

鐵路超額訂位收益模式之構建 —以臺灣高鐵為例¹

RAIL PASSENGER OVERBOOKING MODELLING —CASE STUDY OF TAIWAN HIGH SPEED RAILWAY SYSTEM

鄭永祥 Yung-Hsian Cheng²

楊仕欣 Shin-Hsin Yang³

余宗軒 Zong-Syuan Yu⁴

(96 年 10 月 28 日收稿，96 年 12 月 31 日第一次修改，97 年 2 月 14 日
第二次修改，97 年 11 月 27 日定稿)

摘 要

本研究主要目的是建構一鐵路列車超額訂位之收益管理模式，以此模式探討在臺灣高鐵列車乘客不同之隨機到站型態下，使用不同列車超額訂位策略之收益分析。在此超額訂位模式中，應用在於旅客需求與列車座位相差不大之情形，其模式主要考量因素是高鐵乘客到站與否之隨機性，利用二元變數來建構高鐵乘客情境收益式與補償、賠償成本式。本研究使用蒙地卡羅模擬法來處理隨機性之變數，透過模擬探討不同超額訂位策略對於列車收益之影響。本研究亦利用敏感度分析探討在不同乘客未到率下，

-
1. 感謝國科會大專學生參與專題研究計畫之補助—核定計畫編號 (95-2815-C-327-034-E)。
 2. 國立成功大學交通管理科學系助理教授 (聯絡地址：701 臺南市大學路 1 號成功大學交通管理科學系；電話：(06) 2757575 # 53227；E-mail：yhcheng@mail.ncku.edu.tw)。
 3. 國立成功大學交通管理科學系研究生 (聯絡地址：701 臺南市大學路 1 號成功大學交通管理科學系；電話：(06) 2757575 # 53201；E-mail：r5696404@mail.ncku.edu.tw)。
 4. 元智大學企業管理研究所研究生 (聯絡地址：302 中壢市內壢遠東路 135 號元智大學企業管理研究所；電話：(03) 4638800 # 2621；E-mail：s967111@mail.yzu.edu.tw)。

列車收益最大之超額訂位率。此外，本研究亦推估出列車收益最大前提下之最適高鐵列車指定席與自由席之車廂分配比例。研究結果顯示：在乘客未到率為 10%~20% 之情境假設下，高鐵最適超額訂位率為估計乘客未到率再加 5% 時之列車收益最佳。至於列車最適之指定席與自由席車廂分配比例，在乘客未到率小於 10% 時，最適分配比例為 8:3；在估計乘客未到率為 10%~20% 時，最適分配比例可為 10:1。

關鍵詞：鐵路運輸；超額訂位；收益管理；蒙地卡羅模擬

ABSTRACT

The study aims to establish a railway over-booking yield management model. A binary function is utilized to formulate a high-speed railway formula consisting of benefit, compensation and discount cost. By focusing on the random distribution of high-speed railway passenger's arrivals and absences, the Monte Carlo method is applied to compute random variables and calculate 1,000 random variations of the HSR over-booking model. Outcome of calculations is normally distributed and the effects of over-booking on railways are analyzed. Sensitivity analysis on different models is conducted to identify the best overbooking strategy and optimal coach distribution of reserved seats and unreserved seats. Results assume a 10%-20% no-show rate while the most reasonable no-show rate is 5%, which closely represents that of the high-speed railway. The optimal coach distribution of reserved seats and unreserved seats is 8:3 when the no-show rate is less than 10%. When the no-show rate is between 10%~20%, the best care distribution is 10:1.

Key Words: Railway transportation, Yield management, Over-booking, Monte Carlo, Simulation

一、緒 論

1.1 研究背景與動機

由於運輸業所提供之運輸服務不可被儲存，也因此常有許多運輸系統容量並沒有被妥善利用。收益管理 (yield management) 過去在航空業之應用於提高系統閒置容量上，已獲致相當之成效。收益管理是指：在正確的時間以正確的價格提供正確的服務給正確的乘客。根據 Kimes^[1]之定義最能代表收益管理 (yield management) 之行業便是航空運輸業與鐵路運輸業。收益管理模式可以應用的範圍包括旅客需求預測、票價規劃、艙位規劃與超額訂位控制，超額訂位為在某班次之機位需求超過機位容量時，為避免已訂位旅客取消訂位或起飛時未報到，造成空位起飛損失所採取的措施。而超額訂位策略通常能額外產生約

3~10% 的航班乘客收益 (Curry^[2])。

就高鐵而言，在運量持續成長下，一旦高鐵運量接近系統容量時，將會面臨到如何透過收益管理策略來妥善應用其座位運用效率之問題，而超額訂位策略過去在法國高鐵已經行之有年，也替法鐵增加相當之收益 (Maria H. B., Alain S.^[3])。因此本研究之研究動機在於考量高鐵乘客到站之隨機性，以探討不同超額訂位策略下，對於高鐵列車收益之影響，期望構建一合適之列車超額訂位模式，提供營運單位在未來規劃超額訂位模式時，有一考量依據。

1.2 研究方法與目的

因高鐵乘客到站與否之隨機行為（到與不到）可視為二元變數的出象，因此本研究採用二元之 0、1 變數，來建構使用超額訂位之情境收益式與成本式，利用「蒙地卡羅模擬法」，以亂數抽取模擬乘客到站之隨機性，進而推算使用超額訂位所產生的收益。而模擬工具採用 VB6.0 撰寫程式碼設計一模擬，進行模擬在不同乘客到站情境下對於超額訂位模式之影響，此外，並就對列車收益進行敏感度分析。

本研究參考臺鐵提前訂位流程與航空業允許超額訂位之情形，利用二元變數建構五種高鐵乘客到達類型之列車收益式，並考量不同於航空運輸業之特性，如高鐵自由席可供站位額度之變數，模擬並使用蒙地卡羅方法進行實證分析。研究目的如下：

1. 構建列車超額訂位模式，分析有無使用超額訂位對於列車收益之影響。
2. 在高鐵乘客未到率不同之情形下，使用敏感度分析求得最適之超額訂位率。
3. 在考量高鐵乘客未到率、最適超額訂位率不同組合之情況下，求得最適列車指定席與自由席車廂分配比例。

1.3 研究範圍與對象

本研究主要為分析臺灣高速鐵路在營運時，針對旅客需求超過列車座位供給之尖峰型態（如過年春節、連續假日或是全國性選舉時），探討使用超額訂位模式對列車收益所產生影響，可供訂位額度幾乎已預訂完畢，當日只保留部分額度可供現場購票。

根據高鐵局對臺灣高鐵之運量預測，高鐵旅次約有 50% 是集中在臺北、臺中、高雄三站。為求簡化，本研究僅對高雄起站，中途停靠板橋與臺中，終點站為臺北之搭乘長途列車乘客進行調查與分析，此超額訂位模式目的在於探討主要集中於高雄到臺北兩地之乘客。而其他欲在中途起迄站下車之乘客，系統營運者則將其儘量安排於透過每站中途停靠之列車班次，來服務其旅運需求，此部分之超額訂位模式則不在本研究範圍內。

本研究以高鐵列車收益為研究對象，探討提前訂位系統在高鐵乘客到站機率呈隨機性時，使用超額訂位模式所能產生的效益，並考量列車乘客發生座位衝突所產生之賠償成本。本研究測量民國 96 年 2 月 2 日到 2 月 4 日之假日高鐵乘客到站時間，並依資料初估出高鐵乘客未到站之機率。此外，為要考量到前班列車產生座位衝突遞延至下班列車，本

研究針對目前高鐵現有時刻表中一天有 26 班臺北－板橋－臺中－高雄直達車，以蒙地卡羅分析法進行模擬。探討這一天 26 班次高鐵列車在發車後所產生之總收益與高鐵乘客發生座位衝突之賠償成本。

二、文獻回顧

本研究主要是對高鐵列車座位在提前訂位系統中使用收益管理中之超額訂位模式提供需求乘客預訂時，對於列車在發車後之列車收益進行分析。在本章節之文獻回顧中共分三個部分，第一部分為收益管理之相關文獻，第二個部分為高速鐵路相關文獻回顧，第三部分蒙地卡羅模擬方法之文獻回顧。

2.1 收益管理相關文獻探討

收益管理的運用是由四個構面所組成：票價產品規劃、產品需求預測、座位庫存管理和超額訂位，由於本研究主要係探討收益管理之超額訂位部分，故在票價產品規劃、顧客需求預測與座位庫存管理之相關文獻部分，本研究將簡述之，而超額訂位之相關文獻，本研究會有進一步之探討。

2.1.1 票價產品規劃

票價產品規劃須進行市場分析調查，了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乘客需求，並規劃產品區隔以防止原屬高價需求之旅客轉而購買低價產品。票價產品規劃包括：訂價管理 (price management) 與產品區隔 (product differentiation)。

Lawrence^[4]將具有固定單位數量、可對價格敏感乘客進行區隔、及逾期使用將完全喪失價值等特性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，擴大收益管理應用行業與產品類別。

在建構票價產品規劃數學模式上，有 Botimer^[5]將降級成本整合入票價產品模式，考量旅客轉移與訂位限額之效應，提出一般化成本模式之聯合價格水準最佳化模式。

2.1.2 顧客需求預測

顧客需求預測其定義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。Lee^[6]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。

而在航空公司之訂位需求預測方面，Littlewood^[7]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；Lee^[6]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。

Kanafani^[8]討論以旅客目的、起迄、旅程長度等服務型態等特性，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。Morrisson、Winston^[9]以旅行時間、轉機延滯、票價、服務頻次、航機型式及旅程型態等向量，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羅吉特模式。

2.1.3 座位庫存管理

所謂座位庫存管理，即為航空公司善用各航班中飛機座位資源，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。Littlewood^[7]以期望邊際報酬觀念，用各航段座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，而後續相關研究均以潛在銷售座位之期望報酬，處理需求不確定性問題。

Belobaba^[10]將 Littlewood 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)，其意為艙位保留數。以全部可供訂位容量減去讓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^[10]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。

探討航空班次多站停靠的艙位規劃之研究中，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固定值，加總即為各區段之訂位容量限制。為考量不同行程間需求的不確定性，Wong^[11]提出「彈性配置」(flexible-assignment) 方式，其方法是對同一區段下之可供訂位容量，除分別配置給各行程外，另有一部分容量劃歸為「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。其研究更將其推廣至飛行多重區段與空運中心經營型態之航班的艙位規劃問題上。

2.1.4 超額訂位之相關文獻

運輸行業商品皆是屬於一種不可儲存的服務，當服務一旦被提供出去時，未使用的空座位立即變得毫無價值，其中所花費的固定成本相當龐大。且雖然服務的供給是固定，但是需求卻是隨著尖離峰而有所變化，因此常存在著尖峰時段運輸需求大於供給，而離峰時段則有供給大於需求的現象。因此以航空業為例，航空公司若僅以實際座位去販賣機票，則時常會有旅客購票後未出現於機場 (no-show) 或臨時取消訂位 (cancellation) 之情況，

飛機就會有空位產生，而造成「空位起飛」。對於想訂位而不可得的旅客亦是航空公司的變相損失。因此，為填補不必要的空位浪費，增加航空公司營收，超額訂位策略將會是重要因素。

(一) 超額訂位的定義

超額訂位是指在某班次之機位需求超過機位容量時，為了避免因為已訂位旅客之取消訂位或起飛時未報到，而造成空位起飛的損失所採取的措施（陳昭宏、張有恆^[12]）。亦即是採取接受比座位容量更多的訂位要求，以期與取消訂位或起飛時未報到的旅客數目相抵，使運具在出發後達到滿載，而能提高營收與利潤，這就是航空公司採用超額訂位的原因。

(二) 影響超額訂位限額的因素

Suzuki^[13] 根據美國國內航空使用之最適超額訂位率之實證分析指出，過往之相關超額訂位的文獻，一直忽略旅客發生座位衝突時的反面影響，而其實證分析之結果發現其反面影響非常顯著。若依照過往文獻之模式模擬超額訂位比例，將會產生出其比例越高收益越大之情況；但相對地未來將會產生越多旅客發生座位衝突，及其航空公司之市占率會越低。此外，Suzuki^[14] 探討航空超額訂位之淨效益一文中，指出航空業者在航班座位預售時，使用超額訂位模式，不應只考量該使用超額訂位之班次，而需將乘客在該班次發生座位衝突而需轉乘下班班次所產生之賠償成本納入模式中。

張有恆、蘇建榮、陳昭宏^[15] 指出，雖然採取超額訂位的措施可減少因旅客取消訂位或起飛時未報到而造成空位起飛的損失，然而當已訂位旅客到機場報到的數目超過班機的座位數時，這種情形稱之為機位超賣，航空公司便必須付出額外成本來處理這些有訂位卻無法登機的旅客。而真正影響超額訂位實際限額的因素，包含了訂位要求和取消訂位的時間分布情形，以及旅客未報到的比例。其對於每一個各別的班次都是屬於隨機性機率，因此航空公司只能預測訂位和取消訂位以及未報到旅客數的機率分配，以追求營收或利潤的期望值最大。除了上述的機率分配之外，超額訂位限額與每位旅客所帶來的收益、發生座位超賣的成本函數以及決策者對商譽損失的重視程度等，都將會是影響超額訂位限額的因素。

