

國際航空貨運業在亞洲市場競爭模式之構建

Modeling Competition of International Air Cargo Carriers in the Asian Markets

研 究 生：蕭國洲 Student：Guo-Chou Shiao

指導教授：黃承傳博士 Advisor：Dr. Cherng-Chwan Hwang



Submitted to Institute of Traffic and Transportation
College of Management
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Doctor of Philosophy
in
Management

February 2011
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 一 〇 〇 年 二 月

國際航空貨運業在亞洲市場競爭模式之構建

研究生：蕭國洲

指導教授：黃承傳博士

國立交通大學交通運輸研究所

摘要

亞洲國際航空貨運量近 20 年來的快速成長，除了促使全貨運業者陸續加入航空貨運服務外，混合型業者也正面因應全貨運業者的挑戰。航空公司之貨運航線航次、機型規劃、費率與航空公司間之競爭，有密切的互動關係。本研究以國際航空公司為研究對象，亞洲地區的航空貨運為研究範圍，分析航空公司在面臨競爭經營環境下，如何因應相關外在條件(如市場客、貨需求變動)及其他競爭航空公司之競爭策略與競爭行為，以規劃航空貨運航線之最適營運航次與機型，並探討市場均衡特性。

本研究建構兩組非合作賽局理論模式分別處理單一航線市場及路網市場不同情境下的競爭。前者考量目前雙邊航空服務協議體制下所形成的航線市場競爭，路網競爭模式則是分析在取消航線市場進出管制情況下之路網市場競爭。依據個體選擇模式，合理假定業者的獲利取決於其服務所帶給托運人的效用，業者經由選定其航機種類、航班及費率的方式來競爭貨運量，並應用解析性方式來建構兩類業者之航線航班規劃及成本模式。在考量相關限制下，本研究係以數學規劃方法來建立模式，並以數值計算方式求取模式均衡解。此外，為預測短期臺灣國際航空貨運市場運量，本研究亦應用重力模式架構，收集近年實際資料校估臺灣桃園國際機場之主要貨運定期航線運量模式。

本研究以台灣國際航空貨運航線市場的實際資料進行案例分析，驗證本研究模式的可操作性。研究結果發現：(1)混合型業者族群在案例中為市場優勢者，尤其短程航線市場；(2)相較於可用腹艙容量較豐沛之客運航線，全貨運航空公司傾向著重在需要大量貨運空間需求的航線；(3)航線貨運需求、客運需求、全貨運業者聚集規模及機場時間帶的可獲得性等因素都會影響航線市場競爭；(4)路網競爭模式可擴充用以分析樞紐機場選擇問題。另依據臺灣桃園國際機場之主要貨運定期航線貨運運量模式之校估結果發現：人口、航空貨運費率以及三項用來代表特定經貿關係之虛擬變數(大中華經濟圈虛擬變數、開放天空協議簽署之虛擬變數及殖民關係虛擬變數)是影響臺灣航空貨運運量的主要因子。

總結來說，本研究所提出之分析架構，可用以預估及分析混合型業者及全貨運業者共存之競爭環境下不同業者之最佳營運策略，提供相關企業營運規劃之參考。

關鍵字：航空貨運市場、賽局理論、競爭

Modeling Competition of International Air Cargo Carriers in the Asian Markets

Student : Guo-Chou Shiao

Advisor : Dr. Cherng-Chwan Hwang

**Institute of Transportation Engineering and Management
National Chiao Tung University**

ABSTRACT

Due to increasingly fast growth of air cargo transport service demand in the Asian international cargo market, not only all-cargo airlines have been expanding their services in Asia but combination carriers would like to compete keenly with all cargo carriers. The entry of all-cargo airlines would result in a price and/or frequency competition with existing service on the specific route market. This study deals with the competition for international cargo service between combination and all-cargo carriers in the Asian markets.

This study considers a market composed of combination and all-cargo airlines and proposes two sets of models dealing with the competition on a single route and at the network level respectively. To place the airlines' decisions in a competitive context, a game-theoretic approach has been developed in the form of a non-cooperative game. Using analytical approaches, the models for planning frequency and calculating operation costs are set up. Optimization models in the form of mathematical programming are developed and the iterative process of backward induction is used to solve the proposed models. Through seeking the solutions of the problems, the equilibrium outcome and best-response strategies of participating airlines are predicted. Furthermore, to predict the cargo shipment demand on Taiwan's route markets, an air cargo flow model of international routes is developed based on the panel data of air cargo services on scheduled routes at Taiwan Taoyuan International Airport during the

years 2004-2007.

The case studies are presented to illustrate the application of the proposed models using data available from Taiwan international route markets and empirical industrial data. The results include that (1) combination carriers appear to be the dominators in both two case markets, especially on short-haul routes; (2) all-cargo carriers tend to focus their attention on those routes where there are particularly heavy demand for cargo space; (3) the competition of airlines for general air cargo service are affected by cargo demand in the market, air travel demand on passenger routes, the operation scale of all-cargo carriers and the availability of time slots at the airports for all-cargo operators' flights; (4) the network competition model could be expanded to analyze the hub location choice problems. Moreover, The empirical route demand model indicates that population, air freight rate and three dummy variables, including the regional economic bloc of the "Chinese Circle", the Open Sky Agreements and long established colonial links, are the key determinants of international air cargo flows from/to Taiwan.

In conclusion, this study proposed a framework to predict and analyze the best-response strategies of airlines under the environment where combination and all-cargo carriers coexist. These results could provide as useful information for international air cargo airlines in operational planning.

Keywords: *Air cargo market, Game theory, Competition*

誌 謝

終於來到論文付梓的一日，心中有許多感謝。這本論文，我想獻給在天上的父親，因為他給我努力不懈的動力。

首先感謝指導教授黃承傳老師。在許多人不看好能完成學業的同時，仍給予悉心的指導，逐步地導正我研究的方向，又能讓我在摸索過程中鑽研出一條路來，十分感佩老師的耐心及包容。此外，黃老師身教展現出其治學態度嚴謹、實事求是以及精益求精的精神，砥礪我研究內容及工作態度，願持續以老師作為標竿來終身學習。

研究所修業期間，承蒙黃台生老師、馮正民老師、汪進財老師、許鉅秉老師、邱裕鈞老師、陳穆臻老師及胡均立老師之教誨與指導，讓學生在課業上收穫良多；所辦洪瑛璵小姐、柳美智小姐及何玉鳳小姐，除了協助學校的事務外，不時為我們打氣及鼓勵。感謝論文口試暨審查委員開南大學陳武正教授、中央大學顏上堯教授、海洋大學顏進儒教授、本校馮正民教授、汪進財教授，於口試與審查期間撥冗細審，給予寶貴意見與殷切指正，使本論文更臻完備，在此致上學生由衷的感謝。

來自各界的菁英薈萃於交研所，除了研究上相互勉勵外，也在工作及生活上給予我許多幫助。修課、資格考、論文撰寫、學術投稿等方面，個人受益匪淺，對於許許多多曾經幫助過我的學長姐及同學們，諸如輝煌學長、世昌學長、志誠學長、嘉惠學姐、易詩、定蓆、日新、小昭、群明、文斌、永祥、昭榮、嘉揚…等，在此無法一一盡書，謹致上謝意。此外，十分感謝范植谷局長、羅仕京及丁吉峯等先進的鼓勵及協助，提供我珍貴的建議。

論文能順利完成，必須感謝臺北市政府交通局及行政院大陸委員會的長官及同仁一路以來給予工作上的體諒及協助，讓我能夠完成學業；陸委會許多同仁專業素養，豐富了我的經濟理論專業，在此特別感謝昌馨、龍茗、宗和、稀琪及素惠等好友。對於交通部民航局及關稅總局在相關資料索取上的協助，同樣予以感謝。

最後感謝我摯愛的雙親、岳父母及內人，尤其是內人珮瑤。由於你們的關懷及付出，讓我更專心於研究，促使我努力完成學業。

蕭國洲 謹誌

2011 年 2 月於交大

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
符號說明	x
第一章 緒論	1
1.1 研究動機與目的	1
1.2 研究內容與方法	3
1.3 研究範圍與限制	5
1.4 研究流程	7
第二章 航空貨運業現況分析	10
2.1 航空貨運業簡介	10
2.2 國際航空貨運發展趨勢	12
2.3 主要航空貨運業者概況	14
2.4 台灣國際航空進出口貨物概述	17
2.5 亞洲地區航空貨運市場自由化概況	20
第三章 文獻回顧與評析	22
3.1 航空貨運需求特性	22
3.2 市場競爭下之航次、費率及航機機型策略規劃	25
3.3 非合作賽局理論之簡介及應用	27
3.4 國際航空貨運航線運量需求模式	31
3.5 綜合評析	34
第四章 臺灣航空貨運航線運量需求模式	35
4.1 基本資料收集	35
4.2 航線運量需求模式架構	38
4.3 模式校估方法	40
4.4 實證結果與分析	43
4.5 本章小結	49

第五章 單一航線市場競爭模式	51
5.1 市場設定	51
5.2 模式構建	56
5.3 案例分析	58
5.4 敏感度分析	62
5.5 本章小結	68
第六章 路網市場競爭模式	70
6.1 市場設定	70
6.2 模式構建	71
6.3 案例分析	76
6.4 本章小結	85
第七章 結論與建議	87
7.1 結論	87
7.2 建議	89
參考文獻	91



圖目錄

圖 1.1 軸輻航空路網系統示意圖	6
圖 1.2 研究流程圖	9
圖 2.1 航空貨運服務圖	10
圖 2.2 國際貿易及航空貨運成長率變化圖	12
圖 2.3 台灣歷年國際航空貨運量統計(1998-2008 年).....	14
圖 4.1 台灣與主要航空進出口國家貨運量(2004~2007 年).....	36
圖 4.2 航空貨物運量與人均 GDP 分佈圖	47
圖 4.3 航線個體效果圖	49
圖 5.1 單一航線市場競爭賽局之延伸形式圖	52
圖 5.2 單一航線市場競爭賽局中業者之策略選擇概念圖	53
圖 6.1 路網市場競爭賽局中業者之策略選擇概念圖	71
圖 6.2 路網案例分析之市場配置示意圖	76
圖 6.3 業者 a 之 hk_l 航線航次變動對於市占率比值之影響	82
圖 6.4 業者 a 之 hk_l 航線航次變動對於獲利之影響	82
圖 6.5 業者 b 之 hk_l 航線中轉航次變動對於市占率比值之影響.....	83
圖 6.6 業者 b 之 hk_l 航線中轉航次變動對於獲利之影響	83

表目錄

表 2.1 全球航空貨運以往及預估年成長率	13
表 2.2 全球主要定期貨運航空公司	14
表 2.3 全貨運航空公司於臺灣國際航空貨運市場之營運概況	17
表 2.4 臺灣國際航空貨物運送主要貨品項目及運量	18
表 2.5 臺灣主要航空進口貨物來源地及所佔比例	19
表 2.6 臺灣主要航空出口貨物目的地及所佔比例	20
表 3.1 航空貨運公司策略規劃相關文獻彙整	27
表 3.2 國際貿易引力模式採用之重要因子彙整	32
表 4.1 航空貨運樣本航線	36
表 4.2 樣本之統計數值	39
表 4.3 最小平方法及追蹤式資料法校估之參數	44
表 4.4 追蹤式資料法重新校估之參數	46
表 5.1 案例業者之相關基本資料	59
表 5.2 各種航機之估計營運成本數據	59
表 5.3 選擇模式之參數校估值	60
表 5.4 兩案例市場之均衡結果	61
表 5.5 兩種航線總航空貨運需求情境下之市場均衡結果	64
表 5.6 案例航線之預估年航空貨運量	64
表 5.7 華航及聯邦快遞兩業者於案例航線之預估年運量	65
表 5.8 兩種航空旅客運輸需求情境下之市場均衡結果	66
表 5.9 兩種全貨運業者營運規模情境下之市場均衡結果	67
表 5.10 全貨運業者可獲得尖峰時段時間帶下之市場均衡結果	68
表 6.1 案例之各市場基本資料	76
表 6.2 案例之業者可用航機及操作特性	77
表 6.3 案例中各航機之機場使用費	77
表 6.4 2000 公里航程之各航機成本項目估計表	78
表 6.5 6000 公里航程之各航機成本項目估計表	78
表 6.6 重估前後之燃油成本占航空公司營運成本比例	79
表 6.7 重估之航機營運成本參數	79
表 6.8 案例市場之納許均衡結果	80
表 6.9 hk_1 航線貨運需求變動時之均衡結果分析	81

表 6.10 hk_I 航線新增一混合型業者之網路市場均衡結果	84
表 6.11 業者 b 選擇不同樞紐機場之市場均衡結果	85



符號說明

參數符號

$I^{(hk)}$	於航線(hk)提供貨運服務之所有公司($I \subset A \cup B$)
$A^{(hk)}$	於航線(hk)提供貨運服務之混合型航空公司($a_1, a_2, \dots, a_n \subset A$)
$B^{(hk)}$	於航線(hk)提供貨運服務之全貨運航空公司($b_1, b_2, \dots, b_m \subset B$)
$R_{b_m}^{(hk)}$	航空公司 b_m 在航線(hk)之航段
$F_i^{(hk)}$	航空公司 i 於航線(hk)所提供的所有貨運航班數
$Q_i^{(hk)}$	航空公司 i 於航線(hk)承載貨運量
$S_i^{(hk)}$	航空公司 i 於航線(hk)使用航機種類
SF_i	航空公司 i 機隊可使用之航機種類，也包含考慮使用的機型
$\tau(S_i)$	航空公司 i 之航機 S_i 預估平均承載率
$U(S_i)$	航空公司 i 之航機 S_i 的載貨空間
$\Delta F_{a_n p}^{(hk)}$	航空公司 a_n 於航線(hk)之客機航班數
$\Delta F_{a_n}^{(hk)}$	航空公司 a_n 於航線(hk)之全貨機航班數
$TQ^{(hk)}$	航線(hk)一般航空貨運需求運量
$\Delta F_{b_m}^{cd}$	全貨運航空公司 b_m 於航段 cd 之起點航班數
$\overline{F}_{b_m}^{cd}$	全貨運航空公司 b_m 於航段 cd 之航中轉航班數

$\overline{F}_i(Z_i)$	業者於機場 h 所允許降落的航次上限
$\overline{S}_{b_m}^{cd}$	航空公司 b_m 於航段 cd 航班 $\overline{F}_{b_m}^{cd}$ 的使用航機種類
$\overline{\overline{S}}_{b_m}^{cd}$	航空公司 b_m 於航段 cd 航班 $\Delta F_{b_m}^{cd}$ 的使用航機種類
$Q_i^{(hk)}$	航空公司 i 於航線 (hk) 運量
$Q_{b_m}^{cd}$	航空公司 b_m 於航段 cd 載運機場 c 至機場 d 的一般航空貨運量
$\hat{Q}_{b_m}^{cd}$	航空公司 b_m 於航段 cd 航班 $\overline{F}_{b_m}^{cd}$ 前的已載運平均貨量
$\overline{Q}_{b_m}^{cd}$	航空公司 b_m 於航段 cd 載運的其他貨物量
AOC_i^{cd}	航空公司 i 於航段 cd 與飛行距離直接相關的航機營運成本
$AOC_i^{id\ cd}$	航空公司 i 於航段 cd 與飛行距離間接相關的航機營運成本
β_1^S	航機 S 於飛航過程中與航程距離直接有關的每航次單位距離-重量成本
β_0^S	航機 S 於飛航過程中與航程距離間接相關的每航次單位重量成本
d^{cd}	航段 cd 之航程距離
$p_i^{(hk)}$	航空公司 i 航線 (hk) 貨運費率
$\overline{p}^{(hk)}$	航線 (hk) 市場之上限費率
$\pi_i^{(hk)}$	航空公司 i 經營航線 (hk) 的一般航空貨運服務收益
$TC_i^{(hk)}$	航空公司 i 經營航線 (hk) 的成本

$C_{b_m}^{cd}$	航空公司 b_m 載運航段 cd 一般貨物所產生的所有營運成本
$\delta^{S^{cd}_i}$	航空公司 i 航機 S^{cd}_i 於航段 cd 所負擔之機場使用費率
α_i	航空公司 i 經營航線(hk)的間接營運成本占直接營運成本的比例
$\Delta AOC_{a_n p}^{(hk)}$	每航次客機運送航線(hk)貨物所的平均額外費用
$MS_i^{(hk)}$	航空公司 i 在航線(hk)市場之市占率
Z_i	機場營運時間區段



第一章 緒論

1.1 研究動機與目的

受惠於全球貿易的發展，國際航空貨運需求持續成長。自從 1995 年起，全球航空貨運市場以年平均約 5.1% 的成長率成長，依據波音公司的預測，直到 2025 年前國際航空貨運預估將成長 3 倍，平均年成長率達 6.2%。亞洲地區在全球產業分工體系內扮演重要的生產及配送角色，而航空運輸有助於亞洲進入世界貿易 (Bowen, 2004)，尤其是東南亞國家電子業廠商需要航空運輸服務來快速、即時回應市場競爭 (Leinbach and Bowen, 2004)。亞洲航空貨運市場被認為是成長最快速的市場之一 (Boeing, 2010)，亞洲區內航空貨運市場預估年成長率將達 6.7%，亞洲-北美航線貨運市場年成長率預估為 4.2%、亞洲-歐洲航線貨運市場為 6.0%。

亞洲航空貨運市場快速的成長帶來無限商機，吸引專營貨運的航空業者陸續加入，尤其中國大陸，在過去的幾年間，聯邦快遞公司、優比速航空公司等紛紛大張旗鼓進軍當地市場，覬覦廣大貨運市場。然而，亞洲市場有其獨特的發展特性，航空客運業者兼營貨運，建立本身的貨機機隊，而多數的航空貨物藉由客機腹艙載貨，雖然一些學者認為在整合型貨運業者的強力挑戰下，混合型航空貨運公司 (Doganis, 2002、Kadar and Larew, 2003) 的經營模式必須調整，否則將面臨失敗。實務上，亞洲地區航空貨運市場仍以一般航空貨運為主，混合型航空貨運公司飛航區內主要航點間 (Senguttuvan, 2006)，同時提供貨物載運服務，而全貨運業者在過去 10 年間陸續加入部分航線市場營運，而美國在亞洲已經與 11 個國家簽署開放天空協議，美國籍航商逐漸擴張本身的經營範圍，尤其在臺灣、南韓、香港及東南亞國家。對於國際航空貨運市場不同業者間競爭的情形，業者間如何因應及可能均衡結果為何，是個受關切的課題。

Zhang, A. and Zhang, Y. (2002b) 首先針對航空客貨兼營業者與專營貨運業者在亞洲貨運市場上的競爭，探討亞洲國家推動貨運自由化先行，對於航空貨運業者的影響，作者結論客運及貨運航權自由化的分開實施可能有其困難。航空業自由化的實施在亞洲持續推動，解除管制後，對於業者最直接的影響是經營航點不設限及市場自由進出，競爭範圍將由單一航線擴及到整個路網，業者進入市場更

加自由，競爭也更加激烈。波音公司預估，至 2019 年整合型物流業者將佔亞洲全球空中貨運運送的 40%，具有舉足輕重的比例。

現有研究對於航空業的競爭多偏重於客運，在既有的航空貨運研究中，多將貨運市場的競爭界定於混合型業者間之競爭（李元祿, 2004、Hsu et al., 2009）或將混合型業者與全貨運業者的競爭視為同質性業者（Zhang, A. and Zhang, Y., 2002b、Zhang, A. et al., 2007），對於業者在競爭狀況下所採取的回應策略缺乏進一步分析。

航次與費率一直被業者視為重要的營運策略，業者在決定這些策略時必須考量一些內在及外在因素。內在營運因素為業者考量航空貨物運送時所面臨的限制及條件，如混合型業者利用客機腹艙載運，貨物運送的規劃必然需配合客機機種與其航班時間帶安排；全貨運業者利用軸輻路網來匯集貨流轉運，貨流大小及路網型態皆將影響轉運規模及運送時間。這些因素同樣影響到業者的營運成本。

外在因素主要為機場整體條件。Gardiner and Ison (2008)指出非整合型貨運業者選擇機場營運的因素，可概分為「推力」因素及「吸力」因素。「推力」係指使貨運業者不想進駐機場，推力因素包括雙邊航權限制、夜晚營運能力、噪音限制、基礎設施建設及擁擠程度，「吸力」係指吸引貨運業者進駐機場，吸力因素有市場需求、是否同時經營客貨運服務、承攬業者、合作航空公司是否存在、飛航費用、競爭者區位、機場收費、誘因、機場聲譽、機場廣告等。這些因素同樣是整合型物流業者考慮的要項(Gardiner et al., 2005)。這些外在因素中，航權開放與否應為首要，由於多數貨運航線與客運航線相重疊，混合型運業者也因而加入貨運市場。其次為市場需求及競爭狀況；市場貨運量越大，業者的營收及獲利越高，但市場競爭者也可能越多。另機場條件也將影響營運，包括機場容量、起降限制及時間帶安排。航班規劃的重要一項限制即為機場容量，在擁擠機場，航班起降不易，而混合型業者因長期與機場當局或機場公司建立良好合作關係，通常能夠獲得較佳資源；國際機場時間帶安排通常採取祖父權慣例，對於全貨運業者而言，航班多採離峰或夜間飛行，拉長航班間隔及等待時間。這些因素對於業者存在不同的影響，但卻少有文獻將其納入考量。

臺灣航空貨運市場主要以混合型貨運公司為主，中華航空及長榮航空兩家業者為國籍客運業者，不同航線上亦有其他外籍混合型航空公司，但兩家國籍業者約佔台灣整體貨運至少 6 成以上。由於台灣本身高科技產業仰賴航空貨運，造就桃園國際機場成為重要的貨運需求市場。自 1997 年起，台灣與美國簽訂開放天空航

約，優比速航空公司、聯邦快遞公司等外籍全貨運業者陸續加入經營，之後陸續新加坡航空貨運、盧森堡航空、漢莎航空貨運等加入航線市場，但受限於雙邊協議，多數以單一市場航線為經營目標，其後由於受到 2008 年金融風暴影響，進出口大幅衰退，一些全貨運業者退出，直到 2008 年後才又有大陸全貨運業者申請經營兩岸航線。在台灣政府積極支持桃園國際機場發展的同時，航空貨運業的發展雖然是商業競爭的結果，但市場的發展及如何考量業者策略規劃需要，來創造有利於全貨運業者的環境來吸引其繼續營運，值得政府關切，這也牽涉到政府對於亞太地區航空貨運中心的政策推動。

綜合來說，本研究的主要目的有二，一、探討單一航線及路網規模等情形下，釐清下列問題：(1) 競爭環境下，業者航機選擇、費率及航班訂定等策略之決策特性，及採取何種策略可以幫助其增加市占率及獲利；(2) 航空貨運市場的可能均衡狀況；(3) 其他重要因素改變對於市場競爭的影響，如需求強度等。二、分析台灣主要航線市場貨運需求特性，了解影響航線市場主要因素，並預測短期市場需求，以分析臺灣國際航線貨運市場可能競爭情形。此外，依據研究所得結論，將提出相關建議做為業者營運及主管機關評估航空政策之參考。

本論文將從航空貨運的供給面，考量混合型業者及全貨運業者在航次、航機規劃等策略上差異，並依據市場特性，以非合作賽局理論分析業者競爭行為，探究航商在面臨市場進入與否時，所考慮的相關決策的特性，期望從賽局均衡的概念及策略的意涵，來探討國際航空貨運業者的規劃方向及市場可能發展。另針對臺灣航空貨運需求面進行分析，考量航線運量主要因素及臺灣市場特有因素，構建桃園國際機場主要航線市場需求模式，以作為後續預測航線需求及業者競爭策略分析。

1.2 研究內容與方法

經由文獻回顧發現，許多運輸文獻結合非合作賽局理論進行分析，它以數量模式為基礎，用來考慮許多影響因素以解決複雜的問題。此外，它處理包含多重決策者(或利益團體)的情況，而這些決策者的目標全部或部分衝突，此方法可以用來考慮其彼此的互動，適合很多運輸問題的應用。非合作賽局的觀念近年來被大量引用在運輸分析中，當然也包括航空運輸，例如：Hansen and Kanafani (1990)、

Adler (2001)、Martín and Román (2003)、Alder and Smilowitz (2007)、Wei and Hansen (2007)、李元祿 (2004)。因此，非合作賽局分析方法可以幫助本研究針對所探討的航空貨運業者競爭議題進行分析與策略研究。此外，為觀察航線特質及時間因素變動對於航線需求的影響，本研究以追蹤式資料分析法來構建臺灣航線市場貨物運量需求模式，以反映兩項因素對於航線需求的影響，另此方法的優點是指增進統計上的效率、改善預測的可能性(Kitamura, 1990)，本研究將以所校估之模式進行短期航線貨運需求預測。

相關研究內容與方法述明如下：

一、航空貨運產業之現況分析

分析與瞭解台灣國際貨運市場現況及航空貨運經營業者之營運特徵等，以作為本研究在進行分析時相關的背景資料與在模式構建上的依據與參考。

二、文獻回顧與評析

蒐集與整理關於航空貨運服務業、貨主選擇行為分析、航空貨運市場需求以及非合作賽局理論基礎與應用等文獻，深入瞭解航空貨運市場發展、航空貨運市場上業者經營特徵對於業者定價、航線頻次與機型等策略規劃之影響，並加以歸納與分析。

三、航線市場貨物運量需求模式建構與分析

為瞭解影響台灣國際航空貨運航線之主要因素，並預估航線短期貨運需求，本研究蒐集 2004-2007 年臺灣桃園國際機場 36 條主要航線的資料，依據追蹤式資料校估臺灣桃園國際機場之主要貨運定期航線貨運運量模式，並預估短期航線貨運量，以檢驗案例市場航空貨運市場均衡結果。

四、航空公司競爭模式構建與求解

利用非合作賽局理論性模式構建航空公司競爭；市場競爭除了考慮消費者需求外，尚須考量競爭者的反應，Alder(2001)指出路網策略結合競爭理論，能使分析結果更具經濟上的真實性。非合作賽局理論被廣泛應用來構建市場競爭模型及分析賽局參賽者的競爭策略，業者透過服務效用來競爭市占率，並將賽局定為多參賽者賽局。在追求業者個別收益最大的假設下，考量航空貨運者的航班規劃及營運成本等項目，分別建構多目標數學規劃模式用以表示單一航線與路網規模的航空貨運業者競爭。透過文獻回顧來了解求解方法論，以應用於求解。

五、航空市場相關資料蒐集

為進行案例分析之用，本研究針對文獻中所提出航空貨運業者成本結構相關資料進行蒐集，並針對油價變動因素進行適當調整，以獲得所需營運成本參數。另透過桃園國際機場及相關業者網站所公佈資訊，來獲得主要使用航機類型與相關營運數據。

六、案例分析

在單一航線市場，以台北至香港、台北至洛杉磯等兩航線市場為例，路網市場分析則以假設案例進行分析。所蒐集之航空公司營運資料與成本資料將代入賽局競爭模式中，除驗證模式可操作性，並分析市場均衡結果，及競爭對於業者營運策略的影響。最後，進行敏感度分析以瞭解相關參數設定改變時，對於市場均衡的影響，並探討相關實務意涵。

七、結論與建議

綜合論文的研究結果，歸納出主要的結論，並提出建議事項。



1.3 研究範圍及限制

本研究聚焦國際航空航線貨運市場之一般航空貨物運送服務。為進行相關分析，研究範圍及相關界定說明如下：

- 一、研究市場範圍為以亞洲地區的國際航空貨運市場，貨運服務種類為機場至機場間之一般航空貨運服務。
- 二、研究對象包括混合型航空公司及全貨運航空公司兩類。混合型業者係指利用飛機一同載運旅客及貨物之業者，如中華航空公司、新加坡航空、日本航空及國泰航空等，全貨運業者則是單用全貨機專門運送貨物之業者，但不包含航空客運公司之分支貨運公司，如盧森堡航空貨運公司。部分學者將全貨運航空公司再區分為全貨機航空公司及整合型航空公司，本研究主要探討兼營客貨與單純經營貨運兩類航空公司經營模式所造成競爭的結果，故參照 Zhang, A. and Zhang, Y. (2002b)，將航空貨運服務業者區分為這兩類。

三、實務上，在亞洲區內及多數歐美航線，混合型航空公司通常採直飛方式運送貨物，無須再經其他機場轉運，僅中停加油及維修航點，部分歐美航線則採轉運方式處理，以臺灣業者為例，部分東南亞往美國的航班，透過桃園機場轉運，然此部分運量及航班安排等資訊不容易獲得，故本研究假設混合型航空公司通常採直飛方式運送貨物。全貨運航空公司採取軸輻式路網運送，路網中的機場包含樞紐(hub)機場及支線(spoke)機場，圖 1.1 為 HS 路網的案例。所有樞紐機場合理假設直接相互連接，而所有輪輻機場只直接連接該區域的樞紐機場。因此，一條運送路徑上的運送航段數取決於起、迄兩端點機場的位置，例如跨區貨物由一樞紐機場運至另一樞紐機場或同區貨物由樞紐機場運至輪輻機場(反之亦然)為一航段式運送；跨區貨物由一樞紐機場運至輪輻機場(反之亦然)或同區貨物由一輪輻機場運至另一輪輻機場為二段式運送；而跨區貨物由一區輪輻機場運至另一區輪輻機場則為三段式運送。

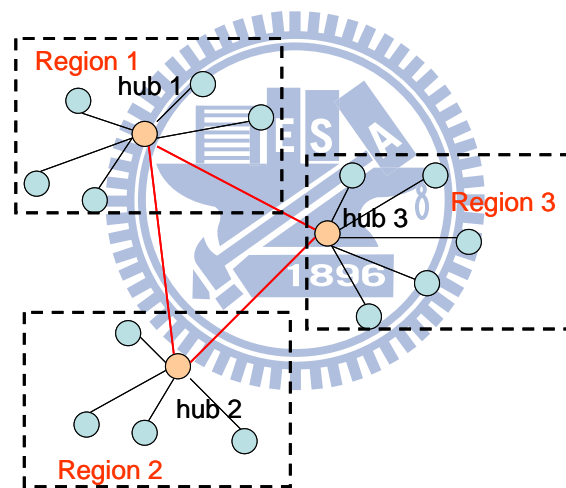


圖 1.1 軸輻航空路網系統示意圖

四、 假設航空公司的基地機場或樞紐機場及經營的定期航線為已知下，本研究所考量的航空公司競爭策略是航線費率、航班次數及航機種類等項目。

五、 本研究考慮單一航線及整體路網兩種情境。單一航線情境係考量雙邊航空服務協議下業者進出市場受到管制，因此，受指定的業者在決定進入前，假設先行考量其相關策略及可能獲利來決定是否加入市場。整體路網情境則是考量未來亞洲地區逐步自由化下，所有航線進出均

解除管制，航空公司可以自由進出定期航線市場，航空公司尋求競爭下整體路網的最適營運策略。

1.4 研究流程

本研究主要流程詳如圖 1.2，茲擇要說明如下：首先，本研究從實務面分析，提出研究問題之內容，概述文獻中相關研究之成果及分析方法，提出目前研究未能深入探討的部分，以界定本研究之目的，並釐清研究之範圍、限制及流程。其次，透過資料蒐集來瞭解亞洲地區航空貨運業者營運方面的特徵及臺灣國際航空貨運市場現況。另透過文獻蒐集與評析，瞭解貨運需求特性、策略規劃、非合作賽局應用及貨運需求模式構建等相關研究之成果及尚未深入探討之部分，強化研究動機與方向。

接下來，建構桃園國際機場航線貨運需求模式，透過追蹤式資料進行模式校估。由於航線市場需求為業者市場經營之重要考量因素之一，透過臺灣國際航線航空貨運市場的分析，瞭解主要航空貨運市場特性，並建構航線運量模式，推估未來航線市場運量，用以提供分析航線貨運市場短期均衡變動。

