

台灣地區高速公路容量與服務水準 評估指標之研究



交通部運輸研究所

中華民國八十二年十一月

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱 中 文：台灣地區高速公路容量與服務水準評估指標之研究 外 文：A Study on Service Capacity and Performance Index of Freeway System in Taiwan Area			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 957-00-3019-4(平裝)	政府出版品統一編號 009104820571	運輸研究所出版品編號 82 - 70 - 191	
主辦單位：運計組 主 管：鄭賜榮 計畫主持人：鄭賜榮 顧 問：林豐博 研究人員：蘇振維、黃運貴、吳繼虹、陳勁甫、張瓊文、黃新薰、程元毅、徐希汶			研 究 期 間 自 8 1 年 7 月 至 8 2 年 6 月
關鍵詞：空間平均速率、時間平均速率、佔有率、車流率佔有時間、小客車當量車流率、F 函數、等候長度、系統時間、容量、服務水準評估指標			
摘 要： 高速公路容量不但是高速公路系統規劃、設計與績效評估之基礎，更是高速公路管理與控制的重要參考依據。國內對於高速公路容量之分析與計算，大多直接引用美國 1985 年版 HCM 的方法，其理論基礎係以速率、流量及密度建立容量的推估式，而未考慮車輛於高速公路上之佔用情形，導致推估值與實際情形有所出入。此外，過去國內研究文獻，受限於資料取得之困難，對於台灣地區高速公路相關車流特性及駕駛行為之分析，較缺乏系統性與真實性。因此本研究特調查分析高速公路主線與匝道之交通特性、道路實質特性、駕駛行為特性等資料，並探討由車輛佔有率 (Occupancy) 及空間平均速率所組成之綜合函數與道路容量間之關係，以建立一套有效估算高速公路容量之分析方法。另於高速收費站之容量分析方面，本研究摒棄以往採用之分析模式 (Analytical model)，而直接依據收費站實際之運作資料構建一套收費站運作之電腦模擬模式，俾便進行收費站容量之相關分析工作。 至於高速公路服務水準評估指標之研究部份，本研究利用空間平均速率作為評估整體高速公路系統 (包含主線、匝道、收費站等次系統) 之一致性指標，同時再依據不同車道、速限等狀況，配合各次系統特性，分別建立其個別之評估指標。其中在主線及匝道部份，以由佔有率與空間平均速率所組成之 F 函數值、佔有率、車道密度、服務流量、V/C 值作為服務水準之評估指標。在收費站處，則以系統時間及等候車隊長度作為服務水準評估指標。 此外，在服務水準分級方面，仍採用慣用之六級分類制，惟在強迫性車流狀況下，將 F 級服務指標再予細分為 F1—F3 級，此種分類法將有助於高速公路之管理與控制，進而提昇道路之服務水準。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
82年11月	198	100元	凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，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工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密 (<input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況辦理解密) <input type="checkbox"/> 限閱 (<input type="checkbox"/> 解限日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況辦理解限) <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備 註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

目 錄

第一章 緒論.....	1
1.1 研究緣起.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究流程.....	2
第二章 文獻回顧.....	4
2.1 容量研究.....	4
2.1.1 容量定義.....	4
2.1.2 容量推估方法.....	6
2.1.3 高速公路基本容量.....	8
2.1.4 容量調整因素.....	11
2.1.5 小客車當量.....	15
2.2 服務水準評估指標.....	23
2.2.1 各國分析服務水準狀況.....	23
2.2.2 美國 HCM服務水準概念、指標及分級標準.....	24
2.2.3 我國目前服務水準之應用狀況.....	30
2.3 綜合分析.....	33
第三章 高速公路交通特性調查與分析.....	34
3.1 交通特性調查.....	35
3.2 交通調查資料分析.....	41
3.2.1 資料處理的方法.....	41
3.2.2 交通特性分析.....	47
第四章 高速公路容量與服務水準評估指標之訂定.....	92
4.1 主線、匝道容量與服務水準評估指標之訂定.....	92
4.1.1 小客車當量.....	92
4.1.2 各變數間之關係.....	98
4.1.3 主線與匝道之容量訂定.....	147
4.1.4 主線與匝道服務水準評估指標之訂定.....	155
4.2 收費站容量與服務水準評估指標之訂定.....	166
4.2.1 容量分析.....	166
4.2.2 收費站模擬(TPS)模式.....	167
4.2.3 服務水準分析.....	173
第五章 結論與建議.....	186
5.1 結論.....	186
5.2 建議.....	190
參考文獻.....	191
附錄一、主線、匝道資料處理表格.....	192
附錄二、主線、匝道資料處理 FORTRAN 程式.....	194

圖目錄

圖 1-1 研究流程.....	3
圖 2-1 路寬及路寬對容量之影響(瑞典).....	12
圖 3-1 車輛行駛於高速公路系統時各區位速度變化示意.....	34
圖 3-2 主線不受其他因素影響基本路段示意圖.....	36
圖 3-3 主線但受上匝道影響路段示意圖.....	36
圖 3-4 主線但受下匝道影響路段示意圖.....	37
圖 3-5 上匝道路段示意圖.....	38
圖 3-6 下匝道路段示意圖.....	39
圖 3-7 主線收費站示意圖.....	39
圖 3-8a 主線基本路段時間平均速率次數分配統計圖.....	49
圖 3-8b 主線受下匝道影響路段時間平均速率次數分配統計圖.....	49
圖 3-8c 主線受上匝道影響路段時間平均速率次數分配統計圖.....	50
圖 3-8d 下匝道路段時間平均速率次數分配統計圖.....	50
圖 3-9a 主線基本路段空間平均速率次數分配統計圖.....	53
圖 3-9b 主線受下匝道影響路段空間平均速率次數分配統計圖.....	53
圖 3-9c 主線受上匝道影響路段空間平均速率次數分配統計圖.....	54
圖 3-9d 下匝道路段空間平均速率次數分配統計圖.....	54
圖 3-10a 主線基本路段車流率次數分配統計圖.....	57
圖 3-10b 主線受下匝道影響路段車流率次數分配統計圖.....	57
圖 3-10c 主線受上匝道影響路段車流率次數分配統計圖.....	58
圖 3-10d 下匝道路段車流率次數分配統計圖.....	58
圖 3-11a 主線基本路段小客車當量車流率次數分配統計圖.....	60
圖 3-11b 主線受下匝道影響路段小客車當量車流率次數分配統計圖.....	60
圖 3-11c 主線受上匝道影響路段小客車當量車流率次數分配統計圖.....	61
圖 3-11d 下匝道路段小客車當量車流率次數分配統計圖.....	61
圖 3-12a 主線基本路段時間平均速率次數分配統計圖.....	63
圖 3-12b 主線受下匝道影響路段大型車混合比次數分配統計圖.....	63
圖 3-12c 主線受上匝道影響路段大型車混合比次數分配統計圖.....	64
圖 3-12d 下匝道路段大型車混合比次數分配統計圖.....	64
圖 3-13a 主線基本路段每車佔有時間次數分配統計圖.....	67
圖 3-13b 主線受下匝道影響路段每車佔有時間次數分配統計圖.....	67
圖 3-13c 主線受上匝道影響路段每車佔有時間次數分配統計圖.....	68
圖 3-13d 下匝道路段每車佔有時間次數分配統計圖.....	68
圖 3-14a 主線基本路段車道密度次數分配統計圖.....	71
圖 3-14b 主線受下匝道影響路段車道密度次數分配統計圖.....	71
圖 3-14c 主線受上匝道影響路段車道密度次數分配統計圖.....	72

圖 3-14d 下匝道路段車道密度次數分配統計圖.....	72
圖 3-15a 主線基本路段車道密度次數分配統計圖.....	74
圖 3-15b 主線受下匝道影響路段車道密度次數分配統計圖.....	74
圖 3-15c 主線受上匝道影響路段車道密度次數分配統計圖.....	75
圖 3-15d 下匝道路段車道密度次數分配統計圖.....	75
圖 3-16 車流率與車流密度之關係示意.....	76
圖 3-17 車道佔有率與車流密度之關係示意.....	77
圖 3-18a 主線基本路段 F 函數 Φ 值次數分配統計圖.....	80
圖 3-18b 主線受下匝道影響路段 F 函數 Φ 值次數分配統計圖.....	80
圖 3-18c 主線受上匝道影響路段 F 函數 Φ 值次數分配統計圖.....	81
圖 3-18d 下匝道路段 F 函數 Φ 值次數分配統計圖.....	81
圖 3-19 無等候情況下之服務時間累積機率分配圖.....	85
圖 3-20 有等候情況下之服務時間累積機率分配圖.....	88
圖 3-21 各類型收費孔平均等候車隊長度累積機率分配表.....	90
圖 4-1 空間平均速率與平均車頭間距之關係示意.....	95
圖 4-2 不同車長、車速與小客車當量之關係曲線.....	96
圖 4-3 車速與平均車頭間距之關係比較.....	97
圖 4-4a 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	99
(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)	
圖 4-4b 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	99
(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)	
圖 4-4c 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	100
(三重受下匝道影響路段內側車道)	
圖 4-4d 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	100
(三重受下匝道影響路段外側車道)	
圖 4-4e 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	101
(三重下匝道路段)	
圖 4-4f 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	101
(三重受上匝道影響路段內側第二車道)	
圖 4-4g 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	102
(三重受上匝道影響路段內側第一車道)	
圖 4-4h 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	102
(三重受上匝道影響路段外側車道)	
圖 4-4i 空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	103
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)	

圖 4-4j	空間平均速率與時間平均速率之關係圖.....	103
	(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)	
圖 4-4k	不同連續時間下空間平均速率與其平均標準差之關係圖....	105
圖 4-5a	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	106
	(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)	
圖 4-5b	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	106
	(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)	
圖 4-5c	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	107
	(三重受下匝道影響路段內側車道)	
圖 4-5d	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	107
	(三重受下匝道影響路段外側車道)	
圖 4-5e	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	108
	(三重下匝道路段)	
圖 4-5f	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	108
	(三重受上匝道影響路段內側第二車道)	
圖 4-5g	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	109
	(三重受上匝道影響路段內側第一車道)	
圖 4-5h	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	109
	(三重受上匝道影響路段外側車道)	
圖 4-5i	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	110
	(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)	
圖 4-5j	小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖.....	110
	(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)	
圖 4-6a	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	113
	(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)	
圖 4-6b	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	113
	(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)	
圖 4-6c	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	114
	(三重受下匝道影響路段內側車道)	
圖 4-6d	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	114
	(三重受下匝道影響路段外側車道)	
圖 4-6e	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	115
	(三重下匝道路段)	
圖 4-6f	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	115
	(三重受上匝道影響路段內側第二車道)	
圖 4-6g	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	116
	(三重受上匝道影響路段內側第一車道)	

圖 4-6h	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	116
	(三重受上匝道影響路段外側車道)	
圖 4-6i	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	117
	(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)	
圖 4-6j	佔有率與小客車當量車流率之關係圖.....	117
	(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)	
圖 4-7a	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	119
	(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)	
圖 4-7b	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	119
	(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)	
圖 4-7c	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	120
	(三重受下匝道影響路段內側車道)	
圖 4-7d	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	120
	(三重受下匝道影響路段外側車道)	
圖 4-7e	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	121
	(三重下匝道路段)	
圖 4-7f	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	121
	(三重受上匝道影響路段內側第二車道)	
圖 4-7g	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	122
	(三重受上匝道影響路段內側第一車道)	
圖 4-7h	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	122
	(三重受上匝道影響路段外側車道)	
圖 4-7i	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	123
	(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)	
圖 4-7j	小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖.....	123
	(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)	
圖 4-7k	三重北上受下匝道影響路段外側車道不同佔有.....	124
	率下小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖	
圖 4-8a	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	125
	(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)	
圖 4-8b	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	125
	(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)	
圖 4-8c	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	126
	(三重受下匝道影響路段內側車道)	
圖 4-8d	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	126
	(三重受下匝道影響路段外側車道)	

圖 4-8e	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	127
	(三重下匝道路段)	
圖 4-8f	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	127
	(三重受上匝道影響路段內側第二車道)	
圖 4-8g	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	128
	(三重受上匝道影響路段內側第一車道)	
圖 4-8h	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	128
	(三重受上匝道影響路段外側車道)	
圖 4-8i	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	129
	(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)	
圖 4-8j	空間平均速率與佔有率之關係圖.....	129
	(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)	
圖 4-9a	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	131
	(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)	
圖 4-9b	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	131
	(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)	
圖 4-9c	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	132
	(三重受下匝道影響路段內側車道)	
圖 4-9d	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	132
	(三重受下匝道影響路段外側車道)	
圖 4-9e	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	133
	(三重下匝道路段)	
圖 4-9f	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	133
	(三重受上匝道影響路段內側第二車道)	
圖 4-9g	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	134
	(三重受上匝道影響路段內側第一車道)	
圖 4-9h	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	134
	(三重受上匝道影響路段外側車道)	
圖 4-9i	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	135
	(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)	
圖 4-9j	車流密度與小客車當量車流率之關係圖.....	135
	(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)	
圖 4-10a	佔有率與車流密度之關係圖.....	137
	(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)	
圖 4-10b	佔有率與車流密度之關係圖.....	137
	(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)	

圖 4-10c 佔有率與車流密度之關係圖.....	138
(三重受下匝道影響路段內側車道)	
圖 4-10d 佔有率與車流密度之關係圖.....	138
(三重受下匝道影響路段外側車道)	
圖 4-10e 佔有率與車流密度之關係圖.....	139
(三重下匝道路段)	
圖 4-10f 佔有率與車流密度之關係圖.....	139
(三重受上匝道影響路段內側第二車道)	
圖 4-10g 佔有率與車流密度之關係圖.....	140
(三重受上匝道影響路段內側第一車道)	
圖 4-10h 佔有率與車流密度之關係圖.....	140
(三重受上匝道影響路段外側車道)	
圖 4-10i 佔有率與車流密度之關係圖.....	141
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)	
圖 4-10j 佔有率與車流密度之關係圖.....	141
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)	
圖 4-11a 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	142
(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)	
圖 4-11b 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	142
(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)	
圖 4-11c 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	143
(三重受下匝道影響路段內側車道)	
圖 4-11d 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	143
(三重受下匝道影響路段外側車道)	
圖 4-11e 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	144
(三重下匝道路段)	
圖 4-11f 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	144
(三重受上匝道影響路段內側第二車道)	
圖 4-11g 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	145
(三重受上匝道影響路段內側第一車道)	
圖 4-11h 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	145
(三重受上匝道影響路段外側車道)	
圖 4-11i 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	146
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)	
圖 4-11j 空間平均速率與車流密度之關係圖.....	146
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)	

圖 4-12a 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖.....	151
(汐止基本路段內、外側車道，速限90KPH)	
圖 4-12b 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖.....	151
(三重受下匝道影響路段內、外側車道)	
圖 4-12c 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖.....	152
(三重下匝道路段)	
圖 4-12d 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖.....	152
(三重受上匝道影響路段內側第一、二及外側車道)	
圖 4-12e 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖.....	153
(臺中基本路段內、外側車道，速限100KPH)	
圖 4-13 TPS 模式基本架構.....	167
圖 4-14 車輛進入收費站系統之時空關係圖.....	171
圖 4-15 模擬結果與實際調查之等候車隊長度比較圖.....	174
圖 4-16 模擬結果與實際調查之累積離開車輛數比較圖.....	175
圖 4-17 等候車隊長度與系統時間之關係圖.....	177
圖 4-18 型一不同流率及模擬時段之等候車隊長度變化圖.....	180
圖 4-19 型二不同流率及模擬時段之等候車隊長度變化圖.....	181
圖 4-20 型三不同流率及模擬時段之等候車隊長度變化圖.....	182
圖 4-21 型四不同流率及模擬時段之等候車隊長度變化圖.....	183
圖 4-22 不同流率與平均通過速率關係圖.....	185

表目錄

表 2.1	一般單階段模式數學關係表.....	7
表 2.2	OECD 國家路段最大觀測流量表.....	10
表 2.3	車道寬度之調整因子 R_l	13
表 2.4	側向淨距調整因子 R_c	13
表 2.5	高速公路車道寬度與側向淨寬調整因子.....	14
表 2.6	一般大貨車之小客車當量(200磅/馬力).....	16
表 2.6	一般大貨車之小客車當量(200磅/馬力)(續).....	17
表 2.7	大型車之小客車當量數 E_t	18
表 2.7	大型車之小客車當量數 E_t (續).....	19
表 2.8	重型車在各混合比下之小客車當量值.....	20
表 2.9	駕駛人所屬羣體調整因素.....	21
表 2.10	服務水準主要衡量項目.....	26
表 2.11	高速公路基本路段服務水準分級.....	27
表 2.12	高速公路匝道服務水準分級.....	28
表 2.13	各服務水準等級交通特性描述.....	29
表 2.14	高速公路基本路段服務水準評估表.....	31
表 2.15	高速公路匝道服務水準評估表.....	31
表 2.16	收費站服務水準分級表.....	32
表 2.17	高速公路基本路段服務水準評估表(設計速率100KPH).....	32
表 3.1	各路段時間平均速率次數統計.....	48
表 3.2	各路段空間平均速率次數統計.....	52
表 3.3	各路段車流率次數統計.....	56
表 3.4	各路段小客車當量車流率次數統計.....	59
表 3.5	各路段大型車混合比次數統計.....	62
表 3.6	各路段平均每車佔有時間次數統計.....	66
表 3.7	各路段平均每車佔有率次數統計.....	70
表 3.8	各路段車流密度次數統計.....	73
表 3.9	各路段 F 函數次數統計.....	79
表 3.10	泰山收費站不找零小型車收費孔之平均選擇車輛數.....	83
表 3.11	無等候情況下之服務時間累積機率分配表.....	84
表 3.12	有等候情況下之服務時間累積機率分配表.....	87
表 3.13	各類型收費孔平均等候車隊長度累積機率分配表.....	89
表 3.14	各類型收費孔平均系統時間累積機率分配表.....	91
表 4.1	各路段車流率與空間平均速率之關係.....	149

表 4.1	各路段車流率與空間平均速率之關係(續).....	150
表 4.2	各路段各車道之容量值.....	154
表 4.3	三重北上受匝道影響路段佔有率、速率與F函數 Φ 值之標準差.....	157
表 4.4	各路段各車道變數間之方程式.....	158
表 4.4	各路段各車道變數間之方程式(續一).....	159
表 4.4	各路段各車道變數間之方程式(續二).....	160
表 4.5	高速公路主線基本路段內側車道(速限90KPH)服務水準評估表	161
表 4.5	高速公路主線基本路段外側車道(速限90KPH)服務水準評估表(續一).....	161
表 4.5	高速公路主線基本路段內側車道(速限100KPH)服務水準評估表(續二).....	162
表 4.5	高速公路主線基本路段外側車道(速限100KPH)服務水準評估表(續三).....	162
表 4.5	高速公路主線受下匝道影響路段內側車道(速限90KPH)服務水準評估表(續四).....	163
表 4.5	高速公路主線受下匝道影響路段外側車道(速限90KPH)服務水準評估表(續五).....	163
表 4.5	高速公路主線受上匝道影響路段內側第二車道(速限90KPH)服務水準評估表(續六).....	164
表 4.5	高速公路主線受上匝道影響路段內側第一車道(速限90KPH)服務水準評估表(續七).....	164
表 4.5	高速公路主線受上匝道影響路段外側車道(速限90KPH)服務水準評估表(續八).....	165
表 4.5	高速公路下匝道路段車道(速限90KPH)服務水準評估表(續九)	165
表 4.6	夜間及雨天之容量折減百分比.....	167
表 4.7	臺灣 HCM 採用平均停等延滯分級標準表.....	179
表 4.8	高速公路收費站服務水準分級標準表.....	184
附表 1-1	主線、匝道資料人工抄錄表.....	192
附表 1-2	主線、匝道資料處理 Lotus 1-2-3 試算表.....	193

第一章 緒論

1.1 研究緣起

高速公路容量不但是高速公路運輸系統規劃、設計與績效評估之基礎，更是高速公路管理與控制的重要參考依據。國內對於高速公路容量之分析與計算，大多直接引用美國1985年版HCM的方法，其理論基礎係以速率、流量及密度建立容量的推估式，而未考慮車輛於道路上之佔用情形，導致推估值與實際情形有所出入。此外，對於國內高速公路相關車流特性資料之蒐集及駕駛行為之了解亦不充份。因此本研究將蒐集高速公路之交通特性、道路實質特性、駕駛行為等資料，並就車輛佔有率 (Occupancy) 及服務水準評估指標與道路容量間之關係進行探討，以期建立一套能有效估算高速公路容量之分析方式。而於高速公路收費站之運作方式，亦將摒棄以往採用之分析模式 (Analytical model)，直接依據收費站實際之運作資料構建一套收費站運作之電腦模擬模式。另針對服務水準評估指標部份，在綜合考慮工程界、管理機關、學界及用路人易於明瞭、掌握與應用之情況下，將研擬一套適合我國地區特性之指標。本研究完成後，將可提供國內一套較合理且一致的高速公路服務水準評估指標，並有助於提昇高速公路之管理與控制績效，進而提昇道路之服務水準。

1.2 研究目的

本研究之目的在於：

1. 檢討以往國內在公路容量計算及應用上之缺失。
2. 構建小客車當量分析模式。
3. 探討車輛佔有率與速率及車輛佔有率與流量間之關係，進而探討佔有率對容量的影響程度。
4. 建立適合我國地區特性之高速公路 (含主線、匝道與收費站) 容量值。
5. 研訂適合我國地區特性之高速公路服務水準評估指標。

1.3 研究範圍

本研究係以中山高速公路之基本路段、匝道、收費站作為分析、驗證之對象，其中：

- 1.基本路段部份：高速公路基本路段係指高速公路車流運行不受匝道、交織區段車流分出、併入之影響以及收費站車輛減速、停車、加速之影響之路段。本研究研究對象將包含速限90公里及 100公里之平原區基本路段。
- 2.收費站部份：以欄柵收費方式佈設於主線之路段中，所有通行之車輛經過收費站均須按其車種繳納通行費。本研究將針對主線收費的狀況，進行模擬模式建立及各項相關分析。
- 3.匝道部份：係一專用道路用以連接高速公路與一般公路（或市區道路）之公路設施。本研究擬就上匝道（ON-RAMP）及下匝道（OFF RAMP）部份進行分析。

1.4 研究流程

究計分下列五個階段進行（流程圖如圖1-1）：

- 第一階段：國內、外有關公路容量計算方式與服務水準評估指標文獻之回顧。
- 第二階段：高速公路交通特性資料之調查與分析。
- 第三階段：高速公路容量之建立
- 第四階段：高速公路服務水準評估指標之研訂。
- 第五階段：研提結論與建議。

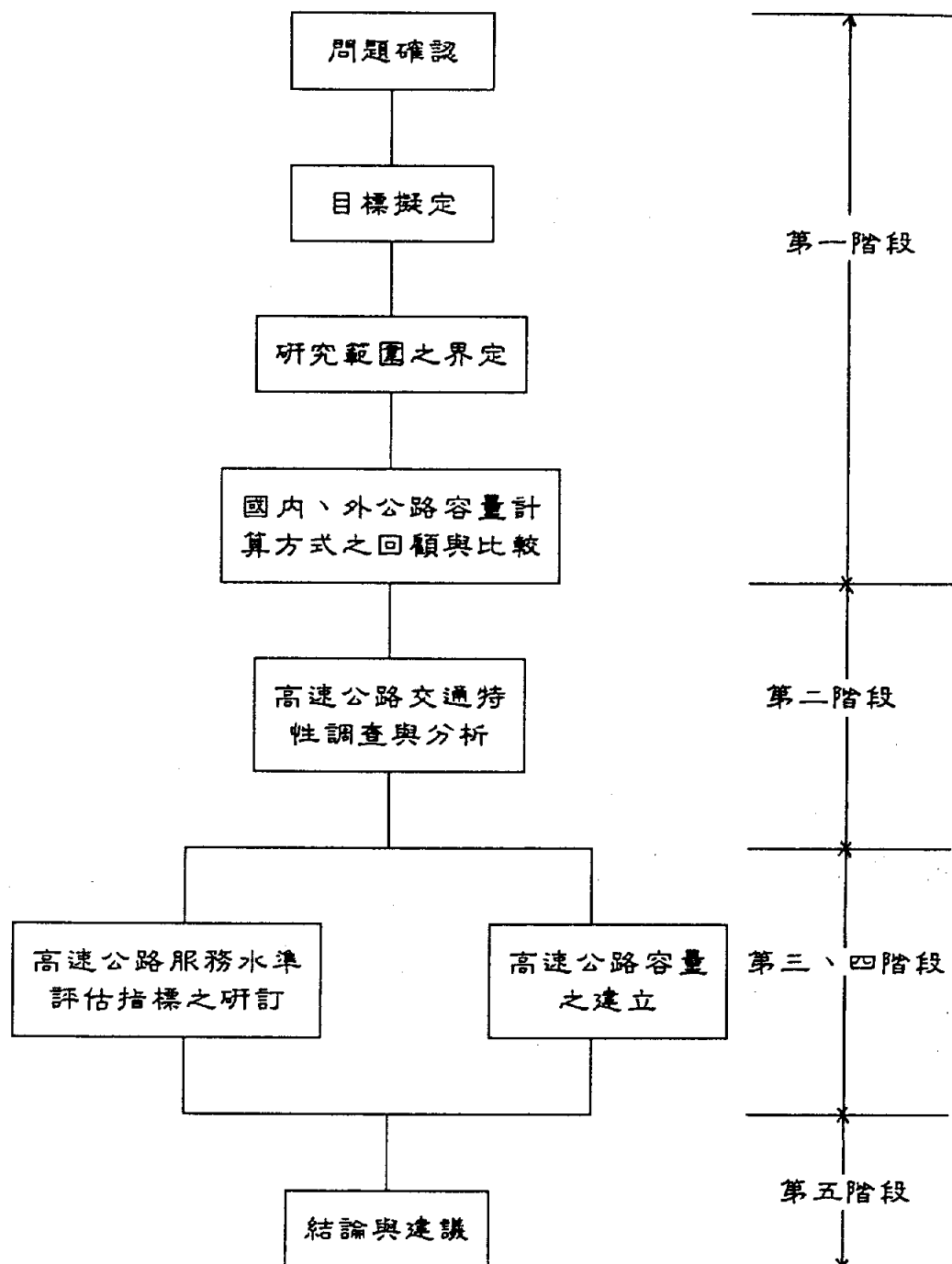


圖 1-1 研究流程

第二章 文獻回顧

容量分析的主要目的在檢討各種交通設施所具備和能提供的基本運輸能力。一般而言，實際服務的交通量均不及其所能提供的量，同時亦不希望實際服務量高達其所提供之量。因此，容量分析亦可被當作一種檢討各種交通設施所具備的基本運輸能力與實際服務量之方法與程序。同時為表達其所服務量的品質狀況，再定義服務水準來作為指標，每種不同的服務水準階層，均有其一定的服務量範圍，但此服務量之範圍與該交通設施所能提供的能力之間有特定的關係存在。

本章首先介紹相關文獻所提高速公路容量之概念、推估方法及調整因素，其次說明服務水準之概念、衡量指標及分級標準，最後作一綜合分析，以利本研究後續工作之進行。

2.1 容量研究

關於公路容量之研究，以汽車交通發達最早的美國研究文獻最多。而集美國研究成果之大成，且最早將一般性之公路容量概念明確化的則為 Highway Capacity Manual (HCM)。這本書於1950年印行，不僅成為全美在道路規劃與運用上之實務性指南，且亦成為世界各國研究公路容量之規範；此後，有關公路容量之研究更加蓬勃，英國、法國、瑞典、澳洲、日本....等國均相繼提出了適合於該國的道路容量計算方式。嗣後美國根據許多觀測結果與研究成果對一版 HCM 進行大幅度之修正，並於1965年及1985年發行了更具規模及參考價值之二、三版 HCM。

2.1.1 容量定義

(一) 基本容量

自美國1950年一版 HCM 引進基本容量之觀念以來，一直到1985年三版 HCM 都具備相同之精神，其定義基本容量為『在理想之道路、交通和管制狀況下，單位時間通過某一特定地點或某路段之最大小時流率。』而「理想狀態」即代表無法再以任何改進措施增加容量的狀況。這一觀點無論是在 1965年二版 HCM 或 1985三版 HCM 都予以確認，就非干擾車流下的理想狀況而言，其界定如下 [11]：

- 1.每一車道寬度不小於12英尺（3.6公尺）。
- 2.外側車道邊緣距最近的建築物或障礙物（含中央分隔島）間的側向淨寬在6英尺（1.8公尺）以上。
- 3.多車道公路設計速率為70mph（112公里／小時），雙車道公路設計速率為60mph（96公里／小時）。
- 4.車流中僅含小客車。
- 5.道路設施良好。
- 6.無交通事故發生。
- 7.天候良好。

(二)可飽容量

在多數容量分析中，現有道路與交通狀態未必能達到「理想狀態」，故必須就實際狀態加以調整，此即1965年HCM所提出之「在現有道路和交通狀態下，某車道或某一特定路段單位時間內預測可通過之最大車輛數」之精神，此定義和1950年HCM所界定之「可飽容量」一致。當車流狀況接近可飽容量時，現況設施漸形飽和致使車流漸趨不穩，這種情形就車流的運行品質、環境維護、能源消耗等觀點來衡量並不理想，然而在較具規模的都會區或城市中，尖峰時段內這種容量的發生或飽和狀況往往可被廣泛接受，甚至在鄉間或遠郊地區，此種飽和情況一旦僅在一半或相當長的時段內發生次時亦可被接受；有鑑於此，一般道路的設計小時若干流量大都小於其半尖峰小時交通量（最常考慮採用的是30thHV或K因素）。1950年一版HCM建議道路設計流量應小於該道路的可飽容量，而進一步採用「實際容量」的觀念。

(三)實際容量與服務水準

1950年一版HCM「實際容量」的定義為：「在現有道路及交通狀態下，當車流密度尚未大到足以產生不合理之延滯、干擾、或限制駕駛者之操作時，一小時內可通過道路或車道某一點之最大車輛數」。然其中「不合理之延滯、干擾、或限制駕駛者之操作」不易量化，故1965年二版HCM引入「服務水準」之觀念，其目的在以某種「質性綜合量測指標」界定各種不同的服務水準，再以不同服務水準所相對應之「服務流量」（某特定之服務水準下，單位時間通過道路某車道或路段單向或雙向之最大流量）代替實際容量之單一值，由上可知「服務流量」之概念可用以界定不同道路狀態之設計流量。惟理想狀態下之服務流量MSF（Maximum Service Flow）需視現況加以調整如下：

$$SF_i = MSF_i * N * F_w * F_{hv} * F_p$$

SF_i = 當服務水準為 i 時， N 車道單方向在現有交通和道路狀態下之服務流量，單位為 vph

MSF_i = 理想狀態下服務水準為 i 時， N 車道單方向在現有交通和道路狀態下之服務流量，單位為 $pcphpl$

N = 車道數

F_w = 車道寬度調度因素

F_{hv} = 重型車調整因素

F_p = 駕駛人所屬羣體調整因素

其中 F_{hv} 之計算即仰賴各種大型車，小汽車當量 (PCE) 之分析，再佐以各類型車所佔車流比例而得之，故小汽車當量與路段服務水準甚或設計容量有密切之關係。

2.1.2 容量推估方法

容量推估方法一般可分為四種，現分別介紹如下：

(一) 流量—密度—速率關係曲線配試法

本法屬巨觀方法，經由長期實際調查所獲得之資料建立「流量—密度—速率」之關係，進而建立車流模式，而後由「流量—速率」曲線之彎折點找出容量及其速率值，本法特點在於：

1. 需大量實測資料以配試適當之曲線
2. 觀測點之散佈趨勢可為多階段 (Multi-Regime)，故其尋優過程較為複雜。

車流相關模式相當多，一般可分為單階段與多階段模式，前者可見表 2.1，而後者則多由前者合併或修正而來 [12]。

(二) 間距量測法

本法屬微觀方法，在應用上與極值法為一體的兩面，其假設車流乃由「穩定車流」與「擁擠車流」共同組成，再以兩者之間的臨界情況為取樣的基礎，由現場觀測所得之個別車輛間距分配加以分析，以「最小平均安全間距」[1] 推算容量 (即平均間距之倒數)。

表 2-1 一般單階段模式數學關係表

模 式	方 程 式
Greenshields'	$U = U_f * (1 - K / K_j)$
Greenberg	$U = U_m * \log (K_j / K)$
Underwood	$U = U_f * e^{-k/k_m}$
Drew	$dU = U_m * K^{(n-1)/2} dK$
Drake et al	$U = U_f * e^{-1/2 (k/k_m)^2}$
Pipe & Munjal	$U = U_f * (1 - K / K_j)^n$

說明： U_f ：自由流速 K_j ：擁擠密度
 U_m ：臨界速率 K_m ：臨界密度
 U ：速 率 K ：密 度

(三)極值法

本法之基本精神在於：公路流量達到飽和流量之狀態，為瞬間發生之事件，不會一直延續，故其將調查時段劃分成很小之單位時間（如30秒等），然後求得某特定時段內之最高單位時間流量（極值），再將以單位時間內之最高流量依趨近極值分配統計理論，求出極限值，再轉化成小時流量，用以估求基本容量。

本法之資料搜集容易，且分析過程相當簡便，然而，以此極值方法所求得之容量會因特定時段長短而異，特定時段過短時會產生容量高估之情形；特定時段過長時，則易發生容量低估之狀況，此乃本法之最大缺失。補救方法為人為主觀判斷容量值的範圍，再選擇適當的時段長短。

(四)模擬法

由於車流特性、交通特性極為複雜，調查現場不易控制，且調查成本相當高，故有模擬法之應用於容量推估。模擬法之優點在於成本較低且可作各項敏感度分析，但模擬模式愈接近真實則愈複雜，任何假設、校估、驗證之過程若稍有偏誤，都將會造成錯誤的結果。此乃模擬法在應用上需注意者。1985年三版 HCM 即參考MRI模擬模式估算坡道小汽車當量[11]，而國內則曾由高速公路局於民國71年以模擬法推估高速公路容量 [2]，另顏憶如君於76年亦採模擬法推算城際公路容量與小汽車當量 [3]。

2.1.3 高速公路基本容量

1963年日本快速道路交通委員會從事「有關影響交通現象的主要因素」研究時，訂定了基本容量值為 2,500 pcphpl [2]；1965年二版 HCM 及1968年May 等人在量測北美地區高速公路理想狀況時，所界定的基本容量值均為 2,000 pcphpl [13]；1979年 Pignataro 等人比較了若干在紐約州、夏威夷及底特律等地對高速公路容量的研究結果，其所得的容量均在 1900~2100 pcphpl [14]；1984年加拿大 HCSN 對基本容量的規範仍脫胎於 1965 年二版 HCM，而以理想狀況下的 2000 pcphpl 為基礎，只是在理想狀況的界定上略有差異 [15]；1985 年三版 HCM 對於容量分析的計算基礎雖有改變，但在界定高速公路容量的基本值時，仍綜合了 TRB 的公路容量與服務品質委員會

在 1984年對該國各類型高速公路的調查報告，最後以設計速率區分在 60~70KPH 時，界定基本容量為 2000 pcphpl，並認定其為全國性的平均值。惟近來在美國許多地區均出現高於 2000 pcphpl 的流量值，因此在 1985 年三版 HCM 修訂章節裏，鼓勵直接運用 $SF = CN(V/C) \cdot f_{wfhvfp}$ 之公式，以校估出該地區高速公路基本容量值 [11]；此外根據 1983 年 OECD 的研究報告顯示，由於各國交通狀況與觀念上的差異，致使各國實地研究所得的多車道最大觀測流量資料也有所不同（如表 2.2），因而預期所推估或界定的容量值也有差異 [16]。

國內有關高速公路之研究文獻列舉如下：

- 1.民國 66 年 2 月，台灣大學從事「台灣區高速公路三重、中壢段車流間程分析研究，以眾數間距 1.3 秒來推估容量值為 2,770 PCPH [4]。
- 2.民國 66 年 4 月，台灣大學於「高速公路混合車流特性之研究」中，以實驗設計方式及隨車理論分析現場觀測資料，推導各重型車混合比在臨界狀況下的容量及當量值，發現容量當量隨著混合比的增加而增加，由模式估計所得之混合比為 0 時的容量為 2,100 PCPH [5]。
- 3.民國 71 年 10 月，高速公路局辦理「中山高速公路容量分析與交通管制措施之研究」，參考澳洲工業技術研究部 Peter.G. Gipps 的微觀交通行為模擬方法推估基本容量值為 2,400 PCPH [2]。
- 4.民國 72 年 6 月，交通大學陳晃清君以單階段曲線配試與檢定方法，在 20 秒的流率基礎之下，採用 Green-shields' 直線模式估計多車道容量，所得雙車道容量值為 2,750 pcphpl；三車容量值為 2,620 pcphpl [6]。
- 5.民國 72 年 6 月，交通大學謝順結君從事高速公路速限研究，亦應用了單階段 Greenshields' 直線方程式推算最佳值，得 2,159 pcphpl [7]。
- 6.民國 76 年 6 月，交通大學林貴璽君在 60 秒的流率基礎下，以雙階段曲線配試與檢定方法，推得基本路段車流臨界速率為 57 kph，基本容量為 2,390 pcphpl [8]。
- 7.民國 79 年 10 月，交通部運輸研究所出版「台灣地區公路容量手冊」，初定基本容量為 2,400 pcphpl [1]。

表 2.2 OECD國家路段最大觀測流量表

國名 / 路名	車 道 數	路段最大容量	每車道流量
Australia (Sydney Harbour)	8 lane undivided	10850 (6 lanes)	1810
Austria (Stn.77)	2 lane 1 way	4500	2250
France urban	6 lane divided	6280	2090
rural	4 lane divided	3520	1760
Germany	4 lane 2 way	3500 (NO trucks)	1750
	6 lane 2 way	4600 (NO trucks)	1530
Netherlands (Coen Tunnel)	2 lane one direction	5079 (5% trucks)	2540
(Van Brienenoord Bridge)	3 lane one direction	6033 (7% trucks)	2010
Switzerland (N2 Muttentz) (Hard Freeway)	6 lane	4266 (5 Km section length)	1422
(N1 Schonbuhl) (Bern Freeway)	4 lane	3152 (3 Km section length)	1580

資料來源： [16]

2.1.4 容量調整因素

公路容量是以該道路條件與交通條件為基礎而計算出來之數值，一旦這些條件有所變化，公路容量之數值自然也跟著改變。因此，影響容量之因素，可將其視為會影響道路條件與交通條件之因素來考慮。而道路條件是依據道路之物理形狀而產生之條件，只要道路結構不變，道路條件也不會改變。然交通條件係取決於道路上之交通性質，會因為場所之不同，時間之不同，而有各種不同之變化，而這些影響因素從基本容量算出可於容量時，以調整因素考慮之。惟在美、日 HCM 中並未將所有之影響因素當作調整因素納入，其所以未被納入之原因，不是對容量影響程度不大，就是其影響程度之大小難以清楚理解，目前尚難將之量化。現今普遍應用於容量分析之調整因素計有：

1. 車道寬度與路側橫向淨寬調整因素。
2. 重型車輛調整因素。
3. 駕駛人所屬羣體調整因素。

法國於1980年曾從事平面佈設由單向二車道變成單向三車道對容量之影響研究，結果發現容量值由1500pcphpl增為1677pcphpl。惟研究中尚未提及車道寬度與路側橫向淨寬對容量之影響 [17]；瑞典容量手冊 [18] 則以美國HCM為基礎，研究出車道寬及路肩寬對容量之影響（詳見圖 2-1）；日本道路容量手冊 [9] 亦對車道寬度及側向淨距調整因素有所探討（詳見表 2.3、2.4）。

我國現階段公路容量分析有關車道寬度與路側橫向淨寬調整因素部份，由於中山高速公路設計標準甚高，全線車道寬為3.75公尺，均符合理想狀況下之車道寬度，而路側橫向淨寬路肩寬度已有3公尺，以致於外側車道邊緣線至外緣線護欄距離已合乎理想狀況下之標準，內側車道至中央分向島護欄亦有1公尺，對駕駛人偏離車道中心線行駛之影響甚少，故而未予研究。待將來陸續興建完成之高速公路若因地形或用地取得問題，導致設計標準降低時再予調查分析，研訂調整因素值。現階段仍以美國1985年 HCM 所訂之值為參考數據（如表 2.5）。

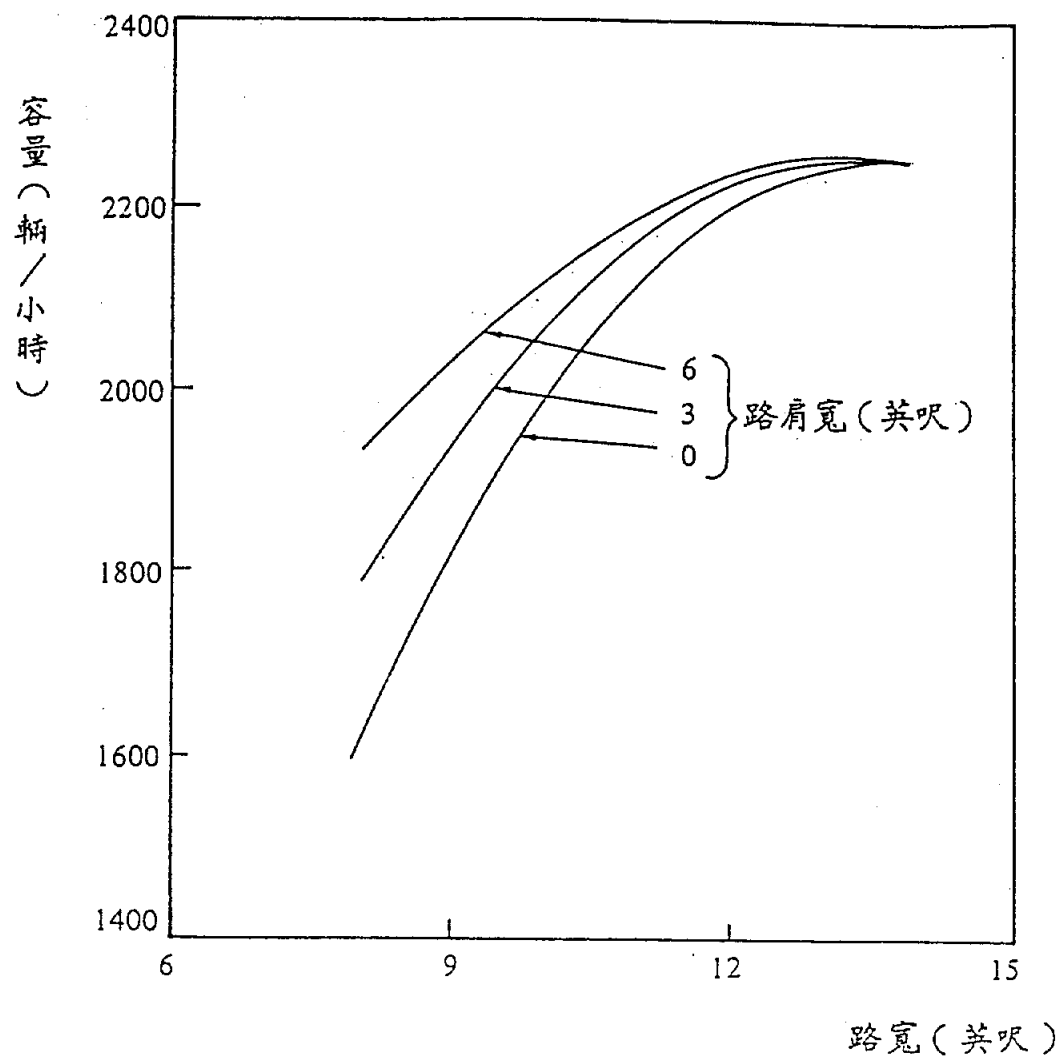


圖 2-1 路寬及路肩寬對容量之影響 (瑞典)

表 2.3 車道寬度之調整因子 R_l

車道寬度 W_l (m)	調整因子 R_l
3.25以上	1.00
3.00	0.94
2.75	0.88
2.50	0.82

資料來源：[9]

表 2.4 側向淨距調整因子 R_c

側 向 淨 距 寬度 W_c (m)	調整因子 R_c	
	單側	雙側
0.75以上	1.00	1.00
0.50	0.98	0.95
0.25	0.91	0.91
0.00	0.93	0.86

資料來源：[9]

表 2.5 高速公路車道寬度與路側橫向淨寬調整因子

側 向 淨 距 (公尺)	調 整 因 素							
	單邊障礙物				雙邊障礙物			
	車 道 寬 (公尺)							
	3.75	3.5	3.25	3.0	3.75	3.5	3.25	3.0
≥2.0 1.6 1.3 1.0 0.6 0.3 0.0	4 車道 (每方向雙車道)							
	1.00	0.97	0.91	0.86	1.00	0.97	0.91	0.86
	0.99	0.96	0.90	0.85	0.99	0.96	0.90	0.85
	0.99	0.96	0.90	0.85	0.98	0.95	0.89	0.85
	0.98	0.95	0.89	0.84	0.96	0.93	0.87	0.82
	0.97	0.94	0.88	0.84	0.94	0.91	0.86	0.81
	0.93	0.90	0.85	0.81	0.87	0.85	0.80	0.76
0.90	0.87	0.82	0.78	0.81	0.79	0.74	0.70	
≥2.0 1.6 1.3 1.0 0.6 0.3 0.0	6 或 8 車道 (每方向 3 或 4 車道)							
	1.00	0.96	0.89	0.84	1.00	0.96	0.89	0.84
	0.99	0.95	0.88	0.83	0.98	0.94	0.87	0.83
	0.99	0.95	0.88	0.83	0.98	0.94	0.87	0.83
	0.98	0.94	0.87	0.82	0.97	0.93	0.86	0.82
	0.97	0.93	0.87	0.82	0.96	0.92	0.85	0.81
	0.95	0.92	0.86	0.81	0.93	0.89	0.83	0.78
0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.76	

資料來源：[11]

至於重型車輛調整因素方面，美、日 HCM 均有研究成果可供參考應用（詳見表 2.6、2.7），而我國交通部運輸研究所所訂定之台灣地區公路容量手冊中所提之建議值（如表 2.8），大部份資料係交通部運輸研究所於民國 72 年邀集國內學者所共同研定之值，部份資料參考民國 76 年 11 月「高速公路交通特性分析與基本容量訂定」所研究之當量值再加換算而得。其中研究數據與美、日略有差異者，係因地域環境不同所造成。至於駕駛人所屬羣體調整因素部份，國內現階段並未予以考慮，故僅提供美國 1985 年三版 HCM 之研究成果做為參考之用（如表 2.9）。

2.1.5 小客車當量

高速公路交通組成為一非均質性的車流，包括小客車、大客車、大貨車、聯結車及其它不同型態的車輛，由於各種車輛的運行特性與機械能力互異，因此道路交通容量及車流特性會受交通組成因素的影響，而且因為交通組成隨時間之不同而有所變動，故在分析交通特性時，必須擁有一共同的標準單位，以便於比較及評估公路服務的績效與功能。

小客車當量乃是以小客車為基本單位，而將其他非小客車之車種，依其車體尺寸及運作特性，佔用道路容量或影響車流程度等加以量化，視其相當於幾部小客車。其換算之基本原則是：經由小客車當量之換算，不至於改變原來之交通特性。

影響小客車當量值的因素很多，主要可歸納成車輛、道路本身以及車流中交通組成比例：

1. 車輛因素：包括車輛尺寸及運作特性。
2. 道路因素：包括道路的路面水準，曲率半徑、坡度及坡長等。
3. 交通組成比例：不同百分比會有不同的當量值。

關於小客車當量之研究，一般可奠基於行駛速率、超車行為及對道路之佔有率等，而小客車當量值之求導，則有迴歸分析法（如速率折減率法、車隊跟車法、雅加達法等）、超車觀測法（如 Walker 法、改良 HCM 法、當量延滯法等）、間距法（如時間間距法、空間間距法等）、特性法（如車道使用比例法、最大流率比較法等）及模擬法等五大類 [10]。

表 2.6 一般大貨車之小客車當量 (200 磅/馬力)

坡度 (%)	坡道長 (哩)	4 車 道 道 路 (大 貨 車 混 合 率 %)							
		2	4	5	6	8	10	15	20
1 以下	所有路段	2	2	2	2	2	2	2	2
1	0-1/2	2	2	2	2	2	2	2	2
	1/2-1	3	3	3	3	3	3	3	3
	≥1	4	3	3	3	3	3	3	3
2	0-1/4	4	4	4	3	3	3	3	3
	1/4-1/2	5	4	4	3	3	3	3	3
	1/2-3/4	6	5	5	4	4	4	4	4
	3/4-1½	7	6	6	5	4	4	4	4
	≥1½	8	6	6	6	5	5	4	4
3	0-1/4	6	5	5	5	4	4	4	3
	1/4-1/2	8	6	6	6	5	5	5	4
	1/2-1	9	7	7	6	5	5	5	5
	1-1½	9	7	7	7	6	6	5	5
	≥1½	10	7	7	7	6	6	5	5
4	0-1/4	7	6	6	5	4	4	4	4
	1/4-1/2	10	7	7	6	5	5	5	5
	1/2-1	12	8	8	7	6	6	6	6
	≥1	13	9	9	9	8	8	7	7
5	0-1/4	8	6	6	6	5	5	5	5
	1/4-1/2	10	8	8	7	6	6	6	6
	1/2-1	12	11	11	10	8	8	8	8
	≥1	14	11	11	10	8	8	8	8
6	0-1/4	9	7	7	7	6	6	6	6
	1/4-1/2	13	9	9	8	7	7	7	7
	1/2-3/4	13	9	9	8	7	7	7	7
	≥3/4	17	12	12	11	9	9	9	9

資料來源：[11]

表 2.6 一般大貨車之小客車當量 (200 磅/馬力) (續)

坡度 (%)	坡道長 (哩)	6 - 8 車 道 道 路 (大 貨 車 混 合 率 %)							
		2	4	5	6	8	10	15	20
1 以下	所有路段	2	2	2	2	2	2	2	2
1	0-1/2	2	2	2	2	2	2	2	2
	1/2-1	3	3	3	3	3	3	3	3
	≥1	4	3	3	3	3	3	3	3
2	0-1/4	4	4	4	3	3	3	3	3
	1/4-1/2	5	4	4	3	3	3	3	3
	1/2-3/4	6	5	5	4	4	4	4	4
	3/4-1½	7	5	5	5	4	4	4	4
	≥1½	8	6	6	5	4	4	4	4
3	0-1/4	6	5	5	5	4	4	4	3
	1/4-1/2	7	6	6	6	5	5	5	4
	1/2-1	9	7	7	6	5	5	5	5
	1-1½	9	7	7	6	5	5	5	5
	≥1½	10	7	7	6	5	5	5	5
4	0-1/4	7	6	6	5	4	4	4	4
	1/4-1/2	9	7	7	6	5	5	5	5
	1/2-1	10	8	7	6	5	5	5	5
	≥1	11	9	9	8	7	6	6	6
5	0-1/4	8	6	6	6	5	5	5	5
	1/4-1/2	8	7	7	6	5	5	5	5
	1/2-1	12	10	9	8	7	7	7	7
	≥1	12	10	9	8	7	7	7	7
6	0-1/4	9	7	7	6	5	5	5	5
	1/4-1/2	11	8	8	7	6	6	6	6
	1/2-3/4	11	9	9	8	7	6	6	6
	≥3/4	13	10	10	9	8	8	8	8

表 2.7 大型車之小客車當量數 E_t

坡度	坡道長 (Km)	2 車 道 道 路 (大型車混合率%)					多 車 道 道 路 (大型車混合率%)				
		10	30	50	70	90	10	30	50	70	90
3% 以下	--	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7
4%	0.2	2.8	2.6	2.5	2.3	2.2	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2
	0.4	2.8	2.7	2.6	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2
	0.6	2.9	2.7	2.6	2.4	2.3	2.5	2.4	2.3	2.3	2.3
	0.8	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3
	1.0	2.9	2.8	2.7	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3
	1.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.4	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4
	1.4	3.0	2.8	2.7	2.5	2.4	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4
	1.6	3.0	2.9	2.8	2.6	2.5	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4
5%	0.2	3.2	3.0	2.8	2.7	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5
	0.4	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	2.9	2.7	2.7	2.7	2.6
	0.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.7	2.9	2.8	2.7	2.7	2.7
	0.8	3.5	3.2	3.0	2.9	2.8	3.0	2.9	2.8	2.8	2.7
	1.0	3.5	3.3	3.1	2.9	2.8	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8
	1.2	3.6	3.4	3.1	3.0	2.9	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8
	1.4	3.6	3.4	3.2	3.0	2.9	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8
	1.6	3.7	3.4	3.2	3.1	2.9	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9

資料來源：[9]

表 2.7 大型車之小客車當量數 E_t (續)

坡度	坡道長 (Km)	2 車 道 道 路 (大型車混合率%)					多 車 道 道 路 (大型車混合率%)				
		10	30	50	70	90	10	30	50	70	90
3% 以下	--	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7
6%	0.2	3.4	3.2	3.0	2.8	2.7	2.9	2.8	2.7	2.7	2.7
	0.4	3.5	3.3	3.1	3.0	2.9	3.1	2.9	2.9	2.8	2.8
	0.6	3.7	3.5	3.3	3.1	3.0	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9
	0.8	3.8	3.6	3.4	3.2	3.1	3.3	3.2	3.1	3.0	3.0
	1.0	3.9	3.6	3.4	3.3	3.1	3.3	3.2	3.1	3.1	3.1
	1.2	4.0	3.7	3.5	3.3	3.2	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1
	1.4	4.1	3.8	3.6	3.4	3.3	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2
	1.6	4.1	3.9	3.7	3.5	3.3	3.6	3.4	3.3	3.3	3.3
7%	0.2	3.5	3.3	3.1	2.9	2.8	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8
	0.4	3.7	3.5	3.3	3.1	3.0	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9
	0.6	3.9	3.6	3.4	3.3	3.1	3.4	3.2	3.1	3.1	3.1
	0.8	4.0	3.8	3.5	3.4	3.2	3.5	3.3	3.3	3.2	3.2
	1.0	4.2	3.9	3.7	3.5	3.3	3.6	3.4	3.4	3.3	3.3
	1.2	4.3	4.0	3.8	3.6	3.5	3.7	3.5	3.5	3.4	3.4
	1.4	4.5	4.2	3.9	3.7	3.6	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5
	1.6	4.6	4.3	4.0	3.8	3.7	3.9	3.8	3.7	3.7	3.6

資料來源：[9]

表 2.8 重型車種在各混合比下之小客車當量值

車 種	地形 混合比	平原 區	爬 坡 路 段				
			0-3%	4 %	5 %	6 %	7%
小型車	---	1.00	1.00	1.50	2.00	2.50	3.50
大 客 車	20 %	1.70	2.27	2.83	3.40	4.53	9.06
	40 %	1.75	2.33	2.92	3.50	4.67	9.34
	60 %	1.80	2.40	3.00	3.60	4.80	9.60
	80 %	1.84	2.45	3.07	3.68	4.91	9.82
	100 %	1.90	2.53	3.16	3.80	5.07	10.14
大 貨 車	20 %	2.21	2.84	3.96	5.00	6.80	13.59
	40 %	2.29	2.91	4.09	5.25	7.01	14.01
	60 %	2.36	3.00	4.20	5.40	7.20	14.40
	80 %	2.43	3.06	4.30	5.52	7.37	14.73
	100 %	2.51	3.16	4.42	5.70	7.61	15.21
聯 結 車	20 %	2.51	4.54	5.66	6.80	9.06	18.16
	40 %	2.65	4.66	5.84	7.00	9.34	18.68
	60 %	2.78	4.80	6.00	7.20	9.60	19.20
	80 %	2.92	4.90	6.14	7.36	9.82	19.64
	100 %	3.05	5.06	6.32	7.60	10.14	20.28

資料來源：[1]

表 2.9 駕駛人所屬羣體調整因素

駕駛人所屬羣體	調整因素, f_p
通勤者	1.0
其 他	0.75-0.90*

* : 工程調整或地區資料需自選一最適值

資料來源 : [11]

其中迴歸分析法係考慮車輛運作特性之影響，具有依不同之交通特性，求導不同當量值之功能。而模式本身尚有容易建立，操作便捷之優點，惟需先確定數學線型及需要輸入大量之分析資料，成為應用上之限制因素。

起車觀測法則在考慮車輛間之交互作用及道路因素之影響，以起車行為差異之關係求導各車種之小客車當量值，具有求導每一車種依不同的坡度及坡長而有不同之小客車當量值的功能，可應用於非平原區之研究。

間距法主要在考慮不同車種對於空間佔用之差距，其所引伸出的模式具有容易瞭解、計算簡單之優點，且所需之資料容易搜集，在應用上可說是一相當簡便的方法。惟未能考慮車與車間之交互作用之影響（如跟車、起車等行為），故被視為較屬靜態之分析方法。

特性法之重心在於同樣的道路條件下，同一車道應具有相同容量之概念。由此依本概念發展出的模式簡單、易懂且合理，但臨界流量（即容量）的取得非常困難，成為此一模式在應用上的最大限制因素。

另模擬法則可克服數學模式不完整之困難，然需大量的調查資料及微觀分析，且模式之構建必須完整，方能正確反應現況。

2.2 服務水準評估指標

高速公路系統之運行績效，主要係利用服務水準來評估，因此服務水準之界定亦成為規劃設計之重要依據。關於此部份之研究，仍以美國HCM為主要的範本，各相關研究多係沿用HCM之基本精神。以下本節首先針對各國所採用服務水準之概念及標準加以說明，其次探討美國HCM關於服務水準部分之概念、指標及分級標準，最後說明我國目前服務水準之應用狀況。

2.2.1 各國分析服務水準狀況

由於服務水準指標的訂定要同時對駕駛者、規劃者與設計者均具意義，且其本身的定義與評估準則在同一研究路段上也要一致。TRB在1975年Special Report 165定義服務水準為：

- 1.具有多元化特性用來指示運輸服務之質與量。其多元化特性包括量方面的旅行時間、旅行成本、轉車數及不易量化的舒適運具形象。
- 2.對於公路提供交通服務時，依據交通情況給予的一種效率衡量。

1979年Roess等人在檢討高速公路服務水準訂定與沿用的問題時曾提及兩種建立服務水準的方式：

- 1.為了使運輸設施的設計水準足以提供相當程度的服務品質而建立的一種不連續性的服務水準等級（第一版HCM採用之）。
- 2.將速率與流量關係，視為一種連續性函數，因而服務水準的變動是連續性的（第二版HCM採用之）。

前者所訂定的水準固然已足供設計需要，但在細部的運行分析時，用途極為有限；相對地，後者之適用範圍較廣。

1983年Davis與Nihan應用時間序列分析法來量測高速公路服務水準的變化時，係以速率及車流密度為基礎來分析。

1984年加拿大容量指南（HCSN）亦以 V/C 值及車流速率來確認各服務水準等級，即某一路段在某特定的服務水準下運作時，車流的運行都要同時滿足該兩項指標所涵蓋之對應範圍，此種概念係引用自1965年美國HCM之觀念。

日本方面，「日本道路容量手冊」內將服務水準定義為道路在某種交通情況下，對駕駛人提供之服務品質，其觀念多引用自1965年美國HCM。在實際應用上，由於日本之道路狀況與美國有相當之差異，HCM中以 V/C 為綜合代表評估服務水準指標，並無法完全適用於日本，加以日本雖已調查、觀測許多道路之交通量、速度、密度之相互關係，但對這些因素與服務水準相關性之體系尚未建立完整，對影響服務水準之因素研究得不夠澈底，故日本道路容量手冊中僅建議，可以道路之設計速度與旅行速度之比值， V_s/V_d ，來表示道路服務水準，並應再作進一步之研究。

此外，過去國外學者有以駕駛者心跳反應、血壓等生理現象為界定準則者；亦有考量以「及戶性」(Door to Door)衡量者，一般而言，此種方式較適用於乘坐多種運具之服務水準衡量；另外「加速率變異程度」(Acceleration Noise)也曾被使用為服務水準之界定依據。前述種種不同之觀點，主要目的皆在於量化駕駛者之感受，但是此種衡量方式對規劃者、分析者及設計者就可說沒有太大的用處。

綜言之，由前述說明不難發現，目前關於服務水準問題之分析仍以1965版及1985年版HCM所提出之概念與方法最為普遍接受，以下本研究即針對美國HCM有關服務水準部分之概念、指標及分級標準加以探討。

2.2.2 美國HCM 服務水準概念、指標及分級標準

美國早在1950年一版HCM對於「服務」的界定，即有初步的探討，是以「可於容量」與「實際容量」等數值來表示。其中，對實際容量的定義是「在現有道路及交通狀況下，當車流密度尚未大到足以產生不合理的延滯、干擾或限制駕駛人的操作時，一小時內可通過道路或車道某一特定地點的最大車輛數」，惟此一定義的主要缺點在於：「不合理的延滯、干擾與駕駛人的操作限制」常因個人主觀的判斷而產生差異。因此，為了簡化實際容量的觀念，一版HCM乾脆定義實際容量為同一車道可於容量的80%，而一般在道路設計上所採用的設計容量觀念，本質上與實際容量具有相同的意義。

至1965年二版HCM進一步對實際容量加以引伸，而代之以「服務水準」的概念。所探討之服務水準觀念，則是由整體車流運行品質綜合考量為出發點，確認其為道路車流運行過程中，若干影響「質性」因素的綜合量度指標，這些因素包括了速率、行車時間、車流干擾與阻滯、駕駛操作的自由度、安全舒適及運行成本等，並以A～F等六級來界定各級的範圍與邊界值（界定了理想狀況下，即符合無卡車或公車等大型車、每車道至少寬3.6公尺、路上或路旁1.8公尺以內區域皆無任何障礙等狀況下，每一服務水準等級的最低運行速率與最高V/C值），其後1985年三版HCM亦遵守該定義之基本精神。

至於服務水準指標方面，依據服務水準的定義，服務水準應是一種多元化的衡量指標，其決定因素涵蓋定性及定量兩方面因素，故在決定服務水準時，上述各項因素最好能同時考慮，但由於資料取得不易及數個項目的絕對標準不易同時並存，常只利用其中某些較重要的因素來衡量。

以一般描述車流現象的三個基本要素流量、速率與密度為例，一般服務水準等級之訂定標準，常以前二者為基礎，因為此二項資料較易由現場測量獲得，密度則因不具時間性較難直接測量。三者中又以界定速率範圍最為直接，因此多數國家一直參考採用1965年 HCM 以「運行速率」作為評估指標的方式。運行速率定義為「車輛在現有的交通狀況與合乎駕駛人的願望之下，以不超過該路段設計速率所能行駛的最大安全速率」，故常須借助試驗車輛在車流中之運行設計來求得數據。

此外，服務水準既是道路設施對駕駛人所提供服務品質之量度指標，其中影響駕駛人對服務品質之感受因素又與舒適與便捷有關。因此1985年三版HCM便以此觀點，修正1965年以設計、規劃為重點的作法，換言之，除了速率指標外，量度服務水準之另一重要指標便是車流密度。

依美國1985年三版HCM 中各種交通設施主要衡量項目如表2.10所示，其中高速公路之基本路段與匝道之服務水準及分級狀況，詳如表2.11及表2.12所示，表2.13則表示基本路段與匝道各級服務水準交通特性的描述。此處要特別說明的是此版中收費站部份並未納入討論，亦未對其服務水準作描述。

表 2.10 服務水準主要衡量項目

交 通 設 施 名 稱	衡 量 項 目
高速公路	
基本路段	密度、速率、 V/C 值
匝道	流率
交織區段	平均旅行速率
一般郊區公路	
多車道郊區公路	密度
雙車道郊區公路	延滯時間百分比、平均旅行速率
市區街道	
號誌化交叉路口	平均每車延滯
非號誌化交叉路口	容量
市區幹道	平均旅行速率
公車設施	負載因素
行人交通設施	

表 2.11 高速公路基本路段服務水準分級

服務水準	密 度 (PC/MI/LN)	設計速率 70MPH			設計速率 60MPH			設計速率 50MPH		
		速率	V/C值	MSF	速率	V/C值	MSF	速率	V/C值	MSF
A	≤ 12	≥ 60	0.35	700	—	—	—	—	—	—
B	≤ 20	≥ 57	0.54	1,100	≥ 50	0.49	1,000	—	—	—
C	≤ 30	≥ 54	0.77	1,550	≥ 47	0.69	1,400	≥ 43	0.67	1,300
D	≤ 42	≥ 46	0.93	1,850	≥ 42	0.84	1,700	≥ 40	0.83	1,600
E	≤ 67	≥ 30	1.00	2,000	≥ 30	1.00	2,000	≥ 28	1.00	1,900
F	> 67	< 30	c	c	< 30	c	c	< 28	c	c

註：1. MSF指在理想狀況下之最大流率 (PCPHPL)。

2. 速率指平均旅行速率。

3. c表示數值太大不穩定。

資料來源：1985年三版HCM。

表 2.12 高速公路匝道服務水準分級

服務水準	併流率 V_m (PCPH)	分流率 V_d (PCPH)	高速公路流率								
			設計速率 70MPH			設計速率 60MPH			設計速率 50MPH		
			4-LANE	6-LANE	8-LANE	4-LANE	6-LANE	8-LANE	4-LANE	6-LANE	8-LANE
A	≤ 600	≤ 650	$\leq 1,400$	$\leq 2,100$	$\leq 2,800$	—	—	—	—	—	—
B	$\leq 1,000$	$\leq 1,050$	$\leq 2,200$	$\leq 3,300$	$\leq 4,400$	$\leq 2,000$	$\leq 3,000$	$\leq 4,000$	—	—	—
C	$\leq 1,450$	$\leq 1,500$	$\leq 3,100$	$\leq 4,650$	$\leq 6,200$	$\leq 2,800$	$\leq 4,200$	$\leq 5,600$	$\leq 2,600$	$\leq 3,900$	$\leq 5,200$
D	$\leq 1,750$	$\leq 1,800$	$\leq 3,700$	$\leq 5,550$	$\leq 6,400$	$\leq 3,400$	$\leq 5,100$	$\leq 6,400$	$\leq 3,200$	$\leq 4,800$	$\leq 6,400$
E	$\leq 2,000$	$\leq 2,000$	$\leq 4,000$	$\leq 6,000$	$\leq 8,000$	$\leq 4,000$	$\leq 6,000$	$\leq 8,000$	$\leq 3,800$	$\leq 5,700$	$\leq 7,600$
F	數 值 不 穩 定										

註：1.高速公路流率即單方向下匝道上游或上匝道下游的流率。

2.一表示受限於設計速率無法求得服務水準。

資料來源：1985年三版HCM。

表 2.13 各服務水準等級交通特性描述

服務水準	交通特性描述	
	基本路段	匝道
A	自由車流	匝道併入及分出車輛幾乎不受高速公路車輛之影響。
B	穩定車流 (少許干擾)	上匝道車輛之車速要稍微調整以尋求併入外側車道之間隙，下匝道之車輛不受影響，高速公路車輛受到的影響不大，車流狀況尚稱穩定順暢。
C	穩定車流 (干擾可接受)	上匝道車輛之車速要適切調整以尋求併入外側車道之間隙，高速公路外側車道車流亦受到併入車輛之影響，此時若上匝道交通量較大，則可能發生車輛排對等候進入高速公路之現象。下匝道處外側車道亦可由於交通量增加使得車速稍微減緩。
D	接近不穩定車流	上匝道車輛與外側車道之車流常須互相調整車速，以避免發生衝突；下匝道處外側車道車流速有顯著下降。匝道之併入與分出之車輛不僅影響外側車道之速率，車輛不僅影響外側車道之速率，亦對其他車道之車流速率造成影響。
E	不穩定車流	上匝道車輛對高速公路將產生嚴重干擾，但尚未造成高速公路阻塞，由於車輛併入困難，匝道上將有等候車隊。下匝道處車流速明顯減緩，可能產生等候車隊。由於受到嚴重干擾車輛有偏好行駛內側車道的傾向。
F	強迫性車流，發生壅塞	上下匝道處，無論併入分出車流與外側車道均產生嚴重阻塞，阻塞現象有向路段上游擴散趨勢，車輛走走停停，高速公路路段大部分車輛為避免受到阻塞而變換車道至中間（內側）車道。

資料來源：1985年三版HCM。

2.2.3 我國目前服務水準之應用狀況

我國方面有關道路服務水準評估的相關研究，課題甚廣，凡各項服務水準評估因子均曾進行檢討比較，包括V/C值、旅行速度、負荷因子、尖峰小時因素、延滯、臨界移動交通量等。惟其中對V/C值因子有比較深入之檢討，其要點有四：

- 1.以V/C值為服務水準指標之基本意義為反應需求佔該交通設施所供給容量的比例。
- 2.如V/C值因旅行速率小而變小，並不一定代表V/C值小即服務水準高。
- 3.對於容量之推估，則V/C值之意義不具代表性。
- 4.由於道路中各區段有不同的幾何設計、不同的環境條件、不同的交通管制及交通因素，因此以多長路段為一衡量單位則無一定論。

至於服務水準指標，依據本所民國80年「台灣地區公路容量手冊」之分析，歸納如下：

- 1.速率與旅行時間。
- 2.交通干擾或阻礙（停等或延滯）。
- 3.駕駛操作的自由度。
- 4.安全性、肇事及潛在危險。
- 5.駕駛舒適及方便。
- 6.經濟性。

近年來對高速公路服務水準標準訂定之研究，大致有交通部運研所民國76年5月「台灣地區公路容量手冊初稿草案（高速公路部份）」及民國79年9月「台灣地區公路容量手冊」。

前者對服務水準之評估，在基本路段部份係以旅行速度為主，密度及V/C值等為輔，其分級標準詳見表2.14；匝道部份以併入流量、分出流量與基本路段流量三者為主要考慮因素（衡量以最大15分鐘流率為基礎），其分級標準詳見表2.15；收費站部份以等候理論為基礎，將尖峰流量依車種分別分派（Assign）到各收費亭，收費亭之通過流量視為車輛平均到達率，通過收費亭時間視為服務時間，經由等候理論模式推導，求出收費亭前平均每車等候時間（Waiting Time）與平均車輛等候長度（Queueing Length），並據此評估收費站之服務水準，其分級標準詳見表2.16。

後者主要係參照1985年三版HCM及前者之分析與資料，故其分級標準幾乎相同，僅多一基本路段設計速率為100KPH之標準，如表2.17所示。

表 2.14 高速公路基本路段服務水準評估表

服 務 水 準	平均旅行 速度 (KPH)	密 度 (PCPKPL)	V/C	最大服務 流量 (PCPHPL)
A	> 85	< 10	0.35	850
B	73	18	0.54	1,300
C	60	31	0.77	1,850
D	51	43	0.93	2,200
E	46	52	1.00	2,400
F	< 46	> 52	—	—

資料來源：交通部運輸研究所，「台灣地區公路容量手冊初稿草案（高速公路部份）」，民國76年 5月。

表 2.15 匝道服務水準評估表

服務水準	併 流 量 Vm (PCPH)	分 流 量 Vd (PCPH)	高速公路流量 (PCPH)		
			4 車道	6 車道	8 車道
A	≤ 700	≤ 800	≤ 1,700	≤ 2,400	≤ 3,350
B	≤ 1,200	≤ 1,250	≤ 2,650	≤ 3,950	≤ 5,300
C	≤ 1,750	≤ 1,800	≤ 3,700	≤ 5,600	≤ 7,450
D	≤ 2,100	≤ 2,150	≤ 4,450	≤ 6,650	≤ 8,900
E	≤ 2,400	≤ 2,400	≤ 4,800	≤ 7,200	≤ 9,600
F	—				

資料來源：交通部運輸研究所，「台灣地區公路容量手冊初稿草案（高速公路部份）」，民國76年 5月。

表 2.16 收費站服務水準分級表

服務水準	平均每車等候時間 (秒)
A	1.0
B	5.0
C	10.0
D	40.0
E	80.0
F	≥ 80.0

資料來源：同表 2.14 及表 2.15。

表 2.17 高速公路基本路段服務水準評估表 (設計速率 100KPH)

服 務 水 準	平均旅行 速度 (KPH)	密 度 (PCPKPL)	V/C	最大服務 流量 (PCPHPL)
A	—	< 10	—	—
B	> 67	< 18	~ 0.49	1,200
C	> 53	< 31	$0.49 \sim 0.69$	1,650
D	> 47	< 43	$0.69 \sim 0.84$	2,000
E	> 46	< 52	$0.84 \sim 1.00$	2,400
F	≤ 46	≥ 52	—	—

資料來源：交通部運輸研究所，「台灣地區公路容量手冊」，民國 79 年 10 月。

2.3 綜合分析

公路運輸系統之規劃、設計與服務水準和績效的評估，都需以容量作為量測之基礎，而容量本身有因地制宜之特色，即因地區、國家之地理環境、交通特性、駕駛行為不同而有所差異，且容量之量測與評估方法亦應不斷調整與更新，以因應客觀環境及因素之變化。此外，服務水準評估指標之訂定必須同時對駕駛者、規劃者與設計者均具意義，且其評估準則在同一研究路段上也應要求一致，惟其內容需顧及其簡易性。

以下茲針對前述文獻回顧結果，將目前我國高速公路容量及服務水準之分析與計算之缺失歸納說明如下：

一、容量部分

- (一) 目前國內高速公路容量手冊所引用之相關參數大部份係參考美國 HCM 所訂定之標準，至是否真正符合國內高速公路特性，尚待研究。
- (二) 雖然現場進行行駛速率、流量調查需花費較高昂的成本及較多之人力，惟所獲得之研究成果準確程度較高。
- (三) 速限對容量之影響，國內高速公路容量手冊並未提及，然此一課題值得做進一步的研究。
- (四) 不同的車道其容量是否相同，亦是另一值得探討而國內公路容量手冊未提及之課題。