在航空利益率與收益管理中預測旅客未到率 (no-show rate) 與等候行為為一大重要要素，Garrow 與 Koppelman^[16] 提到旅客訂位取消率與未到率之模式，是最常被使用來預測特定航空班次旅客登機預期人數，訂位取消率模式可預測多少乘客告知航空公司將不會搭乘其班次；而未到率模式可估算其旅客未取消訂位但無法搭乘該班次之人數。Kalka 與 Weber^[17]、Pastor^[18] 首先利用旅客資料進行旅客未到率之預測。目前許多航空公司根據旅客報到或其機艙旅客未到率之歷史資料，進行時間序列模式來預測旅客未到率。

Feng 與 Xiao^[19] 分析連續時間 (continuous-time) 與單停站班機 (single-leg flight) 之

最佳超額訂位比例研究中，提出經由分析總合超額訂位比例上限可衍生最佳訂位策略。藉由給予總合超額訂位比例上限，最佳訂位限制會被動態之最低接受票價影響。

綜合而言，旅客訂位、旅客取消訂位、起飛時未報到或未訂登機等相關訂位行為的分布型態，以及旅客發生座位衝突、費率與發生機位超賣時的成本、決策者對於商譽成本的重視程度，都是影響超額訂位比率的因素。

(三)美國航空使用超額訂位之相關文獻

根據 Smith 等人^[20]指出，若航空公司沒有開放超額訂位，在航空班次機位全數售出的情況下，通常在實際飛行中仍然有大約 15% 的機位屬於空位。因此使用超額訂位販賣超過實際機位容量的機票，能夠減少實際飛行時的空機位數量，並能替航空公司提升收益。

同時 Alstrup 等人^[21]指出，對於一間大型且具有代表性的航空公司而言，乘客預約訂票卻未到現場劃位可能導致年損失五千萬元，而開放超額訂位大致上就可降低此類損失。另外 Curry^[2]指出超額訂位能額外產生約 3 ~ 10% 的航班乘客收益。Davis^[22]指出類似超額訂位的收益管理方法，替美國航空公司 (American Airlines) 在 1988 年至 1990 年這三年中節省了估計至少 14 億元，並且預期航空公司使用超額訂位收益模式，將會在未來產生每年至少五億元的額外收益。

除了應用在航空相關文獻外，法國國家鐵路公司 (SNCF) 為加強其高速鐵路系統能與飛機加以競爭，也引進收益管理的觀念，Maria H. B.及 Alain S.^[3]便將收益管理在法國鐵路公司的應用情形加以系統性介紹，並將法國高鐵如何將收益管理的觀念，落實在其訂位管理資訊系統內的作法加以介紹。此外，法鐵善用過去乘客的歷史訂位資料，推估過去取消訂位 (cancellation) 及未出現 (no-show) 的比例，進而推算超額訂位的一個合理比例。

本研究在探討許多收益管理相關文獻之後，發現航空運輸業與鐵路運輸業在營運特性與其座位特性上，皆為時效資產。其產品無法儲存且容量有限，再加上乘客需求的不易預測，所以有效的掌握票價及需求之間的關係，便成了企業是否能長期獲利的主要因子。

然而鐵路與航空在營運特性上雖有共同之處，但亦有其相異之處，觀察臺鐵現行提前訂位服務後，發現兩者對於旅客需求量之處理方法卻有極大之不同。航空運輸業在面對高需求之尖峰時段，在提前訂位系統中依照過往旅客訂位之歷史資料，推估開放超額訂位比例，來降低空位行駛的發生並增加其收益；反觀臺鐵局在面對尖峰時段之提前訂位系統，仍採取固定配票額為其上限，卻以加開列車班次或加掛車廂行駛來應對，但其未考量訂票之逾時未取與乘客不到站之變因，造成其他乘客在訂票時無法依其需求預訂車票，且易發生列車空位行駛之現象。

而在鐵路列車座位配置方面，鐵路座位會先供長程乘客訂票，有空位時則遞補；汪進財與張喜美^[23]表示，為使利潤最大化的最佳策略為將座位保留給長程乘客使用，但若長程乘客購票數需求低於所保留的座位數量，則將保留給長程乘客的座位釋放，以供短程乘客使用，而避免長程保留區有空位卻拒絕短程乘客填補之浪費情況。此外，為提升高鐵將

列車座位最佳化利用，可依不同旅次之銜接來減少浪費，使有限的車廂發揮最大的使用效能。

此外，鐵路啟程至終點站之間的中間停靠站次數會比航空運輸業多，並可開放旅客站乘座位額度，而鐵路的座位配置之架構就是希望就鐵路公司的收入最大化。根據彭群弼^[24]有關於高鐵乘客站票之規定指出，採用日本新幹線系統的臺灣高鐵，營運也仿效日本新幹線作法，分指定席和自由席，尖峰時間自由席將可能會提供販賣站票之服務。前者為對號座位，指定席車廂內不提供持自由席不對號票之乘客站乘，而自由席為乘客自行入座，無座則站。在行車安全方面高鐵列車雖然時速高達三百公里，但在日本以及歐洲經測試後安全無慮。而就一般鐵路運輸而言，不會對於站票的人數上有限制，但由於高鐵注重其服務品質，因而無法容納太多站票。

因此高鐵公司若採行臺鐵作法，將會產生相同於臺鐵列車空位行駛之問題，故本研究將探討高鐵公司在導入收益管理之觀念下，在提前訂位服務中使用超額訂位，並加入相關鐵路所考量之特定變因，並探討對於其提升收益之效果。

三、相關資料搜集

根據臺鐵局網站所公布的每月旅運月報顯示，臺鐵有 7 成 3 之乘客來自於短程旅次，是臺鐵主要的客源，但收入主要來源卻有超過 7 成 6 是來自於中長程。而臺灣高速鐵路在正式營運之前，本研究推估其提前訂位服務流程系統、乘客使用提前訂位服務皆與臺鐵相似，本研究以長途旅運之收益為其研究主體，其為高雄－臺北之直達車。

探討使用超額訂位之列車營收管理模式，主要變數考量是指高鐵乘客到站與否。由於屬高鐵公司內部資料不易取得，因此本研究將有關高鐵乘客不到站之機率值 (no-show rate) 定義為持有高鐵車票之乘客，乘客不到站之情形分述如下：依本研究之假設規定在該班列車出發 10 分鐘前，透過驗票閘口進入月台等候之比例。

1. 乘客欲搭乘該班列車，但未在列車出發 10 分鐘前透過驗票口進入月台等候。
2. 乘客因本身因素無法搭乘該列車，故未在列車出發 10 分鐘前透過驗票閘口進入月台等候。此含義分為兩種情形：
 - (1) 乘客在提前訂票時，已付款取票；但因本身因素無法搭乘該列車。
 - (2) 乘客在提前訂票時，因本身因素無法搭乘該列車，故並未付款取票。且若該乘客是在列車出發前五天訂票但未付款取票，將會造成逾時未取之情形。

上述的兩種情形在本研究中都視為高鐵乘客不到站之情境，而列車出發前 10 分鐘未到站之假設規定，原因在於現行高鐵乘客可在該所選擇之列車班次出發前 1 小時內，進入驗票閘口等待列車，在列車車門關閉前進入該列車乘坐即可；但由於本研究之列車為使用超額訂位模式之列車，故有指定席候補票乘客，其判別乘客上車與否是在於有多少指定席對號票之乘客確定不到站搭乘，才能提供乘務人員依照座位資訊安排持有指定席候補票乘

客劃位上車，故須有一明確的時間劃分才能執行候補劃位之程序。而其列車出發前 10 分鐘未到站之乘客比例，可透過實地測量高鐵乘客到站時間統計而得，作為本研究高鐵乘客到與不到站的機率值。

本研究所量測之班次為星期五 104 班次與 106 班次、星期六 102 班次、106 班次，與星期日 102 班次、106 班次之高雄起站，中途停靠板橋與臺中，終點站停靠臺北之高鐵長途列車，量測地點為高鐵左營站，時間是民國 96 年 2 月 2 日至民國 96 年 2 月 4 日。在實地量測後，根據所得之資料進行常態分配之檢定。所得之資料分為 3 天來做觀察測量，並以每 1 分鐘為單位來計算人數，並總共以進閘門報到時間的前 60 分鐘(距離列車出發前/分)為單位，所以會有 60 筆的資料。利用 Kolmogorov-Smirnov 檢定法進行適合度檢定，由於本研究所取得資料樣本數，經過將理論次數合併成大於 5 後，僅剩餘約 30 組樣本數，而在此小樣本的情形下，不適合採用一般的卡方檢定。而 K-S 檢定法不必將理論次數合併成大於 5，因此本研究採用 K-S 檢定法來檢驗資料是否為常態性。在分析資料後，所得到的顯著性為 0.93，大於 α 值 0.05，因此本研究所取得的資料經檢定後確認為常態分配。之後求得乘客在列車出發前 10 分鐘到站之比率。在使用統計方法運算後，到站搭乘之乘客平均人數為 353 人。

在推求得高鐵乘客平均到站時間後，本研究分析其資料並以檢定機率为常態分配後，在樣本數為 353 人，平均時間為 19.719 分，標準差為 9.34 的情況下，運算之後可得：高鐵乘客在列車出發前 10 分鐘才透過驗票閘口進至月台等候之機率分配為 14.9238%，本研究為使之後進行蒙地卡羅模擬時方便運算，故將其高鐵乘客在列車出發前 10 分鐘到達之機率訂為 15%，在進行蒙地卡羅模擬時，將其視為高鐵乘客不到之機率。

此外，林昭輝^[25]在臺鐵售票曲線之型態分析的研究中，蒐集臺鐵售票系統資料，其資料時間範圍為民國 92 年 3 月 24 日到 4 月 20 日，其研究顯示在不分起迄點、車次、星期特性等情況下，約有 48.80% 的預約票會被取消，有 5.37% 的預約票在臺鐵所規定的取票時間內未取，因此本研究將預先訂票系統中逾時未取票之乘客比例設為 5.37%。

由於鐵路乘客慣於現場購票，在與高鐵公司相關主管訪談過後，現有的訂位流程中仍有保留 10% 之現場購票名額，故本研究在最後為求模擬情境更為接近真實，分別探討最適超額訂位率與最適車廂分配組合，對於有無保留現場購票之情境所產生之收益有何影響。

四、研究流程

4.1 超額訂位模式架構與假設

本研究參考法國高鐵現有超額訂位做法，法國高鐵依照過去乘客的歷史訂位資料，推估取消訂位 (cancellation) 及未出現 (no-show) 的比例，進而推算超額訂位的一個合理比例。根據目前法鐵提供的超額訂位服務，亦無法百分之百保證有座位之服務，乘客在購票

後，其車票上只有列車編號，但並沒有座位的編號。車票上亦會註明可能沒有座位，需要乘客一上車就跟乘務員接觸。此外，在餐車車廂中和車廂與車廂間也有一些活動座位，提供給沒有劃位的乘客。本研究參考上述法國高鐵超額訂位系統，構建高鐵提前訂票系統流程。

在模式構建前，本研究之模式假設如下：

1. 模式中不納入當日現場購票額度

本研究主要為分析臺灣高速鐵路在未來營運時，需求遠超於供給之尖峰時段型態下使用超額訂位模式情況，如春節假期等。而開放提前購票對於乘客而言，不外乎便是節省現場排隊購票時間和排除乘客搭乘班次的不確定性；而對於經營者而言，提前購票則可以穩健預估當日或當班乘客數來調派班次，以符合實際需求。因此開放網路提前購票系統時，所有訂票額度將會搶購一空，而無剩餘可供開放當日現場購票之額度，故不開放現場購票。

2. 乘客必須於列車開車 10 分鐘前到站進閘

10 分鐘之規定乃來自於高鐵現行班距約於 15 分鐘之情況下，10 分鐘可供票務人員能依據配置之隨身動態票務系統與高鐵車站閘門系統，連結旅客座位資訊，給予發生座位衝突乘客完善安排。

3. 高鐵車站閘門系統須與票務系統有效連結並傳遞動態資訊

乘客持票進閘門時，車務人員能確實掌握旅客座位資訊，及掌握乘客未到之座位與持有候補票乘客之資訊。車務人員所掌握之旅客座位之動態票務資訊，使其能依據旅客座位資訊給予發生座位衝突乘客完善安排，目前法國及日本高鐵都已經發展出此系統，以有效掌握列車在出發前之座位利用情形。

