

民用航空運量變化對機場經濟效益與環境成本之影響 — 以臺北國際航空站為例

The Impact of Changes in Civil Aviation Traffic on An Airport's Economic Benefits and Environmental Costs – A Case Study of Taipei Songshan Airport

盧曉櫻 (Cherie Lu)^{①*}、劉奎剛 (Chih-Gang Liu)^②

摘要

隨著經濟發展，任何產業有可能帶來的環境影響逐漸受到重視，航空產業作為一個高耗能的運輸方式，時常被討論如何去追求永續發展。本研究評估 2006 至 2011 年臺北松山機場所帶來之經濟效益與環境成本。經濟效益首先應用格林勞力模式進行就業乘數的評估，再由此推估機場直接就業和間接就業所帶來之薪資所得即為經濟效益。然而，航空器噪音的滋擾和引擎所排放的廢氣是對環境的主要衝擊，本研究利用特徵價格法與劑量反應分析法，評估航空器噪音和引擎廢氣排放所帶來的社會成本。實例驗證結果顯示，松山機場營運對臺北市帶來的經濟效益遠大於社會成本，其中又以 2006 年落差最大。而在噪音與廢氣成本相關參數敏感度分析方面，除了 2008 年外，其餘年份其最高環境成本乃低於經濟效益。

關鍵字：經濟效益、環境成本、格林勞力模式、特徵價格法

Abstract

With the growth of economic development, the environmental impacts an

①* 通訊作者，長榮大學航運管理學系副教授；聯絡地址：711 臺南市歸仁區長大路 1 號，長榮大學航運管理學系；E-mail: cherie@mail.cjcu.edu.tw。

② 長榮大學航運管理學系碩士班研究生；E-mail: whyynn@hotmail.com。

industry might bring about obtains increasing attention. Air transport, as a highly energy-consuming transport mode, is often discussed in the context of sustainable development. This study measures the economic benefits and environmental costs of Taipei Songshan Airport for the time period of 2006-2011. The economic benefits include the income generation from both direct and indirect employment, and the employment multiplier is estimated by the Garin-Lowry model. The sources of environmental impacts mainly include aircraft noise nuisance and engine emissions which are measured by the hedonic price technique and the dose-response method, respectively. The results show that the economic benefits of airport operation were much higher than the environmental costs, with the highest difference in 2006. Indeed, the sensitivity analysis of noise and emissions social cost parameters also shows that the highest possible environmental costs were lower than economic benefits in all study years, except for 2008.

Keywords: Economic benefit, Environmental cost, Garin-Lowry model, Hedonic-price method

壹、緒論

隨著航空產業不斷發展，其對環境之影響也逐漸受到世人之重視。一般而言，航空產業是以機場為核心向外擴散，一個機場的設立除了可以節省旅行時間及成本、方便運輸、活絡航空相關產業、促進當地繁榮，進而增加就業機會和政府稅收，對國家整體發展有相當助益。但是，設立的同時也帶來負面之影響，如：機場周遭喪失了地上發展的空間、機場周圍交通壅塞、附近居民長期在航空器所帶來的噪音污染以及廢氣的排放下所付出的社會成本。由於噪音與廢氣乃屬於經濟活動之外部性 (externalities) 不具市場價格的財

貨，但製造者卻不須負擔任何代價；此種外部成本，必須利用非市場財貨價值衡量。游明敏 (2005) 指出如果外部性成本沒有內部化，即表示污染物可自由處置。

臺北國際航空站 (以下簡稱松山機場) 位於臺北市內，密集的人口使之有良好的發展潛力。而我國開放兩岸直航後，松山機場受惠於直航所帶來之更多經濟效益，但對附近居民而言，卻得負擔更多的社會成本。尤其松山機場屬於都市機場，航空器帶來的噪音和廢氣影響遠大於其他機場，在運量不斷增加的情況下，對居民所帶來的影響勢必越來越明顯。

Upham et al. (2003) 認為在航空產業不斷發展的情況下，機場將會在 10 到 20 年

間達到各機場環境容量之上限。但如果機場管理單位，能藉由長期且有效的環境管理措施，那便能在機場一般日常營運和環境保護中取得最佳之平衡點。因此，機場如何在追求運量成長與經濟效益增加的同時，能控制環境影響在一定的容許範圍之內，為一值得研究之重要課題。

本研究首先進行機場經濟效益、航空器之噪音、廢氣社會成本量化，接著以格林勞力模式、特徵價格法、劑量反應分析法為基礎，進行模式構建；再來蒐集松山機場 2006 年至 2011 年之各項數據進行實例驗證與敏感度分析，最後則依據實例驗證之結果提出結論與建議。

貳、文獻回顧

2.1 機場經濟效益

一般而言，機場的設立可以為所處地區帶來許多正面效益，例如節省旅行時間、方便運輸、帶來就業機會和促進該地區之經濟活動。而機場設立所帶來的就業機會，更是衡量機場經濟效益的一個重要指標，Graham (2003) 指出，機場為了服務人、機的基本需求所產生的就業為直接效果，此外尚有依賴機場所產生的就業數，如餐廳、旅館、貿易公司等為間接效果。除了上述兩種效果之外還有衍生效果（或稱乘數效果），是指因原始的僱用員工或

