

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

高速公路電子收費車道配置對
收費站服務績效影響之研究

指導教授：黃承傳

研究生：廖惠卿

中華民國九十一年六月

高速公路電子收費車道配置對收費站服務績效影響之研究

研究生：廖惠卿

指導教授：黃承傳 博士

國立交通大學交通運輸研究所

摘要

為提昇高速公路之行車效率以及因應科技進步與收費技術的創新，應用已臻成熟且無現金交易之自動化電子收費系統(ETC)以取代既有人工收費作業方式，已成為公路收費業務之必然發展趨勢。

本研究採微觀電腦模擬分析法，應用收費站模擬模式(TPS 模式)作為分析工具，分析及評估我國高速公路收費站在既有幾何條件不變下，實施電子收費時，其 ETC 車道配置位置、數量在不同使用者比例與不同交通量下，對收費站整體服務績效(通過模擬系統之平均速率)之影響情形。

研究內容首先分別就不同收費車道群之代表性收費站(14 個收費車道群以楊梅收費站為代表、20 個收費車道群以泰山收費站為代表、10 個收費車道群以新營收費站為代表)進行交通特性分析，再以 TPS 模式模擬在不同的 ETC 車道配置位置、數量及使用率等變動因素組合情境下之運行結果，據以評估其對收費站整體服務績效之影響情形。最後，應用評估結果，尋求在不同的交通量與不同的 ETC 使用率下，最適當的 ETC 車道配置數量。

本研究所獲致之主要結論如下：

1. 純就收費站之整體作業績效而言，在不同的交通量及一定比例以上的 ETC 使用率條件下，ETC 車道應以由左向右擴增的配置方式較佳且較合理。
2. 於 14 個收費車道群收費站中，ETC 使用率約在 50% 以上時，其收費站整體績效始優於現況。在目前尖峰時段流量及上游主線達飽和流率下，均以配置 2 個 ETC 車道為佳。
3. 於 20 個收費車道群收費站中，ETC 使用率約在 40% 以上時，其收費站整體績效始優於現況。在目前尖峰時段流量及上游主線達飽和流率下，ETC 使用率在 40-60% 時，以配置 1 個 ETC 車道為佳；ETC 使用率在 65% 時，以配置 2 個 ETC 車道為佳；而當 ETC 使用率達 70% 以上時，則需配置 3 個 ETC 車道。

4. 於 10 個收費車道群收費站中，ETC 使用率約在 50% 以上時，其收費站整體績效始優於現況。在目前尖峰時段流量及上游主線達飽和流率下，均以配置 1 個 ETC 車道為佳。
5. 綜合上述結果可以歸納：「當 ETC 使用率達 50% 以上且持續增加時，最終以配置『主線車道數減一』個小型車 ETC 車道，應可得到較佳的收費站整體績效」。

關鍵字：收費站、電子收費、系統模擬、車道配置、服務績效

A Study of Electronic Toll Collection Lane Allocation on Freeway Toll Plaza Performance Evaluation

Student : Hui-Chin Liao

Advisor : Dr. Cherng-Chwan Huang

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

ABSTRACT

To enhance the efficiency on freeway, adapt to the development of the recent fare collection technology innovation, the application of ETC technology to replace the traditional manual operation method is becoming the major trend of highway fare collection business.

This study adopts microscopic simulation method and use the Toll Plaza Simulation Model(TPS model) as an analysis tool to analyze and assess toll plaza performance(Average Speed Over Plaza System) under current geometrical condition when ETC system is activated, as well as the influence of different location and number of ETC lane and different users' proportion and different traffic volumes.

This study begins with analyzing the traffic characteristics of 3 representative type of toll plaza (Yang-Mei Toll Plaza is the representative of 14 toll lane groups ; Tai-Shan Toll Plaza and Hsin-Ying Toll Plaza are 20 and 10 toll lane groups, respectively). TPS model is then used to simulate various situations such as different ETC lane allocation and users' proportion to assess the influence on the performance of each type of toll plaza. Finally, the appropriate ETC location and number of lanes under different traffic volumes and ETC users' proportion are identified.

The main conclusions obtained from this study are:

1. If it is evaluated only by toll plaza performance, it would be better to install ETC lanes from left to right by driving direction, under all range of traffic volumes and specific users' proportion.
2. At 14 toll lane groups, toll plaza performance is better than current condition, when users' proportion is above 50%. It is better to allocate 2 ETC lanes under current traffic volume and when the upstream mainline reach saturation flow rate.
3. At 20 toll lane groups, toll plaza performance is better than current condition, when users' proportion is above 40%. It is better to allocate 1 ETC lane when users' proportion is between 40% and 60%, under current traffic volumes and when the upstream mainline reach saturation flow rate. When users'

proportion is above 65%, it is better to allocate 2 ETC lanes. And it needs to allocate 3 ETC lanes when users' proportion is above 70%.

4. At 10 toll lane groups, toll plaza performance is better than current condition, when users' proportion is above 50%. It is better to allocate 1 ETC lane under current traffic volumes and when the upstream mainline reach saturation flow rate.
5. To sum up, the appropriate number of ETC lanes is the number of mainline lanes minus one eventually, when users' proportion is above 50% and continuously increasing.

Key words : Toll Plaza, Electronic Toll Collection, System Simulation, Lane Allocation, Performance Evaluation

總目錄

中文摘要	I
英文摘要	III
總目錄	V
圖目錄	VII
表目錄	VIII
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究內容及範圍	2
1.4 研究方法與流程	3
第二章 文獻探討	5
2.1 台灣地區高速公路收費系統之探討	5
2.1.1 收費系統與收費站	5
2.1.2 收費站之收費車道配置	7
2.1.3 收費制度與技術演進	7
2.1.4 收費站之交通特性	8
2.1.5 小結	9
2.2 電子收費系統發展之探討	9
2.2.1 台灣地區電子收費系統之發展	9
2.2.2 國際電子收費系統之發展	12
2.2.3 小結	16
2.3 收費站容量分析與服務水準評估	17
2.3.1 收費站容量分析方法	17
2.3.2 收費站服務水準評估	19
2.4 收費站服務容量分析採模擬方法之相關研究	20
第三章 高速公路收費站交通特性分析	23
3.1 收費站特性分析與模擬對象選擇	23
3.2 收費站交通量特性分析	25
3.2.1 年交通量特性分析	25
3.2.2 月交通量特性分析	32
3.2.3 日交通量特性分析	35
3.2.4 小時交通量特性分析	37
3.3 收費站服務時間特性分析	48
3.3.1 收費車道容量與服務時間	48

3.3.2 收費方式	48
3.3.3 服務時間組成	49
3.3.4 車種組成	50
第四章 TPS 模式之解析與應用	52
4.1 TPS 模式之解析	52
4.1.1 TPS 模式之分析方法	52
4.1.2 TPS 模式之模擬程序	53
4.1.3 TPS 模式之輸入資料檔參數	56
4.1.4 TPS 模式之績效評估指標	60
4.1.5 TPS 模式對各型車道服務水準之劃分	61
4.1.6 TPS 模式之實證	62
4.2 TPS 模式之應用	62
4.2.1 方案之研擬與設計	63
4.2.2 模擬方案編碼與組成	65
4.2.3 模擬輸入檔與輸出檔實例說明	67
第五章 模擬結果分析與評估	73
5.1 各收費站之模擬結果與分析	73
5.1.1 楊梅收費站模擬結果與分析	73
5.1.2 泰山收費站模擬結果與分析	81
5.1.3 新營收費站模擬結果與分析	86
5.2 收費站服務績效之影響評估	89
5.2.1 ETC 車道配置位置對收費站整體績效之影響	89
5.2.2 ETC 使用率與 ETC 車道數對收費站整體績效之影響	89
5.3 使用與非使用 ETC 車道之延滯時間分析	96
5.4 應用案例	104
第六章 結論與建議	105
6.1 結論	105
6.2 建議	106
參考文獻	107

圖目錄

圖 2-1 台灣地區國道路網圖	6
圖 3-1 高速公路歷年年平均日交通量	26
圖 3-2 高速公路歷年各型車輛年交通量成長	26
圖 3-3 民國 81-89 年國道 1 號各收費站年平均日交通量	30
圖 3-4 民國 87-89 年各代表性收費站月交通量變異	34
圖 3-5 各代表性收費站日交通量變異	37
圖 3-6 泰山收費站平常日小時交通量	45
圖 3-7 泰山收費站例假日小時交通量	45
圖 3-8 楊梅收費站平常日小時交通量	46
圖 3-9 楊梅收費站例假日小時交通量	46
圖 3-10 新營收費站平常日小時交通量	47
圖 3-11 新營收費站例假日小時交通量	47
圖 4-1 單方向模擬系統之示意圖	53
圖 4-2 TPS 模式之模擬程序	55
圖 4-3 泰山收費站幾何配置及模擬參數	58
圖 4-4 楊梅收費站幾何配置及模擬參數	59
圖 4-5 新營收費站幾何配置及模擬參數	59
圖 5-1 楊梅收費站 ETC 車道由左向右配置方案組合之模擬結果..	76
圖 5-2 楊梅收費站 ETC 車道由右向左配置方案組合之模擬結果..	77
圖 5-3 泰山收費站 ETC 車道由左向右配置方案組合之模擬結果..	84
圖 5-4 新營收費站 ETC 車道由左向右配置方案組合之模擬結果..	88
圖 5-5 14 個收費車道群配置不同 ETC 車道數之整體績效	92
圖 5-6 20 個收費車道群配置不同 ETC 車道數之整體績效	94
圖 5-7 楊梅收費站配置 2 個 ETC 車道之延滯	97
圖 5-8 泰山收費站配置 1 個 ETC 車道之延滯	99
圖 5-9 泰山收費站配置 2 個 ETC 車道之延滯	100
圖 5-10 泰山收費站配置 3 個 ETC 車道之延滯	101
圖 5-11 新營收費站配置 1 個 ETC 車道之延滯	102

表目錄

表 2-1 收費站收費車道服務水準分級表	20
表 3-1 國道 1 號各收費站收費車道配置	24
表 3-2 國道 1 號各收費站年交通量與車種組成統計	27
表 3-3 民國 87-89 年各代表性收費站月平均日交通量	33
表 3-4 民國 87-89 年各代表性收費站月交通量變異	34
表 3-5 各代表性收費站日交通量變異	36
表 3-6 泰山收費站平常日小時交通量	39
表 3-7 泰山收費站例假日小時交通量	40
表 3-8 楊梅收費站平常日小時交通量	41
表 3-9 楊梅收費站例假日小時交通量	42
表 3-10 新營收費站平常日小時交通量	43
表 3-11 新營收費站例假日小時交通量	44
表 3-12 單一車種之平均服務時間與收(付)費時間	50
表 3-13 中山高及北二高車種組成及收費方式之分佈	51
表 3-14 國道 1 號各收費站民國 86-89 年平均交通組成	52
表 4-1 各型車道服務水準評估準則	61
表 4-2 模擬方案編號說明	65
表 4-3 模擬記錄表設計實例	66
表 4-4 輸入資料檔實例	68
表 4-5 模擬結果輸出檔實例	71
表 5-1 楊梅收費站 ETC 車道由左向右配置模擬之整體績效	74
表 5-2 楊梅收費站 ETC 車道由右向左配置模擬之整體績效	75
表 5-3 泰山收費站 ETC 車道由左向右配置模擬之整體績效	83
表 5-4 新營收費站 ETC 車道由左向右配置模擬之整體績效	87
表 5-5 楊梅收費站 ETC1-2 使用 ETC 車道之延滯時間	96
表 5-6 泰山收費站 ETC1-3 使用 ETC 車道之延滯時間	96

第一章 緒論

1.1 研究動機

台灣地區現行高速公路收費站之設置方式為主線柵欄式，以找零及回數票等人工收費方式收取高速公路通行費。就車流特性而言，收費站屬於阻斷性設施，車輛因收費之故必須減速或停止，而隨著高速公路交通量日益增加，收費站形成主線車道之實體障礙物及干擾車流運作之交通設施，自然也被聯想為造成高速公路壅塞之重要因素。為此，改善收費站收費效率及交通狀況的措施，陸續有回數票使用、投幣式收費、調撥收費孔及連續假期暫停收費與高乘載等，甚至電子收費系統(Electronic Toll Collection, ETC)的試辦及後續推動計畫的實施。

為提昇高速公路之行車效率以及因應科技進步與收費技術的創新，應用已臻成熟且無現金交易之自動化電子收費系統(ETC)以取代既有人工收費作業方式，已成為公路收費業務之必然發展趨勢。而目前如何利用先進科技使現有運輸系統之容量作充分並均衡地使用，已成為交通管理當局為改善交通問題亟需努力的方向，且 ETC 亦是智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)中較容易實際應用的系統之一。ETC 技術之應用上國外已有許多成功案例可循，且其確有增加交通容量及減少收費站延滯與空氣污染的實際效益[Jianling Li, David Gillen & Joy Dahlgren, 1999]。

台灣地區高速公路電子收費系統之建設及營運即將實施，依其規劃係於現行收費站區幾何條件不變下，將部分人工收費車道改成 ETC 車道，且 ETC 車道之佈設數量與增開原則，端視收費站實際車流需要與車道負荷平衡為主要考量因素[高公局、中華電信，民國 90 年 4 月]。究其原則概僅以引用經驗數值，並未有以車流模式或以模擬未來可能的運作情況來加以分析評估，因此實有必要進一步研究分析及評估於收費站實施 ETC 時，其車道配置位置、數量及使用率等對收費站整體服務績效之影響情形。

對於收費站作業績效評估之研究，國內大多以改變收費型態來探討其對於收費站整體服務績效的影響，或以調撥車道方式來增加單方向的服務容量，而且普遍皆採用模擬方法作研究，主要原因是收費站之既有設施及幾何變動不易，若實施工程以改變現有設施，可能會對收費站現行作業的服務績效產生相當大的衝擊，況且不易為用路人所接受；另採模擬方法亦因其成本較低廉且無須實際更動收費站現有的收費型態及設施，可避免對收費站日常作業產生影響。此外，傳統以公式及圖表為基礎去分析及評估整體收費站之服務績效的方法，其在應用上常需執行一連串的計算較為費時，對關聯分析亦較不明確且無法互相回饋修正。目前國內外各界已有發展模擬模式之共識，因此，應用電腦化之模擬分析方法，將可更精確、有

效率地進行研究並解釋更複雜之車流行為。本研究即應用交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)於民國 90 年 3 月出版之「2001 年台灣地區公路容量手冊」[運研所，民國 90 年]中第八章「高速公路收費站」所附錄之『TPS 收費站模擬模式(Toll Plaza Simulation Model，簡稱 TPS 模式)』程式為分析工具，期能由分析與評估結果，以得到較佳之 ETC 車道配置方案。

1.2 研究目的

本研究之目的在於：

1. 探討國內、外高速公路收費站之傳統人工收費與電子收費之發展、作業方式、收費技術及交通特性等概況。
2. 分析及評估台灣地區高速公路收費站在既有幾何條件不變下實施電子收費，不同的 ETC 車道配置位置、數量及 ETC 使用率，在不同的交通量下，對收費站整體服務績效之影響情形。
3. 根據評估結果，以得到較佳之 ETC 車道配置方案。

1.3 研究內容及範圍

本研究採微觀電腦模擬法，以分析及評估台灣地區高速公路主線柵欄式收費站實施 ETC 時，其收費車道配置對收費站服務績效之影響。囿於研究時間及所蒐集之交通量資料有限，研究範圍僅能就國道 1 號(中山高速公路)10 個收費站之區位、收費車道數及影響現行車流穩定因素等特性進行分析與篩選，再將所篩選後之收費站代表，蒐集及建立欲模擬狀況所需的資料，包括交通量、幾何設計、車種組成、各車種收費方式之分佈、收費車道之運用、調撥作業及地磅作業等，以為收費站作業分析之用。

鑑於台灣地區高速公路小型車交通量所佔比例，於各車種組成中是屬最高者，其影響收費站之服務績效亦最深遠，未來實施 ETC 時也是主要的成敗關鍵。故本研究主要針對小型車 ETC 車道配置之方案組合進行模擬、分析與評估。

另依現行高速公路電子收費系統第一階段建置計畫之 ETC 車道配置方式：「係依現有大小型車道配置，分別由內向外擴增」。因小型車 ETC 車道將配置於行車方向之最內側，而當實施 ETC 時，收費系統可能因 ETC 車道系統設備調校困難及交通導引設施變更不易等因素而無法再進行調撥，因此本研究採無調撥車道作業之模擬。此外，因考量當重車在通過 ETC 車道須過磅時，將與人工收費之大型車過站車流產生交織問題，且現行收費站作業在連續假期及平常日尖峰流量時段，經常將大型車收費車道彈性調整

給小型車使用，因此大型車收費車道目前之容量應屬足夠，故本研究亦不考慮大型車加入 ETC 之模擬與分析。

1.4 研究方法與流程

本研究架構及流程如圖 1-1 所示，簡述如下：

1. 蒐集及整理有關台灣地區高速公路收費系統及國外實施電子收費系統之相關文獻資料。
2. 高速公路收費系統之回顧與探討：包括目前國內高速公路傳統收費與電子收費之收費系統設計、收費站設施佈設、收費制度與技術調變及收費站交通特性等問題，以及國際 ETC 發展與實際應用之概況。
3. 選擇欲模擬之代表性收費站：由國道 1 號(中山高速公路)10 個收費站中，依區位、收費車道數及影響現行車流穩定因素等特性進行分析與篩選，並從不同收費車道群(20,14,10 個)中，各擇一代表性的收費站進行交通特性分析與模擬作業。
4. 分析欲模擬收費站之交通特性：主要分析項目有通過各收費站之年、月、日、小時交通量及服務時間等特性分析，以作為後續模擬參數訂定與分析評估作業之參據。
5. 研擬不同的小型車 ETC 車道配置位置及車道數量的組合方案，作為模擬收費站在不同的交通量與不同的 ETC 使用率情境下之服務績效的基礎。
6. 利用收費站模擬模式(TPS 模式)，進行收費站在不同方案與情境組合下之整體服務績效的模擬。
7. 根據模擬結果加以分析評估，以尋求不同情境下最適當之 ETC 車道配置方案。
8. 綜理本研究之結論與建議。

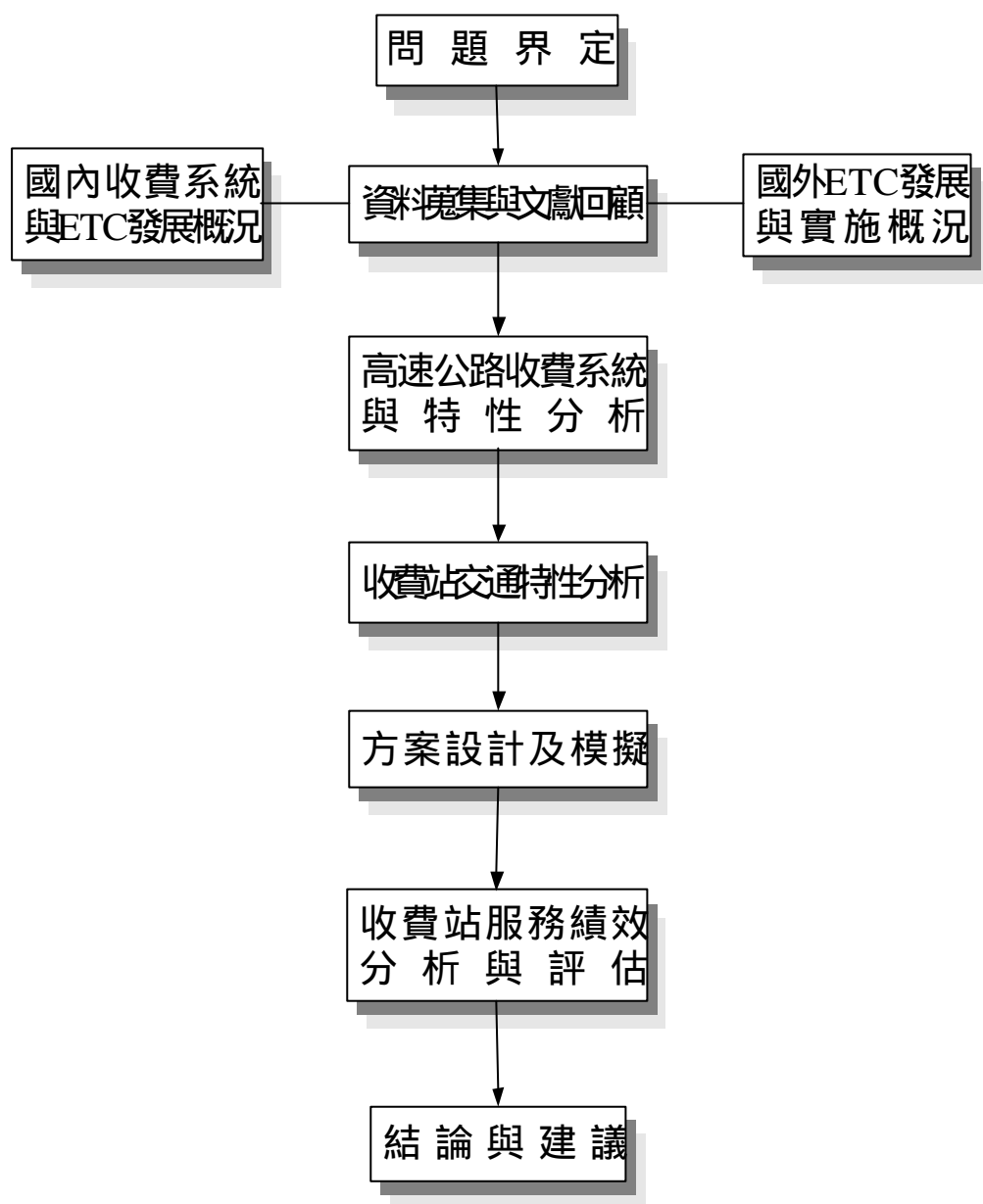


圖 1-1 研究架構流程圖

第二章 文獻探討

收費系統(區位類別、收費方式及收費技術)是影響高速公路服務品質的重要因素之一，亦是高速公路車流運行是否順暢的重要關鍵[中華顧問，民國 81 年]。本章先就台灣地區高速公路現有收費系統與推動中的電子收費系統分別作概略性的探討，其次再探討有關收費站之容量分析方法與服務水準評估、以及收費站服務容量分析採模擬方法等相關文獻。

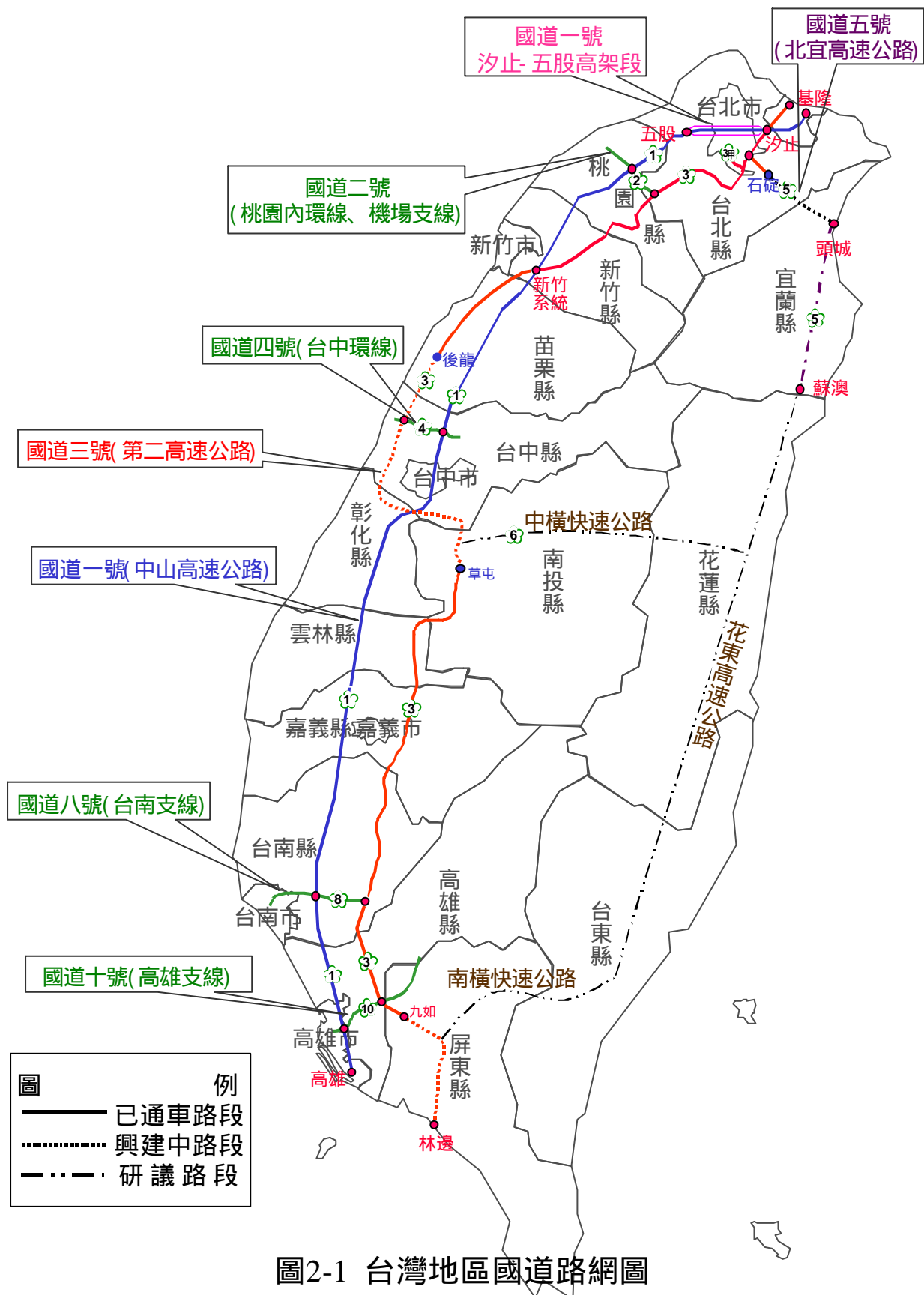
2.1 台灣地區高速公路收費系統之探討

依據現行台灣地區國道路網規劃(如圖 2-1，[祈文中等，2000 年])，南北向高速公路計有 3 條(編號為奇數，如國道 1 號、國道 3 號)，東西向高速公路計有 5 條(編號為偶數，如國道 2 號、國道 4 號)。目前南北向高速公路國道 1 號及國道 3 號係採主線柵欄式收費系統，未來國道 5 號部分規劃有匝道閉闔式收費系統，東西向高速公路則暫時不規劃收費系統。

2.1.1 收費系統與收費站

目前台灣地區高速公路收費站之收費系統設計方式主要有兩種，其一是將收費站設於道路主線上，按次計收通行費，稱之為開放式主線柵欄收費系統(Open Mainline Barrier System)；另一則設站於交流道之進出匝道上，並按行駛里程收取通行費，稱之為匝道閉闔式收費系統(Ramp Close System)。根據「台灣區南北高速公路收費研究報告」[美國帝力凱撒，民國 60 年]就前述二種收費系統之優劣比較分析，認為柵欄式收費制優於閉闔式收費制，故現今國道 1 號及國道 3 號高速公路的收費系統仍依此研究成果為藍本而採用主線柵欄式收費系統進行規劃、設計與施工。此外，高速公路除在台北、台中、高雄三大都會地段劃做免費區域不設站收費外，其餘收費地段約間距 30 至 40 公里均設置主線柵欄式收費站。

截至民國 91 年 5 月底止，台灣地區現有國道高速公路路網通車路段共設有 18 處主線柵欄式收費站，其中國道 1 號(中山高速公路)北起基隆、南迄高雄，全長 372.7 公里，從北到南設汐止、泰山、楊梅、造橋、后里、員林、斗南、新營、新市及岡山等 10 處收費站；國道 3 號(第二高速公路)北起基隆、南抵屏東，依規劃完工後之全長為 438.6 公里，從北到南目前已通車路段計有七堵、樹林、龍潭、後龍、古坑、白河、善化、田寮等 8 處收費站，預計至 92 年 6 月全線完工通車後，國道路網將可累計達 22 處主線柵欄式收費站。



資料來源：[祈文中等，民國89年]，本研究依實際修正。

2.1.2 收費站之收費車道配置

根據國際橋樑隧道及收費道路組織(IBTTA)之標準，高速公路每一主線車道需配以 2.5 倍的收費車道數。而台灣地區高速公路主線收費車道之決定，即參考此一標準，將典型收費站之收費車道數按主線車道數的 2.5 倍至 3 倍配置[藍武王等，民國 81 年]，其中國道 1 號以 2.5 倍計乘；國道 3 號則以 3 倍計乘。故目前除國道 1 號員林至高雄段間尚有五個收費站未完成拓寬，其收費車道數仍為 10 線外，其餘各站均在 14 至 22 線間。大小型車收費車道分配，均按交通組成比例佈設。以 10 線收費站為例，每向都是小型車 3 線、大型車 2 線；其他各站之大型車車道數每向則有 3 至 4 線。每一車道均設有感應線圈(Detector Loop)將經過車輛數送交站上電腦記錄統計。

因高速公路對於重型車輛行駛內側車道有較多的限制，且大貨車須在通過收費站站前或站後進行過磅以防超載，因此目前多數收費站之收費作業均配合公路監理法規[高公局，民國 87 年]，將車種及收費方式按行車方向由右向左設置大貨車、客聯車、找零小型車及不找零小型車(即回數票專用道)等 4 種收費車道。各收費站收費車道佈設原則仍以對稱分派南北兩向交通並按車種及費率分類，大小型車分別使用不得混雜行駛。惟近年來為紓解交通擁塞，於連續假期或交通流量遽增情況下，位屬中央二線車道常機動調撥供車流較大方向之車道使用，以疏解單向車流、提高服務效率。此外，亦有彈性利用將各型車道併道使用(小型車找零與客聯車混合車道、客聯車與大貨車混合車道等)、以及臨時開放公務便道收費等權宜措施，以騰出車道供作小型車收費之用，來增加收費站的整體服務容量。

2.1.3 收費制度與技術演進

國道高速公路自民國 63 年 7 月 29 日三重中壢段完工通車、翌日 7 月 30 日即開始徵收通行費，迄今已 27 年餘，其間收費制度與技術歷經多次革新改進，收費之正確性及效率的提升已成效卓著。目前採 24 小時人工收費作業方式、輔以電腦計次稽核。費率採均一制，小型車為 40 元、大客車及大貨車為 50 元、聯結車為 65 元。其收費制度與技術演進如下([何煥軒等，1998 年]、[周得興等，2000 年]、[高公局，民國 90 年 3 月])：

1. 現金繳交：早期交通量不大，繳費方式係由用路人持現金於行經收費站交予收費員，然費率金額訂定已考慮作業方便性，均為 5 的倍數以加快作業效率，差堪應付。
2. 回數票：由用路人先行購置回數票於行駛高速公路時使用，由於票面金額係按各車型費率印製，用路人只須過站時繳交票卷，可大幅減少收費時間，亦減輕收費員工作負荷，效率確已顯著提昇，至今仍在推廣鼓勵中。而據統計民國 89 年各車種回數票使用率，小型車為 85.66%、大客貨車為 83.86%、聯結車為 97.50%。

3. 不找零車道：自民國 72 年 2 月 1 日起，於北部汐止、泰山、楊梅、造橋等站先行辦理，民國 73 年 9 月 1 日再擴展至全線各收費站均設置不找零車道，專供回數票及不找零錢小型車使用；溢繳現金則投入透明現金箱以供徵信及稽核，其所增加車道容量之成效甚佳，容量可達 950 輛/小時/車道。
4. 小型車回數票專用道：自民國 85 年 12 月 1 日起經三個月試辦與宣導後正式實施，同時取消原來設置之不找零車道，更進一步提高收費作業效率，車道容量每小時可提高到 1050 輛。
5. 自動投幣車道試辦：於國道 3 號北二高樹林、龍潭站每向設置一至二線小型車自動投幣車道，並自民國 85 年 1 月起試辦使用，因其每小時 400 輛的作業速度遠較 900 1050 輛/小時的人工作業收費速度為低，為因應日漸增加之交通量，已自民國 87 年 9 月 1 日起停用。
6. 電子收費車道試辦：自民國 87 年 11 月 23 日起於國道 3 號樹林及龍潭收費站進行高速公路電子收費試用系統，每站雙向均設置一線小型車電子收費車道並先後開放 5700 位用路人及車輛使用，該系統已於民國 90 年 1 月 8 日終止，目前正積極推動高速公路全線電子收費系統之建設工作。

2.1.4 收費站之交通特性

根據交通部台灣區國道高速公路局(以下簡稱高速公路局或高公局)對民國 89 年各型車輛通過收費站車輛數統計[高公局，民國 90 年 3 月]，各收費站中仍以泰山收費站交通量最大，平均每日達 21 萬 5 千 1 百餘輛，其次為樹林收費站之 13 萬 8 千 9 百餘輛，南部地區則以岡山收費站平均每日 8 萬 4 千 8 百餘輛較高，最少者為南部地區之新營收費站平均每日 7 萬 1 千 3 百餘輛，另據民國 84 年高速公路交通動態調查結果[高公局，民國 84 年]，各收費站交通量車種組成成分佈仍以小客車為主約佔 50%至 70%，小貨車約 10%左右，大客車約 3% 5%，大貨車約佔 10% 18%，聯結車約佔 11%左右，南、北向交通量則約略相當。上午 7 時至下午 9 時間為高峰狀態，已無顯著尖離峰現象，夜間零時至凌晨 5 時為交通量較低時段。

台灣地區之高速公路除了作為城際運輸之主要用途外，於都會區亦兼快速道路之功能，故交通量在部分時段及路段，已超過原設計服務水準下的道路設計服務容量，於連續假期及上下班尖峰時間尤甚。若在此尖峰車流下，當主線容量飽和而且進入收費站之車流大且具連續性時，縱使各型收費車道仍未達飽和，但已可能因負擔過量而無法避免等待車隊的形成，加上收費站區路面廣闊，車輛因變換車道形成之交織行為，往往形成車流干擾與衝擊波(Shock Wave)而形成交通壅塞。

2.1.5 小結

由於目前我國高速公路係採主線上設置柵欄式收費方式，收費站形成為主線車道之實體障礙物，自然成為高速公路壅塞之主要因素，因此改善收費效率與收費站車流狀況之方式，陸續有回數票使用、投幣式收費、調撥收費孔及連續假期暫停收費等措施，甚至電子收費系統的試辦及後續計畫的推動與實施。

2.2 電子收費系統發展之探討

電子收費系統(ETC)係利用電子、電腦、通訊等先進的科技，有增進收費服務品質、減少車輛在收費站延滯、提高收費站效率與容量、節省人力及人事成本、節省能源、減少空氣污染及溫室氣體排放等功能。利用先進科技使現有運輸系統之容量作充分並均衡地使用，已成為我國交通管理當局改善交通問題努力的方向，而 ETC 是智慧型運輸系統系統(ITS)中較容易實際應用的系統之一，也是世界各國列為最優先發展的項目[陶冶中，民國 87 年]。目前 ETC 在國外已有許多成功案例可循，惟國內實施 ETC 仍有賴國內駕駛人之適應與接受。

以下就國內、外 ETC 之發展概況分別加以探討。

2.2.1 台灣地區電子收費系統之發展

1. 發展沿革[張芳旭，民國 87 年]

高速公路收費站係採主線柵欄式設置，通行車輛需停車繳費，於交通量大時經常造成壅塞，而為增進收費服務品質、減少車輛通行收費站產生之延滯及提高收費站效率與容量，我國 ETC 發展始於民國 78 年 3 月由交通部科技顧問室提出「高速公路採用電子收費系統」構想，同年 8 月至 12 月針對「單向式」IC 卡進行技術及行政之可行性評估，認為經濟可行而且能提高收費站容量，建議應先做實地測試。而後「雙向式」IC 卡之研發技術已漸成熟而有取代「單向式」IC 卡的趨勢。

交通部國道新建工程局(簡稱國工局)於民國 82 年與台灣營建研究中心合作探討「高速公路自動收費利用雙向通訊與 IC 卡之可行性研究」[國工局，民國 82 年]，完成以頻道選擇多重存取雙向通訊之模擬分析及車上單元雛形之通訊功能實驗，認為國內有開發電子自動收費系統之單項技術能力，惟系統整合能力仍有待加強。同年 4 月交通部成立「高速公路電子自動收費」推動小組，期研擬出具體可行之方案。並積極籌劃高速公路電子收費系統民間投資相關事宜，而後交通部國道高速公路局並請工業技術研究院研提高速公路電子收費系統研究規劃建議書。86 年 2 月交通部開始請中華電信公司協助辦理高速公路電子

收費系統之規劃、技術研發、系統建置等工作。

2. ETC 試用計畫

「高速公路電子收費系統試用計畫」係由中華電信股份有限公司(以下簡稱中華電信)暨所轄電信研究所負責系統測試、建置及營運(前端系統採紅外線系統及非接觸式 IC 卡)。第一階段試用計畫自民國 87 年 11 月 23 日起至 88 年 4 月 30 日止，於國道 3 號樹林及龍潭收費站雙向最內側車道改為電子收費車道，並開放申請 2,500 輛小汽車為試用車輛，以進行系統試用、評估及改善。自 88 年 5 月起廣續擴大進行第二階段試用計畫，增加 2,500 名試用者申請，共設置 15 處加值點，並自 88 年 7 月起於汐止收費站南下不收費車道(右側起第二車道)進行大、客貨車之測試計畫。整個試用計畫於 90 年 1 月 8 日中午 12 時整結束。試用期間共約有 5,700 位用路人參加測試，測試收費通行量約 170 萬輛次，車主滿意度達 96% 以上[<http://www.etc.com.tw/>，民國 90 年 6 月]。鑒於前述成效卓著，社會各界亦期望儘速推動系統之全面建置與營運，爰即將展開另一階段的系統建置期。

3. 高速公路電子收費計畫之推動執行[高公局、中華電信，民國 90 年 4 月]

(1) 計畫依據

高速公路電子收費計畫之推動執行，係依據交通部民國 86 年之政策規劃，由高速公路局以契約方式委託中華電信公司自行籌措資金辦理，再由未來之營運收入回收投資。

(2) 計畫策略與系統標的

為期藉推動高速公路電子收費以實現用路人「走多少、付多少」按里程公平付費之目標，高速公路電子收費系統之建置營運，初期第一階段規劃佈設「主線式電子收費系統」，至第二階段規劃轉換建置佈設「多車道自由車流(Multilane-freeflow)電子收費系統」，俾利按里程收費政策之規劃推動。此二階段收費系統之佈設方式及技術說明如后：

A. 主線式電子收費系統

第一階段係於既有人工收費站區建置電子收費系統設備，系統採小型車電子收費車道專用，大型車(大貨車、大客車、聯結車等)電子收費車道共用之方式佈設，使用電子收費系統之用路人無需停車即可完成繳納通行費。

B. 多車道自由車流電子收費系統

第二階段將於主線路段規劃之收費點轉換建置門架式電子收費系

統設備，且收費車道無實體分隔，系統可以讓裝設有電子收費車上設備之車輛能以正常車速通過收費區及允許自由變換車道之情形下，仍可正確對各類車種扣取通行費。

(3) 系統建置及營運規劃

高速公路局與中華電信公司雙方於民國 90 年 4 月 30 日完成簽定「高速公路電子收費系統建置及營運契約」，明訂契約之委託年期為 17 年(2 年建置、15 年營運)，中華電信公司將依約負責台灣區國道 1 號及 3 號高速公路主線式電子收費系統之建置、營運、維護、更新、經營移轉；以及第二階段多車道自由車流電子收費系統之測試與規劃設計。

A. 建置規劃

根據「高速公路電子收費系統建置計畫書」之規劃，須完成下列階段之建置目標：

- (A) 於民國 91 年 12 月完成國道 1 號及 3 號高速公路各收費站南北向各一小型車電子收費車道及其備援車道之建設、試用、驗收等工程。
- (B) 於民國 92 年 12 月完成國道 1 號及 3 號高速公路各收費站南北向各一大型車電子收費車道及其備援相關設備之建設、試用、驗收等工程。
- (C) 依電子收費通行量達總收費通行量比率之提昇逐年擴建電子收費車道，於民國 94 年 12 月完成國道 1 號及 3 號高速公路各收費站南北向「主線加一」個電子收費車道相關設備之建設、試用、驗收等工程。
- (D) 配合前述建置目標完成必要的前置作業中心之建置，如建立車上設備單元認證中心、發卡中心、客服中心、帳戶中心、維運與監控中心、IC 卡加值點及車上設備單元安裝點等。

B. 營運規劃

除依契約規定之期限與系統標的外，營運範圍包括在營運期間內由中華電信建置所需之電子收費系統、經營電子收費服務並維護運作電子收費系統。其內容包含技術之發展、引進與更新、系統建置、財務管理、維運管理等之統包經營業務。營運規劃策略摘要如下：

- (A) 採階段式開放營運，最終將建設及營運南北向各「主線加一」個電子收費車道。
- (B) 營運目標以第一年電子收費通行量達到高速公路年總收費通行量之 20%、第二年目標 60%、第三年目標 75%，第四年以後(含)

均維持 90%。

- (C) IC 卡之發行採儲值預付式；IC 卡種類可為接觸式或非接觸式，其決定依得標廠商採用之前端系統是使用何種型式之卡片決定；卡片成本由使用者自行負擔，預估每年約發行 150 萬張。
- (D) 車上設備單元採自願申請制，初期並以隨車登記為原則；裝機費用除非政府訂定辦法補助，原則上由使用者負擔。

上述推動計畫之「高速公路電子收費系統建設」採購案，業經中華電信二次公開招標均未順利完成，故前述建置與營運之目標及時程均將再延遲。

2.2.2 國際電子收費系統之發展

1. 國際電子收費技術

因後端系統為龐雜的電腦營運管理系統，為應本土化需求大多由本地國自行建置，因此僅就前端系統發展技術概述如下：

(1) 前端系統通信技術

前端系統通信技術可分短距通信技術(Dedicated Short Range Communications, DSRC)及長距通信技術。短距通信技術又可分成微波及紅外線兩大類，微波除北美洲早期發展的系統採 915MHZ，歐洲、澳洲主要國家及日本等已建置或規劃中之 ETC 系統均採 5.8GHZ。目前僅馬來西亞、中國大陸、巴西及奧地利部分 ETC 系統採用紅外線，其供應商迄今仍為單一來源。

