

國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文

航空貨運公司航線市場分析與頻次規劃研究

The study on the route markets and flight frequencies for  
air cargo carriers

研 究 生：廖 嫻 青

指 導 教 授：許 巧 鶯 教 授

中 華 民 國 九 十 五 年 六 月

# 航空貨運公司航線市場分析與頻次規劃研究

## The study on route markets and flight frequencies for air cargo carriers

研 究 生：廖 珮 青  
指 導 教 授：許 巧 鶯

Student : Patty Liao  
Advisor : Chaug-Ing Hsu

國 立 交 通 大 學

運 輸 科 技 與 管 理 學 系



Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

In partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master

in Transportation Technology and Management

Jul 2006

Hsinchu, Taiwan

中華民國九十五年六月

# 航空貨運公司航線市場分析與頻次規劃研究

研究生：廖嫻青

指導教授：許巧鶯 教授

國立交通大學運輸科技與管理學系(研究所)碩士班

## 摘要

世界經濟貿易發展朝向全球化自由競爭，許多國際性企業為提升競爭力，在衡量運送距離、時間與品質等因素後，愈來愈多廠商選擇以空運方式運送商品。台灣於2001年加入世界經濟貿易組織，對外貿易之重要性逐漸提高；另外，由於產業結構不斷改變，台灣由勞力密集之國家，轉變為科技導向，甚至多數廠商外移設廠於中國大陸地區，瞭解貨運市場轉變成為重要之議題。波音公司預測世界航空貨運之貨運量，在未來20年將增加為目前之三倍，平均年成長率約為6.2%，顯示航空貨運業的重要性日益明顯。過去文獻多僅探討個體運具選擇行為，或直接分析總體運量，而空運業規劃之研究鮮少以供需互動方式探討；本研究則考量個別產業選擇行為，再衡量產業結構變化，加總分析總體市場需求量，進而建構供需互動航線頻次規劃模式，分析空運業者最適單位基本運費以及航線班次。

本研究之模式由個體之觀點考量，構建國際航空貨運之貨主運送方式選擇模式，分析不同產業之廠商衡量其產品特性、運送急迫性、運送成本、存貨成本、運送時間及運送起迄點空間分布等因素，對各廠商選擇不同運具運送其產品之影響，以最小總運送成本為準則，分析貨主選擇空運公司之機率。然而各產業廠商之貨品運送起迄點空間分佈相異，產業內之產品價值亦有所差異，且產業結構隨著時間不斷改變；因此，本研究在考量時間變動與空間分佈下，進一步將個體模式擴展為總體市場，透過運送起迄點空間分布與衡量整體市場產業結構之動態變化，配合灰色預測模式預測各產業之空運量，分析研究範圍內航空運輸需求量之動態變化。引入長期之需求變動與供需互動，構建空運業者追求利潤最大化下之規劃模式，以決策空運公司各起迄對航線頻次與基本單位費率，提供業者更具因應環境改變與決策彈性之規劃。

本研究以台灣地區之中正國際機場實際運作資料進行案例分析，驗證本研究模式之可行性。研究結果顯示當運送距離短時，貨主較為重視運費因素，因為廠商所感受到的存貨成本較小，隨著高單位產品價格的貨品比例增加，選擇以高頻次運送貨品的機率增加。台北至美國安克拉治的運送距離較長，主要出口貨品為質輕價高的電子產品，貨主對於存貨成本的重視程度較高，因此提供高航線頻次的空運公司市場佔有率高。與不考量各產業變化之總量灰色預測模式預測之結果比較，本研究構建的需求模式，所預測之航空貨運量較為準確。供需互動之規劃模式結果亦顯示，由於台北至香港與至日本東京航線空運量仍有成長空間，可考慮略增單位運費以及每周班次，且透過本研究之規劃模式可使貨運公司總利潤增加。綜上所述，航空貨運公司可衡量主要市場航線與客戶特性，決策航線費率與班次，爭取有利航權，以獲取市場佔有率，並透過供需互動規劃模式，提高空運業者之利潤。

**關鍵字：**航空貨運、頻次規劃、供需互動

# **The study on route markets and flight frequencies for air cargo carriers**

**Student: Patty Liao**

**Advisor: Dr. Chaug-Ing Hsu**

Department of Transportation Technology and Management  
National Chiao Tung University

## **Abstract**

With the trend of world trade and free competition, many international industries deliver their goods by air transportation so as to improve their competition after considering shipping distance, time and quality. Taiwan took part in the World Trade Organization in 2001 to increase its competition in the world. Moreover, the structure of industries in Taiwan has been changing from labor intensive to technical intensive while many firms have moved their plants to Mainland China recently. World Air Cargo Forecast 2004/2005 by Boeing shows that the demand of air cargo will be increased up to three times in the future 20 years with an average annual growth rate of 6.2%. Many evidences indicate the importance of air freight.

Past studies merely applied the discrete choice model on air carrier choice or directly analyzed the aggregate demand. Little research incorporated the demand-supply interaction into air routes and frequencies programming. This study assumes shippers in specific industry choose air cargo carrier by minimizing the total logistics cost. This study then constructs a demand model to examine how the characters of products, the urgency, shipping fare, inventory cost, shipping time and distance affect international firms' choices on air carriers. Grey model is used to estimate the air freight demand of each industry. Considering the changes in industrial structure, this study forecasts the air cargo demands on different routes for various firms in different industries. In addition, a supply model is constructed to determinate route frequencies and the unit basic shipping charge for air carriers with demand-supply interaction.

A case study is presented to illustrate the application of the proposed model using data available from C.K.S international airport and industrial economics data base in Taiwan. The results show that shippers with the shorter delivery distance put more emphasis on shipping charge. However, they will prefer choosing the air cargo carrier which offers more frequencies when their product value is high. Since the product value of goods transported from Taipei to Anchorage in US is high, therefore, shippers on this route usually emphasize on the inventory cost and choose high-frequency air cargo firms. The predicted demand using the proposed model is shown to be more accurate than those without considering the changes in industrial structure. Moreover, the proposed model is demonstrated to yield more profit than the model that does not consider demand-supply interactions. Consequently, the results of this study not only indicate that the route frequency programming model for air cargo carriers with demand-supply interaction is practicable, but also provide decision-support tools that forecast the air freight demand and profit as well as determine route frequencies and unit basic shipping charge for air cargo carriers.

**Keywords:** air cargo, frequency programming, demand-supply interaction.

## 致謝

回首在交大六年的日子，很高興能夠進入運管系，讓這麼多優秀的老師指導，認識這麼多很好的同學與朋友，不只增長課業知識，也學習很多做人處世的道理。研究所的這兩年，謝謝所有授課老師的教導，讓學生瞭解如何發覺問題與解決問題，最最感謝的就是許巧鶯老師，讓我能夠順利完成這篇論文，感謝口試委員馮正民老師與高凱老師的建議，讓論文能夠更加完整。謝謝高老師在生活上的照顧，使我在研究所兩年更為充實。謝謝許老師、高老師和黃寬丞老師的推薦，讓我得以順利到康乃爾接受更嚴苛的考驗與訓練。

在研究所的日子裡，謝謝慧潔學姊從大三就幫助我們完成畢業專題，還有陪伴我一起上有氧舞蹈，謝謝剛伯學長的水果和畢專的幫忙，謝謝艾樂芬學姊和小宏學長讓研究室熱鬧到不行，謝謝我哥 piece、阿昌跟舜輔的相互砥礪，一同撐過研究所，謝謝國濬跟昱樺幫忙我口試會場安置，謝謝長志學長課業與生活的照顧。謝謝同學們又禎、陳翰翰、央末學長、聽普拉、建元、林阿明、小紅帽、大德、瓜麻、凱子賴…，讓我大學與研究所生活酸甜苦辣都嘗到了。謝謝 mico 讓我認識小萱、ptm 和大眼睛，使生活多采多姿，至瑤、瑄、小魚、佳琳、婉君、董珮、小肥、小婕、馬尼、蝗蟲線、林 gt 和阿嚕米也都謝謝你們陪我一起成長、給我歡樂和鼓勵。還有交大一陣風邱子長，謝謝四年來的陪伴、忍耐和照顧，與我一同分享快樂與壓力，讓我有伴到處吃喝玩樂。謝謝交大校門口的土地公公，保佑我考試順利、生活順遂，甚至連跨洋都保佑。

最後，將這本論文獻給我最愛的爸爸媽媽，從小到大的栽培、支持與呵護，讓我能專心於課業，平平安安、順順利利長到這麼大，還要謝謝姐姐成為我的好榜樣，幫忙我做作業並修改與教導我英文。謝謝我的家人們，我愛你們!!

廖珮青 僅誌于

國立交通大學運輸科技與管理學系所

綜合一館 10 樓

2006 年 7 月

## 目錄

摘要.....	i
Abstract.....	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.....	7
1.4 研究流程與架構.....	8
第二章 文獻回顧.....	12
2.1 經濟景氣循環之相關研究.....	12
2.2 航空運輸需求預測.....	14
2.3 運具與路線選擇.....	18
2.4 機隊規劃與航線頻次.....	22
第三章 需求模式.....	26
3.1 總運送成本.....	26
3.2 運送方案之選擇機率.....	28
3.3 起迄對之運量預測.....	30
第四章 航空貨運網路設計模式.....	35
4.1 航線頻次.....	35
4.2 營運成本.....	37
4.3 網路設計模式.....	39
4.4 供需互動.....	41

第五章 案例分析.....	44
第六章 結論與建議.....	65
6.1 結論.....	65
6.2 建議.....	68
參考文獻.....	70
附錄.....	74



## 圖目錄

圖 1.1 研究流程圖 .....	10
圖 1.2 研究架構圖.....	11
圖 3.1 選擇機率示意圖.....	29
圖 4.1 供需互動求解示意圖.....	43
圖 5.1 各航空貨運業者在台北香港航線之市場佔有率.....	50
圖 5.2 各航空貨運業者在台北至東京航線之市場佔有率.....	52
圖 5.3 各航空貨運業者在台北安克拉治航線之市場佔有率.....	56
圖 5.4 CI 在各航線之市場佔有率之比較.....	56
圖 5.5 BR 在各航線之市場佔有率之比較 .....	58
圖 5.6 其他航空貨運業者在各航線之市場佔有率之比較.....	59



## 表目錄

表 2.3 運具與路線選擇之相關文獻.....	20
表 2.4 機隊規劃與航線頻次之相關文獻.....	24
表 5.1 逐年各產業平均單位產品價格.....	45
表 5.2 各航空貨運業者各航線之基本費率與頻次.....	47
表 5.3 各年各產業在台北至香港航線選擇機率.....	48
表 5.4 各年各產業在台北至日本航線選擇機率.....	53
表 5.5 各年各產業在台北至安克拉治航線選擇機率.....	55
表 5.6 需求模式所預測之航空貨運量.....	60
表 5.7 各預測模式預測 2004 年航空貨運需求量之比較.....	61
表 5.8 目標航空貨運公司供需互動之結果.....	63
表 5.9 需求是否為外生下頻次規劃之結果比較.....	64



## 符號說明

$\alpha_w$	航機 $w$ 的固定營運成本
$\beta_w$	航機 $w$ 的變動營運成本
$\delta_a$	航段 $a$ 預計的容量利用率
$\delta_w$	航空貨運公司預定機型 $w$ 的容量利用率
$\theta_w^m$	機型 $w$ 最大可利用率
$v^l$	產業 $l$ 之貨物單位價格存貨比
$\pi_m$	目標航空貨運公司 $m$ 的年利潤
$\sigma_{a,p,w}^{r,s}$	指標變數，表是否由機型 $w$ 行經路線 $p$ 中的航段 $a$ 運送貨品
$\sigma_{a,p}^{r,s}$	為指標變數，表該需求是否由 $r$ 點至 $s$ 點經由 $p$ 路線運送
$\tau_i^l$	產業 $l$ 中貨物 $i$ 每公斤產品價格
$C_{aw}^D$	航機 $w$ 在航段 $a$ 之直接營運成本
$C_a^I$	航段 $a$ 的總間接營運成本
$C_a^T$	各航段的總營運成本
$c_h$	每單位貨物處理成本
$d_a$	航段 $a$ 的距離
$d_{rs}$	由起點 $r$ 運送至迄點 $s$ 之距離
$f_{rs}^x$	以運具 $x$ 由 $r$ 點送至 $s$ 點每公斤產品的運輸成本
$G_{rsp}^x$	運具 $x$ 將產品以路線 $p$ 由 $r$ 點至 $s$ 點的總運送成本
$h_{rs}^x$	貨運業者 $x$ 在 $r$ - $s$ 航線上所提供之每週航班頻率
$h_{rsp}^m$	在 $r$ - $s$ 起迄對的航線 $p$ 上，航空貨運公司 $m$ 提供所有機型的頻次
$h_{rspw}^m$	目標航空貨運公司在 $r$ - $s$ 起迄對的航線 $p$ ，提供機型 $w$ 的頻次

$m$	目標航空貨運業者
$N_{aw}^m$	目標航空貨運公司在規劃各航段班機頻次
$N_a^m$	目標航空貨運公司在航段 $a$ 所提供所有機型之頻次
$p(i)$	產業 $l$ 的產品價值為 $\tau_i^l$ 的機率
$Q_{rs}^l$	$r$ - $s$ 起迄對上，產業 $l$ 之預測貨運量
$q_{rsp}^{m,l}$	目標航空公司，以航線 $p$ 所載運產業 $l$ 的預測貨運量
$q_{rs}^{m,l}$	產業 $l$ 在 $r$ - $s$ 起迄對上，藉由航空貨運業者 $m$ 所運送之預測貨運量
$q_{rs}^m$	在 $r$ - $s$ 起迄對上，藉由航空貨運公司 $m$ 所運送之貨運量
$q_a^m$	目標航空貨運業者在航段 $a$ 預測之貨運需求量
$\overline{r_{rsp}^m}$	起迄對 $r$ - $s$ 航線 $p$ 運送單位貨物所賺得的利潤
$S_{rsp}^m$	目標航空貨運業者 $r$ - $s$ 起迄對的航線 $p$ 市場佔有率
$t_{rs}^x$	運具 $x$ 航行 $r$ - $s$ 路線所需運輸時間
$t_{aw}^m$	目標航空貨運業者在航段 $a$ 上機型 $w$ 的佔用時間
$U_w$	機型 $w$ 之所可承載貨運重量
$V$	廠商運送貨品的重量
$Y_w^m$	目標航空公司所擁有機型 $w$ 的機隊數

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

全球經濟貿易發展朝向全球化自由競爭，不僅東歐國家已採取自由市場經濟政策，西歐國家的政策也不斷轉型，中國大陸地區亦已開放門戶，以因應市場機能變化。世界關貿總協(GATT)在多次協商後，世界貿易組織(WTO)於 1995 年成立，而台灣亦於 2001 年加入 WTO，得以在國際間提升國際競爭地位。在民國七十年代，台灣地區勞動成本大幅增加，勞力密集的傳統產業外移，但在當時積體電路等電子產業於台灣興起，使得台灣地區由勞力密集成為科技密集的國家，經濟成長快速，產業分工日益精密，社會多元化發展，在經濟及貿易規模皆以高於世界平均速度成長。在現今國際化自由競爭的市場下，許多國際性企業為提升競爭力，在衡量運送距離、時間與品質等因素後，愈來愈多廠商選擇以空運方式運送商品，使產品得以快速、安全且便捷地運送至顧客手中。世界各國愈來愈重視高科技產業之發展，就台灣而言，高科技產業蓬勃發展，半導體與電腦零件等電子產業等質輕價高的產品為主要出口貨品，再加上生鮮產品或報章雜誌等具有保存期限限制之產品，為使此類貨物能在短時間內運送至世界各地，託運者大多選擇運輸速度快的航空貨運方式運送，使台灣地區對於航空貨運量的需求逐年增加。

波音公司世界航空貨運(World Air Cargo Forecast 2004/2005)預測報告指出，2001 年經濟不景氣與恐怖攻擊等事件，使得全球航空貨運量銳減 5.8%，但 2002 年之貨運量則增加超過 7%，而 2003 年並未受到 SARS 之衝擊，全球年貨運量成長率約為 4%。該報告預測航空貨運量在未來 20 年增加為目前之三倍，平均年成長率約為 6.2%。近年來，亞洲航空貨運市場帶動全球空運市場之發展，在亞洲地區內部平均年成長率為 8.5%，而中國國內空運市場年成長率為 10.6%。根據財政部 2005 年之統計資料顯示，1999 年美國為台灣主要出口地區，其貿易額約占整體之 25.41%，但到了 2004 年則減少為總出口貿易額之 16.16%，在 1999 年

台灣出口總額在亞洲地區約為 48.69%，而 2004 年台灣之出口地區以亞洲區域內貿易為主，約占總出口貿易額之 62.04%，其中香港與中國大陸約占總出口貿易額之 45.89%。在 1990 年台灣地區之紡織業出口金額占總額之 15%，機械及電機產品出口金額占出口總額之 34%，而 2004 年紡織業減少為 7%，機械及電機產品金額則超過出口總額之半。由中華人民共和國國家統計局 1999 年與 2002 年之資料顯示，中國與香港地區 1980 年出口商品比例農業原材料占 2.3%，製造品占 70.9%，而在 2001 年，農業原材料減少為 0.9%，製成品增加為 88.6%；日本地區農業與食品業在 1980 年出口比例為 2.4%，製成品為 94.7%，2001 年農業與食品業只剩 1.3%，製成品為 96.9%；美國地區 1980 年農業與食品出口比例為 23.3%，製成品為 65.5%，但 2001 年農業與食品業出口減少為 10.2%，製成品增加為 82.1%；可看出各國產業分工情形不斷變化。

台灣之地理位置為東亞地區之樞紐，鄰近東南亞與中國大陸等市場，有完善的對外經貿路網，且擁有較高素質之勞動力，加上積體電路等高科技產業蓬勃發展，有堅實的工業基礎和新技術與科技的研發能力，愈來愈多跨國企業在台設置分公司。另外政府積極推動成為亞太營運中心等政策，期望吸引國外與國內廠商皆以台灣做為發展據點，並推動台灣自由化的環境，使各國企業以台灣為根據地，台灣更於 2001 年加入世界經濟貿易組織，對外貿易之重要性逐漸提高，顯示出台灣為東亞地區重要之貨物轉運中心。由於政府積極推動發展為亞太營運中心，開放自由化的市場，因此不論國內或是國外航空貨運公司，有愈來愈多的航空貨運業者加入競爭；另外政府為達成海運中心的目標，因此提出多項政策，如放寬境外航運中心不通關的限制，開放高雄直航上海等，更造成對航空貨運業的威脅。託運者可能因為海運服務限制較少，使得對於航空貨運需求量減低，因此瞭解國際航空貨運量的動態變化成為一個重要的議題，並分析託運者在選擇運具時，因為費率、產品價值或航空貨運業者所提供之航班頻次而做的決定，進而可使航空貨運公司規劃決策做參考衡量依據。

航空貨運業者的航線頻次規劃為中長期的規劃，規劃的結果影響航空貨運業者的利潤多寡，也就是說頻次決定影響了航空貨運業者的總營運成本，更影響其所能提供的容量以及服務水準，進而可能改變貨主的選擇行為。當航空貨運業者

規劃較多的航班頻次時，造成航空貨運業者航機飛行次數多，提高燃油費用以及其他營運成本等，但是對於貨主而言，可以使得貨品在集貨點等候運送的時間縮短，能夠減少貨主所需要承擔的存貨成本，因此可能提高貨主選擇此航空貨運業者的機率；相反地，當航空貨運業者規劃的頻次較少時，除了飛行次數可減少，甚至航空貨運業者的機隊數可以減少，使得供給者的總營運成本較少，但是對於貨主而言，則因為貨品在機場等候安排被運送的時間拉長，所以需求者必須要承受較高的存貨成本，而降低選擇該空運公司的機率。因此航空貨運業的需求量以及航空貨運公司的航班頻次規劃之間，存在供需互動的抵換關係，所以更期望藉由這樣的觀念與觀點，探討分析航空貨運市場需求量之分析，進而建構航空貨運業者頻次規劃與最適單位基本費率的數學規劃模式。

在需求面，各廠商會以航空貨運公司所提供服務之費率、運送時間與頻次，並衡量欲運送之距離、運送貨品之數量與產品價值等因素作為選擇貨品運送之運具考量原因。當需求者所欲運送數量多，總運輸成本大，在不急迫的情形下，貨主則偏好選擇單位基本費率低的空運公司；而運送數量少時，由於總運送成本低，貨主此時可能認為運費差異不大時，則選擇不須等候、頻次高的空運公司運送貨品。當產品運送目的地有所不同時，同樣會影響運具選擇，當貨品迄點為香港時，廠商可能會因為運送距離較短，而願意以低運費、運送較久的方式運送該產品；當迄點為美西地區時，以低運費的貨運業者所提供運送與處理貨品時間運送可能時間過長，因而選擇以頻次高但運費也高的方式運送。而航空貨運業者所提供之頻次影響廠商的存貨成本，存貨成本又受到產品價值影響；當貨品產品價值高，如高科技產業之產品的產品價值高，或具有時間限制的產品，如生鮮、蔬果與報章雜誌等，若供給者所提供頻次較少，造成貨品在集貨點等候時間長，使廠商的存貨成本提高，因此託運者選擇頻次高的空運公司機率增加。供給者必須衡量需求面之變化與要求，考量其所應提供之服務屬性，以因應需求之改變。

運輸為衍生之需求，國內生產毛額之多寡，影響廠商對於運輸之需求，航空貨運服務績效亦影響廠商選擇使用航空運輸的意願，進一步影響航空貨運公司利潤。根據許多統計數據顯示，台灣由勞力密集之國家，轉變為科技導向，甚至多數廠商外移設廠於中國大陸地區，全球產業結構不斷改變，各國分工逐年變化，

使貨品運送至各國之比例每年不一。因此，各產業有其航空貨運需求量之循環變化，且各產業在整體市場中所占之比例同樣不斷改變，在加總各產業後，可進一步分析出整體貨運市場需求量之逐年變化。而航空貨運需求量之變化，影響航空貨運業者的運費、頻次與投資等決策。故進一步以供需互動角度，考量全球產業結構以及航空貨運需求量的變化，構建航空貨運公司基本費率與航線頻次規劃模式，提供航空貨運業者於各航線的費率、頻次或投資等決策之重要參考依據。

