國 立 交 通 大 學
運 輸 與 物 流 管 理 學 系

碩 士 論 文

考量機位後期銷售管道之航空營收管理問題

An Airline Revenue Management Model Considering the Last-minute Sales Channel

研 究 生：黃 伯 晟

指導教授：黃 寬 丞 教授

中 華 民 國 一 〇 六 年 二 月

考量機位後期銷售管道之航空營收管理問題

An Airline Revenue Management Model Considering the Last-minute Sales Channel

研 究 生：黃伯晟　　Student：Po-Chen Hwang

指導教授：黃寬丞　　Advisor：Kuancheng Huang

國 立 交 通 大 學

運輸與物流管理學系

碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of

Master

In

Traffic and Transportation

February 2017

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇六年二月

考量機位後期銷售管道之航空營收管理問題

研究生：黃伯晟　　指導教授：黃寬丞

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

摘要

航空機位具有不可儲存性，當班機起飛後空位將會形成浪費。後期銷售機制不僅將機位做更有效運用，也因航空業低邊際成本特性，多數票價收入能成為利潤，此即為營收管理問題的一環。本研究利用過去較少探討的其他銷售管道販售促銷機位，並藉此最大化收益、提供座位切出時間及數量決策。實驗中假設單一航段、單一客艙、固定價格的情境，並沿用旅客選擇模式，以動態規劃方式求解找出最大預期收益、適宜的座位切出時間與配置數量。研究發現切出時間與數量對於營收皆有影響，另外此銷售機制在不同旅客組成的班機具有不同效果，透過需求面的比較也能發現同樣現象。

關鍵詞：營收管理、銷售管道、動態定價、動態規劃。

An Airline Revenue Management Model Considering the Last-minute Sales Channel

Student: Po-Chen Hwang Advisor: Dr. Kuancheng Huang

Department of Transportation and Logistics Management
National Chiao Tung University

ABSTRACT

As airline seats belong to perishable assets, empty seats would become wastes as the flight takes off. Late-stage alternative sales channel not only helps utilize the capacity, also, due to the properties of airline industry that serving additional passenger cost little, most part of ticket revenue would become profit thus lead to revenue increase. In this research, we use second sales channel to offer the late-stage deals, and our objective is to maximize the revenue, also to determine the appropriate time to allocate the seats to the second channel and the amount to offer. We considered one-leg, single class in economy with fixed priced fare classes scenario. By customers' choice behaviors, we use dynamic programming to find out the maximum expected revenue. The experiment results indicate that the time of opening additional channel, seat allocation will influence the revenue. We also found that it's a stable sales mechanism with better performance on numerical simulation. In addition, different demand compositions will have different effects when providing alternative sales mechanism, same finding can be found when comparing different demand scenarios.

Keywords: Revenue management, Distribution channel, Dynamic pricing, Dynamic programming

誌謝

兩年多的研究所生活匆匆逝去，輪到自己來寫誌謝時，內心總覺得有些不踏實。曾經面臨過對於生涯毫無概念的迷惘，決心重拾書本踏入嶄新的交通運輸領域卻也非一帆風順，迥異於台大的校風、不同的專業領域都讓我在初期吃上了苦頭，但在這兩年來的洗禮下，我開始明白在許多簡單的事物背後埋藏著更多理論與實務背景，這才真的發現到交通運輸其中的奧妙與迷人之處，也讓我用更開放的心態與眼界去面對這個世界的諸多現象。

在研究所的兩年間我最想感謝的是指導教授黃寬丞老師。謝謝老師給我空間讓我探索有興趣的議題，帶著我一同把議題聚焦到研究問題，發展出適宜的研究方法。而在撰寫論文的過程中老師也不時給予建議，讓這篇論文探討的內容更為完整、連貫。同時由衷感謝口試委員汪進財老師以及蕭傑諭老師，在口試過程中點出潛在問題，讓我有機會重新思考這個研究的定位，使論文更臻於完善。另外我也想感謝在撰寫論文時曾經推我一把的朋友們，謝謝任職於華航的家豪、旅行社的董哥、對航空事務頗有獨到見解的銘進，你們讓這份研究有了初步的架構，也讓我更了解產業的現況。

除了在論文上一直給予協助的人外，一直在身邊給我力量的朋友們也是我衷心感謝的對象。謝謝乙庭、國宣、艾蘭格在我碩一懵懵懂懂時所給予的照顧；謝謝浩瑄、雨農、優蓉、盛智、佳哲、安妮過去一年陪我一同經歷過撰寫論文的大小起伏，並為彼此建立堅強的後盾，分享各種喜怒哀樂，有你們真好；謝謝 KC LAB 茶水間的可桓、禹諾分擔了我的人生重擔還有助教課的一切事項，也謝謝昱霆和彥吟，你們為研究室帶來了全新氛圍。兩年的研究所生活，因為有你們，讓我在研究室感受到家的歸屬感，或許是來交大前所未曾預期的收穫吧。

最後也得感謝父母一直以來的支持，從決定念研究所到完成論文的過程中總是讓我能夠專注一致的在我自己的領域中發展，也無條件支持我後續所做的所有決定，沒有你們的叮嚀提點，我可能還在茫茫人海中尋找未來的方向，由衷的感謝。

謝謝這一路上的所有人，這篇論文獻給大家。

黃伯晟 謹誌

2017 年 2 月

目錄

中文摘要 I
英文摘要 II
誌謝 III
目錄 IV
圖目錄 V
表目錄 VI
第一章 緒論 1
1.1 研究背景與動機 1
1.2 研究課題與範圍 3
1.3 研究內容 6
1.4 研究流程 7
第二章 文獻回顧 8
2.1 傳統營收管理問題 8
2.2 結合消費者選擇行為之營收管理問題 10
2.3 策略型顧客與後期銷售機制 11
2.4 小結 14
第三章 模式 15
3.1 模式建立 15
3.2 解題流程 17
3.3 例示性範例 18
第四章 數值分析與模擬 21
4.1 納入時間因素之決策比較 21
4.2 數值模擬 25
4.2.1 數值模擬流程與步驟 25
4.4.2 數值模擬結果分析與討論 26
4.3 決策對營收影響 31
4.4 旅客組成比例 32
4.5 供需調整情境比較 35
4.6 小結 39
第五章 結論與建議 40
5.1 結論 40
5.2 建議 41
參考文獻 42
附錄一 十時期各艙等購買機率 45
簡歷 50

圖目錄

圖 1-1 國籍航空載客率統計 (民航局統計月報，本研究整理)....3
圖 1-2 航空公司機位銷售管道 (本研究整理)....4
圖 1-3 Lastminute.com 網站 5
圖 1-4 研究流程圖 (本研究整理)....7
圖 3-1 銷售階段圖 16
圖 3-2 求解流程圖 17
圖 4-1 商務與休閒旅次比例變化 22
圖 4-2 分期數與切出座位數決策比較 23
圖 4-3 座位控管決策(τ=145)....24
圖 4-4 旅客訂位模擬流程圖 25
圖 4-5 載客率與營收關係圖 27
圖 4-6 訂位曲線圖 (未實施後期銷售機制)....28
圖 4-7 訂位曲線圖 (實施後期銷售機制)....29
圖 4-8 訂位曲線圖(T=200-145) 29
圖 4-9 數值模擬座位配置次數統計 30
圖 4-10 切出時間與預期收益 31
圖 4-11 座位配置與預期收益 32
圖 4-12 不同比例 L 艙旅客與收益改善....33
圖 4-13 不同旅客組合、切出時間與預期收益 34
圖 4-14 不同類型航線切出座位數比較 35
圖 4-15 不同總座位數於最佳切出時期之座位配置決策 36
圖 4-16 不同總座位數於 100 期之座位配置決策 37
圖 4-17 200 期、130 座不同旅客到達率座位配置決策 38
圖 4-18 不同需求量於 100 期座位配置決策 39

表目錄

表 1-1 航空公司費率艙等比較 2
表 3-1 各費率艙等票價及相關限制 18
表 3-2 旅客類型 18
表 3-3 各艙等購買機率 19
表 4-1 各時期商務及休閒旅次比例 22
表 4-2 各時期旅客選擇比例 22
表 4-3 考量時間對決策結果影響 23
表 4-4 數值模擬結果 27
表 4-5 載客率與營收變異數比較 28
表 4-6 旅客購買之費率艙等比較 30
表 4-7 不同旅客組成航班之旅客比例 34
表 4-8 200 期、λ=0.75 不同座位數之決策比較 36
表 4-9 200 期、λ=0.75、同時期切出不同座位數之決策比較 37
表 4-10 200 期、130 座不同旅客到達率比較 38
表 4-11 200 期、130 座不同旅客到達率比較 39

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

營收管理的概念最早可以回溯到 1970 年代初期(Cross et al, 2011)，英國海外航空 BOAC 推出早鳥折扣票，藉以提升班機的搭載率；美國航空(American Airlines)的 Bob Crandall 發現航空產業具有高固定成本、低變動成本等特性，遂於 1977 年推出新的折扣票種，並加以投資資訊系統以更準確預估需求。隨著美國對於航空運輸的去管制化，航空票價不再受到標準規範，航空公司能夠靈活調整訂價策略，低成本航空因而可以提供極具競爭性的票價吸引票價彈性較低的旅客，使航空公司間的競爭益加激烈。因應激烈的市場競爭，美國航空於 1985 年再度推出具有較多限制的極低票價吸引旅客，並透過艙位控管控制優惠機位的數量，使營收成長 14.5%、利潤增加 47.8%。此提升收益的方式稱為營收管理(Revenue Management)，亦可稱為收益管理(Yield Management)，在美航的成功後也為其他航空公司所仿效。

營收管理的概念問世以來，適用的範圍不僅是航空公司，目前也已經廣泛被鐵路、郵輪、租車、飯店、零售、娛樂等產業所應用。根據 Weatherford and Bodily (1992)，航空公司的機位屬於時效性資產，其具有以下特性：

1. 不可儲存性：

產品或服務具有其生命週期，也不具銷售的彈性，在其被提供後便不具價值，亦不可儲存、再轉換至下一時期繼續銷售。簡言之，產品與服務僅在當下具有價值，若未能銷售予消費者則會形成浪費。戲院的座位、餐廳、運輸服務等皆具有此特性。因為時效性產品無法保存其價值，在銷售過程中應特別留意，避免庫存不足或過剩的情況。

2. 具固定數量：

指產品或服務在增加一單位時可能會有時間差或是較高的邊際成本，使供給者在成本和時間的考量下無法及時提供更多的服務，例如：旅館要提供額外一單位的服務時必須耗費時間與成本進行裝修，短期而言提供的產品數量有限。在固定數量下，如何配置有限數量的服務便成為一大考量。

3. 具市場區隔之能力：

通常不同的消費族群基於不同的考量，對於同樣的產品會有不同的願付價格，供給者可以透過不同條件，如「購買身分」、「購買時間」等限制，依據消費者的需求及偏好提供不同的服務，透過市場區隔、差別訂價的手段進一步推升營收。

另一方面，Talluri and van Ryzin (2006)同樣指出，適用營收管理的產業具有六項特性，包含顧客具有異質性能夠進行市場區隔；需求具變動及不確定性需要較複雜的方式進行估算；商品不具彈性，難以增加供給亦不可儲存；商品具有同質性不因差別取價而

提供不同服務；具有足夠資料及系統設施處理決策問題；能夠接納新科技輔助的管理文化等，與 Weatherford and Bodily 的說法相近。

而現時航空公司在操作營收管理上即是使用不同艙等進行市場區隔，藉以達成差別取價的目的。一般而言，傳統航空公司會在飛機上規劃不同的客艙級別(cabin class)，例如：頭等艙、商務艙、豪華經濟艙以及經濟艙，分別規劃出不同的服務流程及服務水平。另一方面，在同樣的客艙級別中，航空公司亦會劃分出不同的費率艙等(fare class)銷售予不同類型的乘客。在費率艙等的設計上，航空公司會為各個費率艙等規劃不同的價格，除了全額票價以外，航空公司也會推出較低價格但佐以不同的限制條件的折扣票。Barnhart et al. (2009)即指出過去常用的限制條件包含提早購買、周六夜間停留、最短停留時間、最長停留期限、退票與行程更改限制等；Walczak and Edward (2014)則指出畫分的標準也涵蓋部分優享權益，例如：里程累積比例、貴賓室候機、優先報到櫃台享快速服務、優先選位等權益。價格越高的票種限制條件越少，能夠享有的權益較多；反之限制則較多，亦無優享權益可言。

而在 2001 年後，隨著線上旅行社影響力大增，票價資訊對於旅客而言漸趨透明；另一方面低成本航空如雨後春筍般出現，其簡化的票價結構，對於傳統航空公司皆造成不小的衝擊。傳統航空公司開始意識到既有的艙等限制條件無法有效區隔旅客，亦採取減化費率艙等的措施，取消了最短停留、周末停留等限制。現今普遍使用的票價條件則包含里程累積比率、最長停留期限、退票與行程更改限制。由於不同航線上即使費率艙等之代號相同，相關限制條件仍有所差異，故表 1-1 列舉我國之國籍航空台北往返曼谷票價為例，比較各費率艙等間之差異。

表 1-1 航空公司費率艙等比較

艙等	票價	里程累積	效期	改票	退票	備註
J	31800	130%	1 年	1000 元	1000 元	商務艙
C	26800	125%	6 個月	1000 元	1000 元	商務艙
D	24800	115%	3 個月	1000 元	1000 元	商務艙
Y	17800	100%	1 年	1000 元	1000 元	
B	16800	100%	3 個月	1000 元	1000 元	晚班折價 1000 元
M	15500	100%	3 個月	1000 元	1000 元	晚班折價 1000 元
K	14000	80%	1 個月	1000 元	1000 元	晚班折價 1000 元
R	11500	50%	1 個月	1000 元	1000 元	晚班折價 1100 元
Q	9900	50%	14 天	1000 元	2000 元	晚班折價 1600 元
	8499					45 天早鳥票，晚班折價 800 元
	8099					60 天早鳥票，晚班折價 900 元

資料來源：雄獅旅遊(2015.12)、中華航空

雖然航空公司透過規劃不同的費率艙等、差別取價的方式使更多擁有較低願付價格的旅客同樣能購入機票，進而擴大搭機客源，然而個別的班機仍會面臨機位銷售不佳的困境。圖 1-1 節錄並整理自民航局所提供的「臺灣地區各機場國際及兩岸定期航線班機載客率—按航空公司分」表格。三家主要的國籍航空中華航空、長榮航空、復興航空在國際航線上的平均載客率約莫坐落於 70 至 80%之間，若以一架 300 人座的空中巴士 A330 客機為例，平均每個航班機上會有 60-90 個不等的閒置座位，因商品不可保存之特性，一旦航班出發後，這些未能售出的座位將形成浪費且無法貢獻收益。同時，也因為航空產業高固定成本與低變動成本的特性，額外服務一位旅客所需要付出的邊際成本極低，亦即一張機票價格的收入扣除供餐、載重成本外，多數收入將成為利潤。結合上述困境與航空業特性，航空公司於銷售期間內新增費率艙等作為促銷而非初期即提供低價票的後期銷售機制預期可以作為航空公司減少機位浪費並拉升收益的方式之一。

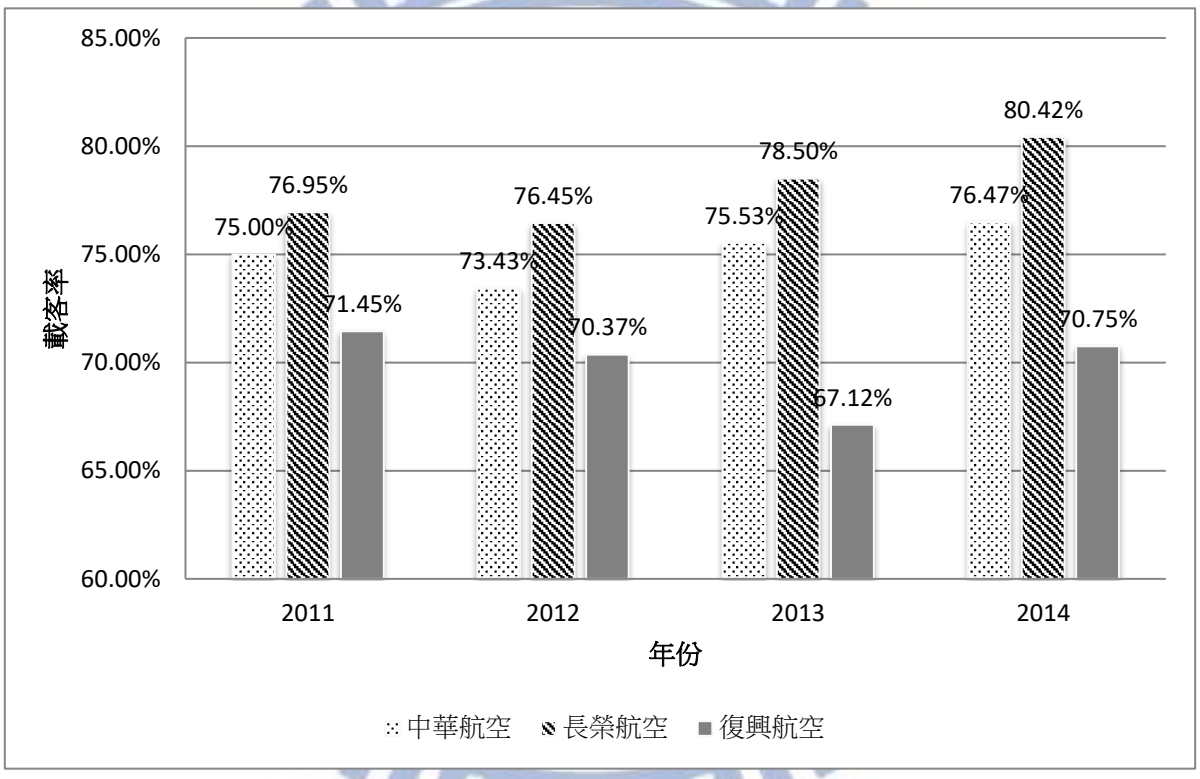


圖 1-1 國籍航空載客率統計 (民航局統計月報，本研究整理)

1.2 研究課題與範圍

由於機位具有不可儲存性，剩餘未售出之座位在班機起飛後便不具任何價值，如何在機位的銷售後期將機位銷售出去便成為值得進一步探討的問題。

針對機位銷售的問題，航空公司在機位銷售上，其銷售通路可以分為自行銷售與代理商間接銷售兩種模式，本研究亦參考林淑萍、陳勁甫、沈進成(1990)的研究、書籍《航空客運與票務》 (張瑞奇，1999)以及旅行社同業的訪談，將航空公司的機位銷售管道進行整理，並將各個管道歸納如圖 1-2 所呈現：

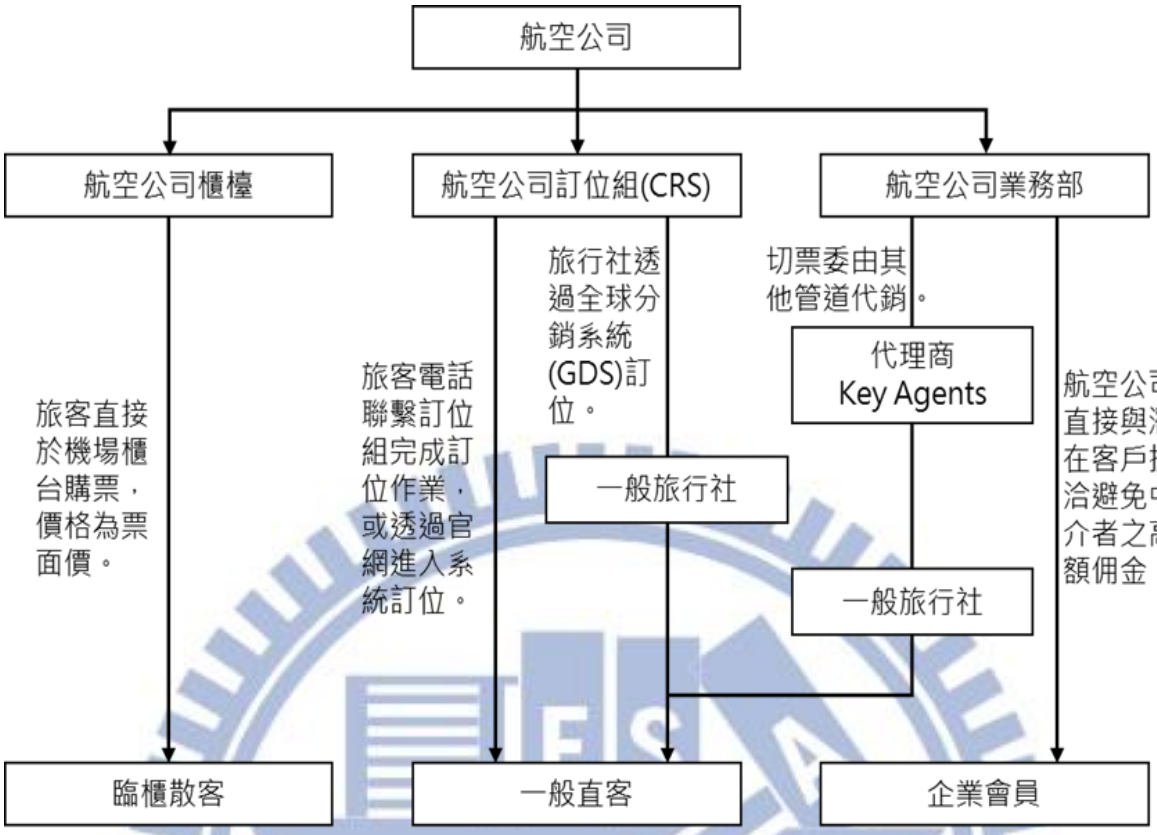


圖 1-2 航空公司機位銷售管道 (本研究整理)

