

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

雙占市場下路外停車場之動態預約訂價模
式構建

Dynamic Reservation Pricing Models
for Off-street Parking Facilities Under a Duopoly
Market

研究生： 陳重光

指導教授： 邱裕鈞 教授

中華民國一〇一年六月

雙占市場下路外停車場之動態預約訂價模式構建

Dynamic Reservation Pricing Models

for Off-street Parking Facilities Under a Duopoly Market


研究生：陳重光

Student: Chung-Kuang Chen

指導教授：邱裕鈞

Advisor: Yu-Chiun Chiou

國立交通大學
交通運輸研究所
碩士論文



A Thesis
Submitted to Institute of Traffic and Transportation
College of Management
National Chiao Tung University
In Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of
Master
in
Traffic and Transportation
June 2012

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國 一〇一年 六月

雙占市場下路外停車場之動態預約訂價模式構建

研究生：陳重光

指導教授：邱裕鈞 博士

國立交通大學交通運輸研究所碩士班

摘要

台灣近年來私有運具使用率逐步攀升，在有限的停車資源和缺乏彈性的價格策略下，都市商業中心的停車需求並無得到良好的管理。在停車需求尖峰時段，停車業者採取先到先得的方式，使得許多停車消費者願意付出較高的停車費率卻受限於車位資源的限制，因此，如何有效地管理停車需求，並且透過動態預約訂價來得到最佳的停車期望營收是一項重要議題，此外，位於都市商業中心通常不僅存在一家的停車設施，因此，在停車場預約訂價之策略管理上，必須考慮到其他周邊停車設施之影響。

在此基礎上，本研究利用動態規劃、隨機過程和羅吉特選擇模式，於需求不確定性下，推導雙占市場下路外停車場之動態預約訂價模式。本研究考慮顧客平均到達率、各時段剩餘車位數、剩餘預約時間和消費者願付價格，求解各時段動態預約價格，以追求最佳總期望營收。本研究不同於其他大眾運輸系統(例如，航空、鐵路和公路客運)的座位預約模式，其不同在於停車場消費者所欲停放之時間不一致，使的模式推導求解複雜。而本研究考慮兩種市場型態：獨占性市場和雙占性市場兩種。為簡化此問題，本研究研提單小時預約停車模式做為探討，模式係假設所有停車者均停放 1 小時，而停車消費者若欲停超過一小時可視為分開解決(即每個時段會有不同的停車費率)。因此，每小時之單一車位可滿足一位停車顧客之需求，進而可將停車預約問題依據不同時段切割為各自獨立的車位預約問題。

至於雙占市場競爭模式則假設停車者於欲停車時，比較兩廠商不同因素(例如，價格、步行時間和現場排隊等因素)，進而選擇停車場。為推導模式，本研究假設停車消費者到達率符合卜瓦松分配，而消費者願付價格分配則符合為韋伯分配。並且本研究以一簡例來驗證模式之適切性及可用性。結果顯示出獨占廠商最佳預約價格隨著剩餘時間減少和剩餘車位數的減少而增加，雙占廠商則會根據競爭廠商的價格而降低自身預約訂價。

關鍵字：雙占市場、停車預約、動態規劃、願付價格、動態預約訂價。

Dynamic Reservation Pricing Models for Off-street Parking Facilities under a Duopoly Market

Student: Chung-Kuang Chen

Advisor : Dr. Yu-Chiun Chiou

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

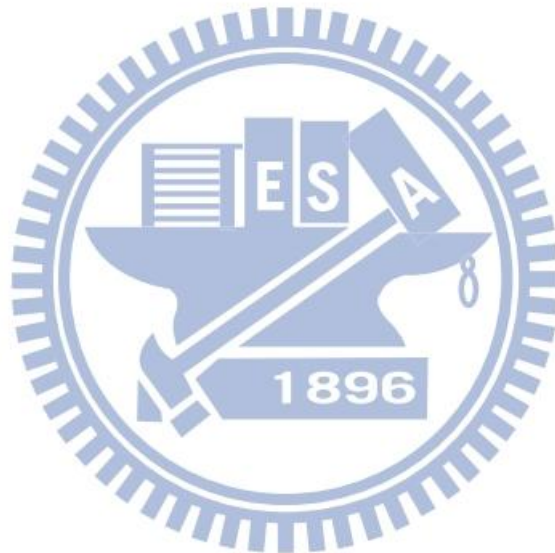
With limited parking space and inflexible pricing policy, the parking demand in the central business district has not been well-managed. Many parking needs willing to pay higher fee are rejected for parking due to no empty parking lots left. Thus, how to effectively manage parking demand and to generate even more parking revenue through dynamic reservation pricing is important. Additionally, since in the parking market, there is usually more than one parking facility in the central business district, the pricing policy of a park facility should consider that of other neighboring parking facilities.

Based on this, this study proposes dynamic reservation pricing models for off-street parking facilities based on dynamic programming, stochastic processes and logit choice model under demand uncertainties. The proposed model aims to maximize total parking revenue by dynamically determining the reservation price according to customers arrival rate, available parking lots, elapsed time for parking, and willingness to pay of drivers. Unlike traditional seat reservation models of other transportation systems, such as airline, railway and intercity bus services, parking demand is defined by various parking durations during the reservation period, resulting in the complexity of the model derivation and solving. Two types of markets are under consideration: monopoly and duopoly. To simplify the model, the one-hour model is developed and applied. This model assumes that all drivers are homogenous with the same parking duration of one hour. Users with more than one-hour parking demand would be view and solved separately (i.e. each of parking hours may have different parking fees). As a result, during a one-hour period, one user can be satisfied with one parking space, and this can further divide the parking space reservation into independent parking space reservation according to different time period.

As for the duopoly market model, this model assumes that users choose the parking lots according to their charges, the walking time, and the time required for queuing. To derive the optimal dynamic reservation price, non-homogeneous Poisson process combining by Poisson arrival rate and Weibull distributed willing-to-pay price are also assumed. To demonstrate the applicability of the proposed model, a case study on a numerical example is conducted. The

analytical results show that the optimal dynamic reservation price increases as time elapses and the number of remaining parking lots decreases. The reservation price in the duopoly market decreases due to the competition.

Keywords: Duopoly market, Parking reservation, Dynamic programming, Willing-to-pay price, Dynamic reservation pricing.



誌 謝

短短兩年的研究所生活，轉眼間即將畫下句點，各種酸甜苦辣、波折及歡笑點滴心頭，感謝這兩年間的種種使我更加成長茁壯。

首先，必須感謝的是我的指導教授邱裕鈞老師，在這兩年的研究所生活中對於學生的細心指導及照顧，不管是於論文撰寫期間、授課時抑或是生活上均很有耐心地教導我們及給我們相當多的建議與協助，並且不厭其煩地糾正我們，且適時的給予我們正確的觀念及想法，使我不至於走進論文的死胡同內，在此由衷地感謝邱老師；感謝口試委員陳菟蕙老師與張玉君老師在口試時對於論文方向、研究方法及適用性商的建議與指教，並提供許多寶貴的意見，使本論文的內容及方向更加完善。感謝所上的馮正民老師和汪進財老師，在研究期間內對於本論文提供諸多的寶貴意見和觀念的指正；謝謝螃蟹學長非常有耐心地跟我討論模式內容與整體論文之架構，並在有困難時提供協助，以及阿肥學長於計劃案內所給予的包容和指導；謝謝所辦柳姐及何姐，在工讀期間內及關於所上大小的事物的協助與幫忙，特此深致謝忱。

遇到如此棒的老師之外，我也在研究所期間遇到了一群很棒同學。最先感謝的是同家的大摳呆，不管是課業或是遇到難題時都接受你許多的幫助；感謝電動巨頭熊，謝謝你的幫助及不辭辛勞地找我打電動，感謝之情溢於言表；也感謝一起奮鬥論文邱家的夥伴們，在論文遇到困難時互相打氣與鼓勵；也感謝籃球團和重訓團的歐弟、昶律、彥廷哥、馬哥、笈羽、德坤，讓每次打球和重訓都充滿一些神秘的歡樂；感謝兩年的好室友金剛、查理對我的包容，還有一起玩樂的大頭、小黑、仙女、毛毛、小萱等；感謝胖子每次都被我叫去一起吃宵夜、打屁哈啦，並在我需要幫助時給予幫助；感謝好兄弟瘦崽，很多的事情無法用三言兩語來形容；感謝 pno 與 po lin 的支持，讓我能研究遇到瓶頸時有所突破；感謝婉婉無時無刻陪在我身邊，並給予我很大鼓勵。真的由衷的感謝你們長久以來的陪伴與扶持，哪怕往後大家各奔東西，此份情誼長存。

最後感謝一路栽培我的父母親，有你們的包容與支持才能讓我走到現在，也才能無後顧之憂地完成碩士學業，希望能將此份喜悅與你們分享。

陳重光 謹誌於
國立交通大學交通運輸研究所
中華民國一〇一年六月

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究內容與流程	4
第二章、文獻回顧	7
2.1 動態訂價	7
2.1.1 定義和假設	7
2.1.2 動態訂價相關文獻回顧	8
2.1.3 小結	12
2.2 停車訂價	13
2.2.1 停車訂價相關文獻	13
2.2.2 小結	15
2.3 賽局理論	16
2.3.1 賽局理論基本概念	16
2.3.2 賽局理論相關文獻	17
2.3.3 小結	19
2.4 願付價格	20
2.4.1 小結	22
2.5 動態規劃	23
2.5.1 動態規劃基本概念	23
2.5.2 動態規劃基本結構	24
第三章、模式建構	25
3.1 前言	25
3.2 環境設定	25
3.3 數學符號設定	27
3.4 停車動態預約訂價模式	27
3.4.1 單小時獨占廠商預約模式	27
3.4.2 單小時雙占廠商競爭預約模式	29
3.5 求解流程	32
3.5.1 個體選擇模式	32

3.5.1.1 個體選擇模式基本特性	32
3.5.1.2 個體選擇模式假設前提與限制	33
3.5.2 卜瓦松過程(Poisson process)	33
3.5.3 願付價格分配設定	34
3.5.4 求解流程	37
第四章、數值模擬分析	41
4.1 基本模式分析	41
4.1.1 基本案例參數的設定	41
4.1.2 基本模式結果	42
4.2 獨占廠商之分析	44
4.2.1 參數設定	44
4.2.2 基本模式結果	45
4.2.3 期初預約車位數變動影響	46
4.2.4 預約期數變動影響	49
4.2.5 現場停車消費者影響	52
4.3 雙占廠商之分析	54
4.3.1 參數設定	54
4.3.2 基本模式結果	55
4.3.2 單小時雙占廠商價格競爭	57
4.3.3 單小時雙占廠商價格競爭-加入步行時間	58
4.3.4 單小時雙占廠商價格競爭-不同期初車位數	63
4.3.5 單小時雙占廠商價格競爭-願付價格分配期望值變動影響	67
4.3.6 單小時雙占廠商價格競爭-現場停車消費者影響	71
第五章、結論和建議	75
5.1 結論	75
5.2 建議	77
參考文獻	78
附錄一	80
簡 歷	81

表目錄

表 2-1 動態訂價文獻歸納彙整.....	11
表 2-2 各相關產業差異性比較.....	14
表 2-3 停車訂價文獻歸納彙整.....	15
表 2-4 賽局基本元素.....	16
表 2-5 賽局分類及對應的均衡概念.....	17
表 2-6 賽局理論相關文獻整理.....	19
表 3-1 本研究環境設定.....	26
表 3-2 本研究參數設定.....	27
表 4-1 數值參數設定.....	42
表 4-2 獨占廠商數值參數設定.....	44
表 4-3 單小時與固定訂價及其營收比較.....	47
表 4-4 願付價格分配固定下-數值參數設定.....	54
表 4-5 各期願付價格分配期望值和參數.....	67



圖目錄

圖 1-1 研究流程圖.....	6
圖 2-1 願付價格機率密度函數圖.....	20
圖 2-2 消費者願付價格累積機率密度函數圖.....	21
圖 3-1 單小時獨占預約車位示意圖.....	28
圖 3-2 單小時雙占預約車位示意圖.....	30
圖 3-3 不同 α 數值下之願付價格分配變化圖.....	36
圖 3-4 不同 β 數值下願付價格分配變化圖.....	36
圖 3-5 單小時預約車位決策流程圖.....	37
圖 3-6 單小時獨占廠商預約車位模式求解流程圖.....	38
圖 3-7 單小時雙占廠商預約車位模式求解流程圖.....	39
圖 3-8 獨占及雙占廠商模式求解概念圖.....	40
圖 4-1 隨剩餘車位數變化之預約訂價.....	43
圖 4-2 隨預約期數變化之預約訂價.....	43
圖 4-3 單小時預約訂價營收圖.....	45
圖 4-4 最佳期初價格、期末價格變化趨勢圖.....	46
圖 4-5 可預約車位數變動-單小時與固定訂價營收比較圖.....	47
圖 4-6 單小時與固定訂價最佳期初訂價比較圖.....	48
圖 4-7 預約期數變動-期初價格比較.....	49
圖 4-8 預約期數變動-單小時期望營收比較.....	50
圖 4-9 預約期數變動-固訂價格期望營收比較.....	51
圖 4-10 預約期數變動-單小時訂價與固訂價格期望營收比較.....	51
圖 4-11 不同現場到達人數之預約訂價比較-以可預約車位數 50 為例.....	52
圖 4-12 不同現場到達人數之總期望營收比較.....	53
圖 4-13 雙占廠商基本模式之預約訂價趨勢.....	55
圖 4-14 雙占廠商基本模式之預約訂價趨勢.....	56
圖 4-15 達均衡時兩廠商之預約訂價.....	56
圖 4-16 雙占廠商預約訂價比較-價格競爭.....	57
圖 4-17 雙占廠商總期望營收比較-價格競爭.....	58
圖 4-18 雙占廠商預約訂價比較-加入步行時間之價格競爭(B 廠商=15).....	59
圖 4-19 雙占廠商預約訂價比較-加入步行時間之價格競爭(B 廠商=20).....	59
圖 4-20 雙占廠商預約訂價比較-加入步行時間之價格競爭(B 廠商=30).....	60
圖 4-21 雙占廠商總期望營收比較-加入步行時間之價格競爭(B 廠商=15).....	60
圖 4-22 雙占廠商總期望營收比較-加入步行時間之價格競爭(B 廠商=20).....	61
圖 4-23 雙占廠商總期望營收比較-加入步行時間之價格競爭(B 廠商=20).....	61
圖 4-24 雙占廠商比較-加入步行時間之價格競爭(左為 A 廠商、右為 B 廠商).....	62
圖 4-25 雙占廠商預約訂價比較-不同車位數(A 廠商=50、B 廠商=35).....	63

圖 4-26	雙占廠商預約訂價比較-不同車位數(A 廠商=50、B 廠商=50).....	63
圖 4-27	雙占廠商預約訂價比較-不同車位數(A 廠商=50、B 廠商=65).....	64
圖 4-28	雙占廠商期望營收比較-不同車位數(A 廠商=50、B 廠商=35).....	64
圖 4-29	雙占廠商期望營收比較-不同車位數(A 廠商=50、B 廠商=50).....	65
圖 4-30	雙占廠商期望營收比較-不同車位數(A 廠商=50、B 廠商=65).....	65
圖 4-31	雙占廠商比較-不同車位數(左為 A 廠商、右為 B 廠商).....	66
圖 4-32	雙占廠商預約訂價比較-不同期望值(A 廠商=50、B 廠商=50).....	67
圖 4-33	雙占廠商預約訂價比較-不同期望值(A 廠商=50、B 廠商=60).....	68
圖 4-34	雙占廠商預約訂價比較-不同期望值(A 廠商=50、B 廠商=70).....	68
圖 4-35	雙占廠商總期望營收比較-不同期望值(A 廠商=50、B 廠商=50).....	69
圖 4-36	雙占廠商總期望營收比較-不同期望值(A 廠商=50、B 廠商=60).....	69
圖 4-37	雙占廠商總期望營收比較-不同期望值(A 廠商=50、B 廠商=70).....	70
圖 4-38	雙占廠商比較-不同期望值(左為 A 廠商、右為 B 廠商).....	71
圖 4-39	雙占廠商預約訂價比較-不同現場人數(A 廠商=40、B 廠商=20).....	72
圖 4-40	雙占廠商預約訂價比較-不同現場人數(A 廠商=40、B 廠商=30).....	72
圖 4-41	雙占廠商總期望營收比較-不同現場人數(A 廠商=40、B 廠商=20).....	73
圖 4-42	雙占廠商總期望營收比較-不同現場人數(A 廠商=40、B 廠商=30).....	73



第一章、緒論

1.1 研究背景與動機

台灣近幾年以來經濟發展快速、家計單位所得水準向上提升以及都市開發達到一定水準，使得小客車使用率和持有率不斷攀升，造成停車需求與日俱增的情況，反之，停車供給增加相對緩慢，不及停車需求增加的速度，導致都市內停車供給和需求嚴重失衡，因此，每天均有數以萬計的車主花費大量的時間去找尋停車空間，根據交通部統計處於民國100年的小客車使用狀況調查顯示，截至民國99年12月底，全台小客車持有數超過五百六十萬輛，以每戶擁有一輛自用小客車之比例57.5%居首，其次為擁有兩輛者占31.9%，其中約有24%沒有固定停車位，而擁有車位最少的則是以台北市居冠，有三成一的車主需要自行尋找車位。且統計指出在居家附近平均需花費14分鐘尋找車位，於工作及上課地點附近則需要花費11.2分鐘，因此可以推測出若是位於都市內商業繁榮地區或是人潮聚集地區，平均尋找車位的時間會更加地增長，而我們可以得知此種情況通常會發生在人潮擁擠及經濟繁榮的商業地區、各類的大眾運輸場站和旅遊景點等，主要是因為停車車主不熟悉附近環境、人潮阻塞、車輛過多導致車位不足等特性，往往會使停車車主於市區道路上花費可觀的尋找車位時間，並造成車主本身時間成本上的消耗以及社會成本(空氣汙染)和道路阻塞。

由於國內小客車佔有率與小客車使用率逐年地成長，加上台灣都市土地資源有限以及固定費率的情況之下，都市內路外停車之需求大於停車之供給。為了解決日益嚴重的停車問題，行政院於民國82年邀集政府相關單位，研擬改善停車問題方案，同時確定以「路外停車為主，路邊停車為輔」之都市停車政策，加上擬定未來將走向「道路僅供車輛通行使用」之政策，故汽車和機車之停車需求需要藉由路外停車場來解決。而對於停車業者來說，在停車位數量有限、停車費率固定和大量的停車需求之情況下，到了停車尖峰段時段，通常只能拒絕後續到來的停車需求，然而對停車業者而言，其車位的使用率越高，即表示擁有較好的營收，但對其獲利能力不一定是最佳的。因為若是停車場業者以固定費率來服務消費車主，當消費之車主存有較高的願付價格(reservation price)卻不被接受時，則會造成停車場業者額外營收的損失，也就是表示在一個車位中，業者所付出的成本是固定的，但其因為車位並不是賣給潛在高費率之消費者的關係，造成其收益並非為最佳，這對於停車場營運而言是一項損失。一般來說，消費者會依據本身需求和不同時間限制等因素，而會存有不同願付價格，以航空運

輸為例，願付價格較低的消費者多為休閒旅遊為主，因為消費者時間彈性，可以提早安排行程，時間較為固定；相對而言，像是商務旅客通常臨時出差，旅客的時間價值較高也較不彈性，較難以掌握，而對於停車而言也是如此，因此，以「動態訂價」為基礎概念，使用各種價格機制來影響不同的停車需求分佈，並且實施停車管理的策略規劃，以達到停車業者營收最大化，以此為本研究之研究動機之一。

動態訂價又可以稱為收益管理 (Yield management)，是為營收管理 (Revenue management) 核心概念之一，此訂價管理方法於航空業中最早被運用，由於在 1970 年代末期的開放天空政策，造成各航空公司百家爭鳴的情況，因此各家航空公司均為了提高班機載客率以及本身的獲利能力，需要分析和探討未來航班座位之需求，並對於要如何在有限的艙位空間下做最適當的分配及控管，進而使收益管理的概念因此而生，Weatherford(1992)將收益管理定義為：以差別訂價規劃產品之票價，經由產品需求預測、艙位庫存管理以及超額訂位控制等過程，來處理旅客需求不確定性，藉此使航空公司艙位資源平均收益為最大。近年來除了使用在航空業之外，也在旅遊業、旅館預約和汽機車出租業等各個領域被延伸應用，而最近幾年則被應用於停車策略管理中。除了上述行業之外，Dušan and Panta (2005) 提出了智慧型停車系統 (Intelligent parking systems) 的概念，以停車預約系統 (parking reservation system) 和停車收益管理 (parking revenue management) 概念為基礎，並結合模糊理論，在價格給定的情況下，提前開放消費者預訂未來停車位需求，並且考慮超額訂位來解決即時的停車需求，藉此來達到停車業者營收最大化的目標，但此研究未考慮到消費者個人需求、不同時間限制和消費者願付價格，因此，要如何應用動態訂價並結合賽局理論的概念，在未來需求不確定性下，探討兩競爭停車業者收益最大和探討兩競爭廠商的最佳價格的變化，此為本研究之研究動機之二。

本研究是以同一區域停車場之停車動態訂價規劃為研究主題，並考慮該區域市場中有另一家競爭停車場業者的影響，主要在解決兩家停車業者擁有不同的固定車位容量下，同一等級車位服務中的預約停車行為，以決定不同時間彼此競爭的最適停車費率。而以停車業者經營環境而言，不管本身的經營管理策略和另一家競爭業者可能會影響到本身營收的市場策略，停車預約訂位的需求常常會因為經濟環境的變動或是尖離峰等因素的影響，而造成即使位於同一區域內的停車場，停車資訊及訂位的相關資料特性也會有些許的差異，因此，本研究假設研究範圍內為特定的經濟環境與尖峰的需求，不具有週期性的變化，且不受季節性因素影響，藉此來避免參數設定上產生大幅度的變動。

1.2 研究目的

根據上述的動機，本研究以兩停車業者希望能得到競爭後之營收最佳化的立場，利用不同的價格機制，以即時調整預約價格的方法來改變需求，加上探討消費者到達率，並對於消費者願付價格提出適當的描述及分析，進而訂出最適價格，來增加停車車主停車的意願，並達到整體期望營收最佳化為主要的目的。

因此，本研究以Bitran and Mondschein(1997)提出的動態訂價模式(Dynamic Pricing Model)為基礎，先是以單家廠商為基礎構想，探討兩家競爭業者模式的特性，並考慮停車需求的各種特性，建構最佳動態預約訂價策略模型，並引進羅吉特選擇模式之概念和消費者願付價格概念，使模式更為貼近實際停車狀況，而本研究主要目的為建構兩家競爭停車預約訂價模型，茲將本研究目的條列如下：

1. 彙析相關停車及收益管理文獻，以理論架構為基礎，探討兩競爭路外停車與各類產業之相關特性，藉此使停車業者進行停車預約訂價時，能了解當下所需考慮的變數以及特性。
2. 引進消費者願付價格的概念，提供正確的描述與分析，藉此使停車業者能較準確的預測消費者需求，進而訂定出各期間最適預約停車之價格，並達到兩家廠商整體的營收最佳化為主要目的。
3. 引進羅吉特模式概念，以不同的價格機制和消費者步行時間來表達消費者選擇行為，使兩家競爭業者擁有不同的顧客選擇機率，藉此能建構出兩競爭業者不同的總期望營收。
4. 應用賽局理論之概念為基礎，來表達兩廠商間之競爭行為。
5. 利用一簡例探討模式之可用性，並且使用上述所得的相關變數和參數，探討需求不確定性下，兩競爭路外停車預約訂價模式，以了解兩競爭業者間的關係和達成營收最佳化目標。

1.3 研究內容與流程

本研究以停車業者期望獲益的觀點出發，利用價格機制與需求互為反函數的關係，藉由調整價格的方式改變市場之需求，促進消費者至停車場停車的意願，並且考慮兩家廠商相互間的價格競爭，針對願付價格的相關特性加以描述與分析，提升停車業者對於消費者需求預測的精確度，進而訂定出最適的預約價格，並將其所得的價格及營收結果應用於停車策略管理上，並提供相關的停車策略。茲將本研究之研究內容敘述如下：

1. 確立研究目的與研究範圍之界定。

依據本研究的研究背景與動機，探討現實中實際停車需求的過程，並且討論目前已發展出的停車動態訂價模式，藉由以上兩者討論，建構符合時替停車需求的單廠商停車動態預約訂價模式，並且由此衍生來探討兩家停車業者競爭之關係，因此，本研究依照現實中的問題和模式的相關內容發展，可以分為兩大動機建構停車動態預約訂價模式，希望藉由模式的建構及應用來達到本研究預設的四大目的。

2. 文獻回顧整理相關研究。

為了達到本研究所預設的研究目的，並使所建構的模式更加完整且縝密，本研究的文獻回顧主要依照本研究之研究動機與目的，將其分為三大部分，其一為動態訂價理論基礎和相關文獻回顧，其二為停車訂價相關文獻，其三為賽局理論相關文獻，本研究希望透過文獻回顧的部分，確立雙占市場停車動態訂價基礎理論，由訂價相關理論中探討停車模式之獨特性，再建構競爭停車預約訂價主要的模式理論，並根據先前所探討的停車特性之最適假設模型，保留其模式動態特性，建構出符合實際停車訂價行為之模式，並且探討模式應用，了解未來模式發展方向以及可能需考慮卻尚未考慮之因素，藉此使模式更佳的完整，本研究回顧第三部分文獻，主要在探討賽局理論，蒐集相關的應用理論以及假設，了解當兩競爭停車業者由於訂價策略的不同，而造成價格相互的影響，加上考慮到可能影響兩廠商競爭之因素，並將其加入本研究模式中使模式更趨完整。

3. 兩競爭業者停車動態預約訂價模式建構。

本研究考慮到停車特性，將其加入到原始動態模式當中，並參考本研究所蒐集的相關文獻，探討應用於停車預約訂價相關變數的合適性，建構出最適模式，並應用回顧文獻中所提出的假設，分析本研究模式的建構與確定性訂價模式進行相關的比較與各種驗證，確認模式之精確性。

4. 兩競爭業者停車動態預約訂價模式特性及其驗證。

本研究主要參考動態訂價模式相關文獻中所提到的連續性隨機過程，探討可能影響到兩競爭停車業者的變數，從中選擇適當的變數，將其運用在本研究模式當中，並且利用數值模擬分析作比較加以驗證對於動態訂價的效益，最後則確定本研究所建構之兩停車業競爭動態預約訂價模式的合適性。

5. 兩競爭業者停車動態預約訂價模式應用。

由模式特性的相關驗證，可以確定模式是否有符合實際預約停車之狀況，進一步地將相關的停車策略管理應用於現實狀況，加上本研究所建構之雙占市場停車動態預約訂價模式，探討國內外的停車管理議題，並加以結合應用及發展。

6. 結論與建議。

根據研究之結果進行歸納整理與分析，總結本研究之結論，並依據研究過程當中所得的相關內容，研提後續研究發展和相關建議。

本研究之流程圖1-1所示。

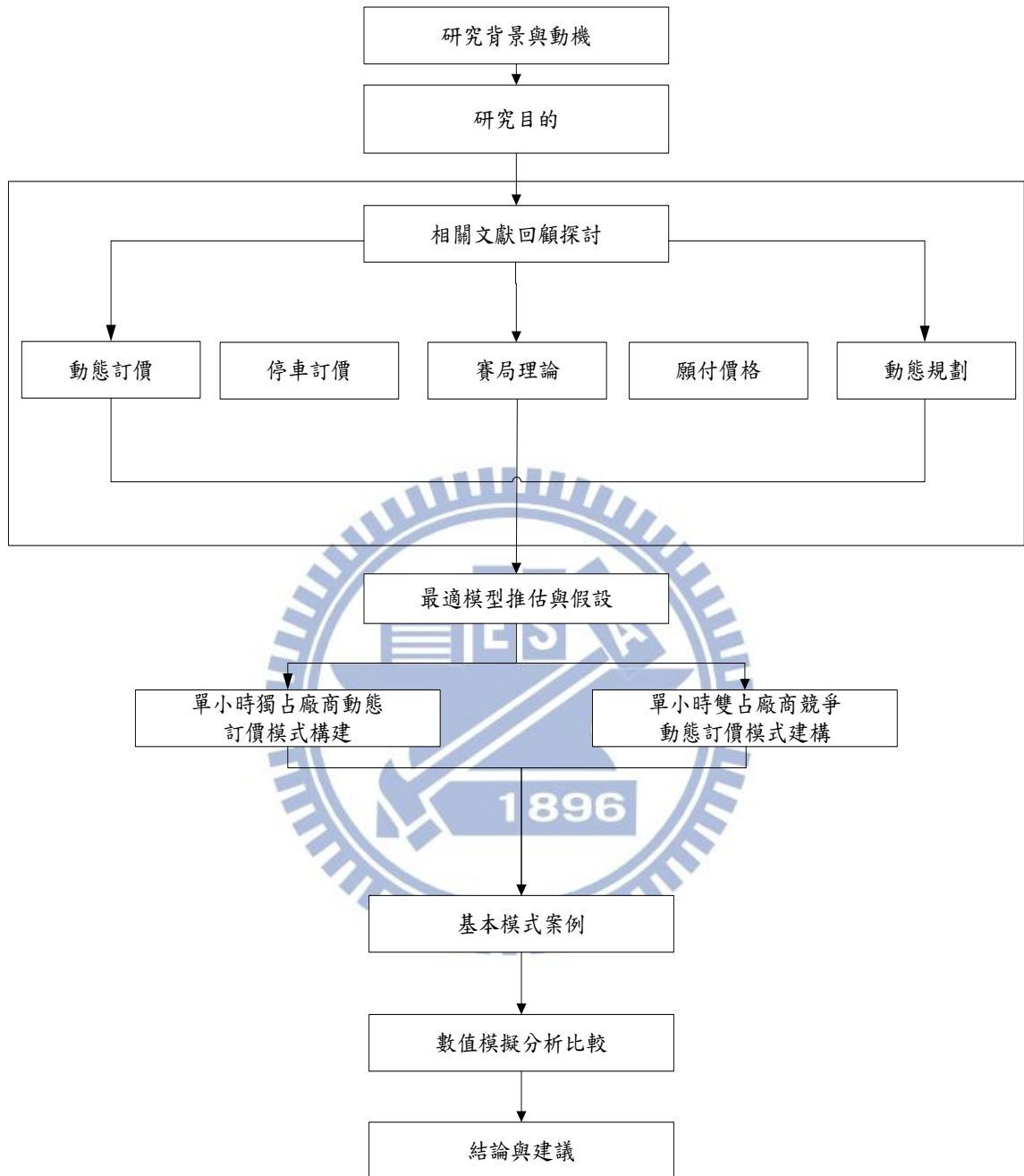


圖1-1 研究流程圖

第二章、文獻回顧

2.1 動態訂價

本節首先定義「動態訂價 (Dynamic Pricing)」為何，接著再回顧關於動態訂價的相關文獻，並利用表格的方式整理各文獻之特性，進一步與本研究做一些相關的比較。

2.1.1 定義和假設

由於資訊科技的普及使得價格變動的成本降低 (Netessine, 2006)，因此動態訂價慢慢地取代了傳統的單一訂價模式 (Wurman, 2001)，並且普遍被運用在航空公司、零售業以及旅館業 (Xu 與 Hopp, 2004)。

