

國立交通大學
運輸科技與管理學系碩士班

碩士論文

航空公司乾/濕租策略聯盟之機隊規劃

**Airline Strategy Alliance on
Fleet Dry/Wet Lease Planning**



研究生：黃鵬先

指導教授：許巧鶯 教授

中華民國九十三年六月

航空公司乾/濕租策略聯盟之機隊規劃
Airline Strategy Alliance on
Fleet Dry/Wet Lease Planning

研究生：黃鵬先
指導教授：許巧鶯

Student : Peng-Shien Huang
Advisor : Chaung-Ing Hsu

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩士論文

A Thesis
Submitted to Department of Transportation Technology & Management
College of Management
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Transportation Technology and Management
June 2004
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年六月

航空公司乾/濕租策略聯盟之機隊規劃

研究生：黃鵬先

指導教授：許巧鶯

國立交通大學運輸科技與管理學系

摘要

航空產業對於全球景氣波動的敏感度非常高，航空公司的機隊容量對於其營運成本亦有很大的影響，因此如何因應景氣循環，做最適當的機隊規劃以降低航空公司營運成本與增加營收一直是個很重要的課題。近年來航空公司利用策略聯盟的方式，藉由資訊與設備共享降低營運成本已有顯著的成效；實務上聯盟方式多半採用共用班號(code sharing)與航機/設備/人員相互承租之乾租(dry lease)/濕租(wet lease)聯盟方式，然而相關研究多著重共用班號與實務分析，尚未從機隊規劃的角度，構建數學模式深入探討。若航空公司能在機隊規劃上加以考慮策略聯盟，不僅能提供更大的規劃彈性，更能精簡機隊，節省成本，達到更高的成本效益。

若以全球的航空市場觀點而言，各家航空公司所服務的市場需求波動可能不盡相同，故產生容量不足或過剩的程度亦不一致。若航空公司於機隊容量過剩/不足時，能將航機出租/承租給聯盟的夥伴航空公司，則出租者可藉此賺取租金，避免航機閒置，節省維修成本，提高航機利用率；承租者亦可減少購買新航機或向航機租賃公司承租航機所產生的巨額成本。本研究從機隊規劃的角度切入，考慮聯盟後航機相互租賃與聯合維修所產生的成本效益，分別建立相關的成本函數，將研究時段分為數個決策時區，以動態規劃模式構建航空公司在每個決策時點，配合未來旅客預測量之波動狀態，應如何決策其機隊容量與乾/濕租協定內容。由所建立的相關成本函數可估算直接、間接營運成本，再以聯盟後兩家航空公司的個別總成本最小為目標，並將個別航空公司聯盟前成本做為上限，在滿足聯盟後個別航空公司的總成本小於聯盟前的條件，及容量供給大於預測需求下，求解聯盟後之機隊規劃妥協解，模式中的決策變數包含：機型、航機架數、租金、租約期限等決策，其後本研究並模擬兩照航空公司決策者以聯盟之協商互動規劃步驟反映兩家航空公司就規劃目標間之相互協商(bargaining)互動過程，並增加或放鬆原模式之限制式，進而求解得到航空公司聯盟協議下之機隊規劃之協商妥協解。

本研究以範例闡述模式之應用，所得結果可得乾/濕租策略聯盟協議下之聯盟航空公司機隊規劃妥協解。透過所求得之妥協解，可得知航空公司配合不同的需求量變動，於不同的決策時點之最適機隊規劃與聯盟內容。藉由航空公司聯盟前後及協商互動前後的成本比較，顯示聯盟確實能使雙方成本減少，然由於聯盟整體最佳解未必為雙方所接受，故協商互動後之妥協解為雙方可接受卻非為聯盟整體之最佳解。由成本決策分析可推得聯盟乾/濕租年租金之上下限，而敏感度分析則顯示在不同之航機持有期間內，機隊規劃四項決策之成本臨界範圍。本模式不僅可提供航空公司決策者進行機隊規劃之參考，亦可提供聯盟雙方決策者於協商互動過程中，談判聯盟租金、租期與共同負擔維修比例等聯盟參數之依據。

關鍵詞：機隊規劃、動態規劃、策略聯盟、聯盟乾/濕租、協商互動

Airline Strategy Alliance on Fleet Dry/Wet Lease Planning

Student: Peng-Shien Huang

Advisor: Chaug-Ing Hsu

Department of Transportation Technology and Management
National Chiao Tung University

Abstract

Airline industry is highly sensitive to economic cycle, and the operation costs of airline are deeply influenced by the fleet capacity. Therefore, it is important for airlines to make the optimal fleet planning decisions to reduce operation costs and increase revenues. Recently, airlines have been forming alliance and successfully decrease operation costs by sharing markets, information, human resource, fleet and facilities. Code sharing, dry lease, and wet lease are commonly used strategies for airline alliance. Previous literature on airline alliance usually focused on flight code sharing problems, however, little literature has been focused on fleet planning which takes combined dry lease and wet lease into account. Furthermore, no theoretical model has been formulated on analyzing airline fleet planning with lease alliance in response to passenger demand fluctuation.

This research aimed on fleet planning for airlines by incorporating the influence of strategy alliance, including dry and wet lease of fleet. The model dealt with issues regarding fleet purchase, lease, dry lease, wet lease, and disposal, and divides the entire study period into several stages. Then, we formulate a multi-objective model by minimizing total fleet planning cost using dynamic programming to determine the initial optimal numbers and types of aircraft for dry/wet lease, purchase and lease in fleet planning decision. Further, the study simulates step-by-step bargaining process for two of airlines' decision makers. Through bargaining process, airlines' decision makers could adjust alliance related parameters to trim their profit differences and obtain the final bargaining compromise solution which are accepted by both airlines.

An empirical study is provided to illustrate the application of the model and simulate bargaining process of two airlines' decision makers to show its usefulness. The study also conducts the sensitivity analyses which demonstrate the effects of key variables on the solution of the alliance model. The results also show the price ceiling and floor of fleet dry/wet lease and the critical price of fleet purchase, lease, dry lease and wet lease. The model we developed can not only determine among decisions on fleet planning solution for airlines alliance, but also provide a bargaining plan for airlines' decision makers to obtain the bargaining compromise solution.

Key Words : fleet planning, dynamic programming, alliance, dry/wet lease, bargaining compromise

誌謝

當我起筆寫到這個部份，也代表著本篇論文已趨於完成階段，即將付梓成冊，每個畢業生一到此時，不免百感交集，我也不能免俗。想起研究所三年來的點點滴滴，雖然離「努力用功」、「埋首苦讀」尚有一段不小的距離，然而以三年做別人兩年做完的事，所付出的心血亦不能算少，尤其看著自己的論文最終竟能突破百頁，實是始料未及之事。雖然頁數與論文實際內容的「質」與「量」並無明顯相關，然而在許巧鶯老師的嚴格控管之下，相信包括我在內的每位從許 lab 畢業的學生，對於各自所完成之論文不論質或量皆有自信屬於水準之上，在學術的路上留下些微的足跡，不致愧對研究所畢業的文憑。

今日得以完成論文取得學位，得自於許多人的指導、幫助與支持。感謝指導教授許巧鶯老師於三年來殷切的鞭策與鼓勵，使我們能學習做研究嚴謹的態度，且能對自己有更高的期許；感謝高凱老師對我們研究室的照顧，與老師的相處也使我們學習到實事求是的精神與豁達的人生觀；感謝羅永光教授、汪進財教授於口試時之指教與建議，使我能及時修正論文之錯誤；感謝黃寬丞老師適逢我遭遇瓶頸無法突破時，撥空給予詳細之指導；感謝華航張慶彬先生提供寶貴資料，並不厭其煩的解說；感謝研究室裕弘學長、清成學長、志青學長、幼屏學姐、慧如學姐、美珠學姐不時給予我們寶貴的意見與經驗；感謝慧潔學姐在學業與生活上的指導與幫助；感謝研究室成員素妙、哲彰、仰風、一民、聖峰、乃嘉、乃文、偉哲、心玫、佳玫、易呈、剛伯、美好，你們的陪伴與鼓勵支持我撐過苦悶的研究生活；感謝所有給我幫助與支持的人，真的非常感謝你們。

回想在交大長達七年的日子，其間的滋味並非三言兩語能夠形容，運管 90 級的所有大學同學、運管碩 92 級的所有研究所同學、運管系所的學長姐與學弟妹、芭樂家族的各位成員、排球校隊的伙伴們，你們的身影幾乎填滿了我在交大七年的所有記憶，感謝上天讓我有機會能和你們共同渡過這段時期，留下許多充實美好的回憶，我想我永遠不會忘記與你們在一起的這些日子。

最後，僅將這份成果獻給在我生命中最重要的人(爸爸、媽媽、姐姐、哥哥)、最麻吉的死黨(Olay、牛境、阿邦、爬帶)、還有一位最特別的阿呆，希望這微不足道的小成就讓你們感到欣慰與光榮。

2004/7/13 PM11:58 鵬先筆於一個人的研究室

目錄

航空公司乾/濕租策略聯盟之機隊規劃.....	I
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範圍.....	4
1.4 研究方法與架構.....	6
第二章 文獻回顧與探討.....	9
2.1 航空公司機隊動態規劃相關研究.....	10
2.1.1 機隊規劃之相關研究.....	10
2.1.2 動態規劃之相關研究.....	14
2.1.3 機隊動態規劃之相關研究.....	16
2.2 節 航空公司策略聯盟相關研究.....	20
2.3 節 小結.....	24
第三章 乾/濕租策略聯盟之機隊規劃模式.....	26
3.1 個別航空公司機隊動態規劃模式.....	27
3.2 聯盟航空公司機隊動態規劃模式.....	33
3.3 航空公司動態機隊規劃模式求解步驟.....	43
3.3.1 個別航空公司動態機隊規劃模式求解步驟.....	43
3.3.2 聯盟航空公司動態機隊規劃模式求解步驟.....	44
3.4 聯盟航空公司機隊協商互動步驟.....	46
第四章 實證分析.....	48
4.1 個別航空公司起始機隊狀態.....	49
4.2 航空公司動態機隊規劃模式求解及互動結果.....	66
4.2.1 個別航空公司動態機隊規劃模式求解結果.....	66
4.2.2 聯盟航空公司動態機隊規劃模式求解結果.....	71
4.2.3 節聯盟航空公司協商互動求解結果.....	75

4.3 成本決策分析與敏感度分析.....	85
4.3.1 聯盟乾租租金之成本決策分析.....	86
4.3.2 聯盟濕租租金之成本決策分析.....	88
4.3.3 航機取得成本之敏感度分析.....	90
第五章 結論與建議.....	99
5.1 結論.....	99
5.2 建議.....	101
參考文獻.....	102



表目錄

表 2.1 合作模式與組織依賴程度	20
表 2.2 聯盟活動分類型態	22
表 3.1 乾(濕)租變數值之意義	33
表 3.2 乾(濕)租狀態變數與決策變數之關係	34
表 4.1 A 航空公司航點	49
表 4.2 B 航空公司航點	49
表 4.3 A 航空公司機隊狀態	50
表 4.4 B 航空公司機隊狀態	50
表 4.5 航線與營運航機機型配對情況	52
表 4.6 航線航機班號、頻次與票價對照表	53
表 4.7 航空公司於航線之乘載率	54
表 4.8 B747-400 型航機現值變動情況	54
表 4.9 B737-800 型航機現值變動情況	55
表 4.10 A340-300 型航機現值變動情況	55
表 4.11 各航線未來旅客年需求量	57
表 4.12 羅馬航線之每年旅客需求量變動機率	62
表 4.13 漢城航線之每年旅客需求量變動機率	62
表 4.14 洛杉磯航線之每年旅客需求量變動機率	63
表 4.15 布里斯本航線之每年旅客需求量變動機率	63
表 4.16 巴黎航線之每年旅客需求量變動機率	64
表 4.17 東京航線之每年旅客需求量變動機率	64
表 4.18 舊金山航線之每年旅客需求量變動機率	65
表 4.19 雪梨航線之每年旅客需求量變動機率	65
表 4.20 航空公司於航線之市場佔有率	66
表 4.21 兩航空公司於各時區各航線之未來旅客需求量	67

表 4.22 個別航空公司各航線之機隊規劃決策	68
表 4.23 兩航空公司於各時區各航線之總期望成本	69
表 4.24 聯盟參數起始值	72
表 4.25 聯盟航空公司各航線之機隊規劃妥協決策	73
表 4.26 聯盟航空公司於各時區各航線之總期望成本	74
表 4.27 聯盟第一次協商互動之參數值	76
表 4.28 聯盟第一次協商互動之機隊規劃妥協決策	77
表 4.29 聯盟第一次協商互動之各時區航線總成本	77
表 4.30 聯盟第二次協商互動之參數值	79
表 4.31 聯盟第二次協商互動之各時區航線總成本	79
表 4.32 聯盟第三次協商互動之各時區航線總成本	81
表 4.33 兩航線於聯盟前後及三次協商互動成本變動表	82



圖目錄

圖 1.1 航空市場示意圖	5
圖 1.2 研究流程圖	7
圖 1.3 研究架構圖	8
圖 2.1 單一設備之機率性動態規劃示意圖	16
圖 3.1 航機乾租費用與租期關係圖	37
圖 3.2 長期維修成本示意圖	38
圖 4.1 羅馬航線未來旅客需求量折線圖	58
圖 4.2 漢城航線未來旅客需求量折線圖	58
圖 4.3 洛杉磯航線未來旅客需求量折線圖	59
圖 4.4 布里斯本航線未來旅客需求量折線圖	59
圖 4.5 巴黎航線未來旅客需求量折線圖	60
圖 4.6 東京航線未來旅客需求量折線圖	60
圖 4.7 舊金山航線未來旅客需求量折線圖	61
圖 4.8 雪梨航線未來旅客需求量折線圖	61
圖 4.9 聯盟租期與租金折扣對聯盟租金總合之影響圖	80
圖 4.10 洛杉磯航線聯盟前後成本變動圖	82
圖 4.11 舊金山航線聯盟前後成本變動圖	83
圖 4.12 聯盟負擔維修比例對洛杉磯航線總成本之影響圖	84
圖 4.13 聯盟負擔維修比例對舊金山航線總成本之影響圖	85
圖 4.14 乾租航機租金與決策之臨界圖	88
圖 4.15 濕租航機租金與決策之臨界圖	89
圖 4.16 B747-400 型航機購買價格/租賃年租金臨界值圖	91
圖 4.17 B747-400 型航機購買價格/聯盟乾租年租金臨界值圖	91
圖 4.18 B747-400 型航機購買價格/聯盟濕租年租金臨界值圖	92
圖 4.19 B747-400 型航機租賃年租金/聯盟乾租年租金臨界值圖	92

圖 4.20 B747-400 型航機租賃年租金/聯盟濕租年租金臨界值圖 93

圖 4.21 B747-400 型航機聯盟乾租年租金/聯盟濕租年租金臨界值圖 94

圖 4.22 航機購買決策價格範圍圖 96

圖 4.23 航機租賃決策價格範圍圖 97

圖 4.24 航機聯盟乾租決策價格範圍圖 97

圖 4.25 航機聯盟濕租決策價格範圍圖 98



符號說明

變數上標「0」	：代表該變數為目標航空公司之變數
變數上標「1」	：代表該變數為聯盟夥伴航空公司之變數
變數上標「、」	：代表該變數為航空公司聯盟後之變數
T	：依固定期間所劃分之時區
w	：整體航空市場在一個時區之預期旅客需求量的波動情況
w^0	：目標航空公司所服務之航空市場在一個時區之預期旅客需求量的波動情況
w^1	：夥伴航空公司所服務之航空市場在一個時區之預期旅客需求量的波動情況
q^0	：目標航空公司所擁有之航機機型
q^1	：夥伴航空公司所擁有之航機機型
$q^{(0+1)}$	：目標航空公司或夥伴航空公司所擁有之機型
r^0	：目標航空公司所營運之航線
r^1	：夥伴航空公司所營運之航線
Y^0	：目標航空公司所有航機機型之集合
Y^1	：夥伴航空公司所有航機機型之集合
R^0	：目標航空公司所有營運航線之集合
R^1	：夥伴航空公司所有營運航線之集合
d	：航空公司租賃一架航機之合約租賃年限長度
e	：停租航機之違約年限
$N_{q^0 r^0}^{BT}$	：聯盟前目標航空公司之一營運航線決策在一個時區購買或淘汰不同機型的航機數目
$N_{q^0 r^0}^{LT}$	：聯盟前目標航空公司之一營運航線決策在一個時區新租或停租不同機型的航機數目
$DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}$	：聯盟後目標航空公司之一營運航線決策在一個時區以聯盟乾租之方式承租/回收或出租/退回不同機型的航機數目
$WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}$	：聯盟後目標航空公司之一營運航線決策在一個時區以聯盟濕租之方式承租/回收或出租/退回不同機型的航機數目
$E_{q^0 r^0}^{BT}$	：聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區起始時以購買之方式所取得之不同機型的航機數目

$E_{q^0,0}^{LT}$: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區起始時以租賃之方式所取得之不同機型的航機數目
$DE_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$: 聯盟後目標航空公司之一航線在一個時區起始時以聯盟乾租之方式承租或出租之不同機型的航機數目
$WE_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$: 聯盟後目標航空公司之一航線在一個時區起始時以聯盟濕租之方式承租或出租之不同機型的航機數目
Q_{q^0}	: 一架航機之容量
K_{q^0,r^0}^T	: 目標航空公司在一個時區營運特定航線之總飛航頻次
A_r^T	: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區內之現有機隊總容量
L_r^T	: 目標航空公司之一航線在一個時區內之航線承載率
F_r^T	: 目標航空公司之一航線預測在一個時區內之航線旅客需求量
S_r^T	: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區開始時的現有機隊狀態集合
d_r^T	: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區之機隊更新決策
P_q^{Tw}	: 航空公司在特定之預期旅客需求量之波動情況下，購買一架航機所需付出之總成本
X_g^T	: 固定年利率下，一個時區之固定資產資本回收因子乘數
R_q^{Tdw}	: 航空公司在特定之預期旅客需求量的波動情況下，租賃一架航機所需付出之總成本
$V_{q^0}^T$: 目標航空公司在一個時區維修一架航機之變動成本
$M_{r^0}^T$: 目標航空公司之一航線在一個時區維修一架航機之固定成本
$MC_{r^0}^T$: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區之航機維修總成本
$AOC_{r^0}^{Tw}$: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區，對應特定之預期旅客需求量之波動情況時，以現有機隊營業所需承擔之其他營運成本
$TC_{r^0}^{Tw}$: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區，對應特定之預期旅客需求量之波動情況時，以現有機隊營業所需承擔之總營運成本
D_q^{Tw}	: 目標航空公司在一個時區及特定預期旅客需求量的波動情況

	時，決策淘汰一架航機之舊機市場殘值
Z_q^{Tew}	: 目標航空公司在一個時區及特定預期旅客需求量的波動情況時，決策停租一架航機之違約成本
UC_r^{Tw}	: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區，對應特定之預期旅客需求量之波動情況時，決策更新機隊之總決策成本
α_q^{BT}	: 0/1 虛變數，表聯盟前目標航空公司在一個時區內是否進行新購航機或淘汰航機之決策
β_q^{LT}	: 0/1 虛變數，表聯盟前目標航空公司在一個時區內是否進行新租航機或停租航機之決策
f_r^T	: 目標航空公司之一航線在一個時區之預期旅客需求量經波動後的航線旅客需求量
$P_r^{Tw}(f_r^T)$: 目標航空公司之一航線對應不同預期旅客需求量的波動情況所產生之懲罰值
I_r^T	: 目標航空公司之一航線因運能不足而讓每位旅客因不便所增加的旅行成本
J_r^T	: 目標航空公司之一航線因運能過剩所產生的每位旅客收益損失
C_r^{Tw}	: 聯盟前目標航空公司之一航線在一個時區，對應特定之預期旅客需求量的波動情況下所產生之總成本
$C_r^T(S_r^T, d_r^{Tw})$: 聯盟前目標航空公司之一航線於特定時區之航空公司期望成本
$C_r^{*T}(S_r^T)$: 聯盟前目標航空公司之一航線於特定時區之航空公司最小期望成本
P_r^{Tw}	: 目標航空公司之一航線在一個時區之預期旅客需求量波動情況可能發生機率
$\lambda_{q(0+),r}^{DT}$: 目標航空公司之一航線在一個時區聯盟乾租一架航機之租賃年限長度
$\lambda_{q(0+),r}^{WT}$: 目標航空公司之一航線在一個時區聯盟濕租一架航機之租賃年限長度
$DH^{w^0w^1}(\lambda_{q(0+),r}^{DT})$: 聯盟雙方航空公司對應個別之特定預期旅客需求量的波動情況下，透過聯盟乾租協議所訂定於一特定租期乾租一架航機

- 之年租金
- $WH^{w^0 w^1}(\lambda_{q^{(0+1)}, r, 0}^{WT})$: 聯盟雙方航空公司對應個別之特定預期旅客需求量的波動情況下，透過聯盟濕租協議所訂定於一特定租期濕租一架航機之年租金
- y^T : 一個時區所包含之年數
- $\omega_{q^{(0+1)}, r, 0}^{DT}$: 0/1 虛變數，表目標航空公司一個時區內所聯盟乾租之航機是否存在現有機隊中
- $\omega_{q^{(0+1)}, r, 0}^{WT}$: 0/1 虛變數，表目標航空公司一個時區內所聯盟濕租之航機是否存在現有機隊中
- n : 雙方航空公司透過聯盟協議所訂定之租金折扣階段數
- $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n$: 聯盟租金階段折扣
- $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$: 聯盟租金階段折扣之聯盟租期邊界
- $dh^{w^0 w^1}$: 雙方航空公司透過聯盟乾租協定所訂定未折扣前之租金
- θ : 雙方航空公司透過聯盟濕租協定所訂定之共同負擔維修比例
- $\phi_{q^{(0+1)}, r, 0}^{AT}$: 0/1 虛變數，表目標航空公司一個時區內所聯盟濕租之航機為承租或出租
- $TC_{r, 0}^{Tww^0 w^1}$: 聯盟後目標航空公司之一航線在一個時區，對應特定之預期旅客需求量之波動情況時，以現有機隊營業所需承擔之總營運成本
- $UC_{r, 0}^{Tww^0 w^1}$: 聯盟後目標航空公司之一航線在一個時區，對應特定之預期旅客需求量之波動情況時，決策更新機隊之總決策成本
- $\gamma_{q^{(0+1)}}^{AT'}$: 0/1 虛變數，表聯盟後目標航空公司一個時區內是否進行聯盟乾租之承租/回收或出租/退回之決策
- $\delta_{q^{(0+1)}}^{AT'}$: 0/1 虛變數，表聯盟後目標航空公司一個時區內是否進行聯盟濕租之承租/回收或出租/退回之決策
- $C_{r, 0}^{Tww^0 w^1}$: 聯盟後目標航空公司之一航線在一個時區，對應特定之預期旅客需求量的波動情況下所產生之總成本
- $C_0^{*T'}(S_0^{T'})$: 聯盟後目標航空公司於特定時區之最小期望成本
- $C_1^{*T'}(S_1^{T'})$: 聯盟後夥伴航空公司於特定時區之最小期望成本

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

在現今各方面強調國際化的趨勢之下，各項產業不再拘泥於國界的限制，紛紛往外開拓國際市場，致使跨國貿易與國際企業蓬勃發展，各國的經濟景氣狀況皆相互緊密關連。由於國際間貿易頻繁，許多企業必需藉由航空運輸來完成貿易行為，產生經濟活動，因此，航空產業對於全球經濟景氣波動的敏感度位居所有產業中的首位。經濟景氣程度對航空運輸的旅客需求量影響甚鉅，而旅客需求量則直接影響航空公司的營運狀況，由此可知，全球的經濟景氣情形對於航空公司的經營情況關係密切。

當全球景氣發生上揚的情況時，航空產業的旅客需求量將會產生增加的趨勢；反之，在景氣波動下跌時，旅客需求量將會相對的減少。在「滿足未來旅客需求量」的營運前提下，航空公司可藉由增加或減少機隊中航機數目，調整其機隊容量配合旅客需求量的變動，以求降低因機隊容量過剩/不足所產生的額外成本，而購置機隊的成本佔其營運成本非常大的部份，如果航空公司能配合未來旅客需求量的波動情況適時的調整機隊容量，將可使資金的運用更靈活，達到更高的成本效益。例如航空公司預期未來景氣將會上升，導致未來旅客需求量有增加的趨勢，若能提前購置增加航機數目，讓增加容量的時間正好配合上旅客需求量上升的時間，不但能減少購置機隊的成本，更能增加營收利潤；而當預期未來景氣下跌時，也能提早規劃減少不必要的機隊，避免產生閒置成本與多餘的維修成本等。由以上可知，如何因應全球經濟景氣循環，做最適當的機隊規劃以降低航空公司營運成本與增加營收是很重要的課題。

隨著全球產業的演變及追求成本最低與獲利最高的趨勢，近年來國際間產業相互策略聯盟的方式逐漸興起，主要的目的在於藉由聯盟的協議內容，與其聯盟夥伴共享資訊、設備、技術、人員等資源，降低龐大的營運成本以獲得更高的利潤。近幾年來，航空公司間利用策略聯盟的方式來降低營運成本已有顯著的成效，其中最為顯著的例子即為「星空聯盟(Star Alliance)」的產生。

「星空聯盟」為全球規模最大的航空公司策略聯盟，於1997年成立，其創始成員包括六家航空公司，分別為：加拿大航空、德國漢莎航空、北歐航空、泰國國際航空、美國聯合航空與巴西航空，聯盟成立的宗旨為希望藉由各成員

所串聯而成的環球航空網路，提供乘客一致的高品質服務以及全球認可的識別標誌，並加強每個聯盟成員在本地及全球所提供的服務，及發展統一的產品服務。在 1999 年之後，澳洲安捷航空、紐西蘭航空、日空航空、新加坡航空與奧地利航空集團(包括奧地利航空、勞達航空與 Tyrolean 航空)陸續加入星空聯盟，13 家航空公司成員涵蓋了全球五大洲的航線，使得星空聯盟的全球航空網路更趨廣泛與完整。西元 2000 年後半年墨西哥航空與英倫航空分別加入後，星空聯盟的飛航網路更遍及了 130 個國家、超過 800 個航點，為數相當可觀。透過成員間的相互協調與安排，星空聯盟能提供旅客更多的班機選擇、更理想的接駁時間、更單純簡化的訂位票務手續及更妥善的地勤服務，同時可減少成本，提高效率，以合作互利的方式代替以往的相互競爭。

由上述的例子可知，航空公司於營運的考量上，逐漸傾向於整合各自擁有資源的聯盟方式，而非以往單打獨鬥的相互競爭模式，其聯盟後的各項優點，如提供更完善快速的服務、吸引更多的旅次、降低航空公司的營運成本等，皆能在上述的例子中得到最佳的驗證。由此可知，航空公司間相互策略聯盟的方式已然成為未來航空產業中最顯而易見的趨勢。

在 Gudmundsson and Rhoades(2001)的研究中，將一般航空公司間策略聯盟的方式主要分為以下各類：共用班號(Codeshare)、航機/設備/人員相互承租的濕租(Wet lease)協定、電腦訂票系統(Computer reservation system)、營收共享(Revenue sharing)、特許權(Franchising)、聯合營運(Joint service)、聯合行銷(Joint marketing)、行李/維修/地勤聯合作業(Baggage handling/ maintenance/facilities sharing)、管理協定(Management contract)、股權交換(Equity swap)等。根據 Gudmundsson and Rhoades(2001)的研究分析，將聯盟方式依資源共享程度及合作期間分為九大類型，其中，共用班號聯盟、航機/設備/人員濕租協定及電腦訂票系統聯盟三種為持續合作期間較長久型。第一類型的共用班號聯盟是目前航空公司策略聯盟中最基本且為最常被使用的聯盟方式，其聯盟合作期間與資源的共享程度皆為相對最低；而第二類型的策略聯盟為航機/設備/人員濕租協定，其仍屬於長期合作的方式，惟資源共享程度較共用班號聯盟高。依 Gudmundsson and Rhoades(2001)的分析評論，此兩種類型的聯盟方式屬於風險較低，合作期間較長的聯盟。

實務上，航空公司間的聯盟方式多半採用共用班號聯盟與航機乾、濕租協定聯盟方式，然而相關文獻多著重於第一類的共用班號聯盟與實務分析，尚未有從機隊規劃的角度切入，構建數學模式深入探討的研究。若航空公司能在處

理機隊規劃的決策上，加以考慮以航空公司間策略聯盟的方式，經由兩造航空公司決策者之協商談判相互聯盟租借機隊，將一方閒置之航機租給另一方彌補其不足的容量，如此不僅能提供航空公司更大的機隊規劃彈性，更能精簡機隊，節省營運及維修等成本，達到更高的成本效益。

本研究從航空公司機隊規劃的角度切入，配合以往相關文獻中的動態模式觀念與聯盟協商互動架構，在增加/減少航機數目的決策中加以考慮達成聯盟所產生的影響，分別建構相關成本函數，並以動態規劃模式表示出時間的延續與遞迴的特性；當目標航空公司透過濕租協議聯盟方式與夥伴航空公司租借航機、設備及機組維修人員時，再以聯盟之協商互動規劃步驟反映出兩家航空公司就規劃目標間的之相互協商(bargaining)互動，增加或放鬆原模式之限制式，進而求解得到航空公司聯盟協議下之機隊規劃協商妥協解。

1.2 研究目的

以全球的航空市場觀點而言，各家航空公司所服務的市場其各時期旅客需求量之波動可能不盡相同，故產生機隊容量不足或過剩的程度亦不一致。透過策略聯盟的達成，提供了航空公司在機隊規劃上有更具彈性的決策方案可供選擇，在預測未來航機容量不足時，航空公司除了以購買或租賃的方式來增加航機以擴充機隊容量，亦可選擇向聯盟的夥伴航空公司以乾、濕租之方式承租航機；若預測航機容量過剩，在以往只能選擇淘汰舊航機或停租航機兩種方式的情況下，提供另一項決策方案，將航機乾、濕租出租給夥伴航空公司。如此一來，出租航機的航空公司可藉此賺取租金，避免航機閒置產生閒置成本，節省多餘的航機維修成本，提高航機利用率；而承租航空公司亦可避免因購買新航機的交機時間無法立即配合旅客需求量的上升所產生的損失，也能減少購買新航機或向航機租賃公司承租航機所產生巨額的購買或租賃成本。

本研究從機隊規劃的角度切入，加以考慮兩家航空公司在透過乾/濕租協定聯盟之後，人員、設備等資源共享的情況與聯合維修所產生的成本效益，並分別建立相關的成本函數，包括機隊規劃決策所產生的成本及航空公司的直接、間接營運成本。觀察所預測之未來航空旅客需求量，將總預測時段劃分為數個決策時區，每一個時區的起始機隊狀態為上一個時區的起始狀態加上上一時區所完成的機隊規劃決策。再以動態規劃之觀念建構模式反應出航空公司在每個決策時點時，考量當時的機隊數目、航機機型、機隊容量及機隊規劃成本等情況，配合所預期測出的經濟景氣波動狀態，做出調整其機隊容量與濕租協定內

容的決策。

透過兩造乾租聯盟之達成，可將聯盟中預測機隊容量過剩之航空公司航機出租給預測機隊容量不足之夥伴航空公司，若航空公司於聯盟後能租用原機隊相同機型之航機，則不僅能滿足不足之機隊容量，且能使維修同機型航機之相關成本產生較高之規劃經濟效益；而濕租策略聯盟可將容量過剩之航空公司航機連同維修、設備及機組人員同時出租給夥伴航空公司。若航空公司於聯盟後能租用夥伴航空公司之航機維修設備及機組人員，則能減少營運成本中維修及機組操作人員之訓練成本，以及因維修非原有機型之濕租航機所需另外設置固定設備成本之支出。

根據前面所建立的各項相關成本函數，可加以估算個別航空公司的直接、間接營運成本，再以聯盟後兩家航空公司之個別機隊規劃總成本最小為模式目標，並將個別航空公司聯盟前成本做為聯盟機隊規劃模式之限制條件，在滿足聯盟後個別航空公司之總成本小於聯盟前，及機隊容量供給滿足預測未來旅客需求量之限制條件下，求解出聯盟後最佳之機隊規劃狀態。模式中的聯盟決策內容包括：將乾租(濕租)、出租(承租)何種機型、聯盟租賃航機架數、聯盟租約簽定期限等決策。

本研究以範例闡述模式之應用，模式求解後所得結果可得知在乾、濕租策略聯盟的協議下之聯盟航空公司機隊規劃妥協解。透過所求得之妥協解，可得知航空公司配合不同的景氣發展，於不同之決策時點之機隊規劃與聯盟內容，長期而言，個別聯盟航空公司可規劃較精簡的機隊，航機維修上亦可獲得較高的規模經濟效率；短期而言，則可使航空公司在機隊調度上更具有彈性，可避免不當的運能閒置或不足的情況。藉由航空公司聯盟前後的成本比較，亦可分析在達成濕租策略聯盟之航機/機組維修人員相互租賃情況下，所能獲得的經濟效益。

1.3 研究範圍

本研究以航空客運市場中兩家航空公司為研究對象。在航空產業中，每一條航線即代表一個航空市場，假設此兩家航空公司分別營運不同航線，即服務於不同的航空市場，表示在兩航線的市場上，受到當時景氣影響產生旅客需求量變動的程度也不同，因此兩航線所面對的經濟景氣狀態有可能發生相異的情

況。

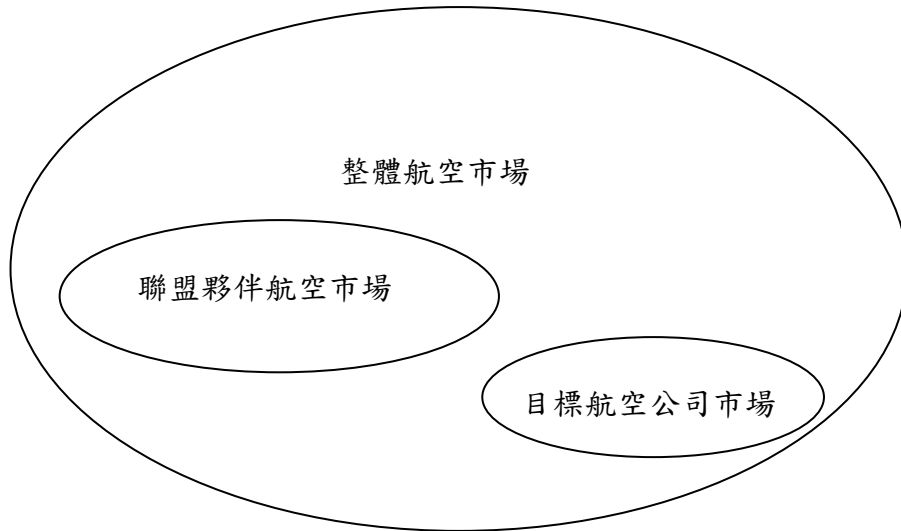


圖 1.1 航空市場示意圖

在航空公司間策略聯盟的方面，將考量兩造航空公司在濕租聯盟協議之下，對於相互租賃航機、廠房設備與機組維修人員的共用關係所產生的影響。航機相互租賃則產生租賃費用，為聯盟協議制定，而影響租賃費用的因素主要為兩航空公司的機隊利用情況與個別所面對的市場景氣狀況，若在航空公司的機隊中存在有利用率較低的航機，代表此航機經常處於閒置的狀態，而航機的閒置會產生一閒置成本，使得營運總成本也隨之增加，因此航空公司將會傾向於將此閒置航機出租給聯盟夥伴航空公司。在景氣的影響方面，當航空公司所面臨的市場景氣低迷時，航空旅客需求量受到景氣影響會呈現逐漸減少的趨勢，為了配合需求量波動，避免因機隊容量過剩而產生航機閒置成本，航空公司會傾向於以較低價格出租過剩航機給聯盟夥伴航空公司以賺取租賃費用，彌補因需求量降低所產生的損失；相反的，如果航空公司面臨的是逐漸上升的景氣狀態，為因應旅客需求量增加，航空公司對於機隊容量的需求也會提高，因此會以較高的租賃價格向聯盟夥伴航空公司租用航機。

