

# 東海大學

## 工業工程與經營資訊研究所

### 碩士論文

航空公司收益管理之需求模式  
及艙位規劃模式研究

**A Study of Airline Yield Management of dynamic demand and  
cabin seats control Model**

研究生：黃千展

指導教授：張炳騰博士

中華民國九十三年六月

# 航空公司收益管理之多競爭者艙位規劃模式

研究生：黃千展

指導教授：張炳騰博士

東海大學工業工程與經營資訊研究所

## 論文摘要

近幾年來世界經濟正朝向整合區域市場發展，促使航空客運市場益發蓬勃，且因各項管制逐漸放寬及眾多新加入者使得航空市場競爭亦更趨激烈。由於航空市場競爭激烈，航空業者為保有競爭力，對特定市場必須維持一定之服務頻次，因此未來各航空公司多將面對一個低旅客需求與高平均成本之經營環境，航空公司勢必改進服務品質與營運效率，加強成本控制，以提高承載率與獲利能力。

本研究提出新的航班客位需求模式的觀念，以個別旅客的客位需求、個別旅客對機票效期所感受之不便成本價值，與航空公司所制定各類票價產品之時間限制、票價間之關係為基礎，構建一訂位艙等規劃之解析性模式。進一步在航空公司追求最大化收益之企業目標下，將航空公司開放訂位時間切割成多個決策時段，藉由各票價產品所能吸引之旅運需求量及其對應的機率，以決定各決策時段、各費率等級之預留艙位數，以及在航空公司預留各費率等級之艙位數限制，與已訂位旅客未出現開票之影響下，以決定航空公司之可供候補容量，與制定最適之開票日期。目的是欲探討影響供需兩面互動之重要因素，以分析航班客位需求並進行訂位艙等規劃，與制定最適開票時間。

## 目錄

目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VII
一、緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	5
1.3 研究假設與範圍.....	7
1.4 研究架構.....	7
二、文獻探討.....	10
2.1 票價產品規劃.....	10
2.2 產品需求預測.....	14
2.3 艙位庫存管理.....	16
2.4 超額訂位控制.....	19
2.4.1 直飛、單一費率之最佳訂位數上限值.....	20
2.4.2 直飛、單一費率之最佳訂位數上限值-以時間為函數.....	25
2.4.3 兩航段、單一費率之訂位數上限值-以時間為函數.....	28
2.4.4 直飛、二費率之艙位配置.....	32
2.4.5 多航段、多費率之艙位配置.....	37
三、航班客位需求與訂位艙等規劃模式設計.....	39
3.1 客位需求模式.....	40
3.1.1 旅客訂位需求預測回顧.....	40
3.1.2 訂位艙等需求預測模式.....	43
3.1.3 航班客位需求模式.....	55
3.2 艙等訂位規劃模式.....	58
3.2.1 艙等規劃模式回顧.....	59
3.2.2 問題描述.....	61
3.2.3 模式建構.....	63
四、實驗分析.....	78
4.1 台北—香港航線簡介.....	78
4.2 訂位特性.....	79
4.2.1、尖、離峰期間與天數認定方式說明.....	80
4.3 航線訂位資料分析.....	81
4.3.1 航班起飛前旅客訂位走勢型態.....	81
4.3.2 不同型態旅客訂位抵達率.....	83
4.3.3 不同時段、各費率等級旅客出現訂位需求之機率.....	90
4.4 航班起飛前訂位旅客選擇票價產品的走勢型態.....	96

4.4.1 旅客於單一航空公司之選擇期望機率.....	96
4.4.2 旅客於航空競爭市場之選擇期望機率.....	97
4.5. 不同時段航班客位需求預測.....	98
4.5.1 單一航空公司之航班客位需求預測.....	98
4.5.2 考慮競爭市場下之航班客位需求預測.....	104
4.6. 二費率訂位艙等規劃.....	109
4.6.1 期望收益 .....	109
4.6.2 邊際期望收益 .....	110
4.6.3 訂位艙等規劃 .....	111
4.6.4 最適可供候補容量.....	113
4.6.5 最適開票時間點 .....	114
4.7. 模式求解營收之比較.....	117
五、結論與建議.....	120
5.1. 結論.....	120
5.2. 未來研究方向.....	123
參考文獻.....	124

## 圖目錄

圖 1.1 航線市場、旅客與航空公司之關係圖.....	5
圖 1.2 研究流程圖.....	9
圖 2.1 航空公司營收管理架構圖.....	10
圖 2.2 飛機起飛前旅客訂位情形之示意圖.....	21
圖 2.3 艙位預留數與時間關係圖.....	26
圖 2.4 兩航段、單一費率示意圖.....	29
圖 2.5 高票價費率旅客無法登機之機率示意圖.....	33
圖 2.6 多航段、多費率示意圖.....	37
圖 3.1 時間價值分布示意圖.....	50
圖 3.2 票價費率競爭圖.....	50
圖 3.3A、B 航票價費率競爭示意圖.....	52
圖 3.4A、B 航市場範圍分析圖.....	53
圖 3.5 非巢式配置示意圖.....	60
圖 3.6 巢式配置示意圖.....	61
圖 3.7 訂位順序對總營收之影響示意圖.....	63
圖 3.8 訂位過程之時段切割示意圖.....	64
圖 3.9A 航旅客轉移至 B 航之期望機率示意圖.....	72
圖 4.1 尖峰期間、航班起飛前旅客訂位走勢圖.....	82
圖 4.2 離峰期間、航班起飛前旅客訂位走勢圖.....	83
圖 4.3 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加之訂位抵達率-90.1.12.....	85
圖 4.4 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加之訂位抵達率-90.2.18.....	86
圖 4.5 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少之訂位抵達率-90.1.17.....	87
圖 4.6 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率-90.1.16... ..	88
圖 4.7 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率-90.1.3.....	89
圖 4.8 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率-90.1.5.....	90
圖 4.9 航班起飛前旅客訂位機率-90.1.12.....	91
圖 4.10 航班起飛前旅客訂位機率-90.2.18.....	92
圖 4.11 航班起飛前旅客訂位機率-90.1.17.....	93
圖 4.12 航班起飛前旅客訂位機率-90.1.16.....	94
圖 4.13 航班起飛前旅客訂位機率-90.1.3.....	95
圖 4.14 航班起飛前旅客訂位機率-90.1.5.....	96
圖 4.15 飛機起飛前開票機率-90.1.12.....	99
圖 4.16 飛機起飛前開票機率-90.2.18.....	100
圖 4.17 飛機起飛前開票機率-90.1.17.....	101
圖 4.18 飛機起飛前開票機率-90.1.6.....	102
圖 4.19 飛機起飛前開票機率-90.1.3.....	103
圖 4.20 飛機起飛前開票機率-90.1.5.....	103
圖 4.21 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.12.....	104

圖 4.22 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.2.18 .....	105
圖 4.23 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.17 .....	106
圖 4.24 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.16 .....	107
圖 4.25 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.3 .....	108
圖 4.26 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.5 .....	108
圖 4.27 邊際期望收益(時間固定)-90.1.17 航班.....	111
圖 4.28 各決策時段之最小保留座位數 -90.1.17 .....	112
圖 4.29 最小保留座位數決策圖-90.1.17 .....	113
圖 4.30 各開票時間之期望收益.....	115
圖 4.31 各開票時間之期望收益(抵達率大於訂位容量).....	117

## 表目錄

表 2.1 機場 B 之旅客數大於艙位容量.....	30
表 2.2 機場 A 之旅客數大於艙位容量.....	30
表 2.3 兩航段之總需求大於艙位數.....	30
表 4.1 不同籍別出境旅客參加旅行團之比例.....	79
表 4.2 尖峰期間、航班起飛前旅客訂位走勢表(節錄).....	81
表 4.3 離峰期間、航班起飛前旅客訂位走勢表(節錄).....	82
表 4.4 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加之訂位抵達率(節錄)-90.1.12 .....	85
表 4.5 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加之訂位抵達率(節錄)-90.2.18 .....	85
表 4.6 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少之訂位抵達率(節錄)-90.1.17 .....	86
表 4.7 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率(節 錄)-90.1.16.....	87
表 4.8 隨距離航班起飛時間之接近而減少再增加之訂位抵達率(節錄)-90.1.3 .....	88
表 4.9 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率(節錄)-90.1.5 .....	89
表 4.10 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.12(節錄).....	91
表 4.11 航班起飛前旅客訂位機率—90.2.18(節錄).....	91
表 4.12 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.17(節錄).....	92
表 4.13 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.16(節錄).....	93
表 4.14 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.3(節錄).....	94
表 4.15 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.5(節錄).....	95
表 4.16A 航台港航線票價產品.....	96
表 4.17 各時段旅客選擇 A 航票價產品之期望機率.....	97
表 4.18B 航台港航線票價產品.....	97
表 4.19 各時段旅客選擇 A、B 航票價產品之期望機率.....	98
表 4.20 飛機起飛前開票機率.....	99
表 4.21 飛機起飛前開票機率.....	99
表 4.22 飛機起飛前開票機率.....	100
表 4.23 飛機起飛前開票機率.....	101
表 4.24 飛機起飛前開票機率.....	102
表 4.25 飛機起飛前開票機率.....	103
表 4.26 飛競爭市場中機起飛前開票機率.....	104
表 4.27 飛競爭市場中機起飛前開票機率.....	105
表 4.28 飛競爭市場中機起飛前開票機率.....	106
表 4.29 飛競爭市場中機起飛前開票機率.....	106

表 4.30 飛競爭市場中機起飛前開票機率.....	107
表 4.31 飛競爭市場中機起飛前開票機率.....	108
表 4.32 不同市場型態下，各航班之最大期望收益.....	110
表 4.33 最適可供候補容量.....	114
表 4.34 各開票時間之期望收益.....	115
表 4.35 各開票時間之期望收益(未保留艙位給後到旅客).....	116
表 4.36 各開票時間之期望收益(保留艙位給後到旅客).....	116
表 4.37 策略模式下各航次之營收.....	118



# 一、緒論

## 1.1 研究背景與動機

近幾年來世界經濟正朝向整合區域市場發展，促使航空客運市場益發蓬勃，且因各項管制逐漸放寬及眾多新加入者使得航空市場競爭亦更趨激烈。由於航空市場競爭激烈，航空業者為保有競爭力，對特定市場必須維持一定之服務頻次，因此未來各航空公司多將面對一個低旅客需求與高平均成本之經營環境，航空公司勢必改進服務品質與營運效率，加強成本控制，以提高承載率與獲利能力。

在航空競爭市場中，提昇旅運需求與收益管理技巧為航空公司創造與增加營收的主要來源。航空公司為提高班機承載率及獲利能力，需積極分析航班客位需求並對航機艙位之分配做最有效控管。其增加獲利的空間來自於收益管理（Yield Management）技巧，依Weatherford（1992）之文獻指出，美國航空公司將收益管理之目的定義為：「在適當時間，將適當艙位銷售給適當顧客，使得航空公司從旅客方面所獲得營收為最大」，此已說明航空公司擴大營收之意圖與艙位資源將隨時間與顧客之不同而有不同價值的概念。而Belobaba(1987)定義收益為單位哩程之旅客收益，其主要內容包括：訂價及艙位庫存控制，其中艙位庫存控制是指：對於未來航班不同價格水準限制其可使用艙位數之過程，透過庫存管理平衡售予各票價水準之艙位數，以使總旅客收益為最大。由以上回顧可以發現，對於收益管理之描述著重於以差別訂價方法所得之營收，其範圍較一般所謂「營收管理(Revenue Management)」小。因此，Weatherford(1992)收益管理之定義為：以差別訂價規劃票價產品，經由產品需求預測、艙位庫存管理、超額訂位控制等過程，處理旅客需求不確定性，使航空公司單位艙位資源之平均收益為最大。

航空公司透過「票價管理」與「艙位規劃」的技巧來創造營收，在開放市場中，航空公司票價會受限於競爭對手營運策略的影響，短期內能自由調整的情形並不存在；相反地，航空公司卻較易於對航班艙位做

有效的運用，意即「艙位規劃」為航空公司內部所能完全掌控的。航空公司為了吸引不同背景及偏好的旅客，乃藉由差別訂價的策略，以提高承載率及獲利能力。因此航空公司常將同一班機的艙位依其服務等級與舒適程度劃分不同的層級(頭等艙、商務艙、經濟艙)，而在同一等級座艙中佔用同級機位的機票價格亦會因票種、行程類別、有效期限等票價計算考量因素的不同而有所差異；一般而言，限制越多的機票，其票價越便宜。於同一等級座艙中，航空公司透過訂位艙等規劃銷售機位，以不同折扣與時間限制吸引對票價與時間敏感程度具差異性的旅客。根據 Botimer (1996) 之研究指出，給予飛航旅行較高價值之旅客較傾向於重視購票時的可獲性 (Availability) 與購票時間限制的彈性，而願意支付較高的票價費率；而對於飛航旅行給予較低價值之旅客則對票價費率較為敏感。因此，航空公司於同一等級座艙中，在不同機票票價與時間限制結構下，如何適當且有效益的分配不同時間限制與票價之票價產品艙位數，即為訂位艙等規劃問題，意即票價與訂位艙等時間限制組合下之票價產品規劃與其艙位數之分配。就載客率與獲利能力觀點而言，載客率越高，即表示較佳收益，但對獲利能力未必是最好的。因為若承載旅客多為低費率旅客，高費率等級旅客不被接受，則會造成額外收益流失，即表示在同一班機中，付出成本不變，但收益並非為最佳，這對航空公司營運效率而言是一項損失。

造成此現象的主要原因，乃在於航空公司訂位系統中，航空公司規定於班機起飛前一段時間開放接受旅客訂位。就任何時段而言，旅客會依個人旅運需求、時間限制及願意支付價格，指定某一訂位艙等之艙位。而各訂位艙等需求出現頻率，亦會隨距離起飛時間遠近而有所差異，例如低費率等級旅客多為休閒旅次，旅客時程均已事先安排，時間上較固定，故其訂位需求絕大多數出現於開放訂位期間之前半段；而高費率等級旅客多為商務旅次，旅客時間價值高，時程較難掌握，故訂位需求常出現於開放接受訂位時間內之後半段。由於各訂位艙等之需求強度不同及抵達時間的差異，造成航空公司在判斷是否接受某次訂位要求

的困惑。如過早賣出艙位給予低費率等級旅客，則會形成後到之高費率等級旅客訂位需求遭受拒絕；抑或不願接受低費率等級旅客的訂位，而欲等待高費率等級旅客的出現，最後卻形成飛機起飛時載客率偏低，致使航空公司收益遭受損失。此外，航空公司在接受旅客訂位之後，會要求旅客必須於航空公司所規定之開票日期前向航空公司開票，所謂「開票」意即旅客必須於該期限前支付票價予航空公司，否則將會喪失訂位之權益，而向航空公司開票之旅客相對亦需承擔退票之懲罰成本，故航空公司所制定之開票期限亦會影響旅客是否開票抑或放棄之行為，已訂位旅客若未向航空公司開票，航空公司即必須於班機起飛前將該艙位售予其他候補旅客，或等待於開票日期後始出現訂位之旅客，否則將會產生該班機「空位起飛」之情形，造成航空公司收益上的損失。

因此，「訂位艙等規劃」為解決上述問題的主要方法。訂位艙等規劃係依不同費率等級的訂位需求，規劃同一等級座艙中、不同票價費率等級預留艙位數，使得艙位作最有效利用，以獲取最大收益；即對於一航班上可供訂位空間的管理，其基本工作在於決定是否接受進入訂位系統的訂位要求，目的則是希望藉由低價與高價艙位配置數量間的調整來求取最大的期望利潤，以期航空公司在載客率與獲利能力間達到滿意的結果。然而最佳的訂位艙位規劃乃取決於準確的訂位需求預測，當訂位需求預測模式推測出各艙位可能的載客量及其對應的機率時，即可經由收益最大化原則，選定最佳艙位規劃，與制定最適之開票期限。

過去關於航空公司收益管理問題的研究，大都著墨於下列主題：(1) 票價產品規劃(farepricing)，如：Weatherford(1992)、Botimer(1996)，(2) 需求預測(demandforecasting)，如：Lee(1990)、Kanafani(1983)、石豐宇與黃瑞財(1996)，(3) 艙位庫存管理(cabininventorymanagement)，如：Littlewood(1972)、Belobaba(1989)、LeeandHersh(1993)，(4) 超額訂位控制(overbookingcontrol)，如：SheliferandVardi(1975)、Rothstein(1971) 等等。這些學者所採用的分析法大致為下列三種：1、解析性模式2、模擬法3、數學規劃最適法，而且僅以歷史資料之統計分析來估計客位需

求量，並以市場區隔與差別訂價來進行收益管理，少有探討個別旅客需求因素的影響及其與供給因素間之互動關係，即使部分有考慮到需求變動者，亦不具旅客行為解釋能力，而於模式構建上對於航空公司訂位艙等各票種之時間限制、票價與客位需求之供需互動關係之考慮與分析上，則尚付闕如。而在訂位需求預測方面，過去之文獻雖曾經針對不同費率層級、於不同時間點其出現之頻率不同而給予不同之抵達率，以預測不同時間點、各費率層級出現之機率，作為航空公司需求預測與訂位控制之基準。這樣的作法雖能反映旅客於各時間點因旅次目的不同而有不同需求強度之特性，但卻未能反映出個別旅客在航空競爭市場中其選擇票價產品之真正需求、轉移購買其他票價產品，以及訂位後未開票之傾向。

因此，本研究參考過去對航空公司收益管理問題的研究方法與成果，提出新的航班客位需求模式的觀念，以個別旅客的客位需求、個別旅客對機票效期所感受之不便成本價值，與航空公司所制定各類票價產品之時間限制、票價間之關係為基礎，構建一訂位艙等規劃之解析性模式。本研究將從探討個別旅客進行訂票作業時的決策行為出發，結合需求特性如：金錢、對機票效期感受之不便成本價值，及供給特性如：票價、機票效期、開票時間限制，探討需求行為與供給特性間之關係，分析旅客之票價產品選擇行為，藉此並總計不同訂位艙等之各票價產品所能吸引之旅運需求量及其對應的機率。本研究提出新的航班客位需求模式之觀點，且以個別旅客時間價值之觀念來反映旅客真正之需求，不僅可以求得旅客真正選擇其票價產品之機率，此外亦可求得旅客轉移至其他票價產品，以及轉移至其他競爭航空公司之機率。進一步在航空公司追求最大化收益之企業目標下，將航空公司開放訂位時間切割成多個決策時段，藉由各票價產品所能吸引之旅運需求量及其對應的機率，以決定各決策時段、各費率等級之預留艙位數，以及在航空公司預留各費率等級之艙位數限制，與已訂位旅客未出現開票之影響下，以決定航空公司之可供候補容量，與制定最適之開票日期。目的是欲探討影響供需兩

面互動之重要因素，以分析航班客位需求並進行訂位艙等規劃，與制定最適開票時間。所發展的模式在實務上可供航空公司進行制定各類別票價與訂位艙等時間限制之艙等規劃的參考，及研擬相關之營收管理策略。

本研究以單一航段之訂位艙等規劃為研究主題，在考慮該航線市場中其他競爭航空公司之影響下，主要在解決固定之艙位容量下，同一等級座艙中、不同訂位艙等間各類票價產品之數量的分配，以決定最適之艙位配置。而就航空公司經營環境而言，係一競爭激烈之市場，不論競爭對手市場策略或本身經營策略的考量，訂位需求常因外在環境變動或季節性因素影響，而造成即使為同一航線，訂位資料特性亦存有若干差異，故本研究假設於研究範圍內之訂位需求為特定環境與季節之需求，不具週期性變化，排除季節性因素，以避免校估所得之參數產生大幅變動，而不同外在需求環境的變動，則以參數敏感度分析方式深入探討。

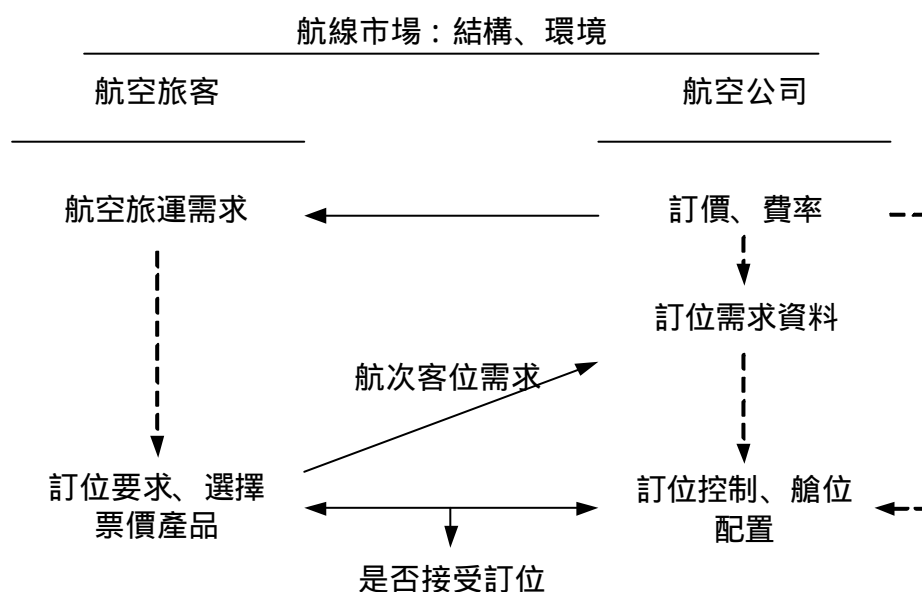


圖 1.1 航線市場、旅客與航空公司之關係圖

## 1.2 研究目的

本研究最主要的目的就是針對航空公司訂位艙等規劃之供需特性，

建立一個具有行為解釋能力的訂位艙等規劃模式，詳細分析各供需因素對航空公司營收的影響，以作為航空公司於進行訂位艙等規劃之參考依據，及研擬與規劃相關之營收管理策略。

本研究將從探討個別旅客進行訂票作業時的選擇行為出發，結合需求特性如：金錢、對機票效期感受之不便成本，及供給特性如：票價、機票效期、開票日期，找出需求行為與供給特性間之關係，探討各訂位艙等旅客之選擇行為，藉此求算出在航空公司開放訂位時段內，不同訂位艙等之各票價產品所能吸引之旅運需求量，進一步在航空公司追求最大化收益之企業目標下，將航空公司開放訂位時間切割成多個決策時段，藉由各票價產品所能吸引之旅運需求量及其對應的機率，以決定是否接受該決策時段內之訂位需求。並透過敏感度分析，了解在不同需求環境下，各票種之票價與時間限制對航空公司所能吸引之旅運需求量之影響，在收益最大化之目標下，進一步求得航空公司所制定之最適開票日期。本研究之具體目標如下：

- (1)以理論架構為基礎，詳細探討旅客在進行訂票作業時所考慮之選擇因素，以解析性方法，構建訂位艙等時間限制對個別旅客所造成之實質票價支出與旅程規劃時間方便性所衍生之負效用函數，探討各訂位艙等旅客之選擇行為。
- (2)在需求分析上，透過個別旅客對機票效期感受之不便成本價值分佈的假設，分析訂位艙等時間限制對不同時間限制與時間價值的旅客選擇傾向之影響，以個別旅客對機票效期感受不便成本之機率密度函數分佈圖形為分析工具，將個體分析擴展至總體，分別推導不同訂位艙等之各票種所能吸引之旅運需求量。
- (3)進一步分析時間相依(timedependent)之訂位需求，描述各訂位艙等訂位需求在開放接受訂位後之任一時間點出現之頻率及其對應的機率，藉以預測未來班機起飛時，各訂位艙等的載客量，以作為設定不同時段各訂位艙等預留艙位之基準。
- (4)將航空公司開始接受訂位至停止接受訂位為止的時間切割成多

個決策時段，以巢化方式處理可供訂位容量納入遞迴方程式，得到不同決策時期各票價產品可接受訂位之容量，與結束訂位之前可能累計之總訂位數，並且以「最大期望收益」之原則決定是否接受該訂位要求。

(5)透過訂位艙等規劃模式中得到之各票價產品於各決策時段之最小保留艙位數，與航班客位需求模式中預測之各訂位艙等規劃於各決策時段之訂位抵達率，藉以累計各決策時段之期望候補旅客人數，並以「最高承載率」之原則決定各航班之可供候補旅客容量。

(6)檢視不同開票時間限制，對航空旅客選擇其票價產品之影響，進而藉由訂位艙等規劃模式中各決策時段、可供訂位容量下，不同開票時間限制對其期望收益之影響變化，並以「最大期望收益」之原則以決定航空公司之最適開票時間限制。

### 1.3研究假設與範圍

航空旅運需求與航空公司制訂票價產品間之交互關係，如圖1.1所示。由圖1.1可知，航空公司於航線市場中，航空票價的制定與票價產品的設計將影響航空旅運需求。旅客在進行訂位作業前，即透過本身對機票效期感受不便之成本價值、金錢與時間預算衡量，以選擇符合本身要求之票價產品，進而向航空公司訂位。對航空公司而言即產生訂位需求資料，而航空公司在訂位控制方面，即透過旅客訂位需求資料以進行艙位配置，以使得航班之艙位空間作最有效的管理，藉由決定是否接受或拒絕旅客之訂位要求，以求取最大的期望收益。而根據過去之研究調查結果指出，不論籍別，我國出境受訪旅客均以個人行居多，平均佔九成以上，且個人行旅客對航空公司之營收而言有較高之利潤，故本研究僅針對個人票之旅客進行分析研究，跟團旅客不在本研究範疇中。

### 1.4研究架構

本研究之研究流程如圖1.2所示。

本研究第一階段首先就研究動機、研究內容等予以確認，再就目前現行航空票務規則與訂位過程進行瞭解，藉此瞭解訂位需求預測之基本作法及其內容。此外，並蒐集有關艙位規劃相關研究，探討訂位需求與艙位規劃兩者互動之關係，分析訂位需求預測在艙位規劃作業中所扮演之角色。

本研究第二階段著重於航班客位需求模式之建立，根據過去文獻所建立之航空訂位需求預測模式，再以訂位艙等時間限制對個別旅客所造成之實質票價費用支出與旅程規劃時間方便性所衍生之負效用函數為旅客選擇票價費率之假設依據，建立旅客訂位及選擇票價產品之聯合選擇模式，即航班客位需求模式，以為設定各訂位艙等預留艙位之基準，以進行訂位艙等規劃模式。即以航班客位需求模式所求得之各時段、各票價產品之旅客訂位需求資料，探討於航空公司開放接受旅客訂位之時段內，其艙位配置之動態決策模式。藉由決定是否接受或拒絕旅客之訂位要求，以使得航班之艙位空間作最有效的管理，求取航空公司之最大期望收益。

本研究第三階段著重於實例驗證之分析，以模擬台灣國籍航空公司之旅客訂位資料為例，進行個案分析，進而探討與分析主要影響因素，以進行敏感度分析，最後提出具體之結論與建議。



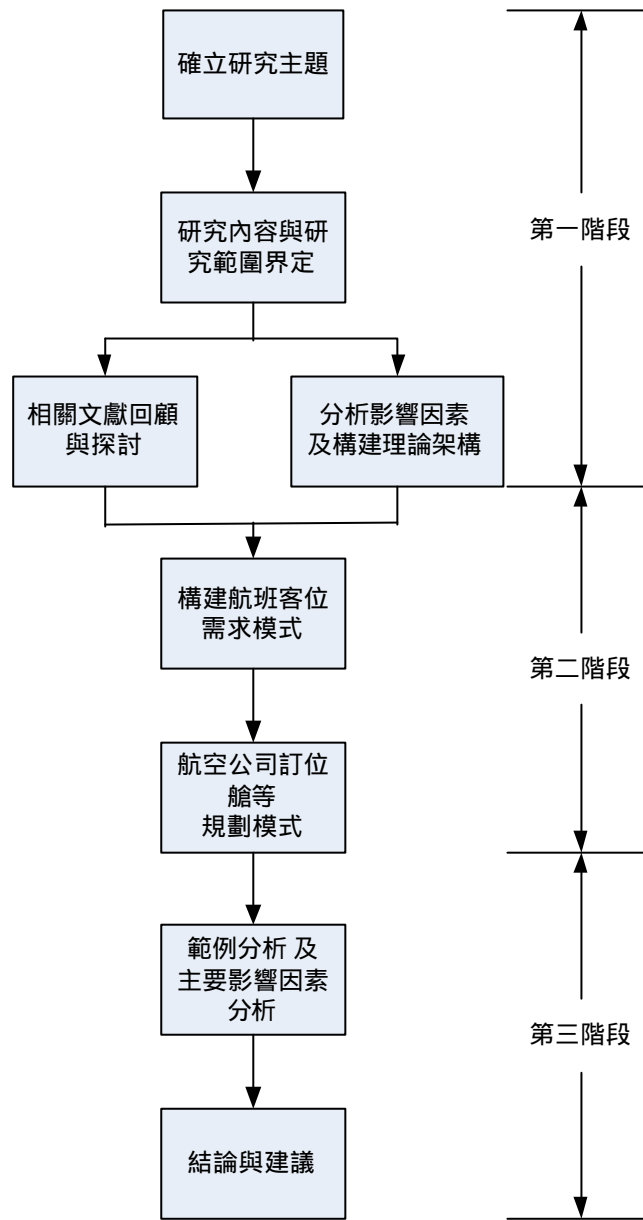


圖 1.2 研究流程圖

## 二、文獻探討

本研究主要探討單一航段航空公司訂位艙等規劃；係從旅客的客位需求、時間價值，與航空公司所制定訂位艙等各票價產品之時間限制、票價間之關係為基礎，構建訂位艙等規劃模式，以分析航班客位需求並進行訂位艙等規劃。為說明本研究在航空公司訂位艙等規劃與收益管理中的定位與重要性，本研究將回顧相關課題之文獻，俾對於過去文獻中關於航空公司艙位規劃與收益管理之研究方法能有一完整之認識。

本研究將回顧之文獻分成四部分加以說明：(一)票價產品規劃；(二)產品需求預測；(三)艙位庫存管理；(四)超額訂位控制。以下將對這些相關主題之文獻作一介紹。

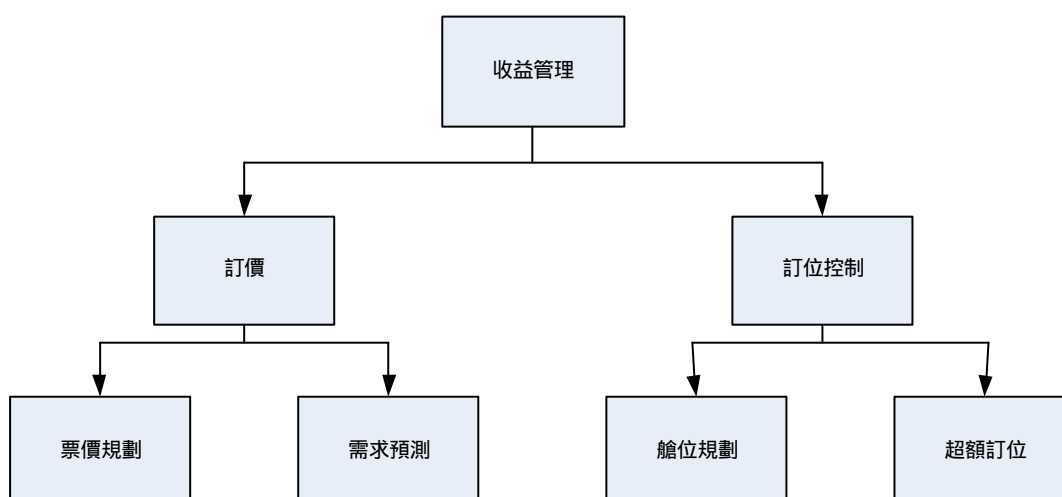


圖 2.1 航空公司營收管理架構圖

### 2.1 票價產品規劃

票價產品規劃須進行市場分析調查，瞭解不同旅客對相同資源所願償付之價格水準，實施差別訂價以刺激航空旅客需求，並規劃產品區隔以防止原屬高價求之旅客轉而購買低價產品。

票價產品規劃包括：訂價管理(pricemanagement)與產品區隔(productdifferentiation)設計。設計產品基本價格需考量營運目標、價格與銷售量關係與成本等三項因素，Weatherford(1992)將具有固定

單位數量、可對價格敏感旅客進行區隔、及逾期使用期限將完全喪失價值等特性之產品稱為易毀壞資產，並提出易毀壞資產營收管理(Perishable-Asset Revenue Management)之名詞，定義其為「藉由差別訂價管理獲得易毀壞資產最佳營收」之過程，以擴大收益管理應用之行業與產品類別。一般公司營運目標種類包括：利潤/貢獻最大、容量使用率最大、平均顧客營收最大、營收最大、最小顧客不滿意度、淨現值最大、每個顧客實際接受價格最大等，在航空公司收益管理系統中，其目標函數特別強調艙位資源總營收為最大。

由於收益管理之概念是起源於差別訂價(Price Discrimination)，差別訂價是以相同資源在邊際成本之上，對不同旅客收取不同之票價以吸取消費者剩餘。在經濟學方面研究中，差別訂價共分有三種型態，其中第一程度之差別訂價假設航空公司能完全分辨並區隔每一位潛在之旅客，迫使其對產品付出之價值等於其最大願意付出之金額，因此使航空公司獲得最大利潤並且無任何消費者剩餘存在，由於必須對不同旅客收取不同費率，故實務上並不可行，其分析僅能代表航空公司所能獲得利潤之上限。第二程度之差別訂價又稱為自我選擇(self-selecting)，經由旅客購票行為來分辨其願意付出之金額，為目前航空業界最主要之產品規劃方法，其常用之機制包括：事先購票、無法退票、來回票等，其實施成效則在於航空公司是否有能力掌握旅客間相對敏感度，設計及實施不同票價產品結構強迫旅客按其願付之金額進行區隔，在實務運用上以此類方法最為有效。

第三程度之差別訂價同時又稱為指標分類(index sorting)，以外在旅客特性來分辨旅客償付意願並據以進行事前之區隔，由於這些分類多屬於概略性、原則性之事先分類，在應用上過於粗略，且為考量旅運者之目的及所得水準等特性，因此若規劃不當常會造成航空公司收益之減少。由於第二、三程度差別訂價間彼此並不衝突，在產品規劃上常合併使用，借助產品區隔來設定籬籬，防止原屬高票價旅客轉而使用次等級票價產品，以減少單純使用第三程度差別訂

價所可能產生之負面影響。

以營收之觀點，艙位資源應優先分配給價值最高之旅客，而旅客之價值則要從飛航服務對旅客所產生之效用來分析。飛航服務對旅客所產生之效用，在產品部分來自於機票價格、使用期限及航空公司服務品質，若將旅客認知之價值差別轉換為價格區別之概念，建立獨占市場之旅客自我選擇分類模型，則經由飛航服務對旅客所產生之效用分析，航空公司可運用產品區別來進行市場區隔，所謂產品區別(product differentiation)是指依旅客特性及選擇行為，規劃設計不同之票價產品，以進行第二、三程度之差別訂價並防止旅客發生垂直移轉之購票行為，因此其必須要將能自動區分旅客特性之機制，以限制條件方式附加於不同之票價產品結構中。然不同之限制條件會造成旅客之旅行成本增加，產生降級的效果。Botimer(1999)將降級成本整合入票價產品模式，並考量旅客轉移(diversion)與訂位限額之效應，提出一般化成本模式—聯合價格水準最佳化模式內容討論如下：

假設不同票價產品間之需求獨立，對N種票價產品而言，其需求數隨限制條件之增加而減少，故理論上N個獨立市場需求函數必須具有下列特性：

$$f_N(P) \leq f_{i+1}(P) \leq f_i(P) \leq f_1(P)$$

其中， $i$ 為票價產品之種類，共有N種票價產品，而票價產品N為限制條件最多之票價產品； $P$ 表為票價產品之費率。

因此任一產品 $i$ 之旅客需求量為：

$$Q_i = f_i(P_i) - \sum_{j < i} Q_j$$

由於該研究假設各票價產品於市場上具有其獨立之市場需求，因此購買票價產品 $i$ 之旅客需求量等於願意以票價產品 $P_i$ 之價格購買票價產品 $i$ 之需求量，減去願意以較高價格購買限制條件較少之票價產品之旅客需求量。

