航空機操縦におけるワークロードの研究(10)

-制動操作に関する個人差特性について-

○西 修二、 門尾 孝是、
加藤 象二郎、 長沢 有恒(航空医学実験隊)
A Study on Pilot Workload(10)
-Individual Differences in Braking Action-
S. Nishi, A. Kadoo,
Z. Kato, Y. Nagasawa. (Aeromedical Laboratory, JASDF.)

1 はじめに

本研究では、フライトシミュレータ(POWER S)を用い、着陸時のブレーキ操作に焦点を当て、その個人差を検討した。着陸時の規定には、機体重畳等に基づいた接地速度と着陸姿勢がある。しかし、ブレーキの踏み方については、詳細に規定されていない。着陸接地後のブレーキ操作は、滑走路の状態やアンチスキッドシステムの有無、また目標停止位置などにより異なる。つまり、ブレーキ操作については、パイロットの判断にまかされていると考えられる。着陸は、航空機の操縦で最も事故が起こりやすいフェーズの一つといわれており、事故機の飛行時間の少ない(100時間未満)操縦者の事故率が高い。また個人差は、経験、知識、環境等の様々な要因によって現れると考えられる。そこで、本研究の目的は、フライトシミュレータ(POWER S)による着陸時のブレーキ操作を分析し、制動操作の個人差について検討することである。

2 方法

分析対象は、飛行時間、経験機種異なる操縦者32名である。着陸操作開始時の機体重畳や滑走路の状態はすべて同じとし、重量約17000lbs、天候晴、無風、ドライランウェイとした。ブレーキ操作に関する着意事項としては、滑走路上で停止させることのみを指示した。分析した飛行諸元・機体応答データは、接地から機体速度30ktになるまでのブレーキ力、速度、時間である。

3 結果

a 接地速度・ブレーキ開始速度

まず接地速度は、本装置の飛行特性性能が同じである T-2ジェット練習機の操縦指令(J.T.O.-1)に基づき 140ktに定められている。接地速度とブレーキ開始速度の散布図をFig-1に示す。操縦者の接地速度は、平均値が 147kt、標準偏差 7.4ktであった。約8割が規定よりも早い速度であることが認められた。ブレーキ開始速度については、規定されておらず、パイロットの判断にまかされていると考えら

れる。ブレーキ開始速度は、平均値が 123kt、標準偏差が26.7ktであった。ブレーキ開始速度の個人差は、接地速度よりも有意に大きいことがわかった($F=13.1$ $P<0.01$)。また同じ接地速度であってもブレーキ開始速度は、個人によって大きく異なることが認められる。

つまり、接地速度の個人差は、接地速度が J.T.O.-1で定められているため小さいが、ブレーキの開始速度の個人差は、個人の判断に基づくため接地速度のそれと比較して大きかったと考えられる。

b ブレーキ開始～速度30ktになるまでの時間

次に、ブレーキ開始速度とブレーキ開始から30ktになるまでの時間の散布図をFig-2に示す。図より、同一のブレーキ開始速度であっても、滑走時間の異なることが認められる。そして、両者の間の相関係数は0.38と低く、相関関係は、認められなかった。つまり、ブレーキによる速度制御の方法は、個人によって大きく異なることが認められた。

c ブレーキ操作のパターン分類

操縦者のブレーキ操作方法は、ブレーキ開始時間と自乗平均ブレーキ力(R.M.S値:Root Mean Square)から、Tab-1のように分類することができる。Tab-1のブレーキ開始時期は、ブレーキ開始時間が接地から操縦者32名の平均値(7.6秒)までの間に操作を開始したものを「早期」、平均値から平均値に1標準偏差値(5.2秒)を加えた値の間に操作を開始したものを「中期」、それ以降を「後期」として分類した。また、ブレーキ力は、自乗平均ブレーキ力をブレーキ開始時間と同様の手法により「弱」「中」「強」に分類した($M=4078\text{lbs}$ $SD=2493\text{lbs}$)。Fig-3は、ブレーキ開始時間と自乗平均ブレーキ力の散布図に、Tab-1の分類基準を示したものである。

Tab-1より、ブレーキ開始時間は、約6割のパイロットが「早期」(7.6秒以内)であり、約6割のパイロットのブレーキ力は、「弱」(4078lbs以下)であることがわかる。分類番号1のなかでの最大ブレーキ力は、約17000lbsで

あった。POWERSは、ブレーキを最大限に踏んだ場合、計算上 21600lbs の制動力を発生させることができる。このことよりパイロットは、シミュレータのブレーキを最大で約 80%、平均で約 20%使用していることが認められた。またこれらの値には、接地後滑走路上で停止するという指示を与えた影響があると考えられる。

4 考 察

今回の実験では、年齢、飛行時間、経験機種の異なる操縦者に対し、POWERSによる着陸操作を実施してもらい、制動操作の個人差について分析した。

まず接地速度に関しては、J.T.O.-1による規定があっても、約135KT から約170KT の幅があることが認められた。この結果は、通常操縦する航空機と比較して飛行特性、コクピット等が異なるために生じたと考えられる。POWERSの操縦は、操縦者にとって初めての経験であるため、機種転換等による不慣れな航空機を操縦するのと似た環境になると考えられる。

ブレーキ操作に関しては、細かい規定がないため、ブレーキ開始速度の個人差が接地速度のそれよりも大きいことが認められた。またブレーキ操作方法の個人差では、「滑走路上で停止」という指示に対する解釈の違いによる影響が大きかったと考えられる。そこで、これらの個人差は、それぞれの経験、知識、環境に基づく判断の違いによって生じたと考えられる。

制動操作時の個人差は、POWERSの経験不足に起因するものと、操作に関する規定がない場合の知識・経験の違いに起因するものがある。そこで、これらの経験不足の補完と知識・経験の違いを少なくするには、シミュレータの再現能力、実機にはない安全性を生かした訓練により実施できると考えられる。

5 まとめ

本研究では、同一状況で着陸した場合のブレーキ操作を分析し、着陸時の制動操作の個人差を検討し、以下の知見を得た。

① 規則で定められている接地速度にもPOWERSの操縦経験不足による個人差が認められた。
 ② 規則で定められていないブレーキ開始速度の個人差は、規則で定められている接地速度の個人差と比較して大きいことがわかった。
 ③ ブレーキ操作方法は、ブレーキ開始時間と操作力によって4種類のパターンに分類することができた。9割以上の操縦者の平均ブレーキ操作量は、7100lbs以下であった。

以上の結果より、個人差は、経験の不足と知識と経験だけで判断する場合に大きくなることがわかった。

Tab. -1 ブレーキ操作パターン分類

分類番号	ブレーキ開始時間	自乗平均ブレーキ力	割合(%)
1	早期	強	15.5
2	早期	中	12.5
3	早期	弱	34.4
4	中期	弱	18.8
5	後期	中	6.3
6	後期	弱	12.5