就供給面而言，實務上航空貨運業者在預測航空貨運量後，考量其容量利用率，並決策其頻次以及運費。頻次的更改以兩地協商方式，就台灣地區而言多委派台北市航空運輸商業同業公會與他地進行會談，決定是否增加航線；而根據民用航空法第五十五條，民用航空運輸業客貨運之運價，其為國際定期航線者，應報請民航局轉報交通部備查。因此本研究期望提供航空貨運公司在將來規劃之參考依據，基本概念為貨運業者考慮需求面產業結構變化、市場需求以及貨運公司本身營運情況，以決定各航線之費率、頻次與機型等服務屬性。由於全球分工不斷變化，各國的主要產業逐年不同；在過去台灣的電子產品主要貿易國為美國，但因為日前許多廠商將工廠設立於中國大陸地區，使得主要貿易國有逐漸轉移至中國大陸之趨勢，此現象影響航空貨運公司衡量各航線所應提供之頻次，而其需求量亦影響航空貨運業者決定各航線的機型與機隊數量。當該航線提供較多的頻次，減少貨主等候運送時間，使託運者存貨成本降低，但貨運業者卻必須要承擔較高的營運成本；相對地，若貨運業者為降低營運成本，減少該航線飛行次數，卻使得貨主必須要承擔的存貨成本增加，廠商即可能降低選擇該航空貨運公司的意願。因此航空貨運業者所提供的頻次與託運者需求量間，存在著密切的互動關係。因此在衡量供需互動之情況下之結果，可使規劃結果更具有參考價值。

過去文獻大多著重於探討整體經濟面之景氣循環，如 Chen and Lin (2000), 陳仕偉 (2002)。在貨運需求量預測方面之研究，多為探討公路貨運在不同時段之貨運量，如 Garrido and Mahmassani (2000) 以多元羅吉特模式分析，Godfrey and Powell (2000) 擴展基本的指數平滑模式，構建模式以預測每日公路貨運量。亦有許多探討整體航空客運需求之研究，如 Lave (1972) 衡量支配所得與費率對於營運旅客英哩的影響；Ippolito (1981) 探討航空需求與供給間的關係；Nam and

Schaefer(1995)以類神經網路預測國際航線旅客量；許巧鶯與溫裕弘(1997)以灰色預測模式預測航空客運量，並與其他預測方式之結果相比較；機場交通量預測方面如 Graham(1999)與 Dennis(2002)。另外尚有許多文獻探討廠商貨品運送選擇運具考量之因素，如 Picard and Gaudry (1998), Cullinane and Toy (2000), Tyworth and Zeng (1998)。在 2003 年，Hsu and Wen 考慮航空客運業供需互動之關係與選擇。在航空貨運業已有許多研究分析選擇路線，但單純以個體行為考量，如 Kanafani and Ghobrial(1985), Hansen and Kanafani(1988), Campbell(1990), Hall(1987)以及許巧鶯與王志青(1997)。現有之航班頻次規劃模式，不外乎考量最小化延誤成本、最小化營運成本或最大化利潤等，如 Gordon and de Neufville(1973), Carter and Morlok(1975), Teodorovic(1983)以及 Hsu and Wen(2003)。然鮮少研究針對航空貨運業的動態變化與全球產業變化以及個別廠商決策規劃間之關係，構建模式預測航空貨運量，並建構數學規劃模式探討航空貨運業者之營運計畫應如何因應。

本研究將針對航空貨運市場，構建不同產業各廠商之航空貨運公司選擇決策模式，探討廠商衡量運輸成本與存貨成本之情況下，其運具選擇之改變；進而以灰色預測模式估算各產業之航空運量，然而全球產業結構之變動，以及各國分區不同，造成各起迄對之航空貨運量不斷變化，因此將個體選擇加入考慮各產業之市場佔有率，加總分析總體市場之航空貨運量。在引入需求變動之長期情況下，構建航空貨運業者追求利潤最大目標下之基本費率與航線班機頻次規劃模式。本研究著重於航空貨運量變動下，供需互動影響航空貨運業者各起迄對所提供之頻次與費率等服務屬性，期以提供航空貨運業者更具因應環境改變與決策彈性之規劃一參考依據。

## 1.2 研究目的

就台灣之地理位置而言，對外貿易的發展視為重要議題，因此對於航空貨運業之探討成為重要之議題。貨運業之需求量除了在每一年中有淡旺季之循環變化，如同整體經濟有其循環變化，由於各產業成長速度不同，使得各航線甚至是全世界之各產業佔有率各年有所差異，加上各地分工轉變，如許多台灣的電子業廠商在衡量勞工成本之下，將工廠設置於大陸地區。因此由各產業廠商對於空運

需求量，加總為總體航空貨運需求量，分析各航線之需求特性，進而探討航空貨運業者在衡量營運條件與顧客需求量之下，其所應該提供之服務屬性為何。

本研究以航空貨運業為研究對象，首先針對廠商之航空貨運需求面進行探討，分析不同產業各廠商因不同起迄點、產品價值、託運量以及航空貨運業者提供之頻次、運價對選擇航空運輸運送貨物的意願之影響程度，進一步，透過產業結構動態變化分析，總計研究範圍內航空貨運需求量。於供給面，分析影響航空貨運業者規劃單位基本費率與航線班機頻次之影響因素，以解析性方法構建航空貨運業者供給成本函數，進一步，以航空貨運業者利潤最大化為目標，考量供需互動下，建立航空貨運基本費率與各航線班機頻次數學規劃模式，以求解各航線最適費率、班機頻次等決策，藉以分析航空貨運業需求量和產業結構變化以及供給頻次與費率之動態關聯。茲將本研究之目的具體說明如下：

1. 以廠商(貨主)對於運送方案的選擇行為為基礎，假設廠商以基本費率、起迄點距離、產品價值和運送時間為最適航空貨運公司選擇因素，構建貨品運送之一般化總成本函數，包含運輸成本、在途成本與等候被運送的存貨成本，以一般化總成本最小為最適空運公司選擇依據，分析不同產業個別廠商選擇航空貨運的機率。繼而，根據各航線不同產業佔有率變化情況，以及各國專業分工動態改變，起迄點需求分佈逐年變化之趨勢，將不同產業個別廠商選擇行為加總至總體分析，以總計整體市場及個別航線對航空貨運的需求量，據以分析航空貨運量之動態變化。
2. 就需求面而言，以目前台灣地區主要國際貨運需求之產業，如電子產業、紡織業與生鮮產業等為研究對象，探討不同產業由台灣至其他地區，例如：香港和大陸地區、日本以及美國等間貿易量，與上述起迄對航空貨運量間之關係。蒐集本研究需求面模式中主要參變數之實際資料或做合理假設，進行範例分析以驗證本研究模式之可行性及闡釋並分析各航線與總體航空貨運量之動態變化。
3. 蒐集回顧與航空貨運業者規劃航線頻次等相關文獻。探討航空貨運業者規劃費率與航線班機頻次影響因素，構建航空貨運業者供給成本函數，藉以分析

各起迄對貨運量多寡對貨運業者成本效益影響程度，以提供航空貨運業者分析容量利用率，及研擬各航線費率、機隊大小以及航班頻次等服務計畫。

4. 以航空貨運業者利潤最大化為目標，構建反映供需互動之數學規劃模式，分析航線頻次、機隊大小以及基本費率對不同產業廠商最適運具選擇以及總體航空貨運需求量之影響，以及上述供給服務策略和對應需求量對成本的影響，以決策各航線最適費率與班機頻次等。並藉以分析航空貨運業所提供之服務以及空運量和產業結構變化之動態關聯。
5. 以特定航空貨運業者為例，蒐集本模式中主要供給與需求面參變數之實際資料或進行合理之假設，以進行案例分析，以瞭解各參變數值之改變對航空貨運業者於各航線費率、班機頻次規劃的影響，並闡述本研究實務上應用的可行性與管理意涵。

### 1.3 研究範圍



本研究在需求面以對國際貨運有所需求之廠商，例如生產電子產品、農產品或是紡織品等產業皆包含在內；而供給面之研究對象為航空貨運業者，研究範圍為航空貨運。本研究主要探討航空貨運業之需求量，以及需求量對於航空貨運業者營運決策之影響，提供航空公司在長期對於頻次安排與機型指派等決策之參考依據。貿易量之衡量包含進口與出口量，本研究探討台灣地區之廠商對於航空貨運量之需求，主要為分析由台灣運送至國外地區之貨物需求量，且由於國家經濟成長多仰賴出口之成長，因此選用中正國際機場出口貨物資料與航空公司進行案例分析，並以出口量最大的三條航線為例，分別為台北至安克拉治、台北至日本東京以及台北至香港航線，以主要出口的產業為研究對象，如電子機械產品、生鮮花卉產品以及紡織衣著等，得以進一步瞭解供給者為配合需求量所應提供之頻次與容量等問題，以驗證本研究模式之可行性。

提供航空貨運服務可分為兩類，一種是整合型航空貨運公司，提供戶對戶服務，包含貨物承攬、報關、倉儲、包裝與路面運送等服務，近年來更提供運送資訊查詢等服務項目，此類空運業者通常擁有自己的機隊與車隊，例如 FedEx, UPS,

DHL 等。另外一類即為一般航空公司之貨運部門，主要與貨運承攬業者合作，僅提供機場至機場運送之服務，與貨主較無直接接觸，此類空運業者通常沒有路面車隊。在本研究因為主要探討貨主對於航空貨運業者間選擇，貨運業者所應提供頻次、機型與機隊大小，著重於機場至機場的部分，並不討論路面運送部份，因此將不區分整合型航空業者與一般航空公司。航空貨運業者所提供載運貨物之飛機種類分為三種，一種為客運機的機腹，視一般乘客託運量，以決定尚剩餘多少空間載運貨物；另一種為客貨兩用機，視航空公司之安排，調整載客與載貨的空間比例；最後一種即為全貨機，飛機設計主要就是以載運貨品為目的，而全貨機就是本研究所探討的飛機種類。

## 1.4 研究流程與架構

本研究首先搜集相關貨運量之預測、貨主選擇行為以及航空公司頻次與機型決策等文獻，瞭解需求面之選擇因素與準則以及航空公司航線頻次與機型規劃，並分析現有研究所尚未深入探討之部分。在過去文獻中，貨運需求大多探討公路貨運量在各時段或各季節之變化；對於國際貨運需求方面，多以個體決策分析為主，探討貨主選擇因素；對於供需間互動影響雙方決策的研究則很少。然而，各產業之成長速率不同，且全球各地分工逐年改變，因此本研究構建一數學模式，藉由需求面探討各廠商運具選擇情形，各產業之景氣循環變化視為外生，進而預測各產業國際貨運需求量，加總分析各年全球在不同航線上的需求變化，以瞭解空運需求量的動態變化。因此瞭解貨主之行為與需求量的變化，使航空運輸業者能在求取利潤最大化之情形下，衡量其容量利用率，探討各航線所應提供之服務屬性，如各航線之基本費率、頻次或機型等。本研究之流程如圖 1.1 所示。

因此本研究主要分為兩個架構，一部分為需求面之貨主選擇行為，在運送產品至國外地區時，選擇以哪一家航空貨運業者運送貨品；另一部份為供給面之航空貨運業者為因應需求量所提供之基本費率、頻次與機型等。本研究之架構如圖 1.2 所示。由於廠商會受到整體經濟市場景氣循環與前期訂貨情形的影響，對於廠商本身會做出增加投資或是減少投入項等決策，造成各產業的景氣循環變化，然而這一部分在本研究並不深入探討，視為外生部分。由於全球各國的技術進步

不一，因此各地在全球市場所扮演的角色亦逐年變動，如中國大陸地區愈來愈重視國際化競爭，因此適當利用該國低價勞力的優勢，成為許多廠商設置工廠的地點；科技日新月異，有許多新興產業崛起，如過去紡織產業興盛，如今半導體產業為台灣主要發展之產業，甚至生物科技產業也因為人類愈來愈重視健康，同樣有愈來愈多的投資者加入這個產業發展，因此全球的產業結構不斷變化，使得航空貨運量的需求受到影響。對於貨主而言，本研究以總運送成本最小化為準則選擇運具，廠商在運具選擇時，除受到基本運費、各產業之產品價值不同以及供給者所提供頻次之影響，本研究探討產業結構變動、起迄對變化以及各產品運送的急迫性差異對於廠商在運送貨品時，所做出的運具選擇決策，藉由個體選擇機率，進而分析產品價值與不同產業加總分析整體市場對於個別航空貨運公司的選擇機率。配合灰色模式 GM(1, 1) 時間數列預測模式，預測個別航線之未來航空貨運需求量。

各起迄點之需求量影響航空貨運業者對於運輸基本費率、機型與頻次之決策，航空運輸業者以追求利潤最大化下，衡量各起迄對之需求量與容量利用率，以決定提供較大容量之機型、較少班次，使貨品單位營運成本較低，但使貨主必須承受較多存貨成本，可能因此流失部分貨量；亦或較小容量、較多班次，雖然貨品單位營運成本較高，但提供較多班次，使貨主不用等候太久即可運送貨品，可能因此而吸引急迫性之貨品。航空貨運業者期望有最大利潤情況，衡量其容量利用率，因而影響各起迄對上所提供之機型與各機型之班次多寡，進而改變其總營運成本，且影響其所收取之基本運送費率。在一個供需互動的情形之下，需求者因為基本費率之變動，可能再次更改其選擇運具之決策，此時即影響了各起迄對上對於某家航空貨運業者的選擇機率，而供給者在衡量需求量之狀況下，將會調整其服務屬性，以達到期望之容量利用率以及最大之利潤。

本研究將分六個章節，下一章則回顧過去相關景氣循環、需求預測、運具選擇以及機隊之頻次與機型規劃等研究，並以相關研究為基礎，探討過去研究未能深入探討之部分；第三章則分析需求面之運具選擇方式，預測各起迄對之航空貨運需求量；第四章則探討供給面為因應需求量之變化，如何調整基本費率、機型與頻次等長期決策。第五章以國際航空貨運需求與供給者作一範例分析，以驗證

本研究模式之可行性，且在需求固定之情況下，供給者所提供之服務屬性所得之利潤，與供需互動情況下所得之利潤作一比較，以瞭解衡量供需互動之模式是否可使航空貨運業者獲得更好之利潤，使航空貨運業之景氣更好。最後一章則做結論與建議。

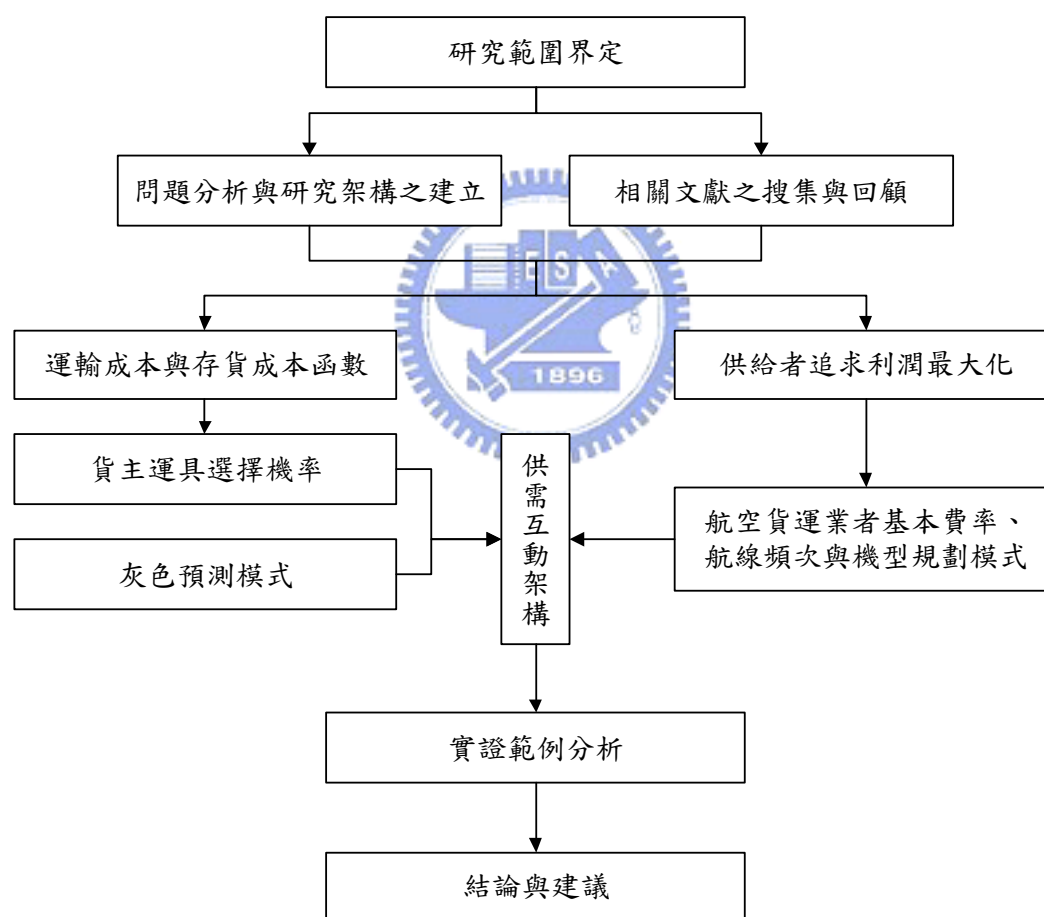


圖 1.1 研究流程圖

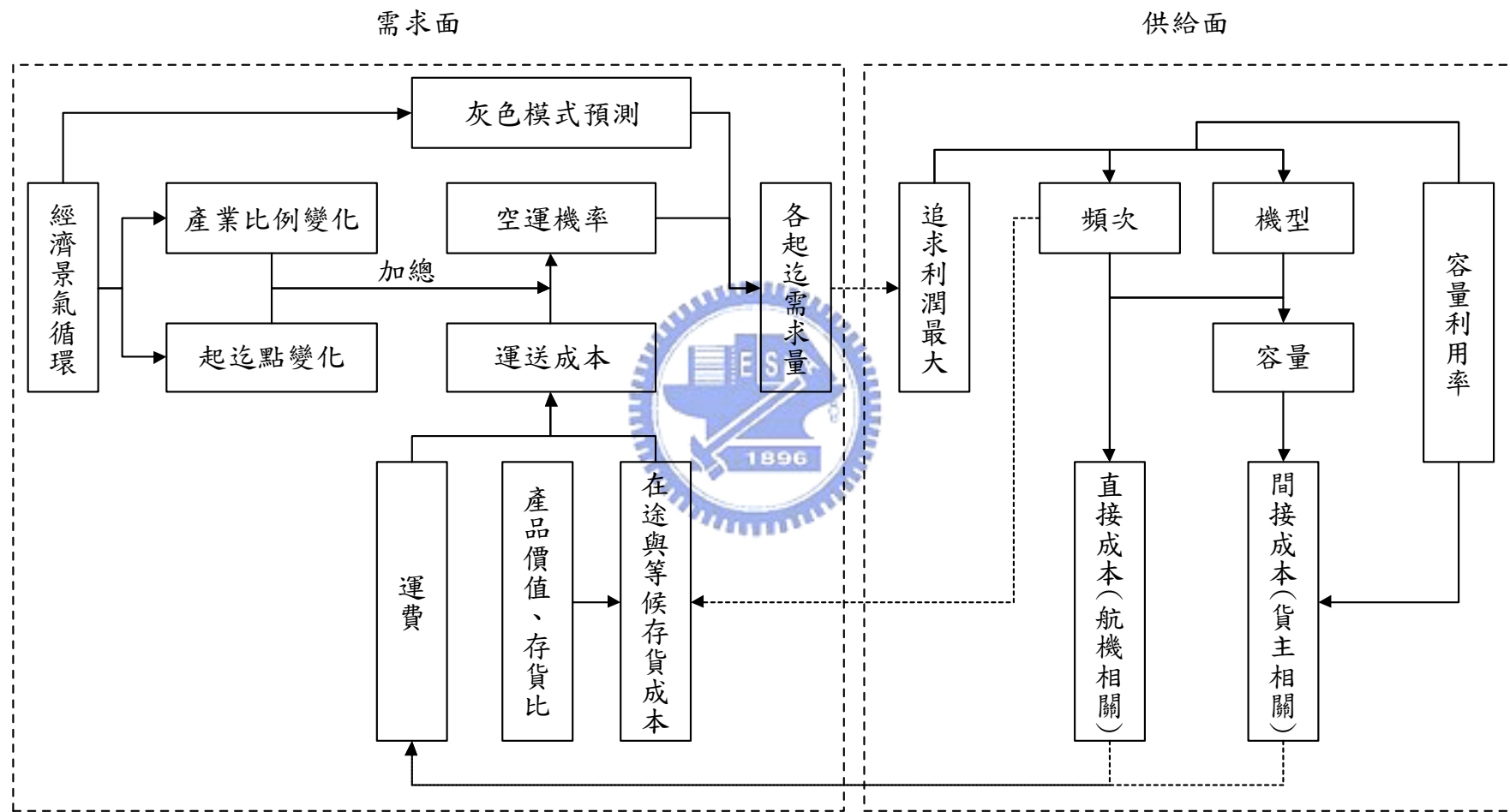


圖 1.2 研究架構圖

## 第二章 文獻回顧

本研究之目的為分析航空貨運需求量，在反應需求量變動之情況，發展供需互動之模式，探討航空貨運業者所訂定航班頻次與基本定價之決策。本研究將分別回顧相關景氣循環、運量需求預測、運具與路線選擇以及機隊規劃與航線頻次等文獻，對於相關課題作深入了解。

### 2.1 經濟景氣循環之相關研究

景氣循環為長期經濟發展過程中，經濟活絡與低迷交互變動，形成週期性循環變化。對於整體經濟景氣循環，已有較為深入之觀察與研究。Chen and Lin (2000) 利用馬可夫轉換以及與時間相關之馬可夫轉換，檢視台灣景氣循環，評估經濟景氣同時指標與領先指標的有效性，並預測未來國內生產毛額。陳仕偉 (2002) 以雙因子馬可夫轉換模型進行驗證，指出台灣地區景氣循環不對稱性特色，為外在衝擊對於景氣擴張與收縮皆具有永久的效果，符合 Hamilton 模型所提出之不對稱性特色。

整體經濟景氣循環影響各產業之產出波動，由於已有許多研究分析經濟景氣循環，而後之文獻進一步探討各產業景氣循環之情形。現有研究曾說明太陽系之行星變化，如太陽黑子對於氣候影響，以致農業產出產生循環波動情形。張金鶚與彭建文(1997)探討房地產景氣循環以及住宅政策，由於政治、經濟、社會與政策等結構不斷改變，使得房地產業產生波動變化，且購屋需求亦受到房價、所得、利率與預期景氣之影響。

Roulac (1997, 彭建文譯)認為總體經濟體系使得商業、居住以及社會服務空間需求不斷改變，因此欲瞭解不動產景氣循環，應先廣泛瞭解總體市場景氣波動，進而預測租金、空屋、營運費用與折扣率，並計算現值與報酬。

Berends and Romme (2001) 針對資本密集的造紙業分析其價格、利潤與容量

的週期變化。企業在興盛時期會投資增加容量，在衰退期時，則可能暫時解雇勞工，造成社會成本，更顯示出瞭解景氣循環的重要性。該研究以模擬的方式解釋問題，比線性求解方法較為完整，其模式修正 Meadow 的模式，該模式原本為探討農產品，主要假設生產者追求利潤最大化，且消費者需要該產品，但是當價格變高時，則尋找替代品。由於造紙業有明顯的規模經濟效果，投資資本都是很大的且具有延遲的問題，在決定投資到新的資產可以使用，中間約間隔 3-5 年。研究結果發現，在成長率低的市場中，價格不是唯一影響投資的直接原因，期望的價格與預測之需求也影響了投資，因此假設預期的消費以及預期價格與均衡價格的差距，皆影響期望產量之決定。