4. 高鐵標準車廂的票種可分為指定席對號票、指定席後補票及自由席

5. 高鐵提前訂位之車廂票種

- (1) 商務席商務票：商務席在提前訂位系統中並無使用超額訂位模式之車廂，但仍須模擬商務席之乘客到站情況，因商務席乘客未到搭乘所放棄之座位數量，可提供有指定席補票乘客在發生座位衝突時之升等額度。
- (2) 指定席對號票：為高鐵提前訂位模式中使用超額訂位模式之車廂票種。
- (3) 指定席候補票：其可供之訂位額度為超額訂位率。持有指定席候補票乘客，須於列車出發 10 分鐘前進閘，乘務人員將利用隨車人員配置之動態票務系統與閘門連線，動態票務系統可顯示該班列車所有座位配置情況，依照系統資訊為發生座位衝突之乘客安排座位。
- (4) 自由席不對號票：其不納入提前訂位系統中使用超額訂位模式之票種，而訂票系統中可供訂位之座位數，為實際座位數加入可供站位數後，提供民眾訂位。可供站位額度的設定，由於進行本研究時，高鐵尚未販售自由席不對號票，故無法得知相關規定。而本研究則以自由席車廂走道每排可供站位一人規劃之，故可供站位額度訂為自由席車廂實際座位數之 20%。

6. 高鐵之乘客退票

根據臺灣高鐵公司現行規定，退票或欲更改車票班次，須於該班列車出發 30 分鐘前進行退票或變更行程。而違反規定者，該車票皆不予進行退票與變更行程，但仍可有效搭乘當天列車班次之自由席。然而高鐵公司現處於營運初期，相關營運資料並無法取得。因此本研究無法將退票比例之參數納入超額訂位模式中，故本研究將假設退票或變更行程之車票數，皆回歸訂票系統繼續販售。

7. 高鐵乘客發生座位衝突之處理流程

本研究將座位衝突定義為持有指定席候補票之乘客，於規定時間列車出發 10 分鐘前到站進閘，但指定席座位因持有指定席對號票乘客全數或部分到站，導致該持有指定席候補票乘客無法在該班列車指定席擁有座位。

本研究對於發生座位衝突乘客之處理流程為，乘務人員利用隨車人員配置之動態票務系統所提供之旅客座位資訊，幫旅客安排座位。若商務席仍有可供升等之座位數，便將此乘客升等至商務席，且無需另外支付商務席與指定席票價之差額，此視為高鐵公司給予該乘客之補償；但若該列車商務席之可供升等額度已滿，則安排該乘客轉搭自由席，並退予該乘客票價之兩成視為賠償，轉搭自由席之乘客可自由選擇搭乘班次。

4.1.1 高鐵提前訂票系統流程

本研究將高鐵提前訂位系統模式，以臺鐵提前訂位系統之流程加以修改，訂票系統販售之票種分為現場預售、網路預售、語音預售三種方式。一般民眾之購票於乘車日前 4 星期開放現場、網路和語音訂位，該班次列車於發車前 5 分鐘停止該班次車票販售。另外網路、語音預售須於訂票後 5 天內（含當天）付款取票或是取消訂票。而逾時未取之車票在 5 日內仍未付款，則回歸提前訂票系統提供其他需求乘客預訂；但若在高鐵列車發車前 5 日訂票而未付款取票且逾時未取，預留給該乘客之座位將會在列車出發後，因該座位仍在付款期限內，而無法售予其他需求乘客。故本研究對於此情形之處理流程為在列車出發前 10 分鐘，提供乘務人員依照動態票務系統之座位資訊，安排持有指定席候補票乘客候補劃位，高鐵列車提前訂位系統，如圖 4-1 所示：

4.1.2 超額訂位模式架構

本研究將搭乘高鐵乘客分成 5 種模式（如圖 4-2）。

1. 提前訂位乘客模式一

乘客在訂位時，系統顯示其所選擇之商務席「尚未額滿」，乘客在付款領票期間至郵局或是售票口付款領取標記座位號次之商務席車票。而商務席在提前訂位系統中為無使用超額訂位模式之車廂票種，故商務席可供訂位額度為商務席列車之實際座位數。

2. 提前訂位乘客模式二

乘客預先以網路、語音訂位或至現場預訂車票，高鐵訂位系統中乘客所選擇列車指定

席之實際座位數尚未額滿，則乘客在付款領票期間至郵局或是售票口付款並領取標記座位號次之車票。當指定席座位數額滿，系統開放「指定席候補票」之販售，其在提前訂位系統中使用超額訂位模式之部分。故提前訂位乘客模式二，為在高鐵訂票系統中預訂指定席

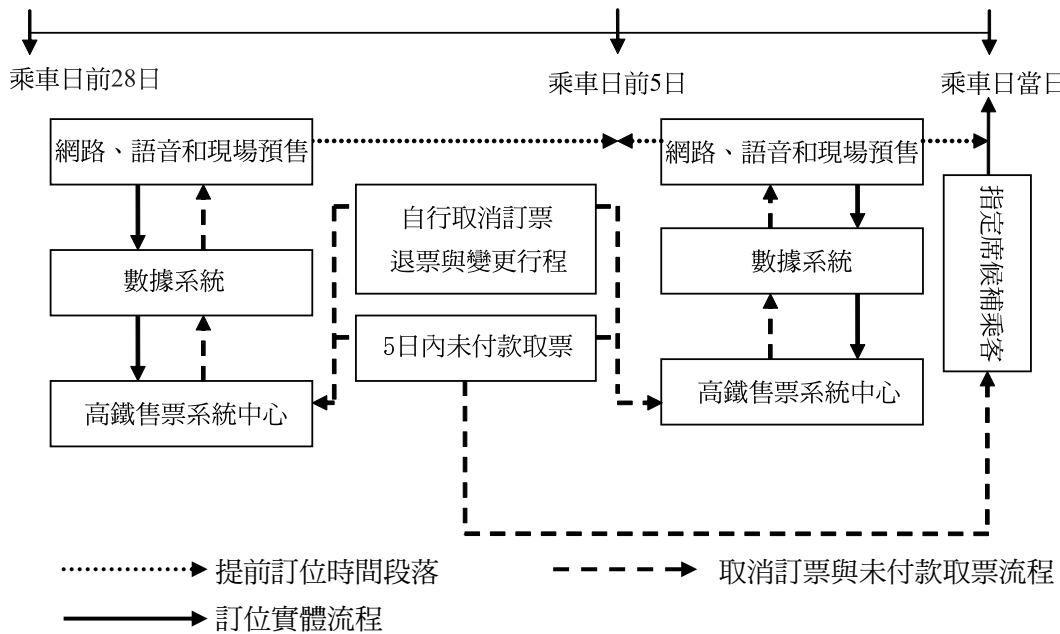


圖 4-1 高鐵列車座位預售系統流程圖

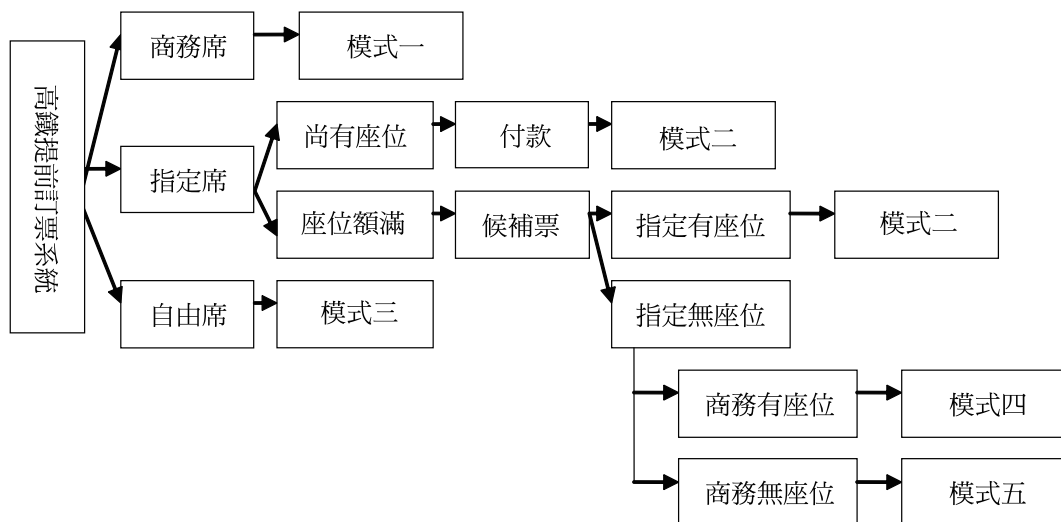


圖 4-2 高鐵乘客情境模擬樹狀圖

車票（對號票與候補票）之高鐵乘客。而模式二乘客在該列車行駛後有座位者，可分別下列兩種情況：

- (1) 乘客於訂票系統中實際座位數尚未額滿時訂票付款，領取有標記座位號次之指定席對號票，並於列車出發 10 分鐘前通過驗票閘口，至月台等候列車，並於該列車出發後依車票上所載座位號次乘坐。
- (2) 乘客因實際座位數額滿而購買指定席候補票，並於列車出發 10 分鐘前進入驗票閘口後，乘務人員依照動態票務系統所顯示之座位資訊，給予標記座位號次之指定席座位，其空位為訂位系統中逾時未取之座位，與持有指定席對號票乘客未到或未依規定時間到達所放棄之座位。

3. 提前訂位乘客模式三

乘客在訂位時，系統顯示其所選擇之自由席「尚未額滿」，乘客在付款領票期間，至郵局或是售票口付款，領取無標記座位號次之自由席車票。當可供訂位額度額滿，則該乘客無法購買此班列車之自由席車票。而自由席之可供訂位額度為自由席車廂實際座位數，加上自由席可供站位額度。

4. 提前訂位乘客模式四

乘客在訂位時，系統顯示其所選擇之指定席「已額滿」，則系統開放「指定席候補票」之販售，其為在提前訂位系統中，使用超額訂位模式之部分。該乘客購買指定席候補票，並於列車出發 10 分鐘前進入驗票閘口後，乘務人員依照動態票務系統所顯示之座位資訊，至列車出發前仍無法劃取該列車之指定席座位時，本研究採一般航空業之做法，將該乘客升等至該班列車之商務席，視為高鐵公司對於該乘客之補償。

5. 提前訂位乘客模式五

乘客購買指定席候補票，並於列車出發 10 分鐘前進入驗票閘口後，乘務人員依照動態票務系統所顯示之座位資訊，至列車出發前仍無法劃取該列車之指定席座位，且該列車商務席之可供升等額度已滿時，本研究假設將安排乘客搭乘班次列車之自由席，並退予該乘客票價之兩成，視為高鐵公司對於該乘客之補償，安排轉搭乘自由席之乘客可自由選擇搭乘列車班次。

在定義高鐵乘客依其所購買之票種不同，而有不同之持票特性後，下圖 4-3 為不同乘客特性所占總列車座位數 N 之比例。 S 為自由席車廂座位數、 n 為指定席車廂座位數、 α 為超額訂位率與 λ 為持有指定席候補票乘客發生座位衝突，而升等至商務席之比例。

4.2 建構超額訂位列車營收模型

4.2.1 不同乘客情境模擬營收模型

本研究將依照乘客所持票種之不同，與納入乘客到站呈隨機性因素後，建構五種不同乘客之情境模式模擬，而後建構其超額訂位收益模式。在計算前需假設：(1) 因本研究假設

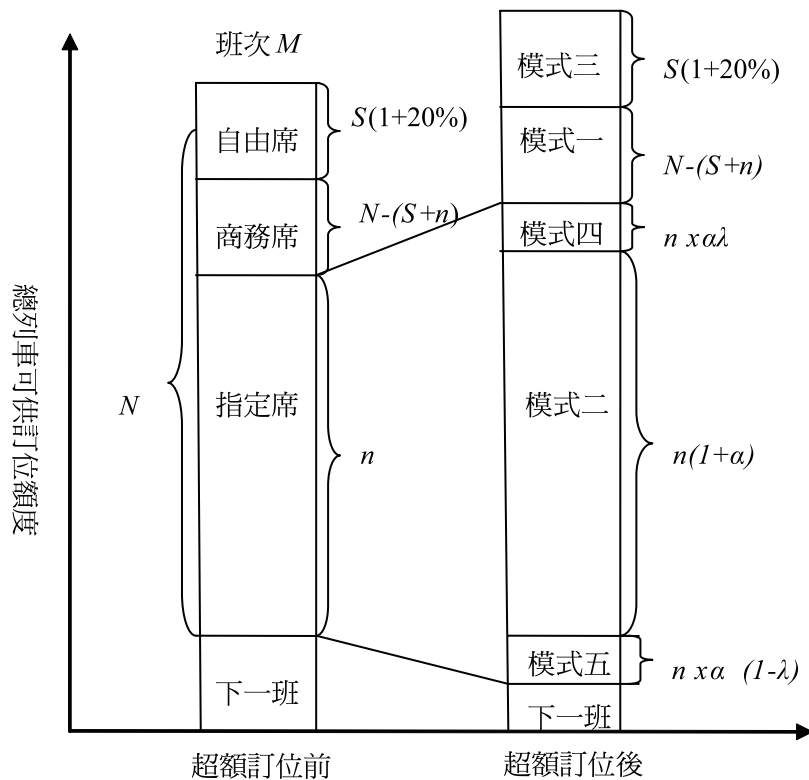


圖 4-3 高鐵乘客情境模式圖

系統中不包含乘車日當天現場購票之乘客，因此 T 班次列車的實際收入皆來自於提前訂位乘客。(2) 當 T 列車班次未使用超額訂位時，基本營運收入來自於提前訂位乘客模式一、提前訂位乘客模式二與提前訂位乘客模式三，再加上使用超額訂位後，提前訂位乘客模式四、五之營運成本。本研究考量的不僅僅是 T 班次所產生收入利益，也考量在提前訂位系統中，使用超額訂位模式所可能產生的損失成本。