由於增加購票限制將會增加旅客降級成本，該成本函數 $c_k(\cdot)$ 與價格 $P_i$ 一樣會影響旅客需求，因此需求函數可重新整合成：

$$Q_i = f_i(P_i, c_k(\cdot) \forall k \leq i) \geq 0$$

則在航空公司最大化收益之目標下，其模式為

$$\text{Max} \quad R = \sum_{i=1}^N P_i Q_i$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^N Q_i \leq \text{Cap}$$

$$Q_i \geq 0 \quad \text{for } i = 1, \dots, N$$

其中， $R$ 為總收益， $Q_i$ 為配置給票價產品 $i$ 之艙位數， $P_i$ 為票價產品 $i$ 之費率， $N$ 為總票價產品數， $\text{Cap}$ 為總班機訂位容量， $c_k$ 為接受票價產品附加限制條件所衍生之成本。其目標式在求所有票價產品總收益最大，並受限於飛機容量與需求水準非負限制。此外將旅客需求代入目標式後可利用非線性最佳化方法求解 $N$ 種票價產品情形，得到各票價產品之最佳價格水準及期望購票之旅客數。

### 2.1.1 小結

理論上產品區隔的越細，越能達到差別訂價之目的，惟實際上分辨及區隔旅客之機制常不完全，且價格變化在國內可能會受到航空主管機關之管制，即使是一般放寬管制之航空市場為避免發生價格戰爭，趨使業者在營運上會採取配合主要業者費率產品之策略，因此無法單獨達到吸引對手需求提高市場佔有率之目的，意即航空公司在競爭激烈的市場當中，採取降低價格之策略將很難達成其收益最大之企業目標，並且會造成市場上價格的紊亂。

本研究探討航空公司之票價產品規劃，包含：票價、機票效期、開票時間限制對個別旅客選擇票價產品之影響。由於過去研究僅以企業的角度來探討差別訂價對航空公司收益之影響，而未慮及票價產品之時間限制對旅客所造成之時間成本負擔與感受之不便成本，

進而轉移至其他航空公司或取消訂位，對航空公司而言即為一種損失。因此，本研究以個體的角度來探討航空公司之票價產品規劃，檢視航空公司所制定之票價與時間限制對旅客選擇票價產品之影響。

## 2.2 產品需求預測

所謂產品需求預測即為經由外在環境趨勢評估與歷史資料之統計分析，準確預測航空網路各起迄市場之航班在各開放訂位時段之特定票價旅客需求數及可能之變動。航空公司旅客需求預測主要分成總體需求預測、旅客選擇模式、訂位需求預測等三種。Lee(1990)研究顯示在高需求航班中，收益管理系統之需求預測能力增加10%，將改善0.5%至3.0%之期望營收，因此旅客需求預測亦是收益管理成功關鍵之一。

總體需求預測部分多運用於長期之營運管理，如機隊數量、飛航班表等之規劃，對收益管理之影響較少；Kanafani(1983)討論以旅客目的、起迄、旅程長度、服務型態等特性，分階層量測各種航空活動如：乘客量、航機運轉及乘客哩程營收數之總計量，並簡單說明運用票價型態進行預測之可能性。

旅客選擇模型應用在旅客需於多服務方案中進行選擇時，Kanafani(1983)研究空運市場所發生之選擇型態類別包括：路線、機場、航空公司、票價型態，並以多項Logit模式評估旅客選擇模型。Morrison and Winston(1986)以旅行時間、轉機延滯、票價、服務頻次、航機型式及旅程型態(如直飛、中途停站與轉接)等向量，定義特定航空公司在特定路線所提供之服務特性，且假設旅客在起迄市場，選擇航空公司特定路線之機率為Logit模式。

而在航空公司之訂位需求預測方面，Littlewood(1972)曾以單一航班不同起飛時間之歷史資料，建立簡單預測總訂位數之模式；Ben-Akiva以使用訂位資料之特性提出前瞻性、歷史性及整合性模

式，其中前瞻型模式利用航班開始接受訂位後的前期訂位資料來推估訂位曲線，並以迴歸方式來推算訂位需求，歷史型模式則利用時間序列分析由歷史訂位資料推算訂位需求，整合型則為前兩者之綜合；Lee(1993)為能清楚描述訂位需求特性，運用隨機過程建立訂位需求累計量與旅客出現訂位或取消訂位之關係式，並利用時間序列迴歸分析預測任何時點的訂位需求，過程中除考慮訂位容量對需求之影響，並整合前期及歷史資料。

國內石豐宇及黃瑞財君之研究，引用非均值Poisson分佈，針對不同旅客到達率，以反映實際訂位需求動態變化情形，設 $I_k(t)$ 為在時段 $t$ 內，第 $k$ 個票價等級之訂位到達率， $D_t$ 為時段 $t$ 之長度。則在時段內第 $k$ 個票價等級共有 $x_{kt}$ 個訂位需求之機率，依Poisson分佈其機率型式為：

$$P_k(t, x_{kt}) = \frac{[I_k(t) \times D_t]^{x_{kt}} \times e^{-I_k(t) \times D_t}}{x_{kt}!}$$

由上式顯示Poisson到達率依時段及票價等級而有不同，此情形較能描述票價產品差異，對旅客訂位行為所產生之影響。

### 2.2.1小結

特定起迄、航班不同票價等級產品之訂位需求預測，是規劃艙位庫存管理與超額訂位所需基本資料，對收益管理系統而言，其重要性遠大於其他需求預測，為使艙位庫存管理模式之基本假設能與實際數據之趨勢相符，航空公司不僅需要得到需求預測之平均數與標準差，同時亦要瞭解訂位發生的過程。在訂位需求預測中所使用之需求分配必須配合艙位庫存管理系統之需要與假設，基本上，個別旅客出現要求訂位發生之機率屬於離散型態且彼此間不相關，因此接近Poisson分配，若以整個訂位期間之需求為對象時，根據Belobaba(1985)研究所得結論印證，則應屬Normal分配。

實際上需求預測方法與資料更新週期，需配合訂位控制方法與

設備限制，目前各航空公司對於市場需求多以歷史資料與主觀判斷進行預測，無法充分且準確反應目前及未來之旅客需求情形，且在歷史訂位資料過程中，旅客因旅次目的的不同產生極多行程組合，若逐一紀錄分析會發生起迄行程票價組合之數量過大之問題，而其平均需求數甚低且不確定性大，為克服此問題航空公司通常會使用風險集中方式，先將同類起迄行程價格需求加總處理，以縮減問題規模並降低預測變異性，惟亦使預測與旅客實際訂位間產生誤差，因此需求預測能力不足，亦常會限制各種複雜管理方法之應用。

## 2.3 艙位庫存管理

所謂艙位庫存管理即為航空公司善用各航班中飛機艙位資源，分配及控制開放訂位期間各起迄不同票價產品間之銷售數，使航空公司能獲得最大之收益，因此可分為最佳艙位配置與動態訂位控制兩部分。由前述票價產品規劃可知，艙位配置問題除具有一般運輸問題特性外，並具有：旅客需求具隨機性、多重票價結構、高低票價旅客訂位習慣不同、營運趨向轉運網路結構等特性，因此 Kimes(1989)歸類為具有隨機需求、固定容量、多重費率及網路結構之資源配置問題。訂位控制則是以事前進行最佳化艙位分配結果，參酌開放訂位期間旅客之實際訂位情形，以簡單之控制機制進行接受或拒絕訂位之決策，使航空公司長期平均艙位銷售報酬為最大，其除了屬於最佳化控制問題之外，尚具有多階段決策、網路資源等特性。

由以上分析可知，航空公司訂位管理問題為具有隨機需求、固定容量、多重費率及單純網路資源的多階段決策問題，在隨機及動態部分，訂位管理人員根據歷史資料分析所得需求預測，決定最佳艙位銷售分配作為決定是否接受旅客訂位要求之依據，當至下一個預測更新時點時，再觀察新的需求資料重新進行最佳艙位分配，並據以進行至訂位控制直到訂位截止。



艙位配置問題以往之研究可概分為兩類，第一類依據假設限制條件，發展簡單易行之啟發式解法，第二類方法則利用數學規劃與網路模型來解決相關問題。自1972年Littlewood以期望邊際報酬觀念，用各航段艙位潛在銷售機率與其費率之乘積，決定接受或拒絕航段訂位要求以來，後續相關研究均以潛在銷售艙位之期望報酬處理需求不確定性問題，假設某分級將售出 $S_i$ 個艙位，因此潛在銷售 $S_i$ 位之機率應大於或等於要求 $S_i$ 個訂位之機率

$$P_i[r_i \geq S_i] = \int_{S_i}^{\infty} P_i(r_i) dr_i = 1 - F_i(S_i)$$

其中， $F_i(S_i)$ 是等於或小於 $S_i$ 訂位要求之累積密度函數，而艙位之期望邊際報酬則為：

$$EMSR(S_i) = f_i \times P_i[r_i \geq S_i]$$

Buhr(1982)探討單一費率情況下，中途停靠一站(A-B-C)之航班艙位規劃問題，由於單一費率假設的緣故，此時的艙位規劃問題只在於求解不同OD間的艙位數量分配。Buhr(1982)推導出在此情境下，不同OD間的最佳艙位數量分派應滿足：

$$E_{ac}(S_{ac}) = E_{ab}(S_{ab}) + E_{bc}(S_{bc})$$

其中， $E_{ac}$ 代表增售一AC航段艙位的期望收益， $S_{ab}$ 、 $S_{bc}$ 、 $S_{ac}$ 分別代表AB、BC、AC航段分配所得之艙位容量。

Wang(1983)將Buhr(1982)的模式推廣到多重費率與多地停靠的情境，應用期望邊際收益的方法，將艙位逐一指派給產生最大期望收益的費率與OD組合，並據以加總而得各個OD之下，各費率等級之非巢化最佳配置數量。

Belobaba(1987)將Littlewood(1972)所提兩費率等級下之最佳化決策條件拓展到多重費率的情況，稱之為「期望邊際艙位收益」(Expected Marginal Seat Revenue, EMSR)模式。其方法則是以比較某一費率與其他較高費率等級之「保護水準」(protected level，即艙位保留數)，並以全部可供訂位容量減去該費率相對於其他較高費率之保

留艙位數總和而得該費率等級之訂位上限。但由於在求取EMSR過程中，Belobaba對於機率值的描述不盡正確，使得其EMSR模式所得之單一航班總期望收益並非最大，而僅是近似最佳化的結果。

大多數探討多地停靠的艙位規劃研究，對於不同行程間艙位數量的分配多採「固定配置」(full-assignment)方式，即各行程間分配所得之艙位數量為一固定值，加總即為各區段之訂位容量限制。為了考量不同行程間需求的不確定性，Wong(1990)提出「彈性配置」(flexible-assignment)方式，其方法是對於同一區段下之可供訂位容量，除分別配置給各行程外，另有一部份的容量劃歸為「開放席次」，待某一行程之固定配額銷售完畢，該行程即可取用這些開放席次以供訂位。Wong並在單一費率之下，將其推廣至飛航多重區段與空運中心經營型態之航班的艙位規劃問題上。

過去的研究大多將訂位過程視為一單一時段，而將各費率等級在此一時段中之總需求數當作各個單一的變數，亦即僅考慮某一費率等級在訂位結束前之可能累計總訂位數。事實上，這樣的作法忽略了不同費率等級間，潛藏著需求抵達模式之不確定性。由於在巢式費率結構下，高低票價費率等級間存在可共通使用的容量部分，因此，儘管在相同的巢式配置及相同的各費率等級之個別總訂位數下，高低票價出現要求訂位的順序不同，仍會造成總收益上的不同，例如：低票價之訂位要求較早出現將可能使總收益較低，而高票價之訂位要求較早出現則可能提升整體之總收益。LeeandHersh(1993)有鑑於過去研究將訂位過程視為單一時段，而忽略不同費率等級間，潛藏著訂位需求抵達模式之不確定性。因此把訂位期間切割成符合旅客抵達過程為PoissonProcess之假設之多個決策時段，在描述最大期望收益函數時，將巢化方式處理之可供訂位容量納入遞迴方程式，此模式之優點為考慮了訂位過程之動態特性，允許各費率間在動態過程中相互競爭，改善靜態巢式之缺失，不只可得到單席訂位不同決策時期可接受之數量，且可擴展至多席訂位情形。

### 2.3.1 小結

當控制對象擴及網路型態時，除問題規模及複雜度相對增加許多外，由於考量網路中航段需求差異特性，各行程費率等級之真實價值無法立即判斷，因此如何代入巢化觀念以整理最佳艙位配置結果，並設定以整體網路考量之訂位限額供庫存艙位控制之用，為目前相關研究之重點。

## 2.4 超額訂位控制

所謂超額訂位控制即為處理旅客訂位後可能無法登機之不確定性問題，根據過去歷史預測資料與處理超額旅客之成本方案，預設超額訂位接受訂位之比例，降低航空公司可能之收益損失。航空公司處理超額訂位問題主要是在飛機旅客票價收益與拒絕已訂位旅客登機成本間進行取捨，以決定超額訂位之比例或訂位水準。航空公司在超額訂位部分，一般侷限於單一費率(Thompson(1961), Rothstein和Stone(1967), Shlifer和Vardi(1975), Bodily和Pfeifer(1995))之超額訂位問題上，對於多費率(Belobaba(1989))問題則甚少研究，而且對於影響取消訂位和未報到(no-show)機率因素，也並未作完整之探討。此外，絕大部分僅考慮單一超賣成本值，未考慮超賣成本函數，與航空公司實際作業有相當的出入。

然而，當航空公司採用超額訂位策略時，可能會發生於飛機起飛前旅客報到的數目大於艙位容量的情形，此時，某些已訂位之旅客可能無法搭上其所欲搭乘之班機。因此，航空公司必須建立其訂位數量上限值，以避免上述情形發生。

訂位系統的好壞與否，對航空公司有很重大的影響，因為它會影響航班的承載率(即航空公司之收益面)；此外，若訂位系統運作不佳因而發生已訂位旅客報到時遭拒登機，將會對航空公司的服務品質及名聲造成負面影響。因此，發展完善的訂位系統對於航空公司來說是很重要的。Rothstein(1967)曾表示：『每增加1%的平均旅

客承載率，將可為航空公司增加約百萬元的利潤』。

目前，航空公司的訂位系統，由於機票費率多元化之緣故，已演變成系統結構較複雜。航空公司為吸引不同背景及偏好之旅客，常將同一班機之艙位依其提供之服務等級與舒適程度劃分不同層級(如：頭等艙、商務艙、經濟艙等等)。一般而言，低票價之訂位要求往往會較高票價之訂位要求要來得早出現，如此將會產生高票價之訂位要求訂不到機位的情形，亦會降低航空公司之收益，因而有艙位競爭的問題產生。因此，訂位系統如何劃分各個費率等級之艙位保留數亦是相當重要，將會影響到航空公司的營收與利潤。

過去在航空公司訂位系統方面的研究不勝枚舉，在航空公司為滿足自己本身經濟方面的要求，以及為提供旅客良好的服務品質的前提下，以下將針對各種條件限制下，介紹已發展之航空公司超額訂位模式。

#### 2.4.1 直飛、單一費率之最佳訂位數上限值

如同之前所述，目前之空運市場中，使用一般票價產品旅客通常可隨意取消訂位而不必負擔損失，即使是訂位後未出現搭機之乘客亦不需賠償航空公司損失，這種可退票策略增加需求變化及使艙位價值消失之可能性，因此航空業者通常會接受超過其容量之訂位需求，以減少起飛時可能之空位數。曾有航空公司使用候補名單的方式來處理複雜之旅客取消訂位問題，航空公司先預設訂位水準(大於或等於艙位數)，如果達到設定之訂位水準時，將後續要求訂位之乘客放入等候名單，如有取消訂位產生時，則依序遞補，惟此種方式實際運用上有其缺失，因為訂位狀況之改變很難通知等候旅客，且候補名單中之旅客亦有可能屆時不會出現於機場，因此，引用候補名單方式，並不能完全解決旅客取消訂位問題。航空公司處理超額訂位問題主要是在旅客票價收益與拒絕已訂位旅客登機成本間進行取捨，以決定超額訂位之比例或訂位水準。

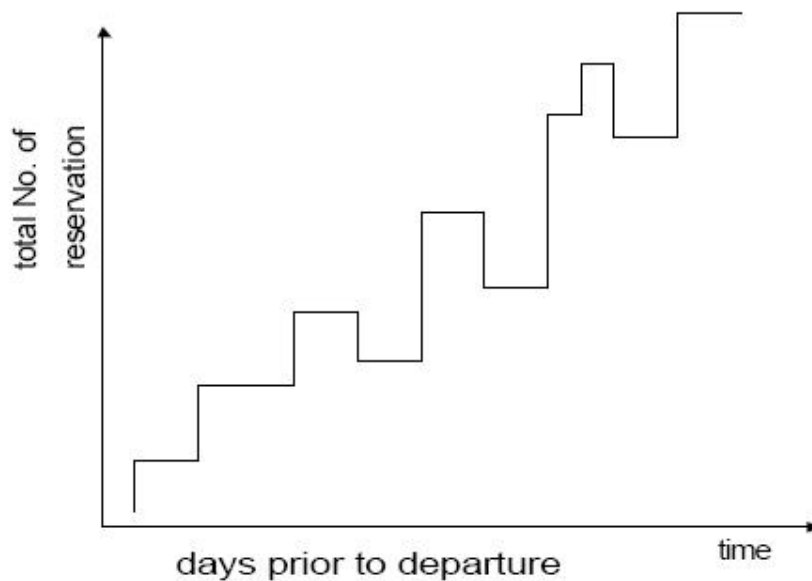


圖 2.2 飛機起飛前旅客訂位情形之示意圖

資料來源：Teodorvic(1988)

圖2.2為飛機起飛前旅客訂位情形之示意圖，圖中訂位數減少之情形代表旅客取消訂位，由圖2.2可以得知，其總訂位數會隨著時間越迫近飛機起飛之時點而增加。若航空公司預定之訂位數越多，則發生已訂位旅客遭拒登機的機率越大；但若航空公司預定之訂位數越少，則發生航班空位起飛的機率亦越高。因此，航空公司在追求利潤最大化的情形下，須同時考慮由搭機旅客所獲得之收益與補償已訂位旅客遭拒登機之超賣成本，以求得該航班的最佳訂位數上限值。以下將介紹Teodorvic(1988)所發展的模式；首先，模式當中假設未報到旅客數與航空公司的訂位數量上限值相互獨立(較不符合現實情況)，之後再討論不相互獨立的情形。其變數定義如下所示：

$n$ ：航班艙位容量

$C$ ：平均票價費率

$P$ ：賠償已訂位旅客登機遭拒的平均成本

$L$ ：航班訂位數上限值

$P(k)$ ： $k$ 位旅客於飛機起飛前未報到之機率

若  $L \leq n$  (訂位數量上限值小於或等於航班艙位容量), 則不會有超額訂位之情形發生。旅客於飛機起飛前未報到之數目為  $k$ , 且  $0 \leq k \leq L$ , 當所有已訂位旅客均報到, 則航空公司的收益為  $L \cdot C$ ; 若有一位已訂位旅客未報到, 則航空公司之收益為  $(L-1) \cdot C$ , 依此類推。而旅客未報到數為一隨機變數, 因此航空公司之收益亦為一隨機變數。由於收益為訂位數量上限值  $L$  之函數, 定義其為  $R(L)$ , 其平均收益等於

$$\bar{R}(L) = \sum_{k=0}^L (L-k) \cdot C \cdot P(k)$$

整理上式可得

$$\bar{R}(L) = C(L - \bar{K})$$

因此, 當  $L \leq n$ , 若訂位數量上限值  $L$  越大, 其收益將會越大。現考慮  $L > n$  之情形, 即訂位數量上限值大於艙位容量的情況下, 當所有已訂位旅客於飛機起飛前報到, 則會有  $(L-n)$  位旅客無法登機, 且航空公司需支付這些旅客每人賠償成本  $P$ , 即航空公司所獲得之收益為  $n \cdot C - (L-n-1) \cdot P$ ; 若一位旅客未報到, 其收益則為  $n \cdot C - (L-n-1) \cdot P$ ; 而當有  $(L-n)$  位旅客未報到, 航空公司無須支付任何賠償成本, 其收益則為  $n \cdot C$ ; 但若有  $(L-n-1)$  位旅客未報到, 其收益將減少為  $(n-1) \cdot C$ , 依此類推。因此, 當  $L > n$  時(訂位數量上限值大於艙位容量), 航空公司之平均收益為

$$\bar{R}(L) = \sum_{k=0}^{L-n} [nC - (L-n-k) \cdot P] \cdot p(k) + \sum_{k=L-n-1}^L (L-k)C \cdot p(k)$$

整理上式可得

$$\bar{R}(L) = (L - \bar{k})C - (C + P) \sum_{k=0}^{L-n} (L-n-k) p(k)$$

航空公司之目標為追求利潤最大化之下, 決定最佳訂位數上限值  $L$ 。首先, 觀察當  $L$  增加時, 平均收益  $\bar{R}(L)$  之變化情形, 其結果如下所示:

$$\begin{aligned} \bar{R}(L+1) - \bar{R}(L) &= (L+1 - \bar{k})C - \\ &= (C+P) \sum_{k=0}^{L+1-n} (L+1-n-k)p(k) - (L-\bar{k})C + (C+P) \sum_{k=0}^{L-n} (L-n-k)p(k) \end{aligned}$$

整理上式可得

$$\bar{R}(L+1) - \bar{R}(L) = C - (C+P) \sum_{k=0}^{L-n} p(k)$$

則當  $\bar{R}(L+1) - \bar{R}(L) > 0$  時，則航空公司應增加其訂位數量上限值  $L$ ，而最佳之訂位數量上限值為當  $\bar{R}(L+1) - \bar{R}(L) \leq 0$  時所求得  $L$  之最小值，意即求解  $C - (C+P) \sum_{k=0}^{L-n} p(k) \leq 0$ ，可得最佳解  $L^*$ 。因此，當最佳訂位數量上限值為  $L^*$  時，可得

$$\sum_{k=0}^{L^*-n} p(k) \geq \frac{C}{C+P} = \frac{1}{1 + \frac{P}{C}}$$

旅客於飛機起飛前未報到之數  $k$  為介於 0 和  $L$  之間的隨機變數，令  $F(Z)$  為此隨機變數之機率密度函數，即  $F(Z) = \sum_{k=0}^Z P(k)$ ；則最佳訂位數量上限值  $L^*$  可表示為：

$$F(L^* - n) \geq \frac{1}{1 + \frac{P}{C}}$$

然而已訂位旅客登機遭拒之數亦為一隨機變數，當所有已訂位旅客均報到將有  $(L-n)$  位旅客無法登機；若有一位未報到，則有  $(L-n-1)$  位無法登機，依此類推。因此，無法登機之平均旅客數  $\bar{Q}(L)$  如下所示：

$$\begin{aligned} \bar{Q}(L) &= (L-n) \cdot p(0) + (L-n-1) \cdot p(1) + (L-n-2) \cdot p(2) + \dots \\ &+ 1 \cdot p(L-n-1) + 0 \cdot p(L-n) = \sum_{k=0}^{L-n} (L-n-k) \cdot p(k) \end{aligned}$$

因此，未報到旅客之分配對於最佳訂位數量上限值與已訂位旅客遭拒登機之平均數將有很大的影響，則對於未報到旅客之調查資料

必須詳盡收集。

之前所討論均假設未報到之旅客數與訂位數量上限值之間相互獨立，然而，以實際情形考慮，兩者之間具有相關性；當訂位數量上限值越多，其未報到之旅客數亦越多。首先，考慮當  $L \leq n$  之情形，即訂位數上限值小於航班艙位容量時，其平均收益為：

$$\bar{R}(L) = \sum_{k=0}^L (L-k) \cdot Cp(k)$$

令  $X$  代表未報到旅客數佔訂位數上限值之比例，即  $k = x \cdot L$  (其中  $0 \leq x \leq 1$ )；令隨機變數  $X$  之機率密度函數為  $f(x)$ ，則

$$\bar{R}(L) = \int_0^1 (L-xL)Cf(x)dx = LC \int_0^1 (1-x)f(x)dx$$

整理上式可得

$$\bar{R}(L) = LC(1-\bar{x}) = C(L-\bar{k})$$

因此，當  $L \leq n$  時(訂位數量上限值小於航班艙位容量)，則訂位數量上限值  $L$  越大，航空公司之收益亦越大。

而當  $L > n$  時，即訂位數量上限值大於航班艙位容量，則某一部份已訂位旅客將無法登機，且航空公司需支付這些旅客賠償成本

$P$ ，可知  $\bar{R}(L) = (L-\bar{k})C - (C+P) \sum_{k=0}^{L-n} (L-n-k)p(k)$ ，且  $k = x \cdot L$ ，則航空公司之平均收益為

$$\begin{aligned} \bar{R}(L) &= C(L-\bar{k}) - (C+P) \int_0^{1-\frac{n}{L}} (L-n-xL)f(x)dx \\ &= CL(1-\bar{x}) - (C+P) \int_0^{1-\frac{n}{L}} [L(1-x)-n]f(x)dx \end{aligned}$$

將上式做一次微分，且令  $\frac{d[\bar{R}(L)]}{dL} = 0$ ，可得



$$\frac{d[\bar{R}(L)]}{dL} = C(1-x) - (C+P) \int_0^{1-\frac{n}{L}} (1-x)f(x)dx = 0$$

$$\text{則 } \int_0^{1-\frac{n}{L}} (1-x)f(x)dx = \frac{1-\bar{x}}{1+\frac{P}{C}}$$

因此，可得最佳訂位數量上限值 $L^*$ 。得知已訂位旅客登機遭拒之平均數為 $\bar{Q}(L) = \sum_{k=0}^{L-n} (L-n-k) \cdot p(k)$ ，且 $k = x \cdot L$ ，則

$$\bar{Q}(L) = \int_0^{1-\frac{n}{L}} [L(1-x) - n]f(x)dx$$

因此，可得知航空公司在追求利潤最大化之下，其最佳訂位上限值 $L$ ，與已訂位旅客登機遭拒之平均數。

#### 2.4.2 直飛、單一費率之最佳訂位數上限值-以時間為函數

Teodorovic(1988)所發展的模式，前一節所討論之情形是在不考慮距航班起飛之時間的前提下，所求得的最佳訂位數上限值。而在航空公司開放訂位後，其總訂位數並非為定值，其值會隨著時間越迫近飛機起飛之時點而增加(如圖2.2)；因此，最佳訂位數上限值應以時間為函數。而由於旅客總訂位數會隨著時間而增加，則訂位數之上限相對地會減少，如圖2.3所示。

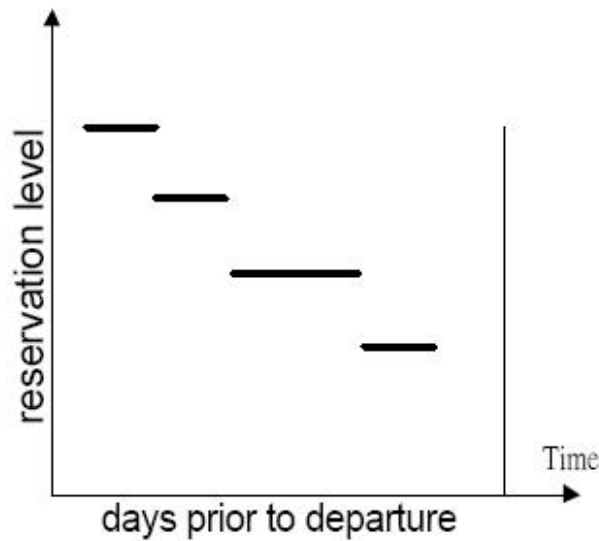


圖 2.3 艙位預留數與時間關係圖  
資料來源：Teodorvic(1988)

Shlifer與Vardi(1975)所發展之模式即為在考慮時間之因素下，求解最佳訂位數上限值，其模式之基本假設為旅客取消訂位之機率與其訂位之時間相互獨立，並透過大量之調查資料來觀察旅客於訂位期間的特性。其模式中變數之定義如下所示：

$S(t)$ ：飛機起飛前  $t$  時間時的旅客訂位數

$X$ ：旅客於飛機起飛前之報到數，為一隨機變數

根據調查資料顯示，隨機變數  $X$  呈常態分配，且其平均數為  $S(t)a(t)$ ，變異數為  $\sqrt{S(t)b(t)}$ ，即  $X \sim N(S(t)a(t), \sqrt{S(t)b(t)})$ ，其中  $a(t)$ 、 $b(t)$  為透過調查資料所得之參數；其調查之方法為選定某一航線，於一時段內收集  $m$  航班資料，令  $S_1(t)$  為在第一航班之飛機起飛前  $t$  天之旅客訂位數， $x_1$  為此航班之旅客報到數； $S_2(t)$  為在第二航班之飛機起飛前  $t$  天之旅客訂位數， $x_2$  為此航班之旅客報到數，依此類推。則參數  $a(t)$ 、 $b(t)$  之值如下所示：

$$a(t) = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{\sum_{i=1}^m S_i(t)}$$

$$b(t) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{[X_i - a(t) \cdot S_i(t)]^2}{S_i(t)}$$

令  $P^*$  為該航班之旅客報到數大於艙位容量之最大機率， $n$  為航班之艙位容量。因此，旅客報到數大於艙位容量數  $n$  之機率必定小於或等於  $P^*$ ，則飛機起飛時之旅客報到數大於  $n$  之機率如下所示：

$$\begin{aligned} P(X > n) &= p(n < X < \infty) = P\left[\frac{n - S(t)a(t)}{\sqrt{S(t)b(t)}} < \frac{X - S(t)a(t)}{\sqrt{S(t)b(t)}} < \infty\right] \\ &= \Phi(\infty) - \Phi\left[\frac{n - S(t)a(t)}{\sqrt{S(t)b(t)}}\right] \\ &= 0.5 + \Phi\left[\frac{S(t)a(t) - n}{\sqrt{S(t)b(t)}}\right] = P^* \end{aligned}$$

令  $r^*$  為已訂位旅客遭拒登機數佔飛機起飛前之旅客報到數之最大比例，此數值即代表已訂位旅客無法搭乘原訂位班機之比例。令  $T[S(t)]$  為於飛機起飛前時間  $t$  且訂位數為  $S(t)$  時，有  $T[S(t)]$  個已訂位旅客登機遭拒。其公式如下：

$$T[S(t)] = \int_n^{\infty} (x - n) f(x) dx$$

其中  $f(x)$  為隨機變數  $X$  之機率密度函數，代表  $X$  位旅客於飛機起

飛前之報到數。即  $f(x) = \frac{1}{\sqrt{S(t)b(t)}\sqrt{2p}} e^{-\frac{[x - S(t)a(t)]^2}{2S(t)b(t)}}$ ，代入，可得：

$$\begin{aligned} T[S(t)] &= \int_n^{\infty} (x - n) \frac{1}{\sqrt{S(t)b(t)}\sqrt{2p}} e^{-\frac{[x - S(t)a(t)]^2}{2S(t)b(t)}} dx \\ &= \frac{s}{\sqrt{2p}} e^{-\frac{[n - S(t)a(t)]^2}{2S(t)b(t)}} + [S(t)a(t) - n] \left\{ 0.5 + \Phi\left[\frac{S(t)a(t) - n}{\sqrt{S(t)b(t)}}\right] \right\} \end{aligned}$$

則已訂位旅客登機遭拒佔旅客報到數之期望值之最大比率如下所示：

$$r^* = \frac{T[S(t)]}{S(t)a(t)}$$

由上可求得當已訂位旅客遭拒登機數佔飛機起飛前之旅客報到

數之最大比例為  $r^*$  時，最佳訂位數上限值為  $S_{r^*}(t)$ 。

因此，可求得最後之最佳訂位數上限值；意即透過當報到旅客數大於艙位容量之最大機率，與已訂位旅客遭拒登機佔旅客報到數之期望值之最大比例，以決定最佳訂位數上限值。此外，假設航空公司每接受一位旅客報到時，可獲得  $C_1$  之利潤，而當拒絕一位旅客會損失  $C_2$ ；在航空公司追求收益最大化之情形下，首先令飛機於起飛時平均每航班所搭載之旅客為  $Y[S(t)]$ ，且飛機於起飛時旅客之平均報到數為平均每航班所搭載之旅客數，加上以訂位旅客登機遭拒之平均數，即

$$S(t)a(t) = Y[S(t)] + T[S(t)]$$

則航空公司之平均收益為

$$\bar{R}[S(t)] = C_1 \cdot Y[S(t)] - C_2 \cdot T[S(t)]$$

令  $q^*$  為每航班損失一位旅客之成本  $C_2$  佔搭載一位旅客所獲得之利潤  $C_1$  之比例，即  $q^* = \frac{C_2}{C_1}$ 。則最佳訂位數上限值  $S(t)$  為求平均利益  $\bar{R}[S(t)]$  最大化時，必須滿足：

$$\frac{d\{\bar{R}[S(t)]\}}{d[S(t)]} = 0$$

因此，整理後，可得：

$$\frac{\frac{d\{Y[S(t)]\}}{d[S(t)]}}{\frac{d\{T[S(t)]\}}{d[S(t)]}} = q$$

Shifler與Vardi(1975)同時考慮當飛機起飛時之旅客數大於艙位容量之最大機率，與當飛機起飛時已訂位旅客登機遭拒數佔旅客報到數之最大比例，即最佳訂位數上限值  $S^*(t)$  於時間  $t$  為：

$$S^*(t) = \min\{S_{p^*}(t), S_{r^*}(t), S_{q^*}(t)\}$$

#### 2.4.3兩航段、單一費率之訂位數上限值-以時間為函數

上一節所介紹之模式為直飛、單一費率之情形。現考慮兩航段、單一費率，假設一航線如圖2.4所示。令  $x_1$  為希望由機場A到機場B之旅客數， $x_2$  為希望由機場A到機場C之旅客數， $x_3$  為希望由機場B到機場C之旅客數，而  $S_1(t)$ 、 $S_2(t)$ 、 $S_3(t)$  分別為時間t之旅客訂位數，且如同直飛之情形，其分配為呈常態分配：

$$X_1 \sim N(S_1(t)a(t), \sqrt{S_1(t)b_1(t)})$$

$$X_2 \sim N(S_2(t)a(t), \sqrt{S_2(t)b_2(t)})$$

$$X_3 \sim N(S_3(t)a(t), \sqrt{S_3(t)b_3(t)})$$

其中， $a_i(t)$ 、 $b_i(t)$ ( $i=1,2,3$ )分別為其參數。

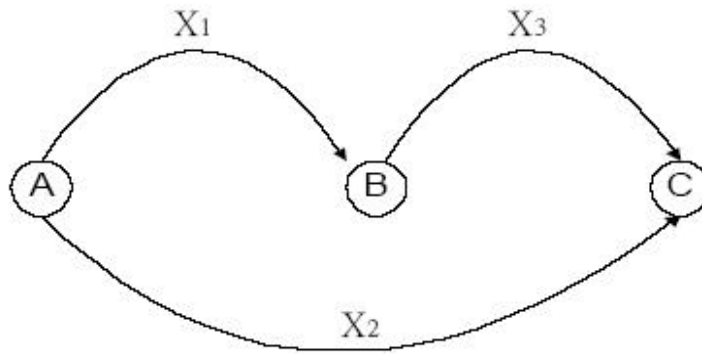


圖 2.4 兩航段、單一費率示意圖

資料來源：Teodorvic(1988)

當於機場A且(或)機場B之旅客數大於艙位容量數 $n$ 時，即當  $X_1 + X_2 > n$ 、 $X_2 + X_3 > n$  時，其最佳訂位數上限值將需有所限制，航空公司可以追求旅客遭拒登機數最小化，意即各航段承載率最大化，因此有下列三種情形：

