



「人為因素分析與歸類系統（HFACS）」 應用於飛行決策失誤之路徑分析

李文進 陳正中 李倫文 游重山

提 要

- 一、本研究以「人為因素分析與歸類系統（HFACS）」為理論架構，探討各層級變項影響飛行決策的人為因素，發現飛行員之決策錯誤在HFACS十八個變項中肇生頻率為最高，佔所有事件約70%，顯示決策錯誤在飛安事件人為因素中仍是首要關鍵因子。
- 二、飛行決策與飛行技能一樣，是可經由訓練來教導、學習、與提升飛行員之決策品質，且已有許多航空心理學家及人因工程學家均證實可以藉由訓練來有效率地提升「飛行決策」能力 (Jensen & Hunter, 2002; Klein, 1993 & 1997; O'Hare, 2003; Patrick, 2003; Prince & Salas, 1997)。因此，如何針對這些影響飛行安全之決策因素研擬相關訓練策略，以強化飛行員的決策能力，乃是飛安管理及飛行訓練單位當務之急。
- 三、在HFACS理論架構中，影響決策錯誤的人為因素具有跨層次的直接與間接影響效果，此與Wiegmann & Shappell（2003）所提出的HFACS理論「每一較高層級之變項會直接影響下一層級的子項目」有更進一步的發現，因為從第四層級的組織管理階層，到第一層層級的飛行操作行為，均有相互影響的複雜關係。
- 四、本研究除可提供軍、民航飛安及訓練業管單位與航空業界於運用HFACS做為飛行員決策訓練時之參考外，對未來HFACS應用於失事調查與失事預防策略之研究，將更具參考價值。

關鍵字：人為失誤、人為因素分析與歸類系統（HFACS）、失事預防、飛行決策



研究背景

從1990年代初期開始，「人為因素分析與歸類系統(Human Factors Analysis and Classification System, HFACS)」就成為美國海軍飛安事件做失事調查與分析肇始原因之理論模型(Wiegmann & Shappell, 2003)；其相關理論是根據Reason (1990)的「顯性與隱性人為失誤」為基礎，所發展出架構完整且包含組織管理到個別操作層級的飛安事件之人為因素分析與歸類工具。由於飛安事件的發生，多是涵蓋眾多顯性與隱性失誤的結果，亦即由多面向多層次的複雜因素彼此相扣所導致；因此，不論從組織管理階層到第一線飛行員的人為因素，都為HFACS架構包含的範疇。「人為因素」已成近年飛安事件調查專家與研究學者關注的焦點，因為從失事調查報告中發現不當的飛行決策(Aeronautical Decision-making, ADM)、態度、管理方式與組織文化等常是飛安事件的主因(Diehl, 1991; Feggetter, 1991; Jensen, 1997, Klein, 1997)。為有效預防飛行員因決策不當而造成的飛安事件，本研究試以HFACS的理論為基礎，發掘影響飛行員決策錯誤的人為因素，並喚起航空界對飛行決策訓練的重視，因為良好的決策能力是飛行素養的基本要求，與飛行紀律、飛行技能、專業知識和對狀況的認知等均具有相輔相成的緊密關係。因此，唯有提供完善的飛行決策訓練課程，以提升飛行員的決策能力，才能有效減少飛行違規行為，進而確保飛行安全(ICAO, 2006)。

文獻探討

一、飛行決策相關研究

座艙中之飛行決策，是飛行員對自己、飛機、飛行環境及飛行任務之認知與分析比較所有可能之替代方案的過程，俾需要時能做出正確與及時之反應，以確保飛行安全(Diehl, 1989; Jensen & Hunter, 2002)，此一複雜的認知過程，受到飛行狀況與操作環境的影響甚鉅(Payne, Bettman & Johnson, 1988)，但似乎也只能分析到飛行員個人的人為因素，並無法涵蓋到督導與管理階層的影響所導致的飛安事件。因此，本研究為全面瞭解影響飛行決策的因素，將以Wiegmann與Shappell所提出的「人為因素分析與歸類系統」，探討飛行決策錯誤在HFACS四個層級、18個子項目中因果連動的關係。為有效及安全的執行飛行任務，不論是軍航或民航飛行員，都必須在時間緊迫的情境下解決非預期及不確定的問題(Orasanu & Connolly, 1993)，其中所牽涉的複雜心理機轉，不只是單純的飛行技術表現而已，更涉及到狀況警覺與風險管理之複雜的飛行決策問題(Endsley, 1993 & 1997; Prince & Salas, 1993)。飛行員從執行例行飛行任務所使用的簡單規則與程序(SOP)，到遭遇複雜的緊急情況，所做的各種緊急處置幾乎均與飛行決策有關。由於大部分的飛行決策均被轉化為程序化設計，將飛行任務的操作步驟加以明確律定，以幫助飛行員能迅速針對各種緊急狀況做出最適切的反應。然而飛安事件的發生，卻往往出現在飛行員無法確認或誤判所面臨的狀況

況而採取不適當的操作反應或不採取反應。美國航空心理學家Jensen及Benel（1977）發現，在1970到1974年間，飛行員因決策錯誤導致了52%的重大飛行意外（致命）及35%的意外事件（非致命）；航空安全專家Diehl（1991）也發現，美國在1987到1989年間，「飛行員決策錯誤」分別佔了民航意外事件的56%及軍航意外53%；上述研究結果，均顯示出「飛行員決策錯誤」已成為航空意外的

