

以網際網路及模擬方式建立遊憩區容納量管理機制之研究

- 以太魯閣國家公園為例

張俊彥¹

Chun-Yen Chang

摘要

國家公園遊客人數是為提供公園管理之重要評估指標之一，但台灣大部分在經營管理上並未能確實掌握入園之遊客分佈情形，且更面臨每年更新資料耗費龐大人力的困境。以太魯閣國家公園而言，其是為一通道型的國家公園，每逢假日塞車情況又較之於國內其他國家公園為嚴重。因此遊客分佈情況與車輛進出入的控制，更是目前因應週休二日時期交通管理的重要課題。

本研究嘗試運用電腦計量模擬與網際網路問卷方式，分析並預測公園遊客之空間分佈情形。藉由排隊等候理論所發展之電腦模擬模型，比較包括：遊客到達時間分佈、遊客取向、遊客停滯時間、移動速度等參考變項，預測出國家公園中不同區段遊客分佈數量，與實地測量之數據差異情形。並考慮應用所建立的模擬模型，發展包括設施物數量的改變、管制方式等不同容納量管理系統的模擬評估，並應用網際網路問卷之結果與模擬模型之結果作比較。本研究運用現今之電腦功能發展計量模擬之模型進行以實證研究；預期此模型能成為台灣國家公園規劃設計及管理者的管理工具。

本研究要比較四個電腦模擬方案狀況：

- (一) 如果採用調查日當日入園車輛數於模擬模型中進行模擬，比較各區段，設置容納量與否，對於全區車輛分佈有何影響？
- (二) 如果採用尖峰時段每日入園車輛數於模擬模型中進行模擬，比較各區段，設置容納量與否，對於全區車輛分佈有何影響？
- (三) 根據上述二個電腦模擬方案狀況之結果與網際網路問卷之結果進行比較，驗證模擬結果與現實狀況是否有差異？
- (四) 如果採用尖峰時段每日入園車輛數於模擬模型中進行模擬，比較車輛於各區之分佈，找出最壅塞路段進行停車時間管制，限制路邊暫停時間分別為五分鐘、十分鐘、十五分鐘及二十分鐘，比較對於全區車輛分佈有何影響？

研究結果顯示上述四種狀況的模擬比較結果發現，第一種假設狀況與第二種假設狀況加入後，公園中各區段使用量均增加，並發現以模擬中所設定之容納量無法減少 YTK1（燕子口-錐麓斷崖）與 YTK2（錐麓斷崖-流芳橋）壅塞之情形。

第三種假設狀況中：網路問卷上問題一與問題二之結果大致相符，且在網路問卷上問題一與問題二之結果與模擬狀況一與模擬狀況二的結果大致相符，因此模擬模型所建構之數據

¹國立中興大學園藝學系副教授

足以反應真實世界之狀況。

而第四種模擬狀況的加入大幅減少 YTK2(錐麓斷崖-流芳橋)的壅塞情形，也增加 YTK1 (燕子口-錐麓斷崖) YTK3 (流芳橋-九曲洞東入口) N1 (九曲洞東停車場) N2 (九曲洞西停車場) HL (合流綠水遊憩區) 五處區段的使用量，第三種模擬狀況四個方案中，以第三個方案限制路邊停車十分鐘，可將錐麓斷崖-流芳橋的壅塞情形減緩是第四種模擬狀況四個方案中較為合適的方案。

公園及戶外遊憩地區之擁擠問題是目前台灣各主要遊憩據點的普遍問題之一，管理者須有更好、更多的資訊參考，以做為決策時之依據，同時並能針對不同之狀況做立即反應。本研究嘗試運用電腦，進行遊客於太魯閣國家公園內分佈狀況之模擬，結果發現透過電腦所建立之模型，透過網際網路問卷結果的驗證，的確可提供管理者進行正確而快速的決策方法。因此本研究對於太魯閣國家公園中遊客分佈情形，確實能為台灣目前的管理問題提出實質效益。

【關鍵詞】國家公園，模擬，遊客分佈，擁擠，容納量

研究背景及目的

一、研究動機

台灣的國家公園的遊客是否超過自然環境容納量？公園遊客人數常為公園管理評估之重要指標之一，但多數公園多未能掌握該園確實之遊客分佈情形，而現有資料又過於老舊未能及時更新，且一旦更新所耗費的人力及經費又往往使主管單位望之卻步。但若未能掌握遊客數量及分佈情形，公園又如何能在規劃設計及管理上做出正確之決策？如何訂定各分區使用量？動線的安排及解說巴士的運用？如何訂定現有課題之解決方案及決定公園管理之預算？

目前太魯閣國家公園為東台灣主要旅遊重點之一，每年約有 100 萬人次左右之遊客至本區遊覽，因此每逢假日，太魯閣國家公園均呈現擁擠之現象，已影響遊客之遊憩品質，因此解決遊客擁擠問題成為太魯閣國家公園經營管理之重要課題。但本區由於地形上之限制，道路開闢不易，主要道路僅有中部橫貫公路，加上民眾多自行開車前往，故本區主要之擁擠現象則表現在公園之交通狀況上，道路塞車成為太魯閣國家公園之主要問題，尤以太魯閣至天祥段由於道路狹窄塞車情形更為嚴重，如未加以改善太魯閣國家公園將令人望之卻步。

今日，由於電腦科技之快速發展，電腦運算能力急速增加及網際網路的迅速發達，因此電腦被廣泛的運用於各個學術領域。因此，本研究欲運用現今之電腦功能發展計量模擬之模型進行實證研究，並結合電腦網際網路 (Internet) 之運用；預期此模型能成為台灣國家公園規劃設計及管理者的管理工具，使公園規劃設計及管理者除制式之"標準參考值"，及"經驗值"之外，能有一更客觀的參考資料，同時亦能提供消費者及時而正確的可用資訊，使管理者與消費者間能有更良性的互動。

二、研究目的

本研究為一量化研究 (Quantitative Research) 中之實證調查 (Survey) 與應用研究，主要目的有三，一為由作業研究 (Operation Research) 中排隊等候理論 (Queuing Theories) 發展之