在航空公司互動規劃模式的部份，針對聯盟兩造航空公司對於個別規劃最佳目標解之間，利益的交換/共享與目標間的妥協/讓步，決策者可透過個別與整體間規劃解的比較衡量，決策是否該接受其目標水準，或衡量哪些目標值須

作改善、哪些可以加以放鬆，而後經由聯盟兩造航空公司相互權衡取捨，進行兩決策者之協商互動求解。

1.4 研究方法與架構

本研究首先針對航空公司乾、濕租協議策略聯盟之研究與機隊規劃模式之應用方法做完整且深入的文獻回顧，瞭解實務上航空公司間濕租聯盟的方式，如：航機的租用方式，資源/設備的共享程度、機組維修人員的薪資計算、聯合維修的方式等。根據所回顧之文獻，釐訂本研究中航空公司相互達成乾、濕租聯盟對於原本單一航空公司的機隊規劃所產生的變動影響，再考量這些變動的部份建立本研究之研究架構。

本研究將以許巧鶯、劉素妙(2002)的研究中所建構的航空公司動態機隊規劃模式為基礎，在每個決策時區原有的四項決策(新購、淘汰、新租、停租)之中，加以考量與其他航空公司達成乾、濕租協定聯盟的情況，在前述經由文獻回顧所釐訂出的變動項目，分別建構新的或修正原有的成本函數，以符合本研究之探討主題。

在航空公司營運成本方面，可分為直接營運成本與間接營運成本加以討論，直接營運成本項中包含了航機的取得成本、航機維修成本及其他營運成本，航機取得成本之中需加以入達成乾、濕租協議聯盟之後，經由聯盟夥伴航空公司租用航機之成本；維修成本方面則需考量聯盟之後航機聯合維修所產生的規模經濟與成本效益，以及機組維修人員的薪資分攤等。其他直接營運成本與間接營運成本是根據航機數目、飛航頻次及旅客需求量而變動。

在決策成本函數之中，除了包含原有的新購航機成本、淘汰舊航機成本、新租航機成本與停租航機成本之外，另外需加入藉由乾、濕租協議聯盟所租賃航機之成本項，預期將加入聯盟乾/濕租承租航機成本與聯盟乾/濕租出租航機成本四項，此八項成本之總合構成該時區內航空公司做出機隊規劃決策所產生的成本。

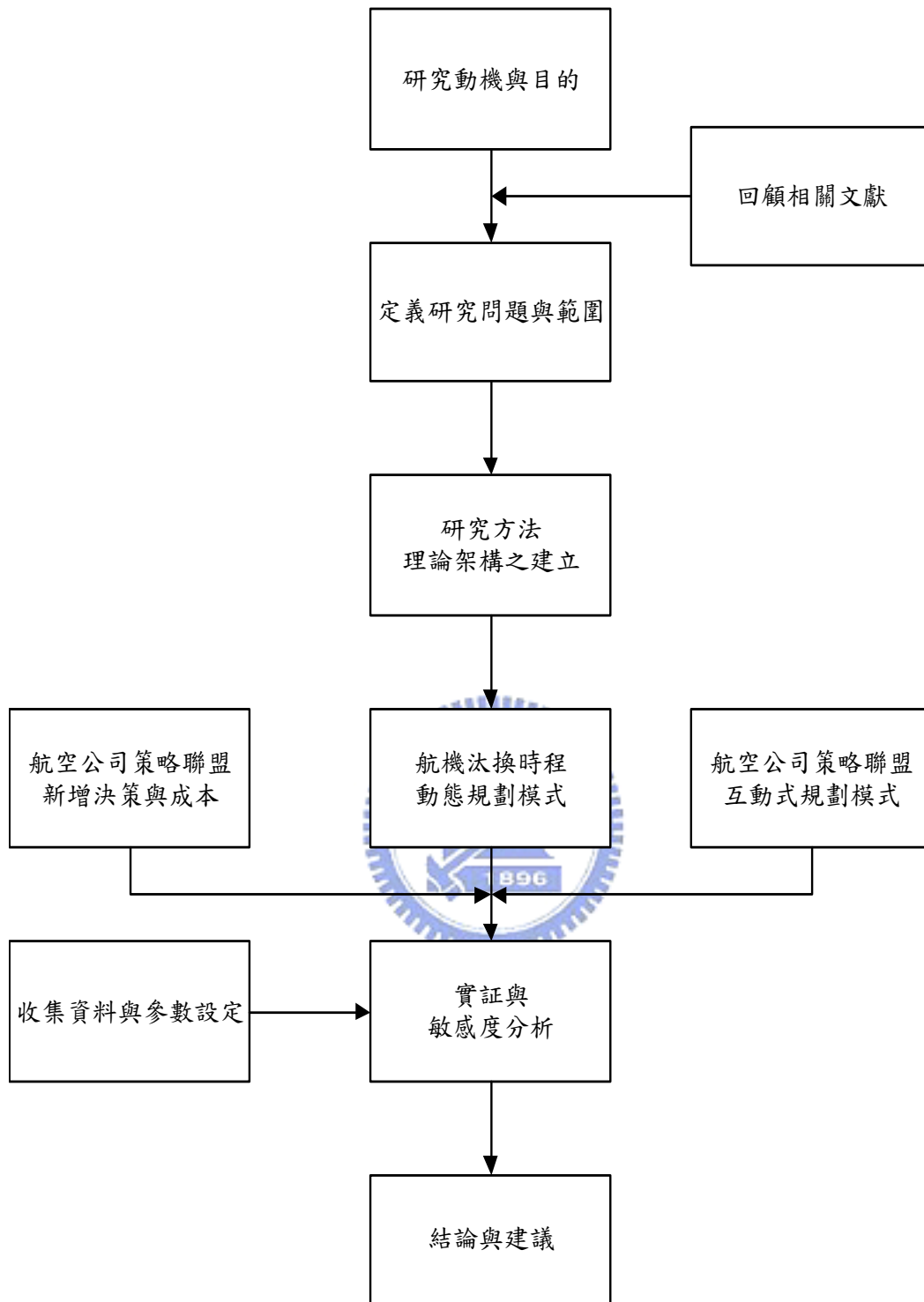
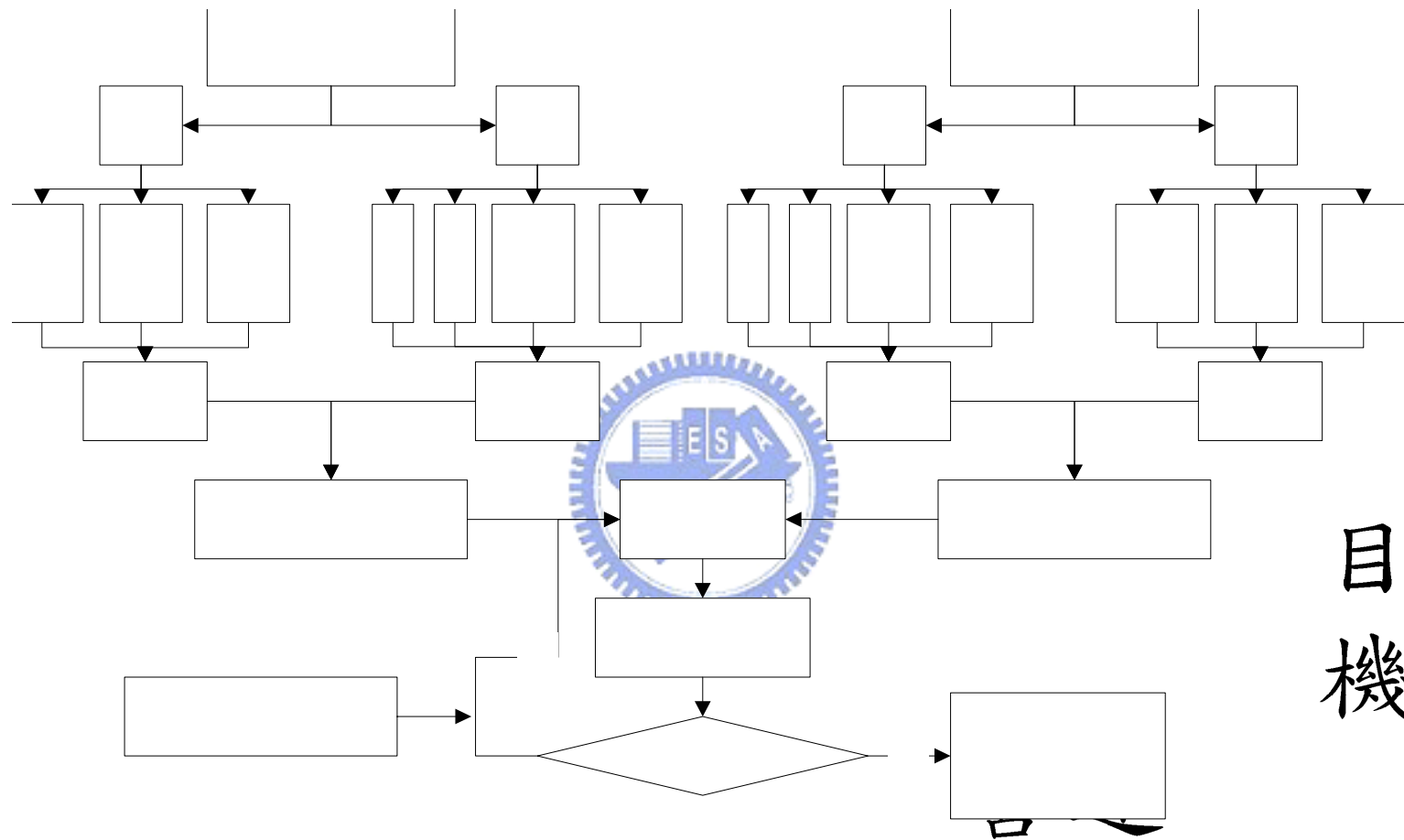


圖 1.2 研究流程圖



目標航空
機隊起始

成本

圖 1.3 研究架構圖

第二章 文獻回顧與探討

本研究主要探討在航空市場中，兩家航空公司在達成策略聯盟後與夥伴航空公司相互租借機隊的情況之下，透過聯盟兩造航空公司個別規劃目標之權衡取捨，與兩航空公司決策者就規劃目標間的協商互動，得到航空公司在聯盟協議下各別之機隊規劃協商妥協解，在求解的過程中，應用動態規劃(Dynamic programming)之觀念，反映出長期機隊規劃之決策模式具有時間遞迴與延續的觀念，因此在本章中將回顧過去相關文獻，對於機隊規劃決策、動態規劃與策略聯盟間夥伴關係與行為能有完整的瞭解，做為本研究求解聯盟機隊規劃協商妥協解的參考依據。

在機隊規劃的方面，本研究在建構個別航空公司動態機隊規劃模式時，將參考許巧鶯、劉素妙(2002)之研究內容，該研究將航空公司欲規劃的總時段依照所預期的景氣波動情況分為數個決策時區，在每一時區的起點，航空公司可做出規劃機隊增減的決策，決策中包括新購航機、淘汰舊航機、新租航機、停租航機四項，則該時區的起始機隊狀態經過該時區內的航機變動決策，即為下一時區的起始機隊狀態，再利用動態規劃模式的觀念，表現出長期的機隊規劃中，時間的延續與遞迴的觀念，最後以總成本最小為目標式，求解出最佳的機隊規劃狀態。然而該研究僅考慮單一航空公司的機隊規劃解，並未考慮當航空市場中存有其他航空公司時，若達成策略聯盟協議對機隊規劃決策與總成本所產生的影響，因此在本研究中，擬針對該研究尚未考慮之聯盟與協商互動部份進行研究與探討。

航空公司策略聯盟方面的相關文獻上數量甚多，然而在過去的研究中，內容多半著重於闡述策略航空公司策略聯盟間各項分類的定義與特性、資源共享程度、聯盟期間長短、以及聯盟後的實務分析情況，並未從機隊規劃的角度探討航空公司機隊航機濕租策略聯盟，因此在本研究中將參考以往文獻，針對乾、濕租策略聯盟相互承租航機/設備/機組維修人員的觀念與形式，引入後續所建構的成本函數考量之中。

本研究將文獻回顧分為三部份說明：2.1 節航空公司機隊動態規劃相關研究，2.2 節 航空公司策略聯盟相關研究，2.3 節 小結，以下分別逐一介紹。

2.1 航空公司機隊動態規劃相關研究

本節將航空公司機隊動態規劃相關研究分為以下三部份探討，分別為 2.1.1 機隊規劃之相關研究，2.1.2 動態規劃之相關研究及 2.1.3 機隊動態規劃之相關研究。

2.1.1 機隊規劃之相關研究

Teodorovic(1986)以多準則決策方式，考量取得機隊之投資、平均營收座位成本、每日平均航行航線之比例、平均旅客班表延遲與機隊之航機數量等五項準則，求解航空公司之機型選擇問題。該研究僅考慮可量化之準則，而忽視其餘之質化準則，利用權重方式選取最適機型，結論證實容量較大之航機有規模經濟特性，而容量較小之航機則能提供較高之服務水準。

Hane et al.(1995)於研究中建構模式解決航空公司國內航線每日之航班指派問題，並提出更有效率之依序求解步驟。該研究以一大型之多種商品流量問題配合時間限制之網路，運用多重不同步驟之求解方式對所建構之模式進行求解，研究結果顯示該研究之演算法所求解之最佳解較以往之求解法之結果增加 0.02%，即該研究之求解法更能有效的求解大型整數規劃航機與航班之指派問題。

張有恆、楊弘道(1996)研究認為實務上所使用之各種機型均為已知，故不需以嚴謹之數學規劃方式求得機隊容量之最佳解，僅需以簡易之計算求得近似解即可。該研究同時考慮維修需要、未來發展、消費者偏好、機隊經濟規模等質化因素與最大航程、噪音成本、機隊生產力及購置航機價格等量化因素，且進一步考慮群體決策及模糊理論，以解決機型選擇所面臨不確定性之問題。其研究中亦提出影響機型選擇之因素包括技術、經濟、行銷、財務、管制及環境六大項。

許巧鶯、王志青(1997)利用解析性之方法，分析航空貨運網路之直運與轉運路線選擇，其研究中建構直運與轉運之成本函數，以成本最小化為目標，在特定距離及流量下，考量不同機型航機之航程與酬載之間的關係，選擇使各航線運送成本最低之航機，以求得各航線指派之最適機型。

Powell and Carvalho(1997)之研究將多種機型之機隊管理問題以網路流量問題之動態規劃觀點，視為一多種商品之網路配送問題，以時間窗配合網路節點間流量(task arcs)之觀念，探討航空公司於多種機型組合之情況下，將不同之航機機型配合不同時間不同航線之旅客需求量，指派最適之機型於該航線上。研究結果顯示以研究所建構之數學模式求解所得之機型與航線指派問題，較以往之研究有 4%到 5%的進步空間，且在某些應用上，能求解更大型之線性規劃問題。

Jin and Kite-Powell(2000)之研究探討最佳化機隊中之每架航機利用率及最佳化之航機取得與航機淘汰之策略，使用最佳化控制模式配合航機利用率與汰換決策，以利潤最大化之觀點求解航機之汰換問題。研究結果顯示機隊航機汰換決策、機隊航機數量與航機之利用情況為相互影響之因素，故航空公司於排定航機之汰換時程時，應與航機數量與航機之利用情況同時考量。

在機隊規劃的過程中，決定機隊中航機購買與租賃的比例對於航空公司的營運成本與機隊調度的彈性上有非常大的影響。以航空公司的角度，長期而言購買航機所負擔的平均成本比租賃航機少，然而航空公司卻需承擔機隊容量無法因應旅客需求量的變動而產生的虧損；反之，若欲租賃航機以增加機隊容量彈性，則需付出較高的租賃航機成本，因此，如何決策機隊中航機購買與租賃的比例是一項非常重要的問題。

根據 Oum et al.(2000)的研究內容，航空公司在購置機隊時必須面對容量高彈性與航機高成本間的抵換關係，考慮航空旅運需求的不確定性與循環性，以決策出最佳的購買/租賃航機比例。該研究建構數學模式以求解航空公司租賃航機數佔總機隊數之最佳比例，並對全球 23 家主要的航空公司進行實證分析，分析結果證實，租賃航機數佔總航機數之 40%至 60%之間為最佳。該研究所建構之數學模式如下：

假設航空公司所面對的不確定需求函數為 $y = y(\tau)$ ，其中 τ 代表未來的狀況。航空公司的總機隊容量則以 $Z = K + S$ 表示， K 代表航空公司所購買或長期租賃(capital leasing)所得之航機容量，而 S 則代表短期租賃(operational leasing)所得之航機容量。 K 相對而言較無彈性，屬於不易變動之容量，因為一旦獲得就無法輕易的在短時間內再賣出或停租；而 S 部份的航機容量由於可在任何需要的時間取得，因此相對於 K 而言較具彈性。

因此，航空公司的利潤可以表示為下式：

$$\pi = R[y(\tau), Z] - V[y(\tau), Z] - w_K K - w_S(\tau)S \quad (2.1)$$

其中 R 為收益， V 為變動成本， w_K 和 w_S 分別為長期資本與短期資本的成本。在此研究中， w_K 為已知，而 w_S 則會隨著未來的不確定狀態而變動。

航空公司容量決策將由兩階段求解，在第一階段內，航空公司確定了經由購買或長期租賃所獲得的航機成本；第二階段，在確定了未來的狀況之下，航空公司就能決策出剩下的短期租賃航機數。其所建構的模式如下：

第一階段模式為

$$\begin{aligned} & \max_K E\{R(y, Z) - V(y, Z) - w_K K - w_S S\} \\ & = \max_K \int [R(y, Z) - V(y, Z) - w_K K - w_S S] f(\tau) d\tau \end{aligned} \quad (2.2)$$

其中 K 與 S 均為非負數。



在第二階段， K 與未來狀況 τ 皆為固定且已知的狀況下，航空公司可決策出短期租賃 S 的數量以求得最大利潤。模式如下：

$$\max_K R(y, Z) - V(y, Z) - w_K K - w_S S \quad (2.3)$$

Let

$$T_1 = \left\{ \tau \left[\frac{\partial R}{\partial Z} - \frac{\partial V}{\partial Z} - w_S \right]_{S=0} \geq 0 \right\} \quad (2.4)$$

$$T_2 = \left\{ \tau \left[\frac{\partial R}{\partial Z} - \frac{\partial V}{\partial Z} - w_S \right]_{S=0} < 0 \right\} \quad (2.5)$$

當 $\tau \in T_2$ 時，最佳短期租賃航機數量 S^* 之值為零，而當 $\tau \in T_1$ 時，則決定最佳短期租賃航機數量 S^* 之方程式如下：

$$\frac{\partial R}{\partial Z} - \frac{\partial V}{\partial Z} - w_s = 0 \quad (2.7)$$

為探討 S^* 與 K 之間的相互影響變動關係，將上式對 K 做一次微分：

$$\left(\frac{\partial^2 R}{\partial Z^2} - \frac{\partial^2 V}{\partial Z^2} \right) \left(1 + \frac{\partial S^*}{\partial K} \right) = 0 \quad (2.8)$$

由此，可得以下結果：

$$\frac{\partial S^*}{\partial K} = \begin{cases} -1, & \tau \in T_1 \\ 0, & \tau \in T_2 \end{cases} \quad (2.9)$$

在第一階段的模式中，決策出最佳之 K 值的條件式為

$$\int \left[\left(\frac{\partial R}{\partial Z} - \frac{\partial V}{\partial Z} \right) \left(1 + \frac{\partial S^*}{\partial K} \right) - w_k - w_s \frac{\partial S^*}{\partial K} \right] f(\tau) d\tau = 0 \quad (2.10)$$

將 $\frac{\partial S^*}{\partial K} = \begin{cases} -1, & \tau \in T_1 \\ 0, & \tau \in T_2 \end{cases}$ 代入上式並重新整理，可得

$$\int_{T_1} (w_s - w_k) f(\tau) d\tau + \int_{T_2} \left(\frac{\partial R}{\partial Z} - \frac{\partial V}{\partial Z} - w_k \right) f(\tau) d\tau = 0 \quad (2.11)$$

從第(2.3)式可知，第(2.11)式的右邊項為正值，因此可得

$$\int (w_s - w_k) f(\tau) d\tau = E(w_s) - w_k > 0 \quad (2.12)$$

根據上列之不等式可以說明，從航機租賃公司的觀點而言，在不確定性之

未來情況之下，短期租賃比長期租賃的風險高，因此，航機租賃公司期望能在短期租賃上得到風險溢酬。而第(2.11)式則表示從航空公司的角度來看購買與租賃所得航機容量之間的抵換關係。當航空公司決策增加購買航機時，將會減少期望成本；然而當未來航空旅運需求降低時，卻會因購買之航機不易脫手的特性，產生過多的超額容量導致期望成本增加。所以，最佳的購買與租賃機隊比例會在這兩項成本間達成平衡。

2.1.2 動態規劃之相關研究

動態規劃法(Dynamic Programming)為 1950 年代末期，由 Richard Bellman 及其助手，為解決各種不同的控制與動態最佳問題而首先發展出來，因在某個時點上所做之決策會影響到其後所產生之系統總成本，因此動態規劃法基本上為處理在某一時段上，某特定問題在時點上具有先後順序之決策問題，故又稱多階段決策(Multistage Decision)問題。

動態規劃法的作法是將原問題分割成數個不同的子問題或階段，把一個複雜的多決策變數問題劃分為多個不同階段的單一決策問題，而在每一個子問題或階段皆需做成決策，每一個子問題或階段決策又會影響下一子問題之決策，此種有系統逐步求解的程序，其目的在求取一組使問題之效益最大或成本最小之決策方式，其特別適用於有順序相關的決策問題，以此技巧來求解時，可節省大量計算時間。

在 Hartman(2001)的研究中指出，傳統的資產設備汰換分析中，在操作、維修、殘值等為固定已知的情況之下，求解資產設備購買或賣出的決策。當這些成本隨著資產設備的利用率而變動時，通常會先假設一固定資產設備利用率以簡化問題，然而由於營運過程中許多不確定的因素，如顧客需求量，會造成預期的資產設備利用情況無法按照排定班表執行，使得求出之資產設備汰換排程產生錯誤。因此，該研究利用機率性動態規劃的方式，在求解資產設備汰換決策的過程中，以機率的方式表現利用率的不確定性，讓利用率隨著營運情況與顧客需求而異。該研究亦提出以資產設備的使用年資與累積利用情況做為淘汰該設備的決策因子。研究結果以最小化每個時區之期望成本為目標，決策出最佳之設備汰換時程。其所構建的模式如下：

$$f_t(i, j, u_{t-1}) = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{keep: } \alpha \sum_{u_t=l_1}^{l_m} p(u_t|u_{t-1}) [C(u_t, i, j) + f_{t+1}(i+1, j+u_t, u_t)] \\ \text{replace: } P_t - S_t(i, j) + \alpha \sum_{u_t=l_1}^{l_m} p(u_t|u_{t-1}) [C(u_t, 0, 0)r + f_{t+1}(1, u_t, u_t)] \end{array} \right\} \quad (2.13)$$

$$f_T(i, j, u_{T-1}) = -S_T(i, j) \quad (2.14)$$

在第(2.13)式中，代表決策資產設備欲保留或汰換的目標式，其中 $f_t(i, j, u_{t-1})$ 代表該資產設備在 t 時段、使用年資 i 、累積利用率為 j 且在 $t-1$ 時段時，該資產設備的利用率為 u_{t-1} 的情況下，最小化的期望成本。而第(2.14)式則表示在決策時間長度為 T 時，在決策時段終止時的期望成本即為該設備在當時賣出所得之殘值。若在 t 時段決策保留該項設備，則 t 時段之期望成本可由 t 時段與 $t-1$ 時段之利用率組合機率，乘上當期與下一期之期望成本總合而得。當決策在 t 時段需汰換該設備時，其期望成本需由購買新設備之成本扣除淘汰舊設備之殘值，再加上新設備購買後之期望成本之總合。比較兩決策之期望成本大小，取其小者即為該設備淘汰與否之最佳決策。

該研究之決策流程可以下圖說明之：

關鍵。若航空公司能在較佳的時間點進行機隊更新規劃之決策，將能使航空公司資金運用更靈活、資產設備利用率更高，達到使航空公司利潤最大化之目標。

許巧鶯、劉素妙(2002)應用灰色理論之拓樸預測(Grey Topological Forecasting)推估未來可能之航線旅客需求量及經濟景氣波動情況之變化機率，再以動態規劃建構機隊規劃之數學模式，模式中考量航空公司營運成本、機隊更新決策成本與機隊航機之利用程度，以最小化航空公司之期望成本為目標，在各時區之旅客需求皆分別被滿足的條件下，可得知航空公司之最佳機隊更新決策及時程。該研究結果顯示航空公司之機隊航機購置與汰換時程會對航空公司之營運成本造成影響，而航空公司對未來所做的旅客需求量預測越準確，則其期望成本會越小。在航空公司之成本、對未來旅客流量之預測及機隊飛機利用率各項交互作用下，該研究所發展之數學模式能決定出航空公司之最佳機隊購置與汰換時程。其所建構的模式如下：

$$\min \sum_T \min_{d_T} \{C_T(S_T, d_T^w)\} = \min \sum_T \min_{d_T} \left\{ \sum_{w=1}^3 p_w^T [C_w^T + C_{T+1}^*(S_{T+1})] \right\} \quad (2.15)$$

上式為該研究在航空公司需滿足預期旅客需求量的情況下，最小化所有時區加總期望成本之目標式，表示航空公司在時區 T 的最小期望成本總和。

此期望成本由各時區之預期旅客需求量波動情況的發生機率 p_w^T 乘上其所對應的成本所組成。這些成本包括航空公司現有機隊的持有成本、機隊維修成本、航空公司的營運成本、機隊新增/汰換決策的成本及在下一個時區時，各種可能發生的經濟景氣循環狀況的最小期望成本。

該研究之航空公司機隊規劃模式之主要決策變數為 N_{qtm}^{BT} 與 N_{qtm}^{LT} ，表示航空公司在時區 T 淘汰或取得機型為 q 之航機數目，其中 t 為可使用年限、 m 為累積飛航哩程數指標、而上標 B 、 L 表該架航機之取得方式為購買(B)與租賃(R)。另以 E_{qtm}^{BT} 及 E_{qtm}^{LT} 表示航空公司在時區 T 起始時，擁有由購買及租賃獲得之機型為 q 、而可使用年限為 t 、累積飛航哩程數指標為 m 之現有航機數目。由此可得航空公司之直接營運成本方程式如下：

$$\begin{aligned}
DOC_w^T = & \left(\sum_q \sum_t \sum_m E_{qtm}^{BT} P_{qtm}^w X_g^T + \sum_q \sum_t \sum_m E_{qtm}^{LT} R_{qtm}^{Tdw} \right) + \left[\sum_q \sum_t \sum_m V_{qtm}^T (E_{qtm}^{BT} + E_{qtm}^{LT}) + M^T \right] \\
& + \sum_r \sum_q \sum_t b_{qr}^T \delta_q^r K_{qtr}^T
\end{aligned} \tag{2.16}$$

在上式中，直接營運成本包含了航空公司在時區 T 內的機隊購置/租賃成本、航機的變動及固定維修成本及營運所有航線所必須付出的其他成本總合。其中在機隊購置成本部份，以當期機隊中購買所得之航機數乘上航機購買價格 (P_{qtm}^w) 再乘以年利率為 g 時的資本回收因子 (X_g^T)，即可得航機在當期之折舊成本；另以當期中租賃所得之航機數乘上租賃合約之總租賃期限為 d 年的航機租金，即為航機在當期之租賃總成本。在航機維修成本方面，以 V_{qtm}^T 表示航空公司在時區 T 內為維修該架航機所必須付出之變動成本，以此乘上當期機隊之總航機數目再加上航空公司在時區 T 內投入機隊航機維修的固定成本，即為航空公司在時區 T 內的總維修成本。以航空公司之航機取得成本、維修成本再加上所有其他成本的總合 $\sum_r \sum_q \sum_t b_{qr}^T \delta_q^r K_{qtr}^T$ ，可得航空公司在時區 T 內的直接營運成本總合。

假設 F_r^T 為在時區 T 內航線 r 上之預測旅客需求量，而航空公司使用一架機型為 q 的航機營運航線 r ，所載運一位旅客的間接營運成本為 S_{qr} ，則航空公司在時區 T 內所必須付出的總間接營運成本為

$$IOC_w^T = \sum_r \sum_q \sum_t F_r^T \delta_q^r S_{qr} \tag{2.17}$$

航空公司在時區 T 內，對應預測旅客需求量波動情況為 w 時之營運總成本 TC_w^T 為直接營運成本及間接營運成本之總和，以下式表示：

$$TC_w^T = DOC_w^T + IOC_w^T \tag{2.18}$$

航空公司之航機新增/汰換決策成本包括了航空公司決策新增或新租航機之購買及租賃成本，淘汰或停租舊航機之舊機殘值與停止租約所必須付出之違約成本。該研究以 D_{qtm}^{Tw} 表示航空公司在時區 T 內，決策淘汰該航機所得之市場殘

值，而以 Z_{qtm}^{Tew} 表示航空公司在時區 T 內，決策停租至合約租賃年限尚有 e 年之該架航機的違約成本。因此航空公司在時區 T 內所做的機隊新增/汰換決策產生之成本 UC_w^T 如下式：

$$UC_w^T = \sum_q \sum_t \sum_m \alpha_{qtm}^{BT} N_{qtm}^{BT} P_{qtm}^w X_g^T + \sum_q \sum_t \sum_m \beta_{qtm}^{LT} N_{qtm}^{LT} R_{qtm}^{Tdw} - \sum_q \sum_t \sum_m (1 - \alpha_{qtm}^{BT}) N_{qtm}^{BT} D_{qtm}^{Tw} + \sum_q \sum_t \sum_m (1 - \beta_{qtm}^{LT}) N_{qtm}^{LT} Z_{qtm}^{Tew} \quad (2.19)$$

上式中 α_{qtm}^{BT} 與 β_{qtm}^{LT} 為虛擬變數(dummy variable)，此兩變數與航空公司決策新增、新租、淘汰或停租航機之數目有以下之關係：

$$\begin{cases} \alpha_{qtm}^{BT} = 1, & \text{If } N_{qtm}^{BT} > 0, & \alpha_{qtm}^{BT} = 0 \\ \beta_{qtm}^{LT} = 1, & \text{If } N_{qtm}^{LT} > 0, & \beta_{qtm}^{LT} = 0 \end{cases} \quad (2.20)$$

因此，航空公司在時區 T ，預期旅客需求量的波動情況為 w 的情況下所產生之成本 C_w^T 為營運總成本 TC_w^T 、機隊新增/汰換決策產生之成本 UC_w^T 及預測旅客需求量與實際狀況不同時所產生的懲罰值 $P_w^T(f_r^T)$ 三者之總合，如下式所示：

$$C_w^T = TC_w^T + UC_w^T + P_w^T(f_r^T) \quad (2.21)$$

以 $C_T^*(S_T)$ 表示在時區 T ，對應前一時區之預期旅客需求量的波動情況為 w 之機隊新增/汰換決策集合 d_T^w 下， $C_T(S_T, d_T^w)$ 的最小值。因此在時區 T 的期望成本 $C_T(S_T, d_T^w)$ 與最小期望成本 $C_T^*(S_T)$ 的關係為：

$$C_T^*(S_T) = \min_{d_T} C_T(S_T, d_T^w) \quad (2.22)$$

經由上述各段時區的決策與各項成本間的關係，在滿足預期旅客需求量的情況下，以最小化所有時區加總之期望成本為目標，求解後即可得航空公司在決策採購/汰換航機之最佳時程。

2.2 節 航空公司策略聯盟相關研究

Contractor and Lorance(1988)則於其研究中，依照組織間相互依賴的程度，舉出合作模式的不同類型如下表所示：

表 2.1 合作模式與組織依賴程度

合作模式	組織間的依賴程度
技術訓練/開發前協助合約	極低
生產/組裝/買回協議	↓
專利授權	低
加盟	↓
Know-how 授權	↓
管理/行銷服務合約	↓
無股權合作合約	中
➤ 探勘	↓
➤ 研究合夥	↓
➤ 開發/共同生產	↓
股權合資	高

資料來源：Contractor and Lorance(1988)

Krubasik and Lautenschlager(1993)於研究中指出，策略聯盟的動機有下列九項：(1)欲降低外部環境的不確定性(2)成長與多角化經營(3)國內外競爭廠商的增加(4)消費者的價值觀、行為及購買力的改變(5)政府的新政策及規定(6)被接管的威脅(7)資金的成本與取得發生變化(8)主要產品的生命週期發生改變(9)績效降低。

Glaister and Buckley(1996)於該研究中進行調查，將 1980 年起在英國國內公司與國外公司策略聯盟的形成動機歸納出五大類，共有十六項主要的因素，列舉於下：

(1)技術發展

包含分擔研發成本、互補技術交換與專利/地區的交流三項。

(2)競爭力

包括與共同對手競爭、維持市場地位、在低成本地區生產與減少競爭四項。

(3)市場發展


包括促進國際擴展、快速進入市場、取得新市場、遵守當地政府規定四項。

(4)資源特殊性

包括集中在高獲利事業、規模經濟與快速投資回收三項。

(5)大型專案

包括分散大型專案風險與產品多樣化兩項。



Oum and Park(1997)透過研究世界上前三十大航空公司的四十六種聯盟行為與合作部份，指出政府政策對於策略聯盟的影響。該研究認為由於策略聯盟不僅對顧客產生額外的價值，亦能增加聯盟夥伴的獲利機會，故航空公司間的聯盟行為不是一種短暫的現象，而是一種長期的關係，且將會越來越緊密。

Park(1997)以理論分析探討策略聯盟對於航空公司之產能與收益之影響，及整合性策略聯盟(complementary alliances)與平行性策略聯盟(parallel alliances)之航空費率與經濟福利之影響，其研究結果顯示兩種型態之聯盟對產能與經濟福利有不同之影響，整合性策略聯盟可增加經濟福利，而平行性策略聯盟則會減少，其研究亦發現在何種情況下能使兩種型態之聯盟產生經濟福利之改善。

Rhoades and Lush(1997)、Gudmundsson and Rhoades(2001)於該研究中，將航空公司的策略聯盟依複雜度、合作期間及資源共享程度分為九大類型，並評估出第一與第二類似之聯盟方式有較低之風險。其策略聯盟的分類方式如下：

表 2.2 聯盟活動分類型態

		- 複雜度 +			
+ 資源 共享 程度	第三類 帳目服務 電腦訂票系統連結 資料處理 班次資訊 資訊技術發展	第六類 商務協定 商業協助管理 管理契約 備用管理合作 策略合夥	第九類 股權	+ 合作 期間	
	第二類 航機/設備/人員相互 承租的濕租協定 特許權協定 營收共享	第五類 聯合貨物/航班處理 聯合航線發展 班表協調 航線共享	第八類 聯合行銷 聯合廣告 行銷協定 行銷聯盟 預約保留		
	第一類 共用班號	第四類 聯合購買 集中協定 空間交換	第七類 聯合維修 聯合辦理登記手續 地勤管理 共用場站 共用候機設備		
		+ 合作期間 -			

資料來源：Sveinn Vidar Gudmundsson and Dawna L. Rhoades(2001)