二、服務水準部分

- (一) 目前國內所引用之服務水準多係參照美國 HCM 標準，此標準是否適用於國內有待進一步研究。
- (二) 高速公路系統雖由基本路段、交流道及收費站三部份所組成，而該三次系統間在特性及操作上確實有些許差異，然為便於了解整體系統之績效及規劃設計上之需要，實宜訂定一致之服務水準評估指標。
- (三) 關於收費站服務水準分析，目前國內有部分文獻，針對各種不同的收費方式，如車輛自動辨識系統 (AVI)、機械收費方式及人工收費方式等，分別觀察其個別之服務時間，再依此求出各種收費車道之容量，以此作為各種收費方式間服務效率之比較。而目前容量手冊係以等候理論為基礎，以模擬方法推求平均每車等候時間及平均車輛等候長度，再據以評估收費站之服務水準。其中前者以調查為主，蒐集資料費時、費力；而後者運用數學理論推估，其因限制因素太多，無法反應真實的情況。

第三章 高速公路交通特性調查與分析

高速公路系統就設施而言在很多研究中都有所界定，譬如民國八十一年交通部運輸研究所出版之『臺灣地區公路容量手冊』第二篇第一章系統組成中就將其分為基本路段、交流道與收費站三種，並且界定上匝道 (on Ramp) 是含匝道上游 150 公尺與匝道下游 750 公尺之路段，但這些範圍的界定往往會因主線或匝道車流狀況，而向前或往後移動，所以本研究只將高速公路區分成如圖 3-1 的六部份，而不用距離來界定各部份的確切範圍。

高速公路系統每一部位之交通特性，大致可由車輛行駛在該部份時之速度進行反應，如圖 3-1 下部份速度變化示意曲線所示；當一輛汽車由市區道路進入高速公路系統起，剛駛入匝道 (on Ramp) 之初速度較慢，然後在加速車道上進行加速至與主線車輛進行合併；因此一車輛匯流之影響，會使主線車流降低速度。至完全溶為主線車流後恢復主線車流之正常速度，其間若遇上了收費站，從收費站前約五百公尺處 (視收費站之規模及幾何設計條件而定) 開始減速至收費孔道中繳了通行費 (幾乎至停止) 後再行加速，再恢復主線車流之正常速度，其中可能經歷幾次收費站 (中山高由北至南共有十個收費站) 或其他狀況如隧道、橋樑等，最後至達目的地前，車輛開始靠右匯出，駛出匝道 (off Ramp) 進入了市區道路。

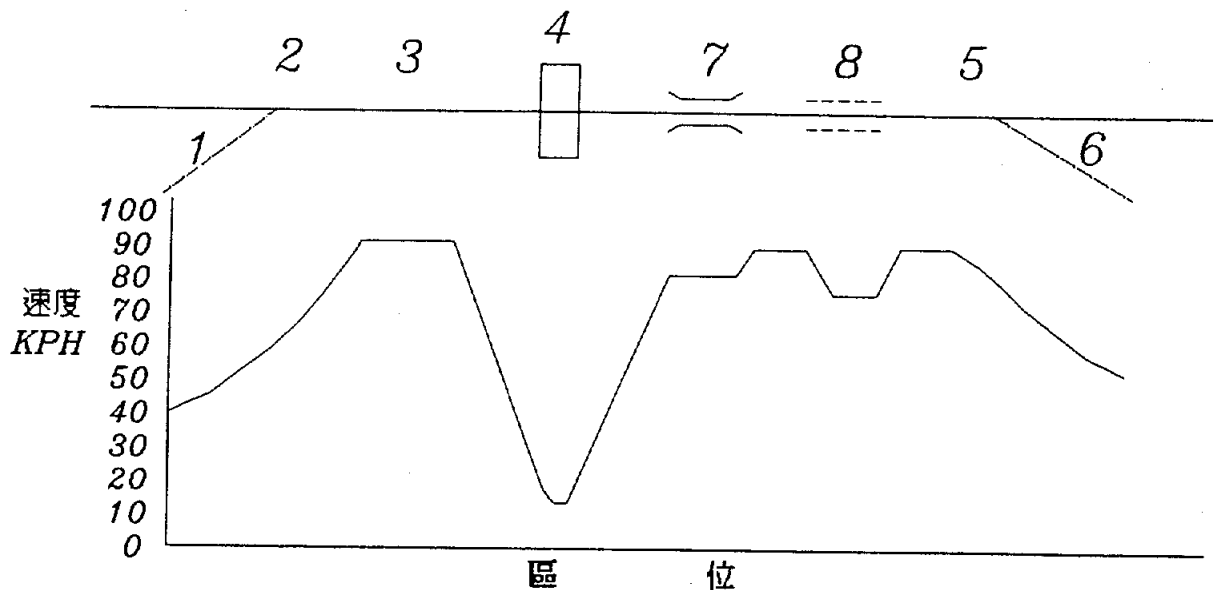


圖3-1車輛行駛於高速公路系統時各區位速度變化示意

備注：代號表示之意義

- 1. 上匝道路段
- 2. 主線、匝道匯流處
- 3. 主線基本路段
- 4. 收費站

- 5. 主線、匝道分流處
- 6. 下匝道路段
- 7. 橋樑
- 8. 隧道

上述是一輛汽車在高速公路系統中，所會歷經的各種部位及車輛在各部位時之速度變化情形示意；因每一部份均有其各自之幾何設計條件及交通特性，所以當需針對整個高速公路系統進行規劃、設計或操作評估時，可用速度作為評估各部位服務水準之共同標準；但因各部又有其自我限制及幾何條件，也應該有該部位特有之服務水準評估指標才算合理。又因，高速公路在不同的辦理階段(規劃、設計或操作)，對服務水準之要求有其不同的精確度，所以本研究最後將就高速公路各部位研擬一組(五個)服務水準評估指標，以合理評估高速公路系統。

本研究為了上述一至六部位之容量與服務水準評估指標之訂定，進行了下述之調查與分析。

3.1 交通特性調查

在本研究高速公路交通特性調查項目中共分成下列六項：

一、主線部份

1. 不受匝道、收費站、橋樑、隧道等影響之路段，如圖 3-1 之位置3。
2. 受上匝道影響之路段，如圖 3-1 之位置2。
3. 受下匝道影響之路段，如圖 3-1 之位置5。

二、匝道部份

1. 上匝道路段，如圖 3-1 之位置1。
2. 下匝道路段，如圖 3-1 之位置6。

三、收費站部份，如圖 3-1 之位置4。

在上述六項中，除了收費站部份因其容量與服務水準評估方法和其他部位不同，而採用模擬方式分析外，其他部位均在現場蒐集大量的錄影資料再經人工閱讀後得出每一車道之平均小時流量、速率及佔有率，進而推算容量及服務水準。以下便針對部份現場及調查方法進行說明。

一、主線不受其他因素影響之基本路段

本研究除了收費站分析外，其餘資料的獲取，均以現場錄影，然後回到室內讀取資料，以期獲得較精確的數據；因此首先須在高速公路沿線適當位置(代表性路段)的正側邊找到制高點，其次為了獲取攝影時穩定之電源，所以調查地點正側邊的制高點注注是民宅樓頂上。

因調查地點需兼備上述二條件，所以本研究花費大量的時間在中山高全線找尋適當的地點，最後發現除臺北、臺中、高雄三都會區外並不容易找到適宜的地點。因此基本路段是選擇在汐止交流道以南 2km 約為中山高速 12.5 k 處之南下車道。

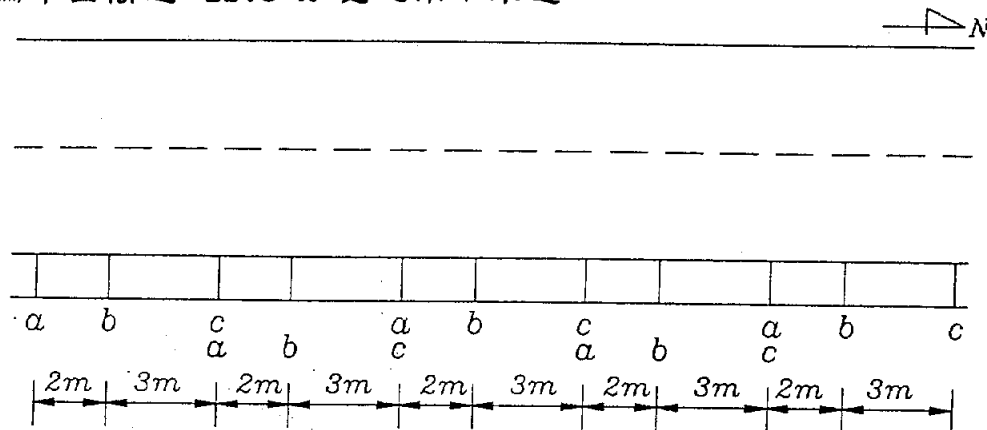


圖 3-2 主線不受其他因素影響之基本路段示意圖

該處為雙向四車道之佈設，首先在南下路肩上用白色噴漆，每 2 至 3 公尺繪上全長 20 公尺的參考線如上圖 3-2 所示。

然後將攝影機架設在正東側邊七樓的民宅樓頂上，該攝影機備有細至 1/100 秒的時間計時畫面，每一卷帶子可錄二個小時。在該畫面上可同時含括中山高速公路汐止段的南向和北向的雙向車道，故可同時收集到雙向的交通資料。調查之時段必需含括完整尖峰、非尖峰與其相互交替之各時段。

二、主線但受上匝道影響之路段

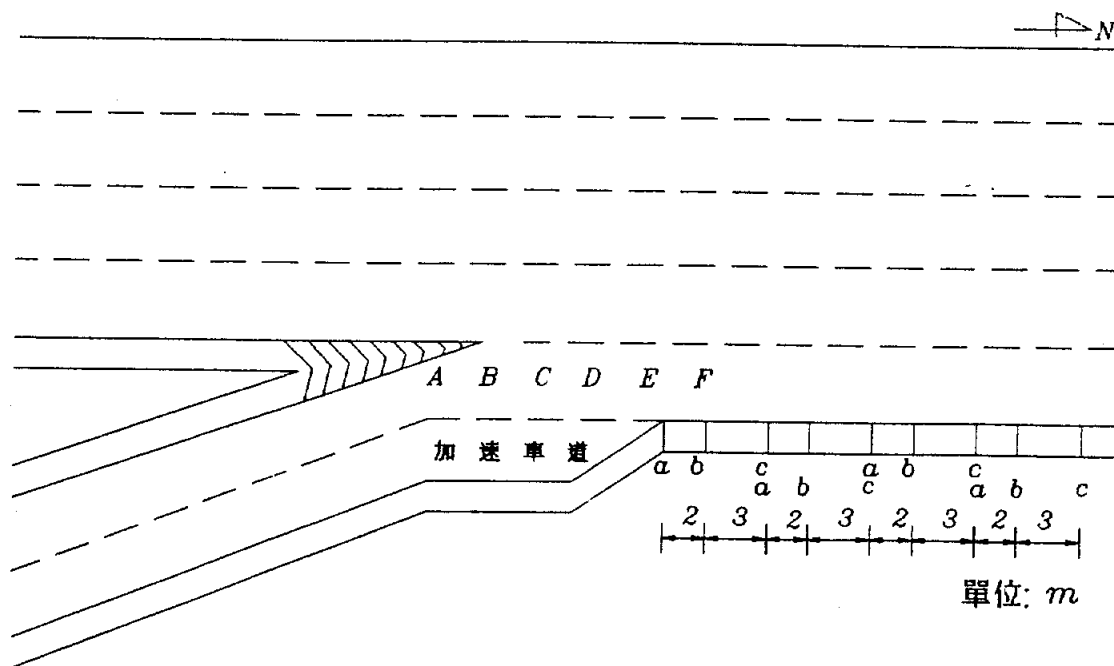


圖 3-3 主線受上匝道影響之路段示意圖

基本上當主線車流受到來自匝道車輛之影響，車流速度會降低，而來自匝道之車流也會視主線車流之多寡，選擇車輛加速與匯入主線車流的時機與地點，一般而言當主線車流不多時，匝道的車輛有較大的併入空間(從圖 3-3 的點 A 至點 F 或更遠)，但大部份的駕駛者會選擇圖中 B、C 路段間；但當主線車流很壅塞時，上匝道之車輛無法一脫離匝道就併入主線，故併入主線車流的地點大都會發生在 D 點以後，甚至繼續往後延伸至 E、F 點或更遠的地點。

如果主線交通受到上匝道車流影響時，分析步驟之首要，必須先判斷主線在每一種車流下車流(壅塞程度)合併處的臨界點，也就是在不同車流壅塞程度下，高速公路上速度最低、車流能通過數量最少的地點(正如上段所述，此一臨界點會隨主線的壅塞程度而向後延伸)，再逐一找出速率、車流量、密度、佔有率等曲線，但為了簡化調查，可用主線與匝道(尤其是主線)最壅塞的狀況所產生的臨界點，依此點所得的交通特性值來代表主線受上匝道影響路段之狀況。全部的錄影應含括尖峰、非尖峰時段及其相互交替之各時段。本研究選擇三重交流道以北 500 m 處，約為中山高速 26.6 k 處之北上車道，作為錄影分析之臨界點。

三、主線但受下匝道影之路段

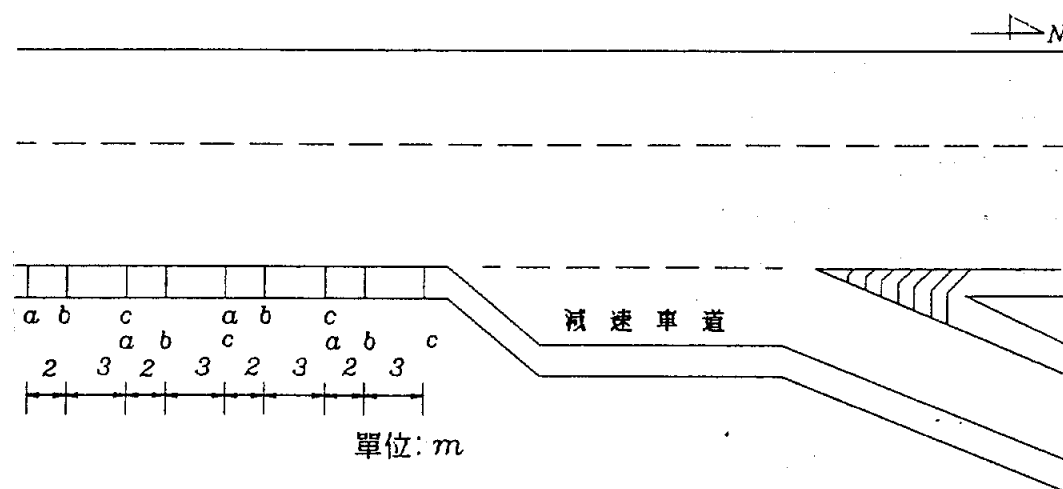


圖3-4主線受下匝道影響之路段示意圖

主線受下匝道車流影響之路段與上述上匝道影響之路段情形類似，必須先找出主線車流受到下交流道車輛減速干擾影響後，整個斷面車流、車速降低至最小的臨界點，並在路肩每隔 2 至 3 公尺繪一參考線(全長 20 公尺)如圖 3-4 上之 a, b, c, 點，然後再進行正側邊架設攝影機調查之，全部的錄影含括了尖峰與非尖峰時段。本研究選擇三重交流道以南 500 m 約為中山高速 27.6 k 處之北上車道，作為本錄影分析之臨界點。

四、上匝道路段

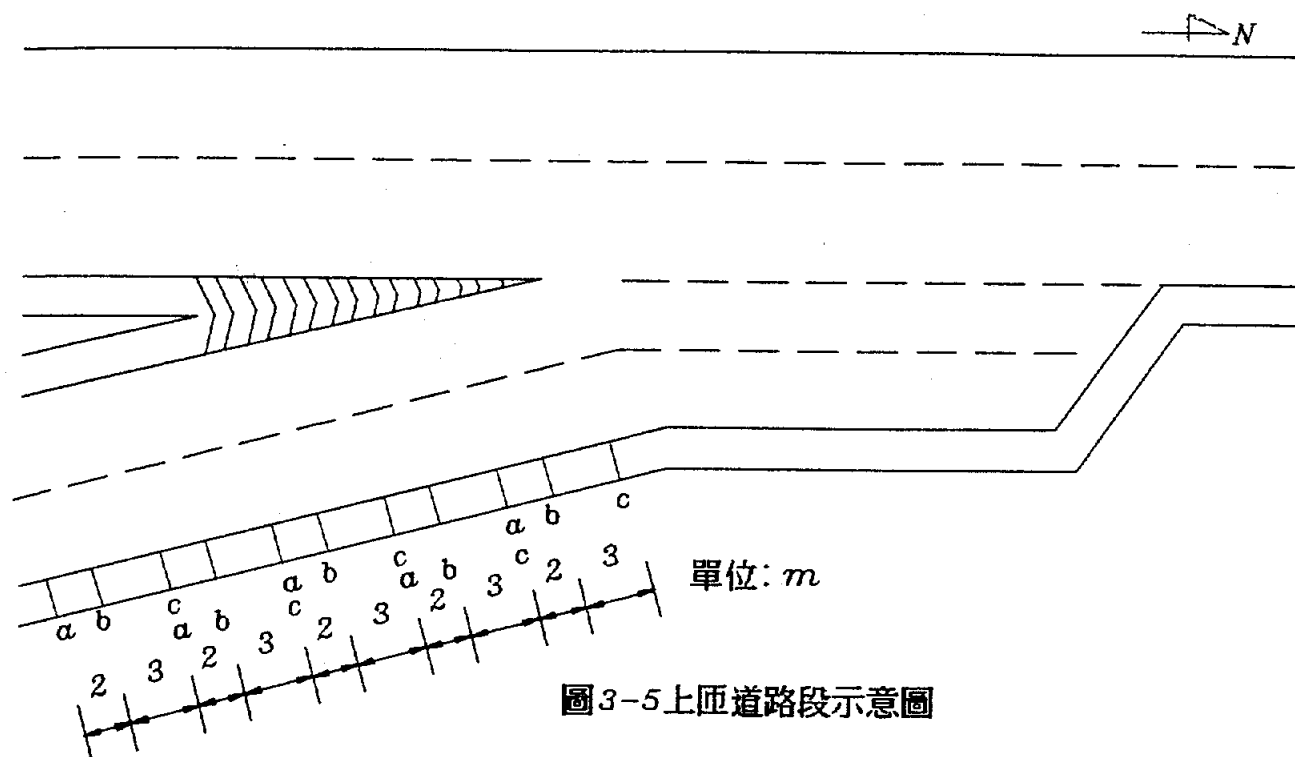


圖3-5上匝道路段示意圖

高速公路上匝道路段之容量與服務水準基本上受到二大因素的控制，一是匝道與市區道路交接處之情況，該處如果有號誌管制則上匝道路段之容量與服務水準受到此號誌時相與時制之控制，此一因素過於複雜且為市區號誌之範圍在本研究中不予探討。其二是上匝道的幾何設計條件，該處匝道是上坡或下坡（坡度多少），是直線或弧形（彎道），引道距離多長等都影響上匝道路段的容量與服務水準。

本研究選擇三重交流道北上匝道與內湖南下匝道等二處，作為調查地點，（從與市區道路交口處起算 90m 處，詳細位置如圖 3-5所示），在該段路也繪了 2 至 3 公尺間距的參考線（全長 20 公尺）如圖3-5 上之 a,b,c, 點，然後自正側邊四樓頂進行錄影，全部的拍攝亦包括了尖峰與非尖峰時段。

五、下匝道路段

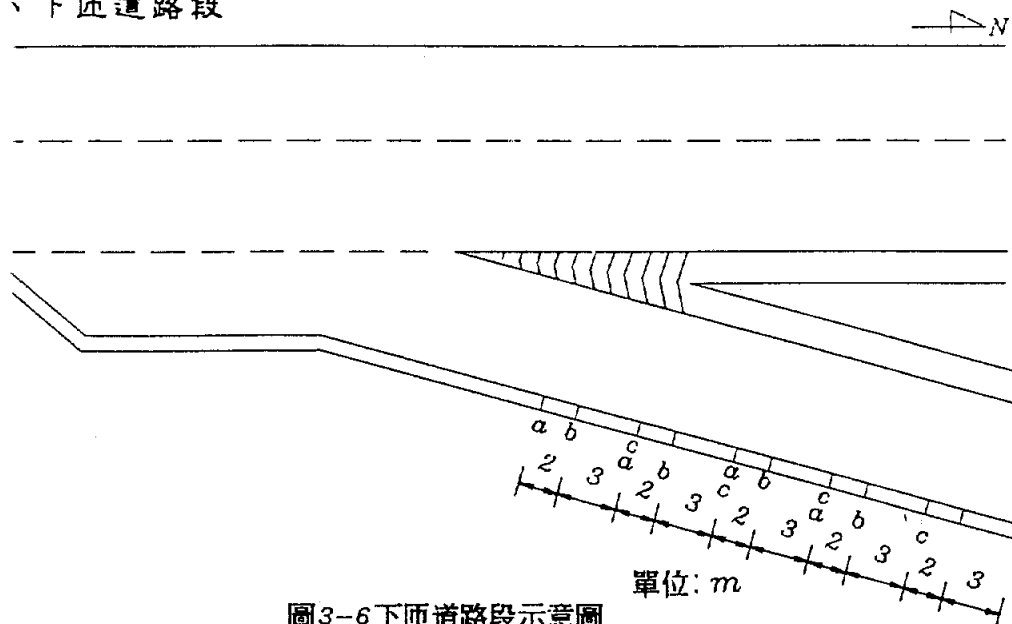


圖3-6下匝道路段示意圖

下匝道路段同上匝道路段一樣，會受到匝道連接市區道路段的號誌時相與時制之影響（這部份本研究也是不予分析），本研究選擇在三重交流道北上下匝道中間處（距主線與匝道銜接處 80 公尺處）作為臨界點，在內、外路肩繪有 2 至 3 公尺（全長 20 公尺）之參考線如圖 3-6 之 a, b, c 點，並在正側邊五樓頂進行錄影工作，全部的拍攝含括了尖峰與非尖峰時段。台灣地區高速公路之匝道車道數大部份是上匝道二車道、下匝道一車道之設計。

六、收費站部份

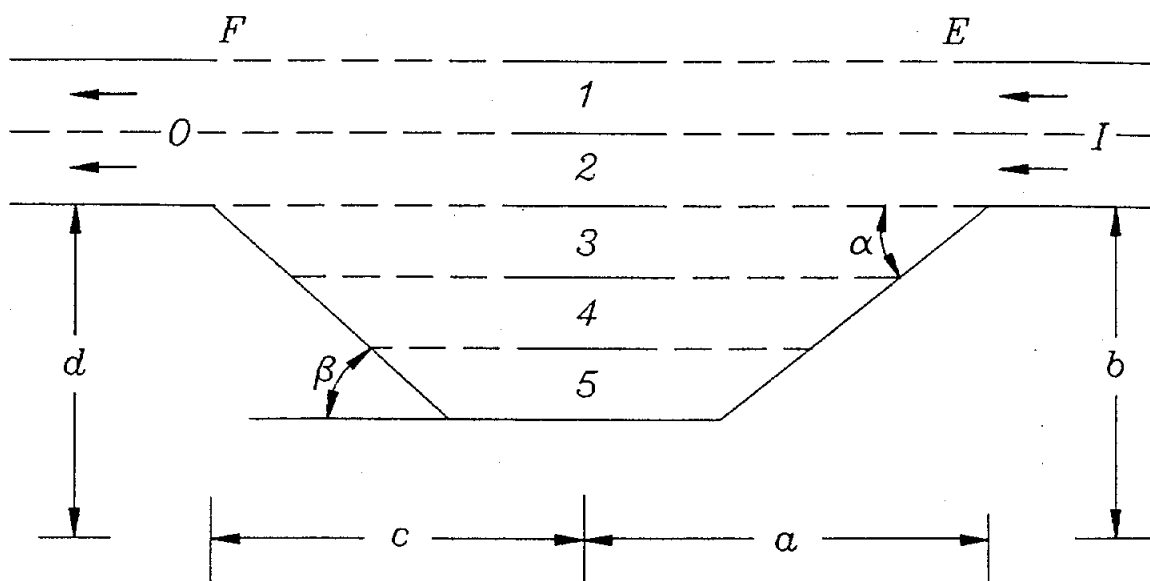


圖 3-7 主線收費站示意圖

在收費站部份本研究因採用模擬方法進行服務水準評估與容量計量，所以資料的收集項目多且格外困難，但只須能滿足模擬程式所需之參數即可，因此項目雖多但樣本數不像主線或匝道部份那麼多。本研究選擇了楊梅與泰山收費站進行模擬程式所須參數的調查地點，並以汐止收費站作為程式校估參數數據的調查處。以下進行各項參數調查之說明：

1. 首先調查整座收費站的幾何條件，一般的收費站均在平坦沒有坡度的路段，收費孔道數的設計為主線車道數的 2.5 倍，也就是當有二主線車道時會配有 5 個收費孔道（如楊梅、汐止收費站均是），其一般配置（如圖 3-7 所示）為第（1）收費孔道為大貨車，第（2）收費孔道為大客車與聯結車，第（3）收費孔道為找零小客車，第（4）（5）收費孔道為二不找零小客車收費孔道，其中最中央的第（5）孔道會和對向編號第（5）的收費孔道進行尖峰的調撥作業。其他的幾何條件還包括主線在多少公里外會有收費站的告示牌；從跳動路面（喇吧開口處）至孔道中心之距離 a 與擴展角度 α 或邊長 b ；另外車流通過收費亭後至喇吧開口處的距離 c 與縮減角度 β 或邊長 d 。為了便利後面之分析與調查工作，茲將這些孔道命名為型一（小客車不找零）、型二（小客車找零）、型三（大貨車）、型四（客聯車）。
2. 其次拍攝 E 與 F 處之車流率與速度資料（E、F 處為多車道分支、合併之臨界點）。同時也求得到主線車種組成（小客車、大客車、聯結車、大貨車的比率）。
3. 攝影機拍攝車輛由主線進入收費站系統後，對收費孔道的選擇行為，尤其著重在有二個以上不找零小客車收費孔道。
4. 用攝影機拍下每一種收費孔道（型一至型四），在壅塞（會有等候長度產生）與不壅塞下的通過車輛數及服務時間。
5. 用人工測量車輛在每一種收費孔道駛出收費孔後，行駛至下游銜接處的時間。
6. 各車種進入收費站系統後平均的等候長度（Average Queue 單位：輛）與系統時間（Time in System 單位：秒/輛）。

上述之資料有的是直接現場拍攝然後於室內分析，有的則必須同時借助另外一部攝影機進行同步校核，或同時以人工計數方式校核數據。

3.2 交通調查資料分析

3.2.1 資料處理的方法

本研究在高速公路容量分析與服務水準評估指標方法的構建上概分成二大部份。一、是蒐集大量資料構建合宜的容量估算方法及訂定適宜的服務水準評估指標（主線部份與匝道部份均屬此一類型）。二、是蒐集車輛操作、公路幾何設計、駕駛者行為反應等數據架構出適宜的模擬程式，以作為收費站總容量及服務水準評估指標計算之依據（收費站部份即屬此一類型）。所以在資料調查上可分成六部份，但資料處理與分析方法可歸納成二大部份，現分述如下：

一、主線與匝道部份

(一) 資料讀取

當高速公路主線或匝道之錄影帶帶回到實驗室後，首先在電視螢幕上將路肩上之參考線 a, b, c, a, b, c, 等以不同顏色膠帶每隔 1 公尺標示在電視畫面上，前面之三條主參線（第 0、2、5 公尺處）分別命名為 A、B、C，然後再以放影機以 3/100 sec 的速度慢放，分別讀出車子到達 A(A)，到達 C(C1)，離開 B(B)，離開 C(C2) 與車長 (Xn) 之數據，並抄錄在記錄表中，人工抄錄表如附錄一、附圖表 1-1 所示。原本調查時攝影機畫面計時器可細讀至 1/100 sec，但受限於放影機只能格放至 3/100 sec，所以影像中當車輛抵達各參考線時有可能不符合格放的記錄時間，所以讀數時，操作員有時必須前後慢速挪動畫面，以概估出上述四個時間與車長。

(二) 電腦數據檔之登錄與校核

人工抄錄下數據後，接著就將之登錄於 Lotus 1-2-3 試算表中，其登錄之格式如附錄一、附圖表 1-2 所示。第 A 欄為車輛編號，第 B 至 M 欄分別為每三欄一組登錄車輛到達或離開參考 A、C1、B、C2 之分、秒與百分之一秒數據，第 N 欄為車輛之車長數據 Xn，第 O 至 R 欄為計算車輛到達或離開各參考線之時間（即將 B 至 M 欄之值換算成以秒為單位之數據。茲分別假設為 t a、t c1、t b 與 t c2 與 Xn。

第 S 欄為公式：

第 T 欄為公式：

$$S1 = \frac{2 + X_n}{t_a - t_b} \quad (\text{公式 3-1}) \quad S2 = \frac{5}{t_{c1} - t_a} \quad (\text{公式 3-2})$$

第 U 欄為公式：

$$S3 = \frac{X_n}{t_{c2} - t_{c1}} \quad (\text{公式 3-3})$$

若車輛很順利通過此三參考線A,B,C(沒有突然的加速、減速、駛離、切入、跨過或停止在參考線上)，此三欄(第 S,T,U 欄)之速度值應該是一致才對，但由於人工判讀之誤差與駕駛者行為很難掌握(忽然加、減速或停著不走等現象)，所以本研究允許 S1 與 S2 (S 2-1)、S2 與 S3 (S 3-2) 或 S1 與 S3 (S 3-1) 之間有 9 公里/每小時以下之誤差值(此一數值乃依據國內車輛之最大加減、速率性能，所求出之概估值)，此三值計算所得之數值放在第 V、W、X 欄中。若其中有一值大於容忍值時便針對各數據進行調整(車長以不超± 0.2m 為幅度，各參考線數據以不超過± 2/100 秒為限)，若超過此二幅度乃不允許符合容忍標準時，則必須自錄影帶的畫面找到該車子的數據，找出真正的錯誤原因並加以修正之。第 Y 欄則是依據第 V、W、X 欄之正負特性標示不同符號，用以告知登錄者應針對第 N、D、G、J、欄，其中的某一個欄位優先進行調整，才可很快的修正完畢。第 Z 欄則是判斷前後筆資料，不讓後筆之時間早於前一筆的時間，避免資料登錄之錯誤。

就公式 3-1、3-2、3-3 而言，若修正 X_n ，則 S1 與 S3 均會跟著改變；如果修正 t_a ，則 S1 與 S2 都會跟著改變；如果修正 t_b ，則只有 S1 會改變；如果修正 t_{c1} ，則 S1 與 S2 都會跟著改變；如果修改 t_{c2} ，則只有 S3 會改變。所以當改變其中一數值，有時會運動另外的值產生某一程度的改變。

至於參考線上時間或車長數據不正確的調整原則與邏輯分述如下：

(1) 先挑出 S_{2-1} , S_{3-2} , S_{3-1} 中絕對值最大者。

(2) 若 S_{2-1} 為絕對值之最大者，則因：

$$\begin{aligned}
 S_{2-1} &= -\frac{2 + X_n}{t_a - t_b} + \frac{5}{t_{c1} - t_a} \\
 &= \frac{-(2 + X_n) * (t_{c1} - t_a) + 5 * (t_a - t_b)}{(t_a - t_b) * (t_{c1} - t_a)} \\
 &= \frac{-2t_{c1} + 2t_a - X_n * t_{c1} + X_n * t_a + 5t_a - 5t_b}{(t_a - t_b) * (t_{c1} - t_a)} \\
 &= \frac{-t_{c1} * (2 + X_n) + t_a * (7 + X_n) - 5t_b}{(t_a - t_b) * (t_{c1} - t_a)} \quad (\text{公式 3-4})
 \end{aligned}$$

$$\text{或 } S_{2-1} = \frac{-X_n * (t_{c1} - t_a) + 7t_a - 5t_b - 2t_{c1}}{(t_a - t_b) * (t_{c1} - t_a)} \quad (\text{公式 3-5})$$

因此進行下列三步驟之調整：

- (a) 因車長最容易看錯，且由公式 3-5 中調整 X_n 會有 5 公尺 * ($t_{c1} - t_a$) 時間之變化，所以先調整 X_n ：

當 S_{2-1} 為 + 值時 $X_n + 0.1 \text{ m}$ 。

當 S_{2-1} 為 - 值時 $X_n - 0.1 \text{ m}$ ，最多只能調 ± 0.2m。

- (b) 經上述調整乃不能滿足 $S_{2-1} < \pm 9 \text{ km/hr}$ 時，由公式 3-2, 3-3 及 3-5 中調整 t_b 只有 S_1 會變動且會有 5 倍的變動，所以第二次先調整 t_b 。

當 S_{2-1} 為 + 值時 $t_b - 1/100 \text{ sec}$ 。

當 S_{2-1} 為 - 值時 $t_b + 1/100 \text{ sec}$ ，最多只能調 ± 2/100 sec。

(c) 當經上述之調整乃不能滿足 $S_{2-1} < \pm 9 \text{ km/hr}$ 時，由公式 3-5 中則最後調整 t_{c1} 。

當 S_{2-1} 為 + 值時 $t_{c1} + 1/100 \text{ sec}$ 。

當 S_{2-1} 為 - 值時 $t_{c1} - 1/100 \text{ sec}$ ，最多只能調 $\pm 2/100 \text{ sec}$ 。

(3) 若 S_{3-2} 為絕對值之最大者，則因：

$$\begin{aligned}
 S_{3-2} &= \frac{X_n}{t_{c2} - t_{c1}} - \frac{5}{t_{c1} - t_a} \\
 &= \frac{X_n(t_{c1} - t_a) - 5(t_{c2} - t_{c1})}{(t_{c2} - t_{c1})(t_{c1} - t_a)} \\
 &= \frac{X_n t_{c1} - X_n t_a - 5 t_{c2} + 5 t_{c1}}{(t_{c2} - t_{c1})(t_{c1} - t_a)} \\
 &= \frac{X_n(t_{c1} - t_a) - 5 t_{c2} + 5 t_{c1}}{(t_{c2} - t_{c1})(t_{c1} - t_a)} \quad (\text{公式 3-6})
 \end{aligned}$$

或

$$S_{3-2} = \frac{(X_n + 5) t_{c1} - X_n t_a - 5 t_{c2}}{(t_{c2} - t_{c1})(t_{c1} - t_a)} \quad (\text{公式 3-7})$$

因此進行下列三步驟之調整：

(a) 因車長最容易看錯，且由公式 3-5 中調整 X_n 會有 5 公尺 $\times (t_{c1} - t_a)$ 時間之變化，所以先調整 X_n ：

當 S_{3-2} 為 + 值時 $X_n + 0.1 \text{ m}$ 。

當 S_{3-2} 為 - 值時 $X_n - 0.1 \text{ m}$ ，最多只能調 $\pm 0.2 \text{ m}$ 。

(b) 當經上述之調整乃不能滿足 $S_{3-2} < \pm 9 \text{ km/hr}$ 時，由公式 3-7 中可知調整 t_{c1} 會有 $(X_n + 5)$ 之變化，所以第二次先調整 t_{c1} 。

當 S_{3-2} 為 + 值時 $t_{c1} - 1/100 \text{ sec}$ 。

當 S_{3-2} 為 - 值時 $t_{c1} + 1/100 \text{ sec}$ ，最多只能調 $\pm 2/100 \text{ sec}$ 。

(c) 當經上述之調整乃不能滿足 $S_{3-2} < \pm 9 \text{ km/hr}$ 時，由公式 3-6 或 3-7 中，則最後調整 t_{c2} 。

當 S_{2-1} 為 + 值時 $t_{c1} + 1/100 \text{ sec}$ 。

當 S_{2-1} 為 - 值時 $t_{c1} - 1/100 \text{ sec}$ ，最多只能調 $\pm 2/100 \text{ sec}$ 。

(4) 若 S_{3-1} 為絕對值之最大者，則因：

$$\begin{aligned}
 S_{3-1} &= \frac{X_n}{t_{c2} - t_{c1}} - \frac{2 + X_n}{t_a - t_b} \\
 &= \frac{X_n(t_a - t_b) - (2 + X_n)(t_{c2} - t_{c1})}{(t_{c2} - t_{c1})(t_a - t_b)} \\
 &= \frac{X_n t_a - X_n t_b - X_n t_{c2} + X_n t_{c1} - 2 t_{c2} + 2 t_{c1}}{(t_{c2} - t_{c1})(t_a - t_b)} \\
 &= \frac{X_n(t_a - t_b - t_{c2} + t_{c1}) - 2 t_{c2} + 2 t_{c1}}{(t_{c2} - t_{c1})(t_a - t_b)} \quad (\text{公式 3-8})
 \end{aligned}$$

因此進行下列三步驟之調整：

(a) 因車長最容易看錯，且由公式 3-8 中調整 X_n 會有 $(t_a - t_b - t_{c2} + t_{c1})$ 時間之變化，所以先調整 X_n ：

當 S_{3-1} 為 + 值時 $X_n + 0.1 \text{ m}$ 。

當 S_{3-1} 為 - 值時 $X_n - 0.1 \text{ m}$ ，最多只能調 ± 0.2m。

- (b) 經上述之調整乃不能滿足 $S_{3-1} < \pm 9 \text{ km/hr}$ 時，由公式 3-8 中可知調整 t_{c1} 或 t_{c2} 會有 + 倍或 -2 倍之變化，所以第二次先調整 t_{c2} 或 t_{c1} 都可以。如果先調整 t_{c2} 則：

當 S_{3-1} 為 + 值時 $t_{c2} - 1/100 \text{ sec}$ 。

當 S_{3-1} 為 - 值時 $t_{c2} + 1/100 \text{ sec}$ ，最多只能調 ± 2/100 sec。

- (c) 經上述之調整乃不能滿足 $S_{3-2} < \pm 9 \text{ km/hr}$ 時，最後則調整 t_{c1} ：

當 S_{3-1} 為 + 值時 $t_{c1} + 1/100 \text{ sec}$ 。

當 S_{3-1} 為 - 值時 $t_{c1} + 1/100 \text{ sec}$ ，最多只能調 ± 2/100 sec。

(三) 各數值的計算

經上述資料登錄與校核後，每一車輛經過（到達與離開）參考線 A、B、C 的時間（分、秒、百分之一秒）與車長均已正確無誤，最後再以前車離開 C 點之時間必須大於後車到達 C 點之時間，以防止前後車輛數據登錄錯誤或重覆輸入；接著，將該資料經 FORTRAN 語言所寫成的程式予以電腦處理，以每一分鐘為單位，分別計算以下數據（1）佔有率時間（2）佔有率時間之標準差（3）空間平均速率（5）時間平均速率（6）車流率（7）轉換成小客車當量之車流率（8）每車道單位長度密度（9）佔有率時間乘上空間平均速率之函數（10）佔有率乘上空間平均速率之 F 函數 Φ 值。此一數值計算 FORTRAN 程式中亦有校核數據的功能力。

3.2.2 資料特性分析

經前面 3.1 節的資料調查和 3.2.1 節的資料讀取與處理後，本節仍分成二大部分來展現高速公路各部份資料的特性。

一、主線與匝道部份之資料特性分析

由主線或匝道之錄影帶所載車流資料，經讀取、登錄、初步校核、再校核後，可得到佔有率、時間平均速率、空間平均速率等十種數據，以下分別針對各變數顯示主線、匝道上各部位車流特性加以分析說明。

(一) 時間平均速率 TMS (Time-Mean Speed, kph)

時間平均速率 TMS 為對同一車隊之所有車輛先求得各自之速率後，再求取全車隊速率之平均值。

$$TMS = \sum_{i=1}^n (D/T_i) / n \quad (\text{公式 3-5})$$

本研究中 $D = 5$ 公尺，為車輛到達第一條與第三條參考線之距離。此一固定距離除以每輛車到達第一條與第三條參考線的時間差，即得到每輛車之速率，對連續一分鐘之所有車輛取平均值，即可得到一個後續統計分析使用之樣本點，惟該樣本點需用 4.1 節之公式 4-2a 至公式 4-2c 去校核該一分鐘內之車輛數是否都屬同一車隊，若有車輛不屬同一車隊則該樣本不能算是有效樣本點，應予消除不列入統計。在主線與匝道部份共有七路段，本研究所整理有效樣本之時間平均速率 TMS 次數分佈圖及統計表如下圖 3-8a 至圖 3-8d 與表 3.1 所示。

由圖、表中各路段時間平均速率 TMS 之次數統計可知，如果資料為一連續完整數據時，次數分佈都會有二個高峰，而二高峰中之低峰處，即為資料樣本點較難取得之所在，同時也是一般車流狀況較不易發生的情形；汐止基本路段(速限 90 kph)雖然為不受匝道影響之路段，但其主線只有二個車道，所以最高車速只能達到 95 kph 左右

表 3.1 各路段時間平均速率次數統計

VT, kph 基本路段 (90) *		受下匝道影響		下匝道路段		受上匝道影響		上匝道路段 (三重)		上匝道路段 (內湖)		基本路段 (100) **	
內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側二	內側一	外側	內側	外側	內側	外側	
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	31	8	0	0	0	0	0	0	0	8	2	
10	0	12	0	1	0	0	10	3	0	0	13	24	
15	0	34	40	59	0	39	40	20	0	0	45	34	
20	16	161	148	17	0	90	100	38	0	0	4	57	
25	120	302	160	21	0	61	89	72	0	1	54	282	
30	163	292	122	24	0	26	14	78	0	1	39	202	
35	281	323	79	20	0	2	1	22	0	12	8	99	
40	206	162	44	41	0	0	0	1	0	45	2	35	
45	103	142	36	66	0	17	9	1	0	109	1	8	
50	90	113	23	145	0	47	49	2	3	146	1	5	
55	72	34	3	131	0	116	94	27	157	91	1	6	
60	109	49	27	0	0	383	366	35	129	32	33	32	
65	123	85	31	0	0	620	832	64	14	1	41	59	
70	226	162	162	0	0	298	207	122	54	23	77	223	
75	696	295	486	0	0	14	0	159	0	0	120	459	
80	848	641	1,537	0	0	0	0	8	0	0	147	345	
85	333	1,439	2,935	0	0	0	0	0	0	0	99	116	
90	75	1,958	1,717	0	0	0	0	0	0	0	49	0	
95	26	1,335	532	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
100	0	291	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
樣本個數	3,487	3,413	7,862	8,192	525	1,713	1,811	652	303	350	438	475	744 1,988

註：* 為速限 90 kph 之路段。
 ** 為速限 100 kph 之路段。

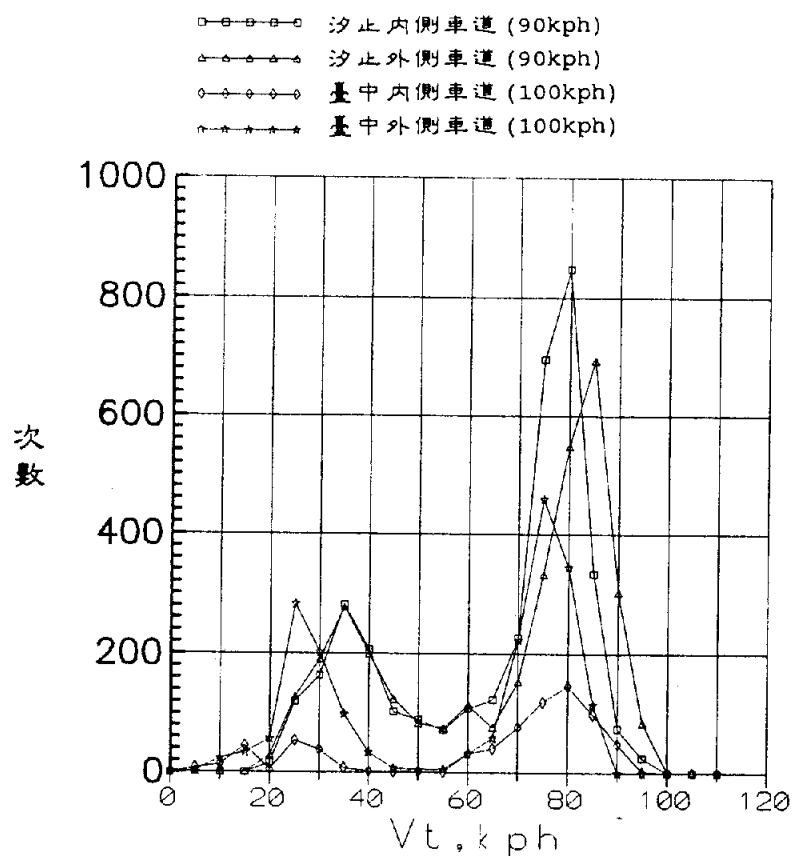


圖 3-8a 主線基本路段時間平均速率次數分配統計圖

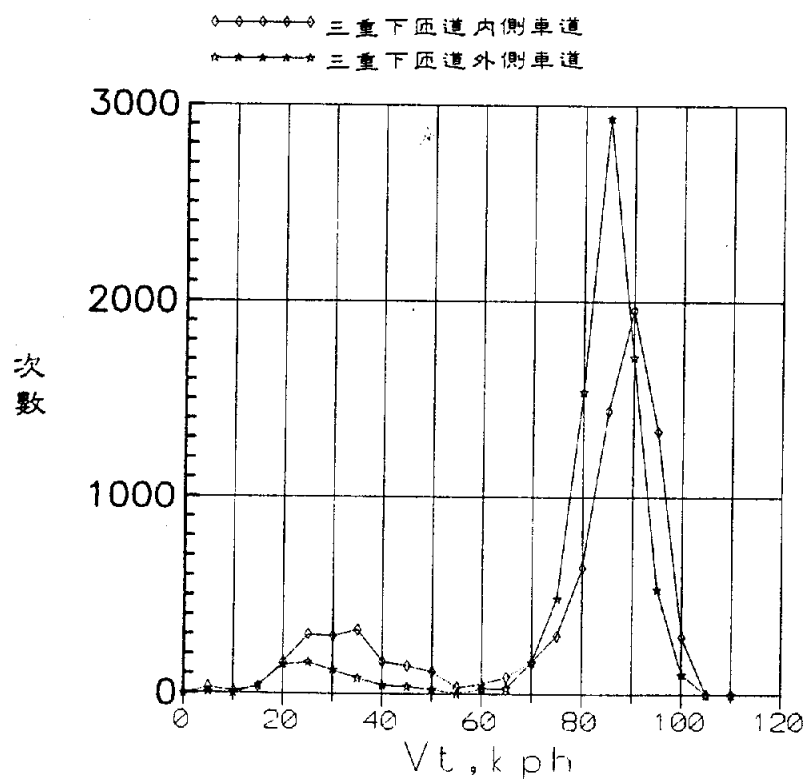


圖 3-8b 主線受下匝道影響路段時間平均速率次數分配統計圖

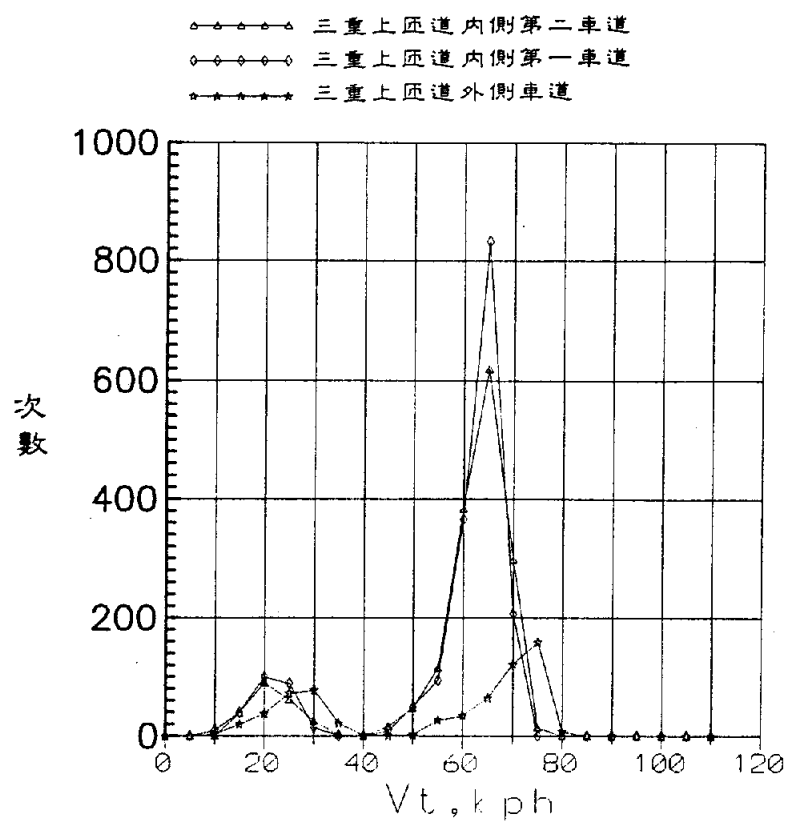


圖 3-8c 主線受上匝道影響路段時間平均速率次數分配統計圖

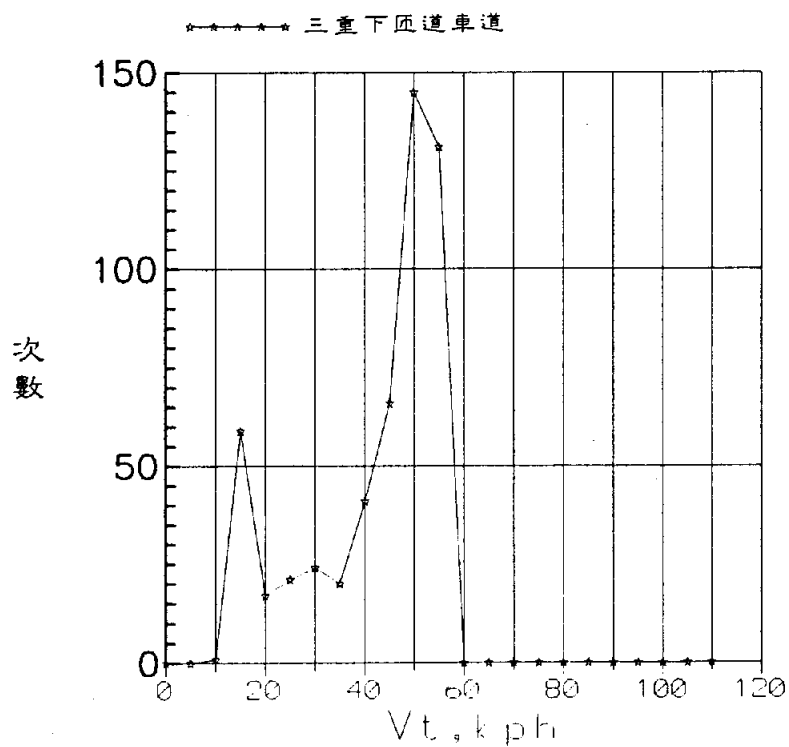


圖 3-8d 下匝道路段時間平均速率次數分配統計圖

。在臺中基本路段(速限 100 kph)雖然也為不受匝道影響之路段，且速限可高達 100 kph，然而因本研究在此路段未能取得自由車流狀況下之樣本點，所以最高車速只能達到 90 kph 左右。而三重受下匝道影響路段，因主線有四車道所以某些樣本點之最高車速可達到 100 kph 左右。而三重北上下匝道路處，亦有雙高峰但最高車速只有 55 kph。

至於只有單尖峰之三重、內湖上匝道路段，其最高速率會發生在 60 kph 左右，但很難找到上匝道擁擠、塞車的情形(據當地居民表示，上匝道路段會塞車致使車速完全慢下來甚至不動，一半只有二、三次的發生機率)。

另外，在次數統計中，應不難發現，同一路段之內、外側線，具有較相似之分佈曲線，而不同路段則具有不同趨勢之曲線，這亦說明本研究所區分之路段間，有很明顯的差異存在。

(二)空間平均速率 SMS (Space-Mean-Speed, kph)

空間平均速率是將每一分鐘內之通過車輛數乘上第一條參考線至第三條參考線間之距離(5 公尺)，然後除以這些車輛在此一分鐘內，通過第一與第三參考線間，花費時間之總數；

$$SMS = \frac{n \cdot D}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (\text{公式 3-6})$$

當然，在該分鐘內也必須滿足，所有車輛是同一車隊才是有效樣本。以下表 3.2 與圖 3-9a 至圖 3-9d，便是有效樣本之空間平均速率(SMS)之次數分佈圖及統計表。

空間平均速率 SMS 之次數統計和 TMS 很類似，但 SMS 比 TMS 小了 σ^2 / SMS 所以整個次數分佈會往前挪，但其間之差距大致在 3 kph 以下，所以平移的幅度也不是很大。

表 3.2 各路段空間平均速率次數統計

VS, kph	基本路段 (90) *		受下匝道影響		下匝道路段		受上匝道影響		上匝道路段 (三重)		上匝道路段 (內湖)		基本路段 (100) **	
	內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側	外側
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	30	30	23	0	0	0	0	0	0	0	20	17
10	10	1	70	70	35	0	24	38	0	0	0	0	33	17
15	48	67	117	117	53	0	76	78	0	0	0	0	13	73
20	70	135	162	162	26	0	88	107	0	0	1	0	26	159
25	168	160	320	320	7	0	18	22	0	0	1	1	54	230
30	234	187	240	240	21	0	12	6	0	0	0	0	22	153
35	199	216	278	278	49	0	0	1	0	0	31	9	7	69
40	123	123	135	135	15	0	2	1	0	0	58	61	1	22
45	79	94	119	119	36	0	31	18	0	0	134	92	0	3
50	67	73	92	92	163	0	69	65	10	18	127	199	6	5
55	69	70	42	42	97	0	186	114	194	148	73	48	2	8
60	132	105	75	75	0	0	481	557	91	149	13	53	31	42
65	135	81	80	80	0	0	577	719	8	35	0	10	51	51
70	283	193	192	192	0	0	146	82	0	0	0	0	73	317
75	812	382	352	352	0	0	3	0	0	0	0	0	146	474
80	736	602	744	744	0	0	0	0	0	0	0	0	129	300
85	272	633	1,655	1,655	0	0	0	0	0	0	0	0	89	48
90	36	253	1,958	1,958	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0
95	14	38	1,049	1,049	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	152	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
樣本個數	3,487	3,413	7,862	7,862	525	525	1,713	1,811	303	350	438	474	744	1,988

註：* 為速限 90 kph 之路段。

** 為速限 100 kph 之路段。

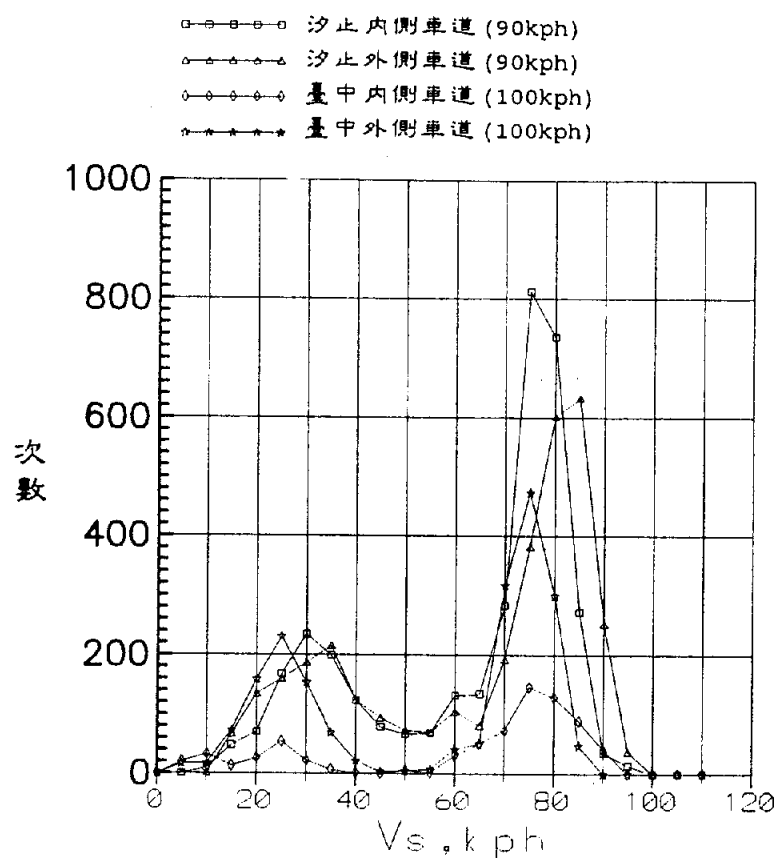


圖 3-9a 主線基本路段空間平均速率次數分配統計圖

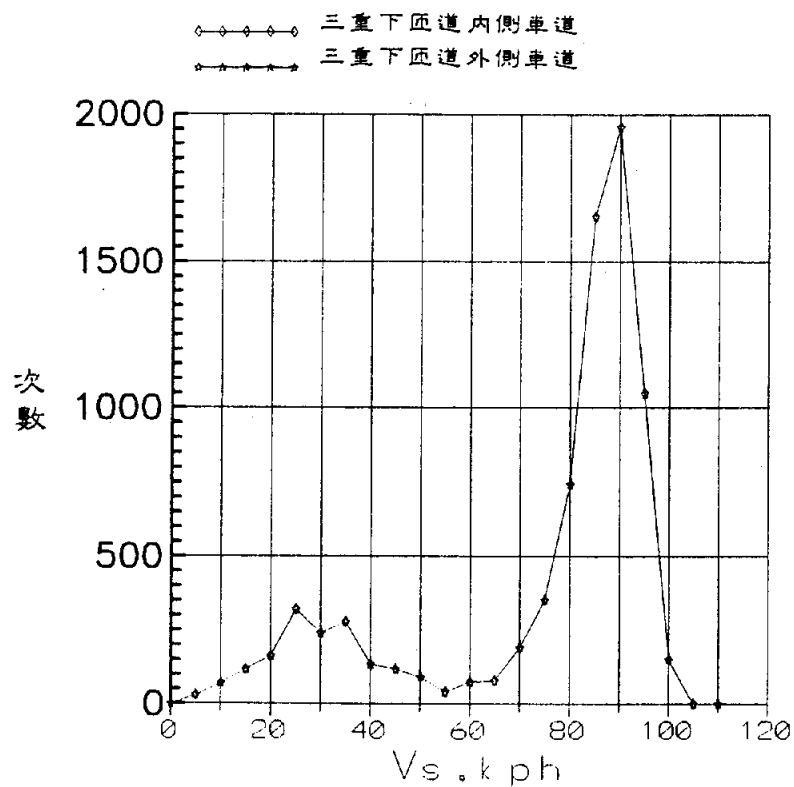


圖 3-9b 主線受下匝道影響路段空間平均速率次數分配統計圖

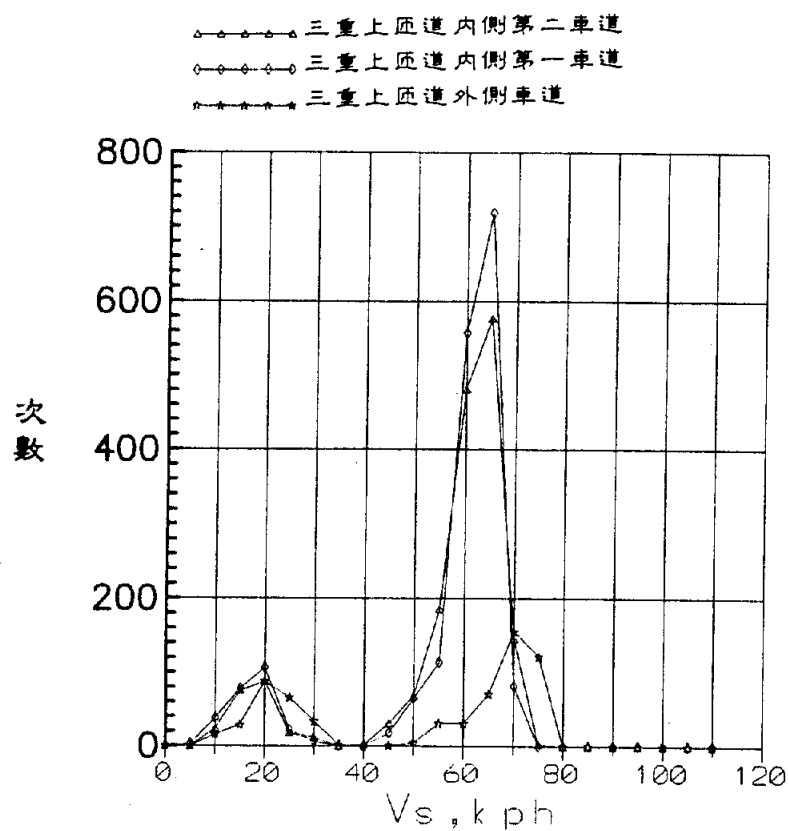


圖 3-9c 主線受上匝道影響路段空間平均速率次數分配統計圖

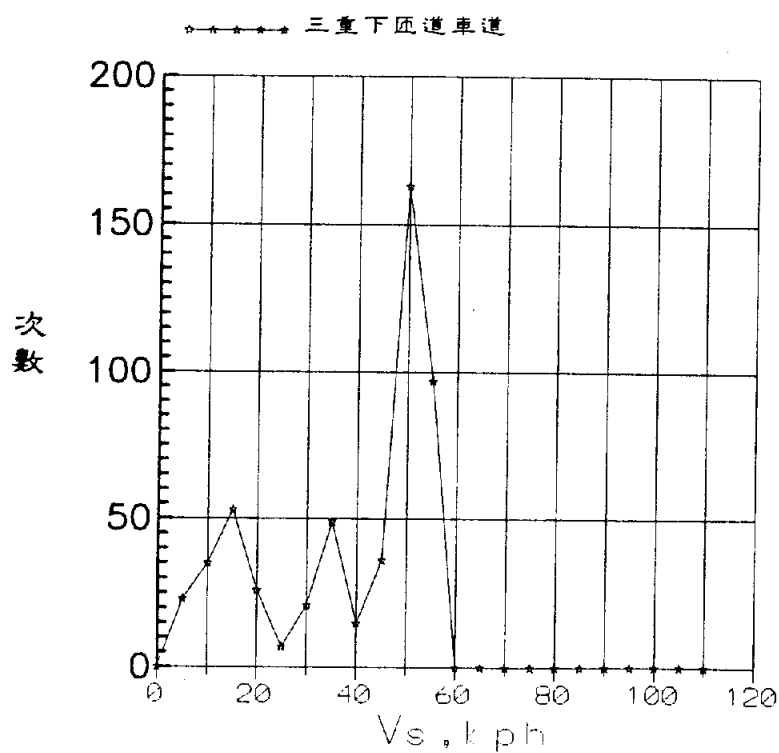


圖 3-9d 下匝道路段空間平均速率次數分配統計圖

(三)車流率 FLOW(Flow Rate, vph)

車流率 FLOW 係將每一有效樣本之單位車流量再經 60 倍（一小時）之放大（因每一個樣本為連續有效一分鐘之車流量）。此一數值不考慮小客車當量 pce 之因素，僅計算出該單位小時內通過之車輛數。表 3.3 及圖 3-10a、b、c、d 為有效樣本之車流率 FLOW 之次數分佈圖及統計表。

在表 3.3 各路段車流率次數統計中，樣本次數最多者都發生在分佈曲線的中間點附近。汐止基本路段與因其為汐止交流道南下二公里處，距下個交流道有五公里之遙，所以內車道之總樣本數會多於外車道；而三重主線受下匝道影響處與則情形相反（其位置在下交流道上游五百公尺處），外側車道總樣本數會多於內側車道。

至於三重北上、內湖南下上匝道處，因與高速公路主線會合後還有加速車道，所以外側車道之車輛總數都比內側車道多。

(四)小客車當量車流率 PCEF(PCE FLOW Rate)

當車流率之計算過程中考慮小客車當量後，車長較長、車速較慢的車輛會計算成數倍的小客數量，如此之下，單位小時內之車流率就會高於原不以小客當量計算之數量。重車比例愈高，且車速愈慢者，此二值之差值會愈大。表 3.4 及圖 3-11a、b、c、d 為有效樣本之小客車當量車流率 PCEF 之次數分佈圖與統計表。

表 3.4 中之小客車當量車流率 PCEF 次數統計，和前表 3.3 之車流率之性質類似，但其間有小客車當量之差異，所以次數分佈之最高峰會注後挪，也就是當考慮小客車當量後，單位小時之車流率會增加。

(五)大型車混合比 HEAVY (Heavy flow percentage, %)

由前面分析可知，若大型車混合比愈高則 FLOW 與 PCEF 之差值愈大，而本研究對大型車之定義為長度大於十公尺的車輛之。本研究也對台灣地區之一般車輛長度進行分類，其各類型車種之平均長度為：小客車 4.68m、大客車 12.76 m、小貨車 4.93m、大貨車 9.39m、聯結車 15.52m、雙聯結車 21.41 m。表 3.5 及圖 3-12a、b、c、d 為有效樣本之大型車比例 HEAVY 之次數分佈圖及統計表。

表 3.3 各路段車流率次數統計

FLOW, vph	基本路段 (90)*		受下匝道影響		下匝道路段		受上匝道影響		上匝道路段 (三重)		上匝道路段 (內湖)		基本路段 (100)**	
	內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側二	內側一	外側			內側	外側	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
200	0	0	0	12	0	0	45	0	0	0	6	1	0	
300	0	0	15	19	0	0	10	0	0	0	17	6	17	
400	0	0	30	83	10	0	22	0	0	0	31	9	0	
500	2	0	68	81	9	0	21	0	0	0	67	17	5	
600	0	0	78	125	30	0	27	3	0	0	58	1	4	
700	12	6	88	759	39	0	53	4	7	10	29	4	0	
800	51	8	187	1,403	68	0	71	23	53	15	63	32	0	
900	102	64	430	1,709	82	0	109	34	67	55	27	5	14	
1,000	178	93	759	1,612	71	0	142	41	86	36	60	18	51	
1,100	258	120	923	1,116	114	0	150	29	56	50	49	19	91	
1,200	388	169	1,092	467	64	0	230	83	20	79	14	17	158	
1,300	448	262	1,163	274	29	0	214	224	8	61	10	38	222	
1,400	424	365	1,127	201	8	0	206	367	5	30	4	33	319	
1,500	278	407	713	115	1	0	134	422	1	8	1	23	310	
1,600	295	394	508	109	0	0	117	316	0	5	0	43	275	
1,700	195	414	364	50	0	0	112	165	0	1	8	71	193	
1,800	117	357	151	9	0	0	19	38	0	0	0	78	123	
1,900	131	293	70	4	0	0	19	23	0	0	0	85	99	
2,000	129	203	46	20	0	0	9	33	0	0	0	85	60	
2,100	133	143	35	16	0	0	3	0	0	0	0	66	28	
2,200	105	75	15	7	0	0	0	0	0	0	0	51	8	
2,300	137	31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30	6	
2,400	53	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4	
2,500	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
2,600	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,700	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
樣本個數	3,487	3,413	7,862	8,161	525	1,713	1,811	652	303	350	438	475	744	1,988

註：* 為速限 90 kph 之路段。
 ** 為速限 100 kph 之路段。

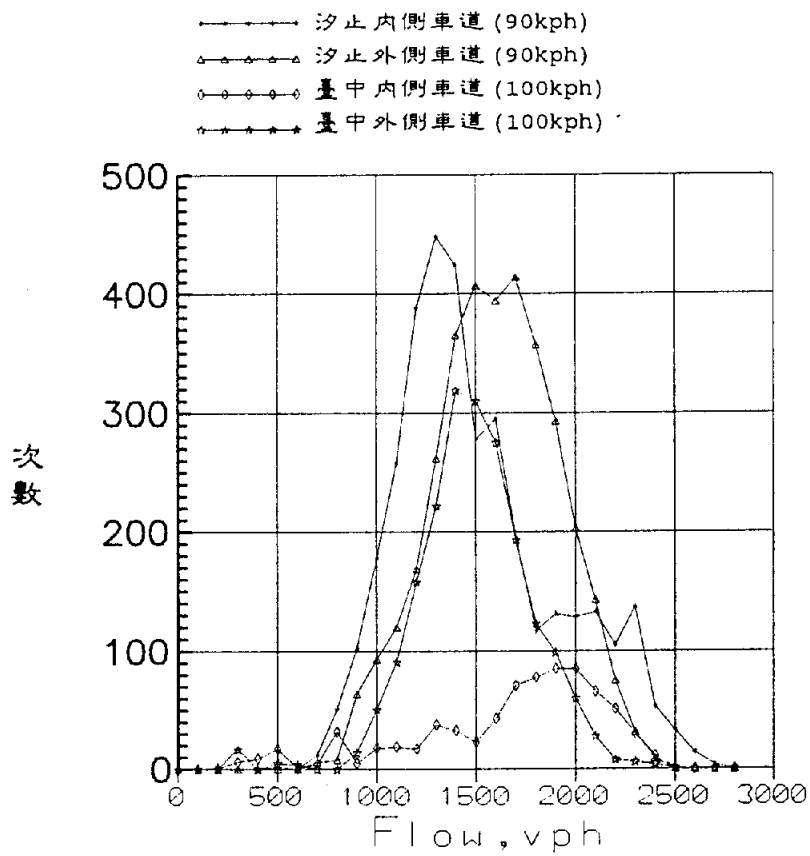


圖 3-10a 主線基本路段車流率次數分配統計圖

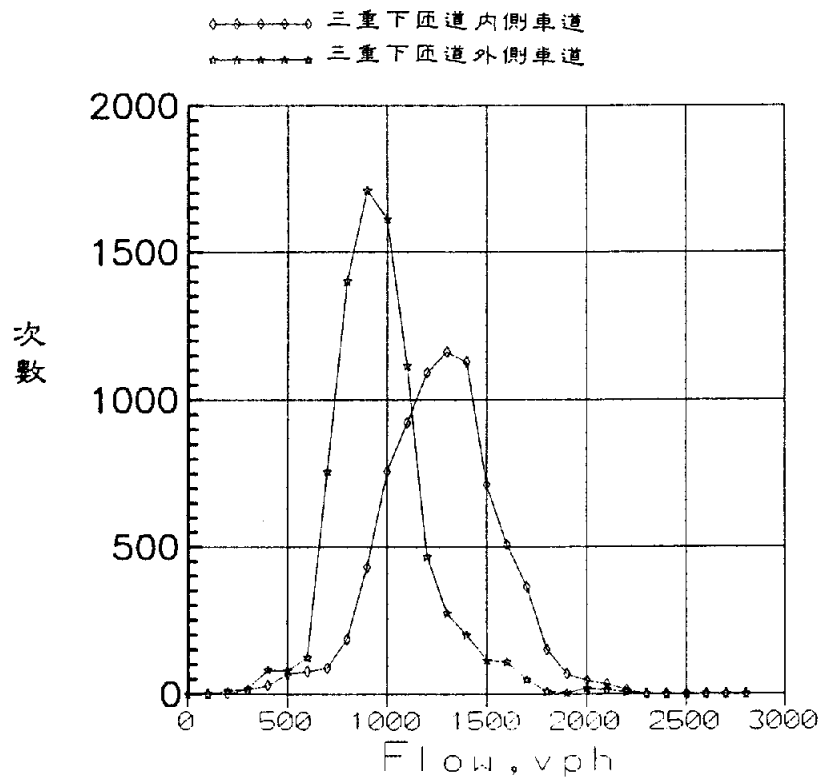


圖 3-10b 主線受下匝道影響路段車流率次數分配統計圖

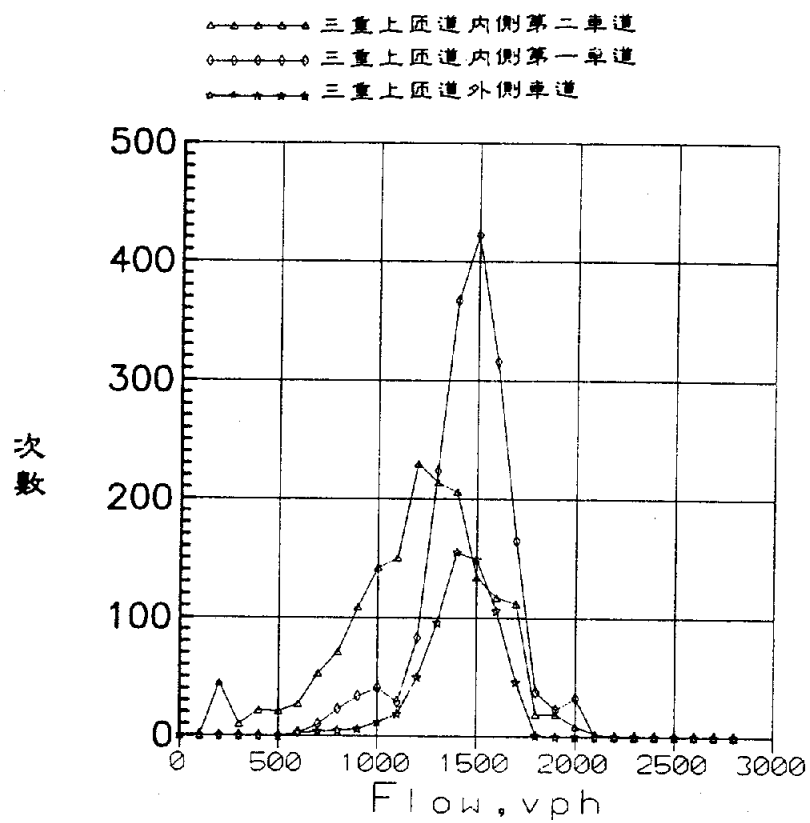


圖 3-10c 主線受上匝道影響路段車流率次數分配統計圖

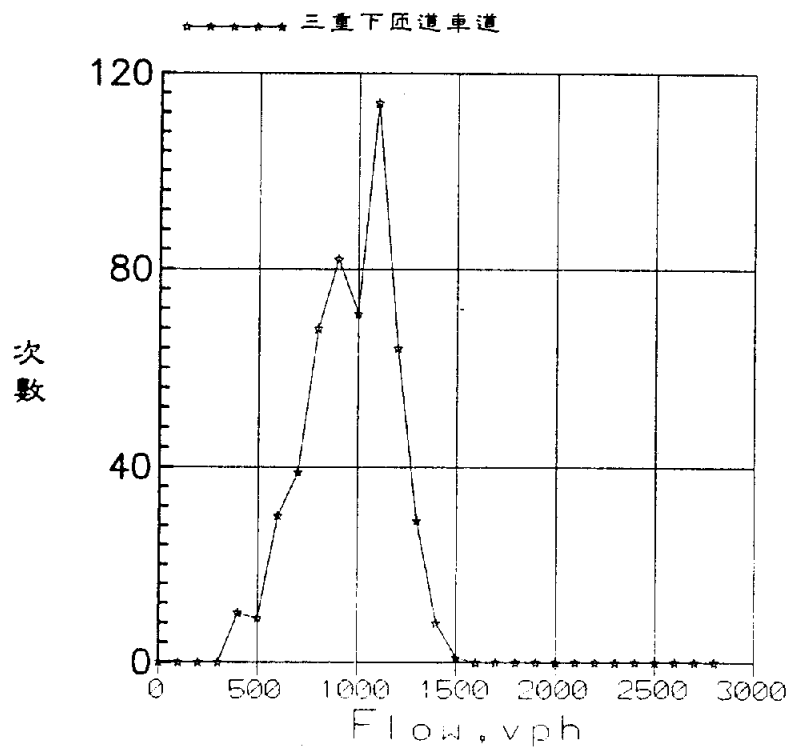


圖 3-10d 下匝道路段車流率次數分配統計圖

表 3.4 各路段小客車當量車流率次數統計

PCEF, vph	基本路段 (90)*		受下匝道影響		下匝道路段		受上匝道影響		上匝道路段 (三重)		上匝道路段 (內湖)		基本路段 (100)**	
	內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側二	內側一	外側	內側	外側	內側	外側	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
200	0	0	0	7	0	0	45	0	0	0	6	0	0	
300	0	0	0	9	0	0	10	0	0	0	13	5	2	
400	0	0	14	63	10	0	22	0	0	0	16	31	8	
500	0	0	13	88	7	0	21	0	0	0	72	64	13	
600	2	0	44	46	20	0	21	0	0	0	53	32	10	
700	0	0	52	153	47	0	60	6	9	6	32	26	1	
800	9	1	64	631	56	0	64	18	8	34	52	39	22	
900	18	7	95	1,156	87	0	103	29	59	70	30	94	14	
1,000	83	18	210	1,400	80	0	138	36	9	92	40	60	5	
1,100	135	61	436	1,465	103	0	161	30	17	56	48	50	8	
1,200	179	101	603	1,208	67	0	206	81	35	31	76	58	19	
1,300	325	117	908	832	37	0	207	164	71	5	64	12	11	
1,400	461	228	875	364	7	0	196	298	116	4	31	3	39	
1,500	410	235	1,023	247	4	0	150	438	164	5	5	4	2	
1,600	409	293	904	165	0	0	125	301	146	0	5	0	1	
1,700	256	354	904	137	0	0	122	244	63	0	5	0	0	
1,800	228	427	674	103	0	0	25	101	16	0	0	8	0	
1,900	199	425	478	33	0	0	17	17	0	0	0	0	0	
2,000	189	343	265	22	0	0	19	48	0	0	0	0	0	
2,100	188	314	143	22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
2,200	125	226	96	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,300	125	109	56	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,400	78	76	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,500	40	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,600	22	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,700	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,800	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,900	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
樣本個數	3,487	3,413	7,862	8,025	508	1,713	1,811	652	303	350	438	475	744	1,988