動態訂價是透過消費者需求與供給之動態表現去訂定一個商品的價格 (Wurman, 2001)，在動態訂價下，價格會隨著不同的庫存量以及產能改變，可使營收最大化或達到此策略的目標 (Xu 與 Hopp, 2004)，而在 Weiss 與 Mehrotra (2001) 也提到所謂的動態訂價為一種行銷的價格策略，隨著產品、管道、客戶和時間變化，持續且頻繁地調整價格的一種商業策略，且其為收益管理的核心概念之一，而其調整價格主要的目標則是為了達到整體期望營收最大化，且適用的產品通常共同存在兩種特徵，首先第一個是產品具有易逝性 (Perishable)，也就是說此產品會受到時間性的影響，必須於特定的時間內銷售完成，否則未銷售完的產品其殘餘價值 (salvage value) 為零，尤其針對像是飛機票、船票、旅館房間和流行性商品等具有時間限制性的商品，若是這商品沒有在一特定的時間內售完，則其就會變得沒有價值，如飛機已起飛，則剩餘的飛機票殘餘價值為零，故以營運者的角度而言，必須在有限的時間內將商品售出；第二則是具有龐大的邊際成本且產能固定，因此不易增加額外的產能，且邊際成本變動成本較低。由於產品具有上述的特徵，所以產品在銷售時會伴隨著相當龐大的機會成本，而在大量需求及存貨短缺的情況下，會造成尚未購買到產品的消費者具有高度貨幣效用價值，消費者願付價格相對較高，也就是表示願意以較高的價格去購買產品，由此可知，動態訂價的概念是依據現有的存貨以及銷售狀況預測消費者的貨幣效用價值，並隨時調整產品價格的售價，以價格機制來達到整體營收最大化的目標。動態訂價之影響因素如下所示：

1. 可用產能 (Available Capacity)

在其他條件不變的情況下，對於平均需求量的產能愈小，能從動態訂價策略中所獲得的利益就愈大。

2. 需求變異性 (Demand Variability)

對於需求不確定性而言，不確定性愈高，使用動態訂價策略所獲得的利益也就愈大。

3. 需求型態的季節性 (Seasonality in Demand Pattern)

需求型態的季節性愈明顯，實施動態訂價策略所能獲得的利益就愈大。

4. 規劃期間的長短 (Short Planning Horizon)

規劃期間愈短，使用動態訂價策略所獲得的利益就愈大，相對來講，規劃期間愈長，則使用動態訂價策略所獲得的利益就愈小。

2.1.2 動態訂價相關文獻回顧

在經濟學、行銷學與作業研究管理的領域中，收益管理相關研究已有相當的發展，早期的研究大多集中在艙位控管和超額定位等有關的議題，但實際上發展出正式的價格決策工具是少之又少，而文獻的部分多以訂價策略為主，並探討價格機制如何影響消費者購買的行為及意願。在早期的航空訂價模型中，票價費率通常假設為固訂價格費率，即營運者預先設定販售票價價格，隨著旅次需求的變化，進行不同費率的艙位管理，而近幾年，由於營運者追求營收最佳化，使得動態訂價策略逐漸成為一個熱門的議題。

Gallego 與 Ryzin(1994)提出易逝性產品訂價模型，主要是研究網路零售市場，以流行性和季節性的商品為主，作者使用密度控制(intensity control)的方法去構建出以存貨水準和時間長度為函數的連續時間動態訂價模型，並且假設消費者對商品的需求具有價格敏感度，即消費者隨著商品價格的變動會改變整體商品的需求，且需求為隨機並符合同質性卜瓦松過程 (Homogeneous Poisson Process) :其假設為單位時間內所平均發生次數為 λ (PS)，而價格 PS 變動不違反訂價策略，所決定的價格必須是符合合理的價格，且隨著不同的期望利潤而改變。

其研究探討了多元商品的市場，並且假設市場為不完全競爭市場 (Imperfect competitive market)，公司須在有限的銷售時間內，訂定最終的商品價格，並且在有限的銷售水準下，販賣其多種商品，使期望營收最大化。接著作者提到，由於所得最佳啟發解需要頻繁地調整銷售的價格，因此會產生許多隱藏成本，像是破壞產品價值的成本或是改變價格的管理成本，而作者是用簡化的模式，根據確定性問題導入最佳期

望收益上限值，並且說明當在銷售期間或是存貨的銷售量為無限大的時候，發展出一個固定價格的演算法，且其值趨近於最佳解。且作者將基本問題整理過後，延伸至很多種不同的情境，像是需求分配為複合卜瓦松 (Compound Poisson)、時間相依性，取消訂位和已經訂位卻未出現者。

Bitran 與 Mondschein(1997)探討單一零售店販售季節性商品的最佳訂價策略，並描述最佳訂價策略模型是與剩餘時間和存貨多寡有相關，且潛在消費者人口受到其本身願付價格分配的影響，而消費的到達率屬於同質性普瓦松隨機需求過程 (Homogeneous Poisson Distribution)。作者提出三種零售訂價模式，並使用動態規劃的方法求解：

1. 連續時間模式(Continuous Time Model)。
2. 週期性訂價模式(Periodic Pricing Model)。
3. 宣佈折扣模式(Announced Discount Model)。

首先作者先建構一個連續時間訂價模型，並推導出最佳訂價策略和其數學式，說明此最佳訂價策略與現有存貨和時間有相互關聯的函數，就理論而言，零售商為了創造出本身最大營收，可以藉由連續時間模式來訂立商品銷售價格，並且其銷售價格會隨著時間的變化而持續的調整價格，但與 Gallego 與 Ryzin(1994)所提到，連續時間的動態訂價模式在現實中會因為所產生的變動成本，在實行上會有所困難。因此，為了考量更貼近實務運作的情況下，發展出週期性訂價策略模式，此訂價模式允許其價格變動在一離散的時間點發生，且價格變動呈現非遞增趨勢，會因為產品的賣出而產生向上跳升的函數，而此類策略對於消費者對商品的購買意願會隨著銷售時間的流逝而降低；相反地，在航空領域或者郵輪出航等，會因為離航班起飛或郵輪出航的時間越接近，消費者會願意花較高的價格去購買機票或船票，因此，航空公司會為了區分不同需求的乘客，在航班的銷售期間會採取相對應的訂價策略，對消費者進行區隔。作者藉由此週期性訂價策略求得一個近似最佳解來取代連續時間訂價策略，以解決在實務上頻繁調整商品訂價之困難。最後，作者則建構一個簡化的折扣訂價模式，研究此訂價策略的收益績效以及其價格，並簡述目標函數是最大期望營收且期初存貨為未知變數的情況下，要如何去建構離散時間訂價模型和折扣訂價模型。文獻中綜合 Gallego 與 Van Ryzin (1994)的結論：

1. 最佳訂價策略為一個與時間相依、非遞增，且當有商品賣出則會往上跳升之函數。
2. 就需求不確定性而言，當不確性愈高，期初訂價則愈高，而銷售期間的折扣幅度也愈大。

3. 連續時間訂價模式的營收與定期訂價模式營收之差異甚小。

Chatwin(2000)使用了 Miller(1968)文中許多重要的結果，並用這些結果去發展最佳訂價策略的結構特性，文中提到顧客對商品的需求是呈現卜瓦松分配且需求參數與價格呈現反向相關，在有限的價格組合下進行價格的調整，提出在有限的銷售時間內對數量有限的商品合適的動態訂價模型，其中最佳的訂價策略是週期性訂價策略 (piecewise-constant)。在本篇研究中顯示，最大期望收益會隨著剩餘存貨數以及所剩的銷售時間呈現非遞減的凹函數曲線，而最佳價格則與剩餘存貨呈非遞增關係及與剩餘銷售時間呈非遞減關係，Chatwin(2000)文章中也將 Gallego 與 Ryzin(1994)所發展的固訂價格演算法與其本身所發展的最佳化訂價策略進行績效比較。

Zhao 與 Zheng (2000)探討在給定存貨下，不考慮缺貨、期末存貨具有殘值(成本)、在規劃期間不接受在補貨和需求是動態及價格敏感下的最佳動態訂價策略，以動態訂價滿足期望利潤最大。且假設在各個時間點之需求發生前，從有限的範圍中的價格選出最佳訂價，以此來達到最佳訂價，並假設顧客到達率呈現非同質性卜瓦松分配 (Nonhomogeneous Poisson Process)，且每位顧客均存在一對物品的願付價格 (reservation price)，而此願付價格呈現離散分配，對賣方來講為未知，因此，當顧客的期望價格高於賣方售價時，則消費者願意購買，反之，則購買行為不會發生，而顧客的期望價格會隨時間而改變。文中並發展出在給定的時間內，最佳價格會隨著存貨數量變動，同時定義此項特性成立時的充要條件。

Sibdari 與 Pyke(2010) 探討在有限時間內，兩家公司伴隨著不同的品質水準，提供可替代性和非易逝性產品的動態訂價，消費者可以購買及儲存產品，因此產品的需求不僅屬於價格及品質水準的函數，亦屬於產品庫存的函數。研究中使用確定性動態訂價規劃來計算均衡價格，藉由假設市場存貨是一個公開的資訊來說明一個獨特的奈許均衡(Nash equilibrium)是存在的，並且考慮到公司無法得知市場存貨的情況下，使用相對應的啟發法來計算各情況的最佳價格；消費者面對不同的買家(離散選擇)，因此 Soheil 與 David(2010)使用多元羅吉特 (Multinomial Logit) 模式來描述消費者的選擇，並假設消費者為獨立追求效用最大化。而此篇研究提出了賽局理論的觀念，來探討兩間公司對於未來使用的產品被儲存的動態訂價競爭。

Tsai 與 Chu(2011)探討藉由停車位預約來降低汽車為了尋找車位而巡航的問題。而為了要考慮到駕駛者以及停車設施提供者的利益，作者建議對於預約的駕駛者收取額外的停車費用，而願付價格模式則以願付價格的價值會等同於尋找車位時間所省下的時間價值來計算，並且以空位數量當作隨機變數及應用二項訂價方法來建構模式。

停車預約系統的目的是確保尋找車位時間的不確定性，駕駛者預約其所需要的時間並在預約時付預約價格，而此預約價格跟停車價格為區分開來的，即除了支付預約費用，駕駛者能必須支付原本基礎的停車收費；在尋找車位時間模式，停車預約系統訂價的概念是估計尋找車位時間不確定性的價值；而二項訂價模式則是建立在預約停車不存在時，考慮花在找尋車位時間的實際價值以及預約停車所提供保證尋找到車位時間的不同。根據兩個不同大小的停車設施資料顯示，預約停車系統可以改善對於駕駛者的尋找成本，而對於停車設施提供者則會營收以及平均每周降的排放量。

表 2-1 動態訂價文獻歸納彙整

作者	年份	產品種類	問題模式	需求模式	最佳價格路徑	決策變數	其他考量變數
Gallego and Ryzin	1994	多種	確定模式	同質性 Poisson-與價格相依	固訂價格為近似最佳解	商品價格	消費者需求函數 (Poisson) 銷售時間長度 時間內銷售商品個數
Bitran and Mondsc hein	1997	一種	隨機模式	非同質性 Poisson-與時間和價格相依	非嚴格遞減之跳升趨勢	商品價格	消費者抵達率 存貨數量 銷售時間長度 願付價格機率函數 累積願付價格機率函數
Chatwi n	2000	一種	連續馬可夫鏈過程	同質性 Poisson-與價格相依	嚴格遞減 (分段解)	商品價格	消費者需求強度 單位時間內最大總期望營收
Feng and Xiao	2000	一種	隨機模式	同質性 Poisson-與價格相依	可變動價格	商品價格	潛在消費價格 消費者需求率(Poisson) 累積需求函數 單位時間內未銷售商品個數 單位時間價值函數
Zhao and Zheng	2000	一種	隨機模式	非同質性 Poisson-與時間和價格相依	嚴格遞減	價格最佳變動時間	願付價格函數 願付價格累積函數 消費者需求率(非均質性 Poisson)
Feng and	2000	一種	隨機模式	依據已經出現的消費者	馬可夫特性	價格改變	存貨數量 銷售時間長度

Gallego				來決定未來的消費者數分配		次數	價格改變次數 營收率函數
Li	2001	多種	線性 規劃	-	三種價格 以上	航空 票價	價格需求函數 存貨數量 殘餘需求
Anjos et al	2005	一種	隨機 模式	非同質性 Poisson-與 時間相依	-	航空 票價	銷售剩餘時間 給定價格、時間欲訂票 機率 單位時間內欲訂票人數

2.1.3 小結

在上述的相關文獻研究當中，了解目前多以一個有限時段的連續時間作為動態規劃的基礎，然而對於本研究的預約停車行為中，停車時間為跨時段之連續時間問題，且尚未有相關的研究以及推導，而這也是本研究重要的研究課題。本研究是以 Bitran 與 Mondschein(1997)零售廠商間的價格機制為模式的主要架構，假設在固定一時段之內兩競爭路外停車業者，面對消費者隨機到達率和不同的願付價格，在限定的訂位期間內，並給定兩停車場車位數量的情形之下，決定不同時間兩競爭停車場車位最佳訂價策略，且以消費者願付價格的概念來表達整體需求，同時也因為與航空訂價有些許類似的背景，故也採用一些航空業研究中的假設，應用到本研究當中作為基本的假設。

2.2 停車訂價

接著本節回顧關於停車訂價的相關文獻，利用所回顧的文獻之特性整理各文獻之特性，並且與本研究做比較。

2.2.1 停車訂價相關文獻

藍武王(民 69)探討訂定停車費率的方式，說明應該以差別訂價的方法進行，並且歸納出相關訂價原則：

1. 影響停車費率訂定之因素：(1)停車場總成本(2)停車者所能負擔最高價格(3)停車場合理報酬
2. 合理的停車費率應考慮：(1)地區特性(2)時間特性(3)停車場種類(4)停放車輛類型等因素
3. 訂定停車費率時須考量條件：(1)路外停車場需有合理報酬(2)合理之停車費率結構(3)合理收費方式以符合停車者的意願。

由於路邊停車與路外停車比較起來相對方便，因此在費率訂定方面，以成本訂價法為基礎，建議路邊停車費率高於路外停車之費率，且路邊停車之費率計時也應比路外停車短。

Thompson 與 Richardson(1998)建構了車主尋找車位的模式，由多個決策組成，而尋找車位的過程會在其它效用較大時而停止尋找，而效用以使用成本、等待成本等因素來表示。Arnott 與 Rowse (1999)則指出無使用的停車空間隨機性為尋找車位重要的影響。

Ferrari(1995)提到停車訂價策略實際上比較常應用在道路收費，因為可以降低投資成本並且不用使用較先進的技術，可以直接或間接的影響到社會經濟和城市環境的部分，像是 Proost 與 Van Dender(2001)提到停車策略的實行可以降低空氣汙染和其他外部成本(車禍或是汙染等等)。近年來，有越來越多的議題在討論要如何透過運輸政策及方法來達到永續，其中一項潛在策略為停車控制(Ong et al., 2010)，提到尋找停車位往往會消耗司機顯著的時間，且在尋找車位的過程當中可能會造成高社會成本，導致交通擁擠、空氣汙染和城市環境惡化，而在這當中，不確定性的可停車空間則扮演了此議題的重要角色(Thompson 與 Richardson, 1998)，Tsai 與 Chu(2011)主要探討要如何藉由估計停車不確定性去減少尋找車位時間，並引入了停車預定系統確保消費者可以在特定的時間內保證有停車位。

Hensher 與 King (2001)以在雪梨中心所蒐集到的資料進行停車費率和停車需求之間的關係，並以發放問卷的方式以巢式羅吉特來進行分析，其研究成果發現停車費率對於使用率的影響高達 97%，而停車時間對於使用率的影響則不到 3%，而在 Adiv 與 Wenzhi(1987)的文章中，其使用迴歸分析方法去探討影響停車收益的各項變數，其結果也顯示停車費率與停車收益呈現正相關，因此，可以發現停車費率對於消費者而言是相當重視的因素。

在停車訂價問題上，D'Acerno et al. (2006)探討兩個停車訂價策略，目的地停車訂價策略(destination parking pricing policy)和起迄點停車策略(origin-destination parking pricing policy)，並將道路使用者、公車使用者和行人列入考慮，建構雙層數學規劃問題(bi-level problem)，上層為最佳化問題而下層為均衡指派問題，Ignaccolo et al.(2006)使用離散選擇模式即最佳化技術來找到理想費用。

本研究中主要採用停車業的價格控制機制，和 Teodorovic 與 Lucić(2005)中提到的概念，考慮到停車需求隨時間之變動，並加以延伸及應用，使本研究得以更趨近現實世界，然而目前關於停車訂價相關研究文獻依然甚少，且汽車停車具有停車需求隨時間變化、市場區隔、殘餘價值為零、產品生命週期短、車位固定、車位不可儲存性等相關易逝性產品特性，固本研究將其與相關產業做產品特性比較：

表 2-2 各相關產業差異性比較

	航空	旅館	租車	停車場
存貨單位	座位	房間	車輛	車位
單位類型數量	1~3	1~10+	5~20+	1
存貨流動性	小	無	相當大	無
使用時間長短	單程固定	不確定性	不確定性	不確定性
訂位時間長短	較長	中等	中等	較短
價格敏感度	低	中	高	高

表 2-3 停車訂價文獻歸納彙整

作者	年份	議題	方法及內容
藍武王	民 69	探討臺北市停車費率之合理性	訂定差別取價費率制度
Adiv 與 Wenzhi	1987	探討影響停車收益之各項變數	迴歸分析
Verhoef <i>et al.</i>	1995	探討使用停車費率管制與實體停車供給限制管制之不同	建構模型實際模擬分析
Hensher 與 King	2004	探討停車費率與停車需求行為之間的關係	問卷分析及巢式羅吉特
Teodorovic´ 與 Luc´ic´	2005	車位配置規劃	確定性模式及模糊規則系統
D’Acierno <i>et al.</i>	2006	探討目的地停車訂價策略和起迄點停車策略	雙層數學規劃問題
Shaheen 與 Kemmerer	2007	智慧停車試驗系統	事前預約以及車上預約

2.2.2 小結

根據上述有關停車訂價之文獻回顧中，發現目前國內外文獻對於路外停車該如何訂價相關研究文獻甚少，而在預約停車訂價的部分，Shaheen and Kemmerer (2007) 針對停車預約訂價，也僅使用固訂價格加以訂價，因此，如何運用收益管理中動態訂價的概念，在未來需求之不確定性下，探討兩競爭停車業者之意圖、彼此競爭的結果以及車位資源的分配則為本研究所要探討的重要議題。

2.3 賽局理論

本節首先先定義「賽局理論(game theory)」為何，接著再回顧賽局理論相關文獻，並且與本研究做比較。

2.3.1 賽局理論基本概念

賽局理論在現實社會中的應用極為廣泛，其在 1944 年時，由 John von Neumann 與 Oskar Morgenstern 所著之“Theory of games and economic behavior”一書中發展為數學模式，並成為二十世紀前半主要的科學成就之一。而在 1953 年時，John Nash 提出著名的納許均衡觀念，為賽局經濟理論寫下了重要的里程碑。賽局理論(game theory)是研究當決策主體發生直接相互作用時的決策和此種決策的均衡問題，即人或是企業的選擇行為會受到他人的影響，並且此選擇行為也會影響到他人的決策行為，因此，賽局理論又可以稱為對策論。在傳統的經濟學上探討個人決策時，同常是在給定一價格參數等條件下，如何使個人效用最大化，然而此效用函數只能反映出本身的選擇行為，換言之，個人最優好的選擇即是價格函數，然而在賽局理論裡，其考慮的不僅是本身的選擇，也將納入他人的選擇行為。

賽局理論主要可以分成合作賽局與非合作賽局兩種，其差別在於合作賽局是以整體的利益為主，追求最大化總體利益，反之，非合作賽局則是以自身為主，追求自身利益最大化。本研究主要探討兩廠商間的競爭，故以非合作賽局為本研究的主軸，賽局理論的元素包含了參賽者、行動、訊息、策略、報酬、結果與最後的均衡解，將各元素與對應之內涵整理如下表。

表 2-4 賽局基本元素

賽局理論元素	說明
參賽者	單人和多人
行動或規則	參賽者可應用的行動以及行動的先後順序、出招次數。
訊息	訊息結構之分類： 完全訊息：訊息集合為單一節點，所有訊息皆為共同資訊， 不完全訊息有兩個以上的節點，但不會同時發生。 充分訊息：每位參賽者均曉得賽局之所有基本元素。
策略	參賽者由其擁有的訊息集，選擇該執行的行動集合。
報酬	參賽者在賽局結束時，所能得到的報酬。
結果	結果=行動策略+報酬 Outcomes = action + payoff

均衡	把對方之決策視為既定，自己再作決策，包括每位參賽者在給定其他參賽者的最佳策略下，所選擇之策略組合。當參賽者之預期與策略都不再修正時，則賽局達到平衡。
----	--

資料來源: 張宮熊(2009)，賽局

賽局大致上可依照兩大構面來區分。

1. 參賽者出招順序

若參賽者行動有先後順序的情況下，即所謂的動態賽局(dynamic game)；而靜態賽局(static game)則是只參賽者同時出手，即一局定輸贏的賽局。

2. 參賽者是否掌握其他對手的相關資訊(如策略運用、報酬函數等)若參賽者對所有其他參賽者的資訊完全清楚，則此賽局為完全賽局；否則，其為不完全賽局。因此，可以將兩個構面結合成四個不同類型的賽局，而在該賽局均衡下，及產生以下四個常見的賽局概念，如下表所示：

表 2-5 賽局分類及對應的均衡概念

行動順序 信息	靜態	動態
完全訊息	完全訊息靜態賽局: 納許均衡: Nash, J(1950,1951)	完全訊息動態賽局: 子賽局完美納許均衡: Selten (1965)
不完全訊息	不完全訊息靜態賽局: 貝式納許均衡: Harsanyi (1967~1968)	不完全訊息動態賽局: 完美貝式納許均衡: Selten (1975)

資料來源: 巫和懋、夏珍，「賽局高手」，時報出版社，2004 年。

2.3.2 賽局理論相關文獻

Li 與 Peng(2007)探討以隨機控制理論和賽局理論為基礎，對於兩互相競爭航班的連續時間動態訂價模式，並以中國國內航班為例，由於競爭的結果之下，航空公司在決策的過程中，不應該只考慮本身的需求及存貨水準(座位)，也需要考慮到競爭者，因為其競爭者會影響到本身的訂價，然而很多的營收管理都建立在獨占市場上，只會考慮到航班本身，並且只使用歷史資料來做座位分配的決策，這類模式很少會關心到

在競爭情況下的存貨及訂價的調整，此篇文獻中作者不考慮到座位的取消、有劃位卻沒有出現以及超額預定的狀況，並假設顧客到達率以非同質性卜瓦松過程(Non-homogeneous Poisson process)來表示，兩競爭的航空公司具有完全開放資訊，也就是說可以了解到對手即時的訂價以及所剩的座位數；很明顯地，航班的需求會因為其對手的價格及本身的價格所影響，因此一些顧客會因價格高於對手而轉向搭乘對手的航班。

Lin 與 Soheil(2009)以賽局理論來描述販售可替代產品公司間的即時動態訂價競爭，藉由假設所有公司的即時存貨水準是公開資訊來表達奈許均衡(Nash equilibrium)是存在的，並討論公司只知道期初存貨，且無法得知其競爭對手的即時存貨資訊的狀況下，該如何達到利潤最大化。作者使用離散時間模式，並讓每段時間長度極小化，因此可以想成每一段時間內顧客的到達至多為一個人，而在販賣商品的期間，公司可以在每段時間內改變其商品價格，顧客到達後會比較替代產品以及其價格產生兩種情形:購買一商品或是空手而回，且作者使用 MNL(multinomial logit choice)來表示顧客的離散選擇，其模式不同於以往的動態訂價模式，主要的分別在於顧客購買商品不只是根據本身的價格，也需要考慮到替代商品的價格，並分別以有完整即時資訊以及沒有完整資訊來討論。

Aiyoshi 與 Maki(2009)探討在產品分配和市場佔有率同時具有限制下的連續決策問題，作者研究中討論寡占市場中的製造業者，並討論有競爭力的情況，但在另一方面卻沒有上述所討論的細節，如大量客戶的喜好，而在 Sadeghi 與 Zandieh(2011)則整合了這些細節和競爭的情況。

Von Stengel(2010)探討雙占競爭領導者和跟隨者的收益，並同時伴隨著奈許收益(Nash payoff)，而典型數量競爭的雙占模式是由 Cournot (1838)所提出，是兩公司同時選擇數量的賽局，而其解(Cournot's solution)為獨特的奈許均衡(Nash equilibrium)，然而在 von Stackelberg (1934)所提出的領導者決策模式中使用相同的收益模式，但其中一家公司會先變化，而第二家公司則隨著第一家公司的改變，得到最好的回應。作者並與(Amir, 1995)比較領導者和跟隨者的收益或是同時發生的賽局，假設雙占決策除了對稱性外，還將間隔假設為策略空間，獨特最佳回應，以及獨特的對稱奈許均衡，並使用(Gal-Or, 1985)和(van Damme 與 Hurkens, 2004)文中重要的結果去發展其模式。

表 2-6 賽局理論相關文獻整理

作者	年份	議題	方法
Li and Peng	2007	兩互相競爭航班的連續時間動態訂價模式	隨機控制理論和賽局理論
Lin and Soheil	2009	可替代產品公司間的即時動態訂價競爭	時間離散模式和賽局理論
Aiyoshi and Maki	2009	產品分配和市場佔有率同時具有限制下的連續決策問題	賽局理論

2.3.3 小結

在上述的文獻探討中，可以了解到目前的賽局理論當中以 Nash 均衡與 Stackelberg 均衡為兩個重要的概念，經常被拿來作為非合作賽局模型的使用分析工具，當參與者須同時做出決策或是在不能溝通的情況下，利用 Nash 來分析，然而 Stackelberg 均衡則是被運用於領導和跟隨的情境下，當有一參與者先於其他參與者做出決策，而跟隨者(follower)面對領導者選擇了自己的最佳回應。對於本研究的競爭預約停車行為中，我們探討兩平行的停車場，並考慮兩停車業者具有公開資訊，假設兩停車業者分別以不同的訂價來影響消費者的需求，並不互為領導者與跟隨者，故本研究以 Nash 均衡為賽局的基礎，發展雙占停車預約動態訂價模式。

2.4 願付價格

願付價格(willingness to pay)是由 Hicks 以消費者剩餘的概念所延伸，Mankiw(2008)提到願付價格是指消費者對於該產品所願意付出的最大價格，並且指出消費者所願意付出的價格表示其對該產品所認定的價值，因此只有當消費者本身願付價格大於廠商對於商品所訂定之價格時，購買行為才會產生，反之，若是廠商所訂定的產品價格高於消費者願付價格，則消費者的購買行為不會產生。以下為願付價格的機率密度函數(圖 2-1)和累積機率密度函數(圖 2-2)，由圖 2-1 中可以看出，在設定願付價格平均數為 50 和願付價格變異數為 100 的情況下，以平均數為界，圖形中右尾之機率較小，而左尾之機率相對來講較大，以此可以表達消費者的消費特性，願意出高價購買者較少，反之，願意出低價購買者較多，接著由圖 2-2 所示，當廠商只可以得知消費者願付價格機率密度函數 $f(WTP)$ 和累積機率密度函數 $F(WTP)$ ，但無法明確的得知消費者願付價格 WTP 時，可以由消費者願付價格與廠商訂價來找尋相對關係，因此，當消費者願付價格 $WTP > P$ 廠商訂價時，表示消費者願意購買此商品，且其機率以 $1-F(P)$ 表達，即交易發生機率，反之，當消費者願付價格 $WTP < P$ 廠商訂價時，表示消費者所願意付出的價格小於廠商訂價，則購買行為不會產生，即表示交易不發生之機率。

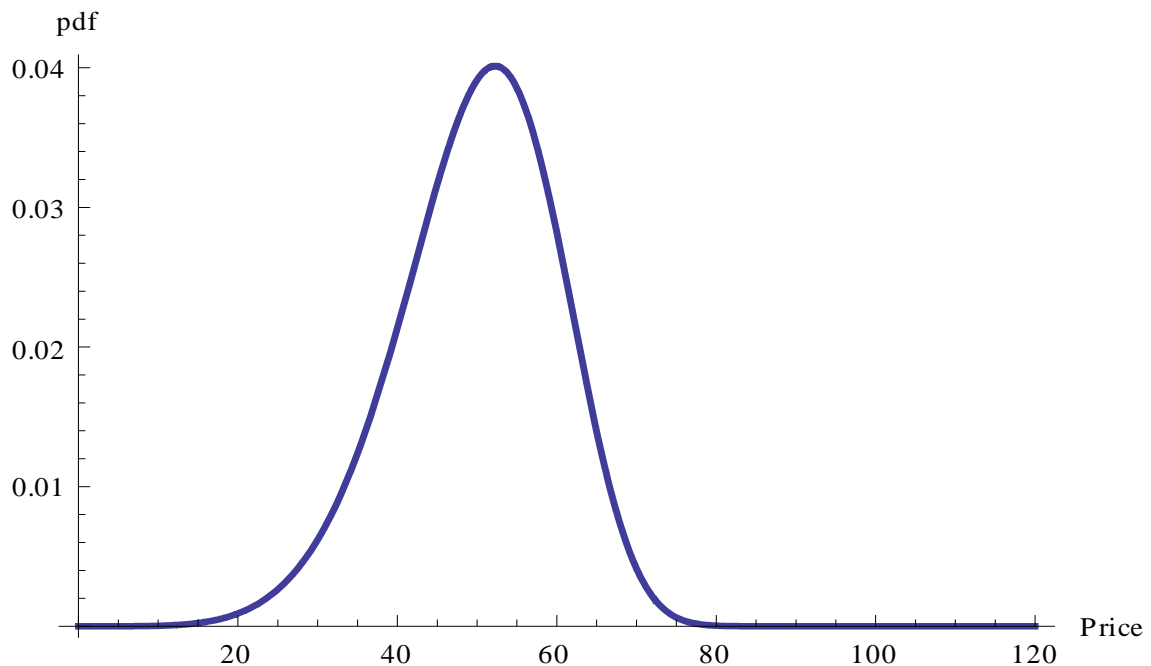


圖2-1 願付價格機率密度函數圖

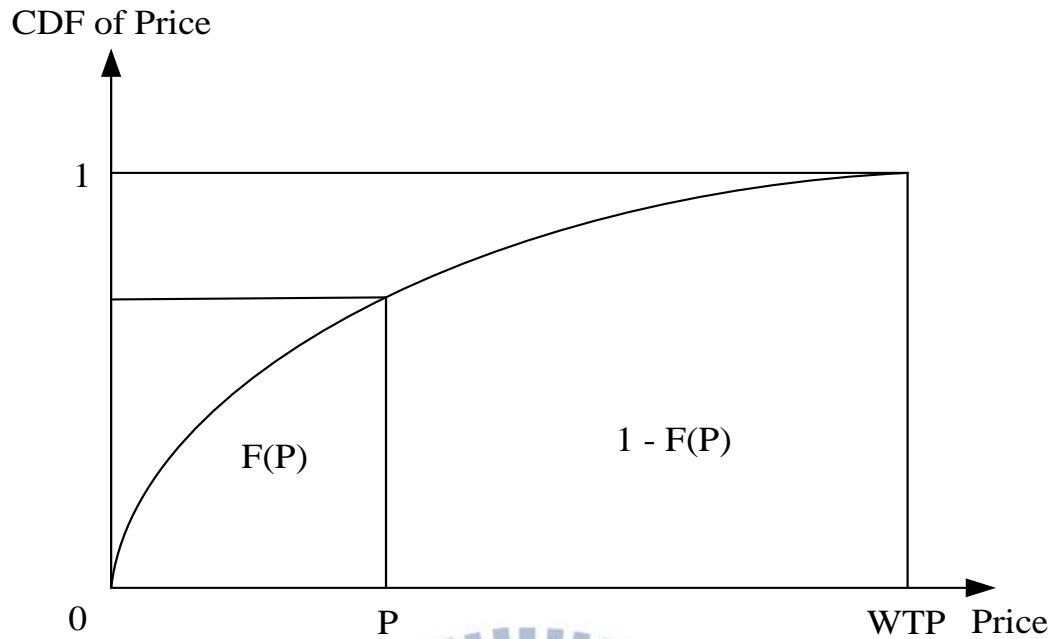


圖2-2 消費者願付價格累積機率密度函數圖

Chun(2003)探討在有限的時間下，易逝性產品和季節性商品的賣出情境，以二項分配(binomial distribution)來表示顧客產生購買行為之機率和非同質性卜瓦松分配(nonhomogeneous poisson distribution)估計顧客到達之人數，並且根據需求率、消費者喜好和銷售時間長短，找出產品最適訂價所定義的消費者而在文獻中提到所謂的主觀價值，是假設在市場中每位消費者對於不同的產品，在自身心中都有著不同的主觀認知價值，而此價值則是消費者願意購買此商品所願意付出的最高價格，因此，可以藉此概念探討不同價格分配的特性，以及整個市場需求的改變，進而在期初時決定最適價格。

