區內之精確度只有 30%[23]。有些 GNSS 定位系統使用套圖(map matching)之技術來彌補衛星訊號之偏差，但這方法仍無法避免定位之錯誤[39]。

德國用在里程收費的系統是利用 GNSS[22,40]。美國還在測試中之里程收費系統也是利用 GNSS[23]，但是這系統只估計一車輛從一收費區進入另一區之時間，車輛之里程則從車上之里程表來記錄，其目的在於蒐集資料以將所收到之資金公平的分配到各收費區。Netherlands 之全國性里程之收費也將利用 GNSS[23]。

大規模使用 GNSS, ETC 或 ALPR 科技收費之系統相當貴。美國

隨油收稅之政策花在收稅作業之費用相當於稅收之 1.01%。比較之下，德國重車之里程收費系統花在收稅之費用相當於總收入之 20%，倫敦之擁擠費(congestion charge)系統的相關費用是總收入之 40%[41]。因此有些機構已在考慮使用到處都有的行動電話(cell phone or mobile phone)作為收費之工具。在 1996 年時美國之聯邦通訊委員會(Federal Communication Commission)規定行動電話服務之公司必須能知道打 911 緊急電話之行動電話的位置。如果利用 cell tower 找行動電話之位置，則 66%的行動電話定位之精確度必須在 100 公尺之內，此外，95%之行動電話定位之精確度必須在 300 公尺之內。如果用裝在行動電話之通訊軟體定位，則 66%之行動電話定位之精確度必須在 50 公尺之內，而且 99%之行動電話定位之精確度必須在 120 公尺之內[42]。這規定帶動不少有關行動電話定位之研究。絕大多數的研究重點在於探討利用行動電話蒐集有關車流之資料，如速率或旅行時間[43,44,45,46,47]。

行動電話定位可利用 GNSS，2008 年 11 月美國交通部及 Caltrans（加州交通部）撥款 12.4 百萬美元進行利用行動電話蒐集資料之計畫就是利用 GPS[46]。但是行動電話定位可不必依靠 GNSS，因為行動電話之位置可直接利用基地臺(cell tower)從行動電話收到之訊號去推估，也可以在行動電話上裝定位之軟體[42]。行動電話定位之精確度比 GPS 定位低，但其好處是定位系統之成本低，而且其訊號比較不容易受到干擾。瑞典在開始測試一利用行動電話定位來收費的系統。測試結果顯示該系統有高度精確度，且在有併行道路時，比 GPS 定位系統較不會誤判車輛所用之道路[48]。

2.3 收費孔道容量

收費站之作業特性受收費孔道容量、交通需求(traffic demand)、收費孔道之安排及其他許多因素之影響。收費孔道之容量又受駕駛人行為、收費方式、車種組成等因素之影響。因此，收費孔道之容量可

能隨地區或收費站而變。

美國 Transportation Research Board 之一研究[49]指出：

- (1)人工收費之平均孔道容量為 350 輛/小時。
- (2)使用自動投現機器，則平均孔道容量為 500 輛/小時。
- (3)人工、自動投現機器及電子收費混合孔道之平均容量為 700 輛/小時。
- (4)在傳統收費孔道之間，但電子收費專用的孔道平均容量可達 1,200 輛/小時。
- (5)如將電子收費及傳統收費之作業分開，並且讓車輛使用沒有護欄(barrier)之車道，則平均容量可達 1,800 輛/小時。

在個別收費站觀察到的容量常常異於前述之平均值。例如美國巴爾的摩(Baltimore)都會地區 2 個收費站觀察到的 ETC(平均速率為 16 公里/小時)及人工收費孔道容量大約各為 1,025 輛/小時及 408 輛/小時[50]。在美國佛羅里達州 4 個收費站蒐集到的資料顯示人工收費孔道的容量在 202~366 輛/小時之間，自動投現機收費孔道之容量為 350 輛/小時左右，估計的 ETC 孔道容量(速率為 35 小時/小時)則為 1,697 輛/小時[51]。Hatb 等人[52]指出即使同樣是現金付費，付費金額的大小及是否找零皆可影響收費孔道之容量。他們亦指出：(1)外側孔道有較長收費時間之機會比內側孔道高；(2)下午尖峰有較長收費時間之機會比上午尖峰高；(3)需求流率增高時，付費時間有減短之現象。其他文獻[49]亦指出電子收費孔道有柵欄(gate)時，收費時間會增加 1 到 1.5 秒，因而降低容量。

臺灣交通界對收費站容量之研究很有限。表 2.1 顯示 2001 年臺灣地區公路容量手冊第八章所列，在泰山收費站所觀測到之平均收費時間。根據泰山收費站之資料，更早期在民國 80 年出版之臺灣地區公路容量手冊[53]，及國外電子收費之資料[49]，2001 年之容量手冊建議參考如表 2.2 所示之容量來分析傳統收費孔道之作業。

表 2.1 單一車種之平均服務時間（秒/輛）

車種及車道型式	收費方式	
	回數票	找零
小型車車道	3.81	7.72
大型車車道		
聯結車	7.00	20.0 ¹
大貨車	8.75	11.2 ¹
大客車	6.70	13.1 ¹

1 樣本數小於 15，可能不具代表性。

資料來源：[1]。

表 2.2 天候良好狀況下收費車道之容量

車道型式	容量(輛/小時/車道)
小型車回數票車道 ¹	850 ~ 950
小型車找零車道	350 ~ 550
大型車車道 ²	420 ~ 530
電子收費車道 ³	1,800

1 不收現金

2 混合車種

3 只含小車；車速 ≥ 40 公里／小時

資料來源：[1]。

收費站之交通作業除了要考慮孔道之平均收費時間之外，也必須考慮個別車輛付費時間之分布。但是現有文獻很少討論收費時間之分布。根據 2001 年臺灣容量手冊，泰山收費站找零及回數票車輛之收費時間的分布如圖 2-1 所示。從此圖可知找零之個別收費時間在平均收費時間之 25%~210%之範圍。回數票收費時間則在平均收費時間之 50%~390%之間。

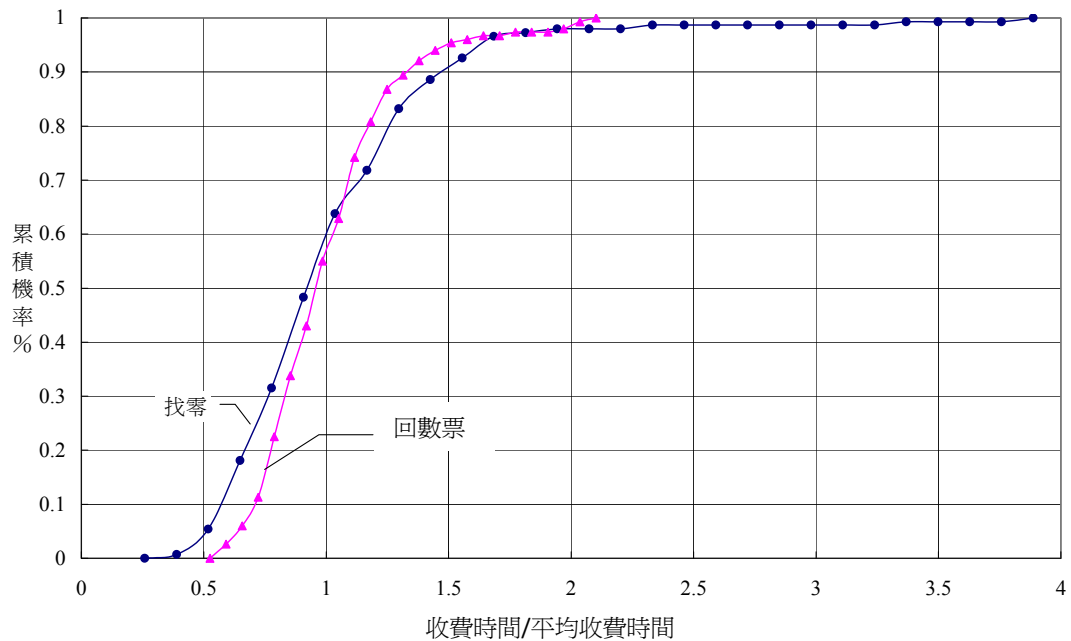


圖 2-1 標準化之服務時間累積機率分配圖

2.4 收費站作業之分析

收費站作業績效可從車輛延滯、平均旅行速率、耗油量(fuel consumption)及車輛排氣(vehicle emissions)等觀點來衡量。美國 2000 年的公路容量手冊沒有分析收費站之方法[69]。臺灣 2001 年手冊[1]第八章提供一分析方法及 TPS 模擬模式來協助分析。此手冊之分析方法只估計從收費站孔道離開之流率、車輛在收費孔道之停等延滯及車隊長度、通過地磅車輛之流率及平均延滯、及車輛在收費站加、減速區之平均旅行速率。臺灣 2001 年之手冊建議用平均延滯劃分收費站各收費孔道之服務水準。Klodzinski 及 Al-Deck[56]亦認為車輛延滯適用於評估收費站之服務水準，但是他們建議用第 85 百分位(85th percentile)的個別車輛延滯作為劃分服務水準之指標。表 2.3 顯示這兩人建議的劃分標準及臺灣 2001 年所採用之劃分標準。

影響收費站作業之因素相當多。這些因素包括交通需求之特性、收費孔道之容量及孔道之安排、加速及減速區之設置、及人為等因素。收費孔道之容量又受到車種組成及收費方式等因素的影響。因為這些影響因素的互動關係複雜，而且交通狀況及人為因素隨時間而變

表 2.4 收費站服務水準劃分標準

服務水準等級	績效指標值	
	平均延滯	第 85 百分位延滯
A	0 ~ 10	< 5
B	10.1 ~ 20	5 ~ 30
C	20.1 ~ 30	30 ~ 65
D	30.1 ~ 40	65 ~ 95
E	40.1 ~ 50	95 ~ 125
F	> 50	> 125

資料來源：平均延滯[1]，第 85 百分位延滯[56]。

，因此交通界常用模擬來估計收費站之作業績效[50,55,56,57,58,59,60,61,62]。這些模式中，TPS(Toll Plaza Simulation)模式[1]、TPASS(Toll Plaza Animation/Simulation System)[63]及 TPSIM(Toll Plaza Simulation)只能模擬收費站的作業。其他有些模式，如 VISSIM[65]、Paramics[66]、AIMSUN[67]及 GENTOPS(Generic Toll Plaza Simulation)模式[68]可將高速公路及收費站的作業作整合分析。

多數的模擬模式為微觀模式(microscopic model)，這種模式通常模擬在特定機率分布之下，個別車輛在每一瞬間的速率、加速率及所在地點。微觀模擬模式相當複雜，其應用牽涉到建立模擬路網與輸入檔之工作，這些工作相當耗費時間。因此 Lin[69,70]、Ozmen-Ertekin 等人[71]、Ceballos 及 Cudtis[72]、Zarrillo 及 Radwan[51]、Aycin 等人[55]皆建議使用簡單的分析性模式或巨觀(macroscopic)模擬模式來分析收費站的作業。

分析性模式的應用簡單，適合用於規劃及設計，但其所得估計的績效指標有限。根據一早期的研究[69]，臺灣 2001 年之手冊採用下列分析性模式估計收費孔道車輛之平均延滯：

$$D = \beta_1 + \frac{3600}{c} + 900T[x-1 + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{\beta_2 x}{cNT}}] \quad (2.1)$$

此式中，

D = 平均延滯 (秒/輛)；

c = 個別孔道之容量 (輛/小時)；

T = 分析時段 (小時)；

x = 需求流率與容量之比值；

N = 作業性質相同之收費孔道數；

β_1, β_2 = 隨收費孔道作業性質而變之係數。

如果 V_f 代表自由旅行速率 (公里/小時)，則式 2.1 中之 β_1 及 β_2 如下：

(1) 小型車回數票孔道

$$\beta_1 = -1.2 + 0.045V_f \quad (2.2a)$$

$$\beta_2 = 4.2 \quad (2.2b)$$

(2) 小型車找零孔道

$$\beta_1 = -2.0 + 0.050V_f \quad (2.3a)$$

$$\beta_2 = 3.8 \quad (2.3b)$$

(3) 大型車孔道 (混合車流及收費)

$$\beta_1 = -3.0 + 0.075V_f \quad (2.4a)$$

$$\beta_2 = 3.4 \quad (2.4b)$$

(4) 電子收費孔道

$$\beta_1 = -1.0 \quad (2.5a)$$

$$\beta_2 = 2.2 \quad (2.5b)$$

2001 年臺灣地區公路容量手冊編定之前，臺灣並沒有電子收費之作業。因此式 2.5a 之 β_1 及式 2.5b 之 β_2 如根據假設的電子收費特性。

Lin[70] 亦建議用下列與式 2.1 相似之模式估計平均延滯：

$$D = D_d + t_p + D_a + 900T \left[x - 1 + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{3.4Y}{cNT}} \right] \quad (2.6)$$

此式中，

D = 平均延滯 (秒/輛)；

D_d = 平均在減速區因減速所造成之延滯 (秒/輛)；

t_p = 平均收費時間 (秒/輛)；

D_a = 平均在孔道下游加速區因在加速其間之延滯 (秒/輛)；

T = 分析時段 (小時)；

x = 需求流率與容量之比值；

Y = 大車比例及 x 之函數；

N = 作業性質相同之收費孔道數；

c = 個別孔道之容量 (輛/小時)。

式 2.6 中之 D_d 可 D_a 分別估計如下：

$$D_1 = \frac{V_f}{2f} \quad (2.7)$$

$$D_a = P \frac{V_f - V_b}{2a_1} + (1 - P) \frac{V_f - V_b}{2a_2} \quad (2.8)$$

此兩式中，

V_f = 自由旅行速率 (公尺/秒)；

f = 平均減速率 (建議值：小車 2.4 公尺/秒²，大車 2 公尺/秒²)；

D = 大車比例；

V_b = 在收費孔道之平均速率 (公尺/秒)；

a_1 = 小車之加速率 (建議值：2.1 公尺/秒²)；

a_2 = 大車之加速率 (建議值：1.2 公尺/秒²)；

式 2.6 中之 Y 可估計如下：

(1) 如大車之比例在 5%~95% 之間，

$$Y = x - 0.2268(x - 0.85) + 0.889(x - 0.85)^2 \quad (2.9a)$$

(2) 如大車之比例小於 5% 或大於 95%，

$$Y = x \quad (2.9b)$$

Ozmen-Ertekin 等人[71]將上述 Lin 之模式附加在分析時段開始之瞬間已停在收費站之車輛所增加的延滯 d_q (秒/輛)。此額外之延滯可從下式來估計：

$$d_q = \frac{1800Q_b(1+u)t}{cT} \quad (2.10)$$

此式中，

Q_b = 在分析時段開始之瞬間已停在收費孔道之車數（輛）；

u = 延滯係數；

t = 在分析時段內流率大於容量之時間（小時）；

c = 個別孔道之容量（輛/小時）。

T = 分析時段（小時）；

Ozmen-Ertekin 等人[71]將修改後之模式用於分析在美國紐澤西州收費公路上之兩個收費站。分析結果顯示修正後之模式所估計之平均延滯與 Paramics 之估計值只差 2.6%~6.4%。

收費站之交通作業所產生的燃油消耗及車輛排氣量深受注意。美國因為 1999 年 Clean Air Act Amendments 之規定，都會區被劃定為空氣品質不良(non attainment)之地區，必須採取措施改善。電子收費是其中的一措施。美國目前估計車輛排氣皆利用該國環保署(Environmental Protection Agency, EPA)所發展之 MOBIL6 模式[73,74]。這模式根據平均速率估計車輛每行駛一英里所排出之廢氣，其估計之排氣包括：HC(hydrocarbons)、CO(carbon monoxide)、NO_x(nitrogen oxides)、CO₂(carbon dioxide)、PM(particulate matter)及 toxics(毒物)。MOBIL6 沒有考慮加、減速對排氣的影響，但加、減速對排氣及耗油量有很大的影響[75]，因此 MOBIL6 雖然適用於規劃用之路網分析或政策性之分析，其分析車輛加、減速頻繁之交通設施(如收費站)的精確度可能不夠。

至於耗油量之估計，美國 EPA 用代表性之駕駛週期(driving cycle)在實驗室內用 chassis dynamometer (汽車底架功率計)估計各種車輛之耗油效能 (fuel economy，每加侖油料能行駛之里程)。EPA 亦曾建立一資料庫以顯示耗油量與瞬間(instantaneous)速率及加、減速率的關係[57]。美國 Oak Ridge National Laboratory(ORNL)在 1997 年時亦曾用 5 輛小車及 3 輛小型貨車在實驗室蒐集 chassis dynamometer 所產生之

瞬間速率、加速率、減速率、耗油量及排氣量[76]。從每一測試車所蒐集的資料在 1,300 及 1,600 套之間。測試車的重量在 1,116~1,823 公斤之間，平均的汽缸大小是 3,300cc。瑞典也曾展開一大規模之研究工作[77]，此工作在不同市區內蒐集一萬輛汽車在路上的速率、加速率、減速率、CO 排放量及 HC 排放量。此外，此工作亦從比較小的樣本車中蒐集車輛之耗油量，然後再與實驗室 dynamometer 測試的耗油量相互比較。本所也在最近開始蒐集實驗室及路上耗油量及排氣量的資料[78]來探討耗油量及排氣量與速率及道路型態之關係[79]。

交通界已有多年使用在路上或實驗室所蒐集之耗油量及排氣量的資料建立估計模式。有些模式依據瞬間速率及加、減速來估計耗油量或排氣量[57,75,80,81]。例如 Ahn 等人[75]利用 ORNL 之資料及下列函數建立估計耗油量及排氣量之模式：

$$R = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (K_{ij} V^i a^j) \quad (2.11)$$

此式中，

K_{ij} = 迴歸係數；

V = 瞬間速率；

a = 加速率或減速率；

R = 速率及加減速率各為 V 及 a 時之耗油量或排氣量。

利用瞬間速率及加減速來估計耗油量及排氣量之模式可以準確地顯示車行狀況與耗油量及排氣量之關係。但這種模式必須根據每秒的車型狀況累計估計經過一公路設施之總耗油量及排氣量。所以式 2.11 及相似之模式需有模擬或現場之瞬間車行狀況才能應用。因此之故，有些模式根據常用之交通參數來建立估計模式[82,83,84]。這些參數包括平均速率、平均延滯、停車次數、平均停車時間及旅行距離等。根據這些參數所建立之模式不僅可方便的用於規劃分析，也可用於分析一公路設施（如收費站）之作業，但是其可靠性可能比根據瞬間車行狀況的模式低。以加拿大用於估計在號誌化路口之耗油量及排

氣量之方法為例[84]。此方法根據車輛在穩定行駛之運行速率(cruising speed)、停車(stop)之車數及平均停等時間(idling time)來估計總耗油量及排氣量。穩定行駛期間內每 100 公尺行車距離之耗油率及排氣率如表 2.4 所示。每一車輛從穩定速率減速停車，然後加速回到原來之穩定速率所增加之耗油量及排氣量，如表 2.5 所示。

表 2.4 Canadian Capacity Guide 所估計 2001 年綜合車輛在穩定速率下每 100 公尺行車距離之耗油量及排氣量（公克/100 公尺）

種類	穩定速率（公里/小時）		
	40	50	60
燃料	2.74	4.15	6.12
CO	0.546	0.817	1.174
HC	0.053	0.065	0.078
NO _x	0.022	0.040	0.067

資料來源：[84]。

表 2.5 Canadian Capacity Guide 所估計 2001 年綜合車輛從穩定速率減速停車然後加速回到原來穩定速率所增加之耗油量及排氣量(公克/停車)

種類	穩定速率（公里/小時）		
	40	50	60
燃料	3.89	5.21	6.63
CO	1.010	1.350	1.690
HC	0.056	0.076	0.095
NO _x	0.120	0.182	0.254

資料來源：[84]。

Canadian 之分析方法所用，在停車其間之耗油率及排氣率（公克/秒）如下：

- 燃料：0.267
- CO：0.0837
- HC：0.0175
- NO_x：0.0012

本所發展的 TPS 模擬模式除了尚未利用臺灣電子收費特性之資料加以微調及測試之外，也沒有估計耗油量及車輛排氣之功能。本計

畫蒐集現場電子收費特性之資料，並更新 2001 年手冊有關其他收費方式之資料。本所尚未完成有關公路車輛耗油量及排氣量之研究工作。本計畫參考本所先前耗油及空污計畫可以提供的資料，修改 TPS 模式，以讓該模式能提供耗油量及排氣量之估計值。

第三章 收費站資料蒐集、分析及應用

3.1 工作重點

本計畫有關收費站之工作重點包括：

1. 蒐集並分析收費站交通及收費作業特性資料。
2. 建立一估計車流耗油量及二氧化碳(CO₂)排放量之方法。
3. 微調 TPS 模式並修訂使用者手冊。
4. 修訂 2001 年公路容量手冊第八章。

收費站之調查對象包括國道 1 號高速公路上之汐止、泰山、楊梅、員林及后里等收費站，國道 3 號之樹林收費站，及國道 5 號之頭城收費站。資料項目包括一般性車流型態、收費站減速區起點之車輛自由旅行速率、電子收費（ETC）車道之車輛自由旅行速率、收費車道之服務時間及地磅站服務時間。其中，收費站之一般性車流型態係透過高公局提供資料進行分析，其餘資料均由本計畫現場蒐集而得。

本所正在進行車輛耗油量及排氣量特性之研究[78]，此工作利用測試車在實驗室及公路上蒐集瞬間耗油量及排氣量之資料。目前已有的資料尚不足於建立完整的耗油量及排氣量之估計方法，但因臺灣缺乏這方面之本土資料，所以本計畫分析穩定性較高之實驗室資料來建立一初步之估計方法。

上述之資料經整理之後，有些交通特性之資料（如自由速率之分布）直接採納於 TPS 模式來更新模式之邏輯，其他的資料則用於微調 TPS 模式之邏輯，讓模式之估計值與現場值沒有顯著差別。根據微調後之 TPS 模式，本計畫分析收費站之作業，並利用分析的結果修訂第八章。

3.2 車流型態

高公局提供 2010 年 4 月期間數天中通過汐止、泰山、樹林及頭城收費站各收費車道之流量。樹林收費站之資料涵蓋 4 月 4 日到 8 日共 5

天，其他收費站之資料則包括 4 月 4 日至 6 日之交通狀況。2010 年 4 月 4 日為星期日，4 月 5 日（一）為清明節，4 月 6 日（二）為平常日。高公局所提供之資料內容隨收費站而變，如附錄 A 所示。本計畫分析這些資料來了解通過收費站車流之一般特性。

3.2.1 汐止收費站

汐止收費站有 6 個收費車道，只有北上往基隆方向之車輛須付費。圖 3-1 顯示在 4 月 4 日及 5 日假期期間之尖峰在早上大約 8 點到中午之期間。4 月 6 日（星期二）之尖峰則在下午 5 點到 8 點之間。此外假日尖峰車流高於星期二之尖峰車流。這些現象可能是因為在假日時有大量從臺北之車流一大早就往北度假，工作天之尖峰則是因北上之下班車流所造成。

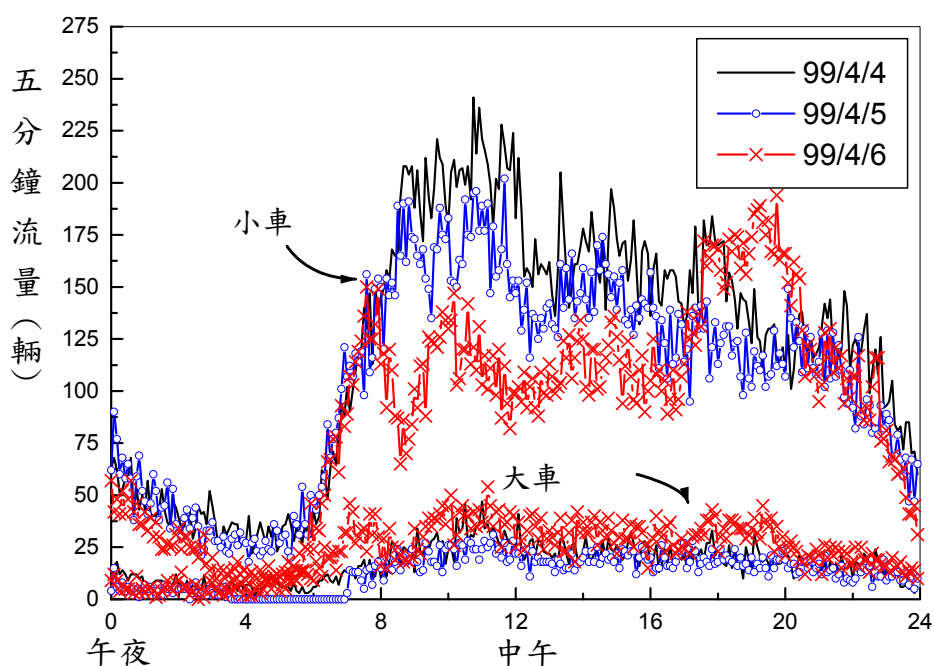


圖 3-1 汐止收費站北上全天車流型態

表 3.1 顯示在 4 月 6 日之工作天中，大約有 20%之全天車輛為大車，在假日時大車的百分比則降到 11%~12%。表 3.1 亦顯示尖峰小時係數(peak-hour factor or PHF)及尖峰小時流量係數(PHVC)隨日期的變

化不大。尖峰小時係數在 0.95 左右，這表示尖峰小時內流率的變化不大。尖峰小時流量係數只有 0.075 左右。換言之，大約只有 7.5%之全天流量集中在尖峰小時內。

表 3.1 汐止收費站北上車流之狀況

項 目	日期		
	4 月 4 日	4 月 5 日	4 月 6 日
A.尖峰小時	10:15~11:15	10:30~11:30	17:00~18:00
期間			
流量(輛)	2,974	2,454	2,534
小車(%)	85.64	87.69	84.00
大車(%)	14.36	12.31	16.00
PHF	0.94	0.96	0.96
PHVC	0.175	0.072	0.077
B.全天			
流量(輛)	39,831	34,320	32,913
小車(%)	87.65	89.00	79.76
大車(%)	12.35	11.00	20.24

至於收費車道之利用及相關之付費方式如表 3.2 所示：

- 1.不論是尖峰小時或全天，使用小車找零車道（第 3 及第 4 車道）之車輛最多。在假日，尖峰小時內或假日及工作天之全天中，次多之車輛為使用回數票之小車。
- 2.大車使用 ETC 車道車道（第 2 車道）的比例高於大車使用找零車道（第 1 車道）之比例。

表 3.2 汐止收費站北上收費車道使用百分比(%)

收費車道		日期（2010 年）及期間					
編號	性質	尖峰小時			全天		
		4/4	4/5	4/6	4/4	4/5	4/6
1	大車找零	8.33	5.30	6.76	5.41	4.49	5.66
2	大車 ETC	6.02	7.04	9.23	6.94	6.51	14.58
3	小車找零	19.64	20.80	16.57	22.82	23.32	18.37
4	小車找零	19.47	21.96	15.98	21.76	23.11	20.61
5	小車回數票	30.80	29.54	23.05	29.39	27.92	23.70
6	小車 ETC	15.74	13.36	28.41	14.68	14.64	17.08

註：車道 1 在最右側。

3.在假日中，使用 ETC 之小車及大車（車道 2 及 6）約占全部車輛之 21%~22%。在工作日中之尖峰小時內，ETC 之使用率將近 38%，全天之 ETC 使用率只有 31%左右。這些使用率遠低於歐美及日本都會區常超過 70%之 ETC 使用率。

臺灣高速公路上之找零車道也讓回數票車輛使用。根據高公局另外提供之資料，汐止收費站小車找零車道中約有 18%是使用回數票車輛，大車找零車道中則有約 85%是使用回數票車輛。

3.2.2 泰山收費站

泰山收費站南北向各有 10 個收費車道。圖 3-2 及圖 3-3 顯示工作天（4/6）之尖峰在 7 時到 9 時之間，而且工作天尖峰流率明顯地比假日流率高。不論是否假日，中午到傍晚 8 時左右的流率呈穩定狀態。

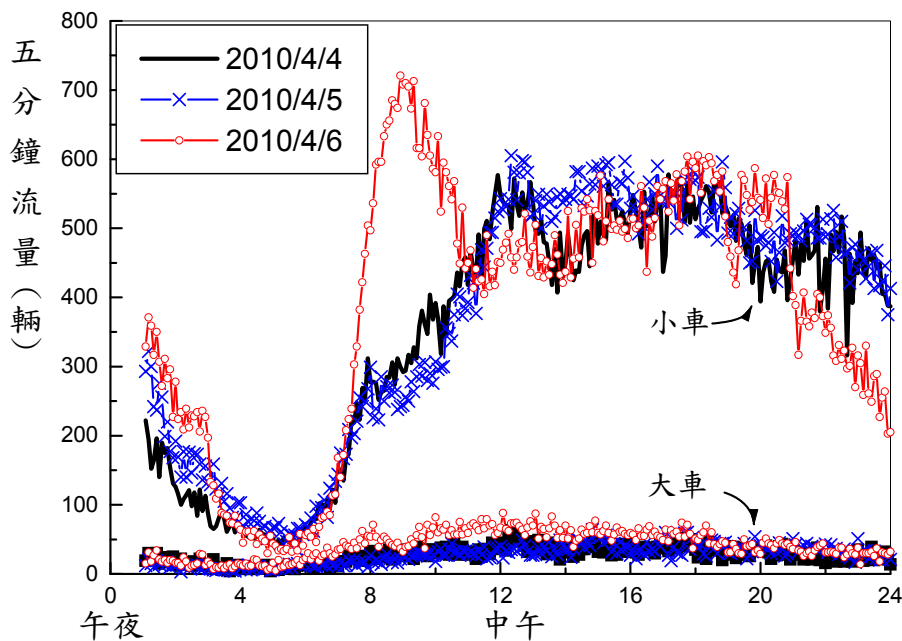


圖 3-2 泰山收費站北上全天車流型態

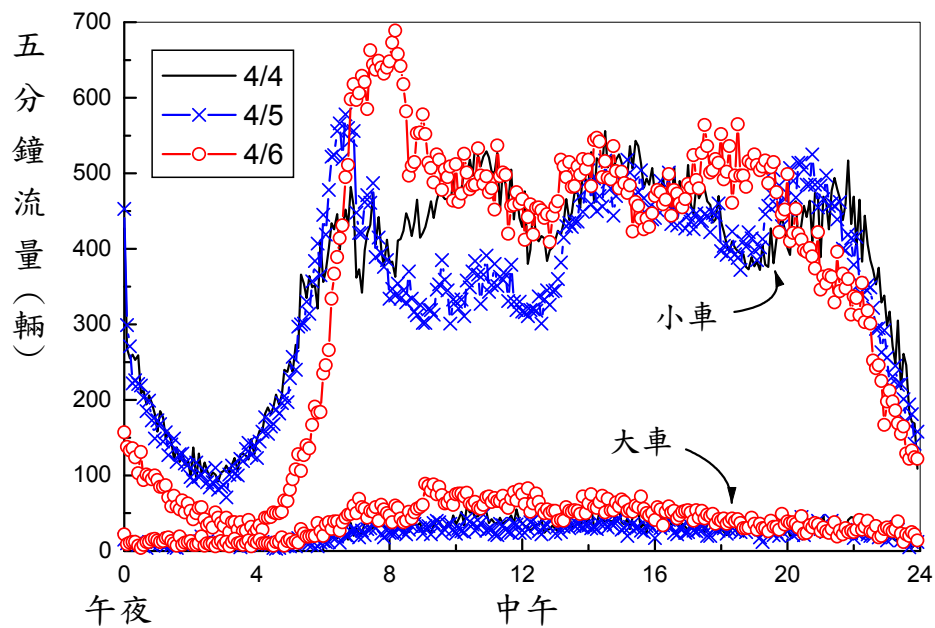


圖 3-3 泰山收費站南下全天車流型態

表 3.3 及表 3.4 顯示大車之比例在 9%以下。除了 4 月 5 日之尖峰小時外，尖峰小時係數高達 0.97~0.99。由此可知，尖峰小時之流率相當均勻。尖峰小時之流量只占全天流量之 6%~7%。

表 3.3 泰山收費站北上車流之狀況

項目	日期 (2010 年)		
	4/4	4/5	4/6
A.尖峰小時			
期間	10:45~11:45	13:30~14:30	7:20~8:20
流量 (輛)	7,048	7,449	8,726
小車 (%)	91.9	91.9	94.1
大車 (%)	8.1	8.1	5.9
PHF	0.99	0.97	0.97
PHVC	0.065	0.065	0.072
B.全天			
流量 (輛)	108,816	114,593	121,423
小車 (%)	92.76	93.09	90.09
大車 (%)	7.24	6.91	9.91

表 3.4 泰山收費站南下車流之狀況

項目	日期（2010 年）		
	4/4	4/5	4/6
A.尖峰小時			
期間	10:25~11:25	6:15~7:15	7:30~8:30
流量（輛）	6,740	6,525	8,249
小車（%）	91.71	96.12	93.14
大車（%）	8.29	3.88	6.86
PHF	0.98	0.93	0.98
PHVC	0.058	0.061	0.073
B.全天			
流量（輛）	115,674	106,577	115,222
小車（%）	93.01	93.54	90.18
大車（%）	6.99	6.46	9.82

此外，從表 3.5 及表 3.6 可知，收費車道之利用有下列性質：

- 1.使用回數票之小車占全部車輛之 41%~49%。4 月 5 日南下尖峰小時內之回數票小車高達總車輛之 55%左右。
- 2.找零小車占全天車輛之 14%~18%。

表 3.5 泰山收費站北上收費車道使用百分比(%)

收費車道		日期（2010 年）及期間					
		尖峰小時			全天		
編號	性質	4/4	4/5	4/6	4/4	4/5	4/6
1	大車找零	3.29	4.12	1.01	1.69	1.77	2.32
2	大車 ETC	4.78	3.94	4.93	5.55	5.14	7.59
3	小車找零	6.69	6.94	5.73	7.02	6.74	6.33
4	小車找零	7.76	7.46	6.34	9.02	8.59	8.09
5	小車回數票	11.56	11.77	10.15	10.41	10.95	9.84
6	小車回數票	11.65	11.56	10.54	12.07	12.22	11.21
7	小車回數票	12.57	12.11	10.42	13.00	12.84	10.75
8	小車回數票	12.94	12.34	10.26	13.82	13.85	10.74
9	小車 ETC	13.93	14.46	20.13	13.86	13.86	16.09
10	小車 ETC	14.84	15.29	20.49	14.05	14.05	17.04

註：車道 1 在最右側。

- 3.在假日尖峰及全天中之車輛大約有 31%~32%使用 ETC。在工作天中則有 41%使用 ETC，尖峰時間內之使用率將近 45%。
- 4.在工作天（4 月 6 日）時使用 ETC 車道之大車數量為使用找零車道之大車數量之 3~5 倍。由此可見經常使用高速公路之大多數大車已使用 ETC 收費。

表 3.6 泰山收費站南下收費車道使用百分比(%)

收費車道		日期（2010 年）及期間					
		尖峰小時			全天		
編號	性質	4/4	4/5	4/6	4/4	4/5	4/6
11	小車 ETC	13.98	12.78	19.11	13.97	14.45	17.58
12	小車 ETC	11.32	11.86	18.73	12.55	13.36	16.20
13	小車回數票	12.24	15.69	10.05	13.66	13.44	10.47
14	小車回數票	13.13	14.22	11.06	13.28	12.83	10.47
15	小車回數票	12.74	13.59	11.00	12.97	12.82	10.63
16	小車回數票	11.93	11.08	11.94	9.46	8.85	9.52
17	小車找零	7.88	10.45	5.95	9.39	10.04	8.13
18	小車找零	8.49	6.44	5.86	7.73	7.75	7.18
19	大車 ETC	5.24	3.19	5.69	4.88	5.47	7.56
20	大車找零	3.06	0.70	1.59	2.11	0.99	2.26

註：車道 20 在最右側。

泰山收費站之找零車道也讓持有回數票之駕駛員使用。根據現場調查，小車找零車道大約有 67%~85%之車輛為找零車輛，大車找零車道則有 75%~78%之車輛為回數票車輛。這現象與汐止收費站相似。

3.2.3 樹林收費站

樹林收費站比泰山收費站多出兩個收費車道，南北向各有 11 個收費車道。高公局只提供每小時通過各車道之車輛數。從圖 3-4 及圖 3-5 可知，北上下午之流率高於上午之流率。南下則上午之流率高於上午之流率。表 3.7 及表 3.8 進一步顯示在 4 月 6 日到 8 日之工作天中，大車之比例大約是 8%~12%。4 月 4 日及 5 日之假期中大車之比例不超過 4%。尖峰小時流量大約是全天流量之 7%~8%。

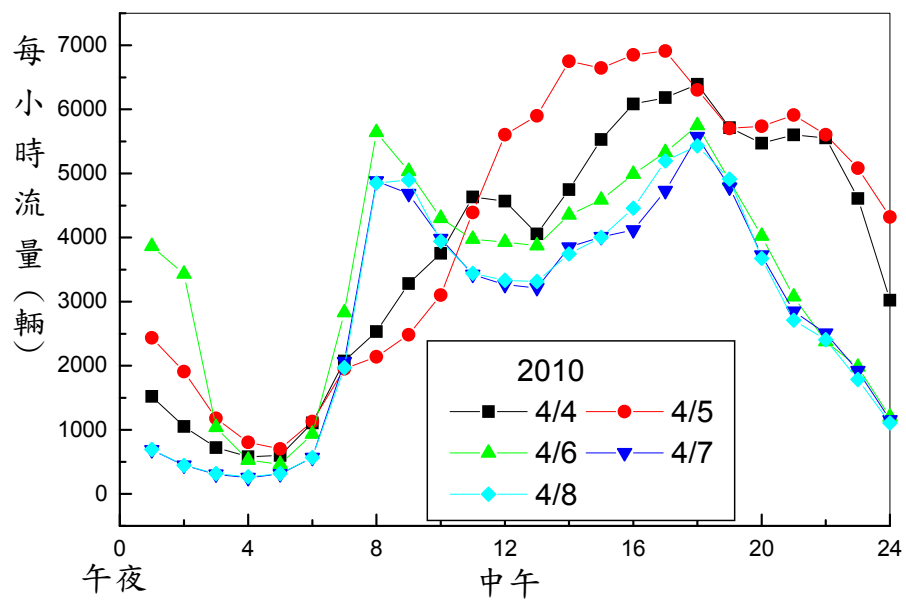


圖 3-4 樹林收費站北上全天車流型態

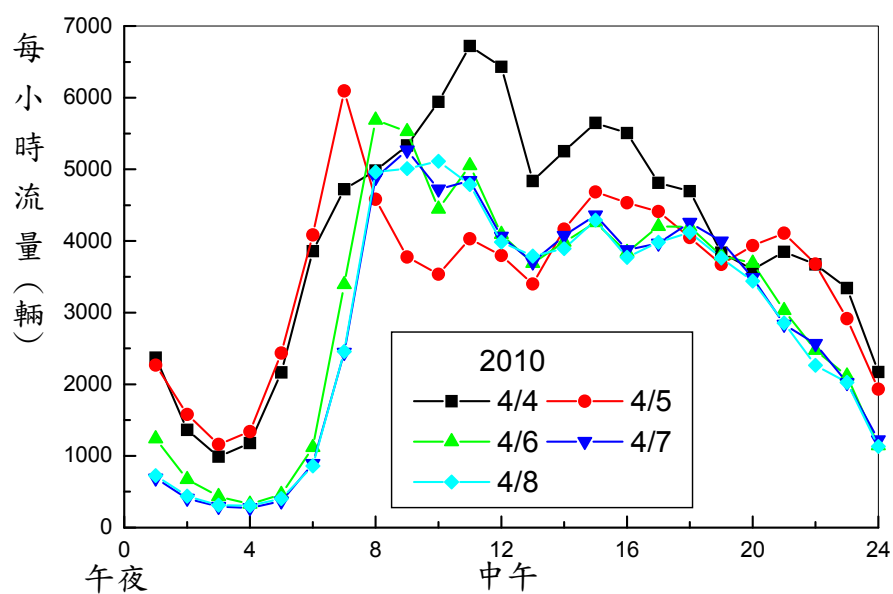


圖 3-5 樹林收費站南下全天車流型態

根據通過各車道之每小時流量，表 3.7 及表 3.8、表 3.9 及表 3.10 各顯示南北向車道在尖峰及全天所通過之流量百分比。從這些表可知：

- 1.工作天中之 ETC 使用率在 35%~40%之範圍。假日之 ETC 使用率降到 25%左右。
- 2.在工作天中通過小車回數票車道，車輛占總車輛之 42%~48%。在假日中，此百分比升高到 50%~56%。
- 3.如與泰山收費站相比較，樹林收費站在工作天之單向流量比泰山收費站約低 39,000~42,000 輛。在假日時，樹林收費站之單向流量則只比泰山收費站約低 15,000~22,000 輛。可見假日時，樹林收費站所增加之流量比泰山收費站高得多。

表 3.7 樹林收費站北上車流之狀況

項目	日期 (2010 年)				
	4/4	4/5	4/6	4/7	4/8
A.尖峰小時	17:00~ 18:00	16:00~ 17:00	17:00~ 18:00	17:00~ 18:00	17:00~ 18:00
期間					
流量 (輛)	6,390	6,909	5,748	5,573	5,430
小車 (%)	96.54	97.02	91.84	91.10	91.14
大車 (%)	3.46	2.98	8.16	8.90	8.86
PHVC	0.071	0.069	0.070	0.083	0.080
B.全天	89,383	99,541	82,380	67,288	69,782
流量 (輛)					

表 3.8 樹林收費站南下車流之狀況

項目	日期 (2010 年)				
	4/4	4/5	4/6	4/7	4/8
A.尖峰小時	10:00~ 11:00	6:00~ 7:00	7:00~ 8:00	8:00~ 9:00	9:00~ 10:00
期間					
流量 (輛)	6,721	6,095	5,687	5,265	5,114
小車 (%)	96.00	98.37	92.03	89.84	88.45
大車 (%)	4.00	1.63	7.97	10.16	11.55
PHVC	0.069	0.072	0.078	0.076	0.074
B.全天	97,286	84,165	72,873	69,497	68,694
流量 (輛)					

表 3.9 樹林收費站北上收費車道使用百分比(%)

收費車道		日期（2010 年）及期間				
編號	性質	4/4	4/5	4/6	4/7	4/8
1	大車找零	1.36	1.33	2.44	2.82	2.87
2	大車 ETC	2.10	1.66	5.72	5.98	5.97
3	小車找零	5.13	5.43	0.00	0.83	0.72
4	小車找零	6.81	1.01	6.65	1.02	5.89
5	小車找零	8.59	8.51	8.28	8.20	7.66
6	小車回數票	12.55	12.98	10.66	8.54	10.44
7	小車回數票	13.43	13.42	10.91	12.00	11.16
8	小車回數票	13.05	12.40	12.23	12.38	12.23
9	小車回數票	13.65	12.59	13.83	13.30	14.31
10	小車 ETC	10.63	11.38	13.08	13.15	13.35
11	小車 ETC	12.71	13.30	16.20	15.79	15.38

註：車道 1 在最右側。

表 3.10 樹林收費站南下收費車道使用百分比(%)

收費車道		日期（2010 年）及期間				
編號	性質	4/4	4/5	4/6	4/7	4/8
12	小車 ETC	1.40	1.28	3.16	4.20	4.13
13	小車 ETC	2.37	1.91	5.95	7.29	7.51
14	小車回數票	4.26	4.39	1.68	1.50	1.88
15	小車回數票	6.60	6.52	7.35	7.27	6.76
16	小車回數票	9.33	8.75	6.90	7.84	7.73
17	小車回數票	11.41	12.22	9.86	9.38	8.42
18	小車找零	11.77	12.22	11.98	10.96	10.70
19	小車找零	13.69	13.64	12.64	11.57	11.68
20	小車找零	15.66	15.11	11.89	10.95	12.03
21	大車 ETC	10.59	11.10	12.31	13.37	13.10
22	大車找零	12.91	12.86	16.21	16.67	16.00

註：車道 22 在最右側。

3.2.4 頭城收費站

頭城收費站在國道 5 號公路雪山隧道東南方約 1.5 公里處，此收費站南北向各有 6 個收費車道。北上最右側兩車道讓從北上匝道來的車輛通過收費站，然後與主線車流會合進入雪山隧道。南下最右側兩車

道則讓車流通過收費站之後利用下游之下匝道離開主線。雪山隧道只容許小車及大客車行駛，因此通過頭城收費站之車輛中沒有大貨車。

如圖 3-6 及 3-7 所顯示，頭城收費站之假日車流比工作天之車流大得多。這現象反映國道 5 號高速公路之主要功能在於服務臺北及花蓮間之觀光車流。有假日時，南下車流在早上 6 時左右就達到尖峰，北上車流之尖峰則發生在早上 11 時或下午 3 時之後。

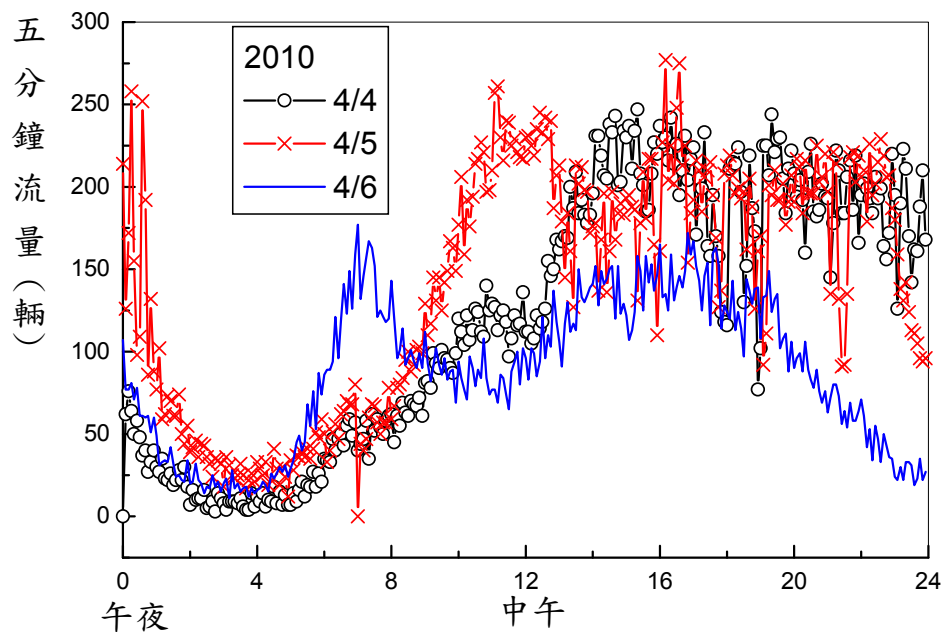


圖 3-6 頭城收費站北上全天車流型態

表 3.11 及表 3.12 顯示頭城收費站之尖峰小時係數 (PHF) 在 0.88 及 0.95 之範圍。這些係數比汐止及泰山低。可見頭城收費站之流率在尖峰小時內有較高的變異性。北上尖峰流量係數 (PHVC) 在 0.069 及 0.078 之間，與其他收費站之相關係數相似，但南下之尖峰小時流量係數在 4 月 5 日及 4 月 6 日時顯著較高。這表示在這兩天中有較高比例之車輛集中在尖峰小時內。

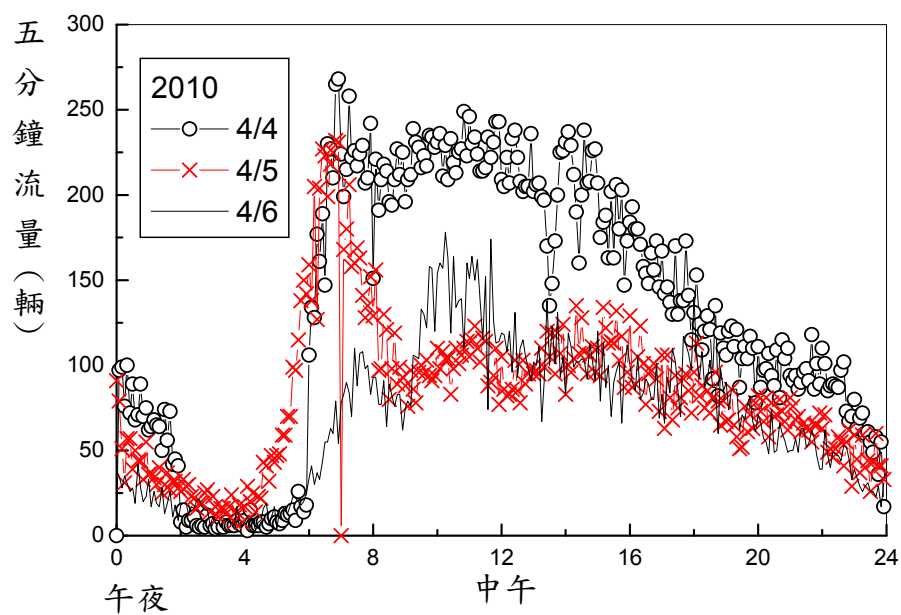


圖 3-7 頭城收費站南下全天車流型態

表 3.11 頭城收費站北上車流之狀況

項目	日期 (2010 年)		
	4/4	4/5	4/6
A.尖峰小時			
期間	15:00~16:00	11:10~12:10	16:55~17:55
流量 (輛)	2,719	2,783	1,810
PHF	0.95	0.93	0.91
PHVC	0.078	0.069	0.072
B.全天			
流量 (輛)	34,665	40,339	25,217

表 3.12 頭城收費站南下車流之狀況

項目	日期 (2010 年)		
	4/4	4/5	4/6
A.尖峰小時			
期間	6:40~7:40	6:05~7:05	9:50~10:50
流量 (輛)	2,261	2,388	1,802
PHF	0.91	0.90	0.88
PHVC	0.073	0.100	0.090
B.全天			
流量 (輛)	37,703	23,783	20,055

表 3.13 及表 3.14 顯示頭城收費站之收費車道流量有下列之性質：

1. 北上尖峰小時及全天車輛通過 ETC 車道之車數占總車數之 26%~29%。
2. 南下工作天之 ETC 車輛大約占總車輛之 27%，假日則只有 18%~22%之車輛使用 ETC。假日尖峰小時內之車輛大約有 24.5% 是 ETC 車輛。
3. 在各車道中，小車回數票車道之流量最高，占全天流量之 28%~33%。但是南北向各兩個大小車找零及回數票車道之流量占總流量之 40%。

高公局所提供的資料不足於估計車種組成，根據 2009 年之研究[85] 南下及北上週末之大客車流量大約為每天各 1,700 輛及 1,250 輛。所以大客車大約占全天流量之 3%~5%。

本計畫之現場調查（樣本數 90~97 輛）顯示大小車找零及回數票車輛中，大約 35%~48%之車輛為找零車輛，其他 52%~65%為回數票車輛。

表 3.13 頭城收費站北上收費車道使用百分比(%)

收費車道		日期（2010 年）及期間					
		尖峰小時			全天		
編號	性質	4/4	4/5	4/6	4/4	4/5	4/6
1	大小車找零及回數票	21.13	20.05	19.42	23.65	20.88	20.81
2	小車 ETC	7.52	7.35	7.82	8.13	7.37	8.84
3	大車 ETC	1.40	2.34	1.73	0.85	1.36	1.33
4	大小車找零及回數票	24.59	22.26	23.20	20.44	20.91	19.56
5	小車回數票	24.92	30.67	28.00	27.79	30.29	28.89
6	小車 ETC	17.44	17.34	19.82	17.14	19.19	16.57

表 3.14 頭城收費站南下收費車道使用百分比(%)

收費車道		日期（2010 年）及期間					
		尖峰小時			全天		
編號	性質	4/4	4/5	4/6	4/4	4/5	4/6
8	小車 ETC	16.95	16.15	21.10	15.10	11.35	16.37
9	小車回數票	30.48	30.23	27.75	33.36	32.08	30.35
10	大小車找零 及回數票	23.61	23.88	20.27	25.10	22.61	20.37
11	大車 ETC	0.92	1.59	2.14	0.51	0.38	3.22
12	大小車找零 及回數票	21.17	21.53	20.42	19.88	27.59	22.64
13	大車 ETC	6.87	6.61	8.31	6.05	5.99	7.05

3.2.5 小結

- 1.泰山收費站之尖峰小時係數（PHF）在 0.93~0.99 之範圍，但常超過 0.91。汐止收費站之係數稍低，在 0.94~0.96 之範圍。頭城收費站的係數可低到 0.88 但也高到 0.95。
- 2.最常見之尖峰小時流量係數（PHVC）在 0.07 及 0.08 之間，比較特殊的情形是泰山南下假日中之係數值只有 0.06 左右。此外，頭城南下係數可高達 0.10。這現象表示頭城收費站之全天流量中有較大的比例在尖峰小時之內。
- 3.在工作天時，汐止收費站之大車比例可達總車數之 16%左右，在尖峰小時內，大車比例更高，約占 20%。其他收費站之大車比例除了樹林南下工作天之大車比例可達 11%左右外，皆在 10%以下。工作天之大車比例比假日高得多。
- 4.在工作天時，泰山收費站之 ETC 車輛占總車輛之 41%左右，其尖峰小時之 ETC 車輛占尖峰小時總車數之 45%左右。樹林收費站工作天之 ETC 使用率也達 35%~40%。其他收費站工作天之 ETC 使用率在 27%~31%之範圍。假日時，ETC 使用率遠低於工作天。例如泰山收費站只有 31%左右，頭城收費站則只有 20%。
- 5.不使用 ETC 時，大車駕駛員大多數用回數票付費，小車駕駛員亦有相同之行為。

3.3 收費站減速區進口自由速率

2001 年公路容量手冊第八章根據車輛延滯時間來訂定服務水準等級。延滯時間代表實際旅行時間與自由旅行時間之差距。本計畫在頭城、楊梅、後龍、泰山及造橋等 5 個收費站蒐集小車在減速區起點之自由旅行速率資料。減速區起點之速限為 70 公里/小時，現場資料表列於附錄 B。

圖 3-8 顯示平均自由旅行速率與車道位置及減速區長度之關係。圖中第 1 車道代表最內側車道。一般而言，平均自由速率從內車道向外車道逐漸降低。這現象之主要原因是慢車有靠右走之習慣。本計畫另外在國道 1 號高速公路三義附近平坦路段所蒐集的資料顯示，小車、大客車及大車之平均自由旅行速率各為 104、98 及 92 公里/小時。所以當減速區長度在 520~550 公尺之範圍時，小車在減速區之起點之平均自由速率大約比主線平均自由速率低 20 公里/小時。

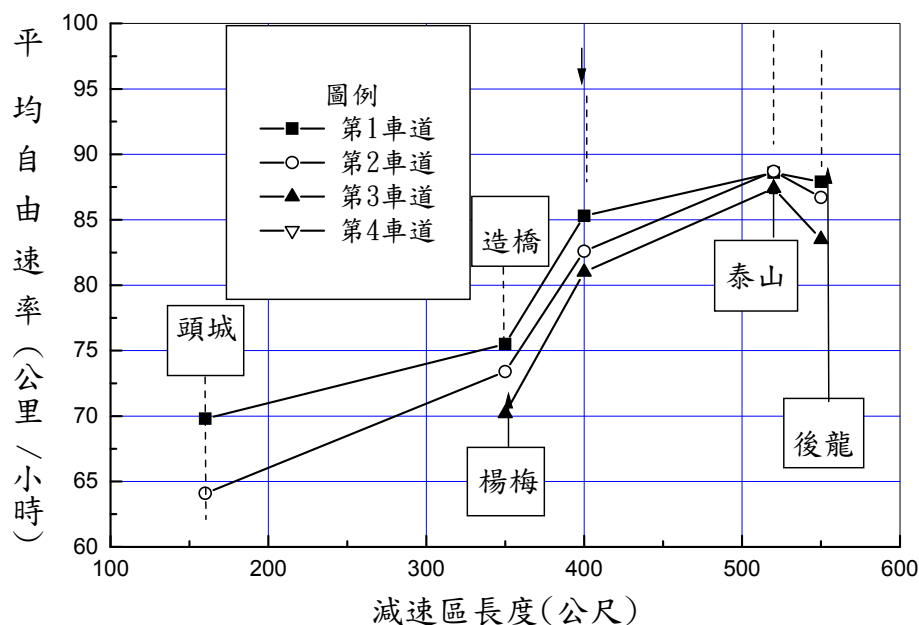


圖 3-8 小車在減速區起點之平均自由速率

正常化小車自由旅行速率的分布如圖 3-9 所示。這些分布不隨車道位置及收費站而有顯著變化。個別自由速率大約在平均自由速率之 75%與 130%之間。正常化自由速率的分布可用下列模式來代表：

如 $V \leq 0.8$ ，

$$F(V) = 0.0 \quad (3.1a)$$

如 $0.8 < V \leq 1.3$ ，

$$F(V) = -0.033 + \frac{1.034}{1 + e^{-\frac{V-0.993}{0.059}}} \quad (3.1b)$$

如 $V > 1.3$ ，

$$F(V) = 1.0 \quad (3.1c)$$

此模式中，

V = 正常化自由速率（自由速率/平均自由速率），

$F(V)$ = 正常化自由速率小於或等於 V 之比例。

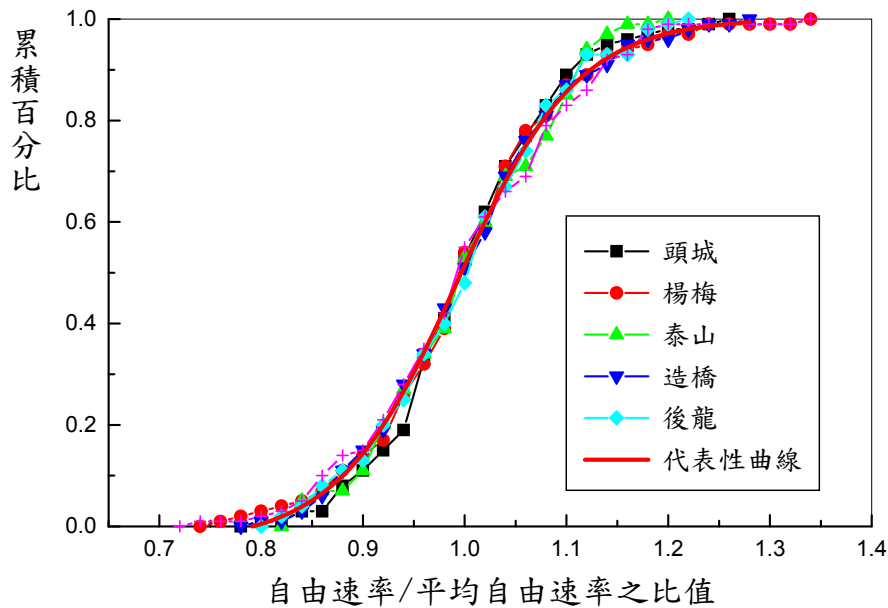


圖 3-9 小車在減速區起點正常化自由速率之分布

3.4 電子收費（ETC）車道自由速率

車輛通過 ETC 車道時不必停車，因此 ETC 車道之容量隨車輛通過收費車道之自由速率而變。一般而言，自由速率越高，容量也越高。在 2010 年時，臺灣高速公路 ETC 車道之速限為 50 公里/小時。本計畫在楊梅及員林兩收費站，分別調查小車及大車通過 ETC 車道時之自由旅行速率。現場資料表列於附錄 C。

表 3.15 顯示楊梅及員林收費站之 ETC 小車平均自由速率皆為 52 公里/小時，ETC 大車之平均自由速率也不隨收費站而有顯著變化，其值大約為 50 公里/小時。

表 3.15 ETC 車道車輛之自由速率

收費站	車種	樣本數	平均自由速率(公里/小時)	
			平均	標準差
楊梅	小車	238	52.0	6.3
楊梅	大車	160	50.5	5.3
員林	小車	215	52.2	7.9
員林	大車	250	49.9	7.2

圖 3-10 顯示 ETC 大車及小車之正常化自由速率有相似的分布。這些分布如圖 3-9 所示，小車在減速區起點正常化自由速率之分布，也相似。因此，ETC 車道正常化自由速率可用式 3.1，或用下列模式來代表：

如 $V \leq 0.76$ ，

$$F(V) = 0.0 \quad (3.2a)$$

如 $0.76 < V \leq 1.32$ ，

$$F(V) = -0.074 + \frac{1.094}{1 + e^{\frac{V - 0.984}{0.087}}} \quad (3.2b)$$

如 $V > 1.32$ ，

$$F(V) = 1.0 \quad (3.2c)$$

此模式中，

V = ETC 車道車輛之正常化自由速率，

$F(V)$ = 正常化自由速率小於或等於 V 之比例。

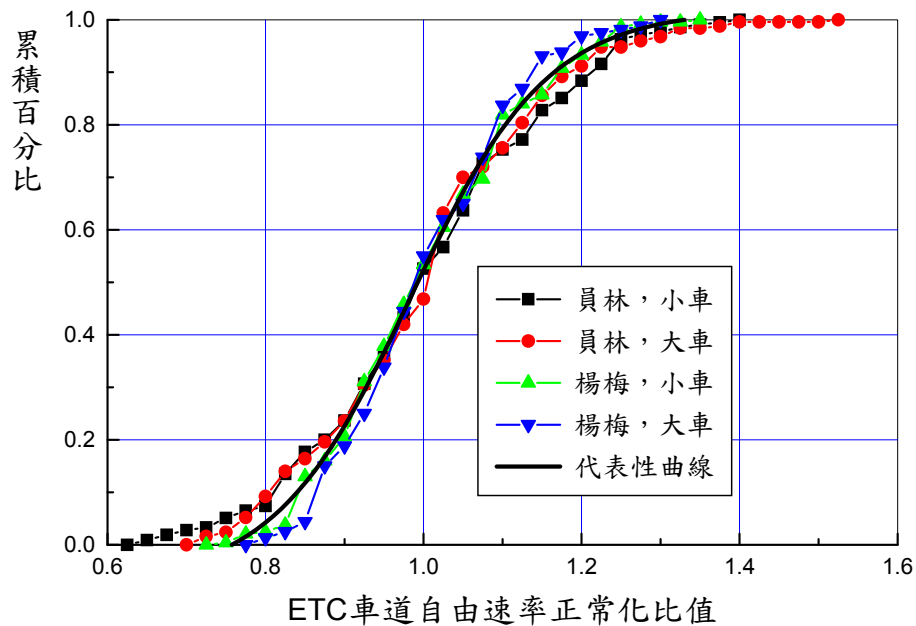


圖 3-10 ETC 車道車輛正常化自由速率之分布

3.5 收費車道服務時間

收費車道可彈性使用來接受不同車種及付費方式。2010 年時，臺灣高速公路上常見的收費車道包括小車回數票、小車 ETC、大車 ETC、小車找零及大車找零車道。此外，國道 5 號高速公路上之頭城收費站亦設有大小車共用之找零/回數票車道。事實上，國 1 及國 3 高速公路上常見之找零車道亦接受回數票。

本計畫在不同收費站蒐集上述各種車道之服務時間。服務時間指在有連續不斷之車輛等候進入一收費車道時，後輪通過收費亭附近車道上一參考線之車距(headway)。

3.5.1 回數票車道服務時間

2010 年期間回數票車道只讓小車單獨使用，一般回數票車輛很少在收費亭完全停車。本計畫在泰山、楊梅、樹林及頭城收費站蒐集回數票小車之服務時間。現場資料表列於附錄 D。

根據現場資料，表 3.16 顯示，回數票車道大約只需要 3.6 秒到 3.9 秒就可以讓一小車通過，其相對容量大約在 900~1,000 輛/小時之範圍。

表 3.16 小車回數票車道服務時間特性

收費站	樣本數 (輛)	服務時間 (秒)		容量 (輛/小時)
		平均	標準差	
泰山	212	3.90	0.63	923
楊梅	210	3.95	0.66	919
樹林	206	3.58	0.51	1,006
頭城	260	3.68	0.60	982

至於服務時間之變異性，從圖 3-11 可知，正常化服務時間之分布不因為收費站不同，而有顯著變化。個別服務時間大約在平均服務時間之 60%及 140%之間。根據早期在泰山收費站蒐集的資料，2001 年公路容量手冊指出，回數票作業服務時間在平均服務時間之 50%及 210%之間，所以 2010 年服務時間之變異性較小。

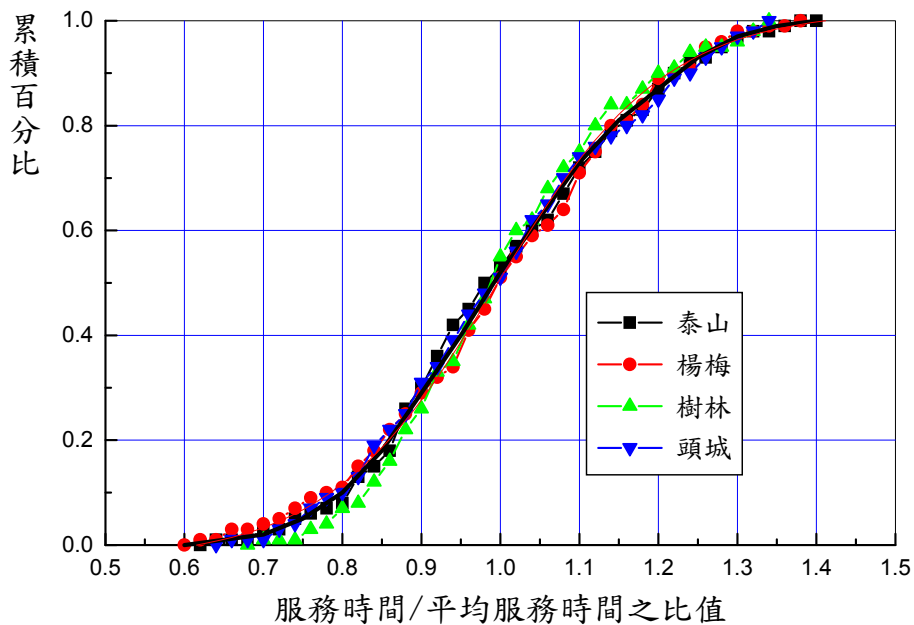


圖 3-11 小車回數票正常化服務時間之分布

圖 3-11 所示之分布可用下列模式來代表：

如 $t \leq 0.62$ ，

$$F(t) = 0.0 \quad (3.3a)$$

如 $0.62 < t \leq 1.41$ ，

$$F(t) = -0.029 + \frac{1.050}{1 + e^{-\frac{t-0.995}{0.107}}} \quad (3.3b)$$

如 $t > 1.41$,

$$F(t) = 1.0 \quad (3.3c)$$

此模式中，

t = 小車回數票正常化服務時間（服務時間/平均服務時間），

$F(t)$ = 正常化服務時間小於或等於 t 之比例。

3.5.2 電子收費（ETC）車道服務時間

通過 ETC 車道之車輛不必停車，其平均自由速率在 50 公里/小時左右。因此，ETC 車道之流率與速率的關係可能如圖 3-12 所示。當車流密度從低逐漸增高時，流率增高，速率則逐漸下降。密度增高到某一程度時，流率達到最高點（亦即容量），如果密度再增高，則流率不升反降。在這情形下，ETC 車道上游有壅塞情況，車輛形成慢行車隊或甚至必須停止。同時車輛以類似停等車疏解之方式通過收費車道，其相關的疏解率可能接近容量。因為 ETC 車道上的偵測器沒有蒐集流率及速率資料之功能，錄影調查又受到收費車道附近結構物之阻礙，所以本計畫在 ETC 車道上游有明顯且不斷的慢行車輛時，蒐集疏解車距來估計服務時間。資料蒐集地點包括楊梅及員林收費站。現場資料表列於附錄 E。

表 3.17 顯示小車之 ETC 車道的平均服務時間將近 2.1 秒，其相關之容量大約是 1,710 輛/小時。大車之 ETC 車道的平均服務時間在 3.2 秒左右，其相關之容量大約是 1,130 輛/小時。

表 3.17 ETC 車道之平均服務時間及容量

收費站	車種	樣本數 (輛)	服務時間 (秒)		容量 (輛/小時)
			平均	標準差	
楊梅	小車	194	2.04	0.34	1,762
員林	小車	99	2.18	0.49	1,654
楊梅	大車	164	3.09	0.55	1,164
員林	大車	97	3.32	0.58	1,084
泰山	大車	98	3.15	0.60	1,144

註：本表數值係於速限 50 公里/小時、現行車道寬度下，觀察及估計而得。

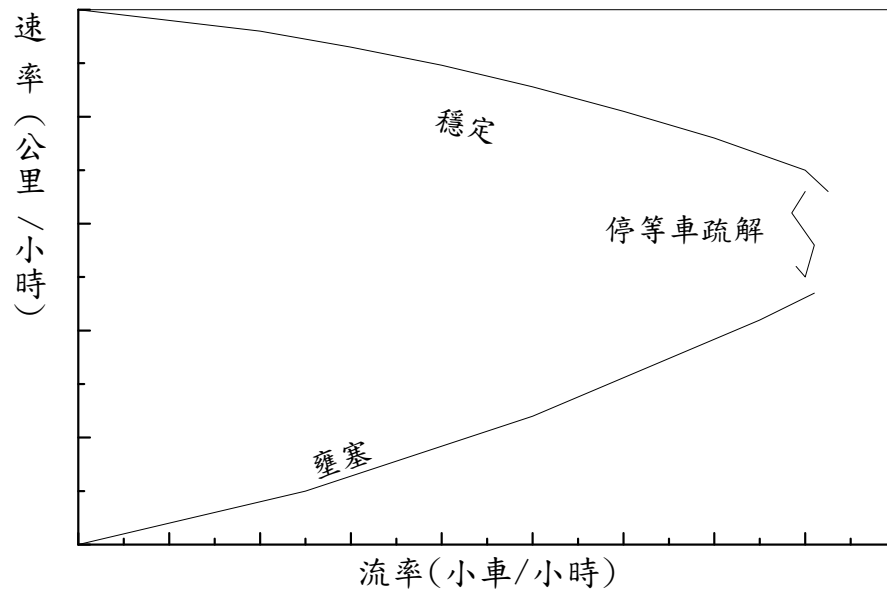


圖 3-12 ETC 車道流率及速率關係示意圖

圖 3-13 顯示 ETC 車道服務時間之分布。小車之服務時間大致在 1.5 秒及 3.5 秒之間。大車之服務時間有較大的變異性，其值在 2.0 秒及 4.75 秒之間。

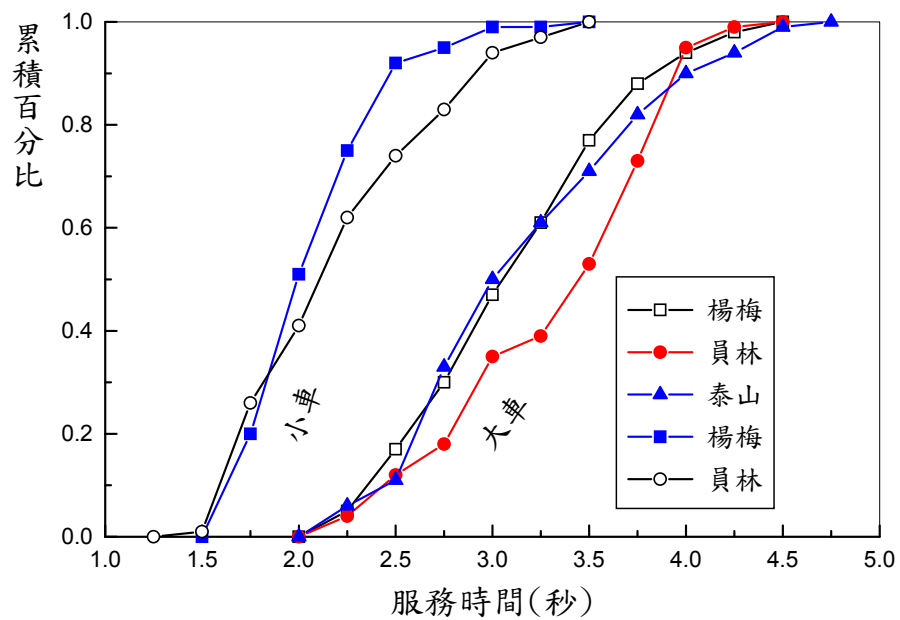


圖 3-13 ETC 車道服務時間之分布

3.5.3 小車找零車道之服務時間

找零車道也接受回數票車輛，所以找零車道相當於找零/回數票車道。本計畫在樹林、頭城、楊梅及泰山四個收費站蒐集找零車道及找零/回數票車道之小車服務時間。現場資料表列於附錄 F。

從表 3.18 可知回數票小車之平均服務時間大約在 4.1 秒與 5.3 秒之間，這些平均服務時間比小車回數票車道之平均服務時間高（見表 3.16）。這是因為回數票車輛有時會被找零車輛所阻礙，若與找零小車之平均服務時間相比較，找零小車之平均服務時間比回數票小車之平均服務時間約長 2~4 秒。

表 3.18 找零收費車道之小車服務時間

收費站	回數票			找零		
	樣本數 (輛)	服務時間 (秒)		樣本數 (輛)	服務時間 (秒)	
		平均	標準差		平均	標準差
樹林	10	5.32	1.69	253	7.32	9.12
頭城	63	4.19	0.9	233	6.50	3.50
泰山	78	4.52	0.86	201	7.46	3.12
楊梅	56	4.09	0.68	167	8.27	4.41

3.5.4 大車找零車道之服務時間

通過大車找零車道之車輛也包括回數票車輛及找零車輛，事實上這種車道之回數票車輛占多數。本計畫在樹林及泰山兩收費站蒐集服務時間之資料。現場資料表列於附錄 G 中。

表 3.19 顯示回數票大車之平均服務時間在 6.2 秒左右。找零大車之平均服務時間因樣本有限，比較難於準確的估計。根據在上述兩收費站所蒐集的資料，找零大車之平均服務時間大約是 11.9 秒。

表 3.19 找零收費車道之大車服務時間

收費站	回數票			找零		
	樣本數 (輛)	服務時間 (秒)		樣本數 (輛)	服務時間 (秒)	
		平均	標準差		平均	標準差
樹林	79	6.15	3.70	17	15.54	7.17
泰山	101	6.28	2.40	43	10.40	2.91

3.5.5 地磅站服務時間

臺灣高速公路的地磅站多設置在收費站附近。本計畫在新營北上、泰山北上、泰山南下、楊梅南下及樹林南下地磅站蒐集大車通過地磅站之服務時間。地磅服務時間指在有連續不斷的大車等著進入地磅區時，後輪離開地磅之車距。現場資料表列於附錄 H。

根據現場資料表 3-20 顯示各地磅站之平均服務時間大約在 11~13 秒之範圍，其相關容量在 300 輛/小時左右。圖 3-14 顯示地磅站服務時間大約在平均服務時間之 50%~200%間。

表 3.20 地磅站之平均服務時間及容量

地磅站及代號	樣本數(輛)	服務時間(秒)		容量 (輛/小時)
		平均	標準差	
W1：新營北上	160	13.1	3.0	275
W2：泰山北上	232	11.8	3.1	305
W3：泰山南下	102	12.3	3.7	293
W4：楊梅南下	141	11.1	3.6	324
W5：樹林南下	100	11.2	3.1	321