普遍而言，航空公司可以透過機場櫃檯、航空公司自身訂位系統以及業務部與中間商或消費者聯繫以進行機位的銷售。機場櫃檯銷售對象主要為臨時出發的商務型旅客，無法訂位必須即刻購票，通常以票面價的價格賣出。一般旅客可以透過電洽訂位組或是利用官網直接向航空公司訂位，也可以透過中介的旅行社向航空公司訂位。另一方面，旅行社與航空公司業務部也會進行協商，航空公司「切票」由下游旅行社協助代銷部分機位，旅行社可以藉由此方式取得一定數量且價格較低的團體機位以包裝團體行程。最後，由於商務旅客的利潤較高，航空公司的業務部門也會直接與企業客戶接洽，提供直接的服務並省下對於旅行社高額的佣金支付。

基於上述調查，本研究嘗試提出對應的後期銷售策略。航空公司開放機位銷售後，發現特定班機的銷售狀況不佳、仍帶有空位時，將會以較低的價格將部份機位以個人票而非團票的方式切出，遵循電子商務的模式於第三方的中間商，如：旅行社或其他旅遊產品相關網站上寄賣銷售限制較多的低價機位，其概念類似圖 1-3 的 Lastminute.com 網站所示，透過較低的訂價吸引消費者購買，進而避免班機帶空位起飛。本研究以最佳化為主軸，探討兩個決策問題，包含如何配置低價艙等的數量、何時開放低價艙等購票管道等兩個問題以達成預期收益最大的目標。

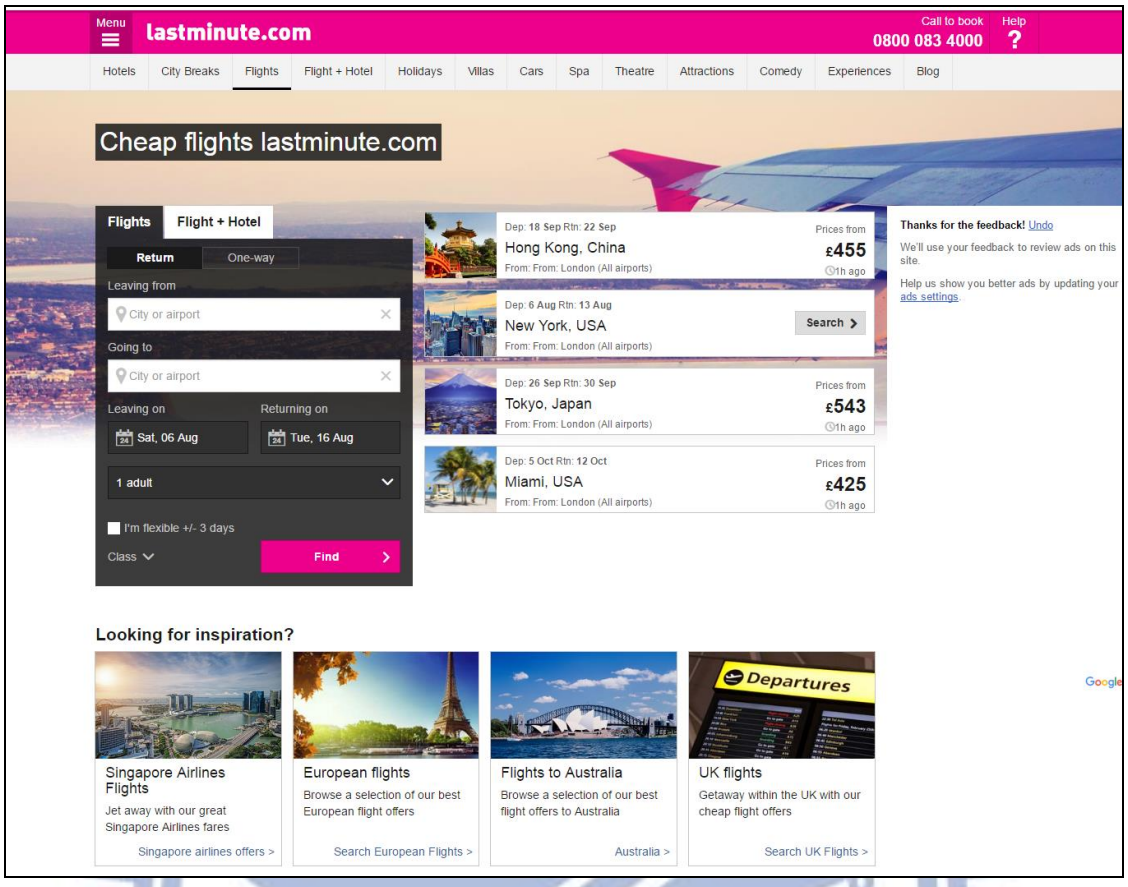


圖 1-3 Lastminute.com 網站

此外，為簡化研究問題，本研究將問題設定於以下範圍之內：

1. 僅考慮單一航段：為避免涉及航空網絡結構時變為更多向度的問題，在此僅以單一航段做為考量。另一方面，為簡化假設，本研究亦設定回程航班無容量限制，藉此達成來回銷售之慣例。

2. 僅考慮單一客艙艙等：由於不同客艙級別所提供的產品、服務並不相同，且不同客艙級別之需求、市場屬性皆不相同，故本研究僅考慮經濟艙銷售問題。

3. 不考慮超額訂位(Overbooking)與訂位後不出現(No-show)：航空公司設定超額訂位是為防止旅客訂位後不出現的情形，然而若考慮此因素會使研究所需參數過多，故設定銷售定量座位為本研究的目標。

另一方面，部分文獻認為實務上旅客會自認理解航空公司的市場銷售策略，預期航空公司在銷售末期會以低價將剩餘座位出清，進而出現延後購買的行為以達到個人效用最大的目標。但是航空公司有權決定其銷售策略，透過較高彈性的操作手法，例如不定期推出促銷低價票、隨機選擇促銷之航線、不同購票管道銷售等策略，預期可以消弭顧客的策略性購買行為。另一方面，策略性購買的行為屬於心理層面的考量，實際上難以量化，在此模式中僅以購買與不購買的實際行為簡化並取代，故在此不將策略性購買的問題納入考量。

1.3 研究內容

本研究的目的在於解決班機帶過多空位起飛的問題，透過後期銷售機制能進一步提升機位銷售的狀況，進而達成最大預期收益的效果。而本研究的各章節及其內容如下所說明：

1. 確立研究動機與目的：透過既有的民航局統計資料了解既存的航班帶空位起飛之問題，而這些空位無法貢獻於收益上，故在了解現行的幾個售票管道及機制後提出新的解決方案，並針對此方案討論其對於收益的貢獻是否能較現有的機制為佳。

2. 文獻回顧：閱讀相關文獻。本章節將由營收管理的基礎概念開始介紹，包含由定價及定量兩個角度切入以達成收益最大化的目標。然而近來的研究指出，消費者的行為可能會影響銷售實績，故納入消費者行為的研究已成為趨勢，包含消費者購買行為的模式、旅客可能有延期購買的行為等，皆涵蓋於此。透過相關文獻的整理，可以了解過去的文獻主要考量的問題，亦確立本研究與過去研究探討相異之處。

3. 模式建立：建立最佳化模式並說明。接著以自行設計的數值範例測試，確立範例的結果能夠有效改善既有的模式。

4. 數值測試與模擬：延續第三章例題，比較不同旅客組合下決策行為的變化，並將時間因素納入考量，探討時間對於決策的影響。另一方面，本章節亦將討論若針對部分參數進行調整，結果會如何改變。最後則是透過數值模擬的方式與動態規劃所產生之最佳解進行比較，並分析模擬過程的情境。

5. 結論與建議：比較並說明相關結果，並討論本結果能如何提供相關決策單位做進一步的決策行為，亦提出建議做為未來相關研究可以持續進行的方向。

1.4 研究流程

本研究的研究流程如圖 1-4 所示：

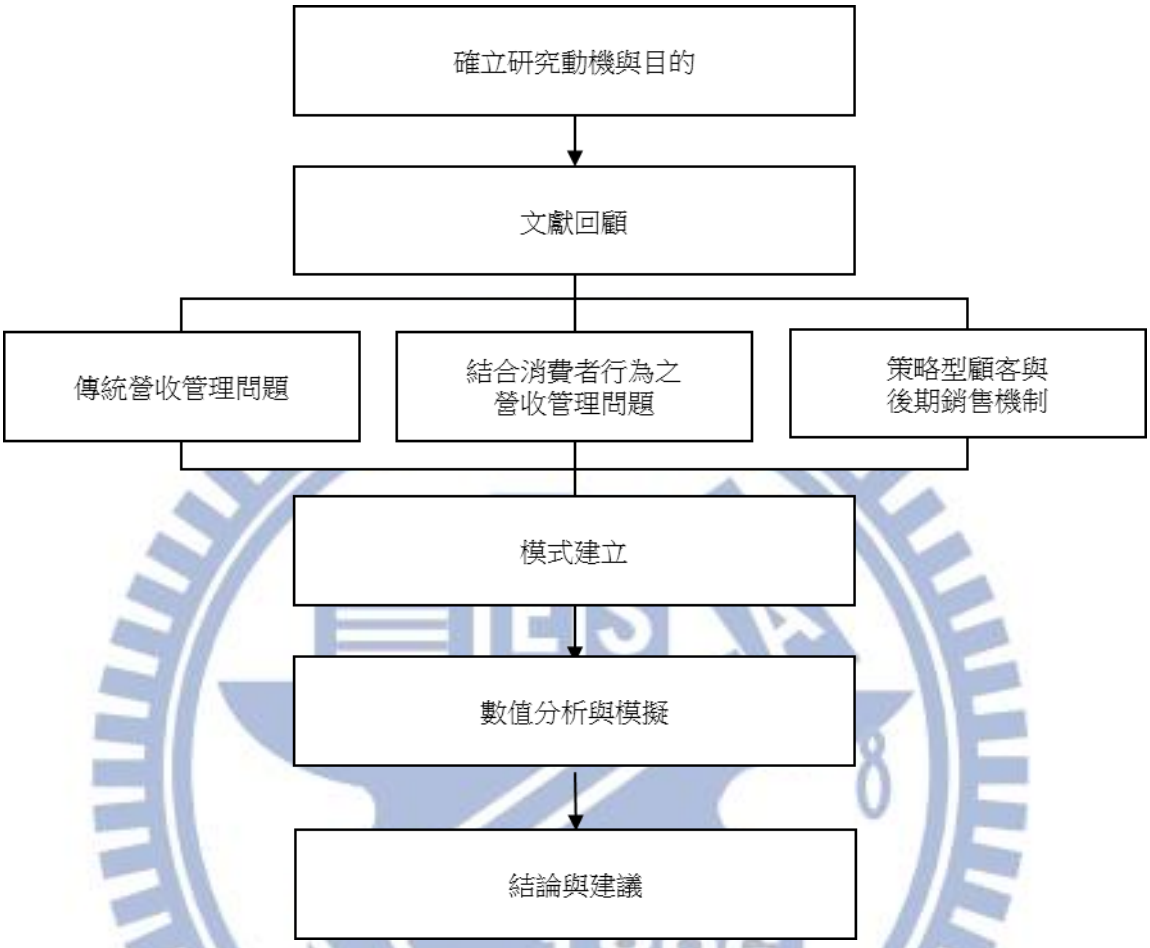


圖 1-4 研究流程圖 (本研究整理)

第二章 文獻回顧

本章節首先介紹營收管理的基本概念，從傳統的艙位配置與價格訂定相關議題切入進行介紹，也介紹將消費者選擇行為納入考量的營收管理文獻。另一方面，航空公司是否應提供銷售末期之清艙促銷，提供清艙促銷所造成旅客預期心理進而影響旅客的購買行為等，均涵蓋於本章節的討論中。

一般而言，航空營收管理的問題可以從量與價兩個不同的角度切入。以量為主的問題係指航空公司已經有設定不同價格之費率艙等，透過不同的模式求解出各個費率艙等的最適配置量以達成較高收益；而價的問題則是著重於訂價策略，透過價格的操作以提高收入。然而 Shen and Su (2007)認為，在傳統的營收管理問題中，顧客的行為往往被簡化、未獲研究者重視，是近年來才有研究陸續將顧客的行為，包含願付價格、商品選擇的決策行為納入考量，使廠商和顧客之間的關係更完整被呈現，亦有助於航空公司改善銷售與顧客服務之策略。另外，在討論後期銷售機制時往往也會考量到消費者因預期心理而延後其購買行為進而可以用較低價格購入以達成個人效用最大，在策略型購買消費者存在情況下，航空公司相關的銷售策略應如何調整，此部分與本研究亦有接近之處，在本章亦會針對此議題進行探討。

2.1 傳統營收管理問題

艙位管理又可分為靜態與動態兩個模式，靜態的艙位管理最早可以追溯至 1970 年代，當航空公司推出不同費率艙等及票價，如何決定最佳的座位配置數量成為待解決的問題。Littlewood (1972)發展出一個兩艙等的模式，指出當折扣艙等的收入一旦高於未來全額票價的預期收入時便應接受該訂位需求，而該決策法被稱為 Littlewood's Rule。Belobaba (1989)將 Littlewood 的模式繼續延伸至多費率艙等的配置，稱為 EMSR (Expected Marginal Seat Revenue) 模式，透過不同艙等價格、旅客的平均人次及標準差求得各艙等的訂位上限 (Booking Limits)或保障下限 (Protection Level)。Curry (1990)延續 Belobaba 的研究，認為邊際座位收益的方式僅能解決單一航段的巢式座位配置問題，數學規劃僅能解決多航段而無法得到最適的巢式分配結果，故結合邊際收益及數學規劃兩種方法求解，改善無法同時解決巢式分配與多航段問題的限制。Wollmer、Brumelle and McGill 等學者後續也繼續使用 Belobaba 所提出的 EMSR 模式，並將其加以改良以發展出能夠更加提升收益的機位配置策略。

動態的機位控管決策如 Lee and Hersh (1993)所提出的模式，其認為先前的模式過度簡化實際情境，包含將剩餘時間全數視為同一期，需求自始至終皆相等，卻未考量到旅客需求會依時間變化、旅客的需求到達由低至高、各個訂位艙等彼此獨立，旅客只考慮單一艙等，未能購得該艙等則不購入、不考慮取消或 No-show、僅考量單一航段、不接受團體訂位等假設。針對過去模式的缺陷，Lee and Hersh 視需求為一個隨機的過程，會隨時間而改變，且將決策時間縮短，每個時期最多處理一個需求抵達，發展出的 Bellman Equation 如式(1)：

$$V_t(x) = q_t^0 V_{t-1}(x-1) + q_t^1\big(p_1 + V_{t-1}(x-1)\big) + \sum_{j=2}^{n} q_t^j \max(p_j + V_{t-1}(x-1), V_{t-1}(x)) \quad (1)$$

符號說明：

t	：	目前時間，t=0 表示班機起飛之時間點。
x	：	目前剩餘座位數。
$V_t(x)$	：	在時間 t、仍有 x 個座位時的最大收益期望值。
q_t^j	：	在 t 時間點對各艙等的購買機率，j=0,1,2,…,n，其中 j=0 表示不買
p_j	：	艙等 j 的價格， j=1,2,…,n

其並遵守當班機起飛後，剩餘座位不具任何價值之邊界條件：

$$V_0(x) = 0 \quad (2)$$

Lee and Hersh 接著透過$\Delta V_{t-1}(x)$的求算得到每個座位的邊際價值如公式(3)：

$$\Delta V_{t-1}(x) = V_{t-1}(x) - V_{t-1}(x-1) \quad (3)$$

其指出若價格大於該座位的邊際價值，則接受該訂位需求，依此類推至初始販售之時期並求得各時期的艙位配置策略。作者亦將團體納入考慮，發展出考慮同時多筆訂位的最佳機位配置策略。

在定價上，航空公司針對不同類型及需求的旅客設計不同的費率艙等及票價，是為差別取價的概念。Varian (1989)指出其起源於經濟學的三級差別訂價，第一級差別訂價係指依照每位顧客願付價格改變價格，然而實務上無法完全洞悉消費者偏好，故並不可行；第二級為區間訂價，透過不同消費需求區間區隔訂價；第三級差別訂價則是將顧客分群提供不同種類的產品，例如學生票、成人票的差異。

從差別取價概念為出發點的研究如 Dana (1998)，其認為提早購買的折扣票是依照消費者願付價格而有所差異，屬於第二級差別取價。透過較低的票價吸引不確定性較高的旅客提前購買，反之確定出行的旅客則可收取高價，進而增加生產者剩餘。不同於 Dana，Botimer and Belobaba (1999)統整過去的討論，認為航空公司的差別取價是將旅客分類後分別訂價，購入不同票價的族群分別代表不同類別之旅客，屬於第三級差別取價。在此基礎之下，作者將訂價視為靜態過程，透過簡化消費者的需求，透過設定各個費率艙等的訂位上限以及價格的操作達到收益最大化的目標。

然而實務上航空公司並不完全是操作靜態的訂價方式。Gallego and van Ryzin (1994)認為事前決定價格的靜態動價操作方式僅適用於當廠商能夠清楚明瞭消費者的需求，然而實際上並不可行，消費者的需求變動幅度不易掌握，包含消費者對於航班出發的日期、時間等反應皆會有所不同，隨著需求改變而變動價格的動態訂價法相關研究日益增加。而 Elmaghraby and Keskinocak (2003)則認為，隨著企業更能完整掌握消費者行為與偏好進而更容易取得顧客的需求變化之外，資訊科技的發達也使過去調整價格所需付出的成

本逐步降低，再加上決策分析工具的便利性大幅提升等因素，都使動態訂價除了在航空業使用更廣泛，也廣為其他產業所應用。

2.2 結合消費者選擇行為之營收管理問題

顧客行為研究所涵蓋的範圍十分廣泛，例如：旅客會策略性選擇最低票價，是過去所未能探討的層面，故將消費者選擇行為納入考量，進而衍生出新的營收管理問題。

在探討旅客行為與多種費率艙等產品的研究中，Talluri and van Ryzin (2004)便將旅客選擇納入考量，分析單一航段的營收管理問題，其所建立的動態規劃數學式如式(4)所示，目標在求得距離起飛仍有 t 時期、x 個座位時的最大預期收益。在其假設中，每個時期至多僅能有一個需求抵達、共有 n 個費率艙等，航空公司因而可以發展出 2^n-1 個艙等子集合，透過各艙等的選擇機率、價格、若未購買的殘餘價值等，由起飛時(t=0)以動態規劃回推可得距離起飛仍有 t 期、x 個座位時的期望收益 Bellman Equation 如下：

$$V_t(x) = \max_{S \subseteq N} \left\{ \sum_{j \in S} \lambda \left(r_j + V_{t-1}(x-1) \right) + (\lambda P_0(S) + 1 - \lambda) V_{t-1}(x) \right\} \tag{4}$$

符號說明：

t	：	目前時間，t=T 與 t=0 分別表示銷售初期及班機起飛之時間點。
x	：	目前剩餘座位數。
$V_t(x)$	：	在時間 t、仍有 x 個座位時的最大收益期望值。
λ	：	旅客的到達率。
$P_j(S)$	：	旅客購買艙等 j 的機率，當 j=0 時表示不買。
r_j	：	艙等 j 的價格。

