行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

航空快遞業競爭賽局之分析

計畫類別: 個別型計畫

計畫編號: NSC92-2416-H-032-002-

執行期間: 92年08月01日至93年07月31日

執行單位: 淡江大學運輸管理學系

計畫主持人: 石豐宇

計畫參與人員: 李元禄 李尚諭

報告類型: 精簡報告

處理方式: 本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 10 月 11 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

航空快遞業競爭賽局之分析

A Game Theory Approach for the Competition Strategies among International Express Couriers

計畫編號: NSC 92-2416-H-032-002

執行期限:92年8月1日至93年7月31日主持人:石豐宇 淡江大學交通運輸學系

計畫參與人員:李元祿 李尚諭 淡江大學運輸管理學系

一、中文摘要

隨著台灣經濟發展,國民生產毛額增加以及近幾年來高科技產業之快速成長,國內對於航空貨運的需求因此大幅提升,而託運人亦愈來愈重視貨物的運送時效及安全可靠度。由於市場商機龐大,競爭者陸續加入,各家航空貨運業者無不積極研擬因應之對策,如:降低運費、增加飛航班次及提升服務品質,以求維持或提高其市場佔有率。

對於航空公司而言,航空貨運需求與 其所訂定之運送費率、提供之航機班次、 運送時間、服務品質以及其他航空公司之 競爭策略,這些因素彼此並存且有密切之 互動關係。此種交互作用不僅存在於航空 公司與託運人之間,而且對各家業者而 言,任一航商營運策略之改變亦會造成其 他業者相對之反應,此即為寡佔市場中廠 商競爭之特性。

基於此,本研究參考 Mark Hansen 之作法,以寡佔市場非合作賽局之形式,在考量消費者需求變動下,構建出航空貨運業者間之競爭模式。研究過程中,主要先以 RP 和 SP 不同形式之問卷針對航空貨運承攬業者進行調查,並應用個體選擇模式中羅吉特函數形式,推估出各家航商可能之市場佔有率與貨運需求量。接著利用賽局理論中 Bertrand 變化模型,在考量各家航空公司於競爭下可能之航機排班方式,以所設計之迭代法求解此一非線性混合整數規劃問題,最終獲得各航商最佳之運送費率 班次規劃方式及均衡之市場佔有率。

在實證部分,吾人選定目前台灣三家 航空貨運業者即華航、長榮、與西北,針

對其台北-美西航空貨運網路進行分析。透過上述研究之過程,最終可得到各航商最佳運費、班次規劃模式、均衡市佔率與其可能獲得之報酬。期望以此分析方式及所擬定出業者在彼此競爭下最佳之營運策略,作為相關企業經營之參考。

關鍵字:航空貨運、寡佔市場、非合作賽 局、需求變動、班次規劃

Abstract

In recent years, the emergence of Taiwan's hi-tech industry has changed rapidly. Accompanying with all these changes, the demand of air cargo transportation is growing up resulted in the increasing concerns regarding to speed, security, and reliability of the delivering goods. Due to the prosperousness and the numerous competitors of the market, air cargo carrier becomes one of the most competitive businesses in the region. Air cargo carriers are all devoting themselves in working out measures and strategies reacting to this situation to maintain or to raise their market shares. Among the measures been taken are: lowering of the freightage, increase of the frequency of the flights, and improvement of the service quality.

As an oligopoly market, the pricing and service strategies of one air cargo carrier would affect and be affected by the strategies adopted by the others. In addition, the same interaction also exists between cargo carrier and their forwarders. Service strategies include the scheduling of flight frequency, departure and arrival time, and reliability.

This study applies solution concepts derived

from Hansen, i.e., a non-cooperative game approach in an oligopoly market with variable O-D demands. The demand function, calibrated by using SP and RP survey data from a stratified sampling of forwarders. Logit function was used in the calibration of carrier's market share model. The concept of Bertrand model was adopted in the solution of optimal freightage and flight schedule adjustment in Oligopolistic competition.