電腦模擬模型，來比較由遊客到達時間分佈、遊客取向、遊客停滯時間、移動速度...等參考變項所預測出之公園中不同區段遊客分佈數量，其中遊客到達時間分佈亦為遊客進入公園系統中之到達時間差，而遊客之取向則為遊客於各個交叉動線處之轉向機率，遊客停滯時間為遊客於各設施物之停留時間，而容納量之指標數據即"遊客等候情況之差異情形"。二為藉由此一電腦模擬模型之結果與網際網路問卷之結果進行比較，以驗證此一模擬模型之模擬結果與現實狀況中遊客之壅塞感是否有差異。三藉由所獲得之電腦模擬模型，評估不同管理方案對於公園內不同區段擁擠情形改善程度，提供公園管理單位一有效之參考指標。並且藉由電腦網際網路及電子郵件之功能，除可利用作為遊客擁擠認知之資料蒐集工具外，可將本研究之模擬結果，配合國家公園管理處之相關管理措施，利用電腦網頁製作軟體，製成網路首頁 (Homepage)，附掛於太魯閣國家公園之網頁下，提供民眾更及時而便捷的旅遊資訊。

文獻回顧

一、電腦模擬的理論

模擬可依是否具有實體及是否含有機率變數而分類，茲說明如下：

(一) 根據是否具有實體存在可分為實體的模倣及模型的模倣，亦可稱為影像式的模型及符號式的模型。前者是指有具體實物的模型，例如在景觀設計中對於基地模型的製作等。後者則是沒有具體實物存在的模型，其中較為熟悉的是對於遊客數量的模擬，從影響遊客數量的各個因子中建立起預測遊客數量的數學模型，進而預測遊客的可能數量。本研究所要討論的是非實體的、抽象的、數學模型的模擬，換言之，也就是對於所要研究的對象，以數學符號（電腦語言）建立模型，然後進行模擬，藉以瞭解系統，預測未來或求取最佳政策方案為目標。

(二) 根據系統內是否含有機率因素來區分，可分為確定性的模擬 (Deterministic simulation) 及機率性的模擬 (Stochastic simulation)，所謂確定性的模擬是指模型中的數學關係式都是確定性的計算或演算關係，較不適用於遊憩區之模擬。至於機率性的模擬是指模型中含有不確定的因素，也就是包含一個以上的隨機變數，大多數應用的模擬都屬於此類，這種模擬又稱之為蒙地卡羅模擬 (Monte Carlo simulation)，一般談到模擬，大多指機率性模擬而言，本研究的模擬亦以機率性模擬為主。

二、遊憩容納量的理論

遊憩容納量 (Recreation Carrying Capacity) 在遊憩資源之開發決策、規劃設計、及經營管理各階段均是衡量遊憩供給量之重要依據。就遊憩理論上之研究成果歸納起來有五種遊憩容納量之評估方法，分別是：

(一) 經濟效益分析法：此種方法主要是將遊客之滿意度定義為遊客願意支付 (Willing to Pay) 的價格，隨著遊客數量的增加則遊客所獲得的邊際效益則逐漸下降，而容納量之定位點則是當遊客所獲得的邊際效益不再增加時之遊客人數即為最佳之遊憩容納量。

(二) 系統模擬：用本方法來探討遊憩區之容納量在國內只有張俊彥 (1993)。分別應用電腦模擬程式來模擬陽明山之遊客對於交通之擁擠問題及木柵動物園遊客分佈與擁擠情形。模

擬程式來模擬藉由改變管理方式，來建構問題發生之體系，進一步模擬解決方案對於問題之解決程度，而提供經營管理者制定經營管理方案之依據。

(三) 疊圖法：Jackson 以疊圖法評估加拿大艾瑪湖 (Emma Lake) 各分區的環境資源容納量。此法清楚地了解各分區之使用是否過量。

(四) 專家委員會法：專家委員會法所依賴之工具主要為德菲爾法 (Delphi)，作法是對於遊憩容納量有研究之專家，或是遊憩區之經營管理者進行專業性之問卷調查，並輔以統計之分析，以求得遊憩容納量之影響因子權重及容納量之實際數值。

(五) 1975 年底美國都市及發展研究合作機構 (Urban Research and Development Cooperation) 接受戶外遊憩局 (Bureau of Outdoor Recreation) 委託對「最佳遊憩容納量」加以調查研究。主要是為了各種遊憩資源的最佳容納量範圍。並提供遊憩規劃人員、設計人員和管理人員一套適合遊憩資源保護與遊憩者滿意之指標。

三、利用電腦模擬反應遊憩容納量之關係

等候理論與遊客等待行為，排隊 (Queues) 是人類日常生活中所不可避免的現象。像飛機在空中等待降落、撥電話時等候交換機的處理等，雖看不到形式上的排隊隊伍，但實質上也是一種典型的等待線 (Waiting line)。如果在各個排隊的關口，希望很快通過或希望等待線不致於太長，則必需增加服務的設備及人員，因而將使服務成本 (Service Cost) 提高；而當需求服務量並不大時，則這些設備及人員就有閒置的現象，此時發生閒置成本 (Idle cost)，此種服務及閒置成本是與服務設備成正比例關係的，服務設備愈多，閒置機會及閒置成本也就愈高。就另一方面來說，若服務設備不足，則有顧客不耐久候而離去，或企業信譽因而受損的等待成本 (Waiting Costs)。當設備愈少時，等待成本愈高，此兩者成為一種反比例的關係，此種情況當如何決定一個適當服務設備，以使整個排隊體系的總成本為最低，此為經營管理單位需以成本分析來加以探討之課題。

排隊現象中，需先瞭解在既定的到達及服務情況下，會有什麼結果，亦即需先以敘述模型，來瞭解排隊體系、然後才能對此一體系求取最適解。國家公園模擬之決策系統組成，系統決策模式是由下列幾項元素所組成：

- (一) 系統輸入：是指任何外界之改變對於本系統之影響。就國家公園道路系統而言，任何設施的改變，遊客數量的改變均可視為系統輸入，在本研究中所採用之系統輸入為各個經營管理手段之變化，諸如改變設施區位，設施容量等因素。
- (二) 系統組成：系統組成是以達成系統之目標為要件。在本研究中，系統模擬之目的在於模擬遊客之等候行為，因此其組成元素均是與遊客等候行為相關之影響因素，在本研究中包括遊客之動線、遊憩設施運轉時間、設施容量等因素。
- (三) 系統輸出：任何對系統之有效輸入必導致系統的輸出，在本研究中系統輸出是指當經營管理單位對系統輸入不同的經營管理手段後，而從系統所得到的各種經營管理參數之變化值。
- (四) 系統量測：系統量測是指對系統輸入及輸出的參數進行測量，在本研究中系統輸入之測量單位有設施區位，其測量尺度為類別尺度；以及設施容量，其測量尺度為等距尺度。