等式(4)可以分為兩個部分，當有需求進入時，賣出座位之期望收益為旅客到達率(λ)乘上費率艙等購買機率$P_j(S)$再乘上購買費率艙等之價格收入r_j及下一期剩餘座位之價值$V_{t-1}(x-1)$；而當沒有需求到達時，其期望收益為旅客未到機率$1-\lambda$加上未購買之機率$P_0(S)$乘上前一期未銷售出剩餘座位數的價值，兩部分總和即為當期最大預期收益。等式(4)並同時服從兩個邊界條件，座位全數售罄以及班機起飛時期望收益為 0：

$$V_t(0) = 0, t = 1, \dots, T \tag{5}$$

$$V_0(x) = 0, x = 1, \dots, C \tag{6}$$

若將$\Delta V_{t-1}(x) = V_{t-1}(x) - V_{t-1}(x)$及$\sum P_j(S) + P_0(S) = 1$代入等式(4)，經過運算後等式可以改寫為等式(9)：

$$Q(S) = \sum P_j(S) = 1 - P_0(S) \tag{7}$$

$$R(S) = \sum P_j(S)\, r_j \tag{8}$$

$$V_t(x) = \max_{S \subseteq N}\{\lambda(R(S) - Q(S)\Delta V_{t-1}(x))\} + V_{t-1}(x) \quad (9)$$

符號說明：

S ： 開放費率艙等所形成的子集合。

Q(S) ： 在艙等開放 S 子集合下，機位售出的機率。

R(S) ： 在艙等開放 S 子集合下，機位售價的期望值。

作者亦指出將期望收益 R(S)與購買機率 Q(S)繪製於二維象限圖中時，部分艙等子集合的點可以連成前緣線(frontier)，為具效率(efficient)之子集合，亦即開放艙等之集合。作者並利用座位的最大期望收益相減求得每個座位的邊際成本，推得在特定時期、仍具有特定座位數時所應開放之艙等組合，進而可以求得最適的訂位上限。

除單一航段外，後續研究也將研究範疇延伸至多航段問題。Liu and van Ryzin (2008a)探討多航段情境下旅客選擇行為對營收的影響，其指出有效率的子集合同時為開放艙等之子集合同樣適用於多航段問題中，亦具簡化問題之效果，作者並以啟發式解法求解，使旅客選擇模式進一步套用到多航段問題中。另一方面，旅客選擇的模式亦包含平行班次問題，Zhang and Cooper (2005)探討旅客在同樣的起迄點間、多個班次下的選擇，透過旅客組成進而發展出對應的艙位控管策略。然而在多航段的問題求解複雜、平行班次問題較為進階的情形下，本研究不涉及此兩層面。

2.3 策略型顧客與後期銷售機制

由於航空機位屬於時效性產品，若無法即時銷售則會造成機位的浪費，故航空公司是否應該推出後期的促銷、或是應搭配的配套銷售策略在過去的文獻中有所探討。

Koenigsberg et al. (2006) 以歐洲的低成本航空易捷航空 easyJet 為例，探討低成本航空是否應該提供最後清倉的銷售機制。易捷航空當時尚未提供此類銷售機制，且以價格為唯一控制需求的變數，與傳統航空操作費率艙等的模式並不相同，其在結論中指出，當航空公司面臨不確定數量的商務旅客時會提供清倉折扣機票；另一方面，作者以賽局方式討論，若旅客無法預測航空公司是否會提供此類折價機票時，航空公司可以提供清倉的折扣價格。Dacko (2008) 認為後期銷售機制已經蔚為風潮，然而透過發展更有效的行銷策略仍可持續提升廠商的收益以及顧客滿意度，其指出在後期銷售機制上，廠商仍需留意品質與訂價策略，避免讓消費者養成習慣；同時透過了解顧客購買行為及使用偏好，將可整合相關市場提供旅客更完善、更貼近旅客需要的服務。Jerath et al. (2010) 針對後期清倉銷售機制進行研究，其認為銷售末期的清倉促銷有助於增加收益，但長期而言可能養成顧客等待的習慣，進而降低收益，故作者提出隱匿式銷售機制(Opaque Selling Mechanism)，亦即透過第三方進行銷售，且銷售過程中不提供任何與承運航空公司相關訊息，直至商品已經售出後方才揭露相關營運訊息。作者認為有三個因素會影響業者使用直接或隱匿的方式進行後期銷售機制：顧客對於產品的價值判斷、顧客在多個品牌間的偏好、需求大於航班容量的可能性。而經比較後，作者指出當旅客對於旅遊產品所賦

予的價值較高或是當消費者不具特定品牌偏好時，可以採取直接銷售的方式，其餘情境則建議使用隱匿式銷售較佳。另一方面，即便廠商採取隱匿式的銷售方式，當旅客能夠獲得航空公司實際銷售狀況進而猜測到機票的承運業者時，隱匿式銷售的效果會因而下降。

然而後期的銷售雖有助於銷出機位，學界卻也認為此方式會引發旅客預期心理，認為航空公司會提供出清折扣機位，反而會延後購買行為。過去文獻則針對此類型旅客是否存在、航空公司所發展出的對應策略等議題進行討論。

部分研究旨在探討策略型延後購買的旅客行為是否存在，又會如何影響到航空公司的營運。Anderson and Wilson (2003)指出隨著網路訊息透明化，旅客透過取得資訊更容易推測航空公司銷售策略，進而可能造成其延後購買的行為。研究中以三個費率艙等 Full fare、Saver、Super Saver 為例，沿用 Belobaba 所提出的 EMSR 模式計算出三個艙等的艙等配置方式，並以剩餘座位數大於保障座位數(Protection Level)的可能性作為下一期開放 Super Saver 艙等之機率。作者發現當消費者意識到 Super Saver 開放機率高時會傾向延後購買行為，進而造成航空公司收益下滑，且收益下滑幅度隨策略性購買旅客數量增加而提高，故航空公司在設定票價時應參考相關行為以減少收益上的損失。Cho et al. (2009) 則利用情境模擬的方式，在動態訂價的條件下以願付價格的方式比較理性購買與策略性購買的旅客，並認為策略性購買的旅客仍可能帶來益處。當策略性購買的旅客願付價格較標價高時會直接購買，無異於理性旅客；反之，當願付價格低時，相較於理性旅客的放棄交易，其等待行為仍可能促成交易，進而產生收益；另一方面，策略性延後交易行為雖可能對收益有負向影響，但影響仍然有限，讓策略型旅客在銷售末期以低價購入也能更有效進行存貨控管。Li et al. (2013) 則透過全球分銷系統 (Global Distribution System, GDS) 取得旅行社的訂位資料，且藉由操作線上旅行社介面取得票價資訊，其發現策略性購買的旅客所佔比例約 5.2%至 19.2%，比例的高低隨市場類型的種類而有所差異，其中以短程且有較多替代選項的航線較多策略型購買旅客，另一方面此類旅客也傾向在銷售的初期或末期出現。研究中也發現，策略型購買的旅客並非絕對影響營收，針對不同類型的市場也應推出不同銷售策略以免造成更多損失。

若未考量策略性購買的顧客，Feng and Gallego (1995) 指出部分類型產業，如航空公司、酒店、服飾等，均會面臨必須在有效期間內販售固定數量存貨的問題，當價格是可以唯一變動的因素時，訂價策略將會是將收益最大化的關鍵。其指出，當存貨仍有足夠時間銷售時，可以考慮漲價；反之當剩餘時間較短時，則可採取降價策略盡速將存貨銷出。

將策略性購買的旅客行為納入考量並調整訂價方式的相關研究中，Su (2007)探討企業在有限的期間內銷售固定數量的存貨，並可以透過動態調整售價以達成最大收入的目標。作者依照對產品的願付價格高低以及顧客的耐心程度將顧客分為四個類型，分別是高願付價格且願意等待後期降價、高願付價格但不願等待、低願付價格但願意等待以及低願付價格且不願等待之旅客。其指出，當顧客的願付價格偏高且不具耐心時，可以採

用 Markdown 的方式使高願付價格的顧客在高價時購入，低願付價格旅客則可等待降價進而購入；反之，當高願付價格顧客有意願等待時，可以透過漲價的方式減少策略性等待。Aviv and Pazgal (2007) 利用賽局理論探討旅客的策略性購票行為，企業在考量策略性購買行為下應如何設定促銷價格。其將銷售期分為兩個階段，前期售價為標準售價；後期則為折扣售價，旅客的到達服從卜瓦松分配。作者比較兩種不同折扣方式：不定折扣與固定且提前宣布之折扣，其發現在顧客傾向策略性延後購買時，提前宣布折扣因可避免顧客期待大幅降價，對於廠商而言會是有益的策略，而最佳的折扣幅度也應考量存貨數量與顧客行為。另一方面，作者也認為，若未考量策略性購買的行為，則會造成收益上的損失。Dasu and Tong (2010) 針對廠商在固定時間內對策略性購買的顧客銷售時效性商品進行研究，受限於調整價格的成本，廠商僅能有限次數的調整商品價格。作者提出兩種方案，其一是廠商事先宣布降價方式；其二則為廠商不定期調整價格，兩種訂價策略之間並不存在絕對的優勢策略，且預期收益差異並不大。另一方面，作者亦指出當廠商能夠隱藏剩餘存貨數量的訊息時，具策略型購買偏好的顧客難以預測的情況下將可為廠商帶來益處。Levin et al. (2010) 將策略型購買的旅客行為納入考量，發展出動態訂價的模式，並透過此模式最大化預期收益，同時將顧客效用最大化。作者以 β 表示顧客購買行為的策略性高低並透過賽局的方式探討，找出適宜的訂價策略。作者接著利用數值測試，發現企業若未能考量策略性購買行為，收入會略為短少。

營收管理的問題除了從訂價策略切入，亦可由艙位配置的角度切入。Wilson et al. (2006) 將策略型購買的顧客行為納入艙位配置的問題，其考慮航空公司的銷售期分為兩個階段，且顧客具有等待便宜機票釋出的傾向。作者劃分出兩個費率艙等，透過兩個艙等的票價、旅客購買機率、第一期結束後之尚餘容量等變數可以求得第二期劃分予低價艙等的最適訂位上限。作者並指出按照此方式推估最適訂位上限相較於未考量策略型購買的顧客，所獲得的收益值較高。Zhang and Cooper (2008) 設定一個兩階段的銷售期以銷售定量產品，其中第二期開放部分產品進行清倉銷售，且旅客在兩時期的需求已知。作者利用數學推導的方式證明，當價格具有變動空間時，艙位配置並不會帶來額外效益；另一方面，當價格固定時，限制清倉價格的產品數量可以帶來效益，亦即兩者具有替代效果無法同時進行，艙位配置可以視為當訂價策略表現不佳時的挽救措施。Liu and van Ryzin (2008b) 認為艙位配置可以做為銷售的策略。其假設需求、商品價格均為固定，企業可以透過艙位配置的手段限制後期以低價銷售的折扣商品數量，進而造成顧客無法購入商品之風險，對於部分具有較高願付價格且傾向趨避風險的顧客而言，可能必須在未訂定折扣價格的前期先行購入，增收的價格因而能夠貢獻於收益之中。Ovchinnikov and Milner (2012)同樣考量兩個銷售期的情境，認為透過合理控管存貨並訂定折扣商品數量將可達到刺激需求且增加收入的目標，因此在後期會將部分存貨以折價方式銷售，然而卻同時會面臨顧客因等待折價商品而延誤購買且同時造成收益損失的情境。作者指出在兩艙等的模式下，當消費者容易養成等待習慣時，企業在提供折扣商品上必須採取不定期銷售策略以避免旅客的策略性購買行為。在三艙等的情境下則可視高端旅客數量多寡決定是否超賣。

由上述文獻的探討可以發現策略型購買行為近來受到重視，然而此類旅客的購買傾向屬於心理層面問題，實際上難以量化，對於航空公司營運的影響仍有討論空間。另一方面，當航空公司不定期促銷不定點航線的情境下，消費者能否養成策略性購買的行為仍有變數，過去的研究中曾指出，不定促銷在實務上是可以運用的方式。也因策略型購買旅客的存在、影響皆有探討空間，再加上能夠透過不定促銷的方式減緩衝擊，故本研究並不針對策略型購買的旅客進行量化及討論。

2.4 小結

本章節透過回顧相關文獻介紹了營收管理的基本概念。包含營收管理的發展歷程，由定價和定量兩個角度切入，介紹兩個觀點所探討的問題類型，前者如：如何制定商品的價格，由商品的靜態差別訂價延伸至動態定價法；後者則例如：如何劃分不同費率艙等產品，應該如何進行最佳配置等，此類問題也由兩個艙等延伸至多艙等的艙位配置。由簡至繁的問題皆為後續的研究奠定一定的基礎。

在傳統的營收管理問題中，顧客的角色往往會被忽略。在本章節中亦介紹考量旅客選擇行為之營收管理模式，包含單一航段與多航段旅客選擇問題，或是平行班次的旅客選擇問題，在此問題下應如何進行艙位控管以達較高收益。另一方面本章節也探討清倉銷售的機制，因部分旅客具有策略性購買的行為，這些旅客可能因為意識到廠商選擇在後期降價出清產品藉以獲得較大收益，故選擇延後其購買行為以獲得較大效用，此行為同時壓縮廠商的獲利空間。也因為策略型購買顧客的存在，納入其行為並發展的定價與定量營收管理問題也開始備受重視，包含在考量到策略性消費者下的訂價趨勢、如何設定最佳的艙位配置方式等，在過去的研究中都能找到對應的議題。

然而在上述文獻中仍能發現缺口。過去研究中對於何時可以開放促銷票種的銷售未有所著墨，情境亦極度簡化，多半僅假設兩個銷售期、設有一般以及促銷的兩種費率艙等之情境，另外在銷售管道上也未探討使用多種不同銷售管道之可能性，以上皆是過去研究仍有所不足之處。本研究由旅客選擇行為切入，將 Talluri and van Ryzin (2004)的模式進行延伸，也沿用其單一航段、單一客艙級別、不考慮超額訂位的假設，將旅客的潛在行為納入考量，以多艙等形式呈現，使問題能夠更貼近實務情境。

第三章 模式

本研究探討航空公司對於後期銷售的折扣機位之決策行為，包含正常費率艙等與後期加入銷售的折扣費率艙等應如何分配、應自何時開始開放折扣機位的銷售以達到最大的預期收益。本章節主要分為三個部份，首先 3.1 小節是問題的定義以及數學模式的建立，延伸自 Talluri and van Ryzin (2004)的旅客選擇模式並修正得到本研究適用之模式；3.2 小節則是說明獲得最大預期收益的解題流程；而 3.3 小節藉由例題進行模式的測試，透過例題進一步闡釋解題步驟，並以此例題進行套用模式前後的營收差異。

3.1 模式建立

本研究係以機位控管的角度切入，探討在銷售後期最適的座位切出時間與座位配置數量。所使用的模式延伸自 Talluri and van Ryzin (2004)的旅客選擇模式，透過動態規劃的方式求得剩餘總時期為 T、總座位數為 C 的最大預期收益，目標式如式(10)所示：

$$\text{Maximize } V_T(C) \tag{10}$$

而將預期最大收益的目標式改寫為向量型態之 Bellman equation 如等式(11)至等式(13)所示。三個等式分別代表三個階段，其中式(11)的適用時間範圍為銷售開始的 T 至 $\tau+1$，此時僅有一個銷售管道，航空公司在 t 時間點所持有的座位數量為x；式(12)的適用時間為τ，表示切出座位的決策。在時間點τ的當下航空公司可以找出x座位數量下於兩個銷售管道的$x-x_2$及x_2最適配置量，前者表示後期繼續留在既有管道的座位數量x_1，後者則會進入後期銷售的銷售管道；式(13)的適用時間範圍為τ至 0，即為切出座位後至班機起飛的階段，座位可能由既有的銷售管道或是後期的銷售管道售出，故以向量方式呈現兩個銷售管道，較 Talluri and van Ryzin 的原有模式多一個管道。三個階段的模式其概念如圖 3-1 所示：

$$V_t(x) = \max_{S \subseteq S_t(x)} \left\{ \sum_{j \in S} \lambda P_{t,j}(S) \left(r_j + V_{t-1}(x-1) \right) + \left(\lambda P_{t,0}(S) + 1 - \lambda \right) V_{t-1}(x) \right\} \tag{11}$$

when $\tau + 1 \le t \le T$

$$V_\tau(x) = \max_{x_2} U_\tau \left(\begin{bmatrix} x - x_2 \\ x_2 \end{bmatrix} \right) = \max_{x_2} U_\tau \left(\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \right) \tag{12}$$

$$U_t\binom{x_1}{x_2} = U_t(\vec{x}) = \max_{S \subseteq S_t(x_1,x_2)} \left\{ \sum_{j \in S} \lambda P_{t,j}(S) \left(r_j + U_{t-1}(\vec{x} - \vec{e_j}) \right) + \left(\lambda P_{t,0}(S) + 1 - \lambda \right) U_{t-1}(\vec{x}) \right\} \tag{13}$$

when $0 \le t \le \tau$

符號說明：

λ	：	旅客的到達率，表示每一期旅客的到達機率，每一期至多有一位旅客。
j	：	表示費率艙等開放集合中的各艙等。j=1,…,n
$P_{t,j}(S)$	：	旅客 t 期在艙等開放情形為 S 時購買艙等 j 的機率，j=0 表示不購入。
r_j	：	艙等 j 的價格。由於本研究不考量動態定價，故不隨銷售期變動。
t	：	剩餘期數，t=T 與 t=0 分別表示銷售起始以及班機起飛之時間點。每個 t 至多處理一個旅客到達。
τ	：	為切出座位至第二銷售管道之時間點。
x	：	銷售前期在原有銷售管道的座位數量。
$V_t(x)$	：	在銷售前期的時間 t、分別有x個座位時的最大收益期望值。
x_1	：	銷售後期於既有銷售管道之座位數。
x_2	：	銷售後期於第二銷售管道之座位數。
$\vec{x}$	：	為一向量矩陣$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$
$\vec{e_j}$	：	為一向量矩陣，銷售x_1時為$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$，銷售$x_2$時為$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$。
$U_t(\vec{x})$	：	在銷售後期的時間 t，當持有$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$數量座位時之最大期望收益。

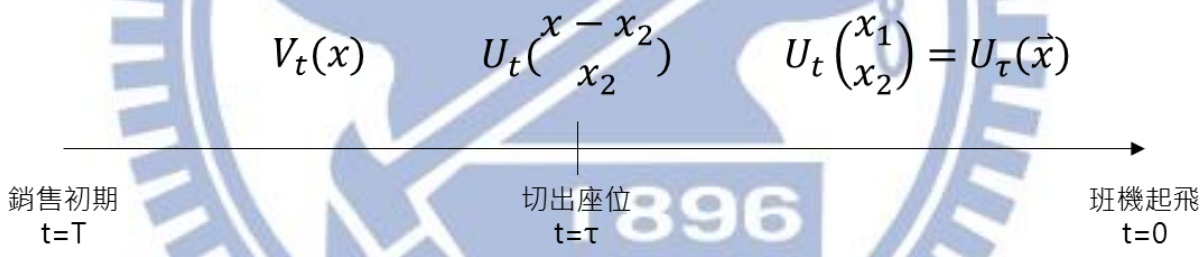


圖 3-1 銷售階段圖

另外，式(13)會服從兩個銷售管道之座位數量均銷售完畢 (x_1及x_2皆為 0) 時、班機起飛(t=0)時預期收益為 0 的邊際條件，如式(14)及式(15)所示；式(11)則會服從當座位全數銷售完畢時預期收益為 0 的邊際條件，如式(16)所示。由邊際條件可以透過動態規劃方式回推至第 T 期總座位數為 C 的最大預期收益$V_T(C)$。

$$U_t(\vec{x}) = U_t\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}\right) = 0, t = 0, \dots, T \tag{14}$$

$$U_0(\vec{x}) = 0 \tag{15}$$

$$V_t(0) = 0 \tag{16}$$

3.2 解題流程

本研究採用窮舉法，探討在銷售後期新增費率艙等，並將部分剩餘座位切出至新的銷售管道進行販售的方式對於營收的助益以及最適的座位配置策略。首先，利用票價、條件限制及優惠措施產生差異化的費率艙等，接著依照旅客的購票需求及意願產生旅客組成的類型及其比例；並透過旅客的組成進一步推估當費率艙等的開放組合為 S 時消費者的選擇機率；第四，計算不同費率艙等開放組合下的期望收益，並隨檢視的開放艙等更新最佳解，以動態規劃的方式回推至設定之期數與座位數，若未能推得$V_T(C)$則繼續進行機位控管決策；最後則以窮舉方式測試切出時間τ為 0，亦即班機起飛至τ為 T，亦即開放售票時期的營收，經比較之後便能獲得 T 時期、C 座位數的最大預期收益$V_T(C)$。求解流程如圖 3-2 所示。