在市場競爭模式的構建方面，航空運輸市場通常定義是機場間或城際間 (OECD, 2000、O'Connor, 2001)，每個城際組合具有特有顧客集合、需求狀況及競爭情況的市場，另一方面，由於亞洲地區航空客運公司為主要貨運營運者，亞洲地區國家航權貨運協議是否先行使第七航權，尚存在爭議，雙邊協議仍以主要機場間之航線為主。假設航空貨運業者先評估一航線市場之獲利並決定進入與否，再考量整體路網的營運策略。在單一航線規模下，因業者於管制市場之進出與退出通常受管制，故以兩階段同步賽局來構建單一航線市場競爭。首先，所有參賽者依據獲利與否決定是否進入某一城際航線市場，收益與否為其決定因素。其後，業者必須決定其市場營運策略，以競爭貨運量及市占率。接續考量航空公司間競爭由單一航線擴大至整個路網，假設亞洲地區航空貨運市場逐漸解除管制，航空公司可以經營所有雙邊航線。在已知航空公司的基地機場或樞紐機場及經營的定期航線的前提假設下，探討業者如何決定其所有航線的營運策略。透過

相關研究所發展之方法，撰寫數學程式求解構建之市場競爭數學模式，求得各業者於所有航線的營運策略及均衡結果。

對於所建構的市場競爭模式，藉由案例分析來驗證其可操作性，觀察市場可能均衡，另針對主要參變數之敏感度分析，探討相關參數變化對於市場均衡結果及業者競爭策略的影響。最後，針對本研究的內容及成果進行總結，並提出建議。

配合上述流程，本論文的章節架構如下：

第一章內容為緒論。首先說明本文的研究背景與動機說明，並界定研究問題與目的，繼而依序包括說明研究內容與方法、研究流程與架構、研究範圍與限制。

第二章為航空貨運業現況分析。內容則在說明臺灣國際航空貨運整體市場發展、主要航線市場分佈以及航空運輸業者現況為主。

第三章為文獻回顧與評析。本章將研究中引為研究基礎的國內外重要文獻，加以整理與回顧。內容主要由航空貨物運送業發展、航空服務業競爭、航空公司營運策略分析、貨主選擇航商、研究方法論應用等不同角度，廣泛蒐集與航空貨運業競爭相關的文獻。

第四章為臺灣航空貨運航線運量需求模式。本章將考量以往文獻中引用關於航空運輸需求及國際貿易的可能因素，以及台灣特有的特徵屬性，針對臺灣桃園國際機場主要貨運定期航線，建構貨運運量模式。進一步將模式應用在航線市場貨運量預測，以評估台灣主要航空貨運市場的均衡變動。

第五章為單一航線市場競爭模式。本章將依據先前所分析的航空業營運特性，建構航空公司規劃航次、費率及航機選擇的數學模式，航空公司航線市場貨運量則依靠個體選擇模式來決定。接下來，利用非合作賽局架構來建構在現有雙邊航空服務體制下，航空公司同時競爭航線市場的問題，透過實際航線案例分析來檢視各種因素對市場競爭及均衡的影響。

第六章為路網市場競爭模式。本章假設亞洲地區市場開放情況下，探討航空貨運市場競爭擴展至整體路網下的競爭，並透過案例分析來檢視各種因素對市場競爭及均衡的影響。

第七章為結論與建議，就整體研究內容做歸結，並提出後續可深入探討之建議事項。

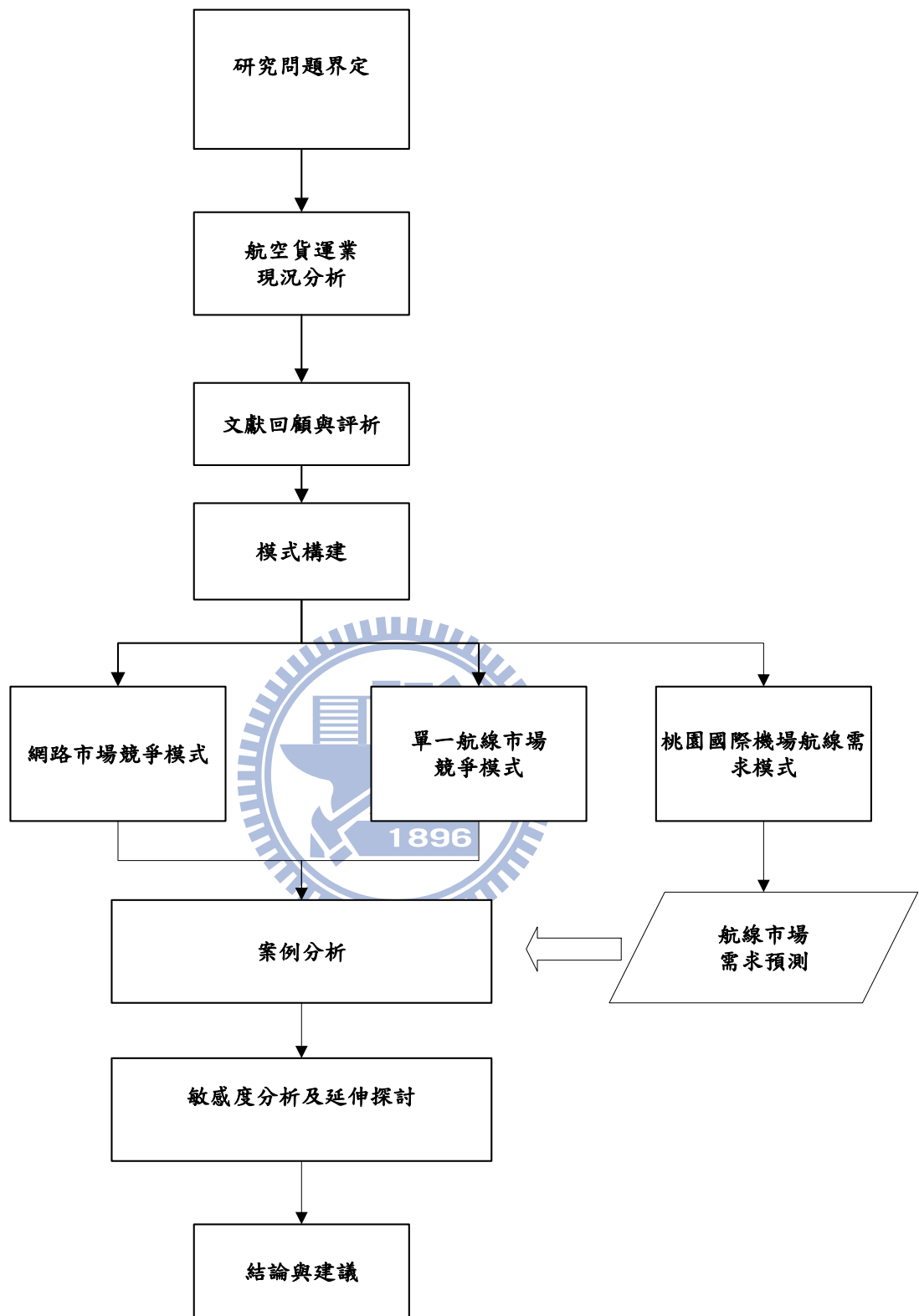
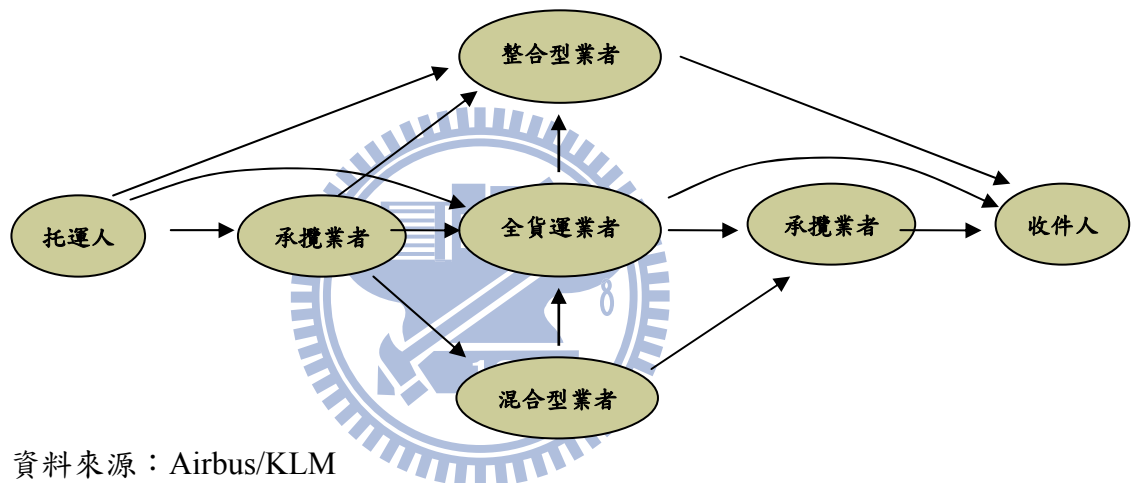


圖 1.2 研究流程圖

第二章 航空貨運業現況分析

2.1 航空貨運業簡介

航空貨運系統的主要參與者包括托運人、貨運承攬業者、航空公司及收件人。此外，貨運的實體流程受機場及海關所管控。圖 3.1 顯示航空貨運系統之架構。本研究著重在航空公司間的競爭，以下將就提供航空貨運服務的航空公司類型及服務的種類進行介紹。



資料來源：Airbus/KLM

圖 2.1 航空貨運服務圖

2.1.1 航空貨運公司分類

依據台灣民用航空法第 2 條第 11 款規定，民用航空運輸業指以航空器直接載運客、貨、郵件，取得報酬之事業，一般通稱為航空公司。基本上來說，航空貨運市場有三類業者：全貨運業者、混合型業者及整合型(快遞)業者。

1. 混合型業者(combination carrier)：利用飛機一同載運旅客及貨物之業者，如中華航空公司、新加坡航空、西北航空及國泰航空等，在航空客運及貨運上扮演重要角色。然而，低油價時，腹艙貨物所增加的成本較為低廉，但隨著油價持續攀高，腹艙閒置運能倘過剩，將造成油耗成本提升，因此，並非所有混合型業者均考量發展貨運，而是將貨運視為其附屬服務。

2. 全貨運業者(all-cargo carrier、freight carrier、heavy freight airline)：利用全貨機專門運送貨物之業者，提供機場與機場間貨運運送，著重在長途運送，如全日本航空貨運、上海貨運航空公司等。相較於腹艙載貨的容量低及不確定，其能提供確定的貨運運量需求及時間安排。

3. 整合型業者(integrated express carrier、integrator)：亦為利用貨機專門運送貨物的業者，不同於混合型貨運及全貨運航空公司經常是運送機場至機場間貨物，整合型物流業者提供整合的及戶服務，包括從貨主處收貨、至機場地面運輸、運送至目的地以及送抵終點，如優比速航空公司、聯邦快遞公司、洋基通運公司(DHL)及天遞國際快遞(TNT)等，部分業者也提供有附加價值之物流服務，如提供庫存管理，並代表貨主處理儲存地點與緩衝庫存事宜。

對於航空貨運業者的分類，除了前開類別外，還有幾種方式：一是依據是否整合所有流程，將之分為航空公司及整合快遞營運者。另一類則是依據是否專營貨運，將之區分為全貨運業者及混合型業者(OECD, 1999、Zhang, A. and Zhang, Y., 2002b、Clarke, 2004)。本研究將依據是否專營貨運，進行後續相關問題界定。

2.1.2 航空貨運服務種類

對於航空貨物(air cargo)，IATA 的定義為「anything carried or to be carried in an aircraft, except mail, or baggage carried under a passenger ticket and baggage check, but includes baggage moving under an air waybill or shipment record」，即航空貨物包括郵件、旅客及行李以外所搭乘的物品。在北美地區，航空貨物還包括航空快遞。

依據凌鳳儀(2002)的分類，航空貨運貨物主要包含普通航空貨物及特殊貨物，特殊貨物主要包含活生動植物、鮮活易腐物品（冷凍冷藏貨物）、重物品、武器、彈藥、槍械等管制物品、危險物品、菌種和生物製品、屍體和骨灰等類，普通航空貨物則是泛指上述特殊物品以外之貨物。

航空貨運服務種類可概分為 3 類：

1. 一般航空貨運服務：指托運人沒有特殊要求，運送業者和民航局對貨物沒有特殊規定的貨物，這類貨物按一般運輸程序處理，運價為基本價格的貨物的運輸，運送型態主要為機場至機場的運送。

2. 快遞服務：由運送人組織專門人員，負責以最早的航班和最快的方式把快

遞件送交收貨人的貨運方式。急件運輸是快遞服務之一類，貨物運輸必須在 24 小時之內發出，收貨人急於得到的貨物，急件貨物運費率較普通貨物運費率高，航空公司要優先安排艙位運輸急件貨物。

3. 包機運送：包機人和運送人簽訂包機契約，機上的噸位由包機人充分利用。包機噸位包括機上座位和貨運噸位，包機的計費按里程計算，如果飛機由其他機場調來，回程時沒有其他任務時還有收取調機費。調機費按里程收費，調機計費里程包括調機里程和回程。

2.2 國際航空貨運發展趨勢

國際航空貨運業在過去數十年間以快速地成長，在 1980 至 2000 年間，全球航空貨運量以年平均 7.7% 的成長率增長，是全球平均 GDP 成長率的 2 倍 (ICAO, 2001)。其後，受到一些重大事件的影響，包括 911 恐怖攻擊，全球貿易成長率減緩，國際航空貨運也同樣減緩，2000 至 2005 年間年平均成長率近 6%。近幾年，則受到全球金融危機的影響，國際航空貨運成長率下滑，依據 IATA(2009) 的資料(如圖 2.2)，2008 至 2009 年間全球航空貨運將呈現負成長。

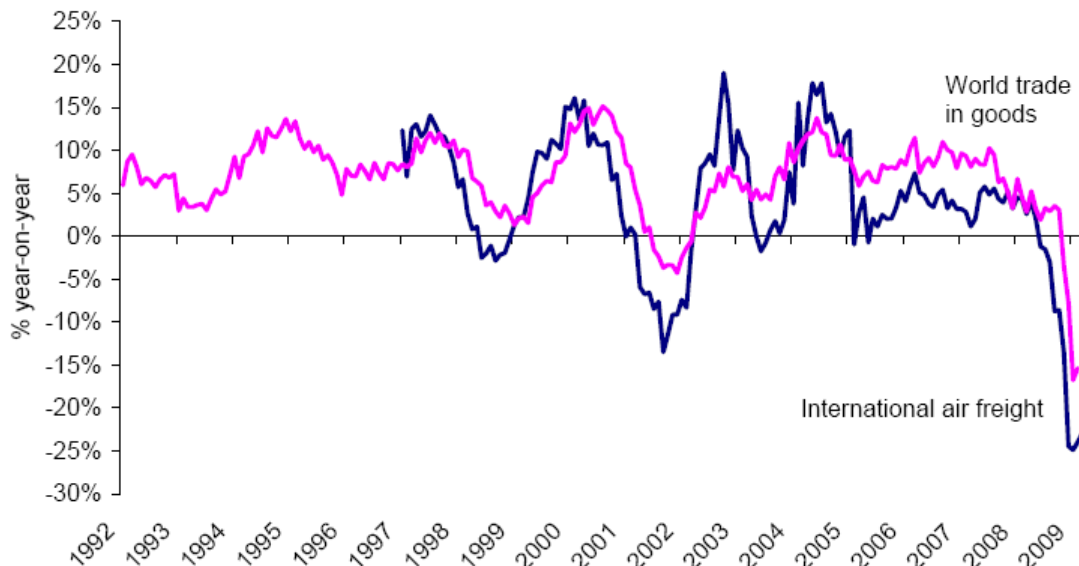


圖 2.2 國際貿易及航空貨運成長率變化圖

在區域市場發展方面，表2.1所列為1999至2009年間全球主要地區市場的航空貨運量成長率及2009~2029年之預估成長值。全球貨運市場於1999至2009年之10年間貨運年成長率約為1.9%，中東-歐洲、南美-歐洲、拉丁美洲-歐洲、亞洲-北美、亞洲區內及中國大陸等貨運市場持續快速成長，年成長率達5%以上。目前亞洲地區貨運量約佔全球的40%，依據波音公司的預測，在未來20年間亞洲區內的航空貨運年成長率方面將持續領先全球，所有亞洲相關的交通預期將擴張，而亞洲區內市場的年成長率6.7%將是最高，中國大陸將是全球成長最快速的市場，預估年成長率為9.2%。

表 2.1 全球航空貨運以往及預估年成長率

年別 地區	1999~2009 年期間	預估 2009~2029 年
全球	1.9%	-2.5%
美洲區內-北美	-0.7%	2.5%
拉丁美洲-北美	-1.5%	0.1%
拉丁美洲-歐洲	6.5%	3.3%
歐洲-北美洲	1.4%	4.1%
歐洲區內	3.4%	4.1%
中東-歐洲	13.1%	5.9%
非洲-歐洲	3.0%	5.7%
亞洲-北美	5.6%	4.2%
歐洲-亞洲	3.6%	6.0%
亞洲區內	5.1%	6.7%
南美-歐洲	6.6%	7.9%
中國大陸	6.5%	9.2%

資料來源：Boeing (2010)

臺灣國際航空貨運在 1998 至 2008 年間貨運量航空貨運需求呈現低度成長狀況；航空進出口總量，由 936 千噸成長至 1,035 千噸，年平均貨運成長率僅約 1%，詳圖 2.2。2001 年時受到 911 事件影響，航空的進出口數量大幅衰退至前(1999)年的水準，其後緩步回升，2007 年後，復因國際金融業危機引發台灣整體進出口減少，航空貨運量也明顯降低，業者在台灣國際航線市場的經營有所虧損，因而，部分業者申請停止航飛，如漢莎貨運航空及新加坡貨運航空，於 2008 年時即停駛原飛航之航線。

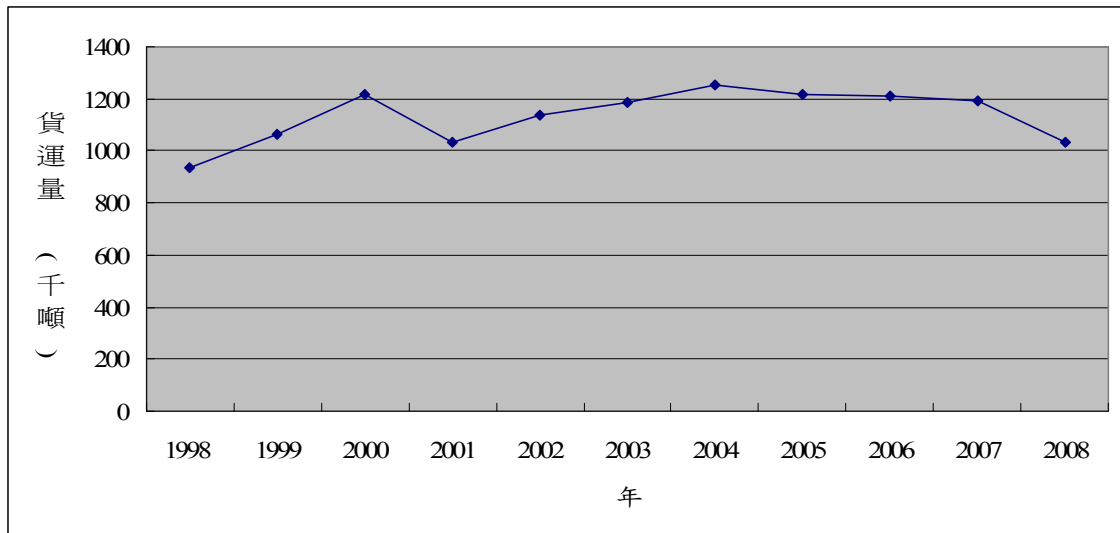


圖 2.3 台灣歷年國際航空貨運量統計(1998-2008 年)

臺灣國際航空貨運的機場包括桃園及高雄兩座航空站，貨量主要集中在桃園，2007 年時營運量佔臺灣全年國際航空貨運量之 95%。也是臺灣主要國際航線的連接機場。

2.3 主要航空貨運業者概況

2.3.1 亞洲地區國際航空貨運市場

表 2.2 全球主要定期貨運航空公司

排名	國際貨運			國內貨運			國際貨運+國內貨運		
	航空公司	類別	運量 (百萬 延噸公 里)	航空公司	類別	運量 (百萬 延噸公 里)	航空公司	類別	運量 (百萬 延噸公 里)
1	Korean Air	C	8,225	FedEx	I	7,947	FedEx	I	13,756
2	Cathay Pacific Airways	C	7,722	UPS Airlines	I	4,694	UPS Airlines	I	9,189
3	Lufthansa	C	6,660	China Southern Airlines	C	1,103	Korean Air Lines	C	8,284
4	Singapore	C	6,455	Air China	C	841	Cathay	C	7,722

排名	國際貨運			國內貨運			國際貨運+國內貨運		
	航空公司	類別	運量 (百萬 延噸公 里)	航空公司	類別	運量 (百萬 延噸公 里)	航空公司	類別	運量 (百萬 延噸公 里)
	Airlines						Pacific Airways		
5	Emirates	C	6,369	China Eastern Airlines	C	698	Lufthansa	C	6,668
6	FedEx	I	5,808	All Nippon Airways	C	423	Singapore Airlines	C	6,455
7	China Airlines	C	4,903	Japan Airlines	C	412	Emirates	C	6,369
8	Air France	C	4,672	Northwest Airlines	C	404	China Airlines	C	4,903
9	Cargolux	F	4,652	Hainan Airlines	C	373	Air France	C	4,675
10	UPS Airlines	I	4,495	United Airlines	C	370	Cargolux	F	4,652

註: C 表混合型業者, F 表全貨運業者, I 表整合型業者。

資料來源: IATA (2011)

表 2.2 所列為全球主要定期貨運航空公司及其運量。依據表 2.2，混合型業者在國際或國內航空貨運承載量方面，目前均處於優勢地位。在國際航空貨運市場，大韓航空、國泰航空、新加坡航空及中華航空等 4 家亞洲業者位於全球前 10 之列。美國、日本與中國大陸等 3 個國家的業者則分別位居國內航空貨運市場的前 10 大業者，聯邦快遞及優比速航空公司為前兩大國內航空貨運業者。由於美國國內航空貨運量龐大，總計來說，聯邦快遞及優比速航空公司位居全球航空貨運市場第 1 及第 2 位，而盧森堡航空公司的貨運量位居第 10 位，其餘則是混合型業者，而當中有 4 家業者來自於亞洲。這也顯示航空貨運業務對於亞洲航空客運業者的重要性，事實上，航空貨運的收入佔亞洲航空客運業者重要的收入，中華航空的貨運部門營收佔其整體收益的 43.54%、韓航 32.28%、新加坡 31.49%、國泰 28.5% (Petersen, 2007)。

雖然部分航空貨運公司擁有專用貨機機隊，但航空貨運依然大部分是由寬體

客機腹艙所載運。IATA 估計全球近 50% 的航空貨物是由客機腹艙所運送 (Aviation Week and Space Technology, 7 May 2007)，即使全貨運航空公司 (尤其是整合型快遞業者) 快速成長，而亞洲地區客機腹艙與貨機載貨量比例為 65:35 (Senguttuvan, 2006)，這也意味一般航空貨運在亞洲地區為主要貨運業務。美國多數的客運航空公司由於多數使用窄體飛機，明顯限縮航機的貨運空間，因此，超過 6 成的美國國內的貨運市場主要由整合型業者所佔有，FedEx 目前是全球貨運量最大的業者。一些學者 (Zhang, A. and Zhang, Y., 2002a, b、Bowen, 2004) 曾比較亞洲與美國的航空貨運發展型態不同，他們認為由於一般航空貨運對他們收益的重要性，亞洲本地的航空客運公司將不可能放棄一般航空貨運的經營，即便全貨運公司於 1990 年代起陸續擴張他們的營運範圍，覬覦亞洲市場龐大的商機及成長動能，尤其是外來的整合型業者，混合型航空公司將與全貨運業者直接競爭一般航空貨運服務。

亞洲地區航空貨運市場的地理結構集中於地區性主要機場 (Senguttuvan, 2006)，例如香港、新加坡、東京、首爾、台北等，形成主要的航空貨運廊帶，這些航點除了為本地混合型航空公司的基地機場外，同時也是全貨運航空公司的轉運中心，轉運長途貨物至地區性市場，如優比速航空公司、聯邦快遞公司於桃園國際機場設置轉運中心，洋基通運公司、聯邦快遞公司於上海浦東機場設置營運中心。然而，這些區域性主要機場常有擁擠的情形，貨運航班必須與客運航班爭奪起降時間帶。在旅客優先的情況下，客運航班安排於尖峰時段，貨機則於離峰時段或夜間起降，在起降時間帶受限及機場周邊資源無法有效獲得下，有些全貨運航空業者轉而以次要機場 (如蘇比克灣) 為區域樞紐機場之一，但仍維持主要機場間航班營運。

2.3.2 台灣地區國際航空貨運市場

臺灣對於國際航線業者的規定，包含航線、家數、班次、貨運量上限等，主要係依據雙邊航約來決定，在已簽訂的航約中，僅與美國簽訂開放天空協議。

截至 2007 年底，臺灣國際航線定期航線客運航線計有 86 條、貨運航線有 112 條，客運航線上僅客機腹艙能載貨，不能以全貨機運送貨物，而多數的貨運航線由混合型航空貨運業者所經營，除因多數混合型航空公司為其國家的主要航空公司，且具有全貨機可納入營運，部份的貨運航線是僅由全貨運業者經營，譬如台韓航線。

台灣航空貨運市場中，客運業者計有 36 家，全貨運航空公司包括優比速航空公司、聯邦快遞公司、盧森堡航空公司(Cargolux)、華民航空公司(Air Hong Kong)等 4 家，均為外籍業者。從表 2.3 得知，優比速航空公司、聯邦快遞、盧森堡航空公司、華民航空公司等專營貨運的航空公司所經營的定期航線數總共為 34 條，貨運量約佔有超過臺灣國際航線貨量之 6.15%。在缺乏詳細貨種資料分析的限制下，無法瞭解其主要運送貨物，但可知除了包機服務、快遞及整合型物流外，全貨運業者也參與一般航空貨物運送服務。

表 2.3 全貨運航空公司於臺灣國際航空貨運市場之營運概況

項目	優比速航空公司	聯邦快遞	盧森堡航空公司	華民航空公司	小計
經營航線數	11	13	9	1	34
出口航空貨物（噸數）	7035.9	9567.5	7626.6	1901.1	26131.1
進口航空貨物（噸數）	7071.0	6034.7	18352.1	1396.6	32854.4
總航空貨物（噸數）	14106.9	15602.2	25978.7	3297.7	58985.5
佔經營航線貨物數量比例	1.47%	1.63%	2.71%	0.34%	6.15%

資料來源:民航局/民航統計年報 (2007)

2.4 台灣國際航空進出口貨物概述

依據 2007 年桃園國際機場進出口貨物統計，全年進口與出口貨物 417,042 及 542,211 公噸，此統計數據不包含快遞貨物專區及專差快遞之貨量。依據民航局分類，貨物種類包含農產品、林產品、電力及電器...等 37 種貨品，表 2.4 所列為 2007 年臺灣航空進出口貨物的主要項目。

整體上，台灣國際航空貨運的主要貨品是電機及電器、水產品、農產品、精密儀器設備及紡織品。日本、美國、香港、中國大陸及歐洲國家是台灣航空貨運主要市場，2007 年約佔整體空運貨物量之 75.6%。

表 2.4 臺灣國際航空貨物運送主要貨品項目及運量

排名	出口		進口		加總	
	項目	噸數 (%)	項目	噸數 (%)	項目	噸數 (%)
1	電機及電器	320,089 (59.03)	電機及電器	197,214 (47.29)	電機及電器	517,303 (53.93)
2	水產品	16,817 (3.10)	農產品	23,461 (5.63)	水產品	40,037 (4.17)
3	農產品	7,381 (1.36)	水產品	23,219 (5.57)	農產品	30,843 (3.22)
4	紙漿紙品印刷	725 (0.13)	精密儀器設備	19,338 (4.64)	精密儀器設備	19,342 (2.02)
5	紡織品	629 (0.12)	紡織衣著飾品	18,158 (4.35)	紡織衣著飾品	18,174 (1.89)
6	橡膠、塑膠品	119 (0.02)	機械	17,542 (4.21)	機械	17,655 (1.84)
7	機械	113 (0.02)	化學製品	14,328 (3.44)	化學製品	14,367 (1.50)
8	禽畜產品	43 (0.01)	非金屬礦物製品	5,377 (1.29)	非金屬礦物製品	5,381 (0.56)
9	化學製品	39 (0.01)	紙漿紙品印刷	3,453 (0.83)	紙漿紙品印刷	4,178 (0.44)
10	運輸工具	25 (0.01)	運輸工具	3,284 (0.79)	運輸工具	3,309 (0.34)
	其他製品	196,230 (36.19)	其他製品	91,669 (21.98)	其他製品	288,666 (30.09)
	總計	542,211 (100)	總計	417,042 (100)	總計	959,253 (100)

資料來源:民航局/民航統計年報 (2007)

如同表 2.4 所示，電力及電器產品是臺灣進出口貨物中的主要項目，整體來說約佔 2007 年台灣國際航空貨運總量的 54%。臺灣的資訊科技及產業國際聞名，在過去 30 年間已經發展成為約 30 項商品的全球最大製造者之一。尤其著名的是台灣的電腦及相關硬體，約佔全球所有晶片的 5 成以上、電腦顯示器 7 成以上及全球近 9 成的可攜式電腦。由於臺灣廠商生產基地設置於中國大陸及東南亞，他們建立堅固的系統，以提供穩定的產品品質及快速的運送至歐美市場。依表 2.5 及

表 2.6 顯示，台灣的電力及電器產品之主要市場為美國、香港及中國大陸。

農產品及水產品部分是台灣國際航空貨運其他兩項主要項目。臺灣自菲律賓、泰國及印尼進口大量水產；主要的水產出口地為日本。農產品方面，例如木製品、熱帶蔬果，台灣大部分進口來自美國及泰國，主要出口地為日本及美國。精密儀器設備及紡織衣著飾品為第 4 及 5 位的主要進口品項。依據表 3.5 所示，臺灣的進口航空精密儀器設備主要來自日本，而航空紡織衣著飾品主要來自澳門及香港。

表 2.5 臺灣主要航空進口貨物來源地及所佔比例

排名	電力及電器產品（比例 %）	農產品（比例 %）	水產品（比例 %）	精密儀器設備（比例 %）	紡織衣著及服裝飾品（比例 %）	其他（比例 %）
1	日本 (28.9)	美國 (54.7)	印尼 (25.3)	日本 (42.9)	澳門 (41.5)	日本 (25.6)
2	香港 (20.8)	泰國 (26.2)	挪威 (14.4)	美國 (20.1)	香港 (28.8)	美國 (16.8)
3	美國 (12.8)	日本 (5.9)	菲律賓 (13.8)	香港 (9.4)	南韓 (9.1)	香港 (10.7)
4	澳門 (6.7)	加拿大 (1.9)	泰國 (12.8)	澳門 (6.6)	日本 (7.3)	澳門 (5.0)
5	盧森堡 (4.7)	澳大利亞 (1.6)	美國 (4.5)	盧森堡 (5.5)	中國大陸 (2.8)	泰國 (5.0)
6	南韓 (4.4)	香港 (1.0)	香港 (3.1)	荷蘭 (3.0)	美國 (2.3)	南韓 (4.2)
7	新加坡 (4.2)	菲律賓 (0.8)	日本 (2.8)	南韓 (3.0)	泰國 (2.2)	新加坡 (3.5)
8	中國大陸 (3.0)	馬來西亞 (0.6)	澳大利亞 (2.8)	中國大陸 (1.6)	越南 (0.7)	菲律賓 (3.2)
9	德國 (2.8)	印尼 (0.6)	加拿大 (2.6)	德國 (1.2)	盧森堡 (0.6)	德國 (3.2)
10	馬來西亞 (2.5)	紐西蘭 (0.6)	越南 (1.8)	英國 (1.1)	新加坡 (0.5)	盧森堡 (3.1)
	其他地區 或國家 (9.3)	其他地區 或國家 (6.0)	其他地區 或國家 (16.1)	其他地區 或國家 (5.6)	其他地區 或國家 (4.2)	其他地區 或國家 (19.6)