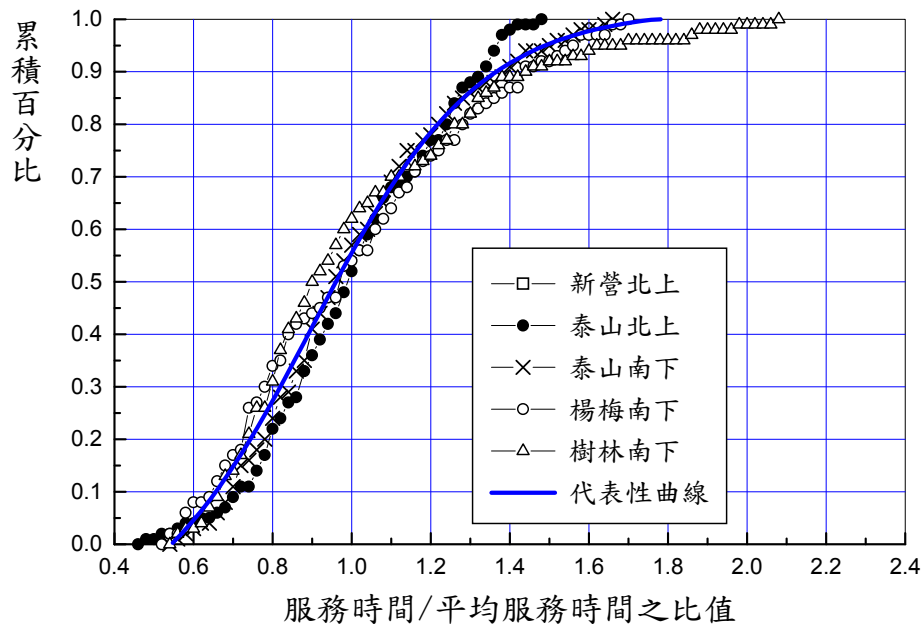


圖 3-14 地磅站正常化服務時間之分布

至於通過地磅站車輛之重量，本計畫在后里收費站北上（約 160K 處）及泰山收費站南下（約 35K 處）蒐集相關資料。表 3.21 顯示大貨、半聯結車及全聯結車之平均重量及標準差。半聯結車及全聯結車之平均重量相差不大，大貨車之平均重量則大約只有聯結車之三分之一。

表 3.21 高速公路通過地磅站大車之平均重量及標準差

地磅站及車種	樣本數（輛）	重量（公斤）	
		平均	標準差
后里（160K）			
大貨車	278	12,538	5,562
半聯結車	108	34,594	7,498
全聯結車	34	32,153	9,728
泰山（35K）			
大貨車	128	12,986	7,319
半、全聯結車	100	37,861	6,476

圖 3-15 顯示正常化車重之分布。從此圖可知，大貨車及聯結車正常化重量的分布有顯著的不同。半聯結車及全聯結車之正常化車重的分布則相似。分析或設計高速公路時，這些分布可用下列模式來代表：
大貨車

如 $w \leq 0.2$ ，

$$F(w) = 0.0 \quad (3.4a)$$

如 $0.2 < w \leq 3.5$ ，

$$F(w) = -0.153 + \frac{1.154}{1 + e^{-\frac{w-0.837}{0.352}}} \quad (3.4b)$$

如 $w > 3.5$ ，

$$F(w) = 1.0 \quad (3.4c)$$

聯結車

如 $w \leq 0.32$ ，

$$F(w) = 0.0 \quad (3.5a)$$

如 $0.32 < w \leq 1.4$ ，

$$F(w) = -0.004 + \frac{1.105}{1 + e^{-\frac{w-1.057}{0.151}}} \quad (3.5b)$$

如 $w > 1.4$,

$$F(w) = 1.0 \quad (3.5c)$$

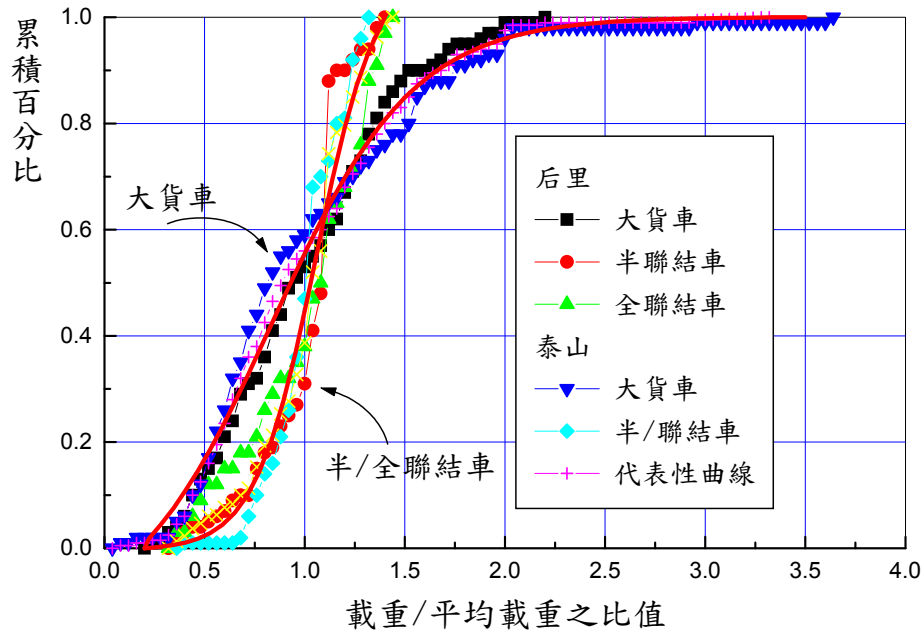


圖 3-15 大車正常化車重累積分布

3.6 車輛耗油率(Fuel Consumption Rate)及廢氣排放(Emissions)率

本所正在進行之車輛及污染排放之研究計畫[78]利用試驗車在不同類型公路及車輛研究測試中心(Automotive Research & Testing Center, ARTC)實驗室之 chassis dynamometer 上行駛來蒐集每隔一秒之瞬間速率、加速率、耗油率及污染排放資料。試驗所涵蓋之公路類型包括高速公路、快速道路、省道、縣道、鄉道及市區道路。實驗室之資料中，多數根據美國 EPA 之 FTP-75 所訂之行車型態，有少數資料則根據在各類型公路上所記錄之行車型態。表 3.22 顯示實驗室資料在一時段內之瞬間耗油率及排放率之樣本。

表 3.22 臺灣 ARTC 實驗室車輛瞬間速率、加速率、耗油率及排氣樣本

時間	速率 (km/h)	加速率 (km/h/s)	耗油 (克/秒)	CO ₂ (克/秒)	CO (克/秒)	THC (克/秒)	NO _x (克/秒)
14:39:57	90.6	0.7	1.573718447	4.998830135	0.000009906	0.000218152	0.000084579
14:39:58	91.3	0.7	1.580255268	5.019565255	0.000001987	0.000232040	0.000071293
14:39:59	92.0	0.6	1.581306550	5.022712550	0.000068333	0.000259822	0.000070432
14:40:00	92.6	0.7	1.587368764	5.041781455	0.000133161	0.000287598	0.000074614
14:40:01	93.3	0.5	1.588915622	5.046594965	0.000141086	0.000315374	0.000077630
14:40:02	93.8	0.4	1.629715086	5.176004330	0.000244265	0.000329262	0.000089007
14:40:03	94.2	-0.1	1.644444961	5.222658350	0.000306077	0.000343150	0.000095156
14:40:04	94.1	-0.3	1.640964780	5.211365115	0.000372716	0.000384808	0.000109049
14:40:05	93.8	0.0	1.624314987	5.158231370	0.000440650	0.000426467	0.000135900
14:40:06	93.8	0.1	1.597671716	5.073624675	0.000473764	0.000398696	0.000146649
14:40:07	93.9	0.0	1.438645334	4.568391260	0.000460493	0.000412579	0.000136208
14:40:08	93.9	0.1	1.139207425	3.617537900	0.000355594	0.000329262	0.000103332
14:40:09	94.0	0.1	1.169358884	3.713252695	0.000346044	0.000357038	0.000086977
14:40:10	94.1	0.2	1.257638150	3.993917355	0.000296208	0.000315374	0.000081934
14:40:11	94.3	0.2	1.289691857	4.095926740	0.000210940	0.000301486	0.000050434
14:40:12	94.5	0.3	1.288782485	4.093149715	0.000139696	0.000301486	0.000029442
14:40:13	94.8	0.3	1.270406716	4.034647055	0.000191015	0.000315374	0.000029072
14:40:14	95.1	0.5	1.327681165	4.216634760	0.000198234	0.000301486	0.000031104
14:40:15	95.6	0.2	1.338390645	4.250699600	0.000227697	0.000273710	0.000036769
14:40:16	95.8	0.3	1.375050265	4.367149515	0.000236517	0.000273710	0.000036707
14:40:17	96.1	0.3	1.433605457	4.553025055	0.000302732	0.000287598	0.000043233
14:40:18	96.4	0.3	1.448495492	4.600419615	0.000273234	0.000273710	0.000051481
14:40:19	96.7	0.3	1.485329712	4.717231260	0.000349694	0.000300990	0.000054652
14:40:20	97.0	0.2	1.483865488	4.712611425	0.000384574	0.000273710	0.000061264

在民國 99 年 5 月時，本所已經探討了三輛小車之耗油率及排放率之特性。這三輛車分別稱為 A 車、B 車及 C 車[78]。A 車之重量達 2,150kg，是三輛試驗車中最高者，A 車之耗油率幾乎高於民國 96 年所有實驗新車的耗油率。B 車及 C 車之耗油特性則比較接近所有小車之平均特性；此兩車中，C 車之耗油特性又比 B 車接近所有小車之平均特性。B 車及 C 車之一般規格如表 3.23 所示。

表 3.23 B 車及 C 車規格

項目	B 車	C 車
廠牌	Toyota	Honda
車型	YARIS 1.5E, A45D	CIVIC LX, A54D
引擎形式	直列四汽缸	直列四汽缸
重量 (kg)	1,050	1,215
排氣量 (c.c.)	1,497	1,799
最大馬力 (hp)	110@6000rpm	140@6300rpm
最大扭力 (kg-m)	14.4@4200rpm	17.7@4300rpm

資料來源：[78]。

估計通過收費站車輛之能源消耗及排放量宜根據代表性車輛之特性。因此本計畫只分析有關 B 車及 C 車之資料。上述本所之能源及排放研究工作沒有針對分析收費站作業之需要來蒐集資料，因此現有資料不足以建立可靠的模式，來估計收費站車輛之耗油量及排放量。但這些資料所顯現的特性可供訂定後續研究方針之參考。現有資料中，實驗室資料比較穩定。排放項目中，CO₂可直接從耗油量來估計。其他 CO、HC 及 NO_x 與耗油量間，則受到車輛設計、速率變化及行車環境的影響。因為上述種種資料之限制，本計畫之主要分析對象為耗油率特性。

3.6.1 瞬間耗油率及排放率之一般特性

如圖 3-16、圖 3-17、圖 3-18 及圖 3-19 所示，瞬間耗油率及 CO、HC 及 NO_x 之排放率隨速率而變。一般而言，車輛加速之後數秒鐘耗油率及排放率才開始增加。加速持續相當久之後的耗油率及排放率，比加速前高得多。減速之後，通常耗油率及排放率可能繼續升高，然後急速下降。

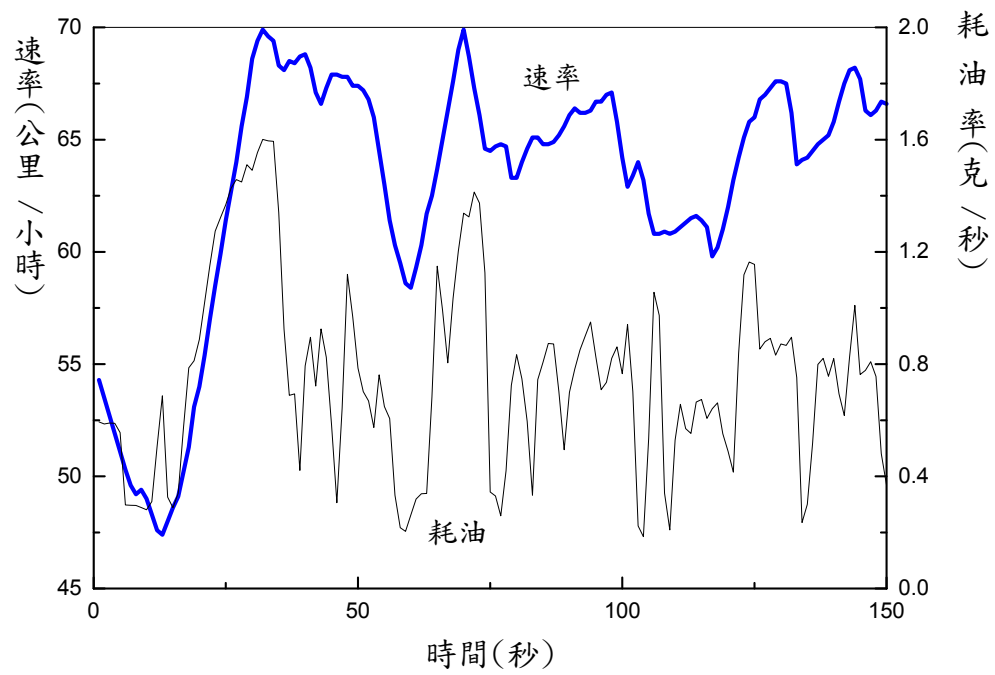


圖 3-16 快速公路上 B 車之速率與耗油率

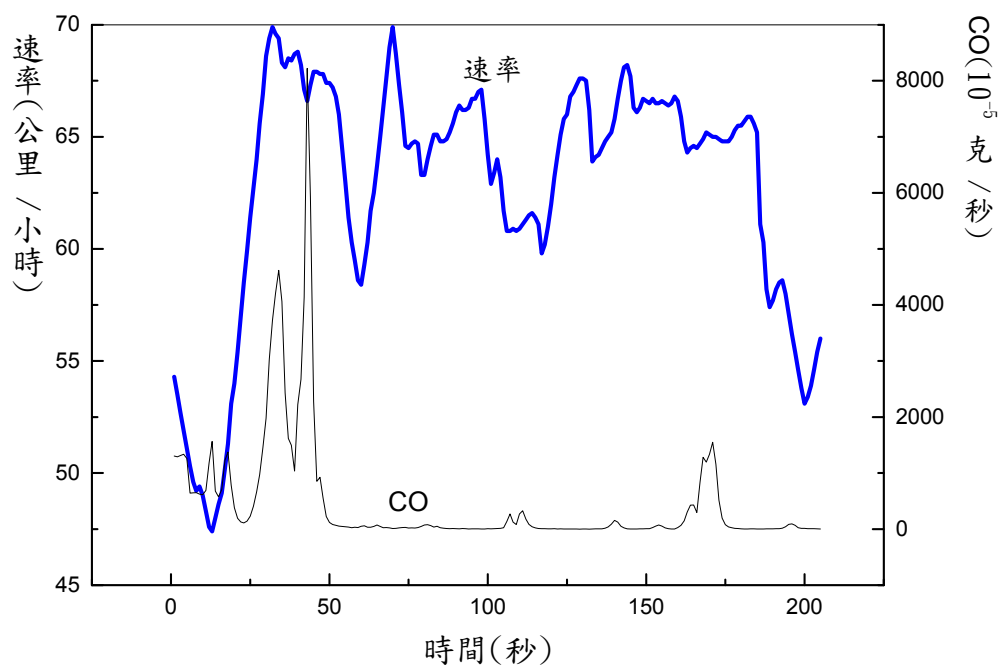


圖 3-17 快速公路上 B 車之速率與 CO 排放

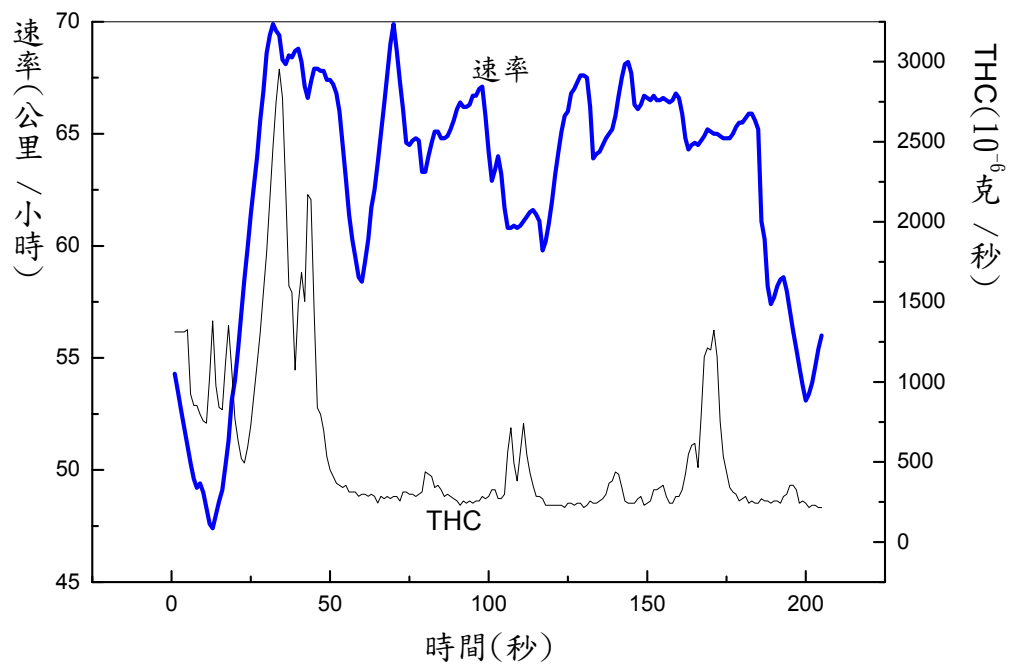


圖 3-18 快速公路上 B 車之速率與 THC 排放

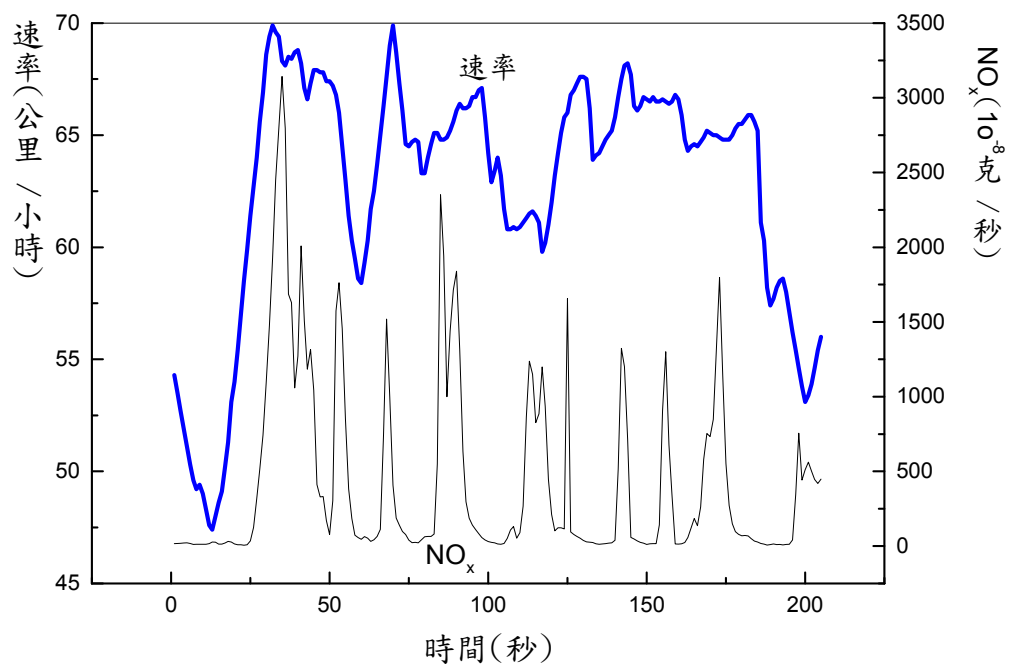


圖 3-19 快速公路上 B 車之速率與 NO_x 排放

從圖 3-16 可知耗油率及速率變化之型態相似。換言之，速率有變化之後，耗油率有明顯之類似變化。圖 3-17 及 3-18 亦顯示 CO 及 THC 排放率隨速率之變化有類似之型態。持續加速期間這兩種排放率急速升高，但如果隨後之速率變化不大，則排放率急速下降，接近無排氣狀況。相對而言，圖 3-19 NO_x 排放率隨速率而變之敏感性較高。

CO₂ 之排放量與油料之含碳(carbon)成分有關，美國 EPA 估計 CO₂ 之排放量時採用下列油料含碳成分之數據：

汽油：每加侖 2,421 公克

柴油：每加侖 2,778 公克

根據這些含碳成分，每公克油料所產生之 CO₂ 排放量可用下式來估計[85]：

$$ECO_2 = wc(m_1 / m_2) / N \quad (3.6)$$

此式中，

ECO_2 = 每公克油料所產生之 CO₂ 排放量（公克），

w = 每加侖油料之含碳成分（汽油：2,421 公克，柴油：2,778 公克），

c = 氧化調整係數（0.99），

m_1 = CO₂ 之分子量（44），

m_2 = 碳（C）之分子量（12），

N = 每加侖油料之重量（g）。

每加侖汽油之重量大約在 2.69 公斤及 2.91 公斤之範圍。如果假設每加侖汽油之重量為 2.8 公斤，則根據式 3.6 所估計，每公克汽油所產生之 CO₂ 大約是 3.139 公克。本所試驗車所用之汽油與上述之汽油稍有差別。根據本所提供的資料，試驗車每公克所用之汽油可產生 3.167 公克之 CO₂。

因為耗油率及排放率的變異性很大，本計畫進一步探討在不同行車型態下耗油率與速率變化之關係。

3.6.2 怠速（Idling）狀況耗油率

如果車輛不動但引擎在運轉中，則耗油率比在較高速率時之耗油

率低得多。圖 3-20 顯示在這種怠速狀況時 B 車及 C 車耗油率隨時間變化之樣本。從此圖可知怠速中之耗油率在小範圍內變動。B 車及 C 車之變動範圍各為 0.2 公克/秒~0.3 公克/秒及 0.26 公克/秒~0.36 公克/秒。此外耗油率之變化常有週期性。

為了探討 B 車及 C 車在怠速狀況下之代表性耗油率，本計畫從實驗室資料中尋找車輛長時間持續不動之樣本，然後用這些樣本估計怠速狀況下之平均油耗率，結果如下：

B 車：0.262 公克/秒（37 樣本），

C 車：0.317 公克/秒（34 樣本）。

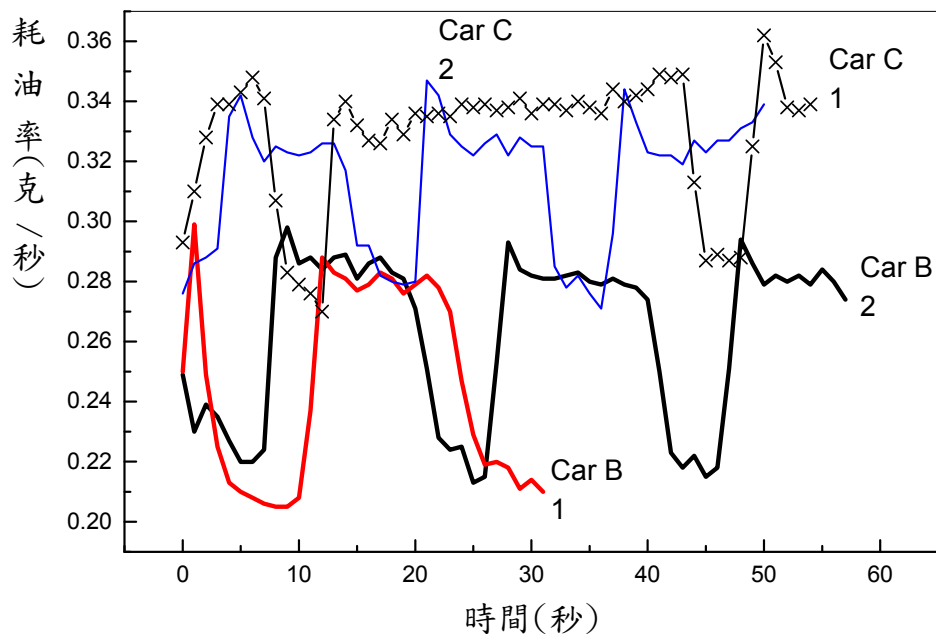


圖 3-20 怠速狀況下耗油率之變化

3.6.3 穩定速率狀況耗油率

根據實驗室資料，本計畫亦探討長時間內速率穩定（加、減速率大約在 0.1 km/h/s 以下）而且耗油率沒有大變化之樣本。各樣本所顯示之平均耗油率如圖 3-21 及圖 3-22 所示。從這兩圖可知，速率在 20 公里/小時到 40 公里/小時之範圍及在 80 公里/小時到 90 公里/小時之範

圍缺乏資料。因此耗油率與穩定速率之關係尚不能確定。但根據耗油率變化之趨勢，耗油率與穩定速率的關係似乎可合理的用圖中的曲線來代表。這些曲線之相關模式如下：

B 車

$$B(V) = 0.125 + 0.142e^{\frac{V}{45.504}} \quad (3.7)$$

C 車

$$B(V) = 0.127 + 0.193e^{\frac{V}{51.859}} \quad (3.8)$$

上兩式中，

$B(V)$ = 速率穩定時之耗油率（公克/秒），

V = 穩定速率（km/h）。

若根據式 3.7 及圖 3.8 估計 B 車及 C 車以穩定速率行走 1 公里之個別耗油量，則結果如圖 3-23 所示。B 車比 C 車省油。

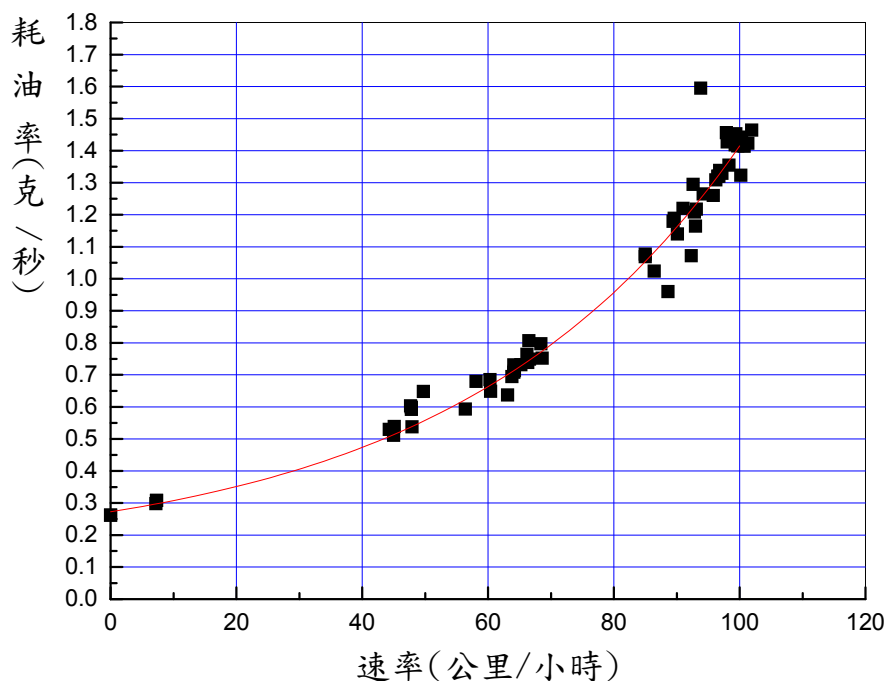


圖 3-21 B 車穩定速率與耗油率之變化樣本

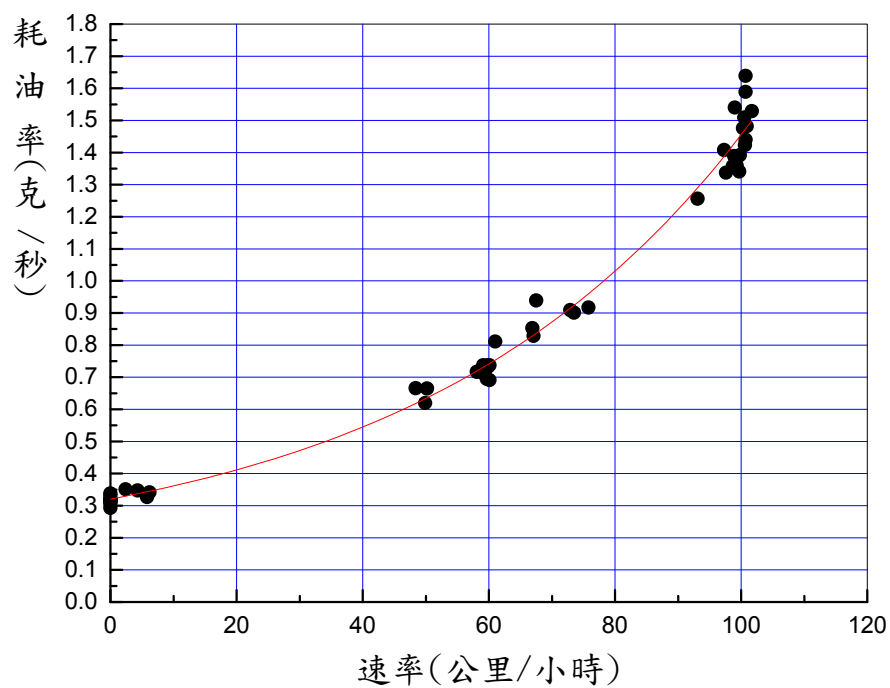


圖 3-22 C 車穩定速率與耗油率之變化樣本

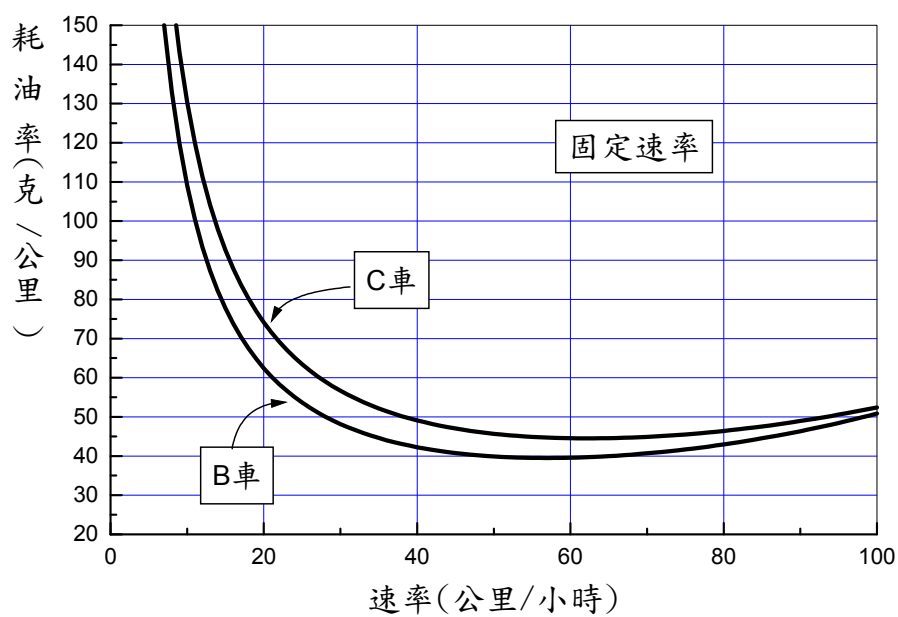


圖 3-23 B 車及 C 車穩定速率行進 1 公里之耗油量

3.6.4 加減速耗油率

3.6.1 節指出加速或減速開始之後，通常耗油率會在數秒之後才開始大幅變化。圖 3-24 進一步顯示當速率從 V_1 持續上升並接近一穩定速率 V_2 時，耗油率可能不升反降。這是因為持續加速時之耗油率很快的超過能以穩定速率 V_1 行進時之耗油率，所以加速到將近穩定速率 V_2 時，耗油率會下降。以圖中第一樣本為例，其加速之最終速率為 92 公里/小時。如以此速率穩定行車，則圖 3-22 顯示耗油率大約是 1.25 公克/秒，但圖 3-24 顯示速率超過 10 公里/小時之後的耗油率就超過 1.25 公克/秒，而且耗油率持續上升到 3 公克/秒以上。在這時候，加速率減少而速率接近穩定，因此耗油率開始下降。因為持續加速期間的耗油率常超過以穩定之最終速率 V_2 行車之耗油率，所以加速期間之總耗油量常超過以 V_2 穩定行駛同樣距離之總耗油量。但如圖 3-24 之兩樣本所示，即使加速型態相似，只要速率及速率之變化稍有不同，耗油率之變化型態就可能有顯著的差異。減速時有同樣的現象，如圖 3-25 所示。

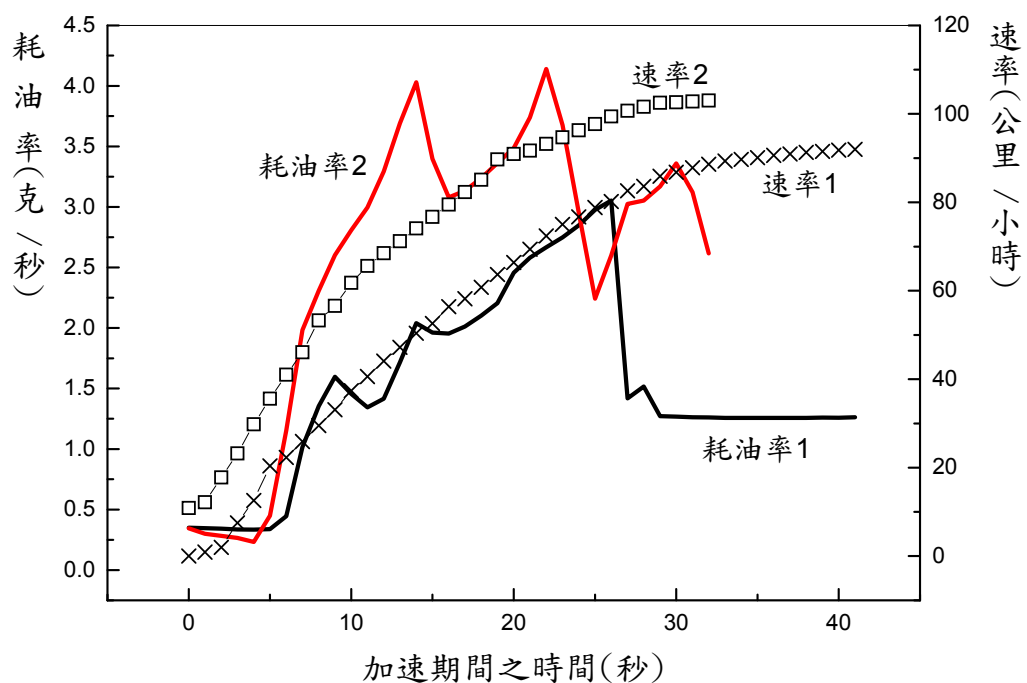


圖 3-24 C 車持續加速瞬間速率及耗油量之變化樣本

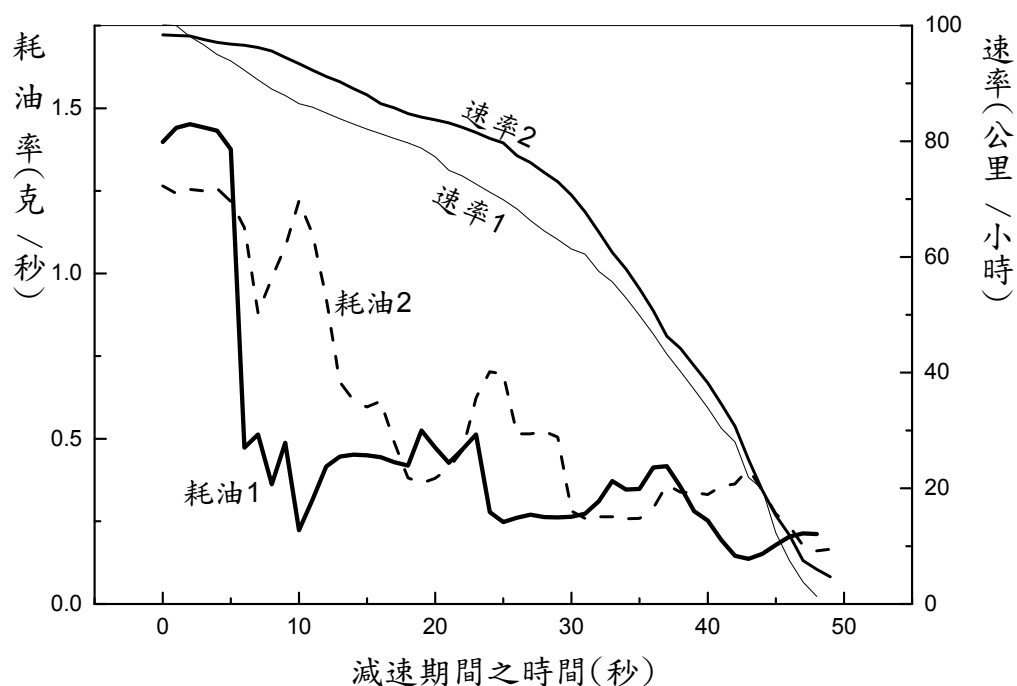


圖 3-25 C 車持續減速時瞬間速率及耗油量之變化樣本

圖 3-25 顯示減速開始之後耗油率可能繼續上升，然後快速的下降。此外，速率從 V_1 降到 V_2 時，大部分時間內之耗油率常遠低於能以啟始速率 V_1 穩定行車時之耗油率。例如圖中第 1 樣本之速率從大約 85 公里/小時降到大約 4 公里/小時。如以 85 公里/小時之穩定速率行車，則圖 3-22 顯示耗油率大約為 1.11 克/秒。圖 3-25 顯示速率降到大約 60 公里/小時以下時，耗油率就低於 1.11 克/秒。所以減速時之總耗油量可能比減速前之速率 V_1 平穩行駛同樣距離之總耗油量低。但是減速之行駛時間比以穩定速率 V_1 行駛同樣距離所需之時間長，所以省油之程度有限。如果減速時之耗油率只在短暫時間內低於穩定速率 V_1 之耗油率，則減速期間之總耗油量可能反而較高。

從圖 3-24 及圖 3-25 也可知瞬間速率相同時的耗油率有很大的變異性。圖 3-26 明顯的反映這現象。此外，雖然耗油率受加速或減速之影響，圖 3-27 顯示瞬間耗油率與加減速的關係很複雜。

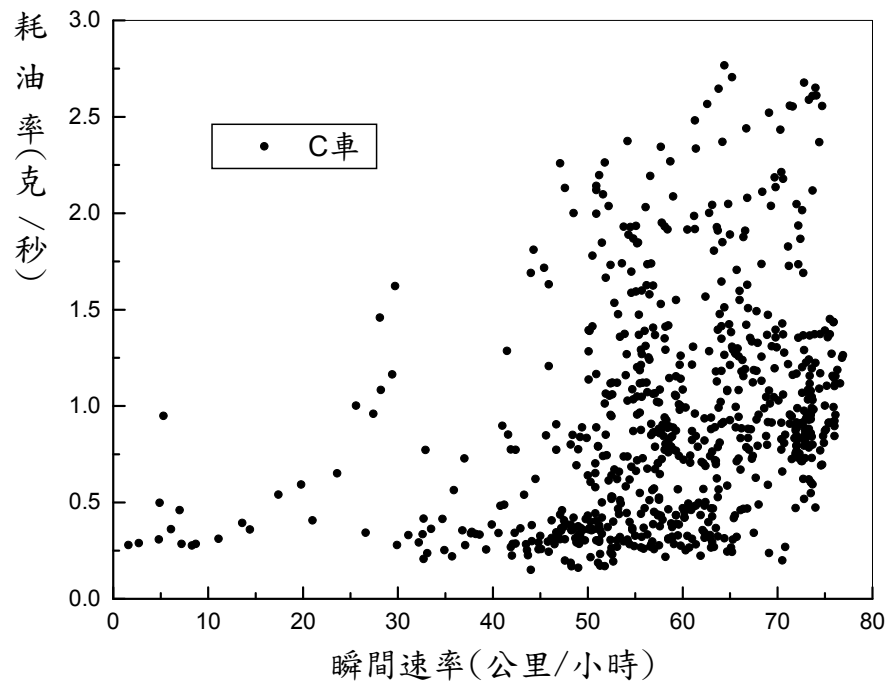


圖 3-26 瞬間速率與耗油率之關係

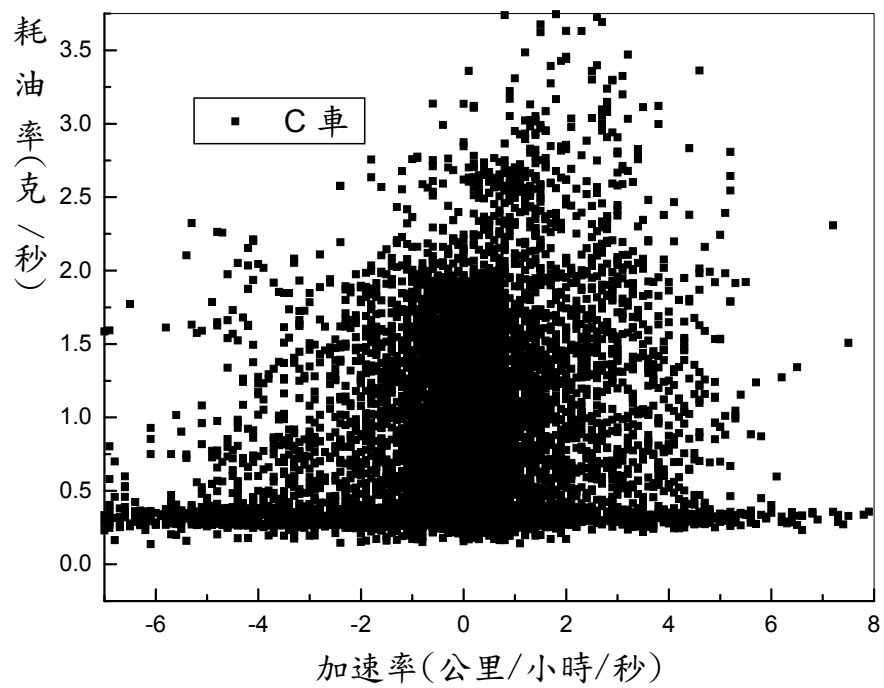


圖 3-27 加速率與瞬間耗油率之關係

上述加速及減速期間耗油率之特性讓耗油量之估計變成一很困難的工作。一般微觀模擬模式，如 TPS 模式，每秒更新車輛之速率及加速率一次。所以從估計耗油量之立場而言，最好能利用每秒之速率、加速率及相關之耗油率直接估計耗油量。但是在同樣之速率及加減速率時之耗油率有很大的差異性，因此這種估計方法很容易產生大誤差。比較可靠的分析方法必須考慮加速或減速前後速率及速率變化之狀況。但這種估計方法需依賴一相當複雜的估計模式。即使該模式能合理地估計瞬間耗油率，但其應用也比較困難。

估計車輛通過收費站時耗油量之一比較實用的方法是先比較在下列三種行車狀況時，每車之平均耗油量：

1. 車輛可維持在上游主線之平均速率 V_1 ，不必加速或減速通過收費站。
2. 車輛從上游主線之平均速率 V_1 減速，並以平均速率 V_2 通過收費車道。
3. 車輛從通過收費車道時之平均速率 V_2 加速到 V_3 回到下游主線。

收費站上游主線之平均速率 V_1 隨車流密度而變。在自由旅行狀況下之平均速率可能在 100 公里/小時左右。在壅塞狀況下之平均速率可能接近 0 公里/小時。通過收費車道之平均速率 V_2 隨車道之性質而變，通過電子收費車道時之平均速率可能高達 50 公里/小時，但在壅塞狀況下，每輛車通過電子收費車道之速率可能遠低於 50 公里/小時，通過找零或回數票車道之平均速率則可假設為 0 公里/小時。車輛回到下游主線之平均速率也隨下游主線車流密度而變。上述各種平均速率可在模擬過程中，根據個別車輛之速率來估計。

本所提供之實驗室資料只有一小部分是根據高速公路行車型態蒐集而得，這些資料中可用於探討類似收費站交通作業之樣本更有限，所以現有資料沒有在廣泛情況下 V_1 、 V_2 及 V_3 速率組合之樣本。本計畫將屬於高速公路、快速公路、省道、縣道、鄉道及市區道路之資料整合在一起，來探討持續加速或減速最少 10 秒時總耗油量與不必加減速時總耗油量之差值。加速時每車耗油量之增加值，乃根據下式來估計：

$$\delta = \sum_{i=1}^N \beta_i - \frac{D_a}{V_3} \beta(V_3) \quad (3.9)$$

此式中，

δ = 加速期間每車所增加之耗油量（公克），

N = 加速期間之長度（秒），

β_i = 實驗室所測得在第 i 秒開始瞬間之耗油率（公克/秒），

D_a = 加速期間之行走距離（公尺），

V_3 = 加速終止後之穩定速率（公尺/秒），

$\beta(V_3)$ = 根據式 3.7 或式 3.8 所估計，穩定速率 V_3 行車之耗油率（公克/秒）。

減速期間每車耗油量之增加值則用下式來估計：

$$\delta = \sum_{i=1}^N \beta_i - \frac{D_d}{V_1} \beta(V_1) \quad (3.10)$$

此式中，

δ ， N ， β_i = 如同式 3.9 中之定義，

D_d = 減速期間之行走距離（公尺），

V_1 = 減速前之速率（公尺/秒），

$\beta(V_1)$ = 根據式 3.7 或式 3.8 所估計，穩定速率 V_1 行車之耗油率（公克/秒）。

為了探討式 3.9 及式 3.10 中之 δ 值是否與某些行車狀況有明顯的關係，本計畫從實驗室資料中尋找持續最少 10 秒之加速或減速之樣本，然後根據式 3.9 或 3.10 估計每一樣本所示，在加速或減速期間，所增加之耗油量。結果顯示於圖 3-29、圖 3-29、圖 3-30 及圖 3-31。

從圖 3-27 至圖 3-31 可知，加減速時耗油量之增減量與啟始速率及最後速率之差距有明顯的關係。但是在同一速率變化程度（亦即最終速率與啟始速率之差距）相同時，耗油量之增減量仍有明顯的變異。因為屬於個別類型公路的資料樣本不足，所以這變異性是否因公路的不同或其他因素所造成，尚不能確定。

圖 3-28 至圖 3-31 顯示 B 車及 C 車在加減速時耗油率之增減有類似的型態。

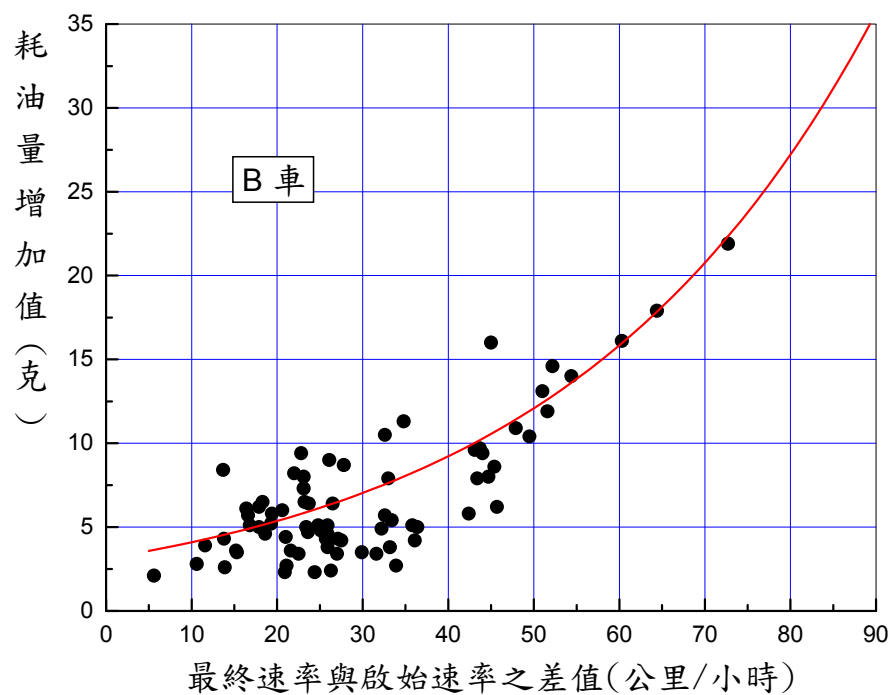


圖 3-28 B 車加速期間耗油量增加值

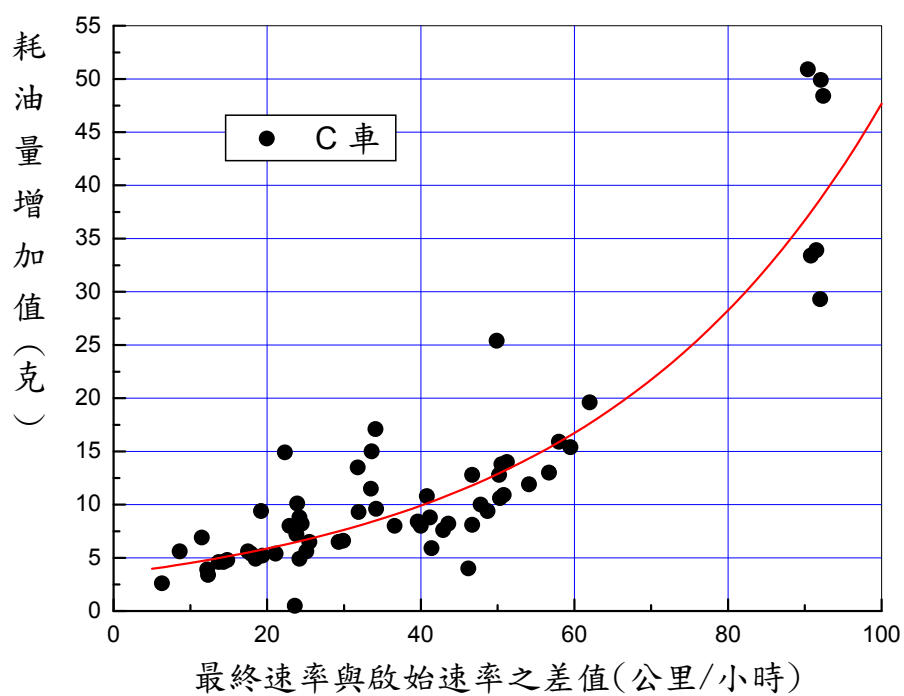


圖 3-29 C 車加速期間耗油量增加值

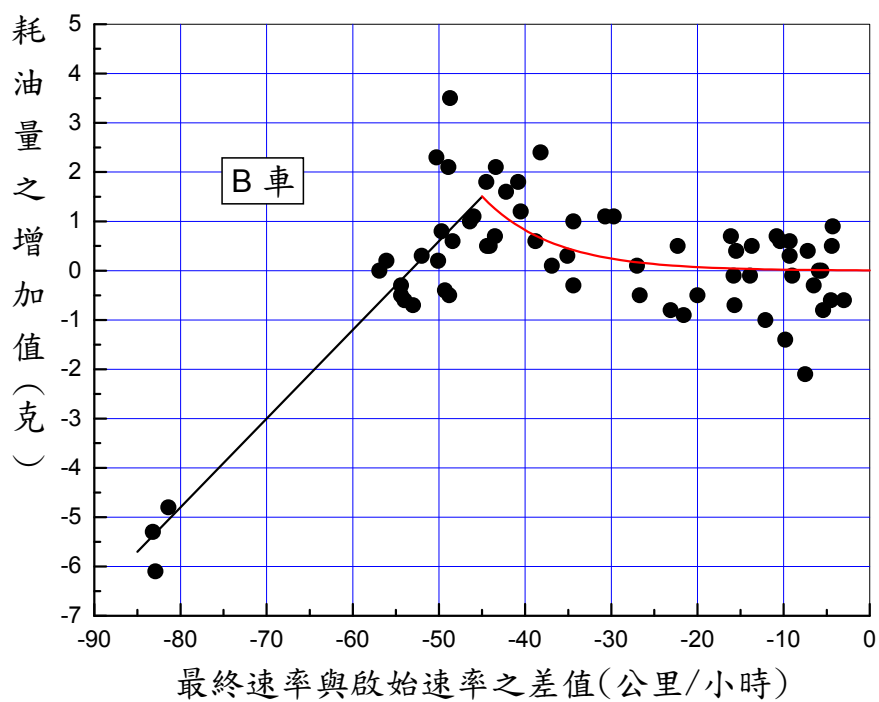


圖 3-30 B 車減速期間耗油量增加值

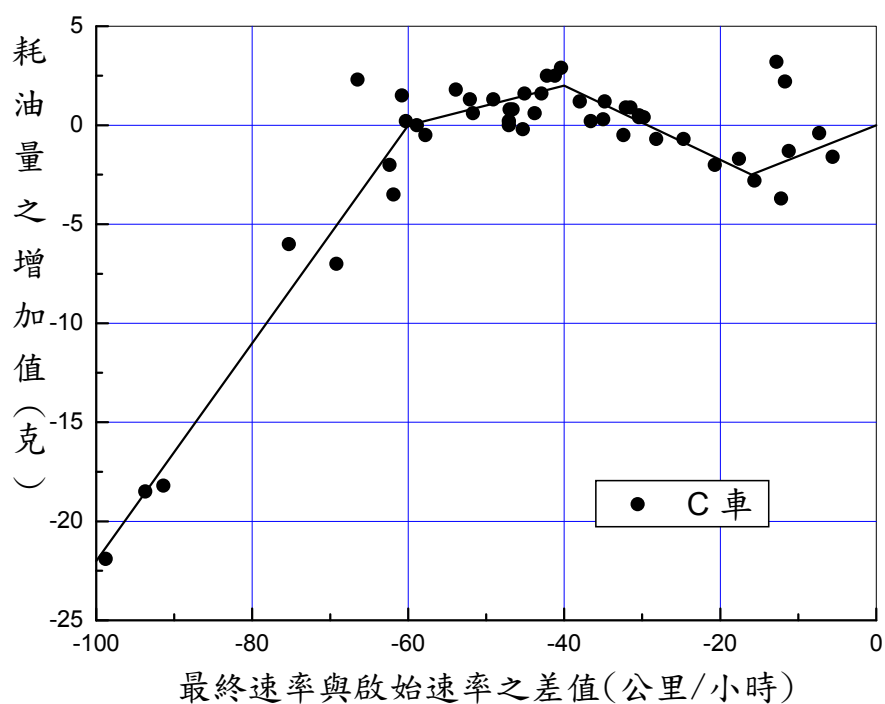


圖 3-31 C 車減速期間耗油量增加值

一般而言，加速時耗油量會增加而且增加量隨速率變化程度之加大而迅速的升高。減速時，耗油量可能減少，也可能增加。但速率的變化不超過 60~70 公里/小時之情況下，耗油量之增減量很有限。

根據圖 3-31 如果主線車輛從 100 公里/小時之速率減速到 0 公里/小時，然後通過找零或回數票收費車道，圖 3-29 顯示，則每車耗油量比不必減速時大約少 22 公克。如果車輛從 0 公里/小時加速到 100 公里/小時回到下游主線，則每車耗油量大約增加 48 公克。在這種減速然後加速之情況下，每車之耗油量大約增加 26 公克。如果車輛從 100 公里/小時減速到 50 公里/小時通過電子收費車道，然後加速到 100 公里/小時回到下游主線，則從圖 3-29 至圖 3-31 所估計的耗油量增加值大約是每車 14 公克。

因為 C 車之耗油率特性比較有代表性，所以本計畫暫時利用圖 3-29 至圖 3-31 所示之關係在 TPS 模式之模擬過程中估計耗油量及相關之 CO₂ 排放量。圖 3-29 至圖 3-31 所示之關係可用下列模式來代表：

加速期間

$$\text{如 } V_3 - V_2 > 5, J = 3.477e^{\frac{V_3 - V_2}{38.189}} \quad (3.10a)$$

$$\text{如 } V_3 - V_2 \leq 5, J = 0.8(V_3 - V_2) \quad (3.10b)$$

上兩式中，

V_3 = 加速後之最後速率（公里/小時），

V_2 = 加速開始瞬間之速率（公里/小時），

J = 與以穩定速率行駛同樣距離之耗油量相比較，加速期間每車耗油量之增加值（公克）。

減速期間

$$\text{如 } V_2 - V_1 \leq -60, J = 33 + 0.55(V_2 - V_1) \quad (3.11a)$$

$$\text{如 } -60 < V_2 - V_1 \leq -40, J = 6 + 0.1(V_2 - V_1) \quad (3.11b)$$

$$\text{如 } -40 < V_2 - V_1 \leq -16, J = -7 - 0.225(V_2 - V_1) \quad (3.11c)$$

$$\text{如 } -16 < V_2 - V_1 \leq 0, J = 0.125(V_2 - V_1) \quad (3.11d)$$

3.6.5 後續油耗率及排放率之研究方針

瞬間耗油率及排氣率隨該瞬間之前的速率及加減速的狀況，而有很大變化。此外，即使平均行車狀況大致相同，但速率及加減速稍有不同，瞬間耗油率及排氣率之變異型態可能有顯著的不同。因此，準確地估計在某一範圍內之車流狀況的代表性耗油率及排氣率，必須在該範圍內蒐集大量的資料樣本。但是在任何公路上之車流狀況變換無窮，所以不可能針對每一可能存在之車流狀況蒐集大量資料。在此情況下，蒐集資料來建立一估計耗油量及排氣量之方法，宜將重點放在下列四種車流狀況：

1. 停等狀況
2. 穩定行車狀況
3. 持續加速狀況
4. 持續減速狀況

停等狀況可能是因為塞車，或因交通管制（如號誌控制）或收費站作業所造成。在這狀況下之耗油量及排氣量可根據車輛之怠速耗油率及排氣率來估計。

穩定行車狀況並非指速率不變之狀況。一般公路上之車輛即使在沒有互相干擾之情況下也不可能保持同一速率。所以穩定行車狀況可定義為沒有持續加速或減速，而且個別車輛之速率變異在一特定範圍（如 15 公里）之內的狀況。穩定行車的狀況可能發生在車流密度低，平均速率高之情形下，也可能發生在塞車時車流以慢速進行之情形下。在穩定行車之狀況時，個別車輛仍有短暫之加減速，但平均速率隨時間的變化不應超過一小範圍（如 ± 5 公里/小時）。

持續加減速之狀況指加減速程度超過穩定行車之加減速範圍時之情況。從建立實用方法來估計耗油率及排氣率之需要而言，持續加速及減速狀況之探討，可限於路口及收費站等受交通管制或收費作業因而全部或許多車輛經常必須大幅減速然後加速之情形。這種情形之耗油率及排氣率與穩定狀況下之耗油率及排氣率可能大不相同。

如果在上述四種情況下之代表性耗油率及排氣率可合理的估計，則車流通過一路段之總耗油量及排氣量可估計如下：

$$U = u_s T_s N + 3600 u_c(V) \frac{D}{V} N + \delta_d P_d N + \delta_a P_a N \quad (3.12)$$

此式中，

U = 車流通過一路段時之總耗油量或排氣量（公克）；

u_s = 停等狀況下每秒之耗油率或排氣率（公克/秒）；

T_s = 平均每車之停等時間（秒）；

N = 通過路段之總車數（輛）；

$u_c(V)$ = 平均穩定速率 V 公里/小時之情況下，每秒之平均耗油量或排氣量（公克/秒）；

D = 路段長度（公里）；

V = 平均穩定速率（公里/小時）；

δ_d = 每一車輛持續減速時所增加之耗油量或排氣量路段長度（公克）；

P_d = 須持續減速之車輛的比例；

δ_a = 每一車輛持續加速時所增加之耗油量或排氣量路段長度（公克）；

P_a = 須持續加速之車輛的比例。

從建立式 3.12 估計方法的需要而論，本所現有的資料不充足，因此本計畫提供下列建議作為後續研究之參考：

1. 資料蒐集必須在實際或近似實際的行車狀況下執行。如果用實驗車直接在現場蒐集耗油量及排氣量之工作太困難，則必須用實驗車在事先選定公路上行駛並記錄在不同壅塞狀況下速率隨時間之變化。現場資料不必涵蓋整條公路，但須涵蓋代表性路段。這些路段一般須包括阻斷性車流路段（如有號誌化路口之路段）及非阻斷性車流路段。實驗車須在這些路段上重複在不同車流狀況下行駛來訂定加速、減速、停等及穩定行車特性之範圍。
2. 在實驗室，試驗道(test track)或現場根據加速、減速、停等及穩定行車特性之範圍重複行駛實驗車來蒐集耗油量及排氣量之樣本。

蒐集減速、停等及加速期間之耗油量及排氣量時，須考慮不同程度之減速（如從 50 公里/小時降到 0 公里/小時，或從 40 公里/小時降到 10 公里/小時）、停等時間（如 10 秒或 20 秒）及加速（如從 0 公里/小時升高到 50 公里/小時，或從 20 公里/小時升高到 60 公里/小時）。所須探討之不同組合以現場觀察到的車流狀況之範圍為依據。

3. 利用耗油量及排氣量樣本建立模式來估計：(1)穩定行車狀況下，平均車速為 V 時，每秒或每公里之耗油量及排氣量；(2)怠速狀況下耗油量及排氣量與停等時間之關係；(3)阻斷性車流速率從 V_1 降到 V_2 所增加或減少之耗油量及排氣量；(4)阻斷性車流速率從 V_2 增高到 V_3 所增加或減少之耗油量及排氣量。
4. 根據公告之油耗經濟(fuel economy)資料，選擇能代表臺灣公路車輛耗油率及排氣率平均特性之數輛車，作為資料蒐集之對象。

第四章 TPS 模式之改良及微調

建立 TPS 模式第一版時，可用於微調模擬邏輯之現場資料很有限，而且當時臺灣還沒有實施電子收費，因此第一版之電子收費作業之相關車流特性係根據假設之狀況。本計畫所蒐集之收費站作業資料對改良 TPS 模式很有幫助。這些資料中，一部分可直接用來模擬車流行為，其他資料則可用來調整模擬邏輯。本章說明 TPS 模式改良及微調之工作。

4.1 變換車道之邏輯

本計畫進行微調工作時，發現變換車道之邏輯有時造成兩車互讓而持久不前進，造成嚴重塞車。這現象發生於大車通過收費車道之後須在短距離內交織變換車道之情況下。為了消除這不合理的現象，本計畫將變換車道之邏輯修改，讓車頭在前之併行車輛有優先行進之權利。

4.2 減速區進口自由速率

根據圖 3-8，車輛進到減速區起點時之平均自由速率隨減速區的範圍而變。減速區長度超過 400 公尺時，減速區長度對起點之平均自由速率的影響比較小。減速區長度在 350 公尺及 400 公尺時，平均自由速率隨減速區長度之變化相當顯著。減速區起點平均自由速率隨減速區長度之變化，可用下式來代表：

$$V_f = 67.5 + \frac{21.09}{1 + e^{\frac{S-373.3}{32.976}}} \quad (4.1)$$

此式中，

V_f = 減速區起點車輛之平均自由速率（公里/小時）；

S = 減速區之長度（公尺）。

根據第三章 3.3 節之說明，在減速區起點之個別車輛自由速率大約在平均自由速率之 75% 及 130% 之間。式 3.1 所代表之正常化自由速率

的分布可轉換成下式，來模擬個別車輛之自由速率：

$$V_{fi} = V_f [0.993 - 0.059 \ln(\frac{1.034}{R + 0.033} - 1)] \quad (4.2)$$

此式中，

V_{fi} = 車輛 i 在減速區起點之自由速率（公里/小時）；

V_f = 車輛在減速區起點之平均自由速率（公里/小時）；

R = 均勻分布之隨機亂數（0~1）。

改良後之 TPS 模式讓主線車輛在接近收費站時逐漸減速來模擬式 4.1 所估計之平均自由速率，個別自由速率則根據式 4.2 所代表之分布來訂定。

4.3 電子收費車道之自由速率

根據第三章第 3.4 節所示之資料，大車及小車通過電子收費車道時之平均自由速率各為 50 及 52 公里/小時左右。個別車輛自由速率之分布與減速區起點自由速率的分布相似。本計畫根據式 3.2 所代表的分布來模擬車輛通過電子收費車道時之自由速率。式 3.2 可轉換成下列之模擬程式：

$$V_{ei} = V_e [0.984 - 0.087 \ln(\frac{1.094}{R + 0.074} - 1)] \quad (4.3)$$

此式中，

V_{ei} = 個別車輛 i 通過電子收費站時之自由速率（公里/小時）；

V_e = 車輛通過電子收費站時之平均自由速率（小車：52 公里/小時；大車：50 公里/小時）；

R = 均勻分布之隨機亂數（0~1）。

4.4 收費車道服務時間

4.4.1 小車回數票孔道服務時間及容量

第三章表 3.16 顯示小車回數票孔道之平均服務時間在 3.58 秒及 3.95 秒之間，其相關容量在 919 小車/小時及 1,006 小車/小時之間。這

些容量值比 2001 年容量手冊第八章所提供之值約高 50 小車/小時。此外，本計畫蒐集之個別服務時間在平均值的 60%及 140%之間。這範圍比 2001 年手冊所指出的 50%到 210%之範圍小。因為服務時間之變異性會影響收費站之作業績效，所以舊版之 TPS 模式之相關模擬邏輯須修改。

TPS 模式利用一跟車邏輯來設定在每秒鐘內每一車應有之加速率。此邏輯假設每一車輛跟隨另一車輛時，後車車頭與前車車尾應保持適當的間距。修正後之 TPS 模式利用下列兩式訂定後車車速等於或高於前車時應保持之間距。

小車

$$S_a = S_{\min} + \beta_1[0.95(0.5 + 1.0R)V_1 + 0.0041V_1^2 - (V_1^2 - V_2^2)/6.1] \quad (4.4a)$$

大車

$$S_a = S_{\min} + \beta_2[1.27(0.4 + 1.2R)V_1 + 0.0041V_1^2 - (V_1^2 - V_2^2)/6.1] \quad (4.4b)$$

上兩式中，

S_a = 後車速率等於或高於前車速率時，兩車欲保持之間距（車尾到車頭，公尺）；

S_{\min} = 前車與後車皆停住時，兩車之最小間距（平均約 2 公尺）；

β_1, β_2 = 小車及大車之間距調整係數；

R = 均勻分布之隨機亂數（0~1）；

V_1 = 前車之速率（公尺/秒）；

V_2 = 後車之速率（公尺/秒）。

如前車的速率高於後車之速率，修定後之 TPS 模式假設兩車欲維持之間距如下：

小車

$$S_b = S_{\min} + \beta_1[0.95(0.5 + 1.0R)V_2 + 0.0041V_1^2] \quad (4.5a)$$

大車

$$S_b = S_{\min} + \beta_2[1.27(0.4 + 1.2R)V_1 + 0.0041V_1^2] \quad (4.5b)$$

上兩式中，

S_b = 前車速率高於後車速率時，兩車欲保持之間距（公尺）。

根據式 4.4、式 4.5 及在每秒開始瞬間之速率、加速率及車輛之位置，TPS 模式估計個別車輛應採用之加速率或減速率。但加速率不能超過個別車輛之最高加速率，此最高速率訂為：

小車

$$a_{\max} = 2.74 - 0.75V \quad (4.6a)$$

大車

$$a_{\max} = 1.52 - 0.042V \quad (4.6b)$$

上兩式中，

a_{\max} = 最高加速率（公尺/秒²）；

V = 車速（公尺/秒）。

此外，修訂後之 TPS 模式亦採用一付費後加速率調整係數來調高或調低回數票大車及小車駛離收費亭之起始加速率。回數票小車孔道之付費後加速率之代表值為 1.45 公尺/秒²。此代表值之相關調整係數為 100%，如調整係數高於 100%時，則小車會以較快的速率離開收費車道，因此孔道之容量會增高。如表 4.1 所示，現場觀察到之小車找零孔道之容量（919~1,006 小車/小時），可用 85%到 110%左右之付費後加速率調整係數來模擬。

圖 4.1 顯示新版 TPS 模式所產生之回數票小車服務時間與現場服務時間有相當近似之分布。

4.4.2 電子收費車道服務時間及容量

第三章表 3.17 顯示小車電子收費車道之平均服務時間在 2.04 秒及 2.18 秒之間，其相關容量在 1,654 及 1,762 小車/小時之間。大車電子收費車道之容量則在 1,084 及 284 大車/小時之間。根據假設之車流行為，舊版 TPS 模式所估計之容量為 1,748 小車及 1,237 大貨車、989 聯結車或 1,204 大客車。這些估計值近似本計畫之現場觀察值。但舊版 TPS

模式所產生之小車服務時間的分布與現場服務時間之分布有顯著的不同，如圖 4-2 所示。

表 4.1 回數票小車收費車道付費後加速率調整係數與容量模擬值之關係（20 次模擬平均值）

調整係數(%)	容量模擬值(小車/小時)
75	822
77	830
80	848
85	878
90	903
95	933
100	960
105	992
110	1,019

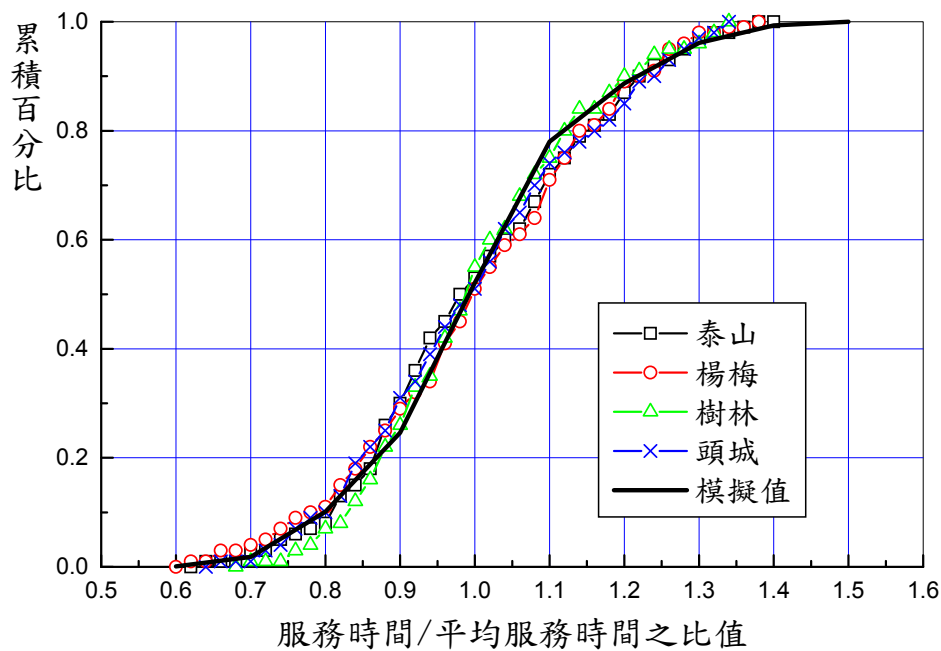


圖 4-1 回數票小車收費車道服務時間之分布

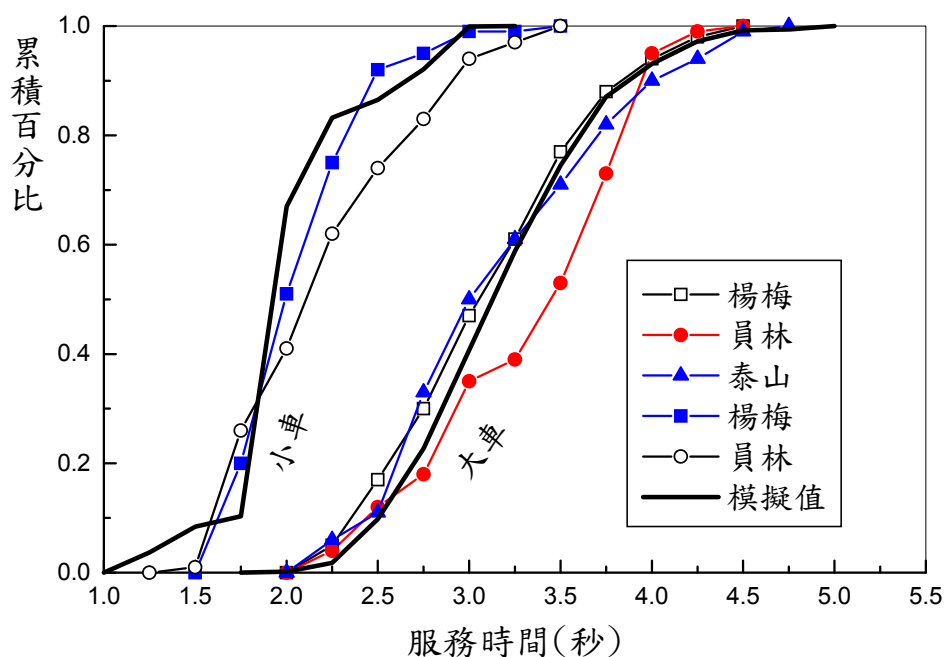


圖 4-2 舊版 TPS 模式之電子收費車道服務時間之分布與現場分布之比較

新版之 TPS 模式用本章第一節所述之式 4.4、式 4.5 及式 4.6 模擬跟車行為。式 4.4 及式 4.5 之 β_1 及 β_2 之代表值為 1.0，但新版之 TPS 模式讓使用者在輸入檔中設定此兩調整係數，來調整電子收費車道之容量。表 4.2 顯示此間距調整係數對電子收費車道容量模擬值之影響。

表 4.2 式 4.4 及式 4.5 中間距調整係數 β_1 及 β_2 與電子收費車道容量模擬值的關係 (20 次模擬平均值)

小車		大車	
β_1	容量(小車/小時)	β_2	容量(大車/小時)
0.90	1,851	0.90	1,210
0.95	1,780	0.95	1,167
1.00	1,714	1.00	1,126
1.05	1,652	1.05	1,091
1.10	1,598	1.10	1,058

圖 4.3 顯示 TPS 模式修訂版所產生之電子收費車道服務時間之分布很接近現場服務時間之分布。

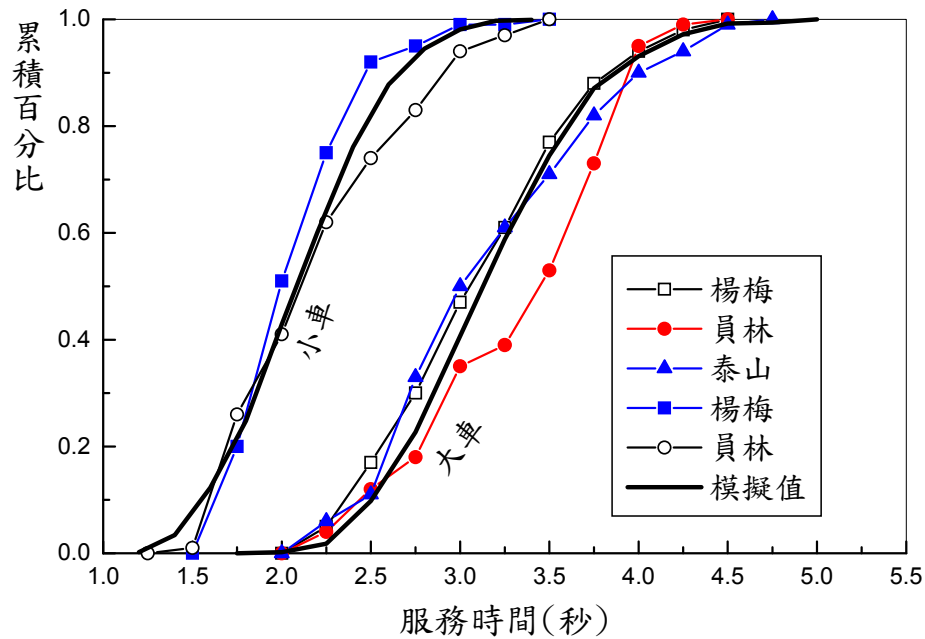


圖 4-3 新版 TPS 模式之電子收費車道服務時間之分布與現場分布之比較

4.4.3 小車找零孔道服務時間及容量

小車找零孔道事實上讓找零及回數票車輛共用。第三章表 3.18 之數據經重新整理之後可得表 4.3 所列之找零及回數票車輛之比例及孔道容量。

表 4.3 小車找零孔道之容量及付費方式之比例

收費站	樣本數	回數票百分比(%)	找零百分比(%)	容量(小車/小時)
樹林	138	28.3	71.7	492
頭城	296	21.3	78.7	599
泰山	279	28.0	72.0	542
楊梅	223	25.1	74.9	499

找零車輛之服務時間比回數票車輛之服務時間長，因此可推論，如找零車輛之比例增高，收費車道之容量可能下降。但表 4.3 之容量沒有顯現這種現象。所以各收費站之平均找零時間很可能有差異。