長距通信技術係以全球衛星定位系統(Global Position System, GPS)與全球行動通信系統(Global System for Mobile Communications, GSM)之衛星通信方式，為歐洲在自由車流的電子收費系統上較集中發展之系統之一，因其應用於 ETC 系統尚在研發之中，目前仍無大規模的使用者。

(2) 前端通訊技術標準化

短距通信技術(DSRC)是電子收費系統中的一項核心技術，其為車輛與道路基礎設施之間交換資訊的最可靠方式。微波通信系統在歐洲、澳洲、北美洲各國及日本等已成立協會致力於國際標準化之制訂，促使營運者須正視各國電子收費系統之間的相互操作性(Interoperability)問題，始可提供使用者在各國之間通行無礙的服務。目前大致朝向 5.8GHZ 發展，惟同為 5.8GHZ 系統產品，各廠商生產之發射、接收器通信協定上無標準訂定，故不同廠商之產品仍

無法共通使用。至於紅外線系統為單一廠商來源，故目前並無標準化的問題。

2. ETC 系統建置成本分析

根據 Transport Technology Publishing LLC. (TTP)於 1999 年出版之國際電子收費市場分析及技術公報([Electronic Toll Collection Market Analysis & Technology Update, 1999])所調查及統計資料，有關 ETC 系統主要構成要素之成本¹如下：

- (1) 前端車道系統設備成本：平均每一車道之成本包括自動車輛辨識系統約 US\$63,596、自動車輛分類系統約 US\$9,450 及自動執法系統約 US\$15,275，合計約為 US\$88,294。
- (2) 後端系統及系統整合成本：平均每一車道之成本包括後端軟硬體約 US\$143,567 及系統整合約 US\$174,076，合計約為 US\$317,643。
- (3) 維運成本：平均每一車道之維運成本約為 US\$452,202。
- (4) 車上單元(Tag or OBU)與 IC 卡成本：
 - A. 平均每一車上電子卡(Tag)為 US\$28.57。
 - B. 平均每一 Smart IC 卡 US\$2。
 - C. 另根據 1993 年美國 NCHRP(National Cooperative Highway Research Program)報告分析 Smart card 及其 OBU 成本在 US\$35~US\$65 間；新加坡 OBU 售價為 S\$120(折合台幣約 2,150 元)，安裝費另加 S\$30(新加坡推動初期 10 個月內為免費安裝)。

3. ETC 之應用實例

電子收費系統依系統技術可概分為前端系統與後端系統，前端系統包括車上單元(On Board Unit, OBU)、路側系統(Road Side Unit, RSU)，後端系統包括中央電腦、帳務處理、客戶服務及通信傳輸等子系統。因前端系統屬尖端先進科技，全世界只有少數公司在研發，而後端系統為龐雜的電腦營運管理系統，為應本土化需求大多由本地國自行建置，並與由外引進的前端系統整合運作。台灣地區於 ETC 系統試用計畫中，其前端系統係由中華電信公司招標引進奧地利 EFKON 公司的紅外線通信技術，車上單元之計費器則使用插卡式 OBU 與非接觸式 IC 卡。

由於國內 ETC 計畫推展係委由中華電信公司建置及營運，而前端

¹成本費用係 TTP(Transport Technology Publishing, 運輸技術公報)由 1997-1999 年於全球調查統計 8,813 個 AVI Lanes 中估計所得。除自動執法系統以 8,813 個 AVI Lanes 中取較先進之 3,810 AVI Lanes 作統計分析外，其他各項費用均以 8,813 AVI Lanes 平均估計之。

系統通信技術究應採用微波或紅外線亦有抉擇上之爭議，為評估該公司所採用的系統技術及計畫實施策略，高速公路局八十九年二月間曾派員實地考察瑞典、新加坡及馬來西亞等國，並參酌國際電子收費市場分析及技術公報 (Electronic Toll Collection Market Analysis & Technology Update, 1999) 之電子收費系統，俾從國際發展來評估國內 ETC 系統之發展。以下就各國 ETC 之應用實例摘述如下：[何煖軒、林之杰、康志福、蘇俊欽，民國 90 年]

(1) 瑞典：

瑞典 Combitech 公司係為 ETC 之前端系統製造供應商，該公司之產品技術採 CEN 及 ISO 標準之 5.8GHZ DSRC 微波通訊系統，適用於 Multilane Free flow 或 Single lane，另車上單元(Tag)為雙向可讀寫式。電子收費系統運作方式係以收費站(點)之路側系統偵知並追蹤(tracking)所有通過電子收費區之車輛，以正確收取每一車輛之通行費。車輛追蹤係經由兩個獨立的量測子系統進行，一個是門架上通訊發射單元與車上單元間微波通訊傳輸，另一個是車輛偵測及分類子系統，而兩個量測資料經過比對後可正確收取車輛通行費。其收費方式採預付或後付，並由計帳中心帳戶扣收通行費，費率依車型而定，並以車輛偵測及分類子系統來測量車輛尺寸以查核與所裝設車上單元類型是否符合，防止車輛少繳費用。配合車牌照相執法子系統記錄不正常(Exception)車輛外觀與車牌影像，輔以光學字元辨識(Optical Character Recognition, OCR)子系統分析通過車輛之車牌號碼，供執法取締之用。另該電子收費系統亦可設定「Action List」，對特定車上單元之車輛經過收費站時做特定的處理。

(2) 新加坡

新加坡政府為解決進出市中心區交通壅塞之問題，早已研訂道路定價之交通管理措施，並自 1975 年實施人工道路定價系統即區域牌照計畫(Area License Scheme, ALS),採人工道路收費方式以管制進入市區之交通量，惟鑑於人工票證販售問題及查驗人力僱用不易等因素考量，開始構想規劃實施電子道路收費計畫(Electronic Road Pricing, ERP)。

ERP 計畫係由日本三菱重工得標承建，系統之規劃、建置及測試歷時三年餘，並於 1998 年 9 月 1 日正式啟用營運。其前端通訊技術採 2.45MHZ 微波通訊，以混合車道自由車流方式佈設 Multilane free-flow、並具辨識違規車輛及攝取違規影像資料功能。收費對象為包括摩托車等所有車輛，依不同車型之車內單元(IU)配合使用 Smart card 扣取通行費。其收費系統設計速率為 120km/hr，違規車輛偵測

最高速率可達 180 km/hr，然以微波通訊在營運期間之失敗率約在十萬分之一以下，車間距最小辨識距離約為 25 公分。

(3) 馬來西亞

馬來西亞目前以 BOT 方式由民間機構投資興建 E11、E5 及 E6 等三條高速公路營運收費，且均設置有 ETC 系統，其施行情形概述如下：

- A. 馬來西亞目前以 BOT 方式興建三條收費高速公路，特許營運期間屬私人公司產權，三條高速公路收費系統皆包含有人工收費、Touch and Go(停車以卡片刷過收費板繳費)及 ETC 等三種收費車道，因屬私人營運無警察執法，故收費車道設有欄柵管制車輛通行。
- B. 政府對於 ETC 系統因未於事前制定統一標準，致目前以 BOT 方式興建之三條高速公路經營業者有採用紅外線、微波等不同之收費系統，因不同系統間無法相通使用，且收費車道均設有欄柵管制車輛通行，故用路人裝置 Tag 之意願不高，反而使用 Touch and Go 適用於各高速公路，顯得較為方便經濟。
- C. 因該政府初建高速公路時並無收費，故使用收費高速公路之交通量尚不大，通過收費站所需時間亦不會很長，因此經營業者並未致力 ETC 服務容量之提昇，且其 ETC 功能較為簡單，僅限於小型車通行。

(4) 澳洲墨爾本

澳洲墨爾本的 ETC 系統係由瑞典 Combitech 公司以先進之 Multilane Free-flow 技術建置營運，其施行情形概述如下：

- A. 墨爾本 City Link(MCL) 系統之建置為民間以 BOOT(Build Own Operate Transfer)興建的 22 公里長之高速公路，以貫穿墨爾本市中心區及聯絡鄰近的三條高速公路，總經費為 US \$ 14 億元，營運期 34 年。該路規劃至營運為期 7 年，其中電子收費系統規劃及發包為期二年，測試建置至開始營運期程亦為二年，於 1999 年 8 月通車營運。
- B. 全線規劃 6 個收費區(Toll Zone)，建置 13 個收費門架(gantry)，40 個收費車道。其收費車道採最先進的混合車道自由車流系統(Multilane Free-flow)，可讓駕駛人以正常駕駛方式通過，即使在收費區有超車、變換車道之行為，系統仍可對密集大流量之車輛進行扣繳，駕駛人無需有過收費站之心理準備。
- C. 前端通信系統以 5.8GHZ 頻寬之微波進行車上電子卡與車道系統

間之通訊，執法系統係以紅外線照相機拍攝違規(不正常扣款)車輛之車牌號碼，並以光學字元辨識(OCR)處理後，寄發違規繳(罰)款通知單。車間可辨識最小間距設計為 50 公分，實際運作可達 20 公分。

- D. 系統營運採電子收費卡(e-Tag)及一日券(Day Pass)二種方式，前項由用路人申請 e-Tag 及開立通行費帳戶(可採預付或後付式)，並將 e-Tag 裝置於汽車前方擋風玻璃照後鏡後方位置，即可自由通行於各收費站區，目前 e-Tag 交易比例已達 85%。另一日券係提供非經常使用 MCL 之用路人繳交通行費之權宜措施，其通行費率較 e-Tag 高，以日計費，每日行駛次數不受限制，一年最多能申請 12 次。

2.2.3 小結

台灣地區高(快)速公路網正逐步建立當中，且交通部已有將快速公路納入收費之構想，傳統收費方式恐已無法滿足未來整體路網運作的需要。且由於交通量的持續成長，短途借道高速公路之情形日益增多，基於使用者付費的公平原則及提供付費者有較理想的服務水準，高速公路依使用里程付費，應是大眾可接受的政策。

電子自動收費是道路訂價趨勢的主流，可減少因人工收費站帶來之交通擁塞；紓解部分因汽車擁擠伴隨產生之空氣污染、能源消耗、噪音、交通安全等問題。而透過電子自動收費的方式，在不同的路段與時段，可依不同的費率標準收取道路使用費。道路使用者可能因某一時段的通行費用相對比個人時間價值來得高，而改變其旅運行為，並選擇在其他費率較低的時段來完成該旅次；或因某一路段的相對通行費用高，而改變其旅行路線，選擇其他替代路線到達目的地；甚至改搭大眾運輸工具而減少私人運具的使用。如此，可達時間、空間上有效的配置，人力資源不再浪費在擁擠的道路上，得以充分發揮，將可促使總體經濟提升。此外，因為 ETC 可以利用智慧卡付費，給予行車者方便並由公路主管當局與金融機構間之電子轉帳作業，進而提昇收費效率。且主管當局亦可以達到電子車牌辨識之目標，除了方便管理，亦能取得行車旅次資訊可供交通控制管理及未來規劃參考之用[張堂賢，民國 87 年]。

高速公路 ETC 發展的目的，應非僅限於通行費收取作業效率的提高、營運人工成本的減少，其著眼點除了提昇服務品質，後端帳務、行政作業的資訊化與自動化亦為整體管理改善之關鍵，其重要性與研發工作負荷實不亞於前端系統。藉由 ETC 的導入，車上單元與交通控制管理系統之結合，將更充分發揮道路交通的效益，給予管理者有效經營之利器，亦為進一步實施智慧型道路系統之先導。

2.3 收費站容量分析與服務水準評估

公路容量分析提供規劃及設計人員客觀的資料以決定適當之設計及運作，其重點在於探討公路設施之硬體設備、運作策略與交通需求(traffic demand)之互動關係以協助完成下列在規劃、設計或運作時常須執行之工作[運研所，民國 90 年]。而收費站容量²分析之目的，主要在了解收費站於現有硬體設施與不同人員收費作業方式組合下，其所能提供之最大的服務量，進而評估其對交通需求的滿意程度，而其滿意程度則包括質與量的評估。

2.3.1 收費站容量分析

容量分析是利用各種模式及對交通特性之了解，藉以評估交通設施之工作。有關收費站容量之研究主要可分為兩大類，一為模擬法，另一為容量法，以下分別簡述之：[吳清在等，民國 82 年]

1. 模擬法(微觀法)

所謂模擬法係利用電腦超大的記憶容量及其高速的處理、運算資料之能力，藉模擬車流運作之方式求取欲得知之各種績效值，如車流延滯、車隊等候長度、停等次數等。其研究方法與步驟為：

- (1) 實地調查、蒐集研究範圍內車流運作之資料及車輛特性資料。
- (2) 利用統計方法分析資料，並建立車輛之各種屬性統計函數。如車輛及車種產生函數、加減速函數、選擇收費道匝道機率函數、超車選擇車道行為函數等。
- (3) 分析研究範圍內車輛之運動行為，並依車輛之運動邏輯建立模擬車流軌跡模式，及配合所建立之車輛屬性函數，將之撰寫成計算車流模擬程式。

而一般用以模擬車流軌跡之方法有以下四種：

- A. 實體表示法：利用二進位(Binary System)電腦之記憶單元內所存值非 0 即 1 之特性，假設每個記憶單元係表示若干公尺，當有車輛佔據時，則以“1”表示，否則以“0”表示，如此便可以將一個接一個的記憶單元表示為整條車道狀況。
- B. 備忘表示法：以整個語句(Word)代表車輛，語句中的各部分代表車子的特性，如到達系統時間、車種。使用此法時，將道路分為一

²收費站之收費車道容量指在已知的車流、收費站幾何設計、收費作業及其他相關天候及路面狀況下，在不短於 15 分鐘之時段內經常能從收費車道通過之最高流率。此容量並不是一固定值，也不是最高的觀察值，而是一期望值(expected value)。以傳統收費車道為例，其容量相當於在有持續的停等車輛時，相同長度時段(如 15 分鐘)內能穿過收費車道車輛數的平均值。[運研所，民國 90 年]

系列單位區段，通常每區段為模擬車種車身長度的若干分之一。

- C. 串列處理法：以一含有 n 個分量(Components)的實數向量來表示車輛，各分量分別代表車輛的屬性(Attribute)，隨車輛的移動各分量值亦跟著改變，如車輛速度、車輛所在座標。
- D. 數學表示法：此法和備忘表示法類似，但須定出整個道路的座標，所以模擬車輛的位置是連續性的。

至於對系統的掃瞄方式則主要有二種：

- A. 時間掃瞄(Time Scanning)或稱固定時間掃瞄法：每隔一固定時間即對系統內所有車輛掃瞄一次，並更新車輛屬性，此法適用於車輛推進。
 - B. 事件掃瞄(Event Scanning)或稱變動時間掃瞄法：當系統內有事件發生時，始加以處理，否則不予處理，此法適用於車輛產生之描述。
- (4) 將系統幾何特性、收費站作業方式，及車流資料輸入模擬系統，並執行程式。
 - (5) 分析系統輸出之結果，並據以研擬各種改善措施。

模擬法之優點為可模擬各種道路幾何配置、車流組成、交控方式下之車流運作情形，可節省大量的實驗經費。其缺點為模式複雜、不易應用，且需大量的蒐集分析車流特性資料來建立模式，執行時間亦較長。

2. 容量法(巨觀法)

所謂容量法係指分析收費站在各種不同收費作業方式下之作業容量，並據以研擬各種改善措施。國內有關收費站容量問題之研究大多採用此法([黃俊榮，民國 69 年]、[陳晉源，民國 75 年]、[羅孝賢，民國 76 年]、[張家祝等，民國 76 年]、[郭詩毅，民國 81 年]、[陳憲文，民國 82 年])。其可直接由調查資料以統計方法分析收費站容量，亦可由圖解之方式描述、分析各種收費作業下車輛於收費站之停等方式，進而分析收費站之容量。此法之優點為應用容易及計算快速，缺點則為針於不同之幾何配置、車流組成及交控方式，於應用時皆需重新進行模式所需之相關資料之調查。

3. 巨觀-微觀法

除傳統之微觀法及巨觀法之外，一般常用之等候理論及車隊擴散車流模擬模式，為介於巨觀法與微觀法之間的車流模擬方式。以等候理論為例，其內涵為認為車隊等候之基本特性在於一群車輛到達一個

或多個收費道之前，該收費車道可立即服務、或需等該收費道能對其服務。其模擬步驟為：

- (1) 定義及描述問題相關特性。
- (2) 蒐集車流資料，分析資料並進行統計檢定。
- (3) 發展建立模式並撰寫成計算機程式。
- (4) 將系統幾何特性、收費站作業方式及車流資料輸入系統，以進行模擬。
- (5) 分析系統輸出之結果，並據以研擬各種改善措施。其優缺點同微觀法，但執行時間較短，且資料蒐集量較少。

2.3.2 收費站服務水準評估

容量分析之重點不在於估計容量，在規劃、設計及運作時，一設施所能提供之服務水準才是分析之重點。當用模擬做分析時，沒有必要先估計容量以訂定績效指標之值，而應將容量分析改稱為服務水準分析較為合適。

高速公路是由多種設施所組成的交通系統。這些設施有不同的功能及交通特性，而且其交通作業常互相影響。因無適當的電腦模擬模式以評估各種設施間之互動關係，國內外的容量分析方法通常將各設施先獨立分析，然後利用分析的結果直接評估整個高速公路系統的服務水準。

高速公路服務水準分析之訂定，國外主要以「美國公路容量手冊(HCM)」為主，惟其並未對收費站之服務水準評估納入討論及描述。而國內則以交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)於民國 80 年 5 月出版「台灣地區公路容量手冊」及民國 90 年 3 月改版之「2001 年台灣地區公路容量手冊」所討論與描述較為完整。

民國 80 年版之「台灣地區公路容量手冊」係以等候理論(Queuing Theory)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(Queuing Length)，並據此評估收費站之服務水準。

而 90 年版之「2001 年台灣地區公路容量手冊」對傳統人工收費作業時，係以平均車隊長度作為劃分服務水準之指標，其原因在於車隊長度是駕駛員與收費站管理人員最容易瞭解的績效評估指標。然而，當一收費站有 ETC 車道時，因停等車隊很可能只在塞車時才存在，因而車隊長度不適合用以評估電子收費之作業品質，故建議利用收費亭上游減速區之平均路段延滯做為劃分服務水準之績效指標。其分級標準比較如表 2-1 所示。

表 2-1 收費站收費車道服務水準分級表

美國 HCM		80 年版台灣 HCM		2001 年版台灣 HCM	
服務等級	準則	服務等級	平均每車等候時間(sec/veh)	服務等級	平均路段延滯(sec/veh)
A	-	A	1.0	A	10.0
B	-	B	5.0	B	20.0
C	-	C	10.0	C	30.0
D	-	D	40.0	D	40.0
E	-	E	80.0	E	50.0
F	-	F	80	F	50

資料來源：2001 年台灣地區公路容量手冊[運研所，民國 90 年]

2.4 收費站服務容量分析採模擬方法之相關研究

本研究整理有關高速公路收費站服務容量採用系統模擬方法之相關文獻，摘要分述如下：

- (1) 民國 69 年，黃俊榮君以事件描述法模擬泰山收費站之收費車道最佳開放數，並以車輛等待時間費用及收費作業成本分析，以決定最佳開放收費車道數；另經其電腦模擬各型車輛平均服務時間結果分別為：小型車 7.77 秒、大貨車 10.47 秒、客聯車 11.58 秒；經轉換為服務容量，小型車約為 463 輛/小時、大貨車約 344 輛/小時、客聯車約 311 輛/小時。
- (2) 民國 75 年，陳晉源君利用 GPSS 程式語言模擬泰山收費站小型車找零車道、不找零車道及雙座式車道之服務容量，其模擬結果分別為 470 輛/小時、690 輛/小時及 658 輛/小時，亦即不找零車道及雙座式車道所增加之服務容量對收費站服務績效甚有助益。
- (3) 民國 76 年，許書耕君等以模擬方式分析單座式收費方式不同收費方法下之容量變化情形，其結果為：同一類收費車道，其服務容量隨收費車道數增加而等倍增加；收費車道分類使用較不分類使用有效率。
- (4) 民國 82 年，鄭賜榮等利用個人電腦 FORTRAN 語言建構一收費站模擬模式(TPS)，並利用調查資料進行程式之測試分析，期能盡量反映真實系統之狀況。該模式是採事件導向(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，因此較採用時間推進(Time-Advance)模擬方式節省龐大的電腦計算時間。對收費站作業之模擬而言，採用此方式雖將稍微減低模式之彈性及精確性，但仍能獲得實用的資料。惟事件推進之模式很難有效的處理車輛互動關係的事件，因此 TPS 模式無法同時模擬雙向收費站調撥之相關作業，在將來也很難和其他部位模式加以整合，並串連成整體高速公路系統之模擬。該研究模擬各型車道服務容量結果，小型車不找零約為 790 輛/小時、小型車不找零約為 360 輛/小時、大貨車約 500 輛/小時、客聯車約 490 輛/小時。

- (5) 民國 87 年 7 月，運研所鑑於上述 TPS 模式的缺點，且由於電腦速度大幅提昇及價格大幅調降，乃從事發展時間推進之微觀模擬模式用以替代原先之 TPS 模式。此新模式訂名為時間推進收費站模擬模式(Time-Driven Toll Plaza Simulation Model，簡稱為 TTPS 模式)。此模式可模擬多種收費方式、調撥作業及地磅作業。使用者只需輸入少許的資料如：高速公路收費、調撥及地磅等作業方式等，再配合流量資料即可進行模擬。欲估計容量時，可利用輸入相當高之車流率以進行模擬推估，當在擁擠的狀況下，通過某一收費車道之車流率代表該車道之容量。
- (6) 民國 88 年，賴炳榮君調查收費站之 ETC 運作特性，並利用 TTPS 模擬模式模擬 ETC 系統在收費站之不同的佈設對收費站整體服務績效所產生的影響。經以連續假期暫停收費時所調查各車輛之車距約為 2.28 秒及 2.34 秒，並以此推估 ETC 容量約在 1579 輛/小時/車道及 1538 輛/小時/車道之間，顯示 ETC 車道服務容量確較一般人工收費車道之服務容量為高；且由其模擬結果顯示：在僅設置 1 線 ETC 車道之情況下，當置於小型車車道範圍之最內或最外側時，其收費站服務績效最佳且隨著車道移設於中間車道而遞減；另隨著 ETC 使用者與 ETC 車道數量之增長，其服務績效亦將隨之提高。
- (7) 民國 90 年，謝霖霆君利用系統模擬的方法，以楊梅收費站為模擬路段，並針對模擬路段的車流與收費特性進行現場與錄影調查，再以調查資料來輔助建構收費站模擬模式。其模擬設計環境以改變現行收費孔道的收費方式為主，測試所設計環境與目前環境的績效值是否提高或下降，針對設置位置、設置數量及車輛比例等變數進行模擬測試，並採用平均旅行時間、平均延滯時間及平均速率等三項績效指標，以及車道變換總次數及平均每車變換次數兩項安全性指標來分析。其模擬結果顯示，ETC 設置位置以內側車道為佳；而在不同的 ETC 車輛比例下依據各種不同評估指標可得到不同的最適 ETC 車道設置數量，決策者可依照各種不同的考量重點來做決定。

- (8) 民國 90 年 3 月，運研所出版之「2001 年台灣地區公路容量手冊」中第八章「高速公路收費站」所附錄之『TPS 收費站模擬模式(TPS 模式)』乃一時間推進之微觀電腦模擬模式，應是運研所 87 年 7 月之 TTPS 模式的改良版，其可用於模擬收費站在不同幾何設計、交通狀況及作業方式時之服務水準及容量，應用將更為廣泛。

由於高速公路收費站容量大小主要隨其幾何配置、收費作業方式、收費車道數、車流組成情形及使用回數票比例多寡而改變，而基於現行之中山高速公路收費站幾何配置、收費車道數之改變較為困難，且公路系統裝設電子自動收費裝置後，駕駛人付費方式的選擇行為改變，會隨自動收費車道與人工收費車道的多寡與相對績效決定。因此，未來在決定設置 ETC 車道數時，必須評估 ETC 車道的需求量，而且車道需求及相對服務績效的研究分析必須予以重視。故本研究將探討如何在現有幾何條件不變下，採 ETC 以增加收費車道之容量，並利用 TPS 模式模擬收費站實際車流運作情況，分析及評估實施 ETC 時對收費站整體之作業績效。

第三章 高速公路收費站交通特性分析

交通特性分析係道路交通研究之基本工作。本章主要內容乃針對國道 1 號(中山高速公路)各收費站現有之交通特性加以分析，主要分析項目有通過各收費站之年、月、日及小時等交通量、以及收費站作業服務時間等特性，藉此瞭解各收費站之基本交通特性，並作為後續模擬參數訂定與評估之參據。

3.1 收費站特性分析與模擬對象選擇

國道 1 號(中山高速公路)自民國 67 年通車後，中北部路段大多已完成拓寬，然由於國道 3 號(第二高速公路)目前通車路段僅限於北部路段及中南部部分路段，且東西向高快速公路路網尚未完成，因此台灣西部地區南北的長途運輸，主要仍需仰賴國道 1 號；另由高速公路歷年交通量仍逐年持續增加趨勢觀之，用路人亦有偏愛使用國道 1 號之特性。

收費站作業分析之模擬，宜選擇現有交通特性在時間分佈型態上，具有長時間使用且較穩定之車流樣本的收費站。而本研究囿於研究時間及所蒐集之交通量資料有限，僅能就國道 1 號 10 個收費站之區位、收費車道數及影響現行車流穩定因素等特性進行分析與篩選，再將所篩選後之代表性收費站進行交通特性分析，以作為後續模擬參數訂定與評估之參據。

國道 1 號(中山高速公路)北起基隆、南迄高雄，目前全線從北到南設有汐止、泰山、楊梅、造橋、后里、員林、斗南、新營、新市及岡山等 10 個收費站，預計民國 91 年 8 月於中部后里路段將再新增設一月眉收費站。收費方式採主線柵欄式收費系統，以人工收費輔以電腦計數稽核，各型收費車道配置數量則依現有幾何配置及實際車流需要調配如表 3-1 所示。

分析現行國道 1 號 10 個收費站中，汐止收費站位於全線最北端，且由於 87 年 1 月 1 日起採南下不收費之單向收費措施，未來第一階段實施電子收費時仍可能僅採單向收費，故本研究先予排除其為模擬對象。

泰山收費站位於台北都會區南端，是台北都會區之門戶，站區上下游主線車道數為 4 線、收費車道數共有 20 個，為本研究範圍車道數最多之收費站，其交通特性深受台北都會區經濟活動之影響，未來實施電子收費時亦是評估實施成效的首要之地，故該站自然成為大部分學者及交通管理當局列為研究分析之對象，本研究當不例外。

至於楊梅、造橋、后里收費站位於中北部路段，站區上下游主線車道數均為 3 線、收費車道均為 14 個。因新竹至員林段拓寬工程部分路段仍在施工中，且國道 3 號中部路段於 90 年 12 月底已通車至竹南，後續亦將陸續完工通車，而造橋及后里收費站因位於新竹以南，其交通量於前述路段

完工通車後可能有較大之變異，故於 14 個收費車道群中，選擇楊梅收費站作為模擬分析之對象。

中南部員林至高雄部分路段刻正辦理拓寬中，惟目前各收費站均仍維持 10 個收費車道數。而員林收費站位於主線車道數由 3 線縮減為 2 線之匯流處，其現行車流特性亦深受影響，未來拓寬完成後預期車流將有所變異；另新市及岡山收費站因鄰近高雄與台南都會區，且由於國道 3 號南部路段、國道 8 號及國道 10 號等陸續完工通車，未來亦有較大的交通量變化，故於 10 個收費車道群中，宜選擇斗南或新營收費站進行分析之對象。

綜上述分析與說明，本研究依收費站路段區位與交通量穩定等特性因素，並從不同收費車道數群(20、14、10 個車道數)中，選定泰山、楊梅、新營等三個代表性收費站，進行交通量特性分析與交通組成特性分析。

表 3-1 國道 1 號各收費站收費車道配置

車道配置 站別	主線 車道數		單向各車種配置車道數					雙向合計 車道數
	南下	北上	小型車		大型車		小計	
			回數票	找 零	客 聯	客 貨		
汐止(9K+800)	2	2	3 ¹	1	1	1	6	10
泰山(35K+500)	4	4	5	2	2	1	10	20
楊梅(71K+400)	3	3	4	1	1	1	7	14
造橋(117K+800)	3	3	4	1	1	1	7	14
后里(162K+600)	3	3	4	1	1	1	7	14
員林(218K+200)	2	2	2	1	1	1	5	10
斗南(246K+700)	2	2	2	1	1	1	5	10
新營(280K+700)	2	2	2	1	1	1	5	10
新市(313K+600)	2	2	2	1	1	1	5	10
岡山(346K+800)	2	2	2	1	1	1	5	10

[註 1]：汐止收費站目前南下方向不收費，故自南下調撥 1 小型車車道供北上使用。

資料來源：高速公路局，本研究整理。

3.2 收費站交通量特性分析

本節主要係針對泰山、楊梅、新營等三個代表性收費站進行交通量之時間分佈特性分析，分析內容包含年、月、日、小時之交通量變化。

3.2.1 年交通量特性分析

國道 1 號(中山高速公路)自民國 67 年全線通車之後，交通量即急遽增加。依據高速公路通過收費站之交通量統計資料顯示(如圖 3-1 所示)，在全線通車 10 年後，其年平均日交通量¹(Annual Average Daily Traffic, AADT)已超過原設計服務流量(每日 66 萬小客車當量數²)，因此有第二高速公路的興建。然交通量的成長遠超過道路興建的速度，從民國 82 年北部地區第二高速公路分段陸續完工通車後，至民國 83 年之年平均每日交通量即又已超過兩高速公路合計之設計服務流量(每日 87 萬小客車當量數)。此外，民國 89 年全線不分車種之年平均日交通量更已高達 124 萬輛次，約合 145 萬小客車當量數，約為設計服務流量之 1.7 倍，在連續假期時交通量更是可觀，因此經常造成交通擁擠。

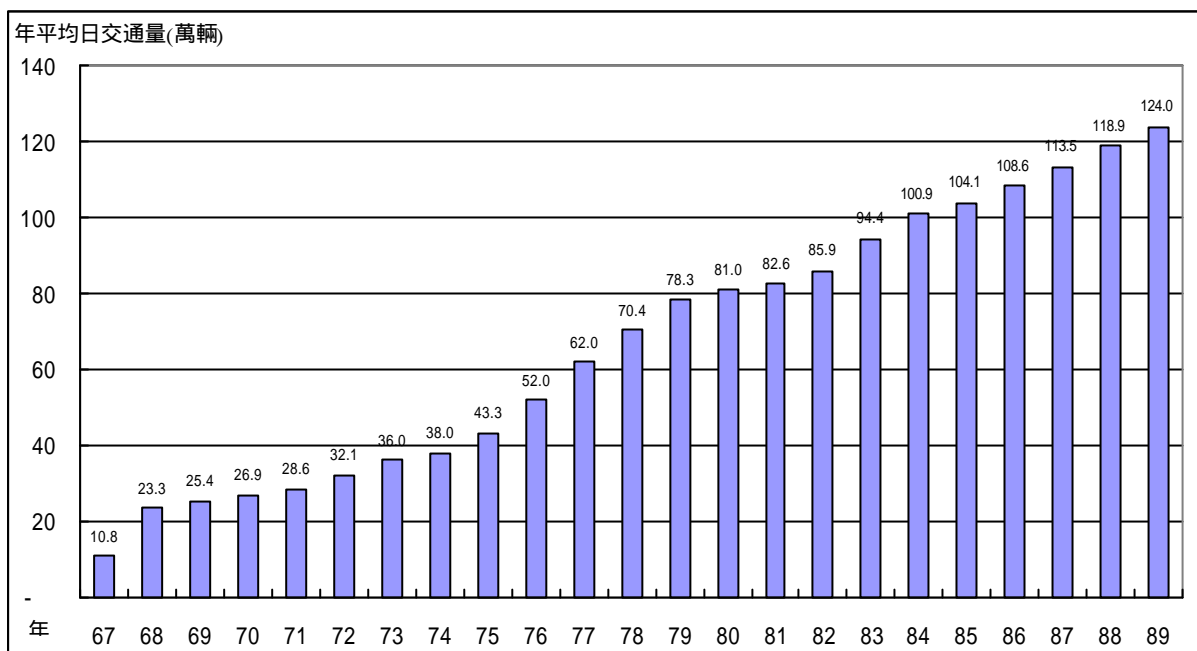
另由高速公路歷年各型車輛年交通量成長趨勢(如圖 3-2 所示)可知，小型車仍持續地成長，大貨客車及聯結車之成長則已漸趨平緩，這也是為何在高速公路收費制度變更時，均多以調變小型車之收費方式及增加收費車道數為主要考量的原因。

本研究之年交通量分析係蒐集歷年高速公路年報，由各型車輛通過收費站車輛統計表中，取國道 1 號自民國 81 年至 89 年、汐止至岡山等 10 個收費站之年交通量與車種組成資料，彙整如表 3-2 所示，並以通過各收費站之年平均日交通量(AADT)繪出如圖 3-3。

¹ 年平均日交通量：調查整年之交通流量，其累計值除以一年之總天數，可得出年平均每日交通量。

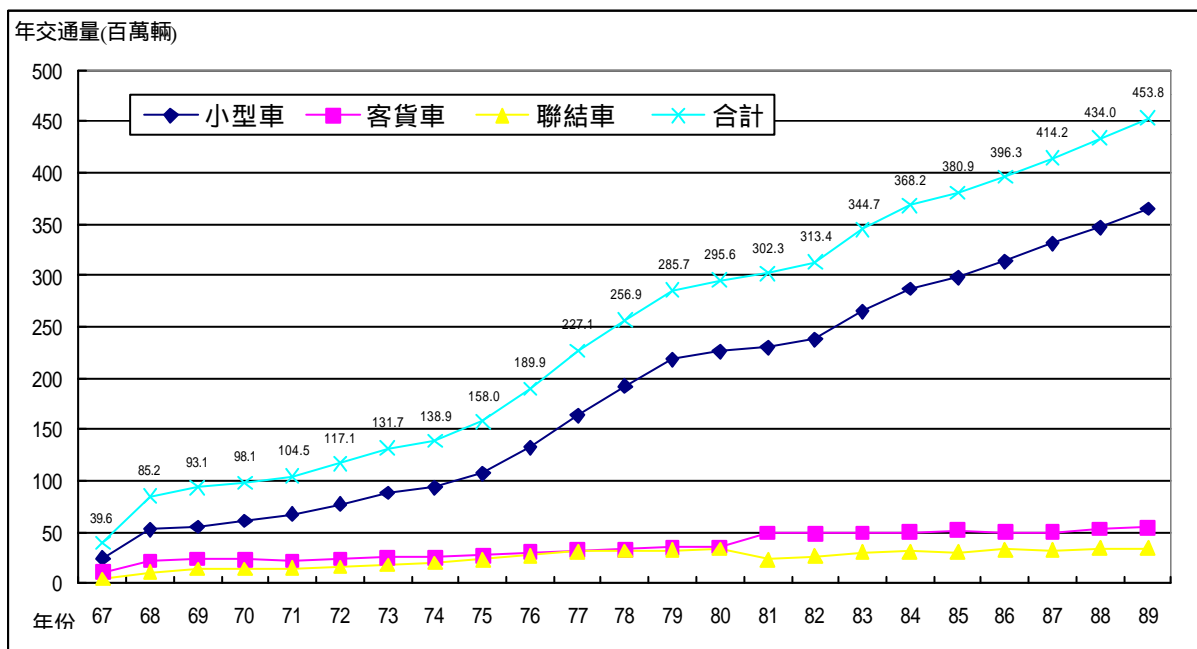
² 小客車當量數(PCU)：將現有道路幾何佈設、交通組成與管制設施之情況下，各車種在交通流潮中相對於小客車之影響比例稱為小客車當量(Passenger Car Equivalent, PCE)；而將道路上各車種數量以小客車當量換算成相當於小客車之數量，稱之為小客車當量數(Passenger Car Unit, PCU)。

[資料來源：交通工程手冊，民國 79 年 3 月]



資料來源：歷年高速公路年報，本研究整理(82年起含國道3號通車路段交通量)。

圖 3-1 高速公路歷年年平均日交通量



資料來源：歷年高速公路年報，本研究整理(82年起含國道3號通車路段交通量)。

圖 3-2 高速公路歷年各型車輛年交通量成長

表 3-2 國道 1 號各收費站年交通量與車種組成統計

交 通 量 站別年份		車 種 比 例		小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
汐止收費站	81 年	20,177,452	83%	2,393,020	10%	1,662,391	7%	24,232,863		66,210	
	82 年	20,342,657	82%	2,336,465	9%	1,982,095	8%	24,661,217		68,266	
	83 年	20,517,390	83%	2,252,707	9%	1,997,855	8%	24,767,952		76,209	
	84 年	21,310,044	84%	2,210,704	9%	1,818,937	7%	25,339,685		69,424	
	85 年	21,823,492	85%	2,230,405	9%	1,532,441	6%	25,586,338		69,908	
	86 年	24,498,797	86%	2,315,178	8%	1,529,257	6%	28,343,232		77,653	
	87 年	29,055,166	87%	2,753,007	8%	1,655,646	5%	33,463,819		91,682	
	88 年	32,636,003	86%	3,186,638	8%	2,208,196	6%	38,030,837		104,194	
	89 年	30,928,256	86%	2,834,913	8%	2,215,587	6%	35,978,756		98,303	

交 通 量 站別年份		車 種 比 例		小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
泰山收費站	81 年	53,951,431	83%	8,086,101	12%	2,780,714	4%	64,818,246		177,099	
	82 年	53,964,787	83%	8,012,906	12%	3,143,875	5%	65,121,568		180,267	
	83 年	53,105,024	83%	7,421,831	12%	3,491,873	5%	64,018,728		196,981	
	84 年	56,623,452	83%	8,391,120	12%	3,469,312	5%	68,483,884		187,627	
	85 年	59,891,167	82%	10,278,468	14%	3,170,709	4%	73,340,344		200,383	
	86 年	63,708,677	84%	8,706,935	12%	3,177,078	4%	75,592,690		207,103	
	87 年	63,462,873	86%	7,932,447	11%	2,429,305	3%	73,824,625		202,259	
	88 年	65,125,608	85%	8,724,651	11%	2,368,820	4%	76,219,079		208,819	
	89 年	67,793,181	86%	8,388,090	11%	2,577,384	3%	78,758,655		215,188	

交 通 量 站別年份		車 種 比 例		小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
楊梅收費站	81 年	26,473,916	76%	5,584,284	16%	2,579,101	7%	34,637,301		94,637	
	82 年	25,320,390	76%	5,160,700	16%	2,809,971	8%	33,291,061		92,155	
	83 年	21,790,718	74%	4,602,887	16%	3,025,409	10%	29,419,014		90,520	
	84 年	23,863,224	76%	4,595,375	15%	2,995,927	9%	31,454,526		86,177	
	85 年	25,458,685	77%	4,582,547	14%	3,076,832	9%	33,118,064		90,487	
	86 年	26,093,784	78%	4,483,030	13%	3,076,599	9%	33,653,413		92,201	
	87 年	23,969,067	79%	4,025,708	13%	2,426,691	8%	30,421,466		83,346	
	88 年	25,761,436	79%	4,152,593	13%	2,509,805	8%	32,423,834		88,832	
	89 年	28,414,538	80%	4,420,208	13%	2,365,169	7%	35,199,915		96,175	

(交通量單位：輛)

資料來源：歷年高速公路年報，本研究整理。

表 3-2 國道 1 號各收費站年交通量與車種組成統計(續)

交 通 量 站別年份	車 種 比 例	小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
造橋收費站	81 年	22,008,834	72%	5,513,085	18%	2,881,611	9%	30,403,530	83,070
	82 年	23,090,255	71%	5,496,520	17%	3,722,985	12%	32,309,760	89,439
	83 年	23,736,338	71%	5,403,960	16%	4,260,392	13%	33,400,690	102,771
	84 年	25,540,874	72%	5,475,028	16%	4,343,475	12%	35,359,377	96,875
	85 年	25,437,928	73%	5,249,627	15%	4,356,292	12%	35,043,847	95,748
	86 年	25,203,699	73%	5,091,329	15%	4,214,582	12%	34,509,610	94,547
	87 年	25,236,646	74%	5,099,755	15%	3,934,849	11%	34,271,250	93,894
	88 年	25,528,263	74%	5,210,152	15%	3,833,221	11%	34,571,636	94,717
	89 年	26,456,047	74%	5,373,664	15%	3,860,313	11%	35,690,024	97,514

交 通 量 站別年份	車 種 比 例	小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
后里收費站	81 年	21,360,763	74%	5,616,231	19%	1,886,928	7%	28,863,922	78,863
	82 年	22,366,863	73%	5,441,095	18%	2,841,156	9%	30,649,114	84,842
	83 年	22,941,600	73%	5,245,937	17%	3,099,760	10%	31,287,297	96,269
	84 年	24,883,445	75%	5,321,783	16%	3,103,995	9%	33,309,223	91,258
	85 年	25,087,543	75%	5,323,450	16%	3,000,176	9%	33,411,169	91,287
	86 年	25,131,578	75%	5,447,322	16%	2,927,351	9%	33,506,251	91,798
	87 年	25,065,297	74%	5,579,414	17%	3,055,591	9%	33,700,302	92,330
	88 年	25,527,096	75%	5,663,177	17%	2,978,598	8%	34,168,871	93,613
	89 年	26,964,409	76%	5,941,359	17%	2,696,499	7%	35,602,267	97,274

