

三、航空公司航線頻次及機型規劃模式

3.1 航空網路設計問題

本研究討論之航空網路設計問題定義為規劃航空公司航線網路、航線使用機型與班機頻次(Teodorovic et al., 1994)。假設整個航線網路中起點城市集合為 R ，迄點城市集合為 S ，而此兩集合並非互斥，即 $R \cap S \neq \emptyset$ 。設任一航線起點城市為 r ，迄點城市為 s ($r \in R, s \in S$)，則每個起迄城市對航線 $r-s$ 為由許多起迄點同為 $r-s$ 之候選航線所構成的集合，此集合定義為 P_{rs} ($r \in R, s \in S$)。令起迄點為 $r-s$ 之任一候選航線為航線 p ， $p \in P_{rs}$ ($r \in R, s \in S$)。令 i, j 為航線網路中任一機場， $i, j \in N$ ， N 為航線網路中所有機場集合， $i-j$ 為航線網路中任一航段， $i-j \in A$ ， A 為所有航段集合。本研究航空網路規劃模式主要決策變數為 f_{rsp}^k ，表示使用 k 機型航機飛行 P_{rs} 航線的每週班機頻次， $k \in K$ ， K 為所有機型的集合。令 f_{ij} 表航段 $i-j$ 之每週頻次，航段 $i-j$ 班機頻次為航線 P_{rs} 班機頻次總和，即 $f_{ij} = \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k d_{ij}^{rsp} f_{rsp}^k$ 。令 $d_{ij}^{rsp} = 1$ ，表航線 P_{rs} 經過航段 $i-j$ ，否則為 0。 Q_{ij} 表 $i-j$ 航段之每週旅客量， Q_{rsp}^k 表使用 k 機型航機飛行航線 P_{rs} 所載運的每週旅客量，航段 $i-j$ 的流量為經過此航段的所有航線流量的加總，以 $Q_{ij} = \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k d_{ij}^{rsp} Q_{rsp}^k$ 表示。

3.2 航空公司營運成本

一般對飛航網路的設計多以最大利潤或最小成本為目標，在票價給定，營收不變之下，追求成本最低亦可達到利潤最大的目標。本模式中價格為外生變數，構建航線頻次與機型規劃模式之目標為追求航空公司營運成本最小，首先對成本面進行分析。航空公司營運成本可區分為直接營運成本(Direct Operating Cost, DOC)與間接營運成本 (Indirect Operating Cost, IOC)兩部份。

直接營運成本為飛行所引起的營運成本，一般而言，與航機機型及航程有關，主要包括燃油成本、機場使用費、機組人員費用、航機維修成本及折舊成本等。機場使用費用主要包含降落費與噪音收費兩部分，各機場對機場降落費的收費標準不一，一般依據各機場的財務收入和航機最大起飛重量來決定，越重的機型對機場損害越大，起降費用越高，以 LD_j^k 表示 k 機型航機每架次飛抵 j 機場的降落費用，以 NU_j^k 代表 k 機型航機每架次飛抵 j 機場的噪音收費， f_{ij}^k 為 k 機型飛行航段 $i-j$ 之每週頻次， $f_{ij}^k = \sum_r \sum_s \sum_p d_{ij}^{rsp} f_{rsp}^k$ ，所以使用機型 k 降落機場 j 之機場使用費為降落成本與噪音成本之加總， $\sum_i f_{ij}^k (LD_j^k + NU_j^k)$ ， $i \neq j$ 。航空公司整體網路的機場使用成本則為 $\sum_k \sum_j \sum_i f_{ij}^k (LD_j^k + NU_j^k)$ 。令 P_r 為每加侖國際油價，以每英里飛行所需耗費油料 f_k 加侖的機型 k 飛行 $i-j$ 航段，其距離為 d_{ij} ，則飛行一趟所需耗費的燃油成本為 $P_r d_{ij} f_k$ 。而機型 k 航機飛行單位距離所需花費的維修成本、折舊成本、租借成本與支付的機組人員費用以 b^k 表示。因此航空公司所需承擔的總航線直接營運成本為：

$$DOC = \sum_k \sum_j \sum_i f_{ij}^k (LD_j^k + NU_j^k) + \sum_i \sum_j \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k f_{rsp}^k d_{ij}^{rsp} [d_{ij} (P_r f_k + b^k)] \quad (3.1)$$

間接營運成本則為航空公司除了飛行所引起的成本，包括行銷、旅客服務費用、管理費用等成本，一般與航空公司載運的旅客量有關，根據 Kanafani and Ghobrial (1982) 航空公司在節線之總間接營運成本為載運一位旅客所產生的平均間接營運成本 w_{ij} 乘上節線總旅客運量，故總間接營運成本為：

$$IOC = \sum_i \sum_j w_{ij} Q_{ij} \quad (3.2)$$

3.3 航空網路航線班機頻次規劃模式

航空公司在規劃網路所有航線頻次同時指派機型時，假設航空公司提供之航線供給量必須滿足航線旅客需求量。根據 Teodorovic(1983)之研究，定義 a_{ij} 為航段 $i-j$ 之乘載率， n^k 為 k 機型飛機之座位數，故航段 $i-j$ 承載率