為了估計只有找零小車時之容量，本計畫將現場資料中找零車輛跟隨找零車輛，所造成之服務時間加以分析，結果如表 4.4 所示。四個收費站只有找零小車時之平均收費車道容量為 479 小車/小時。

表 4.4 只有找零小車時收費車道之容量

收費站	樣本數	服務時間(秒)		容 量 (小車/小時)
		平均值	標準差	
樹林	76	8.41	1.56	428
頭城	192	6.43	1.76	560
泰山	140	7.43	1.99	485
楊梅	127	8.15	2.64	442

因為找零孔道之服務時間大部分是付費時間，其餘是車輛跟進時間，所以新舊版之 TPS 模式皆讓使用者用輸入檔設定平均付費時間。表 4.5 顯示平均付費時間輸入值與容量模擬值之關係。因為平均付費時間等於 4.2 秒時之容量模擬值(472 小車/小時)接近現場容量之平均值，所以新版之 TPS 模式將 4.2 秒之找零時間訂為代表值。

表 4.5 小車找零平均付費時間與容量模擬值之關係(20 次模擬平均值)

平均付費時間(秒)	容量(小車/小時)
3.0	567
3.5	519
4.0	484
4.2	474
4.5	455
5.0	429
5.5	403

圖 4-4 顯示模擬之服務時間的分布，大致在現場服務時間之分布的範圍內。

現場資料亦顯示如表 4.6 所示之找零小車跟隨回數票小車，以及回數票小車跟隨回數票或找零小車的平均服務時間。從表 4.6 可知，在四個收費站之找零小車跟隨回數票小車的總平均服務時間為 7.84 秒。從表 4.4 也可知，在同樣的四個收費站上，找零小車跟隨找零小車之總平均服務時間為 7.6 秒。可見找零小車跟隨回數票小車時的平均服務時間稍高。以對等容量而言，兩者之差距只有 3% 左右。因此在分析或模擬找零及回數票共用之收費車道時，可不必考慮找零小車之前方是否有找零或回數票小車。從表 4.6 也可知，在共用之收費車道上，回數票前方是找零小車或回數票小車，對回數票小車之服務時間沒有實質的影響。

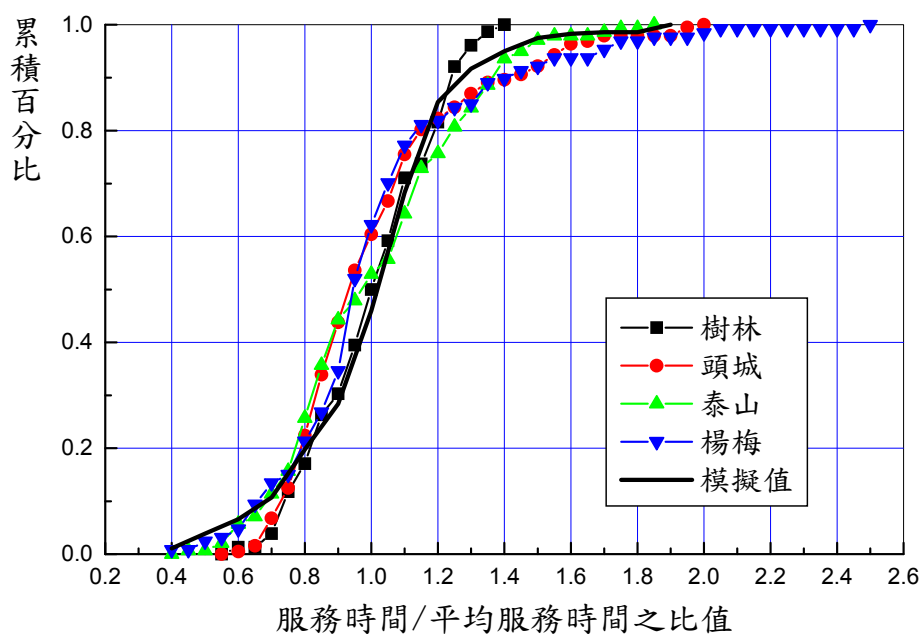


圖 4-4 小車找零服務時間之模擬及現場分布

表 4.6 找零小車收費車道在不同跟車狀況時之平均服務時間

跟車狀況	項目	收費站			
		樹林	頭城	泰山	楊梅
找零小車跟隨 回數票小車	樣本數	23	37	53	37
	平均服務時間(秒)	8.42	6.79	7.50	8.66
	標準差(秒)	1.67	1.86	1.90	2.21
回數票小車跟 隨找零小車	樣本數	21	38	53	37
	平均服務時間(秒)	4.67	4.33	4.40	4.04
	標準差(秒)	0.89	0.94	0.84	0.64
回數票小車跟 隨回數票小車	樣本數	12	19	22	12
	平均服務時間(秒)	4.21	4.17	4.75	4.20
	標準差(秒)	0.55	0.79	0.91	0.47

但是表 4.6 之回數票小車跟隨回數票小車之總平均服務時間是 4.33 秒，此平均值比表 3.16 回數票小車專用收費車道之總平均服務時間（3.78 秒）高出 0.55 秒。換言之，在回數票及找零共用之收費車道上，回數票小車跟隨回數票小車之對等容量只有回數票小車專用之收費車道之 87%。所以在分析回數票及找零共用之收費車道時，須提高回數票小車之服務時間。用 TPS 模式模擬共用孔道時，可用回數票小車付費後加速率之調整係數。適當之調整係數為 77%。

根據新版的 TPS 模式，表 4.7 顯示小車找零孔道有混合付費方式時之容量現場值及模擬值。此表所列之輸入找零時間的平均值為 4.6 秒。如用此平均找零時間模擬各收費站之小車找零孔道的容量，則估計誤差在 5%之內。表 4.7 所列之平均找零時間輸入值相當於平均服務時間減掉付費時之跟進時間。此跟進時間大約在 2.3 秒左右。

表 4.7 小車找零孔道在混合收費方式下之現場及模擬容量值

收費站	現場值			模擬值	
	回數票百分比(%)	找零百分比(%)	容量(小車/小時)	平均找零時間(秒)	容量(小車/小時)
樹林	28.3	71.7	492	5.4	493
頭城	21.3	78.7	599	3.3	598
泰山	28.0	72.0	542	4.5	540
楊梅	25.1	74.9	499	5.0	500

註：回數票小車付費後加速率調整值=0.73。

4.4.4 大車找零孔道之服務時間及容量

如第三章表 3.19 所顯示，大車找零孔道之大部分（70%以上）車輛為回數票車輛。若只考慮回數票大車跟隨另一回數票大車之情況，則只有回數票大車時之服務時間及容量如表 4.8 所示。

表 4.8 只有回數票大車時收費車道之容量

收費站	樣本數	服務時間(秒)		容量(大車/小時)
		平均值	標準差	
樹林	67	6.19	1.67	582
泰山	68	6.28	1.51	573

找零大車跟隨找零大車之可用樣本只有 19 個，其平均服務時間為 13.06 秒，服務時間之標準差為 5.06 秒。根據這些資料，只有找零大車時的容量為 276 大車/小時。

新版的 TPS 模式亦讓使用者利用付費後加速率調整係數來調整回數票大車孔道之容量。此調整係數代表付費後大車之代表性加速率之百分比。表 4.9 顯示調整係數與容量模擬值的關係。

表 4.9 回數票大車收費車道付費後加速率調整係數
與容量模擬值之關係（20 次模擬平均值）

調整係數(%)	容量模擬值(大車/小時)
85	569
90	574
95	578
100	581
105	584
110	586

圖 4-5 顯示回數票大車服務時間之模擬分布，相當近似現場服務時間之分布。

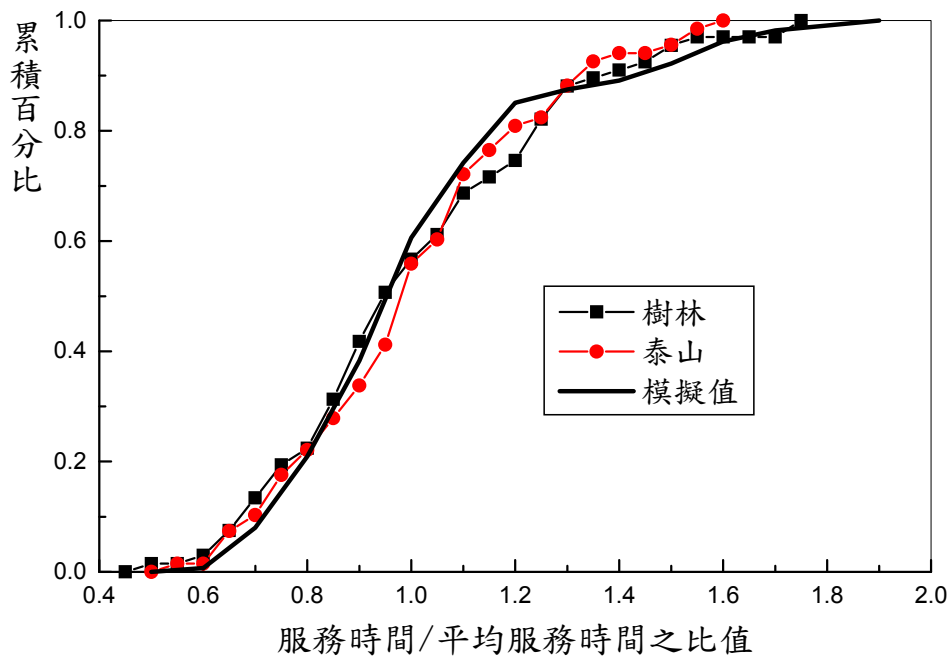


圖 4-5 大車回數票服務時間之模擬及現場分布

至於找零大車之服務時間，新版 TPS 模式也讓使用者利用輸入檔設定付費時間。輸入之平均付費時間為 7.5 秒時，只有找零大車之收費車道的服務時間接近現場觀察到之容量（276 大車/小時）。輸入之平均付費時間與容量的關係，如表 4.10 所示。

表 4.10 只有找零大車時收費車道容量模擬值與輸入平均付費時間的關係（20 次模擬平均值）

付費時間(秒)	容量(大車/小時)
6.5	300
7.0	286
7.5	276
8.0	266
8.5	255
9.0	250

根據第三章表 3.19，大車找零收費車道在混合付費方式下之容量如表 4.11 所示。此表亦顯示模擬之容量及相關之輸入平均找零付費時間。表中兩輸入平均找零時間的平均值為 8.2 秒。在實際之平均付費時間不知之情況下，如用此平均找零時間執行模擬，則誤差大約在 7% 左右。

表 4.11 大車找零孔道在混合收費方式下之現場及模擬容量值

收費站	現場值			模擬值	
	回數票 百分比(%)	找零 百分比(%)	容量 (大車/小時)	平均找零 時間(秒)	容量 (大車/小時)
樹林	82.1	17.9	461	9.5	463
泰山	70.1	29.9	479	5.1	479

現場資料亦顯示在回數票及找零共用之收費車道上，回數票大車之平均服務時間不受前車付費方式之影響。回數票大車跟隨回數票大車之平均服務時間是否會因車道是回數票大車專用或回數票及找零大車共用而顯著不同，則不能斷論，因為臺灣目前沒有回數票大車專用之收費車道。大車找零之比例不高，本計畫現場取得之大車找零樣本也很少。從容量分析應用而言，回數票大車之服務時間及相關容量可根據表 4.8。找零大車之容量可設定在 276 大車/小時左右。

4.4.5 地磅站之服務時間及容量

第三章表 3.20 顯示地磅站之服務時間在 11 秒及 13 秒之間，相當於 270~310 大車/小時之容量。因為舊版 TPS 模式模擬所得之容量接近現場觀察到之容量，所以本計畫沒有修改地磅站之模擬邏輯。表 4.12 顯示根據不同平均服務時間模擬所得之容量。

表 4.12 地磅站容量模擬值

平均服務時間(秒)	容量(大車/小時)
11	329
12	303
13	279

4.5 耗油量及 CO₂ 排氣量之估計

4.5.1 耗油量之估計

新版 TPS 模式在模擬收費站作業時，產生下列之估計值：

1. V_l ：收費站上游高速公路主線上，車流尚未受收費站所影響時之平均速率（公里/小時）。
2. V_{2i} ：車輛通過收費車道 i 時在收費亭附近之平均速率（公里/小時）。
3. D_i ：通過收費車道 i 之車輛的平均停等時間（秒/輛）。
4. Q_i ：通過孔道 i 之流率（輛/小時）。

根據這些估計值及第三章第 3.6 節所討論、C 車之耗油特性，TPS 模式估計通過收費站車輛每小時之總耗油量。總耗油量包括怠速狀況下之耗油量，以主線未受收費站影響時之速率通過收費站之耗油量，及加減速所造成之額外耗油量。各項目耗油量之估計方法如下所述：

1. 怠速狀況下之總耗油量 F_1 （公克/小時）

第三章 3.6.2 節指出 C 車在停等（怠速）狀況下之耗油量為每秒 0.317 公克，所以下式可用來估計怠速狀況下每小時之總耗油量。

$$F_1 = \sum_i 0.317 Q_i D_i \quad (4.8)$$

2. 以穩定速率 V_l 通過收費站之總耗油量 F_2 （公克/小時）

如果沒有收費站，則車輛可以穩定速率 V_l 行走 S_a 之距離。在這期間每秒之耗油量可根據第三章式 3.8 來估計。所以每小時之總耗油量可用下式來估計。

$$F_2 = \sum_i 3600 Q_i \left(\frac{S_a}{V_l} \right) (0.127 + 0.193 e^{\frac{V_l}{51.839}}) \quad (4.9)$$

此式中，

S_a ：收費亭上、下游附近一特定之行車距離（公尺）。

3. 從 V_1 減速到 V_{2i} 所增加之總耗油量 F_3 （公克/小時）

第三章 3.6.4 節指出，車輛減速時耗油量可能減少，也可能增加，如圖 3-31 所示。因減速所造成之額外耗油量可根據第三章之式 3.11 來估計。TPS 模式用下列之公式估計總額外耗油量。

$$F_3 = \sum_i Q_i \Delta F_d \quad (4.10)$$

此式中， ΔF_d 代表因減速所增加之總耗油量，其值可正可負，負值表示減速會減少耗油量。根據式 3.11， ΔF_d 可估計如下。

如 $V_{2i} - V_1 \leq -60$

$$\Delta F_d = 33 + 0.55(V_{2i} - V_1) \quad (4.11a)$$

如 $-60 < V_{2i} - V_1 \leq -40$

$$\Delta F_d = 6 + 0.1(V_{2i} - V_1) \quad (4.11b)$$

如 $-40 < V_{2i} - V_1 \leq -16$

$$\Delta F_d = -7 - 0.225(V_{2i} - V_1) \quad (4.11c)$$

如 $-16 < V_{2i} - V_1 \leq 0$

$$\Delta F_d = 0.125(V_{2i} - V_1) \quad (4.11d)$$

4. 從 V_{2i} 加速回到 V_1 所增加之總耗油量 F_4 （公克/小時）

根據第三章式 3.10，加速期間所增加之總耗油量可估計如下。

$$F_4 = \sum_i Q_i \Delta F_a \quad (4.12)$$

此式中， ΔF_a 代表每輛車從 V_{2i} 加速到 V_1 所增加之總耗油量，其值為：

如 $V_1 - V_{2i} > 75$

$$\Delta F_a = 3.477 e^{\frac{V_1 - V_{2i}}{38.189}} \quad (4.13a)$$

如 $V_1 - V_{2i} \leq 5$

$$\Delta F_a = 0.8(V_1 - V_{2i}) \quad (4.13b)$$

收費站每小時作業期間之車流總耗油量，等於 F_1, F_2, F_3 及 F_4 之和。

4.5.2 CO₂ 排氣量之估計

每公克之汽油可產生 3.167 公克之 CO₂，因此如果總耗油量是 $(F_1 + F_2 + F_3 + F_4)$ ，則 CO₂ 之總排氣量為每小時 $3.167(F_1 + F_2 + F_3 + F_4)$ 公克。

第五章 容量手冊第八章「收費站」之修訂

本計畫修訂容量手冊第八章之重點包括：

- 1.增加有關收費站車流特性之資料。
- 2.更新收費車道服務時間及容量之資料。
- 3.更新地磅站服務時間及容量之資料。
- 4.修訂第八章之簡化分析方法。
- 5.修訂 TPS 模式使用者手冊。

本章說明上述各項工作之重點。修訂後之第八章及 TPS 模式使用者手冊分別列於本報告之附錄 I 及 J。

5.1 交通特性

5.1.1 一般性交通特性

一般性交通特性包括流量隨時間變化之型態、尖峰小時係數、尖峰流量係數、流量之方向係數、車種組成及收費車道之使用率。交通特性隨收費站之區位而異。本計畫將本報告第三章所描述之一般交通特性資料整合成一套圖表納入容量手冊第八章之修訂版，以供參考。

圖 5-1 及圖 5-2 用來顯示兩個收費站流量隨時間的變化型態。其中一個收費站是在國道 1 號上之泰山收費站，此收費站為一大規模收費站。另一收費站是在國道 5 號上，有大量觀光車流之頭城收費站。

表 5.1 顯示四個收費站之尖峰流量係數及方向係數。這些係數可供規劃或分析高速公路設施之參考。尖峰流量係數代表尖峰小時流量占全天流量之比例。根據表 5.1 之資料，容量手冊第八章修訂版建議在分析非觀光性設施時，採用 0.075 之尖峰流量係數，分析觀光性設施時，則宜採用 0.085 之流量係數。方向係數代表流量較高方向之流量占雙向總交通流量之比例。根據表 5.1，第八章修訂版建議將觀光及非觀光性設施之方向係數可訂為 0.60 及 0.55。

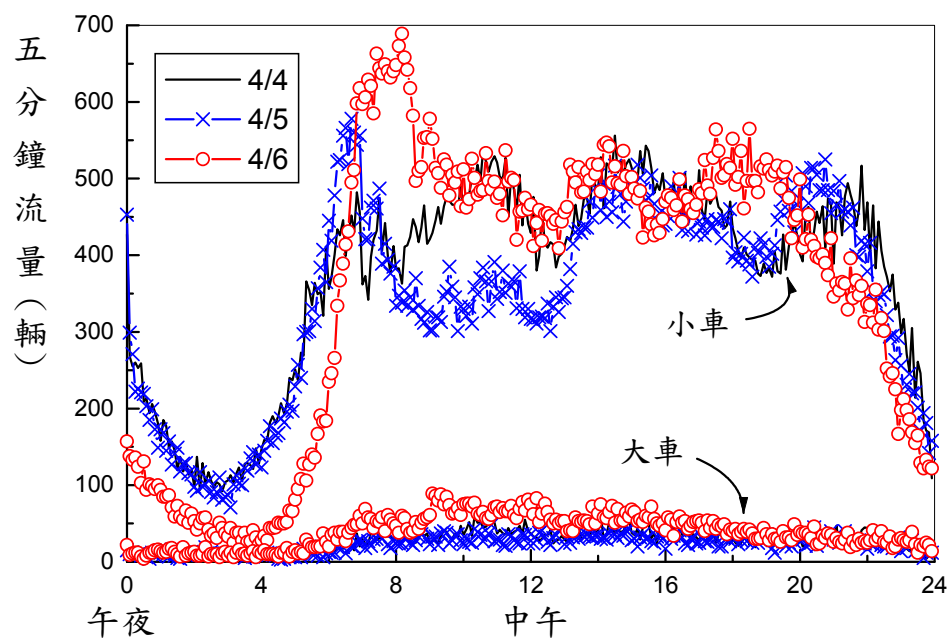


圖 5-1 泰山收費站南下全天車流型態

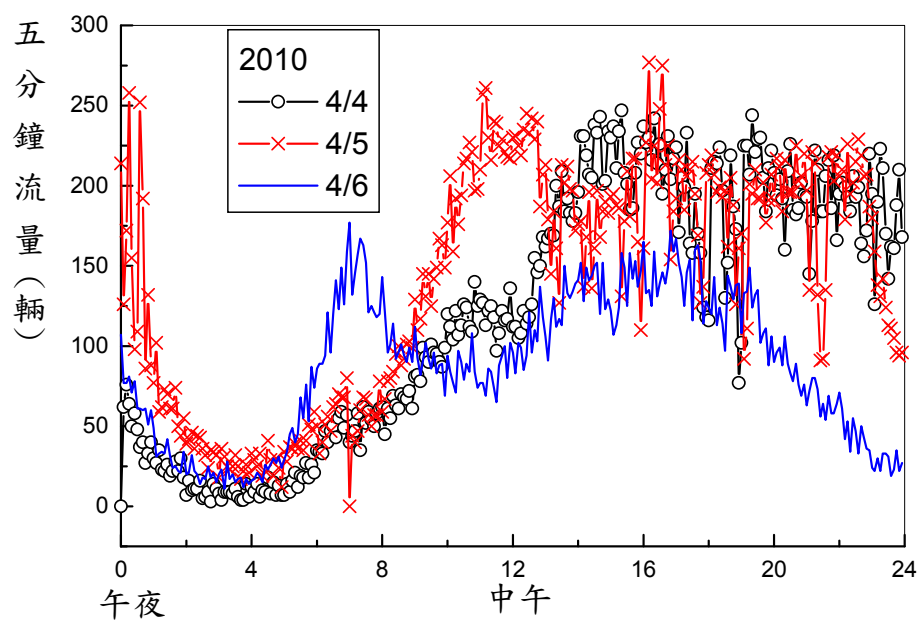


圖 5-2 頭城收費站北上全天車流型態

表 5.1 尖峰流量係數及方向係數

收費站	尖峰流量係數		方向係數	
	假日	非假日	假日	非假日
汐止	0.074	0.077	--	--
泰山	0.065	0.072	0.53	0.50
樹林	0.070	0.076	0.56	0.52
頭城	0.085	0.086	0.60	0.58

註：假日資料為 2010 年 4/4 及 4/5 兩日之平均值，樹林平常日資料為 2010 年 4/6, 4/7 及 4/8 日之平均值，其他收費站平常日資料為 4/6 日之值。

分析公路設施時常使用尖峰小時係數，此係數代表尖峰小時流率（亦即流量）與尖峰 15 分鐘流率之比值。本計畫將圖 5-3 納入容量手冊第八章之修訂版。此圖顯示尖峰小時係數有隨尖峰小時流量之增高而迅速上升之現象。容量手冊第八章之修訂版建議利用圖 5-3 之實線關係來訂定規劃用之尖峰小時係數。此實線關係可用下列公式來代表：

$$PHF = 0.013 + \frac{0.962}{1 + e^{-\frac{Q+1380}{1278}}} \quad (5.1)$$

此式中，

PHF = 尖峰小時係數；

Q = 單方向尖峰小時流量(輛)。

分析公路設施一般需有車種組成之資料，因此本計畫將現場資料整合成表 5.2，納入容量手冊第八章修訂版。此表顯示在高速公路上大車占總車輛之比例一般在 14%以下。

表 5.2 尖峰小時及全天車流之車種組成

收費站	假日				非假日			
	尖峰小時		全天		尖峰小時		全天	
	大車	小車	大車	小車	大車	小車	大車	小車
汐止北上	13.3	86.7	11.7	88.3	12.3	87.7	11.0	89.0
泰山北上	8.1	91.9	7.1	92.9	5.9	94.1	9.9	90.1
泰山南下	6.1	93.9	6.7	93.3	6.9	93.1	9.8	90.2
樹林北上	3.2	96.8	3.5	96.5	8.6	91.4	10.8	89.2
樹林南下	2.8	97.2	3.5	96.5	9.9	90.1	11.2	88.8

註：如同表 5.1。

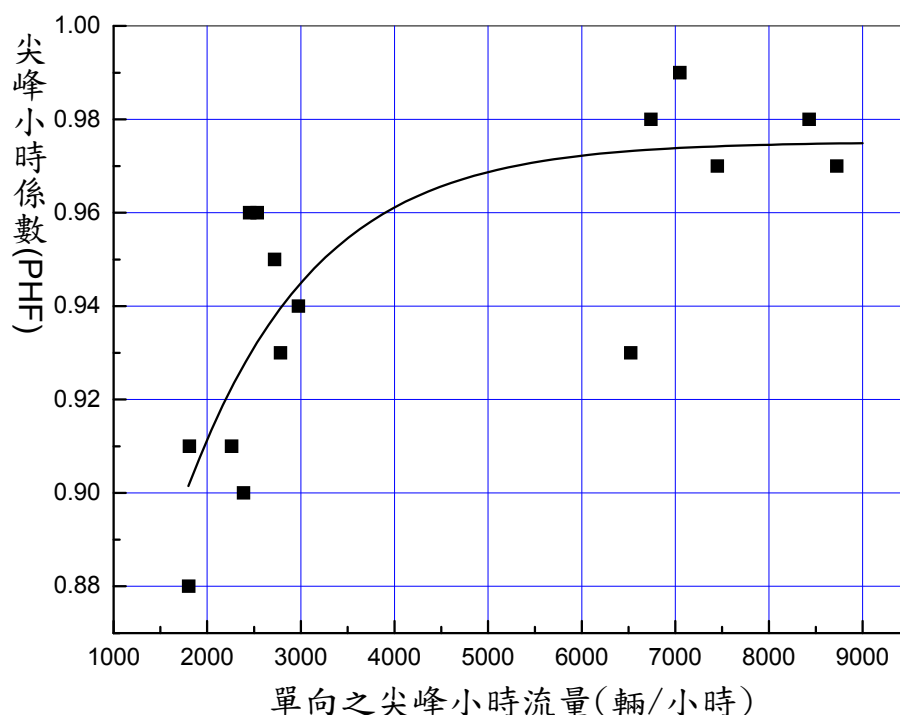


圖 5-3 尖峰小時流量與尖峰小時係數之關係

收費站之交通作業績效隨收費車道之性質及使用率而變，因此本計畫將現場資料整合成表 5.3 及表 5.4 來顯示收費車道使用率之分布。此兩表顯示回數票及 ETC 付費之車輛占大多數，但 ETC 使用率仍低於日本及歐美國家常見 70% 左右之使用率。這偏低之 ETC 使用率對將來臺灣採用開放式收費之作業具有相當大的挑戰性。為了顯示不分收費車道型式時 ETC 之總共使用率，本計畫亦將現場資料整合成表 5.5。此表顯示即使在平常日，使用 ETC 之大、小車占總車輛之百分比不超過 42%。因此採用開放式收費之後，有一半左右的車輛必須使用牌照自動辨識系統或其他非 ETC 之系統來辨識，這些系統的準確度沒有 ETC 系統高，所以採用開放式收費所需之人工作業及執法問題，值得注意。

表 5.3 假日尖峰小時中收費車道之使用率(%)

收費站	收費車道類型					
	大車 找零	小車 找零	小車 回數票	小車 ETC	大車 ETC	大小車 找零/回數票
汐止北上	6.8	40.9	30.2	15.6	6.5	--
泰山北上	3.7	14.4	48.2	29.3	4.4	--
泰山南下	1.9	16.6	52.3	25.0	4.2	--
樹林北上	1.3	20.7	52.1	24.0	1.9	--
樹林南下	1.0	22.0	53.5	21.7	1.8	--
頭城北上	--	44.0	29.3	24.8	1.9	--
頭城南下	--	--	28.0	27.6	1.7	42.6

註：2010 年 4/4 日及 4/5 日資料。

表 5.4 平常日尖峰小時中收費車道之使用率(%)

收費站	收費車道類型					
	大車 找零	小車 找零	小車 回數票	小車 ETC	大車 ETC	大小車 找零/回數票
汐止北上	6.8	32.6	23.0	28.4	9.2	--
泰山北上	1.0	12.1	41.4	40.6	4.9	--
泰山南下	1.6	11.8	44.1	37.8	5.7	--
樹林北上	2.6	15.5	46.9	29.2	5.8	--
樹林南下	2.8	14.6	43.8	31.7	7.1	--
頭城北上	--	42.6	28.0	27.6	1.7	--
頭城南下	--	--	27.8	21.1	10.4	40.7

註：樹林資料為 2010 年 4/6, 4/7 及 4/8 日現場資料，其他為 2010 年 4/6 日現場資料。

表 5.5 全天車流中 ETC 車輛占總車輛之百分比(%)

收費站	大車		小車		大小車總和	
	假日	平常日	假日	平常日	假日	平常日
汐止北上	6.7	14.6	14.6	17.1	21.3	31.7
泰山北上	5.3	7.6	27.7	33.1	33.0	40.7
泰山南下	5.2	7.6	27.2	33.8	32.4	41.1
樹林北上	2.1	6.9	23.7	29.2	25.8	36.1
樹林南下	2.5	7.9	23.0	29.1	25.5	37.0
頭城北上	1.1	1.3	26.9	27.4	28.0	28.7
頭城南下	6.5	10.3	13.2	16.4	19.7	23.5

註：2010 年 4/4 日及 4/5 日資料。

5.1.2 減速區進口自由速率及電子收費車道自由速率

容量手冊第八章分析收費站之方法根據路段延滯來評估服務水準。路段延滯指與自由速率所產生的旅行時間相比較，因減速及停等所增加之旅行時間。因此，本計畫根據圖 3-8 將之納入容量手冊第八章之修訂版，來說明車輛之減速行為。至於電子收費車道之自由速率，容量手冊第八章之修訂版亦說明大車及小車之速率特性。

5.2 收費車道服務時間及容量

容量手冊第八章之修訂版將收費車道分成下列類型：

1. 小車回數票專用車道
2. 大車回數票專用車道
3. 小車電子收費專用車道
4. 大車電子收費專用車道
5. 小車找零專用車道
6. 大車找零專用車道
7. 小車回數票/找零共用車道
8. 大車回數票/找零共用車道
9. 大小車回數票/找零共用車道

根據本報告第三章及第四章之分析結果，本計畫將有關上述車道之服務時間及容量整合成表 5.6 並納入容量手冊第八章修訂版。

表 5.6 沒有找零及回數票共用之大車或小車車道之代表性容量值，這些車道受制於找零車輛與回數票車輛之混合比例。為分析方便起見，本計畫利用 TPS 模式估計在不同付費方式混合比時之容量。結果如圖 5-4 所示。根據此圖之資料，找零及回數票共用之小車車道及大車車道的容量可估計如下：

1. 小車找零/回數票車道

$$Q_{\max} = 480 + 1.9816 P_t + 0.0274 P_t^2 \quad (5.2)$$

2. 大車找零/回數票車道

$$Q_{\max} = 283 + 0.8648 P_t + 0.0204 P_t^2 \quad (5.3)$$

此式中，

Q_{\max} = 車道容量(輛/小時/車道)；

P_t = 回數票車輛之百分比(%)。

表 5.6 收費車道之服務時間及容量特性

車道類型	平均服務時間範圍(秒)	容量範圍(輛/小時/車道)	容量代表值(輛/小時/車道)
A. 專用車道			
小車回數票	3.58~3.95	910~1,005	960
大車回數票	6.19~6.28	580~575	580
小車電子收費	2.04~2.18	1,650~1,760	1,715
大車電子收費	3.09~3.32	1,085~1,165	1,120
小車找零	6.43~8.41	430~565	470
大車找零	13.1(19 樣本)	275	275
B. 共用車道			
小車找零/回數票 (回數票百分比:21~28%)	6.01~7.32	490~600	隨回數票百分比而變
大車找零/回數票 (回數票百分比:70~82%)	7.51~7.81	460~480	隨回數票百分比而變

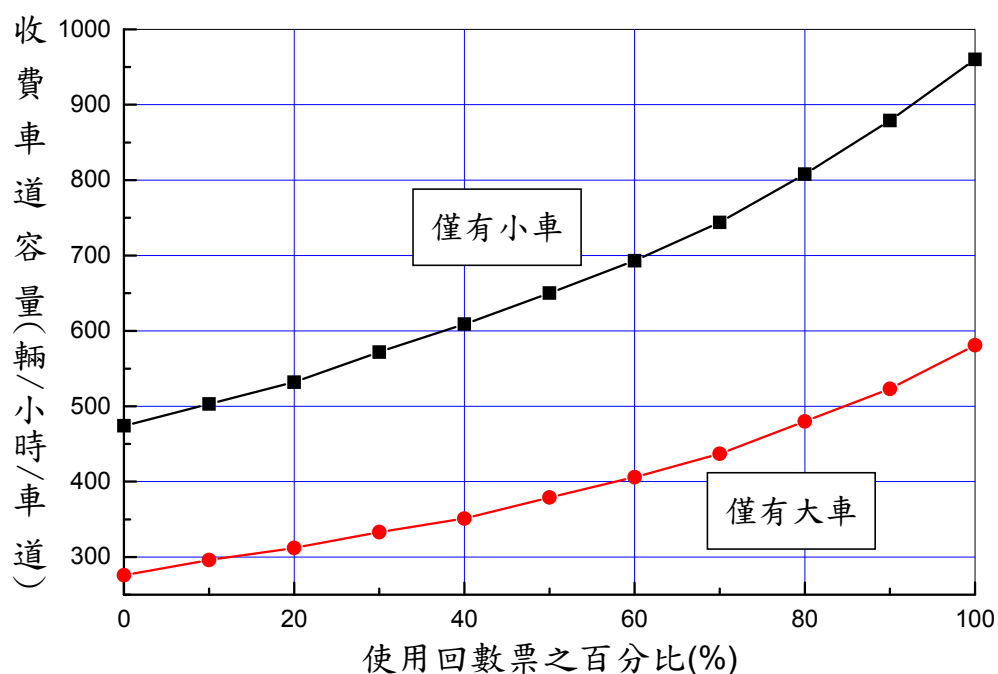


圖 5-4 回數票及找零共用之小車車道及大車車道之容量(TPS 模式模擬值)

至於讓大小車共同使用現金及回數票付費之車道，容量手冊第八章修訂版提供表 5.7 來估計其容量。此表中之代表性服務時間須用在下式：

$$Q_{\max} = \frac{3600}{f_b[P_{bt}T_{bt} + (1 - P_{bt})T_{bc}] + f_s[P_{st}T_{sc} + (1 - P_{st})T_{sc}]} \quad (5.4)$$

此式中，

Q_{\max} = 回數票及找零共用車道之容量(輛/小時)；

f_b = 大車比例；

f_s = 小車比例 ($f_b + f_s = 1$)；

P_{bt} = 大車中使用回數票之比例；

P_{st} = 小車中使用回數票之比例；

T_{bt} = 大車使用回數票之服務時間 (秒)；

T_{st} = 小車使用回數票之服務時間 (秒)；

T_{bc} = 大車使用現金之服務時間 (秒)；

T_{sc} = 小車使用現金之服務時間 (秒)。

表 5.7 找零及回數票共用車道之代表性服務時間

車種及付費方式	代表性服務時間(秒)
回數票小車	$T_{st} = 4.3$
回數票大車	$T_{bt} = 6.2$
找零小車	$T_{sc} = 7.7$
找零大車	$T_{bc} = 13.1$

5.3 地磅站服務時間及容量

容量手冊第八章缺乏有關地磅作業之資料。本計畫將表 3.20 所列之地磅服務時間及容量納入第八章修訂版。為了讓交通界對高速公路上大車重量有一些了解，本計畫亦將表 3.21 所列之平均重量納入第八章修訂版。

5.4 簡化分析法

2001 年容量手冊第八章提供一簡化分析方法來評估收費站的作業。此方法根據下列模式來估計車輛在減速區的平均路段延滯：

$$D_k = \beta_1 + \frac{3600}{C_k} + 9000T \left[X_k - 1 + \sqrt{(X_k - 1)^2 + \frac{\beta_2 X_k}{C_k n_k T}} \right] \quad (5.5)$$

此式中，

D_k = 類型 k 收費車道車輛之平均路段延滯(秒/輛)，

C_k = 類型 k 收費車道之容量(輛/小時/車道)，

T = 分析時間之長度(小時)，

X_k = 類型 k 收費車道之流量與容量之比值，

n_k = 類型 k 收費車道之車道數，

β_1, β_2 = 隨收費車道類型而變之係數，其值如下：

(1) 小型車回數票車道

$$\beta_1 = -1.2 + 0.045V_f$$

$$\beta_2 = 4.2$$

(2) 小型車找零車道

$$\beta_1 = -2.0 + 0.050V_f$$

$$\beta_2 = 3.8$$

(3) 大型車車道(混合車種)

$$\beta_1 = -3.0 + 0.075V_f$$

$$\beta_2 = 3.4$$

(4) 電子收費車道

$$\beta_1 = -1.0$$

$$\beta_2 = 2.2$$

上述模式有兩個缺點，第一，2001 年手冊第八章所分析的收費車道類型及收費作業相關之車流特性與現況有不同之處；第二，式 5.5 中之 $\beta_1 + 3600/C_k$ 用在分析某些類型車道之理論基礎不健全。當需求流率遠低於收費車道之容量時(亦即式 5.5 之 X_k 接近零)，從式 5.5 所估計之路段延滯大約等於 $\beta_1 + 3600/C_k$ 。換言之， $\beta_1 + 3600/C_k$ 應代表車與車之間沒有相互干擾時，減速及停車付費所造成之延滯。但是 $3600/C_k$ 代表服務時間而非停車付費時間，所以如果車輛通過收費站時不必停車(如電

子付費車輛)，則雖然 $\beta_1 + 3600/C_k$ 不會造成顯著的估計誤差，從理論的觀點而言，應讓 β_1 代表減速造成的延滯，並用付費時間取代 $3600/C_k$ 。因此本計畫將式 5.5 修改成下式並納入容量手冊第八章之修訂版。

$$D_k = \frac{V_f - V_k}{3.6\beta_1} - \frac{3.6S}{V_f} + T_k + 900T \left[X_k - 1 + \sqrt{(X_k - 1)^2 + \frac{f\beta_2 X_k}{C_k n_k T}} \right] \quad (5.6)$$

此式中，

D_k = 類型 k 收費車道車輛之平均路段延滯(秒/輛)，

V_f = 收費站上游高速公路上車流不受收費站影響之前之平均自由速率(公里/小時)，

V_k = 車輛通過類型 k 收費車道收費亭之平均自由速率(公里/小時)，

β_1 = 平均減速率之代表值(公尺/秒²)，

S = 在自由旅行狀況下，車輛開始減速之地點與收費亭之距離(公尺)，

T_k = 類型 k 收費車道上車輛之平均停車付費時間(秒)，

T = 分析時間之長度(小時)，

X_k = 類型 k 收費車道之需求流率與容量之比值(簡稱流量/容量比)，

f = 類型 k 收費車道之車道數超過 1 時之調整係數，

β_2 = 類型 k 收費車道之車道數等於 1 時之調整係數，

C_k = 類型 k 收費車道之容量(輛/小時/車道)，

n_k = 類型 k 收費車道之車道數，

式 5.6 中之 $(V_f - V_k)/(3.6\beta_1)$ 代表 V_f 減速到 V_k 所需之時間， $3.6S/V_f$ 則代表以穩定速率 V_f 行走 S 公尺所需的時間。所以 $(V_f - V_k)/(3.6\beta_1)$ 及 $3.6S/V_f$ 的差值代表因減速所產生之延滯。根據圖 3-8，本計畫假設車輛在收費亭上游 520 公尺處之平均自由速率不能超過 87.5 公里/小時，在收費亭上游 160 公尺處的平均自由速率則不能超過 67.5 公里/小時。在這兩點間之平均減速率大約是 0.33 公尺/秒²。在收費亭及其上游 160 公尺處之間之平均減速率視車輛是否停車付費而定異。以找零車道為例，其車輛之平均減速率超過 1 公尺/秒²。本計畫沒有蒐集在收費亭上游超過 550 公尺之地區之減速特性資料。本所在民國 98 年進行之車輛

耗油率及排放之研究計畫[78]曾用試驗車記錄通過泰山及楊梅收費站時速率與距離的關係。雖然試驗車並非在自由旅行狀況下蒐集資料，但所取得的資料，可做為推估遠離收費亭時車輛開始減速的地點。試驗車資料顯示車輛以大約 100 公里/小時之速率接近收費站時，其開始減速的位置在收費亭上游 800 公尺到 1,500 公尺之間，車輛離開收費亭之後加速回到大致穩定的主線速率的行車距離則在 600 公尺到 1,600 公尺之間，隨下游擁擠情況而異。根據這些現場資料，本計畫假設車輛在收費亭上游距離收費亭超過 520 公尺處之減速率為 0.2 公尺/秒^2 。換言之，如果高速公路主線上之自由速率 V_f 為 100 公里/小時，則開始減速的地點距離收費亭 1,000 公尺，自由速率為 110 公里/小時之狀況下，開始減速之地點則距離收費亭 1,400 公尺。

根據上述之減速行為，式 5.6 中之 S 可訂定如下：

如 $67.5 \text{ 公里/小時} \leq V_f \leq 87.5 \text{ 公里/小時}$ ，

$$S = -1,055 + 18V_f \quad (5.7a)$$

如 $V_f > 87.5 \text{ 公里/小時}$ ，

$$S = -2,840 + 38.4V_f \quad (5.7b)$$

因為減速率隨車輛之地點而變，而式 5.6 假設固定的減速率，所以式 5.6 中之 β_1 值須利用在流量/容量比很低時($X_k \leq 0.1$)之模擬延滯並根據下式來訂定，

$$\beta_1 = \frac{V_f - V_k}{3.6(D_{k0} - T_k + 3.6S/V_f)} \quad (5.8)$$

此式中，

D_{k0} = 流量/容量比值不超過 0.1 時之類型 k 收費車道車輛之平均路段延滯(秒/輛)。

式 5.6 及式 5.8 中之兩式中， V_k 值如下：(1)小車電子收費車道：52 公里/小時，(2)大車電子收費車道：50 公里/小時，(3)其他車道：0 公里/小時。兩式中之 T_k 可根據微調後 TPS 模式所用之代表值。這些代表

值如表 5.8 所示。

本計畫先探討只有一 k 型收費車道時($f=1.0$)之 β_1 及 β_2 值。因此工作所需的資料來自 TPS 模擬結果。模擬資料涉及流量/容量比(X_k)在 0.2 及 1.25 範圍內之平均路段延滯。每一平均路段延滯之模擬值及根據力用 20 套不同隨機亂數重覆模擬所得之平均值。

表 5.8 式 5.6 及 5.7 之 T_k 值

收費車道類型	T_k (秒)
A. 專用車道	
小車回數票	0.0
大車回數票	1.4
小車電子收費	0.0
大車電子收費	0.0
小車找零	4.2
大車找零	7.5
B. 找零/回數票共用	
小車專用	$4.2(1 - P_{st})$
大車專用	$7.5(1 - P_{bt}) + 1.4P_{bt}$
大、小車共用	$4.2f_{st}(1 - P_{st}) + 7.5f_b(1 - P_{bt}) + 1.4P_{bt}$

註： P_{st} =回數票小車比例； P_{bt} =回數票大車比例； f_s =小車比例； f_b =大車比例。

根據模擬資料， β_1 可從式 5.8 來訂定。至於 β_2 ，本計畫比較式 5.6 估計值及模擬值在不同 β_2 值時之差距，然後選擇適當之值。適當之值必須能在流量/容量比從 0.1 到 1.25 之範圍內，讓式 5.6 之估計值與模擬值之差距不超過 15%。表 5.9 顯示各類型車道之適用 β_1 及 β_2 值。

表 5.9 中電子收費車道之 β_1 值為 0.27 公尺/秒²，其他類型車道之 β_1 值在 0.47 及 0.5 之間。 β_1 值在 0.47 及 0.5 之間而且自由速率為 100 公里/小時情況下之減速時間的變異只有 3.5 秒。

表 5.9 式 5.6 之 β_1 及 β_2 適用值

收費車道類型	回數票比例	容量模擬值	β_1	β_2
A. 專用車道				
小車回數票	1.00	960	0.50	2.0
大車回數票	1.00	581	0.48	2.0
小車電子收費	0	1,711	0.27	3.0
大車電子收費	0	1,126	0.27	3.0
小車找零	0	476	0.50	2.0
大車找零	0	276	0.47	2.0
B. 小車找零/回數票共用車道				
	0.10	503	0.50	2.0
	0.20	532	0.50	2.0
	0.30	572	0.50	2.0
	0.40	609	0.49	2.0
	0.50	650	0.49	1.8
	0.60	693	0.50	1.4
	0.70	744	0.50	1.1
	0.80	808	0.50	1.2
	0.90	879	0.50	1.5
C. 大車找零/回數票共用車道				
	0.10	296	0.48	1.8
	0.20	312	0.48	1.5
	0.30	333	0.49	1.2
	0.40	351	0.49	1.2
	0.50	379	0.49	1.3
	0.60	406	0.49	1.3
	0.70	437	0.49	1.5
	0.80	480	0.49	1.7
	0.90	523	0.49	1.7

表 5.9 中找零/回數票共用車道的 β_2 值隨回數票車輛之比例而變。
這些 β_2 值可用下列公式來估計：

小車找零／回數票共用車道

如 $P_{st} \leq 0.4$,

$$\beta_2 = 2.0 \quad (5.8a)$$

如 $0.4 < P_{st} \leq 0.7$,

$$\beta_2 = 3.2 - 3P_{st} \quad (5.8b)$$

$$\begin{aligned} &\text{如 } P_{st} > 0.7, \\ &\beta_2 = 0.96 + 0.0668e^{\frac{P_{st}-59.2}{14.99}} \end{aligned} \quad (5.8c)$$

這些式中之 P_{st} 代表回數票小車之比例。

大車找零／回數票共用車道

$$\begin{aligned} &\text{如 } P_{bt} \leq 0.3, \\ &\beta_2 = 2.0 - 0.027P_{bt} \end{aligned} \quad (5.9a)$$

$$\begin{aligned} &\text{如 } 0.3 < P_{bt} \leq 0.6, \\ &\beta_2 = 1.25 \end{aligned} \quad (5.9b)$$

$$\begin{aligned} &\text{如 } P_{bt} > 0.6, \\ &\beta_2 = -0.9 + 5.126P_{bt} - 2.428P_{bt}^2 \end{aligned} \quad (5.9c)$$

這些式中之 P_{bt} 代表回數票大車之比例。

大小車找零回數票共用之情況很複雜，但其 β_1 可合理的訂為 0.49。其相關之 β_2 值則可估計如下：

$$\beta_2 = f_s(\beta_2)_s + f_b(\beta_2)_b \quad (5.10)$$

此式中，

f_s, f_b = 分別為小車及大車之比例，

$(\beta_2)_s, (\beta_2)_b$ = 分別為從式 5.8 只有小車時，及從式 5.9 只有大車時所估計之 β_2 值。

根據上述之模式(式 5.6)所估計之平均路段延滯很少與模擬值相差超過 5 秒/輛或 10%。圖 5-5~圖 5-9 顯示在不同狀況下，式 5.6 之估計值及相關之模擬值。

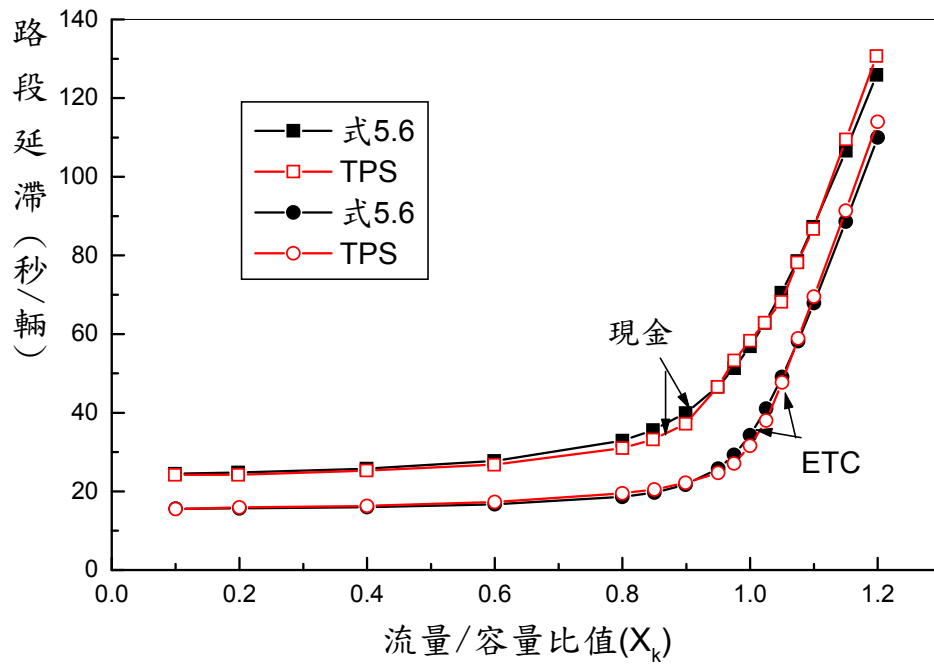


圖 5-5 小車電子收費及找零車道上模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較

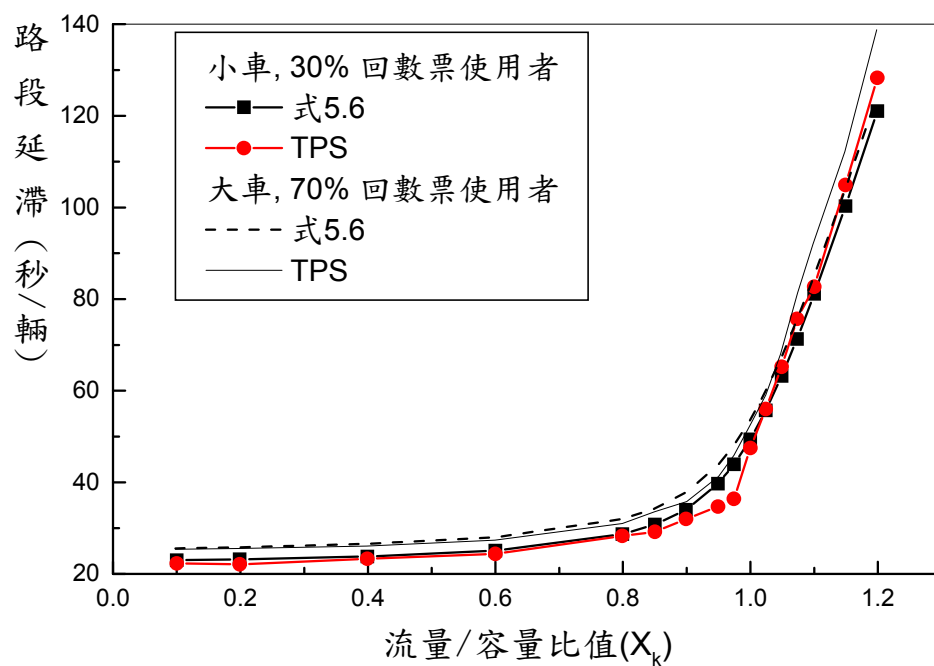


圖 5-6 小車找零/回數票車道及大車找零/回數票車道上模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較

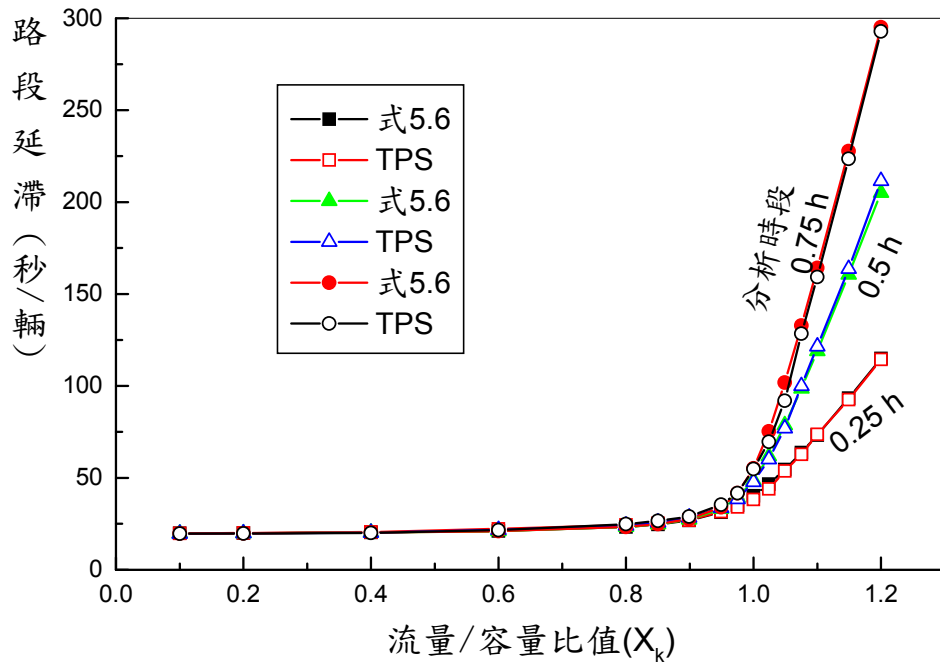


圖 5-7 小車回數票車道上模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較

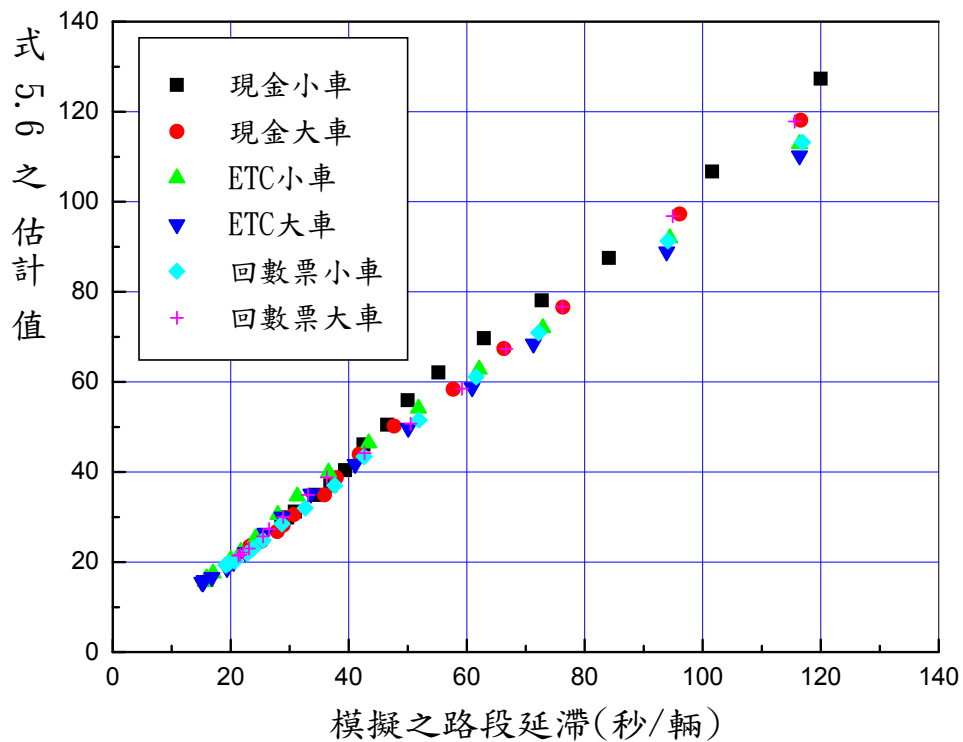


圖 5-8 分析時段為 0.25 小時之模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較

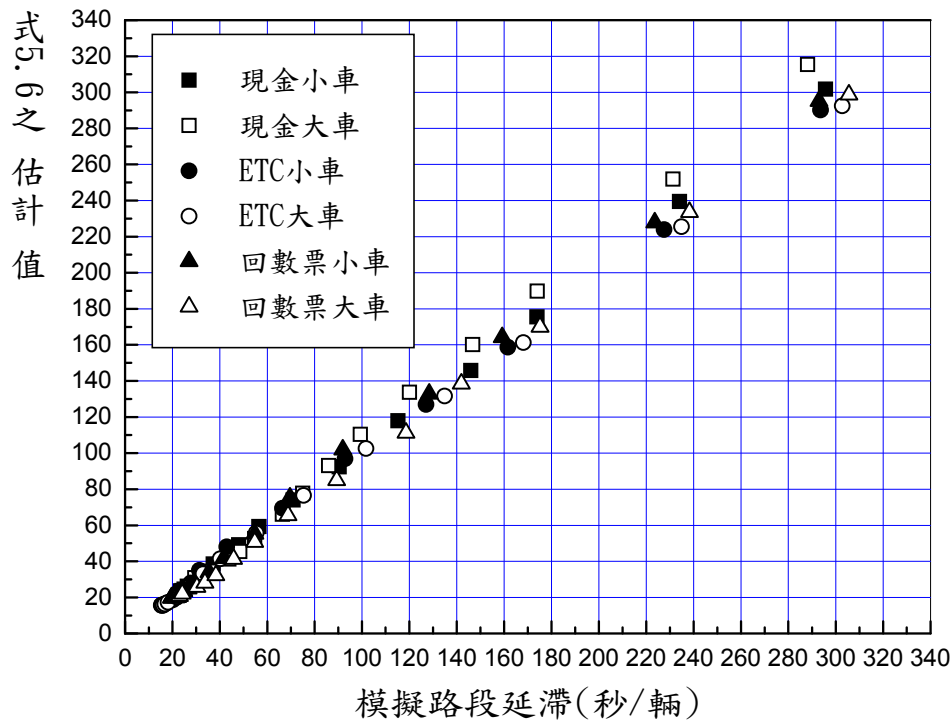


圖 5-9 分析時段為 0.75 小時之模擬路段延滯與式 5.6 估計值之比較

收費車道數超過 1 時，到達收費站的駕駛員可選擇比較不壅塞的收費車道。因此當各收費車道之流量/容量比不變時，平均延滯可能降低。式 5.6 之 n_k 可反映這現象。但是車道數的影響隨車道類型而變，例如電子付費車輛即使在流率接近容量時，也可很快的通過收費站，因此在每車道之需求流率相同時(亦即 X_k 不變)，增加電子收費車道數對平均延滯的影響不大。所以式 5.6 用 f 係數來調整車道數對平均延滯的影響。

TPS 模式之模擬結果顯示在所有類型車道中，找零車道之平均延滯時間受車道數的影響比較顯著，模擬結果亦顯示，在每車道之流量/容量比不變時，找零車道之車道數超過 2 時的平均延滯只比 2 車道時稍低，其差異在 2.5 秒/輛以下。在每一車道之需求流率相同時，車道數對其他類型車道之平均延滯時間的影響更小。這現象如圖 5-10 及圖 5-11 所示。從收費站容量分析的應用角度而言，這些小的差異不必考慮，換言之，式 5.6 中之 f 係數在 $n_k = 2$ 或 $n_k > 2$ 時，可設定為同一值。

根據模擬結果，適用之 f 係數調整值如表 5.10 所示。

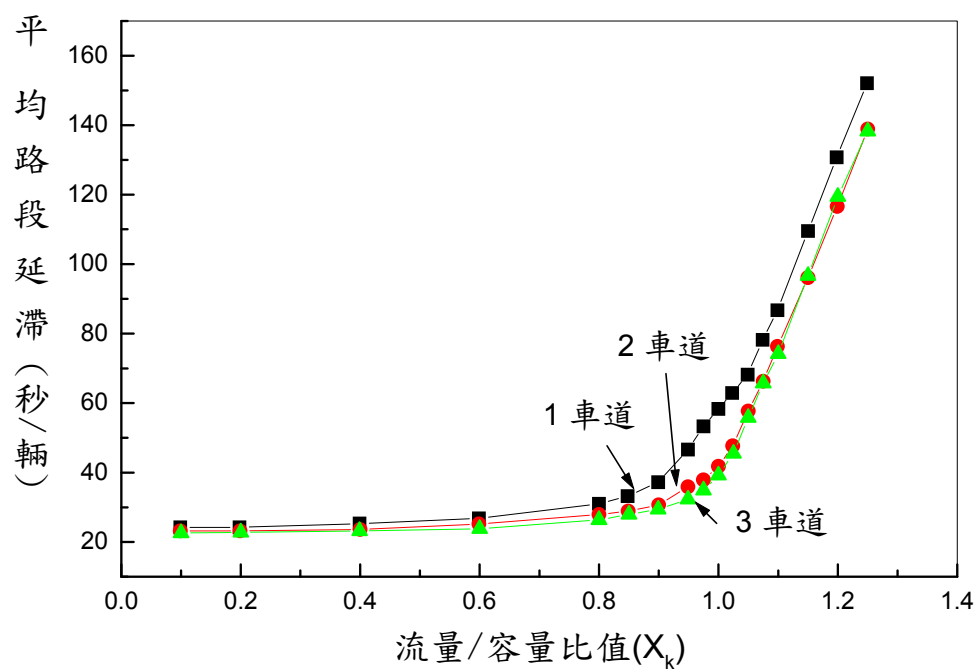


圖 5-10 車道數對找零小車車道之平均延滯的影響

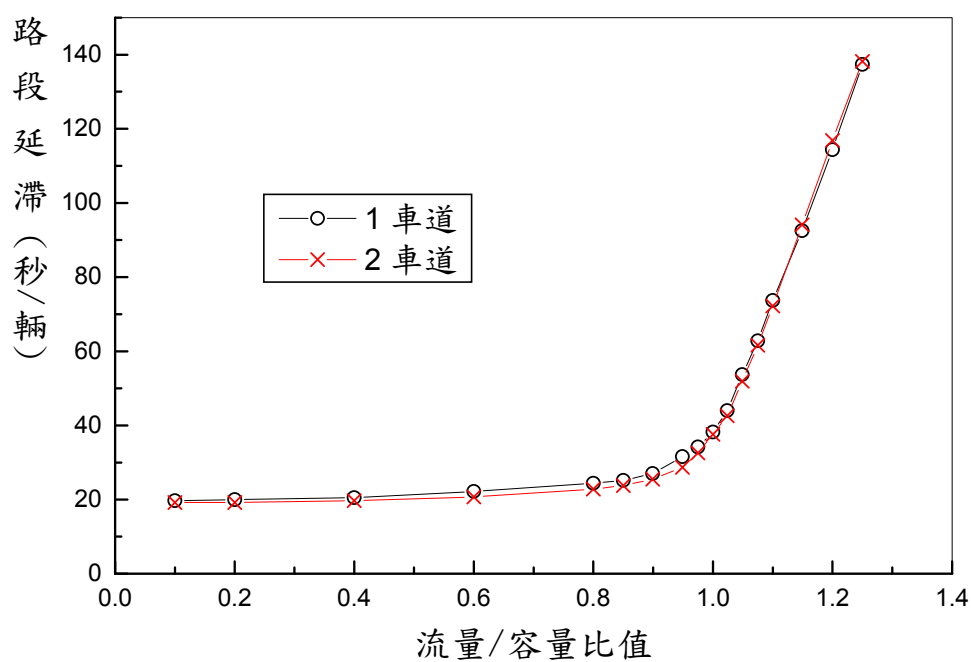


圖 5-11 車道數對小車及回數票車道之平均延滯的影響

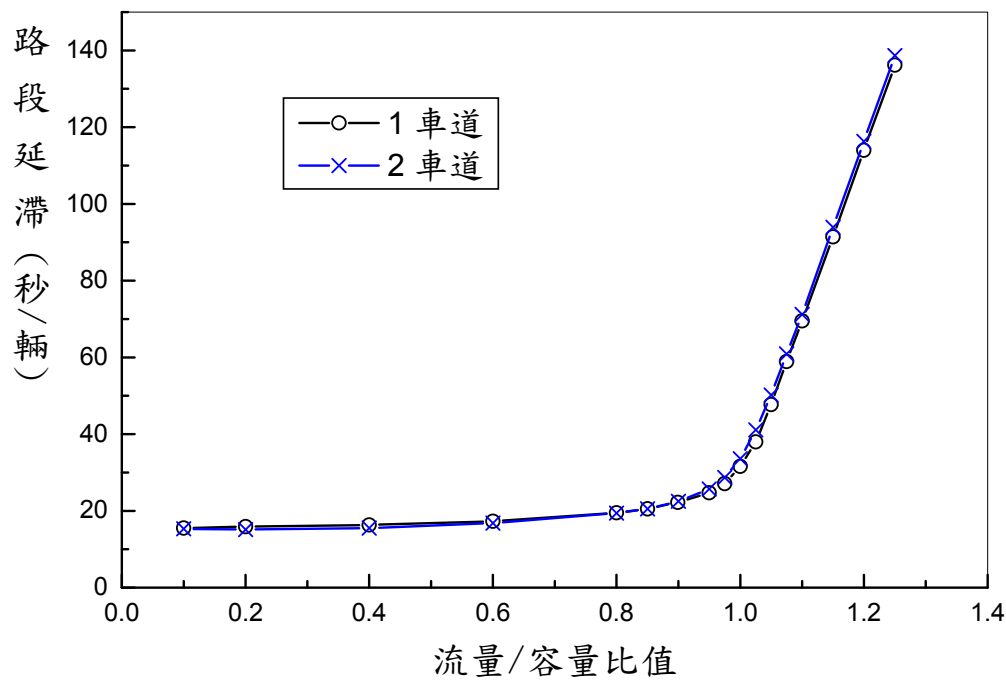


圖 5-12 車道數對電子收費車道之平均延滯的影響

表 5.10 式 5.6 之 f 係數調整值($n_k \geq 2$)

收費車道型態	f
A. 專用車道	
小車回數票	1.5
大車回數票	1.5
小車電子收費	2.2
大車電子收費	2.2
小車找零	0.8
大車找零	0.8
B. 小車找零/回數票共用車道	1.0
C. 大車找零/回數票共用車道	1.0

表 5.10 中找零/回數票共用車道之 f 值不因車道是小車專用或大車專用而變，因此，大小車共用之找零/回數票車道之 f 值也可設定為 1.0。

上述用模擬資料訂定式 5.6 之各參數 (β_1 、 β_2 及 f) 的工作，假設一車道上之所有車輛有同樣的收費方式。事實上，任何主線車道上之車輛有不同的付費方式，因此，不同付費方式之車輛會互相增加抵達收費站時之車距。此外，車輛接近收費亭之前常須變換車道，以利用合適的收費車道。這些車與車的摩擦會產生延滯。因微調式 5.6 的工作沒有完全考慮這種延滯，所以式 5.6 可能低估延滯。

5.5 地磅站作業資料

大車必須依規定及地磅站之位置，在通過收費站之前或之後進入地磅站。除非大車之流率超過地磅站之容量，地磅站作業對收費站的影響很有限。本計畫將表 3.20 及 3.31 納入容量手冊第八章之修訂版，並說明服務時間及車重的分布。

5.6 耗油量及 CO₂ 排放量之估計方法

本計畫第三章所描述，估計耗油量及 CO₂ 排放量之方法乃根據非常有限的資料所建立。將來須利用充分的資料加以修訂。因為目前沒有適用的臺灣行車環境的估計方法，本計畫將第四章第 5 節所描述之方法納入容量手冊第八章之修訂版。

估計耗油量之前須先估計每類型收費車道上車輛之平均等候延滯。圖 5-13、圖 5-14、圖 5-15 及圖 5-16 顯示不同類型收費車道上路段延滯及停等延滯之關係。這些關係可分別用下列公式來代表：

1. 大車找零車道及小車找零車道

$$D_s = -19.7 + 1.074D_k \quad (5.11)$$

此式中，

D_s = 平均停等延滯(秒/輛)，

D_k = 從式 5.6 估計而得之路段延滯(秒/輛)。

2. 小車電子收費車道

$$\text{如 } D_k \leq 30, D_s = 0 \quad (5.12a)$$

$$\text{如 } 30 < D_k \leq 60, D_s = -1.2 + 0.04D_k \quad (5.12b)$$

$$\text{如 } D_k > 60, D_s = 1 + 0.0028D_k \quad (5.12c)$$

3. 大車電子收費車道

$$\text{如 } D_k \leq 30, D_s = 0 \quad (5.13a)$$

$$\text{如 } 30 < D_k \leq 60, D_s = -3 + 0.1D_k \quad (5.13b)$$

$$\text{如 } D_k > 60, D_s = 2.77 + 3.45 \times 10^{-4} D_k \quad (5.13c)$$

4. 大車回數票車道及小車回數票車道

$$D_s = -25.8 + 1.278D_k - 3.763 \times 10^{-4} D_k^2 - 1.780 \times 10^{-6} D_k^3 \quad (5.14)$$

5. 大車找零/回數票車道，小車找零/回數票車道及大小車找零/回數票車道

$$D_s = -20.7 + 1.086D_k \quad (5.15)$$

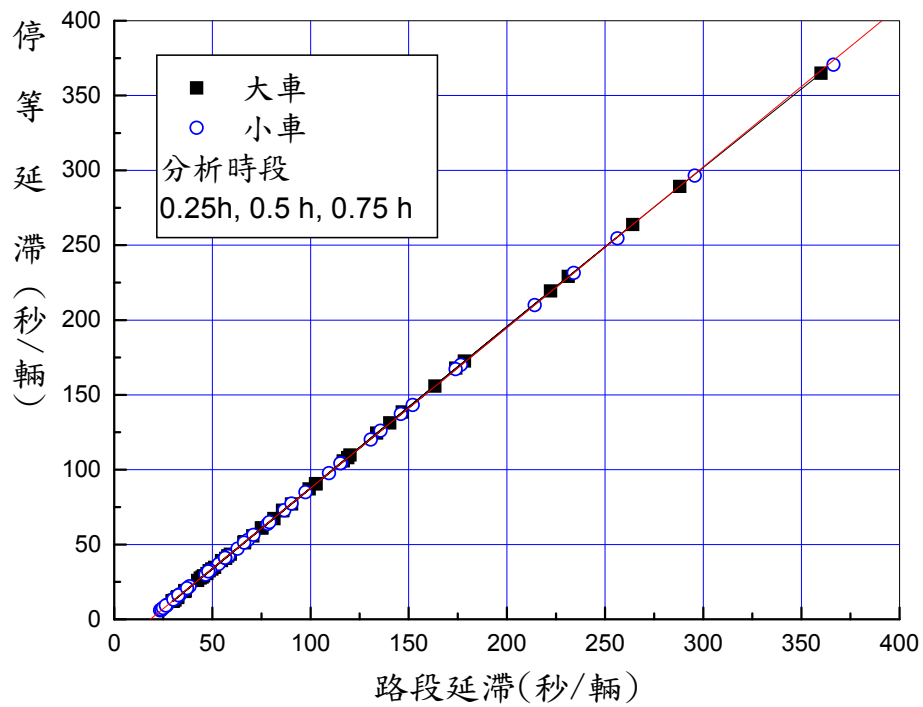


圖 5-13 找零車道上路段延滯與停等延滯之關係

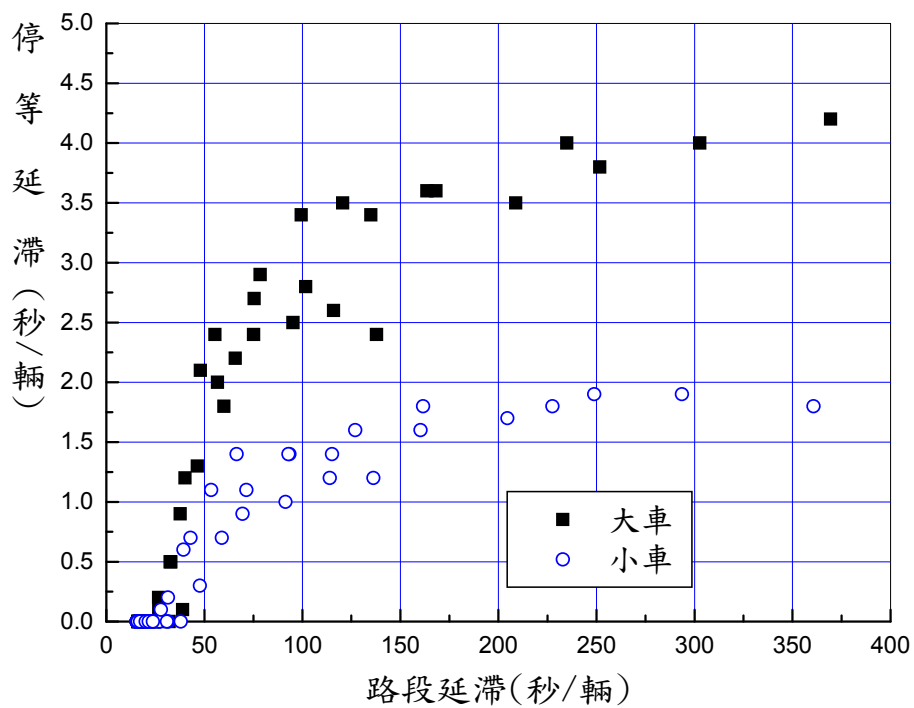


圖 5-14 電子收費車道上路段延滯與停等延滯之關係

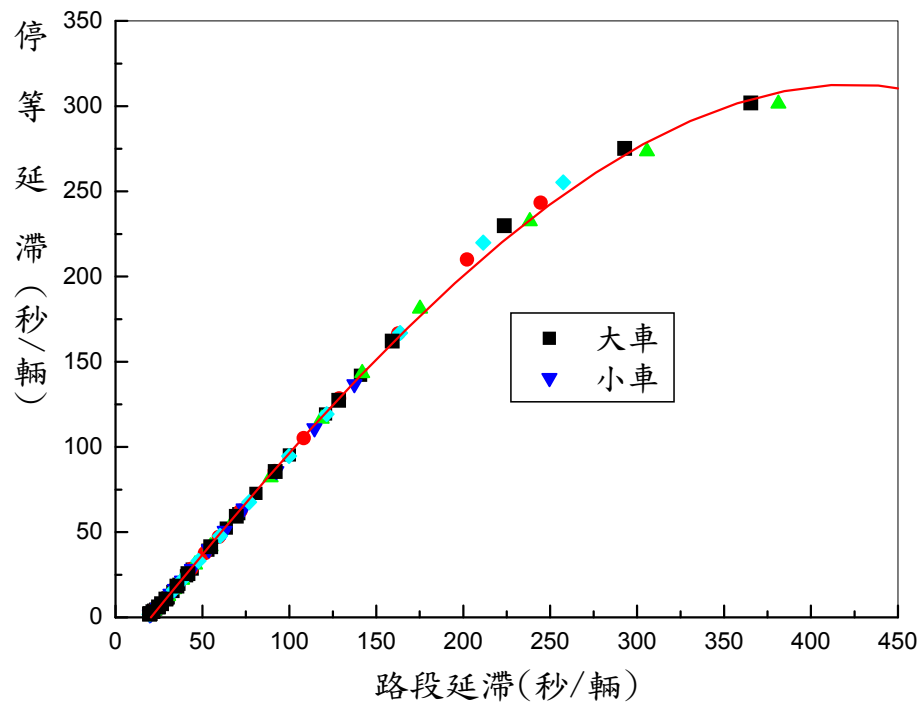


圖 5-15 回數票收費車道上路段延滯與停等延滯之關係

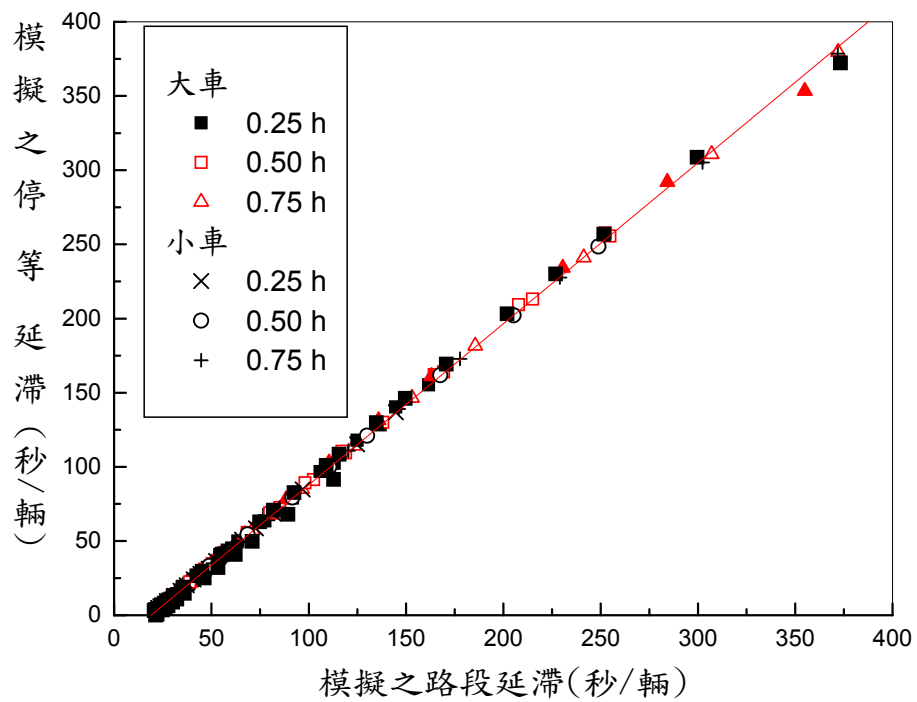


圖 5-16 找零/回數票收費車道上路段延滯與停等延滯之關係

第六章 高速公路三義坡度路段車流特性之調查及分析

6.1 背景

公路上坡路段的容量通常比平坦路段低，因此在流量大時，坡度路段可能比平坦路段容易塞車。此外，坡度路段上小車及大車的速率若有大的差異，則行車安全性可能降低。目前交通界對臺灣各種公路上坡度路段之車流特性了解有限，所以本所準備陸續蒐集不同公路上坡度路段車流特性資料，以作為規劃、設計及評估服務水準之參考。本計畫在國道一號高速公路之三義坡度路段進行初步的調查，來協助訂定將來坡度路段之研究方針。