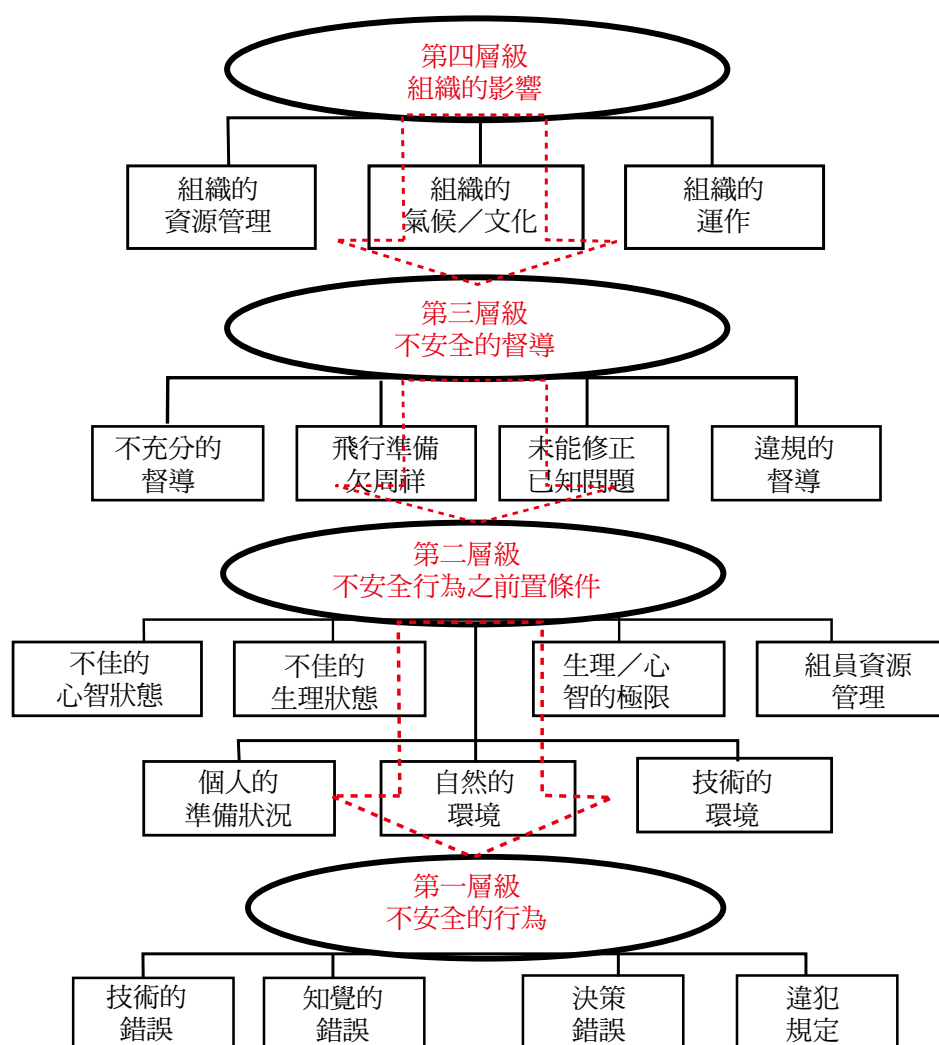
重要因素（Diehl, 1991; Jensen, 1997）。

二、人為因素分析歸類系統（HFACS）理論

「人為因素分析與歸類系統」理論乃以人因觀點，將飛安事件中的人為因素區分為四個層級、18子項目，且依Wiegmann 與 Shappell研究，每一較高層級均會直接影響下一層級的各個子項目（如圖一）。

層級一—「不安全的操作行為」：

這是大多數飛安事件的焦點，是所謂



圖一 HFACS四個層級、十八個子項目分類架構圖



的「顯性失誤」，因為飛行員的操作行為與決策直接影響到飛安事件的發生，而此層級包含「錯誤」和「違反規定」二大類，計有「決策的錯誤」、「技術（操作）的錯誤」、「知覺（感官）的錯誤」及「違規（例行、特殊）的錯誤」等四個子項目。

層級二—「不安全操作的前置狀況」：

這個層級指出事故的潛在導因與明顯的錯誤，包含了「顯性失誤」與「隱性失誤」，同時也詳細說明了操作者（飛行員）不安全的操作之背景因素，包括「不佳的心智狀態」、「不佳的生理狀態」、「生理／心理的極限」、「組員資源管理」、「個人的準備狀況」、「自然的環境」及「技術的環境」等七個子項目。

層級三—「不安全的督導」：

這個層級針對導致飛安事件的「隱性失誤」，主要聚焦在較高階的督導者，以發掘出導致「不安全操作的前置狀況」的潛在原因，計有「不充分的督導」、「未計畫周詳之飛行任務」、「未能修正已知的問題」及「違規的督導」等四個子項目。

層級四—「組織（管理）的影響」：

此層級檢驗的重點圍繞在最易被忽略的高階管理階層，且此層級潛在的「隱性失誤」亦是最難發掘的；因為能直接影響督導階層與操作者執行任務的潛在因素與決策，幾乎都與組織的管理、人事獎懲制度、人員之考訓與篩選有關，其中包括三個子項目：「資源管理」、「組織氣候（文化）」與「組織運作」。

有關上述HFACS理論架構，主要在發

掘飛安事件的人為因素及較高層級項目對較低層級項目的影響，其中，層級一-「不安全操作行為」的「決策錯誤」是為本研究主要焦點。就HFACS所定義的決策錯誤意涵，是指發生在既定的飛行規範準則內方能成立，且多與「程序性的錯誤（Procedural errors）」、「不良的選擇（Poor choices）」與「問題解決錯誤（Problem-solving errors）」等三類有關，通常包括不適當的演練、程序不瞭解、對飛機各系統的知識不充分、信心超過能力、對緊急狀況的處置不恰當等（Wiegmann & Shappell, 2003）。由於「層級一」是屬第一線飛行員的操作行為，是最直接也是最容易觀察到的人為因素，但是每件飛安事故的發生原因，往往由一連串環環相扣的人為因素所導致（Wiegmann & Shappell, 2001），因此，本研究乃著眼於層級一之「決策錯誤」如何受到層級二、三、四各子項目的影響，藉以研擬相關飛安預防策略，提供飛安管理單位與航空業者參考。