在構建模式一乘客收益公式前需假設：(1) 商務席車廂在提前訂位系統中為無使用超額訂位之車廂票種。(2) 商務席可供訂位額度無論有無使用超額訂位模式，其額度皆相同。則模式一乘客所產生的收益 $B(I)$ 公式為：

$$B(I) = \sum_{i=1}^{N-(n+S)} SH_i PB + (1 - SH_i) PB \quad (1)$$

此式中的 $N-(n+S)$ 為模式一乘客收益加總額度之上限。 SH_i 為二元變數，當乘客依規定時間到站等候，其值為 1；若否，其值為 0。 PB 為商務席之商務票售價，當乘客未依規定到站等候，卻未依照規定辦理退票手續，則仍收取其票價。在運算之後，模式一乘客所產生的收益式為正值。

建構模式二乘客收益式前，需提出假設：對於每一個模式二提前訂位乘客 i 而言，其所付票價無論高鐵列車 M 有無超額訂位，其票價都是固定的。此假設是為了簡化公式運算。在此假設之下，則模式二乘客所產生的收益 $B(II)$ 公式為：

$$B(II) = \sum_{i=1}^{n(1+\alpha)-n\alpha(1-\lambda)} SH_i PS + (1 - SH_i) PS \quad (2)$$

此式中 $n(1+\alpha)-n\alpha(1-\lambda)$ 為在提前訂位系統中的指定席可供訂位額度（包含對號票與候補票）減去模式五乘客人數；當高鐵乘客發生座位衝突卻無法升等至該列車商務席時，依本研究之假設，此乘客將轉乘下一班之指定席，故向該乘客所收取之票款，將會實現於下一班之指定席列車收益，而非該列車班次 M 之收益，故需將其扣除， λ 為乘客發生座位衝突而升等至商務席機率，故 $n\alpha(1-\lambda)$ 為無法升等至商務席之座位衝突乘客轉搭下一班列車人數。 SH_i 為二元變數，當乘客在列車出發 10 分鐘前透過驗票閘口進入月台等候上車，其值為 1；若否，則值為 0。而 PS 為其指定席之對號票與候補票票價，當乘客未依規定到站等候，卻未依照規定辦理退票手續，則仍收取其票價。公式 (2) 其運算結果為正值，其可顯示若在預售車票系統中使用超額訂位模式，可以將逾時未取或乘客未到站之座位總數，販售予其他需求乘客，賺取額外收益。

接著為構建模式三乘客收益公式，建構前需假設：(1) 自由席車廂在訂位系統為無使用超額訂位模式之車廂票種，但其加入可供站位額度提供販售。(2) 可供站位額度為列車自由席車廂座位數之 20%，其為本研究之假設。因其站位額度若無控制上限，將可能導致列車車廂站滿了人，而使乘客感到壓迫，模式三乘客所產生的收益 $B(III)$ 公式為：

$$B(III) = \sum_{i=1}^{S(1+20\%)} SH_i PF + (1 - SH_i) PF \quad (3)$$

此式中的 $S(1+20\%)$ 為模式三乘客收益加總額度之上限。 SH_i 為二元變數，當乘客依規定時間到站等候，其值為 1；若否，其值為 0。而 PF 為列車自由席不對號票收費票價，當乘客未依規定到站等候，卻未依照規定辦理退票手續，則仍收取其票價。而對於模式三未出現之乘客數額，則由 20% 站乘乘客自行乘坐，不將其提供給予持有指定席候補票乘客候補劃位。在運算之後，模式三乘客所產生的收益式為正值，因其無額外賠償乘客之可能發生，但對擁有座位之乘客因走道有站乘乘客而造成心理方面之不悅，此成本並不在本研究之範圍內，故不予以考量。

接著為構建模式四乘客的情境補償成本式，其乘客定義為持有指定席候補票乘客，在規定時間內到站等候補位，但無法候補到該列車班次 M 之指定席而發生座位衝突，由高鐵公司將乘客升等至該班列車之商務席，而其可供升等之額度為商務席乘客未到之總數。則模式四乘客所產生的成本 $C(I)$ 公式為：

$$C(I) = \sum_{i=1}^{n \times \alpha \lambda} SH_i (PS - SB_i PB) \quad (4)$$

公式(4)中的 α 為超額訂位率， λ 為持有指定席候補票乘客發生座位衝突，而升等至列車班次 M 商務席之比例。 SB_i 為持有指定席候補票之乘客如發生座位衝突，其值1；若否，則值為0。 PB 為列車商務席座位車票售價。運算後，模式四乘客情境模擬成本式為負值，證明在提前訂位系統中使用超額訂位模式，並非有絕對的額外獲利，亦可能因乘客發生座位衝突而有損失。

最後建構模式五之乘客情境賠償成本式，其定義為持有指定席候補票乘客，在規定時間內到站等候候補，但無法候補到該班列車 M 之指定席而發生座位衝突，亦無法將其升等至該列車班次 M 之商務席乘坐，而致使該乘客須等待搭乘下一班列車之指定席座位。則模式五乘客所產生的成本 $C(II)$ 公式為：

$$C(II) = \sum_{i=1}^{n \times \alpha (1-\lambda)} \{ -SH_i SB_i DISP - SH_i P(NT) \} \quad (5)$$

此式中的 α 為超額訂位率， λ 為持有指定席候補票乘客發生座位衝突時，由高鐵公司升等至該列車班次 M 商務席之比例。當該列車班次 M 商務席可提供持有指定席候補票乘客升等已達其上限時，在本研究的假設下，高鐵公司須安排乘客搭乘下一班列車之指定席座位，故為 $\alpha(1-\lambda)$ 。 SB_i 為持有指定席候補票之乘客如發生座位衝突，其值1；若否，則值為0。 $DISP$ 為高鐵公司給予持有指定席候補票乘客發生座位衝突時，安排該乘客搭乘下一班列車，造成該乘客之等待而需賠償的時間成本，本研究假設所需賠償的金額為其車票價的兩成。 $P(NT)$ 為持有指定席候補票乘客因座位衝突搭乘下一班列車，以致下一班列車座位無法販售予其他需求乘客。運算後，模式五乘客的情境模擬成本式為負值，證明在提前訂位系統中使用超額訂位模式，並非有絕對的額外獲利，亦有可能因乘客發生座位衝突而產生損失。

4.2.2 建構列車基本收益模型

假設高鐵有一高需求之列車班次 M ，乘客座位需求大於該列車所備有座位數。所以高鐵列車在同一時間的同一班次在提前訂位系統中可區分為下列情況：

1. 接受訂票數大於該列車所備有總列車座位數（使用超額訂位）。
2. 接受訂票數等於列車所備有總列車座位數（沒有使用超額訂位）。

令 R_i 為此高鐵列車班次 M 在該列車出發後，由乘客 i 所獲取的收益，且此列車並沒有實施超額訂位，則 R_i 的公式僅為模式一商務席乘客收益、模式二指定席乘客收益與模式三自由席乘客收益之加總，公式如下：

$$\begin{aligned}
R_i = & \sum_{i=1}^{N-(n+s)} SH_i PB + (1 - SH_i) PB \\
& \sum_{i=1}^n SH_i PS + (1 - SH_i) PS \\
& \sum_{i=1}^{S(1+20\%)} SH_i PF + (1 - SH_i) PF
\end{aligned} \tag{6}$$

此式中 SH_i 為二元變數，當乘客提前訂位並在付款期限付款取票，於列車班次 M 發車 10 分鐘前透過驗票閘口進入月台等候，其值為 1；若否，其值為 0。 PB 為列車商務席商務票之收費票價， PS 為列車指定席對號票收費票價， PF 為列車自由席不對號票收費票價。

4.2.3 構建超額訂位收益模型

在計算使用超額訂位模式之列車收益時，須假設所有額外增加的超額乘客數 (α) 為模式二的乘客。在考量收益管理之超額訂位模式時，不應只考慮收入的利得，且應將可能損失(升等至商務席或搭乘下一班)計入其中，故列車班次 M 的超額訂位列車收益 (overbooking) 式應包含 $B(I)$ 、 $B(II)$ 、 $B(III)$ 與使用超額訂位模式所可能產生的損失成本 $C(I)$ 和 $C(II)$ ：

$$\begin{aligned}
R(OB) = & \sum_{i=1}^{N-(n+s)} SH_i PB + (1 - SH_i) PB \\
& + \sum_{i=1}^{n(1+\alpha)-na\alpha(1-\alpha)} SH_i PS + (1 - SH_i) PS \\
& + \sum_{i=1}^{S(1+20\%)} SH_i PF + (1 - SH_i) PF \\
& + \sum_{i=1}^{n \times a \lambda} SH_i (PS - SB_i PB) \\
& + \sum_{i=1}^{n \times \alpha (1-\lambda)} \{-SH_i SB_i DISP - SH_i P(NT)\}
\end{aligned} \tag{7}$$

五、模擬結果分析

5.1 模擬步驟

在高鐵提前訂位系統中，高鐵乘客依本身喜好與限制，選擇所想要搭乘的列車與車廂票種，且其乘客到站與未到站是隨機的。蒙地卡羅法是經由操作數學實驗，然後觀察這些數學實驗所實際發生的結果，來獲得相關事物的結論，而處理所謂的隨機問題，抑或機率

問題。本研究採用蒙地卡羅方式，來模擬乘客隨機到站之情況下，使用超額訂位模式所產生的列車收益與未使用超額訂位模式收益之差異。

本研究假設一天共 T 班次高鐵長途列車，其為往返高雄－臺北，中途停靠板橋與臺中。班次 M 之總列車可供訂位額度 (N) 有 1174 席，而其額度之分配為商務席 66 席、指定席 839 席，自由席 101 席。

在提前訂位系統中使用超額訂位模式時，該列車指定席將產生 $n(1+\alpha)$ 個指定席可供訂位數。 α 為一個給定的超額訂位參數，代表當提前訂位系統中指定席實際座位數已滿，而開始販售指定席候補票額度之比例。當列車班次 M 在提前訂位系統中提供乘客訂位時，便依該乘客選擇其所需車廂票種之不同，而產生不同乘客收益模式，而 SH_i 、 SB_i 則使用電腦亂數產生器進行編碼動作，來進行蒙地卡羅模擬，如下表 5-1。

表 5-1 高鐵乘客模式編碼表 (以超額訂位 20% 為例)

編碼	乘客模式
1-66	商務席之乘客
67-1073	指定席之乘客
1074-1174	自由席之乘客

而由於乘客出現與否 (SH_i) 的機率中，尚包含逾時未取之乘客，因此要另外計算逾時未取之乘客人數，而其所產生的損失將以「平均變動損失」稱之，其造成損失的原因，在於依正常使用超額訂位模式之情形而言，某一座位在訂票系統賣予第一個需求者並取得票款，在該需求者當日未到之情況下，則該座位將可由持有候補票之乘客劃位候補賺取第二次票款；但在逾時未取之情況下，訂票系統賣予第一個需求者並未取得票款，且若乘客在該班列車出發前 5 日訂票，該車票因仍在付款期限內無法重回系統販售，僅能由持有候補票乘客劃位候補，故實際上逾時未取之座位僅收得需求者一次之票款，而非超額訂位正常情形下之兩次票款，其為變相損失，故本研究將其分開列示運算。逾時未取之乘客在林昭輝^[25]之研究中指出，臺鐵網路訂位乘客有 5.73% 在訂票之後未付款，故本研究之逾時未取人數約為總訂位人數 (指定席加自由席) 之 5.73%，因此選擇總訂位人數之最後 5.73% 計算 $SH_i = 0$ 之在該班列車停止預售前 5 日訂位卻未付款人數。依其比率在模擬運算時，作其逾時未取之亂數編碼表。