註：* 為速限 90 kph 之路段。

** 為速限 100 kph 之路段。

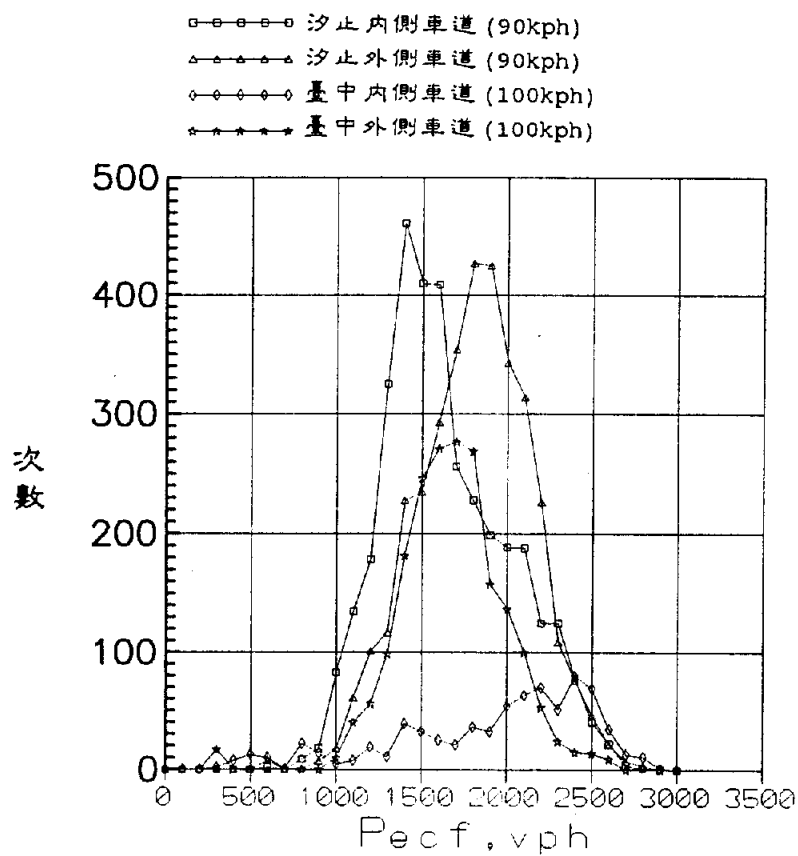


圖 3-11a 主線基本路段小客車當量車流率次數分配統計圖

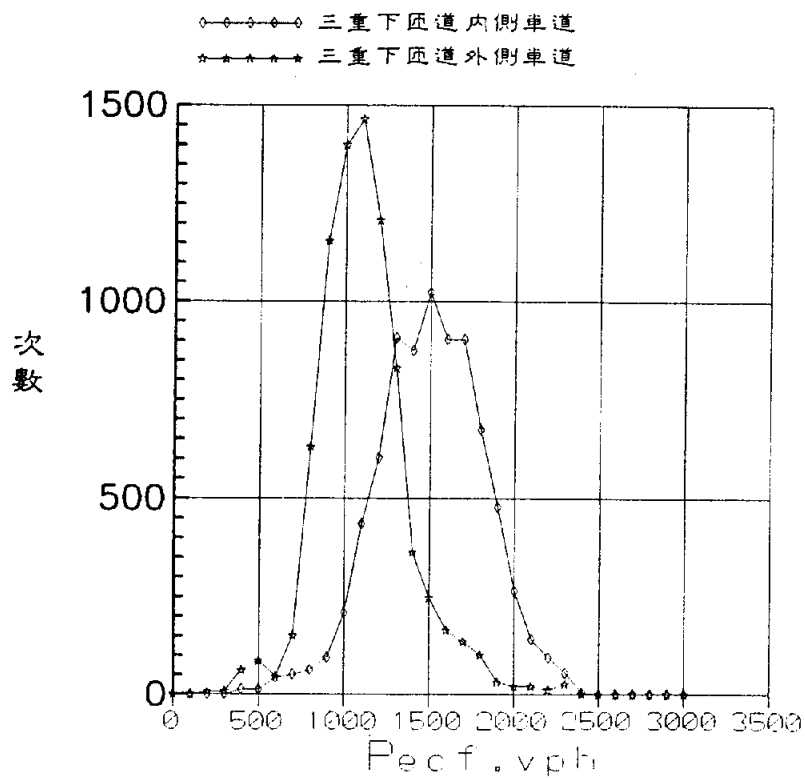


圖 3-11b 主線受下匝道影響路段小客車當量車流率次數分配統計圖

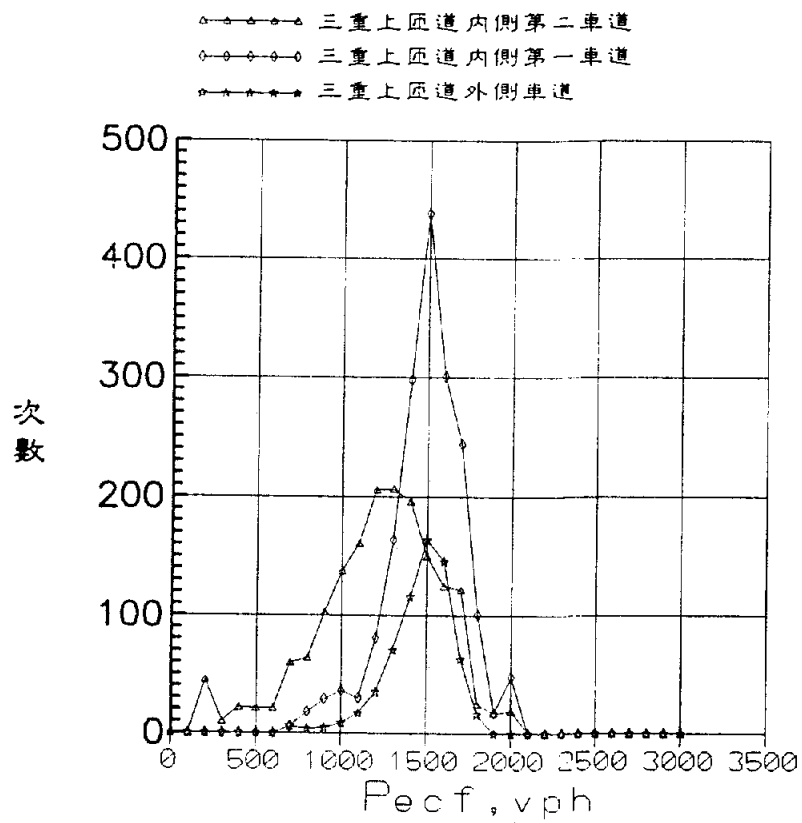


圖 3-11c 主線受上匝道影響路段小客車當量車流率次數分配統計圖

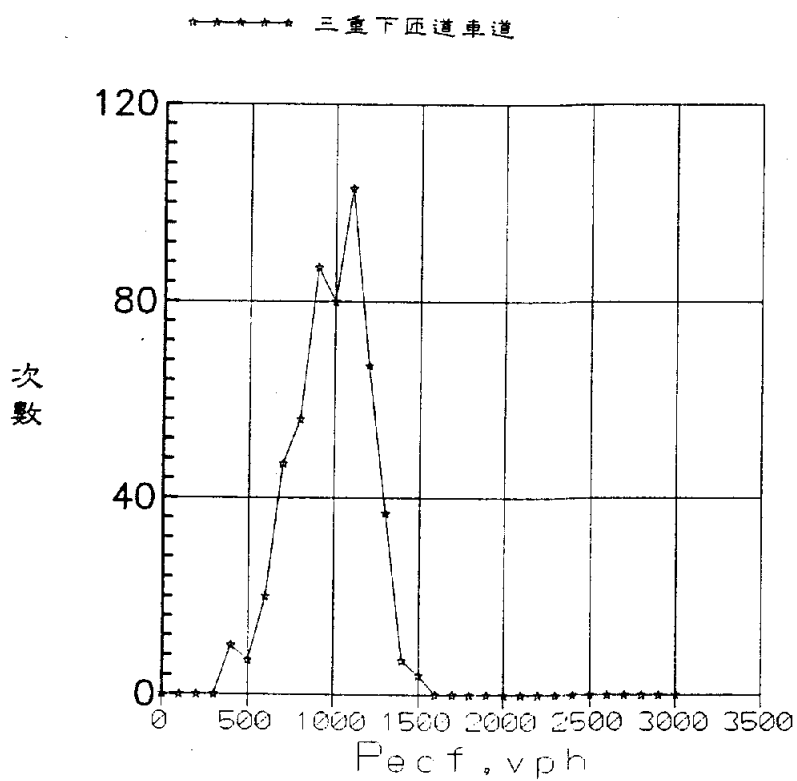


圖 3-11d 下匝道路段小客車當量車流率次數分配統計圖

表 3.5 各路段大型車混合比次數統計

TRUCK, % 基本路段 (90)*		受下匝道影響		下匝道路段		受上匝道影響		上匝道路段 (三重)		上匝道路段 (內湖)		基本路段 (100)**		
內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側二	內側一	外側				內側	外側	
0%	15	10	76	119	76	337	75	217	101	242	116	90	215	1
5%	560	266	231	132	231	632	454	307	161	68	67	122	459	1,054
10%	800	495	959	179	959	615	794	69	37	39	118	109	31	788
15%	718	728	1,954	52	1,954	124	371	30	4	1	47	65	13	74
20%	605	886	1,333	26	1,831	5	98	18	0	0	40	43	13	34
25%	333	538	1,516	10	1,653	0	19	7	0	0	36	10	3	14
30%	289	287	1,323	7	932	0	0	4	0	0	13	16	2	8
35%	109	111	943	0	357	0	0	0	0	0	1	2	0	0
40%	50	71	504	0	131	0	0	0	0	0	0	15	0	0
45%	8	21	284	0	55	0	0	0	0	0	0	3	0	0
50%	0	0	119	0	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0
55%	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
60%	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7
65%	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
70%	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75%	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80%	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85%	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90%	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
樣本個數	3,487	3,413	7,862	8,192	525	1,713	1,811	652	303	350	438	475	744	1,988

註：* 為速限 90 kph 之路段。

** 為速限 100 kph 之路段。

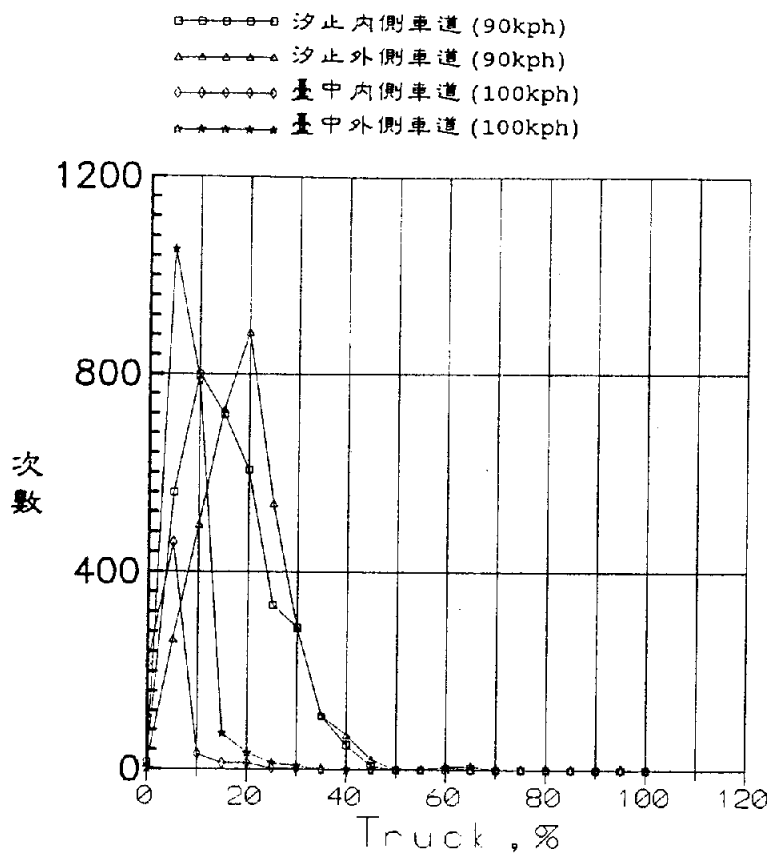


圖 3-12a 主線基本路段大型車混合比次數分配統計圖

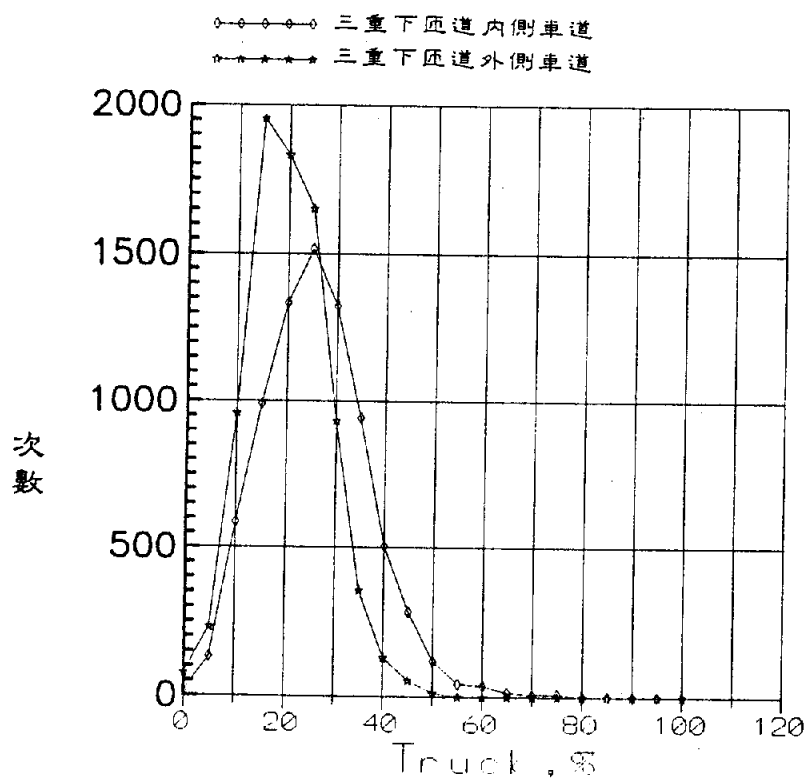


圖 3-12b 主線受下匝道影響路段大型車混合比次數分配統計圖

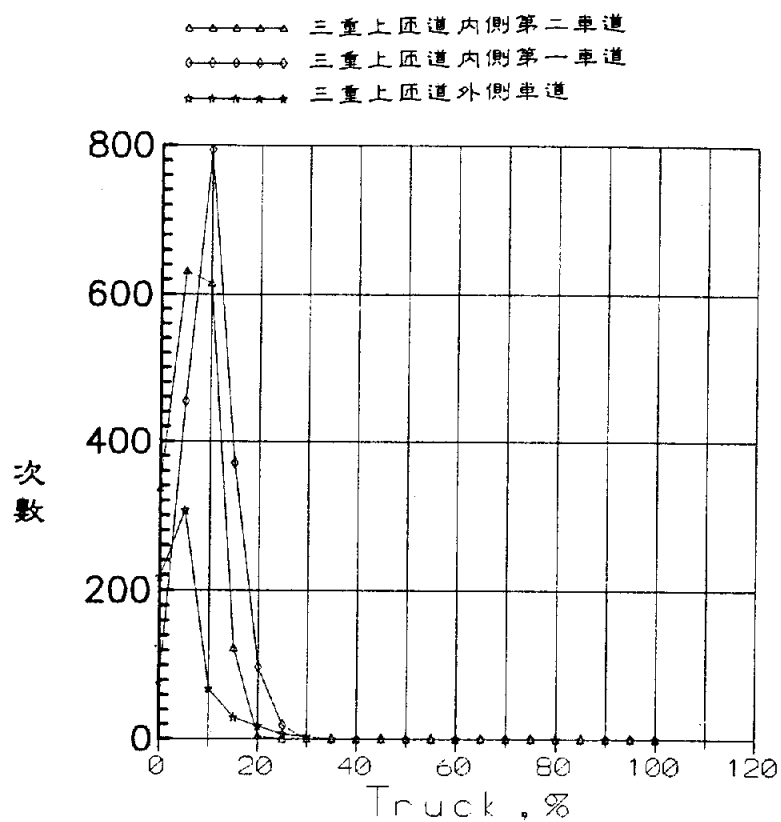


圖 3-12c 主線受上匝道影響路段大型車混合比次數分配統計圖

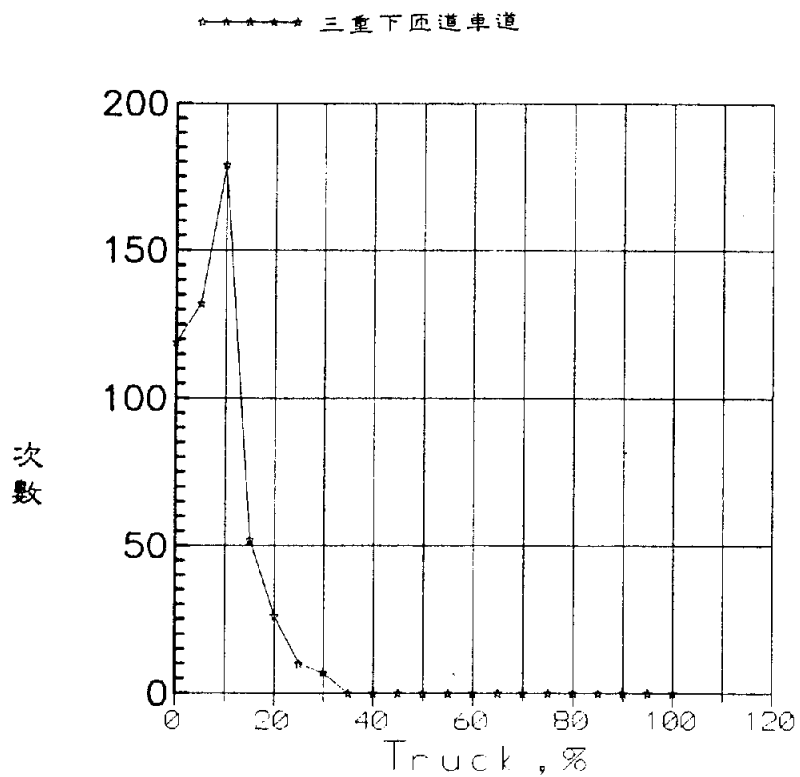


圖 3-12d 下匝道路段大型車混合比次數分配統計圖

由各路段大型車混合比次數之統計，可以發現大型車混合比和路段區位有很大的關聯。汐止南下基本路段，外側之大型車混合比較高，此為重車行駛外側之正常現象。而三重受下匝道影響路段，外側之大型車混合比反而較低，這可能因為小型車都靠右準備下匝道的緣故。

至於三重北上、內湖南下上匝道，內側車道之大型車混合比均高於外側車道。另外，還有一個有關大型車混合比特性是北部路段在晴天、白天（為本研究攝影的時段）上下匝道路段的大型車混合比大都在 10% 左右，反而通過性的大型車車流較多。

(六) 平均每車佔有時間 AOT (Average Occupancy time of each vehicle, sec)

每車之佔有時間 AOT 為一分鐘內每一車輛經過第一和第二參考線所花費之時間。其計算公式為：

$$AOT = \frac{\sum_{i=1}^n B(i) - A(i)}{n} \quad (\text{公式 3-7})$$

其中，B(i)：第 i 部車通過 B 參考線的時間

A(i)：第 i 部車通過 A 參考線的時間

n：總車輛數

由此一值可初略判斷車子經過參考線時之車速快慢，此值愈短，代表車子車速愈快。如果取每分鐘各車之平均值則可計算出該樣本（整車隊）的大概車速。表 3.6 及圖 3-13a、b、c、d 為平均每車之佔有時間 AOT 之次數分佈圖與統計表。

在表 3.6 各路段平均每車佔有時間之次數統計中，所有的尖峰都小於 0.7 秒，而主線部份（不管受不受匝道影響），次數尖峰都發生在 0.4 秒。而在內湖上匝道之佔有時間高峰都發生在 0.7 秒，高出其他路段幾近一倍，這可能是內湖上匝道之引道較短，而且受路口號誌管制之影響。

另外，主線不管內、外側車道或受不受匝道影響之路段，也有小雙高峰之現象。

表 3.6 各路段平均每車佔有時聞次數統計

TMEAN, sec 基本路段 (90)*		受下匝道影響		下匝道路段		受上匝道影響		上匝道路段 (三重)		上匝道路段 (內湖)		基本路段 (100)**		
內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側二	內側一	外側	內側	外側	內側	外側	內側	外側
0.3	50	107	84	238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.4	1,481	1,560	3,685	5,318	0	827	588	352	8	25	0	0	265	661
0.5	913	593	2,411	1,870	136	612	884	57	242	304	72	79	256	547
0.6	143	134	146	117	151	53	79	8	53	21	106	126	41	34
0.7	127	151	136	33	24	3	6	0	0	0	119	141	6	10
0.8	142	146	93	27	22	1	0	0	0	0	85	83	1	16
0.9	125	65	97	43	39	9	1	5	0	0	31	11	2	19
1.0	114	85	216	45	9	6	5	19	0	0	23	32	2	89
1.1	94	133	175	56	1	7	9	44	0	0	1	0	17	98
1.2	29	63	127	33	14	10	20	16	0	0	0	0	10	94
1.3	26	69	142	51	3	25	21	27	0	0	0	0	11	90
1.4	46	49	75	37	6	28	17	26	0	0	0	0	17	59
1.5	25	25	72	27	5	29	26	32	0	0	0	0	24	72
1.6	28	44	42	26	9	11	14	17	0	0	0	1	12	56
1.7	16	19	30	17	10	11	8	4	0	0	0	0	12	22
1.8	13	34	33	32	5	12	23	2	0	0	0	0	2	16
1.9	20	41	27	4	7	13	9	2	0	0	0	0	0	8
2.0	14	22	18	8	0	0	7	7	0	0	1	0	0	8
2.1	23	31	13	21	7	5	13	1	0	0	0	0	0	19
2.2	11	7	17	16	5	8	7	9	0	0	0	0	0	7
2.3	10	7	9	39	2	6	11	0	0	0	0	0	1	4
2.4	2	1	5	20	0	12	16	6	0	0	0	0	0	0
2.5	8	5	5	15	8	6	0	0	0	0	0	0	11	0
2.6	10	4	11	3	3	10	9	3	0	0	0	0	0	25
2.7	0	10	7	18	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0
2.8	5	1	16	29	1	0	0	2	0	0	0	0	13	0
2.9	9	1	19	9	7	0	2	3	0	0	0	0	2	8
3.0	2	1	11	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	1	0	8	1	0	0	8	0	0	0	0	0	2	0
3.2	0	0	16	2	3	0	4	1	0	0	0	0	1	0
3.3	0	5	5	4	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0
3.4	0	0	14	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	1	0	6	2	1	1	0	0	0	0	0	0
3.5↑	0	0	96	29	36	2	15	6	0	0	0	0	36	26
樣本個數	3,487	3,413	7,862	8,192	525	1,713	1,811	652	303	350	438	474	744	1,988

註: * 為速限 90 kph 之路段。
 ** 為速限 100 kph 之路段。

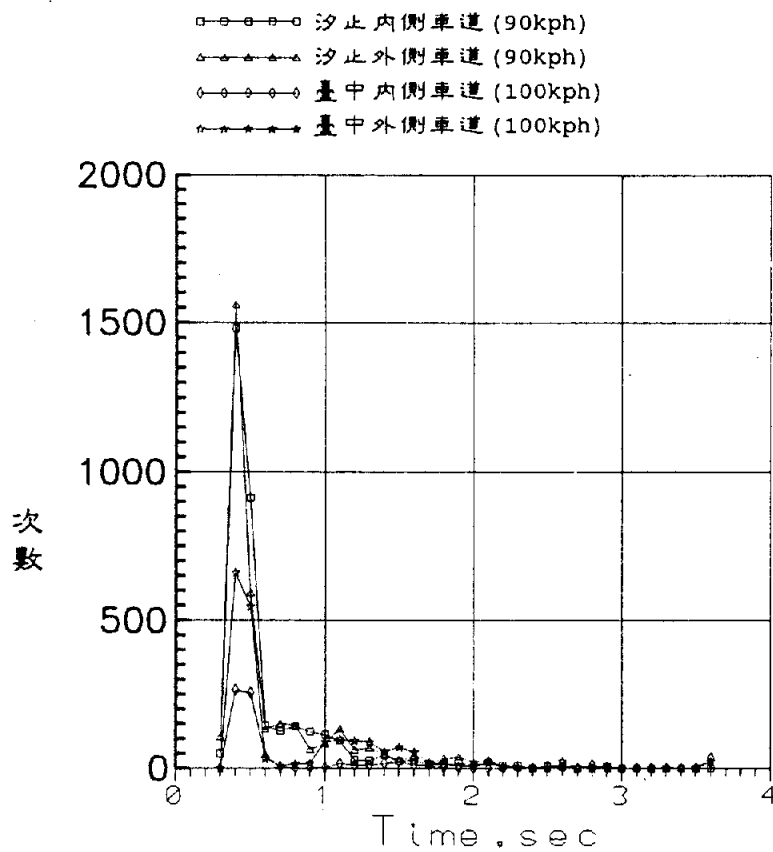


圖 3-13a 主線基本路段每車佔有時間次數分配統計圖

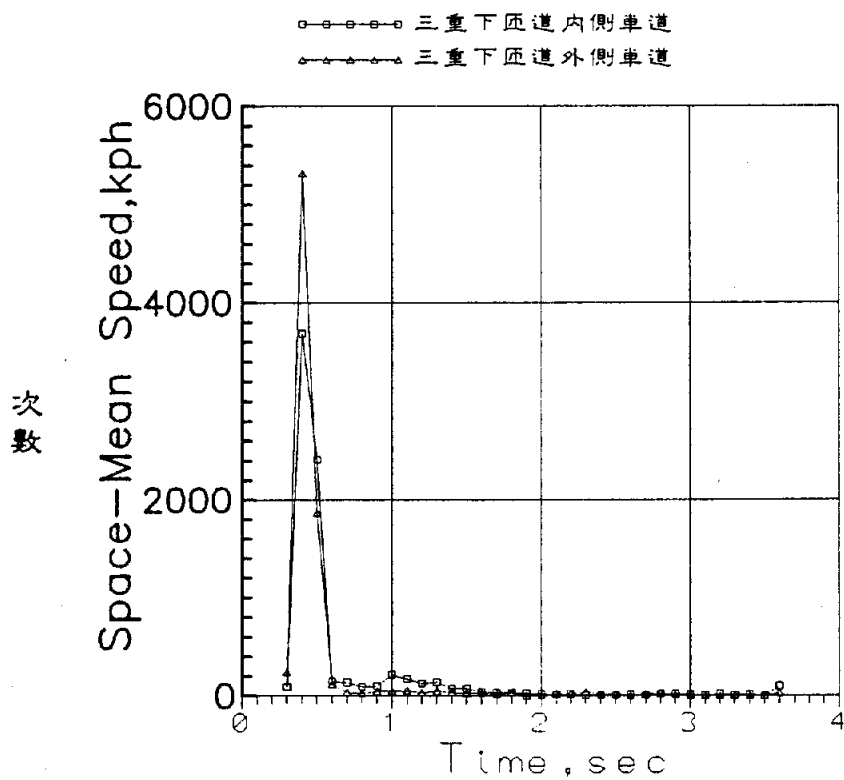


圖 3-13b 主線受下匝道影響路段每車佔有時間次數分配統計圖

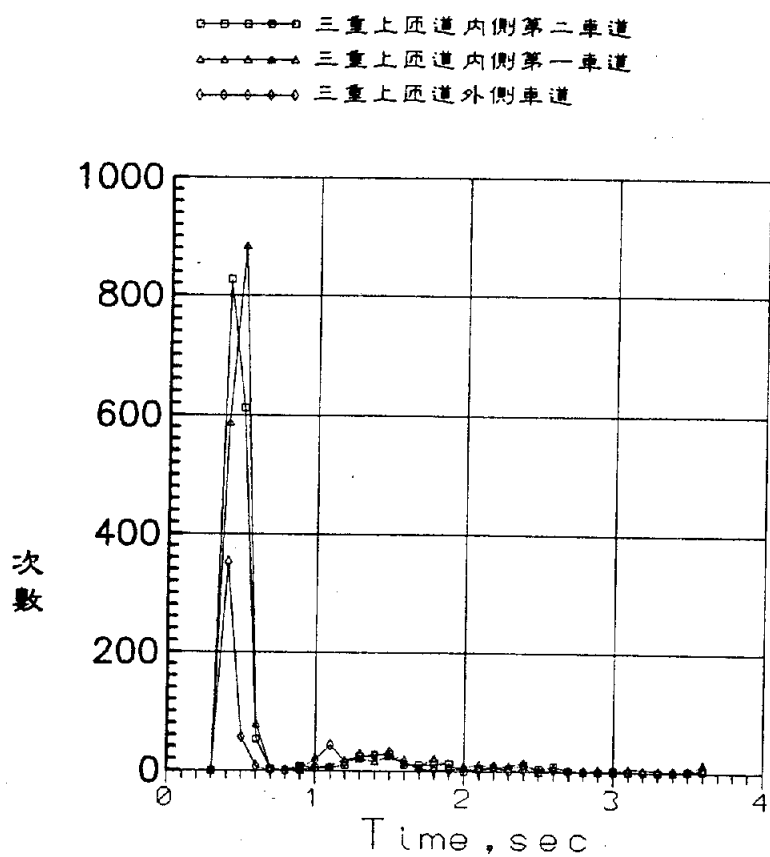


圖 3-13c 主線受上匝道影響路段每車佔有時間次數分配統計圖

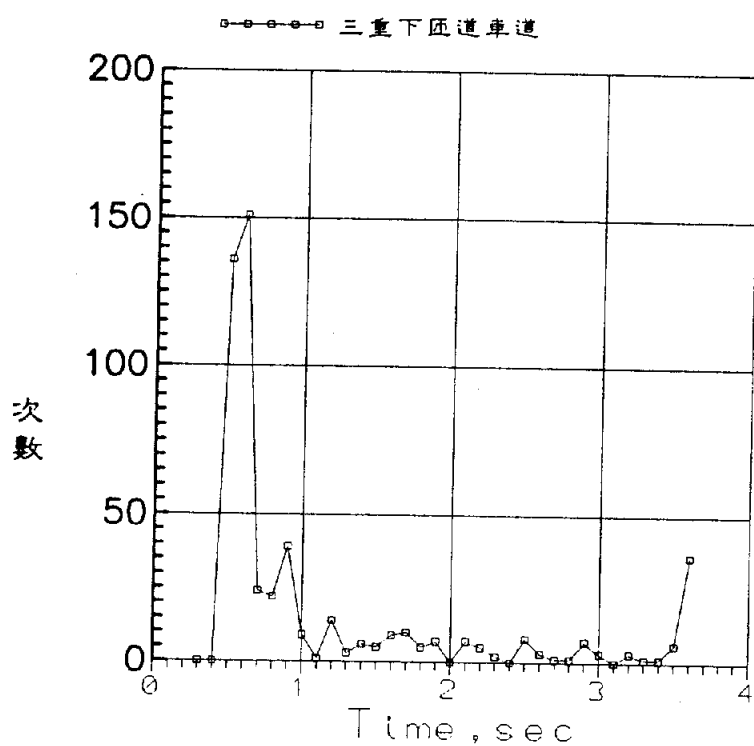


圖 3-13d 下匝道路段每車佔有時間次數分配統計圖

(七)佔有率OCC (Occupancy, %)

佔有率OCC 為一分鐘內所有車輛通過第一與第二條參考線間的時
間之百分比，其計算公式為：

$$OCC = \frac{\sum_{i=1}^n B(i) - A(1)}{B(n) - A(1)} \quad (\text{公式 3-8})$$

其中，B(n)：第n部車通過B參考線的時間

A(1)：第1部車通過A參考線的時間

此一數值其實為上一變數平均每車佔有時間 AOT 之倒數。此值
和 AOT 值一樣可判斷車流速度的快慢或車流多寡。表 3.7 及圖
3-14a、b、c、d為佔有率 OCC 之次數分佈圖與統計表。

(八)每車道每公里車輛密度DEN (Density, vhp/km/lane)

自錄影帶所讀取的資料中很難去量測出每公里的車輛密度，所以
一般的計算方法都借助

$$Q = K * S \quad (\text{公式 3-9})$$

Q 為車流率，vph。k為車流密度，vhp/km/lane。

S 為空間平均速率，kph。

此一關係在車流密度低於20 vhp/km/lane時能適用，但超出此值
，此一公式便無法成立（如圖3-16 所示）。本研究經資料整理分析
結果，發現車流密度和佔有率與有效車輛長度有密切的關係，如下公
式3-10 所示：

$$K = \frac{10 * P}{Le} \quad (\text{公式 3-10})$$

P 為佔有率，%。Le 為有效的車輛長度。

K 為車流密度。其關係如下圖3-17 所示。

各路段平均每車佔有率次數之高峰都在20%以內，且都分佈在10
%至 20 %之間，同時也有區位關係，汐止南下主線路段，外側車道
佔有率次數尖峰大於內側車道，這隱約說明內側車道之車速將高於外
側車道。而三重北上受下匝道影響之路段，內側車道則高於外側車道
，這可說是因為內側車道受準備下匝道之車流變換車道之影響，致使
其佔有率高於外側車道。

表 3.7 各路段平均每車佔有率次數統計

OCC, % 基本路段 (90) *		受下匝道影響		下匝道路段		受上匝道影響		上匝道路段 (三重)		上匝道路段 (內湖)		基本路段 (100) **	
內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側二	內側一	外側	內側	外側	內側	外側	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	2	39	201	0	0	79	0	0	0	24	25	0	
10	156	1,012	4,547	26	16	325	16	0	38	156	125	0	
15	1,274	3,444	2,518	167	392	657	392	229	236	82	128	12	
20	680	1,492	222	124	939	317	939	170	29	87	151	56	
25	267	304	53	35	209	99	209	17	0	69	38	179	
30	147	63	6	40	1	19	1	1	0	19	4	201	
35	169	181	36	15	2	0	2	9	0	0	1	115	
40	202	263	77	20	5	5	5	27	0	0	1	42	
45	236	239	105	17	8	8	16	48	0	0	1	10	
50	155	105	121	1	11	11	46	76	0	1	0	43	
55	81	56	83	23	15	15	35	38	0	0	0	15	
60	75	63	100	14	43	43	63	12	0	0	0	43	
65	30	18	68	8	46	46	37	12	0	0	1	7	
70	8	1	29	9	42	42	15	5	0	0	0	14	
75	5	34	13	5	31	31	14	5	0	0	0	2	
80	0	19	8	15	16	16	0	0	0	0	0	0	
85	0	11	5	4	0	0	8	3	0	0	0	6	
90	0	0	0	2	13	0	13	0	0	0	0	0	
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
												6	
樣本個數	3,487 3,413	7,862 8,192	525	1,713 1,811	652	303 350	438 474	744 1,988					

註: * 為速限 90 kph 之路段。
**為速限 100 kph 之路段。

註: * 為速限 90 kph 之路段。

** 為速限 100 kph 之路段。

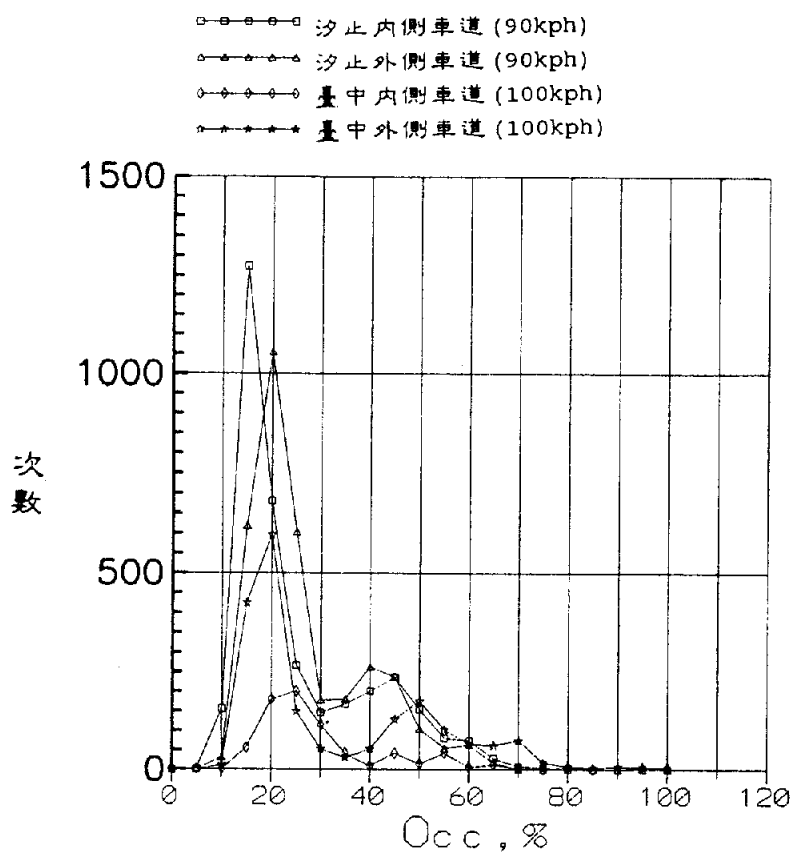


圖 3-14a 主線基本路段佔有率次數分配統計圖

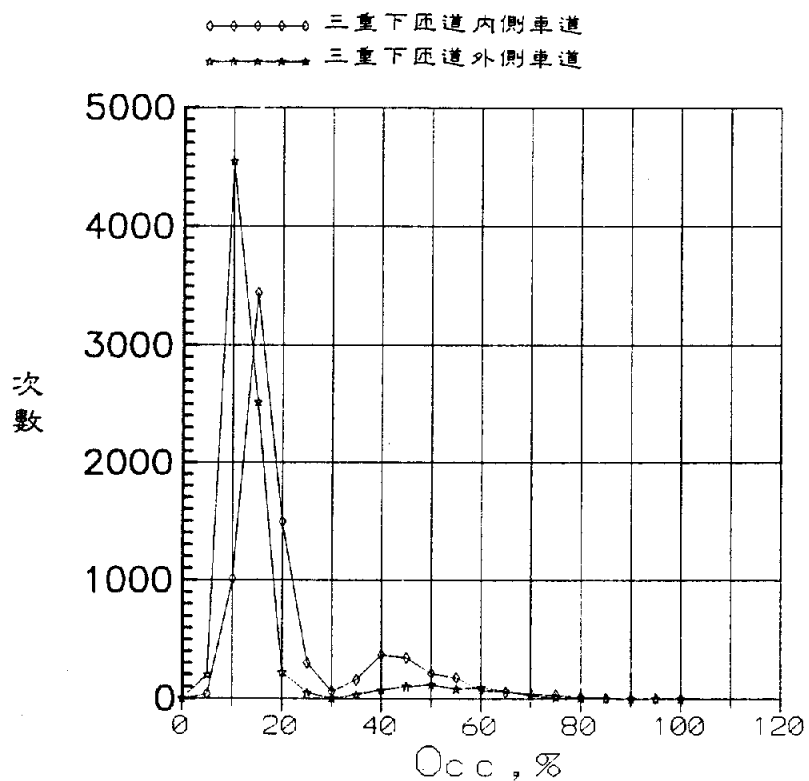


圖 3-14b 主線受下匝道影響路段佔有率次數分配統計圖

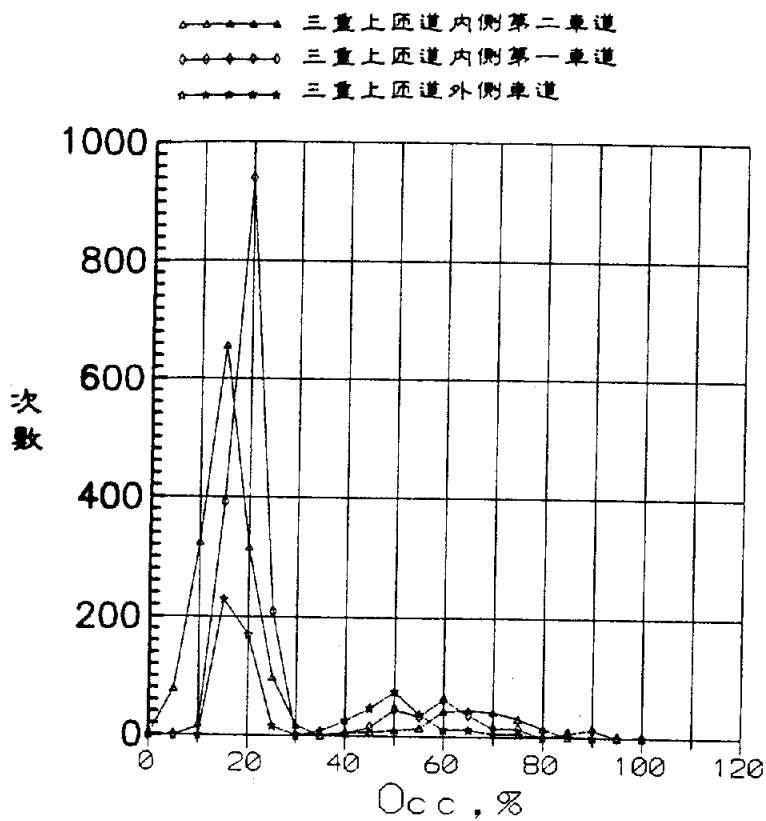


圖 3-14c 主線受上匝道影響路段佔有率次數分配統計圖

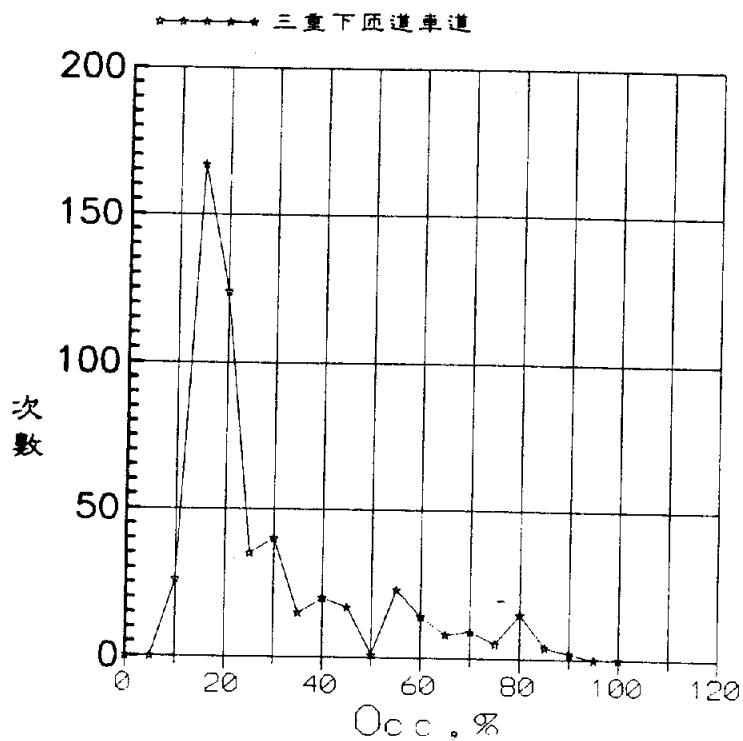


圖 3-14d 下匝道路段佔有率次數分配統計圖

表 3.8 各路段車流密度次數統計

DEN, 基本路段 (90)*		受下匝道影響		下匝道		受上匝道影響		上匝道路段		上匝道路段		基本路段 (100)**	
vph/km/lan	內側	外側	內側	外側	路段	內側二	內側一	外側	(三重)	(內湖)	內側	外側	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	13	1	94	7	32	128	38	0	0	0	21	0	
10	50	2	536	0	2	86	0	0	0	104	95	0	
15	570	133	3,119	0	34	256	14	0	79	65	62	7	
20	1,024	834	1,941	0	102	462	122	114	169	116	88	90	
25	369	853	456	60	148	367	770	238	49	138	89	177	
30	218	410	152	2,808	36	182	516	51	6	26	52	167	
35	136	163	139	4,288	25	77	124	13	0	5	9	107	
40	170	182	154	792	34	19	11	1	0	0	8	39	
45	132	200	354	112	13	2	0	2	0	0	2	17	
50	115	191	323	55	13	0	1	6	0	0	0	21	
55	185	132	186	49	14	2	1	27	0	0	0	14	
60	157	118	129	10	17	1	7	39	0	0	0	19	
65	139	85	106	3	9	7	36	23	0	0	1	28	
70	107	46	55	3	5	4	39	64	0	0	0	16	
75	41	8	64	5	10	9	29	13	0	0	0	12	
80	29	23	21	0	15	11	19	25	0	0	0	9	
85	22	14	15	0	8	16	34	8	0	0	0	1	
90	7	16	7	0	2	25	34	5	0	0	0	3	
95	1	0	10	0	0	16	6	10	0	0	0	4	
100	2	2	1	0	6	43	10	13	0	0	0	13	
樣本個數	3,487	3,413	7,862	8,192	525	1,713	1,811	652	303	350	438	475	744
													1,988

註：* 為速限 90 kph 之路段。

** 為速限 100 kph 之路段。

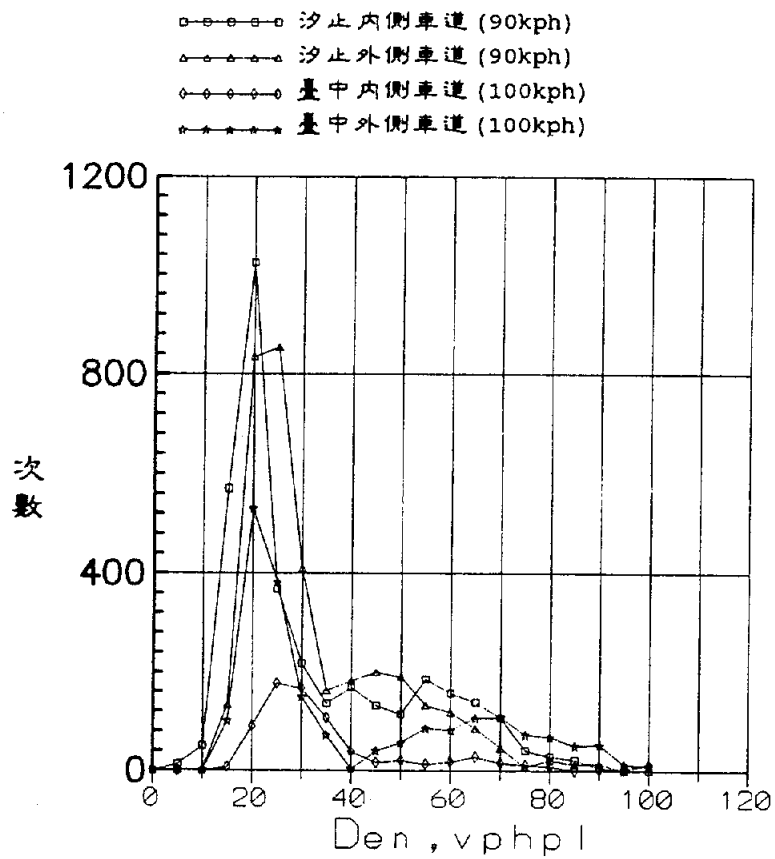


圖 3-15a 主線基本路段車道密度次數分配統計圖

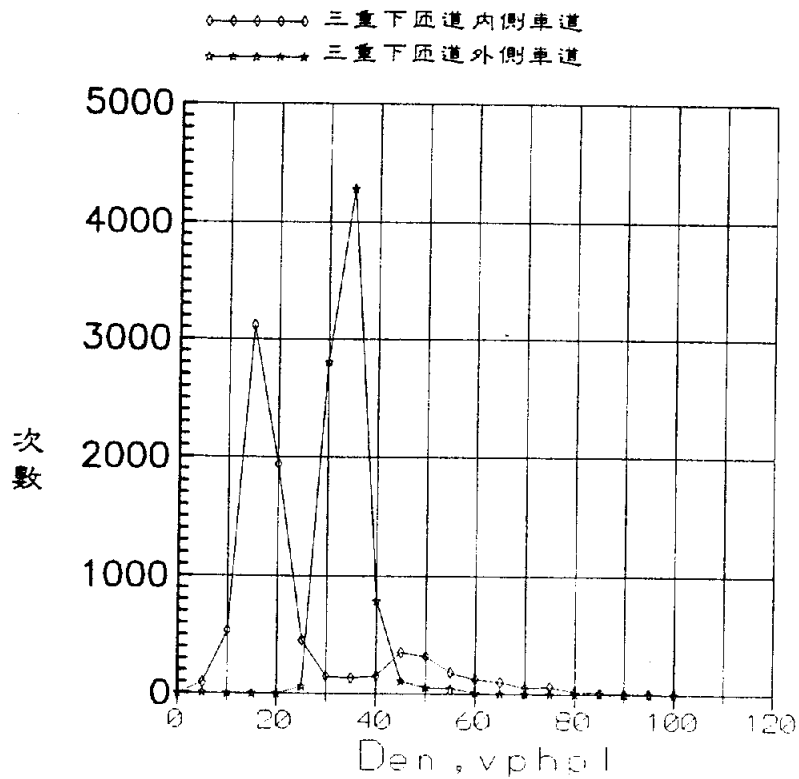


圖 3-15b 主線受下匝道影響路段車道密度次數分配統計圖

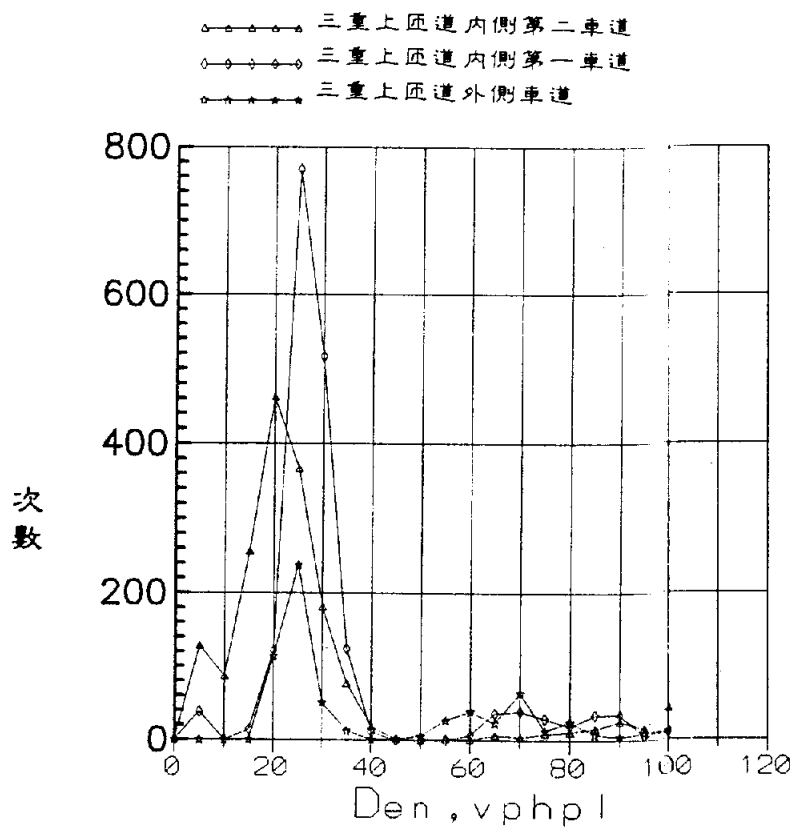


圖 3-15c 主線受上匝道影響路段車道密度次數分配統計圖

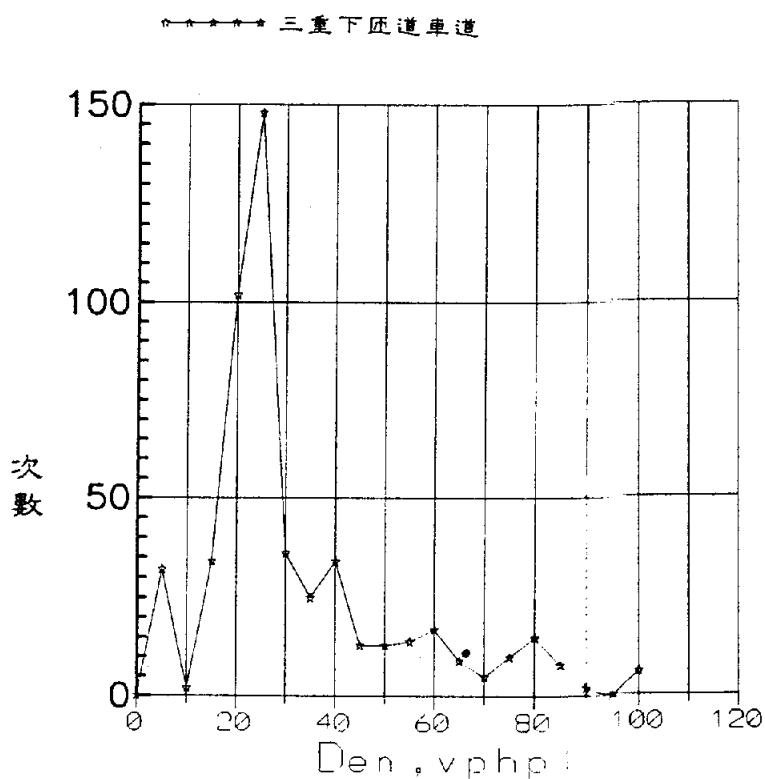


圖 3-15d 下匝道路段車道密度次數分配統計圖

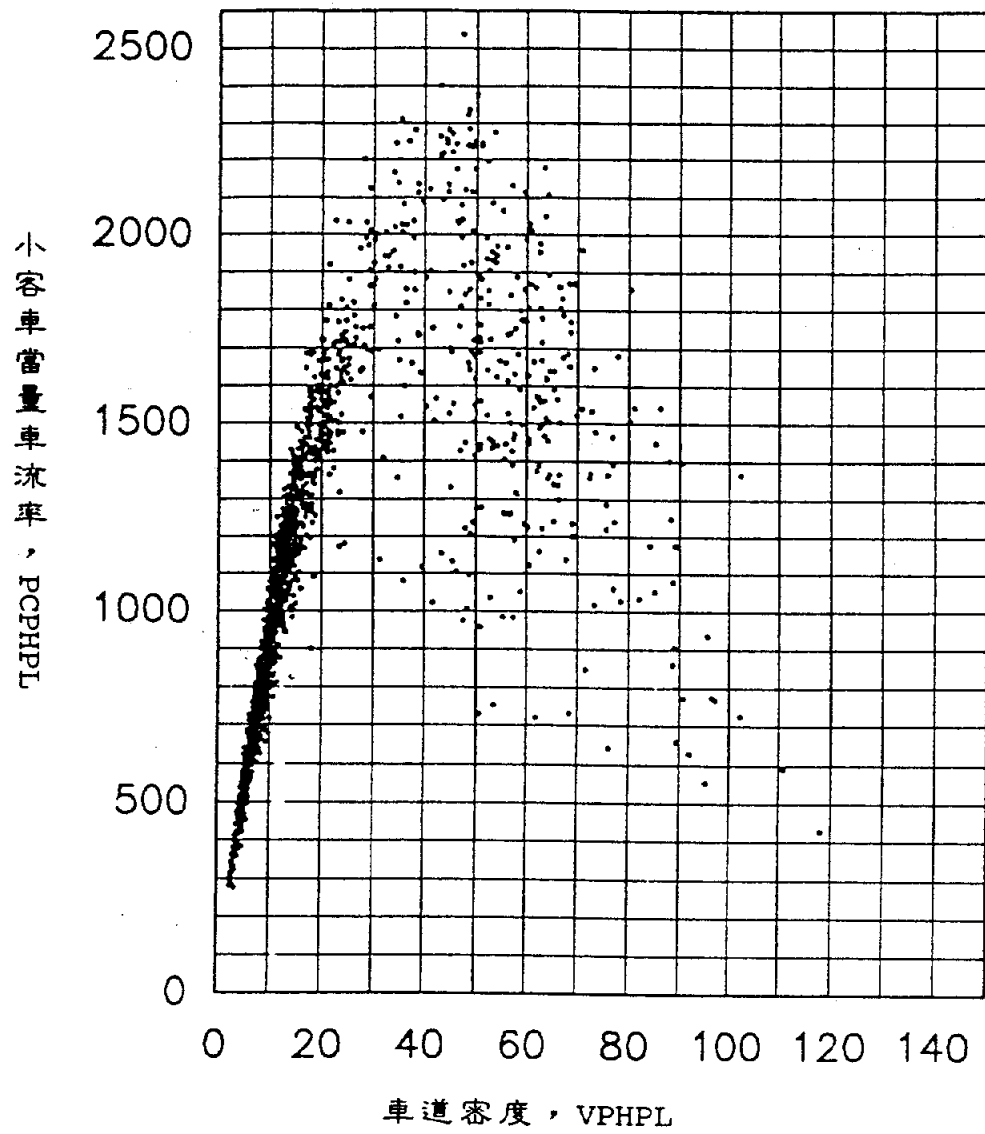


圖 3-16 車流率與車流密度之關係示意

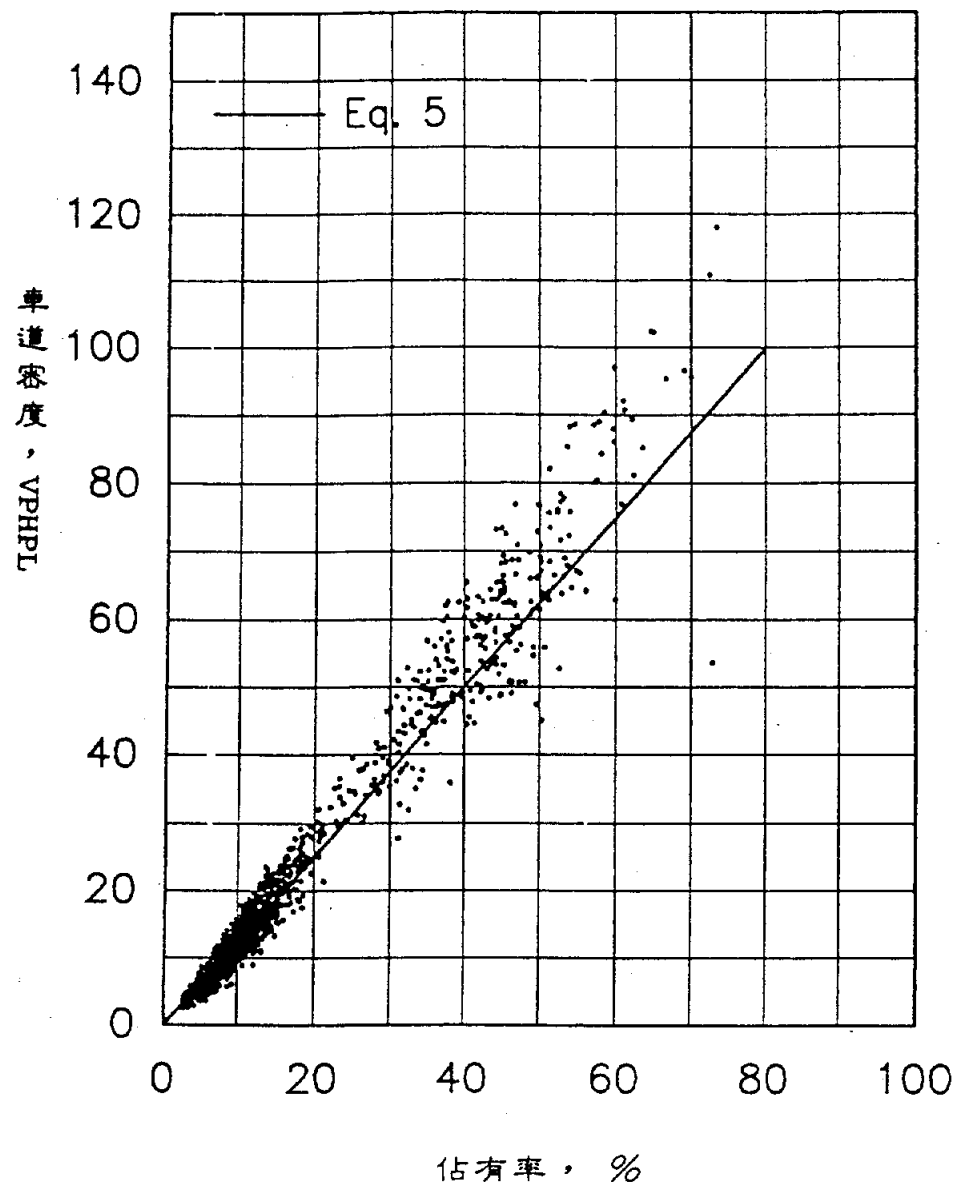


圖 3-17 車道佔有率與車流密度之關係示意

另外，主線部份也都有很小的另一小尖峰，且下匝道也有。但上匝道可能因樣本不足，而沒有小尖峰之情況發生。

由表 3.8 及圖 3-15a、b、c、d 為各路段車流密度次數統計資料。台灣地區高速公路之最高車流密度可達每車道每公里 100 輛車子，如車輛長度平均以 6.5 公尺計，最高車流密度時之車輛間距都還不到一輛車子。本研究高速公路各段中車流密度大都維持在 20 至 25 vhp/km/lane 之間，惟有三重北上受下匝道影響路段，大部時候外側車道之車輛都在排隊等下交流道，所以車流密度尖峰大都發生在 35 vhp/km/lane 處；相對而言，內側車道之車流密度自然降低至 15 vhp/km/lane 處。

另外，在內湖南下上匝道處，可能受號誌管制之影響，推算所得之車流密度，均較其他路段為低，只有 10 vhp/km/lane。

(九) F 函數 (F Function, % *vph)

就一般而言，當佔有率小於 25% 時，樣本點之分佈較為集中，但超過 25% 以後，樣本點之分佈會慢慢的發散，終至無脈絡可尋。

由上之關係，本研究發展了 F 函數：

$$F = P(S - \xi) \quad (3-11 \text{ 式}) \text{ 其中}$$

F 為 F 函數，% *kph S 為空間平均速率，kph

P 為佔有率，% ξ 為速率阻力函數，kph

當 $P \leq 25\%$ 時，則 $\xi = 1.33 * [S - (100 - 1.25 * P)] \geq 0$ (公式 3-12a)

$P > 25\%$ 時，則 $\xi = 0$

F 函數之優越性，將在第四章佔有率與空間平均速率一小節中有所說明。

由表 3.9 及圖 3-18a、b、c、d 各路段 F 函數重值之次數統計中，每個高速公路路段之次數分佈曲線均為單一尖峰，變異數標準亦較小，但因其受佔有率與空間平均速率之雙重影響，所以次數分佈之尖峰涵蓋之幅度甚大，從 400 至 1,600 % *kph 都有，但所幸同一路段之內、外側差距都維持在 300 % *kph 以內。

表 3.9 各路段 F 函數值次數統計

F, % *kph	基本路段 (90)*		受下匝道影響		下匝道路段		受上匝道影響		上匝道路段 (三重)		上匝道路段 (內湖)		基本路段 (100)**	
	內側	外側	內側	外側	內側	外側	內側二	內側一	外側			內側	外側	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	
200	0	0	0	16	8	0	11	0	0	0	13	10	2	
300	0	0	13	72	10	0	43	0	0	0	33	33	4	
400	2	0	27	107	22	0	40	3	3	0	75	75	12	
500	0	0	49	196	55	0	93	9	3	0	69	37	18	
600	31	10	81	896	126	0	144	46	12	0	57	54	31	
700	47	43	177	1,807	115	0	222	49	17	0	46	115	6	
800	165	84	480	1,817	111	0	284	90	39	0	57	70	12	
900	298	121	965	1,555	61	0	290	279	157	0	57	57	19	
1,000	548	332	1,273	788	17	0	229	534	191	12	21	14	39	
1,100	588	351	1,263	411	0	0	183	447	169	20	1	8	62	
1,200	527	545	1,197	237	0	0	93	228	58	56	8	1	35	
1,300	448	587	1,071	138	0	0	21	120	3	54	29	1	49	
1,400	425	627	0	67	0	0	16	6	0	68	28	0	82	
1,500	244	356	0	31	0	0	0	0	0	35	42	0	77	
1,600	108	236	0	29	0	0	0	0	0	31	58	0	90	
1,700	42	87	0	23	0	0	0	0	0	16	45	0	92	
1,800	2	9	0	2	0	0	0	0	0	3	34	0	43	
1,900	6	13	0	0	0	0	0	0	0	3	27	0	50	
2,000	4	9	0	0	0	0	0	0	0	4	10	0	14	
2,100	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	7	
2,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	
2,300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	
2,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
2,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
樣本個數	3,487	3,413	6,596	8,192	525	1,713	1,811	652	303	350	438	475	744	1,988

註：* 為速限 90 kph 之路段。

**為速限 100 kph 之路段。

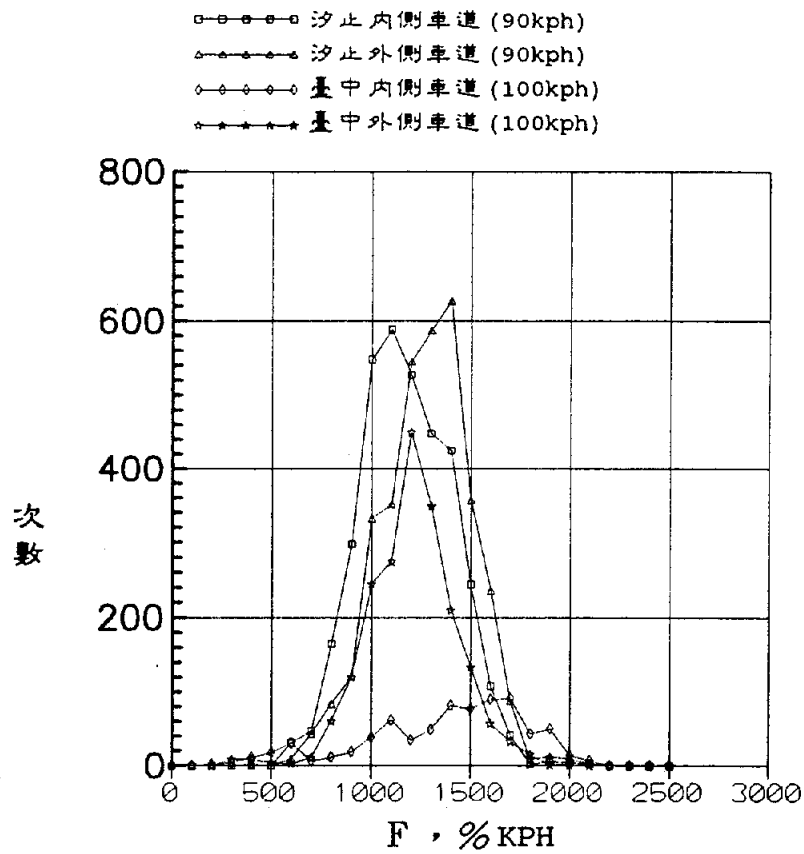


圖 3-18a 主線基本路段 F 函數 Φ 值次數分配統計圖

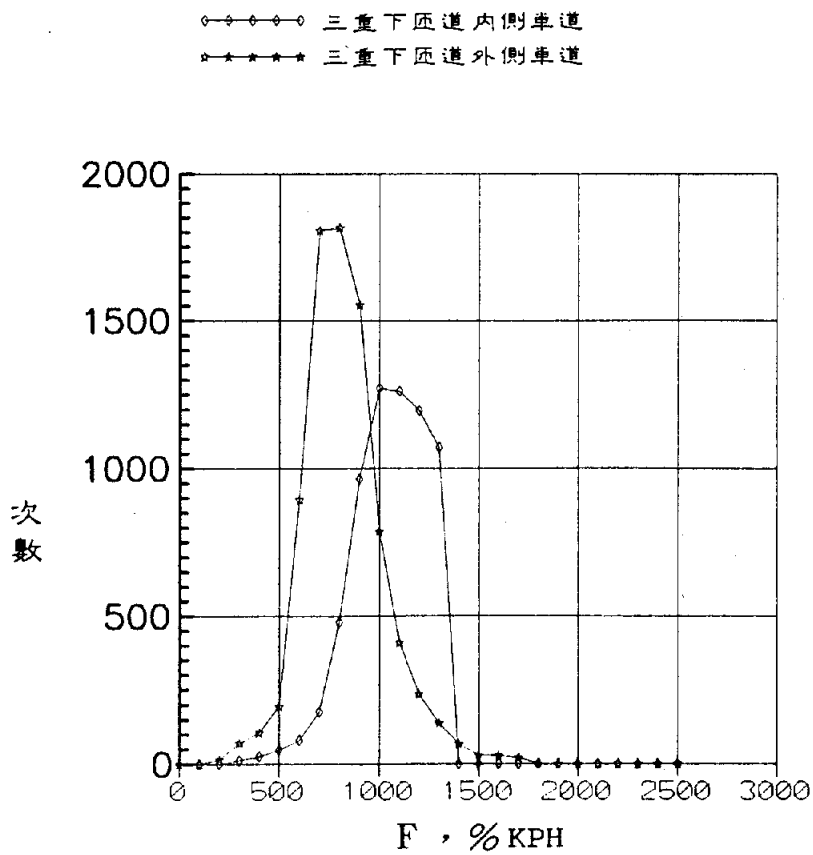


圖 3-18b 主線受下匝道影響路段 F 函數 Φ 值次數分配統計圖

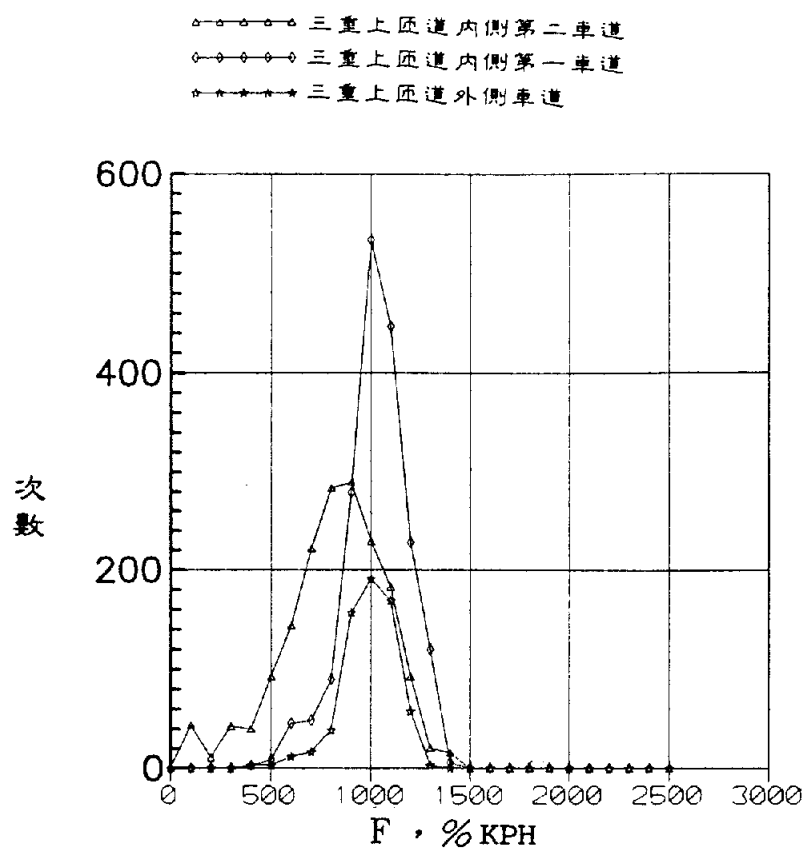


圖 3-18c 主線受上匝道影響路段 F 函數 Φ 值次數分配統計圖

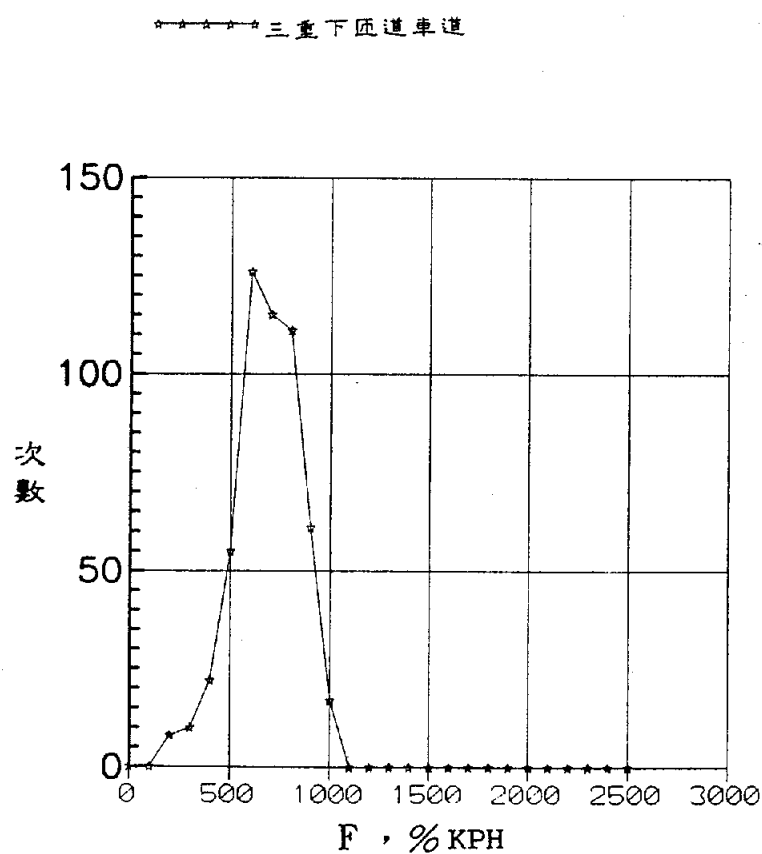


圖 3-18d 下匝道路段 F 函數 Φ 值次數分配統計圖

二、主線收費站調查結果分析

經由汐止、泰山、楊梅與后里等 4 個主線收費站調查，就本研究分析收費站容量及服務水準指標之需要，主要整理出 1.收費孔之選擇偏好、2.各型收費孔之服務時間 (Service Time)、3.等候車隊長度 (Queue Length) 及 4.系統時間 (Time in System) 等 4 項資料，依序說明如下：