交 通 量 站別年份	車 種 比 例	小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
員林收費站	81 年	17,460,238	72%	4,725,370	20%	1,940,658	8%	24,126,266	65,919
	82 年	18,193,167	73%	4,739,432	19%	2,007,054	8%	24,939,653	69,037
	83 年	18,801,673	73%	4,792,262	19%	2,060,158	8%	25,654,093	78,936
	84 年	20,500,682	75%	4,929,244	18%	2,055,246	7%	27,485,172	75,302
	85 年	20,789,959	74%	5,046,152	18%	2,093,584	7%	27,929,695	76,311
	86 年	20,756,823	74%	4,628,273	16%	2,728,915	10%	28,114,011	77,025
	87 年	20,546,602	74%	4,475,549	16%	2,897,698	10%	27,919,849	76,493
	88 年	21,625,524	74%	4,762,369	16%	3,031,831	10%	29,419,724	80,602
	89 年	22,897,603	74%	5,046,803	16%	3,009,788	10%	30,954,194	84,574

(交通量單位：輛)

資料來源：歷年高速公路年報，本研究整理。

表 3-2 國道 1 號各收費站年交通量與車種組成統計(續)

交 通 量 站別年份	車 種 比 例	小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
斗 南 收 費 站	81 年	14,337,803	68%	4,412,349	21%	2,287,083	11%	21,037,235	57,479
	82 年	15,048,533	69%	4,443,679	20%	2,420,614	11%	21,912,826	60,658
	83 年	15,679,969	69%	4,533,862	20%	2,442,270	11%	22,656,101	69,711
	84 年	17,015,575	71%	4,583,995	19%	2,309,552	10%	23,909,122	65,504
	85 年	17,360,381	72%	4,549,504	19%	2,161,490	9%	24,071,375	65,769
	86 年	17,441,447	71%	4,649,699	19%	2,350,469	10%	24,441,615	66,963
	87 年	17,449,988	71%	4,630,565	19%	2,481,633	10%	24,562,186	67,294
	88 年	17,918,799	70%	5,000,742	20%	2,575,643	10%	25,495,184	69,850
	89 年	18,757,429	71%	5,237,495	20%	2,473,277	9%	26,468,201	72,317

交 通 量 站別年份	車 種 比 例	小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
新 營 收 費 站	81 年	14,377,092	69%	4,357,355	21%	2,033,843	10%	20,768,290	56,744
	82 年	15,040,053	70%	4,467,137	21%	2,080,350	10%	21,587,540	59,758
	83 年	15,539,453	70%	4,509,056	20%	2,167,900	10%	22,216,409	68,358
	84 年	16,771,000	72%	3,880,644	16%	2,695,830	12%	23,347,474	63,966
	85 年	17,046,345	72%	3,872,068	16%	2,661,666	12%	23,580,079	64,426
	86 年	16,982,992	71%	3,746,243	16%	2,999,857	13%	23,729,092	65,011
	87 年	17,086,300	72%	3,690,656	15%	3,105,767	13%	23,882,723	65,432
	88 年	17,401,661	70%	3,884,462	16%	3,627,624	14%	24,913,747	68,257
	89 年	18,478,791	71%	4,052,007	16%	3,597,239	13%	26,128,037	71,388

交 通 量 站別年份	車 種 比 例	小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
新 市 收 費 站	81 年	17,723,296	72%	4,310,354	18%	2,514,185	10%	24,547,835	67,071
	82 年	18,914,466	73%	4,243,377	16%	2,646,479	10%	25,804,322	71,431
	83 年	19,607,710	74%	4,206,954	16%	2,756,568	10%	26,571,232	81,758
	84 年	20,809,296	75%	4,203,167	15%	2,817,571	10%	27,830,034	76,247
	85 年	21,340,924	75%	4,162,896	15%	2,896,282	10%	28,400,102	77,596
	86 年	21,399,384	75%	4,020,953	14%	3,189,396	11%	28,609,733	78,383
	87 年	21,323,903	75%	3,933,667	14%	3,254,094	11%	28,511,664	78,114
	88 年	21,618,005	73%	4,154,326	14%	3,763,708	13%	29,536,039	80,921
	89 年	22,880,654	74%	4,280,157	14%	3,553,568	12%	30,714,379	83,919

(交通量單位：輛)

資料來源：歷年高速公路年報，本研究整理。

表 3-2 國道 1 號各收費站年交通量與車種組成統計(續)

交 通 量 站別年份	車 種 比 例	小型車		客貨車		聯結車		合計	年平均 日交通量
		交通量	比例	交通量	比例	交通量	比例		
岡 山 收 費 站	81 年	22,135,258	77%	4,134,569	14%	2,603,180	9%	28,873,007	78,888
	82 年	23,935,505	77%	4,132,379	13%	2,861,845	9%	30,929,729	85,619
	83 年	24,042,189	76%	4,003,994	13%	3,575,364	11%	31,621,547	97,297
	84 年	25,273,385	77%	4,045,971	12%	3,630,056	11%	32,949,412	90,272
	85 年	25,408,394	77%	4,001,586	12%	3,743,146	11%	33,153,126	90,582
	86 年	25,906,582	77%	3,905,550	11%	3,933,892	12%	33,746,024	92,455
	87 年	26,324,448	78%	3,761,059	11%	3,766,021	11%	33,851,528	92,744
	88 年	26,912,500	78%	3,764,527	11%	3,884,560	11%	34,561,587	94,689
	89 年	24,388,176	78%	3,055,071	10%	3,598,872	12%	31,042,119	84,815

(交通量單位：輛)

資料來源：歷年高速公路年報，本研究整理。

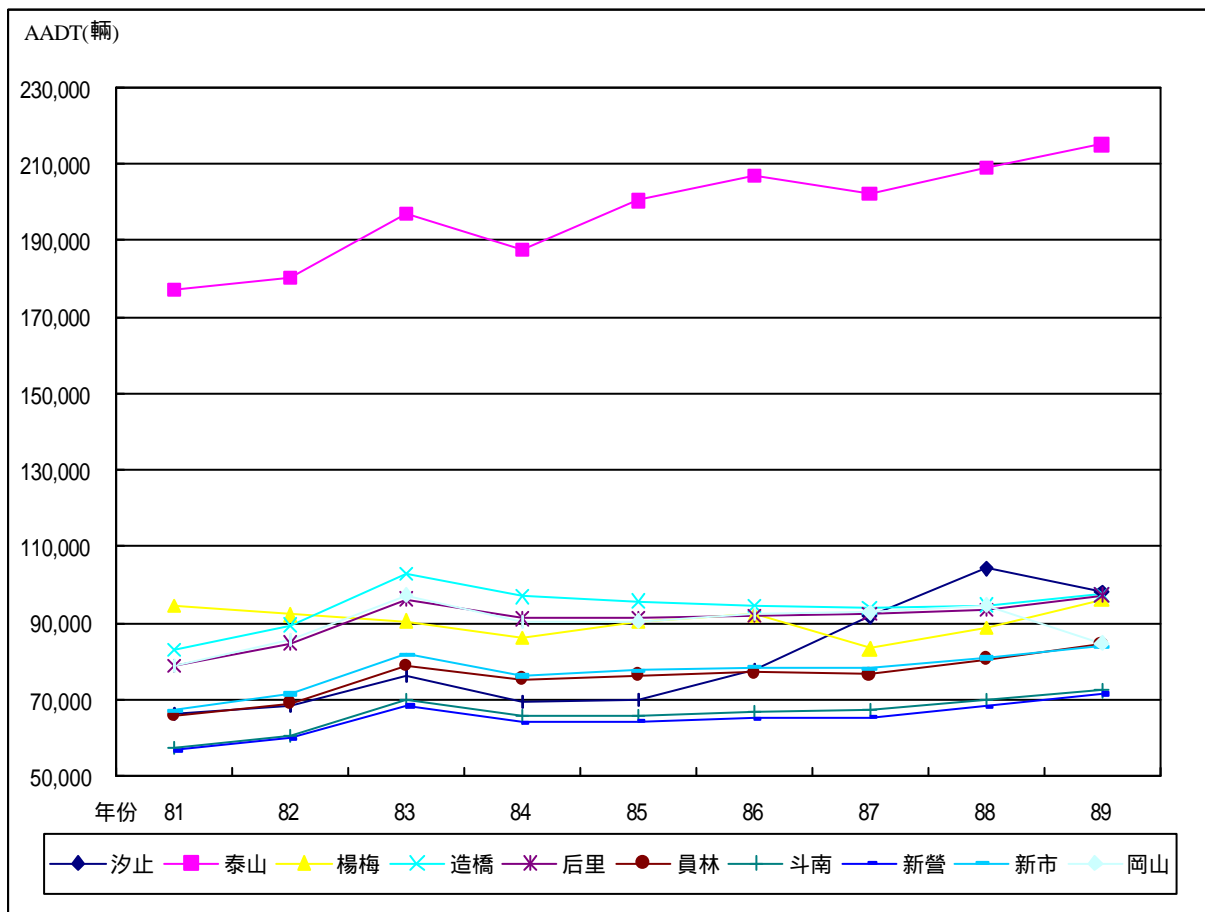


圖 3-3 民國 81-89 年國道 1 號各收費站年平均日交通量

由圖 3-3 各收費站之年平均日交通量可知：國道 1 號全線各收費站之年平均日交通量，除汐止與岡山收費站於 89 年呈現下降趨勢之外，其餘各站均仍持續成長中。探究其原因可能由於國道 3 號北部基隆至汐止段、國道 3 號南部新化至九如段、以及國道 8 號、國道 10 號等路段部分陸續完工通車，分散原有國道 1 號之部分車流而致使前述二站的交通量下滑。以下就本研究所選定之代表性收費站，分析其年交通量特性如下：

1. 各收費站之歷年年平均日交通量均以泰山收費站最高，約為其他各站之 2 至 3 倍，概因其兼具中長程旅次及都會區內短程通勤與商務旅次之運輸功能。另由該站交通量趨勢亦可顯示台北都會區所產生與吸引之交通旅次遠高於其他地區。
2. 楊梅收費站之歷年年平均日交通量分佈趨勢，是除泰山站及汐止站外，屬交通變化較為特殊的一站，但近三年來其交通量走勢已趨似於泰山收費站，其交通亦具有近似都市道路之特性，顯見交通建設帶動城鄉發展後，都市發展已有南向趨勢。
3. 新營收費站之歷年年平均日交通量於 10 站中屬最低者，惟其交通量變化則呈現最穩定趨勢。

3.2.2 月交通量特性分析

根據交通部運輸研究所[張家祝等，民國 76 年]之交通量月變異分析方法，係先求出各收費站之每月平均日流量，並除以該年之年平均日流量，得出該年每月之變異值，最後再將各年同月份之變異值加以平均，得出月變異平均值。因每一收費站月交通量之個別資料來源取得不易，故本研究僅蒐集近三年(民國 87-89 年)通過泰山、楊梅及新營收費站之月交通量統計表並彙整如表 3-3 所示。經參考前述運研所之交通量月變異分析方法，計算各站之月交通量變異如表 3-4，並依表繪製代表性收費站之年平均月交通量變異圖(如圖 3-4 所示)，茲分析說明如下：

1. 楊梅及新營收費站之月交通量變異趨勢較為類似，其主要特徵為：
 - (1) 二月份係全年之尖峰月；全年最低的交通量常發生在二月份過後的三月及暑假過後的十月；而四月及七月通常各另有一小尖峰月。
 - (2) 一至四月份交通量變化幅度較大，主要原因可能由於二月份通常包含農曆春節連續假期；而四月份則包含清明節在內的春假連續假期，顯示台灣地區在特有之節日，對交通需求有直接且明顯之影響。
 - (3) 六至八月之交通變化幅度可能由於暑假期間之時間分佈而帶動該時期旅次頻率的增加，形成另一尖峰的車流，顯見台灣地區民眾因配合週休二日措施及暑假全家出遊休閒的旅次有逐漸增加趨勢。
2. 泰山收費站位於台北都會區南端，其交通特性深受台北都會區經濟活動之影響，一、二月份之交通需求反而較其他月份為低，顯見其平時之交通需求原本就相當高，連續假期對其影響並不大，且其月交通變異幅度亦較其他各站為小。
3. 三個收費站均以 9 月份之月變異值最趨近於 1，即 9 月份之月平均日交通量相當於年平均日交通量，顯見 9 月份係全年中車流變化最平穩的月份。

表 3-3 民國 87-89 年各代表性收費站月平均日交通量

站別	月交通量	87 年		88 年		89 年	
		月交通量	月平均日交通量	月交通量	月平均日交通量	月交通量	月平均日交通量
泰山收費站	1 月	6,108,588	197,051	6,327,031	204,098	6,695,410	215,981
	2 月	5,623,194	200,828	5,808,164	207,434	6,089,882	209,996
	3 月	6,324,605	204,020	6,354,180	204,974	6,622,663	213,634
	4 月	6,221,504	207,383	6,253,804	208,460	6,467,322	215,577
	5 月	6,325,704	204,055	6,367,227	205,394	6,709,511	216,436
	6 月	6,097,762	203,259	6,253,216	208,441	6,508,358	216,945
	7 月	6,338,992	204,484	6,565,175	211,780	6,740,885	217,448
	8 月	6,344,846	204,672	6,492,418	209,433	6,569,670	211,925
	9 月	5,990,577	199,686	6,232,959	207,765	6,547,543	218,251
	10 月	6,060,506	195,500	6,489,584	209,341	6,631,494	213,919
	11 月	6,131,378	204,379	6,405,219	213,507	6,339,928	211,331
	12 月	6,256,969	201,838	6,670,102	215,165	6,835,989	220,516
楊梅收費站	1 月	2,703,707	87,216	2,605,555	84,050	2,932,601	94,600
	2 月	2,399,218	85,686	2,471,980	88,285	2,964,538	102,225
	3 月	2,590,815	83,575	2,614,549	84,340	2,881,323	92,946
	4 月	2,577,012	85,900	2,652,812	88,427	2,989,042	99,635
	5 月	2,585,093	83,390	2,634,353	84,979	2,918,267	94,138
	6 月	2,462,280	82,076	2,626,754	87,558	2,855,031	95,168
	7 月	2,573,977	83,032	2,779,243	89,653	3,077,701	99,281
	8 月	2,654,485	85,629	2,809,207	90,620	2,949,865	95,157
	9 月	2,406,301	80,210	2,736,820	91,227	2,927,271	97,576
	10 月	2,431,093	78,422	2,801,031	90,356	2,930,615	94,536
	11 月	2,502,010	83,400	2,797,683	93,256	2,783,272	92,776
	12 月	2,535,475	81,790	2,893,847	93,350	2,990,389	96,464
新營收費站	1 月	2,189,668	70,634	2,028,192	65,426	2,107,968	67,999
	2 月	1,902,478	67,946	1,926,162	68,792	2,368,717	81,680
	3 月	1,996,021	64,388	2,078,759	67,057	2,098,808	67,703
	4 月	2,013,076	67,103	2,173,153	72,438	2,245,460	74,849
	5 月	2,033,403	65,594	2,090,644	67,440	2,142,961	69,128
	6 月	1,829,358	60,979	2,084,126	69,471	2,106,879	70,229
	7 月	2,062,104	66,519	2,172,529	70,082	2,298,605	74,149
	8 月	2,146,302	69,236	2,141,952	69,095	2,135,707	68,894
	9 月	1,859,199	61,973	2,085,959	69,532	2,210,824	73,694
	10 月	1,911,023	61,646	2,030,784	65,509	2,169,989	70,000
	11 月	1,934,539	64,485	2,029,621	67,654	2,013,071	67,102
	12 月	2,005,552	64,695	2,071,866	66,834	2,229,048	71,905

(交通量單位：輛)

資料來源：高速公路局各收費站交通量及通行費統計表，本研究整理。

表 3-4 民國 87-89 年各代表性收費站月交通量變異

月 變 異 月 份	站 別 年 別	泰山收費站				楊梅收費站				新營收費站			
		87 年	88 年	89 年	月變異 平均值	87 年	88 年	89 年	月變異 平均值	87 年	88 年	89 年	月變異 平均值
1 月		0.97	0.98	1.00	0.99	1.05	0.95	0.98	0.99	1.08	0.96	0.95	1.00
2 月		0.99	0.99	0.98	0.99	1.03	0.99	1.06	1.03	1.04	1.01	1.14	1.06
3 月		1.01	0.98	0.99	0.99	1.00	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.95	0.97
4 月		1.03	1.00	1.00	1.01	1.03	1.00	1.04	1.02	1.03	1.06	1.05	1.05
5 月		1.01	0.98	1.01	1.00	1.00	0.96	0.98	0.98	1.00	0.99	0.97	0.99
6 月		1.00	1.00	1.01	1.00	0.98	0.99	0.99	0.99	0.93	1.02	0.98	0.98
7 月		1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01	1.03	1.01	1.02	1.03	1.04	1.03
8 月		1.01	1.00	0.98	1.00	1.03	1.02	0.99	1.01	1.06	1.01	0.97	1.01
9 月		0.99	0.99	1.01	1.00	0.96	1.03	1.01	1.00	0.95	1.02	1.03	1.00
10 月		0.97	1.00	0.99	0.99	0.94	1.02	0.98	0.98	0.94	0.96	0.98	0.96
11 月		1.01	1.02	0.98	1.01	1.00	1.05	0.96	1.01	0.99	0.99	0.94	0.97
12 月		1.00	1.03	1.02	1.02	0.98	1.05	1.00	1.01	0.99	0.98	1.01	0.99

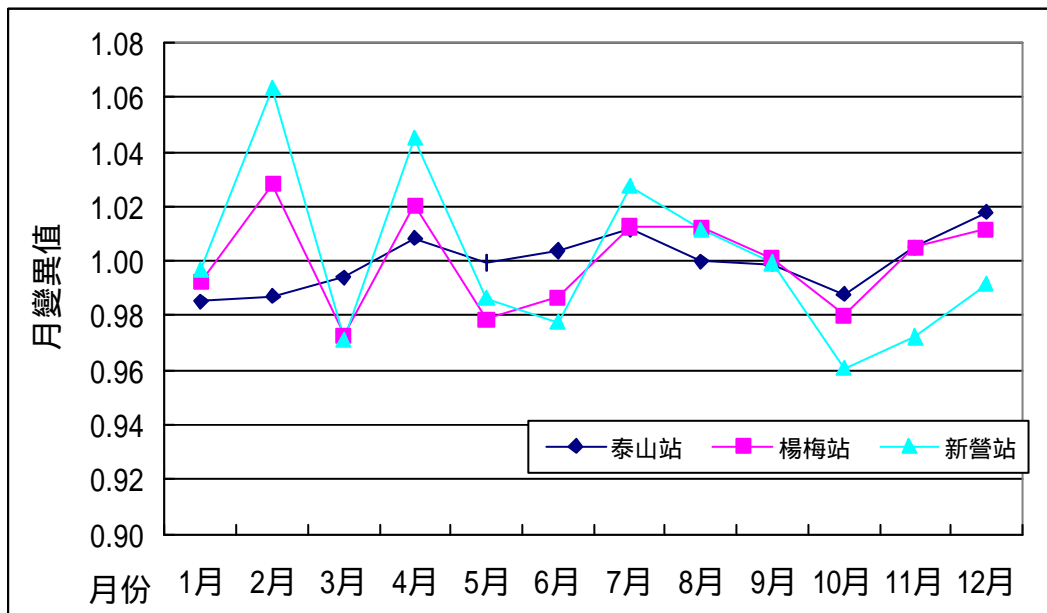


圖 3-4 民國 87-89 年各代表性收費站平均月交通量變異

3.2.3 日交通量特性分析

依據前述月交通量特性分析，9 月份係全年中交通變化最平穩的月份，故本研究選定 9 月份其中一週做為日交通量分析樣本，但為求分析較具精確性，另於同年度上半年中再加取其中一個月份資料，此月份應排除包含有農曆春節或其他特殊節日之連續假期(如一、二、四及六月)，因此本研究實際選定民國 89 年 3 月(上半年)及 9 月(下半年)之月交通量以進行日及小時交通量特性分析。

日交通量分析方法係蒐集泰山、楊梅及新營等三個代表性收費站，由 89 年 3 月及 9 月之月交通量明細資料報表中，取用 3 月 20 - 26 日及 9 月 18 - 24 日等二週之日交通量資料，分別代表該年度上半年及下半年之日交通量分析樣本。再將此二週每日交通量逐日平均為各日平均日流量，並求出該全週之週平均日交通量，以各日平均日流量除以週平均日流量，經統計整理可得每站之日交通變異如表 3-5 所示，最後再取各站之日交通變異值繪製如圖 3-5。由圖表分析各代表性收費站之日交通量特性如下：

1. 星期一至星期四各站日變異較小且均有穩定的日交通需求，顯示其主要係以服務通勤(上下班、上下學)及商務旅次，且具有經常性及穩定性。
2. 楊梅及新營二收費站之日交通變異型態較相似，其特徵如下：
 - (1) 星期一至星期四有日交通需求穩定且變異較小。
 - (2) 星期五起則有較高的交通需求，顯見實施週休二日措施後，相對帶動更高的中長程休閒或返鄉旅次。
 - (3) 星期六及星期日為全週日交通之尖峰，二站不同之處在於楊梅收費站星期六比星期日交通需求高；新營收費站則反之。因本研究無個別方向性資料可供佐證，無法推論該特性所代表之意義，僅能推測目前台灣地區就業人口從南部到北部工作者可能較多，而星期六返鄉、星期日返回工作場所的車流造成二站不同方向需求之交通特性。
3. 泰山收費站之日交通變異較小，其星期六、日交通需求與平常日間差異不大，顯示其為都市特有的交通特性；星期五之交通需求最高，此因其除具有通勤及商務旅次外，並兼含星期例假日遠離都會區之返鄉旅次。

表 3-5 各代表性收費站日交通量變異

交通量類別		站別	泰山收費站	楊梅收費站	新營收費站
日期					
上半年日交通量	3/20(星期一)		215,533	91,600	65,363
	3/21(星期二)		213,614	89,030	62,256
	3/22(星期三)		212,348	87,645	61,817
	3/23(星期四)		212,956	87,965	60,846
	3/24(星期五)		229,324	98,707	73,119
	3/25(星期六)		218,732	107,574	85,662
	3/26(星期日)		222,644	111,636	90,359
下半年日交通量	9/18(星期一)		214,219	92,084	63,632
	9/19(星期二)		211,099	89,548	62,798
	9/20(星期三)		213,588	88,955	60,970
	9/21(星期四)		209,961	86,896	61,268
	9/22(星期五)		228,262	101,637	74,475
	9/23(星期六)		224,126	111,262	86,407
	9/24(星期日)		211,950	104,067	86,002
平均日流量	星期一		214,876	91,842	64,498
	星期二		212,357	89,289	62,527
	星期三		212,968	88,300	61,394
	星期四		211,459	87,431	61,057
	星期五		228,793	100,172	73,797
	星期六		221,429	109,418	86,035
	星期日		217,297	107,852	88,181
週平均日流量			217,025	96,329	71,070
日交通量變異值	星期一		0.99	0.95	0.91
	星期二		0.98	0.93	0.88
	星期三		0.98	0.92	0.86
	星期四		0.97	0.91	0.86
	星期五		1.05	1.04	1.04
	星期六		1.02	1.14	1.21
	星期日		1.00	1.12	1.24

(交通量單位：輛)

資料來源：高速公路局各收費站交通量月明細表，本研究整理。

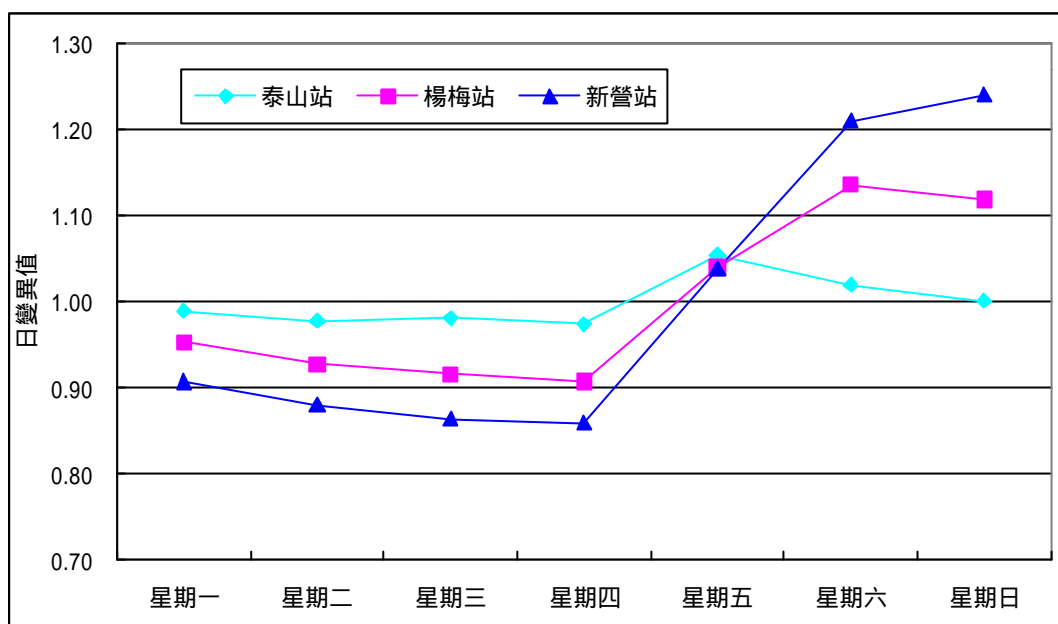


圖 3-5 各代表性收費站日交通量變異

3.2.4 小時交通量特性分析

平常日³交通量因有較多的樣本，樣本數較大，平均值通常較為穩定，此為平常日交通量較穩定之原因；相對地星期例假日之交通包含較多休閒及非通勤旅次，此類之交通量變化較大。又根據運研所[張家祝等，民國 76 年]對中山高速公路收費站民國 73-75 年三年間所做每小時截面交通之研究指出：「每小時截面交通之需求型態具重覆性，各年間之差異不大，其中以一般日之型態最穩定，星期六、日之型態則相對有較大之變異」。因此，進行小時交通量特性分析時，有必要分別就平常日及例假日之特性中了解其個別差異。

本研究依前述日交通量分析時所蒐集的交通量資料樣本，從高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info/>)中取得 89 年 3 月 22 日及 9 月 21 日兩平常日(星期一至星期五)，以及 89 年 3 月 26 日及 9 月 24 日兩例假日(星期日)之分站、分向、分時(24 小時)交通量，依收費站各分別整理平常日及例假日之小時交通量(如表 3-6 至 3-11 所示)。再將各站兩平常日及兩例假日之分向、分時(24 小時)之交通量各自平均後，繪製各站之平常日小時交通量及例假日小時交通量趨勢圖 (如圖 3-6 至圖 3-11)。由圖表中分析後可知：

³ 平常日(Weekday)：指星期一至星期五之某一天，但不包含假日、特殊交通需求日(如地方節慶，賽會等)及其前後日。

1. 泰山收費站小時交通量特性

- (1) 泰山收費站因位於台北都會區之門戶，故雙向小時交通量均高於其他各站。上午 7 時至下午 9 時均有較高的交通量分佈。
- (2) 平常日之雙向交通量具有方向性。南下上午 7-8 時及北上下午 6-7 時呈現尖峰型態，尖峰小時交通量達 7700 輛/小時以上，此特徵與上下班、上下學等通勤旅次作息一致；北上上午 9-10 時及南下下午 2-3 時所出現另一小尖峰車流，初判其可能以商務旅次居多。
- (3) 例假日之雙向交通量較不具方向性，且全日交通量及變化起伏大多較平常日為低；雙向車流下午較上午略高，且高流量時間分佈較長；尖峰小時交通量約 7400 輛/小時。

2. 楊梅收費站小時交通量特性

- (1) 楊梅收費站位於台北、桃園都會區與新竹科學園區之必經要徑，由於緊鄰泰山收費站，或多或少仍呈現與泰山收費站一致的都市交通特性。全日較高之交通量範圍仍分佈在上午 7 時至下午 9 時之間。
- (2) 平常日之尖峰車流出現在北上下午 5-6 時，尖峰小時交通量約可達 3100 輛/小時。南下全一日中出現多次起伏，顯見除長程旅次之外，在城際交通便利下之商務旅次比例應佔多數。
- (3) 例假日之交通量特性分佈型態與泰山收費站類似；下午時段雙向車流仍較上午略高且明顯較平常日為高；尖峰車流(約 3400 輛/小時)出現在北上下午 4-10 時段，推估其可能是由南向北之回城車潮。

3. 新營收費站小時交通量特性

- (1) 新營收費站平常日之較高交通量分佈在上午 9 時至下午 7 時之間，其範圍明顯較前二站為小，且雙向交通量相當。南北向皆有上下兩次尖峰流量，雙峰並立，尖峰小時流量約 2000 輛/小時。因其區位位於台中都會區與高雄都會區的中間路段且該站鄰近區域並無特殊之旅次起迄點，因此推估上午 10-11 時之尖峰車流應屬中長程旅次所佔比例較多；下午 5-6 時左右的尖峰車流則可能是以服務通勤旅次居多。
- (2) 新營收費站例假日雙向小時交通量明顯較平常日高出許多，且上午 10 時至下午 8 時均維持在高流量狀態(約 2400 輛/小時以上)，尖峰小時流量(約 2800 輛/小時)出現在下午 6 時左右。

表 3-6 泰山收費站平常日小時交通量

交通量 時間	車種	小型車		大貨車		大客車		聯結車	
		南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上
民國 89 03 22 小時 交通 量	00-01	1,313	1,288	60	59	30	78	94	107
	01-02	795	881	46	69	30	53	112	96
	02-03	590	579	55	65	28	35	78	93
	03-04	440	399	50	76	24	34	77	120
	04-05	460	300	52	107	37	37	88	121
	05-06	1,265	542	95	187	82	68	122	159
	06-07	4,150	2,402	205	266	192	169	196	306
	07-08	7,495	5,700	594	232	141	215	136	223
	08-09	6,463	6,130	292	329	228	200	134	219
	09-10	6,183	4,863	321	419	248	136	321	257
	10-11	6,030	4,652	415	348	166	183	386	279
	11-12	5,192	4,628	366	377	169	123	298	280
	12-13	4,831	4,854	337	330	167	148	318	307
	13-14	5,175	5,109	342	362	174	137	199	292
	14-15	5,483	5,701	340	322	174	144	285	343
	15-16	4,927	5,801	363	405	152	152	273	308
	16-17	4,730	5,504	235	261	193	232	267	141
	17-18	4,853	5,591	204	182	218	258	184	105
	18-19	5,062	7,574	118	165	225	273	127	116
	19-20	4,574	6,757	100	164	205	220	107	163
	20-21	3,622	4,822	97	124	173	196	90	152
	21-22	3,789	3,948	115	120	151	166	91	117
	22-23	3,401	3,348	95	151	150	154	94	129
	23-24	2,031	2,164	92	142	96	103	105	124
民國 89 09 21 小時 交通 量	00-01	1,278	1,381	80	122	54	83	86	95
	01-02	823	898	84	99	36	72	88	102
	02-03	539	617	108	86	32	52	91	85
	03-04	459	471	84	108	29	33	100	101
	04-05	642	472	86	114	34	53	89	153
	05-06	1,613	756	97	191	70	85	119	183
	06-07	4,365	2,659	195	272	381	169	210	315
	07-08	7,426	5,503	422	262	161	233	159	222
	08-09	6,356	5,759	229	300	223	242	102	189
	09-10	6,377	4,450	385	296	214	204	313	227
	10-11	5,978	4,345	385	415	195	174	367	259
	11-12	4,925	3,914	379	299	151	164	355	280
	12-13	4,495	5,068	331	336	172	207	319	261
	13-14	5,174	5,199	273	221	193	220	172	217
	14-15	5,406	5,337	313	341	199	177	232	307
	15-16	4,676	5,446	278	330	184	189	231	248
	16-17	4,544	6,538	242	268	188	260	214	218
	17-18	4,805	7,613	220	214	198	395	153	151
	18-19	5,061	6,833	115	143	219	238	82	88
	19-20	4,302	5,834	78	128	193	213	88	120
	20-21	3,528	4,348	82	113	175	201	109	94
	21-22	3,428	3,893	94	103	150	172	93	110
	22-23	3,432	3,081	82	80	146	145	78	101
	23-24	2,108	2,160	65	75	109	138	116	106

(交通量單位：輛)

資料來源：高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info>)，本研究整理。

表 3-7 泰山收費站例假日小時交通量

交通量 時間		車種		小型車		大貨車		大客車		聯結車	
		南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上
民國 89 03 26 小時 交通 量	00-01	2,290	2,082	67	117	61	103	85	78		
	01-02	1,655	1,375	77	115	44	67	54	87		
	02-03	1,239	914	91	81	32	52	38	58		
	03-04	994	703	107	44	37	45	48	43		
	04-05	1,067	567	62	45	35	47	32	48		
	05-06	2,384	880	41	53	98	68	55	82		
	06-07	4,123	1,669	54	59	179	130	68	109		
	07-08	5,211	3,083	96	77	230	196	105	89		
	08-09	5,308	4,047	70	80	214	184	120	147		
	09-10	5,597	4,542	65	61	212	192	144	152		
	10-11	6,058	5,318	66	94	212	263	167	149		
	11-12	6,333	6,261	87	56	228	229	128	151		
	12-13	4,620	5,209	72	89	238	168	178	163		
	13-14	4,419	5,446	54	100	203	204	110	146		
	14-15	5,412	6,371	70	84	232	200	119	147		
	15-16	6,185	6,517	71	67	295	160	92	110		
	16-17	5,901	6,838	55	139	250	187	87	108		
	17-18	5,845	6,980	82	95	279	227	131	45		
	18-19	5,273	6,572	40	93	156	243	71	42		
	19-20	4,979	6,049	73	81	189	251	43	56		
	20-21	4,980	6,143	35	66	199	224	62	94		
	21-22	6,048	5,713	66	51	212	215	34	42		
	22-23	5,358	5,643	37	60	160	279	46	61		
	23-24	2,694	3,679	39	90	145	199	22	77		
民國 89 09 24 小時 交通 量	00-01	2,520	2,214	45	145	74	101	71	70		
	01-02	1,735	1,489	56	117	71	74	114	54		
	02-03	1,337	1,091	85	80	39	77	67	58		
	03-04	1,033	727	66	75	39	61	70	66		
	04-05	1,201	568	23	67	48	52	66	79		
	05-06	2,292	844	20	64	73	85	53	109		
	06-07	3,213	1,646	34	75	133	126	97	117		
	07-08	4,016	2,875	49	99	191	202	104	84		
	08-09	4,131	3,601	60	131	202	200	108	99		
	09-10	4,817	4,456	66	113	194	195	172	125		
	10-11	5,686	4,967	77	145	189	264	139	144		
	11-12	5,048	5,420	66	100	209	215	111	144		
	12-13	3,954	4,574	42	113	211	200	90	103		
	13-14	4,387	5,125	40	126	210	190	73	120		
	14-15	5,591	5,965	48	105	229	198	130	119		
	15-16	5,661	5,803	58	143	214	193	86	85		
	16-17	5,695	6,004	43	75	243	225	65	58		
	17-18	5,352	6,962	41	48	204	321	44	35		
	18-19	5,483	6,000	40	91	305	265	41	28		
	19-20	5,444	5,834	16	79	189	304	26	45		
	20-21	6,105	6,414	25	68	251	264	19	31		
	21-22	5,802	6,041	28	64	222	273	29	27		
	22-23	4,886	5,319	22	77	170	295	36	57		
	23-24	2,792	3,880	31	130	153	324	42	62		

(交通量單位：輛)

資料來源：高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info>)，本研究整理。

表 3-8 楊梅收費站平常日小時交通量

交通量 時間		車種		小型車		大貨車		大客車		聯結車	
		南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上
民國 89 03 22 小時 交通 量	00-01	511	624	87	65	70	179	94	109		
	01-02	327	441	54	63	58	158	95	94		
	02-03	241	287	59	62	53	161	80	91		
	03-04	181	219	63	65	66	155	98	94		
	04-05	224	213	85	72	64	179	111	121		
	05-06	391	343	95	135	76	115	113	123		
	06-07	1,203	882	168	178	91	196	236	249		
	07-08	2,037	1,286	148	142	108	138	157	182		
	08-09	2,043	1,619	180	163	170	159	208	110		
	09-10	2,080	1,812	263	144	185	167	223	234		
	10-11	2,056	1,915	171	161	183	137	233	230		
	11-12	1,934	1,960	178	178	185	157	178	200		
	12-13	1,906	1,957	159	153	213	172	162	259		
	13-14	1,963	2,230	126	164	190	158	147	286		
	14-15	1,537	2,244	207	174	125	184	170	310		
	15-16	1,801	2,290	107	158	166	142	153	243		
	16-17	1,979	2,502	193	158	170	166	157	199		
	17-18	1,918	2,577	182	124	147	187	106	157		
	18-19	1,375	2,353	107	103	129	150	177	119		
	19-20	1,349	1,976	92	93	154	124	215	129		
	20-21	1,197	1,809	97	92	97	118	183	207		
	21-22	1,244	1,632	88	95	93	123	176	165		
	22-23	1,169	1,371	88	191	99	109	106	195		
	23-24	759	953	98	113	97	119	120	138		
民國 89 09 21 小時 交通 量	00-01	493	519	81	72	104	68	108	103		
	01-02	295	457	70	79	71	90	105	102		
	02-03	239	298	88	65	37	77	108	101		
	03-04	190	280	75	79	49	91	116	154		
	04-05	229	241	15	83	30	149	213	179		
	05-06	483	402	71	93	38	126	209	263		
	06-07	1,408	938	146	140	152	205	113	302		
	07-08	2,232	1,355	118	118	101	140	103	192		
	08-09	1,960	1,579	131	132	158	182	102	208		
	09-10	2,179	1,712	213	132	177	222	157	200		
	10-11	2,262	1,892	252	152	206	173	207	228		
	11-12	2,025	1,862	288	153	214	192	237	281		
	12-13	1,780	1,878	237	159	209	189	208	268		
	13-14	1,911	2,021	226	141	208	178	149	217		
	14-15	2,065	2,156	205	163	168	280	173	151		
	15-16	1,948	2,381	179	150	169	281	176	144		
	16-17	1,970	2,433	155	129	164	302	128	128		
	17-18	1,680	2,657	120	117	103	200	109	109		
	18-19	1,229	2,133	86	70	50	153	106	106		
	19-20	1,697	1,993	140	52	202	136	128	118		
	20-21	1,170	1,682	93	59	28	144	186	116		
	21-22	1,262	1,464	90	48	127	107	105	107		
	22-23	767	1,233	65	71	68	130	97	103		
	23-24	802	982	79	61	90	129	90	151		

(交通量單位：輛)

資料來源：高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info>)，本研究整理。

表 3-9 楊梅收費站例假日小時交通量

交通量 時間		車種		小型車		大貨車		大客車		聯結車	
		南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上
民國 89 03 26 小時 交通 量	00-01	1018	1027	111	58	53	84	45	80		
	01-02	963	708	92	46	60	75	52	57		
	02-03	807	656	81	59	56	60	55	47		
	03-04	786	518	96	53	83	72	59	60		
	04-05	964	513	95	26	83	85	58	68		
	05-06	1662	806	106	46	115	61	59	74		
	06-07	2357	1066	143	44	81	68	78	87		
	07-08	2813	1672	114	48	143	89	79	87		
	08-09	2617	2087	95	49	140	52	77	94		
	09-10	2603	2144	94	66	54	98	88	94		
	10-11	2551	2498	92	96	62	142	95	91		
	11-12	2357	2504	79	59	99	117	83	93		
	12-13	2298	2854	67	66	78	70	69	62		
	13-14	2149	2729	86	56	85	101	60	91		
	14-15	2579	2769	86	70	101	138	76	85		
	15-16	2798	2919	86	74	78	158	84	82		
	16-17	2682	2924	82	134	73	206	77	65		
	17-18	2611	2822	89	101	72	205	64	62		
	18-19	2168	2777	82	94	55	146	69	41		
	19-20	2100	2895	69	101	70	185	50	72		
	20-21	2280	2921	75	108	57	180	54	69		
	21-22	2142	2931	70	105	95	126	55	61		
	22-23	2287	2784	85	105	95	156	54	56		
	23-24	2095	2554	65	57	64	62	48	56		
民國 89 09 24 小時 交通 量	00-01	1,063	916	33	103	43	94	80	54		
	01-02	698	753	109	34	47	27	86	38		
	02-03	494	422	95	59	11	49	80	68		
	03-04	414	405	105	50	17	20	66	40		
	04-05	434	448	83	19	42	18	66	48		
	05-06	738	539	92	33	70	32	68	46		
	06-07	1,428	849	126	42	124	43	81	48		
	07-08	1,704	1,537	168	17	134	9	86	38		
	08-09	1,864	1,712	152	128	128	127	93	91		
	09-10	2,369	2,316	58	35	60	40	122	34		
	10-11	2,491	2,568	63	54	63	67	113	97		
	11-12	2,031	2,028	146	56	43	32	95	14		
	12-13	1,682	2,287	160	31	26	24	51	46		
	13-14	2,120	2,106	54	107	55	162	56	138		
	14-15	2,540	2,988	148	127	35	11	94	91		
	15-16	2,653	2,797	149	129	214	185	77	104		
	16-17	2,892	3,034	71	147	71	184	86	108		
	17-18	2,667	3,247	182	73	9	61	42	99		
	18-19	2,410	2,965	51	90	51	173	56	96		
	19-20	2,574	3,017	65	156	64	97	61	98		
	20-21	2,672	3,117	159	208	131	183	36	96		
	21-22	2,650	3,069	71	166	72	102	33	100		
	22-23	1,968	2,809	120	185	51	232	37	103		
	23-24	1,539	2,075	54	153	55	165	38	101		

(交通量單位：輛)