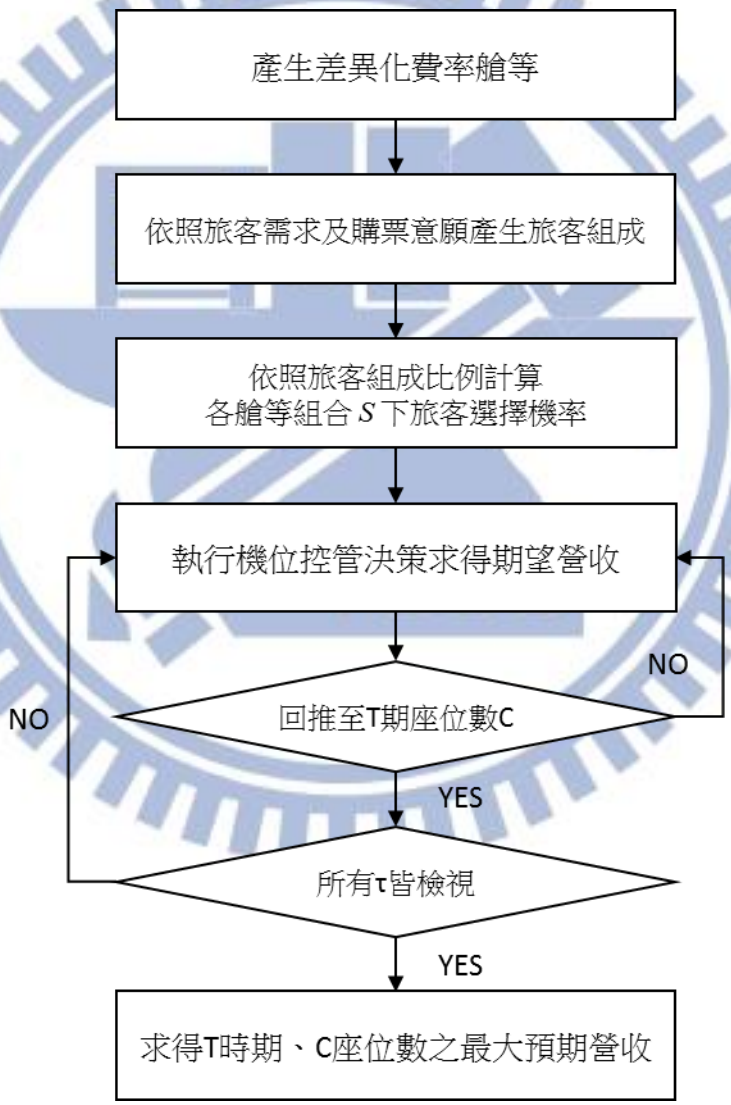


圖 3-2 求解流程圖

3.3 例示性範例

在本節中，本研究將使用一個例示性的範例說明解題的流程，並探討在例題設定的情境中能否達成更高的收益，以說明本模式的效果。

假設航空公司在某一條航線上提供共四個不同的票價產品，其中 Y、M、K 等三個艙等為固定開放銷售的費率艙等，自銷售期開始以來便透過既有的銷售管道進行銷售；L 艙則為後期於其他銷售管道中開放的清艙促銷艙等，各個費率艙等的票價及相關限制條件假設如表 3-1 所示：

表 3-1 各費率艙等票價及相關限制

艙等	票價	停留日數	里程累積	行程變更	退票	後期推出
Y	600	1 年	100%	可	可	否
M	480	3 個月	80%	可	可	否
K	360	1 個月	50%	可	不可	否
L	280	7 天	0%	不可	不可	是

航空公司實務上會利用不同的艙等限制條件以利區隔不同需求的旅客，進而達成差別取價的目的。本例題假設旅客的需求組成不隨時間有所變動，在此預設共有七個類型的旅客，不同類型旅客對於機票購票需求、意願及機率如表 3-2 所示：

表 3-2 旅客類型

旅次	編號	購買機率	需求				購票意願				選擇
			停留日數	里程累積	改票	退票	Y	M	K	L	
商務旅次	B-1	0.05	不定	100%	O	O	O	O	O	O	Y
	B-2	0.1		≥80%	O	O	O	O	O	O	YM
	B-3	0.15		≥80%	O	O	X	O	O	O	M
休閒旅次	L-1	0.15	不定	≥50%	O	X	X	O	O	O	MK
	L-2	0.15	≤30 天	≥50%	X	X	X	X	O	O	K
	L-3	0.2	≤14 天	≥0%	X	X	X	X	O	O	KL
	L-4	0.2	≤7 天	≥0%	X	X	X	X	X	O	L

將旅客的需求、購票意願以及客觀的購票限制納入考量後可以得到不同類型旅客最終的購票選擇，而下表 3-3 則呈現當開放不同艙等組合，同時也考量向下購買行為時，在各個艙等組合下各費率艙等的選擇機率 P(S)、購票機率 Q(S)以及期望收入 R(S)。

表 3-3 各艙等購買機率

S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
{∅}	0	0	0	0	1	0	0
{Y}	0.15	0	0	0	0.85	0.15	90
{M}	0	0.4	0	0	0.6	0.4	192
{K}	0	0	0.5	0	0.5	0.5	180
{L}	0	0	0	0.4	0.6	0.4	112
{Y,M}	0.05	0.4	0	0	0.55	0.45	222
{Y,K}	0.15	0	0.5	0	0.35	0.65	270
{Y,L}	0.15	0	0	0.4	0.45	0.55	202
{M,K}	0	0.25	0.5	0	0.25	0.75	300
{M,L}	0	0.4	0	0.4	0.2	0.8	304
{K,L}	0	0	0.3	0.4	0.3	0.7	220
{Y,M,K}	0.05	0.25	0.5	0	0.2	0.8	330
{Y,M,L}	0.05	0.4	0	0.4	0.15	0.85	334
{Y,K,L}	0.15	0	0.3	0.4	0.15	0.85	310
{M,K,L}	0	0.25	0.3	0.4	0.05	0.95	340
{Y,M,K,L}	0.05	0.25	0.3	0.4	0	1	370

假設今日航空公司銷售的班機距離起飛仍有 200 個時期，該班機有 130 席經濟艙座位，同時假設旅客到達率為 0.75。由式(14)至(16)的邊際條件，即班機起飛時座位不具任何價值與座位售罄時不具價值的條件下開始以動態規劃方式回推，起飛回推至切出座位時套用式(13)，表示座位由兩個管道進行銷售，可以得出兩個管道分別配置不同座位數量時的預期收益；切出座位當下則套用式(12)，表示 x 個座位可以拆成x_1及x_2分別於兩個管道進行銷售，而 x 個座位的預期收益則為x_1及x_2之最佳收益組合；切出座位前至銷售開始則套用式(11)，由單一管道進行銷售，直至回推至期數 200、總座位數 127 的情境條件下。經測試不同切出時間 τ 後，最終可以獲得之最大預期收益發生於第 127 期將部分座位切出，可獲得 50890 元。

另一方面，同樣由邊際條件式(14)至式(16)開始回推，並假設在式(12)及式(13)中的 x_2 皆為 0，亦即不配置任何座位至第二銷售管道，接著以式(11)回推至座位數 130、期數為 200 的情境，則可得最大預期收益為 49421 元，其中切出時間 τ 並不影響收益值。相較於不套用後期銷售機制，即不配置座位至第二銷售管道的情境下，此機制預期可以使營收增加 1649 元，相當於 2.97%，顯示導入此模式將可獲得較高之收益。

第四章 數值分析與模擬

在 3.3 節的例示性範例中提供一個範例說明此方式能夠有效改善收益。然而實際上旅客的到達並非同質，不同類型的旅客其組成比例會隨著時間而有所改變，故在 4.1 節中納入時間因素,探討在時間影響下相關決策的變化,接著以例題說明營收改善的狀況; 4.2 節延續 4.1 節，利用數值模擬的方式驗證 4.1 節的結果，另外亦針對訂位情境模擬的過程與結果進行分析與討論; 4.3 節中則就兩個決策:座位切出時間及數量敏感度分析，探討兩個決策對於營收的影響;4.4 節則測試旅客組成對於營收、座位配置策略的影響;在 4.5 節中另外透過旅客到達率、座位數多寡的調整表示供需的改變，並比較不同供需情境下的決策。

4.1 納入時間因素之決策比較

實際上不同類型的旅客其組成仍會隨訂票期間推進而變動，並非恆為一個固定值。舉例而言，休閒旅次的旅客由於行程可以提前規劃，往往會選擇提早購票以享有較低的優惠票價;另一方面，商務旅次的旅客可能因臨時指派的商務旅行，再加上由公司負擔差旅費用，傾向較晚訂購機票，且對於價格並不敏感，願意購入較高層級、且條件限制較少的費率艙等，故商務與休閒旅次在不同時期所占比例並不相同。Carrier and Larry (2014)擷取自 PODS (Passenger Origin-Destination Simulator)的資料亦反映出此現象，指出商務旅客在訂位末期的數量是增加的，相對之下休閒旅次在訂位初期所占比例較高。而根據其資訊，本研究以指數函數型態估計商務旅次在 T 個時期的訂票期間中不同的時間點 t 所占之比例如式(17)，另外由於旅客係由商務及休閒旅次所組成，兩者總和為 1，休閒旅次所占比例如式(18)所示。

$$y_{Business} = 0.52e^{\frac{-t}{T}*1.648} \tag{17}$$

$$y_{Leisure} = 1 - 0.52e^{\frac{-t}{T}*1.648} \tag{18}$$

符號說明：

$y_{Business}$ ： 商務旅次旅客所占比例。

$y_{Leisure}$ ： 休閒旅次旅客所占比例。

t ： 當下期數

T ： 總期數

同樣假設總期數(T)為 200，其中第 200 期表示開放訂位的初期;第 0 期則表示班機起飛的訂位末期，在此 200 個訂票期間中商務旅次與休閒旅次比例的變化情境如圖 4-1 所示：

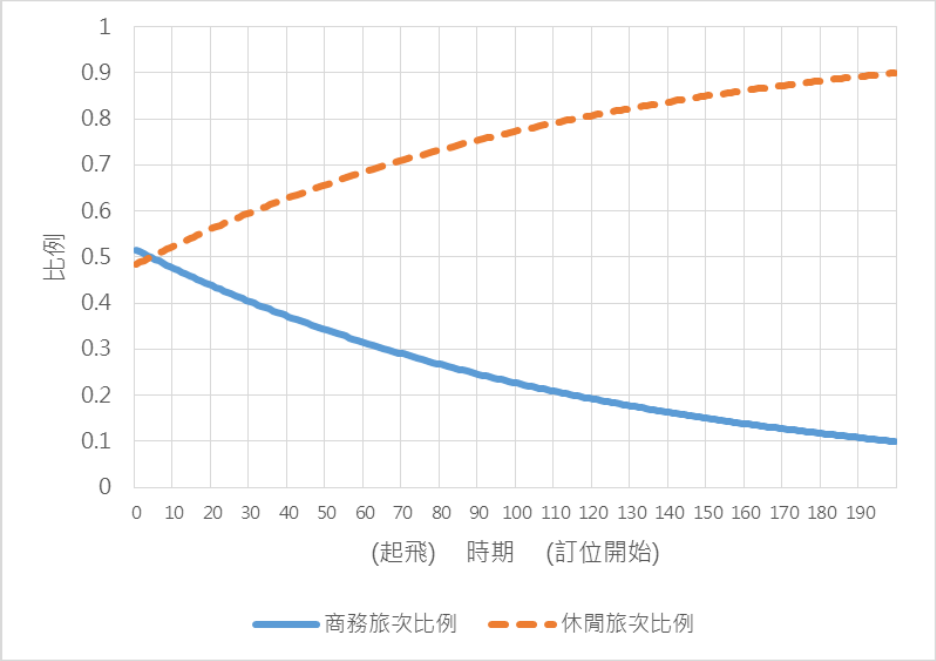


圖 4-1 商務與休閒旅次比例變化

在 3.3 節的範例中均假設旅客的組成比例不隨時間改變，自銷售開放至班機起飛皆為固定比例，然而在實際狀況中，旅客組成比例仍會因為時間而有所差異：銷售前期休閒旅次占比較高；後期則有商務旅次大幅增加。為了解將時間納入考量是否會影響營收的變化、切出座位數量與時間等決策行為，在此先將總時期 200 切分 10 個階段，各個階段的商務及休閒旅次比例可以透過對式(17)及式(18)積分獲得，如表 4-1 所示；同時亦假設商務旅次的三種旅客與休閒旅次的四種旅客在訂票期間其具有固定比例，10 個時期的旅客組成比例則如表 4-2 所示，將此情境與平均需求之情境進行決策比較。

表 4-1 各時期商務及休閒旅次比例

時期	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200
商務	0.479	0.407	0.345	0.292	0.248	0.210	0.178	0.151	0.128	0.109
休閒	0.521	0.593	0.655	0.708	0.752	0.790	0.822	0.849	0.872	0.891

表 4-2 各時期旅客選擇比例

旅次	類型	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	160-200
商務	B-1	0.094	0.08	0.068	0.057	0.049	0.041	0.035	0.03	0.025	0.021
	B-2	0.15	0.128	0.108	0.092	0.078	0.066	0.056	0.047	0.04	0.034
	B-3	0.235	0.199	0.169	0.143	0.121	0.103	0.087	0.074	0.063	0.054
休閒	L-1	0.105	0.12	0.132	0.143	0.151	0.159	0.165	0.171	0.176	0.18
	L-2	0.122	0.139	0.154	0.166	0.177	0.186	0.193	0.199	0.205	0.209
	L-3	0.14	0.159	0.176	0.19	0.202	0.212	0.221	0.228	0.234	0.239
	L-4	0.154	0.175	0.193	0.209	0.222	0.233	0.243	0.251	0.257	0.263

假設航空公司營運一個距離起飛仍有 200 個時期的班機，總座位數有 130 個，旅客到達率為 0.75，比較需求不隨時間變動(平均需求)與需求組成隨時間變動(變動需求)的兩種情境在座位切出時間與收益改善的差異。表 4-3 為兩種情境的決策比較，若未考量旅客組成隨時間變化的情境下傾向較晚切出，藉以避免長時間銷售促銷艙等進而造成旅客直接向下購買的行為；反之，當考量旅客組成隨時間改變時，由於銷售後期低願付價格的旅客亦較少，促銷座位切出的時間預期可以提早。

表 4-3 考量時間對決策結果影響

	平均需求		變動需求	
	同基準比較	最適*	同基準比較	最適*
切出時間	100	137	100	145
未使用後期銷售機制之最大預期收益	47582		47575	
使用後期銷售機制之最大預期收益	49579	49680	49414	49608
收益增加比例	4.2%	4.4%	3.9%	4.3%

而在切出座位數量決策上，圖 4-2 整合兩種情境並繪製出在同樣第 100 期切出時，該時期不同剩餘座位數量下的座位控管決策差異，橫軸為第 100 期航空公司仍持有之座位數，縱軸則為最適切出數量x_2。兩個情境的不同在於開放促銷艙等的後期，若未考量時間對旅客組成的影響，則商務與休閒旅次比例接近 1:3；相較於考量時間的情況下商務與休閒旅次比例接近 1:2，後者在銷售後期商務旅次偏高的情況下，傾向減少低價艙等座位數量配置是較合理的作法。由此比較之結果亦可獲知，決策行為仍應將時間因素納入考量，進而更可能接近實務的情境。

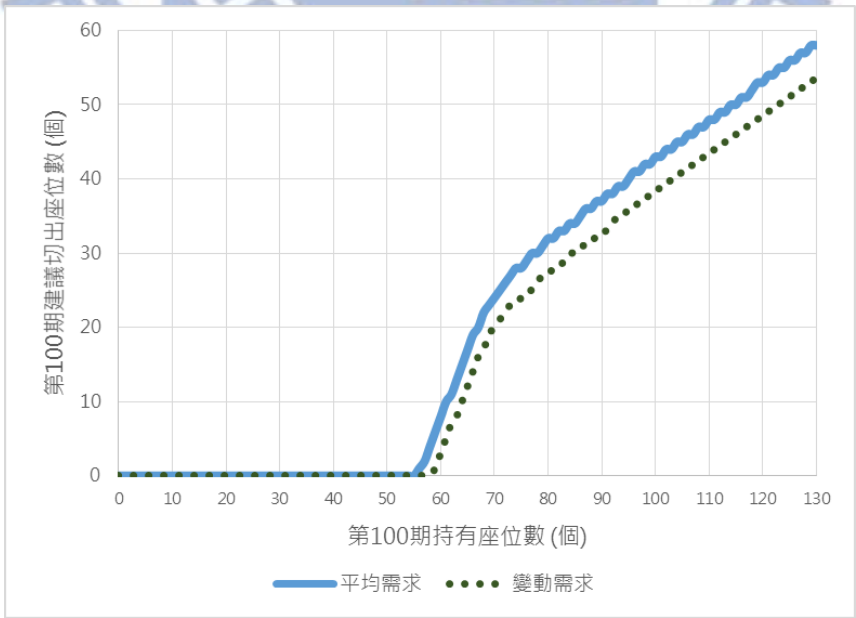


圖 4-2 分期數與切出座位數決策比較

本例題情境假設航空公司的某個航班上設置有 130 席經濟艙座位，且距離班機起飛仍有 200 個時期、旅客到達率為 0.75。與 3.3 節基礎例題不同之處在於 3.3 節基礎例題的各艙等選擇比例前後一致；本節所設定的旅客類型、各艙等選擇比例則會隨著時間而變動。在此將 200 個銷售期進一步細分為 10 個子時期，透過對式(17)及式(18)積分可以分別獲得 10 個子時期的商務與休閒旅次所佔比例，其比例如表 4-1 所示。而此 10 個時期的商務及休閒旅次將可再細分為七個類型的旅客，各個類型旅客之比例如表 4-2 所示，而其特性與購買行為可以參考表 3-2，經由以下比例所計算而得之各艙等購買機率則收錄於附錄一。將各時期旅客對於各個艙等的需求比例數值帶入模式中。

由式(14)至(16)的邊際條件，即班機起飛時座位不具任何價值與座位售罄時不具價值的條件下開始以動態規劃方式回推，起飛回推至切出座位時套用式(13)，表示座位由兩個管道進行銷售，可以得出兩個管道分別配置不同座位數量時的預期收益；切出座位當下則套用式(12)，表示 x 個座位可以拆成x_1及x_2分別於兩個管道進行銷售，而 x 個座位的預期收益則為x_1及x_2之最佳收益組合；切出座位前至銷售開始則套用式(11)，由單一管道進行銷售，直至回推至期數 200、總座位數 130 的情境條件下。經測試不同切出時間 τ 後，最終可以獲得之最大預期收益發生於第 145 期將部分座位切出，預期營收為 49608 元。相較於不開放後期促銷艙等銷售的方式，即不配置座位至第二銷售管道的情境下所獲得之收益 47575 元，預期收入可以增加 2033 元，增益幅度達 4.27%。

另外在切出的座位配置上，隨著第 145 期時航空公司所持有的座位數量不同，所切出的座位數亦不相同，切出的座位數與比例如圖 4-3 所示。當該期仍持有 84 個座位以上時便會選擇將部分座位切出做為額外的艙等進行銷售。

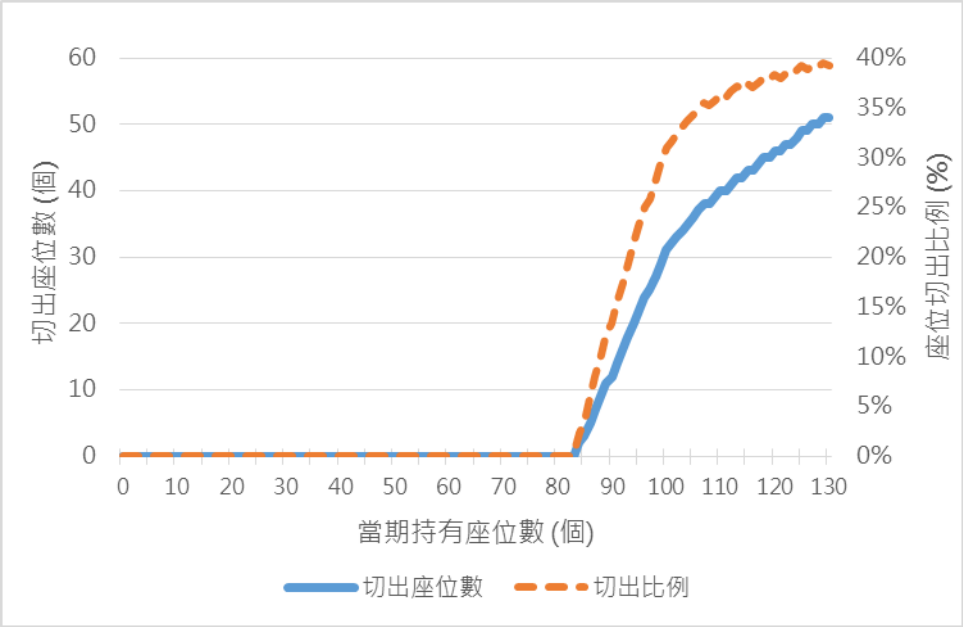


圖 4-3 座位控管決策(τ=145)