SB_i 為二元變數，其將會受 SH_i 由電腦亂數產生器產生，再經由編碼後之不同結果，而受 SH_i 影響，其影響如下：

1. 當 SH_i 值為 1 的人數加總小於等於 n 時，則 SB_i 為 0，表示持有指定席候補票之乘客全數候補劃位搭上該班列車班次 M 。
2. 當 SH_i 值為 1 的人數加總大於 n ，但小於 $n(1+\alpha)$ 時，則 SB_i 為 1 或為 0，表示持有指定

席候補票之乘客有部分在該班列車指定席擁有座位，有部分乘客產生座位衝突。

3. 當 SH_i 值為 1 的人數加總等於 $n(1+\alpha)$ 時，則 SB_i 值皆為 1，表示持有指定席候補票之乘客全數產生座位衝突。

而產生座位衝突之乘客會經由電腦隨機分配，若該列車班次 M 之商務席仍有空位，乘客即被升等至商務席；若商務席在提前訂位系統中已販售額滿或已以升等至其商務席之上限，則其餘產生座位衝突之乘客，依本研究假設將由高鐵公司安排該乘客轉搭自由席，並退予該乘客票價之兩成視為賠償。

根據以上的實驗步驟，本研究可以利用不同的乘客情境式計算出不同的收益組合，並針對超額訂位比率 (α) 做敏感度分析。本研究將依此步驟模擬 1000 次，首先運算出接近常態分配時無使用超額訂位之平均長途列車基本收益，而後再運算出有使用超額訂位之平均長途列車收益。而後針對超額訂位率進行敏感度分析時，模擬其超額訂位比率 $n(1+\alpha) = 15\%$ 、 20% 和 25% 時，對於列車在發車後之收益所造成的相關效果，並分析其相關變化。

5.1.1 相關模擬資料投入

本研究有關乘客情境收益公式中所出現之變數與參數的資料，其參數值資料來源主要為：(1) 高鐵相關研究文獻；(2) 臺灣高速鐵路網站提供資訊；(3) 國外相關期刊；(4) 於高鐵左營站現場實際量測資料。

有關超額訂位比例 (α)，Suzuki^[14] 在探討航空超額訂位之淨效益指出，美國航空公司在長年經營之下，發現在密集飛機班次中，乘客有 $10\% \sim 15\%$ 將不會在該班次出發前抵達，因此美國航空公司在其預訂機票系統中使用超額訂位模式，其增加可供預訂之額度，為實際座位的 $10\% \sim 20\%$ 。但本研究初步模擬運算之後，發現若將超額訂位設為 10% ，收益雖因使用超額訂位模式而增加，但仍有相當多的空位行駛產生，故本研究在進行敏感度分析時，將預設超額訂位比例為 15% 、 20% 與 25% ，進行相關的敏感度分析。

有關商務艙座位數，商務席在本研究中為無使用超額訂位模式之車廂票種，故其座位數無論在提前訂位系統中有無使用超額訂位模式皆為 66 席。

有關指定席座位數，本研究先假設指定席與自由席的比例為 $10:1$ ，指定席對號票可供預售額度為 839 個。

有關自由席座位數，本研究假設指定席與自由席的比例為 $10:1$ ，自由席實際座位數加入可供站位額度後，其自由席可供訂位額度為 101 席。

有關乘客未到站機率，在本研究到站實際測量旅客在本研究假設規定之下，在列車出發前 10 分鐘未到站之比例為 15% ，此比例中含有在訂票系統中之逾時未取比率 5.73% 。而在計算收益時，將其分開列示。

有關可供站位額度，本研究假設其可供站位人數為實際自由席座位數的 20% 。

有關商務艙票價，參考臺灣高速鐵路網站，商務艙票價為新臺幣 2440 元整。

有關指定席票價，參考臺灣高速鐵路網站，標準席票價為新臺幣 1490 元整。

有關自由席票價，參考臺灣高速鐵路網站，自由席票價為指定席車廂之九折，故為新臺幣 1340 元整。

有關轉搭下一班列車之賠償金額 (*DISP*)，轉乘下班列車之補償為退與乘客票款之兩成，為 298 元。

綜合上述的主要變數與相關參數，本研究將進行蒙地卡羅模擬，以隨機亂數抽取，模擬乘客機到站之情境，計算有無使用超額訂位之間的差異效果。而後針對超額訂位率進行敏感度分析，望能求得超額訂位模式中之最適超額訂位率與列車最適指定席與自由席分配比例。

5.2 模擬結果分析

5.2.1 超額訂位效益分析

本研究先探討在提前訂位系統中有無使用超額訂位之差異，先以乘客未到率為 15% 情境下，將無使用超額訂位模式與超額訂位率設為 20% 進行比較分析，結果可如下圖 5-1 所示。

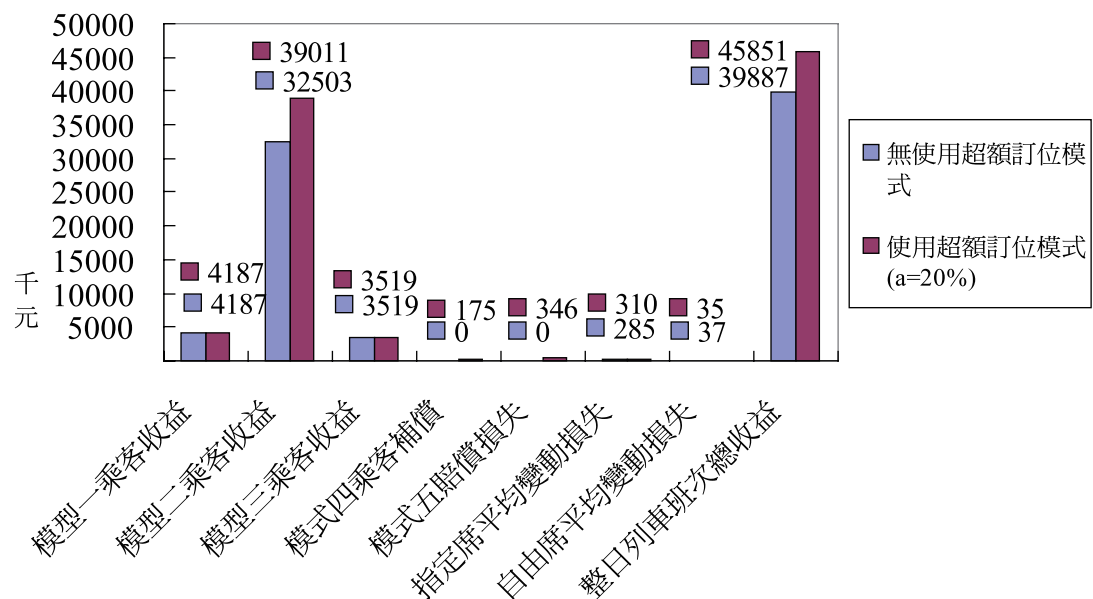


圖 5-1 有無使用超額訂位模式之比較圖

本研究模擬該日 26 班次列車，在以高鐵乘客未到率為 15% 之情況，使用超額訂位率為 20% 之超額訂位模式，與未使用超額訂位模式之列車收益比較後，可發現若高鐵公司在提前訂位系統中使用超額訂位模式，其指定席座位所產生的收益（模式二乘客），較無使用

超額訂位模式所產生的收益成長 20.02%，為\$6,508,302 元。雖然在提前訂位系統中使用超額訂位模式，將會造成座位衝突的情形發生，但其所需補償與賠償的金額仍遠小於其所增加之收益，而在納入座位衝突與逾時未取之損失影響後，該日 26 班次列車有使用超額訂位之列車收益，較無使用超額訂位成長 14.95%。其結果證明，若高鐵公司在往後經營時，能詳細統計其乘客在提前訂位系統中之逾時未取票與訂票付款後未出現在該列車班次上之機率，則可透過經驗法則，在提前訂位系統預售車票中納入超額訂位率，可增加額外收益。

5.2.2 超額訂位率之敏感度分析

在探討有無使用超額訂位之效益分析後，本研究分析高鐵乘客未到率在 10%、15%和 20% 之不同情境模組下，超額訂位率以 20% 為基礎各增減 5% 時，對於列車收益之影響。模擬結果如下所述。

(一) 情境一：高鐵乘客未到率 10%

在分析高鐵乘客未到率為 10% 之情況下，以無使用超額訂位模式之列車收益為基準，進行其超額訂位率各為 15%、20% 和 25% 之敏感度分析，計算超額訂位模式中，使用不同超額訂位率，分析該日 26 班次列車之總收益影響，結果如下圖 5-2 所示。

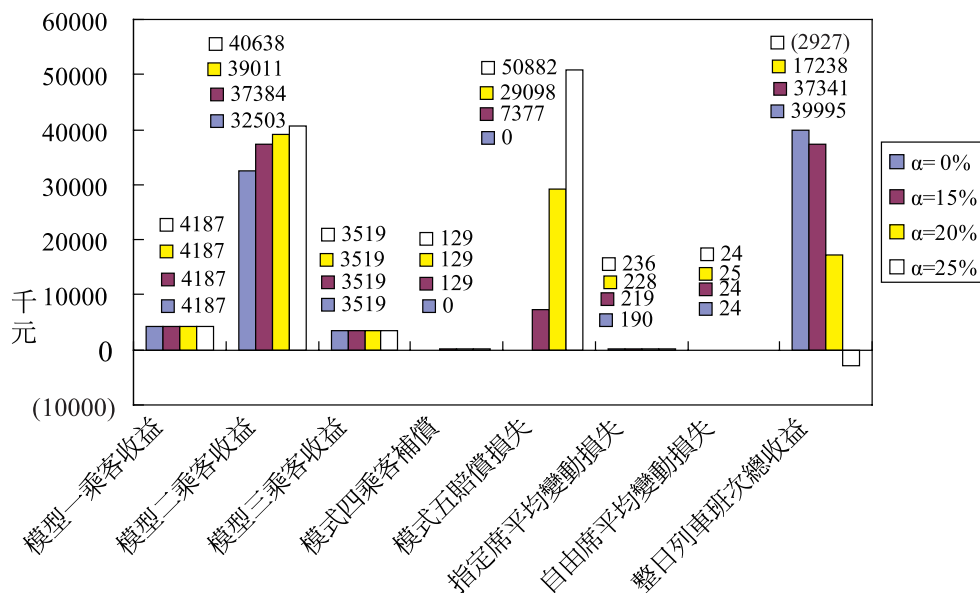


圖 5-2 不同超額訂位率之列車營收增加百分比 (乘客未到率為 10%)

該日 26 班次列車之總收益，在以無使用超額訂位模式之列車總收益為基準，進行超

額訂位率各為 15%、20% 和 25% 之敏感度分析時，其變動分別為 -6.63% (超額訂位率 15%)、-56.90% (超額訂位率 20%) 與 -107.32% (超額訂位率 25%)。根據模擬結果發現，在乘客未到率為 10% 之情境模組下，在提前訂位系統中使用超額訂位模式，皆會使該列車多數乘客發生座位衝突，而發生座位衝突之人數呈遞增幅度增加。故在乘客未到率為 10% 之情境模組，本研究建議應以降低乘客發生座位衝突之情況為原則，最適超額訂位率最大不宜超過 15%，因若超過 15% 將會發生大量乘客發生座位衝突之情況。

(二) 情境二：高鐵乘客未到率 15%

在乘客未到率為 15% 之情境模組下，超額訂位率以無使用超額訂位模式之列車收益為基準，進行其超額訂位率各為 15%、20% 和 25% 之敏感度分析，計算超額訂位模式使用不同超額訂位率，對於該日 26 班次列車之總收益影響，結果如下圖 5-3 所示。

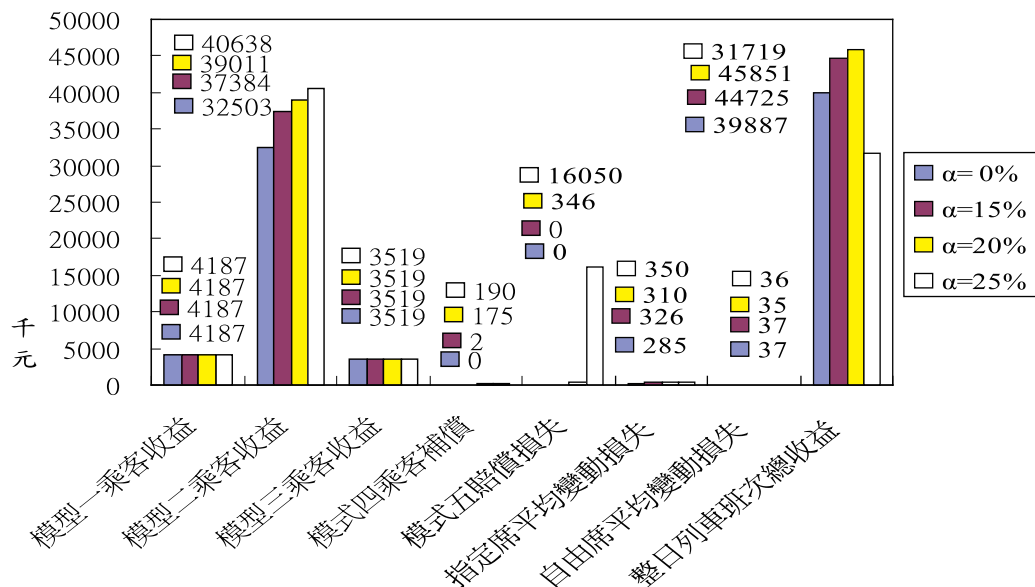


圖 5-3 不同超額訂位率之收益增加百分比 (乘客未到率為 15%)

