

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

因應未來空中運輸成長需求，國際民航組織 (International Civil Aviation Organization, ICAO)[25]於西元 1989 年提出通訊、導航、監視與飛航管理 CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management) 系統，採用前端的科技運用於飛航管理、改善飛航服務與提升飛航安全，最終達成在空中自由飛行(Free Flight)的夢想。西元 1994 至 1995 年間，航空無線電技術委員會(Radio Technical Commission for Aeronautics, RTCA)二百多名專家學者致力於自由飛行之定義：包括在儀器飛航規則(IFR)下，飛行員能夠自由地選擇飛航路徑或速度，達成安全而有效率之飛航，任何移除現今飛航限制行為都表示朝向自由飛行之路上邁進[12]。美國聯邦航空局 (Federal Aviation Administration, FAA)對自由飛行解釋：使美國國家飛航系統由飛行員及管制員間集中式之指揮及控制系統(Command-and-control System)朝向分散式系統 (Distributed System)，允許飛行員能選擇最有效率及經濟效益之飛行航路與計畫，但為了確保航機於高密度之航空站及空域內能夠保持安全隔離，或是避免航機誤入禁航區內，飛行員在以上所述之情形下仍會受到限制[26]。為使航機能夠摒棄現有點對點飛行航圖，自由且有彈性地選擇飛行航路，增進各方面效率、改善空域日漸擁擠情形，與因應全球通行之飛航管理系統(Air Traffic Management System, ATMS)，中華民國交通部民用航空局[24]已著手執行台北飛航情報區「通訊、導航、監視與飛航管理發展建置計畫」，並依時程階段性完成此計畫。

雖然全世界正逐步落實CNS/ATM計畫，以改善日漸擁擠的空域與提升飛航安全，但美國聯邦航空局建立之空中碰撞系統(Near Mid-Air Collision System, NMACS)資料庫中[26]，仍持續地記錄空域內航機間距離小於500呎安全隔離之意外事件或重大事故，可知使用自動化航管系統後，航機衝突並未從此消失。飛航管制程序[17]提及航管業務之主要目的係為防止航空器間發生碰撞，安排及加速航行流量，航管業務亦提供有限度之附加服務。提供附加服務之能力受到航行量、無線電擁擠、雷達品質、管制員工作量、較高優先事宜或超出體能限制等因素影響。達成自由飛行這個終極目標之前，確保空域中航機飛航安全要素除了飛行員本身按照標準作業程序駕駛

航機之外，同時也必須仰賴地面管制員根據飛航管制程序及離到場程序之規範，指定航機所應到達之高度或速度。衝突一旦發生，管制員或飛行員必須能夠依其擁有之知識、經驗加以排解衝突，若無法及時排解衝突，最終將導致航機碰撞，造成生命財產損失並增加社會成本。

空域內之飛航安全與航機間是否存在可能之衝突息息相關，所謂的航機衝突仍指航機彼此間距低於隔離標準之情形，如能事先透過航機之軌跡預測即可判斷航機未來在空域中可能的位置，此等資訊即可作為評估航機是否可能發生衝突之依據。經由衝突分析的結果，可及早採取因應對策，以避免所有可能發生之衝突，確保台北飛航情報區內航機之安全。因此空域內是否隱藏著潛在航機衝突之相關議題為值得深入探討之重要課題。

1.2 研究目的

以往針對台北飛航情報區內空域之相關研究，主要為應用模擬模式建立飛航流量管理系統與建立國內空域之模擬參數進行空域分析為研究之二大方向。飛航流量管理方面，如劉仲祥[21]及俞瑞華[22]之研究，而張仁達[23]與吳世偉[20]則透過模擬之方式以分析航機延誤，其並未對航機之軌跡及衝突進行分析。董吉利[19]雖研究終端管制區內國際線離場與到場航機垂直軌跡與 EUROCONTROL 之 BADA(Base of Aircraft Data)所生成垂直軌跡是否相符合，但基本上對台灣空域內航機可能發生之衝突並無探討。

為確保空域內航機之飛航安全，必須分析空域中是否存在衝突。藉由剖析航管雷達資料中所記錄真實航機飛行行為，建構台北終端管制區內中正國際航空站不同種類航空器離到場航空器立體空間及時間所組成之動態軌跡，為衝突分析前必要執行工作。不同機型航空器動態軌跡建立後，應用動態軌跡模擬台北終端管制區內離場與離場、到場與到場及離場與到場航空器之飛行，尋求是否存在潛在衝突。希冀避免台北終端管制區內航機發生衝突意外事件，以提升區內安全，免除因航空事故或意外事件所引發龐大社會成本。因而本研究主要目的如下列三點：