此外在系統輸出方面，則有遊客等待時間、遊客參與率，因此在國家公園之決策單位，必須先了解其可使用之經營管理手段，也就是分析其系統輸入之組成。本研究將國家公園可操作之經營管理手段區分為：

- 1.人員：其內容包括國家公園之服務人員，以及接受服務之遊客。
- 2.設施：指國家公園內所提供之遊憩設施，而每項設施又包含不同之屬性；例如設施之容量、設施之運作形態等屬性。
- 3.空間：設施之空間區位，以及遊客之移動空間屬性兩種。
- 4.時間：就遊憩系統而言，決策單位可操作之手段包括國家公園的開放時間。

在了解的可運用之經營管理手段後，則視需要利用不同的手段來輸入模型，而模型之建立最主要是依據問題之結構來建立模型，而本研究對於遊客等待問題之分析是依據等候理論所提供之分析架構來完成電腦模型。在本研究中系統輸出是指經營管理參數，也就是決策單位所用來輔助決策之數據，是本研究所設定之經營管理參數。

綜合上述之內容，國家公園的決策模式應是由對問題結構的了解開始之後再建立電腦模型。此外對於可解決問題之經營管理手段應進一步分析，以作為系統輸入之依據。而經營管理參數之選擇，更需依據經營管理目標而定，以期系統之輸出確實對決策過程有所幫助。

電腦模擬於遊憩研究上之發展，國內對於電腦模擬運用於國家公園規劃設計管理之文獻相當缺乏，因此有關之理論及架構均由國外之研究成果來加以架構。張俊彥（1993）[1]指出，有關電腦模擬在應用之發展，則有以下數篇有關於模擬遊客相遇行為之文獻：

- 1.未來資源研究中心（Resource of the Future Research Center）於1973年提出「原野地區之模擬模式」（The Wilderness Area Simulation Model），主要在討論遊客之間相遇的次數。
- 2.Smith和Krutilla（1976）又根據「原野地區之模擬模式」，在西班牙山區（Spanish Peak Area）發展出一個模擬系統以模擬原野地區遊客相遇的情形。
- 3.Lucas和Shechter（1977）在加州的Desolation Wilderness on Eldorado National Forest 模擬原野地區遊客相遇情形。
3. McCool和Lime（1977）比較以「基本模擬程式」（Base Case）之模擬和實際狀況，以測試模擬器（Simulator）之有效性。
- 6.張俊彥（1993）驗證排隊時間與擁擠知覺及滿意度之相關性及模擬程式應用於遊憩區之可行性。
- 7.Chang（1997）利用模擬程式比較陽明山國家公園塞車情形及不同停車方案。

基本上電腦模擬在應用之發展過程，可由上述之文獻看到發展的軌跡，發展可說是由實驗性質的研究開始接著進一步測試電腦模擬與實際狀況的差距，而後便開始有研究者實際作為國家公園經營管理的研究工具。本研究基本上亦是國家公園經營管理上之應用，而主要的目的是應用遊客等待時間作為經營管理的指標，並模擬在國家公園不同經營管理策略下對於遊客等待時間之影響，以作為經營管理之決策參考。

研究方法

一、研究範圍及限制

本研究針對於中部橫貫公路太魯閣至天祥段進行測試與分析，因電腦效能之限制，僅針對小客車進行模擬且模擬測試時段為上午九時至下午四時。另依研究之目的，本研究所探討的車輛分佈情形之模擬僅設限於車輛擁擠之分佈評估，並不深入討論其原因。就研究限制而言，因本研究是將單一遊客車輛做為一個模擬個體（Entity）設計，唯因遊客個別行為之差異，因此有些車輛之移動行為所造成分佈將無法掌握，因此某種程度之誤差值將會表現在模擬所得之車輛分佈數值與現況之分佈數值，唯本研究並不討論此二數值差異程度。

二、研究方法

本研究為量化研究(Quantitative Research)中之實測研究(Survey)，實測之目的為驗證模擬模型之正確性，即比較模擬模型中預測部分之數值與實際基地測得之數據。模擬模型(Simulation Modeling)是以作業研究(Operation Research)為基礎，排隊理論(Queuing Theory)為依據之模擬模型，此模型可模擬四度空間中國家公園內車輛之即時分佈情形並加以比較分析。

測量方法為斷面式(Cross-sectional)測量而非長時期(Longitudinal)之研究，資料的蒐集均為現地之調查(On-Site Survey)。依資料特性之不同分為二部分，主要為車輛進入系統之時間分佈(Distribution of Time Between Arrival)，與各可能轉向(交叉路口)之轉向機率(Branch Probability)調查、車輛移動速度(Moving Speed)、各點停留時間(Delay Time)等基本數據資料。

在網際網路問卷方面與太魯閣國家公園管理處合作，製作網路問卷附掛於太魯閣國家公園之網頁下提供民眾進行問卷填寫，依據遊客經驗反應在太魯閣國家公園中太魯閣至天祥段內八個路段（八個路段分別是：太魯閣閣口、布洛灣遊憩區入口、燕子口路牌處、錐麓斷崖路牌、流芳橋管制點、九曲洞東口停車場、九曲洞西口停車場、智暉橋）之塞車情形，分別以非常擁擠、擁擠、普通、不擁擠、完全不擁擠表示，以及上述八個路段何處最容易塞車，作為反應實際塞車情形之參考。

三、研究取樣

本研究測試之基地為太魯閣國家公園太魯閣至天祥段，設置七個調查點分別是太魯閣閣口、布洛灣入口、燕子口指示牌處、錐麓斷崖指示牌處、流芳橋管制點、九曲洞東入口、九曲洞西入口、天祥智暉橋，分別記錄車輛之車牌、通過時間與前進方向。資料調查時間為民國八十八年三月十四日上午九時至下午四時，總計記錄 8236 筆資料。資料回收後再計算出各調查點點、各路段車輛之停留時間、轉向機率值。