該日 26 班次列車之收益，在以無使用超額訂位模式之列車總收益為基準，進行超額訂位率各為 15%、20% 和 25% 之敏感度分析，其變動分別為 12.13% (超額訂位率 15%)、14.95% (超額訂位率 20%) 與 -20.48% (超額訂位率 25%)。在超額訂位率為 15% 時，其顯示持有指定席候補票乘客皆僅產生極少座位衝突的情況，而使得模式四與模式五之補償、賠償損失為 \$1,956 元、\$108 元。且其在該日許多班次列車出發後仍有座位發生空位行駛之現象，故其未達列車之運具載客效率。而當超額訂位率為 25% 時，其列車班次之總收益較超額訂位率為 20% 小，其原因在於經由模擬之後，持有指定席候補票乘客發生座位衝突平均

一班列車共有 52 位，故模式四與模式五之補償、賠償損失成本過高。損益相抵之後，才造成該列車班次 M 之總收益較超額訂位率由 20% 調至 25% 之收益下降 31.05%。故在乘客未到率為 15% 之情境模組下，其最適之超額訂位率應為 20%，其最小不宜小於 15%，因會有大量之空位行駛；其最多不宜超過 25%，因其若超過 25%，將會發生大量乘客座位衝突之情況。

(三) 情境三：高鐵乘客未到率 20%

在高鐵乘客未到率為 20% 之情況下，超額訂位率以無使用超額訂位模式之列車收益為基準，進行超額訂位率各為 15%、20% 和 25% 之敏感度分析，計算在超額訂位模式使用不同超額訂位率，對於該日 26 班次列車之總收益影響，結果如下圖 5-4 所示。

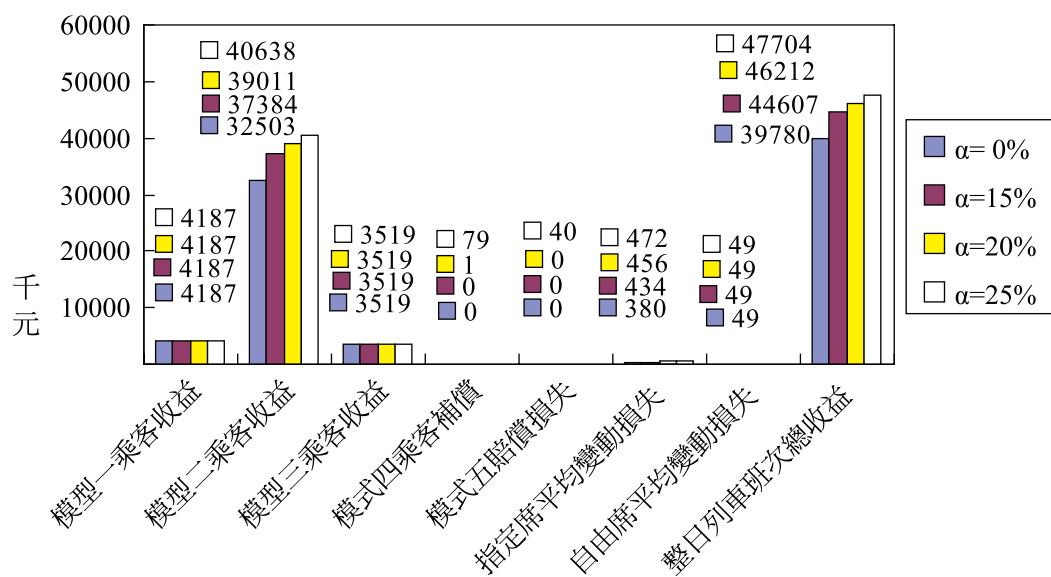


圖 5-4 不同超額訂位率之收益增加百分比(乘客未到率為 20%)

該日班次列車之總收益，在以無使用超額訂位模式之列車收益為基準，進行超額訂位率各為 15%、20% 和 25% 之敏感度分析後，其收益之變動為 12.14% (超額訂位率 15%)、16.17% (超額訂位率 20%) 與 19.92% (超額訂位率 25%)。超額訂位率為 15% 與 20% 時，其數據顯示持有指定席候補票乘客皆無產生座位衝突的情況發生，而使得模式四與模式五之補償、賠償損失為 0。且其在列車出發後平均仍有 67 席與 34 席之座位發生空位行駛之現象，故未達列車之運具載客效率。而當超額訂位率為 25% 時，其列車班次 M 總收益上升較超額訂位率由 20% 調至 25% 之收益上升幅度小，其原因在於平均一班列車持有指定席候補票乘客發生座位衝突共有 5 位，故有模式四與模式五之補償、賠償損失成本。損益相抵之後，才造成列車班次 M 之總收益上升幅度較 20% 調至 25% 的上升幅度小。故本研究

建議在乘客未到率為 20% 之情境模組下，最適之超額訂位率應為 25% 以上，因超額訂位率若訂為 15% 或 20%，列車在發生空位行駛之情形較為嚴重；相較之下，超額訂位率訂為 25% 時，雖乘客會發生座位衝突，但其對於收益影響較小。

(四) 小結

在上述三種不同高鐵乘客未到率之情境模組，分析超額訂位率之變動對於列車收益之影響，並建議各個情境模組下最適超額訂位率之訂定，整理如下：

1. 在乘客未到率為 10% 之情境模組中，其最適之超額訂位率需小於 15%。
2. 在乘客未到率為 15% 之情境模組中，其最適之超額訂位率為 20% ~ 25%。
3. 在乘客未到率為 20% 之情境模組中，其最適之超額訂位率為 25% ~ 30%。

在上述的整理中，本研究發現高鐵公司在提前訂票系統中使用超額訂位模式時，最適超額訂位率的訂定，可透過統計高鐵乘客未到站之機率後，以此估計乘客未到率再加 5%，訂定最適超額訂位率。如高鐵乘客未到率為 10%，則在提前訂票系統中使用超額訂位模式之最適超額訂位率為 15%。至於以估計乘客未到率再加 5% 之幅度，訂定為超額訂位模式中之最適超額訂位率，其原因在於乘客到與不到站之機率是隨機的，與自行估計之乘客未到率會有相當幅度的差異。

5% 的幅度，是為了平衡高鐵乘客未到站之機率呈隨機性下，對於高鐵列車收益的影響。舉例而言，若今高鐵公司依統計結果估計之高鐵乘客未到率，能百分之百等同於實際高鐵乘客未到率，則最適超額訂位率，只要等同於估計高鐵乘客未到率，即可使列車滿載，且使列車收益達到最大；然而高鐵乘客到與不到站之機率是呈隨機的，故實際高鐵乘客未到率不一定會與估計之高鐵乘客未到率相同，故經由模擬運算高鐵乘客在常態分配下之平均未到站機率後，發現以估計乘客未到率再加 5% 的幅度訂為超額訂位率，將與實際高鐵乘客未到站機率相近，可使高鐵列車在出發後達到滿載，且列車收益達到最大。

5.2.3 最適列車車廂分配之分析

在本小節中，將探討高鐵列車指定席與自由席分配比例之不同，對於使用超額訂位模式之高鐵列車所產生的收益影響，冀望求得使用超額訂位策略下，最適高鐵列車車廂之分配比例。而在高鐵乘客情境模組中，納入在第二部分求得該情境模組下之最適超額訂位率，來分析高鐵列車車廂分配的不同，對於收益有何影響。三組不同之高鐵乘客未到率與最適超額訂位率之情境模組模擬，如下所述。

(一) 情境一：乘客未到率 10%、最適超額訂位率 15%

在此特定高鐵乘客情境模組中，本研究以高鐵列車指定席與自由席為 10：1、8：3 與 6：5 之比例運算其列車收益，在模擬運算之後，各項數值如下圖 5-5 所示。

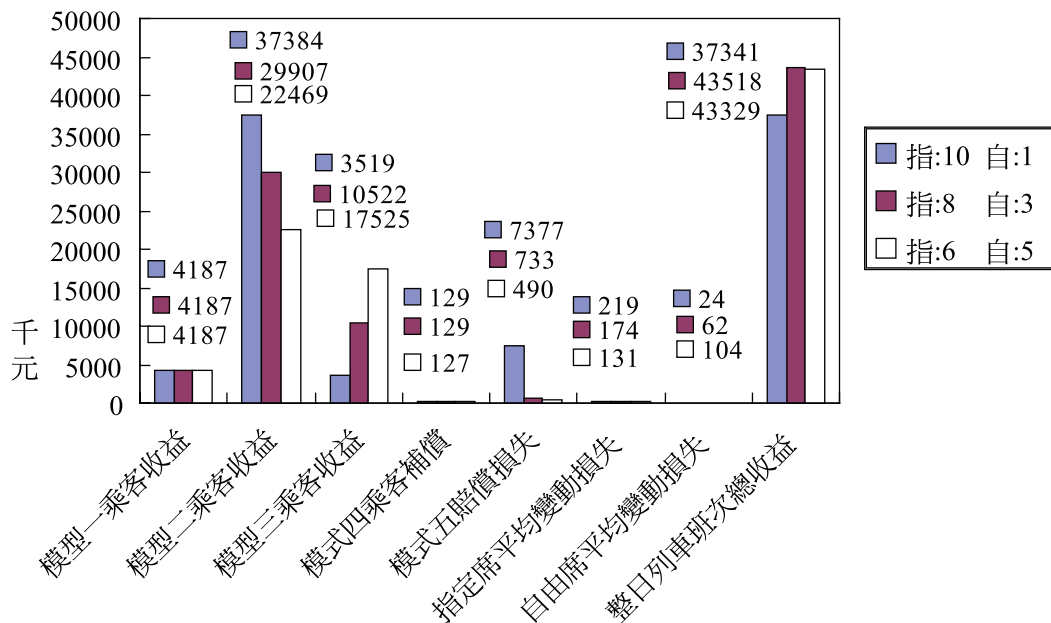


圖 5-5 車廂分配數之不同對收益之影響(情境模組一)

而綜合上述模擬運算所得之數值後，高鐵列車指定席與自由席分配比例為 10：1、8：3 與 6：5 時，高鐵列車在發車後所產生之總收益各為\$37,341,219 元、\$43,517,767 元與 \$43,329,194 元。其中，使列車收益達最大之指定席與自由席車廂分配比例為 8：3，其可能的原因在於搭乘自由席之乘客，在無座位可乘坐而以站乘方式搭乘列車時，高鐵公司無需支付額外的補償與賠償成本所致，故相較於指定席與自由席車廂分配比例為 10：1 時，其模式四與模式五之乘客補償、賠償損失皆較少；然而並非自由席車廂分配數越多，列車出發後之收益就會越高，在指定席與自由席車廂分配比例為 6：5 時，其列車收益為 \$22,469,200 元，其收益較指定席與自由席車廂分配比例為 8：3 時少。其原因在於指定席與自由席車廂分配比例為 6：5 時，雖然模式四與模式五之補償、賠償損失較小，但由模式二指定席乘客所獲取較高車票價款亦較少。故若開放越多自由席車廂數，雖然平均列車補償、賠償損失會趨近於 0，但其將高車票價款之座位轉為低車票價款之座位銷售予乘客購買，將會使得在提前訂位系統中使用超額訂位模式對於收益提升之效果減少。故在乘客未到率為 10%、超額訂位率為 15% 之情境模組中，最適的指定席與自由席分配比例為 8：3。

