

航空機操縦者の作業負担について

垣本由紀子*

航空機操縦者は、旅客機のパイロットのみならず、ヘリコプター、小型機、滑空機、超軽量動力機そしてファイターパイロットなどさまざまであるが、総称してパイロットと呼ばれている。彼らは航空機の大小に関係なく「空を飛びたい」という高い動機に支えられて仕事をしている。ここでは、旅客機のパイロットと、その反対の極みにいるようなファイターパイロットを対象に、飛行作業に伴う作業負担について考案した。テクノロジーの進歩は、従来とは異なった形でむしろ生体負担が増加しているように見受けられる。旅客機については超長時間フライトに伴うクルー負担の評価について、また、ファイター機については高Gに伴う生体負担について、再検討すべき時期ではないかと考える。

Pilot Workload in Long-haul Flights and Fighter Pilots Training

Yukiko KAKIMOTO*

When we talk about pilots, there are various kinds of pilots; commercial airline pilots, general aviation pilots, helicopter pilots, glider pilots, or ultra light plane pilots and fighter pilots. In this report, pilot workload in commercial pilots and fighter pilots were discussed. Both commercial airline pilots and fighter pilots exist on opposite side, however, both seems to receive high workload as a result of advanced technology. It is requested to discuss the balance between advanced high technology and human tolerance systematically on both commercial pilots and fighter pilots.

1. はじめに

輸送機関の中で、航空機の事故率はきわめて低い。全世界商業用定期旅客機は、70年代後半から100万回出発あたり1~2件の事故率が継続している(ボーイング社、2000年)。運航開始直後の100万回出発あたり60件以上という事故率と比較すると、きわめて減少していることがわかる。わが国の商業用旅客機については、1985年に発生した日航機による御巣鷹山墜落事故以来、死亡者ゼロが継続しており、死亡事故率はゼロである。わが国の輸送機関別死者数

を見ると(平成14年度の交通安全白書)、道路交通8,326人、鉄道321人、船舶344人、そして航空では13人である。輸送機関の中では、航空の場合は死者数が桁違いに少ないが、前述のように、商業用定期旅客機は死者数ゼロであり、この場合の13名は、小型機、ヘリコプター、滑空機、超軽量動力機等の死亡者の総数である。

事故減少の背景には、各種要因が考えられるが次のような要因が考えられる。

(1)テクノロジーの進歩

航空100年の歴史の中で、旅客機については今や第五世代ともいわれる。機体そのものの性能がよくなったこと、安全度が増したこと、各種計器が見やすくなったこと、また航空機の操作性がよくなったことが挙げられよう。

* 実践女子大学生活科学部人間工学研究室教授
Professor, Dept. of Human Environmental Sciences,
Jissen Women's University
原稿受理 2004年10月15日

(2)安全教育の徹底とクルーのトレーニング

度重なる事故の中で教訓として出てきたクルーのコーディネーションの必要性から、CRM(Crew Resource Management)による教育が各エアラインで行われるようになったこと。

チームのトレーニングを通して、安全意識の向上と、集団討議による「気づき」をねらったものである。パイロットのみならず、現在では焼津市沖上空のニアミス事故をきっかけに、管制官についても、クルートレーニングが試み的に行われている。

(3)飛行安全報告(ASRS)制度による情報の共有化

米国において1977年から始まった飛行中に体験したヒヤリ・ハットをだれでも自由に、第三者機関であるNASAに報告する制度である。

ここでは報告してもそれが人事上の不利にならないように秘匿性が徹底的に保たれ、今日まで継続してきている。「そのようなことは知らなかった」ということがないようにヒヤリハット体験を皆で情報として共有しようというものであり、米国のみならず、英国、ニュージーランド、カナダなどが国の制度として実施してきている。ここで集められた情報は雑誌「コールバック」として、航空関係者は自由に見ることができる。日本では免責という観点から制度化は困難といわれ何回か活発に議論されながら国の制度としては確立せず今日に至っている。しかし、報告の全部ではないが、エアライン経由でデータが送られるシステムが、航空輸送技術研究所(ATEC)で開始されている。さらに2004年4月から、小型機についても報告が行われるようになった。