資料來源：民航局/民航統計年報 (2007)

表 2.6 臺灣主要航空出口貨物目的地及所佔比例

排名	電力及電 器產品(比 例 %)	水產品(比 例 %)	農產品(比 例 %)	紙漿.紙品. 印刷(比例 %)	紡 織 品 (比 例 %)	其他(比例 %)
1	美國 (21.2)	日本 (93.2)	日本 (51.7)	香港 (37.5)	越南 (21.0)	中國大陸 (25.9)
2	中國大陸 (13.5)	美國 (4.38)	美國 (11.4)	中國大陸 (31.8)	中國大陸 (9.4)	美國 (14.9)
3	香港 (10.3)	南韓 (0.79)	南韓 (10.6)	越南 (14.3)	泰國 (7.9)	香港 (13.8)
4	日本 (10.1)	香港 (0.69)	香港 (6.8)	澳門 (7.0)	香港 (6.5)	日本 (7.3)
5	南韓 (3.9)	新加坡 (0.44)	荷蘭 (5.2)	馬來西亞 (3.1)	印尼 (6.5)	德國 (4.5)
6	德國 (3.8)	馬來西亞 (0.11)	新加坡 (2.6)	泰國 (1.9)	菲律賓 (3.7)	英國 (3.8)
7	新加坡 (3.4)	泰國 (0.07)	英國 (1.9)	菲律賓 (1.5)	德國 (3.0)	盧森堡 (3.1)
8	泰國 (3.4)	印尼 (0.06)	法國 (1.1)	日本 (0.9)	美國 (2.9)	荷蘭 (3.0)
9	英國 (2.3)	加拿大 (0.02)	加拿大 (1.0)	美國 (0.8)	南韓 (2.5)	新加坡 (2.7)
10	馬來西亞 (2.1)	法國 (0.02)	澳大利亞 (1.0)	澳大利亞 (0.6)	馬來西亞 (2.2)	澳門 (1.8)
	其他地區 或國家 (26.0)	其他地區 或國家 (0.2)	其他地區 或國家 (6.8)	其他地區 或國家 (0.5)	其他地區 或國家 (34.3)	其他地區 或國家 (19.2)

資料來源:民航局/民航統計年報 (2007)

2.5 亞洲地區航空貨運市場自由化概況

1999 年時，亞太經合組織(APEC)領袖們提出了一項改革方案「Eight Options for More Competitive Air Services with Fair and Equitable Opportunity」，其中一項關於航空貨運並約定各會員國漸進地移除航空貨運副務營運上的限制，但必須確保參與國的公平與均等的機會之條件。這項方案並未限制各國採取特定方法完成航空貨運自

由化，而是以符合各國利益的進度來實施，並透過如同服務業貿易總協定(GATS)的論壇來進行討論。

一些亞太經合組織國家已經單邊或多邊地同意有關特定航空貨運業自由化條款之開放天空協議。汶萊、智利、紐西蘭、新加坡及美國等於2001年簽署國際航空運輸自由化的多邊協議 (Multilateral Agreement on the Liberalization of International Air transport, MALIAT)，開放貨運航班第5及第7航權的許可以及複合運輸權的自由化規定。這些會員國已經同意修正協議，僅在貨運的基礎上增加新的會員加入，以利有興趣的國家利用這些已參與國的航空貨運路網，並獨立於開放航空客運服務的決定。安地斯協議(Andean Pact)的兩會員國智利及秘魯，同樣對會員國航空公司提供非定期航空貨運航班的全部飛航權利，以及會員國籍第三國間。

美國與數個亞太經合組織會員國家簽署雙邊開放天空協議，提供貨運相關開放，包括航空業者第5及第7航權、地面支援的競爭及平等對待非定期貨運服務。其中，協議已准許主要的美國航空公司及整合型業者不同的權利來飛航亞洲已簽署國間，目前已有包括臺灣等11個亞洲地區國家與美國簽署該項協議，中國大陸同樣預計在航空貨運方面與美國簽署開放天空協議，目前雙方尚在洽談中。

東南亞方面，2002年時，東南亞國協(ASEAN)空運主管部門簽訂航空貨運服務的瞭解備忘錄，作為1995年東南亞國協於曼谷第一次峰會時同意的開放天空政策執行的重要項目。該項備忘錄允許會員國的指定航空公司第3及第4航權來營運點對點航線上每週上限100噸的全貨運服務，但不限班次及機型。2007年修正該項協議的上限噸數至每週250噸。

此外，2003年時汶萊、柬埔寨、新加坡及泰國簽訂航空貨運的完全開放多邊協議，4個國家的業者得以在彼此國家間無限制經營航空貨運服務，東南亞國協其他國家也陸續與第三國家簽訂類似無線制航約，如馬來西亞、泰國。

面對亞洲地區開放航空貨運的潮流，尤其是東南亞國協的擴大，放眼未來，區域航空貨運業未來將朝向逐漸開放的市場，航空業者的經營越來越無限制，營運航線、班次、載運數量也無限制，競爭將從部份開放航線市場轉變為路網規模。然而，由於亞洲地區航空客運業者積極面對全貨運業者的競爭，例如購置專用機隊或引進先進物流技術，未來貨運部門全面自由化是否在亞洲地區全面先行仍將有所變數(Zhang, A. and Zhang, Y., 2002a)，有待地區主要國家參與多方討論。

第三章 文獻回顧與評析

3.1 航空貨運需求特性

3.1.1 航空貨運服務特性

航空貨物運送服務與航空旅客運輸服務存在有些不同特質，依據 Zhang, A. and Zhang, Y. (2002a)及 O'connor (2001) 指出包括下列幾點：

首先，服務需求不同。航空旅客喜歡不中停、直達目的地的航班，如果需要轉機，他們寧願在樞紐機場的時間越短越好。貨物對這些偏好則相對較不敏感；無論直飛或轉飛好幾個機場，相較旅客較無影響。同樣地，貨物對於同步化轉飛及機場航站服務同樣也較無偏好。

其次，航線雙向運量不均衡。貨物托運傾向單方向移動，貨物由生產中心移到配送中心，但旅客則傾向去商業、生產及休閒中心，並自此返回，因此，航空貨運常出現出入境運量不對稱的情況，對於業者路線安排及排程造成困難。

第三，路網型態不同。航空貨物集中在區域生產與消費中心所形成的幾條重要貿易來往路線中，而客運運量分布則相對分散。雖然軸輻路網的運送方式近年來普遍被航空公司採用，但 Zhang, A. and Zhang, Y.指出將運輸需求集中到一地(並換機)的方式，在航空貨物運輸上並非完全可行，因航空貨物明顯地集中在基於生產與消費中心附近的一些流動，這些流動最好透過直接航班上有富裕的容量來滿足。

前述的區別揭櫫航空貨運服務有著某程度上與客運服務不同的特質，雖然如此，航空貨運服務受到客運部門或旅客運輸市場環境的影響頗大。無論是以客機腹艙載貨或是單獨成立貨運部門之混合型業者，其貨運受到客運部門的策略或旅客運輸市場環境所影響，包含航路、航次數、起降時間帶、樞紐機場等。另由於混合型業者為貨運市場的最大族群且擁有較高市占率，目前雙邊航空協議管制體系下航空貨運市場仍以客機運輸的思考為主 (Zhang, A. and Zhang, Y., 2002a)，航線多以客運需求高的航線為主，這樣的安排可能造成業者無法有效率地提供貨運載送服務。目前部份業者已開發貨運服務為主的航線，譬如阿酋航空或聯邦快遞等，雖仍在起步階段，但提供業者新的市場商機。

3.1.2. 選擇航空貨運業者的因素

McGinnis and Kuhn (1993)、李元祿(2004)及 Hsu et al. (2005)曾探討貨主或承攬業者選擇航空貨運業者的主要考量因素，包括航次數、費率、總運送時間及服務品質相關因素，如：航空公司之形象、運送準點性、人員專業度、相關貨物追蹤設備、服務人員態度、員工問題處理與反應能力、飛機維修與保養、航機安全性、保險與理賠制度及費率與班次合理程度。本研究主要探討航次、費率及使用航機等策略，以下將就文獻中所提出航次、運送成本、總飛航時間等所可能影響進行概述及研析。

運送成本指的是運送服務所收取的費用。在航線服務市場上，航空公司通常不會直接與貨主接洽，而是透過承攬業者，承攬業者會因為數量、貨種或季節等因素而有折扣，但這些價格通常不對外公開。IATA 所發布的航線費率表是航空公司用來擬訂貨運換線服務的參考價格；航線費率表所定之費率價格隨航線別、數量、貨種與季節而有所不同，而其費率價格通常較實際費率高。常理上，運送業者所收取費率越高，即貨運成本越高，貨運服務給予托貨人的效用越低。

航次數指業者提供載運貨物的航次。混合型業者所能服務的貨運航次數，包括客機與全貨機的航班總數；全貨運業者因多採軸輻路網運送，故除由所在機場啟航航班外，還有轉運航班亦可載貨。通常航次數越高，貨主的便利性也越高，航次數與顧客的效用成正向關係。

總運送時間是指從貨物進入起點機場貨運站後，至目的地機場貨運站間整體運送過程的時間，中間除了飛行時間外，還包括裝卸時間、等待時間等。飛行時間與航機種類及航線距離有關；裝卸時間除了與航空公司作業效率有關外，也與機場服務效率有關；等待時間與航班分布有關係。李元祿(2004)及 Hsu et al. (2005)二項實證研究指出，總運送時間越長，貨主的感受效用越低。因此，等待航班的時間越長將增加時間成本。

另外，貨物對於航班時間帶雖無偏好，但機場時間帶安排造成貨物不同等待時間及班次便利性。受到旅客偏好影響，客運航班多集中在尖峰時段，而貨運航班則安排離峰時段，包含夜間。雖企業實施供應鏈管理系統可配合調整流程於夜間收貨，也方便承攬業者集貨，但對於貨物來說，也拉長等待時間，其他存貨成本及運送、倉儲等作業成本是不可避免。此外，當運送需求小時，等待時間安排

可能不受航班時間帶貨運影響，但需求量大且航次有所限制時，航機時間帶的安排將影響平均等待時間長度。目前許多機場面臨擁擠問題，機場若實施宵禁或飛航次數限制，更將影響航次安排。

3.1.3 國際航線運量需求驅動因素

Gardiner et al. (2005) 指出專營航空貨運業者選擇機場提供貨運服務的首先考量為機場的「區位」，機場的「區位」是指機場周邊地區具有一定程度的航空運運服務需求。換言之，機場的航空貨運服務需求為影響其進入市場的優先考量。因此，航線貨運市場的需求狀況，為航空公司考量市場進入的首要項目，也決定其後續營運規劃。

影響國際航線交通往來量的主要因子，Jorge-Calderón (1997)認為來自兩個族群：一是地理經濟因子，由運輸發生地區的經濟活動及地理或地區特性所決定，另一是服務相關因子，航空運輸系統的特徵及航空公司控制的特徵。

地理經濟因子包括描述航空運輸發生地區之經濟活動及區位特徵因子，活動因子主要用來呈現貨物運輸發生地區的經貿活動，取決於航線端的商業、產業及文化活動，文獻中兩項最普遍被使用的活動相關變數：收入及機場附近地區的人口(Matsumoto, 2007)，這些變數也是基本重力模式中所包含的變數。部份學者更為深入考量其他經濟與社會學的變數 (Russon and Riley, 1993)，例如大專學位持有者的比例、就業組成或其他因素。由於航空貨物運輸的特性，其他用來作為替代商業、產業與文化活動的替代變數文獻中通常並未考量。

近年來，一些學者發現解釋國際貿易量的因子，也影響雙邊航空交通運輸往來。Hazledine (2009) 觀察加拿大 5 個機場為起點及包含加拿大境內及境外機場為終點的航空旅遊人數資料發現，航空公司對於在加拿大境內的航線提供由加拿大機場連接美國或世界其他目的地機場之航線 6 倍餘的座位數，作者指出國際貿易中著名的邊境效果亦存在於航空運輸中。Khadaroo and Seetanah (2008)利用國際貿易重力模式來構建航空旅遊需求模式，模式中兩項國際貿易研究中被用來作為表示兩國間經貿特殊關係的變數：相同邊境及語言，結果發現兩項均呈現有正面影響。在航空貨運的文獻中，僅有 Micco and Serebrisky (2005)、Yamaguchi (2008)實務探討美國與其他國家簽署開放天空協議對於彼此間航空貨物運量之影響。

事實上，國際經濟學家已陸續以重力模式來檢驗影響雙邊貿易量的因素(詳表

3.1)，發現其他可能影響貿易障礙的因子，包括種族關聯、語言共通性、邊境障礙、相同區域性團體等因素。舉例來說，McCallum (1995) 發現美加邊界障礙致使 1988 年加拿大省份的貿易量是美國州與加國省份間貿易量的 22 倍；Frankel et al. (1995) 在檢驗貿易團體對於貿易的影響時，將共同語言、邊界障礙及貿易團體成員列為虛擬變數，發現它們對於雙邊貿易具有影響效果；Eichengreen and Irwin (1995) 利用 1928 年至二次世界大戰的貿易量資料，透過重力模型驗證貿易區塊和通貨區塊的形成。

至於區位因子，最常見的重要因子是距離。距離對於需求的影響有兩種可能的方向：距離增加時，將有負向因果，由於兩個目的地間較低的社會與商業互動；其次，距離增加時，在運輸時間方面，航空運輸的相對競爭力改善 (Jorge-Calderón, 1997)。至於其他區位因素，雖然有航空客運實務研究中指出提供較佳航班服務鄰近機場的競爭對於航線客運交通有所影響 (Grosche et al., 2007)，但由於航空公司採取軸輻式路網，並不是所有機場均提供洲際或跨國航空貨運服務。因此，這項因素較少被考量。

在服務相關因子方面，係同時由航線的服務品質及航線貨運服務的收費來決定。部分研究已提出影響服務品質的因素 (McGinnis, 1993、Graham, 1999、Hsu et al., 2005)：服務航次關係到可能發生的延誤，這些延誤來自於顧客偏好離開時間與最近可離開時間的差距，普遍被認為重要因素，航次數越多，預期的班次延誤越低。代換成較晚的航班將給與顧客深一層的負效用，雖然航次已一再證明是航空客運交通型態的一項重要因素，但對於航空貨運運量預期效果的證據卻非明確 (有些學者認為影響有限)。其它關於服務品質的因素尚有航空公司服務的市場表現、聲譽及設備等。但這些因素不易被量化評估及比較，通常少被納入航線貨物運輸需求模式。運送成本由運費來決定，文獻中已經一貫地證明是航空公司運量的一項重要解釋。通常來說，當運費增加時，運送需求將降低。

3.2 市場競爭下之航次、費率及航機機型策略規劃

運輸服務的航次、定價及容量規劃是一般作業研究或運輸系統管理中常見的議題，許多的研究專注於此領域及相關議題的探索與延伸，其中之一即是競爭下的策略選擇或規劃。

國際雙邊航空協議對於航空業的管制主要在市場進入、航商指定、容量及費率等項目，美國自 1978 年後向其他國家開始推動雙邊航空自由化協議，朝向開放市場而努力，陸續獲得國際上一些國家的支持。對於雙方航空業者來說，開放天空協議允許自由經營航線，助於其航空路網及經營版圖的擴張，也促使其航空事業核心的擴大 (Doganis, 2002)。文獻中對於解除管制後的航空業發展，已有許多研究建構策略規劃模式，包括路網設計、轉運(或樞紐)中心位置、航班、飛航時段、航機、價格等，而大多集中在客運服務方面之探討，包括 Hansen(1990)、Dobson & Lederer (1993)、Hendricks et al. (1999)、Alder (2001)、Bhaumik (2001)、Martín & Román (2003)、Wei and Hansen (2005, 2007)、Alder and Smilowitz (2007)，航空貨運方面的相關研究彙整於表 3.1。

文獻中，主要有兩類研究來探討市場競爭，一是透過個體選擇模式，消費者依據業者所提供的服務效用來決定選擇，消費者的選擇機率即是廠商的市占率，這類模式的應用通常考慮不只一項的決策變數。另一種是將市場界定為個體經濟學中的 Cournot、Bertrand、Stackelberg 競爭或類似模式，這些模式為經濟學寡占模式。這兩種類型都可以進一步結合賽局分析來考慮競爭者反應下的策略，就經濟學的角度而言，比較符合現實狀況。

在航空貨物運送方面，Zhang, A. and Zhang, Y. (2002a, b) 率先提出亞洲地區航空貨運市場所發生的混合型航空公司及全貨運航空公司間競爭問題，探討部分國家及全貨運業者倡議航空貨運自由化先行的作法，作者以市場寡占模式來檢驗該項政策對於業者收益及社會福利的影響。其後，Zhang, A. et al. (2004)、Zhang, A. et al. (2007) 等分別探討混合型航空公司所形成的航空貨運聯盟及航空公司及貨運承攬業者之同盟、整合型物流業者兩種運輸鏈間多種運具間整合所產生的效果。這些理論性的研究著眼於亞洲市場所面臨的新市場型態競爭，尤其是全貨運運送業者進入市場後所帶來的市場競爭，但對於混合型航空公司及全貨運航空公司營運特性上的不同卻未見考量。Hsu et al. (2005)、Shyr and Lee (2005) 及 Hsu et al. (2009) 等研究聚焦在客運業者航空路網之設計及營運策略規劃，考量業者供需特性來建構數學規劃模式，而這類文獻研究範圍限定於混合型航空業者的競爭，對於業者策略所成市場均衡的結果並未予以探討。

Zhang, A. and Zhang, Y. (2002a, b)指出隨著市場自由化，航空貨運業混合型貨運業者與全貨運業者間競爭將日趨白熱化，包括快遞市場及一般貨運市場。目前亞洲地區一般貨運市場仍為市場主要需求，但現有的研究除 Zhang, A. and Zhang, Y.

(2002a)及 Zhang, A. et al.(2007)以理論性模式來探討航權及合作聯盟的競爭外，對於兩業者在競爭市場如何決定策略，則少有研究進行分析。

表 3.1 航空貨運公司策略規劃相關文獻彙整

作者	年份	研究主要議題及結果
Zhang, A. and Zhang, Y.	2002	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 構建多市場寡占模式，以檢驗航空貨運自由化對於混合型業者及全貨運業者競爭之影響 ➤ 研究建議因亞洲航空市場的特性，故在亞洲採取航空客運及貨運航權分離的方式將會遭遇困難
Zhang, A. et al.	2004	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 構建寡占模型以觀察航空貨運聯盟在客運市場的競爭
Shyr and Lee	2005	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 以賽局理論模型來分析寡占市場業者之定價及排程策略
Hsu, Lee and Wen	2005	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 探討庫諾競爭下混合型業者航次、航機種類等選擇
Zhang, A. et al.	2007	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 以庫諾模型來探討整合型業者及混合型業者-貨運承攬業者在複合運輸路網之競爭
Hsu et al.	2009	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 以多目標最佳化模式來求解混合型業者之航次、費率及航機選擇問題

3.3 非合作賽局理論之簡介及應用

近年來對於市場廠商競爭行為的探討，主要是利用賽局理論為基礎加以分析；其主要概念是在考量對手面對競爭者策略可能做出的反應下，追求自身利潤最大，以此探尋出個別廠商最佳之營運方式與經營策略。由於本研究將採取此理論基礎作為分析航空貨運市場之工具。以下將先就賽局理論基本內容作概略的分析並回顧航空運輸文獻中利用賽局進行分析的研究。

3.3.1 賽局理論基本定義

賽局理論是分析多競爭者在相互影響之下決策行為的理論，此為與傳統僅針對單一決策者之決策理論最大差異之處，由於其能夠很適切地描述許多真實世界下的競爭行為，使得賽局理論在近年大為蓬勃發展，在各個領域均被廣泛使用。

賽局理論是由普林斯頓大學教授，匈牙利裔的數學家馮紐曼(John Von Neumann)與經濟學者莫根斯坦(Oskar Morgenstern)在1944 年奠定其基礎，他們合著了「賽局理論與經濟行為」，是賽局理論的開山之作，到1950 年納許(Nash)的出現才開創了非合作賽局的分析架構，納許的博士論文證明了在非零合的非合作賽局中，一定會有均衡解的存在，只要對手的策略確定，競爭者就可以找到最適反應(best response)，納許均衡解的定義為：當一組策略為最適反應時，就是納許均衡(Nash equilibrium)，應用納許均衡的觀念一定可以找到任一參賽者皆無誘因偏離的均衡，但均衡解可能不只一個。

賽局理論是一種分析策略性行為的方法，其元素有：策略、報酬、規則、理性行為、均衡等(藍兆杰等譯，2002)，上述名詞意義分述如下：

- 參賽者(player)

於賽局中做決策的個體，且任一決策均會影響賽局的結果。此決策之個體，可以是一個人，也可以是一家公司，或是一個國家，且任一參賽者的決策會影響其他參賽者之決策，進而影響其收益。

- 策略(strategy)

參賽者依據本身所擁有的訊息集合，來決定行動的一套準則，而所有可採行策略的集合即稱為策略集合，亦可稱為策略空間。

- 報酬(payoff)

參賽者在不同策略組合之下可獲得的收益。

- 規則(rule)

參賽者們必須對賽局的規則有共同的認知，例如棒球運動是雙方輪流攻守，嚴格來說，賽局的規則包含：

- * 賽局所有參賽者的名單，即各參賽者均清楚對方的存在。

- * 每位參賽者的可行策略。

- * 所有參賽者在所有可能的策略組合下獲得的報酬。

- * 每位參賽者皆是理性的並追求最大的利益。

- 均衡

各參賽者決定其策略後不再改變，便稱作賽局均衡，如非合作賽局中的納許均衡即是賽局發展的一大突破。納許均衡是用來解決同時行動賽局的觀念，當每位玩家都選擇最佳策略時，就會產生納許均衡。

結合上述幾項元素，即可構成一個基本的賽局。然而，在一個賽局中，每個參賽者所擁有的訊息可能不盡相同，而擁有訊息的多寡，會影響其採取的行動，進而影響參賽者可獲得的報酬，因此，根據擁有訊息的多寡，可將賽局分成兩種情形，一是充分訊息之賽局(complete information games)，賽局中的每一個參賽者均知道所有參賽者、所有參賽者可採取的行動及所有參賽者可能的報酬；另一是不充分訊息之賽局(incomplete information games)，即任一參賽者無法獲得相關訊息。

除了擁有訊息的多寡之外，決策時間的先後，也會影響參賽者可獲得的利潤。如果參賽者同時作決策，稱之為靜態；如果參賽者決策時間有先後，則稱之為動態。

除了以參賽者擁有訊息的多寡與決策時間先後來區分賽局之外，還可以參賽者之間是否有協商、結盟的情形，來劃分為合作賽局(cooperative games)，意指參賽者之間有相互協商、結盟情形之賽局；非合作賽局(non-cooperative games)，即參賽者之間並無相互協商、結盟情形之賽局。

就一個非合作賽局而言，各個參賽者之間不同策略的組合，可能會形成不同的結果(報酬會有差異)，而我們關心的是均衡的策略組合。納許均衡是非合作賽局的核心觀念，預測理性且明智的參賽者如何競爭。它的定義是納許均衡本身為一組策略，是所有參賽者在面對競爭對手最佳策略下本身最佳反應(報酬最高)的策略組合，由於已是最佳策略了，因此，沒有任何誘因會使參賽者背離此一均衡(沒有其他策略會帶給參賽者更高的報酬)。一個具有有限策略集合的賽局絕對具有一個均衡結果 (Nash, 1951)。無限策略集合的賽局，求解均衡狀況較為困難。無限策略集合的賽局均衡存在之必然及充分條件尚未被發現，各種充分條件則已被提出，例如Glicksberg (1952)提出的條件是策略必須為非空及緊密的集合，而其報酬函數為連續函數。如果這些條件符合，這可以確認均衡存在，但無法保證能尋獲此一均衡，另外，如果無法確認這些條件是否符合，可透過數值計算來尋找均衡。

相對於靜態賽局而言，動態賽局中參賽者決策的時間是有先後順序的。由於決策有時間先後，因此可以觀察到某些參賽者的決策行為。對於動態賽局而言，是一具有多個階段的賽局，每一階段可視為一子賽局(sub-game)，如在每一個子賽

局裡，參賽者的策略能構成納許均衡，則稱此為子賽局完全納許均衡(sub-game Perfect Nash equilibrium)。

有關賽局更深入的探討在相關經濟學的書籍中已有敘明，在此不再贅述，以下僅就航空運輸文獻中有關非合作賽局研究加以分類及說明。

3.3.2 航空運輸業之相關研究

關於運輸領域中的非合作賽局研究種類，Hollander and Prashker (2006)依參與者區分為 4 類研究：對抗惡魔之賽局(games against a demon)、旅客間之賽局(games between travellers)、管理機構間之賽局(games between authorities)、旅行者及管理機構間之賽局(games between travellers and authorities)。其中「管理機構間之賽局」是指至少一位為管理機構或公司，管理機構間關係可以是對稱，例如幾間公司具有相似的目標及策略，或是階層的，例如同時包含政府部門或企業。公司間賽局分析能夠應用來分析大眾運輸業者在提供服務方面的競爭，也被廣泛地應用在航空運輸業。

此外，Hollander and Prashker 也依據賽局分析用途，將運輸相關研究分為概念性賽局(concept games)及工具性賽局(instrument games)。概念性賽局著重較大問題的小規模案例，用來建立理論模型，它的重要貢獻在於新概念的性質介紹；工具性賽局處理全規模、真實情境，以應用為導向，主要目標在量化變數。「管理機構間之賽局」可是概念性賽局亦或工具性賽局。

先前已有許多研究利用賽局探討航空運輸業者之航次、費率及航機機型策略規劃，在航空貨運方面，也有一些學者運用非合作賽局來建構市場競爭模型，但除 Shyr and Lee (2005) 以非合作賽局來建構寡占競爭下國籍航空公司之費率定價及服務策略的模式外，其餘多屬概念性賽局，包括 Zhang, A. and Zhang, Y. (2002)、Zhang, A. et al. (2004)、Zhang, A. et al. (2007)等，均利用 Cournot 模型來推導出均衡狀態下的產出或價格水準，並分析業者收益及社會福利的改變，原創性地提出航空貨運市場上不同競爭的存在，但其僅考量價格及產出因素，未能反應實務面之營運限制或策略集合差異。

承前述，對於參與者依序或策略決定先後，可以採用多階段賽局來描述問題特性，如 Stackelberg 競爭即為參與者依序決定策略之兩階段賽局。另賽局研究也可以觀察決策時間的前後，將業者策略規劃的期程不同，以多階段賽局來呈現。

航空運輸文獻中，Hendricks et al. (1997)以三階段賽局來構建區域(直飛)業者與樞紐型業者競爭，第一階段是區域型業者先決定是否進入樞紐業者所經營的市場，第二階段兩家業者同時決定是否退出市場，第三階段則是同時決定價格。Hendricks et al. (1999) 將雙占市場的航空路網競爭以兩階段賽局來描述，第一階段為路網設定，基於密度經濟，假設業者採取路網型態之可能獲利若無法大於點對點式之成本，則業者將採取點對點式的路網營運，第二階段為費率選擇，假設 Bertrand 競爭狀態下，業者設定其費率，而費率與航線長度有關。Alder (2001, 2005) 同樣以兩階段賽局來建構解除進出管制的航空市場競爭，首先，業者同時設定樞紐機場(機場決定路網型態)及決定市場進入，假設若無法獲利，則業者選擇不進入市場；接著決定各航線航次、航機種類及票價設定，透過個體選擇模式，這些因素將決定市占率及獲利。Martín & Román (2003) 在兩階段賽局中，假設業者依序於第一階段決定樞紐機場與進入市場，第二階段則同時決定相關營運策略。

3.4 國際航空貨運航線運量需求模式

Regan and Gariddo (2002)對於文獻中所提出的貨運需求模式進行回顧及分類，指出貨運需求產生於幾個層級：國際、國家、區域及城市，不同模式合適於不同應用。國際貨物運輸需求模型主要在模式化不同國家間的貨物移動，依據 Haralambides and Veenstra (1998) 的分類，第一類是依循國際貿易的標準理論來建構，第二類是依賴某工業部門的加總成本函數，從函數來得到需求函數，再加總貨運需求；第三類是利用空間互動模式來估計貿易量，至今，這個方法最被廣泛地應用的是重力模式。Regan and Gariddo 指出，基於國際貿易基礎理論或最佳化產業部門成本函數所建構的貨物運輸需求，皆需要大量的資料與成本數據，僅有理論模式的架構，不易實際應用。利用重力模式來估計國際貿易量的方法，除了資料取得相對容易外，經常被認為與主要貿易理論一致，且具有不錯的解釋能力，故經常被應用在校估雙邊國際貿易及決定因子。

3.4.1 國際貿易之重力模式

依據 Doganis (2002)指出，重力模式是最早發展的航空貨運需求模式。對於無歷史資料存在的航線預測，重力模式具有其優勢。重力模式經過數十年的發展，其他因素陸續被加入作為解釋特定形式的流動關係，除了貿易、移民、旅遊、通勤、醫療等外，國際航空客運方面也用該模式來構建城際別的國際航線客運需求模式（Jorge-Calderón, 1997），在航空貨運領域則有 Matsumoto (2004, 2007)及 Yamaguchi (2008)等。

空間貨物運輸需求的研究在許多研究領域已被提出討論，但在國際航空運輸領域則相當少。依據運輸需求理論，國際間貨物運輸需求係來自於國際貿易活動，Regan and Gariddo (2002)指出國際貨物運送需求模式，主要在構建國際貿易貨物的移動，而相關模式也多基於國際貿易的理論上構建，重力模型被廣泛地用來確認貿易的重要因子，配合相關模式設定可進行預測。

重力模式的概念建構在兩個國家相對經濟規模、運輸成本(距離)及雙邊貿易量的關係。重力模式的簡單理論架構如下：

$$T_{ij}=f(Y_i, Y_j, \Omega_{ij})=Y_i Y_j / \Omega_{ij},$$

其中 T_{ij} 表示兩個國家或地區間進口或出口貿易量， Y_i 及 Y_j 表示兩個國家或地區的各自經濟規模， Ω_{ij} 係貿易夥伴間運輸成本的阻抗因子，通常藉由距離來表示。Tinbergen (1962)及 Pöyhönen (1963)率先應用重力模式於國際貿易量分析，自此之後，重力模式已經成為實際國際貿易分析中常用工具，也成功地用在其他領域的流量分析，例如移民、外國直接投資、運輸量等。

在重力模式的解釋因子方面，除了原本經濟規模及距離等基本因子外，Linnemann (1966)提出人口來增加對於雙邊經濟規模的解釋，此外，陸續有研究提出兩個國家間貿易的貿易助力或阻力因素，包括區域貿易整合、平均國民所得、邊界障礙、關聯性（相同文化、相同語言或相同種族）等。由於國際航空貨物運輸源自雙邊貿易，表 3.2 所列因素影響雙邊貿易的主要因子也應該依據實際狀況考量在航空貨物運輸需求模式的構建上。

