

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

航機軌跡於到場管制之應用分析

Applying Flight Trajectory Data for Arrival Control Analysis



研究生：修天浩

指導教授：汪進財 教授

中華民國九十六年六月

航機軌跡於到場管制之應用分析
Applying Flight Trajectory Data for Arrival Control Analysis

研究生：修天浩 Student：Tian-haw Shiou
指導教授：汪進財 教授 Advisor：Dr. Jinn-tsai Wong

國立交通大學
交通運輸研究所
碩士論文

A Thesis
Submitted to Institute of Traffic and Transportation
College of Management
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Traffic and Transportation

June 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年六月

航機軌跡於到場管制之應用分析

學生：修天浩

指導教授：汪進財

國立交通大學交通運輸研究所碩士班

摘 要

本研究運用臺灣桃園國際機場實際航機軌跡之資料分析，將航機到場管制作業進一步明確化，以增進航機航行之安全及效率。經由分析現有傳統離到場程序之路線結構，歸納出容易發生航機衝突問題之潛在區域，再彙整實際離到場航機之飛行軌跡資料，運用統計分析方式求得排解航機衝突之可能方法，並據以規劃明確的到場管制方式，最後透過案例模擬分析排解衝突之可行性及航機通過時間之改善效益。結論發現，透過實際航機軌跡之分析，可歸納出共六條到場路線及三種不同的到場速度供北面到場之航機使用，在其它航機航情為已知前提下透過路線及速度選擇，可有效排解航機衝突，同時減少航機之通過時間，增進航機飛行效率。

關鍵詞：航機軌跡、到場管制、航機衝突排解。

Applying Flight Trajectory Data for Arrival Control Analysis

Student : Tian-haw Shiou

Advisor : Dr. Jinn-tsai Wong

Institute of Traffic and Transportation,
National Chiao Tung University

ABSTRACT

In this research, aircraft trajectory data is used to create a detailed arrival control for Taiwan Taoyuan International Airport. The current arrival and departure routes are analyzed to conclude several possible aircraft conflict area. Thereafter, aircraft trajectory data are gathered and statistical methods are applied for analyzing possible conflict resolutions. Such conflict resolution findings are used as the improved arrival profile, containing six designed routes and three speed/altitude profiles. With the proposed detailed-profiles and the known traffic situation, the simulation results demonstrated that the aircraft conflicts could be avoided as designed and the flight time were shortened if the arrival flights were properly handled.

Keywords: flight trajectory, arrival control, aircraft conflict resolution.

誌 謝

本論文得以完成，特別感謝

父母、妹妹、長輩、親人的支持與鼓勵，
指導教授汪進財老師的教導與耐心，
戴佐敏委員及李穗玲委員的建議與指教，
王美婷同學的砥礪與陪伴。

董吉利學長提供的豐富資訊，
博士班學長姊給予的加油打氣，
北交同學相處的求學時光，
竹交好友共同的美好回憶。

藍武王老師、黃台生老師、馮正民老師、黃承傳老師、許鉅秉老師、
徐淵靜老師、陳武正老師的教學與啟發。

fabg 對運輸的熱情，Ming 在管制席的點滴，Jadeair 的專業討論，ptt
的七嘴八舌。

及許多的人、事、物。

我將繼續朝「偉大的航路」前進。

謝謝，我畢業了。

2007，台北。

目 錄

| | |
|-------------------------|-----|
| 中文摘要..... | i |
| 英文摘要..... | ii |
| 誌謝..... | iii |
| 目錄..... | iv |
| 表目錄..... | vi |
| 圖目錄..... | vii |
| 一、緒論..... | 1 |
| 1.1 研究背景與動機..... | 1 |
| 1.2 研究目的與內容..... | 2 |
| 1.3 研究範圍與限制..... | 3 |
| 1.4 研究方法..... | 4 |
| 1.5 研究流程及架構..... | 4 |
| 二、文獻回顧..... | 7 |
| 2.1 儀器飛航程序..... | 7 |
| 2.2 飛航軌跡之研究..... | 8 |
| 2.3 到場程序設計..... | 9 |
| 三、台北終端管制區域飛航作業..... | 13 |
| 3.1 台北終端管制區域..... | 13 |
| 3.2 台北終端管制區域相鄰航路..... | 14 |
| 3.3 臺灣桃園國際機場儀器飛航程序..... | 14 |
| 3.3.1 離到場程序衝突分析..... | 15 |
| 1. 05/06 跑道運作..... | 15 |
| 2. 23/24 跑道運作..... | 16 |
| 3.3.2 小結..... | 18 |
| 3.4 台北終端管制區域作業規範..... | 19 |
| 3.4.1 飛航管制之目的..... | 19 |
| 3.4.2 飛航管制之方式..... | 19 |
| 1. 指定高度..... | 19 |
| 2. 雷達引導..... | 20 |
| 3. 空速調整..... | 21 |
| 4. 等待..... | 21 |

