

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

航空公司飛安管理分析系統之建立

Development of an airline safety management and analysis system

計畫編號：NSC89-2211-E-009-080

執行期限：89年08月01日至90年07月31日

主持人：汪進財 國立交通大學交通運輸研究所

計畫參與人員：葉文健、蔡昭平、彭志文

國立交通大學交通運輸研究所

一、中文摘要

航空公司是飛航安全的第一線，而且飛航安全亦是航空業經營成功與否的重要關鍵；飛安管理的主要核心便是如何控制飛安事件的曝光量，為達到有效控制與事先預防事件發生的目標，目前世界各國皆朝向廣泛蒐集與分析各項機務與航務等日常性運作資料著手。不過，如何架構飛安管理分析系統，以確切分析航空公司網路型態之飛安運作架構，則為尚待突破之難題。本研究在「飛安管理運作模式之研究」(NSC89-2211-E-009-018)[1]之基礎上，已初步發展出一套可供深入分析之航空公司飛安管理系統模型，預期其將可有效預防飛安事件之發生。

關鍵詞：飛航安全、組織管理、流程分析

Abstract

Airlines are on the forefront to deal with the aviation safety which is crucial for success. The core of the aviation safety management is to control the exposure of the safety events. In order to well control and effectively prevent the occurrence of safety events, airlines all over the world are engaged in collecting broadly and analyzing deeply the daily operation data.

However, a big issue yet to be solved is how to design a comprehensive analyzing system for network type airline safety management structure. On the basis of "An operational model for aviation safety management" (NSC89-2211-E-009-018), a theory model which could be applied to analyze the complicated airline safety management network has been developed in this research. This analyzing system is expected to effectively enhance airline safety.

Keywords: Aviation safety, Organization management, Process analysis

二、緣由與目的

飛航安全是航空業經營成功與否的重要關鍵，越是飛安健全的航空公司便意味著其在營運上越具對消費者與投資者的吸引力；因為一旦發生失事事件，航空公司不僅立即要承擔旅客的賠償與航空器的損失，甚至影響旅客搭乘的信心，進而造成航空公司收益與股價的嚴重衝擊，尤其是在市場激烈競爭之下，航空公司更不會輕易地忽視飛安的提昇與維持。Rose[2]提到全球飛安失事發生率逐年下

降並趨於穩定，雖然失事發生率已經相當的低；但是，隨著全球航空公司的不斷拓展航線與增加航班，如果失事率再不能有效改善的話，則總失事事件數將會逐年增加，造成更多人的傷亡。

根據波音(Boeing)公司公布之失事統計報告，飛機發生失事的主要原因可歸類為組員、航機、天候、維修、機場與航管等五項主要因素。雖然歷年來航空業者不斷致力於航機性能之更迭與改進，ACAS、TCAS、GPWS、EGPWS與VSIDS等設備之研發與使用，CFIT與ARLA等全球性重要失事改善計畫之進行，以及組員資源管理(CRM)與自我督察(Self-Audit)等管理策略之推動，但是由1959-95年間與1990-99年間之資料相較來看，主要肇事原因之發生比率卻幾乎毫無改變，飛行組員之人為疏失仍為主因，且其比率高達65%左右。若依國際航空運輸協會(IATA)之肇事因素分類方式，則失事發生主因來自人為因素之部分將更高達80%以上[3]，也就是說幾乎所有的失事事件皆與人為因素有關。

Thom[4]指出人為因素是航空領域中最重要之因素，其為個人與團體績效與行為之表現，除了包含個人之心理與生理因素外，還包括個人與個人、機器、設備與環境間之關係。正由於其牽涉之範圍相當廣泛，再加上該類人員位於組織之第一線與維持航機正常運作之核心[2]，所以人為因素一直為航機肇事之最主要因素；雖然人類的技術已能製造出性能良好之飛機，但是從業人員，包含維修人員、航管人員、飛行員等，仍扮演著讓飛機安全運作的重要角色，也同時扮演著不安全的因素，導致失事與意外事件之發生。因此，若要有效提升飛航安全績效，進而降低航機失事率，人為因素之探討與人為錯誤之避免，在飛航安全研究之領域中便扮演著不可或缺的角色。