Lazear(1986)是在研究單一商品和異質性商品(Heterogeneous Goods)在兩時間區間內之訂價策略，假設消費者價值相同，即願付價格分配已知和消費者擁有相同的願付價格條件下，利用動態規劃的方法調整價格來達到期望營收最大化，即在第一期設定期初價格後，視情況改變第二期的價格，並且提出了消費者購買產品為一個隨機過程需求(Stochastic Demand)的架構。其針對有限時間內，對於單一期初存貨如何訂價及銷售期間內價格如何改變與位於哪個時間點改變等問題加以探討，並且做出一個結論與趨勢，如願付價格變意願大時，期初訂價會越高，但價格衰退會越快，因此期末時未賣出的商品較多，文獻中對於兩期和多期模式也有加以探討，將願付價格概念於模式中表達，而Lazear與Chun不同的地方是在主觀願付價格的不同，Lazear所指的願付價格並非表示市場所有潛在消費者的願付價格。

Bitran 與 Mondschein(1997)推導出零售業者面臨主觀願付價格影響顧客到達率的情形下，非同質性卜瓦松分配(nonhomogeneous poisson distribution)的連續性時間模式，文獻中對於主觀的願付價格有一個簡單的定義，說明消費者願付價格為消費者對一產品所願意負擔的最高價格，而在文中有提到影響主觀價格改變的因素有以下兩個：

1. 市場區隔之異質性。
2. 無法得知對於顧客喜好及需求情況即時資訊，如願付價格會隨著時間的變化做出相對應的變化。

因此，對於廠商的訂價不管訂定太高的價格或是訂定太低的價格，會導致消費者流失抑或是未賺取消費者剩餘(consumer's surplus)，而在文獻中雖然假設願付價值會隨時間改變，但實際上作者卻認為每一商品售出之時間差異不大，故假設願付價格分配不會隨著時間變動。

2.4.1 小結

在現實的預約停車情況中，對於不同背景的消費者，其願付價格也不盡然相同，且在銷售期間不同的時間點下，消費者心中必然存在著不同的願付價格，由上述文獻中得知，藉由一些假設可以將願付價格設定為不隨時間變動，且具有相同的願付價格分配，但此與實際的情況不同，較不能表達實際狀況，故本研究為了更貼近現實，不同於 Bitran 與 Mondschein(1997)之研究，將消費者願付價格假設為一隨著時間變動的分配，並且找尋適合的機率分配和相關變數影響結果，藉此來表達適當的消費者願付價格，使本研究之模式建構能更趨完善且能充分展現出消費者之願付價格行為。

2.5 動態規劃

動態規劃(dynamic programming)於 1957 年由 Richard Bellman 等美國數學家所提出，關於動態規劃的觀念，主要是源自於 Richard Bellman 在研究多階段決策過程 (multistep decision process)最佳化問題時，提出最佳化原則(principle of optimality)，而最佳化原則的內容為「不管以前各個階段的決策為何，若已知現階段的狀態，則今後的最佳決策，仍應與現階段狀態共同構成。」其主要是把多階段的決策過程轉化成為一系列單階段問題逐步求解，創造出解決這類決策過程最佳化問題的一種方法。而動態規劃(dynamic programming)是運籌學的一個分支，多用於作業研究，是一種做出決策的數學方法，它專門用來解決一連串相關之決策問題，包含空間以及時間上的連續決策，因此，又稱為多重階段決策問題(Multistage Decision Process)，亦稱為連貫性決策問題 (Sequential Decision Problem)。

動態規劃的求解方法是將一個整體的複雜問題，依照過程分成許多個彼此互相關聯的局部問題，而使問題單純和簡單化，以便個別去分析考慮，且在每一個局部問題階段都需要做出決策，進而使的整個過程達到整個過程最佳的效果。而在一項多階段決策過程當中，每一階段的最佳決策都是提供下一階段決策的基礎，因此各階段決策的選取不能任意確定，在最初階段時，問題較為單純，根據已知的條件即可以找出有利的決策，往後各階段的情況則較為複雜，除了考慮本身階段已知條件外，還需依據上一階段的最有利決策結果，才能求解出本階段的最有利決策，並依此順序逐次進行。當各階段決策確定後，形成一連串的決策序列，也確定了整個過程的路徑。而此種把問題視為一個前後互相關連且具有鍊狀結構的多階段決策過程，稱為多階段決策最佳化問題，於每個階段求取出該階段的初始狀態到過程終點的最短路徑和最短距離，當依序到推回來至過程起點時，便可以得到全過程之最短路徑及最短距離，並且同時得到一組最佳結果。

2.5.1 動態規劃基本概念

動態規劃演算法通常用於求解最佳化多階段決策的問題。不僅可以使用於線性關係的確定問題，也可以用於處理非線性關係的問題，更可以運用在解決含有機率之不確定的問題。在這類的問題當中，不同的可行解會對應到不同的值，而我們則希望能找到具有最佳的解。動態規劃法提供了一種探索法則，將所要解決的最佳化問題分解成一序列的子問題，再分別處理這一系列子問題的最佳化問題，藉由這些子問題的解

及可得出原問題的最佳解，其主要的關鍵則在上述所提到的最佳化原則。而動態規劃的子問題通常不是相互獨立的，為了避免大量的重複計算，我們可以於問題每一階段即每種情況的運算過程之中，使用表單來記錄已解之子問題答案，不管此答案於後面是否被運用到，只要其被計算過後，就將結果填寫至表內，雖然現實中動態規劃法的求解方法多樣化，但其實均有相同的填表格式，而此就是動態規劃法的基本思維。

2.5.2 動態規劃基本結構

Kirk(1985)提到動態規劃是一種最佳路徑的搜尋方法。動態規劃設計是對於解決最佳化問題的一種途徑和解決方法，而不是特定的演算法，也不是具有一個標準數學式和明確的解決方法。其設計的過程往往是針對不同的最佳化問題，並由於問題的特性不同，對於最佳解確定的條件及方式也不相同，因此在設計不同問題的動態規劃解決方式，須有不同的構思及想法，藉此來解決各具不同特色的最佳化問題，因此對於本研究之問題，除了須了解基本之概念和動態規劃之方法，尚須對於本問題進行分析處理，來建構適當之模型。根據上述的內容和所提及的動態規劃基本概念，可以得到動態規劃的基本模型如下：

1. 確立研究問題的決策對象。
2. 將決策過程劃分成數個階段(Stages)。
3. 對每個階段確定狀態變數(State variables)。
4. 根據狀態變數確定各階段之目標函數。
5. 建立各階段之系統轉移，確定狀態轉移方程。

第三章、模式建構

3.1 前言

藉由參考本研究前述之流程及研究內容，來確立本研究未來發展目標與可能進行的方式，並在本章節中進一步地介紹本研究所採用的研究方法和模式的發展概念。本研究欲建構雙占市場下路外停車場動態預約訂價模式，主要是想以實際的停車狀況來發展預約停車模式，首先對於本研究的主要方法(動態規劃)說明其內容和假設，接著初步擬定停車環境假設，並建構停車動態預約連續時間訂價模式，進而發展競爭預約訂價模式，以便貼近實際可能的路外停車現況，相關之內容介紹如下。

3.2 環境設定

本研究主要是針對兩停車廠商面對自身擁有固定停車位的銷售加以探討，在不同的預約訂位期間面對各階段不同的停車位容量及不同的剩餘時間點下，調整最適價格來反映消費者停車需求，並且考慮競爭對手的訂價策略來擬定本身的價格，增加各業者之營收來達到營收最大化的目標。而本研究的架構主要建立在 Bitran and Mondschein(1997)文章中所提及的連續訂價模式以及週期訂價模式。而本研究主要是參考文獻中連續時間性訂價之模式，並在模式當中假設消費者的停車率會由三部分所組成，一為消費者到達率 (Arrive rate)，二為消費者願付價格分配 (Reservation price distribution)，並以此兩種概念結合形成非同質性卜瓦松過程 (Nonhomogeneous Poisson process) 以及羅吉特選擇模式 (Logit choice model)。

本研究首先假設此兩路外停車場所處的市場具有不完全競爭與不完全資訊的特性，假設兩路外停車場互為雙占型業者，此種產業特性具有創新和新產品特性，符合本研究欲提供創新之停車預約訂價服務概念。且消費者缺乏對於價格資訊了解，在兩家停車場業者互相競爭的特性下，針對不同的預約時間點，消費者會存在不同的到達率，而消費者到達率則僅會受到剩餘時間影響，會符合一般停車需求的特性。由於顧客抵達率隨時間變化，隱含需求隨時間變動，在此模式當中將顧客到達率定義為消費者進入此預約系統後，是否會進行預約停車位的機率；並假設消費者到達情況和願付價格之機率分配皆隨時間變動的機率分配，消費者在進入預約停車系統之前，無法完整掌握停車價格資訊，在消費者進入預約系統並獲得價格資訊後，消費者才衡量預約

停車價格是否符合其認定的願付價格，再決定選擇哪家廠商以及是否進行預約停車。
 以下為本研究兩競爭路外停車場動態預約訂價模型之相關假設及前提：

表 3-1 本研究環境設定

項目	環境設定
廠商特性	◆ 雙占市場下兩競爭停車場商
預約特性	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 開放預約時間有限，並假設停車場接受預約至到開放停車該小時前。 ◆ 消費者預約時即付款，不考慮訂位未出現以及取消訂位的狀況。 ◆ 不考慮缺乏車位時帶來的商譽損失（goodwill cost）。 ◆ 每次僅提供預約一車位，並且停車時間為一小時之倍數。 ◆ 消費者於進入預約訂位系統前對於停車費率具有完整的資訊。 ◆ 停車業者擬訂價格時，無法得知消費者實際願付價格，只能得知願付價格之機率分配。
車位特性	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 單一類型車位(汽車)。 ◆ 停車場車位已知，可預約車位數量固定不變。 ◆ 車位成本為沉沒成本，變動成本為零。 ◆ 當訂位期間結束時，剩餘之車位殘餘價值為零。
時間期數	◆ 每一訂位期間長度相等，且訂位期間至多有一消費者抵達。
需求模式	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 非同質性卜瓦松隨機分配 ◆ 消費者需求受價格以及時間影響
決策變數	◆ 各期之每小時停車價格
目的	◆ 兩競爭停車業者期望營收各別最大化

3.3 數學符號設定

本研究模式所使用的參數如下所示：

表 3-2 本研究參數設定

模式參數	
L	停車位總開放預約時間
C_i	第 i 小時期初車位數量
c_i	第 t 期第 i 小時所剩餘的車位數量
Δ_t	每一預約期數長度
T	預約車位的總期數
λ_t	第 t 期消費者到達率
P_t	第 t 期預約車位的訂價 $t=1, 2, \dots, T$

3.4 停車動態預約訂價模式

本節將探討本研究發展的動態預約訂價模式：單小時獨占廠商預約訂價模式和單小時雙占廠商競爭預約訂價模式。

3.4.1 單小時獨占廠商預約模式

本研究所設定的停車預約系統是在路外停車場尚未開放停車時，供消費者預訂車位，而限制消費者每次只能預約單一個車位，且假設停車場規定消費者每次停車時間至多為一小時，若超過則不開放預約，反之，少於一小時則以一小時計算，故消費者於事前預約車位時，僅能預約一小時的車位，而消費可於開放預約停車時段進行提前預約，並且付出預約車位之費用。為了排除消費者因為其他因素導致預訂車位未出現以及取消預訂車位的狀況，因此本研究假設此預約系統於消費者預約的同時即付應付款項，以及不退款的機制，故本模式不把預訂車位未出現以及取消預訂車位的情況列入考慮。下圖表示此模式預約時間區段以及車位數量的示意圖，停車場總共擁有 C_i 個期初車位數，並假設 L 為預約時間，從預約時段開始至停車時間開始這段時間內，將其劃分為 T 期，並且假設每一時段 Δ_t 至多到達一個預約的消費者。

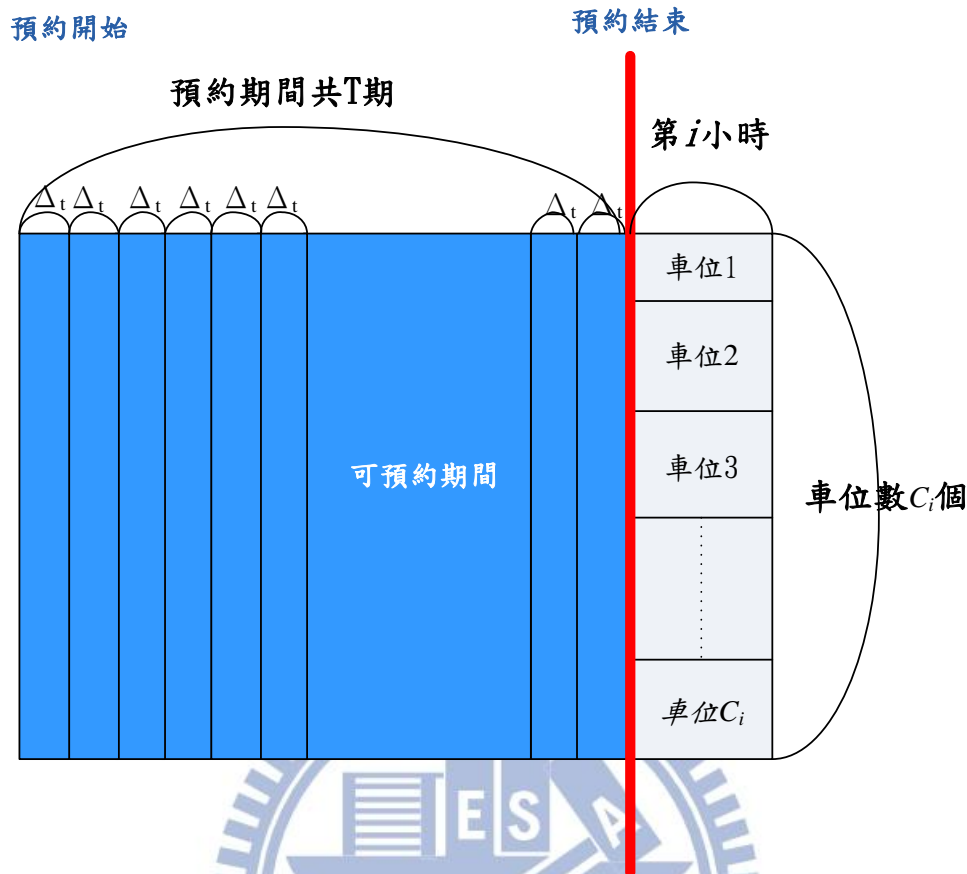


圖3-1 單小時獨占預約車位示意圖

由於本研究有預先設定預約時段，當可預約時間結束時，不開放任何預約並立即將預約停車系統關閉，但可能會有尚未預約完的車位，因此在開放停車的時段，將剩餘的車位數量提供給現場到達排隊的消費者，並且收取一個固定的現場停車價格。而有於此模式因為每個時段皆為彼此互相獨立，加上停車消費者無法預約超過一個小時以上時段的假設，故可以將不同預約時段的決策行為視為獨立的動態規劃過程。

單小時獨占廠商預約模式假設在預約期間，預約價格會隨著剩餘時間以及不同的車位數頻繁地變動，為了表示此項變動之性質，本研究將可預約總時間劃分為若干個大小相同的時段區間，為了符合每期僅會少一個車位的情況，假設在每個區間之內，至多只會有一個消費者到達，可能為零個或是一個消費者，當區間長度切割為很小的時段並且趨近於零時，可以將此時間區段視為一個連續性時間之模式。

本研究使用動態規劃的方式進行求解，並且採用由後向前(backward)遞迴求解，以第 1 期表示時間的最後一期，而第 T 期則表示為開放預約之期數，因此時間進行的方式為 T 期至 1 期，而以下(3-1)為本研究單廠商單小時的第 t 期期望營收模式，模式以 C_t 表示預約期數第 t 期可預約車位數，而模式的決策變數則為每預約期數之預約停車價格 p_t ，從(3-1)式中可得知我們將第 t 期期望營收的目標函數由兩個部分所組成，

第一部分為在第 t 期內銷售出一個車位之期望營收和第二部分為在第 t 期內未能銷售出一個車位之期望營收。

銷售一車位的期望營收由 m_t (第 t 期期間內消費者到達率)、 $(1-F_t(p_t))$ (消費者在價格為 p_t 的情況下預約車位的機率，也就是所說的消費者願付價格)、 p_t (每個時段的預約停車價格)和成功銷售出一車位之期望營收來組成。第 t 期期望營收函數如下所示：

$$V_t(c_i, p_t) = \max_{p_t \geq 0} \{m_t(1-F_t(p_t))(p_t + V_{t-1}(c_i - 1)) + (1-m_t(1-F_t(p)))V_{t-1}(c_i)\} \quad (3-1)$$

此模式的邊界情況及限制式如下所示：

$$V_t(0) = 0 \quad \forall t, \quad \text{and} \\ V_0(c_i) = c_i * p \quad \forall c_i, \quad \text{where } m_t = \int_{T-t}^{t+\Delta t} \lambda_T dT \quad (3-2)$$

由於開放預約時間較現場開放時間來的早，為了符合實際的停車場情況，假設在預約時間結束時，所剩餘的車位數其剩餘價值不為零，此項設定與其他文獻所假定的 $V_0(c_i)=0$ 不同，由於考慮到部分需求較為臨時而無法提早預約，則停車業者可就第 i 小時所預約剩餘的車位數收取現場停車者固定的停車費率，而費率的高低則參考尖離峰時段而定，故第 0 期之期望營收為剩餘車位數與停車業者所設定之固定費率相乘。

本模式中就停車消費者而言，其願付價格高於停車業者所訂定的當期價格時，則會進行預約車位的動作，且消費者願付價格會隨著時間的變動，然而如同飛機訂票一樣，所剩餘的時間越少時，消費者之願付價格則相對提高，因此， $P_t \leq P_{t-1}$ 在本模式中為一個相當重要的假設，表示預約價格會隨著時間的減少呈現向上遞增的趨勢，故此模式以韋伯分配(Weibull(α, β))來表示停車消費者的願付價格分配型態。

3.4.2 單小時雙占廠商競爭預約模式

由上述討論的單廠商最佳營收為基礎，考慮到雙占市場下停車業者競爭之狀況，大部分消費者停車特性的不確性高，在進行預約停車行為時，也會對於不同停車業者進行價格比較，因此我們針對兩家業者價格競爭之特性，發展預約訂價模式，以貼近雙占市場下實際預約停車行為。以下為單小時兩廠商競爭之預約訂價模式假設：

1. 兩家業者之停車位均為單一類型車位。

2. 兩家業者之價格會依據對方之價格變動而擬定本身價格來達到營收最大化。
3. 兩業者資訊公開，不存在資訊不對稱的問題。
4. 兩業者預約期數、顧客到達率及每預約區間長度相同。
5. 於預約時隨即付款，兩業者均無超額訂位(overbooking)和已訂位未出現(no-show)之情況。

而下圖(3-2)表示此模式預約時間區段以及車位數量的示意圖，A 停車場與 B 停車場分別擁有 C_i 個期初車位數，並假設 L 為預約時間，從預約時段開始至停車時間開始這段時間內，將其劃分為 T 期，並且假設每一時段 Δ_t 至多到達一個預約的消費者。

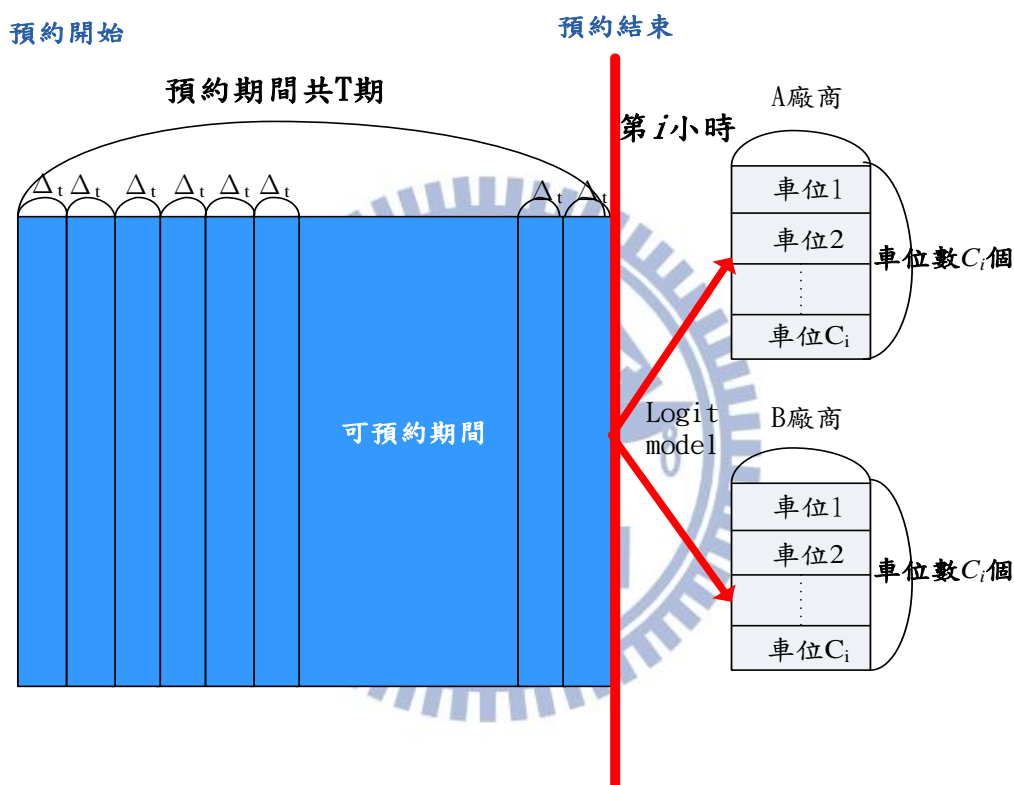


圖3-2 單小時雙占預約車位示意圖

故第 t 期兩家廠商的期望營收同獨占廠商期望營收，可分為兩個部分如(3-3)式所示，

分別由消費者選擇機率 $\frac{e^{u_i}}{\sum_{i=1}^2 e^{u_i}}$ 、總顧客到達率 m_t 、願付價格機率 $(1-F_t(p_t))$ 所組成，模

式的意義為顧客選取所欲停車之停車場，並分為在第 t 期內銷售出一個車位之期望營收和第 t 期內未能銷售出一個車位之期望營收。第 t 期期望營收函數如下：

第一家廠商第 t 期期望營收

$$V_t^1(c_i^1, p_t^1) = \max_{p_t \geq 0} \left\{ m_t \frac{e^{ui}}{\sum_{i=1}^2 e^{ui}} (1 - F_t(p_t^1))(p_t^1 + V_{t-1}(c_i^1 - 1)) \right. \\ \left. + (1 - m_t) \frac{e^{ui}}{\sum_{i=1}^2 e^{ui}} (1 - F_t(p_t^1)) V_{t-1}(c_i^1) \right\} \quad (3-3)$$

第二家廠商第 t 期期望營收

$$V_t^2(c_i^2, p_t^2) = \max_{p_t \geq 0} \left\{ m_t \frac{e^{ui}}{\sum_{i=1}^2 e^{ui}} (1 - F_t(p_t^2))(p_t^2 + V_{t-1}(c_i^2 - 1)) \right. \\ \left. + (1 - m_t) \frac{e^{ui}}{\sum_{i=1}^2 e^{ui}} (1 - F_t(p_t^2)) V_{t-1}(c_i^2) \right\} \quad (3-4)$$

此為兩廠商之模型的邊界情形如下所示：

$$V_t(0) = 0 \quad \forall t, \quad \text{and} \\ V_0(c_i) = c_i * p \quad \forall c_i, \quad \text{where } m_t = \int_{T-t}^{t+\Delta t} \lambda_T d_T \quad (3-5)$$

此模型藉由兩廠商的價格競爭影響消費者的選擇機率，廠商間會參考對手所訂定的價格來調整本身每期的預約停車訂價，藉由不同的價格吸引消費者停車來達到本身期望營收最佳，由於考慮到尖離峰的問題，本研究研擬於同一時段不同天來加以比較，不致於造成顧客到達率差異過大。

3.5 求解流程

3.5.1 個體選擇模式

3.5.1.1 個體選擇模式基本特性

個體選擇模式常被稱為行為模式，是根據經濟學消費行為和心理學選擇有關的領域，主要是研究消費者對於替代方案選擇的方法，它是以效用理論為模式基礎，認為不同的方案存在著不同的特定效用，而消費者會選擇某種方案的機率即由於該方案的效用較優於其他方案所帶來的特定效用的機率，因此，可以令消費者 i 選擇方案 j 的總效用 U_{ij} 如下所示：

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3-5)$$

其中 V_{ij} 為可被衡量的明確效用項， ε_{ij} 為不可衡量的效用隨機項，且 V_{ij} 通常會用線性加權函數的方式表達： $V_{ij} = a_j + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n$ ， V_{ij} 中各個 x 為消費者或是各方案的屬性，各個 a 為需校估之係數， a_j 又叫做方案特定係數。而隨機項 ε_{ij} 存在的因素非常多，像是校估誤差及被忽略的相關屬性。

在假設理性的選擇行為是消費者會選擇效用最大的方案，即表示會選取方案 i 的機率 P_i 應該為其他所有方案之效用低於方案 i 的機率：

$$\begin{aligned} P_j &= P(V_j + \varepsilon_j > V_k + \varepsilon_k, \forall k \neq i) \\ &= P(\varepsilon_k < V_j - V_k + \varepsilon_j, \forall k \neq i) \end{aligned} \quad (3-6)$$

此時，只要假設隨機項 ε_k 為特定的機率分配，即可以推導出特定個體選擇模式，如 Gumbel 分配可以導出多項羅吉特(multinomial logit model, MNL)。而本研究主要是要讓消費者選擇兩家不同的廠商，因此，在符合限制特性的條件下，消費者會選擇第一家廠商即第二家廠商的機率分別如下式所示：

$$P_1 = \frac{1}{1 + e^{u_2 - u_1}} = \frac{e^{u_1}}{e^{u_1} + e^{u_2}} = \frac{e^{u_1}}{\sum_{i=1}^2 e^{u_i}} \quad (3-7)$$

$$P_2 = \frac{1}{1 + e^{u_1 - u_2}} = \frac{e^{u_2}}{e^{u_1} + e^{u_2}} = \frac{e^{u_2}}{\sum_{i=1}^2 e^{u_i}} \quad (3-8)$$

3.5.1.2 個體選擇模式假設前提與限制

在個體選擇模式中，最重要且須注意的假設是誤差項分配型態的條件，在使用該模式時，須先檢查樣本或是該問題之特性是否符合特定模式的假設，目前比較受大家廣泛注意的是多項羅吉特模式的 IID 假設，而 IID 假設會形成不相干獨立特性 (independence of irrelevant alternative property, IIA)，指兩方案間所被選擇的相對機率優勢，不會受其他方案之影響，也就是表示認兩方案所被選擇的機率比值，僅受到本身方案的效用或屬性之影響。

本研究為了簡化計算的時間及相關參數的校估，將消費者選擇行為設定為以價格作為方案的屬性的羅吉特模式，假設兩價格為共生變數，並給定 a_j 和 a 來求解不同時間下的最佳價格。

3.5.2 卜瓦松過程(Poisson process)

在估計顧客到達率時，通常會考慮到以下現象：每天公司電話通數、一本書錯字數、生產線瑕疵品數和某條街道上交通事故數等情況，大致上都有一共通點，也就是說在某時間區間內，平均會發生若干事件，而本研究假設預約停車的消費者需求分配符合卜瓦松過程(Poisson process)，卜瓦松過程是隨機過程的一種，是以事件發生的時間來加以定義，其特性是在一有限制的短暫時間內發生一隨機的事件的機率，且事件所發生之機率會隨著區間長度呈現等比例的上升，假設 $X(t)$ 為卜瓦松過程，如下式(3-7)所示(Taylor 與 Karlin, 1998)。

$$\Pr\{X(t+h) - X(t) = 1\} = \lambda h + o(h) \quad (3-9)$$

如果一個事件在特定的時間區間內，為一隨機發生且不受前事件影響，則此種卜瓦松過程稱為同質性卜瓦松過程(homogeneous Poisson process, HPP)，但本研究由於考慮到時間點的不同以及尖離峰停車需求的變化，將消費者之到達率 λ 設定為會隨剩餘時間 t 的不同而改變，因此，此參數 $\lambda = \lambda_t$ 不為常數，且會隨著時間變動而相對改變，此時 λ_t 稱為非同質性卜瓦松過程(nonhomogeneous Poisson process, NHPP)。

$$m_t = \int_t^{t+\Delta t} \lambda_t dt \quad , \quad Y(s) = X(t) \text{ \& } s = m_t \quad , \quad \Delta s = \lambda_t \Delta t + o(\Delta t) \text{ 則:}$$

$$\begin{aligned} \Pr\{Y(s + \Delta s) - Y(s) = 1\} &= \Pr\{X(t + \Delta t) - X(t) = 1\} \\ &= \lambda_t \Delta t + o(\Delta t) \\ &= \Delta s + o(\Delta s) \end{aligned} \quad (3-10)$$

由上述(3-10)式中可看到時間基準改變之後， $Y(s)$ 變成一個到達率固定的同質卜瓦

松過程(homogeneous Poisson process)，其中 m_t 代表第 t 期的消費者總到達率。且根據卜瓦松的定義，每個單位預約區間內至多到達一位消費者，因此為了達到此目的，本研究設定每個預約區間內到達兩個消費者以上的機率小於 0.05，而相對的，沒有消費者到達與只有一位消費者到達的機率加總大於 $1-0.05=0.95$ ，因此，藉由上述的卜瓦松分配累積機率密度分配函數的概念，可以求得消費者到達率 m_t 的範圍。而下式(3-11)中可以得到在單一期間內，至多到達一位消費者的條件(m_t 的範圍)，並且為了方便往後模式之計算，將 m_t 設為一定值 0.35。

$$\begin{aligned} 1 &\geq F(0) + F(1) \geq 0.95 \\ 1 &\geq (1 + m_t)e^{-m_t} \geq 0.95 \\ 0.3553 &\geq m_t \geq 0.0009 \end{aligned} \quad (3-11)$$

已知消費者到達率之情況符合卜瓦松過程，若 λ_t 為已知的狀態下，由(3-12)式可解得各個區間的長度。第 n 期期間， x 表示第 n 期的時間點，而這裡所指之時間及期數皆為倒推的，與上述之參數設定相同。

$$\int_0^x \lambda_t dt = 0.35n \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (3-12)$$

因此，本研究設定消費者到達機率為二人以上的機率為 0.05，此目的是為了簡化運算的時間，因為若假設大於二人以上的到達機率設定小於 0.01 時， m_t 必須小於 0.15，而在 λ_t 不變的情況下，會造成每個預約區間之長度極小，而得到總期數相當地大，運算時間必定會相當地冗長。故本研究將消費者到達機率 m_t 假設為 0.35。