三義路段是國道一號高速公路上坡度最大的路段，此路段之縱斷面(vertical profile)如圖 6-1 所示。三義路段之上坡有 4 車道，其中外車道為大車爬坡車道。其他平坦及下坡部分有 3 車道。本計畫所蒐集的現場資料包括自由旅行速率及流率與平均速率的關係。自由旅行速率是利用雷射測速槍量測。高公局在三義路段上設有一系列的感應線圈(inductive loop)車輛偵測器，這些偵測器可提供每 5 分鐘之流率、平均速率及車種的資料。但因偵測器位置不在蒐集資料之理想地點（如速率預期最低之處），因此本計畫先用錄影方式蒐集資料。但錄影資料顯示在假日尖峰車流較多時，尖峰小時流率不到 800 輛/小時/車道。內車道每一分鐘的流率也很少超過 1,200 小車/小時，如圖 6-2 所示。為了探討在比較廣泛情況下的交通特性，本計畫改用 2010 年端午節期間，從偵測器蒐集的資料。現場自由速率資料及偵測器資料，有興趣者可接洽本所索取。本章描述現場資料所顯示之交通特性及一估計大車在爬坡路段之自由速率的模擬模式。

6.2 自由速率特性

本計畫在三義路段北上方向，從里程 155K+200 到 148K+173 之 7 個地點蒐集自由旅行速率的資料，這些地點及其坡度如表 6.1 所示，調查對象包括最內側車道及最外側兩車道。

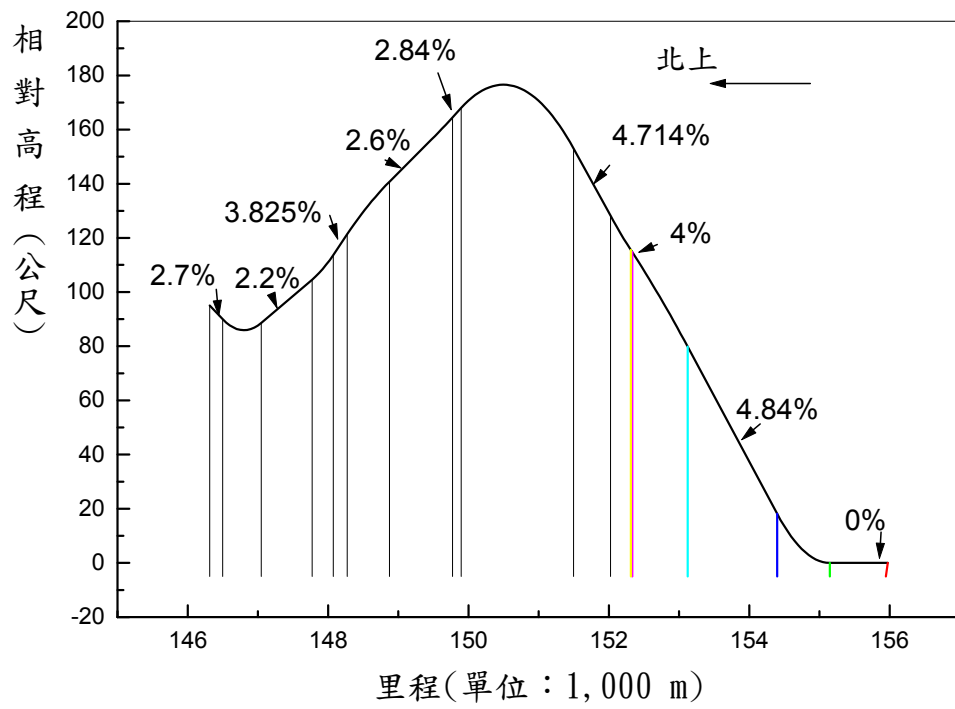


圖 6-1 三義坡度路段之縱斷面圖

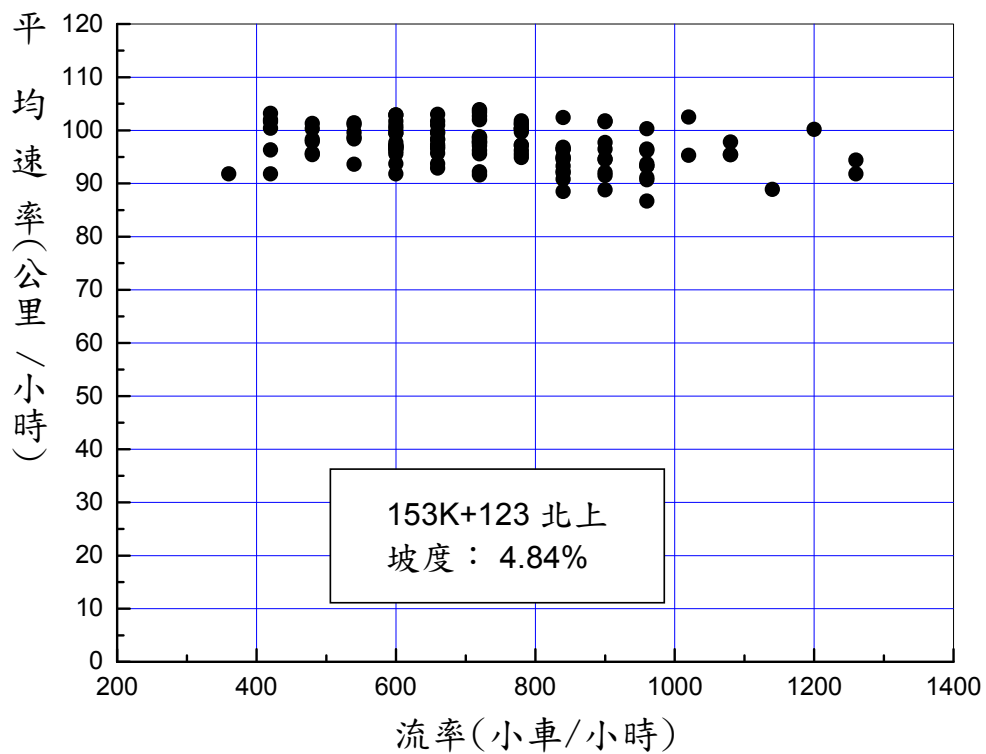


圖 6-2 北上 153K+123 錄影資料顯示之內車道流率與速率關係

表 6.1 三義坡度自由速率調查地點及坡度

地 點	北上坡度(%)
148K+173	-3.85
148K+873	-2.60
149K+773	-2.84
151K+496	4.71
152K+318	4.00
153K+123	4.84
155K+200	0.00

此範圍遠離 163K 后里收費站，但涵蓋 150K 三義交流道 150K。其中 149K+773 處接近三義交流道，但現場調查時已排除北上匝道之干擾，該處有約 300 公尺之加速車道，取樣之車輛沒有進入主線之車輛影響。

上述地點調查資料所顯現的平均自由速率如表 6.2 所示。根據此表，圖 6-3 顯示外車道上之大車在 151K+496 與 153K+123 之間的平均自由速率從平坦之處的 92 公里/小時降到坡度為 4.84% 之 43 公里/小時。圖 6-4 顯示在同一區域內，第 2 外側車道上之大車平均自由速率也大約下降了 40 公里/小時。小車的平均自由速率則只下降了約 10 公里/小時。

規劃及設計公路時應考慮坡度上車速降低對行車安全及容量的影響。所以必須有一工具來估計車輛在坡度路段上之速率。

表 6.2 三義坡度路段平均自由速率調查值

位置	車道	車種	樣本數	平均值	標準差
148K+173	3	小車	81	97.1	7.8
	3	大客車	89	96.2	5.4
	3	大貨車	91	91.7	6.7
	2	小車	84	100.8	5.9
	2	大客車	30	98.8	4.7
	2	大貨車	30	98.4	6.5
	1	小車	80	103.7	5.7
148K+873	3	小車	87	93.3	9.1
	3	大客車	83	90.4	6.1
	3	大貨車	86	86.7	6.0
	2	小車	82	97.6	6.2
	2	大客車	69	94.7	4.7
	2	大貨車	31	92	6.0
	1	小車	79	100.5	5.7

表 6.2 三義坡度路段平均自由速率調查值（續）

位置	車道	車種	樣本數	平均值 (公里/小時)	標準差 (公里/小時)
149K+773	3	小車	43	93.9	9.8
	3	大客車	48	90	6.8
	3	大貨車	80	83	8.3
	2	小車	80	100.6	7.3
	2	大客車	63	92.7	6.8
	2	大貨車	81	91.4	7.9
	1	小車	83	106.3	5.9
151K+496	4	小車	30	90.9	11.6
	4	大客車	82	69.7	9.9
	4	大貨車	83	43.2	11.7
	3	小車	78	90.9	9.4
	3	大客車	95	74.1	8.4
	3	大貨車	11	50.2	11.5
	1	小車	79	95.7	7.1
152K+318	4	小車	76	88.6	12.0
	4	大客車	63	68.4	10.7
	4	大貨車	92	46.5	10.1
	3	小車	81	91.4	12.1
	3	大客車	85	75.9	8.5
	3	大貨車	11	59.4	14.5
	1	小車	78	97.3	5.7
153K+123	4	小車	77	87.7	14.3
	4	大客車	75	67.2	11.4
	4	大貨車	75	43.1	9.3
	3	小車	80	87.9	10.9
	3	大客車	86	75.8	8.7
	3	大貨車	30	59.1	9.1
	1	小車	79	92.7	6.9
155K+200	3	小車	79	104.6	8.2
	3	大客車	77	98.4	6.0
	3	大貨車	86	92.2	7.4
	2	小車	78	104.3	7.2
	2	大客車	39	100	7.9
	2	大貨車	65	98.5	6.5
	1	小車	105	107.1	6.4

註：車道 1 為內車道。

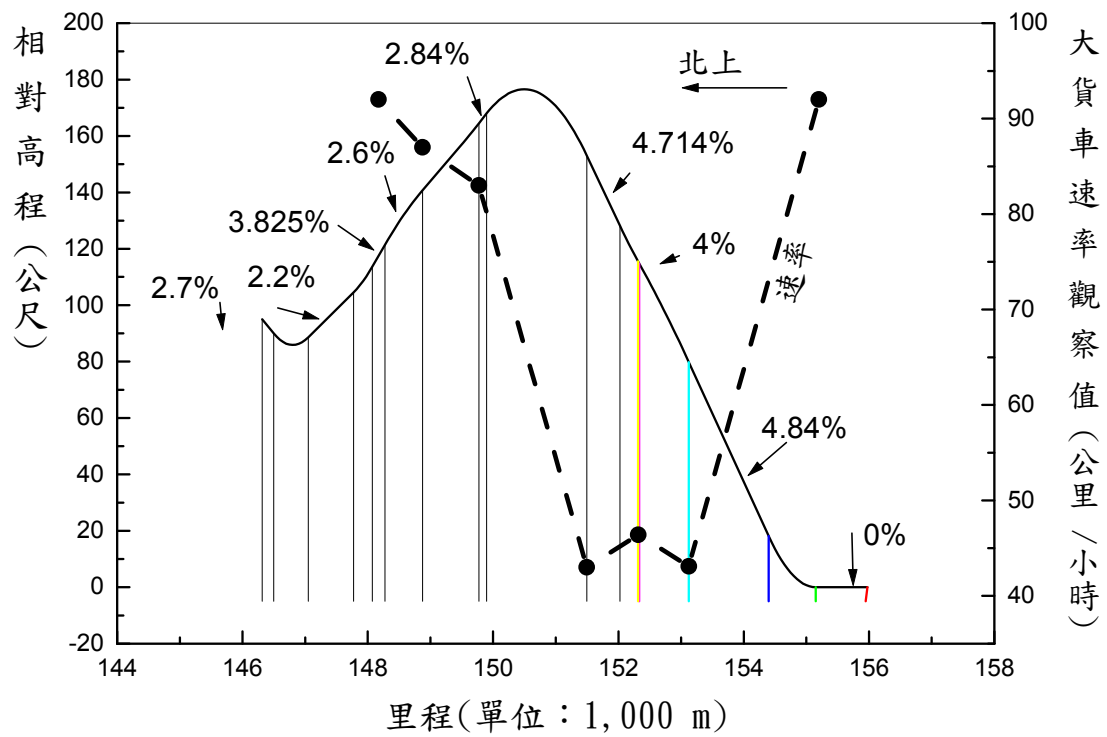


圖 6-3 外車道大車自由速率隨地點之變化

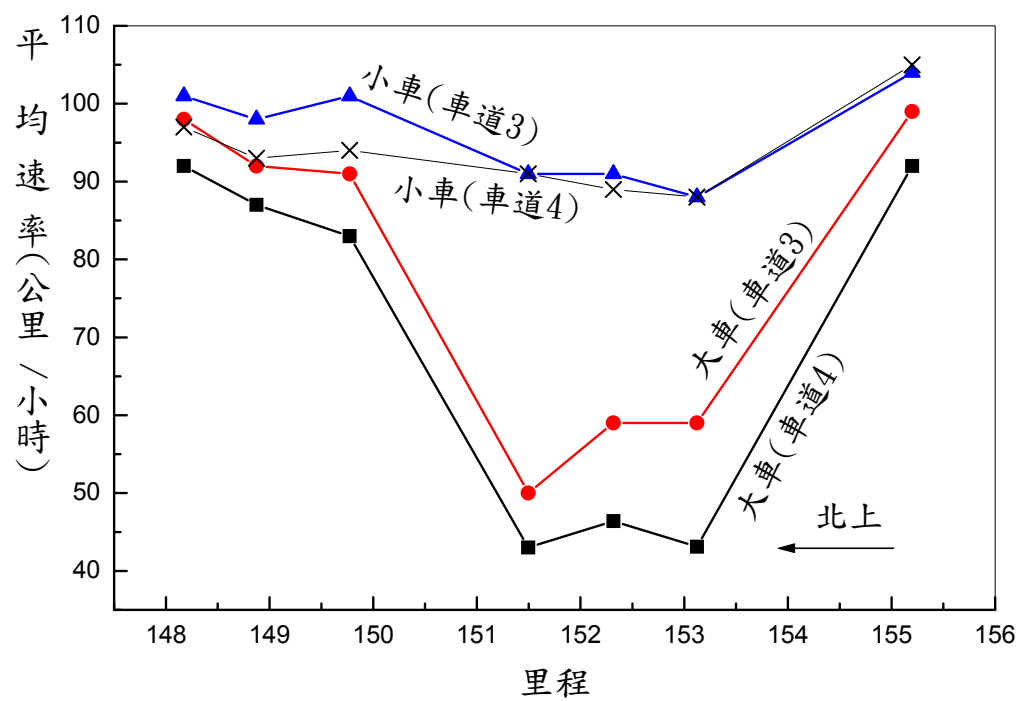


圖 6-4 大車與小車平均自由速率之比較

6.3 TRUCKSPEED 模擬模式

美國 AASHTO 之公路設計規範[86]有大車加速及減速性能之資料，以供規劃及設計之用。美國 Transportation Research Board (TRB) 之公路容量手冊[54]亦有同樣的資料來評估坡度路段之服務水準。在 2001 年時，Rakha 等人[87]建立一估計大車最大加速率的理論，並用美國 Virginia Tech Smart Road 之測試場蒐集重車在不同載重狀況下的資料，來驗證理論之可靠性。現場資料證實理論之可靠性並顯示 AASHTO 及 TRB 的資料太陳舊（大約已 30 年），已不適用於目前在美國公路上之大車。

根據 Rakha 等人之理論，本所在 2005 年研究郊區公路車流特性時[88]曾建立一模擬模式，來估計大車在坡度路段上的速率變化。但當時沒有臺灣坡度路段上之大車自由速率的資料，可供模式之測試。本計畫將該模擬模式命名為「貨車速率模擬模式(Truck Speed Simulation Model，簡稱 TSS 模式)」。

上述本所 2005 年之研究報告曾介紹 Rakha 等人之理論，為參考方便起見，本章亦將該理論描述如下。然後說明 TSS 模式之測試。

6.3.1 TSS 模式之理論基礎

任何一物體受到一外力時會產生一加速率，此加速率等於外力除以物體之質量(mass)。因此，大車在任何一瞬間之最高加速率，可估計如下：

$$a_{\max} = \frac{F - R_a - R_r - R_g}{M} \quad (6.1)$$

此式中，

- a_{\max} = 最高加速率（公尺/秒²）；
- F = 實際牽引力(traction effort)(N)；
- R_a = 氣流阻力(aerodynamic resistance)(N)；
- R_r = 滾動阻力(rolling resistance)(N)；
- R_g = 坡度阻力(grade resistance)(N)；
- M = 車輛之質量(mass)(Kg)。

實際牽引力 F

實際牽引力受到車輛性能及輪胎與路面之摩擦係數的影響，其值等於下列兩式之較小值：

$$F_t = 3600 \frac{PE}{V} \quad (6.2)$$

$$F_{\max} = 9.8066 MP_t \mu \quad (6.3)$$

此兩式中，

F_t = 引擎及馬力傳輸系統能產生之牽引力(N)；

F_{\max} = 因摩擦所能產生之最大牽引力(N)；

E = 馬力傳輸效率（一般在 0.89 及 0.94 之間）；

P = 引擎之馬力(Kw)（一般在 223Kw 與 485Kw 之間）；

V = 車速（公里/小時）；

M = 車輛之質量(Kg)（一般在 22,000Kg 與 44,000Kg 之間）。

P_t = 車輛分佈在傳動軸之質量比例(一般在 0.356 到 0.410 之間)；

μ = 輪胎與路面之摩擦係數（柏油鋪面值在 0.4 與 0.6 之間；水泥鋪面值在 0.6 與 0.8 之間）。

氣流阻力 R_a

氣流阻力可估計如下：

$$R_a = 0.047285 C_d C_h A V^2 \quad (6.4)$$

此式中，

R_a = 氣流阻力(N)；

C_d = 後拉(drag)係數（其值隨車型及是否有特殊裝備以減少後拉而變，一般在 0.58 與 0.78 之間）；

C_h = 高程(altitude)係數
 $= 1 - 8.5 \times 10^{-5} H$

H = 高程（公尺）；

A = 大車正面之面積(公尺²)(一般在 6.7 與 10.7 公尺²之間)；

V = 車速（公里/小時）。

滾動阻力 R_r

滾動阻力為車輛在行進時車輪與地面摩擦所造成之阻力，此阻力可估計如下：

$$R_r = 9.8066 C_r (C_2 V + C_3) \frac{M}{1000} \quad (6.5)$$

此式中，

C_r = 滾動係數（水泥鋪面值：1.0～2.0，瀝青鋪面值：1.25～2.25）；

C_2, C_3 = 與輪胎設計相關之係數【不平衡(Bias-ply)胎： $C_2=0.0438$ ， $C_3=6.100$ ；輻射(radial)胎： $C_2=0.0328$ ， $C_3=4.575$ 】；

M = 車輛之質量 (Kg)。

坡度阻力 R_g

坡度阻力乃在上、下坡時因重力加速率所增加或減少之可用牽引力，此阻力可估計如下：

$$R_g = 9.8066 \frac{MG}{1000} \quad (6.6)$$

此式中，

M = 車輛之質量 (Kg)；

G = 坡度 (%)，上坡為正值，下坡為負值。

6.3.2 模擬之加減速行為

式 6.1 之牽引力及阻力隨瞬間速率及其他因素而變。因此利用此式來模擬大車在公路上不同地點之最高加速率，須將時間切割為小單位，並假設在每單位時間內之加速率為常數。根據上述模式所導出之大貨車最高速率、行車距離與坡度的關係大致與測試車之行車特性相吻合[87]。速率估計誤差較大（5～10 公里/小時）的狀況發生在從停等位置啟動後之 150 公尺之內。其原因是上述之模式假設引擎之馬力為常數，事實上大貨車在啟動之後必須換檔，而換檔期間並沒有馬力傳輸到傳動軸。為了減少誤差，TSS 模式將啟動之後速率在 14 公里/小時

以下時，從模式所估計得之加速率減少 50%。此外，上述加減速的理論沒有考慮到下坡時駕駛員可能須使用煞車或使用低速檔。因此在下坡時，直接從理論所估計的加速率及速率過度高。因此 TSS 模式將下坡的理論加速率依坡度的變化減少約 67%到 88%。

6.3.3 TSS 模式之測試及應用

目前 TSS 模式所用的代表性參數如下：

$$E = 0.9 ;$$

$$P = 250(\text{KW}) , \text{ 亦即 } 335 \text{ 馬力} ;$$

$$M = 34,000 \text{ Kg} ;$$

$$P_t = 0.375 ;$$

$$\mu = 0.6 ;$$

$$C_d = 0.78 ;$$

$$H = 500 \text{ 公尺} ;$$

$$A = 10.7 \text{ 公尺}^2 ;$$

$$E = 0.9 ;$$

$$C_r = 1.25 ;$$

$$C_2 = 0.04376 ;$$

$$C_3 = 4.575 .$$

這些參數中，大車之馬力及質量對加速率之影響特別顯著。臺灣公路上大車之馬力及質量有很大的差異性。根據臺灣車輛測試中心（ARTC）在 2003~2007 年間合格發證之大車馬力及核定之總載重，表 6.3 顯示三種大車之重量及馬力之性能。

TSS 模式中之代表性大車質量大約等於表 6.3 中半聯結車之平均質量，其代表性馬力則等於半聯結車馬力之中位數。

根據設定之參數值，TSS 模式估計每 1/10 秒間之加速率、行車距離及速率。使用此模式時必須先建立一輸入檔（檔名：truck.txt），表 6.4 為輸入檔之一樣本。此輸入檔可用來模擬北上及南下大車在三義坡度路段之速率變化。此表中輸入資料的內容簡述如下：

表 6.3 車輛測試中心 2003~2007 年合格發證之大車質量上限及馬力

車種	質量(Kg)				馬力(Kw)		
	最高	最低	平均	中位數	最高	最低	中位數
大貨車	38,400	12,540	12,538	11,870	220	160	190
半聯結車	47,250	12,000	34,594	37,415	340	160	250
全聯結車	45,780	11,140	32,153	34,130	340	170	--

資料來源：[88]。

表 6.4 TSS 模式輸入檔樣本

92	92	92	92	92	92	(initial speed, max level speed, max downgrade speed, kph) for 2 directions
2						number of directions analyzed
9						number of grades
0		155.974		155.148		Northbound, San-Yi
4.84		154.398		153.123		
4		152.333		152.313		
4.714		152.023		151.496		
-2.84		149.898		149.773		
-2.6		149.473		148.873		
-3.852		148.273		148.073		
-2.2		147.773		147.048		
2.7		146.498		146.313		
1						no more data, set to 0
250						horsepower (kw)
34000						mass (kg)

A. 第一行資料： a_1 b_1 c_1 a_2 b_2 c_2

a_1, a_2 ：各為第一行車方向及反方向起點的平均自由速率(公里/小時)，

b_1, b_2 ：各為第一行車方向及反方向在平坦路段之最高平均自由速率（公里/小時），

c_1, c_2 ：各為第一行車方向及反方向在下坡時之最高平均自由速率（公里/小時）。

B. 第二行資料： a

$a = 1$ ，如果只模擬第一方向，

$a = 2$ ，如果模擬第一及第二方向。

C. 第三行資料： a

a：模擬路段之縱向切線(vertical tangents)的數量。

D. 第一方向縱向切線之資料： a b c

每一縱向切線須有下列輸入資料：

a：切線之%坡度（上坡為正值，下坡為負值），

b：切線起點之位置（根據里程位置之數值，例如 153K+123 之輸入值=153.123），

c：切線終點之位置（亦根據里程位置之數值）。

E. 個別縱向切線之後的資料： a

$a = 0$ ，如沒有其他輸入資料，

$a = 1$ ，如欲更改代表性大車馬力及質量。

F. 馬力及質量輸入值： a b

a：模擬大車之馬力 (Kw)，

b：模擬大車之質量 (Kg)。

上述第 F 項輸入資料只有在 E 項資料設定為 1 時才有需要。E 項資料如設定為 0，則 TSS 模式用代表性馬力(250Kw 及質量 34,000Kg)來模擬。TSS 模式暫時不讓使用者該改其他參數。

表 6.5 為 TSS 模式輸出檔（檔名：truckout.txt）之一樣本。TSS 模式之輸出資料包括每 1/10 秒之車輛位置、速率、加速率、車輛位置之坡度及其他特殊地點（如最高點位置、速率最低位置等）之狀況。因為輸出資料之行數太大，所以表 6.5 只是實際輸出檔之一部分。此輸出樣本是根據三義路段之輸入資料（表 6.4）模擬的結果。

表 6.5 TSS 模擬模式輸出之樣本

*****DIRECTION 1*****				
Maximum allowable speed on level segment, km/h = 92				
Maximum allowable speed on downgrade, km/h = 92				
FIRST	GRADE	0.00	%	
155.974	92.0	0.00	0.00	LOCATION(km) speed (km/h) Acceleration (m/s/s) grade (%)
155.948	92.0	0.00	0.00	
155.182	92.0	0.00	0.00	
155.156	92.0	0.00	0.00	
End of Grade 1 Speed (km/h) = 92				
THERE IS A CURVE at 155.148 km				
155.131	92.0	0.00	0.10	
155.105	92.0	0.00	0.26	
154.425	77.4	-0.29	4.65	
154.404	76.3	-0.3	4.79	
Start of Grade 2 Speed (km/h) = 76.1				
ENTER next grade at 154.398 km				
Grade = 4.84%				
154.383	75.3	-0.3	4.84	
154.362	74.2	-0.29	4.84	
153.139	44.3	-0.01	4.84	
153.127	44.3	-0.01	4.84	
End of Grade 2 Speed (km/h) = 44.3				
THERE IS A CURVE at 153.123 km				
153.115	44.3	-0.01	4.83	
153.102	44.2	-0.01	4.82	
153.066	44.2	0.00	4.78	
153.053	44.2	0.00	4.77	
** location of low speed (km) = 153.048 Speed (km/h) = 44.2				
153.041	44.2	0.00	4.75	
153.029	44.2	0.00	4.74	
152.358	47.6	0.03	4.03	
152.345	47.7	0.03	4.01	
Start of Grade 3 Speed (km/h) = 47.8				
ENTER next grade at 152.333 km				
Grade = 4.0%				
152.331	47.8	0.03	4.00	
152.318	47.9	0.03	4.00	
End of Grade 3 Speed (km/h) = 48				
THERE IS A CURVE at 152.313 km				
152.305	48.0	0.02	4.02	
152.291	48.1	0.02	4.05	
152.038	47.3	-0.03	4.67	
152.025	47.2	-0.03	4.71	

表 6.5 TSS 模擬模式輸出之樣本(續 1)

Start of Grade 4 Speed (km/h) = 47.2			
ENTER next grade at 152.023 km			
Grade = 4.71%			
152.012	47.1	-0.03	4.71
151.999	47.0	-0.03	4.71
151.517	44.9	-0.01	4.71
151.505	44.9	0.00	4.71
End of Grade 4 Speed (km/h) = 44.9			
THERE IS A CURVE at 151.496 km			
151.492	44.9	0.00	4.70
** location of low speed (km) = 151.485 Speed (km/h)= 44.9			
151.48	44.9	0.00	4.64
151.467	44.9	0.01	4.58
150.521	70.0	0.20	0.11
150.501	70.7	0.21	0.02
HIGH Point location (km) and speed (km/h) = 150.499 70.8			
150.482	71.1	0.07	-0.07
150.462	71.4	0.07	-0.16
149.937	80.7	0.13	-2.65
149.914	81.2	0.14	-2.75
Start of Grade 5 Speed (km/h) = 81.5			
ENTER next grade at 149.898 km			
Grade = -2.84%			
149.892	81.6	0.05	-2.84
149.801	82.4	0.05	-2.84
149.778	82.5	0.05	-2.84
End of Grade 5 Speed (km/h) = 82.6			
THERE IS A CURVE at 149.773 km			
149.755	82.7	0.05	-2.83
149.732	82.9	0.05	-2.81
149.499	84.6	0.05	-2.62
149.475	84.8	0.05	-2.6
Start of Grade 6 Speed (km/h) = 84.8			
ENTER next grade at 149.473 km			
Grade = -2.60%			
149.452	84.9	0.05	-2.6
149.428	85.1	0.04	-2.6
148.898	88.5	0.04	-2.6
148.873	88.7	0.04	-2.6
End of Grade 6 Speed (km/h) = 88.7			
THERE IS A CURVE at 148.873 km			
148.848	89.1	0.12	-2.65
148.823	89.5	0.12	-2.70
148.314	92.0	0.00	-3.76
148.289	92.0	0.00	-3.81

表 6.5 TSS 模擬模式輸出之樣本(續 2)

Start of Grade 7 Speed (km/h) = 92				
ENTER next grade at 148.273 km				
Grade = -3.85%				
148.263	92.0	0.00	-3.85	
148.238	92.0	0.00	-3.85	
148.11	92.0	0.00	-3.85	
148.084	92.0	0.00	-3.85	
End of Grade 7 Speed (km/h) = 92				
THERE IS A CURVE at 148.073 km				
148.059	92.0	0.00	-3.79	
148.033	92.0	0.00	-3.65	
147.803	92.0	0.00	-2.38	
147.777	92.0	0.00	-2.24	
Start of Grade 8 Speed (km/h) = 92				
ENTER next grade at 147.773 km				
Grade = -2.20%				
147.752	92.0	0.00	-2.20	
147.726	92.0	0.00	-2.20	
147.087	92.0	0.00	-2.20	
147.062	92.0	0.00	-2.20	
End of Grade 8 Speed (km/h) = 92				
THERE IS A CURVE at 147.048 km				
147.036	92.0	0.00	-2.12	
147.011	92.0	0.00	-1.89	
146.527	90.0	-0.15	2.42	
146.502	89.5	-0.17	2.65	
Start of Grade 9 Speed (km/h) = 89.4				
ENTER next grade at 146.498 km				
Grade = 2.70%				
146.477	88.9	-0.17	2.70	
146.452	88.3	-0.16	2.70	
146.356	86.0	-0.15	2.70	
146.332	85.5	-0.15	2.70	
HIGH Point location (km) and speed (km/h)= 9660.995 85.1				
End of Grade 9 Speed (km/h) = 85.1				
*****DIRECTION 2*****				
Maximum allowable speed on level segment, km/h = 92				
Maximum allowable speed on downgrade, km/h = 92				
FIRST	GRADE	-2.70	%	
146.313	85.0	0.00	-2.70	LOCATION (km) Speed (km/h) Acceleration
				(m/s/s) grade (%)
146.337	85.4	0.05	-2.7	

本計畫利用三義路段之自由速率之現場資料來測試 TSS 模式，測試對象為最外側兩車道上重車之平均自由速率。測試時遭遇到的一問題是調查期間車輛之馬力及質量為未知數。在此情況下，本計畫假設比較重、爬坡不易的大車會使用外車道，其他使用第 2 外側車道之大車較輕，上坡時之加速性能較佳。模擬外車道上大車之速率時，本計畫利用 TSS 模式之代表性馬力（250Kw）及質量（34,000Kg）。模擬第 2 外側車道上之大車時，本計畫亦將馬力設定為 250Kw，然後將質量逐漸從 34,000Kg 減輕。結果發現代表性馬力及質量可合理的模擬外側車道上之車速，模擬第 2 外側車道上之車速的質量則須減低到 25,000Kg。測試結果列於表 6.6 中。從此表可知外車道上之現場自由速率與模擬值的差距不超過 2 公里/小時。除了在 151K+496 及 148K+873 之地點外，第 2 外側車道上之現場自由速率與模擬值的差距不超過 3 公里/小時。但在 151K+496 地點之差距有 7.7 公里/小時，在 148K+873 處之差距為 5.8 公里/小時。

表 6.6 現場平均自由速率與模擬值之比較

地點	外車道上速率(公里/小時)		第 2 外側車道上速率(公里/小時)	
	現場值	模擬值	現場值	模擬值
155K+148	92.0	92.0	99.0	99.0
153K+123	43.1	44.3	59.1	57.5
152K+318	46.5	47.9	59.4	60.3
151K+496	43.2	44.9	50.2	57.9
149K+773	83.0	82.5	91.4	92.2
148K+873	86.7	88.7	92.0	97.8
148K+173	92.0	92.0	98.0	98.0

148K+873 地點在下坡，現場自由速率（92 公里/小時）與模擬值（97.8 公里/小時）的差距可將模擬車輛在下坡時的加速率減低（亦即增大煞車之影響）來調整。151K+496 地點之現場與模擬速率差距（7.7 公里/小時）雖然從模式的應用角度而言可接受，但在預料之外。根據圖 6.3 及圖 6.4 外車道大車從 152K+318 (4%坡度) 走到 151K+496 (4.7%坡度) 時，速率只下降了 3.3 公里/小時（從 46.5 降為 43.2 公里/小時）。

第 2 外側車道之車輛較輕，爬坡性能較佳，所以從 152K+318 走到 151K+496 時，速率應不會降低了 9.2 公里/小時（從 59.4 降為 50.2 公里/小時）。這超出預料之速率下降的原因不詳。其中一可能原因是各地點之現場調查在不同時間內執行。不同時間及地點之車輛調查樣本有不同之馬力及質量，因此 9.2 公里/小時之速率下降有一部分是因車輛之不同所產生。從這角度而言，如果車輛相同，則表 6.6 在 151K+496 地點之模擬速率(57.9 公里/小時)比較合理。在 152K+318 及 151K+496 之間現場速率下降 9.2 公里/小時之另一可能原因是 151K+496 地點已接近爬坡道之終點，所以在該處第 2 外側車道之車輛可能受到爬坡道上車輛轉回主線或幾何設計變化之影響，而有較大的減速行為。

一般而言，TSS 模式可合理的估計在三義路段的大車速率，但此模式須進一步用高速公路及其他公路是坡度路段的資料，來測試及微調。將來的研究工作宜包括下坡時之速率變化，平曲線(horizontal curve)的影響及速限的影響。TSS 模式發展完成之後，可直接用在公路規劃及設計時，評估大車速率隨地點之變化，如圖 6-5 所示。

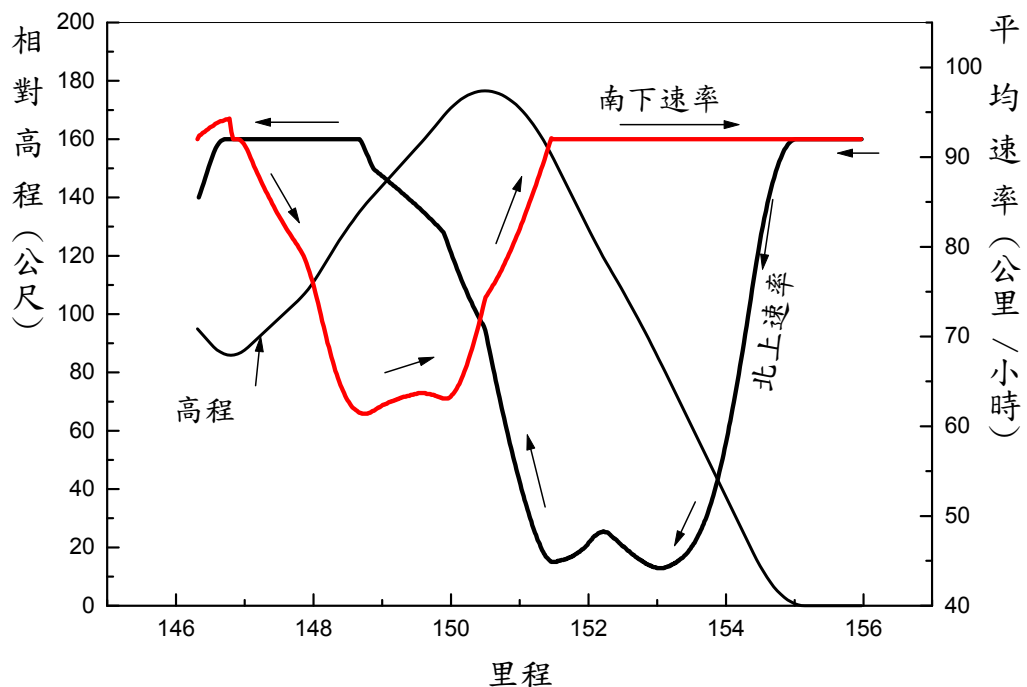


圖 6-5 TSS 模式之一應用：估計大車在坡度路段速率變化之特性(三義路段)

6.4 坡度路段之車流特性

本計畫利用三義路段北上偵測器資料，探討坡度對車流特性的影響。偵測器資料涵蓋 2010 年端午節期間（5 月 7 日至 9 日）的車流。

6.4.1 坡度對小車車流之影響

美國 Transportation Research Board (TRB) 之公路容量手冊分析坡度路段的方法，假設小車車流不受坡度的影響。但三義偵測器所提供的資料，顯示小車之流率與速率的關係會受到坡度之影響。如圖 6-6 所示，當內車道（第 1 車道）只有小車時，在 151K+010 之平坦地點之自由速率高達 110 公里/小時左右，在坡度為 4.84% 之 153K+480 地點之自由速率則只有 100 公里/小時左右。流率增高時，平均速率通常有下降的趨勢。當流率升到 2,000 輛時，平坦地點及坡度 4.84% 地點之速率約差 14 公里/小時。從圖 6-6 亦可知在 156K+010 之平坦地點的內車道 15 分鐘流率可達 2,200 輛/小時，但在 4.84% 坡度地點的最高流率只有 1,950 輛/小時左右。這流率的差距可能因為有些較慢的車輛在通過平坦地點之後轉進第 2 車道，因而造成最內車道流率的下降。另一可能原因是平均自由速率較低的路段通常有較低的容量。不論實際的原因為何，4.84% 坡度地點之運輸功能顯然比平坦地點低。

偵測器資料亦顯示不同之平坦地點的流率與速率的關係也有差異，如圖 6-7 所示。此圖中之 157K+300 及 156K+010 兩地點在同一平坦路段上。157K+300 處距離三義北上坡度路段之起點（155K+148）有 2.152 公里。156K+010 距上坡起點只有 862 公尺，此地點的自由速率比上游 157K+300 地點之速率高約 10 小時/小時。這現象可能是因為駕駛員上坡之前開始加速，以克服上坡之後重心吸引力的阻力所造成。當流率增高，行車自由程度降低時，157K+300 及 156K+010 兩地點之速率差距逐漸消失，但 157K+300 地點之內車道 15 分鐘流率高達 2,500 輛/小時。2010 年臺灣公路容量手冊分析高速公路基本路段之方法，所採用的最高流率只有 2,300 輛/小時，所以該方法是否須修正，應加以檢討。

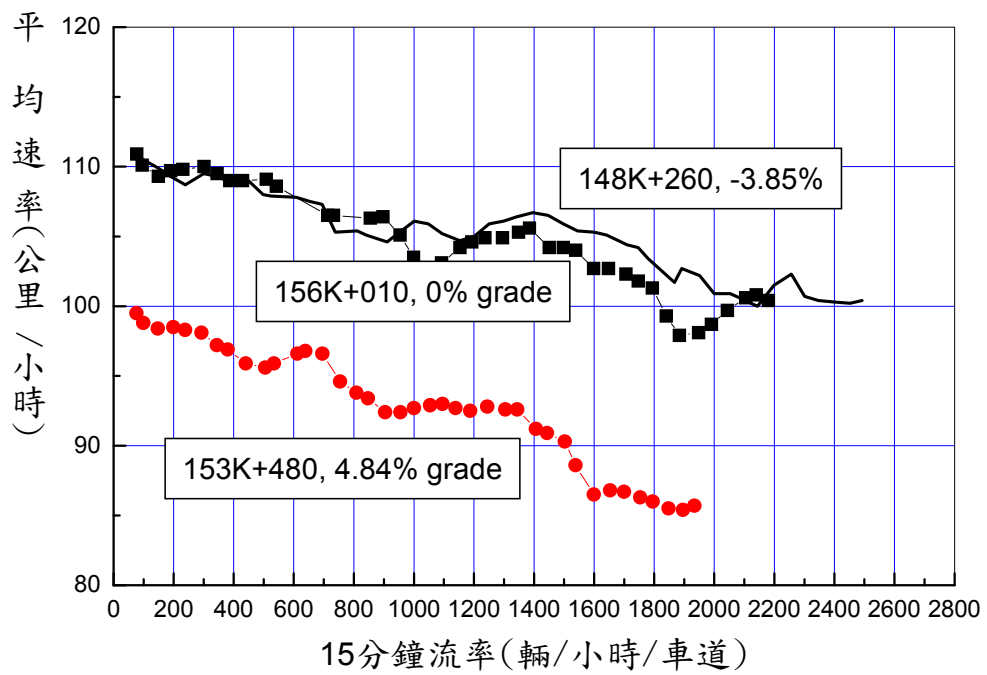


圖 6-6 坡度對小車車流之影響

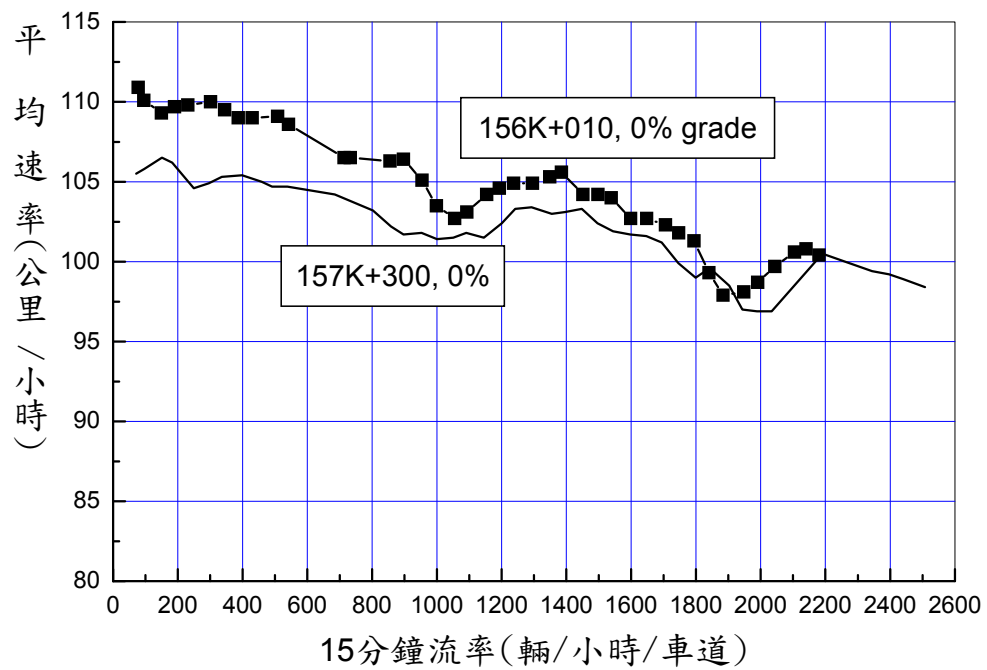


圖 6-7 平坦路段上小車流率與速率關係之差異

6.4.2 坡度對大車及混合車種之車流的影響

坡度對有大車之車流的影響相當複雜。以外車道只有大車時的車流為例，圖 6-8 顯示 5 個地點之流率與速率關係之變異。從此圖可知，當流率相當時，在-3.85%下坡地點之平均速率比在平坦地點（坡度：0.00%）之速率高；平坦地點之速率又比在 3.31%及 4.84%上坡地點的速率高。其差距高達 40 公里/小時左右。但是在-0.4%下坡地點之平均速率反而比在平坦地點的速率低。在 3.31%%上坡地點之平均速率也低於在比較陡的 4.84%上坡地點之速率。這些現象是因為在任何上、下坡地點之速率不僅受到該地點坡度的影響，也受到該地點上游坡長及坡度變化之影響。

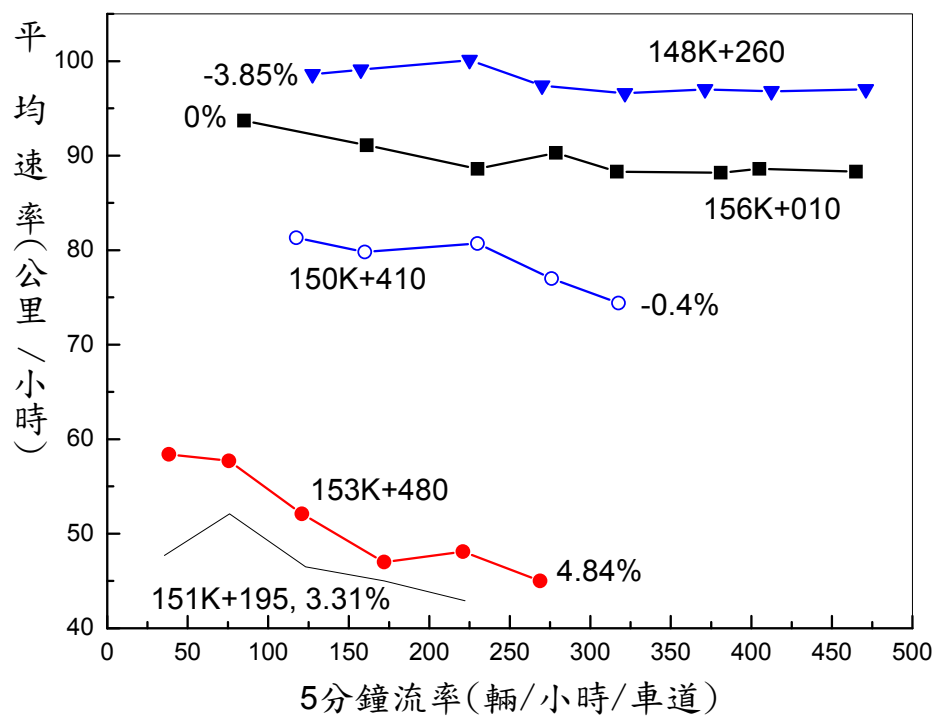


圖 6-8 坡度對純大車車流之流速與速率關係的影響

大車之比例對流率與速率關係的影響相當顯著，如圖 6-9 所示。圖中之第 4 車道為爬坡道。一般而言，比較重、爬坡性能較差的大車有集中在最外側車道的傾向。因此最外側車道的大車比例增加時，速率降低的程度預期會比其他車道（如第 3 車道）大。

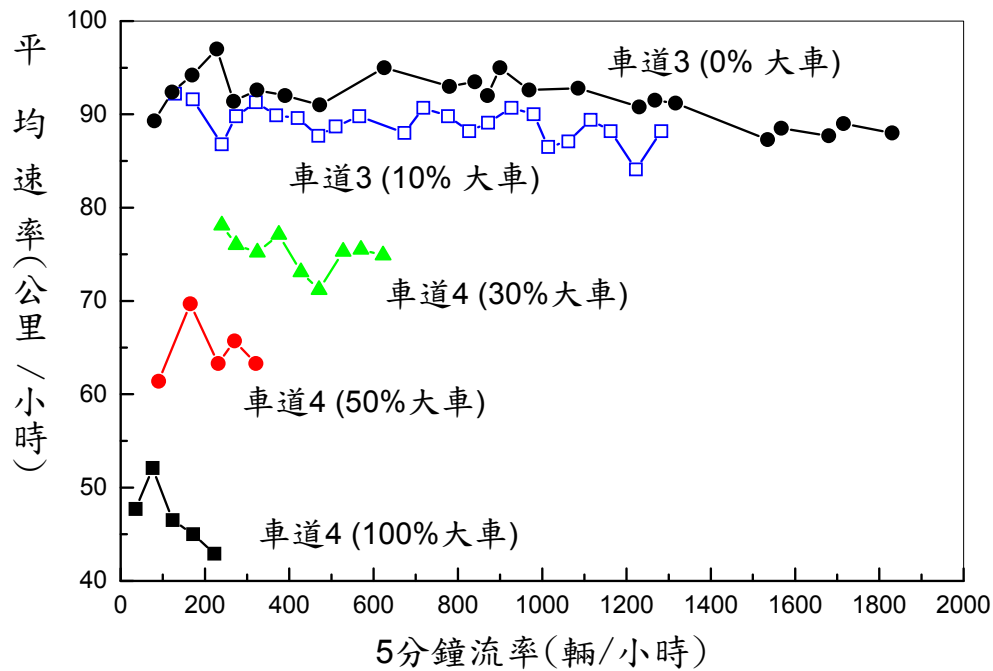


圖 6-9 大車比例對流率與速率關係之影響

因為不同車道上之大車有不同的爬坡性能，因此即使流率及大車之比例相同，外車道之車流通常會有較低的平均速率。這現象如圖 6-10 所示。此圖顯示相鄰兩車道的運輸功能會因大車之存在而變化。在 151K+195 之上坡地點，外車道（第 4 車道）之速率比第 3 車道低很多。

從前述各圖可知，流率與速率關係跟低流率、近似自由旅行狀況時之速率有很密切的關係。流率相同時，自由速率較高的地點有較高的速率。因此，欲合理的分析坡度路段之交通作業，必須有一可靠的工具來估計分析地點之平均自由速率。

6.4.3 車流之車道分布

高速公路上之大車多半靠右側行駛，而且小車多半靠左側行駛，因此在同一時段內，車道的使用率可能不均勻。圖 6-11 顯示在平坦的 156K+010 地點，最內側兩車道的流率大致相同，但是除了在流率很低之情況下，外車道之流率遠低於內側兩車道之流率。流率隨車道位置之變化，可造成速率與密度之差異，如圖 6-12、圖 6-13、圖 6-14 及圖 6-15 所示。

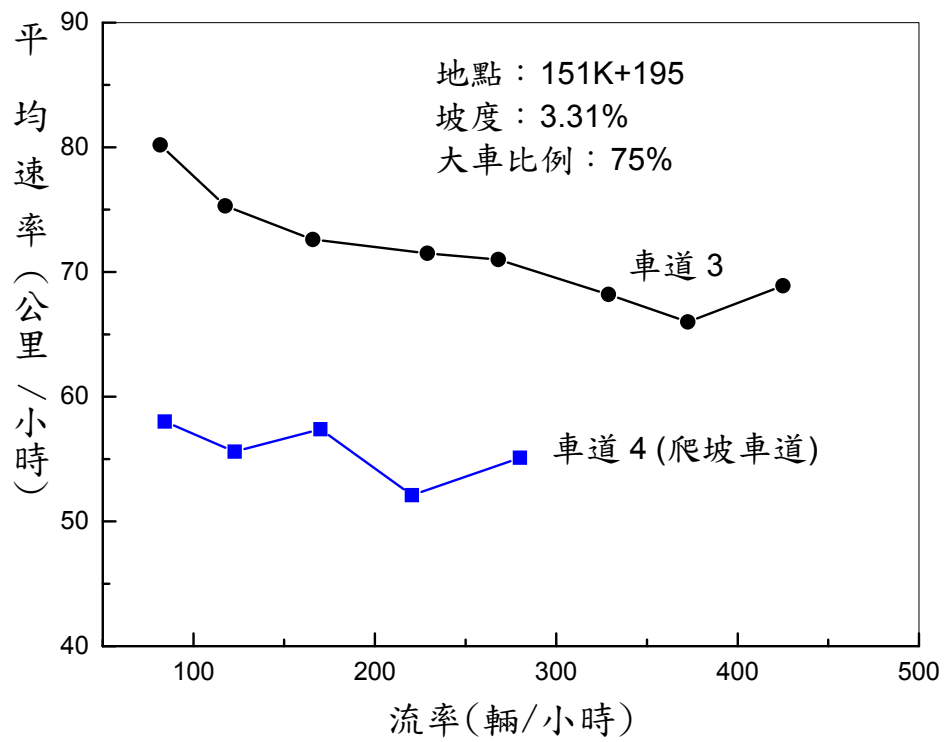


圖 6-10 車道位置對流率與速率關係之影響

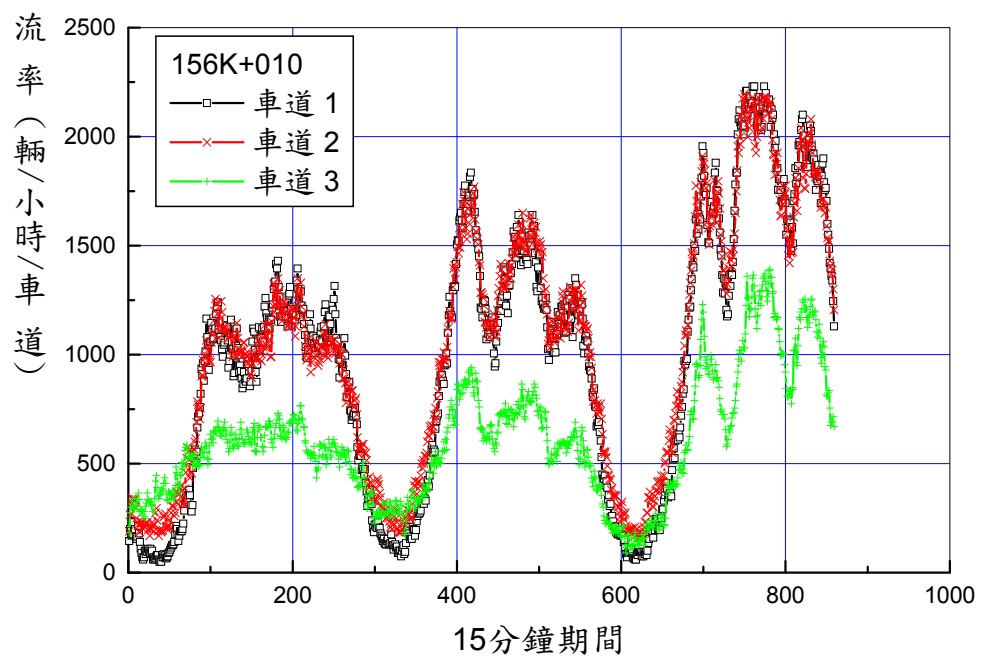


圖 6-11 最內側兩車道的流率比較 (156K+010 處)

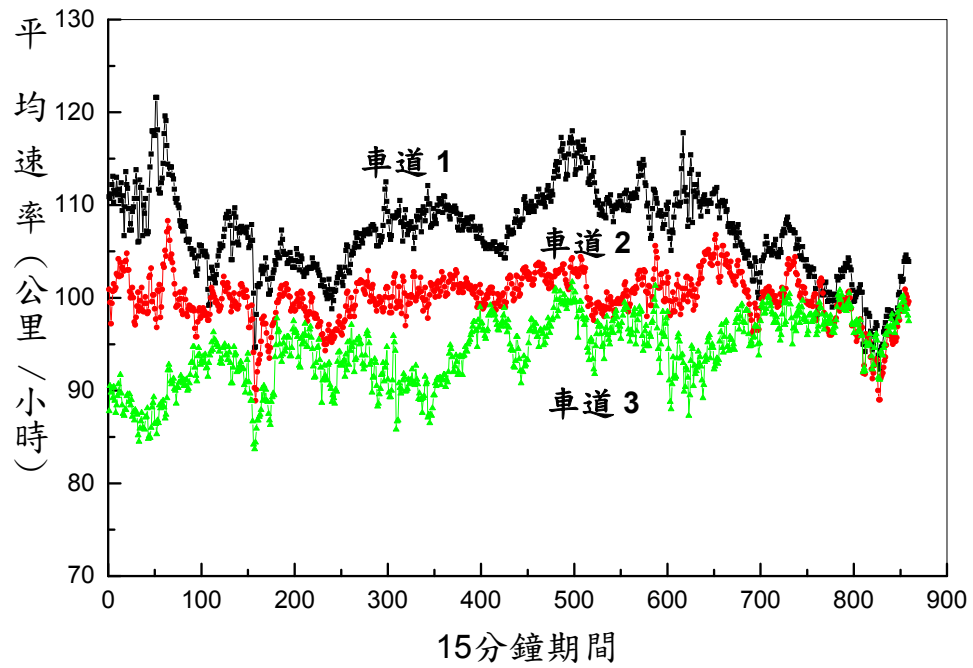


圖 6-12 速率隨車道位置之變異 (156K+010，平坦地點)

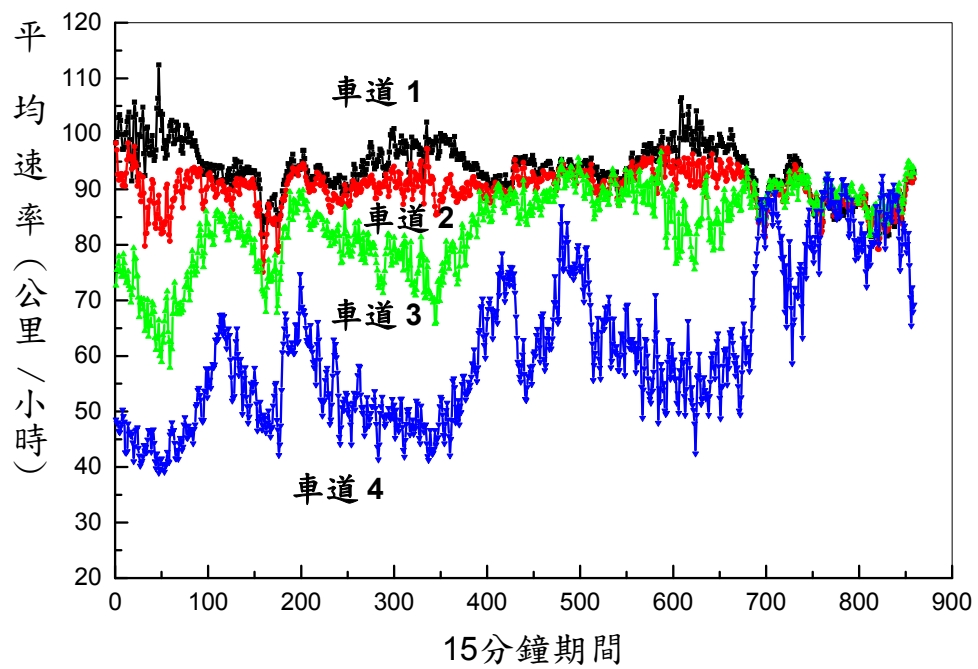


圖 6-13 速率隨車道位置之變異 (153K+480，坡度 4.84%)

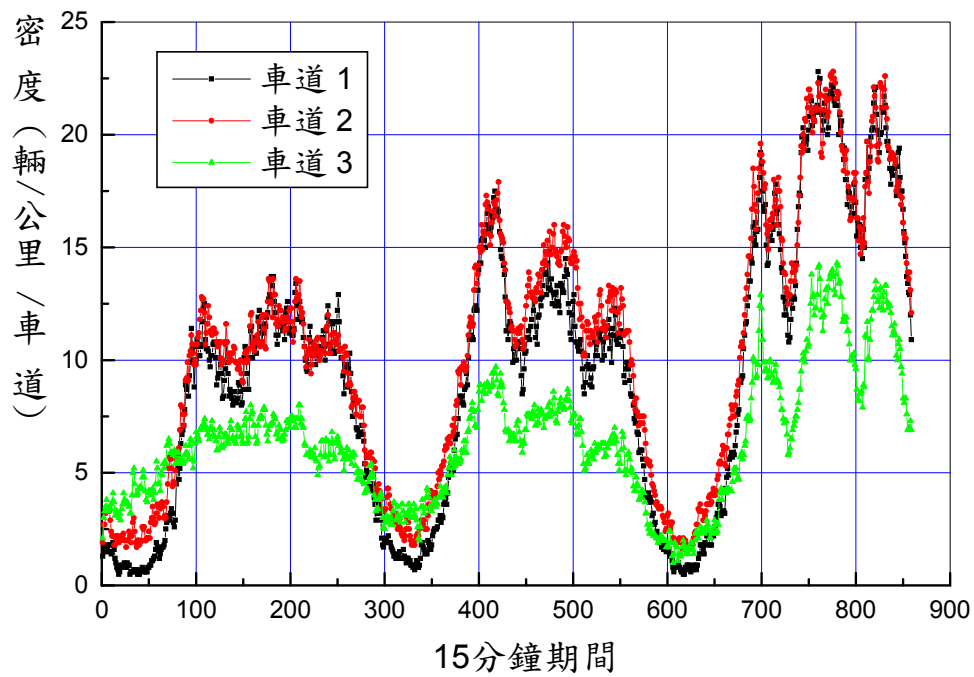


圖 6-14 密度隨車道位置之變異 (156K+010，平坦地點)

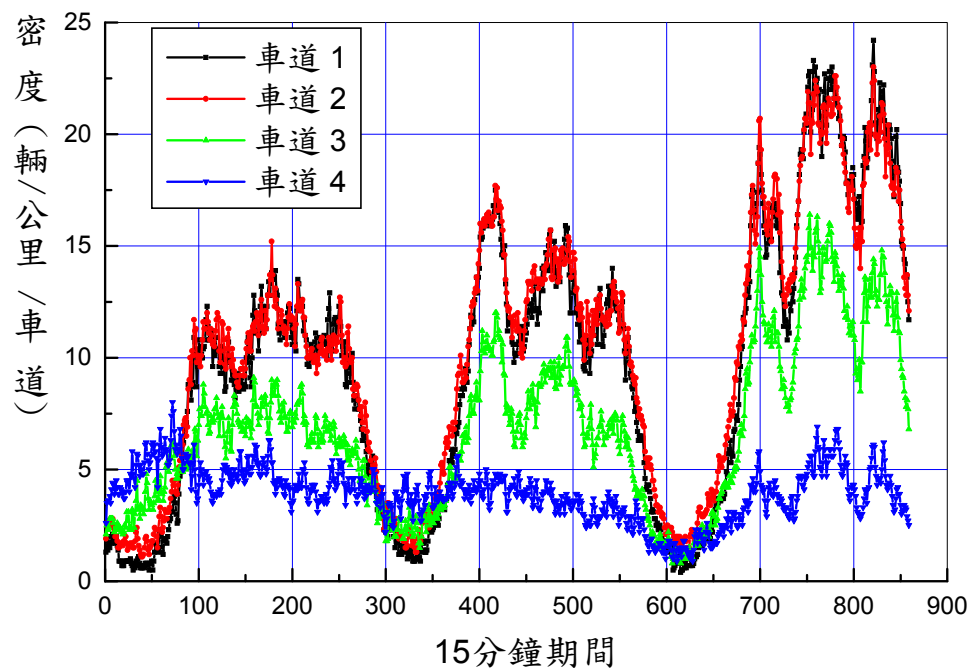


圖 6-15 密度隨車道位置之變異 (153K+4800，坡度 4.84%)

美國 TRB 公路容量手冊之分析方法不考慮車道之間車流狀況之差異，而且只用密度來劃分服務水準。依照 TRB 之分析方法，外車道因經常有較低之密度，所以會有較高的服務水準。但是外車道之平均速率經常遠低於內側之車道，其運輸功能也較低，所以密度不適合單獨的用來劃分服務水準。2001 年臺灣公路容量手冊注意到此問題，因此根據密度及速率來劃分服務水準，其劃分標準如表 6.7 所示。2001 年時，編訂容量手冊時，本所缺乏高速公路的車流特性資料，因此該手冊建議分析內車道來訂定服務水準。目前高速公路上有很多偵測器可提供車流特性資料，因此將來可利用這些資料，來改良 2001 年手冊之分析方法。

表 6.7 2001 年容量手冊劃分高速公路基本路段服務水準之標準

服務水準	密度 D (小客車/公里/車道)	平均速率 (公里/小時)
A	$0 \leq D < 11$	≥ 90
B	$14 < D \leq 18$	≥ 85
C	$18 < D \leq 23$	≥ 80
D	$23 < D \leq 29$	≥ 70
E	$29 < D \leq 35$	≥ 60
F	$D \geq 35$	< 60

6.4.4 車種組成之特性

因為大車之比例對一車道上之流率與速率的關係有影響，所以分析一路段時必須估計各車道之大車比例。圖 6-16 及圖 6-17 顯示在 153K+480 坡度為 4.84%之地點及 156K+010 平坦地點，每 5 分鐘小車比例隨車道位置之變化情形。一般而言，這兩地點內車道（第 1 車道），幾乎只有小車；第 2 車道之流率超過大約 650 輛/小時之情況下，小車大約占 60%~100%；第 3 車道或第 4 車道（爬坡道）上小車的比例變化相當大，大約在 0%到 90%之範圍內。流率越高，小車的比例也有增加的現象。

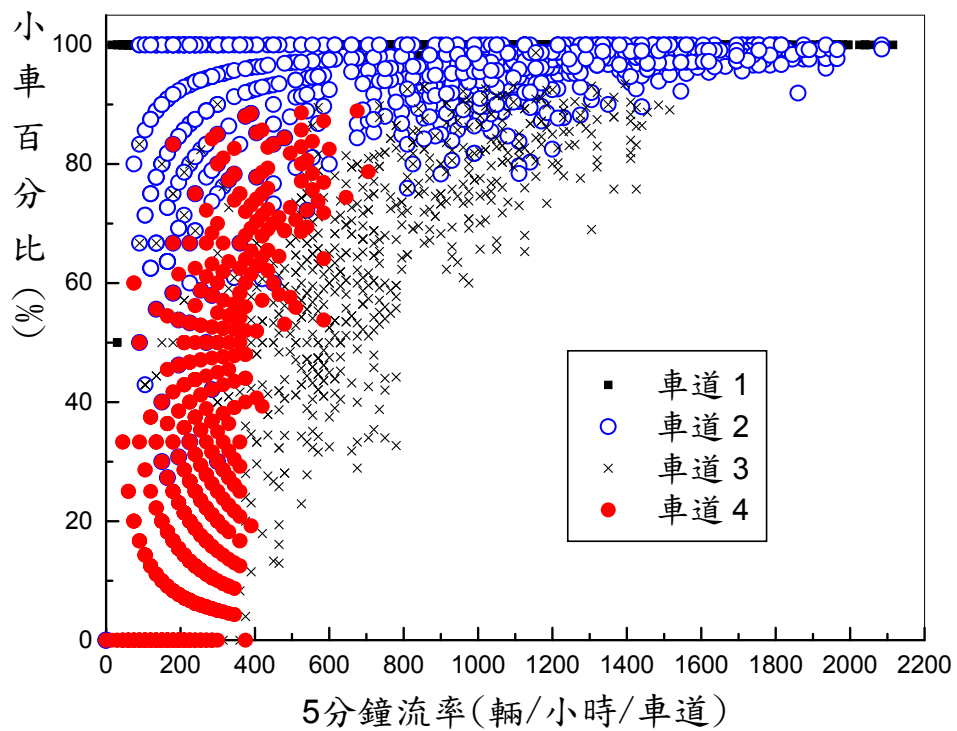


圖 6-16 不同車道小車比例之變化 (153K+480，坡度：4.84%)

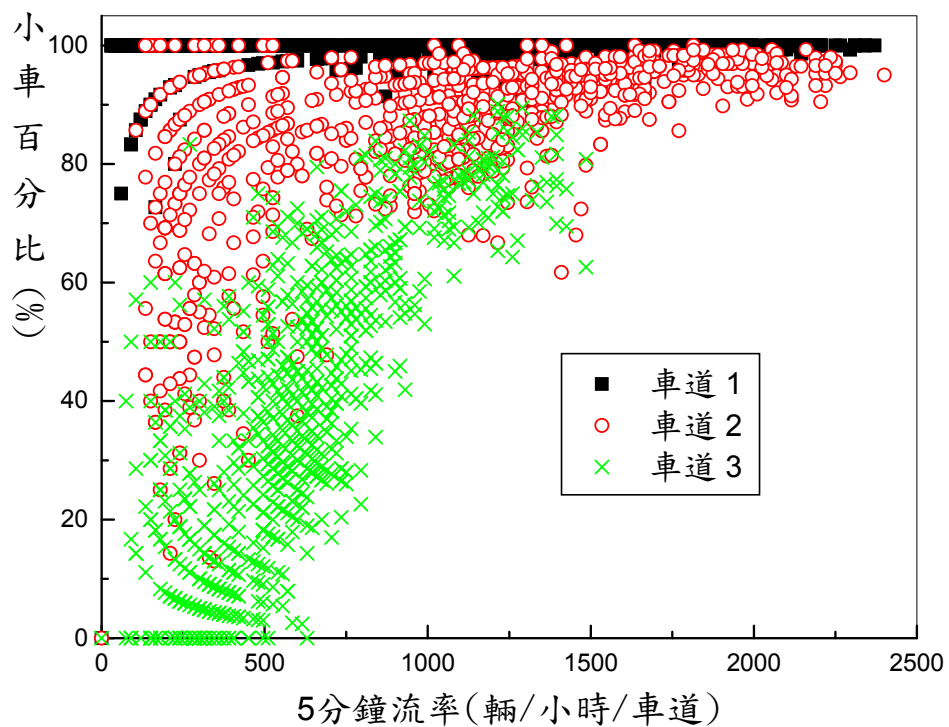


圖 6-17 不同車道小車比例之變化 (156K+010，平坦路段)

6.5 後續研究之方針

根據上述車流特性，建立一分析坡度路段之交通作業的方法，須執行下列工作：

1. 建立一估計平均自由速率的工具。
2. 建立一估計車流之車道分布的模式。
3. 建立一估計各車道上大、小車比例的模式。
4. 訂定在不同自由速率時之代表性流率與速率的關係。
5. 探討 2001 年容量手冊第四章所訂定之服務水準劃分標準之適用性，並作適當的調整。

此外，2001 年容量手冊分析高速公路之資料可能必須更新。

執行上述各項工作需要大量的現場資料。本計畫建議本所應立即開始利用臺灣公路上車輛偵測器所能提供的資料，建立一車流特性資料庫。此資料庫之資料最少應涵蓋下列屬性：

1. 公路種類

包括高速公路及其他有車輛偵測器之公路。

2. 速限

如各種公路有不同速限之路段，則須包括不同速限之路段。

3. 車道數

如各種公路在各種速限下之路段有不同車道數，則須包括不同車道數之路段。

4. 平坦路段資料蒐集地點

平坦路段資料之蒐集地點，必須離開坡度路段 2 公里以上。

資料須從直線及平曲線(horizontal curve)上下列三種地點取得：

- (1) 離上下匝道最少 3 公里之地點。
- (2) 上匝道下游約 300~500 公尺之地點。
- (3) 下匝道上游約 300~500 公尺之地點。

先選擇全天流量或尖峰較大之地點，作為資料蒐集對象。

5. 坡度路段之資料蒐集地點

坡度路段可能如三義路段有數個縱曲線(vertical curve)，這種路段應優先考慮，但資料庫的坡度路段須有各種坡度及坡長之組合。此外，資料庫也必須有在平曲線上之坡度車流特性資料。流量較大的地點應優先考慮。

6. 資料蒐集期間

為了讓資料庫可供規劃之用，資料宜定期蒐集。例如每年在一月、十二月及暑期，選擇一星期蒐集資料。此外，建議資料也在每年所有的國定假日期間蒐集。為了評估天候對車流之影響，資料庫也須每年儲存 5 個雨天的資料。

7. 幾何設計

資料庫必須註明資料蒐集地點之車道寬、路肩寬、縱切線(vertical tangent)之起點及終點位置、平曲線(horizontal curve)之起點及終點等。

第七章 結論與建議

7.1 結論

1. 本計畫根據在國道 1 號（汐止、泰山、楊梅、造橋、員林）、國道 3 號（樹林）、國道 5 號（頭城）等收費站蒐集之資料，微調及測試 TPS 模式，並修訂容量手冊第八章。容量手冊第八章及 TPS 模式使用者手冊之修訂版，附於本報告之附錄 I 及附錄 J。
2. 本計畫根據本所提供有關 Honda Civic Lx 小客車的資料，建立一估計耗油量及二氧化碳 CO₂ 排氣量的估計模式。此小客車所用每公克之汽油產生 3.167 公克之 CO₂。在怠速狀況下，此小客車的耗油率大約為 0.317 公克/秒。經研究發現耗油率深受速率及加減速之影響。
3. 收費站現場資料顯示下列車流及作業特性：
 - (1) 尖峰小時係數有隨尖峰流率而增加的趨勢。大型收費站（如泰山）的尖峰小時係數在 0.93~0.99 之範圍，小型收費站（如汐止）之係數在 0.94~0.96 之範圍。頭城收費站因有大量觀光性車流，所以有較低的尖峰小時係數，一般在 0.88~0.95 之範圍。
 - (2) 尖峰小時流量大約占全天流量之 7~8%。
 - (3) 車流之方向係數大約在 0.5~0.6 之範圍。
 - (4) 國道 1 號、3 號之北、中部路段除了汐止收費站在尖峰小時內有大約 20%之大車外，其他收費站之大車比例很少超過 11%。
 - (5) 目前最普遍的付費方式是使用回數票。在全天車流中，使用電子收費車道之車輛很少超過 41%。因此臺灣若使用里程收費之計費方式之後，大部分的車輛不能用目前之電子收費系統來辨識。自動車牌辨識系統及其他科技的準確度沒有目前的電子收費系統高，所以人工作業及執法之需求，可能是未來之一大挑戰。
 - (6) 地磅站之容量大約為 300 輛/小時。
 - (7) 不同類型之收費車道的代表性容量（輛/小時）如下：

- 小車回數票：960
- 大車回數票：580
- 小車電子收費：1,715
- 大車電子收費：1,120
- 小車找零專用：470
- 大車找零專用：275
- 找零/回數票共用：隨大車及找零比例而變

4.在三義坡度路段蒐集之自由旅行速率資料顯示，本報告第六章所描述之大車速率模擬模式可合理的估計大車之自由速率。但此模式須進一步用其他路段之資料加以微調。現場資料亦顯示，小車及大車之速率會受坡度之影響。此外流率與速率之關係與自由速率有密切關係，因此建立分析坡度路段交通作業之分析方法的一主要工作是建立一估計自由速率的模式，其他工作是建立估計車流之車道分布及車種組成的模式。

7.2 建議

- 1.目前臺灣仍缺乏有關臺灣公路車流耗油量及污染排氣量特性之資料。因此，本計畫所建立，用於估計耗油量及 CO₂ 排放量之模式，未來須用新的資料加以改良。本計畫建議繼續進行公路車流耗油量及污染排放量之研究工作，此工作可參考本報告第 3.6.5 節之建議，訂定研究方針
- 2.坡度路段之車流特性很複雜，為了發展分析坡度路段交通作業之方法，建議本所立即開始建立一資料庫，來支援規劃及發展分析方法之工作。本報告第 6.5 節所建議之項目，可供建立資料庫之參考。

參考文獻

- 1.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。
- 2.交通部運輸研究所，「臺灣地區多車道郊區公路容量及特性研究（三）」，94-78-1221，民國 94 年 5 月。
- 3.交通部運輸研究所，「市區號誌化路口容量分析及服務水準之研究(2/2)」，96-113-1244，民國 96 年 9 月。
- 4.交通部運輸研究所，「機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究(2/3)」，99-95-1275，民國 99 年 7 月。
- 5.交通部運輸研究所，「機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究(3/3)」，99-113-1282，民國 99 年 9 月。
- 6.交通部運輸研究所，「機車專用道、公車設施及都市幹道容量與服務水準研究(1/3)」，97-94-1248，民國 97 年 7 月。
- 7.鄭賜榮等人，「高速公路坡度路段車道容量提昇之研究」，國科會專題研究計畫 (NSC-84-2211-E-122-001)，民國 84 年 7 月。
8. “Leader of the Pack,” *Traffic Technology International*, April/May 2008, pp. 45-47.
9. *Road User Charging-Charging Schemes around the World*, Commission for Integrated Transport, UK, 2006.
10. Litman, T., *London Congestion Pricing-Implications for other cities*, Victorian Transport Policy Institute, January 2006.
11. “London Congestion Charge,” *Wikipedia.org*, Accessed on April 16, 2010.
12. Schockley, B., “Network Opportunity,” *Traffic Technology International*, April/May 2009, pp. 70-71.
13. Wordsworth, S., “Recognition in the Field-The Continued Rise of ALPR,” *Traffic Technology International*, February/March, 2008, pp. 31-34.
14. Richard, M. G., “Congestion Charge Cuts Waiting Time 50% and CO₂ 18% in Stockholm,” *Business & Politics*, September 2009.
15. Smyth, L., “Emission Control,” *Traffic Technology International*, February/March, 2009, pp.4-5.
16. Ji, X., and C. Mwalwanda, “Relief Mechanism-Projecting HOT Lane Travel Demand,” *Toll Trans*, 2009, pp. 35-37.