(1)、  $X_1 + X_2 \leq n, X_2 + X_3 > n$

於機場B之旅客數大於艙位容量時，為求各航段搭載數最大化，其各航段之旅客數如表2.1所示：

表 2.1 機場 B 之旅客數大於艙位容量

航段	欲搭乘之旅客數	可搭乘之旅客數	遭拒登機之旅客數
A - B	$X_1$	$X_1$	0
A - C	$X_2$	$X_2$	0
B - C	$X_3$	$n - X_2$	$X_2 + X_3 - n$

(2)、  $X_1 + X_2 > n, X_2 + X_3 \leq n$

於機場A之旅客數大於艙位容量時，為求各航段搭載數最大化，其各航段之旅客數如表2.2所示：

表 2.2 機場 A 之旅客數大於艙位容量

航段	欲搭乘之旅客數	可搭乘之旅客數	遭拒登機之旅客數
A - B	$X_1$	$n - X_2$	$X_1 + X_2 - n$
A - C	$X_2$	$X_2$	0
B - C	$X_3$	$X_3$	0

(3)、  $X_1 + X_2 > n, X_2 + X_3 > n$

於此種情形，將有下列八種可能的情形：

表 2.3 兩航段之總需求大於艙位數

航段		
A - B	A - C	B - C
$X_1 > n$	$X_2 > n$	$X_3 > n$
$X_1 > n$	$X_2 > n$	$X_3 \leq n$
$X_1 > n$	$X_2 \leq n$	$X_3 > n$
$X_1 > n$	$X_2 \leq n$	$X_3 \leq n$
$X_1 \leq n$	$X_2 > n$	$X_3 > n$
$X_1 \leq n$	$X_2 > n$	$X_3 \leq n$
$X_1 \leq n$	$X_2 \leq n$	$X_3 > n$
$X_1 \leq n$	$X_2 \leq n$	$X_3 \leq n$

於case1、3之情形下，無法提供航段A-C之旅客艙位，因為每提供航線A-C之旅客一個艙位時，將會使得兩位旅客(A-B、B-C)沒有

艙位；相反地，若提供A-B或B-C之旅客艙位時，僅A-C之旅客無法獲得艙位；而於case2、4之情形下，航段A-C之旅客僅能有 $n - X_3$ 個艙位數；於case5、7之情形下，A-C僅有 $n - X_1$ 個艙位數；最後，於case6、8之情形下，A-C之旅客若當 $n - X_1 > n - X_3$ 時，可有 $n - X_1$ 個艙位數，而當 $n - X_3 > n - X_1$ 時，可有 $n - X_3$ 個艙位數。因此，提供航段A-C之旅客數 $X_2$ 之艙位數 $W_2$ 如下所示：

$$W_2 = \max\{0, n - X_1, n - X_3\}$$

而於此航段無法獲得艙位之旅客數 $R_2$ 為：

$$R_2 = X_2 - \max\{0, n - X_1, n - X_3\}$$

於機場A，航段A-B與A-C之旅客為相互競爭，即艙位容量 $n$ 提供予 $X_1 + X_2$ 位旅客。因此，航段A-B之搭乘旅客數 $W_1$ 為：

$$W_1 = n - \max\{0, n - X_1, n - X_3\}$$

而於此航段無法獲得艙位數之旅客數 $R_1$ 為：

$$R_1 = X_1 - n + \max\{0, n - X_1, n - X_3\}$$

因此，於航段B-C之搭乘旅客數與無法獲得艙位之旅客數分別為：

$$W_3 = n - \max\{0, n - X_1, n - X_3\}$$

$$R_3 = X_3 - n + \max\{0, n - X_1, n - X_3\}$$

於機場A，旅客數大於艙位容量數 $n$ 之機率為：

$$P(X_1 + X_2 > n) = 0.5 + \Phi\left[\frac{S_1(t)a_1(t) + S_2(t)a_2(t) - n}{\sqrt{S_1(t)b_1(t) + S_2(t)b_2(t)}}\right]$$

其中 $a_1(t)$ 、 $b_1(t)$ 、 $a_2(t)$ 、 $b_2(t)$ 為相對應之參數。

於機場B，旅客數大於艙位容量數 $n$ 之機率為：

$$P(X_2 + X_3 > n) = 0.5 + \Phi\left[\frac{S_2(t)a_2(t) + S_3(t)a_3(t) - n}{\sqrt{S_2(t)b_2(t) + S_3(t)b_3(t)}}\right]$$

其中 $a_2(t)$ 、 $b_2(t)$ 、 $a_3(t)$ 、 $b_3(t)$ 為相對應之參數。

令  $P_A^*$  為於機場A之旅客數大於艙位容量數之最大機率， $P_B^*$  為於機場B之旅客數大於艙位容量數之最大機率，且  $S_1^{(P_A^*, P_B^*)}(t)$ 、 $S_2^{(P_A^*, P_B^*)}(t)$ 、 $S_3^{(P_A^*, P_B^*)}(t)$  分別代表各航段之最佳訂位數上限值，其中  $P_A^*$ 、 $P_B^*$  必須滿足。

而最佳訂位數上限值亦可透過分別於機場A、B已訂位旅客遭拒登機數佔報到旅客數之最大比例  $r_A^*$ 、 $r_B^*$  來求得。令  $T_A[S_1(t), S_2(t)]$ 、 $T_B[S_1(t), S_2(t)]$  分別為機場A、B之旅客遭拒登機數，則最佳訂位數上限值  $S_1^{(r_A^*, r_B^*)}(t)$ 、 $S_2^{(r_A^*, r_B^*)}(t)$ 、 $S_3^{(r_A^*, r_B^*)}(t)$  經由之前所導之公式即可求出；其中， $r_A^*$ 、 $r_B^*$  之公式如下所示：

$$r_A^* = \frac{T_A[S_1(t), S_2(t)]}{S_1(t)a_1(t) + S_2(t)a_2(t)}$$

$$r_B^* = \frac{T_B[S_2(t), S_3(t)]}{S_2(t)a_2(t) + S_3(t)a_3(t)}$$

#### 2.4.4 直飛、二費率之艙位配置

通常，航空公司為提高承載率，會有多種機票費率折扣方案；一般而言，支付低票價之旅客較支付高票價之旅客要來得早訂位，如：商務旅客通常會購買較高價之機票(如商務艙)，且由於工作之緣故，其訂位時間通常僅在飛機起飛前幾天，較其他乘客(如：休閒旅客)要來得晚。因此，若航空公司採取【先到先購票】之原則，可能會使得一些支付高票價之旅客無法搭乘其欲搭之班機，如此對航空公司而言會降低其收入與利潤。在此，我們假設僅有兩種票價費率(低、高)，在二費率之競爭下，航空公司於有限之艙位容量下，分配其艙位數以獲得最大之營收。首先，基本變數之定義如下所示：

$n$ ：艙位容量數

$L$ ：低費率旅客之最佳訂位數上限值

$P$ ：支付高費率之旅客，無法獲得艙位之機率

由圖2.4可知，當變數  $L$  越大，則機率  $P$  亦越大。圖2.4代表支付



高費率旅客數之機率密度函數  $f(x)$  平均數為  $\mu$ ，當支付低費率旅客之艙位數越大(即  $L$  越大)，則支付高費率旅客之艙位數越少( $n-L$  越小)，即當  $n-L$  越小，則支付高票價之旅客在欲搭之班機上找到艙位之機率越小。因此，其機率  $P$  如圖2.4所示。

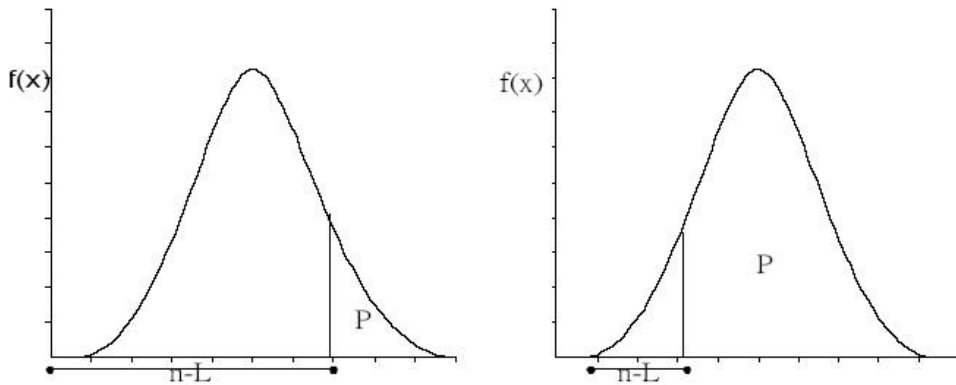


圖 2.5 高票價費率旅客無法登機之機率示意圖

資料來源：Teodorvic(1988)

Littlewood(1972)曾推導出模式以決定支付低費率旅客之最佳訂位數上限值。其變數定義如下所示：

$C_1$  為由支付低費率旅客所獲得之收益

$C_2$  為由支付高費率旅客所獲得之收益

$L$  為留給低費率旅客之艙位數

因此，每個低費率艙位之平均收益為  $1 \cdot C_1$ ；而每個高費率艙位之平均收益為  $(1-P) \cdot C_2$ 。則接受低費率旅客訂位之範圍為

$C_1 > (1-P)C_2$ ，意即：

$$(1-P) \leq \frac{C_1}{C_2}$$

因此，最佳訂位數上限值  $L$  可由下式決定：

$$1 - \int_{n-L}^{\infty} f(x) dx \leq \frac{C_1}{C_2}$$

$$1 - \int_{n-L}^{\infty} f(x)dx = 1 - \Phi(\infty) + \Phi\left(\frac{n-L-u}{s}\right) \leq \frac{C_1}{C_2}$$

$$\Phi\left(\frac{n-L-u}{s}\right) \leq \frac{C_1}{C_2} - 0.5$$

而上式  $f(x)$  為經由過去資料調查所觀察之支付高費率旅客之機率密度函數。所以， $L$  之值越小，表示開放給支付低費率之旅客的訂位時間越短，則支付高費率之旅客能得到較好的服務品質；但隨著  $L$  之值越大，將能使得支付低費率之旅客所得到之服務越好。

此外，Morrisson(1995)亦發展出在以時間為考慮之下，決定低費率旅客之最佳訂位數上限值之模式，其假設為支付低費率之旅客為團體訂位，而其他單席訂位之旅客則為支付高費率之旅客；並且假設沒有取消訂位之情形，意即已訂位之旅客一定會搭乘預訂之班機，且能為航空公司帶來利益。此外，若以訂位之旅客無法於班機上找到艙位時，其將不會搭乘另一班機，意即對航空公司而言是一種損失。

假設時段  $T$  為航般之訂位時段，而  $T$  可分為  $1, 2, 3, \dots, t, \dots, n$  個時段。且Morrisson(1995)亦假設於各個小時段  $1, 2, \dots, n$  當中，支付低費率之旅客(多席訂位)較支付高費率之旅客要來得早訂位，且各時段之間的訂位需求相互獨立。令時段1為飛機起飛前之時段，時段  $n$  為開始訂位之時段。模式中變數之定義如下所示：

$t$ ：飛機起飛前之時段

$n$ ：艙位容量

$C_1$ ：航空公司由支付低費率之旅客所得之收益

$C_2$ ：航空公司由支付高費率之旅客所得之收益

$P_j(t)$ ： $j$  位旅客於時段  $t$ ，欲以低費率訂位之機率

$q_j(t)$ ： $j$  位旅客於時段  $t$ ，欲以高費率訂位之機率

$S_c(t)$ ：於  $t$  時段內，在  $C$  個可用艙位數下，支付低費率旅客之艙

位數

$S_C^*(t)$ ：於  $t$  時段內，在  $C$  個可用艙位數下，支付低費率旅客之最佳艙位數

$R_C(t)$ ：於  $t$  時段內，在  $C$  個可用艙位數下，航空公司所能獲得之最大營收

令  $t=1$  時為距飛機起飛前最近之時段，而於此時段之開始時，支付低費率旅客所能獲得之艙位數為  $0, 1, 2, \dots, n$ ，即  $S_C(t)=0, 1, 2, \dots, n$ ；而於  $t=1$  之時段可能有  $1, 2, 3, \dots$  之旅客欲支付低費率搭乘該班機，而最多有  $S_C(1)$  位旅客能於此航班得到艙位。因此，支付低費率且能於此航班找到艙位之旅客平均數為：

$$\sum_{i=0}^{S_C(1)} iP_i(1) + S_C(1) \sum_{i=S_C(1)+1}^{\infty} P_i(1)$$

其平均收入為：

$$R_1[S_C(1)] = C_1 \sum_{i=0}^{S_C(1)} iP_i(1) + C_1 S_C(1) \sum_{i=S_C(1)+1}^{\infty} P_i(1)$$

於  $t=1$  之時段，航空公司預留  $S_C(1)$  個艙位給支付低費率之旅客。另外，考慮於  $t=1$  之時段時，有  $i < S_C(1)$  個艙位售予支付低費率之旅客，則此機率為：

$$\sum_{i=0}^{S_C(1)-1} P_i(1)$$

而由支付高費率旅客所獲得之平均收益  $R_2[S_C(1)]$  為：

$$R_2[S_C(1)] = \sum_{i=0}^{S_C(1)-1} P_i(1) \left[ \sum_{j=0}^{C-i} jq_j(1) + (C-i) \sum_{j=C-i}^{\infty} q_j(1) \right] C_2$$

若航空公司售予  $S_C(1)$  個艙位給支付低費率之旅客，意即至少  $S_C(1)$  個旅客欲搭乘此班機，則此發生之機率為：

$$\sum_{i=S_C(1)}^{\infty} P_i(1)$$

當  $S_c(1)$  個艙位售予支付低費率之旅客，表示由支付高費率之旅客所得到之收益為：

$$R_3[S_c(1)] = \sum_{i=S_c(1)}^{\infty} P_i(1) \left[ \sum_{j=0}^{C-S_c(1)-1} j q_j(1) + (C-S_c(1)) \sum_{j=C-S_c(1)}^{\infty} q_j(1) \right] C_2$$

因此，於  $t=1$  之時段，在  $C$  個可利用之艙位的情形下，航空公司所獲得之收益與預留給支付低費率旅客之艙位數有直接關係，而此模式是在追求最大收益下以求得  $S_c(1)$  之值，意即：

$$R_c(1) = \max_{S_c(1)=0,1,2,K,C} \{R_1[S_c(1)] + R_2[S_c(1)] + R_3[S_c(1)]\}$$

因此，於時段  $t$ ， $C$  個可利用之艙位數，航空公司所能獲得之最大收益  $R_c(t)$  可表示如下：

$$R_c(t) = \max_{S_c(t)=0,1,2,\dots,C} \left\{ \begin{array}{l} p_1 \sum_{i=0}^{S_c(t)} i P_i(t) + p_1 S_c(t) \cdot \sum_{i=S_c(t)+1}^{\infty} P_i(t) \\ \left[ \sum_{j=0}^{c-i-1} q_j(t) \cdot (j p_2 + R_{c-i-j}(t-1)) + (c-i) \sum_{j=c-i}^{\infty} q_j(t) p_2 \right] \\ \sum_{i=S_c(t)}^{\infty} P_i(t) \cdot \left[ \sum_{j=0}^{c-S_c(t)-1} q_j(t) \cdot (j p_2 + R_{c-S_c(t)-j}(t-1)) + (c-S_c(t)) \cdot \sum_{j=c-S_c(t)}^{\infty} q_j(t) p_2 \right] \end{array} \right\}$$

其中，上式之第一項為於時段  $t$  有  $S_c(t)$  個預留艙位數時，由支付低費率之旅客所獲得之收益；第二項為於時段  $t$  之後(含)之各時段，當於時段  $t$  有  $S_c(t)$  個艙位預留給支付低費率之旅客，且當  $i < S_i(t)$  個艙位已售予支付低費率之旅客時，航空公司由支付高費率之旅客所獲得之收益；第三項表於時段  $t$  之後(含)之各時段，當於時段  $t$  有  $S_c(t)$  個艙位數已售予支付低費率之旅客時，航空公司由支付高費率之旅客所獲得之收益。

令  $S_c^*(t)$  為由  $S_c(t)$  之集合所求之最大值，即最大收益。求解上式，可得  $R_c(t)$ 、 $S_c^*$  之值，其中  $S_c^*$  為於時段  $t$  時，為求收益最大化，必須有  $S_c^*$  個艙位提供支付低費率之旅客，剩餘之艙位  $n - S_c^*$  則售予支付高費率之旅客，且其值越大對航空公司之收益越佳。以上之模式，

其最主要的資料為旅客報到(訂位)之分配型態(機率)，為求算出這些機率，其統計資料必須事先調查，以建立各特定之時段、不同族群之旅客需求型態。Morrison(1995)亦探討取消訂位之情形，在此情況下，支付低費率旅客之艙位數必須先求出，剩餘提供給支付高費率旅客之艙位數應視為艙位容量數，再計算其最佳訂位數上限值。

#### 2.4.5多航段、多費率之艙位配置

當一航線有多航段，艙位配置之問題將會變得更複雜，圖2.6表一航線有二航段。通常，A-C之平均費率 $\overline{C_{AC}}$ 小於航段A-B與航段B-C之平均費率之和，即 $\overline{C_{AC}} < \overline{C_{AB}} + \overline{C_{BC}}$ ，且 $\overline{C_{AC}} > \overline{C_{AB}}$ 、 $\overline{C_{AC}} > \overline{C_{BC}}$ 。假設當艙位已售予航段A-C之旅客，若有旅客欲購買航段A-B或B-C之艙位時，則航空公司無法達到最大收益( $\ominus \overline{C_{AC}} < \overline{C_{AB}} + \overline{C_{BC}}$ )；因此，航空公司可能將艙位售予航段A-B之旅客，而期望有另一旅客欲購買航段B-C之艙位，但搭乘航段B-C之旅客可能會出現，但亦可能不會。因此，艙位配置問題當於各航段有不同之費率時，將會變得更為複雜。

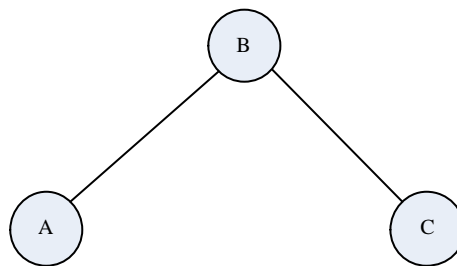


圖 2.6 多航段、多費率示意圖  
資料來源：Teodorvic(1988)

為解決這類的問題，應收集各城市對之間旅次需求的統計資料，經由這些資料與已知之航班艙位容量，即可得知運輸旅次需求之分配。令  $X_{i,j}$  為旅客欲支付費率  $j$  搭乘起迄對  $i$  之航班之數值，為一隨機變數。Wang(1983)曾發展一模式，在各個不同城市對、各個不同費率下，配置其艙位。假設僅有兩種費率(高、低)，三個城市A、

B、C，則有三個航段A-B、B-C、A-C；因此，各個艙位之配售有下列之方式：

- (1). 由A-C之旅客支付高費率，其中令旅客數為  $X_{11}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{11}$ 。
- (2). 由A-C之旅客支付低費率，其中令旅客數為  $X_{12}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{12}$ 。
- (3). 由A-B之旅客支付高費率，其中令旅客數為  $X_{21}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{21}$ ，且B-C之旅客支付高費率，其中令旅客數為  $X_{31}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{31}$ 。
- (4). 由A-B之旅客支付高費率，其中令旅客數為  $X_{21}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{21}$ ，且B-C之旅客支付低費率，其中令旅客數為  $X_{32}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{32}$ 。
- (5). 由A-B之旅客支付低費率，其中令旅客數為  $X_{22}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{22}$ ，且B-C之旅客支付高費率，其中令旅客數為  $X_{31}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{31}$ 。
- (6). 由A-B之旅客支付低費率，其中令旅客數為  $X_{22}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{22}$ ，且B-C之旅客支付低費率，其中令旅客數為  $X_{32}$  (隨機變數)，而費率為  $C_{32}$ 。

而透過統計資料即可得知隨機變數  $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $X_{21}$ 、 $X_{22}$ 、 $X_{31}$ 、 $X_{32}$  之機率密度函數。令  $S_{ij}$  為起迄對  $j$  之間，售予支付費率  $i$  旅客之艙位數。則若利用第一種銷售方式時，其平均收益  $R_1$  如下所示：

$$R_1 = P(X_{11} > S_{11})C_{11} + P(X_{12} > S_{12})C_{12} + P(X_{21} > S_{21})C_{21} + P(X_{31} > S_{31})C_{31} + P(X_{31} > S_{21})C_{21} + P(X_{32} > S_{32})C_{32} + P(X_{22} > S_{22})C_{22} + P(X_{31} > S_{31})C_{31} + P(X_{22} > S_{22})C_{22} + P(X_{32} > S_{32})C_{32}$$

同理，可以得知  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $\dots$ ，而在航空公司追求利潤最大化之下，即可得知其利潤  $R$  為： $R = \max\{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6\}$

### 三、航班客位需求與訂位艙等規劃模式設計

本研究擬藉由解析性模式，構建航班客位需求與航空公司訂位艙等規劃之供需關係，分析供需條件變動下，各票種之票價與時間限制對航空公司所能吸引之旅運需求量之影響，探討不同社經特性與時間價值分佈之旅客在航空公司訂位艙等規劃之下，對航空公司所規劃之不同票價結構與時間限制之各類票種之選擇行為，以進行最適之訂位艙等規劃。

為完成本研究之研究目的，本研究之主要研究步驟可分為：

#### 1、構建航班客位需求模式

藉由構建訂位需求預測模式，探討旅客於訂位後繼而進行訂票作業時，其選擇各票價產品所對應之機率；旅客所考慮之選擇因素很多，就旅客需求本身而言為旅客目的、對機票效期感受不便之成本價值；而供給面影響之因素有：開票時間限制、票價、機票效期。因此，當旅客在進行訂票作業時，將對時間及票價兩者作一權衡取捨。本研究以訂位艙等時間限制對旅客所造成之實質票價費用支出與旅程規劃時間方便性所衍生之負效用函數為旅客選擇票價費率之假設依據，假設在實務上，旅客在進行訂票作業時，綜合時間與金錢成本之考量。其負效用函數組成包括：票價、機票效期對個別旅客所造成之不便成本。其選擇之準則假設如下：

若  $C_1 > C_2$ ，旅客選擇低票價費率

若  $C_1 < C_2$ ，旅客選擇高票價費率

其中， $C_1$ 、 $C_2$ 分別為高、低費率票價產品對旅客所造成之負效用函數。簡言之，本研究以解析性方法，探討各訂位艙等旅客之選擇行為，描述各訂位艙等需求在開放接受訂位後之任一時間點出現之頻率及其對應之機率，藉以預測未來班機起飛時，各訂位艙等的載客量。

#### 2、構建訂位艙等規劃模式

收益管理技巧為航空公司增加獲利的關鍵因素，在處理旅客需

求不確定性與面對不同價格與時間價值敏感程度旅客的情形下，航空公司往往會提供不同票價結構與訂位艙等時間限制之票價產品組合，以達到收益最大化之目標。因此，於同一等級座艙中，航空公司會依不同票價時間限制而分配其艙位數，即訂位艙等規劃問題。由於相同一個機位可以有不同費率等級的訂位，因此，如果分配過多機位給低票價之訂位要求，可能造成高費率之訂位要求無法取得機位；反之，如果分配過多的艙位數給高票價之訂位要求，則可能出現浪費機位之情形，因此，如何配置同一等級座艙中不同票價結構與時間限制之艙位數，乃為訂位艙等規劃的一個主要問題。根據過去研究調查指出(HamzaeeandVasigh, 1997)，若旅客為對時間較敏感者，則當航空公司為旅客節省更多時間時，將會有更多的旅客願意以金錢來換取時間上的節省與彈性，相對亦會增加航空公司之營收。意即時間價值越高的人，對於旅行成本(票價)的感受性較不大，較注重時間的節省；反之，時間價值越低的人，對於時間越不在乎，較重視旅行成本的節省。

本研究以航班客位需求模式所求得之各訂位艙等需求對應之機率，並且以此分析為基礎，在航空公司追求最大化收益下，構建訂位艙等規劃模式，以作為是否接受某一訂位要求之依據。經由模式之分析，可清楚地將影響旅客選擇之各項重要供需特性間之相互關係表達出來，並可藉此求算在不同情境下，各訂位艙等所能吸引之旅運需求量，藉以進行最適訂位艙等規劃。

### 3.1 客位需求模式

#### 3.1.1. 旅客訂位需求預測回顧

##### 3.1.1.1. 基本假設：

在航空訂位系統中，均是飛機起飛前一段時間內開放接受旅客訂位。而航空公司為吸引不同社經特性的旅客，常將同一班機的艙位依其提供的服務等級與舒適程度劃分為頭等艙、商務艙與經濟艙不同層



級，而在同一等級艙位則會因票種、行程與效期不同限制因素而有票價上的差異。所謂機票效期係為旅客去程出發時間到回程之間的「有效期限」，並非旅客開票後至回程的時間。因此，就任何時段而言，旅客在向航空公司訂位之前，會依個人旅運需求及願意支付價格，考量自己的時間與金錢預算，而向航空公司指定某艙位等級之艙位，並選擇不同之票價產品。

各費率等級訂位需求頻率，會隨距離起飛時間遠近而有所差異。例如休閒旅次，旅客時程均已事先安排，時間上較固定，故其訂位要求絕大多數出現於開放接受訂位期間的前半段，且休閒旅客之時間價值較低，對於票價費率較為敏感；而商務旅次，旅客時間價值高，旅客較傾向於重視購票時的可獲性（Availability）與購票時間限制的彈性，而願意支付較高的票價費率，且商務旅客時程較難掌握，故其訂位要求大多出現於開放訂位期間之後半段。就訂位艙等而言，航空公司於同一等級座艙中提供相同的服務品質，卻有不同的票價產品，其主要是透過差別訂價的策略來創造營收，其方式乃藉由不同的票價產品對旅客限制條件的不同而形成一定程度的區隔。航空公司對於低費率票價產品的限制條件較嚴格，旅客必須於訂位之後，在規定的開票期限前完成開票之手續，如此旅客才能取得報到及登機之權利；相對而言，航空公司對高費率票價旅客之限制則較少。航空公司訂位艙等的分類及對旅客限制條件的差異，亦反映不同旅客時間價值的差異，對旅客形成一定程度的區隔。

個別旅客出現要求訂位發生之機率屬於離散型態且彼此間不相關，因此接近Poisson分配，若以整個訂位期間之訂位需求為對象時，根據Belobaba(1985)研究所得結論印證，則應屬Normal分配。但以旅客訂位資料之特性而言，訂位資料應屬於非連續性、非負值，依此特性以Poisson分配來描述旅客訂位過程較常態分配為佳。而由於各艙位等級訂位需求頻率，會隨距離起飛時間遠近而有所差異，故本研究將引用國內石豐宇及黃瑞財君(1996)之研究，以非均質Poisson分配反

映各時段訂位需求因旅次目的不同而呈現變動的特性。針對不同訂位艙等之訂位需求，在不同時段給予不同抵達率，以反映實際訂位需求動態變化之情形。簡言之，綜合文獻及實際狀況，本研究之旅客訂位需求預測模式之基本假設如下：

1. 各訂位艙等訂位需求出現頻率隨距離起飛時間遠近而有所差異
2. 各訂位艙等訂位需求出現頻率呈 Poisson 分配
3. 各訂位艙等訂位需求存在區隔現象
4. 各訂位艙等旅客之時間價值分配呈常態分配
5. 一多席訂位要求所訂各席為同一費率等級

其中，假設5為針對多席訂位之情境而加入，其餘之假設，則均與傳統相關文獻類同。

#### 3.1.1.2. 訂位需求預測之機率分佈

本研究之旅客訂位需求預測模式，將以石豐宇及黃瑞財君(1996)之研究為基礎，引用非均值Poisson分佈，設  $I_k(t)$  為在  $t$  時段內，第  $k$  個費率等級之訂位抵達率，則在  $t$  時段內， $k$  費率等級共有  $x_{kt}$  個訂位需求之機率，依Poisson分佈，其機率形式為：

$$P_k(t, x_{kt}) = \frac{[I_k(t)]^{x_{kt}} e^{-I_k(t)}}{x_{kt}!}$$

$I_k(t)$ ： $t$  時段內， $k$  費率等級之訂位抵達率

$P_k(t, x_{kt})$ ： $t$  時段內， $k$  費率等級之訂位需求數為  $x_{kt}$  之機率

$x_{kt}$ ： $t$  時段內， $k$  費率等級之訂位需求數

$t$ ：距離飛機起飛前之時段， $t=0,1,2,\dots,n$

由上式可以看出， $t$  時段內、 $k$  費率等級之訂位抵達率  $I_k(t)$  依費率等級之不同而有所差異，且其為時間之函數，而該函數型態及其參數值將以過去研究之結果與實務資料進行校估。

### 3.1.2. 訂位艙等需求預測模式

旅客在向航空公司訂位之前，會依個人旅運需求及願意支付價格，考量自己的時間與金錢預算，向航空公司指定某艙位等級之艙位，並選擇不同之票價產品；若航空公司所設計之票價產品無法符合旅客真正之需求，將會使得旅客雖已出現訂位需求，但卻未在開票期限前向航空公司開票，抑或是轉移(Diversion)至另一個票價產品或市場上其他競爭之航空公司。本研究將從探討旅客進行訂票作業時的選擇行為出發，結合供給與需求特性，探討各訂位艙等旅客在航空公司所制定之票價產品與市場競爭之影響下之選擇行為，藉此求算出不同訂位艙等之各票價產品所能吸引之旅運需求量。

#### 3.1.2.1. 票價客源分類

本研究假設訂位艙等時間限制對旅客所造成之實質票價費用支出與旅程規劃時間方便性所衍生之負效用函數為旅客選擇不同票價費率票種之依據。即本文假設旅客是以「一般化總成本最小」或「總負效用最小」為選擇票價產品之依據。

在航空公司開放接受旅客訂位之期間內，旅客向航空公司訂位後，航空公司會將該機位保留至所制定之開票日期，即使旅客最後未向航空公司開票或取消訂位，亦不需承擔任何損失，意即訂位之行為對旅客而言不會造成任何成本。而旅客在向航空公司訂位之前，會依個人旅運需求及願意支付價格，考量自己的時間與金錢預算，向航空公司指定某艙位等級之艙位，並選擇不同之票價產品訂位。航空公司在接受旅客訂位之後，會要求旅客於開票期限前向航空公司開票，所謂開票即旅客必須支付該票價費率，故旅客之開票行為通常會發生於航空公司所規定之開票期限之前。旅客在進行開票作業時，所考慮之選擇因素除機票價格外，亦包括開票期限與機票效期；因此，旅客於購票時所產生之一般化總成本除實質票價費用支出外，還包括旅客因機票效期時間限制所感受之不便成本(perceived inconvenience cost)。本研究依旅客所選擇之票價費率之不同而將旅客做分類，旅客可依其決

策選擇購買不同的票價產品(普通票、優待票)，各票價費率有不同的效期限限制，故產生對旅客不同的不自由程度的影響，限制越多的機票越便宜，但相對地亦會對旅客產生更多的一般化成本，各票價產品對旅客所造成之一般化總成本分述如下：

### (1). 普通票

普通票也稱為全票(AdultFare)，若為購買普通票之旅客，將無法享有任何的優惠折扣，但其機票效期最長、限制條件最少，以普通票價填發之機票，自班機起飛日起一年之內有效。由於旅客於機票效期內能去從事其他的活動(如：洽公、旅遊)，且旅客僅需於效期之前使用回程票即可，因此，旅客對機票效期限限制所感受之不便時間價值為一極小值，且當機票效期越長，則可使旅客所感受之負效用降低越多，因此，個別旅客對機票效期限限制所感受之時間價值在負效用函數中之符號為負，意即當機票效期越長，旅客於效期內所獲得之時間彈性越大，則旅客所感受之不便成本即越小。由於本研究假設「一般化總成本最小」為旅客選擇票價產品之依據，故旅客之開票行為均會發生於航空公司所制定之開票日期。假設航空公司之開票日期為班機起飛前 $b$ 天，則購買普通票旅客於開票日期向航空公司開票時，相對地會喪失將此票價費率支出於此期間從事投資或儲蓄之機會成本。因此，購買普通票旅客產生之一般化總成本之負效用函數 $C_1$ ( $\$$ )如下所示：

$$C_1 = p_1 + p_1(1+r\%) \cdot \frac{b}{365} - \Gamma_1 d_1$$

$p_1$ ：為普通票之票價費率( $\$$ )

$\Gamma_1$ ：個別旅客對普通票效期限限制放寬一天所感受之時間價值( $\$/天$ )

$d_1$ ：普通票之機票效期(天)

$b$ ：航空公司規定之開票日期(距離飛機起飛前之時段)(天)

$r\%$ ：銀行平均年利率

則購買普通票旅客之一般化總成本除了旅客實質支出之金錢成本  $p_1$  外，還包括旅客對於該票價產品之效期所感受之不便成本 ( $\Gamma_1 \cdot d_1$ )，以及旅客若於航空公司所制定之期限開票，其所喪失將此票價費率支出於此期間從事投資或儲蓄之機會成本

$$p_1(1+r\%) \cdot \frac{b}{365}。$$

## (2).優待票

若為購買優待票之旅客，旅客雖然可以享有折扣但必須於航空公司所規定之開票日前向航空公司開票，因此，購買優待票旅客於開票日期前支付該票價費率，相對地會喪失將此票價費率支出於此期間從事投資或儲蓄之機會成本。此外，由於此優待票之票價費率低於普通票，因此該票價產品之機票效期少於普通票之效期。則購買優待票旅客所產生之一般化總成本之負效用函數  $C_2$  (\$) 如下所示：

$$C_2 = p_2 + p_2(1+r\%) \cdot \frac{b}{365} - \Gamma_2 d_2$$

$p_2$ ：為普通票之票價費率(\$)

$\Gamma_2$ ：個別旅客對普通票效期限限制放寬一天所感受之時間價值 (\$/天)

$d_2$ ：普通票之機票效期(天)

$b$ ：航空公司規定之開票日期(距離飛機起飛前之時段)(天)

$r\%$ ：銀行平均年利率

則購買優待票旅客之一般化總成本  $C_2$  除了旅客實質支出之金錢成本  $p_2$  外，還包括旅客對於該票價產品之效期所感受之不便成本 ( $\Gamma_2 \cdot d_2$ )，以及旅客若於航空公司之所制定之開票期限開票，將會喪失將此票價費率支出於此期間從事投資或儲蓄之機會成本

$$p_2(1+r\%) \cdot \frac{b}{365}。$$

航空公司實施差別訂價以刺激旅運需求，須瞭解不同旅客對相同票價產品所願償付之價格水準，以避免原屬普通票價產品需求之旅客轉而購買優待票，意即航空公司於制定票價產品費率時，應考量其經營環境與旅客需求型態而採取不同之訂價方法，以因應其利潤最大之企業目標。由於航空公司訂位艙等的分類及對旅客限制條件的差異，反映不同旅客時間價值的差異，對旅客形成一定程度的區隔，故購買普通票與優待票之旅客應屬不同時間價值之分配；一般而言，購買普通票之旅客的時間價值大於購買優待票之旅客。因此，本研究假設個別旅客對普通票效期限限制放寬一天所感受之不便成本價值 $\Gamma_1$ 為優待票旅客對效期限限制感受之不便成本 $\Gamma_2$ 的 $w$ 倍(即 $\Gamma_1 = w \cdot \Gamma_2$ )，且兩者均呈常態分配。