3.5.3 願付價格分配設定

願付價格為消費者對於所欲購買之物品所存在願意付出的最大價格，在本研究中，則可以想成在消費者未進入停車系統之前，對於停車費率的價格訊息無法得知時，心中所存在的一個既定之願付價格，而此價格為消費者衡量該停車位的價值後給以貨幣計價，根據 Lazear(1986)提及當消費者進入商家時，對於商家內商品會各自存在其主觀願付價格，並且提到：

- $f_t(P)$: 第 t 期消費者對於車位之願付價格機率密度函數
- $F_t(P)$: 第 t 期消費者對於車位之願付價格累積機率密度函數
- $1 - F_t(P)$: 消費者在價格為 p 時會預約車位之機率

停車場業者藉由改變期每期預約價格(p_t)來影響實際的停車需求，故本研究設定停車需求僅受到當期之預約價格影響，並且在停車場業者對於消費車主資訊缺乏的情況

下，無法了解消費者所願意付出的價格為多少，但本研究假設停車業者可以得知消費者的願付價格分配，並且延續 Bitran 與 Mondschein(1997)文章中之假設，假設消費者的願付價格符合韋伯分配(Weibull Distribution)主要是因為在參數的設定上可以加以變化，且具有彈性，更能表達出消費者在對於不同剩餘時間下的車位數或是不同的停車預約價格時的差異性，也就表示當消費者願付價得高於或等於停車業者所設定之停車費率時，則會進行預約車位的行為，反之，當願付價格較停車訂價低時，消費者則不會有意願去預約停車。

參考 Bitran 與 Mondschein(1997)中，對於不同消費者的需求給予不同的設定，假設每個預約停車的車位時間為一期，此時消費者的需除了在時間之內消費者所到達的人數以外，也包含了消費者進入停車預約系統機率 λ_t 和願付價格高於或等於業者所設定價格而產生購買行為的機率 $(1 - F_t(P))$ ，而可以由上述兩項機率得到消費者於第 t 期時預約一車位的機率如表示：

$$\lambda_t (1 - F_t(P)) \quad (3-9)$$

在 Bitran 與 Mondschein(1997)的研究中將願付價格的分配型態以韋伯分配 (Weibull (α, β)) 表示，當預約車位訂價 p 越高的時候，願付價格累積機率密度函數 $F_t(P)$ 會越大，而消費者對於預約停車位的機率 $1 - F_t(P)$ 相對來講會越小，因此消費者的訂價對於本身的營收有極大的影響，若是訂定過高的價格，將會導致消費者流失的狀況，反之，若是訂定過低的價格，則未能賺取到應有的收益，以下為韋伯分配 (Weibull (α, β)) 的機率密度函數以及累積機率密度函數，分別如下(3-8)所示：

$$f_t(p_t) = \alpha \beta_t^{-\alpha} p_t^{\alpha-1} e^{-(p_t/\beta_t)^\alpha}$$

以及

$$F_t(p_t) = 1 - e^{-(p_t/\beta_t)^\alpha}, \quad \forall p_t > 0, \beta_t > 0 \quad (3-10)$$

韋伯分配中的參數 α 及 β 分別為形狀參數(shape parameter)和比例參數(scale parameter)，各別表示消費者願付價格購買意願之高低和消費者購買行為之變異程度大小，如當 α 值較大時購買機率較為集中，表示消費者對於商品的價格認定較為一致，就單一消費者而言，可以由下圖(3-3)看出，當 α 值較小的時候，願付價格之機率密度函數呈現右尾分配，價格敏感度較小；而在 $\alpha=3.25$ 時，願付價格機率密度函數所呈現的形狀與常態分配相似。

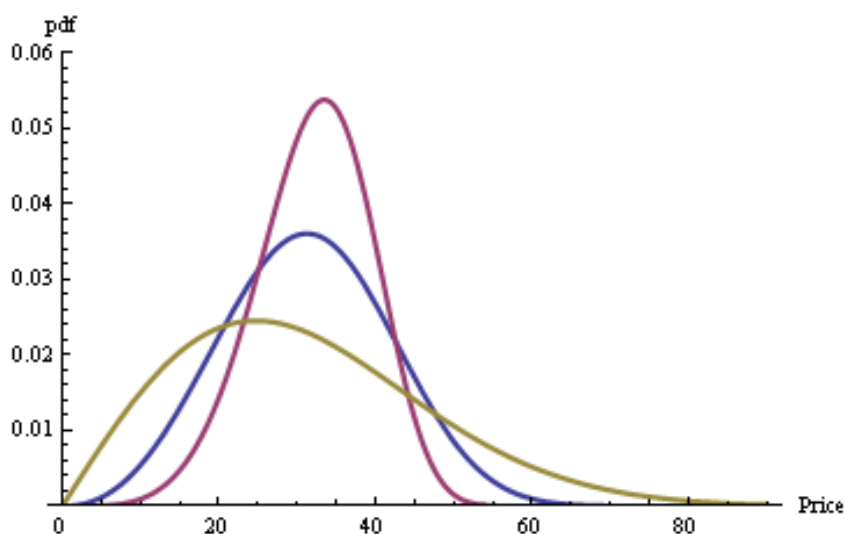


圖3-3 不同 α 數值下之願付價格分配變化圖

β 為比例參數(scale parameter)，由圖(3-4)可以看出願付價格之累積機率密度函數曲線隨著不同的 β 改變，且隨著 β 變大而往右移動，顯示出消費者願付價格的變異區間與分散程度較大，另外 β 越大時表示消費者於某種價格之下所願意購買之意願較高。而本研究假設消費者心中之願付價格會隨著所剩餘的停車預約時間 t 遞增，故可以知道願付價格與所剩餘的預約時間呈現一個反比的關係。

隨著剩餘時間越少， β 值越來越大時，表示剩餘時間逐漸的減少時，消費者心中的願付價格相對提高，可以從圖(3-4)中看出此趨勢，並且可以適當的表現出現況，也就是消費者願付價格會隨著剩餘時間遞增的特性。

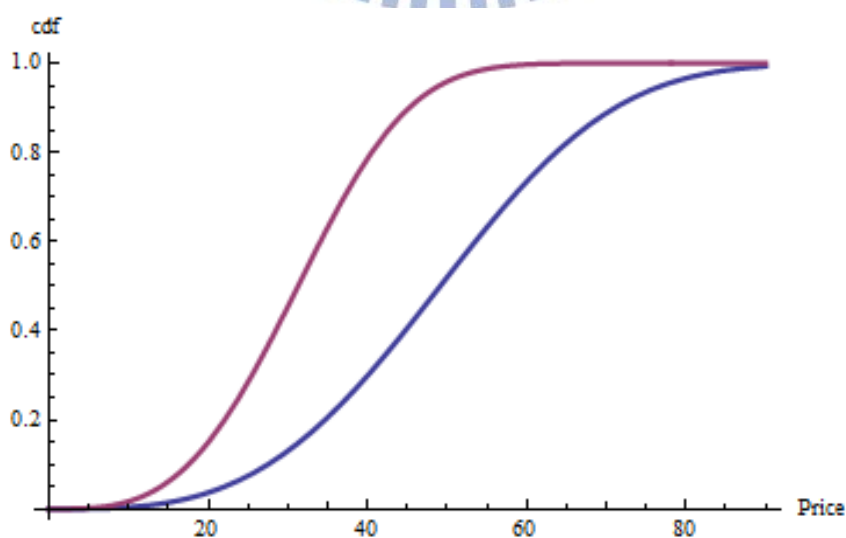


圖3-4 不同 β 數值下願付價格分配變化圖

消費者隨著剩餘時間的減少對於停車需求的變異、消費者異質性和資訊缺乏的部分，可以藉由韋伯分配在 α 及 β 兩參數上的調整來呈現，且應當參考歷史停車行為資料，並同時考量 α 、 β 參數的調整，利用韋伯分配來代表預約停車行為中消費者的願付價格，在更具有彈性的情況下，使消費者針對於車位特性的不同、需求的變異與消費者異質性更貼近現實情況。

3.5.4 求解流程

本研究之模式分為兩大部分，為單小時預約模式，首先由單小時獨占廠商為基礎，模式之決策流程如下圖(3-5)所示：

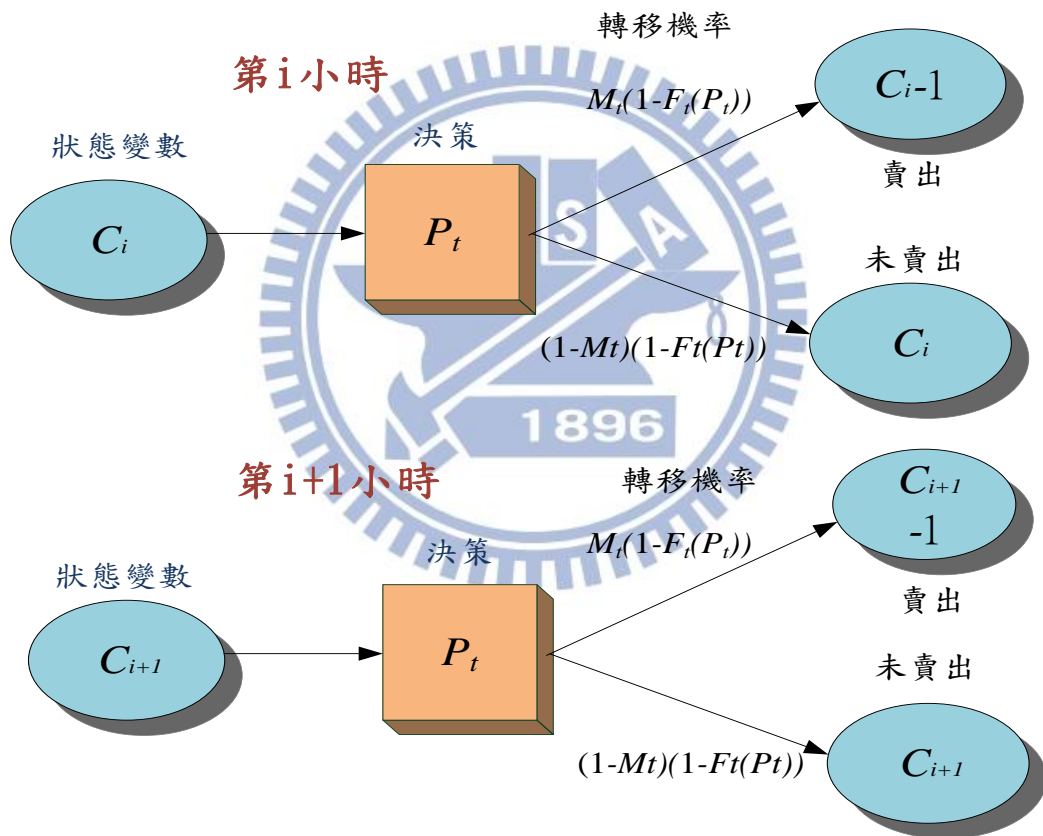


圖3-5 單小時預約車位決策流程圖

由於每一個預約區間僅能預約開放時段一小時的車位，故在決策的流程可以單獨分開來求解，並不會互相影響。在第 i 小時的可預約時段，將預約期間分為 T 個預約時間長度相同的區間，期初總共有 c_i 個車位可供預約，而第 i 小時之目標函數為每期期望營收之加總 $V_t(c_i)$ ，而決策變數為每一期預約價格 p_t ，目標則為期望營收最大化。並可以由上圖得知，首先將期初停車場可被預約車位數 c_i 定義為狀態變數，並且當成

功賣出一個車位時狀態變數即轉移至下一階段 c_i-1 ，轉移機率由顧客到達率和願付價格組成為 $m_t(1-F_t(p_t))$ ，反之，若未能成功賣出一個車位時，狀態變數保持在 c_i 沒有變動，而轉移機率則為 $(1-m_t(1-F_t(p_t)))$ ，因此，在當期售出和未售出的車位數轉移至下一期的期初可預約車位數。由上述模式建構中得知，每一期期望營收可分別由成功售出和未成功售出兩個部分加總 $V_t(c_i)$ 。將各期之期望營收函數歸納整理後，可得到一與時間序列相依的動態規劃模式，如下圖(3-6)所示：

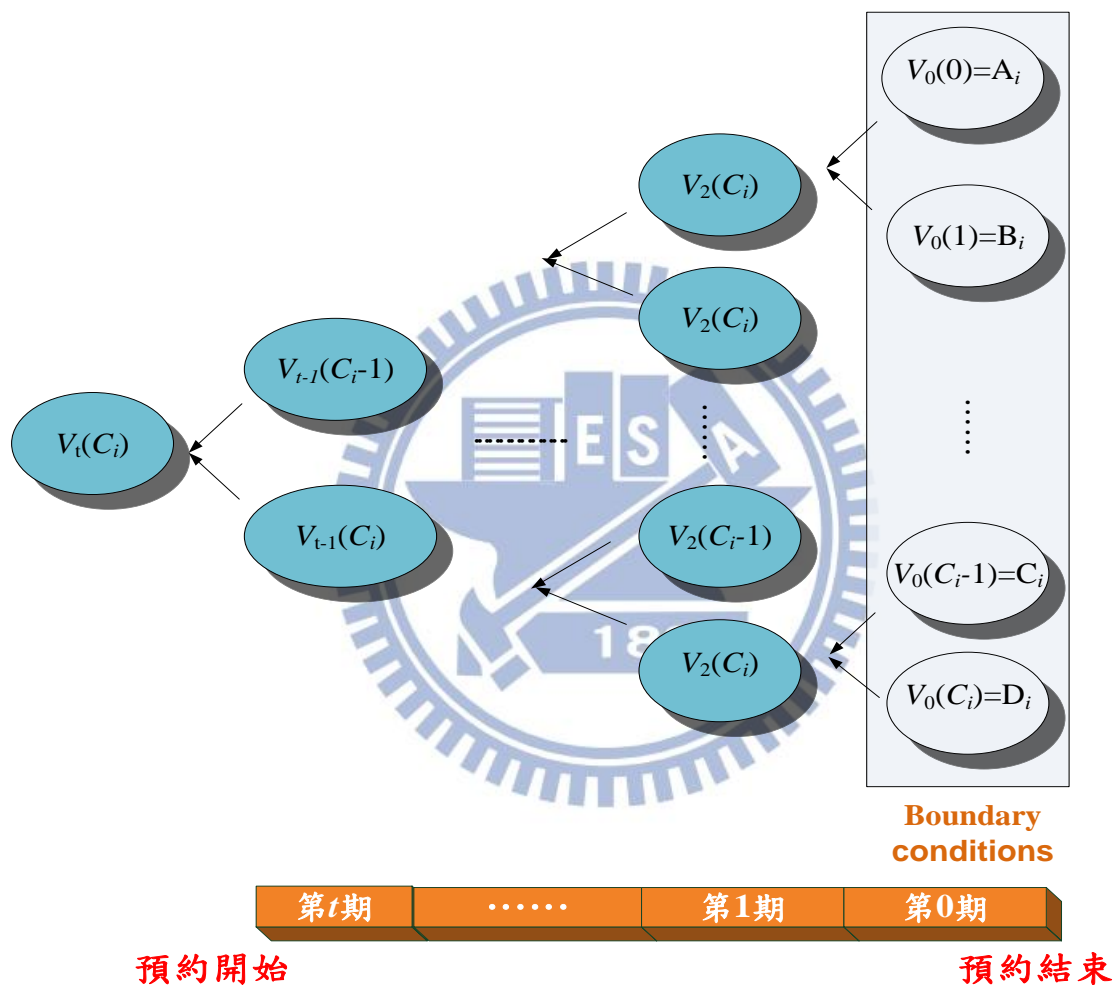


圖3-6 單小時獨占廠商預約車位模式求解流程圖

由上圖(3-6)之模式求解流程可以得知，要求解此模式必須先確定此模式的邊界條件(boundary conditions)，才能進行由後往前(backward)的遞迴求解，所以必須先知道最後一期的期望營收，以其為邊界條件，在代入上一期的期望營收和當期售出和未售出的轉移機率，並且依當期期望營收最大化為目標的基礎下求解當期最佳的預約價格，並再次將所得之值代入前一期的期望營收函數，進行反覆地求解，藉由此種反覆求解的方法，可以得到預約期初的期望營收和每期最佳的預約價格。

本研究第二個模式討論單小時雙占廠商競爭的模式，其以單小時獨占廠商模式為基礎，假設兩家廠商期初車位數給定，且預約期數相同，並且視對手之價格變動來改變本身的價格，藉此來達到本身營收最大化的目標，為了避免尖離峰的問題，我們將廠商一和廠商二的價格競爭定在同一時段，如每天早上的8點至9點，才不會因為不同顧客到達率造成預約價格的高低，因此我們先使第一家廠商價格最佳，接著第二家廠商再依據第一家廠商的價格變動調整自身價格。而下圖(3-7)為雙占廠商競爭之動態規劃模式：

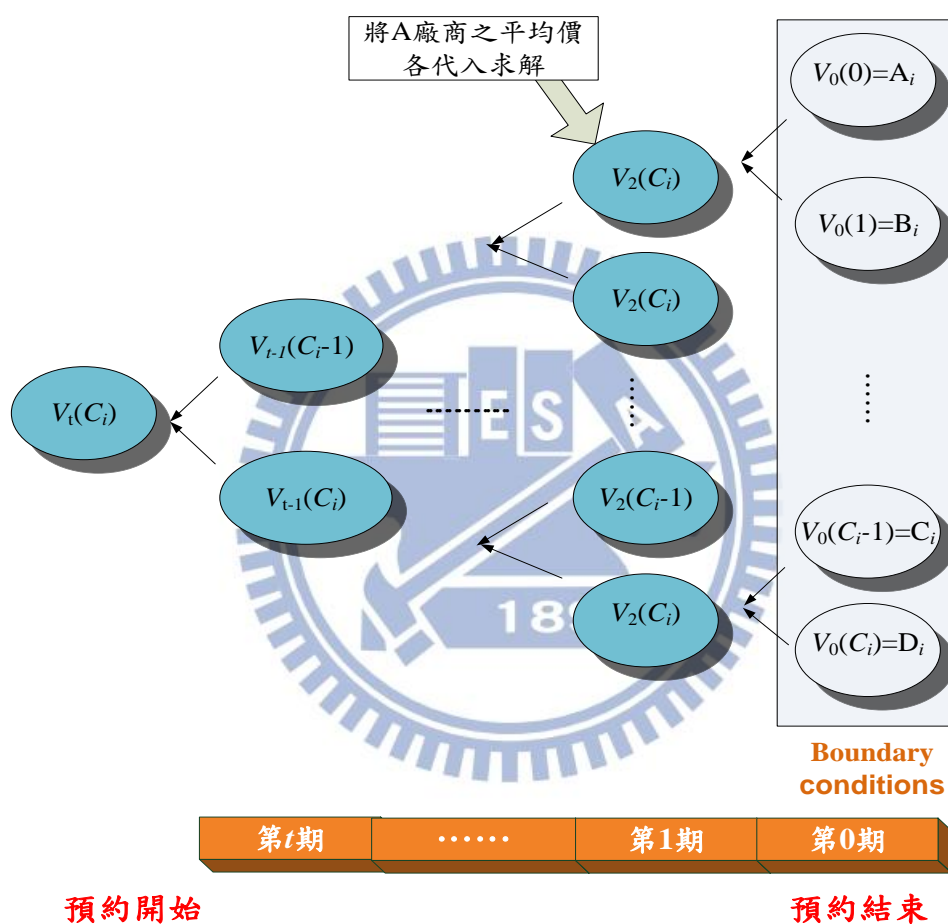


圖3-7 單小時雙占廠商預約車位模式求解流程圖

綜合以上不同模式所述，可由圖(3-7)表示模式的求解概念，並可以將模式求解流程分成兩大部分。首先在給定消費者到達率、消費者需求型態和預約期間長度，並將預約區間依固定長度切割成長度相同的預約期數，使其符合卜瓦松過程的基本假設；接著第二步驟為每期的動態規劃流程求解，依據上述所給定的流程及第一步驟所得的預約期數和配適消費者需求的願付價格分配參數，輸入每一期的期望營收進行當期目標最佳化求解，可得到當期期望營收最大化和最適之預約停車訂價，在藉由求解出的最適價格依序由後向前遞迴求解，得到每期最佳的期望營收和最佳的預約停車訂價。

綜合上述，可由圖(3-8)表示本模式的概念，將求解流程分為兩大部分。首先給定顧客總抵達率、消費者需求和總預約時間，將給定的預約時間切割成長度相等的預約期數，使之符合卜瓦松過程；接著進行每期動態規劃求解流程，由上一步所得之預約期數，輸入願付價格分配參數配適消費者需求函數並輸入上一其期望營收，進行最佳化求解，進而得到當期最家期望營收和最適預約訂價，並經由由後往前之遞迴求解，求解得每期最家期望營收和最適預約訂價。

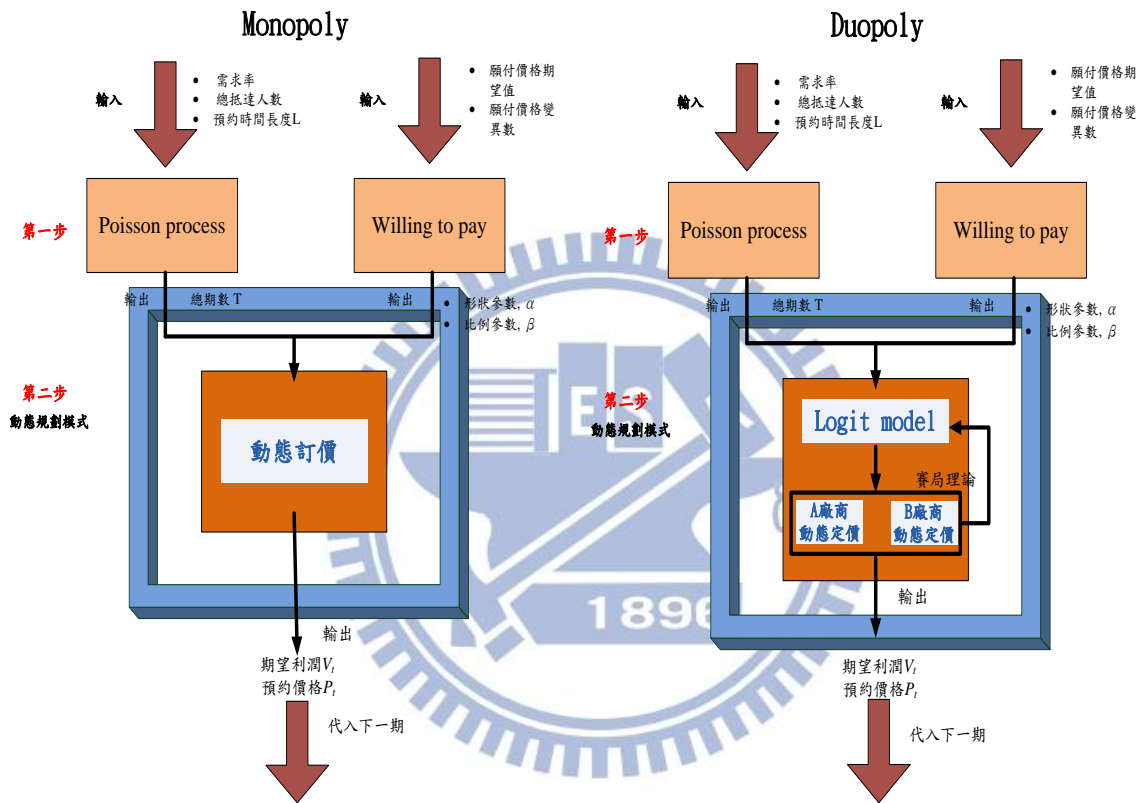


圖3-8 獨占及雙占廠商模式求解概念圖

第四章、數值模擬分析

本節主要使用第三章所發展出的單小時動態預約訂價基本模式與延伸的預約訂價模式:雙占市場下單小時競爭預約訂價模式,並於不同的情境下針對模式的績效進一步的比較,藉此來擬定及進行停車管理策略。本研究為了解實際停車動態預約之行為,透過動態預約訂價模式模擬,並探討相關停車訂位之特性進行停車預約訂價的計算。本章節後續相關數值案例分析當中,輔以Wolfram公司所推出的Mathematica7.0數學軟體、程式軟體Matlab7.0及相關符號運算軟體來撰寫,進一步地求解各模式訂價方案在事先所設定的參數和數值案例下的訂價策略。

4.1 基本模式分析

在基本模式分析中,單小時預約模式是假設消費者在預約停車時間內僅能預約單一個小時時段,因此,在模式中亦不考慮跨時段預約的情形,本研究先針對選擇單小時預約時段作為停車預約情況的模擬,探討在不同預約期數和不同期初預約停車位下的總期望營收變化,以此進行後續各延伸模式的驗證。

4.1.1 基本案例參數的設定

首先,考慮消費者停車需求具有臨時性、動態性且變動快速等特性,因此開放預約之時間須適當,不宜過長或是過短,故本研究設定總預約時間為三天(72小時),且開放預約至該停車小時開始。而預約時間內總消費者的到達數為70人,並假設消費者到達符合卜瓦松過程,綜合上述資訊,使用Mathematica7.0數學軟體來求解相關預約區間,如附錄表一所示,依據總抵達人數和總需求率得知預約期數和不同停車消費者到達的可能時間,本研究設定預約期數為200期,而每一期之預約時段至多到達一名停車消費者。

本研究假設消費者願付價格分配為韋伯分配,而在價格變動的各預約期間中,其參數數值維持不變。假設使用願付價格不隨時間變動的案例分析時,會將已知的願付價格分配期望值和願付價格分配變異數假設為一常數,由上述提到本研究採用消費者願付價格為韋伯分配(Weibull(α, β)),其願付價格期望值和願付價格變異數分別如下(4-1和4-2式)所示:

$$E(V) = \beta \Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right) \quad (4-1)$$

$$Var(V) = \beta^2 \left(\Gamma\left(\frac{2}{\alpha} + 1\right) - \Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right)\right) \quad (4-2)$$

由上可得知，當願付價格分配期望值和願付價格分配變異數為一給定的已知值時，可以藉由(4-1)式和(4-2)式解聯立方程式來求得各個預約期數所對應的願付價格之形狀參數 α 與比例參數 β ，但因為此聯立方程式為 *Gamma* 函數的集合，並無實根解，故採用牛頓法來取得較為準確的近似解。而考量到目前消費者停車的現況，本研究假設願付價格分配期望值為 50 元，願付價格分配變異數為 100，解得 $\alpha = 5.7974$ 、 $\beta = 53.9988$ 。此外，在本案例中假設預約時間結束時所剩餘的車位數開放給現場停車，並給定一個固定現場停車價格作為預約結束時，停車業者的額外收入。

本研究環境之假設情境如下表 4-1 所示：

表 4-1 數值參數設定

總預約時間(L)	4320 分鐘(3 天)
有限預約期數(T)	200
消費者總抵達數	70 人
可預約時段	1 小時
願付價格分配期望值	$E(p_t) = 50$
願付價格分配變異數	$Var(p_t) = 100$
車位殘餘價值	0

4.1.2 基本模式結果

根據上述的環境情況假設，並與第三章中所建立的單小時預約訂價模式做搭配，輔以 Mathematica7.0 數學軟體來運算所建立之模式，輔助動態規劃計算，採用由後往前的遞迴方式求解，由此我們可以得出在本研究所擬定的預約期間內，隨著動態預約停車價格的變動下，各種不同預約車位數下之期初價格與總預約期間之總期望營收，以繪製圖表的方式所示。

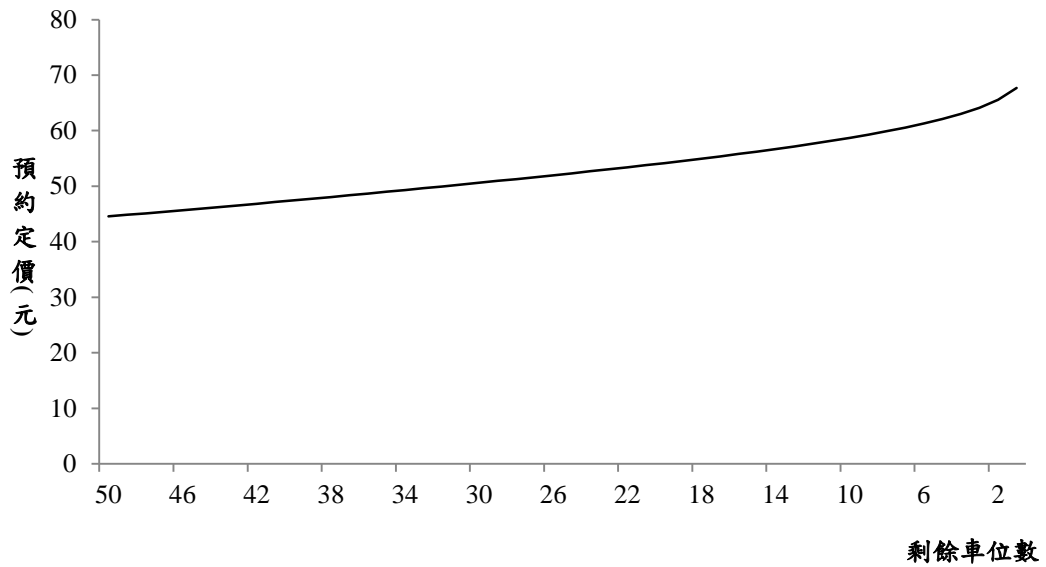


圖4-1 隨剩餘車位數變化之預約訂價

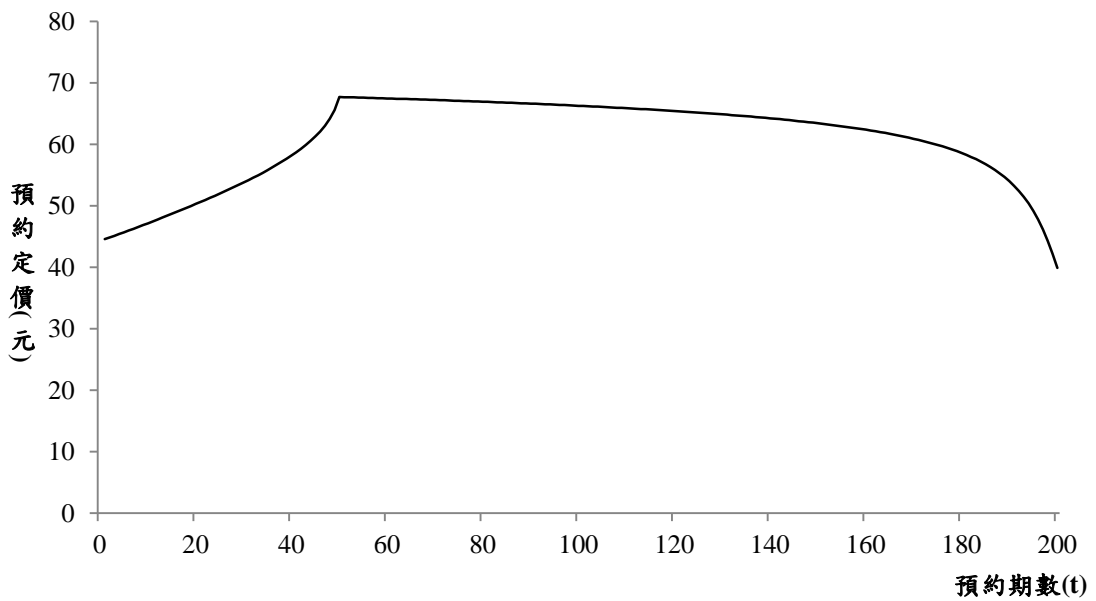


圖4-2 隨預約期數變化之預約訂價

由圖 4-1 可以明顯地看到隨著剩餘車位數越少，預約訂價呈一個絕對上升的趨勢，也表示隨著車位較少時業者會訂定一個較高之訂價使其營收最大化，符合前述之結果，而從圖 4-2 中可以看到，本研究假設五十個車位且需求大於供給的情況之下，前五十期的預約訂價會呈現一個向上的趨勢，且每期均可能賣出車位，但超過五十期後發現仍有剩餘車位，則業者會逐步降低期預約訂價來增加消費者購買機率，並且可以看到在第兩百期的時候，若能仍有車位未賣出，則業者會以賤價的方式提高售出機率。

