

考量航空公司競爭行為之國內航線票價 管制策略

PRICE REGULATION STRATEGIES FOR DOMESTIC AIR ROUTES WITH CONSIDERATION OF AIRLINE COMPETITION BEHAVIORS

李榕芳 Jung-Fang Lee¹

邱裕鈞 Yu-Chiun Chiou²

(102 年 12 月 25 日收稿，103 年 4 月 23 日第 1 次修改，
103 年 7 月 2 日第 2 次修改，103 年 8 月 5 日定稿)

摘 要

我國國內航空市場實施票價上下限管制，惟目前之票價管制方法恐使經營較無效率之公司，享有較高之票價上限，且此管制方法並未考量航空公司之經營管理與競爭行為。為了解各航線之票價上下限管制對社會福利的影響，本研究以雙層賽局來討論政府管制下航空公司的競爭，上層為政府追求社會福利最大化下之票價上下限管制；下層為航空公司在票價管制、航空器能量等限制下之票價及班次之競爭行為，以追求利潤最大化。本研究以我國國內線航空市場為分析對象，以了解模式之適用性。就所設定之 3 種情境結果視之，國內航線應區分為兩套管制標準，即對於競爭航線應放寬票價之上下限管制，而對於獨占航線應採取較嚴格之票價上下限管制。

關鍵詞：國內航線；票價管制；航空公司競爭；賽局理論

-
1. 交通大學交通運輸研究所碩士。
 2. 交通大學運輸與物流管理學系教授（聯絡地址：100 臺北市忠孝西路 1 段 118 號 4 樓交通大學運輸與物流管理學系；電話：02-23494940；E-mail：ycchiou@mail.nctu.edu.tw）。

ABSTRACT

The domestic air transport market in Taiwan is governed by ceiling and floor prices regulations. According to current pricing regulations, less efficient airlines enjoy highly-regulated prices but not yield management or consideration of airlines' competition behavior. To understand the effect of regulated ceiling and floor prices for each air route on social welfare, a bi-level game-theoretical model is developed. The upper level aims to determine the optimal regulated ceiling and floor prices to maximize social welfare, while the lower level determines the competition behaviors of domestic air transport markets for maximizing their own profits by optimally setting prices and service frequencies subject to regulated ceiling and floor prices and airline capacity. A case study on the Taiwanese domestic air market is conducted to show the applicability of the proposed model. The results suggest that stricter and looser price regulation schemes should be proposed for monopolistic air routes and competitive air routes, respectively.

Key Words: Domestic air routes; Price regulation; Airlines competition; Game-theoretical model

一、前 言

解除民航管制已成為世界各國在運輸上的重要政策之一，在各國航空運輸業解除航空管制的過程中，以美國於西元 1978 年實施之民航解除管制為最早。美國率先實施「開放天空」政策，放寬各項管制，而後世界各國紛紛跟進，逐步取消加入退出、費率等種種管制，使得解除管制成為航空運輸之風潮，然而，仍有些許國家未隨之起舞或僅放寬部分管制，我國國內航空即屬於未完全開放的市場。

我國航空運輸自民國 38 年遷臺後，陸續成立復興、遠東等民營航空公司，此時期基於種種因素考量，政府對於航空業實施高度管制。自民國 76 年起，考量國內航空市場的供給未能配合國內航空需求的增加，政府開始開放新航空公司的進入，即所謂的「開放天空」政策，陸續放寬進入市場的管制後，民國 78 年更實施國內客運航線彈性票價，民國 86 年 8 月進一步取消臺北-高雄航線之票價下限管制，即所謂之票價上限管制。在民國 88 年 12 月，再度實施票價上下限管制，此一管制制度由交通部核定後，一直沿用至今。但是，此上下限管制公式至 94 年檢討至今已過 7 年，是否符合現今國內航空市場，有待商榷。另外，此上限管制公式係以各航空公司各航線之平均成本為運算基準核算所得，即當某公司於某航線之成本越高，其所得之票價上限越高，恐造成將營運成本轉嫁給消費者之疑慮；現今之票價下限管制係以票價上限容許值乘以 0.5，對於為何將票價下限管制訂為上限管制之一半，似缺乏合理之解釋。因此，本研究欲建立一合理之票價管制。

綜觀世界各國解除航空管制的經驗，發現解除管制可以增加航空公司的競爭，因而降

低航空票價。但是，許多解除管制的國家都出現合併、集中等問題。張有恆^[1]從各國解除管制的歷程中發現美國、加拿大、日本等國家皆曾出現合併等問題，美國更曾出現要求「再管制 (re-regulation)」的主張。然而，近年來之研究多僅注重於探討解管制下航空公司之競爭，討論政府管制下航空公司競爭之文獻極少，而我國目前仍實施票價上下限管制。另外，雖然過去探討航空公司競爭的文獻不在少數，但是過去文獻多僅討論市場中兩間公司之競爭，即使在探討多間航空公司競爭亦僅以特定航線為討論基準，考量多數航空公司非僅經營單一航線，而係同時經營多條航線，依過去的研究無法顯示航空公司如何應用現有之機隊配置於所營運航線上，亦無法確實反映航空公司於各航線票價之決定，本研究欲探討票價管制下，多公司、多航線之競爭狀況。

在過去探討航空公司競爭之文獻以 Chiou 等人^[2]及許弘毅^[3]與本研究之研究動機較相似，其中，Chiou 等人^[2]以雙層賽局探討政府管制下航空公司的競爭，在需求模式的建構上採需求反函數，本研究認為羅吉特模式較能呈現旅運者的選擇行為，且該文獻僅探討兩間航空公司之競爭，由於目前國內航線市場並非僅兩間公司，故本研究將應用模式，分析目前國內航空市場之競爭狀況。許弘毅^[3]之研究則注重於探討航空公司間之競爭，對於政府管制之目標模式並無建構，本研究將透過模式重建，以雙層賽局討論政府管制下航空公司的競爭，並注重於探討國內航線最適之票價管制策略。

本研究以航空公司間之競爭行為為基礎，期望以業者利潤最大化及社會福利最大化為目標，制定合理的票價上下限，並分析國內航線最適管制票價及在政府管制下各航空公司的競爭行為，期可提供政府未來制定政策及航空公司訂定票價參考。

二、文獻回顧

由於本研究欲考量航空公司競爭行為，並求得國內航線之最佳票價管制，因此，本研究文獻回顧部分主要分為票價管制、航空公司競爭行為及賽局理論 3 部分。

2.1 票價管制

Tretheway 與 Waters II^[4]探討航空市場的票價上限管制是否為可行的管制方式時，提到票價上限管制為一種試圖管制多產品壟斷的管制形式，其概念類似雷姆西定價，雷姆西定價可使社會無謂損失最小。且票價上限管制可讓公司依適當狀況更改價格、讓公司可依顧客的需求彈性來定價、若票價上限修改較不頻繁可刺激公司控制成本。研究結果顯示在競爭的情況下，票價上限管制是無效的，因為票價上限管制僅有在獨占市場才能達到其效益，但是票價下限管制卻是必要的，因為最低票價管制可避免惡性競爭。

Kang 等人^[5]研究結果顯示，加強票價上限管制對消費者福利的影響主要受限於其潛在需求的關係，當需求是獨立的，加強票價上限會增加消費者福利，但若需求是互相依存的，加強票價上限會減少消費者福利。

De Villemeur^[6] 研究採用票價上限管制及飛行班次上限管制，以探討獨占航空公司在求取利潤最大下，對於票價及班次的決定。以雷姆西公式求取在業者之成本可回收且社會福利最大下的價格，而業者所制定之一般化價格不可高於次佳參數值。結果顯示若缺乏管制，獨占公司將收取高於社會最佳的價值，且班次將低於社會最佳水準。

Chiou 等人^[2] 在探討票價管制下航空公司競爭行為時，提出票價管制及航空公司競爭之雙層賽局模式，上層用於決定在社會福利最大下的票價上下限，下層用於探討在 company-level 下的航空公司競爭。實證研究結果證明，政府的票價上下限管制是非常接近獨占或寡占市場的航空公司價格彈性。

2.2 航空公司競爭行為

Schipper 等人^[7] 探討航空解除管制及外部成本對福利影響的分析，主要在於分析外部成本對解除管制後航空市場福利的影響。航空公司在飛行班次及票價的決定上，採用雙層賽局，第 1 階段航空公司同時決定飛行班次，飛行班次不只影響成本因素，亦影響乘客的等候時間及將乘客分配於各競爭班機，因而影響最大利潤的票價，因此，第 2 階段依各航空公司飛行班次的選擇而決定票價。消費者的選擇上採用需求反函數表示，以需求反函數代入利潤函數中，求解市場均衡解。研究發現航空公司解除管制後，將增加飛行班次、降低票價及增加乘載率，在不考慮外部成本下將增加福利。