1.收費孔之選擇偏好

目前中山高速公路上共有 10 個收費站，除泰山收費站外，由於各收費站均有二個正對主線之不找零小客車收費孔，其他各型車輛均僅有一固定收費孔收費，因此對於收費孔之選擇偏好與所在主線之區位並不易查覺。惟為研究此一行為，期能應用於模擬模式中，本研究乃於泰山收費站觀察不找零小客車之選擇行為，其觀察結果如表 3.10 所示。

本研究利用攝影機實地錄影記錄駕駛者選擇收費孔之行為，從資料中顯示駕駛者偏好選擇直接面對下游之收費孔，以避免進出收費亭時須變換車道。另觀測到相鄰兩收費孔之等候車輛長度相差四輛車以上時，大部份上游來車才會進入較短等候長度之收費孔，否則來車將直接進入其正面之下游之收費孔。

2.各型收費孔之服務時間 (Service Time)

此部份可視是否有等候情況分為無等候車輛時之服務時間及有等候車輛時之服務時間，分別說明如下：

(1) 無等候車輛之服務時間

無等候車輛之服務時間可定義為：「自駕駛者到達付費位置後開始計算，直到該車輛車尾通過畫在收費亭地面之參考線為止」。調查結果整理如表 3.11 所示，顯示四種型態收費孔之平均服務時間，分別為型一收費孔 2.05 秒、型二收費孔 5.89 秒、型三收費孔 3.87 秒及型四收費孔 4.42 秒。圖 3-19 即為其服務時間累積機率分配圖。

表 3.10 泰山收費站不找零小客車收費孔之平均選擇車輛數

觀察時段 (秒)	不找零小客車收費孔編號							合 計
	1	2	3	4	5	6	7	
0~150	28(12%)	34(15%)	35(15%)	37(16%)	30(13%)	35(15%)	28(12%)	227(100%)
150~300	21(12%)	24(14%)	34(20%)	29(17%)	25(15%)	21(12%)	18(10%)	172(100%)
300~450	23(13%)	25(15%)	28(16%)	31(18%)	25(15%)	22(13%)	18(10%)	172(100%)
450~600	20(11%)	31(17%)	30(16%)	35(19%)	29(16%)	24(13%)	17(9%)	186(100%)
600~750	23(12%)	30(16%)	30(16%)	31(17%)	27(15%)	26(14%)	19(10%)	186(100%)
750~900	23(12%)	29(15%)	36(19%)	32(16%)	27(14%)	26(13%)	21(11%)	194(100%)
900~1050	29(14%)	32(15%)	32(15%)	36(17%)	31(15%)	26(12%)	23(11%)	209(100%)
1050~1200	21(12%)	25(14%)	31(17%)	32(18%)	27(15%)	25(14%)	18(10%)	179(100%)
1200~1350	21(11%)	31(17%)	28(15%)	28(15%)	30(16%)	26(14%)	19(10%)	183(100%)
1350~1500	27(14%)	25(13%)	33(17%)	39(20%)	29(15%)	25(13%)	21(11%)	199(100%)
1500~1650	26(12%)	32(15%)	33(16%)	35(17%)	29(14%)	30(14%)	25(12%)	210(100%)
1650~1800	8(9%)	15(17%)	15(17%)	15(17%)	13(15%)	11(12%)	12(13%)	89(100%)
合計	270(12%)	333(15%)	365(17%)	380(17%)	322(15%)	297(13%)	239(11%)	2206(100%)

註：1.編號 1收費孔係對應最內側調撥車道。

2.編號2、3、4、5等 4收費孔係分別正對主線 4條車道。

表 3.11 無等候狀況下各型收費孔服務時間累積機率分配表

服務時間 (秒)	型一 收費孔	型二 收費孔	型三 收費孔	型四 收費孔
0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0
1	0.08	0	0	0
1.5	0.22	0	0	0
2	0.52	0	0.08	0.02
2.5	0.78	0	0.14	0.16
3	0.96	0	0.3	0.24
3.5	0.98	0.02	0.42	0.48
4	0.98	0.1	0.64	0.52
4.5	0.98	0.12	0.76	0.58
5	0.98	0.3	0.88	0.72
5.5	0.98	0.52	0.9	0.78
6	0.98	0.64	0.92	0.88
6.5	0.98	0.72	0.92	0.9
7	1	0.84	0.94	0.9
7.5		0.92	0.98	0.9
8		0.94	0.98	0.94
8.5		0.94	0.98	0.94
9		0.94	0.98	0.94
9.5		0.96	0.98	0.94
10		0.96	0.98	0.94
10.5		0.96	0.98	0.96
11		0.96	1	0.96
11.5		0.96		0.98
12		0.96		0.98
12.5		0.98		1
13		0.98		
13.5		0.98		
14		1		
平均	2.05	5.89	3.87	4.42

註：型一為不找零小客車。
 型二為找零小客車。
 型三為大貨車。
 型四為大客車與聯結車。

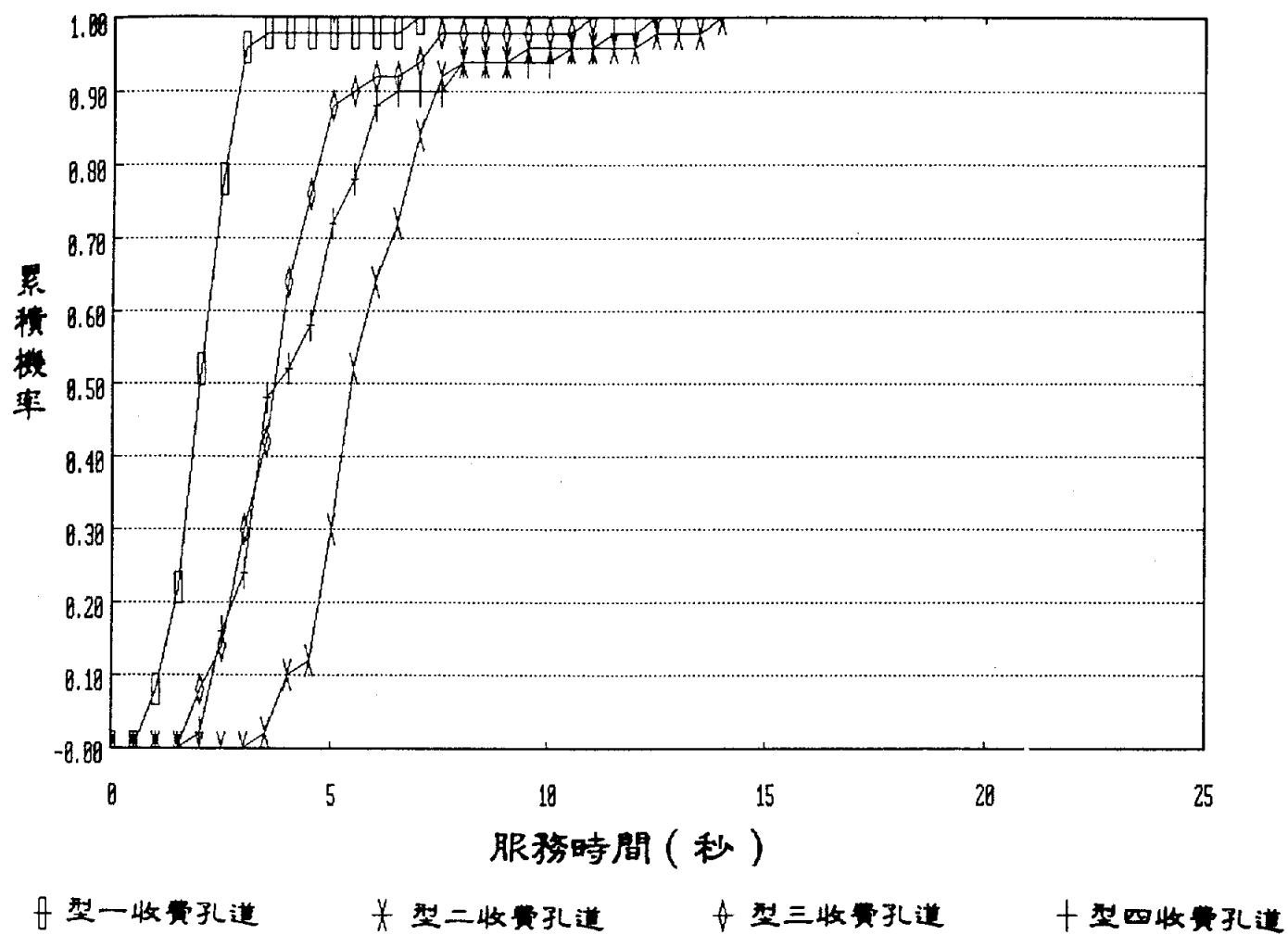


圖 3-19 無等候情況下之服務時間累積機率分配圖

(2) 有等候車輛之服務時間

有等候車輛時之服務時間的調查可採用劃設參考線的方法來處理，由車頭通過一設在收費亭前之參考線開始計算，直到車尾通過該參考線為止，即是該狀況下之服務時間。本研究由兩收費站蒐集之資料整理得到等候服務車輛之服務時間，如表3.12所示；累積次數分配圖，如圖3-20所示。這些資料是利用攝影機在天氣良好的白天拍攝得到，各型態收費孔之平均服務時間為：型一收費孔 4.57 秒、型二收費孔 9.99秒、型三收費孔 7.16秒及型四收費孔 7.34秒。

3. 等候車隊長度 (Queue Length)

調查結果，各類型收費孔之平均等候車隊長度分別為型一收費孔 2.81輛（其中正對主線下方之收費孔平均為3.92輛），型二收費孔 9.54輛，型三收費孔 1.24輛及型四收費孔 2.28輛，各類型收費孔等候車隊長度之機率分配如表3.13所示，其累積機率分配狀況如圖3-21。顯示在各型收費孔中以小客車找零收費孔所產生之等候車隊長度最長，平均有 9.54 輛。

4. 系統時間 (Time in System)

所謂系統時間係指車輛進入收費站區後，因收費的關係，自車輛減速停止進入等候車隊時起算，至完成收費加速離開間之時間長。經調查結果，各類型收費孔之平均系統時間分別為型一收費孔 13.26 秒／輛（其中正對主線下方之收費孔平均為 17.22秒／輛），型二收費孔 90.54 秒／輛，型三收費孔 11.25 秒／輛及型四收費孔 21.93 秒／輛，各類型收費孔系統時間之機率分配如表3.14所示。顯示各型收費孔中仍以小客車找零收費孔所花費之系統時間最長，平均每輛車大約需要 1 分半鐘。

表 3.12 有等候狀況下各型收費孔服務時間累積機率分配表

服務時間 (秒)	型一 收費孔	型二 收費孔	型三 收費孔	型四 收費孔
0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0
2	0.02	0	0	0
2.5	0.04	0	0	0
3	0.1	0	0.02	0
3.5	0.18	0	0.04	0.02
4	0.34	0.02	0.18	0.04
4.5	0.4	0.02	0.22	0.06
5	0.64	0.06	0.36	0.18
5.5	0.82	0.06	0.42	0.3
6	0.94	0.12	0.54	0.42
6.5	0.98	0.12	0.56	0.5
7	1	0.22	0.6	0.6
7.5		0.3	0.64	0.7
8		0.36	0.74	0.72
8.5		0.4	0.74	0.74
9		0.48	0.76	0.8
9.5		0.52	0.8	0.8
10		0.62	0.82	0.84
10.5		0.66	0.84	0.84
11		0.68	0.86	0.9
11.5		0.74	0.88	0.9
12		0.74	0.92	0.92
12.5		0.76	0.92	0.92
13		0.84	0.94	0.92
13.5		0.86	0.94	0.92
14		0.9	0.94	0.94
14.5		0.9	0.94	0.94
15		0.9	0.96	0.96
15.5		0.92	0.96	0.98
16		0.92	0.96	0.98
16.5		0.94	0.96	1
17		0.96	0.96	
17.5		0.96	0.96	
18		0.96	0.98	
18.5		0.96	0.98	
19		0.96	0.98	
19.5		0.98	0.98	
20		0.98	0.98	
20.5		0.98	0.98	
21		0.98	0.98	
21.5		0.98	0.98	
22		0.98	0.98	
22.5		0.98	1	
23		0.98		
23.5		0.98		
24		0.98		
24.5		0.98		
25		1		
平均	4.57	9.99	7.16	7.34

註：型一為不找零小客車，型二為找零小客車，型三為大貨車，型四為大客車與聯結車。

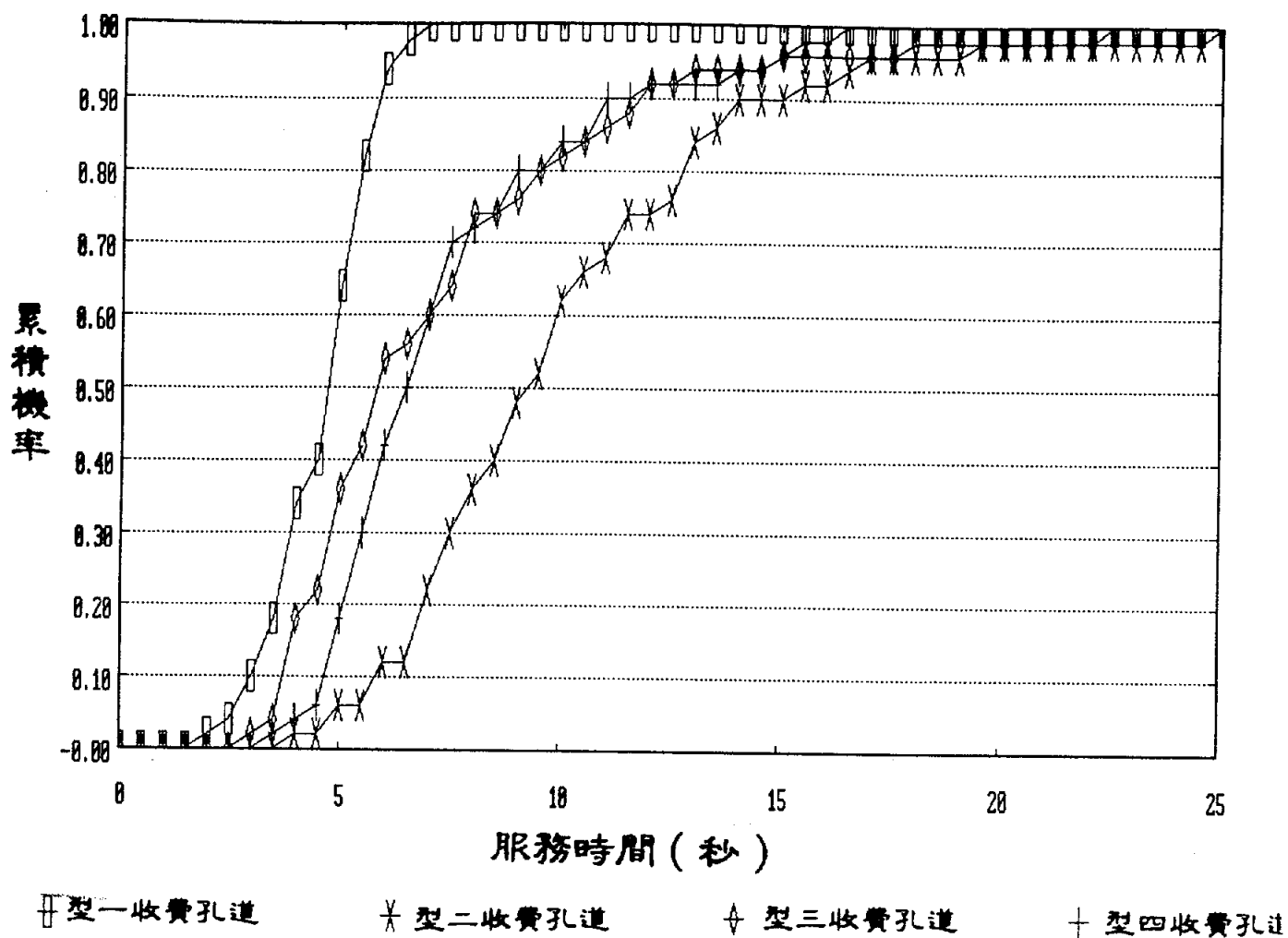


圖 3-20 有等候情況下之服務時間累積機率分配圖

表 3.13 各類型收費孔平均等候車隊長度累積機率分配表

平均等候車隊 長度 (輛)	型一 收費孔	型二 收費孔	型三 收費孔	型四 收費孔
0	4	0	26	4
1	25	0	66	18
2	49	0	88	60
3	70	0	96	90
4	86	4	100	100
5	86	8		
6	99	18		
7	100	30		
8		44		
9		64		
10		72		
11		76		
12		78		
13		82		
14		86		
15		92		
16		94		
17		98		
18		100		
平均	2.81	9.54	1.24	2.28

註：型一為不找零小客車。
 型二為找零小客車。
 型三為大貨車。
 型四為大客車與聯結車。

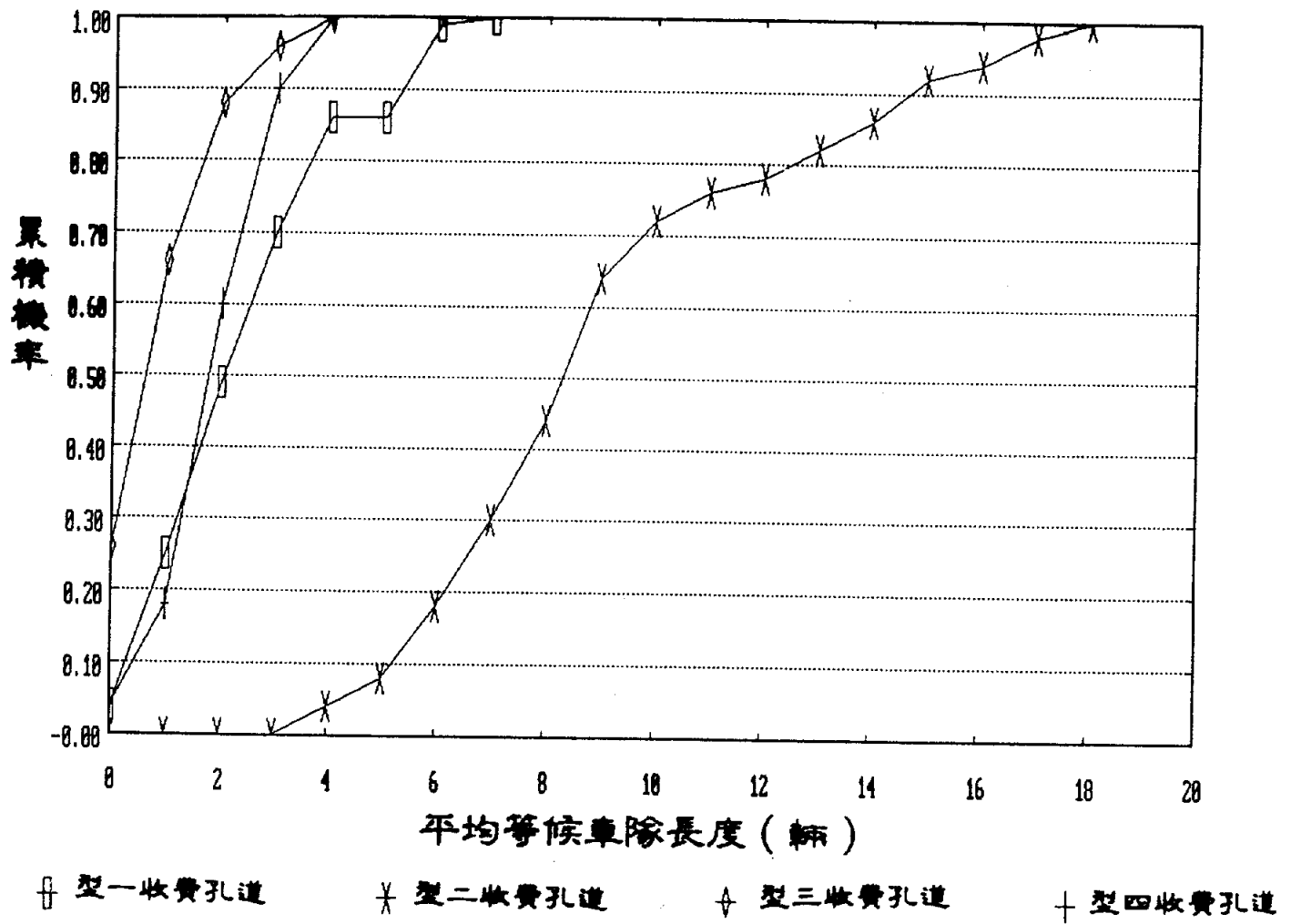


圖 3-21 各類型收費孔平均等候車隊長度累積機率分配表

表 3.14 各類收費孔之平均系統時間累積機率分配表

系統時間 (秒/輛)	型一 收費孔	型二 收費孔	型三 收費孔	型四 收費孔
8	4	0	2	0
10	38	0	22	0
12	50	0	66	0
14	51	0	96	0
16	65	0	100	2
18	84	0		10
20	96	0		24
22	100	0		46
24		0		80
26		0		94
28		0		100
30		0		
32		0		
34		0		
36		0		
38		0		
40		0		
42		0		
44		0		
46		0		
48		0		
50		0		
52		0		
54		0		
56		0		
58		0		
60		0		
62		0		
64		0		
66		2		
68		2		
70		2		
72		2		
74		10		
76		18		
78		20		
80		22		
82		28		
84		30		
86		34		
88		40		
90		50		
92		56		
94		64		
96		66		
98		66		
100		74		
102		76		
104		82		
106		88		
108		94		
110		96		
112		100		
平均	13.26	90.54	11.25	21.92

註：型一為不找零小客車，型二為找零小客車，型三為大貨車，型四為大客車與聯結車。

第四章高速公路容量與服務水準 評估指標之訂定

在 3.2 節中曾提及本研究概將高速公路容量分析與服務水準評估指標訂定的方法分成 1.主線與匝道 2.收費站等二大部份加以討論，調查資料時亦分成該二大部份進行調查與分析，所以本章亦延續就這成二大部份分別訂定容量與服務水準評估指標。

4.1 主線、匝道容量與服務水準評估指標之訂定

訂定主線、匝道容量與服務水準評估指標之分析過程中，為了排除因車種組成(重車混合比)造成的干擾，故先著手分析、訂定適於主線與匝道通用之小客車當量，接著探討各路段各車道空間平均速度、小客車當量車流率…等變數之關係。

4.1.1 小客車當量

若平坦的高速公路上(不含坡度因素，因本研究未包括坡度路段)，車與車間之車頭間距(Headway 單位為時間 sec)會隨車速的變化而呈凹型曲線。當車速很慢時，車與車之車頭間距較大，隨著車隊之速度增加而降低。降至最小時，也就是該斷面能通過車流量的最大值；然後再隨車速的增加車頭間距再加大。詳見圖 4-1 所示。

高速公路的車流種類大致可分為大客車、大貨車、聯結車、小客車等，各類車種中因其車長(一輛大貨車或大客車車長大約為小客車的 2 至 3 倍)與操作特性(大型車載重大加減速較慢)各有差異，但在計算容量或評估某一路段的服務水準時，必須將其轉換成統一的小客車當量(Passenger Car Equivalent)，以利於資料的計算與分析。有關車輛組成對車頭間距、車速之影響，可由圖 4-1 中四種曲線充分表現出來。

故決定高速公路上每一車隊的速率、佔有率或一單位時間之車流率之因素，大致為車輛長度、車輛速度與坡度(含坡長)等三因素。

在計算一車隊中某一車種的小客車當量(PCE)時，可用每一車種所需使用的車頭間距來衡量如(式 4-1)所示。即衡量 i 種車之小客車當量時，其方式為該車通過該斷面時之車頭間距 $H_i(v_i)$ (為車速的函數)除以小客車通過該斷面之車頭間距 $H_p(v)$ 。

$$PCE = \frac{H_i(V_i)}{H_p(V)} \quad (\text{公式 4-1})$$

上式 4-1 為計算一車隊中某一車種 PCE 之公式。本研究經 3.1 節的調查得出各車種車頭間距的資料，本節進而整理分析得出小客車當量值。其導出過程分述如下：

1. 判斷是否為同一車隊之車輛

由於車流持續經過調查站之參考點，首先得判斷某觀測車輛是否同屬一車隊，可以車頭間距之變化判斷之。沒有車流經過或是車輛幾至停止時，則車與車間之車頭間距突然變大。根據本研究調查資料之分析結果，當二車車頭間距大於下式 4-2a，4-2b，4-2c 之 T 值，就代表後車不屬於其前面之車隊：

$$\text{當 } V_{j-1} < 20 \text{ km/hr 時 } T = 5 + 0.5(20 - V_{j-1}) \text{ sec} \quad (\text{公式 4-2a})$$

$$\text{當 } V_{j-1} \text{ 和 } V_j \text{ 同時 } > 80 \text{ km/hr 時}$$

$$T = \text{Min} \{ 5 + 0.1(V_{j-1} - 80) \text{ 二者間取取小值 } \{ 5 + 0.1(V_j - 80) \text{ sec} \} \quad (\text{公式 4-2b})$$

其中：

V_j : 為後車

V_{j-1} : 為前車

$$\text{其他的狀況 } T = 5 \text{ sec} \quad (\text{公式 4-2c})$$

當某輛車既不屬於其前車隊也不屬於其後之車隊時，代表車流量不足，該數據不作為計算 PCE 值的樣本。

2. 選出可用的樣本與分類

依據上述原則去除了不在同一車隊的樣本後，其餘數據即為可用的樣本。依據車子的長度，本研究將相關數據歸成長度為 8.7m，13.0m 與 17.6m 的大、中、小三種型式車輛。

3. 計算各型車之小客車當量

在有效樣本中，分別求得各車種在不同車速下之車頭間距，如圖 4-1 所示。然後，透過公式 4-1 可求得各車種在各車速下的小客車當量，如圖 4-2 所示，三車種在高速度下 (120km/hr) 其平均小客車當量都靠近 1.0，隨著速度的降低，愈大的車子 PCE 值增加得愈大。在車速很慢幾乎停止時三車種之 PCE 值可達到 2.71，2.16 與 1.65 之值。三車種之小客車當量直線方程式如下公式 4-3 所示。

$$PCE(\text{小型車}) = 1.65 - (1.65/120) * V \quad (\text{公式 4-3a})$$

$$PCE(\text{中型車}) = 2.16 - (2.16/120) * V \quad (\text{公式 4-3b})$$

$$PCE(\text{大型車}) = 2.71 - (2.71/120) * V \quad (\text{公式 4-3c})$$

4. 導出與車長、車速有關的 PCE 公式

當 $V=0$ kph 時，圖 4-2 中車長為 8.7、13、17.6 m，曲線之 PCE 各為 1.65、2.16、2.71，其中聯立方程式可解出 $PCE=a_1+b_1*L$ 之 $a_1=0.6$ ， $b_1=0.12$ ，即：

$$PCE = 0.6 + 0.12 * L \quad (\text{公式 4-4a})$$

當 $V=120$ kph 時，圖 4-2 中車長為 8.7、13、17.6 m，線之 PCE 均同時降至 1.0，所以 PCE 會受車長與車速之影響而降低，即：

$$\Psi = -(0.12 * L - 0.4) \frac{V}{120} \quad (\text{公式 4-4b})$$

整合公式 4-4a、b 得：

$$PCE = 0.6 + 0.12 * L - (0.12 * L - 0.4) \frac{V}{120} \quad (\text{公式 4-4c})$$

其中 L ：為車長 V ：為車速 Ψ ：為 PCE 之斜率

5. PCE 公式的驗證

將三重與汐止調查站所蒐集路肩與內側車道車流之車輛長度與空間平均車速代入公式 4-4c 中，可繪出如圖 4-3 的四條車頭距間與車速之關係圖。該四條曲線幾近重疊，可知公式 4-4 對 PCE 之描述很符合真實之車流狀況。

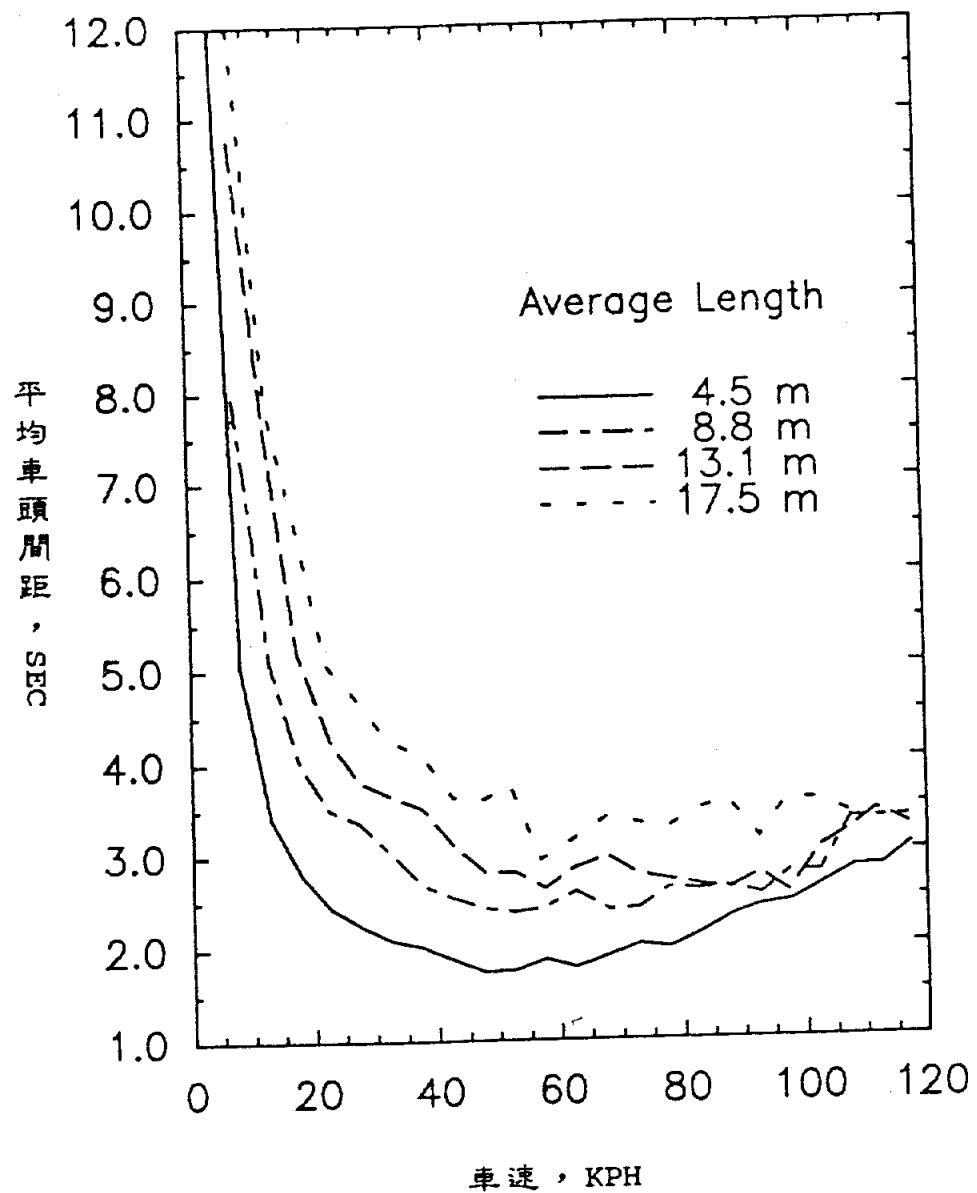


圖 4-1 空間平均速率與平均車頭間距之關係示意

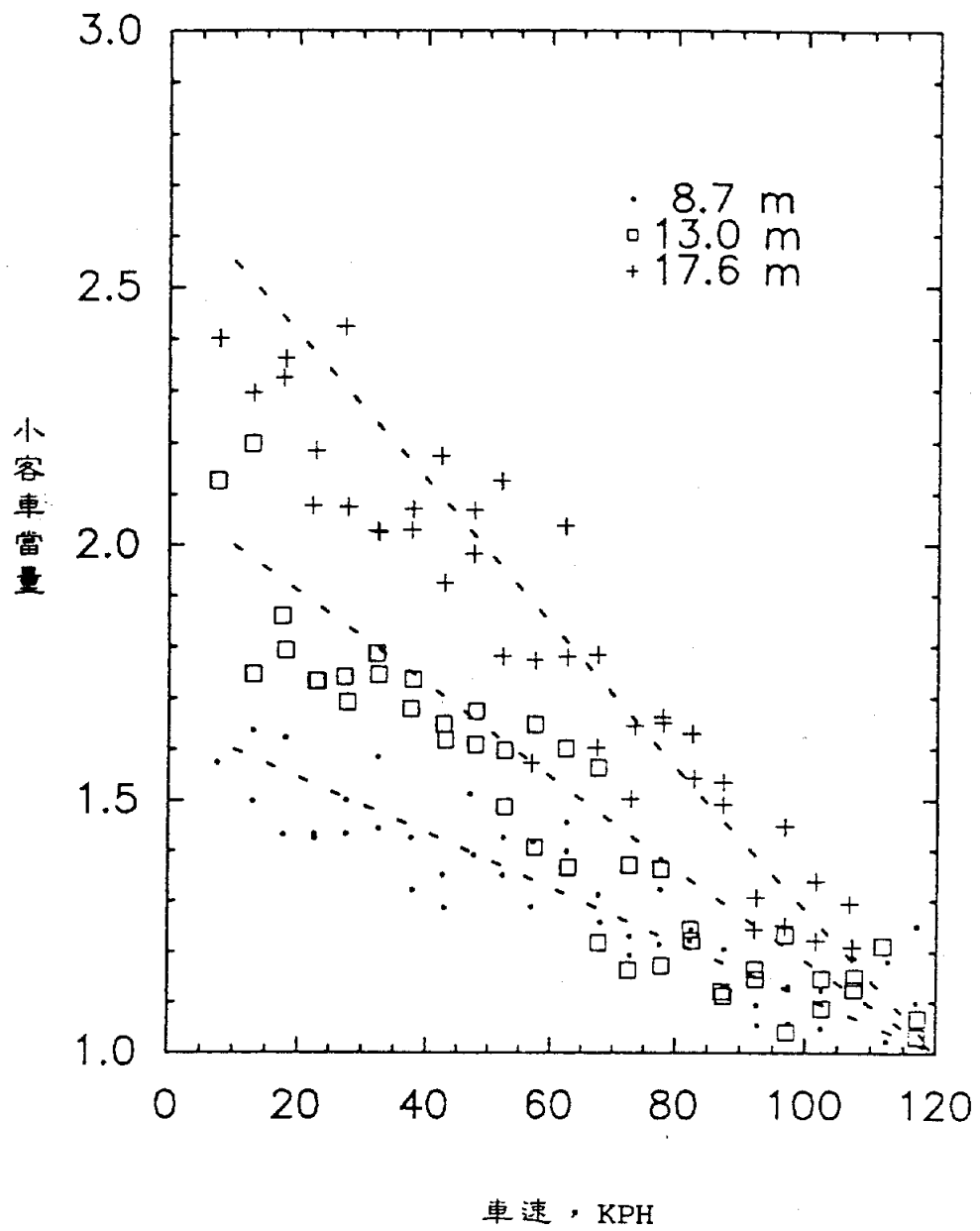


圖 4-2 不同車長、車速與小客車當量之關係曲線

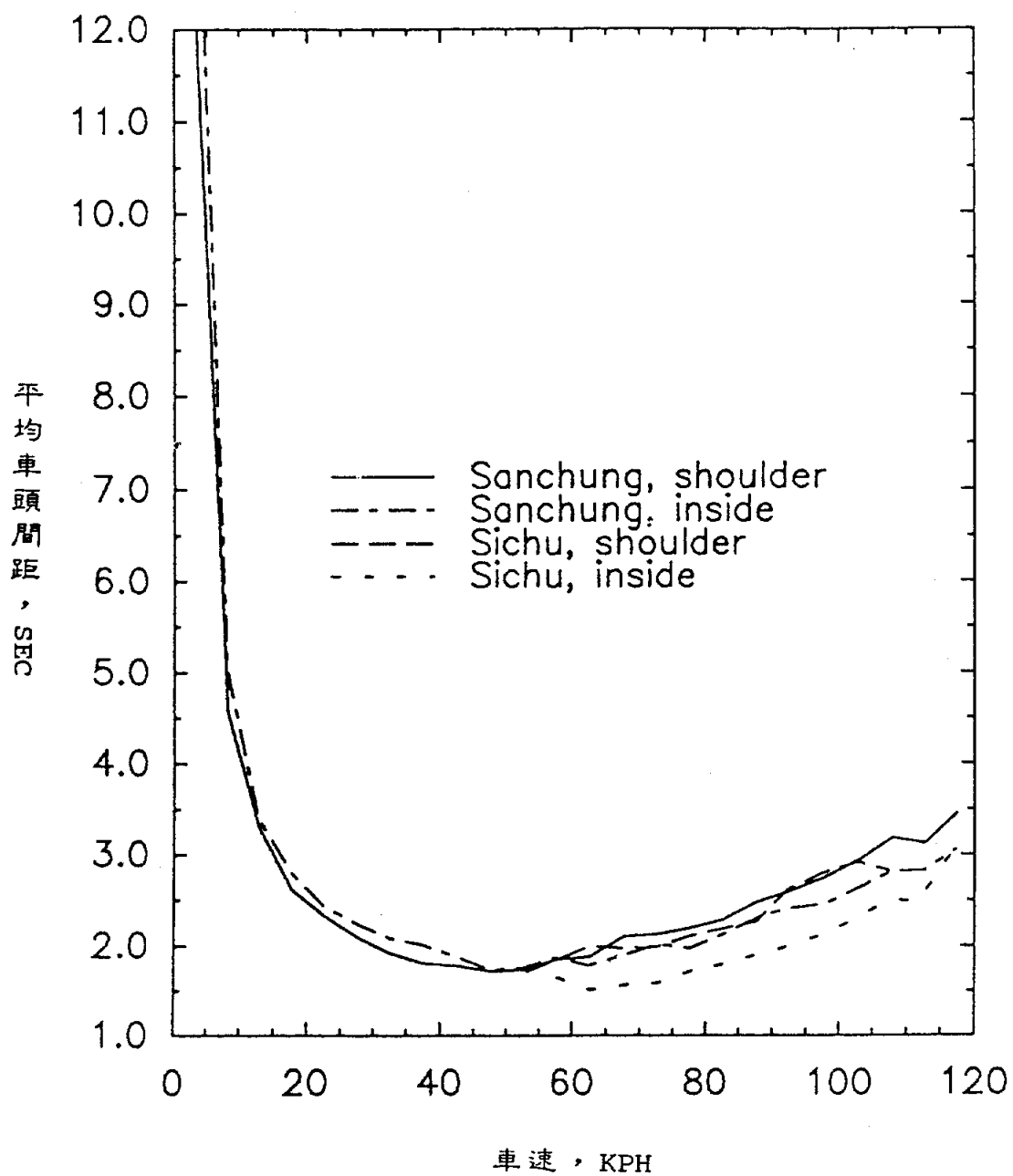


圖 4-3 車速與平均車頭間距之關係比較

4.1.2 各變數間之關係

本研究 3.2 節將資料經讀取、分析後，可分別求出高速公路各路段各車道（不包括收費站）之車流變數值，其變數有①時間平均速率 TMS ②空間平均速率 SMS ③車流量 FLOW ④小客車當量車流率 PCEF ⑤佔有時間 OT ⑥佔有率 Occ ⑦車流密度 Den ⑧F 函數值。本節嘗試透過上述各變數間之關係，諸如小客車當量車流率與空間平均速率、佔有率與小客車當量車流率…等關係，推敲出高速公路各路段各車道較細的車流特性，作為下一節訂定合理容量、服務水準評估指標與各服務水準下之服務流率之參考。各變數間之關係描述如后：

一、空間平均速率 (SMS) 與時間平均速率 (TMS) 之關係

車輛之平均速率依計算方式之不同可分成二種，其一是將各車速率求出後，再取平均值，謂之時間平均速率（3-6式）。另一則將總行駛距離除以總車輛通過花費的時間，謂之空間平均速率（3-5式）。其 SMS 與 TMS 二者間之關係為：

$$TMS = SMS + \sigma^2 / SMS \quad (\text{公式 4-5})$$

σ ：空間平均速率 SMS 之標準差

以此二變數可繪出高速公路各路段各車道之關係圖如圖 4-4a 至圖 4-4j 所示，該數據及圖形中所顯示之訊息可歸納如下：

1. 由 4-5 式與各圖示之資料得知，每一樣本之 TMS 值均會大於 SMS 值。所以各圖樣本點之右下側近乎成直線。
2. TMS 與 SMS 會出現差異，乃因每一樣本都是連續一分鐘有效車輛之速率平均值，故每一樣本時間內只要有少數車輛之車速特別怪異（譬如全車流車速都很快，突然有一部老爺車慢慢的行走，反之亦然），就會使得 TMS 與 SMS 間之差值變得很大。如果車隊之每車車速較為一致，則二者之差異自然會較小。
3. 各路段速率之分佈因受區位的不同而互有差異，例如汐止為雙向四車道，故南向只有二車道，所以最高平均車速只能達到 95 kph 左右，且車輛會造成持續一分鐘以上之阻塞狀況少之又少，所以最低

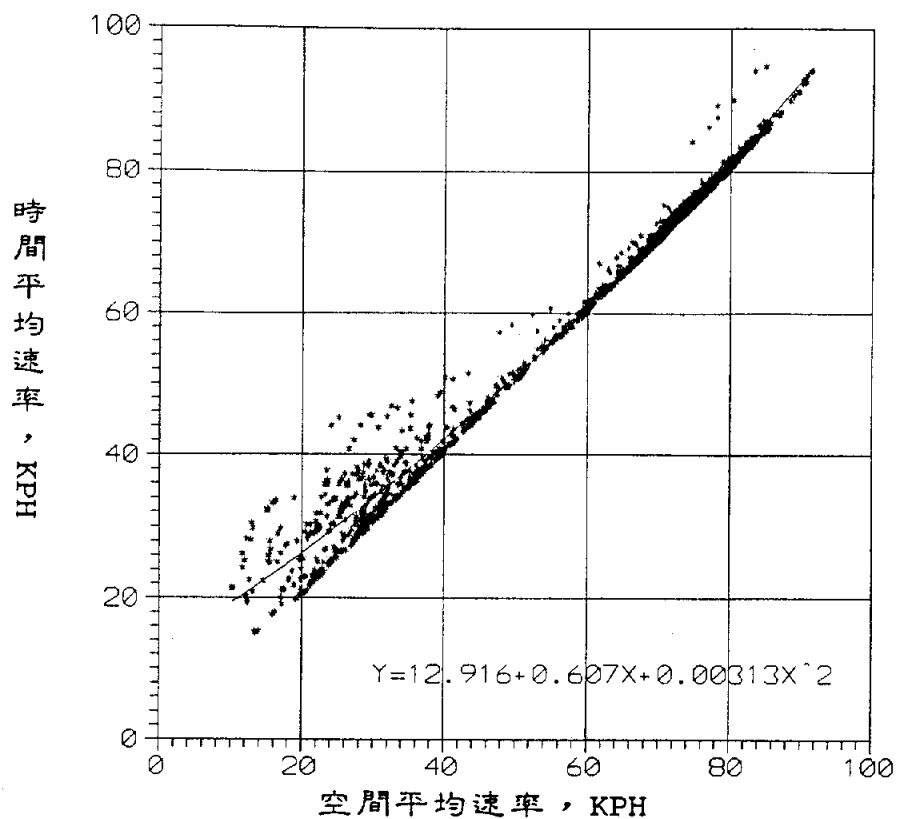


圖 4-4a 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)

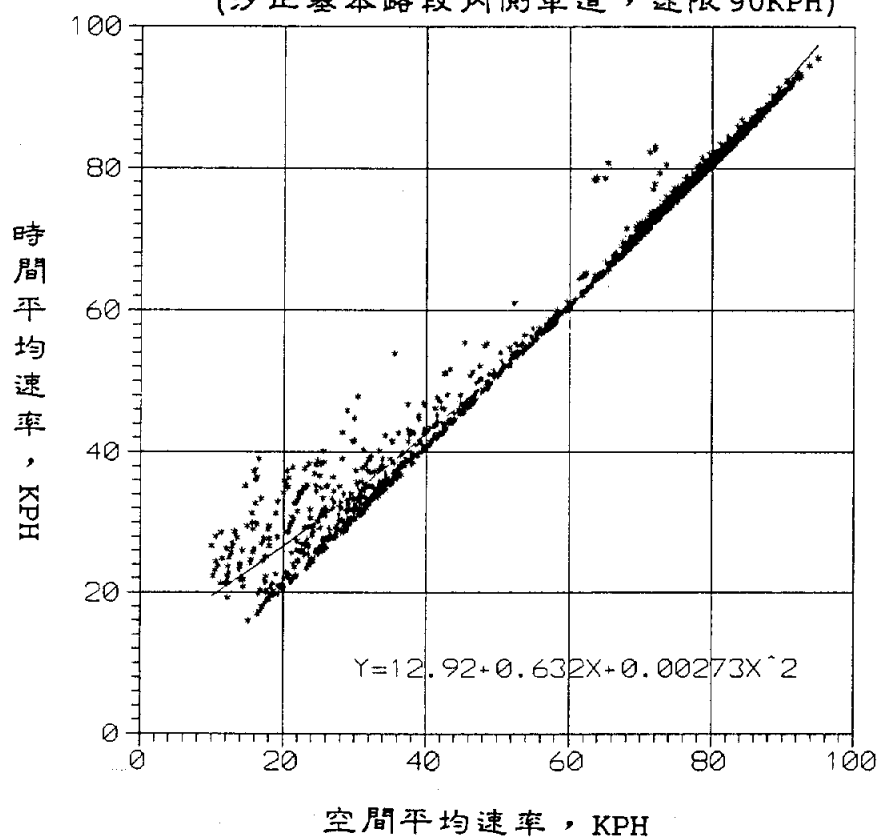


圖 4-4b 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)

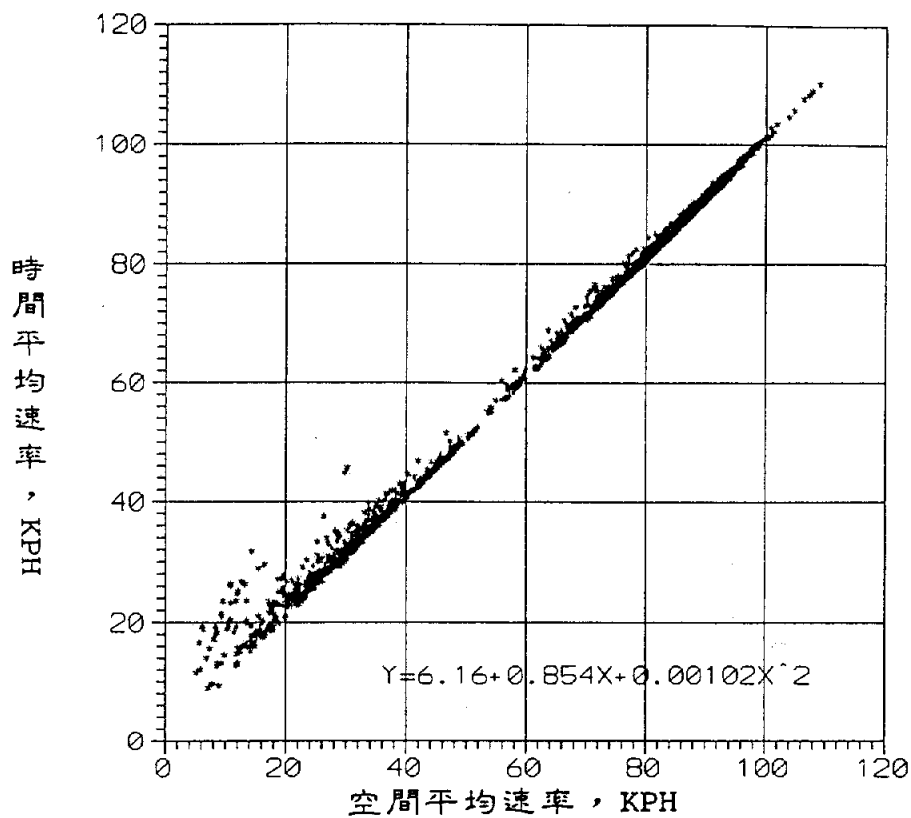


圖 4-4c 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(三重受下匝道影響路段內側車道)

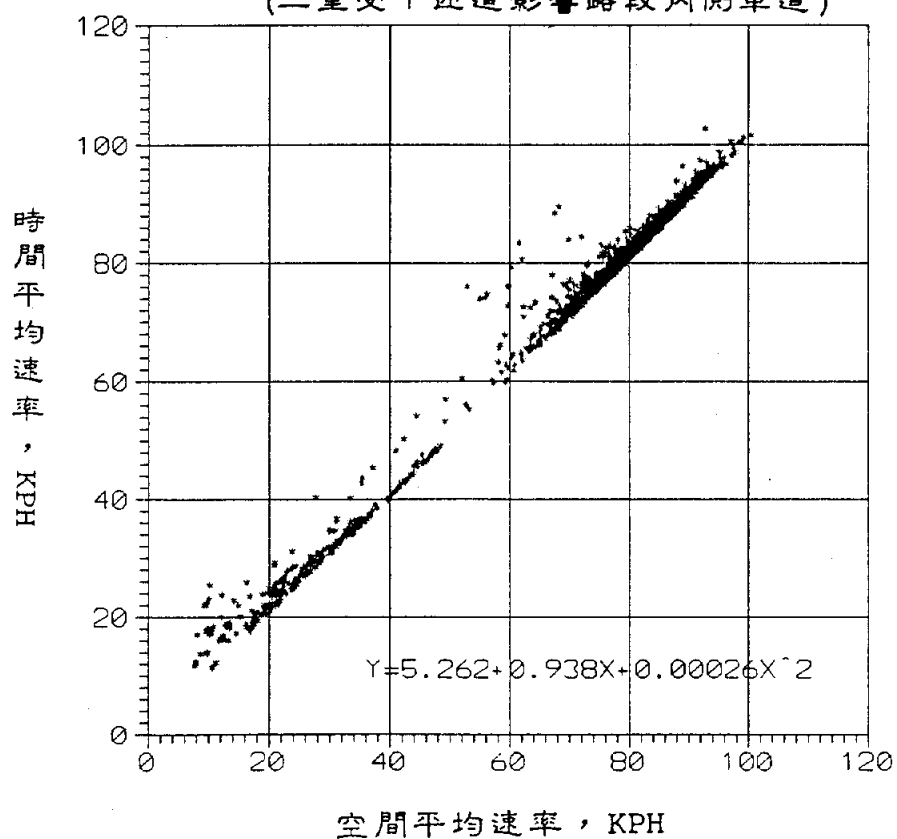
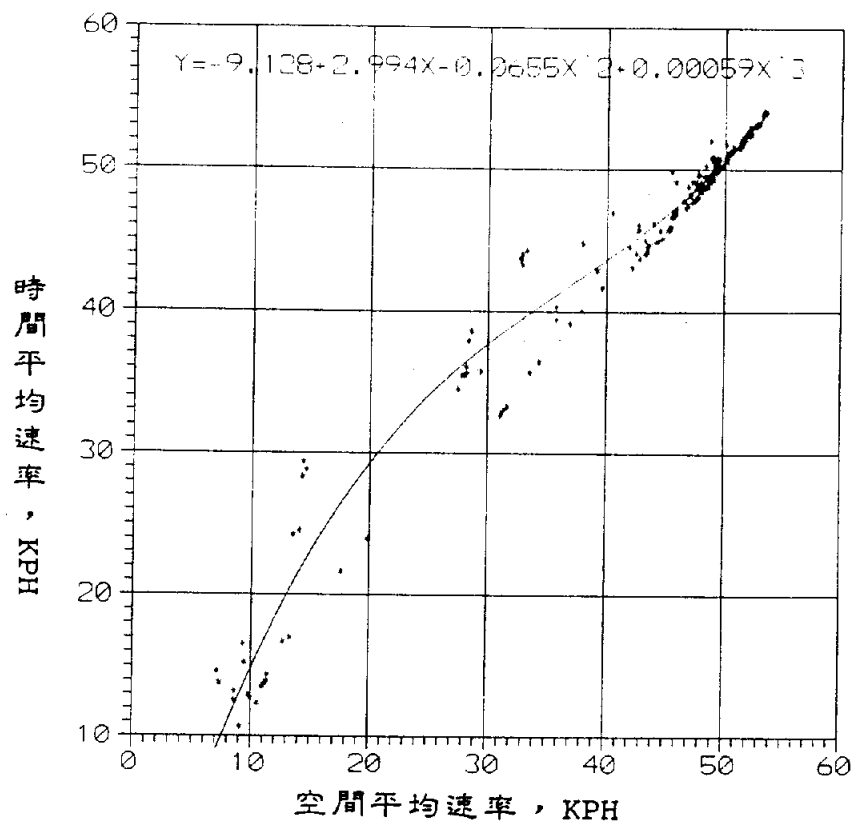
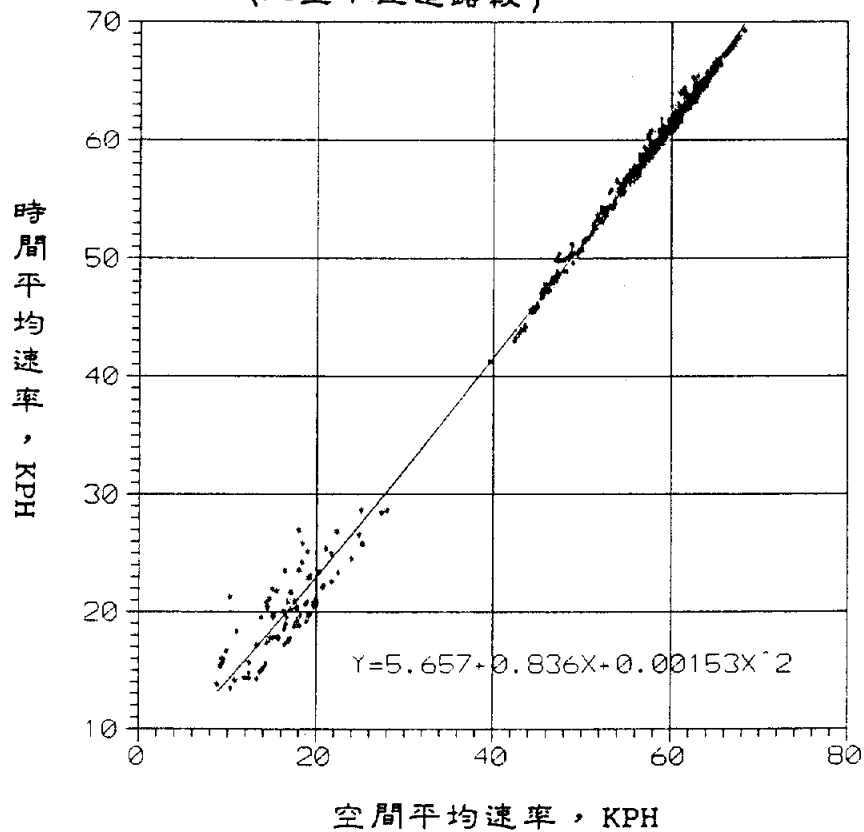


圖 4-4d 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(三重受下匝道影響路段外側車道)



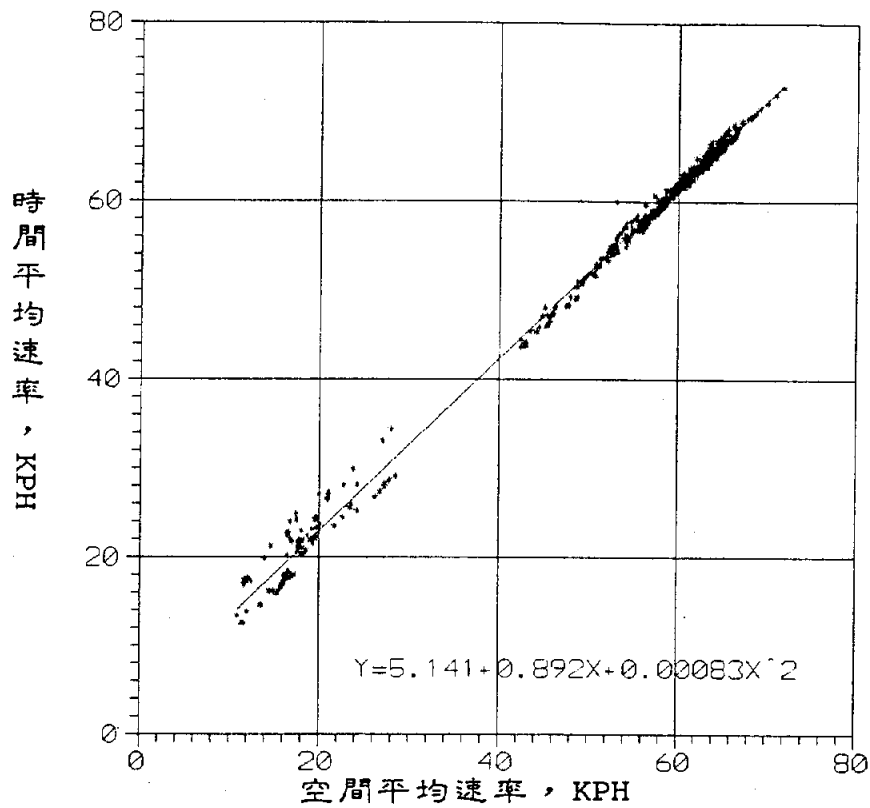
4-4E

圖 4-4e 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(三重下匝道路段)



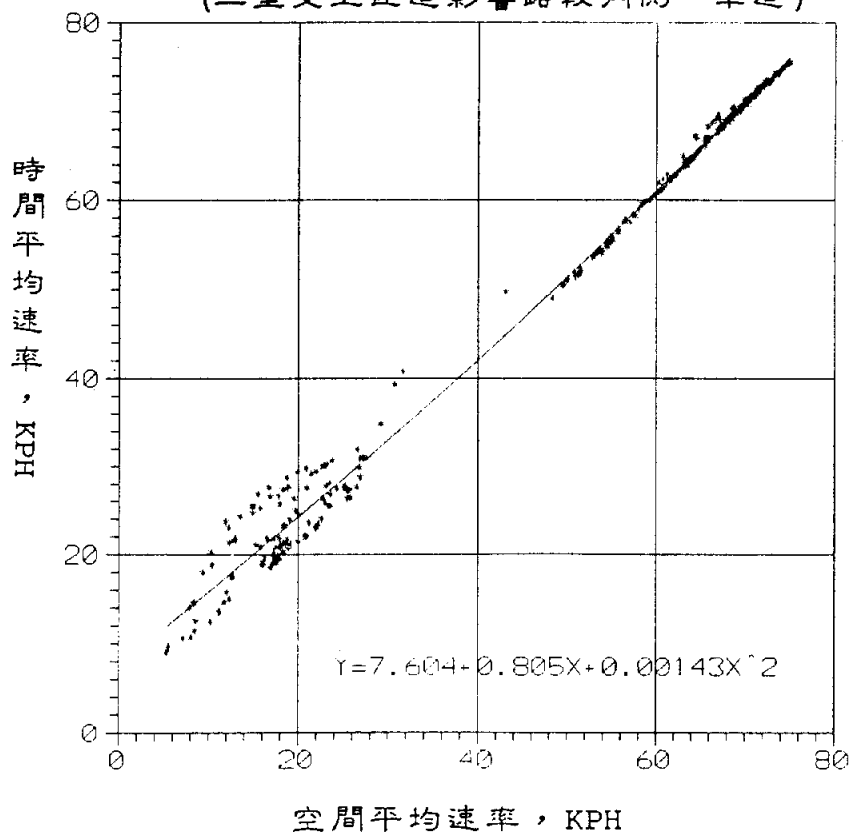
4-4F

圖 4-4f 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側二車道)



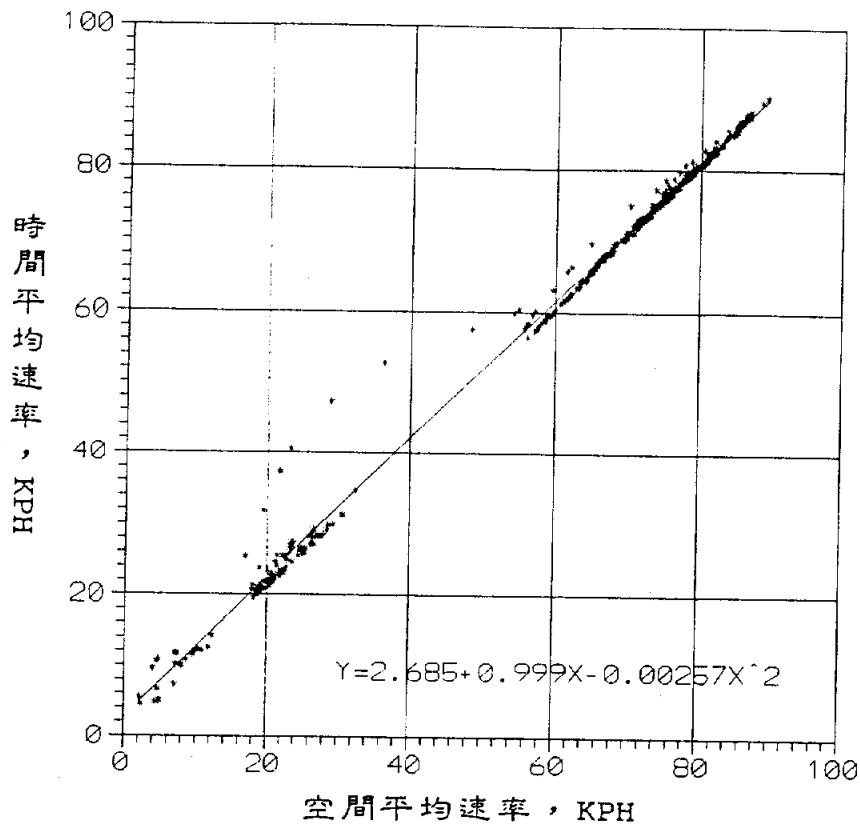
4-4G

圖 4-4g 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一車道)



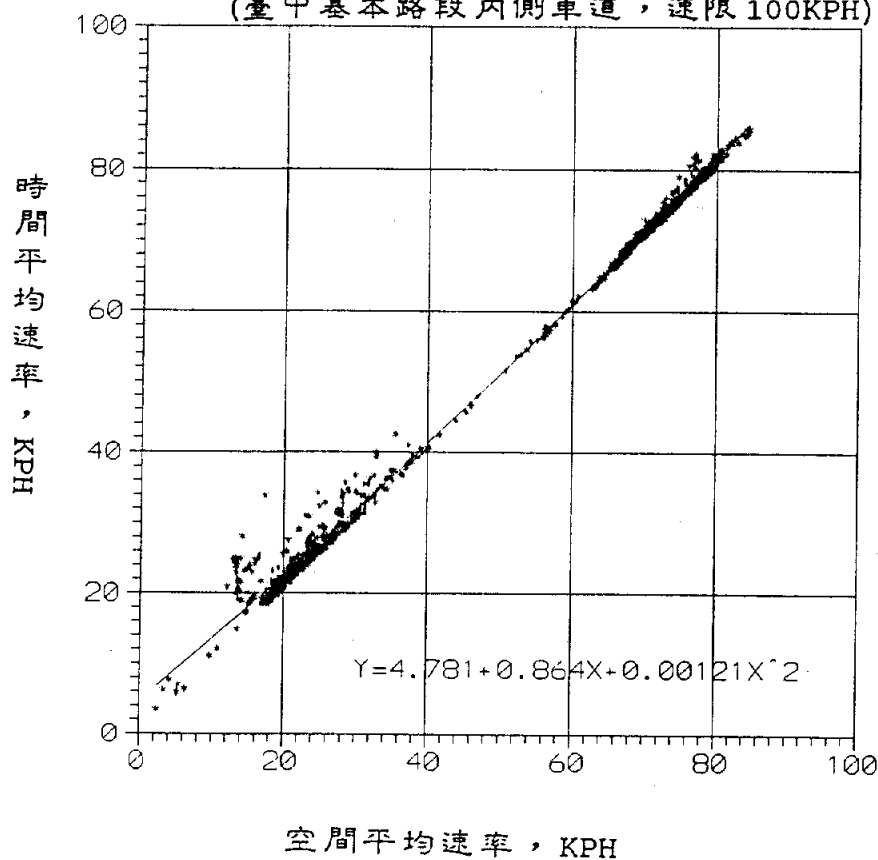
4-4H

圖 4-4h 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(三重受上匝道影響路段外側車道)



4-4I

圖 4-4i 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)



4-4J

圖 4-4j 空間平均速率與時間平均速率之關係圖
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)

平均車速也在10kph 以上。在三重北上受下匝道影響之路段，因為雙向八車道(北上為四車道)，故外側車道最高車速可高達100KPH，內側則高達約110KPH(外側者低於內側，係因部份車輛準備下匝道，或受欲下匝道車輛變換車道之影響)，二車道之最低車速都不低於 10KPH。至於受上匝道影響之三重北上車道則平均車速分佈在 5~70kph 之間。而三重下匝道路段則因受線型與地面號誌管制影響，最高平均速率只能達到 55 kph。

- 4.各路段各車道中 TMS 與 SMS 之差值 (σ^2 / SMS)，以低速時差值最大(最高可差至 20 kph)，其次是高速的狀況下(二者差在 10 kph 左右)，相差最少的是在中間速度情況(相差在 3 kph 以內)。
- 5.各路段各車道 SMS 與 TMS 二變數之關係甚為明確，故可用 Polynomial 函數來建立其間之二次函數方程式(X 為 SMS 值， Y 為 TMS 值)。如圖 4-4a 至 4-4j 圖中所註之方程式，如果已知 SMS 值，即可透過該方程式求得 TMS 之預測值。其中三重北上下匝道路段，車流受地面道路號誌管制之影響，致使 SMS 與 TMS 之差值，在低速時會產生較大之波動，故以三次方之 Polynomial 函數來構建方程式。
- 6.空間平均速率之平均標準差 σ ，會隨著樣本統計時間長度之增加而擴大。如圖 4-4k 中所示，當樣本統計時間長度為連續 5 分鐘時，其空間平均速率之平均標準差 σ ，將會是 30 秒長度的 1.5 倍，並在 60 KPH 處出現特高值。此反映取樣之連續時間愈長，則出現特異數之機率愈大之事實。

二、小客車當量車流率(PCEF)與空間平均速率(SMS)之關係

小客車當量車流率 PCEF 為單位時間內，能通過該車道某一斷面之最多小客車當量車數(大小車種必須依前 4.1 節，轉換成小客當量)。但此一數值必須摒除一些違規行車所產生之數值(諸如車輛行駛路肩或併排通過…等因素)，並且此樣本也必須是連續一分鐘之有效車流才算。此 PCEF、SMS 二變數間之關係如圖 4-5a 至圖 4-5j 所示，並可歸納說明如下：

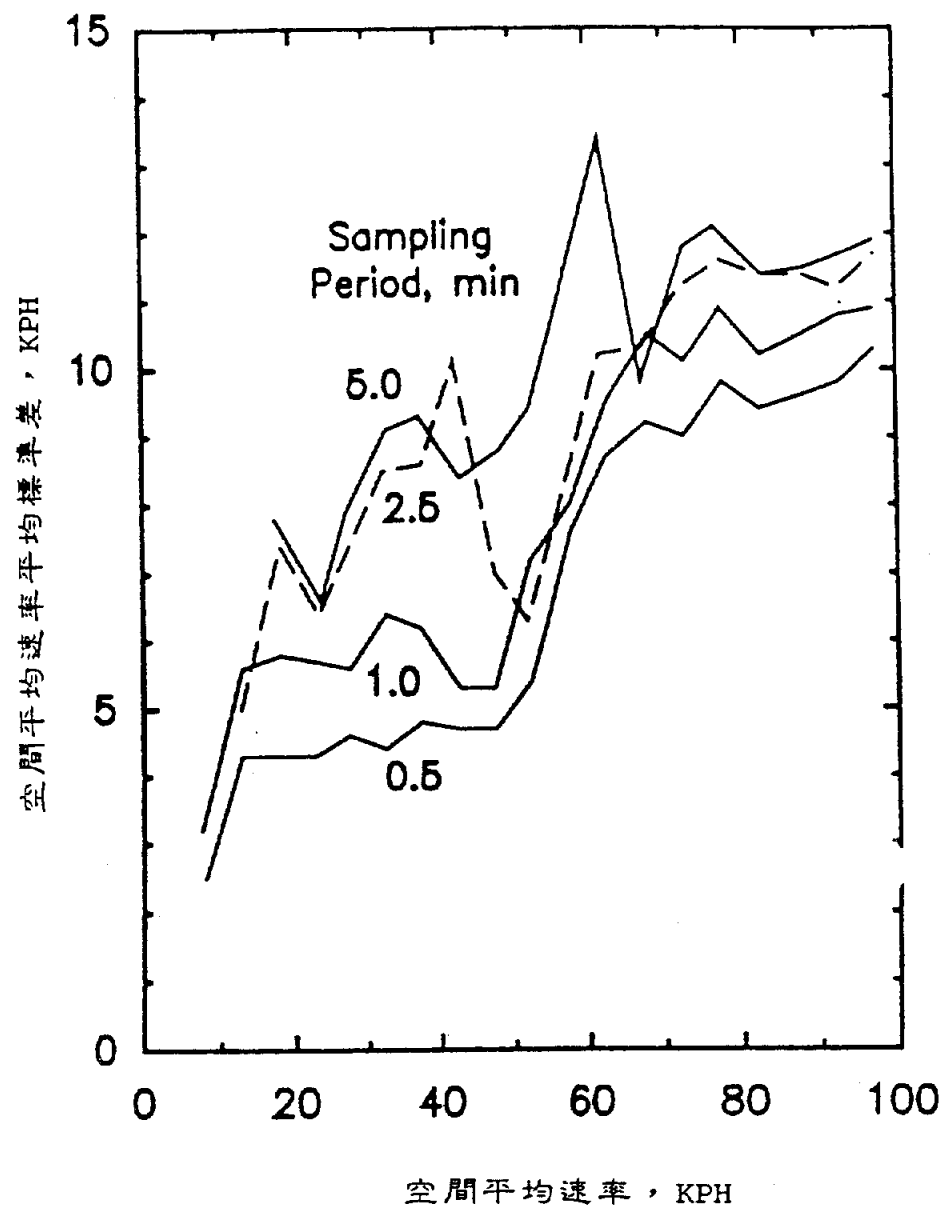
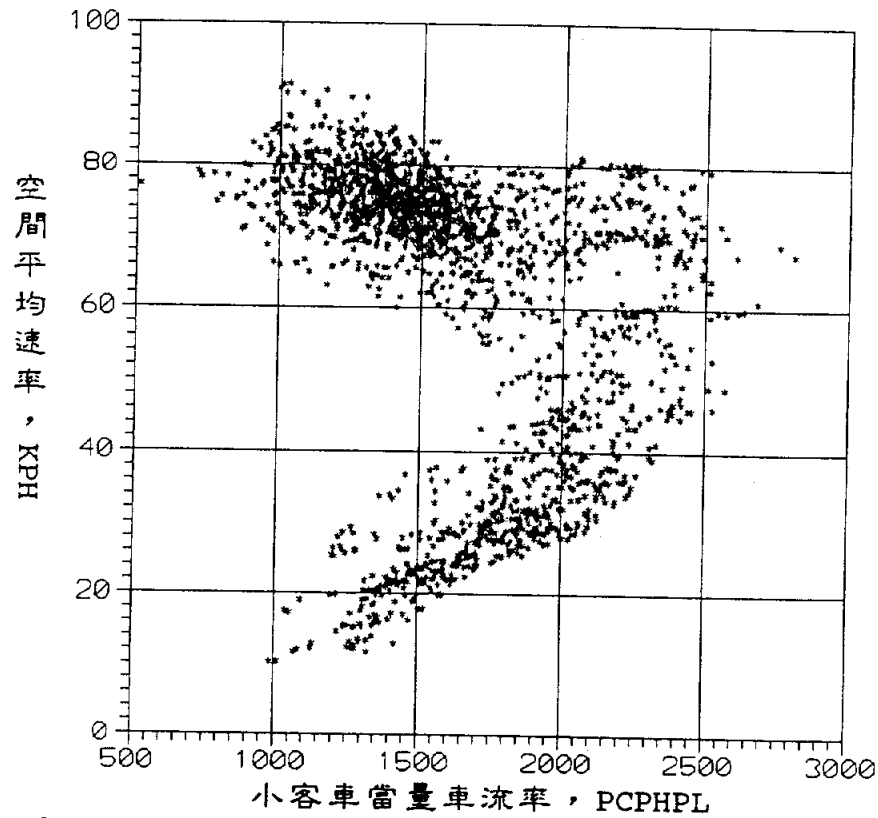
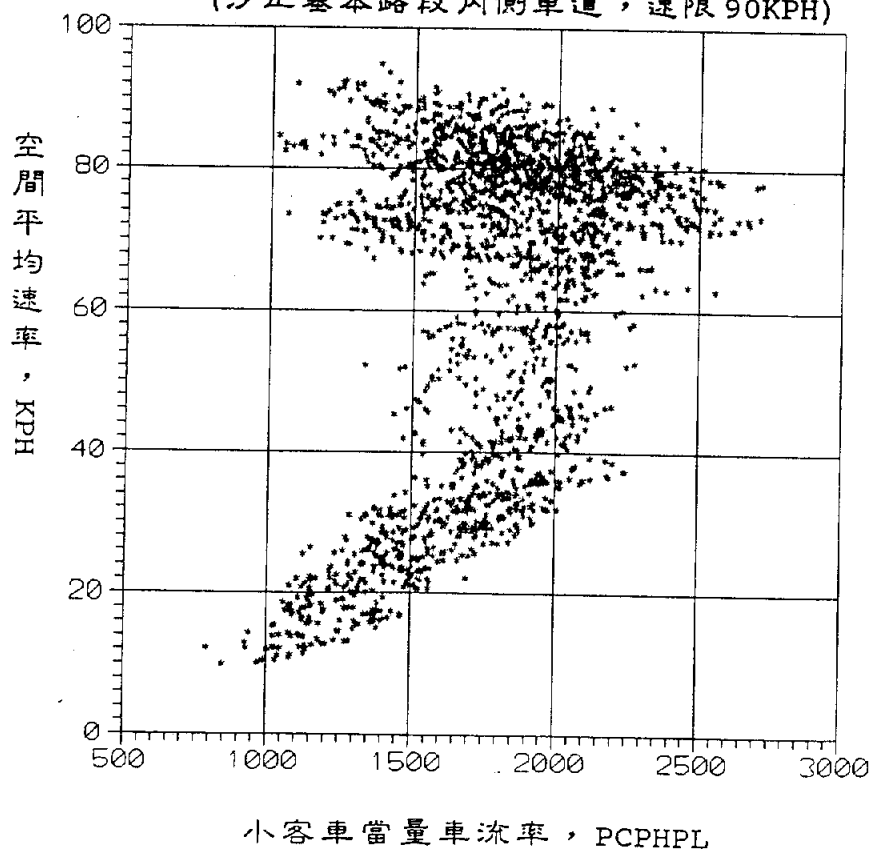