$a_{ij} = \frac{Q_{ij}}{\sum_k n^k f_{ij}^k}$ 。另外必須考慮各機型航機數目限制，假設 u^k 為機型 k 每週

最大可能利用率， A^k 為航空公司機隊中機型 k 之總架數，對所有機型必須滿足 $\sum_r \sum_s \sum_p t_{rsp}^k f_{rsp}^k \leq u^k A^k$ ，其中 t_{rsp}^k 為機型 k 在航線 p_{rs} 上飛行的時間，包括了

滑行或延誤時間、飛行時間、起降時間、爬升或接近時間。

綜上所述，航空公司之航線頻次與機型規劃問題可表示為：

min

TC=

$$\sum_i \sum_j w_{ij} Q_{ij} + \sum_k \sum_j \sum_i f_{ij}^k (LD_j^k + NU_j^k) + \sum_i \sum_j \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k f_{rsp}^k d_{ij}^{rsp} [b_{ij} d_{ij} (P_r f_k + b^k)] \quad (3.3)$$

$$\text{st} \quad a_{ij} \sum_k n^k f_{ij}^k \geq \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k d_{ij}^{rsp} Q_{rsp}^k, \quad \forall i, j \quad (3.4)$$

$$Q_{rs} = \sum_p \sum_k Q_{rsp}^k, \quad \forall (r, s), \quad p \in P_{rs} \quad (3.5)$$

$$\sum_p \sum_k f_{rsp}^k = \sum_p \sum_k f_{srp}^k, \quad p \in P_{rs}, \quad \forall r \quad (3.6)$$

$$\sum_r \sum_s \sum_p t_{rsp}^k f_{rsp}^k \leq u^k A^k, \quad \forall k \quad (3.7)$$

$$f_{ij} = \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k d_{ij}^{rsp} f_{rsp}^k, \quad \forall i, j \quad (3.8)$$

$$\text{all } f_{ij}, f_{rsp}^k, Q_{rsp}^k \geq 0 \quad (3.9)$$

目標式為航空公司追求營運成本相加總最小，其中引入一軸心機場間飛行成本折減因子 b_{ij} 。 b_{ij} 介於 0 到 1 之間，當 b_{ij} 越小折減率越大表示營運軸心機場間航段越具規模經濟，藉由軸心機場間航段營運成本乘上折減因子使得營運成本減少反應軸心機場間飛行成本之經濟規模(O' Kelly and Bryan, 1998)。限制式中，式(3.4)表示航空公司在任一航段上每週實際提供總班機座位數必須滿足每週旅客量。式(3.5)表示起迄城市對所有航線每週旅客運量總和等於起迄城市對每週運量。式(3.6)表示任一起迄機場來回航機頻次相等。

航空公司在規劃航線與機型頻次時，必須同時考慮到實際上營運的限制條件，尤其是航空公司規劃的航線頻次與使用的機型是否能夠提供足夠的運輸容量以滿足起迄對上旅客對該航空公司的需求；而航空公司擁有的機隊規模亦會影響到航空公司為了提供足夠的航線頻次數所需要的飛機數量。本研究透過航空公司航線頻次與機型規劃問題目標中之噪音成本參數，反應航空公司降落噪音收費機場之噪音成本，透過本模式的求解，可提供航空公司因應機場噪音收費調整航線頻次與機型之參考。

3.4 航空公司營運成本分析

機場調高噪音收費，航空公司可透過航線及班機頻次的改變，調整噪音成本增加的幅度，茲透過航空公司航線頻次及機型規劃模式中構建之航空公司營運成本函數，式(3.3)，進一步分析噪音收費改變前後之營運成本變動值：

$$\begin{aligned}
\Delta TC = & \sum_k \sum_j \sum_i (f_{ij}^{k'} \times NU_j^{k'} - f_{ij}^k \times NU_j^k) + \sum_k \sum_j \sum_i (f_{ij}^{k'} - f_{ij}^k) \times LD_j^k \\
& + \{ \sum_i \sum_j \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k f_{rsp}^{k'} \mathbf{d}_{ij}^{rsp'} [\mathbf{b}_{ij} d_{ij} (P_r f_k + b^k)] - f_{rsp}^k \mathbf{d}_{ij}^{rsp} [\mathbf{b}_{ij} d_{ij} (P_r f_k + b^k)] \} \\
& + \sum_i \sum_j w_{ij} (Q_{ij}' - Q_{ij})
\end{aligned} \tag{3.10}$$

