

# 一、緒論

## 1.1 研究背景與動機

自 1978 年美國國內解除航空管制，軸幅網路系統 (hub-and-spoke system) 成為航空公司網路型態的主流，此航空網路系統有助於達到經濟規模、降低成本，並具有集中旅客、發揮航空運輸規模經濟的特性。然而航空產業蓬勃的發展，相對也對環境產生許多負面影響，例如：噪音污染、空氣污染、飛安問題與軸心機場擁塞延滯(Janic', 1999)，其中以噪音污染最為嚴重(Levinson et al. ,1998)。近年來，隨著環保意識的抬頭，航空運輸造成的噪音問題越來越受到重視，由於環境污染是市場失靈的一種因素，無法透過市場價格的機制運作，若航空公司不須對其所產生的外部成本付出代價，則將造成資源無法最適配置，亦造成社會的不公平。因此環境污染的問題，通常需要透過政府部門的介入制訂相關防制政策，環境經濟學家提出經濟誘因(incentive based)污染防治政策透過政府的干預將環境污染所造成的社會外在成本內部化，使得廠商追求成本最小化前提下自願地減少環境污染，常見的形式為機場噪音收費。然而不同機型徵收之噪音收費各不相同，因此機場制訂之噪音收費管制將對航空公司機型選擇、網路配置與成本產生衝擊，若能分析不同噪音收費管制對航空公司最適飛行網路配置與成本之影響，同時探討不同噪音收費策略對機場噪音水準控制及機場多目標追求的效率性，將可提供航空公司因應噪音管制措施之參考，亦可提供機場當局研擬噪音收費策略之依據。

目前機場噪音收費方式可為機場收費中之附加費 (surcharge) 或加諸於機場降落費中依機型噪音程度比例徵收，部分國際機場對於較安靜之機型予以特惠減免部分降落費以鼓勵航空公司使用較安靜之機型，反之則增加噪音較嚴重機型降落費以抑止航空公司使用該機型。航空公司飛往噪音收費機場之噪音成本隨著航空公司頻次增加遞增，航空公司面臨噪音收費

致使營運成本增加，可能採取刪減飛往噪音收費機場航線頻次；或以直飛不停靠的方式減少成本，造成航線及流量重新分配，但航空公司必須在取消轉運航線收益之減少與維持轉運航線成本之增加權衡取捨下做出最佳決策；然而航空公司亦可調整航線之機型與頻次，由於大型飛機單次降落成本高但飛行頻次少、小型機型降落成本低但飛行頻次多，將可能造成航空公司機型、頻次重新選擇以因應機場收費的增加。反觀以機場的角度，擁擠程度越高之機場其環境污染成本越高，機場單位欲徵收的噪音費用越高，然而機場透過徵收越高噪音費期減少航機對環境之衝擊、補償航機所造成機場鄰近居民的傷害，然同時亦須在機場使用費用增加後所導致航空公司對機場需求量之減少間權衡取捨找到平衡點。

綜上，機場噪音收費管制與航空公司航線及班機頻次規劃之間存有密切關係，故以系統化的觀點深入分析不同噪音收費管制之制訂，對機場噪音水準的降低、機場營運者營運目標達成的效率及航空公司因應管制措施所引起之營運衝擊與調適實為一值得探討之課題。

過去關於航空運輸網路問題已有大量文獻且探討範圍非常廣泛，大部分文獻多以經濟觀點或以作業研究方法探討航空網路設計問題。其中以網路流動技巧處理航空運輸問題可分成航線及班機頻次規劃、機隊指派、機隊排程及班表建立、機門指派、空服員排班、機位庫存座位管理、機場地面滯留策略、營運時意外事件排程或及時營運排程、及其他之規劃網路等(顏上堯、杜宇平, 1999)。其中Cater and Morlok (1972), Hsu and Wen (2000), Kanafani *et al.* (1982), Teodorovic (1986), Teodorovic *et al.* (1994), Teodorovic and Krcmar-Nozic (1989), 顏上堯、王中瑞(1996), 顏上堯、黃武強 (1996)等，曾就航線及班機頻次規劃 (Flight Route and Frequency Planning)問題進行分析。另外Drezner (1994), Hansen (1990), Hansen and Kanafani (1990), Kanafani (1981), Kanafani and Ghobrial (1982), 許巧鶯、王志青 (1997)等，則針對航空網路經濟特性進行分析。然而，前述文獻並未

