

## 一、緒論

### 1.1 研究背景與動機

航機自地面到空中，再回到地面的過程，可分為許多階段，其中又以航機起飛及降落的過程最受矚目，亦即離場的航空器由機場跑道起飛離地後依儀器離場程序爬升至加入航路到達平飛狀態間之階段、以及到場的航空器自航路脫離平飛狀態沿儀器到/進場程序下降至觸及跑道為止間之階段，皆需遵從相關的離到場程序及航線規定來進行。在任何飛行狀態下，航機之間皆需遵循相關隔離規定以維安全，而航機在爬升及下降時，所占有的空域乃是以四度空間的觀念在變化，航機之間的隔離要求更形複雜而必要。航空管制人員藉由雷達設備監控各航機在爬升及下降的過程中，若有可預知的航機衝突，航空管制人員必須提前給予航機改變航向、指定空速或是高度的指示以排解衝突，並持續監控；一但預知有新的航機衝突可能，航管人員則需提前再次下達新指示。以我國最主要的臺灣桃園國際機場為例，因受限於傳統導航設施及可運用的空域，部份離到場程序的航線容易發生航機衝突，因此需高度仰賴航管人員以雷達引導方式下達指示及持續監控航機以保持安全隔離，造成航機偏離原程序航線而喪失了程序設計的原意，也對航機產生了負面效益如油耗、準點及噪音。另外由於作業程序上的差別，相較於離場爬升的航機，航管人員需付出較多的注意力與時間來監控到場降落的航機，以便能掌控到場航機的動態。面對此情境，不同的航管人員多以自身經驗檢視當時航情，採取合於規定且安全的雷達引導方式引導航機爬升或下降，通常並無明確且一致性的程序準則可遵循。因此從規劃層面來看，傳統離到場程序及航管人員指示原則仍有改進及規劃的空間。

國際民航組織（ICAO, International Civil Aviation Organization）在 1989 年提出「通訊、導航、監視/飛航管理系統（CNS/ATM, Communications, Navigation and Surveillance Systems for Air Traffic Management）」之全球性的計畫，以先進的衛星航行及數位通信為基礎，期能突破傳統地面助導航設施的限制，有效改善飛航服務系統之效率與品質。我國行政院也於 2002 年核准交通部民用航空局進行「通訊、導航、監視與飛航管理（CNS/ATM）發展建置計畫」，並分為「通訊」、「導航」、「監視」及「飛航管理系統」等四大子計畫分期進行。其中「飛航管理系統」子計畫，主要內容為航管空域調整及組織整併：將台北飛航情報區現有台

北、馬祖、台中、高雄、馬公、金門、花蓮及台東等八個終端管制區調整為海峽、北部、西部、中部、南部及東部六個管制區；組織整併為北部及南部兩處航管中心，並修正部份航路及管制區空域範圍，航空管制程序亦需隨著組織整併及空域調整的過程作適度的修正。由於衛星導航科技比傳統地面導航設施更具優勢，也是達成航空界「自由飛行 (Free Flight)」夢想的基礎，因此我國民用航空局亦有著手規劃區域航行 (RNAV, Area Navigation) 航路、區域航行離到場航線與全球定位系統 (GPS, Global Positioning System) 儀器進場程序，以精準的衛星定位點航路取代傳統助導航設施所構建的航路與儀器飛航程序。經由調整空域與改善航管程序，不但能強化飛航安全、降低人員作業上的壓力及航機衝突的可能性，更可提升空域容量及使用效率、間接降低營運成本（如航機油耗與人員支出）及當地的外部成本（如噪音及法規限制）。

有鑑於我國西部機場建設密集，機場周邊空域又屬起飛及降落最為頻繁，因此低層空域的運用相當吃緊，航管人員需要不時的介入指示離到場航機，可看出航管人員在整體運作過程中的重要性。然而，現有航管人員的介入是否代表著離到場程序本身仍有改善航機衝突的空間，亦或離到場程序是否應有明確的指示及引導規範，在國內並無相關研究。因此，本研究以我國最主要的臺灣桃園國際機場為例，分析目前離到場程序之航機衝突問題，並以區域航行概念為基礎，針對航管人員較難以掌握的到場部份提出改善衝突之規劃，期能增進機場空域整體運作的安全及效率。

## 1.2 研究目的與內容

本研究之目的在於建立一套分析過程，將航機到場管制過程進一步明確化，以增進航行安全及效率。本研究以臺灣桃園國際機場現行離到場程序之潛在航機衝突區域為對象，運用航機軌跡資料之收集及統計分析方式，針對到場管制過程提出改善衝突規劃，並經由案例模擬分析其可行性及預期改善成果，期能增進到場航機及機場空域運作之安全及效率。本研究內容如下：

