

# 一、緒論

## 1.1 研究動機

為因應未來航空技術與衛星科技的迅速發展，國際民航組織 ICAO 提出了全球性的「通信、導航、監視/飛航管理(CNS/ATM)」計畫，全世界預計完成期程為西元 2015 年。我國位於東北亞及東南亞航空交通的樞紐，面對對岸中國大陸近年來積極進行民航軟、硬體建設的威脅，為保有我國長久以來能提供較好飛航服務上的競爭優勢，交通部民用航空局自民國九十一年起，分階段進行「台北飛航情報區通信、導航、監視/飛航管理(CNS/ATM)建置計畫」，將台北飛航情報區現有的飛航管制單位規劃由一個區域管制中心及五個終端近場管制單位(中正、高雄、台中、花蓮、台東近場台)整併為北部及南部二個航管作業中心。面對此項重大改變，相關航管單位所管轄之空域範圍亦應隨之調整變更。另外，由於衛星導航科技的發展及其具有比傳統地面導航設施的優勢，是未來達成航空界「自由飛行(Free Flight)」夢想的基礎，我國民航局因此亦著手規劃本區 RNAV 航路、RNAV 離到場航線與 GPS 儀器進場程序，以逐步取代傳統助導航設施所構建的航路與儀器飛航程序。

空域及儀器飛航程序的調整或重新規劃，主要的目的在於增加空域使用效益及提升飛航安全，然而空域及儀器飛航程序如何調整及調整後是否能獲得效益增加及安全提升等效果，則需藉由專門工具方能確切予以預測評估。以美國聯邦航空總署(FAA)來說，在進行空域調整的效益評估方面，使用的系統模擬模式工具有「全空域及機場模式(TAAM)」、「重組飛航管制數學模擬器(RAMS)」及「SIMMOD 模擬模式」，另外使用在偵測飛航衝突點，評估飛航安全的系統模擬模式工具有「分區規劃分析工具(SDAT)」、「空域模擬工具(ASIM)」及「SIMMOD 模擬模式」。至於歐洲等先進國家亦有發展相關的系統模擬模式工具，可惜的是前述這些模擬模式或工具除「SIMMOD 模擬模式」外皆不易獲得，亦不見得能符合我國地區的飛航環境特性。因此發展適合我國的適當評估方法，進行空域、儀器飛航程序及

飛航管制策略的選擇分析，是非常重要的課題。

我國目前對評估空域績效的研究約有以美國聯邦航空總署(FAA)發展的「SIMMOD 模擬模式」，及國人(戴佐敏教授等人)自行發展的「空中網路模擬(ANS)模式」兩種方法，但是對偵測空域及儀器飛航程序所可能產生的飛航衝突點，有關安全績效的評估研究卻是付之闕如。雖然「SIMMOD 模擬模式」可作偵測飛航衝突點的模擬，但該模式之架構為節點-節線(Node-Link)，運作邏輯為事件掃描(Event Scanning)，因此所能偵測到的衝突點為兩架航空器同時通過兩(多)節線相交節點事件的發生，並不考慮航空器間相互之高度關係，與真實情形中航機間產生衝突為同時水平距離及高度距離皆低於規定之最低標準之條件不符。

一般來說，飛航中航空器間最容易產生飛航衝突的飛行階段為爬升及下降時，亦即離場的航空器由機場跑道離地後沿儀器離場程序爬升至加入航路到達平飛狀態間的階段，而到場的航空器則為自航路脫離平飛狀態沿儀器到場程序下降至觸及跑道為止間之階段。儀器離到場程序對航空器的飛航路徑劃有固定之路線，雖無法確保航空器一定飛航在程序的中心線上，但可確認航空器偏移出該程序設定保護範圍可能性的程度是相當低且有其統計論證基礎，如果再加上不同類型航空器的爬升率、下降率、適當巡航空層、飛航衝突定義(低於最低隔離)等參數，求取各類型航空器的飛航軌跡(Flight Trajectory)，分析離到場航機間通過航線交叉點產生衝突之可能性，預期可以提供儀器飛航程序調整及飛航管制策略的選擇之參考，亦可供模擬模式之程式撰寫使用。