資料來源：高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info>)，本研究整理。

表 3-10 新營收費站平常日小時交通量

交通量 時間		車種		小型車		大貨車		大客車		聯結車	
		南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上
民國 89 03 22 小時 交通 量	00-01	410	380	69	81	57	118	114	166		
	01-02	285	260	81	96	82	84	141	189		
	02-03	192	154	62	61	69	91	145	169		
	03-04	165	144	60	63	73	86	132	155		
	04-05	158	178	83	74	81	101	163	189		
	05-06	220	253	88	93	90	112	216	229		
	06-07	353	495	133	107	97	157	299	264		
	07-08	656	691	165	143	121	106	273	190		
	08-09	919	714	125	144	102	114	249	196		
	09-10	1,072	1,461	163	207	103	137	260	298		
	10-11	1,147	1,416	190	188	133	189	282	344		
	11-12	1,118	1,348	218	232	124	192	286	378		
	12-13	1,090	1,002	276	237	154	161	355	332		
	13-14	1,119	1,142	229	223	140	174	313	346		
	14-15	1,138	996	181	165	108	105	251	229		
	15-16	1,310	1,004	241	171	164	105	291	218		
	16-17	1,392	1,381	209	205	132	157	324	304		
	17-18	1,404	1,573	145	203	105	171	299	300		
	18-19	1,256	1,041	125	178	96	128	245	205		
	19-20	931	956	108	161	90	92	204	191		
	20-21	901	786	103	159	90	98	223	175		
	21-22	740	743	91	135	94	101	187	174		
	22-23	669	669	89	73	75	94	176	185		
	23-24	513	478	67	83	61	97	136	210		
民國 89 09 21 小時 交通 量	00-01	411	335	84	119	96	78	208	219		
	01-02	342	239	84	118	74	71	200	202		
	02-03	193	149	67	88	73	50	229	218		
	03-04	188	119	60	95	70	75	188	198		
	04-05	166	169	76	86	51	56	219	210		
	05-06	186	246	105	106	114	65	241	269		
	06-07	392	486	100	140	140	104	283	228		
	07-08	700	729	178	132	121	100	247	210		
	08-09	863	979	158	117	130	113	238	206		
	09-10	1,010	1,222	175	159	134	144	331	274		
	10-11	1,162	1,306	197	203	180	131	384	341		
	11-12	1,040	1,135	180	204	171	151	262	333		
	12-13	1,020	985	203	214	171	177	349	361		
	13-14	1,160	1,151	213	195	159	143	310	337		
	14-15	1,275	1,253	177	134	106	174	290	295		
	15-16	1,332	1,286	186	178	125	103	280	273		
	16-17	1,350	1,271	179	152	140	133	260	160		
	17-18	1,310	1,246	153	168	117	113	313	244		
	18-19	1,189	972	130	171	99	84	198	297		
	19-20	984	860	113	154	107	84	190	209		
	20-21	883	830	115	154	88	76	184	174		
	21-22	788	701	98	97	85	60	153	187		
	22-23	648	604	111	89	87	58	154	166		
	23-24	533	495	103	107	83	55	152	157		

(交通量單位：輛)

資料來源：高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info>)，本研究整理。

表 3-11 新營收費站例假日小時交通量

交通量 時間		車種		小型車		大貨車		大客車		聯結車	
		南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上	南下	北上
民國 89 03 26 小時 交通 量	00-01	877	946	17	43	120	109	104	55		
	01-02	786	701	25	25	86	101	95	60		
	02-03	553	667	23	26	89	73	65	65		
	03-04	448	555	20	33	65	94	66	60		
	04-05	420	610	27	29	86	91	74	63		
	05-06	478	715	35	47	88	99	97	78		
	06-07	658	1,009	39	54	118	143	114	131		
	07-08	1,114	1,358	36	68	127	138	119	115		
	08-09	1,173	1,351	40	64	145	137	99	106		
	09-10	1,415	2,131	52	79	175	170	156	117		
	10-11	1,684	2,312	65	83	204	177	176	140		
	11-12	1,972	2,219	73	119	176	207	173	145		
	12-13	1,889	2,088	97	112	181	197	196	156		
	13-14	2,142	2,255	80	88	131	156	160	135		
	14-15	2,523	2,452	97	86	132	148	128	119		
	15-16	2,636	2,318	90	115	118	129	124	127		
	16-17	2,755	2,446	78	90	142	148	126	93		
	17-18	2,614	2,399	68	79	138	161	150	113		
	18-19	2,480	1,816	33	68	121	142	101	97		
	19-20	2,286	1,695	57	43	105	127	92	106		
	20-21	2,184	1,628	35	51	96	94	91	98		
	21-22	1,862	1,608	23	32	97	84	67	95		
	22-23	1,427	1,887	23	41	102	98	72	76		
	23-24	1,082	1,883	15	25	98	91	79	76		
民國 89 09 24 小時 交通 量	00-01	857	686	46	44	30	60	51	106		
	01-02	668	571	43	22	26	48	57	93		
	02-03	575	499	34	42	23	37	54	85		
	03-04	544	473	44	47	30	49	57	92		
	04-05	565	505	41	33	38	78	73	73		
	05-06	733	605	51	46	40	71	77	93		
	06-07	1,090	919	72	60	55	93	107	114		
	07-08	1,328	1,250	66	69	64	118	95	108		
	08-09	1,561	1,501	71	71	44	78	99	90		
	09-10	2,021	1,680	90	100	68	94	130	134		
	10-11	2,214	1,754	133	156	98	122	139	159		
	11-12	2,114	1,848	149	165	101	139	152	147		
	12-13	1,993	1,874	211	218	112	115	175	125		
	13-14	1,938	1,924	162	164	136	137	163	137		
	14-15	2,156	2,187	108	164	111	128	149	162		
	15-16	1,836	2,211	107	137	96	108	120	126		
	16-17	1,614	2,247	126	119	102	117	136	96		
	17-18	2,225	2,461	111	120	97	125	152	99		
	18-19	1,807	2,467	114	105	98	97	129	73		
	19-20	1,537	2,180	94	117	67	75	78	89		
	20-21	1,275	2,213	78	106	64	70	76	65		
	21-22	1,179	2,299	108	121	64	65	65	71		
	22-23	1,380	2,213	108	104	68	87	56	94		
	23-24	962	1,763	99	84	55	74	63	64		

(交通量單位：輛)

資料來源：高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info>)，本研究整理。

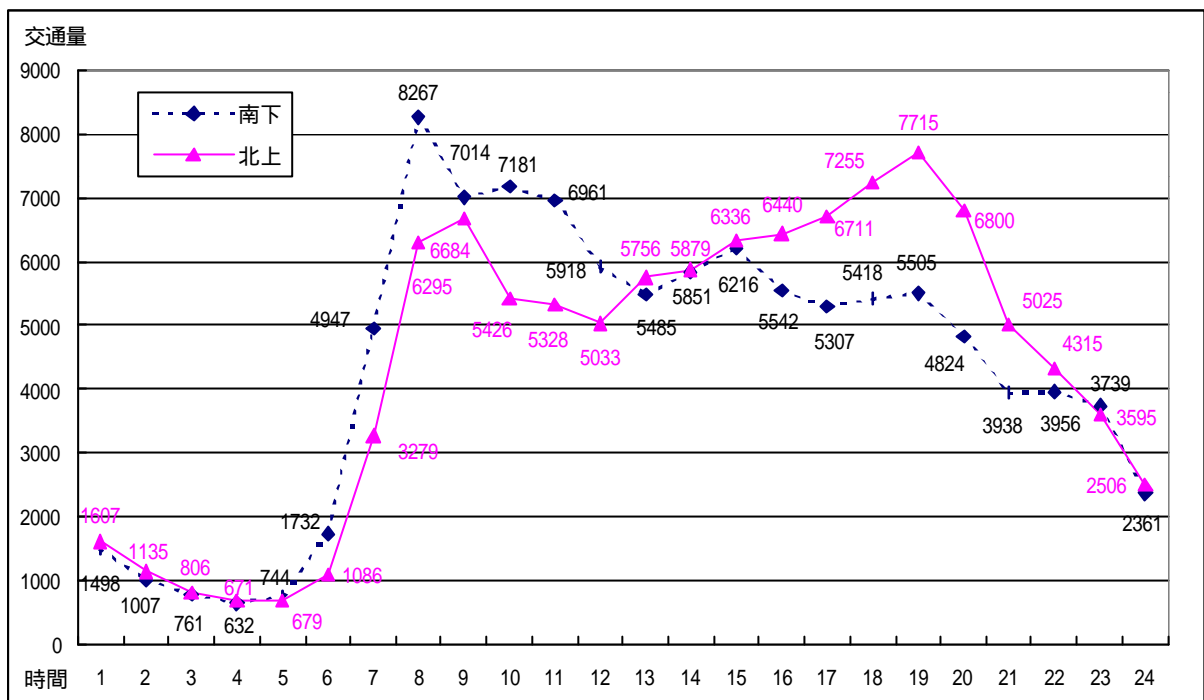


圖 3-6 泰山收費站平常日小時交通量

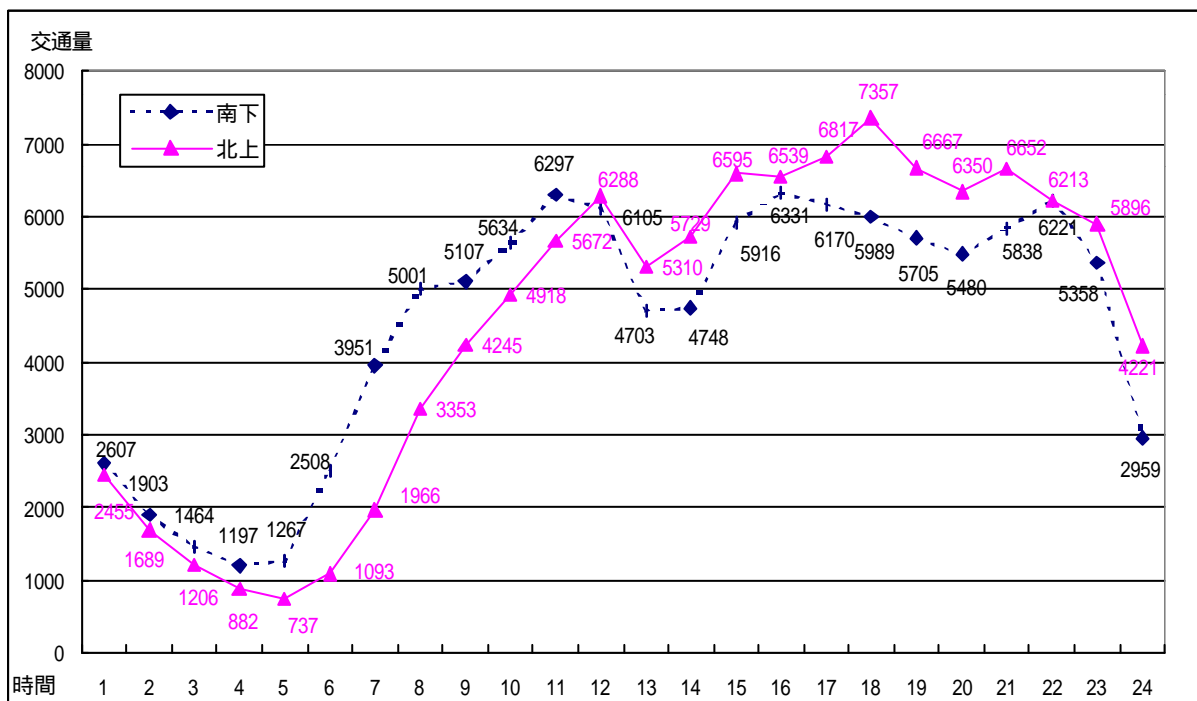


圖 3-7 泰山收費站例假日小時交通量

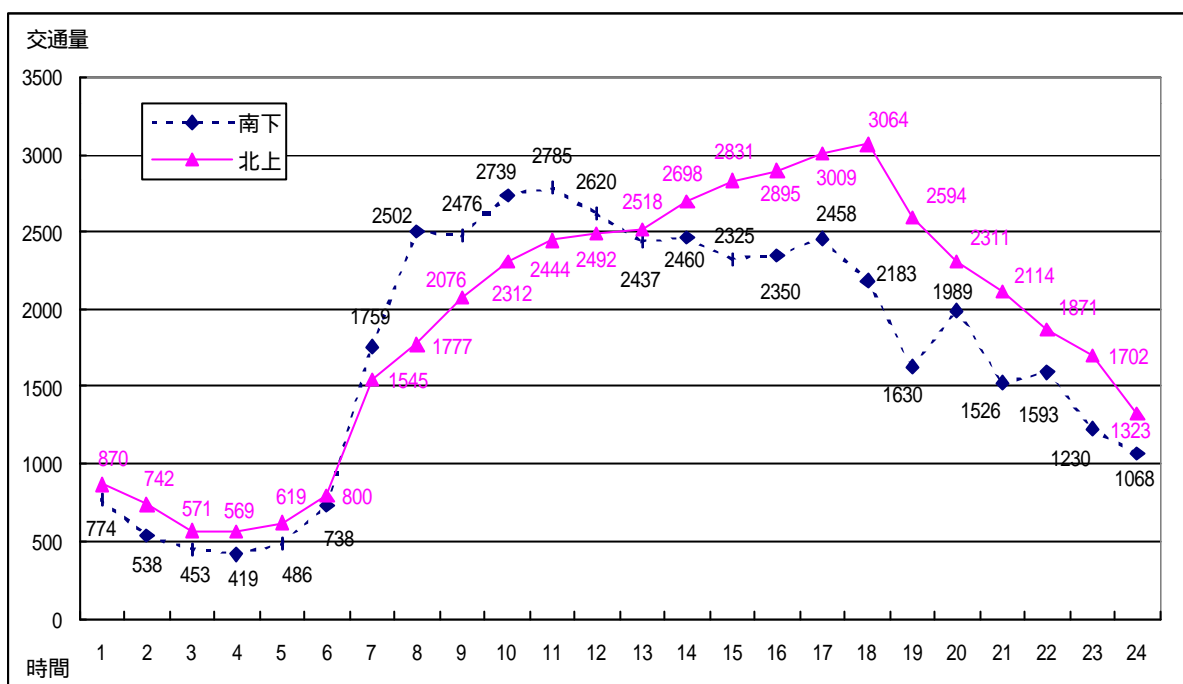


圖 3-8 楊梅收費站平常日小時交通量

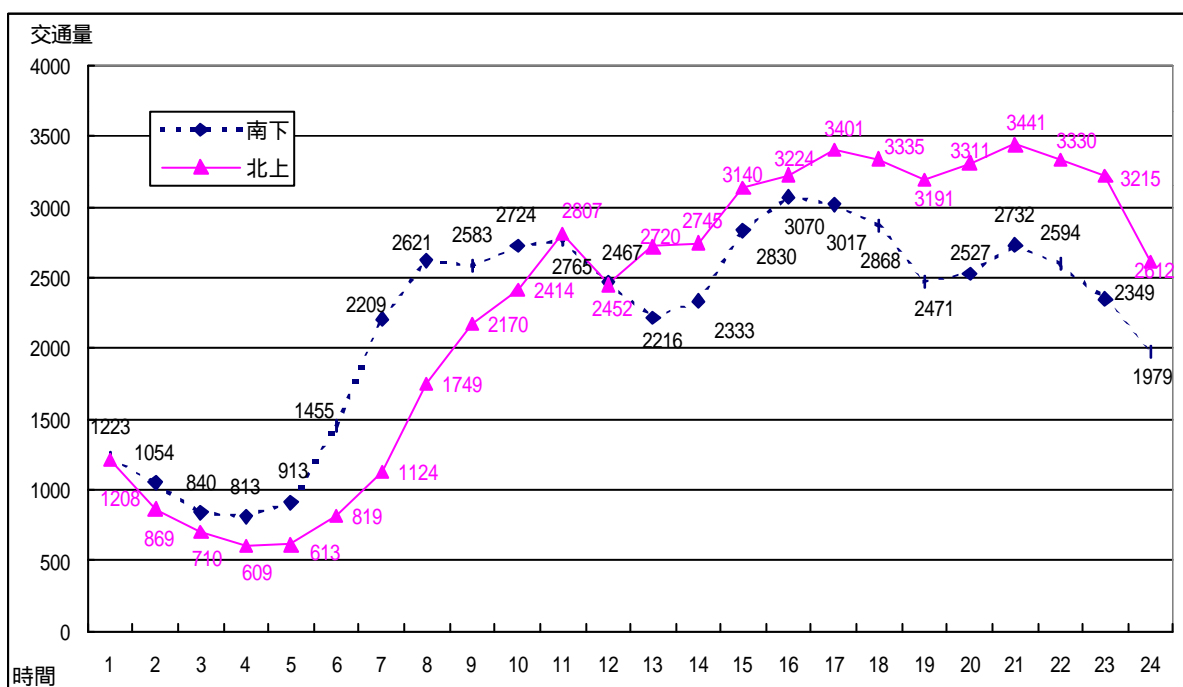


圖 3-9 楊梅收費站例假日小時交通量

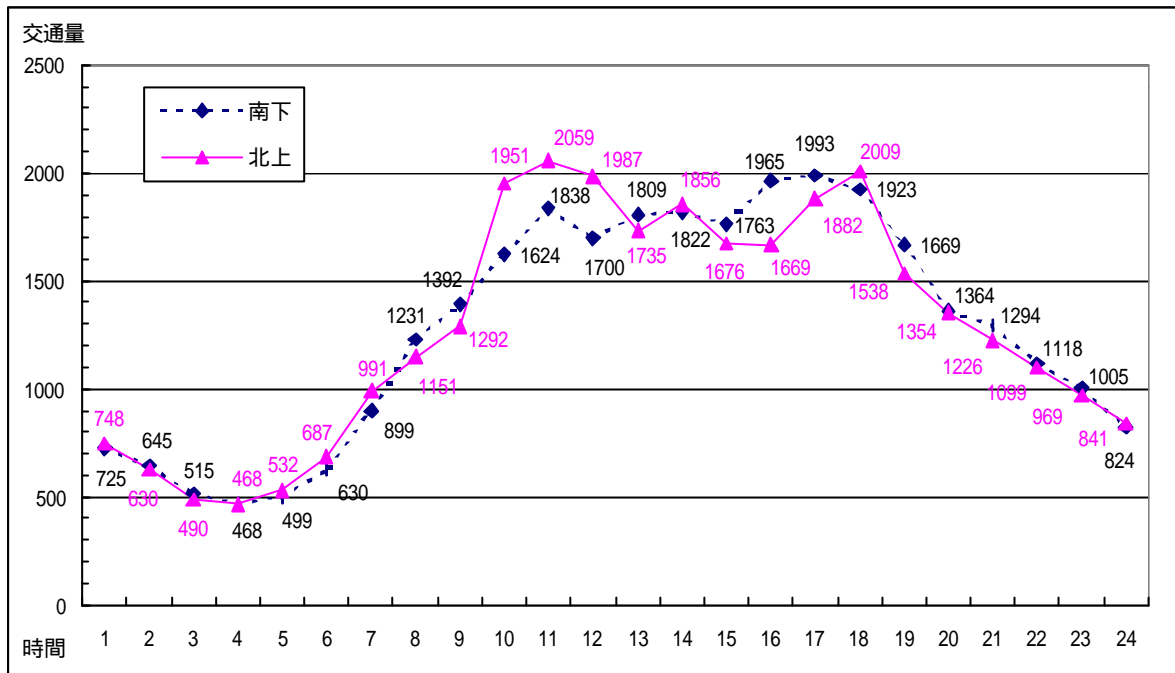


圖 3-10 新營收費站平常日小時交通量

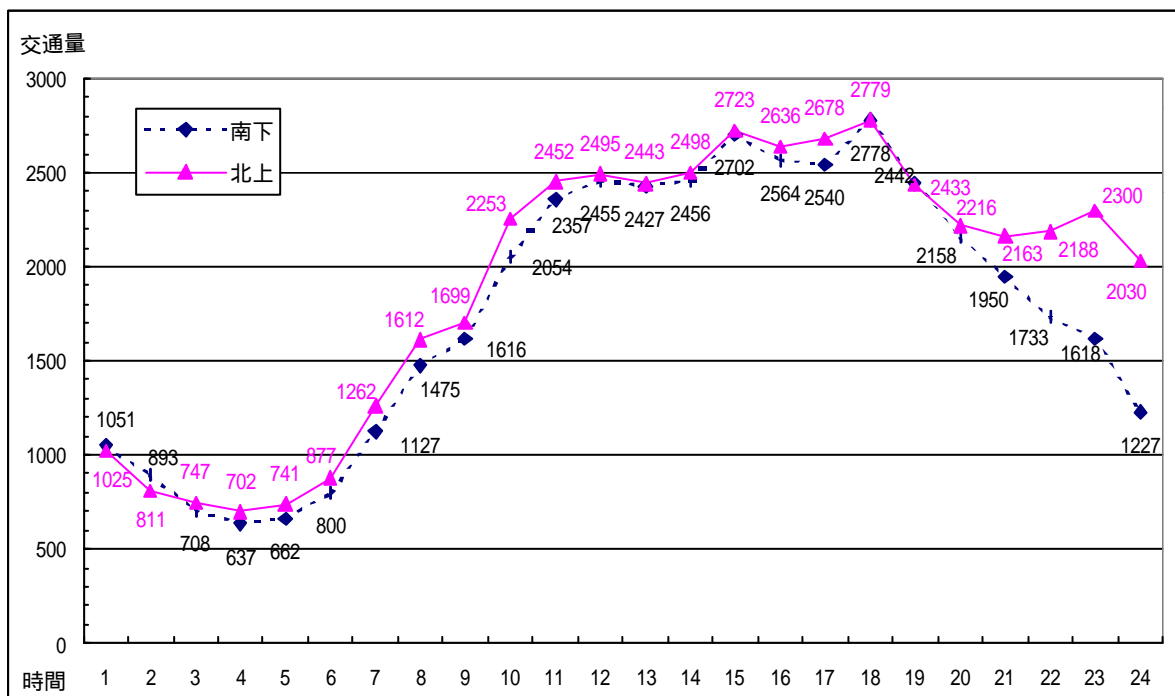


圖 3-11 新營收費站例假日小時交通量

3.3 收費站服務時間特性分析

由於收費站作業受車流到達、車輛跟進、收費服務等基本特性之影響，故深入了解收費站之服務時間特性有其必要性。一般而言，當收費站之幾何條件不變時，收費車道之服務時間主要受車流特性(如車種組成)、駕駛人特性、收費作業特性(如收費方式、收費員作業熟悉程度等)之影響，而這些影響因素可能隨收費站之位置而有所不同[張瓊文等，民國 90 年]。

3.3.1 收費車道容量與服務時間

收費車道容量指在某一車流、收費站幾何設計、收費作業及其他相關天候及路面狀況下，在不短於 15 分鐘之時段內經常能從收費車道通過之最高流率。容量並不是一固定值，也不是最高的觀察值，而是一期望值(Expected Value)。以傳統收費車道為例，其容量相當於在有持續的停等車輛時，相同長度時段(如 15 分鐘)內能穿過收費車道車輛數的平均值。

收費車道之服務時間指穿過收費車道之流率等於容量時各車輛之車距(Headway)。如平均服務時間為 5 秒，則收費車道之容量為 $3600/5=720$ 輛/小時。傳統收費站上之車輛必須停靠或以相當低的速率通過收費亭，所以其收費車道之服務時間等於在有不斷的停等車輛⁴時，一車車尾通過收費亭之一參考線到下一車車尾通過同一參考線時之時間。量測服務時間用的參考線位於駕駛員抵達收費窗口時車頭的一段位置[林豐博等，民國 89 年]。

台灣地區高速公路收費站之設計，應可讓 ETC 車輛以 40 公里/小時或更高的速率通過收費車道。在此情形下，ETC 車道與主線車道相似，除非有塞車，否則 ETC 車道可能無上述之停等車輛，所以其服務時間必須在流率等於容量時，從相關的車距以訂定之。

3.3.2 收費方式

收費方式是指收取通行費中的一系列操作過程，涉及到車型的分類、通行票卷、通行費的計算、付費方式、以及停車或不停車收費等因素。若根據收費員參予收費過程的多寡，收費方式可分為人工收費、半自動收費與全自動收費等方式；若從用路人(駕駛員)的角度來分，則可分為停車與不停車收費方式。目前台灣地區高速公路實施的收費方式只有傳統人工之找零及回數票(不找零)二種作業方式，均屬停車收費；而交通管理當局正積極籌辦加入電子收費系統，則屬不停車收費。

根據電子收費之成本效益評估的相關研究結果 [Jianling Li, David Gillen, Joy Dahlgren, 1999] 指出：「收費站電子收費的使用率愈高，則不論

⁴停等車輛：指停止或與前車距離在一小車車長之內(約 4~5 公尺)而且車行緩慢，速率約在 12 公里/小時以下之車輛。

是對使用者或是收費管理當局而言，其淨效益皆可提高。台灣地區之電子收費目前雖尚無可靠資料以估計將來使用 ETC 的比例，但經推估未來使用 ETC 的車輛應原屬回數票車輛居多。在後續章節中，本研究將以不同之 ETC 使用者比例(佔小型車總流量的百分比)進行模擬與分析，探討其對收費站服務績效之影響情形。

3.3.3 服務時間組成

傳統收費車道之服務時間(Service Time)主要受到車輛跟進時間⁵(Move-up Time)及收(付)費時間⁶(Paying Time)的影響[張瓊文等，民國 90 年]。而依文獻之研究[林豐博等，民國 89 年]，小型車回數票車道上之平均跟進時間大約是 3.2 秒，小型車找零車道上之平均跟進時間大約是 4.2 秒，大型車車道上找零車之平均跟進時間隨車種而變，但多半在 6 秒到 7 秒之間。大型車車道上回數票車之平均跟進時間則在 5.5 秒到 6.0 秒之間。另回數票車輛常以慢速通過收費亭而不停車，所以其付費時間很難準確的估計，但一般應遠短於 1 秒；小型車找零車道上之平均付費時間約 3.5 秒；大型車車道找零車之平均付費時間隨車種變化很大，約在 4 秒至 11 秒之間。

表 3-12 顯示各車種在不同收費方式下之平均服務時間與收(付)費時間[運研所，民國 90 年]。此表中有關回數票及找零之服務時間係根據運研所民國 89 年 4 月在泰山收費站蒐集之資料；有關電子收費之服務時間乃根據電腦模擬之結果；而收(付)費時間則可用於 TPS 模式模擬一般收費站作業狀況。由此表可知找零的服務時間大約是回數票服務時間之 2 倍，回數票的服務時間則大約是高速(>40 公里/小時)電子收費車道服務時間之 2 倍。台灣電子收費車道尚無現場資料可做估計服務時間之依據，一般電子收費車道的容量及服務時間隨通過收費車道的速率而變。當速率在 8 公里/小時左右時，平均小車服務時間大約是 3 秒(容量接近 1,200 輛/小時/車道)，速率增高而趨近主線速率時，平均小車服務時間可降到 2 秒左右。再者，因電子收費時駕駛員不須停車付費，因此收(付)費時間等於 0 秒。

⁵跟進時間：指從前車付費完畢開始加速離開收費亭到下一停等車輛之駕駛員抵達付費窗口所需的時間。

⁶收(付)費時間：相當於從駕駛員抵達收費員之位置起到付完費後開始加速離開之時間。

表 3-12 單一車種之平均服務時間與收(付)費時間

車種及 車道型式	平均服務時間(秒/輛)			平均收(付)費時間(秒/輛)		
	回數票	找 零	電子收費 ¹	回數票	找 零	電子收費
小型車	3.81	7.72	2.06	0.26	3.4	0.0
大客車	6.70	13.0	2.99	0.30 ²	8.4 ²	0.0
大貨車	8.75	11.2	2.91	0.30 ²	8.4 ²	0.0
聯結車	7.00	20.2	3.64	0.30 ²	8.4 ²	0.0

[註 1]車速 40 公里/小時。

[註 2]混合車種狀況下之平均值，除泰山收費站為 8.2 秒外，其餘各站均為 8.4 秒。

資料來源：[運研所，民國 90 年]，本研究整理。

3.3.4 車種組成

高速公路之交通組成為一非均質性的車流，車種組成包括小型車(含小客車及小貨車)、大貨車、大客車、聯結車及其他不同型態的車輛，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。

表 3-13 顯示中山高及北二高之車種組成及收費方式[運研所，民國 90 年]。此表乃交通部運輸研究所根據民國 87 年高公局之統計資料並參考民國 89 年 4 月泰山收費站的現場資料，以估計大貨車及大客車之比例值。

另從表 3-2 中可知各收費站小型車所佔比例均高於其他車種，且近幾年來各型車種所佔比例變化不大。而由表 3-13 中之車種組成資料來看，並未針對各個收費站進行統計與分析，故本研究為求模擬參數的精確性，爰自表 3-2 中取近四年通過各收費站各型車種之交通組成資料予以平均後，重新彙整如表 3-14 所示。由表可得：各收費站小型車增加比例以汐止及泰山收費站屬最高，平均小型車約佔總交通量之 86%，比例最低者為斗南及新營收費站約佔 71%。而在大型車之比例部分以北部較低，往南則有略高之趨勢。本研究於後續模擬作業時，將以不同收費車道群之車種組成比例平均值作為輸入之參數。

表 3-13 中山高及北二高車種組成及收費方式之分佈

車 種	車種百分比	各車種收費方式之分佈	
		回數票	找零
小型車	80%	87%	13%
大客車	6%	89%	11%
大貨車	6%	84%	16%
聯結車	8%	98%	2%

資料來源：[運研所，民國 90 年]

表 3-14 國道 1 號各收費站民國 86-89 年平均交通組成

相同收費車道 類 群	收費站別	小型車 比例	大客車 比例	大貨車 比例	聯結車 比例	備 註
6 收費車道群	汐止	86	4	4	6	(單位%)
20 收費車道群	泰山	86	5	6	3	
14 收費車道群	楊梅	79	6	7	8	
	造橋	74	7	8	11	
	后里	75	8	9	8	
	平均值	76	7	8	9	
10 收費車道群	員林	74	8	8	10	
	斗南	71	10	9	10	
	新營	71	8	8	13	
	新市	74	7	7	12	
	岡山	78	6	5	11	
	平均值	74	8	7	11	

資料來源：高速公路局，本研究整理。

第四章 TPS 模式之解析與應用

本研究採模擬分析法，應用收費站模擬模式(Toll Plaza Simulation Model，簡稱為 TPS 模式)作為分析工具，分析及評估高速公路在現有幾何條件不變下實施 ETC，對收費站整體服務績效之影響。本章將對 TPS 模式作細部之解析，並說明本研究實際應用之方案設計與實例。

4.1 TPS 模式之解析

TPS 模式乃是一時間推進(Time-Advanced)之微觀電腦模擬模式，此模式可用以分析在不同之收費方式、車種組成、需求流率、調撥作業及地磅作業下，主線或匝道收費站的交通運轉，最後可評估整體收費站之作業績效[運研所，民國 90 年]。

4.1.1 TPS 模式之分析方法

本研究範圍界定在收費站之作業分析，而作業分析之目的在於評估在一特定狀況下之服務品質，所以不必修改幾何設計或作業策略然後重覆執行模擬。一般應用 TPS 模式作為作業分析工具時，其處理方法及步驟如下：

1. 設定欲模擬的狀況，亦即設計模擬的方案。
2. 建立欲模擬狀況所需的資料，包括幾何設計、車種組成、各車種收費方式之分佈、收費車道之運用、需求流率、調撥作業及地磅作業等參數。
3. 根據欲模擬狀況以 TPS 模式工具進行模擬。
 - (1) TPS 模式在每一模擬作業(Simulation Run)時，係利用一系列的亂數(Random Number)以代表駕駛員之特性、車輛的屬性(例如車種、車長及最大加速率等)、個別車距及個別付費時間。
 - (2) 每一模擬作業可涉及不同之車輛到達情況、不同之車流率、不同之收費亭數目、不同之收費特性或不同之幾何設計等，使用者可依實際需要，設計模擬方案組合。
 - (3) 每一模擬作業之時間包括一熱機時間，熱機時間是用以產生並推進車輛以讓模擬系統內之車輛達到某一程度後才進行模擬資料之蒐集。
 - (4) 每一模擬作業的結果，相當於在模擬狀況下收費站各績效指標之一樣本。TPS 模式可一次執行多次模擬作業(最高可達 800 次)，並從各模擬作業之輸出值以估計績效指標之平均值。
4. 利用輸出資料評估服務水準及其他指標值。

4.1.2 TPS 模式之模擬程序

TPS 模式之模擬系統如圖 4-1 所示，包括收費站、地磅設施及公路主線或出口匝道之上、下游道路。收費站劃分成減速區、收費亭及加速區。收費亭之總數不能超過 28 個，其單方向之收費亭不能超過 14 個。收費方式限於五種，第一種收費方式為電子收費，其他四種則可隨意指定為找零、不找零、回數票及信用卡等付費方式。模擬車種也劃分為五種，依順序第一至第五車種各為小型車、大客車、大貨車、聯結車及休閒車。每一車道在任何一瞬間之車輛數不能超過 300 輛，而且單一方向所有模擬之車輛數不能超過 20,000 輛。

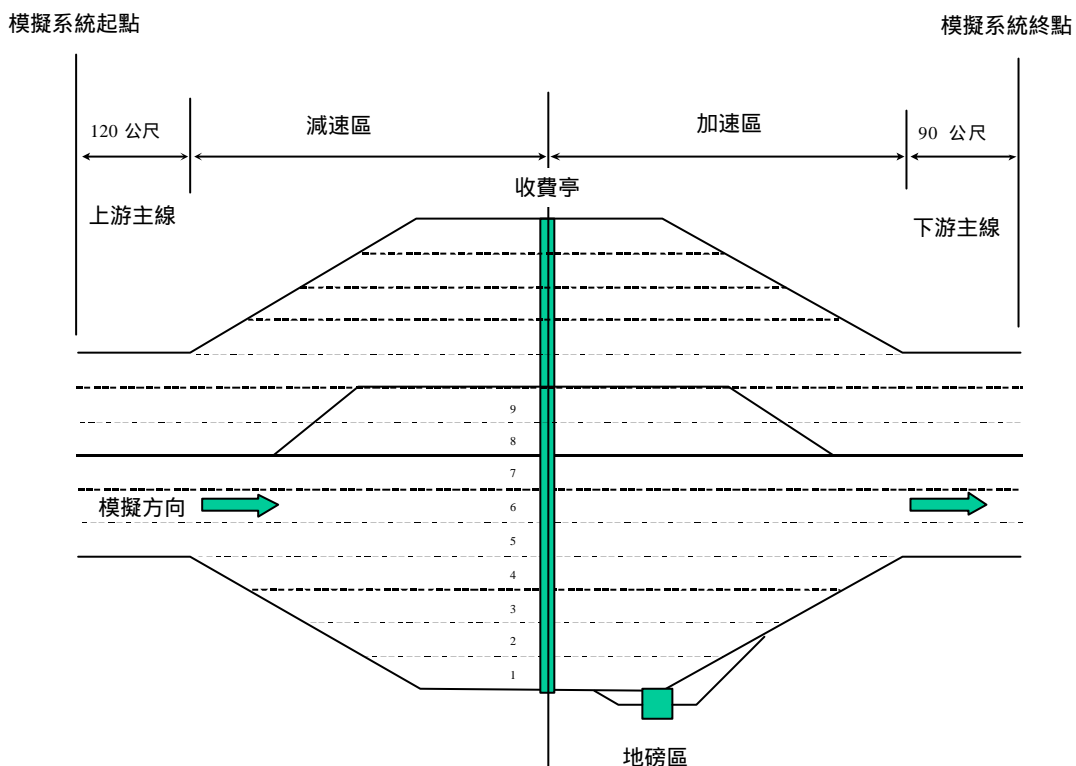


圖 4-1 單方向模擬系統之示意圖

TPS 模式之模擬程序如圖 4-2 所示。TPS 模式假設車輛到達模擬系統之型態為隨機，而根據此種假設，車輛預定到達模擬系統上游起點之車距 (Headway) 以下列程式模擬之：

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

此式中，

t = 預定之到達車距(秒)；

H = 平均預定之到達車距(秒)；

R = 隨機亂數，其值從 0 到 1；

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

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

除了車種及付費方式之外，每一部進入模擬系統之車輛都給予一組屬性，這些屬性包括車長、停等時與前車車尾的距離、駕駛者所希望能保持的最高速率(亦即自由速率)及駕駛員之敏感度等。小型車之車長一般在 4 公尺至 7 公尺之間，大客車車長一般在 10 公尺到 13 公尺之間，大貨車之車長一般在 7.5 公尺到 11 公尺之間，聯結車之車長設定在 12 公尺到 16 公尺之間，休閒車車長則固定為 7.5 公尺。停車時車頭與前車車尾之距離一般在 1.5 公尺至 3 公尺之間。駕駛員希望保持之最高速率一般在平均自由速率之 85% 至 115% 間。

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

車輛推進之順序從最下游第一輛車子開始。如有地磅作業則地磅區之車輛推進完畢後，再推進收費亭下游及上游路段之車輛。一車輛從地磅出口路段下游加速車道轉回收費站或主線時所需之最小空間訂為車長加 3 公尺。如果該車輛轉回收費站或主線時會造成本身或其衝突車輛需已超過 2 公尺/秒/秒之減速率以避免撞車，則該車必須在加速道上減速以等待一較大車距。在收費亭上、下游之車輛隨時衡量變換車道之必要及可能性，並依狀況進行變換車道，為了減少模擬所需之時間，車道變換只能依同一方向進行。換言之，如一車輛轉入右側車道，則該車不能轉回左側車道。車道轉換所需與前後車之距離最少為一秒之行車距離加上停車時欲保持之距離(平均約 2 公尺)，同時轉換車道時不能造成有超過 2 公尺/秒/秒之減速率。

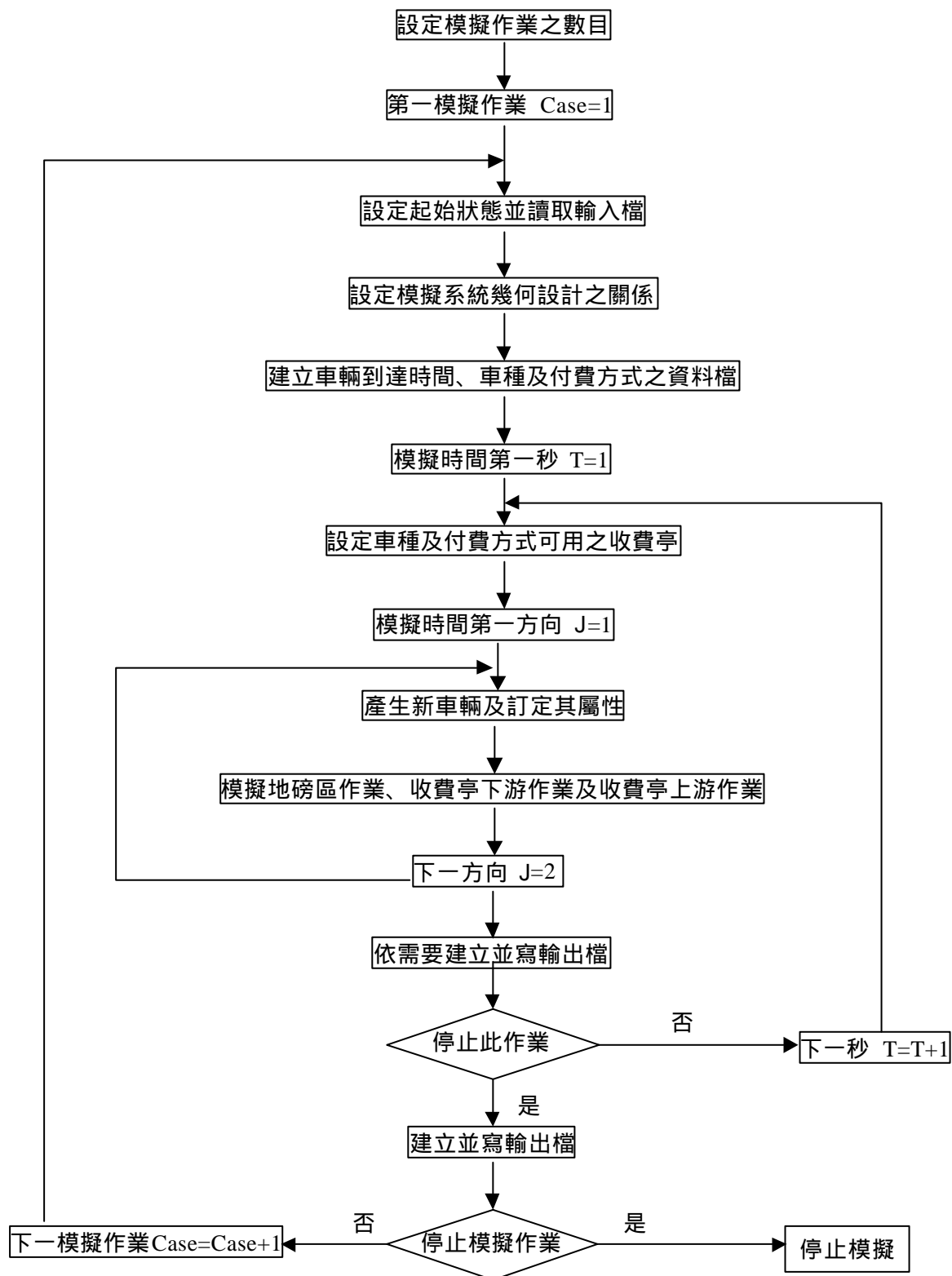


圖 4-2 TPS 模式之模擬程序

4.1.3 TPS 模式之輸入資料檔參數

應用 TPS 模式作為作業分析工具時，仍有些許限制，且不同的模擬方案有其不同之輸入資料參數，因此除模擬系統自行產生參數之外(如駕駛員之特性、車輛的屬性等)，本研究另依輸入資料屬性之特性，將模擬輸入資料分為固定與變動參數兩類。本研究將以改變不同的 ETC 車道配置位置、數量及 ETC 使用率等變動因素設計模擬之方案組合，若依資料屬性於各模擬方案組合中之輸入參數屬固定數值且不須改變者謂之為「固定參數」；反之則為「變動參數」。茲將輸入資料檔中主要參數之訂定原則分述如下：