研究方法

一、研究事件

本研究以1999至2006年行政院飛安委員會所公布的41件飛安事件為研究題材，且均符合國際民航法規(第九版)附錄13所定義的飛安事件的標準（International Civil Aviation, 2006）。此41起事件共有24種不同機型，包含民航噴射客機（Airbus A300, A320; Boeing B737, B747; McDonnell-Douglas MD11, MD80s, MD90s）、私人噴射客機（Bombardier BD700）、螺旋槳飛機（ATR

72; DASH-8; Fokker 50) 及民用直升機 (Bell 206, 430, UH-1H; Boeing 234; Eurocopter BK117) 等, 上述資料均公布在飛安委員會官方網站(http://www.asc.gov.tw/asc_en/accident_list_1.asp)。

二、研究程序

在評量前, 先由研究者說明及講授有關 HFACS 理論內涵, 以確認二位專家對 HFACS 的分類標準有共同程度之理解後, 始由二位專家依據 HFACS 之 18 個子項目定義, 就 41 件飛安事件調查報告, 進行個別、獨立判斷、分析與歸類各飛安事件的人為因素, 且不計算累計次數。

三、資料編碼與統計分析

針對專家評量所分析的結果, 採類別變項「有(1)、無(0)」方式編碼, 為避免二位專家過度描述單一子項目在每個事故中之比重, HFACS 的每一子項目在一起事故中最多僅被計算一次, 即每一子項目在每一飛安事件中最多僅出現一次。此外, 透過統計分析工具 (SPSS 13.0 版), 計算「41 起飛安事件在 HFACS 架構之人為因素發生頻率」及檢驗「HFACS 每一較高層級預測『決策錯誤』的解釋力 (Goodman & Kruskal τ 係數) 及勝算比 (odds ratio)」, 以瞭解影響「決策錯誤」的直接與間接影響效果。

研究結果

一、HFACS 人為因素發生頻率及百分比

研究結果發現, 在 41 起飛安事件中, HFACS 的 18 個子項目以層級一的「決策錯誤」及「技術操作錯誤」各計有 29 件, 佔

70.7% 為最高, 其次為層級一的「違規錯誤」及層級二的「組員資源管理」各有 28 件, 佔 68.3% 次之, 層級三的「不充分督導」有 26 件, 佔 63.4% 再次之, 依序為組織運作、違規的督導、資源管理、知覺感官錯誤、自然環境、未計劃周詳之飛行任務、未能修正已知的問題、不佳的心智狀態、組織氣候、個人準備狀況、生理／心智的極限、技術的環境及不佳的心理狀態 (如表一)。

二、各層級變項對「決策錯誤」的直接影響預測效果

由於預測變項及依變項均屬類別變項, 本研究乃採用「削減誤差比」(proportioned reduction in error, PRE) 方式, 以高層級的類別變項去預測層級一「決策錯誤」的類別變項所能夠減少的誤差所佔的比例, 當 PRE 值越大, 亦即可削減的誤差比例越大、兩個變項的關聯性越強, 其中尤以 Goodman & Kruskal 所提出的 τ 係數為較嚴謹的關聯係數, 一般學術上分析不對稱關係時, τ 係數較能詳實反應兩個變項的解釋關係 (邱浩政, 2006); 另以勝算比 (Mantel-Haenszel Common Odds Ratio) 說明高層級變項 (獨變項) 出現導致低層級 (依變項) 變項出現的勝算 (odds), 是高層級變項 (獨變項) 不出現、低層級 (依變項) 變項出現的多少倍數, 其值若達顯著差異 ($p < .05$), 再觀察 95% 信賴區間 (CI) 的上、下限值是否包含 1, 如果未包含 1, 則兩者勝算比有顯著差異。

研究結果如表二所示, 在第四層級變項「組織運作」、第三層級變項「未計劃周



表一 HFACS各子項目發生頻率、百分比與信度摘要表

HFACS子項目		次數(序)	百分比%	評分者 信度
層級一	決策錯誤	29(01)	70.7%	82.9
	技術操作錯誤	29(01)	70.7%	78.0
	知覺感官錯誤	21(09)	51.2%	75.6
	違規錯誤	28(03)	68.3%	80.5
層級二	不佳心智狀態	14(13)	34.1%	68.3
	不佳生理狀態	1(18)	2.4%	95.1
	生理／心智極限	7(16)	17.1%	80.5
	組員資源管理	28(03)	68.3%	73.2
	個人準備狀況	8(15)	19.5%	87.8
	自然的環境	19(10)	46.3%	80.5
	技術的環境	7(16)	17.1%	70.7
層級三	不充分的督導	26(05)	63.4%	70.7
	未計畫周詳之飛行任務	18(11)	43.9%	68.3
	未能修正已知之問題	15(12)	36.6%	73.2
	違規的督導	23(07)	56.1%	68.3
層級四	資源管理	23(07)	56.1%	63.4
	組織氣候	9(14)	22.0%	85.4
	組織運作	25(06)	61.0%	75.6

