

國 立 交 通 大 學

運輸科技與管理學系碩士班

碩 士 論 文

航空公司之客貨航班時間帶

調整規劃之研究

The Study on Departure Time Zone Planning for

Airline Passenger and Cargo Flights

研 究 生：邱心玫

指 導 教 授：許巧鶯

中 華 民 國 九 十 三 年 六 月

航空公司之客貨航班時間帶調整規劃之研究

**The Study on Departure Time Zone Planning for Airline
Passenger and Cargo Flights**

研究生：邱心玫

Student:Hsin-Mei Chiu

指導教授：許巧鶯

Advisor:Dr. Chaug-Ing Hsu



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

航空公司之客貨航班時間帶調整規劃模式之研究

研究生：邱心玫

指導教授：許巧鶯

國立交通大學運輸科技與管理研究所

摘要

航空產業深受全球經濟景氣循環的影響。尤其景氣呈現下滑時，航空公司若僅減少頻次可能造成更多旅客量與貨量之損失，故在此情況下，可將航班起降時間謹慎納入規劃考量，透過不同航線需求時間之分布狀況，將適當的飛機頻次安排在此航線需求較高的時間帶上。Teodorovic(1988)曾指出航空公司提供適當的飛機頻次與飛機班表可增加航空運輸的載客數，因此在景氣波動下，為維持公司營運利潤，起降時間帶及頻次之規劃即顯得相當重要。

本研究針對客貨兼營航空公司不同景氣狀況下之決策進行分析，考慮時差、航班飛行時間、延遲時間，以及旅客、貨物意願之起降時間，目的地與出發地之活動起始結束時間，此外，因航空公司安排航班過程中無法使所有航班都能滿足旅客與貨主的要求，故修正 Koskosidis et al. (1992)之研究，提出票價折讓函數與貨運費率折讓函數，即當該航班時間規劃愈能滿足旅客與貨主之要求時，其旅客承載率與貨物載貨率也愈高，在此狀況下則不予折讓，反之則給予不等的折讓數。並考量不同航線頻次需求狀況進行規劃，以最大化航空公司利潤為目標，構建一數學規劃模式以決策航空公司最佳時間帶以及最適頻次。進一步本研究透過不同時間帶配置方案，提出僅考慮尖峰時間帶之部分市場制時間帶配置方案，並採以權重法與解析性兩種方式討論航空公司利潤差異，權重法採各時間帶利潤佔航空公司總利潤比重作為權重值，以該時間帶利潤貢獻程度求取航空公司願意競價金額，而解析性則是透過分析不同順位時間帶之利潤與成本，以推演各順位時間帶可競價金額之區間，及航空公司對各順位時間帶最大競價金額，並根據此兩種方式求算各家航空公司總合利潤，既而與目前歷史優先權配置方式、完全競價方式作一利潤的比較分析。最後，蒐集實證分析中之相關資料，以驗證本研究模式在實際應用之可行性。

研究結果顯示，利用客貨航班時間帶調整規劃模式，可在最大航空公司利潤下求得最佳客貨運時間帶位置分佈與最佳頻次，而透過景氣波動下之探討，驗證採用最適時間帶配置方式較未採用時間帶配置方式可在景氣好轉時獲取更大利潤，並在景氣下滑時節省較多成本以維持營運。此外，機場透過部分市場制時間帶競租方案之決策方式，雖使部分航空公司總合利潤較歷史優先權方式，但透過競價方式卻可促使航空公司對時間帶作較充分且有效率的使用。在部分市場制時間帶配置方案中以權重法對於航空公司較有利，原因在於權重法採用該時間帶之利潤貢獻度，對利潤貢獻較高之時間帶以較高金額競價，而解析性方式採各順位時間帶之利潤與成本推演出競租金額，可能使利潤貢獻度高的時間帶未採以高競價金額致喪失此時間帶，此可提供各家航空公司規劃各航班於最適時間帶與機場民航單位研擬時間帶配置方案之參考。

關鍵字：客貨航班、時間帶配置、航班頻次、航班時間帶

The Study on Departure Time Zone Planning for Airline Passenger and Cargo Flights

Student: Hsin-Mei Chiu

Advisor: Dr. Chaug-Ing Hsu

**Department of Transportation Technology and Management
National Chiao Tung University**

Abstract

The global economics affects airline market deeply. Especially when economics comes to a slump situation, airlines may encounter losses of both passengers and cargo if they just considered reducing flight frequency. Teodorovic (1988) pointed out that “proper insight passengers’ transportation demand and the distribution of this demand over time can increase the number of air transportation passengers by offering an adequate number of flights at suitable times.” Hence, it is important for airlines to plan the optimal flight arrival and departure time and flight frequency to maintain business profit under changing economic situation.

This study analyzes decisions on flight departure time zones under different economic situations for airlines which operate air services for both passengers and cargos. Factors considered in the study include time lag, flight flying time, flight delay, preferred arrival and departure time of passengers and cargos, the beginning time and the ending time in destination and origination, etc. Since airlines couldn’t make all flights departure time meet the demand of passengers and cargo owners. The study introduces discount functions for tickets and freight charges for flights with various schedule delay. The more the flight departure time satisfies the schedules of passengers and cargo owners, the higher the load factor of the flight. The study further formulates a model using mathematical programming method by maximizing airlines’ profits to find out the optimal departure time zone and frequency for all flights. Furthermore, the study proposes partial-market time-slot allocation scheme using Weighted approach and Analytical approach and estimate their difference in airlines’ profits. The Weighted approach uses the ratio of the profit of individual time zone divided by total profit of airlines as weights to determine the auction price of different time zones. The Analytical approach deduced the range and the maximum value of individual time zone through analyzing profit and cost of the time zone. The study further estimates and compares the total profits of two methods. Finally, the study demonstrates a case study and collects necessary data to show the feasibility of the model.

The results of the study show that the model can determine the optimal departure time-zone and flight frequency which maximizes airlines’ profit. Time-slot allocation scheme is better than non time-slot allocation scheme under different economic situations. Furthermore, although the amount of total profits for all airlines is smaller if airport authority adopts partial-market time-slot allocation scheme rather than historic precedence allocation scheme. Nevertheless, it can enable airlines to use time-slot more efficiently through auction scheme. For partial-market time-slot allocation scheme, airlines earn more profits using Weighted approach than analytical approach.

Key words: Passenger and Cargo Flights, Time-slot Allocation, Flight Frequency, Flight Departure Time-zone

致 謝

踏入交大校園已屆兩年，雖僅兩年卻是收穫豐稔，論文的完成、教育學專業已修畢，此刻即將離開這裡，心中滿是感激與不捨。

本論文得以順利完成，首先感謝恩師 許巧鶯教授兩年多來的悉心教導，上從研究方法的教導、觀念的啟迪，下至態度養成，各方面都有深長的進步，乃至於人生目標之追求與個人潛力之提昇均蒙受恩師日常細心的開導與解惑。而恩師對學術研究之嚴謹精神與生活處世之積極態度，更足為學生學習之表率。師恩浩浩，永銘於心！

論文口試期間，承蒙交研所汪進財教授與海洋大學顏進儒教授撥冗細審，並提出許多寶貴意見與殷切指正，使本論文疏漏謬誤之處得以斧正。在論文進度審查期間，感謝馮正民教授與汪進財教授之細心審閱，提供寶貴建議與研究方向，使本文漸臻完善。修業與論文研討期間，承蒙全體老師以及博士班慧潔學姊、清成學長、志青學長、幼屏學姊、美珠學姊等提供指正與建議，論文進行期間，感謝同門佳紋、乃文、偉哲、鵬先，相互鼓勵與安慰，謹此致上誠摯的感謝。另外，感謝在論文資料蒐集階段航空站業務組杜玉玲以及貨運組郭忠華組長的大力幫忙，使論文進行更為順利，此外，系上提供了完整的配備與行政支援，助理秀蔭、幸榮的幫忙，均使論文之進行更為順利，僅此致謝。

在學期間，感謝好友怡瑾、韻茹、郁涵、子瑩、建勳、季霖、律嘉、宗元、格禎、建安、明頤的陪伴，特別感謝室友好綺、靖媛、正英，相互鼓勵與關心照顧，一起陪我度過二年研究生生活。並感謝多年好友曉慧、珮琳、瑜華、家文、志榮、建國、豫龍、琬婷、金萍姊的關懷與問候，陪我度過許多酸甜苦辣的時光。此外，特別感謝海洋大學顏章程教官與漢心民族舞團顧文華主任，在我生命中，你們就如同我的父親一樣守護我成長，在人生路上指引我，教育我。

最後，謹將本論文獻給最親愛的母親與兄長。感激母親在我就學 18 個年頭，始終給予我最大的精神支持，無怨無悔地用她的青春換取我的成就，並成為我學習過程與生活上的支柱，讓我得以完成學業。感謝我的兄長植培，感謝他在我就學、論文進行期間，一人承擔照顧母親的責任讓我無憂無慮專心致力於學業，並給予我生活上與精神上的鼓勵。順利完成論文，謹將這份成果與榮耀與您們分享！

邱 心 玫 謹 誌

2004 年 6 月 于風城交大

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
致謝.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
符號說明.....	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	5
1.3 研究範圍.....	6
1.4 研究流程與架構.....	7
第二章 文獻回顧與探討.....	11
2.1 航空公司面對不同景氣狀況航班頻次之決策討論.....	11
2.1.1 景氣衰退.....	11
2.1.2 景氣復甦.....	14
2.2 機場時間帶現況.....	15
2.2.1 各國機場時間帶分配現況.....	16
2.3 時間帶相關文獻.....	18
2.3.1 機場跑道時間帶配置.....	19
2.3.2 航空公司時間帶配置.....	20
2.4 綜合討論.....	21
第三章 航空公司客貨運航班時間帶調整規劃模式.....	22
3.1 客貨航班時間帶.....	22
3.1.1 客運航班時間帶.....	23
3.1.2 貨運航班時間帶.....	25
3.2 航空公司客貨營運結構分析.....	26
3.2.1 客運營運收入與成本.....	27
3.2.2 貨運營運收入與成本.....	31
3.3 單一航空公司客貨航班規劃模式.....	35
3.3.1 單一航空公司客貨航班規劃模式.....	35
3.3.2 模式與演算法分析.....	37
3.4 單一航空公司實證範例分析.....	39
3.4.1 假設條件與範例說明.....	39
3.4.2 結果分析.....	46
3.5 航空公司營運成本分析.....	53

3.5.1 景氣變動收益之影響.....	53
3.5.2 敏感度分析.....	57
3.6 小結.....	65
第四章 機場時間帶配置決策選擇.....	66
4.1 機場時間帶配置現況與決策理念.....	66
4.1.1 機場時間帶配置現況.....	66
4.2 航空公司時間帶配置方案選擇決策.....	67
4.3 部分市場制時間帶配置方案.....	71
4.3.1 權重法.....	71
4.3.2 解析性方式.....	74
4.4 航空公司時間帶配置選擇範例分析.....	76
4.4.1 範例說明.....	76
4.4.2 結果分析.....	78
4.5 小結.....	86
第五章 結論與建議.....	88
5.1 結論.....	88
5.2 建議.....	90
參考文獻.....	91



圖目錄

圖 1.1 研究架構圖	9
圖 1.2 研究流程圖	10
圖 2.1 中正國際機場 80 ~ 91 年貨量成長情形	13
圖 3.1 時序與時區關係圖	23
圖 3.2 航空公司票價折讓函數	28
圖 3.3 運費率折讓函數圖形	33
圖 3.5-(a) 台北—曼谷 航空公司各時區利潤示意圖	47
圖 3.5-(b) 台北—曼谷 航空公司各時區頻次示意圖	48
圖 3.5-(c) 台北—香港 航空公司各時區利潤示意圖	49
圖 3.5-(d) 台北—香港 航空公司各時區頻次示意圖	49
圖 3.5-(e) 台北—東京 航空公司各時區利潤示意圖	50
圖 3.5-(f) 台北—東京 航空公司各時區頻次示意圖	50
圖 3.5-(g) 台北—洛杉磯 航空公司各時區利潤示意圖	51
圖 3.5-(h) 台北—洛杉磯 航空公司各時區頻次示意圖	51
圖 3.6-(a) 台北-曼谷航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形 ..	59
圖 3.6-(b) 台北-香港航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形 ..	60
圖 3.6-(c) 台北-東京航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形 ..	61
圖 3.6-(d) 台北-洛杉磯航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形	62
圖 3.7-(a) A 航空公司不同機型與利潤相關圖形.....	63
圖 3.7-(b) B 航空公司不同機型與利潤相關圖形.....	64
圖 4.1 前 k 順位時間帶競租流程圖	73
圖 4.2 航空公司歷史優先權配置下前五尖峰時間帶利潤差異圖形	81
圖 4.3 A 航空公司各航線各時間帶利潤分佈圖.....	85

表目錄

表 2.1 各區機場容量管理統計.....	15
表 3.1 各航線航機資料.....	42
表 3.2 各航線客運需求量(人次).....	42
表 3.3 各航線客運票價(美元)與距離(mile).....	43
表 3.4 航線貨運航機資料與貨運量(噸).....	43
表 3.5 各航線貨運需求量(噸).....	44
表 3.6 各航線貨運費率(美元).....	45
表 3.7 各參數輸入值.....	45
表 3.8 各航線時間帶列表.....	52
表 3.9 各航線客運需求變動情形(人次).....	55
表 3.10 各航線貨運需求變動情形(噸).....	56
表 3.11 景氣波動下不同時間帶配置方式利潤之差異.....	56
表 3.12 各航線前三時間帶獲取情境假設.....	58
表 3.13 航空公司機型種類.....	63
表 3.14 各航線航機決策表較表.....	64
表 4.1 各國時間帶配置管理辦法.....	67
表 4.2 時間帶分配制度及其優缺點.....	70
表 4.3 各航線需求量(人次).....	78
表 4.4 機場尖峰時間帶列表.....	79
表 4.5 各家航空公司不同航線時區出價金額(單位：美元)...	79
表 4.6 取得尖峰時區之航空公司列表.....	79
表 4.7 為 A、B 兩家航空公司取得時間帶順位.....	80
表 4.8 不同機場時間帶配置方案總和利潤比較表.....	83

符號說明

- x : 任一起點城市
- y : 任一迄點城市
- i : 起點城市 x 中之任一機場
- j : 迄點城市 y 中之任一機場
- T_n : 第 n 小時與第 $n-1$ 小時間之時區
- T_{xy}^o : 旅客從 x 地飛行至 y 地之最早可接受抵達時間
- T_{xy}^d : 旅客從 x 地飛行至 y 地之最晚可接受抵達時間
- \tilde{T}_d : 旅客抵達目的地 y 地之時間
- T_y^a : 目的地 y 之活動起始時區
- T_y^b : 目的地 y 之活動結束時區
- ℓ_{xy} : 從 x 地至 y 地實際飛行時數
- s_{xy} : 以 x 地為基準其與 y 地時差
- ε : 延遲時間(轉機或中途換機等)
- \tilde{T}_o : 旅客從 x 地出發之時間
- T_x^a : 出發地 x 之活動起始時區
- T_x^b : 出發地 x 之活動結束時區
- $T_{xy}^{o'}$: 貨主限定貨物從 x 地運送至 y 地之最早抵達時間
- $T_{xy}^{d'}$: 貨主限定貨物從 x 地運送至 y 地之最晚抵達時間
- \tilde{T}_d' : 貨主限定貨物抵達 y 地之時間
- \tilde{T}_o' : 貨物從 x 地出發之時間

- η_{ij} : i 機場到 j 機場之乘載率
 λ_{ij} : i 機場到 j 機場之乘客數
 f_{ij} : i 機場到 j 機場之每天客運頻次
 c_{ij} : i 機場到 j 機場之票價
 $\beta(\eta_{ij})$: 票價折讓函數
 r : 客運票價一級折讓承載率最高臨界值
 s : 客運票價二級折讓承載率最高臨界值
 α_1 : 客運票價第一級折讓比率
 α_2 : 客運票價第二級折讓比率
 O_r : 每加侖國際油價
 g : 運送 $i-j$ 城市每英里飛行所需耗費油料
 d_{ij} : $i-j$ 城市間之距離
 L_j : 降落 j 機場之降落費
 N_j : j 機場日間噪音費
 τ : 夜間噪音費乘數
 W : 日間機組、地勤人員每日費用
 h : 夜間工作薪資乘數
 z : 日間運送的頻次佔每日總客運頻次的比例
 b : 每架航機使用成本
 u_{ij} : 載運一位旅客所產生的平均間接營運成本
 $\alpha(\delta_{ij})$: 運費率折讓函數

- δ_{ij} : $i-j$ 航線上之載貨率
- R : 航空公司在固定載貨率區間給予統一運費率之折讓數
- S : 航空公司對於判定運費折讓與否之載貨率臨界值
- $v_{ij}(d_{ij})$: i 機場到 j 機場之貨運費率
- q_{ij} : i 機場到 j 機場每日貨運量
- f_{ij}^f : i 機場到 j 機場之每日貨運頻次
- W^f : 日間貨運機組、地勤人員每日費用
- a : 日間運送貨運頻次佔每日總貨運頻次的比例
- T_{ij}^n : $i-j$ 航線第 n 個時間帶
- $f(T_{ij}^n)$: $i-j$ 航線第 n 個時間帶之客運頻次
- $f^f(T_{ij}^{n'})$: $i-j$ 航線第 n 個時間帶之貨運頻次
- $\sum_{n=1}^{24} f(T_{ij}^n)$: $i-j$ 航線所有時間帶之客運頻次
- $\sum_{n=1}^{24} f^f(T_{ij}^{n'})$: $i-j$ 航線所有時間帶之貨運頻次
- $f^*(T^n)$: 第 n 時區機場最大起降頻次
- ΔP : 航空公司因應景氣狀況調整航班頻次總利潤的變動量
- f_{ij}' : 航空公司因景氣狀況調整後飛行 $i-j$ 機場每日客運頻次
- λ' : 受景氣狀況影響 i 機場到 j 機場之乘客數
- $f_{ij}^{f'}$: 航空公司因景氣狀況調整後飛行 $i-j$ 機場每日貨運頻次
- q_{ij}' : 受景氣狀況影響從 i 機場到 j 機場每日貨運量

- P_m^n : 航空公司 m 航班於時區 n 起飛之利潤
 ω_m^n : 航空公司 m 航班於時區 n 起飛之利潤貢獻度
 A_m^n : 航空公司 m 所有航線時間帶使用權取得總預算
 C_m^n : 航空公司 m 為取得時間帶 n 之出價金額
 P_m^k : 航空公司 m 在第 k 順位時間帶利潤
 C_m^k : k 順位時間帶競標價格
 o' : 權重法部分市場制時間帶配置方案
 o'' : 解析性方法部分市場制時間帶配置方案
 E_m^n : 航空公司 m 取得第 n 個時間帶之 0/1 變數
 P_m : 航空公司 m 之利潤
 $F^{o'}$: 採權重法下所有航空公司總合利潤
 $F^{o''}$: 採解析性方式下所有航空公司總合利潤


第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

全球各產業皆受到世界景氣波動起伏，航空產業亦深受全球經濟景氣循環的影響。從 2000 年年底全球經濟景況開始出現下滑現象，航空市場即呈現小幅度的萎縮，接續美國 911 空難發生，使全球航空產業受到重創，全球客運量減少 6000 萬人次，貨運量總數亦減少了 200 萬噸，為自 1991 年波斯灣戰爭以來第一次大幅度下降。2002 年上半年，根據我國經濟部國貿局指出全球經濟景氣止跌回溫，使航空客運及貨運承載量呈明顯成長，但在 2003 年年初，由於美伊戰爭的開戰、亞洲 SARS 的肆虐，造成全球航空運輸業再次處於低迷景況，因此各國航空公司為使在不景氣下或突發事件後仍能維持一定的營運，紛紛採取減少航班頻次之決策，進而縮減機隊或退租飛機，以降低過多成本支出，藉以減緩機隊嚴重過剩的壓力。我國中華航空公司在 2001 華航年度報表中指出當年度曾做出決策，透過適度減少部分航班以減少成本支出，故全球景氣變化與重大事件發生確實影響航空產業的發展，航空公司內部營運策略的改變。

當全球景氣變化與重大事件發生時，客貨運量之需求隨之波動，進而影響航空公司營運收入與營運成本，故航空公司採取調整航班頻次之策略以因應需求量的變化。當景氣呈現下滑，航空公司可能規劃較少的頻次，頻次低雖可降低航空公司營運成本，但對旅客而言，卻使旅客預定出發的時間與班表時間之差距加大，旅客等待適當班次的時間延長，時間成本隨之上升，是而可能移搭他航。而對貨主而言，能選擇的航班減少，可能促使貨主轉而將貨物交由整合型航空貨運公司運送，故航空公司若僅規劃將頻次減少則可能造成更多旅客量與貨量之損失，同時降低航空公司營


運收入，故在此情況下，更須將航班起降時間謹慎納入規劃考量，透過不同航線需求分布狀況，將適當的飛機頻次安排在此航線需求較高的時間帶上，藉此滿足此航線多數旅客及貨主的需求，則在景氣衰退時航空公司減少航班之策略才能維持公司之利潤。另一方面，當景氣好轉，航空公司考量航班起降時間帶規劃較高頻次，對旅客而言，航班起降時間符合旅客需求且可選擇之航班數增加，可降低旅客候機時間縮短旅行時間，對貨主而言，則貨物運送時間選擇增加，故整體而言，若能考量航班起降時間並提高頻次時，則可提昇航空公司的服務水準，同時亦可大幅增加公司利潤。Teodorovic (1988) 曾指出航空公司提供適當的飛機頻次與飛機班表可增加航空運輸的載客數，因此，航空公司在景氣波動下，為維持公司營運利潤，起降時間帶及頻次規劃而顯得相當重要。



各航空公司不論經營國際航線或國內航線，在面臨不景氣下多以減少航班來降低營運成本，然航班的減少會使實際起降時間與原先班表起降時間安排產生差異。在客運方面，客運大多以白天運送，主要因為客運收入佔航空公司總收入較大比例，航空公司為維持一定營收，皆會將客運航班安排在能配合旅客活動行程的白天時段，而將較不受日夜運送影響之貨運排在夜間或凌晨來運送。一般不論客貨運，其夜間運送之航空公司人事、機場之噪音成本均較高。如此便使得夜間運送之貨運運送成本因為噪音收費(或噪音稅)、夜間人事費用等遠高過日間客運之運送成本，故對於航空公司而言，降低夜間營運成本較降低日間營運成本效益更大，因此若能減低夜間運送之成本，便可為航空公司在不景氣下節省不少成本，且在不景氣狀況下，機場設施利用率下降，使得機場設施無法在日間時段被充分利用，即無法使設施達完全飽和狀態，因此在設施呈現未飽和狀態時，若可將部分夜間貨運挪至尚能容納部分航班的日間時段，即可使夜間貨運航班減少，進而減少部分夜間貨運所帶來之航空公司、機場的營運成本與噪音

成本。

目前在各國際機場間，時間帶配置仍是以 IATA 時間帶協調程序指南 (Scheduling Procedures Guides) 中歷史優先權作為考量，歷史優先權即所謂的「grandfather right」祖父權，為航空公司這一季規劃使用跑道時間若與前季相同時，則優先取得此時間，目前採此配置原則國家包含美國國際線部分、歐盟各國、台灣等。各國際機場雖多此配置原則，但經濟學者卻認為歷史時間帶配置原則扭曲經濟原貌，並指出透過市場機制來管理分配時間帶可確實改善機場擁擠情形(Starkie, 1994)，且美國四大機場在時間帶採行市場機制後，使時間帶使用更具效率，且克服因祖父權造成之經濟扭曲。