1. 建立台北終端管制區內航機軌跡預測模式，模擬航機於空域中真實飛航行為。

2. 求得空域內航機衝突發生機率及衝突點，以避免未來實際飛航時航機可能衝突，提升飛航安全。
3. 經由軌跡預測模式及衝突分析，提供未來終端管制區空域調整項目或評量管制員工作負荷之參考。

1.3 研究範疇

探討未來數分鐘內航機軌跡預測與衝突分析。以航管雷達建立預測軌跡時，依不同之儀器離場與到場標準程序，建立預測軌跡。軌跡建構時，飛行時之天候因素、航機配置引擎之差異及航空公司對航空器操作程序之要求等對航機飛航軌跡之影響，由於從航管雷達資料中無法辨別，因此這些因素對飛航軌跡的影響將不特別納入本研究軌跡建立時的考量，其將內含於總體軌跡之分析中，亦即將直接透過外顯之航機實際軌跡考量之。

台北終端管制區離到場空域範圍為高度 1200 呎至飛航空層 200 間，由中正機場近場管制塔台所負責，依此定義，本研究只討論此空域範圍內國際線雷達管制之離到場航機，不考慮過境台北終端管制區任何航機。同時也不討論衝突之影響因素或產生衝突發生原因。

1.4 研究方法

因為氣候或人為等因素會影響航機飛行之軌跡，航機不可能在定位點與定位點間完全呈現水平之直線飛行，航機高度也不會是完美之線性變化，因而立體空間之動態軌跡不再由數個固定的空間點構成，航機軌跡將由特定之機率分配，平均數及變異數等統計量描述航機可能之軌跡。本研究依航管雷達記錄之航機參數資料，統計分析航機可能之飛航軌跡範圍，利用此等軌跡之分佈資訊，再以機率模式建構台北終端管制區內國際線航機之動態軌跡預測，並分析其可能之衝突。衝突分析方面，將以二航機預測軌跡之機率模型為基礎，計算其違反前後、左右或垂直隔離要求之機率、可能位置與衝突時間點。

1.5 研究內容與流程

本研究以台北終端管制區內中正國際航空站離到場民用航空器為研究對象，由二大部份所組成：第一部份為建立航機軌跡之預測：經由實際航管雷達資料建構可預測之航機軌跡。第二部份以預測軌跡探討台北終端管制區內可能發生之航機衝突。確定問題及研究範疇後，詳閱有關航機衝突之參考文獻，並依航管雷達資料的處理結果建構動態軌跡，以預測之軌跡分析台北終端管制區內潛在之航機衝突，最後將本研究結果作歸納及統整後提出結論與建議。本研究內容如下：

1. 界定問題與範疇

確立本研究「航機軌跡預測及衝突分析」之相關問題，並依上述研究範圍執行後續工作。

2. 回顧相關文獻

進行「衝突」定義、航機衝突偵測與排解模式及電腦模擬模式之相關文獻回顧與統整。由於飛行員根據台北飛航情報區飛航指南(AIP)中離到場程序之規範操作航機飛行之路徑，管制員按照飛航管制程序規定之雷達管制隔離標準給予航機適當指示，因此尚必須回顧台北飛航情報區飛航指南中儀器離到場航圖，明瞭不同離到場航圖之飛航路徑與高度之規定，同時回顧飛航管制程序內雷達通則一節制定之前後、左右及垂直隔離之標準。

3. 蒐集及分析航管雷達資料

依董吉利[19]篩選中正終端航管自動化系統所記錄航機雷達資料之程序，取得台北終端管制區內國際線航機之雷達資料，按照不同機型及離到場程序分類歸檔，萃取當中必要資訊，確定建立航機軌跡必要之參數。變數包括：雷達記錄航機每一筆飛行資料之時間、航機呼號、雷達電碼(Reported Beacon Code)、雷達回報航機位置WGS84之XY座標、航機回報高度、航機水平速度或XY軸上對應之航機速度及航向。

4. 建立航機之預測軌跡

建構台北終端管制區內國際線航機之預測軌跡。不同機型依其離場或到場程序具有不同之航機軌跡特性，因此將針對特定機型、單一程序為基準，進行軌跡建構之分析，並將航管雷達資料依航機水平軌跡與垂直軌跡分別處理討論。由於航機須依照離到場程序之規範飛航，要求航機遵照離到場程序到達特定之定位點，而離到場程序航圖中各定位點經緯度轉換可得定位點之WGS84水平坐標，因此透過航管雷達每四秒或五秒記錄一筆航機三度空間位置與對應之速度、爬升下降率及航向資料，配合離到場程序可推估未來數分鐘內航機在某一程序下可能之路徑，並進一步建立可能之軌跡預測模式。