### 3.1.2.2. 單一航空公司之選擇行為分析

#### 1. 旅客個體選擇分析

旅客於訂購機票前，可依據其時間限制與金錢預算的衡量而選擇其所欲購買之票價產品。根據過去研究調查指出(HamzaeeandVasigh, 1997)，若旅客為對時間較敏感者，則當航空公司為旅客節省更多時間或更大彈性時，這類旅客將更傾向於以金錢來換取時間上的節省與彈性，相對亦會增加航空公司之營收。意即時間價值越高的人，對於旅行成本(票價)的感受性較不大，較注重時間的節省與限制的減少；反之，時間價值越低的人，對於時間限制越不在乎，較重視旅行成本的節省。從票價產品的特性可知，當該票價產品的時間限制越少，對旅客所造成之時間限制成本越少，則選擇該票價產品所能節省的時間就越多，但相對地其票價費率也就越高。即影響旅客選擇的因素除了機票價格外，亦包括機票效期及旅客本身對這些時間限制之時間價值的衡量。為求得旅客選擇購買普通票或優待票在機票效期時間上之市場分界點位置，可令 $C_1 - C_2 = 0$ ，由可得

$$C_1 - C_2 = (p_1 - p_2) \cdot [1 + (1 + r\%) \cdot \frac{b}{365}] - \Gamma_2(w \cdot d_1 - d_2) = 0$$

透過上式的設定，我們可推導出機票效期差之臨分界點。亦即針對此個別旅客，其購買普通票和優待票一般化總成本相等時之效期時間限制差。整理可得：

$$\Gamma_2(w \cdot d_1 - d_2) = (p_1 - p_2) \cdot [1 + (1 + r\%) \cdot \frac{b}{365}]$$

由上式可以清楚地看到，影響旅客選擇購買普通票或優待票的主要因素為旅客對於該兩種票價產品時間效期所感受之不便成本差，購買普通票所必須額外承擔之損失的機會成本，及普通票、優待票之票價費率差。令  $w \cdot d_1 - d_2 = q_{12}$ ，則  $\Gamma_2 \cdot q_{12}$  為旅客購買普通票與優待票對效期所感受之不便成本差又令

$(p_1 - p_2)[1 + (1 + r\%) \cdot \frac{b}{365}] = Oc_{12}^b$ ，而  $Oc_{12}^b$  為旅客在開票時間點購買普通票所必須額外承擔的機會成本損失及票價差，其值會隨著航空公司所規定之開票日期  $b$  而有所差異，當航空公司越早要求旅客開票時(如：旺季)，則旅客所需承擔之成本  $Oc_{12}^b$  越大。整理可得：

$$\Gamma_2 \cdot q_{12} = Oc_{12}^b$$

若  $C_1 - C_2 \leq 0$ ，則  $\Gamma_2 q_{12} \geq Oc_{12}^b$

若  $C_1 - C_2 \geq 0$ ，則  $\Gamma_2 q_{12} \leq Oc_{12}^b$

在航空公司所開放訂位之時段內，航空公司在接受旅客訂位後，會要求旅客於開票日期前向航空公司開票，若航空公司所規定之開票日期越早(即  $b$  值越大)，則  $Oc_{12}^b$  亦隨之增加，可知旅客傾向於購買優待票。對具某特定機票效期所感受之時間價值旅客而言，在相同的機票效期之差下(即相同之  $q_{12}$  值)，隨著航空公司所制定之普通票與優待票間之差額增加，使得於開票時間點  $b$  之旅客購買普通票時所必須額外承擔的機會成本損失及票價費率差  $Oc_{12}^b$  而隨之增加，在假設旅客以一般化總成本最小化為

選擇票價產品之依據時，則可知旅客傾向選擇購買優待票；而若航空公司所制定之普通票與優待票之差額之差距越小，則旅客傾向於購買普通票。相對地，對具某此特定之旅客而言，在特定之票價產品費率差之下，當機票效期之差越大(即 $q_{12}$ 值越大)，則可知，旅客傾向於購買普通票，而若機票效期之差越小，則旅客傾向購買優待票。當然這還需視旅客對機票效期感受不便的時間價值大小而定，感受不便之時間價值越高的旅客，越有可能選擇普通票，分析如下：

1. 旅客感受不變之時間價值高，則在某特定普通票與優待票之票價差之下，旅客傾向選擇普通票，當旅客面對較小的 $q_{12}$ 才會選擇優待票。
2. 若旅客感受不變之時間價值低，則在某特定普通票與優待票之票價差之下，旅客傾向選擇優待票，當旅客面對較大的 $d_{12}$ 才會選擇普通票。
3. 由於購買普通票旅客對機票效期所感受之時間價值 $\Gamma_1$ 為優待票旅客對效期限限制感受之時間價值 $\Gamma_2$ 之 $w$ 倍，若當 $w$ 愈大，及普通票與優待票旅客對機票效期感受之敏感程度差距愈大，則在某特定之票價產品下。旅客傾向購買優待票。

以上所探討的是以個體角度出發，分析各供需特性如票價、機票效期、對機票效期感受不便之時間價值、開票時間等，對旅客選擇購買普通票或優待票時之影響程度。以下將以總體的角度將前述之分析做一整合。

## 2. 旅客總體行為分析

假設每位旅客皆有其本身對機票效期限限制放寬一天所感受不便之特定時間價值，就整體的角度來看，該時間價值可視作一隨機變數。基本上旅客對機票效期所感受不便之時間價值即使很小，亦非為負值；而當旅客依活動安排而完全無法接受較短



時間限制之情形時，將會產生旅客對機票效期限限制所感受之時間價值為無限大，故本研究假設購買普通票與優待票之旅客對機票效期放寬一天所感受之時間價值的範圍分別為 $0 < \Gamma_1 < \infty$ 、 $0 < \Gamma_2 < \infty$ ，其中 $\Gamma_1 = w\Gamma_2$ ，本研究範圍暫訂針對同一等級座艙中，購買不同票價產品之旅客進行選擇行為分析，換句話說，旅客雖然購買不同票價產品，其餘座艙中所感受之服務品質是相同的，所以本研究假設不論旅客選擇何種票價產品，其時間價值之變異是相同的，即旅客對機票效期所感受不變之時間分佈皆相同。故本研究假設不論旅客選擇何種票價產品，其時間價值之變異係相同，即旅客對機票效期所感受不便之時間價值分佈皆為相同。以 $\Gamma_2$ 來分析，機率密度函數為 $f_{\Gamma_2}(\Gamma_2)$ ，而分佈圖形如圖 3.1 所示，圖 3.1 僅為一概念示意圖，不假設為何種分配，令 $X = \Gamma_2 \cdot q_{12} = \Gamma_2(w \cdot d_1 - d_2)$ ，由 $X$ 的定義可知其式中除以 $\Gamma_2$ 外皆為外生變數，故 $X$ 為一由旅客對機票效期感受不便之時間價值轉換而成的隨機變數，就某特定消費者而言，因具有一特定 $\Gamma_2$ 值，亦具有一特定之 $X$ 值，則 $X$ 之機率密度函數 $f(X)$ 如下式

$$f(X) = f_{\Gamma_2}\left(\frac{X}{w \cdot d_1 - d_2}\right) \cdot \frac{1}{w \cdot d_1 - d_2}$$

對某特定開票時間點 $b$ 而言，在已知普通票與優待票之票價費率與銀行平均年利率下，如圖 3.2 所示。若 $X > Oc_{12}^b$ ，即屬於圖中 $X$ 曲線下在 $Oc_{12}^b$ 線右邊的部分，則可知旅客將會選擇普通票價產品；若 $X < Oc_{12}^b$ ，即屬於圖中 $X$ 曲線下在 $Oc_{12}^b$ 線左邊的部分，則可知旅客將會選擇優待票價產品。藉由 $X$ 之機率密度函數及特定之 $Oc_{12}^b$ 之值，即可得知旅客選擇普通票與優待票之期望機率，令 $m_2^b$ 為旅客選擇優待票產品之期望機率，則

$$m_2^b = \int_{-\infty}^{Oc_{12}^b} f(X) dX$$
，而旅客選擇普通票之期望機率為 $m_1^b = 1 - m_2^b$ 。

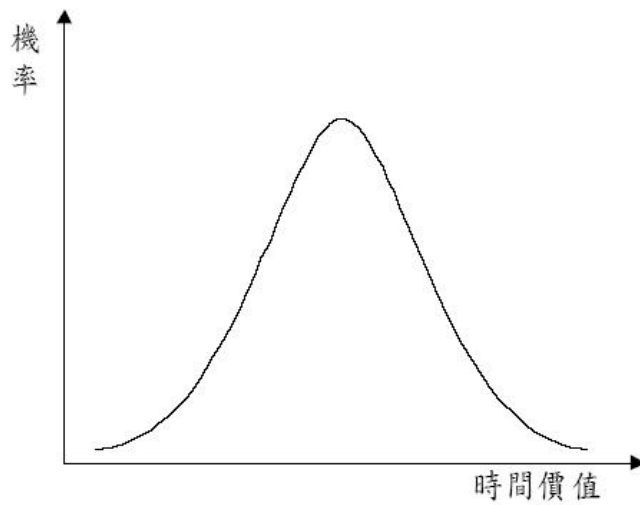


圖 3.1 時間價值分布示意圖  
資料來源：本研究整理

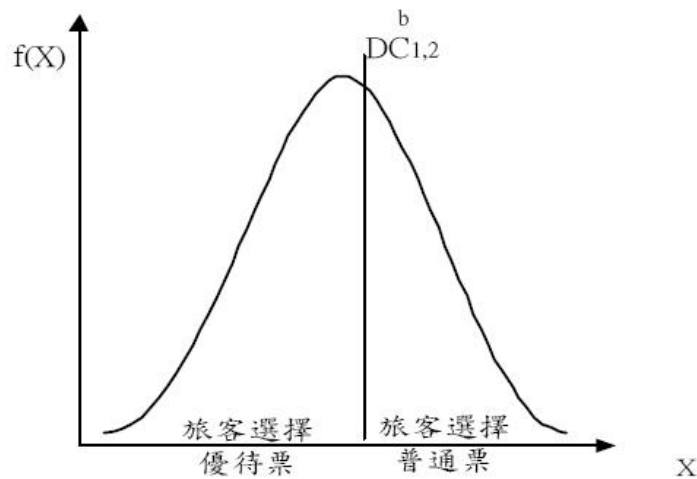


圖 3.2 票價費率競爭圖  
資料來源：本研究整理

然就整體市場而言， $OC_{12}^b$  之值即為具代表性之市場分隔線；由  $OC_{12}^b$  之定義可知，對某特定開票時間點  $b$  而言，此變數事實上隱含有兩票價費率差之意義；當  $OC_{12}^b$  為正時，即於開票時間點  $b$  之旅客購買普通票時所必須額外承擔的機會成本損失及票價費率差大於零，當兩費率之差越大時，則  $OC_{12}^b$  亦會越大，將會吸引越多的旅客購買優待票，但若航空公司所制定之票價產品的兩費率之差太大，可能會使得所有的旅客購買優待票，以致於無法

吸引購買普通票之旅客；然而當  $Oc_{12}^b$  為負時，即於開票時間點  $b$  之旅客購買普通票時所必須額外承擔的機會成本損失及票價費率差小於零，則旅客將會購買普通票以換取時間上之彈性。而當開票時間點  $b$  越大時，則  $Oc_{12}^b$  亦會越大，旅客在面對特定的票價產品下，將會傾向於選擇優待票，此亦符合實際情形。另一方面，由  $x$  的定義可知  $x$  所代表的內在意義是旅客對機票效期限所感受之時間價值的分佈。 $x$  與  $\Gamma_2$  分佈中相對位置是相同的。又  $x$  還包括票價產品間效期之差異之供給特性，故事實上即為各供需特性之關係式，從旅客整體的角度看來即是機票效期、票價差異、開票期限，與市場範圍分佈之關係式。

### 3.1.2.3. 旅客於多競爭市場之選擇行為分析

之前所探討之範圍僅針對旅客於單一航空公司所提供之票價產品之選擇行為，然於航空競爭市場中，各家航空公司為提升承載率與獲利能力，無不推出各種票價產品以刺激航空旅運需求。故航空旅客在進行訂票作業時，市場上有各家航空公司所提供之不同票價產品可供選擇，相對於航空公司而言，若其所規劃之票價產品無法因應市場上其他競爭航空公司之票價設計策略，將可能使得旅客轉移至其他競爭航空公司，故票價產品規劃係為航空公司營收管理重要之一環。以下將針對旅客於航空競爭市場中之票價產品選擇行為進行分析，航空市場中之某一航線雖有多家航空公司提供服務，然主要競爭之航空公司僅約二、三家，故本研究僅以兩家競爭航空公司進行分析研究。

如同於 3.1.2.2 節之分析，假設市場上分別有 A、B 兩家航空公司，其於市場上之市場分隔線如圖；其中 A 航空公司之普通票價高於 B 航空公司普通票價，而 B 航空公司之優待票價高於 A 航空公司優待票價，故 A 航之兩票價產品費率差大於 B 航之票價產品費率差，使得 A 航之市場區隔線大於 B 航之市場區隔線，使得 A 航之市場區隔線大於 B 航之市場區隔線。由圖 3.3

之結果可知，由於 A、B 航空公司所規劃之票價產品結構不同所致，當旅客分別在選擇各家航空公司之票價產品時，其選擇之傾向會有所差異，例如當旅客選擇 B 航之票價產品時，旅客傾向選擇購買普通票，然而當旅客面臨 A 航之票價產品時，則旅客傾向選擇優待票；因此，A、B 兩家航空公司所提供之票價產品在競爭市場上之市場範圍會因其票價產品規劃而有所差異。將兩者之票價費率競爭市場範圍進行分析比較，其競爭之範圍如圖所示。

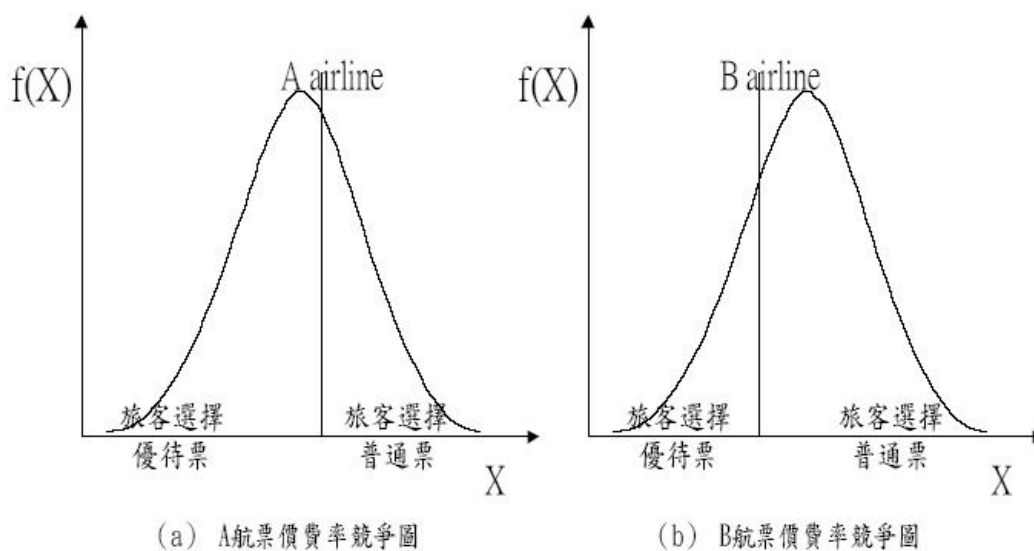
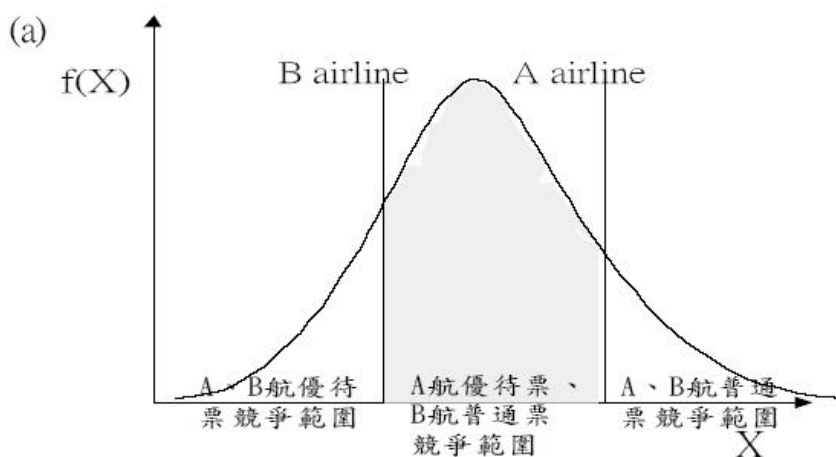


圖 3.3A、B 航票價費率競爭示意圖

資料來源：本研究整理



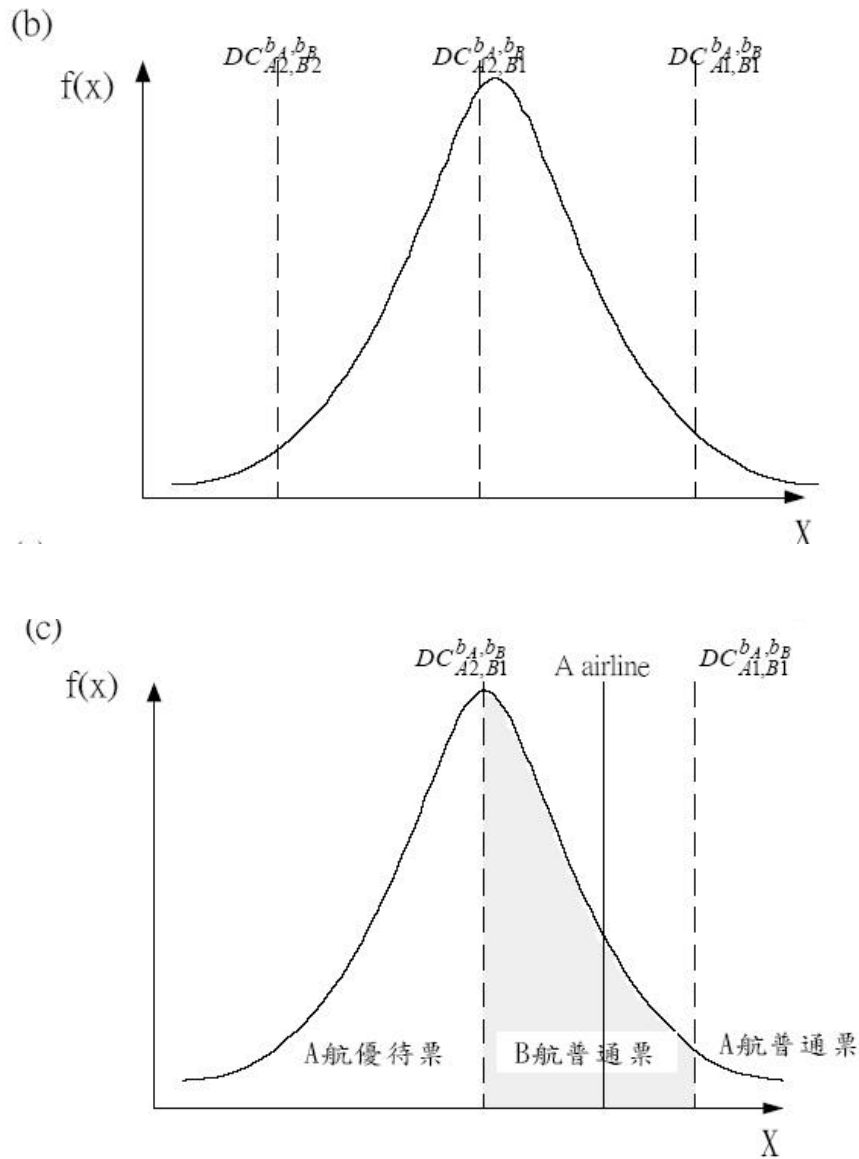


圖 3.4A、B 航市場範圍分析圖

資料來源：本研究整理

由圖 3.3(a)之結果可知，原 A 航優待票價產品之市場範圍在不考慮市場上其他競爭航空公司之影響下，其市場範圍為 A 航市場區隔線之左方，然在市場上其他競爭航空公司 B 之影響下，原購買 A 航優待票價產品之旅客將會部分轉移至 B 航普通票與優待票價產品；而原選擇購買 A 航普通票之旅客，在 B 航之普通票價產品之影響下，會使得部分旅客轉移至 B 航，如圖 3.4(a)

所示。故在兩家航空公司之票價產品結構之影響下，各票價產品之市場範圍如圖 3.4(b)所示，圖中 $OC_{A_2B_2}^{b_A b_B}$ 代表 A、B 航優待票價產品之市場區隔線即

$$OC_{A_2B_2}^{b_A b_B} = (p_{B_2} - p_{A_2}) + [p_{B_2}(1+r\%) \cdot \frac{b_B}{365} - p_{A_2}(1+r\%) \cdot \frac{b_A}{365}]$$

同理， $OC_{A_2B_1}^{b_A b_B}$ 為 A 航優待票價產品與 B 航普通票價產品之市場區隔線， $OC_{A_1B_1}^{b_A b_B}$ 為 A 航與 B 航普通票價產品區隔線。

由於 A 航之普通票價費率大於 B 航，故於 A、B 航普通票價產品之競爭範圍內，市場區隔線 $OC_{A_2B_2}^{b_A b_B}$ 之右方為 A 航於競爭市場中之市場範圍，左方則為 B 航於競爭市場中之市場範圍。而於 A 航優待票與 B 航普通票之競爭範圍內，由於 A 航優待票之票價費率小於 B 航之普通票價費率，故於市場區隔線 $OC_{A_2B_2}^{b_A b_B}$ 之右方為 B 航普通票之市場範圍，左方則為 A 航之優待票價市場範圍；由於假設 A 航之優待票價費率小於 B 航之優待票價費率，因此在假設旅客以一般化總成本最小為其選擇票價產品之依據，則於該市場範圍內，B 航之優待票價產品會失去其市場競爭力，其最後之市場競爭範圍如圖 3.4(c)所示。

則 A 航在市場競爭之影響下，其可能喪失之市場範圍，如圖 3.4(c)中之陰影部分所示，即原選擇 A 航票價產品之旅客，在金錢、時間及時間價值之衡量下將可能轉移而購買 B 航之票價產品，然亦需視 A、B 航之票價產品市場區隔線之位置而定，分別討論如下：

(1)、若當 A、B 航普通票價產品之市場區隔線 $OC_{A_1B_1}^{b_A b_B}$ 大於 A 航之市場區隔線，則 A 航之普通票價產品之市場範圍即為 $OC_{A_1B_1}^{b_A b_B}$ 之右方；而當 $OC_{A_1B_1}^{b_A b_B}$ 之值小於 A 航之市場區隔線時，則 A 航之普通票價產品之市場範圍將不受 B 航之普通票價產品影響，其數學關係式如下所示：

$$m_1^b = \begin{cases} \int_{Oc_{A_1B_1}^{b_Ab_B}}^{\infty} f(X)dX & Oc_{A_1B_1}^{b_Ab_B} > Oc_{A_1A_2}^{b_A} \\ \int_{Oc_{A_1A_2}^{b_A}}^{\infty} f(X)dX & Oc_{A_1B_1}^{b_Ab_B} < Oc_{A_1A_2}^{b_A} \end{cases}$$

(2) 若當 A 航之優待票價產品與 B 航之普通票價產品之市場區隔線  $Oc_{A_2B_1}^{b_Ab_B}$  大於 B 航之市場區隔線，則 A 航之優待票價產品之市場範圍即為  $Oc_{A_2B_1}^{b_Ab_B}$  之左方；而當  $Oc_{A_2B_1}^{b_Ab_B}$  之值小於 B 航之市場區隔線時，則 A 航之優待票價產品之市場範圍則為 A、B 航優待票價產品市場區隔線之左方，其數學關係式如下所示：

$$m_1^b = \begin{cases} \int_{-\infty}^{Oc_{A_2B_1}^{b_Ab_B}} f(X)dX & Oc_{A_2B_1}^{b_Ab_B} > Oc_{B_1B_2}^{b_B} \\ \int_{-\infty}^{Oc_{A_2B_2}^{b_Ab_B}} f(X)dX & Oc_{A_2B_1}^{b_Ab_B} < Oc_{B_1B_2}^{b_B} \end{cases}$$

### 3.1.3. 航班客位需求模式

#### 3.1.3.1. 單席訂位之航班客位需求模式

透過 3.1 節我們可以求得於時間點  $t$  出現費率等級  $k$  之訂位要求之機率  $P_k(t, x_{kt})$  而透過 3.1.2 節可求得於開票時間點  $b$  之旅客其選擇票價產品  $i$  ( $i = 1, 2$ ) 之期望機率  $m_1^b$ 、 $m_2^b$ 。因此，在航空公司開放接受訂位之時段內，旅客於時間點  $t$  出現於  $k$  費率等級之訂位要求，而最後在開票時間點  $b$  會選擇購買票價產品  $i$  之機率  $\bar{P}_k(t, i)$  ( $i = 1, 2$ ) 如下所示：

$$\bar{P}_k(t, i) = m_i^b \cdot P_k(t, x_{kt})$$

其中，當  $i = k$  時，表旅客選擇票價產品  $i$  且無轉移之情形；若當  $i \neq k$  時，則旅客有轉移至其他票價產品之情形發生，即旅客可能在考量其時間與金錢之預算下，轉而購買其他之票價產品之情形。例如：旅客於時間點  $t$  出現費率等級 1 之訂位要求(即普通票)，但最後卻選擇票價產品 2(即優待票)，該種情形即所謂的降等(downgrade)；反之，即是所謂的升等(upgrade)之情形。因此，旅客由費率等級 1 轉移至費率等級 2 之機率  $P_d$  (downgrade)

為  $P_d = \bar{P}_1(t,2) = m_2^t \cdot P_1(t, x_{1t})$ ，而由費率等級 2 轉移至費率等級 1 之機率  $P_u$  為  $P_u = \bar{P}_2(t,1) = m_1^t \cdot P_2(t, x_{2t})$ 。因此，於時間點  $t$  出現費率等級 1 之訂位需求之機率  $P_t^1$  應包含原本選擇購買該票價產品之旅客與從費率等級 2 轉移至費率等級 1 之旅客，意即

$P_t^1 = \bar{P}_1(t,1) + \bar{P}_2(t,2)$ ；相對地，於時間點  $t$  出現費率等級 2 之訂位需求之機率  $P_t^2$  應為  $P_t^2 = \bar{P}_2(t,2) + \bar{P}_1(t,2)$ 。

此為一條件機率之概念，過去之文獻雖曾經針對各個費率層級於不同時間點其出現之頻率不同而給予不同之抵達率，以預測於不同時間點、各費率層級出現之機率，作為航空公司需求預測與訂位控制之基準。這樣的作法雖能反映旅客於各時間點因旅次目的不同而有不同需求強度之特性，但卻未能反映出個別旅客選擇票價產品之真正需求與轉移購買其他票價產品之傾向。而過去亦曾經有文獻以多項 Logit 模式評估旅客選擇模型 (Kanafani(1983)、Morrison and Winston(1986))，然由於本研究範圍內之旅客所選擇之票價產品間存在相關性 (correlation)，意即旅客選擇不同的票價產品，但其於座艙中所感受之服務水準是相同的，若以 Logit 模式預測旅客選擇票價產品之機率，將會違反 IIA (Independently Irrelevant Alternatives) 之原則。本研究為改善過去研究之作法，並且慮及在個別旅客對機票效期感受之時間價值影響其選擇票價產品下，進而影響航空公司之承載率與收益，因而提出新的航班客位需求模式之觀點，且以個別旅客時間價值之觀念來反映旅客真正之需求，意即不僅可以求得旅客真正選擇其票價產品之機率，此外亦可在考慮市場競爭之影響下，求得旅客出現訂位需求且於開票日期前會向航空公司開票之機率，與旅客轉移至其他票價產品之機率，這樣的作法將更能夠反映實際旅客之訂位與開票行為。再者，目前航空公司為刺激旅運需求，往往會設計多種不同的票價產品供旅客做選擇，若以過去模式作為需求預測之結果，除了航空公司必須校



估龐大數量的參數值外，並無法反映當時旅客真正選擇之傾向。故本研究之航班客位需求模式將可改善過去文獻的作法，以作為航空公司航班需求預測，以及動態訂位艙等規劃之依據。

### 3.1.3.2. 多席訂位之航班客位需求模式

3.1.3.1 節所探討之機率分佈係假設單一訂位需求只預定一個機位，然實際每一訂位需求之訂位數卻常會有多席訂位之情形。故需再進一步對每一訂位需求訂位數之機率加以探討。

機位數的決定為旅客本身旅次目的及行程安排所決定。尤其在家庭度假或旅行團，多席訂位之情況極為普遍。而商務旅次，行程較為緊迫，多人同行的情況較為少見。由上述分析及各艙位等級需求存在區隔現象之假設，本研究假設多席訂位之機率分布與費率等級相關，但與訂位需求數  $x_{kt}$  無關，則在多席訂位之情況，訂位需求模式必須再加入每一訂位需求之訂位數之機率  $G_k^v$ 。

$$\sum_{m=1}^{M_k} G_k^m = 1$$

$$I_k^v(t) = I_k(t) \cdot G_k^v$$

$G_k^v$ ：費率等級  $k$ ，每一訂位需求訂位數為  $v$  之機率

$M_k$ ：費率等級  $k$  之最大訂位數

$I_k^v(t)$ ：費率等級  $k$ ，每一訂位需求訂位數為  $v$  之訂位抵達率

在訂位數與訂位需求獨立之假設下， $I_k^v(t)$  即為在費率等級  $k$  訂位抵達率中所佔的比例。將  $I_k^v(t)$  代入可得在時段  $t$  內， $k$  費率等級，訂位數為  $v$  之訂位需求出現  $x_{kt}$  之機率，如下所示。

$$P_k^v(t, x_{ktv}) = \frac{[I_k^v(t)]^{x_{ktv}} \cdot e^{-I_k^v(t)}}{x_{ktv}!}$$

其中  $P_k^v(t, x_{ktv})$  為  $t$  時段內，費率等級  $k$ ，訂位數  $v$  之訂位需求出現  $x_{ktv}$  之機率； $x_{ktv}$  為費率等級  $k$ ，訂位數為  $v$  之訂位需求數。

因此，在航空公司開放接受訂位之時段內，旅客於時間點 $t$ 出現於 $k$ 費率等級之訂位要求，訂位數為 $v$ 且於開票時間點 $b$ 會選擇票價產品 $i$ 之機率 $\overline{P}_k^v(t,i)$ 為：

$$\overline{P}_k^v(t,i) = m_i^b \cdot P_k^v(t, x_{ktv})$$

當 $i = k$ 時，則旅客選擇票價產品 $i$ 且無轉移之情形；若當 $i \neq k$ 時，則旅客有轉移至其他票價產品之情形發生，且在多席訂位之情形中，本研究假設若有多席訂位之旅客轉移購買其他票價產品，將必須全部轉移，意即若旅客訂購 $v$ 個艙位數，則其欲轉移購買其他票價產品時，將必須轉移 $v$ 個艙位數至其他票價產品，該項假設亦合乎一般之實際情形。因此，於時間點 $t$ 出現費率等級 1 之訂位需求、訂位數為 $v$ 之機率 $P_t^{1,v}$ 應包含原本選擇購買該票價產品之旅客與從費率等級 2 轉移至費率等級 1 之旅客，意即 $P_t^{1,v} = \overline{P}_1^v(t,1) + \overline{P}_2^v(t,1)$ ；相對地，於時間點 $t$ 出現費率等級 2 之訂位需求、訂位數為 $v$ 之機率 $P_t^{2,v}$ 應為 $P_t^{21,v} = \overline{P}_1^v(t,2) + \overline{P}_2^v(t,2)$ 。

### 3.2 艙等訂位規劃模式

所謂「訂位艙等規劃」，即是對於一航班上可供訂位空間的管理，其基本工作在於決定是否接受進入訂位系統的訂位要求，而目的則是希望藉著低票價與高票價艙位配置數量間的調整來求取最大的期望收益。對於目前競爭激烈的航空市場而言，航空公司為刺激旅運需求，紛紛推出各類型不同的票種來吸引各種社經特性的旅客，即使同一等級座艙，航空公司提供相同的飛航服務品質，仍會因不同的限制條件而有多種票價產品供旅客選擇。因此，於同一等級座艙中，航空公司會依不同票價時間限制之票價產品而分配其艙位數，即訂位艙等規劃問題。由於相同一個機位可以有不同費率等級的訂位，因此，如果分配過多機位給低票價之訂位要求，可能造成高費率之訂位要求無法取得機位；反之，如果分配過多的艙位數給高票價之訂位要求，則可能出現浪費機位之情形，因此，如何配置同一等級座艙中不同票價結構與時間限制之艙位

數，乃為訂位艙等規劃的一個主要問題。本研究以Lee與Hersh(1993)之研究為基礎，探討單一航段之訂位艙等規劃模式的構建。此外，航空公司之開票日期時間限制亦會影響旅客選擇票價產品之傾向，一般而言，旅客在進行訂位作業之後，其開票之行為大多發生在航空公司所規定之開票時間點附近，因此，若航空公司越早要求旅客開票，可能會使得旅客轉移至其他航空公司，造成航空公司收益上之損失，故開票時間之制定對航空公司而言亦為一關鍵之生益管理技巧。

### 3.2.1. 艙等規劃模式回顧

本研究主要探討單一航段之訂位艙等規劃模式，過去關於航空公司艙位規劃與艙位庫存管理之文獻相當豐富，故先對歷來之艙位規劃研究作一回顧與介紹。由於各個研究常因不同的考慮而有不同的假設，其中有些是通用且常見的，故首先介紹艙位規劃模式中常見的基本假設。

#### 3.2.2.1. 基本假設

過去類似之艙位規劃模式，依Wong(1990)之研究可整理出下述常見的基本假設：

1. 各費率等級訂位需求之間互相獨立無關，且需求之分配已知
2. 只考慮一家航空公司內部的艙位規劃作業，而不考慮市場上其他競爭對手的影響
3. 不考慮旅客所獲得服務等級較原先訂購的費率等級為高之情況(upgrading)，也不考慮取消訂位或以化為卻沒有搭機之乘客(no-show)，不考慮超額訂位。
4. 被拒絕之訂位要求—拒絕訂位(denied booking)—視同收益上的損失，不考慮其重新訂位的可能性，亦即將其重新訂位視為一新訂位要求。

#### 3.2.2.2. 艙位配置方式

艙位規劃模式常依不同費率等級間之艙位配置方式來分類，依

國內石豐宇、張維杰君(1999)之研究可整理其主要配置方式可分為非巢式及巢式兩種：

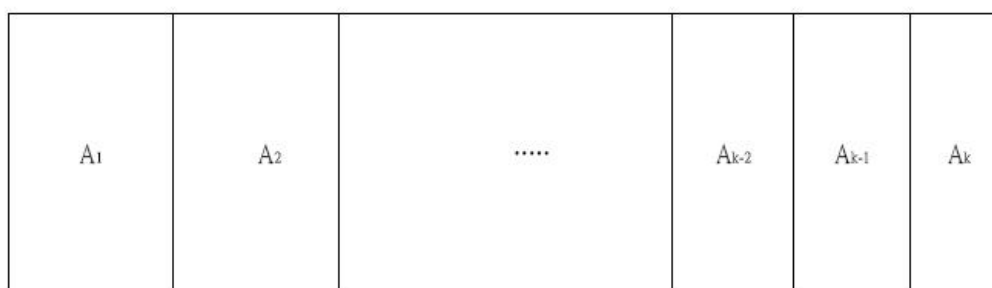
### 1. 非巢式

係依費率層級將艙位分別劃分其預留艙位數，而各費率層級艙位預留數的總和即為飛機的最大載客數。其缺點在於：如高費率層級之預留艙位已滿，而剩餘的空位已劃為其他較低費率層級的保留艙位時，則新的高費率層級的訂位要求，即有可能被拒絕。

### 2. 巢式

此一方式在於改進非巢式方法的缺點。其方法是按照各費率層級的收益，來設定各費率層級的「最少」保留位數。首先，最高費率層級的保留位數永遠等於全部的剩餘空位數，其次設定次高費率層級的最小保留位數，依序類推至最低費率層級。此時的艙位規劃問題，則在於設定不同費率層級間的最小保留位數，而各費率層級之最小保留位數的總和，則等於飛機的最大載客數。