(二)情境二：乘客未到率 15%、最適超額訂位率 20%

在此特定高鐵乘客情境模組中，本研究以高鐵列車指定席與自由席為 10：1、8：3 與 6：5 之比例運算其列車收益。模擬運算後而得之數值如下圖 5-6 所示。

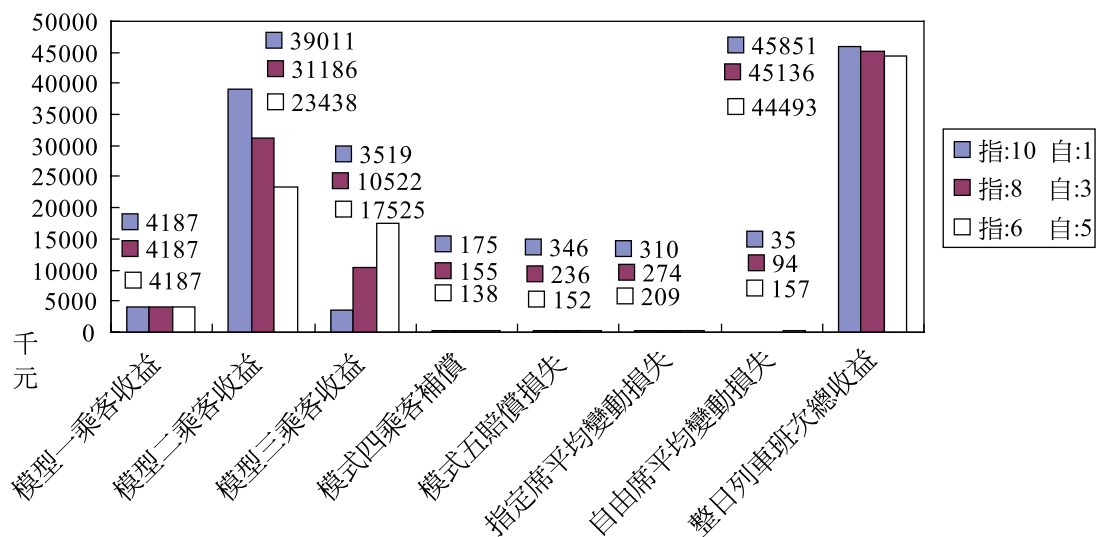


圖 5-6 車廂分配數之不同對收益之影響 (情境模組二)

經由模擬運算高鐵列車指定席與自由席分配比例為 10:1、8:3 與 6:5 下，其高鐵列車在出發後所產生的總收益各為 \$45,850,710 元、\$45,135,521 元與 \$44,492,511 元。而列車收益以指定席與自由席車廂分配比例為 10:1 時為最大，其可能的原因為在此情境中，三種不同車廂分配比例經由模擬運算之後，乘客發生座位衝突人數皆較少且差異幅度不大，故模式四與模式五之乘客補償與賠償損失對於列車收益的影響效果較小。而在此原因之下，列車高票價座位轉為低票價座位售出對於收益的影響較大，故列車指定席（高票價座位）與自由席（低票價座位）之分配，應分配較多指定席給予乘客在提前訂位系統中預訂，可使高鐵列車班次在發車後，達到收益之最大。

(三) 情境三：乘客未到率 20%、最適超額訂位率 25%

在此特定高鐵乘客情境模組中，本研究以列車指定席與自由席為 10:1、8:3 與 6:5 之比例運算其列車收益。模擬運算後而得之數值見圖 5-7。

經由模擬運算高鐵列車指定席與自由席分配比例為 10:1、8:3 與 6:5 下，高鐵列車在出發後所產生的總收益各為 \$47,704,371 元、\$46,625,058 元與 \$45,482,291 元，以指定席與自由席車廂分配比例為 10:1 時收益最大。可能原因在於，三種不同車廂分配比例在經由模擬運算之後，乘客發生座位衝突之人數皆較少。且其發生座位衝突之乘客皆可透過升等至商務席而搭乘該班列車班次，故其平均列車模式五乘客賠償損失趨近為 0，僅有模式四乘客賠償損失。而模式四乘客賠償損失為該班列車商務席與指定席票價差額 \$950 元，故模式四損失對於收益的影響程度較小。在乘客補償損失對於收益之影響程度較小的下，列車最適指定席與自由席分配的比例，應考量的是減少列車高票價座位轉為低票價座位售出的情形發生。故在此情境模擬中，列車最適指定席與自由席的分配比例為 10:1。

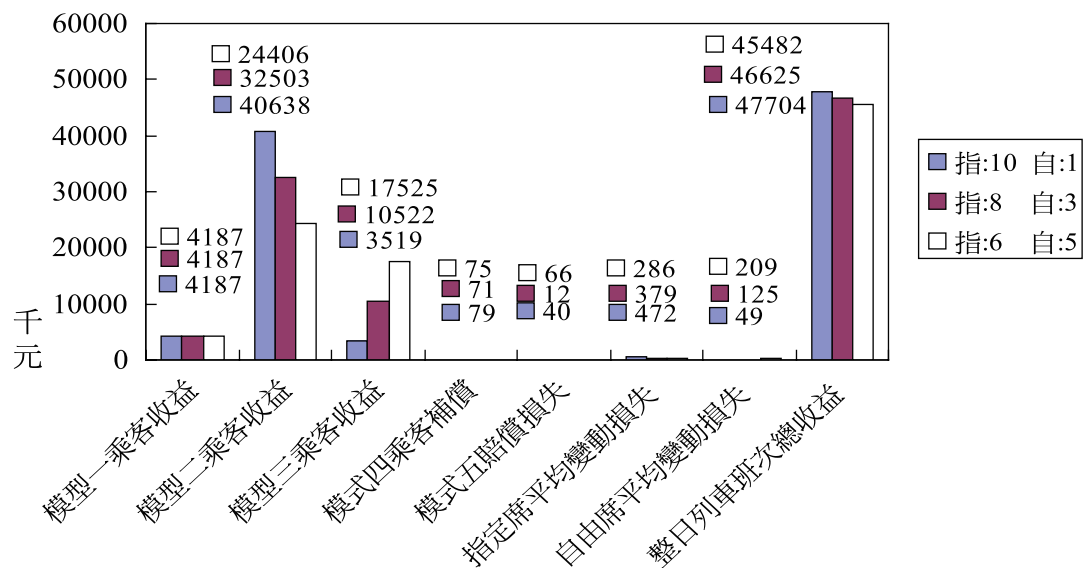


圖 5-7 車廂分配數之不同對收益之影響 (情境模組三)

(四) 小結

分析上述三組不同高鐵乘客未到率與最適超額訂位率之情境模組，對於列車指定席與自由席分配比例之變動造成收益之差異後，建議各個情境模組下最適列車指定席與自由席分配比例之訂定如下：

1. 在乘客未到率為 10% 與最適超額訂位率為 15% 之情境模組條件下，其最適列車指定席與自由席分配比例為 8：3。
2. 在乘客未到率為 15% 與最適超額訂位率為 20% 之情境模組條件下，其最適列車指定席與自由席分配比例為 10：1。
3. 在乘客未到率為 20% 與最適超額訂位率為 25% 之情境模組條件下，其最適列車指定席與自由席分配比例為 10：1。

本研究發現，在提前訂票系統中使用超額訂位模式時，最適列車指定席與自由席分配比例之訂定，應考量乘客補償、賠償損失與列車高票價座位（指定席座位）轉為低票價座位（自由席座位）對於收益所帶來的影響等兩種衡量因素。

當高鐵乘客未到率較少時，使用超額訂位模式會使得高鐵乘客較易發生座位衝突。在此情況下，乘客補償、賠償損失對於收益的影響程度，將大於列車高票價座位轉為低票價座位對於收益之影響程度。而乘客補償、賠償損失過高之情形，可透過將部分座位轉為自由席銷售之方式使其損失降低；但並非高鐵乘客未到率較小時，開放越多之自由席預售額度就越好，因自由席開放程度越高，雖乘客補償與賠償損失將會趨近於 0，但越多高票價座位轉為低票價座位售出，將造成使用超額訂位模式對於列車提升收益之效果下降。

在高鐵乘客未到率較高時，須防止列車高票價座位轉為低票價座位售予需求乘客之情形發生。此時列車高票價座位轉為低票價座位之損失，對於收益之影響程度將大於乘客補償、賠償損失對於收益的影響程度。故應以開放較多之指定席座位數給予需求乘客預訂，將可使收益達到最大。

5.2.4 保留現場購票情境之分析

在此節中，本研究分析探討在訂位流程中有無保留現場購票名額之情境，對收益有何影響。在與高鐵公司相關員工訪談後，發現現有的高鐵訂位流程中，仍有保留 10% 之現場購票名額，為求本研究模擬情境更為真實，本小節將先前本研究所模擬之最適超額訂位率與最適車廂分配組合，以分別探討有無保留現場購票之情境對收益產生何種影響。三組不同情境模組模擬如下所述。

(一)情境一：乘客未到率 10%、最適超額訂位率 15%、最適車廂分配 8：3

在此特定高鐵乘客情境模組中，模擬有保留現場購票比例為 10%，再與先前無保留現場購票比例相比較，各項數值如下圖 5-8 所示。

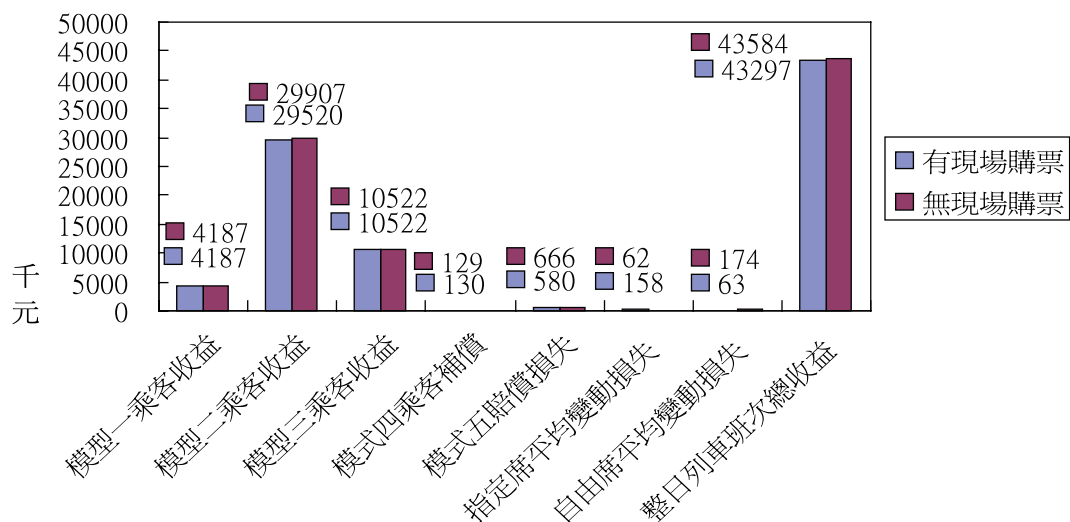


圖 5-8 有無保留現場購票比例之不同對收益之影響 (情境模組一)

經由模擬運算高鐵列車有無保留現場購票名額之不同情境，得到高鐵列車在出發後所產生的總收益各為\$43,297,292 元與\$43,584,452 元，保留現場購票名額模式之總收益降低了 0.66%。結果發現使列車收益達最大為無保留現場購票名額之情境，其原因在於若保留些許名額為現場購票，將減少開放指定席超額訂位之名額，故模式二指定席之收益為\$29,519,880 元，而無保留現場購票情形下，模式二的收益卻增加為\$29,907,280 元。此外，

雖然指定席與自由席的平均變動損失變化頗大，但兩相比較平衡後，對於總收益並無太大影響。故在提前訂位系統中保留現場購票，將會使得使用超額訂位模式減少其總收益。

(二) 情境二：乘客未到率 15%、最適超額訂位率 20%、最適車廂分配 10：1

在此特定高鐵乘客情境模組中，模擬有保留現場購票比例為 10%，再與先前無保留現場購票比例相比較，各項數值如下圖 5-9 所示。

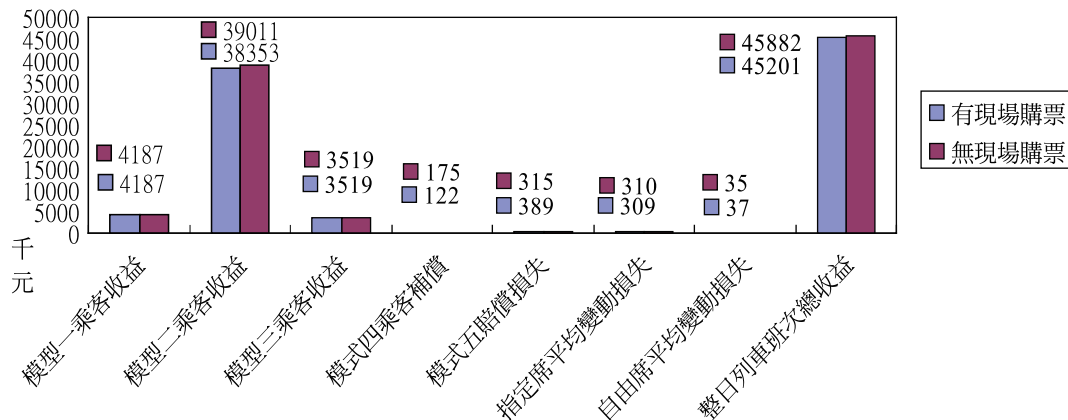


圖 5-9 有無保留現場購票比例之不同對收益之影響(情境模組二)