且近年來全球對於環境議題的重視，使得航空運輸所帶來的噪音問題備受討論。對於客貨兼營的航空公司而言，貨運運輸多使用夜間運送，而夜間對於機場四周的居民來說，在夜間更需要安靜、不干擾的休息，因此，本研究基於這項考量，在不景氣的情況下，擬將夜間部分貨運調整至日間時段，並探討成本收益改變情形，以使夜間運送之航班減少，減低過多航班造成的噪音問題。

綜合以上，航空公司航班的排程與航空公司之獲利、機場周圍環境之間有密切的關聯，故深入分析不同景氣下航空公司對於航班頻次調整、變動之決策，對航空公司本身成本的變動、機場時段競租狀況與機場周圍環境之影響實為一值得探討之課題。

關於航線頻次規劃方面之文獻，過去曾有 Carter and Morlok (1972)，Kanafani and Ghobrial(1982)，Teodorovic (1994)，Hsu and Wen (2002)，

許巧鶯與林佩憶(2001)等進行相關研究，前述文獻多是針對客運或者貨運單一營運型態，且均未考量不同景氣下對航空公司客貨運營運決策之不同，故考量不同景氣下對航空公司之客貨運營運決策與客貨運成本之影響實存有進一步深入探討之研究空間。

機場時間帶配置相關之議題，過去有學者針對時間帶進行相關研究，Andreatta et al. (1987)針對擁擠情況下之流量管理問題，以動態規劃求解最佳的延滯策略。Eugene (1993)提出估算機場可營運容量之方法，透過歷史資料可推算出機場之可營運容量曲線，在此曲線限制下機場降落與起飛之容量可視為相依，以線性規劃法求解得出在擁擠時段最佳分配機場容量於起飛與下降。Starkie (1998)以經濟觀點出發分析擁擠機場降落時間帶配置問題。Aberyatne (2000)指出透過時間帶配置分析機場擁擠的管理問題。汪進財與蔡沛圻 (1997)以國內航線時間帶分配進行現況分析，且在機場資源(時間帶)不足的背景，主張以時間帶使用效率為出發點，以二階段分配法，考慮整體時間帶之使用效率，構建一國內線機場整體時間帶分配模式。顏進儒、柯玉芳與余坤東(2002)則是探討以社會淨福利最大為目標，建立一定期航線最適跑道時間帶數目之數學規劃式。前述探討時間帶配置之文獻並未對航空公司在不同景氣波動下時間帶配置對客貨運營運成本與總利潤變化之影響進行討論，以及不同時間帶配置方案對於航空公司成本利潤變動影響，故此方面尚值得深入探討與研究。

綜合上列所述，本研究透過航空公司客貨運航班時間帶之規劃，根據不同航線找出最佳時間帶位置，依此規劃之結果分析航空公司時間帶取得與機場兩造間之互動影響，並透過分析不同時間帶分配策略對航空公司與機場營運之影響。過去文獻中，對於客貨起降時間帶之分析甚少，且雖探

討時間帶分配策略，但多集中單一客運之操作模式，無貨運時間帶之分配，故本研究確實存有進一步探討之空間，且過去文獻多集中客運或貨運單一市場之航線頻次規劃，未曾有同時針對客貨運航線頻次調整規劃之文獻，且本研究在考量航線頻次時，將起降時間帶納入規劃考量，此更迥異於其他過去文獻。

1.2 研究目的

本研究主要之目的，主要先針對客貨運兼營航空公司進行不同景氣狀況下決策進行分析，由於此類航空公司必須面臨客貨運航班的選擇，因此擬優先考慮起降時間規劃，並考量機型種類、航線頻次，使航空公司能在不景氣下追求利潤最大之營運決策，進一步並將以機場角度探討同樣面對不同景氣狀況時，其當局本身對於航空公司所訂定出之時段競租之方式與未來可能採取時段競租方式之成效，作為機場當局參考之用。

茲將本研究之具體目的條列如下：

1. 針對國際各客貨運兼營航空公司，藉蒐集在不同景氣狀況下，航班調整、變動之決策，釐清航空公司客貨運時間帶配置之相關議題，實際了解實務上客貨運時間帶配置之課題與可能進行之客貨運調整方式，以界定本研究之研究主題。回顧航空公司客貨運航班規劃相關之文獻，以確實了解航空公司起降時間帶配置、航線頻次規劃等課題，並以相關研究作為研究基礎，探討本研究之核心問題與研擬研究架構。
2. 聚焦在客貨運兼營航空公司，以起降時間規劃為研究主軸，一併考量航空公司之航線頻次、機型種類，配合機場設施利用率及容量限制等

問題，以航空公司利潤最大化作為目標，構建一客貨運航班調整規劃之解析性模式，透過旅客、貨主時間需求以分析不同時間帶的使用狀況以及客貨運航班調整時間帶後成本的變化等相關問題，進而選擇出最佳航班調整方案。

3. 進一步以上述客貨運航班時間帶調整規劃模式為基礎，探討機場在不同時間帶配置策略下，不同時間帶配置策略對機場本身與航空公司營運成本收益之影響，從中探討不同時間帶配置策略對機場營運之優缺點，以提供機場當局作為擬定最佳時間帶配置策略參考。
4. 在航空公司客貨運航班時間帶調整規劃模式與機場時間帶配置方案決策中，以台灣國籍航空公司為例，蒐集本研究模式中主要參變數之實際資料，進行實例分析以驗證本研究所提出模式之可行性，最後並對模式中航空公司各航線最佳時間帶、機場採行之競租決策措施等參變數進行敏感度分析，以瞭解各參變數值改變對航空公司客貨運航班時間帶調整規劃及機場時間帶競租決策之影響，其驗證分析結果可供航空公司及機場當局作決策參考之用。

1.3 研究範圍

航空產業市場將航空公司區分成三類，客運航空公司、客貨兼營航空公司以及整合型航空公司。本研究將研究範圍侷限在客貨運兼營航空公司，不探討僅經營客運航空公司及整合型貨運航空公司，主要因素於在時間條件限制下，非客貨運兼營航空公司本身僅經營客運或貨運單一類航班，無須在客運及貨運間進行航班的取捨，因此就客貨運兼營航空公司加以分析。

在貨運航班的探討上，由於本研究著重在客運、貨運航班的調整，因此暫不將以客運航機機腹運送貨物此部份納入貨運航班的探討，而是僅就客機及全貨機之航班狀況進行調整、規劃及分析。

1.4 研究流程與架構

本研究首先從時間帶規劃方面進行相關文獻的收集與回顧，以利全盤性地瞭解航空公司時間帶配置、航線頻次規劃之實務現況與學術研究，並加以分析目前相關研究未能深入探討的部分，以界定本研究之架構與分析之主題要項。過去文獻多集中客運或貨運單一市場之航線頻次規劃，未曾有同時針對客貨運航線頻次調整規劃之文獻，且本研究在考量航線頻次時，將起降時間帶納入規劃考量，此更迥異於其他過去文獻，可謂為一研究之新嘗試。本研究整個研究架構主要為航空公司客貨運航班時間帶調整規劃模式，並以此模式為基礎探討機場時間帶配置方案選擇，本研究整體研究架構如圖 1.1 所示。

本研究擬採用數學規劃模式針對客貨運兼營之航空公司，進行航線頻次調整之規劃，考量航空公司之航線頻次、機型種類與起降時間規劃，配合機場設施利用率及容量限制問題，探討並求解不景氣下客貨運規劃重新調整航班之配置，其中起降時間的規劃又受機場客觀因素的影響，包括機場設施容量、機場營運政策、機場可用時間帶等。透過求解之結果對於不同時間帶的使用狀況，以求解出最佳航班時間帶位置。進一步，本研究分析機場面對景氣情況變化時之因應對策，由於航空公司因應市場變化的方式將會影響機場因應市場變化之決策，另從機場與航空公司兩造對於時間帶配置使用方式探討不同時間帶配置方案之影響，不同決策選擇對航空公

司收益、機場營運成本之影響，以供機場與航空公司兩造決策參考之用。
本研究流程圖繪製如圖 1.2 所示。

本研究共分為五個章節，下一章進行相關文獻的回顧，主要包含航空公司面對不同景氣狀況航班頻次決策的探討、航班頻次相關研究、機場時間帶分配與競租相關研究之回顧，本研究以上述相關文獻作為基礎，將深入進行前述研究未討論之部分；第三章則以客貨運兼營航空公司之觀點，探討航空公司面對不景氣時，在考量起降時間、機型、頻次下，航空公司是否進行航班調整與變動，構建一航班時間帶調整規劃模式，以分析不同時間帶的使用狀況。第四章則從機場時間帶分配的角度，透過對現況了解，探討不同時間帶配置方案，並分析其機場時間帶配置方案為機場與航空公司兩者所帶來之成本與收益的改變；最後將提出本研究之結論與建議。



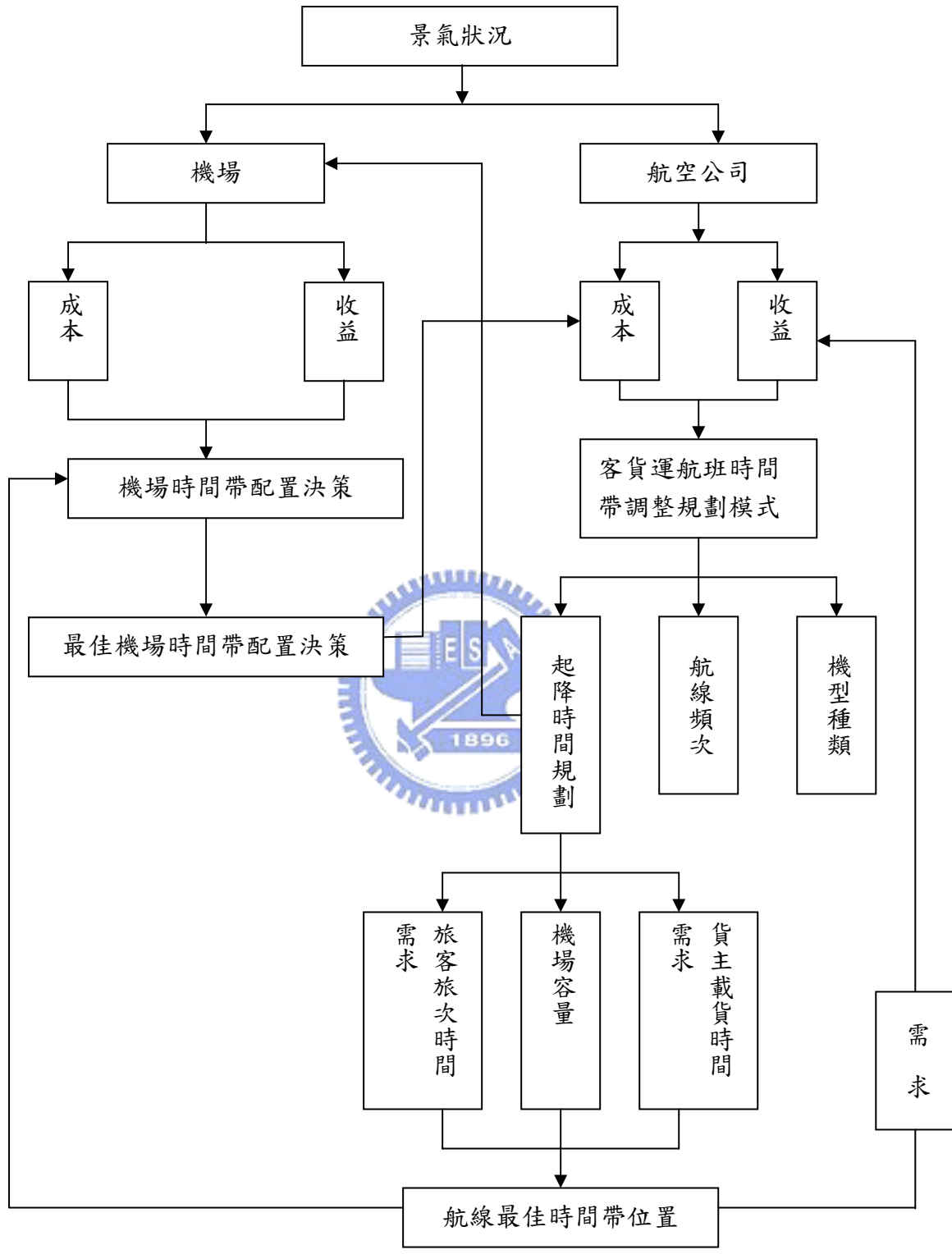


圖 1.1 研究架構圖

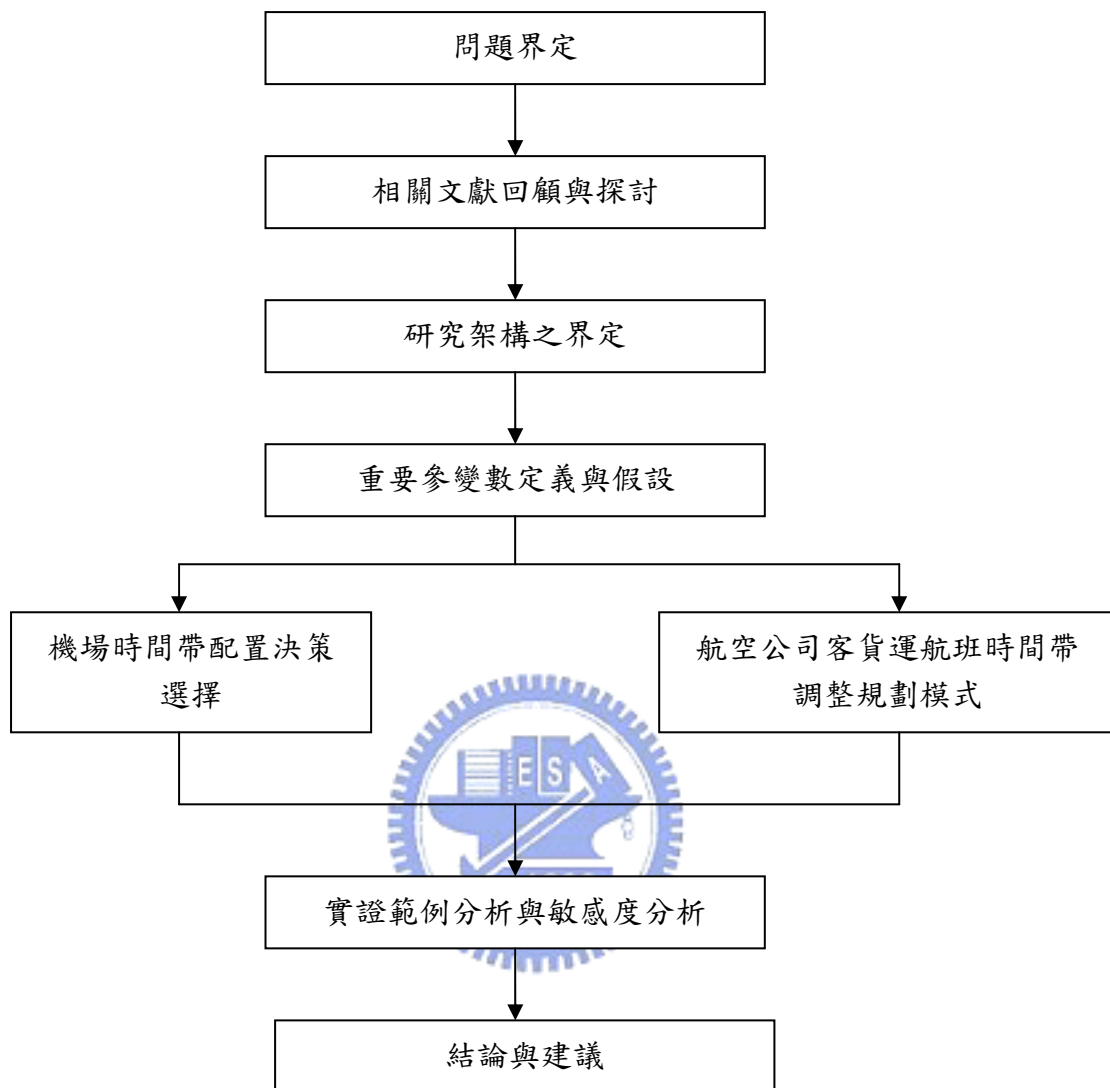


圖 1.2 研究流程圖

第二章 文獻回顧與探討

過去很多學者投入航空運輸領域，因此其相關研究相當豐富，多為探討航空網路設計問題或為探討航空網路經濟特性的文獻，但客貨運間時間帶調整規劃之議題卻甚少；航空運輸研究多著重在頻次排班等問題上，卻未對客運及貨運間航班頻次調整進行分析，並重新規劃客貨運之頻次航班，因此針對客貨運兼營航空公司而言，面對不同景氣狀況時，這是一個值得深入研究、探討的問題。以下將回顧與本研究相關之研究文獻，作為探討客貨運航班調整規劃模式與機場對於時間帶競租方法之重要依據。本研究回顧之文獻將分成兩部分加以說明：2.1 節回顧航空公司面對不同景氣狀況航班頻次之決策討論；2.2 節針對機場時間帶現況進行介紹；2.3 節回顧時間帶相關研究之文獻。最後，2.4 節將針對所有回顧之文獻進行綜合討論。



2.1 航空公司面對不同景氣狀況航班頻次之決策討論

航空產業景氣隨著國際間經濟景氣變動而變動，當世界景氣循環較好時，航空景氣也隨之好轉，但當世界景氣下滑時，航空產業也會受到嚴重的波及，因此，景氣波動和航空產業狀況有密不可分的關係。

2.1.1 景氣衰退

當全球開始出現景氣下滑、逐步衰退的情形時，航空公司內部亦會對公司未來下一季的利潤作出不樂觀的評估，採取某些頻次航線減少頻次甚至停飛的考量，以使公司減少成本支出來因應即將面臨的狀況。在 2000 年開始，全球景氣便呈現下滑現象，很多航空公司不得不縮減頻次，因為

航空公司本身固定成本太高，只能盡可能降低變動成本來平衡收支，由於景氣衰退的時間長達 2、3 年之久，因此少數航空公司更作出停租飛機、縮減機隊的決策，以便大幅度減少內部營運成本。另外，航空產業亦容易受到重大事件的影響，2001 年美國 911 事件的發生，使得許多利用飛機作為商務行為媒介的旅客卻步，對於航空飛航安全產生極大的質疑，這使航空產業二次受到重創；2003 年 4 月亞洲 SARS 肆虐，旅客為避免在公共場合中 SARS 所可能造成的傳染，客運大受波及，旅運人數大幅減少達 80% 之多，這使得航空產業之景氣再次面臨下滑現象。

多數航空公司在面臨景氣衰退現象時，僅作出減少航班、縮減機隊等決策，但是卻未考量到貨運鮮少受到景氣波動影響，根據中正機場 1991 年到 2002 年貨運量統計(見圖 2.1 所示)，我國貨運量一直呈現成長的趨勢，從圖中可以清楚地發現 2000 年景氣下滑並未對貨運造成影響，2001 年遭逢 911 而貨運量略為下降之外，貨運量仍舊是不斷增加，故本研究對航空公司面臨景氣衰退時減少成本支出之決策並不侷限在減少航班的作法上，而擬將夜間貨運量部分調整至日間，以減少夜間高人事成本、高噪音費用的支出。全球航線的時差問題

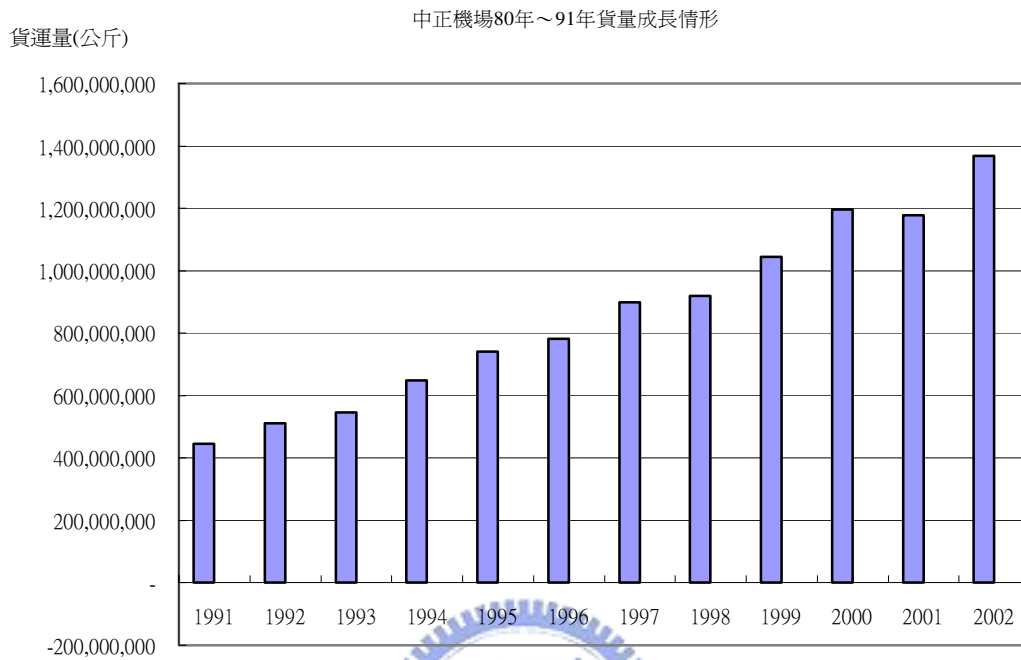


圖 2.1 中正國際機場 80 ~ 91 年貨量成長情形

資料來源：中正國際機場網頁 <http://www1.cksairport.gov.tw>

2.1.2 景氣復甦

當全球景氣回升、復甦時，航空產業相對而言也會有較好的表現，故對未來旅客量、貨運量抱持樂觀態度，尤其是當休閒旅次增加時，則客運航班頻次的需求隨之上升，舉例說明，如同每年夏季皆為旅遊旺季，許多航空公司皆會在夏季增開頻次以滿足市場需求，此時對航機的需求便會提高，航空公司本身可能會在此考慮擴大機隊，配合公司機隊計劃選擇性的購入新航機或者透過租賃的方式提高航機數，這都是航空公司可能做出的決策，但是在不同機場的容量限制下，客運需求大增的情況下，夏季日間時段勢必留予客運運輸所使用，以獲取更高額的利潤，則貨運運輸之運送時間反而因為日間較飽和的機場設施使用率，無法往日間挪動調整，因此在全球景氣帶動產業景氣狀況較佳時，貨運就僅能維持在夜間時段運送。



相對的，在景氣較佳且機場容量有其限制之下，各航空公司多傾向增加頻次航班，尤其在某些航線上的某些時段，如此卻造成某些時間帶的擁擠，而這些航空公司則必須競爭來獲取時間帶的使用權，此亦即本研究第二部分所進行分析及探討。

2.2 機場時間帶現況

ICAO 於 2000 年指出由於客貨運量不斷成長，使機場容量不足(機場容量包含跑道與航站大廈)，因此機場容量管理的課題相當重要，而時間帶的配置亦是管理機場容量的方式之一，見表 2.1。

表 2.1 各區機場容量管理統計

容量管理方式 (1999 資料)	增加容量		交通再分配		時間帶分配		尖峰收費		提高最小收費	
	進行	計劃	進行	計劃	進行	計劃	進行	計劃	進行	計劃
亞洲太平洋區域	13	14	1	2	11	5	1	2	2	2
中東區域	4	5	0	2	0	1	0	0	1	1
非洲區域	23	41	8	7	1	2	1	10	1	9
歐洲區域	52	63	1	8	29	12	16	11	15	4
北美區域	14	4	4	2	1	0	1	1	0	0
拉丁美洲區域	11	12	6	10	15	0	9	6	0	9
總和	117	139	20	31	57	20	28	30	19	25