Li(2000)研究探討航空公司策略聯盟之持久性(lasting)與非持久性(unlasting)之差異因素，其研究結果有以下四點：(1) 若聯盟之目標在於顧客忠誠度與營運整合則較有可能為持久性聯盟。(2) 若聯盟雙方之共用班號聯盟有較高之財務或營收成本之整合關係，則較有可能為持久性聯盟。(3) 導致聯盟終止之最主要因素為非核心(non-core)或非顧客導向(non-customer-oriented)之擴張行為。(4) 當聯盟僅訂定共用班號、聯合營運與聯合行銷而沒有較牢固之協議，則此聯盟較可能會失敗或可能為較短期之型態。

Park, Zhang and Zhang(2001)發展一理論模式以研究航空公司策略聯盟對市

場產能之影響，研究之策略聯盟型態包括整合性策略聯盟(complementary alliances)與平行性策略聯盟(parallel alliances)兩種。研究結果顯示，整合性策略聯盟可增加市場總產能，而平行性策略聯盟則會減少總產能。

吳濟華、歐秀卿(2002)研究以策略聯盟之伙伴選擇理論之架構，歸納出企業進行策略聯盟時會考慮夥伴選擇標準有：

(1)資源互補

由於締結策略聯盟的動機之一為取得夥伴的資源，因此，對方是否能與自己產生互補作用，變為十分重要的準則之一。資源互補，包含資源與能力、策略的互補性及製造能力互補性。

(2)組織文化

組織文化包含對方過去聯盟經驗、過去合作經驗、重視承諾、相容的管理及團隊文化的相容性。企業之間存在著不同的組織文化，其是否能相容也是佔相當重要的比例。



(3)競爭地位

在競爭地位方面，夥伴的企業規模亦是選擇的重要標準之一，企業通常選擇規模相近的廠商，這是因為彼此的資源相當，沒有獨特之處，當在進行合作時，彼此議價能力相當。若是小型廠商具有獨特的創新能力，則與大廠合作，彼此較具有平等的地位，不然則會產生彼此地位僅偏向一方，合作的關係將不能長久。

Agusdinata and Klein(2002)以系統化之動態觀點，闡述航空公司策略聯盟之動態情況，該研究提出兩種觀點以說明瞭解聯盟之動態情況的重要性，外部而言，瞭解聯盟之動態情況不僅可幫助航空公司分析未來之航空市場情境，以利尋找適合之聯盟團體，也可藉由已組織之團體尋找新夥伴成員；內部而言，可瞭解航空公司策略聯盟夥伴何時可達到更佳之績效。

潘偉華、鄭誌原(2003)之研究從能力與知識基礎之觀點，探討廠商藉由策略聯盟進行內部發展之方式，將廠商於聯盟中之學習過程分為「從聯盟活動中獲得知識轉移」與「廠商能力之建立或強化」兩階段，並於第一階段提出影響聯盟中知識轉移的五個決定因素，包括聯盟之合作型態、聯盟雙方互動程度、彼此信任程度、聯盟夥伴知識/能力之透明度及雙方在專業知識基礎上的互補程度。該研究實證結果顯示，當聯盟之互動程度越高，其知識轉移程度亦越高，且聯盟之績效亦越好。

方至民、林芳如(2003)之研究透過 13 位國際航空業高階經理人之訪談，將航空業策略聯盟之型態分為「供銷聯盟」、「同業非競爭聯盟」、「同業競爭聯盟」及「異業聯盟」等四項，其績效之評估則以利潤、形象與知名度、載客率及顧客滿意度等四項標準為主。該研究結果顯示，航空業在策略聯盟後最顯著之績效為載客率之提高，而利潤績效則以旅行社與網際網路結合之策略聯盟型態最為顯著。

Chen and Chen(2003)之研究建構一數學模式，探討整合性共用班號(codesharing)聯盟與平行性共用班號聯盟對於國際航空公司之營運承載率(load factors)的影響。該研究之實證結果顯示，由於全球性之網路擴張致使需求量增加的情況下，只有平行性之共用班號聯盟能導致較高的承載率，此結果能提供航空公司決策者於策略聯盟時，選擇夥伴、節省成本及供給協調之另一個觀點。有關航空公司共用班號聯盟之文獻尚有 Hannegan and Mulvey(1995)、Brueckner(2001)、(2003)等，亦針對共用班號聯盟之特性分析對航空公司與顧客所產生之影響及收益，並以實務上之實例驗證之。

另外，在實務上航空公司間策略聯盟之分析尚有許多文獻，如 Mak and Go(1995)、Ossadnik(1996)、Park and Cho(1997)、Weber and Dinwoodie(2000)、Morrish and Hamilton(2002)及 Goh and Uncles(2003)等，皆以目前航空市場中之聯盟航空公司為對象，針對該航空公司或聯盟團體於聯盟後之收益、績效、影響等，進行深入之研究。

2.3 節 小結

根據以上回顧之文獻，在航空公司機隊規劃方面，以往機隊規劃之相關文獻中，Oum et al.(2000)的研究分析航空公司面對航機高成本與機隊容量高彈性

之間的抵換關係，以求解出最佳的航機購買與租賃數目之決策，達到最大利潤的目標，而該研究假設機隊只存在單一機型，並未考慮多機型及其他影響航機購買或租賃成本之因素。在動態規劃方面，Hartman(2001)則於研究中加以考慮設備的使用年資及設備累積利用程度對資產設備的影響，並破除以往相關研究多半假設設備利用情形為固定或已知的情況，而將設備利用情況、營運狀況與顧客需求以機率的方式相互連結，讓資產設備利用情況隨著營運狀況與顧客需求而改變，然而該研究仍限制以決策單一資產設備的保留與汰換，並未考慮多項設備的汰換情況，且模式中仍將顧客需求定為外生變數，並未對現實狀況做調整。

許巧鶯、劉素妙(2002)將動態規劃應用於機隊規劃中航機的採購/汰換時程決策模式之中，放鬆機隊單一機型之限制及破除以往假設需求量不變的情況，以灰色理論拓樸預測建構航空旅客需求量預測模式，並針對上述研究尚未深入探討的空間，考慮相關因素建立成本函數，運用機率性動態規劃模式建構現有機隊各項成本函數、決策產生之成本函數及其他各項判斷條件式，求解最佳機隊航機之採購/汰換時程決策。然而該研究中僅就單一航空公司內部機隊規劃求解，尚未考慮經由兩家航空公司在相互租借航機/設備/人員的濕租協定下，協商互動之後的機隊規劃決策。

實務上，航空公司間的聯盟方式多半採用共用班號聯盟與濕租協定聯盟方式，然而相關文獻多著重於第一類的共用班號聯盟、營運績效與實務分析、聯盟經濟議題、排班與網路分析等，尚未有從機隊規劃的角度切入，構建數學模式深入探討的研究。

本研究擬於機隊規劃的議題上，參考許巧鶯、劉素妙(2002)之單一動態機隊規劃模式，並以該研究為基礎，針對其未考慮到之策略聯盟乾/濕租協定及兩航空公司之互動協商行為，在增加/減少航機數目的決策中加以考慮達成聯盟所產生的影響並考慮相關因素建構各項成本函數，再以互動式多目標規劃模式反映出兩家航空公司就規劃目標間的之相互協商互動，進而求解得到航空公司聯盟協議下之最適聯盟航空機隊規劃解。

第三章 乾/濕租策略聯盟之機隊規劃模式

以往航空公司欲增減機隊時，僅能以購買及向外租賃兩項決策進行，當航空公司面臨一長期旅客需求量成長或衰退之趨勢，其決策者可以購買或淘汰之方式增減機隊容量；若航空公司面臨一較短期之旅客需求量波動狀態，則決策者可以租賃或停租之方式因應，以避免負擔購買航機之龐大購置成本。雖然租賃航機之決策相對購買航機而言為較短期之變動決策，然而相對於旅客需求量之極短期變動程度，仍屬於中長期之決策，若旅客需求量於短期內發生較為劇烈之波動情況，航空公司決策者需負擔因旅客需求量增加而隨之增加之租賃租金，或因旅客需求量減少，而停租未到租約期限之航機高額租賃違約成本；若決策者不因應需求量之變動，則需承擔機隊容量不足或機隊容量過剩所產生之成本，總合觀之，機隊之變動決策仍屬於較長期之規劃決策。

隨著策略聯盟之蓬勃發展，航空公司間可藉由策略聯盟共同營運或共享資源之方式，達到更高的成本效益。在機隊規劃之觀點，航空公司間所營運之航線不盡相同，而各航線所面臨之旅客需求量波動亦不相同，若透過策略聯盟的達成，在預測未來航機容量不足時，航空公司除了以購買或租賃的方式來增加航機以擴充機隊容量，亦可選擇向聯盟的夥伴航空公司以乾、濕租之方式承租航機；若預測航機容量過剩，在以往只能選擇淘汰舊航機或停租航機兩種方式的情況下，提供另一項決策方案，將航機乾、濕租出租給夥伴航空公司。如此一來，策略聯盟提供了航空公司在機隊規劃上有更具彈性的決策方案可供選擇，出租航機的航空公司可藉此賺取租金，避免航機閒置產生閒置成本，節省多餘的航機維修成本，提高航機利用率；而承租航空公司亦可避免因購買新航機的交機時間無法立即配合旅客需求量的上升所產生的損失，也能減少購買新航機或向航機租賃公司承租航機所產生巨額的購買或租賃成本。

航空公司間聯盟租賃航機的形式一般可分為乾租(dry lease)與濕租(wet lease)兩種情況，乾租意指承租方航空公司僅向出租方航空公司租賃航機使用，不包括航機維修保養、其他資源、設備、機組維修人員的共用，而濕租則指承租方同時向出租方租用航機(包括維修)以及航機以外的資源、設備或人員。

本研究從航空公司機隊規劃的角度切入，在增加/減少航機數目的決策中加以考慮達成聯盟所產生的影響，分別建構相關成本函數，並以動態規劃模式表示出時間的延續與遞迴的特性；當目標航空公司透過聯盟方式相互租借航機，

再以聯盟之協商互動規劃步驟反映出兩家航空公司就規劃目標間的之相互協商互動，增加或放鬆原模式之限制式，進而求解得到航空公司聯盟協議下之機隊規劃協商妥協解。

本研究模式構建敘述如下，3.1 節為個別航空公司機隊規劃模式；3.2 節為聯盟航空公司動態機隊規劃模式；3.3 節為航空公司動態機隊規劃模式求解步驟。

3.1 個別航空公司機隊動態規劃模式

本研究以變數之上標「0」代表目標航空公司，「1」代表聯盟夥伴航空公司。以目標航空公司為例，令機隊規劃模式主要決策變數為 $N_{q^0 r^0}^{BT}$ 、 $N_{q^0 r^0}^{LT}$ ，表示目標航空公司決策在時區 T 時增減機型為 q^0 、營運航線為 r^0 的航機數目，其中上標 B 、 L 則分別代表航機取得方式為購買(buy)、租賃(lease)。另 $q^0 \in Y^0$ 且 $r^0 \in R^0$ ， Y^0 、 R^0 分別代表目標航空公司所擁有/營運之航機機型/航線的集合。 $N_{q^0 r^0}^{BT}$ 、 $N_{q^0 r^0}^{LT}$ 為整數，其值為正代表航空公司決策在時區 T 時增加航機，其值為負則為決策在時區 T 時減少航機，為零則代表不做任何變動。

在目標航空公司的現有機隊方面，本研究以 $E_{q^0 r^0}^{BT}$ 、 $E_{q^0 r^0}^{LT}$ 分別代表在時區 T 起始時所擁有之機型為 q^0 、營運航線 r^0 的航機數目，其值屬於正整數或零。而目標航空公司在該時區內決策縮減之航機的架數不能大於原擁有之航機數，因此可推得下式：

$$\begin{cases} E_{q^0 r^0}^{BT} \geq |N_{q^0 r^0}^{BT}| \\ E_{q^0 r^0}^{LT} \geq |N_{q^0 r^0}^{LT}| \end{cases} \quad \text{If} \quad \begin{cases} N_{q^0 r^0}^{BT} < 0 \\ N_{q^0 r^0}^{LT} < 0 \end{cases} \quad \forall T, q^0, r^0 \quad (1)$$

因不同機型之航機容量也不同，因此本研究以 Q_{q^0} 表示一架機型為 q^0 之航機容量。假設目標航空公司在時區 T 內使用機型為 q^0 之航機營運航線 r^0 所累積的總飛航頻次為 $K_{q^0 r^0}^T$ ，則目標航空公司在時區 T 內營運航線 r^0 之現有機隊總容量 $A_{r^0}^T$ 為：

$$A_{r^0}^T = \sum_{q^0} (E_{q^0 r^0}^{BT} + E_{q^0 r^0}^{LT}) \rho_{q^0} K_{q^0 r^0}^T \quad \forall T, r^0 \quad (2)$$

在滿足個別航線之預測未來旅客需求量的前提下，目標航空公司在時區 T 營運航線 r^0 之總航機容量乘上該航線之承載率 $L_{r^0}^T$ 須大於其所預測之未來旅客需求量 $F_{r^0}^T$ ，可以下列數學式表示：

$$L_{r^0}^T A_{r^0}^T \geq F_{r^0}^T \quad \forall T, r^0 \quad (3)$$

令 $S_{r^0}^T$ 代表在時區 T 目標航空公司營運航線 r^0 之起始機隊狀態集合，包括購買及租賃所得航機，即 $S_{r^0}^T = \{E_{q^0 r^0}^{BT}, E_{q^0 r^0}^{LT}\} \quad \forall T$ ， $E_{q^0 r^0}^{BT}, E_{q^0 r^0}^{LT} \in I^+ \cup \{0\}$ ；令 $d_{r^0}^T$ 為目標航空公司在時區 T 營運航線 r^0 所做之機隊規劃決策集合，即 $d_{r^0}^T = \{N_{q^0 r^0}^{BT}, N_{q^0 r^0}^{LT}\} \quad \forall T$ 。依據動態規劃(Dynamic Programming)觀念，航空公司在時區 T 的起始機隊狀態集合 $S_{r^0}^T$ ，即為前一時區 $T-1$ 起始機隊狀況 $S_{r^0}^{T-1}$ 加上在該時區所做之機隊規劃決策後之結果，其關係式如下：

$$S_{r^0}^T = S_{r^0}^{T-1} + d_{r^0}^{T-1} \quad (4a)$$

即

$$\begin{cases} E_{q^0 r^0}^{BT} = E_{q^0 r^0}^{BT-1} + N_{q^0 r^0}^{BT-1} \\ E_{q^0 r^0}^{LT} = E_{q^0 r^0}^{LT-1} + N_{q^0 r^0}^{LT-1} \end{cases} \quad \forall T, q^0, r^0 \quad (4b)$$

本研究參考許巧鶯、劉素妙(2002)航機採購/汰換時程之研究，將航空公司進行機隊規劃時，所需考慮之成本分為營運成本與決策成本兩部份。在營運成本部份，包括航機取得成本、航機維修成本與其它成本三方面。令 w 為航空公司預測之整體航空市場旅客需求量波動情況，分為 $w=1, 2, 3$ 三種，分別代表航空公司高估、準確預估、低估未來之旅客需求量。

令 $P_{q^0}^{Tw}$ 表示航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況為 w 時，購買一架機型為 q^0 之航機總成本， X_g^T 為航空公司在時區 T 、年利率為 g 時購買一架航機的

固定資產資本回收因子乘數，將此乘數與 $P_{q^0}^{Tw}$ 相乘即為該航機於 T 時區內之折舊成本。若航空公司以租賃方式取得該航機，則以 $R_{q^0}^{Tdw}$ 表示在時區 T 、旅客需求量波動情況為 w 時租賃一架機型為 q^0 、租賃合約之總租賃期限為 d 年之航機租金，因此可以下式表示目標航空公司在 T 時區內花費在建置航線 r^0 現有機隊之總成本為：

$$\sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{BT} P_{q^0}^{Tw} X_g^T + \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{LT} R_{q^0}^{Tdw} \quad \forall T, r^0, w \quad (5)$$

機隊維修總成本包括航機維修之固定成本與變動成本。令 $V_{q^0}^T$ 表示目標航空公司在時區 T 維修一架機型為 q^0 之航機所需付出的總變動成本，則目標航空公司於時區 T 內，航線 r^0 之總維修變動成本即為 $\sum_{q^0} V_{q^0}^T (E_{q^0 r^0}^{BT} + E_{q^0 r^0}^{LT})$ 。另外以 $M_{r^0}^T$ 表示目標航空公司於時區 T 內，航線 r^0 之維修固定成本，因此目標航空公司在時區 T 航線 r^0 所花費在維修航機的總成本 $MC_{r^0}^T$ 為：

$$MC_{r^0}^T = \sum_{q^0} V_{q^0}^T (E_{q^0 r^0}^{BT} + E_{q^0 r^0}^{LT}) + M_{r^0}^T \quad \forall T, r^0 \quad (6)$$

令 $AOC_{r^0}^{Tw}$ 代表時區 T 內、旅客需求量波動情況為 w 時，營運航線 r^0 之其他營運成本，其中包括機場使用費、航機燃油成本、地勤作業成本及其他間接營運成本，則由式(5)與式(6)，可得目標航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況為 w 時，以現有機隊營運航線 r^0 所需付出之總營運成本 $TC_{r^0}^{Tw}$ 如下式表示：

$$TC_{r^0}^{Tw} = \left(\sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{BT} P_{q^0}^{Tw} X_g^T + \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{LT} R_{q^0}^{Tdw} \right) + \left[\sum_{q^0} V_{q^0}^T (E_{q^0 r^0}^{BT} + E_{q^0 r^0}^{LT}) + M_{r^0}^T \right] + AOC_{r^0}^{Tw} \quad \forall T, r^0, w \quad (7)$$

在機隊變動決策成本方面，本研究以 $D_{q^0}^{Tw}$ 代表航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況為 w 時決策淘汰一架機型為 q^0 之航機的市場殘值，因此目標航空公司在時區 T ，航線 r^0 淘汰航機之總殘值為 $\sum_{q^0} \left| N_{q^0 r^0}^{BT} \right| D_{q^0}^{Tw}$ ；若航空公司於租賃年

限長度 d 到期之前停租該航機，則必須付給租賃公司違約成本，以 Z_q^{Tew} 代表在時區 T 、旅客需求量波動情況為 w 時停租租賃年限尚有 e 年之 q^0 機型航機的違約成本，則目標航空公司於時區 T 營運航線 r^0 的總違約成本為 $\sum_{q^0} \left| N_{q^0 r^0}^{LT} \right| Z_q^{Tew}$ 。因此目標航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況為 w 時，航線 r^0 所做的機隊決策成本 $UC_{r^0}^{Tw}$ 可以下式表示：

$$UC_{r^0}^{Tw} = \sum_{q^0} \alpha_{q^0}^{BT} N_{q^0 r^0}^{BT} P_{q^0}^{Tw} X_g^T + \sum_{q^0} \beta_{q^0}^{LT} N_{q^0 r^0}^{LT} R_{q^0}^{Tdw} - \sum_{q^0} (1 - \alpha_{q^0}^{BT}) N_{q^0 r^0}^{BT} D_{q^0}^{Tw} + \sum_{q^0} (1 - \beta_{q^0}^{LT}) N_{q^0 r^0}^{LT} Z_q^{Tew} \quad \forall T, r^0, w \quad (8)$$

上式中 $\alpha_{q^0}^{BT}$ 、 $\beta_{q^0}^{LT}$ 為虛擬變數(dummy variable)，此二變數與決策變數 $N_{q^0 r^0}^{BT}$ 、 $N_{q^0 r^0}^{LT}$ ，即目標航空公司在時區 T 決策變動航機之數目具下列關係：

$$\begin{cases} \alpha_{q^0}^{BT} = 1 \\ \beta_{q^0}^{LT} = 1 \end{cases} \quad \text{If} \quad \begin{cases} N_{q^0 r^0}^{BT} > 0 \\ N_{q^0 r^0}^{LT} > 0 \end{cases}, \quad \text{else} \quad \begin{cases} \alpha_{q^0}^{BT} = 0 \\ \beta_{q^0}^{LT} = 0 \end{cases} \quad \forall T, q^0, r^0 \quad (9)$$

在目標航空公司營運之所有航線中，航機之使用並不受限於原本該航機所營運之航線，意即若某一航線面臨未來旅客需求量下降的趨勢，而另一航線有未來旅客需求量上升的情況，則目標航空公司可將原本營運於某航線之航機轉而服務另一航線，因此本研究以上述之關係式表示，目標航空公司在時區 T 時，同一機型 q^0 避免同時產生購買與淘汰，或新租與停租之反向決策，造成成本上升的不合理現象。

根據 Oum et al.(2000)之研究，航機租賃公司在租賃時段內的期望租金收入必定大於航空公司購買航機成本在該時段內之折舊金額，因此目標航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況為 w 時決策購買或租賃航機的數目必須滿足下列條件式：

$$\frac{\partial \left(\sum_{r^0} \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{LT} R_{q^0}^{Tdw} \right)}{\partial E_{q^0 r^0}^{LT}} N_{q^0 r^0}^{LT} > \frac{\partial \left(\sum_{r^0} \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{BT} P_{q^0}^{Tw} X_g^T \right)}{\partial E_{q^0 r^0}^{BT}} N_{q^0 r^0}^{BT} \quad \forall T, q^0, r^0 \quad (10)$$

根據許巧鶯、劉素妙(2002)的研究，由於目標航空公司在營運航線 r^0 實際旅客需求量 $f_{r^0}^T$ 之變動情況與預測之旅客需求量 $F_{r^0}^T$ 之值不一定符合，因此建構一懲罰值函數 $P_{r^0}^{Tw}(f_{r^0}^T)$ ，表示在每一個時區因預測與實際狀況不同所產生的懲罰值，如下式

$$P_{r^0}^{Tw}(f_{r^0}^T) = \begin{cases} (F_{r^0}^T - f_{r^0}^T)J_{r^0}^T, & w=1 \\ 0, & \text{for } w=2 \\ (f_{r^0}^T - F_{r^0}^T)I_{r^0}^T, & w=3 \end{cases} \quad \forall T, w, r^0 \quad (11)$$

式(11)中 $I_{r^0}^T$ 表示當目標航空公司因航線 r^0 運能不足而讓每位旅客因不便所增加之旅行成本，而 $J_{r^0}^T$ 表示目標航空公司因航線 r^0 運能過剩所產生每位旅客的收益損失。

航空公司在時區 T 內營運航線 r^0 進行機隊規劃所需之總成本為該時區之營運成本、決策成本與上式懲罰成本之加總，因此目標航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況為 w 時，航線 r^0 所需負擔的機隊規劃總成本可以下式表示：

$$C_{r^0}^{Tw} = TC_{r^0}^{Tw} + UC_{r^0}^{Tw} + P_{r^0}^{Tw}(f_{r^0}^T) \quad \forall T, r^0, w \quad (12)$$

令 $C_{r^0}^T(S_{r^0}^T, d_{r^0}^{Tw})$ 表示目標航空公司在時區 T 起始時，機隊狀態集合 $S_{r^0}^T$ 、機隊規劃決策集合 $d_{r^0}^{Tw}$ 的情況下，時區 T 結束時航線 r^0 的期望成本，而 $C_{r^0}^{*T}(S_{r^0}^T)$ 代表 $C_{r^0}^T(S_{r^0}^T, d_{r^0}^{Tw})$ 的最小值，即：

$$C_{r^0}^{*T}(S_{r^0}^T) = \min_{d_{r^0}^{Tw}} C_{r^0}^T(S_{r^0}^T, d_{r^0}^{Tw}) \quad \forall T, r^0 \quad (13)$$

上式表示在每個航機規劃集合 d_0^{Tw} 之下， $C_{r^0}^T(S_{r^0}^T, d_{r^0}^{Tw})$ 的最小值即為 $C_{r^0}^{*T}(S_{r^0}^T)$ 之值。由於景氣波動的不確定性，預測未來旅客需求量變動的情況存在一組機率關係，在此假設當 $w=1$ ，所對應航線 r^0 之預測未來旅客需求量波動情況機率為 $p_{r^0}^{T1}$ ， $w=2$ 對應 $p_{r^0}^{T2}$ ， $w=3$ 對應 $p_{r^0}^{T3}$ 。

根據動態規劃的觀念，目標航空公司於時區 T 之期望成本為第 T 時區所產生的成本加上時區 $T+1$ 之最小期望成本，依照此觀念可推得目標航空公司總成本 $C_0^T(S_0^T, d_0^{Tw})$ 之值如下式所示：

$$C_0^T(S_0^T, d_0^{Tw}) = \sum_{r^0} \sum_{w=1}^3 p_{r^0}^{Tw} [C_{r^0}^{Tw} + C_{r^0}^{*T+1}(S_{r^0}^{T+1})] \quad \forall T \quad (14)$$

本研究整合上述各項成本關係式，以最小化機隊規劃總成本為目標式，可得個別航空公司機隊動態規劃模式如下：

$$\min \sum_T C_0^{*T}(S_0^T) = \min \sum_T \min_{d_0^{Tw}} C_0^T(S_0^T, d_0^{Tw}) \quad (15a)$$

s. t.

$$C_0^T(S_0^T, d_0^{Tw}) = \sum_{r^0} \sum_{w=1}^3 p_{r^0}^{Tw} [C_{r^0}^{Tw} + C_{r^0}^{*T+1}(S_{r^0}^{T+1})] \quad \forall T \quad (15b)$$

$$L_{r^0}^T A_{r^0}^T \geq F_{r^0}^T \quad \forall T, r^0 \quad (15c)$$

$$\frac{\partial \left(\sum_{r^0} \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{LT} R_{q^0}^{Tdw} \right)}{\partial E_{q^0 r^0}^{LT}} N_{q^0 r^0}^{LT} > \frac{\partial \left(\sum_{r^0} \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{BT} P_{q^0}^{Tw} X_g^T \right)}{\partial E_{q^0 r^0}^{BT}} N_{q^0 r^0}^{BT} \quad \forall T, q^0, r^0 \quad (15d)$$

$$\begin{cases} E_{q^0 r^0}^{BT} = E_{q^0 r^0}^{BT-1} + N_{q^0 r^0}^{BT-1} \\ E_{q^0 r^0}^{LT} = E_{q^0 r^0}^{LT-1} + N_{q^0 r^0}^{LT-1} \end{cases} \quad \forall T, q^0, r^0 \quad (15e)$$

$$\begin{cases} E_{q^0 r^0}^{BT} \geq |N_{q^0 r^0}^{BT}| \\ E_{q^0 r^0}^{LT} \geq |N_{q^0 r^0}^{LT}| \end{cases} \quad \text{If } \begin{cases} N_{q^0 r^0}^{BT} < 0 \\ N_{q^0 r^0}^{LT} < 0 \end{cases} \quad \forall T, q^0, r^0 \quad (15f)$$

$$N_{q^0 r^0}^{BT}, N_{q^0 r^0}^{LT} \text{ are integers, } \forall T, q^0, r^0 \quad (15g)$$

(15a)式為個別航空公司動態機隊規劃目標式，即最小化研究時區內目標航空公司之機隊規劃總成本。(15b)為目標航空公司在時區 T 之現有機隊總成本關係式。(15c)表示機隊容量需滿足該時區營運航線 r^0 之預測旅客需求量，其中 $F_{r^0}^T$ 表示目標航空公司在時區 T 、營運航線 r^0 之預測未來旅客需求量。(15d)為航機購買/租賃決策判斷式。(15e)為各時區機隊狀態變數之動態規劃遞迴關係式。(15f)為該時區決策變動機隊數與起始機隊數之關係式。(15g)表示決策變數為整數之限制。同理，亦可建構聯盟夥伴航空公司之個別動態機隊規劃模式。

3.2 聯盟航空公司機隊動態規劃模式

聯盟航空公司機隊動態規劃模式中所考慮之成本項目與前述個別航空公司機隊動態規劃模式相同，包括聯盟後航空公司之營運成本與決策成本兩部份，唯兩造航空公司於聯盟後需加以考慮航機之相互乾、濕租情況。本研究將聯盟後之航機與其成本變數均於上標加上符號「 \cdot 」與聯盟前區別，以 $DE_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$ 、 $WE_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$ 分別代表目標航空公司在時區 T 起始時，營運航線 r^0 所聯盟乾、濕租機型為 $q^{(0+1)}$ 之航機數目，其值屬於整數(可為正整數、負整數或零)； $DN_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$ 、 $WN_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$ 分別代表目標航空公司決策在時區 T 時，營運航線 $r^{(0)}$ 所聯盟乾、濕租機型為 $q^{(0+1)}$ 的航機數目，其值亦屬整數，其中 $q^{(0+1)}$ 屬於目標航空公司與聯盟夥伴航空公司所擁有機隊機型 q 之聯集，即 $q^{(0+1)} \in Y^0 \cup Y^1$ 。當 $DE_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$ 、 $WE_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$ 之值為正，即表示目標航空公司在時區 T 時，營運航線 r^0 之機隊中存在聯盟承租而得之航機，反之，若其值為負則代表目標航空公司聯盟出租航機給聯盟夥伴航空公司，其值為零則代表兩航空公司間並無聯盟租賃航機之情況；同理，當 $DN_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$ 、 $WN_{q^{(0+1)},r^0}^{AT'}$ 之值為正，代表目標航空公司在時區 T 決策經由聯盟的方式增加航機(增加聯盟承租航機或回收聯盟出租航機)，若其值為負則代表目標航空公司決策經由聯盟的方式減少航機(退回聯盟承租航機或增加聯盟出租航機)，而其值為零則代表兩航空公司間無聯盟租賃航機之情況。此新增變數之關係如下表 3.1、3.2。

表 3.1 乾(濕)租變數值之意義

變數代號	乾(濕)租變數	
	$DE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}$ (或 $WE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}$)	$DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}$ (或 $WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}$)
正	機隊中存在 聯盟承租航機	決策聯盟承租 (或回收聯盟出租)航機
負	機隊中存在 聯盟出租航機	決策聯盟出租 (或退回聯盟承租)航機

表 3.2 乾(濕)租狀態變數與決策變數之關係

狀態變數	決策變數	$DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}$ (或 $WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}$)	
		正	負
$DE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}$ (或 $WE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}$)	正	增加聯盟承租航機	退回聯盟承租航機
	負	回收聯盟出租航機	增加聯盟出租航機

航空公司進行聯盟租賃航機以公司整體為考量，且聯盟出租航機不限於該航機之取得方式為購買或租賃，則聯盟租賃航機決策變數與航機狀態變數具下列關係。

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r^1} (E_{q^1 r^1}^{BT'} + E_{q^1 r^1}^{LT'} + DE_{q^{(0+1),r^1}}^{AT'} + WE_{q^{(0+1),r^1}}^{AT'}) \geq \sum_{r^0} (DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}), \\ \quad \text{If } \sum_{r^0} (DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}) \geq 0 \\ \sum_{r^0} (E_{q^0 r^0}^{BT'} + E_{q^0 r^0}^{LT'} + DE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}) \geq \sum_{r^0} |DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}|, \\ \quad \text{If } \sum_{r^0} (DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}) < 0 \end{array} \right. \quad \forall T, q^0, q^1, q^{(0+1)} \quad (16)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r^0} DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} = -\sum_{r^1} DN_{q^{(0+1),r^1}}^{AT'} \\ \sum_{r^0} WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} = -\sum_{r^1} WN_{q^{(0+1),r^1}}^{AT'} \end{array} \right. , \left\{ \begin{array}{l} \sum_{r^0} DE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} = -\sum_{r^1} DE_{q^{(0+1),r^1}}^{AT'} \\ \sum_{r^0} WE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} = -\sum_{r^1} WE_{q^{(0+1),r^1}}^{AT'} \end{array} \right. \quad \forall T, q^{(0+1)} \quad (17)$$

(16)式表示當目標航空公司在時區 T 決策向聯盟夥伴航空公司承租航機時，所承租之航機總數 $\sum_{r^0} \left(DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} \right)$ 必不大於聯盟夥伴航空公司在時區 T 所擁有之航機數總和 $\sum_{r^1} \left(E_{q^1r^1}^{BT'} + E_{q^1r^1}^{LT'} + DE_{q^{(0+1),r^1}}^{AT'} + WE_{q^{(0+1),r^1}}^{AT'} \right)$ ；同理可得，當目標航空公司在時區 T 決策聯盟出租航機給夥伴航空公司使用時，其出租航機數 $\sum_{r^0} \left| DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} \right|$ 必不大於目標航空公司本身在時區 T 所擁有之航機數總和 $\sum_{r^0} \left(E_{q^0r^0}^{BT'} + E_{q^0r^0}^{LT'} + DE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} \right)$ 。(17)式表示目標航空公司之聯盟承租航機總數即為夥伴航空公司之聯盟出租航機總數，反之亦然。

如前一節計算機隊容量方式，加以考慮目標航空公司所聯盟乾、濕租之航機總數，則目標航空公司在時區 T 內營運航線 r^0 之現有機隊總容量 $A_{r^0}^{T'}$ 為：

$$A_{r^0}^{T'} = \sum_{q^{(0+1)}} \left(E_{q^0r^0}^{BT'} + E_{q^0r^0}^{LT'} + DE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} + WE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} \right) Q_{q^0} K_{q^0r^0}^T \quad \forall T, r^0 \quad (18)$$

在滿足個別航線之預測未來旅客需求量的前提下，目標航空公司在時區 T 營運航線 r^0 之總航機容量乘上該航線之承載率 $L_{r^0}^T$ 須大於其所預測之未來旅客需求量 $F_{r^0}^T$ ，可以下列數學式表示：

$$L_{r^0}^T A_{r^0}^{T'} \geq F_{r^0}^T \quad \forall T, r^0 \quad (19)$$

依上一小節第式(4a)、式(4b)之觀念，加以考慮聯盟因素，則起始機隊狀態集合 $S_{r^0}^{T'}$ 包括購買、租賃及聯盟乾、濕租承租所得航機，即 $S_{r^0}^{T'} = \left\{ E_{q^0r^0}^{BT'}, E_{q^0r^0}^{LT'}, DE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}, WE_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} \right\}$ ；機隊規劃決策集合 $d_{r^0}^{T'}$ 包括買賣、租賃、聯盟乾租、聯盟濕租等四項決策，即 $d_{r^0}^{T'} = \left\{ N_{q^0r^0}^{BT'}, N_{q^0r^0}^{LT'}, DN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'}, WN_{q^{(0+1),r^0}}^{AT'} \right\}$ 。則 $S_{r^0}^{T'}$ 與 $d_{r^0}^{T'}$ 之關係式如下：

$$S_{r^0}^{T'} = S_{r^0}^{T-1'} + d_{r^0}^{T-1'} \quad (20a)$$

即

$$\begin{cases} E_{q^0 r^0}^{BT'} = E_{q^0 r^0}^{BT-1'} + N_{q^0 r^0}^{BT-1'} \\ E_{q^0 r^0}^{LT'} = E_{q^0 r^0}^{LT-1'} + N_{q^0 r^0}^{LT-1'} \\ DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} = DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT-1'} + DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT-1'} \\ WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} = WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT-1'} + WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT-1'} \end{cases} \quad \forall T, q^0, q^{(0+1)}, r^0 \quad (20b)$$

在聯盟航機租賃市場方面，航空公司所面對之航機市場並非如前述之整體航空市場，而是自身所經營之航空市場與聯盟夥伴之航空市場之旅客需求量波動相互影響而得，因此本研究令 w^0 、 w^1 分別代表目標航空公司與聯盟夥伴航空公司之旅客需求量波動情況，分為上升、持平、與下跌 (w^0 、 $w^1=1.2.3$) 三種情況。