By using the iterative feedback approach, we solve the problem of a non-linear mixed-integer system of equations that produces the optimal freightage and flight schedule adjustment of each air cargo carrier. In the case study, we demonstrated the air cargo market of Taipei to US West Coast served by three major cargo carriers, i.e., China Airlines, EVA Airways and Northwest Airlines, and solve for their optimal freightage and flight schedules. solutions derived from our case study provide valuable information for air cargo carriers in their planning of operating strategies.

Key word: air cargo carrier, oligopoly market, non-cooperative game, variable demand, flight schedule adjustment

二、緣由與目的

由於台灣地區社會經濟發展迅速,國民生產毛額增加以及近幾年來高科技產業之新興,造成國內對於航空貨運的需求大幅增加,以近七年國際航線貨運量成長趨勢來看,更是由民國 85 年的 856,000 公噸大幅增加至民國 91 年的 1,470,000 公噸近一倍之幅度。因此,國際航空貨運業者在面對其他競爭者加入市場時,如何以較佳之競爭策略與經營手段,或改變其自身公司之營運方式,以提升公司整體的利潤與收益,避免遭受其他競爭企業之傷害,無疑是一值得深入研究與探討之課題。

而在運輸領域,以往有關企業間彼此 競爭之研究,通常是針對於價格或班次擇 一做競爭上分析之變項。但對於航空貨運 業者而言,費率(即價格)、班次(即航次或 航班)與服務品質,皆會影響整體消費者需 求與公司之成本,進而造成公司收益的增減,實為彼此競爭上重要之項目。因此較符合實務之做法,應就此三者同時加以考量,納入模式當中。

又針對班次而言,過去相關研究通常 未考慮班次與消費者需求間之互動關係; 即班次之變化可能會對需求造成影響,而 需求若有改變,班次當然應依其隨之增 減。但在以往在處理相關排班排程之問題 上,通常是假設需求為固定(即不受其他變 數影響),或是以一簡單的線性函數呈現其 與班次間之關係,此種做法一樣會產生與 現實不相符的情況。

基於此,在考量航空貨運市場特性(寡佔市場、需求特性)下,吾人希望以非合作賽局之形式,建構出航空貨運業者之競爭模式,其中並探討消費者需求變動與整體模式之互動關係。有別於以往之做法,本研究不僅僅希望求得各航商間彼此競爭下可能的最佳費率結構,吾人亦希望在反應需求變動之特性下,構建出各家航商在不同營運航線上較佳班次規劃的方式。

三、結果與討論

首先需求得可行運費與運量:本研究預測航空公司運費與攬貨量的方法,是應用羅吉特模式,建立託運人之選擇行為模式,其中並考量貨運量分配的問題接著再以非合作賽局之形式,Bertrend 價格競爭之模型為概念,構建出航空貨運業者競爭模式,最終並考量航空貨運業者叫家之班次規劃方式。

本研究針對兩種貨物型態,將艙位需求模式[1][2]成本模式[3]與航商報酬模式[4][5]表示如下。

$$\begin{aligned} q_{ij}^{kl1} &= Q_{ij}^{l1} * P_{ij}^{kl1} \ [1] \\ q_{ij}^{kl2} &= Q_{ij}^{l2} * P_{ij}^{kl2} [2] \end{aligned}$$

 q_{i}^{μ} :表空運承攬業 l 在 ij 航線上對航空貨運業者 k 艙位之需求量;

 Q_{i}^{l} :表航空貨運業者 l 在 ij 航線上之總運量:

 P_{ij}^{kl} :表海運承攬業 l 在 ij 航線上將貨物交由海運航商 k 託運之比率;

$$P_{ij}^{kl1} = \frac{e^{V_{ij}^{kl1}}}{\sum_{k=1}^{K} e^{V_{ij}^{kl1}}}$$

$$P_{ij}^{kl2} = \frac{e^{V_{ij}^{kl2}}}{\sum_{k=1}^{K} e^{V_{ij}^{kl2}}}$$

 $V_{ij}^{kl1} = a + b_0 \times OF_{ij}^{kl1} + b_1 \times TF_{ij}^{k1} + b_2 \times AST_{ij}^{k1} + b_3 \times SL_{ij}^{kl2}$ $V_{ij}^{kl2} = a' + b'_0 \times OF_{ij}^{kl2} + b'_1 \times TF_{ij}^{k2} + b'_2 \times AST_{ij}^{k2} + b'_3 \times SL_{ij}^{kl2}$ 分配比例以羅吉特模式表示,其中變數 為運費、航次、航行時間與服務水準。

$$TOC = \sum_{ij \in L^k} \left[\sum_{h \in H} \sum_{a \in A} \left(T^h + \lambda^h d_a \right) \delta_a^{ij} y_{ij}^h \right] \phi_{ij}$$

s.t

$$\sum_{h} Cap_{a}^{h} \phi_{ij} \delta_{a}^{ij} y_{ij}^{h} \geq F_{ija}^{k} \quad \forall ij \in L^{k}, a \in A^{k}$$

$$\sum_{h \in H} y_{ij}^{h} = 1 \quad \forall ij \in L^{k}$$

$$y_{ij}^{h} \in Binary \quad \forall ij \in L^{k}, h \in H$$

$$\phi_{ij} \geq 0 \quad \forall ij \in L^{k}$$

本研究將航空貨運業者之成本分為貨 運專機成本與隨可機運送成本兩部分。

在貨運專機成本方面,主要參考李俊勳君於「航空公司貨運網路航線頻次與機型規劃之研究」一論文中所建構之航空貨運業者之航線營運成本函數,作為本研究之成本模式;包含固定營運成本與變動營運成本兩部分。至於隨客機運送成本,本研究則以一常數之型態反應於模式當中。

$$\pi_{ij}^{k1} = TR_{ij}^{k1} - TC_{ij}^{k1}$$

$$\pi_{ij}^{k2} = TR_{ij}^{k2} - C$$

$$\pi_{ij}^{k} = TR_{ij}^{k1} + TR_{ij}^{k2} - TC_{ij}^{k}$$

上式表 k 航空公司於兩種貨物等級下之總 利潤,主要為其於特定 ij 航線上之總收益 與總成本之差。

本研究以台北至美西航線上之三家 結果:

航空貨運業者進行實證分析,結果如「下:

1. 市場均衡運費與載運量

表 3.1 不同運量下各航商均衡費率—優先運送

航空	模式	高運量	中低運量
公司	市場總貨	1500	100
	運量		
	(噸)		

中華	運量(噸)	724.8	58
航空	(,		
	均衡費率	77.2	82.6
	(元/公斤)		
	利潤(元)	46,801,065	4,801,285
長榮 航空	運量(噸)	606.2	30
1376-11	均衡費率	74.4	80.6
	(元/公斤)		
	利潤(元)	53,897,469	2,364,861
西北航空	運量(噸).2.	3) 169.0	12
1376	均衡費鍵.2	4) 64.1	71.0
	(元/公斤)		
	利潤(元)	10,833,620	837,830

表 3.2 不同運量下各航商均衡費率—一般貨

10 1.2 个问注里下口则问约该真平─ N. N. D.				
航空公司	模式	高運量	中低運量	
ы	市場總貨運	73500	4900	
	量			
	(噸)			
中華航	均衡費率	70.4	75.2	
空	(元/公斤)			
	運量(噸)	38497	2107	
長榮航	均衡費率	67.2	71.8	
空	(元/公斤)			
	運量(噸)	27097	1953	
西北航	均衡費率	55.1	63.6	
空	(元/公斤)			
	運量(噸)	9398	839	