另外，飛航管制雷達模擬機(Air Traffic Control Radar Simulator)利用電腦模擬產生航機之目標(Target)與軌跡(Track)於螢幕上，供航管人員訓練雷達引導航機之技巧，是提供管制員訓練之有效工具。也因此飛航管制雷達模擬機所產生之虛擬航機是否能真實反映出實際航機的飛航軌跡與特性，也會影響航管人員運用雷達模擬機的訓練成效。

我國民航局民航人員訓練所現有之飛航管制雷達模擬機係 1988 年起由

該所與林宏彥教授共同開發，其中航機垂直飛航特性是依固定參數產生，再由資深操作人員依經驗增加或減低飛機之飛航特性，以達到模擬之效果，然而如此並無法真實反應不同機型航機之垂直飛航軌跡。

因此，如能找到一適當工具或方法，可以較準確的模擬出離到場航機的垂直飛航軌跡並確立其參數範圍，便可供飛航管制雷達模擬機系統規劃與程式撰寫使用，以設計出更真實有效之模擬機，供訓練飛航管制人員使用。

## 1.2 研究目的與課題：

### 1.2.1 研究目的

本研究之目的在於運用 Eurocontrol BADA 建立各種機型之飛航軌跡與航空器載重差異所造成飛航軌跡變化之範圍，藉由航管單位雷達系統處理實際航機狀況資料紀錄分析整理後驗證是否符合台北終端管制區之飛航環境使用，並可據以發展儀器飛航程序調整及飛航管制策略應用之模擬模式基礎，以作為儀器飛航程序設計人員於設計儀器飛航程序時及管制員選擇管制策略時之參考，並提供飛航模擬模式或飛航管制雷達模擬機於撰寫程式模擬飛航軌跡時使用。

### 1.2.2 研究課題：

本研究之工作內容如下：

1. 儀器飛航程序之設計、航空器飛航特性分析、飛航管制策略等相關文獻之探討：

首先瞭解國內外相關研究文獻中，有關儀器飛航程序之設計、飛航管制之策略及航空器飛航特性分析等方面之規定及作法，以作為本研究之參考。

2. 飛航管制與航空器操作習性分析：

影響航空器飛航之軌跡除了航空器本身的空氣動力特性外，航空器駕駛員的操作習性與飛航管制行為及策略的介入也是很重要的影響因素，因此，有必要對飛航管制程序及駕駛員操作航空器之習性予以分析瞭解，以便後續對雷達資料航空器實際飛航軌跡及經由航空器基礎資料 BADA 所產生飛航軌跡之分析解讀。

3. 儀器離到場航線及航空器飛航軌跡資料之收集與分析：

為了瞭解航空器飛航之情形，應就台北飛航情報區中之儀器離到場航線結構作一分析。另對於各型航空器飛航於每個階段之爬升率、下降率、速度等特性資料，採用中正近場管制塔台航管自動化系統 SDRC 紀錄，將 SDRC 記錄下之資料進行篩選分類與統計分析，以求得各機型飛航特性參數之分佈型態與範圍值，作為後續運用 BADA 進行模式發展之驗證。

4. 航空器飛航軌跡模式 (Flight Trajectory Model) 之建立：

依據 BADA 以 Excel 試算表建立各機型之航空器飛航軌跡模式 (Flight Trajectory Model) 及範圍。

5. 航空器實際飛航軌跡分析驗證航空器基礎資料 BADA：

將分析整理雷達資料中各機型航空器實際飛航軌跡與經由依據 BADA 以 Excel 試算表建立各機型之航空器飛航軌跡作一驗證比較，以確認航空器基礎資料 BADA 於台北飛航情報區之適用性。

### 1.3 研究範圍

台北飛航情報區目前有儀器飛航離到場程序之民航機場有十三座，每一機場之飛航路線結構及航機特性皆不盡相同，其中有區域航行 RNAV 儀器離到場程序之機場為中正國際機場。區域航行 RNAV 航線為未來儀器飛航航線設計之主流，是全世界民航邁向實現自由飛行(Free Flight)的必經的