資料來源：ICAO (2000) VOL. 55, NO. 9

上表中以增加機場容量為統計資料中主要管理方式，但是增加機場容量雖是最佳解決容量不足的方式，卻不見得是最合適的方式，主要因素在於投資興建工程耗時較久，無法即時因應機場容量不足之問題。而以營運管理的觀點考量，處理機場容量問題就必須考量機場時間帶，但對於航空公司而言由於商業或營運因素，不同的航空公司可能配置他們的航班在相同時間出發，則在尖峰時間時必然會產生擁擠與延滯的現象。

目前關於時間帶的所有權仍是持續爭論的議題，這種爭論一直被持續在於某些航空公司長期使用著擁有的歷史時間帶，而時間帶的所有權不應由航空公司所取得，而應該由各國民航單位管理，以我國為例應由民航局管理。

2.2.1 各國機場時間帶分配現況

目前各主要機場時間帶的配置原則，則是以國際航空協會(International Air Transport Association，簡稱 IATA)之時間帶協調程序指南(Scheduling Procedures Guides)作為規範。

一、 美國

1990 年，美國針對四大主要機場(JFK, LaGuardia, O' Hare, Washington) 採行市場制(Ott James,1984,1988)。主要由於此四機場過於擁擠，因此採行每小時飛行航班數之限定以及允許航空公司可任意買賣他們所持有的時間帶，即時間帶買賣規則，航空公司可以任意買、賣或租賃時間帶，但必須此時間帶之使用率達 80%且最少兩個月的期間以上，若無法達到上述條件則需將時間帶歸還給 FAA 另行分配，但時間帶的買賣或租賃目前仍僅限美國國內航線，相對國際航線並無實施。

二、 台灣

現行國內航線時間帶分配主要依據 91 年公佈之「國內線機場時間帶管理辦法」進行時間帶分配。管理辦法第 7 條指出民航局依下列順序協調時間帶之分配：

- (1) 因公共利益或政策需要開闢新航線者。
- (2) 整季班表之馬祖、金門及馬公等離島航線。

- (3) 民用航空運輸業前一年所擁有之時間帶於本年同季同時段使用時，得繼續使用，但法令另有規定者不在此限。
- (4) 飛機原廠之技術命令規定需調整地面停留時間，致民用航空運輸業需配合改變班表者。
- (5) 非依行政處分暫停航線申請復航者。
- (6) 班表效期長者。
- (7) 國內線國際線共用之機場，國際航班擁有優先權。
- (8) 開闢新航線者。
- (9) 自民用航空運輸業合併日起一年內之存續者。

經依前項優先順序協調時間帶後仍無法決定時，以抽籤方式決定之。

國內先前時間帶配置主要依據為「國內線機場時間帶管理實施要點」，其中分配時間帶之順序仍採用祖父權分配理念，其優先順序如下：

- (1) 歷史優先權(Grandfather rights)。
- (2) 被暫停航線申請復航者。
- (3) 飛機原廠之技術命令規定必須調整地面停留時間，致使航空公司須配合改變班表時，較新申請者有時間帶優先權。
- (4) 馬祖、金門及馬公等離島航線較本島航線擁有時間帶優先權(馬祖、金門航線優於馬公航線)。
- (5) 因政策需要開闢新航線者。
- (6) 班表期效長者較班表期效短者擁有時間帶優先權。
- (7) 國際線國內線共用之機場，國際航班擁有優先權。
- (8) 因機場容量增加而新增之時間帶，得優先分配予新航線。
- (9) 依前述優先順序協調後尚無法分配時間帶時，則以抽籤方式決定。

三、 歐盟會員國

歐盟體制內國家機場時間帶的配置(包含法國、英國、荷蘭、德國…等 25 國)目前是依照 EU Law 內的 the Regulation on Slots(EWG)No.95/93

之規定，歐盟之規定亦是由 IATA 時間帶協調程序指南作為規範。

在 the Regulation on Slots(EWG)No.95/93 中，指出時間帶並非是航空公司之財產，但可說是機場之財產，故在此規定中是以名詞 airport slots 表示，且在此規定中僅允許時間帶之交換與改變，禁止時間帶租賃與買賣。且在配置時間帶時，仍考量該航空公司申請本季班表時，是否與上季班表一致，此即歷史優先權。

四、 英國

英國時間帶分配主要由 ACL(Airport Coordination Limited)單位負責協調，分配程序原則根據歐盟規定，而歐盟之規定亦是由 IATA 時間帶協調程序指南作為規範。

英國機場時間帶分配主要依據原則，根據以下四點原則做初步協調：

- (1) 歷史優先權(即祖父權)。
- (2) 歷史時間帶擁有者的改變，如改變時間或機型。
- (3) 新進入之航空公司。
- (4) 新的時間帶分配給既有航空公司，而不分配給新進入之航空公司。

由於以上順序排定考量，故英國機場主要時間帶多半由既有之航空公司取得，舉例說明，在 2000 年夏季，Heathrow 機場時間帶的 97%以及 Gatwick 機場時間帶的 89%是由擁有祖父權之航空公司取得，剩下時間帶才由新進入航空公司取得。

2.3 時間帶相關文獻

關於時間帶的探討，可分為兩類，一是機場跑道時間帶的配置，一為就航空公司時間帶配置進行探討。

2.3.1 機場跑道時間帶配置

Andreatta et al. (1987)針對擁擠情況下之流量管理問題，探討多架班機於不同時間由不同起飛場起飛，抵達同一降落機場，且此擁擠僅發生在降落機場，以動態規劃求解最佳的延滯策略。

Eugene (1993)提出估算機場可營運容量之方法，透過歷史資料可推算出機場之可營運容量曲線，在此曲線限制下機場降落與起飛之容量可視為相依，以線性規劃法求解得出在擁擠時段最佳分配機場容量於起飛與降落，使其因擁擠而造成的損失最少。

Starkie (1998)以經濟觀點出發分析擁擠機場降落時間帶配置問題。以美國機場為例指出時間帶第二市場的爭議，隱含市場中缺乏乾淨價格的狀況，並指出在容量缺乏的機場中，時間帶的第二市場將鼓勵航空公司更有效率的使用時間帶且增加競爭力，除此外，時間帶的第二市場將削弱現有經營者的優勢。

Aberyratne (2000)指出透過時間帶配置分析機場擁擠的管理問題。本研究指出隨著需求持續增加，為了有效管理機場擁擠相關問題，需透過時間帶的配置，以目前航空產業而言，透過時間帶配置管理機場容量仍是一個受爭議的議題，因此透過分析此問題並探討相關時間帶議題。

Ruwantissa (2000) 指出近年旅客與航機數的急遽增加，致使機場時間帶的嚴重缺乏，機場容量的管理需透過時間帶的配置對全球航空來說是一頗受注意之課題，本研究分析並探討時間帶相關議題。

Keith (2002)表示機場容量配置上，提出現存的時間帶政策與管理規則之問題與發展狀況，並分析歷史時間帶政策，著眼在加強目前文獻上各政府當局如何配置機場不足的資源，研究顯示各種時間帶政策多讓機場更有彈性下被採用。

汪進財、蔡沛圻(1997)以國內航線時間帶分配進行現況分析，且在機場資源(時間帶)不足的背景，主張以時間帶使用效率為出發點，以二階段分配法，考慮整體時間帶之使用效率，構建一國內線機場整體時間帶分配模式，試圖提供一公平公正之分配模式，正面幫助市場良性之競爭。

顏進儒、柯玉芳與余坤東(2002)則是探討以社會淨福利最大為目標，並考量機會成本與時間價值，建立一定期航線最適跑道時間帶數目之數學規劃式。



2.3.2 航空公司時間帶配置

Kanafani (2000)分析重新配置航班與航空公司利潤之間的關係，當透過重新配置航班則會對最小成本模型產生影響，故在重新配置特殊航班在特殊時間帶的情況下給予一個全新最適航班。並指出這個模式的發展可以在擁擠定價、航空公司調整班表計劃上拍賣跑道時間帶去容納跑道容量的限制。

李穗玲 (2003)則是以時間帶配置在祖父權觀點之下，考慮使用者與航空公司經營者及機場容量的限制，建立一機場時間帶分配模式，以二階段規劃模式求解國內機場時間帶數目的最適分配。

2.4 綜合討論

回顧相關之研究，分成兩個部分說明。航線頻次方面，大多數文獻針對航線頻次之探討，偏重在透過數學規劃模式為航空公司作整體性排程規劃，主要針對航線、頻次與機型進行分析，但本研究並不提供航空公司整體性排程規劃策略，而是僅就不同景氣狀況下，現有之航空排班表進行調整以達到該時之利潤最大化，且著重在起降時間的規劃，依此進行詳細之分析；另許多文獻之研究對象多數純粹為客運或者貨運單一營運型態，而本研究主要研究對象聚焦在客貨運兼營之航空公司，為跨兩種營運型態之結合，這一部份國內外過去文獻相當稀少。頻次、票價競爭方面，過去文獻主要探討各航空公司頻次與票價間之競爭，頻次與票價之相互關聯上，本研究所探討的是不同時間帶與票價間的互動關係。

關於機場時間帶配置文獻探討，多數文獻提及時間帶發展現況的問題，並指出時間帶配置上的祖父權問題，此外，尚有考量資源(時間帶)缺乏下，時間帶配置方法，多偏向使整體延滯最小、損失最小之分配，本研究先就航空公司本身原有之時間帶、航線頻次進行調整規劃，並在考量航線頻次時，將起降時間帶納入規劃考量，此更迥異於其他過去文獻，可謂為一研究之新嘗試，再就航空公司與機場之間對於調整時間帶前後探討其供需互動、與兩造政策之改變。

第三章 航空公司客貨運航班時間帶調整規劃模式

本研究首先針對客貨運兼營航空公司進行不同景氣狀況下之決策進行分析，由於此類航空公司必須面臨客貨運航班的選擇，考慮各航班起降時間規劃，並考量不同航線頻次，使航空公司能在各不同景氣下進行追求利潤最大之營運決策。為便於模式構建，先令任一起點城市為 x ，迄點城市為 y ，又令 i 為起點城市 x 中之任一機場， j 為迄點城市 y 中之任一機場。

3.1 客貨航班時間帶

本研究首先考量不同起降時間帶之影響。不同起飛時間及抵達時間會直接影響旅客航班之選擇，因此航空公司面臨不景氣衝擊下，進行航班縮減及調整時亦會使旅客航班選擇隨之變動，除此外，起降時間的改變亦會影響旅客到達目的地活動的安排，當起降時間安排在旅客合理可接受範圍之內時，相對也提高航空公司服務水準，而旅客本身也較願意給付較高的票價水準；否則當起降時間規劃不符合旅客可接受的時段內時，旅客願意支付的票價水準相對隨之下降，由此可知起降時間的規劃對旅客及航空公司兩者而言都相當重要，因此我們針對起降時間規劃進行探討。

本研究構建之模式中考慮各航線航班起降時間，故先對時間作一假設，將一日劃分為 24 區。令 T_n 表示第 n 小時與第 $n-1$ 小時間之時區，即 T_1 表示為凌晨 0 點到 1 點鐘之時區，依此類推， $n=1,2,\dots,24$ ，如下圖一所示：

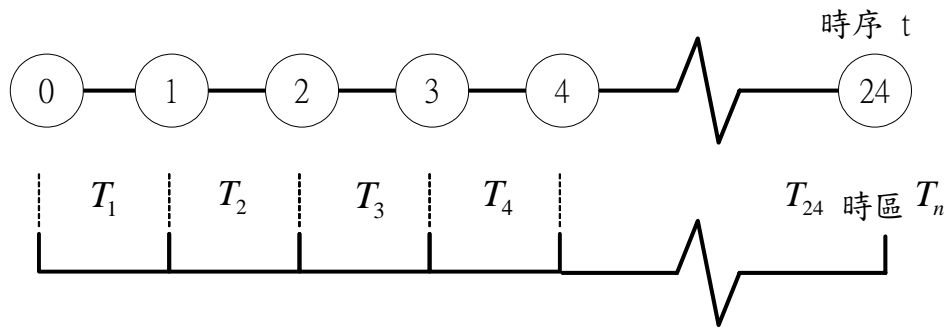


圖 3.1 時序與時區關係圖

3.1.1 客運航班時間帶

在客運時間帶部分，令 T_{xy}^o 為旅客從 x 地飛行至 y 地之最早可接受抵達時間， $x, y = 1, 2, 3, \dots, N, x \neq y$ ， T_{xy}^d 為旅客從 x 地飛行至 y 地之最晚可接受抵達時間，因此

$$\tilde{T}_d \in [T_{xy}^o, T_{xy}^d] \quad (3.1)$$

\tilde{T}_d 表示旅客抵達 y 地之時間，即旅客抵達 y 地之時區須落在 $[T_{xy}^o, T_{xy}^d]$ 之間， $T_{xy}^o, T_{xy}^d \in T_n$ ，而旅客多半希望抵達目的地時尚在其活動時間內，活動時間亦為主要機場聯外之大眾運輸營運起始到結束之時間，因此旅客選擇航班時多會將目的地之活動時間列入考量因素，令 T_y^a 為目的地 y 之活動起始時區， T_y^b 為目的地 y 之活動結束時區，因此

$$T_y^a \leq T_{xy}^o, T_{xy}^d \leq T_y^b \quad (3.2)$$

從旅客抵達 y 地之時間帶，前推可求得旅客從 x 地出發之時間帶，令從 x 地至 y 地實際飛行時間為 ℓ_{xy} 小時，若以 x 地為基準其與 y 地時差為 s_{xy} 小時，延遲時間(轉機或中途換機等)為 ε 小時，則可推得下式：

$$\tilde{T}_o \in [T_{xy}^o - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^d - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon] \quad (3.3)$$

其中 \tilde{T}_o 表示旅客從 x 地出發之時間帶，即旅客選擇在 $T_{xy}^o - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon$ 與 $T_{xy}^d - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon$ 兩時區之間從 x 地出發，且 $T_{xy}^o - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^d - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon \in T_n$ 。旅客選擇出發航班時亦同樣會將活動時間納入考量，令 T_x^a 為出發地 x 之活動起始時區， T_x^b 為出發地 x 之活動結束時區，則

$$T_x^a \leq T_{xy}^o - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^d - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon \leq T_x^b \quad (3.4)$$

旅客出發時間帶、旅客抵達時間帶個別受限於出發地活動時間及目的地活動時間，主要原因在於旅客選擇決策之考量因素，旅客在選擇出發時間時可能將自身生理時間可否配合、前往機場交通問題等納入考慮，而旅客在選擇抵達目的地時間可能會著眼在目的地聯外交通時刻表、當地活動安排、安全性等，因此若能使旅客同時滿足出發、抵達時間的需求，則會讓旅客滿意航空公司所提供的服務，而願意給付較高的票價來換取較合適的航班，反之亦然。即旅客選擇航班時若能同時滿足式(3.1)及式(3.3)，則航空公司將因之獲得較高的營運收入，且滿足旅客需求之航班其乘載率

也將較高，旅客本身也會較高意願支付較多的票價。

3.1.2 貨運航班時間帶

貨主主要考慮貨到時間必須滿足個別貨物之需求，貨主為配合下游運送，其貨物本身抵達應有一時段限制，否則將造成貨物抵達時間與下游運送無法配合，令貨主限定貨物從 x 地運送至 y 地之最早抵達時間為

$T_{xy}^{o'}$ ，最晚抵達時間為 $T_{xy}^{d'}$ ，則

$$\tilde{T}_d' \in [T_{xy}^{o'}, T_{xy}^{d'}] \quad (3.5)$$

其中 \tilde{T}_d' 表示貨主允許貨物抵達 y 地之時間帶，其抵達 y 地之時間區須落在 $[T_{xy}^{o'}, T_{xy}^{d'}]$ 之間， $T_{xy}^{o'}, T_{xy}^{d'} \in T_n$ 。貨主限定貨物可以在此時間帶間到達之原因，一方面為配合內陸運輸，使貨物到達能使對方買者滿意，一方面亦可節省不必要的倉儲費用。貨物與旅客最大不同是，貨物不需要考量目的地之活動開始結束時間，僅需考量是否按照規定到貨時間送達即可，故貨物運輸可直接將抵達時間帶反推求得出發時間帶，如下：

$$\tilde{T}_o' \in [T_{xy}^{o'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^{d'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon] \quad (3.6)$$

\tilde{T}_o' 表示貨物從 x 地出發之時間帶，即貨主選擇讓貨物在 $T_{xy}^{o'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon$ 與 $T_{xy}^{d'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon$ 兩時區之間從 x 地出發

$T_{xy}^{o'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^{d'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon \in T_n$ 。貨物的運送相當重視抵達時間，因此當確定抵達時間後即可往前估算出合理貨物出發時間，貨主對於貨物準時

送達較在意，提前運送雖不會造成貨物延誤抵達但卻可能產生倉儲成本的增加，而延後運送則可能造成延誤貨物時效，致使貨主產生拒絕收貨的情形。

旅客、貨主對於航班之出發時間與抵達時間有不同程度的考量。在客運方面，旅客在選擇航班時，多同時考量出發時間與抵達時間，並從中擇一最合理能接受之航班搭乘，但由於任一機場非僅服務一家航空公司，時間帶需由機場當局與多家航空公司共同協商，故對任一航空公司而言，其航班起飛時間的分配無法同時滿足所有旅客的需求，即並非所有旅客皆能完全按其個別需求獲得最佳時間選擇之航班，此即間接影響航班之乘載率，而旅客所願意支付票價則會按不同航班時間對個別旅客滿意程度而有高低之差異產生。在貨運方面，貨主則著重在抵達時間是否能在指定時間內送達為要，故不論在客運或貨運上，航班時間的選擇影響甚大，包含旅客願意支付票價高低、對航空公司整體的滿意度、航空公司乘載率、航空公司營運成本的分攤等等。故對於經營客貨運兼營之航空公司而言，必須同時考量客貨運時間帶分配與規劃。

3.2 航空公司客貨營運結構分析

對於客貨兼營航空公司而言，其客貨航班時間帶的配置直接影響航空公司營運收入與營運成本，以下分別說明客運部分與貨運部分收入與成本項，進而構建客貨航班時間帶調整規劃模式。

3.2.1 客運營運收入與成本

本研究著重在航空公司規劃航班起降時間帶對旅客的影響上。令 η_{ij} 表示 i 機場到 j 機場之乘載率， λ_{ij} 表示 i 機場到 j 機場之乘客數， f_{ij} 表示 i 機場到 j 機場之每天客運頻次，對於同一航線航空公司多有慣用機型，故本研究暫擬同一航線以同一機型運送，則承載率 $\eta_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{g f_{ij}}$ ， g 表示飛機座位數 (Teodorovic, 1983)。乘載率的高低與旅客對航空公司規劃之航班時間之滿意程度呈同向變動，即愈能滿足旅客對航班時間的需求，其乘載率愈高，反之亦然。

Koskosidis et al.(1992)於 VRP 問題中曾修正提出時間窗為軟時窗之觀念，指出軟時窗較具彈性，並提出一懲罰成本使其服務準點頻率有效提高。本研究根據前述研究之軟時窗懲罰成本觀念加以修正，構建一成本折讓函數，此成本折讓函數可同時運用於客運及貨運，在客運營運收入部分，主要為旅客購票收入，故此成本折讓即指票價上之折讓。

由於航空公司無法獲得所有航線航機起飛最佳之時段，對旅客而言愈能滿足出發、抵達時間的需求，則旅客愈對航空公司所提供的服務感到滿意，而其願意給付之票價愈高，即表示旅客願意支付較高票價來換取較合適的航班。故在最大收益為目標考量下，航空公司對於較差時間帶起飛，乘載率較低之航班則會進行票價上的折讓，試圖以較低廉的票價吸引旅客搭乘。令 c_{ij} 表示 i 機場到 j 機場之票價(單位：美元)，而搭乘不同航班同一航線旅客之票價並不一致，其 c_{ij} 之高低會隨航班乘載率的高低產

生同向變動情形，航空公司對於乘載率較低之航班予以部分折讓，令 $\beta(\eta_{ij})$ 為票價折讓函數，而當承載率產生變動達一定比例時給予統一之票價折讓，藉以吸引不同訴求的旅客。票價折讓函數 $\beta(\eta_{ij})$ 如圖 2 所示，並可分為下列三種情況加以定義。

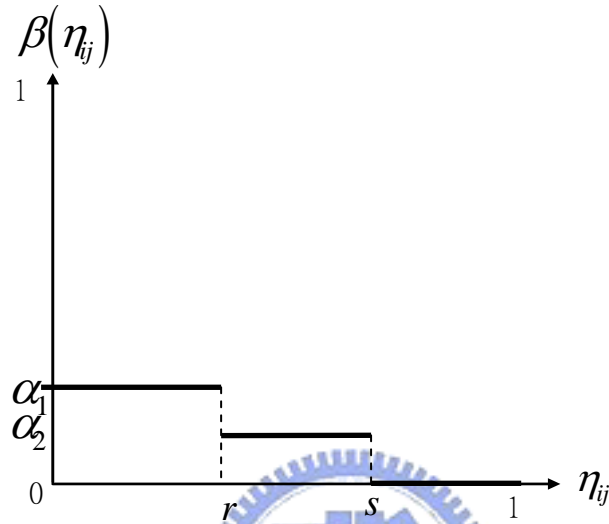


圖 3.2 航空公司票價折讓函數

$$1) \tilde{T}_d \notin [T_{xy}^o, T_{xy}^d] \quad , \quad \tilde{T}_o \notin [T_{xy}^o - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^d - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon]$$

由於機場是由多家航空公司共同競爭，任一航空公司之航班無法全可安排在好的時段，故必然會產生航班無法滿足旅客出發與抵達時間之要求，在此種狀況下願意搭乘旅客大幅度減少，其乘載率最低，即 $0 < \eta_{ij} < r$ ，而票價折讓比例亦為最大，如圖 2 之 α_1 ，旅客實際支付票價為 $c_{ij}(1-\alpha_1)$ 。

$$2) \tilde{T}_d \in [T_{xy}^o, T_{xy}^d] \quad , \quad \tilde{T}_o \notin [T_{xy}^o - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^d - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon]$$

當航班時間可滿足旅客對抵達時間之需求，卻無法滿足旅客對出發時間之需求，則此時旅客相較第二種情況願意搭乘此航班，出

發時間過早或過晚對於旅客來說可接受度較高，旅客仍可利用機上時間作為休息，準時抵達目的地仍是第一訴求，當航空公司無法同時滿足旅客出發、抵達之需求時，旅客仍願意選擇航班，乘載率次之，其承載率為 $r \leq \eta_{ij} < s$ ，票價折讓比例則為 α_2 ，票價為 $c_{ij}(1-\alpha_2)$ 。

$$3) \tilde{T}_d \in [T_{xy}^o, T_{xy}^d] \quad , \quad \tilde{T}_o \in [T_{xy}^o - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^d - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon]$$

航空公司在規劃航班時，其航班可同時滿足旅客出發時間需求與抵達時間需求，則此狀況下旅客之滿意度最大，旅客搭乘意願最大，則航班之乘載率亦最大，承載率為 $s \leq \eta_{ij} \leq 1$ ，而在票價上則無須折讓，折讓比例為 0，票價維持為 c_{ij} 。

綜上，本研究所構建之票價折讓函數如下：

$$\beta(\eta_{ij}) = \begin{cases} \alpha_1, & 0 < \eta_{ij} < r \\ \alpha_2, & r \leq \eta_{ij} < s \\ 0, & s \leq \eta_{ij} \leq 1 \end{cases} \quad (3.7)$$