針對環境外部性議題進行探討，故在內部化環境外部成本對航空公司網路結構與成本影響之議題上實存有進一步探討之研究空間。

Nero and Black (1998)曾以概念性航空網路闡述高度轉運所產生的環境外部性問題，但並未在多對多網路結構下考慮環境收費對航空公司航線機型選擇之影響；Hayashi and Trapani (1987)以計量經濟的方法分析環境管制政策對航空公司票價與頻次之影響；Alamdari and Brewer (1994)分析航空公司因應燃油稅的增加可能採取之措施；Kanafani and Ghobrial (1985)探討空運中心軸心化(airline hubbing)對機場經濟的影響，發現軸心機場徵收擁擠費或機場規費(airport penalty)對軸幅網路型態衝擊不大，但會增加航空公司的乘載率造成航空公司頻次的減少，致旅客等待時間增加。然而上述文獻，對於航空公司因應機場噪音收費可能造成機型改變之議題尚未有文獻探究之，另一方面在航空公司因應飛抵成本的改變對其航線及班機頻次之調整與成本變化，則多以個別航線計量經濟方法探究之，較缺乏應用網路模式對航空公司整體網路作深入分析。

關於機場噪音外部性之議題，1980年代前大都以環境經濟學的角度就不同環境管制措施進行分析；1980年代之後，隨著環保意識的抬頭與機場噪音議題漸漸受到重視，探討環保之議題朝向多元化的發展；Janic'(1999)闡述民用航空產生的環境衝擊，探討透過技術與制度上的革新減少航空產生的環境衝擊；Ignaccolo (2000)建立噪音迴歸模式，協助機場規劃者與管理者易於計算航機起降產生的噪音量；Carlsson (1999)則以敘述性的方式探討不同航空環境管制政策的績效，但未能從中獲得部分量化的結果；ICAO (1996)探討收稅(tax)與收費(charge)兩種噪音收費方式的效率性。然上述環境議題文獻較缺乏航空網路概念，且多以敘述性或計量經濟方法，分析機場採取不同管制措施對社會福利與機場多目標達成之效率性。

綜合上述，過去關於航空網路設計與機場噪音管制政策之研究，除 Nero and Black (1998)以解析性的方法分析探討航空公司面臨機場噪音管制，其餘大部分研究都僅以經濟理論分析機場管制政策對社會福利的影響，尚未有結合網路模式分析與經濟理論之研究方法應用於航空噪音議題中者。因此，本研究將先針對機場噪音收費管制政策進行探討，透過解析性方法構建航空公司成本函數，在最小化成本目標下，透過多對多網路型態，構建一反應機場噪音管制之航空客運網路航線頻次與機型規劃模式，探討航空公司在噪音收費管制下所做的最佳航線頻次與機型選擇。由於各機型排放污染量不同，航空公司因應管制之機型與頻次選擇將會影響機場總環境污染量，進一步透過污染函數的計算可評估機場執行環境管制策略對總污染量變化之影響，並透過機場營運利潤及航空噪音社會成本之變化，評估機場採用不同噪音收費政策對機場多目標追求的效率性，可做為航空公司面對環境收費網路規劃之決策參考，亦可提供管制單位研擬噪音收費管制策略之參考。

## 1.2 研究目的

本研究之主要目的，擬首先針對目前噪音管制政策進行分析，瞭解實務上機場噪音管制的狀況，由於航空公司為機場噪音管制之對象，因此本研究在分析的過程中，擬考慮航空公司在面對機場制訂不同噪音管制方案下，如何制訂適當的航線機型與頻次，使航空公司在滿足固定需求下追求營運成本最小之營運決策，進一步並將總計機場所有航空公司於班機起降的需求量，以檢驗機場當局制訂之噪音管制方式與未來可能採取之噪音管制措施之成效，作為擬定機場相關噪音管制措施之參考。

茲將本研究之具體目的列述如下：

1. 蒐集並回顧目前機場噪音管制方式，釐清噪音管制之相關議題，瞭解噪音管制在實務尚待研究之課題與未來機場可能採取之管制措施，以界定本研究之課題。同時回顧航空公司網路規劃相關的文獻，以瞭解航空公司機型指派、航線頻次規劃等課題，並以相關研究為基礎，探討本研究之問題特性與研擬研究架構。
2. 於多對多的航空網路型態中，考慮航空公司的營運成本及旅客起迄點需求，以其所承擔之營運成本最小為目標，構建結合經濟理論與網路數學規劃之航空公司航線頻次與機型規劃模式，以分析機場噪音管制政策對航空公司進行機型規劃、頻次規劃、航線選擇的影響與其營運成本之變化。
3. 進一步以上述航空公司航線頻次與機型規劃模式為基礎，加總飛抵機場不同特性之航空公司班機頻次，構建機場噪音收費管制方案評估模式，量化不同噪音收費管制方案，對機場在追求噪音水準以符合控制標準、機場營運成長及噪音社會成本最小等多目標下之效率性與公平性，以作為機場當局擬定噪音管制措施之參考。
4. 於航空公司航線頻次與機型規劃模式與機場噪音收費管制方案評估模式中，以國際航空公司為例，蒐集本研究模式中主要參變數之實際資料，進行實例分析以驗證本研究模式之可行性，最後並對模式中航空公司使用之網路配置機型、機場採用之噪音管制措施等參變數進行敏感度分析，以瞭解各參變數值之改變對航空公司航線頻次與機型規劃及對機場噪音水準與機場追求之多目標達成狀況之影響。