投入所產生的乘數效果。國際上也有學者利用相關的概念去進行機場經濟效益的評估。Özcan (2013) 蒐集土耳其境內 31 個省份共 54 座機場資料，以機場旅客數變化分析對機場員工數的影響。研究中將因機場設立而受到影響的職業分為兩大類，一類為工業及建築業，另一類則為電力業、油水業、旅館與餐飲業、運輸通運及倉儲業、金融業、保險業、房仲業、商業服務之總和。研究結果顯示當土耳其全國之旅客數增加 10% 時，可以增加 15,013 個就業機會。而國內也有學者，謝惠棣 (2004) 將松山機場對於地區所帶來的正面經濟效益，如就業、節省旅行時間等與負面效益做比較，發現松山機場能為整個大臺北地區帶來 22 億至 69 億元的經濟效益，對臺北地區之經濟效益助益極大。此外，劉思吟 (2008) 探討桃園機場對大園鄉的經濟發展與社會成本之關係，發現儘管桃園機場起降之機型噪音較大，但因大園鄉人口密度較低所以其社會成本也較低，而該機場在大園鄉營運所帶來的經濟效益也大於噪音與廢氣排放之社會成本。

2.2 航空器噪音社會成本量化

社會成本（或稱外部性成本）為生產過程產生之外部性無法藉由邊際成本反應，可能造成生產過剩以及生產無效率的狀況。換句話說，如果生產過程中出現了外部成本，此外部成本不需由生產者負

擔，而是由社會負擔。而將此外部性利用經濟模式量化為金錢方式展現，即稱為外部成本。機場營運最為人所詬病的是航空器運轉所帶來之噪音，而噪音所帶來的成本計算方式，一直以來是熱門的課題。Hofstetter and Muller-Wenk (2005) 的研究中利用了生命週期成本、統計生命價值、假設性市場法、可接受的醫療成本以及失能調整存活人年，進行噪音成本的衡量。而研究結果發現噪音成本利用上述方式貨幣化後，其價值範圍相當大。

另一方面，國內外已有許多學者利用特徵價格法計算機場噪音對周遭房價的影響，進而推估其噪音社會成本。例如蔡仲苓 (2008) 以特徵價格法探討內湖地區外部性成本對房價之影響，研究中，全區分析結果顯示屋齡、臨地路寬、距內科距離、焚化爐距離與距離捷運之距離皆呈現顯著影響；而分區分析結果顯示各特性對各區住宅之房價影響不一。另有吳秋霞 (2007) 以特徵價格法與民國 76 年至 94 年間桃園縣大園鄉之房屋法拍價格為基準，計算航空噪音對大園鄉房地產之影響。結果驗證了機場在當地為一避鄰設施，航空噪音的存在會對房屋價格及土地價格，分別產生折價 37% 及 69% 之影響，但實施都市計畫和噪音防制補助後能減緩航空噪音對房屋價格折價之損失。

Lu and Morrell (2000) 以阿姆斯特丹機場為例，利用特徵價格法對該機場所

產生之噪音進行量化，發現荷蘭政府所徵收之噪音費用不足以彌補噪音所產生之社會成本，除此之外作者也提出兩種收費機制給荷蘭政府參考。之後 Lu and Morrell (2006) 持續以特徵價格法和劑量反應分析法評估歐洲地區五座不同運量機場之社會成本，發現倫敦希斯洛機場 (Heathrow Airport) 由於起降架次多以及機場周遭的人口密集，因此其社會成本也最高。而五座機場每一架次起降之社會成本由高至低分別為：希斯洛機場 (Heathrow Airport)、史基浦機場 (Schiphol Airport)、蓋威克機場 (Gatwick Airport)、斯坦斯特德機場 (Stansted Airport)、馬斯垂克機場 (Maastricht Airport)。由於此法之應用較為普遍與成熟，因此本研究將以特徵價格法進行噪音成本之衡量。

2.3 航空器廢氣社會成本量化

航空器引擎運轉時會排放出大量的廢氣，由於廢氣不如噪音的感受直接，因此往往被一般民眾忽略。不過引擎所排放的廢氣中存有大量有害氣體，這些氣體不只對環境產生破壞，同時也會對人體產生不良影響，不論國內外皆有學者將引擎所排放的廢氣量化，進行相關成本的推估。Givoni and Rietveld (2010) 以座位數將飛機分類成大、小飛機，計算航線所帶來的社會成本，發現如果使用大飛機飛短程航線，相較小飛機雖然會帶來更多的

廢氣污染，但是在減少噪音污染和其他對環境的衝擊則有明顯的助益。而 Lu and Morrell (2001) 以阿姆斯特丹史基浦機場為例，採用劑量反應分析法 (Dose-Response Method)，來衡量、估算航空器於 3,000 英尺高度內，起降過程 (Landing and Take-Off, LTO) 各階段及飛機巡航階段所排放之廢氣所帶來之社會成本。研究結果顯示，機場所收取有關噪音及廢氣物污染的相關費用皆低於實際產生之社會成本。

而陳恩崧 (2008) 將飛機運作時引擎排放的廢氣物以劑量反應分析法量化，從而得知每條航線的外部性成本。研究結果顯示，航空公司應多選用中小型客機來飛行短程航線，以減少引擎排放污染物之外部性成本。另外，邱翰暘 (2011) 利用特徵價格法及劑量反應分析法，計算新式飛機是否較舊式飛機環保；結果顯示 B787 在長程中運量的航線中具有優異的燃油效率以及低污染物排放量。