- (1) 儀器飛航程序及飛航管制策略之探討：整理國內外文獻有關儀器飛航程序及飛航管制策略等方面之研究及規範。
- (2) 現行傳統離到場程序衝突分析：針對台北終端管制區域內現行傳統離到場程序之路線結構進行分析，釐清現有離到場程序之潛在航機衝突問題。

- (3) 飛航資料之彙整及到場指示之規劃：收集航管人員管制條及台北近場台航管自動化系統紀錄之航機軌跡資料，將其建檔、篩選及分類後，運用統計分析方式規劃到場指示之內容，以改善前述航機衝突問題。
- (4) 案例模擬：於彙整之航機軌跡資料中截取一段時空資料以模擬空域情境，並於此情境內執行前述規劃之到場指示方式以分析其可行性及效率改善成果。

### 1.3 研究範圍與限制

本研究將以台北終端管制區域之航機飛行及航管作業為主，研究範圍整理如下：

- (1) 區域航行 (RNAV) 航線為未來儀器飛航航線設計主流，也是航空界朝自由飛行 (Free Flight) 必經之進程階段，在自由飛行尚未發展成熟前，區域航行航線可用來逐漸取代傳統助導航裝備之航路。台北飛航情報區之臺灣桃園國際機場具有區域航行儀器離到場程序，同時國際航班也較為密集，推動國際化的程序設計也能與世界趨勢接軌，因此選擇臺灣桃園國際機場空域及起降航機為研究範圍。
- (2) 近場飛航程序分為標準儀器離場程序 (SID, Standard Instrument Departure) 及標準儀器到場航線 (STAR, Standard Terminal Arrival)。臺灣桃園國際機場現有之標準儀器離場程序可引導航機爬升至要求高度以加入航線，爬升過程之速度、航向及高度等較為明確；標準儀器到場則多以航管人員之雷達引導所取代，經由指示航機降低高度及改變速度或航向以利隔離及降落。因此與離場相較，航管人員多關注在到場航機的隔離及高度位置，引導指示量也大量增加。故本研究所提出之改善規劃將僅限於到場管制部份，離場則視為已是最有效率之離場程序設計。臺灣桃園國際機場儀器離到場範圍為進入台北終端管制區域飛航空層 200 (FL200) 以下、高度 2000 呎以上之爬升/下降階段。
- (3) 本研究以臺灣桃園國際機場之離到場民用航空器為資料收集之依據，將航空器依程序及機型分類以利分析。軍用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及其特殊考量，故本研究不考慮軍用機之部分，僅針對民用航班進行分析。
- (4) 航機之軌跡除受到航管人員指示影響外，也受到天候風向及駕駛對航機操作方式不同的影響。受限於天氣資料及航機飛行記錄器資料取得

不易，本研究將僅針對航管人員之指示及其所產生的航機軌跡結果來進行分析。

#### 1.4 研究方法

本研究之方法主要運用資料收集分析及統計分析方式，分以下三點說明：

- (1) 彙整臺灣桃園國際機場現行離到場程序之內容並於同一空間圖上繪製所有程序之路線後，先行探討可能發生潛在航機衝突之交織或會合區域。
- (2) 收集臺灣桃園國際機場離到場航機軌跡資料及台北近場台管制條資料，經過建檔、篩選及分類後，先運用迴歸模式建立空間方程式以描述航機實際軌跡之三度空間及誤差範圍，探討實際排解前述潛在衝突問題之可能路線，並據以建立新到場路線。確立路線後，再經由實際軌跡資料之統計分析，可求得各航機速度及高度變化方程式及誤差範圍。新的到場指示所要求之路線、速度、高度等三項指示將據此建立完成，將具有明確指示並可增進到場安全及效率。
- (3) 於彙整之航機軌跡資料中截取具有潛在航機衝突問題之時空資料，並據此建立一虛擬情境案例，設定目標航機以模擬新的到場指示，分析其排解航機衝突之可行性，同時計算航機之預估通過時間並與原資料之通過時間進行比較分析，以了解其效率改善成果。

#### 1.5 研究流程及架構

本研究之架構如圖 1，研究流程如下：

- (1) 界定問題與範圍：界定所欲探討之範圍及航機限制。
- (2) 文獻回顧與探討：研讀國內外之相關規範文獻。
- (3) 台北終端管制區域飛航作業
  - (a) 台北終端管制區域結構分析
  - (b) 臺灣桃園國際機場離到場程序衝突分析。
  - (c) 飛航管制人員作業及航空器隔離標準。
  - (d) 航機操作限制及其它必要之航管作業資料分析。
- (4) 雷達資料之收集
  - (a) 臺灣桃園國際機場航空器軌跡資料之收集、建檔、篩選及分類。
  - (b) 臺灣桃園國際機場航空器航管作業管制條之收集、建檔、篩選及