Wei^[8] 探討在雙寡占航空市場中，降落費對於航空公司航空器大小的選擇及飛行班次的影響，採用一次性的同時賽局模式來探討兩航空公司在非合作之非零和市場的競爭，研究以巢式羅吉特來探討航空器大小、飛行班次及費用在航空公司市占率，及在雙寡占直達市場的旅運需求。研究結果發現，降落費會影響航空公司在航空器大小及飛行班次上的最佳選擇，較高的降落費會使航空公司利用較大的航空器及減少飛行班次。另外，若將多餘的降落費當成使用大型航空器及紓解機場擁擠的獎金還給航空公司，對航空公司具鼓勵效果。

Wei 與 Hansen^[9] 探討航空公司在競爭環境下如何決定航空器的大小及飛行的班次，採用 3 個賽局理論模式來分析雙寡占下航空公司的選擇行為，分別為一次性同時賽局、領導者與跟隨者賽局及雙層賽局。研究假設航空公司在選擇航空器大小及飛行班次的目標為利潤最大化，並以巢式羅吉特來研究航空器大小、飛行班次及費用在航空公司市占率及在雙寡占直達市場的旅運需求。研究發現在短程航線所使用的航空器較長程航線使用的航空器小，也從短程 (400 英哩以內) 航空市場的敏感度分析發現，領導者在 Stackelberg game 中有較高的需求。另外，航空公司通常採用較小型的航空器以增加飛行班次。

Zito 等人^[10] 探討航空公司在票價及飛行班次的競爭上，採用雙層最佳化模式來求解，利用賽局理論來討論雙寡占市場中，航空公司如何決定票價及飛行班次。在建立市場占有率函數時，利用巢式羅吉特來預測乘客運具選擇的機率。在求解各航空公司的競爭行為上，採用賽局之雙層最佳化模式來加以求解，其賽局參與者為兩家航空公司，每家航空公

司的決策變數為航空票價及飛行班次，而航空公司的目標為利潤最大化。模擬結果顯示：在單回合的 Cournot-Nash game 時，當航空公司 A 的票價低於航空公司 B 時，航空公司 A 在飛行班次及載運乘客數具有優勢，且利潤較高；在單回合的 Bertrand game 時，兩家航空公司的票價會先降至最低，之後票價再緩慢提高以負擔營運成本。當航空公司 A 飛行班次增加時，會導致航空公司 B 的利潤下降。研究發現利用雙層數學規劃可有效模擬航空公司與乘客間的互動關係。在獨占情況下，飛行班次低、票價高、顧客滿意度低，但航空公司利潤高。在均衡狀況下，飛行班次與票價與航空公司的市占率成正比；若有地面運具之競爭，則可有效抑制航空公司之票價。

2.3 賽局理論

2.3.1 賽局理論之基本概念

依文獻可以發現探討寡占市場的競爭行為一般採用賽局理論，賽局理論係在 1944 年由 John von Neumann 及 Oskar Morgenstern 所著之「Theory of games and economic behavior」書中發展成數學模式，並在 1953 年時，由 John Nash 提出納許均衡的觀念。陳建良^[11]提到：「所謂的賽局理論即研究理性者互動的策略選擇，其關鍵步驟為給定其他參賽者策略下，找出參賽者的最適反應。」，即在賽局當中，不僅考慮本身的選擇，也將其他參與人員之選擇列入考慮。鄧方^[12]提到：「賽局理論包括合作賽局理論及非合作賽局理論，兩者之差別在於，非合作賽局理論的分析單位是參加賽局的局中人 (player)，合作賽局理論的分析單位是群體 (group)。」。

2.3.2 航空公司競爭模式

依據 Wei 與 Hansen^[9]，航空公司競爭模式可分為一次性同時賽局、跟隨者與領導者賽局、雙層賽局，該研究主要係探討航空器大小及飛行班次，考量本研究欲探討國內航空公司在飛行班次及票價上的競爭行為，爰本研究修改 Wei 與 Hansen^[9]之決策變數，以票價及飛行班次為決策變數，簡要敘述上述 3 種賽局模式：

1. 一次性同時賽局 (one-shot simultaneous game)：在此情況下，航空公司會同時決定其飛行班次及票價，每家航空公司皆假設其他競爭者一旦做決定，將有固定的選擇行為。此外，每家航空公司做選擇時，皆假設其他航空公司會做出使其利潤最大的決定。因此，航空公司的決定也會受競爭者影響。
2. 跟隨者與領導者賽局 (Stackelberg game)：在此種情況下，市場中有一主導者，因此，該主導者有先決定飛行班次或票價的優勢。此賽局中的跟隨者將依據領導者的選擇而做決定。
3. 雙層賽局：在此情況下，航空公司於決定其飛行班次及票價時，區分為兩階層。第 1 階層由主管機關考量社會福利最大化的情況下，決定最佳票價管制範圍。航空公司同時決定其飛行班次及在政府管制票價的範圍內決定票價。

2.4 小結

從上述文獻可發現過去文獻在探討旅運者選擇行為時，大多採用羅吉特模式或需求反函數。在討論航空公司競爭行為時，皆以賽局理論來建立模式，依據不同的決策變數，採用不同的賽局來進行模式的建立，以 Cournot 或 Stackelberg 來求解數量（飛行班次）的均衡，以 Bertrand 來求解價格（票價）的均衡。另外，依同時決定或分層決定，又可分為一次性同時賽局及雙層賽局，採用何種賽局端視研究所需。根據之前探討航空公司競爭的相關文獻可知，過去研究在探討航空公司競爭時，僅考慮兩家公司的競爭行為，但實務上也有航空公司家數大於兩家的航線。此外，過去文獻僅注重於探討特定航線上航空公司的競爭行為。然而，事實上，航空公司常同時經營多條航線，研訂航線競爭策略時，會以所有航線總利潤最大為最終考量。因此，若僅討論某一航線上的競爭行為，將難以呈現航空公司真實的競爭情況。因此，本研究以過去研究所提出之競爭模式為基礎，進一步考慮我國航空市場的經營現況，建立適用於探討我國國內航空市場競爭情況及航線最佳票價管制之模式。

三、國內線航空市場現況

3.1 營運現況

我國目前國內航線由遠東、復興、立榮、華信及德安等 5 家航空公司經營，其中，德安航空之經營型態有別於其它 4 間航空公司，係以經營臺東-蘭嶼、臺東-綠島、高雄-七美、高雄-望安、馬公-七美 5 條小離島航線為主，其所服務之航線皆屬獨占且提供虧損補貼，營運方式顯與其他航線不同，故本研究不將德安航空列入探討。目前遠東、復興、立榮、華信共經營國內航線 19 條，各公司之經營航線如表 1 所示：

表 1 國內航空公司營運航線

航空公司	經營航線	
	競爭航線	獨占航線
立榮航空	臺北－臺東、臺北－金門、 臺北－馬公、臺中－金門、 臺中－馬公、高雄－金門、 高雄－馬公	臺北－北竿、臺北－南竿、 臺北－恆春、臺中－南竿、 臺南－金門、臺南－馬公、 嘉義－金門、嘉義－馬公
復興航空	臺北－金門、臺北－馬公、 高雄－金門、高雄－馬公	臺北－花蓮、臺中－花蓮、 金門－馬公
華信航空	臺北－臺東、臺北－金門、 臺北－馬公、臺中－金門、 臺中－馬公	高雄－花蓮
遠東航空	臺北－金門、臺北－馬公、 高雄－金門、高雄－馬公	

由表 2 乘載人數可得知，目前國內航空市場多數航線需求量偏低，且皆為獨占航線，推估國內獨占航線之形成係因該航線需求量低，業者為免於虧損，協調分配下而形成。而從競爭航線之乘載率可得之，即使處於多間航空公司之競爭狀態，多數競爭航線之乘載率仍高於獨占航線，顯示目前競爭航線需求量尚可維持多家經營。

表 2 國內航線 101 年營運狀況及票價上限

航線	經營業者	票價上限 ^註	飛行班次	乘載人數	乘載率
臺北－金門	遠東、復興、立榮、華信	2,200	13,659	1,292,199	80.0%
臺北－馬公	遠東、復興、立榮、華信	2,100	12,537	880,916	70.9%
高雄－金門	遠東、復興、立榮	2,100	5,995	441,571	68.6%
高雄－馬公	遠東、復興、立榮	1,500	12,666	745,203	70.3%
臺中－金門	立榮、華信	2,100	4,665	379,053	77.1%
臺中－馬公	立榮、華信	1,600	4,799	270,599	79.8%
臺北－臺東	立榮、華信	2,000	4,143	325,052	70.0%
臺中－花蓮	復興	1,500	310	11,037	49.4%
臺北－北竿	立榮	2,000	2,062	80,106	69.4%
臺北－花蓮	復興	1,900	3,601	172,583	66.5%
臺北－南竿	立榮	2,000	3,499	160,705	82.0%
臺南－金門	立榮	2,000	1,433	111,319	76.0%
臺南－馬公	立榮	1,600	2,535	119,345	83.9%
高雄－花蓮	華信	2,100	716	49,009	65.8%
嘉義－金門	立榮	2,000	1,251	55,564	79.3%
嘉義－馬公	立榮	1,600	790	33,414	75.5%
臺北－恆春	立榮	2,300	149	2,321	27.8%
臺中－南竿	立榮	2,300	609	26,769	78.5%
金門－馬公	復興	1,500	409	18,949	64.3%