其中， ΔTC 為航空公司因應機場調整噪音收費總營運成本的變動量， $NU_j^{k'}$ 代表機場改變噪音收費管制後 k 機型航機每架次飛抵 j 機場的噪音收費， $f_{ij}^{k'}$ 為航空公司因應機場噪音收費管制後使用 k 機型飛行航段 $i-j$ 之每週頻次， $f_{rsp}^{k'}$ 為航空公司因應機場噪音收費管制後使用 k 機型航機飛行 P_{rs} 航線的每週班機頻次， $\mathbf{d}_{ij}^{rsp'}$ 表航空公司因應機場噪音收費管制後是否使用航線 P_{rs} 經過航段 $i-j$ ，將 3.2 節中提到之 $f_{ij} = \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k \mathbf{d}_{ij}^{rsp} f_{rsp}^k$ 與 3.3 節中提

到之 $\mathbf{a}_{ij} = \frac{Q_{ij}}{\sum_k n^k f_{ij}^k}$ 帶入式(3.10)，化簡得式(3.11)。

$$\begin{aligned}
\Delta TC = & \sum_i \sum_j \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k (f_{rsp}^{k'} \mathbf{d}_{ij}^{rsp'} \times NU_j^{k'} - f_{rsp}^k \mathbf{d}_{ij}^{rsp} \times NU_j^k) \\
& + \sum_i \sum_j \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k (f_{rsp}^{k'} \mathbf{d}_{ij}^{rsp'} - f_{rsp}^k \mathbf{d}_{ij}^{rsp}) \times LD_j^k \\
& + \{ \sum_i \sum_j \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k (f_{rsp}^{k'} \mathbf{d}_{ij}^{rsp'} - f_{rsp}^k \mathbf{d}_{ij}^{rsp}) \times [\mathbf{b}_{ij} d_{ij} (P_r f_k + b^k)] \} \\
& + \sum_i \sum_j \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k w_{ij} \mathbf{a}_{ij} n^k \times (\mathbf{d}_{ij}^{rsp'} f_{rsp}^{k'} - \mathbf{d}_{ij}^{rsp} f_{rsp}^k)
\end{aligned} \tag{3.11}$$

(3.11)式中第一項為航空公司因應噪音收費所引起之噪音成本增加量，第二項為航空公司因應噪音收費改變航線機型頻次造成降落費用的變動，第三項為因應噪音收費改變航線機型頻次造成飛航營運成本的變動，末項則為航空公司因應機場噪音收費，改變飛行航線以滿足起迄點需求量

所引起間接營運成本的變動量。

航空公司因應機場噪音收費，可能採取之航線機型頻次組合共有三種，1)不採取任何因應措施，即不改變航線的選擇 $\mathbf{d}_{ij}^{rsp} = \mathbf{d}_{ij}^{rsp'}$ ，亦不調整機型與頻次 $f_{rsp}^{k'} = f_{rsp}^k$ ，因此由方程式(3.11)可知航空公司一週必須支付 $\sum_i \sum_j \sum_r \sum_s \sum_p \sum_k (NU_j^{k'} - NU_j^k) \times f_{rsp}^k \mathbf{d}_{ij}^{rsp}$ 噪音成本；2)航空公司可藉由調整機型與頻次 $f_{rsp}^{k'} \neq f_{rsp}^k$ ，但不改變航線的選擇 $\mathbf{d}_{ij}^{rsp} = \mathbf{d}_{ij}^{rsp'}$ ；或3)在飛航起迄對無法改變下，航空公司為了滿足起迄對上固定的旅客需求，可能改以另一飛行航線經營相同起迄航點 $\mathbf{d}_{ij}^{rsp} \neq \mathbf{d}_{ij}^{rsp'}$ ，在此情況下 f_{rsp}^k 亦跟著變動 $f_{rsp}^{k'} \neq f_{rsp}^k$ 。因此若航空公司採取2)或3)之因應措施，將使得(3.11)式中第一、二、三、四項成本發生變動。故航空公司在面臨機場噪音收費，將綜合所有可能採取之航線機型頻次組合，於其中選擇營運成本最小之航線機型頻次組合，而航空公司因為噪音收費致使營運成本增加的幅度需視噪音費用、降落費用的變動與飛航營運成本的變動以及間接營運成本的變動有所調整。

3.5 實證範例分析與敏感度分析

3.5.1 範例說明

為了解模式的操作情形，本研究以一範例說明管制單位對噪音敏感機場徵收噪音費對航空公司航線頻次與機型選擇之影響。在本範例中，為了讓讀者更清楚了解航空公司改變航線頻次與機型選擇對機場噪音污染控制效果之影響，因此在此實證範例中將先顯示機場噪音污染函數計算之結

