

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 近場管制臺航管人員工作負荷評估之研究

### Developing mental workload assessment scale for air traffic controllers at Approach and Departure Control

計畫編號：NSC 89-2213-E-009-041

執行期限：88 年 08 月 01 日至 89 年 07 月 31 日

主持人：許尚華教授 國立交通大學工業工程與管理學系

共同主持人：夏太長助理教授 建國工商專校工業工程與管理科

計畫參與人員：博士班研究生黃永昌 國立交通大學工業工程與管理學系

碩士班研究生李玄之

碩士班研究生胡秀瑜

#### 一、中文摘要

早期飛航管制人員工作負荷的研究，大多沿襲工作研究的方法，收集溝通與資料輸入的時間，此法忽略了航管員的認知活動。雖然，後來的研究引用了一些主觀的測量法，如 NASA-TLX 和 SWAT，但是這些方法過於粗糙，無法探知航管員負荷之構因。

本研究從瞭解航管人員作業型態著手，探討航管作業之構面，依此，發展出一套有效之心智負荷測量方法，並檢驗此方法之效度與敏感度，且探討各種空中流量及型態對心智負荷之影響。研究結果可供航管人員配置之參考。

**關鍵詞：**飛航情報區、飛航安全、心智負荷

#### Abstract

Because of manpower shortage and high volume of air traffic, the workload of air traffic controllers in Taiwan has been extremely high. Although there have been time-based and heuristic methods to allocate workload for each sector, these methods nevertheless are not valid. To ensure air safety, it is imperative that air traffic controllers' workload is bounded within their capabilities. Since air controllers' task are

mostly cognitive ones, the purpose of this study is to develop a mental workload assessment method for air traffic controllers.

In this study, air traffic control tasks at Approach and Departure Control facility will be analyzed. Key components of these tasks will be identified. Base on these task factors, a workload assessment scale will then be developed and validated.

**Keywords:** Flight Information Region, Air Traffic Control, Flight Safety, Mental Workload

#### 二、緣由與目的

自政府執行「開放天空」政策以來，原本狹隘的臺北飛航情報區 (FIR, Flight Information Region) 空域更加擁擠，航路中隨時都可能遇到緊急狀況，對飛航管制人員造成莫大之壓力，影響飛航安全甚鉅。為了持續因應我國民航蓬勃的發展，兼顧軍事飛航之需求，確保飛安，實需發展一合理的航管席位人力配置之方法。合理的席位設置，需基植於航空流量與航管人員心智負荷之能力。

關於航管工作負荷之研究，

Coulouries, et al., (1974)將管制工作負荷之程度予以量化，求出航管人員平均管制能力，以探討航管人力的配置是否恰當，此研究將管制員的工作量定義為：通話、整理管制條等管理行為的時間總和。另外，美國國家飛航實驗中心也將管制工作分成了下述三類：

1. 陸空及平面通話的工作量
2. 鍵盤操作的工作量
3. 飛航管制條管理（記錄及修正）的工作量

由上述三種時間總和得到一位管制員的合理工作量應低於每小時 17 架飛機 (NAFEC, 1997)。上述之研究皆沿用 F. W. Taylor 時間研究及 F. B. Gilbreth 的動作研究。將動作與時間研究導入航管測量，會導致大量的認知作業被忽略而錯估航管人員的工作量，更可能因負荷錯估、誤定標準，造成飛航危安事件的發生。

本研究之目的在於發展一航管作業心智負荷測量方法。本研究所採用之研究方法是將航管作業，透過作業分析、認知作業分析，確認出作業之認知單元，並根據這些單元，發展出主觀心智負荷量表。進而經由主觀心智負荷的評估，可以確認出航管員知覺到的高負荷心智活動，以作為航管自動化輔助之依據。另外，確認哪些外在情境因素經由心智負荷的增加影響到航管作業績效，以作為人力配置之基礎。