表 3.2 國際貿易重力模式採用之重要因子彙整

因子名稱	預期效果	作者(年份)
國內生產總值(或人均國內生產總值)	正向	Tinbergen (1962)、Pöyhönen (1963)
兩國間距離	負向	Tinbergen (1962)、Pöyhönen

因子名稱	預期效果	作者(年份)
		(1963)
人口數	正向	Linnemann (1966)
邊界障礙	負向 (輕微)	McCallum(1995)、 Frankel, Stein and Wei (1993)
共同文化、語言或種族	正向	Frankel, Stein and Wei (1993)
共同貿易團體或區域貿易整合	正向	Frankel et al. (1995)、黃登興 及黃幼宜 (2006)
簽署開放天空協議	正向	Micco and Serebrisky (2005)、 Yamaguchi (2008)

3.4.2 追蹤式資料分析相關文獻

對於社會行為研究來說，單獨考慮橫斷面資料或是時間序列資料通常有所缺陷，無法準確觀察個體或時間差異所造成的影響。因此，學者開始透過長時間大規模的觀察或調查來或獲得包含橫斷面與時間序列資料的資料，來檢驗這些差異性。這類的資料分析，稱為「panel data analysis」，中文用語不一，有追蹤式資料分析、稱縱橫資料或時窗資料分析等，本研究以「追蹤式資料分析」稱之。

傳統最小平方法在處理資料時，只能單獨考慮橫斷面資料或是時間序列資料，資料型態是時間序列及橫斷面資料並存時，使用最小平方法將會因為忽略橫斷面資料或時間序列資料之間的差異性，無法表現個體的差異，進而產生無效率的估計結果。縱橫式迴歸模型的優點即在於可以同時處理橫斷面與時間序列並存的資料型態，並且考慮橫斷面資料的差異性，而獲得有效率的估計結果。

Kitamura (1990) 指出運輸規劃採用追蹤式資料分析的優點為增進統計上的效率、改善預測的可能性，並可觀察改變及檢驗行為的動態特性，其缺點是成本的耗費、偏誤的增加及分析的複雜度。相對於其他運輸研究觀察行為模式，已發表的航空運輸研究中，追蹤式資料分析主要被用來觀察政策變化前後所產生的影響，舉例來說，Yamaguchi (2008)及 Micco and Serebrisky (2005)等利用追蹤式資料來分析美國開放天空政策實施前後對於航空貨運的相關影響。

3.5 綜合評析

經回顧上述國內外相關的研究文獻後，以下提出本文的綜合評析：

一、雖然航空貨運不同於航空客運注重某些服務項目，例如直飛或尖峰時段飛航，但從McGinnis and Kuhn (1993)、李元祿(2004)及Hsu et al. (2005)相關實證研究來看，貨主或承攬業者在選擇航空貨運業者時，會考慮航次數、費率高低、總運送時間長短等服務項目。另外，航班起降時間帶安排雖不直接影響貨主偏好，但夜間航班可能影響貨物平均等待時間及總運送時間。

二、目前航空雙邊服務協議仍朝著客運航班的需求來規劃，混合型或全貨運業者均無法單純從貨運需求的角度來有效率處理運送服務，包括運送路線及路網布置均無法達到最有效率的安排，業者競爭除了本身內部條件（包括路網配置、機隊等）影響外，市場客、貨運需求特性及油價也必須予以考慮。

三、許多學者已聚焦在競爭下之航機類型、航次及運費等之決策規劃，航空貨運相關研究則多藉由混合型與全貨運業者的數量競爭來檢視航空政策或業者結盟的效益。Zhang, A. and Zhang, Y. (2002b) 率先提出混合型與全貨運業者之Cournot競爭後，這兩類業者在策略規劃上有不同考量，造成可行策略集合有所不同，以往文獻並未就其差異來建構市場競爭。

四、非合作賽局理論被廣泛應用在航空業者競爭研究，能夠從個別業者的角度來預測市場競爭行為，但缺乏航空貨運方面，部分學者提出理論性模式來觀察混合型與全貨運業者競爭受到航權或合作對象等因素之影響，但缺乏反應更多實務面之營運限制或策略集合差異的研究。

五、因為具有較佳的可操作性，國際貿易重力模式被廣泛應用在建構國際貨運運量模式，及估算國家間貨物運送需要。在少數國際航空貨運模式的研究，Matsumoto (2004, 2007)及Yamaguchi (2008)等均採用重力模式來建構，但均以美國為研究對象，而已發表文獻中則較缺乏台灣相關研究。

六、國際貿易學家已探索出更多兩個國家間貿易的貿易助力或阻力因素，這些因子已被檢驗出對於國際航空客運流具有實質影響效果（Khadaroo and Seetanah (2008)、Hazledine (2009)）。在以往航空貨運需求模式的研究，大多未加以考慮，相關航空需求研究應針對國家貿易特性加以考量，以提升模式解釋能力。

第四章 臺灣航空貨運航線運量需求模式

航空市場需求分析是航空公司整體計畫的一項，用來作為設施使用、人力需求及營運資產計畫的財務預測等等，用以協助商務服務的發展及降低營運風險。航線市場需求對於業界競爭及業者可能策略直接且重大影響，而需求改變可能對於市場產生衝擊，例如2008年金融風暴造成全球航空貨運需求下降，部分貨運業者因而退出台灣市場。

本章將考量以往文獻中所引用之航空運輸需求及國際貿易的可能因素，以及台灣特有的屬性，建構臺灣主要貨運定期航線之運量需求模式，以瞭解影響航線運量需求之主要因素。另透過追蹤式資料分析，使得模式同時考量個體及時間效用，能夠獲得更有效率的估計結果。第五章將利用本章所建立之運量需求模式，進行短線航線市場需求預估及市場均衡分析。



4.1 基本資料收集

4.1.1 樣本選擇

航空貨運運量樣本資料收集自台灣財政部關稅總局的航空進出口貿易資料，分析期間是 2004 至 2007 年，並以年統計資料為分析基礎。表 4.1 列出 36 條於桃園國際機場服務的航空貨運航線。Matsumoto(2007)分析亞洲的航空貨運路網結構，並以 1000 噸作為選擇地區主要航線的最低準則。考慮桃園國際機場的地理區位及主要航空貨運市場，本研究遵循 Matsumoto(2007)的標準來挑選航線。這些航線連接台灣的 20 個重要貿易伙伴國家，圖 4.1 為 2004 至 2007 年間台灣與這些國家的航空進出口總量，2007 年時這些國家與台灣的航空進出口貨物占桃園國際機場全年運量的 91.5%。

表 4.1 航空貨運樣本航線

航線連繫之洲際	航線連繫機場所在國家 (機場代碼)
亞洲 (14)	日本(NRT, NGO, FUK, KIX)、香港(HKG)、泰國(BKK)、新加坡 (SIN)、南韓 (ICN, PUS)、澳門 (MFM), 馬來西

航線連繫之洲際	航線連繫機場所在國家 (機場代碼)
	亞(KUL)、印尼(CGK)、菲律賓 (MNL)、越南 (SGN)
北美(11)	美國(LAX, JFK, ORD, DFW, ATL, IAH, BNA, SFO, SEA, ANC)、加拿大(YVR)
歐洲(9)	德國(FRA, CGN)、盧森堡(LUX)、荷蘭(AMS)、英國(LHR, MAN)、法國(CDG)、義大利(MXP)、比利時(BRU)
大洋洲(2)	澳大利亞 (SYD, BNE)

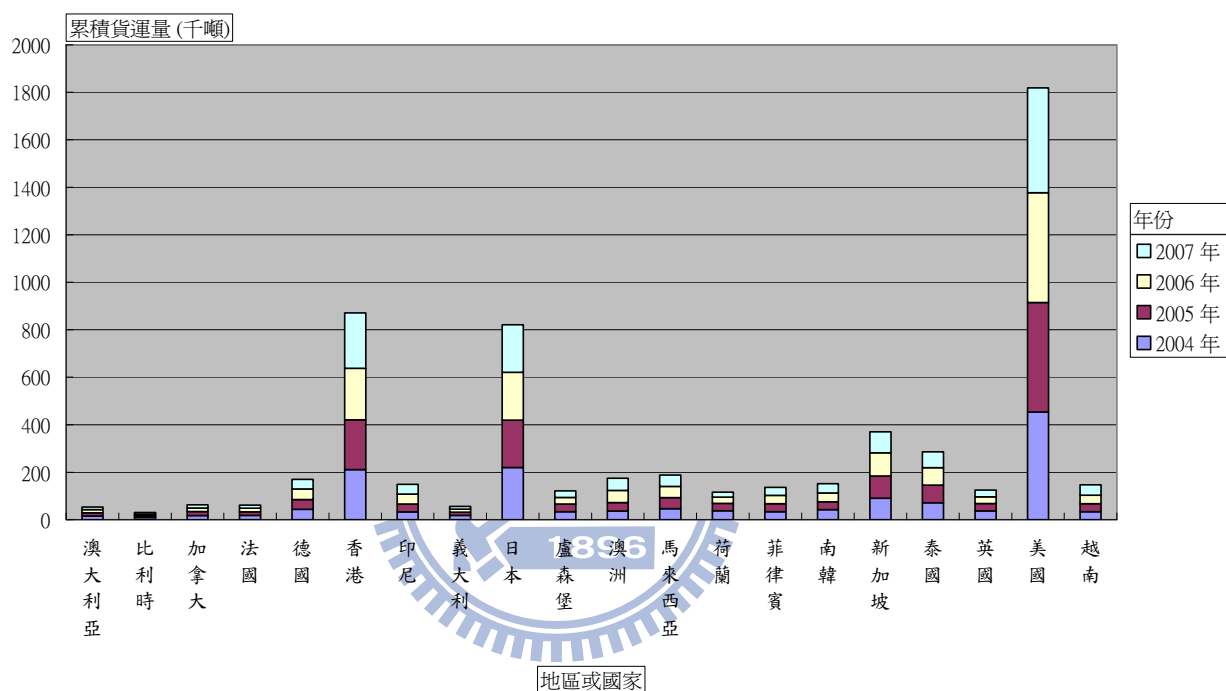


圖 4.1 台灣與主要航空進出口國家貨運量(2004~2007 年)

雖台灣於2009年12月起逐漸開放與中國大陸間之航空貨運直航，然整體開放措施非一步到位，航線及航次數持續變動調整，航空貨運量無法真實反應需求。此外，受限於關稅總局及交通部民航局所擁有資料種類，故以前述資料區間進行分析。

4.1.2 影響因素分析

模式的依變數係航線的所有貨運量，這邊所考慮的貨運量主要以航線起迄機場運量為主，並不考慮轉運，因為航空貨物轉運路線安排主要取決於各航空公司的營運規劃，且實務上經由數個航段抵達目的地機場。這邊所考慮的航線終點是指機場。

考慮的解釋變數說明如下。在地理經濟因子方面，四項變數用來替代航線兩端點機場所在地區的活動。

依循以往文獻考量人口及地區人均收入等變數。由於多數情形下，機場或機場腹地的相關範圍及社經資料不易界定及量測，這裡參考Matsumoto (2004, 2007)的處理方式，即機場鄰近地區的人均收入，以機場所在國家的人均國內生產毛額(GDP per capita)來替代，以下簡稱人均GDP，此數據引用自中華經濟研究院所建置的貿易指標資料庫。人口變數以航線兩端點所在都市聚集人口數來替代，機場所在城市的人口聚集數數值取自聯合國及相關城市官方網站上所揭露的都市聚集的人口數值作為指標。

三項虛擬變數用來辨別航線端點所在國家或區域與台灣之間的特殊經貿關係。

因為歷史及政治的因素，即使在國際貿易上佔有重要地位，台灣的國際貿易關係相當特殊；目前非屬國際相關區域性經貿團體的會員且僅與少數國家具有優惠經貿協議(如宏都拉斯)，但目前與這些國家並無航班來往。但與大陸的經濟相互依賴關係的發展已經描劃出橫越台灣海峽之新型態關係；黃登興及黃幼宜(2006)從全球的雙邊貿易流中發現，自1980年後，台灣及大陸間經濟互動以驚人速度成長，大量跨界投資及貿易創造經濟上的相互依賴。新的區域經濟團體逐漸成型，稱為「大中華經濟區域」或「大中華經濟圈」，這是一個兩岸四地間非正式的地區性貿易團體。經貿團體虛擬變數(DM)用來考量機場所在國家是否屬於中華經濟圈。

另一項開放天空協議虛擬變數(OSA)用來辨識開放天空協議的效果，此一資料來源係交通部民用航空局。臺灣與美國於1997年簽署開放天空協議，該項協議允許台、美航空業者依據市場需求決定航次數量、航線及費率，目前台美間有10餘條貨運定期航線。

最後，殖民關係虛擬變數(COL)用來表示日本與臺灣於上世紀的殖民關係。黃登興與徐茂炫(1997)利用重力模型，根據「臺灣貿易五十三年表(1896-1948)」的貿易資料，檢驗臺灣在日據時代，雙邊貿易量是否受到日本殖民統治和歐美勢力的影響。因此將虛擬變數加入模型中，來考量此項因素。

航線兩終點之距離變數用來考量替選運具的影響，因為它決定完成這項運送的時間。該項數據利用美國運輸統計局網站上所提供的世界主要機場距離的查詢功能所得。

服務相關變數則同時包含描述服務品質及費率的項目。航次及費率變數用來分

別代表兩項目。航次係指各航線全年的定期航班，包括全貨機航班及客機航班，因為定期客運業者通常利用客機來載運貨物，而其資料來源桃園國際機場網站的貨運定期航班飛航班表計算而得。費率變數以各航線的平均費率來衡量。平均運費的估算實務上係以進口貨物於海關申報的離岸價格(即國際貿易的 C.I.F.) 扣除起岸價格 (即國際貿易的 F.A.S.)及保險費後所得之費用。台灣關稅總局的資料庫系統已建置包含每筆進、出口貨物的重量、離岸價格、起岸價格及保險費相關資料，各航線的平均費率資料可經由加總所有運輸成本後除以總運量來求得。

4.2 航線運量需求模式架構

國際貿易重力模式的基本形式如下式，相關文獻指出係由 Tinbergen (1962)及 Pöyhönen (1963)獨立地發展出來。在基本的形式中，兩個國家或地區貿易的量假設與他們的規模（以收入水準來衡量）成比例及隨兩者的距離成負向比例。

在相關研究中所考量的一般化模式如下：

$$T_{ij} = f(Y_i, Y_j, \Omega_{ij}) = \frac{Y_i Y_j}{\Omega_{ij}} \quad (4.1)$$

其中， T_{ij} 係兩地 i 往 j 的運量或兩地 i, j 的總運量。 Y_i 及 Y_j 分別表示地區 i 與 j 之經濟規模，通常以 GDP 或 GDP per capita 代表； Ω_{ij} 表示兩地間阻抗因子，通常以兩地之距離表示。

其他作者，如 Linnemann (1966)及 Yamaguchi (2008)，包含人口作為國家或地區大小的額外衡量。重力模式在解釋不同類別的區域及國際的流動，包含旅遊、移民、通勤、醫院病患及國際貿易，已有實證的成功，在航空運輸研究方面，重力模式已被廣泛地應用在航空客運(Grosche et al., 2007)及航空貨運的需求分析，並藉由納入適當的因果變數來增加模型的解釋及預測能力。國際航空貨物運輸源自於國際貿易，本質上是一種國際貿易的形式，因此，觀察國際航空運輸流的一個自然的方式是透過重力模式且適當地擴大。

依據前述考慮的研究變數所構建之重力模式的內容設定如下：

$$T_{ijt} = f(Y_{it}, Y_{jt}, N_{it}, N_{jt}, D_{ij}, F_{ijt}, R_{ijt}, DM_j, OSA_j, COL_j) \quad (4.2)$$

其中， i 代表桃園國際機場， j 表示航線連接的另一機場， t 表示年期。相關變數說明如下：

- T_{ijt} : t 年時航線 ij 的航空貨運總量
- $Y_{it} (Y_{jt})$: t 年時機場 i (機場 j) 所在地國家之人均 GDP，並轉換成固定美元(2004 年價格)
- $N_i (N_j)$: t 年時航線兩端點所在機場 i (機場 j) 之都市聚集人口數 (以千人計)
- D_{ij} : 兩機場間的距離(單位為 mile)
- F_{ijt} : t 年時航線 ij 貨運服務的航次數 (次/年)
- R_{ijt} : t 年時航線 ij 之平均貨運費率
- DM_j : 經貿團體虛擬變數，用以表示機場 j 所屬國家或地區與臺灣屬於相同貿易團體者，即機場 j 為香港或澳門，則 $DM_j=1$ ，反之為 0。
- OSA_j : 虛擬變數用來表示機場 j 所屬國家或地區與臺灣簽有開放天空協議者；若有簽署開放天空協議者，該變數為 1，反之為 0。
- COL_j : 虛擬變數用來表示機場 j 所屬國家或地區是否為日本；若是日本，該變數為 1，反之為 0。

相對應計量模式 (簡化型式的擴大重力模型) 如下：

$$\ln T_{ijt} = \alpha + \beta_1 \ln Y_{it} Y_{jt} + \beta_2 \ln N_{it} N_{jt} + \beta_3 \ln D_{ij} + \beta_4 \ln F_{ijt} + \beta_5 \ln R_{ijt} + \beta_6 DM_j + \beta_7 OSA_j + \beta_8 COL_j + \mu_{ijt} \quad (4.3)$$

上述模式採線性對數形式，變數是自然對數型式。其中， α 為模式的常數項， β_n 為各項變數的係數， μ_{ijt} 為殘差項，其隨航線及時間呈現 i.i.d. 分配。一般預期除了距離及費率變數的係數符號為負外，其餘係數為正。有關樣本的所有變數之統計特徵值如表 4.2 所示。

表 4.2 樣本之統計數值

變數名稱	樣本數	平均值	標準差	最大值	最小值
貨運總量(T)	144	8.865	1.143	11.862	6.932
人均 GDP	144	19.723	1.131	21.078	15.888

變數名稱	樣本數	平均值	標準差	最大值	最小值
(Y)					
人口數(N)	144	17.168	1.139	19.621	14.447
機場距離(D)	144	8.090	0.882	8.994	6.234
航線航次數 (F)	144	7.521	1.214	10.476	3.951
貨運費率(R)	144	6.935	0.397	8.213	6.028
經貿團體虛 擬變數 (DM)	144	0.056	0.230	1	0
開放天空協 議虛擬變數 (OSA)	144	0.278	0.449	1	0
殖民關係虛 擬變數 (COL)	144	0.111	0.315	1	0

4.3 模式校估方法

傳統最小平方法在處理資料時，只能單獨考慮橫斷面資料或是時間序列資料，資料型態是時間序列及橫斷面資料並存時，使用最小平方法將會因為忽略橫斷面資料或時間序列資料之間的差異性，無法表現個體的差異（若以本研究來說，個體係指航線），進而產生無效率的估計結果。追蹤式資料模型的優點即在於可以同時處理橫斷面與時間序列並存的資料型態，並且考慮橫斷面資料的差異性，而獲得有效率的估計結果。

以追蹤式資料進行分析時，通常假設參數固定不變，易產生異質性偏誤（heterogeneity bias）的問題，通常採用固定效果模型及隨機效果模型解決此一問題。

追蹤式資料基本模式如下：

$$\begin{aligned}
 y_{it} &= \alpha_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \\
 &= \alpha_0 + X_{it} \beta + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}$$

其中 y_{it} 是個體 i 在時間期間 t 所觀察的依變數， X_{it} 是 K 排解釋變數的向量， ε_{it} 是無法觀察的隨機項， β 是 K 排斜率參數的向量， α_0 是截距。

一、固定效果模式

固定效果模型又稱為最小平方虛擬變數模型。採用此模型分析會加入虛擬變數，以衡量未被觀察的變數。對於模式的影響，藉以了解個體間的差異，並且縮小模型的共變異數。其模型特點在於可同時考慮橫斷面與時間序列的資料，容許個體間差異的存在，以固定截距來代表每個橫斷面有不同的結構。其方法是讓每一個體擁有各自的截距，來表現個體的特質，但此模型假設這些特質上的差異來自於母體本身，即假設母體的相似度低，故步透過抽樣的方式來選取樣本，而採用母體全部，以觀察所有個體間的差異，因此模型中所有個體的截距項是獨特而固定不變的。其迴歸模型可以表示如下：

$$y_{it} = \sum_{j=1}^N \beta_{0j} D_j + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it}$$

$i=1,2,\dots,N$

$t=1,2,\dots,T$

$k=1,2,\dots,K$

D_j ：固定截距項，代表橫斷面每個個體的特徵；以虛擬變數表示，當 $j=i$ 時， D_j 值為 1，否則，為 0。

x_{kit} ：個體 i 於第 t 期的解釋變數 k 。

ε_{it} ：殘差項， $\varepsilon_{it} \sim i.i.d(0, \sigma_\varepsilon^2)$ 。

關於固定效果的檢定，係檢測迴歸式中各 β_{0j} 是否相等，如果 β_{0j} 均相等，則不須設立虛擬變數。其檢定方式是依 Baltagi (2000, pp. 14) 所提出的 F 檢定方式，其假設內容及檢定模式如下：

$$H_0: \beta_{01} = \beta_{02} = \dots = \beta_{0j}$$

$$H_1: \beta_{0j}; j=1,2,\dots,N \text{ 並不完全相等。}$$

其檢定統計量如下：

$$F = \frac{(RRSS - URSS)/(N-1)}{URSS/(NT - N - K)} \sim F_{N-1, n(T-1)-K}$$

其中， T 是時間的期間個數； N 為橫斷面的個體個數； K 為解釋變數的個數； $RRSS$ 為以最小平方方法估計所得迴歸式之殘差平方和， $URSS$ 為以最小平方虛擬變數法估計所得迴歸式之無限制殘差平方和。

二、隨機效果模式

隨機效果模式又稱為誤差成分模式，其模式的效果乃在於同時考慮橫斷面及時間序列的資料，使模式的共變異數縮小，以有效率獲得估計結果。隨機效果模式訥別著重於母體整體的關係，而非個別廠商之間的差異，允許個體間差異性的存在，且假設母體內相似性高，個體結構差異截距項是隨機的且不隨時間改變的，

故透過隨機抽樣的方式來選取樣本，而非採用母體全部。其迴歸模型可以表示如下：

$$\begin{aligned} Y_{it} &= \beta_{0j} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \\ &= \bar{\beta}_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + u_i + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

$i=1,2,\dots,N$

$t=1,2,\dots,T$

$k=1,2,\dots,K$

β_{0j} ：截距項，代表橫斷面每個個體的特徵，但以隨機變數表示，即

$\beta_{0j} = \bar{\beta}_0 + u_i$ ，表示其差距為隨機型式， β_{0j} 的期望值為 $\bar{\beta}_0$ 。

u_i ：截距的誤差項， $E(u_i)=0$ ， $Var(u_i)=\delta_u^2$ ； $E(u_i, \varepsilon_{it})=0$ ， $E(u_i, u_j)=0$ ，if $i \neq j$ 。

x_{kit} ：個體 i 於第 t 期的解釋變數 k 。

ε_{it} ：殘差項， $\varepsilon_{it} \sim i.i.d(0, \delta_\varepsilon^2)$ 。

關於隨機效果的檢定，可採用Breusch and Pagan(1980)所提出的拉式乘數 (Lagrange Multiplier, LM)檢定，其檢定模型如下：

$$H_0 : \sigma_u^2 = \sigma_\lambda^2 = 0; N_t = 0$$

$$H_1 : \sigma_u^2 \neq 0; N_t = 0$$

LM檢定之數學式如下：

$$LM = \frac{NT}{2(T-1)} \left[1 - \frac{\tilde{\varepsilon}'(I_N \otimes J_T)\tilde{\varepsilon}}{\tilde{\varepsilon}'\tilde{\varepsilon}} \right]^2$$

其中， N 為個體數量； T 為研究時間期數， $\tilde{\varepsilon}$ 為最小平方法的殘差項

若檢定不拒絕 H_0 ，則使用最小平方法。若拒絕 H_0 ，則採用隨機效果模型。

三、固定效果模型與隨機效果模型之判斷準則-Hausman Test

固定效果模型與隨機效果模型之模型選擇標準，學者各有看法，最簡單之方法是以「樣本有無透過抽樣過程」來分辨，即若樣本沒有透過抽樣過程選取或樣本即是母體的情況下，則採用固定效果模型較佳，若樣本有透過抽樣過程選取，則採用隨機效果模型較佳。

計量上最常使用的評判標準，則以常用之Hausman Test 為代表。若隨機模型的截距項與解釋變數間具有相關性，則會產生偏誤的情形，此時應使用固定效果模型；若是截距項的誤差項與解釋變數無關，則使用隨機效果模型。在判定模型的選擇上，可利用Hausman(1978) 所提出的檢定法做檢測。依Wooldridge(2002)

所提出的檢定如下：

$$H_0: E(u_i | X_{it}) = 0$$

$$H_1: E(u_i | X_{it}) \neq 0$$

$$\text{另 } H = (\hat{\delta}_{FE} - \hat{\delta}_{RE}) [Avar(\hat{\delta}_{FE}) - Avar(\hat{\delta}_{RE})]^{-1} (\hat{\delta}_{FE} - \hat{\delta}_{RE})$$

其中， $\hat{\delta}_{FE}$ 為固定效果模型之估計式； $\hat{\delta}_{RE}$ 為隨機效果模型之估計式； A 表平均值。

若檢定結果不拒絕 H_0 ，則使用隨機效果模型。若拒絕 H_0 ，則使用固定效果模型為佳。

4.4 實證結果與分析

4.4.1 模式校估

方程式 4.3 將採取最小平方法、固定效果模式以及隨機效果模式進行估計，並檢視個體效果及時間效果的存在以及是否符合相關基本假設，以確定最合適的模式設定。

表 4.3 是最小平方法、航線固定效果模式(RFE)、時間固定效果模式(TFE)及航線隨機效果(RRE)模式的估計結果。第 3 欄是利用最小平方法校估模式的結果。最小平方法的假設是模式的參數對於所有年份及航線一致，但有可能存在影響航線貨運量之航線特定或時間特定的無法觀察因素，一旦兩者其中之一發生，最小平方法所估計的參數將出現偏誤。因此，必須考慮橫斷面或時間特定異質性的可能性，因此表 4.3 估第 4-6 欄計包含航線及時間的特定效果模式。

航線固定效果模式的估計結果如表 4.3 第 3 欄。每條航線有其特定虛擬變數，來表示航線之異質性；航線隨機效果模式則是將未觀察到的航線效果包含在殘差項，包含兩部份：橫斷面特定殘差及個別殘差。藉由加入個別殘差，截距項假設為隨機結果變數。航線固定效果模式及航線隨機效果兩模式間的差異在於一項重要假設：航線隨機效果假設橫斷面效果與觀察的解釋變數間沒有關係，如果違反此一假設，航線隨機效果的估計將為不一致性，反之，兩模式估計結果皆具一致，但航線隨機效果較有效。假設航線存在異質性的情形必須加以考量的話，則必須在兩模式間抉擇何者較合適。

相同的方法用來檢測時間特定異質性，第 5 欄所代表的是時間固定效果模式，

將按年給予一特定虛擬變數，用來考慮該項效果存在與否。時間隨機效果模式因資料年份有限，而無法估計。

為了選擇合適的模式設定，兩項問題必須予以考慮。首先，是否具有應考量橫斷面及時間異質性的證據？若檢定結果無存在異質性，最小平方法估計值即可用來估計模式，其次，如果異質性存在，能否合理地假設隨機航線及/或時間效果是最佳不偏線性估計值？

針對第一項問題，本研究藉由慣用的 F 檢定來測試航線固定效果模式內所有航線效果的聯合顯著性。獲得之統計值為 144.615，在顯著水準 1% 下，遠較 $F(35,104)$ 大，因此，拒絕個體效果不存在的虛無假設。在時間效果方面，同樣藉由 F 檢定來測試航線固定效果模式內所有航線效果的聯合顯著性，但在顯著水準 1% 下，較 $F(3,136)$ 來得小，故無法拒絕時間效果不存在的虛無假設。

兩項 F 檢定結果顯示，模式設定需要考慮未觀察到的航線特有異質性，但無需考量時間年份的異質性。至於如何決定固定效果或隨機效果設定較合適，接下來將以 Hausman (1978) 所提出的檢定方法來檢驗不可觀察的時間效果 (Baltagi, 2001, p. 65)。在虛無假設下，航線固定效果模式及航線隨機效果模式估計值同樣一致且收斂到相同數值，如果兩項估計值的差異可以被視為系統性的，虛無假設將被拒絕，將選擇在選擇下仍一致的航線固定效果模式，表 4.3 估計的結果顯示拒絕虛無假設，因此，模式設定採取航線固定效果模式。另檢驗變數變異數膨脹係數 (Variance inflation factor, VIF) 範圍均介於 1.2~2.5 間，意謂變數間無顯著的共線性效果。

針對不同年期的資料是否適用單一迴歸式的相同係數組，本研究採取 Chow test 來檢定，此項測試的虛無假設是不同年期的迴歸式係數相同，其統計值符合 F 分配。經計算其 F 統計值為 0.201，統計結果顯示在顯著水準 10% 下，無法拒絕係數相同的虛無假設，亦即對於這些不同年期資料來說，係數具有同質性。

表4.3 最小平方法及追蹤式資料法校估之參數

變數		迴歸式1 (pooled OLS)	迴歸式2 (RFE)	迴歸式3 (TFE)	迴歸式4 (RRE)
常數項	α	-0.780(2.028) [-0.385]	13.675(0.603) [22.672***]	-0.776(2.000) [-0.388]	5.063(2.758) [1.836*]
人均 GDP (Y)	β_1	0.186(0.053) [3.484***]	-0.219(0.018) [-12.262***]	0.180(0.054) [3.365***]	0.068(0.104) [0.654]
人口數(N)	β_2	0.229(0.052)	0.046(0.023)	0.231(0.051)	0.289(0.082)

變數		迴歸式1 (pooled OLS)	迴歸式2 (RFE)	迴歸式3 (TFE)	迴歸式4 (RRE)
		[4.393***]	[2.000**]	[4.547***]	[3.537***]
機場距離(D)	β_3	-0.038(0.128) [-0.297]	-	-0.027(0.122) [-0.221]	-0.414(0.237) [-1.750*]
航線航次數(F)	β_4	0.735(0.080) [9.172***]	0.023(0.028) [0.813]	0.736(0.076) [9.626***]	0.261(0.070) [3.737***]
貨運費率(R)	β_5	-0.441(0.148) [-2.977***]	-0.209(0.032) [-6.486***]	-0.445(0.144) [-3.091***]	-0.166(0.117) [-1.417]
經貿團體虛擬變數 (DM)	β_6	-0.269(0.307) [-0.877]	-	-0.250(0.300) [-0.832]	0.598(0.641) [0.933 ¹]
開放天空協議虛擬變數 (OSA)	β_7	-0.093(0.152) [-0.610]	-	-0.100(0.145) [-0.658]	0.264(0.268) [0.987]
殖民關係虛擬變數 (COL)	β_8	-0.677(0.275) [-2.463**]	-	-0.662(0.251) [-2.635***]	-0.601(0.465) [-1.291]
效果檢定					
F statistics		-	144.615***	0.120	-
Hausman χ^2		-	-	-	29.94***
樣本數		144	144	144	144
Adj. R^2		0.737	1 0.995	0.732	0.306