2.4 小結

本研究根據上述文獻回顧可以發現，多數研究於衡量機場就業數所帶來之經濟效益時，研究期間僅為一年，無法明確得知機場各年度之經濟效益變動量；此外，目前國內外並無相關文獻針對松山機場所帶來之噪音及廢氣進行長時間之量化。因此本研究回顧文獻後，決定分別以格林勞力模式、特徵價格法與劑量反應分析法量

化松山機場長期所帶來之經濟效益、噪音成本與廢氣成本。

參、模式構建

3.1 機場經濟效果評估

本研究參考謝惠棣 (2004) 以格林勞力模式 (Garin-Lowry Model) 來衡量機場為地方創造之就業機會之效益作為本研究評估機場經濟效果之方法。格林勞力模式是以基礎產業人口來推測非基礎產業人口之數目。而從外生變數推算至內生變數時，必須透過乘數 α 及 β 來計算，以得知共增加之就業機會，其中 α 為「扶養率」， β 則是「非基礎產業就業值」，數學式如式子 (1) 所示：

$$E = E_B \frac{1}{1 - \alpha\beta} \quad (1)$$

E ：總就業人口數。

E_B ：基礎就業人口數。

α ：扶養率。

β ：非基礎產業就業值。

而根據謝惠棣 (2004) 之研究， α 值為「扶養率」。其計算方式為 i 地區之就業人口數除以總人口數，如式子 (2) 所示：

$$\alpha = \frac{\text{地區就業人口數}}{\text{地區總人口數}} \quad (2)$$

β 值則是以區位商數法 (Location

quotient, LQ) 推估而得。區位商數法是用以衡量一區域內各種產業「專業化」程度之指標，計算方式如式子 (3) 所示：

$$LQ_i = \frac{\frac{e_i}{E_i}}{\frac{e_r}{E_r}} \quad (3)$$

LQ_i ： i 地區之基礎產業就業率。

E_r ：全國總就業人口。

E_i ：全國 i 產業就業人口。

e_r ：該地區全部就業人口。

e_i ：該地區 i 產業就業人口。

$LQ > 1$ ，表示 i 產業在該地區有集中及專業化趨勢，在該地區為基礎產業。

$LQ < 1$ ，表示 i 產業在該地區無集中及專業化趨勢，在該地區為非基礎產業。

$LQ = 0$ ，表示該地區無 i 產業之存在。

LQ 越大，表示 i 產業在該地區集中及專業化程度越大，在該地區越重要。

LQ 越小，表示 i 產業在該地區集中及專業化程度越小，在該地區越不重要。

待利用區位商數法，得知 i 產業是否為該地區之基礎產業後，再將其減去，即可得值，其數學式如式子 (4) 所示：

$$\beta = 1 - LQ_i \quad (4)$$

β ：非基礎產業就業值。

LQ_i ： i 地區之基礎產業就業率。

經濟效果總和可利用上述數學式求出機場帶來之直接就業數 (直接效果) 及間

接就業數 (間接效果) 後，再將兩數分別乘以當年度之相關產業薪資水準，即可得知。其可用數學式 (5) 所示：

$$E_E = (E_B \times S_1) + [(E - E_B) \times S_2] \quad (5)$$

E_E ：機場經濟效果。

E_B ：基礎就業人口數。

S_1 ：航空運輸產業當年度平均薪資。

E ：總就業人口數。

$E - E_B$ ：間接就業數。

S_2 ：間接相關產業當年度平均薪資。

3.2 噪音成本評估

本研究噪音成本之量化，是參考 Lu and Morrell (2006) 以房地產價格貶值為基礎之特徵價格法來量化，其表示方式如式子 (6)：

$$C_n = \sum_i I_{NDI} P_V (N_{ai} - N_0) H_i \quad (6)$$

C_n ：每年噪音總社會成本。

I_{NDI} ：噪音折價指數，本研究引用 Lu and Morrell (2006) 之數據為 0.6%。

P_V ：機場周邊受影響區域每年平均房屋成本。

$I_{NDI} P_V$ ：每年每戶每分貝噪音社會成本。

N_{ai} ：第 i 個噪音等高線區域之平均噪音值。本研究根據松山機場之噪音分級，取該級防制區的噪音分貝中間值。

N_0 ：背景噪音。本研究參考劉思吟

(2008) 的研究，將背景噪音設定為 50 分貝。

$(N_{ai} - N_0)$ ：高於背景噪音之分貝值。

H_i ：第 i 個噪音等高線區域內之受影響戶數。

3.3 廢氣成本評估

本研究採用劑量反應分析法來計算航空器排放的外部性成本。由於航空器引擎運轉時所排放之廢氣物眾多，本研究僅針對引擎運轉時所排放之 HC、CO₂、NO_x、SO₂、CO 與 PM 共六種廢氣物。主要概念為計算引擎運轉時，根據 LTO 之不同階段，引擎在不同推力下，從每顆引擎每秒的耗油量中，乘上不同污染物之排放係數，再考量每一污染物之單位社會成本，加總後即可得知每顆引擎在一次起降中所產生的社會成本。接著以數學式 (7) 表示如下：