### 1.3 研究範圍

航空引起之噪音污染大部分發生於大量轉運需求之軸心機場，因此在噪音管制措施現況分析將著重於國際軸心機場資料的收集。然而，由於航空客運與貨運在航空公司網路設計、機型、航線與營運成本上有相當之差異，為了簡化航空公司因應機場環境收費之航線機型與頻次規劃模式與機場管制方案評估模式之構建，本研究擬先以航空客運為主要研究範圍，故貨運機不在本研究範圍內，而可作為未來研究之課題。

本研究以國際航空公司為研究對象，航空客運為範圍，航空網路則定義為：由所有航空公司飛航之機場與連接這些機場與機場間之航線所構成 (Teodorovic et al., 1994)。探討不同噪音收費管制措施對航空公司最適網路型態與機型選擇之影響，並針對機場採行之不同噪音收費管制措施效率性進行評估。航空公司在長期進行航機購買時，除了就機型本身燃油成本、機場使用費、噪音污染費用、機組人員費用、航機維修成本及折舊成本進行選擇之外，亦可能針對部分未能量化的特性例如航機操作性能、維修保養之複雜度、舒適與安靜的程度進行機型選擇。故本研究結果擬提供航空公司在中短期現有之機隊下因應環境管制政策之最適化調整，亦可提供航空公司長期購買新機型進一步考慮其他因素之基礎。

在噪音管制議題中，機場與航空公司分別扮演營運者與使用者的角色，因此機場進行噪音管制將直接影響航空公司行為，雖然旅客亦可能因應航空公司改變航線及班機頻次造成需求上的變動，但與機場噪音管制之關係並不如航空公司面臨噪音管制之影響來得直接。且航空公司面臨機場噪音管制，可能重置班機頻次與使用不同機型，雖頻次可能降低需求但大型與較安靜之機型卻可能提高需求，故在頻次與機型偏好兩不同方向雙重影響下，旅客需求改變之效果尚未定論有待進一步研究，故本研究不擬考慮旅客需求因應航空公司改變航線班機頻次的變化，只針對噪音管制對航

航空公司航線及班機頻次之可能變動進行分析。

## 1.4 研究流程與架構

本研究擬首先從機場噪音議題、航空網路設計兩方面進行文獻的收集與回顧，以求整體性地瞭解機場噪音收費、航空公司航線及班機機型、頻次規劃之實務課題與學術研究，並分析目前相關研究未能深入探討的部分，以界定本研究之架構與分析之要項。過去文獻多以敘述性或計量經濟方法探討噪音管制收費對航空公司的影響，但結合航空網路概念探討機場噪音收費對航空公司網路配置影響之相關研究則鮮少。本研究整個的研究架構主要是由兩個模式所組成，一為航空公司航線頻次及機型規劃模式，另一為機場噪音收費管制方案評估模式，本研究整體研究架構如圖 1.1 所示。

本研究將應用網路數學規劃模式進行航空公司航線及班機頻次規劃與機型選擇設計研究，考慮機場徵收不同噪音費引起航空公司營運成本的變動，航空公司於追求營運成本最小化之目標下，將致力尋求一最適的航線及班機機型與頻次以使其所承擔的總營運成本最小，透過航空公司網路航線頻次及機型規劃模式的建立，求解航空公司因應機場噪音收費之最佳網路配置。從各航空公司因應噪音收費對航線頻次及機型選擇模式之規劃結果中，機場將可以得知一週飛抵特定機場之所有航空公司的航線頻次及機型，進一步依據各航空公司因應噪音收費策略規劃之最適航線及班機機型與頻次，透過航空噪音污染函數的計算，估計機場一週平均日夜噪音量，做為機場制訂噪音收費管制對機場噪音量控制目標達成的指標，另並擬以解析性模式構建機場營運成本與營運收入及航空噪音社會成本模式，分析噪音收費對不同角色之影響，以提供機場檢驗噪音收費方案於機場追求之多目標達成狀況，作為機場當局評估與研擬噪音收費管制政策之參考。最後藉由實例分析及主要參變數之敏感度分析，說明本研究之應用，本研究之