小結：

回顧相關景氣循環之文獻，大多著重於探討整個經濟體之景氣循環，或利用馬可夫鏈轉換模式探討景氣循環對於國民生產毛額等影響。或以描述方式探討不動產之循環變化，分析整體經濟情況對於房地產之租金、空屋與折現率等各項影響。其他產業之景氣循環，例如農業受到太陽黑子與氣候影響或是造紙業等資本密集之產業，而在造紙業曾探討訂購延滯影響其購置機器之時程。然而，過去研究並未以供需互動之影響，分析航空貨運業的動態變化。

鮮少研究針對航空貨運業的動態變化與全球產業變化以及個別廠商決策規劃間之關係，並構建數學規劃模式探討航空貨運業者之營運計畫應如何因應之重要性。本研究將針對航空貨運市場，分析不同產業各廠商之最適運具選擇決策因素，考量全球區域產業結構的動態變化以及於各地理區位之各國經濟發展之消長，所造成各起迄對之出口貿易量與航空貨運量之變化。進一步，分析航空貨運業者規劃航線、班機與頻次之重要考量因素，和上述決策與航空貨運市場需求量之相互影響關係以及對航空貨運業者追求利潤最大為目標的影響，期能提供航空貨運業者更具因應環境動態變化與決策彈性之規劃參考依據。

表 2.1 經濟景氣循環之相關文獻

研究類型	文獻	研究主題	重要結果
整體經濟 景氣循環	Chen and Lin (2000)	利用馬可夫轉換以及與時間相關之馬可夫轉換，檢視台灣景氣循環	評估經濟景氣同時指標與領先指標的有效性，並預測未來國內生產毛額
	陳仕偉 (2002)	以雙因子馬可夫轉換模型檢視台灣地區之景氣循環形態	台灣地區景氣循環不對稱性特色，為外在衝擊對於景氣擴張與收縮皆具有永久的效果，符合 Hamilton 模型所提出之不對稱性特色
產業之景 氣循環	張金鶚與彭建文(1997)	探討房地產景氣循環以及住宅政策	由於政治、經濟、社會與政策等結構不斷改變，使得房地產業產生波動變化，且購屋需求亦受到房價、所得、利率與預期景氣之影響
	Roulac (1997, 彭建文譯)	闡述影響不動產景氣循環之因素	欲瞭解不動產景氣循環，應先廣泛瞭解總體市場景氣波動，進而預測租金、空屋、營運費用與折扣率，並計算現值與報酬
	Berends and Romme (2001)	針對資本密集的造紙業分析其價格、利潤與容量的週期變化	修正 Meadow 的模式，假設生產者追求利潤最大化。由於資本具有延遲性，分析投資資本之時點；且結果顯示價格與期望價格皆會影響投資之多寡

資料來源：本研究整理

## 2.2 航空運輸需求預測

Lave (1972) 衡量美國歷年之人口數，探討可支配所得、費率對於營運旅客英哩之影響，應用多元迴歸模式預測總營運旅客英哩 (revenue passenger mile, RPM)。Ippolito (1981) 以兩階段最小平方法校估航空需求與供給模式，探討航空需求與供給之間的關係。在需求面探討航班頻次與承載率，而費率彈性、飛行距

離、所得與人口為外生變數；在供給面則以航空公司追求利潤最大化之目標下，對於機位供給之決策。研究結果驗證服務品質變數對於航空需求之影響，指出航空需求與航班頻次數成正相關，但與承載率為負相關。

Nam and Schaefer (1995) 以類神經網路(neural networks)預測國際航線旅客運量，以逆傳達學習演算法 (backpropagation learning algorithm) 構建一類神經網路模式，不需統計分配之假設，可將預測模式與決策過程結合，以提供決策時一參考準則。且將模式預測結果之平均絕對誤差，與迴歸模式及指數模式相比較，以驗證其準確度。

在分析公路貨運業之需求量之研究，大多針對每日之運量預測，提供貨運業者一決策準則。Godfrey and Powell (2000) 將基本的指數平滑模式擴展，衡量假日或節日等影響公路貨運量，構建DTMC模式(Damped Trend Multi-Calendar Exponential Smoothing)以預測每日公路貨運量，進一步與ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) 比較其預測結果，而該研究指出DTMC較容易執行，且其預測誤差較小、較為準確。

Seabrooke et al. (2002) 以最小平方誤差迴歸分析，預測香港海運量，其中考量多項總體經濟指標，而直航或是中國大陸地區是否加入 WTO 等因素視為外生衝擊。研究結果顯示香港海運量會隨著中國大陸南部地區貨運量成長而增加，與其他學者所預測香港海運量，會因為鄰近地區費用低廉且較方便的港口服務產生而減少相異。

Graham (1999) 對於機場交通量預測之研究作一評論分析比較，許多研究以重力模式，考慮兩點的人口生產量與距離關係，以預測兩地間之航空量。旅客在選擇機場時，會考慮可及旅行時間、到達目的地的服務頻次以及費率等。另有研究主要是探討各別機場的交通量，其模式衡量國民生產毛額、價格和地理位置特性等因素影響旅客之決策。

Dennis (2002) 利用混沌理論(Chaos Theory)以實質可支配所得代替國民生產毛額，並衡量政府政策因素，對旅客數做未來預測。以機場的角度，決定每天的機型、運送容量與網路大小等；而研究結果顯示，預測需求增加時，其運送範圍

應增加。

許巧鶯與溫裕弘(1997) 以灰色預測模式預測航空客運量，建立 GM(1, 1)時間數列預測模式，再考慮社經變數如總國民生產毛額、國民所得與總可支配所得等，建立更準確的多變量 GM(1, N)系統預測模式，並分別與 ARIMA 模式與乘冪迴歸模式比較預測結果。研究結果顯示，以灰色模式預測國際航空客運量，其預測能力較線性迴歸、乘冪迴歸模式與 ARIMA 模式佳。且迴歸模式與 ARIMA 模式均須大量樣本得以建構模式，才可得較好的預測結果，而灰色預測模式建構較為簡單，所需數據少，且系統預測模式不需先對解釋變數未來值進行預測。而本研究以 GM(1, 1)時間數列預測模式，對國際航空貨運量進行預測。

小結：

回顧相關需求預測之文獻，已有許多公路貨運與航空客運業之總運量預測。在航空客運方面多以迴歸模式預測，探討可支配所得、運費或航班頻次對於總運量之影響，較未對於各起迄對作進一步分析，以瞭解全球運量分布改變情形。在公路貨運方面之總貨運量預測，則以指數模式、DTMC 以及 ARIMA 等模式估算運量並做比較分析；對於個別起迄對之運量研究，以重力模式探討起迄隊之貨運量，但著眼於各起迄對之旅次分佈。曾有文獻以灰色預測模式探討航空客運量，而本研究則應用於航空貨運業，且將進一步分析航空貨運需求面之各產業廠商之運具選擇，以瞭解產業成長速度不一，全球產業結構改變與市場分布變化，造成各起迄對貨運量之改變。

表 2.2 航空運輸需求預測之相關文獻

研究類型	文獻	研究主題	重要結果
航空客運需求預測	Lave (1972)	應用多元迴歸模式預測總營運旅客英里	衡量美國歷年之人口數，探討可支配所得、費率對於營運旅客英里之影響
	Ippolito (1981)	探討航空需求與供給之間的關係	需求面探討航班頻次與承載率；供給面以航空公司追求利潤最大化下，機位供給之決策。研究結果顯示航空需求與航班頻次數成正相關，但與承載率為負相關
	Nam and Schaefer (1995)	以類神經網路預測國際航線旅客運量	不需統計分配之假設，將預測模式與決策過程結合，以提供決策時一參考準則
航空客運需求預測	許巧鶯與溫裕弘(1997)	以灰色預測模式預測航空客運量	結果顯示以灰色模式預測國際航空客運量，預測能力較線性迴歸、乘冪迴歸模式與 ARIMA 模式佳。灰色預測模式建構較為簡單，所需數據少，且系統預測模式不需先對解釋變數未來值進行預測
貨運量預測	Godfrey and Powell (2000)	構建 DTMC 模式以預測每日公路貨運量	研究指出 DTMC 較 ARIMA 容易執行，且其預測誤差較小、較為準確
	Seabrooke et al. (2002)	以最小平方誤差迴歸預測海運量，考量多項總體經濟指標	研究結果顯示香港海運量會隨著中國大陸南部地區貨運量成長而增加
機場交通量預測	Graham (1999)	對機場交通量預測之研究作一評論分析比較	許多研究以重力模式考慮兩點人口生產量與距離關係，預測兩地間航空量。另有研究探討各機場交通量，衡量國民生產毛額、價格和地理位置特性等影響旅客之決策因素
	Dennis (2002)	利用混沌理論以實質可支配所得代替國民生產毛額，並衡量政府政策因素	結果顯示預測需求增加時，其運送範圍應增加

資料來源：本研究整理

## 2.3 運具與路線選擇

由過去文獻所提及廠商對於運具選擇所重視之屬性，構建個別廠商之效用函數，以求算各運具被選擇機率。Garrido and Mahmassani (2000) 指出貨運市場為經濟體制中的重要影響因素，貨運量的成長與變化影響總體經濟的波動。該研究以多項羅吉特模式分析與預測每天不同時段公路貨運量之分布，將時間與空間因素考量於模式中，衡量效用值中的誤差項數值，另以蒙地卡羅模擬評估多項羅吉特。

Kanafani and Ghobrial (1985)研究航空公司空運軸輻化的現象，透過個案分析並輔以數學模式驗證，提出經濟涵義，以及航空公司網路空運軸輻化帶給空運中心機場的經濟利益。研究中構建羅吉特模式形式的航線選擇模式，並用以評估網路績效之航空公司營運模式，與空運中心機場選擇模式。分析航空公司網路空運軸輻化的現象，以及藉由不同空運中心機場之懲罰值的敏感度分析，討論空運中心機場收費的經濟效益，並求解得出相對應之軸輻網路型態，並論述航空公司網路軸輻化之優缺點：亦即航空公司獲致規模經濟效果，得以提高班機頻次水準，而增進承載率。

Hansen and Kanafani (1988)探討美國國內航空網路變革為軸輻網路，對於航空運輸市場之變化，以重力模式以及羅吉特模式為基礎，構建國際機場當地佔有率模式、國際機場轉機佔有率模式、航空公司轉機佔有率模式與航空公司當地佔有率模式，分析在不同航空網路策略下，對機場佔有率與航空公司績效的影響。

Campbell (1990) 探討多點至多點的貨物配送網路，假設需求點為均勻分布且連續的理想情形，以貨運業者角度，分別以選擇最近轉運站、最短運送距離以及最小運送成本三項目標，分析配送的路線選擇。

Hall (1987) 探討貨運路線選擇，令總運送成本包含運輸成本以及存貨成本，證明成本函數為凹函數，其邊際成本隨運送量之增加而減少，具有規模經濟之特性。該研究以臨界流量的概念，作為運送路線選擇之準則，但其假定轉運站全為轉運貨物。

Picard and Gaudry (1998) 考慮運輸成本與運送時間於羅吉特模式中，以評估鐵路與公路運輸兩種運送方式被選機率。Tyworth and Zeng (1998) 估算物流成本之單位運輸成本假定為非線性，由於在實際情形當運送貨品重量少時，其單位運輸成本較高。在探討貨運路線與運具選擇之研究，最常被提及的屬性包括費率、速度、運送時間可靠度、貨品特性與服務等(Cullinane and Toy, 2000)。

Brookes(1984, 1985)研究顯示出加拿大出口之託運者選擇，其所重視之因素，包括成本、頻次、商譽和運送時間等。Whyte(1993)表示影響託運者決定因素，有停靠之港口、送達時間、契約以及可靠度等。Lu(2000)對於台灣海運物流公司之研究，其結果顯示一家貨運公司有好的財務狀況、高頻次運送、即時交貨、詢問服務親切和戶對戶服務等，都會使託運者提高選擇該公司之意願。另外，其他附加服務之提供，也會增加該物流公司之競爭力。

Blumenfeld et al. (1985) 探討運輸成本、存貨成本以及生產成本間權衡取捨下，最適運送策略之決策，包含決定運送之路線與運送量之決定，且衡量直運方式、轉運方式以及直運與轉運組合三種不同的運輸型態。此研究主要特點為分析運輸成本與生產成本間關係，了解運輸成本和生產成本對存貨成本之影響，且在多對多網路中，各路段逐一分析，而研究方法可同時決定運送路線與運送量。

許巧鶯與王志青 (1997) 以解析性方法分析影響運送過程中儲運成本的因素，建構直接運送與間接運送的成本函數。其中直接運送成本函數所包含之變數為每週運輸成本，與運輸距離以及運送次數有關；運送途中和等候所發生的存貨成本，與運送貨品價值、價值存貨比和運送頻次有關；支付倉庫的租金成本，與盤櫃作業處理費和裝卸作業費有關。

表 2.3 運具與路線選擇之相關文獻

研究類型	文獻	研究主題	重要結果
航空貨運	Kanafani and Ghobrial (1985)	探討航空公司軸輻網路之經濟意涵，以及航空公司軸輻網路規劃帶給空運中心機場之經濟利益	構建羅吉特模式形式之航線選擇模式，並評估航空公司網路績效，以及構建空運中心機場選擇模式
	Hansen and Kanafani (1988)	分析在不同網路策略下，對於機場佔有率和航空公司績效之影響	根據重力模式與羅吉特模式，構建國際機場當地佔有率模式、國際機場轉機佔有率模式、航空公司轉機佔有率模式以及航空公司當地佔有率模式
	Campbell (1990)	探討多點至多點的貨物配送網路	分別以選擇最近轉運站、最短運送距離以及最小運送成本三項目標，分析配送的路線選擇
	Hall (1987)	探討貨運路線選擇	令總運送成本包含運輸成本以及存貨成本，證明成本函數為凹函數
	許巧鶯與王志青 (1997)	以解析性方法分析影響運送過程中儲運成本的因素，建構直接運送與間接運送的成本函數	直接運送成本函數衡量每週運輸成本，與運輸距離以及運送次數有關；運送途中和等候所發生的存貨成本，與運送貨品價值、價值存貨比和運送頻次有關；支付倉庫的租金成本，與盤櫃作業處理費和裝卸作業費有關
公路與鐵路貨運	Garrido and Mahmassani (2000)	預測每天不同時段公路貨運量之分布	將時間與空間因素考量於模式中，衡量效用值中的誤差項數值，另以蒙地卡羅模擬評估多項羅吉特
	Picard and Gaudry (1998)	評估鐵路與公路運輸兩種運送方式被選機率	考慮運輸成本與運送時間於羅吉特模式

資料來源：本研究整理

表 2.3 運具與路線選擇之相關文獻(續)

研究類型	文獻	研究主題	重要結果
貨主對於服務屬性需求	Cullinane and Toy (2000)	綜合比較貨運路線與運具選擇之相關研究所考量之因素	最常被提及的屬性包括費率、速度、運送時間可靠度、貨品特性與服務等
	Brookes(1984, 1985)	探討託運者選擇物流業者衡量因素	加拿大出口之託運者重視之因素，包括成本、頻次、商譽和運送時間等
	Lu(2000)	以台灣海運物流公司為研究對象，探討物流管理之重要性	結果顯示貨運公司有好的財務狀況、高頻次運送、即時交貨、詢問服務親切和戶對戶服務等，提高託運者選擇該公司之意願

資料來源：本研究整理

許巧鶯與蕭國洲(1998)於軸輻航空路網下，從廠商的觀點，以高產品價值為分析對象，探討貨主的貨品以直運方式，將產品直接由產地運往經銷點，或是在航空貨運中心設立轉運站，將貨品經由轉運站在運送至最後經銷點。此研究主要將產品價值、市場分布與空運中心航線流量，以及空運中心之作業績效對成本函數與路線選擇的影響等因素，反映建構於模式之中。其研究結果顯示，當產品價值增加時，廠商應在航空貨運中心設立轉運站進行轉運的作業。

小結：

過去研究主要以羅吉特模式探討需求者之運具選擇，分析各服務屬性對個別貨主之決策行為影響。在探討運輸成本以及存貨成本之研究，大多以貨運業者之角度，決策其運送之路線。有異於上述研究，本研究考量個別產業不同廠商之偏好，探討費率造成的運輸成本以及供給者所提供之頻次所造成的存貨成本，對於需求面之貨主運具選擇的影響，並衡量市場空間分佈與產業結構等因素以加總評估總體市場，預測航空貨運業各時點各起迄對之貨運需求量。

## 2.4 機隊規劃與航線頻次

Gordon and de Neufville (1973) 構建非線性數學規劃之直航網路設計模式，在已知航空公司最大容量之情況下，追求班次延誤成本最小化，主要探討直航服務型態之網路，求出最大化之服務水準，規劃最適航班頻次。Carter and Morlok (1975) 以整數規劃模式為基礎，探討航空網路排程與航班頻次之規劃，只考慮單一機型，但在航線部分則考慮直航與停靠多點的轉運情形，以追求營運成本最小化為目標，規劃最適航班頻次。

Kanafani et al. (1982) 以最適頻次指派模式為基礎，加入衡量航線選擇模式，探討航機技術與航空網路架構之間的短期關係。在需求與飛機技術已知的情況下，以頻次指派模式與航線選擇模式，探討最適航機使用率以及最佳網路架構。研究結果顯示，大型航機具有顯著之規模經濟性；而小型航機則有較佳的服務水準，且對於空運中心的依賴性較小。未來的航機技術將有改善小型航機酬載與飛航距離限制的趨勢，以降低小型航機的距離不經濟性。

Teodorovic (1983) 衡量旅客服務水準，假設旅客選擇航班以最接近期望離開時間為選擇之準則，進而以實際離開時間與期望離開時間差之絕對值估算旅客服務水準，並規劃各城市對所應提供之航班頻次。

Teodorovic and Krcmar-Nozic (1989) 建構多準則模式 (multicriteria model)，同時以追求最大利潤、最大旅客量與最小旅客延誤成本下，規劃航空公司之航線頻次。該研究所探討之航線頻次問題為規模較大的組合最佳化問題，因此根據蒙特卡羅(Monte Carlo)的基礎，發展一套啟發式解法，以求得研究模式之解。

Teodorovic et al. (1994) 以模糊集合理論 (Fuzzy set theory) 為基礎，衡量航空運量預測的不確定性，建構數學模式以分析航空網路設計與航線頻次規劃。模式主要分為兩個部份，一以模糊邏輯 (fuzzy logic) 為基礎找出可行路線以形成航線，另一部份以模糊線性規劃問題 (fuzzy linear programming problem) 為基礎建構模式，決定最適航線頻次。

Oum et al. (2000) 建立一混合租賃與購買機隊最佳模式，由於可用容量與成本有抵換(trade-off)的關係，該研究以追求利潤最大化為目標，在航空需求不確定性下，衡量長期、短期資本和變動成本與收益間的關係，分析最佳的營運機隊數。研究結果顯示航空公司大約有 40%-60%的機隊需要用租賃方式較佳，因此對於租賃公司而言是一個很大的市場。研究結果顯示，當旅客數與消費者福利減少時，公司合併使消費者受益且會增加頻次。

Teodorovic (1986) 發展多機型之網路航線航班頻次規劃模式，並以班機頻次作為輸入參數進行機型選擇方案評估。以多屬性決策方法考慮航空公司營運利潤與旅客服務水準，評估屬性分為機隊取得、投資、平均旅客營運成本、機隊航機數、每日航線班次比例以及平均旅客班次延滯，配合屬性權重，綜合評比機型與對應之班機頻次規劃結果以求得最適之配套。

Antes and Thompson (1998) 以決策支援系統為基礎 (decision support system) 建構模式，評估航空公司貨運航線之班表，研究對象為航空公司所營運之貨運航線，衡量各航線之營運成本、營運收益以及利潤等因素，評估航空公司規劃之貨運航線班表。而該研究所提出之模式尚可應用於其他方面，如在固定需求下，比較不同航線排班對航空公司利潤之影響；找出航線排班所提供運輸容量而造成之瓶頸；分析市場額外需求，探討航空公司之排班是否具有高利潤貢獻的潛能；藉由服務需求改變與模擬方式，評估航空公司的航線排班是否具有可適應性 (adaptability)。

Chin and Tay (2001) 以迴歸分析檢視國內生產毛額、航空客運量與承載因子等因素間關係，並以馬可夫模式探討成長率與利潤。當整體經濟繁榮可能直接促使商務旅客增加，而間接提升個人所得，使休閒旅客增加。其研究結果顯示，當航空公司成長率提升，則使利潤提高，因而公司決策將規模擴增，同時可使得生存機率提高，但航空公司在擴增機隊時，仍須衡量訂購延遲問題。Hsu and Wen (2003)探討費率、航班頻次、旅行時間與延遲等對於航空旅客選擇班機之影響，分析各班機起迄對市場佔有率，進一步以灰色模式估計各起迄對之市場大小，得以求算各起迄對之乘客數，再建構反應需求變化的航空網路規劃設計模式。

表 2.4 機隊規劃與航線頻次之相關文獻

研究類型	文獻	研究主題	重要結果
航班頻次之規劃	Gordon and de Neufville (1973)	主要探討直航服務型態之網路，求出最大化之服務水準，規劃最適航班頻次	構建非線性數學規劃之直航網路設計模式，在已知航空公司最大容量之情況下，追求班次延誤成本最小化
	Carter and Morlok (1975)	探討航空網路排程與航班頻次之規劃	以整數規劃模式為基礎，考慮單一機型，直航與停靠多點轉運情形，追求營運成本最小化，規劃最適航班頻次
	Teodorovic (1983)	衡量旅客服務水準，規劃各城市對所應提供之航班頻次	假設旅客選擇航班以最接近期望離開時間為選擇之準則，進而以實際離開時間與期望離開時間差之絕對值估算旅客服務水準
	Teodorovic et al. (1994)	衡量航空運量預測的不確定性，建構數學模式以分析航空網路設計與航線頻次規劃	模式分為兩個部份，一以模糊邏輯為基礎找出可行路線以形成航線，另一部份以模糊線性規劃問題為基礎建構模式，決定最適航線頻次
	Hsu and Wen (2003)	反映需求變動之航空網路規劃設計研究	構建供需互動之模式，探討各航線之航空客運量，並分析各航線之基本費率與航班頻次之決策
航機規劃	Kanafani et al. (1982)	探討最適航機使用率以及最佳網路架構	大型航機具有顯著之規模經濟性；而小型航機則有較佳的服務水準，且對於空運中心的依賴性較小
	Oum et al. (2000)	建立一混合租賃與購買機隊最佳模式，分析最佳的營運機隊數	以追求利潤最大化為目標，在航空需求不確定性下，衡量長期、短期資本和變動成本與收益間的關係
	Chin and Tay (2001)	以迴歸分析檢視國內生產毛額、航空客運量與承載因子間關係，以馬可夫模式探討成長率與利潤	當航空公司成長率提升，使利潤提高，決策將規模擴增，可使得生存機率提高，但在擴增機隊時，須衡量訂購延遲問題