$$E_j = NC_{ej} \sum_{i=1}^4 F_i L_i D_{ij} \quad (7)$$

E_j ： j 污染物於 LTO 階段社會成本。

N ：航空器引擎之數量，可為 1~4。

C_{ej} ： j 污染物之單位社會成本 (臺幣 / 公斤)。

F_i ：航空器於起降過程中各階段之燃油消耗 (公斤 / 分鐘)。

L_i ：ICAO Engine Exhaust Emissions Data Bank 中，規定引擎於起降過程各階段之運轉時間 (分鐘)。

D_{ij} ： j 污染物於起降過程中各階段之排放係數 (公斤 / 燃油消耗)。

i ：起降過程之各階段，共有四個階段。

e ：廢氣排放量 (公斤)。

j ：各污染物，如 HC、NO_x、CO、CO₂、PM 與 SO₂。

而根據國際民航組織 (International Civil Aviation Organization, ICAO) 所公佈之引擎污染物資料庫 (Engine Exhaust Emissions Data Bank)，可得知引擎在各階段之相對運轉時間 (如表 1)、起降各階段之燃油消耗、污染物係數 (包括 HC、CO、及 NO_x 此三種廢氣) 之資料。關於 CO₂、PM 與 SO₂ 的產生，本研究的計算方式乃根據 Givoni and Rietveld (2010) 的研究指出，CO₂ 之產生與燃油消耗有一直接且線性之關係，即每燃燒 1 公斤之燃油，會產生 3.157 公斤之 CO₂；另外根據 Eurocontrol (2005) 的研究顯示，SO₂ 與 PM 之排放量與燃油消耗也有直接且線性之關係，即每燃燒 1 公斤之燃油，會產生 0.00084 公斤之 SO₂ 與 0.0002 公斤之 PM。

表 1 引擎於起降過程各階段運作時間表

狀態	引擎推力	時間 (分)
起飛 (Take-off)	100%	0.7
爬升 (Climb-out)	85%	2.2
進場 (Approach)	7%	4.0
怠速 / 滑行 (Idle/Taxi)	7%	26.0

資料來源：ICAO Engine Emission Databank, 2014。

計算出航機於起降過程時引擎廢氣排放量後，再將排放量乘以相對應之單位社會成本，即可得知引擎廢氣之總社會成本。至於廢氣之單位社會成本，本研究參照邱翰暘(2011)研究中之廢氣平均社會成本，經整理如表 2。

表 2 各項污染物社會成本

污染物	每公斤污染物之社會成本 (臺幣 / 公斤)
CO ₂	1.2
HC	289.6
CO	2.0
NO _x	386.8
SO ₂	401.2
PM	10317.6

資料來源：邱翰暘(2011)，本研究整理。

肆、案例實證分析

4.1 松山機場經濟效益評估

本研究依據中華民國統計資訊網以及臺北市政府主計處之資料，先將我國及臺北市之就業人口依工作性質分為三級，分別為第一級(農、林、漁、牧業)、第二級(礦石及土石採取業、製造業、水電燃氣業、營造業)及第三級(批發及零售業、住宿及餐飲業、運輸、倉儲及通信業、金融及保險業、不動產及租賃業、專業、科學及服務業、教育服務業、醫療保健及社會福利服務業、文化、運動及休閒服務業、其他服務業、公共行政業)。接著利

用式 3 的區位商數法，求出臺北市基礎產業及非基礎產業之比例，結果如表 3 所示。

表 3 2006~2011 年臺北市區位商數統計表

年份	第一級	第二級	第三級
2006	0.04	0.54	1.37
2007	0.04	0.52	1.39
2008	0.04	0.51	1.40
2009	0.03	0.54	1.37
2010	0.04	0.54	1.37
2011	0.06	0.53	1.37

資料來源：中華民國統計資訊網、臺北市政府主計處，本研究整理。

由表 4 可得知 2006 至 2011 年間，第三級產業皆為臺北市之基礎產業 ($LQ > 1$)。接著求取 β 值，結果如表 4 所示。本研究依據式 2，蒐集由臺北市政府主計處提供之臺北市總人口數及臺北市就業人口數計算 α 值(扶養率)，2006 年至 2011 年之結果如表 5 所示。

一個機場的營運，最基本需要機場管理單位之員工以及航空公司、政府單位等駐站單位員工。因此本研究進行直接就業

表 4 2006~2011 年非基礎產業就業值統計表

年份	第三級產業就業率	β_1
2006	80.34%	0.197
2007	80.67%	0.193
2008	80.98%	0.190
2009	80.55%	0.195
2010	80.55%	0.195
2011	80.56%	0.194

資料來源：臺北市政府主計處，本研究整理。

表 5 2006~2011 年臺北市扶養率統計表

年份	臺北市總人口數	臺北市就業人口數	α_1
2006	2,632,242	1,143,000	2.30
2007	2,629,269	1,166,000	2.26
2008	2,622,923	1,182,000	2.22
2009	2,607,428	1,168,000	2.23
2010	2,618,772	1,174,000	2.23
2011	2,650,968	1,207,000	2.20

資料來源：臺北市政府主計處，本研究整理。

數之推估時，劃分為機場管理單位員工數以及駐站單位員工數。依據民航局資料，2011 年時松山機場有 160 名員工，當年度旅客人次為 5,258,975，比例為 32,869。本研究以此比例為基準，蒐集松山機場其

他年度之旅客人次，並反推預測松山機場內之員工數；接著依據劉思吟 (2008) 機場每百萬旅客即有 800 位駐站單位之員工進行比例推算。代入式 1 即可得知松山機場 2006 年至 2011 年之總就業人數，結果如表 6 所示。最後將基礎就業人數及間接就業人數分別乘上臺北市航空運輸業每人所得及平均每人所得則為經濟效果，歷年之結果如表 7 所示。