網際網路問卷方面與太魯閣國家公園管理處合作，製作網路問卷附掛於太魯閣國家公園之網頁下提供民眾進行問卷填寫，並且針對曾至太魯閣國家公園網頁留言發表意見之民眾利用電子郵件進行問卷調查，並邀請這些受訪之民眾推薦十位親友進行網際網路問卷調查，利用滾雪球抽樣請受推薦之十位民眾分別再推薦十位親友進行網際網路問卷調查。網際網路問卷調查時間從民國八十八年四月二十六日起至民國八十八年十月十九日止，共獲得一百九十九份網際網路問，網際網路問卷的位址在 <http://140.120.192.192/taroko/welcome.htm>。

表 1、調查點記錄事項

調查點	代號	記錄事項
太魯閣閣口	A	記錄到達車輛之車牌、通過時間、前進方向。
布洛灣入口	B	僅記錄進出車輛之車牌、通過時間、前進方向。
燕子口指示牌處	C	記錄到達車輛之車牌、通過時間、前進方向。
錐麓斷崖指示牌處	D	記錄到達車輛之車牌、通過時間、前進方向。
流芳橋管制點	E	記錄到達車輛之車牌、通過時間、前進方向。
九曲洞東入口	F1	僅記錄進出車輛之車牌、通過時間、前進方向。
九曲洞西入口	F2	僅記錄進出車輛之車牌、通過時間、前進方向。
天祥智暉橋	G	記錄到達車輛之車牌、通過時間、前進方向。



中的各分區轉換進行。而台灣民採用前一段塞亦即所能提供的停車位數，而燕子口-錐麓斷崖、錐麓斷崖-流芳橋、流芳橋-九曲洞東入口三個區段，並未有停車場設施，因此採用太魯閣國家公園委託林晏州（1989）進行之太魯閣國家公園遊憩承載量研究所建議之容納量（34.63m/per car），該容納量是綜合瞬間容納量、社會心理容納量、生態容納量加權所獲得，綜合上述所提之容納量可得（表 2）、區段與轉向點代碼與區段容納量。

表 2、區段與轉向點代碼與區段容納量

區段與轉向點名稱	區段與轉向點代碼	調查點	區段容納量（車輛數）
太魯閣閣口	East Entrance	A	
布洛灣入口	Intersection BRW	B	
布洛灣遊憩區	BRW		186
燕子口-錐麓斷崖	YTK1	C-D	46
錐麓斷崖-流芳橋	YTK2	D-E	52
流芳橋-九曲洞東入口	YTK3	E-F1	20
九曲洞東入口	Intersection N1	F1	

九曲洞東停車場	N1		20
九曲洞西入口	Intersection N2	F2	
九曲洞西停車場	N2		30
合流綠水遊憩區	HL	F2-G	
天祥智暉橋	West Entrance	G	200

圖 2、平面圖至模擬流程之轉換代碼圖

圖 3、太魯閣國家公園太魯閣天祥段模擬流程及代碼圖

本研究要比較四個電腦模擬方案狀況：

- (一) 如果採用調查日當日入園車輛數於模擬模型中進行模擬，比較各區段，設置容納量與否，對於全區車輛分佈有何影響？
- (二) 如果採用尖峰時段（每年七月、八月）每日入園車輛數（利用太魯閣國家公園所統計民國八十七年七月、八月之遊客數之平均值，並假設每四名遊客搭乘一部小客車計算所得的概估值）於模擬模型中進行模擬，比較各區段，設置容納量與否，對於全區車輛分佈有何影響？
- (三) 根據上述二個電腦模擬方案狀況之結果與網際網路問卷之結果進行比較，驗證模擬結果與現實狀況是否有差異？
- (四) 如果採用尖峰時段（每年七月、八月）每日入園車輛數於模擬模型中進行模擬，比較車輛於各區之分佈，找出最壅塞路段進行停車時間管制，限制路邊暫停時間分別為五分鐘、十分鐘、十五分鐘及二十分鐘，比較對於全區車輛分佈有何影響？

此為本研究所提出之四項模擬假設狀況，本研究欲探討模擬結果與現實狀況是否有差異，以及模擬狀況加入後，對於現況時否有任何改變或影響。

研究操作與結果

一、研究操作

本研究選用的電腦模擬軟體為 SM Co.之 ARENA ver. 3.01 為模擬軟體，而統計分析軟體則為 SPSS 8.0 for Windows。本研究的模擬方式將以各調查點的轉向機率、各區段停留時間以及移動速率，投入系統模型進行模擬。模擬團體大小以「一部小客車」為模擬係數，

而資料之投入以正午十二時為界，分為上午及下午而給予不同之轉向機率、入園車輛數。而每一個模型中的數據取得，為取的絕對的隨機數據，將以 20 次的模擬之值(Replicate 20 次)進行分析。模擬前後所得出的兩組數據將以 SPSS 8.0 統計分析軟體進行分析，所使用的統計方法為配對式 T 檢定(Paired T-test)。

在網際網路問卷結果分析方面，依據遊客經驗反應在太魯閣國家公園中太魯閣至天祥段內八個路段個別之塞車情形百分比，以及八個路段何處遊客認為最容易塞車之百分比，作為反應實際塞車情形之參考。

二、研究結果

(一) 模擬狀況一

如果採用調查日當日入園車輛數於模擬模型中進行模擬，比較各區段，設置容納量與否，對於全區車輛分佈影響之結果，即設置容納量與未設置容納量相比較的結果。國家公園內使用量顯著變化的區段如下(表 3)：

布洛灣遊憩區 (BRW)：由 21.00 部"車輛數"顯著增加到 24.65 部"車輛數"。燕子口-錐麓斷崖 (YTK1)：由 42.95 部"車輛數"顯著增加到 65.35 部"車輛數"。錐麓斷崖-流芳橋 (YTK2)：由 48.60 部"車輛數"顯著增加到 117.05 部"車輛數"。流芳橋-九曲洞東入口 (YTK3)：由 8.55 部"車輛數"顯著增加到 12.55 部"車輛數"。九曲洞東停車場 (N1)：由 2.35 部"車輛數"顯著增加到 2.85 部"車輛數"。九曲洞西停車場 (N2)：由 2.35 部"車輛數"顯著增加到 2.75 部"車輛數"。合流綠水遊憩區 (HL)：由 45.00 部"車輛數"顯著增加到 48.55 部"車輛數"。