資料來源：本研究整理

小結：

過去關於航線頻次與機型規劃的研究，大多以數學規劃模式為基礎，或著眼於演算法求解之研究，或是探討航空客運之航線頻次規劃，此類研究將可作為本研究構建航空貨運基本費率、航班頻次數學規劃模式與求解之參考依據。本研究主要以航空貨運業為研究對象，分析不同產業各廠商最適運具選擇因素，探討各起迄對貿易量與航空貨運量之動態變化，並探討航空貨運業供給因素與供需互動情形，分析最適航空貨運基本費率、航線和班機頻次等決策。

綜合評析：

過去文獻大多著重於探討整體經濟面之景氣循環(e.g., Chen and Lin, 2000; 陳仕偉, 2002)。在貨運需求量預測方面之研究，多為探討公路貨運在不同時段之貨運量(e.g., Garrido and Mahmassani, 2000; Godfrey and Powell, 2000)，亦有文獻探討國內生產毛額對於航空運量之影響，如 Chin and Tay (2001)。另外尚有許多文獻探討廠商貨品運送選擇運具考量之因素(e.g., Picard and Gaudry, 1998; Cullinane and Toy, 2000)。現有之航班頻次規劃模式，不外乎考量最小化延誤成本、最小化營運成本或最大化利潤等，如 Gordon and de Neufville(1973), Carter and Morlok(1975), Teodorovic(1983)以及 Hsu and Wen(2003)。鮮少研究針對航空貨運業的景氣動態變化與全球產業變化以及個別廠商決策規劃間之關係，構建模式預測航空貨運量，或構建數學規劃模式探討航空貨運業者之營運計畫應如何因應。

本研究針對企業全球化運籌所衍生的問題，探討貨物運送及航空貨運業者網路設計規劃等課題。本研究嘗試整合應用個體選擇模式與運量預測模式，進行一系列之模式構建，包含因應產業需求動態變化以及航空貨運航線運量預測模式與基本費率與各航線的班機頻次規劃模式。期能提供廠商與航空貨運業者更具環境因應與決策彈性之參考基礎。

### 第三章 需求模式

本研究首先由個體之觀點考量，建構國際航空貨運之貨主運送方式選擇模式，分析不同產業之廠商衡量其產品特性與價值、運送急迫性、運輸成本、存貨成本、運送時間以及運送起迄點空間分布等因素下，對各廠商選擇不同運具運送其產品之影響。當貨主欲將貨品運送至國外地區時，首先選擇以哪一家之航空貨運業者運送產品，進而考慮其運送路線，由於不同路線之停靠點不一或以直航方式運送，其運價與運送時間可能也有所差異；因此貨主在運具選擇時，除直接考慮到運送之費率外，尚受到運量大小、產品價值、急迫性與運送航班頻次等因素影響最後之決策。

然而，由於各產業廠商之貨品主要運送起迄點空間分佈相異，各產業之產品價值亦有所差異，且產業結構隨著時間不斷改變。因此，本研究在考量時間變動與空間分佈下，進一步將個體模式擴展為總體市場，探討整體航空運輸需求變化，透過運送起迄點空間分布與各產業之產品價值變異，將個體需求決策總計為整體市場各產業之需求，繼而衡量整體市場產業結構之動態變化，並加入產業結構比例隨時間變動之影響，分析研究範圍內總體航空運輸需求量之動態變化。

#### 3.1 總運送成本

廠商在考量運送貨品之運輸方式時，考量運送產品價值、供選擇運具之費率、運送時間所造成之時間存貨成本等因素，亦即廠商衡量可選擇運具時，係以其總物流成本多寡，決定選擇以何者航空貨運業者運送其產品。由於有些貨運業者的費率低，但是其可能受到技術或是機隊大小限制所須貨品抵達目的地時間較長，因此貨主在選擇運送方式時，將考量貨品急迫性與金錢之間抵換關係。若一運具的單位距離費率高時，由於運輸成本上升，廠商選擇以該運具運送貨品的機率變小；同樣當運送距離增加時，亦使運輸成本增加，減少該運具被選擇的機會。然而，根據距離經濟的觀念，單位距離費率會隨著距離增加而減少，因此當運送

距離長時，即使是以高價空運方式運送貨品，貨主可能因為航空運輸較節省時間，而不在意航空單位費率的多寡問題。

當貨品交由航空運輸貨運業者運送貨品時，產品雖已產出卻無法即刻交送至客戶端，使貨主無法使用或是賣出貨品所損失的價值或所需負擔的機會成本，即為存貨成本；存貨成本包含在途的存貨成本以及等候運送的存貨成本，在途的存貨成本取決於產品價值與運送時間等，而等候的存貨成本則決定於貨運業者所提供之頻次；當運送頻次多，貨物等候時間短，其存貨成本小；相反的，當頻次少時，貨物抵達運送起點後，無法馬上運送至迄點的機會變大，其存貨成本就較大。因此貨運業者所提供之航班頻率多寡，將影響到貨主的等候運送的存貨成本，進而影響貨主託運的運具選擇結果。產品價值也會影響在途成本之大小，即使同一產業各貨品的產品價值仍有所不同，使得各廠商即使選用相同運送方式、相等距離，其所感受之在途存貨成本亦有所不同。由於各產品急迫性、時效性與本身價值相異，如生鮮花卉類具有時效性、電子產業較為重視效率，因此生鮮產品與電機產品等在途成本較高，而紡織業之產品由於急迫性低，使其產品在途存貨成本低。在相同距離下，以不同運具方式運送，所需要之時間相異，一般而言，運送時間與處理產品時間較長時，所造成的在途成本較高，但由於空運運費較高，因此當廠商對於非具有時效性之產品，可能在衡量物流成本多寡之情形下，選擇以運費低頻次少的方式運送。同樣的，運送之距離長短影響產品的在途時間，進而影響在途存貨成本之多寡。

因此令運具  $x$  由起點  $r$  運送至迄點  $s$  之距離為  $d_{rs}$  公里，廠商以運具  $x$  運送每公斤產品的運輸成本為  $f_{rs}^x$ 。以 2000 年電子產業之數據為例，以  $\alpha = 0.05$  的卡方檢定（右尾檢定）之結果顯示，產業之單位產品價格符合伽瑪分配(gamma distribution)， $\chi^2 = 12.52 < \chi^2(8)$ ，而  $P[\chi^2 > 15.51] = 0.95$ ，詳細計算如附錄所描述；另外 Pratt et al. (1979)研究指出在競爭市場中，產品價格符合伽瑪分配；因此本研究假設產品價值符合伽瑪分配(gamma distribution)。令一產品每公斤產品價格為  $\tau^l$ ，貨物單位價格存貨比為  $\nu^l$ ，而運具  $x$  航行  $r$ - $s$  路線所需運輸時間為  $t_{rs}^x$  天，因此每公斤產品之在途成本為  $\tau^l \nu^l t_{rs}^x$ 。若貨品抵達率為均勻分配，而貨運業

者所提供之每週航班頻率為  $h_{rs}^x$ ，即每  $\frac{7}{h_{rs}^x}$  天有一班航機，則等候運送的單位存貨成本為  $\frac{7\tau^l v^l}{2h_{rs}^x}$ 。

根據上述廠商運送貨品所衡量之因素，可得運輸成本、在途存貨成本與等候運送之存貨成本，因此可進一步求得廠商欲以運具  $x$  將產品由  $r$  點運送至  $s$  點，運送貨品之總運送成本為  $G_{rs}^x$ ，令運送量為  $V$ ，可以下列數學式表示

$$G_{rs}^x = (f_{rs}^x + \tau^l v^l t_{rs}^x + \frac{7\tau^l v^l}{2h_{rs}^x})V \quad (1)$$

上式中，等式右邊第一項表示運輸成本；第二項為在途的存貨成本，末項為貨物等候運送產生的存貨成本。

### 3.2 運送方案之選擇機率

前節闡述貨主在運送貨品時，所必須承擔之各項成本，包含考量單位運費所造成之運輸成本；由於運送途中無法使用或賣出貨品，考量運送時間與產品價值的在途成本；以及衡量產品價值、產品時效性與運送頻次的等候運送之存貨成本。一般而言，運送費率較高者，其運送頻次高或是運送時間較短，講求快速以減少貨主所需負擔的存貨成本，但此時需求者必須要承擔較高的金錢成本，對於較為急迫性的產品，如電子產品或是生鮮產品具有時效性，即選擇該方式運送貨品的機率較大；尤其當產品價格高時，即使多班次的貨運方式運費較高，但是對於貨主而言，當運輸成本與產品價格比值小時，認為運輸費用更不重要，選擇高頻次的貨運業者機率同樣提高。相反的，貨運業者若提供較低頻次或是運送時間較長，通常以較低的運送費用吸引需求者；因此貨主在選擇託運業者與路線時，衡量運輸成本與存貨成本間的抵換關係，以選取總運送成本  $G_{rs}^x$  最小者為原則。

貨主所考慮的總運送成本中，包含產品價值  $\tau^l$ ，由於一產業生產各式各樣之商品，由台灣產經資料庫所蒐集之數據，各產業之單位產品價格符合伽瑪分配，因此就整體角度而言，可視單位產品價值為隨機變數，所以得以分析貨主對各航空貨運公司的選擇機率；即使同產業在同起迄點，欲運送同量貨品之情況

下，雖然單位費率、距離與運送時間相等，但會因產品價格不同，而使該產業選擇運送之運具有所改變。當產品價格較低，且單位價格存貨比低時，可能因為產品不需立即送達目的地，而可能改由運輸成本較少，但運送時間較長之方式運送。如圖 3.1 簡化的示意圖所示，兩曲線表示不同產業之產品價值機率密度分佈，在某一特定產品價值  $\tau_i^l$  下，若某一產品其價值小於該值時，選擇目標航空貨運業者，因此各產業選擇一貨運業者的機率為斜線部份。

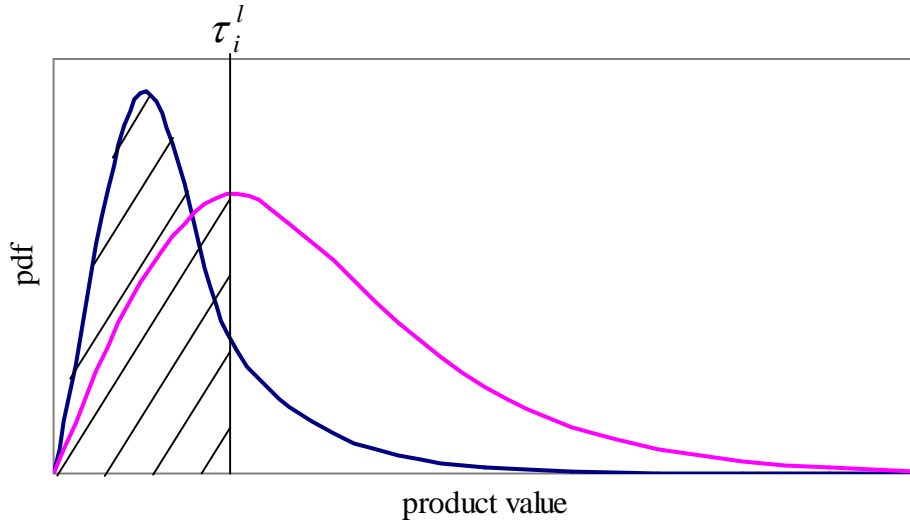


圖 3.1 選擇機率示意圖

本研究假設各產業之產品價格為伽瑪分配 (gamma distribution)，其機率密度函數為  $f(\tau^l)$ ；產業  $l$  的產品價值為  $\tau_i^l$  的機率表示成  $\Pr\{\tau^l = \tau_i^l\} = p(i)$ 。根據各產業之產品價格機率分佈，求算不同運具、不同產品價值之總運送成本；假定廠商選擇運具根據總運送成本之大小，在運送貨品時選擇總運送成本最小的運具，因而可進一步分析各產業之空運公司選擇機率。因此令所有可選擇之貨運業者為  $x$ ，目標航空貨運業者為  $m$ 。各產業之廠商將貨物由起點  $r$  運送至迄點  $s$ ，其對於目標航空貨運業者  $m$  之選擇機率為

$$\Pr\{G_{rs}^m \leq G_{rs}^x, \forall x \neq m, \forall i\} = \sum_i \Pr\{G_{rs}^m \leq \min_{x \neq m}(G_{rs(i)}^x)\} p(i) \quad (2)$$

$\Pr\{G_{rs}^m \leq \min_{x \neq m}(G_{rs(i)}^x)\}$  表示當產業  $l$  產品價值為  $\tau_i^l$  時，以目標航空貨運業者運

送的總運送成本為最小的機率，此為單一考量一特定產品價值，因此在加總所有產品價值之選擇機率後，即為某一產業在  $r-s$  起迄對上選擇目標航空貨運業者  $m$  的機率。當貨主所運送的產品價值高時，可能比較在意是否可以快速且無需等候的送抵目的地，而對於每周班次較多的航空貨運業者選擇機率可能增加；若產品價值較低且不急迫，此時貨主就可能選擇較低價的貨運業者。有時廠商可能衡量本身產能與各客戶的需求量，若一較遠距離的顧客訂購較大量的貨品時，廠商可能先滿足該類型顧客，選擇一較低價但運送時間可能稍長的貨運業者；相反的，距離較近且貨品需求較小的顧客，可能及時生產貨品且用較快速價高的航空貨運業者運送貨品。

然而，航空貨運業者  $m$  在  $r-s$  起迄對上，可能提供不只一條航線，其航線  $g$  的總運送成本為  $G_{rsg}^m$ ，當目標航線為  $p$  航線時，其總運送成本  $G_{rsp}^m \leq G_{rsg}^m, \forall g \neq p$ ，且  $G_{rsp}^m \leq G_{rsp(i,j)}^x, \forall x \neq m, \forall i$ 。依據巢式羅吉特模式之基礎，貨主在選擇託運方式時，除了考量以不同航空貨運業者運送貨品所需承擔之總運送成本外，對於選定的貨運公司尚需比較不同航線之運費與運送時間等所造成之總運送成本之大小。目標航空貨運公司  $m$  在  $r-s$  起迄對的航線  $p$  被選擇機率除在外競爭市場中為最小總運送成本外，在公司內部同一起迄對中，航線  $p$  的總運送成本也必須為最小，因此目標航空貨運業者  $r-s$  起迄對的航線  $p$  市場佔有率  $S_{rsp}^m$  為

$$\begin{aligned}
 S_{rsp}^m &= \Pr\{G_{rsp}^m \leq G_{rsg}^m, \forall g \neq p\} \cdot \Pr\{G_{rs}^{m,l} \leq G_{rs}^{x,l}, \forall x \neq m\} \\
 &= \prod_{\substack{g \\ \forall g \neq p}} \Pr\{G_{rsp}^m \leq G_{rsg}^m\} \cdot \left[ \sum_i \Pr\{G_{rs}^m \leq \min_{\forall x \neq m} G_{rs(i)}^x\} p(i) \right]
 \end{aligned} \tag{3}$$

### 3.3 起迄對之運量預測

許巧鶯與溫裕弘(1997) 以灰色預測模式預測航空客運量，建立 GM(1, 1)時間數列預測模式以及多變量 GM(1, N)系統預測模式；研究結果顯示，以灰色模式預測國際航空客運量，其預測能力較線性迴歸、乘冪迴歸模式與 ARIMA 模式

佳。傳統統計方法在處理隨機過程，是利用統計值求得過程的規律性，當數據資料愈多，愈可以顯現出統計特性，因此在構建模式時，需要適足的數據以及統計分布規律；然而灰色預測理論以累加生成數建立微分方程，所需之數據量較少，模式本質上要求數據等間隔且須超過四筆數據。灰色理論假設任何隨機過程都是在一定幅值範圍與時間內變化的灰色量，此隨機過程即稱為灰色過程，將原始數據列經累加生成後產生指數規律，為光滑離散函數的特性，而 GM 模式為一階線性常微分方程式，不受到自由度之限制。

灰色理論將離散不規則的原始數列透過累加生成(Accumulated Generating Operation, AGO)之運算，產生明顯指數規律的生成序列，建立微分方程，然而生成後的序列與原始序列層次不同，因此再經過反累加生成(Inverse Accumulated Generating Operation, IAGO)運算還原成和原始序列同層次的序列，構建灰色 GM(1, 1)數列預測模式。本研究以 GM(1, 1)時間數列預測模式為基礎，在有限數據之情況下，對國際航空貨運量進行預測。假設產業  $l$  在  $r$ - $s$  起迄對之歷史貨運量原始數據序列為  $Q_{rs}^{l,(0)}$ ，其中  $n$  為  $n$  筆貨運量數據：

$$Q_{rs}^{l,(0)} = (Q_{rs}^{l,(0)}(1), Q_{rs}^{l,(0)}(2), \dots, Q_{rs}^{l,(0)}(n)) \quad (4)$$

將原始貨運量數據進行累加生成數之運算，得貨運量累加生成數據序列

$$Q_{rs}^{l,(1)} = (Q_{rs}^{l,(1)}(1), Q_{rs}^{l,(1)}(2), \dots, Q_{rs}^{l,(1)}(n)) \quad (5)$$

$$\text{其中 } Q_{rs}^{l,(1)}(k) = \sum_{y=1}^k Q_{rs}^{l,(0)}(y), \quad k = 2, 3, \dots, n \text{ 且 } Q_{rs}^{l,(1)}(1) = Q_{rs}^{l,(0)}(1)$$

再對貨運量之生成數列構建 GM(1, 1)微分方程式如下：

$$Q_{rs}^{l,(0)}(k) + b z_{rs}^{l,(1)}(k) = u \quad (6)$$

其中係數  $b$  為發展係數(development coefficient)，而係數  $u$  則為灰輸入(grey input)，可產生灰微分方程式之白化方程式(whitening equation)：

$$\frac{dQ_{rs}^{l,(1)}(t)}{dt} + bQ_{rs}^{l,(1)}(t) = u \quad (7)$$

$$\text{其中 } Q_{rs}^{l,(0)}(k) = Q_{rs}^{l,(1)}(k) - Q_{rs}^{l,(1)}(k-1) \approx \frac{dQ_{rs}^{l,(1)}(t)}{dt} \quad (8)$$

$$z_{rs}^{l,(1)}(k) \approx Q_{rs}^{l,(1)}(t) \quad (9)$$

且  $z_{rs}^{l,(1)}(k)$  為背景值，將  $Q_{rs}^{l,(1)}$  序列取均值，即

$$z_{rs}^{l,(1)}(k) = \frac{1}{2}[Q_{rs}^{l,(1)}(k) + Q_{rs}^{l,(1)}(k+1)] , \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

將原始數列與均值數列帶入微分方程式可得到(n-1)個線性方程式，以求得  $b$  與  $u$  之值

$$\begin{aligned} Q_{rs}^{l,(0)}(2) + bz_{rs}^{l,(1)}(2) &= u \\ Q_{rs}^{l,(0)}(3) + bz_{rs}^{l,(1)}(3) &= u \\ &\vdots \\ Q_{rs}^{l,(0)}(n) + bz_{rs}^{l,(1)}(n) &= u \end{aligned}$$



將上述式子改寫為矩陣型式  $B\hat{\theta} = Q_{rs}^l$

$$\text{其中 } B = \begin{bmatrix} -z_{rs}^{(1)}(2) & 1 \\ -z_{rs}^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z_{rs}^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \quad \hat{\theta} = \begin{bmatrix} b \\ u \end{bmatrix}, \quad Q_{rs} = \begin{bmatrix} Q_{rs}^{l,(0)}(2) \\ Q_{rs}^{l,(0)}(3) \\ \vdots \\ Q_{rs}^{l,(0)}(n) \end{bmatrix}$$

以最小平方方法求得  $b$  與  $u$  值，並將  $b$  與  $u$  代入白化方程式求解，即

$$\begin{aligned}\frac{dQ_{rs}^{l,(1)}(t)}{dt} + bQ_{rs}^{l,(1)}(t) &= u, \\ \frac{dQ_{rs}^{l,(1)}(t)}{dt} &= -b\left(Q_{rs}^{l,(1)}(t) - \frac{u}{b}\right), \\ \frac{d\left(Q_{rs}^{l,(1)}(t) - \frac{u}{b}\right)}{dt} &= -b\left(Q_{rs}^{l,(1)}(t) - \frac{u}{b}\right)\end{aligned}$$

$$\text{令 } Q_{rs}^{l,(1)}(t) - \frac{u}{b} = \varpi$$

$$\int \frac{d\varpi}{\varpi} = -b \int dt$$

$$\text{則 } \ln \varpi = -bt + \gamma$$

$$\varpi = \gamma_0 e^{-bt} = Q_{rs}^{l,(1)}(t) - \frac{u}{b}$$

由於  $Q_{rs}^{l,(1)}(1) = Q_{rs}^{l,(0)}(1)$ ，令  $t=1$ ，可得

$$\gamma_0 = \left(Q_{rs}^{l,(0)}(1) - \frac{u}{b}\right)e^b$$



可得白化方程式之解

$$Q_{rs}^{l,(1)}(t) = \left(Q_{rs}^{l,(1)}(1) - \frac{u}{b}\right)e^{-b(t-1)} + \frac{u}{b} \quad (11)$$

進一步利用白化方程式之解進行各產業在各起迄對之貨運量預測

$$\hat{Q}_{rs}^{l,(1)}(n+n') = \left(Q_{rs}^{l,(1)}(1) - \frac{u}{b}\right)e^{-b(n+n'-1)} + \frac{u}{b} \quad (12)$$

其中  $\hat{Q}_{rs}^{l,(1)}$  為預測值，而  $n'$  為預測的步距，但上述之式子是經過累加生成處理後所得之預測值，因此必須將該值透過反累加生成運算，使得原始數據之預測值  $Q_{rs}^l$ ，即

$$\begin{aligned}\hat{Q}_{rs}^{l,(0)}(n+n') &= \hat{Q}_{rs}^{l,(1)}(n+n') - \hat{Q}_{rs}^{l,(1)}(n+n'-1) \\ &= \left( Q_{rs}^{l,(0)}(1) - \frac{u}{b} \right) (1 - e^b) e^{-b(n+n'-1)}\end{aligned}\quad (13)$$

因此，航空貨運公司  $m$  在  $r-s$  起迄對中，以航線  $p$  所載運產業  $l$  的預測貨運量為  $q_{rsp}^{m,l} = Q_{rs}^l S_{rsp}^{m,l}$ ；在  $r-s$  起迄對上，產業  $l$  藉由航空貨運業者  $m$  所運送之預測貨運量為  $q_{rs}^{m,l} = \sum_p q_{rsp}^{m,l}$ 。各起迄對不同產業的貨運量可提供航空貨運業者瞭解需求，在不同運送路線中可能有不一樣的核心顧客，給貨運業者在各起迄對可服務之主要客群一參考依據，以決策其所應提供之設施與各服務特性。例如在生鮮產業為主之航線，可能著重於溫層設施之提供；而在電子產業為主之路線，可能強調其快速與準時等特性；使航空貨運業者除了基本服務以外，更可滿足不同客群之特殊需求。