### 三、結果與討論

#### 航管情境因素的確認

在航管人員工作負荷的分析過程中，利用質化研究的方式，透過焦點團體訪談，及關鍵事件回憶法，深入了解個人面對高度工作負荷時如何應變及採取措施；由訪談內容中加以分析出對航管人員最具影響的項目，編制成問卷，由航管人員依其重要性並加以評定之。

#### 主觀負荷的測量

由現場的作業項目，進行作業分析，針對航管人員執行作業情境，了解作業程序及行為上的需求為何，同時依作業的特性加以分類。由此分類再進行實地的觀察，詳細的計算各分類實際發生的次數，並對各分類進行因素分析，透過因素分析確認出各作業向度，這些作業向度包括資訊擷取與負荷、記憶負荷、估計與決策負荷、注意力負荷及溝通與資料輸入負荷。依據這些向度發展出主觀負荷量表，並於量表中加入主觀總心理負荷此一向度，藉此了解各向度與個人整體心理負荷之關係。航管員在作業後，評定其在各向度所付出之努力以及所知覺到的總心理負荷量。

至於所知覺到的總心理負荷可由哪些情境因素來預測？經由迴歸分析發現，自我評斷總體工作負荷與 Holding 的飛機數及航機速度改變有關：

$$Y_{\text{自我評斷總體工作負荷}} = .799X_{\text{Holdinging 的飛機數}} + .470X_{\text{航機速度改變}} + 3.212$$
$$r^2 = .231$$

也就是說，自我評斷工作負荷與管制情境變化的程度有關。然而，自我評估的工作負荷是否可作為績效的預測指標呢？結果發現兩者之相關並不顯著（ $r=-0.48$ ）。

#### 客觀心智負荷測量

既然自我評估的工作負荷不能作為績效的預測指標，到底有哪些負荷測量足以預測作業績效？結果發現注意力轉移次數與績效之間的相關係數為  $r = -.510$ ,  $n=49$ ,  $p = .001$ 。也就是說，當注意力轉移的數目越高時，績效越低；且飛航架次越多，亦會使航管人員績效下降。由過去注意力及心智負荷的研究，我們可以知道，其關係可

能是航機數造成了注意力轉移的增加，注意力的分散加重了心智負荷，進而影響了航管績效。依據人類資訊處理模式來解釋，應是航管人員先知覺到航機的進入或請求，接著需作反應選擇與決策，同時與工作記憶及長期記憶做比對，再執行反應行為。在這過程中，可能同時有其它班機進入航空領域，或是其它請求，因此而形成了 multi-tasking 的情境。

除了注意力轉移之外，「整理管制條的次數增加」亦發現對績效有影響。教官評斷航管人員的績效可由注意力轉移與整理管制條次數來預測，其回歸公式如下：

$$Y_{\text{績效}} = -0.08938X_{\text{注意力轉移}} - 0.642X_{\text{整理管制條的次數}} + 6.43$$

$$r^2 = .382$$

如上所述，影響績效可分為兩大部分，一是注意力轉移，由於 multi-tasking 的情況下，造成注意力的分散，因此成為航管人員的心智負荷因素，另一是整理管制條，由於短期記憶項目的不足，因此需要管制條的協助，此因素可視為記憶輔助項目。由此發現可知，影響注意力轉移的變數均為在螢幕上可見之參數符號。而影響記憶輔助的均是連續狀況變化的呈現。

#### 客觀負荷測量與情境因素之關係

回歸分析發現注意力負荷反應了進場、離場、航機方向的改變，側風增強等情境因素，其迴歸方程式表示如下：

$$Y_{\text{注意力轉移}} = 3.882X_{\text{進場}} + 3.578X_{\text{離場}} + 1.952X_{\text{航機方向改變}} + 3.06X_{\text{側風增強}} - 7.704$$

$$r^2 = .745$$

由航管作業錄影帶可看出，每一架飛機的

進場，約需航管人員 3~4 次的反覆注意，而進場比離場所需的注意力資源更多，同時航機方向是否改變與側風的有無會造成對航機的注意力增多。

至於有哪些外在情境因素會與“整理管制條的次數增加”有關？透過迴歸分析可得到三項有關的項目，其模式可表示如下：

$$Y_{\text{整理管制條的次數增加}} = 0.636X_{\text{打字或寫字次數}} + 0.249X_{\text{飛行員請求變更計畫的次數}} + 0.221X_{\text{其他管制席發生 air miss 事件}} + 1.403$$