註：現行票價上限因航線及航空公司而異，多家經營航線僅擇一家為代表，並進整至百元。至於票價下限則為票價上限×50%。

3.2 國內航線票價管制

我國目前採用票價上下限管制，此管制制度即各航空公司於各航線可於管制範圍內彈性訂定票價。現行之票價管制說明如下（交通部民用航空局^[13]）：

現行票價採上下限管制，其中票價上限係依據各航空公司各航線成本核算所得，而未統一訂定；票價下限則基於賦予業者更大之彈性考量，以上限之 50%訂之。票價上下限之公式：

1. 票價上限 = Min (票價上限容許值，航空公司陳報上限票價)

票價上限容許值 = 民航局核算平均成本上限 + 服務價值。

2. 服務價值 = 飛機相較於其他運具所能節省之時間價值。

票價下限 = 票價上限 × 50%

航空公司應於核定上下限範圍內訂定「全額票價」陳報主管機關（民航局），而備查後之「全額票價」則為市場最高售價。各航線票價上限如表 2 所示。

四、模式推導與建構

本研究利用賽局理論在模化政府（民航主管機關）、航空公司及旅運者間之互動行為。其中，政府、航空公司及旅運者間係為 Stackleberg game，而航空公司間則呈 Cournot-Nash game 均衡。政府的目標為透過各航線的票價上下限管制，以達到社會福利最大化；航空公司的目標為在政府管制的票價及競爭業者間之互動下，決定各航線的最佳飛行班次及票價，以達到公司總利潤之最大化。旅運者則透過運具及航空公司選擇，達到其效用最大化。模式假設及建構分述如下：

4.1 研究假設

本研究假設此賽局為非合作賽局，且航空公司間有完整的資訊。研究之目標為找出賽局中的均衡解，即找出每位參與者在此賽局中的選擇。本研究將研究假設歸納如下：

1. 在非合作賽局中，各航空公司會依據其他公司的決定來選擇其最佳的策略。
2. 本研究著重於各航線飛行班次的競爭，但不探討航空公司的航線數量競爭（路網規模經濟）。
3. 航空公司 i 在特定航線 j 僅使用單一機型，但同一航機可派飛多條航線。

4.2 模式建構

本節將依據國內航空市場現況及研究假設討論旅運者選擇模式、利潤模式、社會福利模式及票價管制下航空公司競爭模式。

4.2.1 旅運者選擇模式

對旅運者而言，運具選擇受該運具對旅運者所產生的效用所影響，若該運具對旅運者的效用越大，旅運者選擇該運具的機率越高；反之，旅運者對該運具的選擇機率越低。本研究以票價、班次及航空公司於特定航線配置之機型作為效用函數之變數，如式 (1)、(2) 所示：

$$U_{ij} = a + bp_{ij} + cf_{ij} + dm_{ij} \quad (1)$$

$$U_{ijNT} = ASA_{NT} \quad (2)$$

其中， U_{ij} 為旅運者對於航空公司 i 航線 j 之效用函數； p_{ij} 為航空公司 i 於 j 航線之票

價； f_{ij} 為航空公司 i 於 j 航線之每月班次數； m_{ij} 為航空公司 i 於航線 j 所使用之機型（螺旋槳或噴射機）； U_{ijNT} 為乘客選擇不搭乘 j 航線之效用； ASA_{NT} 為替代的特定屬性。在式 (1) 效用函數中， b 為票價之係數，此數值通常為負值，即代表票價的提高會使旅運者之效用下降； c 為班次之係數，此數值通常為正值，代表班次的增加將使旅運者之效用提高；而 d 為機型的係數，當以噴射機為 1、螺旋槳為 0 時，此數值通常為正值。旅運者對航空公司的選擇受效用的影響，過去文獻在探討運具或公司選擇多以羅吉特模式呈現，即旅運者選擇航空公司 i 的機率以羅吉特模式呈現，如式 (3) 所示：

$$Pr_{ij} = \frac{e^{u_{ij}}}{\sum_k e^{u_{kj}}} \quad (3)$$

其中， Pr_{ij} 為旅運者於 j 航線選擇航空公司 i 的機率。假設某航線之總體旅客數為已知，經由所建立之旅運者運具選擇模式，即可由已知之係數及變數求得各航空公司於該航線之市占率與搭客人數。

4.2.2 利潤模式

各航空公司於訂定票價、班次時，皆以追求利潤最大化為目標，而利潤受總收入及總成本所影響。由於本研究主要探討在航空公司競爭下，國內航空各航線之最佳票價管制。因此，各航空公司於訂定所經營各航線之票價及班次時，以追求所有經營航線之總利潤最大化，而非僅追求單一航線利潤最大化為目標。利潤函數如式 (4) 所示：

$$\pi_i = \sum_{j=1}^{N_i} p_{ij} \times Q_j \times \frac{e^{u_{ij}}}{\sum_k e^{u_{kj}}} - \sum_j^{N_i} [\alpha \ln(f_{ij}) + \beta RL_j + \gamma AG_i + \delta m_{ij} + \tau I_j] \quad (4)$$

其中， π_i 為航空公司 i 總利潤（月）； N_i 為航空公司 i 經營的國內航線數； Q_j 為航線 j 每月總旅客數； RL_j 為航線 j 的湮程數； AG_i 為航空公司 i 機隊平均機齡； m_{ij} 為航空公司 i 於航線 j 所使用之機型（螺旋槳或噴射機）； I_j 為航線 j 之型態（離島航線或本島航線）。在

式 (4) 中， $\sum_{j=1}^{N_i} p_{ij} \times Q_j \times \frac{e^{u_{ij}}}{\sum_k e^{u_{kj}}}$ 代表航空公司 i 總收入，即各航線之票價乘以公司 i 於各航線之乘載人數。 $\sum_j^{N_i} [\alpha \ln(f_{ij}) + \beta RL_j + \gamma AG_i + \delta m_{ij} + \tau I_j]$ 代表航空公司 i 之總成本，成本主要受飛行班次、航線湮程、機隊機齡、使用機型及航線型態等因素所影響，採用前述成本變數主要係參考交通部民用航空局^[13]影響總營運成本關鍵影響變數之機齡、航線湮程、機型、航線特性（離島航線或本島航線），及考量本研究欲探討之班次數量，且將班次取對數，係考量班次之增加將提高成本，但應非線性關係，即班次提高至某數量後成本增加將趨少。成本函數係數中， α 為班次取對數之係數、 β 為航線湮程係數，通常為正值，即班次與飛行湮程數越多，成本越高； γ 為機齡之係數， δ 為使用機型之係數，由於 m_{ij} 為虛擬變數，以 1 代表噴射機，0 代表螺旋槳，因此，若 δ 為正值代表使用噴射機較螺旋槳耗費成本越多，而 τ 為航線型態之係數，由於 I_j 亦為虛擬變數，以 1 代表離島航線，0 代表本島

航線，若 τ 為正值代表飛行離島航線較飛行本島航線耗費成本越多。

分別將利潤模式對票價及班次作微分，可求得各航空公司於各航線之最佳票價與班次數，推導如下：

利潤模式對票價之一階微分：

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial p_{ij}} = Q_j \times \frac{e^{U_{ij}}}{\sum_k e^{U_{kj}}} - b Q_j \left\{ \frac{e^{U_{ij}} [\sum_k e^{U_{kj}} - e^{U_{ij}}]}{[\sum_k e^{U_{kj}}]^2} \right\} = 0 \quad (5)$$

求得

$$p_{ij}^* = \frac{1}{b(\Pr_{ij}-1)} \quad (6)$$

利潤模式對班次之一階微分：

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial f_{ij}} = p_{ij} \times Q_j \times c \left\{ \frac{e^{U_{ij}} [\sum_k e^{U_{kj}} - e^{U_{ij}}]}{[\sum_k e^{U_{kj}}]^2} \right\} - \frac{\alpha}{f_{ij}} = 0 \quad (7)$$

求得

$$f_{ij}^* = \frac{\alpha}{p_{ij} \times Q_j \times c [\Pr_{ij}(1 - \Pr_{ij})]} \quad (8)$$

由於微分所求得之 p_{ij}^* 除受本身之班次影響，亦受其他經營該航線航空公司之票價及班次影響，班次的訂定亦受本身票價及其他公司於該航線的決定所影響。因此，需聯立求解方能求得各航線之票價、班次最佳解。由前述可知每家航空公司在追求票價及班次之最佳解時，皆會相互影響，因此，最佳解之數值將不斷的變動，直到達成均衡狀態，故本研究將以軟體求解各航線票價、班次最佳解。