藉由此模擬狀況的提出，可發現各區段的使用量均有顯著增加。其中 YTK1 與 YTK2 兩區段在設置容納量模擬時其平均使用量已接近其容納量飽合(YTK1=46YTK2=52)，而未設置容納量後，其平均使用量更遠超過所設定之容納量，足以顯示該兩區段容納量之不足。

表 3、模擬狀況一車輛分佈情形之比較

區段與轉向點代碼	Mean	Paired Mean Differences	t-value	P
BRW	21.00	-3.65	-5.58	0.000
BRW-Not ^a	24.65			
YTK1	42.95	-22.40	-25.01	0.000
YTK1-Not	65.35			
YTK2	48.6	-68.45	-33.02	0.000
YTK2-Not	117.05			

YTK3	8.55	-4.00	-11.75	0.000
YTK3-Not	12.55			
N1	2.35	-0.50	-3.24	0.004
N1-Not	2.85			
N2	2.35	-0.40	-2.37	0.028
N2-Not	2.75			
HL	45.00	-3.55	-2.36	0.0290
HL-Not	48.55			

a Not 代表模擬狀況一時，各區段未設容納量所獲得的結果

b N=20；為 20 次模擬結果之綜合資料

(二) 模擬狀況二

採用尖峰時段（每年七月、八月）每日入園車輛數於模擬模型中進行模擬，比較各區段，設置容納量與否，對於全區車輛分佈影響之結果，即設置容納量與未設置容納量相比較的結果。國家公園內使用量顯著變化的區段如下（表 4）：

布洛灣遊憩區（BRW）：由 29.55 部"車輛數"顯著增加到 36.65 部"車輛數"。燕子口-錐麓斷崖（YTK1）：由 45.00 部"車輛數"顯著增加到 99.25 部"車輛數"。錐麓斷崖-流芳橋（YTK2）：由 50.05 部"車輛數"顯著增加到 174.65 部"車輛數"。流芳橋-九曲洞東入口（YTK3）：由 10.95 部"車輛數"顯著增加到 18.80 部"車輛數"。九曲洞東停車場（N1）：由 3.15 部"車輛數"顯著增加到 4.55 部"車輛數"。九曲洞西停車場（N2）：由 3.50 部"車輛數"顯著增加到 4.65 部"車輛數"。合流綠水遊憩區（HL）：由 67.00 部"車輛數"顯著增加到 74.45 部"車輛數"。

藉由此模擬狀況的提出，可發現各區段的使用量均有顯著增加。其中 YTK1 與 YTK2 兩區段在設置容納量模擬時其平均使用量已接近其容納量飽合(YTK1=46YTK2=52)，而未設置容納量後，其平均使用量更遠超過所設定之容納量，足以顯示該兩區段容納量之不足。

表 4、模擬狀況二車輛分佈情形之比較

區段與轉向點代碼	Mean	Paired Mean Differences	t-value	P
BRW	29.55	-7.10	-9.84	0.000
BRW-Not ^a	36.65			
YTK1	45.00	-54.25	-50.08	0.000
YTK1-Not	99.25			
YTK2	50.05	-124.60	-52.61	0.000

YTK2-Not	174.65			
YTK3	10.95	-7.85	-19.04	0.000
YTK3-Not	18.80			
N1	3.15	-1.40	-7.09	0.000
N1-Not	4.55			
N2	3.50	-1.15	-6.32	0.000
N2-Not	4.65			
HL	67.00	-7.45	-3.50	0.002
HL-Not	74.45			

a Not 代表模擬狀況二時，各區段未設容納量所獲得的結果

b N=20；為 20 次模擬結果之綜合資料

(三) 模擬狀況三

根據上述二個電腦模擬方案狀況之結果與網際網路問卷之結果進行比較，驗證模擬結果與現實狀況是否有差異。網際網路問卷之結果如下(表 5、表 6)：

八個路段中除了燕子口路牌處(39.55%認為擁擠)、九曲洞東口停車場(41.32%認為擁擠)二點最高百分比的塞車情形認知是"擁擠"外，其餘各點(太魯閣閣口、布洛灣遊憩區入口、錐麓斷崖路牌、流芳橋管制點、九曲洞西口停車場、智暉橋)之最高百分比的塞車情形認知皆是"普通"。

八個路段(八個路段分別是：太魯閣閣口、布洛灣遊憩區入口、燕子口路牌處、錐麓斷崖路牌、流芳橋管制點、九曲洞東口停車場、九曲洞西口停車場、智暉橋)何處最容易塞車的問題方面，認為太魯閣閣口最為壅塞(47.37%)、其次是燕子口路牌處(22.63%)、再其次為九曲洞東口停車場(10.53%)。

在網路問卷上第一個問題中，太魯閣閣口最高百分比的塞車情形認知雖然是"普通"(31.64%)，但其次高百分比亦有 30.51%的受訪者認為其塞車情形擁擠。因此網路問卷上問題一與問題二之結果大致相符，且可發現太魯閣閣口的塞車情形最容易讓遊客印象深刻。

在網路問卷上問題一與問題二之結果與模擬狀況一與模擬狀況二的結果大致相符，因此模擬模型所建構之數據足以反應真實世界之狀況。

表 5、遊客經驗反應在太魯閣國家公園中太魯閣至天祥段內八個路段之塞車情形

	太魯閣閣口		布洛灣 遊憩區入口		燕子口 路牌處		錐麓斷崖 路牌		流芳橋 西管制點		九曲洞 東口停車場		九曲洞 西口停車場		智暉橋		
	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	Freq.	%	
Valid	1.00	44.00	24.86	17.00	10.00	44.00	24.86	35.00	20.71	31.00	19.02	31.00	18.56	36.00	21.43	23.00	14.02
	2.00	54.00	30.51	40.00	23.53	70.00	39.55	52.00	30.77	50.00	30.67	69.00	41.32	54.00	32.14	39.00	23.78
	3.00	56.00	31.64	61.00	35.88	49.00	27.68	67.00	39.64	72.00	44.17	52.00	31.14	59.00	35.12	74.00	45.12