17. Goodin, G., and J. Wikander, "Verifying Vehicle Occupancy: Prospects for an Automated Solution," *Toll Trans*, 2009, pp.44-49.
18. Smyth, L., "Capital Injection-Higher Occupancy, Less Traffic," *Toll Trans*, 2009, pp.25-27.
19. Hollander, Y., "Down to Planning-Forecasting Demand and Revenue for Managed Lanes," *Traffic Technology International*, Annual Show Case, 2009, pp. 82-85.
20. "HOT Lanes Prove Popular Choice," *Traffic Technology International*, August/September, 2009, p. 11.
21. Liu, Y., G. Zhang, Y-J. Wu, Y. W. Wang, "Analyzing System Performance for Washington State Route 167 High Occupancy Toll (HOT) Operations," *TRB 89th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., January 10-14, 2010.
22. Kossak, A., "The Politics of Tolling-the Political Wills and wants of Implementing Pay as You Drive," *Traffic Technology International*, Annual Showcase, 2009, pp. 98-101.
23. Glaskin, M., "The Serum for Our Clogged Arteries," *Traffic technology International*, April/May 2008, pp. 26-34.
24. Worrall, H., "RFID's Days?" *TollTrans*, 2009, pp. 6-12.
25. Tsutsumi, K., "Issues and Technical Approaches to Realize the Unmanned Tollgate System," *Proceedings of the 16th ITS World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*, Stockholm, Sweden, September 21~25, 2009, CD-ROM.
26. Federal Communications Commission. *News Release*, October 1999.
27. *A comparison of the 5.8 GHz CEN to 915 MHz and 5.9 GHz DSRC through the application: Electronic Toll Collection Systems*, OmniAir Consortium, Inc., 2008.
28. European telecommunications Standards Institute. *News Release*, September 2008.
29. *Road User Charging-Charging Schemes Around the World*, Report, Commission for Integrated Transport, U.K., 2006.
30. Glaskin, M., "Super Highway-All Trial and No errors on Denver's E-470." *TollTrans*, 2009, pp. 20-23.

31. Mack, B., "Videotolling-How the Test was Won," *Traffic Technology International*, October/November 2008, pp.73-76.
32. Wordsworth, S., "Recognition in the Field: the Continued Rise of ALPR," *Traffic Technology International*, February/March 2008, pp. 31-34.
33. Noble, L., "Identity Fraud? Lies, Damned lies, and License Plate Recognition," *Traffic Technology International*, October/November 2008, pp. 21-22.
34. "GLONASS Constellation States, 21.04.2010r," Russian Space Agency, Information-Analytical Centre, <http://www.glonassianc.rsa.ru> , Accessed April 21, 2010.
35. GLONASS, Mission and Spacecraft Library, Jet Propulsion Lab, <http://msl.jpl.nasa.gov>, Accessed April 21, 2010.
36. "Commission Awards Major Contracts to Make Galileo Operational Early 2014," *European Union Portal*, January 7, 2010.
37. "Global Positioning System-GPS Augmentation," U.S. Coast Guard Navigation Center, <http://www.gps.gov>, Accessed April 21, 2010.
38. Olagul, M. A. M., "Reading the Right Signals," *Traffic Technology International*, August/September 2008, pp. 112-113.
39. Grush, B., "Risky Business-All in on Map-Matching?" *Traffic Technology International*, August/September, 2008, pp. 24-26.
40. Kirchmann, H-K., "Going the Distance," *TollTrans*, 2009, pp. 76-77.
41. "A Change is Gonna Come," *Traffic Technology International*, April/May, 2009, pp.41-42.
42. Cayford, R., and K. Guthrie, "Characteristics of Cell Phone Probe Technologies and Field Testing of Very High Volume Probe System," *TRB 89th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2010.
43. Rose, G., "Mobile Phones as Traffic Probes: Practices, Prospects and Issues," *Transport Reviews*, Volume 26, Issue 3, May 2006, pp.275-291.
44. Wasson, J. S., J. R. Sturdevant, and D. M. Bullock, "Real-Time Travel Time Estimates Using MAC Address Matching," *ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers Journal, Vol. 78, No.6, June 2008, pp.20-23.

45. Yim, Y., *The State of Cellular Probes*, UCB-ITS-PRR-2003-25, California PATH Research Report, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 2003.
46. "NorCal GPS Cell Phone traffic Probe Project Gets Underway," GPSWorld, <http://www.gpsworld.com>, Accessed April 14, 2010.
47. Tarnoff, P., "Made to Measure," *Traffic Technology International*, April/May, 2009, pp. 20-23.
48. Mileros, M. D., "Flexible Friend," *Traffic Technology International*, June/July 2008, p.62.
49. Pietrzyk, M. C., and E. A. Mierzejewski, *Electronic Toll and Traffic Management (ETTM) Systems*, NCHRP Synthesis 194, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1993.
50. Saka, A. A., D. K. Agboh, S. Ndiritu, and R. A. Glassco, "Estimation of Mobile Emissions Reduction from Using Electronic Tolls," *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, Vol. 127, No. 4, 2001, pp. 327-333.
51. Zarrillo, M. L., and A. E. Radwan," Methodology SHAKER and the Capacity of Five Toll Plazas," *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, Vol. 135, No. 3, 2009, pp. 83-93
52. Hatb, R., E. Radwan, X. Su, and C. Russo, "Exploring Toll-Lane Processing Times, an Empirical Analysis," *TRB 89th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2010.
53. *Taiwan Area Highway Capacity Manual*, Institute of Transportation, MOTC, 1997.
54. *Highway Capacity Manual*, Transportation Research Board, National research Council, Washington, D. C., 2000.
55. Aycin, M., K. Kiskel, V. Papayannoulis, and G. Davies, "Development of Methodology for Toll Plaza Delay Estimation for Use in Travel Demand Model Postprocessor," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2133, 2009, pp. 1~10.
56. Klodzinski, J., and H. M. Al-Deek, "New Methodology for Defining Level of Service at Toll Plazas," *ITE Journal*, Institute of

- Transportation Engineers, Volume: 72, Issue Number: 2, 2002, pp 34-36, 41-43.
57. Liao, T-Y., and R. B., Machemehl, "Development of an Aggregated Fuel Consumption Model for Signalized Intersections," *Transportation research record 1641*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1998, pp. 9-18.
 58. Al-Deek, H. M., A. A. Mohamed, and A. E. Radwan, "Operational benefits of electronic toll collection: Case study." *Journal of Transportation Engineering.*, ASCE, 1997, Vol.123, No, 6, pp. 467-476.
 59. Burris, M. W., and E. D. Hidebrand, "Using Microsimulation to Quantify the Impact of Electronic Toll Collection." *ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers, Vol.66, No.7, 1996, pp. 21-25.
 60. Klodzinski, J., and H M. Al-Deek," Transferability of a Stochastic Toll Plaza Computer Model," *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1811, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2002, pp.40-49.
 61. Bartın, B. O., S. Mudigonda, K. Ozbay, "Estimation of Impact of Electronic Toll Collection on Air Pollution Levels: Estimation Using Microscopic Simulation Model of Large-Scale Transportation Network," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Number: 2011, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C 2007, pp 68-77.
 62. Lelewski, A R, J. A., Berenis, G. M. Pressimone, "Analyzing Express Toll Plaza Operations Using Modern Simulation Models," *Institute of Transportation Engineers Annual Meeting and Exhibit CD-ROM*, 2003.
 63. Redding, R. T., and A. J. Junga, "TPASS: Dynamic Discrete-event Simulation and Animation of a Toll Plaza," *Proceedings of the 24th Conference on Winter Simulation*, Arlington, Virginia, United states, December 13-16, 1992, pp.1292-1295.
 64. Al-Deek, H. M., A. A. Mohamed, and L. Malone, " A new Stochastic Discrete-Event Micro Simulation Model for Evaluating Traffic Operations at Electronic Toll Collection Plazas," *Journal of*

Intelligent Transportation Systems, Oct-Dec 2005, Vol. 9, Issue 4, pp. 205-219. TPSIM

65. *VISSIM Traffic Flow Simulation-Technical Description*, PTV.
66. *Quadstone- Paramics v4.1-System Overview*, Quadstone Limited, May 2003.
67. *AIMSUN Version 4.1 – User Manual*, Transport Simulation Systems, November 2002.
68. Lieberman, E., J. Chang, and B. Andrews, “Applying Microsimulation to Evaluate, Plan, Design and Manage Toll Plazas,” *TRB 83rd Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM*, Transportation research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2004.
69. 曾平毅、林豐博、張瓊文、蘇振維，「高速公路收費站延滯模式之研究」，*運輸計劃季刊*，第三十一卷第四期，民國 91 年 12 月，頁 795-816。
70. Lin, F. B., “A Delay Model for Planning Analysis of Main-Line Toll Plazas,” *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1776, Transportation Research Board, National research Council, Washington, D. C., 2001, pp.67-94.
71. Ozmen-Ertekin, D., K. Ozbay, S. Mudigonda, and A. M. Cochran, “A Simple Approach to Estimating Changes in Toll Plaza Delays,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Number: 2047, 2008, pp. 66-74.
72. Ceballos, G., and O. Curtis, “Queue Analysis at Toll and Parking Exits Plazas: A Comparison between Multi-Server Queuing Models and Traffic Simulation,” *Proceedings of ITE 2004 Annual Meeting and Exhibit* , CD-ROM, Lake Buena Vista, Florida, August 1-4, 2004.
73. *MOBILE 6 Vehicle Emission Software*, United States Environmental Protection Agency, 1998.
74. *User’s Guide to Mobile 6.1 and Mobile 6.2-Mobile Source Emission Factor Model*, U.S. Environmental Protection Agency, August 2003.
75. Ahn, K., H. Rakha, A. Trani, and M. Van Aerde, ”Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions based on Instantaneous Speed and

- Acceleration Levels,” *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, Volume 128, Issue 2, March/April 2002, pp. 182-190.
76. West, B., R. McGill, J. Hodgson, S. Sluder, and D. Smith,” Development of Data-Based Light Duty Modal Emissions and Fuel Consumption Models,” *Society of Automotive Engineers*, Paper No. 972910, Society of Automotive Engineers, 1997, pp. 1274-1280.
 77. Sjodin, A., and M. Lenner, “On-Road Measurements of Single Vehicle Pollutant Emissions, Speed and Acceleration for Large Fleet of Vehicles in Different Traffic Environments,” *Science of the Total Environment*, Vol. 169, Issues 1-3, July 1995, pp. 157-165.
 78. 交通部運輸研究所，能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究(2/2)，98-71-1257，民國 98 年。
 79. Wen, P. P-Chang, A. Y-C., Hu, A. H-Y., Chung, and K-S., Lin, “A Time-Based Model for Estimating Fuel Consumption by Linking Field and Lab Measurements,” *TRB 2010 Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2010.
 80. Akcelik, R., C. Bayley D. P. Bowyer, and D. C. Biggs, “A Hierarchy of Vehicle Fuel Consumption Models” *Traffic Engineering & Control*, Vol. 24, No. 10, 1983, pp. 491-495.
 81. Biggs, D. C., *ARFCOM-Models for Estimating Light to Heavy Vehicle Fuel Consumption*, Research Report ARR 152, Australian Road research Board, September 1998.
 82. *TRANSYT-7F User’s Manual*, FHWA, U.S. Department of Transportation, 1988.
 83. Evans, L., and Herman, “A Simplified Approach to Calculations of Fuel Consumption in Urban Traffic Systems,” *Traffic Engineering & Control*, Vol. 17.
 84. Teply, S., D. I. Allingham, D. B., Richardson, B. W. Stephwnson, *Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections*, Institute of Transportation Engineers, District 7, Canada, 1995.
 85. “Emission Facts: Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle,” EPA420-F-05-004, U. S. Environmental Protection Agency, February 2005.
 86. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2004.

87. Rakha, H., Lucic, I., Demarchi, S. H., Setto, J. R. and Van Aerde, M., "Vehicle Dynamics Model for Predicting Maximum Truck Acceleration Levels," Journal of Transportation Engineering, Vol. 127, No. 5, 2001, pp.418-425.
88. 交通部運輸研究所，「臺灣地區多車道郊區公路容量及特性研究（三）」，94-78-1221，民國 94 年 6 月。

附 錄

附錄 A 99 年高速公路收費站交通量資料

本計畫收集 2010 年 4 月 4 日至 6 日之各收費站的每 5 分鐘交通量資料，由於相關的資料檔案很大，且各收費站格式不一，故僅陳列各收費站之資料格式。有興趣之讀者，可洽詢本所運計組取得整理過之 EXCEL 資料。舉例而言，3 天的資料區分為每 5 分鐘，每收費站將有 $3 \times 24 \times 12 = 864$ 筆，如有 12 個收費孔道，其資料量將變成 8,640 筆。故本計畫不陳列所有資料。

一、汐止收費站 99/4/4~6 日每 5 分鐘交通量資料

車道	日期	時間	小型車	客貨車	聯結車
01N	990404	0	0	1	0
01N	990404	5	0	5	0
01N	990404	10	0	7	0
01N	990404	15	0	5	0
01N	990404	20	0	1	0
01N	990404	26	0	5	0
01N	990404	30	0	1	0
01N	990404	35	0	5	0
01N	990404	40	0	1	0
01N	990404	45	0	1	0
01N	990404	50	0	4	0
01N	990404	56	0	3	0
01N	990404	100	0	2	0
01N	990404	115	0	1	0
01N	990404	126	0	3	0
01N	990404	130	0	1	0
01N	990404	135	0	2	0
01N	990404	140	0	1	0
01N	990404	145	0	2	0
01N	990404	150	0	1	0
01N	990404	156	0	3	0
01N	990404	200	0	2	0
01N	990404	205	0	3	0
01N	990404	210	0	2	0

二、泰山收費站 99/4/4~6 日每 5 分鐘交通量資料

車道 代號	日期	小時	單位	小型車	大型車	大型車	大貨車	大客車	聯結車
1	2010/4/4	0	00	0	6	6	6	0	0
1	2010/4/4	0	05	0	9	9	9	0	0
1	2010/4/4	0	10	0	6	6	6	0	0
1	2010/4/4	0	15	0	5	5	5	0	0
1	2010/4/4	0	20	0	6	6	6	0	0
1	2010/4/4	0	25	0	4	4	4	0	0
1	2010/4/4	0	30	0	8	8	8	0	0
1	2010/4/4	0	35	0	4	4	4	0	0
1	2010/4/4	0	40	0	5	5	5	0	0
1	2010/4/4	0	45	0	7	7	7	0	0
1	2010/4/4	0	50	0	6	6	6	0	0
1	2010/4/4	0	55	0	4	4	4	0	0
1	2010/4/4	1	00	0	6	6	6	0	0
1	2010/4/4	1	05	0	7	7	7	0	0
1	2010/4/4	1	10	0	7	7	7	0	0
1	2010/4/4	1	15	0	3	3	3	0	0
1	2010/4/4	1	20	0	3	3	3	0	0
1	2010/4/4	1	25	0	5	5	5	0	0
1	2010/4/4	1	30	0	6	6	6	0	0
1	2010/4/4	1	35	0	5	5	5	0	0
1	2010/4/4	1	40	0	8	8	8	0	0
1	2010/4/4	1	45	0	3	3	3	0	0
1	2010/4/4	1	50	0	2	2	2	0	0
1	2010/4/4	1	55	0	2	2	2	0	0
1	2010/4/4	2	00	0	5	5	5	0	0
1	2010/4/4	2	05	0	8	8	8	0	0
1	2010/4/4	2	10	0	1	1	1	0	0
1	2010/4/4	2	15	0	3	3	3	0	0
1	2010/4/4	2	20	0	1	1	1	0	0
1	2010/4/4	2	25	0	3	3	3	0	0
1	2010/4/4	2	30	0	3	3	3	0	0
1	2010/4/4	2	35	0	1	1	1	0	0
1	2010/4/4	2	40	0	2	2	2	0	0
1	2010/4/4	2	45	0	2	2	2	0	0

三、樹林收費站 99/4/4~6 日交通量資料

日期	時間	01N	02N	03N	04N	05N	06N	07N	08N	09N	10N	11N	12S	13S	14S	15S	16S	17S	18S	19S	20S	21S	22S
2010/4/4	00 - 01	24	34	49	106	228	194	151	233	229	129	143	219	180	405	347	225	357	303	190	59	44	44
2010/4/4	01 - 02	19	37	35	46	141	157	90	181	207	83	55	97	100	246	227	146	211	164	89	25	37	22
2010/4/4	02 - 03	14	29	18	28	85	105	73	140	131	57	41	76	52	192	161	92	170	124	40	19	33	29
2010/4/4	03 - 04	13	20	16	15	66	82	60	98	135	45	30	92	89	276	209	86	175	158	33	16	34	12
2010/4/4	04 - 05	20	26	17	23	75	82	49	107	128	47	26	201	187	481	345	221	345	231	67	23	45	20
2010/4/4	05 - 06	37	39	25	28	109	152	116	189	231	110	70	407	359	750	560	437	527	451	224	75	42	26
2010/4/4	06 - 07	63	52	43	91	235	247	233	326	422	195	166	563	460	864	683	510	528	504	343	141	90	35
2010/4/4	07 - 08	44	81	100	182	299	243	244	340	419	268	313	693	484	788	679	573	518	383	405	279	132	48
2010/4/4	08 - 09	94	141	119	228	368	274	300	426	552	340	441	716	531	776	742	652	562	400	435	324	141	55
2010/4/4	09 - 10	67	117	162	287	394	356	395	490	625	368	493	817	613	852	789	691	638	462	449	386	178	68
2010/4/4	10 - 11	82	134	191	313	442	467	518	631	775	460	620	904	688	839	851	841	891	424	505	509	172	97
2010/4/4	11 - 12	73	104	212	304	417	479	497	601	758	486	637	862	656	831	840	783	774	431	489	449	156	160
2010/4/4	12 - 13	60	112	159	277	395	408	447	528	678	442	552	633	451	775	647	539	488	434	402	268	134	66
2010/4/4	13 - 14	58	121	211	337	437	497	557	645	732	499	654	698	527	799	709	594	531	429	428	329	131	77
2010/4/4	14 - 15	80	131	257	373	486	603	663	761	839	593	742	748	552	817	775	670	589	444	473	354	139	87
2010/4/4	15 - 16	48	146	290	424	498	727	802	792	907	648	801	745	558	816	768	633	579	425	438	321	155	68
2010/4/4	16 - 17	72	120	303	407	499	728	812	818	875	688	860	641	458	754	675	545	465	442	381	225	151	76
2010/4/4	17 - 18	87	134	328	435	549	802	858	834	872	679	812	667	483	751	635	520	437	435	362	215	138	51
2010/4/4	18 - 19	67	124	267	383	485	665	721	795	829	637	739	521	393	581	492	435	396	383	337	172	98	29
2010/4/4	19 - 20	63	109	241	382	494	674	685	762	809	556	698	502	379	545	463	404	379	380	280	153	94	24

四、頭城收費站 99/4/4~6 日每 5 分鐘交通流量資料

日	小時	時間	北上						南下					
			大小型車合流 人工找零/回 數票車道	小型車 ETC 車道	大型車 ETC 車道	大小型車合流 人工找零/回數 票車道	小型車人工 回數票車道	小型車 ETC 車道	小型車 ETC 車道	小型車人工回 數票車道	大小型車合流 人工找零/回數 票車道	大型車 ETC 車道	大小型車合流 人工找零/回 數票車道	小型車 ETC 車道
			01N	02N	03N	04N	05N	06N	08S	09S	10S	11S	12S	13S
2010/4/4	0	00:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2010/4/4	0	05:10	18	6	1	9	19	9	8	40	32	0	14	3
2010/4/4	0	10:15	21	10	1	15	18	11	13	33	27	1	21	4
2010/4/4	0	15:20	11	7	0	15	18	13	9	27	24	0	12	4
2010/4/4	0	20:25	16	6	0	9	13	6	10	33	35	1	17	4
2010/4/4	0	25:30	17	2	0	14	19	6	7	23	24	1	16	1
2010/4/4	0	30:35	14	8	1	6	14	5	12	30	31	2	9	5
2010/4/4	0	35:40	11	2	0	9	13	2	7	21	23	0	13	4
2010/4/4	0	40:45	9	2	0	5	18	6	6	26	31	0	6	2
2010/4/4	0	45:50	5	2	0	4	13	3	19	29	32	0	7	2
2010/4/4	0	50:55	11	2	0	5	13	2	10	16	27	0	11	6
2010/4/4	0	55:00	9	4	0	8	15	4	10	26	30	2	5	2

附錄 B 99 年高速公路收費站減速區自由速率資料

樣本序號	楊梅(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 350 公尺			造橋(北)，速限 110 公里/小時，減速區長度 400 公尺		
	第一車道	第二車道	第三車道	第一車道	第二車道	第三車道
1	85	76	66	88	81	77
2	84	78	79	70	85	86
3	76	66	65	82	80	85
4	85	75	68	82	85	74
5	71	78	72	85	86	75
6	75	80	74	97	89	75
7	89	72	76	80	89	74
8	77	65	73	88	72	82
9	73	68	68	86	70	95
10	81	67	75	75	86	83
11	67	74	73	84	94	80
12	77	63	74	81	88	88
13	81	71	67	72	89	82
14	87	65	67	85	93	83
15	71	74	70	81	85	89
16	82	62	66	86	84	83
17	82	85	74	80	89	79
18	76	72	79	76	84	81
19	79	78	72	70	70	81
20	82	74	74	84	85	83
21	73	78	79	91	85	75
22	73	78	70	85	71	89
23	82	69	69	79	81	74
24	81	84	72	96	82	72
25	74	80	75	94	84	84
26	75	69	74	83	78	82
27	77	71	67	100	75	87
28	71	65	61	90	91	91
29	95	68	75	91	87	78
30	81	84	72	94	90	79
31	74	61	72	86	82	97
32	75	86	71	90	80	94
33	84	66	52	70	91	87
34	81	82	61	70	82	91
35	73	71	71	86	82	70

樣本序號	楊梅(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 350 公尺			造橋(北)，速限 110 公里/小時，減速區長度 400 公尺		
	第一車道	第二車道	第三車道	第一車道	第二車道	第三車道
36	76	75	75	89	71	87
37	66	75	77	87	70	89
38	72	72	79	86	78	79
39	72	62	70	87	77	70
40	72	74	61	96	95	89
41	80	89	64	90	75	78
42	86	67	78	92	76	81
43	79	81	66	80	98	70
44	74	62	85	91	85	74
45	66	81	70	85	83	84
46	76	81	78	89	71	76
47	78	73	75	84	79	73
48	76	89	60	81	80	79
49	77	74	66	84	75	81
50	73	74	82	94	84	75
51	70	75	77	78	91	86
52	81	75	73	89	88	88
53	78	58	71	96	89	70
54	80	70	87	80	94	75
55	73	82	76	86	90	74
56	73	66	70	87	101	76
57	75	67	70	75	72	65
58	84	64	73	83	70	90
59	74	78	80	83	83	91
60	71	80	84	88	80	78
61	79	86	65	79	71	77
62	74	71	61	92	92	78
63	83	70	69	87	93	84
64	79	79	74	83	80	74
65	76	79	69	87	93	77
66	69	75	68	80	70	84
67	79	87	62	84	79	75
68	68	64	77	101	85	78
69	73	67	59	80	74	89
70	76	72	66	83	78	74
71	66	75	64	86	87	84
72	66	68	66	80	85	86

樣本序號	楊梅(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 350 公尺			造橋(北)，速限 110 公里/小時，減速區長度 400 公尺		
	第一車道	第二車道	第三車道	第一車道	第二車道	第三車道
73	87	77	76	81	82	77
74	71	70	73	86	84	80
75	78	73	59	80	87	83
76	74	76	86	81	73	90
77	63	82	79	92	85	64
78	71	82	56	80	80	87
79	74	73	72	87	84	80
80	81	58	78	84	88	81
81	75	69	76	86	87	78
82	62	78	70	95	85	85
83	72	72	74	82	99	78
84	77	65	68	90	82	83
85	70	63	58	76	81	92
86	80	75	94	91	80	88
87	73	82	66	88	78	75
88	70	89	67	86	83	85
89	76	61	68	75	83	80
90	78	66	68	80	80	84
91	82	70	81	81	70	76
92	72	77	61	83	73	79
93	75	72	69	73	76	88
94	77	66	70	92	86	84
95	72	64	54	81	78	72
96	75	80	58	85	72	80
97	69	79	57	81	78	83
98	81	88	68	82	82	88
99	79	71	70	88	75	78
100	66	75	68	85	79	85
101	80	64	70	72	80	78
102	70	80	72	89	78	79
103	78	80	69	92	90	82
104	71	75	74	89	78	65
105	66	65	63	92	82	80
106	78	76	82	94	88	81
107	75	73	68	87	99	86
108	67	70	54	84	86	77
109	69	80	67	92	75	73

樣本序號	楊梅(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 350 公尺			造橋(北)，速限 110 公里/小時，減速區長度 400 公尺		
	第一車道	第二車道	第三車道	第一車道	第二車道	第三車道
110	70	71	57	88	101	82
111	68	87	72	81	83	92
112	72	72	87	88	77	78
113	82	73	67	96	83	79
114	70	65	64	89	86	87
115	76	65	69	90	73	83
116	75	71	72	77	82	77
117	71	69	66	98	85	83
118	84	80	78	88	92	70
119	88	79	76	91	82	89
120	72	80	69	91	74	87
121	76	75	71			
122	93	69	84			
123	67	66	73			
124	72	89	74			
125	67	70	70			
126	72	73	67			
127	73	66	63			
128	60	75	68			
129	84	74	65			
130	73	83	62			
131	74	82	70			
132	76	75	68			
133	90	63	71			
134	93	66	66			
135	76	64	69			
136	75	70	65			
137	73	75	62			
138	81	75	71			
139	77	69	69			
140	82	66	66			
141	83	74	70			
142	64	69	64			
143	71	70	71			
144	72	81	72			
145	72	77	67			
146	68	67	67			

樣本序號	楊梅(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 350 公尺			造橋(北)，速限 110 公里/小時，減速區長度 400 公尺		
	第一車道	第二車道	第三車道	第一車道	第二車道	第三車道
147	66	69	72			
148	73	81	71			
149	76	80	74			
150	63	73	73			

樣本序號	泰山(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 520 公尺				頭城(南)，速限 90 公里/小時，減速區長度 160 公尺	
	第一車道	第二車道	第三車道	第四車道	第一車道	第二車道
1	80	91	90	88	69	54
2	92	82	83	68	74	61
3	92	104	77	86	61	62
4	95	93	96	93	73	64
5	100	86	82	71	71	68
6	97	103	76	81	70	75
7	85	74	88	81	59	60
8	88	85	75	84	65	65
9	74	83	91	84	73	67
10	82	91	75	78	71	63
11	87	89	91	83	65	60
12	88	93	77	83	74	62
13	87	92	84	85	61	65
14	98	105	86	77	73	52
15	97	85	93	78	78	63
16	79	93	91	83	70	55
17	87	96	88	84	70	54
18	88	80	101	82	66	66
19	84	94	91	86	60	58
20	83	95	92	83	66	59
21	91	99	80	87	68	69
22	88	70	98	84	75	62
23	100	83	102	94	61	67
24	98	83	85	71	72	64
25	89	100	93	80	60	63
26	106	95	88	80	70	85
27	98	90	92	84	68	65
28	85	83	78	78	69	63
29	74	107	97	71	81	61

樣本 序號	泰山(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 520 公尺				頭城(南)，速限 90 公里/小時，減速區長度 160 公尺	
	第一車道	第二車道	第三車道	第四車道	第一車道	第二車道
30	81	93	81	68	65	62
31	79	95	90	89	59	58
32	99	81	78	88	75	63
33	93	90	81	100	67	63
34	96	80	78	81	62	64
35	88	92	85	77	69	64
36	81	91	89	72	57	60
37	101	86	89	88	58	70
38	96	91	99	81	69	62
39	95	91	77	72	74	59
40	92	76	86	89	69	66
41	90	83	88	76	74	58
42	85	91	76	102	76	63
43	97	88	83	96	69	73
44	91	87	87	102	67	68
45	80	94	98	77	69	64
46	88	88	81	65	71	56
47	88	105	98	77	60	72
48	78	99	85	70	58	72
49	92	74	94	87	73	62
50	95	79	79	65	82	53
51	96	94	88	71	66	62
52	96	89	99	83	71	62
53	99	83	93	83	62	65
54	75	92	104	80	72	61
55	96	106	86	84	76	61
56	98	96	84	99	61	64
57	85	90	82	88	71	65
58	98	85	89	70	71	75
59	89	94	71	77	74	69
60	96	96	90	78	65	73
61	98	88	94	83	68	76
62	88	85	86	84	76	66
63	77	75	94	77	68	59
64	90	92	97	88	77	67
65	93	95	86	93	66	73
66	99	86	96	70	70	57

樣本 序號	泰山(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 520 公尺				頭城(南)，速限 90 公里/小時，減速區長度 160 公尺	
	第一車道	第二車道	第三車道	第四車道	第一車道	第二車道
67	83	84	86	74	70	61
68	99	98	91	79	71	54
69	89	92	88	80	56	63
70	88	81	83	73	62	60
71	86	91	81	86	69	75
72	86	80	85	86	74	63
73	102	83	82	84	64	56
74	91	89	83	78	73	62
75	81	88	93	105	64	60
76	94	92	100	91	73	56
77	99	85	74	94	63	56
78	100	86	78	87	63	55
79	93	88	89	86	63	53
80	88	87	95	94	64	59
81	74	86	99	90	80	71
82	90	101	86	90	70	70
83	94	77	90	85	64	68
84	93	101	103	84	71	72
85	92	84	96	94	69	61
86	100	82	84	87	59	56
87	82	92	94	82	56	64
88	80	89	82	68	68	62
89	74	87	93	100	64	71
90	85	87	78	90	75	64
91	88	85	87	83	69	65
92	91	72	92	81	69	58
93	91	67	103	75	77	73
94	86	80	86	84	77	69
95	83	100	93	94	73	66
96	83	98	89	85	78	85
97	90	96	85	87	68	64
98	85	97	86	82	63	74
99	74	78	106	91	76	55
100	78	80	92	88	68	49
101	83	84	83	79	83	58
102	80	71	86	87	73	61
103	95	89	80	88	75	69

樣本 序號	泰山(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 520 公尺				頭城(南)，速限 90 公里/小時，減速區長度 160 公尺	
	第一車道	第二車道	第三車道	第四車道	第一車道	第二車道
104	87	91	94	76	74	51
105	90	88	91	90	68	65
106	82	99	96	80	65	61
107	94	101	87	77	78	58
108	87	84	75	78	75	75
109	82	86	70	75	78	75
110	84	91	90	74	72	56
111	95	105	74	78	63	66
112	91	106	91	90	67	57
113	80	81	83	80	77	70
114	81	97	81	73	67	75
115	81	105	74	76	78	59
116	83	89	84	84	73	71
117	88	82	76	80	81	68
118	83	87	94	75	67	69
119	74	83	80	77	81	68
120	101	84	82	90	58	70
121	96	75	94	80	64	70
122	96	83	76	91	71	66
123	81	84	96	71	71	66
124	88	98	86	80	72	73
125	89	90	80	85	65	65
126	75	89	106	83	81	67
127	80	78	85	75	83	61
128	99	85	92	82	82	69
129	86	85	85	76	72	58
130	86	102	75	70	71	58
131	87	86	70	75	77	68
132	89	91	102	77	73	53
133	85	91	93	82	68	47
134	73	96	81	82	67	54
135	87	84	89	74	67	65
136	73	95	83	82	66	59
137	86	100	87	82	74	71
138	81	85	97	80	73	71
139	85	82	88	80	85	61
140	86	80	86	74	72	72

樣本序號	泰山(南)，速限 110 公里/小時，減速區長度 520 公尺				頭城(南)，速限 90 公里/小時，減速區長度 160 公尺	
	第一車道	第二車道	第三車道	第四車道	第一車道	第二車道
141	105	82	72	84	66	69
142	88	84	93	80	65	69
143	94	81	87	80	72	52
144	91	95	90	89	82	75
145	78	75	100	93	69	69
146	89	78	95	95	67	64
147	99	90	95	83	71	63
148	80	81	88	76	76	70
149	98	95	84	91	72	61
150	91	95	84	75	70	74

樣本序號	後龍(南)，速限 120 公里/小時，減速區長度 550m 公尺			樣本序號	後龍(南)，速限 120 公里/小時，減速區長度 550m 公尺		
	第一車道	第二車道	第三車道		第一車道	第二車道	第三車道
1	85	83	88	61	93	75	95
2	82	88	89	62	93	71	84
3	83	82	81	63	92	72	88
4	94	80	97	64	78	81	84
5	102	85	104	65	84	99	82
6	75	85	91	66	91	80	90
7	85	101	93	67	87	105	84
8	101	84	83	68	93	89	89
9	79	70	85	69	89	89	78
10	99	85	81	70	82	91	81
11	91	82	71	71	82	80	95
12	90	85	86	72	82	80	91
13	83	93	75	73	91	90	101
14	73	101	80	74	86	93	97
15	93	74	72	75	83	82	90
16	85	83	80	76	93	82	97
17	102	83	76	77	87	87	92
18	80	97	86	78	101	80	70
19	89	96	91	79	84	74	84
20	75	97	80	80	97	91	71
21	93	86	80	81	85	86	87
22	85	70	98	82	97	89	91
23	89	88	78	83	94	89	76

樣本序號	後龍(南)，速限 120 公里/小時， 減速區長度 550m 公尺			樣本序號	後龍(南)，速限 120 公里/小 時，減速區長度 550m 公尺		
	第一車道	第二車道	第三車道		第一車道	第二車道	第三車道
24	92	95	100	84	85	89	70
25	89	94	75	85	87	86	91
26	84	83	80	86	82	82	88
27	93	85	80	87	84	80	83
28	81	101	92	88	85	92	82
29	87	74	82	89	100	70	71
30	88	94	81	90	80	84	83
31	85	86	82	91	80	103	90
32	86	83	86	92	86	100	72
33	90	75	73	93	80	86	86
34	94	96	72	94	75	83	77
35	96	95	74	95	87	92	81
36	93	87	76	96	77	76	80
37	90	94	84	97	81	79	84
38	89	96	81	98	84	87	78
39	90	80	74	99	82	83	89
40	85	89	80	100	78	87	75
41	83	74	85	101	102	88	79
42	84	87	85	102	89	100	76
43	81	85	71	103	85	97	87
44	84	80	72	104	87	90	84
45	89	85	88	105	82	102	80
46	83	84	87	106	88	88	71
47	86	92	95	107	82	81	80
48	92	104	89	108	94	87	83
49	86	85	85	109	72	88	84
50	87	84	84	110	83	89	87
51	85	89	83	111	102	76	88
52	94	88	74	112	100	80	96
53	106	95	75	113	89	82	83
54	85	82	87	114	88	94	85
55	93	92	94	115	105	87	86
56	90	91	77	116	93	88	81
57	87	95	78	117	82	81	82
58	89	87	77	118	87	81	80
59	80	84	98	119	100	83	86
60	95	86	77	120	93	94	85

附錄 C 99 年高速公路收費站 ETC 車道自由速率資料

樣本序號	員林收費站 ETC 車道自由速率		楊梅收費站 ETC 車道自由速率	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
1	51	50	46	44
2	52	43	49	55
3	55	57	48	53
4	47	58	50	54
5	52	57	47	46
6	50	56	48	45
7	54	52	47	46
8	59	49	56	47
9	45	52	53	56
10	51	56	49	62
11	53	49	48	44
12	38	48	50	55
13	65	44	48	51
14	61	51	56	52
15	33	52	55	51
16	62	58	57	51
17	40	57	40	55
18	50	52	40	52
19	50	61	46	44
20	56	44	45	46
21	56	35	55	45
22	35	68	46	57
23	49	48	50	40
24	49	56	53	44
25	48	59	42	41
26	45	51	47	64
27	44	56	45	65
28	55	51	55	53
29	46	38	46	60
30	50	37	48	60
31	48	39	49	53
32	54	48	56	47
33	57	56	44	55
34	52	48	47	43
35	44	58	48	48
36	50	58	46	47
37	42	45	45	50
38	38	54	46	49
39	44	64	52	55
40	33	47	57	50
41	60	46	55	53
42	62	52	56	46
43	43	57	49	47

樣本序號	員林收費站 ETC 車道自由速率		楊梅收費站 ETC 車道自由速率	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
44	55	55	62	46
45	55	49	63	50
46	52	42	65	59
47	45	60	60	51
48	46	43	65	43
49	54	57	60	42
50	40	49	65	53
51	45	53	58	49
52	42	52	51	47
53	38	48	56	55
54	46	54	52	61
55	34	50	46	65
56	41	50	49	48
57	63	55	58	51
58	44	44	50	47
59	62	51	49	47
60	43	46	53	51
61	46	38	46	60
62	60	39	56	46
63	43	44	50	55
64	36	51	48	50
65	49	42	50	51
66	43	47	50	50
67	51	52	51	53
68	48	57	45	42
69	47	35	46	51
70	52	38	50	58
71	41	39	56	47
72	39	48	57	49
73	53	63	62	49
74	44	44	57	50
75	44	56	53	54
76	47	76	47	55
77	44	65	51	50
78	36	59	46	52
79	54	45	47	47
80	59	47	55	45
81	53	69	53	56
82	54	52	48	55
83	58	50	53	50
84	56	50	42	51
85	50	59	50	50
86	45	47	47	42
87	56	46	63	43
88	51	50	62	48

樣本序號	員林收費站 ETC 車道自由速率		楊梅收費站 ETC 車道自由速率	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
89	48	51	66	52
90	50	43	64	45
91	50	49	54	53
92	58	50	54	53
93	62	52	44	60
94	47	45	50	43
95	42	37	51	55
96	48	55	45	58
97	54	43	44	47
98	58	52	47	50
99	64	50	53	55
100	53	50	54	46
101	56	63	50	53
102	52	35	47	46
103	55	61	44	47
104	49	60	51	50
105	43	38	53	57
106	56	39	56	54
107	56	40	57	40
108	63	49	57	49
109	64	48	56	45
110	54	38	43	50
111	54	41	54	51
112	64	39	62	50
113	57	41	53	43
114	49	40	48	50
115	42	45	49	47
116	62	41	49	49
117	59	46	53	46
118	50	53	44	49
119	53	42	56	43
120	49	39	56	44
121	46	57	58	49
122	51	65	60	44
123	55	45	67	50
124	54	50	48	45
125	61	41	50	47
126	50	54	62	41
127	47	52	54	44
128	68	58	54	49
129	47	42	60	55
130	63	40	45	49
131	56	48	51	57
132	50	49	65	57
133	49	49	53	58

樣本序號	員林收費站 ETC 車道自由速率		楊梅收費站 ETC 車道自由速率	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
134	59	56	61	56
135	66	56	49	57
136	69	51	54	43
137	59	50	50	49
138	55	50	46	58
139	46	56	40	50
140	51	59	54	49
141	60	60	52	55
142	54	69	59	51
143	47	49	60	54
144	54	50	49	55
145	57	59	53	56
146	62	41	52	44
147	54	57	47	44
148	64	54	43	47
149	42	46	44	50
150	57	48	40	49
151	61	48	50	44
152	51	53	47	46
153	52	61	43	48
154	43	57	43	54
155	58	39	51	55
156	57	42	50	56
157	37	44	39	57
158	46	51	60	52
159	44	58	56	60
160	53	57	49	55
161	59	51	48	
162	49	40	52	
163	64	53	53	
164	59	44	54	
165	40	43	53	
166	47	43	53	
167	63	57	60	
168	49	44	63	
169	61	46	59	
170	56	47	44	
171	53	41	47	
172	71	64	56	
173	61	66	48	
174	64	35	50	
175	48	51	49	
176	46	48	42	
177	43	49	44	
178	67	58	52	

樣本序號	員林收費站 ETC 車道自由速率		楊梅收費站 ETC 車道自由速率	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
179	56	48	43	
180	63	52	41	
181	50	45	44	
182	48	60	56	
183	42	50	61	
184	57	47	51	
185	50	51	54	
186	52	51	51	
187	54	54	51	
188	50	47	54	
189	65	52	55	
190	55	39	43	
191	51	50	58	
192	55	57	45	
193	51	40	61	
194	64	47	51	
195	63	50	52	
196	63	63	56	
197	51	49	57	
198	64	45	44	
199	73	58	59	
200	59	54	54	
201	59	41	53	
202	53	46	50	
203	52	45	50	
204	49	39	54	
205	52	50	64	
206	62	52	49	
207	49	52	61	
208	49	39	44	
209	44	50	56	
210	50	51	69	
211	66	50	59	
212	54	44	63	
213	70	53	57	
214	54	48	55	
215	53	48	54	
216		48	62	
217		47	56	
218		50	53	
219		38	63	
220		50	49	
221		50	49	
222		42	43	
223		49	44	

樣本序號	員林收費站 ETC 車道自由速率		楊梅收費站 ETC 車道自由速率	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
224		43	44	
225		50	64	
226		50	47	
227		47	44	
228		52	43	
229		60	49	
230		47	63	
231		48	54	
232		38	50	
233		50	58	
234		51	57	
235		51	61	
236		52	56	
237		45	57	
238		47	56	
239		54		
240		50		
241		44		
242		58		
243		48		
244		45		
245		43		
246		54		
247		65		
248		57		
249		54		
250		60		

附錄 D 99 年收費站小車回數票服務時間資料

樣本序號	泰山	楊梅	樹林	頭城
1	3.65	4.67	4.43	2.60
2	3.64	4.01	3.81	3.08
3	4.22	4.14	3.77	3.23
4	3.50	3.17	3.73	4.45
5	3.23	4.68	3.03	2.81
6	3.25	3.76	4.03	3.11
7	4.66	3.38	3.53	3.33
8	3.98	4.56	4.30	4.54
9	4.23	4.28	4.27	3.46
10	2.55	2.97	3.58	5.20
11	2.87	3.11	2.97	3.88
12	4.82	5.09	2.77	3.53
13	4.23	4.92	2.46	4.17
14	3.82	4.58	2.83	4.28
15	4.62	3.06	2.88	4.25
16	5.04	3.62	3.61	3.29
17	3.17	4.04	3.97	3.74
18	4.45	4.46	3.09	3.52
19	4.47	3.35	3.37	4.58
20	2.87	4.74	2.98	2.90
21	3.93	4.93	3.86	3.68
22	3.48	3.93	3.82	3.28
23	4.33	3.61	3.49	4.90
24	3.80	3.72	3.67	3.15
25	3.35	4.95	3.17	3.97
26	4.05	4.43	3.56	3.93
27	4.34	4.54	3.55	3.57
28	4.06	3.86	2.94	3.18
29	5.14	3.80	3.38	4.34
30	4.78	4.78	4.17	2.72
31	3.07	3.88	3.22	4.57
32	3.46	4.08	4.15	4.44
33	5.00	4.37	3.65	3.11
34	3.55	3.27	2.65	3.30
35	4.62	4.83	3.54	3.34
36	3.51	4.60	3.10	3.22
37	3.56	3.83	3.54	4.06
38	5.00	3.72	4.43	4.19
39	3.45	4.49	2.94	4.58
40	5.41	4.65	4.33	4.71
41	5.09	4.30	3.76	2.67
42	3.29	2.35	4.66	3.78
43	3.73	3.73	3.99	4.49

樣本序號	泰山	楊梅	樹林	頭城
44	4.10	4.10	3.65	3.42
45	3.48	2.56	2.71	3.09
46	3.65	4.27	4.66	3.41
47	3.34	4.73	3.50	3.23
48	2.45	3.37	3.44	3.38
49	3.40	4.45	4.37	3.51
50	3.18	3.71	2.98	4.14
51	3.40	2.81	3.49	4.52
52	3.89	3.51	3.37	3.08
53	3.79	3.47	3.28	4.69
54	3.63	4.29	3.64	3.46
55	4.20	4.20	3.27	4.90
56	3.40	4.03	4.63	3.75
57	3.86	4.59	3.73	4.01
58	2.81	3.69	4.69	4.31
59	4.25	4.36	3.39	3.57
60	2.72	3.52	4.67	2.74
61	3.07	3.50	3.97	3.82
62	4.28	4.22	3.39	4.34
63	5.14	3.04	3.12	4.72
64	4.03	4.96	3.38	4.01
65	2.67	3.43	3.10	4.00
66	4.57	3.88	2.86	3.91
67	4.37	3.37	3.88	3.61
68	3.93	3.44	3.24	3.59
69	3.91	3.77	3.17	2.22
70	4.95	3.44	3.24	3.18
71	3.81	3.84	3.74	3.53
72	5.34	4.97	3.54	4.31
73	4.19	4.37	3.43	4.91
74	4.32	3.62	4.77	3.93
75	3.31	4.63	4.78	3.07
76	3.54	4.66	4.17	3.37
77	3.86	3.60	3.97	2.82
78	3.67	4.31	3.01	3.79
79	2.92	4.26	3.26	4.24
80	3.66	3.11	3.53	4.10
81	4.39	2.85	2.91	3.26
82	4.46	4.44	4.45	4.04
83	4.39	3.48	4.04	3.47
84	3.24	3.55	4.45	4.61
85	4.86	4.32	2.63	3.83
86	4.71	4.39	3.82	3.03
87	3.78	3.96	3.13	3.68
88	3.79	4.01	4.05	3.52
89	2.86	3.19	3.50	2.90

樣本序號	泰山	楊梅	樹林	頭城
90	3.14	4.33	3.35	2.61
91	3.60	4.37	3.42	2.64
92	3.57	3.27	4.04	4.22
93	3.68	2.94	3.04	2.97
94	3.39	3.90	3.01	3.95
95	3.38	4.24	3.62	4.66
96	4.63	3.26	3.83	3.46
97	3.87	4.85	4.04	3.61
98	4.43	4.09	3.42	4.77
99	3.39	2.96	3.17	4.46
100	4.63	3.19	3.14	4.04
101	3.91	4.33	2.86	3.78
102	3.59	4.38	3.23	3.88
103	3.68	3.80	3.89	4.65
104	3.78	5.43	4.64	3.52
105	3.16	3.12	4.19	3.06
106	3.04	4.16	3.79	2.62
107	3.12	4.66	3.32	3.26
108	3.51	3.55	3.45	3.04
109	3.37	4.32	4.05	3.01
110	4.79	4.20	4.02	3.74
111	4.19	3.93	3.53	3.70
112	3.22	4.33	4.15	3.70
113	3.65	3.39	2.83	3.90
114	4.89	4.98	3.37	2.85
115	4.55	2.44	3.61	3.56
116	3.63	3.63	3.63	3.92
117	4.64	3.79	3.96	3.89
118	4.06	5.09	2.97	3.72
119	3.12	3.33	3.13	4.33
120	4.26	2.59	3.09	3.92
121	3.54	3.42	3.52	3.07
122	3.39	4.23	3.03	2.61
123	3.50	3.30	3.90	3.66
124	4.74	4.40	3.51	3.47
125	3.36	4.18	3.14	3.01
126	3.97	3.65	3.28	2.81
127	3.56	4.80	3.50	3.07
128	4.95	3.25	3.86	2.67
129	2.95	4.48	3.48	2.75
130	3.37	2.91	3.62	3.11
131	4.25	3.82	3.26	2.74
132	2.78	4.11	4.34	4.11
133	3.72	3.17	3.52	3.45
134	3.55	2.91	3.19	3.37
135	3.73	3.42	3.98	3.38

樣本序號	泰山	楊梅	樹林	頭城
136	3.92	4.91	4.23	3.70
137	4.10	3.77	3.22	3.80
138	4.68	2.75	3.57	3.86
139	3.80	2.84	3.94	3.27
140	4.57	4.90	3.77	3.57
141	4.91	2.88	3.61	3.70
142	2.71	3.94	3.10	3.43
143	2.97	2.44	4.23	3.38
144	4.67	4.03	3.24	2.39
145	4.29	2.61	3.08	3.21
146	4.38	4.13	3.23	2.87
147	3.49	3.82	3.73	3.37
148	3.36	3.55	3.12	3.19
149	3.39	4.92	3.05	3.71
150	3.34	3.72	3.47	2.96
151	4.17	3.75	2.85	4.43
152	4.05	3.30	3.36	3.24
153	3.52	4.67	3.28	3.38
154	4.00	4.33	2.75	4.40
155	3.57	3.36	3.35	3.73
156	3.45	3.38	3.15	3.18
157	4.72	4.46	3.82	4.47
158	3.86	3.90	3.03	3.29
159	3.94	4.42	3.53	4.55
160	2.37	5.52	3.51	3.91
161	3.97	3.93	3.58	3.11
162	4.29	3.95	3.91	2.97
163	4.23	4.32	3.17	3.29
164	4.28	4.10	3.85	3.50
165	4.23	4.71	3.39	3.04
166	3.57	2.53	3.64	2.77
167	4.05	5.06	3.99	4.83
168	4.14	3.92	2.65	3.14
169	4.07	3.98	3.16	2.94
170	3.36	3.82	2.30	2.62
171	3.81	5.13	3.41	2.75
172	3.86	3.73	3.89	4.01
173	4.26	3.20	3.61	4.09
174	4.34	4.42	2.81	4.52
175	3.14	3.68	4.07	3.83
176	4.62	4.07	4.81	3.89
177	4.78	3.93	4.28	3.81
178	4.30	3.94	3.25	3.38
179	4.62	4.45	3.13	3.98
180	3.42	4.43	4.01	4.20
181	3.42	3.83	4.39	2.98

樣本序號	泰山	楊梅	樹林	頭城
182	3.12	4.34	3.43	3.62
183	3.48	4.30	3.97	4.58
184	3.19	4.80	4.19	3.65
185	4.68	5.31	4.37	3.80
186	4.98	3.20	3.53	3.25
187	3.84	5.24	3.67	2.45
188	4.22	4.64	3.46	3.88
189	3.64	3.87	3.01	4.34
190	3.66	4.63	4.16	3.27
191	4.95	5.16	3.79	3.80
192	3.38	3.59	4.27	4.76
193	3.35	3.59	3.75	3.97
194	3.36	3.74	2.67	4.35
195	4.14	3.00	3.56	3.80
196	4.21	4.56	3.87	4.63
197	4.17	3.95	4.78	4.39
198	3.86	4.14	3.74	3.67
199	3.67	3.79	3.09	4.33
200	4.54	3.22	3.44	4.16
201	5.25	3.97	3.23	3.80
202	3.63	3.17	2.94	3.84
203	4.42	3.76	3.79	3.53
204	3.74	3.87	4.45	3.94
205	3.08	4.72	3.35	3.21
206	4.47	3.47	3.95	4.26
207	3.32	3.22		3.01
208	5.27	3.58		3.05
209	4.15	4.70		3.33
210	4.40	3.74		3.94
211	4.40			3.76
212	5.04			3.41
213				3.07
214				3.61
215				4.72
216				4.44
217				3.97
218				3.80
219				3.29
220				3.22
221				3.31
222				2.74
223				3.54
224				3.42
225				4.07
226				3.29
227				2.86

樣本序號	泰山	楊梅	樹林	頭城
228				4.58
229				4.72
230				4.41
231				3.08
232				3.54
233				3.74
234				2.94
235				3.94
236				3.42
237				4.34
238				4.81
239				4.47
240				4.61
241				4.90
242				3.88
243				3.55
244				3.69
245				3.46
246				3.01
247				4.29
248				3.65
249				3.77
250				3.17
251				2.74
252				4.44
253				3.43
254				3.44
255				3.96
256				3.80
257				4.27
258				4.01
259				3.40
260				3.34

附錄 E 99 年收費站 ETC 服務時間資料

樣本序號	員林(北)ETC 車道服務時間		楊梅(南)ETC 車道服務時間	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
1	1.82	3.41	2.30	2.78
2	3.00	3.91	1.76	2.81
3	2.87	2.80	1.74	3.50
4	2.20	3.69	1.64	2.35
5	2.50	3.55	1.86	2.80
6	2.14	3.82	1.86	3.48
7	2.96	2.98	1.67	2.98
8	2.55	3.47	2.20	2.76
9	2.85	3.75	1.78	4.43
10	2.17	2.83	2.14	3.39
11	2.18	3.68	1.93	3.41
12	2.56	3.71	2.02	3.16
13	2.26	3.43	1.78	2.40
14	2.05	2.58	2.47	3.64
15	1.88	2.15	1.71	3.13
16	1.66	3.98	2.37	3.02
17	1.88	2.98	1.71	3.98
18	1.58	2.50	2.34	2.58
19	2.03	3.92	1.99	2.31
20	1.61	3.89	2.44	2.89
21	1.56	3.52	1.76	2.89
22	1.68	3.99	2.42	3.57
23	2.38	3.52	1.73	3.23
24	2.05	2.95	2.50	4.37
25	2.96	3.98	1.93	4.01
26	2.19	3.66	1.91	2.44
27	2.24	2.58	1.63	2.77
28	1.88	3.95	1.56	3.56
29	1.64	2.31	2.43	4.33
30	2.44	2.81	1.88	2.39
31	1.62	3.83	1.82	4.30
32	2.75	3.24	2.02	2.47
33	2.07	2.98	1.86	3.22
34	1.59	2.53	2.10	2.43
35	1.56	3.95	2.49	2.52
36	2.28	2.35	2.73	2.73
37	1.65	2.27	2.26	3.53
38	1.60	3.67	1.83	2.88
39	2.52	2.27	1.71	3.27
40	2.16	4.50	2.05	3.42
41	2.08	3.73	2.27	2.68
42	1.77	4.10	1.65	3.69

樣本序號	員林(北)ETC 車道服務時間		楊梅(南)ETC 車道服務時間	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
43	2.56	3.24	1.79	2.49
44	1.61	3.91	2.11	2.62
45	2.19	3.41	1.97	2.60
46	1.58	3.24	1.85	3.47
47	2.54	4.13	2.04	2.55
48	2.86	3.39	1.60	3.99
49	2.86	2.82	1.66	3.94
50	2.05	3.28	1.85	2.25
51	1.92	3.69	2.02	2.87
52	3.04	3.92	2.51	3.48
53	1.60	2.81	1.82	3.43
54	2.91	2.90	1.57	3.54
55	2.53	3.53	1.56	3.26
56	2.67	3.38	1.64	2.67
57	1.75	2.56	1.70	3.07
58	1.79	4.08	2.93	3.32
59	2.18	2.99	1.77	3.99
60	2.53	3.80	1.95	3.69
61	2.39	2.38	2.42	2.94
62	3.26	2.80	1.68	4.07
63	1.88	3.76	1.76	2.97
64	2.37	2.20	2.33	3.66
65	2.09	3.64	2.58	3.33
66	1.56	3.36	2.35	2.92
67	1.68	2.66	2.25	2.03
68	1.63	3.96	2.05	3.65
69	1.80	2.02	2.34	3.55
70	2.85	3.50	1.91	3.02
71	1.96	3.77	2.02	2.42
72	2.05	3.80	1.83	2.62
73	2.20	3.43	2.10	3.31
74	2.05	3.44	2.28	2.47
75	1.33	2.91	2.76	3.06
76	1.72	3.61	2.20	3.47
77	1.87	3.61	2.12	2.63
78	2.36		2.38	2.88
79	1.76		2.65	2.89
80	1.65		2.95	2.64
81	1.65		1.83	3.71
82	1.71		2.04	2.18
83	1.75		2.06	3.60
84	2.04		2.22	3.54
85	1.93		2.33	3.07
86	1.99		2.01	2.63
87	3.03		2.15	2.50

樣本序號	員林(北)ETC 車道服務時間		楊梅(南)ETC 車道服務時間	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
88	1.62		2.15	2.48
89	2.49		1.76	2.88
90	1.66		1.82	3.97
91	1.88		2.09	2.98
92	2.37		1.72	2.81
93	3.19		2.21	2.87
94	3.29		2.19	3.25
95	2.32		2.31	2.78
96	2.94		2.04	2.77
97	2.46		1.75	3.33
98	3.29		2.39	3.40
99	2.84		1.63	3.31
100			2.17	2.56
101			2.03	2.69
102			2.00	2.49
103			1.75	2.61
104			1.94	3.10
105			2.96	3.26
106			2.03	3.76
107			1.81	3.10
108			2.61	3.19
109			1.94	2.25
110			1.59	2.88
111			2.31	2.65
112			1.77	3.62
113			1.64	2.61
114			2.28	2.38
115			2.28	2.64
116			1.97	3.17
117			2.26	2.03
118			2.22	3.57
119			1.81	3.54
120			1.70	2.04
121			2.14	4.18
122			2.07	3.41
123			2.04	3.94
124			2.66	2.82
125			2.09	3.01
126			1.98	2.41
127			2.20	3.39
128			2.05	3.99
129			2.37	4.14
130			1.83	3.09
131			2.88	2.22
132			2.20	4.17

樣本序號	員林(北)ETC 車道服務時間		楊梅(南)ETC 車道服務時間	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
133			1.86	3.74
134			2.40	2.56
135			1.90	2.37
136			2.10	2.68
137			2.45	2.13
138			2.20	2.50
139			1.90	2.95
140			2.30	2.38
141			2.05	2.82
142			1.89	3.19
143			2.01	3.35
144			1.77	3.22
145			3.06	2.95
146			1.85	3.35
147			1.62	4.19
148			1.72	2.74
149			1.91	3.34
150			1.78	3.02
151			1.78	2.43
152			1.91	3.82
153			1.69	3.07
154			2.39	3.32
155			2.29	3.82
156			2.85	3.65
157			2.18	2.38
158			1.95	2.98
159			1.77	3.25
160			2.38	3.21
161			1.70	3.41
162			1.76	2.89
163			2.25	2.94
164			1.98	3.20
165			1.86	3.34
166			1.77	
167			1.86	
168			2.17	
169			1.65	
170			1.78	
171			2.87	
172			1.76	
173			3.48	
174			1.63	
175			2.16	
176			2.05	
177			1.59	

樣本序號	員林(北)ETC 車道服務時間		楊梅(南)ETC 車道服務時間	
	小車 ETC	大車 ETC	小車 ETC	大車 ETC
178			1.71	
179			1.59	
180			2.37	
181			1.68	
182			1.97	
183			2.24	
184			1.61	
185			2.00	
186			2.24	
187			2.30	
188			1.89	
189			1.69	
190			1.77	
191			1.75	
192			1.89	
193			1.74	
194			1.86	

附錄 F 99 年收費站小車找零/回數票服務時間資料

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票
1	9.06	1	1	3.74	1	1	3.29	1	1	7.48	0
2	6.34	1	2	7.14	0	2	4.63	1	2	8.65	0
3	7.50	0	3	3.48	1	3	7.08	0	3	10.77	0
4	7.31	0	4	5.23	0	4	6.00	0	4	4.96	0
5	6.99	0	5	6.99	0	5	8.00	0	5	6.53	0
6	8.46	0	6	6.84	0	6	11.01	0	6	8.13	0
999			7	5.02	1	7	4.50	1	7	9.86	0
1	7.61	0	8	2.76	1	8	9.15	0	8	4.80	1
2	8.47	0	9	5.69	0	9	7.70	0	9	8.14	0
3	6.92	0	10	4.61	1	10	5.14	0	10	8.32	0
4	8.61	0	11	6.66	0	11	11.55	0	11	6.88	0
5	8.46	0	12	6.91	0	12	8.18	0	12	8.11	0
6	7.47	0	999			13	7.37	0	13	9.41	0
7	10.20	0	1	4.66	0	14	5.12	0	14	4.31	1
8	5.98	0	2	6.27	0	15	6.67	0	15	7.28	0
9	6.14	0	3	4.36	0	16	16.55	0	16	5.74	0
999			4	7.59	0	17	3.61	1	17	7.58	0
1	7.13	0	5	4.20	0	18	7.46	0	18	6.78	0
2	6.75	0	6	5.96	0	19	4.08	1	19	3.11	1
3	6.99	0	7	4.57	1	20	7.23	0	20	6.11	0
4	6.80	0	8	5.58	0	21	5.26	0	21	3.26	1
5	3.76	1	999			22	3.90	1	22	4.52	1
999			1	4.08	0	23	8.81	0	23	5.82	1
1	6.47	0	2	3.28	1	24	5.01	0	24	7.13	0
2	8.62	0	3	5.28	0	25	4.09	1	25	8.28	0
3	5.95	0	4	5.62	1	26	8.75	0	26	6.53	0
4	5.88	0	5	7.68	0	27	5.51	0	27	9.67	0
5	6.41	0	6	7.86	0	28	8.33	0	28	3.82	1
6	7.63	0	7	4.94	0	29	10.28	0	29	9.86	0
7	3.55	1	8	6.21	0	30	3.68	0	30	4.09	1
8	7.06	0	9	4.95	0	31	4.60	0	31	9.23	0
9	3.59	1	10	8.09	0	32	7.71	0	32	7.46	0
10	7.80	0	11	9.94	0	999			33	5.43	1
11	12.24	0	12	4.84	0	1	6.89	0	34	6.24	0
12	6.68	0	13	3.81	0	2	3.47	1	35	5.77	0
13	8.37	0	14	5.07	0	3	7.85	0	36	8.40	0
14	4.66	0	15	4.09	0	4	10.69	0	37	4.30	1
15	5.34	0	16	3.54	1	5	6.89	0	38	3.34	1
16	5.52	0	17	4.23	1	6	7.44	0	39	7.04	0
17	6.21	0	18	7.76	0	7	8.86	0	40	4.40	1
999			19	4.42	0	8	4.94	0	41	5.16	0
1	7.40	0	20	6.61	0	9	8.16	0	42	5.08	1

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票
2	8.96	0	21	5.36	0	10	6.54	0	43	5.12	1
3	6.64	0	22	5.51	0	11	6.09	0	44	2.96	1
4	4.85	0	23	5.65	0	12	7.68	0	999		
5	7.78	0	24	3.66	1	13	4.95	0	1	6.02	0
6	4.82	0	25	3.20	1	14	5.58	0	2	5.58	0
7	8.33	0	26	7.77	0	999			3	6.56	0
8	8.90	0	27	5.46	0	1	5.39	0	4	7.10	0
9	8.47	0	28	9.18	0	2	6.70	0	999		
10	7.59	0	29	3.72	1	3	8.35	0	1	5.57	1
999			30	6.53	0	4	6.37	0	2	3.11	1
1	8.33	0	999			5	6.70	0	3	5.75	0
2	5.50	0	1	4.61	0	999			4	3.90	1
3	7.16	0	2	5.87	0	1	7.96	0	5	5.04	1
4	7.52	0	3	5.10	0	2	4.17	1	6	6.02	0
999			999			3	6.85	0	7	5.57	0
1	9.70	0	1	4.86	0	4	3.78	0	8	5.53	1
2	8.65	0	2	5.65	0	999			9	3.85	1
3	8.84	0	3	6.56	0	1	7.68	0	10	7.69	0
4	4.75	0	4	3.65	1	2	10.75	0	11	5.74	1
5	11.34	0	5	4.06	1	3	10.93	0	12	5.17	1
6	6.93	0	6	5.19	1	4	6.99	0	13	5.62	0
7	5.87	0	7	6.65	0	5	8.02	0	14	6.11	0
8	8.10	0	8	7.35	0	6	7.59	0	15	6.60	0
9	6.22	0	99			7	10.66	0	16	8.46	0
10	6.56	0	1	3.53	1	8	7.47	0	17	4.27	0
11	7.81	0	2	5.14	0	9	3.77	1	18	5.96	0
12	4.81	0	3	6.54	0	10	6.08	0	19	8.11	0
13	9.07	0	4	6.11	0	11	5.31	0	20	5.34	0
14	8.10	0	5	5.88	0	12	7.49	0	21	7.08	0
15	6.65	0	999			13	8.39	0	22	6.18	0
16	6.72	0	1	3.32	1	999			23	5.40	0
17	4.75	0	2	6.46	0	1	7.82	0	24	6.79	0
18	7.52	0	3	5.53	0	2	4.84	1	25	5.71	0
19	4.78	0	4	4.84	0	3	14.50	0	26	7.99	0
20	5.52	0	5	6.85	0	4	9.07	0	27	10.11	0
999			6	6.45	0	5	7.35	0	28	3.99	1
1	9.30	0	7	5.78	0	6	4.21	1	29	8.65	0
2	9.90	0	8	5.52	0	7	4.18	1	30	6.22	0
3	8.52	0	9	7.16	0	8	12.14	0	31	4.67	0
4	5.89	0	10	5.21	0	9	5.61	1	32	6.83	0
5	6.07	0	11	5.88	0	10	6.29	0	33	9.55	0
6	9.05	0	12	6.50	0	11	9.21	0	34	10.19	0
7	6.04	0	13	5.87	0	12	5.40	1	35	4.95	0
8	12.56	0	14	5.95	0	13	3.56	1	36	3.71	1

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票
9	8.17	0	15	6.76	0	999			37	5.31	1
999			16	5.14	0	1	2.58	1	38	6.30	0
1	4.55	0	17	5.28	1	2	6.18	0	39	4.43	1
2	7.37	0	18	6.47	0	3	7.18	0	40	5.23	1
3	7.30	0	19	5.71	0	4	3.95	1	41	5.07	1
4	5.08	0	20	6.17	0	5	9.63	0	42	4.43	0
5	6.11	0	21	4.99	0	6	4.46	1	43	3.95	1
6	7.94	0	22	6.82	0	7	10.87	0	44	9.40	0
7	5.20	1	23	4.49	0	8	8.65	0	45	6.03	0
8	4.90	0	24	7.05	0	999			46	7.43	0
9	6.02	0	25	6.47	0	1	7.25	0	47	4.22	1
10	8.05	0	26	4.51	1	2	7.45	0	999		
11	7.57	0	27	6.91	0	3	6.43	0	1	6.44	0
12	7.61	0	28	9.10	0	4	4.69	1	2	5.91	1
999			29	5.27	0	5	6.07	0	3	3.92	1
1	8.70	0	30	5.44	1	6	8.57	0	4	3.60	1
2	8.65	0	999			999			5	8.95	0
3	5.40	0	1	5.20	0	1	20.18	0	6	5.52	1
4	5.96	0	2	3.76	1	2	4.52	0	7	8.12	0
5	5.78	0	3	7.21	0	3	9.99	0	8	5.77	0
6	4.75	0	4	5.17	0	4	13.95	0	9	8.51	0
7	8.48	0	5	4.38	0	5	7.09	0	10	8.26	0
8	4.76	0	999			6	7.79	0	11	8.09	0
9	4.68	0	1	7.96	0	7	2.58	1	12	3.29	1
10	7.43	0	2	4.31	0	8	6.19	0	13	9.49	0
11	5.77	0	3	3.53	1	9	4.37	1	999		
12	6.66	0	4	2.94	1	10	5.06	1	1	4.29	1
13	6.73	0	5	6.47	0	11	6.47	0	2	6.17	0
14	6.25	0	6	4.98	0	12	3.85	1	3	6.39	0
15	9.12	0	7	7.26	0	999			4	5.89	0
16	8.29	0	8	5.69	1	1	3.27	1	5	10.21	0
17	5.69	0	9	4.96	1	2	10.71	0	6	6.47	0
18	6.54	0	10	3.67	1	3	7.88	0	7	5.23	0
19	4.74	0	11	3.80	1	4	8.60	0	8	6.04	0
20	6.71	0	12	5.32	0	5	16.29	0	9	5.64	0
21	8.83	0	13	3.45	1	6	8.79	0	10	5.15	0
22	5.68	0	999			7	8.28	0	11	5.23	0
23	7.74	0	1	2.72	1	8	3.71	1	999		
24	6.64	0	2	8.72	0	999			1	4.70	1
25	9.76	0	3	12.44	0	1	6.51	0	2	5.12	0
26	5.37	0	4	8.94	0	2	9.82	0	3	10.51	0
27	7.92	0	5	5.72	0	3	7.29	0	4	5.70	1
28	5.64	0	6	4.43	0	4	4.64	1	5	10.92	0
29	6.47	0	7	9.54	0	5	8.24	0	6	11.31	0

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票
30	6.88	0	8	7.66	0	6	4.49	1	7	3.46	1
999			9	6.53	1	7	8.03	0	8	5.07	0
1	4.90	0	10	4.72	1	8	8.20	0	9	6.75	0
2	7.49	0	11	5.61	1	9	7.91	0	10	4.52	1
3	7.27	0	12	5.97	0	10	3.79	1	11	7.06	0
4	8.66	0	13	10.66	0	11	4.68	1	12	8.93	0
999			14	7.56	0	12	11.58	0	13	7.39	0
1	6.38	0	15	6.11	0	13	8.81	0	14	6.50	0
2	7.50	0	16	5.94	0	14	4.43	0	15	5.69	0
3	6.42	1	17	5.46	0	15	7.31	0	16	3.99	0
4	7.99	0	18	8.63	0	16	7.92	0	17	8.14	0
5	7.50	0	19	8.20	0	17	7.39	0	18	9.34	0
6	8.41	0	20	12.45	0	999			19	9.03	0
7	6.08	0	21	5.76	0	1	4.50	1	20	8.32	0
8	7.00	0	22	10.27	0	2	3.97	1	21	9.68	0
9	11.32	0	23	7.25	0	3	9.48	0	22	4.19	1
10	7.76	0	24	7.05	0	4	9.23	0	23	6.88	0
11	5.56	0	25	7.54	0	5	7.73	0	24	3.36	1
12	6.30	0	26	5.36	1	6	7.44	0	25	10.03	0
13	8.55	0	27	7.08	0	7	7.40	0	26	11.38	0
999			28	5.32	0	8	3.58	1	27	5.66	0
1	9.83	0	29	4.82	0	999			28	6.42	0
2	7.86	0	30	4.29	1	1	7.74	0	29	8.31	0
3	7.19	0	999			2	6.34	0	30	2.19	1
4	6.17	0	1	6.82	0	3	6.50	0	999		
5	9.43	0	2	5.93	0	4	7.55	0	1	9.83	0
6	6.83	0	3	5.93	0	5	7.95	0	2	8.85	0
7	6.70	0	4	5.87	0	6	8.06	0	3	9.03	0
8	6.40	0	5	4.99	0	7	8.13	0	4	5.03	1
9	5.66	0	6	5.87	0	8	8.59	0	5	6.00	0
10	5.2	0	7	4.42	0	9	2.49	1	6	9.44	0
11	7.75	0	8	4.58	0	10	7.28	0	7	10.14	0
12	6.18	0	999			11	3.57	1	8	6.22	0
13	8.36	0	1	9.54	0	12	6.15	0	9	6.82	0
14	7.52	0	2	8.16	0	13	6.38	0	10	6.23	0
15	9.00	0	3	8.34	0	14	5.56	0	11	6.22	0
16	8.90	0	4	5.58	0	15	13.52	0	12	3.54	1
17	5.02	0	5	5.82	0	16	6.66	0	13	9.23	0
18	8.02	0	6	5.81	0	17	7.55	0	14	4.10	1
19	5.91	0	7	6.12	0	999			15	11.50	0
20	5.20	0	8	5.91	0	1	6.36	0	16	5.96	0
21	6.34	0	9	7.38	1	2	1.61	0	17	7.93	0
22	9.27	0	10	4.99	0	3	8.61	0	18	4.45	0
999			11	6.47	0	4	8.25	0	19	5.17	0

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票
1	5.18	0	12	5.27	0	5	9.48	0	20	9.25	0
2	8.93	0	13	5.78	0	6	6.93	0	21	10.66	0
3	7.34	0	14	4.98	0	7	13.89	0	22	5.41	0
4	7.30	0	15	6.17	0	8	6.41	0	23	8.61	0
5	5.58	1	16	5.41	0	9	3.99	1	24	4.68	1
6	9.07	0	17	4.95	0	10	7.64	0	25	6.84	0
7	8.67	0	18	12.71	0	11	3.77	1	26	8.40	0
8	9.42	0	19	4.74	1	12	3.52	1	27	7.32	0
9	7.17	0	20	5.13	0	13	3.94	1	28	8.02	0
10	8.58	0	999			999			29	5.84	0
11	6.20	0	1	3.34	1	1	4.22	1	30	4.70	1
12	8.38	0	2	3.60	1	2	7.85	0	31	7.31	0
13	9.86	0	3	7.13	0	3	11.61	0	32	6.48	0
14	7.79	0	4	5.84	0	4	7.41	0	33	3.96	1
15	5.75	0	5	7.34	0	999			34	4.96	1
16	7.20	0	6	5.69	0	1	9.98	0	35	6.91	0
999			7	5.36	0	2	11.82	0	36	3.99	1
1	6.81	0	8	5.23	0	3	7.82	0	37	5.02	0
2	13.87	0	9	4.87	0	4	8.99	0	38	8.08	0
3	7.98	0	10	6.53	0	5	3.80	1	39	3.21	1
4	5.69	0	11	6.78	0	6	10.51	0	40	5.25	0
5	7.41	0	12	4.73	0	7	9.46	0	41	7.71	0
6	5.02	0	13	6.09	0	8	3.97	1	42	9.85	0
7	5.64	0	14	8.37	0	999			43	7.80	0
999			15	6.88	0	1	5.99	1	44	3.34	0
1	8.15	0	16	9.86	0	2	4.57	1	45	8.49	0
2	5.16	1	17	10.38	0	3	3.92	1	46	5.35	1
3	8.64	0	18	6.76	0	4	9.91	0	47	6.60	0
4	6.47	0	19	6.85	0	5	13.59	0	48	13.61	0
5	5.17	0	20	5.60	0	6	8.48	0	49	5.84	0
6	6.61	0	21	7.33	0	7	8.32	0	50	9.05	0
7	5.68	0	22	4.72	0	8	7.01	0	51	6.02	0
8	8.94	0	23	6.66	0	9	15.00	0	52	5.07	1
9	5.86	0	24	10.04	0	10	4.04	1	53	5.67	1
10	7.40	0	25	4.95	0	11	11.11	0	54	6.78	0
11	6.30	0	26	6.79	0	12	7.17	0	55	5.86	0
999			27	5.25	0	13	5.05	0	999		
1	6.30	0	28	5.39	0	14	7.71	0	1	10.16	0
2	10.07	0	29	6.09	0	15	9.22	0	2	11.00	0
3	7.03	0	30	3.63	1	16	4.39	1	3	9.20	0
4	4.67	0	999			17	11.44	0	4	10.42	0
5	9.20	0	1	4.53	0	999			5	8.00	0
6	12.36	0	2	6.40	0	1	4.94	1	6	4.23	1
7	5.12	0	3	5.35	0	2	4.00	1	7	7.24	0