4.2 松山機場噪音成本評估

本研究評估松山機場之噪音成本是以式 6 為基礎，蒐集所需之資料。噪音折價指數，本研究引用 Lu and Morrell (2006)

表 6 2006~2011 年松山機場總就業人數統計表

年份	旅客數	基礎就業人數	α_1	β_1	總就業人數
2006	6,728,709	5,588	2.30	0.197	10,211
2007	4,470,859	3,713	2.26	0.193	6,586
2008	3,101,854	2,576	2.22	0.190	4,457
2009	3,091,066	2,567	2.23	0.195	4,537
2010	3,712,841	3,083	2.23	0.195	5,446
2011	5,258,975	4,367	2.20	0.194	7,621

資料來源：松山機場，本研究整理。

表 7 2006~2011 年松山機場總經濟效益統計表

年份	基礎就業人數	航空運輸業薪資 (臺幣/人)	間接就業人數	平均受雇每人所得 (臺幣/人)	總經濟效益 (百萬臺幣/年)
2006	5,588	1,375,690	4,623	879,908	11,755
2007	3,713	1,583,435	2,873	904,820	8,478
2008	2,576	1,562,085	1,881	892,620	5,703
2009	2,567	1,529,980	1,970	874,274	5,649
2010	3,083	1,547,956	2,363	884,546	6,863
2011	4,367	1,664,339	3,254	857,732	10,060

資料來源：本研究整理。

之研究，設定為 0.6%；機場周邊受影響區域的房屋成本，本研究使用臺灣不動產交易中心所編印之不動產成交行情公報資料。其資料來自信義房屋、中信房屋、住商不動產、太平洋房屋及 21 世紀不動產之實際成交資料，且其資料可查詢至臺北市各區之房價。此外其資料也被張欣聰 (2001)、陳建良 (2010)、趙清成、包佳元 (2011) 所使用。而松山機場之噪音影響

臺北市之區域共有中山區、松山區、內湖區、大同區。由於各行政區所處之噪音管制區並不相同，因此本研究將各行政區之平均房價配合噪音管制區之分級以及實際受影響之戶數經整理後，如表 8 所示。接著乘上各分級之受影響分貝數：第一級為 12、第二級為 19.5、第三級為 30，即可得知歷年噪音成本，如表 9 所示。

表 8 2006~2011 年松山機場噪音管制區平均房價與影響戶數統計表

年份	第一級		第二級		第三級		總戶數
	平均房價 (萬/戶)	戶數	平均房價 (萬/戶)	戶數	平均房價 (萬/戶)	戶數	
2006	28.4	4,609	28.1	11,285	38.5	3,868	19,762
2007	32.9	4,676	44.2	11,257	56.0	3,869	19,802
2008	61.0	4,658	63.3	11,349	80.1	3,887	19,894
2009	20.8	4,707	20.4	11,428	27.3	3,892	20,027
2010	35.4	4,857	36.7	11,487	50.1	3,838	20,182
2011	44.6	4,950	43.6	11,693	63.5	3,876	20,519

資料來源：臺北市政府民政局、不動產成交行情公報。

表 9 2006~2011 年松山機場噪音成本統計表

年份	噪音總成本 (百萬臺幣/年)
2006	733
2007	1,083
2008	1,605
2009	535
2010	964
2011	1,199

資料來源：本研究整理。

4.3 松山機場引擎廢氣成本評估

將松山機場各機型所排放之廢氣乘上

其單位社會成本後，即可得知各機型在松山機場所造成的引擎廢氣成本，如表 10 所示。再將各機型之廢氣成本乘上表 11 中各機型於該年度之起降架次後再加總，則為該年度之廢氣成本，而松山機場歷年之廢氣成本如表 12 所示。

4.4 經濟效益與環境成本之比較

本研究藉由格林勞力模式量化松山機場 2006 年至 2011 年之經濟效益；接著使

表 10 各機型引擎廢氣成本統計表

機型	引擎型號	廢氣成本 (臺幣 / 起降過程)	機型	引擎型號	廢氣成本 (臺幣 / 起降過程)
ATR72	PW127M	3,880	MD82	JT8D-217C	11,527
Gulfstream V	BR700-710A1-10	5,961	MD-90	V2528-D5	11,095
ERJ-190	CF34-10E	6,296	A321	V2530-A5	12,249
DH-8	PW123	7,930	A321	V2533-A5	13,120
A320	CFM56-5-A1	8,387	B767	JT9D-7R4D	20,422
A320	V2527-A5	9,598	A330	CF6-80E1A4B	23,776
B737	CFM56-7B26/3	10,433	A330	CF6-80E1A3	29,021
MD83	JT8D-219	11,493			