果，但關於機場噪音污染函數之構建，於第四章機場噪音收費管制方案評估模式中有更詳盡之描述與探討。

在本例中，選擇分析之網路為以台北為起迄之國籍航空公司 A 之客運市場，包括了台北-東京、台北-曼谷、台北-安格拉治-紐約、台北-洛杉磯、台北-舊金山、台北-曼谷-法蘭克福、台北-曼谷-阿姆斯特丹、台北-夏威夷與台北-雪梨共 10 條航線，其中於台北-夏威夷起迄航線，航空公司 A 可選擇以台北-東京-夏威夷轉運航線或台北-夏威夷直運航線飛行。假設航空公司 A 可使用的航機類型有 4 種，包括：B-747-400、B-747-200、A300-600R 與 MD-11。各航線需求量與預設乘載率如表 3.1 所示。航空網路系統中各航段的距離如表 3.2 所示。另外模式中的參數，則參考相關資料經由合理的假設列於表 3.3。考慮各航線哩程距離配合各機型最大航程，各航線的候選機型列於表 3.4。並根據國際燃油價格假設每加侖燃油為 1.1087 美元，各種機型在台北、東京、曼谷、紐約、洛杉磯、舊金山、安格拉治、法蘭克福、夏威夷、阿姆斯特丹及雪梨機場使用費經過實際資料的收集如表 3.5 所示。而各種機型在台北、東京、法蘭克福、阿姆斯特丹及雪梨機場噪音費經由 2.1 節所述之各機場噪音收費公式計算所得，如表 3.6 所示。

在範例分析當中，本研究以航空公司面臨各機場目前噪音收費所規劃之航線機型頻次為比較對象，探討特定機場未來調高或增設噪音收費，航空公司如何因應飛抵特定機場成本改變，重新規劃最適的航線機型與頻次，並依 3.3 節之模式，假設航空公司在追求成本最小水準下同時滿足航段上流量及起迄城市對運量的限制。

表 3.1 各航段流量(人次)與預設乘載率(%)

航段	航線需求 量	預設乘載 率
台北-舊金山	2056	0.74
台北-洛杉磯	4224	0.76
台北-安格拉治-紐約	1489	0.75
台北-雪梨	644	0.81
台北-曼谷	1410	0.76
台北-曼谷-阿姆斯特丹	1191	0.5
台北-曼谷-法蘭克福	712	0.5
台北-東京	4006	0.76
台北-東京-夏威夷	1404	0.76
台北-夏威夷		0.71

表 3.2 各航段的距離(mile)

航段	距離
台北--舊金山	6450
台北--洛杉磯	6774
台北--安格拉治	3369
安格拉治--紐約	4669
台北--雪梨	4515
台北--曼谷	1555
曼谷--阿姆斯特丹	5703
曼谷--法蘭克福	5575
台北--東京	1330
東京-夏威夷	3831
台北-夏威夷	5053

表 3.3 各參數輸入值

機型 k	機型名稱	U^k	A^k (架)
1	B-747-400	0.6	17
2	B-747-200	0.6	9
3	A300-600R	0.6	4
4	MD-11	0.6	4

表 3.4 各航線候選機型

航 線 別	候選的機型代號
台北--舊金山	B-747-400
台北--洛杉磯	B-747-400
台北--安格拉治--紐約	B-747-400
台北--雪梨	B-747-400 B-747-200 A300-600R MD-11
台北--曼谷	B-747-400 B-747-200 A300-600R MD-11
台北--曼谷--阿姆斯特丹	B-747-400 B-747-200
台北--曼谷--法蘭克福	B-747-400 B-747-200
台北--東京	B-747-400 B-747-200 A300-600R MD-11
台北--東京-夏威夷	B-747-400 B-747-200 MD-11
台北-夏威夷	B-747-400 B-747-200 MD-11

表 3.5 各機場之降落費(美元)

	安 格 拉 治	曼谷	法蘭 克福	洛杉 磯	舊金 山	阿姆 司特 丹	夏威 夷	紐約	台北	東京	雪梨
B-747-400	776	1,080	1,331	1,482	1,611	1,530	2,347	2,555	2,975	6,267	2,347
B-747-200	699	967	1,218	1,335	1,451	1,375	2,112	2,300	2,678	5,642	2,212
A300-600R	335	435	685	639	695	646	1,011	1,101	1,282	2,552	1,011
MD-11	557	760	1,011	1,063	1,156	1,091	1,683	1,833	2,134	4,496	1,683

資料來源：IATA Airport & En route Aviation Charges Manual，本研究整理

表 3.6 各機型噪音收費(美元)

	台北	雪梨	阿姆斯特丹 機場	荷蘭政府	阿姆斯特丹 (total)	法蘭克 福	東京
B-747-400	282	493	0	351	351	0	583
B-747-200	264	588	206	427	633	687	644
A300-600R	146	327	0	262	262	0	398
MD-11	213	382	-55	312	257	0	552