4.2 數值模擬

延續 4.1 節，本研究以數值模擬的方式驗證 4.1 節中所獲得之最佳解，在長期試行下所獲得之平均值預計應與動態規劃下所獲得之最佳解相近甚至相同。在 4.2.1 小節中將說明數值模擬的流程與步驟，4.2.2 小節則針對模擬的過程與結果進行進一步的分析與討論。

4.2.1 數值模擬流程與步驟

數值模擬流程圖如圖 4-4 所示，以下並說明數值模擬各項步驟。

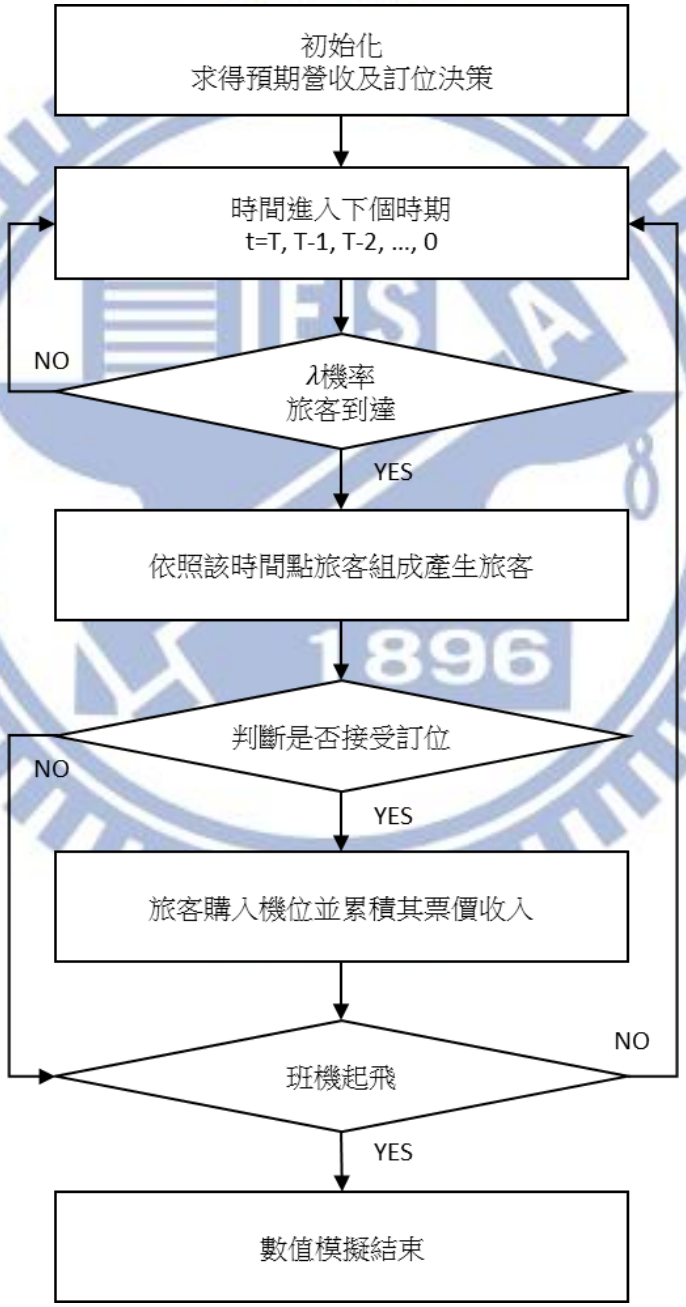


圖 4-4 旅客訂位模擬流程圖

1. 初始化

基本資訊的設定，包含距離班機起飛的銷售期間數、該班機設置座位總數等資訊，並佐以旅客的組成資訊以動態規劃方式求得最大預期收益並決定切出座位之相關決策。同時亦透過下一時期預期收益值的相減發展出適宜的接受與拒絕訂位之策略。

2. 時間進入下個時期

由總時期 T 開始向下遞減，每個時期至多受理一位旅客。

3. λ機率旅客到達

以旅客到達率λ為基準，假設$\lambda = 0.75$表示每 4 個時期平均會有 3 位旅客到達。以亂數抽選方式決定旅客是否到達，到達後進行下一步驟決定旅客類型，若未到達則返回上一步驟直接進入下一時期。

4. 依照該時間點旅客組成產生旅客

由於旅客組成會隨時間變動，在此則依照該時期的旅客組成以亂數的方式抽選出旅客，並按照旅客類型發展出其訂位行為。

5. 判斷是否接受訂位

依照先前初始化所得之接受訂位與否決策，即當旅客票價大於下一時期座位的邊際價值時，接受旅客訂位；反之則拒絕其訂位。

6. 旅客購入機位並累積其票價收入

若判斷接受訂位時，表示售出一個機位，管道中的剩餘座位數量會扣除一個，另一方面由於接受訂位時有交易行為，會收取旅客票價費用。訂位遭拒之旅客則不計入其收入。

7. 班機起飛

若訂位期間結束班機起飛，則數值模擬流程結束；未結束的情況下則必須再進入下一時期重新開始旅客進入系統、接受或拒絕訂位的流程。

4.4.2 數值模擬結果分析與討論

本節延續 4.1 節的例題，假設航空公司銷售一個仍有 200 個銷售時期、旅客到達率為 0.75，且設有 130 席經濟艙座位的航班，同時，不同類型的旅客組成比例會隨著時間改變如表 4-2 所示，在此基礎上分別進行開放後期銷售與不開放後期銷售兩種情境的數值模擬及比較。

表 4-4 整合兩種情境分別試行 100 次數值模擬後的結果，列出當實施與不實施後期銷售機制兩種情境的收益以及載客率比較。由表 4-4 中可以發現不實施後期銷售時平均載客率偏低，表示班機仍會帶空位起飛，實施後則可使載客率提升至接近滿載；另一方面在預期收益上兩個情境在試行 100 次數值模擬後所得之平均值與動態規劃所得之結果接近，可以做為此模式所獲得最佳解之驗證。

表 4-4 數值模擬結果

	最大預期收益					載客率		
	最小值	最大值	平均值	最佳解	差距	最小值	最大值	平均值
不實施	39840	53280	47552	47575	0.047%	75%	100%	90%
實施	44520	52040	49543	49608	0.13%	92%	100%	99%

若將載客率與營收繪製於散佈圖上，其結果如圖 4-5 所示，橙色三角形表示未實施後期銷售機制的模擬結果；藍色圓形則為實施後期銷售機制的模擬結果。由圖中可以發現不管在實施或未實施後期銷售機制的情況下，載客率與營收皆呈現正向關係。另外，在未實施後期銷售的情境下，不論在載客率或是營收上的結果其散佈範圍均較實施後期銷售機制情境更大，表 4-5 整理出兩種情境在載客率以及營收上的變異數，發現在實施後期銷售的情境下載客率及營收的變異數皆較低，顯現新增銷售管道有利於減少營收的變異範圍，進而使營收值更為穩定；而平均載客率也在套用後期銷售機制後有效提升，高達 72%比例的實驗中能達到滿載之目標，遠超出未實施後期銷售時僅有 2%滿載之機率。

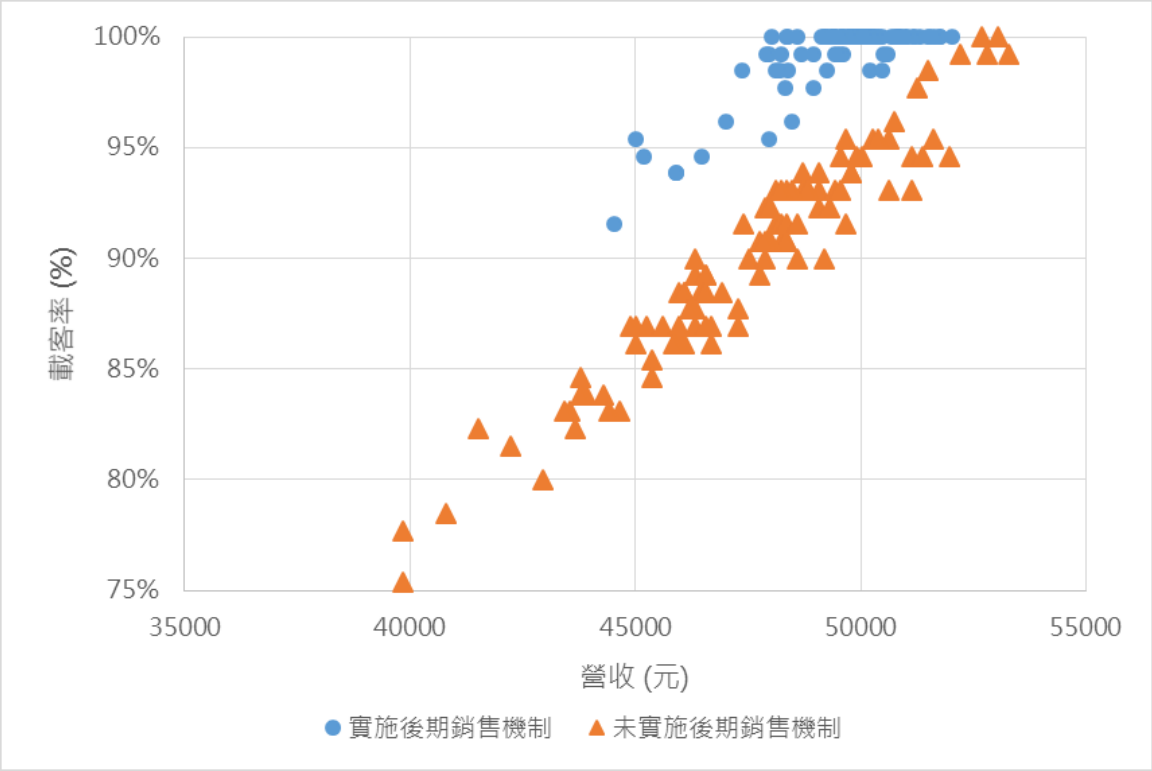


圖 4-5 載客率與營收關係圖

表 4-5 載客率與營收變異數比較

	未實施後期銷售	實施後期銷售
載客率變異數	0.0025	0.00026
營收變異數	8058431	2045592

另一方面也可以由圖 4-5 中發現，在同樣載客率下，實施後期銷售機制時的營收較未實施的情境下偏低，藍色圓點均位於橙色三角點的左側。以滿座 100%載客率為例，未開放後期銷售時 130 席座位將全數配置給價格較高的 Y、M、K 三個費率艙等；一旦開放後期銷售後，部分座位會切出以較低的價格於第二銷售管道進行販售，原本可以在既有管道中以較高價格販售的機位改以促銷價格售出，造成潛在的票價收入損失，整體營收因而下降呈現略低的態勢。

將兩種情境數值模擬的訂位過程以曲線方式繪製於圖 4-6 及圖 4-7，其中橫軸為訂位的剩餘期數，縱軸為剩餘座位數。由圖 4-6 及 4-7 中可以得知各個時期的剩餘座位數量會在一定的範圍之內，如兩圖中虛線包夾的範圍中。將圖 4-6 及圖 4-7 進行對比，可以發現在導入後期銷售機制後，各期剩餘座位數的變異範圍會相較於未導入此機制時較小；若未導入此策略，於班機起飛時剩餘座位數量的變化範圍較大，亦造就在班機起飛時的載客率變異數較大。

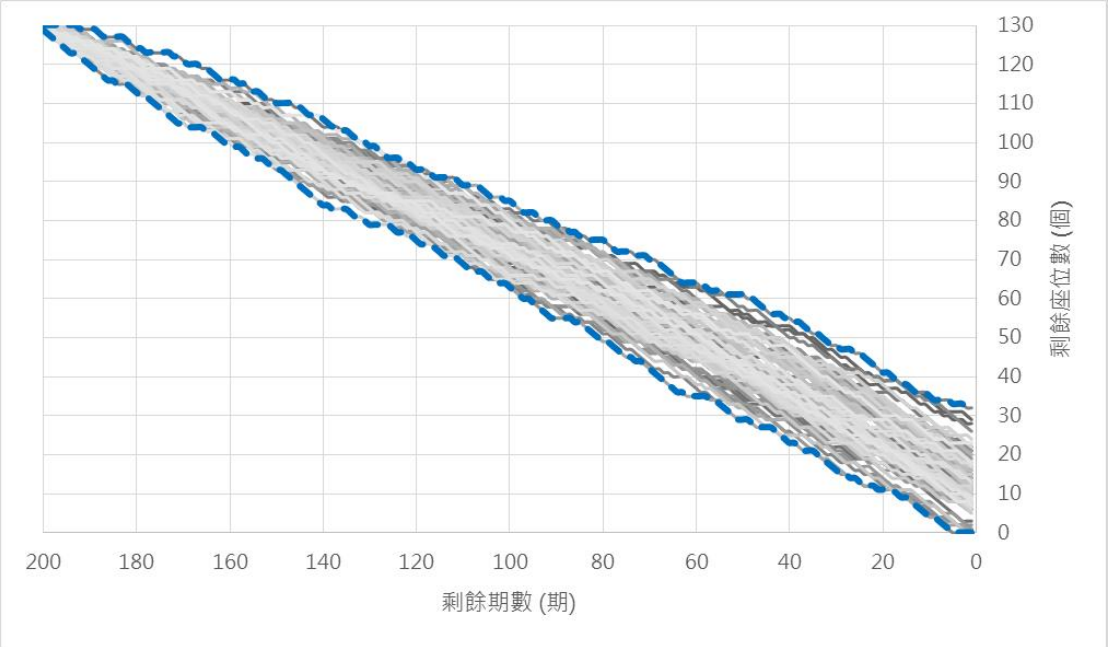


圖 4-6 訂位曲線圖 (未實施後期銷售機制)

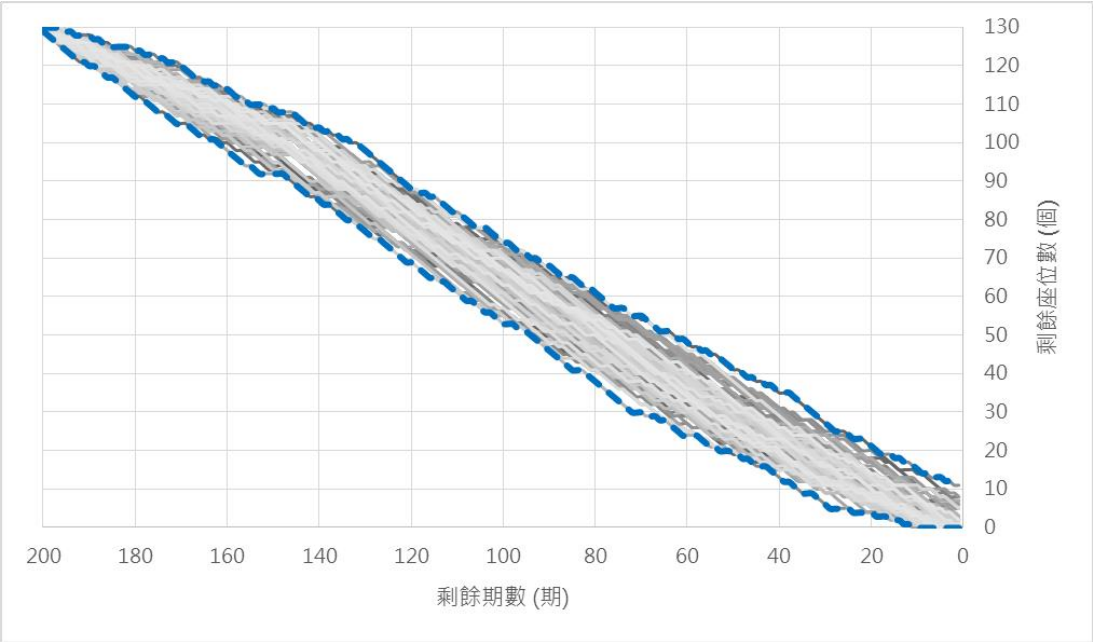


圖 4-7 訂位曲線圖 (實施後期銷售機制)

由訂位曲線圖可以判斷各期剩餘座位數量的範圍，圖 4-8 則延續圖 4-7 實施後期銷售機制的情境，並將範圍限縮到銷售期開始至座位切出的第 145 期。於第 145 期時航空公司所持有之座位數量介於 89 個至 107 個之間，根據計算之結果應切出 12 個至 38 個不等的座位數至第二銷售管道以加強銷售，平均切出之數量則為 29.16 個座位。試行 100 次數值模擬後對於切出座位數量決策的次數統計結果如圖 4-9 所示。

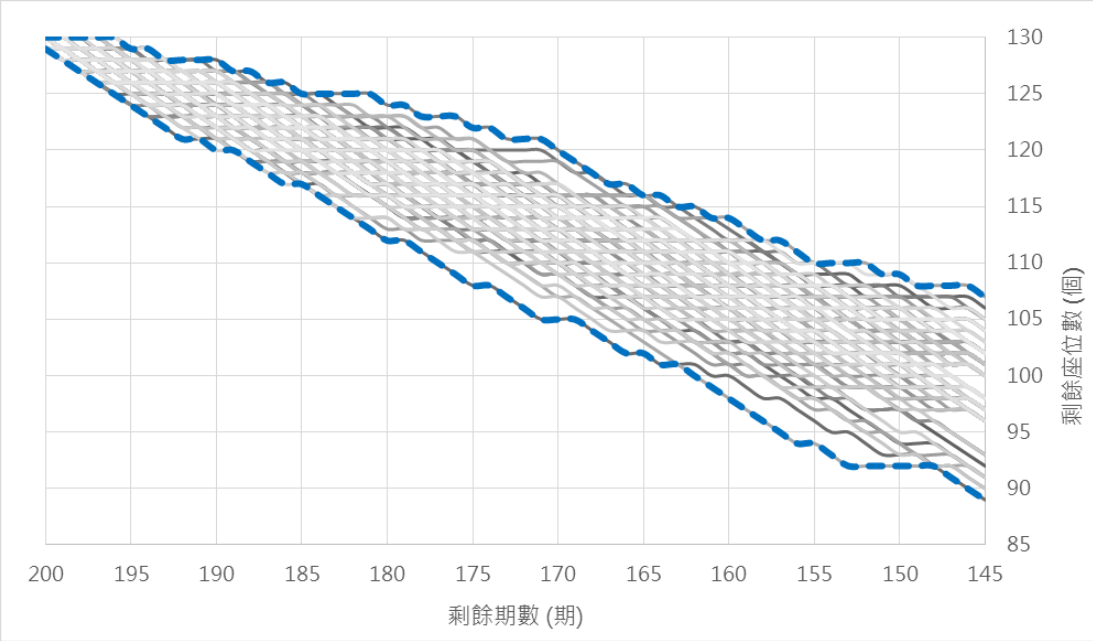


圖 4-8 訂位曲線圖(T=200-145)