1. 模擬固定參數

- (1) 模擬作業次數：依據運研所對建立 TPS 模式輸入參數之建議，最好能同時執行最少 30 次之模擬作業以取得大量樣本，惟本研究受該模式之限制，當無法順利產生輸出檔時，則依實際完成模擬之次數設定，以估計所有樣本的績效平均值。
- (2) 模擬時間：作業分析之模擬時間可長可短，視分析的目的而定，但以不短於 15 分鐘(建議值為 30 分鐘)為原則。模擬總時間包含熱機時間(一般設定在 200-300 秒)及若干模擬時段(不能超過 20 個時段)之時間長度(最長為 99,999 秒)，但如模擬車輛總數超過 20,000 輛或模擬時間超過 7,200，則模擬會被迫終止。本研究將模擬分為五個時段、每個時段 300 秒，含熱機時間 300 秒總計模擬時間為 1,800 秒(30 分鐘)。
- (3) 收費站區幾何設計：幾何設計因素涉及主線車道數、收費車道數、車道寬、加速區及減速區之長度與寬度，以及地磅站進出口路段等。不同收費站雖有不同之幾何配置，但 TPS 模式模擬時所需參數主要為收費站上下游區域長度(漸變段長度)與所增加或縮減的車道數、調撥作業下的收費車道(收費亭)代號與所減少的車道長度、以及地磅站進出口路段長度等(各預模擬站所需模擬參數可參見圖 4-3 至圖 4-5)。
- (4) 收費車道總數：收費站雙向所有收費車道(或收費亭)之總數(不能超過 28 個)；單向模擬時則依模擬方向實際收費車道數輸入。
依據民國 84 年高速公路交通動態調查結果：「南、北向交通量約略相當」，且因各收費站幾何設計及車道配置大多為對稱設置，而且本研究初試模擬雙向與單向之結果差異並不大，故為節省模擬時間，實際以單向模擬進行。
- (5) 通過收費亭及車種代號：收費亭代號以模擬行車方向最外側的收費亭為 1 號收費亭，代號由外向內依序遞增(各預模擬站收費亭代號仍可參見圖 4-3 至圖 4-5)；各收費亭分派車種可分小型車、大客車、

大貨車、聯結車及休閒車等 5 類，其代號仍由 1 起依序遞增。本研究實際以小型車代號 1、大客車代號 2、大貨車代號 3、聯結車代號 4 為輸入參數。

- (6) 收(付)費時間：相當於從駕駛員抵達收費員之位置起到付完費後開始加速之時間。如駕駛員不停車付費(如電子收費)，其收費時間為 0 秒，在一般模擬時可採 2001 年台灣地區公路容量手冊[運研所，民國 90 年]之建議(如表 3-12 所示)：小型車回數票車道付費時間為 0.26 秒、小型車找零車道付費時間為 3.4 秒、大型車(大貨車、大客車及聯結車)回數票平均付費時間為 0.3 秒、大型車(大貨車、大客車及聯結車)找零平均付費時間為 8.4 秒(泰山收費站另使用 8.2 秒)。
- (7) 如欲分析之狀況與目前中山高及北二高收費站之作業狀況相似，則表 3-13 可用以估計車種組成及各車種收費方式之分佈。如有實際資料，則應利用實際資料，本研究實際依據表 3-14 所列數值作為車種組成之輸入參數；各車種收費方式之分佈則仍採用表 3-13 之數值。
- (8) 模擬方向上、下游區之自由旅行速率，一般設定為 80 公里/小時。

2. 模擬變動參數

- (1) 通過收費亭之收費方式：收費車道配置時，同一收費亭(或收費車道)可指定五種不同的收費方式，第一種收費方式為電子收費，其他四種則可隨意指定為找零、不找零、回數票及信用卡等之付費方式。本研究實際應用以電子收費代號為 1、小型車回數票(不找零)代號為 2、小型車找零代號為 3、大型車回數票(不分車種)代號為 4、大型車找零(不分車種)代號為 5。
TPS 模式必須分別指定每一收費亭代號可使用的收費方式(車種代號)，並以收費亭代號輸出個別收費亭(或收費車道)之評估指標參數。而不同的收費車道配置位置及數量，有其不同的收費方式組成，故視為變動參數。
- (2) 電子收費使用者比例(ETC 使用率)：指使用 ETC 小型車的車輛數佔總小型車車輛數的比例 ETC 使用率依模擬方案設計是一變量參數
- (3) 需求流率：作業分析一般牽涉到現存的作業狀況，所以可能不必預測車流狀況而可用實際之狀況做模擬之依據。而且，如需求流率隨時間有顯著的變化，則不應用平均的流率做模擬之依據，可採實際的流量作為模擬參數。通過收費站的流量常隨時間而改變，不同時段的交通量對收費站整體作業績效之影響甚鉅，故本研究以收費站上游主線容量平均每車道每小時以 2000 輛小客車估計流量，並經大車之小客車當量值(PCE)轉換(因收費站係以車種固定分派至各收費票亭，故將大車所佔比例除以大車之小客車當量值平均取 2.5，以轉

換為大車流量)後，作為流量模擬或推估範圍(因受 TPS 模式限制，當流量較大無法順利輸出結果時，則以迴歸方式推估)之上限值，並依此上限向下取 9 級不同之流量進行模擬。若以 14 個收費車道群之收費站為例，模擬或推估範圍之上限值計算如下：

單方向主線車道數=3；

單方向主線車道之容量約=2000*3=6000 PCU；

單方向收費車道數=7，其中小型車分派 5 車道、大型車分派 2 車道；

車種比例：小型車 76%、大型車 24%；

大型車之小客車當量(PCE)值平均採 2.5 計；

模擬或推估範圍上限值=6000*0.76+6000*0.24/2.5=5136 vph；

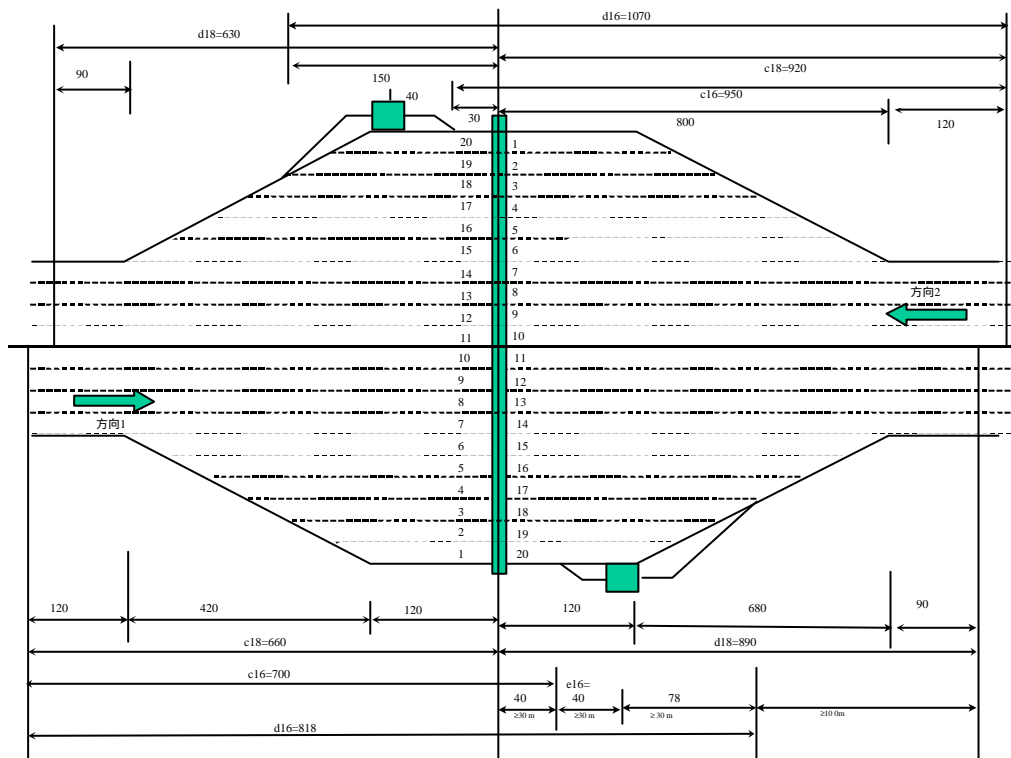


圖 4-3 泰山收費站幾何配置及模擬參數

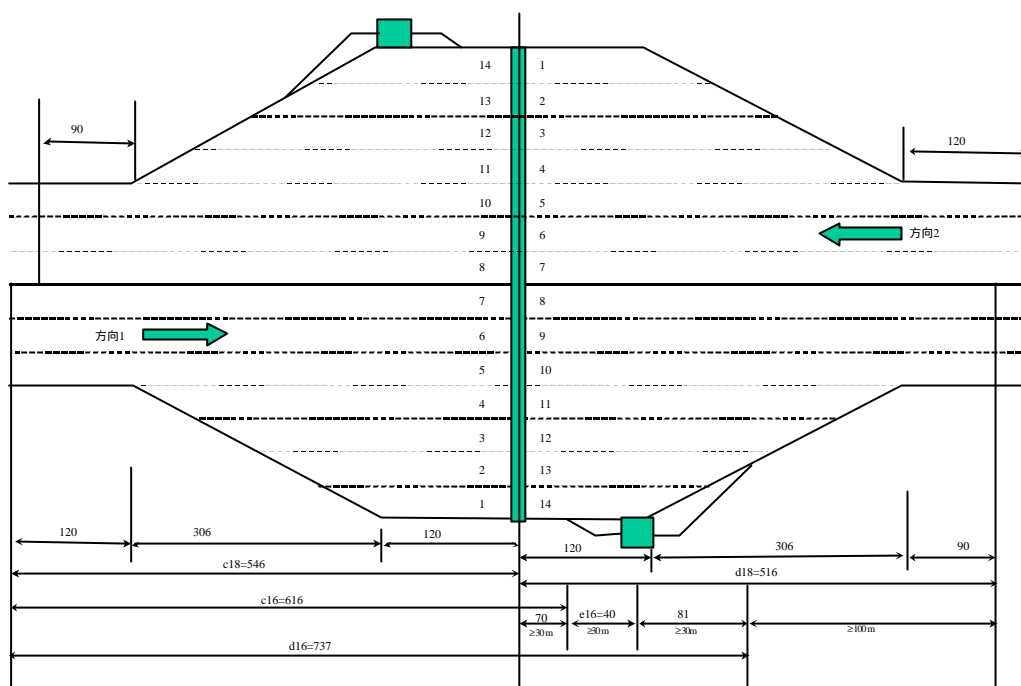


圖 4-4 楊梅收費站幾何配置及模擬參數

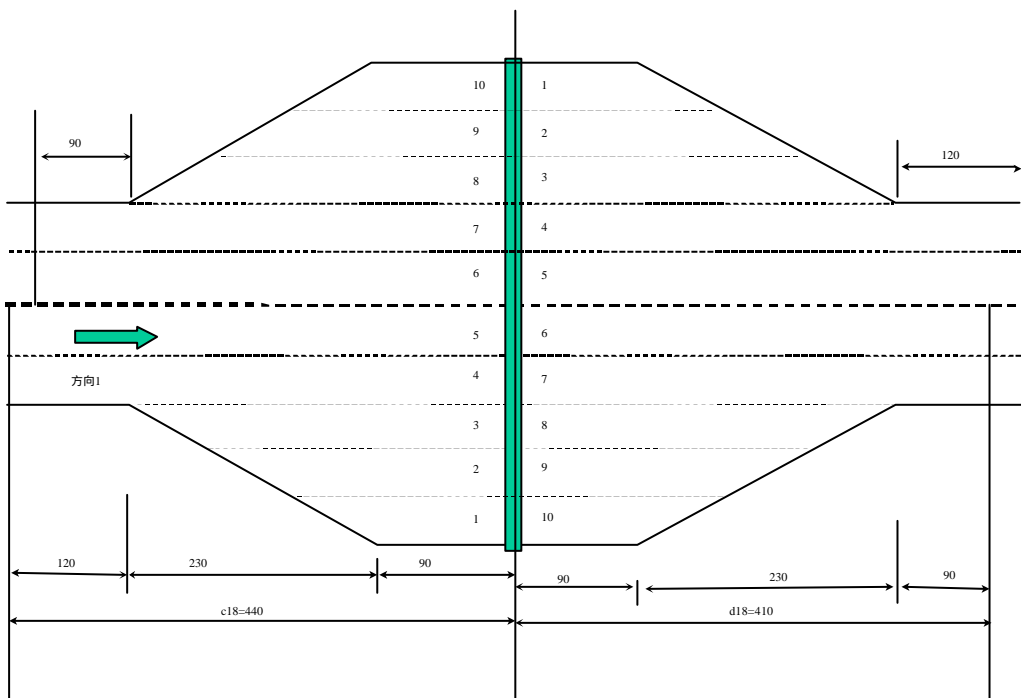


圖 4-5 新營收費站幾何配置及模擬參數

4.1.4 TPS 模式之績效評估指標

收費站之作業績效可從許多角度以評估之。TPS 模式之分析方法所考慮之績效評估指標(Measure of Effectiveness)包括：平均路段延滯(Average Approach Delay)、平均車隊延滯(Average Time in Queue)、平均車隊長度(Average Queue Length)及通過收費站之平均速率(Average Speed Over Plaza System)等。這些指標中，通過收費站之平均速率是用以評估收費站作業在整個高速公路系統之服務品質；其他的指標是用以評估收費站及地磅區內部作業的服務品質。茲將各指標的定義說明如下[運研所，民國 90 年]：

1. 減速區平均路段延滯

減速區涵蓋從上游主線車輛開始減速之地點到收費亭之路段，各車輛在減速區之路段延滯等於該車輛從進入減速區到車尾通過收費亭之旅行時間，減掉該車以自由旅行速率(Free-flow Speed)通過減速區之預期旅行時間。

2. 加速區平均路段延滯

加速區涵蓋在無塞車時從收費亭開始到車輛加速到達下游主線而且速率呈穩定之路段。加速區之路段延滯從車尾通過收費亭算起到車尾離開加速區為主，其值等於在加速區之旅行時間減掉能以自由速率穿過加速區之旅行時間。

3. 地磅進口路段平均路段延滯

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

4. 減速區平均車隊延滯

減速區之車隊延滯指一車從加入停等車隊到車尾通過收費亭之時間。如一車輛往一收費亭行進時沒有其他車輛在下游，則當該車之速率已降到 12 公里/小時以下而且該車距離收費窗口在 1.5 公尺之內，該車可算為已進入停等車隊。如一車輛須等候前面正在付費的車輛，則當該車離前車在一車長之內(但不超過 10 公尺)而且其速率在 12 公里/小時以下，該車可算為已進入停等車隊。平均車隊延滯等於個別車子車隊延滯之平均值。

5. 加速區平均車隊延滯

如收費亭下游之路段無塞車，加速區內之車隊延滯很可能不存在。各車輛在加速區之車隊延滯為加入停等車隊到車尾離開加速區的時間。

6. 平均車隊長度

平均車隊長度指每秒鐘車隊長度之平均值，其單位為車輛數。

7. 通過收費站之平均速率

通過收費站之平均速率等於加速區與減速區長度之和，除以車輛穿過加速區與減速區之平均旅行時間。

4.1.5 TPS 模式對各型車道服務水準之劃分

服務水準指交通設施(如收費車道、主線車道、進出口匝道等)服務品質好壞之程度。目前容量分析之方法通常將服務水準分成數等級，最常見的分級包括 A、B、C、D、E 及 F 等六級。A 級代表最佳之服務水準(有充分行車自由之狀況)；F 級則代表最差的服務水準(不穩定之擁塞車流狀況)。

服務水準之劃分須根據績效指標，而績效指標乃反應服務品質之交通參數。因不同交通設施有不同的作業性質，所以有必要利用不同的績效指標以劃分不同設施的服務水準。例如密度及平均速率常用於劃分高速公路之服務水準，而車輛之延滯時間則常用於劃分號誌化路口及收費站之服務水準。

如一收費站只有傳統之找零及回數票作業，則平均車隊長度可作為劃分服務水準之指標，其原因在於車隊長度是駕駛員與收費站管理人員最容易了解的績效評估指標。目前國道高速公路局即根據車隊長度來決定何時須執行機動收費車道調撥作業[運研所，民國 83 年 9 月]。但當一收費站有電子收費車道時，因停等車隊很可能只在塞車時才存在，因而車隊長度並不適合用以評估電子收費之作業品質，所以運研所於 2001 版公路容量手冊中即建議利用減速區之平均路段延滯做為劃分服務水準之績效指標。本研究實際亦採 TPS 模式模擬輸出之平均路段延滯作為評估各型車道服務水準之績效指標，其服務水準之等級劃分如表 4-1 所示。

表 4-1 各型車道服務水準評估準則

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

資料來源：[運研所，民國 90 年]

4.1.6 TPS 模式之實證

實證是發展模擬模式時最主要的步驟之一。事實上，實證步驟包含校估(Calibration)、驗證(Verification)、實證(Validation)等繁瑣的程序，校估是在早期的工作，主要是修正程式使程式能依照流程圖的步驟執行；驗證是在適當地調整模式，使其更符合實際的狀況；而實證工作則是將模擬結果與實際值(觀測值或調查值)做比較，如果在某種限定條件下，實證結果的誤差值是在可接受的範圍之下，這個模擬模式就可以應用，否則須更進一步的校估及驗證[Adolf D. May, 1990]。

一般而言，TPS 模式可產生與現況相當的車流型式。運研所曾收集現場資料以測試 TPS 模式，且將來會隨時利用新的資料測試及修正此模式。而根據運研所 2001 年台灣地區公路容量手冊第八章附錄之 TPS 收費站模擬模式使用者手冊之敘述，其對模擬車道選擇之行為與在泰山收費站所觀察到之行為相差不大；另對於現場延滯觀察值與模擬值之比較，模擬結果之平均車隊長度與觀測值之差異在 0.4 輛之內，且平均車隊延滯之差異亦不超過 13%，其誤差值應在可接受的範圍，因此該模式應可直接應用。況且台灣地區尚無部分收費車道實施 ETC 之現場車流資料可供實證，運研所亦僅能以目前傳統人工收費作業狀況對 TPS 模式模擬結果資料加以校估及驗證，而本研究範圍界定於應用此模式，故不再另行對 TPS 模式進行實證作業。

4.2 TPS 模式之應用

經對國內相關文獻蒐集與探討，有關 ETC 車道配置對收費站服務績效之研究且採模擬方法者，主要有二位，其各有不同的模擬方法與實驗設計，茲分述如下：

賴炳榮君[賴炳榮，民國 88 年]曾應用運研所之 TTPS 收費站模擬模式(Time-Driven Toll Plaza Simulation Model, TTPS)，並以 ETC 佈設的車道位置、使用比例與佈設車道數之多寡等變動因素，探討 ETC 對收費站服務績效之影響。其研究之模擬設計，需求流率係採固定值(南下為 4500 輛/小時，北上為 4800 輛/小時)，而不是依不同時段之車流量進行全盤性模擬；對於 ETC 佈設的車道位置，亦僅採一個 ETC 車道佈設、使用比例以佔小汽車總流率之 10%，由內側車道逐步向外側依次設置，與本研究所設計之 ETC 車道的配置位置(以小型車回數票專用道為範圍，依行車方向分別由內側或外側逐一擴增車道)，並以模擬至收費站上游主線個小型車 ETC 車道數為止的設計構想亦不同；此外，在 ETC 使用比例對收費站服務績效之影響方面，其研究亦僅使用 1 個 ETC 車道在不同的使用者比例(10%-90%)下進行模擬，與本研究所設計以配置不同車道數，在不同的 ETC 使用率及不同的交

通量下進行模擬的方案組合設計亦迥然有異。

另謝霖霆君[謝霖霆，民國 90 年]亦利用系統模擬的方法，其模擬設計環境以改變現行收費孔道的收費方式為主，測試所設計環境與目前環境的績效值是否提高或下降，並針對 ETC 設置位置、設置數量與車輛比例等變數進行模擬測試，其研究範圍與本研究近似，惟其對 ETC 模擬做法係自行撰寫模擬模式來作為研究工具，而本研究係應用 TPS 模式作為模擬之分析工具；另其研究雖以流量及收費型態組成作為控制變數，但其對流量影響分析僅限於現行收費孔道配置(人工收費)之流量變化(由 400 輛/小時/車道逐次增加至 1800 輛/小時/車道)對整體收費站及個別車種的影響，而無有關實施 ETC 時之模擬；另其研究對 ETC 孔道設置位置之影響分析，實際模擬時亦僅就現有小型車孔道擇一改為電子收費方式(變化 1 個 ETC 車道的設置位置)，且其使用比例及流量亦採固定值而非變量模擬。

而本研究之主要目的在於分析及評估收費站在既有幾何條件不變下，實施電子收費時，其 ETC 車道配置位置、數量在不同使用者比例與不同交通量下，對收費站整體服務績效之影響程度。因此本研究將前述兩者研究不足之處再加以補充。本節將就模擬方案組成之研擬設計方法及應用實例做說明。

4.2.1 方案之研擬與設計

我國近期推動實施之電子收費系統，依據中華電信股份有限公司民國 91 年 1 月 18 日最新之「高速公路電子收費系統建設招標文件」[中華電信，民國 91 年 1 月]所規劃時程，將於民國 93 年 3 月完成全區(國道 1 號及 3 號)各收費站南北向至少各一個小型車 ETC 車道及開始營運測試；94 年 3 月再完成各一個大型車 ETC 車道。此後，依 ETC 通行量達總收費通行量比率之提昇而逐年擴建，預計 96 年 3 月將完成全區各收費站南北向「主線加一」個 ETC 車道之最終建設及營運目標。而其中「主線加一」按其定義係指「主線車道數之小型車 ETC 車道及一個大型車 ETC 車道」。

另按電子收費建置計畫書之設置規劃：「有關各收費站電子收費車道之配置方式，將依現有大小型車道配置，分別由內向外擴增」，此即依各收費站之既設車道配置，以中央分隔帶起為內側，小型車 ETC 車道與小型車人工收費車道共同一側、大型車 ETC 車道與大型車人工收費車道共同一側，分別由內側往外側逐漸擴增，惟大型車 ETC 車道只設置一個車道，且在同一車道或緊鄰車道裝設停車刷卡(Touch and Go)之備援讀卡設備；而小型車 ETC 車道之建置則以達主線個車道數為止。然此種車道配置方式，因小型車 ETC 車道設置之初即在內側車道，將形成實施 ETC 後，各收費站可能無法於雙向再執行小型車調撥車道之措施。

此外，依據電子收費營運計畫書之規劃，為避免高速公路電子收費開

放服務後將可能造成人工收費車道壅塞，以及為簡化電子收費運作，電子收費車道之建設營運將採分期方式進行。而針對第一階段主線電子收費期間小型車依下列原則增開電子收費車道：[高公局等，民國 90 年 4 月]

1. 以收費站為單位，視收費站實際車流需要暨車道平衡因素，增開電子收費車道。
2. 當小型車電子收費車道之一週平均尖峰服務流量達到 1200 輛次/車道小時以上，或當電子收費車道之平均服務流量達到該收費站總通行量之 16% 以上，連續達 5 天或於 1 個月內出現 15 天時，雙方衡量人工收費車道負荷，秉誠信原則進行增開電子收費車道的規劃建置協商。

綜合上述說明，對於中華電信公司之電子收費建設及營運之規劃原則是否真正合乎理想且可付之實現，尚待未來實際實施 ETC 後方可明證。而目前大部分的研究均僅能就現況調查並預測或模擬未來實施 ETC 後之收費站服務績效。故本研究乃配合即將實施的電子收費建設及營運規劃，應用電腦模擬分析方法著手研究及評估分析。模擬之實驗設計主要是以 ETC 車道的不同配置位置(以小型車回數票專用道為範圍，分別依行車方向由左側或右側逐漸擴增車道)及所設置之車道數量(以收費站上下游主線個小型車 ETC 車道數為限)兩項變數作為模擬方案設計主軸，每一主軸分別再以不同的 ETC 使用率及不同時段的交通量作為控制變數之變量，應用 TPS 模式之模擬結果進行評估與分析，以期求得實施電子收費時，較佳之運作組合方案。本研究模擬方案之設計原則及方法說明如下：

1. 以 3.1 節所篩選之泰山、楊梅及新營等三個收費站為欲模擬對象。因未來高速公路基本路段主線車道數大部分為 3 車道，且 14-16 個收費車道數之收費站亦佔多數；此外，為利測試 TPS 模式模擬有關係統各輸入參數間對模擬結果之影響程度(例如模擬次數、模擬時段、雙向或單向模擬、有無地磅作業等)，故本研究模擬之優先次序，實際分別為楊梅、泰山及新營收費站。
2. 將小型車 ETC 車道配置位置以回數票專用道為範圍，並依行車方向分由左側向右側逐一擴增或由右側向左側逐一擴增等兩種不同的車道配置方式。
3. ETC 所設置之車道數量係指每一車道配置方式中所將設置之小型車 ETC 車道數。依目前台灣地區電子收費系統建置及營運之規劃：「以每收費站單方向營運至主線個車道數為最終目標」，且泰山、楊梅及新營之收費站區上下游主線車道數分別為 4、3、2，若以泰山收費站為例，則需模擬至 4 個 ETC 車道為止。此方案之設計亦應符合實際應用時，至少保留一人工收費車道，給予未購買票證或未攜帶硬幣之用路者通行便利之原則。

4. ETC 使用率係指通過模擬系統之小型車 ETC 通行量佔小型車總通行量的比例。不同的 ETC 使用率變量由 10% 至 80%，且以 10 為間隙(Gap)遞增八個級數。
5. 為使模擬結果取得較多數值以利分析，不同的交通量變量級數係以計算收費站區上下游主線車道容量為流量模擬參數之上限值，再以上限值依序向下取 9 個級數(實際應用仍須遷就 TPS 模式模擬時每一車道在瞬間之車輛數不能超過 300 輛的限制，而需視實際模擬狀況調整上限值，且為使各級數組距有較佳之趨勢視景(View)，交通量變量級數皆取整百位數)。
6. 上述每一模擬作業均依研究範圍與限制，假設無調撥需求且重車正常過磅之狀況，而且最外側大貨車車道可同時接受大客車通行，甚至每一大型車車道均可供大貨車、大客車、聯結車混合通行。

4.2.2 模擬方案編碼與組成

基於上述模擬方案之設計原則及方法說明，本研究將模擬方案給予編號，其編碼原則說明如表 4-2。

表 4-2 模擬方案編號說明

方案編號	ETC <u>Place-LN-U%</u>
編碼說明	<p>方案編號編碼細分三段，各段說明如下：</p> <p>ETC <u>Place</u>：<u>Place</u>代表 ETC 車道設置之位置，無實施 ETC(即現況)時 <u>Place</u> 值為 0；ETC 車道佈設以回數票專用道為範圍，並依行車方向之左側往右側逐一擴增方式時 <u>Place</u> 值為 1；由右側往左側逐一擴增方式時 <u>Place</u> 值為 2。</p> <p><u>LN</u>：代表所配置的小型車 ETC 車道數，以收費站上下游主線個車道數為最終值，泰山站 <u>LN</u> 值由 1 至 4；楊梅站 <u>LN</u> 值由 1 至 3；新營站 <u>LN</u> 值由 1 至 2。</p> <p><u>U%</u>：代表小型車 ETC 使用率，<u>U%</u>變量由 10% 至 80%，且以 10 為間隙(gap)遞增八個級數。</p>
實例說明	<p>以楊梅收費站為例，方案編號 ETC1-2-50 代表：</p> <p>ETC 車道佈設位置以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側向右側擴增至 2 個 ETC 車道，且小型車 ETC 使用率在 50% 的模擬狀況。</p>

另本研究將以通過收費站之平均速率為評估收費站作業在整個高速公路系統服務品質之績效指標，且以平均路段延滯作為評估各型車道服務水準之績效指標。因此，每一模擬方案將依不同的交通量級數作變量模擬，並從模擬結果取得各車道之平均路段延滯(以 Total Delay 為代稱) 服務水準(以 LOS 代稱)及通過收費站之平均速率值(以 ASP 代稱)，故設計個別方案模擬記錄表(應用實例如表 4-3 所示)，以利將模擬輸出結果登入表中作為統計分析之用。此外，將各模擬輸出結果，取通過收費站之平均速率(ASP)值彙整作成方案組成統計總表，以利進一步分析及評估使用。

表 4-3 模擬記錄表設計實例

站別：楊梅收費站

方案編號：ETC1-2-50

方案說明：假設 ETC 車道佈設以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側往右側擴增至 2 個 ETC 車道，且小型車 ETC 使用率在 50%的模擬狀況下，流量依主線車道容量上限向下取 9 級，分別模擬出每一流量級數之通過模擬系統的平均速率(模擬次數 30 次)及各車道的服務水準(以平均路段延滯劃分)。

車種組成比例：小車=76%(ETC=50%+回=37%+找=13%)；大客=6%；大貨=7%；聯結=8%

流量	級數 1=1900							級數 2=2100							級數 3=2300						
車種	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨
LN	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1
Tatal Delay																					
LOS																					
ASP																					
流量	級數 4=2700							級數 5=3100							級數 6=3500						
車種	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨
LN	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1
Tatal Delay																					
LOS																					
ASP																					
流量	級數 7=3900							級數 8=4300							級數 9=4700						
車種	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨	小電	小電	小回	小回	小找	客聯	大貨
LN	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1
Tatal Delay																					
LOS																					
ASP																					

4.2.3 模擬輸入檔與輸出檔實例說明

TPS 模式是利用 DOS-based 之 FORTRAN 語言所建立。為了防止使用者自行修改其程式而造成技術服務之困擾，運研所只提供使用者 TPS 模式之執行檔(檔名為 tps.exe)，此執行檔可在 DOS 作業系統或 Microsoft Windows 作業系統環境下操作。電腦設備須為 80486 以上之 IBM 相容之個人電腦(PC)；硬碟須有大約 0.7MB 之記憶儲存空間可供存放執行檔；其他硬碟儲存空間之需要，則隨輸入及輸出檔的大小而變。

在使用 TPS 模式時，其輸入檔之檔名必須為 tps.dat，且與 tps.exe 執行檔放置於同一資料夾(目錄)中，方可執行並順利產生輸出檔 tps.out。

1. 模擬輸入檔(tps.dat)

如表 4-4 輸入資料檔所示實例，係模擬楊梅收費站之狀況(方案編號 ETC1-2-50)，其基本假設及主要輸入參數說明如下：

- (1) 模擬次數為 30 次；每次模擬分五個時段、每個時段 300 秒，含熱機時間 300 秒總計模擬時間為 1,800 秒(30 分鐘)。
- (2) 僅模擬單一方向；收費車道總數 7；分 4 車種(小型車代號 1、大客車代號 2、大貨車代號 3、聯結車代號 4)分派收費亭，外側起 1-2 車道供大型車使用，3-7 車道則供小型車使用。
- (3) 指定五種不同的收費方式，ETC 代號 1、小型車回數票(不找零)代號 2、小型車找零代號 3、大型車回數票(不分車種)代號 4、大型車找零(不分車種)代號 5；其中 ETC 車道分派於 6-7 車道。
- (4) 各車種收費平均收(付)費時間使用表 3-12 各型車種之參數；ETC 車輛通過收費亭平均速率以 45 公里/小時(參數單位為 1/10 公里/小時)計，其餘車輛均須停車收費，速率以 0 計。
- (5) 因 ETC 車道以中央分隔帶為中心，雙向皆由內向外佈設，無調撥作業需求，故省略其輸入參數。
- (6) 收費站上下游區域長度(漸變段長度)與所增加或縮減的車道數、調撥作業下的收費車道(亭)代號與所損失的車道長度、地磅站進出口路段長度等所需模擬參數見圖 4-4。
- (7) 熱機期間車流率為 600 輛/小時；各模擬時段之車流率為 2,100 輛/小時。
- (8) 各車種之車種組成及各車種之收費方式的比例參數取用表 3-14 及表 3-13 資料。大型車車道雖有少數小車，但其影響甚微小以忽略計。
- (9) 模擬方向上下游區自由旅行速率為 80 公里/小時；地磅進口路段自由旅行速率為 25 公里/小時。

表 4-4 輸入資料檔實例

[illegible]

2. 模擬結果輸出檔

TPS 模式輸出檔之檔名為 tps.out。此檔可利用 DOS 環境之 editor 或其他 editor(如記事本、WordPad、Word 等)以編輯之。此輸出檔可由使用者指定是否要包括輸入檔讀進之資料。從表 4-5 之實例可知輸出資料也包括模擬作業之代號(如 ICase=1) 模擬方向(如 Direction=1) 輸出之時間(如 Output at Time=1901；此時間為從模擬開始後之秒數)及其他有關績效之資料。

如圖 4-4 所示，輸出檔中每一方向在收費亭上游之區域稱為 Section 1；下游地區則稱為 Section 2。上游區域及下游區域之車道以代號訂名為第 1 車道、第 2 車道等等，其第 1 車道乃車行方向之最右邊車道。而各收費亭必須與其中一車道連接，上游區域內每一與收費亭相連接的車道有一組輸出值(如圖中方向 1 上游區域之第 1-7 車道)；在下游區域模擬系統終點之每一車道也有一組輸出值(如圖中之第 5-7 車道)，其他與終點沒有直接連接的車道(如圖中之第 1-4 車道)則無輸出值。茲將各模擬結果輸出資料定義的說明如下[運研所，民國 90 年]：

(1) 車流率(Flow, vph)

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

模擬系統終點每一車道(Section 2)之車流率，代表在資料蒐集開始之後離開模擬系統之車流率。在不壅塞的狀況下，從各收費亭離開的車流率之和應接近從終點各車道離開模擬系統的車流率之和。收費亭下游(Section 2)如因大量車輛須變換車道而造成壅塞時，則從終點各車道離開模擬系統之流率和與從收費亭離開之流率和可能有較大的差別。

(2) 平均路段延滯(Average Approach Delay)

路段延滯時間指一車輛在兩點之間，因不能以希望能保持的最高速率(亦即該車之自由速率)行進而造成的延滯。

(3) 平均車隊延滯(Average Time in Queue)

收費車道上(section 1)車輛之車隊延滯時間，係指一車從加入一緩慢行進或停等之車隊，直到其車尾離開收費亭之時間。終點車道上(section 2)車輛之車隊延滯時間指一車從加入一緩慢行進或停等之車隊直到其車尾離開模擬系統之時間。只有少數車輛在收費亭時，上游區域(section 1)收費車道上之車隊延滯時間通常會比路段延滯

短。當有不少的車輛在收費亭上游之車道時，車隊延滯時間則很可能比路段延滯長。

(4) 平均車隊長度(Average Queue Length)

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

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

通過模擬系統之平均速率等於行車距離(減速區+加速區)除以平均在模擬系統內之旅行時間。

(6) 經過地磅之車流率(Flow Rate Over All Scales)

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

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

一車輛在地磅進口路段之路段延滯，包括從進入進口路段到離開地磅間所產生之延滯。此路段延滯等於實際離開地磅之時間，減掉在進口路段上能以該車欲維持之自由速率行進時預期離開地磅之時間。

(8) 服務水準(Level of Service)

收費站之服務水準依表 4-1 所示之平均路段延滯時間劃分為 6 級。

表 4-5 模擬結果輸出檔實例

*****TPS---MARCH 2001*****

****ICASE= 1

****OUTPUT AT TIME= 1923

*****DIRECTION= 1*****

			DELAY(s/veh)		QUEUE(VEH)	LOS
SECTION	LANE	FLOW(VPH)	Total	In Queue		
1	1	235.7	21.0	9.6	0.42	C
1	2	242.8	20.5	9.7	0.56	C
1	3	203.9	18.9	9.4	0.51	B
1	4	313.1	11.3	3.4	0.26	B
1	5	312.0	21.0	7.6	0.31	C
1	6	221.1	8.9	5.9	0.99	A
1	7	601.8	3.1	0.4	0.09	A
2	5	408.3	4.3	0.8	0.11	
2	6	738.2	3.7	0.5	0.08	
2	7	847.3	2.9	0.7	0.15	

AVERAGE SPEED OVER PLAZA SYSTEM= 58.1 KPH

Flow Rate over all scales= 160.9 vph

Average Delay on Weigh Station Access Road= 12.58 s/veh

****ICASE= 2

****OUTPUT AT TIME= 1865

*****DIRECTION= 1*****

			DELAY(s/veh)		QUEUE(VEH)	LOS
SECTION	LANE	FLOW(VPH)	Total	In Queue		
1	1	256.7	18.3	6.6	0.49	B
1	2	240.4	17.6	6.2	0.43	B
1	3	238.4	20.0	11.1	0.58	B
1	4	312.7	13.4	5.6	0.27	B
1	5	291.5	28.2	13.1	0.35	C
1	6	202.9	11.0	8.1	1.84	B
1	7	583.9	4.8	1.1	0.12	A
2	5	427.1	4.1	0.0	0.06	
2	6	767.6	3.9	0.7	0.11	
2	7	879.5	3.0	0.6	0.11	

AVERAGE SPEED OVER PLAZA SYSTEM= 57.0 KPH

Flow Rate over all scales= 168.2 vph

Average Delay on Weigh Station Access Road= 11.50 s/veh

表 4-5 模擬結果輸出檔實例(續)

```

****ICASE=          3

****OUTPUT AT TIME=  1910

~ ~ ~ ~ ~ (略) ~ ~ ~ ~ ~

****ICASE=          40

****OUTPUT AT TIME=  1851

~ ~ ~ ~ ~ (略) ~ ~ ~ ~ ~

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

MEAN AND STANDARD DEV (SD) for Direction=    1

SAMPLE SIZE=          40
                                DELAY(s/veh)
SECTION LANE FLOW(VPH)  Total   In Queue  QUEUE(VEH)  LOS
    1      1    249.4      19.4     7.8        0.49      B
          SD=      7.7        1.6     1.6        0.05
    1      2    240.5      19.4     8.1        0.49      B
          SD=      7.5        2.1     2.1        0.07
    1      3    220.2      22.2    11.8        0.58      C
          SD=     16.9        3.8     3.2        0.07
    1      4    311.4      10.9     3.1        0.26      B
          SD=     11.2        1.0     1.0        0.01
    1      5    305.2      20.4     6.8        0.31      C
          SD=      9.7        3.5     2.3        0.02
    1      6    193.6      10.3     7.6        1.07      B
          SD=     31.0        3.7     3.7        0.30
    1      7    611.7       3.8     0.7        0.10      A
          SD=     31.0        0.6     0.3        0.02
    2      5    432.2       4.2     0.6        0.10
    2      6    763.7       3.8     0.8        0.13
    2      7    849.0       3.0     0.6        0.10

AVERAGE SPEED OVER PLAZA SYSTEM=  58.0 KPH
S.D. of AVERAGE SPEED OVER PLAZA SYSTEM=  0.8 KPH

Mean Flow Rate at Weigh Station=  158.1 veh/h
S.D. of Flow Rate at Weigh Station  11.6 veh/h

MEAN OF Ave Delay on Weigh Station Access Road=  12.98 s/veh
S.D. OF Ave Delay on Weigh Station Access Road=  0.98 s/veh

```

第五章 模擬結果分析與評估

本章將依前第四章 4.2.1 節所研擬方案之設計原則與方法、以及 4.1.3 節所述之原則所建立 TPS 模式之輸入資料檔參數，分別以楊梅、泰山及新營收費站為不同收費車道群(14、20、10 個車道數)之代表，應用 TPS 模式進行模擬，並以不同的 ETC 車道配置位置、數量及使用率等組合，在不同的交通量下逐一模擬，再利用模擬結果輸出資料進行收費站作業分析，評估各模擬方案對收費站整體服務績效的影響情形，以尋求最適當之 ETC 車道配置方案。

5.1 各收費站之模擬結果與分析

TPS 模式模擬所輸出資料之定義及說明，已如前第四章 4.2.3 節所述，其中以通過收費站之平均速率(其值之估計等於加速區與減速區長度之和，除以車輛穿過加速區與減速區之平均旅行時間)，最能代表收費站整體服務品質的績效指標；至於各型車道則以減速區之平均路段延滯作為服務水準之評估指標。

對各收費站之模擬，首先均以現有人工收費作業(無實施 ETC)之參數在不同的交通量下進行模擬，其次再將 ETC 車道以改變不同的收費車道配置位置、數量及 ETC 使用率等組合，在不同的交通量下逐一模擬。茲將各站之模擬結果分述如后：

5.1.1 楊梅收費站模擬結果與分析

1. 模擬輸出結果

目前楊梅收費站上游主線車道數為 3 車道，而單向收費車道數共計 7 個，其中含 4 個小型車回數票專用車道、1 個小型車找零車道及 2 個大型車付費車道。依本研究之模擬方案設計，楊梅收費站所配置的小型車 ETC 車道數，以收費站上游主線車道數為設置的最終值，亦即 ETC 車道配置以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側向右側逐一擴增至 3 個車道為止，此為一個模擬方案組合(方案編號 Etc1-1~Etc1-3)；相對地，若依行車方向由右側向左側逐一擴增至 3 個車道為止，此為另一個模擬方案組合(方案編號 Etc2-1~Etc2-3)。每一個模擬方案組合中會有 3 個(即主線個車道數)使用情況方案，每一方案均以通過收費站不同的 ETC 使用率與不同的交通量作為變量並分別輸出模擬結果。模擬所得結果取通過收費站之平均速率值為整體績效指標，並依各模擬方案組合分別彙整如表 5-1 及表 5-2。另為使各模擬方案組合中的每一方案結果均能與現況無實施 ETC(方案編號 Etc0)做比較分析且能取得較平滑的分佈曲線，因此再將表列各模擬結果數值以迴歸線繪製如圖 5-1 及圖 5-2，以利進行分析與評估。