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票
8	7.80	0	4	9.37	0	3	11.33	0	8	3.78	1
9	6.02	0	5	7.03	0	4	3.82	1	9	10.78	0
10	5.97	0	6	4.84	0	5	11.50	0	10	4.26	1
11	9.17	0	7	4.42	0	6	4.99	1	11	8.08	0
12	8.33	0	8	5.65	0	7	6.77	0	12	12.29	0
13	4.57	0	9	7.39	0	8	9.62	0	13	7.40	0
14	7.70	0	10	8.18	0	9	3.60	1	14	5.34	0
15	8.68	0	11	9.82	0	10	4.35	1	15	9.51	0
999			12	5.53	0	11	4.82	0	16	7.91	0
1	11.28	0	13	6.34	0	12	8.48	0	17	5.89	0
2	5.70	0	14	4.74	1	13	12.37	0	18	9.00	0
3	7.33	0	15	7.70	0	14	7.38	0	19	8.80	0
4	7.89	0	16	6.41	0	15	3.06	1	20	4.10	0
5	9.94	0	17	4.76	0	999			21	10.39	0
6	9.93	0	99			1	7.44	0	22	6.21	0
7	5.34	0	1	5.08	0	2	8.66	0	23	4.16	0
999			2	5.35	0	3	12.57	0	24	4.07	0
1	4.51	1	3	4.31	0	4	4.46	1	25	7.40	0
2	6.85	0	4	5.67	0	5	9.03	0	26	4.70	0
3	6.12	0	5	3.78	1	6	3.96	1	27	5.87	0
4	8.40	0	6	4.82	1	7	9.62	0	28	8.06	0
5	9.48	0	7	12.11	0	8	10.75	0	29	4.89	1
6	7.14	0	8	3.29	1	9	7.75	0	30	8.37	0
7	6.68	0	9	4.91	1				31	3.30	1
999			999						32	12.64	0
1	6.92	0	1	3.36	1				33	7.23	0
2	10.03	0	2	6.85	0				34	6.40	0
3	4.20	0	3	3.93	1				35	4.82	1
4	4.28	0	4	12.33	0				36	7.92	0
5	7.16	0	5	5.61	0				37	8.44	0
6	7.07	0	6	5.52	0				38	5.13	0
7	9.13	0	7	3.51	1				39	4.34	1
8	6.66	0	99						40	5.32	0
9	5.13	0	1	5.79	0				41	5.95	1
10	6.72	0	2	10.78	0				42	4.35	1
999			3	10.01	0				43	11.17	0
1	8.84	0	4	4.72	1				44	6.06	0
2	5.63	0	5	5.82	0				45	4.14	0
3	9.68	0	6	7.04	0				46	10.80	0
4	5.17	0	999						47	5.29	1
5	11.20	0	1	5.22	0				48	8.96	0
6	9.10	0	2	5.46	0				49	5.38	1
7	7.64	0	3	5.20	0				50	7.17	0
8	8.58	0	4	6.80	0				51	6.35	0

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票	樣本	服務 時間	0付現 1回數票
999			5	4.82	0				52	9.80	0
1	6.40	0	6	7.34	0				53	4.80	1
2	9.20	0	7	5.02	0				54	5.10	1
3	6.53	0	8	4.64	0				55	5.57	1
4	6.47	0	9	3.53	1				56	6.08	1
5	6.56	0	10	4.78	0				57	5.42	1
6	11.52	0	11	10.27	0				58	6.07	0
7	7.64	0	12	3.35	1				59	5.42	1
8	6.24	0	13	5.68	0				60	7.57	0
9	6.01	0	14	5.17	0				61	8.41	0
999			15	3.46	1				62	5.01	0
1	6.86	0	16	5.60	0				63	12.65	0
2	7.39	0	17	4.01	1				64	4.08	1
3	6.31	0	18	4.21	1				65	5.39	1
4	7.57	0	19	4.01	1				66	6.60	0
5	4.47	0	20	9.81	0				67	5.50	1
6	8.22	0	21	12.45	0				68	9.17	0
7	10.66	0	22	4.20	1				69	4.19	1
8	11.74	0	23	4.55	1				70	5.54	0
9	9.75	0	24	3.88	0				71	6.33	0
10	9.27	0	25	4.43	0				72	3.40	1
11	5.79	0	26	4.51	1				73	5.59	0
12	4.63	0	27	5.55	0				74	10.23	0
1	6.67	0	999						75	6.39	0
2	6.09	0	1	6.08	0						
3	7.75	0	2	8.02	0						
4	5.56	1	3	6.42	0						
5	9.90	0	4	5.28	0						
6	9.90	0	5	6.60	0						
7	10.43	0	6	6.44	0						
8	6.62	0	7	8.42	0						
999			8	4.54	1						
1	8.32	0	9	4.60	1						
2	10.36	0	10	6.12	0						
3	9.56	0	11	5.65	0						
4	9.71	0	12	4.24	1						
5	8.72	0	13	3.33	1						
6	9.47	0	999								
7	6.58	0	1	6.95	0						
8	5.94	0	2	9.86	0						
9	4.86	1	3	4.72	0						
10	4.32	1	4	6.21	0						
11	6.68	0	5	4.10	1						
12	5.61	0	6	10.19	0						

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票
13	7.00	0	7	12.48	0						
14	5.32	1	8	5.17	0						
15	8.20	0	9	5.69	0						
999			10	6.65	0						
1	4.04	1	11	6.18	0						
2	11.13	0	12	5.45	0						
3	6.01	0	13	7.76	0						
4	10.38	0	14	4.83	0						
5	6.90	0	15	8.53	0						
6	4.80	1									
7	6.62	0									
8	6.97	0									
9	4.95	0									
10	3.04	1									
11	4.50	1									
999											
1	4.19	1									
2	7.99	0									
3	8.51	0									
4	7.03	0									
5	8.91	0									
6	7.34	0									
7	5.78	0									
8	8.88	0									
9	3.66	1									
10	3.85	1									
11	3.41	1									
999											
1	7.93	0									
2	10.17	0									
3	5.40	1									
4	6.29	0									
5	5.46	1									
6	9.46	0									
7	8.74	0									
8	10.15	0									
9	8.33	0									
10	9.10	0									
11	4.56	1									
12	7.21	0									
13	2.60	1									
14	3.30	1									
999											
1	5.42	1									

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票
2	4.74	1									
3	6.05	0									
4	9.12	0									
5	10.66	0									
6	11.67	0									
7	9.22	0									
8	10.43	0									
9	8.63	0									
10	5.75	1									
11	9.38	0									
12	6.98	0									
13	8.30	0									
14	6.63	0									
15	4.43	1									
16	4.83	1									
17	9.12	0									
18	7.17	0									
19	7.23	0									
20	9.74	0									
21	8.67	0									
22	8.27	0									
23	5.24	1									
24	4.85	1									
25	8.16	0									
26	9.95	0									
27	9.82	0									
999											
1	4.84	1									
2	9.51	0									
3	4.08	1									
4	4.32	1									
5	7.76	0									
6	7.95	0									
7	9.19	0									
999											
1	6.26	0									
2	6.17	0									
3	9.08	0									
4	10.18	0									
5	9.83	0									
6	6.98	0									
7	4.95	1									
8	10.32	0									
9	5.78	1									

樹林收費站			頭城收費站			楊梅收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票	樣本	服務時間	0付現 1回數票
10	10.12	0									
11	5.32	1									
12	8.55	0									
13	4.64	1									
14	8.36	0									
15	7.62	0									
16	8.63	0									
17	10.69	0									
18	7.65	0									
999											
1	5.19	1									
2	4.62	1									
3	7.92	0									
4	10.59	0									
5	4.89	1									
6	4.21	1									
7	11.38	0									
999											
1	4.98	1									
2	8.95	0									
3	6.74	0									
4	8.17	0									
5	8.02	0									
6	8.67	0									
7	11.34	0									
8	7.75	0									
9	6.18	0									
10	8.30	0									
11	9.23	0									
12	8.26	0									
13	7.87	0									
14	11.10	0									
15	10.23	0									
16	9.03	0									
17	3.45	1									
18	4.56	0									
19	4.23	1									
20	3.56	1									

附錄 G 99 年收費站大車找零車道服務時間資料

樹林收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0 爲現金 1 爲找零	樣本	服務時間	0 爲現金 1 爲找零
1	6.06	0	1	3.26	0
2	7.59	0	2	5.31	0
3	5.55	0	3	5.42	0
4	9.14	1	4	5.67	0
5	7.38	0	5	4.35	1
999			6	8.20	0
1	12.81	1	999		
2	9.48	0	1	6.19	0
3	4.47	0	2	4.77	0
4	5.02	0	3	6.32	0
5	5.81	0	4	6.20	0
6	6.35	0	5	11.39	1
999			6	8.03	1
1	4.23	0	7	5.64	0
2	31.08	1	8	6.82	0
3	20.19	1	9	5.01	0
4	21.45	1	999		
5	4.65	0	1	6.88	0
6	19.12	1	2	5.21	0
7	24.23	1	3	6.27	0
8	4.75	0	4	6.66	0
999			5	7.08	0
1	5.39	0	6	6.64	0
2	6.14	0	7	10.50	1
3	4.11	0	8	6.26	0
4	3.79	0	9	10.30	1
5	5.66	0	999		
6	5.21	0	1	6.72	0
999			2	6.17	0
1	8.20	0	3	6.07	0
2	5.12	0	4	5.49	0
3	7.36	0	5	5.97	0
4	4.93	0	999		
999			1	11.12	1
1	7.60	0	2	4.74	0
2	8.80	1	3	10.62	1
3	5.73	0	4	5.75	0
4	4.24	0	5	8.01	0
5	6.53	0	6	13.36	1
999			999		
1	9.08	0	1	9.06	1
2	6.58	0	2	4.58	0

樹林收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0 爲現金 1 爲找零	樣本	服務時間	0 爲現金 1 爲找零
3	20.94	1	3	5.31	0
4	7.53	0	4	13.27	1
5	9.16	0	5	3.96	0
999			6	6.14	0
1	5.81	0	7	4.62	0
2	13.11	1	8	8.05	1
3	4.99	0	9	7.90	0
4	7.83	0	999		
5	5.08	0	1	7.72	1
6	5.48	0	2	7.02	0
7	3.68	0	3	8.85	1
999			4	9.64	1
1	7.73	0	5	7.89	0
2	6.03	0	6	4.07	0
3	22.05	1	7	6.06	0
4	4.81	0	8	10.05	1
5	6.73	0	9	4.76	0
6	7.89	0	999		
999			1	6.25	0
1	4.01	0	2	6.42	0
2	4.05	0	3	5.21	0
3	10.66	0	4	4.85	0
4	6.69	0	5	7.66	0
5	6.71	1	6	6.53	0
6	4.39	0	7	6.85	1
7	6.47	0	8	5.44	0
999			9	6.02	0
1	5.79	0	999		
2	4.64	0	1	9.72	0
3	7.52	0	2	8.41	0
4	8.89	0	3	7.42	0
999			4	7.49	0
1	4.55	0	5	9.43	1
2	5.41	0	6	4.54	0
3	6.85	0	7	6.71	0
4	5.69	0	8	12.16	1
5	7.77	0	9	8.94	1
6	5.11	0	999		
7	5.95	0	1	10.00	0
999			2	5.96	0
1	5.00	0	3	9.28	1
2	4.62	0	4	10.25	0
3	6.28	0	5	11.41	1
4	9.38	0	6	4.00	0

樹林收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0 爲現金 1 爲找零	樣本	服務時間	0 爲現金 1 爲找零
999			7	7.06	0
1	5.43	0	8	6.49	1
2	8.74	1	9	5.02	0
3	15.74	1	999		
4	6.50	0	1	14.54	1
5	3.01	0	2	15.72	1
6	8.57	0	3	11.87	1
999			4	5.09	0
1	15.85	1	5	4.57	0
2	7.58	1	6	5.60	0
3	3.38	0	7	6.97	0
4	6.72	1	8	7.99	0
5	7.46	0	9	10.56	1
6	4.67	0	999		
999			1	14.71	1
1	7.32	0	2	6.44	1
2	6.85	0	3	6.29	0
3	7.50	0	4	5.56	0
999			5	8.34	1
1	3.78	0	6	9.92	0
2	6.63	0	7	5.68	0
3	7.89	0	8	6.23	0
999			9	9.53	0
1	5.48	0	10	8.36	0
2	10.53	0	999		
3	5.78	0	1	10.98	1
4	5.36	0	2	11.61	1
			3	6.30	0
			4	11.15	1
			5	5.54	0
			6	8.21	0
			7	5.97	0
			999		
			1	11.38	1
			2	5.77	0
			3	7.89	0
			4	11.54	1
			5	8.08	0
			6	4.07	0
			7	3.78	0
			8	6.13	0
			999		
			1	19.90	1
			2	5.70	0

樹林收費站			泰山收費站		
樣本	服務時間	0 爲現金 1 爲找零	樣本	服務時間	0 爲現金 1 爲找零
			3	7.99	0
			4	4.58	0
			5	4.19	0
			6	6.73	0
			7	4.57	0
			8	4.17	0
			999		
			1	6.69	0
			2	7.25	0
			3	9.15	0
			4	8.73	0
			5	4.53	0
			6	7.57	1
			7	6.72	1
			8	14.09	1
			9	4.74	0
			10	7.47	0
			11	6.39	1
			12	9.79	1
			13	8.51	0
			14	3.81	0
			999		
			1	11.71	1
			2	8.09	0
			3	12.24	1
			4	5.19	0
			5	8.91	1
			6	6.39	0
			7	8.16	0
			8	3.94	0
			999		
			1	8.31	1
			2	4.77	0

附錄 H 99 年收費站地磅站服務時間資料

樣本	地磅站服務時間(秒/大車)				
	新營北磅	泰山北磅	泰山南磅	楊梅南磅	樹林南磅
1	9.71	19.42	14.50	8.33	8.08
2	16.23	7.90	15.74	11.32	8.03
3	11.97	17.60	9.79	15.36	11.59
4	10.79	18.40	6.93	16.32	11.13
5	10.19	9.79	8.88	12.52	9.09
6	14.99	14.10	10.75	7.49	9.11
7	11.92	17.64	16.79	7.52	12.54
8	11.38	15.43	15.68	8.72	10.22
9	11.72	10.99	10.19	8.97	13.13
10	13.91	13.09	17.11	14.64	10.51
11	11.49	8.87	9.04	8.09	8.50
12	14.03	19.07	9.27	20.61	11.34
13	7.68	15.24	12.00	8.97	13.71
14	14.02	13.33	12.36	7.89	12.62
15	15.23	17.83	11.07	10.15	10.31
16	18.87	9.58	11.43	8.92	16.03
17	6.57	13.90	9.60	8.78	8.60
18	11.29	13.35	17.63	9.54	9.55
19	10.41	10.76	9.10	10.46	10.65
20	13.48	8.47	11.88	9.93	10.13
21	17.40	12.88	15.13	15.06	10.79
22	13.28	12.95	7.91	8.08	10.55
23	16.56	14.57	13.69	8.28	10.34
24	14.07	16.61	11.20	13.89	14.82
25	16.50	19.27	8.28	8.72	10.55
26	10.65	18.47	10.11	12.43	13.42
27	17.90	16.11	11.40	12.10	9.20
28	17.45	16.97	8.92	8.41	13.37
29	16.44	10.61	17.52	8.47	7.60
30	11.89	12.95	10.12	7.63	13.19
31	6.16	9.45	14.75	8.11	16.04
32	7.34	16.50	6.90	9.31	7.57
33	12.74	15.74	18.80	7.43	9.92
34	15.11	18.10	8.16	7.82	15.02
35	11.77	12.71	11.99	6.16	16.30
36	17.75	10.19	13.79	10.31	8.01
37	18.25	13.85	14.32	14.45	7.70
38	10.96	12.99	15.92	8.42	8.69
39	9.22	15.12	8.52	8.76	12.25
40	10.08	11.27	10.34	7.03	6.79
41	9.85	7.72	15.23	9.73	13.09
42	19.18	12.70	13.75	9.45	5.60

樣本	地磅站服務時間(秒/大車)				
	新營北磅	泰山北磅	泰山南磅	楊梅南磅	樹林南磅
43	12.17	8.25	13.23	17.90	10.22
44	13.06	9.02	16.50	22.10	12.14
45	17.71	16.91	9.78	7.49	9.30
46	7.53	19.56	18.50	8.38	16.01
47	17.62	10.52	13.50	9.94	11.61
48	16.10	13.25	8.54	11.28	11.49
49	12.38	9.38	12.87	13.71	7.91
50	16.44	9.21	7.32	15.28	10.03
51	15.53	10.68	13.88	8.75	12.96
52	13.13	12.42	19.30	8.02	12.03
53	15.47	10.12	8.04	14.64	8.56
54	10.90	11.79	12.07	15.83	7.33
55	11.91	8.38	8.63	9.39	13.13
56	12.44	9.43	15.68	9.10	12.78
57	9.07	12.29	16.71	13.09	10.39
58	17.90	12.00	6.96	12.90	8.52
59	14.04	15.11	8.35	20.33	14.91
60	16.81	10.43	6.64	9.35	11.55
61	14.79	8.20	10.07	11.14	8.64
62	12.06	7.45	20.31	14.47	8.54
63	14.32	8.33	9.08	7.43	5.48
64	13.35	16.07	18.98	16.67	11.99
65	13.38	14.61	12.37	15.05	9.95
66	13.81	10.34	7.94	14.43	14.44
67	17.59	9.45	8.90	9.29	10.35
68	14.62	9.53	13.04	11.07	14.85
69	14.13	13.28	17.53	9.01	9.33
70	12.19	12.36	16.20	10.23	7.63
71	17.74	7.82	11.96	9.63	16.08
72	12.53	8.38	15.16	14.76	11.02
73	12.81	10.63	7.00	12.06	15.66
74	16.08	8.83	16.01	6.38	16.01
75	18.22	11.39	20.42	13.60	14.27
76	6.68	12.38	9.02	6.97	7.63
77	17.84	10.60	13.46	10.94	11.27
78	13.34	9.53	9.60	17.25	12.67
79	16.54	8.69	11.96	13.93	20.73
80	10.73	14.30	14.94	15.21	15.10
81	8.84	15.56	6.61	6.07	19.22
82	11.48	10.36	12.99	13.83	7.43
83	10.40	6.63	9.49	21.89	8.93
84	8.00	18.26	8.92	10.81	11.24
85	13.75	11.79	10.40	23.05	10.40
86	12.82	15.30	9.62	9.87	10.71
87	11.32	14.42	18.17	9.08	9.37

樣本	地磅站服務時間(秒/大車)				
	新營北磅	泰山北磅	泰山南磅	楊梅南磅	樹林南磅
88	11.43	11.20	17.61	13.59	7.32
89	12.07	11.25	13.11	10.73	8.52
90	10.51	13.41	7.85	10.89	6.81
91	15.27	7.00	9.85	8.11	10.84
92	16.30	16.92	10.54	8.21	13.66
93	9.83	13.37	7.33	6.95	18.26
94	11.57	14.45	8.98	7.25	8.47
95	13.63	6.72	14.24	10.19	14.83
96	9.64	11.07	14.11	18.78	5.79
97	10.09	8.62	20.73	10.37	8.50
98	12.87	10.68	12.97	12.15	11.30
99	10.29	16.71	19.39	9.05	12.80
100	11.72	8.10	14.08	17.63	13.20
101	10.35	11.10	12.21	10.02	
102	17.25	16.48	10.21	10.65	
103	17.35	12.24		14.55	
104	13.57	12.99		9.18	
105	11.10	14.49		11.43	
106	13.21	11.25		12.17	
107	13.59	10.60		17.71	
108	10.64	7.76		20.73	
109	15.45	12.06		11.78	
110	15.61	15.92		9.61	
111	9.74	7.16		7.64	
112	8.54	11.63		11.79	
113	11.22	11.13		6.20	
114	10.30	10.25		8.96	
115	13.06	13.13		7.50	
116	16.44	12.75		8.81	
117	14.24	11.58		7.04	
118	11.32	8.05		11.39	
119	10.40	14.28		8.29	
120	12.65	11.56		10.64	
121	12.44	8.11		13.52	
122	14.61	10.46		10.86	
123	15.25	13.93		9.76	
124	12.85	8.41		8.45	
125	18.56	12.02		10.60	
126	18.03	13.23		12.56	
127	14.28	16.95		10.50	
128	16.62	16.35		14.61	
129	12.91	16.70		11.05	
130	10.19	13.12		7.17	
131	13.06	10.53		10.01	
132	16.53	10.13		13.58	

樣本	地磅站服務時間(秒/大車)				
	新營北磅	泰山北磅	泰山南磅	楊梅南磅	樹林南磅
133	10.42	12.78		9.18	
134	9.36	12.94		7.81	
135	11.44	16.71		7.06	
136	12.80	6.48		8.90	
137	9.15	10.96		13.31	
138	13.85	9.86		6.73	
139	11.81	20.26		16.09	
140	16.72	9.60		13.83	
141	17.19	14.94		9.26	
142	11.88	10.64			
143	16.27	9.17			
144	11.00	7.87			
145	16.14	10.74			
146	13.24	10.09			
147	14.40	10.04			
148	10.48	11.18			
149	9.30	11.90			
150	15.47	11.05			
151	7.26	14.73			
152	8.65	9.31			
153	17.34	9.25			
154	13.82	11.35			
155	15.48	9.64			
156	9.09	10.93			
157	9.95	11.01			
158	15.82	11.15			
159	12.62	9.25			
160	13.79	9.39			
161		11.36			
162		12.49			
163		7.95			
164		12.74			
165		11.53			
166		18.66			
167		8.28			
168		9.25			
169		10.65			
170		12.94			
171		13.16			
172		11.39			
173		10.75			
174		9.95			
175		8.35			
176		10.66			
177		17.35			

樣本	地磅站服務時間(秒/大車)				
	新營北磅	泰山北磅	泰山南磅	楊梅南磅	樹林南磅
178		10.08			
179		8.09			
180		9.55			
181		7.66			
182		16.32			
183		11.92			
184		7.99			
185		14.48			
186		13.79			
187		10.28			
188		11.75			
189		11.82			
190		9.56			
191		9.06			
192		8.48			
193		11.54			
194		9.76			
195		10.40			
196		14.56			
197		6.45			
198		14.36			
199		13.19			
200		8.82			
201		10.98			
202		12.51			
203		10.88			
204		6.90			
205		8.95			
206		8.85			
207		9.62			
208		10.60			
209		11.49			
210		12.44			
211		14.77			
212		15.27			
213		14.24			
214		13.42			
215		13.44			
216		8.07			
217		7.22			
218		9.94			
219		11.82			
220		8.40			
221		10.53			
222		12.95			

樣本	地磅站服務時間(秒/大車)				
	新營北磅	泰山北磅	泰山南磅	楊梅南磅	樹林南磅
223		12.29			
224		13.52			
225		10.05			
226		9.39			
227		14.86			
228		13.43			
229		6.18			
230		10.16			
231		11.20			
232		9.00			

附錄 I：公路容量手冊第八章高速公路收費站修訂版

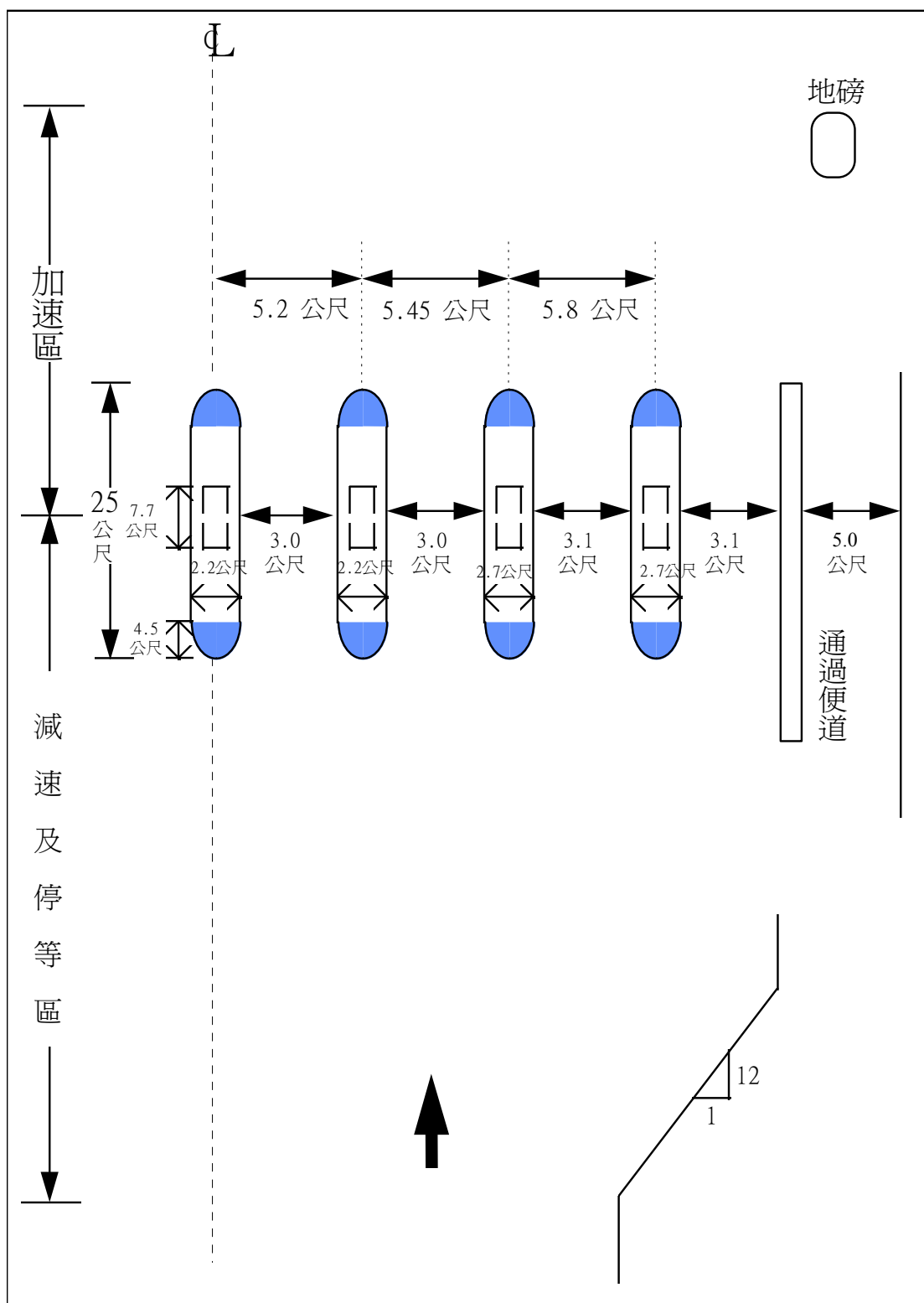
8.1 緒論

在 2010 年 4 月時，臺灣國道 1、3 及 5 號高速公路上設有收費站。國 1 有 11 個收費站，其中月眉收費站在匝道上，其他收費站在主線上。國 3 有 10 個收費站，國 5 只有 1 個在雪山隧道東南端附近的頭城收費站。這些收費站設有用分隔島隔離之收費車道。樹林收費站及泰山收費站各有 22 及 20 個收費車道。汐止收費站只有北上收費車道，其車道數為 6。

根據高速公路局的資料[1]，圖 8-1 顯示一般的收費車道之幾何設計，各收費站之分隔島上設有收費亭以提供人工收費。此外，特定收費車道在收費亭上空有裝設電子收費(Electronic Toll Collection, 簡稱 ETC)系統來辨識車輛裝有詢答/接收器(transponder)之車輛。

上述傳統收費站常造成嚴重塞車，而且其硬體設施及營運之成本昂貴，因此歐美國家已開始採用開放式收費(open-road tolling)系統[2,3,4]。這種系統不需在車道上設置分隔島及收費亭，其辨識通過收費地點之車道的設備裝在橫跨整個公路之高架結構體上，一般使用的設備包括 ETC 及牌照自定辨識(Automatic License Plate Recognition, 簡稱 ALPR)系統。車輛可以正常的速率通過收費地點，臺灣也即將採用開放式收費。

因為收費站的作業對高速公路車流量運作有很大的影響，所以收費站作業的分析深受注意。有些研究探討收費車道之容量及服務時間的特性[5,6,7,8]，其他研究則著重於模擬分析[9,10,11,12,13,14]或分析性模式之建立[15,16,17,18]。2001 年臺灣地區公路容量手冊第八章提供了一分析高速公路收費站的分析方法[19]。該方法利用包括一簡化分析性模式及「收費站模擬模式」(Toll Plaza Simulation Model, 簡稱 TPS Model)來分析收費站的作業。但是 2001 年之前收費站的作業與目前(2010 年)的作業有許多不同的地方。例如 2001 年時臺灣收費站並未設有電子收費



資料來源：[1]。

圖 8-1 收費站之代表性幾何配置示意圖

之系統，而目前每一個高速公路收費站都有電子收費作業。其他類型收費車道之運作也有變更，因此 2001 年之分析方法不適用於目前之收費作業。為了彌補這些缺陷並提供一評估收費站之基準。本所於 2010 年進行一研究計畫[20]來修訂 2001 年容量手冊之第八章。本章為該計畫之一成果。

如與 2001 年容量手冊第八章相比較，本章增列有關收費站一般特性交通特性的資料，更新有關收費車道之容量及服務水準的資料，改良簡化之分析性模式，增列地磅站作業資料，提供一估計耗油量及二氧化碳(CO₂)之估計方法，並提供改良之 TPS 模式。

8.2 一般性交通特性

一般性交通特性指流量隨一天中時間的變化型態，尖峰小時係數，尖峰流量係數，流量之方向係數，車種組成及收費車道之使用。

8.2.1 流量型態

收費站流量型態受收費站所在地及車流是否為平常日車流或假日車流所影響。因此不同收費站有不同之流量型態，如圖 8-2 及圖 8-3 所示。本所在 4 個收費站所蒐集，並列於表 8.1 的資料，亦顯示一天中之尖峰小時通常隨收費站地點及日期不同而變化。因此如欲了解一特定收費站尖峰小時內的作業狀況，則須先了解該收費站流量隨時間的變化型態。

表 8.1 尖峰小時之分佈樣本

收費站	日期 (2010 年 4 月)		
	4 日 (假日)	5 日 (假日)	6 日 (平常日)
汐止北上	10:15~11:15	10:30~11:30	17:00~18:00
泰山北上	10:45~11:45	13:30~14:30	7:20~8:20
泰山南下	10:25~11:25	6:15~7:15	7:30~8:30
樹林北上	17:00~18:00	16:00~17:00	17:00~18:00
樹林南下	10:00~11:00	6:00~7:00	7:00~8:00
頭城北上	15:00~16:00	11:10~12:10	16:55~17:55
頭城南下	6:40~7:40	6:05~7:05	9:50~10:50

資料來源：[20]。

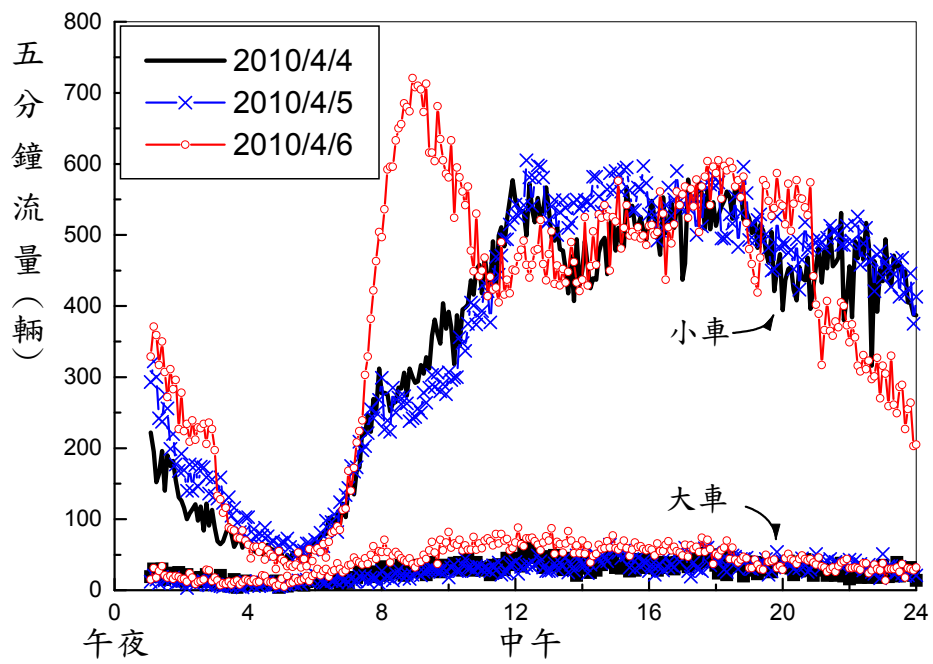


圖 8-2 泰山收費站北上全天車流型態

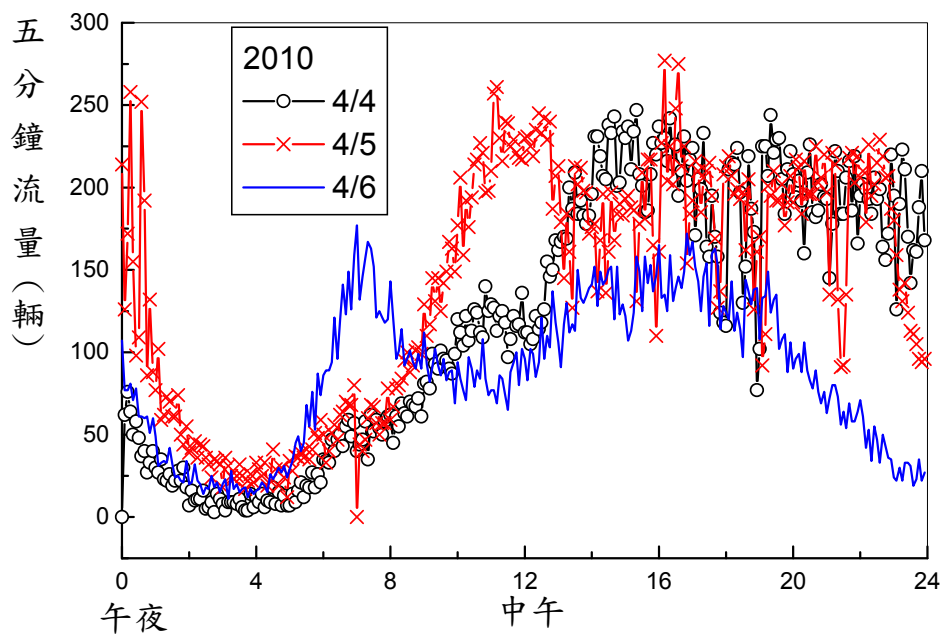


圖 8-3 頭城收費站北上全天車流型態

8.2.2 尖峰流量係數及方向係數

尖峰流量係數代表尖峰小時車流佔全天車流之比例。方向係數指流量較高方向之尖峰流量佔雙向尖峰流量之比例。此兩係數通常用在下式中來估計流量較高方向之設計小時流量：

$$DDHV = ADT \times K \times D \quad (8.1)$$

此式中，

$DDHV$ = 流量較高方向設計小時(Design Hour)之流量

ADT = 設計年(Design Year)之每年平均流量，

K = 尖峰流量係數，

D = 流量方向係數。

表 8.2 顯示除了頭城收費站因觀光車輛較多而有較高之尖峰流量係數之外，其他 3 個收費站之尖峰流量係數在 0.065~0.077 間。所以規劃非觀光性質之高速公路設施可將尖峰流量係數訂為 0.075，觀光性車流的設施則約有 0.085 左右之尖峰流量係數。

表 8.2 尖峰流量係數及方向係數

收費站	尖峰流量係數		方向係數	
	假日	非假日	假日	非假日
汐止	0.074	0.077	--	--
泰山	0.065	0.072	0.53	0.50
樹林	0.070	0.076	0.56	0.52
頭城	0.085	0.086	0.60	0.58

註：假日資料為 2010 年 4/4 及 4/5 兩日之平均值，樹林平常日資料為 2010 年 4/6, 4/7 及 4/8 日之平均值，其他收費站平常日資料為 4/6 日之值。

至於方向係數，表 8.2 顯示其值在 0.50 及 0.60 之間，觀光性車流及非觀光性車流設施之方向係數可別訂為 0.60 及 0.55。

8.2.3 尖峰小時係數(Peak-Hour Factor, 簡稱 PHF)

分析或設計公路設施時，常用尖峰小時係數來估計尖峰 15 分鐘之流率。此係數代表尖峰小時流率與尖峰 15 分鐘流率之比例。從圖 8-4

可知尖峰小時係數有隨尖峰流量之增高而上升之現象。根據此圖，尖峰小時係數可估計如下：

$$PHF = 0.013 + \frac{0.962}{1 + e^{-\frac{Q+1380}{1270}}} \quad (8.2)$$

此式中，

Q = 單向尖峰小時流量(輛)。

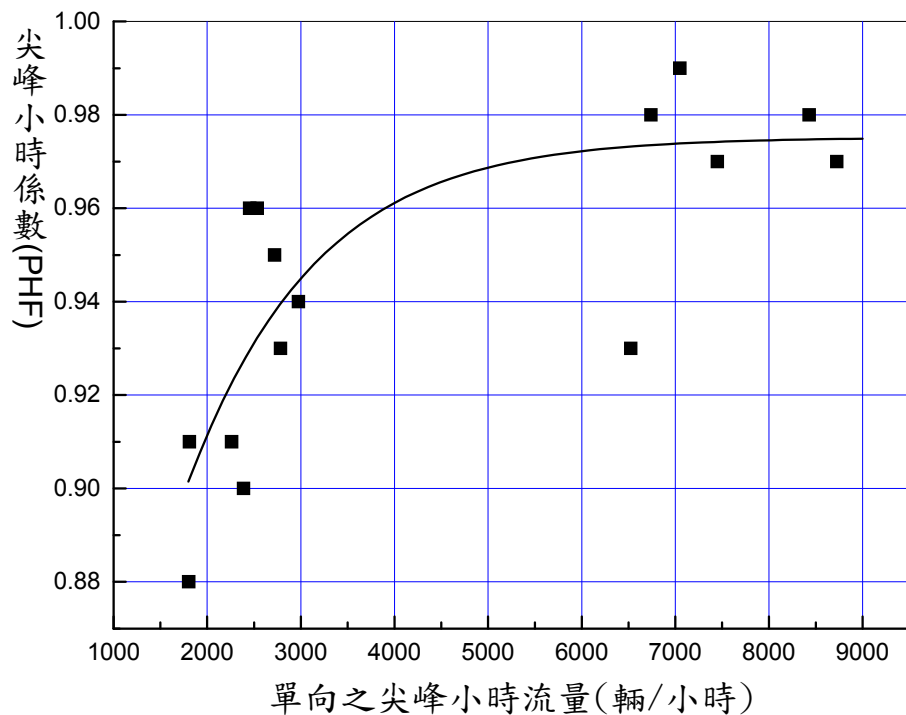


圖 8-4 尖峰小時流量與尖峰小時係數之關係

8.2.4 車種組成

表 8.3 顯示在尖峰小時及全天中通過 3 個收費站車輛之車種組成。從此表可知，大車比例在 14% 以下。此外，在平常日之全天車流中，大車比例隨收費站之變化很少，都在 10%~11% 左右。尖峰及假日車流中大車的比例隨收費站的變異則比較顯著。

表 8.3 尖峰小時及全天車流之車種組成

收費站	假日				非假日			
	尖峰小時		全天		尖峰小時		全天	
	大車	小車	大車	小車	大車	小車	大車	小車
汐止北上	13.3	86.7	11.7	88.3	12.3	87.7	11.0	89.0
泰山北上	8.1	91.9	7.1	92.9	5.9	94.1	9.9	90.1
泰山南下	6.1	93.9	6.7	93.3	6.9	93.1	9.8	90.2
樹林北上	3.2	96.8	3.5	96.5	8.6	91.4	10.8	89.2
樹林南下	2.8	97.2	3.5	96.5	9.9	90.1	11.2	88.8

註：如同表 8.2。

8.2.5 收費車道使用率

表 8.4 及表 8.5 各顯示 4 個收費站平常日及假日尖峰車流使用各種類型收費車道之百分比。表 8.6 為不分收費車道類型全天車流中，使用電子收費車道之百分比。從這些表可知使用回數票及電子收費車道的車輛佔大多數，但是全天電子收費使用率不超過 42%。因此採用開放式收費之後，有一半以上車輛必須使用牌照自動辨識系統，或其他非答詢/接收器的自動收費系統來辨識。這些系統的精確度沒目前使用答詢/接收器之電子收費系統高，因此開放式收費仍會面臨人工處理資料及執法的問題。

表 8.4 假日尖峰小時中收費車道之使用率(%)

收費站	收費車道類型					
	大車 找零	小車 找零	小車 回數票	小車 ETC	大車 ETC	大小車 找零/回數票
汐止北上	6.8	40.9	30.2	15.6	6.5	--
泰山北上	3.7	14.4	48.2	29.3	4.4	--
泰山南下	1.9	16.6	52.3	25.0	4.2	--
樹林北上	1.3	20.7	52.1	24.0	1.9	--
樹林南下	1.0	22.0	53.5	21.7	1.8	--
頭城北上	--	44.0	29.3	24.8	1.9	--
頭城南下	--	--	28.0	27.6	1.7	42.6

註：2010 年 4/4 日及 4/5 日資料。

表 8.5 平常日尖峰小時中收費車道之使用率(%)

收費站	收費車道類型					
	大車 找零	小車 找零	小車 回數票	小車 ETC	大車 ETC	大小車 找零/回數票
汐止北上	6.8	32.6	23.0	28.4	9.2	--
泰山北上	1.0	12.1	41.4	40.6	4.9	--
泰山南下	1.6	11.8	44.1	37.8	5.7	--
樹林北上	2.6	15.5	46.9	29.2	5.8	--
樹林南下	2.8	14.6	43.8	31.7	7.1	--
頭城北上	--	42.6	28.0	27.6	1.7	--
頭城南下	--	--	27.8	21.1	10.4	40.7

註：樹林資料為 2010 年 4/6, 4/7 及 4/8 日現場資料，其他為 2010 年 4/6 日現場資料。

表 8.6 全天車流中 ETC 車輛占總車輛之百分比(%)

收費站	大車		小車		大小車總和	
	假日	平常日	假日	平常日	假日	平常日
汐止北上	6.7	14.6	14.6	17.1	21.3	31.7
泰山北上	5.3	7.6	27.7	33.1	33.0	40.7
泰山南下	5.2	7.6	27.2	33.8	32.4	41.1
樹林北上	2.1	6.9	23.7	29.2	25.8	36.1
樹林南下	2.5	7.9	23.0	29.1	25.5	37.0
頭城北上	1.1	1.3	26.9	27.4	28.0	28.7
頭城南下	6.5	10.3	13.2	16.4	19.7	23.5

註：2010 年 4/4 日及 4/5 日資料。

8.3 減速區進口自由速率及電子收費車道自由速率

車輛接近傳統收費站時須減速。高速公路系統之速限是 90 公里/小時或 100 公里/小時之情況下，平均自由速率大約在 100 公里/小時及 110 公里/小時之範圍內。但車輛抵達收費站減速區之上游端點時，通常自由速率已在主線之自由速率以下，這現象如圖 8-5 所示。個別自由速率的分布可用下列模式來代表：

$$\text{如 } V_f \leq 0.8, F(V_f) = 0.0 \quad (8.3a)$$

$$\text{如 } 0.8 < V_f \leq 1.3, F(V_f) = -0.033 + \frac{1.034}{1 + e^{-\frac{V_f - 0.993}{0.059}}} \quad (8.3b)$$

$$\text{如 } V_f > 1.3, F(V_f) = 0.0 \quad (8.3c)$$

這模式中，

V_f = 個別車輛自由速率與平均自由速率之比例，

$F(V_f)$ = 個別車輛自由速率與平均自由速率之比例小於或等於 V_f 之比例。

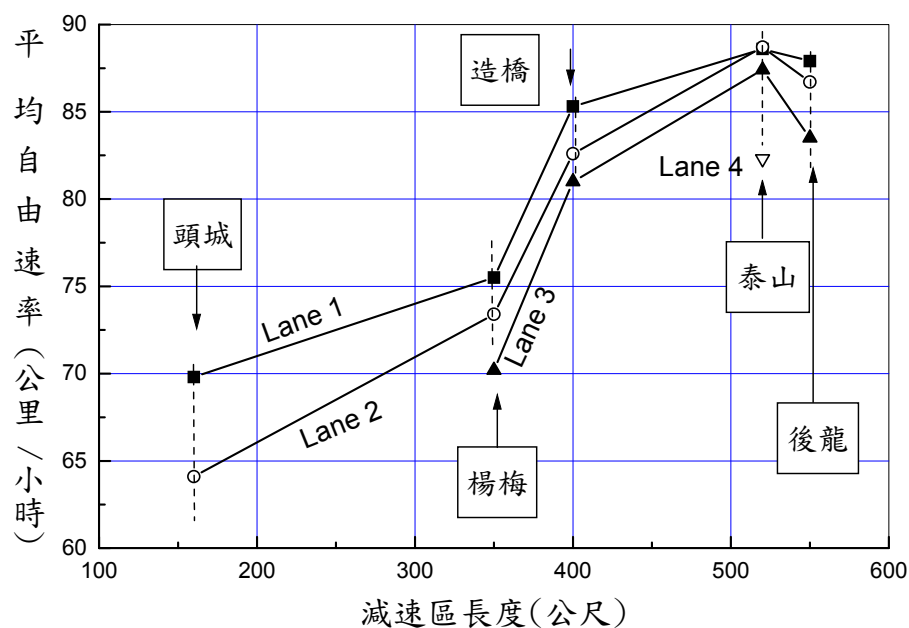


圖 8-5 小車在減速區起點之平均自由速率

目前電子收費車道之速限為 50 公里/小時，至於電子收費車輛通過收費亭地點時之自由速率，本所蒐集的現場資料顯示，大車之平均自由速率為 50 公里/小時，小車的平均自由速率為 52 公里/小時。這些平均自由速率比 70 公里/小時之收費站減速區速限低很多，電子收費車輛在收費亭地點之自由速率的分布也可以式 8.3 代表。

8.4 收費車道服務時間及容量

8.4.1 收費車道類型

在 2010 年時，臺灣高速公路上之收費車道有下列類型：

1. 小車回數票專用車道，
2. 小車電子收費車道，
3. 大車電子收費車道，
4. 小車找零車道（允許回數票小車使用），
5. 大車找零車道（允許回數票大車使用），
6. 大、小車找零/回數票共用車道。

因為本所從找零車道所收集到資料也可用來估計只有找零或是只有回數票車輛時之平均服務時間，所以本章的分析方法也可用來估計下列類型車道：

- 大車回數票專用車道
- 小車找零專用車道
- 大車找零專用車道

此外，現場之找零車道事實上是找零/回數票共用之車道。為了避免困擾，本章將容許回數票使用之找零車道通稱為找零/回數票共用車道。上述大小車找零/回數票共用車道只有在頭城收費站使用。因雪山隧道在 2010 年底之前仍禁行大貨車或聯結車，所以通過頭城收費站之大車只有大客車。

通常各方向的車道安排是將小車電子收費車道放在內側，然後從內側到外側依次設置小車回數票車道，小車找零/回數票車道，大車電子收費車道及大車找零/回數票車道。各類型車道之車道數隨收費站之所在地而變。頭城收費站因為有上匝道及下交流道之車流，所以車道類型的安排比較特殊。此收費站有 12 個收費車道。北上最右側 2 收費車道為給上匝道車流使用之大小車找零/回數票車道及小車電子收費車道，另外 4 車道從右到左分別是大車電子收費車道、大小車找零/回數票車道、小車回數票電子收費車道、小車電子收費車道。南下最右側 2 個車道是給下交流道車輛使用之小車電子收費車道、大小車找零/回數票車道，其餘 4 車道由右而左分別是大車電子收費車道、大小車找零/回數票車道、小車回數票電子收費車道、小車電子收費車道。

8.4.2 容量及服務時間之定義

收費車道之容量指在某車流、收費站幾何設計、收費作業及其他

相關天候及路面狀況下，在不短於 15 分鐘之時段內經常能從收費車道通過之最高流率。容量並不是一固定值，也不是最高的觀察值，而是一期望值（expected value）。以傳統收費車道為例，其容量相當於在有持續的停等車輛時，相同長度時段(如 15 分鐘)內能穿過收費車道之流率的平均值。

收費車道之服務時間指穿過收費車道之流率等於容量時各車輛之車距（headway）。如平均服務時間為 5 秒，則收費車道之容量為 $3600 / 5 = 720$ 輛／小時。傳統收費站上之車輛必須停靠或以相當低的速率通過收費亭，所以其收費車道之服務時間等於在有不斷的停等車輛時，一車後輪通過收費亭之一參考線到下一車後輪通過同一參考線時之時間。停等車指停止或與前車距離約在 2 小車車長之內，而且車行緩慢，速率約在 12 公里／小時以下之車輛。量測服務時間用的參考線位於收費亭下游約 2 公尺之處，服務時間包括停車付費時間及跟進時間。找零車輛有顯著的停車付費時間。回數票小車之停車付費時間微不足道，因為通常駕駛員不必停車。回數票大車有很短暫之停車付費時間，電子收費車輛則沒有停車付費時間。

8.4.3 服務時間及容量之範圍

表 8.7 顯示除了大小車找零/回數票共用車道之外，從現場資料估計而得之各類型車道的平均服務時間及容量。在頭城之大小車找零/回數票共用車道的大車數量很少，所以缺乏該類型車道有大小車混合等著付費之資料。此外，小車找零/回數票車約有 75%是找零車輛，大車找零/回數票車道上的找零車輛則只約佔 25%。這兩類型的容量值隨回數票(或找零)車輛之比例而變。根據 TPS 模式之模擬結果，小車專用或大車專用之找零/回數票車道的容量可從圖 8-6 或下列模式來估計：

小車找零／回數票車道容量

$$C_{ms} = 480 + 198.16P_{st} + 274P_{st}^2 \quad (8.4)$$

表 8.7 收費車道之服務時間及容量特性

車道類型	平均服務時間範圍(秒)	容量範圍(輛/小時/車道)	容量代表值(輛/小時/車道)
A.專用車道			
小車回數票	3.58~3.95	910~1,005	960
大車回數票	6.19~6.28	580~575	580
小車電子收費	2.04~2.18	1,650~1,760	1,175
大車電子收費	3.09~3.32	1,085~1,165	1,120
小車找零	6.43~8.41	430~565	470
大車找零	13.1(19 樣本)	275	275
B.共用車道			
小車找零/回數票 (回數票百分比:21~28%)	6.01~7.32	490~600	隨回數票百分比而變
大車找零/回數票 (回數票百分比:70~82%)	7.51~7.81	460~480	隨回數票百分比而變

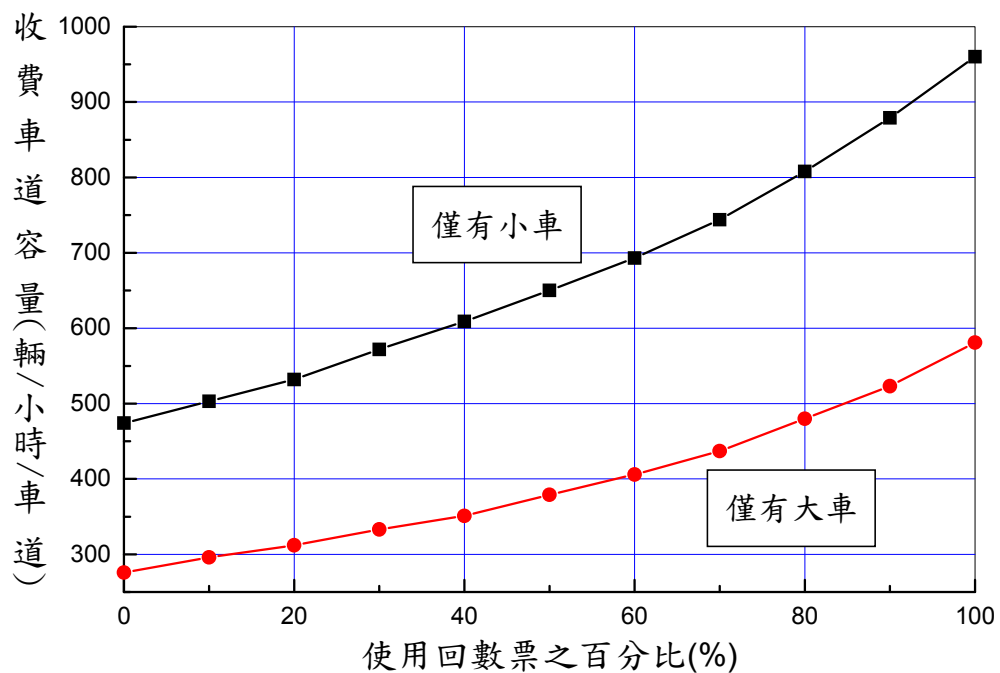


圖 5-6 回數票及找零共用之小車車道及大車車道之容量(TPS 模式模擬值)

大車找零／回數票車道容量

$$C_{mb} = 283 + 86.48P_{bt} + 204P_{bt}^2 \quad (8.5)$$

上兩式中，

C_{ms} = 小車找零/回數票車道之容量(小車/小時/車道)，

C_{mb} = 大車找零/回數票車道之容量(大車/小時/車道)，

P_{st} = 小車中使用回數票之比例，

P_{bt} = 大車中使用回數票之比例。

如找零/回數票車道讓大車及小車共用，則其容量可用下式來估計：

$$C_{mbs} = \frac{3600}{f_b[P_{bt}T_{bt} + (1 - P_{bt})T_{bc}] + f_s[P_{st}T_{st} + (1 - P_{st})T_{sc}]} \quad (8.6)$$

此式中，

C_{mbs} = 大小車找零/回數票共用車道之容量(輛/小時)，

f_b = 大車比例，

f_s = 小車比例，

P_{bt} = 大車中使用回數票之比例，

P_{st} = 小車中使用回數票之比例，

T_{bt} = 回數票大車平均服務時間，

T_{st} = 回數票小車平均服務時間，

T_{bc} = 找零大車平均服務時間，

T_{sc} = 找零小車平均服務時間。

式 8.6 中各項平均服務時間的代表值如表 8.8 所示。如將服務時間改為服務時間與平均服務時間之比例，則不論收費車道之類型，此正常化服務時間的分布可用圖 8-7 之分布來代表。此分布可用下列模式來替代：

如 $t \leq 0.62$ ，

$$F(t) = 0.0 \quad (8.7a)$$

如 $0.62 < t \leq 1.41$ ，

$$F(t) = -0.029 + \frac{1.050}{1 + e^{-\frac{t-0.995}{0.107}}} \quad (8.7b)$$

如 $t > 1.41$ ，

$$F(t) = 1.0 \quad (8.7c)$$

此式中，

t = 服務時間與平均服務時間之正常化比值，

$F(t)$ = 正常化服務時間小於或等於 t 之比例。

表 8.8 找零及回數票共用車道之代表性服務時間

車種及付費方式	代表性服務時間(秒)
回數票小車	$T_{st} = 4.3$
回數票大車	$T_{bt} = 6.2$
找零小車	$T_{sc} = 7.7$
找零大車	$T_{bc} = 13.1$

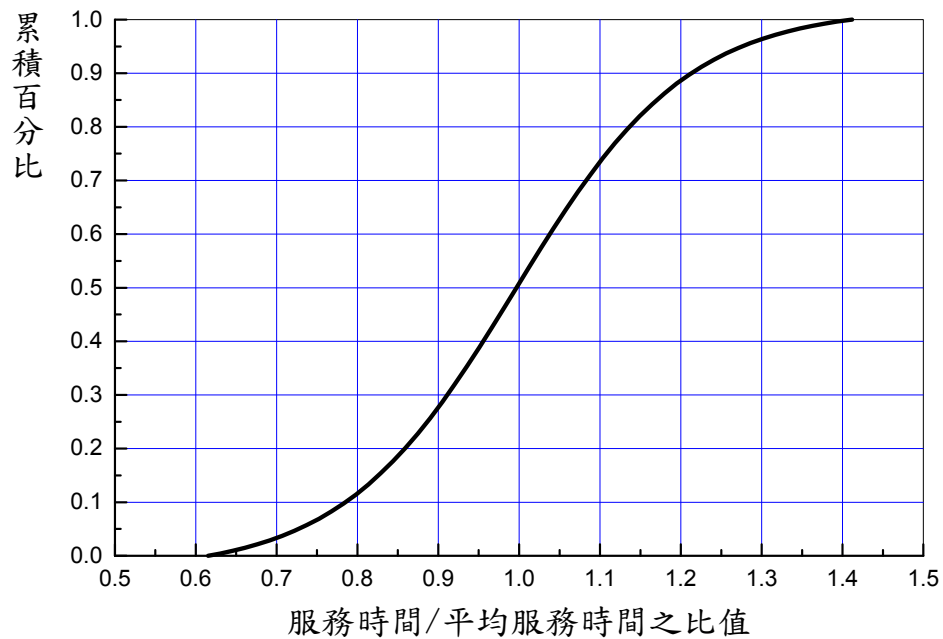


圖 8-7 正常化服務時間之代表性分布

8.5 地磅站服務時間及容量

臺灣高速公路的地磅多設置在收費站附近，除非進地磅站之車流遠遠超過地磅站容量，造成大車停在主線或收費站，地磅站作業對收費站的車流不會有明顯的影響。

地磅站服務時間指在有連續不斷之車輛等著進入地磅時，後輪通過地磅的車距。表 8.9 顯示不同地磅站的平均服務時間的變異性不大，容量在 300 輛/小時左右。表 8.10 為地磅站之平均服務時間及容量。

表 8.9 地磅站之平均服務時間及容量

地磅站及代號	樣本數 (輛)	服務時間 (秒)		容量 (輛/小時)
		平均	標準差	
W1：新營北上	160	13.1	3.0	275
W2：泰山北上	232	11.8	3.1	305
W3：泰山南下	102	12.3	3.7	293
W4：楊梅南下	141	11.1	3.6	324
W5：樹林南下	100	11.2	3.1	321

表 8.10 高速公路通過地磅站大車之平均重量及標準差

地磅站及車種	樣本數（輛）	重量（公斤）	
		平均	標準差
后里（160K）			
大貨車	278	12,538	5,562
半聯結車	108	34,594	7,498
全聯結車	34	32,153	9,728
泰山（35K）			
大貨車	128	12,986	7,319
半、全聯結車	100	37,861	6,476

設計或分析高速公路時，可用下列模式來代表大車正常化車重的分布：

聯結車

如 $w \leq 0.32$ ，

$$F(w) = 0.0 \quad (8.8a)$$

如 $0.32 < w \leq 1.4$ ，

$$F(w) = -0.004 + \frac{1.105}{1 + e^{-\frac{w-1.051}{0.151}}} \quad (8.8b)$$

如 $w > 1.4$ ，

$$F(w) = 1.0 \quad (8.8c)$$

大貨車

如 $w \leq 0.2$ ，

$$F(w) = 0.0 \quad (8.9a)$$

如 $0.2 < w \leq 3.5$,

$$F(w) = -0.153 + \frac{1.154}{1 + e^{\frac{w-0.837}{0.352}}} \quad (8.9b)$$

如 $w > 3.5$,

$$F(w) = 1.0 \quad (8.9c)$$

此式中，

w = 大車重與平均大車重之正常化比值，

$F(w)$ = 正常化大車重量小於或等於 w 之比例。

8.6 影響因素

收費站作業之績效受許多因素的影響，其中比較重要的因素包括需求流率、收費站之幾何設計、收費車道運用及收費作業之特性、車種組成、駕駛員之行為及天候等。本章的資料只適用於白天沒有下雨之狀況。

需求流率指在某時段中欲通過收費站之車流率。在作業分析時，如有實際需求流率之資料，最好將分析時間分割成 5 分鐘的時段，每時段之需求流率可用該時段內之平均流率做代表。在規劃分析時，需求流率通常假設不隨時間而變。為避免低估收費站設施之需要，規劃用之需求流率最好根據預期尖峰 15 分鐘之流率。

在沒有實際資料的情形下，尖峰 15 分鐘之流率可用下式來估計：

$$Q_{15} = \frac{Q_{60}}{PHF} \quad (8.10)$$

此式中，

Q_{15} = 尖峰 15 分鐘流率 (輛/小時)；

Q_{60} = 尖峰小時流率 (輛/小時)；

PHF = 尖峰小時係數。

式 8.10 中之 Q_{60} 可代表實際之尖峰小時流率或式 8.1 之流量較高方向設計小時之流量。如尖峰小時係數未知，則其值可從圖 8.4 或式 8.2 來估計。

在同一需求流率之下，如需求流率很接近或已超過容量，則平均延滯時間隨需求流率持續的時間而變。如圖 8-8 所示，持續時間越長，平均延滯隨著增長。平均延滯不隨需求流率持續時間而變化之車流屬穩定狀態 (stable flow)，平均延滯隨持續時間有顯著變化之車流屬不穩定狀態 (unstable flow)。在穩定及不穩定狀態之間可能有半穩定狀態 (metastable flow)，其平均延滯受個別車距及個別服務時間之影響很大。一般而言，收費車道之流量/容量比超過 0.9 時，就可能進入不穩定狀況。在不穩定的狀況下，平均延滯也受到在分析起始瞬間之車流狀況的影響，所以在現場調查時，取樣開始的瞬間之車況 (包括停等車輛數及其他已在取樣範圍內之車數及車種) 必須有記錄。

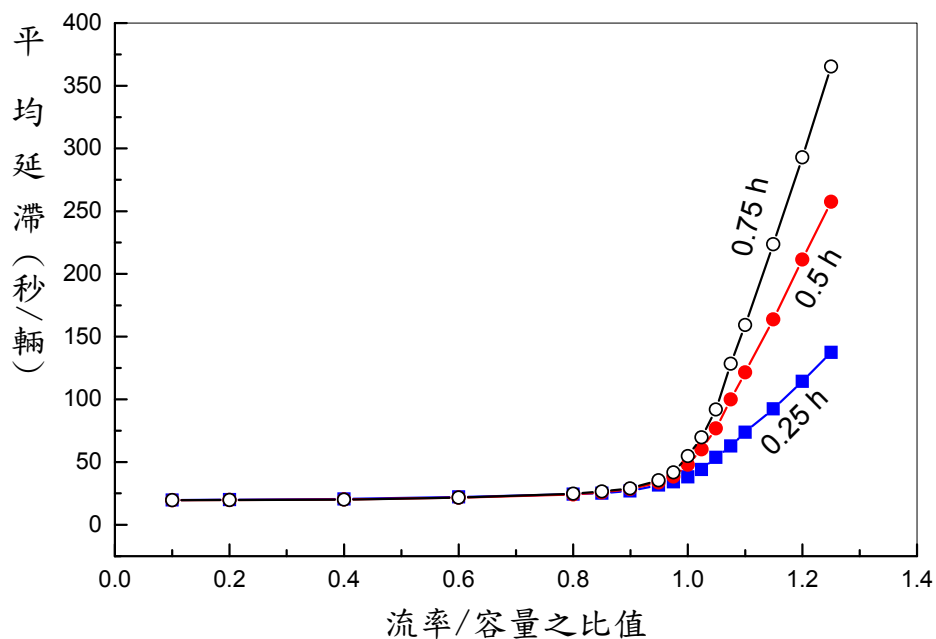


圖 8-8 延滯時間隨分析時間之變化

幾何設計因素涉及主線車道數、收費車道數、車道寬、加速區及減速區之長度與寬度等。這些因素對服務績效的影響尚無法從現場資料加以衡量，但有一些現象可經常在現場觀察到或從理論以預測，例如在每收費車道的需求流率/容量比不變的狀況下，收費車道數增加時，駕駛員有較多的機會移向車隊較短的收費車道，結果平均延滯會

較低。但是車道數對延滯的影響隨收費車道之類型而變。根據 TPS 模式之模擬結果，當每車道之需求流率/容量比不變時，車道數從 1 增加到 2 時對找零車道上之延滯有顯著的影響，但對其他沒有找零車輛延滯的影響很小。車道數從 2 增加到 3 時，所有類型車道上之延滯的下降程度可忽視[20]。

此外，主線收費站之收費車道數經常超過主線之車道數，因而一部分收費車道偏離主線，一般駕駛員雖有駛向車隊較短的收費車道之傾向，但也避免偏離主線太遠，結果造成收費車道使用不均勻。中山高速公路使用率最高之收費車道的流率大約是同型車道每車道平均流率的 1.10 到 1.18 倍[19]。

至於車種組成及收費作業特性的影響，表 8.7 明顯的顯示不同類型收費車道有不同的容量。此外，車種組成及付費方式會影響不同類型收費車道之使用率。因此這些因素對收費站之作業績效評估有重大的影響。表 8.4 及 8.5 顯示各類型收費車道之使用率隨收費站之地點而有不可忽視的變異。因此分析一現有收費站時，宜根據實際之車流狀況。

8.7 績效指標及服務水準

8.7.1 績效指標

收費站之作業績效可從許多角度以評估之。本章之分析方法所考慮之績效評估指標 (measure of effectiveness) 包括：平均路段延滯 (average approach delay)，平均停等延滯 (average stopped delay)，平均車隊長度，通過收費站之平均速率，耗油量及 CO₂ 排放量。這些指標中，通過收費站之平均速率是用以評估收費站作業在整個高速公路系統之服務品質。其他的指標是用以評估收費站及地磅區內部作業的服務品質。

茲將各指標的定義說明如下。

8.7.1.1 收費亭上游平均路段延滯

此指標代表車輛在收費亭上游主線上及減速區因必須減速所增加的旅行時間，其值等於從開始持續減速之地點到車尾通過收費亭下游約 2 公尺之一參考線所需之旅行時間，減掉以主線自由速率行駛同樣距離之旅行時間。根據現場車流行為，本章將主線自由速率為 100 公里/小時及 110 公里/小時之開始減速地點分別定在收費亭上游 1,000 公尺及 1,400 公尺之處。

8.7.1.2 收費亭下游平均路段延滯

車輛通過收費車道之後會加速回到下游主線，然後維持一大約穩定之速率。這期間之旅行時間減掉以收費站上游主線之自由速率行駛同樣距離所需之時間代表收費亭下游平均路段延滯。從加速回主線並達到一平穩速率所需之行車距離及時間隨下游之壅塞情況而變。為了涵蓋大部分或全部之延滯，本章建議將加速區的範圍訂為 1,000 公尺。

8.7.1.3 地磅進口路段平均路段延滯

地磅進口路段係自主線及地磅進口分流點開始到地磅下游端點為止。一車輛之路段延滯等於從該車進入進口路段到車尾離開地磅之旅行時間減掉該車能以自由旅行速率通過進口路段之預期旅行時間。

8.7.1.4 減速區平均停等延滯

減速區之停等延滯指一車從加入停等車隊到車尾通過收費亭之時間。如一車輛往一收費亭行進時沒有其他車輛在下游，則當該車之速率已降到 12 公里/小時以下而且該車距離收費窗口在 1.5 公尺之內，該車可算為已進入停等車隊。如一車輛須等候前面正在付費的車輛，則當該車離前車在 10 公尺之內而且其速率在 12 公里/小時以下，該車可算為已進入停等車隊。平均車隊延滯等於個別車子車隊延滯之平均值。

8.7.1.5 加速區平均停等延滯

如收費亭下游之路段無塞車，加速區內之停等延滯很可能不存在。各車輛在加速區之停等延滯為加入停等車隊到車輛離開停等車隊的時間。

8.7.1.6 通過收費站之平均速率

通過收費站之平均速率等於從開始減速通過收費站，然後回到主

線之路段長(相當於加速區與減速區長度之和)，除以車輛穿過加速區與減速區之平均旅行時間。

8.7.1.7 平均車隊長度

平均車隊長度指每秒鐘車隊長度之平均值，其單位為車輛數。

8.7.1.8 平均路段延滯、車隊延滯、及車隊長度之關係

根據上述的定義，圖 8-9 可用以說明路段延滯及停等延滯之關係，此圖中 t_1 代表 Y 在能以自由速率通過收費站時一車車尾通過收費亭的瞬間， t_2 代表該車加入停等車隊之瞬間， t_3 則為該車車尾通過收費亭之實際瞬間。在低流量之狀況下，加入停等車隊之瞬間 t_2 可能比 t_1 晚，所以其停等延滯可能短於路段延滯。在高流量之狀況下，一車輛加入停等車隊之瞬間可能比 t_1 早，結果路段延滯可能比停等延滯短。

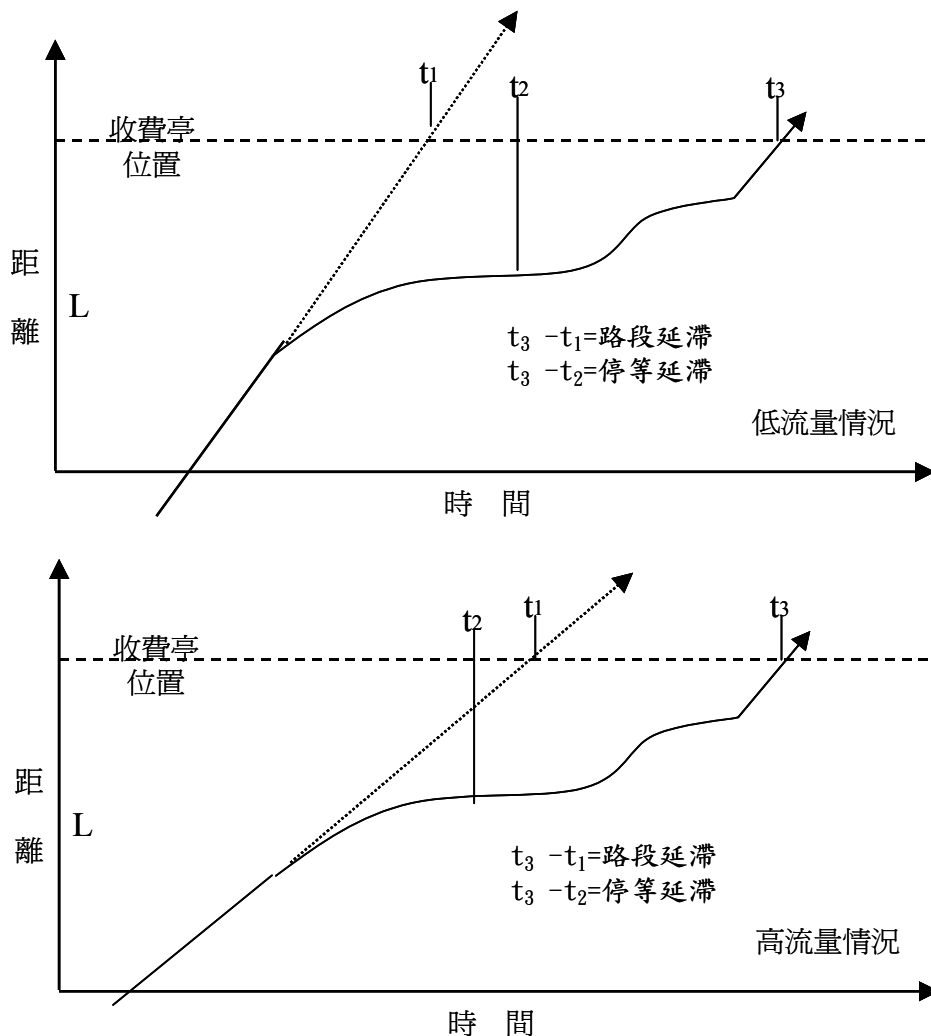


圖 8-9 高流量及低流量狀況下路段延滯及停等延滯關係示意圖

根據電腦模擬，表 8.11 及表 8.12 的迴歸式 ($r^2 > 0.99$) 可用以估計傳統收費作業平均路段延滯與停等延滯、車隊長度的關係。一般而言，電子收費車道上之停等延滯很小，可不考慮。

表 8.11 平均路段延滯與停等延滯的關係

收費車道類型	停等延滯 D_s (秒/輛)
大車或小車找零	$D_s = -19.7 + 1.074D_a$
小車電子收費	如 $D_a \leq 30$, $D_s = 0$ 如 $30 < D_a \leq 60$, $D_s = -1.2 + 0.04D_a$ 如 $D_a > 60$, $D_s = 1 + 0.0028D_a$
大車電子收費	如 $D_a \leq 30$, $D_s = 0$ 如 $30 < D_a \leq 60$, $D_s = -3 + 0.1D_a$ 如 $D_a > 60$, $D_s = 2.77 + 3.45 \times 10^{-4} D_a$
大車回數票或小車回數票	$D_s = -25.8 + 1.278D_a - 3.763 \times 10^{-4} D_a^2 - 1.780 \times 10^{-6} D_a^3$
大車找零/回數票， 小車找零/回數票或 大小車找零/回數票	$D_s = -20.7 + 1.086D_a$

註： D_a = 平均路段延滯(秒/輛)。

表 8.12 平均路段延滯與停等車隊長度之關係

收費車道類型	停等車隊長度 L_{ij} (秒/輛)
大車找零	$L_{bc} = -2.1 + 0.086D_a$
小車找零	$L_{sc} = -3.0 + 0.143D_a$
大車回數票	$L_{bt} = -5.0 + 0.230D_a - 2.313 \times 10^{-4} D_a^2$
小車回數票	$L_{st} = -7.8 + 0.373D_a - 3.45 \times 10^{-4} D_a^2$
大車或小車電子收費	$L_{be} = 0$ $L_{se} = 0$
找零/回數票	$L_{ct} = f_b[P_{bt}L_{bt} + (1 - P_{bt})L_{bc}] + f_s[P_{st}L_{st} + (1 - P_{st})L_{sc}]$

註： D_a = 平均路段延滯(秒/輛)，

f_b = 大車比例，

f_s = 小車比例，

P_{bt} = 大車中使用回數票比例，

P_{st} = 小車中使用回數票比例。

8.7.1.9 耗油量及 CO₂ 排放量

本章分析方法所估計之耗油量及 CO₂ 排放量假設所有車輛為小車而且只用汽油。

8.7.2 服務水準

如一收費站只有傳統之找零及回數票作業，則平均車隊長度可作為劃分服務水準之指標，其原因在於車隊長度是駕駛員與收費站管理人員最容易了解的績效評估指標。未實施電子收費前，國道高速公路局即根據車隊長度來決定何時須機動執行收費車道調撥作業。美國佛羅里達州的運輸廳[21]也利用車隊長度作為收費站規劃與設計的重要考慮因素。但當一收費站有電子收費車道時，因停等車隊很可能只在塞車時才存在，因而車隊長度不適合用以評估電子收費之作業品質，所以本章利用收費亭上游之平均路段延滯做為劃分服務水準之績效指標。服務水準之等級劃分如表 8.13 所示。

表 8.13 服務水準評估準則

服務水準	平均路段延滯(秒/輛)
A	0.0～ 10.0
B	10.1 ～ 20.0
C	20.1 ～ 30.0
D	30.1 ～ 40.0
E	40.1 ～ 50.0
F	>50

資料來源：[19]。

8.8 分析方法

本章提供一模擬分析方法及一簡化分析方法來評估收費站作業。模擬分析之工具為 TPS 模式第二版。此模式可用於作業分析或規劃分析。此兩種分析的手續相同，但作業分析的對象一般是既有設施的作業，因此有詳細車流及幾何設計等資料。規劃分析則須依靠預測的車流狀況。運用 TPS 模式的主要工作在於建立輸入檔。本章附錄的 TPS 模式使用者手冊詳細說明輸入檔之建立。簡化分析的工具為一套分析性模式。這些模式用來估計收費亭上游路段延滯、耗油量及 CO₂ 排放

量。簡化分析方法可利用一分析性模式來估計不同類型收費車道上之車輛延滯。此模式不考慮不同付費方式車輛占用同一車道及轉換車道而相互干擾所造成的額外延滯。因此，簡化分析法估計路段延滯的精確度較低，可能低估延滯，但可迅速的估計一收費站可能之服務水準。

評估收費站作業必須先選擇一分析時段。規劃公路設施時常根據尖峰 15 分鐘之車流狀況。但是臺灣收費站之尖峰流率持久維持在一相當小的範圍內。如果需求流率接近或超過容量，則同一需求流率持續的愈久，車輛之平均延滯愈高。為了反映收費站在尖峰時之作業績效，分析時段必須最少 15 分鐘。