分類。

(c) 軌跡資料及管制條資料之連結。

(5) 雷達軌跡之分析

(a) 分析航機軌跡變化及航管介入排解衝突方式。

(b) 建立空間方程式以描述航機軌跡之三度空間。

(6) 到場指示之規劃：

(a) 運用求得之空間方程式規劃到場指示-路線部份。

(b) 建立速度及高度函數以規劃到場指示-速度及高度部份。

(7) 到場指示案例分析

(a) 以實際資料建立航機衝突之虛擬情境案例。

(b) 於案例中執行新到場指示內容以確認其排解航機衝突之可行性。

(c) 估算新到場指示之航機通過時間及其實際通過時間之比較分析，以評估改善效益。

(8) 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。



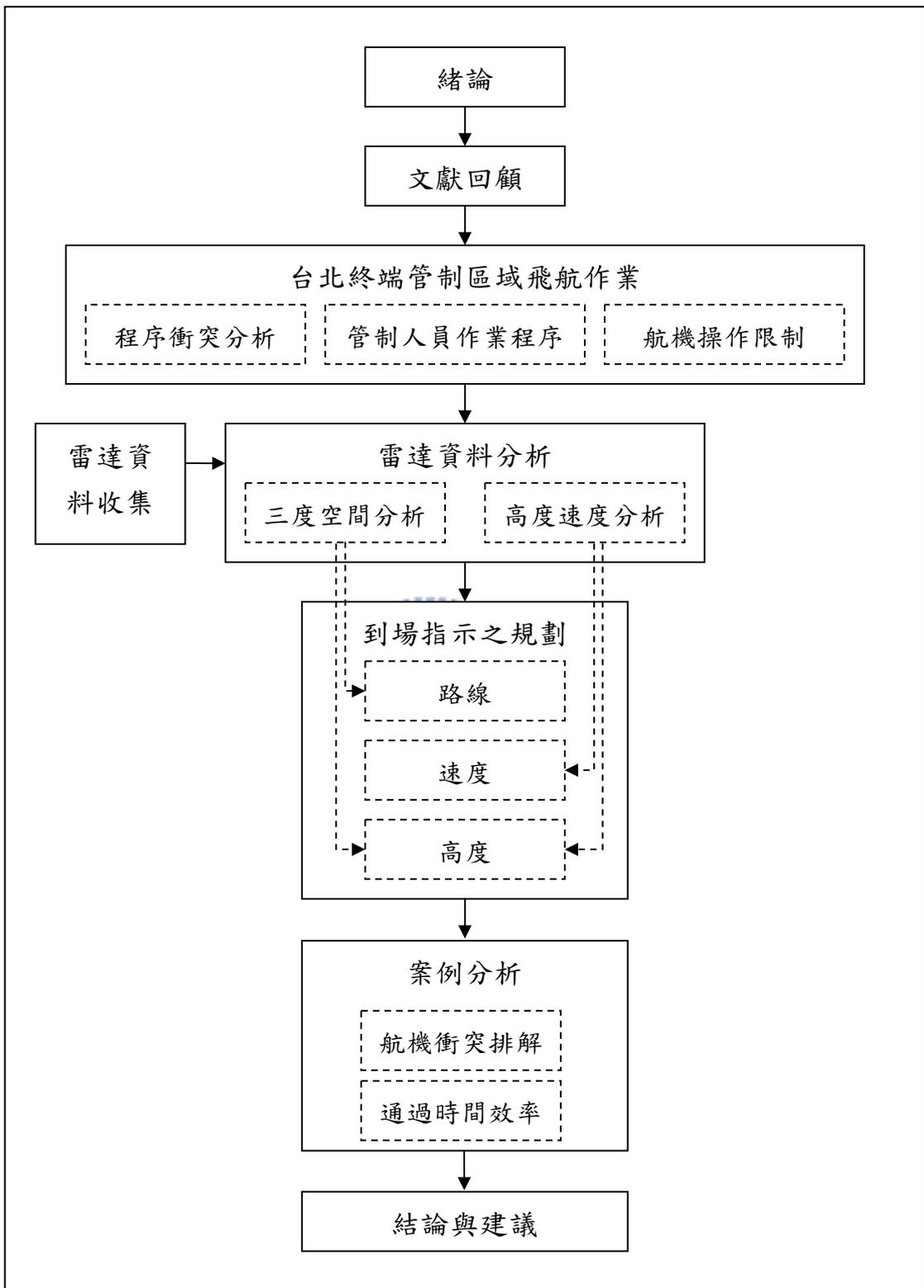


圖 1 研究架構圖