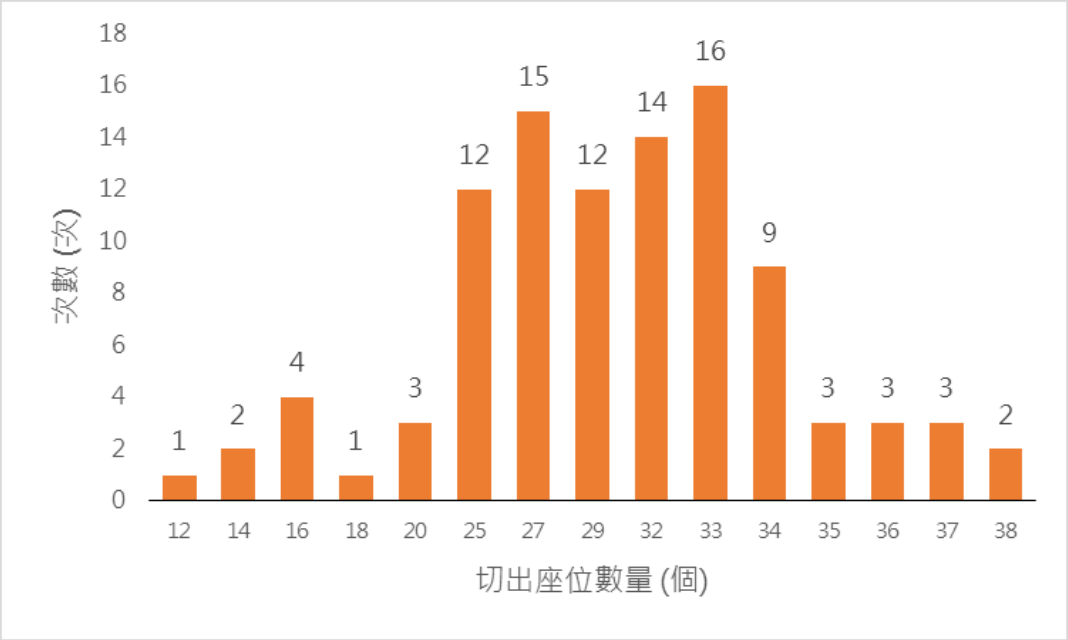


圖 4-9 數值模擬座位配置次數統計

另一方面亦由旅客的購買狀況切入探討此銷售機制之效果，其中旅客的抽選服從表 4-2 所設定之機率，在試行多次數值模擬下平均旅客的出現機率亦與設定的機率相近。表 4-6 則整理出此七種類型旅客在數值模擬中平均的購買行為，可以發現購買 Y 艙與 M 艙的旅客不論是否實施後期銷售，其購買之比例與數量皆無顯著變化；但在開放後期的銷售後，雖然能擴大客源吸引到原先不會購票的旅客購入 L 艙的產品，進一步推升載客率，但是也必須注意的是也有部分原本選擇購入 K 艙的旅客出現向下購買的行為，改買價格較低的 L 艙，可能會造成部分收益的抵銷。然而在數值模擬的測試中，由於購買 L 艙的旅客在多次試驗後平均是第六及第七類旅客各半，亦即 L 艙旅客有一半是 K 艙向下購買、一半為僅購買此促銷價格之旅客，即便考量向下購買的負向效果，在與新增旅客購票收入相互抵銷後仍會為航班帶來額外的正向收益。

表 4-6 旅客購買之費率艙等比較

		Y	M	K	L	X
比例	未實施後期銷售	5.4%	24.0%	60.6%	-	10.0%
	實施後期銷售	5.8%	23.1%	48.0%	22.4%	0.7%
數量	未實施後期銷售	7.06	31.15	78.79	-	13
	實施後期銷售	7.49	30.08	62.35	29.16	0.92

4.3 決策對營收影響

1. 座位切出時間

在 4.1 的例題中，開放新的費率艙等因能夠掌握更多類型的旅客，進而促使更多原本不會購票的旅客進入市場，因此在銷售期間適度開放後期銷售是較佳的策略。圖 4-10 為切出時間與預期收益的關係圖，第 0 期表班機起飛；第 200 期則是開放訂位。值得注意的是，預期收益隨切出時間提前而增加，於第 145 期時切出最大預期收益可達 49608 元，隨後便開始遞減，顯見並非越早切出越有利。越晚將折扣票釋放至市場中表示旅客在大部分的訂位期間仍須使用既有管道購入較高價機票，僅有較短銷售期間可以吸引原本不購票之旅客，開放益處不顯著，效果如圖 4-10 左側收益改善有限；反之當越早提供促銷折扣票種時，部分旅客會出現向下購買的行為，進而拉低收益，故仍有最適的切出時點，並隨著不同需求組合及供需條件而有所改變。網路報導亦曾指出，航空公司在進行機位促銷時，最低票價可能會發生於班機起飛前 43 天，並非實際上最靠近班機起飛的時間點時方進行最後一分鐘銷售機制。

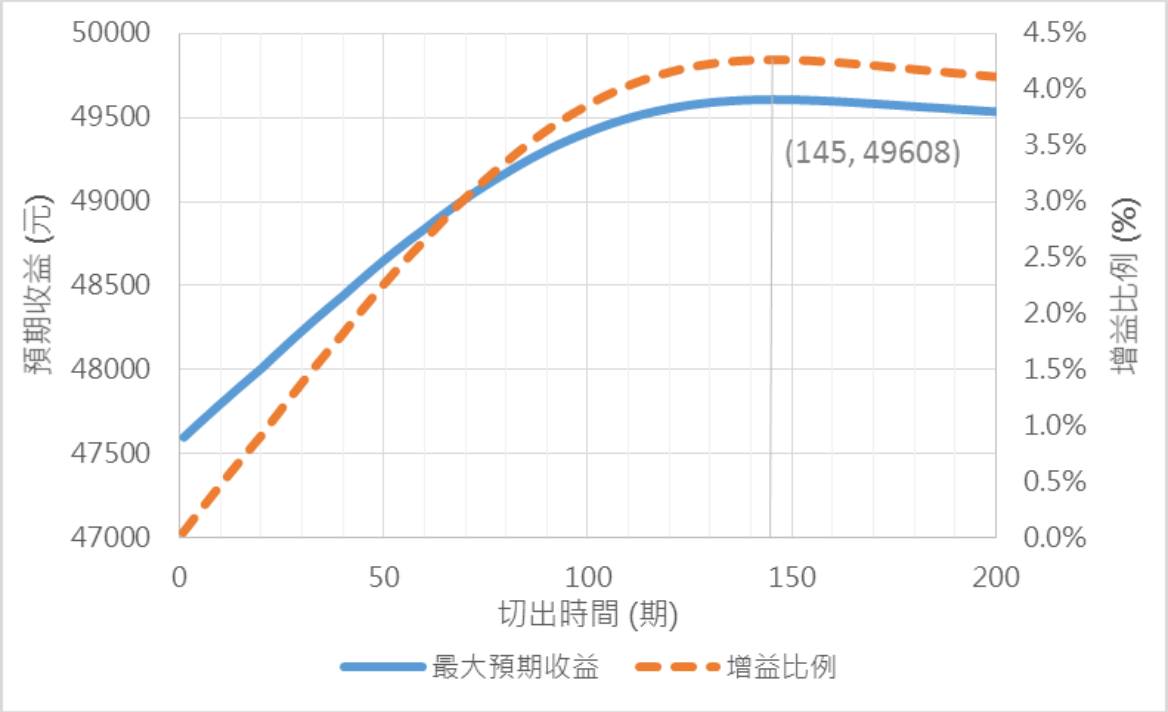


圖 4-10 切出時間與預期收益

2. 座位配置

除了切出座位的時間外，兩個銷售管道的座位配置同樣也會影響到預期收益。由於動態規劃所獲得之最佳解會成立於所有子問題皆已經是最佳解的狀態之下，兩個銷售管道在切出的時間點上能夠獲得最大預期收入的座位配置組合會是會導向最終的最大預期收益，若非最佳組合，對於收入則會產生影響。

延續 4.1 節的討論，假設旅客需求比例與切出時間比例均固定，L 艙座位的配置方式對於收益仍會產生影響。圖 4-11 中以 0 為基準表示最佳切出的狀態，左側為少切部分比例；右側則為多切部分比例。由圖中可以得知在同個時間點切出座位，多切或少切 L 艙座位皆會造成收益的短少，收益減少的幅度隨著座位增減比例的增加而擴大，但若在特定時間點切出數量與建議切出量差距不大時收益差距並不明顯。在此情境中，多切座位表示更多座位將以低價方式進入市場，造成潛在高願付價格旅客被犧牲，營收甚至可能較不切出低價促銷艙等的情境更低；另一方面，少切座位的極端狀況即為不切出任何座位，最低預期收益即為不切的 47575 元，而實質上少切部分座位可能無法掌握足夠的低願付價格旅客，導致最終收益改善的效果不如預期。

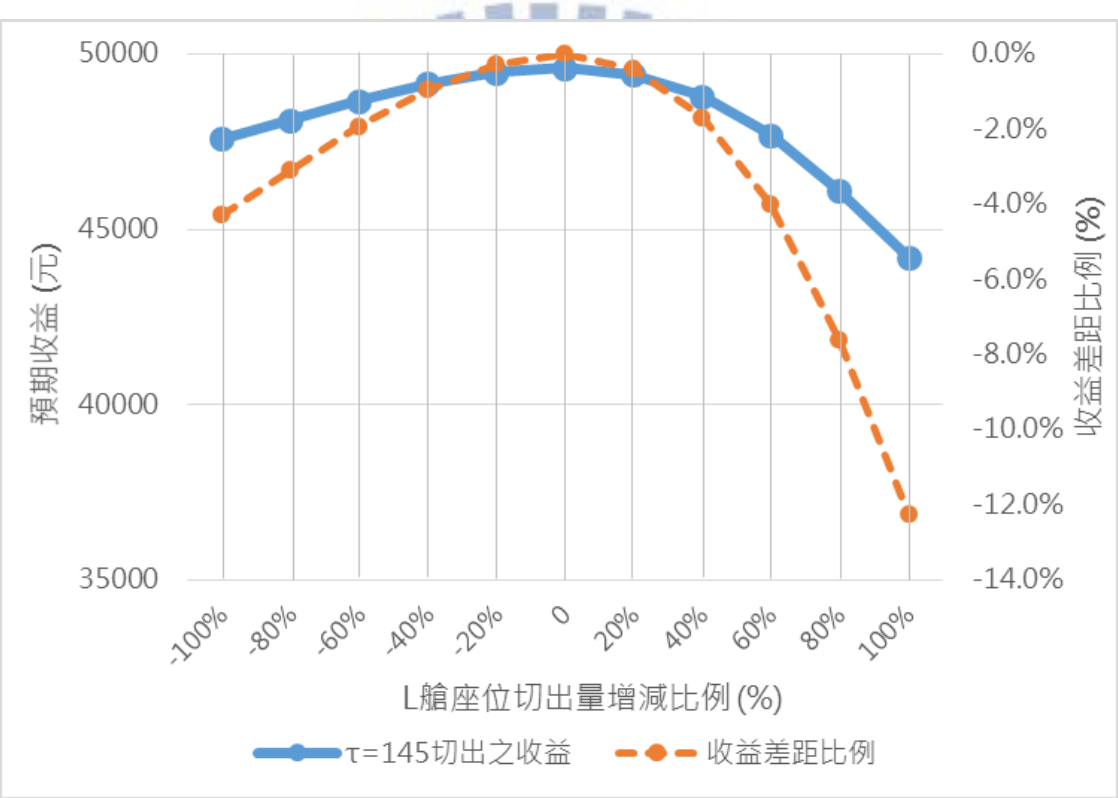


圖 4-11 座位配置與預期收益

4.4 旅客組成比例

承繼 4.1 節數值例題的旅客組成類型，透過調整 L-3 (願意購入 K 艙及 L 艙)及 L-4 (僅願意購入 L 艙)的旅客比例，同樣假設在 200 個購票時期、130 個座位、旅客到達率為 0.75 的情境下，探討當具有較低願付價格、僅願意購買低價 L 艙的旅客以及具有較高願付價格、同時願意考慮購買 K 艙與 L 艙的旅客，在此兩種類型旅客比例變動下，切出時間、營收與營收改善的比例變化。

切出時間上，隨著平均僅購買 L 艙的旅客增加，建議切出的時間提早，相對代表切出之座位數量亦較多，便能掌握較多數量的低價旅客。在營收上，若不實施後期銷售機制，當僅選擇購入最低艙等的 L-4 旅客比例較高時，營收因部分旅客受限於未開放額外低價費率艙等而無法購入，如圖 4-12 中灰色實線的左側顯示為偏低；反之，隨著漸多比例的旅客願意使用既有管道購票，亦因原有管道的費率艙等價格較高，同樣在未實施後期銷售機制的情境下較易推升營收，如圖 4-12 灰色實線右側。而在實施後期銷售機制後，隨著 L-4 類型旅客的比例增加，由於具有足夠的時間也有足夠的座位數量可供銷售，能掌握此類型旅客下收益增加的比例大幅增加；相反的，若是旅客偏向使用既有管道購票時，增用後期銷售機制會導致旅客向下購買行為，可能抵銷後期銷售機制本身帶來可以增加低願付價格旅客購買行為的益處，收益增加的狀況則不如預期。

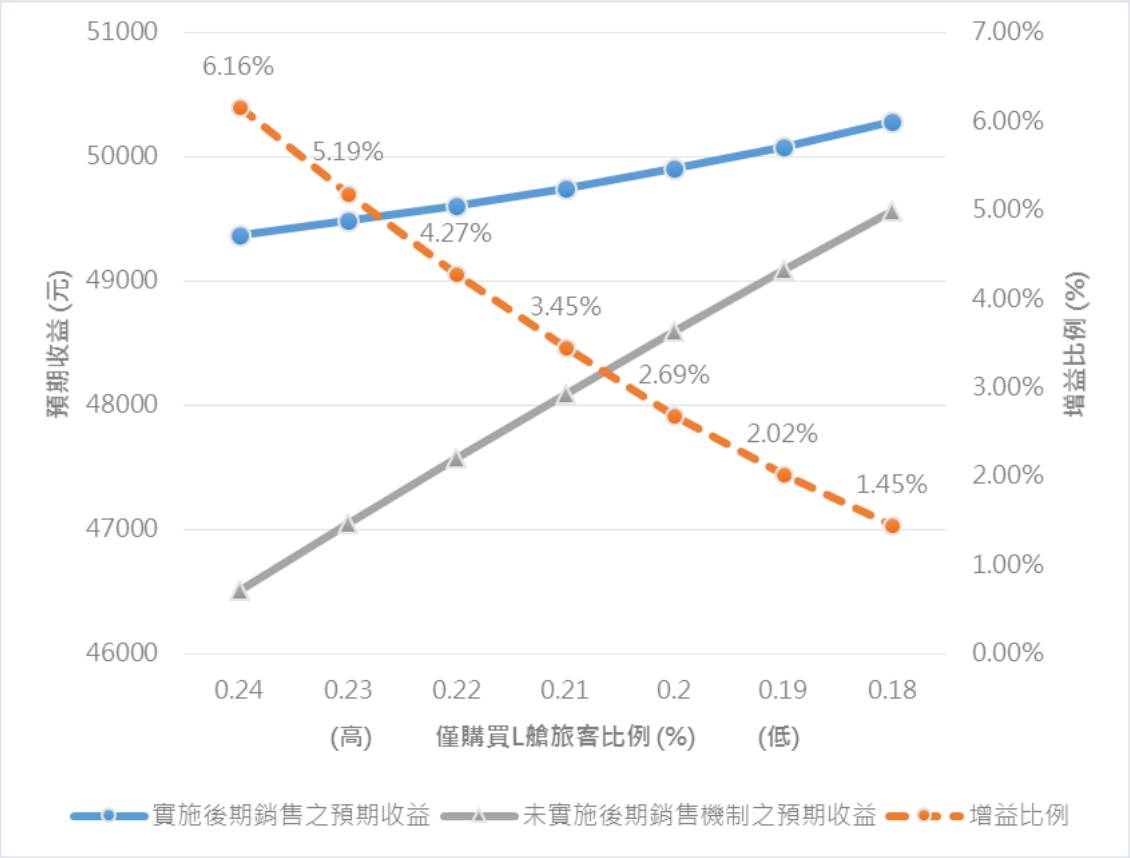


圖 4-12 不同比例 L 艙旅客與收益改善

另外也針對不同旅客組成比例的兩個班機探討營收以及座位控管的決策差異。假設航空公司在兩個航班上所設定的費率艙等及艙等訂價均相同，但旅客組成類型的比例並不相同，亦造成旅客在艙等開放集合中具有不同的選擇機率。其中 A 航班商務旅次偏高，其旅客有較高比例願意購買高價艙等；另一個航班 B 則延用 4.1 節範例，具有相對較高的休閒旅次，旅客則傾向購買價格較低的費率艙等。兩個不同旅客組成的航班平均各種類型旅客所占比例呈現於表 4-7 中。

表 4-7 不同旅客組成航班之旅客比例

			A 航班		B 航班	
商務旅次	1	Y	0.363	0.100	0.255	0.05
	2	YM		0.123		0.08
	3	M		0.140		0.125
休閒旅次	1	MK	0.647	0.140	0.745	0.15
	2	K		0.153		0.175
	3	KL		0.166		0.2
	4	L		0.178		0.22

延續基本範例的例題情境設計，將銷售期數設定為 200、130 個座位，旅客到達率為 0.75，並比較後期銷售機制在兩個航班實施所造成的結果以及決策的差異。A 航班的旅客組成上最佳的切出時間是第 131 期，於此時切出可達 53346 元的營收，相較於不實施後期銷售機制時的營收 52460 元，收益增加約 1.69%，整體而言對於收益改善並不顯著。B 航班在第 152 期將座位切出開放促銷艙等銷售時，營收可以進一步推升至 49608 元，相較於未開放後期銷售的情境下的營收 47575 元，收益增加約 4.27%。兩者相比下可以發現不同旅客比例下，B 航班(休閒旅次較高者)套用此銷售機制的效果顯著較佳。不同旅客組成的航班、切出時間點所造成之收益增加比例差異如圖 4-13 所示。

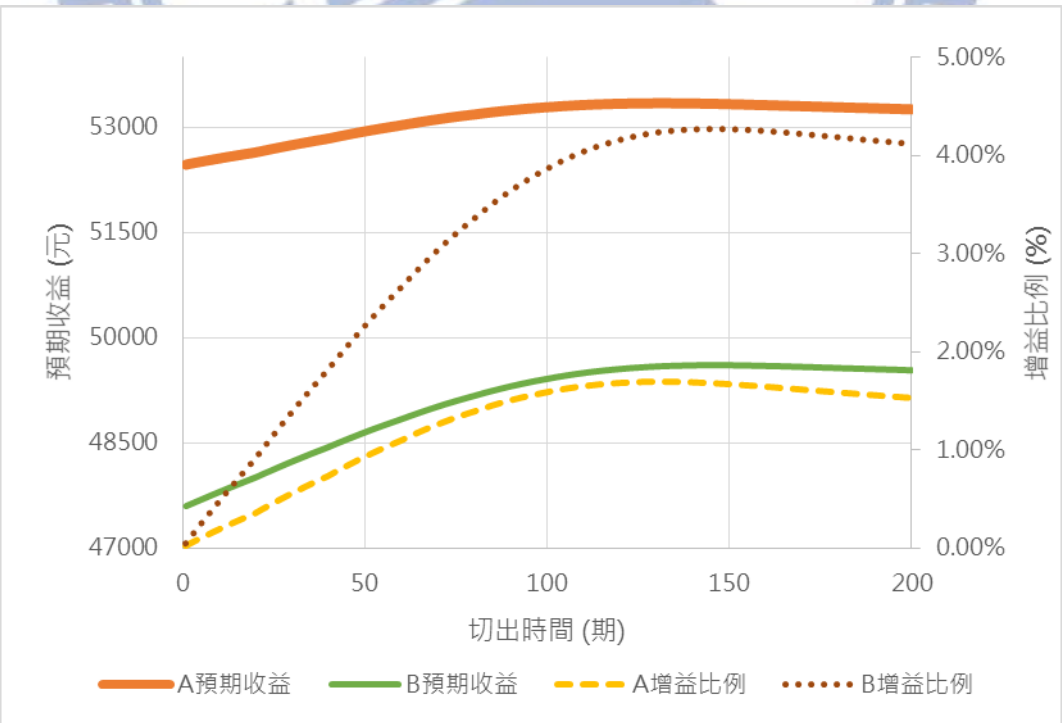
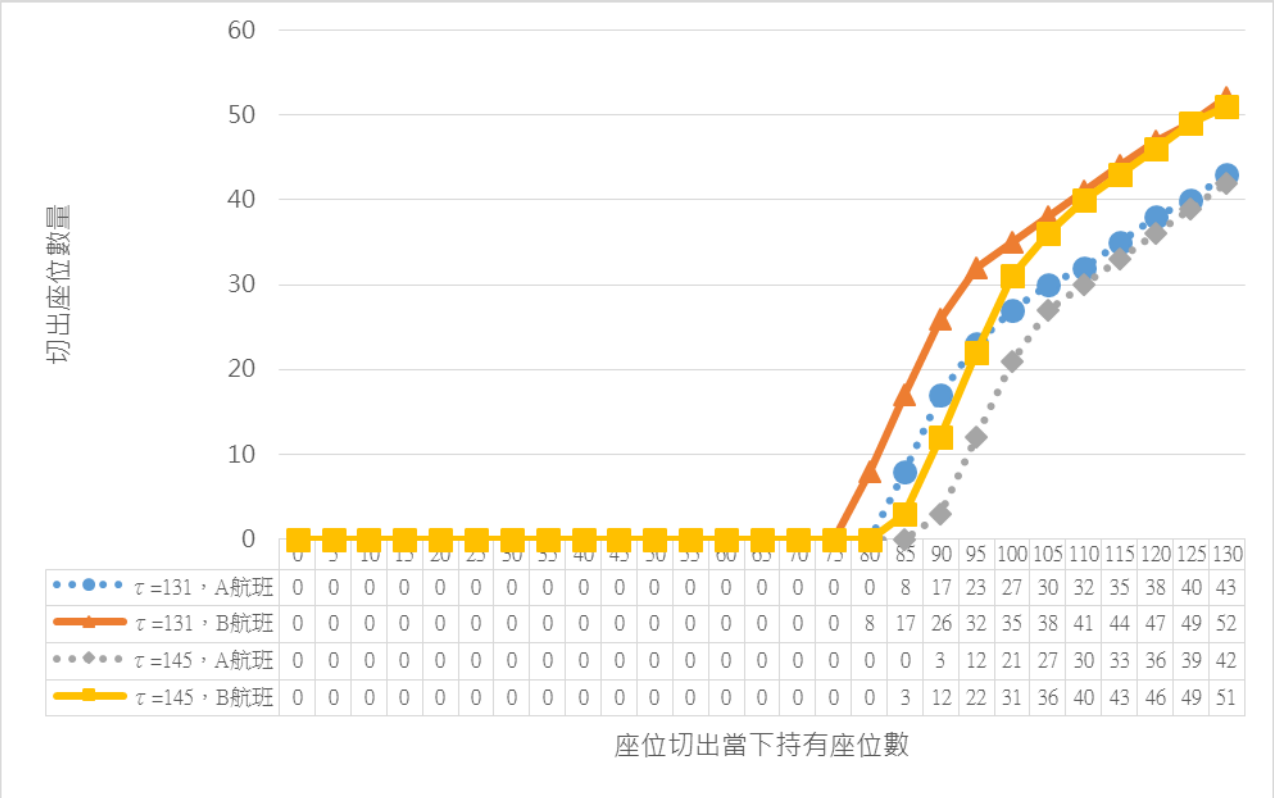