進程階段，在自由飛行未發展成熟前，區域航行 RNAV 航線將逐漸取代傳統依賴地面助導航裝備之航路。

本研究主要在探討台北終端管制區國際線班機垂直飛航軌跡模式及航空器基礎資料 BADA 於台北飛航情報區之適用性。因此，本研究之研究範圍如下：

1. 不同類型航空器間飛航特性差異極大，本研究以中正國際機場之航空器種類為資料收集之依據，將航空器依機型分類，並分析不同機型於不同階段之特性參數範圍與分佈型態。
2. 本研究係為探討儀器離到場垂直飛航軌跡特性，以作為飛航管制策略、模擬模式與飛航管制雷達模擬機虛擬航機飛航軌跡設計之參考，故為針對航空器爬升及下降時之階段，而不包括航空器已到達平飛高度加入航路之階段，亦不探討航空器的水平飛航軌跡可能造成之偏移。

本研究涵蓋中正機場儀器離到場航線範圍為：

離場航線：自機場起飛階段開始，經爬升階段，加速爬升階段，至離開台北終端管制空域上限 FL200 為止。

到場航線：自下降進入台北終端管制空域上限 FL200 起，經減速下降階段，進場落地階段至落地為止。

3. 飛航管制的作為與手段是以人為方式來介入飛航衝突的偵測與解決，以彌補儀器飛航程序設計不良之缺點，為能真實反應儀器飛航程序結構調整在安全上影響，本研究之資料收集不納入經飛航管制作為介入後之航機飛航狀態資料。
4. 軍用戰術機與民航機之用途及飛航特性差異極大，且各有不同之儀器飛航程序設計方式，故本研究範圍不考慮軍用戰術機之部分，然而一般軍用運輸機飛航特性與民航機相同，得適用本研究。

## 1.4 研究方法與流程

本研究在資料收集與分析過程採用統計分析方法，以決定不同機型在不同飛航階段時之爬升率、下降率、速度等參數範圍及分佈型態，用以驗證 BADA 所建立航空器飛航軌跡 (Flight Trajectory) 之適用性。

於確定研究目的後，進行相關文獻回顧與探討以期能充分瞭解與參考，進而收集欲研究機場之儀器離到場航線資料與航空器特性資料，加以統計分析求出參數項目及範圍，接著以 BADA 進行航機飛航軌跡 (Flight Trajectory) 之構建，最後以航空器實際飛航軌跡，分析驗證航空器基礎資料 (BADA) 於台北飛航情報區之適用性。其中各流程階段之工作如下(研究流程圖如圖 1.1)：

### 1. 文獻回顧與探討

- (1) 研讀國內外相關研究文獻中，有關飛航管理領域(Air Traffic Management Domain)模擬模式中，有關航空器飛航軌跡之建立及應用方式。
- (2) 瞭解國內外相關研究文獻中，有關航空器飛航軌跡之模式架構與研究方法及論述。
- (3) 瞭解 BADA 之設計與使用方法。

### 2. 台北終端管制區飛航作業之探討

- (1) 台北終端管制區空域結構。
- (2) 中正機場離到場航線結構資料
  - a. 儀器離到場航線之種類及特性。
  - b. 各儀器離到場航線之節點節線設計情形及節點間之距離。
- (3) 航空器爬升下降之空速限制
  - a. 離場起飛後初始爬升階段
  - b. 離場一萬呎以下限速爬升階段

- c. 離場加速爬升階段
- d. 到場高高度下降階段
- e. 到場減速下降階段
- f. 到場一萬呎以下限速階段
- g. 到場進場落地階段

(4) 中正機場航空器機型分類資料

(5) 航空器隔離標準與飛航管制作業

- a. 非雷達隔離標準
- b. 雷達隔離標準
- c. 高度指定
- d. 雷達引導
- e. 空速調整
- f. 等待
- g. 其它航管作業規定

(6) 航空器操作特性與限制

- a. 減低推力爬升
- b. 噪音管制程序

3. BADA 航空器飛航軌跡(Flight Trajectory)之建立

- (1) 合理區分航空器爬升及下降之不同階段。
- (2) 以 BADA Excel Spread Sheet 建立各機型航空器平均飛航軌跡及爬升下降率。
- (3) 以 BADA Excel Spread Sheet 建立各機型航空器最大載重及最輕載重之飛航軌跡及爬升下降率範圍。