註：引擎之選取採用使用松山機場之航空公司較常使用之型號。
資料來源：本研究整理。

表 11 2006 ~ 2011 年松山機場各機型起降數統計表

機型	引擎	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gulfstream V	BR700-710A1-10	532	412	298	270	296	343
DHC-8	PW123	8,958	6,932	5,018	4,548	4,983	5,778
A320-211	CFM56-5-A1	797	617	446	405	443	514
A320	V2527-A5	426	330	239	216	237	275
A321	V2533-A5	564	437	316	287	314	364
A321	V2530-A5	1,609	1,245	901	817	895	1,038
B737-700	CFM56-7B26/3	994	769	557	505	553	641
A330-203	CF6-80E1A3	1,457	1,128	816	740	811	940
A330-302	CF6-80E1A4B	1,609	1,245	901	817	895	1,038
B767-200	JT9D-7R4D	2,264	1,752	1,268	1,149	1,259	1,460
ATR72	PW124B	14,101	10,912	7,898	7,159	7,844	9,095
ERJ-190	CF34-10E	5,991	4,636	3,356	3,042	3,333	3,864
MD82	JT8D-217C	1,940	1,501	1,086	985	1,079	1,251
MD83	JT8D-219	36	28	20	18	20	23
MD-90	V2528-D5	532	2,965	2,146	1,945	2,131	2,471

資料來源：本研究整理。

表 12 2006 ~ 2011 年松山機場廢氣成本統計表

年份	廢氣總成本 (百萬臺幣 / 年)
2006	407
2007	315
2008	228
2009	207
2010	226
2011	262

資料來源：本研究整理。

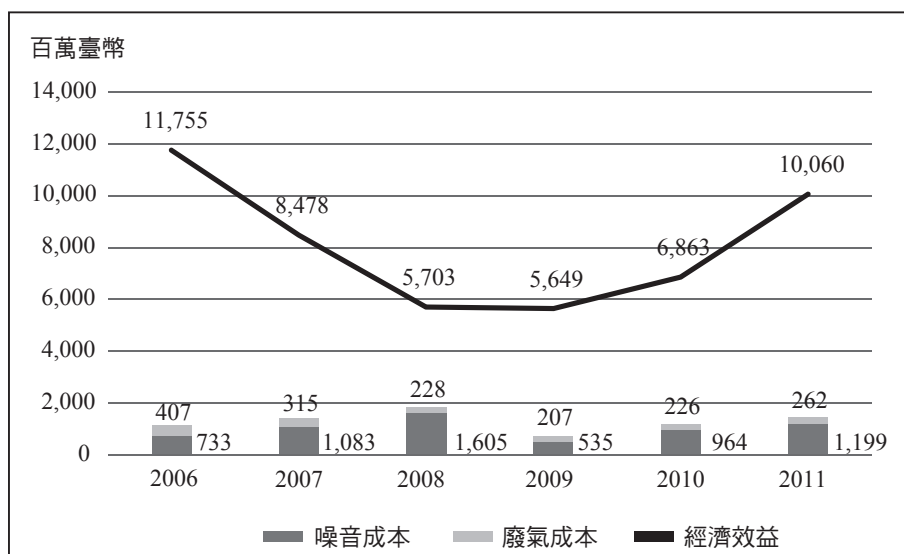
用特徵價格法與劑量反應分析法推估松山機場之環境成本，相關結果經整理後如圖 1 所示。由圖 1 可以看出松山機場歷年來之經濟效益約為 57 億至 117 億不等。而 2006 年至 2011 年間又以 2006 年之經濟效益與環境成本差距最大、2008 年的差距最小。此乃由於 2008 年之班機起降數不多，因此與其他年份相較之下，其廢氣成本相對較低，但 2008 年之房價為歷年來最高，也造成當年度之噪音成本大幅提升之狀況。另外，歷年之噪音成本變動相當大，其主要原因為各年度房價變動所造成。

4.5 敏感度分析

由於本研究所建構之模式於現實中會

受到許多影響進而產生變動之現象，因此本研究針對噪音成本及廢氣成本之相關變數進行敏感度分析，俾利相關單位於決策時之參考依據。

本研究在噪音成本的敏感度分析中取噪音折價指數 (Noise Depreciation Index, NDI) 為變數，本研究引用 Lu and Morrell (2006) 的數值為 0.6%，但廖仲仁 (1993) 在參考國外相關文獻後，發現國外機場周遭之 NDI 約為 0.4% ~ 1.1% 間，而研究中也發現松山機場周遭之 NDI，隨著所處的環境日夜音量 (Day-Night Average Sound Level, DNL) 不同，約為 0.58% ~ 2.57% 間。因此本研究於敏感度分析中將 NDI 分別取 0.4% 及 2.57%，相關結果如表 13 及圖 2 所示。