圖 4-4K 不同連續時間下空間平均速率與其平均標準差之關係圖



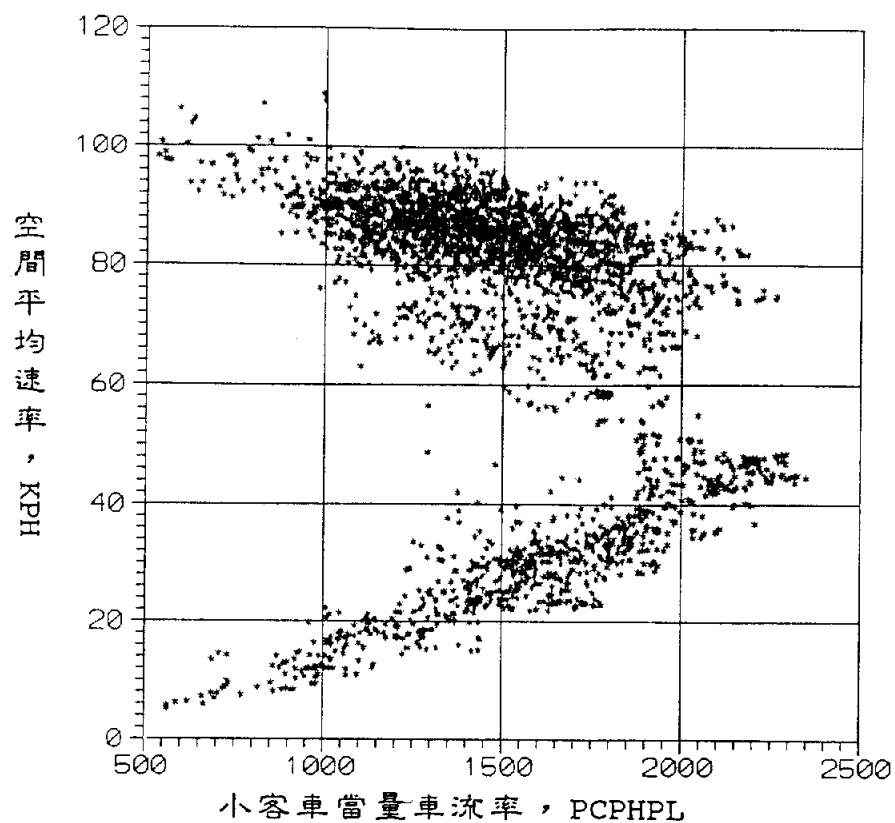
4-5A

圖 4-5a 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(汐止基本路段內側車道，速限 90KPH)



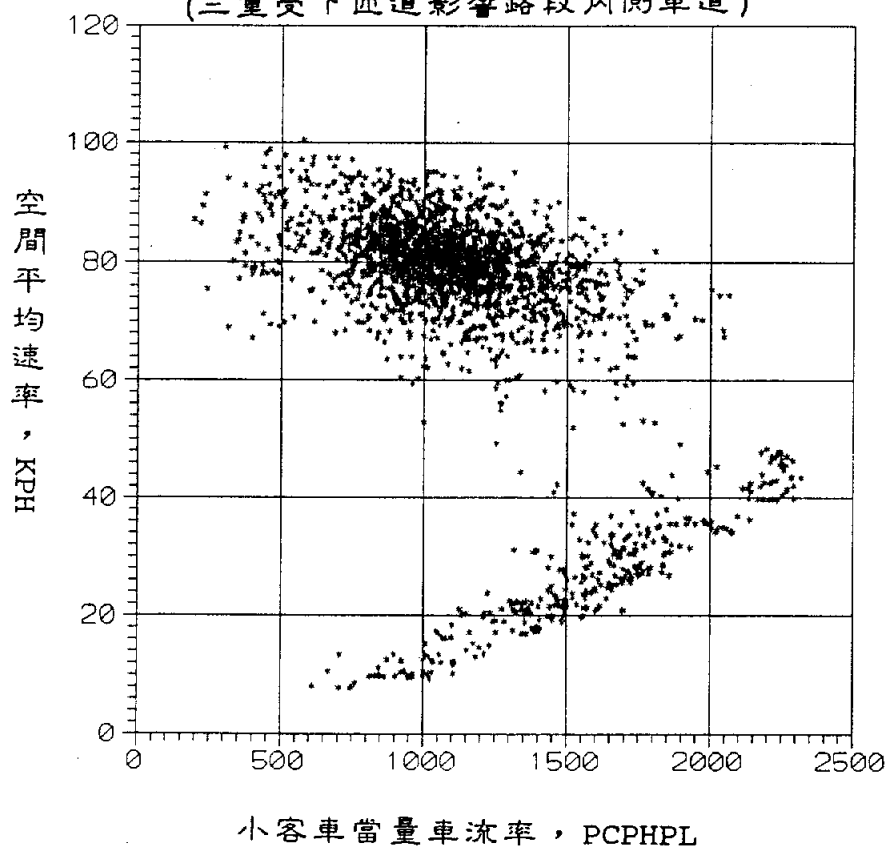
4-5B

圖 4-5b 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(汐止基本路段外側車道，速限 90KPH)



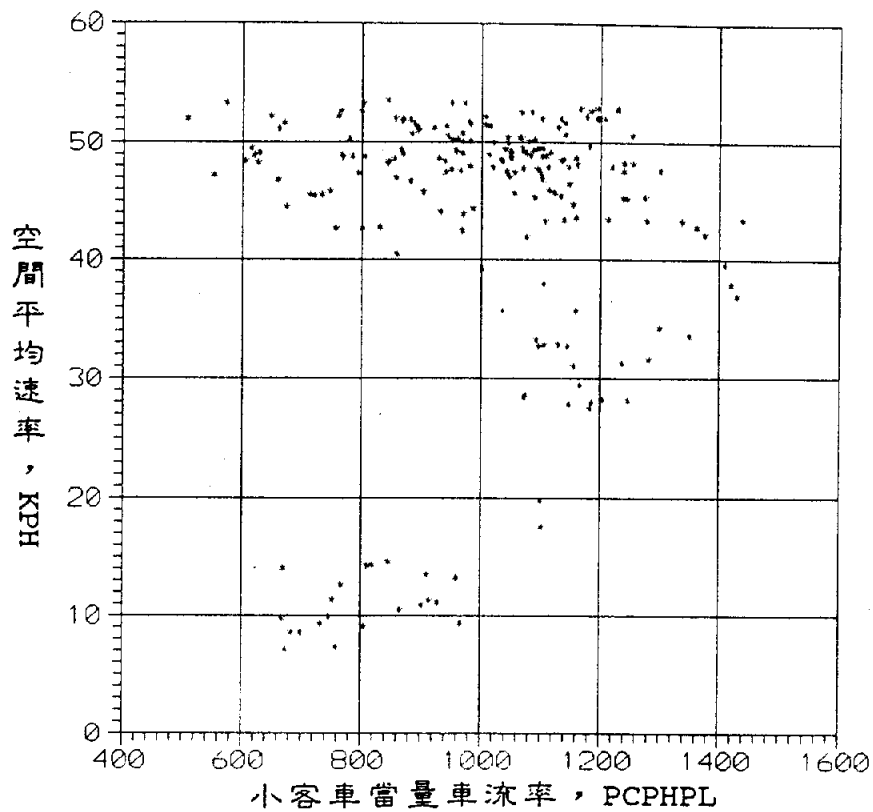
4-5C

圖 4-5c 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(三重受下匝道影響路段內側車道)



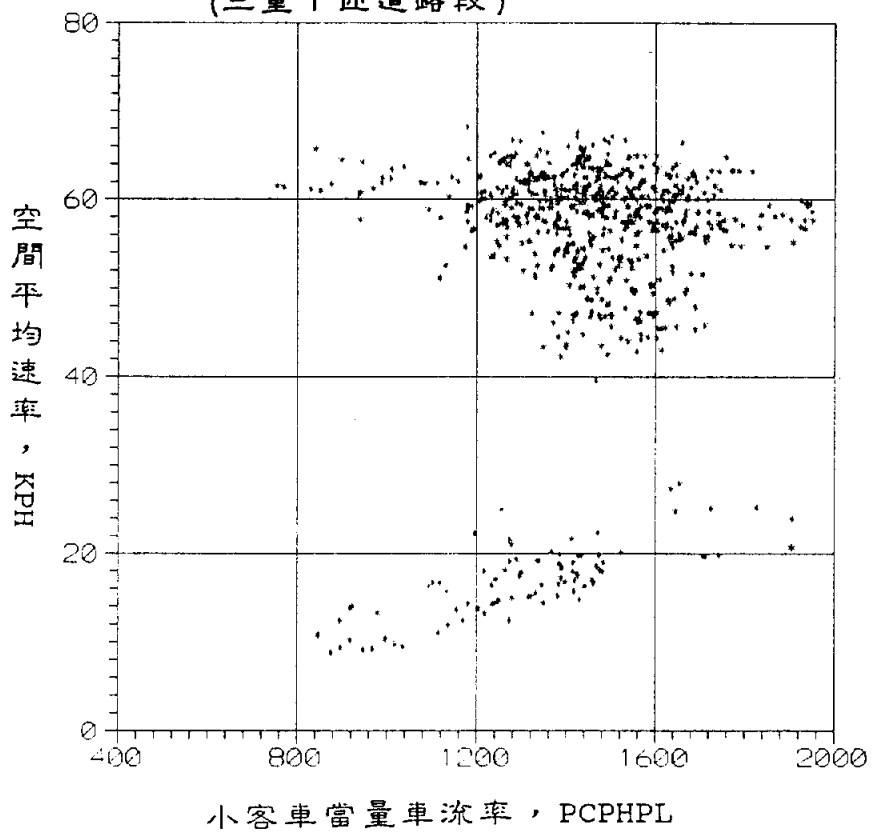
4-5D

圖 4-5d 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(三重受下匝道影響路段外側車道)



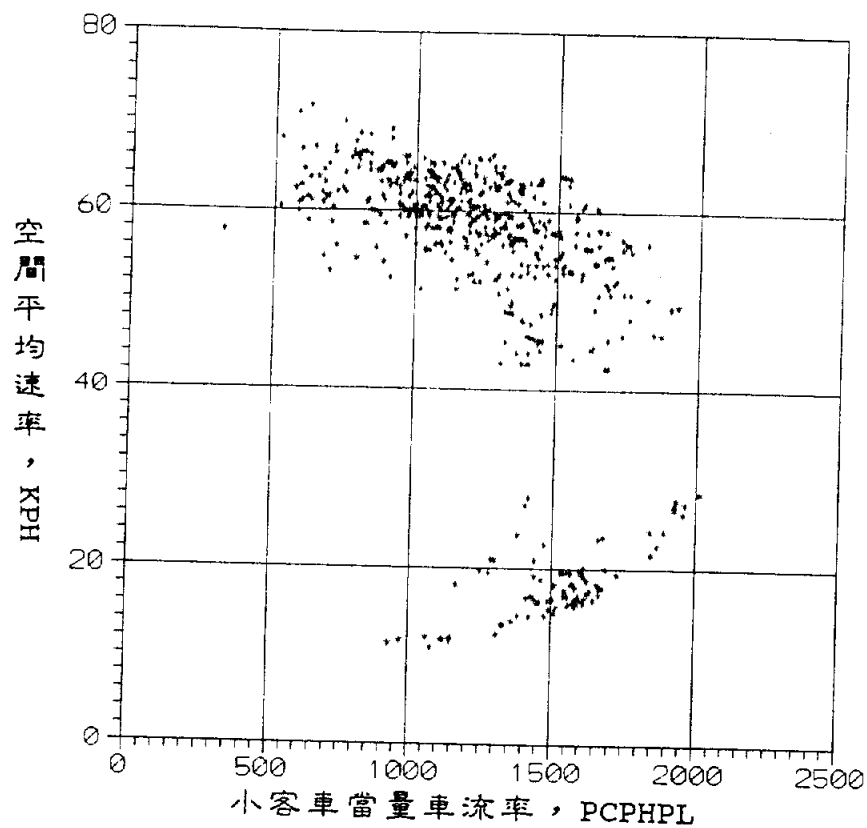
4-5E

圖 4-5e 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(三重下匝道路段)



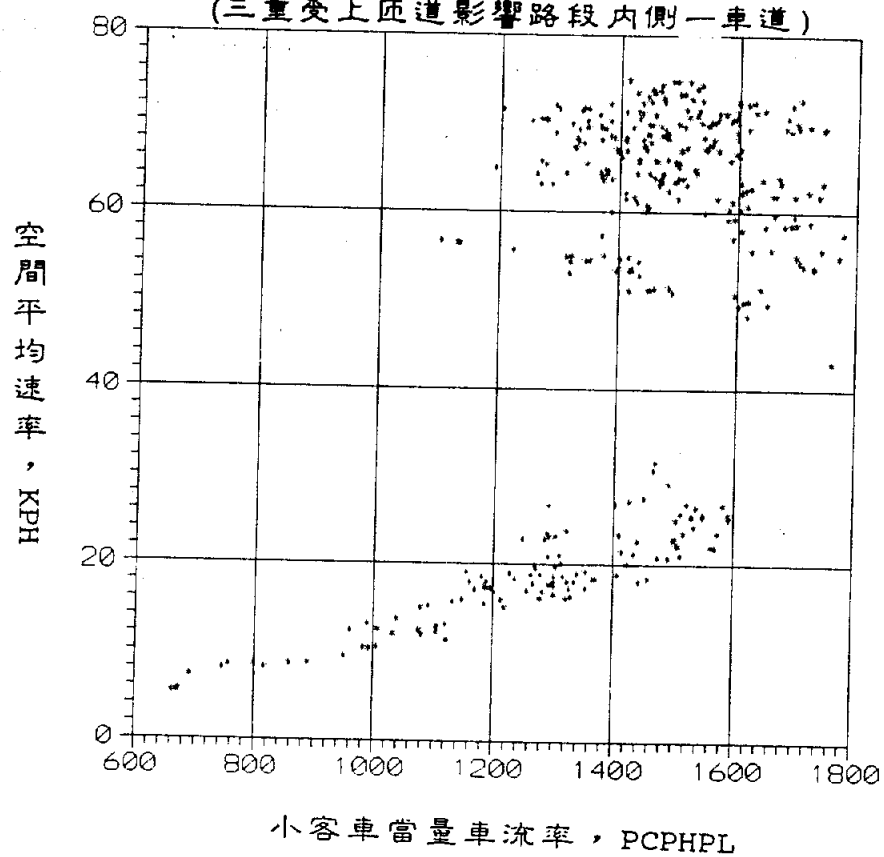
4-5F

圖 4-5f 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側二車道)



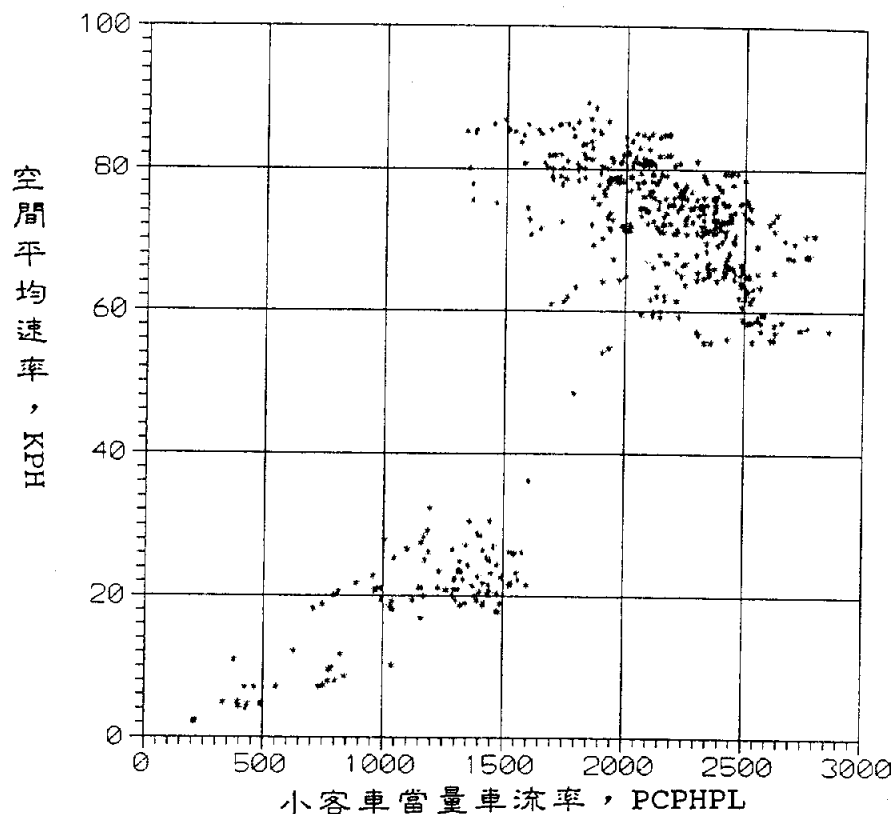
4-5G

圖 4-5g 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一車道)



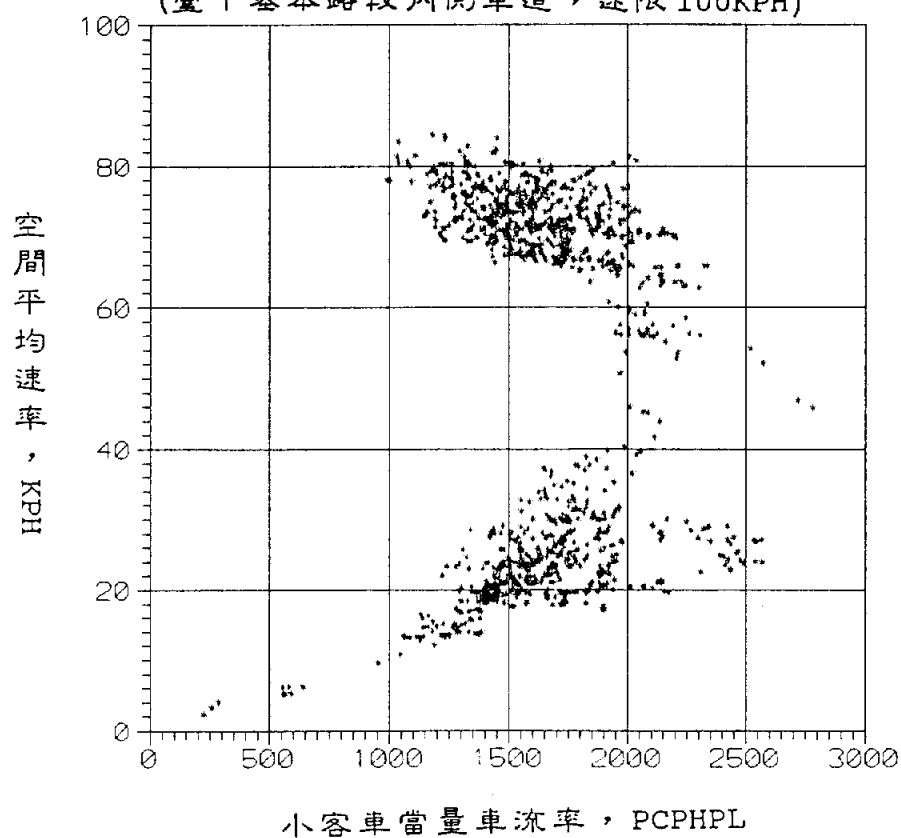
4-5H

圖 4-5h 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(三重受上匝道影響路段外側車道)



4-5I

圖 4-5i 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)



4-5J

圖 4-5j 小客車當量車流率與空間平均速率之關係圖
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)

1. 平均速率雖有兩種定義，但空間平均速率較不受特異值(如違規行車)之影響，較為安定，所以在後面探討平均速率與各變數之關係時，都使用空間平均速率 (SMS) 值而不用時間平均速率 (TMS) 值。另外，在擬訂車道容量或服務水準時，為排除車種組成變數之干擾，在後面探討車流率與各變數之關係時，都使用小客車當量車流率 (PECF) 值而不用車輛數 (FLOW) 值。
2. 高速公路規定超車必須使用內側車道，不超車時不可佔用內側車道。並且，重車需靠外側車道行駛，所以內側車道之車流率會因車種組成較單純而較高。
3. PECF 與 SMS 之關係呈一 \cap 拋物線狀，在過去之容量研究顯示其與車流密度 (Den) 三者之關係為：

$$F = D * SMS \quad (\text{公式 4-6})$$

但此一公式並不適於所有的車流狀況。一般而言，車流量不大時車輛可以行駛得較為快速；本研究中因中山高速公路速限為 90 kph，所以連續一分鐘有效樣本之最高車速都在 95 kph 以下（但三重受下匝道影響路段可達 110 kph），調查分析結果自由車流時之空間平均速率在 90 ~ 110kph 間，然後隨著車流量之增加，平均車速自然下降，降至曲線 1/2 處（主線路段約在 50 kph 處，下匝道路段約在 30 kph 處），產生反向斜率，車流量無法再增加，此時之車流率即為該車道之容量值。隨後車流率與車速同時降低，最後速率 10 kph 左右。

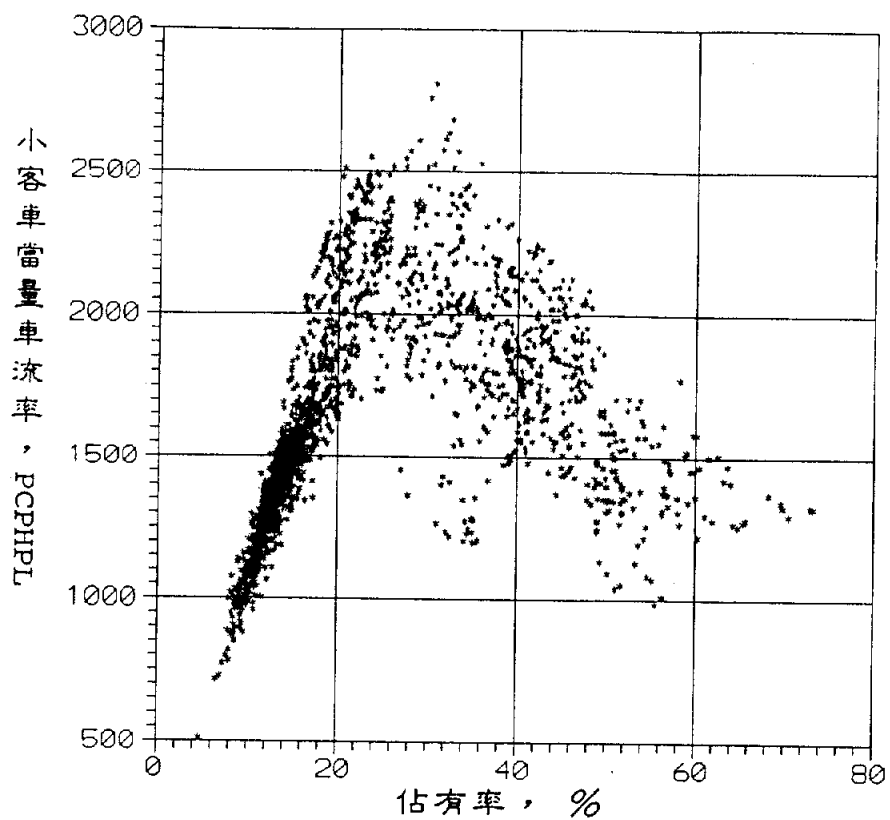
4. 在 \cap 拋物線中，上半段曲線之曲率較小較為平坦，以汐止外側車道為例，小客車當量車流率由 750 vphpl 增至 2,500 vphpl（差值約 1750 vphpl）時，SMS 值才由 90 kph 降 60kph 左右（差值約 30 kph）；而下半段曲線之曲率較大，小客車當量車流率由 2,500 降至 1,000 vphpl（差值約 1500 vphpl），SMS 值卻由 60 kph 降至 10 kph（差值約 50 kph）。
5. 以 PECF 為 X 軸 SMS 為 Y 軸，所以呈 \cap 拋物線，但此一拋物線無法以函數構建方程式。如果真要構建拋物線方程式，可將 X 軸與 Y 軸之變數對調，即可構建 \cap 型之拋物線方程式。

6.本研究在第 4.1.3 小節中，將就高速公路主線與匝道之各車道，引用關係曲線圖，透過滑動範圍為 10 KPH，滑動點每 5 KPH 之間隔，分別求出各滑動點相對 PCEF 與 SMS 之平均數，再予連成了 U 型曲線，藉此推得車流率與空間平均速率之關係。

三、佔有率 (Occ) 與小客車當量車流率 (PCEF) 之關係

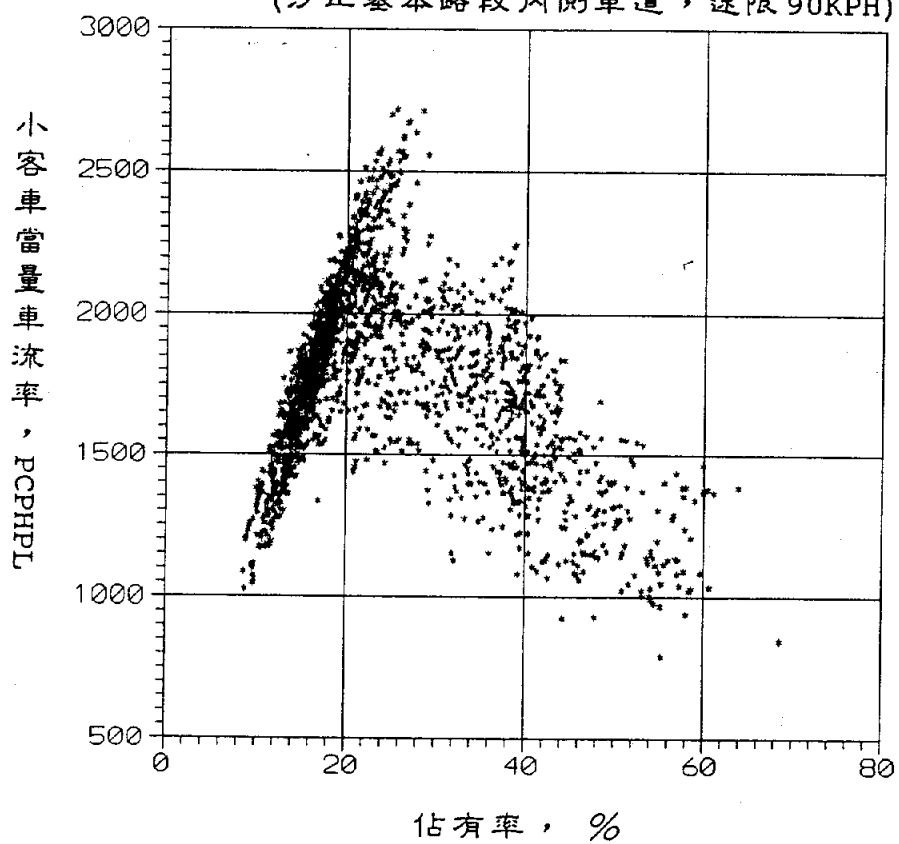
佔有率為觀測時間內車輛通過參考線 A、B (間距 2 公尺) 間所佔據之總時間除以總觀測時間之值，它和小客車當量車流率之關係呈凸型曲線。高速公路各路段各車道 Occ 與 PCEF 二變數間之關係如圖 4-6a 至圖 4-6j 所示，並歸納描述如下：

- 1.各路段 Occupancy 在小於 25% 時，樣本點之分佈非常集中，也就是佔有率在 25% 之前時，佔有率與小客車當量車流率之間有強烈之相關，但佔有率在大於 25% 以後，其關係不明顯，樣本點呈散狀分佈。
- 2.所有高速公路路段各車道 Occ 與 PCEF 二變數間之曲線形狀一致，但達高峰之值並不盡相同。分述如下：汐止基本路段內、外車道之車流率會隨佔有率之增加而增加，在佔有率達 30 % 處達最高，PCEC 約為 2,800 pcphpl 點，然後就開始下降，在佔有率約達 60 % 處，PCEF 降至最低約 1,000 pcphpl。三重北上受匝道影響路段內、外車道車流率則延遲至佔有率約 40 % 處，車流率才達樣本之最高值 2,350 pcphpl。而三重北上受上匝道影響路段內、外車道之車流率約在佔有率為 25 % 處達到樣本之最高值 2,000 pcphpl。三重北上下匝道路段車流率約在佔有率為 25 % 處達到樣本之最高值 1,400 pcphpl。
- 3.當佔有率為 X 軸車流率為 Y 軸時，此二變數間之曲線呈凸拋物線，內側車道曲線率較為平緩，而外側車道則較為陡尖。
- 4.因佔有率在 25% 以後樣本點呈散佈狀，所以本研究在此處，無需構建該二變數間之關係方程式；但佔有率 25 % 之數值可作為判斷服務水準評估好壞之分界點。



4-6A

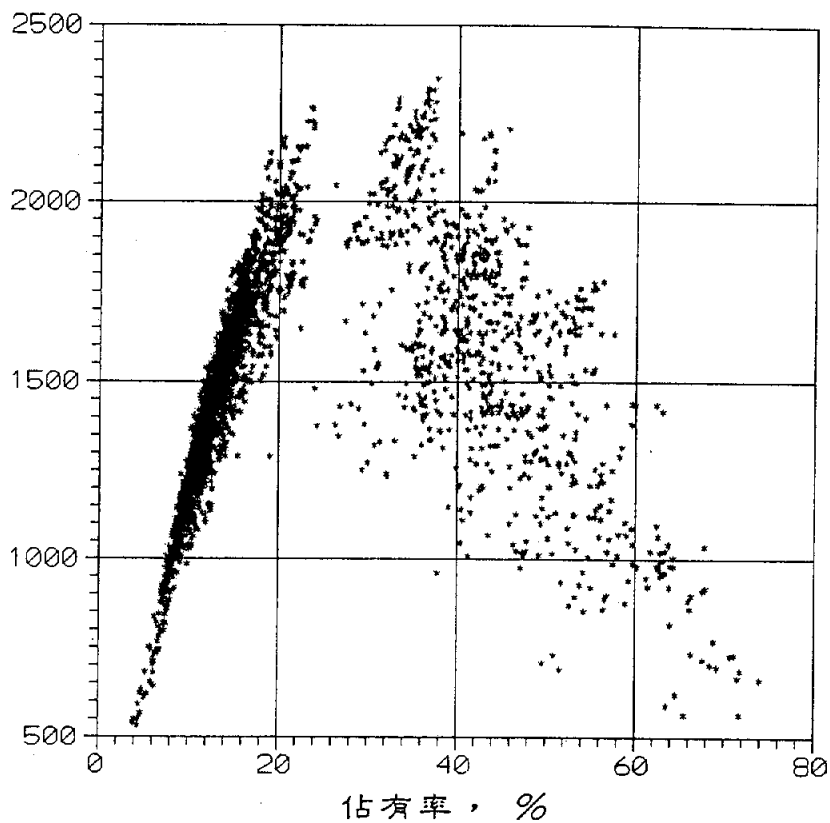
圖 4-6a 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)



4-6B

圖 4-6b 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)

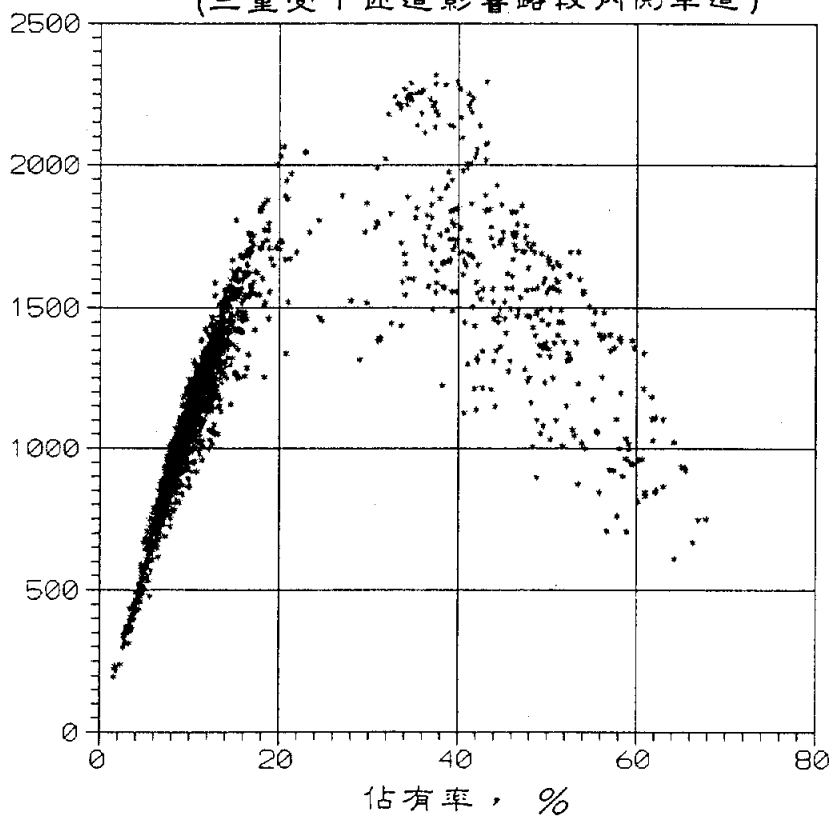
小客車當量車流率，PCPHPL



4-6C

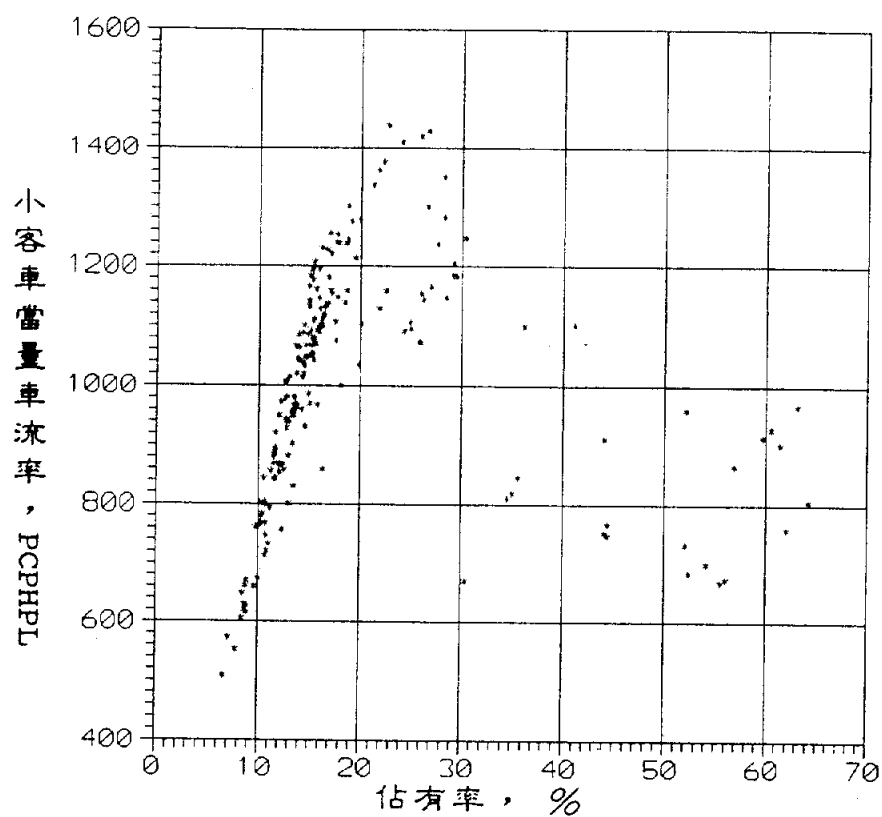
圖 4-6c 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(三重受下匝道影響路段內側車道)

小客車當量車流率，PCPHPL



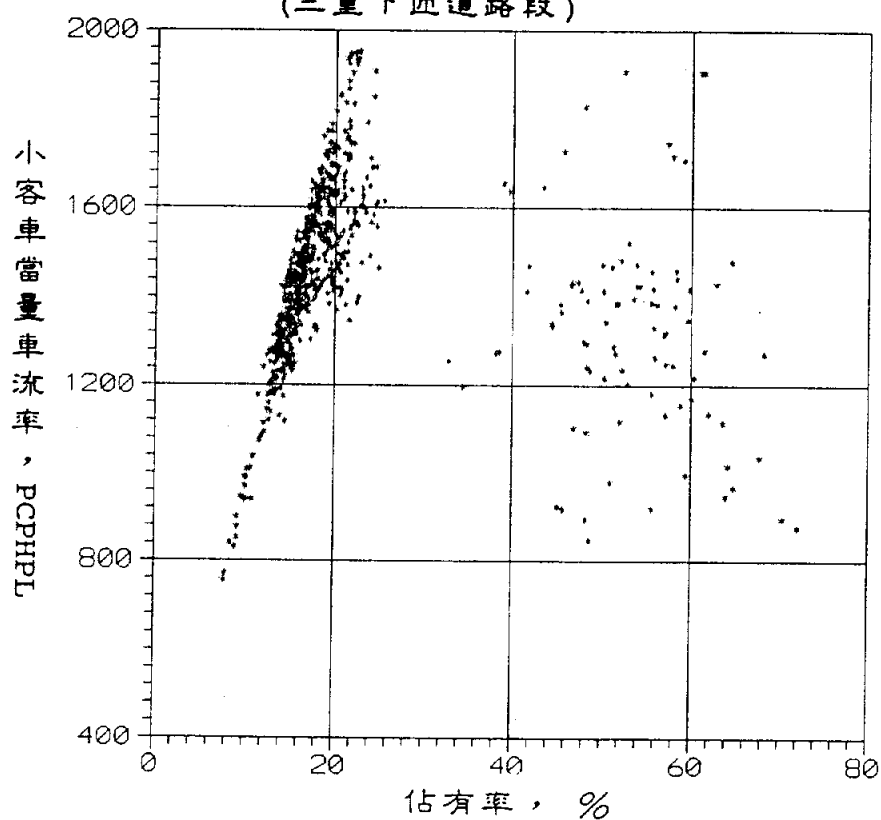
4-6D

圖 4-6d 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(三重受下匝道影響路段外側車道)



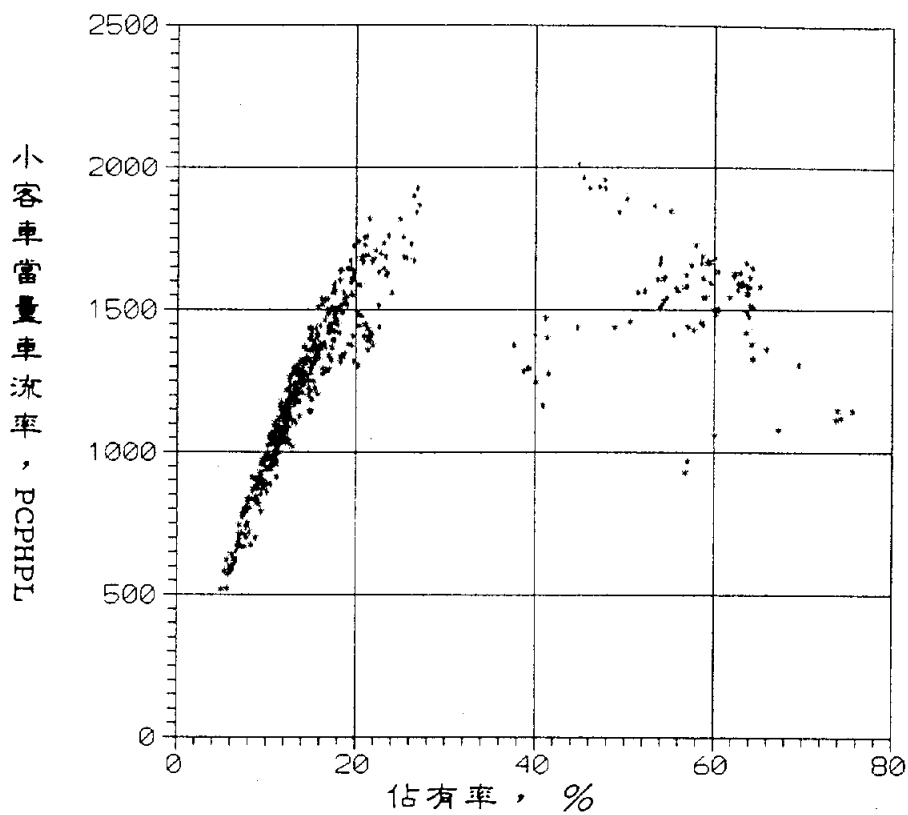
4-6E

圖 4-6e 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(三重下匝道路段)



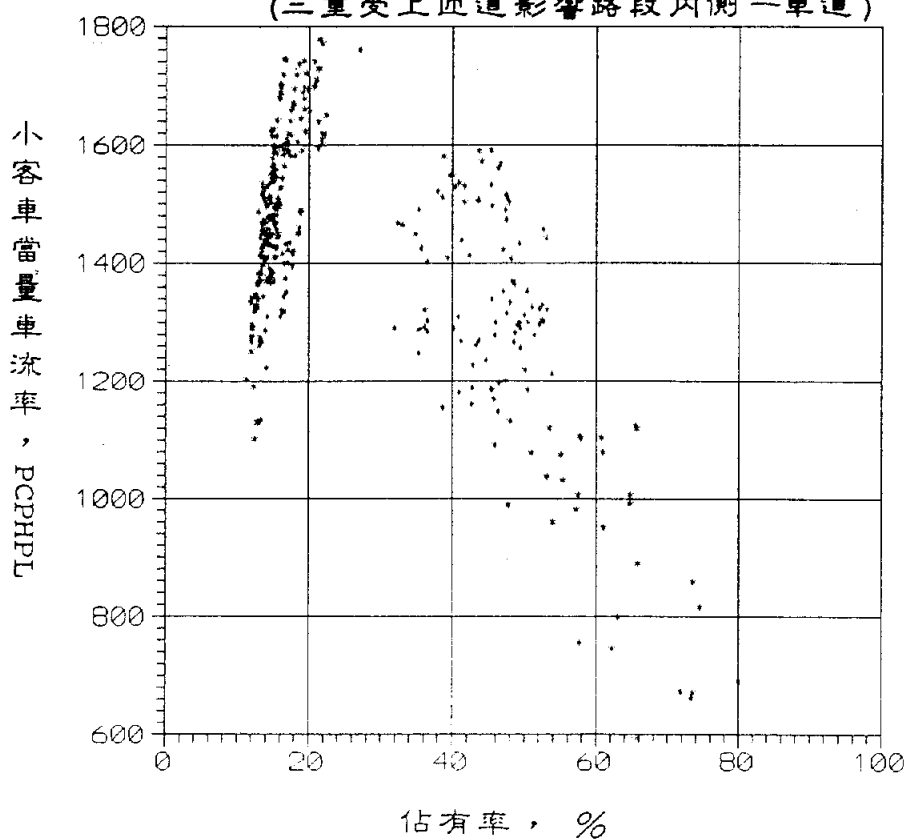
4-6F

圖 4-6f 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側二車道)



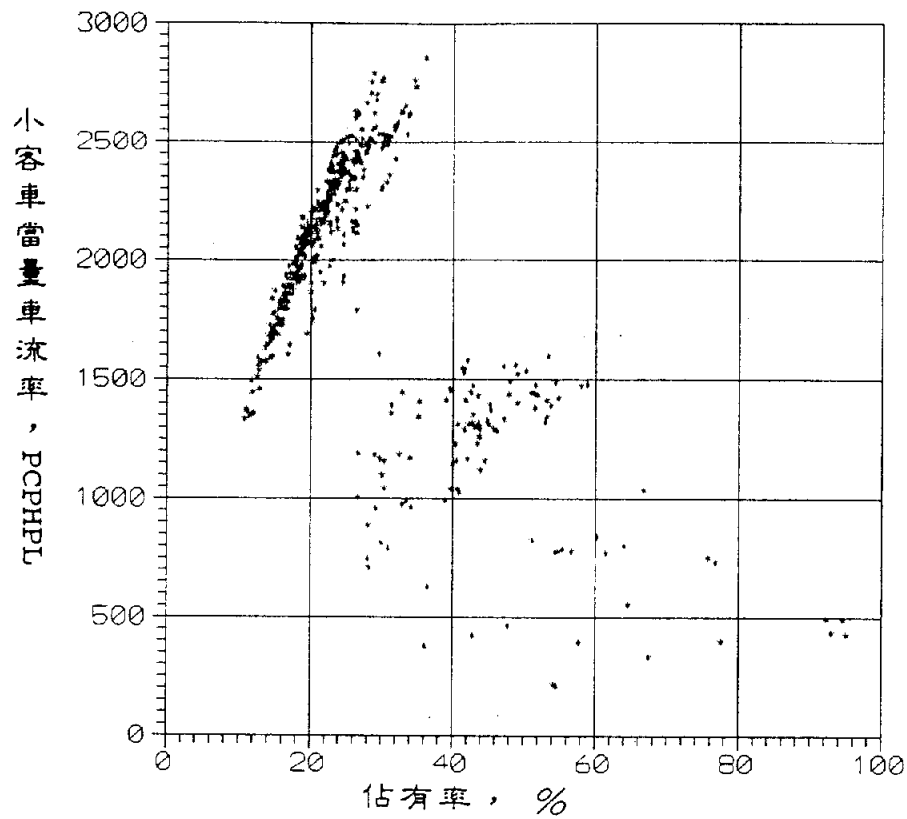
4-6G

圖 4-6g 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一車道)



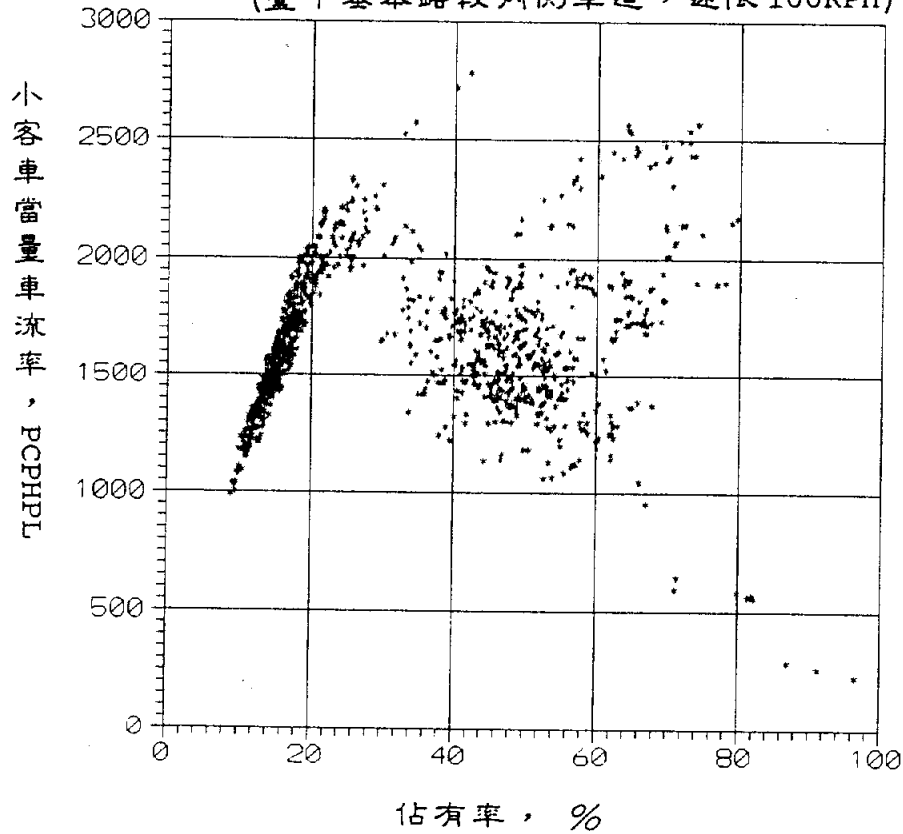
4-6H

圖 4-6h 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(三重受上匝道影響路段外側車道)



4-6I

圖 4-6i 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)



4-6J

圖 4-6j 佔有率與小客車當量車流率之關係圖
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)

四、小客車當量車流率 (PECF) 與 F 函數 (Φ) 之關係

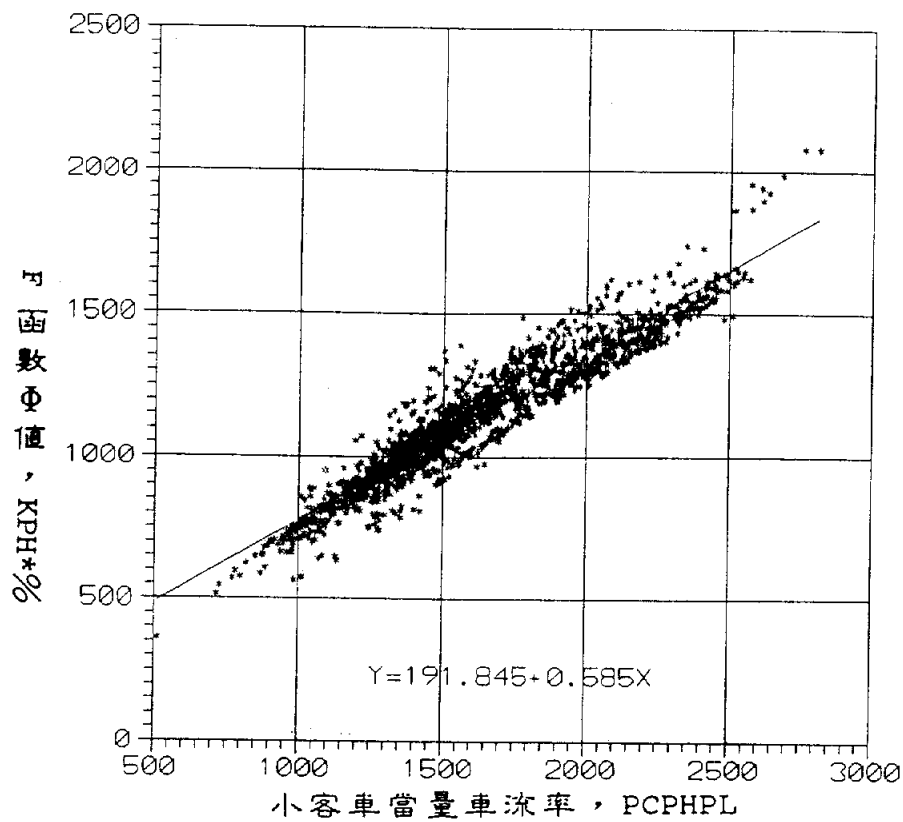
此處 F 函數 (Φ) 已在前 3.2 節中有所說明，此函數之產生乃因考慮佔有率在 25% 以前與車流率有較明顯之關係，而空間平均速率在佔有率 25% 之後與車流率有較明顯之關係。所以建立 F 函數之目的在結合佔有率與空間平均速率二變數的關係，使車流率無論在高流量或低流量時，PECF 與 Φ 都有其強烈之關係，如圖 4-7a 至圖 4-7j 所示，其關係歸納說明如下：

1. 各路段各車道 F 函數之 Φ 值與小客車當量車流率，不論在車流率高或低時，其關係都很明顯。
2. 因二者關係至為明顯，高速公路各路段中二者之關係只要用線性迴歸方程式 $Y = a + b * X$ 便可代表所有之曲線斜率都在 0.85 至 1.06 之間。各路段各車道之迴歸方程式已註明於圖 4-7a 至圖 4-7j 下半部。
3. 汐止基本路段內、外側車道之 F 函數 Φ 值在 800 ~ 2,800 kph* % 之間；三重北上受下匝道影響路段內、外側車道 Φ 值在 300 ~ 1,500 kph* % 之間；三重北上受上匝道影響路段內、外側車道 Φ 值在 500 ~ 1,000 kph* % 之間；三重北上下匝道路段 Φ 值則在 400 至 1,000 kph* % 之間。
4. 為了驗證佔有率變化時，F 函數仍能適用，本研究特別分析三重北上受下匝道影響路段外側車道之不同佔有率（大於 25 % 與小於 25 %）下車流率與 F 函數之關係，結果顯示二種樣本之特性很接近，都使 F 函數 Φ 值與車流率呈現明顯的相關，同一車流率之 F 函數值之標準差也很小，如圖 4-7k 所示。

五、空間平均速率 (SMS) 與佔有率 (Occ) 之關係

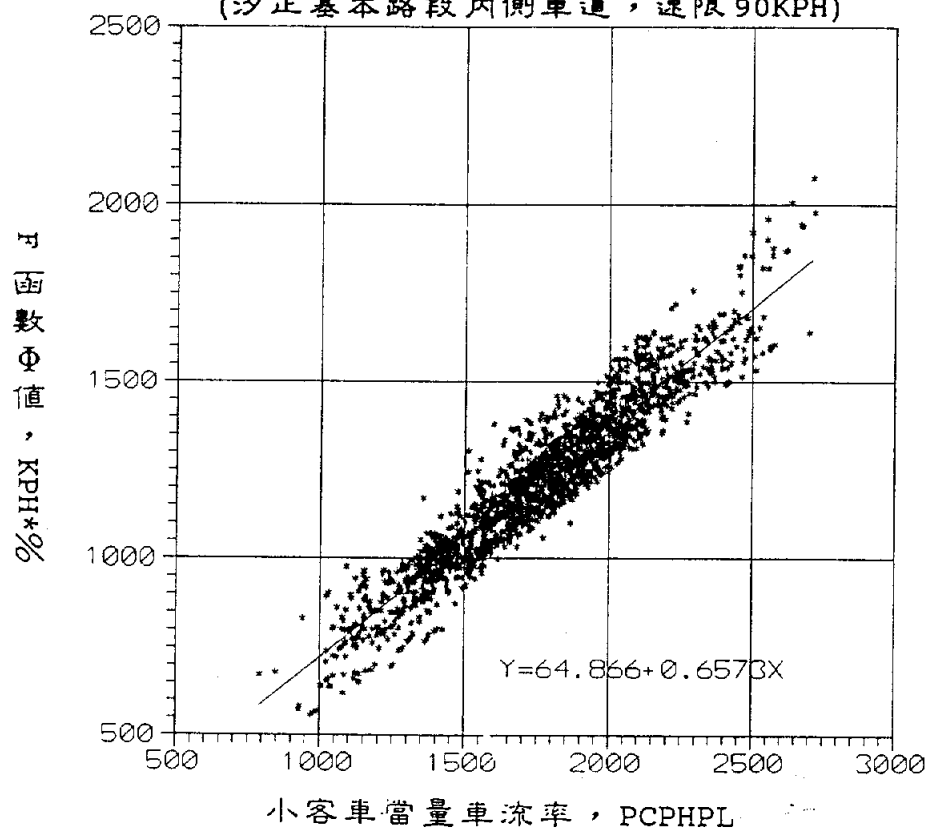
空間平均速率與佔有率二者間呈現負斜率 EXP 函數之關係，如圖 4-8a 至圖 4-8j 所示，並歸納說明如下：

1. 空間平均速率與佔有率二者呈現負斜率 EXP 函數之關係。也就是車道密度愈低，車隊可以較快之速度行駛；隨著車數輛的增加，車道密度隨之增加，車隊之速率會以 EXP 函數曲線之關係而急速下降。



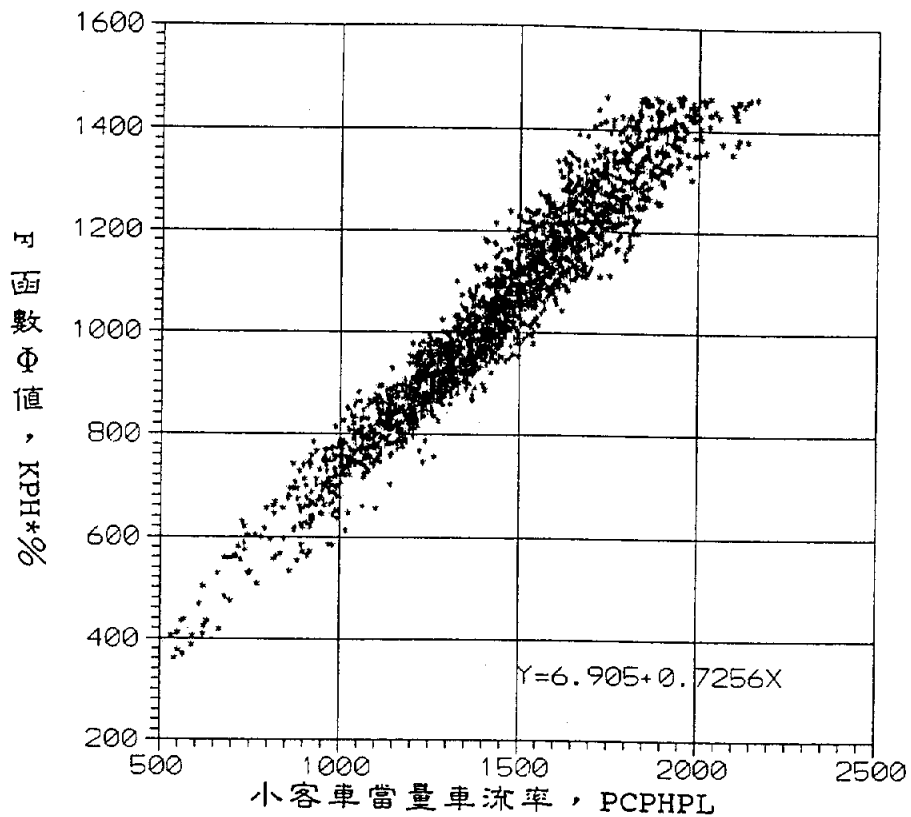
4-7A

圖 4-7a 小客車當量車流率與 F 函數值之關係圖
(汐止基本路段內側車道，速限 90KPH)



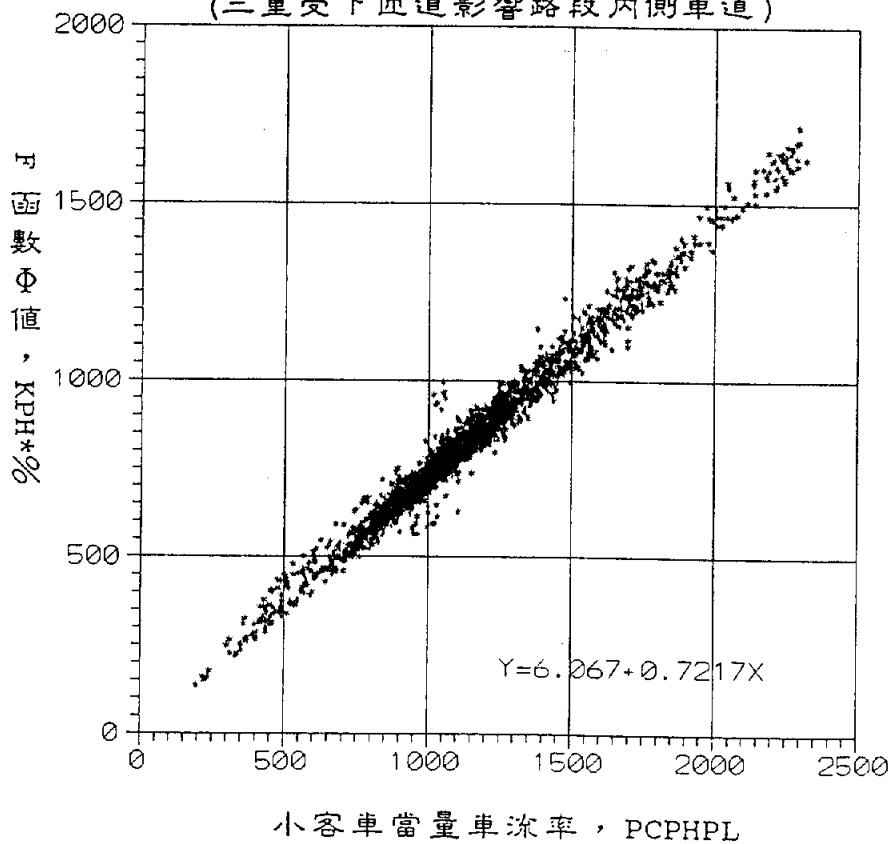
4-7B

圖 4-7b 小客車當量車流率與 F 函數值之關係圖
(汐止基本路段外側車道，速限 90KPH)



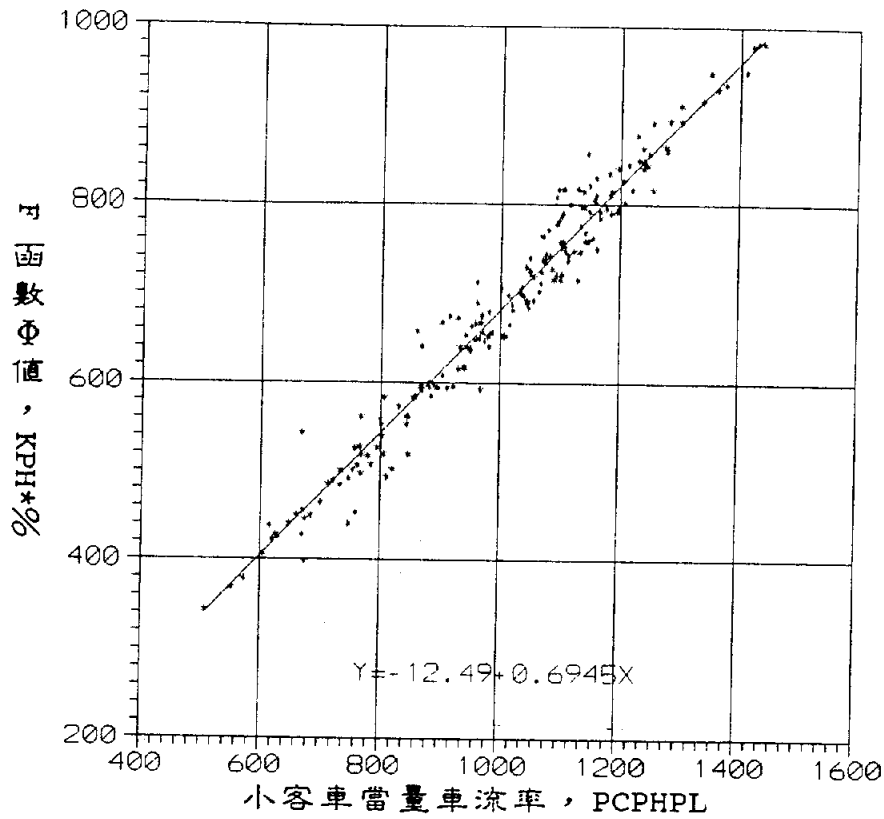
4-7C

圖 4-7c 小客車當量車流率與 F 函數Φ值之關係圖
(三重受下匝道影響路段內側車道)



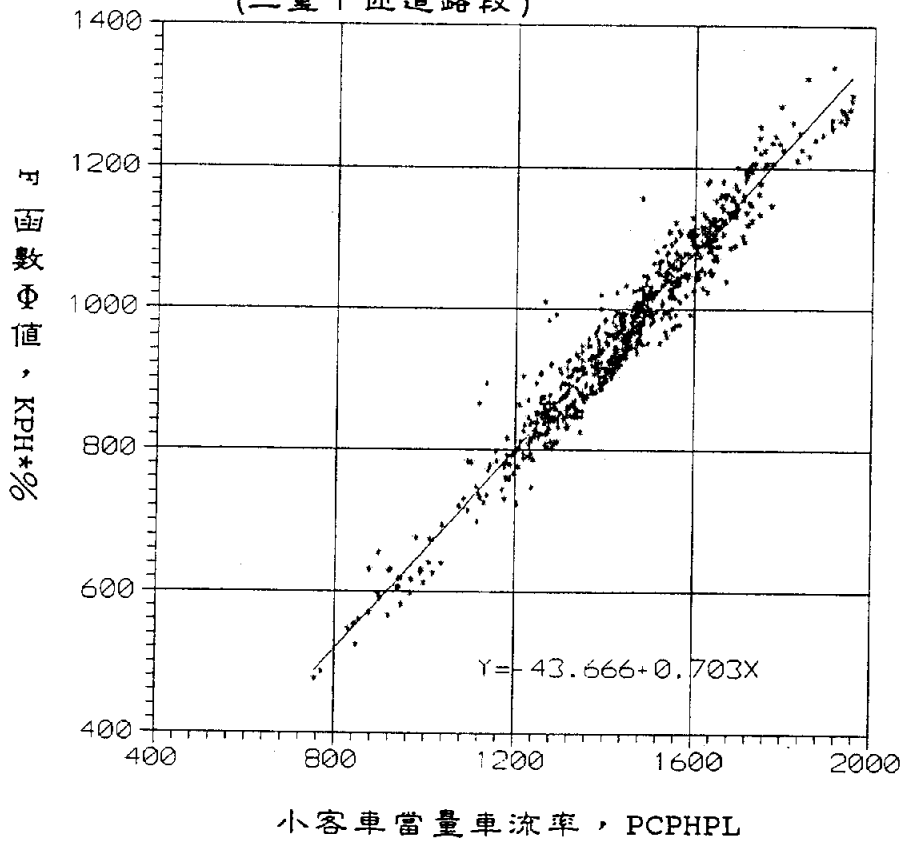
4-7D

圖 4-7d 小客車當量車流率與 F 函數Φ值之關係圖
(三重受下匝道影響路段外側車道)



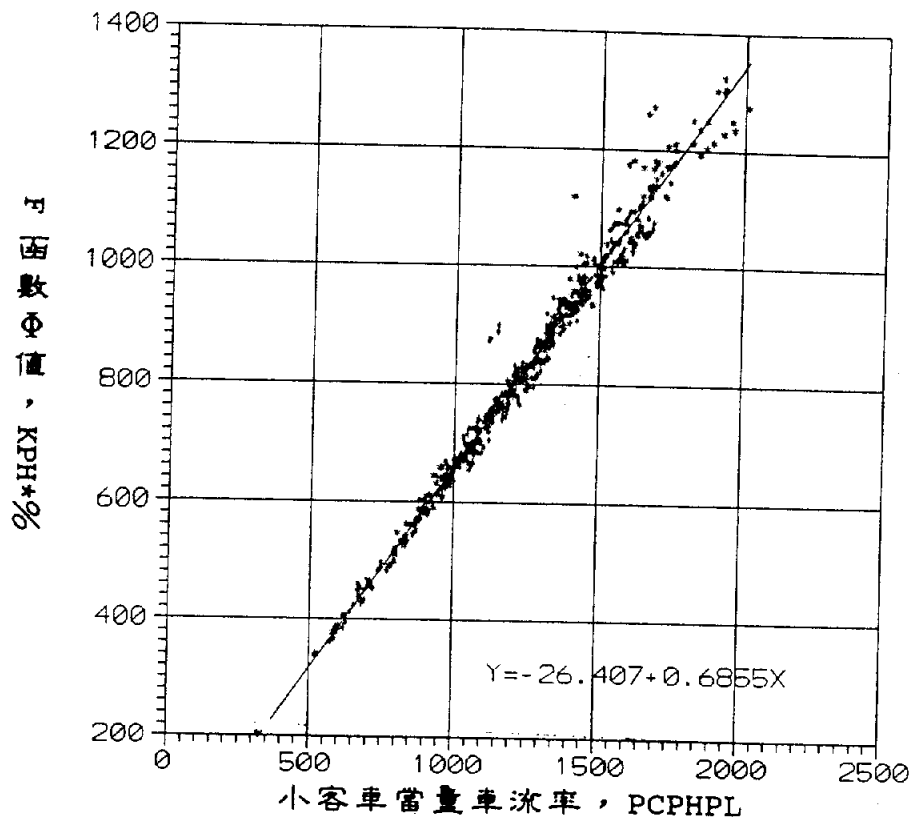
4-7E

圖 4-7e 小客車當量車流率與 F 函數Φ值之關係圖
(三重下匝道路段)



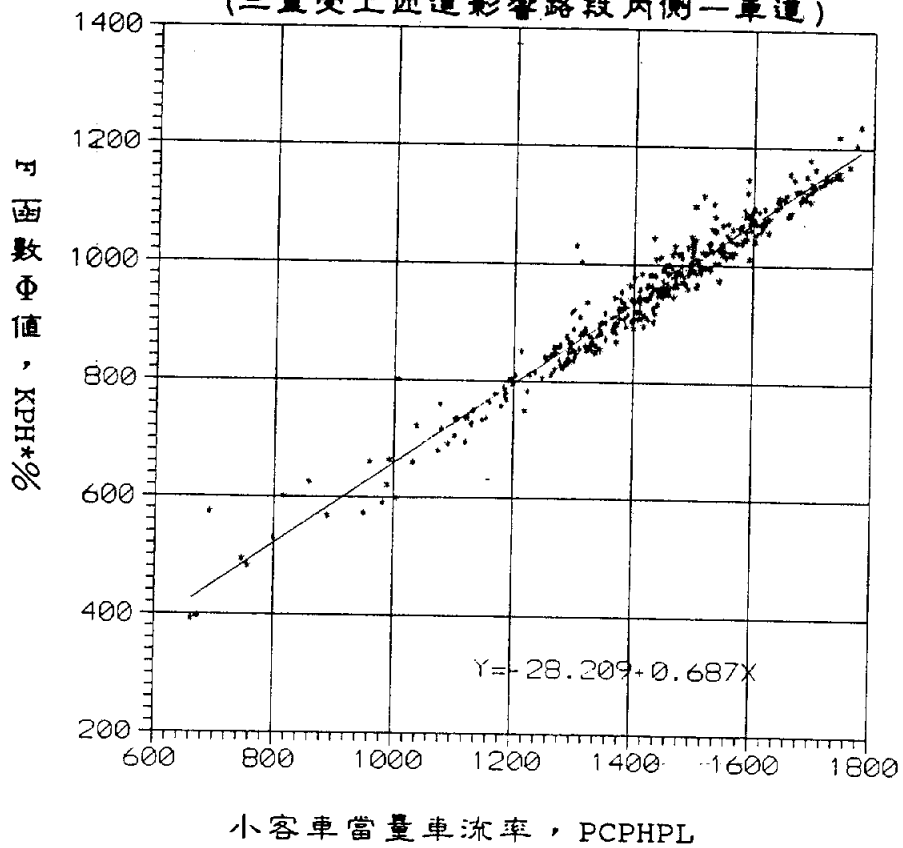
4-7F

圖 4-7f 小客車當量車流率與 F 函數Φ值之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側二車道)