	4.00	17.00	9.60	42.00	24.71	12.00	6.78	10.00	5.92	6.00	3.68	13.00	7.78	18.00	10.71	23.00	14.02
	5.00	6.00	3.39	10.00	5.88	2.00	1.13	5.00	2.96	4.00	2.45	2.00	1.20	1.00	0.60	5.00	3.05
Total	177.0	100.0	170.0	100.0	177.0	100.0	169.0	100.0	163.0	100.0	167.0	100.0	168.0	100.0	164.0	100.0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Valid 值 1 代表"非常擁擠"、Valid 值 2 代表"擁擠"、Valid 值 3 代表"普通"、Valid 值 4 代表"不擁擠"、Valid 值 5 代表"完全不擁擠"

表 6、遊客經驗反應在太魯閣國家公園中太魯閣至天祥段內八個路段中最容易塞車之路段

總體塞車			
	Frequency	Percent	
Valid	1.00	90.00	47.37
	2.00	4.00	2.11
	3.00	43.00	22.63
	4.00	8.00	4.21
	5.00	10.00	5.26
	6.00	20.00	10.53
	7.00	6.00	3.16
	8.00	9.00	4.74
Total	190.00	100.00	100.00

Valid 值 1 代表"太魯閣閣口"、Valid 值 2 代表"布洛灣遊憩區入口"、Valid 值 3 代表"燕子口路牌處"、Valid 值 4 代表"錐麓斷崖路牌"、Valid 值 5 代表"流芳橋管制點"、Valid 值 6 代表"九曲洞東口停車場"、Valid 值 7 代表"九曲洞西口停車場"、Valid 值 8 代表"智暉橋"

(四) 模擬狀況四

採用設置容納量與尖峰時段(每年七月、八月)每日入園車輛數於模擬模型中進行模擬,找出最壅塞之區段進行停車時間管制,限制路邊暫停時間分別為禁止路邊停車、暫停時間五分鐘、暫停時間十分鐘、暫停時間十五分鐘,比較對於全區車輛分佈有何影響。即未設置限制路邊暫停時間與設置限制路邊暫停時間相比較的結果。經由模擬狀況一與模擬狀況二的結果獲得在太魯閣國家公園內最壅塞之區段為 YTK1 (燕子口-錐麓斷崖)與 YTK2 (錐麓斷崖-流芳橋),今擬對 YTK2 區段進行相關之停車管制,獲得國家公園內使用量增加顯著的區段如下:

未設置限制路邊暫停時間與禁止路邊停車相比較的結果。國家公園內使用量顯著變化的區段如下:(表 7)

燕子口-錐麓斷崖(YTK1):由 45.00 部"車輛數"顯著增加到 45.90 部"車輛數"。錐麓斷崖-流芳橋(YTK2):由 50.05 部"車輛數"顯著減少到 174.65 部"車輛數"。流芳橋-九曲洞東入口(YTK3):由 10.95 部"車輛數"顯著增加到 18.80 部"車輛數"。九曲洞東停車場(N1):由 3.15 部"車輛數"顯著增加到 4.55 部"車輛數"。九曲洞西停車場(N2):由 3.50 部"車輛數"顯著增加到 4.65 部"車輛數"。合流綠水遊憩區(HL):由 67.00 部"車輛數"顯著增加到 74.45 部"車輛數"。

藉由此模擬狀況的提出,可發現在 YTK2 區段禁止路邊停車狀況下模擬時,YTK1 區段平均使用率更接近其容納量飽合(YTK1=46),將造成 YTK1 區段壅塞情況更為嚴重。其他各

區段平均使用量雖亦顯著增加，但除 HL 區段與 YTK3 區段外，增加的使用量並不多。

表 7、模擬狀況四未設置限制路邊暫停時間與禁止路邊停車，車輛分佈情形之比較

區段與轉向點代碼	Mean	Paired Mean Differences	t-value	p
BRW	29.55	0.20	0.348	0.730
BRW-0min ^a	29.35			
YTK1	45.00	-0.90	-13.077	0.000
YTK1-0min	45.90			
YTK2	50.05	43.90	230.365	0.000
YTK2-0min	6.15			
YTK3	10.95	-7.00	-19.696	0.001
YTK3-0min	17.95			
N1	3.15	-1.20	-6.990	0.000
N1-0min	4.35			
N2	3.50	-1.00	-4.156	0.001
N2-0min	4.50			
HL	67.00	-12.35	-8.364	0.000
HL-0min	79.35			

a 0min 代表模擬狀況四未設置限制路邊暫停時間與禁止路邊停車時，各區段禁止路邊停車所獲得的結果

b N=20；為 20 次模擬結果之綜合資料

未設置限制路邊暫停時間與暫停時間五分鐘相比較的結果。國家公園內使用率增加顯著的區段如下：(表 8)

燕子口-錐麓斷崖 (YTK1)：由 45.00 部"車輛數"顯著增加到 45.85 部"車輛數"。錐麓斷崖-流芳橋 (YTK2)：由 50.05 部"車輛數"顯著減少到 12.25 部"車輛數"。流芳橋-九曲洞東入口 (YTK3)：由 10.95 部"車輛數"顯著增加到 17.70 部"車輛數"。九曲洞東停車場 (N1)：由 3.15 部"車輛數"顯著增加到 4.70 部"車輛數"。九曲洞西停車場 (N2)：由 3.50 部"車輛數"顯著增加到 4.20 部"車輛數"。合流綠水遊憩區 (HL)：由 67.00 部"車輛數"顯著增加到 78.65 部"車輛數"。

藉由此模擬狀況的提出，可發現在 YTK2 區段禁止路邊停車狀況下模擬時，YTK1 區段平均使用率更接近其容納量飽合(YTK1=46)，將造成 YTK1 區段壅塞情況更為嚴重。其他各區段平均使用量雖亦顯著增加，但除 HL 區段與 YTK3 區段外，增加的使用量並不多。

表 8、模擬狀況四未設置限制路邊暫停時間與暫停時間五分鐘，車輛分佈情形之比較

區段與轉向點代碼	Mean	Paired Mean Differences	t-value	p
BRW	29.55	0.05	0.072	0.944
BRW-5min ^a	29.50			
YTK1	45.00	-0.85	-10.376	0.000
YTK1-5min	45.85			