另假設 $DH^{w^0 w^1}(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{DT})$ 、 $WH^{w^0 w^1}(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{WT})$ 分別表示在時區 T 、兩造航空公司所面臨之旅客需求量波動情況分別為 w^0 、 w^1 時，雙方經聯盟協商議定聯盟乾、濕租一架機型為 $q^{(0+1)}$ 之航機費用， $\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{DT}$ 、 $\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{WT}$ 分別代表 $q^{(0+1)}$ 機型航機在時區 T 所決定的乾租/濕租租期，可以下式表示：

$$\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{DT} = \sum_T \omega_{q^{(0+1)} r^0}^{DT} y^T, \quad \lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{WT} = \sum_T \omega_{q^{(0+1)} r^0}^{WT} y^T \quad \forall T, q^{(0+1)}, r^0 \quad (21)$$

其中 y^T 代表本研究所劃分之第 T 時區所包含年數。 $\omega_{q^{(0+1)} r^0}^{DT}$ 、 $\omega_{q^{(0+1)} r^0}^{WT}$ 則為虛變數，此虛擬變數與 $DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}$ 、 $WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}$ 有以下之關係式：

$$\omega_{q^{(0+1)} r^0}^{DT} = \begin{cases} 1, & \text{If } WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} > 0 \\ 0, & \text{else} \end{cases}, \quad \omega_{q^{(0+1)} r^0}^{WT} = \begin{cases} 1, & \text{If } WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} > 0 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad \forall T, q^{(0+1)}, r^0 \quad (22)$$

在租賃費用上，航空公司乾租航機僅向出租方承租航機機體本身，並未包括維修保養航機的部份，因此在乾租航機租金方面僅需支付出租方航空公司航機機體本身之租賃費用，而濕租不僅需付航機的租賃費用，且還包括航機之維修保養、設備資源的租用費及機組維修人員的薪資等。一般而言，當租賃航機之租期越長，出租方願意在航機租賃價格上給予較高的優惠，因此聯盟租賃航

機費用會隨著該航機之租期而改變，租期越長則航機租金有遞減的趨勢。本研究假設租金與租期有以下之關係式(此處以乾租費用代表，濕租費用亦同)，圖示於下圖 3.1。

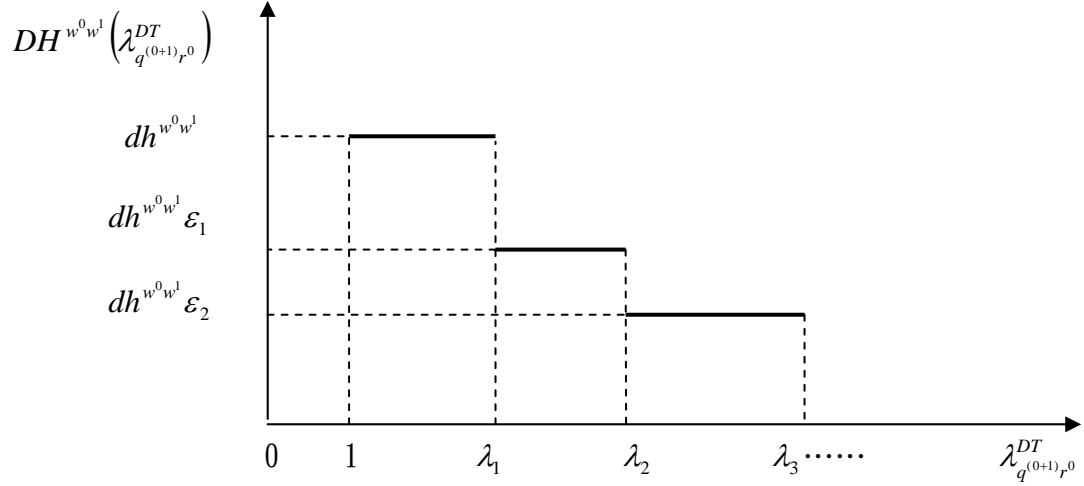



圖 3.1 航機乾租費用與租期關係圖



$$DH^{w^0 w^1}(\lambda_{q^{(0+1)}, r^0}^{DT}) = \begin{cases} 0 & \lambda_{q^{(0+1)}, r^0}^{DT} = 0 \\ dh^{w^0 w^1} & 0 < \lambda_{q^{(0+1)}, r^0}^{DT} < \lambda_1 \\ dh^{w^0 w^1} \epsilon_1 & \text{if } \lambda_1 \leq \lambda_{q^{(0+1)}, r^0}^{DT} < \lambda_2 \\ \vdots & \vdots \\ dh^{w^0 w^1} \epsilon_n & \lambda_n \leq \lambda_{q^{(0+1)}, r^0}^{DT} \end{cases} \quad \forall T, w^0, w^1, q^{(0+1)}, r^0 \quad (23)$$

$$0 < \lambda_1 < \lambda_2 \cdots < \lambda_n, 0 < \epsilon_n \cdots \epsilon_2 < \epsilon_1 < 1, \lambda_{q^{(0+1)}, r^0}^{DT}, \lambda_1, \lambda_2 \cdots \lambda_n \in I^+ \cup \{0\} \quad (24)$$

假設聯盟租賃約定提供 n 種折扣，當租期 $\lambda_{q^{(0+1)}, r^0}^{DT}$ 介於 0 與 λ_1 之間，航機之平均每年之乾租費用為 $dh^{w^0 w^1}$ ；當租期介於 λ_1 與 λ_2 之間，承租方願意給予折扣 ϵ_1 ，即平均租賃費用為 $dh^{w^0 w^1} \epsilon_1$ ；當租期介於 λ_2 與 λ_3 之間，則承租方願意給予折扣 ϵ_2 ，即平均租賃費用為 $dh^{w^0 w^1} \epsilon_2$ ，同理可推得 $dh^{w^0 w^1} \epsilon_n$ 。其中 $\lambda_{q^{(0+1)}, r^0}^{DT}$ ， λ_1 ， $\lambda_2 \cdots \lambda_n$ 均為非負整數，且 λ_1 ， $\lambda_2 \cdots \lambda_n$ 、 $dh^{w^0 w^1}$ 、 ϵ_1 ， $\epsilon_2 \cdots \epsilon_n$ 在此均為外生變

數。

因此聯盟後之目標航空公司在 T 時區內、旅客需求量波動情況分別為 w^0 、 w^1 時，航線 r^0 花費在建置現有機隊之總成本可修正為：

$$\begin{aligned} & \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{BT'} P_{q^0}^{Tw} X_g^T + \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{LT'} R_{q^0}^{Tdw} + \sum_{q^{(0+1)}} DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} DH^{w^0 w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{DT} \right) \\ & + \sum_{q^{(0+1)}} WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} WH^{w^0 w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{WT} \right) \quad \forall T, r^0, w, w^0, w^1 \end{aligned} \quad (25)$$

由於聯盟乾租航機僅限於航機機體的租賃使用，並未包括航機維修、租借其他設備及機組人員，因此若承租航機之航空公司沒有該機型航機之相關維修、操作人員及設備，則在使用或維修該航機時，將會花費高額成本(包括新設備之設置成本、機組人員之訓練成本或航機維修外包之成本)。反之，若航空公司能租用與自身擁有機型相同之航機，則可省下上述各項沉沒成本，且能有效利用現有之設備，達到規模經濟的效益，如下圖 3.2 所示。

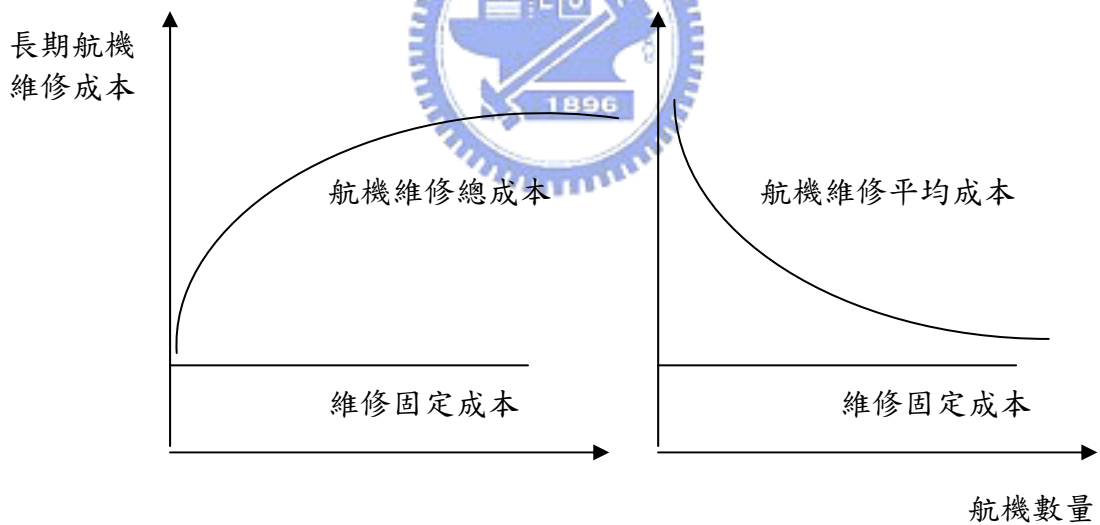


圖 3.2 長期維修成本示意圖

透過濕租策略聯盟的達成，目標航空公司與聯盟夥伴航空公司可以相互租借航機與機組維修人員，並可在航機的維修上採用聯合維修的方式來共同分擔航機維修費用。在聯盟濕租航機之協議內容中，承租方航空公司不僅租賃航機，需連同航機之維修(包含設備及機組人員)共同租賃。本研究假設該航機維修、設備及機組人員等相關費用為兩航空公司依照一比例 θ 共同分擔，若 $\theta=1$

則代表承租方航空公司需完全負擔維修該航機之費用，若 $\theta=0$ 則代表出租方航空公司需自行負擔維修航機之費用，而此負擔維修比例亦為影響聯盟協商互動之重要參考因素之一。假設 θ 為濕租聯盟達成後，兩造航空公司所議定之航機承租方負擔航機維修及機組人員薪資費用的比例關係，則目標航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況分別為 w^0 、 w^1 時，航線 r^0 所花費在維修航機的總成本為：

$$\sum_{q^{(0+1)}} V_{q^{(0+1)}}^T \left[\begin{array}{l} E_{q^0 r^0}^{BT'} + E_{q^0 r^0}^{LT'} + DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} + \phi_{q^{(0+1)} r^0}^{AT} WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} \times \theta \\ + (1 - \phi_{q^{(0+1)} r^0}^{AT}) WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} \times (1 - \theta) \end{array} \right] + M_{r^0}^T, \quad 0 \leq \theta \leq 1 \quad (26)$$

上式中 $\phi_{q^{(0+1)} r^0}^{AT}$ 為虛擬變數，此虛變數與目標航空公司在時區 T 所濕租航機之數目有以下之關係：

$$\phi_{q^{(0+1)} r^0}^{AT} = \begin{cases} 1, & \text{If } WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} > 0 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad \forall T, q^{(0+1)}, r^0 \quad (27)$$

綜合上述修改項目，目標航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況分別為 w^0 、 w^1 時，以現有機隊營運航線 r^0 所需付出之總營運成本 $TC_{r^0}^{Tww^0w^1}$ 如下式表示：

$$TC_{r^0}^{Tww^0w^1} = \left[\begin{array}{l} \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{BT'} P_q^{Tw} X_g^T + \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{LT'} R_q^{Tdw} + \sum_{q^{(0+1)}} DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} DH^{w^0w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{DT} \right) \\ + \sum_{q^{(0+1)}} WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} WH^{w^0w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{WT} \right) \end{array} \right] \\ + \left\{ \sum_{q^{(0+1)}} V_{q^{(0+1)}}^T \left[\begin{array}{l} E_{q^0 r^0}^{BT'} + E_{q^0 r^0}^{LT'} + DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} + \phi_{q^{(0+1)} r^0}^{AT} WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} \times \theta \\ + (1 - \phi_{q^{(0+1)} r^0}^{AT}) WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} \times (1 - \theta) \end{array} \right] + M_{r^0}^T \right\} + AOC_{r^0}^{Tw'} \\ \forall T, w, w^0, w^1 \quad (28)$$

在聯盟後的決策成本部份，本研究假設目標航空公司與聯盟夥伴航空公司之起始機隊狀態中，並不存在經由聯盟相互租賃所得之航機。另外，本研究所建構之目標式為航空公司中長期之動態營運決策最佳化，經由模式可計算求解出在研究期間內最適之聯盟航機租賃期限。根據上述假設，本研究在聯盟租賃

航機的情況下不會造成航空公司於研究期間中途違約退租航機之現象，故在本研究建構之模式中，不討論有關聯盟違約懲罰成本之相關部份。因此目標航空公司在時區 T 、旅客需求量波動情況分別為 w^0 、 w^1 時，航線 r^0 所做的機隊決策成本 $UC_{r^0}^{Tww^0w^1}$ 可修改為下式：

$$\begin{aligned}
UC_{r^0}^{Tww^0w^1} = & \sum_{q^0} \alpha_{q^0}^{BT'} N_{q^0 r^0}^{BT'} P_{q^0}^{Tw} X_g^T + \sum_{q^0} \beta_{q^0}^{LT'} N_{q^0 r^0}^{LT'} R_{q^0}^{Tdw} + \sum_{q^{(0+1)}} \gamma_{q^{(0+1)}}^{AT'} DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} DH^{w^0 w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{DT} \right) \\
& + \sum_{q^{(0+1)}} \delta_{q^{(0+1)}}^{AT'} WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} WH^{w^0 w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{WT} \right) - \sum_{q^0} \left(1 - \alpha_{q^0}^{BT'} \right) N_{q^0 r^0}^{BT'} \left| D_{q^0}^{Tw} + \sum_{q^0} \left(1 - \beta_{q^0}^{LT'} \right) N_{q^0 r^0}^{LT'} \right| Z_{q^0}^{Tew} \\
& - \sum_{q^{(0+1)}} \left(1 - \gamma_{q^{(0+1)}}^{AT'} \right) DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} \left| DH^{w^0 w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{DT} \right) - \sum_{q^{(0+1)}} \left(1 - \delta_{q^{(0+1)}}^{AT'} \right) WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} \right| WH^{w^0 w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{WT} \right)
\end{aligned}
\quad \forall T, r^0, w, w^0, w^1 \quad (29)$$

上式中 $\gamma_{q^{(0+1)}}^{AT'}$ 、 $\delta_{q^{(0+1)}}^{AT'}$ 與 $\alpha_{q^0}^{BT'}$ 、 $\beta_{q^0}^{LT'}$ 同為虛擬變數，此二變數與目標航空公司在時區 T 決策變動航機之數目有以下之關係：

$$\begin{cases} \gamma_{q^{(0+1)}}^{AT'} = 1 \\ \delta_{q^{(0+1)}}^{AT'} = 1 \end{cases} \quad \text{If} \quad \begin{cases} DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} > 0 \\ WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} > 0 \end{cases}, \quad \text{else} \quad \begin{cases} \gamma_{q^{(0+1)}}^{AT'} = 0 \\ \delta_{q^{(0+1)}}^{AT'} = 0 \end{cases} \quad \forall T, q^{(0+1)}, r^0 \quad (30)$$

依照前述式(10)之航機購買/租賃決策判斷式與式(11)之懲罰成本函數，聯盟後之動態機隊規劃模式亦存在該兩式之變數關係，在此不重複贅述。

整合上述各項聯盟後之成本項目，推得目標航空公司於時區 T ，航線 r^0 之機隊規劃總成本為 $C_{r^0}^{Tww^0w^1} = TC_{r^0}^{Tww^0w^1} + UC_{r^0}^{Tww^0w^1} + P_{r^0}^{Tw} (f_{r^0}^T) \quad \forall T, r^0, w, w^0, w^1$ ，進一步根據上一節個別航空公司之規劃模式之推演，可得研究時區內目標航空公司之機隊規劃總成本為 $\sum_T C_0^{*T'}(S_0^T)$ ，而聯盟夥伴航空公司之總成本為 $\sum_T C_1^{*T'}(S_1^T)$ ，以最小化聯盟後個別航空公司機隊規劃總成本為目標式，並分別以不大於聯盟前個別航空公司機隊規劃總成本為限制，可得聯盟後航空公司機隊規劃模式如下：

$$\min \sum_T C_0^{*T'}(S_0^T) \quad (31a)$$

$$\min \sum_T C_1^{*T'}(S_1^{T'}) \quad (31b)$$

s. t.

$$C_0^{T'}(S_0^{T'}, d_0^{Tww^0w^1'}) = \sum_{r^0} \sum_{w=1}^3 P_{r^0}^{Tw} [C_{r^0}^{Tww^0w^1'} + C_{r^0}^{*T+1'}(S_{r^0}^{T+1'})] \quad \forall T \quad (31c)$$

$$C_1^{T'}(S_1^{T'}, d_1^{Tww^0w^1'}) = \sum_{r^1} \sum_{w=1}^3 P_{r^1}^{Tw} [C_{r^1}^{Tww^0w^1'} + C_{r^1}^{*T+1'}(S_{r^1}^{T+1'})] \quad \forall T \quad (31d)$$

$$L_{r^0}^T A_{r^0}^{T'} \geq F_{r^0}^T, \quad L_{r^1}^T A_{r^1}^{T'} \geq F_{r^1}^T \quad \forall T, r^0, r^1 \quad (31e)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r^0} DN_{q^{(0+1)r^0}}^{AT'} = -\sum_{r^1} DN_{q^{(0+1)r^1}}^{AT'} \\ \sum_{r^0} WN_{q^{(0+1)r^0}}^{AT'} = -\sum_{r^1} WN_{q^{(0+1)r^1}}^{AT'} \end{array} \right\}, \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{r^0} DE_{q^{(0+1)r^0}}^{AT'} = -\sum_{r^1} DE_{q^{(0+1)r^1}}^{AT'} \\ \sum_{r^0} WE_{q^{(0+1)r^0}}^{AT'} = -\sum_{r^1} WE_{q^{(0+1)r^1}}^{AT'} \end{array} \right\} \quad \forall T, q^{(0+1)} \quad (31f)$$

$$\sum_T C_0^{*T'}(S_0^{T'}) \leq \sum_T C_0^{*T}(S_0^T) \quad (31g)$$

$$\sum_T C_1^{*T'}(S_1^{T'}) \leq \sum_T C_1^{*T}(S_1^T) \quad (31h)$$

$$\frac{\partial \left(\sum_{r^0} \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{LT} R_{q^0}^{Tdw} \right)}{\partial E_{q^0 r^0}^{LT}} N_{q^0 r^0}^{LT} > \frac{\partial \left(\sum_{r^0} \sum_{q^0} E_{q^0 r^0}^{BT} P_{q^0}^{Tw} X_g^T \right)}{\partial E_{q^0 r^0}^{BT}} N_{q^0 r^0}^{BT} \quad \forall T, q^0, r^0 \quad (31i)$$

$$\frac{\partial \left(\sum_{r^1} \sum_{q^1} E_{q^1 r^1}^{LT} R_{q^1}^{Tdw} \right)}{\partial E_{q^1 r^1}^{LT}} N_{q^1 r^1}^{LT} > \frac{\partial \left(\sum_{r^1} \sum_{q^1} E_{q^1 r^1}^{BT} P_{q^1}^{Tw} X_g^T \right)}{\partial E_{q^1 r^1}^{BT}} N_{q^1 r^1}^{BT} \quad \forall T, q^1, r^1 \quad (31j)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{q^0 r^0}^{BT'} = E_{q^0 r^0}^{BT-1'} + N_{q^0 r^0}^{BT-1'} \\ E_{q^0 r^0}^{LT'} = E_{q^0 r^0}^{LT-1'} + N_{q^0 r^0}^{LT-1'} \\ DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} = DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT-1'} + DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT-1'} \\ WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} = WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT-1'} + WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT-1'} \end{array} \right. \quad \forall T, q^0, q^{(0+1)}, r^0 \quad (31k)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{q^1 r^1}^{BT'} = E_{q^1 r^1}^{BT-1'} + N_{q^1 r^1}^{BT-1'} \\ E_{q^1 r^1}^{LT'} = E_{q^1 r^1}^{LT-1'} + N_{q^1 r^1}^{LT-1'} \\ DE_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'} = DE_{q^{(0+1)} r^1}^{AT-1'} + DN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT-1'} \\ WE_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'} = WE_{q^{(0+1)} r^1}^{AT-1'} + WN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT-1'} \end{array} \right. \quad \forall T, q^1, q^{(0+1)}, r^1 \quad (31l)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{q^0 r^0}^{BT'} \geq |N_{q^0 r^0}^{BT'}| \\ E_{q^0 r^0}^{LT'} \geq |N_{q^0 r^0}^{LT'}| \end{array} \right. \text{ If } \begin{array}{l} N_{q^0 r^0}^{BT'} < 0 \\ N_{q^0 r^0}^{LT'} < 0 \end{array}, \left\{ \begin{array}{l} E_{q^1 r^1}^{BT'} \geq |N_{q^1 r^1}^{BT'}| \\ E_{q^1 r^1}^{LT'} \geq |N_{q^1 r^1}^{LT'}| \end{array} \right. \text{ If } \begin{array}{l} N_{q^1 r^1}^{BT'} < 0 \\ N_{q^1 r^1}^{LT'} < 0 \end{array} \quad \forall T, q^0, q^1, r^0, r^1 \quad (31m)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r^1} (E_{q^1 r^1}^{BT'} + E_{q^1 r^1}^{LT'} + DE_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'} + WE_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'}) \geq \sum (DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} + WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}), \\ \text{If } \sum_{r^0} (DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} + WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}) \geq 0 \\ \sum_{r^0} (E_{q^0 r^0}^{BT'} + E_{q^0 r^0}^{LT'} + DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} + WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}) \geq \sum_{r^0} |DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} + WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}|, \\ \text{If } \sum_{r^0} (DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} + WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}) < 0 \end{array} \right. \quad \forall T, q^0, q^1, q^{(0+1)} \quad (31n)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r^0} (E_{q^0 r^0}^{BT'} + E_{q^0 r^0}^{LT'} + DE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'} + WE_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}) \geq \sum_{r^1} (DN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'} + WN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'}), \\ \text{If } \sum_{r^1} (DN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'} + WN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'}) \geq 0 \\ \sum_{r^1} (E_{q^1 r^1}^{BT'} + E_{q^1 r^1}^{LT'} + DE_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'} + WE_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'}) \geq \sum_{r^1} |DN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'} + WN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'}|, \\ \text{If } \sum_{r^1} (DN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'} + WN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'}) < 0 \end{array} \right. \quad \forall T, q^0, q^1, q^{(0+1)} \quad (31o)$$

$$N_{q^0 r^0}^{BT'}, N_{q^0 r^0}^{LT'}, N_{q^1 r^1}^{BT'}, N_{q^1 r^1}^{LT'}, DN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}, DN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'}, WN_{q^{(0+1)} r^0}^{AT'}, WN_{q^{(0+1)} r^1}^{AT'},$$

are integers

$$\lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{DT}, \lambda_{q^{(0+1)} r^0}^{WT}, \lambda_{q^{(0+1)} r^1}^{DT}, \lambda_{q^{(0+1)} r^1}^{WT}$$

$$\forall T, q^0, q^1, r^0, r^1 \quad (31p)$$

式(31a)、(31b)為聯盟航空公司動態機隊規劃之目標式，分別為最小化聯盟後個別航空公司機隊規劃總成本。式(31c)、(31d)為目標航空公司與聯盟夥伴航空公司在時區 T 之現有機隊總成本關係式。式(31e)表示機隊容量需滿足該時區各航線之預測旅客需求量。式(31f)為聯盟乾、濕乾租決策變數及狀態變數之關係式，表示目標航空公司之承租航機即為聯盟夥伴航空公司之出租航機，反之亦然。式(31g)、(31h)為成本限制式，即聯盟後目標航空公司與聯盟夥伴航空公司之總成本不大於聯盟前之總成本。式(31i)、(31j)為航機購買/租賃決策判斷式。式(31k)、(31l)為各時區機隊之動態規劃關係式。式(31m)、(31n)、(31o)為該時區決策變動機隊數與起始機隊數之關係式。式(31p)表示決策變數為整數之限制。



3.3 航空公司動態機隊規劃模式求解步驟

本研究將航空公司動態機隊規劃分為兩部份，第一部份為個別航空公司在聯盟前，僅考慮購買新航機、淘汰舊航機、一般新租航機與停租航機等四項決策，配合該航線上所預測之未來旅客需求量變動情形，進行研究時區內之機隊規劃決策；第二部份為兩照航空公司透過達成聯盟協議相互租借航機使用，除原本四項機隊規劃決策之外，另增加聯盟乾、濕租之承租與出租(或回收與退回)航機等四項決策，在允許兩照航空公司相互租借航機之情況下，配合雙方之未來旅客需求量變動情況進行機隊規劃。本研究在此分別將個別與聯盟航空公司動態機隊規劃模式之求解步驟敘述如下，以下 3.3.1 節為個別航空公司動態機隊規劃模式求解步驟；3.3.2 節為聯盟航空公司動態機隊規劃求解步驟。

3.3.1 個別航空公司動態機隊規劃模式求解步驟

Step 1 :

首先收集本研究所選取之各航線歷年實際旅客需求量，參考應用許巧鶯、

溫裕弘(1997)與許巧鶯、劉素妙(2002)之研究所建構之灰色拓樸旅客需求量預測模式進行未來旅客需求量預測，再根據該研究所應用之馬可夫鏈狀態轉移機率矩陣，計算各航線相鄰時區間之旅客需求量狀態上下波動轉移機率，此機率值即為兩相鄰時區預期未來旅客需求量的波動情況配對組合的發生機率值。

Step 2 :

將研究時區內 Step 1 所預測各航線之每年旅客需求量依照航空公司進行機隊規劃決策間隔年數劃分為數個時區，以時區為單位重新調整旅客需求量，並假設兩航空公司皆於相同時間，即每個時區之起始時間進行機隊規劃決策，其所決策出之機隊容量需滿足該時區內所營運航線之預測旅客需求量。

Step 3 :

將所收集之兩航空公司各項相關成本及航線市場佔有率、飛航頻次等數據資料與 Step 1 所預測求得之未來旅客需求量、兩相鄰時區間之旅客需求量變動機率與兩航空公司航機之起始狀態分別代入本研究所建構之個別航空公司動態機隊規劃模式求解，即可得到在最小化機隊規劃期望總成本的目標式下，兩航空公司分別在不同的時區與不同的旅客需求量變動情況下所做出之機隊規劃變動決策與期望總成本。

3.3.2 聯盟航空公司動態機隊規劃模式求解步驟

根據 Sakawa(1993)之研究，一般而言，在多目標規劃模式中，通常並不存在同時最佳化所有目標式之完全最佳解，因此以往相關之研究文獻多援引柏拉圖最適(Pareto Optimality)之概念，求解多目標規劃模式之柏拉圖最適解，替代不存在之完全最佳解。所謂柏拉圖最適解，根據 Cohon(1978)之解釋，若沒有任何一個目標式能在不損害其他目標式之情況下達到更佳之目標值時，即為柏拉圖最適解。在此，本研究參考 Hsu and Wen(2000)之研究，應用 Yu and Leitmann(1974)的妥協解規劃法(Compromise Programming Method)之觀念，求解柏拉圖最適解中與理想解最接近之解。

妥協解規劃法之意義為決策者在面對諸多不能同時達到的目標之下，會傾向於對每一個目標都降低要求，直到能夠變成可行之方案為止，其求解方式首

先需分別單獨最大化個別目標式，可得到個別目標式之最佳解，將所有個別目標式最佳解組合即為該模式之理想解。令 Z_1^* 、 Z_2^* 分別為單獨最大化兩目標式所得之目標函數值，因此，其理想解定義為 $Z^{ideal} = (Z_1^*, Z_2^*)$ ，以數學式表示如下：

$$\max V = [Z_1(x), Z_2(x)] \quad (32)$$

$$\text{s. t. } X \in S \quad (33)$$

其中， X 為決策變數之集合， S 為可行解區域。

基本上，妥協解規劃法之主要精神為決策者會選擇距離理想解最近的點當作決策解，因此 Yu(1973) 提出一組衡量距離的公式，以數學式表示如下：

$$L_p = \left[\sum_{i=1}^n W_i^p (Z_i^* - Z_i)^p \right]^{1/p}, P = 1, 2, \dots, \infty \quad (34)$$

其中， W_i 為第 i 個目標值的權重， P 為參數。假設 W_i 均設為 1，且 $n=2$ ，則可觀察出 L_p 的直觀意義，當 $P=1$ ， L_p 為兩點間縱向距離與橫向距離之加總，當 $P=2$ ， L_p 即為兩點間直線距離，當 P 超過 2 時，則很難想像其直觀意義。上述之 W_i 代表決策者對目標之偏好，而 P 則代表決策者對差距之衡量原則，亦為偏好的一種，如果決策者給定 W_i 值與 P 值，則妥協規劃法可將原多目標規劃模式改寫如下：

$$\min L_p = \left\{ \sum_{i=1}^n W_i^p [Z_i^* - Z_i(x)]^p \right\}^{1/p} \quad (35)$$

$$\text{s. t. } X \in S \quad (36)$$

根據(36)式與(37)式將原多目標規劃模式改寫，求解所得即為柏拉圖妥協最適解。依照上述之各項觀念與求解方法，則可應用於本研究之聯盟航線動態機隊規劃模式中，其求解步驟分列於下。


Step 1 :

如同個別航空公司動態機隊規劃求解步驟，首先收集兩照航空公司之各項相關資料，並分別預測及計算出個別航空公司所營運航線之未來旅客需求量及需求量變動機率，代入個別航空公司機隊規劃模式求解，得出尚未達成聯盟協議之前，兩照航空公司最佳之機隊規劃決策與期望成本。

Step 2 :

針對聯盟航空公司動態機隊規劃模式中所需考慮之聯盟相關參數，如聯盟維修成本折減因子、聯盟乾、濕租航機租金與折扣係數等，詢問兩照航空公司決策者共同決議出一可接受之起始值，做為本模式之各項聯盟參數值，若雙方決策者無法決定，則本研究先以合理之假設值代入參數計算，並於其後進行重要參數之敏感度分析。

Step 3 :



將 Step 1 與 Step 2 兩步驟所求得之期望成本與各項參數資料，代入本研究所建構之聯盟航空公司動態機隊規劃模式中，分別以最小化聯盟後個別航空公司機隊規劃期望總成本為目標式，並加上不大於聯盟前個別航空公司機隊規劃期望總成本之限制式，依照上述之妥協解規劃法改寫原始之多目標模式，求解即可得兩照航空公司在不同的時區與不同的旅客需求量變動情況下，在每個時區個別的機隊規劃決策(包括航機的買賣、租賃或停租、聯盟承租或出租)及聯盟租賃航機租約期限之柏拉圖最適解。

3.4 聯盟航空公司機隊協商互動步驟

本研究在滿足聯盟達成後兩照航空公司個別總成本不大於聯盟前總成本的條件下，求解以最小化聯盟後各別航空公司總成本為目標式之動態機隊規劃妥協解，此妥協解雖然以限制式使聯盟後之成本不大於聯盟前，卻有可能產生兩家航空公司成本降低幅度差異過大，造成兩照航空公司其中某一方不願接受該規劃結果，致使聯盟後之動態機隊規劃模式需重新修正。

本研究在修正模式的過程中，加入雙方決策者在參考前一階段所求解而得

之機隊規劃妥協解之後所提出之新增規劃限制式，並以原模式假設之聯盟參數，即聯盟乾、濕租航機租金，聯合維修共同負擔之比例關係，及聯盟航機租期與租金之折扣關係，做為協商互動之調整變數，反復協商求解結果至兩照航空公司決策者皆能滿意該可行解為止。因此本研究採用以下四個步驟，模擬雙方協商互動的情況，加入因應之限制條件，以求得最終雙方可接受之聯盟動態機隊規劃協商妥協解：

Step 1：

首先在聯盟航空公司動態機隊規劃模式中，將多目標規劃模式簡化為單一目標式，以上述之妥協解規劃法求解聯盟航空公司動態機隊規劃之多目標規劃模式，所得之結果即為兩航空公司機隊規劃之柏拉圖最佳解，並以此解做為兩航空公司互動協商之起始解。

Step 2：

以前一步驟所求出之起始解做為參考值，分別詢問目標航空公司及聯盟夥伴航空公司之決策者，選擇其所代表之航空公司所期望達到之目標值水準，或期望對求解結果新增之限制條件，調整兩照航空公司聯盟間之各項參數設定，若兩照決策者可以接受所求出之機隊規劃起始解，則以 Step 1 所求得之模式起始解作為兩照航空公司之協商妥協解。

Step 3：

若任一航空公司決策者無法接受起始解，則將該決策者所要求之新增限制條件列入聯盟航空公司動態機隊規劃模式中，重新以妥協解規劃法進行多目標模式之求解步驟，求解得出協商後之機隊規劃妥協解。

Step 4：

再次詢問雙方決策者是否滿意所求得之目標值，若雙方皆滿意，則協商終止，所得解即為聯盟航空公司動態機隊規劃妥協解；若不滿意，則需請雙方決策者再次回到 Step 2，重新決策或放鬆限制條件，並求解新的機隊規劃妥協解，直到雙方決策者皆滿意為止，即得兩照航空公司機隊規劃之協商妥協解。

第四章 實證分析

本研究在此將收集兩家國際航空公司實際相關資料分別代入所建構之個別/聯盟動態機隊規劃模式中，求解動態機隊規劃之最佳解及聯盟機隊規劃之妥協解，以驗證本研究所建構之數學模式應用於實務上之可行性。此部份將以國內兩家國際航空公司為範例分析對象，藉由參考其公開之年度財務報表或訪問內部人員所獲得之相關資訊，加上交通部及民航局所公布之各項公開資料與國外之相關網站，收集求解模式所需之各項資料。由於各家航空公司間相互競爭激烈，其公司內部多項資料皆視為機密，本研究所需之相關參變數資料可能涉及該航空公司之商業機密範圍而無法獲得，因此在不失一般性與合理性的假設前提之下，本研究將參考過去相關文獻或利用可獲得之資料進行推估及假設。

在航線的需求量預測及景氣變動機率方面，本研究將參考許巧鶯、劉素妙(2002)之研究，應用灰色拓樸預測結合馬可夫鏈預測模式的方式預測未來旅客需求量與景氣變動機率值，調整後做為各航線之假設未來旅客需求量以進行本研究之實證分析。在實證分析中，首先將分別針對兩家航空公司各別進行在尚未達成聯盟協議之情況下，求解之最佳動態機隊規劃，並求得各時區進行機隊規劃決策所需之成本及總成本，再求解聯盟後之動態機隊規劃模式，求得兩照航空公司分別於聯盟後之機隊規劃可行解決策及其成本，最後再以情境模擬的方式，假設兩照航空公司之決策者根據所求得之可行解進行協商互動的談判動作，重新增加或放鬆限制式並重新求解，直到達成協議，即為最終之聯盟航空公司動態機隊規劃妥協解。其後針對模式中重要變數之變動情形進行敏感度分析，探討這些變數的變動對於聯盟的機隊規劃與成本所產生之影響。

本實證分析將應用數值分析軟體 LINGO 8.0 版進行動態機隊規劃數學模式之計算與求解。

本研究以 4.1 節描述實證分析所選定之兩家航空公司起始機隊狀態資料，並列出所收集之航空公司相關成本與航線資料；4.2 節為航空公司動態機隊規劃模式之求解結果，包含 4.2.1 節個別航空公司動態機隊規劃模式之求解結果、4.2.2 節聯盟航空公司動態機隊規劃模式求解結果與 4.2.3 節聯盟航空公司協商互動求解結果；4.3 節為重要聯盟參數之敏感度分析。

4.1 個別航空公司起始機隊狀態

本研究以國內兩家航空公司 A 航與 B 航為實證分析之對象，有關兩航空公司之營運航線、航點分別以下表 4.1、4.2 所示，機隊機型、數量、座位數及平均機齡等基本資料分別如下表 4.3、4.4 所示：