4. 分析航空器實際飛航軌跡並驗證航空器基礎資料 BADA 於台北飛航情報區之適用性：

- (1) 分析整理雷達資料中各機型航空器實際飛航軌跡及爬升下

降率之平均值與標準差。

- (2) 依據雷達資料分析結果驗證 BADA 以 Excel 試算表建立各機型之航空器之飛航軌跡，以確認航空器基礎資料 BADA 於台北飛航情報區之適用性。

## 5. 結論與建議

依照本研究之結果提出結論與建議事項，以供後續相關研究之參考。





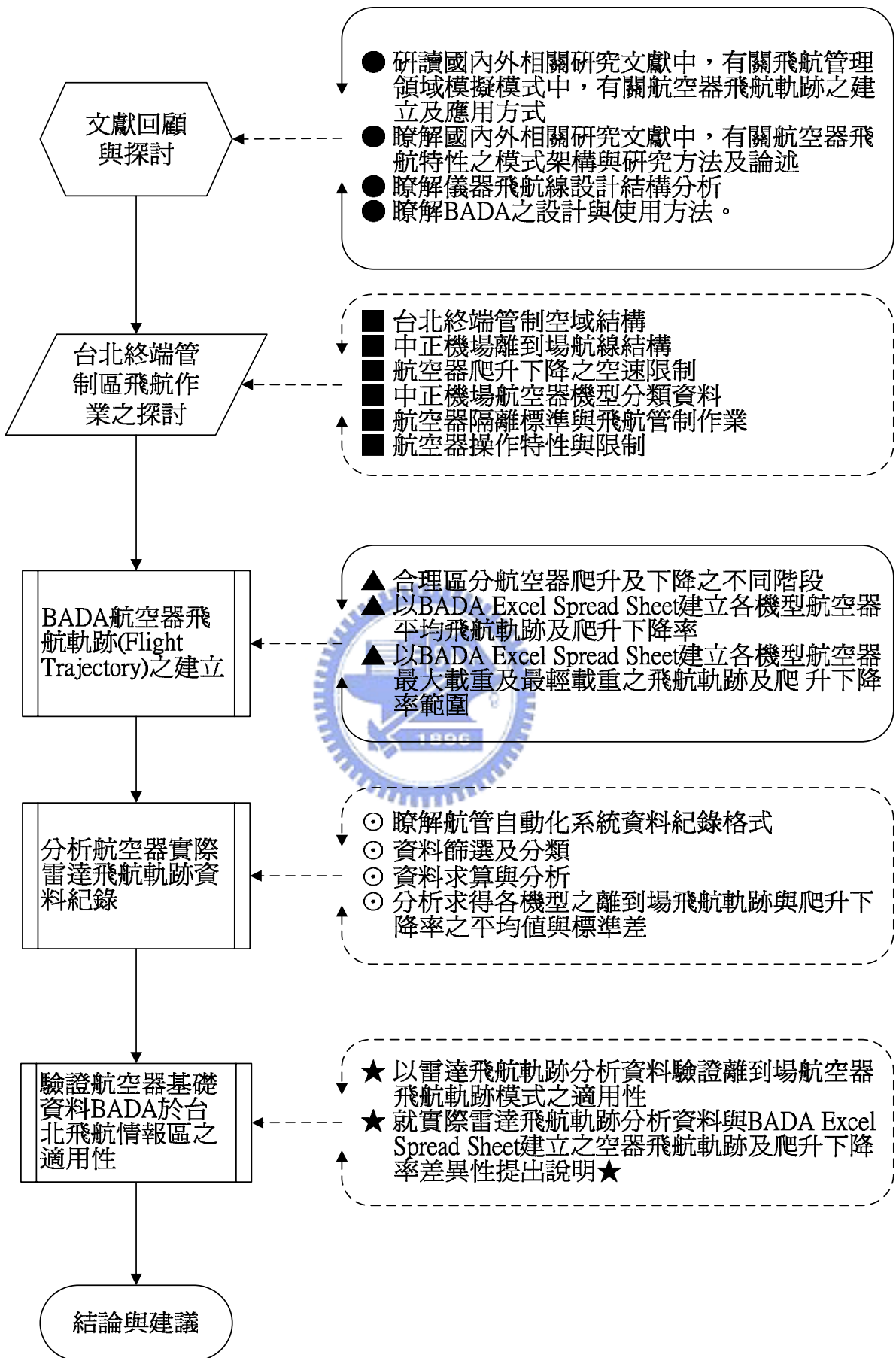


圖 1.1 研究流程