註：小括弧()所示數據為標準差，中括號[]所示數據為 t 統計值。上標***、**以及*分別意謂顯著水準為1%、5%及10%

4.4.2 結果分析

表4.3第4欄所列變數人均GDP(Y)之係數為負值，有違反先驗知識。一般來說，兩個國家的貿易與其人均GDP的大小成正向關係，亦即兩國家之人均GDP越大，兩國間貿易量越大。為對於兩變數間關係獲得深入了解，兩變數的相對圖繪於圖4.2，且兩者間皮爾遜積差相關係數(Pearson's product-moment correlation coefficient)為-0.2，顯示兩者無明顯關係。因此，將此變數排除。在原始固定效果模式中，不隨時間變動的變數無法進行校估，包括機場距離(D)、經貿團體虛擬變數 (DM)、殖民關係虛擬變數 (COL)及開放天空協議虛擬變數 (OSA)，本研究後續將以Plümper and Troeger (2007)所提出三階段步驟法來獲得其近似估計值。經排除不顯著變數再重新估計，迴歸式參數及標準誤係以Arellano(1987)的穩健估計方法來獲得，以符合同質變異性且彼此不相關的基本假設，校估所得模式如表4.4之第3欄所

示。

如同預期，人口變數對於航空貨運需求具有顯著正向影響。費率變數對於航線運量具有顯著負向的影響，彈性為-0.261，相較Oum et al. (1990) 所提出的航空貨運價格彈性範圍 -0.82至-1.60偏低，顯示樣本航線的航空貨品對於貨運費率的敏感度相較以往低，推測其原因應為代表台灣大部分航空進出口貨物係電子產品，它具有較高的價格與重量比值，因而具有較高的能力去負擔航空運輸成本。很多臺灣電子業公司身為世界級領導者，尤其是PC及NB製造商，建立全球製造路網，仰賴航空貨運服務來更有效地回應全球市場的競爭，臺灣桃園國際機場鄰近新竹科學園區，園區的製造商可以獲得有效率的航空貨運服務。由於大量電子供應鏈需要依靠航空貨運送往下游市場，故本研究獲得航空貨運的費率彈性低於以往研究案例之數值。

表4.4 追蹤式資料法重新校估之參數

變數		迴歸式2 (不包含“不隨時間改變”變數)	迴歸式2-1 (包含“不隨時間改變”變數)
常數項	α	8.245(0.760)[10.853***]	7.711(0.655)[11.775***]
人均 GDP (Y)	β_1	-	-
人口數(N)	β_2	0.142(0.035)[4.046***]	0.147(0.017)[8.325***]
機場距離(D)	β_3	-	-
航線航次數(F)	β_4	-	-
貨運費率(R)	β_5	-0.261(0.045)[-5.855***]	-0.228(0.071)[-3.213***]
經貿團體虛擬變數 (DM)	β_6	-	2.091(0.056)[37.194***]
開放天空協議虛擬變數 (OSA)	β_7	-	0.105(0.025)[4.202***]
殖民關係虛擬變數 (COL)	β_8	-	0.437(0.092)[4.769***]
Adj. R^2		0.993	0.969
DW value		1.897	2.046

註：小括弧()所示數據為標準差，中括號[]所示數據為t-values。上標***、*以及*分別意謂顯著水準為1%、5%及10%。t統計值係以Heteroskedastic-consistent 標準差方法進行估算。

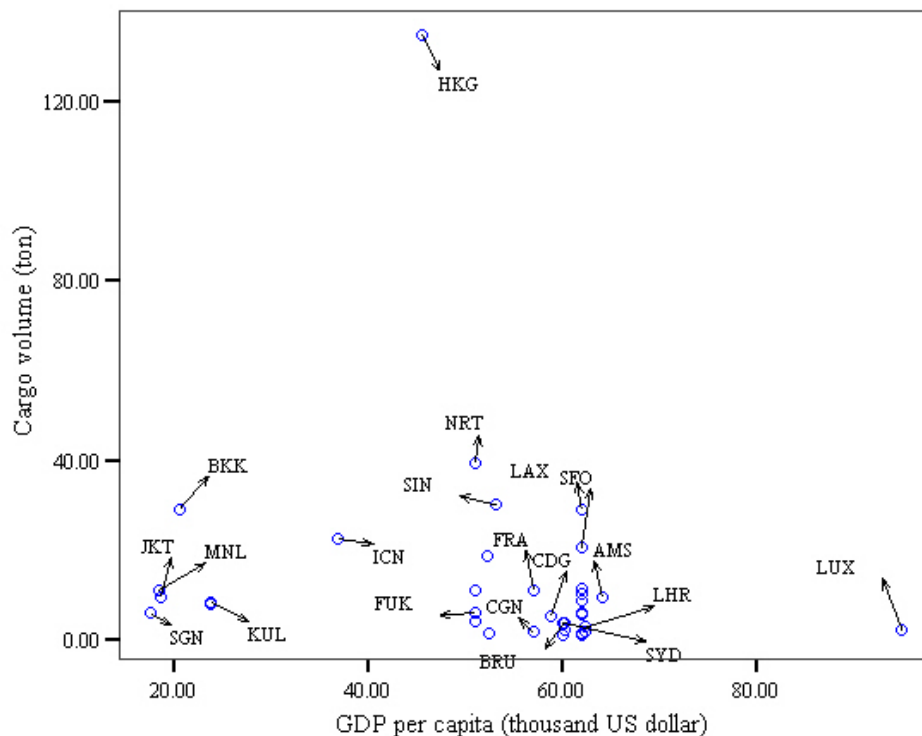


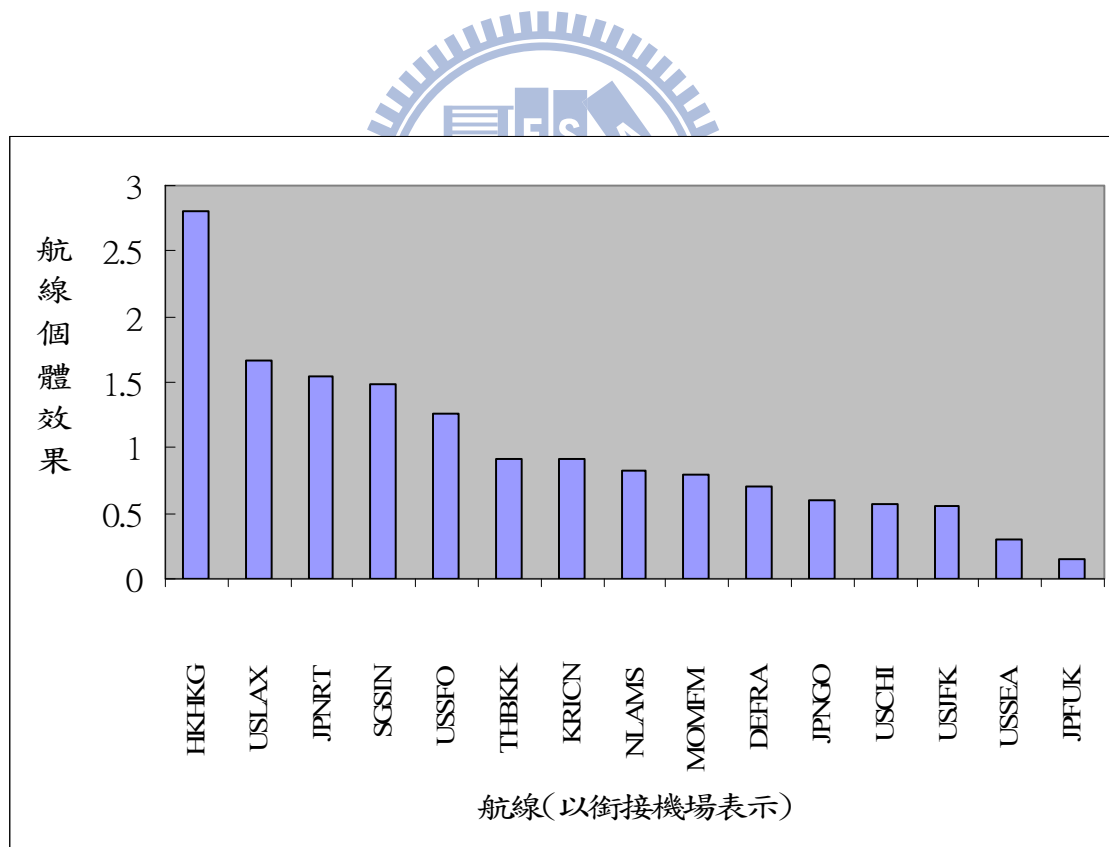
圖4.2航空貨物運量與人均GDP分佈圖

儘管模式解釋能力佳，但表4.4第3欄之固定效果模式卻無法提供更進一步解釋案例中航空貨運流的特徵，如造成香港與臺灣間巨大運量的可能原因。由於距離及三項虛擬變數的貿易效果無法獲得，為釐清此四項因素是否影響航空貨運量因此，以下將以其他學者所提出的方法進行係數的估計。

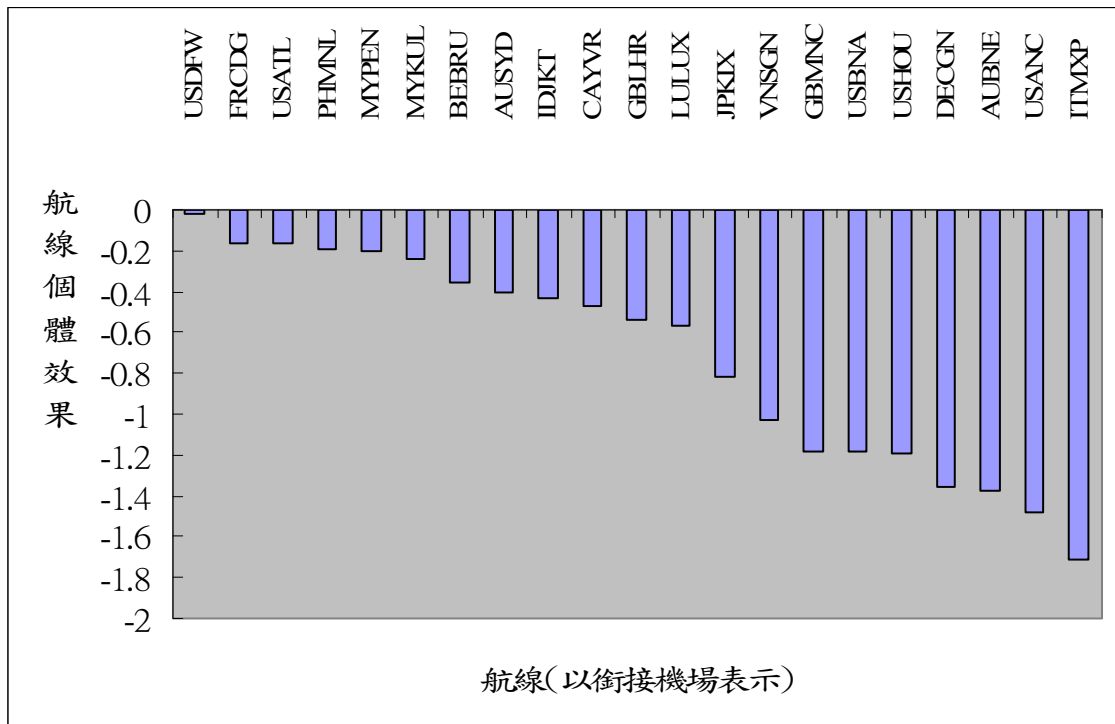
對於不隨時間變動，或變動較小的因素，以往在追蹤式資料分析的固定效果模式中並無法進行，因這些因素與截距項併在一起成為常數項，部分計量學者提出解決方法，如Plümper and Troeger (2007) 提出一項三階段程序可用以校估有限樣本下單位固定效果模式之不隨時間及幾乎無改變變數。首先，以傳統方式校估固定效果模式，並獲得單位效果；接著，將單位效果分解為一部份由不隨時間及幾乎無改變的變數解釋者以及誤差項。最後，將不隨時間、幾乎無改變的變數及第二階段所得的誤差項（用來解釋單位效果無法解釋的部分）及原先的解釋變數同時納入，以聚集資料之最小平方法重新估計，而自我相關檢定等仍須重新進行。作者經蒙地卡羅模擬法驗證，證實其所提出的技巧，在廣泛種類對於真實世界資料相同的設定下，提供最可靠的估計。本研究應用此方法重新估計，估計的結果呈現於表4.4第4欄。距離變數之係數因統計檢定不顯著，故未予納入模式，僅保留

統計檢定顯著之3項虛擬變數。

貿易團體虛擬變數之係數具有明顯正向符號且數值大，清楚地說明台港及台澳的航空貨運運量。臺灣是中國大陸最大的投資者，中國大陸為臺灣最重要的投資地區及最大的出口對象。香港與澳門在中國經濟圈所扮演的角色是一個連接者的功能，由於政治分隔的現實，海峽間貿易必須透過這兩地才能進行。除了經貿團體間的相互作用力外，由於2008年前兩岸間直接航運的禁止，兩岸航空貨運往來必須透過香港及澳門來進行，這也促成台港及台澳航線的明顯運量。殖民關係虛擬變數同樣具有明顯正向符號。臺灣與日本於上世紀具有殖民關係，並保有友善的文化關係。兩國間迄今仍有密集的經貿往來，許多日本製造商於臺灣設廠，也帶來空運的需求。開放天空協議變數對於航線貨運量呈現正向效果，表7結果意指，開放天空協議的簽署代表10.5%航線貨物運量的增加。協議增加營運及航線發展的彈性。對於台美間航空貨運市場，開放航線競爭及增加航空公司服務特定航線致使雙邊航空貿易的增加，進而改善航空公司的生產力並強化機場的競爭地位。



(a) 正航線個體效果之航線



(b) 負航線個體效果之航線

圖4.3 航線個體效果圖

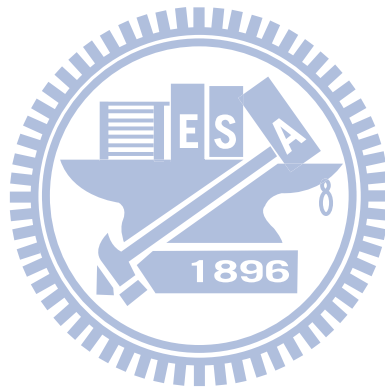
4.5 本章小結

估計結果顯示，人口、航空貨運費率以及三項用來代表特定經貿關係之虛擬變數是臺灣航空貨運運量的主要驅動因子。模式具有良好的配適度且無共線性的問題。航空貨運費率的彈性較 Oum et al. (1990) 研究所估計得之航空運費彈性為低，其主要原因可能來自於代表台灣大部分航空進出口貨物係電子產品，它具有較高的價格與重量比值，因而具有較高的能力去負擔航空運輸成本。很多竹科的臺灣電子業公司，如 PC 及 NB 製造商，建立全球製造路網，並藉由桃園國際機場為基地的航空貨運服務來更有效地回應全球市場的競爭。

近來國際貿易關係的因素被用來解釋國際航空客運交通，但對於航空貨運的影響卻顯少有所探究。結果發現，區域貿易團體-大中華經濟圈的形成解釋了台港及台澳較大航空貨運運量的情形，而另一項原因-海峽兩岸間直接運輸的禁止，使得臺灣與大陸間的貿易必須透過這兩地，也造成兩條航線明顯貨運量。另開放天空協議代表24.8%航線貨物運量的增加。

本研究結果也發現，臺灣與日本間的殖民關係代表雙邊航空貿易的增加，除

了與日本間親密的文化關係外，臺灣與日本有大量的經濟活動往來，包含進出口活動，也導致航空貨運需求的增加。同樣地，開放天空協議簽署也有助於雙邊航空往來的增加。台美航空貨運市場的自由化，打開航線的競爭，也促使雙邊航空貨運量的增加，進而促成航空業者生產力的提升，並強化雙方機場在機場業的競爭地位。



第五章 單一航線市場競爭模式

5.1 市場設定

5.1.1 研究假設

令機場 h 為亞洲地區一主要機場， hk 為機場所連接之一航線市場，令市場整體需求 TQ 為外生變數。雖然航線雙向需求通常不平均，但業者會以航線雙向之較高需求來規劃定期航班之航次，以滿足載運需求。這邊所考量的問題係雙邊航空服務協議體制下業者須經由指定進入指定市場，所形成的市場競爭。業者在進入市場前將先各自評估本身的獲利情形，而獲利與否為其決定是否進入市場的唯一標準。實務上，業者以獲利與否做為開闢航線的主要考量，也會因虧損而停飛航線，因此，航線市場競爭問題以兩階段賽局來構建，圖 5.1 為 3 人賽局的擴展形式示意圖，如同 Hendrick et al. (1999) 及 Alder (2001, 2005) 等人所建構的航空公司競爭模型。首先，所有航空公司同時決定是否進入市場，然後，第二階段競爭貨物服務。航空公司決定是否進入市場的關鍵在於是否能夠獲利，而業者收益取決於其所獲得之市占率及定價，業者間策略選擇互動概念如圖 5.2。

市場上允許有多家業者 I 經營定期貨運航線，包含混合型航空公司 A 及全貨運航空公司 B 兩類業者，提供國際一般貨物運送服務。混合型航空公司可同時經營旅客及貨物運送服務，航班飛航假設為直達，僅中停必須之加油及維修航點。全貨運業者採取軸輻式路網運送一般貨物運送及其他貨物。路網中的機場包含樞紐(hub)機場及支線(spoke)機場，而全貨運業者軸輻路網配置為已知，所有樞紐機場間之航班為直達，而所有支線機場則必須透過該區域的樞紐機場轉運。另由於旅客偏好，客機大多安排於日間或傍晚尖峰時段，全貨機多於離峰時段或夜間起降，故假設機場每日營運時間簡單分成 2 種時段區間(Z_i)，混合型航空公司所有航班（包含該航空公司的全貨機起降）可安排於全日，其時間區段為 Z_A ；全貨運航空公司的航班僅能安排於為夜間及離峰時間抵離，其時間區段為 Z_B ，這亦符合許多國際機場作業安排。

依據個體選擇理論，廠商市場占有率取決於顧客感受服務效用高低。假設托運人感受之服務效用為承運業者提供服務之航次、運送時間、運費費率等變數所組成之函數。各家航空公司所採取的營運策略（即航班次數、載運數量及飛機種

類) 將決定這些變數，進而影響他們所載運的貨物數量，但不影響整體航線市場需求。

航空貨運公司的訂價必須經由複雜的營收管理系統來決定，且多數的費率定價將落在一合理價格區間內，例如業者通常參考 IATA 所公佈的航線費率訂價，但實際費率價格卻多低於 IATA 公布之訂價。本研究假設航線費率有一上限費率，下限則為 0；各家業者在範圍內自由決定其定價，此上限可能是政府管制價格或市場自然形成的價格上限。至於混合型航空業者可能因通路關係或勾串行為而壓低價格，本研究尚不探討此兩種特殊現象所造成的費率訂價差異。

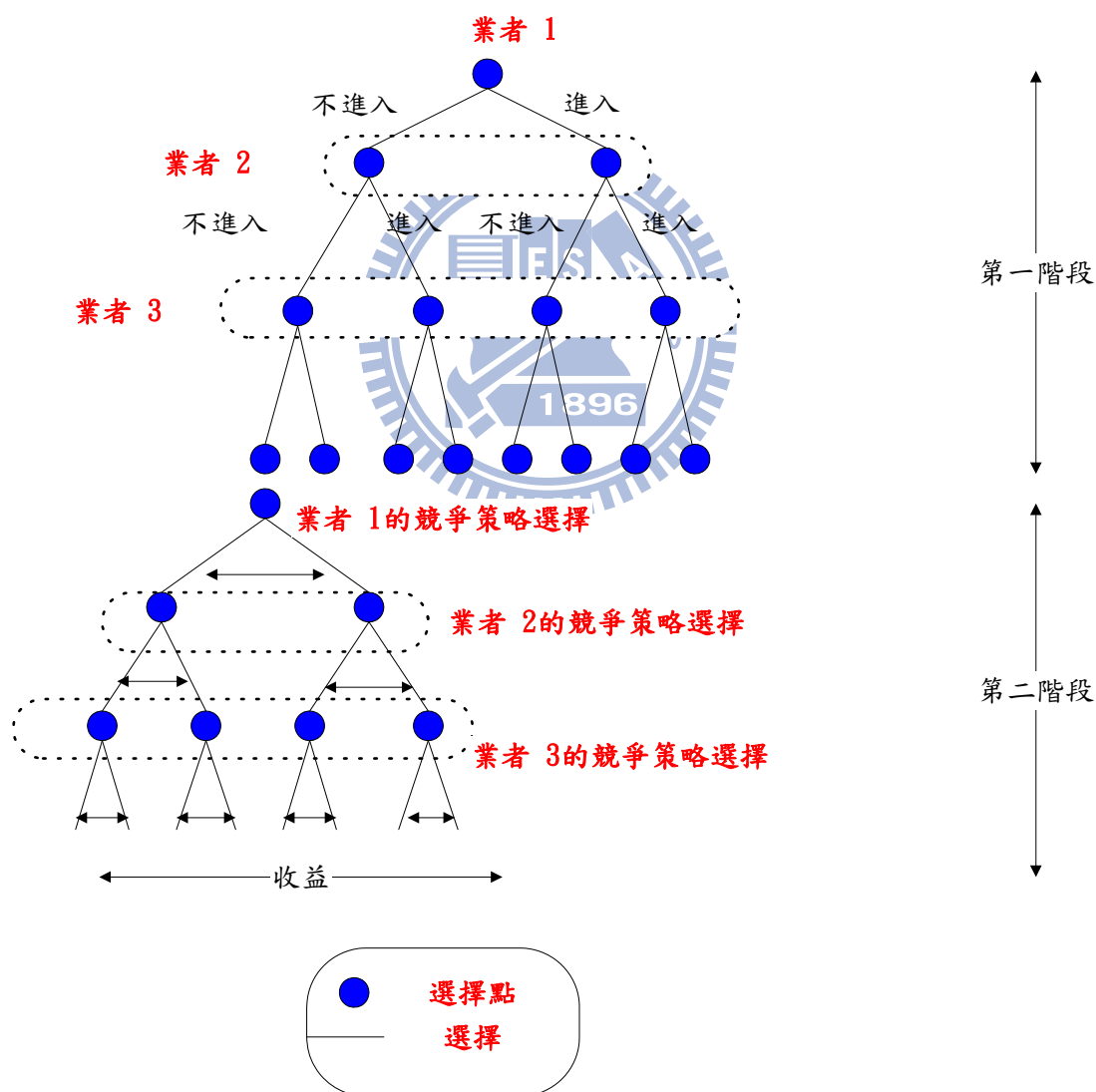


圖 5.1 單一航線市場競爭賽局之延伸形式圖

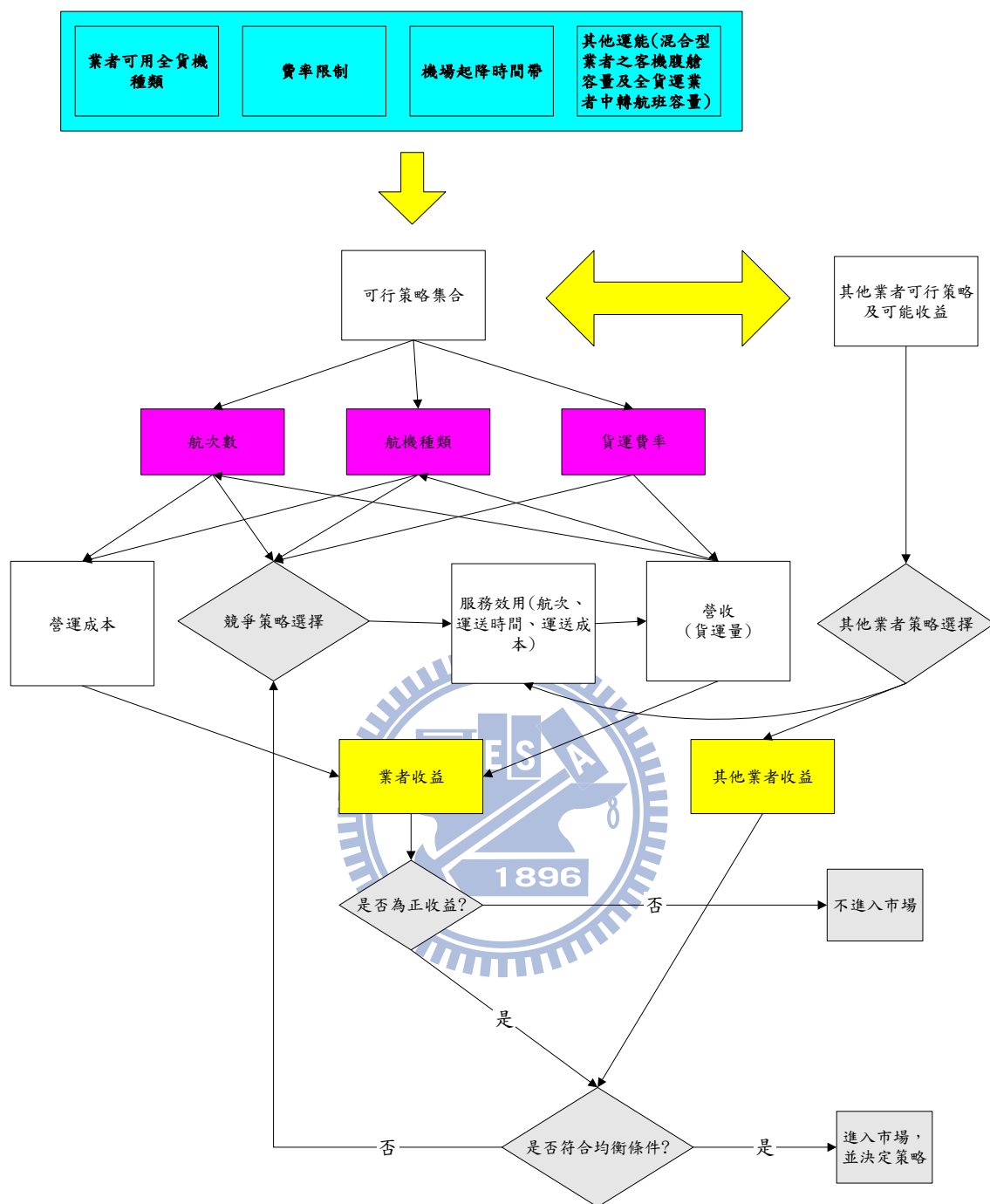


圖 5.2 單一航線市場競爭賽局中業者之策略選擇概念圖

5.1.2 航線貨運航次模式

由於利用客機腹艙載運貨物可以降低航機營運之固定成本，因此，假設混合型航空公司通常優先使用客機載運，若客機運能無法滿足運送需求(Q_{a_n})，業者再增加全貨機航次(ΔF_{a_n})來因應。因此，航空公司 a_n 的航線 hk 航次之規劃需符合的一項限制即其提供運能必須至少滿足其運送需求，即符合下限制式：

$$F_{a_n p} \tau(S_{a_n p}) U(S_{a_n p}) + \Delta F_{a_n} \tau(S_{a_n}) U(S_{a_n}) \geq Q_{a_n} \quad (5.1a)$$

如前所述，全貨運航空公司採取軸輻式路網營運，航段 cd 的航班可能包括啟航航班 ($\bar{F}_{b_m f}^{cd}$) 及轉運航班 ($\Delta F_{b_m f}^{cd}$)，即航段 cd 之航班 ($F_{b_m f}^{cd}$) 為兩項航班之加總。這些航班搭載由機場 c 至機場 d 的貨物外，尚有原先機上的貨物及由機場 c 往其他機場貨物，故業者 b_m 所規劃的航次必須符合下列最低運能限制式：

$$\bar{F}_{b_m f}^{cd} \tau(\bar{S}_{b_m f}^{cd}) U(\bar{S}_{b_m f}^{cd}) + \Delta F_{b_m f}^{cd} \tau(\bar{S}_{b_m f}^{cd}) U(\bar{S}_{b_m f}^{cd}) \geq Q_{b_m f}^{cd} + \bar{Q}_{b_m f}^{cd} + \hat{Q}_{b_m f}^{cd} \bar{F}_{b_m f}^{cd} \quad (5.1b)$$

軸輻航空路網的運作涉及地面作業及航機接駁等作業，為降低中轉所增加的額外時間，業者通常會集中航機起降的時間並於有限時間內完成分裝及集貨作業，以迅速的前往下一站 (Rodrigue, 1998、Ohashi et al., 2005)，故整條航線雖然可能由一航段以上的航班所構成，而其航次可合理地假設為該航線所有航段航次的最小值，全貨運航空公司 b_m 的航次可以表示如下式，當然，如無法採取同步轉運，其航次亦可經由計算整體航班週期來計算航次。

$$F_{b_m} = \min_{\forall cd \in R_{b_m}} F_{b_m}^{cd} \quad (5.1c)$$

5.1.3 成本模式

航空公司營運成本通常可概分為直接營運成本及間接營運成本兩類(Holloway, 2003)；直接營運成本為航機營運相關成本，包括燃油、飛行機組員、機場使用費、助航設施、飛機維修費用及設備折舊及攤提費用等，大部分與航機機型及其飛行狀況有關，其中又可概分為隨飛行距離變動的變動直接營運成本與不隨飛行距離變動的固定直接營運成本。直接營運成本約占航空公司全部營運成本 40%-55% (Holloway, 2003、Wei and Hansen, 2003)。

間接營運成本(IOCs)亦可分為變動及固定兩部分，其中變動部分為每趟運送的處理成本，主要為機場使用費，按實際航程及起降機場而異，其他如銷售、地面及場站設施費用、一般及行政支出等費用則可歸類為固定間接營運成本。機場使用費通常包括降落費、噪音費、停留費、地勤場地設備使用費及安全服務費等，通常依架次收費，並依航機重量分取不同費率。依據 Holloway (2003)，間接營運

成本約占直接營運成本之 66.7%-122%，因受限於資料，本研究將以直接營運成本估算的數值來推估間接營運成本。

為了分析航線獲利能力，本研究將考量下列成本項目：航機營運成本（分成與飛行距離直接相關以及與飛行距離間接相關兩部分）、機場使用費與間接營運成本。此外，無論混合型航空公司或全貨運航空公司，運送由機場 h 至機場 k 的一般航空貨物並非貨機上所載的單一類物品，單獨計算其衍生成本不易，本研究將依據運送重量比例估算各項成本。

對於混合型航空公司而言，運送航空貨物的航機營運成本包括客機運送貨物所衍生的額外費用及全貨機飛航成本(如果需要)。航空公司 a_n 經營航線 hk 的貨運成本可以表示如下式：

$$TC_{a_n} = \begin{cases} (1+\alpha_{a_n})[F_{a_n p} \Delta AOC_{a_n p} + \Delta F_{a_n} (\beta_1^{S_{a_n}} d^{hk} \tau(S_{a_n}) U(S_{a_n}) + \beta_0^{S_{a_n}} + \delta^{S_{a_n}})] & F_{a_n} > F_{a_n p} \\ (1+\alpha_{a_n}) F_{a_n p} \Delta AOC_{a_n p} & , else \end{cases} \quad (5.2a)$$

軸輻路網上航機所載運的貨物可能來自不同起點或欲到達不同目的地，因實務上無法單獨獲得相關數據，故同樣以依據運送重量比例估算各項成本。業者於某一航段載運一般航空貨物所產生的成本，將以該航段所有產生成本（包含航機營運成本及機場使用費）乘以一般航空貨物佔該航段所有貨物的比例來估算。航空公司 b_m 航段 cd 之所有營運成本(扣除 IOCs)，其將可以表示如下：

$$C_{b_m}^{cd} = \frac{Q_{b_m}^{cd}}{Q_{b_m}^{cd} + \bar{Q}_{b_m}^{cd}} \Delta F_{b_m}^{cd} [\beta_1^{\bar{S}_{b_m}^{cd}} d^{cd} \tau(\bar{S}_{b_m}^{cd}) U(\bar{S}_{b_m}^{cd}) + \beta_0^{\bar{S}_{b_m}^{cd}} + \delta^{\bar{S}_{b_m}^{cd}}] \\ + \frac{Q_{b_m}^{cd}}{Q_{b_m}^{cd} + \bar{Q}_{b_m}^{cd} + Q_{b_m}^{\wedge cd}} \bar{F}_{b_m}^{cd} [\beta_1^{\bar{S}_{b_m}^{cd}} d^{cd} \tau(\bar{S}_{b_m}^{cd}) U(\bar{S}_{b_m}^{cd}) + \beta_0^{\bar{S}_{b_m}^{cd}} + \delta^{\bar{S}_{b_m}^{cd}}] \quad (5.2b)$$