(4)航空支援体制の強化

航空の安全のために欠かせないシステムは、ATC(航空交通管制)である。全ての航空機は、離着陸の許可を管制官から得なければならぬ。また、航空法により、管制官からの指示に従うよう定められている。増加する交通量の中で、管制官のワークロードは、大変高いことが知られているが、自動化の導入は、このロードの軽減をねらったものである。かつての調査では、「コールサイン」の言い違いが圧倒的に多かったが、自動化システムの導入は、管制官が記憶すべき情報量の軽減に大きく貢献していると考えられる。コールサイン、高度、機種、進行方向などがレーダー上に文字として表記されている。

これらの著しい改善にもかかわらず、操縦者の作業負担という観点からすると、解決されずに存在し

ている問題や、テクノロジーが進歩したが故にさらに負担が増加する問題などが存在する。また、操縦者といっても、旅客機を操縦するパイロットばかりではない。ジェット機のファイター、小型機の操縦者、ヘリコプターパイロットなどさまざまである。それぞれの業種により作業負担も当然異なっている。ここでは、長時間飛行を行っている旅客機のパイロットを主に述べ、さらに短時間のハードミッションをこなすファイターパイロットについて作業負担の問題について考えてみたい。

2. 旅客を輸送することの負担

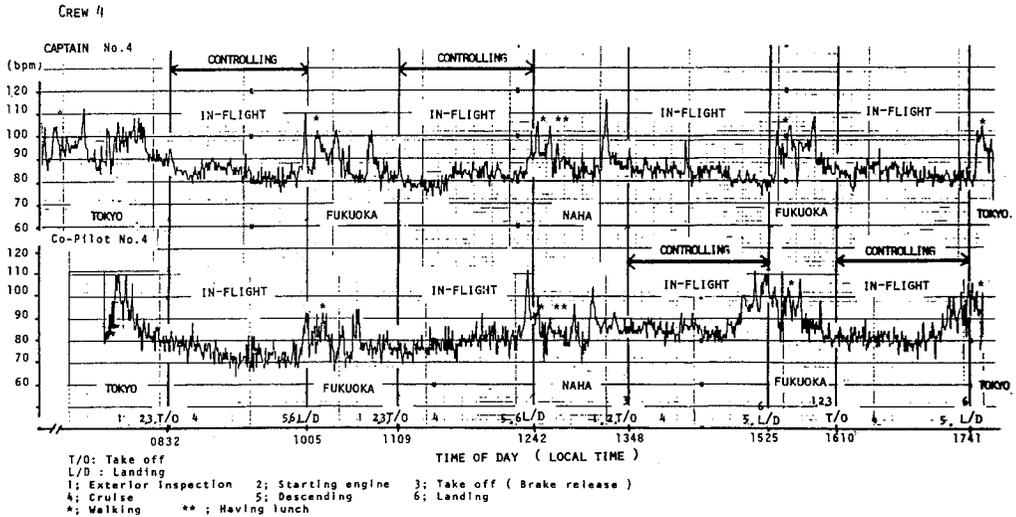
航空機のみならず、乗客を乗せて運航する輸送機関は各種存在するが、航空機の特異性は、離陸したら、着陸しない限り停止できないという飛行に伴う制限が存在する。さらに3次元であるが故に、酸素の問題や重力、気象の影響を大きく受ける²⁾。酸素については、通常は、旅客が意識しなくてもすむように、航空機全体が与圧されている。そのため各人が酸素マスクを使用しなくても安全な状態でいられる。従って、1995年8月12日発生の御巣鷹山墜落日航機事故のように、機体の隔壁が破損すれば、機内はたちどころに低圧環境になり、操縦にも影響が出てくることになる。

また、気象につても、視程、風、雲、夜間環境、積雪、氷雪等が飛行にいろいろな影響をもたらす。最近の事例で話題になっているのが乱気流である。

乱気流が予想され、席についてシートベルトを締めていれば被害は少ないが、予想が困難であったり、たまたま移動中に遭遇すると多くは傷害を被ることになる。特にサービス中のキャビンアテンダントが乱気流に遭遇し、カートごと天井まで跳ね上がるなどの例が報告されている。