8.8.1 模擬分析方法

模擬分析之流程如圖 8-10 所示。在這流程中，TPS 模式的使用必須事先設定欲模擬的狀況。此狀況包括分析時段、分析時段中之車流特性、各類型車道之設置、付費方式之分布及地磅作業等。根據欲模擬的狀況，TPS 模式在每一模擬作業(Simulation run)時利用一系列的隨機亂數來代表駕駛員之特性，車輛的屬性(如車種、車長、最大加速率等)，個別車距及個別付費時間。一模擬作業的結果相當於在欲模擬狀況下收費站各績效指標值之一樣本。模式的使用者可一次執行一模擬作業，也可同時執行多次的模擬作業。一般在規劃分析及作業分析時應同時執行 10 次以上的模擬作業，並從各模擬作業之輸出值來估計績效指標之平均值。

TPS 模式執行檔之檔名為 TPS-v2.exe，此執行檔只接受檔名為 TPS.txt 之輸入檔。執行檔及輸入檔須放在電腦之同一子目錄(folder)。執行模擬時只要迅速敲擊 TPS-v2.exe 兩次(double-click)，模擬輸出檔會出現在同一子目錄，其檔名為 TPSout.txt。

本所網站(<http://www.iot.gov.tw/mp.asp?mp=1>) 可讓使用者下載執行檔及一檔名為 TPS-Sample.txt 之輸入檔範例，使用者可將該範例存成 TPS.txt，然後依欲模擬的狀況加以修改。TPS-Sample.txt 所模擬的收費站有雙向作業，每方向各有 6 個收費車道，從右到左，依序為 1 大車找零/回數票車道，1 大車電子收費車道，1 小車找零/回數票車道，2 小車回數票車道及 1 小車電子收費車道。模擬範圍包括收費亭上、下游各 1,000

公尺之路段及在收費亭上游之地磅站。高速公路主線有 3 車道，其自由速率為 100 公里/小時。

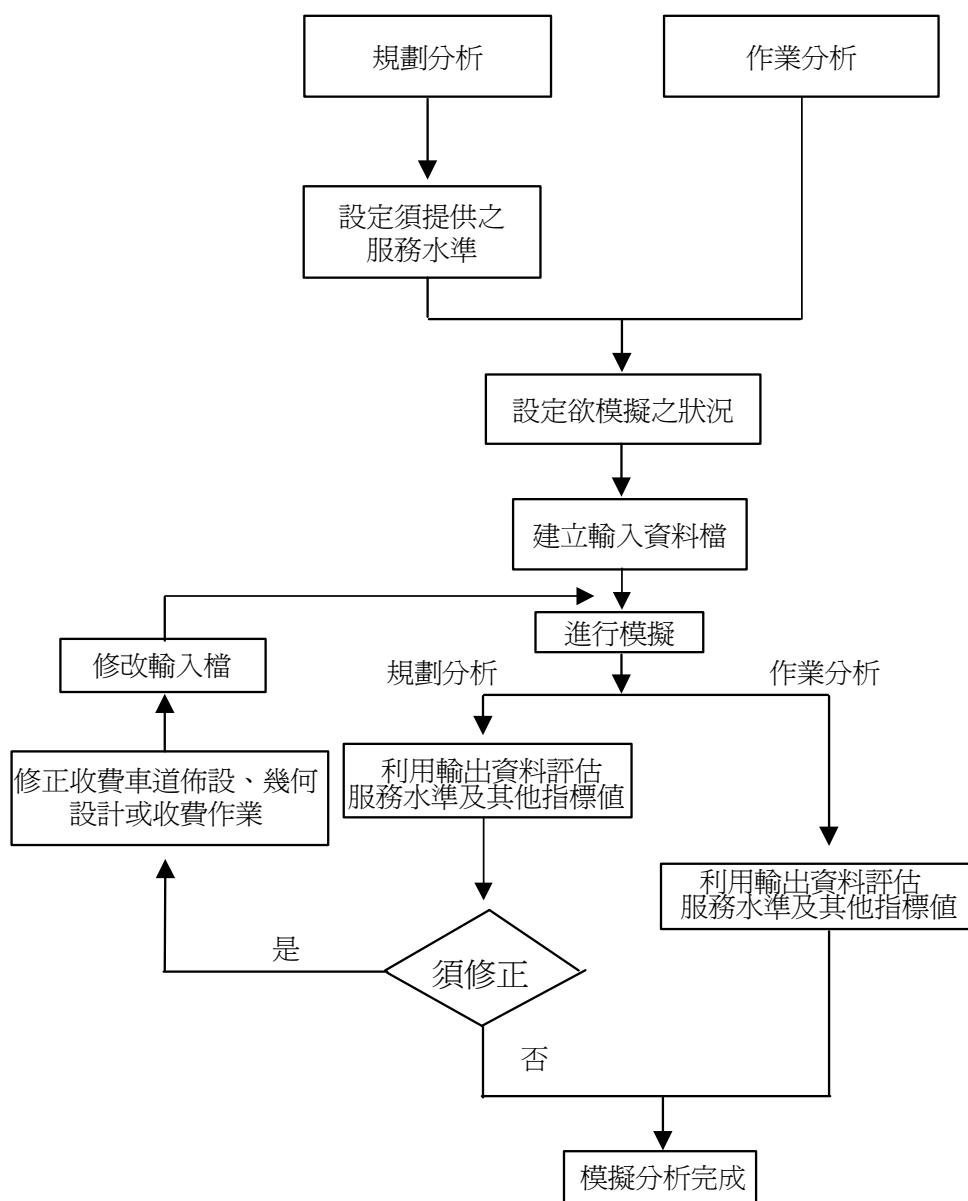


圖 8-10 模擬分析之流程

本章附錄 A 之第 A.6 節對 TPS-sample.txt 所代表之模擬收費站及模擬狀況有比較詳細的說明。本章第 8.9 節進一步以例題來說明如何更改 TPS-example.txt 來模擬不同之狀況。

8.8.2 簡化分析方法

如果分析收費站的目的是在於估計收費站作業所造成之大約路段延滯、耗油量及 CO₂ 排放量，則分析性模式可以迅速地提供估計值。本節說明兩種分析性模式。

8.8.2.1 平均路段延滯估計模式

如果地磅站的作業不影響收費站作業，而且從主線進入收費站的車輛不會因駕駛員選擇收費車道遲疑不決，臨時變換車道，或被其他收費車道上之停等車隊阻擋而不易變換車道，造成額外延滯，則平均路段延滯可用下式來估計：

$$D_k = \frac{V_f - V_k}{3.6\beta_1} - \frac{3.6S}{V_f} + T_k + 900T \left[X_k - 1 + \sqrt{(X_k - 1)^2 + \frac{f\beta_2 X_k}{C_k n_k T}} \right] \quad (8.11)$$

此式中，

D_k = 類型 k 收費車道車輛之平均路段延滯(秒/輛)，

V_f = 收費站上游高速公路上車流不受收費站影響之前之平均自由速率(公里/小時)，

V_k = 車輛通過類型 k 收費車道收費亭之平均自由速率(公里/小時)，

β_1 = 平均減速率之代表值(公尺/秒²)，

S = 在自由旅行狀況下，車輛開始減速之地點與收費亭之距離(公尺)，

T_k = 類型 k 收費車道上車輛之平均停車付費時間(秒)，

T = 分析時間之長度(小時)，

X_k = 類型 k 收費車道之需求流率與容量之比值(簡稱流量/容量比)，

f = 類型 k 收費車道之車道數超過 1 時之調整係數(如類型 k 只有一車道，則 $f=1$)，

β_2 = 類型 k 收費車道之車道數等於 1 時之調整係數，

C_k = 類型 k 收費車道之容量(輛/小時/車道)，

n_k = 類型 k 收費車道之車道數。

式 8.11 中之 $(V_f - V_k)/(3.6\beta_1)$ 代表速率從主線之 V_f 降到在收費亭地點之 V_k 所需之時間， $3.6S/V_f$ 則代表以穩定速率 V_f 行走減速距離 S 公尺所需的時間。所以 $(V_f - V_k)/(3.6\beta_1)$ 及 $3.6S/V_f$ 的差值代表在自由旅行狀況下因減速所產生之延滯。同一式中之 T_k 代表停車付費所造成的延滯，最後一項代表因付費作業與車流互動所造成之額外延滯。使用式 8.11 時須選擇適當的參數值。車道容量 C_k 可用前述 8.4.3 節的資料來估計。其他參數之適用值列於表 8.14~表 8.18。

表 8.14 式 8.11 中 V_f 、 V_k 及 S 之適用值

A.主線平均自由速率 V_f (公里/小時) 速限 90 公里/小時： $V_f=95\sim100$ 速限 100 公里/小時： $V_f=105\sim110$
B.收費地點平均自由速率 V_k (公里/小時) 小車電子收費車道： $V_k=52$ 大車電子收費車道： $V_k=50$ 其他類型收費車道： $V_k=0$
C.減速行車距離 S 公尺 如 $67.5 \leq V_f \leq 87.5$ ： $S = -1055 + 18V_f$ 如 $V_f > 87.5$ ： $S = -2840 + 38.4V_f$

表 8.15 式 8.11 中 T_k 之適用值

收費車道類型	T_k (秒)
A.專用車道	
小車回數票	0.0
大車回數票	1.4
小車電子收費	0.0
大車電子收費	0.0
小車找零	4.2
大車找零	7.5
B.找零/回數票共用	
小車專用	$4.2(1 - P_{st})$
大車專用	$7.5(1 - P_{bt}) + 1.4P_{bt}$
大、小車共用	$4.2f_s(1 - P_{st}) + 7.5f_{bt}(1 - P_{bt}) + 1.4P_{bt}$

註： P_{st} =回數票小車比例； P_{bt} =回數票大車比例； f_s =小車比例； f_b =大車比例。

表 8.16 式 8.11 中專用收費車道之 β_1 及 β_2 適用值

收費車道類型	回數票比例	容量模擬值	β_1	β_2
小車回數票	1.00	960	0.50	2.0
大車回數票	1.00	581	0.48	2.0
小車電子收費	0	1,711	0.27	3.0
大車電子收費	0	1,126	0.27	3.0
小車找零	0	476	0.50	2.0
大車找零	0	276	0.47	2.0

表 8.17 式 8.11 中找零/回數票車道之 β_1 及 β_2 適用值

收費車道類型
A.所有找零/回數票： $\beta_1 = 0.49$
B.小車找零/回數票 如 $P_{st} \leq 0.4$ ， $\beta_2 = (\beta_2)_s = 2.0$ 如 $0.4 < P_{st} \leq 0.7$ ， $\beta_2 = (\beta_2)_s = 3.2 - 3P_{st}$ 如 $P_{st} > 0.7$ ， $\beta_2 = (\beta_2)_s = 0.96 + 0.0668 e^{\frac{P_{st} - 59.2}{14.99}}$
C.大車找零/回數票車道 如 $P_{bt} \leq 0.3$ ， $\beta_2 = (\beta_2)_b = 2.0 - 0.027P_{bt}$ 如 $0.3 < P_{bt} \leq 0.6$ ， $\beta_2 = (\beta_2)_b = 1.25$ 如 $P_{bt} > 0.6$ ， $\beta_2 = (\beta_2)_b = -0.9 + 5.126P_{bt} - 2.428P_{bt}^2$
D.大、小車找零/回數票車道 $\beta_2 = f_s(\beta_2)_s + f_b(\beta_2)_b$

註： P_{st} =回數票小車比例； P_{bt} =回數票大車比例；
 f_s =小車比例； f_b =大車比例。

表 8.18 式 8.11 中車道數調整因素 f 之適用值($n_k \geq 2$)

收費車道型態	f
A.專用車道	
小車回數票	1.5
大車回數票	1.5
小車電子收費	2.2
大車電子收費	2.2
小車找零	0.8
大車找零	0.8
B.找零/回數票共用車道	1.0

8.8.2.2 耗油量及 CO₂ 排放量估計模式

臺灣缺乏本土性車輛耗油量及排放量資料及估計模式。本所進行之相關研究尚未完成，目前只有很有限的資料可用來建立過渡性的估計模式。根據從一 Honda 小客車(CIVIC LX，A54D，重 1,215 公斤，排氣量 1,788 cc，最大馬力 140@6300rpm)取得之資料[21]，本所在 2010 年時建立一過渡性模式來估計汽油耗油量及 CO₂ 排放量[20]。使用此模式時不能考慮車種組成之影響。本章採用此模式來估計車輛

通過收費站時之汽油耗油量及 CO₂ 排放量。

耗油量及 CO₂ 的排放量受減速及加速之影響。車輛在收費亭上游約 800 公尺到 1,500 公尺之處，就可能開始減速。通過收費車道之後的車輛，可能須行駛 800 公尺以上才能達到主線之穩定速率。為了評估不同收費作業有同一的基準，本章用收費亭上游 1,400 公尺到下游 1,000 公尺之行車距離，估計耗油量及 CO₂ 排放量。

CO₂ 排放量與油料含碳(carbon)成分有直接關係。本所所用之 Honda 測試車每公克所用之汽油可產生 3.167 公克之 CO₂。所以 CO₂ 之排放量可直接從耗油量來估計。車輛通過收費站的耗油量可分成下列四項來估計：

1. 怠速(idling)狀況耗油量

$$F_1 = 0.317 \sum_{k=1}^M n_k D_{ks} Q_k \quad (8.12)$$

此式中，

F_1 = 通過收費站車輛在怠速狀況下之總汽油耗油量(公克/小時)；

n_k = 類型 k 車道之車道數；

D_{ks} = 類型 k 車道上車輛之平均停等延滯(秒/輛)；

Q_k = 類型 k 車道之流率(輛/小時/車道)；

M = 收費車道之類型總數。

式 8.12 中之平均停等延滯可根據表 8.14~8.17 所列之關係，從式 8.11 來估計。

2. 穩定速率狀況耗油量

$$F_2 = (0.217 + 0.193e^{\frac{V_c}{51.859}}) \left[\sum_{k=1}^M (n_k Q_k) \frac{3.6S_a}{V_c} \right] \quad (8.13)$$

此式中，

F_2 = 車輛能以穩定速率 V_c 行走 $(S + S_k)$ 公尺之總耗油量(公克/小時)；

V_c = 車輛在主線上未受收費站影響之前之穩定速率(公里/小時)；

S_a = 分析之行車距離 (2,400 公尺)。

式 8.13 中之穩定速率 V_c 在需求流率低於 1,400 小車/小時狀況下，大約與自由速率 V_f 一樣。需求流率較高時，穩定速率會稍微降低。

假設大車之小車當量為 1.5 而且大車比例不超過 15%，則穩定速率 V_c 可估計如下：

$$\begin{aligned} \text{如 } Q_m \leq 1400 \text{ 輛/小時/主線車道,} \\ V_c = V_f \end{aligned} \quad (8.14a)$$

$$\begin{aligned} \text{如 } Q_m > 1400 \text{ 輛/小時/主線車道,} \\ V_c = V_f - 0.02(Q_m - 1400) \end{aligned} \quad (8.14b)$$

式 8.14b 不適用於 V_c 小於 65 公里/小時之情況。

此式中，

Q_m = 主線車道上之需求流率(輛/小時/車道)。

3. 減速期間增加的耗油量

車輛若須減速，則在減速期間的耗油量可能比能以穩定速率 V_c 行走同樣距離時的耗油量高，也可能比較低。每一車從穩定速率 V_c 減速到收費亭地點之速率 V_k 所增加之耗油量 H_k (公克)可估計如下：

$$\text{如 } V_k - V_c \leq -60, H_k = 33 + 0.55(V_k - V_c) \quad (8.15a)$$

$$\text{如 } -60 < V_k - V_c \leq -40, H_k = 6 + 0.1(V_k - V_c) \quad (8.15b)$$

$$\text{如 } -40 < V_k - V_c \leq -16, H_k = -7 - 0.225(V_k - V_c) \quad (8.15c)$$

$$\text{如 } -16 < V_k - V_c \leq 0, H_k = 0.125(V_k - V_c) \quad (8.15d)$$

因減速所增加的總耗油量（公克/小時）則可估計如下：

$$F_3 = \sum_{k=1}^M n_k Q_k H_k \quad (8.16)$$

4. 加速期間增加的耗油量

車輛加速時，其每秒之耗油率迅速地提高，如果一輛車離開收費亭地點之後速率從 V_k 增高到 V_c ，則該車所增加之耗油量 G_k (公克)可估計如下：

$$\text{如 } V_c - V_k > 5, G_k = 3.477e^{\frac{V_c - V_k}{38.189}} \quad (8.17a)$$

$$\text{如 } V_c - V_k \leq 5, G_k = 0.8(V_c - V_k) \quad (8.17b)$$

通過收費站所有車輛在加速期間所增加之總耗油量（公克/小時）可估計如下：

$$F_4 = \sum_{k=1}^M n_k Q_k G_k \quad (8.18)$$

根據上述之 F_1 ， F_2 ， F_3 及 F_4 所有車輛在減速、付費及加速期間之總耗油量 F （公克/小時）可估計如下：

$$F = \sum_{i=1}^4 F_i \quad (8.19)$$

其相關之 CO_2 排放量（公克/小時）可用下式來估計：

$$\text{CO}_2 = 3.167F \quad (8.20)$$

8.9 分析例題

8.9.1 例題一

泰山收費站設有一小車及一大車找零/回數票車道。這兩車道上之回數票車輛皆為 60%。試估計各車道的容量。

解：

從式 8.4 並根據 $P_{st} = 0.6$ ，小車車道之容量為 698 小車/小時/車道。

根據 $P_{bt} = 0.6$ ，從式 8.5 估計所得之容量為 408 大車/小時/車道。

8.9.2 例題二

頭城收費站設有一大小車找零/回數票車道。大車佔總車輛之 4%，小車中回數票車輛佔 40%，大車中回數票車輛佔 60%。試估計此車道的容量。

解：

從表 8.8 可得下列各車種及付費方式之代表性服務時間(秒)：

$T_{st} = 4.3$ ， $T_{sc} = 7.7$ ， $T_{bt} = 6.2$ ， $T_{bc} = 13.1$ 。此外， $f_b = 0.04$ ， $f_s = 0.96$ ，

$P_{bt} = 0.6$ ， $P_{st} = 0.4$ 。所以從式 8.6 所估計的容量為 558 輛/小時/車道。

8.9.3 例題三

泰山收費站北上尖峰小時之流率為 7,500 輛/小時，其尖峰小時係數為 0.97。北上車流中有 10%是找零小車，高速公路主線上之自由速率為 100

公里/小時。北上有幾個找零小車專用的車道才能維持 C 級的服務水準？
解：

本問題可根據式 8.11 先估計平均路段延滯然後評估服務水準。應用式 8.11 所需的參數值如下：

1. 需求流率(式 8.10)： $7500/0.97 \times 0.1 = 773$ 小車/小時；
2. 容量(表 8.7)： $C_k = 470$ 小車/小時；
3. 車道數： $n_k = 2$ (假設值)；
4. 需求流率/容量比： $X_k = 773/470/2 = 0.82$ ；
5. 主線自由速率： $V_f = 100$ 公里/小時；
6. 收費亭地點自由速率： $V_k = 0$ 公里/小時；
7. 減速行車距離(表 8.14)： $S = -2840 + 38.4 \times 100 = 1000$ 公尺；
8. $T_k = 4.2$ 秒(表 8.15)；
9. $T = 0.25$ 小時；
10. $f = 0.8$ (表 8.18)。

根據上述參數從式 8.11 所估計得的平均路段延滯為 27 秒/輛，從表 8.13 可知此延滯表示 2 車道可維持 C 級之服務水準。

8.9.4 例題四

一收費站有一小車找零車道及一小車電子收費車道。上游主線之尖峰 15 分鐘需求流率為 800 輛/小時，其中一半的車輛為找零車輛。車輛在主線的自由速率為 100 公里/小時。試比較各車道車輛之耗油量及 CO₂ 排放量。
解：

此題的分析工作包括估計平均路段延滯、平均停等延滯、怠速耗油量、穩定行車耗油量、加減速所造成之額外耗油量及 CO₂ 排放量。分析之行車距離為 2,400 公尺，分析工作所牽涉的計算如表 8.19 所示。

從表 8.19 可知電子收費作業可減少耗油量及 CO₂ 排放量。及使每收費車道之需求流率只有 400 輛/小時，電子收費作業可讓每車的耗油量減少 $(62,582 - 55,632)/400 = 17.4$ 公克。電子收費的怠速耗油量即使在需求流率/容量比超過 1.0 時也微不足道。在這種流率/容量比時，找零車道的怠速耗油量會遠高於電子收費車道之耗油量。電子收費作業可減低在加速期間之耗油量，但其在減速時的相關額外耗油量比較高。

表 8.19 例題 4 之分析

項 目	找 零	電子收費車道
1.主線 Q_m (需求流率/車道)	400	400
2.收費車道 Q_k (需求流率/車道)	400	400
3.主線 V_f (公里/小時)	100	100
4.路段延滯		
n_k (式 8.11)	1	1
f (式 8.11)	1	1
V_k (表 8.14)	0	52
β_1 (表 8.16)	0.5	0.27
S (表 8.14)	1,000	1,000
T_k (表 8.15)	4.2	0
T	0.25	0.25
C_k (表 8.7)	470	1,715
$x_k = Q_k / C_k$	0.851	0.233
β_2 (表 8.16)	2	3
D_k (式 8.11)	33.3	17.8
5.停等延滯(表 8.11)	16.1	0
6.怠速耗油量 F_1 (式 8.12, M=1)	2,042	0
7.穩定速率耗油量		
V_c (式 8.14)	100	100
S_a (式 8.13)	2,400	2,400
F_2 (式 8.13, M=1)	50,264	50,264
8.減速耗油增加量		
$V_k - V_c$	-100	-48
H_k (式 8.15)	-22(式 8.15a)	1.2(式 8.15b)
F_3 (式 8.16, M=1)	-8,800	480
9.加速耗油增加量		
$V_k - V_c$	100	48
G_k (式 8.17a)	47.69	12.22
F_4 (式 8.18, M=1)	19,076	4,888
10.總耗油量(式 8.19)(公克/小時)	62,582	55,632
11.CO ₂ 排放量(式 8.20)(公克/小時)	198,197	176,187

8.9.5 例題五

本章附錄表 A-5 所示之 TPS-example.txt 輸入檔之檔型 1 資料註明在熱機之後須模擬兩時段，每時段長 900 秒。如果熱機之後須模擬 3 時段，每時段長 5 分鐘，而且在各行車方向及各模擬時段（熱機之後）的流率（輛/小時）如下：

方向	5 分鐘時段		
	1	2	3
1	2500	3500	2800
2	1800	2400	2200

試問如何修改 TPS-example.txt？

解：

1. 檔型 1 之資料須改為：1 0 200 3 300

2. 檔型 22 之資料須改為：

22 1 2500 3500 2800

22 2 1800 2400 2200

8.9.6 例題六

本章附錄表 A-5 所示之 TPS-example.txt 輸入檔之檔型 16 資料及檔型 18 資料表示地磅站在收費亭下游（見附錄圖 A-11）。如果將地磅站移到收費亭上游，並讓地磅站路段進口及出口各離模擬範圍起點 500 公尺及 700 公尺，試問如何修改 TPS-example.txt？

解：

欲模擬上述之狀況只要將檔型 16 的資料改為：

16 1 500 700 120

8.9.7 例題七

本章附錄表 A-5 所示之 TPS-example.txt 輸入檔可模擬高速公路主線有 3 車道之情形。如果第一行車方向的主線只有 2 車道，其他狀況不變，則如何修改 TPS-example.txt？

解：

1.檔型 19 有關第一方向之資料須改為：

19 1 2 6 2

2.檔型 20 有關第一方向，收費亭上下游的資料須改為：

20 1 1 1 2 350

20 1 2 1 -2 350

這兩套資料表示收費亭上游主線右側在進入收費站之後增加 2 車道。車道開始增加的地點距模擬範圍起點 350 公尺。此外，收費亭下游 350 公尺處，開始將車道數逐漸減少 2 車道。

8.9.8 例題八

本章附錄表 A-5 所示之 TPS-example.txt 輸入檔在各行車方向設定了兩個供小車使用之回數票車道。如果將第一行車方向之一個小車回數票改為找零及回數票共用之車道，則如何修改 TPS-example.txt？

解：

回數票之代號為 2，找零之代號為 3。所以如讓第一行車方向之第 4 車道讓找零及回數票小車共用，則檔型 7 有關第 4 車道之資料須改為：

7 4 2 3

參考文獻

- 1.臺灣高速公路工程局，南北高速公路細部設計圖（臺中-嘉義段），圖號 SMEETTA-1。
- 2.Samuel, P., “Electronic Avence,” Tolltrans 2009, A Traffic Technology International Supplement, 2009, pp. 15-18.
- 3.Smyth, L., “Capital Injection,” Tolltrans 2009, A Traffic Technology International Supplement, 2009, pp. 25-27.
- 4.Jai, F. L., “Call of the Open Road,” Tolltrans, A Traffic Technology International Supplement, 2009, p. 80.
- 5.Pietrzyk, M. C., and E. A. Mierzejewski, *Electronic Toll and Traffic Management (ETTM) Systems*, NCHRP Synthesis 194,

- Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1993.
6. Zarrillo, M. L., and A. E. Radwan, "Methodology SHAKER and the Capacity of Five Toll Plazas," *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, Vol. 135, No. 3, 2009, pp. 83-93
 7. Hatb, R., E. Radwan, X. Su, and C. Russo, "Exploring Toll-Lane Processing Times, an Empirical Analysis," *TRB 89th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2010.
 8. Klodzinski, J., and H. M. Al-Deek, "New Methodology for Defining Level of Service at Toll Plazas," *ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers, Volume: 72, Issue Number: 2, 2002, pp 34-36, 41-43.
 9. Lelewski, A R, J. A., Berenis, G. M. Pressimone, "Analyzing Express Toll Plaza Operations Using Modern Simulation Models," *Institute of Transportation Engineers Annual Meeting and Exhibit CD-ROM*, 2003.
 10. Redding, R. T., and A. J. Junga, "TPASS: Dynamic Discrete-event Simulation and Animation of a Toll Plaza," *Proceedings of the 24th Conference on Winter Simulation*, Arlington, Virginia, United states, December 13-16, 1992, pp.1292-1295.
 11. *VISSIM Traffic Flow Simulation-Technical Description*, PTV.
 12. *Quadstone- Paramics v4.1-System Overview*, Quadstone Limited, May 2003.
 13. *AIMSUN Version 4.1 – User Manual*, Transport Simulation Systems, November 2002.
 14. Lieberman, E., J. Chang, and B. Andrews, "Applying Microsimulation to Evaluate, Plan, Design and Manage Toll Plazas," *TRB 83rd Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM*, Transportation research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2004.
 15. Lin, F. B., "A Delay Model for Planning Analysis of Main-Line Toll Plazas," *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1776, Transportation Research Board, National research Council, Washington, D. C., 2001, pp.67-94.
 16. Ozmen-Ertekin, D., K. Ozbay, S. Mudigonda, and A. M. Cochran, "A Simple Approach to Estimating Changes in Toll Plaza Delays,"

Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Number: 2047, 2008, pp. 66-74.

17. Ceballos, G., and O. Curtis, "Queue Analysis at Toll and Parking Exits Plazas: A Comparison between Multi-Server Queuing Models and Traffic Simulation," *Proceedings of ITE 2004 Annual Meeting and Exhibit*, CD-ROM, Lake Buena Vista, Florida, August 1-4, 2004.
18. Aycin, M., K. Kiskel, V. Papayannoulis, and G. Davies, "Development of Methodology for Toll Plaza Delay Estimation for Use in Travel Demand Model Postprocessor," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2133, 2009, pp. 1~10.
19. 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。
20. 交通部運輸研究所，「高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量及車流特性之研究(1/3)」(期末報告初稿)，民國 99 年 11 月。
21. 交通部運輸研究所，能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究(2/2)，98-71-1257，民國 98 年。

附錄 J：TPS 收費站模擬模式第二版使用者手冊

A.1 緒論

收費站模擬模式 (Toll Plaza Simulation Model, 簡稱為 TPS 模式) 乃是一時間推進 (time-advanced) 之微觀電腦模擬模式。此模式每秒一次更新模擬車輛之速率、位置及加速率或減速率。TPS 模式可用以模擬收費站在不同幾何設計、交通狀況及作業方式時之服務水準及容量。此附錄之目的在於介紹 TPS 模式之一般性質、輸入資料檔之建立及模式之運用。

TPS 第二版與第一版的主要差異如下：

1. 第二版之車輛只分成大車及小車，第一版的車輛則包括小車、大客車、大貨車、聯結車。
2. 第二版不讓使用者改變檔型 4 及檔型 17 的輸入資料來設定模擬狀況。
3. 第二版之輸入檔增設檔型 27, 28, 29 及 30 之資料，讓使用者調整收費車道之效率。
4. 第二版根據運輸研究所在 2010 年期間蒐集之現場資料，模擬電子收費及其他收費之作業。第一版之電子收費乃根據假設之行為，其他收費方式已跟 2010 年其間之收費方式有差異。
5. 第二版增加耗油量及二氧化碳(CO₂)排放量。

A.2 電腦設備及執行檔之使用

TPS 模式是利用 Compaq Visual Fortran 語言所建立。本所網站 (<http://www.iot.gov.tw/>) 提供此模式的執行檔，讓使用者下載。執行檔之檔名為 TPS-V2.exe，此執行檔必須與輸入檔放在同一子目錄(folder)。輸入檔的檔名必須設定為 tps.txt。電腦設備必須有 Window 98 以上之平台(platform)。執行模擬時只要在 TPS-V2.exe 的 icon 上迅速

按兩下(double-click)即可。模擬結束之後所產生的輸出檔會出現在同一子目錄，輸出檔之檔名為 tpsout.txt。

A.3 模擬系統

如圖 A-1 所示，TPS 模式之模擬系統包括收費站、地磅設施及公路主線或出口匝道之上、下游道路。收費站劃分成減速區、收費亭及加速區。收費亭之總數不能超過 28，其單方向之收費亭不能超過 14 個孔道。收費方式限於五種，第一種收費方式為電子收費，其他四種則可隨意指定為找零、不找零、回數票及信用卡等之付費方式。模擬車種也劃分為五種，依順序第一至第五車種各為小型車、大客車、大貨車、聯結車及休閒車。每一車道在任何一瞬間之車輛數不能超過 500 輛，而且單一方向所有模擬之車輛數不能超過 20,000 輛。

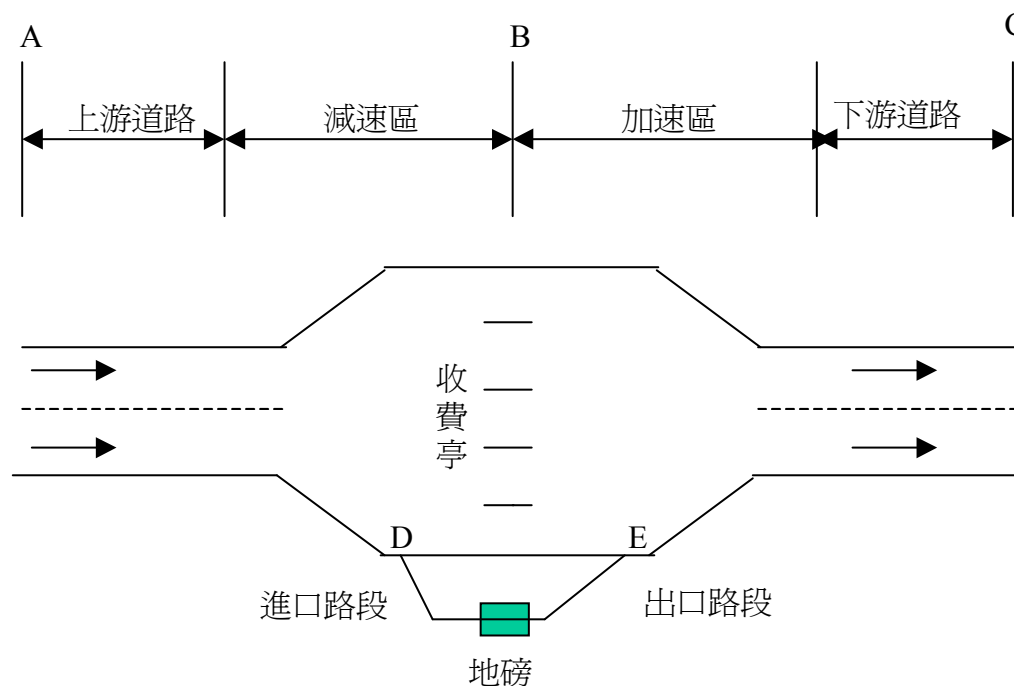


圖 A-1 單方向模擬系統示意圖

地磅設施包括進口路段、地磅及出口路段。出口路段終點（圖 A-1 之 E 點）下方設定一長 60 公尺之加速道。地磅進出口路段起點（圖 A-1 之 D 點）可在收費亭之上游或下游處。此外地磅設施之進、出口各路段最多只能有一車道，而且地磅數不能超過 5 座。

TPS 模式之模擬程序如圖 A-2 所示。TPS 模式可讓使用者一次模擬 1 到 800 個不同狀況。每一模擬作業 (simulation run) 可涉及不同之車輛到達情況、不同之車流率、不同之收費亭數目、不同之收費特性或不同之幾何設計。每一模擬作業之時間包括一熱機時間，熱機時間是用以產生並推進車輛以讓模擬系統內之車輛達到某一程度後才進行模擬資料之蒐集。

TPS 模式假設車輛到達模擬系統之型態為隨機。根據此種假設，車輛預定到達模擬系統上游起點 (圖 A-1 之 A 點) 之車距(headway) 可用下列程式以模擬之：

$$t = A - (H - A) \ln(1 - R) \quad (A-1)$$

此式中，

t = 預定之到達車距 (秒)；

H = 平均預定之到達車距 (秒)；

R = 隨機亂數 (random number)，其值從 0 到 1；

A = 最小間距 (秒)，其值在上游路段只有一車道時為 1 秒，但上游路段最少有兩車道時，其值為 0 秒。

因車輛抵達模擬系統之預期時間、車種及付費方式皆為隨機變數 (random variable)，從隨機亂數所指定之到達時間可能造成在一固定模擬時間內模擬之車數與實際之車數不同。此外模擬之車種分佈及付費方式之分佈也可能與實際之分佈有異。為了避免因模擬車數、車種分佈及付費方式與實際之情況不同而造成模擬輸出值之變異，TPS 模式在未推進模擬車輛之前先產生一系列之車輛到達時間、車種及付費方式，然後利用這些資料以求得在模擬時間內實際之預期到達時間、車種及付費方式。

除了車種及付費方式之外，每一部進入模擬系統之車輛都給予一組屬性，這些屬性包括車長、停等時與前車車尾的距離、駕駛者所希望能保持的最高速率 (亦即自由速率) 及駕駛員之敏感度等。小型車

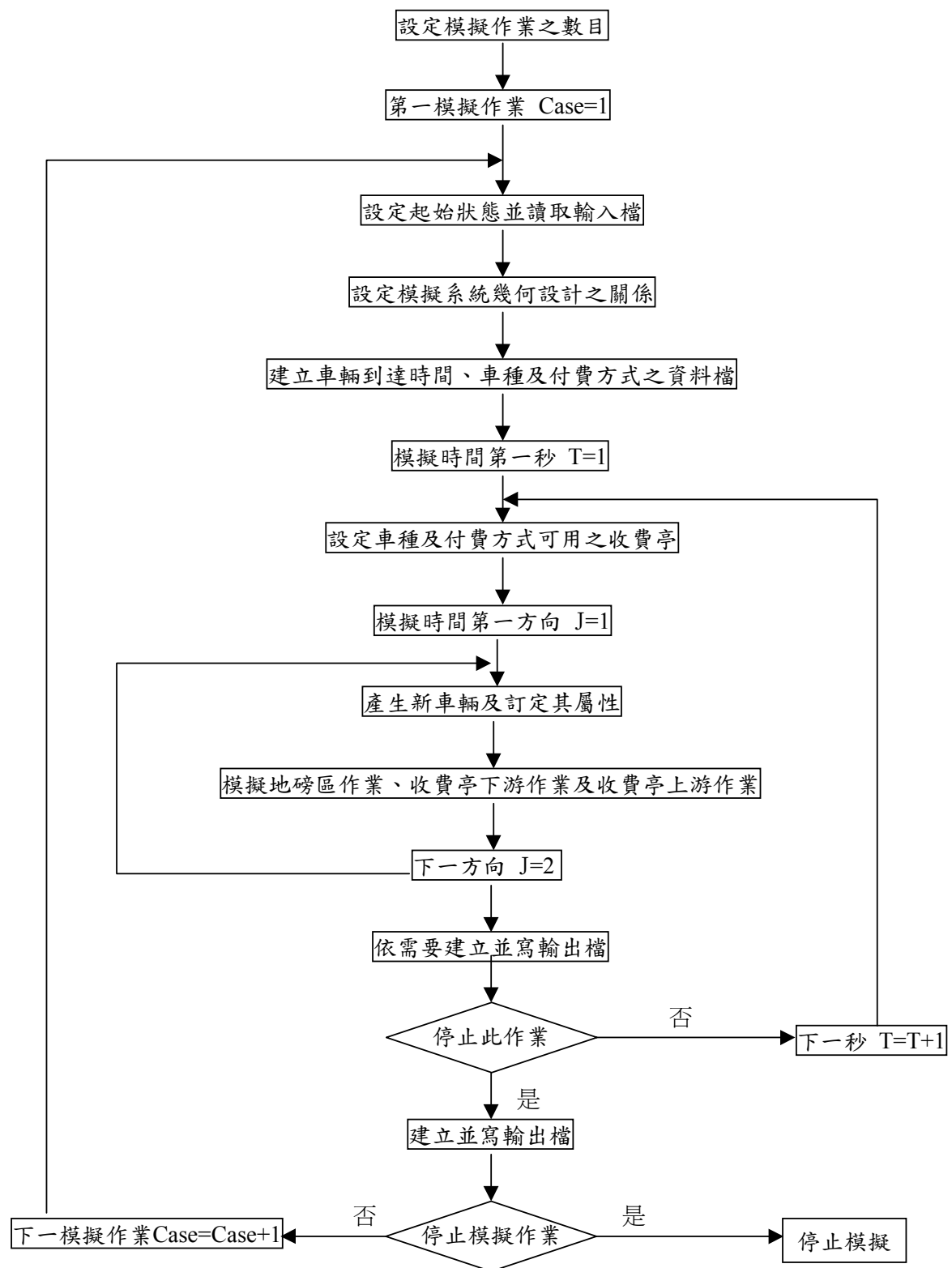


圖 A-2 模擬程序

之車長一般在 4 公尺至 7 公尺之間，大客車車長一般在 10 公尺到 13 公尺之間，大貨車之車長一般在 7.5 公尺到 11 公尺之間，聯結車之車長設定在 12 公尺到 16 公尺之間，休閒車車長則固定為 7.5 公尺。停車時車頭與前車車尾之距離一般在 1.5 公尺至 3 公尺之間。本版因不分大車之車種，所以讓大車之車長在 8 公尺與 15 公尺之間隨機變化。駕駛員希望保持之最高速率一般在平均自由速率之 85%至 115%間。

各車輛之最高加速率隨車種及速率而變。TPS 模式假設小型車從停等位置起動時之最高加速率為 2.8 公尺/秒/秒。在同樣情況下，大貨車及聯結車之最高加速率為 1.5 公尺/秒/秒。最高加速率隨速率之增加而減少。TPS 模式假設駕駛員認為舒適之減速率在 2.5 公尺/秒/秒左右。緊急狀況下之最高減速率則訂為 4.9 公尺/秒/秒。每車在任何一秒中內之加速率或減速率，隨車種、駕駛員之敏感度、速率、離前車之距離、前車之速率與車長、及是否正在考慮變換車道或前方是否有還在變換車道之車輛等因素而變。

車輛推進之順序從最下游第一輛車子開始。如有地磅作業則地磅區之車輛推進完畢後再推進收費亭下游及上游路段之車輛。一車輛從地磅出口路段下游加速車道轉回收費亭下游之道路時所需之最小空間訂為車長加 3 公尺。如果該車及隨後車輛為避免撞車，而須以超過 2 公尺/秒/秒之減速率以減低車速時，則該車輛不能進行變換車道。若當該車不能變換車道則該車必須減低速率。在收費亭上、下游之車輛隨時衡量變換車道之必要及可能性，並依狀況進行變換車道，為了減少模擬所需之時間，車道變換只能依同一方向進行。換言之，如一車輛轉入右側車道，則該車不能轉回左側車道。車道轉換所需與前後車之距離最少為一秒之行車距離加上停車時欲保持之距離（平均約 2 公尺），同時轉換車道時不能造成有超過 2 公尺/秒/秒之減速率。

在減速區之駕駛員有選擇付費車輛較少的車道的傾向，但駕駛員也儘量避免偏離上游公路主線。TPS 模式利用變換車道及不變換車道之相對益處以模擬此行為。相對益處之估計涉及下游之車數，收費亭

上游之幾何設計及車輛所在車道之位置。圖 A-3 顯示模擬車道選擇之行為與在泰山收費站所觀察到之行為相差不大。

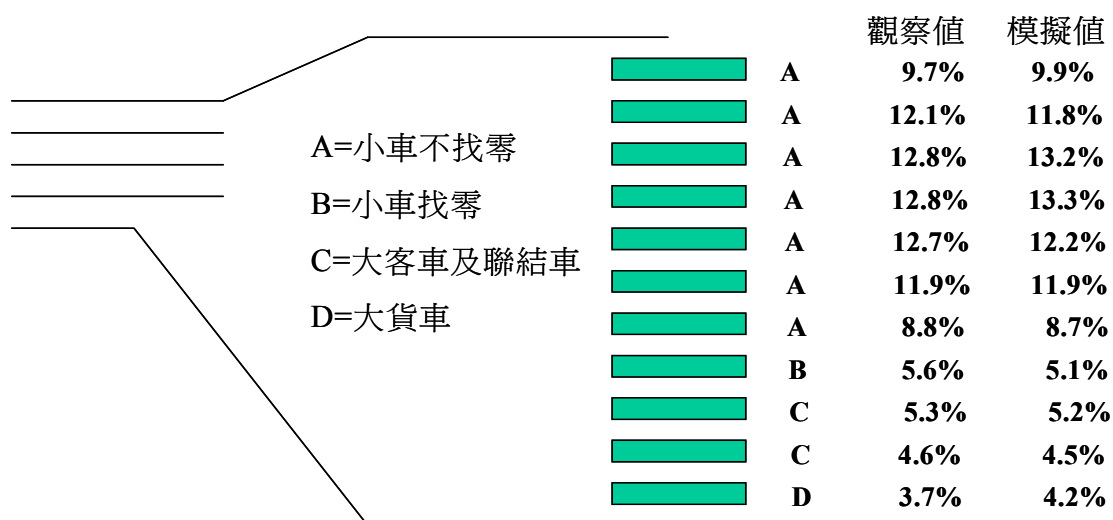


圖 A-3 泰山收費站觀察與模擬之車道選擇百分比

A.4 輸出檔 (tpsout.txt)

TPS 模式輸出檔之檔名為 tpsout.txt。此輸出檔可由使用者指定是否要包括輸入檔讀進之資料。從表 A-1 之例子可知輸出資料、模擬方向（如 Direction=1）、輸出之時間（如 Output at Time=2244；此時間為從模擬開始後之秒數）及其他有關績效之資料。

如圖 A-4 所示，輸出檔中每一方向在收費亭上游之區域稱為 section 1，下游地區則稱為 section 2，上游區域及下游區域之車道以代號訂名為第一車道、第二車道等等。第一車道乃車行方向之最右邊車道。而各收費亭必須與其中一車道連接。上游區域內每一與收費亭相連接的車道有一組輸出值（如上圖方向 1 上游區域之第 1、2 及第 3 車道及下圖方向 1 上游區域之第 2、3 及 4 車道）。在下游區域模擬系統終點之每一車道也有一組輸出值，其他與終點沒有直接連接的車道（如上圖下游區之第 1 車道）則無輸出值。

表 1 輸出檔(tpsout.txt)範例

SECTION=1 is upstream of toll gates
 SSECTION=2 is downstream of toll gates

****OUTPUT AT TIME (seconds)= 2062

*****AGGREGATED STATISTICS FOR ALL CASES*****

DIRECTION= 1

Sample Size= 6

SECTION	LANE	FLOW(VPH)	DELAY(s/veh)		QUEUE(VEH)	LOS
			Total	Stopped		
1	1	110.5	18.3	5.4	0.20	B
1	2	88.8	11.0	0.0	0.02	B
1	3	205.2	18.7	6.3	0.38	B
1	4	264.0	13.0	1.6	0.17	B
1	5	492.5	13.5	1.9	0.35	B
1	6	851.3	11.3	0.0	0.07	B
2	4	364.8	19.0	0.4	0.07	
2	5	634.8	8.2	0.5	0.18	
2	6	1000.5	6.2	3.2	0.83	

TOLL LANE	Flow Rate (vph)	Fuel Consumption (kg)	CO2 (kg)
1	110	16.72	52.95
2	88	12.30	38.95
3	205	62.89	199.17
4	264	38.86	123.08
5	492	72.58	229.87
6	851	117.60	372.44

TOTAL fuel consumption (kg) over 2400m = 320.95

TOTAL CO2 emission (kg) over 2400m = 1016.46

AVERAGE SPEED OVER PLAZA SYSTEM= 77.9 KPH

Mean Flow Rate at Weigh Station= 198.8veh/h

Average Delay on Weigh Station Access Road= 31.7 s/veh

A.4.1 車流率 (Flow, vph)

收費車道 (section 1) 之車流率代表在資料蒐集開始之後 (亦即模擬時間內)，從收費亭離開之車流率 (輛/小時)。在不壅塞的狀況下，此車流率應接近到達各收費亭之流率。在壅塞狀況下，此車流率則相當於該收費車道之容量。

模擬系統終點每一車道 (section 2) 之車流率，代表在資料蒐集開始之後離開模擬系統之車流率。在不壅塞的狀況下，從各收費

亭離開的車流率之和應接近從終點各車道離開模擬系統的車流率之和。收費亭下游（section 2）如因大量車輛須變換車道而造成壅塞時，則從終點各車道離開模擬系統之流率和與從收費亭離開之流率和可能有大的差別。

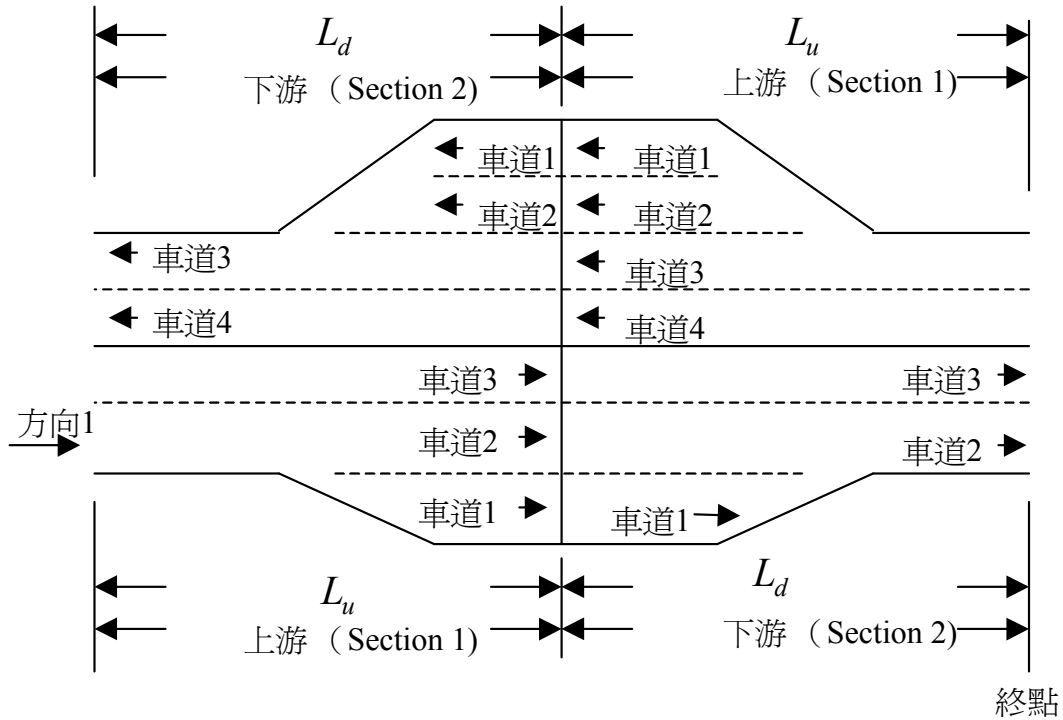


圖 A-4 各方向上、下游區之車道代號範例

A.4.2 平均路段延滯（Average Approach Delay）

路段延滯時間指一車輛在兩點之間，因不能以希望能保持的最高速率（亦即該車之自由速率）行進而造成的延滯。收費車道上車輛之延滯時間由下式求得：

$$d_i = T_{Bi} - T_{Ai} - \frac{L_u + L_i}{V_{ui}} \quad (A-2)$$

此式中，

d_i = 車輛 i 在車尾離開收費亭之前的路段延滯時間（秒）；

T_{Bi} = 車輛 i 之車尾離開收費亭之瞬間（秒）；

T_{Ai} = 車輛 i 預期抵達模擬系統起點(圖 A-3 之 A 點)之瞬間(秒);

L_u = 模擬系統上游區域 (section 1) 之長度 (公尺);

L_i = 車輛 i 之長度 (公尺);

V_{ui} = 車輛 i 在上游區域之自由速率 (公尺/秒)。

離開模擬系統之車輛的路段延滯，從該車車尾離開收費亭之瞬間算起到該車車尾離開終點為止。此路段延滯計算如下：

$$D_i = T_{Ci} - T_{Bi} - \frac{L_d}{V_{di}} \quad (A-3)$$

此式中，

D_i = 車輛 i 在車尾離開模擬系統之前在下游區 (section2) 之行進延滯時間 (秒);

T_{Ci} = 車輛 i 之車尾離開模擬系統之瞬間 (秒);

T_{Bi} = 車輛 i 之車尾離開收費亭之瞬間 (秒);

L_d = 下游區域 (section2) 之長度 (公尺);

V_{di} = 車輛 i 在下游區域之自由速率 (公尺/秒)。

如地磅區之出口在收費亭上游，則從地磅區轉入收費站上游區之車輛須通過收費亭。這些車輛之延滯時間從回到收費站上游區之瞬間算起。換言之，在這情形下式 A-2 中之 T_{Ai} 代表車輛 i 回到收費站上游區之瞬間，而 L_u 代表從地磅區出口到收費亭之距離。

如地磅區之出口在收費亭下游，則經過地磅再轉回收費站下游區之車隊，不用以估計終點車道之平均路段延滯時間。

A.4.3 平均停等延滯 (Average Stopped Delay)

收費車道上 (section 1) 車輛之停等延滯時間，係指一車從加入一緩慢行進或停等之車隊，直到其車尾離開收費亭之時間。終點車道上 (section2) 車輛之停等延滯時間指一車從加入一緩慢行進或停等之車隊直到其車尾離開模擬系統之時間。車輛是否已進入車隊由下列條件決定：

- 1.收費亭沒車時，最先到達之車輛的速率，必須在大約 12 公里/小時以下，而且與收費亭之距離在 1.5 公尺之內，才算已加入車隊。
- 2.如前面有車，則速率必須大約 12 公里/小時以下，而且與前車車尾之距離必須不超過 10 公尺，才算已加入車隊。如車輛之車尾剛從收費亭離開而仍在持續加速中，則該車不算在車隊中。只有少數車輛在收費亭時，上游區域（section 1）收費車道上之停等延滯時間通常會比路段延滯短。當有不少的車輛在收費亭上游之車道時，停等延滯時間則很可能比路段延滯長。

A.4.4 平均車隊長度（Average Queue Length）

TPS 模式每秒均會統計在收費車道及在終點各車道之車隊長度。這些車隊長度的單位為在車隊之車輛數。車隊之車輛數包括正在付費或已付費但車尾尚未離開收費亭之車輛。每秒之車隊長度之平均值代表在任何一瞬間可預期之車隊長度。如下游區域（section 2）沒壅塞狀況，則平均車隊長度應等於或接近零輛。上游區域（section 1）之收費車道如利用電子收費，其平均車隊長度也很可能等於或接近零輛，在下游區偏離終點車道之車道沒有平均車隊長度之輸出值。

A.4.5 通過模擬系統之平均速率（Average Speed Over Plaza System）

在 TPS 模式之作業時每一模擬車輛在模擬系統內之時間訂為：

$$t_i = T_{Ci} - T_{Ai} \quad (A-4)$$

此式中，

t_i = 車輛 i 在模擬系統內之時間（秒）；

T_{Ci} = 車輛 i 之車尾離開模擬系統之瞬間（秒）；

T_{Ai} = 車輛 i 預期抵達模擬系統起點之瞬間（秒）；

通過模擬系統之平均速率等於行車距離除以平均在模擬系統內之時間。

A.4.6 經過地磅之車流率 (Flow Rate Over All Scales)

在輸出檔資料中並不包含個別地磅之細項資料，所以當地磅數超過 1 時，經過地磅之車流率乃經過各地磅車流率之總和。

A.4.7 地磅進口路段平均路段延滯 (Average Delay on Weigh Station Access Road)

一車輛在地磅進口路段之路段延滯，包括從進入進口路段到離開地磅之間所遭遇之延滯。此路段延滯等於實際離開地磅之時間，減掉在進口路段上能以該車欲維持之自由速率（最高速度）行進時預期離開地磅之時間。如進口路段有兩車道時，平均行進延滯之值代表所有車道上車輛行進延滯之平均值。

A.4.8 耗油量及 CO₂ 排放量

臺灣尚未有足夠的本土資料來建立估計車流耗油量及 CO₂ 排放量之模式。根據本所從一小型試驗車(Honda Civic)所蒐集的資料，TPS 模式第二版提供耗油量及 CO₂ 排放量之估計值。這些估計值假設所有車輛之耗油及 CO₂ 排放特性與上述之試驗車相同。

耗油量及 CO₂ 排放量與行車距離、車速及加減速狀況有關。為了用同一基準比較不同收費作業之績效，TPS 模式估計在收費亭上下游共 2,400 公尺行車距離之耗油量及 CO₂ 排放量。

A.4.9 服務水準 (Level of Service)

收費站之服務水準，依表 A-2 所示之平均路段延滯時間劃分為 6 級。

表 A-2 服務水準評估準則

服務水準	平均路段延滯(秒/輛)
A	0~10.0
B	10.1~20.0
C	20.1~30.0
D	30.1~40.0
E	40.1~50.0
F	>50.0

A.4.10 現場延滯值與模擬值之比較

表 A-3 顯示 TPS 模式模擬值與現場觀測到的平均車隊長度及平均車隊延滯之值的比較。由此表可知，模擬之平均車隊長度與觀測值之差異在 0.4 輛之內，平均車隊延滯之差異則不超過 13%。

表 A-3 模擬值與現場觀察值之比較

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
一、收費方式	A	A	A	B	B	B	B	C	C
二、上游流率(輛/時)	764	720	703	461	403	282	298	405	380
三、容量(輛/時)	825	846	860	434	398	346	355	490	525
四、起始車輛數	6	7	5	16	5	12	4	2	7
五、平均車隊長度(輛)									
1.觀察值	3.0	2.1	2.1	14.9	6.7	3.9	4.1	2.0	1.7
2.模擬值	2.9	2.4	2.1	13.5	6.4	3.8	4.1	1.9	1.7
六、平均車隊延滯(秒/輛)									
1.觀察值	13.9	10.5	11.4	109	58.1	46.3	48.8	17.0	16.5
2.模擬值	14.1	10.8	11.0	110	60.6	46.4	47.8	16.9	15.9

A=小車不找零；B=小車找零；C=大客車及聯結車各式收費。

蒐集資料以測試 TPS 模式時，必須在取樣開始之瞬間，記錄已經停等在收費亭之車輛及已進入資料蒐集區域的車隊。這些起始車輛之數目對平均車隊長度及平均車隊延滯可能有很大的影響。測試時，TPS 模式須熱機到起始狀況與現場之起始狀況大約相同時，才能開始蒐集資料。因 TPS 模式之執行檔不輸出起始狀況，所以如使用者有意測試模式，請與運研所連絡。

此外，TPS 模式假設車輛到達資料蒐集區之形態為隨機。但單一現場樣本的到達形態可能與模擬之到達形態不同。所以現場資料蒐集最好每 1 分鐘到 5 分鐘記錄到達流率一次，以做為流率之輸入值。否則在同一收費方式下，須有多筆之現場樣本，才能與 TPS 模式之模擬值做比較。

A.5 輸入檔(tps.txt)

A.5.1 輸入檔資料卡之安排順序

TPS 輸入檔每行之輸入資料須包括有 80 個欄位 (column) 之

資料。所有的資料卡又歸屬於不同的檔型 (data type)。第一資料卡必須為檔型 0 之卡。此卡之後須包含各種模擬作業 (simulation run) 所需之資料卡。所以輸入資料卡之安排順序如下：

檔型 0 之資料卡

第一模擬作業之資料卡

第二模擬作業之資料卡

:

:

第 N 模擬作業之資料卡 ($N \leq 80$)

各種模擬作業的資料卡必須依檔型根據表 A-4 之順序，安排在輸入檔。各檔型之資料內容，資料安排，及資料性質說明如下。

表 A-4 各模擬作業 (Simulation Run) 資料卡之順序安排

檔型	資料性質
0	第 1 到第 44 欄位為輸入數據，第 45 到第 80 欄位為註解。
1	第 1 到第 44 欄位為輸入數據，第 45 到第 80 欄位為註解。
2	第 1 到第 44 欄位為輸入數據，第 45 到第 80 欄位為註解。
:	
9	
92	資料形式 (format) 變換之卡
10	第 1 到第 60 欄位為輸入數據
93	資料形式 (format) 變換之卡
11	第 1 到第 44 欄位為輸入數據，第 45 到第 80 欄位為註解。
12	第 1 到第 44 欄位為輸入數據，第 45 到第 80 欄位為註解。
:	
20	
94	資料形式 (format) 變換之卡
21	第 1 到第 59 欄位為輸入數據，第 60 到第 80 欄位為註解。
22	
95	資料形式 (format) 變換之卡
23	第 1 到第 44 欄位為輸入數據，第 45 到第 80 欄位為註解。
24	
:	
30	
99	輸入資料終止之卡

A.5.2 檔型 0 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份 (data type)，所以其值為 0。
- b：此資料為模擬作業之次數 ($b \leq 800$)。再次模擬時，TPS 模式會自動產生並利用一套新的亂數以模擬收費站之作業，其結果為績效指標估計值之一樣本。如 b 大於或等於 2 時，TPS 模式會利用所有的樣本以估計各績效指標之平均值及標準差。一般分析的模擬次數不必超過 20 次。
- c：此資料為本手冊使用者之註解。

A.5.3 檔型 1 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	15
e	20
f	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份 (data type)，所以其值為 1。
- b：如要印出 (print) 讀進之輸入檔資料則 $b=1$ ，否則 $b=0$ 。
- c：此資料為熱機時間 (warm-up period)，其單位為秒。最短熱機時間可估計如下：

模擬系統總時間長度除以自由旅行時間再加上 100 秒，除非模擬系統很長，一般分析時所需的熱機時間可設定在 200 秒。

- d：此資料為熱機時段後欲模擬之時段數 (simulation interval)。模擬時段數不能超過 20 ($d \leq 20$)。
- e：此資料為每模擬時段之長度 (秒)。模擬時段最長為 99999 秒。但如模擬車輛總數超過 20,000 輛或模擬時間超過 7,200 秒，則模擬會被迫終止。
- f：此資料為使用者之註解。

A.5.4 檔型 2 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份 (data type)，所以其值為 2。
- b：此資料為欲模擬之方向數。如欲模擬單方向之收費，則 b=1，否則 b=2。
- c：此資料為使用者之註解。

A.5.5 檔型 3 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份 (data type)，所以其值為 3。
- b：此值為 0 或 1。b=0 時，TPS 模式利用亂數種子 (random seed number) 以產生亂數，而且不改變這些亂數。當 b=1 時，TPS 模式利用同樣的亂數種子所產生之任何一亂數皆調整為 $1.0-R$ ，其中 R 是當 b=0 所產生之亂數。如使用者用 b=0 模擬一次再用 b=1 模擬一次 (種子不變)，則兩次模擬結果之平均值一般會比用不同亂數種子模擬兩次之平均值更接近真實之平均值 (true mean)。
- c：此資料為亂數種子 (random seed number)，其期值從 20000 到 99999。
- d：此資料為使用者之註解。

A.5.6 檔型 5 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份（data type），所以其值為 5。
- b：此資料為收費站雙向所有收費亭（收費車道）之總數。例如方向 1 有 5 收費亭而方向 2 有 6 收費亭，則 $b=11$ 。收費亭總數不能超過 28 ($b \leq 28$)。
- c：此資料為為使用者之註解。

A.5.7 檔型 6 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
C ₁	10
C ₂	15
C ₃	20
C ₄	25
C ₅	30
d	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份（data type）所以其值為 6。
- b：此資料為某一收費亭之代號，收費亭的代號如圖 A-5 所示。模擬第一方向最右邊的收費亭為第一收費亭 ($b=1$)。

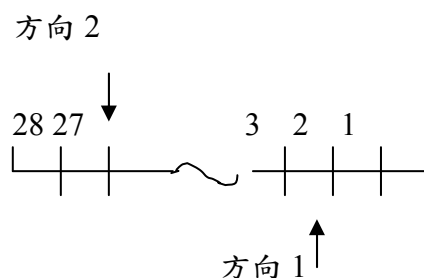


圖 A-5 收費亭代號

- $c_i (i=1,2,\dots,5)$ ：此資料為第 i 種可通過收費亭之車輛的代號。TPS 模式將車種分成 2 類。這些車種及其代號如下：

車種	代號
第一車種：小車	1
第二車種：大車	2

如第 3 收費亭 ($b=3$) 可讓小車及大車通過，則 $c_1=1$ 及 $c_2=2$ ，其他輸入值的位置須空白不填（不能用 0 代替）。

- d：此資料為使用者之註解。

A.5.8 檔型 7 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
C ₁	10
C ₂	15
C ₃	20
d	45

說明：

a：此資料為檔型之身份 (data type)，所以其值為 7。

b：此資料為收費亭之代號 (見圖 A-5)，如 b=1，b=2 等等。

c_i(i=1, 2, 3)：此資料為收費亭使用之第 i 種收費方式之代號。TPS 模式可讓使用者指定 3 種收費方式。收費方式之代號如下：

收費方式	代號
第一收費方式 (電子收費)	1
第二收費方式 (回數票)	2
第三收費方式 (找零)	3

每一收費方式之性質須利用檔型 8 及檔型 9 之資料來規定。如收費亭只用 2 種收費方式，則此資料檔只須提供 c₁ 及 c₂ 之值，c₃ 之位置須空白。

A.5.9 檔型 8 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b ₁ (小車)	5
b ₂ (大車)	10
c	45

說明：

a：此資料為檔型之身份 (data type)，所以其值為 8。

b₁：此資料為小車找零付費平均時間乘以 100，其代表值為 420。

b₂：此資料為大車找零付費平均時間乘以 100，其代表值為 750。

c：此資料為使用者之註解。

A.5.10 檔型 9 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值為 9。
 - b：此資料為小車通過電子收費車道，在收費亭地點之平均自由速率，其代表值為 52 公里/小時。
 - c：此資料為使用者之註解。
- 檔型 9 之資料卡之後必須有檔型 92 之資料卡。

A.5.11 檔型 92 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 92。此檔型用以表示隨後之資料將利用不同之形式(format)輸入。檔型 92 之資料卡必須緊隨檔型 9 之資料卡
- b：此資料為使用者之註解。

A.5.12 檔型 10 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b ₁	5
b ₂	7
b ₃	9
:	:
b ₂₈	59
c	61

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)所以其值必須為 10。
- b_i(i=1,2,.....28)：此資料代表第 1 至第 28 收費亭在模擬剛開始時之個別使用狀況。b_i=0 表示收費亭 i 關閉不使用，b_i=1 表示收費亭 i 開給第一模擬方向使用，b_i=2 表示收費亭 i 撥給第二模擬方向使用。
- c：此資料為使用者之註解。

A.5.13 檔型 93 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 93。此檔型用以表示隨後之資料將利用不同之形式(format)輸入。檔型 93 之資料卡必須緊隨檔型 10 之資料卡。
- b：此資料為使用者之註解。

A.5.14 檔型 11 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	15
e	20
f	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 11。
- b：此資料代表在模擬開始以後，使用方式有變化的收費亭代號(見圖 A-5)。例如第 3 收費亭在模擬剛開始時供應第一方向之車流使用，但因調撥或事故而須變更使用方式，則 b=3。如收費亭之使用方式不變，則檔型 11 之資料不可包含在輸入檔中。
- c：此資料代表在收費亭 b 使用方式變化之後，可以利用該收費亭之方向。c=0 表示收費亭關閉不用，c=1 表示收費亭 b 撥給方向 1 使用，c=2 表示收費亭 b 撥給方向 2 使用。
- d：此資料代表使用方式變化之開始時間(秒)。此時間從模擬開始(0 秒)算起。使用方式變化之時間必須在熱機時間之後，而且必須在模擬開始之後最少 180 秒。
- e：此資料代表使用方式變化結束而復原之時間(秒)。從使用方式開始到結束的時間最少需 120 秒。
- f：此資料為使用者之註解。

A.5.15 檔型 12 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c1	10
c2	15
c3	20
c4	25
c5	30
d	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 12。此檔在有檔型 11 之資料時才有必要。但如檔型 12 之資料用以關閉某一收費亭，則該收費亭不必有檔型 12 之資料。
- b：此資料代表在檔型 11 中註明使用方式有變化（調撥）之一收費亭。
- ci(I=1,2,.....,5)：此資料代表收費亭 b 調撥給另一方向之後所容許之第 i 種收費方式。如只容許 2 種收費方式，則只須填入 c1 及 c2，其他 c3、c4 及 c5 之位置須空白。
- d：此資料為使用者之註解。

A.5.16 檔型 13 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c1	10
c2	15
c3	20
c4	25
c5	30
d	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 13。此檔在有檔型 11 之資料而且有調撥作業時才有必要。
- b：此資料代表在檔型 11 中註明使用方式有變化（調撥）之一收費亭。
- ci(i=1,2,.....,5)：此資料代表收費亭 b 調撥給另一方向之後所容許通過之第 i 種車輛。車種之代號請見檔型 6 之說

明。如只容許 2 種車輛，則只須填入 c_1 及 c_2 ，其他 c_3 ， c_4 及 c_5 之位置可空白。

d：此資料為使用者之註解。

A.5.17 檔型 14 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	45

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值須為 14。此資料檔在有調撥作業(檔型 11 之資料必須在輸入檔)時才有必要。

b：此資料代表當一收費亭從一方向 i 調撥給另一方向 j 時，原來方向 i 在收費亭上游車道減短之長度(公尺或英呎)。圖 A-6 顯示此值之意義。

c：此資料代表當一收費亭從一方向 i 調撥給另一方向 j 時，原來方向 i 在收費亭下游車道減短之長度(公尺或英呎)。圖 A-6 顯示此值之意義。

d：此資料為使用者之註解。

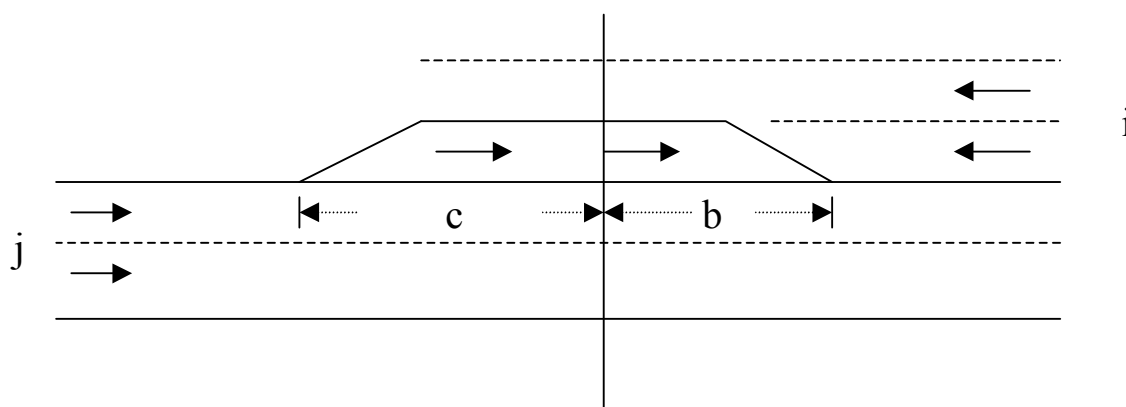


圖 A-6 調撥作業方向 i 所損失之車道長度

A.5.18 檔型 15 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值須為 15。此檔在有地磅時才有必要。
- b：此資料模擬之方向，其值為 1 或 2。
- c：代表須經過地磅之車種。
- d：此資料為使用者之註解。

A.5.19 檔型 16 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	15
e	20
f	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值須為 16。此檔在有地磅時才有必要。換言之，檔型 15 存在時才需此檔型資料。
- b：此資料為模擬方向，其值為 1 或 2。
- c：此資料代表從模擬系統之起點到地磅區進口路段起點之距離(公尺)。此距離之定義顯示於圖 A-7 中。地磅區進口路段之起點可在收費亭之上游或下游。
- d：此資料代表從模擬系統之起點到地磅區出口路段終點之距離(公尺)，見圖 A-7，該終點可在收費亭之上游或下游。
- e：此資料代表地磅區進口路段之長度(公尺)。見圖 A-7。
- f：此資料為使用者之註解。

c，d 及 e 之值有如下之限制：

- 進口路段之長度 e 最少為 120 公尺。
- 出口路段之長度 d-c-e 最少為 30 公尺。
- 如進口在收費亭上游，則進口與模擬系統起點之距離最少為 50 公尺。
- 如進口在收費亭下游，則進口與收費亭之距離最少為 50 公尺。
- 如出口在收費亭上游，則出口與收費亭之距離最少為 150 公尺。
- 如出口在收費亭下游，則出口與模擬系統終點之距離最少為 100 公尺。
- 進口與出口必須在模擬系統之內。

8.進口與出口不能在漸變區(taper)，而且必須在漸變區起點及終點 120 公尺之外。

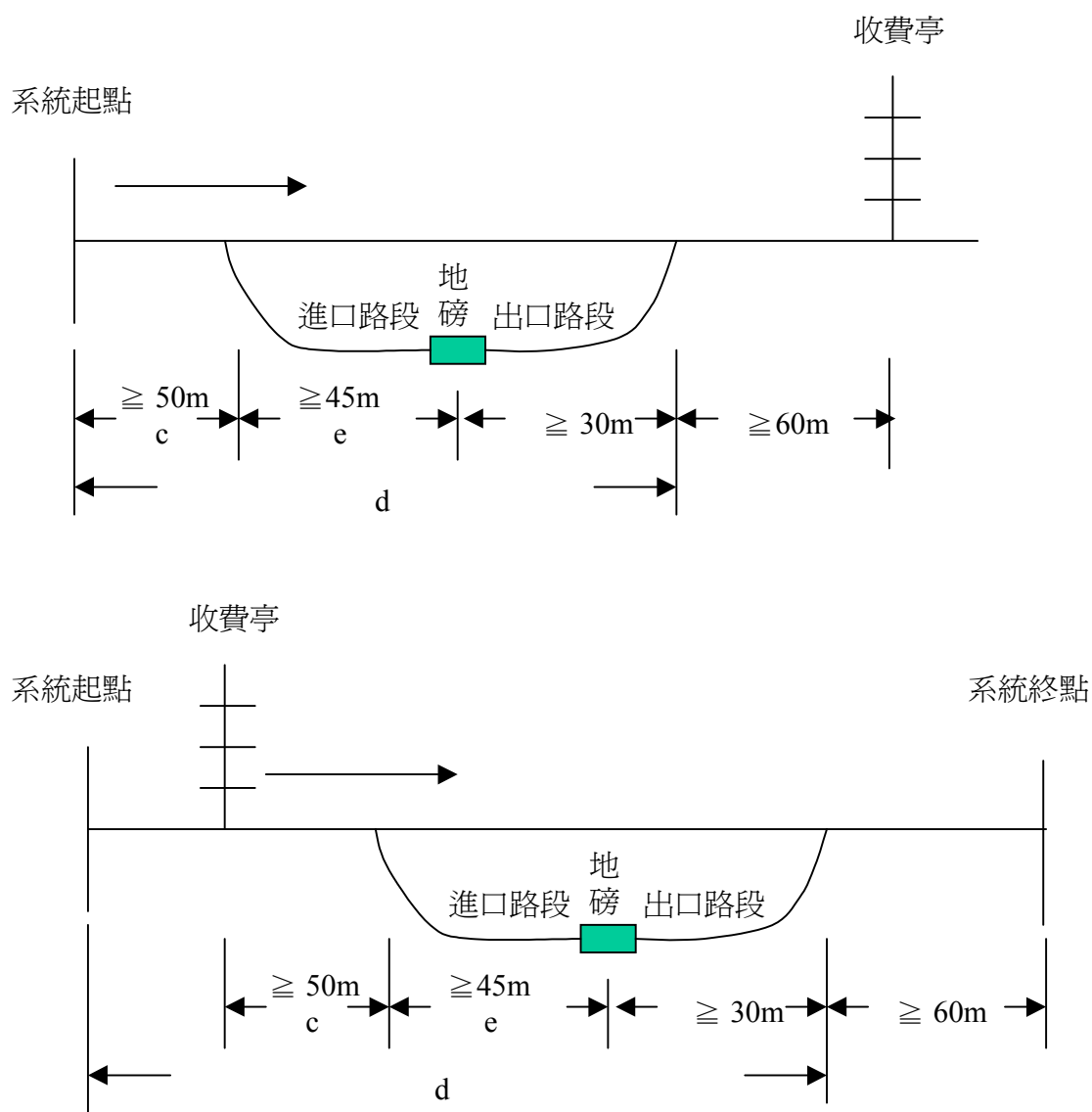


圖 A-7 檔型 16 資料 c、d 及 e 之定義及限制

A.5.20 檔型 18 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	15
e	45

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值須為 18。

b：此資料為模擬方向，其值為 1 或 2。

- c：此資料為模擬系統收費站上游區域之長度(公尺)。見圖 A-8。
- d：此資料為模擬系統收費站下游區域之長度(公尺)。見圖 A-8。
- e：此資料為使用者之註解。

為了不低估路段延滯，上游區域的長度必須配合主線自由速率來訂定。主線自由速率 V_f (公里/小時) 在 70 到 90 公里/小時之範圍內時，上游區域最短長度 c 可估計為 $c = -1,055 + 18 V_f$ (例： $V_f = 70$ ， $c = 205$ 公尺)。在較高的自由速率時， c 值最少應為 $c = -2,840 + 38.4 V_f$ (例： $V_f = 100$ ， $c = 1,000$ 公尺)。下游區域的長度最少應有 800 公尺。