資料來源：IATA Airport & En route Aviation Charges Manual，本研究整理

3.5.2 結果之討論與敏感度分析

假設此範例網路中台北、東京、雪梨及曼谷均為軸心機場，故台北-東京、台北-雪梨及台北-曼谷航段須乘上軸心機場間航段成本折減因子，假設此折減因子為 0.6，將上述的範例應用本研究的模式進行求解。假設航空公司 A 所有飛抵之機場均未徵收噪音費下，航空公司規劃之航線機型頻次結果如表 3.7 所示，再依表 3.6 各機場目前噪音收費求解航空公司面臨機場噪音收費之最佳航線機型與頻次，結果仍如表 3.7 所示，顯示東京、雪梨、阿姆斯特丹及法蘭克福機場目前徵收之噪音費大小並未對範例航空公司機型選擇造成影響。因此東京、雪梨、阿姆斯特丹及法蘭克福機場每週持續噪音量並未因為徵收噪音費而減少，如表 3.8 所示。

曼谷機場目前並未徵收噪音費，航空公司以 MD11 每週 6.1 班經營台北-曼谷航線，假設曼谷機場當局擬增設機場噪音費，進一步針對曼谷機場噪音收費管制政策之制訂對航空公司航線頻次及機型選擇進行敏感度分析。若曼谷機場制訂的噪音收費，使得 MD11 與 A300-600R 兩機型噪音收費組合落於圖 3.1 黑色區域內，則代表航空公司以 MD11 營運較以 A300-600R 營運成本較低，即航空公司在最小成本下將選擇以 MD11 飛行台北-曼谷航線以因應機場增設之噪音收費，此類收費方式如法蘭克福機場、阿姆斯特丹機場、台北中正機場、荷蘭政府或雪梨機場現行之收費，均落於圖 3.1 兩機型選擇臨界線之下方。反之，假設曼谷機場採用噪音收費方式組合落於圖 3.1 白色區域內，例如東京機場現行收費方式，則航空公司以 A300-600R 飛行此航線之營運成本將較 MD11 低，因此航空公司在最小成本下將改以 A300-600R 每週 7 班經營台北-曼谷航線，如表 3.9 所示，因此若曼谷機場採取兩機型噪音收費管制措施組合落於圖 3.1 白色區域內，將同時改變航空公司使用之機型與頻次，亦將影響機場噪音水準大小，因此曼谷機場由於採用此項收費方式將使得航空公司 A 調整航線機型與頻次而使每週持續噪音量減少了 0.2dBA。

表 3.7 航空網路航線班機頻次規劃模式結果

航 線 別	機場徵收噪音費前後	
	飛機機型	頻次/週/單程
台北-舊金山	B-747-400	7
台北-洛杉磯	B-747-400	14
台北-安格拉治-紐約	B-747-400	5
台北-雪梨	MD11	2.62
台北-曼谷	MD11	6.10
台北-曼谷-阿姆斯特丹	B-747-400	6
台北-曼谷-法蘭克福	B-747-400	3.59
台北-東京	A300-600R	19.89
台北-東京-夏威夷	MD11	6.08
台北-夏威夷		0