表 4.1 A 航空公司航點

歐洲	阿姆斯特丹、法蘭克福、羅馬、盧森堡*、曼徹斯特*
亞洲	東京、福岡、名古屋、琉球、漢城、香港、曼谷、普吉島、雅加達、棉蘭、峇里島、河內、胡志明市、吉隆坡、檳城、新加坡、阿布達比*、德里、可倫坡*、馬尼拉
美洲	安格拉治、夏威夷、洛杉磯、紐約、舊金山、芝加哥*、達拉斯@、邁阿密*、溫哥華、西雅圖*、納許維爾*、亞特蘭大@、辛辛那提@、鹽湖城@
大洋洲	雪梨、布里斯本、關島
國內	台北、高雄

資料來源：A 航空公司公開資料，本研究整理

表 4.2 B 航空公司航點

歐洲	阿姆斯特丹、布魯塞爾*、倫敦、巴黎、維也納、米蘭*、法蘭克福*
亞洲	孟買*、東京、大阪、札幌、福岡、香港、澳門、泗水、曼谷、雅加達、峇里島、胡志明市、吉隆坡、檳城、金邊、新加坡、馬尼拉、河內、漢城、德里*
美洲	安克拉治*、亞特蘭大*、達拉斯*、甘迺迪*、芝加哥*、洛杉磯、紐約、舊金山、溫哥華、西雅圖
大洋洲	雪梨、布里斯本、奧克蘭@
國內	台北、高雄
中東	杜拜*、沙迦*

資料來源：B 航空公司公開資料，本研究整理

在航空公司經營航點方面，「*」代表僅提供貨運業務之航點，「@」代表

該航空公司與其他航空公司合營之航點。根據本研究所收集整理兩航空公司資料顯示，A 航空公司營運 44 個航點，其中 8 個航點僅提供貨運服務，並無搭載旅客，另有 4 個航點為 A 航空公司與其他航空公司聯營的情況；而 B 航空公司同樣也服務 44 個航點，其中有 12 個航點僅提供貨運服務，另有 1 個航點與其他航空公司聯營。

表 4.3 A 航空公司機隊狀態

機型	座位數	數量	平均機齡(年)
B747-400	397~411	13	5.9
B737-800	158	12	
A300-600R	265	12	
A340-300	276	7	
B747-400F(貨機)	0	15	

資料來源：A 航空公司公開資料，本研究整理

表 4.4 B 航空公司機隊狀態

機型	座位數	數量	平均機齡(年)
B757-200	178	1	2.98
B747-400	368~386	5	6
B747-400 Combi	272	10	7.5
B767-300ER	216~226	4	10.1
B767-200	212	4	7.8
MD-11	275	1	7.3
A330-200	252	2	0.01
MD-90	134~152	3	6.25
B747-400F(貨機)	0	4	0.9
MD-11F(貨機)	0	11	4.35

資料來源：B 航空公司公開資料，本研究整理

在兩航空公司機隊狀態方面，A 航空公司之總航機數為 59 架，其中 44 架為客機，15 架為貨機，其營運機隊機型種類較為精簡，僅以 B747-400、B737-

800、A300-600R、A340-300 四種機型營運客運航線，而以 B747-400F 經營貨運航線；而 B 航空公司之總航機數為 45 架，其中 30 架為客機，15 架為貨機，其營運機隊機型種類較 A 航空公司為多，以 B757-200、B747-400、B747-400 Combi、B767-300ER、B767-200、MD-11、A330-200、MD-90 等八種機型營運客運航線，而以 B747-400F、MD-11F 兩種機型營運貨運航線。

本研究為簡化分析，將依據兩航空公司之航線及其機隊狀況，從中各選擇四條航線分別進行個別航空公司動態機隊規劃與聯盟航空公司動態機隊規劃。預計每一地區選擇一條航線，使航空公司之旅客需求量變動包含不同情況，避免造成所有航線受同一地區之相同因素影響，而使該航空公司內之所有航線產生相同之旅客需求量變化情況。所選擇之航線將考慮營運該航線之機隊組成狀況，儘可能涵蓋多種主要營運機型，且該航線為旅客需求量較高、流量較大之航線，以突顯機隊規劃總成本之變動。

一般而言，航空公司所營運之各航線上旅客需求量差異甚大，在旅客需求量較小的航線，其航機飛航班次也相對較少，若營運之航機只固定服務該航線，則會產生較高的航機閒置成本，且該航空公司營運所有航線所需之航機數將較原有航機數多，更會產生高額之航機購置成本，因此航空公司基於成本考量，在班次時間能夠配合的情況下，可能將其所營運之航線網路中旅客需求量較少之數條航線以相同航機營運，以達到提高航機利用率減少高額成本的目的。然而在本研究中，若同一架航機營運一條以上之航線，可能造成航機成本、維修成本、飛航頻次等估算出現問題，因此本研究起始假設各航線之營運航機並無服務多條航線之情況，且在選擇實証分析之航線時，盡量避免選取存在此種情況之航線。

本研究之起始假設兩航空公司之起始狀態為相互不聯盟之情況。目前世界各國之航空公司多存在相互共用班號聯盟，或以其他聯盟方式營運某些特定航線，以擴大自身航空公司之航空網路，追求更高的利潤。本研究實証分析對象之兩航空公司之營運航線同樣存在與其他國外航空公司共用班號聯營的航線，由於共用班號聯盟為聯盟之航空公司共同飛航服務該航線上之乘客，致使該航線之航機飛航班次增加，但增加之飛航班次並非由同一航空公司負責，而是分配給所有聯營該航線之航空公司，因此該航線之旅客需求量變動所造成的影響也並非由同一家航空公司所承擔。為避免本研究所探討影響航空公司機隊規劃決策之因素受到其他聯盟航空公司之影響，在選擇本研究實証分析之航線時，將暫不考慮原航空公司已經與其他航空公司達成聯盟之航線進行分析，僅

以兩航空公司原有之獨立營運航線為分析對象。

根據上述各項航線選擇考量因素，本研究所選定兩航空公司之分析航線起點皆設定為台北，目的地分別為 A 航空公司選羅馬(ROM)、漢城(SEL)、洛杉磯(LAX)和布里斯本(BNE)四航線，B 航空公司選巴黎(PAR)、東京(TYO)、舊金山(SFO)和雪梨(SYD)四航線。下表 4.5 顯示兩航空公司所選航線與該航線所使用之營運航機機型配對情況，表 4.6 則表示各航線航機班號、頻次跟票價。

表 4.5 航線與營運航機機型配對情況

航空公司	航線	營運航機機型	架數
A 航空公司	羅馬(ROM)	A340-300	2
	漢城(SEL)	B747-400	1
		B737-800	1
	洛杉磯(LAX)	B747-400	3
布里斯本(BNE)	A340-300	1	
B 航空公司	巴黎(PAR)	B747-400	1
	東京(TYO)	B767-300ER	3
	舊金山(SFO)	B747-400Combi	2
	雪梨(SYD)	B767-300ER	1

資料來源：兩航空公司公開資料，本研究整理

表 4.6 航線航機班號、頻次與票價對照表

航空公司	航線	航機班號	單程頻次 (趟/週)	票價 (NT)
A 航空公司	羅馬(ROM)	061(買)	4	34230
		067(租)	4	
	漢城(SEL)	100(買)	7	9765
		556(買)	7	
	洛杉磯(LAX)	004(買)	7	31500
		006(買)	7	
		008(租)	7	
布里斯本(BNE)	053(租)	2	32550	
B 航空公司	巴黎(PAR)	0087(買)	3	34320
	東京(TYO)	2192(租)	7	13520
		2196(買)	7	
		2198(買)	7	
	舊金山(SFO)	0018(買)	7	34840
		0028(買)	3	
	雪梨(SYD)	0311(租)	2	31720

資料來源：兩航空公司公開資料，網路票價查詢系統，本研究整理

由表 4.5 可得知航空公司是否使用不同機型之航機營運同一航線，而從其使用航機之架數與頻次可反應出該航線旅客需求量的多寡。表 4.6 所示之班機編號，表示航空公司用以營運該航線的航機所給定之編號，對照兩航空公司之班機時刻表與內部營運資料，則可得知航空公司是否以同一架航機營運不同航線，且可整理得知同一機型之不同航機營運該航線之頻次。在票價方面，本研究參考 <http://www.ftstour.com.tw/Default.asp> 之訂票查詢系統，選擇一般經濟客艙，有效期間為半年以內之旅遊票價。

在本研究所建構之動態機隊規劃模式中，各航線於每決策時區之機隊容量承上該航線之乘載率必須大於所預測之未來旅客需求量，根據民航局民國九十二年之統計資料，兩航空公司於本研究所選擇各航線之航線乘載率以下表 4.7 所示：

表 4.7 航空公司於航線之乘載率

航空公司	航線	乘載率
A 航空公司	羅馬(ROM)	70.9%
	漢城(SEL)	75.3%
	洛杉磯(LAX)	80.3%
	布里斯本(BNE)	68.9%
B 航空公司	巴黎(PAR)	73.2%
	東京(TYO)	70.6%
	舊金山(SFO)	74.2%
	雪梨(SYD)	70.8%

資料來源：民航局統計資料、本研究整理

在航機購買成本方面，航機的製造出廠年份會影響到航機之購買價格，加上每年經濟情況通貨膨脹之影響，航機現值隨這些因素影響不斷產生變動，下表 4.8、4.9、4.10 為假設未來通貨膨脹率為 2.5% 之情況下，A 航空公司之三種機型航機現值變動情況。

表 4.8 B747-400 型航機現值變動情況

年份	市場現值	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1993	59.5	76.3	73.8	71.4	69.0	66.6	64.3	62.0	59.8	57.7
1994	62.8	80.6	77.8	75.2	72.8	70.3	67.8	65.5	63.2	61.0
1995	66.5	85.3	82.1	79.3	76.7	74.2	71.7	69.2	66.8	64.4
1996	70.3	90.1	86.9	83.7	80.8	78.2	75.7	73.1	70.5	68.1
1997	74.3	95.2	91.9	88.6	85.4	82.4	79.7	77.2	74.5	71.9
1998	78.3	100.4	97.1	93.7	90.3	87.0	84.0	81.3	78.7	75.9
1999	84.3	108.1	102.4	98.9	95.5	92.0	88.7	85.6	82.9	80.2
2000	89.5	114.7	110.4	104.5	101.0	97.5	93.9	90.6	87.4	84.7
2001	101.3	121.3	117.5	113.2	107.2	103.5	99.9	96.3	92.8	89.6
2002	115.9	127.6	124.4	120.5	116.0	109.8	106.1	102.4	98.7	95.1
2003	X	138.0	132.2	129.2	125.1	121.3	114.2	110.4	106.5	102.7

單位：百萬美元

資料來源：AVITAS、A 航空公司提供

表 4.9 B737-800 型航機現值變動情況

年份	市場現值	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1997	29.2	29.2	28.0	26.8	25.7	24.7	23.7	22.6	21.5	20.6
1998	31.3	31.3	30.0	28.7	27.5	26.3	25.3	24.3	23.1	22.1
1999	33.5	33.5	32.0	30.7	29.4	28.2	27.0	26.0	24.9	23.7
2000	35.8	35.8	34.3	32.8	31.5	30.2	28.9	27.7	26.6	25.5
2001	38.2	38.2	36.7	35.2	33.7	32.3	30.9	29.6	28.4	27.3
2002	40.5	40.5	39.2	37.6	36.1	34.5	33.1	31.7	30.4	29.1
2003	X	44.0	42.0	40.8	39.2	37.6	35.9	34.5	33.1	31.6

單位：百萬美元

資料來源：AVITAS、A 航空公司提供

表 4.10 A340-300 型航機現值變動情況

年份	市場現值	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1993	37.3	46.7	44.4	42.3	40.1	38.1	36.1	33.9	31.5	29.4
1994	40.4	50.4	47.8	45.5	43.4	41.1	39.1	37.0	34.7	32.3
1995	43.4	54.3	51.7	49.0	46.7	44.5	42.1	40.1	37.9	35.6
1996	46.9	58.6	55.6	53.0	50.3	47.8	45.6	43.2	41.1	38.8
1997	50.8	63.5	60.0	57.0	54.3	51.5	49.0	46.7	44.3	42.1
1998	55.1	68.9	65.1	61.5	58.5	55.7	52.8	50.3	47.9	45.4
1999	61.5	76.9	70.6	66.7	63.1	59.9	57.1	54.1	51.5	49.1
2000	67.0	83.7	78.8	72.4	68.4	64.6	61.4	58.5	55.5	52.8
2001	76.9	90.5	85.8	80.8	74.2	70.1	66.3	62.9	60.0	56.9
2002	89.1	97.2	92.7	87.9	82.8	76.1	71.9	67.9	64.5	61.5
2003	X	107.4	101.1	96.9	91.7	87.3	79.5	75.2	71.0	67.4

單位：百萬美元

資料來源：AVITAS、A 航空公司提供

由於本研究無法收集所選擇 B 航空公司之三種航機購買價格，因此本研究

參考應用許巧鶯、劉素妙(2002)之研究資料，加上 B 航空公司公開發行之年報資料進行合理之推估，以求得本研究所需資料。航空公司購買新航機之價格通常是由航空公司決策者與航機製造廠商或欲出售航機之公司相互協商談判所定，其訂定最後成交之價格不只參考該航機之現值，實務上決策者的考量因素仍包括許多航空市場間之商業因素，因此各家航空公司取得航機之最後價格常較該航機之現值為低，存在一折扣關係，且各航空公司間所取得之折扣也不盡相同。由於各航空公司對於所取得之折扣(即航機之實際購買價格)皆視為商業機密，因此本研究在實證分析上皆以該航機之現值替代航機之購買價格，不考慮此購買折扣關係。

另一方面，航空公司在決策購買航機之狀況下，除了向航機製造廠商訂購之外，實務上仍可選擇承接國際其他航空公司所汰換(仍在使用期限內)之舊航機，不僅能降低購買新航機之高額成本，且能避免下訂單購買新航機至航機交機之時效性延遲，以及時因應不預期之旅客需求量上升所造成之航機容量不足之情況；然而本研究發展之動態機隊規劃模式係根據所預測之未來旅客需求量，提前規劃機隊狀態，以利航空公司決策者能配合機隊規劃決策時程提前下訂單新購航機，研究範圍並無法得知在未來各時區之航空市場是否存在淘汰之舊航機及其價格可供購買，因此本研究在決策購買航機時，皆假設航空公司決定購買新航機，不考慮承接舊航機之情況，若於實際情況，航空公司決策者發現該時區內存在適合之舊航機可購買，仍可考慮以承接舊航機代替購買新航機以減少成本。

在航機租賃成本方面，如同航機之購買成本，皆為航空公司內部之商業機密，本研究取得之資料甚少且不適合公開於本文中，在此即無法將該資料陳列於下，另外在本研究模式中非決策相關參數(如航機的固定資產資本回收因子乘數 X_g^T 、固定維修成本 $M_{r,0}^T$ 、 $M_{r,1}^T$ 等)及無法取得資料的部份，本研究亦參考相關文獻及各項公開發行資料，進行合理之推估與假設，以完成本研究之實證分析。

在運量預測方面，本研究採用許巧鶯、溫裕弘(1997)、Hsu and Wen(2000)與許巧鶯、劉素妙(2002)之研究，應用灰色拓樸預測結合馬可夫鏈預測模式的方式預測未來旅客需求量與變動機率值，調整後做為本研究之各航線假設未來旅客需求量資料進行本研究之實證分析，詳細之需求量預測及與變動機率之演算步驟請參考上述研究，本研究在此不再詳述。下表 4.11 為本研究所假設從民國九十三年至民國一百年之各航線未來旅客需求量，圖 4.1 至 4.8 則為各航線

未來旅客需求量之折線圖，表 4.12 至 4.19 為本研究假設之各航線未來旅客需求量於研究時區內每年變動之機率。

表 4.11 各航線未來旅客年需求量

航線		年份							
		93 年	94 年	95 年	96 年	97 年	98 年	99 年	100 年
A 航 空 公 司	羅馬 (ROM)	363700	325838	317580	304140	274516	309953	290000	284645
	漢城 (SEL)	386621	405945	431148	385945	365001	360721	380721	365871
	洛杉 磯 (LAX)	1018182	1164923	1499598	1395575	1358185	1601528	1415976	1558184
	布里 斯本 (BNE)	32362	61129	53937	56634	53937	40067	59331	53937
B 航 空 公 司	巴黎 (PAR)	81905	74783	81794	78344	81015	76341	82054	73002
	東京 (TYO)	2280433	2155009	2109400	2174555	2076823	2194916	2223422	2101255
	舊金 山 (SFO)	652340	805232	896968	815425	856196	815425	856196	829015
	雪梨 (SYD)	74167	72968	69481	77804	90585	84041	89826	84650

單位：人次

資料來源：本研究假設估計

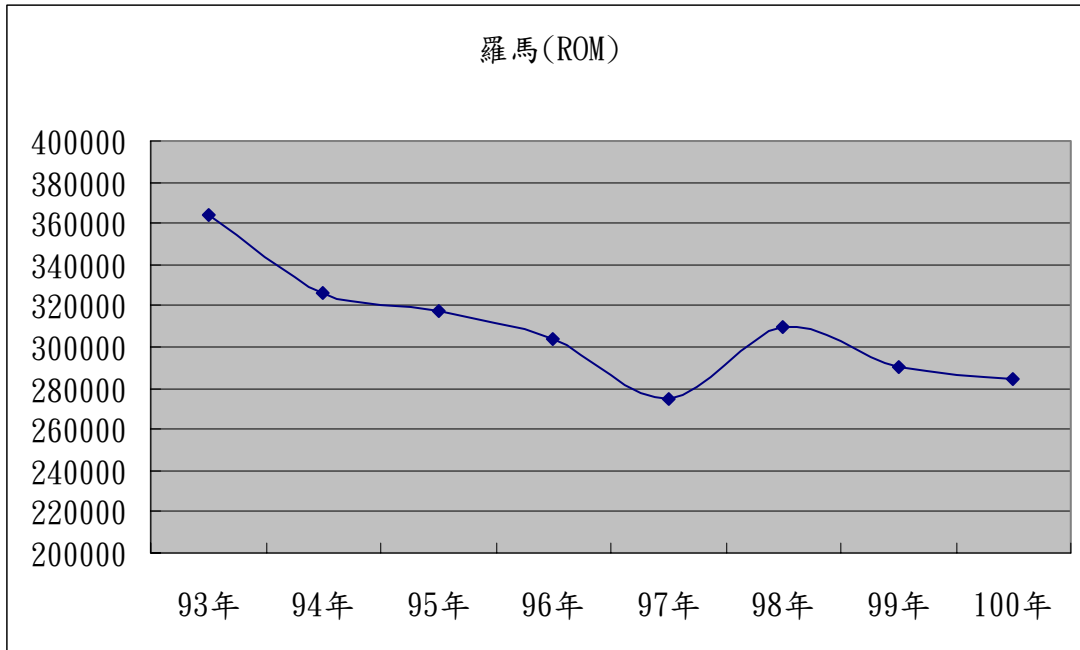


圖 4.1 羅馬航線未來旅客需求量折線圖

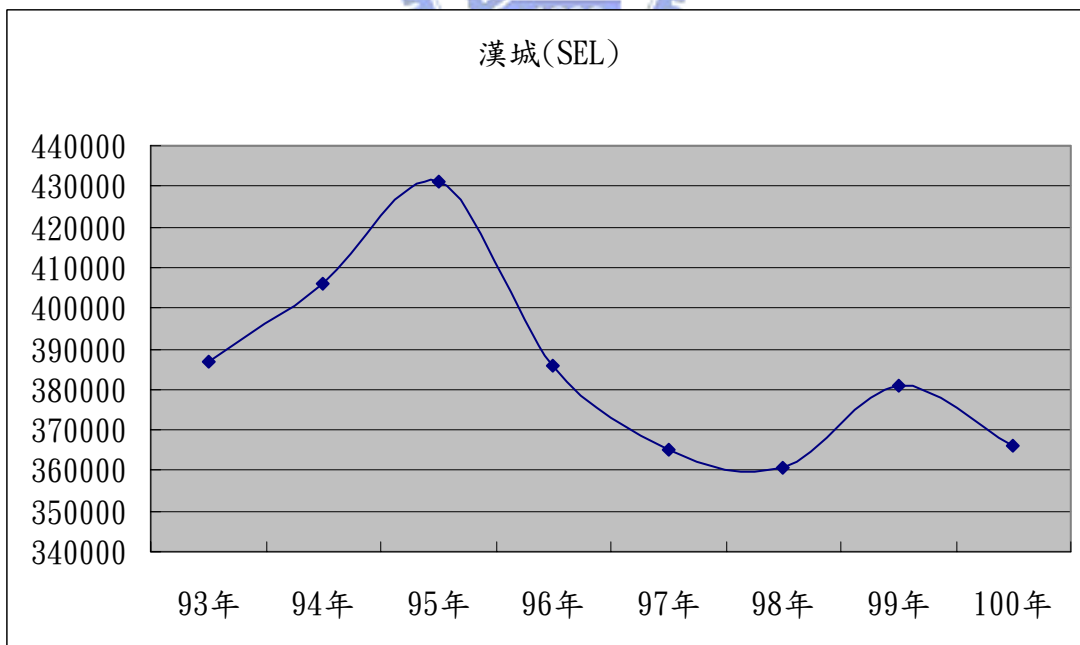


圖 4.2 漢城航線未來旅客需求量折線圖

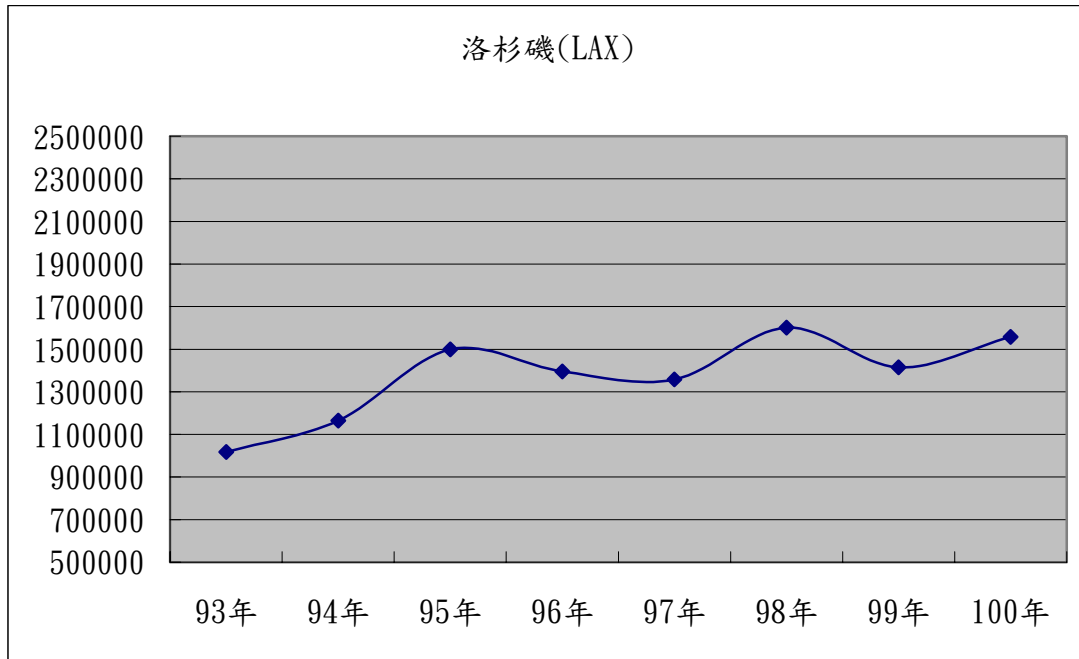


圖 4.3 洛杉磯航線未來旅客需求量折線圖

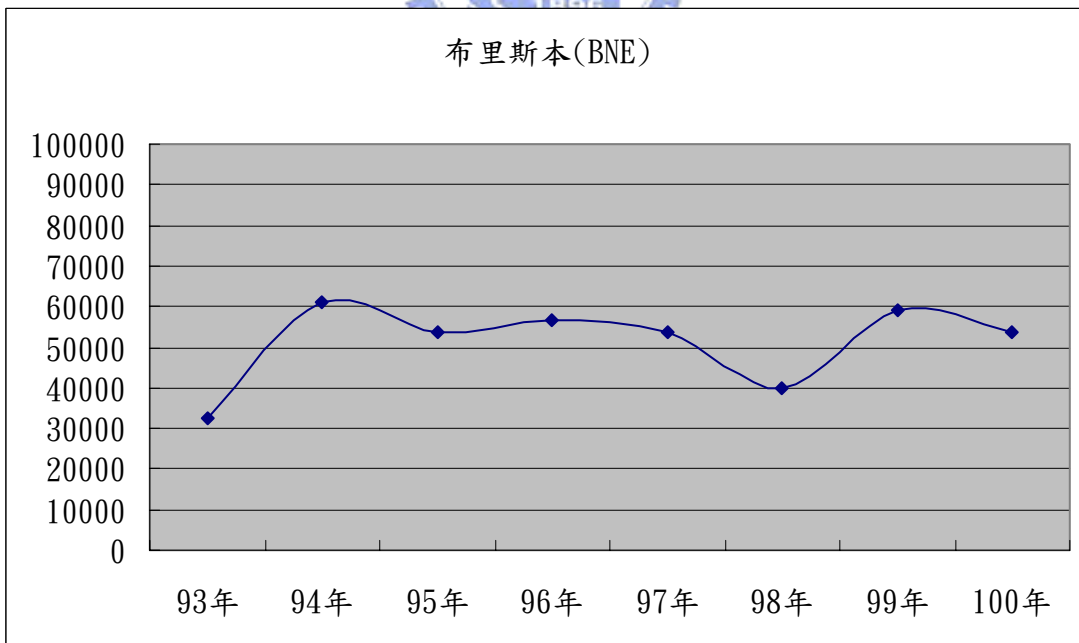


圖 4.4 布里斯本航線未來旅客需求量折線圖

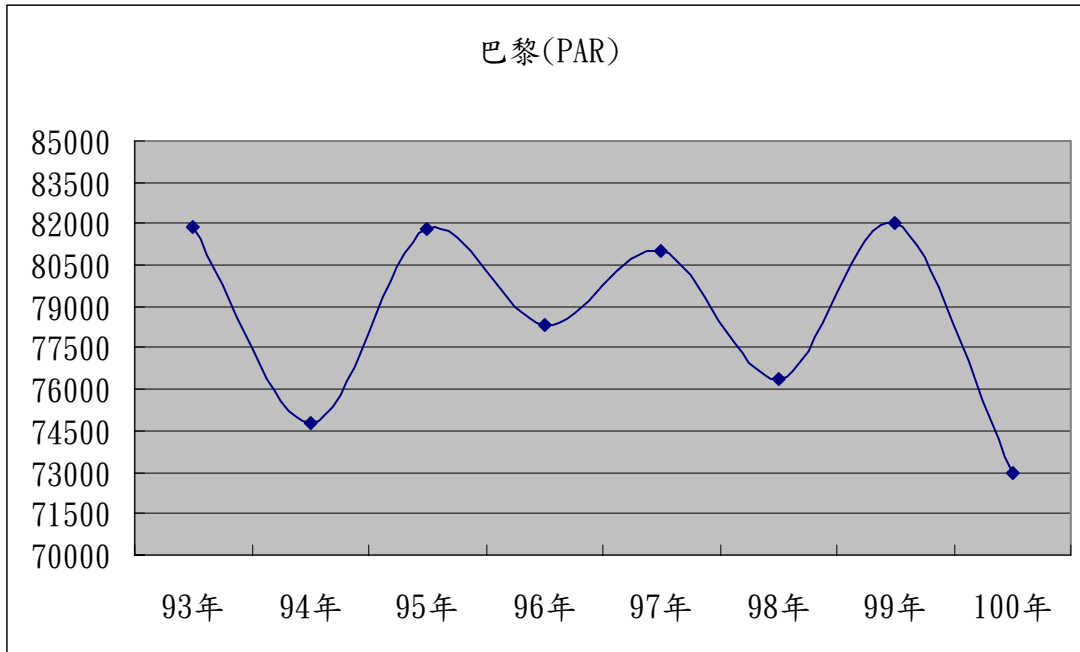


圖 4.5 巴黎航線未來旅客需求量折線圖

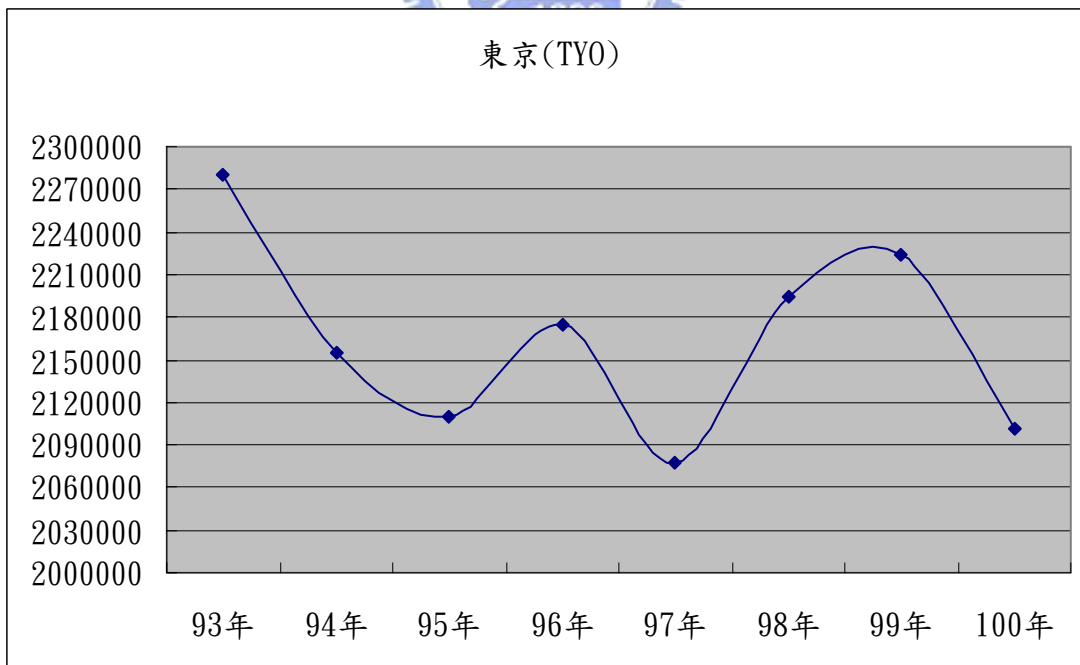


圖 4.6 東京航線未來旅客需求量折線圖

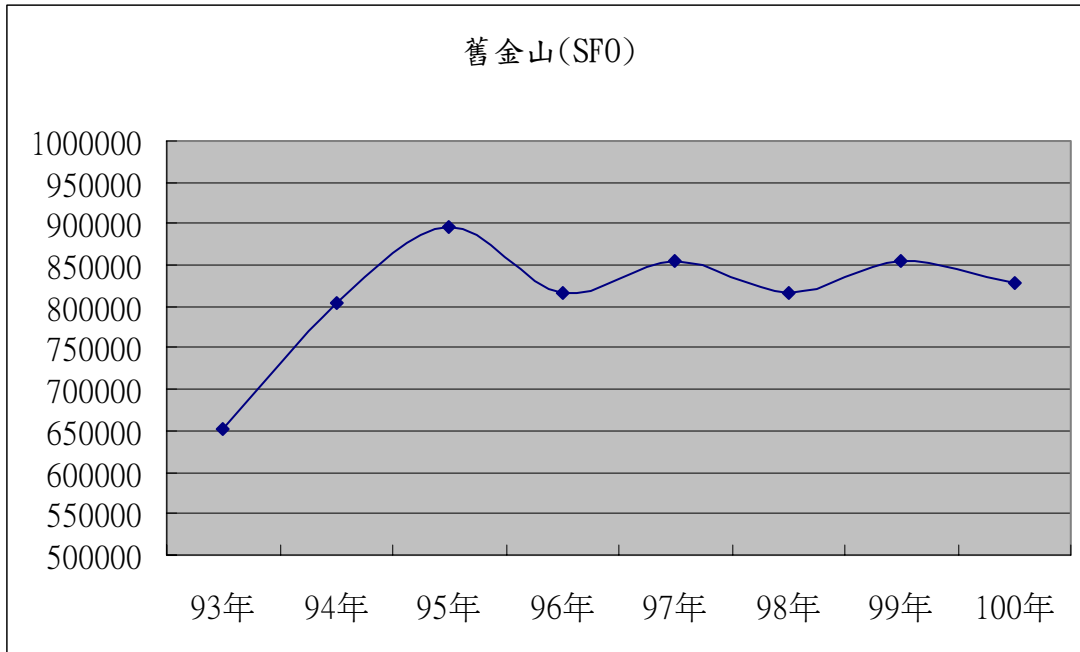


圖 4.7 舊金山航線未來旅客需求量折線圖

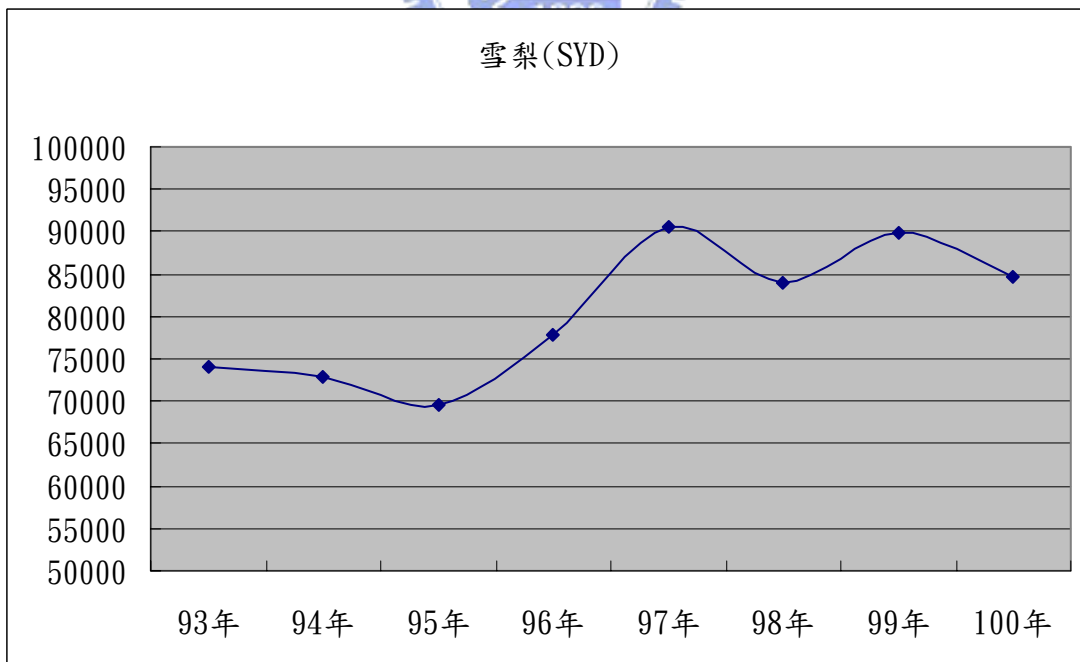


圖 4.8 雪梨航線未來旅客需求量折線圖

表 4.12 羅馬航線之每年旅客需求量變動機率

羅馬航線			
年份	旅客需求量變動機率		
	向上變動	持平	向下變動
93 年	0.47	0.23	0.30
94 年	0.23	0.60	0.17
95 年	0.58	0.14	0.28
96 年	0.22	0.45	0.33
97 年	0.50	0.30	0.20
98 年	0.47	0.28	0.25
99 年	0.36	0.50	0.14
100 年	0.58	0.14	0.28