航空公司 b_m 經營航線 hk 的成本（ TC_{b_m} ）如下式所示。

$$TC_{b_m} = (1+\alpha_{b_m}) \sum_{\forall cd \in R_{b_m}} C_{b_m}^{cd} \quad (5.2c)$$

5.1.4 航空公司運量市占率模式

依據個體選擇模式，貨運承攬業者或貨主等托運人挑選航空公司托運的機率取決於航空公司所提供貨運服務給予托運人之效用高低；效用越高者，被選擇的

機率愈高。其選擇機率模式可以多元羅吉特模式來表示。在假設的市場需求下，航空運送業者所承載的航線貨運量市場占有率即是該航空公司被選擇的機率。

令 μ_{im} 表示托運人 m 從航空運送業者 i 於航線 hk 所提供服務特質所得到之效用，其可以表示為 $\mu_{im}=V_{im}+\varepsilon_{im}$ ，其中， V_{im} 代表明確效用， ε_{im} 為干擾項並假設符合獨立且相同(I.I.D)Gumbel 分配。航空公司 i 之航線運量可以表示如下：

$$Q_i = TQ * MS_i \quad (5.3a)$$

$$MS_i = prob_i = \frac{e^{V_i}}{\sum e^{V_i}}, \forall i \in I \quad (5.3b)$$

其中，效用函數 V_i 是由貨物運送服務時間、航次數及運費等三項變數所構成。

5.2 模式構建

本節將以多參賽者之二階段非合作賽局構建市場競爭模式。一項賽局是由一組參賽者所確立，每位參賽者使用一組替選行動或策略來最佳化本身的收益函數 (payoff function)，而參賽者的收益函數值(即業者之利潤函數)，取決於所有參賽者決定的行動。在本賽局之第一階段時，各航空公司各自決定是否進入市場。接下來，在航空公司決定參與航線市場經營後，假設已知所有其他業者的決定，航空公司決定選擇航次數、航機及定價，以最佳化本身的獲利。

以下所構建之數學模式即用以尋求各業者利潤最大化，決策變數包含航線上每家航空公司的航線費率(p_i)、所使用航機(S_i)及班次(F_i)，非線性函數目標式係針對各業者之策略組合 (χ_i) 來求解。獲利模式基於航空公司的收益及成本函數。收益函數計算基於費率、最大需求及航空公司所得的收入，市占率模式則依據貨主的效用函數。業者營運成本函數是基於航空公司營運種類及運送量，並考慮運送過程中其他成本項目。

以下的數學模式計算第二階段賽局中航空業者的獲利：

$$\underset{\forall i \in I}{Max} \pi_i(\chi_i) = TQMS_i p_i - TC_i \quad (5.4a)$$

Subject to

$$\sum_{\forall i \in I} Q_i \leq TQ \quad (5.4b)$$

$$0 \leq f_i \leq \overline{F_i}(z_i), \text{ and are integers, } \forall i \in I \quad (5.4c)$$

$$0 \leq p_i \leq \overline{p}, \forall i \in I \quad (5.4d)$$

$$S_i \in SF_i, \forall i \in I \quad (5.4e)$$

其中，式(5.4a)表各航空公司以追求各自最大利潤為目標；式(5.4b)表航線市場上的運量不超過各航空公司所提供的可用運物運量總和；式(5.4c)表業者所提供航次必須為不大於機場允許上限起降航班之非負整數，且；式(5.4d) 航空公司貨物費率設定介於一上限費率及 0 之間；式(5.4e)為各公司由該公司的機隊中選擇出所用航機類型。

模式的求解步驟概述如下，首先，將需求模式帶入現況需求總量與初始班次，藉由反應函數之型態聯立求解出初始的最佳費率。接著利用所求得之費率以及現況資料，求算出各家航商於市場上新的占有率比例與貨運量，依此貨運量針對各家航商進行其班次規劃模式之更新，最終再以更新過後之班次帶入模式求解出新的均衡費率與市占率。計算過程以迭代的方式演算，求解各航空公司之反應函數-非線性聯立方程組，於目標值收斂時可找出趨近之最佳解。另上述問題係屬多目標非線性數學規劃模式，其求解過程可輔以運用梯度法、 ε -限制法、整體準則法、最小誤差法或多目標單形解法等方式進行求解，相關細節可參考馮正民、邱裕鈞(2004)。

一旦所有子賽局均衡已經被求得，可進一步分析整個賽局的子賽局完全均衡存在性，假設航空公司產生虧損即選擇不參加，如此任一家或多家航空公司產生虧損的子賽局均衡將不被考慮，假如航空公司選擇參與情況下且選擇某項方案，該公司無法找到其他方案使其能獲得更高利潤，且對於選擇不參與的公司而言，它不值得進入市場，則子賽局完全均衡存在。

兩階段賽局的求解，則依據多階段賽局的逆推法(backward induction)來求取其子賽局完全均衡解。此類二階段賽局結果可能發生下列幾種情形 (Alder, 2001)：

1. 子賽局完全均衡解答求得，且任何一個演算無法提供所有航空公司任何改善

或解答，這可能產生獨占、雙占、寡占或競爭市場，這取決於所有航空公司是否有正的航次數，或者一家或更多航空公司接管市場，迫使其他航空公司失去市占率及利潤，或破產。

2. 準均衡達成，因為方程式繞著兩個或更多可能解答循環而沒有收斂，亦或主要決策變數達成收斂，雖然一些依然發散。
3. 無法得到均衡解且收斂無法達成。

賽局均衡存在的充分條件需要所有參賽者策略集合有限(bounded)、凸性(convex)且封閉(closed)，個別參賽者的收益函數在該參賽者策略集合範圍內需為凹向的且為連續。本賽局中，每位參賽者的策略集合為有限的、凸性且封閉，但收益函數相對於其本身策略集合並非凹向，無法滿足賽局均衡存在的充分條件，但均衡解仍可能存在，須透過數值計算來尋找均衡(Moorthy, 1985)。賽局理論的基本假設，理性的選擇就是極大化某業者的報酬，故可以將賽局模型視為最佳化收益問題，但卻較最佳化問題更為複雜，因賽局中業者的最後報酬並不只取決於本身的策略與相關的市場條件，還取決於其他業者的策略，亦即業者選擇策略本身利益最大化的同時，還須考量其他航空貨運業者所可能採取的各種策略所可能造成的影響，因此，最終均衡下各業者的選擇，將是該業者在面對其他業者最佳策略下本身最佳反應(報酬最高)的策略組合。1896

5.3 案例分析

為驗證模式可操作性，所構建之賽局模式應用到台北-香港(TPE- HKG)及台北-洛杉磯(TPE- LAX)兩航線市場，以尋求市場均衡狀況下業者的最佳策略，並針對相關因子進行敏感度分析。台北-香港有 5 家業者，中華航空公司 (CI)、長榮航空公司(BR)、國泰航空公司 (CX)、港龍航空公司 (KA)及聯邦快遞公司(FX)等業者，華航及長榮為臺灣的航空客運業者，國泰及港龍為香港的航空客運業者，聯邦快遞航空貨運公司為美國的全貨運航空貨運業者，該業者於 1990 年末期即於桃園國際機場設立轉運中心，作為其亞洲地區重要的樞紐機場。台北-洛杉磯有中華航空公司、長榮航空公司及聯邦快遞公司等 3 家業者經營航線貨物運送。

在考量多項業者營運資料可獲得的前提下，案例中台北-香港及台北-洛杉磯兩

航線運量需求係以 2004 年航空貨運量為基礎(每週分別為 1,296,346 及 397,309 公斤)，各航線市場的貨運經營者的起始服務數據如表 5.1。依據桃園機場航班時刻表，該機場夜間時段假設為 06:00 a.m ~09:00p.m，航班限制方面，令各業者於日間的航班起降上限為平均每小時 30 航班，夜間則為平均每小時 10 航班，依此換算每週可起飛及降落航次數(按桃園國際機場起降容量 50 架次/小時)。

表 5.1 案例業者之相關基本資料

航空業者	航程距離 (公里)	客運航次 (班/週)	客機類型	貨運中轉航次 (班/週)	可用貨機種類
台北-香港					
華航	932	224	B747-400	-	B747-400F
長榮	932	98	B747-400 Combi	-	B747-400F、 MD11 F
國泰	932	216	B747-400	-	B747-400F
港龍	932	110	A330-300	-	B747-400F
聯邦	932	-	-	11	MD11F
台北-洛杉磯					
華航	10,942	28	B747-400	-	B747-400F
長榮	10,942	28	B747-400	-	B747-400F、 MD11F
聯邦	11,308	-	-	33	MD11F

資料來源：臺灣桃園國際機場及表列相關航空公司網站

表 5.2 各種航機之估計營運成本數據

項目	δ (美元/架次)		β_0 (美元/噸-架次)		β_1 (美元/噸-公里-架次)	
	台北-香港	台北-洛杉磯	台北-香港	台北-洛杉磯	台北-香港	台北-洛杉磯
B747-400F	7,068.00	5,512.45	10,899	49,011	0.1970	0.1375
MD-11F	5,063.96	3,900.82	8,505	38,628	0.1926	0.1349
B747-400	-	-	-	-	0.0598	0.0470
B747-400 Combi	-	-	-	-	0.0594	0.0469
A330-300	-	-	-	-	0.0613	-

註: MD-11F 在安哥拉治機場的機場使用費為每航次 1,839.28 美元

航機的各项成本参数主要来自於三项已发布的报告。机场使用费主要依据国际航空运输协会的「Airport and Air Navigation Charges Manual」(IATA, 2002) 所列相关机场所收取机场使用费。航机的直接营运成本的各项参数，依据 SIKA (2002) 及 NASA (2005) 两项报告所列航空公司成本细项，调整燃油价格及航程距离。间接营运成本的估算，本案例假设各公司的间接营运成本为直接营运成本的 1 倍。上述各项航机营运成本参数估计如表 5.2 所示。

依据交通部民航局 2007 年所发布统计资料，华航及长荣两家航空公司国际定期航班之全货机及宽体客机平均承载率约为 71.4%。因此，本研究假设平均货物承载率为 70%。客机机舱扣除载运行李后的剩餘可载运量，按業者概估，短程航线约为航机货舱空间最大载货重量之 25~35%，长程航线则约 10~25%，并视季节而有所差异，故设定台北-洛杉矶及台北-香港的各航机可用货舱空间各为 30% 及 20%，联邦快递公司于两条航线上之转运班次之平均承载为其最大承载之 20%。航空货物运费上限，经访谈航空货运承揽業者所提供相关航空公司承运的航空运费范围，将两航线的参考运价分别订为每公斤 5 及 1 美元。

航空公司货运量市场占有率模式，本研究直接引用 Hsu et al. (2005) 研究所构建航空货运需求模式。该研究针对运送进出口产品及原料需求的新竹科学园区各类型生产業的物流管理阶层人员进行问卷调查，分析这些国内航空主要托运人对于航空货运業者主要服务品质项目对于其选择承运業者的影响，进而建立包含运费、运送时间与延滞、航次等因素的个体选择模式。该研究所考量的效用函数如下：

$$V = \alpha_0 + \alpha_1 C + \alpha_2 T + \alpha_3 N \quad (5.5)$$

其中， C 表示运费， T 表示运送时间， N 表示航次， α_0 为外国航空货运公司的方案特定常数。相关系数估计值如表 5.3。

表 5.3 选择模式之参数校估值

参数	估计值	标准差
α_0	-0.9942	0.3685
α_1	-0.1759	0.1615
α_2	-0.0403	0.0179
α_3	0.001	0.2913

本研究利用 Mathematica V5.2 來求解兩航線市場競爭賽局之數學模式，並透過反覆數值計算來確認為最佳解，結果如表 5.4 所示。

模式求解結果，兩航線競爭賽局均存在唯一單純策略子賽局完全均衡。在台北-香港市場，5家業者均選擇進入市場，呈現競爭性均衡結果。令納許均衡結果為 $[(S_1^*, F_1^*, p_1^*), \dots, (S_i^*, F_i^*, p_i^*)]$ ，本航線之結果為 $[(S_{CI}^* = '-', F_{CI}^* = 224, p_{CI}^* = 1), (S_{BR}^* = '-', F_{BR}^* = 98, p_{BR}^* = 1), (S_{CX}^* = '-', F_{CX}^* = 216, p_{CX}^* = 1), (S_{KA}^* = '-', F_{KA}^* = 110, p_{KA}^* = 1), (S_{FX}^* = 'MD-11F', F_{FX}^* = 12, p_{FX}^* = 1)]$ ，由於4家混合型業者均未增加全貨機航班，因此所採用的全貨機種類均以“-”表示。由於短程航線上通常客運航空公司航次數多，能提供較大便利性，在貨運市場上有較高市占率，另客運業者家數也多，混合型業者整體市占率相當高。其中，華航市占率最高，為24.42%，但其收益卻非最高，係因飛航客機之機腹運能未全部運用，在考量營運成本下，由於油耗較高，華航收益較其他混合型業者為低。對於聯邦快遞來說，雖然轉運航班較少，但收益仍大於零，故值得其進入市場，而在策略方面，聯邦快遞以增加航次來因應競爭。

台北-洛杉磯航線市場方面，出現所有業者均可獲利，市場呈現寡占均衡結果。本航線之結果為 $[(S_{CI}^* = 'B747-400F', F_{CI}^* = 29, p_{CI}^* = 5), (S_{BR}^* = 'MD-11F', F_{BR}^* = 29, p_{BR}^* = 5), (S_{FX}^* = '-', F_{FX}^* = 33, p_{FX}^* = 5)]$ 。面對競爭，華航及長榮 2 家混合型業者均選擇增加全貨機航班來因應，但選擇航機不同，華航為 B747-400F，長榮為 MD-11F，造成獲利上的差異，而所獲得市占率相同且高於聯邦快遞公司。對於聯邦快遞而言，此航線為其樞紐間航線，中轉班次多，業者有足夠運能來運送需求，未新增航班（因此所採用的全貨機種類以“-”表示），所獲得市占率 23.94%。從兩案例市場可知，相較於腹艙容量豐沛之客運航線，全貨運航空公司應傾向著重在需要大量貨運空間需求的航線。在費率方面，低費率對於收益存在兩種影響，一是正向，可增加貨主所感受的服務效用而增加市場貨運量，另一為負向，調降運費將直接降低整體營收。在追求獲利最大化下，兩市場上業者的定價均相同，顯示這些業者航班上經營的特性及市場環境並未促使業者產生定價上的差異。

表 5.4 兩案例市場之均衡結果

台北-香港	華航 (CI)	長榮 (BR)	國泰 (CX)	港龍 (KA)	聯邦 (FX)
選擇貨機種類	-	-	-	-	MD-11F

台北-香港	華航 (CI)	長榮 (BR)	國泰 (CX)	港龍 (KA)	聯邦 (FX)
貨運航次(班/週)	224	98	216	110	12
費率(美元/公斤)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
市占率	24.42%	21.05%	24.21%	21.40%	8.92%
收益(美元/週)	211,729	227,288	212,746	220,811	49,040
台北-洛杉磯	華航 (CI)	長榮 (BR)	聯邦 (FX)		
選擇貨機種類	B747-400F	MD-11F	-		
貨運航次(班/週)	29	29	33		
費率(美元/公斤)	5.0	5.0	5.0		
市占率	38.03%	38.03%	23.94%		
收益(美元/週)	226,788	298,770	202,185		

5.4 敏感度分析

5.4.1 貨運需求的效果

為瞭解不同市場貨運需求對於貨運業市場競爭的影響，接下來將調整市場貨運需求，分為低需求(市場需求下降為起始需求之 30%)及高需求(市場需求增為起始需求 2 倍)兩情境，以檢視高、低貨運需求情境下的均衡結果。經重新計算得到市場均衡結果如表 5.5 所示。

依表 5.5 顯示，航線貨運需求增高時，兩市場均衡結果並未改變，整體來說，僅對於各業者之市占率產生些微影響。對於貨運市場直接的影響在於貨運業者將增加貨機航次來因應大量載運需求；由於原有運能已無法滿足需求，在可獲利下，面對其他業者增班，業者自然選擇增班因應。台北-香港市場上，長榮及聯邦增加 2 班貨機航班，港龍增加 1 班貨機航班，台北-洛杉磯市場上，華航及長榮增加同類型專用貨機 2 班加入營運。收益方面，隨著載運量的增加也提升。

但在貨運市場需求低之情境下，兩案例市場均衡同樣產生變化。當三家業者同時進入台北-洛杉磯市場時，華航、長榮及聯邦快遞的利潤分別為 145,702、145,702 及-130,015 美元(每週)，表示至少有一家業者將可能產生虧損，雖然直覺上，聯邦快遞可能是將選擇不進入市場，但仍需透過計算確認。接下來，分別計算各家業者不加入時的狀況，當華航選擇不加入時，各家業者的利潤分別為 0、

284,304 以及 -42,275 美元；當長榮選擇不加入時，各家業者的利潤分別為 284,304、0 以及 -42,275 美元；當聯邦快遞選擇不加入時，各家業者的利潤分別為 217,343、217,343 以及 0 美元，故有唯一子賽局完全納許均衡，此時的業者獲利分別為 217,343、217,343 以及 0 美元，原先的寡占均衡變成雙占均衡，聯邦快遞貨運公司在可能虧損情形下，選擇不進入市場，由兩家混合型業者均分市場。

另一市場上，所有業者同時進入時，華航、長榮、國泰、港龍以及聯邦快遞各家業者利潤分別為 -9,541、36,584、-6,617、26,955 以及 27,160 美元，出現至少 1 家業者虧損情形，其中一家可能選擇不加入市場，必須經由利潤比較來推論何者可能不加入，倘仍出現有虧損情形，在比較 2 家業者退出時場之獲利，直到所有業者均為正或 0，再比較各種情境之獲利，以決定子賽局完全均衡。接下來，分別計算各家業者不加入時的狀況，當華航選擇不加入時，各家業者的利潤分別為各種結果為 0、63,128、23,914、53,937 以及 38,067 美元；當長榮選擇不加入時，各家業者的利潤分別為 15,959、0、18,663、49,297 以及 36,191 美元；當國泰選擇不加入時，各家業者的利潤分別為 20,904、62,824、0、53,629 以及 37,943 美元；當港龍選擇不加入時，各家業者的利潤分別為 16,496、59,025、19,196、0 以及 36,381 美元；當聯邦快遞選擇不加入時，各家業者的利潤分別為 -489、44,386、2,356、34,886 以及 0 美元。經比較，本賽局具有單一子賽局完全納許均衡，此時各家業者利潤為 0、63,128、23,914、53,937 以及 38,067 美元，在衡量其他業者可能反應，華航的最佳反應策略是退出市場，市場均衡轉變為四家業者的寡占均衡。

從上述結果可知，市場呈現低貨運需求時，造成業者因可能虧損而選擇不進入市場，而出現虧損者，則主要取決於其可能閒置運能之成本高低。對於全貨運航空貨運業者而言，因台北-洛杉磯為區域樞紐間來往航線，航班密集，當市場需求不足時，業者無法承攬足夠貨物，形成運能閒置，將面臨虧損。同樣地，客運業者於台北-香港航線之航班多，市場貨物運送需求低時，將使得貨運部門的收入減少，雖腹艙載貨成本偏低，但油價偏高時代，將衝擊收益。這樣的情形在 2008 年金融海嘯時曾發生，貨運市場需求降低，但燃油價格仍高，造成許多貨運航線因而停飛。

本研究假設貨運收益為負時，業者選擇不進入市場。實務上客運業者申請航線時，會同時申請客貨運營運許可。當市場貨運需求低時，業者其貨運服務部門及行銷支出將減少，除了考慮停駛貨機外，其或選擇客機類型以提升燃油效能，或者租用其他業者的艙位，譬如美國客運業者在部分台美航線即與國內業者共用

班號方式運貨。當貨運營收偏低時，在高油價成本壓力下，業者面對腹艙空間有限，必須優先載運旅客行李，造成無法提供準確的運送服務服務，因而，部分學者認為其市場服務將被全貨運業者逐步取代。

表 5.5 兩種航線總航空貨運需求情境下之市場均衡結果

航線	項目	高需求情境	低需求情境
台北 - 香港	收益(美元/週)	(526272, 345285, 524580, 419805, 110078)	(0, 63128, 23914, 53937, 38067)
	市占率	(24.34%, 21.04%, 24.13%, 21.35%, 9.13%)	(0, 27.95%, 32.15%, 28.41%, 11.49%)
	貨運航次數(班/週)	(224, 100, 216, 111, 13)	(0, 98, 216, 110, 11)
台北 - 洛杉磯	收益(美元/週)	(536214, 536214, 673666)	(217343, 217343, 0)
	市占率	(38.08%, 38.08%, 23.84%)	(50%, 50%, 0)
	貨運航次數(班/週)	(30, 30, 33)	(28, 28, 0)

註：欄位括弧()內表示為均衡結果之各家業者數值，台北-香港航線的業者順序為華航、長榮、國泰、港龍及聯邦；台北-洛杉磯航線的業者順序為華航、長榮及聯邦。

為預測此兩條台灣重要航空貨運市場之短期市場均衡，本研究利用第四章所建立台灣航線貨運量需求模式進行航線運量預測。在投入變數方面，人口變數以 Urban Agglomerations of United Nations Population Division Department of Economic and Social Affairs (2007)所預測之 2010 年至 2012 年數值作為投入數值，貨運費率以 2007 年的數值帶入。台北-香港及台北-洛杉磯兩航線 2010 至 2012 年的年航線運量預測值計算於表 5.6。

表 5.6 案例航線之預估年航空貨運量

航線	2010 年	2011 年	2012 年
台北-香港	138,780	139,153	139,527
台北-洛杉磯	49,655	49,725	49,858

單位：噸

在其他條件不變下，重新尋找各年度的市場均衡解。結果發現，不同年期需求下，台北-香港航線市場均只有唯一單純策略子賽局完全均衡，賽局均衡結果為

5 家航空貨運業者競爭性均衡，台北-洛杉磯航線在不同年期需求數據下同樣只有一組單純策略子賽局完全均衡，市場均衡為 3 家業者寡占均衡，顯示這兩條航線市場短期內市場均衡不變。對於兩航線的航商而言，在短期預估航線需求下，各家航空公司的最佳反應策略均為進入市場。表 5.7 為華航及聯邦快遞貨運公司兩業者 2010 至 2012 年的航線運量預測，運量呈現些幅的成長。

表 5.7 華航及聯邦快遞兩業者於案例航線之預估年運量

航線市場	航空業者	2010 年	2011 年	2012 年
台北-香港	華航	32,303	32,389	32,476
	聯邦	11,800	11,831	11,863
台北-洛杉磯	華航	19,974	20,002	20,056
	聯邦	12,570	12,588	12,622

單位：噸

5.4.2 客運需求的效果

此小節分析高、低航空旅客運輸需求情境下對於貨運市場的影響，假設航空旅運需求與客機航次成正比，高旅客運輸需求時，客機航次多；低旅客運輸需求時，客機航次降低。同樣考慮兩種情境：高需求(設為原始客運航次兩倍)及低需求(設為原始客運航次的一半)，兩種情境之市場均衡結果列於表 5.8。

在航空貨運需求不變下，當客運市場呈現低需求情境時，台北-香港市場均衡結果為五家業者競爭均衡，台北-洛杉磯則為三家業者寡占均衡。對於兩航線之混合型業者來說，雖然最佳反應策略仍是進入市場，但部分業者因貨運運能不足，選擇增加貨機航班，如台北-香港航線上，長榮及港龍各新增 1 班航班；台北-洛杉磯航線上，華航及長榮各新增 1 航班。實務上，許多亞洲客運業者具有貨機機隊，雖航線客運需求降低，客機航次減少，但對於市場影響不大。

高需求情境下，兩航線市場的均衡結果仍未改變，全貨運業者面臨市占率下滑的情形。各混合型貨運業者明顯地傾向不增加貨運航班；對於他們來說，在可獲利下，其最佳反應策略為儘量利用客機載貨。然如航空客運需求過高但貨運需求不足，也將面臨可用機艙空間閒置的難題，如旅客運送為主的觀光航線，將致使業者可能出現虧損，而本節之兩案例則尚未出現成本大於營收情形。

表 5.8 兩種航空旅客運輸需求情境下之市場均衡結果

航線	項目	高需求情境	低需求情境
台北 - 香港	收益(美元/週)	(129463, 169524, 131461, 54469, 88579)	(254538, 176077, 254757, 174607, 61044)
	市占率	(26.16%, 20.11%, 25.74%, 20.64%, 7.34%)	(23.68%, 21.30%, 23.55%, 21.61%, 9.85%)
	貨運航次數(班/週)	(448, 196, 432, 220, 11)	(112, 50, 108, 56, 12)
台北 - 洛杉磯	收益(美元/週)	(610605, 610605, 169485)	(240660, 240660, 255077)
	市占率	(38.86%, 38.86%, 22.28%)	(36.70%, 36.70%, 26.60%)
	貨運航次數(班/週)	(56, 56, 33)	(15, 15, 33)

註：欄位括弧()內表示為均衡結果之各家業者數值，台北-香港航線的業者順序為華航、長榮、國泰、港龍及聯邦；台北-洛杉磯航線的業者順序為華航、長榮及聯邦。

5.4.3 全貨運業者轉運規模的效果

此小節分析全貨運業者之轉運規模改變所造成市場變化。假設轉運規模與航班次數成正比，令高轉運規模情境為聯邦快遞公司轉運航班增加為基礎情境的 1.5 倍，低轉營規模情境為轉運航班減少為基礎情境航班的一半數量。表 5.9 列出兩航線上全貨運公司高、低兩種轉運規模情境的市場均衡結果。

結果顯示，兩種高低情境下，市場均衡結果並未改變；混合型業者的最佳反應策略未改變，而聯邦快遞公司之航次策略調整。當高轉營規模情境時，聯邦快遞公司因大量轉運航班的可用運能增加且服務效用提升，獲利及市占率均增加；反之，因少數轉運航班降低服務效用且可用運能減少，獲利及市占率均下降。實務上，在市場需求持續成長下，聯邦快遞公司在此兩航線市場維持高轉運規模，將有利於其運能擴充及提升服務效用。

目前全貨運業者在亞洲地區陸續建立其軸輻路網提供快遞或整合性物流的同時，發展一般航空貨運市場應有其裨益。隨著轉運貨物量的增加，有助於其發揮路網聚集效應，降低營運成本。另隨著區域內樞紐機場所連接的航線增加，對於業者擴展亞洲地區一般航空貨運服務的經營應有正面幫助。

表 5.9 兩種全貨運業者營運規模情境下之市場均衡結果

航線	項目	高需求情境	低需求情境
台北 - 香港	收益(美元/週)	(209020, 224955, 210063, 18440, 116744)	(218174, 232842, 219136, 226457, 29209)
	市占率	(24.19%, 20.85%, 23.98%, 21.19%, 9.78%)	(24.89%, 21.46%, 24.68%, 21.81%, 7.15%)
	貨運航次數(班/週)	(224, 98, 216, 110, 17)	(224, 98, 216, 110, 7)
台北 - 洛杉磯	收益(美元/週)	(216199, 288181, 82574)	(249266, 321248, 289737)
	市占率	(37.50%, 37.50%, 25.00%)	(39.16%, 39.16%, 21.68%)
	貨運航次數(班/週)	(29, 29, 50)	(29, 29, 17)

註：欄位括弧()內表示為均衡結果之各家業者數值，台北-香港航線的業者順序為華航、長榮、國泰、港龍及聯邦；台北-洛杉磯航線的業者順序為華航、長榮及聯邦。

5.4.4 全貨運業者起降時間帶的效果

航班起降時間帶為航空公司重要資產，本節將分析全貨運業者航班起降時間帶對於市場之影響。在基本案例中假設機場擁塞致使全貨運業者無法在尖峰時段擁有航班起降的時間帶，現假設機場擁塞問題改善，聯邦快遞公司航班能在所有時段起降航班，即於日間亦可起降。重新計算兩案例均衡結果如表 5.10 所示。

從結果顯示，此一措施所帶來的直接影響為聯邦快遞公司的市占率及獲利將因而增加。由於航班便利性增加，致使航空公司服務效用提升，增加市場競爭力，在台北-洛杉磯航線市場甚至超越華航及長榮公司，成為市場最大業者，貨運運量市占率達 33.8%。此外，在台北-香港航線市場運量市占率增加近 5%。當然，混合型航空貨運業者相對的整體運量及收入下降。

機場時間帶的可獲得與否被視為市場進入的障礙 (Gillen et al., 2002)，影響業者能否順利進入雙邊航空服務市場，尤其在航班需求較高的航線。一些專家認為航空貨運利用夜晚以全貨機進行一次運送即可，尤其在旅客偏好日間或傍晚進行飛航，但從貨主或承攬業者的觀點，無論是運送航次及總服務時間都是重要的，因此，這樣的結果也意味機場時間帶的獲得對於貨運市場競爭有所影響。因此，外籍貨運業者包括盧森堡航空貨運、聯邦快遞公司、優比速公司等，藉由與亞洲

地區一些機場當局的合作，其在中國大陸、臺灣及菲律賓等機場設立轉運中心並獲得較佳的機場資源，包括陸側資源及時間帶。這也幫助全貨運業者有競爭力地進入亞洲貨運市場。

表 5.10 全貨運業者可獲得尖峰時段時間帶下之市場均衡結果

台北-香港	華航	長榮	國泰	港龍	聯邦
貨運航次數(班/週)	224	98	216	110	12
市占率	23.14%	19.94%	22.93%	20.27%	13.71%
收益(美元/週)	195,087	212,945	195,248	206,231	111,102
台北-洛杉磯	華航	長榮	聯邦		
貨運航次數(班/週)	29	29	33		
市占率	33.10%	33.10%	33.80%		
收益(美元/週)	128,896	200,879	397,969		

5.5 本章小結

本章考量混合型及全貨運業者規劃航次、航機選擇及定價等相關因素，構建航線市場競爭模式，並應用於實際案例。

案例分析結果顯示，兩案例上混合型業者均為市場優勢者；在短程航線上，客運航空公司家數多且提供大量航班，貨運市場上有大部分市占率，其最佳反應策略為不需增加貨機航班。遠程航線市場上，混合型業者選擇增加全貨機來加入營運，因此，混合型業者在航機配置上可能將考慮長途航線市場。相較於可用腹艙容量較豐沛之客運航線，全貨運航空公司傾向著重在需要大量貨運空間需求的航線。

此外，航線貨運需求、客運需求、全貨運業者轉運規模及機場時間帶的可獲得性等因素都將影響市場競爭。貨運需求對於市場均衡影響很大，而亞洲地區區內及區外的貨運需求急速成長應有助於全貨運業者的參與。此外，藉由分析不同年期貨運需求的市場均衡狀況，確認台北-香港及台北-洛杉磯兩航線市場的均衡結果具有穩健性。當混合型業者面臨市場上航空客運或貨運需求的大變動時，它們面

臨增加客機或貨機使用上的取捨。事實上，亞洲地區很多客運業者看好未來巨大的貨運需求，因此，它們傾向購買貨機作為它們的可用策略。

由於本研究假設貨運業者一旦評估收益為負，即選擇不進入市場，故案例中產生華航等混合型業者雖提供高客運航次，但因貨運部門營收虧損，仍選擇退出貨運市場。以往客機載貨成本低且不易清楚計算，混合型類業者載運貨物會視為額為收入。實務上，申請航線經營時，混合型業者會選擇一併申請客貨運市場營運許可，但由於國際燃油成本高漲，業者必須清楚考慮客貨部門營收。當貨運營收偏低時，將減少行政及廣告支出，且基於成本考量，而優先載運旅客行李，而調整貨運時間，可能因而使得拖運人及運輸業者不滿意。Zondag(2006)認為這類公司將貨運服務當為次要生意，而非主要經營項目。