表二 HFACS高層級對層級一「決策錯誤」預測解釋力之直接效果摘要表

HFACS較高層級對較低層級之預測效果	χ^2 test		τ 係數(PRE)		Odds ratio	95%信賴區間 (CI)
	χ^2 值	P值	τ 值	P值		
層級4對層級1決策錯誤顯著預測項目						
組織運作x決策錯誤	5.45	.020	.13	.021	5.25	1.23-22.39
層級3對層級1決策錯誤顯著預測項目						
未計畫周詳之飛行任務X決策錯誤	8.72	.003	.21	.004	15.58	1.77-137.26
不充分的督導X決策錯誤	10.79	.001	.26	.001	11.50	2.36-56.15
層級2對層級1決策錯誤顯著預測項目						
自然的環境X決策錯誤	6.01	.014	.15	.015	7.08	1.31-38.33
個人準備狀況X決策錯誤	4.11	.043	.10	.045	NC	NC
組員資源管理X決策錯誤	20.88	.000	.51	.000	43.33	6.28-299.18
不佳的心智狀態X決策錯誤	8.80	.003	.22	.003	NC	NC

詳之飛行任務」、「不充分的督導」及第二層級變項「自然的環境」、「個人準備狀況」、「組員資源管理」、「不佳的心智狀態」等7個變項，均可預測第一層級「決策錯誤」， $\chi^2=4.11$ 至 20.88 （ $p<.05$ ），顯示上述7個變項與第一層級「決策錯誤」變項間的反應具有顯著關聯，其方向性量數 τ 值介於.10至.51（ $p<.05$ ），可正確預測比例為10%至51%之間；在勝算比分析方面，同樣發現

「上述7個變項出現相對於不出現的情況下，對第一層級『決策錯誤』變項出現的機率介於5.25至43.33倍之間」，解釋力路徑圖如圖二實線箭頭所示。

三、每一較高層級對較低層級間接影響「決策錯誤」的預測效果

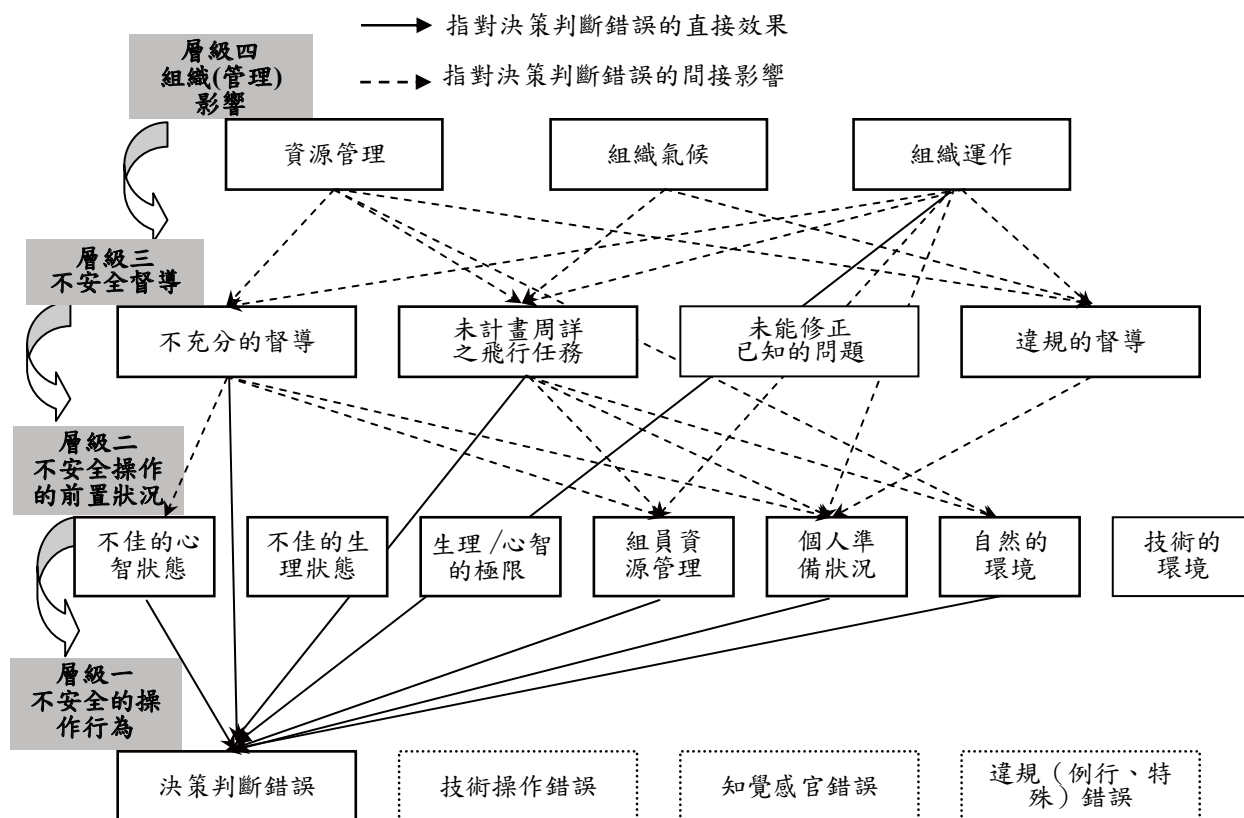
研究結果如表三所示，發現第四層級「組織運作」、「組織氣候」、「資源管理」等三個變項對第三層級「違規的督