表 4.13 漢城航線之每年旅客需求量變動機率

漢城航線			
年份	旅客需求量變動機率		
	向上變動	持平	向下變動
93 年	0.47	0.00	0.53
94 年	0.38	0.00	0.63
95 年	0.33	0.00	0.67
96 年	0.00	0.00	1.00
97 年	0.00	0.00	1.00
98 年	0.00	0.00	1.00
99 年	0.00	0.00	1.00
100 年	0.00	0.00	1.00

表 4.14 洛杉磯航線之每年旅客需求量變動機率

洛杉磯航線			
年份	旅客需求量變動機率		
	向上變動	持平	向下變動
93 年	0.23	0.00	0.77
94 年	0.13	0.00	0.87
95 年	0.00	0.00	1.00
96 年	0.00	0.00	1.00
97 年	0.00	0.00	1.00
98 年	0.00	0.00	1.00
99 年	0.00	0.00	1.00
100 年	0.00	0.00	1.00

表 4.15 布里斯本航線之每年旅客需求量變動機率

布里斯本航線			
年份	旅客需求量變動機率		
	向上變動	持平	向下變動
93 年	0.40	0.60	0.00
94 年	0.50	0.10	0.40
95 年	0.14	0.00	0.86
96 年	0.00	0.33	0.67
97 年	0.00	0.78	0.22
98 年	0.40	0.60	0.00
99 年	0.50	0.10	0.40
100 年	0.14	0.00	0.86

表 4.16 巴黎航線之每年旅客需求量變動機率

巴黎航線			
年份	旅客需求量變動機率		
	向上變動	持平	向下變動
93 年	0.25	0.58	0.17
94 年	0.53	0.17	0.30
95 年	0.36	0.22	0.42
96 年	0.00	0.70	0.30
97 年	0.42	0.00	0.58
98 年	0.39	0.08	0.53
99 年	0.17	0.75	0.08
100 年	0.53	0.00	0.47

表 4.17 東京航線之每年旅客需求量變動機率

東京航線			
年份	旅客需求量變動機率		
	向上變動	持平	向下變動
93 年	0.11	0.56	0.33
94 年	0.32	0.47	0.21
95 年	0.54	0.36	0.10
96 年	0.61	0.25	0.14
97 年	0.39	0.28	0.33
98 年	0.11	0.56	0.33
99 年	0.04	0.53	0.43
100 年	0.32	0.39	0.29

表 4.18 舊金山航線之每年旅客需求量變動機率

舊金山航線			
年份	旅客需求量變動機率		
	向上變動	持平	向下變動
93 年	0.27	0.47	0.26
94 年	0.50	0.25	0.25
95 年	0.63	0.06	0.31
96 年	0.56	0.13	0.31
97 年	0.30	0.15	0.55
98 年	0.14	0.31	0.55
99 年	0.18	0.51	0.31
100 年	0.27	0.47	0.26

表 4.19 雪梨航線之每年旅客需求量變動機率

雪梨航線			
年份	旅客需求量變動機率		
	向上變動	持平	向下變動
93 年	0.48	0.35	0.17
94 年	0.71	0.13	0.16
95 年	0.38	0.15	0.47
96 年	0.40	0.13	0.47
97 年	0.72	0.08	0.20
98 年	0.70	0.17	0.13
99 年	0.38	0.46	0.16
100 年	0.48	0.35	0.17

以上各航線之每年旅客需求量為該航線之所有旅次總合，因此欲求得該航線上各航空公司之旅客需求量則需將總需求量乘上該航空公司於此航線上之市場佔有率，調整為該航空公司之旅客需求量。本研究參考民航局所公佈民國九十二年之各國際航線班次與運量資料，整理推算所得兩航空公司於其所營運航線上之市佔率如下表 4.20 所示。

表 4.20 航空公司於航線之市場佔有率

航空公司	航線	市場佔有率
A 航空公司	羅馬(ROM)	50%
	漢城(SEL)	89.81%
	洛杉磯(LAX)	37.10%
	布里斯本(BNE)	20.13%
B 航空公司	巴黎(PAR)	100%
	東京(TYO)	11.69%
	舊金山(SFO)	38.07%
	雪梨(SYD)	41.99%

資料來源：民航局統計資料、本研究推算整理

根據上述各項所收集與推估之資料，套入本研究所建構之個別與聯盟動態機隊規劃模式之中，即可求算聯盟前後兩家航空公司之最佳機隊規劃決策及所需之總成本值。

4.2 航空公司動態機隊規劃模式求解及互動結果

以下此節將分為兩部份進行模式求解結果與說明，4.2.1 節為個別航空公司動態機隊規劃模式求解結果；4.2.2 節為聯盟航空公司動態機隊規劃模式求解結果；4.2.3 節為聯盟航空公司協商互動求解結果。

4.2.1 個別航空公司動態機隊規劃模式求解結果

假設在研究時區內，兩航空公司皆有相同之時區劃分狀況，並於相同時間點(即於該時區之起始點)同時進行機隊規劃決策，為簡化分析，在此本研究將研究時區定為民國九十三年至民國一〇〇年共八年，每四年劃分為一時區，即兩

航空公司在民國九十三年及民國九十七年初，共進行兩次機隊規劃決策，下表 4.21 為本研究依照時區劃分及各航線之市場佔有率調整之後，重新整理出之各航線未來旅客需求量。

表 4.21 兩航空公司於各時區各航線之未來旅客需求量

	航線	第一時區	第二時區
A 航空公司	羅馬(ROM)	655629	579557
	漢城(SEL)	1445634	1322644
	洛杉磯(LAX)	1884041	2201467
	布里斯本(BNE)	41078	41724
B 航空公司	巴黎(PAR)	316826	312412
	東京(TYO)	1019298	1004921
	舊金山(SFO)	1206806	1277946
	雪梨(SYD)	123628	146588

以上本研究所收集之成本資料若以美金為單位，將以美金兌換新台幣比例 1:33.5 之匯率進行換算。將所收集兩造航空公司之起始機隊狀態、相關成本與各航線之未來旅客需求量、各時區旅客需求量變動機率等資料代入個別航空公司動態機隊規劃模式，求解而得個別航空公司於各決策時區所進行之機隊變動決策及不同的決策時區所產生的成本，分別列入下列各表，表 4.22 為 A 航空公司與 B 航空公司於研究時區內所進行之機隊規劃決策；表 4.23 為兩航空公司各時區執行決策之總期望成本。

表 4.22 個別航空公司各航線之機隊規劃決策

	航線	起始機隊狀態	第一時區機隊規劃決策	第二時區機隊規劃決策	更新後之機隊狀態
A 航 空 公 司	羅馬(ROM)	➤ A340-300 二架(買)	➤ 租賃 A340-300 一架	➤ 賣出 A340-300 一架	➤ A340-300 一架(買) ➤ A340-300 一架(租)
	漢城(SEL)	➤ B747-400 一架(買) ➤ B737-800 一架(租)	➤ 租賃 B737-800 一架	無變動機隊	➤ B747-400 一架(買) ➤ B737-800 二架(租)
	洛杉磯(LAX)	➤ B747-400 二架(買) ➤ B747-400 一架(租)	➤ 賣出 B747-400 一架	➤ 租賃 A340-300 一架	➤ B747-400 一架(買) ➤ A340-300 一架(租)
	布里斯本(BNE)	➤ A340-300 一架(租)	無變動機隊	無變動機隊	➤ A340-300 一架(租)
B 航 空 公 司	巴黎(PAR)	➤ B747-400 一架(租)	無變動機隊	無變動機隊	➤ B747-400 一架(租)
	東京(TYO)	➤ B767-300 二架(買) ➤ B767-300 一架(租)	無變動機隊	無變動機隊	➤ B767-300 二架(買) ➤ B767-300 一架(租)
	舊金山(SFO)	➤ Combi 二架(買)	➤ 租賃 B747-400 一架	無變動機隊	➤ Combi 二架(買) ➤ B747-400 一架(租)
	雪梨(SYD)	➤ B767-300 一架(租)	無變動機隊	➤ 租賃 B767-300 一架	➤ B767-300 二架(租)

表 4.23 兩航空公司於各時區各航線之總期望成本

	航線	第一時區	第二時區	各航線總成本	各航空公司總成本
A 航空 公司	羅馬 (ROM)	19723280000	12607760000	32331040000	175661300000
	漢城 (SEL)	23049910000	18738080000	41787990000	
	洛杉磯 (LAX)	43475000000	40175640000	83650640000	
	布里斯本 (BNE)	9568718000	8322912000	17891630000	
B 航空 公司	巴黎 (PAR)	13108980000	12560060000	25669040000	149948596000
	東京 (TYO)	21567270000	19108770000	40676040000	
	舊金山 (SFO)	34448480000	30879980000	65328460000	
	雪梨 (SYD)	8801953000	9473103000	18275056000	

單位：新台幣

根據本研究所收集之各項資料，代入個別航空公司動態機隊規劃模式中求解，所得結果如上表 4.22 所示。在 A 航空公司方面，羅馬航線在研究時區起始時以兩架 A340-300 型航機營運，對照表 4.21 之航線預測未來旅客需求量，顯示羅馬航線於第一時區之旅客需求量總合為 655629 人次，若以原機隊進行營運將造成容量無法滿足旅客需求量之情況，因此 A 航空公司於該航線第一時區決策新租一架 A340-300 型航機以增加機隊總容量，而第二時區之旅客需求量總合為 579557 人次，較第一時區減少 76062 人次，呈現下降之趨勢，其減少的幅度致使該航線之航機利用率過低，因此該航線於第二時區決策賣出一架 A340-300 型航機，僅使用兩架 A340-300 型航機營運以縮減額外支出之成本。

漢城航線之起始機隊狀態為購買一架 B747-400 航機與租賃一架 B737-800 航機營運，對照該航線之預測旅客需求量，顯示漢城航線於第一時區之旅客需求量總合為 1445634 人次，類似於羅馬航線的情況，漢城航線以原始機隊營運第一時區亦無法符合旅客需求量之要求，因此該航線決策新租一架 B737-800 型

之航機加入原始機隊共同營運；第二時區之旅客需求量總合為 1322644 人次，減少了 122990 人次，然而若該航線決策停租上一時區所租入之航機以因應旅行社需求量之縮減，則會造成剩餘之機隊容量不足的情況，因此漢城航線於第二時區之機隊規劃決策為不變動。

洛杉磯航線之起始機隊狀態為購買兩架 B747-400 型航機與租賃一架同為 B747-400 型之航機，根據本研究之預測旅客需求量顯示，洛杉磯航線於第一時區之旅客需求量總合為 1884041 人次，因此洛杉磯航線於第一時區之機隊規劃決策為淘汰一架 B747-400 型航機；第二時區之旅客需求量總合為 2201467 人次，較第一時區上升 317426 人次，增加幅度超過原有機隊容量之限制，因此 A 航空公司於第二時區決策再租入一架 A340-300 型航機以滿足增加之旅客需求量。

布里斯本航線在研究時區起始時之機隊狀態為租賃一架 A340-300 航機營運該航線，根據上表 4.21 之預測旅客需求量變動情況，該航線於第一時區之旅客需求量總合為 41078 人次，而第二時區之旅客需求量總合為 41724 人次，兩時區間之旅客需求量變動幅度非常小，僅增加 646 人次，不適合進行機隊增加或刪減之決策，因此布里斯本航線於本研究兩時區內之機隊規劃決策皆為不變動機隊狀態。

在 B 航空公司方面，巴黎航線之起始機隊狀態為購買一架 B747-400 型之航機，東京航線之起始機隊狀態為購買兩架 B767-300 型航機，另再租賃一架 B767-300 型同機型航機共同營運，然而根據本研究所預測之未來旅客需求量變化情形，此兩航線類似於 A 航空公司之布里斯本航線，旅客需求量變動較小(分別減少 4414 人次與 14377 人次)，不需進行機隊變動，且巴黎航線僅以單一航機營運，亦無法進行刪減機隊決策，因此巴黎航線與東京航線進行機隊規劃之結果皆為不變動機隊狀態。

舊金山航線如同 A 航空公司之洛杉磯航線，為 B 航空公司四條航線中旅客需求量變動狀況較大之航線，其起始機隊狀態以購買兩架 B747-400 Combi 型航機營運，第一時區之旅客需求量總合為 1206806 人次，經本研究進行動態機隊規劃之結果，需新租一架 B747-400 型航機始能滿足旅客需求量之限制；第二時區之旅客需求量總合為 1277946 人次，僅較第一時區增加 71140 人次，經過機隊規劃結果，決策該航線於第二時區不需變動機隊狀態。

雪梨航線之起始機隊以租賃一架 B767-300 型航機營運，根據該航線之預測旅客需求量變動情況，其第一時區之旅客需求量總合為 123628 人次，經規劃結果不需進行機隊變動；第二時區之旅客需求量總合為 146588 人次，增加 22960 人次，經規劃結果需另新租一架 B767-300 型航機共同營運，方能滿足該時區之旅客需求量。

表 4.23 為 A 航空公司與 B 航空公司之機隊規劃總期望成本，可看出兩家航空公司在不同時區、個別航線之機隊規劃期望成本與總期望成本，其中 A 航空公司於本研究時區結束之機隊規劃總期望成本為新台幣 182767020000 元，而 B 航空公司之機隊規劃總期望成本為新台幣 149948596000 元，此個別航空公司動態機隊規劃總期望成本之資料將於下一節代入聯盟航空公司動態機隊規劃模式，做為聯盟模式之限制式，以期達到聯盟後之個別航空公司總期望成本小於聯盟前之情況。

由以上各航空公司航線之機隊規劃求解結果，可得知個別航空公司在預期未來旅客需求量的變動情況之下，為滿足各研究時區之旅客需求量及達到成本最小化的目標，所進行之機隊增減規劃決策為何，而整體規劃結果也可看出航空公司在進行增減機隊決策時，傾向以本身航空公司所擁有之機型航機為主，以避免維修不同機型航機所產生的高額維修成本。

4.2.2 聯盟航空公司動態機隊規劃模式求解結果

根據以上本研究所收集之 A 航空公司與 B 航空公司之起始機隊狀態、各項成本、各航線之未來旅客需求量等資料，代入本研究所建構之聯盟航空公司機隊規劃模式求解。因相關之實務資料無法取得，故本研究假設兩照航空公司決策者於起始狀態，對於聯盟合作並無任何特殊條件，則本研究為簡化分析，起始假設各項聯盟參數值如下表 4.24 所示：

表 4.24 聯盟參數起始值

符號	意義	數值
n	聯盟租金約定提供折扣數	1
λ_1	聯盟租金折扣邊界租期	4(年)
ε_1	聯盟租金折扣	0.8
θ	濕租承租方負擔航機維修及機組人員薪資費用比例關係	0.5

資料來源：本研究假設

根據前述 Yu and Leimann(1974)所提出之妥協解規劃法，首先在聯盟航空公司動態機隊規劃模式中，將多目標規劃模式簡化為單一目標式，依序分別以最小化目標航空公司總成本與夥伴航空公司總成本求解模式，可得兩目標式之最小值，即為該模式之理想解，再以妥協解規劃法改寫原始多目標規劃模式，求解所得之機隊規劃妥協解結果如下表 4.25 所示。



表 4.25 聯盟航空公司各航線之機隊規劃妥協決策

	航線	起始機隊狀態	第一時區 機隊規劃決策	第二時區 機隊規劃決策	更新後之機隊 狀態
A 航 空 公 司	羅馬(ROM)	➤ A340-300 二架(買)	➤ 租賃 A340-300 一架	➤ 賣出 A340-300 一架	➤ A340-300 一架(買) ➤ A340-300 一架(租)
	漢城(SEL)	➤ B747-400 一架(買) ➤ B737-800 一架(租)	➤ 租賃 B737-800 一架	無變動機隊	➤ B747-400 一架(買) ➤ B737-800 二架(租)
	洛杉磯(LAX)	➤ B747-400 二架(買) ➤ B747-400 一架(租)	➤ 聯盟濕租出 B747-400 一架	➤ 聯盟濕租回收 B747-400 一架	➤ B747-400 二架(買) ➤ B747-400 一架(租)
	布里斯本(BNE)	➤ A340-300 一架(租)	無變動機隊	無變動機隊	➤ A340-300 一架(租)
B 航 空 公 司	巴黎(PAR)	➤ B747-400 一架(租)	無變動機隊	無變動機隊	➤ B747-400 一架(租)
	東京(TYO)	➤ B767-300 二架(買) ➤ B767-300 一架(租)	無變動機隊	無變動機隊	➤ B767-300 二架(買) ➤ B767-300 一架(租)
	舊金山(SFO)	➤ Combi 二架(買)	➤ 聯盟濕租入 B747-400 一架	➤ 聯盟濕租退回 B747-400 一架 ➤ 租賃 B747-400 一架	➤ Combi 二架(買) ➤ B747-400 一架(租)
	雪梨(SYD)	➤ B767-300 一架(租)	無變動機隊	➤ 租賃 B767-300 一架	➤ B767-300 二架(租)

表 4.26 聯盟航空公司於各時區各航線之總期望成本

	航線	第一時區	第二時區	各航線總成本	各航空公司總成本
A 航空 公司	羅馬 (ROM)	19723280000	12607760000	32331040000	173347192620
	漢城 (SEL)	23049910000	18738080000	41787990000	
	洛杉磯 (LAX)	42369692620	38966840000	81336532620	
	布里斯本 (BNE)	9568718000	8322912000	17891630000	
B 航空 公司	巴黎 (PAR)	13108980000	12560060000	25669040000	149535280680
	東京 (TYO)	21567270000	19108770000	40676040000	
	舊金山 (SFO)	34035164680	30879980000	64915144680	
	雪梨 (SYD)	8801953000	9473103000	18275056000	

單位：新台幣

根據上表 4.25 聯盟航空公司各航線之機隊規劃妥協決策顯示，A 航空公司之羅馬、漢城、布里斯本航線與 B 航空公司之巴黎、東京、雪梨航線皆與聯盟前之個別航空公司機隊規劃相同，即此六條航線無法藉由聯盟租借航機之方式達到縮減成本的目的；而在 A 航空公司之洛杉磯航線與 B 航空公司之舊金山航線，機隊規劃結果為 A 航空公司之洛杉磯航線將第一時區原決策淘汰賣出之 B747-400 型航機轉而以聯盟濕租之方式出租給 B 航空公司之舊金山航線使用，租期為四年，而舊金山航線原決策需於第一時區向外租賃一架 B747-400 型航機，聯盟後則因承租 A 航空公司之航機，使該時區之機隊容量能滿足旅客需求量上升之情況，因此放棄向外租賃航機之決策。在第二時區，A 航空公司之洛杉磯航線為因應旅客需求量的變動，原決策新租一架 A340-300 型航機，而在達成聯盟之後，即改為回收聯盟出租之 B747-400 航機，B 航空公司之舊金山航線則由於 A 航空公司之洛杉磯航線回收上一時區所出租之航機，造成機隊容量不足之情況，因此決策向外新租一架同機型航機替代回收航機加入營運。

在成本方面，對照表 4.5 之總期望成本變動情況，A 航空公司之洛杉磯航線於第一時區將濕租航機租金所得扣除原決策應淘汰航機所得之殘值及濕租所需共同負擔之部份維修費用，用來補貼成本支出，共減少 1105307380 元，第二時區則因回收航機使用，可避免原決策向外租賃航機之高額成本及維修費用，故可減少 1208800000 元，總合減少 2314107380 元；B 航空公司之舊金山航線於第一時區以原決策需負擔向外租賃航機之租金及維修費用轉而使用於濕租航機之租金費用及部份負擔維修費用，故可減少 413315320 元，第二時區則因聯盟前後機隊狀態無變動，故並未減少成本。

以聯盟的觀點而言，若將聯盟之兩家航空公司視為一整體，則聯盟間之動作關係僅為內部作用，並未實際造成整體聯盟成本增加或減少，真正導致聯盟成本降低之原因，是由於內部相互租借航機致使個別航空公司對聯盟外部之機隊變動動作減少所產生之成本縮減。以機隊變動的觀點，聯盟前兩航線於第一時區共向外租賃一架航機，即 B747-400 型航機，且淘汰賣出一架 B747-400，第二時區再租賃一架 A340-300 型航機，研究時區結束時兩航線共存在兩架向外租賃之航機；聯盟達成之後，兩航線於第一時區無向外租賃之航機，第二時區另新租一架 B747-400，研究時區結束時僅存在一架向外租賃之航機。由此可知，聯盟達成後確實能使個別航空公司向外租賃機隊之動作減少，達到縮減聯盟總成本的目的。

4.2.3 節聯盟航空公司協商互動求解結果

本研究採用 Yu and Leimann(1974)所提出之妥協解規劃法求解聯盟航空公司動態機隊規劃之多目標模式，該求解法主要方式為尋找距離原多目標模式理想解最接近之柏拉圖最適解，做為該模式之妥協解，然而在達成聯盟的情況之下，此妥協解雖然以限制式使聯盟後之成本不大於聯盟前，卻有可能產生兩家航空公司成本降低幅度差異過大，造成兩照航空公司其中某一方不願接受該規劃結果之情況。

根據本研究上一節所求解之聯盟航空公司動態機隊規劃妥協解，對照表 4.25 兩航空公司之總期望成本，A 航空公司之洛杉磯航線於聯盟達成後所減少之成本總合共 2314107380 元，成本縮減比例約為聯盟前該航線總成本的 2.77%，；而 B 航空公司之舊金山航線於聯盟達成後僅減少 413315320 元，成本縮減比例約為聯盟前的 0.63%。相較之下，A 航空公司之洛杉磯航線經由聯盟達成所獲得之成本縮減總合不僅約為 B 航空公司之舊金山航線的 5.60 倍，且聯盟

前後的成本縮減比例亦較 B 航空公司之舊金山航線高出許多，此機隊規劃妥協解對於 B 航空公司之決策者而言較難接受，因此本研究依照 3.4 節之聯盟航空公司機隊協商互動步驟，模擬兩照航空公司決策者對於此規劃妥協解所希望協商調整的部份，加入原始模式中再次進行求解，並重複此步驟至雙方決策者皆能接受為止，即為最終之聯盟航空公司動態機隊規劃之協商滿意解。

第一次協商互動：

假設 B 航空公司認為兩航空公司機隊規劃總成本差距過大，不滿意上述求解結果，其決策者在參考上述妥協解之狀況後，針對聯盟相關之部份參數提出要求，A 航空公司需將濕租給 B 航空公司之 B747-400 型航機租期由四年延長至八年，以滿足舊金山航線於第二時區不足之機隊容量，避免向外另行租賃航機之高額成本。則聯盟之參數值更改如下表 4.27。

表 4.27 聯盟第一次協商互動之參數值

符號	意義	數值
n	聯盟租金約定提供折扣數	1
λ_1	聯盟租金第一階段折扣邊界租期	4(年)
ε_1	聯盟租金第一階段折扣	0.8
$\lambda_{q^{(0+1)},0}^{WT}$	聯盟濕租航機租期	8(年)
θ	濕租航機承租方負擔航機維修及機組人員薪資費用比例關係	0.5

資料來源：本研究假設

此處根據 B 航空公司於第一次協商互動所提出之條件，做為聯盟機隊規劃模式之新增條件限制式，將原為決策變數之聯盟租期改為外生給定之參數，求解更新後之聯盟機隊規劃模式，可得出 A 航空公司與 B 航空公司於第一次協商互動之後所產生之機隊規劃狀態與航線成本變動情況，下表 4.28 為第一次互動結束之機隊規劃決策與狀態，表 4.29 為第一次互動結束之各時區成本（以下僅列出變動之 A 航空公司洛杉磯航線與 B 航空公司舊金山航線之資料）。

表 4.28 聯盟第一次協商互動之機隊規劃妥協決策

	航線	起始機隊狀態	第一時區 機隊規劃決策	第二時區 機隊規劃決策	更新後之機隊 狀態
A 航空 公司	洛杉磯 (LAX)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ B747-400 二架(買) ➢ B747-400 一架(租) 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 聯盟濕租 出 B747- 400 一架 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 租賃 A340-300 一架 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ B747-400 兩架(買) ➢ B747-400 一架(濕 出租) ➢ B747-400 一架(租) ➢ 租賃 A340-300 一架
B 航空 公司	舊金山 (SFO)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Combi 二 架(買) 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 聯盟濕租 入 B747- 400 一架 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 無變動決 策 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Combi 二 架(買) ➢ B747-400 一架(濕 承租)

表 4.29 聯盟第一次協商互動之各時區航線總成本

	航線	第一時區	第二時區	各航線總成本
A 航空公司	洛杉磯 (LAX)	42369692620	39626734160	81996426780
B 航空公司	舊金山 (SFO)	34035164680	30466664680	64501829360

單位：新台幣

根據模式重新求解之結果顯示，A 航空公司之洛杉磯航線與 B 航空公司之舊金山航線於第一時區之決策相對於聯盟妥協解並無變動情況；在第二時區，B 航空公司要求 A 航空公司延長濕租 B747-400 型航機之租賃期限至八年，因此 A 航空公司無法在第二時區回收航機使用，致使 A 航空公司之洛杉磯航線產生機隊容量不足之情況，故 A 航空公司在第二時區決策新租一架 A340-300 型航機加入營運，以滿足上升之旅客需求量。在 B 航空公司方面，由於 B747-400 型航機租期的延長，彌補舊金山航線之機隊容量，使 B 航空公司不需另外向外租賃航

機加入機隊營運，因此 B 航空公司在第二時區之機隊規劃決策為不變動。

在成本方面，由於機隊規劃決策相對於聯盟妥協解並無改變，因此兩航空公司於第一時區之總期望成本亦不產生變動；第二時區 A 航空公司之洛杉磯航線總成本為 39626734160 元，較聯盟妥協解增加 659894160 元，而 B 航空公司之舊金山航線於第二時區總成本為 30466664680 元，較聯盟妥協解減少 413315320 元。總合觀之，此協商互動決策相對於聯盟妥協解，對聯盟整體總成本增加 246578840 元，由此結果可得知此協商互動解對於整體聯盟之效益並非最大。

比較兩航線之總成本相對於聯盟前總成本之縮減比例，A 航空公司之洛杉磯航線於第一次協商互動所縮減之總成本為 1654213220 元，縮減比例約為 1.98%；B 航空公司之舊金山航線所縮減之總成本為 826630640 元，縮減比例約為 1.27%。經過第一次之協商互動，A 航空公司之洛杉磯航線之總成本縮減幅度約為 B 航空公司之舊金山航線的 2.00 倍，相較於聯盟妥協解的 5.60 倍，明顯減少兩航線成本縮減之差異。

第二次協商互動：



假設 B 航空公司仍然不滿意第一次協商互動之縮減成本差異，其決策者再次提出對 A 航空公司之要求進行協商，希望在聯盟濕租航機租期延長的情況之下，給予更高的聯盟租金折扣優惠。令 B 航空公司所提出之折扣優惠為 0.6，本研究根據該公司之要求調整聯盟參數如下表 4.30：

表 4.30 聯盟第二次協商互動之參數值

符號	意義	數值
n	聯盟租金約定提供折扣數	2
λ_1	聯盟租金第一階段折扣邊界租期	4(年)
λ_2	聯盟租金第二階段折扣邊界租期	8(年)
ε_1	聯盟租金第一階段折扣	0.8
ε_2	聯盟租金第二階段折扣	0.6
$\lambda_{q^{(0+1)},0}^{WT}$	聯盟濕租航機租期	8(年)
θ	濕租航機承租方負擔航機維修及機組人員薪資費用比例關係	0.5

依照聯盟航空公司之協商互動求解步驟，將上述參數值代入聯盟動態機隊規劃模式，求解可得兩航空公司於第二次協商互動所產生總成本變動情況。下表 4.31 為聯盟第二次協商互動之各時區航線總成本。

表 4.31 聯盟第二次協商互動之各時區航線總成本

	航線	第一時區	第二時區	各航線總成本
A 航空公司	洛杉磯 (LAX)	42675932620	39932974160	82608906780
B 航空公司	舊金山 (SFO)	33728924680	30160424680	63889349360

單位：新台幣

由於聯盟第二次協商互動並未包括機隊之變動決策，因此兩航空公司之聯盟機隊決策皆不做改變，僅就兩航線總成本之變動加以討論。根據上表第二次協商互動結果，相對於聯盟妥協解兩航線之總成本，A 航空公司之洛杉磯航線總成本為 82608906780 元，較聯盟妥協解增加 1272374160 元；B 航空公司之舊金山航線總成本為 63889349360 元，較聯盟妥協解減少 1025795320 元。總合觀之，此協商互動決策相對於聯盟妥協解，對聯盟整體總成本增加 246578840 元。由此結果可得知此協商互動解與前一次之協商互動解情況相同，對於整體聯盟之效益並非最大。

再次比較兩航線之總成本相對於聯盟前總成本之縮減比例，經過第二次之協商互動結果，A 航空公司之洛杉磯航線縮減總成本為 1041733220 元，縮減比

例約為 1.25%；B 航空公司之舊金山航線縮減總成本為 1439110640 元，縮減比例約為 2.20%；A 航空公司之洛杉磯航線縮減總成本約為 B 航空公司之舊金山航線的 0.72 倍，較第一次協商互動的 2.00 倍差距更為縮小。

聯盟租賃航機租金為影響聯盟機隊規劃與總成本之重要參數，而根據本研究所建構之聯盟動態機隊規劃模式，聯盟租賃航機之租期 $\lambda_{q^{(0+1)},r,0}^{DT}$ 、 $\lambda_{q^{(0+1)},r,0}^{WT}$ 與租金 $DH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r,0}^{DT})$ 、 $WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r,0}^{WT})$ 存在一函數關係，其關係式如第三章之式 (24)、式(25)，而租金折扣 ε_n 亦會隨著租期變動而變動，因此聯盟航機之租期與聯盟航機租金折扣皆為影響聯盟租賃航機租金之參數，亦可透過此函數關係間接影響聯盟機隊規劃與總成本。

依照本研究之實證分析資料為例，兩航空公司於聯盟起始時，由本研究假設起始聯盟租金約定提供折扣參數 $n=1$ 、聯盟租金第一階段折扣邊界租期 $\lambda_1=4$ 、聯盟租金第一階段折扣 $\varepsilon_1=0.8$ ；經由協商互動之後，參數值調整為 $n=2$ 、 $\lambda_1=4$ 、 $\lambda_2=8$ 、 $\varepsilon_1=0.8$ 、 $\varepsilon_2=0.6$ ，則此聯盟參數之調整變動對於聯盟租賃航機租金總和之影響可以下圖 4.9 所示。

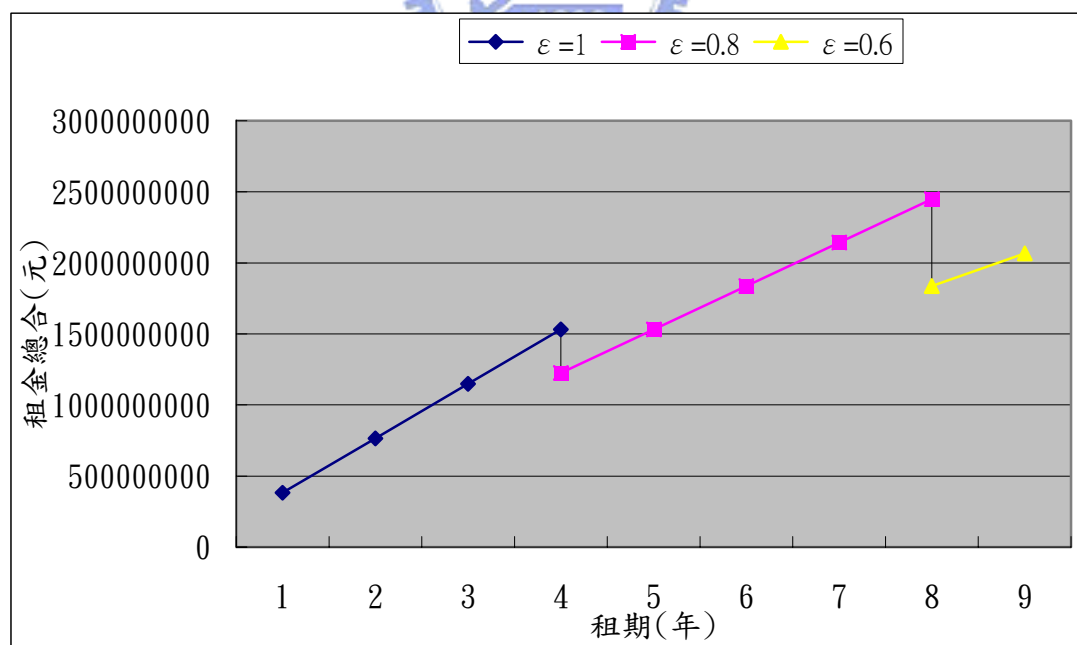


圖 4.9 聯盟租期與租金折扣對聯盟租金總合之影響圖

由以上之分析圖可得知聯盟航機租期與租金折扣對聯盟航機租金總合所產生之影響，此分析結果可提供兩航空公司在此租金折扣之情況下，於聯盟協商互動時參考航機租期及所產生之聯盟租賃成本，得出兩照航空公司滿意解之聯盟租賃航機租期之依據。

第三次協商互動：

假設 A 航空公司對於第二次協商互動結果之成本變動不滿意，如同前述協商步驟，其決策者亦提出對 B 航空公司之要求進行聯盟協商。兩航空公司聯盟前之個別航線總成本分別為 83650640000 元與 65328460000 元，A 航空公司之洛杉磯航線約為 B 航空公司之舊金山航線的 1.28 倍，假設該公司決策者認為聯盟後兩航線之縮減總成本比例應與聯盟前個別航線總成本比例相同，則本研究根據該公司決策者的要求，於聯盟動態機隊規劃模式中再加入因應之限制條件。由於各項聯盟參數中僅剩濕租航機承租方負擔航機維修及機組人員薪資費用比例關係 θ 尚未調整，其餘參數皆於前兩次協商互動過程中受限於 B 航空公司決策者之要求，因此本研究在此放鬆 θ 之限制，將 θ 做為聯盟第三次協商互動之決策變數，進行機隊規劃模式之求解。下表 4.32 為聯盟第三次協商互動之各時區航線總成本。

表 4.32 聯盟第三次協商互動之各時區航線總成本

	航線	第一時區	第二時區	各航線總成本
A 航空公司	洛杉磯 (LAX)	42414236124	39671277663	82085513787
B 航空公司	舊金山 (SFO)	33990621176	30422121177	64412742353

單位：新台幣 $\theta=0.575$

根據聯盟第三次協商互動結果，A 航空公司之洛杉磯航線總成本為 82085513787 元，相對於聯盟妥協解之總成本增加 1100002395 元；B 航空公司之舊金山航線總成本為 64412742353 元，相對於聯盟妥協解減少 853423555 元。總合觀之，此協商互動決策相對於聯盟妥協解，對聯盟整體總成本增加 246578840 元。由此結果可得知此協商互動解與前兩次之協商互動解情況相同，對於整體聯盟之效益並非最大。

依照 A 航空公司決策者所提出之限制條件，求解所得 A 航空公司之洛杉磯航線相對於聯盟前之縮減總成本為 1392754448 元，縮減比例約為 1.665%；B 航空公司之舊金山航線縮減總成本為 1088089412 元，縮減比例約為 1.666%；而 A 航空公司之洛杉磯航線符合 A 航空公司決策者之要求，其縮減總成本為 B 航空公司之舊金山航線縮減總成本之 1.28 倍，在此情況之下所求解而得之 θ 值約為 0.575，即濕租航機承租方需負擔該航機維修費用之 57.5%，其餘之 42.5%則由出租方負擔。