このような状況の中で安全にそして安心感を持ってもらえるように乗客を目的地まで輸送する役割を負っている操縦者の負担はどのようなものであろうか。

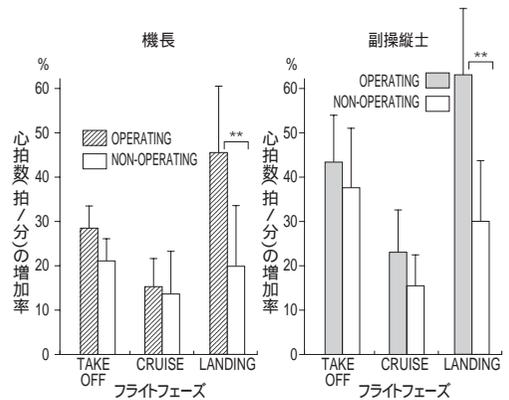
Fig.1は、乗客を乗せた操縦中の機長と副操縦士の心拍数(拍 / 分)を同時に測定した結果である。機種は航空自衛隊のC 1であり、埼玉県入間飛行場から那覇空港までを往復したものである(防犯部所属の乗客が搭乗しており、民間機と同様である)。総所要時間は約10時間。この間福岡、那覇、福岡に立ち寄り離着陸を繰り返し、入間に帰ってくるというスケジュールである。着陸と着陸の間は約2時間であ



注) クルーNo.4の例。
Fig. 1 C 1輸送機操縦中の機長と副操縦士の心拍数(拍/分)

る。この間機長と副操縦士は各区間を交代で操縦している。巡航中は、機長は、80 90拍/分のレベルを維持していることがわかる。副操縦士は、機長が操縦しているときは、70 80拍/分と低く、操縦しているときは、80 90拍/分と増加することがわかる。対象とした5組の平均心拍数から離陸、巡航中、着陸時における変化をフェーズ別、操縦をしていたかいなかったかの別で見るとFig.2のようになる。これらの図からいえることは、離着陸時、特に着陸時は心拍数が増加し、負担が増えることである。さらに経験の豊かな機長と少ない副操縦士とでは、両者に顕著な差が生じる。経験の少ない方がきわめて負担が大となるということである。しかし、注目すべきは、操縦していないときの機長の心拍数である。副操縦士は、操縦していない場合は、操縦しているときと比べて、顕著に心拍数が下がるが、機長の場合は操縦していてもしていなくても巡航中の心拍数はほぼ同じレベルの心拍数が保たれている。この意味は同レベルの緊張が継続していることを意味し、負担が継続してかかっていると考えられる。副操縦士が操縦しているときとしていないときとの変化の幅が大きいことに比較し、ここに機長の責任感が表れていると考えられる。

ここに示したのは一例であるが、同時に実施した他の4組の機長と副操縦士についても同様であった。これはC 1輸送機の例であるが、乗客を安全に目的地まで輸送するという意味においては、民間の旅客機においても当然であり、機長という職種にかかる



注) ** P < 0.01.
出典) 垣本、1988年。
Fig. 2 飛行中の心拍数：機長、副操縦士別の操縦している場合、していない場合

責任という負荷は同様と考えられる。

3. 超長時間飛行と作業負担

前述の例は国内線の例であったが、国際線となるとさらに超長時間と時差の問題が負荷される。この問題には、生体のサーカディアンリズム(概日リズム)の影響が大きく関連している。サーカディアンリズムはすでによく知られているように1日24時間(正確には25時間といわれている)を単位として覚醒水準のレベルが変化する現象である。超長時間のフライトは、パイロット等クルーの睡眠パターンへ直接影響する。サーカディアンリズムにより出発地時

Table 1 パイロットが「疲れた」と感じたときの症状

症状(上位10項目)	平均値	標準偏差
1. ねむい	3.84	0.84
2. 力がでない	3.77	0.83
3. 気が重い、活気がでない	3.50	0.89
4. 注意の集中ができない	3.20	0.85
5. 気持ちがいらいらする	3.11	1.01
6. 目がいたい	3.08	1.23
7. 忘れっぽくなる	3.08	0.82
8. ものごとを考えるのがいやになる	3.02	0.91
9. すぐ気が散る	3.01	0.98
10. 事をし損じる	2.97	0.94