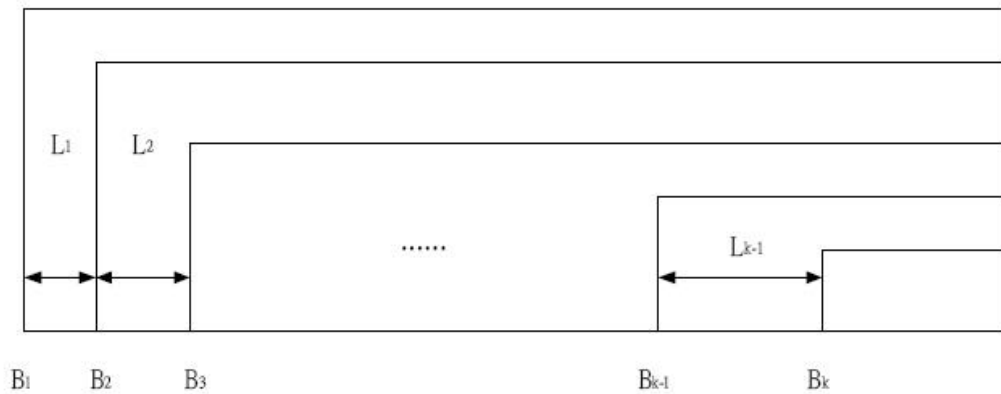
巢式及非巢式的配置法及其差異如下圖所示。其中： $A_i$ 表費率等級 $i$ 艙位配置數量；而 $L_i$ 表示費率等級 $i$ 的最小保留位數， $B_i$ 則表示費率等級 $i$ 的訂位數量上限。



$$\text{訂位容量} = A_1 + A_2 + \Lambda + A_{k-1} + A_k$$

圖 3.5 非巢式配置示意圖

資料來源：本研究整理



$$B_1 = L_1 + B_2$$

$$B_2 = L_2 + B_3$$

訂位容量 =  $\Lambda$

$$B_{k-1} = L_{k-1} + B_k$$

$$B_k = L_k$$

圖 3.6 巢式配置示意圖

### 3.2.2. 問題描述

過去關於艙等規劃的研究，大多將訂位過程視為一單一時段，而將各費率等級在此一時段中之總需求數當作各個單一的變數，亦即僅考慮某依費率等級在訂位結束前之可能累計總訂位數。事實上，這樣的作法忽略了不同費率等級間，潛藏著需求抵達模式 (demand arrival pattern) 之不確定性。由於在巢式費率結構下，高低票價之費率等級間存在可共通使用的容量部分，因此，儘管在相同的巢式配置及相同的各費率等級之個別總訂位數下，高低票價「先來後到」的順序不同，仍會造成總收益上的不同。例如：低票價之訂位要求較早出現將可能使總收益較低，而高票價之訂位要求較早出現則可能提升整體之總收益，如圖3.7所示。

因此，航空公司在考慮旅客需求抵達模式之不確定性下，即可在共通使用之容量做更有效之運用，以使得該航班之總期望營收為最大。意即航空公司在開放接受訂位之期間內，若能考慮潛藏之旅客訂位抵達模式，在總期望營收最大化之企業目標下，以進行接受/

拒絕一訂位要求，即為訂位艙等規劃之問題。

而本研究為改善過去艙位規劃僅考慮一家航空公司內部的艙位規劃作業之基本假設，在考慮市場上其他競爭航空公司之影響下，進行航空公司之艙位規劃作業，這樣的作法將更能反映實際航空訂位艙等規劃之情形。此外，在考慮競爭航空公司之影響下，已訂位旅客可能轉移至其他競爭航空公司，因而增加航空公司「空位起飛」之機率，若未於班機起飛前售予候補之旅客或後到之訂位旅客，對航空公司而言即成為一收益上之損失；然而另一方面，航空公司若接受過多旅客候補，最後卻無法讓候補旅客登機，相對於航空公司而言，亦會降低其服務品質與聲譽，故候補訂位容量亦為航空公司進行訂位艙等規劃之主要課題。再者，航空公司所制定之開票日期亦為其生益管理技巧之一，因航空公司若越早要求旅客開票，雖可及早確定開票人數，並將剩餘之艙位售予候補旅客，但相對於旅客而言，由於時間安排之不確定性，若其開票日期越早，會降低旅客前來購票之意願，意即會降低航空公司之營收。因此，航空公司在考慮競爭市場之影響下，如何制定其最適開票日期以創造最大營收，亦是本研究所欲探討之內容。

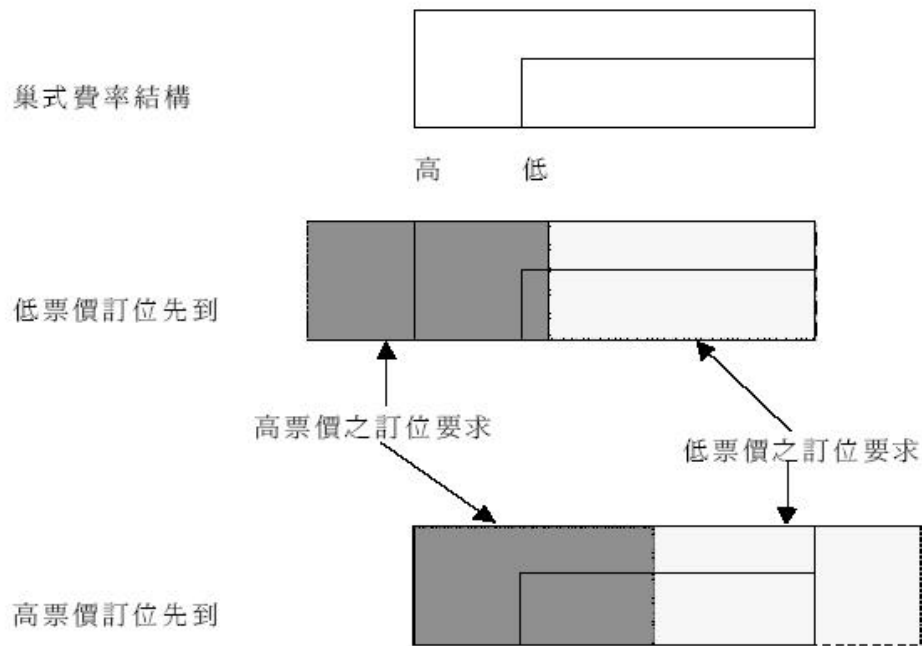


圖 3.7 訂位順序對總營收之影響示意圖  
資料來源：本研究整理

### 3.2.3. 模式建構

本研究以單一航段之訂位艙等規劃為研究主題，在考慮該航線市場中其他競爭航空公司之影響下，主要在解決固定之艙位容量下，同一等級座艙中、不同訂位艙等間各類票價產品之數量的分配，以決定最適之艙位配置。本研究以Lee與Hersh之研究結果為基礎，藉由本研究於第三章之航班客位需求模式所求得之各時段、各票價產品之旅客訂位需求資料，建構單一航段之訂位艙等規劃模式，探討於航空公司開放接受旅客訂位之時段內，其艙位配置之動態決策模式，以進行艙位配置，藉由決定是否接受或拒絕旅客之訂位要求，以使得航班之艙位空間作最有效的管理，求取航空公司之最大期望收益。

#### 3.2.3.1. 基本假設及定義

若依Lee and Hersh (1993) 之研究，將航班開放接受訂位之時段切割成符合Poisson Process的  $n$  個「決策時段」。決策時段  $n$  代表

剛開始開放接受訂位的第一個時段，決策時段1代表結束訂位前的最後一個時段，故時間之方向為由時段 $n$ 向時段1進行，其訂位過程示意圖如圖3.8所示。由於將訂位過程細微切割成至多只有一訂位要求到達決策時段的集合，因此每個決策時段中至多只需做一次接受/拒絕一訂位要求的決策。此一時段之切割方式，本研究引用石豐宇、郭維杰(1999)之研究方法，如開放訂位後第 $t$ 天之預測訂位需求為 $I$ 次/天，則將可該天切割為 $(2I+1)$ (取高斯整數)個時段，使得每時段之平均訂位率均小於0.5，且該時段訂位次數大於1之機率都在0.1以下。



圖 3.8 訂位過程之時段切割示意圖

資料來源：石豐宇、郭維杰(1999)

此外，一多席訂位要求中所訂各席須均為同一費率等級；各費率等級間之訂位需求假設為獨立，且不考慮超額訂位、取消訂位及拒絕訂位等狀況；模式中之可供訂位容量，為實際艙位容量乘上一定比例寬放額度所得之「可供訂位容量」，以較實際容量為大。任一費率需求接受與否皆經由歷史需求資訊與現已訂位資訊之判斷，以維持不同費率間在各階段具有互相競爭特性，而且可因應特殊需求之變化。

本模組之基本假設為：

1. 一多席次訂位要求所訂各席為同一費率等級
2. 訂位系統對一訂位要求不是接受就是拒絕
3. 模式中所需之各項機率值可經由本研究所建立之客位需求模式求出



#### 4. 二費率訂位艙等規劃動態策略模式

二費率艙位是屬於最簡單且易於描述高、低費率策略架構之費率型態，因此，本研究由此部分開始說明。

本研究以Lee與Hersh之研究為基礎，Lee與Hersh有鑑於過去的艙位規劃研究在需求抵達順序上較為強制的假設，以及未能考慮到多席訂位影響的缺失，故把一航班開始接受訂位至停止接受訂位為止的時間切割成足以符合抵達過程為PoissonProcess假設的決策時段，當時間點 $t$ 有訂位要求產生時 $t = 1, 2, \dots, n$ ，策略模式中會有接受 / 拒絕一訂位要求的決策條件。而此一接受 / 拒絕之條件為：

$$p_i + f(t-1, s-1) \geq f(t-1, s)$$

其中， $p_i$ 表費率等級 $i$ 之價值， $f(t, s)$ 為一遞迴方程式，代表 $s$ 訂位容量下，從時段 $t$ 至訂位結束為止所能產生之最大期望收益，表為：

$$f(t, s) = \begin{cases} P_t^0 f(t-1, s) + P_t^1 [p_1 + f(t-1, s-1)] \\ + P_t^2 \max[p_2 + f(t-1, s-1), f(t-1, s)] & \text{for } t > 0, s > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

式中之 $P_t^i$ 表時間點 $t$ 出現第 $i$ 費率等級訂位要求之機率；等號右邊第一項代表時段 $t$ 中無訂位要求抵達下之期望收益；第二項代表出現最高費率等級之訂位要求的期望收益；第三項則是代表次高等級以下之所有費率等級的期望收益。由式中第二、三項可知，在任何情況下，最高費率等級之訂位要求均會被接受，但其餘費率等級之訂位要求做其接受 / 拒絕的決策。因此 $P_t^1$ 之機率值即可透過第三章之航班客位需求模式求得，意即

$P_t^1 = \bar{P}_1(t, 1) + \bar{P}_2(t, 1)$ ，其為旅客於時間點 $t$ 出現普通票之訂位要求且最後會於開票時間點 $b$ 向航空公司開票之機率；而 $P_t^2$ 之值為

$P_t^2 = \bar{P}_1(t, 2) + \bar{P}_2(t, 2)$ ，即為旅客於時間點 $t$ 出現優待票之訂位要求且

於開票時間點  $b$  向航空公司開票之機率；而  $P_t^0$  為  $t$  時段內無訂位要求抵達之機率，因此其值為  $1 - \sum_{i=1}^2 P_t^i$ 。

值得注意的是，當開放訂位時間  $t=1$  時（即結束接受訂位之時間點），則可以得到  $p_i + f(0, s-1) \geq f(0, s)$ ，意即當航空公司在結束接受訂位之時間點時（班機起飛前一天），若尚有剩餘之可供訂位之艙位數，則不論為何種票價費率，航空公司永遠會接受該訂位要求。

令  $r(t, s) = f(t, s) - f(t, s-1)$  為時間點  $t$  內，在固定可供訂位之容量  $s$  下之期望邊際艙位價值，且  $r(t, s)$  為時段  $t$  與可供訂位容量  $s$  之函數。當固定決策時段  $t$  之值時，即可得到可供訂位容量  $s$  之期望邊際函數；相對地，若可供訂位容量  $s$  之值維持不變下，亦可得到決策時段  $t$  之期望邊際函數。因此，將該函數代入可以得到下式：

$$f(t, s) - f(t-1, s) = P_t^1 [p_1 - d(t-1, s)] + P_t^2 \cdot \max\{p_2 - d(t-1, s), 0\}$$

for  $s > 0, t > 0$

其中， $f(t, s) - f(t-1, s)$  可視為在固定可供訂位容量  $s$  之下，當決策時段由  $t$  至  $t-1$  時之期望機會成本。因此，可以得知函數  $r(t, s)$  在固定決策時段  $t$  之下，隨著可供訂位容量  $s$  之增加呈現非遞增；然而在固定可供訂位容量  $s$  之情況下， $r(t, s)$  隨著決策時段  $t$  之增加而呈現非遞減之情形。故透過邊際艙位價值函數  $r(t, s)$  之特性，當票價產品  $k$  之費率等於各固定決策時段之邊際艙位價值時，由於邊際艙位價值函數在相同決策時段  $t$  當中係隨可供訂位容量  $s$  之增加而遞減，故其所對應之訂位容量  $s_k^*(t)$  即為票價產品  $k$  於該決策時段  $t$  之最小保留艙位數，即於該時段之訂位要求應大於  $s_k^*(t)$  之值，否則航空公司將會拒絕該訂位要求。

故本文與 Lee 與 Hersh 之模式所不同的地方在於，本模式所引用之訂位需求預測機率值係為考慮市場競爭之情況下，將旅客

轉移至其他競爭航空公司與其他票價產品之機率引入該決策條件中，因此，航空公司在慮及旅客轉移與取消訂位之情形下進行訂位艙等規劃，將使得航班之可供訂位容量作更有效率之規劃。以實際之觀點而言，由於旅客於同一等級座艙中所感受之服務水準相同，因此若旅客可於航空公司所制定之機票效期時間限制前使用該票價產品，則在假設旅客追求一般化總成本最小之目標下，旅客在開票前轉移至其他票價產品之情形係為常見的，意即旅客在訂位後常因時程安排之確定性而轉移購買其他票價產品，抑或在航空競爭市場中，旅客常向多家航空公司訂位，但最後僅選擇最符合其旅運需求之一家航空公司之票價產品進行開票，相對於其他航空公司而言，即為未出現開票(Noshow)與取消訂位(Cancel)。故本研究在考慮航空競爭市場中，將旅客轉移(Diversion)至其他票價產品，與訂位後未開票之情形反映於本模式之中，將使得航空公司在進行訂位艙等規劃時，將更能反映實際之旅客訂位情形，使得航班之可供訂位容量作更有效率之規劃。

由其接受 / 拒絕一訂位需求可知主要決策條件為最大邊際期望收益函數  $f(t, s)$ 。若一訂位要求之票價費率大於保留該訂位需求艙位至後續階段之期望收益，則航空公司將會接受該訂位要求；反之，則會拒絕該訂位要求。而最大邊際期望收益函數  $f(t, s)$  之函數值完全取決於航空公司之訂位需求預測之機率值。因此，本研究將以3.1.3.1節所構建之航班客位需求模式中，各決策時段  $t$ 、旅客選擇各票價產品  $i$  所得之機率值引入該決策條件中，針對  $s$  訂位容量下，從時段  $t$  至訂位結束為止所能產生之最大期望收益  $f(t, s)$  作進一步分析，以作為航空公司於每一決策時段中之決策依據。

### 3.2.3.2. 二費率、多席位訂位艙等規劃

由於Lee與Hersh是以一訂位要求之接受/拒絕為考慮基礎，故

可將單席訂位的模式拓展至多席訂位的狀況。考量多席訂位時，訂位系統接受一訂位要求的決策條件為：

$$vp_i + f(t-1, s-v) \geq f(t-1, s)$$

其中， $v$  為一訂位要求之訂席數，意即其訂位規模。 $f(t, s)$  為給予  $s$  訂位容量下，從時段  $t$  至訂位結束為止所能產生之最大期望收益，表為：

$$f(t, s) = \begin{cases} p_t^0 f(n-1, s) + \sum_{i=1}^2 p_t^{i,v} \max[vp_i + f(t-1, s-v), f(t-1, s)] & \text{for } n > 0, s > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

上式中之  $P_t^{i,v}$  表第  $t$  時段出現第  $i$  費率等級且訂席數為  $v$  席之訂位要求機率。而  $P_t^{1,v}$  之機率值可透過第三章之航班客位需求模式求得，意即  $P_t^{1,v} = \overline{P}_1^v(t,1) + \overline{P}_2^v(t,2)$ ，而  $P_t^{2,v} = \overline{P}_1^v(t,2) + \overline{P}_2^v(t,2)$ 。

### 3.2.3.3. 最適可供候補量

航空公司比起其他產業，其中最特殊之機能是其預約訂位之服務。機票之訂位與其他運輸產業之訂位大不相同，旅客在購買機票後，在規定之期限內，隨時都可向航空公司訂位，也隨時可以取消訂位，甚至不取消訂位不登機，機票照樣有效。因而航空公司為了保障其利益與減少損失，不得不有超額訂位 (Overbooking) 或提供旅客候補 (Waiting) 之措施。然而不論航空公司採取任何一種措施，均需分析應提供多少之可供訂位與候補之容量始能讓班機起飛時之承載率最高，且收益最大。航空公司若提供過多之訂位容量予旅客訂位，將可能使得旅客開票人數大於班機艙位數，因而必須賠償旅客未能搭機之損失成本，且對航空公司之聲譽而言亦為一大損失。故本研究在考慮航空競爭市場中，旅客因轉移至其他競爭航空公司致而未能開票，以及旅客之訂位要求小於該決策時段之最小保留艙位數下，航空公司應究提供多少可供訂位容量予旅客訂位，以期能在考慮旅客選擇行為之情形下，使得航班起飛時之承載率與獲利能力

最高。

由3.2.3.2節之結果可知，航空公司可在考慮競爭對手之影響下，於各決策時段、決定票價產品 $k$ 之最小保留艙位數 $s_k^*(t)$ 。當決策時段 $t$ 出現票價產品 $k$ 之訂位要求小於最小保留艙位數 $s_k^*(t)$ 時，則航空公司將會拒絕該訂位要求，即旅客將會進入候補之名單當中；而若訂位要求大於最小保留艙位數，則航空公司將會接受該訂位要求，旅客不需等待候補即可取得機位，故各決策時段之候補旅客人數 $s_t$ 之數學關係式如下所示。由於航空公司永遠會接受第一費率等級之訂位要求，故第一費率等級之旅客無須候補，故式中之候補旅客僅為第二費率等級之旅客。

$$s_t = \begin{cases} I_2(t) & I_2(t) < s_k^*(t) \\ 0 & I_2(t) > s_k^*(t) \end{cases}$$

而該航班之總候補旅客人數即為航空公司開放訂位期間內，各決策時段之候補旅客人數之加總，其數學關係式如下所示，其中 $Q$ 即為航空公司於訂位期間內之總候補旅客人數：

$$\text{總候補人數 } Q = \sum_{t=1}^n s_t$$

然而候補旅客亦有選擇之行為，即候補旅客在機位確認後亦有可能轉移購買其他競爭航空公司或其他票價產品，因此，候補旅客亦有取消訂位或未開票之情形發生，其旅客選擇行為已於3.2.2介紹，在此不再贅述。故候補旅客在市場競爭之影響下，其最後會向航空公司開票之期望人數 $\bar{w}_i (i=1,2)$ 為：

$$\bar{w}_i = \sum_{t=1}^n s_t \cdot m_i^t$$

其中， $m_i^t$ 即為於時間點 $t$ 出現訂位需求之旅客在航空公司所制定之開票時間點下，選擇票價產品 $i$ 之期望機率。

然而航空公司之候補旅客容量亦需有所限制，以避免於班機起飛時，發生已開票旅客無法登機之情形發生，因此，本研究

在不考慮超額訂位之情況下，假設可供候補旅客容量等於可供訂位容量減去已訂位旅客之期望開票人數，意即航空公司在考慮訂位旅客與候補旅客可能轉移至其他航空公司或票價產品之情況下，設定候補旅客艙位數之最大值為可供訂位容量減去已訂位旅客之期望開票人數。而已訂位旅客之期望開票人數可分為兩部分說明，首先為第一費率等級之旅客(即普通票旅客)，由於航空公司永遠會接受最高費率等級之訂位要求，則第一費率等級旅客最後選擇A航票價產品之期望機率如圖3.9所示，圖中實線為該航空公司(簡稱A航)之市場區隔線，而原選擇A航普通票價產品旅客即為實線右方之部分，然因競爭航空公司之介入，使得原選擇A航普通票旅客部分轉移至B航普通票，如圖中實線右方斜線部分，抑或轉移至A航之優待票價產品；故A航已訂位之普通票旅客最後選擇A航開票之期望人數為：

$$A\text{航空公司普通票開票之期望人數 } \overline{O_{A1}} = \sum_{t=1}^n I_1(t) \cdot m_t^t$$

式中  $m_t^t$  即為於時間點  $t$  出現訂位需求之旅客在航空公司所制定之開票時間點下，選擇票價產品  $i$  之期望機率。

同理，已訂位之第二費率等級(優待票)之旅客亦會轉移至B航第一費率(普通票)，如圖3.9所示，圖中A航之市場區隔線之左方斜線部分即為原選擇A航優待票旅客轉移至B航之情形，抑或轉移至A航之普通票價產品，A航已訂位之優待票旅客最後選擇A航開票之期望人數為：

$$A\text{航空公司優待票開票之期望人數 } \overline{O_{A2}} = \sum_{t=1}^n H_2 \cdot m_t^t$$

式中  $H_2$  為A航接受訂位之優待票價產品之旅客數；然A航接受第二費率等級旅客之訂位數亦會因各決策時段之最小保留艙位數而有所差異；如同之前所述，各決策時段之訂位數須大於該時段之最小保留艙位數，始能接受該訂位要求。因此，A航於

訂位期間內所接受之第二費率等級之總訂位人數如下所示：

$$H_2 = \begin{cases} \sum_{t=1}^n I_{2(t)} & I_2(t) > s_k^*(t) \\ 0 & I_2(t) < s_k^*(t) \end{cases}$$

A航之已訂位旅客最後會選擇A航之票價產品開票之期望人數即為兩票價產品開票期望人數之總合，其數學關係式如下：

$$\overline{O_T} = \overline{O_{A1}} + \overline{O_{A2}}$$

A航在考慮訂位旅客與候補旅客轉移與選擇行為之情形下，其最大可供候補旅客容量  $s_w$  即為可供訂位容量減去最後選擇A航之票價產品開票之期望人數，其數學關係式如下：

$$s_w = s - \overline{O_T}$$

$\overline{w_i}$  與  $s_w$  對航空公司而言即為進行艙位規劃時之重要依據，若於開放訂位期間，旅客候補人數很多，則航空公司可以及早進行清艙之動作，以使得航空公司能確定有多少放棄開票之旅客人數，讓候補之旅客進行開票之作業，這樣的作法可讓航空公司降低空位起飛之情形發生。然開票時間之制定亦會影響旅客之選擇票價產品之行為，以下將探討航空公司如何在考量市場競爭與旅客選擇行為之情形下，制定最適之開票時間。

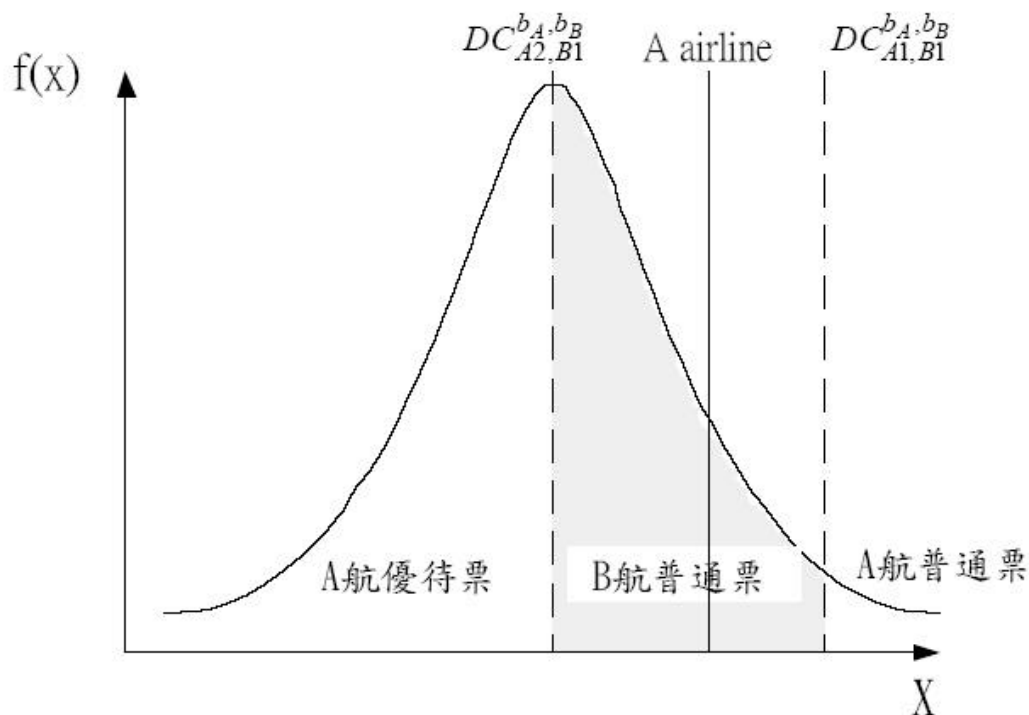


圖 3.9A 航旅客轉移至 B 航之期望機率示意圖  
資料來源：本研究整理

#### 3.2.3.4. 最適開票時間點

航空公司於班機起飛前，均會開放一段時間接受旅客訂位，只要旅客訂位成功後，該機位的「權益」會保留至航空公司要求旅客之開票期限，故於航空公司通知開票之前該機位都是屬於訂位旅客，旅客只要於航空公司通知開票時衡量時間、票價費率、效期等因素而決定是否向航空公司開票。一般而言，在旅遊旺季期間，市場需求量大，故航空公司之訂位系統中之候補人數較多，因此，若航空公司讓訂位成功之旅客提早開票，進行所謂「清艙」的動作，這樣的作法一方面可以讓航空公司提早確定旅客開票與取消訂位之人數，一方面則可將清艙後剩餘之艙位數售予候補旅客，以降低空位起飛的情形發生，減少損失。然而，航空公司所制定之開票時間相對亦會影響旅客選擇票價產品之決策，如圖3.9與3.1.2.3節之分析可知，航空公司在考慮市場競爭與旅客轉移之情形下，若已知競爭對手(B航)



之票價費率結構與開票日期，若航空公司(A航)放寬其開票日期限制，即讓旅客越晚開票，則航空公司將能吸引更多的旅客購買該公司之票價產品。此外，在航空公司開放接受訂位期間內，高費率訂位要求大多會出現在開放接受訂位期間之後半段，若航空公司忽略於開票時間點後始出現之高費率訂位要求，於開票時間點將艙位售罄，相對地即拒絕後到之高費率訂位要求，對航空公司而言亦為收益上的損失。因此，航空公司在考慮不同費率等級之旅客，潛藏著需求抵達模式(demand arrival pattern)之不確定性下，如何制定其最適開票時間點，以期獲得最大收益，為航空公司進行營收管理作業時最迫切得知的。

航空公司決定最適開票時間點，仍以期望收益最大之原則作為其決策之依據。分為兩種情況來探討，一為開放訂位期間之期望旅客總訂位數小於航空公司之可供訂位容量，二為開放訂位期間之期望旅客總訂位數大於航空公司之可供訂位容量，供其決策之依據。

1. 開放訂位期間之期望旅客總訂位數小於航空公司之可供訂位容量

在此種情形下，由於航空公司之可供訂位容量大於期望旅客總訂位數，因此航空公司於每個決策時段無須考慮是否應保留該艙位數，以等待後到之高費率等級之旅客，故航空公司之決策依據為最大化開票日期前、後之期望收益。而航空公司之期望旅客總訂位數之值為在第t時段前實際已發生之訂位數加上對未來時段預測會出現之訂位數，其數學關係式如下所示：

$$\text{期望訂位數 } B_T = B^{t+1} + \sum_{k=1}^k \sum_{t=0}^t I_k(t)$$

$B^{t+1}$ ：t時段前實際總訂位數

$B_T$ ：預測結束訂位時之總訂位數

假設開票時間點為班機起飛前  $b$  天，則該開票時間點之期望

收益為應包括已訂位旅客與候補旅客之開票期望收益之總和。因此，於開票時間點 $b$ 已訂位旅客之期望開票收益即為已訂位旅客數，乘上旅客於開票時間點之開票機率，乘上票價費率，即為航空公司於開票時間點 $b$ 所獲得之期望營收 $ER_b$ ，其數學關係式如下所示：

$$ER_b = \sum_{i=1}^k B_b \cdot m_i^b \cdot p_i$$

$ER_b$ ：航空公司於開票時間點 $b$ 所獲得之期望收益

$B_b$ ：於開票時間點 $b$ 之總訂位數

$m_i^b$ ：旅客於開票時間點 $b$ 選擇票價產品 $i$ 之期望機率

$p_i$ ：票價產品 $i$ 之費率

航空公司於開票時間點 $b$ 由候補旅客所獲得之開票期望收益 $ER_w$ ，則為候補旅客期望開票人數乘上各票價費率，其數學式如下：

$$ER_w = \sum_{i=1}^k \overline{w}_i \cdot p_i = \sum_{i=1}^k m_i^b \cdot Q \cdot p_i$$

航空公司於開票時間點進行清艙之動作後，其剩餘之艙位於開票時間點後所獲得之最大期望收益，如下所示：

$$f(b, s') = \begin{cases} p_b^0 f(b-1, s) + p_b^1 [p_1 + f(b-1, s'-1)] \\ + p_b^2 \max[p_2 + f(b-1, s'-1), f(b-1, s')] & \text{for } b > 0, s' > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

如同上式所示， $p_i$ 表費率等級 $i$ 之價值， $f(b, s')$ 為一遞迴方程式，代表 $s'$ 訂位容量下，從開票時間點 $b$ 至訂位結束為止所能產生之最大期望收益其中， $s'$ 即為航空公司於開票時間點 $b$ 進行清艙之後所剩餘之可供訂位容量，即可供訂位容量 $s$ 減去開票時間點 $b$ 之期望開票人數，其數學關係式如下所示：

$$s' = s - \sum_{i=1}^k B_b \cdot m_i^b - \sum Q \cdot m_i^b$$

因此，航空公司於開票時間點  $b$  前、後所獲得之期望收益。故在假設航空公司追求收益最大化之情形下，航空公司所制定之最適開票時間點  $b^*$  即為使總營收最大化之  $b$  值，如下所示：

$$\max_b [ER_b + ER_w + f(b, s')]$$

## 2. 開放訂位期間之期望旅客總訂位數大於航空公司之可供訂位容量

一般而言，在旅遊旺季期間，市場需求量大增，故航空公司所提供之航班往往會出現班班客滿之情形；因此，在旅遊旺季期間，航空公司之期望旅客總訂位數若大於航空公司所提供之可供訂位容量時，航空公司應如何制定其開票時間點  $b$ ，以保留艙位予以後到之高費率旅客，以其增加期望收益，即為本節所欲探討之重點。

由於期望總旅客訂位數大於航空公司之可供訂位容量，因此，航空公司於制定開票時間  $b$  時，必須考慮是否應保留艙位予以後到之高費率等級之旅客，抑或將該艙位售予開票日期前訂位之旅客，該決策之依據應視航空公司於開票日期前、後之期望收益而定。假設航空公司在考慮開票時間點後始出現之訂位旅客下，將可供訂位容量保留予後到之旅客，則其所能獲得之期望營收可分為兩部分，一為預測於開票時間點  $b$  之後出現之旅客數所獲得之期望收益  $PR_b$ ，其數學關係式如下所示：

$$PR_b = \sum_{i=1}^k \sum_{t=0}^b I_k(t) \cdot m_i^t \cdot p_i$$

$PR_b$ ：於開票時間點  $b$  之後出現之旅客數所獲得之期望收益

$I_k(t)$ ：時間點  $t$ 、票價費率  $k$  之旅客訂位數

$m_i^t$ ：時間點  $t$  選擇票價產品  $i$  之期望機率

$p_i$  : 票價產品  $i$  之費率

一為保留艙位數予後到訂位之旅客後之剩餘可供訂位容量，於開票時間點  $b$  之前所獲得之最大期望收益，其數學關係式如下所示：

$$f(t, s') - f(b, s') = p_1^t [p_1 - r(b, s')] + p_2^t \max[p_2 - r(b, s'), 0]$$

$r(b, s')$  : 開票時間點  $b$ ，在  $s'$  艙位容量下之期望艙位邊際收益

$p_i^t$  : 時間點  $t$ ，出現購買票價產品  $i$  之機率

$p_2$  : 票價產品  $i$  之費率

在可供訂位容量  $s'$  下，由時間點至開票時間點  $b$  所能產生之最大期望收益。其中， $s'$  即為艙位容量  $s$  減去於開票時間點後始出現之期望開票人數，意即

$$s' = s - \sum_{i=1}^k \sum_{t=0}^b I_k(t) \cdot m_i^t$$

航空公司在考慮於開票時間點  $b$  後出現之旅客下，其開票前、後所獲得之總期望收益為  $\{PR_b + [f(t, s') - f(b, s')]\}$

另外一方面，若航空公司在不保留艙位予以未來出現訂位要求旅客之情形下，其制定開票日期  $b$  之決策依據亦可分為開票前、後之期望收益兩方面來探討。假設航空公司所規定之開票日期為班機起飛前  $b$  天，因此，航空公司於該開票日期由已訂位旅客所獲得之期望收益，如4.5.1節所述，其數學關係式如下：

$$ER_b = \sum_{i=1}^k B_b \cdot m_i^b \cdot p_i$$

而航空公司於開票日期  $b$  後由候補旅客所獲得之期望開票收益則為：

$$ER_w = \sum_{i=1}^k \overline{w}_i \cdot p_i = \sum_{i=1}^k m_i^b \cdot Q \cdot p_i$$

而航空公司在開票時間點清艙之後所剩餘之艙位數 $s'$ ，於開票日期 $b$ 之後至結束訂位期間所獲得之期望收益為 $f(b, s')$ ，如3.2.5.1節所述，其數學式如下所示：

$$f(b, s') = \begin{cases} p_b^0 f(b-1, s) + p_b^1 [p_1 + f(b-1, s'-1)] \\ + p_b^2 \max[p_2 + f(b-1, s'-1), f(b-1, s')] & \text{for } b > 0, s' > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

然而，若航空公司於開票時間點 $b$ 之旅客總開票數大於可供訂位容量時，則於開票時間點後出現之旅客將無法訂位，意即航空公司可能喪失後到之高費率等級訂位要求之收益。故航空公司在不保留艙位予以未來出現訂位要求旅客之情形下，其獲得之總期望收益包括於開票時間點 $b$ 所獲得之已訂位旅客與候補旅客之期望開票收益，以及於開票時間點清艙後所獲得之最大期望收益之總和，意即其總期望收益為 $[ER_b + ER_w + f(b, s')]$ 。

當開放訂位期間之期望旅客總訂位數大於航空公司之可供訂位容量時，航空公司制定最適開票時間點 $b^*$ 即為使總期望收益最大之 $b$ 值，如下所示：

$$\max_b \{PR_b + [f(t, s') - f(b, s')], ER_b + ER_w + f(b, s')\}$$

## 四、實驗分析

在針對航班客位需求與訂位艙等規劃問題構建數學模式後，本研究以一情境模擬分析來說明本模式之適用性。而由於本研究所構建的航班客位需求與訂位艙等規劃模式中，有部分的影響參數因涉及航空公司的商業機密而在資料的取得上有相當大的困難。然受限於取得之資料有限，故在本研究中僅能針對台北—香港航線模擬的情境，進行航班客位需求與訂位艙等規劃模式之實驗分析與探討，以驗證模式的正確性，並與相關方法作一適當之比較。