| | |
|-------------------------|----|
| 3.4.3 空域隔離標準..... | 22 |
| 3.4.4 航機操作限制..... | 22 |
| 1. 儀器進場..... | 23 |
| 2. 空速限制..... | 24 |
| 3. 噪音管制..... | 24 |
| 四、雷達資料收集與分析..... | 25 |
| 4.1 資料收集..... | 25 |
| 4.1.1 雷達資料..... | 25 |
| 1. 格式說明..... | 26 |
| 2. 收集及初步篩選..... | 29 |
| 4.1.2 管制條資料..... | 29 |
| 1. 格式說明..... | 29 |
| 2. 收集及初步篩選..... | 32 |
| 4.2 資料分析-程序路線部份..... | 32 |
| 4.3 資料分析-航管指示部份..... | 43 |
| 4.3.1 指示速度..... | 43 |
| 4.3.2 指示高度..... | 52 |
| 4.4 本章小結..... | 55 |
| 五、案例分析..... | 55 |
| 六、結論與建議..... | 65 |
| 6.1 結論..... | 65 |
| 6.2 建議..... | 66 |
| 參考文獻..... | 67 |
| 附錄一、各路線、速度及高度指示一覽表..... | 70 |
| 簡歷..... | 76 |

表 目 錄

| | |
|-----------------------------------|----|
| 表 1 離到場程序衝突點特性一覽表 | 18 |
| 表 2 雷達資料欄位一覽表 | 27 |
| 表 3 終端到場管制條欄位一覽表 | 30 |
| 表 4 終端到場管制條欄位一覽表 | 31 |
| 表 5 新增欄位說明 | 33 |
| 表 6 合併之程序衝突點特性一覽表 | 34 |
| 表 7 到場各階段航機軌跡與各交會點航情間之關聯 | 35 |
| 表 8A 到場軌跡空間方程式一覽表 | 39 |
| 表 8B 到場軌跡空間方程式一覽表 (詳細數值) | 40 |
| 表 9 新定位點座標 | 43 |
| 表 10 通過時間之平均、最大值、最小值、標準差一覽表 | 44 |
| 表 11 R6-速度程序暨估計通過時間一覽表 | 51 |
| 表 12 R6-速度程序與雷達資料誤差一覽表 | 51 |
| 表 13 R6-速度程序及高度指示一覽表 | 53 |
| 附表 1 R1-速度程序及高度指示一覽表 | 70 |
| 附表 2 R2-速度程序及高度指示一覽表 | 71 |
| 附表 3 R3-速度程序及高度指示一覽表 | 72 |
| 附表 4 R4-速度程序及高度指示一覽表 | 73 |
| 附表 5 R5-速度程序及高度指示一覽表 | 74 |
| 附表 6 R6-速度程序及高度指示一覽表 | 75 |

圖 目 錄

| | |
|-------------------------------------|----|
| 圖 1 研究架構圖 | 6 |
| 圖 2 飛行階段圖 | 8 |
| 圖 3 到場/進場程序示意圖 | 10 |
| 圖 4 程序航路垂直及水平隔離剖面圖 | 10 |
| 圖 5 台北終端管制區域劃定示意圖 | 13 |
| 圖 6 台北終端管制區域航路示意圖 | 14 |
| 圖 7 使用 05/06 跑道之離到場程序投影示意圖 | 16 |
| 圖 8 使用 23/24 跑道之離到場程序投影示意圖 | 17 |
| 圖 9 雷達資料欄位示意圖 | 26 |
| 圖 10 雷達資料純文字檔格式示意圖 | 28 |
| 圖 11 終端到場管制條(印表欄位) | 30 |
| 圖 12 終端到場管制條(人工駐記欄位) | 31 |
| 圖 13 管制條範例圖 | 32 |
| 圖 14 管制條轉換至電子檔之範例格式圖 | 32 |
| 圖 15 AU1A 到場航機軌跡示意圖 | 34 |
| 圖 16 到場軌跡空間方程式一覽 | 39 |
| 圖 17 R2 及 R6 路線之定位點及水平隔離示意圖 | 41 |
| 圖 18 修正後之 AU1A 到場航線 (B576 部份) | 42 |
| 圖 19 修正後之 AU1A 到場航線 (A1 部份) | 42 |
| 圖 20 R1 路線航機地速對累積距離之關係 | 47 |
| 圖 21 R2 路線航機地速對累積距離之關係 | 47 |
| 圖 22 R3 路線航機地速對累積距離之關係 | 48 |
| 圖 23 R4 路線航機地速對累積距離之關係 | 48 |
| 圖 24 R5 路線航機地速對累積距離之關係 | 49 |
| 圖 25 R6 路線航機地速對累積距離之關係 | 49 |
| 圖 26 R6-B744-速度程序曲線圖 | 50 |
| 圖 27 R6-OTHR-速度程序曲線圖 | 50 |
| 圖 28 R6-各速度程序下之航機高度變化圖 | 53 |
| 圖 29 ANK2103 到達 ANNNA 時之空間圖 | 56 |
| 圖 30 ANK2103 依 R6C 到場空間預測圖 | 57 |
| 圖 31 ANK2103 依 R6C 到場之空間路線預測圖 | 58 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 圖 32 ANK2103 原始路線與新路線之比較圖 | 59 |
| 圖 33 EVA607 到達 BAKER 時之空間圖 | 61 |
| 圖 34 EVA607 通過 RP1 前六浬之空間圖 | 62 |
| 圖 35 EVA607 原始路線與新路線之比較圖 | 63 |