經由模擬運算高鐵列車有無保留現場購票名額之不同情境下，高鐵列車在出發後所產生的總收益各為\$45,201,268 元與\$45,882,186 元，保留現場購票名額模式之總收益降低了1.48%。結果發現使列車收益達最大為無保留現場購票名額之情境，其原因在於若保留些許名額為現場購票，將因此造成開放指定席超額訂位之名額減少，故無保留現場購票模式中，模式二指定席的收益為\$39,011,180 元，而保留現場購票模式中之模式二指定席收益減少為\$38,352,600 元。此外，雖然指定席與自由席的平均變動損失有些許變化，但兩相比較平衡後，對於總收益並無太大影響，故在提前訂位系統中保留現場購票，將會降低其總收益。

(三) 情境三：乘客未到率 20%、最適超額訂位率 25%、最適車廂分配 10：1

在此特定高鐵乘客情境模組中，模擬有保留現場購票比例為 10%，再與先前無保留現場購票比例相比較，各項數值如下圖 5-10 所示。

經由模擬運算高鐵列車有無保留現場購票名額之不同情境下，高鐵列車在出發後所產生的總收益各為\$46,861,705 元與\$47,708,041 元，保留現場購票名額模式之總收益降低了1.77%。結果發現使列車收益達最大為無保留現場購票名額之情境，其原因在於若保留些許名額為現場購票，將因此造成開放指定席超額訂位之名額減少，故無保留現場購票模式

中，模式二指定席的收益為\$40,638,260 元，而保留現場購票模式中之模式二指定席收益減少為\$39,824,720 元。此外，雖然指定席與自由席的平均變動損失有些許變化，但兩相比較平衡後，對於總收益並無太大影響，故在提前訂位系統中保留現場購票，將會降低其總收益。

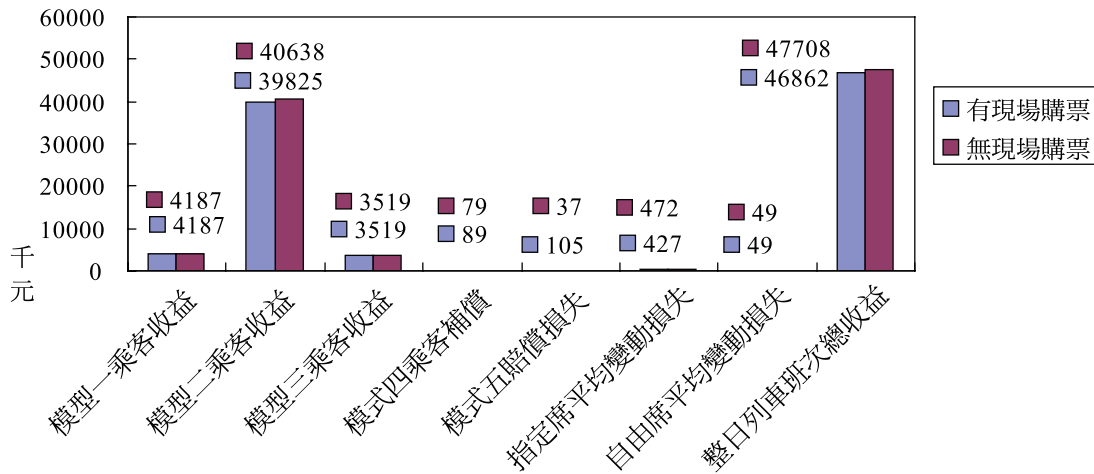


圖 5-10 有無保留現場購票比例之不同對收益之影響 (情境模組三)

(四) 小結

分析上述三組有無保留現場購票名額對於不同未到率、最適超額訂位率與最適車廂分配比例之情境模組影響後，發現在提前訂票系統中保留現場購票名額，將會降低使用超額訂位模式之總收益提升效果。

由於目前搭乘鐵路運輸之乘客仍習慣於現場購票之模式，因此高鐵公司在市場供需不平衡的情況下，仍然保留現場購票之名額。但本研究發現保留現場購票名額並不會增加高鐵公司之收益，因此高鐵公司可先改善預先訂票流程中需至售票櫃檯領取車票不便之因素，以改變乘客購票習慣，進而增加使用超額訂位模式，以提升總收益。

六、結論與建議

6.1 結論

本研究透過所構建之考量超額訂位之列車營收管理模型實證分析中發現，高鐵公司若使用超額訂位模式，會較無使用超額訂位模式之收益高，證明超額訂位模式可以有效降低

空位行駛的發生，提高列車載客效率，使列車收益達到一定程度之改善。

此外，本研究實證結果發現，超額訂位模式在估計乘客未到站機率為 10% ~ 20% 時，最適超額訂位率為估計乘客未到站率再加 5%，將使列車在發車後之收益最大，降低列車在發車後的空位行駛。至於列車最適指定席與自由席車廂分配比例，在乘客未到率小於 10% 時，最適指定席與自由席車廂分配比例為 8 : 3；在乘客未到率為 10% ~ 20% 時，最適指定席與自由席車廂分配比例為 10 : 1。

由於鐵路班次密集，搭乘鐵路旅客慣於現場臨櫃買票，在訪談高鐵相關人員後得知，現有預先訂票流程中將保留 10% 現場購票名額，但在本研究實證結果中發現，若保留過多現場購票名額，會導致超額訂位模式效益減低。其原因在於保留現場購票名額後，減少了可開放超額訂位之名額，進而減少額外可獲得之收益。

過去將超額訂位模式應用在鐵路列車營收管理模式中並不多見，而本研究在建構鐵路列車超額訂位模式時，不僅考量旅客到達之隨機性，亦考量了高鐵乘客發生座位衝突之補償與賠償成本。相較於過去的研究 (Suzuki^[14])，本研究並考量了訂票未付款之乘客逾時未取率，並考量高鐵列車自由席站票率之可能性，以訂出超額訂位模式之最適超額訂位率，並推估出自由席與指定席之最適車廂分配比例。

謝俊杰^[26]在火車網路訂票系統之研究中，建立一不影響原先臺鐵訂票作業之系統，用以盡量找出座位來滿足不同需求乘客，以降低空位行駛的發生。然而其並未考量訂票乘客之逾時未取、訂票付款不到站之隨機性，在列車發車後，列車仍會發生空位行駛的現象。而本研究在降低空位行駛方面，採用收益式管理中之超額訂位模式，並使用蒙地卡羅分析法模擬乘客到與不到站之隨機性，並納入逾時未取乘客之機率值，可在降低空位行駛方面，達到進一步的改善。

張有恆等^[15]對於航空業使用超額訂位模式之研究中亦提到，若開放太多訂位額度，將在起飛時造成旅客無法上機，故其研究在以排除機位超賣成本之目的下，求解最佳超額訂位限額。其考量因素包含旅客訂位與取消訂位及旅客未報到率。本研究則是將航空超額訂位模式的概念應用在鐵路列車上，此外考量鐵路運輸的特殊性，將旅客未到站、取消訂位、逾時未取之隨機性納入模式中。本研究發現，若僅為排除座位超賣之損失，仍會造成空位行駛之損失發生，故本研究衡量兩者對於列車收益之影響，訂定最適之超額訂位率，使列車收益達最大。

6.2 建議

針對本研究之研究假設及研究結果，提出以下的建議：

本研究尚未取得高鐵旅客訂位相關之資訊，後續研究若能取得高鐵乘客相關資訊（如高鐵乘客退票率、乘客訂票付款未到站率、高鐵乘客之訂票逾時未取率），並依高鐵網路訂位流程之規定，將可構建更符合高鐵現況之超額訂位模式。

此外，後續研究亦可根據本研究所構建考量列車超額訂位之營收管理模式，建立鐵路

列車超額訂位模式之資訊管理系統。在實務上若能有不同 OD 之高鐵乘客未到率、逾時未取率…等相關歷史資料，便可推估該班列車之最適超額訂位率，可以提供高鐵公司方便作為營運決策之分析。

本研究之超額訂位模式並未考量票價差異化所造成列車收益之影響，因本研究假設在需求大於供給之尖峰時段狀態下，列車之可供訂票額度在網路提前訂票階段就接近預售完畢。但如在提前訂票系統開放前，能有效推估並預留一定比例之額度，在當日以較高的車票價格賣給對時間較有迫切性之乘客，此方法亦能提高該班列車的收益，因此後續研究亦可針對票價差異化，結合超額訂位模式，來探討列車收益之影響。

參考文獻

1. Kimes, S. E., "Yield Management: A Tool for Capacity Constrained Service Firm", *Journal Operations Management*, Vol. 8, No. 4, 1989, pp.348-363.
2. Curry, B. E., "Optimal Airline Seat Allocation with Fare Classes Nested by Origins and Destinations", *Transportation Science*, Vol. 24, No. 3, 1990, pp.193-204.
3. Maria, H. B. and Alain, S., "Le Centre Opérations TGV", *Revue générale des chemins de fer*, octobre, 1999, pp. 5-8.
4. Lawrence, R. W. and Bodily, S. E., "A Taxonomy and Research Overview of Perishable-Asset Revenue Management", *Yield Management, Overbooking, and Pricing, Operation Research*, Vol. 40, No. 5, 1992, pp.831-844.
5. Botimer, T. C., "Efficiency Consideration in Airline Pricing and Yield Management", *Transportation Research Part-A*, Vol. 30, No. 4, 1996, pp. 307-317.
6. Lee, T. C. and Hersh, M., "A Model for Dynamic Airline Seat Inventory Control with Multiple Seat Bookings", *Transportation Science*, Vol. 27, No. 3, 1993, pp. 252-265.
7. Littlewood, K., "Forecasting and Control of Passenger Bookings", The Airline Group of the International Federation of Operational Research Societies 12th Annual Symposium Proceedings, the Airline Group of the International Federation of Operational Research Societies, 1972, pp. 95-117.
8. Kanafani, A., *Transportation Demand Analysis*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1983.
9. Morrison, S. A. and Winston, C., *The Evolution of Airline Industry*, The Brookings Institution, Washionton D.C., 1995.
10. Belobaba, P. P., "Airline Yield Management an Overview of Seat Inventory Control", *Transportation Science*, Vol. 21, No. 2, 1987, pp. 63-73.
11. Wong, J. T., "Airline Network Seat Allocation", PhD. Dissertation, Northwestern University, 1990.
12. 陳昭宏、張有恆，「航空公司動態營收管理策略模式之研究」，*運輸計劃季刊*，第 28 卷，第 4 期，民國八十八年，頁 593-608。

13. Suzuki, Yoshinori, "An Empirical Analysis of the Optimal Overbooking Policies for US Major Airlines", *Transportation Research Part E*, Vol. 38, No. 2, 2002, pp.138-149.
14. Suzuki, Yoshinori, "The Net Benefit of Airline Overbooking", *Transportation Research Part E*, Vol. 42, No. 1, 2006, pp.1-19.
15. 張有恆、蘇建榮、陳昭宏，「航空公司超額訂位模式之研究」，*運輸計劃季刊*，第 27 卷，第 2 期，民國八十七年，頁 245-278。
16. Garrow, L. A. and Koppelman, F. S., "Predictin Air Travelers' No-show and Standby Behavior Using Passenger and Directional Itinerary Information", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 10, No. 6, 2004, pp. 401-411.
17. Kalka, K. and Weber, K., "PNR-Based No-Show Forecast", Presented at the AGIFORS Reservation and Yield Management Study Group, New York, 2000.
18. Pastor, J., "What Exactly Is Data Mining", Presented at the AGIFORS Reservation and Yield Management Study Group, New York, 2000.
19. Feng, Y. and Xiao, B., "A Continuous-Time Seat Control Model for Single-Leg Flights with No-Shows and Optimal Overbooking Upper Bound", *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, No. 2, 2006, pp. 1298-1316.
20. Smith, B. C., Leimkuhler, J. F., and Darrow, R. M., "Yield management at American Airlines", *Interfaces*, Vol. 22, No. 1, 1992, pp.8-31.
21. Alstrup, J., Andersson, S. E., Boas, S., Madse, O. B. G., and Vidal, R. V. V., "Booking Control Increases Profit at Scandinavian Airlines", *Interfaces*, Vol. 19, No. 4, 1989, pp.10-19.
22. Davis, P., "Airline Ties Profitability Yield to Management", *SIAM News*, Vol. 27, No. 5, 1994.
23. 汪進財、張喜美，「不確定需求下鐵路列車座位之管理—臺鐵定位系統之分析」，*臺鐵資料月刊*，民國八十四年，頁 28-48。
24. 彭群弼，大紀元電子報，「高鐵：賣站票 票價在自強號及飛機票之間」，<http://www.epochtimes.com/b5/4/5/6/n530691.htm>，民國九十三年。
25. 林昭輝，「臺鐵售票曲線之型態分析」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國九十三年。
26. 謝俊杰，「火車網路訂票系統之研究」，暨南國際大學資訊管理學系碩士論文，民國八十九年。