2.市場競爭下各航商均衡利潤

表 7.9 不同運量下各航商之總利潤

() 「同是重「日前間之間可用					
模式	高運量 中低運量		總利潤		
航商	一般	優先 運送	一般貨	優先 運送	(元)
中華航空	388,73	46,801	160,8	4,801,	601,167,
(元/年)	1,891	,065	33,09	285	331
, , ,			0		
長榮航空	236,43	53,897	141,4	2,364,	434,173,
(元/年)	8,740	,469	72,92	861	994
			4		
西北航空	-29,83	10,833	55,44	837,8	37,289,5
(元/年)	0,485	,620	8,564	30	29

3.市場競爭下新的班次規劃方式

表 7.12 華航最佳航線、班次規劃與成本—時間限制 (直飛)

飛航路線	班次 (時間限 制)	總成本 (週)
台北-東京-安哥拉治-洛杉磯	班次1	

台北-安哥拉治-洛杉磯	班次 2	47,094,324
台北-安哥拉治-舊金山	班次 3	
台北-安哥拉治-舊金山-洛杉磯	班次 4	
台北-洛杉磯	班次 5、	
	6, 7, 8	

表 7.13 華航最佳航線、班次規劃與成本—無時間限制 (轉運)

飛航路線	班次	總成本
	(成本最	(週)
	小)	
台北-東京-安哥拉治	班次1	
台北-安哥拉治-舊金山-洛杉磯	班次 2	45,483,137
台北安哥拉治-舊金山	班次 3	
台北-安哥拉治-洛杉磯	班次 4、	
	5, 6, 7,	
	8	

表 7.14 長榮最佳航線、班次規劃與成本—時間限制 (直飛)

(A)(e)		
飛航路線	班次	總成本
	(時間限制)	(週)
台北-東京-安哥拉治	班次 1	
台北-安哥拉治-洛杉磯	班次 2	
台北-安哥拉治-舊金山	班次 3	42,506,580
台北-安哥拉治-舊金山-洛	班次 4	
杉磯		
台北-洛杉磯	班次 5、6、7、	
	8, 9, 10	

表 7.15 長榮最佳航線、班次規劃與成本—無時間限制 (轉運)

(平) 년	= /	
飛航路線	班次	總成本
	(成本最小)	(週)
台北-東京-安哥拉治	班次 1	
台北-東京-安哥拉治-舊	班次 2	
金山		41,952,396
台北-安哥拉治-舊金山	班次 3	
台北-安哥拉治-舊金山-	班次 4	
洛杉磯		
台北-安哥拉治-洛杉磯	班次 5、6、	
	7、8、9、10	

四、計畫成果自評

本研究以非合作賽局之形式,構建出航空貨運業者之競爭模式,其中包含了各家航商最佳之定價策略與飛航班次,最終實証分析透過情境設計的方式,找出台北美西此航空網路下各家航空公司可能較佳的排班方式。經過本研究一連串分析之過程,吾人最終可歸納出幾點結論,並針對本研究之不足提出若干建議。

結論:

- 本研究內有關航空貨運需求資料、各航 商營運現況以及各項研究數據,皆援引 相關文獻或自航空貨運業者取得,因此 分析結果具有一定之可靠性。
- 2. 在需求函數中,各模式的參數校估,絕 大部分參數校估值皆呈現顯著且與先 驗知識相符。而針對顯示性偏好與敘述 性偏好模式進行一致性之卡方檢定,結 果亦呈現兩模式無差異,因此可選擇以 RP與SP合併模式之參數校估值進行市 場佔有率之推估。
- 3. 由艙位需求模式之校估結果可發現,承攬業者在選擇託運航商時,運費仍是其最主要之考量,運費之高低直接影響交付託運之比例。而針對現況資料 RP之分析結果來看,承攬業者對華航以及長榮的偏好度明顯高於西北許多且顯著性甚高,其中又以華航為承攬業者之目顯之地位。另一方面,研究中所訪談之承攬業者,對於航空公司之服務品質屬性中有關貨物遺失理賠的部分,各家業者分數普遍不高,此顯示航空貨運業之相關理賠制度仍有可大幅改善之空間。
- 4. 本研究根據運量之不同將貨運市場分 為高運量與中低運量兩模式進行探 討。由最終結果可發現,高運量模式下 之均衡費率低於中低運量模式,此符合 現況航空貨運業者階梯式定價方式。而 在高運量模式下,對於一般貨品之託 運,選擇長榮與華航之比例接近90%, 反觀在中低運量模式下,西北之市場佔 有率則呈現大幅成長,此顯示託運量較 少且公司規模較小之承攬業者所表現 出不同之選擇行為。
- 5. 航空公司運送費率之訂定,除了影響航空公司的利潤水準外,亦會同時造成研攬業者做出不同之選擇行為。而布貨運器不市場其他競爭航商貨工下,特定公司定價較其他第爭者為低時,其仍可藉由運量(市佔率)之提升而增加其利潤。但若持續降低其運費,雖然仍可提升自身之運量與利潤,但對其他航商而言,因特定業者運費較低造成市佔率遭大幅掠奪,其利潤當然隨之下降;以總整體市場之觀點來

- 看,此種營運方式並非最佳之競爭型態,因此個別航商亦無法求解出均衡運費。反之,航空公司若企圖以提升運費作為增加獲利之手段,則將因承攬業者對運費之敏感程度甚高而造成運量大量縮減,不但無法提升整體利潤,甚至可能產生虧損之反效果。
- 7. 對於航空貨運業而言,通常運送網路極為龐大,且由於牽涉到轉運之問題,貨物需求量便無法就單一航線加以估計。舉例而言,在本研究實證時所考量之飛航網路,於其中兩航線:台北-安哥拉治-洛杉磯便有所北。治學人工。針對此兩條航線,是對對此兩條航線,與對軍之關係,停靠之航點有所不同,在實務上便將其分為兩條不同的航線處理。但因航點有所重疊,本研究於計算需求量時,無法估計各條航線因航點重複而造成需求量之變化,僅能依據航空業者所估計之比例進行求算,因此所估計出之貨運量和實務上可能有所差距。

建議:

1. 本研究對於各航空公司班次求解以及 排班時,皆假設航空公司以單一機型進 行運送。但在實務上,航空公司針對特 定飛航網路,在考量其需求量之特性以 及變化下,通常會以不同之機型進行運 送與調度,因此在排班上會具有更大之 彈性,亦可能降低其總成本。針對此部

- 分,後續研究者可將機型變動之因素納 入模式一併考慮之。
- 2. 本研究在進行航空公司航機排班時,並未考慮相關法令以及飛航限制,僅單純站在航空業者最佳化營運之角度考慮其排班方式,建議未來研究可將相關之限制納入,以求結果更為精確與實用。
- 3. 在模式解上,本研究是採用一迭代的方式來搜尋最佳解。對於所得到之解答,是假設其變動範圍小於吾人所設定之誤差,即認定其達到收斂。至於其是否僅為一局部最佳化之結果,或是並未完全收斂,則本研究並未作進一步之探討,此部分可供後續研究者作更深入之討論。
- 4. 承攬業者於選擇航商時,運送費率實為 其考量點之一,但此費率對於兩者而言 並不一定為固定,此亦取決於承攬業者 之議價能力。因此,未來之研究可將承 攬業者與航空公司,或承攬業者彼此間 之議價行為納入模式中進行分析,此可 使航空貨運業者間之競爭模式更加完 備。
- 5. 本研究從各航空公司間彼此競爭且互 斥之情況下進行探討,規劃出各業者最 佳之營運策略,但在目前航空貨運市場 中,公司規模較小、飛航路線較少之航 商間仍存有彼此合作之情況。因此未來 可從結盟之觀點,探討航空公司彼此合 作營運對整體航空貨運市場與網路結 構之影響。