當航班乘載率達 s 以上時，表示旅客對於航空公司航班時間之安排滿意度極高，其願意支付之票價較高，故航空公司不必在票價上予以折讓，旅客仍舊會選擇搭乘；相較其他情形，航空公司則需在票價上予以 α_1 到 α_2 不等的折讓。進一步，航空公司每天總客運收入可表示為

$$(3.8)$$

$$\sum_i \sum_j \lambda_{ij} c_{ij} [1 - \beta(n_{ij})]$$

面對不景氣時，機場與航空公司在收益上同時受到影響，對於航空公司而言，多透過各種方式致力於追求利潤最大，或儘可能降低營運成本支出，由於本研究範圍侷限在客貨兼營航空公司，因此對於客運及貨運成本結構有詳加說明的必要，航空公司營運成本主要是分為直接營運成本(DOC)以及間接營運成本(IOC)，直接營運成本為飛行所引起的營運成本，主要包括燃油成本、機場使用費、機組人員費用、航機維修成本及折舊成本等，而間接營運成本為航空公司除了飛行所引起的成本，一般而言，即管銷費用，主要包括行銷、旅客服務費用、管理費用等成本，但不論客運或貨運，其成本皆包含 DOC 及 IOC。

在客運成本方面可分為直接營運成本及間接營運成本，首先對直接營運成本進行分析。直接營運成本中所考量第一個部分為燃油成本，由於油價受到國際市場波動的影響，令每加侖國際油價為 O_r ，運送 $i-j$ 城市每英里飛行所需耗費油料為 g 加侖，距離為 d_{ij} ，則航線 $i-j$ 單一頻次燃油成本可以表示為成 $O_r g d_{ij}$ 。第二部分為機場使用費，機場使用費主要可分為降落費及噪音費，降落 j 機場之降落費表示為 L_j ，日間噪音費為 N_j ，夜間噪音費為日間噪音費的 τ 倍，即 τN_j 。第三部份為機組人員、地勤人員等人事費用，機組人員多半 24 小時配置，且其夜間成本高於日間，令夜間工作薪資為日間薪資的 h 倍左右，令日間機組、地勤人員每日費用表示為 W ，夜間機組、地勤人員每日費用為 hW ，因日夜間客運頻次比例不一致，令日間運送的頻次佔每日總客運頻次的比例為 z ， $0 < z < 1$ ，夜間運送的頻次佔每日總客運頻次的比例為 $(1-z)$ ，則每日機

組、地勤人員總費用為 $W(h+z-hz)$ 。第四部分為航機維修成本、折舊成本等費用，因航空公司之航機及設備使用，因客運或貨運使用不同而產生不同維護成本，且折舊成本為每年固定攤提，故在本研究中假設此項費用為一定值，設 $i-j$ 航線上每架航機使用成本為 b_{ij} 。根據以上四部分，則可整理每日總直接營運成本為：

$$DOC = \sum_j \sum_i f_{ij} [L_j + N_j(\tau + z - \tau z)] + \sum_i \sum_j f_{ij} \{O_r g d_{ij} + b_{ij}\} + W(h + z - hz) \quad (3.9)$$

間接營運成本，根據 Kanafani and Ghobrial(1982)航空公司節線之總間接營運成本為載運一位旅客所產生的平均間接營運成本 u_{ij} 乘上節線上總旅客運量，因此每日總間接營運成本為：

$$IOC = \sum_i \sum_j u_{ij} \lambda_{ij} \quad (3.10)$$

客運每日總營運成本即為每日客運總直接營運成本與每日客運總間接成本的加總。故根據式(3.9)(3.10)，則可得下式：

$$\begin{aligned} & \sum_j \sum_i f_{ij} [L_j + N_j(\tau + z - \tau z)] + \sum_i \sum_j f_{ij} \{O_r g d_{ij} + b_{ij}\} + W(h + z - hz) \\ & + \sum_i \sum_j u_{ij} \lambda_{ij} \end{aligned} \quad (3.11)$$

3.2.2 貨運營運收入與成本

貨運費率對貨運營運收入的影響極大，運費率愈高其營收愈大，因此運費率的制定相當重要，目前國際運費率是由國際空運協會(International Air Transportation Association 簡稱 IATA)，根據各

地區之經濟發展狀況，每年、每月出口貨物之數量、價值、密度及包裝情形作深入調查，訂定基本運費率並以國際航協決議手冊，作隨時修正頒發。除此外，由於貨物運送目的地、運送距離不同，其總運費亦隨距離長短而有高低之別(林信得等，1997)。

除費率影響營運收入之外，其貨運航班的安排亦同時影響收入甚鉅，對於貨主而言恰當的貨運運送時間是相當重要，且透過航空運送之貨品除高單價之貨品之外，便是以具高時效性之商品居多，故貨運航班時間之規劃必須多方考量以符合貨主需求。另對於任一機場而言，以需求作為考量之下多優先安排客運時間帶，貨運僅就客運航班排定後剩餘時間進行運送，而無法在其最適時間運送，故貨運運送時間較客運不方便，也更容易影響貨物抵達時間。



在貨運部分，根據 3.1.2 節中貨運時間帶的擬定，可由貨物抵達時區區間 $\tilde{T}_d' \in [T_{xy}^{o'}, T_{xy}^{d'}]$ 反推得到 $\tilde{T}_o' \in [T_{xy}^{o'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^{d'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon]$ 。同一航線貨物出發時區能夠滿足此航線多數貨主需求時，相對在此時區安排貨運航班能夠獲得較高的載貨率，並為航空公司帶來較高的利潤，反之若無法讓多數貨主滿意的出發時間，則會產生較多空艙的情況，使航空公司派遣貨機成本過高，利潤下降。因此本研究在考量貨運時其運費折讓的產生與客運票價折讓一致。當載貨率愈高，表示貨主滿意此出發時間因而不給予運費率折讓，對於載貨率過低的時區則給予部分運費率折讓。故本研究擬航空公司依據不同時區載貨率的變化，給予運費率上的折扣，這與 Koskosidis et al.(1992)之研究中的懲罰成本相同，洪聖峰 (2002)相關研究中修正軟時窗模式，並針對冷凍鏈重新構建一軟時窗之懲罰函數，本研究修正後如圖 3 所示。

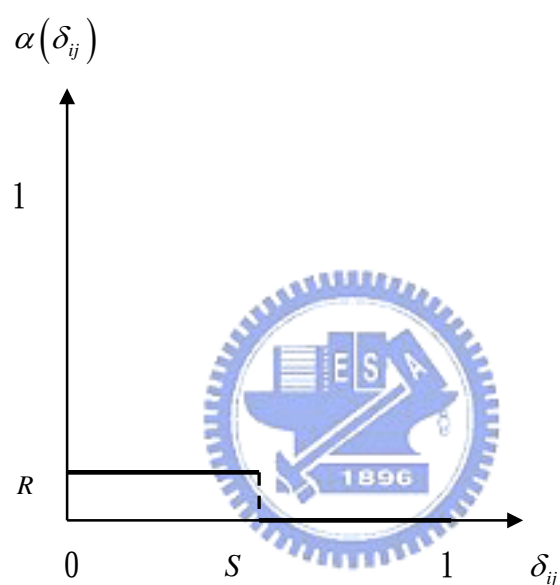


圖 3.3 運費率折讓函數圖形

令 $\alpha(\delta_{ij})$ 為運費率折讓函數， δ_{ij} 表示 $i-j$ 航線上之載貨率， R 表示航空公司在固定載貨率區間給予統一運費率之折讓數， $0 < R < 1$ ， S 表示航空公司對於判定運費折讓與否之載貨率臨界值。由於著眼時間帶對航空公司的影響，本研究考量貨物出發時區對於貨物量的變化，針對以下兩種狀況進行定義：

$$1) \tilde{T}_d' \in [T_{xy}^{o'}, T_{xy}^{d'}], \tilde{T}_o' \in [T_{xy}^{o'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^{d'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon]$$

此時區載貨率最高，航空公司在載貨率介於 $[S,1]$ 之間，航空公司不給予運費率折減，故運費率折讓為 0。

$$2) \tilde{T}_d' \in [T_{xy}^{o'}, T_{xy}^{d'}], \tilde{T}_o' \notin [T_{xy}^{o'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^{d'} - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon]$$

對貨主而言貨物能夠符合抵達時間需求，但出發時間可能無法完全配合貨主，比方說貨物需要較早送達來等待運送等，貨主尚須考量貨物出貨時間，故對貨主而言此時區並非較佳的時段但仍可接受，因此載貨率不如前述第一種情形，載貨率介於 $[0,S]$ 之間，相對這些時區安排貨運對航空公司貢獻度有限，故給予運費率 R 之折讓。

故本研究所構建之運費率折讓函數如下：

$$\alpha(\delta_{ij}) = \begin{cases} 0, & S \leq \delta_{ij} < 1 \\ R, & 0 < \delta_{ij} < S \end{cases} \quad (3.12)$$

此外，貨運費率亦會受距離的影響，令貨運費率每噸為 $v_{ij}(d_{ij})$ ，表示使 i 機場到 j 機場之費率， i 機場到 j 機場每日貨運量以 q_{ij} 表示，因此每天總貨運收入可表為

$$\sum_i \sum_j q_{ij} v_{ij}(d_{ij}) [1 - \alpha(\delta_{ij})] \quad (3.13)$$

貨運每日營運成本結構與客運每日營運成本相似，令 i 機場到 j 機場之每日貨運頻次為 f_{ij}^f ，日間貨運機組、地勤人員每日費用表示為 W^f ，夜間機組、地勤人員每日費用為 hW^f 日間運送貨運頻次佔每日總

貨運頻次的比例為 a ， $0 < a < 1$ ，每日總貨運頻次的 $(1-a)$ 比例在夜間運送，則貨運每日營運成本構建如下：

$$\begin{aligned} & \sum_j \sum_i f_{ij}^f [L_j + N_j(\tau + a - \tau a)] + \sum_i \sum_j f_{ij}^f \{O_r g d_{ij} + b_{ij}\} + W^f (h + a - ha) \\ & + \sum_i \sum_j u_{ij}^f q_{ij} \end{aligned} \quad (3.14)$$

3.3 單一航空公司客貨航班規劃模式

3.3.1 單一航空公司客貨航班規劃模式

對航空公司而言以利潤最大為考量，本研究考量客貨兼營航空公司之成本收益，以最大化每日航空公司利潤為目標構建規劃模式。另本研究考量客貨運時間帶的調整規劃，由於客貨運時間帶的安排隨不同時區將對航空公司營收有不同的影響，於前 3.2 節客貨運營運成本與收入模式構建過程中，皆先以每日頻次作為模式範圍，但由於本研究欲規劃起降時間帶，而將一日劃分為 24 個時間帶，實務上每日時間帶數按不同機場規模、跑道數等而有不同，本研究暫以一日 24 個時間帶簡化模式。令 T_{ij}^n 表示 $i-j$

航線第 n 個時間帶， $n=1, 2, \dots, 24$ ， $f(T_{ij}^n)$ 表示 $i-j$ 航線第 n 個時間帶之客運頻次， $f^f(T_{ij}^{n'})$ 表示 $i-j$ 航線第 n 個時間帶之貨運頻次，

$\sum_{n=1}^{24} f(T_{ij}^n)$ 即為 $i-j$ 航線所有時間帶之客運頻次， $\sum_{n=1}^{24} f^f(T_{ij}^{n'})$ 即為 $i-j$

航線所有時間帶之貨運頻次，則先前構建之每日客運頻次 f_{ij} 可以

$\sum_{n=1}^{24} f(T_{ij}^n)$ 替換， f_{ij}^f 可以 $\sum_{n=1}^{24} f^f(T_{ij}^{n'})$ 表示，而航空公司一天之客貨起

降總頻次則以 $\sum_{n=1}^{24} \left[f(T_{ij}^n) + f^f(T_{ij}^{n'}) \right]$ 表示，因客貨運頻次需求需在機場容量限制下，令 $f^*(T^n)$ 表示第 n 時區機場最大起降頻次。故可表示如下式：

$$\begin{aligned}
 \text{Max } P = & \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} \lambda_{ij}^n c_{ij} \left[1 - \beta(\eta_{ij}^n) \right] + \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} q_{ij}^n v_{ij}(d_{ij}) \left[1 - \alpha(\delta_{ij}^n) \right] \\
 & - \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} f(T_{ij}^n) \left[L_j + N_j(\tau + z - \tau z) \right] - \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} f(T_{ij}^n) \{ \text{Org}d_{ij} + b \} - W(h + z - hz) \\
 & - \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} u_{ij} \lambda_{ij}^n - \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} f^f(T_{ij}^{n'}) \left[L_j + N_j(\tau + a - \tau a) \right] \\
 & - \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} f^f(T_{ij}^{n'}) \{ \text{Org}d_{ij} + b \} - W^f(h + a - ha) - \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} u_{ij}^f q_{ij}^n
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

$$s.t. \quad P \geq 0$$



$$\tag{3.16}$$

$$\sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} f(T_{ij}^n) \geq \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} f^f(T_{ij}^{n'}) \tag{3.17}$$

$$T_x^a \leq T_{ij}^n \in \left[T_{xy}^o - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon, T_{xy}^d - \ell_{xy} - s_{xy} - \varepsilon \right] \leq T_x^b \tag{3.18}$$

$$\beta(\eta_{ij}^n) = \begin{cases} \alpha_1, & 0 \leq \eta_{ij}^n < r \\ \alpha_2, & r \leq \eta_{ij}^n < s \\ 0, & s \leq \eta_{ij}^n \leq 1 \end{cases} \tag{3.19}$$

$$\alpha(\delta_{ij}^n) = \begin{cases} 0, & S \leq \delta_{ij}^n \leq 1 \\ R, & 0 \leq \delta_{ij}^n < S \end{cases} \tag{3.20}$$

$$f(T_{ij}^n), f^f(T_{ij}^{n'}) \leq f^*(T^n) \tag{3.21}$$

$$\text{all } f(T_{ij}^n), f^f(T_{ij}^{n'}), \lambda_{ij}^n, q_{ij}^n \geq 0 \tag{3.22}$$

目標式為航空公司追求客貨運總利潤最大，即總營運收益減去總營運成本最大化。限制式中，式(3.16)表示航空公司總利潤需大於或至少等於零。式(3.17)表航空公司每日客運頻次大於貨運頻次，由於航空公司客運收入為其主要收入，故航空公司仍以客運頻次為主。式(3.18)表示客運時間帶分布需於出發時區內，且滿足出發地活動時區內。式(3.19)及式(3.20)分別表示票價折讓函數及運費率折讓函數。式(3.21)則表示各時區客貨運頻次皆須小於在機場各該時間帶可容納最大起降頻次。

航空公司在考量客貨運時間帶時，須受限於實際機場時間帶分配制度以及營運上的限制問題。目前實際機場時間帶的配置仍以歷史優先權的方式分配，就制度面而言，歷史優先權的存在具有確保持續性飛航服務、有利於規劃投資以及可避免班次集中化與大公司併吞小公司等優點(蔡沛圻，1997)，但相反地卻無法以市場機制方式公平決定時間帶的使用，致使較好的時間帶多數仍由既有航空公司所擁有。

3.3.2 模式與演算法分析

求解非線性規劃問題的演算法有非常多種，因此發展出了許多演算法數學套件可供選擇使用。而各種演算法基本上並無優劣之分，端看所求解之數學模型為何種模式，選用適當演算法來求解此一數學模型，才能得到最接近真實最佳值之解。因此，在進行非線性規劃求解之前，必須要分析我們所建立的數學模式。

本研究所建立之航空公司客貨航班時間帶調整規劃模式。客貨航班頻次屬於正整數，因此可以得知此數學模型屬於整數與多變數非線性規劃 (Integer Nonlinear Programming) 之類型。而根據 More and Wright(1993) 所提出之數種求解非線性規劃問題的演算法建議，欲求解此一目標函式的最大值，本研究採用迭代求解之演算法 (iterative algorithms)，搭配採用微分式的多維搜尋法來計算搜尋方向 d 及步階大小 (step size) λ ，作為最終計算目標函式的演算方法。求解步驟如下：

目標函式： $P(F, F^f)$

其中的 F 為一列向量，代表 $f(T_{ij}^n)$ 的所有值

其中的 F^f 為一列向量，代表 $f^f(T_{ij}^n)$ 的所有值



步驟一：初始化

令迭代次數 $k=0$ ，並給定一初始客運航線頻次 $F_{(k)}$ 及貨運航線頻次 $F_{(k)}^f$ 向量，其中 $F_{(k)}$ 及 $F_{(k)}^f$ 均需滿足限制式之條件。給定一決定停止計算的誤差值 ε ($\varepsilon = 10^{-9}$)。

步驟二：求解 $\eta_{(k)}$ 及 $\delta_{(k)}$ 。

根據限制式條件及定義 $\eta_{ij}^n = \lambda_{ij}^n / (\mathcal{G} \cdot f(T_{ij}^n))$ ， $\delta_{ij}^n = q_{ij}^n / (\mathcal{G}^f \cdot f^f(T_{ij}^n))$ 可計算出客運之承載率向量 $\eta_{(k)}$ 及 $\delta_{(k)}$

步驟三：求解 $\alpha_{(k)}$ 及 $\beta_{(k)}$

根據限制式條件，可以根據步驟二計算出的 $\eta_{(k)}$ 及 $\delta_{(k)}$ ，計算出客運的票價折讓向量 $\beta_{(k)}$ 及貨運費率折讓向量 $\alpha_{(k)}$ 。

步驟四：計算利潤值

由上述步驟求得之值，帶入目標函式，可求得目前的利潤值 P 。

步驟五：計算 $\|\nabla P(F_{(k)}, F_{(k)}^f)\|$ ，若 $\|\nabla P(F_{(k)}, F_{(k)}^f)\| < \varepsilon$ ，則停止計算，並且輸出

計算值 P ；否則，令 $d_{(k)} = -\nabla P(F_{(k)}, F_{(k)}^f)$ ，求解函式

$P(F_{(k)} + \lambda_{(k)}d_{(k)}, F_{(k)}^f + \lambda_{(k)}d_{(k)})$ 之極小值，可求解得一步階大小

$\lambda_{(k)} > 0$ 。

步驟六：令 $k=k+1$ ，重新計算 $F_{(k+1)} = F_{(k)} + \lambda_{(k)}d_{(k)}$ 、 $F_{(k+1)}^f = F_{(k)}^f + \lambda_{(k)}d_{(k)}$ ，再

將所新求得之值代回步驟二。

3.4 單一航空公司實證範例分析

3.4.1 假設條件與範例說明



3.4.1.1 假設條件

在客運方面，客運收入若欲達到最大，即式(3.15)中第一項最大，則式中 $\beta(\eta_{ij}^n) = 0$ ，則 $c_{ij} [1 - \beta(\eta_{ij}^n)] = c_{ij}$ 。欲使 $\beta(\eta_{ij}^n) = 0$ ，表示

$s \leq \eta_{ij}^n \leq 1$ ，航空公司安排 $i-j$ 航班時須同時滿足旅客出發與抵達時間的需求。旅客方面，雖然個別旅客對於出發、抵達時間之需求並不相同，但選擇同一航線之旅客仍有較一致的總體需求狀況，因此本研究擬對旅客部分作一簡單假設，則可獲取在同一航線上之總體狀況以利航空公司配置理想時間帶，假設如下：

1. 旅客意願之抵達時間落在 08:00-22:00 之間，但受限於目的地之活動時間產生增減變動情形。

2. 旅客選擇出發時間須符合正常生理作息，正常生理作息採與機場夜間時段定義一致，各國機場夜間時段定義並不一致，本研究依據中正國機場之規定採 23：00-07：00。

在貨運方面，航空公司若欲在貨運收入部分達到最大，必須使航班抵達時間落在 $\tilde{T}'_d \in [T'_{xy}, T^d_{xy}]$ 。但對不同的貨主而言，所考量貨物運送、抵達因素不盡相同，本研究並不探討個體行為，故對貨主所考量進行假設，以利獲得同一航線上較一致的總體狀況以利配置貨運理想之時間帶。

3.4.1.2 範例說明

為實際了解模式操作情形，本研究以一範例說明單一航空公司客貨航班時間帶配置對航空公司利潤的影響，並獲得航空公司最大利潤下之時間帶配置狀況。

在本例中，選擇分析以台北為起訖之兩家國籍航空公司 A、B 之客貨運市場，根據中正國際機場每日客運量多寡選定範例航線 4 條，主要考量因素是部分長程航線每日僅一班航班，客貨需求狀況無法顯現。台北-洛杉磯航線的選取主要目的在對長、短程航線作差異比較，故選定台北-曼谷、台北-香港、台北-東京、台北-洛杉磯共 4 條航線。另因本研究構建本模式時欲探討景氣波動影響航班之變動，但長程航線在單日需求考量下多配置 1-2 航班，因此在面對景氣波動情形時，增減變動極不明顯，甚至航班數並不改變，故在本範例中將長程航線暫且排除在外以利景氣波動之探討。另由於每日之需求情況不同可能造成最佳時間帶位置產生差異，故以一週作為範例，避免單日結果與實際狀況差異過大。根據 3.1 與 3.2 節

中對客貨運之基本假設，並以中正國際機場對 4 條航線之實際需求情況作為依據。本研究假設航空公司所使用的機型隨航線不同改變，由於同一航線所使用航機機型多為一致，故各航線客運資料列表如 3.1，各航線客運需求量如表 3.2 所示。各航線客運票價與距離如列表 3.3。並根據國際燃油價格假設每加侖燃油為 1.1087 美元。

在貨運方面，因國內無此類統計資料，且各家航空公司貨運部視此類資料為高度商業機密，且與航空公司貨運部訪談後，得知目前貨運航班時間訂定主要為排除客運所使用之時間後，再以 try error 方式訂定時間，且各貨主對於不同航線拖運貨物時間並無明顯時間上趨勢，故在範例分析上暫且以目前實際航班時間情形安排頻次。由於貨運方面航線從其客運，且本研究係以單日情形求取航空公司最大利潤，此兩家航空公司並無台北-東京之貨運航線，且並非每日皆有航班配置情形。各航線貨運航機資料列表如 3.4。各航線貨運需求量列表如 3.5。各航線貨運運費率預設值列表如 3.6。最後表 3.7 為各參數代表意義與預設值。

在本範例分析中，本研究以目前實際頻次與時間帶分布情形，代入本研究之規劃模式中作為比較對象，探討航空公司利潤變化以及景氣變化下航空公司透過航班頻次與時間帶調整情形、利潤差異。

表 3.1 各航線航機資料

航線	A 航空公司		B 航空公司	
	航線使用機型	航機座位數	航線使用機型	航機座位數
台北-曼谷	B747-400	386	A300-600R	269
台北-香港	A330-200	252	A300-600R	269
台北-東京	A330-200	252	B747-400	411
台北-洛杉磯	B747-400	386	B747-400	411

表 3.2 各航線客運需求量(人次)

	航線	週一	週二	週三	週四	週五	週六	週日	總和
A	台北-曼谷	511	693	616	276	514	686	596	3892
	台北-香港	1135	1242	1112	591	866	764	1134	6844
	台北-東京	462	219	236	0	351	448	415	2131

	台北-洛杉磯	315	797	0	555	589	581	582	3419
B	台北-曼谷	613	720	814	682	717	846	668	5060
	台北-香港	2406	2115	1881	1951	1972	1872	2141	14338
	台北-東京	939	554	626	661	722	925	959	5386
	台北-洛杉磯	757	294	262	558	678	704	676	3929

表 3.3 各航線客運票價(美元)與距離(mile)

航線	票價	距離
台北—曼谷	236	1465
台北—香港	167	499
台北—東京	212	1228
台北-洛杉磯	583	6776

表 3.4 航線貨運航機資料與貨運量(噸)