4.2.3 社會福利模式

Weisman^[14]提到政府管制的目的為追求社會福利最大化，依據 Chiou 等人^[2]之研究，社會福利主要包含生產者剩餘 (producer surplus) 與消費者剩餘 (consumer surplus)，如式 (9) 所示：

$$SW = CS + PS \quad (9)$$

其中， SW 為社會福利； CS ：消費者剩餘； PS ：生產者剩餘。

由於本研究以羅吉特模式來討論旅運者的選擇行為，其中，影響旅運者選擇的因素為旅運者對該公司之效用。因此，本研究將各公司於各航線之均衡票價與無管制下各公司於各航線所求得之票價差，再加上將旅運者之班次效用轉成貨幣單位來求解消費者剩餘，如式 (10) 所示。在消費者剩餘之模式中，本研究以無管制下之票價 \widehat{p}_{ij} 及班次 \widehat{f}_{ij} 作為基準值。

另外，本研究之生產者剩餘如式 (11) 所示。

$$CS = \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j [(\widehat{p}_{ij} - p_{ij}) + \frac{c}{b}(f_{ij} - \widehat{f}_{ij})] \times Q_{ij} \quad (10)$$

其中， \widehat{p}_{ij} 為無管制下航空公司 i 於 j 航線之票價； \widehat{f}_{ij} 為無管制下航空公司 i 於 j 航線之班次數； p_{ij} 為管制下航空公司 i 於 j 航線之票價； f_{ij} 為管制下航空公司 i 於 j 航線之班次數； $\frac{c}{b}$ 為班次價值 (班/月)。

$$PS = \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j \frac{1}{2} p_{ij} \times Q_{ij} \quad (11)$$

其中， p_{ij} 為航空公司 i 於 j 航線之票價； Q_{ij} 為航空公司 i 於 j 航線每月之乘載人數。

4.2.4 票價管制下航空公司競爭模式

本研究以雙層賽局 (bi-level game) 來討論政府與航空公司間之抉擇，由於政府管制市場的目標為追求社會福利最大化，而國內航空市場係追求整體利潤最大化，故本賽局之上層將以社會福利最大化為目標 (式 12)，下層以國內航空市場利潤最大化為目標 (式 13)。

$$\text{上層：} \quad \text{Max } SW = CS + PS \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{下層：} \quad \text{Max } \sum_{i=1}^4 \pi_i = & \sum_{i=1}^4 \pi_i \{ \sum_{j=1}^{N_i} p_{ij} \times Q_j \times \frac{e^{u_{ij}}}{\sum_k e^{u_{kj}}} - \sum_j^{N_i} [\alpha \ln(f_{ij}) + \beta RL_j \\ & + \gamma AG_i + \delta m_{ij} + \tau I_j] \} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\text{s.t.} \quad \underline{p}_j \leq p_{ij} \leq \bar{p}_j \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^{N_i} f_{ij} \leq F_i \quad (15)$$

$$Q_j \times \frac{e^{u_{ij}}}{\sum_k e^{u_{kj}}} \leq f_{ij} \times q_{ij} \quad (16)$$

其中， \underline{p}_j 為航線 j 之票價下限； \bar{p}_j 為航線 j 之票價上限； F_i 為公司 i 每月最多可配置之班次數； q_{ij} 為公司 i 於 j 航線配置機型之座位數。本模式以限制式 (14) 作為政府對各航線之票價管制，藉此計算各公司所經營之各航線在政府管制下的票價競爭；限制式 (15) 代表航空公司 i 每月份於所有航線可配置之最多班次；限制式 (16) 代表航空公司 i 於各航線配置之總座位數可滿足所有於該航線選擇 i 公司之旅客數。

五、實例分析

由前述模式建構可得知，航空公司於各航線所訂定的票價除了考量本身之班次訂定，亦受其他經營該航線之公司的決定所影響，班次的訂定亦然。由前述可知每家航空公司在追求票價及班次之最佳解時，皆會相互影響。因此，最佳解之數值將不斷的變動，直到達成均衡狀態。另外，本研究欲探討票價管制下之航空市場，因此，須求解社會福利最大化及航空市場利潤最大化兩目標式，當此二目標式達到均衡時即為管制下之最佳狀態。為從不斷變動之最佳解中求得均衡解，本研究利用遺傳演算法之套裝軟體 Evolver 加以求解。

5.1 實例應用

本小節將先闡述研究模式之參數設定、限制式設定，並透過情境假設來求解各種票價管制範圍內之最佳解，以求得各航線之最佳票價管制範圍。

5.1.1 參數設定

5.1.1.1 效用函數

本研究效用函數係數參考林育誠^[15]研究之無高鐵運輸競爭下每增加班次價值，進行班次係數的換算。而本研究假設旅運者願意多花費 70 元搭乘噴射機，係數說明如下：

1. 離島航線無替代運具：該類航線之旅運者平時因無替代運具可使用，故其對票價及班次之敏感度低於其他兩類航線之旅運者，本研究將旅運者對各航空公司的效用之票價係數訂為-0.0007，班次之係數為 0.0009，機型之係數為 0.049。
2. 離島航線有替代運具：由於離島有替代運具之航線，其替代運具為船舶，方便性不如陸路運輸，但因其有替代運具，所以該類旅運者對票價及班次之敏感度低於本島航線之旅運者，但卻高於離島航線無替代運具者，本研究將旅運者對各航空公司的效用之票價係數訂為-0.0008，班次之係數為 0.00104，機型之係數為 0.056。至於有無船舶替代運輸的定義係以有無定線定班的直達航運航線而定。
3. 本島航線：由於本島航線有鐵路、公路運輸等替代運具，故該類旅運者對票價之敏感度高於其他兩類航線，本研究將旅運者對各航空公司的效用之票價係數訂為-0.00085，班次之係數為 0.001105，機型之係數為 0.0595。

表 3 航線類型分類

航線類型	航線
離島航線無替代運具	臺北－金門、臺北－馬公、高雄－金門、臺中－金門、臺北－北竿、臺北－南竿、臺中－南竿、臺南－金門、嘉義－金門
離島航線有替代運具	高雄－馬公、臺中－馬公、臺南－馬公、嘉義－馬公、金門－馬公
本島航線	臺北－臺東、臺北－恆春、臺北－花蓮、臺中－花蓮、高雄－花蓮

由於本研究以 101 年各航線之平均月乘載量為基準，為求呈現出票價對旅運者運具選擇之影響，本研究假定一效用值為旅客選擇不搭乘航空之效用為-7，透過此數值可反映當票價過高時，選擇不搭乘航空運輸之旅客數。

5.1.1.2 成本函數

成本函數係數之求解，係依據國內航空市場近 5 年之每月營運班次數取對數、航線里程數、航空公司機隊平均機齡、航空公司於該航線配置機型及航線型態對每月營運成本做迴歸分析，迴歸結果如表 4 所示：

表 4 成本函數係數表

變數	係數	t 值	P 值
ln(班次)	8,780,746	32.992	< 0.0001
里程	33,909	5.944	< 0.0001
機齡	-2,642,573	-25.518	< 0.0001
機型	9,866,574	13.555	< 0.0001
航線型態(本離島)	2,313,342	2.873	< 0.05

5.1.2 限制式設定

考量航空公司於所有航線可配置之班次數受限於其所擁有之機隊，依據各航空公司擁有之航機數量，推估其每月份最多可配置之總班次數，各限制數如下：

$$0 \leq f_{1,m=1} \leq 2,835$$

$$0 \leq f_{1,m=0} \leq 2,520$$

$$0 \leq f_{2,m=0} \leq 2,268$$

$$0 \leq f_{3,m=1} \leq 2,520$$

$$0 \leq f_{4,m=1} \leq 3,150$$

其中， $f_{i,m=1}$ 為公司 i 可用之噴射機班次數； $f_{i,m=0}$ 為公司 i 可用之螺旋槳班次數。

5.1.3 情境設定

為了解最適合我國國內各航線之最佳管制範圍，本研究設計 3 個情境，分別為競爭及獨占航線相同票價管制範圍、獨占航線票價管制範圍嚴格、競爭航線票價管制範圍嚴格等，以分析不同管制範圍情境下，航空公司的班次與票價決策行為。各情境之票價下限主要透過目前國內各航線之票價下限所求得。由於目前國內航線票價下限最低者為金門-馬公，本研究以其為運算基準，設定為 500 元，而其他航線之票價下限則為 500 元乘以票價