由於不同產業的產品特性與產品價值各有所差異，因此本研究首先衡量各產業對於航空貨運業者之選擇行為，再加上各產業之成長速度不同，因此各產業在整個經濟體中的佔有比例逐年變動，對於航空貨運的需求量變化因而不一，在加總整個市場對於目標航空運輸業者的需求量時，必須衡量各產業的市場大小，將農林漁牧業中的生鮮產業、電子產業、紡織衣著業或機械產品等各個產業之航空貨運需求量加總分析總體市場之需求量。故在  $r-s$  起迄對上，藉由航空貨運公司  $m$  所運送之貨運量為  $q_{rs}^m = \sum_l q_{rs}^{m,l}$ 。對於供給者而言，在規劃航線班機時，必須考量各航線需求量之多寡，以配合決定承載率、各機型大小與航班頻次；因此本研究分析目標航空貨運業者在  $r-s$  起迄對，路線  $p$  的預測貨運量  $q_{rsp}^m$  為

$$q_{rsp}^m = \sum_l Q_{rs}^l S_{rsp}^{m,l} \quad (14)$$

## 第四章 航空貨運網路設計模式

在分析各起迄對之需求量後，本研究進一步探討航空貨運公司在追求利潤最大化，以及考量供需互動關係之最適基本費率、機型與航線頻次決策。本研究定位為長期規劃，因此不深入探討如何訂價，僅著重於基本定價之決策，而基本費率係根據營運成本決定。在調整提供之頻次後，會影響需求者的運具選擇決策，再次改變航空運輸需求量，進而供給者須再次調整在各航線中，應提供的機型與班次多寡。

航空業者在進行航班頻次與機型大小之規劃時，需要考量其實際營運的限制，例如該航空業者擁有之機隊大小以及規劃的航班頻次所提供之運輸容量是否足以因應各產業之航空貨運量。由於每架航機無法隨時隨地都可以運送貨品，因此航空業者所擁有的機隊規模大小，影響各架航機每周所能飛行的頻次，在各航線上必須規劃適足的航班頻次。另外，營運成本的多寡取決於飛行距離、不同機型的營運成本、處理貨品成本以及容量利用率；因此營運成本與容量利用率也成為航空業者規劃的重點之一，這些因素影響航空業者基本費率的訂定，也就關係到貨運業者的利潤多寡。當利用率低時，每趟飛行所載運的貨物量較少，可能使得收益不足以支付航機每次營運所需花費的基本成本，而導致虧本的情況。當頻次少時，航空貨運業者可能會失去部分注重存貨成本的貨主；當頻次多時，可能吸引更多的需求量，但是過多時，使得容量利用率低，也就發生上述虧損情形，所以對於航空貨運業者而言，頻次與容量利用率之間的衡量成為重要議題。

### 4.1 航線頻次

航班頻次與容量利用率通常呈現反向關係，在機型不變且貨運量固定的情況下，航空貨運業者所規劃之頻次低時，每架航機所載運的貨物會相對較多，增加每架班機的容量利用率，可有較多的收益，然而較少的航班頻次可能降低航空貨運業者對貨主的服務水準，甚至可能失去部分客群。相反地，若要提高服務水準，

以較高頻次來吸引需求者時，可能只對於產品價值高或急迫性之產品而言，有較明顯的效果，容量利用率因而較低，航空貨運業者則須承擔部份的營運成本，甚至可能導致虧損。因此航空貨運業者在規劃航班頻次時，服務水準與航班頻次之間的權衡取捨，即成為規劃過程中必須謹慎考量的因素。

航空貨運公司在同一起迄對中，可能服務不只一條路線，從起點可能經過不同的轉運站抵達迄點，而各航空貨運公司在機隊規劃時，為服務不同航線的需求，通常機隊會涵蓋不同大小之機型。令  $h_{rspw}^m$  為目標航空貨運公司在  $r$ - $s$  起迄對的航線  $p$ ，提供機型  $w$  的頻次，因此在  $r$ - $s$  起迄對的航線  $p$  上，航空貨運公司  $m$  提供所有機型的頻次為  $h_{rsp}^m = \sum_w h_{rspw}^m$ 。貨主在選擇運具時，衡量其運送至某迄點之存貨成本，因此只考慮供給者在各起迄對的頻次，不論機型或是路線，而航空貨運公司  $m$  在  $r$ - $s$  起迄對上，所提供之頻次為  $h_{rs}^m = \sum_p h_{rsp}^m$ 。

由於航空貨運業者所提供之航線，即使相同起迄對亦可能航行經不同轉運點；同樣地，不同起迄對可能皆會經過某一特定航段，因此目標航空貨運公司在規劃各航段班機頻次  $N_{aw}^m$  時，必須衡量所有以機型  $w$  行經航段  $a$  的頻次：

$$N_{aw}^m = \sum_{r,s} \sum_p \sigma_{a,p,w}^{r,s} h_{rspw}^m \quad (15)$$

$$\sigma_{a,p,w}^{r,s} = \begin{cases} 1, & \text{當機型 } w \text{ 從 } r \text{ 點至 } s \text{ 點時，經過路線 } p \text{ 中的航段 } a \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中  $\sigma_{a,p,w}^{r,s}$  為指標變數，表是否由機型  $w$  行經路線  $p$  中的航段  $a$  運送貨品，當一機型為  $w$  的航機飛行  $r$ - $s$  起迄對的路線  $p$ ，其中行經航段  $a$  時， $\sigma_{a,p,w}^{r,s}$  的值為 1，代表一特定航線頻次  $h_{rspw}^m$  經過航段  $a$ ；相反的，當該航機並未經過航段  $a$  時， $\sigma_{a,p,w}^{r,s}$  的值為 0，表示  $h_{rspw}^m$  頻次不存在。因此目標航空貨運公司在航段  $a$  所提供所有機

$$\text{型之頻次為 } N_a^m, \quad N_a^m = \sum_w N_{aw}^m = \sum_w \sum_{r,s} \sum_p \sigma_{a,p,w}^{r,s} h_{rspw}^m。$$

前一章節所提到各起迄對各航線之需求量預測為  $q_{rsp}^m$ ，因此目標航空貨運業者在航段  $a$  預測之貨運需求為  $q_a^m$ ， $q_a^m = \sum_{r,s} \sum_p \sigma_{a,p}^{r,s} q_{rsp}^m$ ，其中  $\sigma_{a,p}^{r,s}$  同樣為指標變數，由  $r$  點至  $s$  點之貨運量經由  $p$  路線運送，且經過航段  $a$  則  $\sigma_{a,p}^{r,s}$  為 1，反之則為 0：

$$\sigma_{a,p}^{r,s} = \begin{cases} 1, & \text{由起點 } r \text{ 至迄點 } s, \text{ 經由路線 } p \text{ 的航段 } a \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

航空貨運業者在規劃其各航段所應提供之頻次時，衡量其預定的容量利用率  $\delta_w$ ，使提供之容量得以符合需求量，因此航段的供給運量為  $\sum_w U_w \delta_w N_{aw}^m$ ，必須大於或是等於預測運量  $q_a^m = \sum_{r,s} \sum_p \sigma_{a,p}^{r,s} q_{rsp}^m$ 。另外，航空貨運業者  $m$  所擁有的機隊數有限，因此必須衡量各航機被佔用情況，令  $t_{aw}^m$  為目標航空貨運業者在航段  $a$  上機型  $w$  的佔用時間(block time)，加入衡量機型  $w$  的機隊數  $Y_w^m$ ，即為機型  $w$  的總航機使用率(utilization)必須小於或是等於最大可提供的使用率  $\theta_w^m Y_w^m$ ，其中  $\theta_w^m$  為機型  $w$  最大可利用率，即  $\sum_a t_{aw}^m N_{aw}^m \leq \theta_w^m Y_w^m$ 。

## 4.2 營運成本

一般而言，航線的營運成本包含航空業者在進行運送服務時所需支付的各種費用，例如航機營運成本以及機場使用費。航機的營運成本包括飛行成本，例如油料成本、勤務人員費用等，飛機維修費用以及折舊費用等，通常和機型大小以及飛行之距離相關；而機場使用費則包含起降費用、地勤場地設備使用費、停留費以及安全服務費等，通常與航機大小以及重量有直接關係。

本研究將航空貨運公司的營運成本包含兩部份，一部分為與機型相關的直接成本，隨機型或距離而有所不同，涵蓋所有與飛機營運相關的費用；飛航的營運

成本  $C_{aw}^D$  分為不隨飛行距離改變的固定營運成本以及隨著飛航里程數而有所不同的變動營運成本。當飛行距離長時，直接營運成本多；一特定機型飛行次數多時，其直接營運成本也相對提高。 $C_{aw}^D$  為航機  $w$  在航段  $a$  之直接營運成本

$$C_{aw}^D(N_{aw}^m) = (\alpha_w + \beta_w d_a) N_{aw}^m \quad (16)$$

其中， $d_a$  為航段  $a$  的距離， $\alpha_w$  與  $\beta_w$  為特定機型  $w$  成本的參數， $\alpha_w$  為航機  $w$  的固定營運成本， $\beta_w$  為航機  $w$  的變動營運成本，因此航機  $w$  在航段  $a$  上飛航一次所需花費的營運成本為  $\alpha_w + \beta_w d_a$ ， $N_{aw}^m$  為航段  $a$  上機型  $w$  的頻次，則  $\sum_w C_{aw}^D(N_{aw}^m)$  為航段  $a$  上所有航班頻次的總直接營運成本。另一部分為處理貨品的間接成本，與處理費用和容量利用率有關；當運送的預設運量多時，其間接成本高；同樣地，飛行的次數多時，間接營運成本也高。 $C_a^I(N_{aw}^m)$  則是航段  $a$  的總間接營運成本，其數學式為

$$C_a^I(N_{aw}^m) = c_h \sum_w U_w \delta_a N_{aw}^m \quad (17)$$

其中， $c_h$  為每單位處理成本， $U_w$  為機型  $w$  的容量， $\delta_a$  為航段  $a$  預計的容量利用率。因此各航段的總營運成本  $C_a^T(N_{aw}^m)$  為

$$C_a^T(N_{aw}^m) = \sum_w C_{aw}^D(N_{aw}^m) + C_a^I(N_{aw}^m) \quad (18)$$

營運成本的計算可提供分析航空貨運業者各航線單位費率的訂定，再藉由運費與運量的多寡求算收益，探討收益與營運成本之差，也就是航空貨運業者的總利潤多寡，而在本研究之網路設計模式，主要以追求利潤最大化下，求得最適之各航線之航班頻次以及單位費率。

### 4.3 網路設計模式

本研究假設航空貨運業者以追求利潤最大化為目標，並考慮貨運業者於規劃中所需衡量之因素，例如上述所提到之可用機型與機隊大小等因素，以及各航線上之需求貨運量，得以規劃各貨運航線之最適航班頻次與基本費率。目標航空貨運公司  $m$  之總收益可表示為  $\sum_{r,s} \sum_p f_{rsp}^m q_{rsp}$ 。故本研究之網路設計模式之數學表示

式可構建如下，式(19a)-式(19g)：

$$\text{Max} \quad \pi_m = \sum_{r,s} \sum_p f_{rsp}^m q_{rsp} - \sum_a C_a^T (N_{aw}^m) \quad (19a)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_w U_w \delta_a N_{aw}^m - \sum_{r,s} \sum_p \sigma_{a,p}^{r,s} q_{rsp}^m \geq 0 \quad \forall a \quad (19b)$$

$$N_{aw}^m = \sum_{r,s} \sum_p \sigma_{a,p,w}^{r,s} h_{rspw}^m \quad \forall a, u \quad (19c)$$

$$q_{rsp}^m = Q_{rs}^l S_{rsp}^{m,l} \quad \forall r, s, p \quad (19d)$$

$$\sum_a t_{aw}^m N_{aw}^m \leq \theta_w^m Y_w^m \quad \forall w \quad (19e)$$

$$f_{rsp}^m = (1 + \bar{r}_{rsp}^m) \frac{C_{rsp}^T}{\sum_w U_w \delta_p N_{rspw}^m} \quad (19f)$$

$$N_{aw}^m, h_{rspw}^m \geq 0 \text{ and are integers.} \quad (19g)$$

其中，式(19a)為追求利潤最大化的目標式，決策變數為各航段不同機型之航班頻次  $N_{aw}^m$ ，以及各起迄對之航線單位基本費率  $f_{rsp}^m$ ；式(19b)表示航空貨運業者所規劃之航班頻次與所使用之機型，能夠提供足夠的運輸容量，各航段所提供之容量必須大於或是等於需求運量；式(19c)則說明航線頻次與航段頻次之間的關係，即所有路線經由某一特定航段特定機型的頻次和；由於本研究主要探討航空

貨運業者之頻次規劃，會受到需求量變動而改變決策，而式(19d)即為航空貨運業者  $m$  在  $r-s$  起迄對經由路線  $p$  預測的航空貨運需求量；式(19e)衡量目標航空貨運業者所擁有之各機型的機隊數，其各機型的總佔用率必須小於或是等於最大可使用率；式(19f)表示單位基本運費之數學式，取決於單位營運成本與預定賺取之單位利潤；式(19g)則為限制航線頻次與航段頻次必須為非負的整數值。

本研究著重於長期的航空網路規劃，因此在費率方面僅探討基本費率，各航線的營運成本影響到航空貨運業者基本費率的訂定，假設各航線基本費率等於或是大於其平均航線營運成本。根據式(18)之各航段的總營運成本函數，可得知起迄對  $r-s$  的航線  $p$  總營運成本如式(20)

$$\begin{aligned} C_{rsp}^T(h_{rspw}^m) &= \sum_w C_{rspw}^D(h_{rspw}^m) + C_{rsp}^I(h_{rspw}^m) \\ &= \sum_w (\alpha_w + \beta_w d_{rsp}) h_{rspw}^m + c_h \sum_w U_w \delta_p h_{rspw}^m \end{aligned} \quad (20)$$

其中， $h_{rspw}^m$  為目標航空貨運業者  $m$  在  $r-s$  起迄對的航線  $p$  上，機型  $w$  的頻次數， $d_{rsp}$  為起迄對  $r-s$  路線  $p$  的運送距離， $\delta_p$  則是航線  $p$  預設的容量利用率， $c_h$  為每單位處理成本， $U_w$  為機型  $w$  的容量。

各航空貨運業者決定其單位貨物所賺得的利潤，須衡量平均每單位貨物之營運成本，可將其單位貨物基本費率  $f_{rsp}^m$  表示為式(21)，考量各航線的機型、航程距離、預測的容量利用率、航線的總營運成本以及航空貨運業者在訂定基本運費時的運輸成本定價乘數；依照此基本費率之訂定，可代入目標式(19a)，再根據(19a)-(19g)即可求得各路線之基本費率以及航線頻次。

$$f_{rsp}^m = (1 + \bar{r}_{rsp}^m) \frac{C_{rsp}^T}{\sum_w U_w \delta_p N_{rspw}^m} \quad (21)$$

在航空貨運業規劃航班頻次時，必須衡量該業者之經營策略，考量提供之頻次多寡、機型大小與預訂的容量利用率；如航空貨運業者提供較大機型，則可能

提供較少頻次，這種策略可降低單位營運成本，也就是說其單位基本費率較低，但是由於航班較少，需求者就必須要承擔較多的存貨成本，因而可能降低選擇機率；相反地，若航空貨運業者提供較多班次的小型航機以滿足需求量，使得單位基本費率較高，但卻因頻次較高使貨主的貨物不須等候很久即可運送至目的地。由此可知，基本費率與航班頻次之間抵換的關係，影響需求者之選擇行為決策，因此航空貨運業者必須決定其營運策略，可考量不同航線之目標客群，以決策其預設的容量利用率，並決定航線班機頻次與機隊大小。

藉由上述之需求模式探討廠商(貨主)的選擇行為，進而分析航空貨運需求運量；需求模式的構建，以求得目標航空貨運業者對於不同產業而言，各航線之市場佔有率(式(1)-式(3))，再藉由各航線預測量(式(4)-式(13))，可估算目標航空貨運業者各航線之個別產業貨運量，以瞭解不同產業在不同航線市場中成長發展情形；再加總不同產業之貨運量，即得以分析各起迄對之航空貨運量。進一步代入供給模式以分析供給者之航空網路規劃(式(19a)-式(19g))。然而，當供給者一旦決定其所提供之單位基本費率與頻次後，即影響貨主的選擇，以至於改變目標航空公司在各航線的佔有率，使得貨運量有所變動，再次影響供給者衡量應提供之頻次與基本費率。

#### 4.4 供需互動

供需互動模式為整合上述之需求模式以及供給模式，分析貨運量需求與航班頻次和基本費率相互影響的關係。首先以目前各航空貨運公司所提供之基本費率以及航班頻次為起始值，貨主根據產品價值、運送時間、起迄點距離、產品價值存貨比，分析各產業之貨主在不同起迄對中對於各航空貨運公司的選擇機率(式(1)-式(3))。再以 GM(1, 1)時間數列預測模式(式(4)-式(13))估算預測年各產業的航空貨運量，在加總各產業之貨運量後，可求得各航空貨運業者在各起迄對預測之貨運量。將預測之航空貨運量代入供給模式(式(19a)-式(19g))，在追求利潤最大化之情況下，求算航空貨運業者最適之航班頻次與基本費率(式(21))。當航空貨運業者在決定其最適頻次與費率後，可能與初始值有所差異，因而使得貨主改變其決策，並影響到各航空貨運業者在各航線的市場佔有率。而其他競爭航空貨運

業者同樣以上述之供需互動模式，求算其市場佔有率、基本費率與頻次。當供需互動模式達均衡時，其解即達到收斂；也就是說，當航空貨運業者所提供之費率與頻次不會使貨主改變選擇時，航空貨運量不再改變，因此供給者不會再調整其所提供之基本費率與頻次，以追求最大利潤，此時即為供需互動模式達均衡。求解步驟說明如下：

STEP 1. 預測各起迄對之各產業航空貨運量  $Q_{rs}^l$  (式(4)-式(13))。將目標航空貨運業者  $m$  目前所提供之頻次  $h_{rspw}^m$  與基本運費  $f_{rsp}^m$ ， $\forall r, s, p, w$ ，以及其他競爭者之  $h_{rsp}^x$  和  $f_{rsp}^x$ ， $x \neq m, \forall r, s, p$  當作起始值。

STEP 2. 在第  $i$  次求算將  $h_{rspw}^{mi-1}$  與  $f_{rsp}^{mi-1}$ ， $\forall r, s, p, w$  以及  $h_{rsp}^{xi-1}$  和  $f_{rsp}^{xi-1}$ ， $x \neq m, \forall r, s, p$  代入需求模式(式(1)-式(3))中，以估算各航線在不同產業之市場佔有率，並以灰色預測模式預測各起迄對各產業之空運量，再加總不同產業求算出各航線之貨運量。

STEP 3. 將 STEP 2.之貨運量代入供給模式(式(19a)-式(19g))以及式(20)與式(21)，求算出其利潤  $\pi_m^i$ 、各航線之最適航班頻次  $h_{rspw}^{mi}$ ， $\forall r, s, p, w$  以及基本單位費率  $f_{rsp}^{mi}$ ， $\forall r, s, p$ 。

STEP 4. 若  $\left| \frac{\pi^i - \pi^{i-1}}{\pi^i} \right| < \varepsilon$ ，則結束求解過程並輸出結果；否則，令  $i = i + 1$ ，

回到 STEP 2.。

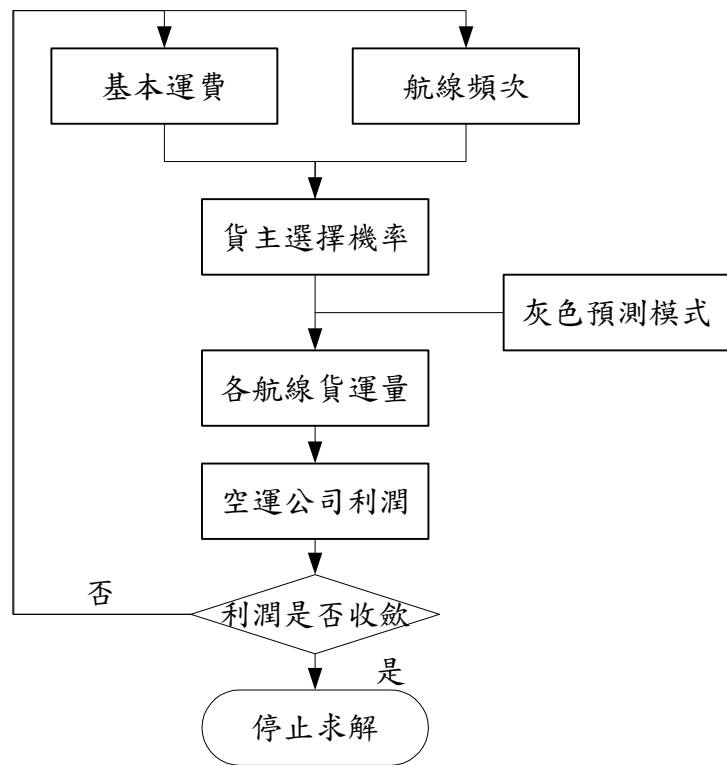


圖 4.1 供需互動求解示意圖



## 第五章 案例分析

本研究主要由個別產業選擇行為，加總探討總體航空貨運業之需求量，進而分析在考量需求量之情形下，需求量對於航空貨運業者營運決策之影響，提供航空貨運業者在長期對於航線頻次安排與機型指派等決策之參考依據。本研究在需求面之研究對象主要為以航空運輸方式運送的出口貨品，例如電子、精密器械產品、生鮮冷凍產品或是紡織品等產業皆包含在內，這些產業通常具有較高的單位產品價格，或是產品具有時效性或需要即時運送之特性。台灣地區之航空貨運主要由中正國際機場出發，2000 年中正國際機場總出口航空貨運量為 592,762,167 公斤，2003 年出口貨運量為 587,607,749 公斤，故本研究以台北為起點之航空貨運市場為研究範圍；國家經濟成長主要依靠出口成長的帶動，因此以出口至各國貨品種類之變化與數量之改變為範例。而供給面之研究對象為航空貨運業者，以不同航線之主要航空貨運業者，大多為一般航空公司(如中華航空與長榮航空)之貨運部門，分析需求量的變化如何影響航空貨運業者航班頻次與基本費率的決策。

為瞭解模式的運作情形以及證實模式之可行性，本研究主要以台北為起點之航空貨運市場為研究範圍，為分析全球經濟市場分工有所變化，強調出口至各國貨品種類之變化與數量之改變，台灣地區主要出口國家為中國與香港地區、日本以及美國地區，2000 年之出口比例分別為 11%、14%與 29%，2003 年則分別為 20%、14%與 22%。為探討運送距離長短對於貨主選擇運送方案之決策影響，因此將迄點部份設定為香港、日本以及美國的安克拉治等地，但由於資料蒐集受限，本研究主要以直航航線進行範例分析。本研究收集航空貨運業者之運送費率、運送時間與航機班表等數據資料，進而蒐集中正國際機場在航空貨運業部份各產品至他國的貨運量，以及各產業之貨品的產品價值，以分析各產業之產品價值分布。