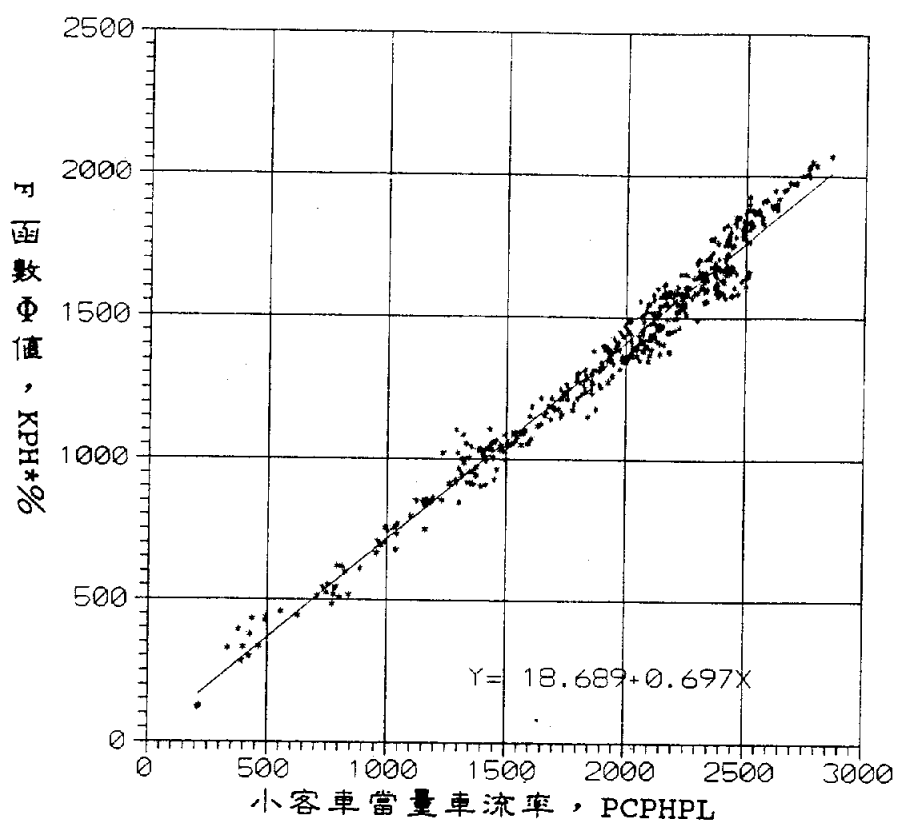
4-7G

圖 4-7g 小客車當量車流率與 F 函數Φ值之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一車道)



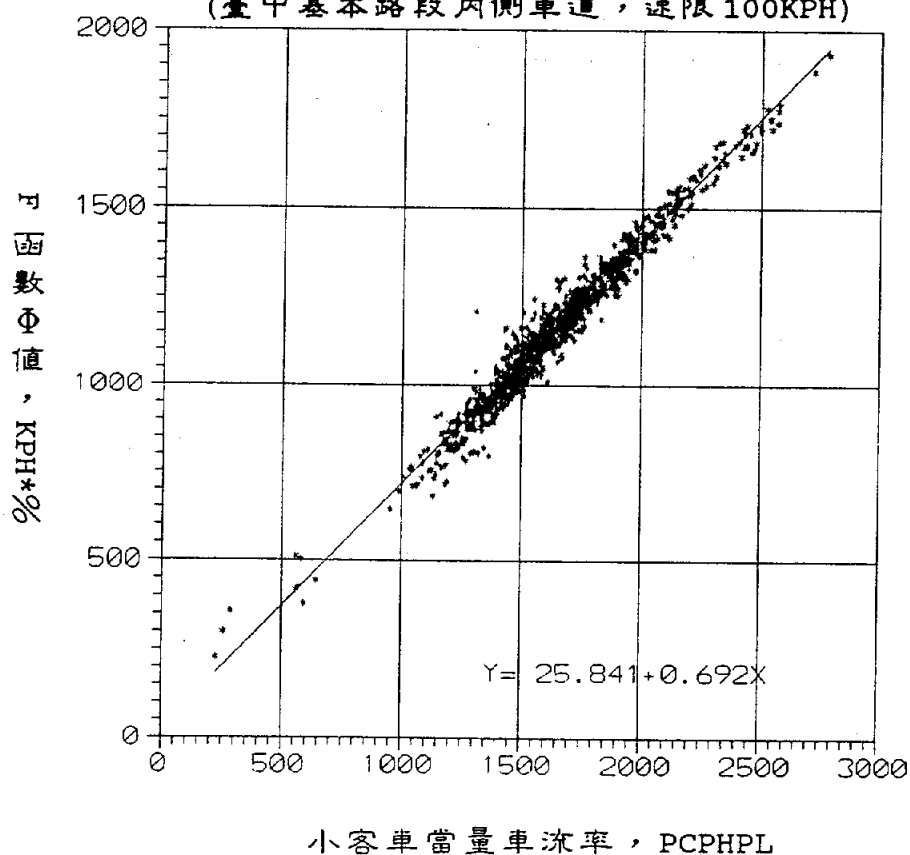
4-7H

圖 4-7h 小客車當量車流率與 F 函數Φ值之關係圖
(三重受上匝道影響路段外側車道)



4-7I

圖 4-7i 小客車當量車流率與 F 函數Φ值之關係圖
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)



4-7J

圖 4-7j 小客車當量車流率與 F 函數Φ值之關係圖
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)

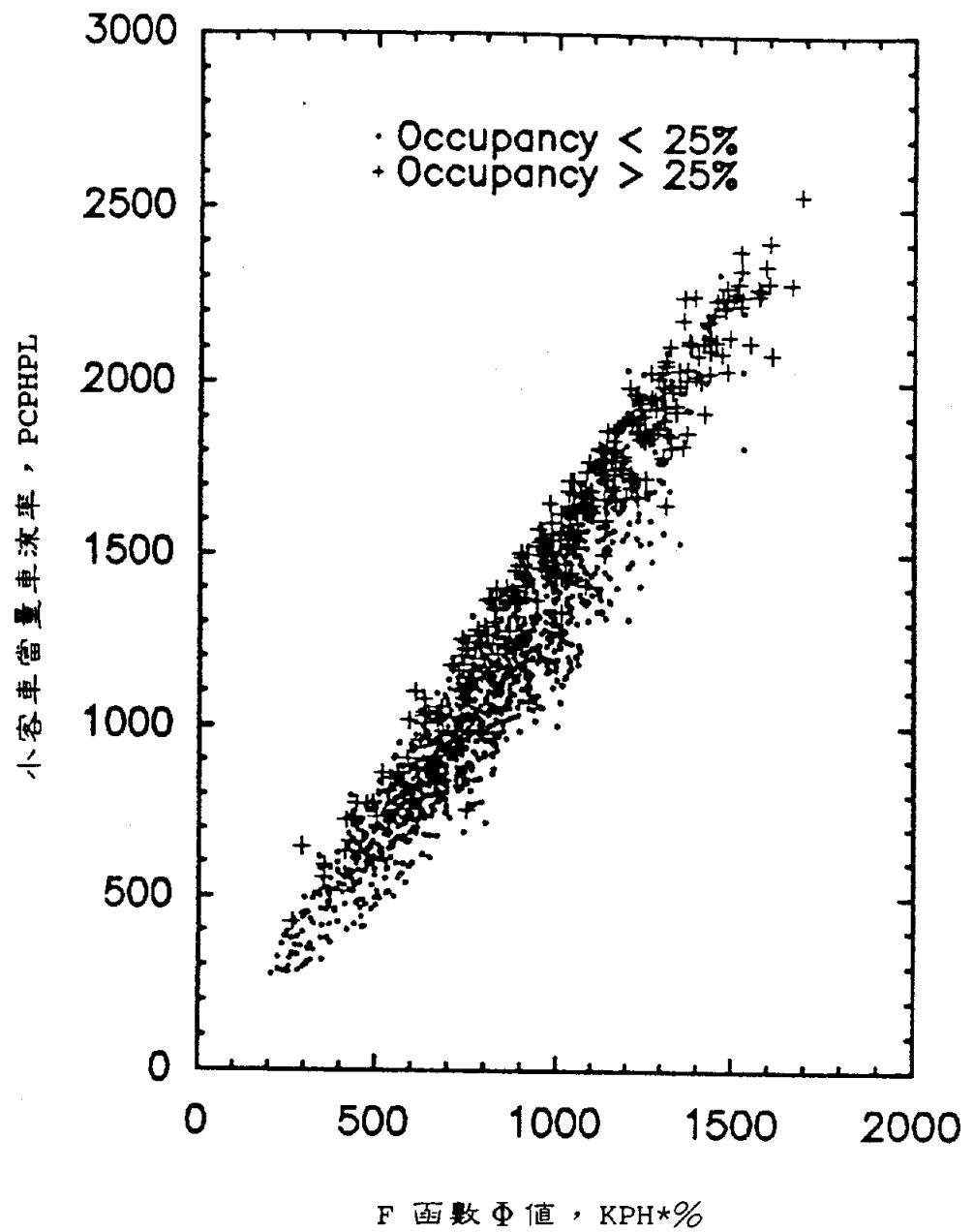
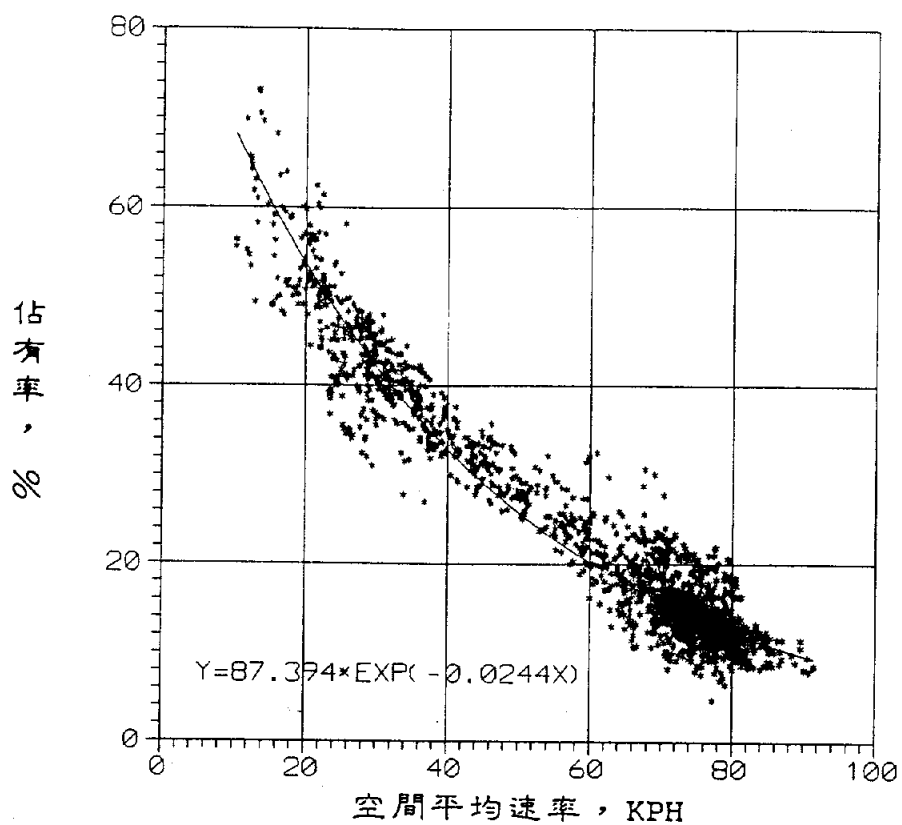
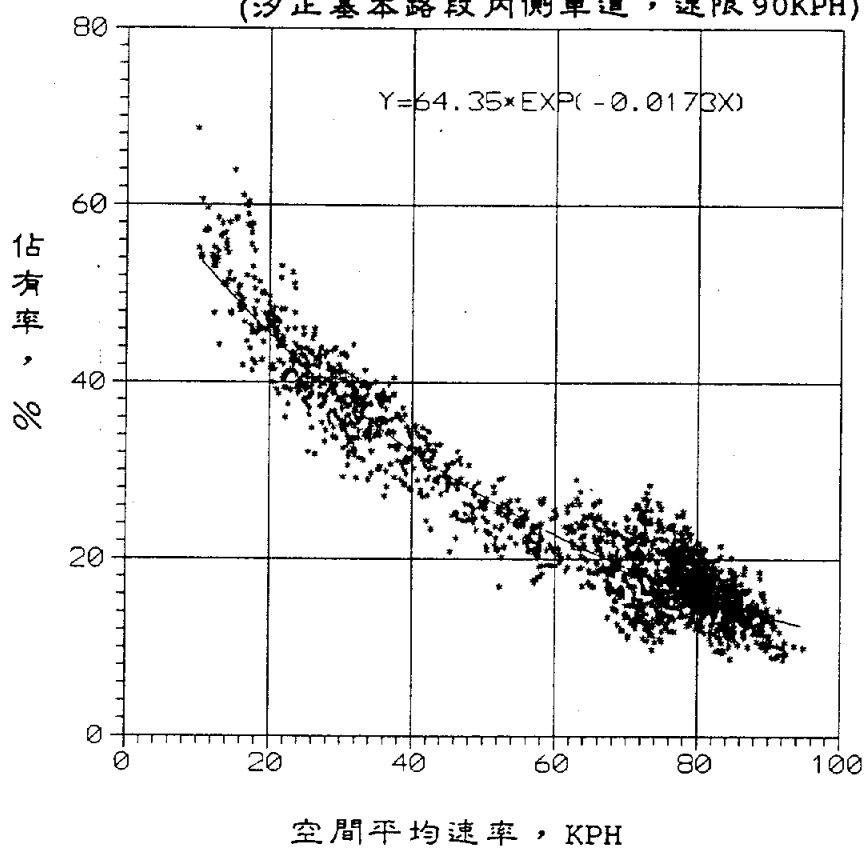


圖 4-7k 三重北上受下匝道影響路段外側車道不同佔有率下
小客車當量車流率與 F 函數 Φ 值之關係圖



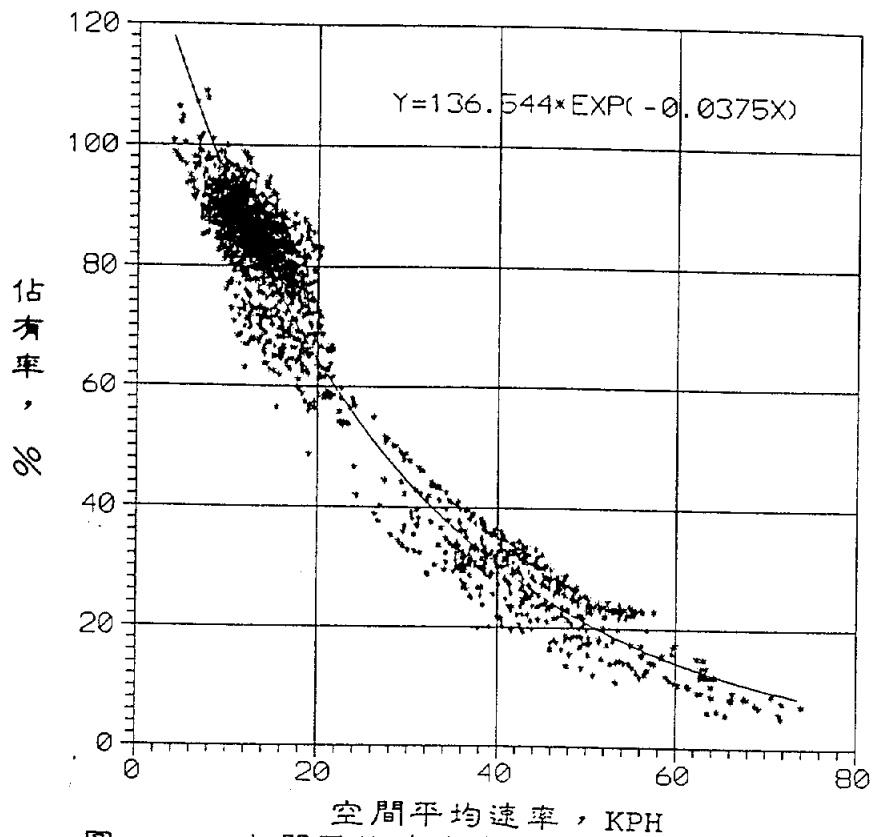
4-8A

圖 4-8a 空間平均速率與佔有率之關係圖
(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)



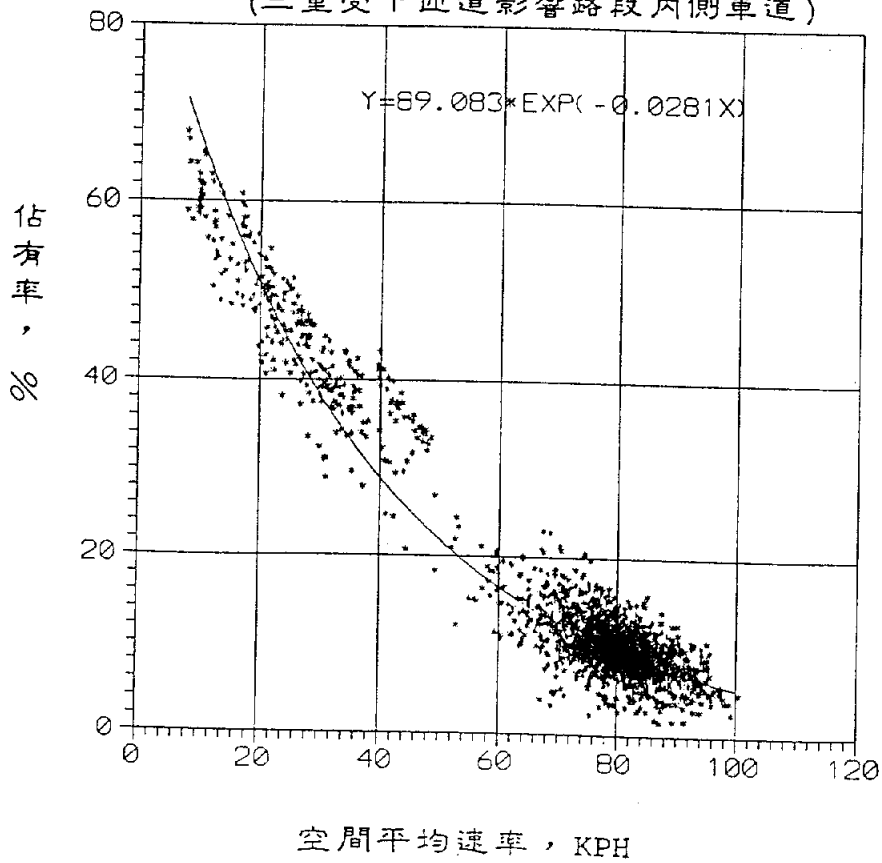
4-8B

圖 4-8b 空間平均速率與佔有率之關係圖
(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)



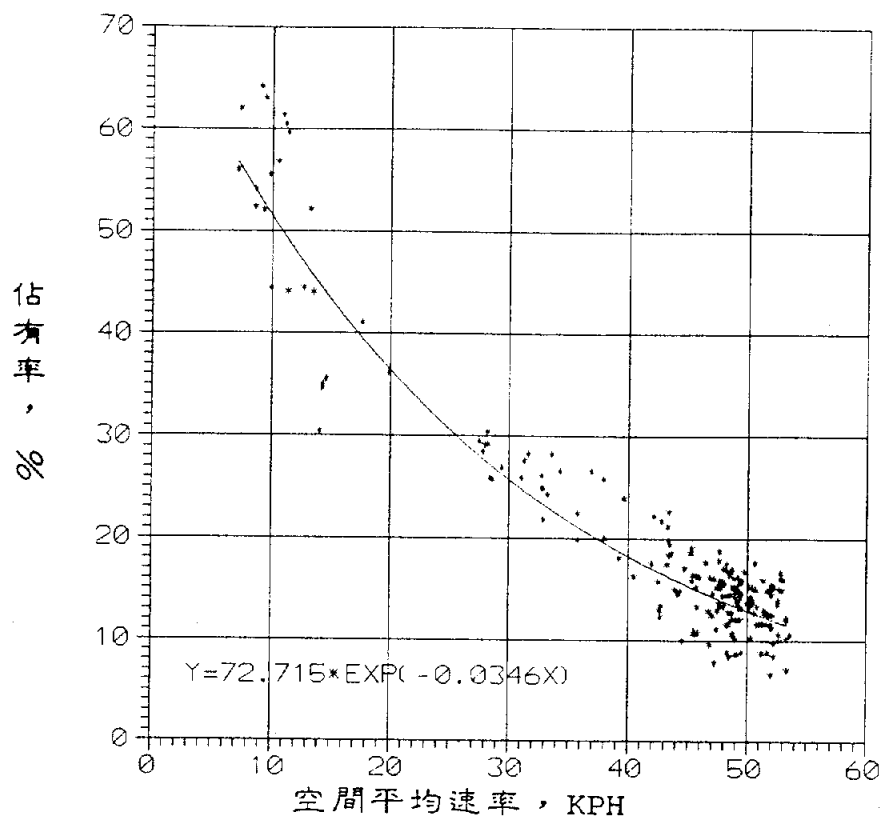
4-8C

圖 4-8c 空間平均速率與佔有率之關係圖
(三重受下匝道影響路段內側車道)



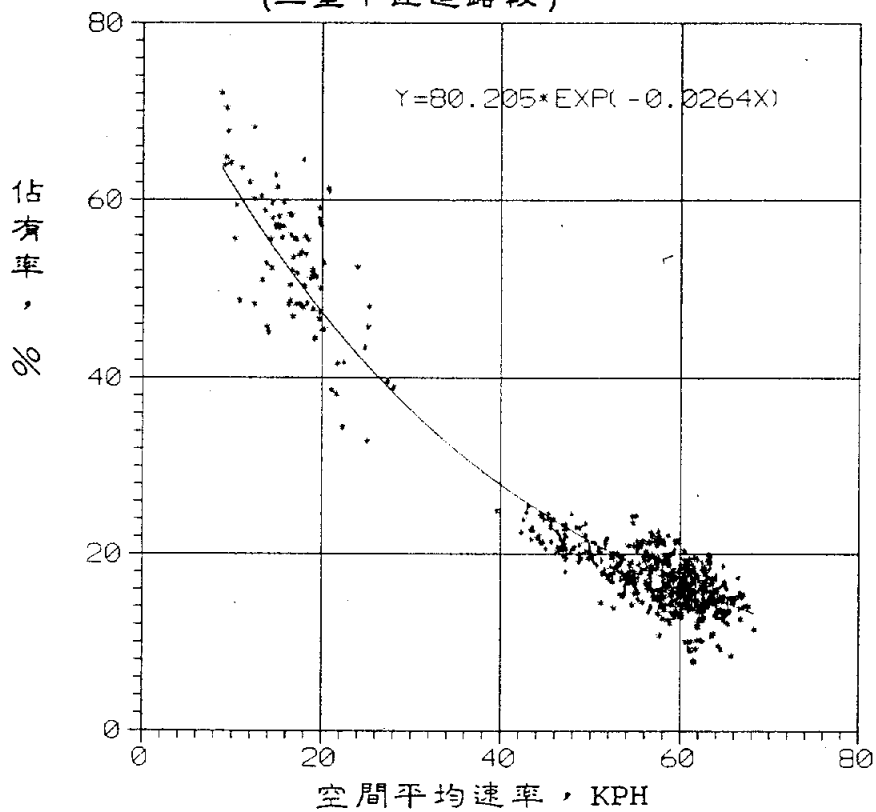
4-8D

圖 4-8d 空間平均速率與佔有率之關係圖
(三重受下匝道影響路段外側車道)



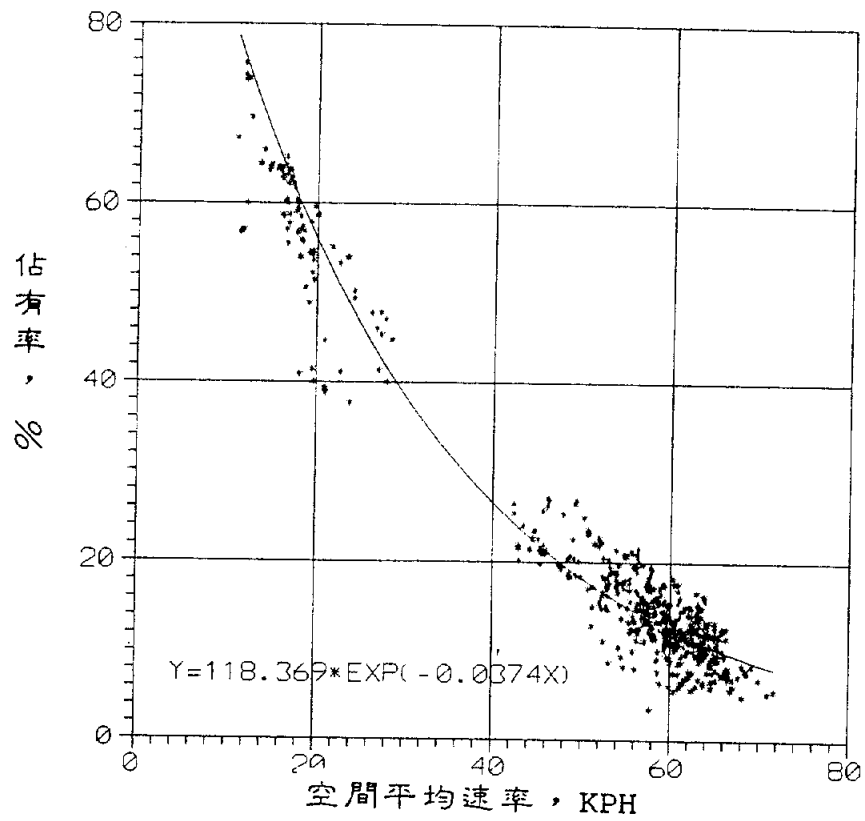
4-8E

圖 4-8e 空間平均速率與佔有率之關係圖
(三重下匝道路段)



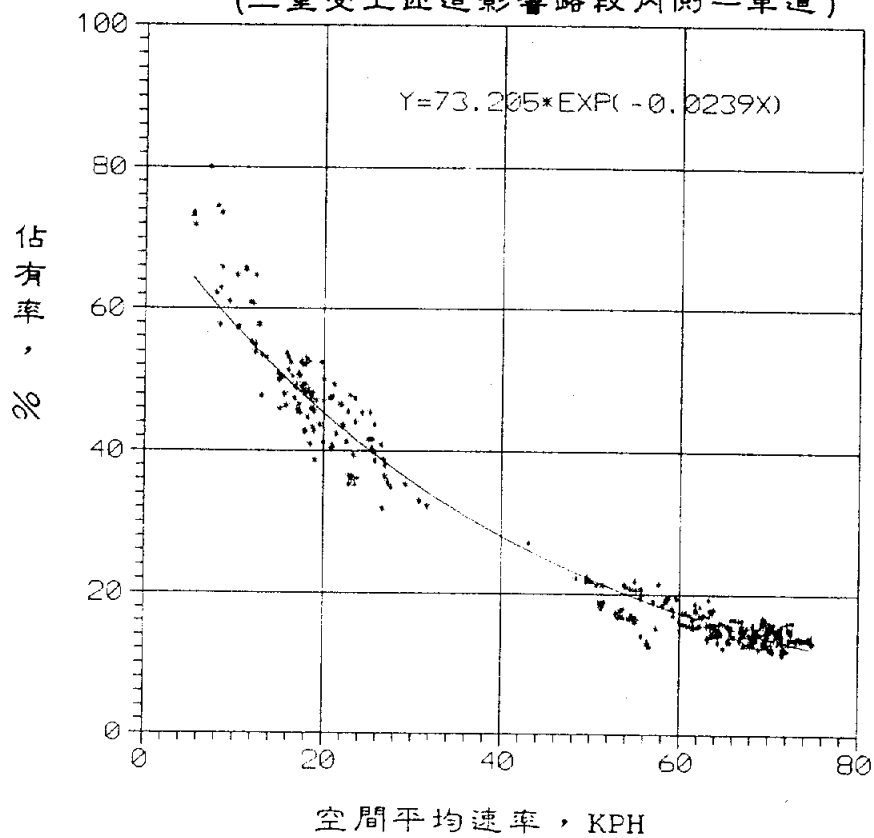
4-8F

圖 4-8f 空間平均速率與佔有率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側二車道)



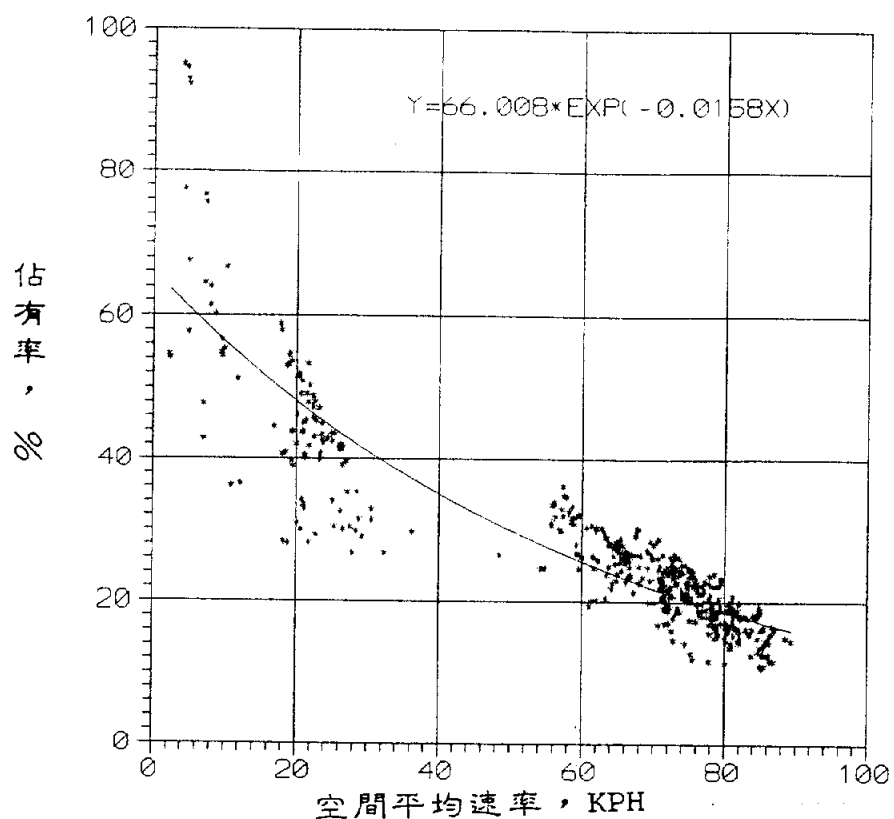
4-8G

圖 4-8g 空間平均速率與佔有率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一車道)



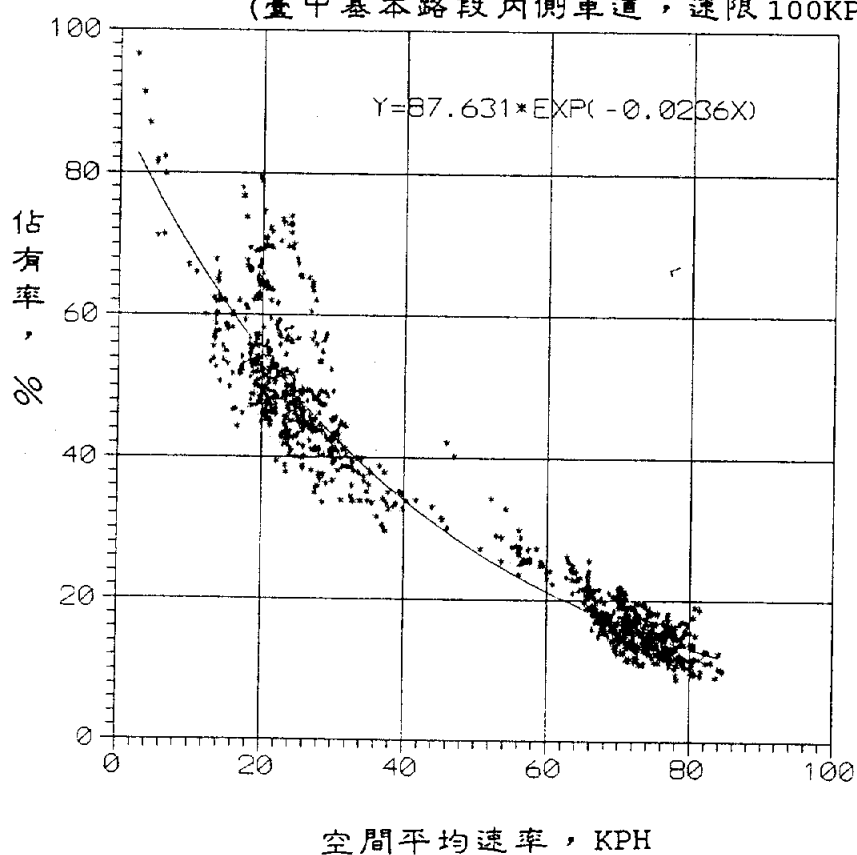
4-8H

圖 4-8h 空間平均速率與佔有率之關係圖
(三重受上匝道影響路段外側車道)



4-8I

圖 4-8i 空間平均速率與佔有率之關係圖
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)



4-8J

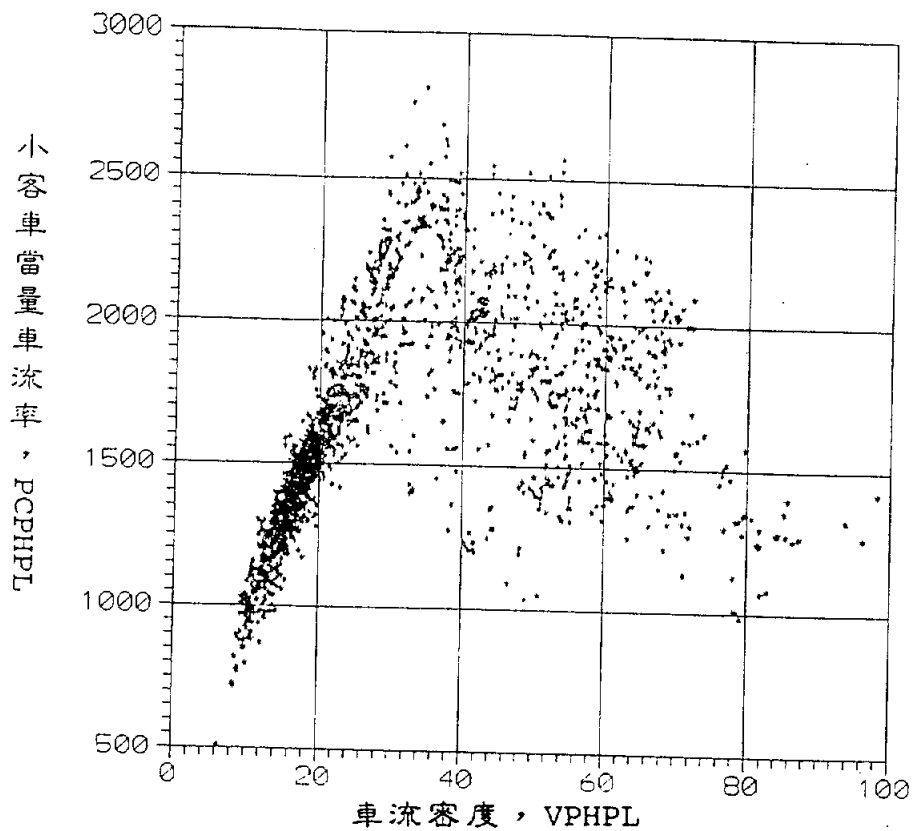
圖 4-8j 空間平均速率與佔有率之關係圖
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)

2. 三重北上受上匝道影響之內、外車道，在佔有率 30 - 40 veh/km/lane 處，都缺少樣本數，此亦代表該密度時之車流最不穩定，以致持續一分鐘之有效之車流不易產生。
3. 大部份高速公路路段佔有率之最高值能到達 60 - 75 %，而三重北上受下匝道影響路段之內側車道佔有率可高達 100 %。
4. 本研究在此也構建了各路段各車道空間平均速率 (X 軸) 與佔有率 (Y 軸) 之 EXP 函數方程式，其方程式已註明於圖上。

六、車道密度 (DEN) 與小客車當量車流率 (PECF) 之關係

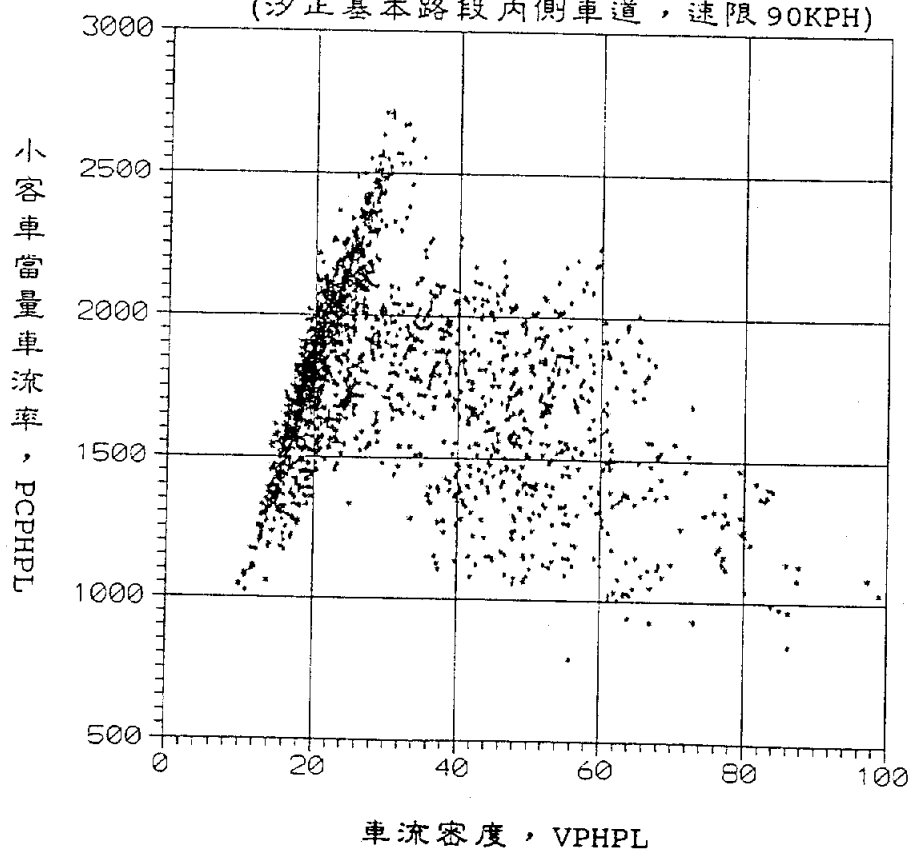
車道密度是指單一車道、單位時間、每公里長度上之車輛平均數，一般實際調查可用航測或衛星拍攝蒐集此資料。由於該調查較不普及，故一般研究均使用 (4-6 式) 計算，由 PCEF 與 SMS 推求 Den 值。但此一公式並適於所有之車流狀態；又因車流密度值經本研究之分析結果證明其與佔有率、有效車長之關係最為強烈。所以本研究係使用 $Den = 10 * Occ / Le$ 之公式，來進行車道密度之推估。高速公路各路段各車道車流密度與小客車當量車流率二變數形成 \cap 型曲線，其關係曲線如圖 4-9a 至圖 4-9j 所示，並歸納說明如下：

1. 各路段當車道密度小於 25 vph/km/lane 時，Den 與 PECF 有強烈的線性函數 (正值) 關係。但三重受上匝道影響路段內側車道，因為該處為雙向八車道之路段，並有較小之重車混合比，所以車流密度較其他路段為高 (30 vph/km/lane)。一般情形，高速公路各種路段密度大於 30 vph/km/lane 以後，樣本就會呈散亂狀。
2. 此種凸型拋物線，仍可用二次 Polynomial 曲線進行構建方程式，但樣本在車道密度大於 30 vph/km/lane 就會呈散亂狀，所以方程式只適用於前半段。故本研究不就此二變數構建方程式。



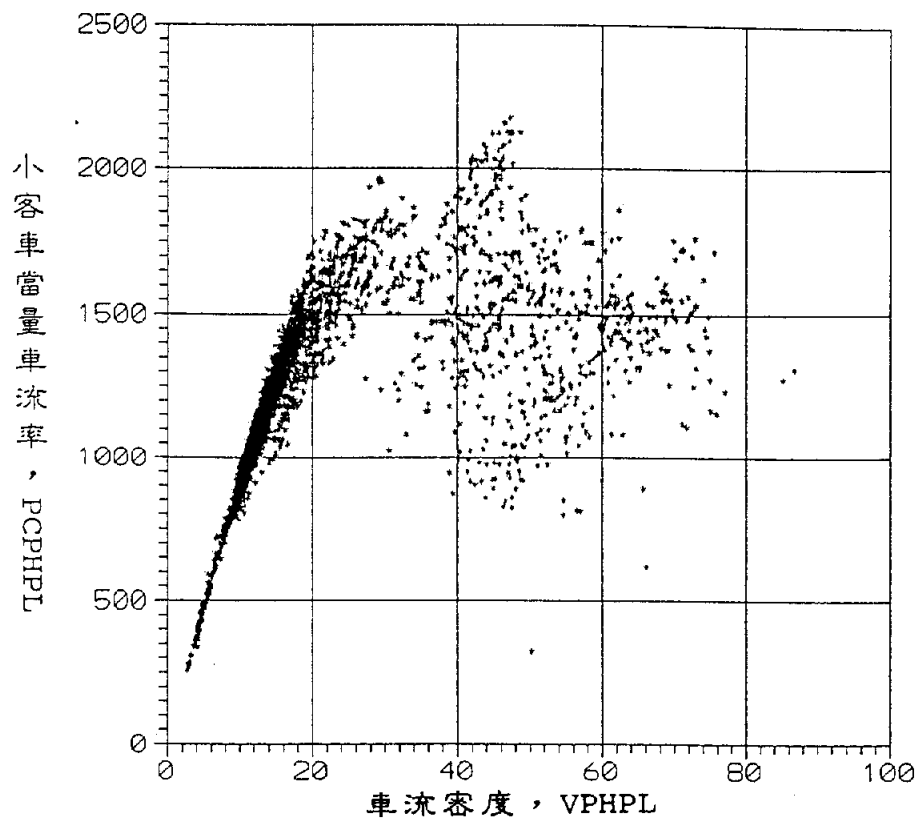
4-9A

圖 4-9a 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)



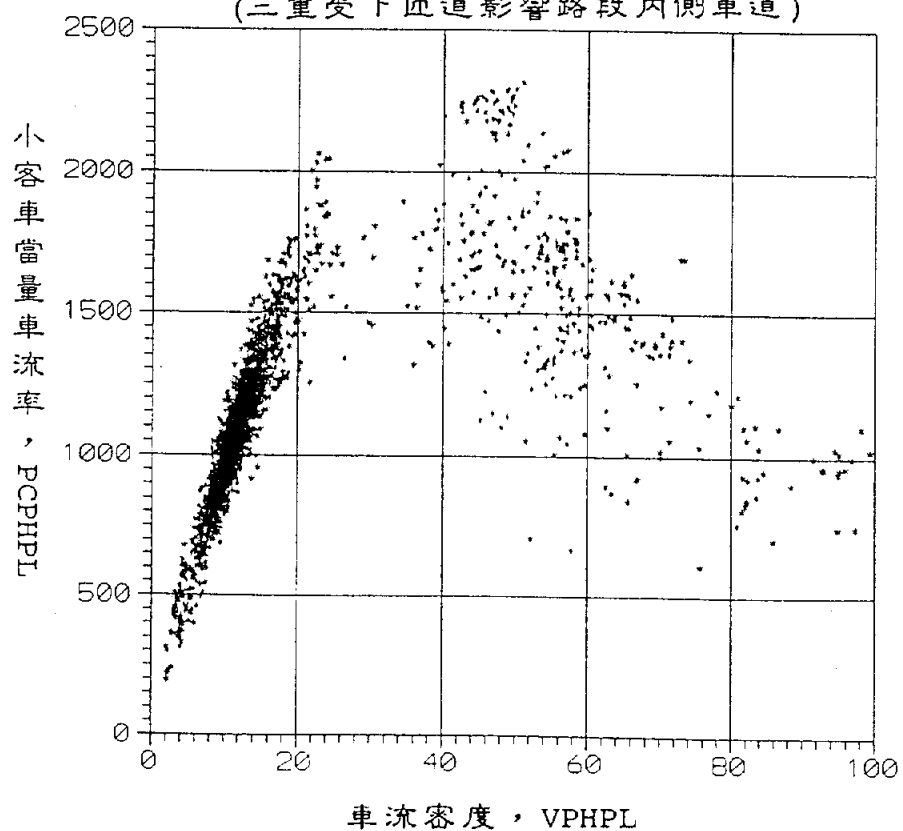
4-9B

圖 4-9b 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)



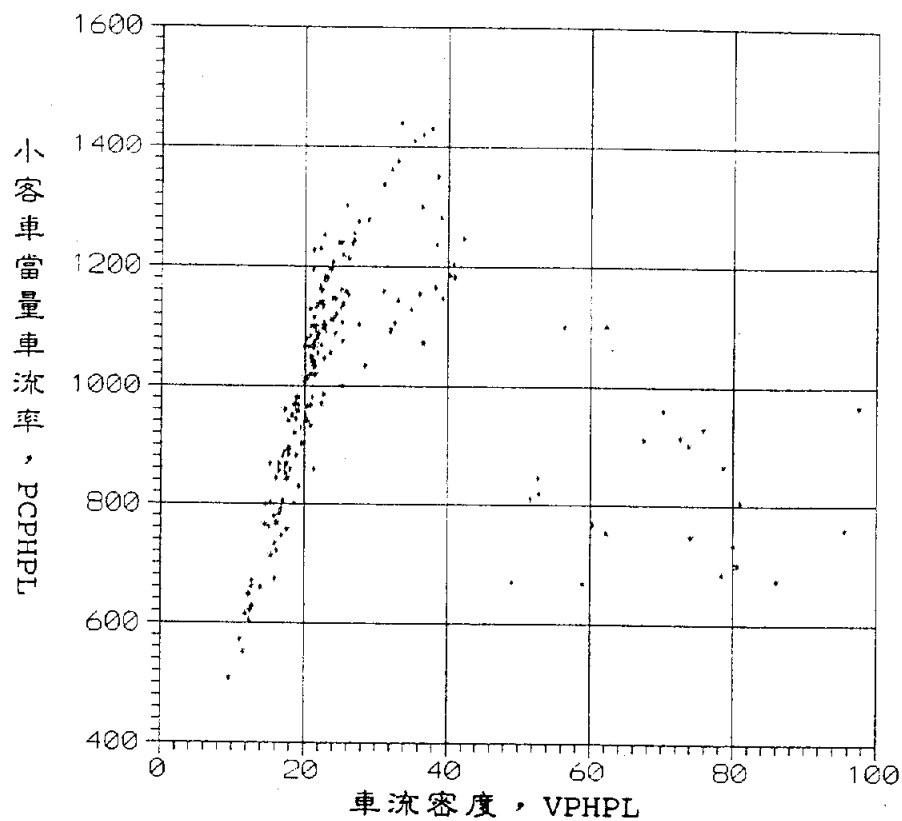
4-9C

圖 4-9c 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(三重受下匝道影響路段內側車道)



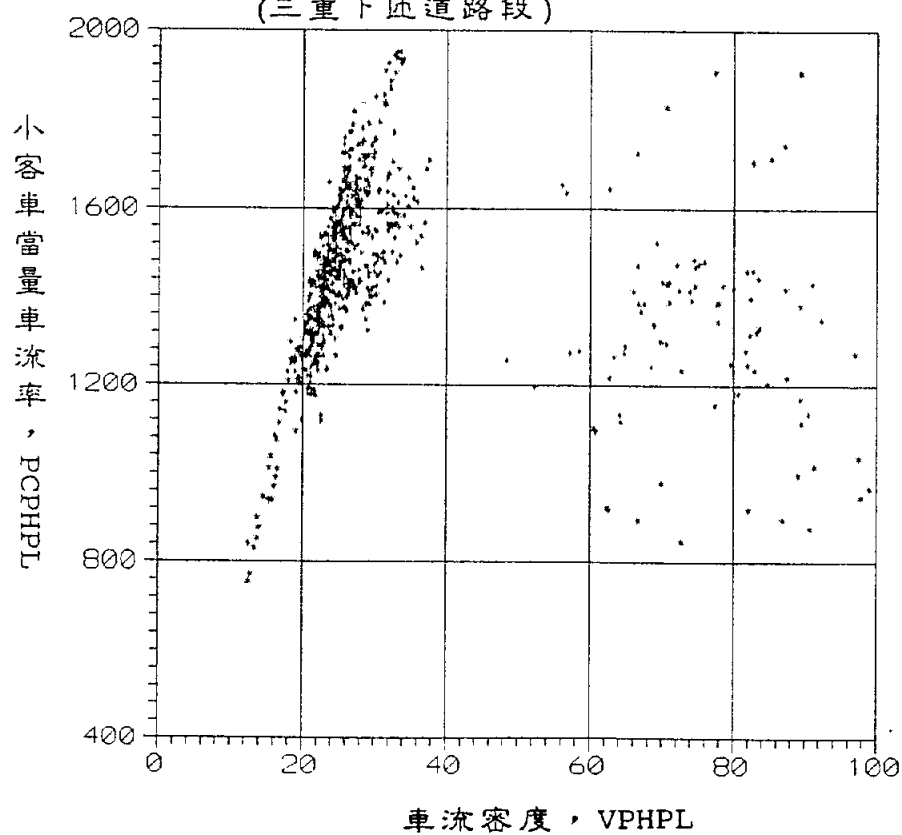
4-9D

圖 4-9d 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(三重受下匝道影響路段外側車道)



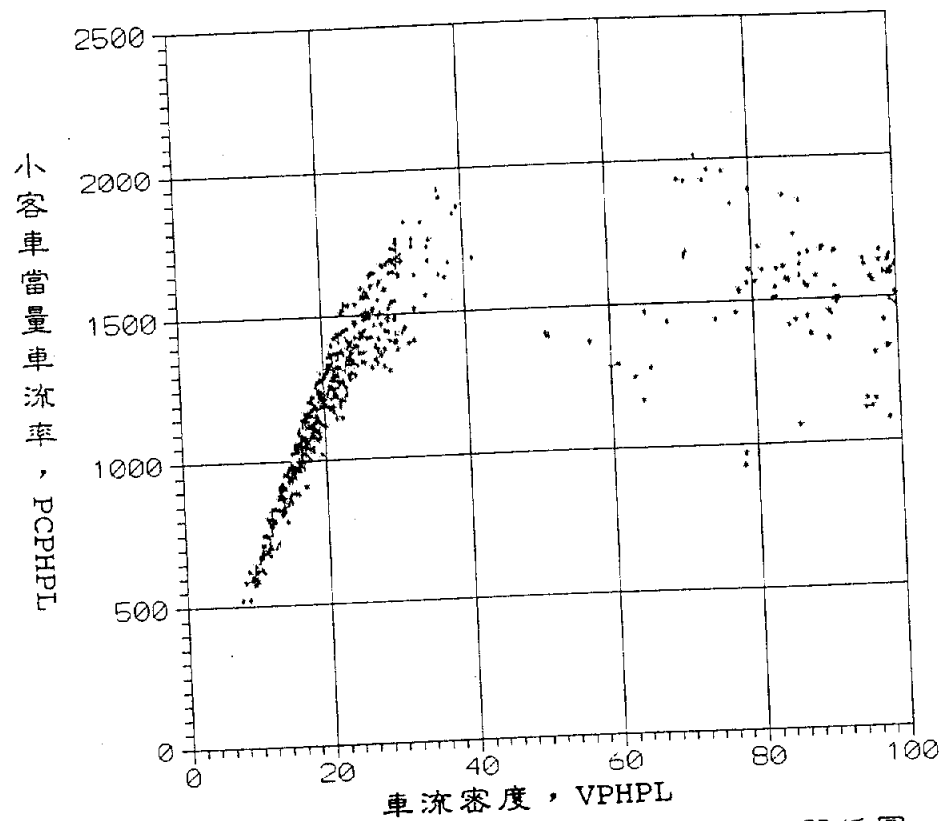
4-9E

圖 4-9e 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(三重下匝道路段)



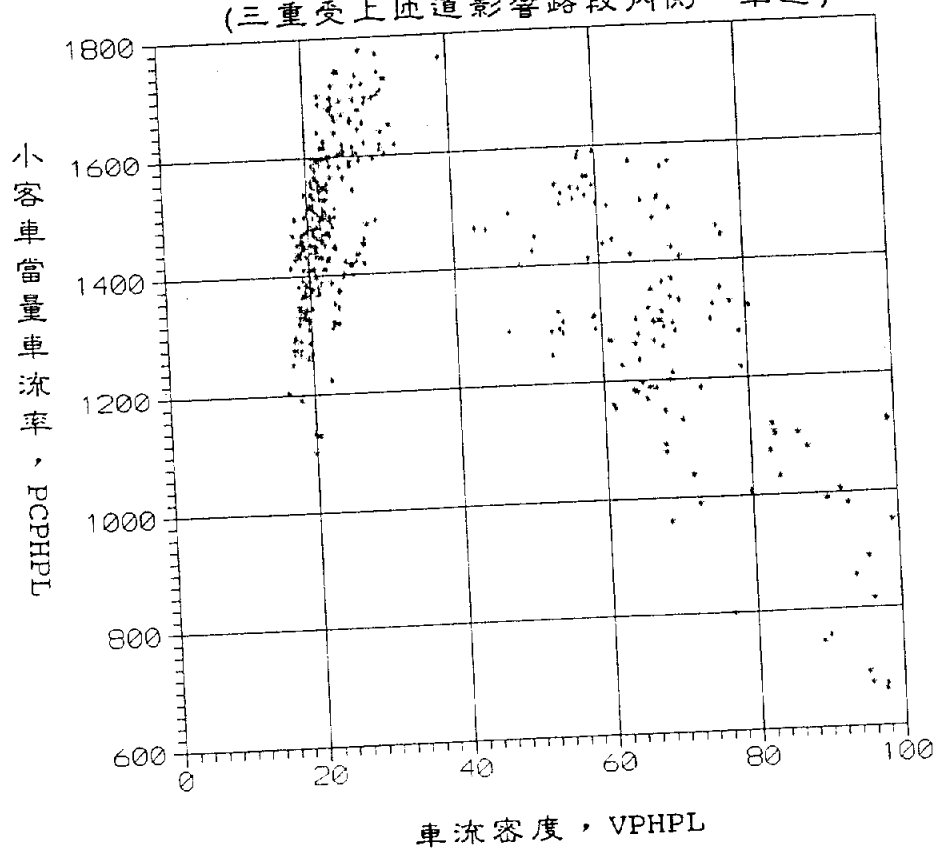
4-9F

圖 4-9f 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側二車道)



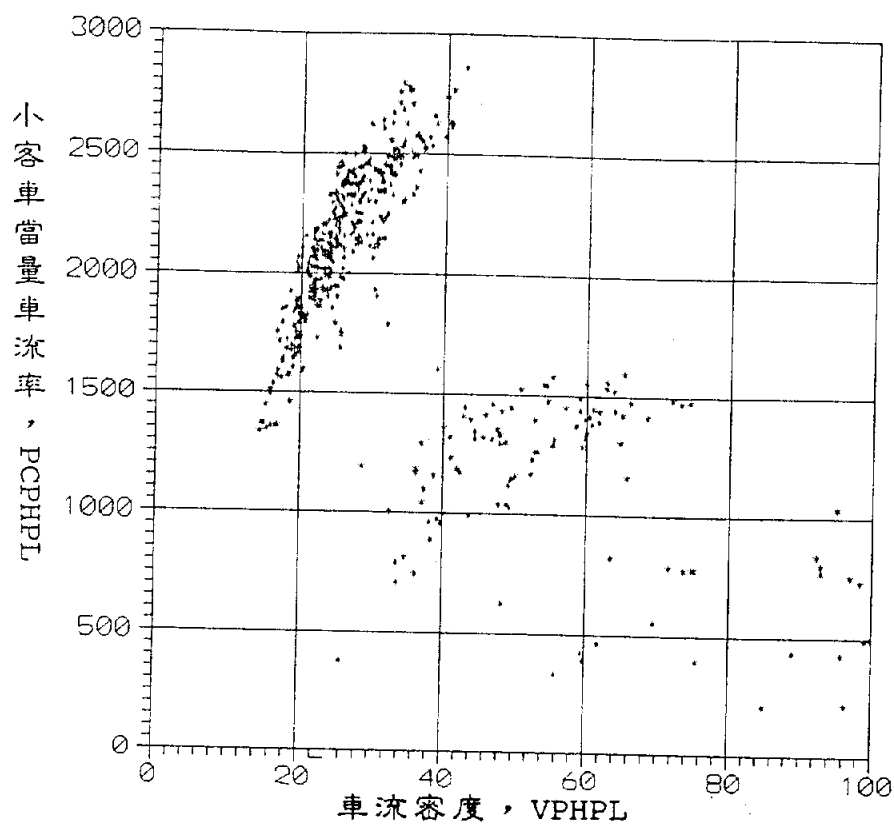
4-9G

圖 4-9g 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一車道)



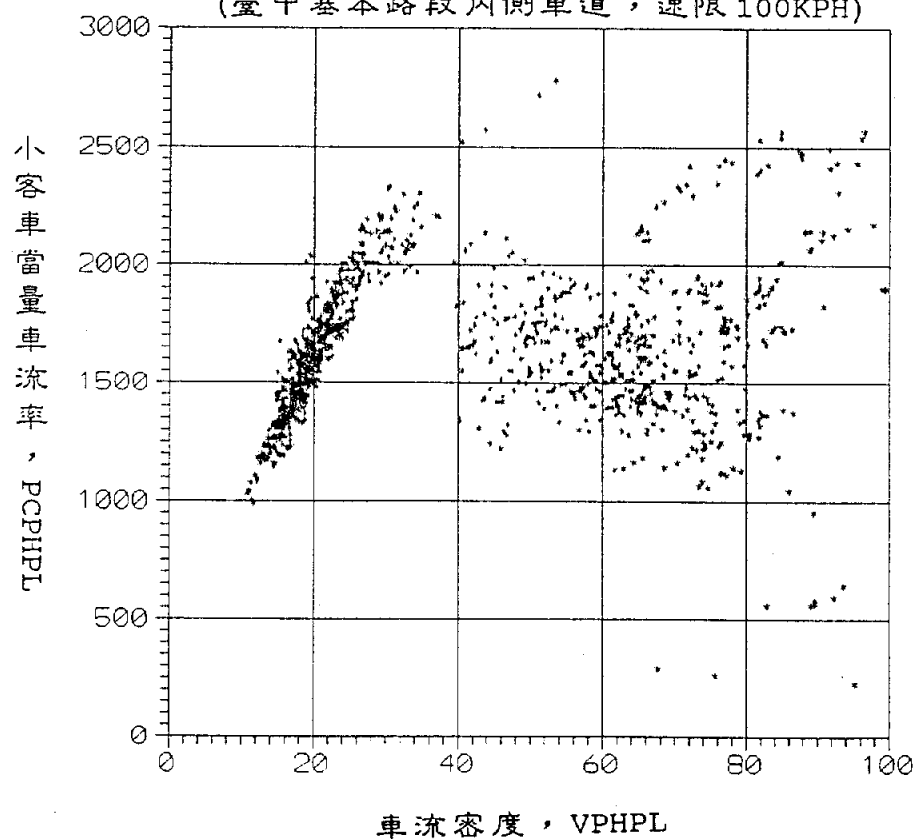
4-9H

圖 4-9h 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(三重受上匝道影響路段外側車道)



4-9I

圖 4-9i 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)



4-9J

圖 4-9j 車流密度與小客車當量車流率之關係圖
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)

七、車道密度 (Den) 與佔有率 (Occ) 之關係

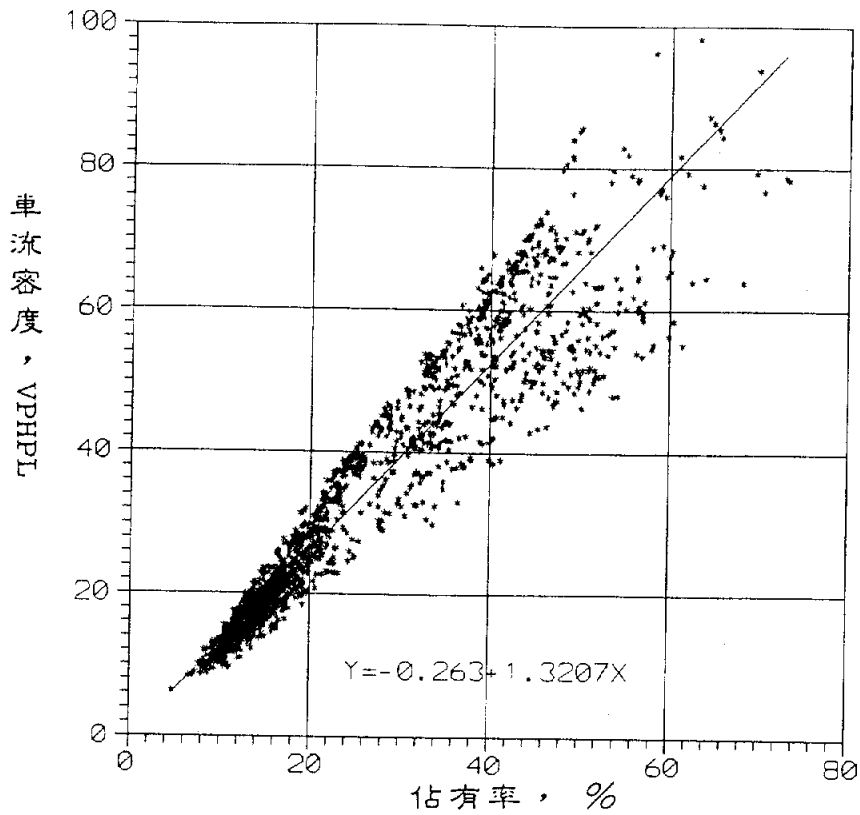
高速公路各路段各車道車流密度與佔有率二變數間會呈上仰喇叭型走勢。其關係曲線如圖 4-10a 至圖 4-10j 所示，並歸納說明如下：

1. 各路段各車道之樣本點均呈上仰之喇叭狀，也就是車流密度與佔有率在值小時 (二者皆在 25 以下，單位為 vph/km/lane 與 %)，樣本點較為集中，變異較小；但二者在超過 30 以後，樣本點將發散呈有規律的擴散喇叭狀。
2. 當 Den 在 25 vph/km/lane 與 Occ 在 30% 以下時，樣本非常集中，愈往上發散，但仍能以一次方程式來代表： $Y=a+b*X$ ，參數 a 介於 -1.146 至 +1.334 之間，曲線斜率 b 介於 1.06 至 1.32 之間，方程式已註明於圖 4-10a 至圖 4-10j 中。

八、空間平均速率 (SMS) 與車道密度 (Den) 之關係

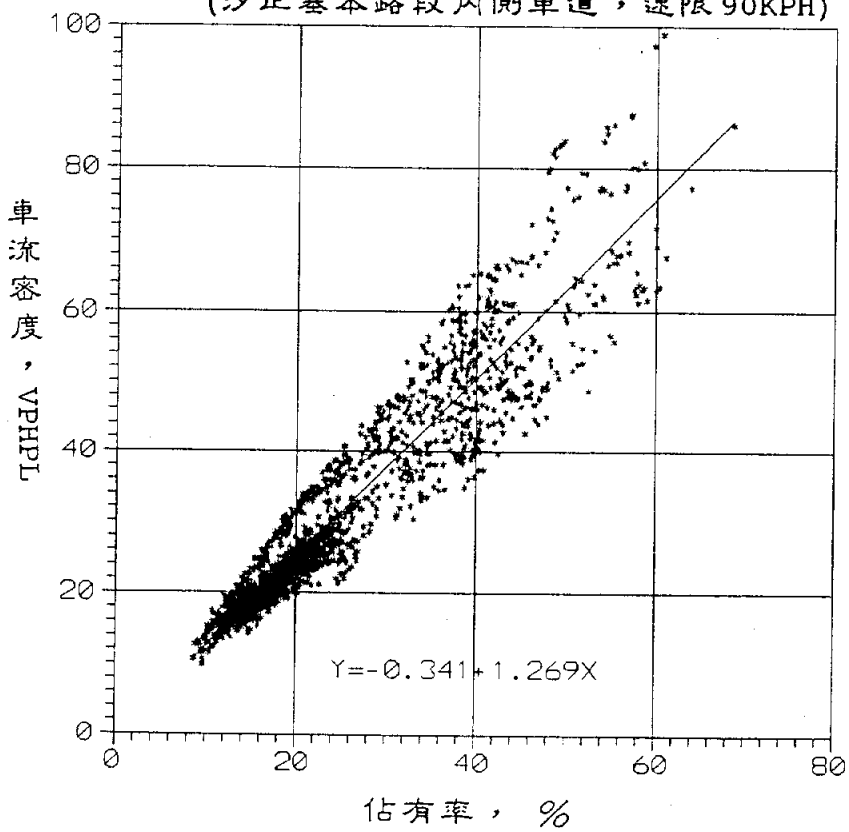
在前圖 4-10 中，高速公路各路段各車流密度與佔有率二變數間呈上仰喇叭狀，所以空間平均速率與車道密度之關係曲線會和前圖 4-8 空間平均速率與佔有率之關係曲線類似 (負 EXP 函數關係)，但曲率較小。空間平均速率與車道密度二變數之關係可用圖 4-11a 至圖 4-11j 來表示，並歸納說明如下：

1. 空間平均速率與車道密度二者呈負斜率 EXP 函數之關係，也就是車道密度愈低，車隊可以較快之速度行駛；隨著車數的增加，車道密度隨之增加，車隊之速率會以 EXP 函數曲線之關係而急速下降。
2. 三重北上受上匝道影響之內、外車道，在車道密度 40 - 60 veh/km/lane 處，缺少樣本數，表示該車道密度時之車流最不穩定，以致持續一分鐘之有效車流亦不易產生。
3. 大部份之路段車道密度之最高值能到達 80 - 100 veh / km / lane。如車隊之平均車長以 7 公尺計， $7 \times 100 = 700$ 公尺， $700 \times 2 = 1,400$ 公尺， $1,400 > 1,000$ 公尺，此一簡單概算，意謂台灣地區高速公路普遍之車輛跟車距離實在過近，還不及半個車身長。
4. 本研究在此也構建了高速公路各路段各車道空間平均速率 (X軸) 與車道密度 (Y軸) 之 EXP 函數方程式，其參數已註明於圖上。



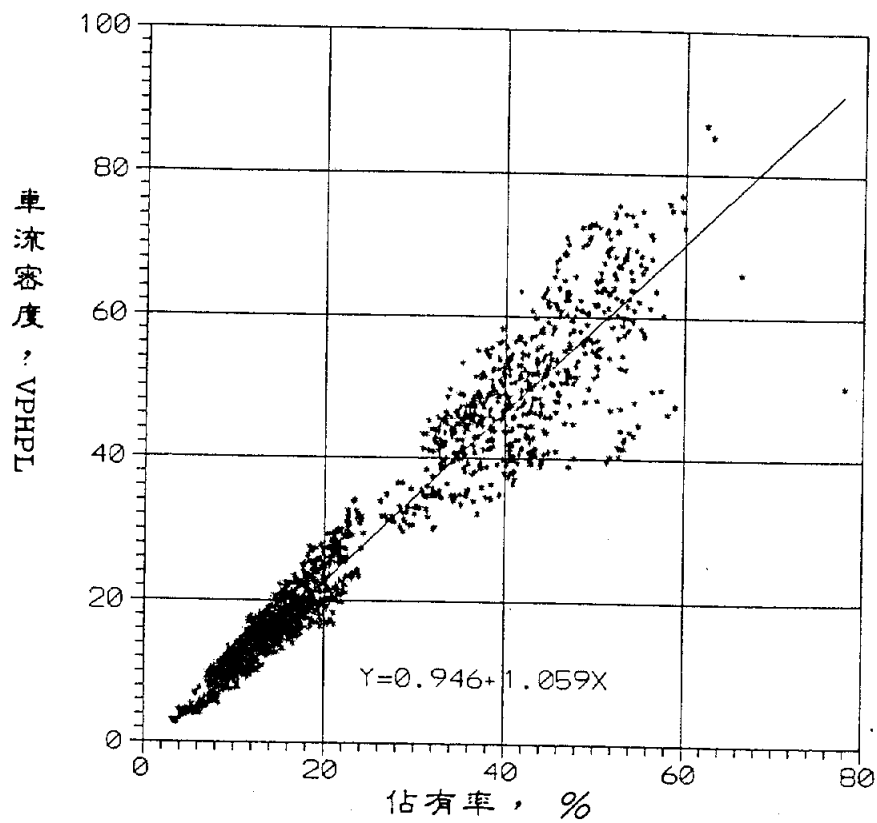
4-10A

圖 4-10a 佔有率與車流密度之關係圖
(汐止基本路段內側車道，速限90KPH)



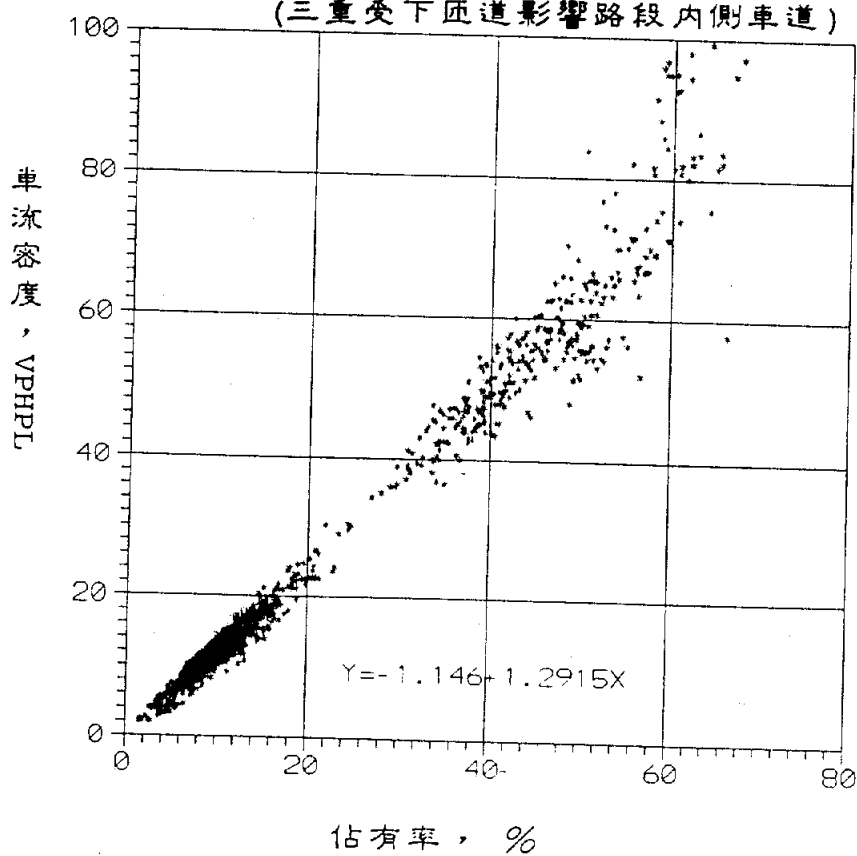
4-10B

圖 4-10b 佔有率與車流密度之關係圖
(汐止基本路段外側車道，速限90KPH)



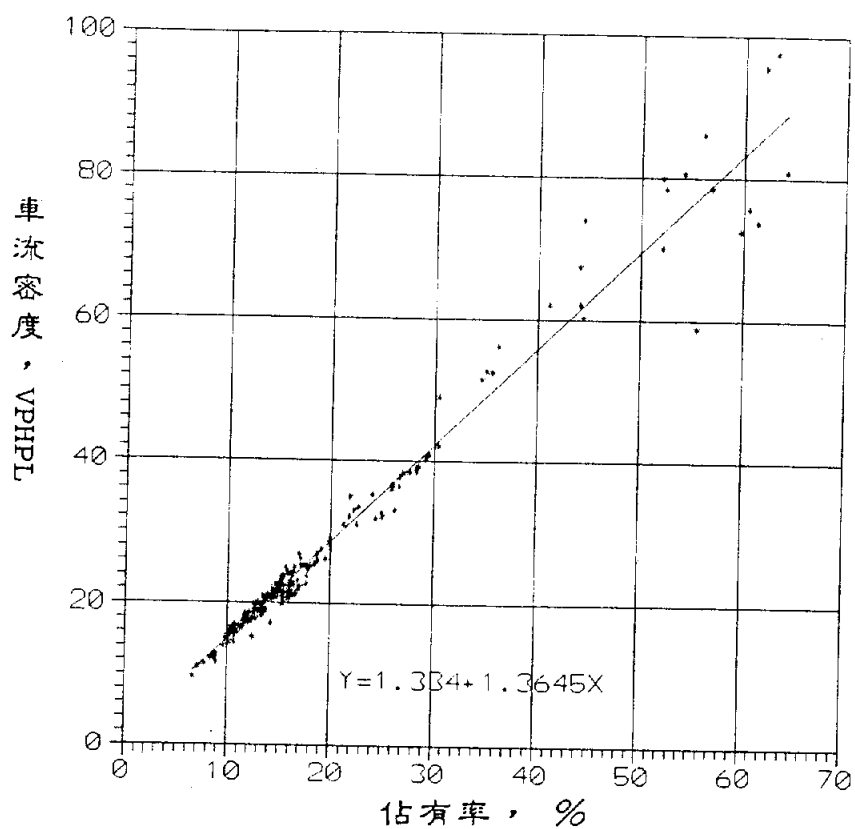
4-10C

圖 4-10c 佔有率與車流密度之關係圖
(三重受下匝道影響路段內側車道)