表 3.8 噪音費徵收前後機場噪音量

	每週持續噪音量(dBA)
東京機場	98.16
阿姆斯特丹機場	99.93
雪梨機場	94.49
法蘭克福機場	97.70

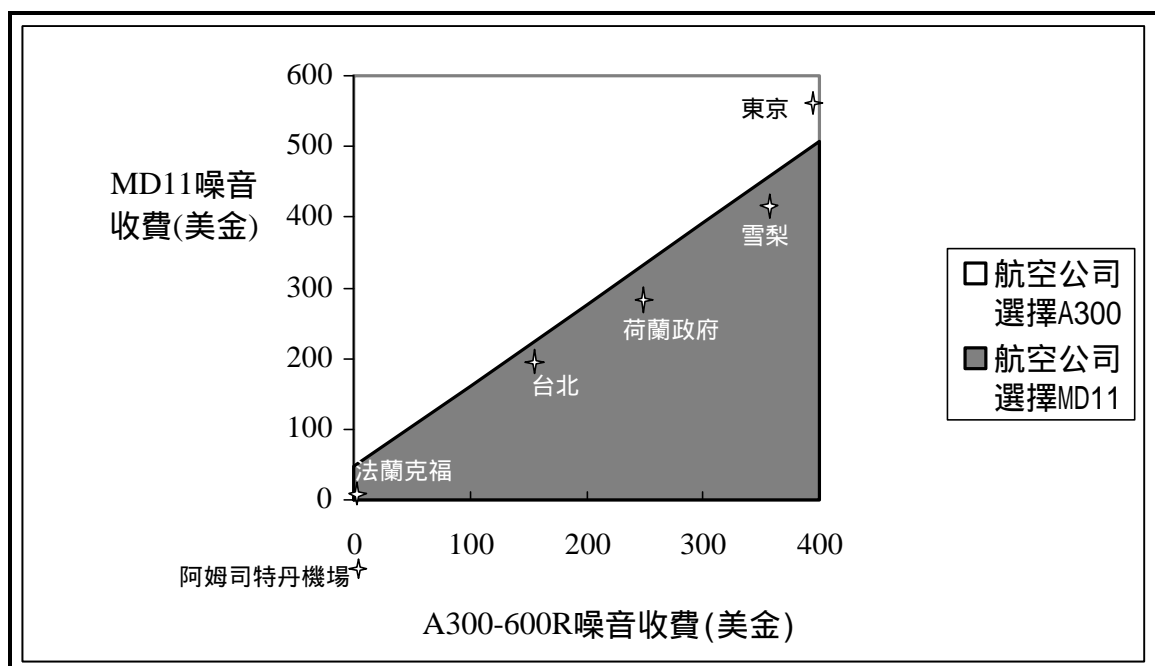


圖 3.1 航空公司面臨曼谷機場不同機型噪音收費

於台北-曼谷航線之機型決策

表 3.9 航空公司因應曼谷機場噪音收費於台北-曼谷航線班機頻次
規劃結果

	曼谷機場 徵收噪音費前		曼谷機場依法蘭克福 機場、阿姆斯特丹機 場、台北、荷蘭政府或 雪梨機場噪音收費		曼谷機場依東京機 場噪音收費	
航 線 別	飛機機型	頻次/週 /單程	飛機機型	頻次 / 週 / 單程	飛機機型	頻次 / 週 /單程
台北-曼谷	MD11	6.10	MD11	6.10	A300-600R	7

然而曼谷機場噪音收費方式對航空公司 A 之台北-曼谷-法蘭克福及台北-曼谷-阿姆斯特丹兩航線之機型頻次選擇影響並不明顯。以台北-曼谷-法蘭克福為例，如圖 3.2 所示，當曼谷機場徵收 B-747-200 噪音收費等於 300 美金時，B-747-400 噪音收費必須大於 20,538 美金，航空公司才會放棄目前使用之 B-747-400 機型改以 B-747-200 飛行，因此 A 航空公司於台北-曼谷-法蘭克福航線以 B-747-400 營運遠較 B-747-200 具成本優勢，故曼谷機場制訂之噪音收費組合於合理範圍內將不影響航空公司 A 台北-曼谷-法蘭克福及台北-曼谷-阿姆斯特丹兩航線之機型頻次選擇，如表 3.10 所示。

雪梨機場噪音收費公式 = $k \times 2^{(M-265)/15}$ ， $k=170$ 澳幣為雪梨機場每單位噪音價值， M =以最大起飛重量為基準之三量測點(包括起飛、降落與橫向量測點三點)量測的噪音水準加總，若雪梨機場當局因應未來年噪音減少計畫之增加，調漲財政因子 k 以籌措噪音經費，則在目前財政因子等於 170 澳幣時，航空公司 A 使用 A300-600R 營運成本大於使用 MD11 機型營運成本，故航空公司目前為使用 MD11 飛行台北-雪梨航線。但隨著財政因子的逐年增加，航空公司使用 A300-600R 與 MD11 飛行台北-雪梨航線之營運成本差(A300-600R 成本 - MD11 成本)亦逐年增加，即若雪梨機場逐年調漲財政因子，航空公司以 A300-600R 營運之成本將永遠大於 MD11，如圖 3.3 所示，故雪梨機場當局未來調漲財政因子將不致使航空公司改變目前所使用的 MD11 機型，如表 3.11 所示。