表 5-1 楊梅收費站 ETC 車道由左向右配置模擬之整體績效

平均速率 方案	流量	級數 1 1900	級數 2 2100	級數 3 2300	級數 4 2700	級數 5 3100	級數 6 3500	級數 7 3700	級數 8 4300	級數 9 4700	上限 值 5100
Etc0 (現況)		53.7	50.7	47.4	42.1	36.3	28.1	21.1	15.4	12.0	10*
Etc1-1-10		33.7	24.5	17.5	8.8	6.8	4.4	-	-	-	-
Etc1-1-20		38.5	29.8	22.6	11.8	7.4	4.9	-	-	-	-
Etc1-1-30		50.6	39.9	35.3	19.4	15.1	8.8	7.5*	3.8*	2.5*	1.9*
Etc1-1-40		57.0	52.7	48.2	36.2	24.3	17.2	13.1	7.5*	4.4*	2.6*
Etc1-1-50		60.8	59.0	56.1	50.8	45.3	31.1	26.4	25.1	22.3	22.3*
Etc1-1-60		62.7	61.8	60.5	58.1	55.4	47.2	39.6	28.4	19.2	6.3*
Etc1-1-70		63.1	62.4	61.1	58.7	56.2	41.9	24.8	17.5	13.4	12.5*
Etc1-1-80		63.2	62.3	60.7	56.1	40.2	23.0	15.7	12.1	12.1*	12.1*
Etc1-2-10		38.0	32.9	26.7	16.3	9.3	-	-	-	-	
Etc1-2-20		45.8	38.6	34.2	16.8	12.5	8.2	-	-	-	
Etc1-2-30		52.4	48.6	43.3	30.3	21.4	12.5	7.5	7.3*	7.3*	7.3*
Etc1-2-40		56.9	54.5	50.1	42.2	29.0	17.9	14.5	11.8	11.8*	11.8*
Etc1-2-50		59.3	58.0	56.6	52.9	47.0	41.0	33.6	21.2	18.6	11.5*
Etc1-2-60		62.2	61.2	59.9	57.2	53.4	46.9	40.5	28.9	17.0	5.0*
Etc1-2-70		63.8	63.0	61.8	60.0	57.1	52.2	43.8	34.1	24.0	11.9*
Etc1-2-80		64.8	64.1	63.4	62.0	59.8	54.9	50.1	41.3	29.4	19.0*
Etc1-3-10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-3-20		21.3	15.1	10.4	6.0	4.4	-	-	-	-	
Etc1-3-30		29.6	22.1	18.1	10.4	6.2	4.7	-	-	-	
Etc1-3-40		37.5	33.7	26.7	19.1	12.0	6.8	-	-	-	
Etc1-3-50		47.4	43.9	37.4	31.7	20.0	14.5	10.7	8.8*	6.3*	4.8*
Etc1-3-60		56.0	54.5	51.3	44.9	42.0	32.0	25.1	20.3	12.0	6.3*
Etc1-3-70		62.2	60.5	59.2	55.8	52.1	46.6	39.8	32.6	24.5	15.0*
Etc1-3-80		64.6	63.9	63.1	61.4	58.9	54.0	47.4	40.1	27.5	16.5*

備註說明：

1. 方案編號說明如表 4-2。
2. 本模擬方案組合之 ETC 車道配置係以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側向右側逐一擴增至 3 個車道為止。Etc0 則代表現況無 ETC 車道之模擬狀況。
3. 受限於 TPS 模式之模擬結果，無資料者(-)表示該模擬方案下收費站之收費車道已有不合理擁塞現象而無法輸出資料。
4. 星號(*)之績效值因受 TPS 模式限制，無法順利模擬輸出結果時，則以迴歸方式進行推估。
5. 流量單位為輛/小時；通過收費站之平均速率單位為公里/小時。

表 5-2 楊梅收費站 ETC 車道由右向左配置模擬之整體績效

平均速率 方案	流量	級數 1 1900	級數 2 2100	級數 3 2300	級數 4 2700	級數 5 3100	級數 6 3500	級數 7 3700	級數 8 4300	級數 9 4700
Etc0 (現況)		53.7	50.7	47.4	42.1	36.3	28.1	21.1	15.4	12.0
Etc2-1-10		58	57.1	55.7	54	50.5	43.1	33.3	23.3	16.3
Etc2-1-20		56.8	55.4	52.7	48.7	38.4	28.1	18.3	12.2	-
Etc2-1-30		52.2	49.4	45.7	40.4	33.7	25.8	21.4	14.9	-
Etc2-1-40		45.2	40	34.8	27.8	21.9	14.6	12.9	-	-
Etc2-1-50		37	32.5	25.8	22.3	18.1	12.2	8.8	-	-
Etc2-1-60		30	25.6	23.5	21.3	16.3	10.7	-	-	-
Etc2-1-70		25.1	23.5	23.1	21.3	13.7	8.2	-	-	-
Etc2-1-80		25.5	24.5	23.7	16.5	10.5	7.2	-	-	-
Etc2-2-10		57.1	55.9	54	50.2	33.7	21.9	14.6	11	8.6
Etc2-2-20		58.2	57.2	55.1	51.7	43.6	30.7	21.3	14.6	11
Etc2-2-30		58.5	57.1	54.3	47.9	34.4	19.6	15.5	10.6	-
Etc2-2-40		58.2	56.4	52.8	43	30	16.9	11.8	-	-
Etc2-2-50		57.4	55.3	50.9	43.2	30.9	20	12	-	-
Etc2-2-60		56.7	53	47.1	32.8	19.5	12.2	8.1	-	-
Etc2-2-70		49.9	44	38	24.3	12.2	8.2	-	-	-
Etc2-2-80		42.7	37.8	32	23.6	12.2	7.7	-	-	-
Etc2-3-10		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Etc2-3-20		31.8	22.4	16.9	11.7	9	7	-	-	-
Etc2-3-30		50.7	40.9	30.1	19.1	14.1	10.9	8.5	-	-
Etc2-3-40		57.7	55.2	49.7	32	23.3	17	14	11	-
Etc2-3-50		58	54	46.4	31.7	20.8	19.3	16	15.4	12.7
Etc2-3-60		52.5	43.7	33	25.2	16.8	13.7	9.5	10	-
Etc2-3-70		42.8	36.7	29.7	20.4	13.2	9.9	7.9	-	-
Etc2-3-80		36.4	33.9	26	23.5	17.1	13	10.4	8.3	-

備註說明：

1. 方案編號說明如表 4-2。
2. 本模擬方案組合之 ETC 車道配置係以回數票專用道為範圍，並依行車方向由右側向左側逐一擴增至 3 個車道為止。Etc0 則代表現況無 ETC 車道之模擬狀況。
3. 受限於 TPS 模式之模擬結果，無資料者表示該模擬方案下收費站之收費車道已有不合理擁塞現象而無法輸出資料。
4. 本配置方式模擬所得整體績效值部分呈現不合理現象，故不進行流量上限值之績效推估。
5. 流量單位為輛/小時；通過收費站之平均速率單位為公里/小時。

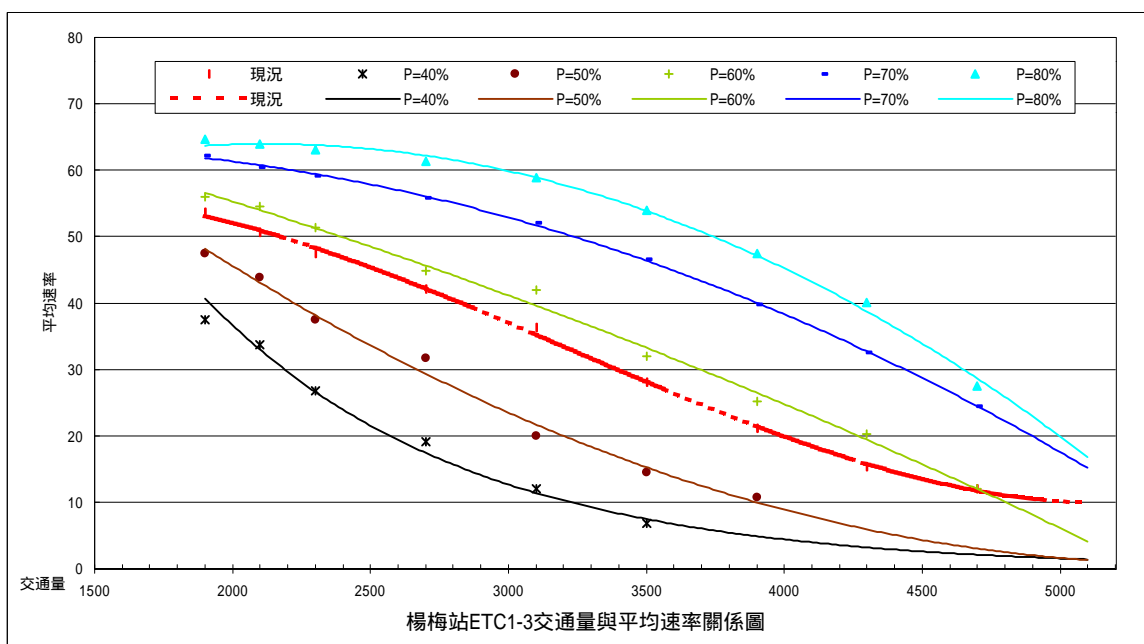
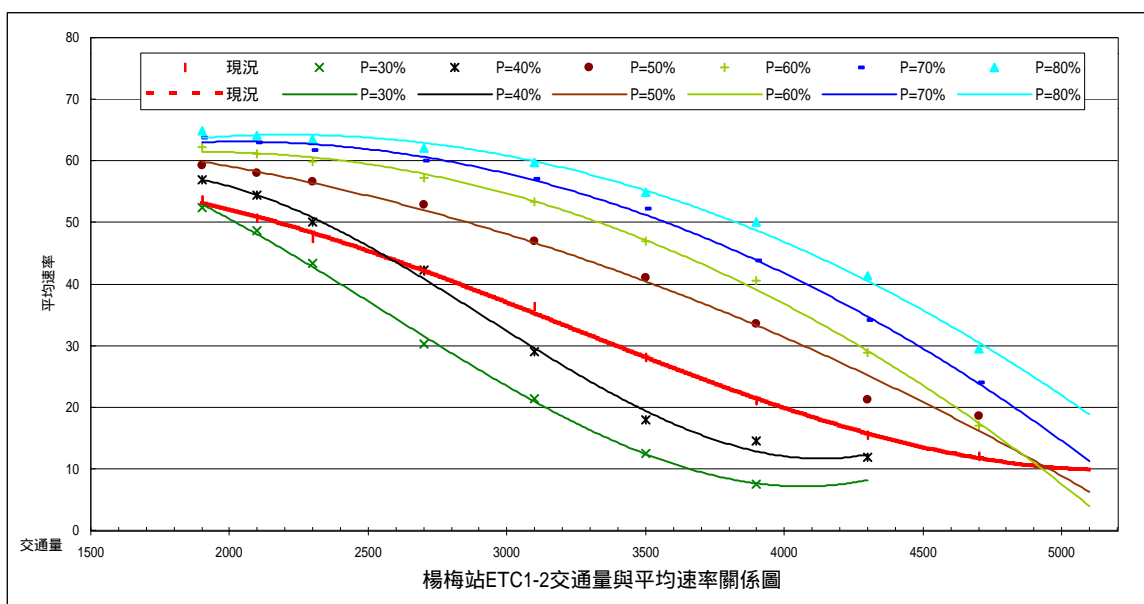
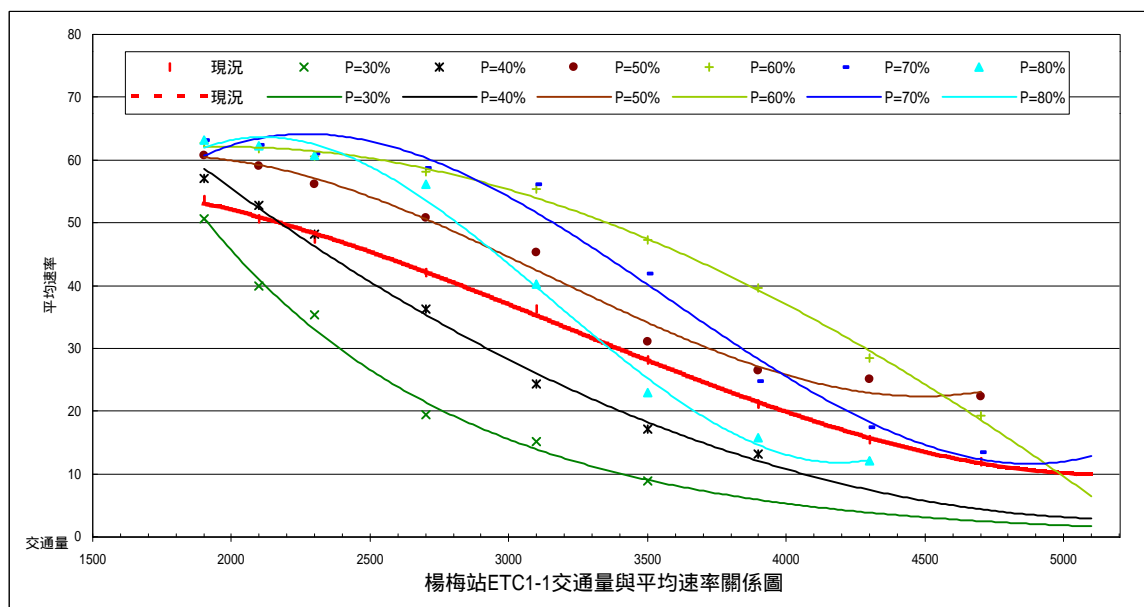


圖 5-1 楊梅收費站ETC車道由左向右配置方案組合之模擬結果

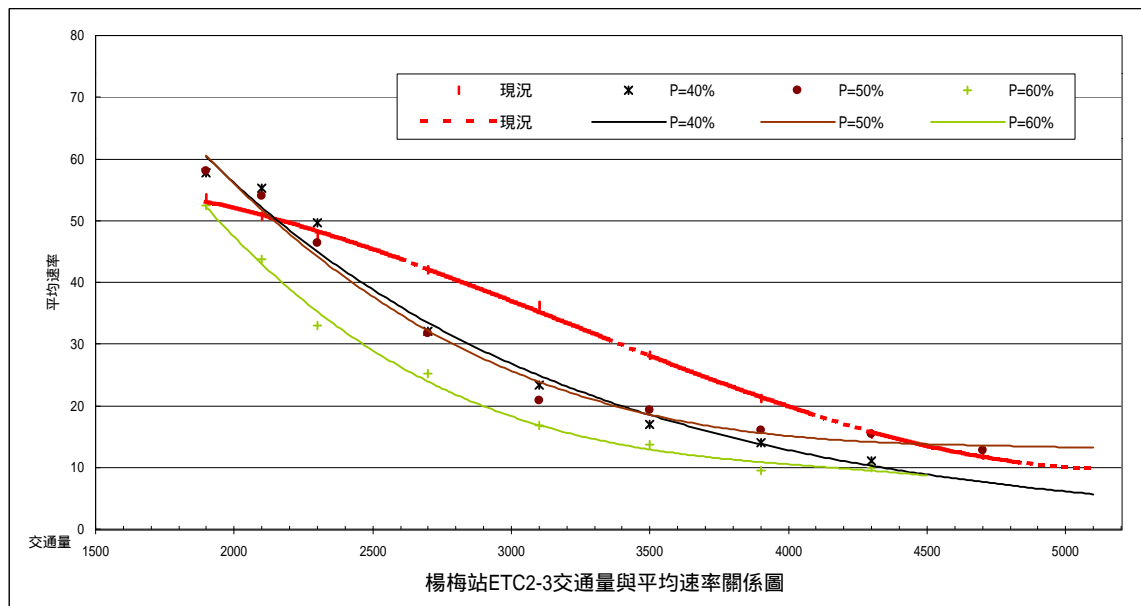
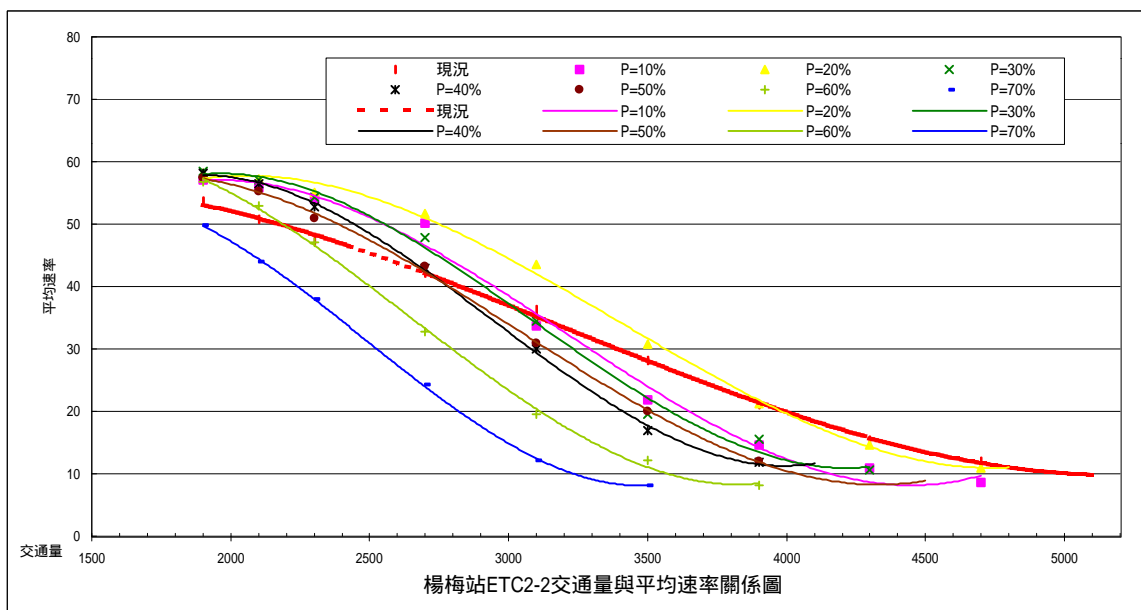
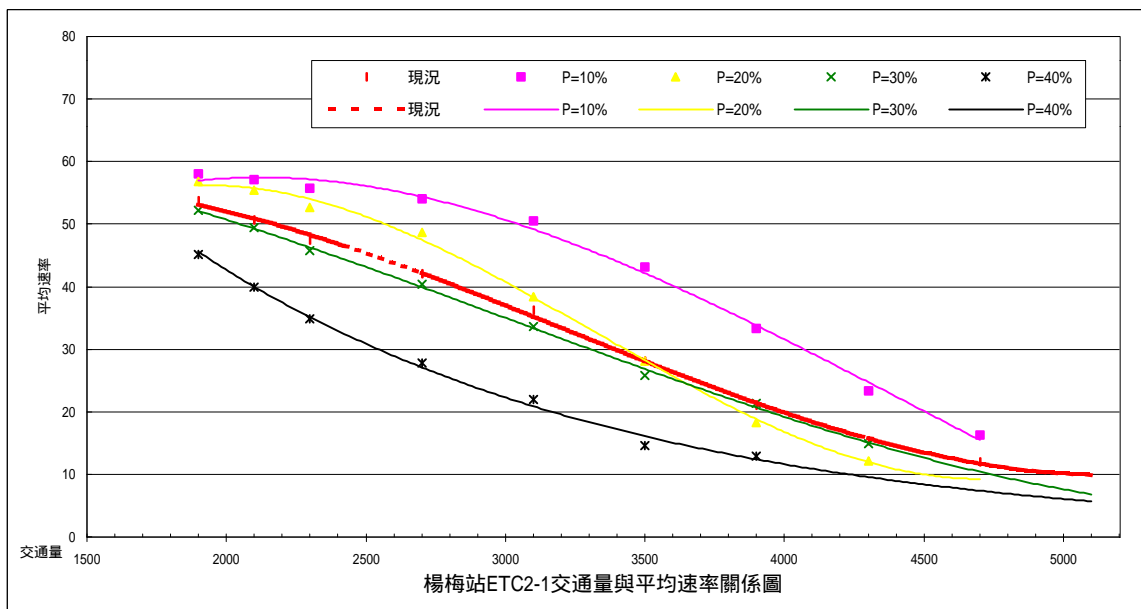


圖 5-2 楊梅收費站ETC車道由右向左配置方案組合之模擬結果

2. 模擬結果之分析

進行模擬結果分析時，有 ETC 車道的每一模擬方案均須與現況無配置 ETC 車道(方案編號 Etc0)之模擬輸出結果相比較，以評估是否較現況為佳；並於同一模擬方案組合中再就整體績效分佈相互比較，以求得其中較佳之方案。

(1) 現況無實施 ETC 之模擬結果分析

由前第三章圖 3-8 及圖 3-9 楊梅收費站平常日及例假日之小時交通量分佈趨勢可知，楊梅站平常日自上午 7 時至下午 8 時之平均流量約在 2300 輛/小時，經模擬現況無實施 ETC(方案編號 Etc0)時之結果，在此時段中通過收費站的平均速率每小時約為 47 公里，應尚不致於有擁塞之車流；平常日的尖峰小時流量約在 3100 輛/小時，其通過收費站之平均速率已降至每小時 36 公里左右。而例假日在尖峰小時流量(約為 3500 輛/小時)下，通過收費站之平均速率則約僅 28 公里/小時，此時收費站應已進入不穩定的壅塞情況。

依現況無實施 ETC 在不同時段的交通量下之模擬結果，通過收費站之平均速率係隨著交通量的增加而降低。

(2) ETC 車道配置依行車方向由左向右逐一擴增之模擬結果分析

以不同的 ETC 使用率及不同的交通量，分別模擬 ETC 車道數由 1 個逐漸擴增至 3 個車道，經由圖 5-1 中通過收費站之交通量與平均速率關係圖可知：

A. 配置 1 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-1)

ETC 使用率約在 40% 以上時，收費站之整體績效(以通過收費站之平均速率為評估指標)方可優於現況(無實施 ETC 時)。當 ETC 使用率約在 40% 且流量低於每小時 2200 輛時，雖已有優於現況之整體績效，然而當流量超過 2200 輛/小時，其整體績效即已較現況為差；又當 ETC 使用率小於 40%，則其整體績效係隨著 ETC 使用率的下降而降低。

由圖 5-1 觀此一方案之模擬結果，在整體績效優於現況之各 ETC 使用率中，以 60% 時收費站有較佳的整體績效；惟當流量約大於 3300 輛/小時且 ETC 使用率 80% 時，其整體績效反而較現況為差。究其原因，可能由於僅配置 1 個 ETC 車道時，通過該 ETC 車道的車輛數¹($3300 \times 0.76 \times 0.8 = 2006$ 輛/小時/車道)已超過該車道的容量²(約為 1748 輛/小時/車道)，將因 ETC 車道容量不足而導致該車道的車輛延滯大幅

¹通過該 ETC 車道的車輛數之計算係假設向收費站方向推進之車輛數為 3300 輛/小時；小型車之交通組成為 76%、ETC 使用率佔小車總交通量的 80%。

²容量：依表 3-12 小型車電子收費車道之平均服務時間約 2.06 秒推估其容量為 1748 輛/小時/車道。

增加，進而影響收費站的整體績效。

B. 配置 2 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-2)

ETC 使用率仍以約在 40% 以上時，其收費站整體績效方可優於現況，且隨者 ETC 使用率越高，其相對的整體績效越佳。而當 ETC 使用率約在 40% 時，雖仍有優於現況之整體績效，然而當流量超過每小時 2700 輛時，其整體績效即已較現況為差，且隨著 ETC 使用率的下降而降低。

由圖 5-1 觀此一方案模擬結果，在較高的交通量下之整體績效均較配置 1 個小型車 ETC 車道時為佳，可能由於 2 個 ETC 車道的容量可應付較高 ETC 使用率下的交通量，而減少收費站區的车辆延滯時間、提高收費站的整體績效。

C. 配置 3 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-3)

在不同的交通量下，ETC 使用率必須約在 58% 以上，其收費站整體績效之表現方可優於現況，且隨者 ETC 使用率越高，其相對的整體績效越佳。而當 ETC 使用率低於 58% 時，則較現況之整體績效為差，並隨著使用率越低，其相對整體績效越差。此可能由於 ETC 使用率低於 58% 時，3 個 ETC 車道容量雖可足以讓 ETC 車輛順利推進，但 42% 以上的非 ETC 小型車必須使用僅剩的 2 個人工收費車道，將因人工收費車道容量不足而產生大量的車輛延滯，致使整體績效降低。

(3) ETC 車道配置依行車方向由右向左逐一擴增之模擬結果分析

以不同的 ETC 使用率及不同的交通量，分別模擬 ETC 車道數由 1 個逐漸擴增至 3 個車道，經由圖 5-2 中通過收費站之交通量與平均速率關係圖可知：

- A. 當配置 1 個 ETC 車道時(方案編號 Etc2-1)，在不同的交通量下，ETC 使用率在 20% 以下時，有優於現況的整體績效表現，惟當 ETC 使用率於 20% 且流量大於每小時 3500 輛時，其整體績效則已較現況為差。另隨著 ETC 使用率越高，其相對整體績效越差。
- B. 當配置 2 個 ETC 車道(方案編號 Etc2-2)且流量小於 2700 輛/小時，此時 ETC 使用率在 50% 以下之相對整體績效均可優於現況，且不同的 ETC 使用率對收費站的整體績效影響差異不大。但隨著流量逐漸增加，ETC 使用率必須逐漸減低，方能有比現況為佳的整體績效。
- C. 當配置 3 個 ETC 車道(方案編號 Etc2-3)只有 ETC 使用率在 40-50% 之間，且流量小於 2100 輛/小時之時段，有優於現況的整體績效，其餘不論 ETC 使用率或流量的高低，其整體績效均較現況為差，且隨著 ETC 使用率的增加或降低，其相對整體績效均逐漸地下降。

本方案組合經模擬所得結果與現況相比較，雖然在部分時段之流量及 ETC 使用率下，收費站之整體績效尚能維持一定水準，然而 ETC 車道配置數量及 ETC 使用率的多寡，與收費站之整體績效並未有明顯的相關。尤其是當在低交通量、高 ETC 之使用率與車道數的情況下(如方案編號 Etc2-3-80 於流量 1900 輛/小時)，即使最左側的人工收費車道關閉或僅有極少數車輛通行，收費站仍應有良好的整體績效才合理，而此模擬結果似乎有違常理。

對此方案組合之模擬結果，初步判斷其因素可能因小型車一般行駛於主線內側車道，而收費站收費車道數較上游主線車道數為多，ETC 收費車道之位置可能因而偏離主線，故當 ETC 使用率增加時，大部分駕駛者在進入收費站減速區時，需經多次選擇性變換車道始能完成付費手續，期間可能造成不同付費方式之車流交織行為而影響收費站的整體績效。此外，本模擬方案組合之 ETC 車道之配置位置處於小型車找零車道與回數票專用車道之間，駕駛員在選擇付費車道時較容易產生遲疑、誤闖 ETC 車道或採強迫式的變換車道行為而引起其他車輛非正常減速或緊急煞車等現象，均可能造成收費站整體績效不佳之原因。另亦可能 TPS 模式對此 ETC 車道配置方式尚有考慮不周之處，此需待進一步驗證及校估。

(4) 小結

經由前述依行車方向由左側向右側逐一擴增及由右側向左側逐一擴增等兩種配置方式之模擬結果，其中由右向左配置方式其整體績效變化型態隨著使用率的增加，其整體績效反而降低，與由左向右配置方式之模擬所得結果(ETC 使用率增加，其整體績效隨之增加)呈現相反的變化型態。再者，兩種配置方式所模擬之整體績效以 ETC 車道由左向右逐一擴增方式較佳且較合乎常理。

基於上述理由，本研究擬於後續二個收費站，排除 ETC 車道由右側向左側逐一擴增配置之模擬與分析。而本研究為求慎重，亦就 ETC 車道由右向左配置之部分方案分別先對泰山收費站及新營收費站試行模擬，所得結果與楊梅收費站之特性相當一致。因此，在後續二個收費站將不考慮 ETC 車道由右側向左側配置之方案組合。

5.1.2 泰山收費站模擬結果與分析

1. 模擬輸出結果

目前泰山收費站上游主線車道數為 4 車道，而單向收費車道數共計 10 個，其中含 5 個小型車回數票專用車道、2 個小型車找零車道及 3 個大型車付費車道。沿用楊梅收費站之模擬方案設計與分析方法，泰山收費站僅模擬一個方案組合，即 ETC 車道配置仍以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側向右側逐一擴增至 4 個車道為止(方案編號 Etc1-1~Etc1-4)，每一方案均以通過收費站不同的 ETC 使用率與不同的交通量作為變量並分別輸出模擬結果。模擬所得結果取通過收費站之平均速率值為整體績效指標彙整如表 5-3。另為使模擬方案組合中的每一方案結果均能與現況無實施 ETC(方案編號 Etc0)做比較分析且能取得較平滑的分佈曲線，因此再將表列各模擬結果數值以迴歸線繪製如圖 5-3。

2. 模擬結果之分析

(1) 現況無實施 ETC 之模擬結果分析

由前第三章圖 3-6 及圖 3-7 泰山收費站平常日及例假日之小時交通量分佈趨勢可知，泰山收費站平常日自上午 7 時至下午 9 時之平均流量約在 6100 輛/小時，大部份時段均處於高流量之情況，且有呈現重現性壅塞之車流。平常日尖峰小時流量平均約為 8000 輛/小時，已超過收費站上游主線飽和流量；而例假日平均之尖峰小時流量(約在 6800 輛/小時)則較平常日為小。

經 TPS 模式模擬現況無實施 ETC(方案編號 Etc0)時之結果，在非尖峰時段之交通量(約在 6100 輛/小時)下，其通過收費站之平均速率約為 13 公里/小時。而當在例假日尖峰小時流量下，經由模擬結果以迴歸式推估其通過收費站之平均速率約在 8 公里/小時以下；平常日則約僅在 6 公里/小時左右。由上述結果分析，顯見目前泰山收費站現有之收費車道配置，其容量已不足以應付來自上游主線的龐大車流，而致嚴重的交通阻塞，若在既有收費設施且無法增加收費車道的情況下，唯有實施 ETC，方能增加收費站服務容量、提高收費站之整體績效。

(2) ETC 車道配置依行車方向由左側向右側逐一擴增之模擬結果分析

A. 配置 1 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-1)

在不同的交通量下，ETC 使用率約在 40-60% 之間，收費站整體績效即可優於現況，其中以 ETC 使用率為 50% 時，有較佳的收費站整體績效，過高或過低的 ETC 使用率均會降低服務品質，甚至有比現況為差的整體績效表現。此因仍可能是僅配置 1 個 ETC 車道，在較高流量及 ETC 使用率下將導致 ETC 車道容量不足之故。

B. 配置 2 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-2)

在不同的交通量下，ETC 使用率必須約在 65% 以上，收費站整體績效之表現方可優於現況，且隨者 ETC 使用率越高，其整體績效越佳。

C. 配置 3 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-3)

本方案之模擬結果與配置 2 個小型車 ETC 車道時(方案編號 Etc1-2)之模擬結果相近，但在較高的 ETC 使用率及較高的流量下，其通過收費站的平均速率明顯提昇許多(尤其是在高流量下，整體績效的提昇更加明顯)。

D. 配置 4 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-4)

本方案之模擬結果亦與前方案配置 2 個及 3 個小型車 ETC 車道時(方案編號 Etc1-2、Etc1-3)之模擬結果類似，惟其 ETC 使用率必須約在 70% 以上。

表 5-3 泰山收費站 ETC 車道由左向右配置模擬之整體績效

平均速率 方案	流量	級數 1 3500	級數 2 3700	級數 3 3900	級數 4 4100	級數 5 4500	級數 6 4900	級數 7 5300	級數 8 5700	級數 9 6100	上限 值 7300
Etc0 (現況)		43.7	42.1	39.7	37.2	29.7	22.9	18.3	15.1	13.2	6.7*
Etc1-1-10		17.4	13.6	13.3	11.3	9.6	-	-	-	-	-
Etc1-1-20		29.9	27.7	19.7	17.6	13.6	10.7	-	-	-	-
Etc1-1-30		38.8	37.7	33.1	28.5	18.5	17.3	14.4	10.5*	7.8*	4.4*
Etc1-1-40		55.0	49.7	46.6	41.6	38.8	34.1	24.9	21.4	19.7	10.5*
Etc1-1-50		57.9	57.5	54.5	52.7	43.3	32.9	27.2	23.0	19.7	19.7*
Etc1-1-60		56.5	47.5	38.6	33.6	26.0	20.9	17.3	15.6	11.1*	5.6*
Etc1-1-70		33.0	26.9	23.0	20.4	16.6	13.8	11.9	8.9*	7.0*	3.9*
Etc1-1-80		21.4	18.1	15.8	14.7	11.8	10.0	-	-	-	-
Etc1-2-10,20		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-2-30		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-2-40		11.1	10.1	8.7	7.7	6.6	-	-	-	-	
Etc1-2-50		18.7	18.8	15.5	13.9	10.7	10.4	-	-	-	
Etc1-2-60		44.6	41.4	35.5	29.1	21.1	18.2	15.3	11.1*	8.3*	4.2*
Etc1-2-70		63.8	60.1	58.4	50.4	43.7	36.8	25.2	19.9	13.9*	10.0*
Etc1-2-80		68.1	67.2	66.9	66.4	63.3	56.5	42.8	30.2	23.2	5.2*
Etc1-3-10,20		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-3-30		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-3-40		11.1	9.3	8.5	7.8	-	-	-	-	-	
Etc1-3-50		27.8	22.7	17.4	13.1	-	-	-	-	-	-
Etc1-3-60		47.4	41.3	37.4	30.5	24.8	20.5	15.8	13.0	10.0*	5.0*
Etc1-3-70		64.5	63.0	61.1	58.7	52.8	50.0	37.5	36.2	21.2	7.2*
Etc1-3-80		68.5	68.0	67.3	66.8	64.9	63.0	59.6	54.6	49.4	21.7*
Etc1-4-10,20		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-4-30,40		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-4-50		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-4-60		27.7	22.8	23.1	16.5	14.1	10.3	7.8*	5.6*	4.4*	1.9*
Etc1-4-70		48.2	44.7	42.0	39.7	31.9	21.4	17.3	16.5	11.1*	6.1*
Etc1-4-80		66.9	66.3	65.1	64.4	60.6	57.4	50.4	43.0	37.5	16.7*

備註說明：

1. 方案編號說明如表 4-2。
2. 本模擬方案組合之 ETC 車道配置係以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側向右側逐一擴增至 4 個車道為止。Etc0 則代表現況無 ETC 車道之模擬狀況。
3. 受限於 TPS 模式之模擬結果，無資料者(-)表示該模擬方案下收費站之收費車道已有不合理擁塞現象而無法輸出資料。
4. 星號(*)之績效值因受 TPS 模式限制，無法順利模擬輸出結果時，則以迴歸方式進行推估。
5. 流量單位為輛/小時；通過收費站之平均速率單位為公里/小時。

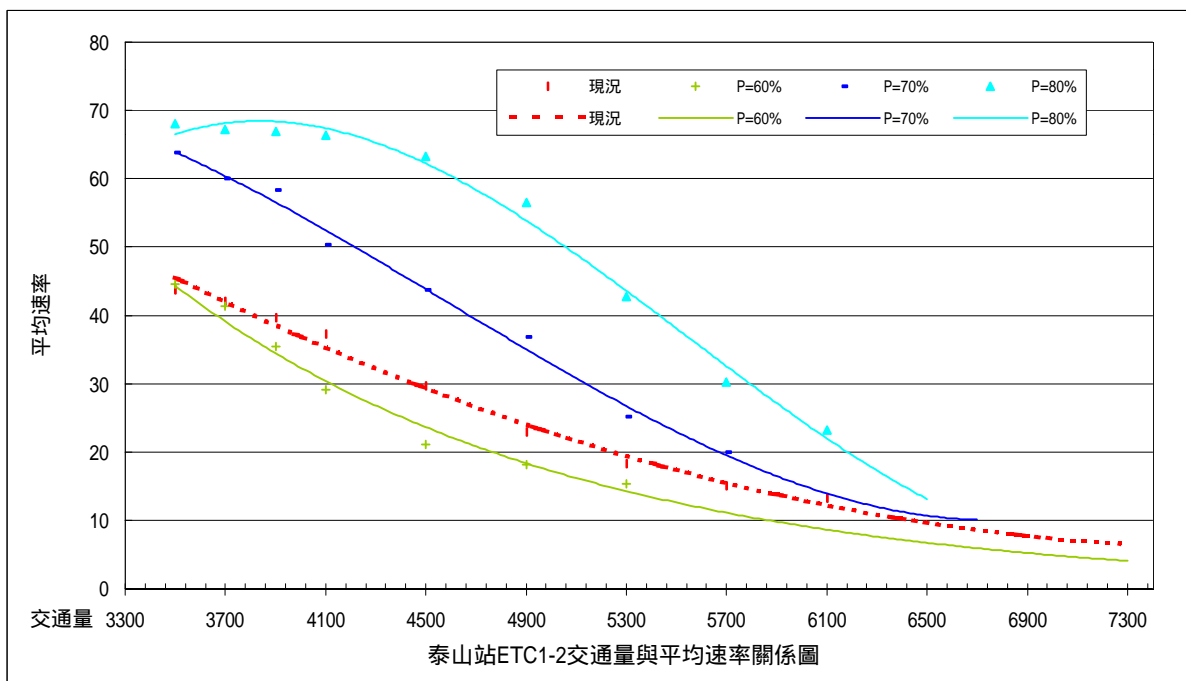
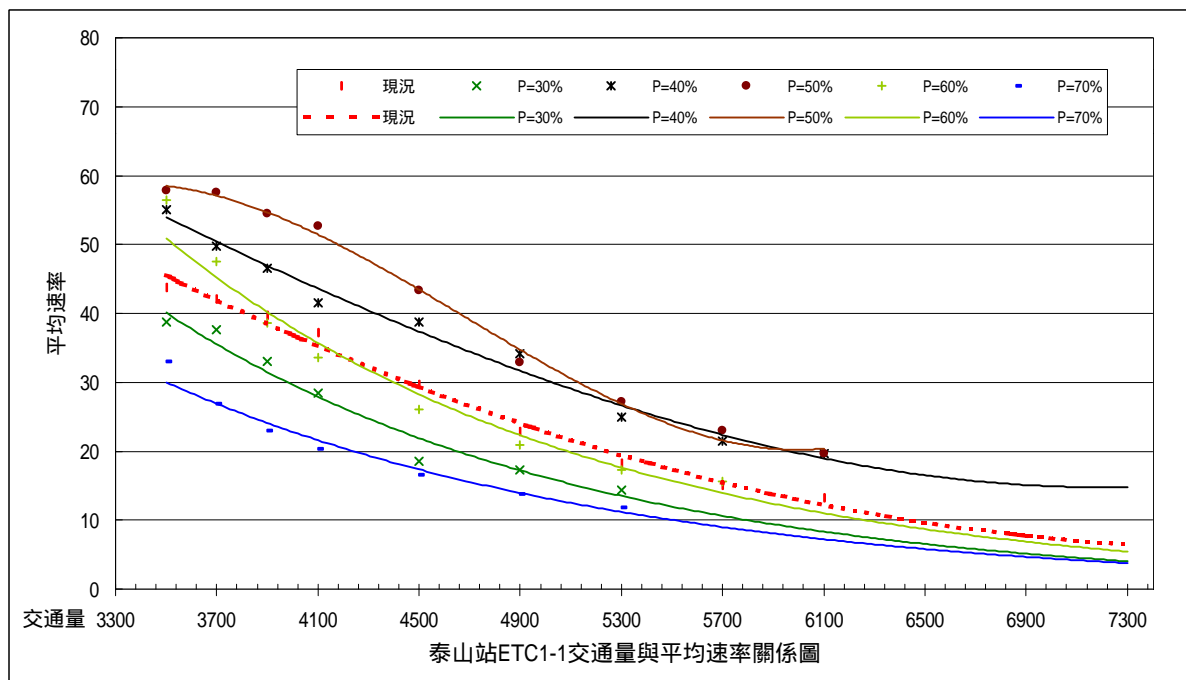