圖 4-13 不同旅客組合、切出時間與預期收益

另外也比較兩個航班在促銷費率艙等上的切割數量，其結果如圖 4-14 所示。比較下可以得知，當航空公司於切出該期持有座位數量較少、或是當航空公司仍有足夠期間銷售座位時，不論商務或是休閒旅次比例較高的航班，航空公司最佳策略皆為不切座位，仍以原先有的三艙等銷售模式進行銷售。而在商務旅次比例較高的 A 班次中，同期切出時，切出於第二管道銷售的促銷座位數量較休閒旅客比例高的班次為少，反映出面對大量比例的低願付價格旅客時仍應提供足夠的促銷座位以增加營收。



	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
τ =131，A航班	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	17	23	27	30	32	35	38	40	43
τ =131，B航班	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	17	26	32	35	38	41	44	47	49	52
τ =145，A航班	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	21	27	30	33	36	39	42
τ =145，B航班	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	22	31	36	40	43	46	49	51

圖 4-14 不同類型航線切出座位數比較

4.5 供需調整情境比較

在比較是否於銷售後期加入新的促銷艙等，也由較高的營收卻認其可行性後，本研究繼續比較在不同的總座位數與不同的旅客到達率下航空公司的決策行為，亦即由供給及需求面探討航空公司在不同的供需條件下使用此銷售模式的收益改善情形。

1. 總座位數 C

首先固定銷售的總時期為 200、旅客到達率為 0.75，亦即在銷售期間內平均有 150 位旅客，比較不同供給條件下航空公司透過後期切出折扣座位的策略貢獻收益的狀況，也討論在最佳切出時間不同剩餘座位數量下應如何做出折扣座位配置的決策。

由表 4-8 可以得知，於銷售期間將部份座位改以折扣價格推出於另一銷售管道的策略雖然會受到促銷座位切出時間的長短影響而使營收增加之比例有所差異，但整體仍能帶動營收的增長，顯示開放促銷艙等吸引較多不同類型旅客購買仍是較佳方案。然而隨

著總座位數量的增加，旅客數量固定的狀況下，座位量的增加表示具有低願付價格的旅客有更多機會能夠購入機位，進而使單個座位平均收入下降；另一方面，當座位數量增加，表示有較多的座位數能夠切出提供予願付價格低的旅客，原先購買 Y、M、K 艙等以外的 L 艙旅客便成為收益增加的主要來源，收益增加的比例隨著座位數量增加而提升。而在切出時間方面，總座位數量越少傾向較晚切出，主要考量係將較多的座位保留給予願付價格較高的旅客，若在後期切出折扣機位，表示能售出的座位數量相對較少，進而可能達成限縮低價旅客購入並拉低營收的負面效應。各個座位數於其最佳切出時間所切出的座位數量決策如圖 4-15 所示。

表 4-8 200 期、λ=0.75 不同座位數之決策比較

Period=200, λ = 0.75					
總座位數	**開 L 艙預期收入**	**單座均收**	**未開 L 艙預期收入**	**增益比例**	**最佳切出時間**
100	42048.26	420.4826	42042.99	0.01%	8
105	43591.32	415.1554	43583.09	0.02%	13
110	45077.55	409.7959	45037.74	0.09%	45
115	46419.83	403.6507	46252.18	0.36%	64
120	47569.57	396.4131	47060	1.08%	86
125	48601.05	388.8084	47448.91	2.43%	116
130	49608.44	381.6034	47574.94	4.27%	145
135	50618.11	374.9489	47601.03	6.34%	173
140	51632.19	368.8014	47604.34	8.46%	198
145	52583.21	362.6428	47604.59	10.46%	200

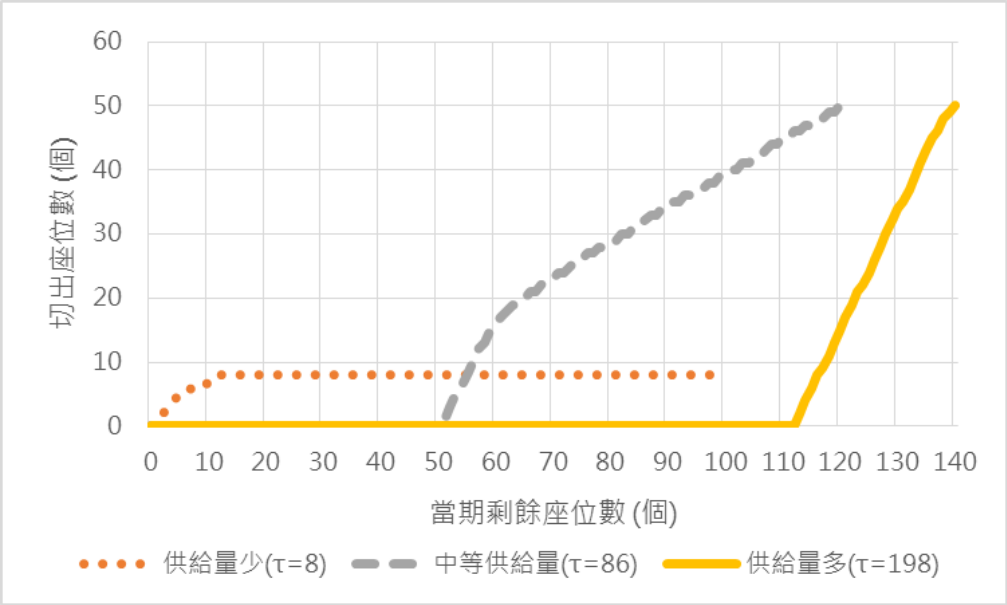


圖 4-15 不同總座位數於最佳切出時期之座位配置決策

另一方面，若欲比較不同座位數的航班在同一個時間點切出時其收益增加情況，則如表 4-9 所呈現，收益改善程度相較於未固定切出時間點時更小。由切出座位數量的決策切入探討，總座位數少者若未固定切出時間，在銷售末期最佳切出時點可能僅需切出零星座位，若固定提早切出則可能導致旅客向下購買行為會拉低收益；反之，總座位數較多者相較於最佳切出時間點，固定於第 100 期切出實質上是延後切出座位，可能無法掌控較早到達之低願付價格旅客，亦會造成收益增加比例減少的情況。在第 100 期切出的座位控管決策如圖 4-16 所示，由於切出座位由剩餘銷售時間以及剩餘座位所決定，無關乎總座位數量，圖 4-16 以總座位數 145 為例繪製第 100 期時的座位控管決策。

表 4-9 200 期、λ=0.75、同時期切出不同座位數之決策比較

Period=200, λ = 0.75					
總座位數	**開 L 艙預期收入**	**單座均收**	**未開 L 艙預期收入**	**增益比例**	**切出時間**
100	42043.06	420.4306	42042.99	0.00%	100
105	43584.92	415.0945	43583.09	0.00%	100
110	45060.45	409.6405	45037.74	0.05%	100
115	46394.24	403.4281	46252.18	0.31%	100
120	47562.65	396.3554	47060	1.07%	100
125	48583.73	388.6698	47448.91	2.39%	100
130	49413.95	380.1073	47574.94	3.87%	100
135	49983.88	370.251	47601.03	5.01%	100
140	50306.76	359.334	47604.34	5.68%	100
145	50463.65	348.0252	47604.59	6.01%	100

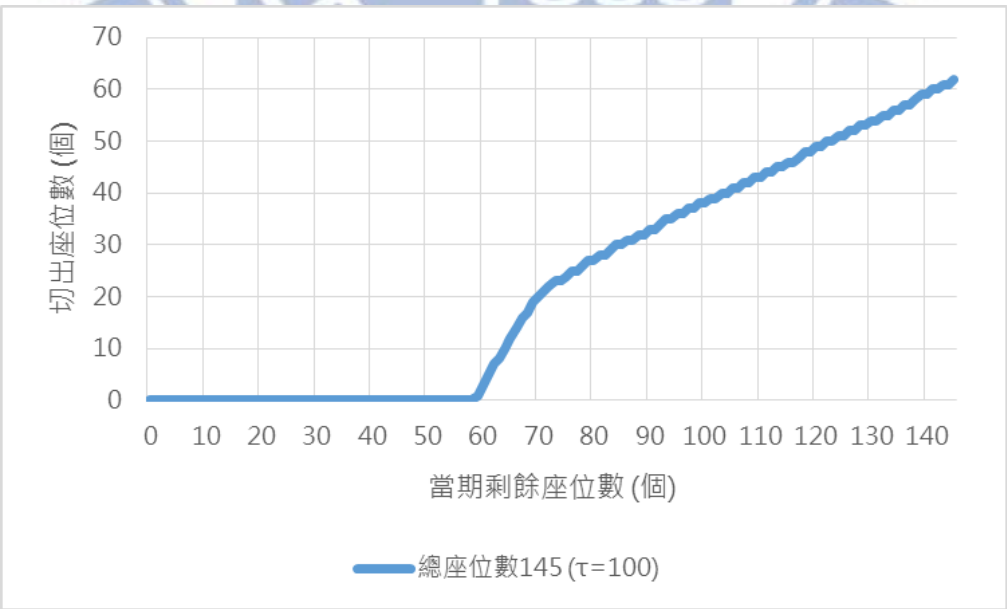


圖 4-16 不同總座位數於 100 期之座位配置決策

2. 旅客到達率 λ

接著固定銷售總時期為 200、座位數為 130，探討航空公司在不同旅客到達率下的決策行為。由表 4-10 可以看出，隨著旅客到達率的增加，表示旅客需求增加，按比例計算亦可得到較多人次的高端旅客，有限的座位可以因而優先保留給願付價格較高的商務旅客，故當旅客到達率為 0.9 時，單座平均收入較高。當旅客到達率高的狀況下，促銷艙等切出時間延後，代表預期切出座位量較少，也因較少量座位配置予低願付價格的旅客，營收主要來自於原先 Y、M、K 三艙旅客，收益增加的比例較低。反之當旅客到達率低、旅客數量較少，難以排除具有低願付價格之旅客進入市場，則透過及早切出促銷座位藉以拉抬營收，座位切出的決策如圖 4-17 所示。

表 4-10 200 期、130 座不同旅客到達率比較

Period=200, Capacity=130					
旅客到達率	**開 L 艙 預期收入**	**單座均收**	**未開 L 艙 預期收入**	**增益比例**	**最佳 切出時間**
0.65	46038.48	354.1422	41257.31	11.59%	200
0.7	47974.75	369.0366	44429.89	7.98%	196
0.75	49608.44	381.6034	47574.94	4.27%	145
0.8	51238.69	394.1438	50465.19	1.53%	95
0.85	52671.95	405.1688	52523.57	0.28%	56
0.9	53661.18	412.7783	53650.06	0.02%	31

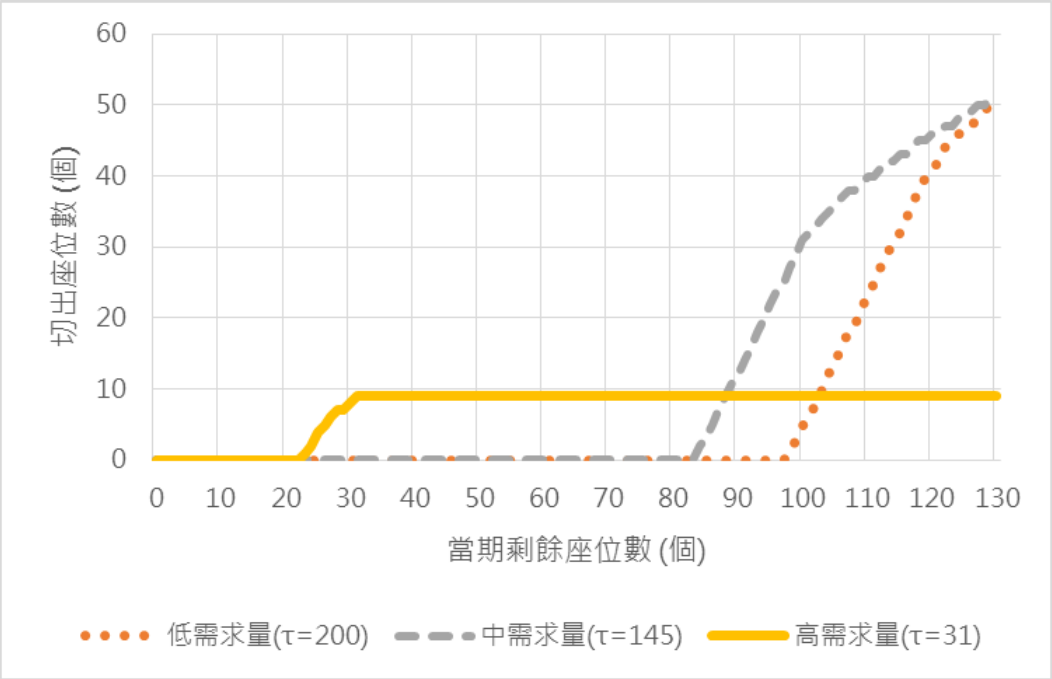


圖 4-17 200 期、130 座不同旅客到達率座位配置決策

另一方面，若比較不同旅客到達率同樣於第 100 期切出時的座位控管決策，其結果如圖 4-18 所示，在持有同樣座位數的狀況下，旅客到達率較高者傾向切出較少座位以避免受到低願付價格旅客影響進而導致收益下降。

表 4-11 200 期、130 座不同旅客到達率比較

Period=200, Capacity=130					
旅客到達率	**開 L 艙預期收入**	**單座均收**	**未開 L 艙預期收入**	**增益比例**	**最佳切出時間**
0.65	43765.42	336.6571	41257.31	6.08%	100
0.7	46871.88	360.5529	44429.89	5.50%	100
0.75	49413.95	380.1073	47574.94	3.87%	100
0.8	51237.38	394.1337	50465.19	1.53%	100
0.85	52640.57	404.9275	52573.57	0.13%	100
0.9	53653.74	412.721	53650.06	0.01%	100

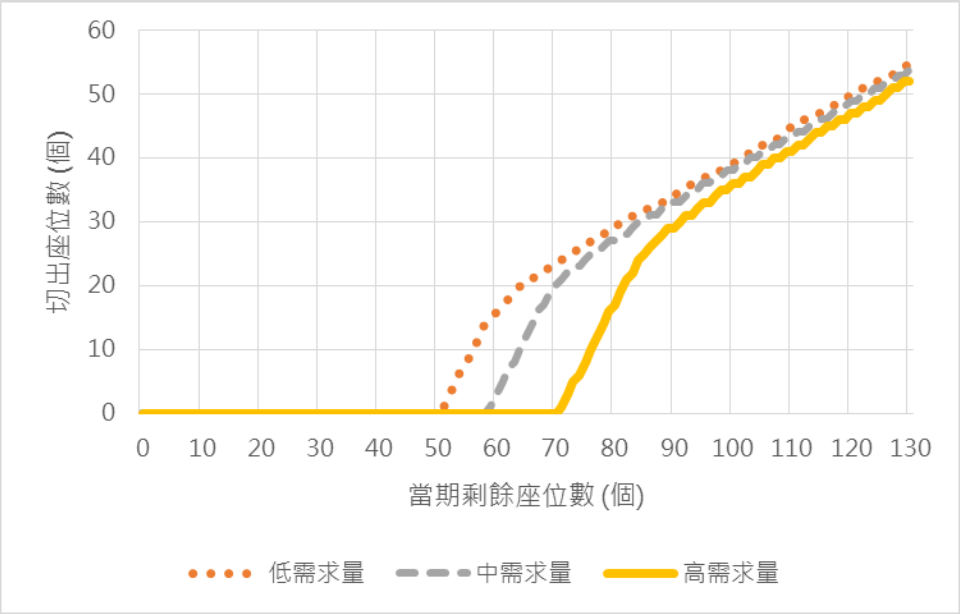


圖 4-18 不同需求量於 100 期座位配置決策

4.6 小結

本節的例題有別於 3.3 的例題假設旅客到達為同質，參考 Carrier and Larry (2014)的資料發展出旅客的可能到達型態，並進一步分析。在本章節中也討論不同的決策：包含不同座位切出時間、不同座位數量配置、不同需求對於營收及艙位控管的影響，另一方面也從供需的角度切入，探討在不同的供需條件下營收以及座位配置決策的改變。

另外在 4.2 節中則以數值模擬方式驗證 4.1 節的最佳解，在多次試行的情況下平均收入與動態規劃的解差距小於 1%，同時也由數值模擬的結果發現在導入新的銷售機制後將可有效減少營收的變異數並達到較佳收益，顯示此銷售方式具有其有效性。

第五章 結論與建議

5.1 結論

航空業的供給變動不易，一旦供需不平衡，航班帶空位起飛的可能性便會大增，也造成可能的潛在損失。為避免座位未能售出因而無法貢獻收益，後期銷售機制遂成為一個重要的研究課題。然而過去的文獻中多聚焦於推出清倉的折扣可能導致旅客的策略性購買心態，但在航空公司有權決定折扣幅度及相關策略的條件下，實際上旅客並不一定會產生策略購買行為，故本研究探討航空公司推出新的、較低價的費率艙等吸引旅客購買進而提升載客率及營收，並以艙位控管的角度切入，仍可補足現今相關研究的缺口。

過去營收管理相關研究中會假設旅客到達為同質，亦即旅客的組成從訂位開始至結束均維持不變，然而從本研究所設定的數值及測試中則顯示，若未考慮旅客組成隨時間變化的情境，仍會對艙位控管決策造成影響，故在後續的探討中均納入時間對於旅客組成的影響。

本研究也針對座位切出的時間、切出的數量等決策行為進行探討，發現在切出的時間上不宜過早以避免造成過多旅客向下購買行為，亦不宜過晚導致效果不彰；而在艙位控管上切出過多會造成收益銳減，若於第二銷售管道配置較少量的座位最極端的狀況則為不切出任何座位，收益損失相較於配置過多座位於新開放之管道時較為有限。本研究另外探討不同旅客組成的情境，發現當商務旅客較多時傾向較晚切出較少量的座位；反之，當休閒旅次大幅增加，且旅客對於價格較為敏感時，航空公司可以較早開放第二銷售管道進行促銷艙等的販售，亦能從中獲取較大的收益改善。若針對供需進行調整，亦即調整航班座位數與旅客到達率，發現當供給量多時盡早切出座位是較佳選擇，反之則較晚切出座位，收益改善幅度也隨時間提前而增加；若從需求的角度切入，旅客到達率低可以較早推出促銷艙等，反之則建議延後推出促銷艙等以掌握既有較大比例的高艙等旅客。

而數值模擬則提供例題最佳解的驗證。在試行多次訂位模擬後，發現平均的收入與動態規劃的最佳解差距小於 1%，另一方面載客率也有所成長，同時亦能減少營收及載客率的變異程度，顯示此銷售機制具有其可行性。然而要留意的是，推出最後清倉的折扣艙等同時可能造成向下購買的行為，進而抵銷部分收益，航空公司仍須針對艙位進行謹慎的控管。

5.2 建議

為使本研究能夠更完整、全面的探討相關問題，亦能提供更精確的討論，針對後續的研究發展，可以提出相關發展的建議：

1. 旅客選擇模式與參數的驗證

本研究所採用的方式係沿用 Talluri and van Ryzin (2004)所提出的假設，亦即旅客對於費率艙等的選擇只會同時考慮兩個艙等，然而實際情境是旅客可能會同時考慮大於兩個的多艙等，此設定可能過於簡化旅客的行為，造成結果的誤差。另一方面，本研究的相關數據係由經驗進行推估，更精確的數值則可由問卷調查取得，此方式可以做為未來相關研究的改善方向。

2. 由單一航班轉變為多航班模式

本研究的尺度聚焦於單一航班的艙位控管決策，然而實際上航空公司是以航網的模式同時操作多個航班，多個航班在不同時間帶、不同目的地的條件下皆可能造成航班之間需求的相互影響，也會形成能夠進一步探討的新問題。

3. 批發(wholesale)概念的導入

本研究雖將部分座位配置至第二銷售管道銷售，然而所採取的方式係較偏電子商務的以其餘平台進行銷售。IATA 曾經在 2012 年的年度報告書指出，批發的方式將在未來的機票銷售市場上佔有一席之地，實務上航空公司的業務單位也可能會以團體票的方式將座位以賣斷方式全權交由旅行社進行銷售甚至是配票，若將此議題納入則可使相關議題探討更臻於完善。

參考文獻

Anderson, C. K., & Wilson, J. G. (2003). Wait or buy? The strategic consumer: Pricing and profit implications. *Journal of the Operational Research Society*, *54*(3), 299-306.