航線	A 航空公司		B 航空公司	
	航線使用機型	航機載貨噸數	航線使用機型	航機載貨噸數
台北-曼谷	B747-400F	110	B747-400F	110

台北-香港	MD-11F	80	B747-400F	110
台北-洛杉磯	B747-400F	110	B747-400F	110

表 3.5 各航線貨運需求量(噸)

	航線	週一	週二	週三	週四	週五	週六	週日	總和
A	台北-曼谷	0	85	40	44	0	0	79	208
	台北-香港	0	49	53	47	23	86	61	319
	台北-洛杉磯	89	184	207	63	0	160	73	776
B	台北-曼谷	0	65	0	37	0	0	69	171
	台北-香港	0	38	88	62	20	31	169	408
	台北-洛杉磯	161	171	145	202	94	286	157	1216

表 3.6 各航線貨運費率(美元)

航線	預設費率
台北—曼谷	9.33
台北—香港	3.265
台北-洛杉磯	41.985

表 3.7 各參數輸入值

參數	代表意義	預設值
r	客運票價一級折讓承載率最高臨界值	0.5
s	客運票價二級折讓承載率最高臨界值	0.75
α_1	客運票價第一級折讓比率	0.25
α_2	客運票價第二級折讓比率	0.1
R	貨運運費率折讓比率	0.15
S	貨運運費率折讓之載貨率臨界值	0.5

求解過程說明如下步驟：

step 1：依照客運及貨運航班時間規劃之情形，對於不同航線時間區段加以區分作為限制，將 A、B 兩家航空公司此 4 條航線每日需求情形，以及本研究設定之各參數值代入模式中。

Step 2：按 3.3.2 節演算步驟，並透過頻次與承載率不同組合變動，求得整體利潤之變動，找出最大利潤下之最佳時間帶。

Step 3：可由 step 2 可推得各航線各時區實際利潤。由於在一週內週末會呈現航線高峰，故為避免單日結果在週末與非週末產生極大差異，故本研究擬將各航線各時區一週利潤加總作為分析依據。

Step 4：由 step 3 之結果可依利潤大小排列出各航線各時區對航空公司貢獻度大小，貢獻度最大者即為此航線最佳時間帶，並可列出時間帶貢獻度之順序。



3.4.2 結果分析

不同航線理想時間帶位置不同。在單一航空公司的情況下，航空公司想創造最大利潤，航班的配置則必須儘可能符合不同航線之理想時間帶位置。當航班配置在該航線最佳時間帶上，則可使配置在該時間帶上之航班獲取利潤較其他時間帶高，在不景氣下，也可優先保留此時間帶上之航班而減少其他時間帶之航班來維持航空公司利潤，減少過多成本支出。

本研究模式結果可說明最佳時間帶位置，本研究使用之方式是依航線別以 4 條不同航線分別說明最佳時間帶位置：

(1) 台北—曼谷 航線

圖 3.5-(a)與圖 3.5-(b)分別表示台北-曼谷航線一週各時區客貨運利潤示意圖與一週各時區頻次示意圖。本研究在 3.1 節中構建各航線時區限制，以此台北飛曼谷航線最佳旅客出發時間應落於 07:00~17:00 之間，但由於台北飛往曼谷航機主要將曼谷作為飛往歐洲轉機據點，因此實際需求與時間帶在配置情形上便受到轉機乘客影響，反而產生一時間區間在晚間 21:00-22:00 間。

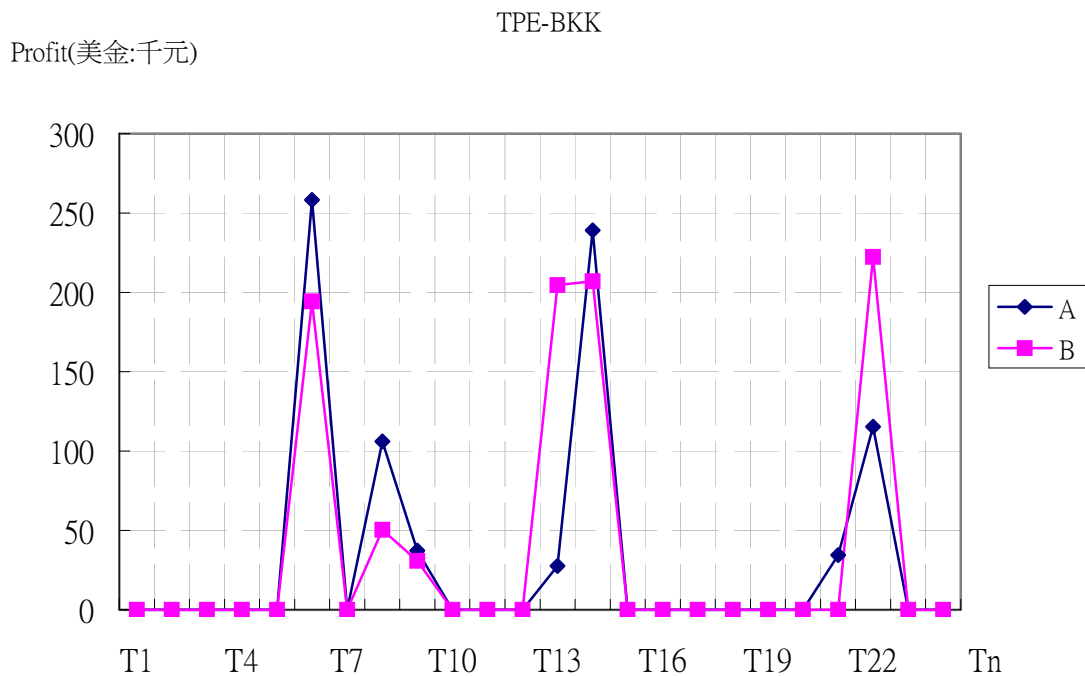


圖 3.5-(a) 台北—曼谷 航空公司各時區利潤示意圖

週頻次

TPE-BKK

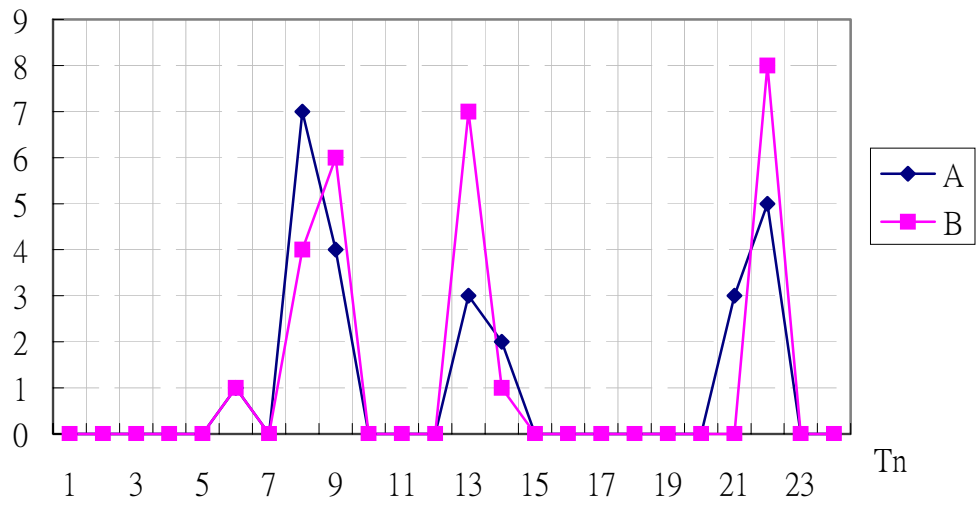


圖 3.5-(b) 台北—曼谷 航空公司各時區頻次示意圖

(2) 台北—香港 航線

見圖 3.5-(c)與 3.5-(d) 分別表示台北-香港航線一週各時區客貨運利潤示意圖與一週各時區頻次示意圖。台北香港航線最佳旅客出發時間落於 07:00~20:00 之間，故與本研究構建之範圍吻合。

TPE-HKG

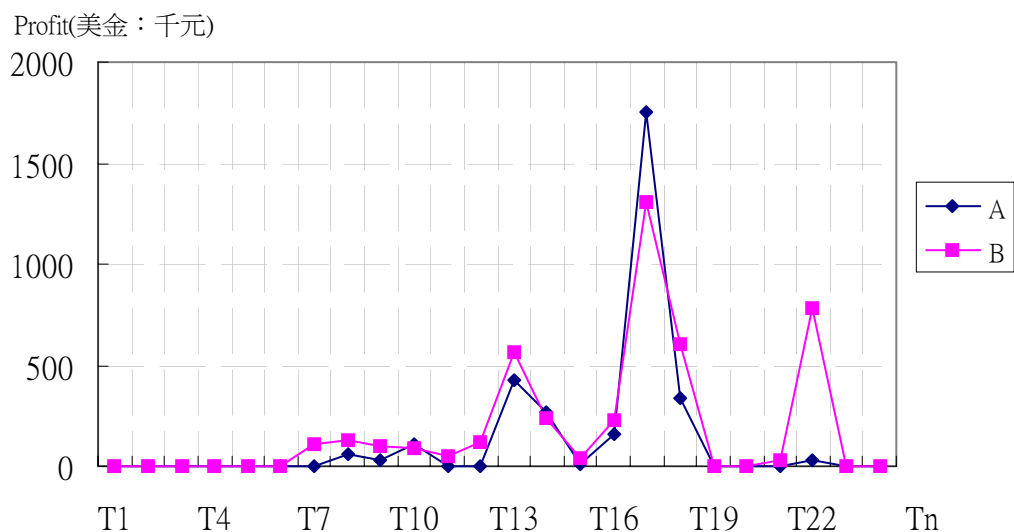


圖 3.5-(c) 台北—香港 航空公司各時區利潤示意圖

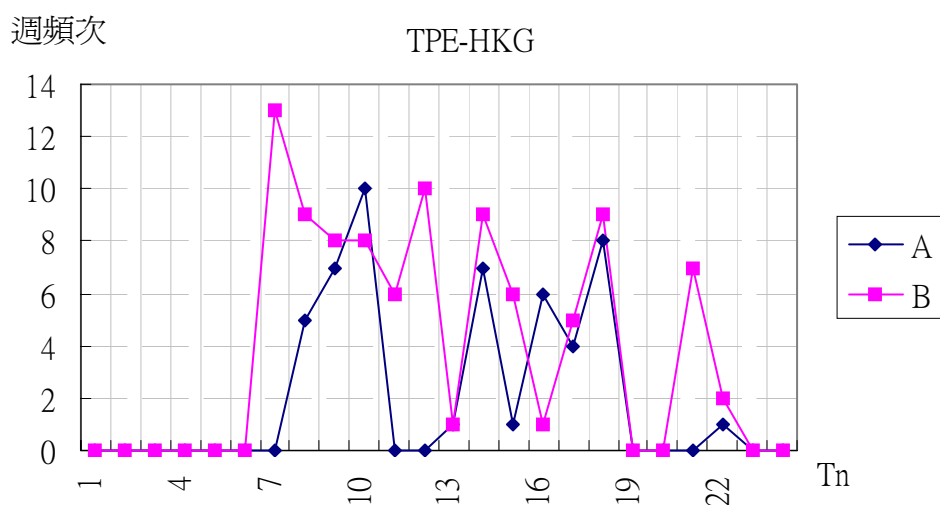


圖 3.5-(d) 台北—香港 航空公司各時區頻次示意圖

(3) 台北—東京 航線

見圖 3.5-(e)與 3.5-(f) 分別表示台北-東京航線一週各時區客貨運利潤示意圖與一週各時區頻次示意圖。台北東京航線最佳旅客出發時間落於 07:00~20:00 之間，與本研究構建之範圍吻合。

TPE-NRT

Profit(美金：千元)

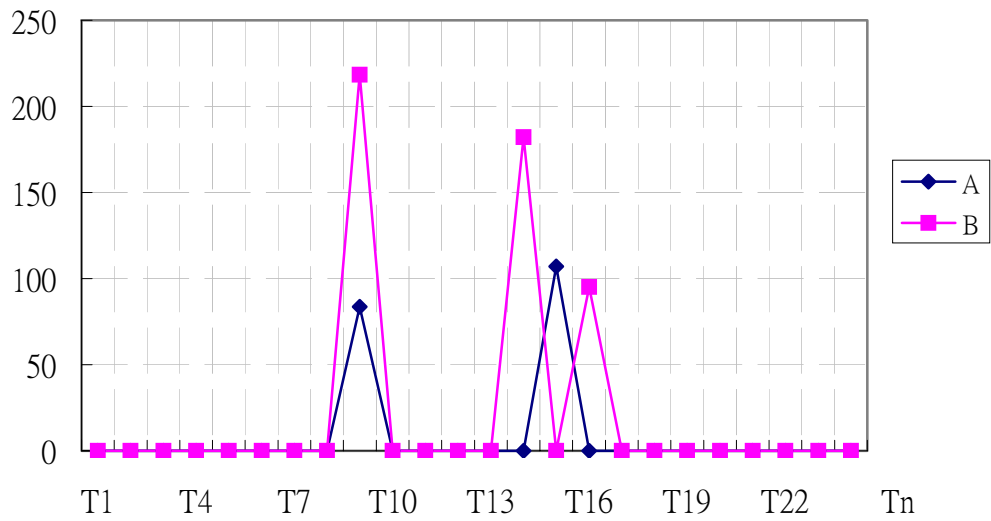


圖 3.5-(e) 台北—東京 航空公司各時區利潤示意圖



週頻次

TPE-NRT

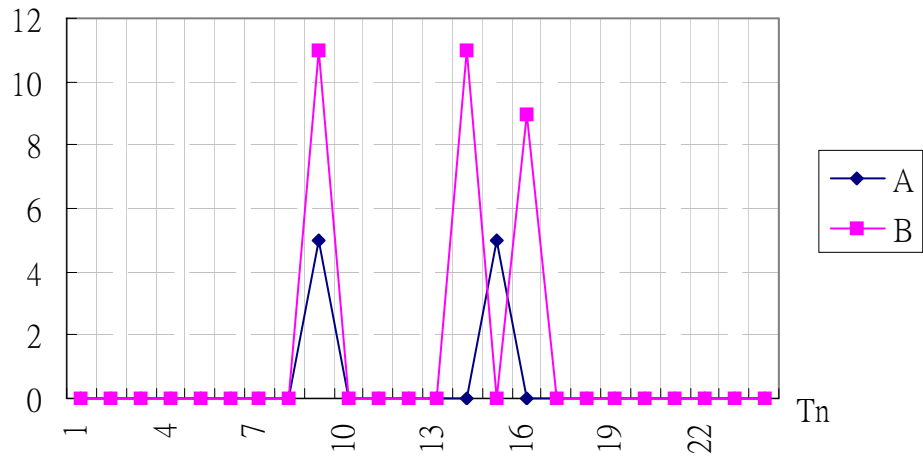


圖 3.5-(f) 台北—東京 航空公司各時區頻次示意圖

(4) 台北—洛杉磯 航線

見圖 3.5-(g)與 3.5-(h) 分別表示 A、B 航空公司一週各時區客貨運利潤示意圖與一週各時區頻次示意圖。台北洛杉磯航線最佳

旅客出發時間應落於 21:00~09:00 之間，與本研究構建之範圍吻合。

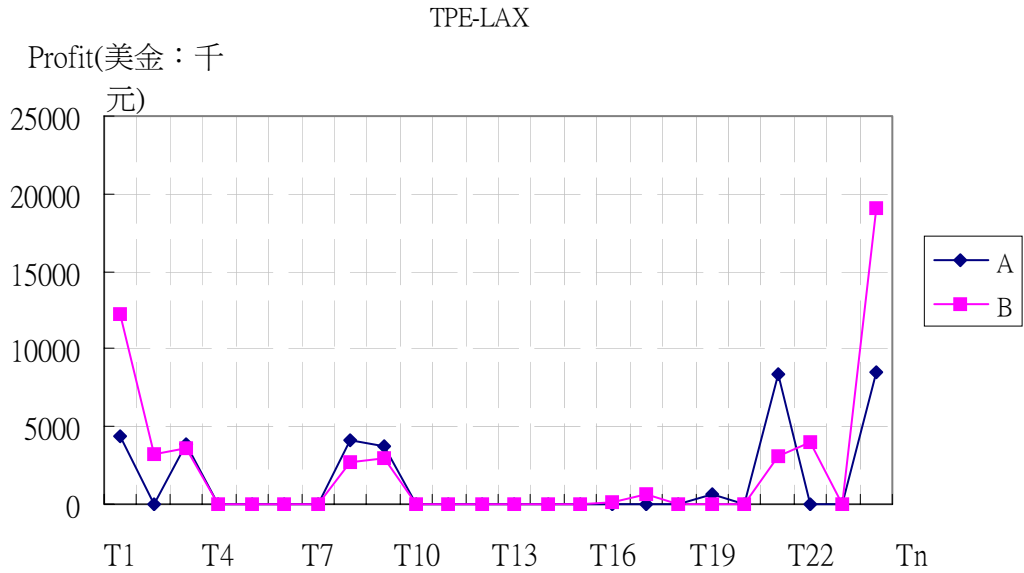


圖 3.5-(g) 台北—洛杉磯 航空公司各時區利潤示意圖

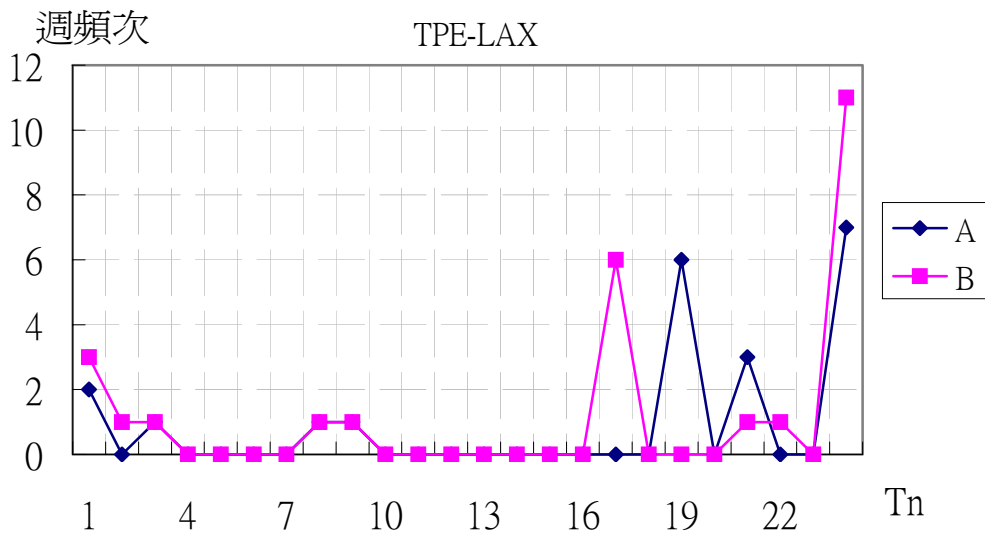


圖 3.5-(h) 台北—洛杉磯 航空公司各時區頻次示意圖

客運滿足旅客需求之時區與貨運滿足貨主需求之時區並不一致，不同航空公司對於不同航線需求亦不一致，以台北-東京航線為例，A 航空公司所採用之機型座位數遠小於 B 航空公司，此即表示不同航空公司對於不同

航線服務定位並不一致，故即使競爭同一航線對於時區安排亦會隨航空公司不同而有差異，下表 3.8 為 A、B 航空公司根據模式結果之一週整體客貨運時區安排，客運部分列出前三順位，貨運則僅列出第一順位。另需注意的是下表是以一週整體狀況為列表依據，通常實務上假日與非假日之時區會產生些微差異，因此若以單日模式結果可能與下表不會呈現一致。

表 3.8 各航線時間帶列表

航線別	航空公司	客運			貨運
		順位(1) 最佳時間帶	順位(2) 次佳時間帶	順位(3)	第一順位
台北—曼谷	A	T_8	T_9	T_{21}	T_{14}
	B	T_{13}	T_{22}	T_8	T_{14}
台北—香港	A	T_{10}	T_{14}	T_8	T_{17}
	B	T_8	T_{12}	T_7	T_{17}
台北—東京	A	T_{15}	T_9	-	-
	B	T_9	T_{14}	T_{16}	-
台北—洛杉磯	A	T_{19}	T_{24}	T_1	T_{21}
	B	T_{24}	T_{17}	T_{16}	T_{24}

3.5 航空公司營運成本分析

3.5.1 景氣變動收益之影響

航空公司營運利潤受到全球景氣狀況以及航空產業本身重大事件影響極深。當景氣前期預測與實際波動情況產生差異時，因當季航班早在前一季規劃並對外公告，故對航空公司而言想要重新規劃或大幅度修正航班往往可能較低，因此多僅微調以因應景氣預期差異及即時狀況。

當景氣預期差異狀況產生時，航空公司多透過班機頻次的改變，快速因應整體環境以維持營運利潤，故透過航空公司客貨航班規劃模式中構建之航空公司營運利潤函數，式(3.15)，進一步分析景氣改變前後之總利潤變動值：

$$\begin{aligned}\Delta P = & \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} \left[\lambda_{ij}^{n'} - \lambda_{ij}^n \right] c_{ij} \left[1 - \beta(\eta_{ij}^n) \right] \\ & + \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} \left[q_{ij}^{n'} - q_{ij}^n \right] v_{ij}(d_{ij}) \left[1 - \alpha(\delta_{ij}^n) \right] \\ & - \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} \left[f'(T_{ij}^n) - f(T_{ij}^n) \right] \left[L_j + N_j(\tau + z - \tau z) + O_r g(d_{ij}) + b \right] \\ & - \sum_i \sum_j \sum_{n=1}^{24} \left[f^f(T_{ij}^n) - f^f(T_{ij}^n) \right] \left[L_j + N_j(\tau + a - \tau a) + O_r g(d_{ij}) + b \right]\end{aligned}\quad (3.23)$$

其中， ΔP 為航空公司因應景氣狀況調整航班頻次總利潤的變動量。第一項為隨景氣波動客運收入之變動，第二項為隨景氣波動貨運收入之變動，第三項為景氣波動下客運成本的改變，第四項則為景氣波動下貨運成本的改變。客運方面， f'_{ij} 代表航空公司因景氣狀況調整後飛行 $i-j$ 機場每日客運頻次， λ' 為受景氣狀況影響 i 機場到 j 機場之乘客數，但由於

景氣狀況同時影響日夜間客運頻次，故本研究假設日夜間比例不變，故仍以 z 表示之。貨運方面， f_{ij}' 代表航空公司因景氣狀況調整後飛行 $i-j$ 機場每日貨運頻次， q_{ij}' 表示受景氣狀況影響從 i 機場到 j 機場每日貨運量，如客運所述，日夜間貨運頻次在景氣變動下仍以相同比例上下微調，故仍以 a 表示之。

當景氣狀況好轉的情況下，表示 $\lambda' > \lambda$ ， $q_{ij}' > q_{ij}$ ，航空公司會逐漸加開客貨航班頻次以因應需求的增加，則 $f_{ij}' > f_{ij}$ ， $f_{ij}' > f_{ij}^f$ ，此時增加頻次後之航空公司整體利潤勢必大過原先營運利潤，故 $\Delta P > 0$ 。由於客貨兼營航空公司仍以客運之收益為公司主要收益來源，故在景氣好轉的情況下，日間時間帶的使用會將客運作為優先配置以滿足旅客需求，故原先配置在夜間的貨運仍以夜間進行運送服務，不可能挪至日間時間帶內。