目前全貨運業者在亞洲地區逐漸擴展其樞紐路網的範圍及營運規模，區域內樞紐機場所連接的航線增加，有助於其發揮路網聚集效應，對於業者擴展亞洲地區航空貨運服務的經營有正面幫助。機場容量問題對於全貨運業者在提升市場服務品質有所影響，將造成業者需拉長運送服務等待時間，甚至減少可起降航班，在亞洲地區一些全貨運業者與新成立機場的當局合作來建立區域樞紐中心，期獲得更多起降時間帶，有助於增加航空貨運市場的競爭力，因此，對於希望發展航空貨運政策的當局來說，除開放市場外，可朝向提供全貨運業者更好的環境，如提供起更多時間帶或規劃貨運機場來增加全貨運業者進駐的意願。

第六章 路網市場競爭模式

6.1 市場設定

前一章航線市場競爭分析考慮到現行雙邊航空服務協議對於航空業者及航線的指定，限制服務雙邊市場航空業者的進入，且外國航空業者所能服務的航點或城市也是指定。現在假設雙邊航空運輸自由化逐漸實施，機場 h 的所有航線開放自由進入，任何業者能經營任一航線，航空市場的競爭由單一航線擴展至整個路網。由於市場自由進出，因此，航空公司間之競爭假設為一階段的競爭，航空公司為競爭貨物，必須決定其路網所有航線之航次、航機種類、貨運費率等服務策略，以爭取本身利潤最大化。由於營運規模擴大，除了原先的運能限制及機場起降時間帶外，業者尚必須考量機場起降次數限制、航機使用率等限制條件，業者間策略選擇互動概念如圖 6.1。本章對於樞紐機場或路網的配置將假設為已知，6.3 節將延伸探討樞紐機場改變時對於市場競爭的影響。

5.1 節之單一航線市場所提出的市場設定多數維持，所使用的變數與第四章所界定的航空公司營運變數大多相同，然區別航線，將以上標 hk 來標示航線別。在市場經營者方面，假設航空業者 I ，包含混合型航空公司 A 及全貨運航空公司 B 兩類，經營機場 h 來往其他機場 k 之定期航空貨運服務。 $D(i)$ 表示航空公司 i 於機場 h 所連接的航點集合， K 表示機場 h 所有航空公司 i 所連接的航點集合，但尚不考慮聯運。各航空公司的航點集合並不必然相同，但各航空公司的航點集合為外生。

依據先前假設，機場營運時間分成 2 種時段區間，混合型航空公司所有航班（包含該業者的全貨機起降）可於全日進行起降，而全貨運航空公司的航班僅能安排於為夜間及離峰時間，但所有航空公司的航班總數，包含各航線的航班數，必須不超過機場所給予的航班起降容量，若該時段起降航班已滿，則必須遞延至次日起降。

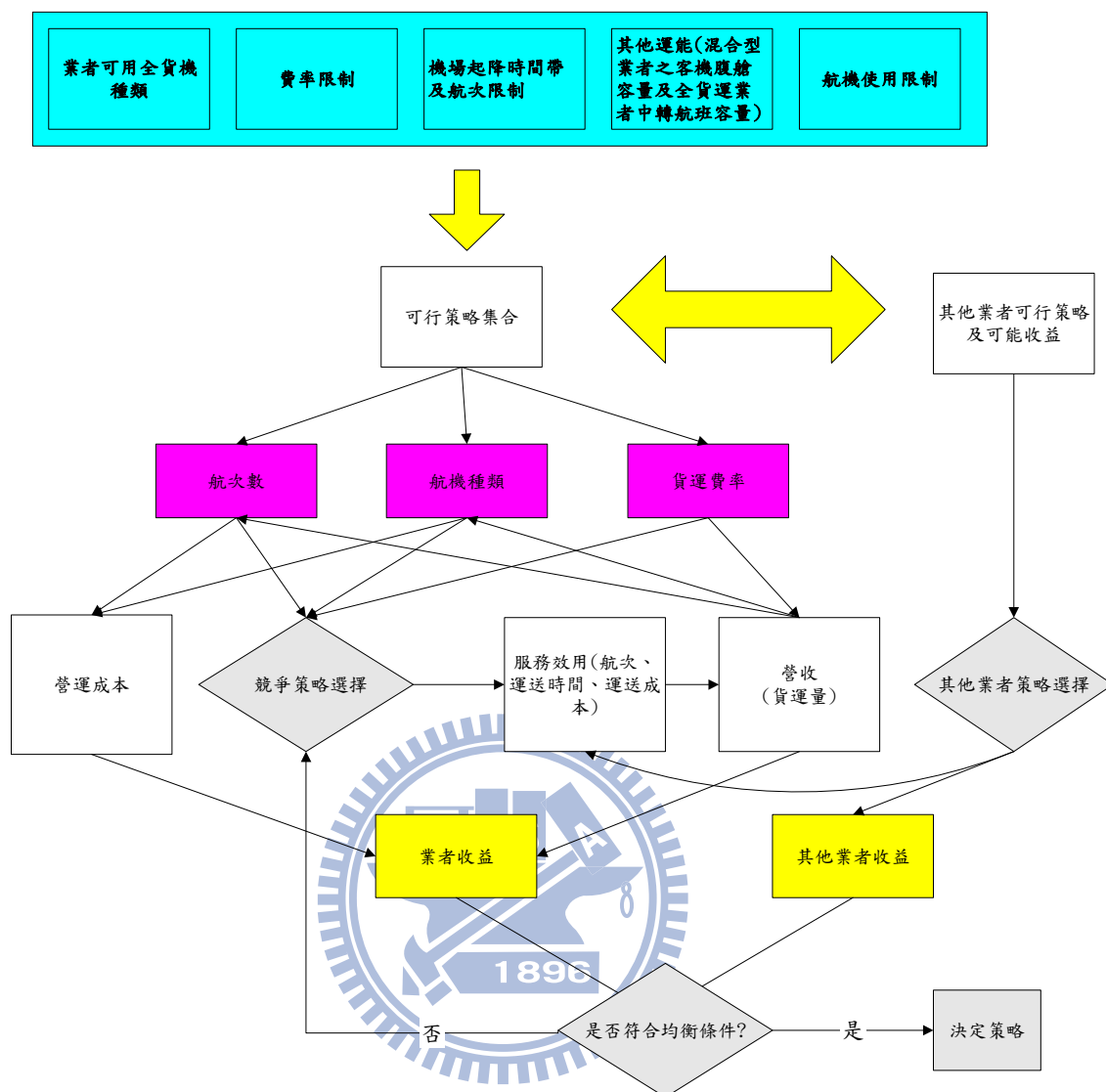


圖 6.1 路網市場競爭賽局中業者之策略選擇概念圖

6.2 模式構建

6.2.1 航線貨運航次模式

假設混合型航空公司通常優先使用客機載運，除非客機運能不足，航空公司在機隊容量許可下再增加全貨機航班來因應。航空公司 a_n 的航線 hk 之規劃航次數必能至少載運其貨運需求，故其航次規劃應符合下式：

$$F_{a_n p}^{hk} \tau(S_{a_n p}^{hk}) U(S_{a_n p}^{hk}) + \Delta F_{a_n}^{hk} \tau(S_{a_n}^{hk}) U(S_{a_n}^{hk}) \geq Q_{a_n}^{hk}, \forall k \in D(a_n) \quad (6.1a)$$

貨運航機可飛航班次數除受限於機場起降規定，尚須考量隊規模、航程、航速及航機檢修等特性下的航機操作時間限制，其條件為航線航機使用率應不大於機隊所能提供之可使用率。

對於全貨運航空公司來說，一條航線可能包含數個運送航段，航段上的航班可能包括啟航航班及轉運航班。除中轉貨機原有機上貨物外，所有航班將一併載運中轉機場 c 的一般航空貨運量及其他該航段運送的貨物量，即必須符合下列限制：

$$\overline{F}_{b_m}^{cd} \tau(\overline{S}_{b_m}^{cd}) U(\overline{S}_{b_m}^{cd}) + \Delta F_{b_m}^{cd} \tau(\overline{S}_{b_m}^{cd}) \tau(\overline{S}_{b_m}^{cd}) \geq Q_{b_m}^{cd} + \overline{Q}_{b_m}^{cd} + \hat{Q}_{b_m}^{cd} \overline{F}_{b_m}^{cd} \quad (6.1b)$$

全貨運業者透過轉機完成運送，為降低轉運過程所增加的額外時間，業者通常會採同步作業，使貨物於中轉地完成相關作業後即前往下一站，故其航線航次可假設為該航線所有航段航次的最小值。全貨運航空公司 b_m 航線 hk 的航次其可以表示如下式，當然，如無法採取同步轉運，其航次亦可經由計算整體航班週期來計算航線平均航次。

$$F_{b_m}^{hk} = \min_{\forall cd \in K_{b_m}^{hk}} F_{b_m}^{cd}, \forall k \in D(b_m) \quad (6.1c)$$

同樣地，全貨運航空公司一樣有其航機調配限制，航空公司於某航線使用全貨機的時間，即該航線行經之各航段的時間總和，應不大於所有航機所能提供之可使用率，以符合航機可用調度原則。

6.2.2 成本模式

航空公司營運成本的組成，5.1.3 節已有討論，依據 Holloway (2003)，本節主要是探討不同航機、航班組合及營運規模對於航空公司成本的影響，並非考慮新增航線的獲利能力，故僅就航空公司直接營運成本納入分析。

對於混合型航空公司而言，運送航空貨物的航機營運成本包括客機運送貨物所衍生的額外費用及全貨機飛航成本(如果需要)。航空公司 a_n 運送航線 hk 的一般航空貨物的成本可以表示如下：

$$TC_{a_n}^{hk} = TC_{a_n}^{hk}(F_{a_n}^{hk}, S_{a_n}^{hk}, F_{a_n p}^{hk}, S_{a_n p}^{hk}) = \begin{cases} TC_{a_n}^{hk}(F_{a_n}^{hk}, S_{a_n}^{hk}, F_{a_n p}^{hk}, S_{a_n p}^{hk}) & , F_{a_n}^{hk} > F_{a_n p}^{hk} \\ TC_{a_n}^{hk}(F_{a_n p}^{hk}, S_{a_n p}^{hk}) & , else \end{cases} \quad (6.2a)$$

$$= \begin{cases} F_{a_n p}^{hk} \Delta AOC_{a_n p}^{hk} + \Delta F_{a_n}^{hk} (\beta_1^{S_{a_n}^{hk}} d^{hk} \tau(S_{a_n}^{hk}) U(S_{a_n}^{hk}) + \beta_0^{S_{a_n}^{hk}} + \delta^{S_{a_n}^{hk}}) & F_{a_n}^{hk} > F_{a_n p}^{hk} \\ F_{a_n p}^{hk} \Delta AOC_{a_n p}^{hk} & , else \end{cases}$$

由於全貨運航空公司於機場 h 的航班包含中轉及由該機場起飛兩類，因此，航機上所載運的貨物可能來自不同起點或到不同目的地。航機載運特定貨物的增量成本不易分割，且實務上無法單獨獲得相關數據。對於業者 b_m 之航機載運某一航段的一般航空貨物所產生的成本，將以該航段所有航機成本乘以一般航空貨物佔該航段所有貨物的比例來估算。航空公司 b_m 航段 cd 運送一般航空貨運的成本表示如下：

$$C_{b_m}^{cd} = \frac{Q_{b_m}^{cd}}{Q_{b_m}^{cd} + \bar{Q}_{b_m}^{cd}} \Delta F_{b_m}^{cd} [\beta_1^{\bar{S}_{b_m}^{cd}} d^{cd} \tau(\bar{S}_{b_m}^{cd}) U(\bar{S}_{b_m}^{cd}) + \beta_0^{\bar{S}_{b_m}^{cd}} + \delta^{\bar{S}_{b_m}^{cd}}] \quad (6.2b)$$

$$+ \frac{Q_{b_m}^{cd}}{Q_{b_m}^{cd} + \bar{Q}_{b_m}^{cd} + \bar{Q}_{b_m}^{cd} \bar{F}_{b_m}^{cd}} \bar{F}_{b_m}^{cd} [\beta_1^{\bar{S}_{b_m}^{cd}} d^{cd} \tau(\bar{S}_{b_m}^{cd}) U(\bar{S}_{b_m}^{cd}) + \beta_0^{\bar{S}_{b_m}^{cd}} + \delta^{\bar{S}_{b_m}^{cd}}]$$

航空公司 b_m 運送起迄點機場 hk 的一般航空貨物運送成本為其行經航段的所有成本加總，如下式。

$$TC_{b_m}^{hk} = \sum_{\forall cd \in R_{b_m}^{hk}} C_{b_m}^{cd} \quad (6.2c)$$

6.2.3 航空公司貨運量市占率模式

依據個體選擇模式，托運人挑選航空公司托運的機率取決於航空公司所提供貨運服務給予托運人之效用高低；效用越高者，被選擇的機率愈高。其選擇機率模式可以多元羅吉特模式來表示。在假設的市場需求下，航空運送業者所承載的航線貨運量市場占有率即是該航空公司被選擇的機率。依據多元羅吉特模式，航空公司 i 之航線運量可以表示如下：

$$Q_i^{hk} = TQ^{hk} * MS_i^{hk} \quad (6.3a)$$

$$MS_i^{hk} = prob_i^{hk} = \frac{e^{V_i^{hk}}}{\sum e^{V_i^{hk}}}, \forall i \in I, k \in D(i) \quad (6.3b)$$

其中，效用函數 V_{im}^{hk} 是由貨物運送服務時間、航次數及運費等三項變數所構成。

6.2.4 利潤模式

航空公司經營機場 h 的一般航空貨運服務獲利為其營收扣除營運成本。各航空公司一般航空貨運服務收益 π_i 可以表示如下：

$$\pi_i^h = \sum_{\forall k \in D(i)} [Q_i^{hk} p_i^{hk} - TC_i^{hk}] \quad (6.4)$$

依據上式，航空公司之收益與其所經營各航線的服務航次、航機規模及費率等之決策有關，是以，為追求收益最大，航空公司必須經由決定最適的營運策略 χ_i 來達成，此策略包含所有航線的服務航次、航機規模及費率。令 χ_i^h 為其策略組合，則其可以表示為 F_i^h 、 S_i^h 及 p_i^h 的函數，其中， F_i^h 、 S_i^h 及 p_i^h 分別表示該公司於機場 h 所有航線的服務航次、航機規模及費率集合。因此，航空公司追求獲利最大化的主要決策變數即為， F_i^h 、 S_i^h 及 p_i^h 。

6.2.5 路網市場競爭模式

如同節 6.1 所述，路網市場競爭行為係採一階段同步賽局建構。當任一航空公司已清楚知道其他個別航空公司的策略組合及收入函數，航空公司同時決定其策略，並假設其他競爭者將基於本身利益來做出最佳選擇，即一家航空公司的最適策略取決於市場上其他競爭者的最佳策略。在此明確的競爭下，經由計算航空公司的收入矩陣，可得到非合作賽局的納許均衡。納許均衡可概略表示為，在假設已知其他業者的各種可能選擇下，每位業者再無動機或誘因再去改變本身選擇時之所有參賽者所選擇的策略集合。

此賽局將由多個最佳化目標函數所構成，其中每家航空公司的各航線航次、航機種類及費率為決策變數，此賽局問題可以表示如下：

$$\underset{\forall i}{Max} \pi_i^h = \pi_i^h(\chi_i^h) \quad (6.5a)$$

Subject to

$$\sum_i Q_i^{hk} \geq TQ^{hk}, \forall k \in D(i) \quad (6.5b)$$

$$0 \leq f_i^{hk} \leq \overline{F}_i(z_i), \text{ and are integers, } \forall i \in I, k \in D(i) \quad (6.5c)$$

$$\Delta F_i^{hk} * BT_i^{S_i^{hk}} \leq \eta_i^{S_i^{hk}} * W_i^{S_i^{hk}}, \forall i \in A, k \in D(i) \quad (6.5d)$$

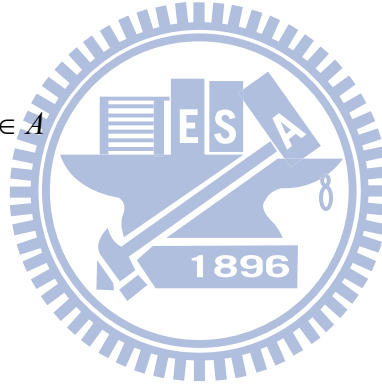
$$\sum_{\forall cd \in R(hk)} F_i^{cd} * BT_i^{S_i^{cd}} \leq \eta_i^{S_i^{hk}} * W_i^{S_i^{hk}}, \forall i \in B, k \in D(i) \quad (6.5e)$$

$$S_i^{hk} \in SF_i^{hk}, \forall i \in I, k \in D(i) \quad (6.5f)$$

$$\sum_{k \in D(i)} (f_i^{hk} + f_{ip}^{hk}) \leq \overline{F}_i(z_i), \forall i \in A \quad (6.5g)$$

$$\sum_{k \in D(i)} f_i^{hk} \leq \overline{F}_i(z_i), \forall i \in B \quad (6.5h)$$

$$0 \leq p_i^{hk} \leq \overline{p}^{hk}, \forall i, k \quad (6.5i)$$



其中，式(6.5a)表各航空公司以追求各別最大利潤為目標；式(6.5b)表市場上航空公司所提供各航線運量總和，必須至少滿足市場需求運量；式(6.5c)表各航線業者所提供航次必須為不大於機場允許上限起降航班之非負整數；式(6.5d)及(6.5e)為航機機隊使用限制；式(6.5f)則各公司由該公司的機隊中選擇出所用航機類型；式(6.5g)及(6.5h)則限制航空業者航線頻次需少於不同時段之機場時間帶起降限制。式(6.5i)是指航空公司貨物費率設定介於一上限費率及 0 之間。

目標式(6.5a)的求解方式，已於 5.2 節介紹。因為賽局均衡存在的充分條件需要，所有參賽者策略集合有界限、凸性(convex)且封閉的，個別參賽者的收益函數在該參賽者策略集合範圍內需為凹向的且為連續。本賽局中每位參賽者的收益函數相對於其本身策略集合並非連續且非凹向，因此，將透過數值計算尋找均衡解。

6.3 案例分析

為驗證前節模式的可操作性，這邊考量一假設性的簡化案例，由機場 h 與其它二個機場 k_1 及 k_2 所構成的航空貨運市場，機場 h 的航空貨運市場有 2 家業者-航空公司 a 及 b ，前者為混合型業者，後者則是以該機場為區域樞紐的全貨運航空公司。航線貨運需求量及兩家業者的航線飛航距離如表 6.1 所示。兩家航空公司的航機機艙使用率設定參照 5.3 節的設定條件，短程線約為航機貨艙空間最大載貨重量之 40%，長程航線則約 30%，航空公司 b 依其載貨作業規劃，兩航線轉運航班於機場 h 載運後的平均承載率，每架次由 50% 增加為 60%。兩航空公司可使用的航機類型及貨運航機規模如表 6.2。

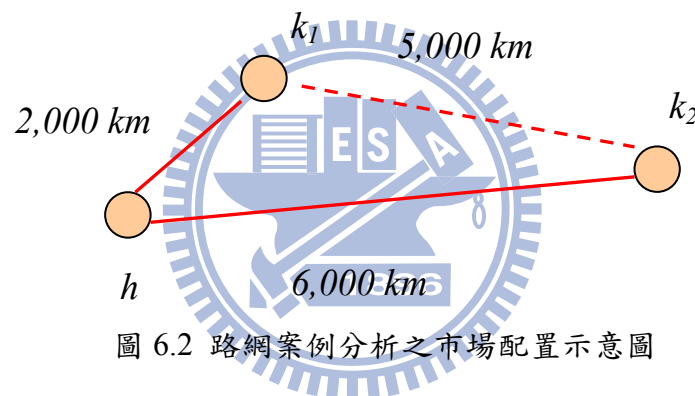


圖 6.2 路網案例分析之市場配置示意圖

該機場夜間時段假設為 06:00 a.m ~ 09:00 p.m，航班限制分配給日間平均每小時 30 航班，夜間平均每小時 10 航班（按桃園國際機場起降容量 50 架次/小時、台北國際機場為 34 架次/小時）。本研究以收集自航空貨運承攬業者所提供相關航空公司承運的航空貨運平均費率為基本參考費率，兩航線之參考費率分別參考桃園-香港及桃園-洛杉磯估計為 1.23 及 4.02 美元/公斤。

表 6.1 案例之各市場基本資料

航線	航線距離(公里)		客運航班或貨運中轉航次 (班/週)		航線市場需求貨運量(噸/週)
	業者 a	業者 b	業者 a	業者 b	
hk_1	2,000	2,000	20	5	800
hk_2	6,000	6,000	20	5	800

註：假設兩航空公司之航班均為直航航班

表 6.2 案例之業者可用航機及操作特性

可用的航機種類	航空公司	研究酬載(噸)	機隊中的航機數量(架)		估計飛航時間 (小時)		最大航機使用率(小時/週)	
			航線 hk_1	航線 hk_2	航線 hk_1	航線 hk_2	航線 hk_1	航線 hk_2
B747-400	a	14	-	-	-	-		
B747-400F	a	112.68	1	1	3	9:50	70	70
MD-11F	b	91.56	1	1	3	9:50	70	70
B767-300ERF	b	54.89	1	1	3:10	10	70	70
B757-200F	b	39.65	1	1	3:10	10	70	70

註：航機最大使用率等相關資料係依據訪談航空公司所獲得之數據推估而得。

機場使用費包含航途中所行經之機場所收取之費用，兩航線之各種航機飛航機場使用費以桃園-香港航線所收取的機場費作為計算之基礎數值，其數值如表 6.3 所示。

表 6.3 案例中各航機之機場使用費

航機類型	B747-400	B747-400F	MD-11F	B767-300ERF	B757-200F
費用(美元/航次)	7,068.00	7,068.00	5,063.96	3,394.27	2,172.02

資料來源：IATA, Airport and Air Navigation Charges Manual (2002)

航機營運成本常被航空公司視為不對外公開的內部機密，僅少數發表的研究或報告提到，即使如此，也只是利用部分資料來進行分析，這當中有兩項有用的資料來源可供參考：一是瑞典運輸通訊分析研究所（簡稱 SIKA）所公佈 *The identification of air freight operating cost parameters for use in the SIKA SAMGODS freight model*(2002)。為校估其所建立的航空貨運營運成本函數相關參數，該報告列出瑞典 2002 年航空公司相關航機營運成本資料。另一是 NASA Ames Research Center 之 *An economic model of U.S. airline operating expenses* (2005)。該報告以 1999 年美國航空客運及貨運業的商業會計資料為依據，建構相關成本項目的計量經濟模型。

依據 SIKA 報告列出 2000 及 6000 公里航程時航空公司成本比例所整理的成本分類如表 6.4 及表 6.5，為利用該表數值進行後續成本分析，進行下列調整：

- (1) 計算該報告所提供 2000 及 6000 公里航程總成本並估算各細項成本金額(轉換為美元價格)，將各細項成本分類為「變動直接成本」、「固定直接成本」及「間接成本」三類。
- (2) 依據目前燃油基本價格(由 0.75 美元/加侖調整為 2.7 美元/加侖)重新估算燃油成本。
- (3) 計算表 2 中每種航機「與航程距離間接相關的每航次單位重量成本 β_0 」及「與航程距離直接有關的每航次單位距離-重量成本 β_l 」數值。

表 6.4 2000 公里航程之各航機成本項目估計表

分類	航空公司營運成本項目	B747-400F	MD-11F	B767-300 ERF	B757-200F
變動直接營運成本	飛行組員費用	2.4%	2.9%	3.7%	4.4%
	燃油費用	11.7%	11.1%	10.4%	10.2%
	其他飛航營運成本	1.3%	1.2%	1.5%	1.8%
固定直接營運成本	機場使用費用	10.3%	11.0%	11.2%	10.6%
	維修成本	7.7%	8.3%	9.2%	10.0%
	折舊及攤還成本	19.6%	18.9%	23.4%	29.4%
間接營運成本	場站及運務費用、廣告與銷售費用、裝卸設施費用、管理費用及其他費用	47.00%	46.60%	40.6%	33.6%
所有營運成本		100%	100%	100%	100%

註：航空公司各項營運成本分類係依據 6.2.2 節

表 6.5 6000 公里航程之各航機成本項目估計表

分類	航空公司營運成本項目	B747-400F	MD-11F	B767-300 ERF	B757-200F
變動直接營運成本	飛行組員費用	2.5%	2.9%	3.7%	4.4%
	燃油費用	15.1%	14.2%	13.2%	12.5%
	其他飛航營運成本	1.3%	1.2%	1.5%	1.8%
固定直接營運成本	機場使用費用	8.8%	9.6%	10.2%	9.9%
	維修成本	7.9%	8.6%	9.6%	10.4%
	折舊及攤還成本	19.7%	19.0%	23.7%	29.6%
間接營運成本	場站及運務費用、廣告與銷售費	44.70%	44.50%	38.10%	31.40%

分類	航空公司營運成本 項目	B747-400F	MD-11F	B767-300 ERF	B757-200F
	用、裝卸設施費 用、管理費用及其 他費用				
所有營運成本		100%	100%	100%	100%

註：航空公司各項營運成本分類係依據 6.2.2 節

調整後航機燃油成本佔整體成本比例如表 6.6，原先報告所列兩種航程不分航機之燃油成本平均比例約為 12.45%，調整後約為 33.57%，依據 IATA 的估計，航空業 2003 年時燃油成本約佔整體成本 14%，2008 年為 33%，調整前後的成本結構與 IATA 的預估值略近。經計算後，可得相關航機營運成本參數值如表 6.7。

表 6.6 重估前後之燃油成本占航空公司營運成本比例

項目	原先數值 (2002)		修正後	
	2000 公里 航程	6000 公里 航程	2000 公里 航程	6000 公里 航程
B747-400F	11.7%	15.1%	32.3%	39.03%
MD-11F	11.1%	14.2%	31.01%	37.34%
B767-300 ERF	11.2%	13.2%	29.47%	37.34%
B757-200F	10.6%	12.5%	29.02%	33.06%

表 6.7 重估之航機營運成本參數

航機種類	β_0 (美元/噸-架次)		β_1 (美元/噸-公里-架次)	
	hk_1 航線	hk_2 航線	hk_1 航線	hk_2 航線
B747-400F	15,640	34,737	0.1516	0.0458
MD-11F	12,256	27,449	0.1491	0.0455
B767-300 ERF	10,537	24,032	0.1669	0.0565
B757-200F	9711	22,648	0.2143	0.0715

當客機同時載運旅客及貨物時，增加的航機營運成本不易藉由會計方法來正確地分割，實務上運量的增加直接帶來燃油使用的增加，並非航機組員及維修次數，且燃油費用占大部分航機營運成本，故本研究對於客運航機載貨的營運增額成本將以燃油成本的增加為主，並依據 NASA 報告所提出相關計算方式推估 B747-400 飛航兩航線的增量飛機營運成本為每航次 0.052 及 0.048 美元/每公里-

噸。在航空公司一般航空貨運需求市占率方面，如同第四章應用 Hsu et al.(2005) 所構建航空貨運需求模式。

6.3.1 均衡分析

2 家航空公司的選擇營運策略及結果如表 6.8 求解結果顯示；令納許均衡結果為 $[(^*S_a^{hk_1}, ^*S_a^{hk_2}, ^*F_a^{hk_1}, ^*F_a^{hk_2}, ^*p_a^{hk_1}, ^*p_a^{hk_2}), (^*S_b^{hk_1}, ^*S_b^{hk_2}, ^*F_b^{hk_1}, ^*F_b^{hk_2}, ^*p_b^{hk_1}, ^*p_b^{hk_2})]$ ，本案例存在唯一的納許均衡結果，即 $[(^*S_a^{hk_1} = \text{'B747-400F'}, ^*S_a^{hk_2} = \text{'B747-400F'}, ^*F_a^{hk_1} = 24, ^*F_a^{hk_2} = 25, ^*p_a^{hk_1} = 1.23, ^*p_a^{hk_2} = 4.02), (^*S_b^{hk_1} = \text{'MD-11F'}, ^*S_b^{hk_2} = \text{'MD-11F'}, ^*F_b^{hk_1} = 8, ^*F_b^{hk_2} = 7, ^*p_b^{hk_1} = 1.23, ^*p_b^{hk_2} = 4.02)]$ 。

航空公司 a 在整個市場的營收遠高於航空公司 b ，而個別市場的獲利及市占率同樣均具有優勢，並增加航機運能及航次來載運更多的貨物，而航空公司 b 在競爭環境中居於弱勢。在短程航線 hk_1 ，航空公司 a 利用客機及全貨機進行運送，提供貨運航班 24 班，費率採取基本費率；航空公司 b 除中轉貨機載運外亦新增航班，採用全貨機種類為 MD-11F，提供貨運航班 8 班，費率採取基本費率。在長程航線 hk_2 ，混合型業者 a 提供貨運航班 25 班(增開貨機航班 5 班)，業者 b 的貨運航班為 7 班(增開貨機航班 2 班)。在追求獲利最大化的情況下，兩市場上業者的定價均相同，顯示這些業者航班上經營的特性及市場環境並未促使業者產生定價上的差異。

表 6.8 案例市場之納許均衡結果

項目	hk_1 航線		hk_2 航線	
	業者 a	業者 b	業者 a	業者 b
選擇貨機種類	B747-400F	MD-11F	B747-400F	MD-11F
貨運航次(週)	24	8	25	7
費率	1.23	1.23	4.02	4.02
市占率	68.60%	31.40%	71.39%	28.61%
收益(週)	468,450	186,369	1,886,825	802,284

6.3.2 敏感度分析

首先，我們考慮到市場總貨運量對於業者選擇策略的影響，假設航線貨運需求由每週 50 噸變化到 1,100 噸，以每 150 噸為一情境，來觀察不同情境下的結果。

表 6.9 所列的是航線 hk_l 不同貨運需求下的均衡結果變化。

從下表結果顯示，兩家業者隨著市場需求增加，其最佳反應策略逐步增加貨機航班。在費率方面，除需求 650 噸時業者出現不同訂價外，其餘都出現相同貨運費率價格；兩家航空公司採取相同的運送費率，低費率對於收益存在兩種影響，一是正向，可增加貨主所感受的服務效用而增加市場貨運量，另一為負向，價格乘數量即為營收，調降運費將直接降低整體營收，價格高低的取捨取決於業者成本結構及市場設定。在需求 650 噸時，業者 a 的訂價仍為 1.17\$/kg，業者 b 的訂價為 1.17\$/kg，其透過適度調降價格來獲取更高的收益。

無論市場貨運需求高低，混合型航空公司 a 均擁有最大市占率，業者 b 隨著市場需求擴大，與業者 a 的市場占有率些微縮小，但差距仍大。

表 6.9 hk_l 航線貨運需求變動時之均衡結果分析

航線總 貨運量 (噸週)	新增航次 (班/週)		費率 (美元/公斤)		市占率		收益 (美元/週)	
	業者 a	業者 b	業者 a	業者 b	業者 a	業者 b	業者 a	業者 b
50	0	0	1.23	1.23	73.23%	26.77%	58,134	-116,738
200	1	1	1.23	1.23	72.49%	27.52%	109,798	22,209
350	2	1	1.23	1.23	72.68%	27.32%	187,483	72,152
500	3	1	1.23	1.23	72.85%	27.15%	265,778	121,484
650	3	3	1.23	1.17	69.24%	30.76%	371,283	103,245
800	4	3	1.23	1.23	68.60%	31.40%	468,450	186,369
950	5	3	1.23	1.23	68.75%	31.25%	547,752	231,344
1,100	6	4	1.23	1.23	67.84%	32.16%	616,194	269,916