### 4.1. 台北—香港航線簡介

台灣地區於民國76年開放一般民眾赴大陸地區探親以來，自台赴港之旅客數即由民國75年49.2萬人次，增加至民國85年256.4萬人次(包含本國籍及外國籍旅客)，增加了4.2倍，平均年成長高達17.9%。台港航線之所以造成如此大的成長，主要是受到兩岸之間尚無法直航，往來大陸的旅客均需經由第三地進出，如香港、日本以及菲律賓等地，且由於香港與大陸相連，同屬中國人，因此，往來兩岸之間的旅客大多經由香港進出大陸，使得台港航線成長非常迅速。由於兩岸間不論是經貿往來，或是觀光、探親旅次，均日趨頻繁，航空客運市場之變遷將無法置外於台灣與大陸之交流進展。

根據交通部運輸研究所1998年「赴港澳國際空運旅客特性調查與分析」之研究結果指出，不論籍別，出境受訪旅客均以個人行居多，平均佔九成以上，而本國籍旅客則有較高的跟團比例，請參見表4.1。若以航線別而言，台港航線僅有7%之受訪旅客採取跟旅行團的方式。依交通部觀光局自83年起每年所做之「國人出國旅遊消費及動向調查報告」指出，受訪旅客個人行與跟團比例約各佔一半，而香港、大陸、台灣、美加、東南亞等國人五大主要出國市場中，除赴大陸、港澳地區之旅客平均有高達七成以上的個人行外，其餘主要出國市場均以跟團比例較高。

因此，台港航線已成為各家航空公司兵家必爭之市場，不僅旅運需求高，且絕大多數的旅客均選擇個人行的方式赴港，對航空公司而言無疑是一項利多，畢竟個人票的利潤比團體票的利潤要來得高，相對亦會增加航空公司的營收。

表 4.1 不同籍別出境旅客參加旅行團之比例

項目		本國籍	大陸籍	外國籍	合計
百分比(%)	個人	90.8	96.6	96.8	91.9
	跟團	9.1	3.4	3.2	8.0
	未答	0.1	0.0	0.0	0.1
	總計	100.0	100.0	100.0	100.0
樣本數		17563	644	3067	21274

## 4.2. 訂位特性

訂位資料須經一段時間的收集，始能形成一完整資料庫，就航空公司經營環境而言，係一競爭激烈之市場，不論競爭對手市場策略或本身經營策略的考量，訂位需求即因外在環境變動或季節性因素影響，而造成即使是同一航線訂位資料特性亦存有若干差異，茲分析如下：

### 1、費率等級之變動

航空公司針對旅客需求及時間價值差異，設定不同的費率等級。不同費率等級除在票價上有所差別外，最大不同在於限制條件之多寡。低費率等級限制條件較嚴格，旅客必須在訂位後之一定期限內開票、確認機位(Confirming)，並不得改變行程；而高費率等級則為符合旅客對時間的需求或行程臨時的變動，限制條件較寬，甚至可在訂位後，不經開票、確認機位等程序，直接取得登機之權利或可直接於機場訂位、登機。如果限制條件在一段時間內皆未改變，則可視為費率等級無變動之情形。然而對競爭激烈環境，航空公司無不竭盡所能，推出各種票價產品、優惠措施吸引旅客，以提高本身在市場上的影響力。故

費率等級之分類並非一成不變。某費率等級可能因為價格調降或限制條件放寬，即使在名稱上並無改變，但仍造成實質費率等級的變動。因此在使用歷史訂位資料，進行參數校估時，宜特別注意實質費率等級變動的情形，以避免資料之異質性，造成估計上之偏誤。

## 2、季節性因素

訂位需求因季節之不同而有劇烈變化。例如在連續假期及寒暑假期間，休閒旅客激增，低費率等級訂位需求將明顯不同於平常，也正由於季節性的變化，使得訂位需求資料並非穩定，而是呈週期性變化。故在引用訂位資料時，宜先消除季節性因素，避免校估出變數數值產生大幅變動。

## 3、缺漏資料

航空公司藉由設定訂位上限(BookingLimit)，來調整低費率等級與高費率等級艙位配置數，以求取最大期望收益。其基本工作在於對航班上可供訂位容量作最有效的管理，並決定是否接受進入訂位系統的訂位要求。若訂位需求被拒絕，即是為航空公司失去一個潛在需求，且實際訂位資料亦未能反映出該訂位需求的出現。故當訂位需求數接近訂位上限時，往後的訂位需求很可能被拒絕而無法進入訂位系統，造成實際訂位資料與真正潛在需求存有若干差距，此一現象即為訂位資料之缺漏特性(Censored)。

所以在引用實際訂位資料時，宜特別處理缺漏資料之問題。一可行解決方法為，當一訂位需求被拒絕後，訂位系統即將其紀錄於等待空間(WaitingList)。待進行參數校估時，則先將訂位資料與等待空間資料合併處理，以真實訂位需求資料推估模式之參數，以免造成偏差，而低估實際之訂位需求。

### 4.2.1、尖、離峰期間與天數認定方式說明



本研究中，假設模擬A航所之台北-香港國際航線之部分旅客訂位歷史資料及載運資料，其起飛日期為92.1.1~90.2.28，合計共有59天。根據交通部運輸研究所1998年「赴港澳國際空運旅客特性調查與分析」之研究結果指出，由民國79年至民84年台灣地區赴港澳旅客數之各月資料，可發現具有明顯的季節性。該研究結果指出，台灣地區赴港旅客數以2、4、7、8、9、12等月份為出國旺季，顯見台灣地區赴港旅客多集中於農曆春節、春假、暑假、中秋及耶誕假期。因此，本研究實證分析之訂位資料，含尖峰期間之春節假期連續假期及寒假期間(民國92年1月19日至2月18日)，合計共31天；其餘28日則為離峰期間。

#### 4.3. 航線訂位資料分析

本研究所構建的航班客位需求與訂位艙等規劃模式中，影響旅客選擇票價產品與訂位艙等規劃決策的因素包括有：1、航班起飛前旅客訂位走勢型態，2、航班起飛前訂位旅客選擇票價產品的走勢型態，3、不同時段航班客位需求機率，4、不同時段考慮航班客位需求機率之期望艙位價值。本研究模擬A航之台北-香港國際航線之部分旅客訂位歷史資料及載運資料，其起飛日期為92.1.1~92.2.28，合計共有59天中，選取其中同質性較高之班次，對上述的參數進行估算。參數估算之程序及結果分別敘述如下：

##### 4.3.1、 航班起飛前旅客訂位走勢型態

而為了解尖、離峰旅客出現訂位需求的時間分布之大致趨勢，故計算研究期間內所有航班起飛前60天之訂位數累加量，探討不同票價費率等級之旅客於尖、離峰之訂位特性。尖、離峰旅客之訂位走勢型態分別如表4.2、表4.3所示。並繪製其訂位數量時間走勢圖，如圖4.2、圖4.3所示。

表 4.2 尖峰期間、航班起飛前旅客訂位走勢表(節錄)

距起飛前日期	60	45	34	30	25
--------	----	----	----	----	----

訂位數	票價 1	1.39	2.71	4.77	6.42	7.77
	票價 2	52.77	66.19	87.65	98.74	104.74
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位數	票價 1	8.42	9.32	9.77	10.03	10.65
	票價 2	112.16	121.68	124.39	126.65	131.35
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位數	票價 1	10.81	11.48	12.23	12.23	12.23
	票價 2	131.35	134.19	140.13	144.68	144.94

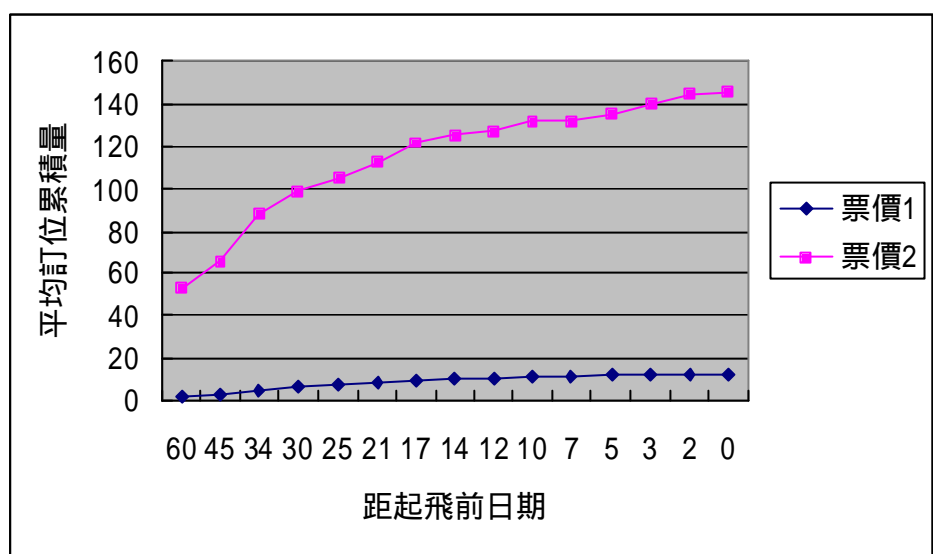


圖 4.1 尖峰期間、航班起飛前旅客訂位走勢圖

表 4.3 離峰期間、航班起飛前旅客訂位走勢表(節錄)

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位數	票價 1	1.61	2.82	4.82	6.57	7.96
	票價 2	4.11	14.75	33.39	40.51	47.36
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位數	票價 1	8.54	9.29	9.89	10.04	10.04
	票價 2	52.71	61.11	64.86	64.46	70.51
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位數	票價 1	10.79	11.51	12.29	12.39	12.39
	票價 2	70.51	74.67	79.71	84.11	84.43

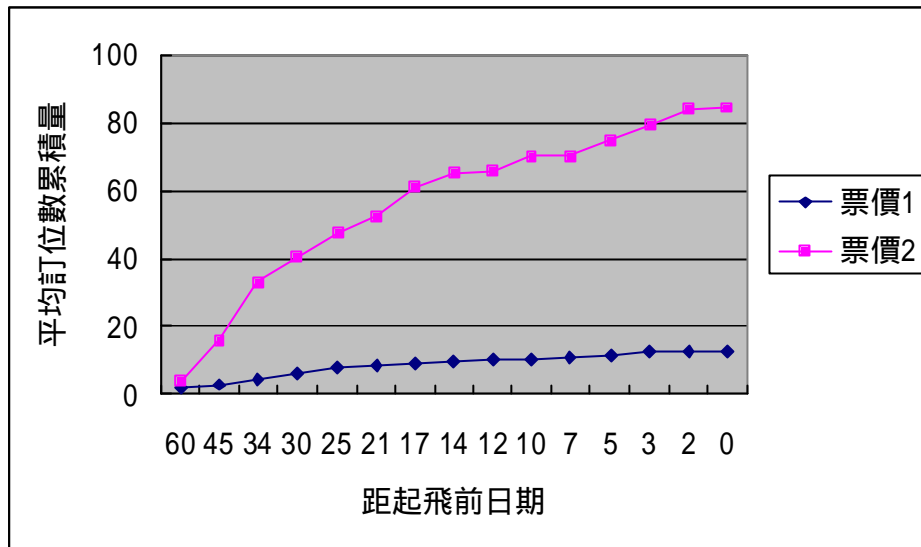


圖 4.2 離峰期間、航班起飛前旅客訂位走勢圖

由表4.2、表4.3及圖4.2、圖4.3之結果可以發現，以台港航線之旅客訂位行為而言，費率1(最高)的旅客不論於尖峰或離峰期間之訂位要求無明顯之差異。而費率2(次高)費率則自第60天起陸續增加訂位至飛機起飛前3天為止，約佔96%，飛機起飛前3天內訂位數則極少量，僅佔4%左右；而第二費率的旅客訂位要求於尖峰期間將會提早向航空公司訂位，約有35%左右之旅客於第60天已出現訂位要求。顯見國際航線中，不同費率之訂位要求確實呈現出不同的訂位行為。

#### 4.3.2、不同型態旅客訂位抵達率

由4.3.1節之討論可知，不論於尖峰、離峰，選擇費率2之旅客遠大於費率1之旅客，主要是因為台北-香港係為短程航線，搭乘該航線之旅客大部分為休閒旅客及轉運旅客，故其於香港停留之時間較短，則選擇效期較短之票價產品因費率較低將較能降低其旅行成本，因此，選擇費率1之旅客其訂位抵達率變動之情形較小，而於研究期間內，選擇費率2之旅客於不同航班之訂位型態會有所差異，大致可分為四種型態：1、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加，2、訂位需求隨距離航班起飛

時間之接近而逐漸減少，3、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸增加，而後再逐步減少，4、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸減少，然後再逐步增加。以下將分別針對此四種不同之訂位抵達率型態，求得不同時段、各費率等級旅客之訂位抵達率 $I_k(t)$ 。

#### 1、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加

訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加，分別以研究期間內起飛日期為90.1.12與90.2.18為例，其結果分別如表4.4、表4.5，圖4.4、圖4.5所示。

由表4.4、表4.5之結果可以發現，1.12起飛之航班，由於該天為星期五，正逢週休二日之前夕，許多休閒旅客到香港度假，因此該航班之承載率較高，其旅客總訂位數約為139人；而2.18起飛之航班，由於為星期日，且為寒假期間之最後一天，大部分休閒旅客均已返台，故該天之總旅客訂位數僅為86人。選擇購買費率1之旅客，由於航空公司在有剩餘機位之情況下，永遠會接受最高費率之訂位要求，因此其出現訂位之情形並無明顯之差異，且選擇購買費率1之旅客大部分為商務旅客，其時間安排較不具確定性，故費率1旅客之提前購票之比例較費率2之旅客為低，在此也可看出選擇購買費率1與費率2之旅客其發生訂位需求之分布情形。

表 4.4 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加之訂位抵達率(節錄)-90.1.12

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位數	票價 1	0.036	0.162	0.307	0.346	0.426
	票價 2	0.326	0.814	1.386	1.639	1.989
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位數	票價 1	0.478	0.531	0.571	0.597	0.623
	票價 2	2.296	2.627	2.891	3.075	3.265
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位數	票價 1	0.663	0.689	0.716	0.729	0.755
	票價 2	3.561	3.765	3.975	4.083	4.302

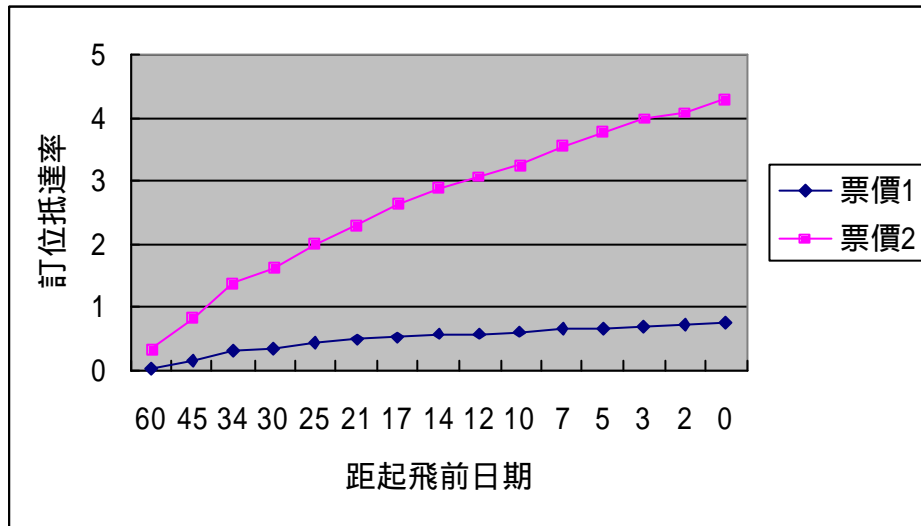


圖 4.3 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加之訂位抵達率-90.1.12

表 4.5 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加之訂位抵達率(節錄)-90.2.18

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位數	票價 1	0.103	0.148	0.181	0.193	0.208
	票價 2	0.054	0.088	0.481	0.822	1.249
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位數	票價 1	0.221	0.232	0.241	0.247	0.253
	票價 2	1.591	1.933	2.189	2.360	2.530
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位數	票價 1	0.262	0.268	0.274	0.277	0.283
	票價 2	2.787	2.957	3.128	3.214	3.384

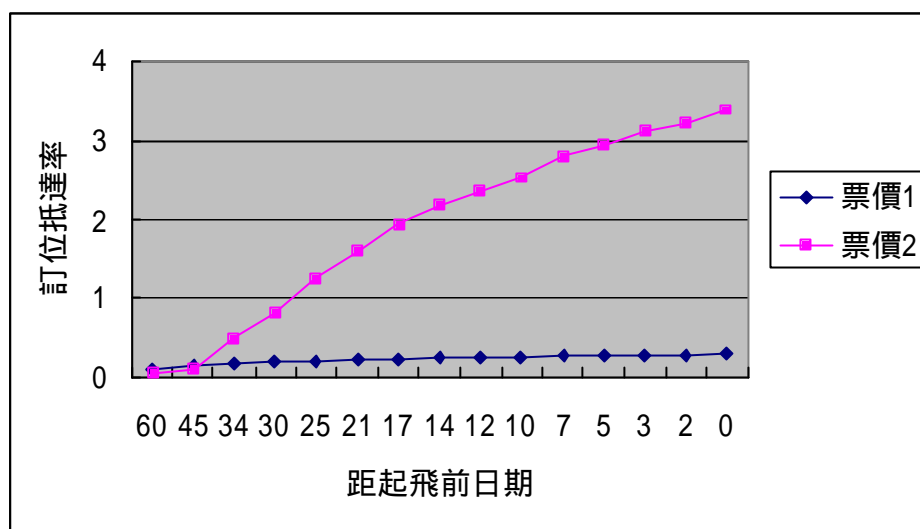


圖 4.4 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加之訂位抵達率—90.2.18

## 2、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少

訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少，以研究期間內起飛日期為90.1.17為例，其結果如表4.6、圖4.6所示。由於該航班之起飛日為星期三，因此選擇費率2之旅客明顯小於例假日前夕(如90.1.12)之旅客數，且旅客選擇費率1之比例較例假日前夕要來得高，在此可看出不同班機起飛日、不同票價費率產品旅客訂位之特性。

表 4.6 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少之訂位抵達率(節錄)-90.1.17

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位數	票價 1	0.157	0.321	0.424	0.465	0.516
	票價 2	1.018	0.983	0.957	0.947	0.935
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位數	票價 1	0.557	0.598	0.629	0.649	0.670
	票價 2	0.926	0.916	0.909	0.904	0.899
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位數	票價 1	0.701	0.722	0.742	0.752	0.773
	票價 2	0.892	0.888	0.883	0.881	0.876

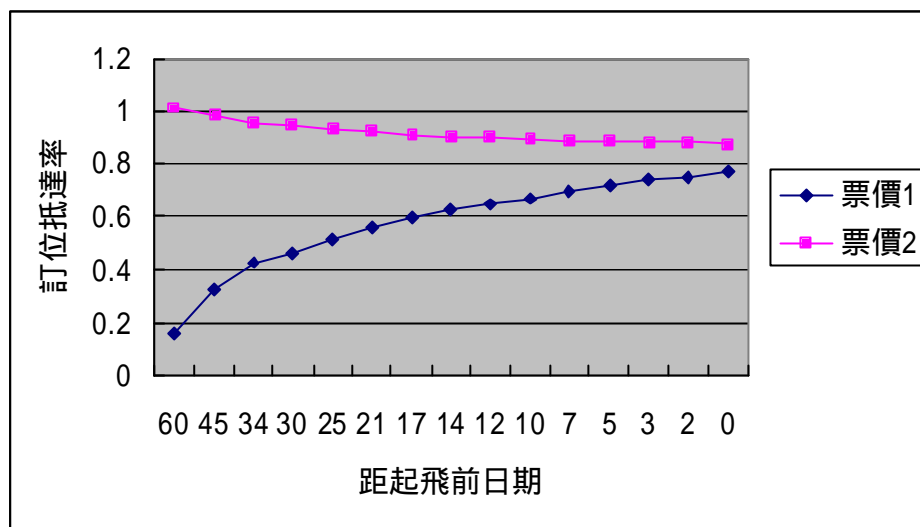


圖 4.5 隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少之訂位抵達率—90.1.17

3、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸增加，而後再逐步減少

訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸增加，而後再逐步減少，以研究期間內起飛日期為90.1.16為例，其結果如表4.7、圖4.7所示。

表 4.7 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率(節錄)-90.1.16

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位數	票價 1	0.297	0.261	0.233	0.223	0.211
	票價 2	0.685	1.319	1.612	1.683	1.744
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位數	票價 1	0.201	0.191	0.183	0.178	0.173
	票價 2	1.771	1.319	1.612	1.683	1.744
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位數	票價 1	0.166	0.161	0.156	0.153	0.148
	票價 2	1.713	1.686	1.653	1.635	1.596

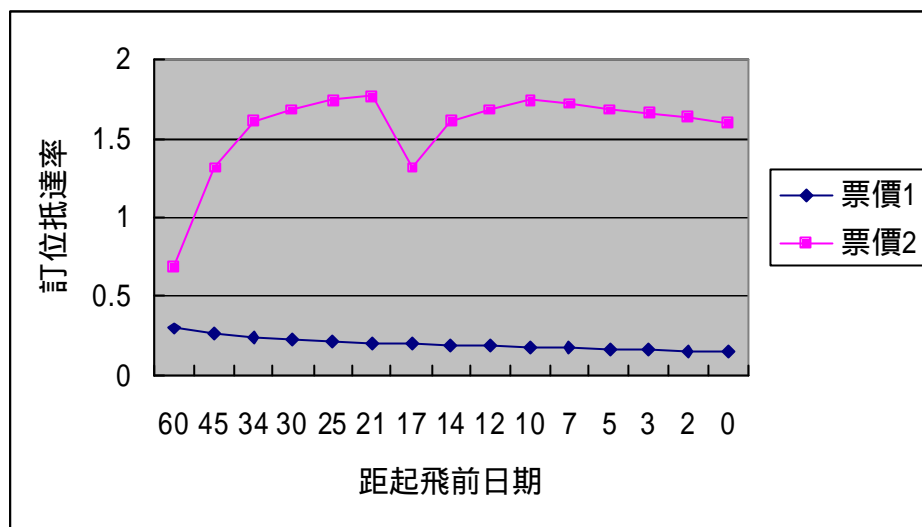


圖 4.6 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率—90.1.16

4、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸減少，然後再逐步增加。

訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸減少，然後再逐步增加，以研究期間內起飛日期為90.1.3、90.1.5為例，其結果如表4.8、表4.9、圖4.8、圖4.9所示。

表 4.8 隨距離航班起飛時間之接近而減少再增加之訂位抵達率(節錄)-90.1.3

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位數	票價 1	0.136	0.002	0.037	0.077	0.149
	票價 2	1.148	0.061	0.241	0.512	1.004
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位數	票價 1	0.223	0.312	0.388	0.444	0.503
	票價 2	1.521	2.148	2.689	3.085	3.508
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位數	票價 1	0.599	0.668	0.741	0.778	0.856
	票價 2	4.193	4.684	4.202	4.471	6.031



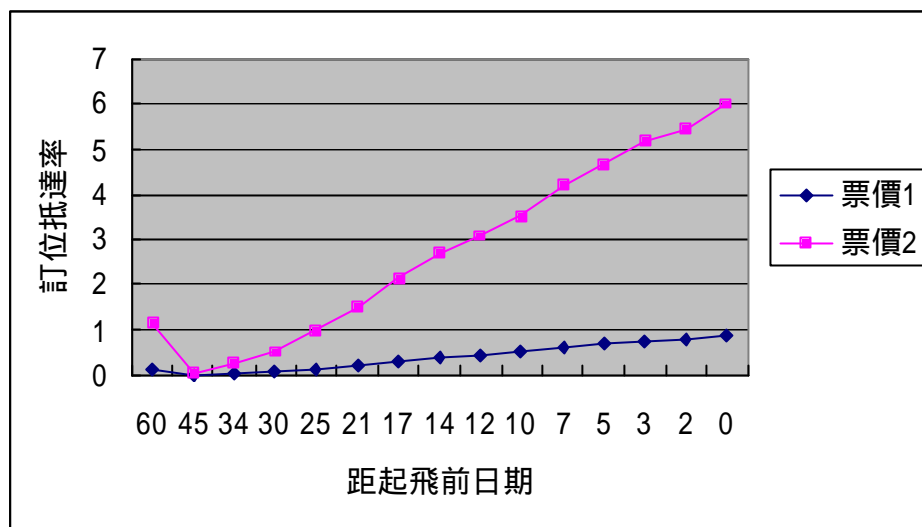


圖 4.7 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率—90.1.3

表 4.9 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率(節錄)-90.1.5

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位數	票價 1	0.428	0.148	0.046	0.031	0.027
	票價 2	1.148	0.061	0.241	0.512	1.004
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位數	票價 1	0.037	0.059	0.083	0.102	0.125
	票價 2	1.521	2.148	2.689	3.085	3.508
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位數	票價 1	0.164	0.194	0.226	0.244	0.281
	票價 2	4.193	4.684	4.202	4.472	6.031

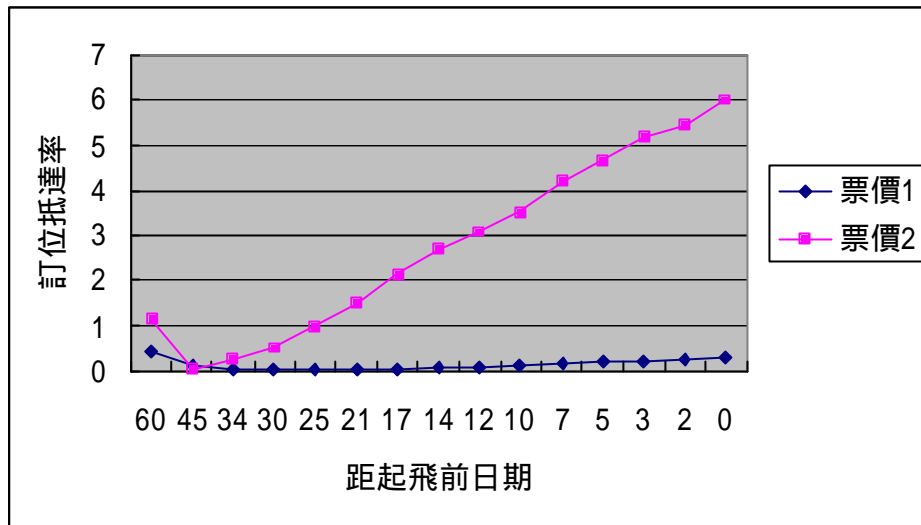


圖 4.8 隨距離航班起飛時間之接近而增加再減少之訂位抵達率—90.1.5

#### 4.3.3、不同時段、各費率等級旅客出現訂位需求之機率

本研究將各航班開放訂位的時間過程切割成符合 Poisson Process 的  $n$  個「決策時段」。由於將訂位過程細微切割成至多只有一訂位要求到達決策時段的集合，因此各航班某時段中至多只需做一次接受/拒絕一訂位要求的決策。

由上一節所整理之台港航線不同型態之實際旅客訂位抵達率  $I_k(t)$ ，其為航空公司開放訂位後第  $t$  天之訂位需求數，將該天切割為  $(2I_k(t) + 1)$  (取高斯整數) 個時段，使得每時段之平均訂位率均小於 0.5，且該時段訂位次數大於 1 之機率在 0.1 以下。

##### 1、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加

以研究期間內，航班起飛日期為 90.1.12 與 90.2.18 為例，其不同時段、不同票價產品之旅客訂位機率  $P_k(t)$  分別節錄如表 4.10、表 4.11 所示。

表 4.10 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.12(節錄)

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.035	0.075	0.071	0.082	0.078
	票價 2	0.235	0.271	0.245	0.272	0.267
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.074	0.071	0.075	0.069	0.072
	票價 2	0.261	0.258	0.273	0.262	0.271
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.068	0.071	0.067	0.068	0.064
	票價 2	0.266	0.275	0.267	0.271	0.265

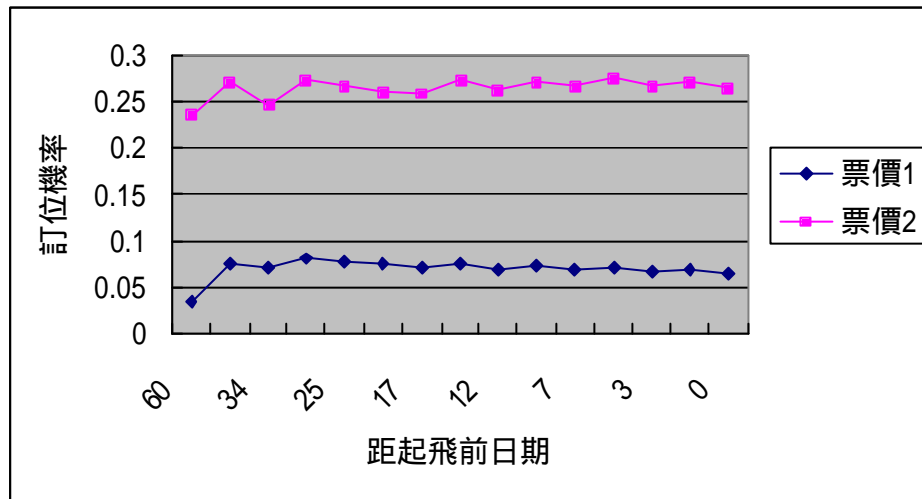


圖 4.9 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.12

表 4.11 航班起飛前旅客訂位機率—90.2.18(節錄)

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.093	0.127	0.082	0.061	0.065
	票價 2	0.051	0.081	0.189	0.208	0.275
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.052	0.044	0.046	0.039	0.041
	票價 2	0.267	0.263	0.283	0.265	0.277
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.036	0.037	0.038	0.038	0.034
	票價 2	0.267	0.277	0.286	0.291	0.277

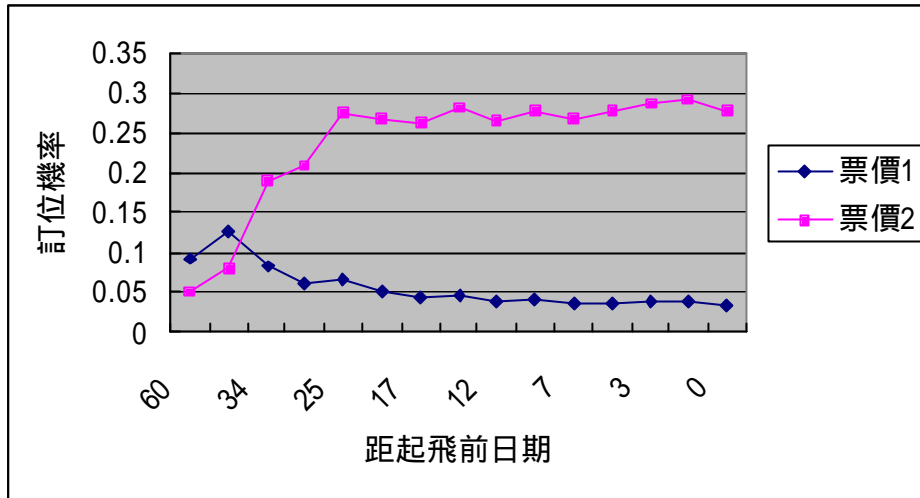


圖 4.10 航班起飛前旅客訂位機率—90.2.18

2、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.17為例，其不同時段、不同票價產品之旅客訂位機率節錄如表4.12所示。

表 4.12 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.17(節錄)

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.051	0.093	0.123	0.133	0.145
	票價 2	0.242	0.236	0.232	0.231	0.228
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.154	0.129	0.134	0.138	0.142
	票價 2	0.227	0.182	0.181	0.181	0.181
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.147	0.151	0.154	0.156	0.159
	票價 2	0.179	0.178	0.177	0.177	0.176

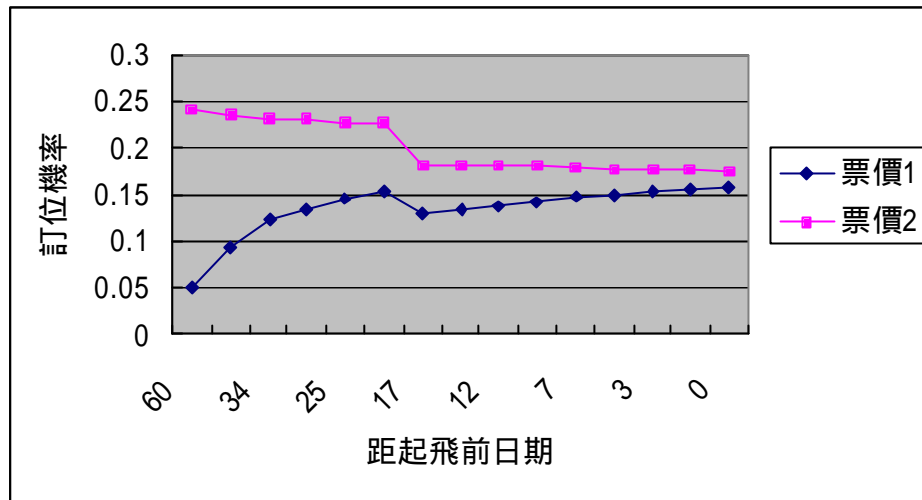


圖 4.11 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.17

3、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸增加，而後再逐步減少

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.16為例，其不同時段、不同票價產品之旅客訂位機率節錄如表4.13所示。

表 4.13 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.16(節錄)

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.128	0.061	0.055	0.053	0.051
	票價 2	0.243	0.237	0.269	0.276	0.282
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.048	0.045	0.044	0.043	0.042
	票價 2	0.284	0.285	0.284	0.283	0.282
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.041	0.039	0.037	0.037	0.036
	票價 2	0.279	0.276	0.273	0.272	0.268

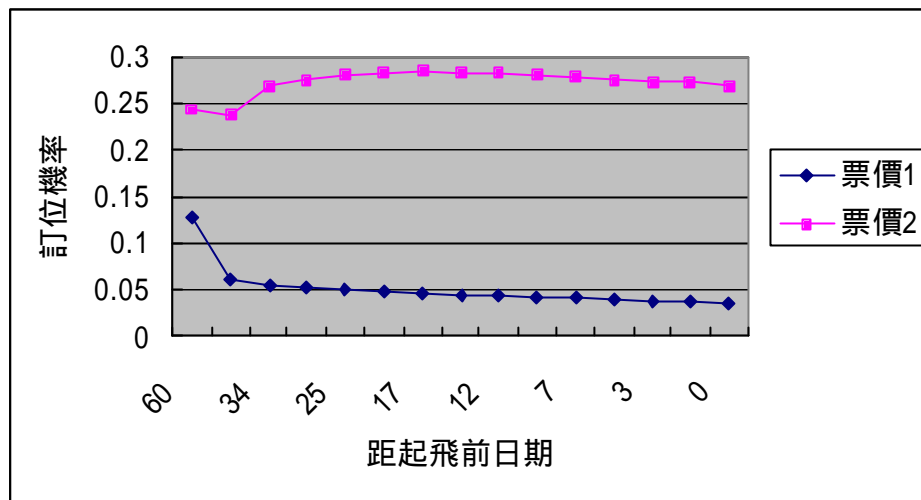


圖 4.12 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.16

4、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸減少，然後再逐步增加

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.3與90.1.5為例，其不同時段、不同票價產品之旅客訂位機率分別節錄如表4.14、表4.15所示。

表 4.14 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.3(節錄)

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.043	0.002	0.035	0.037	0.047
	票價 2	0.261	0.057	0.189	0.198	0.241
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.053	0.059	0.052	0.053	0.053
	票價 2	0.259	0.279	0.261	0.262	0.263
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.056	0.057	0.057	0.056	0.057
	票價 2	0.275	0.278	0.281	0.276	0.281