而在災難發生後，管理者總是想要知道是誰犯的過錯，自然地調查與事後改正之工作大多將焦點放在人為因素上，這也使得人為因素一直為肇事歸責之表面箭靶。其實肇事者通常會在不知覺地受周遭因素所影響[5]，而這些導致錯誤行為發生之因素，往往會影響個人對事件之認知，以及對錯誤發生的嚴重性與過程之評斷[6-8]，這也說明，人為疏失的發生，其實有相當程度是受設施、操作程序、訓練制度等環境因素所影響。由此可知，欲研究人為錯誤發生之原因與過程，以及避免該類錯誤之再發生，並提升整體飛航安全之水準，必須從周遭因素之本質與其影響之關係加以釐清與改善，方能達

到治本之功效，亦為飛安管理努力之方向。因此，為了航空公司營運的健全與民眾安全的維護，有必要由系統性與整體性之觀點，建立一套可順暢運作、深入分析並有效預防飛安事件發生之航空公司飛安管理分析系統，以期能發掘其日常運作架構中之關鍵與瓶頸，預先防止飛安事件的發生。

三、系統建立之方針

探究與綜整 FAA 提出之飛安管理系統安全概念[9]與 FSF[10]研擬之飛安體系風險管理架構，以及 Reason[11]建議之飛安管理應有功能，本研究認為一套符合飛安管理需求之分析系統，其建立之方針如下：

1. 運作機制之檢視

系統理論(Systems Theory)認為系統輸出之結果受到輸入之資源與運作之方式，以及各部分與環境間之互動關係所影響[12]，以航空公司例行性飛行員之訓練為例，投入充足之設備與優良之師資，訂定一套嚴謹有效且令學員樂於積極參與之訓練流程，並對於學習過程與結果加以妥善控管與考核，那麼每一名通過訓練之學員，自然能有效提升其飛行技能與知識；所以要控制與管理飛行員之訓練成效，必須要由資源投入、機制運作與流程監控等層面一併著手，不應僅考慮其產生之成效，如此方能反應系統運作之實際績效，以及發掘績效不彰之根源。此外，整體飛安系統之參與份子繁多與因子關係交錯，而導致事件之發生原因絕不僅止於單一之層面，也就是說飛安績效之提升，需由整體安全系統著手管理，不能僅探討技術層面之因素，更應深入發掘組織與文化等潛藏危機，所以飛航安全之落實需靠各參與份子同心協力與各運作機制相互配合方能達成，這也是避免事件再發生的唯一良方，所以完善之分析系統，應配合飛安管理之範疇，涵蓋各個運作之層面，作為管理者決策之依據。

2. 根本肇因之探索

根據 Matthews[3]之統計資料顯示，失事事件鮮少由單一因素所造成，平均而言每起失事包含 4.39 個疏失；而常見的航空事故分析理論，諸如骨牌效應理論、錯誤鏈法則或乳酪理論也都指出，事故的發生肇因是環環相扣、接連排列的，只要能阻止其中一項肇因的發生，悲劇便不會發生。危險因素之探索，不應僅著重於因素之發掘，更應瞭解各因子對系統績效之影響，以及因子間之交互影響關係，如此方能確切釐清各危險因子之嚴重程度與掌握事件形成之原因，落實飛安之管理。因此，一如 Cicero 所說的「引起事件發生之原因比事件本身更值得我們注意」[13]，理想的飛安管理機制，不應如以往大多僅止錯誤責任之歸責與事件後果之彌補，應要深入整體系統運作之潛在層面，明瞭事件發生之潛在原因，積極發掘並消除根本肇因，以確實地減低失事之風險。

3. 廣泛資料之分析

失事事件與意外事件之發生均只是所有飛安問題的冰山一角，而且這些失事與意外事件具有偶發性，並不是時常發生，如果有匿報的情形發生，則可供分析與檢討之資料將更為稀少，難以達到問題發掘之功效；而且事件之調查報告主要是提供作

為事後補救之用，以免類似事件再次發生，此種被動式的飛安改善動作更難以達到防患於未然之積極功效，所以 Logan[14]指出提昇飛安績效僅靠意外事件資料之分析是不夠的，必須更廣泛地蒐集與分析各項機務與航務等日常性運作資料。此外，由整體飛安系統來看，潛在之危險因子就存在於日常營運作業中，而作業流程之品質控管亦需要各項運作資料作為評判之依據，為能適切控制各項流程之運作與發掘導致事件發生之根本肇因，建立一能妥善蒐集、整理、分析與回饋各項資料之飛安資訊系統，便為飛安管理的核心。