4.2 獨占廠商之分析

上述針對單小時預約訂價模式進行相關驗證，然而未反映實際停車需求的狀況，故本節在深入探討單家廠商在不同情況下之相關案例分析，並且假設願付價格分配參數不隨時間變動，同時與固定訂價之結果進行相關績效比較，來探討其差異性。

4.2.1 參數設定

延用上一節數值案例之參數設定，假定總預約期間長度為 72 小時(3 天)，並開放預約至該停車小時開始，每預約區間至多到達一位停車消費者，其到達過程符合卜瓦松過程，在整個預約區間內進行預約價格調整，並且有限制價格調整之次數。在總預約為期 72 小時的預約區間內，停車消費者平均到達數為 70 人次，求得預約區間數為 200 期，故單位區間內之停車消費者到達率為 $m_t=0.35$ ，參數設定如表 4-2 所示：

表 4-2 獨占廠商數值參數設定

	參數	基本情境設定	敏感度分析 情境設定值域
供給參數	可預約時間(L)	4320 分鐘(3 天)	--
	總車位數	50	1~100
需求參數	顧客平均到達率	0.35(卜瓦松過程)	--
	預約期數(T)	200	--
	願付價格期望值	$E(p_t) = 50, \forall t$	--
	願付價格分配變異數	$\text{Var}(p_t) = 100, \forall t$	--
	現場顧客人數	20	20~50

假設在同一個數值案例當中所使用之願付價格分配為韋伯分配，且在前述中有提及考慮停車位預約時間內差異不大之因素下，設定各期間之願付價格分配不隨時間變動，因此，韋伯分配之參數設定為一固定值，延用 4.1 節中所設定之願付價格分配期望值和變異數，求解韋伯分配參數值如下：

韋伯分配的形狀參數值: $\alpha=5.7974$

韋伯分配的比例參數值: $\beta= 53.9988$

將所得之韋伯分配參數值代入可得願付價格累積密度函數，如(4-3)所示：

$$F(P) = 1 - e^{-\left(\frac{P}{53.9988}\right)^{5.7974}}, \forall P \quad (4-3)$$

本研究於以下小節中探討單廠商於不同環境參數下之案例分析，並且將預約訂價設定為一固定價格，藉此與單小時訂價模式之預約價格進行比較，就不同情境下比較兩訂價策略之績效。

4.2.2 基本模式結果

首先，在獨占廠商分析當中，針對單小時獨占廠商動態預約訂價模式，在總車位不同的情況下，對於總期望營收和最佳期初預約訂價加以探討，以繪製圖表的方式加以表示，並如下所示。

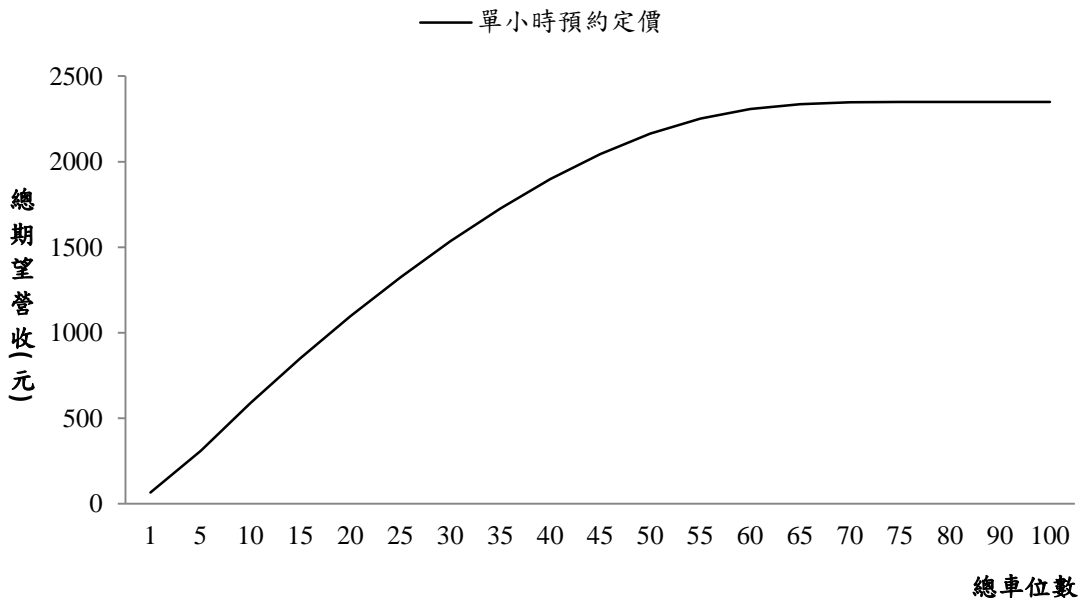


圖4-3 單小時預約訂價營收圖

由圖 4-3 中可以明顯地看出，隨著期初開放可預約之車位數越多的情況下，使得總期望營收也跟著呈現一個絕對上升的遞增趨勢，並且可以觀察到在可預約車位數於一個定量以前，如可預約之車位數為 20 之前，因為開放預約車位過少，造成需求遠大於供給的情況，故隨著可預約的車位數上升時，總期望營收呈現較大幅度的上升趨勢；反之，可以看到當可預約車位數為 70 時，總期望營收上升的幅度則較為平緩且固定，此現象則是因為本研究假設總消費者抵達數為 70 情況，加上停車供給約等於停車需求，故若再增加期初可預約之車位數時，所能獲得的邊際總期望營收有限。

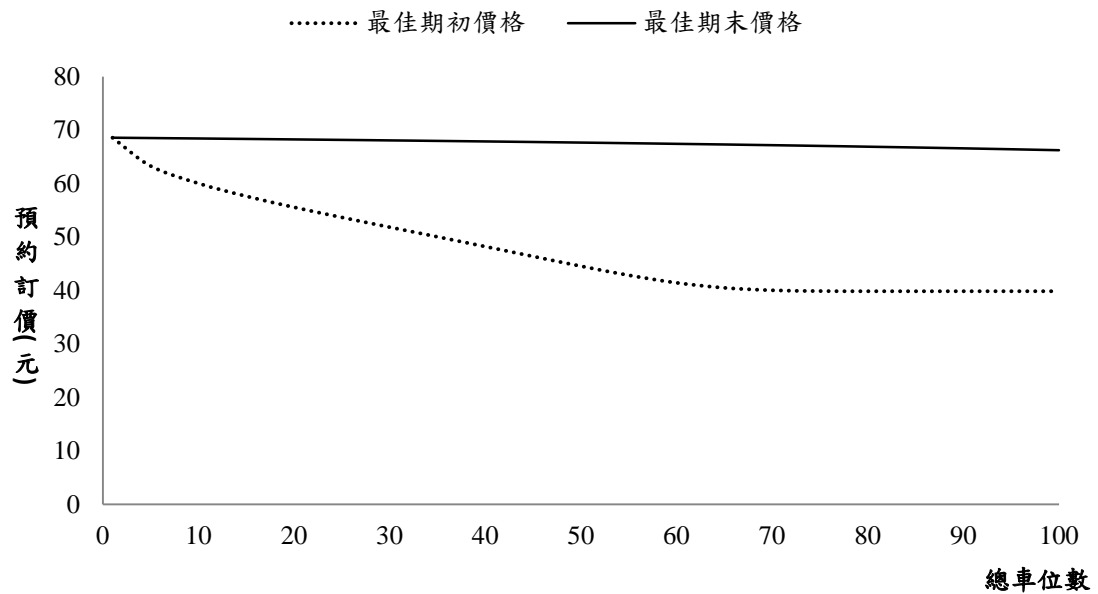


圖4-4 最佳期初價格、期末價格變化趨勢圖

由圖 4-4 可以看出當期初可預約車位數較小的情況下，因為單一車位是否售出會影響總期望營收甚大，因為需求大於供給的情況之下，期初設定較高的預約訂價，藉此來賺取較高的營收，才不會造成停車位迅速被預約出使得營收損失，反之，則會設定較低的預約訂價，來增加停車消費者意願，提高車位售出之機率。由於每單位車位對於總期望營收影響不同，隨著車位數越多，其占總營收的比例下降，因此需求對車位數沒有立即的影響，故在期初預約訂價上可設定較低的價格，以利業者能在有限的預約時間內將全部的車位數售出，因此，可以由圖 4-4 中觀察到，最佳期初訂價隨著期初可預約車位數呈現遞減的趨勢，如期初車位數=5 時，最佳期初價格為 63.29 元；可預約車位數=80 時，最佳期初價格=39.88 元，其中兩期初訂價價差達到 23.41 元。

4.2.3 期初預約車位數變動影響

本研究針對單小時動態預約訂價模式和固定訂價做相關比較，而固定訂價為每一個預約期間其價格為一固定值，在本節中設定固定預約價格為50元。運用表4-3和圖4-6比較上述之基本案例的動態預約訂價與固定訂價，以及兩者間之營收變化。

表 4-3 單小時與固定訂價及其營收比較

可預約車位數	單小時預約訂價		固定預約訂價		期望總營收比較(%)
	最佳期初價格	期望總營收	最佳期初價格	期望總營收	
1	68.60	66	50	50	31.33%
10	60.05	590	50	500	18.07%
30	51.86	1535	50	1488	3.15%
50	44.57	2164	50	1844	17.36%
70	40.06	1346	50	1845	27.16%
80	39.88	2349	50	1845	27.31%
100	39.88	2349	50	1845	27.31%

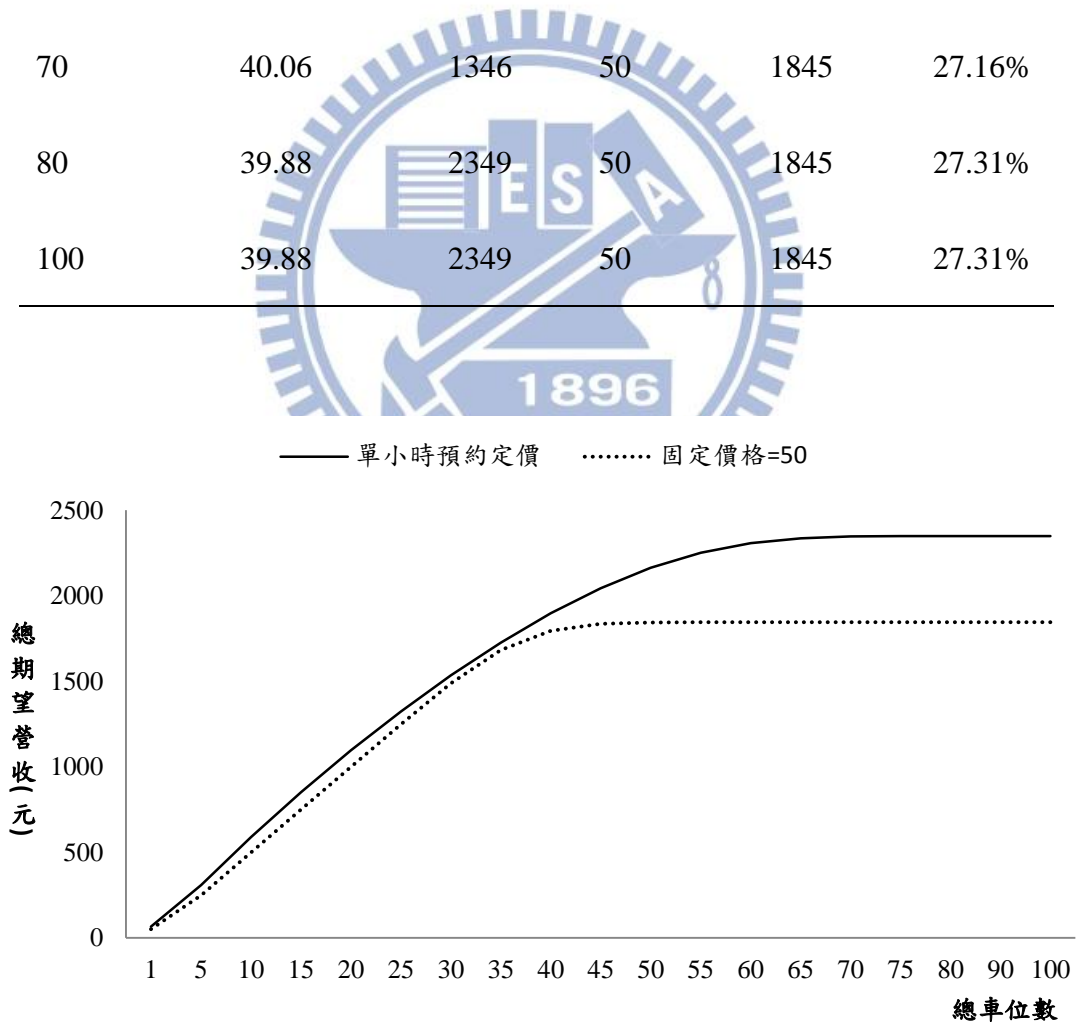


圖4-5 可預約車位數變動-單小時與固定訂價營收比較圖

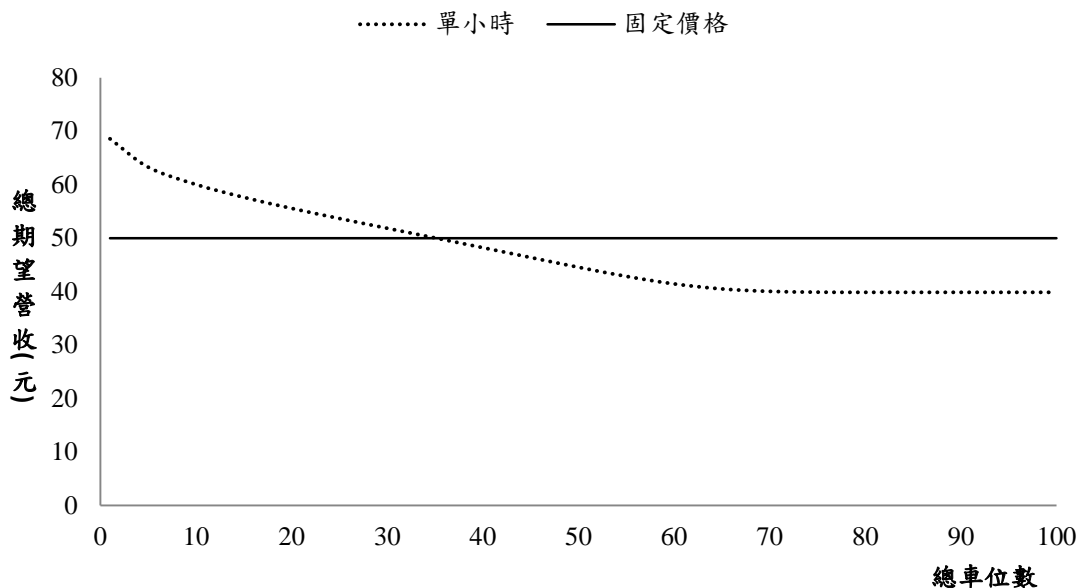


圖4-6單小時與固定訂價最佳期初訂價比較圖

由圖4-6可以看出，最佳期初價格策略和期初可預約車位之數量有相依的關係，隨著可預約車位數的增加，最佳期初價格呈現絕對向下的遞減趨勢，隨著期初可預約車位數較低的情況下，會訂定較高的期初預約價格，因為當車位數少時，需求大於供給，消費者會願意付出更高的價格來取得車位，因此，預約停車價格訂定會較高，以提高此車位之利潤，反之，當停車場車位有較多可供停車消費者預約時，為了避免因為期初預約價格訂定過高，造成消費者願付價格低於預約訂價，而導致消費者流失和剩餘停車位過多而造成廠商之損失，業者會訂定較低的期初預約訂價以提高消費對此系統之預約機率來減少廠商之損失。

而從表4-3和圖4-5我們可以比較單小時預約訂價與固訂價格的價格策略績效。期初可預約車位數較少時，以可預約車位數等於1為例，單小時預約訂價的總期望營收為66元，固訂價格的總期望營收為50元，單小時的總期望營收較固定訂價之績效多了31%，是因為當預約車位數較少的時候，可藉由動態訂價調整預約價格至最佳，相對而言，固定訂價則僅能收取50元的價錢，造成廠商營收損失，且又因為車位數少，每單位車位售出之價格會影響總期望營收甚鉅，因此會造成兩者績效差距顯著。

由圖4-5中可以看到兩不同訂價方式總期望營收之變化，可以看到當可預約車位數小於35時，需求遠大於供給，可看到單小時動態訂價之期初價格高於50，因此總期望營收也大於固定訂價，隨著可預約車位數的增加，兩訂價模式績效之差距逐漸固定，當可預約車位數為100時，單小時總期望營收比固定價格訂價27.31%，可解釋為需求已達到

飽和，因此可以看到兩訂價之總期望營收呈現平緩的趨勢，但在供過於求的情況之下，過多的供給在假設剩餘價值為零下僅能視為營收之損失。而從結果可以得知，總期望營收績效不論期初車位數的多寡，單小時動態訂價之總期望營收均會比固定訂價之總期望營收來的高。

4.2.4 預約期數變動影響

本小節討論不同預約期數和不同期初可預約車位數情況下，單小時預約訂價和固定預約訂價營收變化趨勢及其績效比較。

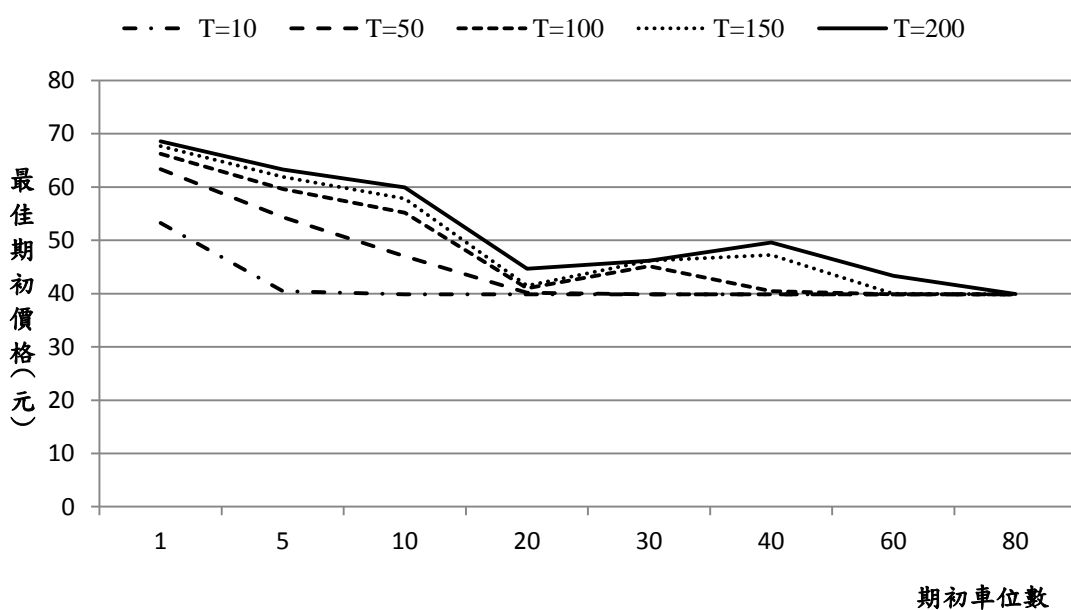


圖4-7 預約期數變動-期初價格比較

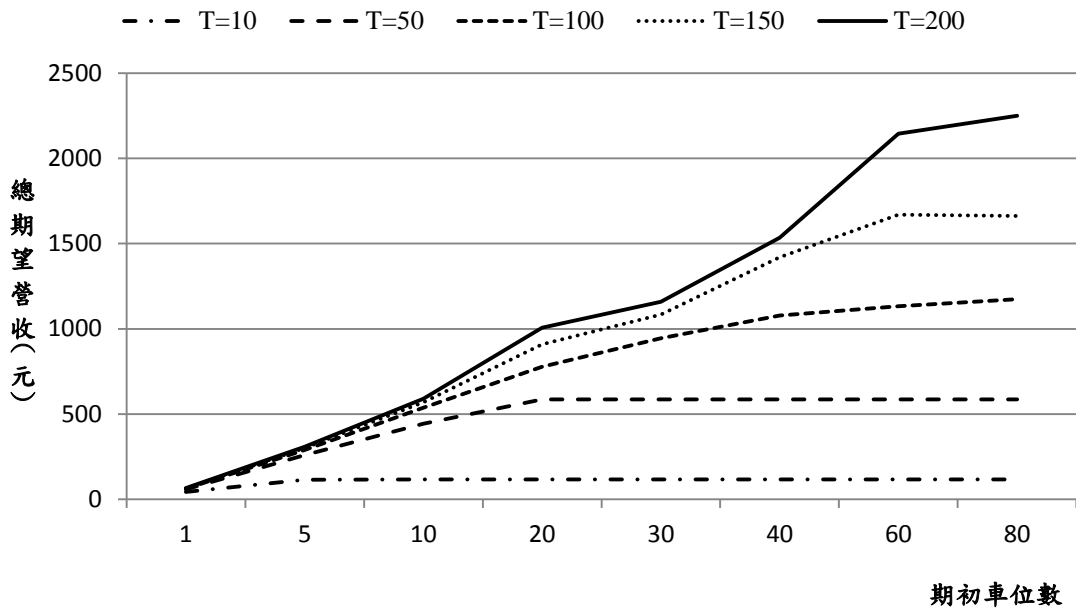


圖4-8 預約期數變動-單小時期望營收比較

由圖4-7中可以看到不同的曲線間，預約區間數 T 越多時，期初廠商所訂定的預約價格越高，因為預約期數較多，廠商會有更多的機會可以調整價格，首先，先訂定出較高的價格，並且視往後車位的銷售情況，對於預約訂價加以調整。而在同一曲線中可以看到，期初車位數增加時，其期初預約價格會逐漸下降，廠商會希望在預約停止前將所有的車位數售出，故期初存貨量較大時，會訂定出較低的價格，期望將車位盡快售出，其論點與Pashigian 與 Bowen(1991)文中所提出的論點相同。

從另一方面去看預約期數，預約期數多的情況之下可以解釋為到達廠商停車的消費者數量較多，因此，相較於停車消費者少時，會有較高的獲利，可由圖4-5看出此趨勢，不論在何種期初車位數的情況之下，預約期數越多，其獲利則越高，而從圖4-7和圖4-8中，我們可以觀察到預約期數為10時，期初預約價格及最大總期望營收在各種不同車位數的情況之下相差不遠，因為預約期數過小且車位數過多，因此，最多僅能售出10個車位，所以造成期初預約價格及利潤變化都不大。

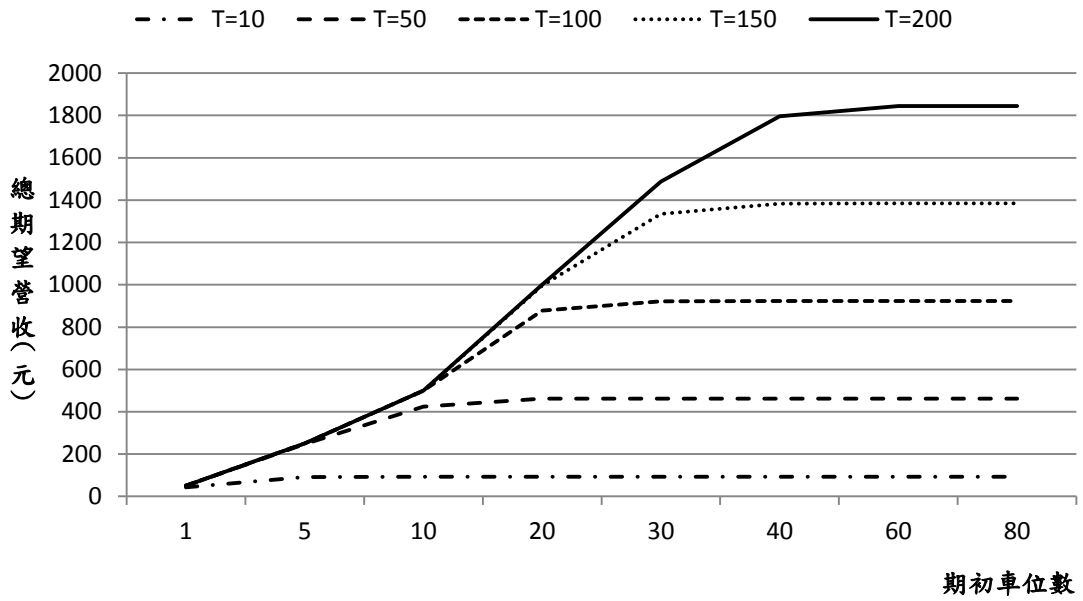


圖4-9 預約期數變動-固訂價格期望營收比較

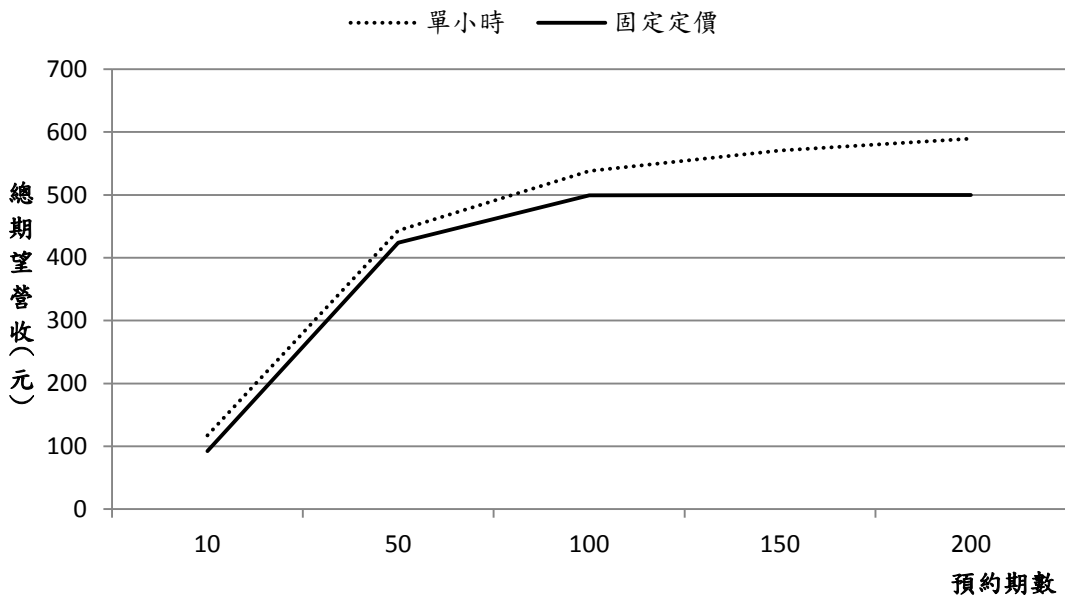


圖4-10 預約期數變動-單小時訂價與固訂價格期望營收比較

當預約期數的增加，表示車位可以預約出的機率上升，也代表業者可對每單位車位調整其預約價格的機會增加，從圖4-8和圖4-9可以看出單小時訂價和固定訂價的總期望營收會隨著預約期數越大而有越高的總期望營收，但由於供給大於需求的情況下，超過某一預約期數，即表示無額外停車位可供停車消費者預約，因此，預約期數的增加對於總期望營收的成長並無額外的效益。

4.2.5 現場停車消費者影響

本小節討論在各預約期間內，剩餘車位數的不同以及由歷史資料得知當期可能之現場排隊人數，藉由現場停車消費者之顧客到達機率，其符合卜瓦松累積機率密度函數，與固定價格乘積得出一個現場排隊消費者之願付價格期望值分配，以此來限制廠商所設定之預約停車訂價，使其高於現場訂價，原因是因為地處商業繁榮地區，需求大於供給的情況之下，停車消費者會為了其需求而付出較高的停車費用來預約停車位，使該時段停車消費者必有車位可以停放，因此在本小節探討不同期初車位數的情況下，不同的現場顧客數對於總期望營收之影響。

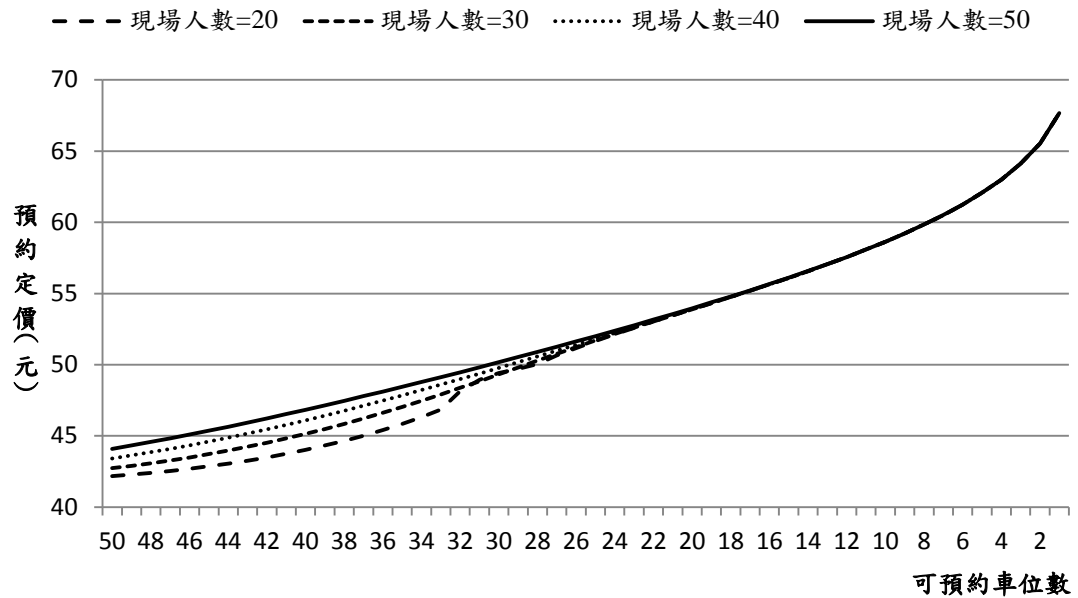


圖4-11 不同現場到達人數之預約訂價比較-以可預約車位數50為例

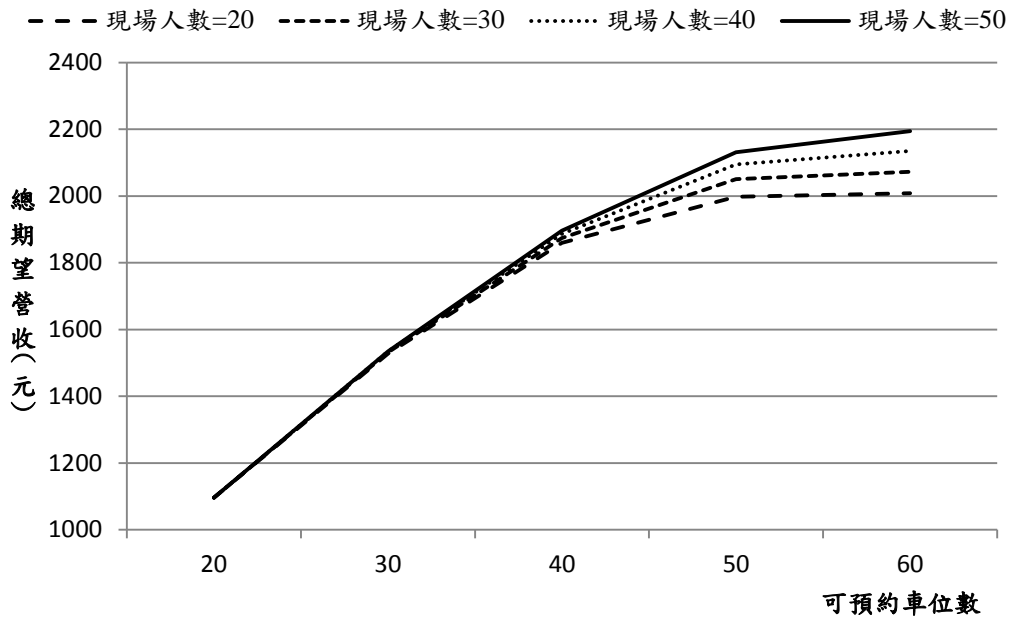


圖4-12 不同現場到達人數之總期望營收比較

由圖4-12可以明顯地看出，於期初車位數為20時，現場到達人數設定已遠超過停車位供給，加上又有預約之停車消費者，所以在需求大於供給的情況之下，不同的現場到達人數對於總期望營收影響甚小，反之，可以看到當期初車位數為60的情況之下，對於不同的現場到達人數所得出的總期望營收已有差異，是因為在現場排隊人數較多的情形下，如現場到達人數為50，已可以確定有50個車位存在有基礎的期望營收，也就是說該時段會存在50個現場停車消費者來停車場消費，因此，可以從圖4-11中明顯地看出，停車業者可以在現場到達停車消費者較多的情況之下，將該車位之預約價格提高，來增加其總期望營收，形成逐步遞增的趨勢。