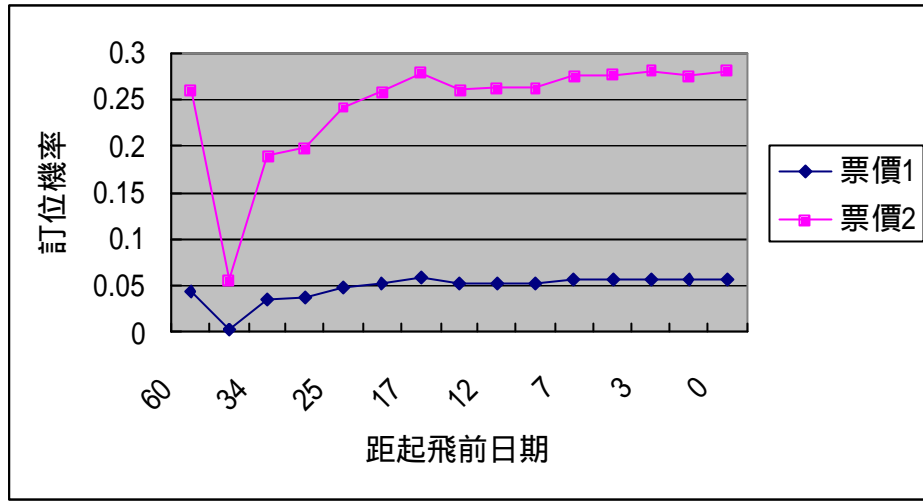


圖 4.13 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.3

表 4.15 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.5(節錄)

距起飛前日期		60	45	34	30	25
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.124	0.127	0.043	0.029	0.026
	票價 2	0.192	0.193	0.145	0.168	0.218
距起飛前日期		21	17	14	12	10
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.035	0.028	0.039	0.048	0.058
	票價 2	0.267	0.205	0.238	0.259	0.279
距起飛前日期		7	5	3	2	0
訂位機率 $P_k(t)$	票價 1	0.052	0.061	0.069	0.057	0.065
	票價 2	0.242	0.261	0.278	0.239	0.256

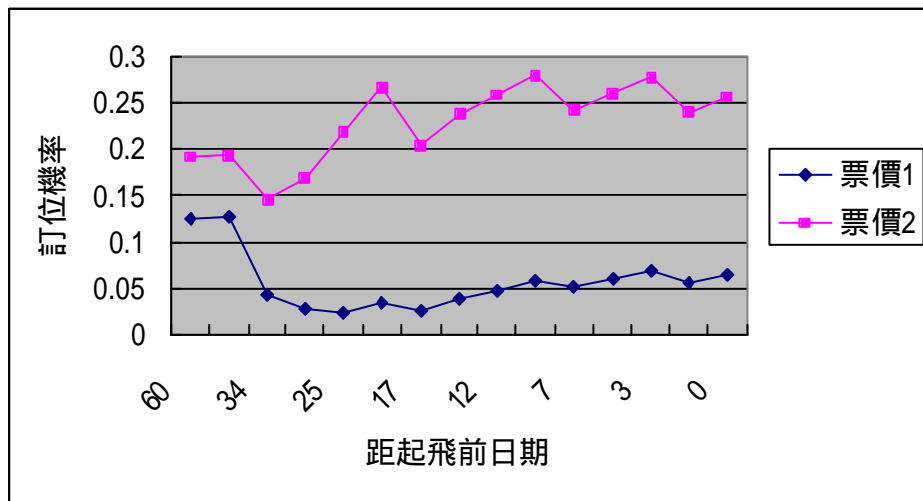


圖 4.14 航班起飛前旅客訂位機率—90.1.5

#### 4.4. 航班起飛前訂位旅客選擇票價產品的走勢型態

##### 4.4.1. 旅客於單一航空公司之選擇期望機率

過去關於航空旅客對票價產品之時間限制所感受之不便成本的調查研究，尚付闕如。而本研究為能使得驗證結果更符合實際情況，故以目前由台灣地區為起點之國際航線的所有票價產品進行參數的校估。由於台港航線係屬於短程航線，本研究針對台灣地區之短程國際航線之票價產品，共計12家航空公司，62筆之實際資料進行校估，以作為本研究模式之參數。首先，將此62筆資料區分為普通票(費率1)與優待票(費率2)兩類，繼而分別計算各筆資料之票價差與效期差之比值，此數值即為各家航空公司所預估各航線市場之旅客對機票效期所感受之不便成本，如下式所示：

$$\text{旅客對效期感受之不便成本 } \Psi = \frac{\text{票價差}}{\text{效期}}$$

由於本研究主要係針對經濟艙進行訂位艙等規劃，假設選擇同一等級座艙、不同票價產品之旅客係屬同一族群，即其時間價值之變異數相同，故其對機票效期感受之不便成本之變異亦相同，且兩者均成常態分配，而費率1(普通票)之旅客對機票效期感受不便成本之平均數為費率2(優待票)旅客之 $w$ 倍。因此，分別計算普通票與優待票旅客對效期感受之不便成本 $\Psi_1$ 、 $\Psi_2$ 後，而得到購買普通票之旅客所感受之不便成本之平均數為8.320988元/天，而優待票旅客所感受之不便成本之平均數為6.17102元/天，則普通票旅客每一天對效期所感受之不便成本為優待票旅客之1.348倍(即 $w = 1.348$ )，且在95%之信心水準之下，接受費率1與費率2旅客對機票效期感受之不便成本之變異數相同的假設。A航台港航線之票價產品資料如下表所示：

表 4.16A 航台港航線票價產品



票價產品	票價(元)	期限
普通票( $p_1$ )	13800	一年
優待票( $p_2$ )	10100	90天

而航空旅客除了因本身對票價產品所制定之效期限限制所感受之不便成本的影響外，其選擇票價產品之期望機率亦隨航空公司所制定之開票日期時間限制而有所差異。假設A航之開票日期為航班起飛前10天，且本研究假設旅客之開票行為均發生在航空公司所制定之開票時間點，因此，藉由3.1.2.2節求算距航班起飛前之各時段，旅客選擇購買A航票價產品之期望機率如表4.17所示。

由表4.17之結果可以看出，選擇搭乘A航之旅客當中，旅客傾向選擇購買費率2之期望機率遠高於選擇購買費率1之旅客，主要是因為A航所制定之票價產品中，費率1之票價遠高於費率2，而台港航線係屬短程航線，旅客赴港旅遊或洽公之時間不長，大部分之旅客均能於90天內使用回程票，因此旅客均傾向選擇購買優待票。

表 4.17 各時段旅客選擇 A 航票價產品之期望機率

距起飛前日期		60	10	9	8	7	6
期望機率 $m_i^b$	票價 1	0.246		0.248	0.250	0.252	0.253
	票價 2	0.753		0.751	0.749	0.747	0.746
距起飛前日期		5	4	3	2	1	
期望機率 $m_i^b$	票價 1	0.255	0.257	0.259	0.260	0.262	
	票價 2	0.744	0.742	0.740	0.739	0.737	

#### 4.4.2、旅客於航空競爭市場之選擇期望機率

於台北-香港航線中，另有一家B航與A航相互競爭，因此，相對於旅客而言，旅客有A航或B航之票價產品可供選擇，其中，B航之票價產品資料如表4.18所示，且開票日期亦為航班起飛前10天。

表 4.18B 航台港航線票價產品

票價產品	票價(元)	期限
普通票( $p_1$ )	12600	一年
優待票( $p_2$ )	10200	90天

則台北-香港航線在A航與B航票價產品競爭之下，旅客選擇各票價產品之期望機率，藉由3.1.2.3節求算，其結果如表4.19所示。其中，由於B航之優待票價高於A航之優待票價，故本研究在假設旅客是以「一般化總成本最小」為其選擇票價產品之依據下，B航之優待票價產品在台北-香港航線之競爭市場將會失去其競爭力，無法吸引A航旅客轉移選擇購買。

表 4.19 各時段旅客選擇 A、B 航票價產品之期望機率

距起飛前日期		60	10	9	8	7	6
期望機率 $m_i^b$	票價 1	0.231		0.234	0.237	0.241	0.244
	票價 2	0.519		0.431	0.428	0.425	0.422
	B 航票價 1	0.251		0.251	0.251	0.249	0.249
距起飛前日期		5	4	3	2	1	
期望機率 $m_i^b$	票價 1	0.248	0.252	0.255	0.258	0.262	
	票價 2	0.419	0.416	0.413	0.411	0.407	
	B 航票價 1	0.249	0.249	0.249	0.249	0.248	

#### 4.5. 不同時段航班客位需求預測

透過4.3節所求得之不同時段、各費率等級旅客訂位機率  $P_k(t)$ ，與4.4節之各時段旅客選擇票價產品之期望機率  $m_i$ ，可求得不同決策時段之航班客位需求之機率，分別討論如下。

##### 4.5.1、單一航空公司之航班客位需求預測

在沒有考慮市場競爭下，在不同時段、選擇購買A航票價產品之旅客，在考量其對機票效期所感受之不便成本後，藉由3.1.3.1節求算不同訂位抵達率型態下，旅客最後選擇購買各票價產品之機率  $P_i^1$ 、 $P_i^2$ ，其結果分別如下所示。

##### 1、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.12與90.2.18為例，不同

時段 $t$ 、不同票價產品之旅客，在不考慮市場競爭之下，其於開票日期 $b$ 會選擇票價產品 $i$ 之機率 $P_t^i$ ，分別節錄如表4.20、表4.21所示。

表 4.20 飛機起飛前開票機率-90.1.12

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_t^i$	票價 1	0.067	0.085	0.078	0.087	0.085
	票價 2	0.203	0.261	0.238	0.267	0.261
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_t^i$	票價 1	0.083	0.081	0.086	0.082	0.085
	票價 2	0.252	0.247	0.262	0.249	0.258
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_t^i$	票價 1	0.084	0.088	0.086	0.088	0.086
	票價 2	0.251	0.257	0.247	0.250	0.241

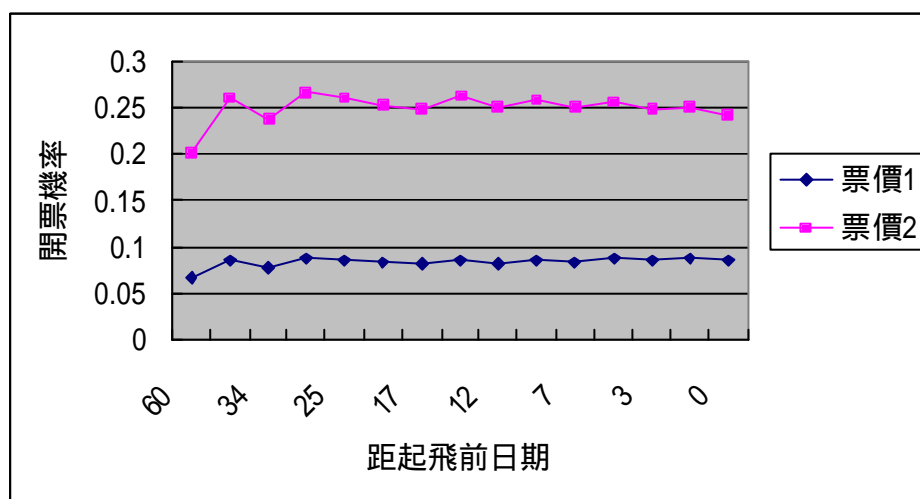


圖 4.15 飛機起飛前開票機率-90.1.12

表 4.21 飛機起飛前開票機率-90.2.18

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_t^i$	票價 1	0.035	0.051	0.066	0.066	0.083
	票價 2	0.108	0.156	0.204	0.202	0.255
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_t^i$	票價 1	0.078	0.075	0.081	0.075	0.078
	票價 2	0.240	0.231	0.247	0.229	0.238
距起飛前日期		7	5	3	2	0

機率 $P_i^i$	票價 1	0.076	0.080	0.083	0.085	0.082
	票價 2	0.226	0.233	0.239	0.242	0.228

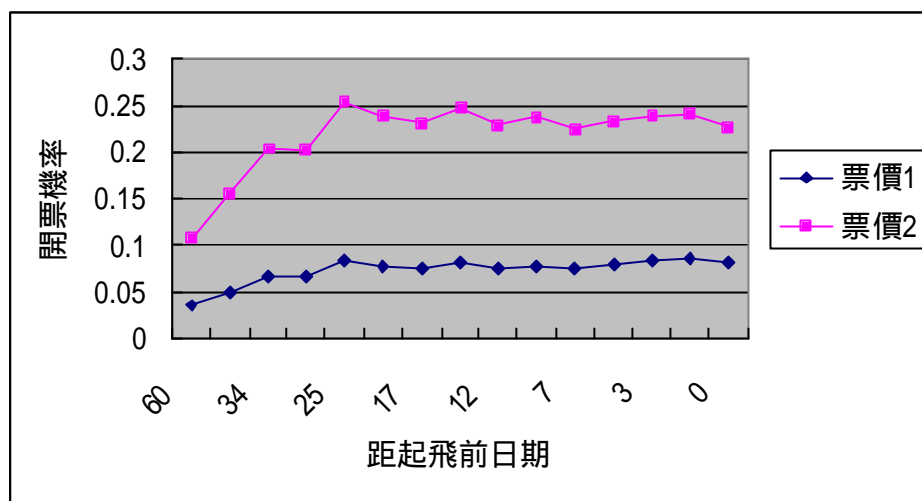


圖 4.16 飛機起飛前開票機率-90.2.18

2、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.17為例，不同時段 $t$ 、不同票價產品之旅客，在不考慮市場競爭之下，其於開票日期 $b$ 會選擇票價產品 $i$ 之機率  $P_i^i$ ，分別節錄如表4.22所示。

表 4.22 飛機起飛前開票機率-90.1.17

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_i^i$	票價 1	0.072	0.081	0.087	0.089	0.092
	票價 2	0.219	0.248	0.266	0.273	0.281
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_i^i$	票價 1	0.094	0.077	0.078	0.079	0.079
	票價 2	0.287	0.234	0.237	0.239	0.242
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_i^i$	票價 1	0.082	0.084	0.086	0.087	0.089
	票價 2	0.244	0.244	0.245	0.246	0.247

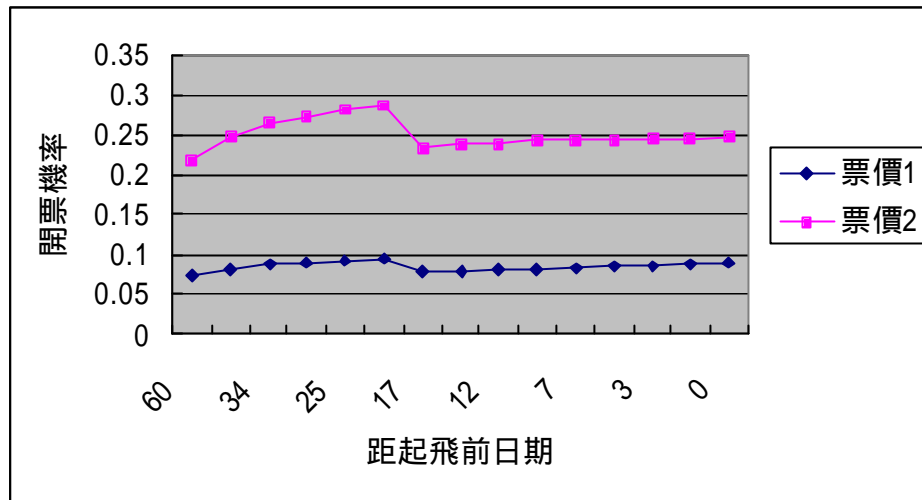


圖 4.17 飛機起飛前開票機率-90.1.17

3、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸增加，而後再逐步減少

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.6為例，不同時段 $t$ 、不同票價產品之旅客，在不考慮市場競爭之下，其於開票日期 $b$ 會選擇票價產品 $i$ 之機率 $P_t^i$ ，分別節錄如表4.23所示。

表 4.23 飛機起飛前開票機率-90.1.6

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_t^i$	票價 1	0.092	0.074	0.080	0.081	0.082
	票價 2	0.279	0.224	0.244	0.244	0.249
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_t^i$	票價 1	0.082	0.082	0.081	0.081	0.079
	票價 2	0.250	0.248	0.247	0.245	0.243
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_t^i$	票價 1	0.081	0.081	0.081	0.081	0.080
	票價 2	0.238	0.234	0.231	0.228	0.223

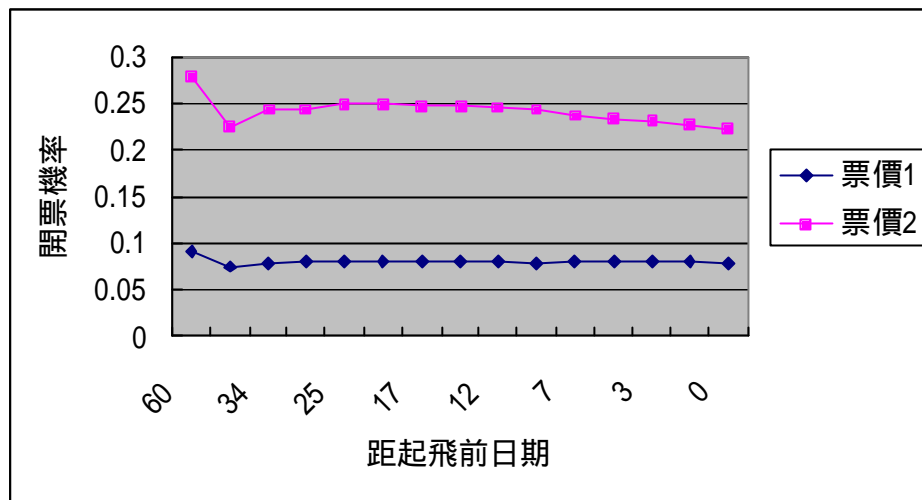


圖 4.18 飛機起飛前開票機率-90.1.6

4、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸減少，然後再逐步增加

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.3與90.1.5為例，不同時段 $t$ 、不同票價產品之旅客，在不考慮市場競爭之下，其於開票日期 $b$ 會選擇票價產品 $i$ 之機率 $P_i^b$ ，分別節錄如表4.24、表4.25所示。

表 4.24 飛機起飛前開票機率-90.1.3

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_i^b$	票價 1	0.075	0.015	0.055	0.058	0.071
	票價 2	0.229	0.045	0.169	0.177	0.216
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_i^b$	票價 1	0.077	0.083	0.077	0.077	0.078
	票價 2	0.235	0.254	0.236	0.237	0.238
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_i^b$	票價 1	0.083	0.085	0.087	0.086	0.089
	票價 2	0.248	0.249	0.251	0.245	0.248

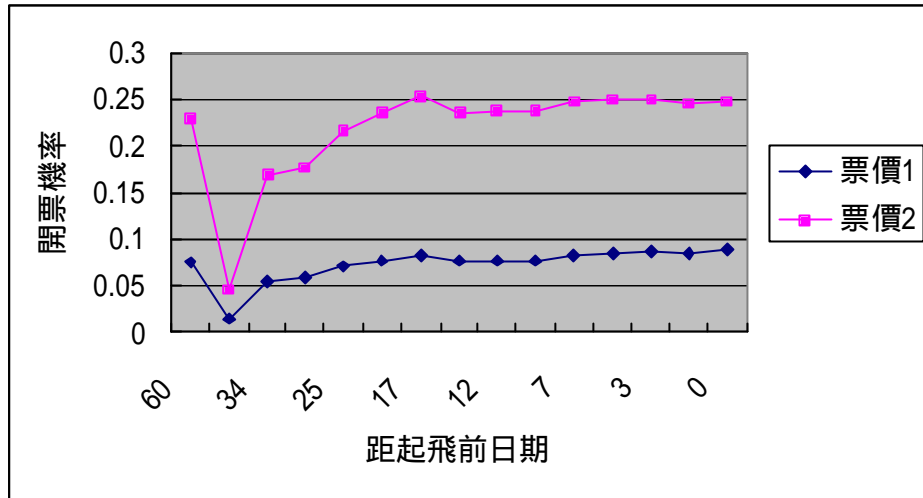


圖 4.19 飛機起飛前開票機率-90.1.3

表 4.25 飛機起飛前開票機率-90.1.5

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_i^i$	票價 1	0.078	0.079	0.046	0.049	0.061
	票價 2	0.238	0.241	0.142	0.148	0.184
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_i^i$	票價 1	0.075	0.058	0.068	0.076	0.083
	票價 2	0.229	0.176	0.209	0.232	0.254
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_i^i$	票價 1	0.074	0.082	0.091	0.077	0.085
	票價 2	0.221	0.239	0.258	0.219	0.236

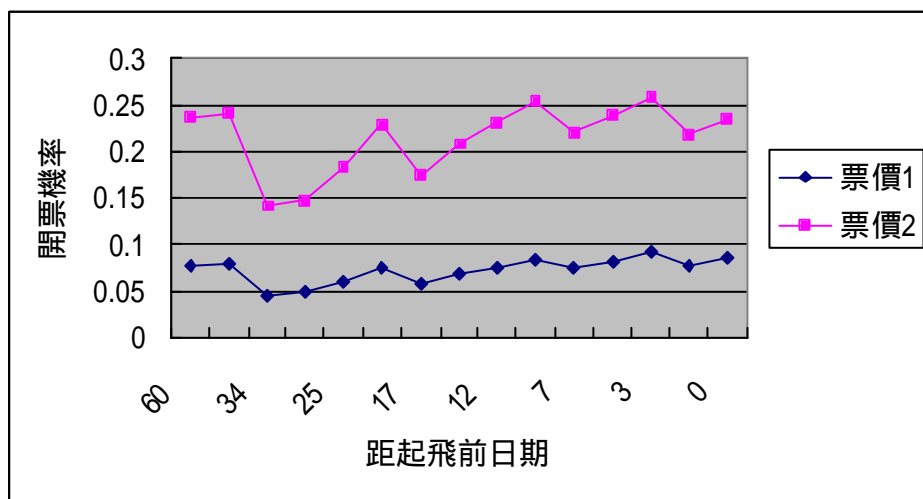


圖 4.20 飛機起飛前開票機率-90.1.5

#### 4.5.2、考慮競爭市場下之航班客位需求預測

在考慮市場競爭下，在不同時段、選擇購買A航之旅客，在考量其對機票效期所感受之不便成本、競爭公司B航之票價產品後，不同訂位抵達率型態之旅客最後選擇購買各票價產品之機率  $P_i^1$ 、 $P_i^2$ ，分別如下所示。

##### 1、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸增加

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.12與90.2.18為例，其不同時段  $t$ 、不同票價產品之旅客，在考慮B航票價產品之市場競爭下，其於開票日期  $b$  會選擇票價產品  $i$  之機率  $P_i^i$ ，分別節錄如表4.26、表4.27所示。

表 4.26 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.12

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_i^i$	票價 1	0.062	0.079	0.072	0.081	0.079
	票價 2	0.140	0.179	0.163	0.183	0.179
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_i^i$	票價 1	0.077	0.075	0.080	0.076	0.079
	票價 2	0.173	0.171	0.181	0.172	0.178
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_i^i$	票價 1	0.081	0.086	0.085	0.088	0.087
	票價 2	0.142	0.145	0.137	0.139	0.133

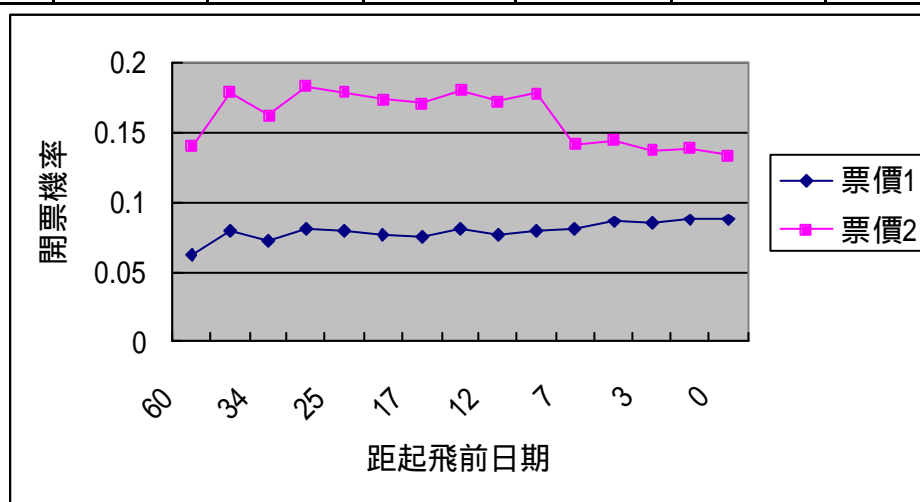


圖 4.21 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.12



表 4.27 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.2.18

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_t^i$	票價 1	0.033	0.048	0.063	0.062	0.078
	票價 2	0.074	0.108	0.141	0.139	0.175
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_t^i$	票價 1	0.074	0.071	0.076	0.071	0.073
	票價 2	0.166	0.159	0.171	0.158	0.164
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_t^i$	票價 1	0.073	0.078	0.083	0.085	0.083
	票價 2	0.129	0.132	0.134	0.135	0.126

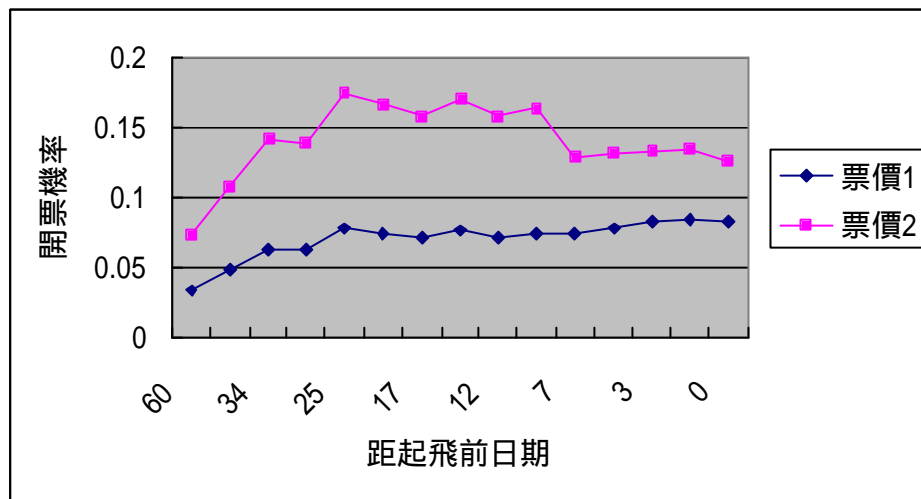


圖 4.22 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.2.18

2、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近而逐漸減少

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.17為例，其不同時段 $t$ 、不同票價產品之旅客，在考慮B航票價產品之市場競爭下，其於開票日期 $b$ 會選擇票價產品 $i$ 之機率 $P_t^i$ ，節錄如表4.28所示。

表 4.28 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.17

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_i^i$	票價 1	0.067	0.076	0.082	0.084	0.086
	票價 2	0.152	0.171	0.184	0.188	0.194
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_i^i$	票價 1	0.088	0.072	0.073	0.073	0.074
	票價 2	0.198	0.161	0.164	0.165	0.167
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_i^i$	票價 1	0.078	0.081	0.084	0.086	0.088
	票價 2	0.138	0.137	0.136	0.136	0.135

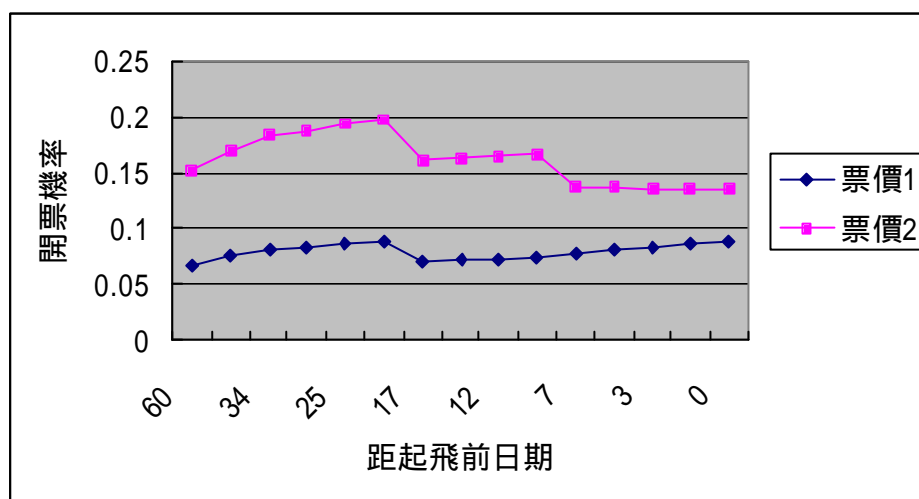


圖 4.23 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.17

3、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸增加，而後再逐步減少

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.16為例，其不同時段 $t$ 、不同票價產品之旅客，在考慮B航票價產品之市場競爭下，其於開票日期 $b$ 會選擇票價產品 $i$ 之機率 $P_i^i$ ，節錄如表4.29所示。

表 4.29 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.16

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_i^i$	票價 1	0.085	0.068	0.075	0.075	0.077
	票價 2	0.193	0.155	0.168	0.171	0.172
距起飛前日期		21	17	14	12	10
	票價 1	0.076	0.076	0.076	0.075	0.075

機率 $P_t^i$	票價 1	0.076	0.076	0.076	0.075	0.075
機率起飛前	票價 2	0.172	0.171	0.171	0.169	0.168
機率 $P_t^i$	票價 1	0.077	0.078	0.079	0.079	0.081
	票價 2	0.136	0.132	0.128	0.126	0.122

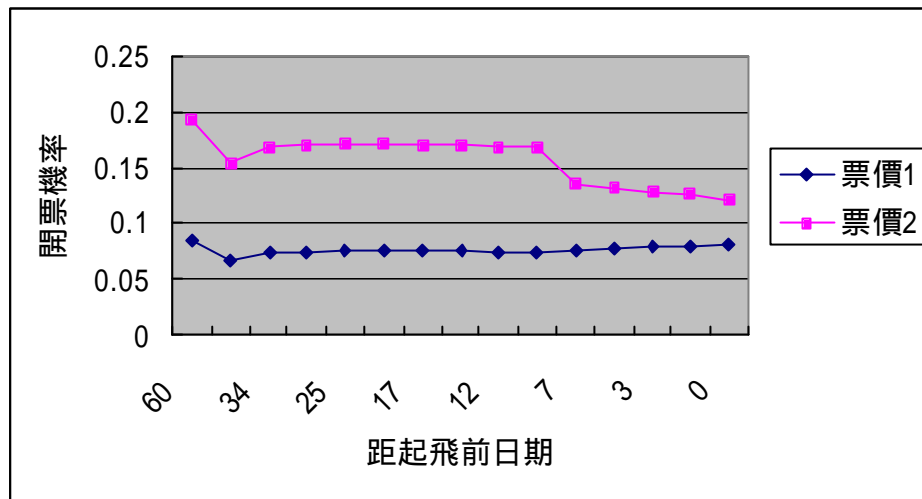


圖 4.24 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.16

4、訂位需求隨距離航班起飛時間之接近，先是逐漸減少，然後再逐步增加

以研究期間內，航班起飛日期為90.1.3與90.1.5為例，其不同時段  $t$ 、不同票價產品之旅客，在考慮B航票價產品之市場競爭下，其於開票日期  $b$  會選擇票價產品  $i$  之機率  $P_t^i$ ，分別節錄如表 4.30、表4.31所示。

表 4.30 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.3

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_t^i$	票價 1	0.071	0.013	0.051	0.054	0.066
	票價 2	0.157	0.030	0.116	0.122	0.148
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_t^i$	票價 1	0.072	0.077	0.072	0.072	0.073
	票價 2	0.162	0.175	0.162	0.163	0.164
距起飛前日期		7	5	3	2	0
	票價 1	0.081	0.083	0.086	0.086	0.089
	票價 2	0.141	0.141	0.140	0.137	0.136

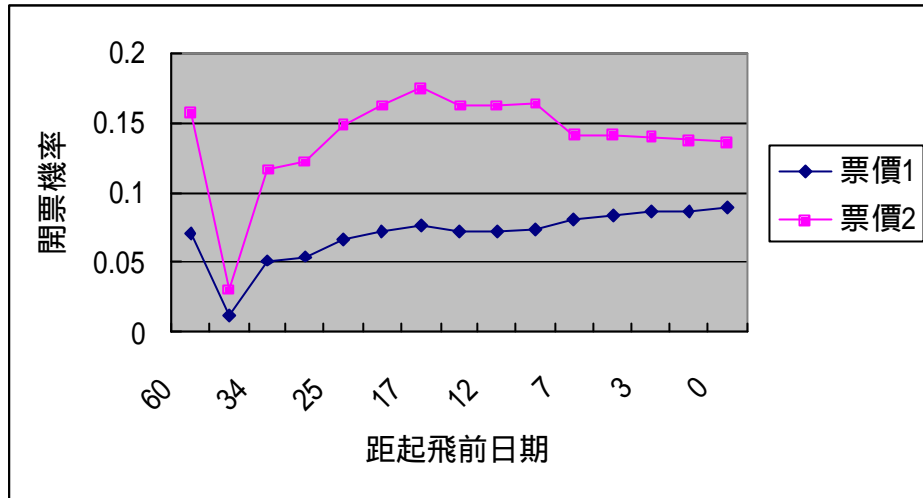


圖 4.25 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.3

表 4.31 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.5

距起飛前日期		60	45	34	30	25
機率 $P_t^i$	票價 1	0.072	0.073	0.043	0.045	0.056
	票價 2	0.164	0.166	0.098	0.102	0.127
距起飛前日期		21	17	14	12	10
機率 $P_t^i$	票價 1	0.070	0.053	0.063	0.071	0.077
	票價 2	0.157	0.121	0.143	0.159	0.175
距起飛前日期		7	5	3	2	0
機率 $P_t^i$	票價 1	0.071	0.079	0.088	0.076	0.084
	票價 2	0.125	0.134	0.143	0.124	0.129

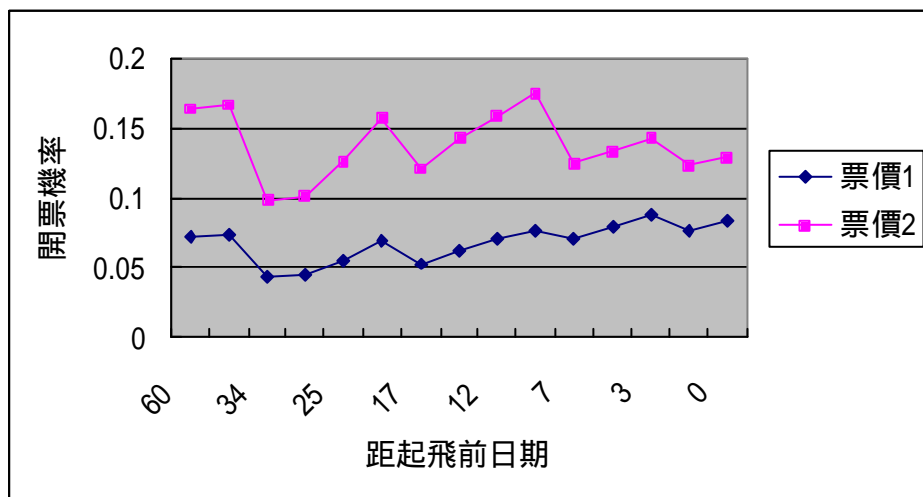


圖 4.26 競爭市場中飛機起飛前開票機率-90.1.5

#### 4.5.3、 小結

分別比較4.4.1節在不考慮競爭航空公司之下，旅客最後選擇票價產品之結果，以及4.4.2節在考慮競爭航空公司B之下，旅客選擇票價產品與轉移至B航之機率，因此，最後可以得知旅客於競爭市場下，旅客出現訂位需求且最後會開票之機率，以及旅客放棄A航之票價產品轉而購買其他競爭航空公司之機率。此外，由於A航所設計之票價產品架構所致，使得原選擇A航費率1(普通票)之旅客最後轉移購買B航之期望機率很低，且A航之優待票之票價費率低於B航之優待票，故A航之票價產品於台北-香港之競爭航線市場中，將能為A航保有一定之市場競爭力。

#### 4.6. 二費率訂位艙等規劃

於4.5節求得航班客位需求機率之後，我們可以求得A航旅客其最後選擇購買票價產品，以及轉移至其他航空公司之機率，因而造成A航營收上的損失，然A航可以透過訂位艙等規劃來控制機位，以掌握最大利潤，透過4.2節所構建之訂位艙等規劃模式，可以求得A航台港航線於開放訂位期間，於不同決策時段其期望收益，與A航於不同時段應如何控制機位，使得該航班之期望收益為最大，其結果分別敘述如后。