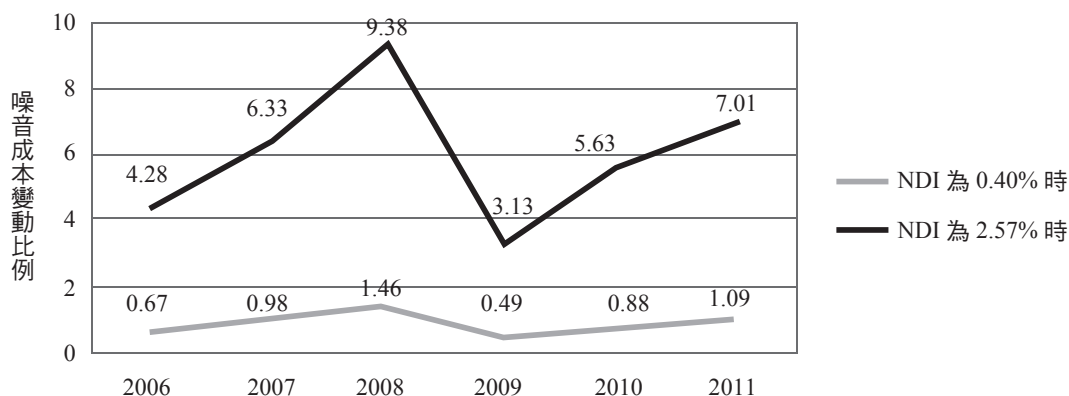
資料來源：本研究整理。

圖 1 松山機場歷年經濟效益與環境成本變動圖

表 13 松山機場歷年噪音成本敏感度分析

NDI 數值	0.60%		0.40%		2.57%	
	百萬臺幣 / 年	百萬臺幣 / 年	變動比率	百萬臺幣 / 年	變動比率	
2006	733	489	0.67	3,140	4.28	
2007	1,083	722	0.98	4,637	6.33	
2008	1,605	1,070	1.46	6,874	9.38	
2009	535	356	0.49	2,291	3.13	
2010	964	642	0.88	4,127	5.63	
2011	1,199	799	1.09	5,135	7.01	

資料來源：本研究整理。



資料來源：本研究整理。

圖 2 松山機場歷年噪音成本變動圖

本研究於模式構建時，選取邱翰暘(2011)研究中的廢氣平均單位社會成本。但由於松山機場位處臺北市的中心位置，影響之居民較多，因此本研究另取邱翰暘(2011)研究中，各項廢氣單位社會成本之最高值與最低值(如表 14 所示)進行敏感度分析。變動後之數值顯示，在較高單位社會成本時，其廢氣成本約為低單位社會成本的 10 倍，最高的廢氣成本為 2006 年的 10 億，如表 15 所示。

最後本研究將經濟效益與變動過後之最高噪音成本與廢氣成本進行比較，如圖 3 所示。除了 2008 年以外，歷年之經濟效益依然大於環境成本。

伍、結論與建議

本研究主要探討機場營運對所處地區所帶來的經濟效益以及環境成本的變化。

表 14 廢氣單位社會成本變動表

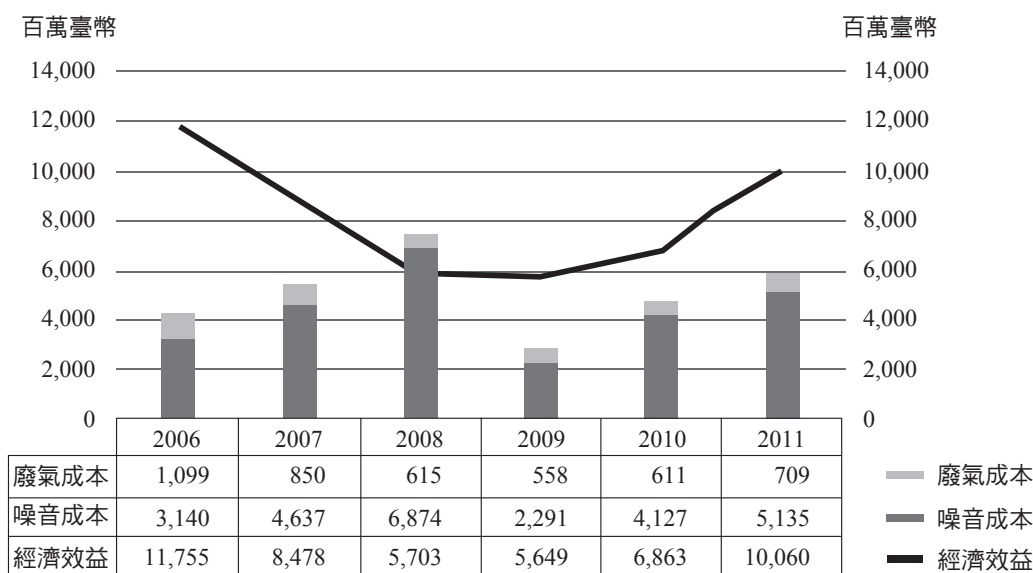
	HC	NO _x	CO	CO ₂	PM	SO ₂
高單位社會成本 (臺幣 /kg)	550.4	1,524.0	2.4	1.6	24,000	1,639.6
低單位社會成本 (臺幣 /kg)	28.8	40.0	1.2	0.8	203.6	40

資料來源：邱翰暘 (2011)，本研究整理。

表 15 廢氣成本敏感度分析

年份	廢氣總成本 (百萬臺幣)	低單位社會成本時 (百萬臺幣)	高單位社會成本時 (百萬臺幣)
2006	407	111	1,099
2007	315	86	850
2008	228	62	615
2009	207	56	558
2010	226	62	611
2011	262	72	709

資料來源：本研究整理。



資料來源：本研究整理。

圖 3 經濟效益與變動後之最高環境成本比較圖

在經濟效益方面，本研究以格林勞力模式衡量松山機場營運所帶來的直接就業與間接就業對臺北市所帶來的經濟效益。而在環境成本方面，本研究將環境成本細分為噪音成本與廢氣成本，分別以特徵價格法與劑量反應分析法進行其社會成本之衡量。