表 5.1 為 2000 至 2003 年之平均單位產品價格以及其標準差，可發現紙業與化學橡膠業之產品單位價格偏低，再加上一般此類貨品的急迫性不顯著，因此通

常其存貨成本較小，對於頻次的多寡重視程度相對於電子產業而言可能較低。本研究之農林漁牧業主要著重於需要以航空運送方式之農產品，例如生鮮、花卉產品具有時效性之貨品，且單位價格甚至比食品紡織業之貨物要來的高，所以頻次與運送時間的多寡對運送農產品的貨主而言頗為重要，在決策運送方式時，可能會偏重於選擇頻次多的業者，對於運費的多少可能較為不在意。質輕價高的電子產業平均單位價格相當高，包括單位公斤低於美金一元的陰極射線管，甚至是單位公斤超過千元美金的晶圓，各產品的單位價格差異很大。就台灣地區而言，電子產業為航空出口主要貨品，佔總體出口的 90%，是影響各航空貨運業者運量的重要產業；其次為精密機器與機械產品、紡織衣著以及農林漁牧產品(如生鮮產品)等。由於紙業與化學橡膠業多半產品重量大，藉由航空貨運方式運送貨品容易使得總運輸成本很高，因此可發現其出口比例逐年下降，尤其以台北運往香港大陸地區的貨運比例明顯減少。

表 5.1 逐年各產業平均單位產品價格

單位：US\$/kg

	農林漁牧	食品紡織	木製品與紙業	化學橡膠業	機械業	電子業
<b>2000 年</b>						
佔整體出口比例	5.67%	2.76%	0.41%	0.21%	6.38%	84.58%
單位價值	33.48	10.76	1.77	0.56	53.39	277.32
標準差	38.49	14.33	1.59	0.43	66.10	796.37
<b>2001 年</b>						
佔整體出口比例	7.02%	2.50%	0.35%	0.15%	8.28%	81.71%
單位價值	35.14	12.28	1.77	0.59	59.18	327.19
標準差	44.11	19.34	0.42	1.68	71.38	768.22
<b>2002 年</b>						
佔整體出口比例	7.44%	1.36%	0.21%	0.09%	3.26%	87.64%
單位價值	24.69	9.37	1.91	0.63	67.39	344.91
標準差	24.10	11.92	0.50	1.92	73.29	751.92
<b>2003 年</b>						
佔整體出口比例	6.19%	0.75%	0.17%	0.06%	2.22%	90.61%
單位價值	23.63	10.06	2.63	2.19	70.05	514.18
標準差	32.52	15.06	4.44	3.76	85.15	1146.60

由於以台灣的中正國際機場為範例，因此個別航線之航空貨運公司選定台籍

航空貨運公司，再選取其餘航空貨運公司中，市場佔有率最大者。以 2005 年為例，如表 5.2 所述，台北至中國與香港地區出口量最大的三家航空貨運公司依序為 CI、BR 以及 CX；台北至日本出口量最多的航空貨運公司為 EG；台北至美國地區出口比例最多的貨運公司則為 CI、BR 與 NW。CI 為台灣籍航空貨運公司，於 1959 年設立，為台灣第一個加入 IATA 會員之航空公司，目前為台灣地區貨運量最大的航空貨運公司；在 2004 年國際貨運航站，遍及全球 40 個航點，包括越洋線 50 班、歐洲線 37 班以及亞洲線 93 班，全貨機擁有數 15 架，皆為 B747-400F，積極開發高收益產品(如快遞貨品)，與其他航空貨運業者聯航，並期望藉由簡化機型的方式，降低維修等營運成本。BR 同樣為台灣籍航空貨運公司，成立於 1989 年，貨運出口量為台灣第二大，2004 年截止擁有 MD-11 全貨機 13 架，與 747-400 全貨機 4 架；超過一半的貨運營收來自美洲線，而貨運噸數最多的為亞洲航線。CX 於 1946 年在香港成立，2004 年底共擁有 7 架 B747-200F 與 5 架 B747-400F，主要營業總額來自北亞地區。EG 為日籍航空貨運公司，擁有 10 架 B747-400 全貨機，積極發展亞洲區域內的貨運航線，尤其與中國大陸地區之連結。NW 是美國航空公司內最大的貨運承攬業者，由 1947 年開始發展跨洋航線市場，貨運收益的 77% 來自亞洲區，光是亞洲市場就以 12 架 B747-200F 服務該區市場。

表 5.2 2005 年各航線主要航空貨運公司之市場佔有率

台北至中國與香港		台北至日本		台北至美國	
CI	19.24%	CI	14.11%	CI	29.87%
BR	17.81%	BR	18.40%	BR	42.57%
CX	15.19%	EG	36.15%	NW	8.13%
總計	52.24%	總計	68.66%	總計	80.57%

表 5.3 為各家航空貨運業者在各航線的基本單位費率與每週頻次；其中台北至香港航線以 CI 的基本費率最低，但頻次也最低；BR 的頻次為最高者，單位基本運費偏低，但是使用機型為 B747 與 MD11 各半，可能使得可提供之容量受限；而 CX 的費率偏高，但頻次多且皆為 B747-400F 的航機；其餘之航空貨運業者運送頻次不多，單位基本費率較高。台北至日本東京航線的基本費率與香港航線差距不大，同樣以 CI 以及 BR 的單位基本運費較低；雖然台灣至日本的貨運量就出口國而言，仍為主要出口國家之一，但是相較於香港中國地區之空運量少許

多，因此可發現台籍航空貨運業者在此航線的頻次減少許多，貨運頻次較多者為日籍航空貨運公司以及其餘空運公司。台北至美國安克拉治為台灣地區之主要出口航線，因此 CI 與 BR 在此航線上每週的航班頻次相當多，而運送費率偏高。但是因為此一航線的距離長，對於部分怕腐爛的生鮮產品或是具有高急迫性的產品而言，頻次的多寡重要性遠高於基本費率的高低，因此即使航空貨運業者之單位基本費率較高，仍可能因為其所提供之每週航班頻次多，而吸引許多具有時效性或是期望快速送達之貨品，以提高其市場佔有率。

表 5.3 各航空貨運業者各航線之基本費率與頻次

航空公司	單位基本費率 (US\$/kg)	運送時間 (小時)	頻次(/週)	使用機型
台北至香港				
CI	0.7664	1.75	6	B747-400F
BR	0.7668	1.83	8	B747-400F, MD-11F
CX	0.7716	2	7	B747
others	0.7948	2	6	B747
台北至日本東京				
CI	0.7763	2.75	2	B747-400F
BR <sup>註</sup>	0.7676	2.33	3	B747-400F, MD-11F
EG	0.7965	3	5	B747
others	0.8025	3	6	B747
台北至美國安克拉治				
CI	1.4376	8.5	37	B747-400F
BR	1.4414	8.66	43	B747-400F, MD-11F
NW	1.4183	8.5	6	B747
others	1.4329	8.5	8	B747

註. 此航空貨運業者在日本航線之頻次與單位基本費率以至日本大阪為例

接下來即分別探討不考慮容量限制以及考慮容量下，各航線之市場佔有率，主要以 2003 年為例。首先分析台北至香港航線，此航線距離較短，僅有 932 公里，對於貨主而言，當運送時間較短，其存貨成本不如運送至美國航線那麼明顯，比較容易著重於運輸費用部份，尤其當運送貨物量多時，總運輸成本較高，當產品價格又不高時，一般貨主較不願意以高運費方式運送其低價位之貨品，因此貨主選擇集中於運費較低的兩家航空貨運業者。

表 5.4 各年各產業在台北至香港航線選擇機率

單位：%

	農林漁牧	食品紡織	木製品 與紙業	化學橡 膠業	機械業	電子業	總計
不考慮容量下(2003 年)							
CI	0.03	0.12	0.30	0.05	0.85	25.18	26.52
BR	0.59	0.52	0.20	0.04	11.33	60.80	73.48
CX	-	-	-	-	-	-	-
others	-	-	-	-	-	-	-
考慮容量限制下							
2000 年							
出口比例	2.98	6.68	2.48	0.30	9.71	77.87	100
CI	0.68	2.05	0.57	0.07	2.03	17.79	23.19
BR	0.77	1.74	0.72	0.09	2.86	16.58	22.75
CX	0.77	1.73	0.66	0.06	2.55	23.11	28.88
others	0.79	1.15	0.53	0.08	2.26	20.39	25.17
2001 年							
出口比例	2.16	5.65	1.63	0.21	13.02	77.34	100
CI	0.46	1.55	0.25	0.06	4.16	17.67	24.15
BR	0.52	1.37	0.55	0.05	1.89	20.45	24.83
CX	0.52	1.29	0.41	0.05	2.85	16.26	21.38
Others	0.66	1.44	0.42	0.05	4.12	22.95	29.64
2002 年							
出口比例	1.04	2.16	0.77	0.15	4.97	90.90	100
CI	0.24	0.41	0.17	0.04	1.53	20.04	22.42
BR	0.24	0.60	0.25	0.05	0.79	32.49	34.42
CX	0.35	0.68	0.25	0.04	1.09	23.77	26.18
Others	0.21	0.47	0.10	0.02	1.56	14.61	16.97
2003 年							
出口比例	0.62	0.64	0.5	0.09	12.18	85.98	100
CI	0.14	0.15	0.12	0.02	2.81	25.18	28.43
BR	0.17	0.17	0.14	0.03	3.02	24.76	28.28
CX	0.17	0.17	0.13	0.02	2.47	23.54	26.51
others	0.14	0.15	0.12	0.02	3.87	12.49	16.78

紙業與化學橡膠業者由於單位產品價格低，存貨成本對於總運送成本影響更小，在選擇運送方案時，更容易直接考量運費多寡決定航空貨運業者，然而 CI 與 BR 的單位費率差距不大，所以被選機率大約各相同。BR 部分以較小機型運送貨品，集貨時間可能較短，因此其它產品價格較高的產業並考量存貨比之下，例如生鮮產品或是電子產品大多選擇頻次最高的航空貨運業者運送產品。在了解各產業選擇情形後，考量各產業在此一航線之出口比例，得以加總求算出此航線各航空貨運業者的市場佔有率，因此雖然 BR 在紙業與化學業的市場佔有率較低，但是這些產業的出口量少，而電子產業為台灣地區主要出口貨品，又偏好選擇以高頻次的航空貨運業者，因此 BR 的被選機率約為 75%，如表 5.4 所示。

各航空貨運業者所擁有的機隊大小有所限制，因此在衡量容量限制後，各家航空貨運業者的市場佔有率如表 5.4 所示，由於主要三家貨運業者所提供之容量相近，各家被選機率差異不大。對於 BR 而言，相較於不考慮容量的機率下滑許多，由於 BR 的高頻次與低運費吸引許多顧客，致使 BR 業者在此航線其實具有許多潛在貨運量，若欲擴大至香港的市場佔有率，可考慮增加容量，以較大機型運送貨品，雖然集貨時間可能較久，但其潛在需求量大，且此航段距離短，對於貨主而言所感受到的存貨成本較小，較著重於金錢因素，因此業者可藉由較低的單位基本運費優勢，以增加此航線之市場佔有率。藉由表 5.4 之結果顯示，可看出各家航空貨運公司在台北至香港航線運送貨品種類的結構比例，對於每一家航空貨運公司而言，最主要的運送貨品皆為電子產品，大致上佔有比例呈現成長情形。CI 航空貨運公司所運送的農產品、食品紡織、木製品與化學橡膠業的產品比例愈來愈少，主要受到這些貨品在此航線的出口量降低的原因，機械業的出口運量比例較為不穩定，而由 CI 所運送的電子產業之貨物由 2000 年占 18% 至 2003 年增為 25%。BR 航空貨運公司同樣主要運送產品為電子產品，其次為機械業、食品紡織產品；但農產品與食品的佔有比例愈來愈少。由於 CX 所提供的頻次較多，對於高單位產品價格的貨品而言，能夠降低等候的存貨成本，因此 CX 所運送的電子產品與機械產品比例較為穩定，但其他產品的運量則逐年減少。

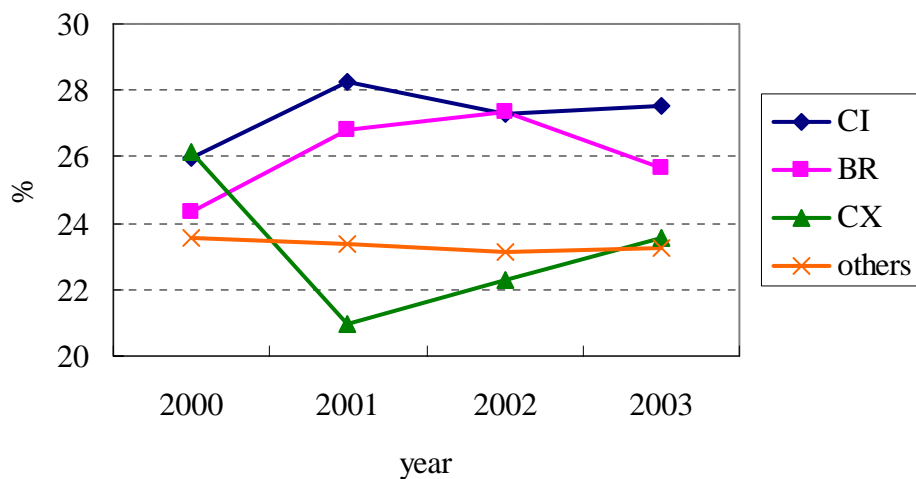


圖 5.1 各航空貨運業者在台北香港航線之市場佔有率

圖 5.1 為逐年貨主對於各航空貨運業者的選擇機率；由於近年來許多電子廠商設廠至中國大陸地區，電子產品的出口比例逐年增加，這一類單位產品價格偏高的貨品，貨主多半期望能縮短運送時間以及等候運送時間，因此如圖所示可發現，貨主逐漸趨向選擇以高頻次的 BR 運送貨品；尤其在 2002 年電子產業之貨品出口比例明顯增加，使得每週班次多的航空貨運業者如 BR 與 CX 在這一年的市場佔有率提升。然而在 2003 年平均貨品價格雖然升高，但是仍有許多產品價格居中的貨品，因此選擇 CI 的貨主增多。再者，當運送的貨品少時，貨主可能因為總運費較少，所以在過去可能選擇頻次較多，而單位基本運費並非最低者，如 CX 航空貨運業者；換句話說，貨運量逐漸增多的情況下，貨主所感受到運輸成本相對提高，而此一航段距離短，貨主所需負擔之存貨成本較少，因此有許多託運者逐漸趨向偏好單位基本運費最低廉的貨運業者。其他航空貨運業者所提供的基本費率為最高，且頻次為最低，但是其選擇機率反而為最平穩，表示其客戶來源較為固定。

再來探討台北至日本東京航線之選擇行為；在不考量容量限制之情形下，可發現單位產品價格低的產業，如紙業以及化學橡膠業仍然偏好選擇單位基本費率最低者，少數在該產業產品價格偏高的貨品選擇以頻次稍多(一週 5 班)且運費稍低的貨運業者。尤其在此航線不同航空貨運業者所提供的服務屬性差異較大，甚至有部分貨運業者一週僅提供兩班至三班的航班，但相對其他貨運業者而言所收取的費用較低，因此易被區分為高頻次或是低運費的不同方案。使農產品、食品業以及電子產品，單位產品價格變異大的貨物偏好選擇價格最低或是頻次最高的方式運送，而沒有選擇服務屬性皆居中的航空貨運業者，主要由於這些產業貨運量較大，總運輸費用較多，使單位產品價格低的貨品選擇以低運費的業者，另外，產品的單位價格偏高的貨品，因為存貨成本也會相對提高，貨主便較為重視頻次多寡因素。CI 在此一航線由於每星期之航班少，且基本單位運費並非最便宜者，因此無法成為貨主在運送貨品時的第一考量。在考量各產業之比例下，貨主較偏好於選擇 BR 或其他航空貨運公司，如表 5.5 所示。另外藉由此表可發現，BR 受到航權限制與考量需求量的情形下，其所提供之容量較少，選擇機率下降許多，若能在此航線爭取新的航權亦或增加航班數，或是改以較大的航機運送貨品，得以增加其在台北至日本航線的市場佔有率。台北至日本航線對於台籍航空公司而言並非主要市場，所安排的頻次較少；但是對於日籍航空公司而言，則規劃較多的航班頻次，因此可明顯發現選擇機率較高。

由於 CI 往日本東京的頻次少，隨著許多產業的單位產品價格提高，各產業的佔有比例由 2000 年至 2003 年大多呈現減少的情形；而對於農產品在 2002 年產品價格下降時，由於 CI 的費率低，吸引低產品價格的貨品。BR 航空貨運公司往日本航線的運送貨品，主要為電子產品與農產品，隨著這兩種類別的貨品量逐年增加，BR 藉由低運費的優勢，吸引了部份運量。EG 所提供的頻次高，吸引許多高單位產品價值的貨品，因此電子產業為主要客源。對於具有時效性的生鮮產品、農產品而言，其他航空貨運業者所提供的高頻次為重要選擇因素，因此其他貨運公司在農產品的佔有比例為最高。

因為台灣地區在 2002 加入 WTO，使農產品與食品業的平均單位產品價格呈現逐年下滑趨勢；其他紙業、化學橡膠業、機械與電子產業的平均單位產品價

格逐年成長，再加上現今科技進步，業者講求效率之情形下，對於存貨成本愈來愈重視。由圖 5.2 可發現，由於台北運送往日本地區農產品的貨運量增多(佔該航線出口量的 33%~42%)，此類產品具有明顯時效性的特性，尤其在 2002 年平均單位價值提高，貨主對於存貨成本的重視程度可能因此而提高許多，因此可以發現在 2002 年頻次最高的航空貨運公司其選擇機率大幅成長；而後農產品的產品價格下降，而 EG 與其餘航空貨運公司所提供的頻次差異不大，因此選擇機率開始呈現較為相近的情形。另外，CI 與 BR 在日本航線所提供的頻次較少，所能服務的容量也就較小，因此貨主選擇這兩家航空貨運公司機率偏低。

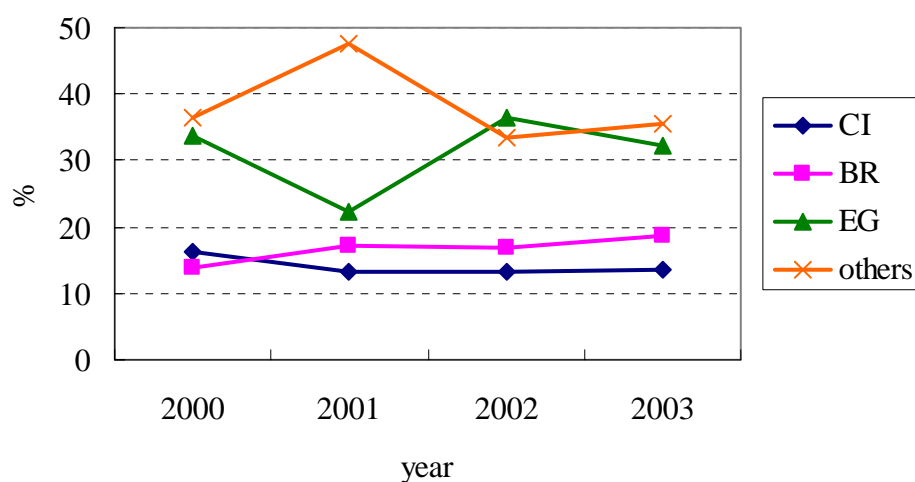


圖 5.2 各航空貨運業者在台北至東京航線之市場佔有率

表 5.5 各年各產業在台北至日本航線選擇機率

單位：%

	農林漁牧	食品紡織	木製品 與紙業	化學橡 膠業	機械業	電子業	總計
不考慮容量下(2003 年)							
CI	-	-	-	-	-	-	-
BR	8.72	0.03	0.01	0.01	0.17	19.88	28.81
EG	3.61	0.01	0.0001	0.0004	0.97	7.80	12.38
others	25.92	0.01	-	0.002	-	32.88	58.81
考慮容量限制下							
2000 年							
出口比例	33.27	0.46	0.12	0.18	4.76	61.22	100
CI	4.46	0.06	0.02	0.03	0.63	10.98	16.19
BR	5.23	0.06	0.02	0.02	0.85	7.53	13.71
EG	3.93	0.17	0.04	0.07	1.86	27.66	33.73
others	19.64	0.17	0.04	0.07	1.40	15.05	36.37
2001 年							
出口比例	37.57	0.21	0.04	0.06	5.62	56.50	100
CI	4.97	0.03	0.01	0.01	0.78	7.47	13.26
BR	6.44	0.04	0.01	0.01	0.87	9.75	17.12
EG	4.29	0.07	0.01	0.01	1.97	15.81	22.17
Others	21.87	0.08	0.01	0.03	2.00	23.46	47.45
2002 年							
出口比例	42.07	0.08	0.01	0.02	1.95	55.86	100
CI	5.56	0.01	0.001	0.003	0.27	7.42	13.27
BR	6.59	0.01	0.002	0.002	0.34	9.98	16.92
EG	14.82	0.03	0.003	0.01	0.66	20.83	36.35
Others	15.10	0.03	0.003	0.01	0.69	17.64	33.47
2003 年							
出口比例	38.25	0.04	0.006	0.01	1.14	60.56	100
CI	4.64	0.01	0.001	0.001	0.21	8.65	13.51
BR	7.26	0.01	0.001	0.001	0.17	11.22	18.66
EG	12.61	0.01	0.002	0.003	0.36	19.30	32.28
others	13.74	0.01	0.002	0.004	0.40	21.39	35.55

同樣分別探討在不考量容量與考慮容量限制之情形下，以瞭解各航空貨運公司在台北至安克拉治航線上是否有擴展市場佔有率的機會。由於 CI 的運送時間最短，且運送頻次高，因此多數貨主選擇以此航空貨運業者運送貨品。而低單位產品價格的產業，如食品、紙業以及化學產業仍然選擇運費最低的方式(NW)。此航線主要運送的貨品為農產品、機械業以及電子產品，這一些貨品對於存貨成本的重視程度較高，因此總體來說偏好選擇每週頻次高的航空貨運業者，使得 CI 的市場佔有率相當的高，因此在台北至安克拉治航線對於 CI 而言，具有許多潛在需求量(表 5.6)。

由表 5.6 可看出，各家航空貨運公司最主要的客源來自於電子產業。CI 航空貨運公司運送時間短、運費偏低且頻次較多，隨著電子產業的單位產品價格提高，所運送的電子產品比例逐年上升。BR 的頻次為此航線最多的航空貨運公司，因此電子貨品出口佔有比例為最高，同時也使 BR 航空貨運業者在各年的市場佔有率都是最大的。由於木製品與紙業以及化學橡膠業的出口比例愈來愈少，加上單位產品價格很低，對於存貨成本感受程度小，所以至 2003 年時，各家航空貨運公司這一類商品的佔有比例差異不大。其他航空貨運公司由於頻次偏低、價格偏低，僅維持一定的客源，因此其市場佔有率並未像 CI 或 BR 航空貨運公司，明顯受到電子產品出口比例變動，而改變其市場佔有率。