##### 4.6.1、 期望收益

將3.1.4.1節中不同旅客訂位抵達率型態下之單一航空公司航班客位需求機率，與3.1.4.2節中競爭市場下之航班客位需求機率，分別代入3.2.3.2節之訂位艙等規劃模式中，可求得在開放訂位期間為 $t$ ，可供訂位容量為 $s$ 之下所求得之最大期望收益如表4.32所示。

表 4.32 不同市場型態下，各航班之最大期望收益單位：元

市場型態 \ 航次	90.1.12	90.2.18	90.1.17	90.1.16	90.1.3	90.1.5
單一航空公司	100194	482880	737884	613650	631431	343890
競爭市場環境	761381	367032	556818	811474	478035	257727

表4.32之最大期望收益係均假設開放訂位期間為航班起飛前60天，可供訂位容量為100個艙位之情形，由於航空公司於經濟艙中所設計之票價產品可分為個人票與團體票兩部分，其經濟艙之總訂位數約為200個艙位，然本研究僅針對個人票旅客進行分析，故假設航空公司之可供訂位容量為100個艙位係屬合理。由表4.32可看出在考慮市場競爭之情況下之訂位艙等規劃，其最大期望收益會遠小於無考慮市場競爭之情形，此係因在考慮市場競爭之情況下，原選擇A航之旅客會轉移至其他競爭航空公司，使得A航之期望收益降低。

#### 4.6.2、邊際期望收益

由3.2.3.2節之分析可知，在訂位艙等規劃模式當中之艙位數(Seat)、時間(Time)兩變數之改變，對A航之總期望收益所造成之影響並不相同，其中當固定決策時段 $t$ 之值，改變艙位數 $s$ 下所求得之邊際期望收益為遞減，故比較各票價產品費率與邊際期望收益，即可求得各決策時段之最小保留艙位數，以作為各決策時段拒絕或接受一訂位要求之決策依據。因此，將3.1.2.5節所求得之不同旅客訂位抵達率之型態下之航班客位需求機率，代入3.2.3.2節訂位艙等規劃模式中，即可分別求得在考慮與不考慮其他競爭航空公司下，A航所能獲得之最大期望收益、邊際期望收益與各決策時段之最小保留艙位數。由於求算各種不同旅客訂位抵達率下之邊際期望收益之作法皆相同，故無須重複討論，在此僅以90.1.17之航班進行說明，其餘航班之計算過程相同，在此不加贅述，僅以結果來做說明。90.1.17航班之邊際期望收益如圖4.27所示，由於該航班共切割成202個決策時段，意

即圖4.26中之 $t$ 值所對應之邊際期望收益應有202條邊際期望收益之函數值，而為清晰展現最後之結果，圖中僅以其中5個函數值來做說明。由圖中之結果可知，在開放訂位之時間固定之下，其時間點 $t$ 內，在固定可供訂位之容量 $s$ 下之期望邊際艙位價值 $r(t,s)$ 隨著可供訂位之艙位數之增加而遞減，該實證結果亦符合3.2.2節之證明。

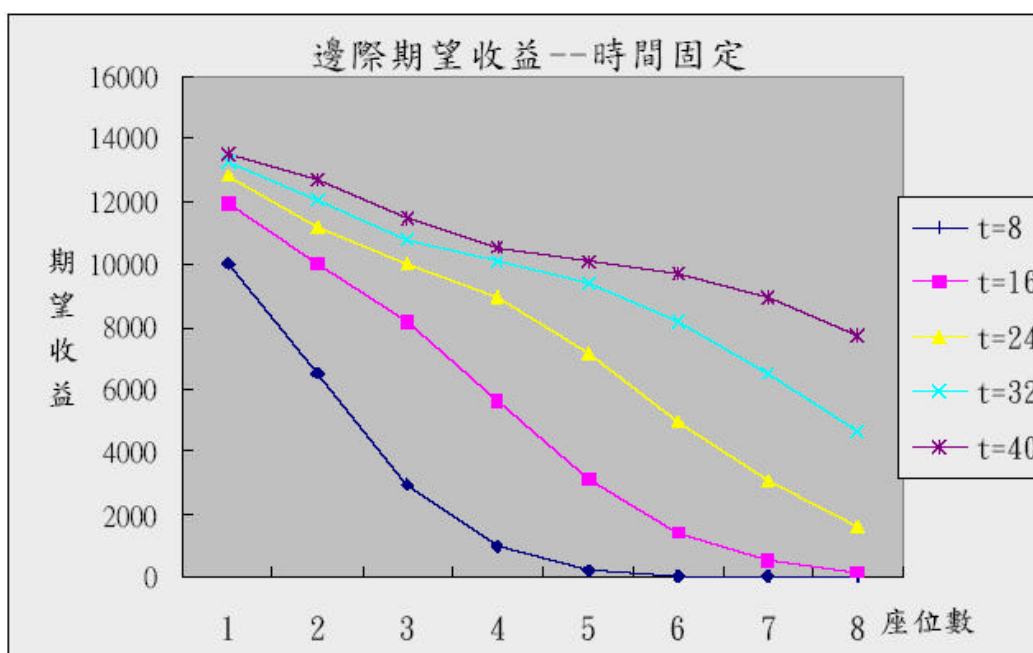


圖 4.27 邊際期望收益(時間固定)--90.1.17 航班

#### 4.6.3、訂位艙等規劃

由3.2.2節之證明結果可知，一航班於開放接受訂位期間內，其接受/拒絕一訂位要求應透過其邊際艙位價值與費率之比較，以求得該航班於各決策時段、各票價產品之最小保留艙位數，以使得該航班之期望收益為最大。因此，於4.6.2節所繪製A航90.1.17航班之邊際艙位價值圖，即可進行其訂位艙等規劃，則將該航班邊際艙位價值與票價費率比較之結果如圖4.29所示，圖中橫線為A航優待票價產品之費率10100元，而票價費率與邊際艙位價值相交所對應之艙位數，即為優待票價產品於各決策時

段之最小保留艙位數，如圖中之  $s_2^*(16)$  約為1.5個艙位，意即於決策時段16之優待票旅客訂位數須大於1.5始能被接受，因為決策時段16之邊際艙位價值若其艙位數大於1.5時，其邊際艙位價值小於優待票價費率，則航空公司若接受大於該最小保留艙位數之訂位要求時，將能增加該航班之期望收益。而由於最高票價費率(普通票)之訂位要求恆被接受，故毋須決定該票價產品之最小保留艙位數。

因此，將該航班之202個決策時段所對應之優待票價費率最小保艙位數，即可求得該航班之訂位艙等規劃決策圖，如圖4.30所示。圖中陰影之部分即為由圖4.29所求得各時段之最小保留艙位數，意即航空公司於各決策時段所能接受之優待票價費率之訂位要求需大於該決策時段之最小保留艙位數，而最高費率之訂位要求恆被接受。值得注意的是，於即將結束接受訂位期間，若尚有可供訂位容量，則航空公司將會接受所有之票價費率產品之訂位要求，此結果亦符合3.2.3.2節之證明。

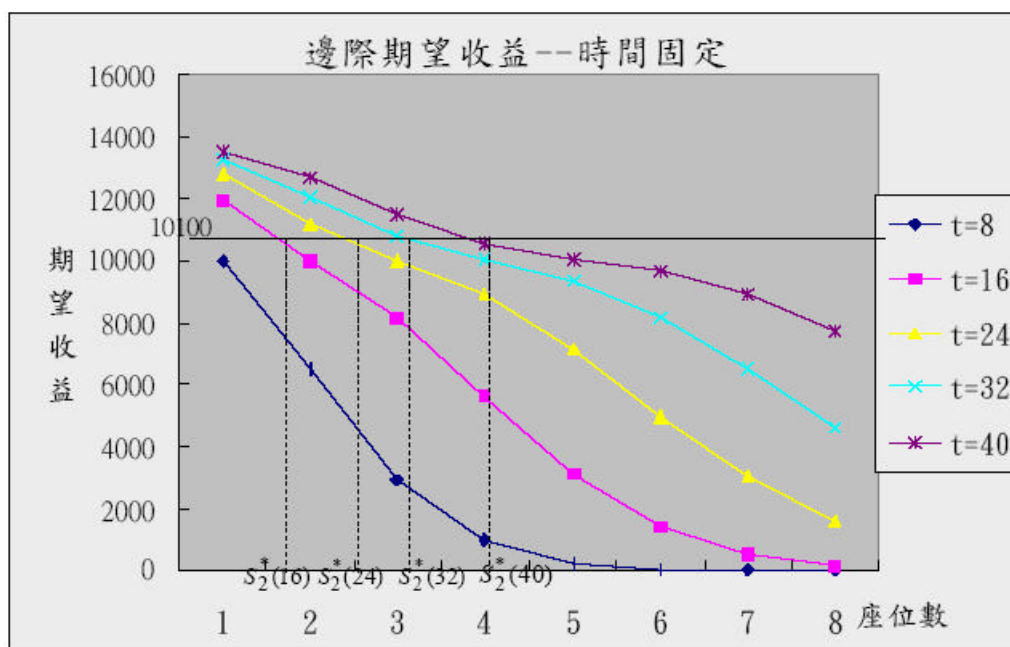


圖 4.28 各決策時段之最小保留座位數—90.1.17



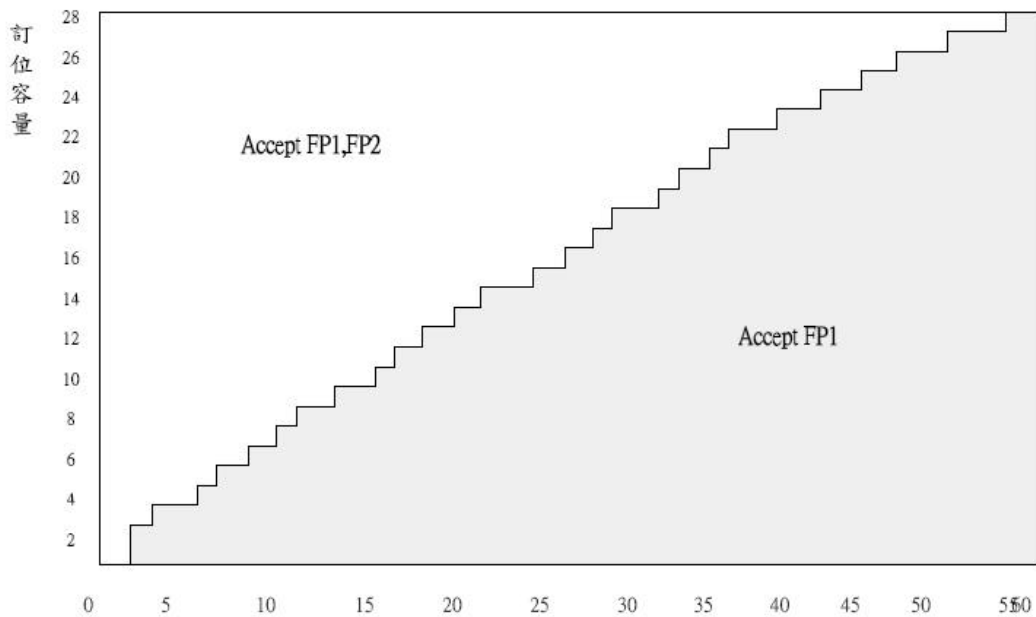


圖 4.29 最小保留座位數決策圖—90.1.17

#### 4.6.4、最適可供候補容量

於4.6.3節可求得航空公司於各決策時段之最小保留艙位數，因此，若於該決策時段之優待票旅客訂位需求數小於此決策時段之最小保留艙位數，則該訂位要求將會被拒絕，即旅客必須等待候補，然航空公司為了其服務品質，亦需決定其可供候補容量，以使得候補旅客最後未能開票之人數最低。本研究在假設候補旅客亦有選擇行為之情形下，其最適可供候補容量應為可供訂位容量，減去接受訂位旅客最後會選擇A航票價產品開票之期望人數，即為該航班之可供訂位候補容量最大值。因此，藉由3.2.4節所構建之最適可供候補容量，在計算研究期間內各種不同旅客訂位抵達率型態下，各航班於各決策時段之最小保留艙位數後，其各航班之已接受訂位旅客之期望開票人數、候補旅客之期望開票人數，與最適可供候補容量如表4.33所示。

表 4.33 最適可供候補容量

項目 \ 航次	90.1.12	90.2.18	90.1.17	90.1.16	90.1.3	90.1.5
可供定位量	100	100	100	100	100	100
已訂位期望開票人數(人)	24	30	23	20	42	19
候補期望開票人數(人)	74	29	40	57	36	10
最適可供候補容量	76	70	77	80	58	81

#### 4.6.5、最適開票時間點

航空公司制定其最適開票時間點可，仍以期望收益最大之原則作為其決策之依據，且可分為兩方面進行探討，一為開放訂位期間之期望旅客總訂位數小於航空公司之可供訂位容量，一為開放訂位期間之期望旅客總訂位數大於航空公司之可供訂位容量。由於各航班決定其最適開票時間點之作法皆相同，故毋須重複探討，以下將以90.1.17之航班進行分析說明。

90.1.17航班之期望旅客總訂位數為86人，則當A航之可供訂位容量為100個時，其毋須考慮是否應保留該艙位數以等待後到之訂位旅客，故航空公司在改變其開票時間下，其開票時間點前之期望開票收益，與開票時間點後之最大期望收益之結果，分別如表4.33、圖4.30所示，由該結果可知，當航空公司所制定之開票日期越接近航班起飛時間，則其所能獲得之期望營收越高，主要係因為航空公司越晚要求旅客開票，旅客所需承擔提早開票之機會成本越小，則其相對於其他競爭航空公司而言，將較能吸引旅客購買。

表 4.34 各開票時間之期望收益

開票時間(天)	$b=30$	$b=25$	$b=20$	$b=15$	$b=10$	$b=5$
期望收益						
開票日期後	234653	216424	192969	154894	102670	36406
開票日期前，以訂位 期望開票收益	41742	59846	37211	50045	177666	264530
開票日期前，候補期 期望開票收益	131899	173633	230046	307500	411880	502169
總計	408294	449903	460026	512439	692216	803105

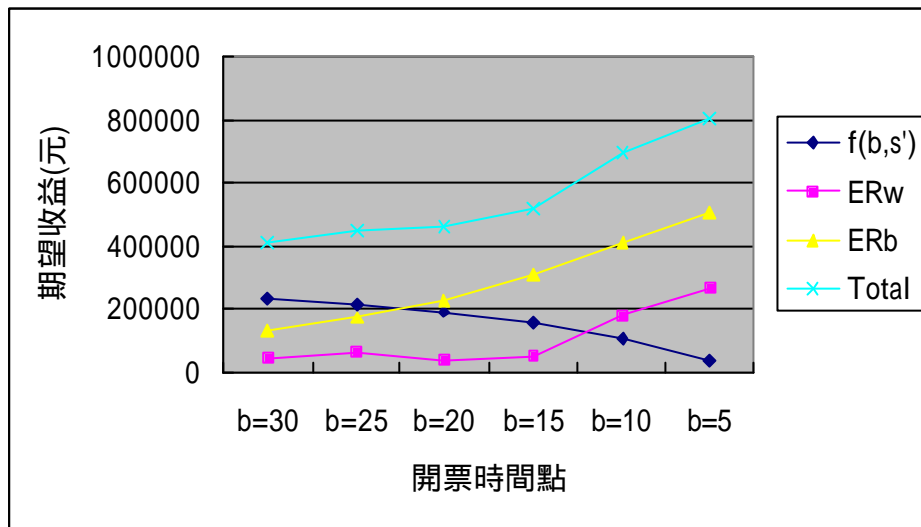


圖 4.30 各開票時間之期望收益

而當A航之可供訂位容量僅為50個艙位時，則期望旅客總訂位數大於可供訂位容量，因此，航空公司必須決定是否應保留艙位予以於開票時間點後始出現之訂位要求，抑或將艙位售予於開票時間點前出現之旅客。本研究假設航空公司以期望收益最大化為其制定最適開票日期之決策依據，故分別探討航空公司在保留艙位數與不保留艙位數時，其不同開票時間點之期望營收變化，其結果如表4.35、表4.36、圖4.31所示。

由圖中之結果可以明顯看出，當期望旅客總訂位數大於航空公司之可供訂位容量時，A航若未保留艙位數予以後到之訂位旅客，則不論其開票時間點為何，航空公司所能獲得之期望收益

均大於保留艙位數之情況。但值得注意的是，若A航採取不保留艙位予以後到訂位旅客之策略時，當其開票時間點為航班起飛前10天，則於開票時間點之前其可供訂位容量全部售罄，故於開票時間點後出現之旅客將無法購得機位，因此，這樣的作法雖然可提高A航之承載率與獲利能力，但卻無法服務於開票時間點後訂位之旅客，意即可能會降低A航之服務水準，故此為航空公司制定其開票時間限制時所需權衡取捨之處。

表 4.35 各開票時間之期望收益(未保留艙位給後到旅客)

開票時間(天)	$b=30$	$b=25$	$b=20$	$b=15$	$b=10$	$b=5$
期望收益						
開票日期後	234624	216071	192588	152999	0	0
開票日期前，以訂位 期望開票收益	41742	59846	37211	50045	177666	264530
開票日期前，候補期 期望開票收益	131899	173633	230046	307500	411880	502169
總計	408265	449550	459845	510544	589546	766699

表 4.36 各開票時間之期望收益(保留艙位給後到旅客)

開票時間(天)	$b=30$	$b=25$	$b=20$	$b=15$	$b=10$	$b=5$
期望收益						
開票日期後	13308	45898	111175	197009	326365	424545
開票日期前，以訂位 期望開票收益	323938	292838	254450	208360	136906	69041
總計	337246	338736	365625	405369	463271	493586

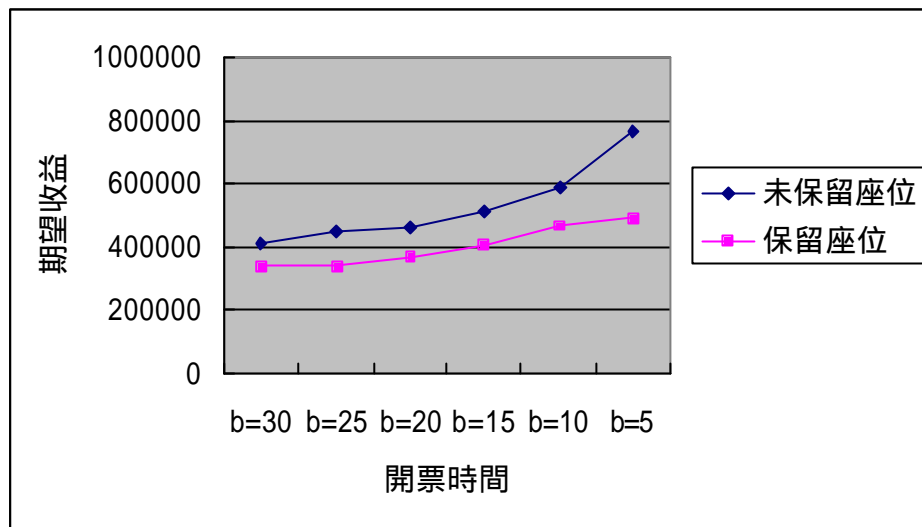


圖 4.31 各開票時間之期望收益(抵達率大於訂位容量)

#### 4.7. 模式求解營收之比較

本研究以模擬A航之台港航線之旅客訂位資料進行航班客位需求分析，且在考慮航空旅客對機票效期、開票時間限制感受之不便成本而影響其選擇票價產品之行為下，求解航空公司所能獲得之最大期望收益。以及在考慮市場競爭下，探討旅客選擇票價產品、轉移至其他競爭航空公司之行為，求算航空公司在考慮市場競爭與旅客轉移行為下，其由已訂位旅客與候補旅客所獲得之最大期望收益。而為表現出本研究與其他研究之差異，並特別將石豐宇、黃瑞財(1996)所提出之以非均質Poisson過程構建多席航空訂位需求預測模式所求得之預測結果，代入訂位艙等規劃模式中，在訂位期間為航班起飛前60天、可供訂位容量為100個之情形下，其最後所求得之最大期望營收並列表示。分別探討在不同旅客訂位抵達率之型態下，本研究與過去研究結果之營收資料相互比較，其結果如表4.37及圖4.32所示。

表 4.37 策略模式下各航次之營收

航次 策略 模式	90.1.12	90.2.18	90.1.17	90.1.16	90.1.3	90.1.5
非均質 Poisson 訂 位需求預 測模式	978581(3)	515978(2)	758125(2)	793602(3)	607634(3)	348456(2)
旅客於單 一航空公 司之選擇 行為模式	1000194(2)	482880(3)	737884(3)	811474(2)	631433(2)	343890(3)
旅客於競 爭市場之 選擇行為 模式	1597030(1)	694187(1)	1009505(1)	1167500(1)	1005600(1)	423500(1)

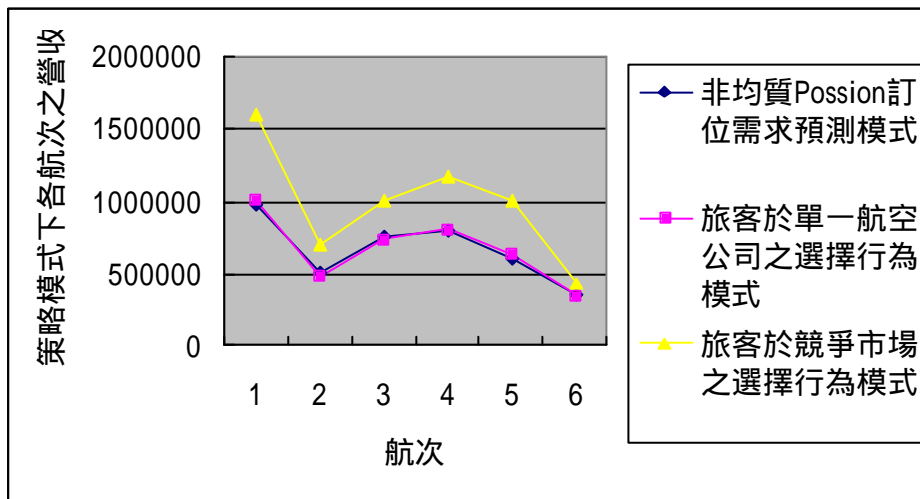


圖 4.33 策略模式下各航次之營收

由表4.37及圖4.34中營收之比較結果可知，本研究在考慮市場競爭下，旅客可能轉移至其他競爭航空公司，以及考慮航空公司在進行訂位艙等規劃後，將剩餘之艙位售予候補旅客之行為，在各種不同旅客訂位抵達率之型態下，各航班所獲得之期望總營收與A航之實際營收相較之後，均優於過去之研究結果。

綜合而言，造成上述差異之原因係由於石豐宇、黃瑞財之非均質Poisson過程之航空訂位需求預測模式策略，與本研究考慮旅客僅

於一家航空公司之選擇行為下所求得之期望營收，並無法反映候補旅客之訂位行為，致使最後獲得之期望營收均遠小於實際之收益。

而本研究模式在考慮市場競爭下，反應航空旅客向一家以上航空公司訂位，但最後僅選擇一家航空公司開票之行為，且亦反應航空公司在考量旅客轉移與取消訂位之情形下，增加由候補旅客所獲得之期望營收，因此不會產生低估實際收益之偏誤。此外，本研究所考量之航空旅客與航空公司之行為，較符合實際之情形，更完整地考慮訂位過程中，航空公司與旅客之供需互動行為，故相對地亦能提高模式結果之正確性。

## 五、結論與建議

### 5.1. 結論

在航空競爭市場中，提昇旅運需求與收益管理技巧為航空公司創造與增加營收的主要來源。航空公司為提高班機承載率及獲利能力，需積極分析航班客位需求並對航機艙位之分配做最有效控管。航空公司為了吸引不同背景及偏好的旅客，乃藉由差別訂價的策略，以提高承載率及獲利能力。就任何時段而言，旅客會依個人旅運需求、時間限制及願意支付價格，指定某一訂位艙等之艙位。而各訂位艙等需求出現頻率，亦會隨距離起飛時間遠近而有所差異，由於各訂位艙等之需求強度不同及抵達時間的差異，造成航空公司在判斷是否接受某次訂位要求的困惑。因此，「訂位艙等規劃」為解決上述問題的主要方法。訂位艙等規劃係依不同費率等級的訂位需求，規劃同一等級座艙中、不同票價費率等級預留艙位數，使得艙位作最有效利用，以獲取最大收益，目的則是希望藉由低價與高價艙位配置數量間的調整來求取最大的期望利潤，以期航空公司在載客率與獲利能力間達到滿意的結果。然而最佳的訂位艙位規劃乃取決於準確的訂位需求預測，當訂位需求預測模式推測出各艙位可能的載客量及其對應的機率時，即可經由收益最大化原則，選定最佳艙位規劃，與制定最適之開票期限。

本研究參考過去對航空公司收益管理問題的研究方法與成果，提出新的航班客位需求模式的觀念，以個別旅客的客位需求、個別旅客對機票效期所感受之不便成本價值，與航空公司所制定各類票價產品之時間限制、票價間之關係為基礎，構建一訂位艙等規劃之解析性模式。本研究將從探討個別旅客進行訂票作業時的決策行為出發，結合需求特性如：金錢、對機票效期感受之不便成本價值，及供給特性如：票價、機票效期、開票時間限制，探討需求行為與供給特性間之關係，分析旅客之票價產品選擇行為，藉此並總計不同訂位艙等之各票價產品所能吸引之旅運需求量及其對應的機率。本研究提出新的航班客位需求模式之觀點，且以個別旅客時間價值之觀念來反映旅客真正之需求，不僅可以求



得旅客真正選擇其票價產品之機率，此外亦可求得旅客轉移至其他票價產品，以及轉移至其他競爭航空公司之機率。進一步在航空公司追求最大化收益之企業目標下，將航空公司開放訂位時間切割成多個決策時段，藉由各票價產品所能吸引之旅運需求量及其對應的機率，以決定各決策時段、各費率等級之預留艙位數，以及在航空公司預留各費率等級之艙位數限制，與已訂位旅客未出現開票之影響下，以決定航空公司之可供候補容量，與制定最適之開票日期。目的是欲探討影響供需兩面互動之重要因素，以分析航班客位需求並進行訂位艙等規劃，與制定最適開票時間。並藉由進行航班客位需求與訂位艙等規劃模式之數據模擬分析驗證，並以該求解結果與現況進行比較，就本研究之求解結果與適用性進行探討。綜合這些分析結果，本研究所得之重要結論如下：

- 1、本研究引用文獻之非均質Poisson分配描述訂位需求，可反映出在接受訂位期間，各票價產品實際訂位的動態特性。藉由各決策時段訂位需求預測值的累計，可預測航班起飛時各費率等級訂位需求總數，以作為訂位上限設定的參考。
- 2、本研究假設訂位艙等時間限制對旅客所造成之實質票價費用支出與旅程規劃時間方便性所衍生之負效用函數為旅客選擇不同票價費率票種之依據，透過航空票價產品對旅客所造成之負效用函數之構建，驗證影響旅客選擇的因素除了機票價格外，亦包括機票效期及旅客本身對這些時間限制之時間價值的衡量。
- 3、影響旅客選擇購買票價產品的主要因素為旅客對於該票價產品時間效期所感受之不便成本差，購買普通票所必須額外承擔之損失的機會成本，及票價費率差。然而旅客於競爭市場下之選擇行為亦受市場上競爭航空公司之影響。依據本研究實例驗證之結果，航空旅客會因競爭航空公司之票價產品影響而取消原訂位之航空公司，轉而選擇購買競爭航空公司之票價產品。
- 4、本研究慮及個別旅客對機票效期感受之時間價值將影響其選擇票價產品，進而影響航空公司之承載率與收益下，進而提出新的航班

客位需求模式。

5、本研究在考慮航空競爭市場中，將旅客轉移(Diversion)至其他票價產品，與訂位後未開票之情形反映於本模式之中，將使得航空公司在進行訂位艙等規劃時，將更能反映實際之旅客訂位情形，使得航班之可供訂位容量作更有效率之規劃。

6、本研究在考慮航空競爭市場中，旅客因轉移至其他競爭航空公司導致而未能開票，以及旅客之訂位要求小於該決策時段之最小保留艙位數下，構建最適可供候補容量函數，以期能在考慮旅客選擇行為之情形下，使得航班起飛時之承載率與獲利能力最高。

7、航空公司所制定之開票時間相對亦會影響旅客選擇票價產品之決策，本研究在考慮旅客選擇行為與不同費率等級之旅客潛藏需求抵達模式(demandarrivalpattern)之不確定性下，在期望收益最大化之原則下構建航空最適開票時間限制模式；若航空公司放寬其開票日期限制，即讓旅客越晚開票，則航空公司將能吸引更多的旅客購買該公司之票價產品。依據本研究結果顯示，當航空公司所制定之開票日期越接近航班起飛時間，則其所能獲得之期望營收越高，主要係因為航空公司越晚要求旅客開票，旅客所需承擔提早開票之機會成本越小，則其相對於其他競爭航空公司而言，將較能吸引旅客購買。

8、本研究所考量之航空旅客與航空公司之行為，較符合實際之情形，更完整地考慮訂位過程中，航空公司與旅客之供需互動行為，故相對地亦能提高模式結果之正確性。

## 5.2. 未來研究方向

- 1、本研究在訂位艙等需求預測模式中，未來研究課題可以考慮針對航空旅客於多費率等級間之選擇行為分析。
- 2、訂位艙等時間限制對旅客所造成之實質票價費用支出與旅程規劃時間方便所衍生之負效用函數方面，未來研究可再考慮針對旅客對航空公司開票時間限制所感受之不便成本進行實際資料之收集與校估。
- 3、未來研究課題可採用旅客需求與各費率變動之交互影響關係，探討同一航線之航空公司間彼此競爭之定價問題。
- 4、未來研究課題可以本研究發展之單一航段模式為基礎，拓展至不同路網規模之多航段問題加以探討。

## 參考文獻

- [1] 石豐宇、郭維杰，多席訂位與多重行程之動態艙位規劃分析，*運輸計畫季刊*，第28卷，第四期，頁565-592，民國88年12月。
- [2] 石豐宇、黃瑞財，以非均質卜桑過程構建多席航空訂位需求預測模式，*運輸計畫季刊*，第25卷，第四期，頁665-680，民國八十五年12月。
- [3] 交通部運輸研究所，赴港澳地區國際空運旅客特性調查與分析，民國八十七年四月。
- [4] 陳茂南、顏上堯，競爭環境中航空公司應變之道—生益管理，中華民國運輸學會第六屆運輸學術聯誼研討會，頁58-71，民國88年。
- [5] 謝登隆、徐繼達，*個體經濟理論與應用*，智勝文化事業有限公司，民國87年。
- [6] Akira,T.,andShinji,M.,“Anappliedmodelofairlinerevenuemanagement,”*JournalofTravelResearch*,Vol.35,pp.64-68,1997.
- [7] Belababa,P.P.“Airlineyieldmanagement:anoverviewofseatinventorycontrol,”*TransportationScience*,Vol.21,No.2,pp.63-73,1987.
- [8] Bodily,S.E.,andWeatherford,L.R.,“Ataxonomyandresearchoverviewofperishable-assetrevenuemanagement:Yieldmanagement,overbookingandpricing,”*OperationResearch*,Vol.41,No.5,pp.831-844,1992.
- [9] Bodily,S.E.,andWeatherford,L.R.,“Perishable-assetrevenuemanagement:Genericandmultiple-priceyieldmanagementwithdiversion,”*Omega*,Vol.23,No.2,pp.173-185,1995.
- [10] Botimer,T.C.,“Efficiencyconsiderationinairlinepricingandyieldmanagement,”*TransportationResearchPart-A*,Vol.30,No.4,pp.307-317,1996.
- [11] Botimer,T.C.,andBalobaba,P.P.,“Airlinepricingandfareproductdifferentiation:Anewtheoreticalframework,”*JournalofOperationResearchSociety*,Vol.50,pp.1085-1097,1999.
- [12] Buhr,J.,“Optimalsaleslimitfor2-sectorflights,”AGIFORSSymp.,Proc.22,pp.291-303,1982.

- [13] Curry, R.E., "Optimal airline seat allocation with fare classes nested by origins and destinations," *Transportation Science*, Vol. 24, No. 3, pp. 193-204, 1990.
- [14] Kanafani, A., *Transportation Demand Analysis*, McGraw-Hill Book Company, 1983.
- [15] Kimes S., "Yield management: a tool for capacity constrained service firms," *Journal Operations Management*, vol. 8, pp. 348-363, 1989.
- [16] Klrtwegt J. and Papastavrou J., "The dynamic and stochastic knapsack problem," *Operations Research*, vol. 46, pp. 17-35, 1998.
- [17] Lee, T.C., and Hersh, M., "A model for dynamic airline seat inventory control with multiple seat bookings," *Transportation Science*, Vol. 27, No. 3, pp. 252-265, 1993.
- [18] Li M. and Oum T., "Seat allocation game on flights with two fares", *Working Paper*, Division of Applied Economics, Nanyang Business School, Nanyang Technological University, Singapore, 1998.
- [19] Liang Y., "Solution to the continuous time dynamic yield management model," *Transportation Science*, vol. 33, pp. 117-123, 1999.
- [20] Littlewood, K., "Forecasting and control of passenger bookings," AGIFORS Symp., Proc. 12, pp. 95-117, 1972.
- [21] McGill, J.I., Brumelle, S.L., "Airline seat allocation with multiple nested fare classes," *Operation Research*, Vol. 41, No. 1, pp. 127-137, 1993.
- [22] McGill, J.I., "Revenue management: research overview and prospects," *Transportation Science*, Vol. 33, No. 2, pp. 232-254, 1999.
- [23] Morrison, S.A., and Winston, C., *The Evolution of Airline Industry*, The Brookings Institution, Washington D.C., 1995.
- [24] Pak K. and Piersma N., "Airline Revenue Management: An overview of OR techniques 1982-2001", <http://www.erim.eur.nl>, January 2002.
- [25] Rothsein, M. and Stone, A. W., "Passenger Booking Levels", AGIFORS 7<sup>th</sup> Symposium Proceedings, pp. 392-435, 1967.
- [26] Rothsein, M., "An Airline Overbooking Model", *Transportation Science*, Vol .5, pp. 180-192, 1971.

- [27] Shlifer, E. and Y. Vardi, "An Airline Overbooking Policy," *Transportation Science* 9, pp. 169-173, 1975.
- [28] Subramanian J., Lautenbacher C., and Stidham S., "Yield management with overbooking cancellations and no-shows," *Transportation Science*, vol. 33, pp. 147-167, 1999.
- [29] Teodorovic, D., *Airline Operation Research*, Gordon and Breach Publishers, 1988.
- [30] Thompson, H. R., "Statistical Problems in Airline Reservation Control", *Operations Research*, Vol. 12, pp. 167-185, 1961.
- [31] VAN Ryzin G. J. and McGill J. I., "Revenue management without forecasting or optimization: an adaptive algorithm for determining airline seat protection levels" *Management Science*, Vol. 6, No. 6, pp. 760-775, June 2000.
- [32] Van Slyke R., and Young Y., "Finite horizon stochastic knapsacks with application to yield management," *Operations Research*, vol. 48, pp. 155-172, 2000.
- [33] Wang, K., "Optimal seat allocation for multi-leg flights with multiple fare types," AGIFORSSymp., Proc. 23, pp. 225-237, 1983.
- [34] Wollmer, R. D., "An airline seat management model for a single route when lower fare classes book first," *Operation Research*, Vol. 40, No. 1, pp. 26-37, 1992.
- [35] Wong, J. T., "Airline network seat allocation," Ph.D. Dissertation, Northwestern University, 1990.
- [36] You P. S., "A dynamic model for a two-cabin yield management with free upgrading decision", *Journal of the Operations Research Society of Japan*, vol. 44, No. 4, 2001.