表三 HFACS高層級對層級一「決策錯誤」預測解釋力之間接效果摘要表

HFACS較高層級對較低層級之預測效果	χ^2 test		τ 係數(PRE)		Odds ratio	95%信賴區間 (CI)
	χ^2 值	P值	τ 值	P值		
層級4對層級3顯著預測項目						
組織運作x違規督導	20.25	.000	.49	.000	36.75	5.91-228.44
組織運作x未計劃周詳之飛行任務	15.11	.000	.37	.000	31.88	3.56-285.31
組織運作x不充分的督導	22.56	.000	.55	.000	49.83	7.35-337.91
組織氣候x違規督導	5.04	.025	.12	.027	9.07	1.01-81.15
組織氣候x未計劃周詳之飛行任務	5.37	.020	.13	.022	6.69	1.18-37.79
資源管理x違規督導	6.75	.009	.17	.010	5.67	1.47-24.89
資源管理x未計劃周詳之飛行任務	14.01	.000	.34	.000	18.29	3.28-101.86
資源管理x不充分的督導	12.52	.001	.31	.000	13.33	2.80-63.44
層級4對層級2顯著預測項目						
組織運作x組員資源管理	4.06	.044	.10	.047	4.00	1.00-15.99
組織運作x個人準備狀況	6.36	.012	.16	.013	NC	NC
資源管理x自然的環境	4.45	.035	.11	.037	4.04	1.07-15.27
層級3對層級2顯著預測項目						
違規督導X 個人準備狀況	7.78	.005	.19	.006	NC	NC
未計畫周詳之飛行任務X自然環境	8.64	.003	.21	.004	7.37	1.84-29.56
未計畫周詳之飛行任務X個人準備狀況	3.90	.048	.10	.050	5.25	.91-30.23
未計畫周詳之飛行任務X組員資源管理	6.29	.012	.15	.013	7.33	1.36-39.44
不充分的督導X個人準備狀況	5.73	.017	.14	.018	NC	NC
不充分的督導X組員資源管理	8.74	.003	.21	.003	8.25	1.87-36.69
不充分的督導X不佳的心智狀態	4.56	.033	.11	.035	5.57	1.04-29.27

導」、「未計劃周詳之飛行任務」及「不充分的督導」等三個變項均具有預測效果；第四層級「組織運作」、「資源管理」等兩個變項對第二層級「組員資源管理」、「個人準備狀況」、「自然的環境」等三個變項均具有預測效果；第三層級「違規的督導」、「未計劃周詳之飛行任務」及「不充分的督導」等三個變項對第二層級「自然環境」、「個人準備狀況」、「組員資源管理」及「不佳的心智狀態」等四個變項均具有預測

效果； $\chi^2=3.90$ 至 22.56 ($p<.05$)，顯示上述層級變項間的反應具有顯著關聯，其方向性量數 τ 值介於.10至.55 ($p<.05$)，可正確預測比例為10%至55%之間，在勝算比分析方面，同樣發現「較高層級變項出現相對於不出現的情況下，對較低層級變項出現的機率介於5.25至49.83倍之間」；上述較高層級變項對低層級變項間接影響層級一「決策錯誤」的預測效果，其路徑圖如圖二虛線箭頭所示。



圖二 HFACS高層級變項對層級一「決策判斷錯誤」預測解釋力直接效果與間接影響路徑圖

討 論

一、決策錯誤對飛行安全的影響

在41起飛安事件的分析中，層級一「決策錯誤」在HFACS十八個子項目中發生的頻率為最高，佔所有事件中70.7%，顯示飛行員的決策錯誤在飛安事件人為因素中仍是首要的關鍵；另外，在Li & Harris (2006) 的研究中也發現，決策錯誤在HFACS其它子項目中發生頻率最高，且佔所有事件42.6%；同樣在李倫文等人（2008）的研究中也得到相同的結果，此一研究結果再次證明「飛行員決策錯誤」是為航空意外的重要因素，而且決策錯誤幾乎都會肇生重大的飛安事件（Diehl, 1991; Jensen, 1997）。

但是在飛行訓練的過程中，「飛行決策」的訓練一直未受到重視，且飛行決策能力往往被視為飛行時數的副產品（Buch & Diehl, 1984），而其所衍生的效應一直被低估，甚至在許多失事調查報告中，因為飛行員不適當的決策所造成的意外，常常被錯誤解讀及歸類為飛行員的違規事件（李文進等，2008）。由於決策是一個相當複雜的認知過程，除受到個人的生理、心理、飛行狀況及操作環境等因素影響外，更受到組織管理與督導階層的影響；事實上，決策正如任何飛行技能一樣，是可經由訓練來教導、學習、發展與有效提升飛行員之飛行決策品質，此已由許多航空心理及人因工程專家學者研究證實（Jensen & Hunter, 2002; Klein, 1993 & 1997；O'Hare, 2003; Patrick, 2003; Prince & Salas, 1997）。因此，如何針對這些影響因

素研擬相關訓練策略，以強化飛行員的決策能力，乃是飛安管理及飛行訓練單位當務之急。

二、HFACS上階層人為因素對決策錯誤的直接影響效果

從表二研究結果發現，直接影響層級一「決策錯誤」的人為因素，計有層級四「組織運作」、層級三「不充分的督導、未計劃周詳之飛行任務」及層級二「自然的環境、個人準備狀況、組員資源管理及不佳的心智狀態」等七個子項目，其中以層級二「組員資源管理($\tau = .51$, $p < .000$)」預測解釋力最高，其次為層級三「不充分的督導($\tau = .26$, $p < .001$)」，雖然層級四「組織運作($\tau = .13$, $p < .021$)」影響力較小，卻也凸顯出影響飛行決策的因素，不再僅局限於飛行員個人的人為因素，同時也涵蓋了督導與管理階層對決策錯誤所導致的飛安事件。

另外，從圖二實線箭頭所示，影響決策錯誤的人為因素具有跨層次的直接影響效果，此與Wiegmann & Shappell(2003)所提出的HFACS理論認為「架構中每一較高層級均會直接影響下一層級的子項目」的論述有更進一步的發現；有關跨層次的直接影響效果目前並無相關研究文獻，但從本研究結果顯示，在部分層級變項間的確存有跨層次的直接影響效果，可見不論從組織管理階層到第一線的飛行員的操作行為，彼此間的關係是既緊密且複雜；例如民國89年10月31日深夜，新加坡航空公司一架波音747-400航機(SQ-006)於桃園國際機場起飛時，撞毀於部分關閉之05右跑道上。事故當時，機場正處