假設兩航空公司對於聯盟第三次協商互動結果皆滿意，則該次協商互動之機隊規劃決策與總成本值即為最終之聯盟航空公司動態機隊規劃之協商滿意解。下表 4.33 為洛杉磯航線與舊金山航線於聯盟前後及三次協商互動之成本變動表；圖 4.10、4.11 分別為兩航線聯盟前後成本變動圖。

表 4.33 兩航線於聯盟前後及三次協商互動成本變動表

	聯盟前	聯盟妥協解	第一次協商	第二次協商	第三次協商
洛杉磯	83650640000	81336532620	81996426780	82608906780	82085513787
舊金山	65328460000	64915144680	64501829360	63889349360	64412742353

單位：新台幣

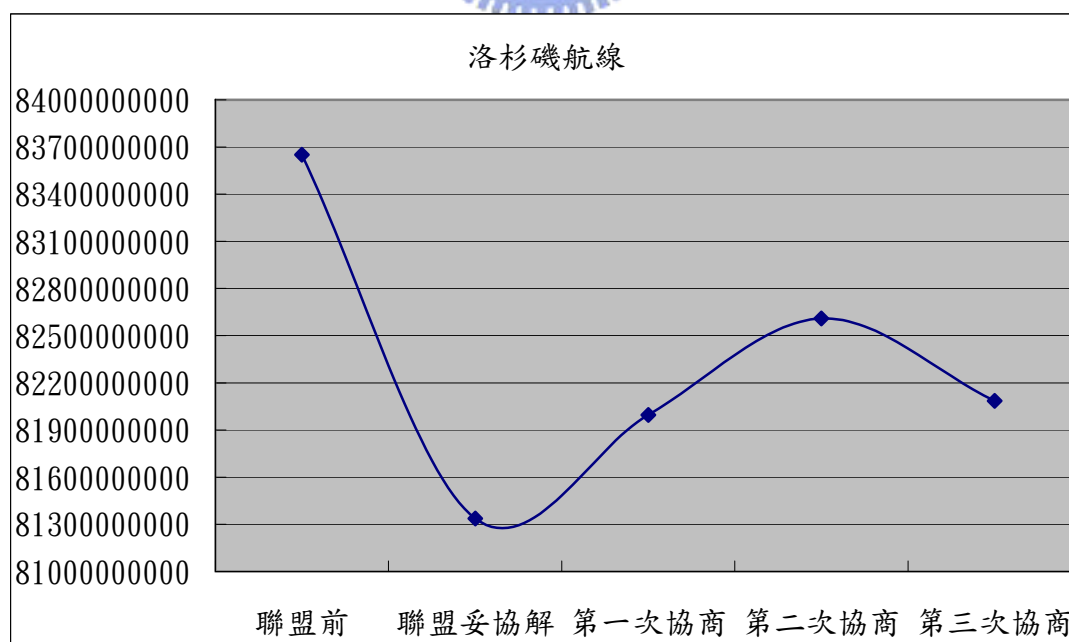


圖 4.10 洛杉磯航線聯盟前後成本變動圖

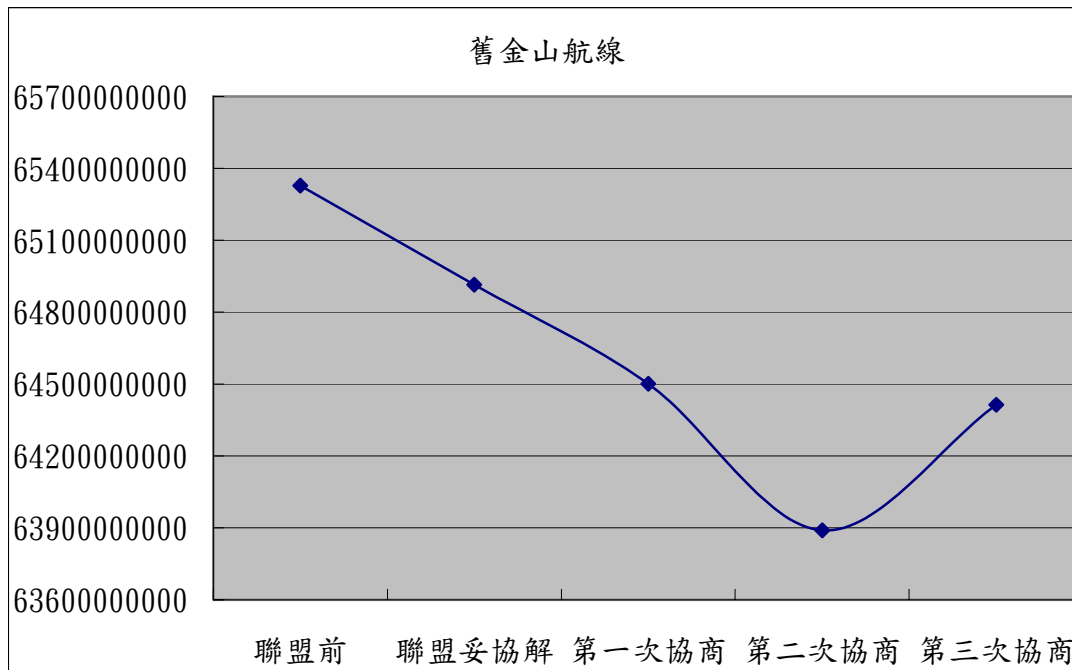


圖 4.11 舊金山航線聯盟前後成本變動圖

本研究以 A 航空公司與 B 航空公司兩家進行實證分析，根據上述各項結果顯示，若兩航空公司能於個別公司機隊規劃之過程中，考量未來旅客需求量與機隊容量於兩航空公司間反向變動的部份達成聯盟協議，以有餘補其不足，則對兩照航空公司而言，皆能達到減少成本的目的，獲得更高的成本效益；且透過本研究所建構之聯盟航空公司動態機隊規劃模式，不僅能了解兩照航空公司間總成本之變動情況，亦能獲得在不同時區個別航空公司最適之機隊規劃決策，對兩照航空公司而言，若決策者能預先了解未來之機隊規劃情況，即可配合以往變動機隊之經驗，提早進行相關之程序與動作，避免從決策時間至實際變動機隊時間所發生之延遲現象影響該時區之營運情況。

假設兩照航空公司之決策者參考本研究求解而得之聯盟妥協解，針對聯盟之各項參數或條件限制式進行調整與放鬆，以調合聯盟妥協解中雙方成本縮減之差距，經由本研究所提出之聯盟協商互動步驟，模擬雙方決策者提出相對應之要求，進行聯盟之協商互動過程中，結果顯示三次協商互動後之兩航線機隊規劃成本總合皆比聯盟妥協解之兩航線成本總合高，即表示協商互動後之總成本對聯盟整體而言並非最小的情況，然而此解卻較總成本較小之聯盟妥協解更

能被雙方決策者接受。由此可知，在聯盟後總成本比聯盟前低的條件之下，雙方決策者為增加自身航空公司之利益，進行協商互動所得之最終協商滿意解，通常對於聯盟整體並非利益最大之情況。

根據聯盟濕租航機之協議內容，聯盟濕租航機之承租方航空公司需連同該航機之維修、設備及機組人員共同租賃，因此本研究以參數 θ 代表聯盟濕租航機承租方航空公司負擔航機維修、設備及機組人員薪資費用比例關係，顯示該聯盟濕租航機之維修費用分攤於雙方航空公司之情況，若 θ 越大，則代表承租方航空公司需負擔越多之航機維修費用，反之則代表承租方航空公司需負擔之費用越少。以本研究之實證分析資料為例，兩航空公司於聯盟第二次進行協商起始時，由本研究假設參數 $\theta=0.5$ ，即表示A航空公司之洛杉磯航線與B航空公司之舊金山航線各需負擔該航機維修費用之一半，則該時區兩航線之總成本分別為82608906780元與63889349360元，經過第三次協商互動之後，兩航線之總成本調整為82085513787元與64412742353元，此時之參數值 $\theta=0.575$ ，因此假設其他之參數及變數皆固定之情況之下，可推得此負擔維修比例 θ 改變對於兩航線之機隊規劃總成本變動情況分別如下圖4.12、4.13所示。

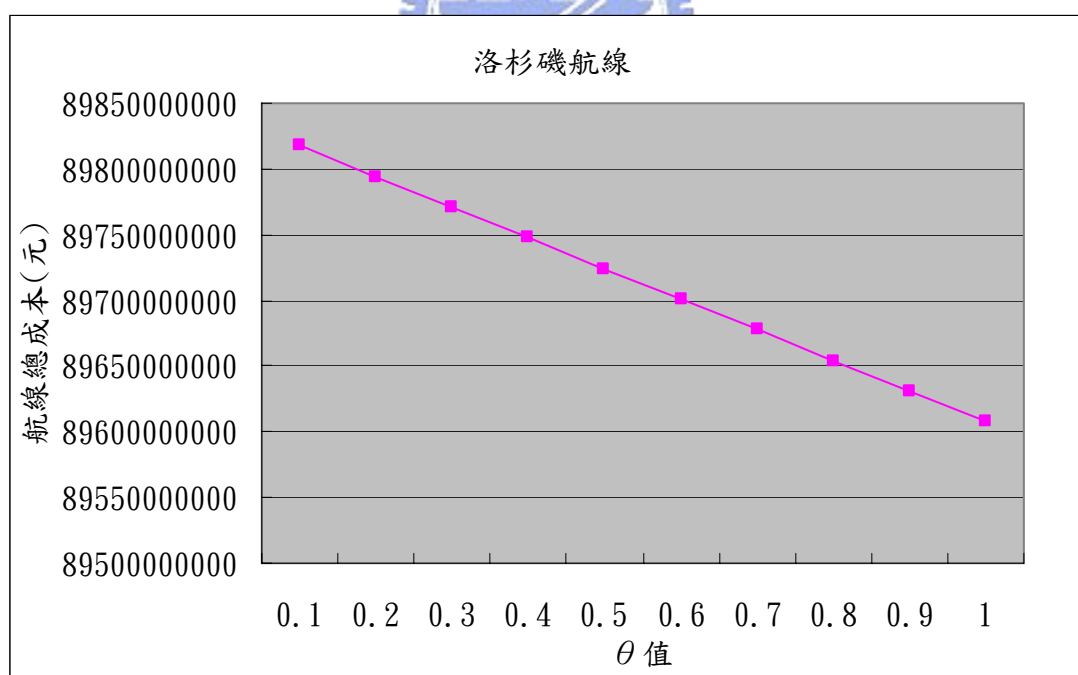


圖 4.12 聯盟負擔維修比例對洛杉磯航線總成本之影響圖

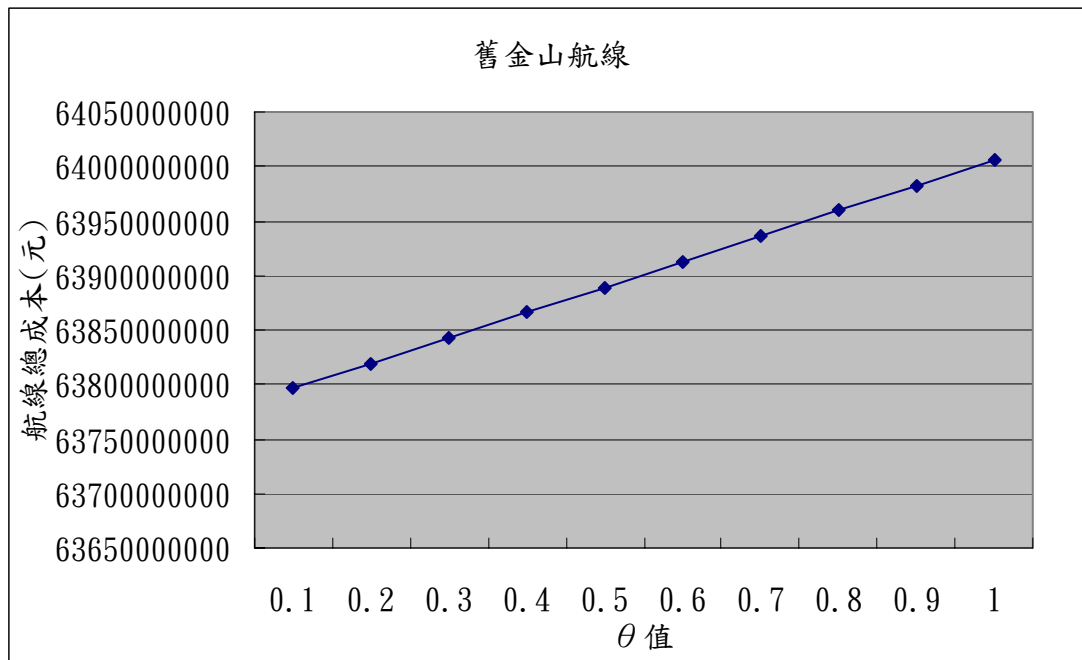


圖 4.13 聯盟負擔維修比例對舊金山航線總成本之影響圖

根據以上兩航線之機隊規劃總成本變動情況，顯示聯盟濕租航機負擔維修比例 θ 值之變動對於航線機隊規劃總成本所產生之影響較小，即使將 θ 值從 0 調整至 1，仍不易對機隊規劃決策產生變動，因此適合用來做為聯盟協議達成之後，兩照航空公司決策者協商互動之調整參數，以微調原妥協解所產生之成本縮減差距。此分析結果可提供雙方決策者於協商互動過程中，參考聯盟濕租航機負擔維修比例與航線總成本之變動關係，訂定雙方滿意解之參數值之依據。

4.3 成本決策分析與敏感度分析

在許巧鶯、劉素妙(2002)之研究中，分別對個別航空公司動態機隊規劃之航機維修成本、預測旅客需求量之機率變化、航線佔有率及航線乘載率等參數進行敏感度分析，因此本研究不再重複探討該參數對個別航空公司機隊規劃之決策與總成本之影響。在此本研究將針對聯盟航空公司動態機隊規劃中之聯盟租賃航機租金進行成本決策分析，以了解該聯盟變數對機隊規劃決策之影響，並探討各項航機取得成本(購買、租賃、聯盟乾租、聯盟濕租)於不同租期之影響下之敏感度分析。

(1) 聯盟乾租租金之成本決策分析

航空公司於時區起始進行機隊規劃，所面臨之決策項目共有八項，分別為購買新航機、淘汰舊航機、租賃航機、停租航機、聯盟乾租(或回收乾租)航機、退回乾租(或乾租出租)航機、聯盟濕租(或回收濕租)航機與退回濕租(或濕租出租)航機。根據本研究所建構之模式，各種決策項目於決策動作發生時皆會產生不同成本，因此聯盟乾租租金 $DH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},0}^{DT})$ 的高低將會對航空公司機隊規劃決策與總成本產生重要影響。由於前述實證分析中並未出現聯盟乾租航機之情況，因此本研究將不考慮其他變動因素的情況之下，討論聯盟乾租租金改變對於航空公司總成本及機隊規劃決策之影響。

(2) 聯盟濕租租金之成本決策分析

如同聯盟乾租租金的情況，聯盟濕租租金 $WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},0}^{WT})$ 對於航空公司之機隊規劃決策亦有相當重要之影響，然而由於聯盟協定內容不同，兩者對於航空公司總成本之影響程度並非完全一樣。因此本研究亦於其後討論聯盟濕租租金對航空公司總成本及機隊規劃決策之影響。

(3) 航機取得成本之敏感度分析

航機取得成本包括航機購買價格 $P_{q^{(0+1)}}^{Tw}$ 、航機租賃租金 $R_{q^{(0+1)}}^{Tdw}$ 、聯盟乾租租金 $DH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},0}^{DT})$ 及聯盟濕租租金 $WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},0}^{WT})$ 四項，此四項成本隨著航機持有期間(或航機租賃期限)之不同而有不同的影響，因此本研究將對航空公司之航機取得決策於不同租期之下進行敏感度分析。

以下 4.3.1 節為聯盟乾租租金之成本決策分析；4.3.2 節為聯盟濕租租金之成本決策分析；4.3.3 節為航機取得成本之敏感度分析。

4.3.1 聯盟乾租租金之成本決策分析

本研究所建構之聯盟動態機隊規劃模式中，航空公司決策者在決策是否選擇聯盟乾租航機時，主要考慮因素即為研究時區內總成本增加幅度是否較其他

決策項目低，然而本研究之機隊規劃為一中長期之決策分析，該決策項目影響之成本不僅決定於購買價格與租賃租金，仍需考量其後時區之機隊情況至研究時區結束或航空公司進行相反決策(即縮減機隊)之時區為止，方能了解該項決策是否更能縮減航空公司總成本。

以承租方航空公司之角度，假設該航空公司需增加該時區之機隊容量至研究時區結束(令研究時區極長，分攤於每年之航機購買成本與折舊成本小於每年之航機租賃成本)，則由式(28)與式(29)推算，乾租航機年租金僅需小於購買同

機型航機分攤於每年之成本，即當 $DH^{w^0w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)r,0}}^{DT} \right) < \frac{P_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)r,0}}^{DT}}$ 時，選擇聯盟乾租航

機為最佳決策，然而聯盟乾租屬短期變動，一般來說，航空公司無法提供如此長時間之航機供其他航空公司乾租使用，因此在此不進行討論。若航空公司需在數個時區之後進行反向決策(令分攤於每年之航機購買成本與折舊成本大於每年之航機租賃成本)，則根據式(28)與式(29)推算，航機乾租年租金僅需小於向外租賃同機型航機之年租金加上平均分攤於每年上之停租航機之違約費用，即

$DH^{w^0w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)r,0}}^{DT} \right) < R_{q^{(0+1)}}^{Tdw} + \frac{Z_{q^{(0+1)}}^{Tew}}{\lambda_{q^{(0+1)r,0}}^{DT}}$ 時，選擇聯盟乾租航機為最佳決策。

以出租方航空公司之角度，航空公司處理過剩機隊可以閒置之方式或機隊變動之方式(即該航機先淘汰/停租，再於其後需要時購買/租賃回來)，若航空公司原採用閒置方式，則乾租航機之租金僅需為正數即可產生彌補閒置成本(包括購置成本與變動維修成本)之效果；若航空公司原採用機隊變動之方式，則該航機之閒置成本扣除乾租航機租金之總合需低於進行機隊變動所產生之成本，以式(28)與式(29)推算，假設航空公司原決策淘汰該航機，則需滿足

$DH^{w^0w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)r,0}}^{DT} \right) > \frac{D_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)r,0}}^{DT}}$ 之限制；若航空公司原決策停租該航機，則需滿足

$DH^{w^0w^1} \left(\lambda_{q^{(0+1)r,0}}^{DT} \right) > R_{q^{(0+1)}}^{Tdw} - \frac{Z_{q^{(0+1)}}^{Tew}}{\lambda_{q^{(0+1)r,0}}^{DT}}$ ，方能達成乾租航機之情況。

此部份討論之乾租航機以該航空公司原有之機型為主，避免因租用不同機型之航機所需負擔高額之維修成本，且可產生維修之規模經濟效果，若以相同機型而言，濕租航機仍需額外共同租賃夥伴航空公司之維修設備及機組人員，所產生之成本必然較乾租航機為高，因此在此亦不予討論。

根據以上之分析，可推出乾租航機租金之臨界值情況如下圖 4.14 所示。

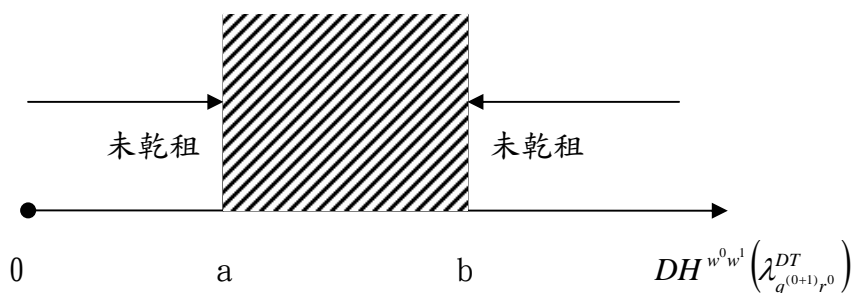


圖 4.14 乾租航機租金與決策之臨界圖

上圖之橫軸座標為乾租航機年租金，a 點之值代表航機之間置成本扣除進行機隊變動所產生之成本，平均分攤於乾租航機租期每年之成本值，即

$$DH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) > \frac{D_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}} \text{ 或 } DH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) > R_{q^{(0+1)}}^{Tdw} - \frac{Z_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}} ; b \text{ 點之值代表向外}$$

租賃同機型航機之年租金加上平均分攤於租期上每年停租航機之違約費用即

$$DH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) < \frac{P_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}} \text{ 或 } DH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) < R_{q^{(0+1)}}^{Tdw} + \frac{Z_{q^{(0+1)}}^{Tew}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}} 。由以上之分析可得$$

知當乾租航機租金介於兩臨界值 a、b 之內時，始能達能聯盟乾租航機之情況，即 a、b 值分別為乾租航機租金之價格下限與價格上限，此結果能提供聯盟雙方航空公司決策者在不同航機、不同成本之情況下，訂定聯盟乾租航機租金與聯盟協商互動之參考。

4.3.2 聯盟濕租租金之成本決策分析

依照前述聯盟乾租與聯盟濕租之定義與分析，對承租方航空公司而言，若決策購置原機隊相同機型之航機，則濕租航機所需成本將比乾租航機高，相較之下航空公司決策並不考慮以濕租方式租賃已有機型之航機，因此在濕租航機租金之敏感度分析部份，將假設預購置之航機機型與原有航機分屬不同機型之航機。在本研究之機隊規劃模式中，航空公司之機隊容量乘上該航線之承載率需不小於旅客需求量，因此另假設原機隊加入上述不同機型之航機亦能滿足該時區之機隊容量要求，以利純粹針對濕租航機租金部份進行分析。

以承租方航空公司之角度，購置不同機型航機將會花費高額之維修成本，

而以濕租方式租用航機則可使用夥伴航空公司原有之維修設備及機組人員，使維修成本較低，且能共同分擔維修該航機之費用，因此若以不同機型之航機進行比較，則濕租航機所產生之成本將低於其餘三項決策，因此欲濕租之非原有機型航機租金將與購置原有機型之航機成本比較，即濕租航機租金需小於購置航機成本加上維修該航機之成本扣除承租方需負擔之濕租航機維修成本，若以

式(28)與式(29)推算，即濕租航機租金需滿足 $WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r_0}^{DT}) < \frac{P_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r_0}^{DT}} + V_{q^{(0+1)}}^T \times \theta$

或 $WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r_0}^{DT}) < R_{q^{(0+1)}}^{Tdw} + V_{q^{(0+1)}}^T \times \theta + \frac{Z_{q^{(0+1)}}^{Tew}}{\lambda_{q^{(0+1)},r_0}^{DT}}$ 之限制式，方能達成濕租聯盟協

議，反之，若濕租所產生之成本較高，則航空公司將選擇以購置原有機型之航機做為替代決策。

以出租方航空公司之角度，則與聯盟乾租航機之情況類似，唯一不同之處在濕租航機不僅需考量租金之關係，且需加入考慮所需共同分擔之部份維修費用，即該航機之閒置成本加上出租方所需負擔之部份維修費用扣除濕租航機租金之總合需低於進行機隊變動所產生之成本，若以式(28)與式(29)推算，即濕

租航機租金需滿足 $WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r_0}^{DT}) > V_{q^{(0+1)}}^T (1-\theta) + \frac{D_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r_0}^{DT}}$ 或

$WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r_0}^{DT}) > R_{q^{(0+1)}}^{Tdw} + V_{q^{(0+1)}}^T (1-\theta) - \frac{Z_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r_0}^{DT}}$ 之限制式，方能達成濕租聯盟協

議。

根據以上之分析，可推出濕租航機租金之臨界值情況如下圖 4.15 所示。

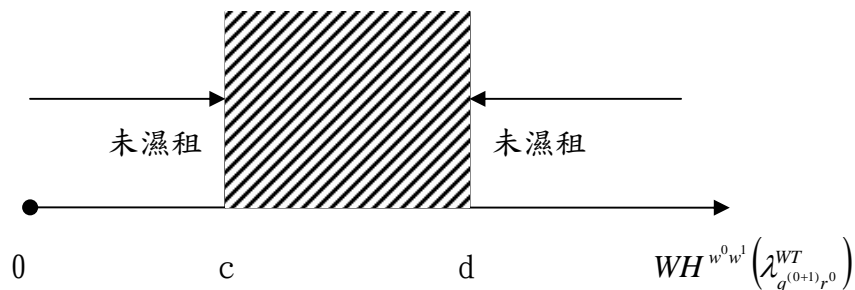


圖 4.15 濕租航機租金與決策之臨界圖

上圖之橫軸座標為濕租航機年租金，c 點之值代表航機之閒置成本加上出租方所需負擔之部份維修費用扣除機隊變動所產生成本之總合，平均分攤於濕租航機租期每年之成本值，即 $WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) > V_{q^{(0+1)}}^T (1-\theta) + \frac{D_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}}$ 或

$$WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) > R_{q^{(0+1)}}^{Tdw} + V_{q^{(0+1)}}^T (1-\theta) - \frac{Z_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}} ; d \text{ 點之值代表購置航機成本加上維修該航機之成本扣除承租方需負擔之濕租航機維修成本平均分攤於租期上之年平均成本，即 } WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) < \frac{P_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}} + V_{q^{(0+1)}}^T \times \theta \text{ 或}$$

$$WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) < \frac{P_{q^{(0+1)}}^{Tw}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}} + V_{q^{(0+1)}}^T \times \theta \text{ 或}$$

$$WH^{w^0w^1}(\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}) < R_{q^{(0+1)}}^{Tdw} + V_{q^{(0+1)}}^T \times \theta + \frac{Z_{q^{(0+1)}}^{Tew}}{\lambda_{q^{(0+1)},r^0}^{DT}} 。 \text{ 如同聯盟乾租之分析情況，由以上$$

之分析可得知當濕租航機租金介於兩臨界值 c、d 之內時，始能達成聯盟濕租航機之協議，即 c、d 值分別為濕租航機租金之價格下限與價格上限，此結果亦能提供聯盟雙方航空公司決策者在訂定聯盟濕租航機租金與聯盟協商互動之參考。



4.3.3 航機取得成本之敏感度分析

航空公司取得航機之方式包括四項決策，即購買、租賃、聯盟乾租及聯盟濕租，其中購買與租賃決策為航空公司向聯盟外之航空市場取得航機，聯盟乾租與聯盟濕租決策為向聯盟內之夥伴航空公司取得航機。上述四項航機取得成本隨著航機持有期間(或航機租賃期間)的長短而有不同的影響，本研究以實證分析中之 B747-400 型航機為例，聯盟航機之租期與租金折扣關係採用聯盟協商互動後之參數，即聯盟租金兩階段折扣邊界租期 λ_1 、 λ_2 分別為 4 年與 8 年，聯盟租金兩階段折扣 ε_1 、 ε_2 分別為 0.8 與 0.6，分析四項決策中兩兩決策之成本與租期之關係，並於任一租期之情況下，求得兩兩決策之臨界成本值。下圖 4.16 至圖 4.21 表示航空公司於不同航機持有時間之情況下，航機購買價格與航機租賃租金之臨界值圖。