4. 分析模式之構建

整體航空公司飛安管理系統之參與份子繁多且日常營運作業項目龐雜，雖知危險因子潛藏於其中，然而如何有效協助飛安管理者進行飛安因子確認、衡量與管理之工作，從其盤根錯節交互關係中，確切發掘問題之核心，以杜絕事件之發生，實非易事。因此，必須構建一完善與可靠並符合飛安管理系統運作架構之分析模式，系統性地深入剖析複雜之飛安體系，探索與發掘一切導致問題發生之可能環節，進而訂定適切之衡量指標與蒐集合宜之運作資料加以監控與分析，以瞭解因子交互影響之特性並確切診斷出所有形成錯誤之原因，從而根本改善缺失並提升飛安系統運作之績效。

四、系統建立之架構

為建立一套可順暢運作、深入分析並有效預防飛安事件發生之航空公司飛安管理分析系統，以期能發掘其日常運作架構中之關鍵與瓶頸，並衡量資源投入之改善效益，首需解決以下四項議題。

1. 建立航空公司之日常運作流程

事件的形成是起因於一連串的失誤，所以只要能及時制止與減少相關失誤的發生，則飛安事件的風險將能有效降低，而各個飛安潛在危險因子存在於各項日常機務與航務運作程序之中。因此，為能構建一完善飛安管理分析系統，其首要工作就是由日常飛安運作項目著手，釐清各飛安體系主要分子之交互關係，以及其間應有之運作機制。

2. 歸納可能潛在之危險因子

雖然由整體飛安系統全貌可知潛在危險因子分佈於系統風氣、組織與管理、溝通與回饋、人員可靠度，以及機械可靠度等層面中，然而由於各項因子變異性大且難以預知，所以易於事後之發掘，卻難於事前之確認。

3. 尋求危險因子衡量指標

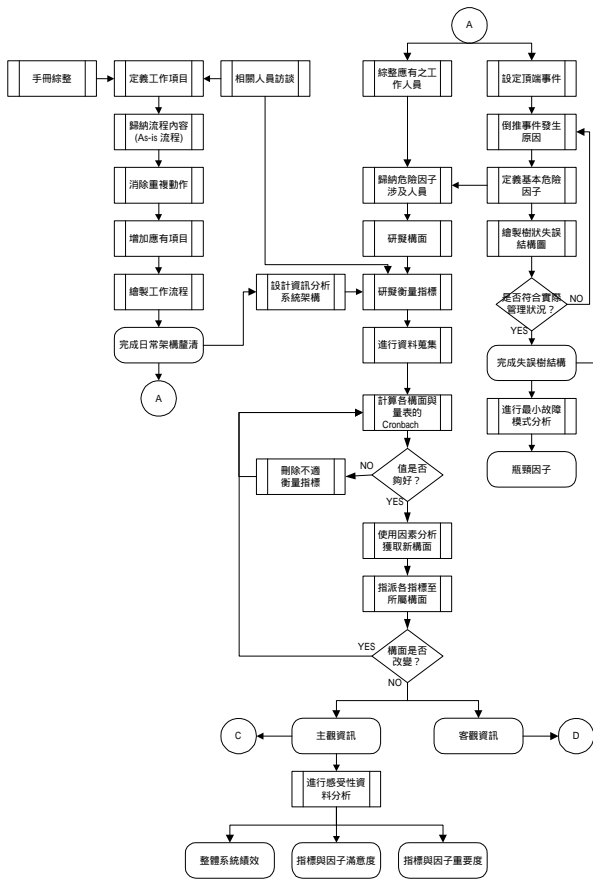
在飛安管理系統中，各項危險因子之發生率，例如管理不當、查核不周、溝通不良與訓練不足等危險因子，並無法如電機與工程等技術性領域系統，可由運作狀況或組件試驗加以量測，所以需藉由其他間接性相關指標加以衡量。