比，說明如下：

$$\text{票價比} = \frac{\text{現行航空公司 } i \text{ 於航線 } j \text{ 之票價下限}}{\text{現行航空市場之最低票價下限}}$$

$$\text{票價下限} = 500 \text{ 元} \times \text{票價比}$$

以上述所求得之票價下限，主要考量此下限管制有將航空公司之成本列入考慮，亦可給予航空公司票價訂定較大之彈性。各情境說明如下：

情境 1：競爭及獨占航線相同票價管制範圍

此情境之票價下限如前所述，係由目前國內各航線之票價下限所求得。而票價上限的部分，本情境設有 4 個票價上限，各票價上限為研究設定之票價下限加上管制範圍 1,000 元、1,400 元、1,800 元、2,200 元。

情境 2：獨占航線票價管制範圍嚴格

此情境之票價下限如前所述，係由目前國內各航線之票價下限所求得。而票價上限的部分，本情境設有 4 個票價上限，各競爭航線之票價上限為研究設定之票價下限加上管制範圍 1,000 元、1,400 元、1,800 元、2,200 元，另各獨占航線之票價上限為研究設定之票價下限加上管制範圍 500 元、700 元、900 元、1,100 元。

情境 3：競爭航線票價管制範圍嚴格

此情境之票價下限如前所述，係由目前國內各航線之票價下限所求得。而票價上限的部分，本情境設有 4 個票價上限，各競爭航線之票價上限為研究設定之票價下限加上管制範圍 500 元、700 元、900 元、1,100 元，另各獨占航線之票價上限為研究設定之票價下限加上管制範圍 1,000 元、1,400 元、1,800 元、2,200 元。

上述 3 個情境之票價管制範圍之設定主要係因本研究將金門－馬公之票價下限訂為 500 元，並以此作為情境設定之基準。而該航線現行票價上限約為 1,500 元，與本研究設定之票價下限間差距 1,000 元。基此，本研究乃將競爭航線之最低票價管制範圍設定為 1,000 元。至於票價管制範圍 2,200 元為最大票價管制範圍旨在賦予航空公司更高之票價訂定彈性及避免過高之票價上限，爰以所有航線最高票價上限約為 3,000 元，作為訂定 2,200 元為最高之票價管制範圍之考量原則。至於本研究以 400 元為間距係為了解各航線票價在不同票價管制範圍之變動。在較嚴格之票價管制範圍 500 元至 1,100 元訂定，係以一般票價管制範圍 (1,000 元至 2,200 元) 之一半所求得，用以了解倘部分航線採明顯較低之票價上限管制，對整體航空市場營運之影響。

表 5 票價上下限管制之情境設計

航線	票價下限	票價上限
競爭航線		各航線之票價上限由各航線之票價下限加上票價管制範圍，說明如下： 1.情境 1： (1)管制範圍 1,000 元：票價上限=票價下限+1,000 元 (2)管制範圍 1,400 元：票價上限=票價下限+1,400 元 (3)管制範圍 1,800 元：票價上限=票價下限+1,800 元 (4)管制範圍 2,200 元：票價上限=票價下限+2,200 元 2.情境 2： (1)競爭航線票價上限=競爭航線票價下限+1,000 元 獨占航線票價上限=獨占航線票價下限+500 元 (2)競爭航線票價上限=競爭航線票價下限+1,400 元 獨占航線票價上限=獨占航線票價下限+700 元 (3)競爭航線票價上限=競爭航線票價下限+1,800 元 獨占航線票價上限=獨占航線票價下限+900 元 (4)競爭航線票價上限=競爭航線票價下限+2,200 元 獨占航線票價上限=獨占航線票價下限+1,100 元 3.情境 3： (1)競爭航線票價上限=競爭航線票價下限+500 元 獨占航線票價上限=獨占航線票價下限+1,000 元 (2)競爭航線票價上限=競爭航線票價下限+700 元 獨占航線票價上限=獨占航線票價下限+1,400 元 (3)競爭航線票價上限=競爭航線票價下限+900 元 獨占航線票價上限=獨占航線票價下限+1,800 元 (4)競爭航線票價上限=競爭航線票價下限+1,100 元 獨占航線票價上限=獨占航線票價下限+2,200 元
臺北-金門	761	
臺北-馬公	685	
高雄-金門	686	
高雄-馬公	565	
臺中-金門	726	
臺中-馬公	562	
臺北-臺東	797	
獨占航線		
臺北-北竿	699	
臺北-南竿	699	
臺北-恆春	816	
臺北-花蓮	518	
臺中-南竿	832	
臺中-花蓮	684	
臺南-金門	709	
臺南-馬公	556	
嘉義-金門	707	
嘉義-馬公	568	
高雄-花蓮	746	
金門-馬公	500	

5.2 結果分析

5.2.1 情境 1：競爭及獨占航線相同票價管制範圍

表 6 顯示在情境 1 之各種票價管制範圍下，航空公司於各航線之票價訂定。從競爭航 1,800 元及 2,200 元之票價較為相近，且變動幅度相當小，顯示此類航線在前述 3 個票價管制範圍下，因競爭而能有效穩定其票價。而離島有替代運具之航線（高雄-馬公、臺中-馬公）在各種管制範圍下，票價變動幅度相當大，且在競爭公司數較多之高雄-馬公航線，各公司較可能推出低價策略。另臺北-臺東為本島航線，經營該航線之公司票價相近，且票價變動幅度相當小。比較各管制範圍所求出之競爭航線票價與無管制下所求得之票價，

可以發現臺北－金門、臺北－馬公、高雄－金門航線所求得之票價相當接近，更可顯現競爭對票價穩定度所產生之效果。

由各獨占航線之結果顯示臺北－北竿、臺北－南竿及臺中－花蓮航線在各種管制範圍下所求得之票價變動幅度較小，其他獨占航線則隨管制範圍之變動，票價變動幅度較大，惟並無一定之變動趨勢。比較各管制範圍所求出之獨占航線票價與無管制下所求得之票價，可以發現各獨占航線之票價結果差距相當大，顯示票價上限管制對獨占航線之影響力。

另外，表 6 亦顯示航空公司於各航線之班次，從中可得知各公司於獨占航線之班次變動普遍幅度相當小，其中，臺北－北竿、臺北－花蓮、臺中－花蓮、臺南－金門、臺南－馬公、嘉義－金門、高雄－花蓮、金門－馬公航線之班次在各種管制範圍下並無改變，推論其原因為獨占航線之總客源變動幅度不大，較不會因票價的變動而大量增加或流失，故其班次數在各種管制範圍下較不受改變。而競爭航線之班次數訂定受本身票價及其他經營該航線公司班次數之影響，所以競爭航線班次數將不斷的變動以爭取有限的客源。

表 7 為各種票價管制範圍下之社會福利、市場總利潤及各公司之利潤，以社會福利來看，票價管制範圍 1,000 元所得之社會福利最高，故就社會福利面而言，票價管制範圍 1,000 元為最佳。從利潤面來看，以票價管制範圍 2,200 元所求得之市場總利潤最高，故就市場總利潤而言，票價管制範圍 2,200 元為最佳。

雖然本研究之目標為追求社會福利最大化下之票價管制，但為顧及國內航空市場之營運，研究限制最佳之票價管制範圍需滿足航空市場總利潤為正，且為避免由單一航空公司壟斷市場，須至少有兩間公司利潤為正。滿足前兩項之限制後，社會福利最大者即為本情境之最佳票價管制範圍。綜上所述，本情境僅有票價管制範圍 2,200 元符合前述限制。

5.2.2 情境 2：獨占航線票價管制範圍嚴格

表 8 顯示在情境 2 之各種票價管制範圍下，航空公司於各航線之票價訂定。從離島且無替代運具之競爭航線（臺北－金門、臺北－馬公、高雄－金門、臺中－金門）視之，可得知各公司於臺北－金門、臺北－馬公航線在競爭航線票價管制範圍 1,000 元之票價較不穩定，但在競爭航線票價管制範圍 1,400 元、1,800 元及 2,200 元之票價較為相近，另各公司在高雄－金門航線於競爭航線票價管制範圍 1,400 元、1,800 元之票價較為相近，且票價變動幅度較小，而各公司於臺中－金門航線則亦隨著管制範圍之變動而改變其票價。離島有替代運具之航線（高雄－馬公、臺中－馬公）在各種管制範圍下，票價變動幅度相當大。另臺北－臺東為本島航線，經營該航線之公司票價相近，且票價變動幅度相當小。從各競爭航線於各管制範圍所求出之票價結果可以發現在競爭航線之票價並不會隨票價上限提高而提升票價，顯示競爭對票價穩定度所產生之效果。

由各獨占航線之票價結果顯示部分獨占航線較容易有緊鄰票價上限之狀況，惟獨占航線之票價在各種管制範圍下較易變動，且並無一定之變動趨勢。比較各管制範圍所求出之獨占航線票價與無管制下所求得之票價，可以發現各獨占航線之票價結果差距相當大，顯示此票價上限管制對獨占航線之影響力。