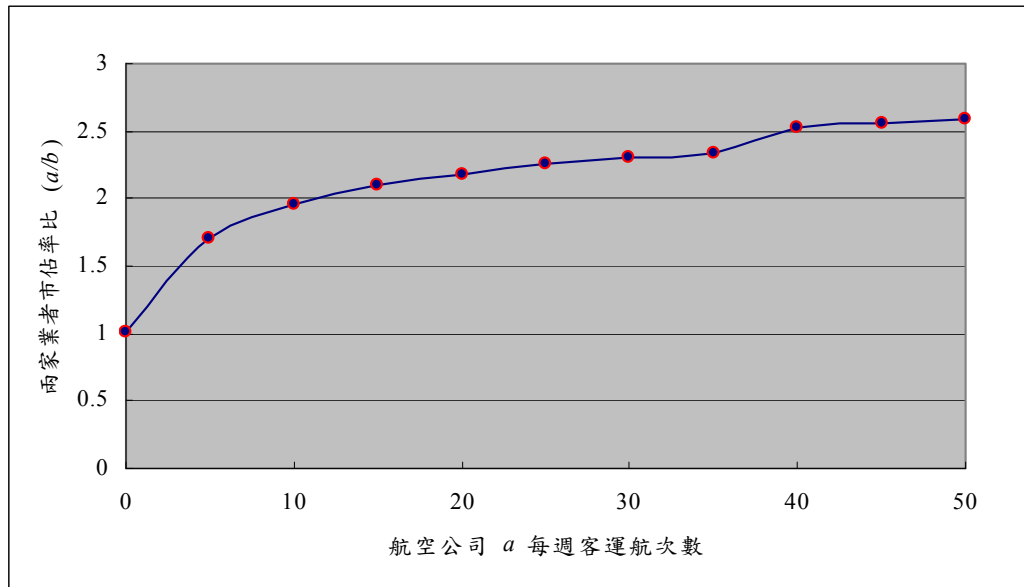


圖 6.3 業者 a 之 hk_1 航線航次變動對於市占率比值之影響

另圖 6.3、6.4、6.5 及圖 6.6 分別表示，在其他條件不變下，航線 hk_1 分別單獨改變航空公司 a 客運航班或航空公司 b 貨運轉運航班對於均衡時市占率比例及二家航空公司獲利的影響。結果顯示，航空公司 a 客運航班或航空公司 b 貨運轉運航班增加時，有助於該公司市占率及收益的提升，不同的是，航空公司 a 隨著客運航班增加，所使用的全貨機航班減少，因為利用客機載運之營運成本較低；航空公司 b 轉運航次數量大時增開的航班亦越高。因此，當混合型航空公司之客運或全貨運航空公司其他特定貨運服務的經營規模越大，對於其一般航空貨運市場的助益越大。

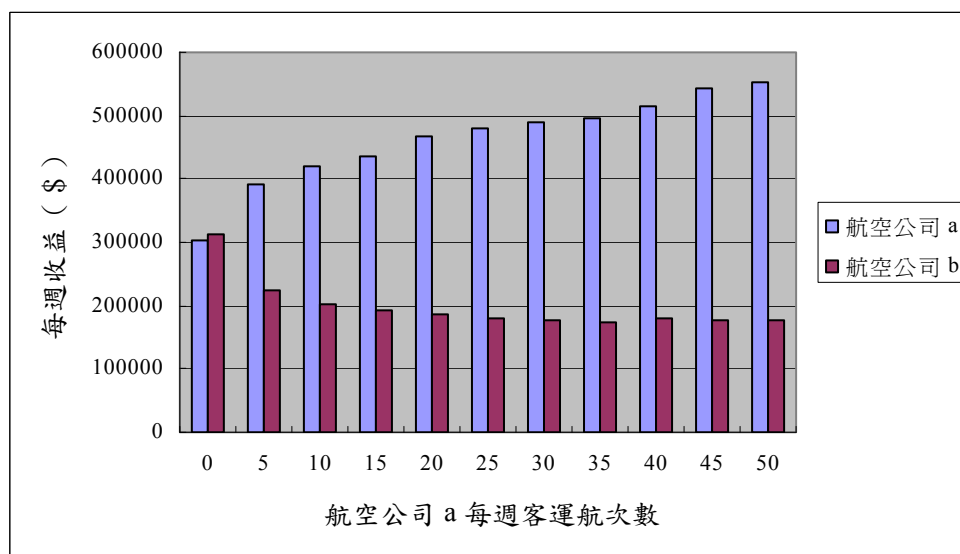


圖 6.4 業者 a 之 hk_1 航線航次變動對於獲利之影響

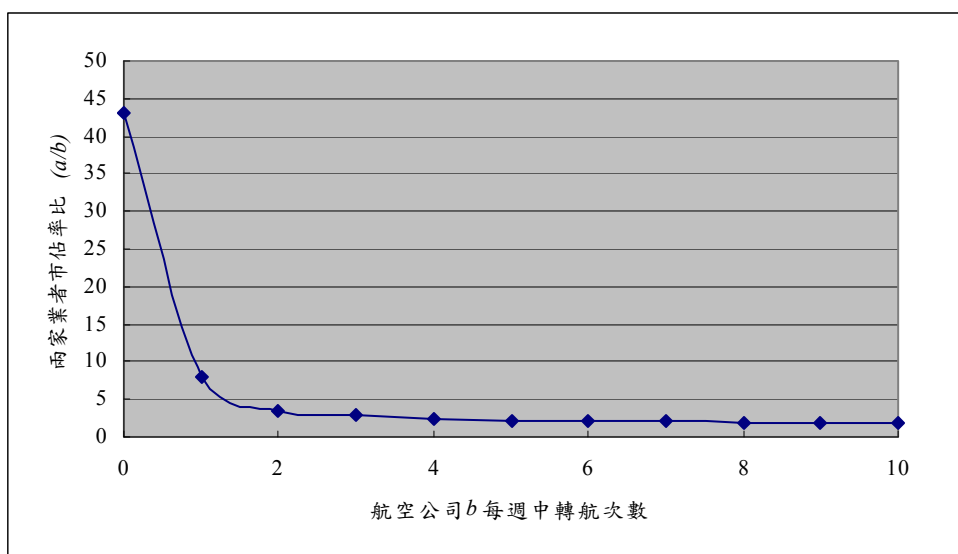


圖 6.5 業者 b 之 hk_1 航線中轉航次變動對於市占率比值之影響

當航空公司 a 於該航線沒有客運航班服務時，航空公司 b 在競爭環境下將呈現其獲利及市占率上最佳，但航空公司 a 市占率仍略高於航空公司 b ，其原因在於混合型航空公司航班時間的分配優勢對於市場競爭仍有所影響，雖然夜間航班便於出口貨物，但混合型業者航班時段的多選擇性提供所有貨主更多的運送方便性及時間節省。不過，在客運業者無航權或運能不足的競爭市場，全貨機航空公司可擴大本身的經營，增加服務航班及運能，以因應市場需求。

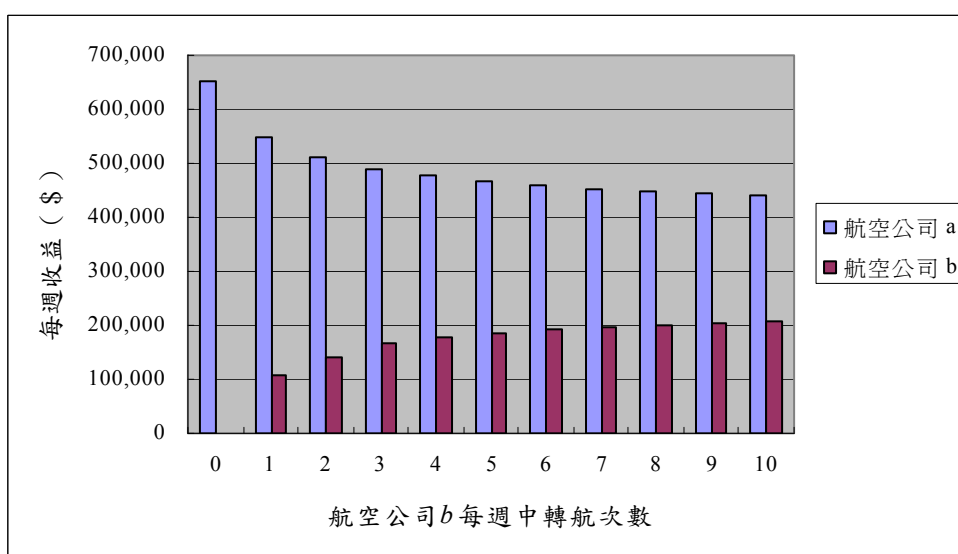


圖 6.6 業者 b 之 hk_1 航線中轉航次變動對於獲利之影響

由於一般市場上客運業者數量通常較多，故設想 hk_1 市場上出現另一家與混合型航空公司 a 相同規模的業者加入市場營運，但其只經營 hk_1 市場；兩家混合型業者分別稱 a_1 （原先在位者）以及 a_2 ，市場形成寡占。表 6.10 所列為航線 hk_1 之航線經營者增為 3 家時之均衡結果。航線 hk_2 之均衡結果未改變，航線 hk_1 均衡結果改變。 a_1 及 a_2 兩家航空公司的市占率各是 41.62%，雖 a_1 較基礎案例時之市占率為低(收益亦同)，但其減少幅度卻較業者 b 為低，市占率減少幅度 39.32%：46.62%，收益減少幅度 35.39%：43.21%，兩家混合型航空公司加總營收規模增加，相對地，全貨運航空公司減少近一半。

這樣的市場結構在實務界常見，即客運業者為市場上數量最多卻也是市占率最大的一群，以台灣航空貨運市場來說，中華及長榮占有絕大市場占有率，其餘全貨運業者的市場占有率甚小，僅能夾縫中求生存。當然，對於新航線市場來說，因為如先前分析，客運業者運能是否足夠應付貨運需求，將影響整體市占率變化。

表 6.10 hk_1 航線新增一混合型業者之網路市場均衡結果

項目	hk_1 航線			hk_2 航線	
	業者 a_1	業者 a_2	業者 b	業者 a_1	業者 b
選擇貨機種類	B747-400F	B747-400F	MD-11F	B747-400F	MD-11F
貨運航次(班/週)	22	22	6	25	7
費率(美元/週)	1.23	1.23	1.23	4.02	4.02
市占率	41.62%	41.62%	16.76%	71.39%	28.61%
收益(美元/週)	302,675	302,675	105,834	1,886,825	802,284

6.3.3 延伸分析

最後考量全貨運航空公司之樞紐機場改變的問題。此一問題即為文獻中所提及的兩階段賽局，第一階段為樞紐選擇，第二階段為市場貨運量競爭。

目前航空公司 b 的樞紐機場為 h ，現該公司打算在這三個機場中重新挑選其中之一作為樞紐機場，假設更換樞紐機場並無其他成本的產生，其它假設條件不予改變，倘業者以 k_1 為樞紐時，航線 hk_2 貨物經由 k_1 再送往 k_2 ，反之亦然。因基礎案例是樞紐機場為 h ，故僅重新計算航空公司 b 為 k_1 及 k_2 時的均衡結果。

當業者以 k_1 為樞紐時，可以看出其航線 hk_1 的市占率及獲利提升，而航線 hk_2 卻是些為下降，相對地，以 k_2 為樞紐時，則是航線 hk_2 的市占率及獲利提升，但航線 hk_1 卻是虧損，雖然此時航空公司降低運價來吸引貨源，但由於運送航程太長，仍出現虧損的情形。從航空公司 b 的觀點，在分別 h 、 k_1 及 k_2 為樞紐機場的 3 個情境下，以 h 為樞紐機場的獲利最高(988,653)，其次為 k_1 ，故其傾向不遷移樞紐機場，但對於混合型業者 a 來說，當航空公司 b 以 k_1 為樞紐時，它的整體獲利為最高。因為這裡考量的情境是未改變其他市場條件，如其他貨物轉運需求，因此，市場距離決定運送方式，即形成 h 、 k_1 及 k_2 一直線時，而 k_1 位處中間，業者才會將樞紐機場遷移至 k_1 。

表 6.11 業者 b 選擇不同樞紐機場之市場均衡結果

樞紐機場	項目	hk_1 航線		hk_2 航線	
		業者 a	業者 b	業者 a	業者 b
k_1	貨運航次(班/週)	4	3	5	2
	費率(美元/公斤)	1.23	1.23	4.02	4.02
	市占率	67.44%	32.56%	73.60%	26.40%
	收益(美元/週)	424,434	188,342	200,8635	607,724
k_2	貨運航次(班/週)	5	2	4	3
	費率(美元/公斤)	1.23	1.23	4.02	3.86
	市占率	78.97%	21.03%	66.84%	33.16%
	收益(美元/週)	481,020.6	-77,787	1,834,305	850,267

6.4 本章小結

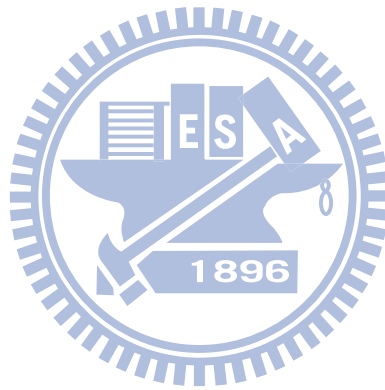
部分結果從第四章的案例分析已可看出，但部分結果仍有其意涵。混合型航空公司在整體市場營收上仍佔有優勢。因應貨運市場需求增加，在航線客運需求未同向增加下，混合型業者的最佳因應策略是擴充貨運能量及航班服務，因此，貨運機隊的能量對於混合型業者在維持市場的營運優勢上至為重要，尤其在亞洲-貨運持續成長的市場。

對於全貨機航空公司來說，客運業者運能不足的競爭市場，如美國或中國大陸航空貨運市場，具有良好的發展契機；在擴展本身整合型物流市場的同時，亦可增加本身在一般航空貨運市場的競爭力。

案例中，當雙占市場變成三家業者寡占時，即 2 家混合型業者及 1 家全貨運航

空公司存在，全貨運業者的市占率下降幅度將較混合型運業者高，亦即倘市場開放競爭，混合型業者進駐家數可能更高，全貨運業者的生存將面臨更多競爭。

最後，本章所提出的一階段路網競爭模式，可擴充成為二階段局賽局，第一階段為樞紐選擇，第二階段為貨運競爭；經由延伸分析已獲得驗證。



第七章 結論與建議

本章歸納本研究的主要成果及實務方面的意涵，並提出相關建議。

7.1 結論

一、本研究的主要貢獻有二，在航空貨運服務供給面，針對以往文獻中較少探討之混合型業者及全貨運業者共存之競爭市場，利用非合作賽局架構來建構多家業者之市場競爭模式。該等模式可用以分析預測各航空公司面對不同競爭條件下所採取的最適策略。在航空貨運需求面，少有針對臺灣國際航線運量模式構建之文獻，本研究以追蹤式資料分析法所建構之臺灣主要航線貨運運量需求模式，可用以探討影響台灣國際航空貨運航線之主要因素，並推估短期航線市場運量需求。

二、依據臺灣桃園國際機場之主要航線貨運運量需求模式的校估結果，本研究發現：

1. 航線兩端點所在機場之都市聚集人口數、航空貨運費率以及三項用來代表特定經貿關係之虛擬變數(大中華經濟圈虛擬變數、開放天空協議虛擬變數及殖民關係虛擬變數)是影響臺灣國際航線貨運運量的主要因子。
2. 航空貨運費率的彈性(-0.261)較Oum et al. (1990)研究所估計得之航空運費彈性(約為-0.82至-1.60)為低，其主要原因可能來自於電子產品佔台灣航空進出口貨物的一般以上，它具有較高的價格與重量比值，具有較高的能力去負擔航空運輸成本，因此，呈現較低的航空貨運費率。
3. 香港、澳門與臺灣的特殊經貿關係，被國際貿易學者稱為大中華經濟圈。依據估計結果，代表此一關係的經貿團體虛擬變數呈現顯著，解釋了台港及台澳較大航空貨運運量的情形，此外，該變數的係數偏大，分析其原因係臺灣海峽兩岸間直接運輸的禁止，然大陸與臺灣貿易量大且持續成長，尤其許多電子業供應鏈的供應來自大陸，也造成兩條航線明顯貨運量。
4. 臺灣與日本自上個世紀殖民關係時即有大量的經濟活動往來，目前仍

有許多的進出口活動，也有許多日商在臺設廠，導致航空貨運需求的增加，因此，經檢定臺灣與日本間的殖民關係虛擬變數代表台日雙邊航空貿易的增加。

5. 臺灣與美國於1997年簽訂開放天空協議，依據本研究分析發現，開放天空協議的簽署的確有助於台美間多條航線貨運運量的增加。

三、雙邊航空服務協議體制下業者須經同意進入指定市場，業者在進入市場前通常必須審慎評估其航線獲利能力，故採取兩階段賽局建構單一航線市場競爭模式架構。首先，所有航空公司同時決定是否進入市場，然後，第二階段競爭貨物服務。航空公司決定是否進入市場的關鍵在於是否能夠獲利，而業者收益取決於其所獲得之市占率及費率定價。模式應用於台北-香港及台北-洛杉磯兩條亞洲地區之重要航線市場，案例分析之主要結果歸納如下：

1. 雖然兩案例上混合型業者均為市場優勢者，但其策略有所不同，混合型業者在航機配置上可能將考慮長途航線市場。相較於可用腹艙容量較豐沛之客運航線，全貨運航空公司傾向著重在需要大量貨運空間需求的航線。在追求獲利最大化的情況下，兩市場上業者的定價均相同，顯示航班上經營的特性及市場環境並未促使業者產生定價上的差異。
2. 貨運需求對於市場均衡有很大的影響，而亞洲地區區內及區外的貨運需求急速成長應有助於全貨運業者的參與。
3. 目前全貨運業者在亞洲地區逐漸擴展其樞紐路網的範圍及營運規模，區域內樞紐機場所連接的航線增加，有助於其發揮路網聚集效應，對於業者擴展亞洲地區航空貨運服務的經營有正面幫助。
4. 機場容量問題對於全貨運業者在提升市場服務品質有所影響。
5. 藉由分析不同年期貨運需求的市場均衡狀況，確認兩案例航線市場的均衡結果具有穩健性。
6. 由於本研究假設故案例中產生華航等混合型業者雖提供高客運航次，但因貨運部門營收虧損，仍選擇退出貨運市場。目前國際燃油成本普遍偏高下，客機載貨成本大幅提升。實務上，航空公司對於貨運營收偏低的航線(如部份觀光景點航線)，將減少貨運部門支出，並因旅客行李需要而延後貨運時間，因而使得拖運人及運輸業者不滿意，這類公司將貨運服務當為次要生意，而非主要經營項目。

四、假設航空公司市場規模擴展到路網，且地區航空市場解除進出管制，本研究採取一階段賽局建構路網市場競爭架構。業者考量本身營運策略及市場環境，並考量其他業者可能策略，追求本身利潤的最大化。透過案例分析發現：

1. 混合型航空公司因應貨運市場需求增加，在航線客運需求未增加下，它的最佳因應策略是擴充貨運能量及航班服務。依據波音公司估計亞洲未來 10-20 年期間市場，因此，建議混合型業者應預先規劃貨運機隊，以維持市場的營運優勢。
2. 對於全貨機航空公司來說，客運業者運能不足的競爭市場，具有良好的發展契機。業者積極擴展亞洲地區快遞貨運或整合型物流的同時，因本身軸輻路網營運規模也隨之擴大，將有助提升其在一般航空貨運市場的競爭力。
3. 由於混合型業者數量普遍較多，案例中，當雙占市場變成三家業者寡占時，即 2 家混合型業者及 1 家全貨運航空公司存在，全貨運業者的市占率下降幅度將較混合型運業者高，亦即倘市場開放競爭，混合型業者進駐家數可能更高，對於全貨運業者的獲利可能受很大壓縮。
4. 本研究所提出之路網競爭模式可擴充成為樞紐機場選擇問題之賽局分析，第一階段為樞紐機場選擇，第二階段為貨運市場競爭，以探討更多實務面議題。

7.2 建議

依據本研究之成果，對於國際航空貨運業者及政府當局提供若干營運策略規劃方面之建議如下：

- 一、為因應持續成長的貨運需求，混合型航空貨運業者仍將考慮擴展本身的貨機運送容量(尤其洲際航線市場)，但由於燃油成本持續增高，建議業者應在客機機隊指派及汰換時，應適度考慮貨運市場需求特性，以提高收益。
- 二、對於全貨機航空公司來說，亞洲貨運市場雖然龐大，但在相關市場因素影響下，其在主要航線上的競爭可能暫居略勢。其未來方向應將著重在

客運航次較少且貨運需求高的航線，中國大陸航空貨運市場符合此一條件，由於其航空貨運市場正在發展階段，具有良好的發展契機，藉由加強提供整合型物流服務，可帶動其一般貨運市場的服務品質。

- 三、許多亞洲機場當局期許成為地區航空貨運轉運中心，建議相關當局，除開放市場外，可朝向提供全貨運業者更好的環境，如提供起更多時間帶或規劃貨運機場來增加全貨運業者進駐的意願。

此外，本研究雖依據原先所設定的目標完成分析，但仍有未臻理想之處，茲列述如下，以作為後續研究之參考。

四、模式建構及應用方面

1. 由於各家業者各項實際成本的資料無法取得，本研究並未考量業者的規模經濟或網路經濟特性，僅以運送量比例估算運送成本，建議若能取得相關資料，可以考慮構建類似 Cobb-Douglas 函數的成本模式，以分析業者成本的規模經濟或網路經濟特性；或可透過成本比例之敏感度分析，來探討固定成本比例變動時，對市場競爭及業者影響。
2. 建議未來可以利用所建立的模式應用在實際案例，例如聯邦快遞公司已在中國大陸建立樞紐機場，分析倘若該公司將轉運中心遷移至大陸後之市場變化及對於其他業者營運方面的影響。此外，在本論文進行的同時，臺灣與中國大陸間已逐漸開放空運直航，兩岸航空貨運市場的發展亦可作為分析的實例，以提供業者營運及政府擘畫航空業發展與管理之參考。

五、後續研究可考慮議題

1. 本研究係以同步賽局來分析航空貨運市場競爭，建議後續研究可考慮另以領導者與追隨者的競爭模式來探討此一問題，並與本研究加以比較。因混合型運業者在貨運市場通常具有價格上的主導權，將混合型運業者視為價格領導者，全貨運業者為追隨者，如此可看出其對於價格方面的影響。
2. 貨運聯盟與整合型物流公司之競爭為目前受關注的一項議題，本研究所構建的模式若加以適當的延伸應可應用於分析此一議題。

參考文獻

中文部分

1. 黃登興與徐茂炫(1997)，殖民關係與貿易型態在臺灣日據時期的驗證，*經濟論文叢刊*, 25(3), 369-399。
2. 凌鳳儀(2002)，**航空運輸管理概論**(再版)，台北：文笙出版社。
3. 藍兆杰、徐偉傑、陳怡君，2002. **策略的賽局**(初版)，台北：弘智出版社。
4. 馮正民、邱裕鈞(2004)，**研究分析方法**，新竹市：建都文化事業股份有限公司。
5. 李元祿，2004，非合作賽局下航空貨運業者競爭模式之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所碩士論文。
6. 黃登興，黃幼宜，2006. 兩岸三地貿易流量的變遷—重力模型的驗證，*臺灣經濟預測與政策*, 36(2), 47-75。

英文部分

1. Alder, N. (2001), "Competition in a deregulated air transportation market", *European Journal of Operation Research*, 129, pp. 337-345.
2. Alder, N., Smilowitz, K. (2007), "Hub-and-spoke network alliances and mergers: Price-location competition in the airline industry", *Transportation Research Part B*, 41, pp. 394-409.
3. Arellano, M. (1987), "Computing Robust Standard Errors for Within-groups Estimators", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 49 (4), pp. 431-434.
4. Baltagi, B. H. (2001), **Econometric analysis of panel data**, second edition. West Sussex, England: John Wiley & Sons.
5. Bowen, J.T. (2004), "The geography of freighter aircraft operations in the Pacific Basin", *Journal of Transport Geography*, 12, pp. 1-11.
6. Doganis, R. (2002), **Flying Off Course – Economics of International Airlines**, Routledge, London, UK
7. Eichengreen, B., D. A. Irwin. (1995), "Trade blocs, currency blocs and the reorientation of world trade in the 1930s", *Journal of International Economics*, 38 (1-2), pp. 1-24.
8. Hansen, M. (1990), "Airline competition in a hub-dominated environment: An application of noncooperative game theory", *Transportation Research Part B*,

24(1), pp. 27 – 43.

9. Hansen, M., Kanafani, A. (1990), “Airline hubbing and airport economics in the pacific market”, *Transportation Research Part A*, 24(3), pp. 217-230.
10. Hazledine, T. (2009), “Border effects for domestic and international Canadian passenger air travel”, *Journal of Air Transport Management*, 15 (1), pp. 7–13.
11. Holloway, S. (2003), *Straight and level: practical airline economics*, second ed. Aldershot, UK: Ashgate.
12. Hsu, C.I., Li, H.C., Liao, P., and Hansen, M.H. (2009) Responses of air cargo carriers to industrial changes, *Journal of Air Transport Management*, 15(6), pp. 330-336.
13. Hsu, C.I, Liao, P., Yang, L.H., Chen, Y.H. (2005), “High-Tech Firms’ Perception and Demand For Air Cargo Logistics Services”, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, pp. 2868-2880.
14. Frankel, J. A., Stein, E., Wei, S. J. (1995), “Trading Blocs and the Americas: The Natural, the Unnatural, and the Super-Natural”, *Journal of Development Economics*, 47(1), pp. 61–95.
15. Gardiner, J. and Ison, S. (2008), “The geography of non-integrated cargo airlines: an international study”, *Journal of Transport Geography*, 16(1), pp. 55-62.
16. Graham, B. (1999), “Airport-specific traffic forecasts: a critical perspective”, *Journal of Transport Geography*, 7 (4), pp. 185–189.
17. Glicksberg, I. L. (1952), “A Further Generalization of the Kakutani Fixed Point Theorem with Application to Nash Equilibrium Points”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 38, pp. 170-4.
18. Grosche, T., Rothlauf, F., Heinzl, A. (2007), “Gravity models for airline passenger volume estimation”, *Journal of Air Transport Management*, 13, pp. 175-183.
19. ICAO (2008), Fact Sheet: industrial statistics.
20. Jorge-Calderón, J.D. (1997), “A demand model for scheduled airline services on international European routes”, *Journal of Air Transport Management*, 3 (1), pp. 23-35.
21. Khadaroo, J., Seetanah, B. (2008), “The role of transport infrastructure in international tourism development: A gravity model approach”, *Tourism management*, 29 (5), pp. 831–840.

22. Linnemann, H. (1966), *An Econometric Analysis of International Trade Flows*. North-Holland: Amsterdam.
23. Martín, J.C., Román, C. (2003), "Hub location in the South-Atlantic airline market: A spatial competition game", *Transportation Research Part A*, 37, pp. 865-888.
24. Matsumoto, H. (2004), "International urban systems and air passenger and cargo flows: some calculations", *Journal of Air Transport Management*, 10 (4), pp. 239-247.
25. Matsumoto, H. (2007), "International air network structures and air traffic density of world cities", *Transportation Research Part E*, 43, pp. 269-282.
26. McCallum, J. (1995), "National borders matters: Canada-U.S. regional trade patterns", *The American Economic Reviews*, 85(3), pp. 615-622.
27. Micco, A., Serebrisky, T. (2005), "Competition regimes and air transport costs: The effects of open skies agreements", *Journal of International Economics*, 70, pp. 25-51.
28. McGinnis, M.A., Kohn, J.W. (1993), "Logistics Strategy, Organizational Environment and Time Competitiveness", *Journal of Business Logistics*, 14 (2), pp. 1-23.
29. Moorthy, K.S., (1985), "Using Game Theory to Model Competition", *Journal of Marketing Research*, 22 (3), pp. 262-282.
30. NASA Ames Research Center (2005), An economic model of U.S. airline operating expenses.
31. O'Connor, W.E. (2001), *An Introduction to Airline Economics*, Sixth Edition. Westport, Connecticut Praeger.
32. Oum, T.H., Walters, W.G., Yong, J.S. (1990), "A survey of recent estimates of price elasticities of demand for transport", *The World Bank Policy Research Working Papers*.
33. Petersen, J. (2007), "Air freight industry- white paper", Georgia Institute of Technology, Atlanta GA.
34. Pöyhönen, P. (1963), "A tentative model for the volume of trade between countries", *Weltwirtschaftliches Archiv*, 90, pp. 93-99.
35. Regan, A.C., Gariddo, R. A. (2002) "Modeling Freight Demand and Shipper Behavior: State of the Art, Future Directions. Institute of Transport Studies", University of California, Irvine.

36. Rodrique, J.P. (1998), "Globalization and the synchronization of transport terminals", *Journal of Transport Geography*, 7 (3), pp. 255-261.
37. Russon, M.G., Riley, N.F. (1993), "Airport substitution in a short haul model of air transportation" *International Journal of Transportation Economics*, 20 (2), pp. 157-173.
38. Senguttuvan, P. S. (2006), "Air Cargo: Engine for Economic Growth and Development — A Case Study of Asian Region", Presented at the National Urban Freight Conference, Los Angeles, February 2006.
39. Shyr, O.F. and Lee, Y.L. (2005), "Pricing and scheduling strategies for air cargo carriers: a non-cooperative game approach", *Proceedings of the 16th Mini - EURO Conference and 10th Meeting of EWGT*, pp. 76-81.
40. Swedish Institute for Transport and Communication Analysis (2002), "The identification of air freight operating cost parameters for use in the SIKA SAMGODS freight model".
41. Tinbergen, J. (1962), *Shaping the world economy: suggestions for an international economic policy*, New York: The Twentieth Century Fund.
42. Wei, W., Hansen, M. (2003) "Cost economics of aircraft size", *Journal of Transport Economics and Policy*, 37(2), pp. 279-296.
43. Wei, W., Hansen, M. (2005) "Impact of aircraft size and seat availability on airlines' demand and market share in duopoly markets", *Transportation Research Part E*, 41, pp. 315-327.
44. Wei, W., Hansen, M. (2007), "Airlines' competition in aircraft size and service frequency in duopoly markets", *Transportation Research Part E*, 43, pp. 409-424.
45. Yamaguchi, K. (2008), "International trade and air cargo: Analysis of US export and air transport policy", *Transportation Research Part E*, 44, pp. 653-663.
46. Zhang, A., Lang, C., Hui, Y.V., Leung, L. (2007), "Intermodal alliance and rivalry of transport chains: the air cargo market", *Transportation Research Part E*, 43, pp. 234-246.
47. Zhang, A., Hui, Y.V., Leung, L. (2004), "Air cargo alliances and competition in passenger markets", *Transportation Research Part E*, 40, pp. 83-100.
48. Zhang, A., Zhang, Y. (2002a), "Issues on liberalization of air cargo services in international aviation", *Journal of Air Transport Management*, 8, pp. 275-287.

49. Zhang, A., Zhang, Y. (2002b), “A model of air cargo liberalization: passenger vs. all-cargo carriers”, *Transportation Research Part E*, 38, pp. 175-191.
50. Zondag, W.J. (2006), “Competing for air cargo: A qualitative analysis of competitive rivalry in the air cargo industry”, Thesis of Economics & Business Administration of the Free University Amsterdam.

