航空機操縦におけるワークロードの研究 (15)

—操縦学習過程におけるTTSIの変動—

○門尾孝是、加藤象二郎、西 修二、長沢有恒
(航空医学実験隊)

A Study on Pilots' Workload (15)

- Changes of Task Time Stress Index during Flight Simulator Training -
A. Kadoo, Z. Katoh, S. Nishi, & Y. Nagasawa (Aeromed. Lab., JASDF)

【はじめに】

著者らは、これまでに、パイロットワークロード評価に関する研究の一環として、いくつかの実験を行ってきた。ワークロードは、ISO の定義にあるように、大きく、ワークストレス（作業負荷）とワークストレイン（作業負担）の2つの側面を有している。我々は、適切なワークロード評価のために、この両方面からの検討を進める必要があると考えている。そして、空自操縦者を対象にした実験で、作業負荷の指標としてのTask Time Stress Index（以下TTSIと記す）と、作業負担の指標としての心拍数や主観評価との関連について既に報告した¹⁾。今回は、フライトシミュレータ操縦学習過程におけるTTSIの変動について報告する。

【方法】

1. 使用装置及び被験者

実験に用いたフライトシミュレータは、当隊の保有するPOWERS²⁾であり、今回処理を行ったデータは、先に報告³⁾したものをを用いている。すなわち、被験者は、当隊に所属する飛行経験の無い隊員9名（年齢 38.4 ± 10.8 ）とし、約100時間の操縦訓練中5回の測定を行っている。測定は、表1に示す各飛行課目を実施させ、操縦中の操縦操作信号を30Hzで収集している。また、これらの収集に合わせ、心拍数の計測や主観評価の測定を行っている。

表1. 測定時の飛行課目及び省略記号

LVL:水平直線飛行	CHD:シャンドル
LZY:レイジー8	ARL:エルロンロール
BRL:バレルロール	STP:急旋回
LOP:ループ	

2. TTSIの算出

今回、操縦中の作業負荷指標として用いているTTSIは、次式により算出した。

操作時間の総和

$$TTSI = \frac{\text{操作時間の総和}}{\text{利用可能時間}}$$

ここで示した分子の操作時間の総和とは、スティック、スロットル、ラダー、トリムスイッチの各操作時間の合計である。なお、スティックやラダーの操作データは、常に変化する性格のものであるため、各々のブレイクアウトフォース以上の操作に対して操縦操作が発生したと考え、処理を行う事とした。また、操縦動作分析では、情報の入手、判断、処置（操作）の各々に対して、時間を求める必要がある。しかし、フライトシミュレータにおけるデータ収集では、パイロットの情報入手、判断のデータが得難いため、これらに要した時間は、操縦中常に一定の時間を要したものとして計算を行っている。

【結果及び考察】

1. TTSIの課目間の変化について

平均のTTSIは、各測定時期内において、いくつかの課目間で有意な差となって現れている（図1）。これは、TTSIが各課目の操縦操作上の特徴を良く表現しているためだと考えられ、作業負荷としての指標としての有効性を示唆していると思える。このため、この種の研究を行う上で有効な指標の一つとして利用できると考えられる。

2. TTSIの訓練時間による変化

TTSIの訓練時間による変化を見た際に顕著に現れているのは、当該課目の訓練を集中的に実施する事による個人差の減少である。すなわち、LOPなどの課目においては、測定時期の2回

目と3回目の間に集中的に練習を行った結果、分散がそれまでに比べ、小さくなって現れている(図2)。このような変化は、操縦学習によって、不必要な操作が減少した事と、修正操作の操作量が適切なものに近づくことで、その課目の持つ負荷量を操縦者自らが高めてしまう事が少なくなったためであると考えられる。その一方でBRLのように、LOPなどの課目と比べ、分散に顕著な差の認められない課目も存在する。これは、シミュレータによる操縦訓練以前に、その課目の概要を理解していた場合と、今回実施している操縦訓練期間中に、所要の操作が習得出来なかった場合の二つが考えられる。この種の検討のためには、制御結果(パフォーマンス)の変化を手がかりに進める必要があらう。また、測定期間内の代表値間の検定をノンパラメトリック手法である、フリードマンの2元配置分散分析により求めたところ、有意な差を認めることは出来なかった。

3. TTSIと主観評価との関連

作業負荷と、作業負担の関連を見るため、第5回目の測定結果に対して、各課目毎に、TTSIと難易度評価点の平均を求め、プロットした(図3)。そして、得られた相関係数は、パイロットを対象に行った場合¹⁾と異なり、有意なものとはならなかった。この差は、シミュレータ操縦のみの経験しか無い群と豊富な実機経験を有する群の差であると考えられる。

【今後の検討】

TTSIの処理アルゴリズムそのものに対しては、情報取得時間の検討や対象とする操作データの拡張があげられる。また、今回発表したTTSIは、課目全般に渡る平均値として処理を行ったが、その瞬時的な変化や、先にも述べたような、制御成績との関連について検討を進める予定である。

【参考文献】

- 1). 門尾他: パイロットワークロード評価のための操縦動作分析. 日本宇宙航空環境医学会第38回総会予稿集. p41, 1992
- 2). 加藤他: 研究用フライト・シミュレータ(P OWERS)の機能概要について. 日本人間工学会第32回大会講演集. p249-245, 1991
- 3). 門尾他: 操縦学習過程における心拍数変化について. 日本人間工学会第32回大会講演集. p 302-303, 1991

図1. TTSIの課目間の差

図2. TTSIの訓練時間による変化

図3. TTSIと主観評価との関連