4.3 雙占廠商之分析

上述小節針對獨占廠商預約訂價模式進行相關分析及驗證，而在實際情況當中，很難有地區只存在單家停車業者，故在本節中加入另一家廠商，使兩廠商進行價格上之競爭，以第三章所建立之單小時雙占廠商預約訂價模式進行分析，並延續4.1節之數值案例，假設願付價格分配參數不隨時間變動，來探討雙占廠商間之價格競爭策略。

4.3.1 參數設定

相關的參數設定延用 4.2 節數值案例，假定整個預約期間長度為 72 小時，開放預約停車至該停車小時，並假設每一預約期間至多到達一消費者，並且到達過程符合卜瓦松分配，且在整個過程當中兩家廠商進行相互的價格調整，來達到本身營收最大化。在整個三天的預約時段內，假設消費者平均到客人數為 70 人，並求解得預約區間期數為 200 期，而每單位區間內消費者總到達率 m_t 為 0.35，以下為參數之設定，如表 4-4 所示：

表 4-4 願付價格分配固定下-數值參數設定

	參數	基本情境設定	敏感度分析情境 設定值域(B 廠商變動)
供給參數	可預約時間(L)	4320 分鐘(3 天)	--
	總車位數	A 廠商=50、B 廠商=50	35~65
需求參數	顧客平均到達率	0.35(卜瓦松過程)	--
	預約期數(T)	200	--
	願付價格期望值	$E(p_t) = 50, \forall t$	50~70
	願付價格分配變異數	$Var(p_t) = 100, \forall t$	--
	現場顧客人數	20	20~40
	效用函數	$U_A = 1 - 3P_1 - 2TT_1$ $U_B = -3P_2 - 2TT_2$	--
	步行時間	至 A 廠商=10 分鐘 至 B 廠商=15 分鐘	10~30

假設在同一個案例分析當中，考量到停車預約時間差異不大的情況下，假設各預約期間願付價格分配不隨時間變動，為韋伯分配，因此韋伯分配的參數數值為一固定值，延續上節的願付價格分配期望值和願付價格分配變異數求解出韋伯分配參數 α 和 β 值分別如下：

韋伯分配的形狀參數值: $\alpha= 5.7974$

韋伯分配的比例參數值: $\beta= 53.9988$

並將所得之 α 和 β 值代入願付價格累積機率密度函數如上述(4-3)式所示，以下各小節中，本研究將探討不同的參數設定下，單小時兩競爭廠商模式的價格變化和驗證模式的可用性。

4.3.2 基本模式結果

在雙占廠商分析當中，針對單小時雙占廠商動態預約訂價模式，對於總期望營收和最佳預約訂價加以探討，並且將達到均衡時兩廠商之預約訂價以繪製圖表的方式表示，如下所示。

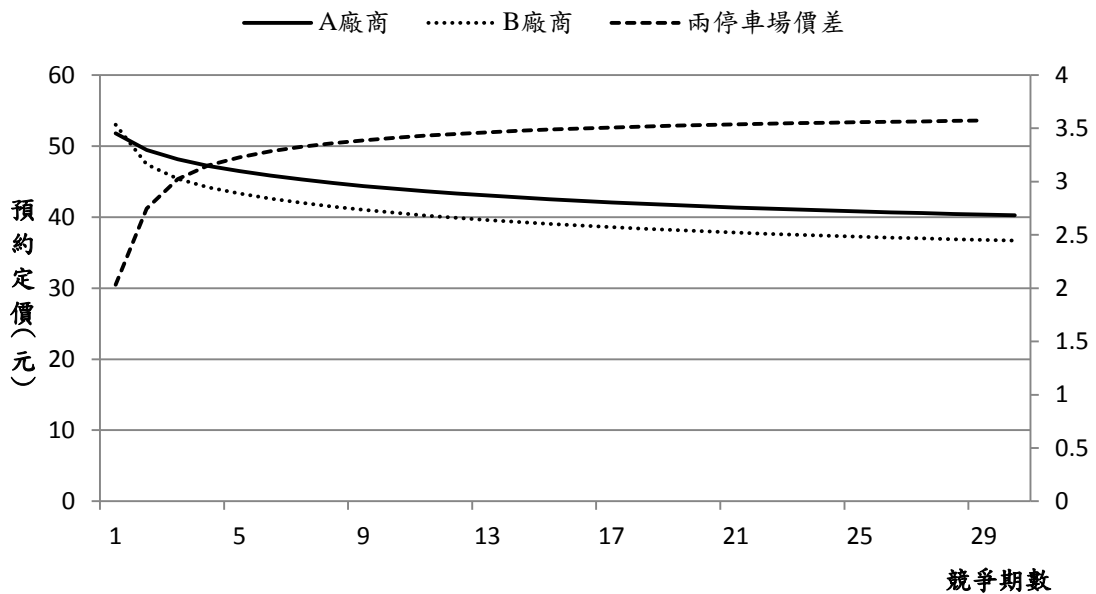


圖4-13 雙占廠商基本模式之預約訂價趨勢

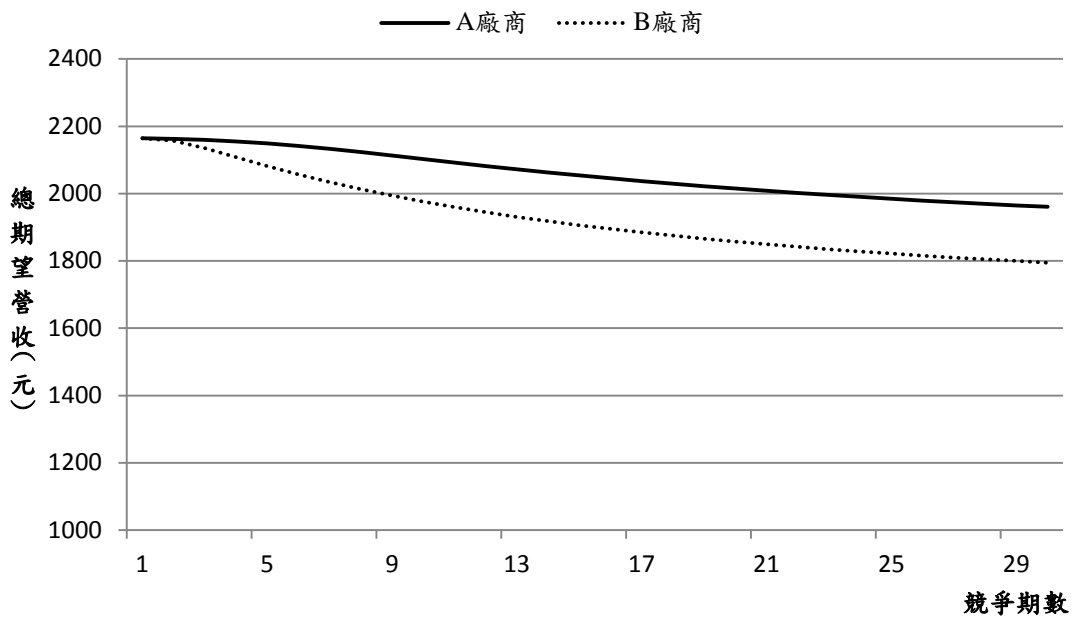


圖4-14 雙占廠商基本模式之預約訂價趨勢

圖 4-13 和圖 4-14 為依據基本情境設定所得到的預約訂價和總期望營收趨勢圖，可以明顯地看到，兩家廠商同時採取削價競爭的方式來增加顧客的選擇機率，藉此來達到總期望營收最大化的目標。而圖 4-14 則分別為兩廠商每個競爭期數的最大總期望營收。

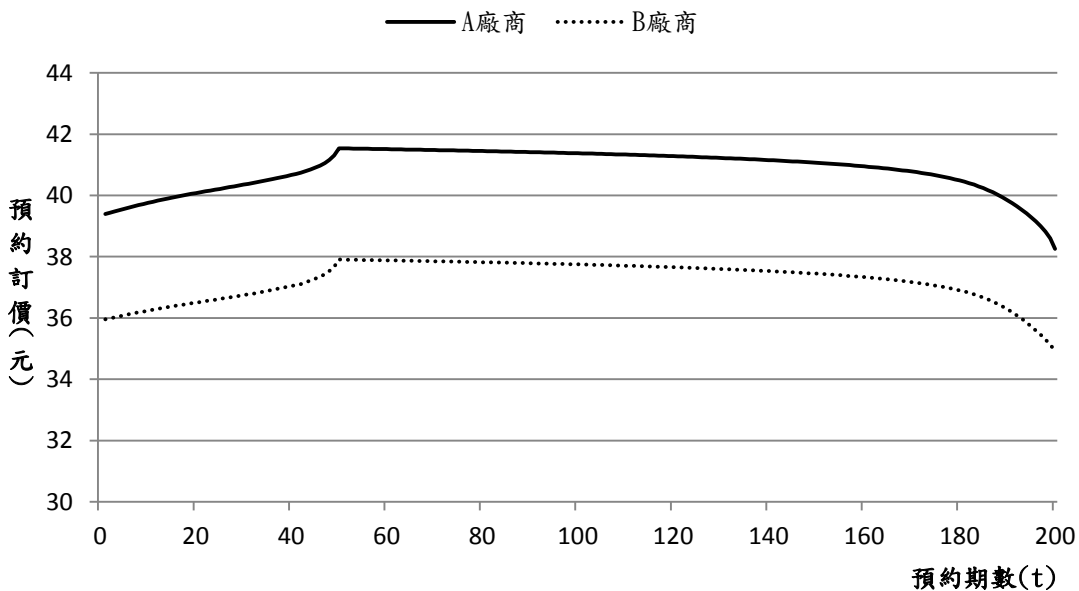


圖4-15 達均衡時兩廠商之預約訂價

圖 4-15 為第三十個競爭期數兩廠商分別的預約訂價，與獨占廠商趨勢相同，可以看到兩廠商會參考對手價格作自身預約訂價上之調整。

4.3.2 單小時雙占廠商價格競爭

本節討論在兩家廠商有相同車位數、總顧客到達率和願付價格分配相同的情況下，兩競爭廠商於停車消費者不同選擇機率下的價格競爭變動情形，並且為了避免停車場所遇到的尖離峰問題，使得不同時段總顧客到達率差異甚大，造成需求變異的情形，故本研究將兩停車場之競爭行為設定在每天同一個時段，如每天的9:00~10:00，藉此來消除顧客到達率變化的問題，並且根據其中一家廠商達到其總期望營收最大化之後的預約價格做為另一家廠商之依據，來求解最適價格，以此類推，兩廠商互相參考預約價格為其訂價依據進行動態訂價，使本身期望營收達到最大。

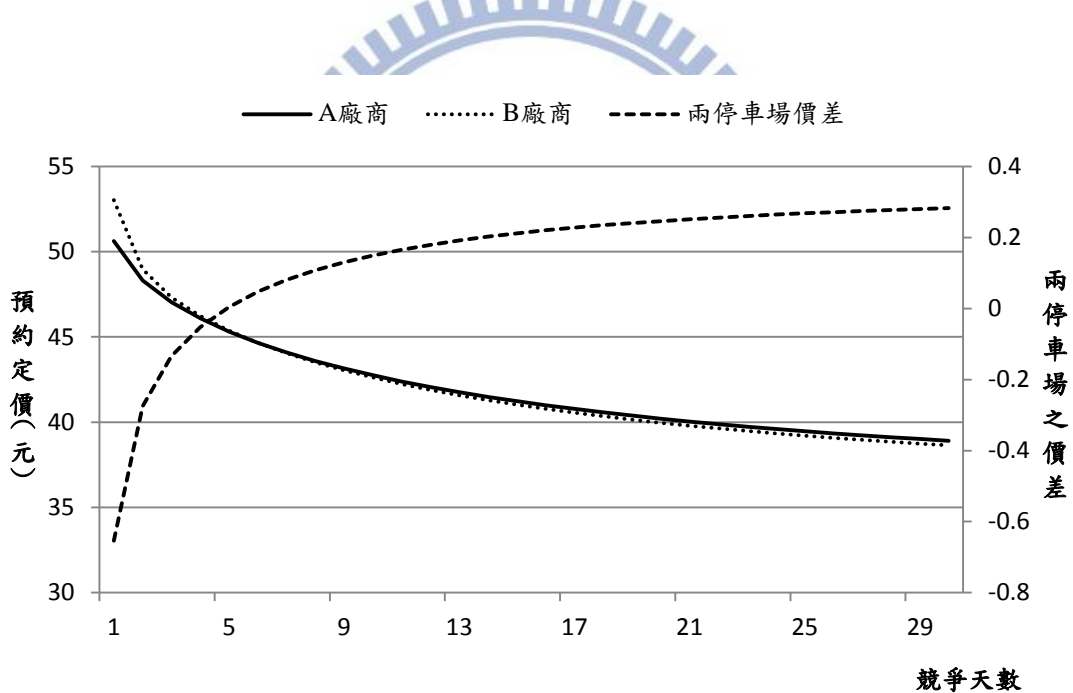


圖4-16 雙占廠商預約訂價比較-價格競爭

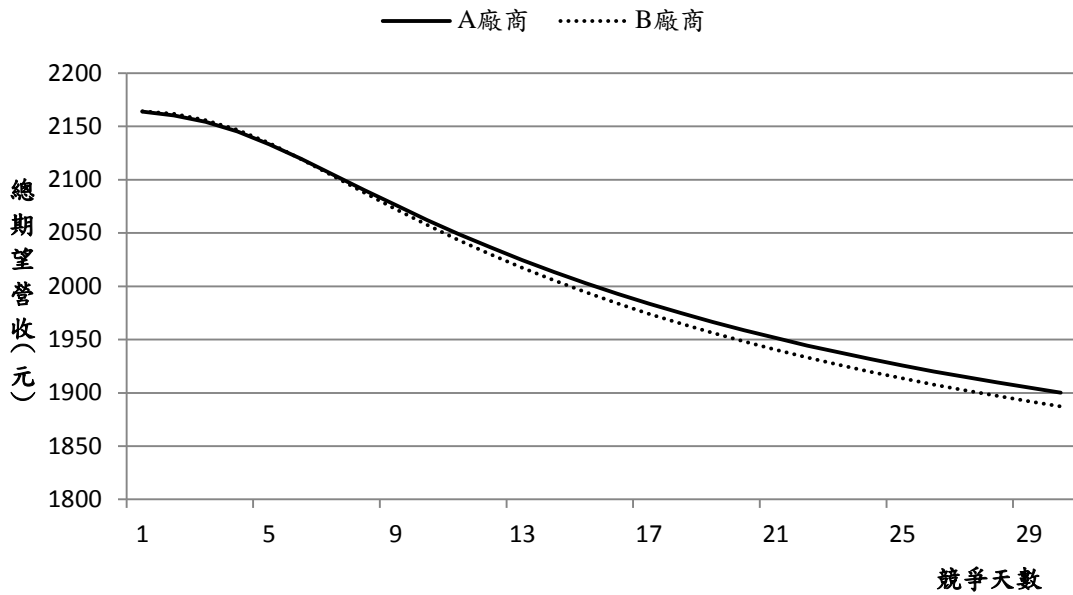


圖4-17 雙占廠商總期望營收比較-價格競爭

由圖4-16可以看出，兩競爭停車業者在可預約車位數、顧客願付價格分配和預約期數相同的情況下停車預約訂價之趨勢，由於在效用設定上之不同造成停車消費者選擇停車場A的機率較大，在模式中影響消費者之決策變數為預約價格，兩停車業者會以不同的訂價來影響停車消費者選擇意願，因為兩停車場為利益取向，所以各別停車場會追求自身利益最大化，結果形成賽局理論中囚犯困境的局面，因此，業者為了吸引停車消費者而降低本身的預約價格，造成兩停車業者為了奪取市場形成削價競爭來吸引客源，並且互相牽制造成利益上的損失。並且從圖4-16中可以看到兩廠商於第30個價格競爭循環後，個別與其前一期之價差小於0.1，在本研究中將此現象視為兩廠商價格達到均衡，且價差也趨向平緩，因此，在圖4-17中可以明顯地看出，伴隨著兩廠商價格之削價競爭，造成其自身總期望營收逐步下降。

4.3.3 單小時雙占廠商價格競爭-加入步行時間

本小節同 4.3.2 小節之相關假設，在兩家停車場具有相同車位數、總顧客到達率和願付價格分配相同的情況下，加入一消費者至兩廠商之步行時間加以探討，本研究假設停車消費者位於一定點，步行至 A 停車場之距離為 10 分鐘，至 B 停車場之距離分別為 15 分鐘、20 分鐘和 30 分鐘，因此，在兩停車場效用設定上分別為 $U_A=1-3P_1-2*10$ 和 $U_B=1-3P_2-2*15$ 、 $U_B=1-3P_2-2*20$ 以及 $U_B=1-3P_2-2*30$ ，以此來進行下述之分析及探討。

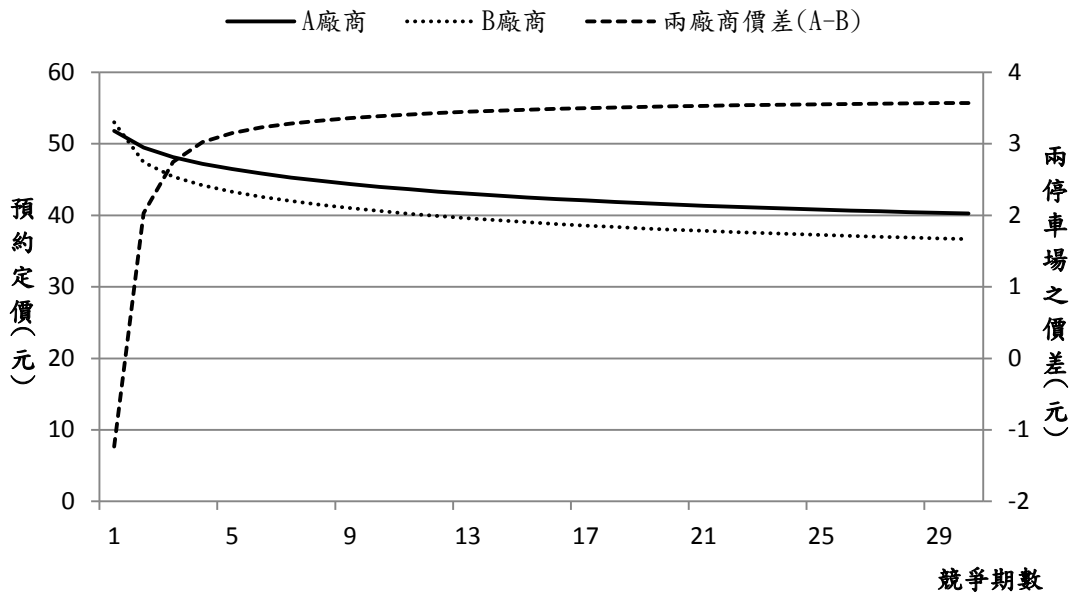


圖4-18 雙占廠商預約訂價比較-加入步行時間之價格競爭(B廠商=15)

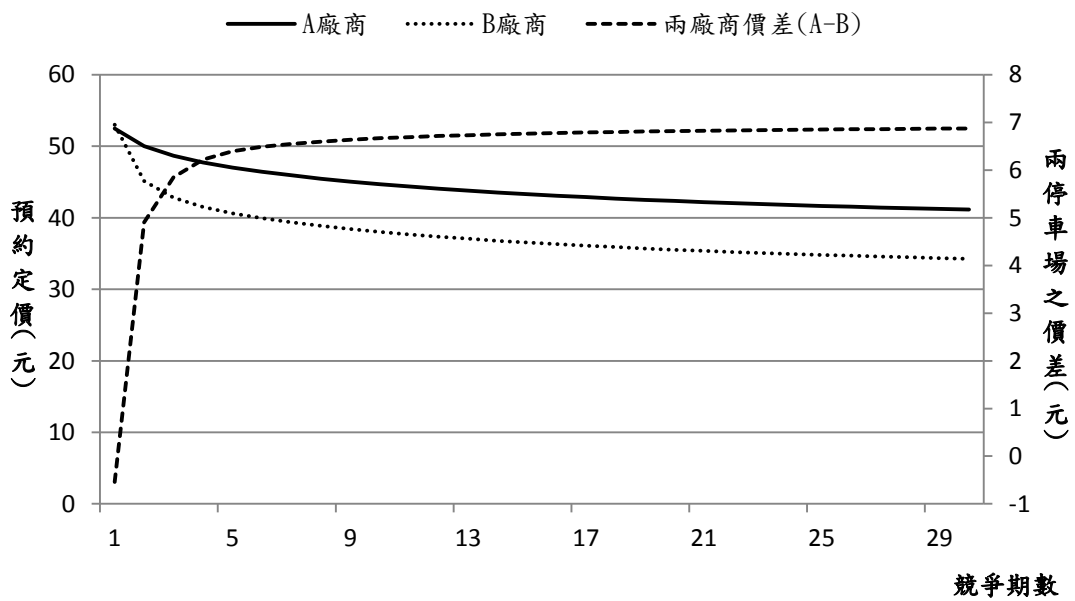


圖4-19 雙占廠商預約訂價比較-加入步行時間之價格競爭(B廠商=20)

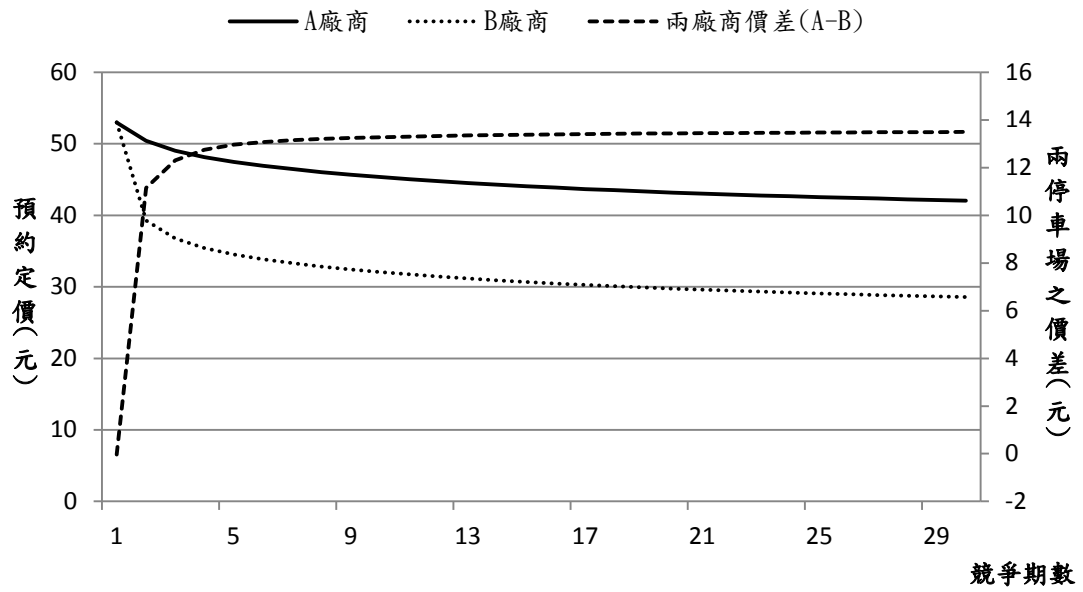


圖4-20 雙占廠商預約訂價比較-加入步行時間之價格競爭(B廠商=30)

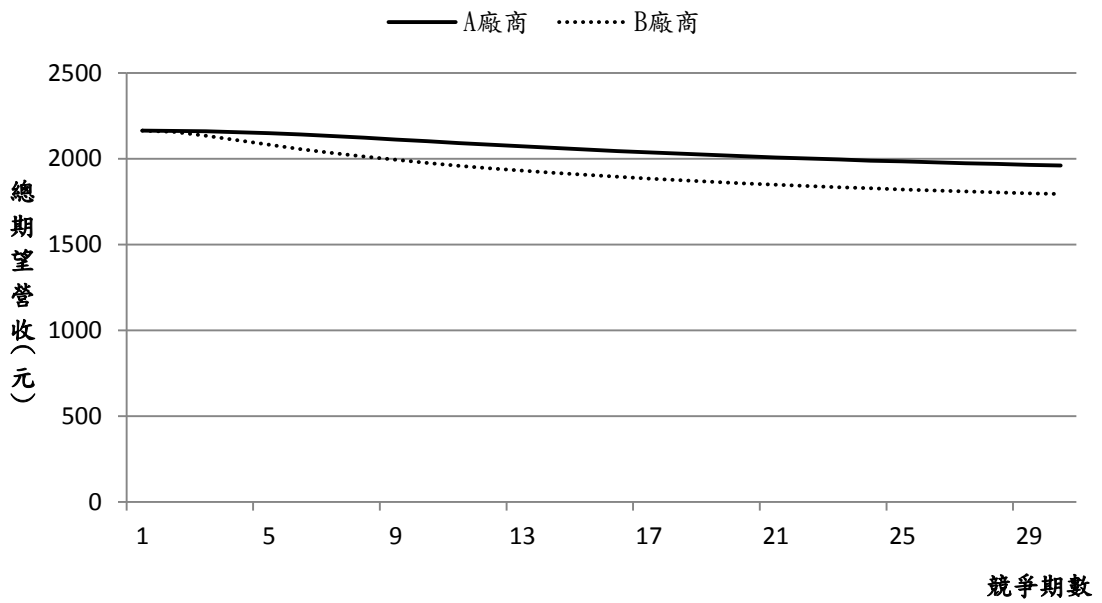


圖4-21 雙占廠商總期望營收比較-加入步行時間之價格競爭(B廠商=15)

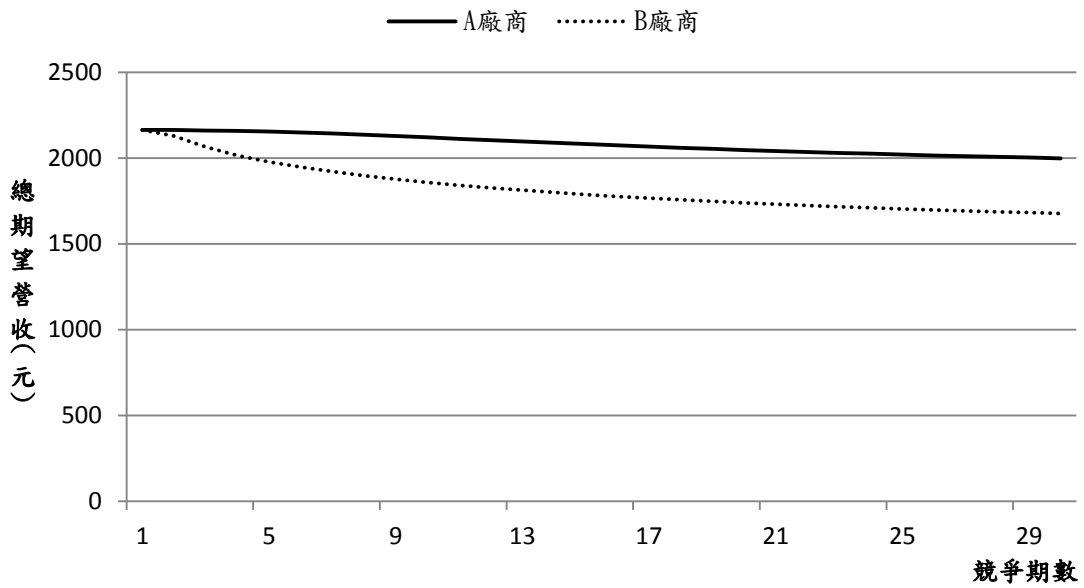


圖4-22 雙占廠商總期望營收比較-加入步行時間之價格競爭(B廠商=20)

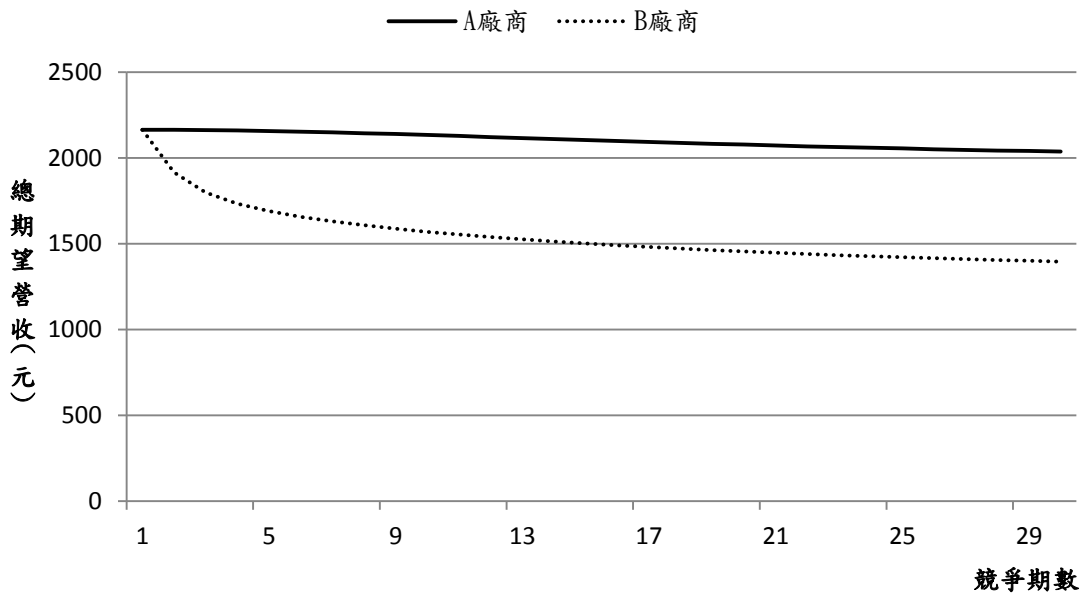


圖4-23 雙占廠商總期望營收比較-加入步行時間之價格競爭(B廠商=20)

圖4-18、圖4-19和圖4-20中可以發現，兩家廠商也採取削價競爭的方式來增加顧客的選擇機率，但與圖4-16不同的地方在於兩家廠商之價格差異，不同於只有價格競爭的0.27元，其原因是因為步行時間的影響，於先前的設定上可以得知步行至A廠商為10分鐘，步行至B廠商則分別為15、20和30分鐘，因此，至A廠商的步行時間較短，所以對於停車消費者而言具有較高的效用，故選擇其機率較高，而廠商A因為離消費者較近的

關係，在預約訂價上的訂定會高於B廠商預約訂價，從圖4-21、圖4-22和圖4-23中可以看到兩業者加入步行時間後之價格競爭所造成的總期望營收損失，並且經過30個價格競爭循環後，兩廠商之預約訂價與前期預約訂價之價差小於0.1，在本研究中將此現象視為兩廠商價格達到均衡。