圖 5-3 泰山收費站ETC車道由左向右配置方案組合之模擬結果

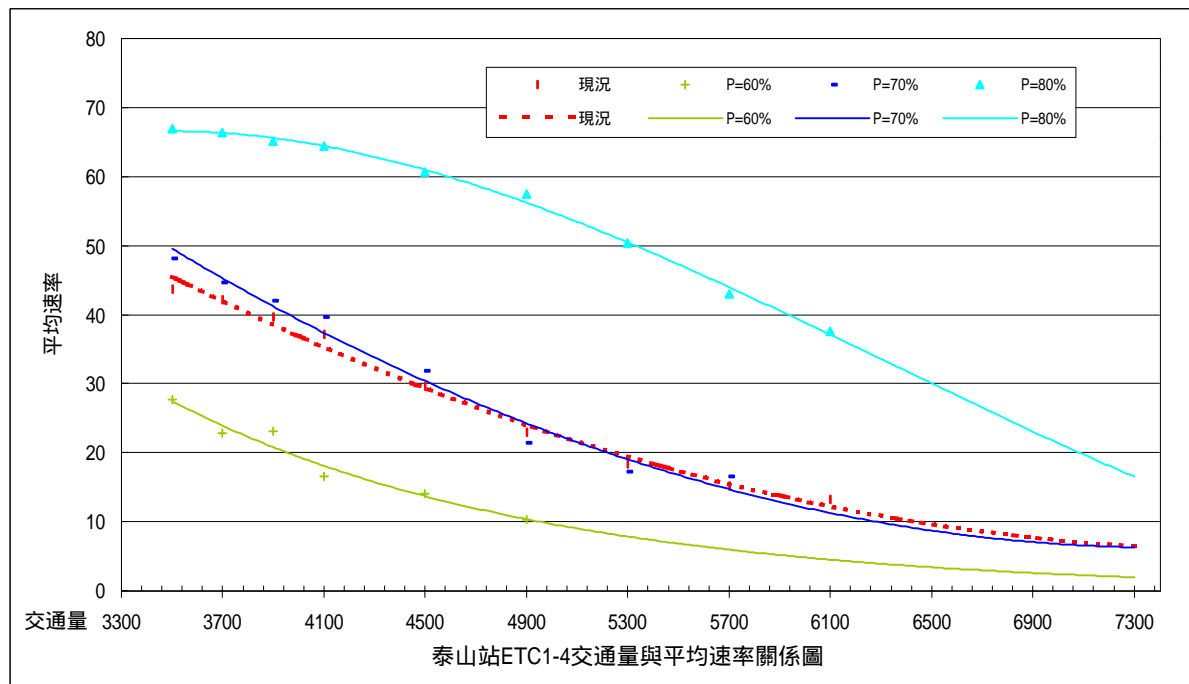
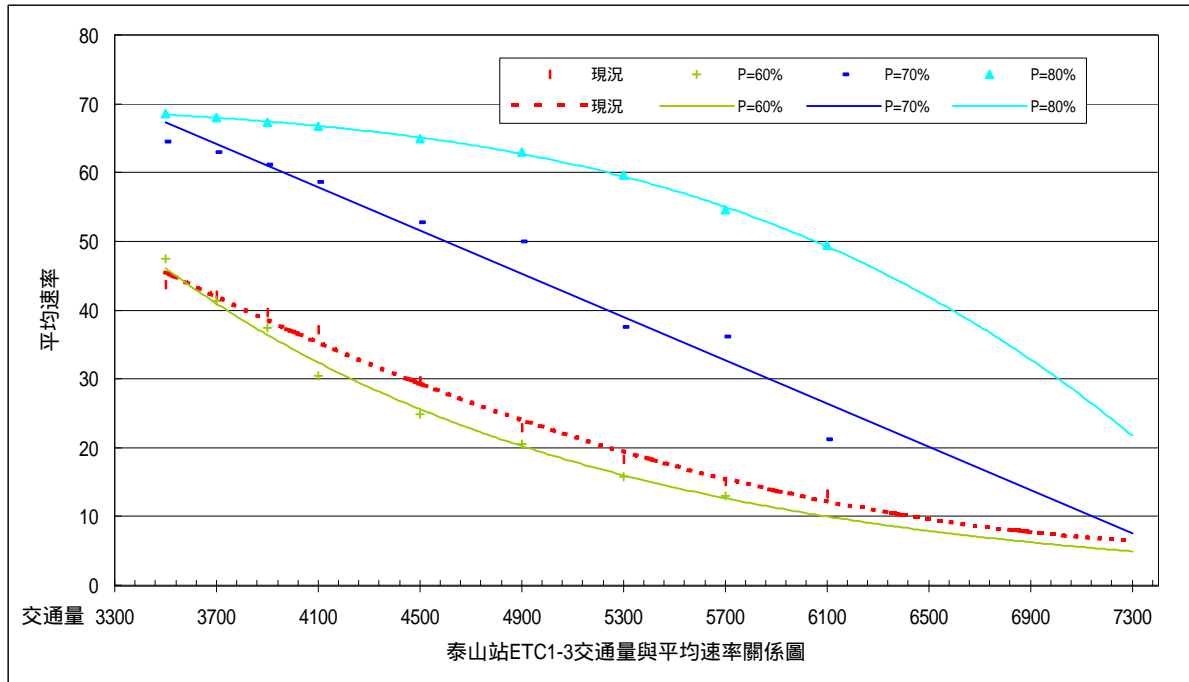


圖 5-3 泰山收費站ETC車道由左向右配置方案組合之模擬結果(續)

5.1.3 新營收費站模擬結果與分析

1. 模擬輸出結果

目前新營收費站上游主線車道數為 2 車道，而單向收費車道數共計 5 個，其中含 2 個小型車回數票專用車道、1 個小型車找零車道及 2 個大型車付費車道。而沿用楊梅收費站之模擬方案設計與分析方法，新營收費站之 ETC 車道配置仍以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側向右側逐一擴增至 2 個車道為止(方案編號 Etc1-1~Etc1-2)，每一方案均以通過收費站不同的 ETC 使用率與不同的交通量作為變量並分別輸出模擬結果。模擬所得結果取通過收費站之平均速率值為整體績效指標並彙整如表 5-4。另為使模擬方案組合中的每一方案結果均能與現況無實施 ETC(方案編號 Etc0)做比較分析且能取得較平滑的分佈曲線，因此再將表列各模擬結果數值以迴歸線繪製如圖 5-4。

2. 模擬結果之分析

(1) 現況無實施 ETC 之模擬結果分析

由前第三章圖 3-10 及圖 3-11 新營收費站平常日及例假日之小時交通量趨勢可知，新營收費站平常日在上午 7 時至下午 8 時的平均流量約為 1700 輛/小時，而經模擬現況無實施 ETC(方案編號 Etc0)時之結果，在此時段中通過收費站的平均速率約在 50 公里/小時。平常日的尖峰小時流量約為 2000 輛/小時，其通過收費站之平均速率雖略降約為 47 公里/小時，但仍顯示該收費站目前在平常日之整體績效尚稱良好；而例假日的尖峰小時流量約為 2800 輛/小時，其通過收費站之平均速率則降為 23 公里/小時，此時整體績效已明顯降低。

(2) ETC 車道配置依行車方向由左側向右側逐一擴增之模擬結果分析

A. 配置 1 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-1)

在不同的交通量下，ETC 使用率必須在 50% 以上，其整體績效方能比現況(無實施 ETC 時)為佳，且隨者 ETC 使用率越高，其相對的整體績效越佳。

B. 配置 2 個小型車 ETC 車道(方案編號 Etc1-2)

ETC 使用率必須在 80% 以上且流量小於每小時 2000 輛時，其整體績效方能比現況為佳，且隨著使用率越低、其相對的整體績效越差。此一方案之整體績效亦較前一方案明顯降低許多，顯示該收費站設置 1 個 ETC 車道即可滿足交通需求，如再增設一 ETC 車道反而減少其他收(付)費車道容量，進而降低整體的服務績效。

表 5-4 新營收費站 ETC 車道由左向右配置模擬之整體績效

平均速率 方案	流量 級數 1 1600	級數 2 1800	級數 3 2000	級數 4 2200	級數 5 2400	級數 6 2600	級數 7 2800	級數 8 3000	級數 9 3200	上限 值 3400
Etc0 (現況)	51.0	49.8	47.4	42.2	37.8	31.7	23.2	15.8	12.0	6.7*
Etc1-1-10	26.0	14.9	8.3	6.1	-	-	-	-	-	
Etc1-1-20	41.8	31.7	17.6	10.5	7.2	-	-	-	-	
Etc1-1-30	49.2	45.2	40.0	26.1	14.8	10.2	7.7	7.7*	7.7*	7.7*
Etc1-1-40	52.0	49.1	46.0	40.6	33.8	24.8	16.6	11.5	9.0	8.0*
Etc1-1-50	53.8	51.3	46.4	42.9	37.6	36.1	24.1	17.0	13.2	4.6*
Etc1-1-60	55.4	53.8	48.1	44.7	38.8	28.7	25.9	20.2	15.7	8.0*
Etc1-1-70	56.1	54.8	52.4	46.7	42.8	35.3	31.1	22.3	16.3	10.0*
Etc1-1-80	58.6	55.9	54.4	49.3	42.0	41.3	35.4	26.7	18.5	8.9*
Etc1-2-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-2-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Etc1-2-30	19.3	12.4	7.7	5.7	-	-	-	-	-	
Etc1-2-40	27.4	19.6	12.4	7.6	6.0	-	-	-	-	
Etc1-2-50	32.9	25.9	19.3	10.3	7.7	-	-	-	-	
Etc1-2-60	38.5	30.8	25.7	17.2	11.2	8.4	6.4*	4.4*	3.3*	2.4*
Etc1-2-70	48.4	42.1	31.4	26.9	18.5	13.9	10.5	8.6	6.7*	5.6*
Etc1-2-80	56.9	53.8	50.1	40.5	31.1	27.6	23.2	16.0	13.9	13.9*

備註說明：

1. 方案編號說明如表 4-2。
2. 本模擬方案組合之 ETC 車道配置係以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側向右側逐一擴增至 2 個車道為止。Etc0 則代表現況無 ETC 車道之模擬狀況。
3. 受限於 TPS 模式之模擬結果，無資料者(-)表示該模擬方案下收費站之收費車道已有不合理擁塞現象而無法輸出資料。
4. 星號(*)之績效值因受 TPS 模式限制，無法順利模擬輸出結果時，則以迴歸方式進行推估。
5. 流量單位為輛/小時；通過收費站之平均速率單位為公里/小時。

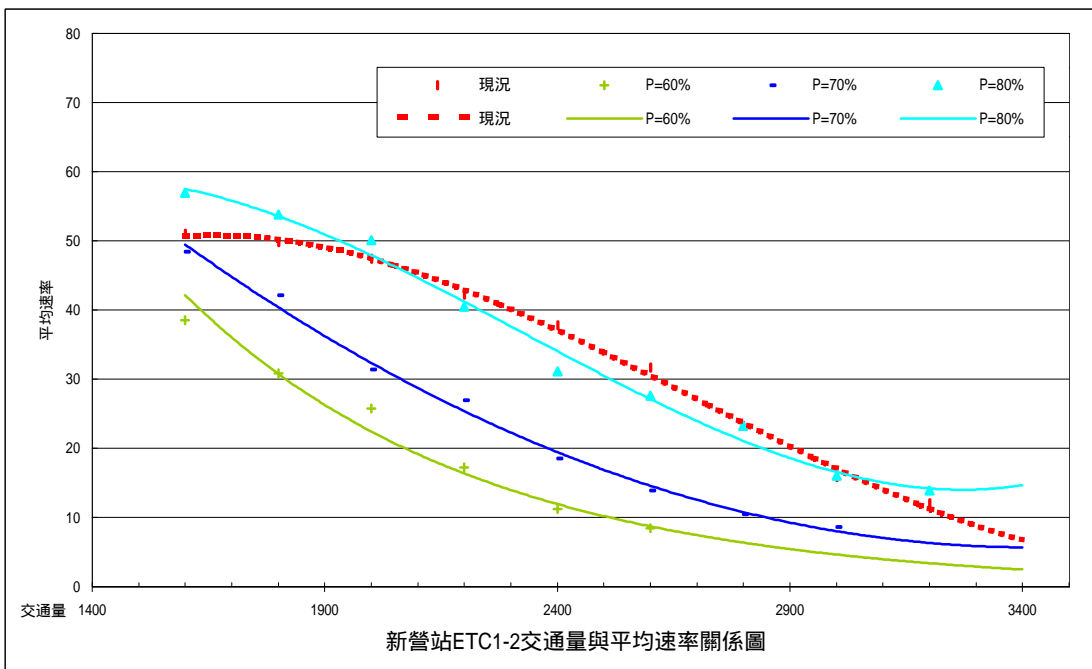
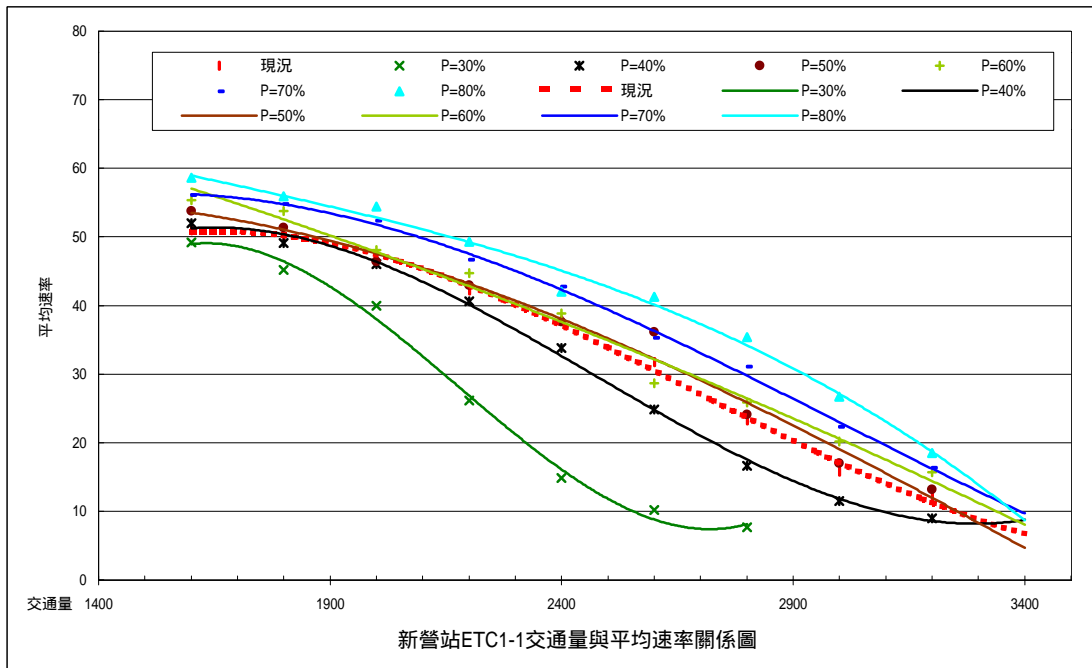


圖 5-4 新營收費站ETC車道由左向右配置方案組合之模擬結果

5.2 收費站服務績效之影響評估

就交通管理當局而言，收費站整體服務績效(以通過收費站之平均速率為評估指標)是評估實施 ETC 成效的重要指標。而經由前 5.1 節之模擬結果與分析可得知：不同的 ETC 車道配置位置、數量及使用率等對收費站整體績效均有其不同程度之影響。茲將各項因素之影響情形分析如下：

5.2.1 ETC 車道配置位置對收費站整體績效之影響

依本研究之模擬方案設計，ETC 車道配置位置係以回數票專用道為範圍，並依行車方向由左側向右側逐一擴增及由右側向左側逐一擴增等兩種配置方式，而經楊梅收費站對此二種配置方式之模擬結果綜合分析如下：

- (1) ETC 車道配置由右側向左側逐一擴增時，只有在較低的 ETC 使用率及較低流量的時段下，收費站的整體績效方能維持一定的水準；且整體績效的變化型態隨著 ETC 使用率的增加、服務績效反而降低，尤其當在較低交通量、高 ETC 車道數與使用率的情況下，其此種配置方式之模擬結果似乎有違常理。
- (2) ETC 車道配置由左側向右側逐一擴增時，在不同的交通量及一定比例以上的 ETC 使用率條件下，收費站整體績效之表現可優於現況且明顯具有改善交通之成效，此成效係隨者 ETC 使用率越高，其相對整體績效越佳。
- (3) 綜合兩種配置方式之模擬所得結果，若以收費站之整體績效表現加以評估，應以 ETC 車道由左向右逐一擴增之配置方式較佳且較合理。

5.2.2 ETC 使用率與 ETC 車道數對收費站整體績效之影響

由前 5.1 節之分析可知，ETC 使用率與 ETC 車道配置數量的多寡，對收費站整體績效有其不同程度的影響，且兩者相輔相成，相互關聯。另經前 5.2.1 節 ETC 車道配置位置方案之綜合評估，以 ETC 車道由左向右逐一擴增之配置方式較佳，而為瞭解不同收費車道群(14、20、10 個車道數)之各代表性收費站，其 ETC 使用率與 ETC 車道配置數量對收費站整體績效的影響，故就此車道配置方式取模擬所得之收費站整體績效(以通過收費站之平均速率為評估指標)優於現況之 ETC 使用率作為分析基礎點，分析不同的 ETC 使用率在不同的交通量下，配置不同的 ETC 車道數所產生的整體績效變化關係，並以迴歸線將變化關係繪製如圖 5-5 至圖 5-6，藉以尋求 ETC 使用率到達一定比例時，所需配置的 ETC 車道數。茲就不同收費車道群(14、20、10 個車道數)之各代表性收費站分析評估如下：

1. 14 個收費車道群(以楊梅收費站為代表)

由表 5-1 可知楊梅收費站之 ETC 車道由左向右逐一擴增之模擬方案組合中，ETC 使用率須達 50% 以上時，其收費站整體績效方可優於現況。而圖 5-5 係顯示在不同的 ETC 使用率(須在 50% 以上)條件下，配置不同的 ETC 車道數所產生的收費站整體績效變化情形。

- (1) 當 ETC 使用率在 50% 時，配置 1 個或 2 個 ETC 車道對收費站的整體績效相當，且明顯優於配置 3 個 ETC 車道。整體而言，配置 2 個 ETC 車道略較配置 1 個 ETC 車道為佳，惟當在較低流量(約 2200 輛/小時以下)時，以配置 1 個 ETC 車道較佳。
- (2) 當 ETC 使用率在 60% 時，在任何的交通量下，配置 1 個或 2 個 ETC 車道之收費站的整體績效幾乎相近，且均較配置 3 個 ETC 車道時之績效為佳。
- (3) 當 ETC 使用率在 70% 時，配置 2 個或 3 個 ETC 車道對收費站的整體績效相當，且較配置 1 個 ETC 車道時為佳。然在流量較低時段(約小於 2300 輛/小時)，配置 1 個 ETC 車道之服務容量尚屬足夠，但當交通量大於約 2700 輛/小時，必須增設第 2 個 ETC 車道，否則將因 ETC 車道容量不足而影響收費站的整體績效
- (4) 當 ETC 使用率在 80% 以上時，配置 3 個 ETC 車道僅能與配置 2 個 ETC 車道之整體績效相近，並沒有比配置 2 個 ETC 車道有較佳的收費站整體績效。
- (5) 綜合上述分析，對 14 個收費車道群之收費站而言，在不同的交通量及在一定比例以上(收費站整體績效優於現況)的 ETC 使用率條件下，應以配置 2 個 ETC 車道有較佳的整體績效。且在高 ETC 使用率情況下，配置 3 個 ETC 車道並沒有比配置 2 個 ETC 車道有較佳的整體績效。

2. 20 個收費車道群(以泰山收費站為代表)

由表 5-3 可知泰山收費站之 ETC 車道由左向右逐一擴增之模擬方案組合中，ETC 使用率須達 40% 以上時，其收費站整體績效方可優於現況。而圖 5-6 係顯示在不同的 ETC 使用率(須在 50% 以上)條件下，配置不同的 ETC 車道數所產生的收費站整體績效變化情形。

- (1) 當 ETC 使用率在 40-60% 時，於各時段交通量下，以配置 1 個 ETC 車道對收費站的整體績效最佳。尤其在較低的 ETC 使用率下，配置較多的 ETC 車道反而使收費站的整體績效明顯降低。
- (2) 當 ETC 使用率在 70% 以上時，於各時段交通量下，均以配置 3 個 ETC 車道有較佳的收費站整體績效。

- (3) 若由前述以內插方式推估，ETC 使用率約在 65% 時，於各時段交通量下，可能以配置 2 個 ETC 車道之收費站整體績效為佳。
- (4) 泰山收費站因常年交通處於高流量下(約在 6100 輛/小時以上)，故由圖 5-6 得知 3 個 ETC 車道應是較佳的配置數量，但先決條件是 ETC 使用率必須在 70% 以上，方可達最佳的收費站整體績效。

3. 10 個收費車道群(以新營收費站為代表)

由表 5-4 及圖 5-4 分析可知，當 ETC 使用率約在 50% 以上，以配置 1 個 ETC 車道即可滿足不同時段交通量下的需求，且隨著 ETC 使用率越高，其相對整體績效越佳。但此時若增設第 2 個 ETC 車道，反而降低其他人工收費車道之容量，對收費站整體績效不增反降。

4. 小結

ETC 使用率與車道配置數量的多寡，對收費站整體績效有其不同程度的影響，而 ETC 收費方式雖可增加車道服務容量，然當 ETC 使用率未達一定比例之前即貿然增設 ETC 車道，可能因而降低其他人工收費車道之服務容量，進而影響收費站的整體績效，對目前已見壅塞的車流無異是雪上加霜。因此 ETC 使用率仍須有適當的 ETC 車道配置數量與之相互搭配，方能有最佳服務績效的整體表現。

由上述各不同收費車道群之代表性收費站之分析評估發現：ETC 使用率達一定比例之值應為 50% 以上。又 14、20、10 個收費車道群之代表性收費站 ETC 車道配置數量分別為 2、3、1 時有較佳的整體績效。而各代表性收費站上游主線車道數分別為 3、4、2，因此大致可歸納評估結果為：「當 ETC 使用率達 50% 以上且仍持續增加時，最終以配置『主線車道數減一』個小型車 ETC 車道，應可得到較佳的收費站整體績效」。

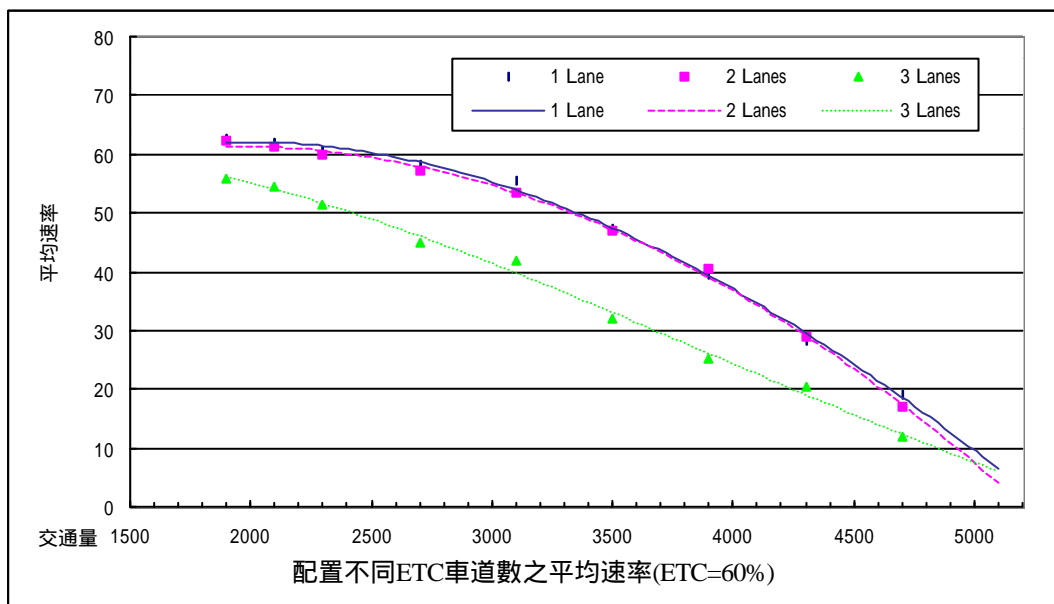
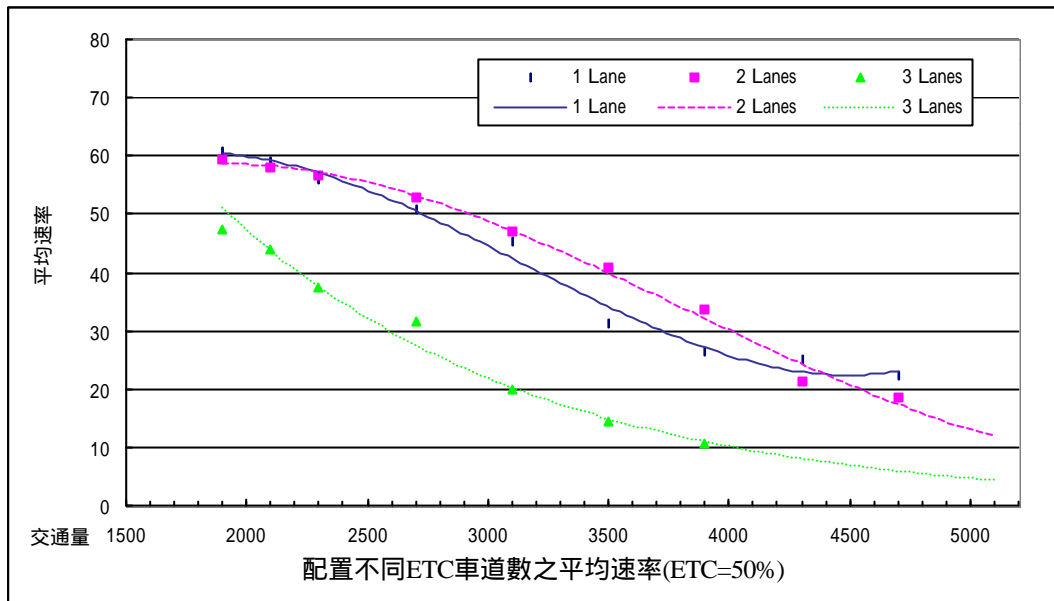


圖 5-5 14個收費車道群配置不同ETC車道數之整體績效

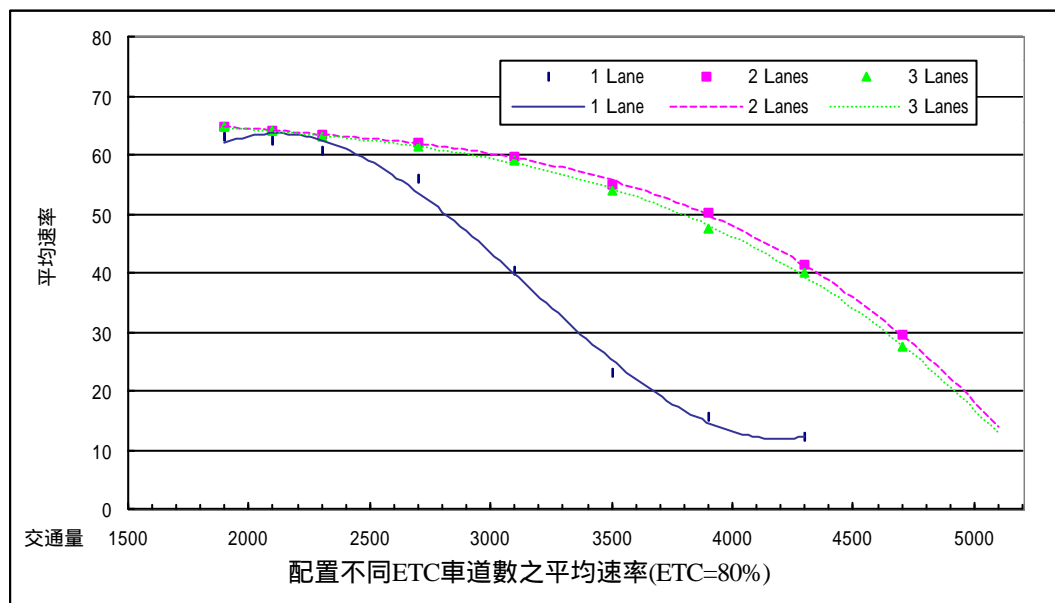
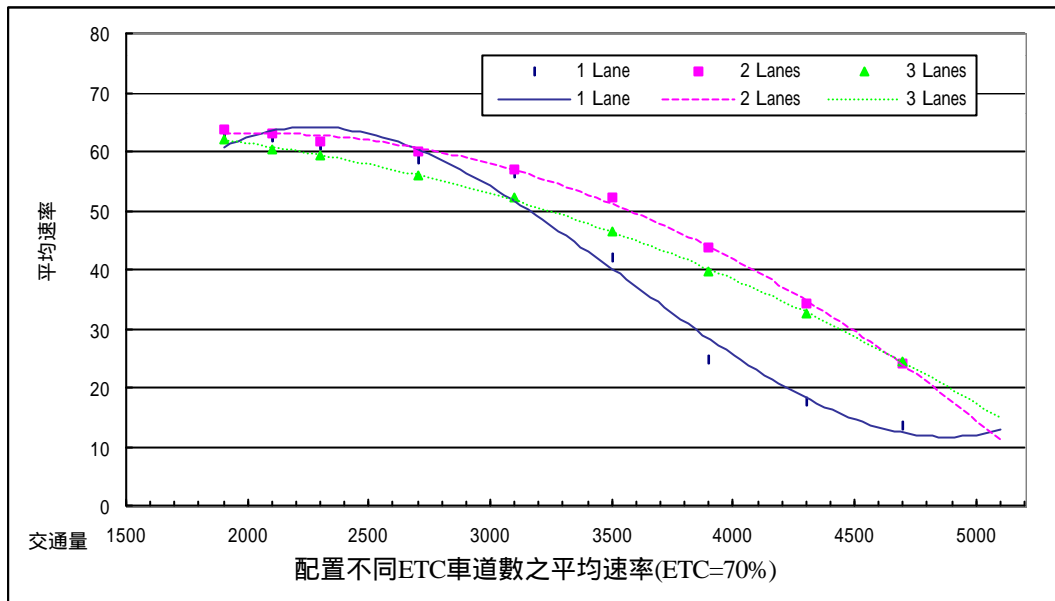


圖 5-5 14個收費車道群配置不同ETC車道數之整體績效

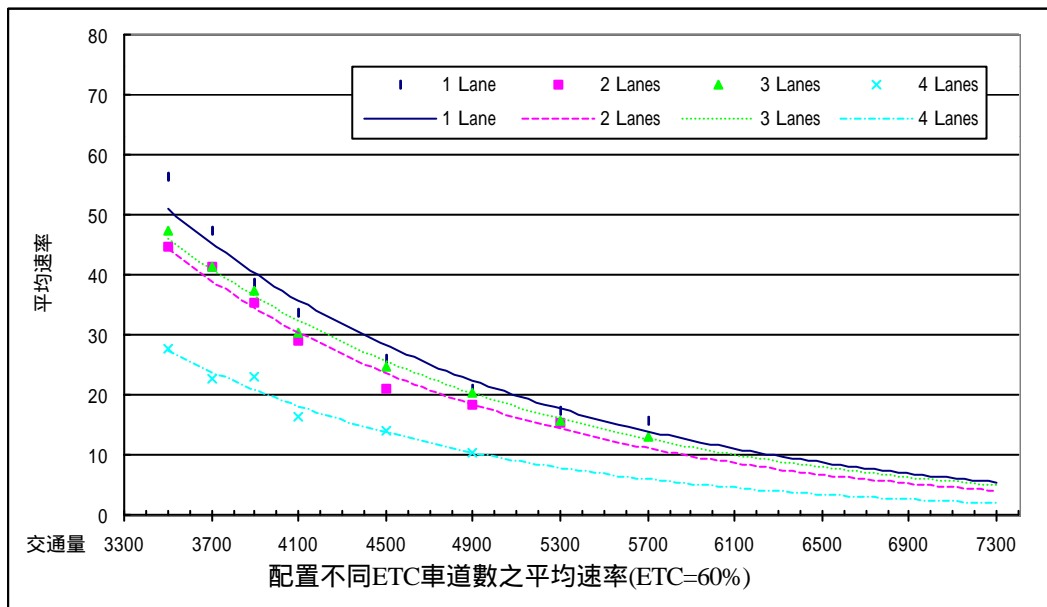
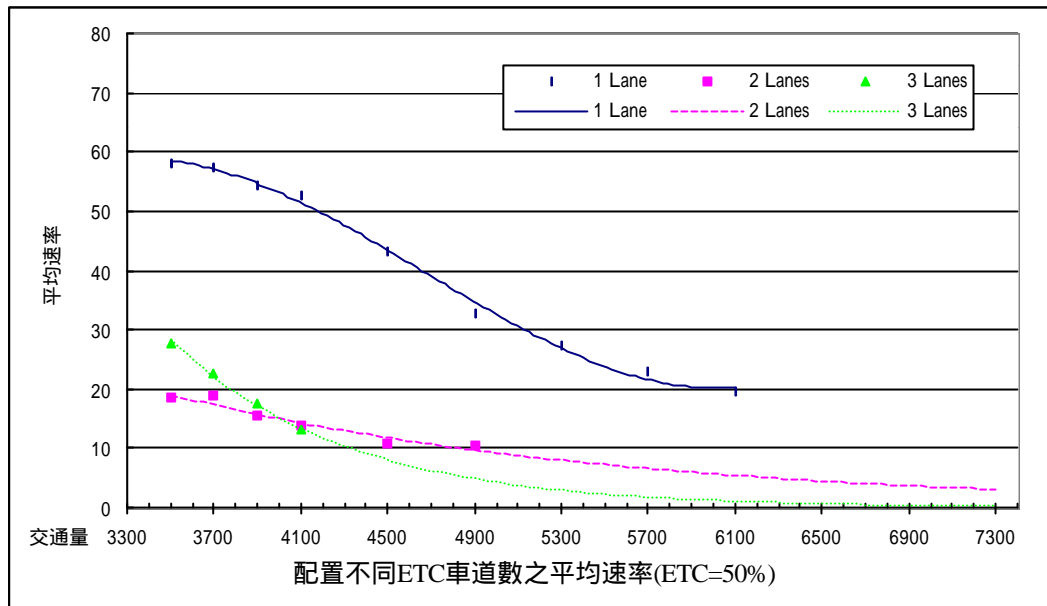


圖 5-6 20個收費車道群配置不同ETC車道數之整體績效

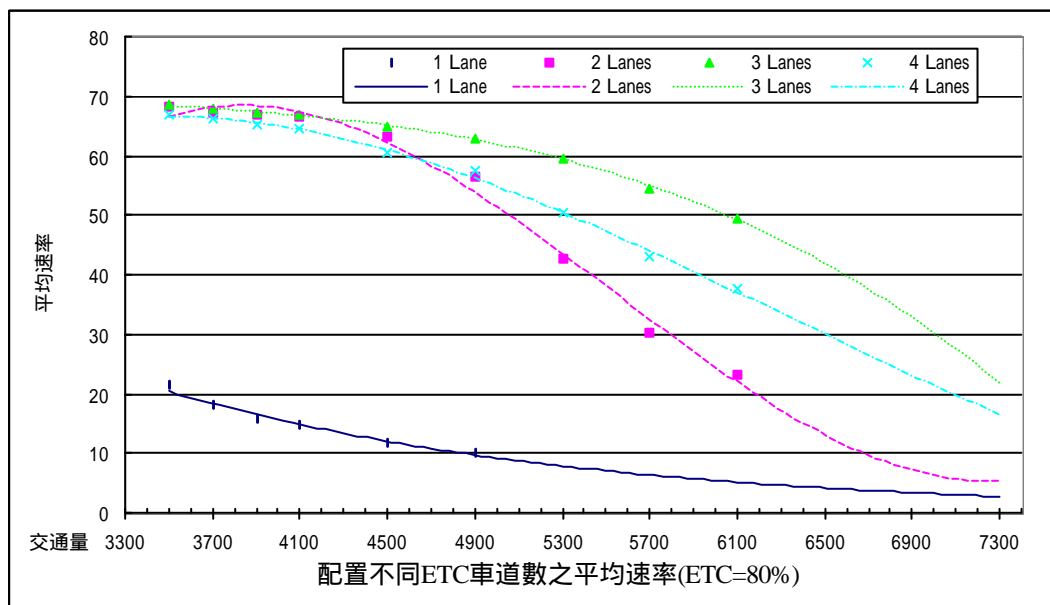
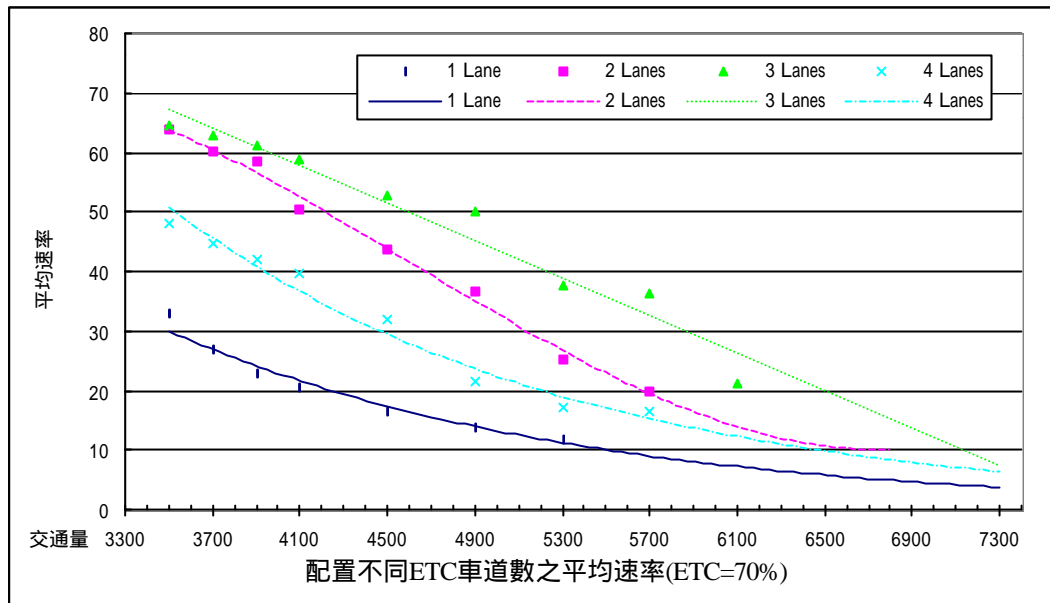


圖 5-6 20個收費車道群配置不同ETC車道數之整體績效(續)

5.3 使用與非使用 ETC 車道之延滯時間分析

就用路人而言，駕駛人可能對通過收費站所產生的時間延滯較為敏感，因此平均路段延滯可視為實施 ETC 時評估 ETC 車道服務水準的績效指標。本研究將就 5.2.2 節所分析與評估結果，在較佳的收費站整體績效之 ETC 車道配置數量與 ETC 使用率的組合下，從模擬輸出檔中，取小型車使用 ETC 車道與非 ETC 車道(回數票專用車道)之車流率(Flow)及平均路段延滯(Total Delay)作加權平均，以比較其使用與非使用 ETC 車道之延滯時間分佈，並就不同收費車道群(14、20、10 個車道數)之代表性收費站分別繪製流量與延滯時間分佈關係圖如圖 5-7 至圖 5-11。

然在繪製流量與延滯時間分佈關係圖時，本研究發現在相同條件(亦即相同配置車道數與相同流量)下，使用 ETC 車道之延滯時間係隨著 ETC 使用率越高而延滯時間反而降低，此可由表 5-5 楊梅收費站 ETC1-2 及表 5-6 泰山收費站 ETC1-3 部分方案組合中觀之。因模擬所得結果在 ETC 車道之延滯時間已出現不合常理現象，故本研究無法就使用與非使用 ETC 車道之延滯時間再作進一步之分析與比較。

表 5-5 楊梅收費站 ETC1-2 使用 ETC 車道之延滯時間

延滯 使用率 流量	1900 輛/小時	2300 輛/小時	3100 輛/小時	3900 輛/小時	4300 輛/小時	備註
ETC=50%	6.5	8.1	45.5	149.3	158.3	單位: (秒/輛)
ETC=60%	3.3	5.2	13.4	34.8	82.0	
ETC=70%	2.4	3.9	7.9	18.3	33.5	
ETC=80%	2.4	3.0	4.4	7.4	9.6	

表 5-6 泰山收費站 ETC1-3 使用 ETC 車道之延滯時間

延滯 使用率 流量	3500 輛/小時	3700 輛/小時	4100 輛/小時	4500 輛/小時	5300 輛/小時	備註
ETC=60%	82.7	134.9	149.7	236.5	388.0	單位: (秒/輛)
ETC=70%	8.5	11.2	20.0	42.9	112.5	
ETC=80%	4.2	4.8	5.8	8.2	14.1	

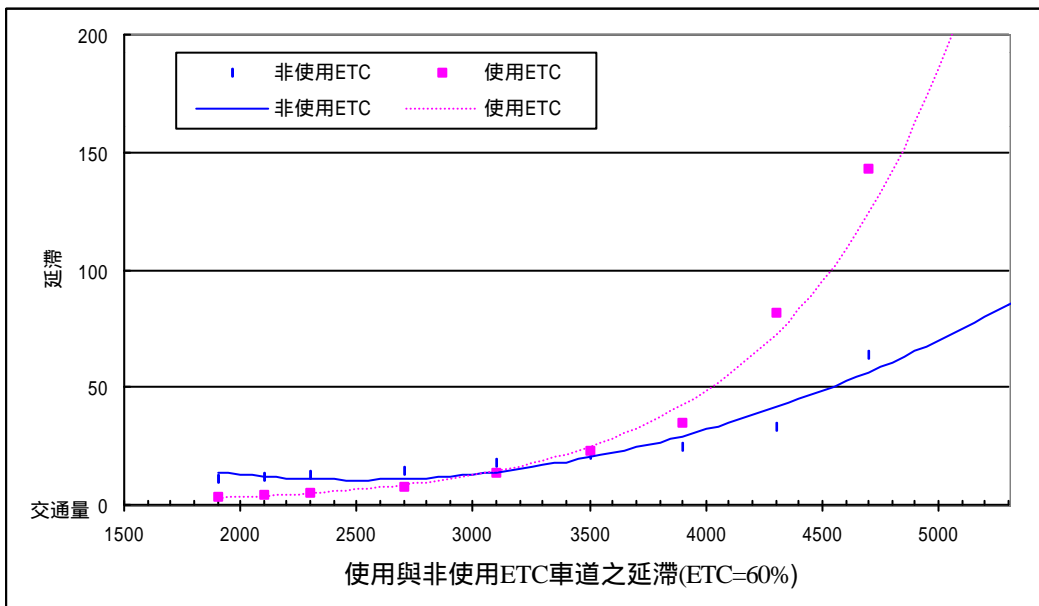
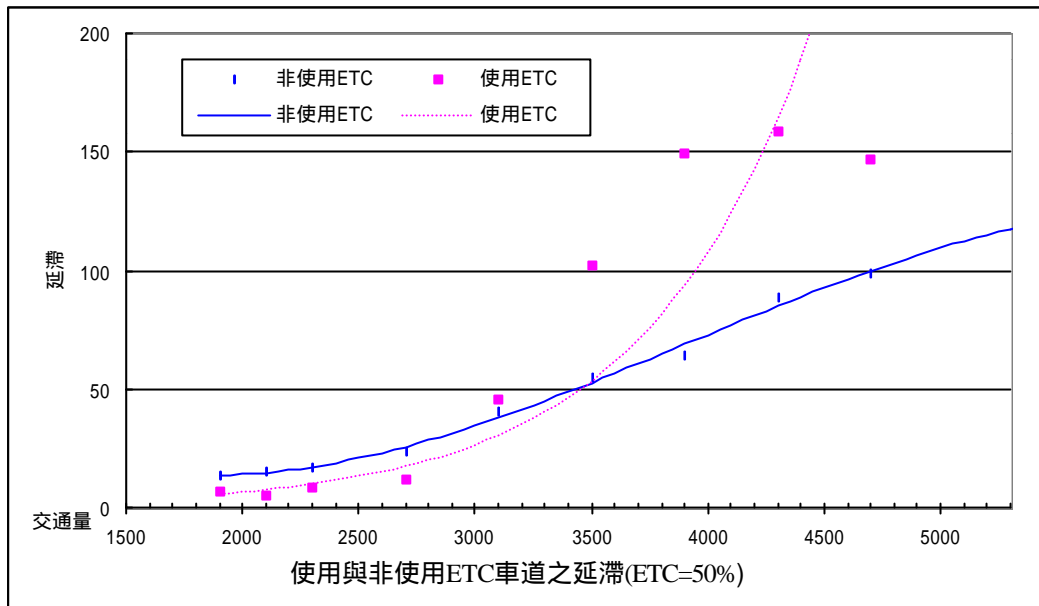