反之，若全球景氣下滑時，表示 $\lambda' < \lambda$ ， $q_{ij}' < q_{ij}$ ，航空公司在此情況下為維持營運，航空公司勢必將客貨運航班頻次減少，則 $f_{ij}' < f_{ij}$ ， $f_{ij}' < f_{ij}^f$ ，此時減少頻次後之航空公司整體利潤勢必小於原先營運利潤，故 $\Delta P < 0$ 。客運頻次的減少，按 3.2.1.1 節中所提到之承載率 η_{ij} 由低至高順序予以減班，即票價折減函數 $\beta(\eta_{ij}^n)$ 由高至低之順序。貨運頻次的減少，按 3.2.2.1 節中所探討之 $\alpha(\delta_{ij}^n)$ 由高至低予以考慮減班。

故不論景氣狀況回升或下滑，航空公司考量增班、減班之決策同時，航班配置方式對於航空公司而言相當重要，甚至會影響營收。故以下以 A、

B 兩家航空公司面臨 2004 年景氣回升與 2000 年景氣下滑時，航空公司考量時間帶配置決策影響收益狀況之探討。由於全球景氣回溫，IATA 預測 2004 年全球客運可成長 5.9%，貨運量可成長 11.2% 的情形下，假設各航線需求量與此成長幅度一致，另 2000 年 911 事件後全球客運量下滑 6%，假設各航線皆以此幅度減少需求量，則客運需求變動如下表 3.9。表 3.10 為貨運需求變動情形。

表 3.9 各航線客運需求變動情形(人次)

航線	航空公司	總和需求量	2004 年	2000 年
台北-曼谷	A	3892	4122	3658
	B	5060	5359	4756
台北-香港	A	6844	7248	6433
	B	14338	15184	13478
台北-東京	A	2131	2257	2003
	B	5386	5704	5063
台北-洛杉磯	A	3419	3621	3214
	B	3929	4161	3693

表 3.10 各航線貨運需求變動情形(噸)

航線	航空公司	總和需求量	2004 年	2000 年
台北-曼谷	A	208	231	196
	B	171	190	161
台北-香港	A	319	355	300
	B	408	454	384
台北-洛杉磯	A	776	863	729
	B	1216	1352	1143

表 3.11 景氣波動下不同時間帶配置方式利潤之差異

景氣狀況	航空公司	2004 年 景氣回升	景氣變動 ΔP	2001 年 景氣下滑	景氣變動 ΔP
原始利潤	A	38226.52			
	B	58130.68			
不採時間 帶配置	A	41489.0522	+3262.532	35359.7	-2866.82
	B	63373	+5242.32	53944	-4186.68
配置在前 三時間帶	A	41490.1779	3263.658	35373.1649	-2853.355
	B	63421	+5290.32	53913	-4217.68

根據上表所示，航空公司再面臨景氣波動時，航空公司採用時間帶配置方式來克服景氣變化的影響是對公司較利的方式。當景氣回升時，航空公司配置時間帶若能將該航線配置在較佳時間帶上，對航空公司利潤貢獻度遠比安排在其他時間帶或者不採時間帶配置方式大。而在景氣下滑時，航空公司維持利潤本較不易，但若優先將較差時間帶航班去除，則可為航空公司再減少成本支出。故對航空公司而言，採取時間帶配置方式對景氣變動的應變能力較強，可使航空公司利潤維持在優勢條件下。

3.5.2 敏感度分析

3.5.2.1 時間帶敏感度分析

依據前節所言，不同航空公司對於不同航線服務定位不同，故不同航空公司對於時間帶重要性即不同，因此不同時間帶所獲取之利潤不一致。單一機場同一航線之經營，往往不只一家航空公司，因此不同航空公司對於同一航線時間帶的需求便可能重疊在同一時間帶位置，故對航空公司而言，所需求時間帶未必能全然獲取，故以下本研究擬出下列幾種情形分析航空公司各航線時間帶獲取情形之利潤比較，參照前節表 3.8 各航線時間帶列表以 A、B 兩家航空公司為例探討時間帶不同獲取情境利潤影響，獲取情境假設列表如表 3.12。

表 3.12 各航線前三時間帶獲取情境假設

情境	第一順位時間帶	第二順位時間帶	第三順位時間帶
(a)	✓	✓	✓
(b)		✓	✓
(c)	✓		✓
(d)	✓	✓	
(e)			✓
(f)		✓	
(g)	✓		
(h)			

時間帶獲取情境假設共分為 8 種，以(a)情境為例，表示航空公司在此航線上同時取得第一順位、第二順位、第三順位時間帶，依此類推至情境(h)，最後一項情境假設表示此航空公司未能順利取得前三順位時間帶之狀況。依據以上 8 種情境，以 A、B 兩家航空公司為例以航線別分別探討其利潤之變化。

(1) TPE-BKK

圖 3.6-(a)表示台北-曼谷航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形。在第壹區中，A、B 兩家航空公司依各公司需求獲取前三時間帶，則利潤可達最高。第貳區表示 A、B 航空公司在前三時間帶中僅獲取兩個時間帶，(b)情境為航空公司未獲取第一順位時間帶之狀況，在第貳區中對兩家航空公司而言損失皆為最大。第參區為前三時間帶僅獲取一個時間帶部分，與第貳區比較可發現，(g)點雖僅有第一時間帶卻比(b)

點擁有第二、第三時間帶之利潤更高，此即表示對於此航線 A、B 兩航空公司而言，第一時間帶所帶來的利潤佔此航線總利潤相當大，故對於兩航空公司而言應儘可能爭取第一順位時間帶。

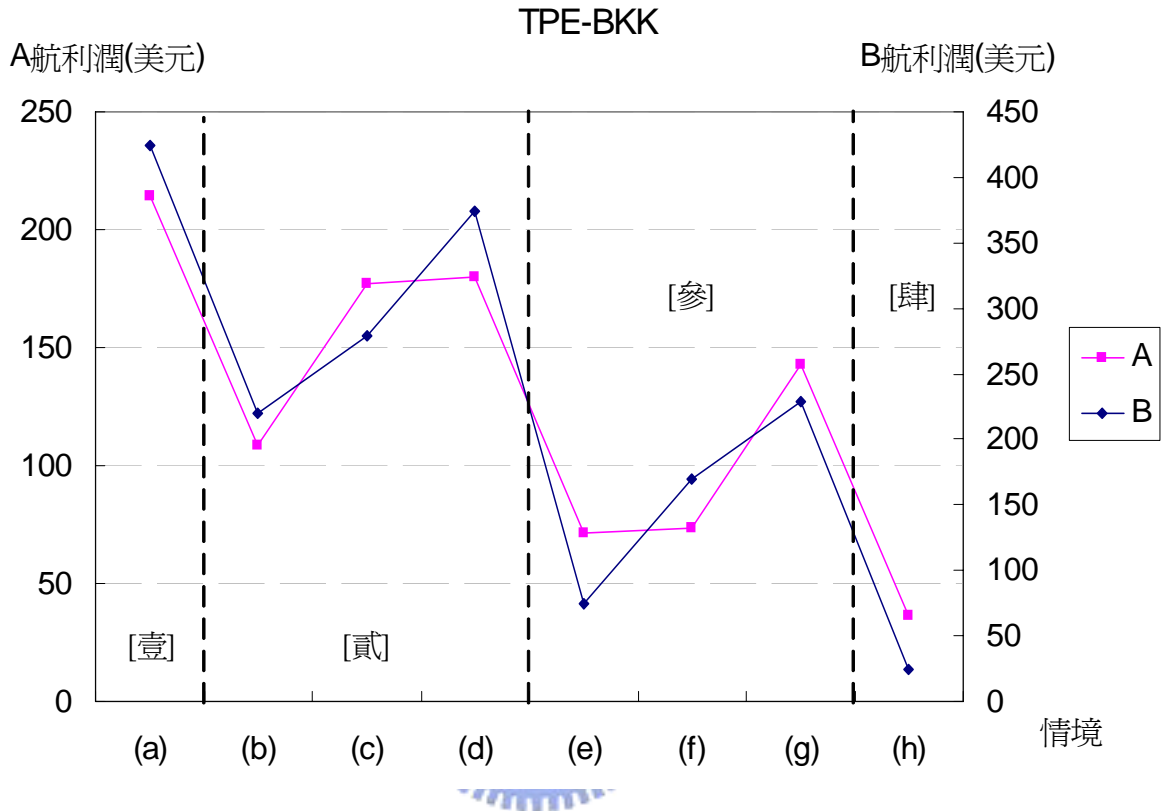


圖 3.6-(a) 台北-曼谷航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形

(2) TPE-HKG

圖 3.6-(b)為台北-香港航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形。第貳區中，對於 B 航空公司而言第一順位時間帶到第三順位時間帶對此航線利潤貢獻度相當，故對於 B 航空公司而言若無法取得第一順位時間帶，其損失並不如 A 航空公司大。在第參區中，B 航空公司僅獲取一時間帶，但利潤差異與第貳區同，若是透過競價方式，則可選擇第二或第三順位時間帶，避開第一順位時間帶競標過高之價格。對於 A 航空公司而言，因為利潤差異明顯，則仍需以第一順位

至第三順位方式來取得。

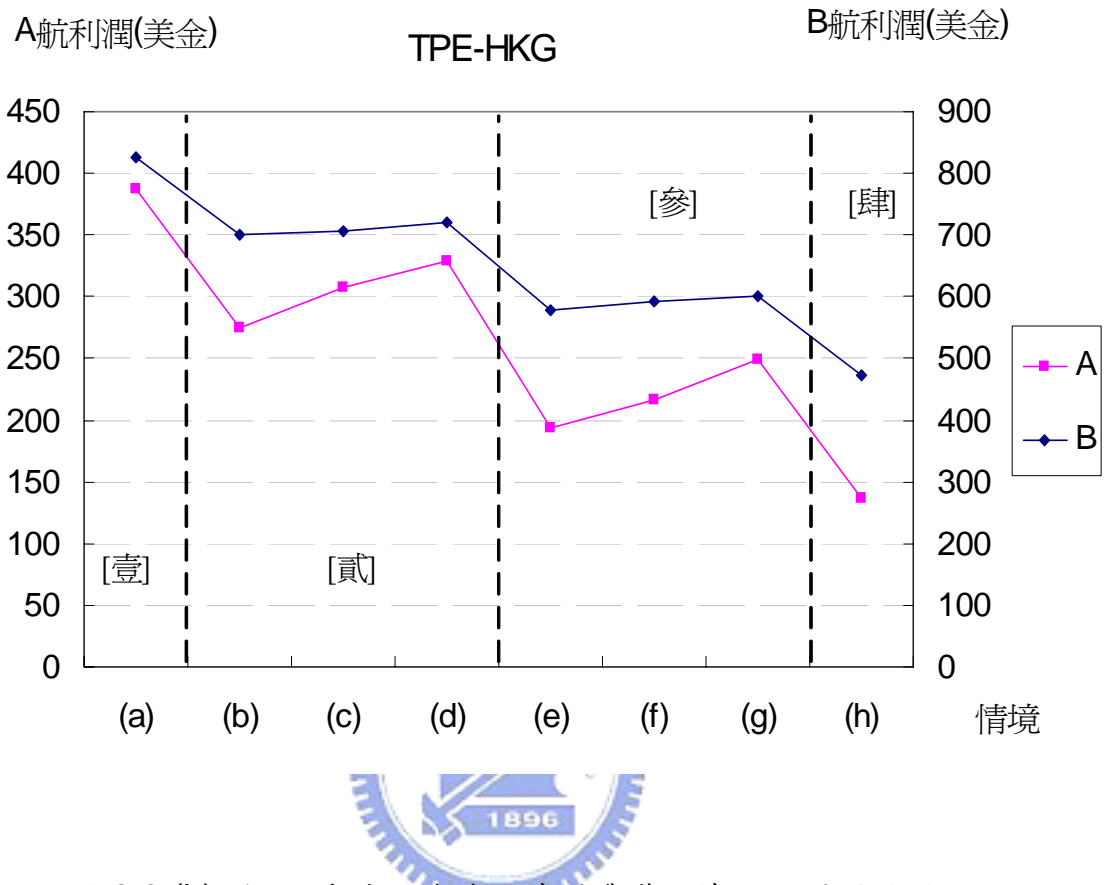


圖 3.6-(b) 台北-香港航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形

(3) TPE-NRT

圖 3.6-(c) 為台北-東京航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形，與台北-香港圖形較為類似，但斜率較台北-香港航線大，未取得第一時間帶所損失之利潤無法以取得其他兩時間帶補足，故在此航線上仍以取得愈前面順位對航空公司愈有利。另台北-東京航線，兩航空公司之航班配置由於需求本身較前兩航線少，因而時間帶上配置亦較少，故 A 航空公司僅在一日內配置兩時間帶滿足需求，圖形上便與前兩圖差異較大。

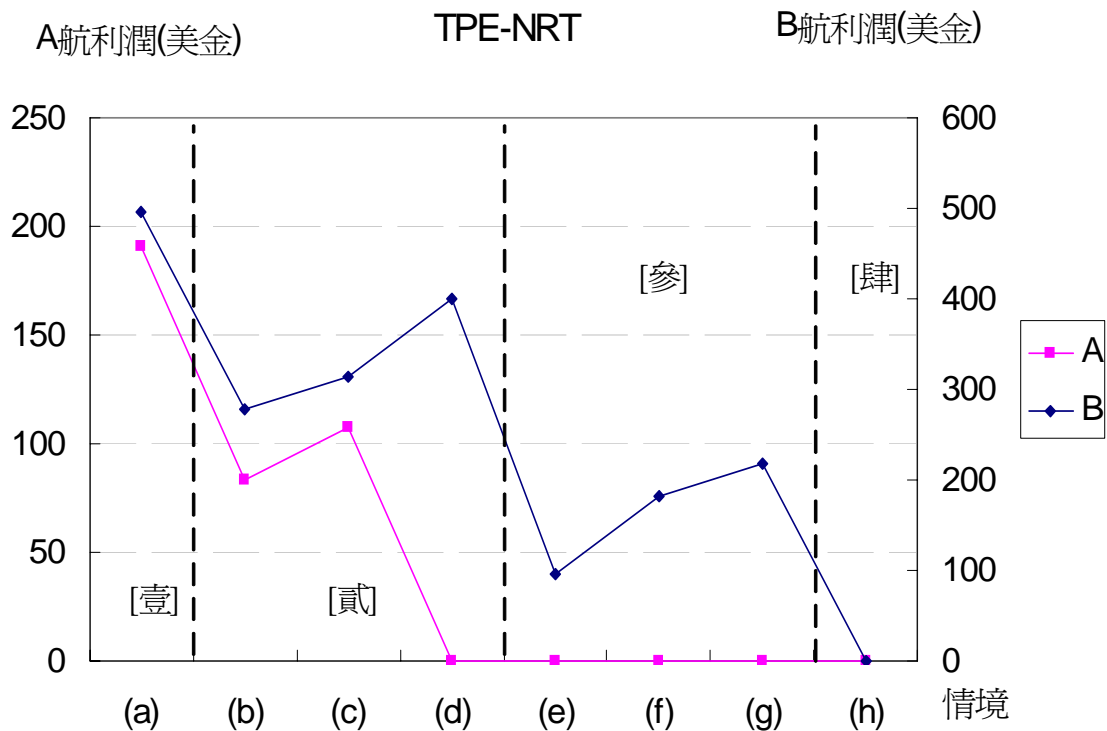


圖 3.6-(c) 台北-東京航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形

(4) TPE-LAX

圖 3.6-(d) 為台北-洛杉磯航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形，與台北-曼谷圖形較為類似。在第貳區中，對 A 航而言，第一順位時間帶之利潤極大，故 A 航會儘可能爭取第一順位時間帶，而反觀 B 航，其第一順位時間帶與第二順位時間帶所帶來的利潤相差無幾，故若無法取得第一順位時間帶，則爭取第二時間帶仍能獲得相當利潤。從第參區(e)中可發現，A 航與 B 航在此航線上之第三順位時間帶可為航空公司帶來的利潤相當。

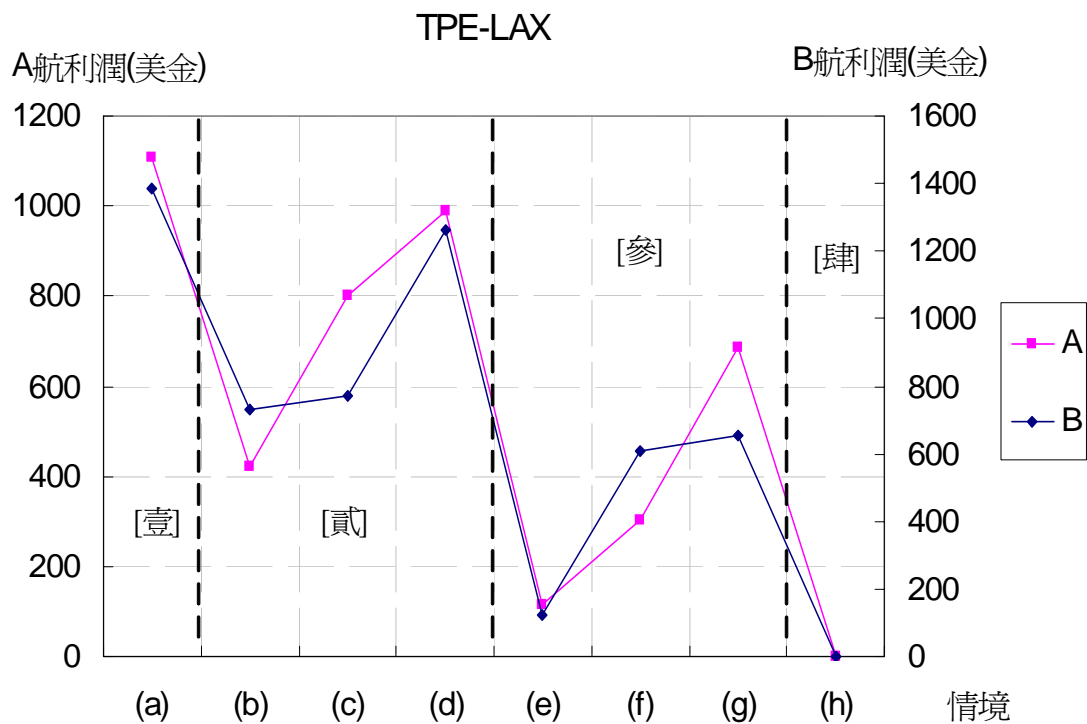


圖 3.6-(d) 台北-洛杉磯航線前三時間帶獲取情境之利潤圖形

3.5.2.2 航線機型敏感度分析

在 3.4 節範例說明中，本研究假設航空公司所使用的機型隨航線不同改變，在同一航線上使用機型為一致，故預設一機型為該航線慣用機型求取該航空公司最大利潤，實際上不同機型會影響模式利潤，該預設機型在該航線上並不一定帶來最大利潤，故以下針對 A、B 兩家航空公司所擁有之機型，探討不同航線在航空公司時間帶調整規劃模式最大利潤下之最適機型，表 3.13 為 A、B 兩家航空公司機型種類。

表 3.13 航空公司機型種類

航空公司	航機種類	載客數(人次)
A 航空公司	A330-200	252
	B747-400	386
	B767-300R	216
	B767-200	212
	MD-90	134
B 航空公司	B747-400	411
	B737-800	158
	A300-600R	269
	A340-300	306

以下圖形為兩家航空公司不同航線上不同航機之利潤圖形：

(1) A 航空公司

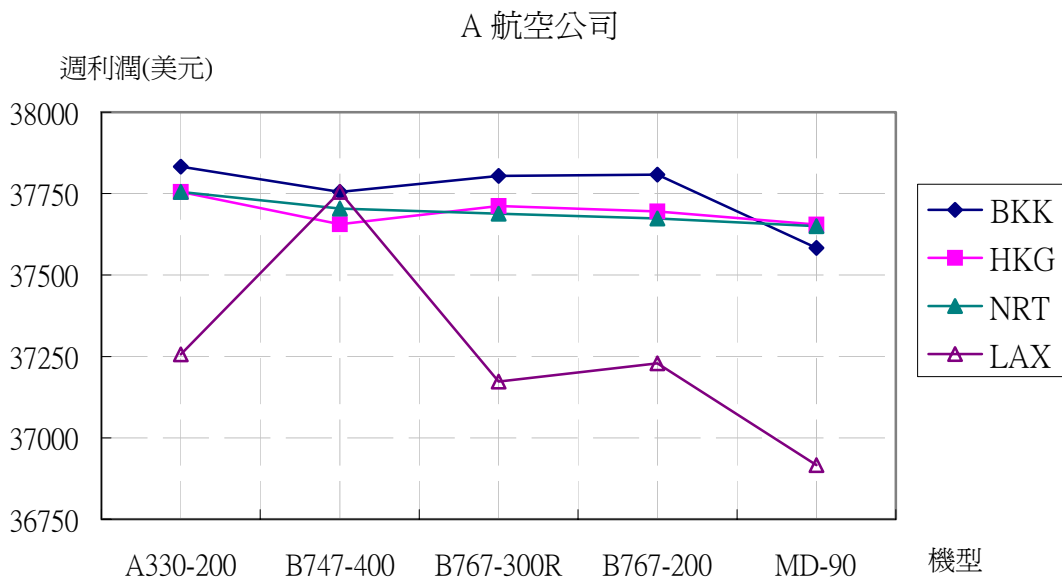


圖 3.7-(a) A 航空公司不同機型與利潤相關圖形

(2) B 航空公司

下圖中 B737-800 在實務上是無法飛行 TPE-LAX 航線，因其無法載送足夠飛行遠程之油料，故在圖中並無利潤表示。

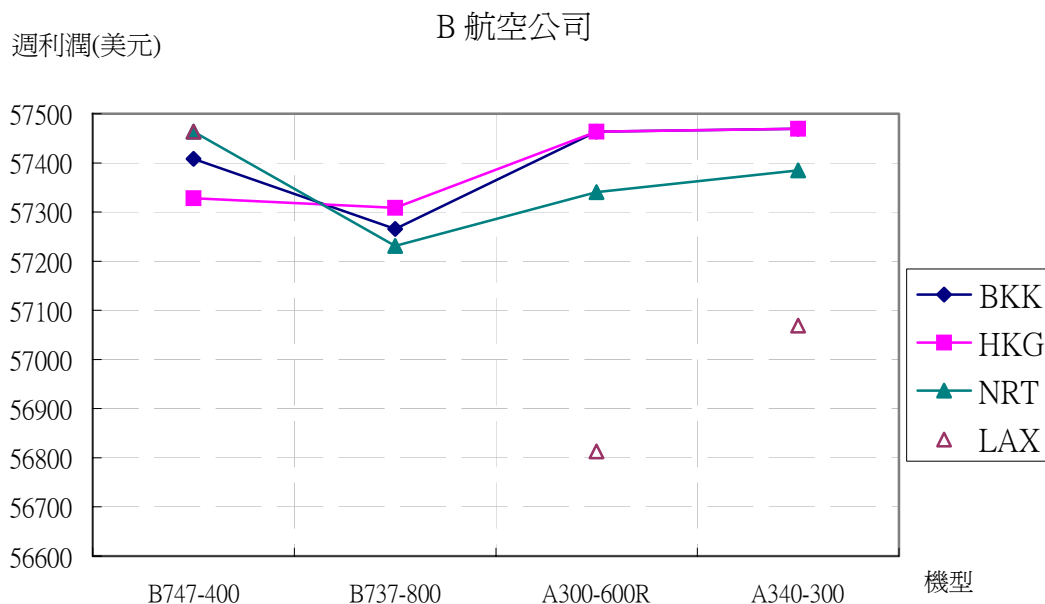


圖 3.7-(b) B 航空公司不同機型與利潤相關圖形

從圖 3.7-(a)與 3.7-(b)所示，其 A、B 兩家航空公司在不同航線上的選擇各有不同，所選擇機型與先前範例預設差異如下表 3.14 所示：

表 3.14 各航線航機決策表較表

航線	A 航空公司		B 航空公司	
	範例預設機型	決策機型	範例預設機型	決策機型
台北-曼谷	B747-400	A330-200	A300-600R	A340-300
台北-香港	A330-200	A330-200	A300-600R	A340-300
台北-東京	A330-200	A330-200	B747-400	B747-400
台北-洛杉磯	B747-400	B747-400	B747-400	B747-400