於象神颱風外圍之強風豪雨中，該機載有機組員20人及乘客159人。強大撞擊力及隨後引發之火導致該機全毀，計造成83人死亡、39人重傷。根據行政院飛安委員會調查報告，事故當晚，新航飛航組員雖可藉由桃園國際機場航圖、跑道及滑行道指示牌、N1滑行道連至05左跑道之滑行道中心線燈、05右和05左跑道燈光結構差異等辨明飛機所處位置，且由目視輔助系統(Para-Visual Display, PVD)亦能顯示飛機機頭未對正起飛跑道(05左)之左右定位台，但飛行員因趕在颱風進襲前起飛之時間壓力，及強風、低能見度與溼滑跑道等環境情況，均潛在成為影響飛航組員下達錯誤決策和降低狀況警覺之負面因素，終致誤滑行進入維修中之05右跑道起飛而肇致事故。

若將新航事故以HFACS進行分析與歸類，可歸納出數個屬第一層級之「決策錯誤」的人為因素，如進入錯誤的跑道、忽略PVD未正常運作之訊息及採用30哩／時之側風限制標準（採用濕滑跑道而非積水跑道之標準）而決定繼續起飛；而由調查報告中之分析，得知飛航組員滑行進入錯誤的跑道並起飛的「決策錯誤」，為直接受到事故當晚颱風進襲前的惡劣天氣及所形成的起飛時間壓力、又滑進錯誤跑道時注意力僅著重在滑行道中心線燈上，另事故當時機場之標誌及燈光設置等等，均屬第二層級之「自然的環境」、「不佳的心智狀態」及「組員資源管理」影響第一層級之因素；而第二層級之「不佳的心智狀態」及「組員資源管理」，又受到屬第三層級「不充分的督導」及第四

層級「組織運作」所影響，內容包括該公司所提供之程序、規定、訓練、考核與督導等。

而就屬第一層級「決策錯誤」的「忽略PVD未正常運作訊息」，發現直接影響因素者為該公司之文件，因文件內容未能反映星國民航局核准之波音747-400飛航手冊有關如何正確使用PVD確認跑道之規定及使用程序，以提供飛行員在低能見度之狀況下以PVD確認航機由正確位置起飛，且調查顯示，該公司亦未提供飛行員有關PVD運作失效時之處理程序、訓練與督導等，此即為層級四—「組織運作」及層級三—「不充分的督導」等變項，直接跳過層級二，而直接影響層級一的實例。因此，由SQ-006的實際案例顯示，層級一中之變項可能直接受到層級二變項的影響，但亦可能跳過層級二或三，直接受到來自層級三或層級四的影響。此一發現期能提供飛安管理及調查單位不同面向的思考，以做為擬訂飛安失事預防策略之參考。

三、HFACS上階層人為因素對決策錯誤的間接影響效果

從表三研究結果發現，層級四「組織運作、組織氣候、資源管理」及層級三「違規的督導、未計劃周詳之飛行任務、不充分的督導」等六個變項，對層級一「決策錯誤」可能存有中介的間接影響效果，如圖一虛線箭頭所示。

所謂中介效果(Mediation Effects)是指「若自變項對依變項有影響效果，而此效果是透過另一個變項所影響，則此變項即為

中介變項，通常用以解釋自變項是經由什麼歷程影響了依變項」，其檢測方式為：(1) 自變項(IV)對依變項(DV)有顯著影響效果；(2)單看中介變項(MV)和依變項時，中介變項的影響效果顯著；(3)單獨看自變項和中介變項時，自變項也會顯著影響此中介變項；(4)同時看自變項和中介變項影響依變項時，自變項的效果會減弱或變為不顯著(Baron & Kenny, 1986)。就上述檢測方式，以層級四組織運作、層級二組員資源管理及層級一決策錯誤等三個變項為例，層級四組織運作(IV)對層級一決策錯誤(DV)有顯著的影響效果($\tau = .13$, $P = .021$)，層級二組員資源管理(MV)對層級一決策錯誤(DV)同樣有顯著影響效果($\tau = .51$, $P = .000$)，層級四組織運作(IV)對層級二組員資源管理(MV)也同樣有顯著效果($\tau = .10$, $P = .047$)，但同時若以層級四組織運作(IV)和層級二組員資源管理(MV)對層級一決策錯誤(DV)的影響效果時，Goodman & Kruskal 所提出的 τ 係數則無法同時呈現兩個變項對依變項的影響效果，由於是項統計方法的限制（資料屬性為類別變項），如改以羅吉斯迴歸(logistic regression)統計方法，同時置入層級四組織運作(IV)和層級二組員資源管理(MV)，不論層級四組織運作的效果量是否降低（部分中介效果）或變為不顯著（完全中介效果），「層級四組織運作」透過「層級二組員資源管理」影響「層級一決策錯誤」的間接影響效果將有可能被證實，但囿於篇幅及統計方法的限制，有關HFACS上階層人為因素對決策錯誤間接影響效果的實徵資料，目前尚無法做完整的