圖 5-7 楊梅收費站配置2個ETC車道之延滯

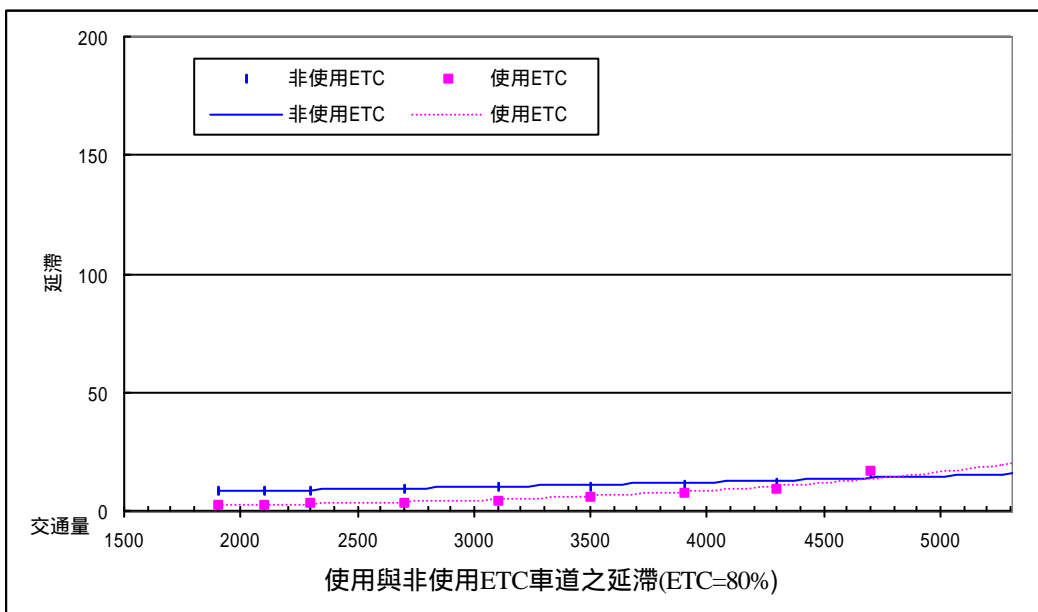
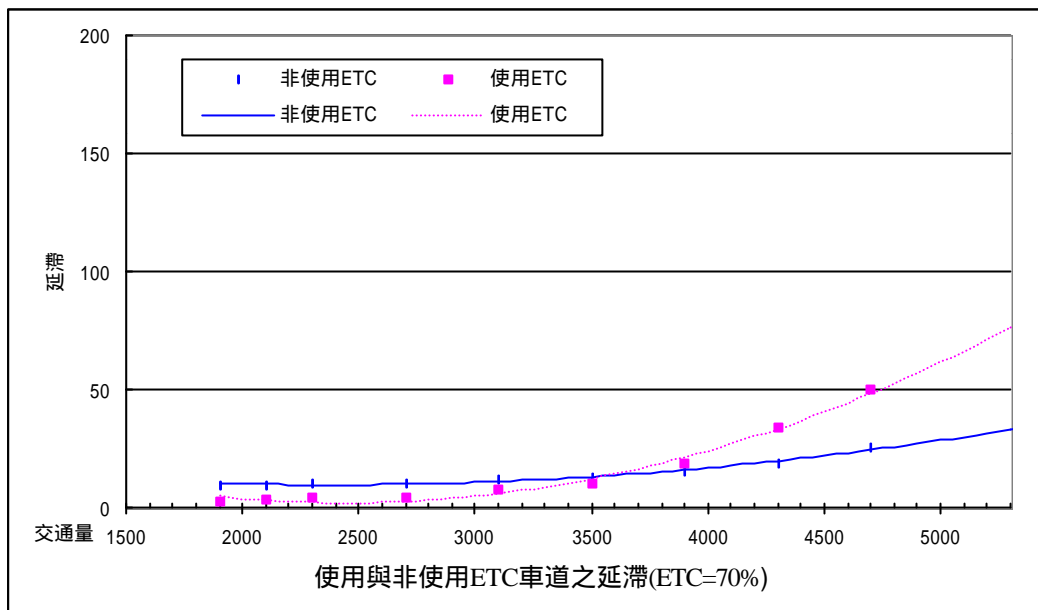


圖 5-7 楊梅收費站配置2個ETC車道之延滯(續)

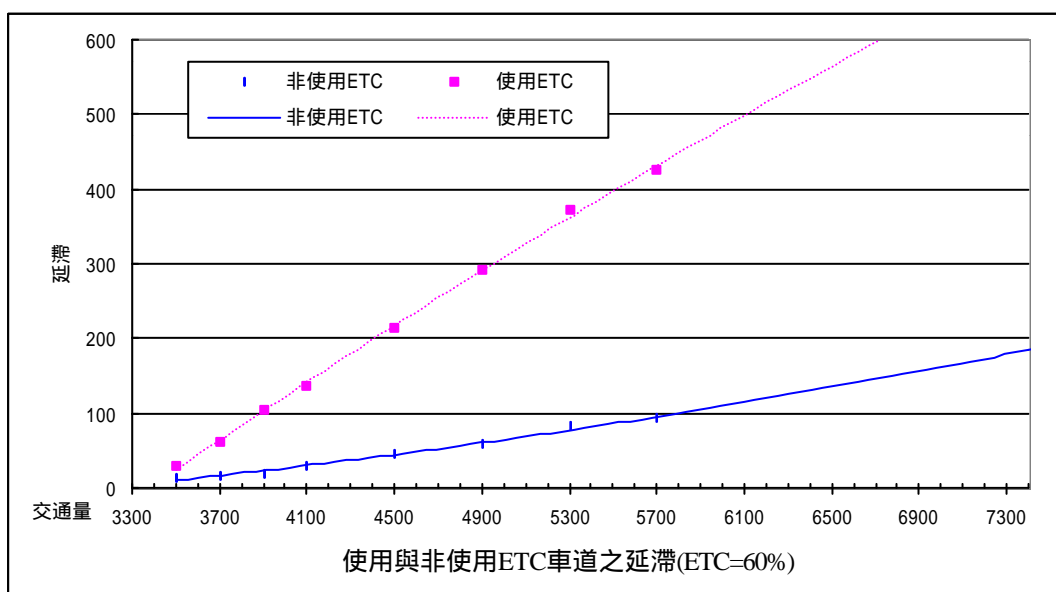
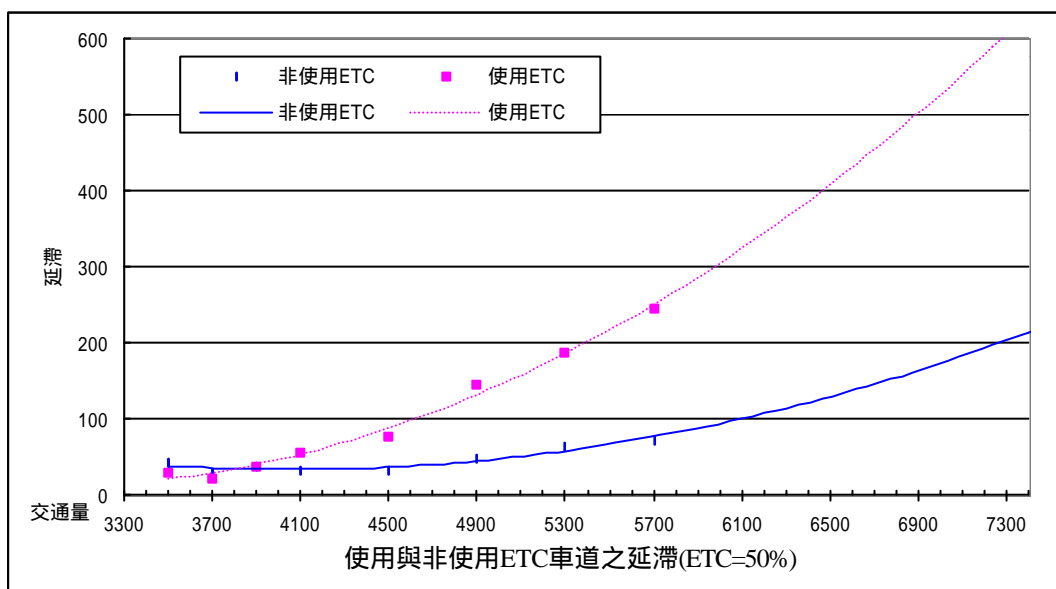
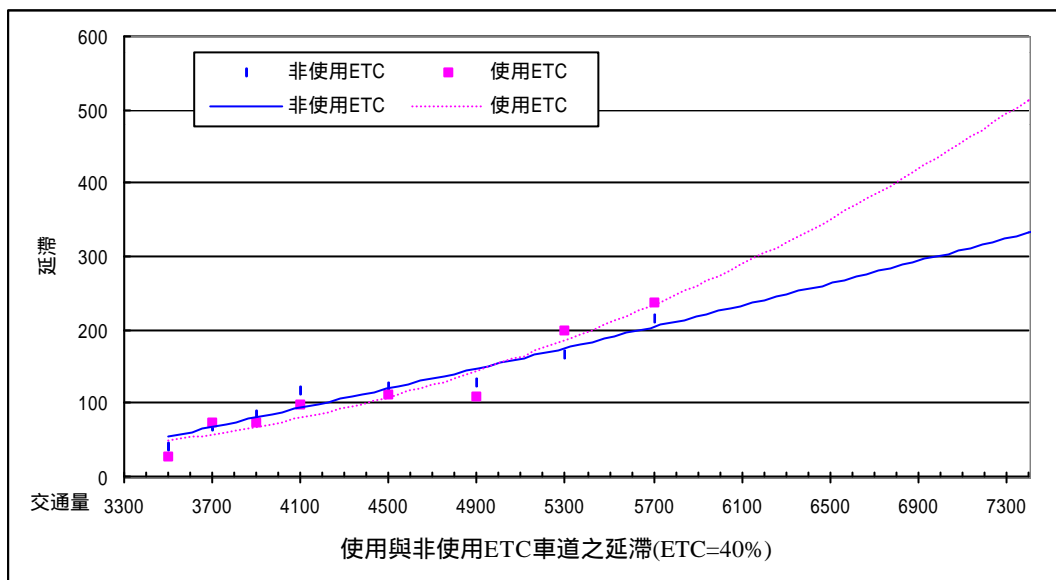


圖 5-8 泰山收費站配置1個ETC車道之延滯

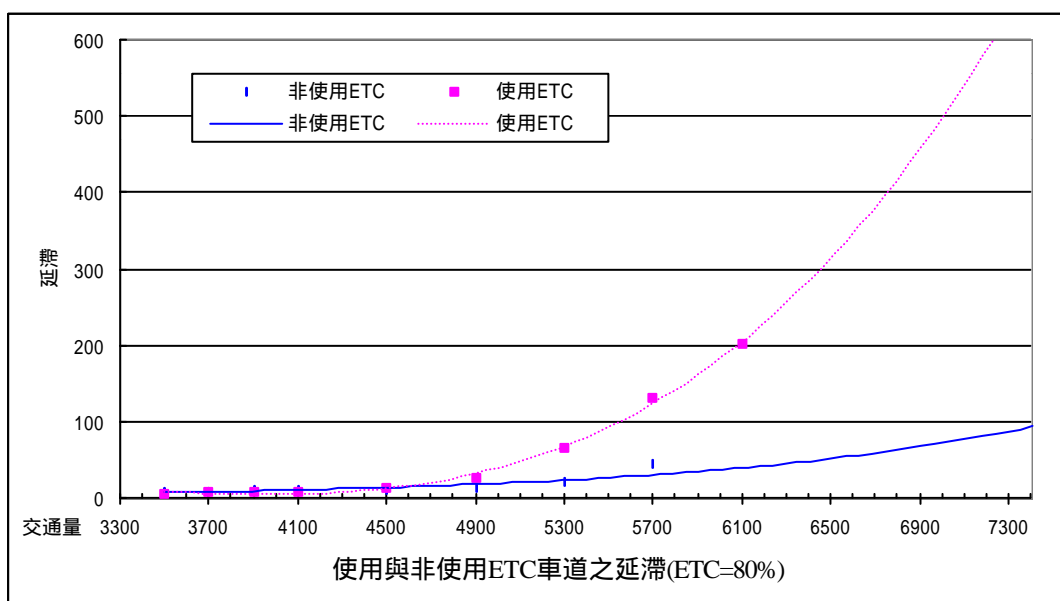
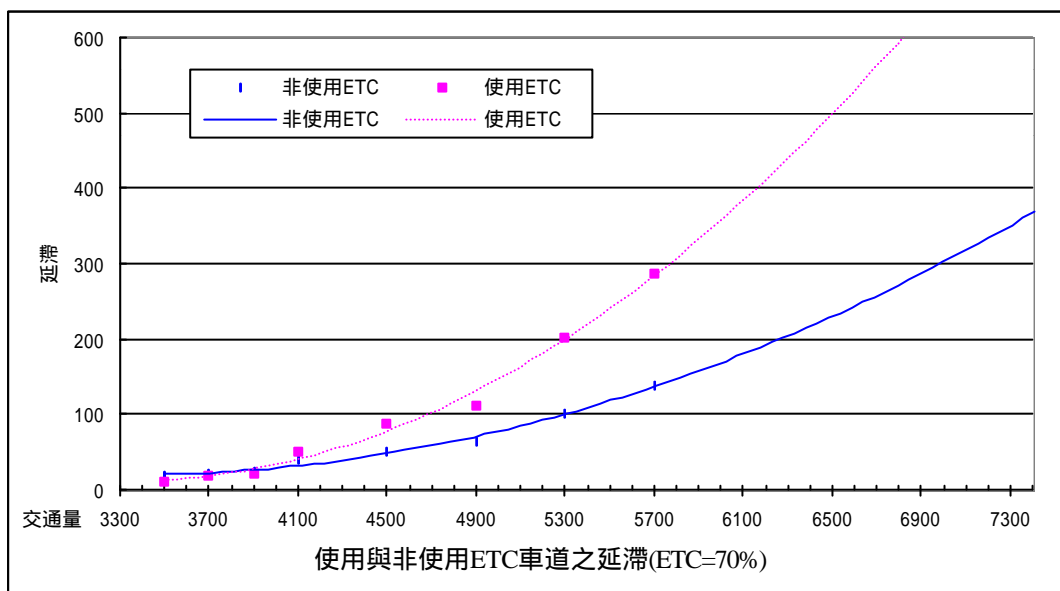
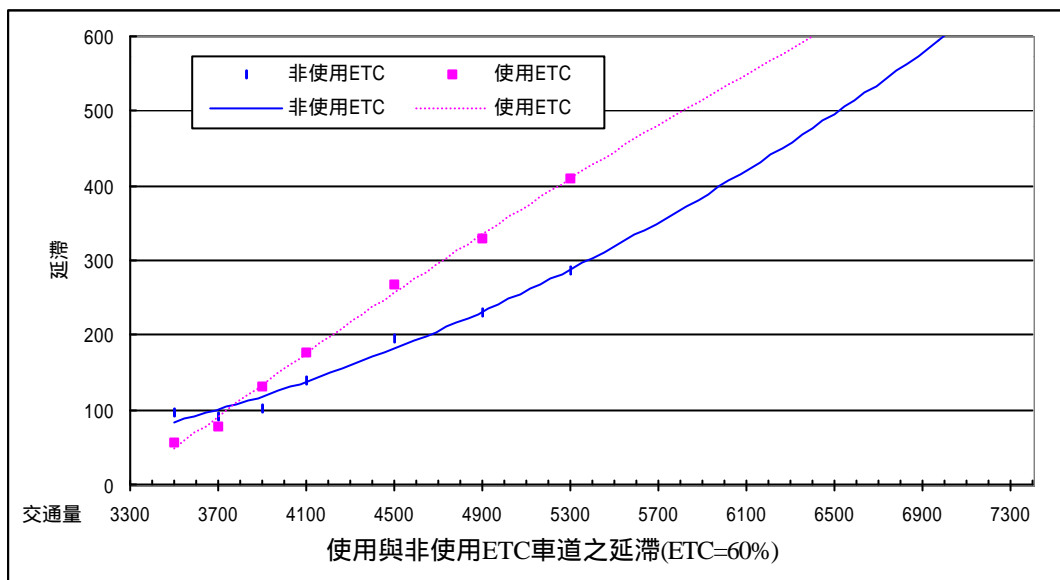


圖 5-9 泰山收費站配置2個ETC車道之延滯

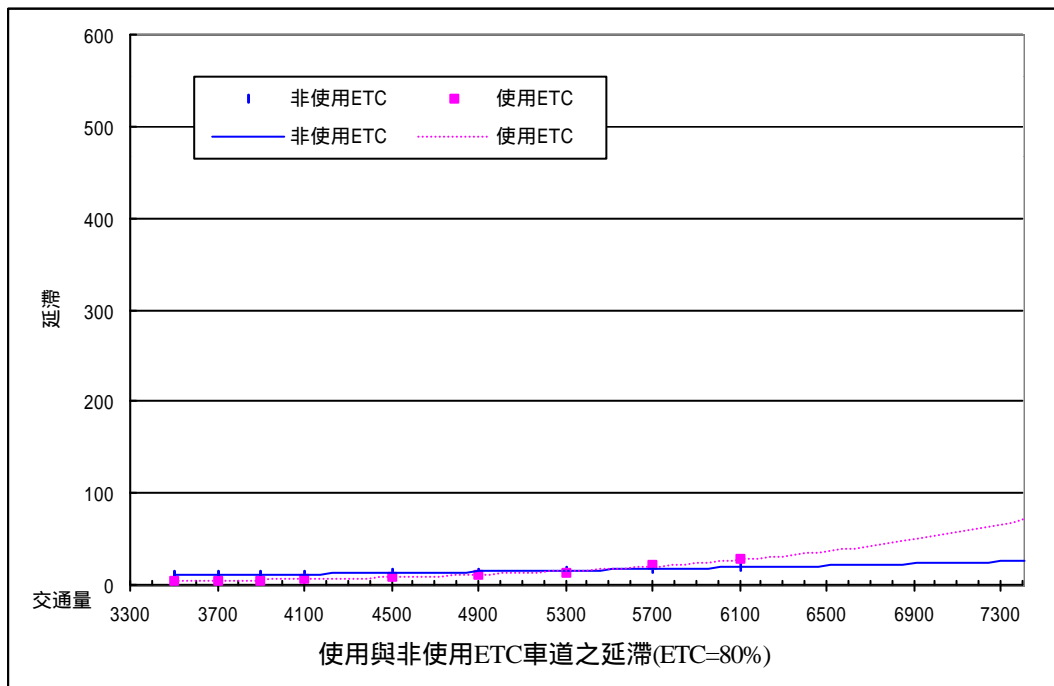
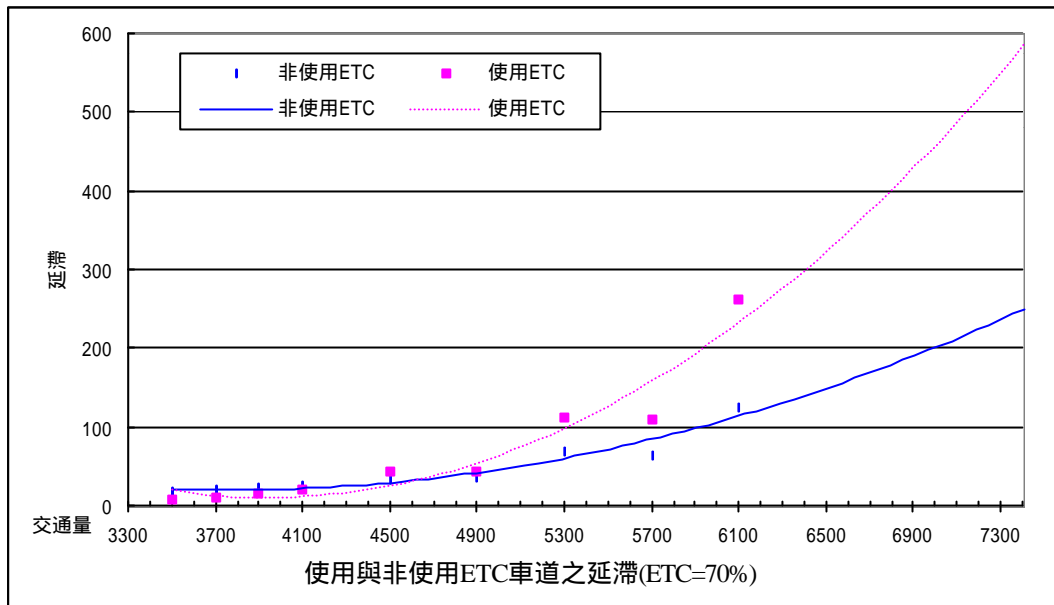


圖 5-10 泰山收費站配置3個ETC車道之延滯

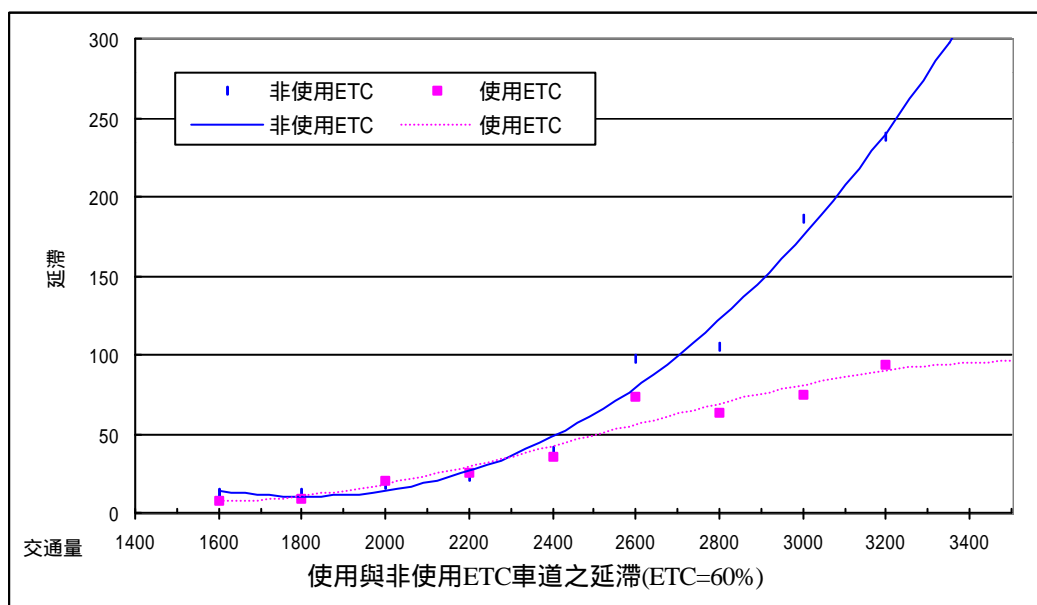
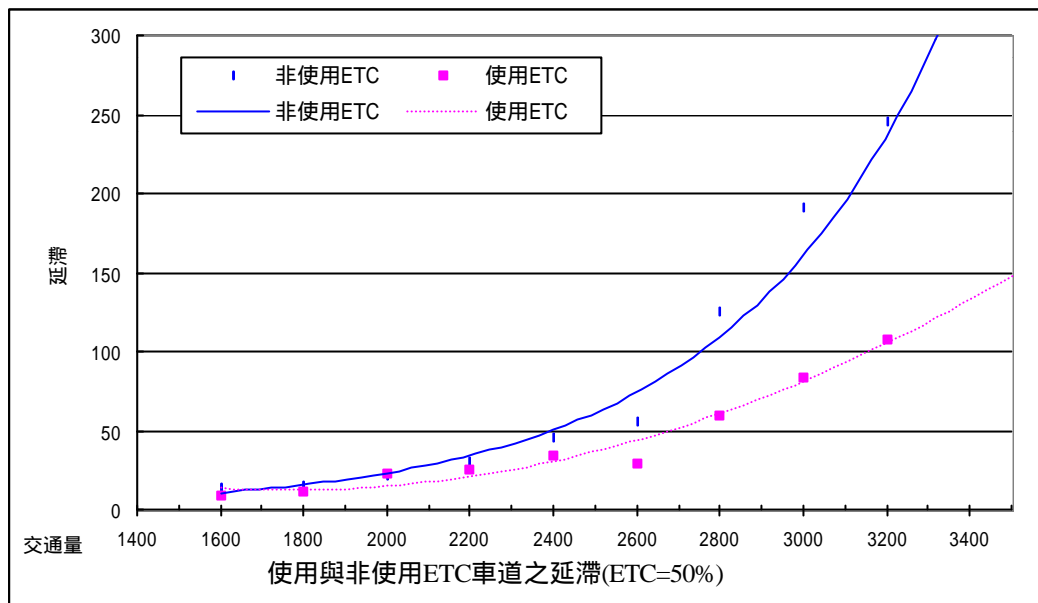


圖 5-11 新營收費站配置1個ETC車道之延滯

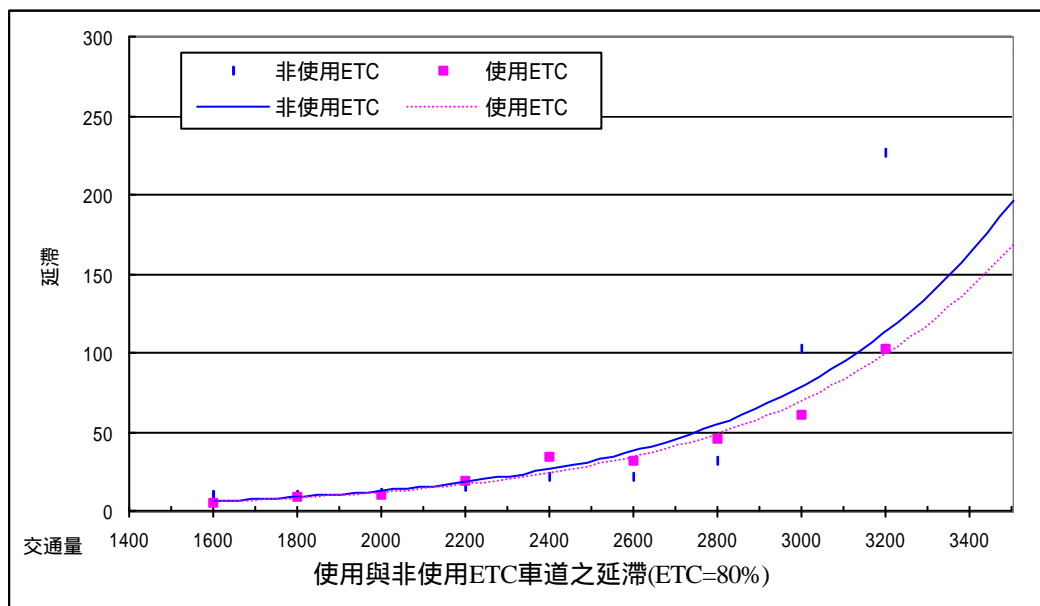
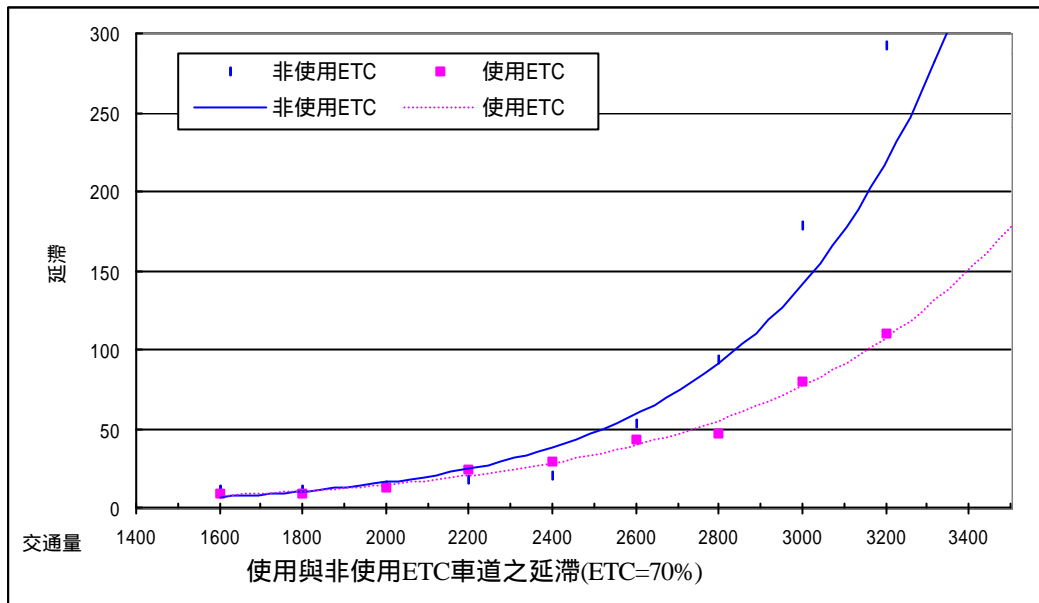


圖 5-11 新營收費站配置1個ETC車道之延滯(續)

5.4 應用案例

由前 5.2 節之分析評估，ETC 使用率須與 ETC 車道配置數量適當的搭配，方能有最佳服務績效的整體表現。本節將以不同收費車道群中各擇一收費站為案例，尋求在不同的交通量及 ETC 使用率下，所需配置 ETC 車道數。而 ETC 車道配置數量須能不同時段交通量之需求，尤其是在尖峰小時流量能有良好的服務績效，才能顯出建置 ETC 系統的效益。因此，本研究除參酌 3.2 節之交通量特性分析中各收費車道群代表性收費站之尖峰小時流量，另亦考量日後交通量之可能成長，更以推估上游主線飽和流量(平均每車道以 2000PCU 估計)時，尋求配置適當的 ETC 車道數，以得較佳的收費站整體績效。

1. 14 個收費車道群 - 以楊梅收費站為例

楊梅收費站在一般例假日(排除年節之連續假日)之尖峰小時流量約 3400 輛/小時；另以上游主線為 3 車道估計通過收費站之飽和流量約為 5100 輛/小時，而由圖 5-5 得知在前述二時段下，且當 ETC 使用率達 50% 以上時，均需配置 2 個 ETC 車道，可得較佳的收費站整體績效。

2. 20 個收費車道群 - 以泰山收費站為例

泰山收費站在平常日之尖峰小時流量約 8300 輛/小時；另以上游主線為 4 車道估計通過收費站之飽和流量約為 7300 輛/小時，而由圖 5-6 得知在前述二時段下，當 ETC 使用率在 40-60% 時，需配置 1 個 ETC 車道；當 ETC 使用率逐漸增加至 70% 以上時，則需配置 3 個 ETC 車道，可得較佳的收費站整體績效。

3. 10 個收費車道群 - 以新營收費站為例

新營收費站在一般例假日之尖峰小時流量約 2800 輛/小時；另以上游主線為 2 車道估計通過收費站之飽和流量約為 3400 輛/小時，而由圖 5-4 得知在前述二時段下，且當 ETC 使用率在 50% 以上時，均以配置 1 個 ETC 車道有較佳的收費站整體績效。

第六章 結論與建議

本研究採微觀電腦模擬分析法，應用收費站模擬模式(TPS 模式)作為分析工具，分析及評估我國高速公路收費站在既有幾何條件不變下，實施電子收費時，其 ETC 車道配置位置、數量在不同使用者比例與不同交通量下，對收費站整體服務績效之影響情形。

經分別就不同收費車道群之代表性收費站(14 個收費車道群以楊梅收費站為代表、20 個收費車道群以泰山收費站為代表、10 個收費車道群以新營收費站為代表)進行交通特性分析，再以 TPS 模式模擬在不同的 ETC 車道配置位置、數量及使用率等變動因素組合情境下之運行結果，據以評估其對收費站整體服務績效之影響情形。最後，應用評估結果，尋求在不同的交通量與不同的 ETC 使用率下，最適當的 ETC 車道配置數量。

6.1 結論

綜合本研究模擬分析與評估結果，大致可歸納下列具體結論：

1. ETC 車道配置位置對收費站整體服務績效之影響評估

- (1) ETC 車道配置依行車方向由右向左逐一擴增時，只有在較低 ETC 使用率與交通量下，收費站的整體服務績效尚能維持一定的水準，且整體服務績效的變化型態係隨著 ETC 使用率的增加、服務績效反而降低。
- (2) ETC 車道配置依行車方向由左向右逐一擴增時，在不同的交通量及一定比例以上的 ETC 使用率條件下，收費站整體服務績效之表現可優於現況且明顯具有改善交通之成效，而此成效係隨者 ETC 使用率越高，其相對整體服務績效越佳。
- (3) 綜合以上兩種配置方式之模擬結果與分析，純就收費站之整體服務績效表現而言，ETC 車道應以由左向右擴增的配置方式較佳且較合理。

2. ETC 使用率會隨 ETC 車道配置數量的多寡，對收費站整體服務績效有不同程度的影響。茲將對不同收費車道群之收費站，評估結果摘述如下：

- (1) 14 個收費車道群：在目前尖峰時段流量與上游主線達飽和流率及一定比例以上(指收費站整體服務績效優於現況)的 ETC 使用率(約 50% 以上)條件下，以配置 2 個 ETC 車道有較佳的收費站整體服務績效。且在高 ETC 使用率情況下，配置 3 個 ETC 車道並沒有比配置 2 個 ETC 車道有較佳的整體服務績效。
- (2) 20 個收費車道群：
 - A. 當 ETC 使用率在 40-60% 時，在目前尖峰時段流量與上游主線達飽和流率下，以配置 1 個 ETC 車道對收費站的整體服務績效最佳。尤

其在較低的 ETC 使用率下，配置較多的 ETC 車道反而使收費站的整體服務績效明顯降低。

- B. ETC 使用率約在 65% 時，在目前尖峰時段流量與上游主線達飽和流率下，以配置 2 個 ETC 車道之收費站整體服務績效為佳。
 - C. 當 ETC 使用率在 70% 以上時，在目前尖峰時段流量與上游主線達飽和流率下，均以配置 3 個 ETC 車道有較佳的收費站整體服務績效。
- (3) 10 個收費車道群：當 ETC 使用率約在 50% 以上，以配置 1 個 ETC 車道即可滿足不同時段交通量下的需求，且隨著 ETC 使用率越高，其相對整體服務績效越佳。但此時若增設第 2 個 ETC 車道，反而降低其他人工收費車道之容量，對收費站整體服務績效不增反降。
- (4) 綜合上述各不同收費車道群之評估，ETC 使用率與 ETC 車道配置數量應相互搭配，方有較佳服務績效的整體表現。且經歸納可得：「當 ETC 使用率達 50% 以上且持續增加時，最終以配置『主線車道數減一』個小型車 ETC 車道，應可得到較佳的收費站整體服務績效」。

6.2 建議

1. 經本研究模擬分析，ETC 車道依行車方向由右向左逐一擴增配置方式，當在低交通量、高 ETC 之使用率與車道數的情況下，收費站仍應有良好的整體服務績效才合理。另在相同條件(亦即相同配置車道數與相同流量)下，使用 ETC 車道之延滯係隨著 ETC 使用率增加而降低。此二者模擬結果似不合乎常理，建議運研所再酌予檢討修正 TPS 模式。
2. 經本研究模擬分析結果顯示，不同收費車道群之收費站的 ETC 使用率均須達一定比例時，其收費站整體服務績效方可優於現況，故 ETC 使用率的多寡實為影響收費站整體服務績效的重要因素，建議後續研究者能對如何提升 ETC 使用率的方法做進一步之研究。
3. 本研究僅針對小型車電子收費對收費站服務績效之影響評估，對於大型車加入電子收費之時機與運作方式，以及重車過磅與電子收費車輛所造成過站交織問題，是未來電子收費技術即將面對且實務上必須克服與探討的課題。
4. 回顧國內電子收費測試之經驗及國外實施成功的案例，電子收費系統技術不是關鍵性問題，行政管理面的問題(如行銷維運及違規處理的困難度)才是系統發展的最大挑戰。因此台灣地區在未來電子收費系統之執行策略上，應多考量國內交通環境與駕駛行為的特性，並參酌世界各國的實際運作經驗、循序漸進，以減少未來實施失敗的機率。

參考文獻

一、中文部分

- [1] 中華電信股份有限公司，「高速公路電子收費系統建設招標文件」，民國 91 年 1 月。
- [2] 中華顧問工程司，「中山高速公路匝道收費系統規劃研究報告」，交通部台灣區高速公路局，民國 81 年 6 月。
- [3] 交通部，「交通工程手冊」，民國 79 年 3 月。
- [4] 交通部台灣區國道高速公路局，「八十九年高速公路年報」，民國 90 年 3 月。
- [5] 交通部台灣區國道高速公路局，「八十四年高速公路交通動態資料調查報告」，民國 84 年。
- [6] 交通部台灣區國道高速公路局，「收費法規彙編」，民國 87 年 12 月。
- [7] 交通部台灣區國道高速公路局、中華電信股份有限公司，「高速公路電子收費系統建置及營運契約」，民國 90 年 4 月。
- [8] 交通部台灣區國道新建工程局，「高速公路自動收費系統利用雙向通訊與 IC 卡之可行性研究」，民國 82 年 4 月。
- [9] 交通部運輸研究所，「2001 年台灣地區公路容量手冊」，民國 90 年 3 月。
- [10] 交通部運輸研究所，「TTPS 收費站模擬模式使用手冊」，民國 87 年 9 月。
- [11] 交通部運輸研究所，「台灣地區公路容量手冊」，民國 80 年 5 月。
- [12] 交通部運輸研究所，「高速公路收費孔道最適調撥時機模擬之研究」，民國 83 年 9 月。
- [13] 何煖軒、林之杰、康志福、蘇俊欽，「高速公路電子收費暨交通管理系統」考察報告書，民國 90 年 9 月。
- [14] 何煖軒、葉韓生、王令璋，「高速公路電子收費之實施」，兩岸運輸工程及交通管理學術研討會，1998 年 11 月 17 日。
- [15] 吳清在等，「中山高速公路收費站對車流影響之研究」，交通部統計處，民國 82 年 7 月。
- [16] 周得興、陳匯斌，「高速公路收費業務宏觀調變」，第八屆海峽兩岸都市交通學術研討會，第 B1-45~57 頁，2000 年 9 月 25-27 日。
- [17] 林豐博、曾平毅、張瓊文、蘇振維，「收費站車流延滯模式」，2000 年公路容量分析研討會，民國 89 年 8 月。
- [18] 祈文中、吳木富、康志福、張崇智，「90 年代台灣高速公路建設歷程及交通疏導因應作為」，第八屆海峽兩岸都市交通學術研討會(頁 B1-11~26)，2000 年 9 月 25-27 日。

- [19] 美國帝力凱撒國際工程顧問公司，「台灣區南北高速公路收費研究報告草案」，交通部台灣區高速公路工程局，民國 60 年 10 月。
- [20] 高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info>)，民國 90 年 12 月 1 日。
- [21] 高速公路電子收費系統網站(<http://www.etc.com.tw/>)，民國 90 年 6 月 27 日。
- [22] 張芳旭，「我國電子收費系統之展望」，一九九八台灣電子收費系統技術與應用研討會專輯，民國 87 年 10 月。
- [23] 張家祝等，「高速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 76 年 11 月。
- [24] 張堂賢，「電子收費與交通控制」，一九九八台灣電子收費系統技術與應用研討會專輯，民國 87 年 10 月。
- [25] 張瓊文、曾平毅，「高速公路收費站服務時間之特性分析」，中華道路季刊，第四十卷第二期，第 32-41 頁，民國 90 年 4 月。
- [26] 郭詩益，「中山高速公路收費站容量及服務水準界定之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 81 年 6 月。
- [27] 陳晉源，「高速公路收費站容量分析及其改善措施之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 75 年 6 月。
- [28] 陳憲文，「高速公路收費站前後車流隨機特性分析」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 82 年 6 月。
- [29] 陶冶中，「歐洲電子收費系統發展趨勢」，一九九八臺灣電子收費系統技術與應用研討會，民國 87 年 6 月。
- [30] 黃俊榮，「公路收費站作業模擬模式之研究」，國立成功大學土木工程研究所碩士論文，民國 69 年 5 月。
- [31] 鄭賜榮等，「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，民國 82 年 11 月。
- [32] 賴炳榮，「電子收費系統收費站服務績效之研究：TTPS 模式之運用」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
- [33] 謝霖霆，「高速公路收費站電子收費車道設置之研究」，國立中央大學碩士論文，民國 90 年 6 月。
- [34] 藍武王等，「台灣地區高速公路收費系統網路可行性研究」，交通部台灣區國道新建工程局，民國 81 年 6 月。
- [35] 羅孝賢，「以車流圖解法分析雙座式收費效率之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 76 年 6 月。

二、英文部分

- [36] Electronic Toll Collection Market Analysis & Technology Update, 1999.
- [37] Highway Capacity Manual, Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1998.
- [38] Jianling Li, David Gillen and Joy Dahlgren, "Benefit-Cost Evaluation of the Electronic Toll Collection System: A Comprehensive Framework and Application", Transportation Research Board 78th Annual Meeting, Jan.10-14, 1999, Washington, D.C..
- [39] May, Adolf D. , "Traffic Flow Fundamentals" , Prentice-Hall , 1990.