流程繪製如圖 1.2 所示。

本研究共分五個章節，下一章則回顧航空管制政策與噪音收費方法討論、航空網路規劃與機場噪音外部性研究的相關文獻，並以相關研究為基礎，探討過去研究未能深入討論的部分；第三章則從航空公司的角度，探討航空公司於降落機場改變噪音收費時，是否重新進行機型規劃、頻次規劃與航線選擇，構建航空公司航線頻次及機型規劃模式，以分析航空公司在面臨機場改變噪音收費管制政策對航空公司於規劃航線頻次與機型的影響與營運成本之變化；第四章則從機場噪音管制者的角度，分析噪音收費管制方案對航空噪音污染量之控制成效，評估機場採用不同噪音收費方案對機場營運成長及航空噪音成本控制等多目標追求之效率性與公平性；第三章與第四章結尾，則分別各以國際航空客運網路為例，驗證本研究模式之可行性，並針對模式中重要參變數進行敏感度分析；最後則為本研究之結論與建議。

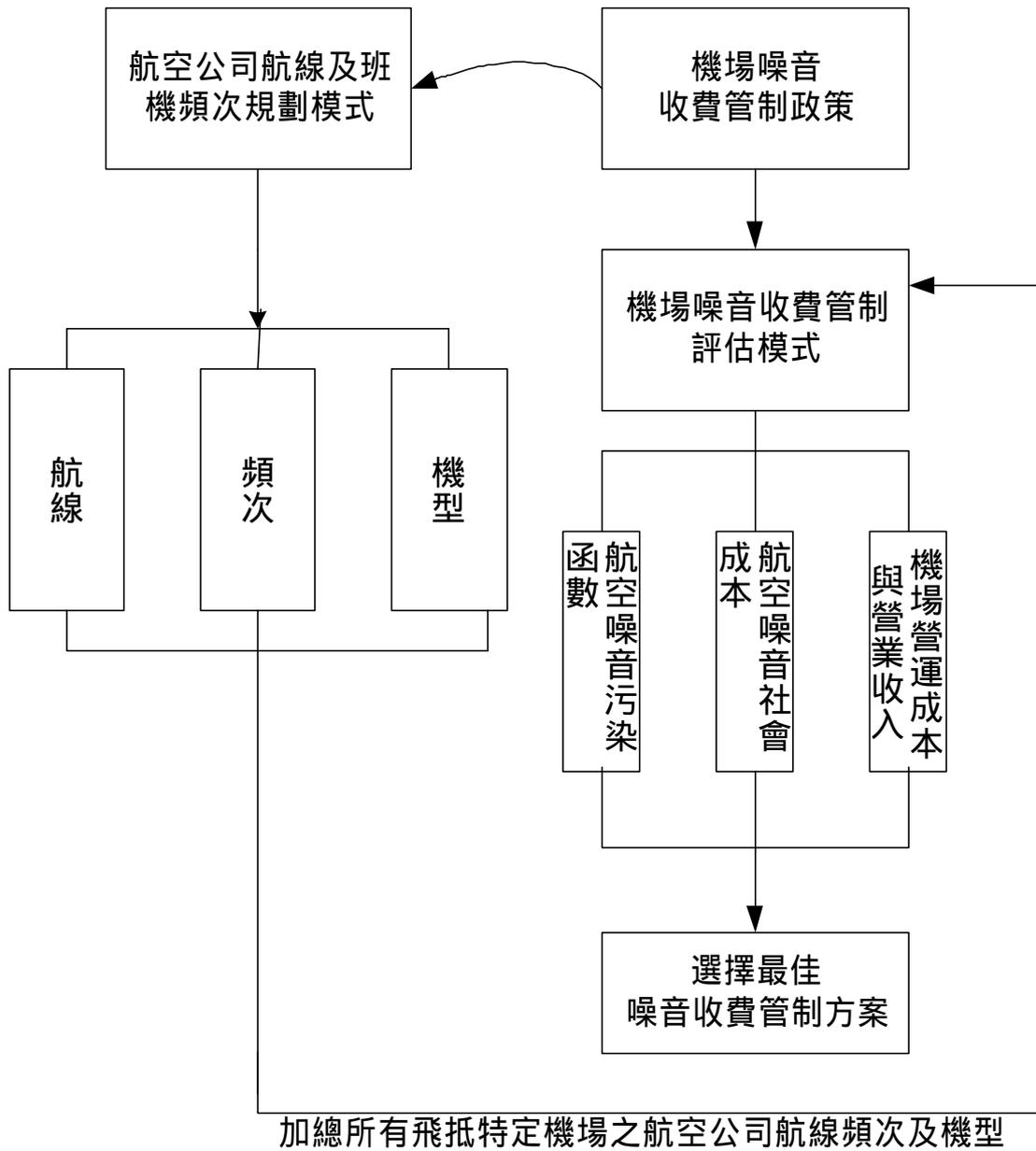


圖 1.1 研究架構圖

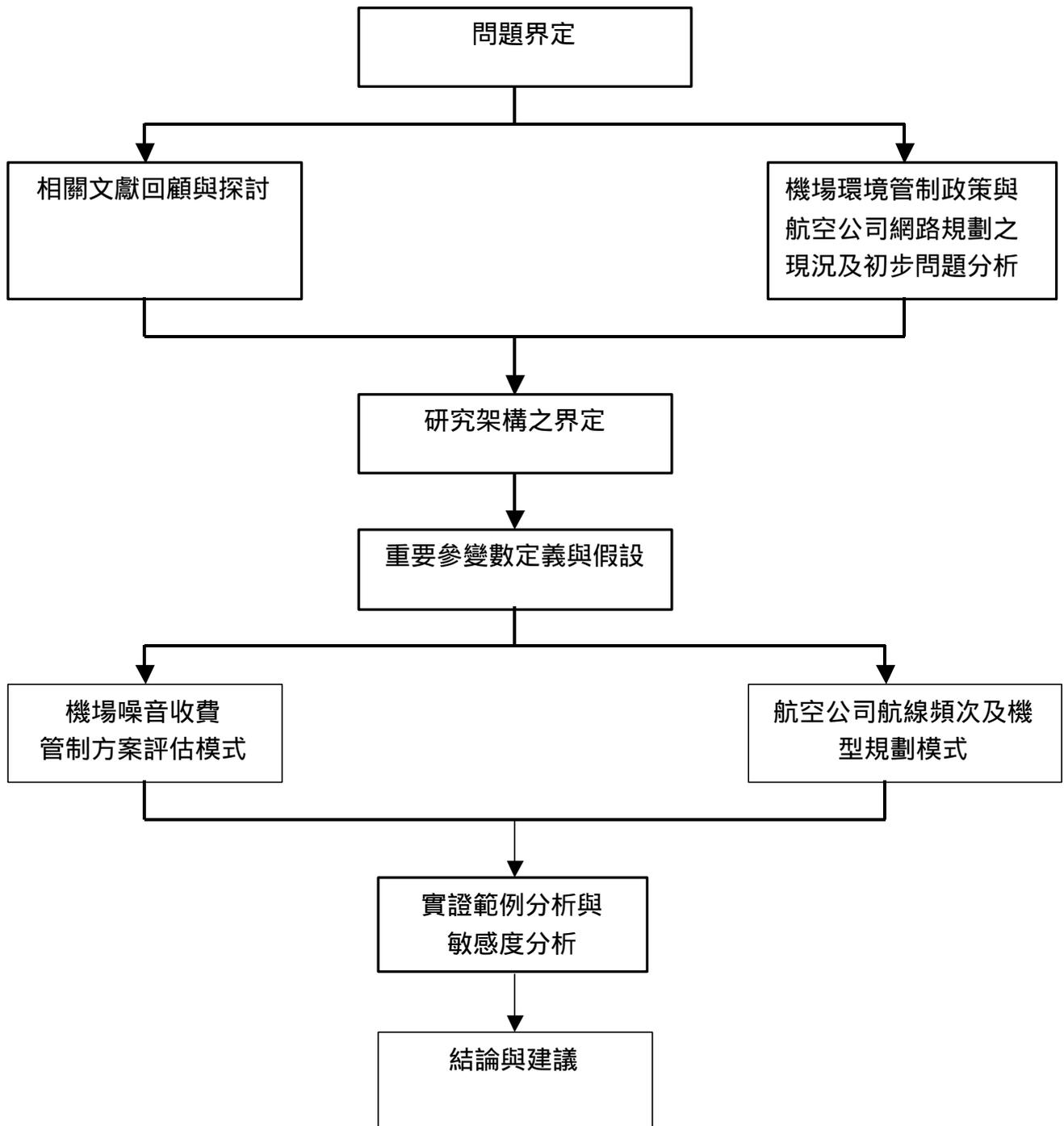


圖 1.2 研究流程圖