另外，表 8 亦顯示航空公司於各航線之班次，從中可得知競爭航線於各票價管制範圍之班次數變動相當頻繁，推估其原因為競爭航線之班次數訂定除受本身票價影響，亦受其他經營該航線航空公司之班次數影響，故競爭航線班次數將不斷的變動以爭取有限的客源。

表 6 情境 1 票價、班次競爭結果

航線	公司	無管制之票價	票價管制範圍 1,000 元		票價管制範圍 1,400 元		票價管制範圍 1,800 元		票價管制範圍 2,200 元	
			票價	班次	票價	班次	票價	班次	票價	班次
臺北－金門	A	1,494	999	200	1,999	399	1,900	300	1,900	298
	B	2,200	1,690	490	1,999	400	1,909	400	1,909	400
	C	2,000	1,699	490	1,799	400	1,900	300	1,909	300
	D	1,875	1,690	399	1,625	200	1,900	280	1,900	260
臺北－馬公	A	1,951	1,599	399	1,930	400	1,897	680	1,898	310
	B	2,000	1,609	199	1,990	500	1,799	660	1,998	300
	C	2,000	999	300	1,995	439	1,700	390	1,900	479
	D	1,950	1,599	499	1,900	300	900	380	1,910	419
高雄－金門	A	2,234	999	700	1,999	609	1,999	400	1,999	589
	B	2,089	1,590	799	1,999	599	1,999	470	1,990	499
	D	2,270	1,599	990	1,999	600	1,999	420	1,999	405
高雄－馬公	A	3,000	1,500	699	1,500	699	1,399	399	1,990	400
	B	2,200	999	399	999	437	999	399	1,995	399
	D	1,999	999	300	999	399	999	290	1,899	299
臺中－金門	A	3,000	999	300	1,909	699	1,999	599	1,999	700
	C	3,000	1,499	599	1,992	900	1,999	520	1,999	699
臺中－馬公	A	3,000	1,499	599	1,599	599	1,570	999	1,999	569
	C	3,000	999	200	999	120	999	399	1,999	499
臺北－臺東	A	3,000	1,599	150	1,999	300	1,999	400	1,999	400
	C	3,000	1,690	499	1,999	300	1,999	390	1,900	299
臺北－北竿	A	7,549	1,699	120	1,999	120	1,999	120	1,999	120
臺北－南竿	A	7,600	1,699	300	1,999	300	1,999	240	1,999	240
臺北－恆春	A	9,002	1,799	100	1,999	100	1,999	100	2,999	30
臺北－花蓮	B	7,000	999	200	999	200	2,299	200	1,999	200
臺中－南竿	A	8,000	999	100	1,999	40	1,999	40	2,999	40
臺中－花蓮	B	7,319	1,599	30	1,999	30	1,999	30	1,999	30
臺南－金門	A	7,555	999	200	1,999	200	1,999	200	2,899	200
臺南－馬公	A	6,692	999	180	1,899	180	1,999	180	1,999	180
嘉義－金門	A	7,579	999	100	1,999	100	1,999	100	1,999	100
嘉義－馬公	A	6,799	999	100	1,899	100	1,999	100	1,999	50
高雄－花蓮	C	6,629	999	100	1,999	100	1,999	100	1,999	100
金門－馬公	B	7,995	999	100	999	100	1,999	100	1,999	100

表 7 情境 1 最佳化結果比較

票價管制範圍	公司	公司總利潤	社會總福利
1,000 元	A	-116,648,581	1,063,065,566
	B	-15,814,146	
	C	-42,828,335	
	D	-39,913,466	
	合計	-215,204,528	
1,400 元	A	-27,876,395	971,171,833
	B	9,828,631	
	C	-996,264	
	D	-13,678,177	
	合計	-32,722,206	
1,800 元	A	-28,662,310	978,614,258
	B	29,908,433	
	C	-23,904,955	
	D	-18,316,277	
	合計	-40,975,110	
2,200 元	A	31,288,962	941,585,104
	B	50,247,760	
	C	-3,458,226	
	D	11,246,307	
	合計	89,324,803	

在獨占航線部分，臺北－北竿、臺北－南竿、臺北－花蓮、臺南－金門航線之班次在各種管制範圍下無顯著之改變，而臺南－馬公及嘉義－金門航線亦僅有些微之變動，其餘獨占航線於各管制範圍之班次變動較大。

表 9 為各種票價管制範圍下之社會福利、市場總利潤及各公司之利潤，以社會福利來看，競爭航線票價管制範圍 1,000 元，獨占航線票價管制範圍 500 元所得之社會福利最高，故就社會福利面而言，競爭航線票價管制範圍 1,000 元，獨占航線票價管制範圍 500 元為最佳。從利潤面來看，以競爭航線票價管制範圍 2,200 元，獨占航線票價管制範圍 1,100 元所求得之市場總利潤最高，故就市場總利潤而言，競爭航線票價管制範圍 2,200 元，獨占航線票價管制範圍 1,100 元為最佳。

表 8 情境 2 票價、班次競爭結果

航線	公司	無管制之 票價	管制範圍 1,000、500 元		管制範圍 1,400、700 元		管制範圍 1,800、900 元		管制範圍 1,100、2,200 元	
			票價	班次	票價	班次	票價	班次	票價	班次
臺北－金門	A	1,494	999	200	1,900	300	1,899	300	1,999	300
	B	2,200	1,700	399	1,900	398	1,899	400	2,000	370
	C	2,000	1,719	499	1,997	500	1,900	280	1,960	290
	D	1,875	1,699	409	1,997	200	1,900	289	2,029	542
臺北－馬公	A	1,951	1,599	299	1,900	399	1,909	390	1,980	400
	B	2,000	1,602	199	1,890	400	1,888	380	1,799	299
	C	2,000	999	300	1,699	300	1,900	399	2,000	476
	D	1,950	1,679	499	1,899	390	1,909	400	1,968	400
高雄－金門	A	2,234	999	499	1,979	400	1,999	600	2,467	934
	B	2,089	1,599	890	1,916	599	1,999	599	2,030	467
	D	2,270	1,499	900	1,959	499	1,999	609	2,200	708
高雄－馬公	A	3,000	1,399	599	1,700	800	1,599	400	2,000	679
	B	2,200	999	399	859	299	1,699	390	1,800	397
	D	1,999	999	309	1,599	900	1,699	389	1,999	500
臺中－金門	A	3,000	999	311	999	600	2,499	719	995	400
	C	3,000	1,210	699	1,620	999	1,999	260	999	299
臺中－馬公	A	3,000	1,130	699	1,600	599	1,599	999	1,999	340
	C	3,000	999	600	999	141	999	499	2,199	499
臺北－臺東	A	3,000	1,602	199	1,999	299	2,191	497	2,790	500
	C	3,000	1,699	300	1,915	300	1,999	300	2,909	796
臺北－北竿	A	7,549	1,199	120	1,399	120	1,599	120	999	120
臺北－南竿	A	7,600	999	240	999	240	1,599	240	999	240
臺北－恆春	A	9,002	1,299	100	999	100	1,699	100	1,899	30
臺北－花蓮	B	7,000	999	200	999	200	1,399	200	1,599	200
臺中－南竿	A	8,000	999	100	999	40	999	40	1,899	40
臺中－花蓮	B	7,319	999	30	1,299	30	1,579	100	1,699	30
臺南－金門	A	7,555	999	200	999	200	999	200	1,799	200
臺南－馬公	A	6,692	999	180	999	180	999	180	1,599	200
嘉義－金門	A	7,579	999	100	999	100	1,599	100	1,799	83
嘉義－馬公	A	6,799	999	100	1,259	100	999	100	999	50
高雄－花蓮	C	6,629	999	100	1,399	40	1,646	100	1,799	100
金門－馬公	B	7,995	999	100	999	100	1,399	100	1,599	30

表 9 情境 2 最佳化結果比較

票價管制範圍	公司	公司總利潤	社會總福利
競爭航線：1,000 元 獨占航線：500 元	A	-130,664,171	1,080,880,045
	B	-14,998,206	
	C	-54,725,616	
	D	-37,789,776	
	合計	-238,177,770	
競爭航線：1,400 元 獨占航線：700 元	A	-79,856,368	990,122,626
	B	13,070,832	
	C	-2,707,199	
	D	-5,360,301	
	合計	-74,853,037	
競爭航線：1,800 元 獨占航線：900 元	A	-36,357,394	972,734,636
	B	20,913,571	
	C	-9,121,013	
	D	1,934,348	
	合計	-22,630,487	
競爭航線：2,200 元 獨占航線：1,100 元	A	-5,488,685	917,826,168
	B	47,904,051	
	C	14,109,189	
	D	12,847,513	
	合計	69,372,067	