本研究經蒐集臺北市與松山機場之相關資料後，利用本研究建構之模式進行估算後，發現松山機場 2006 年至 2011 年歷年所帶來之經濟效益分別為 57 億元至 117 億元不等；歷年之噪音成本分別為 5 億元至 16 億元不等，經敏感度分析後發現，NDI 越大，噪音成本的變化幅度越大；反之，噪音成本的曲線變化較為平滑。而松山機場歷年來之廢氣成本分別為 2 億元至 4 億元不等，在進行敏感度分析後，較高單位社會成本之廢氣成本將近是較低單位社會成本的 10 倍。最後本研究將經濟效益與變動後之最高環境成本做比較，除了 2008 年以外，歷年之經濟效益依然是大於環境成本。環境成本增加最多的部分為噪音成本，由此可預見，在未來房價快速飛漲的情況下，噪音成本也將會大幅成長。此結果意涵在不同經濟環境與機場營運之狀況下，松山機場之最適規模（機場帶來之經濟效益等同於環境成本）會隨之變動。

本研究於衡量機場營運對周遭地區所帶來之經濟效益與環境成本時，由於部分資料取得困難，因此使用推估的方式得到

數據。唯恐此種方式會造成衡量時出現與現實不符的情況，因此建議後續如有學者欲進行相關研究時，可採用更多實際資料以更貼近實際情況；本研究於探討經濟效益時只考慮就業效果，建議後續可將機場營運所減少之運輸成本、旅行時間等相關課題納入考慮，將可使研究更加完整。此外，本研究建議機場管理單位，可針對松山機場起降之機型進行管理，以經濟手段鼓勵航空公司選用較新型之機型或是較為環保之引擎型號，以期在控管的環境影響下，得到最大之經濟效益。

參考文獻

- 行政院主計總處，2014，就業失業統計資料查詢系統，<http://www.dgbas.gov.tw/mp.asp?mp=1>，2014 年 3 月 12 日。
- 吳秋霞，2007，以特徵價格法探討航空噪音對於大園鄉房地產之影響，國立中央大學產業經濟研究所碩士論文，桃園縣。
- 松山機場，2014，營運實績，http://www.tsa.gov.tw/tsa/zh/info_performance1.aspx，2014 年 3 月 12 日。
- 邱翰陽，2011，新式航空器營運對機場環境成本之影響——噪音與引擎廢氣，長榮大學航運管理學系碩士論文，臺南市。
- 張欣聰，2001，高雄臨港線鐵路發展為輕軌捷運之社會成本效益分析，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，臺南市。

- 陳建良，2010，都市公園綠地外部性之空間分析——以臺中市為例，國立彰化師範大學地理學系碩士論文，彰化市。
- 陳恩崧，2008，航空器引擎排放成本對航空公司航線營運之影響，長榮大學航運管理學系碩士論文，臺南市。
- 游明敏，2005，非意欲產出對國內機場經營效率及產出損失之影響，*管理學報*，第 22 卷，第 2 期，241-259。
- 廖仲仁，1993，機場噪音對住宅價格之影響——以臺北松山機場附近住宅為例，國立臺灣大學建築及城鄉研究所碩士論文，臺北市。
- 臺北市政府主計處，2014，臺北市統計資料庫查詢系統，<http://www.dbas.taipei.gov.tw/>，2014 年 3 月 12 日。
- 臺北市政府民政局，2014，統計資料，<http://www.ca.taipei.gov.tw/lp.asp?ctNode=41896&CtUnit=15266&BaseDSD=7&mp=102001>，2014 年 3 月 12 日。
- 臺灣不動產成交行情公報，<http://www.gigahouse.com.tw/order/About.html>，2014 年 3 月。
- 趙清成、包佳元，2011，機場噪音與禁限建管制對都市發展外部成本之影響——以高雄國際機場為例，*都市與計劃*，第 38 卷，第 3 期，245-277。
- 劉思吟，2008，機場發展對地方經濟效益與環境成本之影響——以臺灣桃園國際機場為例，長榮大學航運管理學系碩士論文，臺南市。
- 蔡仲苓，2008，臺北市內湖區住宅屬性價格之探討，國立臺灣大學建築與城鄉研究所碩士論文，臺北市。
- 謝惠棣，2004，松山機場對地區發展之成本效益分析，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，臺北市。
- Eurocontrol, 2005. Aircraft Retrofit Action to Comply to the 8.33 kHz Vertical Expansion Programme, EUROCONTROL Experimental Centre: France.
- Givoni, M. and Rietveld, P., 2010. The environmental implications of airlines' choice of aircraft size. *Journal of Air Transport Management*, 16, 159-167.
- Graham, A., 2003. *Managing Airports – An International Perspective*, 2nd Edition, Elsevier: London.
- Hofstetter, P. and Muller-Wenk, R., 2005. Monetization of health damages from road noise with implications for monetizing health impacts in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 13(13), 1235-1245.
- Lu, C. and Morrell, P., 2006. Determination and applications of environmental costs at different sized airports – aircraft noise and engine emissions. *Transportation*, 33, 45-61.
- Lu, C. and Morrell, P., 2001. The evaluation and implications of environmental charges on commercial flights. *Transport Reviews*, 21(3), 377-395.

Morrell, P. and Lu, C., 2000. Aircraft noise social cost and charge mechanisms – a case study of Amsterdam Airport Schiphol. *Transportation Research Part D*, 5, 305-320.

Özcan, I.C., 2013. Air passenger traffic and local employment: evidence from Turkey. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 13(4), 336-356.

Upham, P., Thomas, C., Gillingwater, D. and Raper, D., 2003. Environmental capacity and airport operations: current issues and future prospects. *Journal of Air Transport Management*, 9, 145-151.

European Aviation Safety Agency, 2014. ICAO Aircraft Engine Emissions Databank. Available at: <http://www.easa.europa.eu/home.php> (accessed 12 March, 2014)