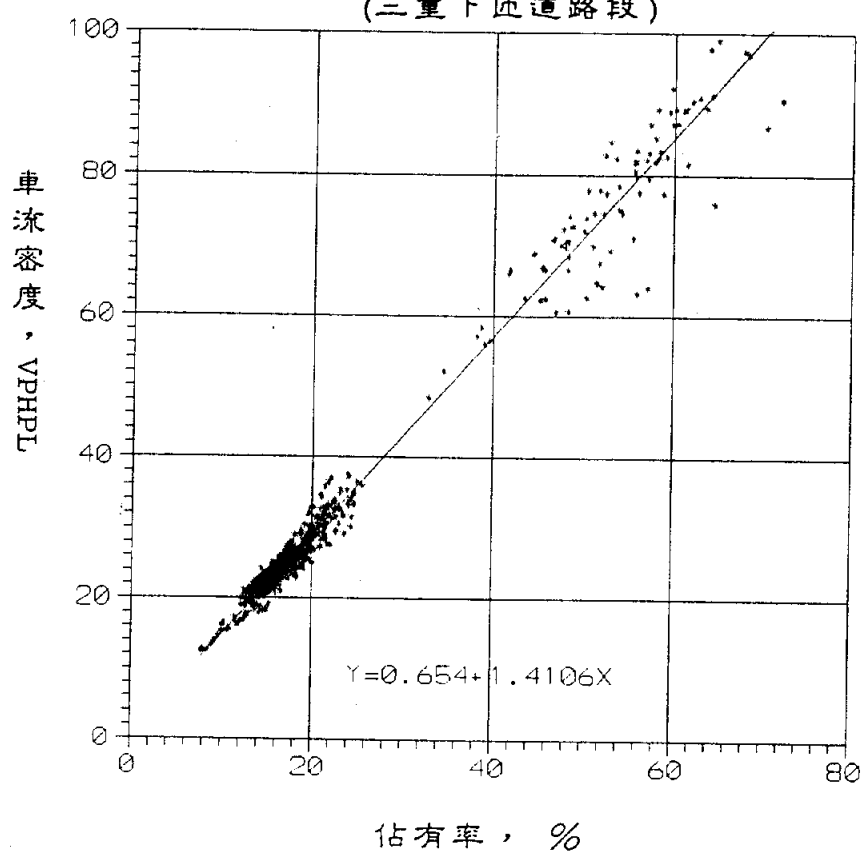
4-10D

圖 4-10d 佔有率與車流密度之關係圖
(三重受下匝道影響路段外側車道)



4-10E

圖 4-10e 佔有率與車流密度之關係圖
(三重下匝道路段)



4-10F

圖 4-10f 佔有率與車流密度之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側二車道)

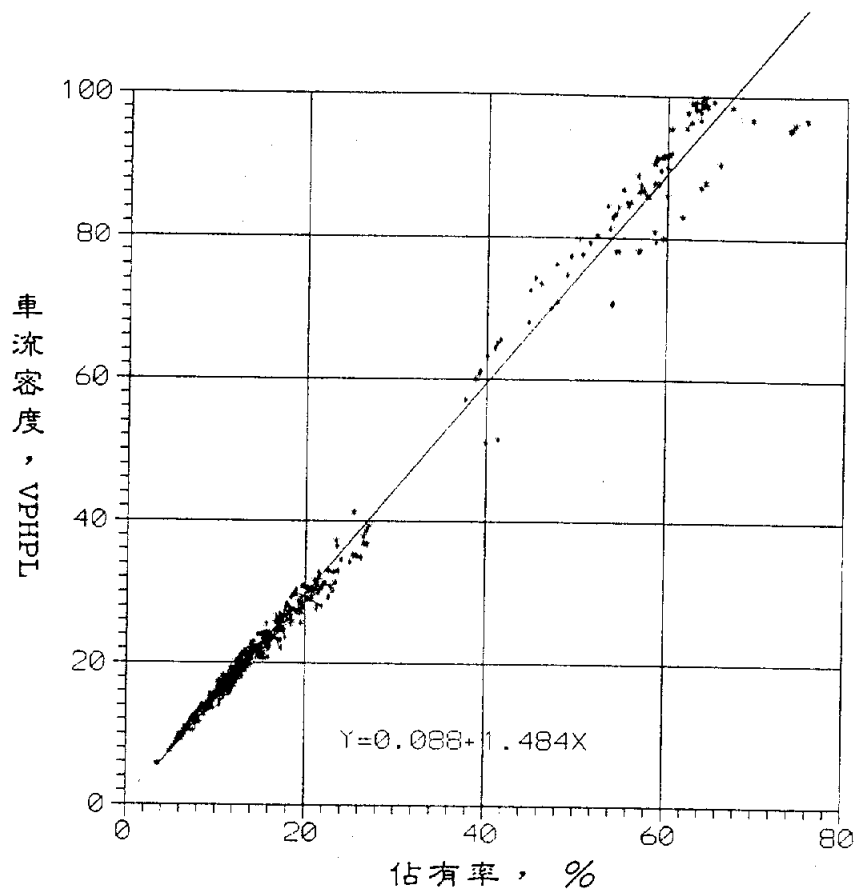


圖 4-10g 佔有率與車流密度之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一車道)

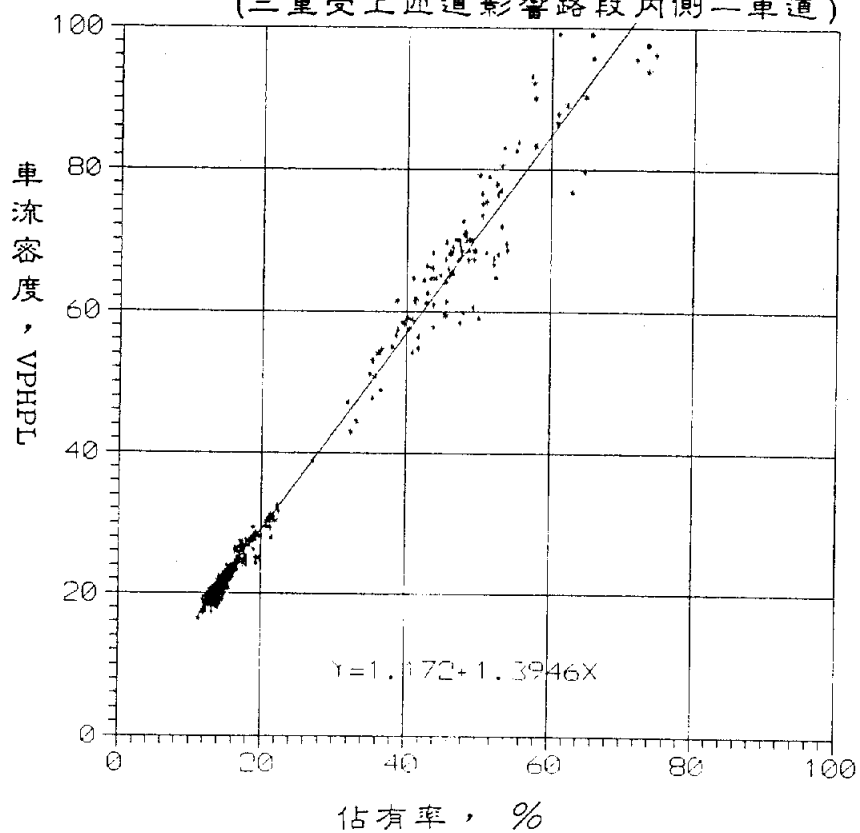


圖 4-10h 佔有率與車流密度之關係圖
(三重受上匝道影響路段外側車道)

車流密度，VPHPL

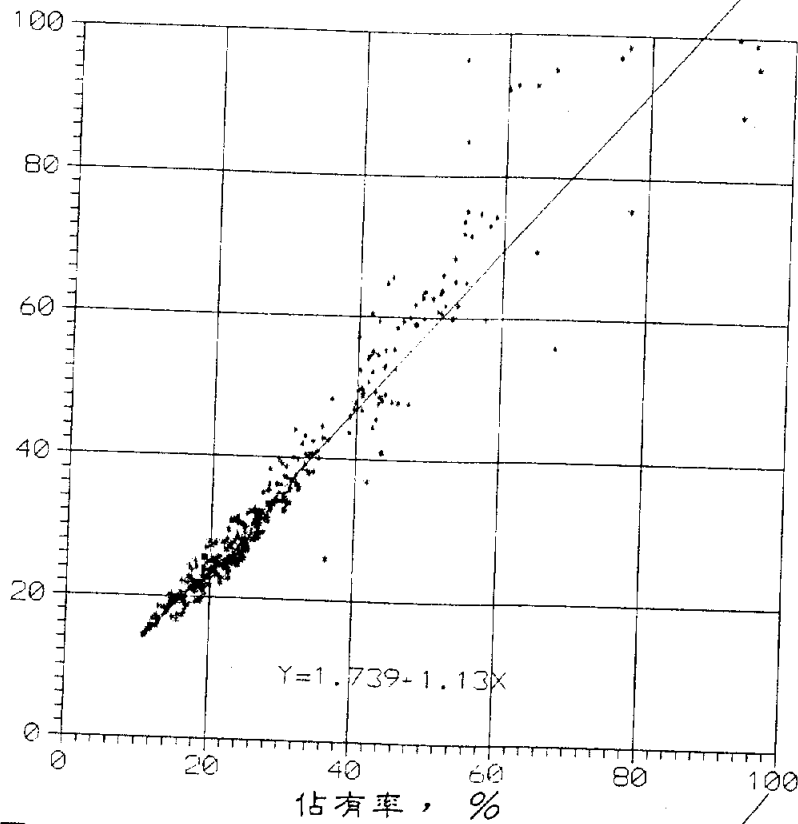


圖 4-10i 佔有率與車流密度之關係圖
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)

車流密度，VPHPL

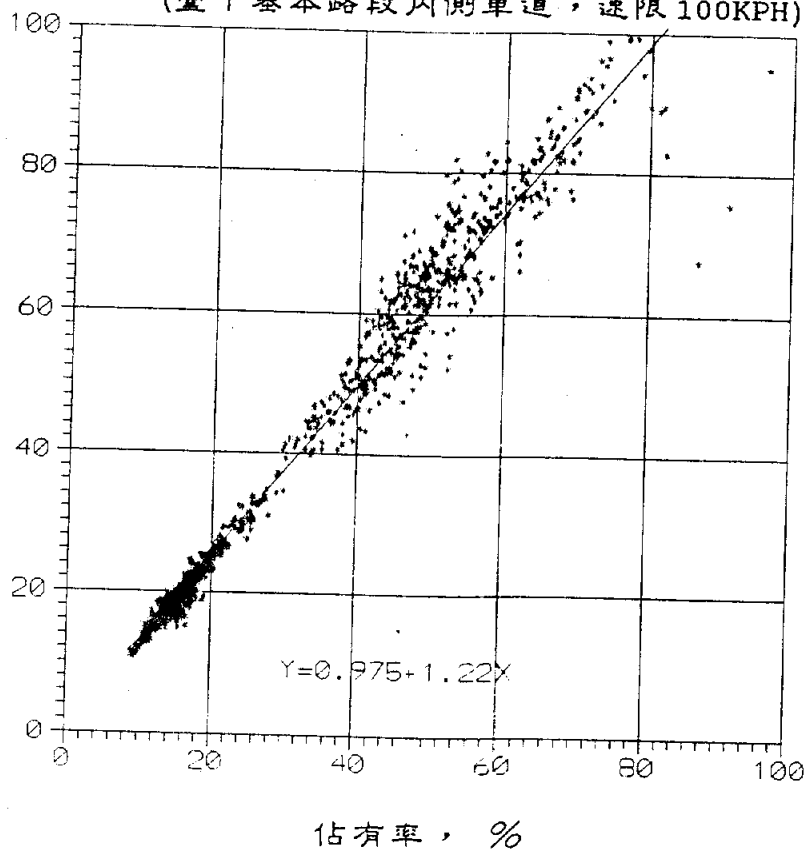
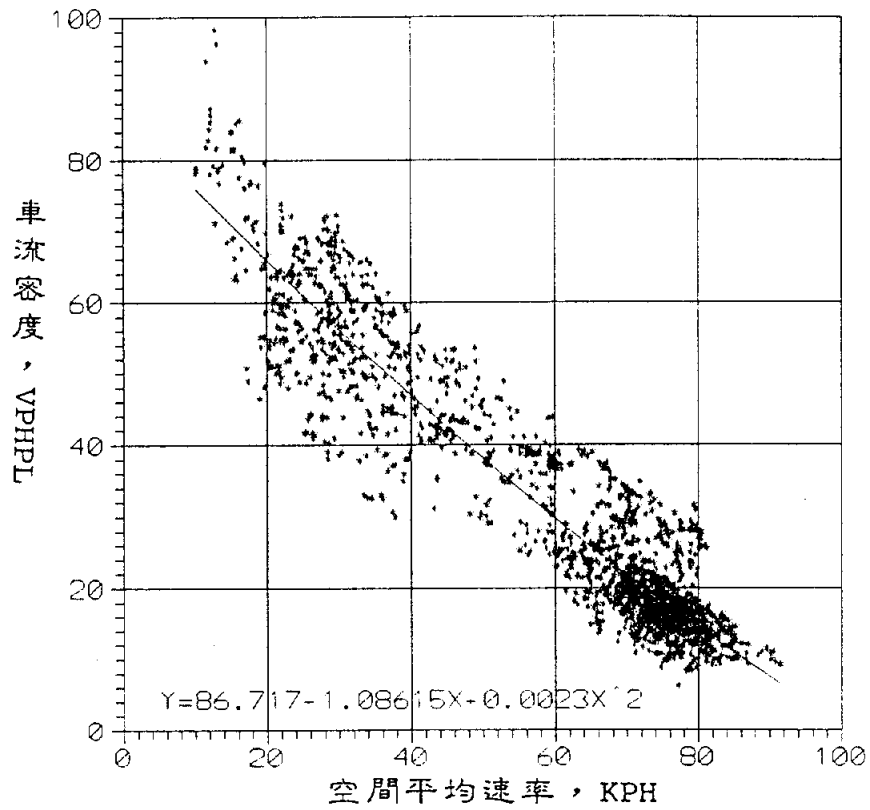
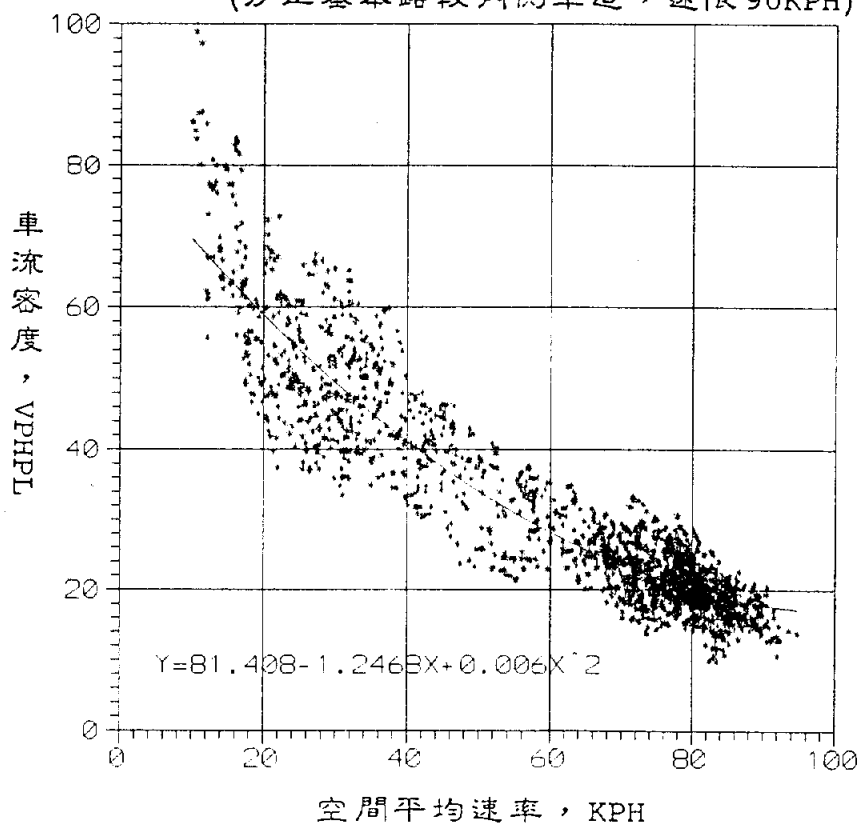


圖 4-10j 佔有率與車流密度之關係圖
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)



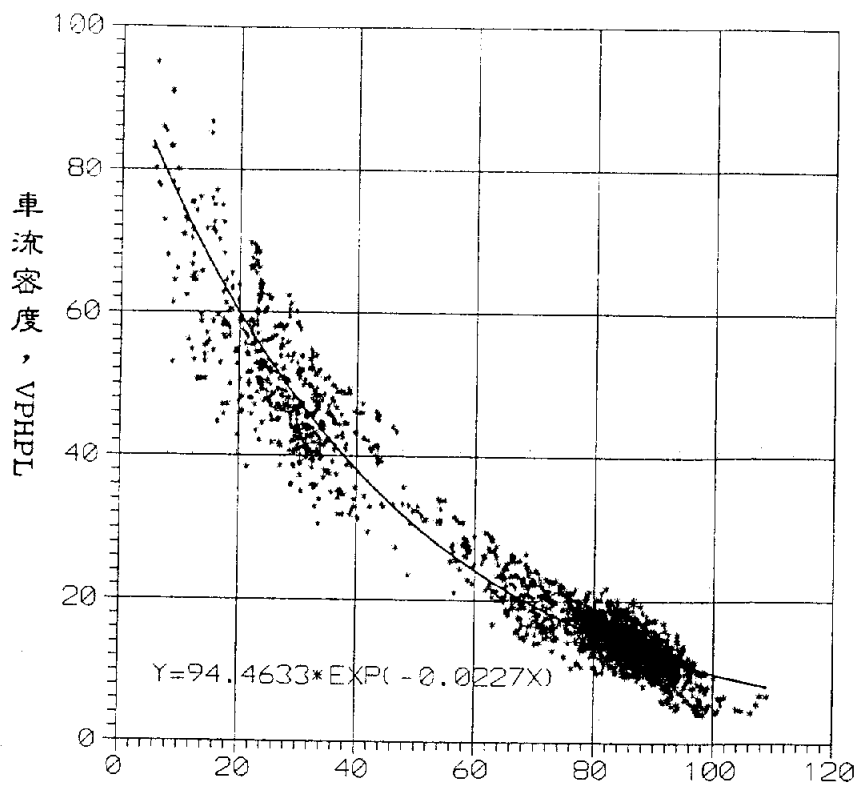
4-11A

圖 4-11a 空間平均速率與車流密度之關係圖
(汐止基本路段內側車道，速限 90KPH)



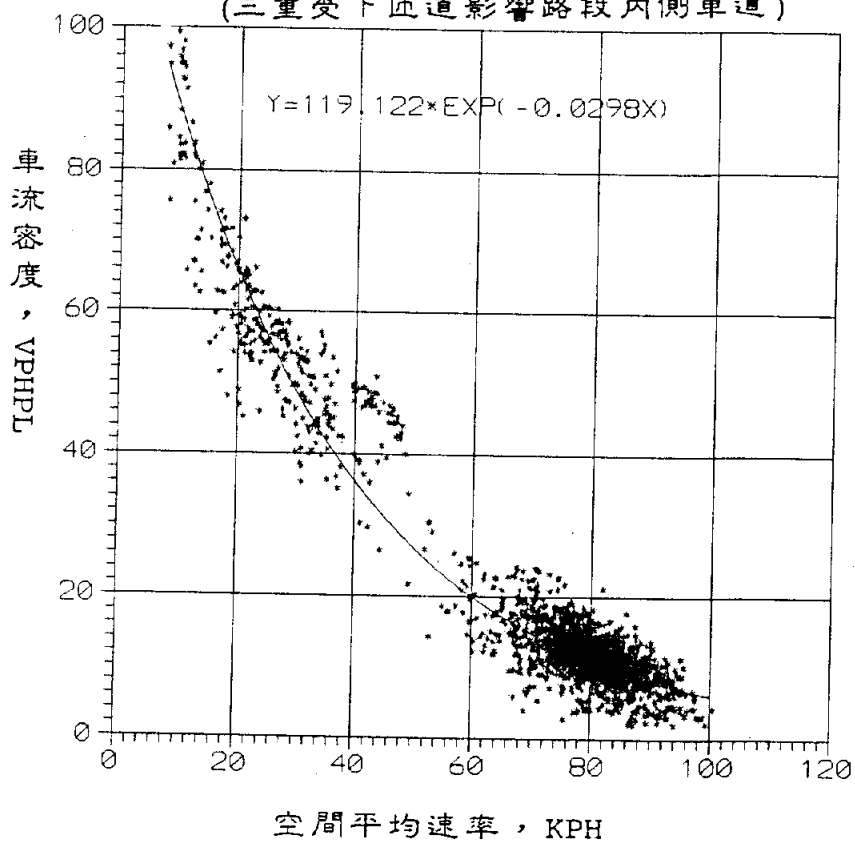
4-11B

圖 4-11b 空間平均速率與車流密度之關係圖
(汐止基本路段外側車道，速限 90KPH)



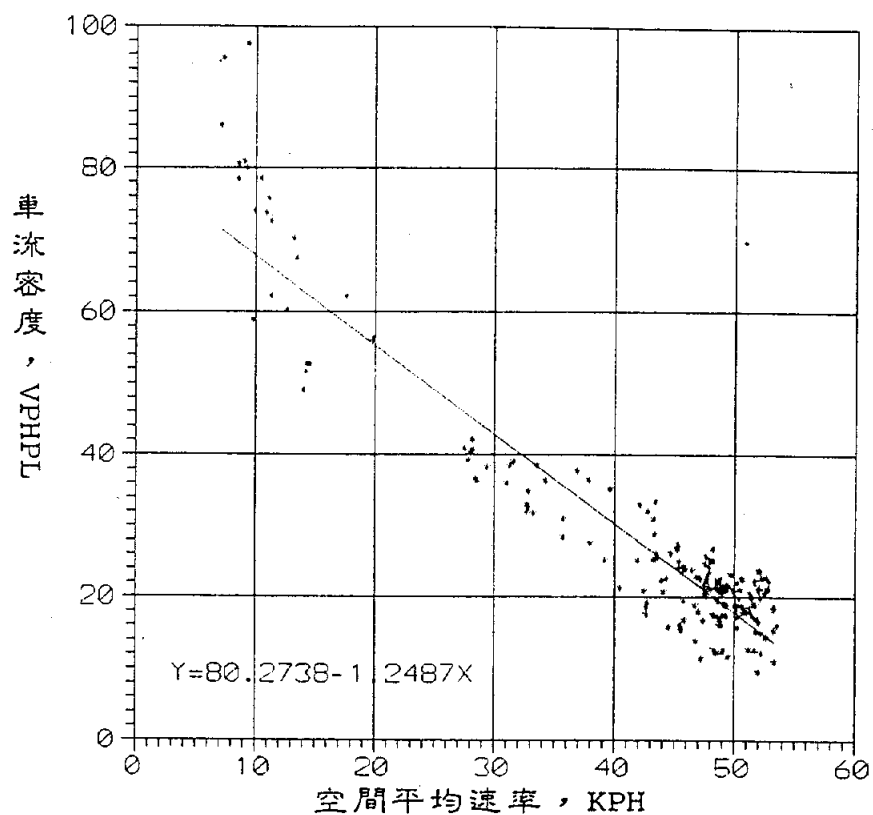
4-11C

圖 4-11c 空間平均速率與車流密度之關係圖
(三重受下匝道影響路段內側車道)



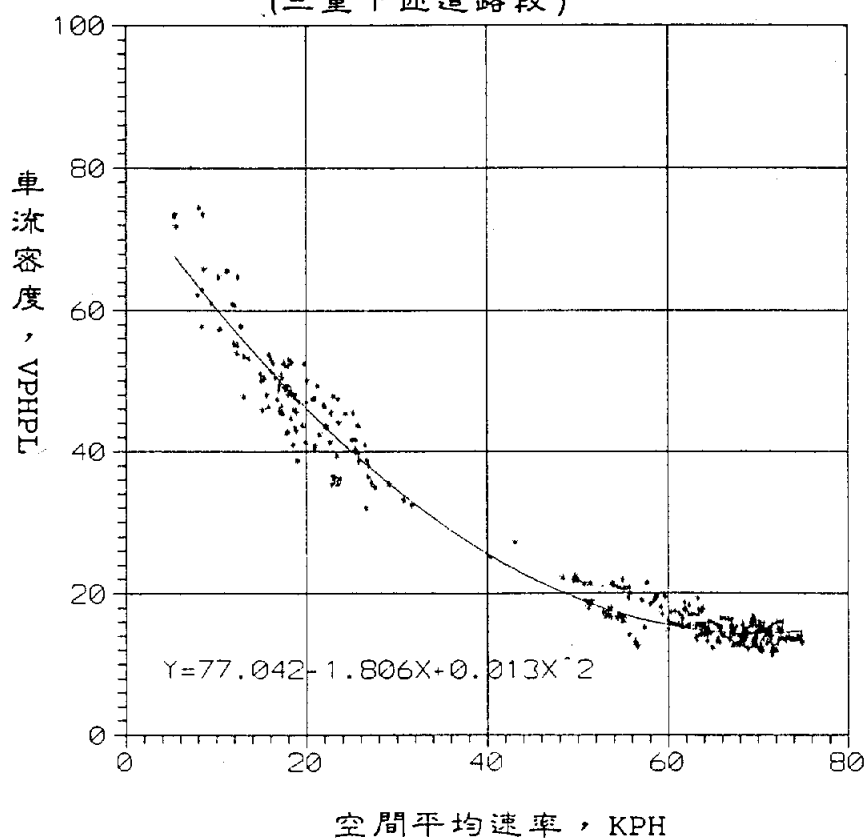
4-11D

圖 4-11d 空間平均速率與車流密度之關係圖
(三重受下匝道影響路段外側車道)



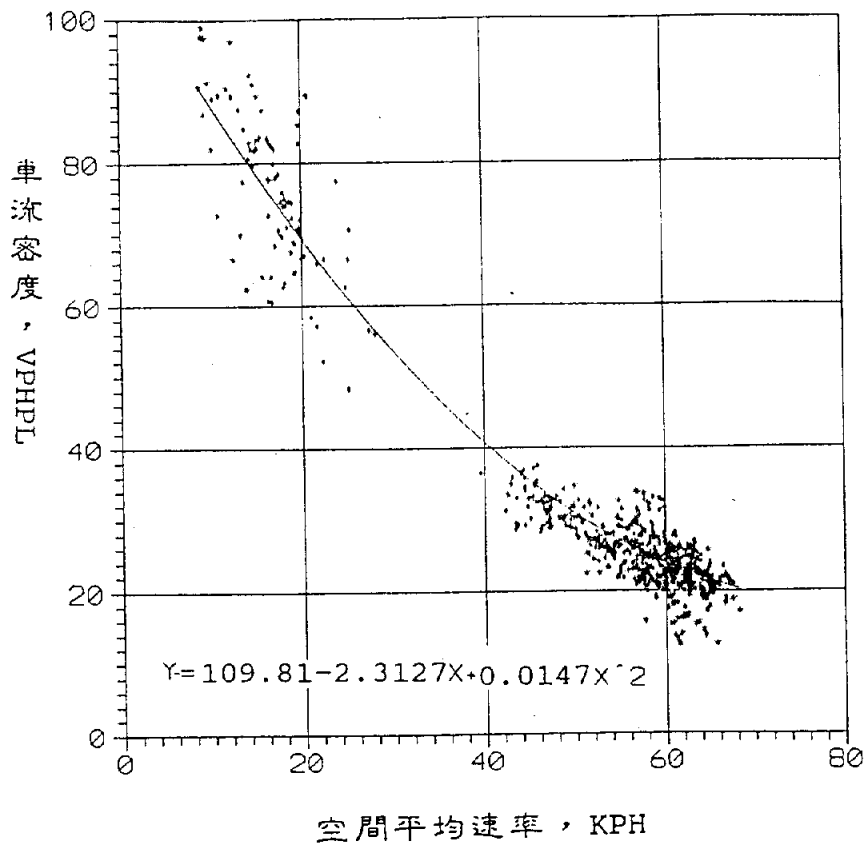
4-11E

圖 4-11e 空間平均速率與車流密度之關係圖
(三重下匝道路段)



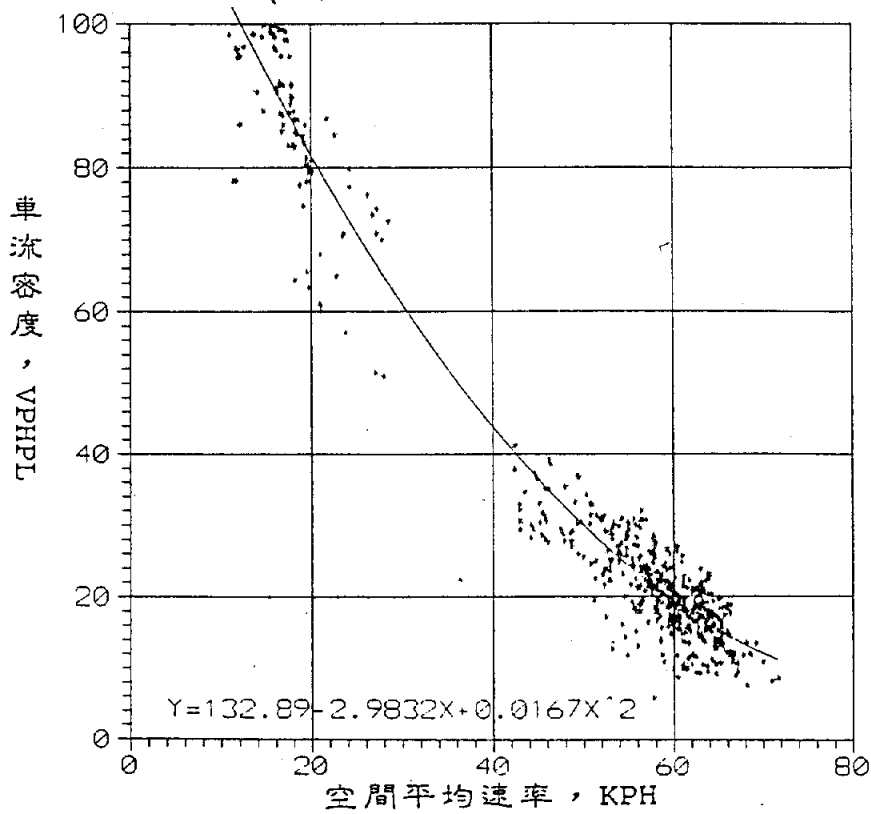
4-11f

圖 4-11f 空間平均速率與車流密度之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側二車道)



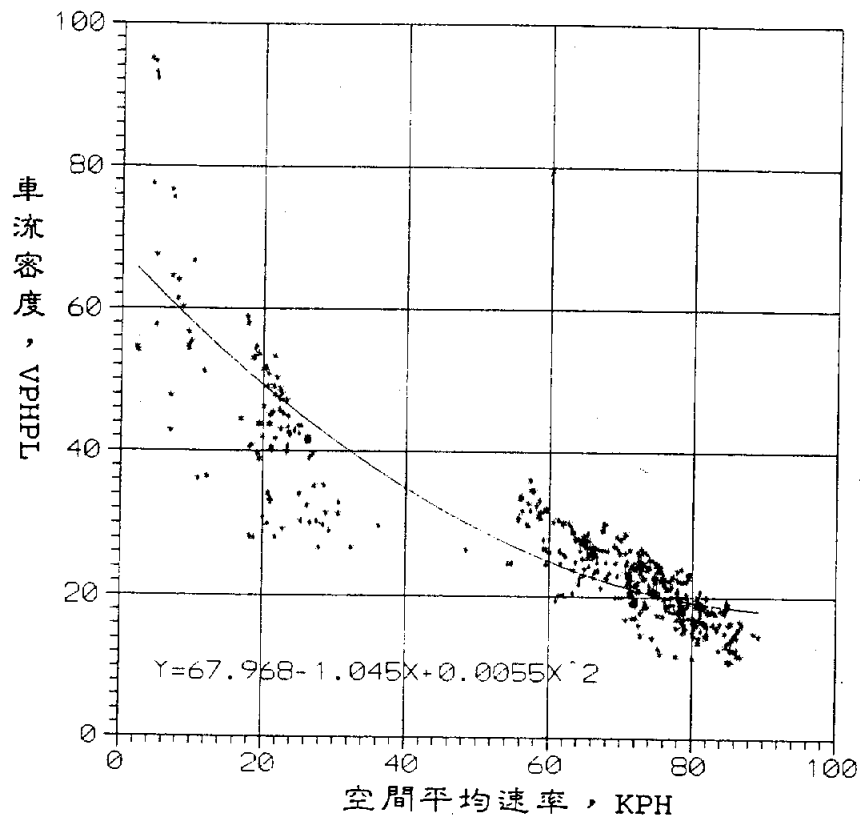
4-11G

圖 4-11g 空間平均速率與車流密度之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一車道)



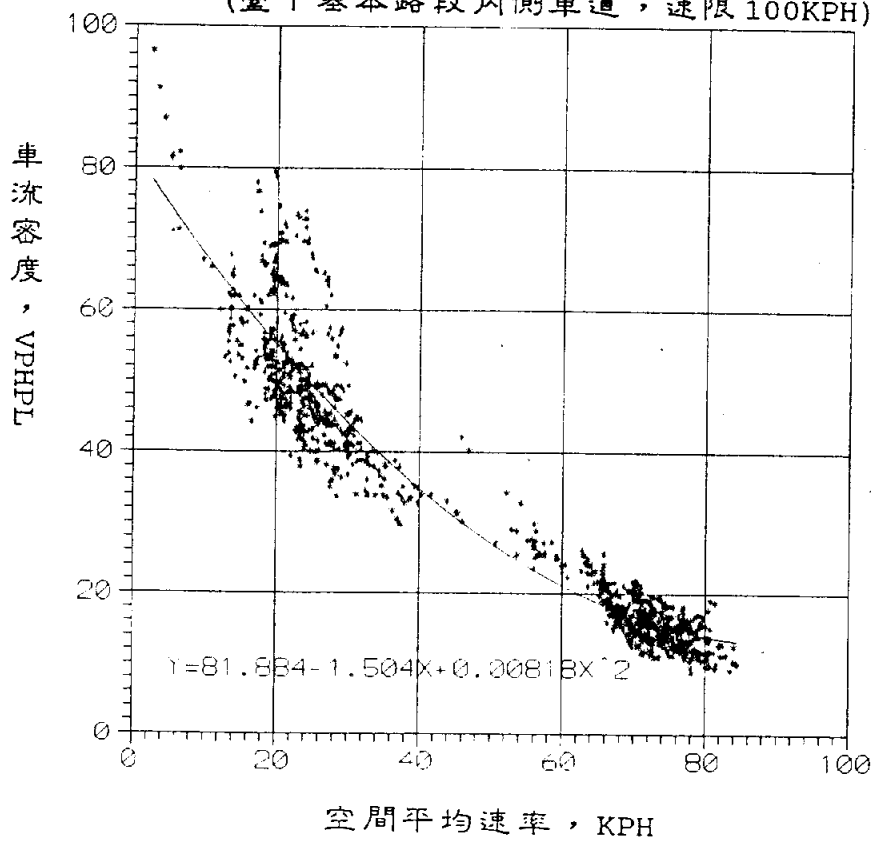
4-11H

圖 4-11h 空間平均速率與車流密度之關係圖
(三重受上匝道影響路段外側車道)



4-11I

圖 4-11i 空間平均速率與車流密度之關係圖
(臺中基本路段內側車道，速限100KPH)



4-11J

圖 4-11j 空間平均速率與車流密度之關係圖
(臺中基本路段外側車道，速限100KPH)

4.1.3 主線與匝道之容量訂定

本研究研訂高速公路主線與匝道容量，其主要方法乃運用前節所述六變數八種曲線(圖4-4至圖4-11)之關係求得。分析過程中，除避免因車種組成造成困擾而必須採用小客車當量車流率(PCEF)外，還需考慮曲線上樣本點的集中性，俾明確訂出容量值，過程至為複雜。以下將本研究有關高速公路主線與匝道容量值之決定步驟說明如下：

1. 過濾六變數間八種關係曲線之適用性：

- (1) 在八曲線之任二變數中，其中一個必須為小客車當量流率(PCEF)。

本節為避免在訂定容量時遭受車種組成之(重車比例)困擾，在各曲線之二變數中，必須有一個變數為小客車當量流率(PCEF)。故在八條曲線中，只剩下 a. PCEF-SMS、b. Occ-PCEF、c. PCEF-f 函數、d. Den-PCEF 等四條曲線，適於分析容量。

- (2) 構成曲線之二變數，其樣本點不論大或小，其間均有強烈之相關性。

就(1)項所剩的四曲線中，由於小客車當量流率在佔有率 30 % 以後，或車流密度在 30 vph/km/lane 以後，樣本點就呈散亂狀，故 a. Occ-PCEF b. Den-PCEF 二條曲線，並不適於分析容量。

- (3) 變數之樣本點需能清楚的表達容量值。

在 PCEF-SMS 及 PCEF-F 函數二條曲線中，PCEF-F 函數曲線雖為線性關係，樣本點雖有上(下)限值，但並不容易清楚的界定出容量值，故也不適於容量之訂定。

考慮上述三項因素，綜論前節八曲線之關係，最後本研究選定了小客車當量車流率與空間平均速率二變數所組成的曲線(PCEF-SMS)，作為訂定高速公路主線與匝道容量之主要分析曲線。

2. 訂定各速率下之最大服務流率 (Service Flow Rate)

- (1) 選出各路段各車道小客車當量—空間平均速率樣本點中，空間平均速率之最小與最大之樣本點。

(2) 求出空間平均速率每 5 kph 一點，滑動範圍為 10 kph 之小客車當量車流率與空間平均速率作為新的樣本點。就此新的樣本點加上最大與最小點之樣本點，可整理出 PCEF 與 SMS 之關係表，並繪製成 PCEF-SMS 之關係曲線圖。如表 4.1 與圖 4-12a 至圖 4-12e 所示。

(3) 由各車道 PCEF-SMS 關係曲線中，可量測出各速率下之相對服務流率。

3. 訂定高速公路各路段各車道容量值

由各路段各車道小客車當量車流率滑動平均數中，取最大之服務小客車當量流率之整數值，定為主線、匝道之容量。其結果整理如表 4.2 所示。

高速公路各路段各車道中，仍以基本路段內側車道容量最高，可達 2,450 pcphpl，而速限之高低(汐止 90 kph 和臺中 100 kph)對容量並沒有顯著的影響(僅相差 50 pcphpl)。

當主線車流受下匝道影響時，內、外側車道均受下匝道車輛之影響，容量僅達 2,100 pcphpl，但內、外側車道二者間並沒有明顯差異，與基本路段內側車道容量相比，下降幅度約為 12%。至於主線車流受上匝道影響時，容量會降達 1,625 - 1,850 pcphpl 之間，下降幅度約達 30%；另外，此類型路段之容量有一特殊現象值得一提，其內側第二車道容量最高，其次是外側車道，最低的是內側第一車道。這是因為該高速公路路段原為四車道，在經北上匝道二車道匯流後，因開放路肩行駛所以變成五個車道，則最外側車道可自然的與主線匯流，而內側的第一車道卻成為受上匝道車流衝擊最鉅之車道。

至於下匝道路段，因受速限、道路幾何條件、地面號制管制及用路者心理因素之影響，容量只能達到 1,200 pcphpl，幾乎只有基本路段容量之一半。

表 4.1 高速公路各路段車流率與空間平均速率之關係

汐止基本路段				臺中基本路段				三重下匝道路段	
內側		外側		內側		外側			
車流率	速率	車流率	速率	車流率	速率	車流率	速率	車流率	速率
pcphpl	kph	pcphpl	kph	pcphpl	kph	pcphpl	kph	pcphpl	kph
984	10.16	846	9.90	210	2.17	225	2.35	674	7.10
1,277	15.28	1,192	15.74	580	6.72	375	4.29	806	11.52
1,458	20.89	1,326	20.05	718	9.18	1,097	11.78	900	14.18
1,698	22.55	1,476	25.25	1,078	16.32	1,417	16.70	1,100	19.33
1,882	24.90	1,828	27.00	1,285	20.92	1,611	20.81	1,134	28.31
2,054	29.36	1,877	31.29	1,319	23.36	1,712	24.37	1,175	33.41
2,149	36.89	1,919	33.58	1,309	27.97	1,775	28.59	1,088	41.91
2,192	37.94	1,968	41.60	1,470	32.39	1,813	36.13	992	46.97
2,381	47.00	2,026	44.95	1,604	36.24	1,820	39.48	967	49.32
2,426	49.81	2,110	50.00	1,822	42.45	1,897	44.97	951	51.73
2,381	55.38	2,138	55.27	2,225	49.97	2,023	52.02	844	53.55
2,340	60.42	2,001	60.53	2,453	57.72	2,085	54.09		
2,383	65.01	1,898	65.42	2,390	61.27	2,109	60.33		
2,415	70.67	1,899	69.84	2,320	65.39	1,763	66.99		
2,363	75.47	1,849	74.21	2,231	70.65	1,664	70.40		
2,209	80.13	1,758	78.79	2,161	74.91	1,586	74.16		
2,089	84.33	1,723	81.94	2,029	79.23	1,478	77.87		
2,029	87.75	1,708	83.48	1,835	83.15	1,181	84.52		
1,938	91.78	1,671	87.63	1,659	86.00				
1,333	97.01	1,379	92.62	900	89.32				
1,200	100.40	1,236	94.85						
		992	98.95						

表 4.1 高速公路各路段車流率與空間平均速率之關係 (續)

三重受下匝道影響路段				三重受上匝道影響路段					
內側		外側		內側二		內側一		外側	
車流率	速率	車流率	速率	車流率	速率	車流率	速率	車流率	速率
pcphpl	kph	pcphpl	kph	pcphpl	kph	pcphpl	kph	pcphpl	kph
602	6.10	563	5.15	1,079	10.93	876	8.76	662	5.35
817	9.63	684	6.94	1,493	16.55	951	9.21	950	10.44
1,114	15.64	938	10.74	1,572	18.42	1,263	15.88	1,213	16.15
1,363	20.27	1,243	16.11	1,713	24.25	1,430	18.73	1,332	19.52
1,569	24.63	1,440	20.45	1,858	27.27	1,624	22.68	1,442	23.48
1,683	29.57	1,616	24.34	1,634	43.51	1,593	25.99	1,490	26.30
1,767	33.92	1,812	29.55	1,583	46.89	1,552	39.56	1,568	31.21
1,916	40.49	1,912	34.62	1,444	52.27	1,540	43.51	1,760	43.06
2,034	44.86	2,041	40.16	1,308	56.66	1,530	46.83	1,680	48.36
2,094	48.70	2,119	44.39	1,167	60.47	1,509	51.07	1,627	52.51
2,011	54.51	2,133	48.26	1,062	63.15	1,517	57.22	1,582	55.20
1,978	59.64	2,082	53.97	943	66.42	1,480	60.40	1,500	61.29
1,962	64.96	1,917	60.05	623	71.71	1,444	62.52	1,489	66.37
1,885	70.22	1,872	65.06			1,401	66.29	1,477	69.67
1,796	75.40	1,834	69.29			1,178	68.22	1,467	71.90
1,779	78.57	1,784	73.76					1,200	74.93
1,771	85.80	1,708	80.67						
1,711	89.30	1,718	81.50						
1,600	93.39	1,438	85.24						
1,489	96.80	1,333	89.01						
1,200	100.40	1,236	92.62						
		992	98.95						

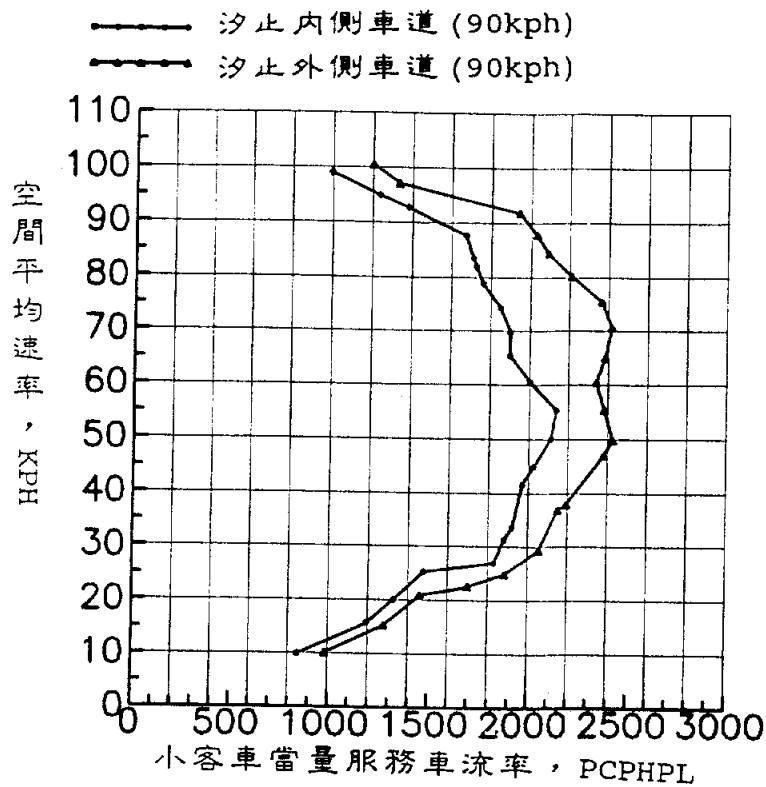


圖 4-12a 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖
(汐止基本路段內、外側車道，速限90KPH)

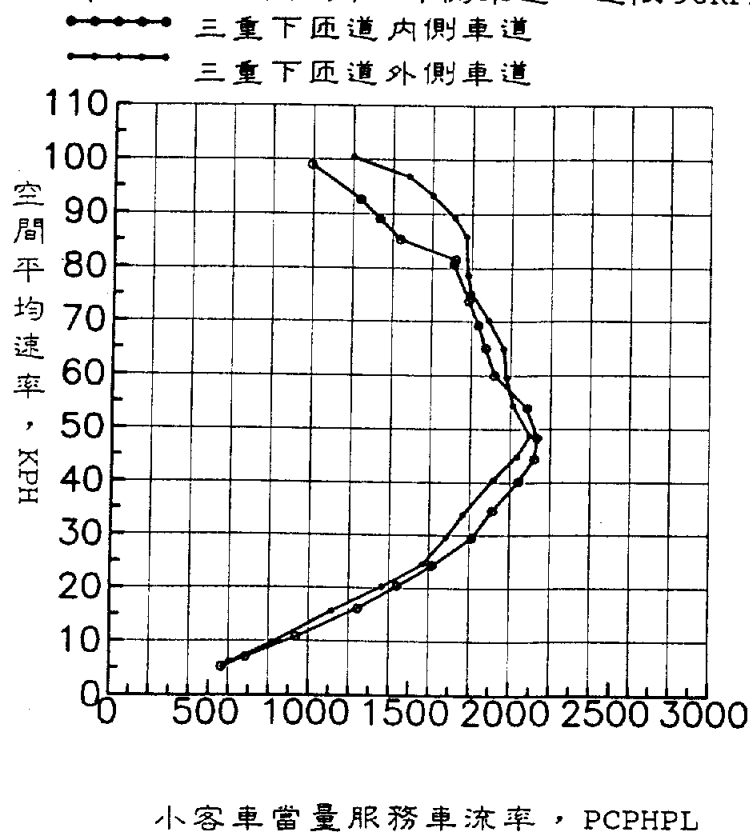
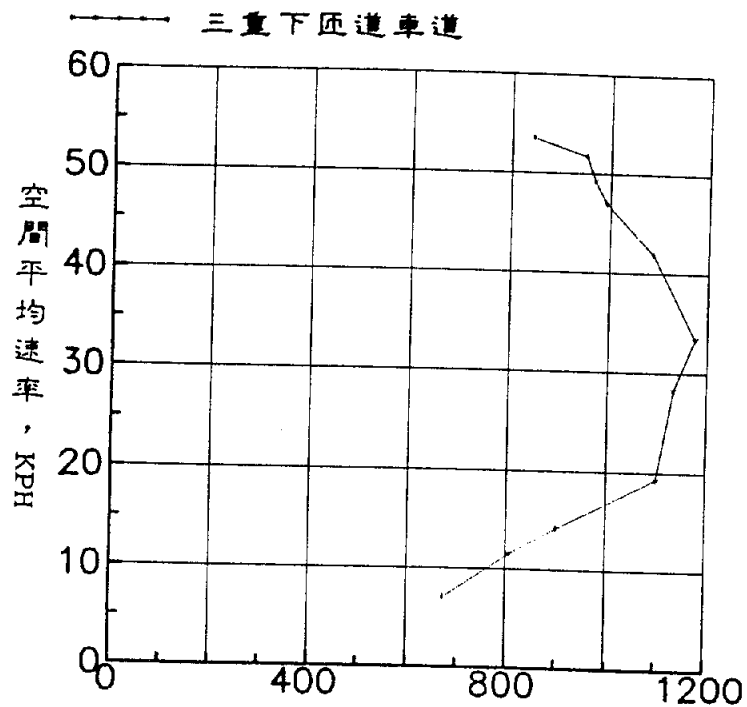
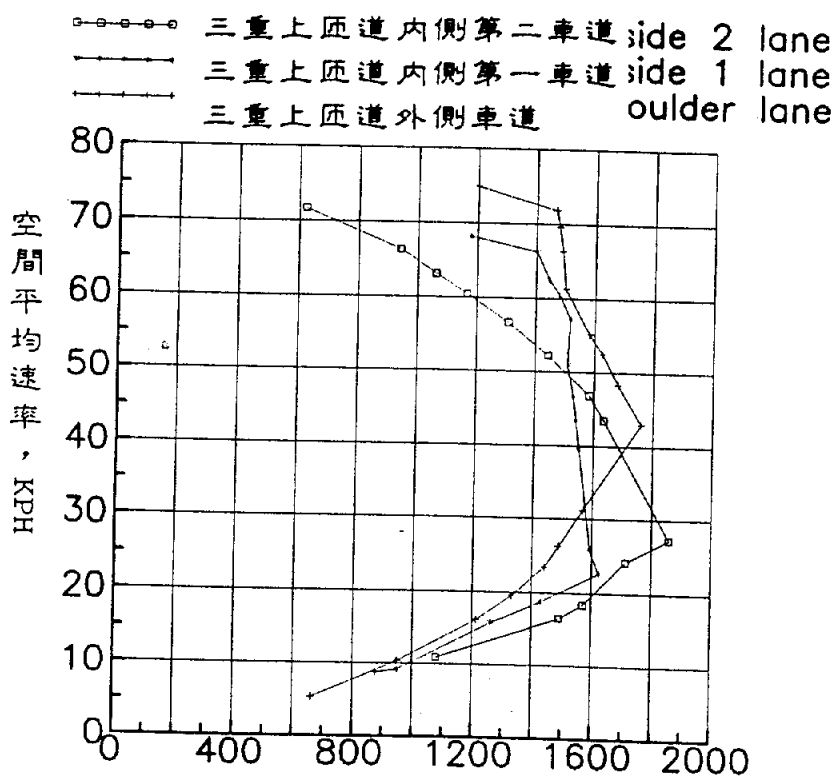


圖 4-12b 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖
(三重受下匝道影響路段內、外側車道)



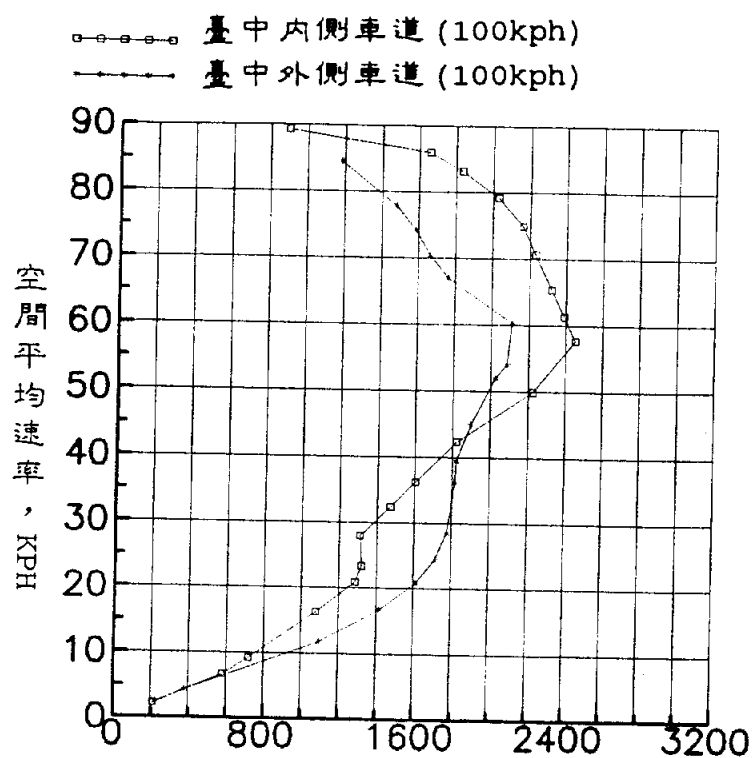
小客車當量服務車流率, PCPHPL

圖 4-12c 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖
(三重下匝道路段)



小客車當量服務車流率, PCPHPL

圖 4-12d 小客當量服務車流率與空間平均速率之關係圖
(三重受上匝道影響路段內側一、二及外側車道)



小客車當量服務車流率, PCPHPL

圖 4-12e 小客當量服務車流率與空間平均速率 之關係圖
(臺中基本路段內、外側車道, 速限100KPH)

表 4.2 高速公路各路段各種車道之容量值

路段及車道別	速限 (kph)	空間平均速率* (kph)	容量 (pcphpl)
基本路段內側車道	90	50	2,400
基本路段外側車道	90	55	2,150
-----	-----	-----	-----
基本路段內側車道	100	60	2,450
基本路段外側車道	100	60	2,100
-----	-----	-----	-----
受下匝道影響路段內側車道	90	50	2,100
受下匝道影響路段外側車道	90	50	2,100
-----	-----	-----	-----
受上匝道影響路段內側第二車道	90	35	1,850
受上匝道影響路段內側第一車道	90	25	1,625
受上匝道影響路段外側車道	90	45	1,760
-----	-----	-----	-----
下匝道路段	40	35	1,200

備註：*為高速公路各路段各車道發生最高服務流率(容量)時之空間平均速率。

4.1.4 主線與匝道服務水準評估指標之訂定

服務水準評估指標係指評估某一車道所能提供用路者某一行程服務程度之指標。一般衡量此一服務程度之因素計有旅行時間、旅行速率、行程干擾與用路者之駕駛自由程度、方便程度、安全程度、舒適程度及行程成本等。這些因素有些可量化（諸如本研究 3.2 節中之變數），有些不能量化（只能憑用路者的直覺）；在這些可量化與不可量化因素之間，有的是彼此間獨立（dependent），有的則具有相當之關聯性。

本研究對主線與匝道服務水準評估指標之訂定，係以空間平均速率為高速公路整體之評估指標，並以 V/C 值為主，輔以常見的指標如 V/C 值、小客車當量車流率、佔有率、車道密度等。其訂定之步驟如下：

一、界定服務水準評估指標之等級

本研究依高速公路各路段各車道提供給用路者之服務程度（用路者對旅行速度最有感覺），將服務水準分成常見的 A 至 F 等六級，但在 F 級中又依擁塞情況分 F1 至 F5 或 F1 至 F3 等次級，其顯示之車流狀況說明如下：

- A 級：用路者幾乎以自由速率（Free-Flow Speed）行駛，各路段各車道旅行空間平均速率約可達速限 90 或 100 kph。
- B 級：用路者之車輛可舒適操作，其旅行空間平均速率可達速限之百分之九十五。
- C 級：車隊以穩定狀態行駛，其旅行空間平均速率約可達速限之百分之九十。
- D 級：車隊行駛已接近不穩定車流狀態，其旅行空間平均速率約可達速限之百分之七十五。
- E 級：車隊呈不穩定車流狀態行駛，其旅行空間平均速率約可達速限之百分之六十。
- F 級：車隊屬於強迫性車流，車隊間無插入之間隙而呈大排長龍的情形，其旅行空間平均速率約可達速限之百分之五十。

至於 F 級下再分次級問題，本研究認為就規劃之觀點似無訂定之必要，但若就高速公路車流操作的觀點，則有必要再將其細分等級，且可以車隊擁塞消散的時間當指標。但此擁塞消散時間指標，並不屬本研究之範圍，所以本研究僅概略訂之，約以速限之 50% 定為 F1 級，約 39% 者定為 F2 級，約 28% 者定為 F3 級，約 17% 者定為 F4 級，約 5 % 者定為 F5 級。

二、選擇服務水準評估指標

選擇高速公路主線與匝道服務水準評估指標時需考慮整體性、特殊性、通用性(習慣性)、正確性等因素，現逐一說明如下：

(1) 高速公路系統之整體性

就高速公路整體之服務水準而言，旅行速率最易為用路者感受，並且若將各路段之旅行速率標示於高速公路的區位速率分佈圖上，一眼便可看出那一路段是為整個高速公路之瓶頸所在，故空間平均速率可當作評估各路段各車道服務水準之重要指標之一。

(2) 高速公路各路段之特殊性

就高速公路收費站而言，車輛之車速由喇叭狀進口處的六、七十公里時速降至繳費處之幾乎停止，然後再加速匯流回主線。此一車流狀況，在收費站系統內以行車之平均速率並不容易反映出真正的服務水準。為改善此缺失，本研究建議採用車隊的平均等候長度 (Queue Lengh) 或車隊之系統等候時間 (Time in System) 等二數值作為評估指標。

(3) 通用性(習慣性)

以往高速公路主線與匝道部份服務水準評估指標之應用，國內多數人習慣使用平均旅行速率 (km/hr)、 v/c 比值、車道密度 (pcu/km/ln)、最大服務流率 (pcphpl) 等指標，所以本研究也將這些指標一併列出，以供相關人員參考、使用。

(4) 正確性

本研究經資料 (kph%) 分析發現 (請詳見表 4.3) , 當佔有率小於 25% 時, F 函數 Φ 值之標準差最小, 其次是佔有率 (%) , 標準差最大的是空間平均速率 (kph) 。所以本研究在訂定主線與匝道部份之服務水準評估指標中, 除考慮 (3) 項所述的四個指標外, 另再加上 F 函數 Φ 值及佔有率等二個指標, 共六個服務水準評估指標。

(5) 方便性

綜合上述六指標當可適用於高速公路規劃、設計、操作....等階段服務水準之評估, 並方便資料之取得。

表 4.3 三重北上受下匝道影響路段佔有率、速率與 F 函數 Φ 值之標準差比較表

predictor	Occupancy < 25%		Occupancy \geq 25%	
	Shoulder Lane	Center Lane	Shoulder Lane	Center Lane
Occupancy P	136.4	143.2	308.3	292.3
Speed S	232.3	210.7	271.2	247.1
Function Φ	124.2	110.1	93.0	109.4

三、各路段各車道各種服務水準評估指標之訂定

在訂定高速公路主線與匝道的六個服務水準評估指標時, 首先仍以滑動平均數法 (每 5 KPH 取一點, 滑動範圍為 10 KPH) , 分別訂定服務水準 A 至 F 級各級之空間平均速率與小客車當量車流率, 然後再透過 4.13 節 SMS 與 Occ 、 Den 之關係曲線方程式與 PCEF 與 F 函數 Φ 值之關係直線方程式 (如表 4.4 所示) , 訂定各級之其他指標; 至於 V/C 比率值, 則透過各級小客車當量車流率與最大小客車當量服務車流率之比值訂定之。其結果如表 4.5 所示。

表 4.4 高速公路各路段各車道變數間之方程式

路段與車道名稱	空間平均速率與佔有率	空間平均速率與車道密度
主線基本路段內側車道 (速限 90)	$OCC = 87.394 * EXP(-0.0244 * SMS)$	$Den = 86.717 - 1.082 * SMS + 0.0023 * SMS^2$
主線基本路段外側車道 (速限 90)	$OCC = 64.350 * EXP(-0.0173 * SMS)$	$Den = 81.408 - 1.247 * SMS + 0.0060 * SMS^2$
主線基本路段內側車道 (速限 100)	$OCC = 66.808 * EXP(-0.0158 * SMS)$	$Den = 67.968 - 1.044 * SMS + 0.0055 * SMS^2$
主線基本路段外側車道 (速限 100)	$OCC = 87.631 * EXP(-0.0236 * SMS)$	$Den = 81.884 - 1.504 * SMS + 0.0082 * SMS^2$
主線受下匝道影響內側車道	$OCC = 136.544 * EXP(-0.0375 * SMS)$	$Den = 94.463 * EXP(-0.0227 * SMS)$
主線受下匝道影響外側車道	$OCC = 89.083 * EXP(-0.0281 * SMS)$	$Den = 119.122 * EXP(-0.0298 * SMS)$
主線受上匝道影響內側第二車道	$OCC = 73.205 * EXP(-0.0239 * SMS)$	$Den = 77.042 - 1.806 * SMS + 0.013 * SMS^2$
主線受上匝道影響內側第一車道	$OCC = 72.715 * EXP(-0.0346 * SMS)$	$Den = 109.81 - 2.3127 * SMS + 0.0147 * SMS^2$
主線受上匝道影響外側車道	$OCC = 80.205 * EXP(-0.0264 * SMS)$	$Den = 132.89 - 2.8932 * SMS + 0.0167 * SMS^2$
下匝道路段	$OCC = 118.369 * EXP(-0.0374 * SMS)$	$Den = 80.2738 - 1.2487 * SMS$

表 4.4 高速公路各路段各車道變數間之方程式 (續一)

路段與車道名稱	小客車當量車流率與 Φ 函數值	佔有率與車道密度
主線基本路段內側車道 (速限 90)	$\Phi = 191.845 + 0.5847 * PCEF$	Den = 0.263 + 1.321 * Occ
主線基本路段外側車道 (速限 90)	$\Phi = 64.866 + 0.6573 * PCEF$	Den = -0.341 + 1.269 * Occ
主線基本路段內側車道 (速限 100)	$\Phi = 18.689 + 0.6977 * PCEF$	Den = 0.263 + 1.321 * Occ
主線基本路段外側車道 (速限 100)	$\Phi = 25.841 + 0.6992 * PCEF$	Den = 0.975 + 1.220 * Occ
主線受下匝道影響內側車道	$\Phi = 6.905 + 0.7256 * PCEF$	Den = 0.946 + 1.059 * Occ
主線受下匝道影響外側車道	$\Phi = 6.067 + 0.7217 * PCEF$	Den = 0.033 + 1.181 * Occ
主線受上匝道影響內側第二車道	$\Phi = -28.209 + 0.6872 * PCEF$	Den = 1.172 + 1.394 * Occ
主線受上匝道影響內側第一車道	$\Phi = -43.666 + 0.7034 * PCEF$	Den = 0.645 + 1.411 * Occ
主線受上匝道影響外側車道	$\Phi = -26.407 + 0.6855 * PCEF$	Den = 0.088 + 1.484 * Occ
下匝道路段	$\Phi = -12.49 + 0.6945 * PCEF$	Den = 1.334 + 1.365 * Occ

表 4.4 高速公路各路段各車道變數間之方程式 (續二)

路段與車道名稱	空間平均速率與時間平均速率
主線基本路段內側車道 (速限 90)	$TMS = 12.916 + 0.607 * SMS + 0.00313 * SMS^2$
主線基本路段外側車道 (速限 90)	$TMS = 12.920 + 0.632 * SMS + 0.00273 * SMS^2$
主線基本路段內側車道 (速限 100)	$TMS = 2.685 + 0.999 * SMS - 0.00257 * SMS^2$
主線基本路段外側車道 (速限 100)	$TMS = 4.780 + 0.864 * SMS + 0.00121 * SMS^2$
主線受下匝道影響內側車道	$TMS = 6.160 + 0.854 * SMS + 0.00102 * SMS^2$
主線受下匝道影響外側車道	$TMS = 5.262 + 0.938 * SMS + 0.00026 * SMS^2$
主線受上匝道影響內側第二車道	$TMS = 7.604 + 0.805 * SMS + 0.00143 * SMS^2$
主線受上匝道影響內側第一車道	$TMS = 5.657 + 0.836 * SMS + 0.00153 * SMS^2$
主線受上匝道影響外側車道	$TMS = 5.141 + 0.892 * SMS + 0.00083 * SMS^2$
下匝道路段	$TMS = -9.128 + 2.994 * SMS - 0.06550 * SMS^2$ $+ 0.00059 * SMS^3$

表 4.5 高速公路主線基本路段內側車道 (速限90KPH)服務水準評估表

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*)	V / C 值
A	101↑	1 ↓	1,200 ↓	892 ↓	0.50 ↓
B	91 ~ 100	2 ~ 7	1,201 ~ 1,900	893 ~ 1,301	0.51 ~ 0.79
C	81 ~ 90	8 ~ 14	1,901 ~ 2,100	1,302 ~ 1,418	0.80 ~ 0.88
D	71 ~ 80	15 ~ 21	2,101 ~ 2,350	1,419 ~ 1,564	0.89 ~ 0.98
E	51 ~ 70	22 ~ 37	2,351 ~ 2,400	1,565 ~ 1,593	0.99 ~ 1.00
F1	36 ~ 50	38 ~ 51	2,201 ~ 2,350	1,477 ~ 1,564	0.93 ~ 0.98
F2	26 ~ 35	52 ~ 60	2,001 ~ 2,200	1,360 ~ 1,476	0.84 ~ 0.92
F3	16 ~ 25	61 ~ 70	1,701 ~ 2,000	1,185 ~ 1,359	0.72 ~ 0.83
F4	11 ~ 15	71 ~ 75	1,276 ~ 1,700	937 ~ 1,184	0.54 ~ 0.71
F5	10 ↓	76↑	1,275 ↓	936 ↓	0.53 ↓

表 4.5 高速公路主線基本路段外側車道 (速限90KPH)服務水準評估表 (續一)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*)	V / C 值
A	96↑	14 ↓	1,200 ↓	853 ↓	0.56 ↓
B	86 ~ 95	15 ~ 16	1,201 ~ 1,650	854 ~ 1,149	0.57 ~ 0.77
C	76 ~ 85	17 ~ 19	1,651 ~ 1,750	1,150 ~ 1,215	0.78 ~ 0.81
D	61 ~ 75	20 ~ 26	1,751 ~ 2,000	1,216 ~ 1,379	0.82 ~ 0.93
E	51 ~ 60	27 ~ 32	2,001 ~ 2,150	1,380 ~ 1,478	0.94 ~ 1.00
F1	41 ~ 50	33 ~ 39	1,951 ~ 2,000	1,347 ~ 1,379	0.92 ~ 0.93
F2	31 ~ 40	40 ~ 48	1,876 ~ 1,950	1,298 ~ 1,346	0.88 ~ 0.91
F3	21 ~ 30	49 ~ 57	1,476 ~ 1,875	1,035 ~ 1,297	0.70 ~ 0.87
F4	11 ~ 20	58 ~ 68	1,201 ~ 1,475	854 ~ 1,034	0.57 ~ 0.69
F5	10 ↓	69↑	1,200 ↓	853 ↓	0.56 ↓

表 4.5 高速公路主線基本路段內側車道 (速限 100KPH) 服務水準評估表 (續二)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*)	V / C 值
A	91↑ 16.1 ↓	17 ↓	1,650 ↓	1,170 ↓	0.67 ↓
B	81 ~ 90 16.2 ~ 18.6	18 ~ 19	1,651 ~ 2,000	1,171 ~ 1,414	0.68 ~ 0.82
C	71 ~ 80 18.7 ~ 21.9	20 ~ 22	2,001 ~ 2,200	1,415 ~ 1,553	0.83 ~ 0.90
D	61 ~ 70 22.0 ~ 25.6	23 ~ 25	2,201 ~ 2,350	1,554 ~ 1,658	0.91 ~ 0.96
E	51 ~ 60 25.7 ~ 29.9	26 ~ 29	2,351 ~ 2,450	1,659 ~ 1,728	0.97 ~ 1.00
F1	41 ~ 50 30.0 ~ 35.2	30 ~ 34	1,801 ~ 2,350	1,275 ~ 1,658	0.75 ~ 0.96
F2	31 ~ 40 35.3 ~ 41.2	35 ~ 41	1,501 ~ 1,800	1,066 ~ 1,274	0.62 ~ 0.74
F3	21 ~ 30 41.3 ~ 48.5	42 ~ 48	1,301 ~ 1,500	926 ~ 1,065	0.54 ~ 0.61
F4	11 ~ 20 48.6 ~ 56.1	49 ~ 57	801 ~ 1,300	578 ~ 925	0.34 ~ 0.53
F5	10 ↓ 56.2↑	58↑	800 ↓	577 ↓	0.33 ↓

表 4.5 高速公路主線基本路段外側車道 (速限 100KPH) 服務水準評估表 (續三)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*)	V / C 值
A	91↑ 8.1 ↓	12 ↓	1,200 ↓	865 ↓	0.57 ↓
B	81 ~ 90 8.2 ~ 10.5	13 ~ 14	1,201 ~ 1,500	866 ~ 1,074	0.58 ~ 0.71
C	71 ~ 80 10.6 ~ 13.7	15 ~ 16	1,501 ~ 1,700	1,075 ~ 1,214	0.72 ~ 0.81
D	61 ~ 70 13.8 ~ 17.9	17 ~ 21	1,701 ~ 2,000	1,215 ~ 1,424	0.82 ~ 0.95
E	51 ~ 60 18.0 ~ 23.2	22 ~ 26	2,001 ~ 2,100	1,425 ~ 1,494	0.96 ~ 1.00
F1	41 ~ 50 23.3 ~ 29.8	27 ~ 34	1,801 ~ 2,000	1,285 ~ 1,424	0.87 ~ 0.95
F2	31 ~ 40 29.9 ~ 38.5	35 ~ 43	1,751 ~ 1,800	1,250 ~ 1,284	0.84 ~ 0.86
F3	21 ~ 30 38.6 ~ 50.9	44 ~ 54	1,551 ~ 1,750	1,110 ~ 1,249	0.75 ~ 0.83
F4	11 ~ 20 51.0 ~ 65.6	55 ~ 66	1,101 ~ 1,550	796 ~ 1,109	0.53 ~ 0.74
F5	10 ↓ 65.7↑	67↑	1,100 ↓	795 ↓	0.52 ↓

表 4.5 高速公路主線受下匝道影響路段內側車道 (速限 90KPH) 服務水準評估表 (續四)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*)	V / C 值
A	91↑	11 ↓	1,200 ↓	877 ↓	0.57 ↓
B	81 ~ 90	12 ~ 14	1,201 ~ 1,600	878 ~ 1,168	0.58 ~ 0.76
C	71 ~ 80	15 ~ 19	1,601 ~ 1,850	1,169 ~ 1,349	0.77 ~ 0.88
D	56 ~ 70	20 ~ 26	1,851 ~ 1,950	1,350 ~ 1,422	0.89 ~ 0.93
E	46 ~ 55	27 ~ 33	1,951 ~ 2,100	1,423 ~ 1,531	0.94 ~ 1.00
F1	36 ~ 45	34 ~ 42	1,801 ~ 1,950	1,314 ~ 1,422	0.87 ~ 0.93
F2	26 ~ 35	43 ~ 52	1,601 ~ 1,800	1,169 ~ 1,313	0.77 ~ 0.86
F3	16 ~ 25	53 ~ 66	1,301 ~ 1,600	951 ~ 1,168	0.63 ~ 0.76
F4	11 ~ 15	67 ~ 74	851 ~ 1,300	624 ~ 950	0.42 ~ 0.62
F5	10 ↓	75↑	850 ↓	623 ↓	0.41 ↓

表 4.5 高速公路主線受下匝道影響路段外側車道 (速限 90KPH) 服務水準評估表 (續五)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*)	V / C 值
A	91↑	7 ↓	1,500 ↓	1,088 ↓	0.71 ↓
B	81 ~ 90	8 ~ 10	1,501 ~ 1,700	1,089 ~ 1,233	0.72 ~ 0.81
C	71 ~ 80	11 ~ 14	1,701 ~ 1,850	1,234 ~ 1,341	0.82 ~ 0.88
D	56 ~ 70	15 ~ 22	1,851 ~ 2,000	1,342 ~ 1,449	0.89 ~ 0.95
E	46 ~ 55	23 ~ 30	2,001 ~ 2,100	1,450 ~ 1,522	0.96 ~ 1.00
F1	36 ~ 45	31 ~ 41	1,901 ~ 2,000	1,378 ~ 1,449	0.91 ~ 0.95
F2	26 ~ 35	42 ~ 55	1,601 ~ 1,900	1,162 ~ 1,377	0.77 ~ 0.90
F3	16 ~ 25	56 ~ 75	1,251 ~ 1,600	909 ~ 1,161	0.61 ~ 0.76
F4	11 ~ 15	76 ~ 86	951 ~ 1,250	692 ~ 908	0.46 ~ 0.60
F5	10 ↓	87↑	950 ↓	691 ↓	0.45 ↓

表 4.5 高速公路主線受上匝道影響路段內側第二車道 (速限 90KPH) 服務水準評估表 (續六)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*)	V / C 值
A	71↑ 13.7 ↓	13 ↓	600 ↓	384 ↓	0.32 ↓
B	61 ~ 70 13.8 ~ 17.3	14 ~ 15	601 ~ 1,000	385 ~ 659	0.33 ~ 0.54
C	51 ~ 60 17.4 ~ 21.9	16 ~ 19	1,001 ~ 1,300	660 ~ 865	0.55 ~ 0.70
D	41 ~ 50 22.0 ~ 27.8	20 ~ 25	1,301 ~ 1,600	866 ~ 1,071	0.71 ~ 0.87
E	26 ~ 40 27.9 ~ 40.0	26 ~ 39	1,601 ~ 1,850	1,072 ~ 1,243	0.88 ~ 1.00
F1	16 ~ 25 40.1 ~ 50.6	40 ~ 51	1,501 ~ 1,600	1,003 ~ 1,071	0.82 ~ 0.87
F2	11 ~ 15 50.7 ~ 56.2	52 ~ 59	801 ~ 1,500	522 ~ 1,002	0.44 ~ 0.81
F3	10 ↓ 56.3↑	60↑	800 ↓	521 ↓	0.43 ↓