呈現，期使本研究後續深入探討，以補足間接影響效果的實徵證據，做為未來HFACS理論修正與發展的參據。

四、HFACS的信度與變異來源

信度（reliability）是所有評量工具中最重要之必要條件，也就是評量工具所得分數之個別差異可以歸因於所測量之特徵「真實差異」及「隨機誤差」的程度，所以瞭解信度的關鍵在於「誤差變異」的界定，任何與研究目的無關的條件都代表誤差變異(李倫文等, 2008)；Li與Harris(2008)針對HFACS信度進行一系列相關研究，包括採用評分者信度方式（inter-rater reliability），以多人評量及專家評量等不同方法，從誤差變異來源觀點瞭解HFACS可靠、一致性的程度。其研究結果顯示，不論多人評量或專家評量研究，spearman ρ 係數分別為 .866、.846及 .902， $p < .000$ ，Cohen's Kappa值均介於 .310至 .610之間， $p < .05$ （僅在專家評量HFACS十八個子項目間信度估計），顯示兩種不同評量方法均具有良好的評分者信度。但進一步分析後，發現兩種不同評量方法的信度誤差變異來源不同及HFACS「整體理論架構」與「子項目對子項目間」信度內涵顯有差異。

根據Li與Harris對採用多人評量研究評分者信度內涵(2008)，是以spearman ρ 係數表示多位受試者依不同團體屬性區分（例如「飛行員與非飛行員」、「軍航組織與民航組織」等），評量單一飛安事件人為失誤因素被歸類於HFACS十八個子項目中次數多寡的一致性，亦即依受試者反應次數多寡，將HFACS十八個子項目轉換成次序變項（次



數最高者為1、次高者為2...以此類推），計算不同團體屬性間的次序一致性，其信度內涵僅能反應出不同團體屬性中的受試者對HFACS整體理論架構的一致性，無法進一步分析「子項目與子項目間」的評分者信度，其原因受限於多人評量研究樣本無法採取配對方式進行研究，主要是研究方法的限制及樣本屬性的問題（李倫文等, 2008）。

而本研究運用專家評量之評分者信度內涵，雖同樣以spearman ρ 係數表示不同專家評量對HFACS整體理論架構次序反應的一致性，但由於分析的樣本是41筆飛安事件，這些事件在HFACS十八個子項目中次數反應的多寡，並無法完全顯示兩位專家在每一個飛安事件中都有相同的歸類，此一結果與Wiegmann 與Shappell(2001)研究類似，該研究是以美國1990年2月至1996年12月計119件飛安事件為研究對象，共計有319個飛安人為因素透過兩位專家被歸類於HFACS架構中，其評分者信度Cohen's Kappa值.71，該數值同樣是對HFACS整體理論架構次序反應的一致性，惟仍無法顯示兩位專家在每一個飛安事件人為因素中都有相同的歸類；因此，在專家評量研究中，即使次序一致性的信度係數高，且達顯著水準，但HFACS整體理論架構的信度內涵仍將受到質疑。

另外，進一步個別分析HFACS十八個子項目在兩位專家間的評分者信度，Cohen's Kappa值多數均介於.310至.610之間（ $p<.05$ ），此一分析方法是在每一個飛安事件中，由兩位專家分別對HFACS十八個子項目是否有相同的歸類為依據，而非前述計

算所有飛安事件在HFACS十八個子項目中反應次數多寡的一致性，也就是兩位專家在每個飛安事件中對人為因素歸類的相同程度愈高，其信度係數就愈高，表示兩位專家在每一個子項目間的評量一致性就愈高，此一方法所得結果，相較於HFACS整體理論架構的信度係數，可以進一步獲知兩位專家在子項目間對飛安事件人為因素歸類的一致性。

綜合上述分析，不同評量方法其計算信度的量尺及所代表的內涵亦有不同；在多人評量研究上，僅能將所有受試者的作答反應轉換成順序量尺，所得的信度內涵僅能說明不同團體屬性中的受試者對HFACS整體理論架構的一致性；另外，在專家評量研究上，可將41筆飛安事件被歸類的資料同時轉換成順序及類別量尺，並分別求取出HFACS整體理論架構的次序一致性及18個子項目間個別的信度係數，在上述不同評量方法的信度分析中，除前述專家評量方法對HFACS整體理論架構一致性的信度恐遭質疑外，惟運用HFACS分析飛安事件的信度結果是可以被接受的。

結 論

「人為因素分析與歸類系統」理論的發展，迄今已有將近二十年的歷史，該理論模型也經過多次的修訂漸臻於完善，雖然近年來歐美國家已有許多航空心理學家發展出「人為因素」分析的架構、分類學與分析策略(Diehl, 1989; Hunter & Baker, 2000; Wiegmann & Shappell, 2003)，但目前仍以HFACS為當前分析飛安事件之原因與研擬

失事預防策略的主流，且已有多位學者證實 HFACS 是做為飛安事故調查的一項可靠及有效工具（Li & Harris, 2005）。透過 HFACS 不同評量方法的信度檢驗，結果亦能有效支持該理論的建構，顯見 HFACS 在分析飛安事件中具有一致、可靠及穩定的特性，然而，當運用不同評量方法進行研究時，研究者應深入瞭解不同評量方法的樣本屬性、誤差變異來源及信度內涵，方能提高飛安失事調查的可靠性與正確性。因此，本研究運用 HFACS 理論探討影響飛行決策的人為因素，研究結果再度證實飛行決策錯誤是造成航空意外的重要因素，且更進一步的發現 HFACS 各層級變項對層級一「決策錯誤」具有跨層級的直接影響效果及可能的間接影響效果，此一發現除可提供相關飛安管理與訓練單位，做為飛行員決策訓練與研擬預防飛安策略之參考外，對未來 HFACS 理論模式的修訂，將更具研究參考價值。