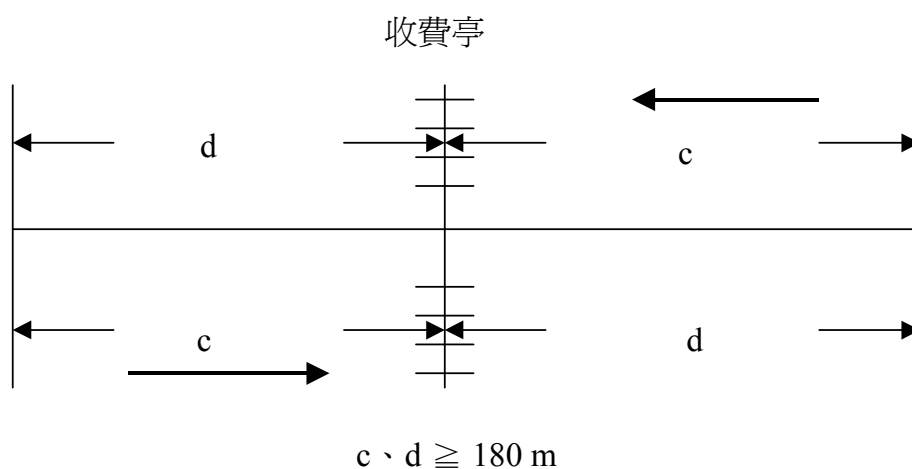


圖 A-8 檔型 18 資料 c 及 d 之定義

A.5.21 檔型 19 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	15
e	20
f	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值須為 19。
- b：此資料為模擬方向，其值為 1 或 2。
- c：此資料為方向 b 模擬系統起點在模擬開始時之車道數。見圖 A-9。
- d：此資料為方向 b 收費亭之數目。此收費亭之數包括所有該方向在模擬開始時開放及關閉之收費亭。收費亭數等於收費車道數。見圖 A-9。

e: 此資料為方向 b 模擬系統終點在模擬開始時之車道數。見圖 A-9。

f: 此資料為使用者之註解。

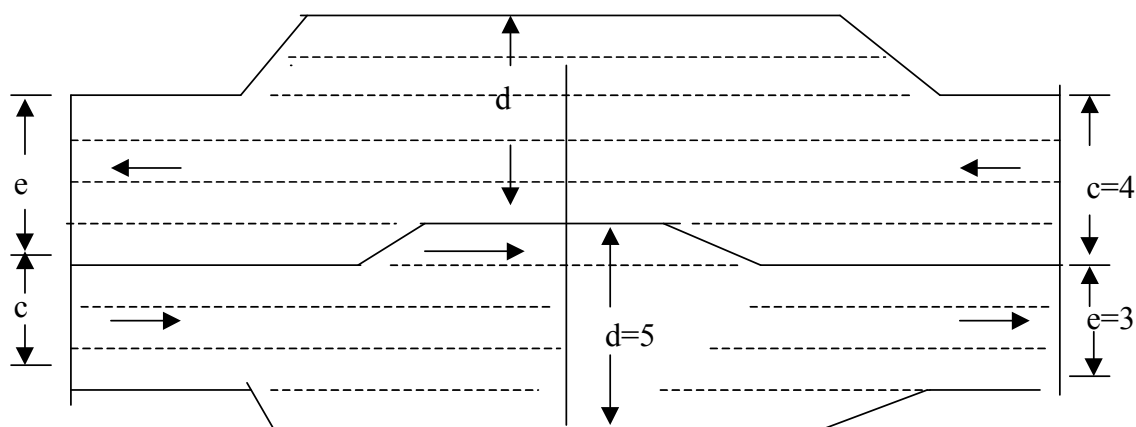


圖 A-9 檔型 19 在模擬開始時車道數資料 c, d 及 e 之定義

A.5.22 檔型 20 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	15
e	20
f	25
g	45

說明：

a: 此資料為檔型之身份(data type), 所以其值須為 20。

b: 此資料為模擬方向, 其值為 1 或 2。

c: 此資料代表模擬方向 b 之上游區域(c=1)或下游區域(c=2)。

d: 此資料代表模擬方向 b, 區域 c 之右側(d=1)或左側(d=2)。

e: 資料代表模擬方向 b, 區域 c, 右側或左側 d 車道增加(e>0)或減少之數目(e<0)。例如模擬系統上游(c=1)之右側(d=1)如在超過起點之後有增設 2 車道(見圖 A-10 之上圖), 則 e=2, 如在起點之後 2 車道被縮短, 則 e=-2。此資料須根據在模擬剛開始之情況以訂定。

f: 此資料代表車道增加或減少之地點與上游區(c=1)或下游區(c=2)起點之距離(公尺)。見圖 A-10。

g: 此資料為使用者之註解。

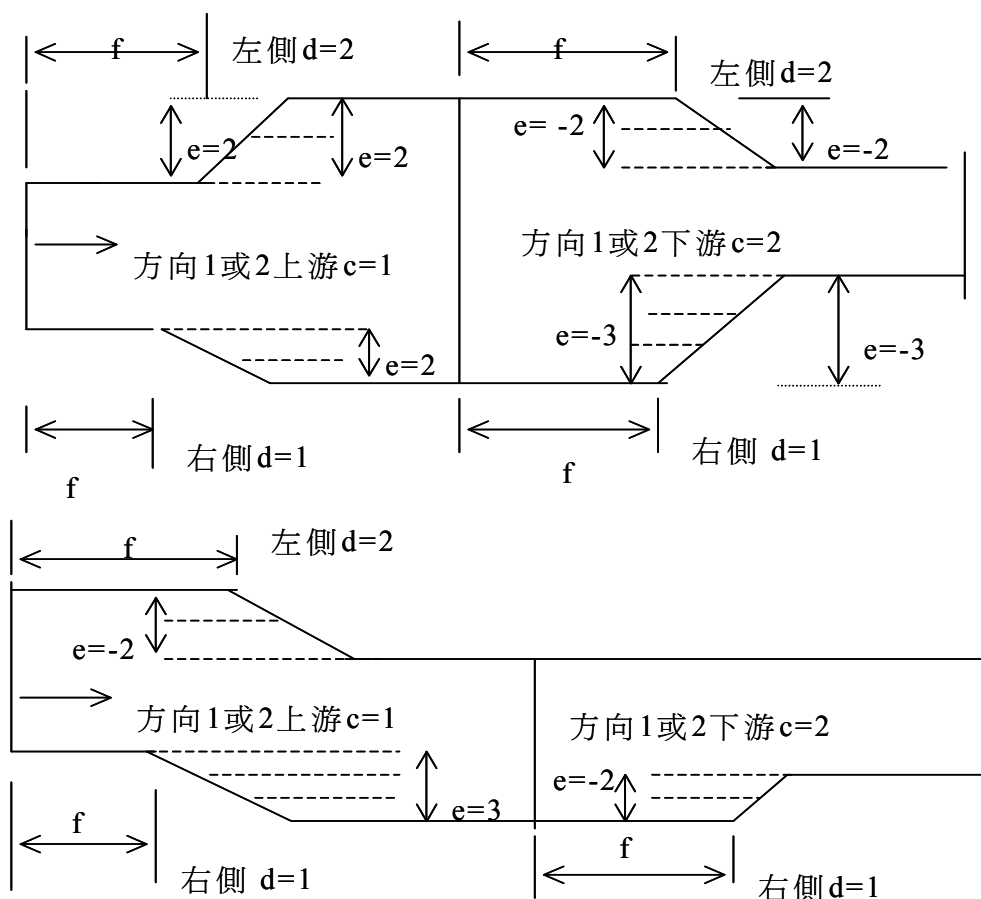


圖 A-10 檔型 20 資料 d,e,f 之定義範例

A.5.23 檔型 94 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	60

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 94。此檔型用以表示隨後之資料將利用不同之型式(format)輸入。此檔之資料卡必須緊隨檔型 20 之資料卡。

b：此資料為使用者之註解。

A.5.24 檔型 21 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	60

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 21，此檔

用以輸入熱機時間期中之車流率。如熱機時間在檔型 1 之資料中定為 0 秒，則此檔沒有必要。

b：此資料為模擬方向，其值為 1 或 2。

c：此資料為方向 b 在熱機期間內之車流率(輛/小時)。

d：此資料為使用者之註解。

A.5.25 檔型 22 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c ₁	10
c ₂	20
:	:
:	:
c ₅	50
d	60

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 22。

b：此資料為模擬之方向，其值為 1 或 2。

c_i(i=1,2,...,5)：此資料為 5 模擬時段(見檔型 1)之車流率(輛/小時)。如模擬時段數超過 5，則只須重覆檔型 22 之資料卡。

d：此資料為使用者之註解。

A.5.26 檔型 95 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
A	1
B	60

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 95。此檔型用以表示隨後之資料將利用不同之型式(format)輸入。此檔之資料卡必須緊隨檔型 22 之資料卡。

b：此資料為使用者之註解。

A.5.27 檔型 23 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c ₁	10
c ₂	15
d	45

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值必須為 23。

b：此資料為模擬方向，其值為 1 或 2。

c_i(i=1,2)：此資料為下列各車種之百分比；第 1 車種(小車)，第 2 車種(大車)。這些百分比之和必須等於 100。

d：此資料為使用者之註解。

A.5.28 檔型 24 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d1(電子收費)	15
d2(回數票)	20
d3(找零)	25
e	45

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值須為 24。

b：此資料為模擬方向，其值為 1 或 2。

c：此資料為在檔型 23 中註明之一車種之代號(1=小車;2=大車)。

d_i(i=1, 2, 3)：此資料為車種 c 的 3 種收費方式之百分比。第一種收費(i=1)為電子收費，第二種(i=2)為回數票收費，第三種(i=3)為找零收費。

e：此檔型為使用者之註解。

A.5.29 檔型 25 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	15
e	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值須為 25。
- b：此資料為模擬方向，其值為 1 或 2。
- c：此資料為模擬方向 b 上游區之自由旅行速率(公里/小時)。
- d：此資料為模擬方向 b 下游區之自由旅行速率(公里/小時)。
- e：此檔型為使用者之註解。

A.5.30 檔型 26 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	10
d	15
e	45
f	50

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值為 26。
- b：此資料為模擬方向，其值為 1 或 2。
- c：此資料表示方向 b 之地磅區是關閉(c=0)或開放(c=1)。
- d：此資料為停等車輛通過地磅平均車距(秒)乘以 1，如平均車距為 10 秒，則 d = 100。代表值 120。
- e：地磅進口路段之平均自由旅行速率 (公里/小時)。
- f：此資料為使用者之註解。

A.5.31 檔型 27 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值為 27。
- b：此資料為調整小車電子收費之跟車距離的係數，其代表值為 100。b = 100 時小車電子收費車道之容量大約為 1,715 小車/小時/車道。b = 95 及 90 時之容量大約各為 1,770 及 1,825 小車/小時/車道，b = 105 及 100 時之容量大約各為 1,670 及 1,620 小車/小時/車道。
- c：此資料為使用者之註解。

A.5.32 檔型 28 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值為 28。
- b：此資料為調整大車電子收費之跟車距離的係數，其代表值為 100。b = 100 時小車電子收費車道之容量大約為 1,130 大車/小時/車道。b = 95、105 及 110 時之容量大約各為 1,160、1,090 及 1,060 大車/小時/車道。
- c：此資料為使用者之註解。

A.5.33 檔型 29 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值為 29。
- b：此資料為調整回數票小車付費後加速率之係數，其代表值為 100。b = 100 時小車回數票車道容量大約為 960 小車/小時/車道。b 值每增加或減少 5，容量隨著增減 15~25 小車/小時/車道。
- c：此資料為使用者之註解。

A.5.34 檔型 30 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5
c	45

說明：

- a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值為 30。
- b：此資料為調整回數票大車付費後加速率之係數，其代表值為 100。b = 100 時大車回數票車道容量大約為 580 大車/小時/車道。b 值每增加 5，容量大約增加 5 大車/小時/車道。b 值每減少 5，容量也大約減少 5 大車/小時/車道。
- c：此資料為使用者之註解。

A.5.35 檔型 99 之資料

資料內容	開始之位置 (Column)
a	1
b	5

說明：

a：此資料為檔型之身份(data type)，所以其值為 99，此資料表示下一資料卡乃屬於另一模擬作業(simulation run)之資料。

b：此資料為使用者之註解。

圖 A-11 顯示一模擬收費站系統之設置，表 A-5 為此模擬系統之相關輸入檔。此模擬系統及模擬狀況之主要性質如下：

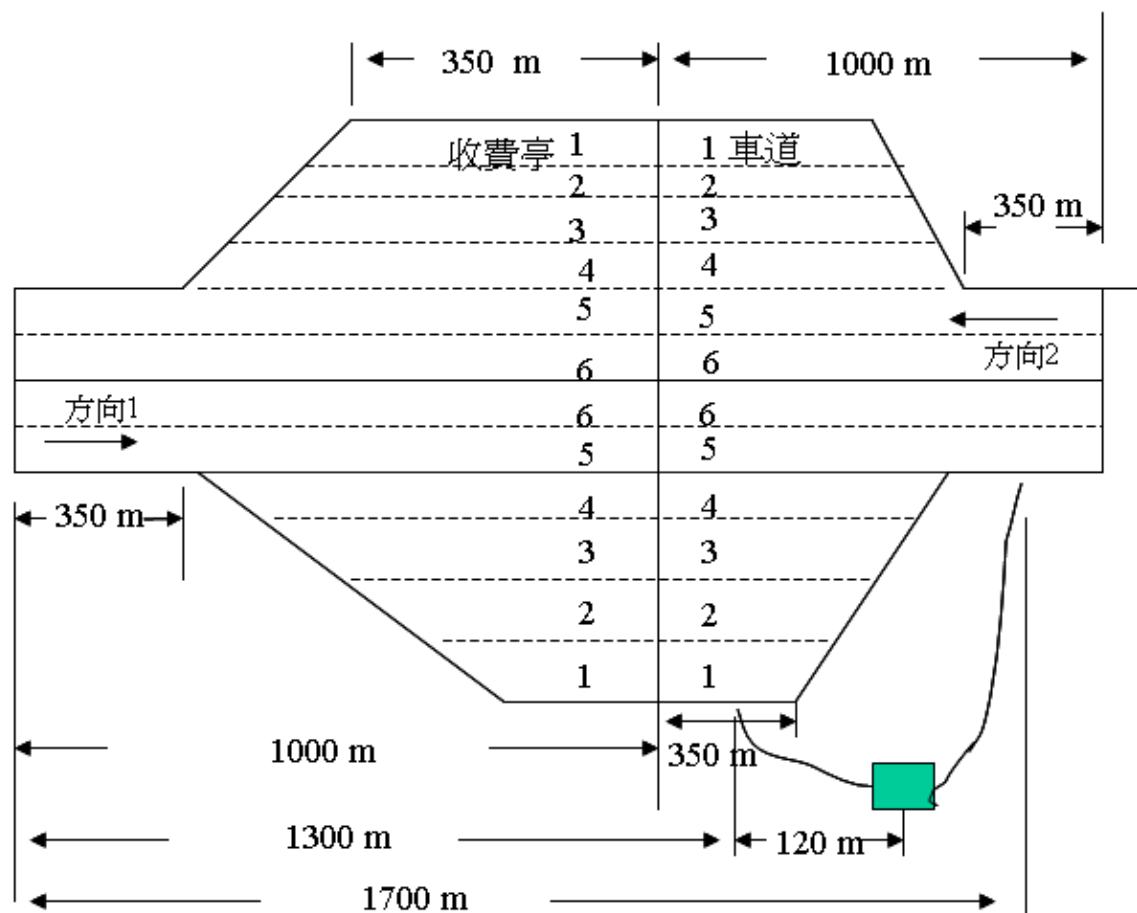


圖 A-11 收費站模擬系統範例

表 A-5 TPS 模式輸入資料檔 (TPS-example.txt) 之範例

0	6					number of runs*****
1	0	200	2	900		print, warmup/period/duration per period
2	2					number of direction to be simulated
3	0	86347				nega/seed (20000~99999)
5	12					total no. of gates for both direction
6	1	2	3			gate/id of 2 veh types served
6	2	2	3			
6	3	1				
6	4	1				
6	5	1				
6	6	1				
6	7	1				
6	8	1				
6	9	1				
6	10	1				
6	11	2	3			
6	12	2	3			
7	1	2	3			gate/id of 2 pay types allowed
7	2	1				
7	3	2	3			
7	4	2				
7	5	2				
7	6	1				
7	7	1				
7	8	2				
7	9	2				
7	10	2	3			
7	11	1				
7	12	2	3			gate/ID of 2 pay types allowed
8	420	750				payment times of small veh/cash, large veh/cash
9	52					free-flow speed at ETC gate
92						
10	1	1	1	1	1	Direction assignment of gates directional assignment of up to 20 gates
93						
15	1	2				dir/veh types to enter weigh station
16	1	1300	1700	120		dir/entry/exit/access road
18	1	1000	1000			dir/length of 4 subsection
18	2	1000	1000			
19	1	3	6	3		dir/fulllengthlanes,u,d/lineup
19	2	3	6	3		
20	1	1	1	3	350	dir/section/side/more/morex
20	1	2	1	-3	350	
20	2	1	1	3	350	dir/section/side/more/morex
20	2	2	1	-3	350	
94						FORMAT CHANGE

表 A-5 TPS 模式輸入資料檔 (TPS-example.txt) 之範例(續)

21	1	1000					
21	2	200					
22	1	2000	2000	0000	0000	0000	
22	2	1000	1000	0000	0000	0000	
95							FORMAT
23	1	090	010				dir/% of small/large veh
23	2	080	020				
24	1	1	047	043	010		dir 1/veh type/% of 3 payment methods
24	1	2	045	045	010		
24	2	1	040	040	020		dir 2/veh type/% of 3 payment methods
24	2	2	040	040	020		
25	1	100	100				dir 1/up&down vfree
25	2	100	100				
26	1	1	120	45			dir/weigh station open=1/close=0/ service time*10/vfree
27	100						ETCCAR adjustment
28	100						ETCBIG
29	100						TICKET car
30	100						TICKET truck
99							

- 1.檔型 0 要求用不同之隨機亂數重複模擬 6 次來估計績效指標。
- 2.檔型 1 資料設定熱機時間為 200 秒。熱機之後有 2 個模擬時段，每時段長 900 秒。
- 3.兩行車方向之收費車道安排相同，總共有 12 個收費車道，各方向有 6 個。從右而左各車道之型態如下：

車道	車種	收費方式
1	大車	回數票或找零
2	大車	ETC 收費
3	小車	回數票或找零
4	小車	回數票
5	小車	回數票
6	小車	ETC 收費

- 4.行車方向 1 有一地磅站，其平均服務時間為 12 秒（檔型 26）。
- 5.行車方向 1 有 90%小車，行車方向 2 有 80%小車。各方向皆有找零、回數票及 ETC 車輛。

上述輸入值之檔名為 TPS-example.txt。TPS 模式之使用者可從本所網站下載此檔及 TPS 模式之執行檔 TPS.exe。使用 TPS.exe 之前須先將 TPS-example.txt 改存為 TPS.txt 作為 TPS.exe 之輸入檔。模擬之前也須根據欲模擬的狀況修改 TPS.txt。使用者須注意「註解」的欄位。如果註解佔用輸入數據的欄位，則模擬時會產生”input conversion error”之錯誤訊息。

根據 TPS-example.txt 輸入檔之模擬結果，如表 A-6 所示。

表 A-6 TPS-example.txt 模擬之輸出資料

SECTION=1 is upstream of toll gates						
SSECTION=2 is downstream of toll gates						
****OUTPUT AT TIME (seconds)= 2062						
*****AGGREGATED STATISTICS FOR ALL CASES*****						
DIRECTION= 1						
Sample Size= 6						
DELAY(s/veh)						
SECTION	LANE	FLOW(VPH)	Total	Stopped	QUEUE(VEH)	LOS
1	1	110.5	18.3	5.4	0.20	B
1	2	88.8	11.0	0.0	0.02	B
1	3	205.2	18.7	6.3	0.38	B
1	4	264.0	13.0	1.6	0.17	B
1	5	492.5	13.5	1.9	0.35	B
1	6	851.3	11.3	0.0	0.07	B
2	4	364.8	19.0	0.4	0.07	
2	5	634.8	8.2	0.5	0.18	
2	6	1000.5	6.2	3.2	0.83	
TOLL LANE Flow Rate Fuel Consumption CO2						
		(vph)	(kg)	(kg)		
	1	110	16.72	52.95		
	2	88	12.30	38.95		
	3	205	62.89	199.17		
	4	264	38.86	123.08		
	5	492	72.58	229.87		
	6	851	117.60	372.44		
TOTAL fuel consumption (kg) over 2400m = 320.95						
TOTAL CO2 emission (kg) over 2400m =1016.46						
AVERAGE SPEED OVER PLAZA SYSTEM= 77.9 KPH						
Mean Flow Rate at Weigh Station= 198.8veh/h						
Average Delay on Weigh Station Access Road= 31.7 s/veh						

表 A-6 TPS-example.txt 模擬之輸出資料 (續)

*****AGGREGATED STATISTICS FOR ALL CASES*****

DIRECTION=		2				
Sample Size=		6				
			DELAY(s/veh)			
SECTION	LANE	FLOW(VPH)	Total	Stopped	QUEUE(VEH)	LOS
1	1	120.5	19.4	6.6	0.16	B
1	2	80.6	11.1	0.0	0.02	B
1	3	164.9	19.0	6.7	0.31	B
1	4	90.3	12.4	1.3	0.06	B
1	5	228.6	13.5	1.5	0.14	B
1	6	323.4	9.2	0.0	0.03	A
2	4	213.9	3.7	0.3	0.02	
2	5	273.0	3.3	0.7	0.07	
2	6	518.3	3.7	2.1	0.30	
TOLL LANE		Flow Rate	Fuel Consumption		CO2	
		(vph)	(kg)		(kg)	
	1	120	18.30		57.96	
	2	80	11.16		35.34	
	3	164	122.35		387.47	
	4	90	13.34		42.25	
	5	228	33.62		106.49	
	6	323	44.58		141.19	
TOTAL fuel consumption (kg) over 2400m = 243.35						
TOTAL CO2 emission (kg) over 2400m = 770.70						
AVERAGE SPEED OVER PLAZA SYSTEM= 78.1 KPH						

附錄 K 99 年期中座談會會議紀錄

時間：99 年 5 月 25 日下午 09:30

地點：交通部運輸研究所七樓運輸規劃室

運輸學會林豐博教授報告（略）

（一）討論議題：

1. 討論收費站作業分析方法之更新--收費站容量分析
 - 收費系統發展之導向
 - 改良收費站容量分析方法之需要
 - 研究工作
2. 討論高速公路坡度路段容量分析方法之建立
 - 目前分析方法之弱點
 - 研究工作
3. 目前蒐集資料之初步分析介紹

（二）討論過程

吳木富委員：

1. 有關本研究所需要之各項數據資料，本局非常樂意提供貴所參考，亦盡力協助貴所進行各項調查工作。
2. 有關收費站之容量分析工作，本局建議可先使用楊梅收費站與龍潭收費站之過站資料來作一初步分析並建立離型模式。
3. 有關 ETC 車道通過車輛數資料，請貴所向遠通電訊索取。
4. 有關收費站通過之重車載重、種類及車型之資料，本局建議可根據后里收費站之地磅站蒐集之數據資料來做分析。
5. 有關車道容量之定義，在現行收費站加入 ETC 車道後，其服務水準是以個別或者平均的概念方式來計算得到延滯時間，而 ETC 服務的車道上速度要下降至多少，才是符合該收費車道容量之定義，請研究單位說明。
6. TPS 模式似乎不必特別針對頭城收費站這種特殊的收費亭配置（同時有主線收費及匝道收費），而大幅改版，而應該針對最新的收費站運作特性，尤其是使用 ETC 車道之後的情境，而調整 TPS 模式。

台灣世曦工程顧問：

目前研究單位所設計之收費站模擬模式乃以正常收費站營運情況下進行模擬；然而實務運作中，本公司日前需要模擬收費站施工期間的情況。建議研究單位能否在 TPS 模式中，納入施工等不同情況下之模擬能力。

亞聯亞聯工程顧問：

1. 目前本公司於各項交通維持計畫中以 TPS 軟體來測試時，再將各種基本資料建立完成後，依據資料分析之步驟，加入模擬實際之因素（包含假設施工期間、上下游路段線性的改變、車道之縮減及找零、回數票與 ETC 車道使用狀況等），模擬測試之輸出結果都算合理範圍內，非常感謝貴所能研發出 TPS 模擬模式，對實務單位來說助益良多。
2. 有關舊版容量手冊坡度分析部分，若依照不同坡度、車種組成及大行車比例將影響 PCU 值的大小，尤其在陡坡路段考慮當量和流量的關係時，當量放大時，流量則就會放大，其所得出之結果會有低估服務水準之虞，此部分提供研究單位參考。

運安組：

在現況行駛於高速公路當中，重車於通過收費站時可選擇通過人工收費與 ETC 電子收費車道，因此建議研究時需考慮地磅站於與收費亭之相對位置。

交通部高速公路局：

1. 就未來而言，由於目前公路容量手冊並沒針對收費站施工區域來做分析與研究，建議未來再修改容量手冊時，能考慮因收費站施工期間所產生道路容量問題，以提供各單位參考。
2. 有關 TPS 模擬軟體，目前主要並不以收費站車道來設計，而是針對大範圍區域來做考量，若納入這套模式後是否影響未來車流特性，請研究單位說明。
3. 針對坡度部分，目前文獻探討都屬於長陡坡為主，並沒以長緩坡來做分析，但從這幾年運作結果發現比較長緩坡所影響車流比較大，建議可針對比較長的緩坡來做探討。

運計組：

1. 目前收費站模擬分析方式以頭尾限制來做考量，跟獨立號誌化路口是否相似？請研究單位說明。
2. 針對頭城收費站之匝道(ramp)問題可否有其他方式解決？請研究單位說明。
3. 有關林教授提出省道路段是否有適合之爬坡路段供本研究調查，本組將再與相關單位聯絡蒐集相關資料，並協助林教授進行調查工作。

運輸學會林豐博教授報告（略）

(三) 主席結論

1. 感謝與會者之參與及運輸學會之說明，本次會議有關收費站容量分析模式，各個單位的看法與意見，請研究單位參考修正。
2. 請研究單位針對各委員及單位代表所提出之意見於研究報告中加以列表回應或說明。
3. 本案依合約完成期中座談會議，請依合約續辦相關事宜。

散會時間(上午十二時十分)

附錄 L 99 年期末審查會議之意見與回應說明

審查委員 或單位	審 查 意 見	意 見 處 理 說 明	審 查
黃承傳 委員	1.建議研究單位重新檢視報告內容與相關用詞，以提高可閱讀性。	非常感謝審查委員之意見，本報告已經重新仔細校閱、檢視與修改相關用詞。	知悉
	2.有關簡報第52頁小車找零收費孔的容量數據與回數票收費孔的容量數據過於相近，似乎不太合理，請再加以檢視修正。	該數值為誤植，正確數值應為 470 輛/小時，修正報告已修正。	知悉
	3.有關收費站的調查分析資料日期僅收集4/4~4/6，日期上雖已包含平日及連續假日，但若單以該時段所分析之資料修改模擬模式，恐有代表性之疑慮，請研究單位加以考量。	1.該項收費站之車流特性資料，主要希望透過高公局之資料來進行分析4/4~4/5 假日及4/6 平常日通過收費站之交通特性。 2.但是，本計畫其他相關的收費站特性資料（如收費站減速區自由速率、各種收費車道之收費特性、地磅站服務時間等資料），則是全由本計畫成員於現場所蒐集之現場資料。	同意
	4.目前 TPS 已加入能源消耗以及空污的資料協助分析，但在資料種類上仍過少，研究單位可否補充環保署計畫中的空污資料，以使 TPS 模式更加完整。	1.TPS 模式能納入能耗及空污特性，已明顯精進功能。未來如能又有更多相關「參數」資料，當然可以適當納入 TPS 模式。 2.就目前之相關資訊顯示，環保署之相關報告因研究目的與不同之故，暫時無法納入 TPS 模式。	同意

審查委員 或單位	審 查 意 見	意 見 處 理 說 明	審 查
黃承傳 委員	5.請補充說明報告中關於自由車流速率之資料蒐集來源及地點。	1.收費站之減速區起點的自由速率調查地點，請參見圖 3-8，包括頭城、造橋、楊梅、泰山、後龍等收費站。相關補充說明，請見第 39 頁。 2.電子收費車道之自由速率調查地點在楊梅與員林收費站，相關資料請參見第 41 頁。	同意
	6.關於本研究中高速公路爬坡路段調查，目前僅調查三義路段，請研究單位說明僅調查三義路段的代表性為何？建議日後也可增加林口路段之調查以使分析成果更佳完善。	1.本計畫將持續蒐集中山高中部路段 VD 資料。 2.目前國 1 中山高於五股至楊梅路段，正進行兩側拓寬工程，車流狀況明顯受到路側工程之影響，並不適宜作為探討坡度路段車流特性之研究對象。	同意
呂介斌 委員	1.目前因汽車工業快速的發展，車子的性能已大幅提昇，而在調查中坡度對車速的影響分析資料仍太少，建議研究單位補充。	審查委員應該是指大型車性能之近年來變化狀況，但本計畫由「車測中心」之相關資料顯示，此問題並不明顯。	再補充說明
	2.有關收費孔道的容量數據，國外數據主要有柵欄式與無柵欄式兩種，文獻指出無柵欄式 ETC 車道之容量較臺灣 ETC 車道高，請研究單位補充說明原因為何？	1.各種交通設施之使用狀態，明顯與設備設計與使用者有關。 2.國外之 ETC 車道收費有其特性，相關的運作特性及其容量，在第二章已有相關說明。在沒有相關背景比較基礎，本計畫以特性說明方式顯示，惟尚不足以與本國之 ETC 收費車道直接比較。	同意

審查委員 或單位	審 查 意 見	意 見 處 理 說 明	審 查
呂介斌 委員	3.有關報告中因收費站調查地點特性的不同，其尖峰小時係數與流率之間的關係圖亦會不同，請研究單位補充說明。	1.各收費站之各項交通特性不同，且因交通需求與收費站服務特性，而有所不同。 2.各收費站本來就會有其不同特性。	同意
	4.請研究單位協助分析國外 ETC 以及國內 ETC 狀況，並提出如何增加國內 ETC 的使用率之建議。	本計畫第二章之相關文獻，提及目前國際上之相關作法，可以提供國內參考。	知悉
吳木富 委員	1.美國高速公路之 ETC 收費方式，是否與臺灣有所差異，請補充說明。	美國高速公路之 ETC 收費方式眾多，至少有匝道、主線收費之不同，亦可區分有柵欄及無柵欄兩種。相關的運作特性及其容量，在第二章已有相關說明。	同意
	2.目前本局於 ETC 收費車道正在進行車牌辨識系統(AVI)，但因自動辨識後仍需人工加以確認，反而喪失完全自動化的意義。爾後若有相關數據資料亦可提供 貴所研究之參考。	1.敬悉。 2.車牌自動辨識仍須大量人工成本，尤其是「判錯成本」及各項困擾，故目前主要作為 ETC 收費之輔助機制。	同意
	3.目前在報告中只看到 4/4-4/6 的調查數據，建議研究單位增加其他日期的調查數據，以使分析結果更為完整。	1.4/4~4/5 為連續假日之資料，而 4/6 (二)則可反應一般日之交通特性。 2.前述日期之資料為收費站所面臨之兩種最常見之交通狀況，故所分析之交通參數，應有相當的代表性。故暫時不再補充相關的資料收集與分析。	同意

審查委員 或單位	審 查 意 見	意 見 處 理 說 明	審 查
吳木富 委員	4.請研究單位補充說明報告第 39 頁圖 3-8 之內容。	1.圖 3-8 主要說明（不同收費站）不同減速區長度及其減速區起點的小車平均自由速率，由該圖顯示，平均自由速率隨減速區長度之增加而增加。 2.修正報告已增加相關的文字補充說明。	同意
	5.因目前 ETC 收費孔道之最高速限為 50 公里/小時，請研究單位檢視報告第 41 頁表 3.15 之自由速率數據是否有誤，若有誤請修正，若無誤亦請補充說明。此外表 3.15 大車樣本數數量似乎有點偏低，請再檢視。	1.表 3.15 之數值相當合理，雖有一些車輛高速通過 ETC 車道，但還是有很多車輛依據最高速限通過 ETC 車道，故其平均值相當接近最高速限。 2.表 3.15 之大車樣本最少有 160 筆，已符合大樣本的統計性質，而其標準差為 5.3 公里/小時，對於母體平均數之估計誤差為 $5.3/\sqrt{160}=0.42$ 公里/小時，其數值相當具有可信度。	同意
	6.報告第 48 頁表 3.21 中資料顯示，半聯結車的載重重量平均比全聯結車還高，此數據不合常理，請研究單位檢視後補充說明。	1.表 3.21 主要希望針對將進入三義及林口坡度路段之后里及泰山收費站之大車載重，能有初步的了解。后里之全聯結車樣本數 34 相對較少，故其平均值略低於半聯結車。如合併計算，其數值則低於泰山之資料，顯示不同收費站有不同特性。 2.預計下年度多補充相關資料蒐集。	同意

審查委員 或單位	審 查 意 見	意 見 處 理 說 明	審 查
吳木富 委員	7.有關簡報第 52 頁，ETC 收費車道容量估計尚屬合理（本局 96 年估計時已有 1,715 輛/小時），建議研究單位可再向遠通或本局索取相關資料佐證，此外請研究單位於此容量估計上加註「該容量估計乃在速限 50 公里/小時下所估計」，因為明年本局將陸續開放 ETC 收費孔之最高速限至 70 公里/小時（收費車道寬度將加寬為 3.75m），屆時容量數據將有所不同，因此請加註以利區別。	1.本計畫對於 ETC 車道容量之估計，係透過現場調查有停等車隊時之平均疏解車距而得，應相當可靠。故與高公局之經驗值相當接近。修正報告已特別註記「該容量估計乃在速限 50 公里/小時下所估計」，感謝審查委員之指正意見。 2.至於高公局陸續將 ETC 車道拓寬為 3.75 公尺及最高速限增高為 70 公里/小時後之車道容量，建議亦後續研究持續觀察。	同意
	8.建議研究單位可比較以不同收費方式過站時，其耗油上的差異。	不同收費方式過站時之油耗及空污，與收費站幾何配置及其交通流率，有密切關係。如欲了解某收費站（幾何條件已知）不同收費方式（如 ETC 車道、回數票車道、找零/回數票車道等）差異，可以利用 TPS 模式進行模擬與比較。	同意
台灣世曦 工程顧問	1.舊版的 TPS 可使用 5 個不同車種通過收費站，本次研究修改之模擬模式則改為 2 種車種模式，應用上可能造成使用上的困難，請研究單位說明縮減原因，以及是否可依不同使用者，而採不同權限開之模式供使用，請說明。	1.由今年度之各收費站現場調查資料顯示，收費車種區分為大車及小車即可有效模擬收費站之運作，故新版 TPS 模式只將收費車種區分為兩種。 2.使用 TPS 模式之特殊或個案問題，可洽研究團隊共同研討。	再為探討

審查委員 或單位	審 查 意 見	意 見 處 理 說 明	審 查
交通部高速公路局	1.目前國道高速公路有多項工程正在建設中，建議研究單位可納入施工時的車流調查，並建立相關模式。	1.本計畫之目的在於修訂2001年臺灣HCM之第八章，關於五股楊梅高架工程對於泰山及楊梅收費站之影響，建議另案依據實際幾何狀況之改變，進行模擬分析。 2.至於施工期間之車流調查，並不在本計畫之工作範圍。	同意
	2.報告附錄 J 中之部分文字有誤，建議研究單位重新檢視修正。	感謝指正，修正報告已經重新檢視附錄 J，修正錯誤文字。	知悉
運計組 意見	1.本報告第三章收費站資料的分析，目前乃以高速公路局提供之收費站資料來做分析，本研究是否有在施作現場調查進行佐證，請補充說明。	1.收費站車流特性資料係高公局提供，其餘交通特性資料則是本計畫現場蒐集而得。 2.相關說明已於第三章開始處，補充說明。	同意
	2.目前報告第三章內容中針對車輛耗油率及廢氣排放率做介紹，而第四章針對所推估之 TPS 模式推估後的耗油量及二氧化碳的排氣估計，此部分的延伸應用置於第三章及第四章研究案本文中敘述是否合適，或另闢章節介紹延伸應用部分，請考量。	1.納入耗油及空污之估計，僅為改良 TPS 模式之一工作，尚有其他特性與參數必須微調。但如何納入國內現有的研究參數，為一重要議題。 2.目前的第三章為收費站資料蒐集、分析及應用，故討論耗油及空污參數。另外，本研究也提出對未來耗油與空污研究的建議。 3.第四章是 TPS 模式之改良及微調，故亦納入耗油及空污之估計，以利建立完整之模式。	同意

審查委員 或單位	審 查 意 見	意 見 處 理 說 明	審 查
運計組 意見	3.有關第六章高速公路三義坡度路段車流特性之調查分析，建議研究單位補充說明調查地點距離上、下匝道及收費站距離多遠，以免除其影響自由速率之疑慮。	1.今年度三義坡度路段之資料蒐集範圍主要在中山高 147K~155K 之範圍，遠離后里收費站（約 163K），但涵蓋三義交流道（約 150K）。 2.自由速率之調查僅有 149K+773 處接近三義交流道，但現場調查時已經排除北上匝道之干擾，因為該處還有約 300 公尺之加速車道，取樣之車輛周遭沒有進入主線車道之車輛影響。	請在報告中補充
主席結論	1.請將各委員及各單位意見納入後續期末修正報告參考，並針對其意見製作辦理情形回覆表。	遵照辦理。	同意
	2.期末審查原則通過，請於 1 個月內提送修正報告到所，以辦理後續行政作業。	遵照辦理。	同意

附錄 M 99 期末審查會議簡報資料

中華民國運輸學會

高快速公路收費站、隧道及坡度 路段容量及車流特性之研究 (1/3)

期末簡報

簡報人：曾平毅 教授

1

簡報內容

- 一、前言
- 二、文獻回顧
- 三、收費站特性資料
- 四、TPS模式之改良與微調
- 五、第八章「收費站」之修訂
- 六、三義坡度路段車流特性
- 七、結論與建議

2

一、前言 (1/2)

- 本計畫預計以三年之期間，修訂第八章(收費站)及新增第二十章(公路隧道)，並探討坡度路段及郊區二車道公路(第十二章)之交通特性與容量及服務水準分析方法。
- 本報告為第一年期成果，已完成修訂第八章(收費站)，初步探討高速公路三義坡度路段車流特性。

3

一、前言 (2/2)

本計畫之工作包括下列項目：

- 1.收費之文獻回顧
- 2.收費站收費及交通特性之調查及整理
- 3.三義坡度路段交通特性之調查及整理
- 4.利用現場資料微調並改良TPS模式
- 5.修訂容量手冊分析收費站之方法

4

二、文獻回顧^(1/8)

1. 收費系統發展之導向

- 傳統收費方式
- ETC收費系統
- 牌照影像自動處理(ALPR)收費系統
- 開放式收費系統(open-road tolling)
- 收費原則
- GPS收費系統
- Cellular phone 收費系統

5

二、文獻回顧^(2/8)

2. 2001年臺灣HCM之Ch8及TPS模式有下列的缺陷：

1. 無ETC現場資料。
2. 僅有泰山收費站資料。
3. 沒有一可靠模式估計平均自由速率。
4. 沒有提供估計孔道使用率之模式。
5. 沒有估計能耗量及空污之資料。TPS模式也沒有估計這些作業指標之功能。
6. 沒有提供地磅站作業特性之資料，以協助評估不同地磅系統之依據。

6

二、文獻回顧^(3/8)

3. 收費車道之容量-1

- (1)收費站之作業特性受收費孔道容量、交通需求(traffic demand)、收費孔道之安排及其他許多因素之影響。
- (2)收費孔道之容量又受駕駛人行為、收費方式、車種組成等因素之影響。
- (3)故，收費孔道之容量可能隨地區或收費站而變。

7

二、文獻回顧^(4/8)

3. 收費車道之容量-2

美國TRB之一研究[49]指出：

- (1)人工收費為350輛/小時。
- (2)自動投現為500輛/小時。
- (3)混合孔道為700輛/小時。
- (4)傳統車道ETC專用可達1,200輛/小時。
- (5)沒有護欄(barrier)之ETC車道可達1,800輛/小時

8

二、文獻回顧^(5/8)

3. 收費車道之容量-3

2001年臺灣HCM資料

車道型式	容量(輛/小時/車道)
小型車回數票車道	850 ~ 950
小型車找零車道	350 ~ 550
大型車車道	420 ~ 530
電子收費車道	1,800

9

二、文獻回顧^(6/8)

4. 收費站作業之分析-1

- (1)收費站作業績效可從車輛延滯、平均旅行速率、耗油量(fuel consumption)及車輛排氣(vehicle emissions)等觀點衡量。
- (2)美國2000年HCM沒有分析收費站之方法[69]。
- (3)臺灣2001年HCM第八章提供一分析方法及TPS模擬模式來協助分析。

10

二、文獻回顧^(7/8)

4.收費站作業之分析-2

- (4)臺灣HCM之分析方法估計從收費站孔道離開之流率、車輛在收費孔道之停等延滯及車隊長度、通過地磅車輛之流率及平均延滯、及車輛在收費站加、減速區之平均旅行速率。
- (5)並建議用平均延滯劃分收費站各收費孔道之服務水準。

11

二、文獻回顧^(8/8)

4.收費站作業之分析-3

服務水準等級	績效指標值	
	平均延滯	第85百分位延滯
A	0 ~ 10	< 5
B	10.1 ~ 20	5 ~ 30
C	20.1 ~ 30	30 ~ 65
D	30.1 ~ 40	65 ~ 95
E	40.1 ~ 50	95 ~ 125
F	> 50	> 125

12

三、收費站特性資料(1/10)

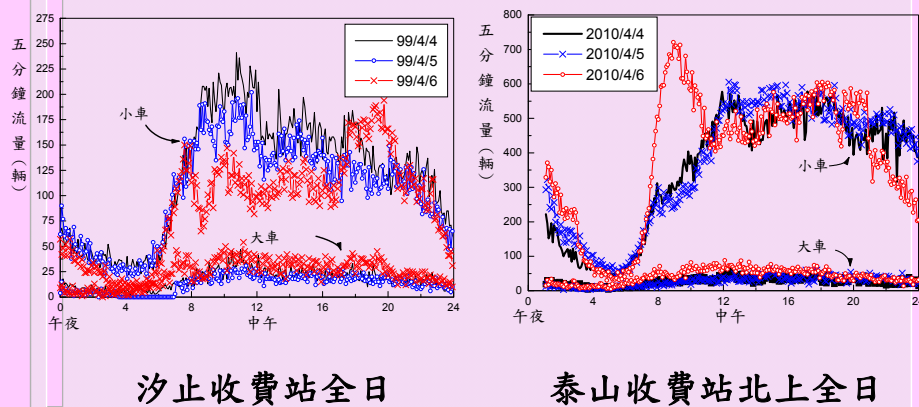
1.收費站之工作重點

- (1)蒐集並分析收費站交通及收費作業特性資料。
- (2)建立一估計車流耗油量及二氧化碳(CO₂)排放量之方法。
- (3)微調TPS模式並修訂使用者手冊。
- (4)修訂2001年公路容量手冊第八章。

13

三、收費站特性資料(2/10)

2.車流型態-1



14

三、收費站特性資料^(3/10)

2.車流型態-2 泰山北上相關交通參數

項目	日期 (2010年)		
	4/4	4/5	4/6
A.尖峰小時			
期間	10:45~11:45	13:30~14:30	7:20~8:20
流量 (輛)	7,048	7,449	8,726
小車 (%)	91.9	91.9	94.1
大車 (%)	8.1	8.1	5.9
PHF	0.99	0.97	0.97
PHVC	0.065	0.065	0.072
B.全天			
流量 (輛)	108,816	114,593	121,423
小車 (%)	92.76	93.09	90.09
大車 (%)	7.24	6.91	9.91

5

三、收費站特性資料^(4/10)

2.車流型態-3 泰山北上車道使用

收費車道		日期 (2010年) 及期間					
		尖峰小時			全天		
編號	性質	4/4	4/5	4/6	4/4	4/5	4/6
1	大車找零	3.29	4.12	1.01	1.69	1.77	2.32
2	大車ETC	4.78	3.94	4.93	5.55	5.14	7.59
3	小車找零	6.69	6.94	5.73	7.02	6.74	6.33
4	小車找零	7.76	7.46	6.34	9.02	8.59	8.09
5	小車回數票	11.56	11.77	10.15	10.41	10.95	9.84
6	小車回數票	11.65	11.56	10.54	12.07	12.22	11.21
7	小車回數票	12.57	12.11	10.42	13.00	12.84	10.75
8	小車回數票	12.94	12.34	10.26	13.82	13.85	10.74
9	小車ETC	13.93	14.46	20.13	13.86	13.86	16.09
10	小車ETC	14.84	15.29	20.49	14.05	14.05	17.04

16

三、收費站特性資料(5/10)

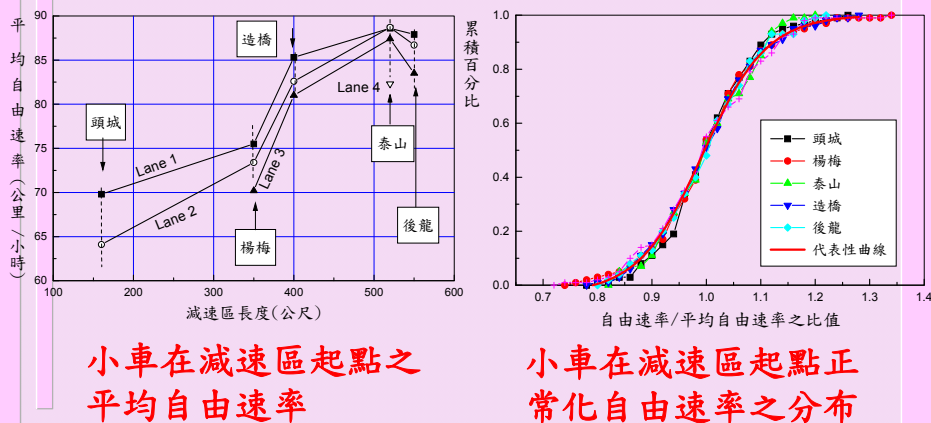
2.車流型態-4

- (1)PHF有隨尖峰流率而增加的趨勢，大型收費站(如泰山)的PHF約**0.93~0.99**，小型收費站(如汐止)約**0.94~0.96**。
- (2)尖峰小時流量大約占全天流量之**7~8%**。
- (3)車流之方向係數大約在**0.5~0.6**之範圍。
- (4)除了汐止收費站在尖峰小時內有大約**20%之大車外**，其他收費站之大車比例很少超過11%。
- (5)不使用ETC時，大車駕駛員大多數用**回数票**付費，小車駕駛員亦有相同之行為。

17

三、收費站特性資料(6/10)

3.收費站減速區進口自由速率

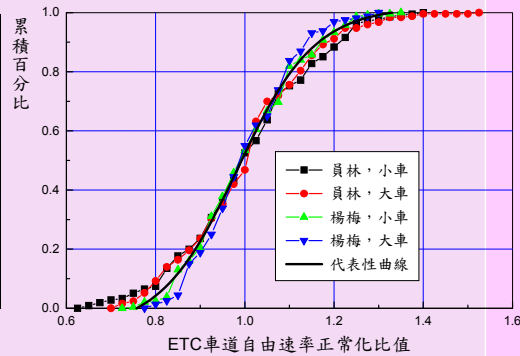


18

三、收費站特性資料(7/10)

4. ETC車道自由速率

收費站	車種	平均自由速率
楊梅	小車	52.0
楊梅	大車	50.5
員林	小車	52.2
員林	大車	49.9



ETC車道車輛正常化自由速率之分布

19

三、收費站特性資料(8/10)

5. 收費車道服務時間

- (1) 回數票車道服務時間
- (2) ETC車道服務時間
- (3) 小車找零車道之服務時間
- (4) 大車找零車道之服務時間

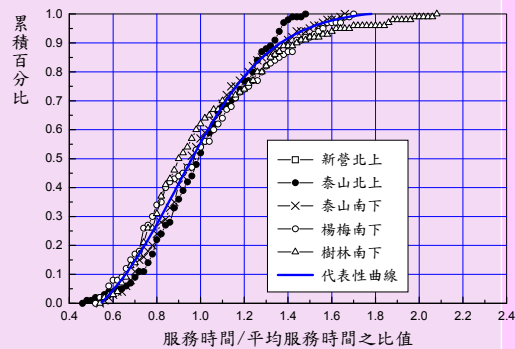
20

三、收費站特性資料(9/10)

6.地磅站服務時間

地磅站	平均服務時間 (秒)	容量 (輛/小時)
新營北上	13.1	275
泰山北上	11.8	305
泰山南下	12.3	293
楊梅南下	11.1	324
樹林南下	11.2	321

地磅站之容量大約
為300輛/小時



地磅站正常化服務時間之分布

21

三、收費站特性資料(10/10)

7.車輛耗油率及廢氣排放率

- (1) 瞬間耗油率及排放率之一般特性
- (2) 怠速(Idling)狀況耗油率
- (3) 穩定速率狀況耗油率
- (4) 加減速耗油率
- (5) 後續油耗率及排放率之研究方針(車流狀況)
 - 停等狀況
 - 穩定行車狀況
 - 持續加速狀況
 - 持續減速狀況

22

四、TPS模式之改良與微調^(1/2)

1. 基本說明

- (1) 建立TPS模式時，可用於微調模擬邏輯之現場資料很有限，且當時還沒有實施電子收費，故第一版ETC收費作業之相關車流特性係根據假設之狀況。
- (2) 本計畫所蒐集之收費站作業資料對改良TPS模式很有幫助。這些資料中，一部分可直接用來模擬車流行為，其他資料則可用來調整模擬邏輯。

23

四、TPS模式之改良與微調^(2/2)

2. 改良及微調工作

- (1) 變換車道之邏輯
- (2) 減速區進口自由速率
- (3) ETC車道之自由速率
- (4) 收費車道服務時間
- (5) 耗油量及CO₂排氣之估計

24

五、第八章「收費站」之修訂(1/11)

1.本計畫容量手冊第八章之重點包括：

- (1) 增加有關收費站車流特性之資料。
- (2) 更新收費車道服務時間及容量資料。
- (3) 更新地磅站服務時間及容量之資料。
- (4) 修訂第八章之簡化分析方法。
- (5) 修訂TPS模式使用者手冊。

25

五、第八章「收費站」之修訂(2/11)

2.交通特性：

(1)一般性交通特性

包括流量隨時間變化之型態、尖峰小時係數、尖峰流量係數、流量之方向係數、車種組成及收費車道之使用率。交通特性隨收費站區位而異。

本計畫將第三章所描述之一般交通特性資料整合成一套圖表納入容量手冊第八章之修訂版，以供參考。

26

五、第八章「收費站」之修訂(3/11)

2.交通特性：

一般性交通特性

收費站	尖峰流量係數		方向係數	
	假日	非假日	假日	非假日
汐止	0.074	0.077	--	--
泰山	0.065	0.072	0.53	0.50
樹林	0.070	0.076	0.56	0.52
頭城	0.085	0.086	0.60	0.58

27

五、第八章「收費站」之修訂(4/11)

2.交通特性：

車種組成

收費站	假日				非假日			
	尖峰小時		全天		尖峰小時		全天	
	大車	小車	大車	小車	大車	小車	大車	小車
汐止北上	13.3	86.7	11.7	88.3	12.3	87.7	11.0	89.0
泰山北上	8.1	91.9	7.1	92.9	5.9	94.1	9.9	90.1
泰山南下	6.1	93.9	6.7	93.3	6.9	93.1	9.8	90.2
樹林北上	3.2	96.8	3.5	96.5	8.6	91.4	10.8	89.2
樹林南下	2.8	97.2	3.5	96.5	9.9	90.1	11.2	88.8

28

五、第八章「收費站」之修訂(5/11)

2.交通特性： 平日尖峰收費車道使用率(%)

收費站	收費車道類型					
	大車 找零	小車 找零	小車 回數票	小車 ETC	大車 ETC	大小車 找零/回數票
汐止北上	6.8	32.6	23.0	28.4	9.2	--
泰山北上	1.0	12.1	41.4	40.6	4.9	--
泰山南下	1.6	11.8	44.1	37.8	5.7	--
樹林北上	2.6	15.5	46.9	29.2	5.8	--
樹林南下	2.8	14.6	43.8	31.7	7.1	--
頭城北上	--	42.6	28.0	27.6	1.7	--
頭城南下	--	--	27.8	21.1	10.4	40.7

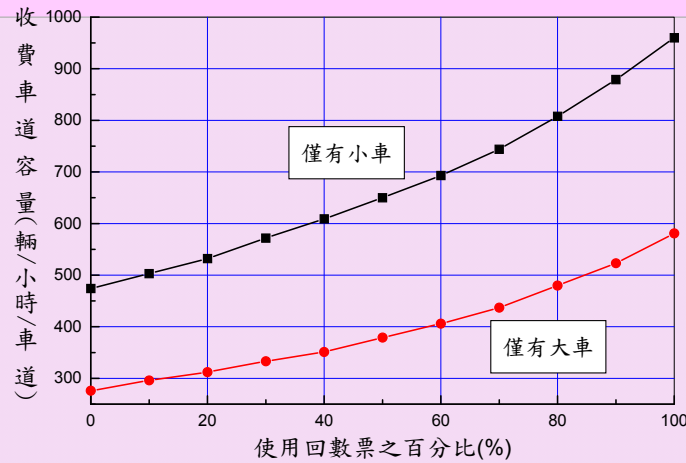
29

五、第八章「收費站」之修訂(6/11)

3.收費車道服務時間及容量

車道類型	平均服務時間 範圍(秒)	容量範圍 (輛/小時/車道)	容量代表值 (輛/小時/車道)
A.專用車道			
小車回數票	3.58~3.95	910~1,005	960
大車回數票	6.19~6.28	580~575	580
小車電子收費	2.04~2.18	1,650~1,760	1,715
大車電子收費	3.09~3.32	1,085~1,165	1,120
小車找零	6.43~8.41	430~565	470
大車找零	13.1	275	275
B.共用車道			
小車找零/回數票 (回數票百分比：21~28%)	6.01~7.32	490~600	隨回數票百 分比而變
大車找零/回數票 (回數票百分比：70~82%)	7.51~7.81	460~480	隨回數票百 分比而變 ³⁰

五、第八章「收費站」之修訂(7/11)



回數票及找零共用之小車車道及大車車道之容量

31

五、第八章「收費站」之修訂(8/11)

4.地磅站服務時間及容量

- (1)原公路容量手冊第八章缺乏有關地磅作業之資料。
- (2)本計畫將表3.20所列之地磅服務時間及容量納入第八章修訂版。
- (3)為了讓交通界對高速公路上大車重量有一些了解，本計畫亦將表3.21所列之平均重量納入第八章修訂版。

32

五、第八章「收費站」之修訂(9/11)

5.簡化分析法

2001年HCM第八章提供一簡化分析方法來評估收費站的作業。

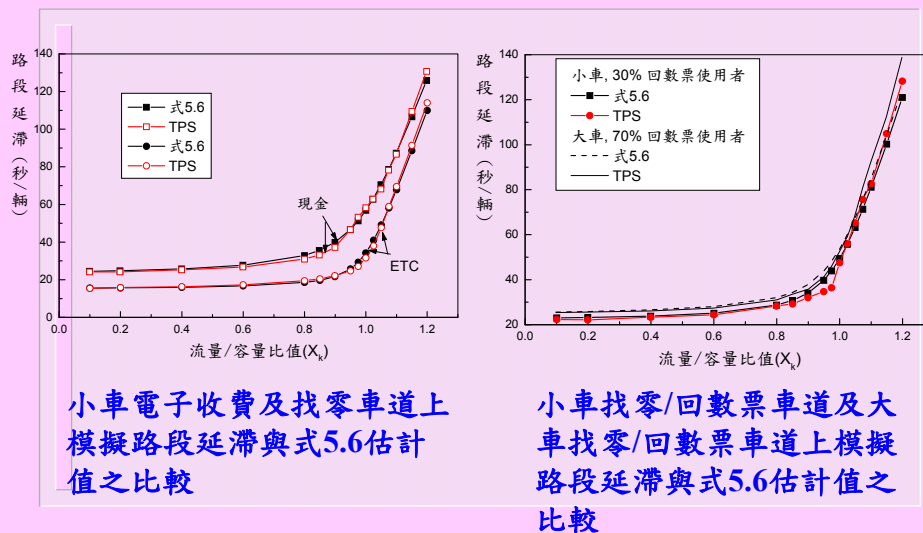
$$D_k = \beta_1 + \frac{3600}{C_k} + 9000T \left[X_k - 1 + \sqrt{(X_k - 1)^2 + \frac{\beta_2 X_k}{C_k n_k T}} \right]$$

本計畫依據新版TPS模式，建立下式：

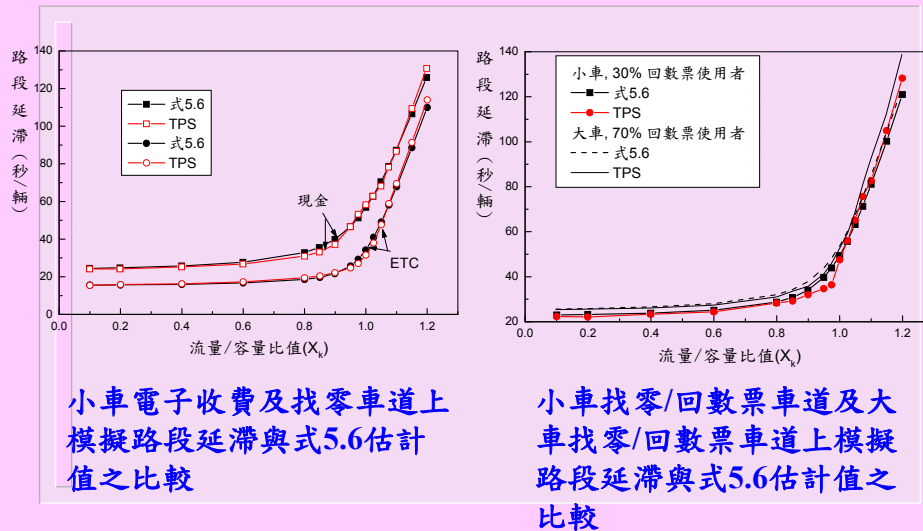
$$D_k = \frac{V_f - V_k}{3.6\beta_1} - \frac{3.6S}{V_f} + T_k + 900T \left[X_k - 1 + \sqrt{(X_k - 1)^2 + \frac{f\beta_2 X_k}{C_k n_k T}} \right]$$

(式5.6) 33

五、第八章「收費站」之修訂(10/11)



五、第八章「收費站」之修訂(10/11)

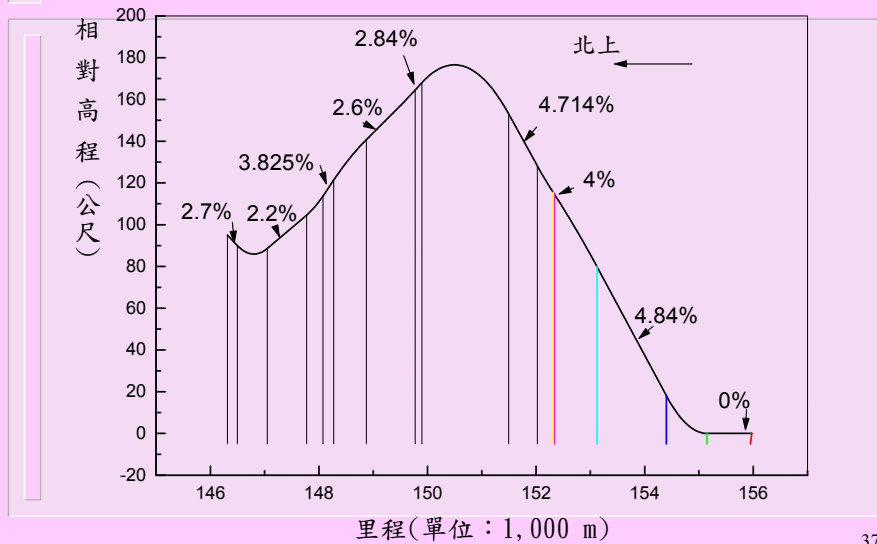


六、三義坡度路段車流特性(1/15)

1. 背景

- (1)公路上坡路段的容量通常比平坦路段低，坡度路段可能比平坦路段容易塞車。
- (2)此外，坡度路段上小車及大車的速率若有大的差異，則行車安全性可能降低。
- (3)目前交通界對臺灣各種公路上坡度路段之車流特性了解有限，故有研究需要。
- (4)今年係針對國1 三義坡度路段初步調查析，來協助訂定將來坡度路段之研究方針。

六、三義坡度路段車流特性(2/15)



37

六、三義坡度路段車流特性(3/15)

2. 自由速率特性

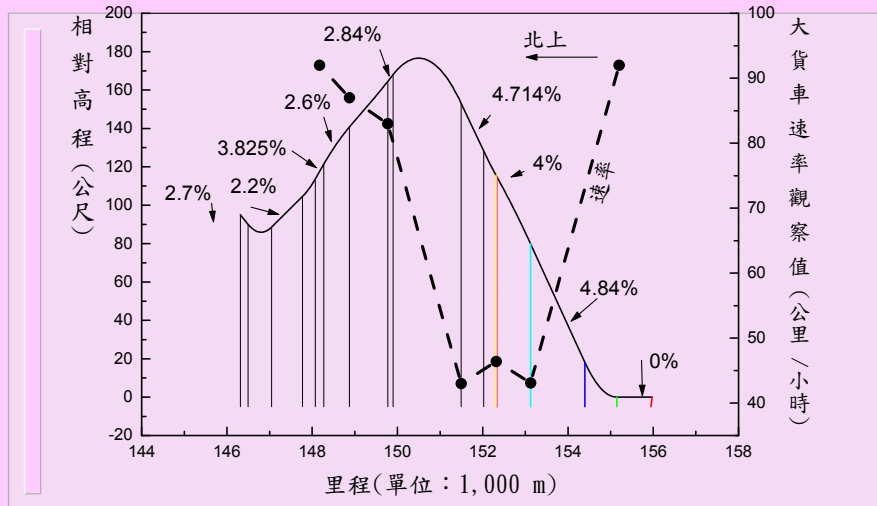
(1) 本計畫調查北上方向，從155K+200到148K+173共7地點的自由旅行速率資料。

(2) 地點及坡度如左，調查對象包括最內側車道及最外側兩車道。

地點	北上坡度(%)
148K+173	-3.85
148K+873	-2.60
149K+773	-2.84
151K+496	4.71
152K+318	4.00
153K+123	4.84
155K+200	0.00

38

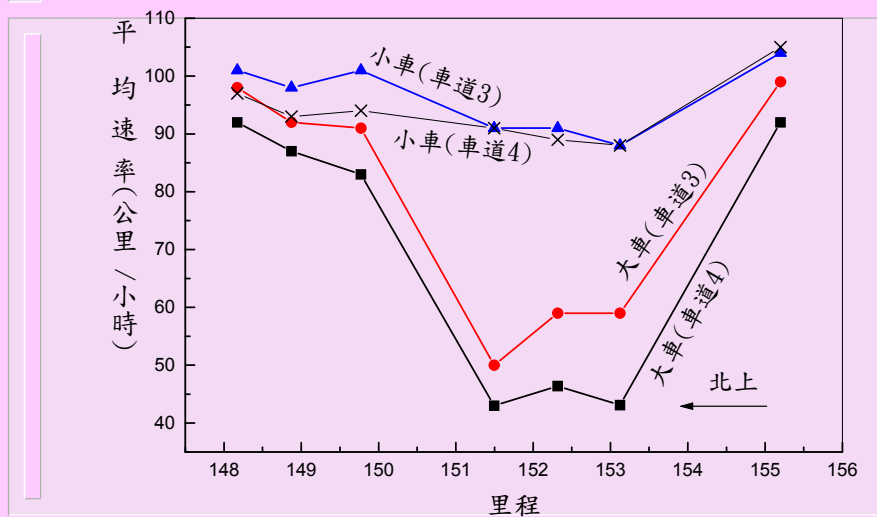
六、三義坡度路段車流特性(4/15)



外車道大車自由速率隨地點之變化

39

六、三義坡度路段車流特性(5/15)



大車與小車平均自由速率之比較

40

六、三義坡度路段車流特性(6/15)

3. TRUCKSPEED模擬模式

- (1) AASHTO有大車加、減速性能資料，TRB之HCM亦有同樣的資料來評估坡度路段LOS。
- (2) 2001年Rakha等人建立一估計大車最大加速率的理論，並用美國Virginia Tech Smart Road之測試場蒐集重車在不同載重狀況下的資料來驗證。結果證實理論之可靠性並顯示前述資料太陳舊，已不適用於目前在美國公路上之大車。
- (3) 根據Rakha等人之理論，本計畫發展「貨車速率模擬模式(Truck Speed Simulation Model，TSS模式)」，以估計大車之自由旅行速率。

41

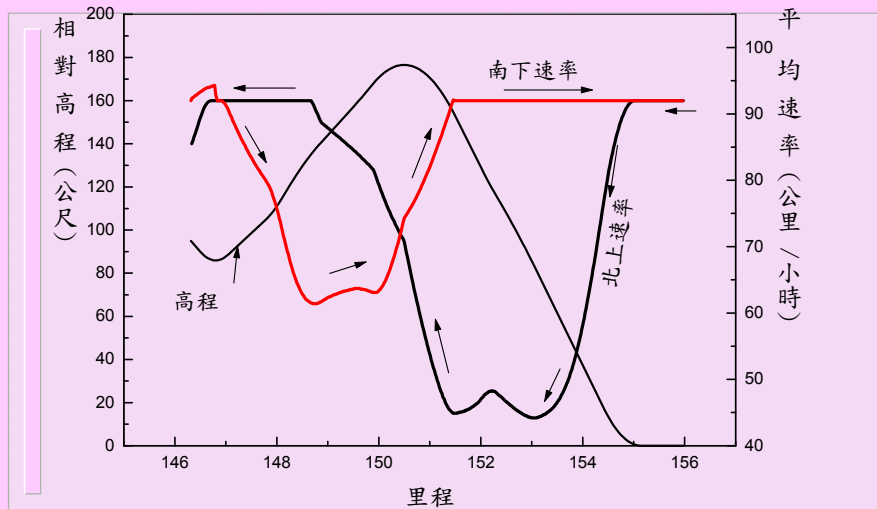
六、三義坡度路段車流特性(7/15)

現場平均自由速率與模擬值之比較

地點	外車道速率(KPH)		第2外側車道速率(KPH)	
	現場	模擬	現場	模擬
155K+148	92.0	92.0	99.0	99.0
153K+123	43.1	44.3	59.1	57.5
152K+318	46.5	47.9	59.4	60.3
151K+496	43.2	44.9	50.2	57.9
149K+773	83.0	82.5	91.4	92.2
148K+873	86.7	88.7	92.0	97.8
148K+173	92.0	92.0	98.0	98.0

42

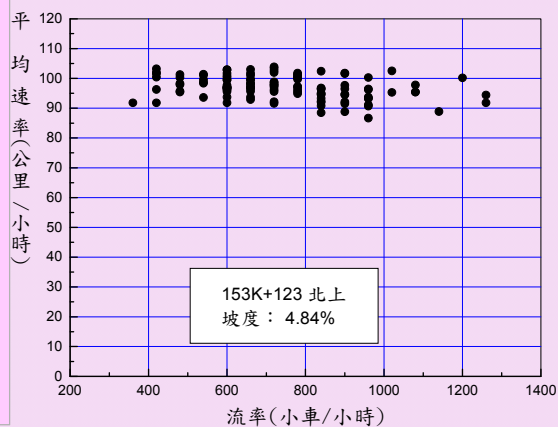
六、三義坡度路段車流特性(8/15)



估計大車在坡度路段速率變化之特性(三義路段) 43

六、三義坡度路段車流特性(9/15)

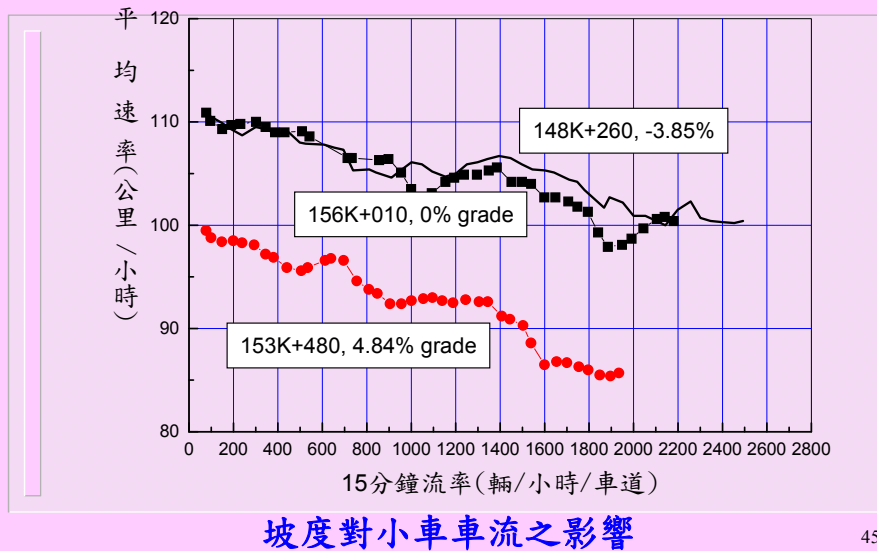
4.坡度路段之車流特性



本計畫後來利用三義路段北上偵測器資料，探討坡度對車流特性的影響。資料涵蓋2010年端午節期間(5月7日至9日)的車流。

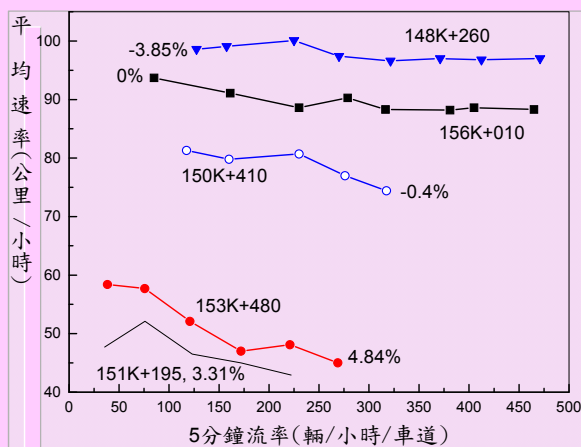
北上153K+123錄影資料顯示之內車道流率與速率關係

六、三義坡度路段車流特性(10/15)



45

六、三義坡度路段車流特性(11/15)

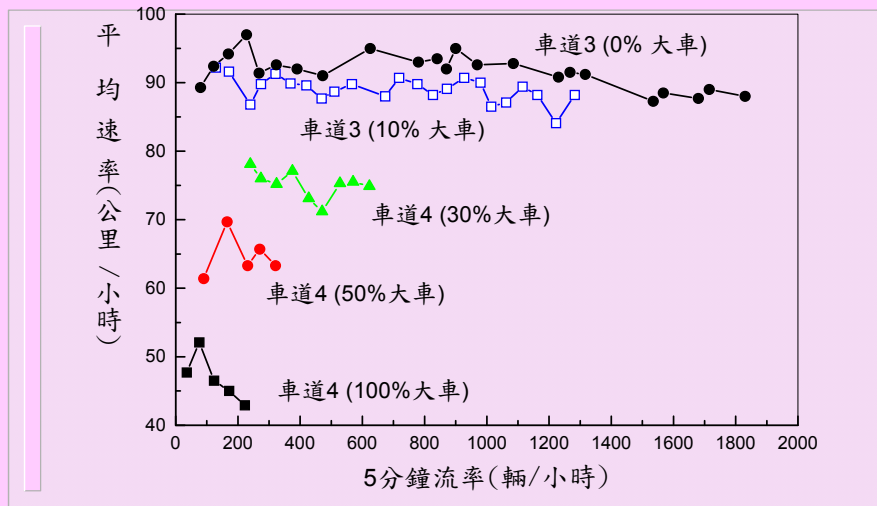


坡度對純大車車流之流速與
速率關係的影響

- (1) 坡度對有大車之車流的影響相當複雜。
- (2) 外車道只有大車時的車流狀況如左圖。
- (3) 左圖顯示在任何上、下坡地點之速率不僅受到該地點坡度的影響，也受到該地點上游坡長及坡度變化之影響。

46

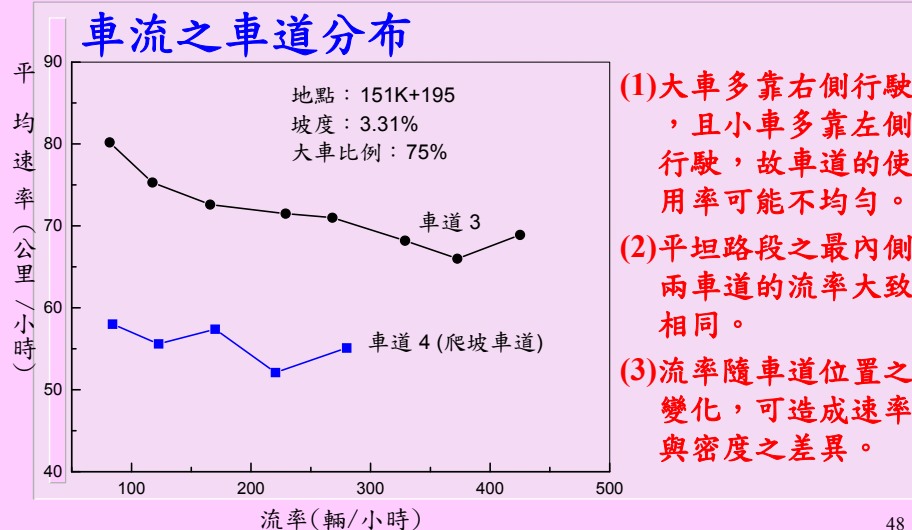
六、三義坡度路段車流特性(12/15)



大車比例對流率與速率關係之影響

47

六、三義坡度路段車流特性(13/15)



- (1)大車多靠右側行駛，且小車多靠左側行駛，故車道的使用率可能不均勻。
- (2)平坦路段之最內側兩車道的流率大致相同。
- (3)流率隨車道位置之變化，可造成速率與密度之差異。

48

六、三義坡度路段車流特性(14/15)

車種組成之特性

- (1)大車比例對一車道上之流率與速率的關係有影響，故分析一路段時必須估計各車道大車比例
- (2)本計畫探討153K+480(坡度4.84%)及156K+010平坦地點，每5分鐘小車比例隨車道位置之變化情形。
- (3)這兩地點內車道(第1車道)，幾乎只有小車；第2車道之流率超過大約650輛/小時之情況下，小車大約占60%~100%；第3車道或第4車道(爬坡道)上小車的比例變化相當大，大約在0%到90%之範圍內。流率越高，小車的比例也有增加的現象。

49

六、三義坡度路段車流特性(15/15)

5.後續研究方針

- (1)建立一估計平均自由速率的工具。
- (2)建立一估計車流之車道分布的模式。
- (3)建立一估計各車道上大、小車比例的模式。
- (4)訂定在不同自由速率時之代表性流率與速率的關係。
- (5)探討2001年容量手冊第四章所訂定之服務水準劃分標準之適用性，並作適當的調整。

50

七、結論與建議(1/3)

- 1.本計畫根據在國1、國3、國5數個收費站蒐集之資料，微調及測試TPS模式，並修訂容量手冊第八章及TPS模式使用者手冊。
- 2.本計畫根據運研所提供有關Honda Civic Lx小客車的資料，建立一估計耗油量及CO₂排氣量的估計模式。此小客車所用每公克之汽油產生3.167公克之CO₂。在急速狀況下，此小客車耗油率大約為0.317公克/秒。耗油率深受速率及加減速之影響。。

51

七、結論與建議(1/3)

- 1.本計畫根據在國1、國3、國5數個收費站蒐集之資料，微調及測試TPS模式，並修訂容量手冊第八章及TPS模式使用者手冊。
- 2.本計畫根據運研所提供有關Honda Civic Lx小客車的資料，建立一估計耗油量及CO₂排氣量的估計模式。此小客車所用每公克之汽油產生3.167公克之CO₂。在急速狀況下，此小客車耗油率大約為0.317公克/秒。耗油率深受速率及加減速之影響。。

51

七、結論與建議^(3/3)

- 4.在三義坡度路段蒐集之自由旅行速率資料顯示，第六章所描述之大車速率模擬模式可合理估計**大車之自由速率**，但須進一步用其他路段之資料加以微調。
- 5.**坡度路段**之車流特性很複雜，為了發展分析坡度路段交通作業之方法，運研所宜立即開始建立一資料庫，來支援規劃及發展分析方法之工作。本章第6.5節所建議之項目，可供建立資料庫之參考。

53

中華民國運輸學會

**高快速公路收費站、隧道及
坡度路段容量及車流特性之
研究 (1/3)**

**期末簡報完畢
敬請指正**

54