表 4.5 高速公路主線受上匝道影響路段內側第一車道 (速限 90KPH) 服務水準評估表 (續七)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*)	V / C 值
A	66↑ 7.4 ↓	21 ↓	1,200 ↓	800 ↓	0.74 ↓
B	56 ~ 65 7.5 ~ 10.2	22 ~ 26	1,201 ~ 1,450	801 ~ 976	0.75 ~ 0.89
C	46 ~ 55 10.3 ~ 14.7	27 ~ 35	1,451 ~ 1,525	977 ~ 1,029	0.90 ~ 0.93
D	31 ~ 45 14.8 ~ 24.7	36 ~ 52	1,526 ~ 1,550	1,030 ~ 1,046	0.94 ~ 0.95
E	21 ~ 30 24.8 ~ 34.7	53 ~ 68	1,551 ~ 1,625	1,047 ~ 1,099	0.96 ~ 1.00
F1	16 ~ 20 34.8 ~ 41.2	69 ~ 77	1,251 ~ 1,550	836 ~ 1,046	0.78 ~ 0.95
F2	11 ~ 15 41.3 ~ 48.3	78 ~ 86	951 ~ 1,250	625 ~ 835	0.60 ~ 0.77
F3	10 ↓ 48.4↑	87↑	950 ↓	624 ↓	0.59 ↓

表 4.5 高速公路主線受上匝道影響路段外側車道 (速限 90KPH) 服務水準評估表 (續八)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數Φ值 (KPH*)	V / C 值	
A	76↑ 11.0 ↓	9 ↓	1,200 ↓	796 ↓	0.69 ↓	
B	71 ~ 75	11.1 ~ 12.4	10 ~ 12	1,201 ~ 1,400	797 ~ 933	0.70 ~ 0.80
C	61 ~ 70	12.5 ~ 16.2	13 ~ 19	1,401 ~ 1,500	934 ~ 1,002	0.81 ~ 0.86
D	51 ~ 60	16.3 ~ 21.0	20 ~ 29	1,501 ~ 1,600	1,003 ~ 1,070	0.87 ~ 0.91
E	41 ~ 50	21.1 ~ 27.5	30 ~ 42	1,601 ~ 1,750	1,071 ~ 1,173	0.92 ~ 1.00
F1	26 ~ 40	27.6 ~ 40.8	43 ~ 69	1,401 ~ 1,600	934 ~ 1,070	0.81 ~ 0.91
F2	11 ~ 25	40.9 ~ 59.9	70 ~ 103	951 ~ 1,400	626 ~ 933	0.55 ~ 0.80
F3	10 ↓	60.0↑	104↑ 950 ↓	625 ↓	0.54 ↓	

表 4.5 高速公路下匝道影響路段 (速限 90KPH) 服務水準評估表 (續九)

空間平均速率 (KPH)	佔有率 (%)	車道密度 (PCU/KM/LN)	服務流量 (PCPHPL)	F 函數 Φ 值 (KPH*%)	V / C 值	
A	56↑ 15.1 ↓	11 ↓	850 ↓	578 ↓	0.71 ↓	
B	51 ~ 55	15.2 ~ 17.9	12 ~ 17	851 ~ 950	579 ~ 647	0.72 ~ 0.79
C	46 ~ 50	18.0 ~ 21.4	18 ~ 23	951 ~ 975	648 ~ 665	0.80 ~ 0.81
D	36 ~ 45	21.5 ~ 31.4	24 ~ 35	976 ~ 1,100	666 ~ 751	0.82 ~ 0.92
E	26 ~ 35	31.5 ~ 45.4	36 ~ 48	1,101 ~ 1,200	752 ~ 821	0.93 ~ 1.00
F1	16 ~ 25	45.5 ~ 66.7	49 ~ 60	1,001 ~ 1,100	683 ~ 751	0.84 ~ 0.92
F2	11 ~ 15	66.8 ~ 78.4	61 ~ 65	801 ~ 1,000	544 ~ 682	0.68 ~ 0.83
F3	10 ↓	78.5↑	66↑	800 ↓	543 ↓	0.67 ↓

4.2 收費站容量與服務水準評估指標之訂定

本研究除了分析收費站之容量外，為瞭解收費站之操作特性，特利用個人電腦 FORTRAN 語言構建一收費站模擬模式 (TPS, Toll Plaza Simulation Model)，並利用前述之調查資料進行程式之測試分析，期能儘量反應真實系統的狀況。茲分別就收費站之容量分析、模擬模式之建立及服務水準之分析兩部份概述如下。

4.2.1 容量分析

收費孔道之服務容量可定義為在最常發生之道路及交通狀況下，每一小時能通過之最大車輛數。一般而言，在交通流量低的情況下，通過收費站的車輛不須等候立即可接受服務，其所需的服務時間對收費站的作業並不會產生很大之影響，以本研究前述自兩收費站蒐集之無等候狀況下四類收費孔道之服務時間為例，服務時間自 2.05 秒～ 5.89 秒不等，推算成容量分別約在 600～1700 VPH。就小型車收費孔道而言，該值與自動收費系統（經過收費站時不須停車繳費）之收費孔道平均容量約 1,400 VPH 相差不遠。由於可知，此種情況對收費站之作業確實影響不大，因此在討論「容量」有關的問題上，並不具有太大的意義，倒是在有車輛等候之情況下，由於收費孔道之服務容量是按處理正在等候服務之車輛所花費的時間計算得來，據此來討論「容量」問題會比較有意義。

以前述的調查結果為基礎，有車輛等候狀況下之資料加以整理後，得到各型態收費孔道之平均服務時間，型一收費孔道 4.57 秒、型二收費孔 9.99 秒、型三收費孔道 7.16 秒及型四收費孔道 7.34 秒。就上述平均服務時間，可得到各型態收費孔道之服務容量分別為：型一收費孔道 790 VPH、型二收費孔道 360 VPH、型三收費孔道 500 VPH 及型四收費孔道 490 VPH。此結果與 1987 年國內的一項研究〔2〕，得到各型態收費孔道之服務容量分別為型一 802 VPH、型二 553 VPH、型三 513 VPH 及型四 455 VPH，比較得知，除型二收費孔道之服務容量差異較大外，其餘各項差值尚可接受。而造成此現象之原因主要是有些不找零小客車仍利用找零收費孔道，致使整個平均服務時間縮短，相對地使容量變大。

另外，白天與晚上及天氣狀況亦對收費孔道之服務容量有所影響。本研究並未蒐集有關這方面的資料，根據 1987 年的研究報告可知，在白天天候狀況良好的情況下調查所得資料可利用表 4.6 的容量調整因子來推算夜間及雨天時之容量。

表 4.6 夜間及雨天之容量折減百分比

收費孔道型式	天候狀況		
	晴天夜間	雨天日間	雨天夜間
型一收費孔道	4 %	13 %	23 %
型二收費孔道	4 %	6 %	6 %
型三收費孔道	21 %	11 %	—
型四收費孔道	7 %	4 %	—

4.2.2 收費站模擬 (TPS) 模式

本模式是採用事件導向 (Event-Driven) 模擬車輛之相關動作，處理過程不須在短時間內改變車輛之有關資訊，因此較採用時間續進 (Time-Advance) 模擬方式節省龐大之電腦計算時間。對收費站作業之模擬來說，雖採用此種方式將稍微減低模式之彈性和精確性，但仍能獲得實用的資料。

有關 TPS 模式之基本架構如圖 4-13 所示，計分為 8 個部分，茲將各部分之主要特性概述如下：

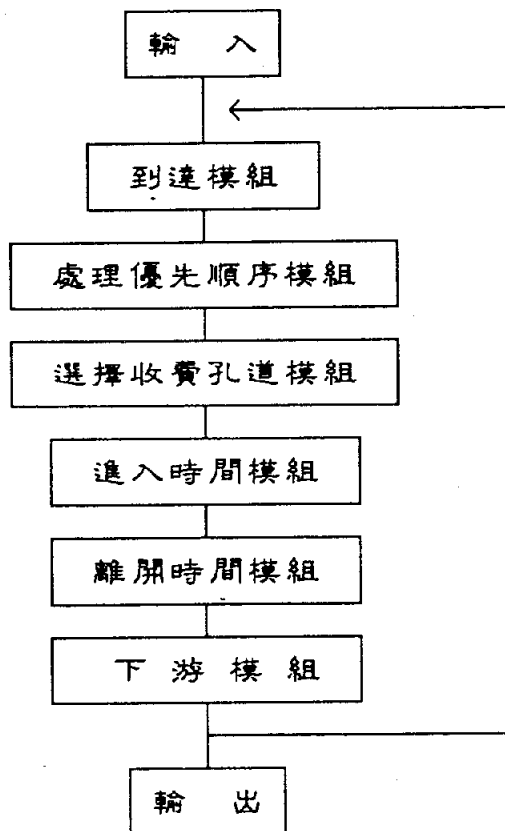


圖 4-13 TPS 模式基本架構圖

一、輸入模組

在輸入模組中，使用者可界定收費站之特性及控制模擬之過程，主要之輸入資料如下：

1.到達車輛之型別及服務時間之分配形式

本模式可模擬不收費系統、電子自動收費系統及人工收費系統等收費方式。在車輛到達型態分配方面可選擇 (1)隨機到達、(2)均勻到達、(3)實際到達率三種型式中之任一種；在服務時間分配方面可選擇 (1)隨機服務時間、(2)固定服務時間、(3)實際服務時間等三種型式中之任一種。本研究實際調查結果之服務時間分配形式如第三章圖 3-19、圖 3-20所示)。

2.模擬時間及初始狀態時期

所謂模擬時間乃指使用者期望模擬收費站作業所須之時間。在模擬一開始時，系統內沒有任何車輛。此時期模擬之結果尚不足以反應實際作業的狀態，通常不予採用，此一時期稱之為初始狀態時期。

3.到達車流流率

本模式中，可將模擬時間再分割成小時段，在收費站上游之車道，每個時段可以有不同之車流流率。

- 4.收費站上游路段之車道數
- 5.收費孔道數和收費孔道型式
- 6.將上游路段每一車道之車輛依據收費孔道型式分類
- 7.每種車輛所佔百分比及平均車長
- 8.相對於主線而言，收費孔道之配置
- 9.收費站上游末端每一車道之車輛平均速度
- 10.每一型式收費孔道之容量
- 11.收費站距離上、下游末端之長度
- 12.每一類車輛從收費孔道到收費站下游末端平均自由車流之旅行時間
- 13.收費站下游路段車道數
- 14.在收費站與主線路段銜接點處，下游車道之總容量
- 15.為產生機率事件之亂數初始值

二、到達模組

在已知之輸入資料條件下，利用到達模組在上游路段每一車道各產生一輛車，在一已知車道上車輛到達收費站上游路段末端之時間是由到達之間距來決定。對隨機到達之方式而言，其間距可被假設呈移動負指數函數分配，如下式所示：

$$F(h \geq t) = e^{-\frac{Z-t}{H-t}}$$

式中 $F(h \geq t)$ 表示間距 h 大於或等於 t 之機率。

T 代表平均間距，其大小隨特定之模擬時間內之時段不同而不同。

β 代表兩車輛間之最小間距。

利用機率方法決定每一輛被產生之車輛之型別。另為避免不必要之複雜性，本研究假設同車型之車輛長度及接近速度是相同的。

三、處理優先順序模組

在本模組中，先對上游路段車輛的到達時間作比較，而最早到達之車輛先行處理，該車處理完後，在其所在車道上再產生另一輛車，並與其它未處理之車輛再行比較到達時間。

四、選擇收費孔道模組

一旦有一輛車被選擇處理時，本模組即開始確認收費孔道俾供其使用。為提供真實的模擬，利用前述調查到之駕駛行為，比較各使用收費孔之等候車輛長度當量值以模擬選擇收費孔道之行為。一輛來車被分派至等候車輛長度當量值最小之可用收費孔道，至於等候車輛長度當量值則根據下列原則計算得到：

1. 對一欲進入收費孔道之車輛來說，其直接面對之下游收費孔道為其偏好之收費孔道。
2. 一受偏好之收費孔道的等候車輛長度當量值等於其實際之等候車輛長度。
3. 其他收費孔道之等候車輛長度當量值由下式計算得到：

$$Q_e = Q_a + (2 + 1.5D)(0.8 + 0.4R) F$$

其中 Q_e = 等候車輛長度當量值，單位為車輛數。

Q_a = 實際等候車輛長度，單位為車輛數。

D = 受偏好收費孔道與正被考慮之收費孔道間的距離，單位為收費孔道數。

R = 一均一分佈之亂數，代表來車駕駛者之特性。

F = 對型態一和型態二而言，其值為 1.0。對型態三和型態四而言，其值為 0.4。

五、進入時間模組

本模組之主要目的為決定一車輛何時進入等候系統。對不受等候車隊干擾之車輛而言，其進入時間等於其到達收費亭之時間；而對需等候之車輛來說，其進入時間等於其加入等候車隊之時間。

當一到達車輛產生時，本模組第一件工作就是分析下游收費孔道前之情況，以決定到達車輛是否需加入等候車隊中；對一未受干擾之來車而言，其進入時間可輕易地利用其臨近速度及減速度估算得到。在以事件導向為處理依據之模擬中，等候車輛之進入時間是很難估算的。本 TPS 模式中，是利用如圖 4-14 描述之概略過程估算等候車輛之進入時間。在圖中， T_1 表示車輛到達收費站上游端點之時間， T_2 表示等候車隊中最後一輛車離開之時間， L 表示收費亭至上游端點之距離。為估計到達車輛之進入時間，本模式首先計算在 T_1 時從收費亭至等候車隊中最後一輛車之距離 S ，該最後等候車輛在圖中之軌線被認為如鋸齒狀一般，而此鋸齒狀軌線可被認定近似直線形軌線。到達車輛之軌線與最後等候車輛之軌線必有一相交點，該交點之相對時間界定為到達車輛之進入時間。

六、離開時間模組

本模組之主要目的為估計車輛離開一收費孔道之時間值，而在模組中，假設收費站下游無等候車輛阻礙繳費後車輛離開收費孔道。利用此方式計算得到之離開時間不考慮收費孔道下游堵塞車輛產生之干擾，有關該離開時間之修正方式將於下游模組中加以敘述，該模式之內容將於後面介紹。

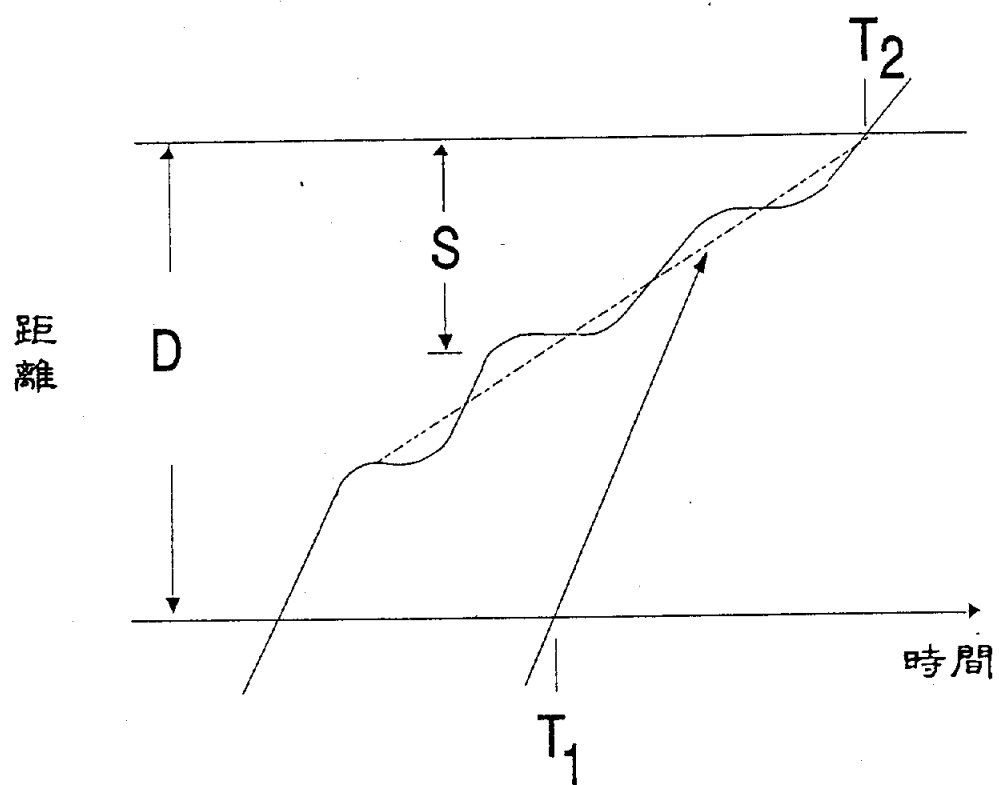


圖 4-14 車輛進入收費站系統之時空關係圖

一不受等候車隊干擾之車輛離開收費亭之時間等於其進入時間（到達收費亭之時間）和服務時間之加總。對人工收費站而言，一未受干擾車輛之服務時間是依據第三章圖3-19所示之累積次數分配以機率性方式產生得到。而對免收費系統及自動收費系統來說，車輛離開收費亭之時間等於該車輛之進入時間加上2.5秒之服務時間，此服務時間是根據1,500PCPHPL間距容量假設計算得到，而當有現地實際調查資料時，該服務時間須加以修正。

對一在等候之車輛而言，其離開時間等於其服務時間加上前一輛車之離開時間，對人工收費系統而言，等候車輛之服務時間可由第三章圖3-20之累積機率分配計算得到。

七、下游模組

收費孔道下游之交通運作特性是依據下列因素而定：各收費孔道車輛離開率、車輛組成、各收費孔道相對於其下游主線之佈設情形及收費站下游末端之高速公路車道容量。當收費孔道下游發生等候情形時，將會影響服務時間。為反應這種可飭性，TPS模式在車輛之起始離開時間一決定後，即立刻檢查收費孔道下游之交通情況。假如收費孔道下游產生之等候車隊長度太長且影響到車輛從收費孔道離開之動作，則被影響車輛之離開時間需加以更正。本模組亦估計等候車輛數佔收費站下游區域可容納車輛數之比例。

八、輸出模組

TPS模式主要之輸出結果包括下列幾項：

- 1.產生上游各車道之車流率。
- 2.各收費孔道之流率及各收費孔道之平均臨近延滯、系統時間和等候長度。
- 3.車輛在收費站上游之平均行駛時間及速度。平均行駛時間是指各車輛從收費站上游端點至離開收費孔道的時間平均值，而速度則為收費站上游區域之距離除以平均行駛時間。
- 4.收費站下游區域可容納之車輛數，乃指收費站下游區域可容納之等候車輛數。
- 5.收費站下游區域內等候車輛數佔收費站下游區域可容納之車輛數之平均佔有率。
- 6.收費站下游區域內等候車輛數佔收費站下游區域可容納之車輛數之各佔有率之時間序列值。
- 7.車輛通過收費站之平均行駛速度。

為求模式具實用性及合理性，本研究利用現地資料及理論期望值對 TPS模式加以多方面之測試。所使用之現地資料是透過攝影機拍攝一小汽車找零收費孔道之車流情形再加整理得到，其中包括到達車輛數、離開車輛數及每10秒之等候長度。在模式之測試中，到達車輛數是指每10秒所觀測到之到達車輛數，然後這些到達車輛數依照模式之內部邏輯進入被模擬之收費孔道加以處理，圖4-15為每10秒等候長度之模擬值與觀測值之比較圖。從圖4-15可知，等候長度模擬值與觀測值最多相差3輛車，平均相差1.26輛，而觀測與模擬之系統時間分別為149.5秒及144.5秒。

由圖4-15知，觀測之等候長度值與模擬等候長度值形成之軌跡圖相當吻合。雖觀測之等候長度值與模擬等候長度值存有些微差異，主要原因在測試中並沒有作任何動作以使各車輛模擬之服務時間與實際之觀測服務時間一致。結果顯示，在一已知時間內，模擬之離開車輛累積數與觀測值可能不同，如每10秒時段，最大相差3輛，而平均相差1.12輛，然而圖4-16顯示模擬之離開車輛累積數與觀測之離開數相當接近，假如在測試中使用觀測到之服務時間，則觀測之等候長度值與模擬之等候長度值間之差異大部分將會消失。

4.2.3 服務水準分析

TPS模式可以用來分析現有及計劃中收費站之設計和作業特性。在本研究中，利用 TPS模式分析中山高速公路在固定流率及隨機到達率情況下，現有四種收費型態收費孔道之作業特性，目的在於選擇服務水準評估準則所需之指標。分析項目包括到達車流率(Arrival Flow Rate)、平均臨近延滯 (Average Approach Delay)、平均系統時間(Average Time in System)及平均車隊等候長度(Average Queue Length)等，並檢查其間之關係。以下就前述之模擬結果，分別再進一步探討各觀測值之關係，其次探討收費站系統服務水準之評估指標，及說明服務水準分級標準之訂定，最後則說明實際應用之基本概念。

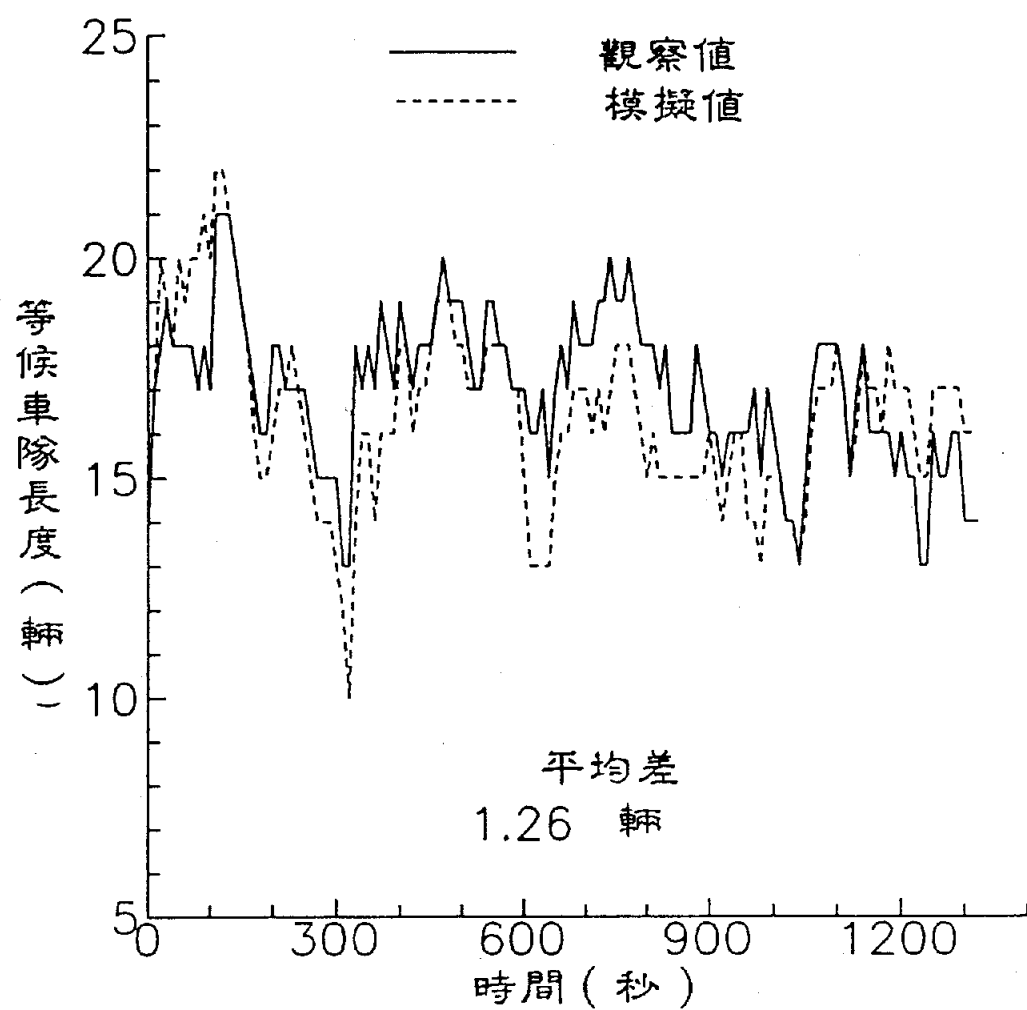


圖 4-15 模擬結果與實際調查之等候車隊長度比較圖

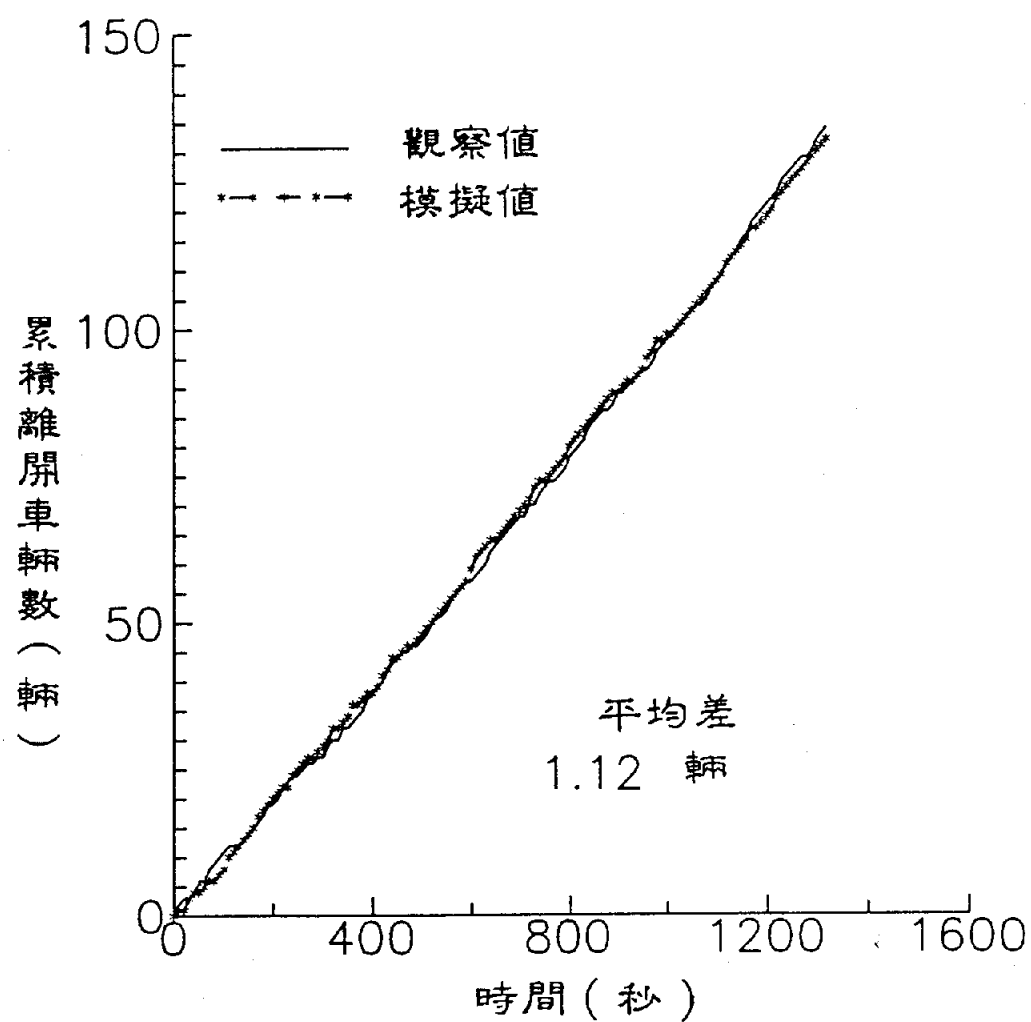


圖 4-16 模擬結果與實際調查之累積離開車輛數比較圖

一、各觀測值之關係

一輛車實際離開時間與以自由車流速度離開時間之相差值當作該輛車的臨近延滯。自由車流離開時間可由下列方式計算得到：到達車輛到達收費站上游端點之時間加上該車以平均臨近速度從收費站上游端點至收費孔道所用時間。

經整理分析得知車輛平均臨近延滯與平均系統時間呈顯著之線性關係，令 d = 平均臨近延滯（秒／輛）， T = 平均系統時間（秒／輛），四種型態收費孔道之關係式如下：

$$\text{型態一收費孔道 } d = 2.81 + 0.94T$$

$$\text{型態二收費孔道 } d = 2.75 + 0.97T$$

$$\text{型態三收費孔道 } d = 2.93 + 0.90T$$

$$\text{型態四收費孔道 } d = 2.88 + 0.88T$$

上述各式之簡單線性迴歸方程式之相關係數皆超過 0.99。平均臨近延滯與平均等候長度之關係及平均系統時間與平均等候長度之關係，二者皆可以線性迴歸方程式表示，且迴歸方程式之 R 值超過 0.99，令 L = 平均等候長度（輛），平均臨近延滯與平均等候長度之關係式如下所示：

$$\text{型態一收費孔道 } d = 5.0 + 3.93L$$

$$\text{型態二收費孔道 } d = 9.1 + 7.68L$$

$$\text{型態三收費孔道 } d = 7.2 + 5.35L$$

$$\text{型態四收費孔道 } d = 5.7 + 6.15L$$

平均系統時間與平均等候長度之關係式如下：

$$\text{型態一收費孔道 } T = 2.3 + 4.20L$$

$$\text{型態二收費孔道 } T = 5.3 + 7.91L$$

$$\text{型態三收費孔道 } T = 4.7 + 5.93L$$

$$\text{型態四收費孔道 } T = 5.7 + 6.15L$$

圖 4-17 即為各型收費孔道之等候車隊長度及系統時間之關係圖。

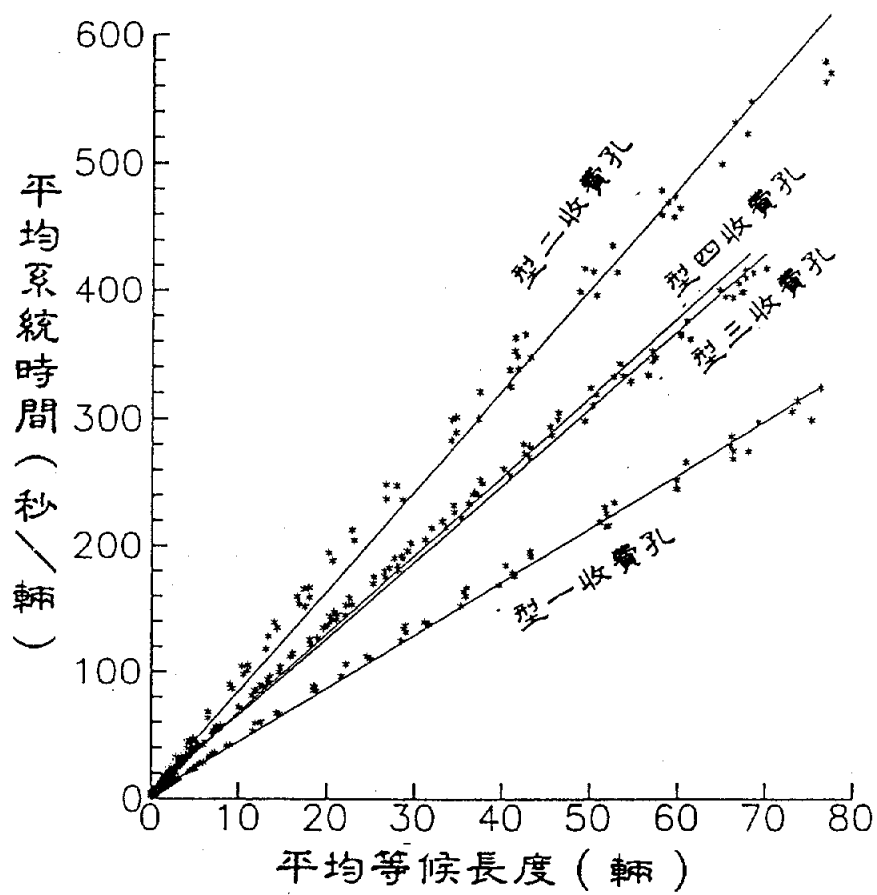


圖 4-17 等候車隊長度與系統時間之關係圖

二、服務水準評估指標之選擇

由於高速公路所提供之服務，乃是高速度、無干擾之運輸服務，因此從這個觀點來看，高速公路之服務水準評估指標，主要應指真正影響到駕駛人感受之因素，大致可包括平均臨近延滯、平均系統時間及平均等候車隊長度等項。上述因素中，平均臨近延滯及平均系統時間又非常地相似，所以在定義評估指標的應用上並不需要同時使用，二者中以平均系統時間較容易於現場量測。而等候車隊長度對駕駛人而言，感受應相當深刻（特別在有擁擠狀況產生時更有感覺），近年來高公局也根據等候車隊長度，實施調撥車道措施，以紓解交通擁擠情況，顯見等候車隊之長度確是一項可以評估服務水準之因素。

另外有些文獻建議用密度(Density)來評估收費站之服務水準，此時之密度可定義為：「在收費站區範圍內每車道每公里的車輛數」。但是這個指標有些缺點，例如此項指標本質上是屬於平均的觀念，無法確切反映每一收費車道之情況。故若在規劃階段勢必無法估算出在某一服務水準下，究竟需要多少各類型之收費孔道；且在營運階段評估個別（類型）收費孔道之績效時，恐較無法得到令人滿意的答案。

此外，亦有利用 V/C 值來評估收費站服務水準之情形， V/C 值一般而言較易獲得，但是用來評估收費站之服務水準還是有些缺失。如流量通常是根據一特定點而估算的，故若在參考線下游處產生壅塞，則將使得 V 值驟降， V/C 值因而變得很小，如此將無法反映出收費站真正的狀況。不過這個問題在規劃階段可能不會產生，因為 V/C 值主要是著重在交通需求方面；而在評估實際之運作方面，則需要將參考線設於下游壅塞處較遠之地方，以克服這個問題。另外一個問題是等候車隊長度及系統時間都可以反映在 V/C 值上，但實際上該兩項因素還與到達率之持續時間及收費孔道之類型有關。因此僅利用 V/C 值來評估服務水準可能過於簡略，無法確實反映真實情況。基於前述各項服務水準評估指標之特性說明，本研究選擇平均系統時間及平均等候車隊長度兩項指標作為主要評估收費站服務水準之指標。

三、服務水準分級標準之訂定

在評估服務水準之前，除了訂定指標項目外，不可避免的必須先界定服務水準分級之標準。為了能在運用上達到實用之效果，該分類標準至少應能應用於收費站之實際運作管理及績效評估。故分級標準之訂定一定要清晰明確，避免有模糊不清的地方。

據了解現階段，利用「時間」來評估服務水準的研究上，並沒有利用「系統時間」來分析運作特性的相關研究，倒是普遍地有利用「停等延滯」(Stop Delay)作為服務水準之評估標準的，例如不論是美國的 HCM或台灣目前的 HCM都採用「停等延滯」來作為號誌化路口運作之服務水準運作標準。目前台灣的分級標準如下表所示：

表 4.7 台灣 HCM採用平均停等延滯分級標準表

服務水準	平均停等延滯 (秒/輛)
A	$d \leq 1.5$
B	$1.5 < d \leq 3.0$
C	$3.0 < d \leq 4.5$
D	$4.5 < d \leq 6.0$
E	$6.0 < d \leq 8.0$
F	$8.0 < d$

根據前述內容，並假設駕駛人對時間的感覺是相同的，本研究乃採用「系統時間」代替「停等延滯」，並使用與以往研究文獻相同之分級標準。

此外，等候車隊長度部份，自圖4-18至圖4-21可看出各型收費孔道在長度未達3輛車之前，仍處於穩定狀況，在高速公路各類運作（如主線）上，穩定狀況之服務水準包括了服務水準A、B、C等三級，故本研究將A、B、C等三級分別定為A級：不超過1輛車，B級：大於1輛車、不超過2輛車時，C級：大於2輛車、不超過3輛車時。其中平均等候車隊長度1輛車之意義係指在某時間平均只有1輛車在收費亭上，即車輛到達收費亭前幾乎沒有延滯就可通過。當平均等候車輛超過3輛時，整個系統開始慢慢進入不穩定狀況，其中3~6輛車則是屬於接近不穩定狀態（Metastable），可將之定義為D級的服務水準。另外目前高公局在中山高速公路上是以等候車隊長度達到10輛以上時，作為實施調撥車道之基準，顯見當車隊長度達到10輛以上應是容忍之最大極限，故本研究以等候車隊長度達到10輛以上時作為F級之標準。

另為對高速公路之整體評估能有一致性之評估指標，本研究亦利用速率來作整體評估。該項指標分級標準主要係觀察車輛通過收費站

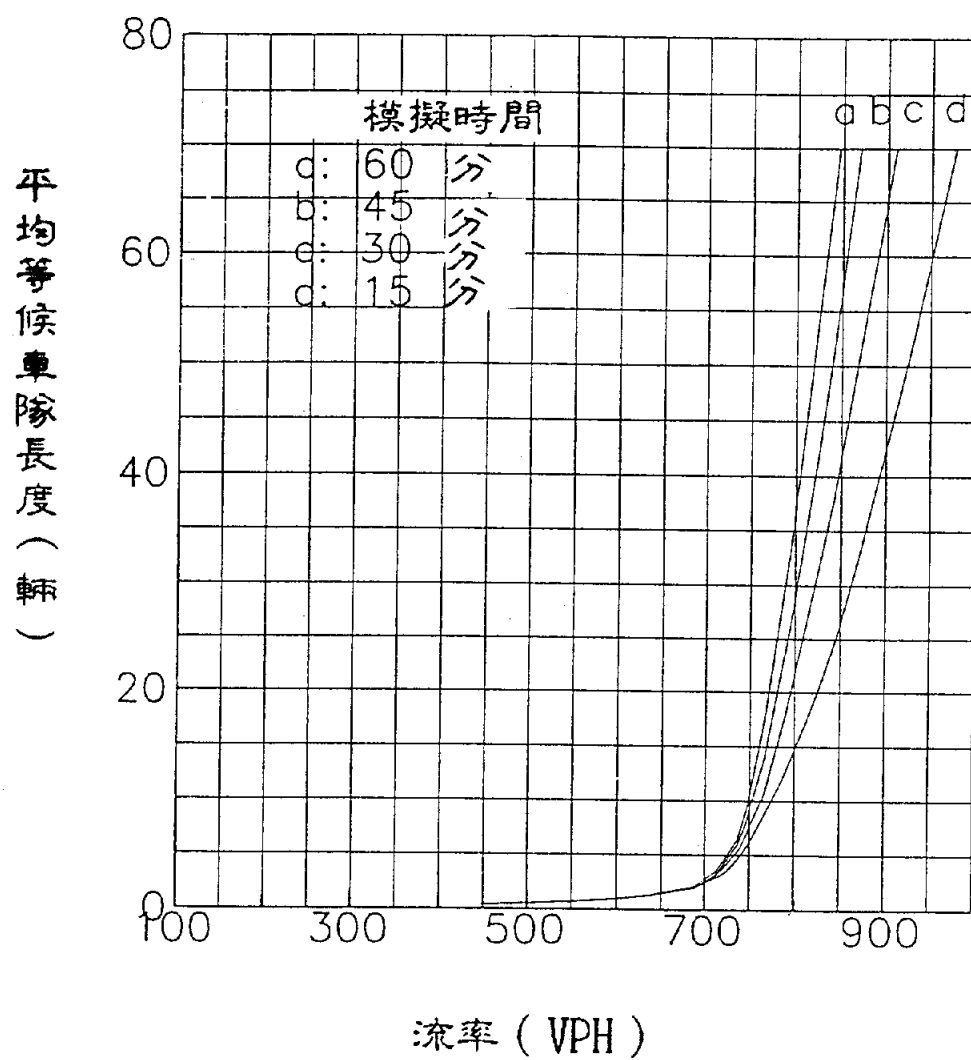


圖4-18 型一收費孔不同流率及模擬時段下之等候車隊長度變化圖

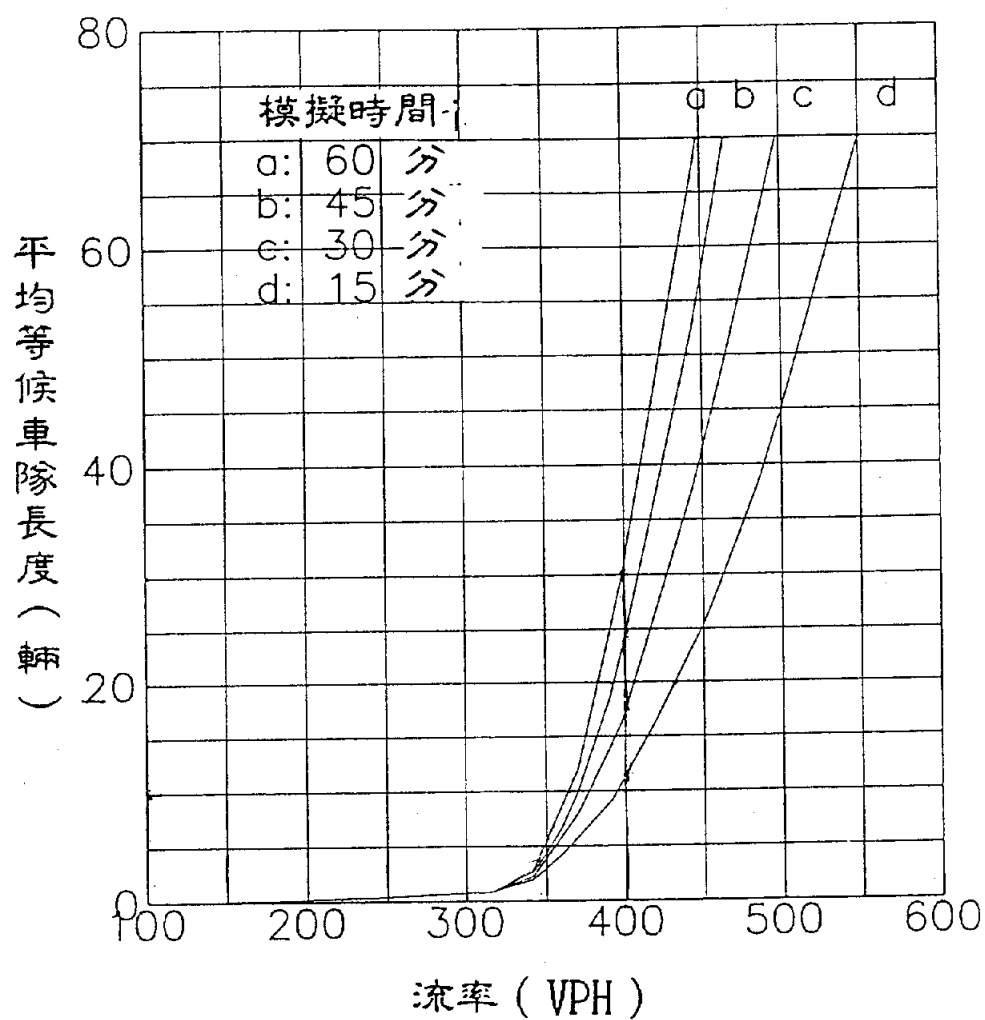


圖4-19 型二收費孔不同流率及模擬時段下之等候車隊長度變化圖

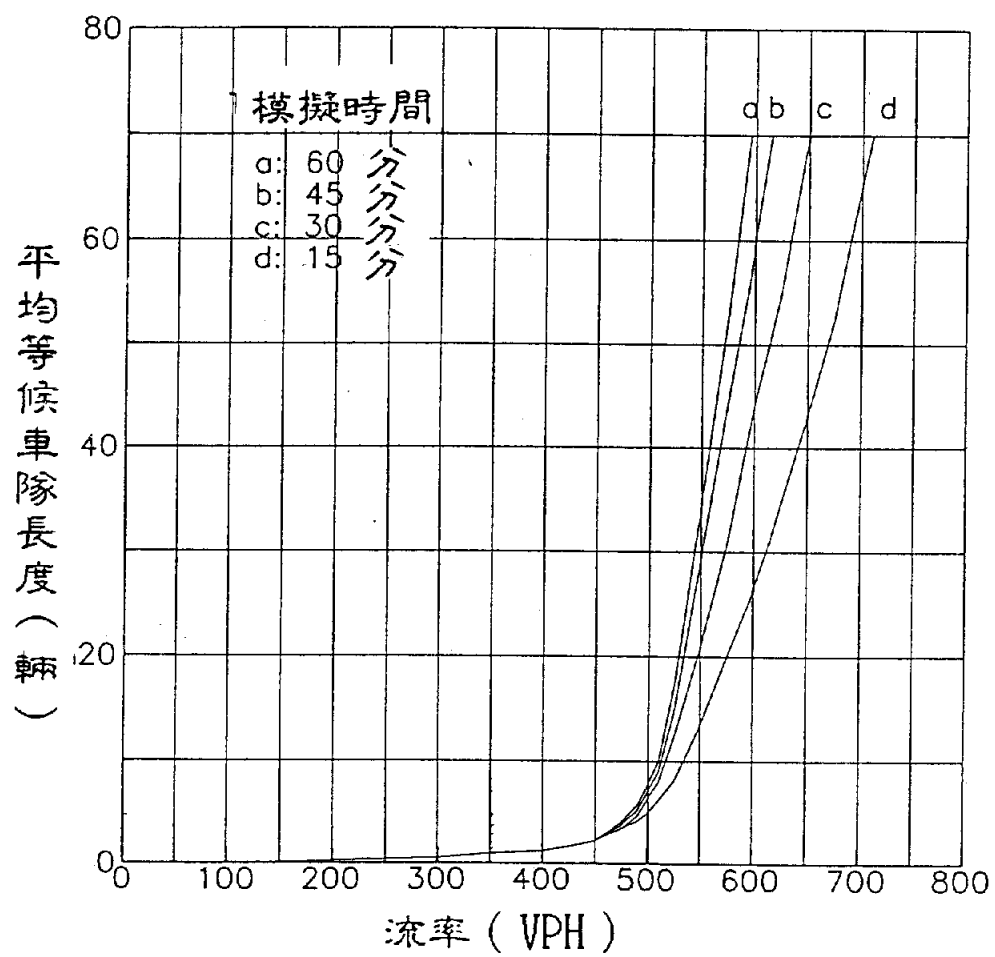


圖4-20 型三收費孔不同流率及模擬時段下之等候車隊長度變化圖

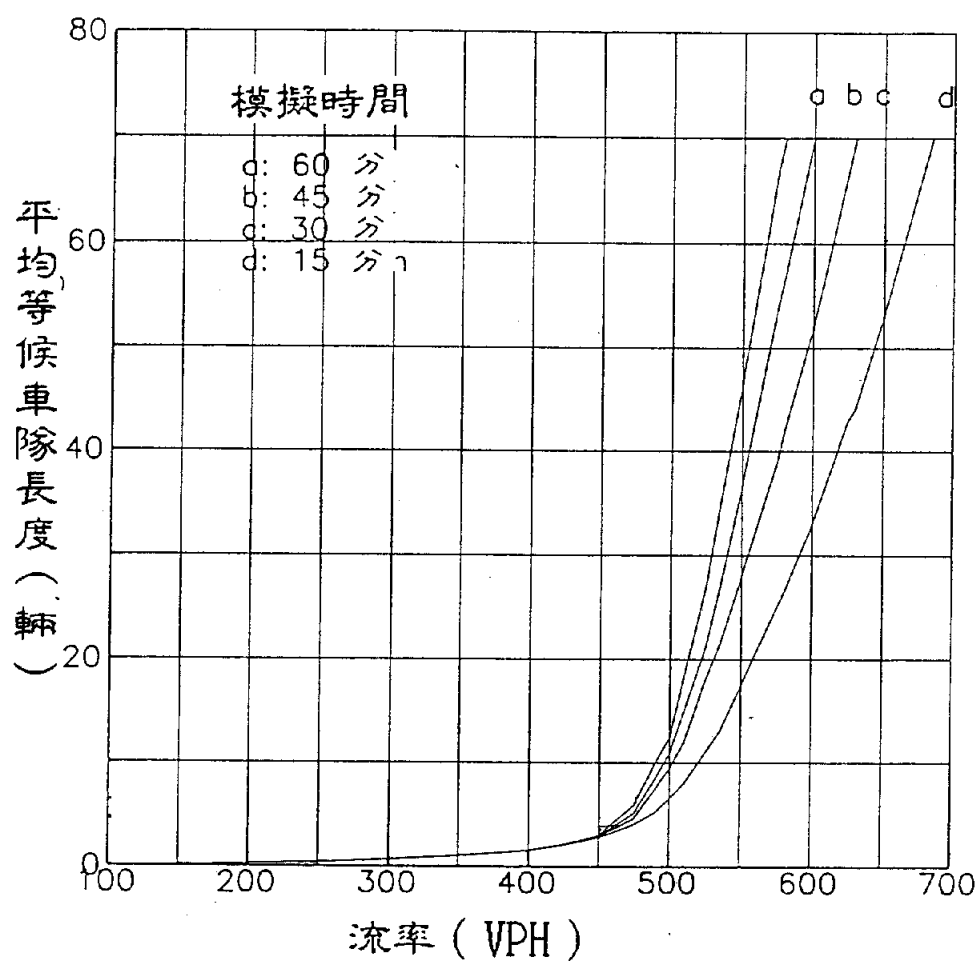


圖4-21 型四收費孔不同流率及模擬時段下之等候車隊長度變化圖

區之車流率與平均通過速率之關係，如圖4-22所示，並配合平均通過速率與等候長度間之對應關係而訂定。結果發現車流率在800VPHPL以下，速率穩定維持在55KPH至60KPH間，此時平均等候車隊長度不超過1輛，故將平均通過速率維持在55KPH以上時訂為A級。當車流率超過1600VPHPL時，速率降至10KPH以下，相對應之平均等候車隊長度已超過10輛，故將之訂為E級。其餘B、C、D、E級分別訂為大（等）於40KPH、小於55KPH間，大（等）於30KPH、小於40KPH間，大（等）於20KPH、小於30KPH間及大（等）於10KPH、小於20KPH間。

綜合前述之分析說明，整理出收費站服務水準分級標準表如表4.8所示。

表 4.8 高速公路收費站服務水準分級標準表

服務水準	平均等候車隊長度 (輛/秒) L	平均系統時間 (秒/輛) T	平均通過速率 (KPH) V
A	$L \leq 1$	$T \leq 15$	$V \geq 55$
B	$1 < L \leq 2$	$15 < T \leq 30$	$55 > V \geq 40$
C	$2 < L \leq 3$	$30 < T \leq 45$	$40 > V \geq 30$
D	$3 < L \leq 6$	$45 < T \leq 60$	$30 > V \geq 20$
E	$6 < L \leq 10$	$60 < T \leq 80$	$20 > V \geq 10$
F	$10 < L$	$80 < T$	$10 > V$

四、應用

經由前述之分析可知，本研究所發展之模擬模式，除可應用於評估收費站系統之運作績效外，更可應用於規劃設計上。在評估系統之運作績效上，可選擇某一較容易調查之項目（如「等候車隊長度」就較「系統時間」容易觀察）後，利用前述之各項觀測值之關係式，換算出另一參數值，進而利用服務水準之分級標準，來判斷該系統之服務等級。至於在規劃設計方面，則可先確定收費站之設計服務水準等級，求得各項評估指標值，再利用TPS模擬模式找出設計標準（包括收費孔道數及收費站之幾何配置等項目）。

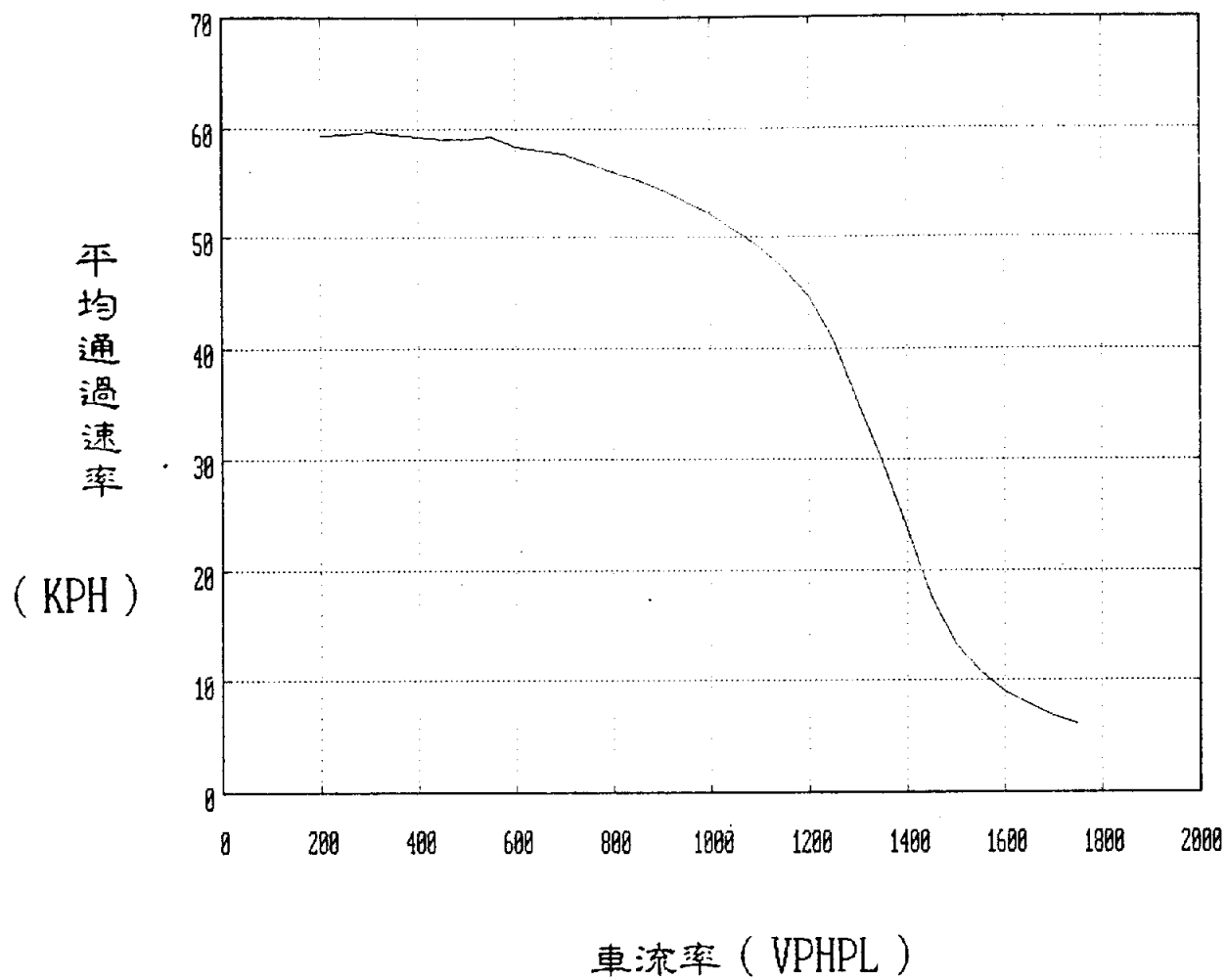


圖 4-22 不同車流率與平均通過速率關係圖

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究不循過去高速公路容量之研究方法，而以國內中山高速公路實地調查資料，發展出高速公路主線、匝道的分析模式與收費站的電腦模擬模式，並據以探討其容量與服務水準。獲致之主要結論歸納如下：

一、在高速公路主線與匝道上，容量會隨著車道區位或受上、下匝道之影響而改變。

高速公路容量除了依收費站、橋樑、隧道及坡度路段等設施之不同而有差異外，其車道容量亦受匝道、車道位置（內、外車道）之影響而改變。容量最高者為基本路段之內側車道（2,400 pcphp1），其次為基本路段之外側車道（2,150 pcphp1）；受下匝道車流之影響路段，其內、外側車道之容量，均只剩下 2,100 pcphp1。至於，受到上匝道車流影響之路段，各側車道之容量只剩下 1,700 pcphp1 左右，其內側第一車道還低至 1,625 pcphp1。

至於下匝道路段因受速限、道路幾何條件、坡度等因素之影響，車道容量只有 1,200 pcphp1。以上研究所得整理如下表：

路段及車道別	速限 (kph)	空間平均速率* (kph)	容量 (pcphp1)
基本路段內側車道	90	50	2,400
基本路段外側車道	90	55	2,150
-----	-----	-----	-----
基本路段內側車道	100	60	2,450
基本路段外側車道	100	60	1,850
-----	-----	-----	-----
受下匝道影響路段內側車道	90	50	2,100
受下匝道影響路段外側車道	90	50	2,100
-----	-----	-----	-----
受上匝道影響路段內側第二車道	90	35	1,850
受上匝道影響路段內側第一車道	90	25	1,625
受上匝道影響路段外側車道	90	45	1,760
-----	-----	-----	-----
下匝道路段	90	35	1,200

備註：* 為高速公路各路段各車道發生最高服務流率(容量)時之空間平均速率。

二、在評估高速公路主線與匝道之服務水準時，需同時考慮佔有率與空間平均速率，另外本研究發現F函數 Φ 值為評估主線與匝道較佳之服務水準指標。

在 4.1.4 節表 4.3 中，本研究曾就高速公路主線與匝道之佔有率、空間平均速率、F函數 Φ 值等三變數之標準差進行比較。F函數 Φ 值不論佔有率在大於或小於 25% 時，其標準差均為三者之最小者；而佔有率小於 25% 時，佔有率之標準差會小於空間平均速率者；但當佔有率大於 25% 以後，佔有率之標準差反而大於空間平均速率者。

職是之故，本研究建議，在評估高速公路主線與匝道之服務水準時，需將佔有率與空間平均速率同時考慮，而較佳之指標為F函數 Φ 值。否則佔有率在 25% 以下時，使用佔有率作為評估指標；在 25% 以上時，則使用空間平均速率作為評估指標。

另本研究為使研究成果易於使用，乃透過調查資料所建立之各種函數方程式，推估出各級服務水準下之服務速率、V/C比率、車道密度等輔助性服務水準評估指標值。

三、高速公路主線與匝道之最高行駛速率會受車道位置或匝道車流的影響。

本研究所觀測主線與匝道之各路段中（台中基本路段除外 *），基本路段內、外側之最高行駛速率約可達 100 kph；受了下匝道車流影響時，其外側車道最高之行駛速率約僅達 90 kph；受上匝道車流影響時，不論內、外車道之最高行駛速率約僅達 70 kph。至於，下匝道的匝道車道上最高速率僅達 55 kph 左右。

四、行駛速率可作為評估高速公路系統整體服務水準之指標。

就整個高速公路系統言，各路段均有其特殊服務水準評估之重點所在，諸如收費站之評估用等候長度、系統服務時間較為適當，而主線、匝道用F函數 Φ 值較為適當。但對一高速公路的使用者而言，最容易感受的服務水準指標，莫過於旅行速率或行駛時間。

*：本研究在實際調查中除臺中路段外，均測得自由車流（清晨五、六點）之樣本。

所以只要將車輛通過高速公路各路段之行駛速率，相對著X軸的區位座標，一一的標示在Y軸上，便可看出整體高速公路瓶頸之所在。反之，若訂定了高速公路之整體服務水準後，亦可依行駛速率指標推得各部設施所需之車道數或收費孔道。

五、提高速限對高速公路容量的影響不大。

比較速限 90kph與100kph基本路段之內側車道，其最大服務流率（容量）比值為2,400：2,450，速限高者只多出速限低者50pcphp1，相差僅 2% 左右。由此可見速限的提高對高速公路容量的提升助益不明顯。

六、車輛通過收費站時其有、無等候之情形，將影響各型收費孔道之平均服務時間。

無等候情況下，各型收費孔之平均服務時間，分別為型一收費孔道 2.05 秒、型二收費孔道 5.89 秒、型三收費孔道 3.87 秒及型四收費孔道 4.42 秒；有等候車輛情況下，各型收費孔之平均服務時間，分別為型一收費孔道 4.57 秒、型二收費孔道 9.99 秒、型三收費孔道 7.16 秒及型四收費孔道 7.34 秒。

七、型二找零小客車收費孔道之平均等候長度為其他型式收費孔道的 3至 5倍。

各型收費孔之平均等候車隊長度分別為型一收費孔 2.81輛（其中正對主線下方之收費孔平均為3.92輛），型二收費孔 9.54輛，型三收費孔 1.24輛及型四收費孔 2.28輛。

八、型二找零小客車收費孔道之平均系統時間為其他型式收費孔道的 4 至 8倍。

各型收費孔之平均系統時間分別為型一收費孔 13.26 秒／輛（其中正對主線下方之收費孔平均為 17.22秒／輛），型二收費孔 90.54 秒／輛，型三收費孔 11.25秒／輛及型四收費孔 21.93秒／輛。

九、型二找零小客車收費孔道之容量尚不及型一不找零收費孔道的一半。

相對於上述有等候狀況下之平均服務時間，推算各型收費孔之服務容量，分別為型一收費孔道 790 VPH、型二收費孔道 360 VPH、型三收費孔道 500 VPH 及型四收費孔道 490 VPH。

十、四種型態之收費孔其平均臨近延滯、平均系統時間、平均等候長度等三變數之二變數間，皆成線性關係。

經整理分析，四種型態收費孔， d = 平均臨近延滯（秒／車）， T = 平均系統時間（秒／輛）， L = 平均等候長度（輛）其觀測值間之關係式如下：

$$\begin{aligned}(1) \text{ 型態一收費孔 } d &= 2.81 + 0.94T \\ \text{型態二收費孔 } d &= 2.75 + 0.97T \\ \text{型態三收費孔 } d &= 2.93 + 0.90T \\ \text{型態四收費孔 } d &= 2.88 + 0.88T\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2) \text{ 型態一收費孔 } d &= 5.0 + 3.93L \\ \text{型態二收費孔 } d &= 9.1 + 7.68L \\ \text{型態三收費孔 } d &= 7.2 + 5.35L \\ \text{型態四收費孔 } d &= 5.7 + 6.15L\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3) \text{ 型態一收費孔 } T &= 2.3 + 4.20L \\ \text{型態二收費孔 } T &= 5.3 + 7.91L \\ \text{型態三收費孔 } T &= 4.7 + 5.93L \\ \text{型態四收費孔 } T &= 5.7 + 6.15L\end{aligned}$$

十一、研究結果顯示平均系統時間及平均等候車隊長度為評估收費站服務水準之較佳指標。

根據本研究之各項比較分析，建議以平均系統時間及平均等候車隊長度兩項指標作為評估收費站服務水準之指標。其各分級標準如下：

服務水準	平均等候車隊長 度 (輛/秒) L	平均系統時間 (秒/輛) T	平均通過速率 (KPH) V
A	$L \leq 1$	$T \leq 1.5$	$V \geq 55$
B	$1 < L \leq 2$	$1.5 < T \leq 3.0$	$55 > V \geq 40$
C	$2 < L \leq 3$	$3.0 < T \leq 4.5$	$40 > V \geq 30$
D	$3 < L \leq 6$	$4.5 < T \leq 6.0$	$30 > V \geq 20$
E	$6 < L \leq 10$	$6.0 < T \leq 8.0$	$20 > V \geq 10$
F	$10 < L$	$8.0 < T$	$10 > V$

5.2 建議

容量及服務水準的研究是持續不斷的工作。調查蒐集的資料愈多，其研究成果，愈接近真實的狀況。本研究在高速公路主線、匝道與收費站之調查與分析上，投入相當大的人力、物力及時間，但基於經費之限制，尚有部份課題無法作更深入之探討，對於未來應努力之方向建議如下：

- 一、高速公路台中路段部份雖然經長時間調查，仍未獲得「自由車流」狀況下之資料，建議未來可再加強此一調查工作。
- 二、本研究調查取樣結果，高速公路上匝道部份並未獲得完整的統計曲線，建議注後可再加強此部份之交通調查。
- 三、在收費站部份，建議未來可配合收費方式之改變，如採用電子收費系統或不收費時，再蒐集交通資料，俟修正模擬模式後再作比較分析。
- 四、根據初步分析結果，若再將資料依「佔有率」進行細部分類，則在分析速率、車流率，F函數值．．．等相關高速公路交通特性變數間之關係時，將會有更明確的結果，建議未來可朝這方面繼續研究。

參考文獻

- [1] : 台灣地區公路容量手冊,交通部運輸研究所,民國七十九年十月。
- [2] : "中山高速公路容量分析與交通管制措施之研究",高速公路局,民國七十一年。
- [3] : 顏懷如,"城際公路基本容量與小汽車當量之研究",成功大學碩士論文,民國七十六年。
- [4] : 龍天立,"台灣區高速公路三重 中壢段車流間程分析研究",台大,民國六十六年。
- [5] : 龍天立,"高速公路混合車流特性研究",運輸季刊,6卷2期,民國六十六年。
- [6] : 陳晃清,"高速公路多車道平直路段容量研究",交通大學碩士論文,民國七十二年。
- [7] : 謝順結,"高速工路行車速限之研究",交通大學碩士論文,民國七十二年。
- [8] : 林貴璽,"高速公路基本路段容量暨相關影響因素特性之研究",交通大學碩士論文,民國七十六年。
- [9] : "日本道路容量手冊",交通部運輸研究所,民國七十九年。
- [10]: "一般公路交通特性分析與基本容量訂定",交通部運輸研究所,民國七十六年八月。
- [11]: T.R.B. Special Report 209 , "Highway Capacity Manual - 1985", Washington D.C. 1985.
- [12]: Said M.Easa & Adolf D. May, "Generalized Procedure for Estimating Single-and Two-Regime Models", TRR772, 1980.
- [13] : Daniel L. Gerlough & Matthew J. Huber, "Traffic Flow theory (A Monograph)", TRB Special Report 165, Washington D.C., 1975.
- [14] : Roess, Macshane, Pignataro, "Freeway Level of Service: A Revised Approach", TRR 699, 1979.
- [15] : Traffic Management & Engineering Office, "Highway Capacity seminar Notes-1985, Ministry of Transportation and Communications, Canada, 1985.
- [16] : OECD, "Traffic Capacity of Major Routes", Paris, 1983.
- [17]: Liger, M. Capacity of Urban and Inter-urban Motorways-General Note. CETE. Aix en Provence, October 1980.
- [18]: Kolangd, Fordrojning, Beräkning av Kapaciteit. Statens Vägverk TV 131, 1977.

附錄一、主線、匝道資料處理表格

附表 1-1 主線、匠道資料人工抄錄表

月 日 檔名：

第 張

分

[illegible]

附表 1-2 主線、匝道資料處理 Lotus 1-2-3 試算表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	MNO	Q	R	S	T	U	V	WX
1	3	30	0	3	60	0	3	73	0	3	94	5	***1	59	60	53	1	-7	-6	
2	8	60	0	8	97	0	9	7	0	9	27	4	***2	46	49	48	3	-1	2	
3	12	18	0	12	55	0	12	75	0	12	98	5.8	***3	49	49	49	-1	-0	-1	
4	14	78	0	15	8	0	15	18	0	15	40	5	***4	63	60	56	-3	-4	-7	
5	16	81	0	17	16	0	17	29	0	17	51	4.5	***5	49	51	46	3	-5	-2	
6	29	83	0	30	13	0	30	24	0	30	43	4.5	***6	57	60	54	3	-6	-3	
7	39	5	0	39	37	0	39	50	0	39	67	5	***7	56	56	60	0	4	4	&
8													8							
9													9							
10													10							
11													11							
12													12							
13													13							
14													14							
15													15							
16													16							
17													17							
18													18							
19													19							
20													20							

附錄二、主線、匝道資料處理FORTRAN程式

```

DIMENSION V(4000),VV(500),TOCC(4000),FLOW(900),STD(900),OCC(900)
DIMENSION VS(900),A(4000),B(4000),C1(4000),C2(4000),XLEN(4000)
DIMENSION TMEAN(900),TTT(900),VT(900),TRUCK(900)
INTEGER ERROR,SAMPLE,A1,A2,A3,C11,C12,C13,B1,B2,B3,Z
INTEGER C21,C22,C23,NUM
OPEN(5,FILE='tcola.dat')
OPEN(6,FILE='tcola.')
READ(5,*)N
READ(5,*)CUTOFF
READ(5,*)ISTART,DURA
ERROR=0
DURA=120
DO 10 I=1,N
READ(5,*)IY,A1,A2,A3,C11,C12,C13,B1,B2,B3,
1      C21,C22,C23,XLEN(I)
A(I)=1.*A1*60.+1.*A2*1.+A3/100.
C1(I)=1.*C11*60.+1.*C12*1.+1.*C13/100.
B(I)=1.*B1*60.+1.*B2*1.+1.*B3/100.
C2(I)=1.*C21*60.+1.*C22*1.+C23/100.
ICHECK=1
IF(ICHECK.NE.0)THEN
  IF(C1(I).LE.A(I).OR.B(I).LE.A(I).OR.B(I).LE.C1(I).OR.
1    C2(I).LE.C1(I).OR.C2(I).LE.B(I))THEN
    DHV=XLEN(I)-3
    DHV=ABS(DHV)
    IF(C1(I).EQ.B(I).AND.DHV.LT.0.02)GO TO 909
    WRITE(6,*)'ERROR AT I=',IY-1,IY
  ENDIF
909 CONTINUE
  IF(I.GT.1)THEN
    DX1=A(I)-A(I-1)
    DX2=B(I)-B(I-1)
    DX3=C1(I)-C1(I-1)
    DX4=C2(I)-C2(I-1)

```

```

IF(DX1.LE.0.OR.DX2.LT.0.OR.DX3.LT.0.OR.DX4.LT.0) THEN
    WRITE(6,*) 'SERIOVS ERROR AT I=',IY-1,IY
    WRITE(6,666) DX1,DX2,DX3,DX4
666    FORMAT(5X,4F8.1)
ENDIF
C    IF(DX1.LT.0.5.OR.DX2.LT.0.5.OR.DX3.LT.0.5.OR.DX4.LT.0.5) THEN
C88    FORMAT(2X,4F7.0)
C    ERROR=1
C    WRITE(6,*) 'POSSIBLE ERROR, HEADWAY IS VERY SHORT'
C    WRITE(6,*) '          BETWEEN I AND I-1,Y=',IY-1,IY
C    WRITE(6,666) DX1,DX2,DX3,DX4
C    ENDIF
ENDIF
ENDIF
IF(C1(I).LE.A(I)) THEN
    ERROR=1
    WRITE(6,*) 'C1 <= A',I
ENDIF
    IF(B(I).LE.A(I)) THEN
        ERROR=1
        WRITE(6,*) 'B <= A',I
    ENDIF
IF(B(I).LE.C1(I).AND.XLEN(I).NE.3) THEN
    ERROR=1
    WRITE(6,*) 'B <= C1 ',I
ENDIF
    IF(C2(I).LE.C1(I)) THEN
        ERROR=1
        WRITE(6,*) 'C2 <= C1',I
    ENDIF
IF(C2(I).LE.B(I)) THEN
    ERROR=1
    WRITE(6,*) 'C2 <= B ',I
ENDIF
10    CONTINUE
90    NN=N-1

```

```

IF(ERROR.EQ.1)GO TO 500
NUM1=ISTART+1
T1=A(ISTART)
T2=B(ISTART)
C *****
C DETERMINE SPOT SPEED OF EACH VEHICLE: V kph
C OCCUPANCY TIME OF EACH VEHICLE: TOCC sec
C STANDARD DEVIATION OF OCCUPANCY TIME: STD sec
C MEAN OF OCCUPANCY TIME: TMEAN sec
C FLOW RATE: FLOW vph
C OCCUPANCY: OCC %
C *****
C WRITE(6,*)' TMEAN STD OCC Vs Vt FLOW PECF
C 1 DEN PROD TRUCK'
SAMPLE=1
I=NUM1
19 CONTINUE
NSAM=0.
TALL=0.
VALL=0.
VSS=0.
HEAVY=0.
PCE=0.
OCCNEW=0.
R=0.
21 IF(B(I).LE.T1+DURA)THEN
NSAM=NSAM+1
PCE=PCE+(1.6+0.2*XLEN(I))/2.5
V(I)=5./(C1(I)-A(I))*3600./1000.
VV(NSAM)=V(I)
TOCC(I)=B(I)-A(I)
TTT(NSAM)=TOCC(I)
VX=1./V(I)
65 FORMAT(10X,I5,6F10.2)
TALL=TALL+TOCC(I)
VALL=VALL+1./V(I)
VSS=VSS+V(I)

```



```

      IF (XLEN(I) .GE. CUTOFF) HEAVY=HEAVY+1.
      GO TO 40
ELSE
      IF (NSAM.LE.3) THEN
        VS (SAMPLE)=999.
        TMEAN (SAMPLE)=999.
        STD (SAMPLE)=999.
        GO TO 55
      ELSE
        VS (SAMPLE)=1.*NSAM/VALL
        VT (SAMPLE)=VSS/NSAM
        TMEAN (SAMPLE)=TALL/NSAM
        FLOW (SAMPLE)=NSAM/ (B (I-1) -T2) *3600.
        PCEF=PCE/ (B (I-1) -T2) *3600
        TRUCK (SAMPLE)=HEAVY/NSAM
        SUM=0.
        DO 22 J=1, NSAM
          SUM=SUM+ (TTT (J) -TMEAN (SAMPLE) ) **2
22      CONTINUE
          SS=SUM/ (NSAM-1)
          STD (SAMPLE)=SQRT (SS)
          GO TO 50
        ENDIF
      ENDIF
55      I=I+1
      IF (I.GT.N) GO TO 500
      SAMPLE=SAMPLE+1
      T1=A (I-1)
      T2=B (I-1)
      GO TO 19
40      I=I+1
      IF (I.GT.N) GO TO 100
      GO TO 21
50      CONTINUE
60      CONTINUE

```

```

DEN=FLOW(SAMPLE)/VS(SAMPLE)
OCC(SAMPLE)=TALL/(B(I-1)-T2)*100.
  IF(OCC(SAMPLE).GT.25) THEN
    R=0.
  ELSE
    R=1.33*(VS(SAMPLE)-(100-1.25*OCC(SAMPLE)))
    IF(R.LT.0) THEN
      R=0.
    ENDIF
  ENDIF
  F=OCC(SAMPLE)*(VS(SAMPLE)-R)
  PROD=TMEAN(SAMPLE)*VT(SAMPLE)
  WRITE(6,80) TMEAN(SAMPLE),STD(SAMPLE),OCC(SAMPLE),VS(SAMPLE),
1  VT(SAMPLE),FLOW(SAMPLE),PCEF,DEN,PROD,TRUCK(SAMPLE),F,R
80  FORMAT(5F6.2,2F6.0,3F6.2,F7.0,F6.2,F4.1)
  NJ=I-1
  NUM1=I
  SAMPLE=SAMPLE+1
  T1=A(I-1)
  T2=B(I-1)
  GO TO 19
100  ISTART=ISTART+55
C    WRITE(6,*)
      IF(ISTART.GT.N) GO TO 500
      GO TO 90
500  STOP
      END

```