5.2.3 情境 3：競爭航線票價管制範圍嚴格

表 10 顯示在情境 3 之各種票價管制範圍下，航空公司於各航線之票價訂定。在競爭航線的部分，臺北－金門航線在競爭航線管制範圍 500 元、700 元、900 元下所求得之票價普遍接近票價上限；臺北－馬公航線在競爭航線管制範圍 700 元及 1,100 元下所求得之票價普遍接近票價上限；高雄－金門航線在各票價管制範圍下所求得之票價皆相當接近票價上限；高雄－馬公航線僅有在競爭航線票價管制範圍 800 元所求得之票價有較接近票價上限的狀況；臺中－金門航線在競爭航線管制範圍 900 元所求得之票價較接近票價上限；臺中－馬公航線在票價管制範圍 1,100 元所求得之票價較接近票價上限；臺北－臺東航線在競爭航線管制範圍 700 元及 1,100 元所求得之票價較接近票價上限。在此情境下，有較多競爭航線會隨著票價上限的提高而提高票價，推估原因為此情境之競爭航線票價上限普遍過低，而限制競爭的結果。

由各獨占航線之票價結果顯示部分獨占航線較容易有緊鄰票價上限之狀況，且在此情境下，隨著票價上限管制之提高，普遍航線之票價呈現持平或逐漸提高的狀態。另外，比較各管制範圍所求出之獨占航線票價與無管制下所求得之票價，可以發現各獨占航線之票價結果差距相當大，顯示此票價上限管制對獨占航線之影響力。

另外，表 10 亦顯示航空公司於各航線之班次，從中可得知競爭航線於各票價管制範圍之班次數變動相當頻繁，推估其原因為競爭航線之班次數訂定除受本身票價影響，亦受其他經營該航線航空公司之班次數影響，故競爭航線班次數將不斷的變動以爭取有限的客源。在獨占航線部分，臺北－北竿、臺北－花蓮、臺中－花蓮、臺南－金門、嘉義－金門、高雄－花蓮、金門－馬公航線之班次在各種管制範圍下無顯著之改變，而臺南－馬公航線亦僅有些微之變動，其餘獨占航線於各管制範圍之班次變動較大。

表 11 為各種票價管制範圍下之社會福利、市場總利潤及各公司之利潤，以社會福利來看，競爭航線票價管制範圍 600 元，獨占航線票價管制範圍 1,200 元所得之社會福利最高，故就社會福利面而言，競爭航線票價管制範圍 600 元，獨占航線票價管制範圍 1,200 元為最佳。從利潤面來看，在此情境之任何管制範圍下，整體航空市場皆呈現虧損狀態。

雖然本研究之目標為追求社會福利最大化下之票價管制，但為顧及國內航空市場之營運，研究限制最佳之票價管制範圍需滿足航空市場總利潤為正，且為避免由單一航空公司壟斷市場，須至少有兩間公司利潤為正。而本情境之各管制範圍並無滿足上述兩限制之結果，故此管制情境並不適合國內航線之營運。

5.2.4 增列票價管制範圍

由本章之 3 情境結果可知，僅有情境 1 票價管制範圍 2,200 元及情境 2 競爭航線票價管制範圍 2,200 元，獨占航線票價管制範圍 1,100 元符合研究最佳解之假設。考量本研究在各情境之 4 票價管制範圍各差距 400 元恐過大，因此，本小節將再針對情境 1、情境 2 分別增列票價管制範圍 2,000 元，以及競爭航線票價管制範圍 2,000 元，獨占航線票價管制範圍 1,000 元，以瞭解此二情境是否存在更佳之管制範圍，惟考量票價管制範圍 2,200 元已相當高，若再提高管制上限，恐失去管制之意義，故僅增列前述兩票價管制範圍。

表 12 顯示，情境 1 票價管制範圍 2,000 元管制下，社會福利達 9 億 4 千多萬，整體航空市場利潤達 1 千多萬，兩間公司有盈餘。另表 13 顯示，情境 2 競爭航線票價管制範圍 2,000 元，獨占航線票價管制範圍 1,000 元下，社會福利達 9 億 8 千多萬，整體航空市場利潤達 1 千多萬，兩間公司有盈餘。由前述結果可知，此二增列之票價管制範圍皆符合本研究最佳解之假設。

5.2.5 綜合分析

本節將各情境下，航空公司於各航線之票價、班次訂定，以及社會福利、航空市場利潤，統一分析。由 3 個情境下所求得各航線之票價結果顯示票價上限對於競爭及獨占航線皆可產生效果。惟對於競爭航線而言，票價上限之設定可較低，因為競爭可協助票價之穩

表 10 情境 3 票價、班次競爭結果

航線	公司	無管制之 票價	管制範圍 500、 1,000 元		管制範圍 700、 1,400 元		管制範圍 900、 1,800 元		管制範圍 1,100、 2,200 元	
			票價	班次	票價	班次	票價	班次	票價	班次
臺北－金門	A	1,494	999	399	1,399	399	1,599	598	1,399	460
	B	2,200	1,199	500	1,399	426	1,599	499	999	470
	C	2,000	1,199	399	1,399	299	1,599	596	1,299	390
	D	1,875	1,199	410	1,399	300	999	200	1,600	399
臺北－馬公	A	1,951	1,179	500	1,299	618	999	599	1,750	600
	B	2,000	1,179	399	999	500	1,300	369	999	310
	C	2,000	999	599	1,299	399	1,499	299	1,741	560
	D	1,950	999	490	1,299	399	999	500	1,699	499
高雄－金門	A	2,234	1,099	899	1,299	803	1,499	529	1,699	600
	B	2,089	1,179	799	1,299	599	1,499	359	1,699	599
	D	2,270	999	799	1,299	995	1,499	499	1,699	499
高雄－馬公	A	3,000	1,059	684	1,199	600	1,404	699	999	399
	B	2,200	999	199	999	399	999	420	1,399	499
	D	1,999	999	800	999	399	999	299	999	400
臺中－金門	A	3,000	999	790	993	499	1,599	700	999	699
	C	3,000	1,000	299	1,399	900	1,599	699	999	659
臺中－馬公	A	3,000	900	599	999	363	999	510	1,599	606
	C	3,000	909	593	959	299	825	399	1,599	499
臺北－臺東	A	3,000	909	199	1,412	500	999	301	1,799	400
	C	3,000	1,199	500	1,399	508	1,099	399	1,800	299
臺北－北竿	A	7,549	1,699	120	1,999	120	2,499	120	2,899	120
臺北－南竿	A	7,600	1,699	300	1,999	300	1,999	240	1,999	240
臺北－恆春	A	9,002	1,799	100	1,999	100	1,999	100	2,999	30
臺北－花蓮	B	7,000	999	200	999	200	2,299	200	2,699	200
臺中－南竿	A	8,000	1,799	100	1,999	40	1,999	40	2,999	100
臺中－花蓮	B	7,319	1,599	30	1,999	30	1,999	30	1,999	30
臺南－金門	A	7,555	999	200	1,999	200	2,499	200	2,899	200
臺南－馬公	A	6,692	999	200	1,899	180	1,999	180	1,999	180
嘉義－金門	A	7,579	999	100	1,999	100	1,999	100	1,999	100
嘉義－馬公	A	6,799	999	100	1,899	100	1,999	100	1,999	50
高雄－花蓮	C	6,629	999	100	1,999	100	1,999	100	2,899	100
金門－馬公	B	7,995	999	100	999	100	1,999	100	1,999	100

表 11 情境 3 最佳化結果比較

票價管制範圍	公司	公司總利潤	社會總福利
競爭航線：500 元 獨占航線：1,000 元	A	-169,797,860	1,077,793,609
	B	-41,180,794	
	C	-95,316,974	
	D	-67,669,531	
	合計	-373,965,158	
競爭航線：700 元 獨占航線：1,400 元	A	-98,833,632	1,043,538,999
	B	-28,907,633	
	C	-68,685,604	
	D	-51,650,905	
	合計	-248,077,775	
競爭航線：900 元 獨占航線：1,800 元	A	-80,748,182	1,038,446,818
	B	-701,351	
	C	-71,335,485	
	D	-49,028,521	
	合計	-201,813,538	
競爭航線：1,100 元 獨占航線：2,200 元	A	-45,410,018	998,710,022
	B	6,257,808	
	C	-54,417,350	
	D	-41,874,465	
	合計	-135,444,025	

定度，若某一公司將票價提高可能會流失客源，故各公司會將票價訂於均衡點，不會隨著票價上限的提高而提高票價。而獨占航線部分，研究結果顯示多數獨占航線僅有在情境 2 (獨占航線票價管制範圍嚴格) 下較有緊鄰票價上限之結果，即多數獨占航線之票價只有在票價上限較低時有緊鄰票價上限之狀況。另外，從結果可知票價下限對各公司票價決定的影響力較小，其主要作用為避免競爭航線惡性競爭。而在飛行班次的訂定上，從結果可知在各情境、各管制範圍下，多數獨占航線之班次變動幅度相當小，而競爭航線之班次數訂定受本身票價及其他經營該航線公司班次數之影響，所以競爭航線班次數將不斷的變動以爭取有限的客源。