五、參考文獻

- 1. 陳彥璋,民國 93 年 1 月,「國道客運於寡佔市場下最適票價與班距之研究」,淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所碩士論文。
- 2. 郭伊玶,民國 92 年 1 月,「航空公司合併績效 評估與決策模式之建立」,淡江大學運輸管理學 系運輸科學研究所碩士論文。
- 3. 朱瑞賢,民國90年6月,「海運承攬業與航商 議價策略之研究」,淡江大學運輸管理學系運輸 科學研究所碩士論文。
- 4. 巫永隆,民國87年6月,「航空公司在軸輻式 路網下之靜態與動態競爭賽局模式」,淡江大學 交通管理系運輸科學碩士論文。
- 5. 杜宇平,民國85年,「航具暫時短缺時多機種 飛航排程」,國立中央大學土木工程研究所碩士 論文。
- 6. 汪進財、劉得昌,民國82年,「動態班機排程

- 方法」,運輸計畫季刊,第23卷,第3期,327-348 百。
- 7. 翁綵穗,民國89年,「緩衝期飛航排程之研究」,國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
- 8. 李俊勳,民國 89 年,「航空公司貨運航線頻次 與機型規劃之研究」,國立交通大學運輸工程與 管理研碩士論文。
- 9. 葉進福,民國 87 年,「以航線組合構建飛機排程模式之研究」,國立成功大學交通管理科學系碩士論文。
- 10. 劉伊真,民國 89 年,「台灣地區航空貨運承攬 業關係價值、關係強度與客戶忠誠度模式之研 究」,國立海洋大學航運管理學系碩士論文。
- 11. 邱皓政,民國 91 年,量化研究與統計分析:SPSS 中文視窗版資料分析範例解析,五南圖書出版股份有限公司。
- 12. 姚景星,民國78年,實驗設計,華泰書局出版。
- 13. 謝登隆,民國89年,個體經濟理論與應用,智勝文化事業公司出版。
- 14. 王慶瑞,民國85年,運輸系統規劃,正揚出版社。
- 15. 洪維恩, 民國 87 年 7 月, Mathematica 3.0 版入 門指引。
- 16. 陳坤茂, 民國 87 年 7 月, 作業研究, 華泰出版 社。
- 17. McFadden, D., Train, K. and Tye, W.B., "An Application of Diagnostic Test for the Independence from Irrelevant Alternatives Property of the Multinomial Logit Model.", Transportation Research Record 637: 39-46, 1977.
- Hausman, J. and McFadden, D., "A Specification test for the Multinomial Logit Model.", Econometrica 52: 1219-1240, 1984.
- Small, K.and C. Hsiao., "Multinormial logit specification test", International Economic Review, 26, 619-627, 1985.
- 20. Ben-Akiva, M. and Lerman, S., " **Discrete Choice Analysis**." MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1985.
- 21. Curiel, I., " **Cooperative Game Theory and Applications**. ", Kluwer Academic Press, Boston, 1997.
- 22. Hansen, M., " Airline competition in a hub-dominated environment: an application of non-cooperative game theory.", Transportation Research B, Vol. 24B, No. 1, pp.27-43, 1990.
- 23. Oum, T. H. and Yu, C. Y., "Cost competitiveness of major airlines: an international comparison.", Transportation Research A, Vol. 32, No. 6, pp.407-422, 1998.
- 24. Park, J., "The effects of airline alliances on markets and economic welfare.",
 Transportation Research E 33(3), 1997.
- 25. Dennis, N, "Scheduling issues and network strategies for international airline alliances.", Air Transport Management 6, 75-85, 2000.
- 26. Nicole, A., "Competition in a deregulated air

- **transportation market.**", Operational Research 129, 337-345, 2001.
- 27. Yan, S., "A scheduling model and a solution algorithm for inter-city bus carriers.", Transportation Research Part A 36, 805-825, 2002.
- 28. David, G. and William, M., "Bundling, integration and the delivered price of air travel: are low cost carriers full service competitors?", Air Transport Management 9, 15-23, 2003.