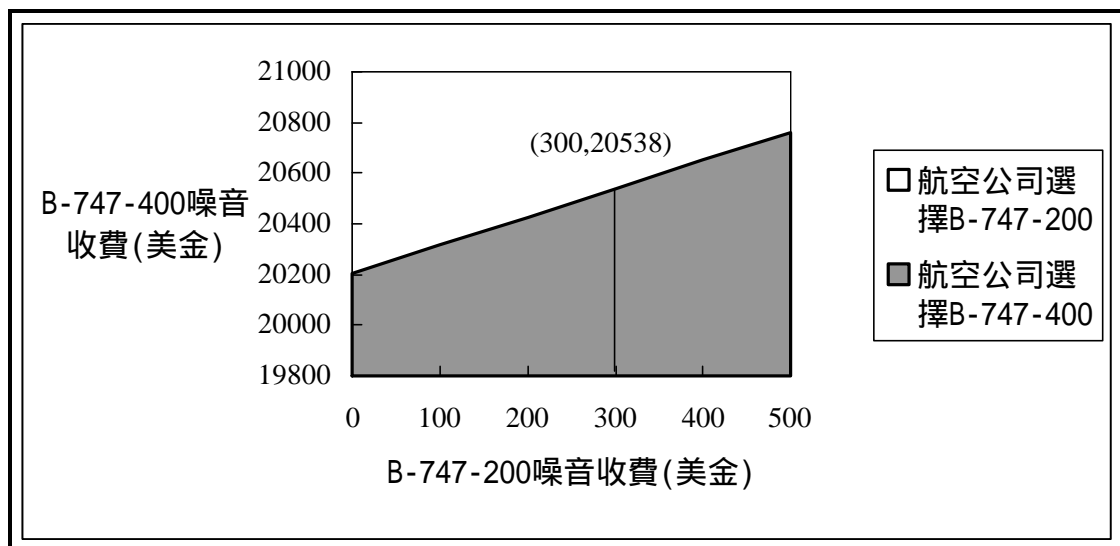


圖 3.2 航空公司面臨曼谷機場不同機型噪音收費
於台北-曼谷-法蘭克福航線之機型決策

表 3.10 航空公司因應曼谷機場噪音收費於台北-曼谷-法蘭克福與台北-曼谷-阿姆斯特丹航線航線班機頻次規劃結果

	曼谷機場 徵收噪音費前		曼谷機場依法蘭克福 機場、阿姆斯特丹機 場、台北、荷蘭政府或 雪梨機場噪音收費		曼谷機場依東京機 場噪音收費	
台北-曼谷- 法蘭克福	B-747-400	3.59	B-747-400	3.59	B-747-400	3.59
台北-曼谷- 阿姆斯特丹	B-747-400	6	B-747-400	6	B-747-400	6

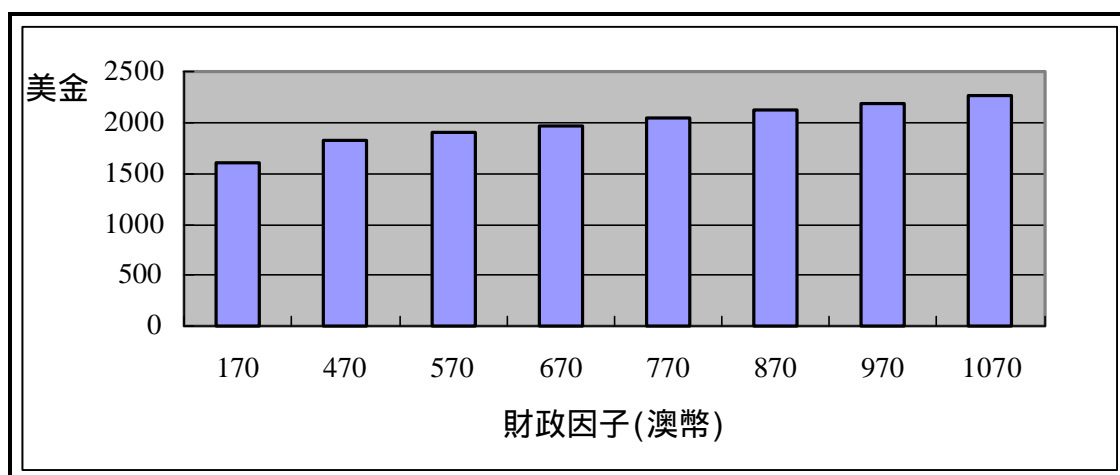


圖 3.3 雪梨機場調漲財政因子，航空公司使用 A300-600R 與 MD11 營運之成本差(A300-600R - MD11)

表 3.11 航空公司因應雪梨機場改變財政因子之航線班機頻次規劃結果

	雪梨機場 依目前噪音收費		雪梨機場 調漲財政因子	
航線別	飛機機型	頻次/週 /單程	飛機機型	頻次/週 /單程
台北-雪梨	MD11	2.62	MD11	2.62

進一步，針對台北-雪梨軸心機場間成本折減因子 b_{ij} 值之設定進行敏感度分析，台北-雪梨航線之成本折減因子目前為 0.6，然而當 b_{ij} 小於 0.27 時航空公司以 MD11 營運之成本將高於 A300-600R，如圖 3.4 所示，航空公司將放棄原先使用之 MD11 機型改以 A300-600R 每週 3 班飛行此航段，見表 3.12，雪梨機場每週持續噪音量將可因為航空公司 A 之調整每週持續噪音量減少 0.54dBA。 b_{ij} 越小與距離相關之營運成本佔總營運成本之比重將減小，反之機場制訂之噪音收費政策將影響航空公司航線頻次機型規劃的結果，同時亦影響機場噪音量的大小，故軸心機場間成本折減因子 b_{ij} 值之大小會影響航空公司因應噪音收費之航線頻次與機型選擇。