由台灣地區出口至美國地區主要運送至美國安克拉治，而最主要的出口貨物則為電子產品，出口比例超過 90%，且呈現逐年增加的趨勢，甚至在 2003 年高達 97%，因此在此航線貨主的選擇結果，受到電子產業影響最大，甚至可以說電子產業的廠商選擇行為即代表此一航線之結果。因此在考量容量限制下，大部分的貨主選擇以高頻次的航空貨運業者，以達到高科技電子廠商對於即時性的需求，加上此航線運送距離長，若航空貨運業者僅提供每日一班的班次，對於需求者而言，不只是供給量可能不足，且貨主所感受到的存貨成本相當的高。另外由於 CI 所提供的航班機型為 B747-400F，此為大型航機，所能提供的容量較 BR 稍多，且可使平均貨品營運成本降低，讓單位基本費率較低，也因此有較多的市場佔有率。圖 5.3 為各航空貨運公司的選擇機率，由於主要運送產品為電子產業，因此電子產品的單位產品價格逐年增加，而如同前面所言，此航線市佔率明顯受到電子產業貨主決策影響，而且電子產業之貨品每年出口比例仍舊逐年增加，選擇頻次高的 CI 與 BR 兩家航空貨運公司機率也愈來愈多。

表 5.6 各年各產業在台北至安克拉治航線選擇機率

單位：%

	農林漁牧	食品紡織	木製品 與紙業	化學橡 膠業	機械業	電子業	總計
不考慮容量下(2003 年)							
CI	0.01	0.01	0.0004	0.004	1.48	73.07	75.44
BR	-	-	-	-	-	-	-
NW	0.001	0.01	0.01	0.04	0.23	23.92	24.50
others	-	-	-	-	-	-	-
考慮容量限制下							
2000 年							
出口比例	5.16	0.64	0.04	0.08	3.99	94.65	100
CI	1.78	0.22	0.01	0.03	1.31	30.46	33.81
BR	2.75	0.30	0.02	0.04	1.75	39.17	44.03
NW	0.38	0.05	0.003	0.003	0.37	6.37	7.24
others	0.24	0.07	0.01	0.01	0.56	13.97	14.84
2001 年							
出口比例	0.87	0.58	0.12	0.09	6.26	91.74	100
CI	0.29	0.20	0.04	0.03	2.26	34.11	36.93
BR	0.46	0.26	0.06	0.04	2.58	38.20	41.60
NW	0.08	0.05	0.01	0.002	0.53	8.56	9.23
Others	0.04	0.07	0.02	0.02	0.89	10.88	11.92
2002 年							
出口比例	0.91	0.32	0.02	0.07	2.42	96.10	100
CI	0.31	0.11	0.01	0.02	0.44	32.76	33.66
BR	0.42	0.15	0.01	0.03	0.93	41.97	43.51
NW	0.06	0.03	0.001	0.003	0.22	8.39	8.71
Others	0.12	0.03	0.003	0.01	0.83	13.97	13.98
2003 年							
出口比例	0.01	0.02	0.01	0.04	1.71	96.99	100
CI	0.003	0.01	0.003	0.01	0.55	33.70	34.66
BR	0.004	0.01	0.004	0.02	0.76	39.37	40.67
NW	0.001	0.002	0.001	0.004	0.18	10.37	10.67
others	0.001	0.003	0.001	0.01	0.22	13.54	13.94

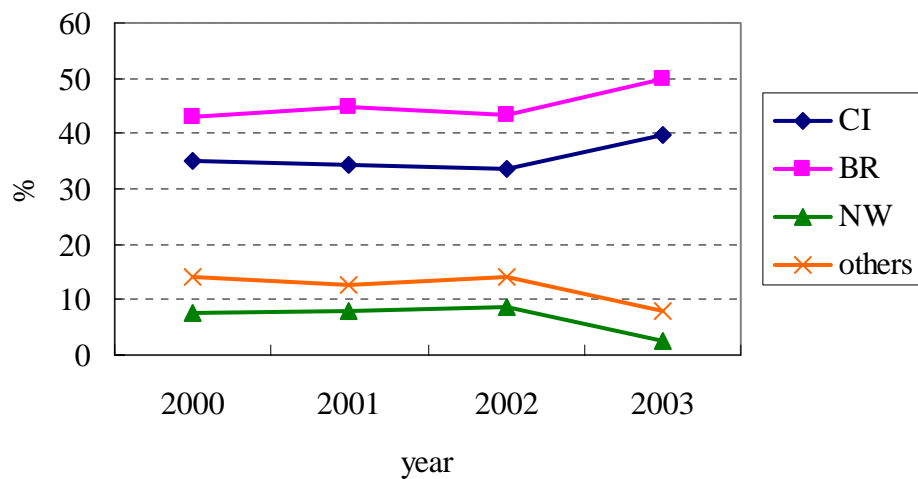


圖 5.3 各航空貨運業者在台北安克拉治航線之市場佔有率

分別探討完各航線擁有不同產業結構下，各航空貨運業者在各年市場佔有率的變化，進一步綜合分析同一航空貨運業者在不同航線下的市場佔有率，以可更清楚瞭解不同航線之貨主偏好，以及各航線之產業結構變化。

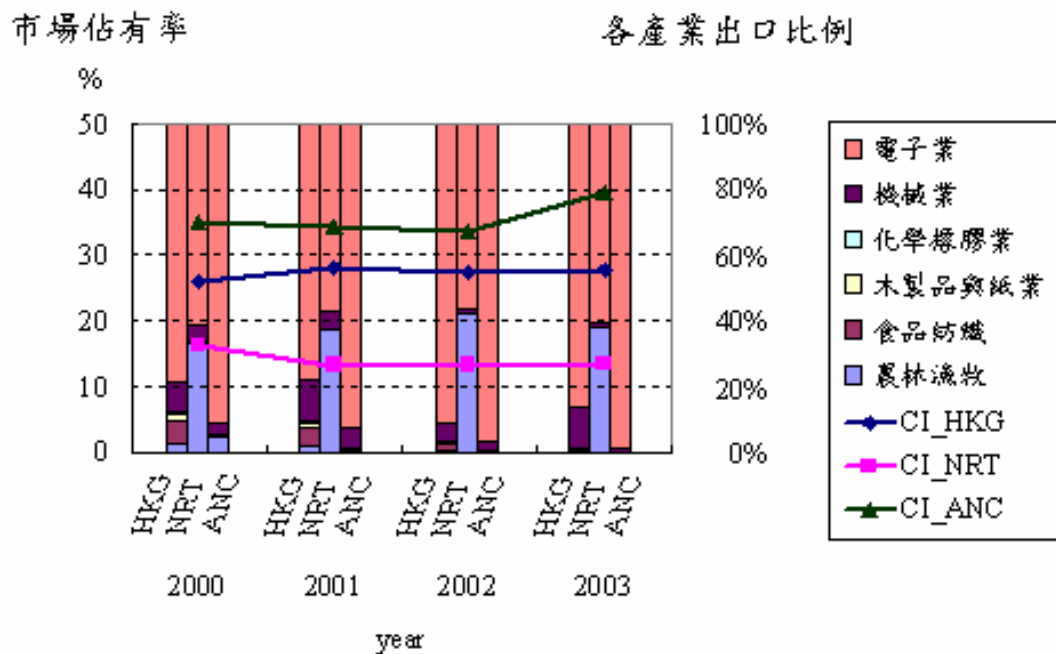


圖 5.4 CI 在各航線之市場佔有率之比較

圖 5.4 中右邊為堆疊直條圖的縱座標，為不同航線上各產業之出口比例逐年

變化之情形，而左邊則為折線圖的縱座標，為 CI 航空貨運業者在不同航線上各年之市場佔有率。由圖中之直條圖更可清楚發現在台北至香港航線，機械與電子產業的貨品出口量愈來愈多，尤其受到許多高科技電子廠商外移，有愈來愈多的貨品運送至香港與中國大陸地區，進行更進一步的生產等步驟。隨著高產品價格在此航線逐年增多，由於 CI 所提供之服務屬性特性為低單位基本運費，雖然可維持其市場佔有率在 25% 以上，但是並沒有因為高價值產品增加，而提高貨主對他們的偏好，各廠商可能因為產品價格逐年增加的情況下，對於頻次的重視程度不斷提高，因此對於低運費的選擇機率只保持在一定的比例，而沒有增加。

對台北至日本東京航線而言，可能因為航權受限，或是日本並非 CI 航空貨運業者的主攻市場，所以在此航線所提供的每週航班頻次僅有兩班，造成在此航線的市場佔有率較低，大約在 13%~18% 之間，隨著具有顯著時效性，怕腐敗的農產品運送至日本的比例逐年增加，使得 CI 在日本航線的市場佔有率略微呈現下降趨勢。在安克拉治航線的主要出口貨物由圖所示，更可明顯看出電子產業的比例逐年增加，且幾乎佔此航線的總貨運量，隨著單位產品價值升高，且高單位產品價格的比例也不斷增加，讓提供高航班頻次的 CI 在此航線的市場佔有率甚至在 2003 年高達將近 40%。在較短航線中，此航空貨運業者雖提供的頻次並非最多，但是因為低廉的單位基本運費吸引了許多需求量；相反的，在長距離航線上，此航空貨運業者雖然單位基本費率並非最低，但是藉著高頻次的特性，擄獲許多貨主選擇該航空貨運業者運送貨品。

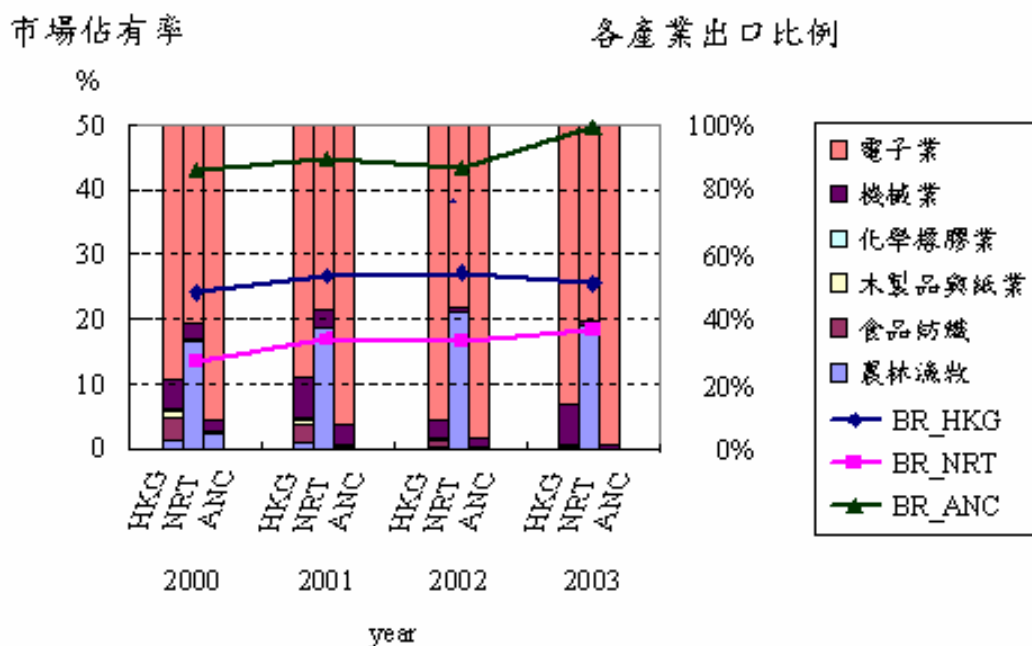


圖 5.5 BR 在各航線之市場佔有率之比較

圖 5.5 的折線圖部分同樣為 BR 航空貨運業者在各航線之市場佔有率。此航空貨運業者在台北至香港航線，藉著低運費吸引客源，再加上其所提供的航班頻次最多，而此航線最主要的出口貨物仍為電子產品，且比例有愈來愈多的走向，使得 BR 航空貨運業者，在 2002 年電子產業出口比例明顯增加的時候，其市場佔有率也同樣增多，此部分需求量大多為原本以 CI 運送貨品的貨主轉移過來，也可由圖 5.4 發現在 2002 年，CI 航空貨運業者在香港航線的市場佔有率稍微下滑的現象，就是因為這一年重視存貨成本的高單位產品價格的貨品改以較高頻次方式運送。

航空貨運業者 BR 至日本地區的航班頻次同樣偏低，因此市場佔有率成長幅度有限，隨著高產品價格的電子產品比例減少，也就是多其他較低單位產品價值的貨物比例增加，所以使部分貨主願意將貨品以低廉單位費率但較低頻次的方式運送，而提高了 BR 航空貨運業者在此航線的市場佔有率。同樣地，因為航空貨運業者 BR 往安克拉治每週班次很多，因此其市場佔有率也很高，甚至因為頻次高於 CI 航空貨運業者，雖然單位基本運費可能較高，但是對於高價值的產品而言，存貨成本的重視程度更高，因此願意以較多的運輸成本，換取更快到達目的地的方式運送。

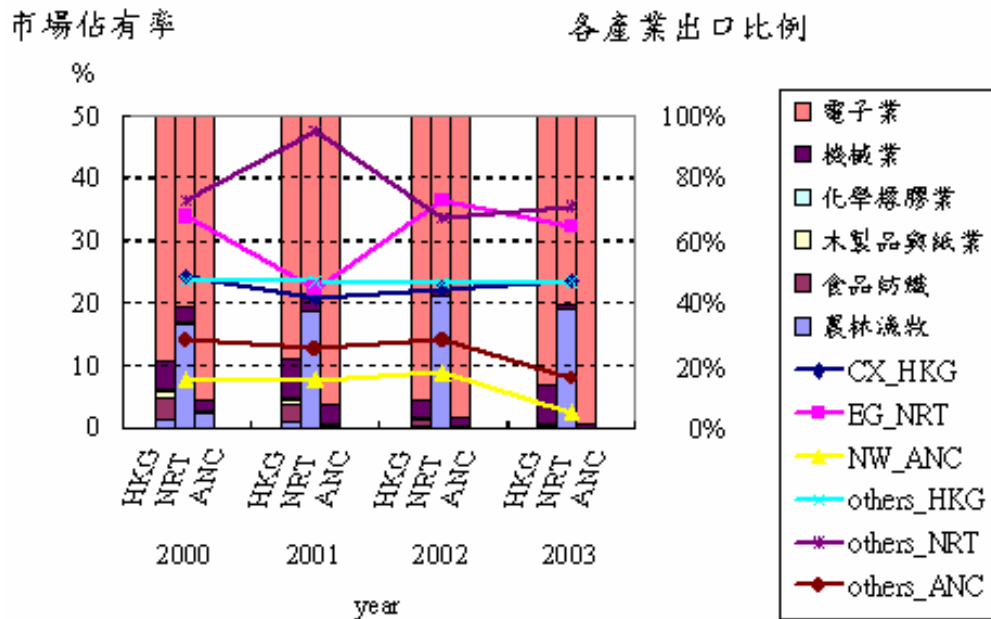


圖 5.6 其他航空貨運業者在各航線之市場佔有率之比較

其他的航空貨運業者皆非台籍的航空貨運公司，因此合併分析於同一圖示中，如圖 5.6 所示。由於在香港航線各家航空貨運業者所提供之頻次差異不大，因此皆可佔超過 20% 的市場佔有率，但仍以低運費的航空貨運業者較佔優勢。而在台北至日本航線而言，台灣地區可能受到航權限制，無法像日籍航空貨運公司可規劃較多航班頻次，因此 EG 以及其他航空貨運公司在運送至日本航線的市佔率較大。至於台北至安克拉治貨主偏好選擇高頻次貨運業者，因此 NW 以及其他貨運公司每週僅安排 6 至 8 班並無法滿足需求，只能吸引部份低產品價格，或是當廠商願意較早出貨給下游廠商時，可能較不在意運送頻次，只要在限定時間送達，此時就可能選擇低費率且低班次的航空貨運公司，以減少總運輸成本。

藉由本研究所建構之需求模式，求算各年不同產業對於航空貨運業者的選擇機率，也就是各航空貨運公司在不同航線上的市場佔有率，進而透過各產業的出口貨運量，即可分析出各年航空貨運業者的航空貨運需求量；為配合供給需求模式之案例分析，在此以 CI 航空貨運業者作為目標航空貨運公司，探討該航空貨運業者在追求利潤最大化之情況下，各航線之單位基本費率以及航班頻次之決策結果。在台北至香港(包含中國大陸地區)的台灣出口總貨運量明顯呈現逐年增加，因此即使目標航空貨運業者可能因為其所提供之頻次偏少，使得質輕價高貨

品增加下，選擇目標航空貨運業者的機率略為下滑，但是在總運送貨運量仍為身高的趨勢，尤其在 2002 年景氣逐漸好轉之情況下，目標航空貨運業者的貨品運送量較前一年成長超過 30%。

在台北至日本航線的目標公司的航空貨運量變化較小，約維持在年貨運量 1 公噸左右。在台北至安克拉治航線上，由於 2001 年 911 事件發生使得台灣出口至美國地區貨運量減少許多，再加上電子產業出口比例提升，使部分貨主轉移改變以更高頻次的方式運送貨物，所以目標航空貨運業者的貨運需求量稍微減少，但在景氣逐漸復甦時，其航空貨運量仍有增加的趨勢。進一步可預測 2004 年不同航線之航空貨運量，由表 5.7 可發現，由於台北至安克拉治的貨運量在各年較為平穩，因此預測誤差僅為 0.66%，而台北至東京航線的誤差則為 10.44%，尚在可接受誤差範圍內；但是在台北至香港(包括中國大陸地區)其誤差高達 57.11%，因為許多企業的工廠在近年來多外移設廠至中國大陸地區，2001 年之貨運量(26,579,259kg)較去年成長 38.25%，因此利用本研究之預測模式所估算的 2004 年貨運量大幅提高，使得與實際值相差甚遠，將在將來研究可進行修正，使結果得以更加準確。

表 5.7 需求模式所預測之航空貨運量

單位：Kg

年份 航線	2000	2001	2002	2003	2004		誤差
					預測值	實際值	
TPE-HKG	16868137	19226069	26579259	32572110	42066447	26774353	57.11%
TPE-NRT	10851811	11723272	11359459	11281671	12012147	13412905	-10.44%
TPE-ANC	61309144	43310094	45174786	50507947	54074258	53721504	0.66%

本研究之需求預測模式著重於探討不同產業之選擇行為，由個體角度進而加總分析總體貨運量的需求，因此比較不將各產業區分時，以灰色預測模式直接預測各航線總體需求量，直接以各年總貨運量預測 2004 年的年貨運需求量，並與本研究之需求模式結果作一比較。表 5.8 即為需求模式之預測量以及僅以灰色時間序列預測模式所預測之貨運量，可以發現由於台北至香港航線在過去幾年貨運成長率激增，致使各預測模式所預測之結果皆會較實際值高估許多。其它台北至日本航線或至安克拉治航線之預測貨運量則以本研究之需求模式結果較為準確，僅以灰色預測模式預測總體貨運量時，由於日本航線的貨運量略微增長趨

勢，使得總體灰色預測模式之結果高估實際值，誤差達 22%；而運送至美國安克拉治的貨運量，則因為意外事件與景氣影響，使過去出口至美國地區運量稍減，致使總量預測結果低估許多。總體來說，本研究根據產業結構改變以及市場分工不同的概念下所建構之需求模式，確實比其他預測模式所求算出之需求貨運量來的準確。

表 5.8 各預測模式預測 2004 年航空貨運需求量之比較 單位：Kg

航線	本研究需求 模式預測值	誤差	總量灰色 預測值	誤差	實際值
TPE-HKG	42066447	57.11%	41548096	55.18%	26774353
TPE-NRT	12012147	-10.44%	16421932	22.43%	13412905
TPE-ANC	54074258	0.66%	38114054	-29.05%	53721504

總述以上之結果，貨主在選擇航空貨運業者時，以其承擔之運輸成本與存貨成本總和最小為準則。在台北至香港航段由於近年來貨運量不斷上升，因此存在許多潛在需求量，而在該航線由於運送距離短，貨主所感受到的存貨成本較小，貨運業者可考量增加頻次並以較大機型運送貨品，降低單位基本運費，以增加市場佔有率。不論在任何一條航線上，單位產品價格較高的貨品，多偏向選擇頻次高的運送方式，對於單位基本費率的考量則為其次。

在探討各航空貨運公司在不同航線之市場佔有率後，供給者考量所提供之航機大小與數量，並衡量各航機的酬載重量，根據本研究所建構之供給模式，分析目標航空貨運公司在考慮需求量變化之情形下，各航線所應規劃之航班頻次與最適單位基本費率。波音公司產品介紹說明不同航機航程距離與可酬載的重量關係，隨著距離的增長，所需要的油量也就增加，各航機所能夠承載的重量變因此減少；相反地，若航行距離短時，例如台北至香港地區，此時飛行所需之燃油量較少，所以說可以提高承載的貨運量，增加所提供之容量。747-400 全貨機最大容量為 133,000 公斤；當航程為 9,258 公里，承載量為 98,367 公斤；當航程縮短為 4,629 公里，則承載量為 111,957 公斤。MD-11 全貨機最大容量為 91,670 公斤；航程為 6,076 公里，可承載 88,530 公斤；航程為 3,703 公里，可載重 90,800 公斤。

航機的營運成本包括飛行成本，例如油料成本、勤務人員費用等，飛機維修費用以及折舊費用等，通常和機型大小以及飛行之距離相關；而機場使用費則包

含起降費用、地勤場地設備使用費、停留費以及安全服務費等，通常與航機大小以及重量有直接關係。根據目標航空公司各年的公開說明書，整理估算出目標航空貨運公司所使用之機型各營運成本的相關數值，以分析航空貨運公司在此三條航線在整年的總營運成本，包括航機的維修成本、燃油成本與處理成本等。然而目標航空貨運業者正積極精簡其機隊種類，期望藉由簡化航機種類的方式，降低維修成本與訓練人員等營運成本，因此在全貨機部份，僅有 B747-400F 單一機型，單架航機起飛的固定營運成本為美金 18,710 元，包含部分空運成本、場站成本以及維修成本；變動成本為每公里 1.58 元美金，主要是燃油費用；而單位處理成本則為每公斤 0.51 元美金。航空公司之公開說明書表示，運費部份的訂定考量包括承載率以及需求量等因素；當航空貨運公司所期望的承載率較高時，每單位重量貨品所需要承擔的營運成本較少，若此時需求量多，可使航空貨運公司較容易達到預期的承載率，也可賺得較多的收益，加上此時的營運成本低，應可獲取較高的利潤。

在實務上，航空貨運業者預計銷售情況，主要參酌市場需求，並預估各航線之承載率以及運費而定；因此在分析各起迄對之需求量後，本研究進一步探討航空貨運公司在追求利潤最大化，以及考量供需互動關係之最適基本費率、機型與航線頻次決策。在求得預測之年貨運量後，即可代入本研究供需互動之航班頻次規劃模式；在經過三次循環後，供給與需求模式結果達到收斂，其結果如表 5.9 所示。