YTK2	50.05	37.80	124.197	0.000
YTK2-5min	12.25			
YTK3	10.95	-6.75	-24.124	0.000
YTK3-5min	17.70			
N1	3.15	-1.55	-6.601	0.000
N1-5min	4.70			
N2	3.50	-0.70	-3.621	0.002
N2-5min	4.20			
HL	67.00	-11.65	-5.691	0.000
HL-5min	78.65			

a 5min 代表模擬狀況四未設置限制路邊暫停時間與暫停時間五分鐘時，各區段禁止路邊停車所獲得的結果

b N=20；為 20 次模擬結果之綜合資料

未設置限制路邊暫停時間與暫停時間十分鐘相比較的結果。國家公園內使用率增加顯著的區段如下：(表 9)

燕子口-錐麓斷崖 (YTK1)：由 45.00 部"車輛數"顯著增加到 45.60 部"車輛數"。錐麓斷崖-流芳橋 (YTK2)：由 50.05 部"車輛數"顯著減少到 18.70 部"車輛數"。流芳橋-九曲洞東入口 (YTK3)：由 10.95 部"車輛數"顯著增加到 17.60 部"車輛數"。九曲洞東停車場 (N1)：由 3.15 部"車輛數"顯著增加到 4.30 部"車輛數"。九曲洞西停車場 (N2)：由 3.50 部"車輛數"顯著增加到 4.25 部"車輛數"。合流綠水遊憩區 (HL)：由 67.00 部"車輛數"顯著增加到 75.65 部"車輛數"。

藉由此模擬狀況的提出，可發現在 YTK2 區段禁止路邊停車狀況下模擬時，YTK1 區段平均使用率更接近其容納量飽合(YTK1=46)，將造成 YTK1 區段壅塞情況更為嚴重。其他各區段平均使用量雖亦顯著增加，但除 HL 區段與 YTK3 區段外，增加的使用量並不多。

表 9、模擬狀況四未設置限制路邊暫停時間與暫停時間十分鐘，車輛分佈情形之比較

區段與轉向點代碼	Mean	Paired Mean Differences	t-value	p
BRW	29.55	-0.05	-0.159	0.875
BRW-10min ^a	29.65			
YTK1	45.00	-0.60	-5.339	0.000
YTK1-10min	45.60			
YTK2	50.05	31.35	123.340	0.000
YTK2-10min	18.70			
YTK3	10.95	-6.65	-19.873	0.000
YTK3-10min	17.60			
N1	3.15	-1.15	-6.902	0.000
N1-10min	4.30			
N2	3.50	-0.75	-3.470	0.003
N2-10min	4.25			
HL	67.00	-8.65	-7.239	0.000
HL-10min	75.65			

a 10min 代表模擬狀況四未設置限制路邊暫停時間與暫停時間十分鐘時，各區段禁止路邊停車所獲得的結果

b N=20；為 20 次模擬結果之綜合資料

未設置限制路邊暫停時間與暫停時間十五分鐘相比較的結果。國家公園內使用率增加顯著的區段如下：(表 10)

燕子口-錐麓斷崖 (YTK1)：由 45.00 部"車輛數"顯著增加到 45.65 部"車輛數"。錐麓斷崖-流芳橋 (YTK2)：由 50.05 部"車輛數"顯著減少到 23.90 部"車輛數"。流芳橋-九曲洞東入口 (YTK3)：由 10.95 部"車輛數"顯著增加到 17.45 部"車輛數"。九曲洞東停車場 (N1)：由 3.15

部"車輛數"顯著增加到 4.20 部"車輛數"。九曲洞西停車場 (N2): 由 3.50 部"車輛數"顯著增加到 4.35 部"車輛數"。合流綠水遊憩區(HL): 由 67.00 部"車輛數"顯著增加到 73.70 部"車輛數"。

藉由此模擬狀況的提出,可發現在 YTK2 區段禁止路邊停車狀況下模擬時, YTK1 區段平均使用率更接近其容納量飽合(YTK1=46),將造成 YTK1 區段壅塞情況更為嚴重。其他各區段平均使用量雖亦顯著增加,但除 HL 區段與 YTK3 區段外,增加的使用量並不多。

表 10、模擬狀況四未設置限制路邊暫停時間與暫停時間十五分鐘,車輛分佈情形之比較

區段與轉向點代碼	Mean	Paired Mean Differences	t-value	p
BRW	29.55	-0.05	-0.079	0.938
BRW-15min ^a	29.60			
YTK1	45.00	-0.65	-5.940	0.000
YTK1-15min	45.65			
YTK2	50.05	26.15	56.798	0.000
YTK2-15min	23.90			
YTK3	10.95	-6.50	-21.418	0.000
YTK3-15min	17.45			
N1	3.15	-1.05	-4.472	0.000
N1-15min	4.20			
N2	3.50	-0.85	-3.489	0.002
N2-15min	4.35			
HL	67.00	-6.70	-4.750	0.000
HL-15min	73.70			

a 15min 代表模擬狀況四未設置限制路邊暫停時間與暫停時間十五分鐘時,各區段禁止路邊停車所獲得的結果

b N=20; 為 20 次模擬結果之綜合資料

由上述四種狀況的模擬比較結果發現,第一種假設狀況與第二種假設狀況加入後,公園中各區段使用量均增加,並發現以模擬中所設定之容納量無法減少 YTK1(燕子口-錐麓斷崖)與 YTK2(錐麓斷崖-流芳橋)壅塞之情形,亦即該兩區段的容納量不足,同時亦可發現其他區段除 YTK3(流芳橋-九曲洞東口)外使用率均不高。

第三種假設狀況中:網路問卷問題一中燕子口路牌處(39.55%認為擁擠)、九曲洞東口停車場(41.32%認為擁擠)的塞車情形認知是"擁擠"之結果與問題二認為太魯閣閣口最為壅塞(47.37%)、其次是燕子口路牌處(22.63%)、再其次為九曲洞東口停車場(10.53%)之結果大致相符,且可發現太魯閣閣口的塞車情形最容易讓遊客印象深刻。且在網路問卷上問題一與問題二之結果與模擬狀況一與模擬狀況二的結果大致相符,因此模擬模型所建構之數據足以反應真實世界之狀況。