4. 確立危險因子間之關聯

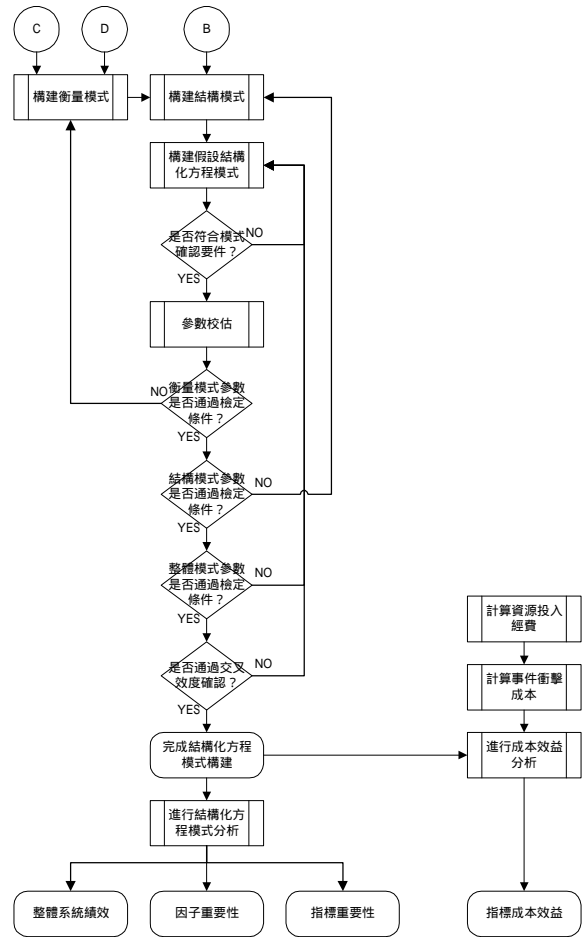
飛安之參與份子與飛安影響因素相當龐雜，而且事故的發生是肇因於一系列危險因素，各因素間交互影響且環環相扣，所以若要徹底杜絕事件發生之成因，除了危險因子之發掘外，更須進一步掌握危險因子間之關聯。此外，由於飛安管理中各危險

因子績效無法直接衡量，而欲正確衡量各危險因子之績效，亦須先釐清各相關指標間之交互關係與其對因子績效之影響力。

本研究發展之整體飛安管理分析系統架構如圖 1 所示。



感受資訊兩大類指標，並區分成公司投入、運作內容、運作程序、運作績效、分析與檢討及修正與執行等六個構面，進而研擬適切之衡量指標。



五、結論與建議

1. 探究與綜整飛安管理相關文獻，一套符合飛安管理需求之分析系統，其建立之方針應深入系統運作機制，考慮系統其輸入、運作與輸出之過程，以及各部分與環境間之互動關係。因此，除非更廣泛地蒐集與分析各項機務與航務等日常性運作資料，並建立一能妥善蒐集、整理、分析與回饋各項資料之飛安資訊系統，否則無法有效達成提昇飛安績效之目的。
2. 飛安因子由於極具變異之特性，所以難於事前即加以確認，然而為發揮飛安預防之積極功效，以及基於危險因子潛藏於日常運作作業中之觀點，本研究由釐清航空公司日常運作架構著手，運用服務藍圖法界定與強化應有之運作項目與流程，進而藉由失誤樹方法之邏輯推演架構，定義與探討其中可能之危險因子，確實能有效地發掘所有導致疏失發生之可能原因。
3. 管理系統中之危險因子通常難以直接衡量，為能確切衡量各危險因子之績效，本研究根據系統理論之理念，研擬資訊分析系統之應有架構，針對各個不同之工作項目，訂定客觀運作資訊與主觀

4. 依照全面性因子衡量指標之定義，藉由系統性蒐集各項主、客觀資料，以信度檢定與主成分分析方法加以精簡其指標項目與衡量構面，作為危險因子事先偵測與預防之先驅指標(Precursor)。
5. 飛安之參與份子與飛安影響因素相當龐雜且環環相扣，所以本研究構思運用結構化方程模式之特性，適切構建與校估衡量指標與危險因子之交互關係，突破傳統之系統可靠性(System Reliability)分析方法對於因子關係須為獨立之限制，切合飛安系統之網路運作特性。
6. 本研究建立之飛安管理分析系統之運用，可依各部門之作業項目，歸納潛在危險因子與其衡量指標，作為各部門之工作指標與作業績效檢核之標的，落實組織專業分工；亦或是依照組織之階層與相對應之關係，呼應因子間交互影響之層次關係，發揮組織管理效率。
7. 本研究為提升資料之可信度與危險因素衡量之有效性，運用 Parasuraman、Zeithmal 與 Berry 等人 [15] 發展之 SERVQUAL 程序，篩選重要之衡量構面與指標。然而，就主觀感受資料來說，所謂的

信度為受訪者對於同樣事物有一致之觀感，所以被刪除之指標表示受訪者對該項意見紛歧，而意見紛歧之原因雖有可能源於受訪者對問項內容認知之不同，但亦有可能為受訪者觀察之角度不同或怕事敷衍與認真確實之不同態度所造成，因此在進行問項刪除之前，應謹慎評估，不可僅憑統計之分析數據。