5. 衝突分析

以建構完成之航機預測軌跡模擬台北終端管制區內航機可能發生衝突之位置範圍、時間點及衝突之機率大小。二架成對航機依照不同之儀器離到場程序作為衝突偵測分析之對象，若預測時間內航機彼此距離小於雷達管制中安全隔離之標準，表示管制區空域內航機實際飛航操作有可能產生衝突，甚而發生碰撞事故或意外事件。這裡所指之安全隔離即飛航管制程序中對航機採取左右、前後及垂直之隔離標準，一旦航機間距離違反其中一項隔離標準，即稱之為一衝突事件。

6. 結論與建議

本研究流程示如圖 1.1：

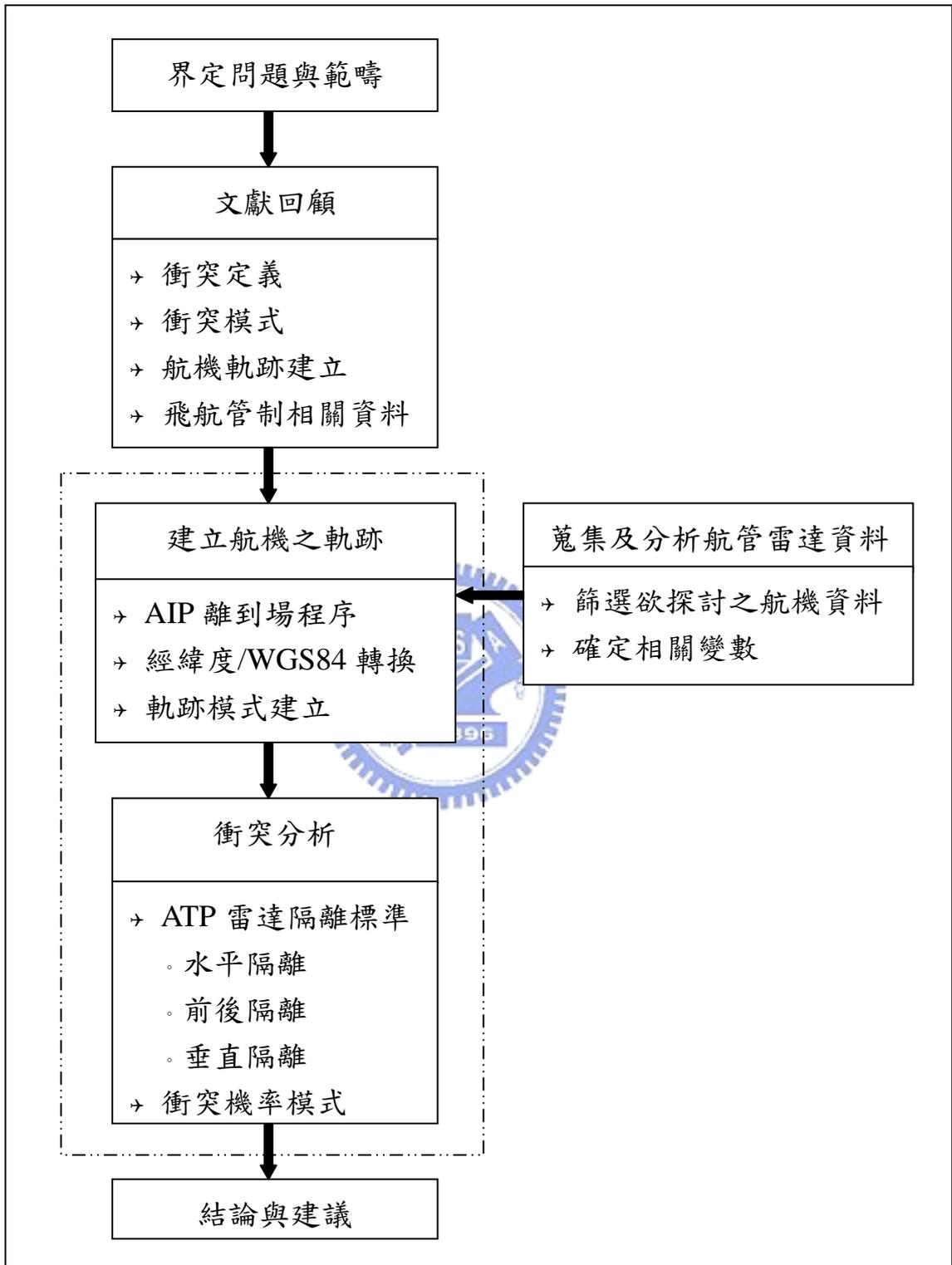


圖 1.1 研究流程