$$r^2 = .599$$

#### 四、計畫成果自評

以往評量航管人員是以時間研究及動作研究做為考量，然而，工作負荷不應單只是行為所需時間的總合，認知活動所產生的負荷應一併考量。本研究不僅考慮了外顯行為，同時考慮了航管人員的認知活動。

以近場臺航管人員為對象的整體績效模式。績效與注意力轉移及整理管制條有關；而注意力轉移又由進場、離場、航機方向改變及側風增強的參數所描述；而整理管制條又由打字或寫字次數、飛行員請求變更計畫的次數、其他管制席發生 air miss 事件的參數所決定。在確定對整體績效有重要影響的作業組合及心智因素後，可作為管制席位之動態分配參考。

此外由本研究中發現，自我評斷工作與教官評定的績效間，反應了兩者不同的差異。自我評斷工作負荷著重環境的變化應變，包含 Holding 的飛機數、航機速度的改變；相對地，教官的績效評斷，顯示了正常的進場、離場與環境的變化應變，包含進場、離場、航機方向改變及側風增強。這結果顯示著自我評斷工作因過度著重環

境的變化，忽略了正常起降動作，而造成評量偏誤，以致與教官的標準不同。

## 五、參考文獻

### 中文部分

陳明華. 開放天空政策與非航管制應行配合事項之研究. 民航局七十九年度研究報告.

台灣地區飛航安全概述. 交通部運輸研究所. 民 85 年.

呂伯強，宋真坦 (校閱). 「航空管制系統」, 航空電子設備 (再版), 1998 年 9 月, pp.39-117.

呂伯強，宋真坦 (校閱). 「導航系統」, 航空電子設備 (再版), 1998 年 9 月, pp.122-127.

### 英文部分

Benel, R. A., and Benel, D. C. R. "a system view of air traffic control". In M. W. Smolensky, and E.S. Stein. (Eds.) Human Factors in Air Traffic Control, 17-63. San Diego: Academic Press. 1998.

Buckley, E. P., Hitchcock, L., DeBaryshe, B. D., Hitchner, N. "Air traffic control simulation: Experimental methods". In M. W. Smolensky, and E.S. Stein. (Eds.) Human Factors in Air Traffic Control, 299-325. San Diego: Academic Press. 1998.

Danaher, J. W. "Human Error in ATC System Operations". In Human Factors, 22(5), 535-545. 1980.

Davies, A. K., Tomoszek, A., Hicks M. R., and White, J. "AWAS (Aircrew Workload Assessment System): issues

of theory, implementation and validation". In R. Fuller, N. Johnston, and N. McDonald. (Eds) Human Factors in Aviation Operations, 319-324. Avebusy Aviation. 1994.

Jesen, S. E. "Developing a flight workload profile using Continuous Subjective Assessment of Workload (C-SAW)". In R. Fuller, N. Johnston, and N. McDonald. (Eds.) Human Factors in Aviation Operations, 307-312. Avebusy Aviation. 1994.

Hilburn, B. "The Role of the Controller in Future Air Traffic Control: Techniques for Evaluating Human / machine System Performance". In M.W. Scerbo, and M. Mouloua. (Eds.) Automation Twchnology and Human Performance-Current Research and Trends, 112-117. London: Lawrence Erlbaum Associates. 1999.

NAFEC, FAA William J. Hughes Technical Center, Atlantic city, U.S.A. 1997

Ocran, E. B. Dictionary of Air Transport and Tranffic Control. NY: Granada. 1984.

Stein, E. S. "Human operator workload in air traffic control". In M. W. Smolensky, and E.S. Stein. (Eds.) Human Factors in Air Traffic Control, 155-183. San Diego: Academic Press. 1998.