表 12 情境 1 票價管制範圍 2,000 元結果

票價管制範圍 2,000 元			
社會福利	948,010,793	公司 1	8,444,537
		公司 2	29,629,255
市場總利潤	16,645,259	公司 3	-8,956,765
		公司 4	-12,471,769

表 13 情境 2 競爭航線票價管制範圍 2,000 元結果

競爭航線票價管制範圍 2,000 元 (獨占航線票價管制範圍 1,000 元)			
社會福利	981,476,856	公司 1	-18,133,487
		公司 2	27,374,357
市場總利潤	12,473,067	公司 3	-3,842,638
		公司 4	7,074,835

從社會福利及航空市場整體利潤視之，在情境 1 下，票價管制範圍 2,000 元及 2,200 元皆符合研究最佳解之假設，其中，票價管制範圍 2,000 元所求得之社會福利達 948,010,793 元，而票價管制範圍 2,200 元所求得之社會福利達 941,585,104 元；在情境 2 下，競爭航線票價管制範圍 2,000 元，獨占航線票價管制範圍 1,000 元及競爭航線票價管制範圍 2,200 元，獨占航線票價管制範圍 1,100 元皆符合研究最佳解之假設。其中，競爭航線票價管制範圍 2,000 元，獨占航線票價管制範圍 1,000 元所求得之社會福利達 981,476,856 元，而競爭航線票價管制範圍 2,200 元，獨占航線票價管制範圍 1,100 元所求得之社會福利達 917,826,168 元；在情境 3 下，無任何票價管制範圍符合研究最佳解之假設。故就本研究設定之 3 情境各管制範圍下，以情境 2 之競爭航線票價管制範圍 2,000 元，獨占航線票價管制範圍 1,000 元為本研究之最佳票價管制。

綜而言之，票價上限確實可有效約束航空公司之票價訂定，可避免競爭航線之聯合壟斷及獨占航線之票價過高，而本研究之結果較無法得知票價下限之管制效果。在 3 個票價管制情境中，雖然情境 3 所得之社會福利普遍最高，但該情境並不利於航空公司之營運，為顧及國內航空市場之生存，以及避免競爭造成之浪費，本研究認為情境 2 之競爭航線票價管制範圍 2,000 元，獨占航線票價管制範圍 1,000 元為目前國內航線頗為適切的票價管制範圍。

六、結論與建議

考量我國國內航線目前之票價管制方式，本研究旨在以航空公司間之競爭行為為基礎，期望以社會福利最大化及業者利潤最大化為目標，制定合理的票價上、下限管制。本

研究分別分析 3 個情境之求解結果，並綜合分析各票價管制情境，依所得之研究結果，可獲致以下結論：

1. 票價上限管制確實可有效約束航空公司於票價之訂定，尤其對於獨占航線，可以避免航空公司定價過高。票價下限對於各公司之票價影響較小，因為各公司為求取利潤，不至於將票價訂定過低，但為避免惡性競爭，競爭航線確實需要訂定票價下限，而獨占航線似無訂定票價下限之必要。
2. 部分獨占航線在無票價管制情形下，可能訂出比現行票價高出 4、5 倍之情形。此一情形有可能是本研究所採用的選擇模式參數，未能反應乘客實際選擇行為。但是某種程度上也表示這種無競爭業者、需求量低且缺乏替代運輸的航線上，確有必要進行票價管制。
3. 由於目前國內航線部分屬競爭航線，部分屬獨占航線。各公司於競爭航線會因競爭而將票價訂於一均衡點，較不會因票價上限提高而訂定較高之票價，而在獨占航線部分，因僅由單一公司營運，相對較易有發生定價在票價上限之狀況，故依研究結果，目前國內較佳之票價管制為放寬競爭航線之票價上下限管制，使航空公司有較高之經營彈性，而對於獨占航線則採較嚴格之票價上下限管制，可避免航空公司將獨占航線之票價訂於票價上限，降低消費者剩餘。
4. 在各公司於所有經營航線之票價及班次賽局中，因受限於所擁有之機隊，航空公司會考量整體利潤最大化，而非追求各別航線利潤最大化。惟從各情境各管制範圍所求結果可知目前國內航線航空公司普遍虧損，主因應為多數航線需求量不足，即使屬獨占航線仍無利可圖，且部分競爭航線之利潤亦顯示經營之航空公司數過多，因此，為使國內航空市場之營運更有效率，可考慮適度減少經營國內航線之公司數，並將航權重新分配，以利各公司可更積極、有效的經營國內航線。而對於虧損航線是否停駛或提供補貼，則有必要再加以審思。
5. 在飛行班次的訂定上，各公司於獨占航線之班次變動幅度相當小，而在競爭航線因各公司之票價訂定相當接近，為達吸引旅客的目標，航空公司會投入較多班次來經營，以提高其市占率，可能產生供給過於需求之問題。因此，政府應評估市場需求，設定各航線每月最多可飛行班次，使供給可以更符合實際需求。

回顧過去文獻多僅討論同一航空市場中兩家航空公司之競爭行為，即使在探討多間公司競爭亦僅以特定航線為討論基準，而且近年來探討管制下航空公司競爭之文獻相當少。因此，本研究以各航空公司於所有國內航線之票價及班次競爭為基準，希望透過各票價管制情境，求得最適合國內航空市場之票價管制，以供政府於擬定票價管制之參考，但為了簡化問題及便於模式之推導，本模式仍存有部分限制。基此，對於後續研究之具體建議如下：

1. 未來民航主管機關若參考本研究所提供的模式架構進行國內航線之票價管制，則確有必要分別針對各市場（各航線）及不同旅運者族群（離島居民、高齡者、學生…）建構更具

代表性的離散選擇模式及效用函數，以真實反應實際旅客在不同陸海運運輸競爭下的選擇行為，以及現行法定優待票與全額票價間之交叉補貼情形。

2. 在問卷及模式設計及推估上，則應考量較大範圍的價格變動下的旅客選擇行為，以避免需求彈性過度詮釋，而導致偏誤。
3. 囿限於模式複雜度，本研究未考慮機場時間帶及容量之限制，因此，後續研究可以本文所提出之模式架構為基礎，進一步納入各機場容量限制，以更真實反映航空公司於各航線之班次配置。
4. 為簡化求解複雜度，本文係將國內航線區分競爭航線及獨占航線，並分別3種情境訂定不同的票價管制範圍，以進行比較分析。惟由於各航線之經營型態各異，未來應進一步求解各航線之最佳票價管制範圍。

參考文獻

1. 張有恆，**當代運輸政策**，初版，華泰書局，臺北，民國95年。
2. Chiou, Y. C., Yen, T. H., and Hsieh, C. W., "Modeling Airline Competition in an Airfare Regulated Domestic Market", Proceedings of the 16th Air Transport Research Society World Conference, ATRS, 2012.
3. 許弘毅，「在票價管制下國內航空公司之競爭行為分析」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國101年。
4. Trethewey, M. W. and Waters II, W. G., "Reregulation of the Airline Industry: Could Price Cap Regulation Play a Role?", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 4, 1998, pp. 47-53.
5. Kang, J., Weisman, D. L., and Zhang, M., "Do Consumers Benefit from Tighter Price Cap Regulation?", *Economics Letters*, Vol. 67, 2000, pp. 113-119.
6. De Villemeur, E. B., "Regulation in the Air: Price-and-frequency Caps", *Transportation Research Part E*, Vol. 40, 2004, pp. 465-476.
7. Schipper, Y., Nijkamp, P., and Rietveld, P., "Deregulation and Welfare in Airline Markets: An Analysis of Frequency Equilibria", *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, 2007, pp. 194-206.
8. Wei, W., "Impact of Landing Fees on Airlines' Choice of Aircraft Size and Service Frequency in Duopoly Markets", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 12, 2006, pp. 288-292.
9. Wei, W. and Hansen, M., "Airlines' Competition in Aircraft Size and Service Frequency in Duopoly Markets", *Transportation Research Part E*, Vol. 43, 2007, pp. 409-424.
10. Zito, P., Salvo, G., and Franca, L. L., "Modelling Airlines Competition on Fares and Frequencies of Service by Bi-level Optimization", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 20, 2011, pp. 1080-1089.
11. 陳建良，**賽局理論**，初版，智勝文化，臺北，民國95年。
12. 鄧方，**賽局理論與經濟模型**，初版，五南圖書出版公司，臺北，民國85年。

13. 交通部民用航空局，「國內航線客貨票價管制方式與訂定公式研究計畫期末報告」，交通部民用航空局委託研究計畫，民國 101 年。
14. Weisman, D. L., “Superior Regulatory Regimes in Theory and Practice”, *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 5, 1993, pp. 355-366.
15. 林育誠，「西部走廊航空票價管制必要性之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 99 年。