在原範例分析預設資料中，多數預設機型與最後決策機型為一致，主要變化在於 A 航空公司台北-曼谷航線以及 B 航空公司台北-曼谷航線與台北-香港航線。A 航空公司在台北-曼谷航線，原預設機型較決策機型大，一般曼谷多作為前往歐洲轉機據點，故在台北-曼谷航線上若此航機在曼谷停留原機飛歐洲，則的確需要大型機營運較佳，但若此航線飛往曼谷後，多數旅客轉搭歐洲航空公司飛機，則可考量改以 A330-200 營運。B 航空公司在台北-曼谷與台北-香港航線支週利潤皆以 A340-300 較原預設 A300-600R 機型大，主要因素應在於 B 航空公司需求本身較 A 航空公司大，且在台北-曼谷與台北-香港航線需求人數相當高，故選擇座位數較多的 A340-300 原比 A300-600R 之成本可節省較多，故此二航線應選擇 A340-300 機型。



3.6 小結

本研究以航空公司客貨航班時間帶調整規劃模式，探討時間帶區間對於航空公司航班規劃與利潤的影響，結果顯示利用各航線客貨運送時區限制方式，可在最大航空公司利潤下求得最佳客貨運時間帶位置分佈與最佳頻次。並透過景氣波動之探討，以時間帶配置方式較非時間帶配置方式可在景氣好轉時獲取更大利潤，在景氣下滑時節省較多成本以維持營運。

另從 3.5 小節中，本研究透過 8 種情境利潤分析，利用圖形可更明確指出當航空公司無法取得較佳時間帶時，總利潤差異之變化，根據不同航線圖形亦可明白考量時間帶取得順序。

第四章 機場時間帶配置決策選擇

4.1 機場時間帶配置現況與決策理念

4.1.1 機場時間帶配置現況

本研究先針對目前實務上各國國際機場時間帶現況與取得方式作一說明，以利後續研究之進行。目前國際機場時間帶分配狀況以 International Air Transportation Associated (IATA)所制定之時間帶協調程序指南(Scheduling Procedures Guides)為主要依據。2003年 IATA Worldwide Scheduling Guideline 中對於時間帶主要配置原則說明，此配置原則主要確保對於機場資源能被有效使用，且可使最多機場使用者獲得最大的利益，因此依下列順序配置時間帶：

1. 歷史優先權
2. 歷史時間帶的改變
3. 市場新加入者
4. 新的時間帶分配給既有航空公司，而不分配給新進入之航空公司，航空公司需證明其經營一年以上才可提出申請。

其中第一項便為認同歷史優先使用時間帶的權利，也就是所謂的「grandfather right」祖父權，即航空公司這一季規劃使用跑道時間若與前季相同時，則優先取得此時間帶，而這項規則也同樣在 1993 年被歐盟法(EU law)所採用。

各國機場時間帶配置現況已於第二章介紹，以下僅就第二章介紹之各國制度以表列方式簡單介紹，見表 4.1 各國時間帶配置管理辦法。

表 4.1 各國時間帶配置管理辦法

國家	配置原則	立法單位	法規根據
美國	國內四大機場： 市場制	FAA	Buy-Sell Rule
	國際線：歷史時間帶	IATA	Scheduling Procedures Guides
歐盟各國	歷史時間帶	EU	EU Law The regulation on Slots(EWG)No.95/93
英國	歷史時間帶	ACL	IATA Scheduling Procedures Guides
台灣	歷史時間帶	CAA	國內線機場時間帶管理辦法

資料來源：相關文獻與本研究整理

表 4.1 為各國時間帶配置管理辦法，由以上各國機場可以發現目前在各國國際機場間，時間帶配置仍是以 IATA 時間帶協調程序指南中歷史優先權作為考量，但經濟學者認為透過市場機制來管理分配時間帶可確實改善機場擁擠情形，且美國四大機場在時間帶採行市場機制後，使時間帶使用更具效率，且克服因祖父權造成之經濟扭曲。

4.2 航空公司時間帶配置方案選擇決策

航空公司成本與利潤會隨不同時間帶配置方式改變，如目前歷史優先權配置方式，對既有航空公司較有利，對新進航空公司則因此配置方式無法獲得較佳的時間帶，進而影響收益。故當機場透過不同時間帶配置方式，航空公司在頻次與時間帶選擇上便產生差異，故本研究針對航空公司時間帶配置方案選擇決策進行探討，以供航空公司時間帶配置選擇決策之

用。

由上一節之介紹，可以歸納出現行機場時間帶配置多透過兩種方式進行，一是歷史優先權，允許時間帶交換與改變，一是市場機制方式，透過競價拍賣使時間帶有效被使用，兩種方式皆有其優缺點。透過市場機制能夠讓機場設施等使用情形更有效率，但卻可能使每季班表變動過大，反之，歷史優先權可避免班表變動過大，有鑒於兩種方式各有利弊，故本研究研擬一新折衷兩種配置方式之方案，擬稱為部分市場制時間帶配置方案。此部分市場制時間帶配置方案主要針對各航空公司前 k 順位時間帶進行競價方式，透過競價部分即為原市場制部分，其餘時間帶則採用歷史優先權配置方式直接取得，此即本研究研擬之折衷方案，並透過此部分市場制時間帶配置方案與歷史優先權配置方式、完全競價配置方式作一比較分析。

本研究提出部分市場制時間帶配置方案以權重法與解析性方法兩種方式加以討論，各方案說明如以下兩小節。

以下簡單介紹市場制之時間帶分配方式，即是由所有航空公司競標拍賣(bidding or auction)的方式來決定時間帶歸屬。競價拍賣指的是買賣雙方同時集合起來參與競價，通常透過此種方式的產品特性是其價值無法以一客觀的標準來認定。1997年 Kline 提出競價拍賣之功能，列舉兩點說明：

1)作為協調的機制

對於客觀上難以決定的資源分配，提出一有效率的分配方式，以幫助使價格平衡。例如能源的拍賣、通訊寬頻的拍賣。

2)作為價格發現的機制

有些物品並不會在一般傳統市場交易，例如特殊性、稀少性或隨機供應的物品，故在拍賣市場中可提高此類物品之流動性，以決定其

價格。

其不同時間帶配置選擇各有其優缺點，歷史時間帶配置方式其優點在於每季班表變動極小，對旅客貨主而言比較容易依循，故能帶來較大的顧客滿意度，其缺點在於多數時間帶由既有航空公司取得，這也表示較佳的時間帶可能多由相同幾家航空公司所擁有，對新進航空公司而言無法與之競爭，而既有航空公司也可能產生配置無效率等問題。透過市場機制配置時間帶，由於是透過競價方式取得該時間帶，故各航空公司在使用該時間帶時一定會作最有效的利用，可以減少以往機場擁擠狀況下配置無效率的問題，但對於旅客貨主方面可能造成每季班表變動極大的情況，無法有所依循，造成旅客及貨主的不便，但在票價方面卻有可能因為航空公司競爭激烈下購買到較低的票價，故可以說兩種分配方式是優劣參半。其他時間帶分配制度及其優缺點如下表 4.2 所示。



表 4.2 時間帶分配制度及其優缺點

時間帶分配制度	主要優缺點	
限額分配	優點	有效控制尖峰時段流量，以減少機場擁擠及延誤情形
	缺點	分配結果無法確保時間帶的使用達經濟效率，且無法反映時間帶使用狀況
協調委員會	優點	鼓勵航空公司進行整體路網規劃及班表持續性
	缺點	易因否決權的行使使協調陷於停頓或僵持，航空公司也常策略性地應用否決權以阻礙分配過程，使協調委員會無法達成一致性同意
歷史優先權 (祖父權)	優點	班表變動最小，利於航空公司長期投資及規劃服務網路
	缺點	分配缺乏公平性與合理性，扭曲機場設施資源的配置，往往行程另一種競爭障礙，嚴重擠壓新進日市場業者的生存空間，破壞市場競爭機制
自由交易制	優點	可增加分配效率，解決因祖父權分配制度造成的經濟扭曲
	缺點	美國 GAO 與 DOT 指出此方式阻礙新進者的加入，時間帶集中於少數航空公司
抽籤	優點	完全無偏見的分配方式，鼓勵新進者的加入
	缺點	難以發展出網路式的航線結構，變動性極大，造成旅客與航空公司的不便
競標(市場制)	優點	促進航空公司對時間帶作最充分且有效率的使用
	缺點	造成航空公司額外負擔，不利規模較小之航空公司

資料來源：柯玉芳(2000)研究整理

4.3 部分市場制時間帶配置方案

本研究研擬一新時間帶配置方案，擬稱為部分市場制時間帶配置方案，為歷史優先權配置方式與完全競價方式之折衷。此方案主要針對各航空公司前 k 順位時間帶進行競價方式，透過競價部分即為原市場制部分，其餘時間帶則採用歷史優先權配置方式直接取得，此即本研究研擬之折衷方案。由於此方案前 k 順位時間帶採競價拍賣方式，故針對競價方式須定義一競價程序，各航空公司再依此競價程序取得時間帶。另時間帶競價配置主要仍以客運為主，因客運為航空公司主要利潤來源，且貨運配置時間帶多座落各家航空公司客運排程剩餘可行時間上，是而貨運航班時間選擇主要仍考量客運剩餘時間，故競價過程將其貨運部分排除在外。



4.3.1 權重法

當時間帶使用權透過競價取得時，各航空公司對於不同時間帶願意出價不同，當時間帶位置對該航空公司利潤貢獻度愈大時，相對願意出價較高，由於各航空公司對於不同時間帶出價各有差異且難以衡量，本研究擬以權重法將其量化進行分析，故以前章在最大利潤目標下之各時間帶之利潤對整體航空公司利潤之貢獻度作為權重，當該時間帶對航空公司利潤貢獻愈大，則相對航空公司出價較高，由於前章以一週作為範例時間長度，故依前章輸出令 p_m^n 表示航空公司 m 航班於時區 n 起飛之利潤， ω_m^n 表示航空公司 m 航班於時區 n 起飛之利潤貢獻度，則以該時區利潤除以該日總利潤可求得：

$$\omega_m^n = \frac{p_m^n}{P_m} \quad (4.20)$$

令 A^m 表示航空公司 m 所有航線時間帶使用權取得總預算，此預算由各家航空公司自行估算訂定， C_m^n 表示航空公司 m 為取得時間帶 n 之出價金額，此競標價格並不包含降落費用，且此金額是航空公司為取得時間帶使用權給付機場之額外費用，則可以下式表示：

$$C_m^n = \omega_m^n A^m \quad (4.21)$$

故在圖 4.1 中第 6 個步驟價高者得標的判斷式，即時間帶 n 取得使用權以下式作為判斷：

$$\text{Max} [C_m^n] \quad (4.22)$$

競價拍賣程序如下圖 4.1 所示。時間帶競價程序簡單介紹如下：

- step 1 : 機場公佈前 k 順位尖峰時間帶，此為各機場依過去時間帶使用狀況選取尖峰擁擠時間帶。
- step 2 : 各航空公司提出第 i 順位時間帶之競租價格，以 $C_m^n = \omega_m^n A^m$ 求得各時間帶出價價格。
- step 3 : 以 $\text{Max} [C_m^n]$ 作為時間帶取得判斷。
- step 4 : 結束第 i 順位時間帶競租。
- step 5 : 進入第 $i+1$ 順位時間帶競租。
- step 6 : 判斷是否結束時間帶競租之判斷式。若為否，則回到 step 2 往下依序判斷。若為是，則結束時間帶競租。
- step 7 : 重複 step 1 到 step 6 直至完成前 k 尖峰時間帶競租流程。

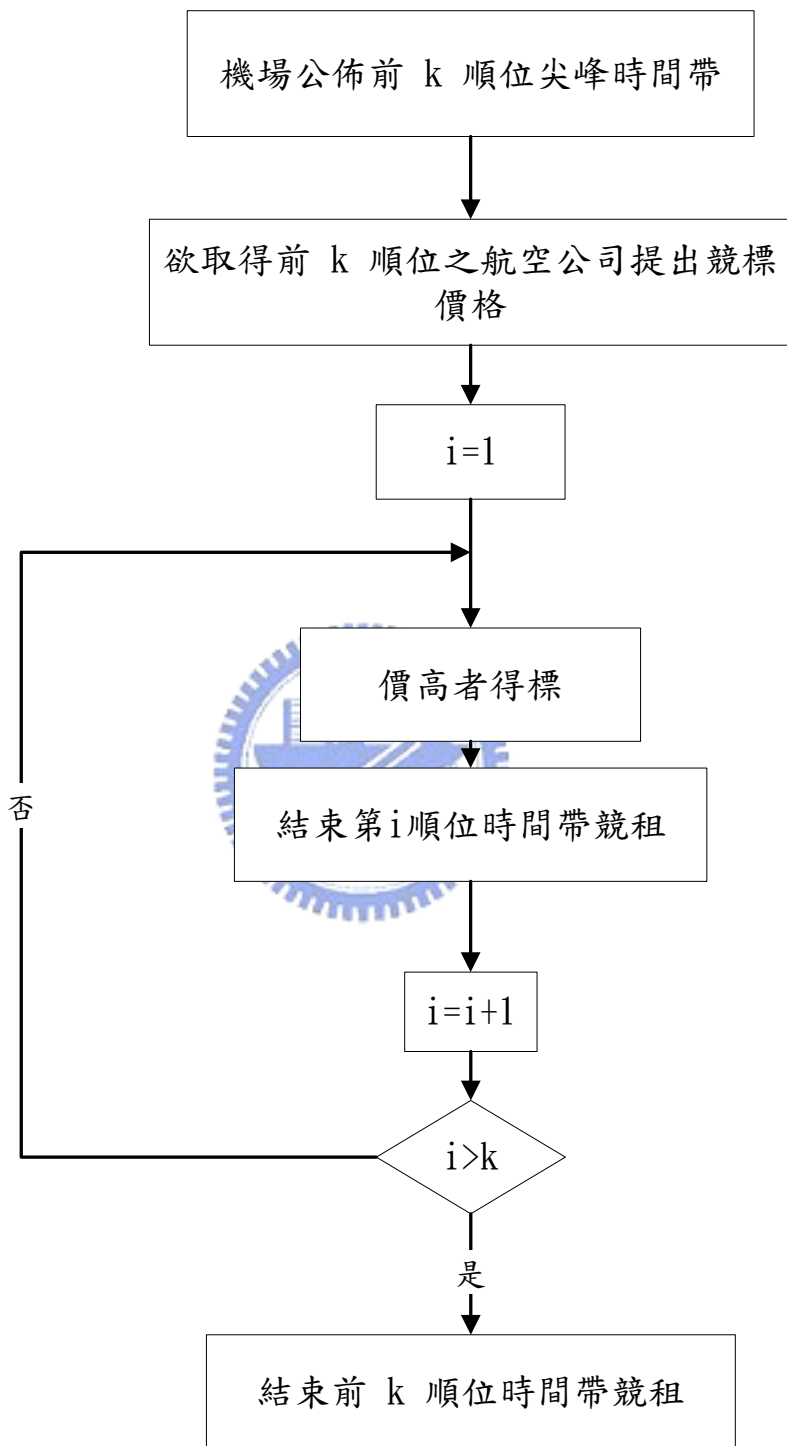


圖 4.1 前 k 順位時間帶競租流程圖

4.3.2 解析性方式

此節以解析性方式來討論航空公司時間帶競價決策，與前一節採用前 k 順位時間帶之權重作為航空公司競價價格不同，透過解析性分析可獲得各別航空公司在前 k 順位時間帶出價價格之不同，且據此可作為航空公司競價之決策。令航空公司 m 在第 k 順位時間帶利潤為 P_m^k ，第 k 順位時間帶競標價格為 C_m^k ，則對航空公司 m 第 k 順位時間帶皆須滿足 $P_m^k - C_m^k > 0$ ， $P_m^k > P_m^{k+1} > P_m^{k+2} > 0$ ， $C_m^k > C_m^{k+1} > C_m^{k+2} > 0$ ， $k=1,2\dots K$ 。

另對於機場依據歷史資料提供前 k 尖峰時間帶進行競價過程中，不同航空公司對於競價尖峰時間帶之前後順位亦不同，但航空公司皆期望能夠順利取得所有尖峰時間帶，主要原因在於獲取所有尖峰時間帶可為航空公司帶來大幅度利潤，而航空公司對於各別時間帶競標價格 C_m^k 訂定則定義在使其時間帶有利可圖，且順位與順位間多不受前後取得與否之影響。

今航空公司 m 對第 k 順位時間帶進行競價時，則對於第 k 順位時間帶競標決策過程可分為以下兩種狀況探討：

$$(1) P_m^k - C_m^k > P_m^{k+1} - C_m^{k+1}$$

即表示航空公司 m 第 k 順位時間帶利潤扣除第 k 順位時間帶競標價格後，其利潤大於或等於扣除第 $k+1$ 順位時間帶競標價格之第 $k+1$ 順位時間帶利潤，則對於航空公司 m 而言第 k 順位時間帶有利可圖，此時第 k 順位時間帶競標價格範圍為

$$C_m^{k+1} < C_m^k < P_m^k - (P_m^{k+1} - C_m^{k+1})，即 C_m^k \in [C_m^{k+1}, P_m^k - (P_m^{k+1} - C_m^{k+1})]。$$

$$(2) P_m^k - C_m^k < P_m^{k+1} - C_m^{k+1}$$

此表航空公司 m 第 k 順位時間帶利潤扣除第 k 順位時間帶競標價格後，其利潤小於扣除第 $k+1$ 順位時間帶競標價格之第 $k+1$ 順位時間帶利潤，則對於航空公司 m 而言取得第 k 順位時間帶之利潤不如取得第 $k+1$ 順位時間之利潤，則選擇放棄競標第 k 順位時間帶。

當競標下一順位時間帶時，航空公司再次面臨下一順位時間帶利潤衡量過程。若今航空公司 m 對第 $k+1$ 順位時間帶進行競價時，則第 $k+1$ 順位時間帶決策過程仍可分為兩種狀況探討：

$$(1) P_m^{k+1} - C_m^{k+1} \geq P_m^{k+2} - C_m^{k+2}$$

即表示航空公司 m 第 $k+1$ 順位時間帶利潤扣除第 $k+1$ 順位時間帶競標價格後，其利潤大於或等於扣除第 $k+2$ 順位時間帶競標價格之第 $k+2$ 順位時間帶利潤，則對於航空公司 m 而言第 $k+1$ 順位時間帶有利可圖，則選擇競標第 k 順位時間帶。此時第 $k+1$ 順位時間帶競標價格範圍為 $C_m^{k+2} \leq C_m^{k+1} \leq P_m^{k+1} - (P_m^{k+2} - C_m^{k+2})$ ，即

$$C_m^{k+1} \in [C_m^{k+2}, P_m^{k+1} - (P_m^{k+2} - C_m^{k+2})]。$$

$$(2) P_m^{k+1} - C_m^{k+1} < P_m^{k+2} - C_m^{k+2}$$

此表航空公司 m 第 $k+1$ 順位時間帶利潤扣除第 $k+1$ 順位時間帶競標價格後，其利潤小於扣除第 $k+2$ 順位時間帶競標價格之第 $k+2$ 順位時間帶利潤，則對於航空公司 m 而言取得第 $k+1$ 順位時間帶之利潤不如取得第 $k+2$ 順位時間之利潤，則選擇放棄競標競標第 $k+1$ 順位時間帶。

故當此機場有 m 家航空公司同時競價第 k 順位時間帶時，則根據不同航空公司可求出其 C_m^k 之價格，藉由 C_m^k 之值可得知不同航空公司對於第 k 順位時間帶取得決策，進而即可判斷該順位時間帶取得之航空公司。

航空公司時間帶配置選擇決策依據前述兩小節所採取之方案，令 o' 表示權重法部分市場制時間帶配置方案， o'' 表示解析性方法部分市場制時間帶配置方案，此機場有 m 家航空公司經營， E_m^n 為一 0/1 變數，當 $E_m^n=1$ 表示航空公司 m 取得第 n 個時間帶，反之則為 0， P_m 為航空公司 m 之利潤，由於時間帶部分透過競標方式取得使用權，故各家航空公司在成本項上需多增加一時間帶競價成本，且為便於比較部分市場制時間帶配置方案其方法不同對於利潤變化的影響，故令 $F^{o'}$ 表示採權重法所有航空公司總合利潤， $F^{o''}$ 表解析性方式下所有航空公司總合利潤，則航空公司不同時間帶配置下之數學式表示為：

$$F^{o'} = \sum_m \left(P_m^{o'} - \sum_n E_m^{n,o'} C_m^{n,o'} \right) \quad (4.23)$$

$$F^{o''} = \sum_m \left(P_m^{o''} - \sum_n E_m^{n,o''} C_m^{n,o''} \right) \quad (4.24)$$

4.4 航空公司時間帶配置選擇範例分析

4.4.1 範例說明

由於機場時間帶配置選擇模式是以航空公司客貨航班時間帶調整規

劃模式為基礎，故延續先前 3.4 節之範例了解模式操作情形，以中正國際機場起訖之客貨運兼營航空公司 A、B，實際說明機場時間帶配置之選擇。實務上，任一機場絕非僅由兩家航空公司競爭，但由於本章欲探討競價過程，規模過小、市佔率過小之航空公司在競價過程中無法與規模較大之航空公司競爭，更遑論與之競標時間帶，故範例雖僅兩家航空公司，但實際上確尚可互相競爭與牽制。另本範例分析因探討時間帶配置方案，故須以航空公司之航線分佈作整體考量，故將前章之四條航線擴充為十條航線以貼近實務，範例結果亦較精準，表 4.3 為 A、B 航空公司十條航線需求量。

此範例採用原始模式求取之單日資料量作為範例，以前一章單日輸出之資料值，作為本延續範例之輸入。唯需注意的地方，以單日作為資料範圍應比單週作為資料範圍準確度高，原因在於假日與非假日各航線時間帶配置會有不同，且由於假日客貨運量、客貨運量皆比非假日高，對於各家航空公司而言若能在假日獲取較多時間帶，安排較多航班，可為航空公司帶來利潤較非假日高，故此將影響單日與單週作為資料範圍之決策差異，本範例採用假日單日資料量。

對於兩家航空公司而言，若能競價取得順位排名愈前者其利潤增加幅度愈大，而競價取得之時間帶則按各航空公司各航線之利潤競爭決定該時間帶使用之航線優先順序，故以下先就權重法與解析性方法探討取得時間帶航空公司，再各別分析取得時間帶航空公司內部航線競爭之狀況。

表 4.3 各航線需求量(人次)

航線別	A	B
TPE-BKK	596	668
TPE-HKG	1134	2141
TPE-LAX	582	676
TPE-NRT	415	959
TPE-SIN	233	157
TPE-MNL	155	329
TPE-MFM	527	-
TPE-SEA	260	-
TPE-SFO	258	309
TPE-SGN	293	217
TPE-OKA	-	247
TPE-NYC	-	200

4.4.2 結果分析

4.4.2.1 權重法

透過中正機場航空站站務人員與過去歷史資料，可得中正機場尖峰時間帶，如下表 4.4 所示，按尖峰程度高低排列出順位(1)至順位(5)。假設 A、B 兩家航空公司規模一致，故其航空公司時間帶取得單日總預算約為