另以目前噪音收費方式，台北-夏威夷起迄點兩條航線間，航空公司以轉運航線經營較具有經濟規模，因此航空公司選擇以 MD-11 每週 6.08 班飛行台北-東京-夏威夷轉運航線以滿足台北至夏威夷起迄需求量 1,404 人次。若未來年東京機場調漲噪音收費公式中之財政因子，增加為目前的 1.38 倍，航空公司由於降落東京機場成本增加，在台北、夏威夷起迄航線間航空公司將放棄台北-東京-夏威夷轉運航線，改以台北-夏威夷直飛方式以 MD11 機型 6.5 班營運，如表 3.13 所示，並重新分配流量以滿足起迄點上的需求。而台北-東京直飛航線隨著東京噪音費的增加使得成本較小之 A300-600R 機型在 MD11 相較之下更具成本優勢，因此增加噪音費並不改變航空公司選擇 A300-600R 機型飛行台北-東京直飛航線，如表 3.14 所示。總體而言，東京機場由於調漲未來年噪音財政因子至 4,708 日圓，使得機場就航空公司 A 之調整每週持續噪音量減少了 0.26dBA，航空公司透過機型與頻次改變及航線轉移分別減少營運成本增加之幅度 9,355 美元，而機場單位亦可透過噪音費之收入 51,847 美元做為籌措防治噪音經費以補助附近受傷害居民，如表 3.15 所示。然而東京機場噪音費調高卻造成環境外部性的轉移，航空公司因應東京機場降落費調高改以直飛夏威夷機場營運

滿足台北至夏威夷起迄需求量，使得至夏威夷 MD11 機型每週班次增加了 0.42 班，因而造成夏威夷每週噪音量增加。故於轉運的航空網路型式中，軸心機場的噪音收費將會使得軸心機場及鄰近機場航空噪音外部性重新分佈。

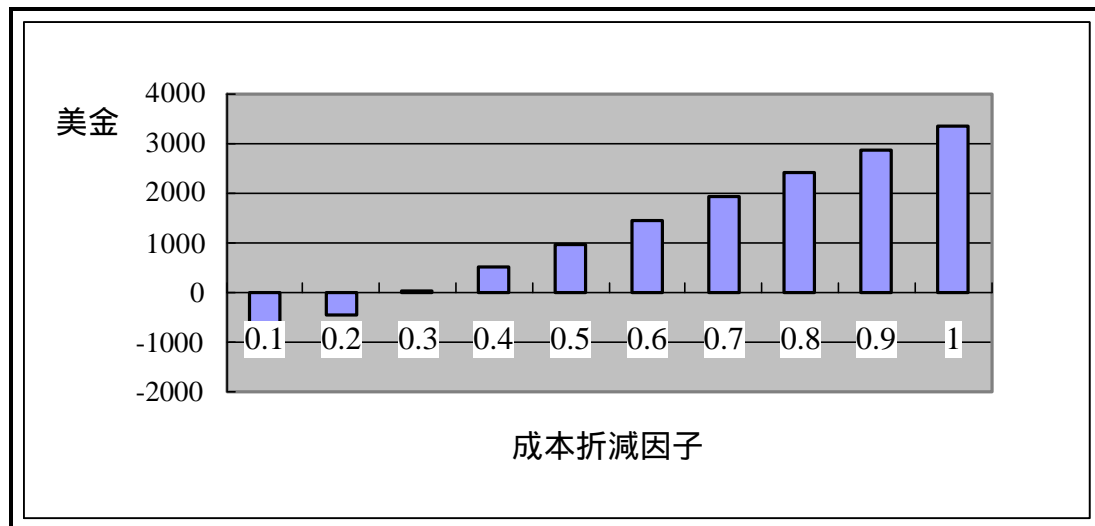


圖 3.4 航空公司於不同成本折減因子下，使用 A300-600R 與 MD11 營運之成本差(A300-600R - MD11)

表 3.12 航空公司於台北-雪梨航段改變成本折減因子之航線班機頻次

規劃結果

航線別	雪梨機場 依目前噪音收費		台北-雪梨航線 成本折減因子 ≤ 0.27	
	飛機機型	頻次/週/單程	飛機機型	頻次/週/單程
台北-雪梨	MD11	2.62	A300-600R	3

表 3.13 航空公司因應東京機場調漲財政因子於台北-夏威夷相同起迄航線之航線班機頻次規劃結果

航 線 別	東京機場 依目前噪音收費		東京機場 調漲財政因子 $\geq 4,708$ 日幣	
	飛機機型	頻次/週/單程	飛機機型	頻次/週/單程
台北-東京-夏威夷	MD11	6.08		0
台北-夏威夷		0	MD11	6.5

表 3.14 航空公司因應東京機場調漲財政因子於台北-東京航線班機頻次規劃結果

航 線 別	東京機場 依目前噪音收費		東京機場 調漲財政因子 $\geq 4,708$ 日幣	
	飛機機型	頻次/週/單程	飛機機型	頻次/週/單程
台北-東京	A300-600R	19.89	A300-600R	19.89

表 3.15 東京機場徵收噪音費航空公司成本與機場收入分析

機場調高噪音費	航空公司支付之成本(美金)	機場收入(美金)
航空公司不採取機型與頻次改變及航線轉移因應措施	551,713	
航空公司採取機型與頻次改變及航線轉移因應措施	542,358	51,847
航空公司減少營運成本增加之幅度	-9,355	