8. 本研究運用 SEM 模式彌補失誤樹分析方法之缺失，確切反應因子間複雜且非獨立之關係，並加強衡量指標與危險因子自身與彼此間交互影響分析，使得整體飛安管理分析系統得以健全。然而，理想最適檢定指標應符合不受樣本數影響、精確反映適合度差異、考慮參數增加之負面效果，以及當真實之模式存在時能確切評選[16]，因此現有之檢定方法並不存在所謂最適理想的檢定指標，後續研究者可朝此方向加以發展；此外，雖然部分 SEM 程式並不限定使用線性連續之資料，但對於主觀與客觀指標之混雜性資料，其變數尺度(Scale)整合與模式校估問題，仍待進一步研究。
9. 本研究之結構化模式方程分析，運用敏感度分析之概念，發掘對於系統績效影響程度較高之危險因子與衡量指標，並進而研擬重要性衡量之方法。不過除了重要度外，對於因子與指標對系統所產生之不確定或不穩定影響亦為系統分析之重要課題，建議可由失誤樹研究中 Bhattacharya[17]、Nakashima[18]與 Bier[19]等人提出之基本事件不確定重要性衡量指標(Uncertainty Importance Measure of a Basic-event, UIMB)之概念加以發展與推導。

六、參考文獻

- [1] 汪進財，飛安管理運作模式之研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫（NSC89-2211-E-009-018），2000。
- [2] Rose, N.L., "Profitability and Product Quality: Economic Determinants of Airline Safety Performance," *Journal of Political Economy*, Vol.98, No.5, pp.944-964, 1990.
- [3] Matthews, S., "Human Factors in Aviation Safety,"第十屆國籍航空飛安年會(台北), 2000.
- [4] Thom, T., *Human Factors and Pilot Performance; Safety, First Aid and Survival*, Airlife Publishing, England 1997.
- [5] Jones, E. E., and Nisbett, R. E., "The actor and the Observer: Divergent Perceptions of the Causes of Behavior," *Attribution: Perceiving the Causes of Behavior*, General Learning Press, NJ, 1971.
- [6] Lerner, M. J., and Simmons, C. H., "Observer's Reaction to the 'Innocent Victim': Compassion or Rejection?" *Journal of Personality and Social Psychology*, 4, 203, 1966.
- [7] Walster, E., "Assignment of Responsibility for an Accident," *Journal of Personality and Social Psychology*, 3, 73, 1966
- [8] Shaver, K. G., "Defensive attribution: Effects of Severity and Relevance on the Responsibility Assigned for an Accident," *Journal of Personality and Social Psychology*, 14, 101., 1970.
- [9] ATOS, *Surveillance Improvement Process*, 1997.
- [10] FSF, "Understanding Safety Architecture," Workshop for FSF Taiwan, Taiwan, 2000.
- [11] Reason, J., *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate Published, USA. 1997
- [12] Blakeney, R., "The Organizational, Group and Individual Levels of Analysis in Organizational Behavior," *Transactional Analysis Journal*, 13, pp.58-65, 1983.
- [13] Ho, D.C., "Eliminating Human Error through the Application of Hazards Analysis Models," 第十屆國籍航空飛安年會(台北), 2000.
- [14] Logan T.J., "Trend toward wider sharing of safety data is resisted by industry concerns," *ICAO Journal*, Vol.54, No.1, pp.7-9, 1999.
- [15] Parasuraman, A., Zeithmal, V.A. and Berry, L.L., "SERVQUAL: A Multiple-item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality," *Journal of Retailing*, 64(1), pp.12-40, 1988.
- [16] Schumacker, R.E. and Lomax, R. G., *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*, Lawrence Erlbaum Associates, Publisher, 1996.
- [17] Bhattacharyya, A.K. and Ahmed, S., "Establishing Data Requirements for Plant Probabilistic Risk Assessment, *Transactions of the American Nuclear Society*," 43, pp.477-478, 1982.
- [18] Nakashima, K. and Yamato, K., "Variance-important of System Components," *IEEE Transactions on Reliability*, R-31, pp.99-100, 1982.
- [19] Bier, V.M., "A measure of Uncertainty Importance for Components in Fault Tree," *Transactions of the 1983 Winter Meeting of American Nuclear Society*, 45(1), pp.384-385, 1983.