300 美金(千元)，則利用前一章求得之單日各家航空公司各時區利潤求得
 權重值，並依此權重值則可得各家航空公司出價金額，表 4.5 為各家航空
 公司針對中正機場尖峰時區之出價金額。表 4.6 表示取得尖峰時區之航空
 公司列表，利用式(4.22)針對表 4.5 所列示出價金額作判斷所得。

表 4.4 機場尖峰時間帶列表

順位(1)	順位(2)	順位(3)	順位(4)	順位(5)
T_8	T_9	T_{10}	T_{14}	T_{18}

表 4.5 各家航空公司不同航線時區出價金額(單位：美元)

航空公司	順位(1)	順位(2)	順位(3)	順位(4)	順位(5)
	T_8	T_9	T_{10}	T_{14}	T_{18}
A	12.62	12.73	45.84	8.8	8.23
B	29.21	26.35	7.1	28.44	25.8

表 4.6 取得尖峰時區之航空公司列表

時間帶	順位(1)	順位(2)	順位(3)	順位(4)	順位(5)
	T_8	T_9	T_{10}	T_{14}	T_{18}
取得航空公司	B	B	A	B	B

在時間帶競價配置之下利用權重法求取 F^o 值，故其各航空公司利潤總和在此方式下為 1107.209 美元(千元)。

4.4.2.2 解析性方式

延續前小節之範例，以單日情形說明 A、B 兩家航空公司在機場前 k 尖峰時間帶運用 4.2.2.2 小節解析方式，分析時間帶取得判斷依據與取得時間帶之航空公司，表 4.7 為 A、B 兩家航空公司取得時間帶順位，圖 4.2 為 A、B 兩家航空公司歷史優先權配置下前五尖峰時間帶利潤差異圖形。

表 4.7 為 A、B 兩家航空公司取得時間帶順位

時間帶	順位(1)	順位(2)	順位(3)	順位(4)	順位(5)
機場順位	T_8	T_9	T_{10}	T_{14}	T_{18}
A	T_{10}	T_9	T_8	T_{14}	T_{18}
B	T_8	T_{14}	T_9	T_{18}	T_{10}

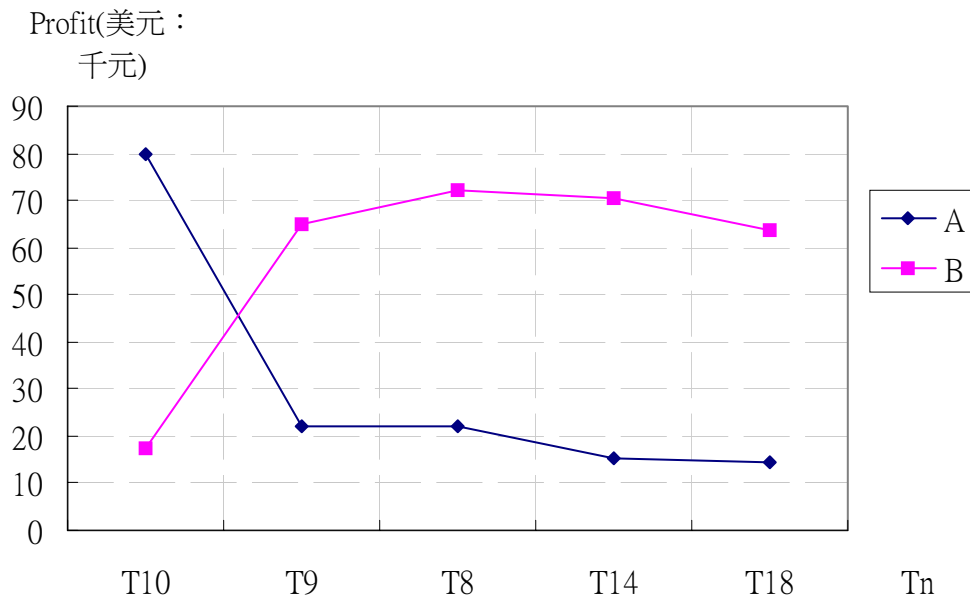


圖 4.2 航空公司歷史優先權配置下前五尖峰時間帶利潤差異圖形

以下分別說明各航線 A、B 兩家航空公司時間帶取得狀況：

(a) 機場順位 T_8

T_8 為 B 航空公司第一順位時間帶，藉由先前解析性推得

$C_{ij,B}^1 \in [70.316, 72.2293]$ ，對於 A 航而言為第三順位時間帶，由前推得

$C_{ij,A}^3 \in [15.279, 21.9128]$ ，故在訂定競標價格時，雖 A、B 航空公司皆有一區間，但為取得時間帶多會以價格較高者為其競標價格，故 T_8 為

B 航取得。

(b) 機場順位 T_9

T_9 為 A 航空公司第二順位時間帶，藉由先前解析性推得

$C_{ij,A}^2 \in [21.9128, 22.1084]$ ，對於 B 航而言為第三順位時間帶，由前推得

$C_{ij,B}^3 \in [63.798, 65.158]$ ，但為取得時間帶多會以價格較高者為其競標價

格，故 T_9 為 B 航取得。

(c) 機場順位 T_{10}

T_{10} 為 A 航空公司第一順位時間帶，藉由先前解析性推得

$C_{ij,A}^1 \in [22.1084, 79.625]$ ，對於 B 航而言為第五順位時間帶，由前推得

$C_{ij,B}^5 \in [0, 17.551]$ ，但為取得時間帶多會以價格較高者為其競標價格，

故 T_{10} 為 A 航取得。

(d) 機場順位 T_{14}

T_{14} 為 A 航空公司第四順位時間帶，藉由先前解析性推得

$C_{ij,A}^4 \in [14.297, 15.279]$ ，對於 B 航而言為第二順位時間帶，由前推得

$C_{ij,B}^2 \in [65.158, 70.316]$ ，但為取得時間帶多會以價格較高者為其競標價

格，故 T_{14} 為 B 航取得。

(e) 機場順位 T_{18}

T_{18} 為 A 航空公司第五順位時間帶，藉由先前解析性推得

$C_{ij,A}^5 \in [0, 14.217]$ ，對於 B 航而言為第四順位時間帶，由前推得

$C_{ij,B}^4 \in [17.551, 63.798]$ ，但為取得時間帶多會以價格較高者為其競標價

格，故 T_{18} 為 A 航取得。

在時間帶競價配置之下利用解析性方法求取 F^{o*} 值，故其各航空公司利潤總和在此方式下為 911.722 美元(千元)，相較權重法則增加了 168.489 美元(千元)。

不同機場時間帶配置方案對於各家航空公司有大小不一的影響，見表 4.8 所示，除對航空公司利潤帶來影響外，對於航空公司成本以及整體航班規劃亦有重大干擾。以歷史時間帶配置方案，航空公司僅需延續上季班表小幅度微調即可在新的一季營運，但透過競價或交易方式，其競價或交易成功與否則成為每個時間帶有無航班的關鍵因素，故各家航空公司透過競價方式時，需合理估算競價金額，且在競價成功後有效使用該時間帶，則可為航空公司帶來最大利潤。

根據本研究所研擬部分市場制時間帶配置方案，則以利用權重法所推算出之各家航空公司總利潤值最大，雖在表 4.8 中歷史時間帶之各航空公司總利潤為最大，完全競價配置方案之各航空公司總利潤最低，但因歷史時間帶配置方案在取得過程中航空公司並無支付時間帶使用費用，且又牽涉分配公平性、合理性多年來爭議極多，故本研究不予採用，而完全競價配置方案中，各航空公司為爭取所需時間帶花費過多費用，反而對航空公司之營運產生影響。雖部分市場制時間帶配置方案各航空公司總和利潤較低，但依美國四大機場施行方式，機場部分可獲取各家航空公司競價取得時間帶之額外營運收益，且此部份收益規定必須僅用於機場設施升級或擴充之使用，對於機場與航空公司兩造皆有利。

表 4.8 不同機場時間帶配置方案總和利潤比較表

機場時間帶配置方案	各航空公司總和利潤
歷史時間帶配置方案	1262.849
時間帶競價配置方案-權重法	1107.209
時間帶競價配置方案-解析性方式	911.722
完全競價配置方案	807.9216

透過機場時間帶配置選擇決策模式，則對於部分市場制時間帶配置方案將採取權重法競價時間帶對於各別航空公司較有利，其各航空公司總合利潤亦較歷史時間帶配置方案與完全競價配置方案為佳。

4.4.2.3 航線配置分析

各航空公司透過不同時間帶配置方案取得時間帶後，該時間帶仍會因不同航線配置產生利潤差異，以上述範例分 A、B 兩航空公司分析其不同航線配置取得之尖峰時間帶利潤變化。

(1) A 航空公司

A 航空公司僅取得 T_{10} ，此時間帶對機場而言屬第三尖峰時間帶，從圖 4.3 A 航空公司各航線各時間帶利潤分佈圖中可發現 A 航空公司在此時間帶中，應以台北-胡志明市(SGN)與台北-馬尼拉(MNL)航線優先考量，台北-澳門(MFM)航線因其利潤最低應在此時間帶安排航線時最後納入考量。且從圖中尚可發現長程航線利潤皆較高，若今一時間帶競價取得，則應以長程優先短程，原因在於長程航線可為航空公司帶來大幅利潤，利潤貢獻度較高。

A航空公司

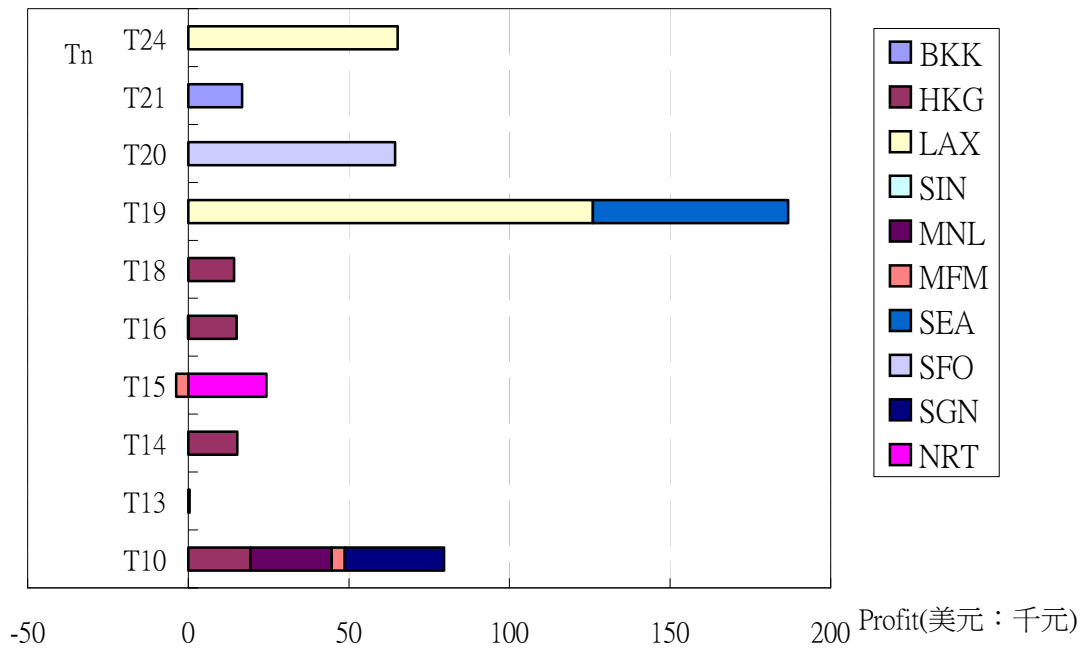


圖 4.3 A 航空公司各航線各時間帶利潤分佈圖

(2) B 航空公司

B 航空公司由機場取得 T_8, T_9, T_{14}, T_{18} ，見圖 4.4 B 航空公司各航線各時間帶利潤分佈圖。B 航空公司在 T_8 時間帶中，應以台北-胡志明市(SGN)航線優先考量，在 T_9 時間帶中則以台北-東京(NRT)航線優先考量，在 T_{14} 時間帶中以台北-馬尼拉(MNL)航線優先考量，在 T_{18} 時間帶中為台北-紐約(NYC)長程航線優先安排。

B航空公司

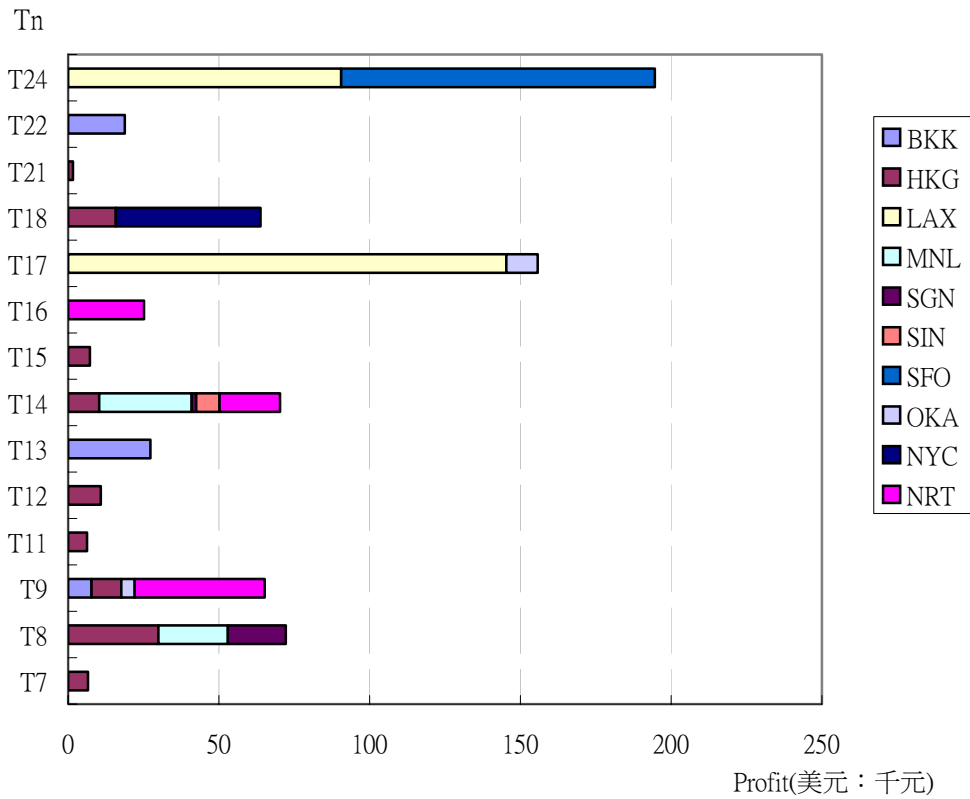


圖 4.4 B 航空公司各航線各時間帶利潤分佈圖

4.5 小結

本研究以機場時間帶配置選擇決策探討機場時間帶配置方案對各航空公司總合利潤之影響，結果顯示本研究研擬之部分市場制時間帶配置方案在單日(假日)資料範圍下以權重法獲有較高之利潤，與歷史時間帶配置方案與完全競價配置方案相較之下，雖總合利潤不及歷史時間帶配置方案，但卻可避免分配合理性與公平性問題，相較完全競價配置方案，又可獲有較高收益對於順位較低的時間帶也可免除競價程序，部分市場制時間帶配置方案屬一較適之折衷時間帶配置方案。

透過第三章規劃結果獲得之模式順位，亦可表現出不同航空公司對不

同時間帶需求不同，本章透過權重法與解析性方法競標時間帶結果相同，且利用相同結果探討取得時間帶航線安排，從分析可發現較長程可獲利潤較短程高，因此可優先排程。



第五章 結論與建議

5.1 結論

全球各產業皆受到世界景氣波動起伏，航空產業亦深受全球經濟景氣循環的影響。當全球景氣變化與重大事件發生時，客貨運量之需求隨之波動，進而影響航空公司營運收入與營運成本，故航空公司在景氣波動下，為維持公司營運利潤，起降時間帶及頻次規劃顯得相當重要。過去在航線頻次規劃方面研究，曾有 Carter and Morlok (1972)，Kanafani and Ghobrial (1982)，Teodorovic (1994)，Hus and Wen (2002)，許巧鶯與林佩憶 (2001)等進行相關研究，前述文獻多是針對客貨或者貨運單一營運型態，故結合客貨運兩種營運型態下，考量不同景氣對航空公司之營運決策與成本之影響實存有進一步深入探討之研究空間。而在機場時間帶分配相關之議題，Andreatta et al. (1987)，Eugene (1993)，Starkie (1998)，Aberyratne (2000)，汪進財、蔡沛圻(1997)等，主要多對擁擠情況下，起降時間帶的配置進行分析，對於航空公司與機場兩造在面臨不景氣下，為維持營運之時間帶的分配與競租之討論尚未有相關議題探討。因此，若能分析在不同航線其不同時間帶利潤之影響，並對於不同時間帶配置方式考量機場與航空公司兩造差異，則可提供航空公司與機場當局作為決策選擇之參考。

本研究主要先針對客貨運兼營航空公司進行不同景氣狀況下決策進行分析，由於此類航空公司必須面臨客貨運航班的選擇，因此擬優先考慮起降時間規劃，故以起降時間規劃為研究主軸，一併考量航空公司之航線頻次、機型種類，配合機場設施利用率及容量限制等問題，以航空公司利潤最大化作為目標，構建一客貨運航班調整規劃之解析性模式，使航空公司能在不景氣下追求利潤最大之營運決策，進一步並將以機場角度探討同

樣面對不同景氣狀況時，其當局本身對於航空公司所訂定出之時段競租之方式與未來可能採取時段競租方式之成效，作為機場當局參考之用。本研究經由範例分析闡明模式之實證應用與價值，透過航空公司取得時間帶狀況、航線機型等重要參變數敏感度分析，其結果與結論如下：

1. 本研究透過航空公司客貨航班時間帶調整規劃模式，探討時間帶區間對於航空公司航班規劃與利潤的影響，結果顯示利用各航線客貨運送時區限制方式，可在最大航空公司利潤下求得最佳客貨運時間帶位置分佈與最佳頻次。並透過景氣波動之探討，結果顯示時間帶配置方式較非時間帶配置方式可在景氣好轉時獲取更大利潤，而在景氣下滑時節省較多成本以維持營運。
2. 本研究在 3.5 小節中透過 8 種時間帶取得情境分析航空公司利潤變化，從圖形中可更明確指出當航空公司無法取得較佳時間帶時，總利潤變化急遽，根據不同航線圖形亦可明白考量時間帶取得順序。
3. 機場透過部分市場制時間帶競租方案之決策，雖各家航空公司總合利潤無法與透過歷史時間帶取得方案獲有高利潤，但透過競價方式卻可促進航空公司對時間帶作最充分且有效率的使用，且機場獲取各家航空公司競價取得時間帶之額外營運收益，僅規定使用在機場設施升級及擴充之使用，對於機場與航空公司兩造皆有利。
4. 透過機場時間帶配置選擇決策模式，對於部分市場制時間帶配置方案之權重法與解析性方式，則以解析性方式競價時間帶對於航空公司較有利，其各家航空公司總合利潤為較大。

5.2 建議

本研究其中部分假設與分析尚未考量仔細、未達理想之處，列舉如下，以作為後續研究之參考：

1. 考量客貨兼營航空公司時貨運部分以純貨機作為考量，但實際上航空貨物之運送達四成比例採以客機機腹進行運送，其貨量之多不容忽視，對於以客機機腹進行運送之貨物應一併考量。
2. 航空公司航班時間帶調整規劃模式中除探討航空公司本身利潤改變之外，未來可透過旅客時間價值、延遲成本等之探討以佐證此規劃模式。
3. 時間帶配置選擇應擴大範例以確實比較時間帶配置方案不同對於航空公司與機場兩造間成本與利潤之差異，以供兩者作為參考。
4. 實務上，任一機場絕非由兩家航空公司競爭，由於本章欲探討競價過程，雖規模過小、市佔率過小之航空公司無法與規模較大之航空公司競爭，但仍應一併考量。



參考文獻

1. 林佩憶，航空公司考慮噪音收費之網路配置與機場噪音收費績效評估，交通大學運輸工程與管理學系碩士論文，民國 90 年。
2. 李穗玲，機場時間帶分配模式之研究，中華民國運輸學會第 18 屆論文集，民國 92 年。
3. 蔡沛圻，國內機場起降時間帶分配之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 86 年。
4. 林信得與凌鳳儀編著，航空運輸學，民國 86 年。
5. 李穗玲、韓復華與汪進財，機場跑道起降順序最佳化模式之研究，*交通運輸*，第 18 期，民國 88 年 6 月，頁 1-20。
6. 顏進儒、柯玉芳與余坤東，以社會效益觀點分配各定期航線最適跑道時間帶數目，中華民國運輸學會第 17 屆論文集，民國 91 年。
7. 李俊勳，航空公司貨運航線頻次與機型規劃之研究，交通大學運輸工程與管理研究所碩士論文，民國 89 年。
8. 洪聖峰，低溫物流配送路線問題之研究，交通大學運輸科技與管理研究所碩士論文，民國 92 年。
9. Jia-Ming Cao and Adib Kanafani, "The value of runway time slots for airline," *European Journal of Operational Research* 126, pp. 491-500, 2000.
10. Teodorovic, D., "Flight Frequency Determination," *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 109, No. 5, pp. 747-757, 1983.

11. Yiannis, A., Warren, B. and Marius, M., “An Optimization-Based Heuristic for Vehicle Routing and Scheduling with Soft Time Window Constraints,” *Transportation Science*, Vol. 26, No. 2, pp.69-85,1992.
- 12 .Keith, G., “Airport Runway Slots — Limits to Growth,” *Annals of Tourism Research*, Vol. 29, No. 4, pp.933-951,2000.
13. Ruwantissa, I. R., “Management of airport congestion through slot allocation,” *Journal of Air Transport Management* 6, pp. 29-41,2000.
14. Starkie, D., “Developments in Transport Policy The US Market in Airport Slots,” *Journal of Transport Economics and Policy* , Vol 28 No.3,1994.
15. IATA, Worldwide Scheduling Guidelines, International Air Transport Association,2003.
16. Keith Boyfield, A Market in Airport Slots, The Institute of Economic Affairs,2003.
17. Starkie, D., “Allocating airport slots: a role for the market? ,” *Journal of Air Transport Management*, Vol 4,pp.111-116,1998.
18. Achim, I. And Henning, T., *Secondary Markets for Runway Capacity*, Imprint-Europe,2002.
19. CAA, *The Implementation of Secondary Slot Trading*, Civil Aviation Authority, London, 2001.
20. Jorge, J. M., and Stephen J. W. , *Optimization Software Guide*, 1993.
21. Kanafani, A. and Ghobrial, A., “Aircraft Evaluation in Air Network Planning,” *Transportation Engineering Journal of ASCE*, Vol. 108, pp.282-300,1982.
22. Hsu, C. I., and Wen, Y. H., “Determining flight frequencies on an airline

network with demand-supply interactions,” *Transportation Research Part E*,176,2003.

23. Koskosidis, A., Powell, B. and Solomon, M. , “An Optimization-Based Heuristic for Vehicle Routing and Scheduling with Soft Time Window Constraints,” *Transportation Science*, Vol. 26, No. 2, May 1992.



簡 歷

姓名：邱心玫

籍貫：台灣省彰化縣

生日：民國 68 年 12 月 16 日

學歷：民國 93 年 6 月國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班畢業

民國 91 年 6 月國立台灣海洋大學航運管理學系畢業

民國 87 年 6 月彰化市國立彰化女子高級中學畢業

民國 84 年 6 月彰化市彰安國中畢業

民國 81 年 6 月彰化市平和國小畢業

住址：彰化縣和美鎮健康新村 6 街 6 巷 7 號

聯絡方式：mermaid1216.tem91g@nctu.edu.tw