Aviv, Y., & Pazgal, A. (2008). Optimal pricing of seasonal products in the presence of forward-looking consumers. *Manufacturing & Service Operations Management*, *10*(3), 339-359.

Barnhart, C., Belobaba, P., & Odoni, A. R. (Eds.). (2009). *The Global Airline Industry*. Wiley.

Belobaba, P. P. (1989). OR Practice—Application of a Probabilistic Decision Model to Airline Seat Inventory Control. *Operations Research*, *37*(2), 183-197.

Botimer, T. C., & Belobaba, P. P. (1999). Airline pricing and fare product differentiation: A new theoretical framework. *Journal of the Operational Research Society*, *50*(11), 1085-1097.

Carrier, E., & Weatherford, L. (2014). Estimating a model of airline passenger choice using grouped booking data and least squares regression. *Journal of Revenue & Pricing Management*, *13*(5), 347-353.

Cho, M., Fan, M., & Zhou, Y. P. (2009). Strategic consumer response to dynamic pricing of perishable products. *In Consumer-Driven Demand and Operations Management Models* (pp. 435-458). Springer US.

Cross, R. G. (2011). Revenue management. Crown Business.

Cross, R. G., Higbie, J. A., & Cross, Z. N. (2011). Milestones in the application of analytical pricing and revenue management. *Journal of Revenue & Pricing Management*, *10*(1), 8-18.

Curry, R. E. (1990). Optimal airline seat allocation with fare classes nested by origins and destinations. *Transportation science*, *24*(3), 193-204.

Dacko, S. G. (2004). Marketing strategies for last-minute travel and tourism: Profitability and revenue management implications. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, *16*(4), 7-20.

Dana, Jr, J. D. (1998). Advance-purchase discounts and price discrimination in competitive markets. *Journal of Political Economy*, *106*(2), 395-422.

Dasu, S., & Tong, C. (2010). Dynamic pricing when consumers are strategic: Analysis of posted and contingent pricing schemes. *European Journal of Operational Research*, *204*(3), 662-671.

Elmaghraby, W., & Keskinocak, P. (2003). Dynamic pricing in the presence of inventory considerations: Research overview, current practices, and future directions. *Management Science*, *49*(10), 1287-1309.

Feng, Y., & Gallego, G. (1995). Optimal starting times for end-of-season sales and optimal stopping times for promotional fares. *Management Science*, *41*(8), 1371-1391.

Gallego, G., & Van Ryzin, G. (1994). Optimal dynamic pricing of inventories with stochastic demand over finite horizons. *Management science*, *40*(8), 999-1020.

Jerath, K., Netessine, S., & Veeraraghavan, S. K. (2010). Revenue management with strategic customers: Last-minute selling and opaque selling.*Management Science*, *56*(3), 430-448.

Koenigsberg, O., Muller, E., & Vilcassim, N. J. (2008). easyJet® pricing strategy: Should low-fare airlines offer last-minute deals?. *QME*, *6*(3), 279-297.

Lee, T. C., & Hersh, M. (1993). A model for dynamic airline seat inventory control with multiple seat bookings. *Transportation Science*, *27*(3), 252-265.

Levin, Y., McGill, J., & Nediak, M. (2010). Optimal dynamic pricing of perishable items by a monopolist facing strategic consumers. *Production and Operations Management*, *19*(1), 40-60.

Li, J., Granados, N., & Netessine, S. (2014). Are consumers strategic? structural estimation from the air-travel industry. *Management Science*, *60*(9), 2114-2137.

Littlewood, K. (1972). Forecasting and Control of Passenger Bookings, AGIFORS 12th Annul Symposium Proceedings. *October, Nathanya, Israel*, 193-204.

Liu, Q., & Van Ryzin, G. (2008a). On the choice-based linear programming model for network revenue management. Manufacturing & Service Operations Management, 10(2), 288-310.

Liu, Q., & van Ryzin, G. J. (2008b). Strategic capacity rationing to induce early purchases. *Management Science*, *54*(6), 1115-1131.

McGill, J. I., & Van Ryzin, G. J. (1999). Revenue management: Research overview and prospects. *Transportation science*, *33*(2), 233-256.

Ovchinnikov, A., & Milner, J. M. (2012). Revenue management with end-of-period discounts in the presence of customer learning. *Production and operations management*, *21*(1), 69-84.

Talluri, K., & Van Ryzin, G. (2004). Revenue management under a general discrete choice model of consumer behavior. *Management Science*, *50*(1), 15-33.

Talluri, K. T., & Van Ryzin, G. J. (2006). *The theory and practice of revenue management* (Vol. 68). Springer Science & Business Media.

Shen, Z. J. M., & Su, X. (2007). Customer behavior modeling in revenue management and auctions: A review and new research opportunities. *Production and operations management*, *16*(6), 713-728.

Su, X. (2007). Intertemporal pricing with strategic customer behavior. *Management Science*, *53*(5), 726-741.

Varian, H. R. (1989). Price discrimination. *Handbook of industrial organization*,*1*, 597-654.

Weatherford, L. R., & Bodily, S. E. (1992). A taxonomy and research overview of perishable-asset revenue management: yield management, overbooking, and pricing. *Operations Research*, *40*(5), 831-844.

Wilson, J. G., Anderson, C. K., & Kim, S. W. (2006). Optimal booking limits in the presence of strategic consumer behavior. *International Transactions in Operational Research*, *13*(2), 99-110.

Zhang, D., & Cooper, W. L. (2005). Revenue management for parallel flights with customer-choice behavior. *Operations Research*, 53(3), 415-431.

Zhang, D., & Cooper, W. L. (2008). Managing clearance sales in the presence of strategic customers. *Production and Operations Management*, *17*(4), 416-431.

林淑萍、陳勁甫、沈進成 (2001 年 4 月)。網路售票對航空公司經營策略衝擊之探討。第一屆觀光休閒暨餐旅產業永續經營研討會論文集，高雄餐旅學院。

張瑞奇 (1999). 航空客運與票務. *臺北縣: 揚智.*

附錄一 十時期各艙等購買機率

Period 0-20		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.094	{Y}	0.244	0	0	0	0.756	0.244	146.4
YM	0.15	{M}	0	0.49	0	0	0.51	0.49	235.2
M	0.235	{K}	0	0	0.395	0	0.605	0.395	142.2
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.294	0.706	0.294	82.32
MK	0.105	{Y,M}	0.094	0.49	0	0	0.416	0.584	291.6
K	0.122	{Y,K}	0.244	0	0.395	0	0.361	0.639	288.6
KL	0.168	{Y,L}	0.244	0	0	0.294	0.462	0.538	228.72
L	0.126	{M,K}	0	0.385	0.395	0	0.22	0.78	327
		{M,L}	0	0.49	0	0.294	0.216	0.784	317.52
		{K,L}	0	0	0.227	0.294	0.479	0.521	164.04
		{Y,M,K}	0.094	0.385	0.395	0	0.126	0.874	383.4
		{Y,M,L}	0.094	0.49	0	0.294	0.122	0.878	373.92
		{Y,K,L}	0.244	0	0.227	0.294	0.235	0.765	310.44
		{M,K,L}	0	0.385	0.227	0.294	0.094	0.906	348.84
		{Y,M,K,L}	0.094	0.385	0.227	0.294	0	1	405.24

Period 20-40		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.08	{Y}	0.208	0	0	0	0.792	0.208	124.8
YM	0.128	{M}	0	0.447	0	0	0.553	0.447	214.56
M	0.199	{K}	0	0	0.45	0	0.55	0.45	162
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.334	0.666	0.334	93.52
MK	0.12	{Y,M}	0.08	0.447	0	0	0.473	0.527	262.56
K	0.139	{Y,K}	0.208	0	0.45	0	0.342	0.658	286.8
KL	0.191	{Y,L}	0.208	0	0	0.334	0.458	0.542	218.32
L	0.143	{M,K}	0	0.327	0.45	0	0.223	0.777	318.96
		{M,L}	0	0.447	0	0.334	0.219	0.781	308.08
		{K,L}	0	0	0.259	0.334	0.407	0.593	186.76
		{Y,M,K}	0.08	0.327	0.45	0	0.143	0.857	366.96
		{Y,M,L}	0.08	0.447	0	0.334	0.139	0.861	356.08
		{Y,K,L}	0.208	0	0.259	0.334	0.199	0.801	311.56
		{M,K,L}	0	0.327	0.259	0.334	0.08	0.92	343.72
		{Y,M,K,L}	0.08	0.327	0.259	0.334	0	1	391.72

Period 40-60		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.068	{Y}	0.176	0	0	0	0.824	0.176	105.6
YM	0.108	{M}	0	0.409	0	0	0.591	0.409	196.32
M	0.169	{K}	0	0	0.497	0	0.503	0.497	178.92
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.369	0.631	0.369	103.32
MK	0.132	{Y,M}	0.068	0.409	0	0	0.523	0.477	237.12
K	0.154	{Y,K}	0.176	0	0.497	0	0.327	0.673	284.52
KL	0.211	{Y,L}	0.176	0	0	0.369	0.455	0.545	208.92
L	0.158	{M,K}	0	0.277	0.497	0	0.226	0.774	311.88
		{M,L}	0	0.409	0	0.369	0.222	0.778	299.64
		{K,L}	0	0	0.286	0.369	0.345	0.655	206.28
		{Y,M,K}	0.068	0.277	0.497	0	0.158	0.842	352.68
		{Y,M,L}	0.068	0.409	0	0.369	0.154	0.846	340.44
		{Y,K,L}	0.176	0	0.286	0.369	0.169	0.831	311.88
		{M,K,L}	0	0.277	0.286	0.369	0.068	0.932	339.24
		{Y,M,K,L}	0.068	0.277	0.286	0.369	0	1	380.04

Period 60-80		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.057	{Y}	0.149	0	0	0	0.851	0.149	89.4
YM	0.092	{M}	0	0.378	0	0	0.622	0.378	181.44
M	0.143	{K}	0	0	0.537	0	0.463	0.537	193.32
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.399	0.601	0.399	111.72
MK	0.143	{Y,M}	0.057	0.378	0	0	0.565	0.435	215.64
K	0.166	{Y,K}	0.149	0	0.537	0	0.314	0.686	282.72
KL	0.228	{Y,L}	0.149	0	0	0.399	0.452	0.548	201.12
L	0.171	{M,K}	0	0.235	0.537	0	0.228	0.772	306.12
		{M,L}	0	0.378	0	0.399	0.223	0.777	293.16
		{K,L}	0	0	0.309	0.399	0.292	0.708	222.96
		{Y,M,K}	0.057	0.235	0.537	0	0.171	0.829	340.32
		{Y,M,L}	0.057	0.378	0	0.399	0.166	0.834	327.36
		{Y,K,L}	0.149	0	0.309	0.399	0.143	0.857	312.36
		{M,K,L}	0	0.235	0.309	0.399	0.057	0.943	335.76
		{Y,M,K,L}	0.057	0.235	0.309	0.399	0	1	369.96

Period 80-100		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.049	{Y}	0.127	0	0	0	0.873	0.127	76.2
YM	0.078	{M}	0	0.35	0	0	0.65	0.35	168
M	0.121	{K}	0	0	0.57	0	0.43	0.57	205.2
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.424	0.576	0.424	118.72
MK	0.151	{Y,M}	0.049	0.35	0	0	0.601	0.399	197.4
K	0.177	{Y,K}	0.127	0	0.57	0	0.303	0.697	281.4
KL	0.242	{Y,L}	0.127	0	0	0.424	0.449	0.551	194.92
L	0.182	{M,K}	0	0.199	0.57	0	0.231	0.769	300.72
		{M,L}	0	0.35	0	0.424	0.226	0.774	286.72
		{K,L}	0	0	0.328	0.424	0.248	0.752	236.8
		{Y,M,K}	0.049	0.199	0.57	0	0.182	0.818	330.12
		{Y,M,L}	0.049	0.35	0	0.424	0.177	0.823	316.12
		{Y,K,L}	0.127	0	0.328	0.424	0.121	0.879	313
		{M,K,L}	0	0.199	0.328	0.424	0.049	0.951	332.32
		{Y,M,K,L}	0.049	0.199	0.328	0.424	0	1	361.72

Period 100-120		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.041	{Y}	0.107	0	0	0	0.893	0.107	64.2
YM	0.066	{M}	0	0.328	0	0	0.672	0.328	157.44
M	0.103	{K}	0	0	0.599	0	0.401	0.599	215.64
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.445	0.555	0.445	124.6
MK	0.159	{Y,M}	0.041	0.328	0	0	0.631	0.369	182.04
K	0.186	{Y,K}	0.107	0	0.599	0	0.294	0.706	279.84
KL	0.254	{Y,L}	0.107	0	0	0.445	0.448	0.552	188.8
L	0.191	{M,K}	0	0.169	0.599	0	0.232	0.768	296.76
		{M,L}	0	0.328	0	0.445	0.227	0.773	282.04
		{K,L}	0	0	0.345	0.445	0.21	0.79	248.8
		{Y,M,K}	0.041	0.169	0.599	0	0.191	0.809	321.36
		{Y,M,L}	0.041	0.328	0	0.445	0.186	0.814	306.64
		{Y,K,L}	0.107	0	0.345	0.445	0.103	0.897	313
		{M,K,L}	0	0.169	0.345	0.445	0.041	0.959	329.92
		{Y,M,K,L}	0.041	0.169	0.345	0.445	0	1	354.52

Period 120-140		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.035	{Y}	0.091	0	0	0	0.909	0.091	54.6
YM	0.056	{M}	0	0.308	0	0	0.692	0.308	147.84
M	0.087	{K}	0	0	0.623	0	0.377	0.623	224.28
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.464	0.536	0.464	129.92
MK	0.165	{Y,M}	0.035	0.308	0	0	0.657	0.343	168.84
K	0.193	{Y,K}	0.091	0	0.623	0	0.286	0.714	278.88
KL	0.265	{Y,L}	0.091	0	0	0.464	0.445	0.555	184.52
L	0.199	{M,K}	0	0.143	0.623	0	0.234	0.766	292.92
		{M,L}	0	0.308	0	0.464	0.228	0.772	277.76
		{K,L}	0	0	0.358	0.464	0.178	0.822	258.8
		{Y,M,K}	0.035	0.143	0.623	0	0.199	0.801	313.92
		{Y,M,L}	0.035	0.308	0	0.464	0.193	0.807	298.76
		{Y,K,L}	0.091	0	0.358	0.464	0.087	0.913	313.4
		{M,K,L}	0	0.143	0.358	0.464	0.035	0.965	327.44
		{Y,M,K,L}	0.035	0.143	0.358	0.464	0	1	348.44

Period 140-160		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.03	{Y}	0.077	0	0	0	0.923	0.077	46.2
YM	0.047	{M}	0	0.292	0	0	0.708	0.292	140.16
M	0.074	{K}	0	0	0.644	0	0.356	0.644	231.84
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.479	0.521	0.479	134.12
MK	0.171	{Y,M}	0.03	0.292	0	0	0.678	0.322	158.16
K	0.199	{Y,K}	0.077	0	0.644	0	0.279	0.721	278.04
KL	0.274	{Y,L}	0.077	0	0	0.479	0.444	0.556	180.32
L	0.205	{M,K}	0	0.121	0.644	0	0.235	0.765	289.92
		{M,L}	0	0.292	0	0.479	0.229	0.771	274.28
		{K,L}	0	0	0.37	0.479	0.151	0.849	267.32
		{Y,M,K}	0.03	0.121	0.644	0	0.205	0.795	307.92
		{Y,M,L}	0.03	0.292	0	0.479	0.199	0.801	292.28
		{Y,K,L}	0.077	0	0.37	0.479	0.074	0.926	313.52
		{M,K,L}	0	0.121	0.37	0.479	0.03	0.97	325.4
		{Y,M,K,L}	0.03	0.121	0.37	0.479	0	1	343.4

Period 160-180		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.025	{Y}	0.065	0	0	0	0.935	0.065	39
YM	0.04	{M}	0	0.279	0	0	0.721	0.279	133.92
M	0.063	{K}	0	0	0.662	0	0.338	0.662	238.32
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.491	0.509	0.491	137.48
MK	0.176	{Y,M}	0.025	0.279	0	0	0.696	0.304	148.92
K	0.205	{Y,K}	0.065	0	0.662	0	0.273	0.727	277.32
KL	0.281	{Y,L}	0.065	0	0	0.491	0.444	0.556	176.48
L	0.21	{M,K}	0	0.103	0.662	0	0.235	0.765	287.76
		{M,L}	0	0.279	0	0.491	0.23	0.77	271.4
		{K,L}	0	0	0.381	0.491	0.128	0.872	274.64
		{Y,M,K}	0.025	0.103	0.662	0	0.21	0.79	302.76
		{Y,M,L}	0.025	0.279	0	0.491	0.205	0.795	286.4
		{Y,K,L}	0.065	0	0.381	0.491	0.063	0.937	313.64
		{M,K,L}	0	0.103	0.381	0.491	0.025	0.975	324.08
		{Y,M,K,L}	0.025	0.103	0.381	0.491	0	1	339.08

Period 180-200		S	$P_Y(S)$	$P_M(S)$	$P_K(S)$	$P_L(S)$	$P_0(S)$	$Q(S)$	$R(S)$
商務旅次		{∅}	0	0	0	0	1	0	0
Y	0.021	{Y}	0.055	0	0	0	0.945	0.055	33
YM	0.034	{M}	0	0.268	0	0	0.732	0.268	128.64
M	0.054	{K}	0	0	0.676	0	0.324	0.676	243.36
休閒旅次		{L}	0	0	0	0.502	0.498	0.502	140.56
MK	0.18	{Y,M}	0.021	0.268	0	0	0.711	0.289	141.24
K	0.209	{Y,K}	0.055	0	0.676	0	0.269	0.731	276.36
KL	0.287	{Y,L}	0.055	0	0	0.502	0.443	0.557	173.56
L	0.215	{M,K}	0	0.088	0.676	0	0.236	0.764	285.6
		{M,L}	0	0.268	0	0.502	0.23	0.77	269.2
		{K,L}	0	0	0.389	0.502	0.109	0.891	280.6
		{Y,M,K}	0.021	0.088	0.676	0	0.215	0.785	298.2
		{Y,M,L}	0.021	0.268	0	0.502	0.209	0.791	281.8
		{Y,K,L}	0.055	0	0.389	0.502	0.054	0.946	313.6
		{M,K,L}	0	0.088	0.389	0.502	0.021	0.979	322.84
		{Y,M,K,L}	0.021	0.088	0.389	0.502	0	1	335.44

簡歷

中文姓名：黃伯晟

英文姓名：Hwang, Po-Chen

出生日期：民國 80 年 6 月 18 日

聯絡地址：台北市文山區和興路 68 號 10 樓

電子信箱：pochen800618@gmail.com

簡歷：

民國 106 年 2 月 國立交通大學 運輸與物流管理學系碩士班 畢業

民國 103 年 1 月 國立台灣大學 地理環境資源學系 畢業

民國 98 年 6 月 國立臺灣師範大學附屬高級中學 畢業