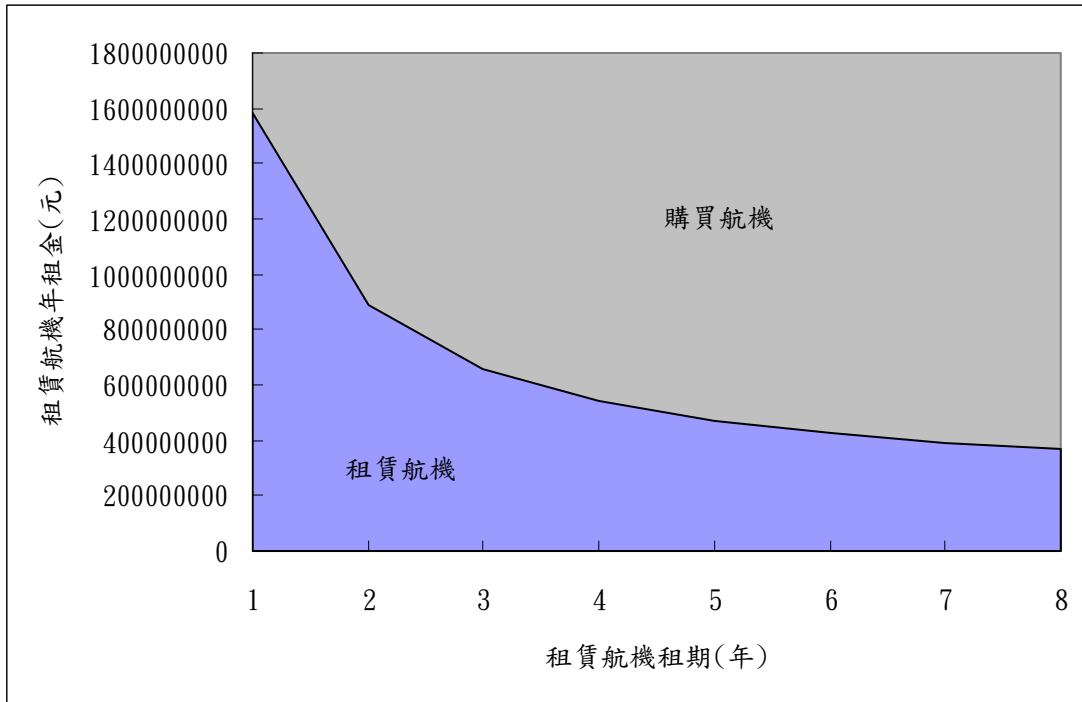


圖 4.16 B747-400 型航機購買價格/租賃年租金臨界值圖

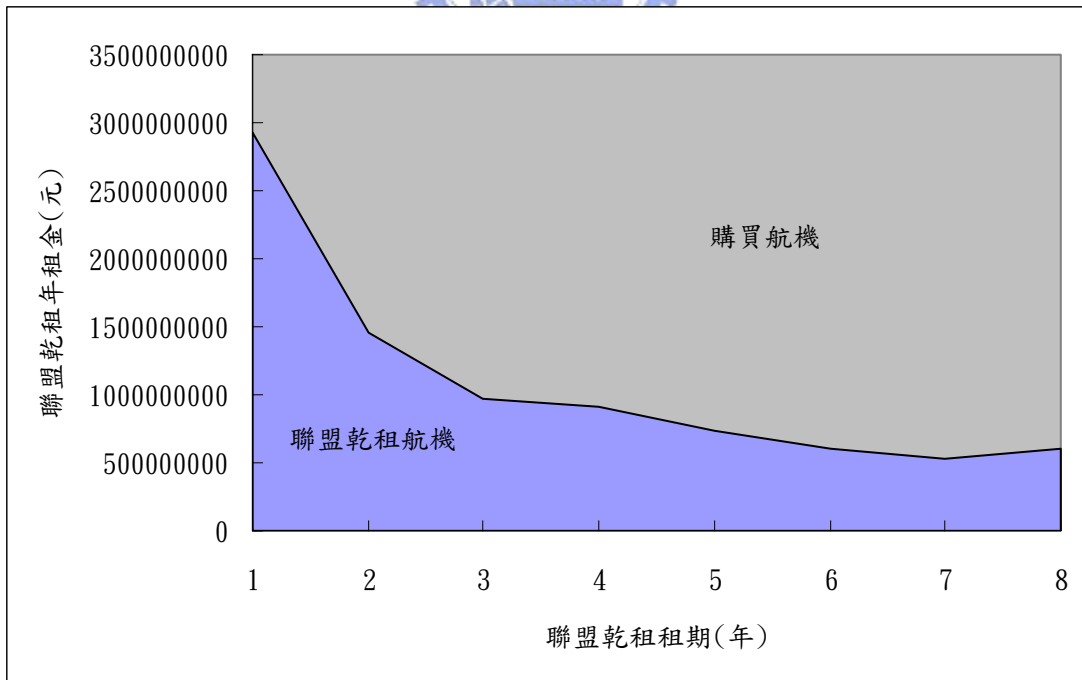


圖 4.17 B747-400 型航機購買價格/聯盟乾租年租金臨界值圖

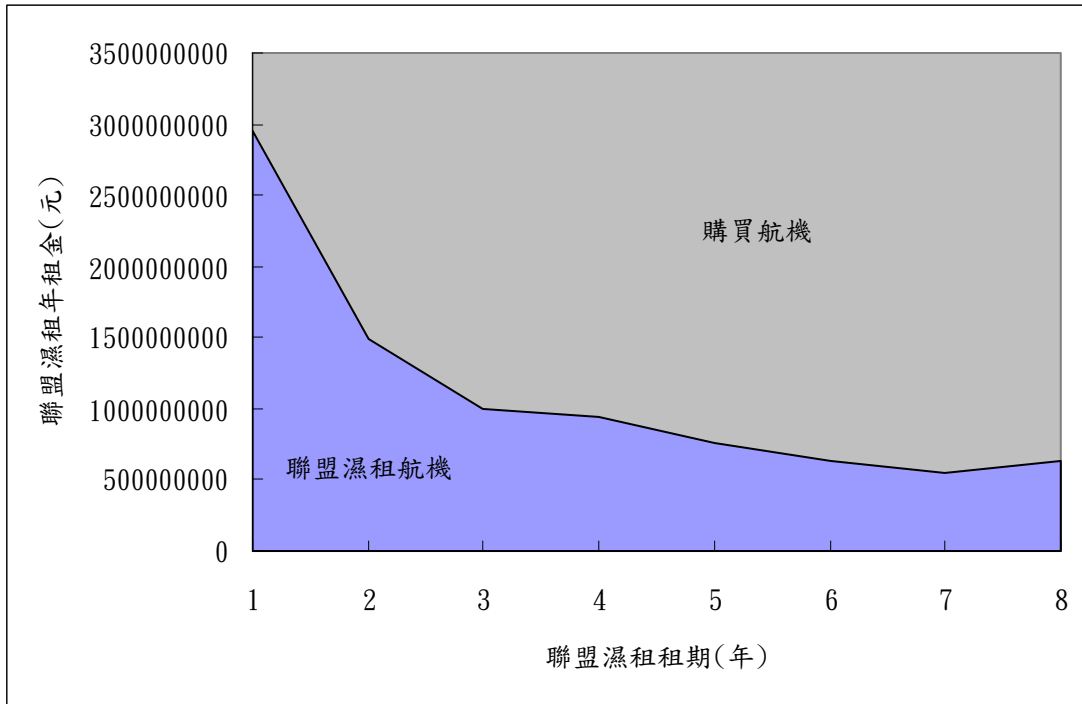


圖 4.18 B747-400 型航機購買價格/聯盟濕租年租金臨界值圖

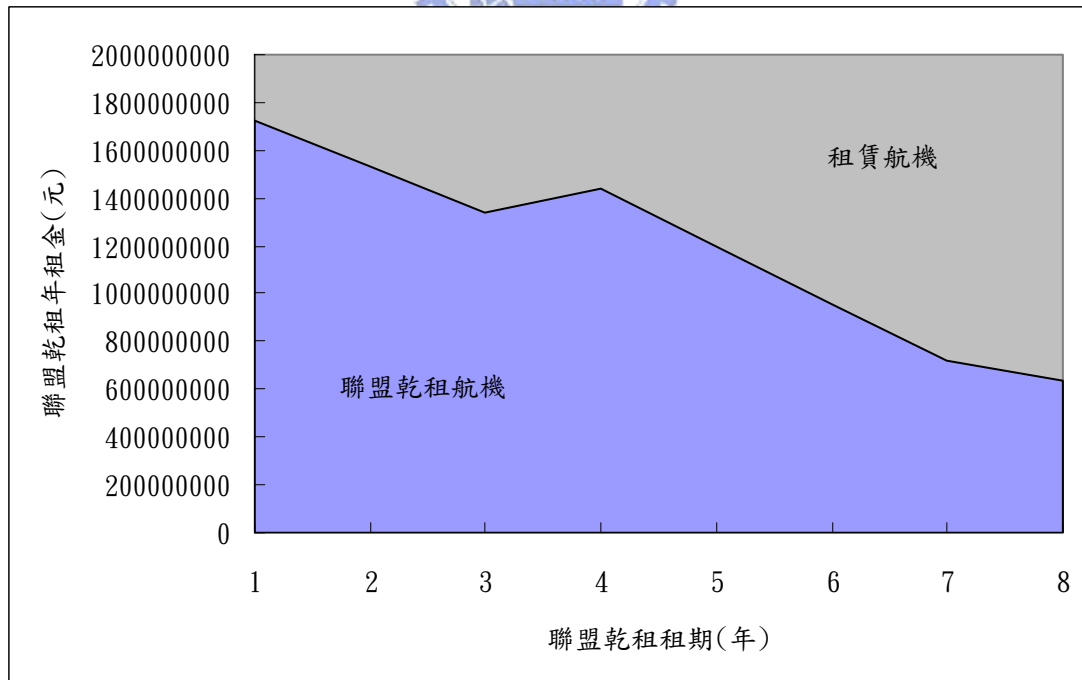


圖 4.19 B747-400 型航機租賃年租金/聯盟乾租年租金臨界值圖

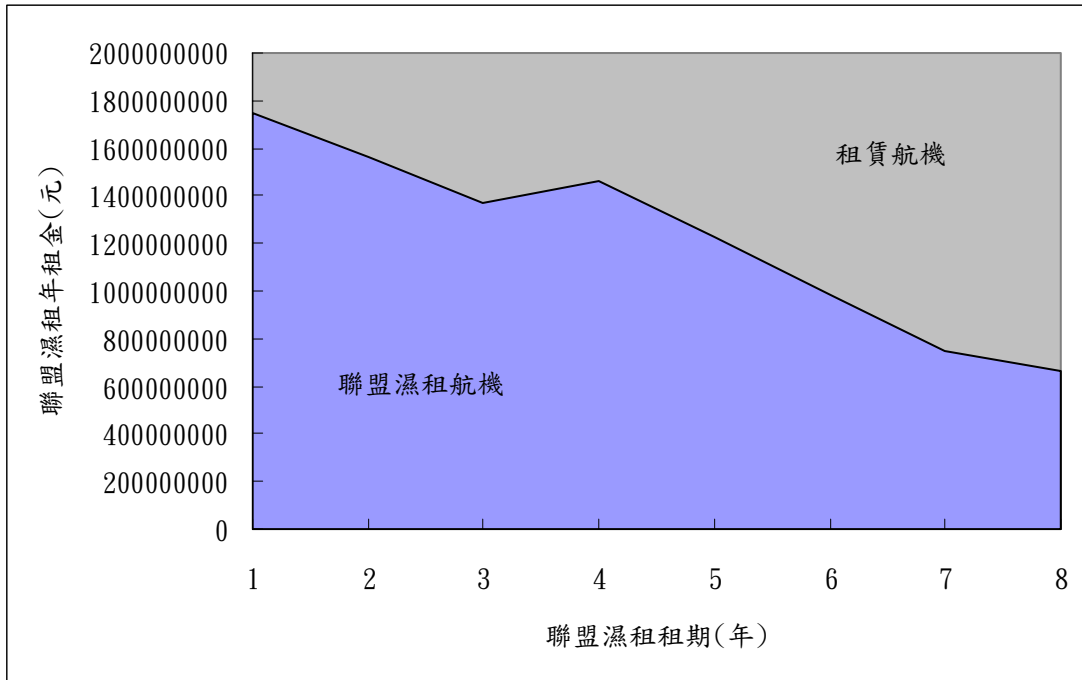


圖 4.20 B747-400 型航機租賃年租金/聯盟濕租年租金臨界值圖



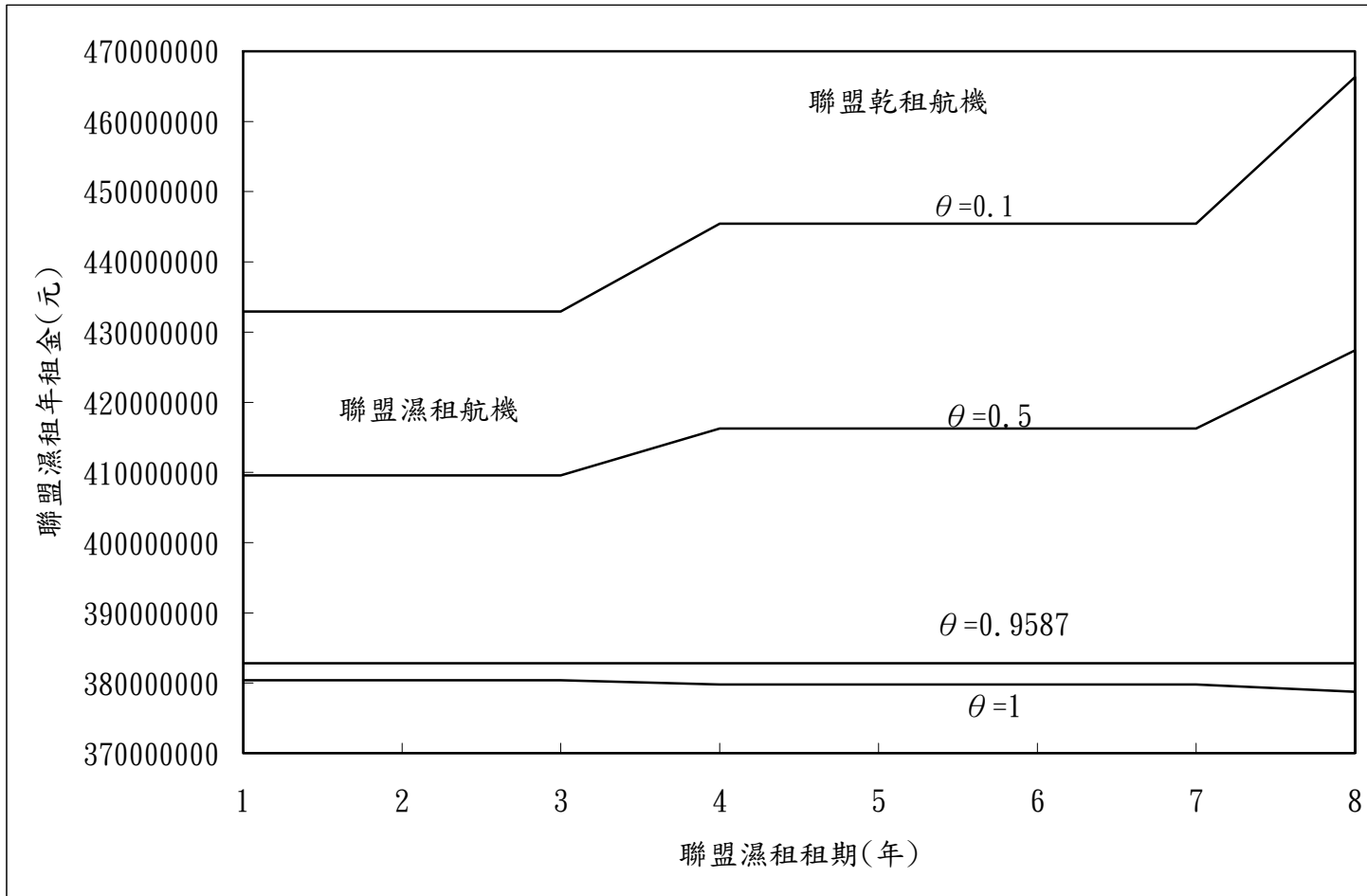


圖 4.21 B747-400 型航機聯盟乾租年租金/聯盟濕租年租金臨界值圖

在航機購買價格與租賃年租金方面，航空公司決策購買航機時，需負擔高額之航機購買成本，然而以長期之觀點，根據 Oum et al. (2000) 之研究，航機租賃公司在租賃時段內的期望租金收入必定大於航空公司購買航機成本在該時段內之折舊金額，因此就短期而言，航空公司較傾向於租賃航機使用，長期則以購買航機有較高之效益。根據圖 4.16 顯示，隨著航機租期增加，航機購買價格與租賃年租金之臨界值逐漸下降，即表示航空公司較傾向以購買航機替代租賃航機使用。

在航機購買價格與聯盟乾/濕租年租金方面，如同前述購買價格與租賃年租金分析，購買航機長期而言具有較高之效益，因此航機購買價格與聯盟乾/濕租年租金之臨界值亦隨租期增加而降低，而聯盟乾/濕租之租金與租期亦存在折扣關係，當聯盟租賃航機租期跨過折扣邊界租期而產生租金折扣時，航機購買價格與聯盟乾/濕租年租金之臨界值亦產生相對應之變動，如圖 4.17 與圖 4.18 所示，航機購買價格與聯盟乾/濕租年租金之臨界值於聯盟租期為 4 年與 8 年時產生不同之變動，即為聯盟租期與租金折扣所產生之影響。

在航機租賃年租金與聯盟乾/濕租年租金方面，根據圖 4.19 與圖 4.20 顯示，就一般租賃而言，租賃租期越長，則停租航機所需負擔之違約成本越少，使航機租賃年租金與聯盟乾/濕租年租金之臨界值隨著租期之增加而下降；就聯盟乾/濕租而言，租期越長亦有更高之租金折扣產生，故於聯盟乾/濕租兩階段之租金折扣之內，航機租賃年租金與聯盟乾/濕租年租金之臨界值皆產生上升之變動。

聯盟乾租航機對承租方航空公司而言，僅向出租方航空公司租賃航機，維修部份則由承租方自行負責，而聯盟濕租航機承租方則需向出租方連同航機、維修、設備及機組人員共同租賃，依本研究所建構之數學模式，承租方所需負擔之維修費用比例為 θ ，出租方則為 $1-\theta$ ，一般而言，聯盟濕租年租金較乾租年租金高，若因濕租共同負擔維修費用所減少之成本無法彌補濕租租金總合扣除乾租租金總合之差額，則承租方航空公司將選擇聯盟乾租航機，反之，則選擇聯盟濕租航機。根據圖 4.21 所示，不同之 θ 值情況有不同之臨界值線，臨界值線上方代表決策者選擇聯盟乾租航機較佳，臨界值線下方則為選擇聯盟濕租航機較佳，當 θ 值小於 0.9587 時，濕租航機共同負擔維修費用之成本較乾租航機自行維修航機之成本小，則承租方航空公司較傾向選擇聯盟濕租航機，且隨著租期越長，聯盟租賃租金折扣越高，濕租之優勢越明顯，即臨界值產生上升

之變動；而當 θ 值大於0.9587時，濕租航機共同負擔維修費用之成本較乾租航機自行維修航機之成本大，則承租方航空公司較傾向選擇聯盟乾租航機，且隨著租期越長，聯盟租賃租金折扣越高，乾租之優勢越明顯，即臨界值產生下降之變動；若 θ 值等於0.9587時，則聯盟乾租航機與聯盟濕租航機具有相同之效益，即臨界值為一水平線，不隨租期變動。

整合上述各項臨界值圖，分別以航機取得之四項機隊規劃決策重新劃分，可得出在不同之航機持有期間，各項機隊規劃決策之價格範圍。下圖4.22至圖4.25分別為航機購買、租賃、聯盟乾租、聯盟濕租之決策價格範圍圖。

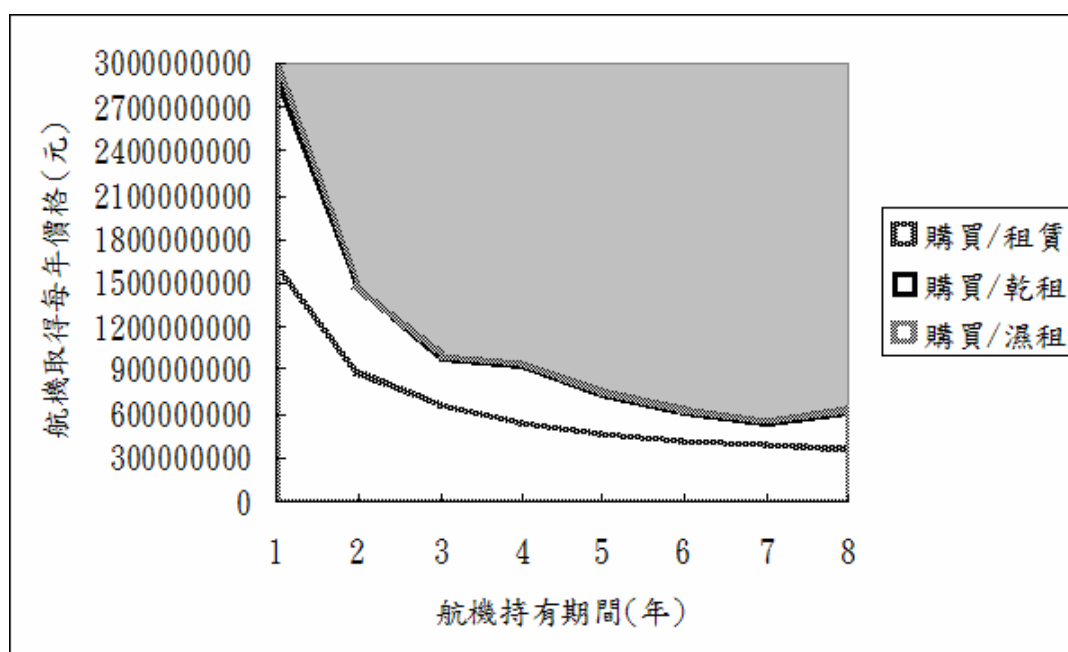


圖 4.22 航機購買決策價格範圍圖

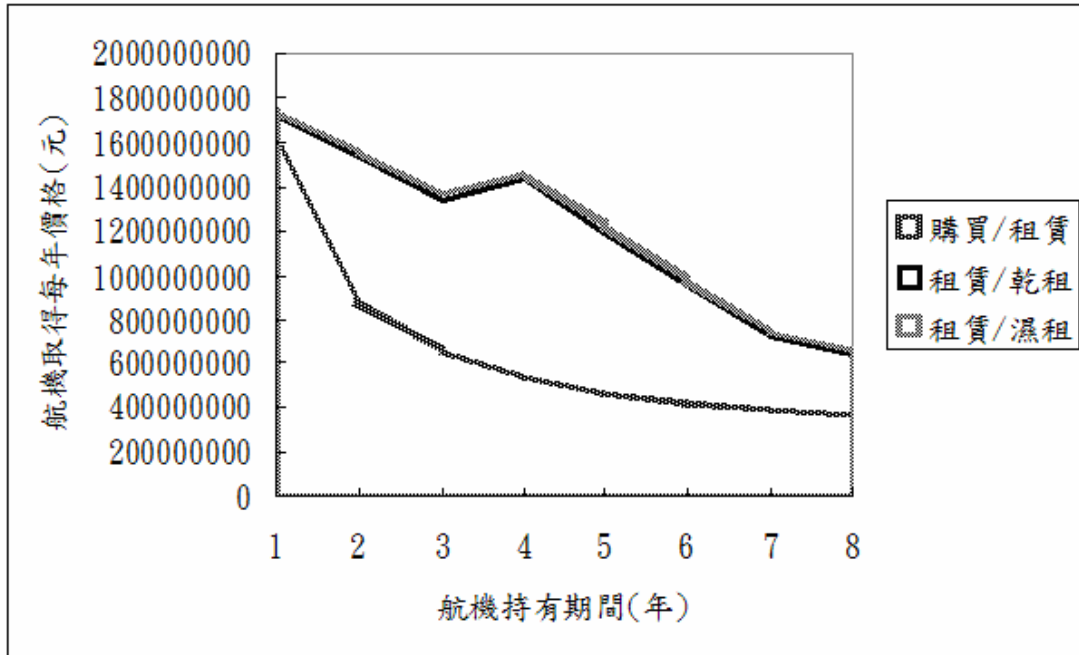


圖 4.23 航機租賃決策價格範圍圖

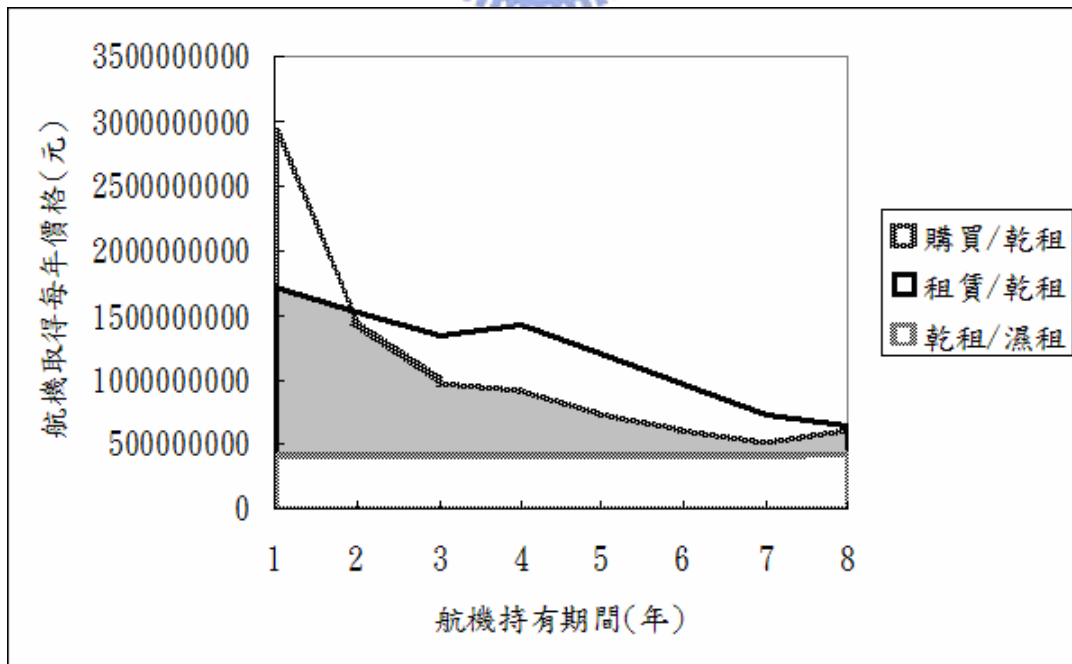


圖 4.24 航機聯盟乾租決策價格範圍圖

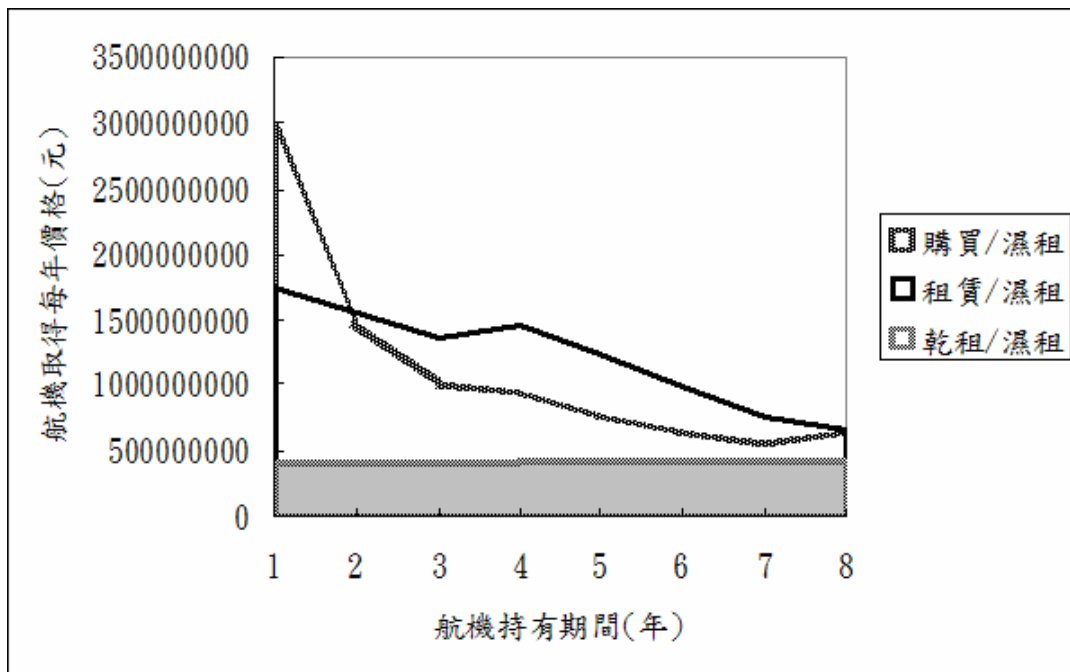


圖 4.25 航機聯盟濕租決策價格範圍圖

以上四決策價格範圍圖分別以機隊規劃之四項決策分類，各圖以前述之各項臨界值中與該項決策相關之三條臨界值線所構成，即航機購買決策價格範圍圖為購買價格/租賃年租金、購買價格/聯盟乾租年租金與購買價格/聯盟濕租年租金三條臨界值線組成，圖中陰影部份為此三條臨界值線所圍成之範圍，為該項決策於三條臨界值範圍之交集，根據各臨界值線所代表之意義，可推得此陰影部份即為該項決策之價格範圍。圖 4.23 之航機租賃決策價格範圍圖中並不存在陰影部份，表示航空公司決策者於此航機持有期間內，可以購買、聯盟乾租及聯盟濕租三項決策替代租賃決策。

根據以上之敏感度分析結果，航空公司決策者可瞭解在不同航機持有時間之情況下，各項機隊規劃決策之價格範圍及臨界值，此結果不僅能提供航空公司進行機隊規劃決策之參考，且能讓航空公司與航機租賃公司或聯盟夥伴航空公司於一般租賃或聯盟租賃時，協商談判航機年租金之依據。

第五章 結論與建議

5.1 結論

在現今各方面強調國際化的趨勢之下，跨國貿易與國際企業蓬勃發展，許多企業必需藉由航空運輸來完成貿易行為，產生經濟活動，因此，航空產業對於全球經濟景氣波動的敏感度位居所有產業中的首位。經濟景氣程度對航空運輸的旅客需求量影響甚鉅，而旅客需求量則直接影響航空公司的營運狀況，由此可知，全球的經濟景氣情形對於航空公司的經營情況關係密切。當全球景氣發生上揚的情況時，航空產業的旅客需求量將會產生增加的趨勢；反之，在景氣波動下跌時，旅客需求量將會相對的減少。在滿足未來旅客需求量的營運前提下，航空公司可藉由增加或減少機隊中航機數目，調整其機隊容量配合旅客需求量的變動，以求降低因機隊容量過剩/不足所產生的額外成本，而購置機隊的成本佔其營運成本非常大的部份，如果航空公司能配合未來旅客需求量的波動情況適時的調整機隊容量，將可使資金的運用更靈活，達到更高的成本效益。因此，如何因應未來旅客需求量之變動，做最適當的機隊規劃以降低航空公司營運成本與增加營收是很重要的課題。

近年來國際間產業相互策略聯盟的方式逐漸興起，主要的目的在於藉由聯盟的協議內容，與其聯盟夥伴共享資訊、設備、技術、人員等資源，降低龐大的營運成本以獲得更高的利潤。航空公司於營運的考量上，逐漸傾向於整合各自擁有資源的聯盟方式，航空公司間相互策略聯盟的方式已然成為未來航空產業中最顯而易見的趨勢。若航空公司能在處理機隊規劃的決策上，加以考慮以航空公司間策略聯盟的方式，經由兩造航空公司決策者之協商談判相互聯盟租借機隊，將一方閒置之航機租給另一方彌補其不足的容量，如此不僅能提供航空公司更大的機隊規劃彈性，更能精簡機隊，節省營運及維修等成本，達到更高的成本效益。

本研究從航空公司機隊規劃的角度切入，配合以往相關文獻中的動態模式觀念與聯盟協商互動架構，在增加/減少航機數目的決策中加以考慮達成聯盟所產生的影響，分別建構相關成本函數，並以動態規劃模式表示出時間的延續與遞迴的特性；當目標航空公司透過聯盟乾/濕租方式與夥伴航空公司租借航機、設備及機組維修人員時，再以聯盟之協商互動規劃步驟反映出兩家航空公司就規劃目標間的之相互協商互動，增加或放鬆原模式之限制式，進而求解得到航空公司聯盟協議下之機隊規劃協商妥協解。

綜合以上之研究分析，本研究之結論如下：

- (1) 透過本研究所建構之個別與聯盟航空公司動態機隊規劃模式，可求得雙方航空公司因應所預測之未來旅客需求量變動情況下，決策者於各決策時區聯盟前後所進行之最佳機隊規劃決策及總成本。
- (2) 根據本研究第四章實證分析結果，雙方航空公司藉由聯盟乾/濕租之方式，原機隊容量過剩之航空公司於聯盟後可將航機租借給原機隊容量不足之航空公司使用，則承租方航空公司得以較購買或向外租賃更低之價格承租航機使用，出租方航空公司則可獲得聯盟租賃航機之租金以彌補原航機之閒置成本或高額之機隊變動成本，實證結果亦顯示雙方航空公司於聯盟後之機隊規劃成本皆較聯盟前低。
- (3) 由於本研究之聯盟航空公司動態機隊規劃模式所求解之聯盟妥協解未必為雙方航空公司決策者所接受，因此本研究提出一聯盟協商互動之求解步驟，透過雙方決策者之協商互動，增加或放鬆聯盟機隊規劃模式之限制式並重新求解，反覆執行此步驟至雙方決策者皆能接受為止，即為最終之機隊規劃協商滿意解。
- (4) 由本研究之實證分析結果，透過兩照航空公司決策者協商互動後之機隊規劃解，對於聯盟整體之效益皆較聯盟妥協解差，即雙方航空公司於協商互動後之機隊規劃成本總合較協商互動前之成本總合高，然其雙方航空公司於協商互動後之機隊規劃成本差異卻較聯盟妥協解小，更為貼近實務上雙方航空公司可接受之聯盟情況。
- (5) 本研究以聯盟前後成本分析之方式，分別以承租方航空公司與出租方航空公司之觀點，探討聯盟乾/濕租航機租金之臨界值，此分析結果可提供兩照航空公司決策者於聯盟協商互動之過程中，訂定聯盟乾/濕租航機租金之參考依據。
- (6) 根據本研究之敏感度分析，於航機取得之四項決策中，分別計算兩兩決策間於不同之航機持有期間(包括購買期間、一般租賃租期與聯盟租賃租期)之航機取得成本臨界值(包括購買價格、一般租賃年租金與聯盟乾/濕租年租金)，分析結果顯示各項決策對於航機持有期間之長短

具有不同之成本效益，此結果可提供航空公司決策者於機隊規劃時之決策參考依據。

5.2 建議

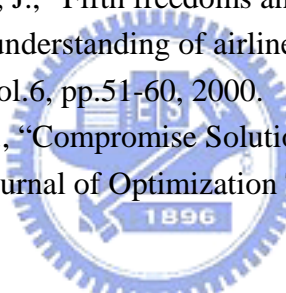
- (1) 本研究之目的為探討兩照航空公司於聯盟租賃機隊後，對聯盟前之機隊規劃及總成本之影響，為簡化分析，假設雙方航空公司於機隊規劃決策時，皆於相同之時點進行決策，並存在相同之時區劃分，考量機隊變動亦以時區為單位，然實際上各家航空公司之機隊規劃時點未必相同，且兩決策時點間之時區劃分也非固定，機隊變動情況也可能於不同時點發生，建議後續研究可考慮放鬆此項假設，以更貼切實務上航空公司之決策方式，且更能因應未來旅客需求量變動情況。
- (2) 一般而言，航機之購買、租賃決策為較長期之機隊規劃決策，而聯盟租賃航機可適用於短期因應旅客需求量波動之情況，如一年中之旅遊淡旺季、舉辦國際性之活動等，建議後續之研究能考量以聯盟租賃航機因應短期需求量變動之情況，如此更能顯示聯盟租賃航機之效益與機隊調度之靈活度，且更能滿足旅客需求量之變動情況。
- (3) 本研究假設航機皆為純客機，不考量貨運之成本與收益，然而隨著國際貿易逐漸頻繁，航空貨運之收益為航空公司不可忽視之部份，而航空公司所使用之航機可分為純客機、客貨兩用機及純貨機三種，因此航空公司進行機隊規劃時，除考量客運之未來旅客需求量外，應同時考量未來之貨物需求量及機隊貨運容量，建議後續之研究可將貨運部分納入考量因素。
- (4) 目前實務上，航空公司間最普遍之策略聯盟型態即為共用班號聯盟及航機乾/濕租聯盟，本研究僅考慮航機乾/濕租聯盟之情況，建議後續之研究能整合考量此兩種最普遍之聯盟方式，並能分析比較兩種不同型態聯盟方式之效益，更能提供實務航空公司決策者之機隊規劃參考依據。

參考文獻

1. 方至民、林芳如，「策略聯盟型態與營運績效之關聯性研究-以台灣航空業為例」，國立中山大學國際高階經營管理研究所碩士論文，民國九十二年六月。
2. 許巧鶯、王志青，「軸輻航空貨運網路之直接與轉運路線選擇」，*運輸計劃季刊*，第二十六卷第一期，頁95-118，民國86年3月。
3. 許巧鶯、溫裕弘，「台灣地區國際航空客運量之預測-灰色預測模式之應用」，*運輸計劃季刊*，第二十六卷第三期，頁525-556，民國86年9月。
4. 許志義，多目標決策，初版，五南圖書出版有限公司，民國83年。
5. 張有恆、楊弘道，「航空公司機型選擇之研究」，*運輸計劃季刊*，第二十五卷第一期，頁93-120，民國85年3月。
6. 歐秀卿，「國際物流服務業策略聯盟之研究」，國立中山大學公共事務管理研究所碩士論文，民國九十一年六月。
7. 劉素妙，「航空公司機隊規劃之航機採購/汰換時程之研究」，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文，民國九十一年六月。
8. 鄭誌原，「聯盟夥伴互動因素、夥伴條件與知識轉移程度對廠商能力強化及績效之研究」，國立雲林科技大學企業管理系碩士論文，民國九十二年六月。
9. Agusdinata, B. and Klein, W., "The dynamics of airline alliances," *Journal of Air Transport Management*, Vol.8, pp.201-211, 2002.
10. Brueckner, J. K., "The economics of international codesharing: an analysis of airline alliances," *International Journal of Industrial Organization*, Vol.19, pp.1475-1498, 2001.
11. Brueckner, J. K., "The benefits of codesharing and antitrust immunity for international passengers with an application to the Star alliance," *Journal of Air Transport Management*, Vol.9, pp.83-89, 2003.
12. Cohon, J. L., *Multiobjective Programming and Planning*, Academic Press, New York, 1978.
13. Contractor, F. J. and Lorange, P., "Why should firms cooperate? The strategy and economics basis for cooperative ventures," Chapter 1 of Farok J. Contractor and Peter Lorange (eds.), *Cooperative Strategies in international Business*, Lexington Books, pp.3-30, 1988.
14. Chen, F. C. and Chen, C., "The effects of strategic alliances and risk pooling on the load factors of international airline operations," *Transportation Research Part E*, Vol.39, pp.19-34, 2003.
15. Glaister, K. M. and Buckley, P. J., "Strategic motives for international alliance formation," *Journal of Management Studies*, Vol.33 (3), pp.301-332, 1996.

16. Goh, K. and Uncles, M., "The benefits of airline global alliances: an empirical assessment of the perceptions of business travelers," *Transportation Research Part A*, Vol.37, pp.479-497, 2003.
17. Gudmundsson, S. V. and Rhoades, L. D., "Airline alliance survival analysis : typology, strategy and duration," *Transport Policy*, Vol.8, pp.209-218, 2001.
18. Hane, C. A., Barnhart, C., Johnson, E. L., Matsten, R. E., Nemhauser, G. L., and Sigismondi, G., "The fleet assignment problem : solving a large-scale interger program," *Mathematical Programming*, Vol.70, pp.211-232, 1995.
19. Hannegan, T. F. and Mulvey, F. P., "An analysis of code-sharing's impact on airlines and consumers," *Journal of Air Transport Management*, Vol.2, No.2, pp.131-137, 1995.
20. Hartman, J. C., "An economic replacement model with probabilistic asset utilization," *IIE Transactions*, Vol.33, pp.717-727, 2001.
21. Hsu, C. I. and Wen, Y. H., "Application of Grey theory and multiobjective programming towards airline network design," *European Journal of Operational Research*, Vol.127, pp.44-68, 2000.
22. Jin, D. and Kite-Powell, H. L., "Optimal fleet utilization and replacement," *Transportation Research Part E*, Vol.36, pp.3-20, 2000.
23. Krubasik, E. and Lautenschlager, H., "Forming successful strategic alliance in high-tech business, Chapter 4 of Joel Blecke and David Ernst (eds.), Collaborating To Compete-using Strategic Alliance and Acquisitions in the Global Marketplace, New York: Wiley, pp.53-65, 1993.
24. Li, M. Z. F., "Distinct features of lasting and non-lasting airline alliances," *Journal of Air Transport Management*, Vol.6, pp.65-73, 2000.
25. Mak, B. and Go, F., "Matching global competition Cooperation among Asian airlines," *Tourism Management*, Vol.16, No.1, pp.61-65, 1995.
26. Morrish, S. C. and Hamilton, R. T., "Airline alliances-who benefits?" *Journal of Air Transport Management*, Vol.8, pp.401-407, 2002.
27. Ossadnik, W., "AHP-based synergy allocation to the partners in a merger," *European Journal of Operational Research*, Vol.88, pp.42-49, 1996.
28. Oum, T. H. and Park, J. H., "Airline alliances : current status, policy issues, and future directions," *Journal of Air Transport Management*, Vol.3, No.3, pp.133-144, 1997.
29. Oum, T. H., Zhang, A. and Zhang, Y., "Optimal demand for operating lease of aircraft," *Transportation Research Part B*, Vol.34, pp.17-29, 2000.
30. Park, J. H., "The effects of airline alliances on markets and economic welfare," *Transportation Research Part E*, Vol.33, No.3, pp.181-195, 1997.

31. Park, N. K. and Cho, D. S., "The effect of strategic alliance on performance a study of international airline industry," *Journal of Air Transport Management*, Vol.3, No.3, pp.155-164, 1997.
32. Park, J. H., Zhang, A. and Zhang, Y., "Analytical models of international alliances in the airline industry," *Transportation Research Part B*, Vol.35, pp.865-886, 2001.
33. Powell, W. B. and Carvalho, T. A., "Dynamic control of multicommodity fleet management problems," *European Journal of Operational Research*, Vol.98, pp.522-541, 1997.
34. Rhoades, D. L. and Lush, H., "A typology of strategic alliances in the airline industry : Propositions for stability and duration," *Journal of Air Transport Management*, Vol.3, No.3, pp.109-114, 1997.
35. Sakawa, M, *Fuzzy Sets and Iterative Multiobjective Optimization*, Plenum Press, New York, 1993.
36. Teodorovic, D., "Multi-Attribute Aircraft Choice for Airline Network," *Journal of Transportation Engineering*, Vol.112, No.6, pp.634-646, 1986.
37. Weber, M. and Dinwoodie, J., "Fifth freedoms and airline alliances. The role of fifth freedom traffic in an understanding of airline alliances," *Journal of Air Transport Management*, Vol.6, pp.51-60, 2000.
38. Yu, P. L. and Liemann, G., "Compromise Solutions, Domination Structures, and Salukvadze's Solution," *Journal of Optimization Theory and Applications*, Vol. 13, pp.362-378, 1974.



簡歷

姓名：黃鵬先

籍貫：台灣省台中市

生日：民國 67 年 04 月 23 日

學歷：

民國九十三年六月 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班畢
暨輔修資訊管理研究所畢

民國九十年六月 國立交通大學運輸科技與管理學系畢

民國八十五年六月 台灣省立豐原高級中學畢

聯絡方式：

pengshien.tem90g@nctu.edu.tw

samson423@pchome.com.tw