參考文獻

- [1] 邱皓政，量化研究方法（二），雙葉書廊，台北，2006。
- [2] 李文進、游重山、Harries, D.、李倫文、王宏任，「決策失誤與違反標準作業程序對飛安事件結果之影響」，危機管理學刊，5卷1期，頁71-78，2008。
- [3] 李倫文、王宏任、李文進，「飛安事件人為因素分析-HFACS之信度驗證與預測效果」，第十五屆中華民國人因工程學會年會暨學術研討會，聖約翰科技大學，97年3月15日，第113頁，2008。
- [4] Baron R. M., and Kenny D. A., "The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations", *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), p 1173-1182, 1986.
- [5] Buch, G., and Diehl, A., "An Investigation of the Effectiveness of Pilot Judgment Training", *Human Factors*, 26(5), p. 557-564, 1984.
- [6] Diehl A., "Human Performance/System Safety Issues in Aircraft Accident Investigation and Prevention", *Fifth International Symposium on Aviation Psychology*, The Ohio State University p. 838-847, 1989.
- [7] Diehl, A., "The Effectiveness of Training Programs for Preventing Aircrew Error", *Sixth International Symposium on Aviation Psychology*, p. 640-655, The Ohio State University, 1991.
- [8] Endsley, M. R., "A survey of Situation Awareness Requirements in Air-to-Air Combat Fighters", *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(2), p 157-168, 1993.
- [9] Endsley, M. R., "The Role of Situation Awareness in Naturalistic Decision Making", C. E. Zsombok, & G. Klein (Editor), *Naturalistic Decision Making*, p. 269-284, Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1997.
- [10] Feggetter, A. J. (1991). *The Development*



- of an Intelligent Human Factors Data Base as an Aid for the Investigation of Aircraft Accidents. Sixth International Symposium on Aviation Psychology, p. 324-629. The Ohio State University.
- [11] Hunter, D.R. and Baker, R.M., "Reducing Accidents among General Aviation Pilots through a National Aviation Safety Program", The Fourth Australian Aviation Psychology Symposium Aldershot, England: Ashgate, 2000.
- [12] International Civil Aviation Organization, Convention on International Civil Aviation ICAO. "Document 7300/9, ninth ed. ICAO", Monteval, Canada, 2006.
- [13] Jensen, R., and Benel, R., Washington, D.C.: Federal Aviation Administration, 1977.
- [14] Jensen, R. S., "The Boundaries of Aviation Psychology, Human Factors, Aeronautical Decision Making, Situation Awareness, and Crew Resource Management", The International Journal of Aviation Psychology, 7(4), p. 259-268, 1997.
- [15] Jensen, R., and Hunter, D., "General Aviation Aeronautical Decision-making", Washington, D.C.: FAA, 2002.
- [16] Klein, G. A., "A Recognition-Primed Decision (RPD) Model of Rapid Decision Making", G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok (Editor), Decision Making in Action: Models and Methods, p. 138-147, Norwood, New Jersey: Ablex, 1993.
- [17] Klein, G., "The Current Status of the Naturalistic Decision Making Framework", R. Flin, E. Salas, M. Strub, & L. Martin (Editor), Decision Making Under Stress : Emerging Themes and Applications, p. 11-28, Aldershot, England: Ashgate, 1997.
- [18] Li, W-C., Harris, D., and Yu, C.S. (2008), 'Routes to failure: analysis of 41 civil aviation accidents from the Republic of China using the Human Factors Analysis and Classification System', Accident Analysis and Prevention, 40, p.426-434.
- [19] Li, W.C. and D. Harris, "Pilot error and its relationship with higher organizational levels: HFACS analysis of 523 accidents," Aviation Space Environmental Medicine, 77 (10), p. 1056-1061, 2006.
- [20] Li, W.C. and Harris, D. (2005), 'HFACS Analysis of ROC Air Force Aviation Accidents: reliability analysis and cross-cultural comparison', International Journal of Applied Aviation Studies, 5 (1), p. 65-81.
- [21] O'Hare, D., "Aeronautical Decision Making: Metaphors, Models, and Methods". P. S. Tsang, & M. A. Vidulich (Editor), Principles and Practice of Aviation Psychology: Human Factors in Transportation, p. 201-237, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 2003.
- [22] Orasanu, J., and Connolly, T., "The

Reinvention of Decision Making", G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok (Editor), Decision Making in Action: Models and Methods, p. 3-20, Norwood, New Jersey: Ablex, 1993.

- [23] Patrick, J., "Principles and Practice of Aviation Psychology: Human Factors in Transportation Training", P. S. Tsang, and M. A. Vidulich (Editor), p. 397-434, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 2003.
- [24] Payne, J.W., Bettman, J.R. and Johnson, E.J., "Adaptive Strategy Selection in Decision- making", Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, Vol. 14, p.534-552, 1988.
- [25] Prince, C., and Salas E., "Training and Research for Teamwork in the Military Aircrew", E. L. Wiener, B. G. Kanki, & R. L. Helmreich (Editor), Cockpit Resource Management . San Diego: Academic Press, 1993.
- [26] Prince, C., and Salas, E., "Situation Assessment for Routine Flight and Decision Making", International Journal of Cognitive Ergonomics, 1(4), p. 315-324, 1997.
- [27] Reason, J., "Human Error", New York: Cambridge University, 1990.
- [28] Wiegmann, D. A. and Shappell, S. A., "Human Error Perspectives in Aviation," The International Journal of Aviation Psychology, 11(4), p. 341-357, 2001.
- [29] Wiegmann, D. A. and Shappell, S. A.,

"A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System," Aldershot, England: Ashgate, 2003.

作者簡介

李文進上校，政治作戰學校心理系75年班，英國克蘭菲爾大學(Cranfield University) 航空心理學博士，獲有英國民航局（CAA）頒發之「個人飛行執照」、歐洲航空心理學會（European Association of Aviation Psychology）「飛行人因工程學專家」（Certificate of Aviation Human Factors Specialist）執照。現為國防大學政戰學院心理研究所主任。

陳正中先生，現任職國防工業發展基金會。

李倫文先生，游重山先生，現為國立清華大學工業工程與工程管理研究所博士生。