經由供需互動之模式所求得目標航空貨運公司在台北至香港航線的貨運量，由一年為 42,066,447 公斤增加至一年為 42,912,030 公斤，在台北至日本東京航線則可使貨運需求量一年增加 2,796,695 公斤；在台北至安克拉治部份則因為頻次減少之情況下，使目標航空貨運業者在此航線的市場佔有率略減 0.36%。由於需求量改變的情況下，使目標航空貨運業者在航班頻次與單位基本費率，在追求總利潤最大化的情形下而重新訂定；台北至香港航線由於需求量大增的情形下，目標航空貨運業者每週的航班頻次應增加為每週 11 班；台北至日本航線增加為每週 4 班，與實際情況其實相差不大；台北至安克拉治航線部分貨運量逐年微幅下降，根據模式規劃之頻次應減為每週 31 班，美國地區仍為台灣地區主要

出口國之一，出口量約佔台灣地區將近一半，因此航空貨運業者為符合需求，在此一航線的貨主對於存貨成本重視程度高，仍需要安排較多頻次於此航線。

表 5.9 目標航空貨運公司供需互動之結果

航線 <sup>1</sup>	起始值	循環次數		
		第一次	第二次	第三次
利潤 (US\$/year)		41147703	41414678(0.007)	41465861(0.003)
頻次				
TPE-HKG	6	10(0.67 <sup>2</sup> )	11(0.1)	11(0)
TPE-NRT	2	3(0.5)	4(0.33)	4(0)
TPE-ANC	37	30(0.19)	31(0.03)	31(0)
單位基本運費 (US\$/kg)				
TPE-HKG	0.77	0.84	0.85	0.85
TPE-NRT	0.81	0.818	0.82	0.82
TPE-ANC	1.44	1.45	1.47	1.47
市場佔有率 (%)				
TPE-HKG	31.74	32.32	32.32	32.38
TPE-NRT	15.46	18.71	20.47	20.47
TPE-ANC	42.58	42.12	42.12	42.12
年貨運量 (kg)				
TPE-HKG	42066447	42841978.85	42841978.85	42912029.87
TPE-NRT	12012147	14652499.49	14809141.94	14809141.94
TPE-ANC	54074258	53929580.63	53491783.54	53491783.54

註 1. 目標航空貨運公司所使用全貨機之機型均為 B747-400F。

註 2. 括號內為相對改變值

在另一個決策變數—單位基本費率部份，各航線的基本單位費率皆有提高的趨勢，就台北至香港航線以及日本東京航線而言，由於需求量增加的情形下，航空貨運業者為了滿足需求因而增加其每週的航班頻次，然而班次與需求量的增加，航空貨運業者的單位基本費率亦提高，最後之單位基本運費分別為每公斤 0.85 美元以及每公斤 0.82 美元，更增加了航空貨運業者的年總利潤；然而在台北至安克拉治航線，雖然頻次降低，但是因為在此航線的貨主所較為重視的因素是航班頻次與運送時間多寡，目標航空貨運公司則因為其所提供航班頻次較多的

優勢，即使稍微提高其單位基本運費，並不會因而失去太多的航空貨運量，仍可維持其一定的市場佔有率，更可增加年總利潤。

航空貨運業者在衡量主要市場後，可考慮積極爭取有利航權或加強聯航合作，進而強化全球航網，增加市場佔有率。由表 5.9 之數據顯示，根據供需互動之規劃模式，使得目標航空貨運業者在運往香港以及日本地區的市場佔有率增加，分別提高為 32.38%與 20.47%，雖然在台北至安克拉治航線的市佔率微幅下降，但僅減少不到 0.5%的需求量。另外可發現，供需互動之規劃模式確實可使航空貨運業者的年總利潤增加，由原本的美金 41,147,703 元提高為 41,465,861 美元，約增加 0.8%。

表 5.10 需求是否為外生下頻次規劃之結果比較

航線	供需互動下之頻次	需求為外生之頻次
TPE-HKG	11	11
TPE-NRT	4	4
TPE-ANC	31	30
利潤(US\$/year)	41465861	41341036

表 5.10 為需求是否為外生變數下之結果比較，在供需互動模式所決策之頻次在台北至香港航線為每週 11 班，至日本為每週 4 班，而至安克拉治為每週 31 班；當需求視為外生之情形下，台北至香港與至日本航線的航班頻次並沒有改變，但是在台北至安克拉治航線則減少為 30 班。可能由於至香港與至日本航線的飛行距離短，對於貨主而言，頻次的多寡對於選擇結果影響較小，因此航空貨運公司所提供的頻次只要足夠運送航空貨運需求量，台北至安克拉治在供需互動下所規劃之航班頻次較多，由於經由供需互動下可發現，頻次的增加可能稍微吸引部份需求量，得以提高利潤。結果顯示根據供需互動之模式所規劃之航班頻次，使航空貨運業者的年利潤為 41,465,861 美元，相較於當需求視為外生時，其利潤為 41,341,036 美元，確實可提升航空貨運業者之利潤。貨運業者可能受到航權限制，而在台北至香港航線仍為規劃每週 6 班，若能爭取獲得有利航線之飛航權利，渴望提高市場佔有率，進而使獲利增加。

## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

由於全球市場競爭激烈，愈來愈多的廠商期望能將貨品快速且安全送達目的地，使得航空貨運業的重要性日益明顯。然而現今產業結構不斷改變，如台灣地區著重於勞力密集的紡織產業，轉變為技術密集的高科技電子產業；另外市場的空間分布也一直變化，過去台灣之主要出口國家為美國地區，近年來出口至香港與中國大陸地區以及美國地區之貨品量約占總航空出口貨物量之一半；使航空貨運需求在各航線有所改變，且航空貨運業者所運送各種貨品的比例也有所差異。因此本研究則以個體角度為基礎，加總分析航空貨運市場變化，進而透過供需互動模式，探討航空貨運業者頻次規劃與基本單位費率之訂定。

航空貨運業者的航線頻次規劃為中長期的規劃，規劃的結果影響了航空貨運業者的總營運成本，更影響其所能提供的容量以及服務水準，進而可能改變貨主的選擇行為。當航空貨運業者規劃較多的航班頻次時，造成航空貨運業者航機飛行次數多，提高燃油費用以及其他營運成本等，但是對於貨主而言，可以使得貨品在集貨點等候運送的時間縮短，能夠減少貨主所需要承擔的存貨成本，因此可能提高貨主選擇此航空貨運業者的機率；相反地，當航空貨運業者規劃的頻次較少時，使得供給者所必須要付出的總營運成本可能較少，但是對於貨主而言，則因為貨品在機場等候安排被運送的時間拉長，所以需求者必須要承受較高的存貨成本。因此航空貨運業的需求量以及航空貨運業者的航班頻次規劃之間，存在供需互動的抵換關係，所以更期望藉由這樣的概念與觀點，探討分析航空貨運市場需求量之分析，進而建構航空貨運業者航線頻次規劃與最適單位基本費率的數學規劃模式。

現有之文獻大多以迴歸方式預測貨運需求量，或探討個體貨運選擇行為，較未對於各起迄對作進一步分析，以瞭解全球運量分布改變情形；因此本研究首先

考量個別產業選擇行為，在衡量產業結構變化，加總評估總體市場。在頻次規劃之文獻中可發現，鮮少研究將需求量視為內生變數，本研究則探討供需互動下，建構數學規劃模式，分析航空貨運業之最適基本單位運費以及航班頻次。根據研究結果可歸納出下列之結論。

1. 當運送距離短時，貨主較為重視運費因素，因為貨主所感受到的存貨成本較為不明顯，再加上範例中短距離以香港航線為代表，各家航空貨運業者所提供之頻次差異不大，約每週航班頻次為六至八班，各貨運公司每天至少有一個班次飛行至香港地區，更使得不同方案選擇所感受到的存貨成本相近。然而，根據各航空貨運業者在不同年之比較下，仍可發現當高產品價格顯著增多時，著重頻次多寡的情形會較為明顯，部分貨主改選高頻次的貨運業者運送貨品；如電子產業在各航線之出口比例多呈現逐年升高的趨勢，使得每週班次高的航空貨運業者市場佔有率增加。
2. 台北至安克拉治的主要出口貨品為質輕價高的電子產品，對於存貨成本的重視程度較高，因此可發現提供高頻次的航空貨運業者所佔的總市場佔有率高達 75%。因為一般而言，運送電子產品的重量較小，使總運費相對於其產品價格很少，所以對於貨主來說運輸成本較為不重視，再者大多高科技產業的廠商期望能快速送達目的地，因此在選擇運送方案時，較為著重於頻次與運送時間因素部分。因此根據台北至安克拉治航線之結果顯示，當運送距離愈長時，產品價值高的貨品偏好選擇以每週航班頻次多的航空貨運業者運送貨品愈顯著。
3. 在分析各航空貨運業者在不同航線上的各產業市場佔有率後，再考量各產業的出口貨物量，進而加總各產業航空貨運需求量，即可預測出目標航空貨運業者在各航線的貨運量。在台北至日本航線以及台北至美國安克拉治航空貨運量成長較為穩定，根據本研究所構建之需求模式所預測之航空貨運量頗為準確，僅台北至香港航線近年來發展快速，使在台北運送至香港與中國地區之貨運量增加許多；同樣在波音公司所預測之亞洲地區航空貨運量平均年成長率達 8%，存在許多潛在需求量。

4. 本研究需求模式主要著重於以個體產業之選擇行為，再加總求算整體各航線航空貨運量，以解釋各航線產業結構改變下，對於各航空貨運業者選擇情況之變化，以更符合實際結果之預測。因此藉由與不考量各產業變化下，直接將目標航空貨運業者的總航空貨運量，利用時間序列的灰色預測模式預測貨運量。比較結果顯示，經由探討各產業選擇機率後，再加總預測之航空貨運量較為準確，與實際航空貨運量的誤差較小。
5. 透過供需互動之規劃模式，在台北至香港航線以及台北至日本航線的單位基本運費以及航班頻次應略為增加，由於這兩航線之航空貨運需求量仍有成長空間，可藉由提高頻次吸引更多的客源，而略微調漲基本費率可使利潤增加。比較藉由供需互動模式之規劃下與將需求視為外生下之規劃結果，數值分析結果顯示，透過供需互動模式所規劃之最適航班頻次與單位基本運費，確實可使航空貨運業者的年利潤增加。

本研究首先分別構建需求模式以及供給模式，分析影響廠商選擇航空運輸方式之因素與決策，在探討供需互動下，供給者之年利潤以及最適基本費率與機型頻次等決策。經由本研究之結果與分析，可瞭解航空貨運業者所提供之頻次與費率對於貨主選擇行為之影響，亦可瞭解不同航線上航空貨運市場結構與量的變化，以及在考慮需求量之變化下，航空貨運業者所應規劃之最適航班頻次與單位基本費率，以提供航空貨運業者預測、分析航空貨運市場的工具以及營運決策的一個參考依據。

## 6.2 建議

本研究整合貨主選擇模式與航空貨運業者基本費率與航線頻次規劃模式，分析航空貨運市場，考量市場結構變化與全球分工改變之情況下，貨主在各航線上對於各家航空貨運業者選擇行為等，探討前述因素對於航空貨運業者於中長期規劃之影響，如何決策其單位基本費率以及班機頻次，作出下列之建議。然本研究雖探討供需互動下航空貨運業者航路網規劃結果，但其中部分假設與分析仍有未臻理想之處，茲列述如下，以作為後續研究之參考。

1. 由需求面之結果顯示台北至香港地區之航空貨運量仍不斷成長，尤其急迫性高且產品價值高的電子產業比例逐漸增加，航空貨運業者在將來可考量增加至香港航線之頻次，增加航空貨運公司的容量，而在該航線由於運送距離短，貨主所感受到的存貨成本較小，因此航空業者可用較大機型運送貨品，雖然可能使集結貨品時間較長，但可降低單位基本運費，以增加市場佔有率。
2. 在台北至美國安克拉治航線之貨運量呈現逐年稍微滑落之趨勢，但因目標航空貨運業者積極簡化其機隊，以有效將低營運成本，提高人員訓練與維修作業，且此航線之貨運需求量多，並不需要利用以較小航機之策略縮短集結時間，此航線主要客戶為高科技電子產業，若要保有其需求量，必須要維持其所提供每週之航班頻次。
3. 本研究僅就目標航空貨運業者實際所使用之機型進行分析，再加上目標航空貨運業者近年來簡化航機之機型，因此案例分析在規劃機隊時，只有一種機型，在未來研究可加以探討使用多種機型之成本與利潤比較分析，以作為航空貨運業者機隊規劃決策之參考依據。
4. 本研究在案例分析部份，在機型的考量上皆以全貨機為主，但由於航空貨運公司不僅可藉由全貨機航線運送貨品，部分貨物可藉由客機的機腹與客貨兩用機運送。因此在後續研究可考量加入其他航機於航空貨運市場中，以完整瞭解航空貨運之營運情況，並可藉由供需互動模式，探討航空貨運與客運業

需求量組合下，航空公司機型規劃與頻次之關係。

5. 現今之航空網路趨向軸輻化，藉由集合部分航線之貨運量，可達到規模經濟的效果，尤其貨運對於轉運所帶來的不便感受程度較不明顯，因此轉運的方式送達目的地，可能降低成本，改變貨主之選擇結果。然在案例分析中的供給模式部份，將來可加入分析多航段的航線，探討包含直航與轉運等航線，使網路規劃之結果得以更為完整。
6. 由於本研究主要分析中長期之規劃，因此對於運費部份只探討基本單位運費，而並未深入決策各航線上差別定價，在後續研究更可探討與其他航空貨運業者競爭之情況下，對於不同貨運量以及貨品需求(如快遞或一般運送)的訂價策略等。

各航空貨運公司可衡量本身主要市場，以及主要客戶之特性，決定其所提供之頻次與使用機型大小，以獲取市場佔有率。目前各國政府對於航權已趨向自由、開放的態度，航空貨運業者在衡量主要市場，應積極爭取有利航權，可利用本研究所構建之互動模式規劃航線頻次，以增進其市場佔有率，提高貨運業者的利潤。

## 參考文獻

1. 中華人民共和國國家統計局，2006，統計數據。< <http://www.stats.gov.cn/>>。
2. 中華航空股份有限公司，2000-2004，公開說明書。  
<[http://www.china-airlines.com/ch/about/about\\_ar.htm](http://www.china-airlines.com/ch/about/about_ar.htm)>。
3. 台灣財政部，2006，財政統計。  
<<http://www.mof.gov.tw/ct.asp?xItem=12759&CtNode=130&mp=6>>。
4. 台經院產經資料庫，2006，進出口統計。  
<[http://tie.tier.org.tw/tie/index.jsp?data\\_base\\_id=DB001](http://tie.tier.org.tw/tie/index.jsp?data_base_id=DB001)>。
5. 長榮航空股份有限公司，2000-2004，公開說明書。  
<[http://www.evaair.com/html/b2c/Chinese/eva/Investor\\_service/Financials/](http://www.evaair.com/html/b2c/Chinese/eva/Investor_service/Financials/)>。
6. 陳仕偉，「台灣景氣循環不對稱性特色之探討」，*經濟論文叢刊*，第三十期，531-562 頁，民國九十一年。
7. 許巧鶯，王志青，「軸福航空貨運網路之直接與轉運路線選擇」，*運輸計劃季刊*，第一期，95-118 頁，民國八十六年。
8. 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*，第三期，525-556 頁，民國八十六年。
9. 張金鶚，彭建文，「房地產景氣循環與住宅政策」，*住宅學報*，第六期，67-69 頁，民國八十六年。
10. 國泰航空公司，2000-2004，國泰航空公司年報。  
<<http://www.cathaypacific.com/chinese/aboutcx/investor/0,,00.html>>。
11. Antes, K., and Thompson, D., “De-regulating European aviation,” *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 9, pp. 125-140, 1991.
12. Berends, P.A.J., and Romme, A.G.L., “Cyclicity of capital-intensive industries: a system dynamics simulation study of the paper industry,” *Omega*, Vol. 29, pp. 543-552, 2001.
13. Blumenfeld, D.E., Burns, L.D., Diltz, J.D., and Daganzo, C.F., “Analyzing trade-offs between transportation, inventory, and production costs on freight

- networks,” *Transportation Research B*, Vol. 19, pp. 161-180, 1985.
14. Boeing Company, *World Air Cargo Forecast 2004/2005*, Washington, 2005.
15. Brooks, M.R., “An alternative theoretical approach to the evaluation of liner shipping – Part I : situational factors,” *Maritime Policy and Management*, Vol.11, pp. 35-43, 1984.
16. Brooks, M.R., “An alternative theoretical approach to the evaluation of liner shipping – Part II : situational factors,” *Maritime Policy and Management*, Vol. 12, pp. 145-155, 1985.
17. Carter, E., and Morlok, E., “Planning Air Transport Network in Appalachia,” *Transportation Engineering Journal of ASCE*, Vol. 101, pp. 569-588, 1975.
18. Chen, S.W., and Lin, J.L., “Modeling Business Cycle in Taiwan with Time-varying Markov-switching Models,” *Academia Economic Papers*, Vol. 28, pp. 17-42, 2000.
19. Cullinane, K., and Toy, N., “Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: a content analysis,” *Transportation Research Part E*, Vol. 36, pp.41-53, 2000.
20. Dennis, N.P.S., “Long-term route traffic forecasts and flight schedule pattern for a medium-sized European airport,” *Journal of Air Transport Management*, Vol. 8, pp.313-324, 2002.
21. Garrido, R.A., and Mahmassani, H.S., “Forecasting freight transportation demand with the space-time multinomial probit model,” *Transportation Research Part B*, Vol. 34, pp. 403-418, 2000.
22. Gordon, S., and de Neufville, R., “Design of Air Transportation Networks,” *Transportation Research*, Vol. 7, pp. 207-222, 1973.
23. Godfrey, G.A., and Powell, W.B., “Adaptive estimation of daily demands with complex calendar effects for freight transportation,” *Transportation Research Part B*, Vol. 34, pp.451-469, 2000.
24. Graham, B., “Airport-specific traffic forecasts: a critical perceptive,” *Journal of Transport Geography*, Vol. 7, pp. 285-289, 1999.
25. Hall, R.W., “Direct versus terminal freight routing on a network with concave

- costs,” *Transportation Research B*, Vol. 21, pp. 37-45, 1987.
26. Hansen, M., and Kanafani, A., “International Airline Hubbing in a Competitive Environment,” *Transportation Planning and Technology*, Vol. 13, pp. 3-18, 1988.
27. Ippolito, R., “Estimating airline demand with service quality variables,” *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 15, pp. 7-15, 1981.
28. Japan Airline, 2000-2004, Annual Report. <<http://www.jal.co.jp/en/aboutjal/>>.
29. Kanafani, A., ASCE, M., and Ghobrial, A., “Aircraft evaluation in air network planning,” *Transportation Engineering Journal of ASCE*, Vol. 108, pp. 282-300, 1982.
30. Kanafani, A., and Ghobrial, A., “Airline Hubbing—Some implications for airport economics,” *Transportation Research A*, Vol. 19, pp. 15-27, 1985.
31. Lave, L.B., “The demand for intercity passenger transportation,” *Regional Science*, Vol. 12, No. 1, pp. 71-84, 1972.
32. Lu, C.S., “Logistics services in Taiwanese maritime firms,” *Transportation Research Part E*, Vol. 36, pp. 79-96, 2000.
33. Nam, K., and Schaefer, T., “Forecasting international airline passenger traffic using neural networks,” *Logistics and Transportation Review*, Vol. 31, pp. 239-251, 1995.
34. Northwest Airline, 2000-2004, Annual Report.  
<<http://ir.nwa.com/phoenix.zhtml?c=111021&p=irol-reportsAnnual>>.
35. 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.
36. Picard, G., and Gaudry, M., “Exploration of a box cox logit model of intercity freight mode choice,” *Transportation Research Part E*, Vol. 34, pp. 1-12, 1998.
37. Pratt, J.W., Wise, D.A., and Zeckhauser, R., “Price differences in almost competitive markets,” *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 93, pp. 189-211, 1979.
38. Richard, O., “Flight frequency and mergers in airline markets,” *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 23, pp. 907-922, 2003.
39. Seabrooke, W., Hui, E., Lam, W., and Wong, G., “Forecasting cargo growth and

- regional role of the port of Hong Kong,” *Cities*, Vol. 20, pp. 51-64, 2003.
40. Teodorovic, D., “Flight frequency determination,” *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 109, pp. 747-757, 1983.
41. Teodorovic, D., and Krcmar-Nozic, E., “Multicriteria model to determine flight frequencies on airline network under competitive conditions,” *Transportation Science*, Vol. 23, pp. 14-25, 1989.
42. Teodorovic D., Karlic, M., and Pavkovic, G., “The potential for using fuzzy set theory in airline network design,” *Transportation Research Part B*, Vol. 28, pp. 103-121, 1994.
43. Tyworth, J.E., and Zeng, A.Z., “Estimating the effects of carrier transit-time performance on logistics cost and service,” *Transportation Research Part A*, Vol. 32, pp.89-97, 1998.
44. Whyte, J.L., “The freight transport market: buyer-seller relationships and selection criteria,” *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol.23, pp. 29-37, 1993.



# 附錄

2000 年電子產業之單位產品價格檢定結果

單位產品價格(US\$/kg)	實際個數 $f_i$	理論值 $e_i$	$\frac{(f_i - e_i)^2}{e_i}$
<20	37	37	49.9078
20~19	10	10	7.0586
40~59	10	10	3.5836
60~79	6	6	2.4628
80~99	3	10	1.8895
100~119	2		1.5370
120~139	3		1.2970
140~159	2		1.1222
160~179	1	6	0.9889
180~199	0		0.8837
200~219	2		0.7984
220~239	2		0.7278
240~259	1		0.6683
260~279	0		0.6174
280~299	0	10	0.5734
300~319	1		0.5350
320~339	1		0.5011
340~359	1		0.4709
360~379	1		0.4439
380~399	1		0.4196
400~419	1		0.3976
420~439	0		0.3776
440~459	0		0.3594
460~479	1		0.3426
480~499	0	2	0.3271
500~519	1		0.3128
520~539	1		0.2996
540~559	1		0.2873
560~579	0		0.2758
580~599	0		0.2651
600~619	0	2	0.2551
620~639	0		0.2457
640~659	0		0.2369
660~679	1		0.2285
680~699	0		0.2207
700~719	0	1	0.2133
≥719	1		0.2062
總和	91		$\chi^2 = 12.52374$

$\alpha = 0.05$ ,  $\chi^2(8) = 15.51$ ,  $P[\chi^2 > 15.51] = 0.95$ 。  $\chi^2 < \chi^2(8)$ ，因此產業之單位產品價格符合伽瑪分配(gamma distribution)。

## 簡歷



姓名：廖佩青

出生年月日：1982 年 1 月 25 日

出生地：台北市

學歷：

2006 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理系碩士班

2004 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理學系學士

2000 年 6 月 台北市立中山女子高級中學

聯絡方式：patty.tem93g@nctu.edu.tw