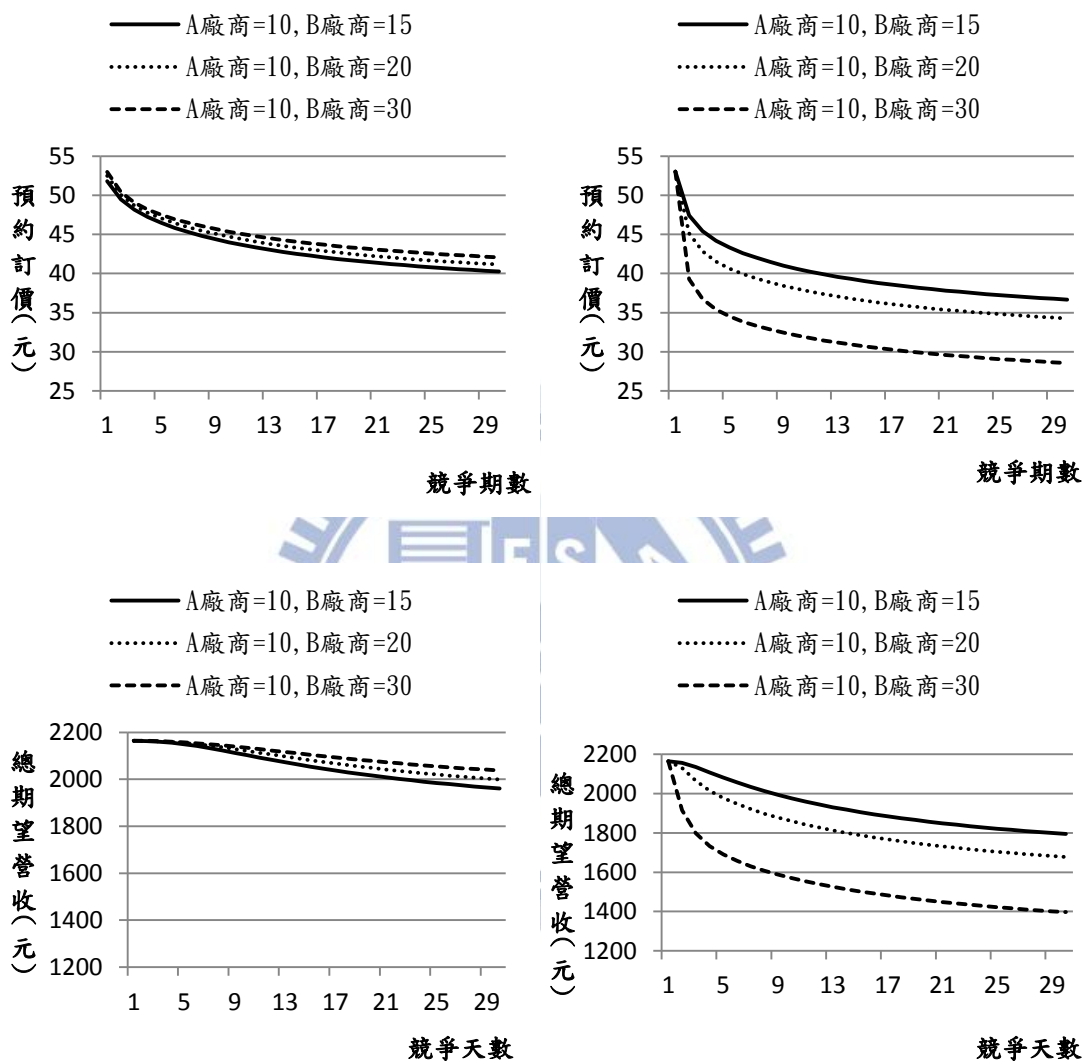


圖4-24 雙占廠商比較-加入步行時間之價格競爭(左為A廠商、右為B廠商)

在這邊我們將A廠商和B廠商以三種不同的情境分別探討，可以看到左邊A廠商預約訂價會隨著B廠商步行時間越長而提高自身訂價，而B廠商之預約定價則會隨著其本身步行時間越長而降低來吸引顧客發生購買之機率，提升其總期望營收；而下面兩張圖則為兩廠商之總期望營收，主要是伴隨著預約訂價來做變動。

4.3.4 單小時雙占廠商價格競爭-不同期初車位數

本節同4.3.2之相關假設，具有相同的總顧客到達率和相同的願付價格分配，唯一不同的地方是在期初可預約車位數之假設，此小節假設A廠商之期初可預約車位數為50、B廠商之期初可預約車位數分別為35、50和65個車位分別探討對於不同的期初可預約車位數之預約訂價變化趨勢和總期望營收之變化。

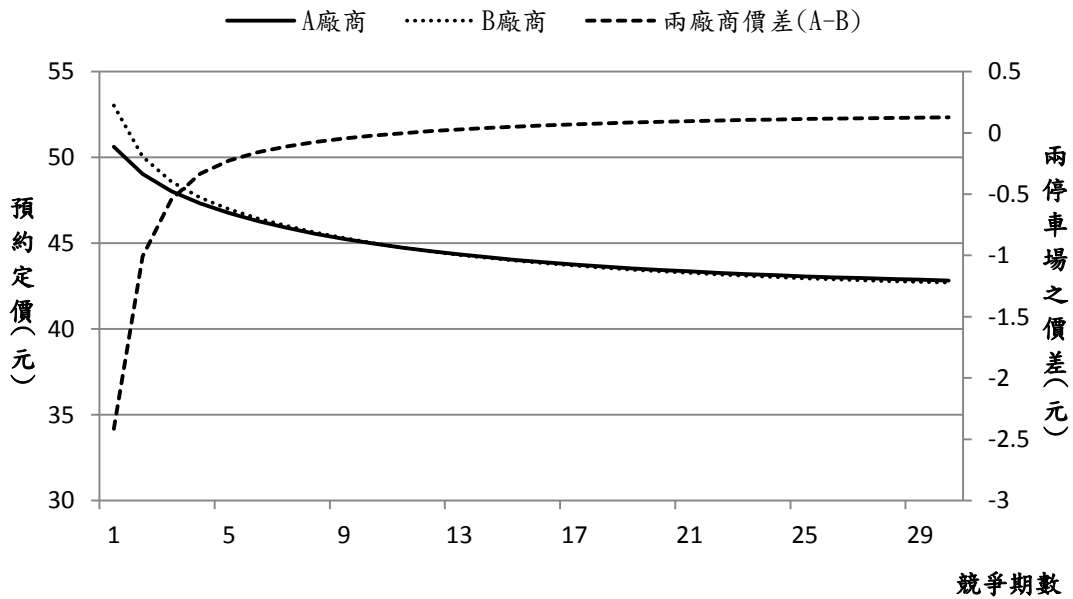


圖4-25 雙占廠商預約訂價比較-不同車位數(A廠商=50、B廠商=35)

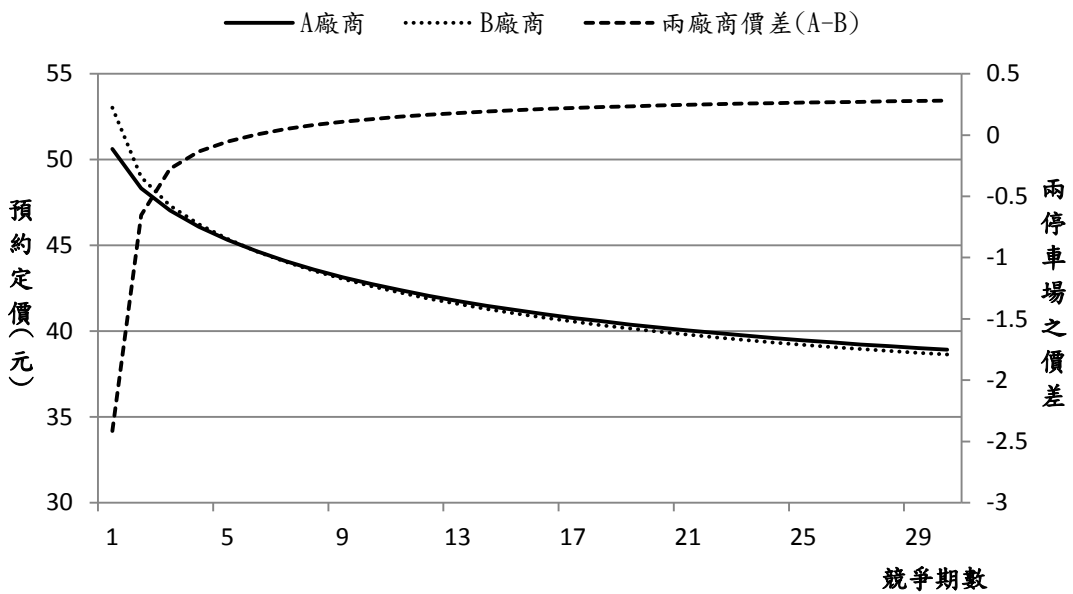


圖4-26 雙占廠商預約訂價比較-不同車位數(A廠商=50、B廠商=50)

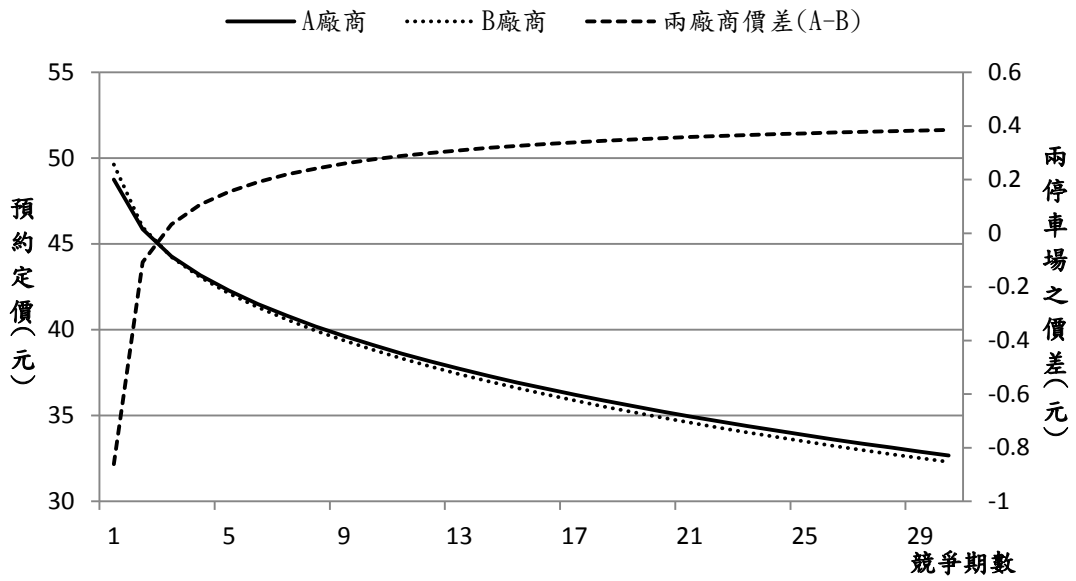


圖4-27 雙占廠商預約訂價比較-不同車位數(A廠商=50、B廠商=65)

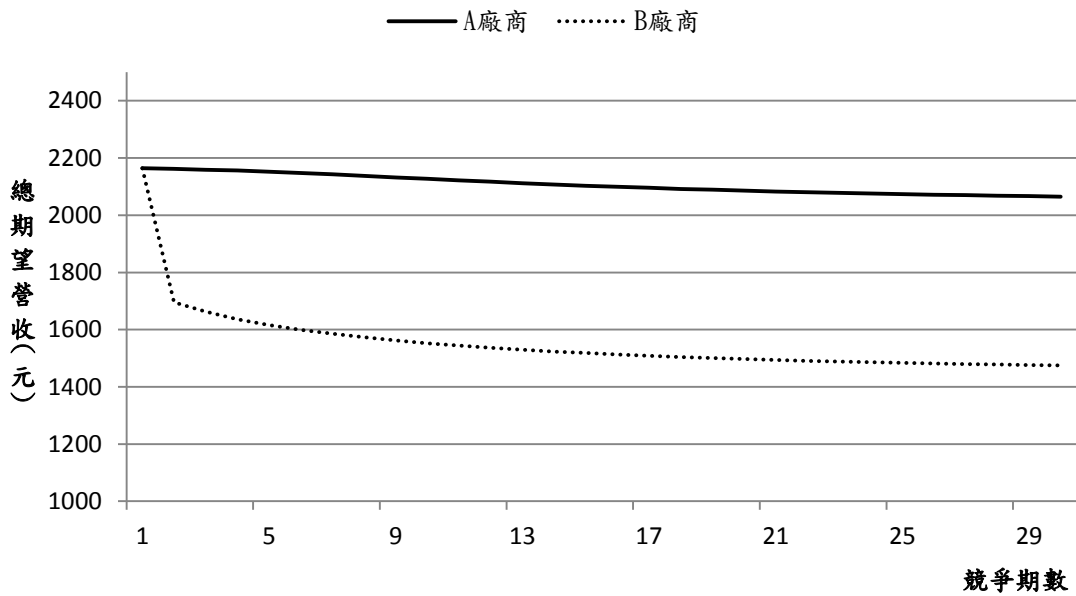


圖4-28 雙占廠商期望營收比較-不同車位數(A廠商=50、B廠商=35)

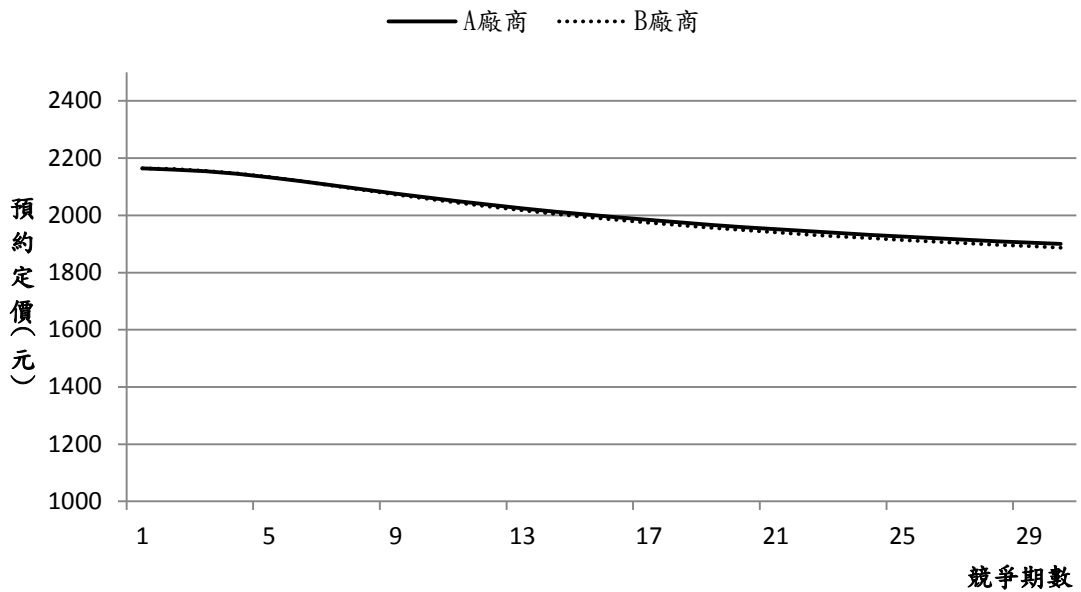


圖4-29 雙占廠商期望營收比較-不同車位數(A廠商=50、B廠商=50)

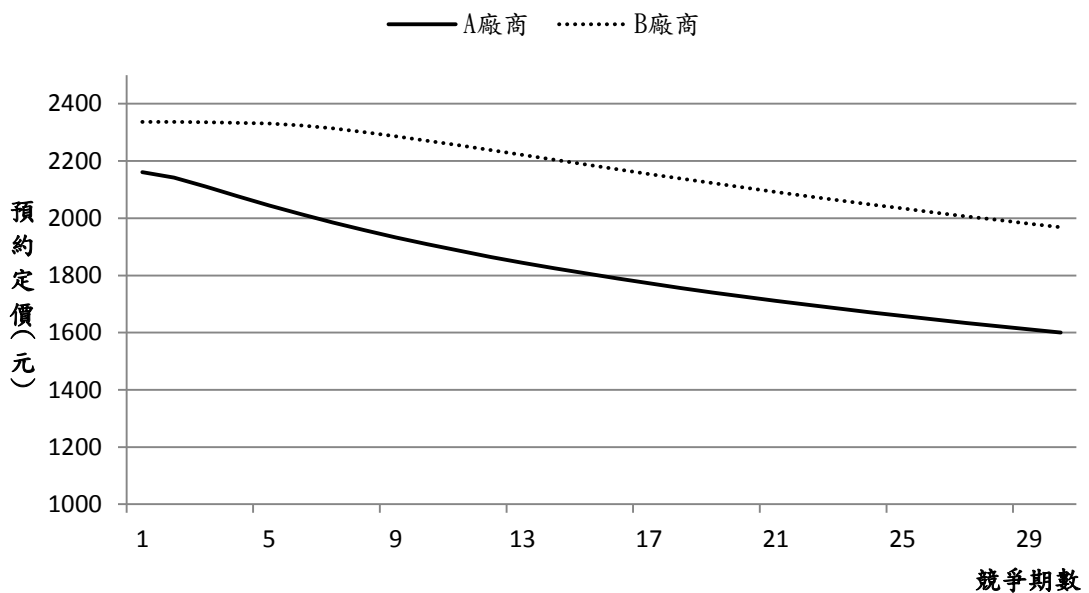


圖4-30 雙占廠商期望營收比較-不同車位數(A廠商=50、B廠商=65)

由圖4-25、圖4-26和圖4-27中可以看到，在兩家廠商期初可預約車位數設定分別不同的情況之下，期初車位數較少的預約訂價會較高，其是因為本研究模式中預約訂價會隨著剩餘時間和車位數的不同而改變，同4.2.2小節所提到期初車位數較少會訂定較高的預約價格結論相同，且隨著B廠商價格的降低，A廠商也會做價格上的調整，才不會使顧客流失。但在圖4-25中，可以發現經過30個價格競爭循環過後，B廠商的預約訂價會

低於A廠商的預約訂價，其原因是因為A廠商之效用較大，因此，B廠商會以較大的幅度降低其價格，故造成最後預約訂價低於A廠商，反之，在圖4-27中可以看到，由於A廠商效用較大且期初車位較少的情況之下，兩家廠商經過競爭過後之價格差距會較大，接著圖4-28、圖4-29和圖4-30為兩家廠商的總期望營收，其主要會依據他們的預約定價作變動，在這邊可以看到在總車位數越多的情況之下，總期望營收會較大。

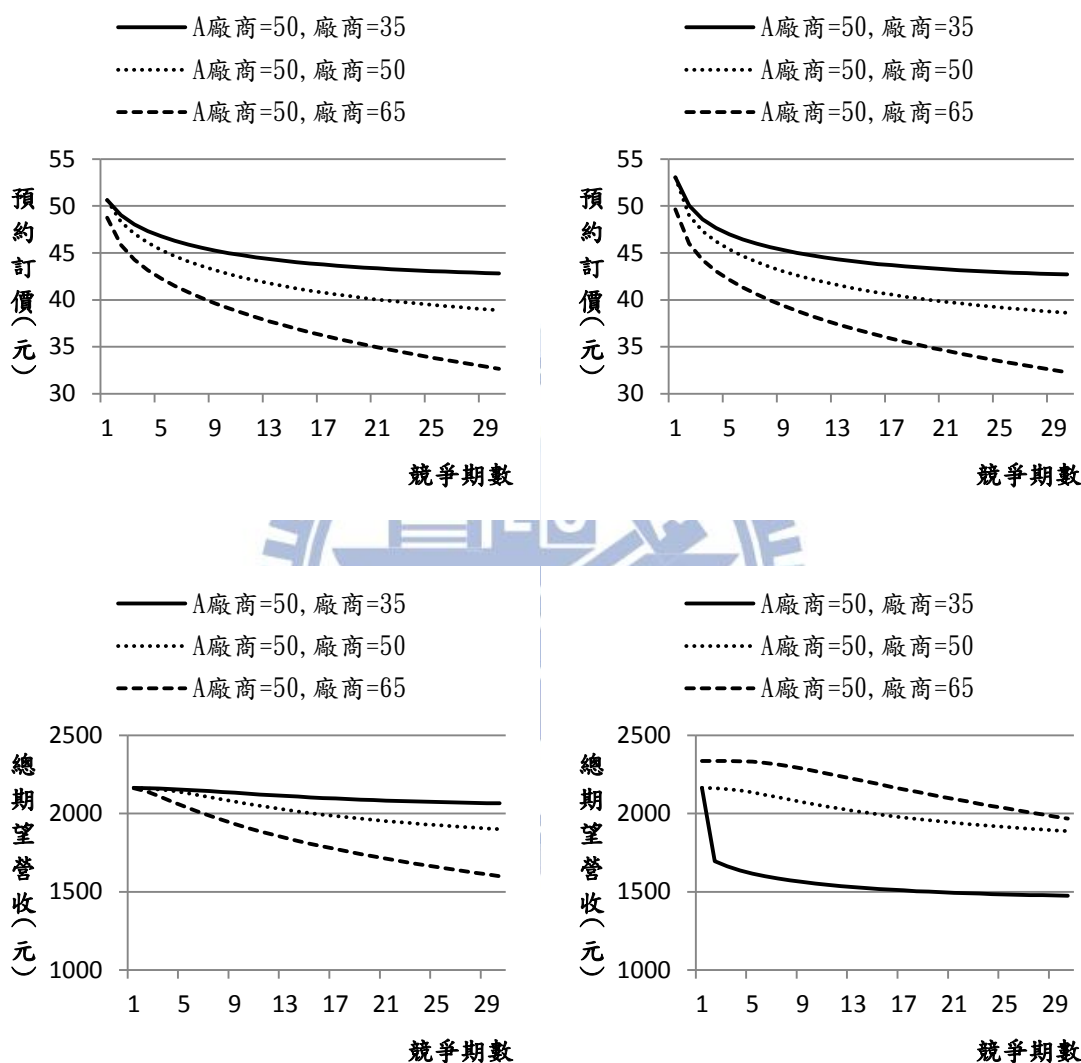


圖4-31 雙占廠商比較-不同車位數(左為A廠商、右為B廠商)

本研究將A廠商和B廠商以三種不同的情境分別探討，可以看到B廠商總車位數越多的情況下會訂定較低的預約訂價，而A廠商則會隨著B廠商之預約訂價較低，跟著降低本身預約訂價來吸引顧客；而下面則為兩廠商之總期望營收，主要是伴隨著上圖預約定價來做變動，而B廠商則會因為在總車位數較多，總期望營收較高。

4.3.5 單小時雙占廠商價格競爭-願付價格分配期望值變動影響

在前述小節當中，兩廠商之願付價格分配期望值皆固定為 50 元、願付價格分配變異數為 100，本節探討不同願付價格分配期望值下，兩停車場之預約訂價之變化趨勢，並設定 A 廠商之願付分配價期望值為 50 元，B 廠商分別為 50 元、60 元和 70 元三種情況。藉由願付價格分配期望值和願付價格分配變異數之設定，來求得願付價格分配參數，其值之變化會影響形狀參數 α 和比例參數 β 值，並假設可預約車位數為 50，其 α 和 β 值變化如表 4-5 所示：

表 4-5 各期願付價格分配期望值和參數

E(V)	50	60	70
α	5.79	7.06	8.33
β	53.99	64.11	74.18

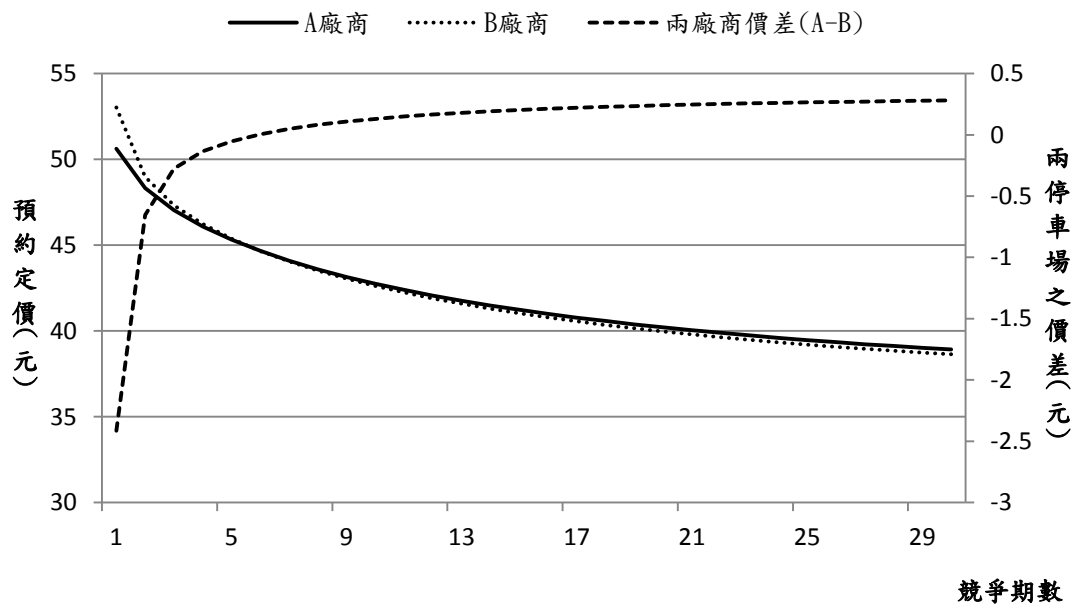


圖4-32 雙占廠商預約訂價比較-不同期望值(A廠商=50、B廠商=50)

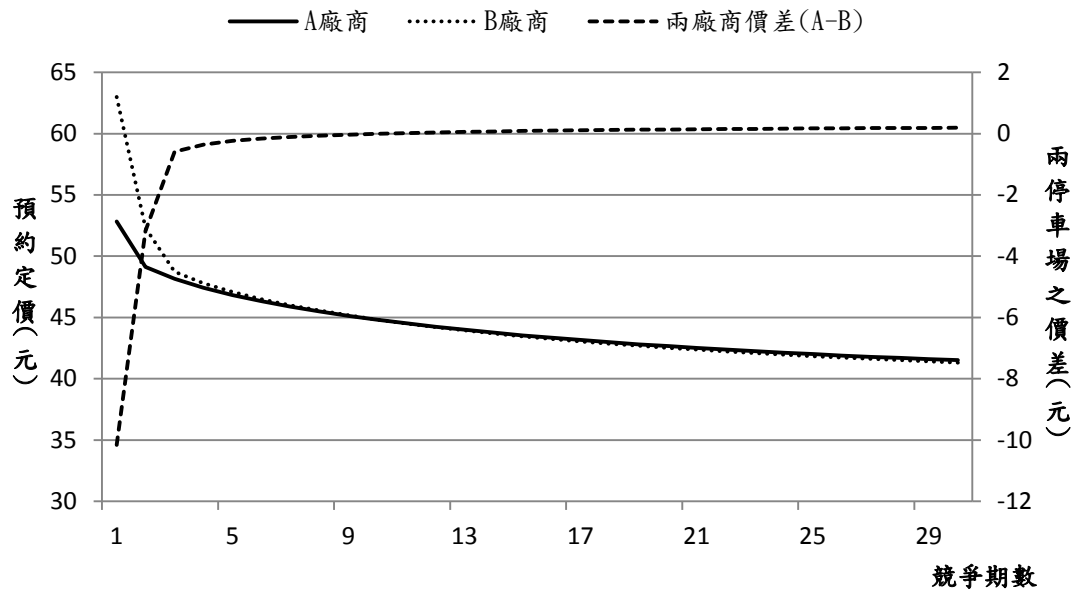


圖4-33 雙占廠商預約訂價比較-不同期望值(A廠商=50、B廠商=60)

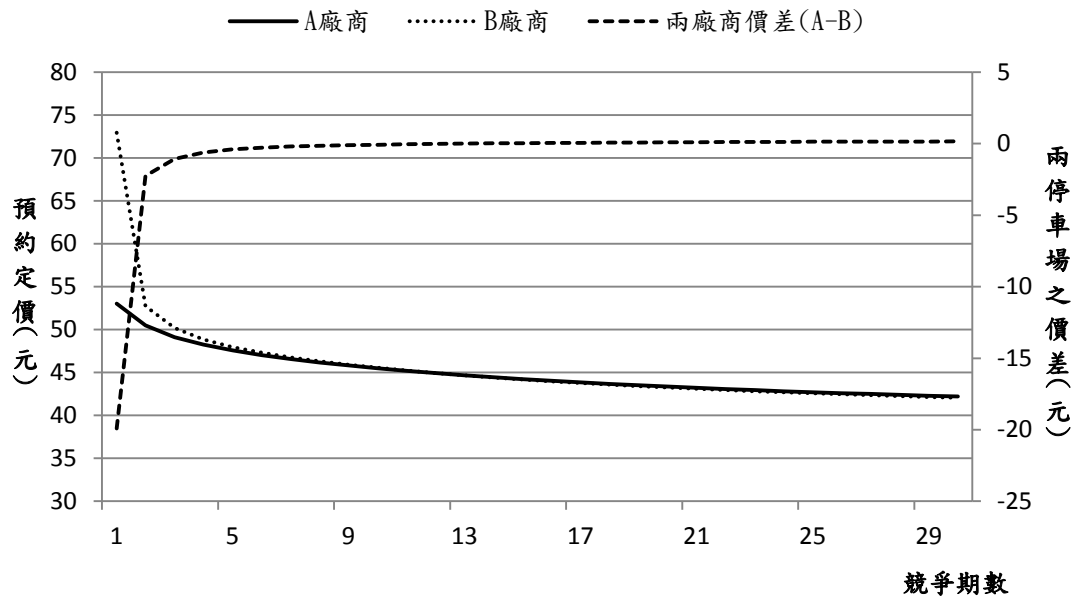


圖4-34 雙占廠商預約訂價比較-不同期望值(A廠商=50、B廠商=70)

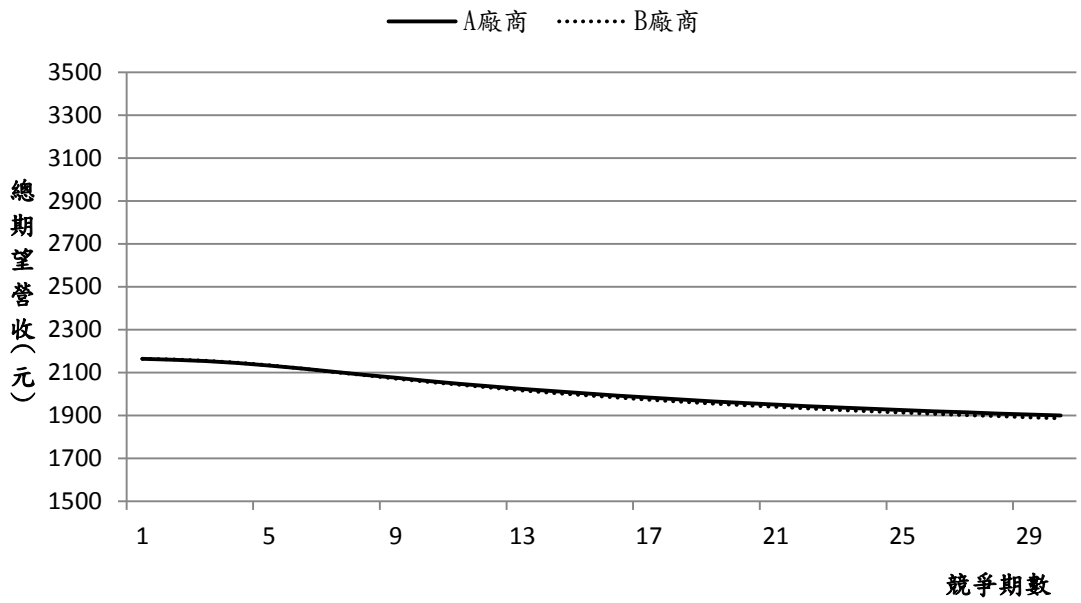


圖4-35 雙占廠商總期望營收比較-不同期望值(A廠商=50、B廠商=50)