而第四種模擬狀況的加入雖大幅減少 YTK2(錐麓斷崖-流芳橋)的壅塞情形,也增加 YTK1(燕子口-錐麓斷崖)、YTK3(流芳橋-九曲洞東入口)、N1(九曲洞東停車場)、N2(九曲洞西停車場)、HL(合流綠水遊憩區)五處區段的使用量,但其更加劇 YTK1(燕子口-錐麓斷崖)的壅塞情況,而在第三種模擬狀況四個方案中,以第三個方案限制路邊停車十分鐘,可將 YTK2(錐麓斷崖-流芳橋)的壅塞情形減緩,且對 YTK1(燕子口-錐麓斷崖)的壅塞情況影響最低並可增加其他區段之使用量,是第四種模擬狀況四個方案中較為合適的方案。

結論與建議

本研究以電腦記量模擬方式推測國家公園車輛的分佈數量與車輛移動方向，並利用網際網路調查問卷進行模擬狀況與真實世界之比較驗證模擬模型之代表性，初步假設四個狀況及其預測結果如上述討論。在狀況一、狀況二以及狀況四中，狀況一及狀況二相比較，模擬模型於非尖峰時間下的車流量已無法負荷，更枉論於尖峰時間下的車流量。但模擬模型中有關容納量的設定除 BRW（布洛灣遊憩區）、N1（九曲洞東停車場）、N2（九曲洞西停車場）、HL（合流綠水遊憩區）已有固定之停車場外，YTK1（燕子口-錐麓斷崖）、YTK2（錐麓斷崖-流芳橋）、YTK3（流芳橋-九曲洞東入口）三個區段並無固定之停車場設施，且上述三個區段的道路又多彎曲狹窄，亦無法設置停車場，故如欲改善車輛壅塞就必須從管理方案的擬定來加以改善。

在狀況三中，模擬狀況一與模擬狀況二的電腦模擬方案狀況之結果與網際網路問卷之結果進行比較，驗證模擬結果與現實狀況是否有差異中，由於本研究之模擬模型並未針對太魯閣閣口之購票流程等各項入園流程加以深入探討，因此模擬模型結果中未能如網際網路問卷之調查結果反應出太魯閣閣口的壅塞情形，但在其他個路段模擬模型皆能忠實反應壅塞之情形，在網路問卷上問題一與問題二之結果與模擬狀況一與模擬狀況二的結果大致相符，因此模擬模型所產生之數據足以反應真實世界之狀況。

狀況四中相關管理策略的實施中以第三個方案限制路邊停車十分鐘，可增加其他區段之使用量，也不造成其他區域擁塞，且達到公共設施合理分配的好方案。模擬模型中 YTK1（燕子口-錐麓斷崖）、YTK2（錐麓斷崖-流芳橋）、YTK3（流芳橋-九曲洞東入口）三個區段，是採用建議之容納量（34.63m/per car），而該容納量是由綜合瞬間容納量、社會心理容納量、生態容納量加權所獲得，因此造成模擬模型在 YTK1（燕子口-錐麓斷崖）、YTK2（錐麓斷崖-流芳橋）中嚴重壅塞並非實際上車輛動彈不得，而是作為壅塞之指標值。

本研究所採用之模擬模型之容納量並非是張俊彥（1993）中純粹的設施容納量，而是一綜合瞬間容納量、社會心理容納量、生態容納量與設施容納量所獲得，其較能反應出遊客心理層面的擁擠感，而非僅是反應設施數量上之不足。

本研究的資料蒐集是於週休二日之連續假日期間，並以調查員以記錄的方式收集樣本，因國家公園車流量大，且受限於調查的人力與時間，而造成部份資料登錄不及形成誤差，所獲致之數據資料屬於短期且較斷面式的，故建議後續研究者可採記錄不同季節或假日間之差異以修正模型係數及利用網際網路之及時性與廣佈性進行更長期之研究，並試圖建構更完善詳盡的網路問卷，並利用網際網路之及時性與廣佈性將研究結果提供給民眾參考，使網際網路問卷不但扮演資料收集之角色，更能產生回饋作用，以修正模擬模型，以能討論更詳細的可能處理方案之優缺點。

公園及戶外遊憩地區之擁擠問題是目前台灣各主要遊憩據點的普遍問題之一，管理者須有更好、更多的資訊參考，以做為決策時之依據，同時並能針對不同之狀況做立即反應。本研究嘗試運用電腦，進行遊客於太魯閣國家公園內分佈狀況之模擬，結果發現透過電腦所建立之模型，透過網際網路問卷結果的驗證，的確可提供管理者進行正確而快速的決策方法。因此本研究對於公園中遊客分佈情形，確實能為台灣目前的管理問題提出實質效益。

參考文獻

參考文獻

1. 林晏州, 1989, 太魯閣國家公園遊憩資源分析及遊憩承載量之研究, 私立東海大學環境規劃暨景觀研究中心, 269。
2. 張俊彥, 1993, 以電腦模擬方式探討戶外遊憩區之擁擠問題, 造園學報 1(1) : 65-93。
3. 張俊彥、何立智, 1996, 以電腦模擬方式分析主題式公園之容納量, 造園學報 3(1): 63-77。
4. Chang,C.Y., 1993. A Simulation Approach to Crowding in Outdoor Recreation : A Study of the YANGMINGAHAN NATIONAL PARK.Doctoral Dissertation of The Pennsylvania State University.
5. Chang,C.Y.,1997. A Computer Simulation Approach to the Carrying Capacity of Capacity of Parks. Landscape and Urban Planning, 37(1997):147-161
6. Lucas, R. C. and Shechter M. 1977. A Recreational Visitor Travel Simulation Model as an Aid to Management Planning. Simulation & Games 8(3): 375-384.
7. McCool, S. F. and D.W.Lim.1977.Simulation Modeling as a Tool for Managing River Recreation. River Recreation Management and Research Symposium Proceedings , January 24-27 , 1977 , Minneapolis , Minn.USDA Forest Service General Technical Report NC-28(St.Paul , Minn.North Central Forest Experiment Station).
8. Smith, V.K. and J.V.Krutilla. 1976. Structure and Properties of a Wilderness Travel Simulator. An Application to the Spanish Peaks Area (Baltimore,John Hopkins University Press for Resources for the Future).