操縦動作特性と難易度評価との関係

○加藤象二郎・門尾 孝是・西 修二・長沢 有恒(航空医学実験隊)

A study of relationship between behavioral elements of stick-control and difficulty ratings of flight maneuvers
Z.Katoh, A.Kadoo, S.Nishi, & Y.Nagasawa (Aeromed. Lab, JASDF)

1. はじめに

航空機操縦における操縦者の精神的、身体的ワークロードの定量化は、自動化機器の導入や乗員の勤務環境を検討する上で重要である。われわれは、飛行内容の複雑さや困難度が精神的ワークロードに占める割合は大きいと考えている。また、飛行内容や飛行課目が同一であっても操縦者の経験や操縦技量によってワークロードも異なるであろうし、その結果、飛行課目に対する難易度評価も異なってくるであろう。そこで、種々の飛行課目に対する操縦者の難易度評価と、この評価に影響する要因として操縦かんの操作要領をとりあげ、両者の関係を検討することとした。それは特定の飛行課目を実施する際、適時に、所要量、所要の速さで操縦かんを操作しなければならず、これが難易度評価と関係すると考えられるからである。本研究は、操縦かんの単位時間当操作量、操作速度、操作加速度が、飛行課目への難易度評価とどのような関係にあるかを検討するために行った。

2. 方法

航空医学実験隊に設置されたジェット練習機の飛行特性・性能を模擬し、昼夜間および各種の飛行気象条件を模擬しえるフライトシュミレータを使用した(MPC社製)。この装置は、固定ベースの操縦席に水平116度、垂直25度のCGI方式による模擬視界表示装置を装備している。また、事前登録した飛行条件を瞬時に呼び出し、模擬飛行が実施できると同時に、各種のデータを収集しえる性能を有している。

操縦かん操作データは、操縦かん頭部に固定した赤外LED(SFH487P:シーメンス社製)の移動軌跡を自動追跡する、操縦席真上

に設置されたITV型動作分析装置(G120型、OKK製)により収集した。収集のサンプリング・レートは、1 Hzとした。

飛行課目は、離着陸を含む11種で、データ収集時間は2分間を基準としたが、飛行課目により2分以下のものが存在する。各飛行課目の開始緒元は、その都度事前登録したものを呼び出し、飛行開始条件の統一を期した。

各飛行課目の難易度評価は、模擬飛行終了後に、最も難しいと思われる課目を10点として、他の10種の課目の難易度を1~10の整数で評点させた。

被験者は、当隊所属の健常な男性6名(30~57歳)で、シュミレータの平均飛行時間は 71.8 ± 4.8 hである。

3. 結果

11種の飛行課目に対する被験者の難易度評価平均値では、離陸が最易課目であり、編隊形での右旋回飛行が最難課目であった(図1)。最易と最難課目との間に位置する飛行課目は、2つの難易度レベルのグループ(LND, CHD, LZ8群と STP, NFM, TRL群)に分類しえる傾向を示している。

飛行課目毎に、ピッチ及びロール方向の両操縦かん操作量、操作速度、操作加速度の4種操作要素について、それぞれの平均値、標準偏差、最大・最小値幅(レンジ)の3種統計値を求めた。

さらに、難易度評価と4種操作要素との間で単回帰分析を行い、決定係数(R^2)の大きさ及び回帰係数の検定結果から両者の関連性を検討した(表1、表2)。

この結果、飛行課目の難易度評価に及ぼす操作特性要素は、「単位時間当操縦かん操作量」が最も大きなもので、具体的には「ロール軸平均操作量」、「ロー

ル軸操作量レンジ値」(図2)そして「ピッチ軸平均操作量」であった。次いで、「操縦かん操作速度」で、具体的には「平均操作速度」である。操作速度の標準偏差値やレンジ値といった統計値は、有意な影響力をしめしていない。また、操縦かん操作加速度要素は、課目の難易度

評価に大きな影響力を持たないことが理解された(図3)。

従って、飛行課目の難易度評価に影響を及ぼす操縦かん操作要素は、単位時間当平均操作量(ロールとピッチ)、平均操作速度、そしてロール軸操作のレンジ値であることが理解された。

表 1. 操作要素別決定係数 (R^2)

	平均値	S	D	レンジ値
操作量 (ピッチ)	0.51	0.33	0.37	
操作量 (ロール)	0.58	0.25	0.52	
操作速度	0.46	0.31	0.34	
操作加速度	0.05	0.32	0.22	

表 2. 回帰係数の t 検定結果

	平均値	S	D	レンジ値
操作量 (ピッチ)	3.04*	2.10	2.30*	
操作量 (ロール)	3.54**	1.74	3.13*	
操作速度	2.60*	2.10	1.50	
操作加速度	0.70	2.13	1.00

図1. 飛行課目への難易度評価

飛行課目名:
 TOF: 離陸
 LVL: 水平直線
 LND: 着陸
 CHD: シャンデル
 LZ8: レジー-8
 BRL: ハレルロール
 STP: 急旋回
 NFM: 通常編隊
 TRL: 単縦陣編隊
 FTL: 編隊左旋回
 FTR: 編隊右旋回

図2. 飛行課目別操作量(ロール)統計値

図3. 飛行課目別操作加速度の統計値