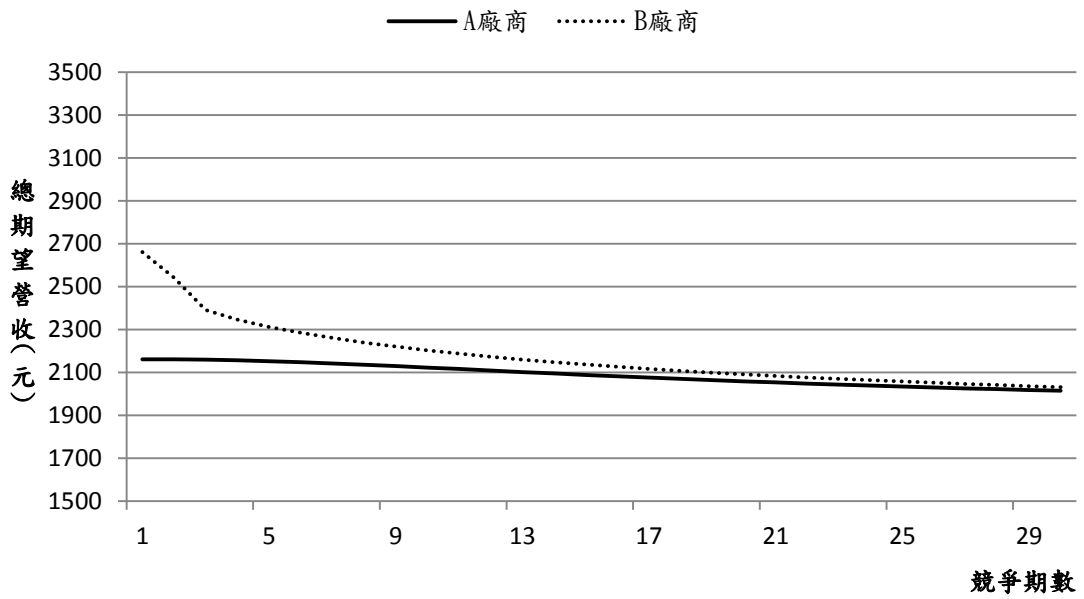


圖4-36 雙占廠商總期望營收比較-不同期望值(A廠商=50、B廠商=60)

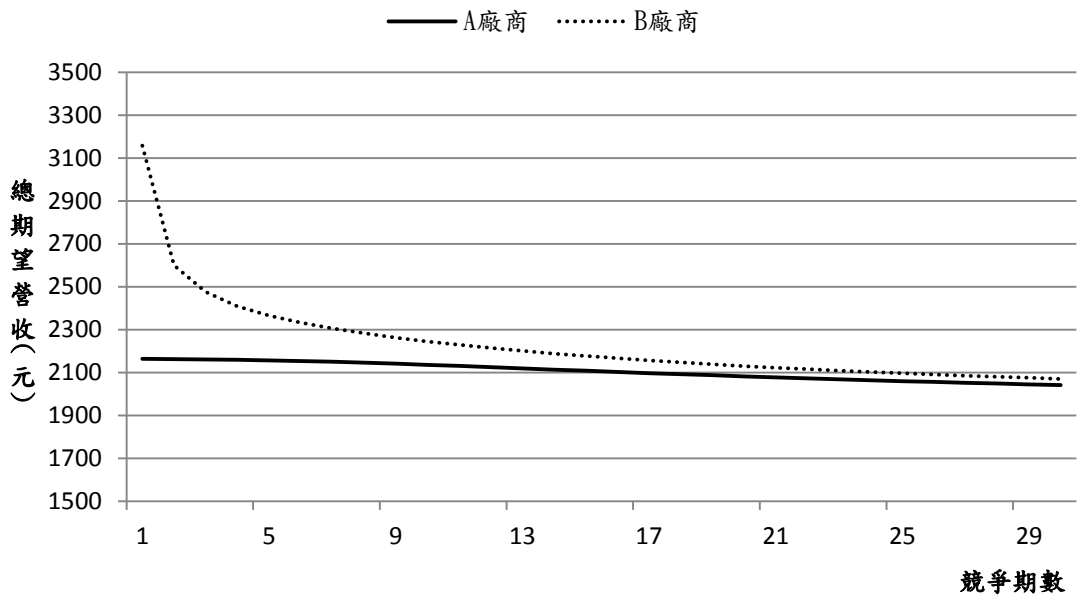
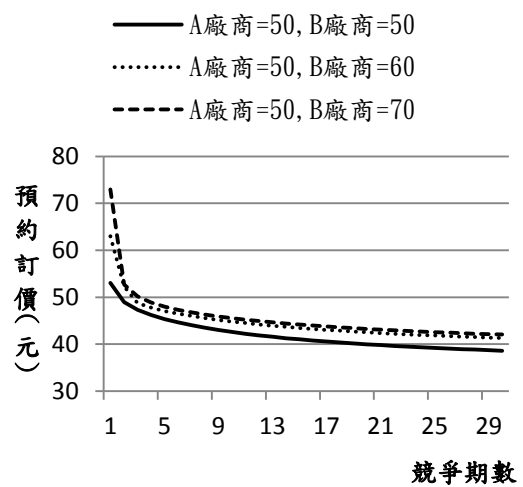
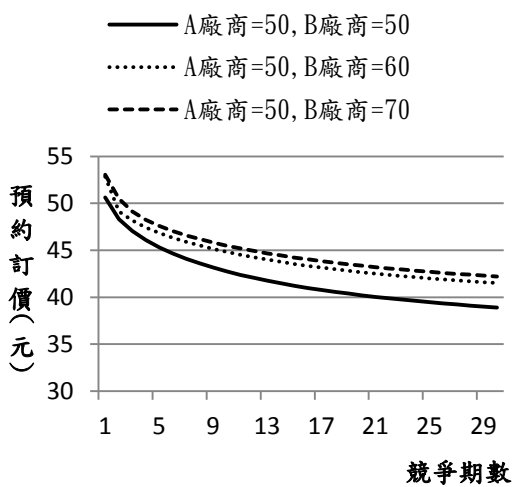


圖4-37 雙占廠商總期望營收比較-不同期望值(A廠商=50、B廠商=70)

將不同願付價格代入單小時競爭模式中，從圖4-32、圖4-33和圖4-34中可以看到，當願付價格分配期望值越高時，停車業者會針對不同的車位和不同剩餘時間訂定比原本更高的預約價格，在圖4-33中，廠商B開始時之預約價格較高，但由於A廠商之效用高於B廠商，故B廠商採取降低本身之預約價格來吸引停車消費者，且從圖4-35、圖4-36和圖4-37中可以明顯地看出，願付價格分配期望值和總期望營收成正向相關。另一方面，從願付價格參數觀點來看，比例參數 β 值可以描述停車消費者之購買意願，當 β 值越大時停車消費者意願較高。



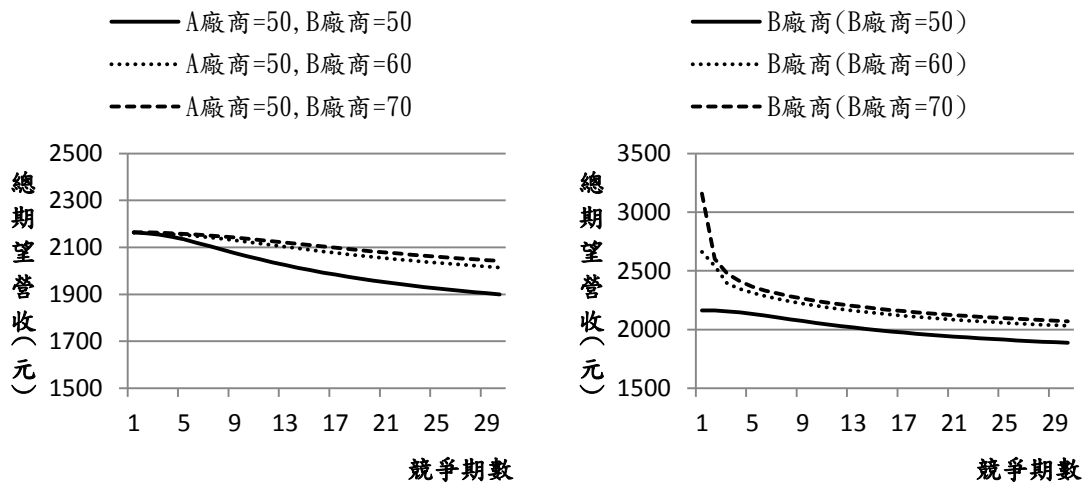


圖4-38 雙占廠商比較-不同期望值(左為A廠商、右為B廠商)

本研究將A廠商和B廠商以三種不同的情境分別探討，在B廠商顧客願付價格較高時，會訂定較高的預約訂價，而A廠商則會隨著B廠商的價格調整本身的預約訂價，而下面則為兩廠商之總期望營收，主要是伴隨著上圖的預約定價來做變動，也就是預約訂價較高，其總期望營收也會隨著較高。

4.3.6 單小時雙占廠商價格競爭-現場停車消費者影響

本小節討論在兩競爭廠商具有相同預約期數、總顧客到達率和期初車位數相同為50的情況下，不同現場停車消費者數對於業者預約訂價和總期望營收之影響，同4.2.4小節提到，現場停車消費者之顧客到達機率，符合卜瓦松累積機率密度函數，與固定價格乘積得出一個現場排隊消費者之願付價格期望值分配，以此來限制廠商所設定之預約停車訂價，使其高於現場訂價，在本小節中探討A廠商現場停車消費者為40人、B廠商現場排隊人數為20人和A廠商現場停車消費者為40人、B廠商現場排隊人數為30人兩種情況，比較兩廠商間之預約訂價，以及兩者間之總期望營收變化。

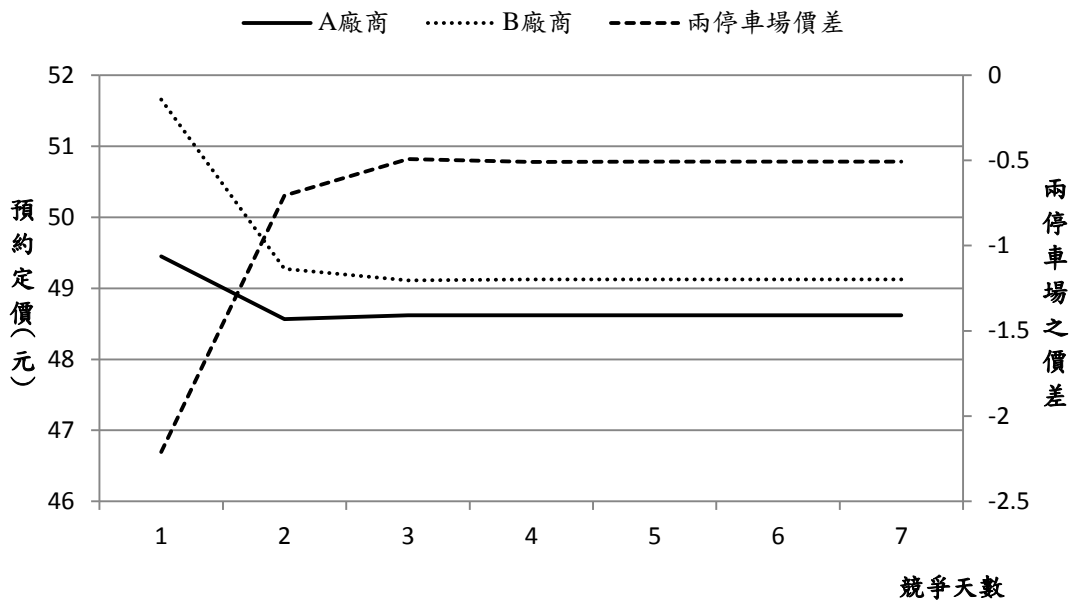


圖4-39 雙占廠商預約訂價比較-不同現場人數(A廠商=40、B廠商=20)

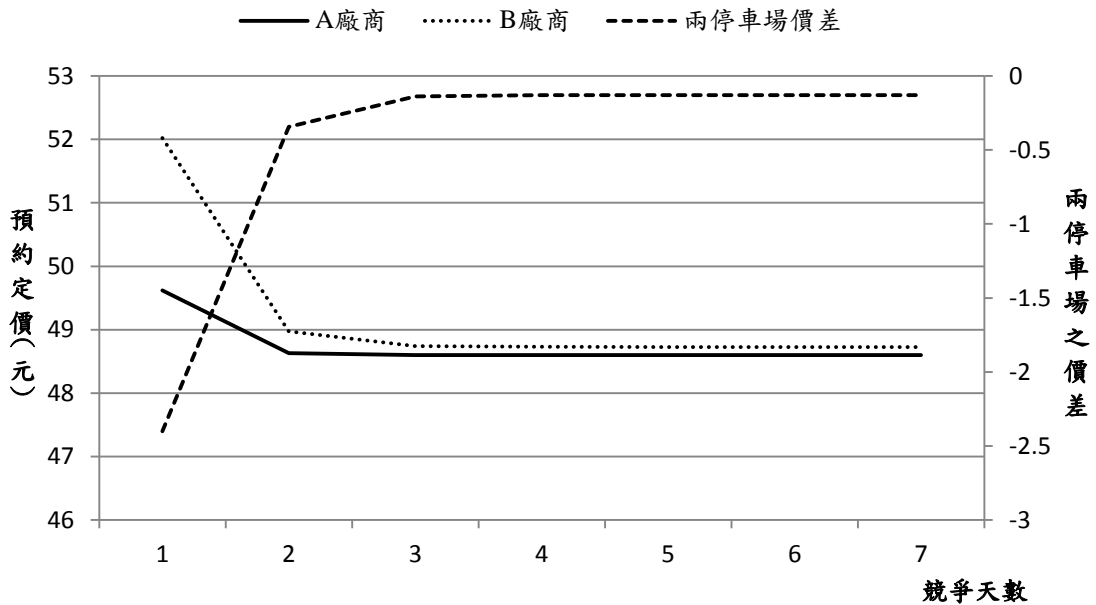


圖4-40 雙占廠商預約訂價比較-不同現場人數(A廠商=40、B廠商=30)

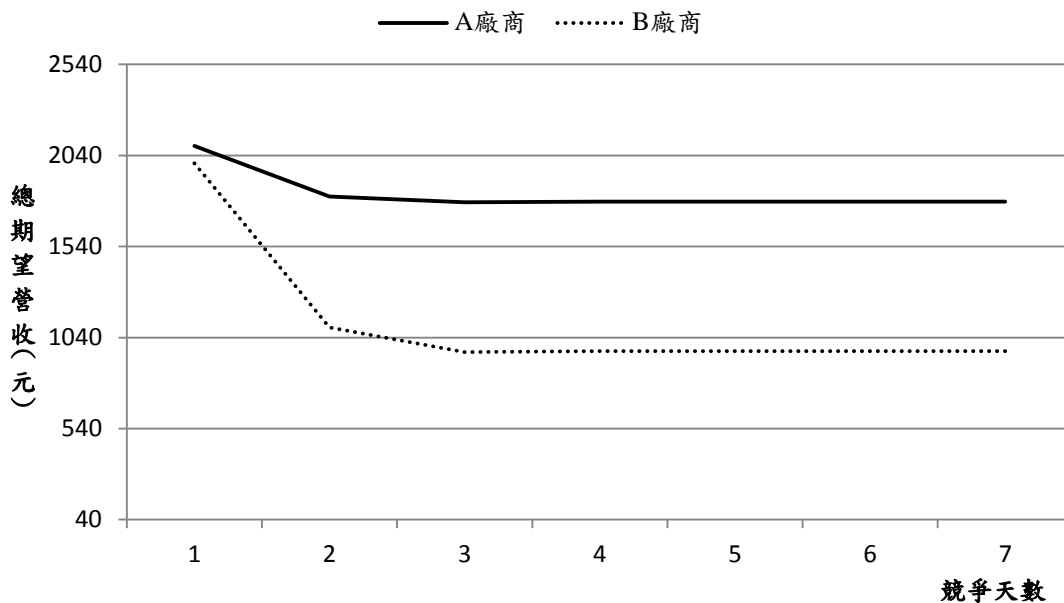


圖4-41 雙占廠商總期望營收比較-不同現場人數(A廠商=40、B廠商=20)

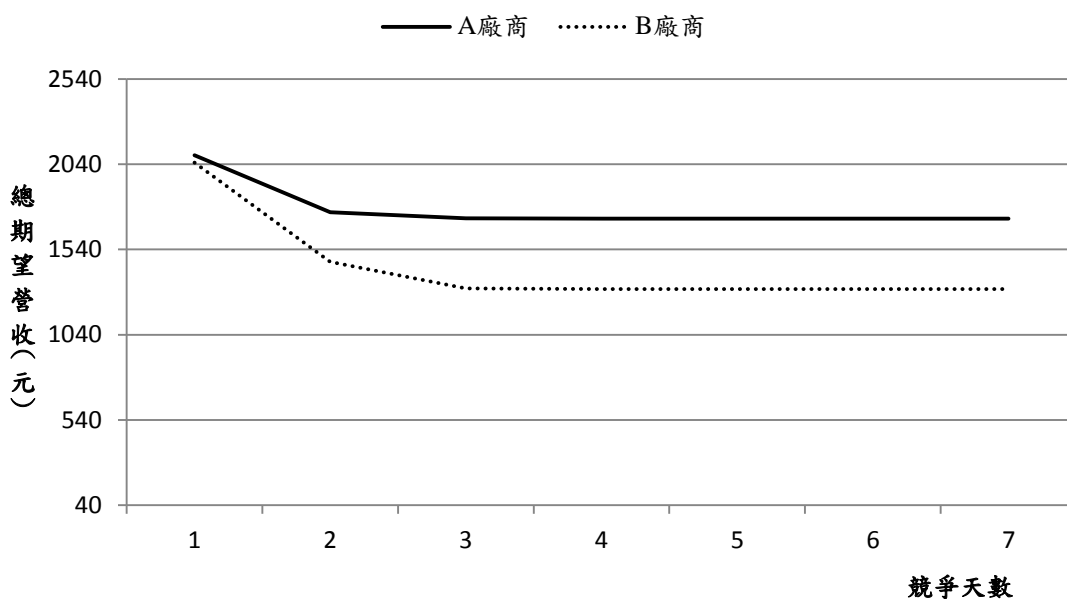
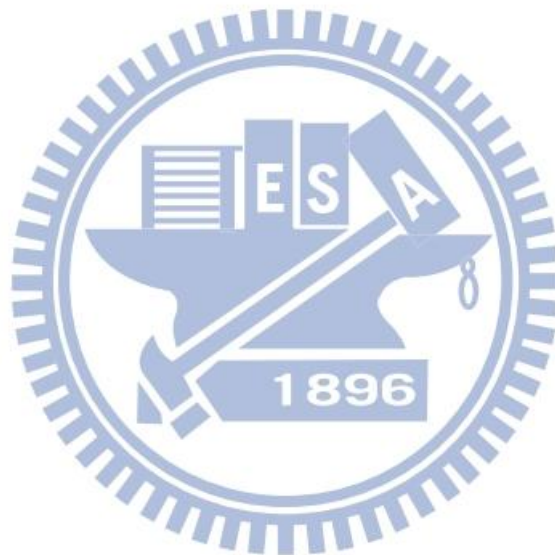


圖4-42 雙占廠商總期望營收比較-不同現場人數(A廠商=40、B廠商=30)

因為在前述幾節中，僅針對停車消費者之預約需求來考慮訂價，但在考量到有現場排隊時，停車業者期望會有現場需求，因此，從圖4-39和圖4-40中可以看到兩家廠商的價格不會下降太多，並且在一開始B廠商之預約訂價會大於A廠商之預約訂價，在B廠商還有現場需求的情況之下，不會將其車位價格訂到比A廠商還低；從圖4-41可以看到，因為B廠商預期的現場排隊人數較少，所以B廠商須以較高的訂價提高他的期望營收，

但由於其提高訂價反而造成消費者需求和消費者選擇機率的降低，造成其本身總期望營收變低，而從圖4-42可以看到，因為B廠商期望之現場排隊人數較多，所以其預約訂價會設定較低，使得消費者需求和消費者選擇機率的上升，使其在現場排隊人數為30時之總期望營收會高於現場排隊為20人的時候，而在經過7次的價格競爭循環後，由圖4-39和圖4-40明顯的看出兩預約價格呈現一個水平的趨勢，達到價格均衡的結果。



第五章、結論和建議

本研究旨在針對具有獨占和雙占性質之停車業者，經由動態規劃和羅吉特選擇模式建立之預約系統，在車位數量有限的情況下，開放停車消費者在一限制的預約時間提前預約車位，並且在此預約時間內，不考慮停車業者缺乏車位供消費者停放車輛所造成的商譽損失、已經訂位而未出現和超額訂位之情況。在開放預約期間內，停車業者所面對的消費者抵達率為一隨時間變異的卜瓦松過程，羅吉特選擇模式以價格機制為基礎，需求函數則加入了消費者願付價格的概念，並且為了可以表達不同的消費者願付價格情形和調整消費者預約停車特性，本研究將消費者願付價格以韋伯分配加以呈現。並且探討兩種不同性質之停車場：第一種為在該地區無其他競爭業者之獨占性停車場；第二種為存在另一停車場，藉由消費者之選擇，形成雙占性質之停車場。

本研究為了模式之適用性，分別在各種情境下探討各種參數變化對於模式之影響，以提供停車業者對於現實中實際預約停車策略之參考，由兩不同性質之停車情形之比較和分析可以看出關於停車管理和經濟上之意涵。

5.1 結論

本研究分別分析獨占廠商和雙占廠商之競爭行為，從各種參數設定及各方訂價方法觀察其競爭結果，提供已開放停車預約及未來欲開放停車預約之停車業者做為停車預約訂價策略參考，基此，本研究有以下結論。

1. 獨占廠商預約行為，可得到以下結論：

- (1) 隨著期初可預約車位數增加，最佳期初預約訂價下降。在可預約車位數較小時，因為需求大於供給，每單位車位數之售出與否影響總期望營收甚大，因此，會在期初預約訂價上設定較高的價格，以避免車位於期初時迅速被預約而造成停車業者的營收損失。反之，在期初車位數較大時，須要設定較低的期初預約訂價，若設定過高的價格會降低停車消費者預約的機率，造成較低的消費者需求，因此，最佳期初訂價會設定較低，增加停車消費者預約意願。
- (2) 隨著預約區間數 T 越多時，期初廠商所訂定的預約價格越高，因為預約期數較多，廠商會有更多的機會可以調整價格，所以於期初時先訂定出較高的價格，並且視往後車位的銷售情況，對於預約訂價加以調整。
- (3) 隨著不同現場到達排隊人數，在需求遠大於供給的情況之下，不同的現場到達人數對於總期望營收影響甚小，反之，可以看到當期初車位數大於現場到達排

隊人數時，因為在現場排隊人數較多的情形下，如現場到達人數為 50，已可以確定有 50 個車位存在有基礎的期望營收，因此，訂定較高的停車預約訂價，並且反映在總期望營收上，形成逐步遞增的趨勢。

2. 雙占廠商競爭行為，可得到以下結論：

- (1) 只存在價格競爭之雙占廠商，在模式中影響消費者之決策變數為預約價格，兩停車業者會以不同的訂價來影響停車消費者選擇意願，因為兩停車場為利益取向，所以各別停車場會追求自身利益最大化業者降低本身的預約價格來吸引停車消費者，造成兩停車業者為了奪取市場形成削價競爭來吸引客源，並且互相牽制造成利益上的損失。
- (2) 加入步行時間之雙占廠商價格競爭，也採取削價競爭的方式來增加顧客的選擇機率，兩家廠商之價格差異約為 3.5 元，不同於只有價格競爭的 0.27 元，其原因是因為步行距離的影響，因為 A 廠商離消費者較近的關係，在預約訂價上的訂定會高於 B 廠商預約訂價。
- (3) 在雙占廠商期初可預約車位數設定分別不同的情況之下，期初車位數較少的預約訂價會較高，其是因為本研究模式中預約訂價會隨著剩餘時間和車位數的不同而改變，而兩廠商之價格訂價差異則反映在兩廠商之效用設定上面。
- (4) 在需求大於供給的情況之下，願付價格分配期望值較高時，總期望營收會越大，且預約停車價格也會越高。
- (5) 雙占市場下，隨著不同的現場停車消費者到達數會造成其預約訂價訂定之差異，現場到達數較低之廠商會訂定較高的預約訂價來提高其總期望營收，而在 B 廠商現場排隊人數為 30 時，高於現場排隊為 20 人，其預約訂價會設定較低，使總期望營收高於現場排隊為 20 人時。

5.2 建議

回顧過去相關停車訂價策略相關文獻中，以羅吉特選擇模式和動態訂價所構成的預約停車模式尚未有相關研究，因此，本研究希望以此動態預約訂價選擇模式，提供給停車業者擬定其最適停車管理訂價策略，但由於為了模式之適用性及相關驗證分辨性，對此模式仍存在一些限制及假設，因此，本研究未來可繼續探討的相關議題及延伸之方向如下所述：

1. 本研究模式中羅吉特選擇模式及消費者願付價格分配參數為假設值，並且假設在各種不同的情境下進行求解，僅以簡例進行結果分析，建議未來可蒐集實際之資料去估計實際停車場的期望需求、相關係數和現場排隊人數來進行模式的驗證與相關數值案例之分析。
2. 本研究之羅吉特選擇模式僅考慮到停車場預約訂價和消費者至停車場之步行時間，建議未來停車場可以根據其特性加入不同的變數使模式更趨近於完整。
3. 本研究中並沒有考慮到商譽損失、訂位未出現、缺乏車位和超額訂位等影響停車消費者預約行為之因素，建議未來可以將更多不同停車消費者可能發生之預約情況加入模式考慮當中。
4. 本研究所發展兩競爭廠商預約訂價模式為一小時預約時段，於實際停車行為當中，消費者停車時間長度較不固定，因此，未來可延伸至單小時以上之停車模式，並且探討在不同時段當中，消費者願付價格分配及變異之不同和選擇機率不同的情況之下，其預約訂價和總期望營收之影響。

參考文獻

- 柯珮崎(民95)，「以近似法求解季節性商品之最佳訂價」，國立中央大學工業管理研究所，碩士論文。
- 楊坤福(民89)，「考慮存貨下零售商對季節性商品的最佳清倉價格」，國立中央大學工業管理研究所，碩士論文。
- 蘇建全(民96)，「以啟發式演算法求解季節性商品之最佳訂價」，國立中央大學工業管理研究所，碩士論文。
- Bitran, G.R., Mondschein, S.V. (1997), “Periodic pricing of seasonal products in retailin,” *Management Science*, Vol. 43, No. 1, pp. 64–79.
- Brumelle, S.L., McGill, J.I. (1993), “Airline seat allocation with multiple nested fare classes,” *Operations Research*, Vol. 41, No. 1, pp. 127–137.
- Chatwin, R.E.(2000), “Optimal Dynamic Pricing of Perishable Products with Stochastic Demand and a Finite Set of Prices,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 125, pp. 149-174.
- Chun, Y. H. (2003), Optimal pricing and ordering policies for perishable commodities, *European Journal of Operational Research*, Vol.144, No.1, 68-82.
- D’Acierno, L., Gallo, M., Montella, B. (2006), “Optimisation models for the urban parking pricing problem,” *Transport Policy*, Vol. 13, pp. 34–48.
- Feng, Y., Gallego, G. (2000), “Perishable asset revenue management with Markovian time dependent demand intensities,” *Department of Industrial Engineering and Operational Research*, Vol. 46, No. 7, pp. 941-956.
- Gallego, G., van Ryzin, G. (1994), “Optimal dynamic pricing of inventories with stochastic demand over finite horizons,” *Management Science*, Vol. 40, No. 8, pp. 999–1020.
- Lazear, E.P., 1986, Retail Pricing and Clearance Sales, *American Economic Review*, 76, 14-32.
- Lee, T.C., Hersh, M. (1993), “A model for dynamic airline seat inventory control with multiple seat bookings,” *Transportation Science*, Vol. 27, pp. 252–265.
- Levin, Y., McGill, J., Nediak, M. (2009), “Dynamic pricing in the presence of strategic consumers and oligopolistic competition,” *Management Science*, Vol. 55, pp. 32–46.

- Li, L., Peng, J.H. (2007), "Dynamic Pricing Model for Airline Revenue Management under Competition," *Systems Engineering - Theory & Practice*, Vol. 27, No. 11, pp. 15–25.
- Li, M.Z.F. (2001), "Pricing non-storable perishable goods by using a purchase restriction with an application to airline fare pricing," *European Journal of Operational Research*, Vol. 134, pp. 631–647.
- Lin K, Y., Sibdari S, Y. (2009), "Dynamic price competition with discrete customer choices," *European Journal of Operational Research*, Vol. 197, pp. 969–980
- Sadeghi, A., Zandieh, M. (2011), "A game theory-based model for product portfolio management in a competitive market," *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 7, pp. 7919–7923.
- Sibdari, S., F. Pyke, D. (2010), "A competitive dynamic pricing model when demand is interdependent over time," *European Journal of Operational Research*, Vol. 207, No. 1, pp. 330–338.
- Teodorović, D., Lučić, P. (2006), "Intelligent parking systems," *European Journal of Operational Research*, Vol. 175, No. 3, pp. 1666–1681.
- Thompson, R. G., Richardson, A. J. (1998), "A Parking Search Model," *Transportation Research Part A*, Vol. 32, No. 3, pp. 159–170.
- Tsai, M. T., Chu, C. P. (2010), "Evaluating Parking Reservation Policy in Urban Areas : An Environmental Perspective," Working Paper.
- Von Stengel, B. (2009), "Follower payoffs in symmetric duopoly games," *Games and Economic Behavior*, Vol. 69, pp. 512–516.
- Zhao, W., Zheng, Y.S. (2000), "Optimal Dynamic Pricing for Perishable Assets with Nonhomogeneous Demand," *Management Science*, Vol. 46, No. 3, pp. 375–388.

附錄一

預約期數

以下為每一期的結果列表，兩個時間點的差即代表每個區間長度：

t=1 至 25	t=26 至 50	t=51 至 75	t=76 至 100	t=101 至 125	t=126 至 150	t=151 至 175	t=176 至 200
21	568	1113	1657	2200	2741	3282	3822
43	589	1134	1678	2221	2763	3304	3844
65	611	1156	1700	2243	2785	3325	3865
87	633	1178	1722	2265	2806	3347	3887
109	655	1200	1744	2286	2828	3369	3908
131	677	1221	1765	2308	2850	3390	3930
153	698	1243	1787	2330	2871	3412	3951
174	720	1265	1809	2351	2893	3433	3973
196	742	1287	1830	2373	2915	3455	3995
218	764	1309	1852	2395	2936	3477	4016
240	786	1330	1874	2416	2958	3498	4038
262	807	1352	1896	2438	2980	3520	4059
284	829	1374	1917	2460	3001	3541	4081
306	851	1396	1939	2481	3023	3563	4102
327	873	1417	1961	2503	3044	3585	4124
349	895	1439	1982	2525	3066	3606	4145
371	916	1461	2004	2546	3088	3628	4167
393	938	1483	2026	2568	3109	3649	4188
415	960	1504	2048	2590	3131	3671	4210
437	982	1526	2069	2611	3153	3693	4232
458	1004	1548	2091	2633	3174	3714	4253
480	1025	1570	2113	2655	3196	3736	4275
502	1047	1591	2134	2676	3217	3757	4296
524	1069	1613	2156	2698	3239	3779	4318
546	1091	1635	2178	2720	3261	3800	4339

簡 歷

姓名：陳重光

生日：民國 77 年 09 月 12 日

出生地：高雄市

學歷： 國立交通大學交通運輸研究所(2010.09-2012.06)

國立成功大學交通管理科學系(2006.09-2010.06)

國立鳳山高級中學(2003.09-2006.06)

經歷：

E-mail：akingo14@hotmail.com