出典) 参考文献7) より、垣本訊。

間では、覚醒水準が低下する時間帯であっても、睡眠をとらずにパイロットは操縦作業を継続し、キャピテンアテンダントも客室での作業を維持・継続しなければならない。また、逆に、出発地のサーカディアンリズムでは、目覚めている時間帯であっても目的地では就寝の時間となり寝付きにくく、睡眠不足が起こりうる。一般に出発地のサーカディアンリズムが目的地のリズムに慣れるためには約1週間が必要とされている。多くの場合、クルーは現地に1~2泊(飛行距離等により変わる)し、出発地に向け帰路のフライトにつく。かつて米国に行く場合は、アンカレッジがハワイに給油のため立ち寄るのが通常であったが、テクノロジーの進歩は、途中給油することなく一気に米国土土まで旅客を輸送することを可能にした。この結果、所用時間は短縮されることになったが、その分、一連続作業時間の拡大につながり、さらに、生体のサーカディアンリズムと時差とのからみから操縦者、キャピテンアテンダント等に睡眠不足、疲労などかなりの負担を与えることになったと考えられる。

時差の影響に関しては、国際線である限りさげられない。いくつかのタイムゾーンを通過することになり、パイロットにとってはなかなか厳しい環境が存在している。さらに彼らは航空会社に勤めている間中、この環境に耐えることになる。

前述のように、巡航中であっても、パイロットはある一定レベルの緊張を維持していると思われるが、人間の特性として、長時間、一定の緊張レベルを維持することは難しい。Table 1は、ニュージーランドエアラインの国際線パイロットを対象に行った疲労調査とその対策に関する調査結果である⁷⁾。表は、疲れたと感じたときの症状の上位10項目について列記したものである。第1位は、「眠たい」であ

Table 2 コックピットにおける疲れ・眠気のストラテジー：パイロットがよくとる行動

対策行動	平均値	標準偏差
1. 同時にたくさんの方のことは行わない(一度には、一つのことを)	3.60	0.82
2. 他のクルーと会話をし続ける	3.59	0.74
3. 冷たい飲み物を飲む	3.55	0.86
4. 立ち上がって歩き回る	3.53	0.88
5. できるだけ決められているとおりに行う	3.44	1.07
6. 忙しく活発にふるまう	3.34	0.90
7. 気持ちの上でもつねに忙しく活発にしておく	3.30	0.71
8. 疲労と闘うため特別の努力を行う	3.10	1.12
9. さらに多く食べる	2.85	1.00
10. 今自分がどのように感じているか他のクルーに話す	2.81	0.97

出典) 参考文献7) より、垣本訊。

る。第2位は「力がでない」、3位「気が重い、活気がでない」、4位「注意の集中ができない」など、眠気と注意の集中に問題があることが訴えられた。

さらに訴えられた症状をいくつかのまとめりとして検討するために因子分析を行った結果、20の症状は、五つの因子に分けられた。すなわち「認知的機能障害」「情緒的機能障害」「身体的影響」「退屈感」「眠気」とである。

超長時間のほとんどを占める巡航中の「眠気」と「退屈」といかに闘うかがストレスであり、大きな負担であることがわかる。では、そのような症状が出たときにどの様に対処するかの問に答えたものがTable 2である。

上位10項目を挙げれば「一度に一つのことを行う(同時に二つのことを行わないの意)」「クルーと会話を心がける」「冷たい飲み物を飲む」「立ち上がって歩き回る」「できるだけきっちりと几帳面に行うようにする」「忙しく活発にふるまう」「気持ちの上でも常に忙しく次にやるべき事を忙しく考える」「疲労と闘うため、必要以上の努力をする」「なにかをさらに多く食べる」「今、どんなに感じているか他のクルーと話をする」であった。

日本においても、80年代後半から、長時間飛行研究班が設けられ活発に研究が行われた。

その一部に、次のような研究がある。藤林、須藤は、一旅客者の往復をフォローし、その乗客の唾液コルチゾールを測定した(Fig3⁵⁾)。唾液コルチゾールは、ストレスホルモンとして知られている。34歳のビジネスマン一人のデータであるが、いくつかのタイムゾーンを越えて成田 ロサンゼルス間において収集された。その結果、コルチゾールの日内変動

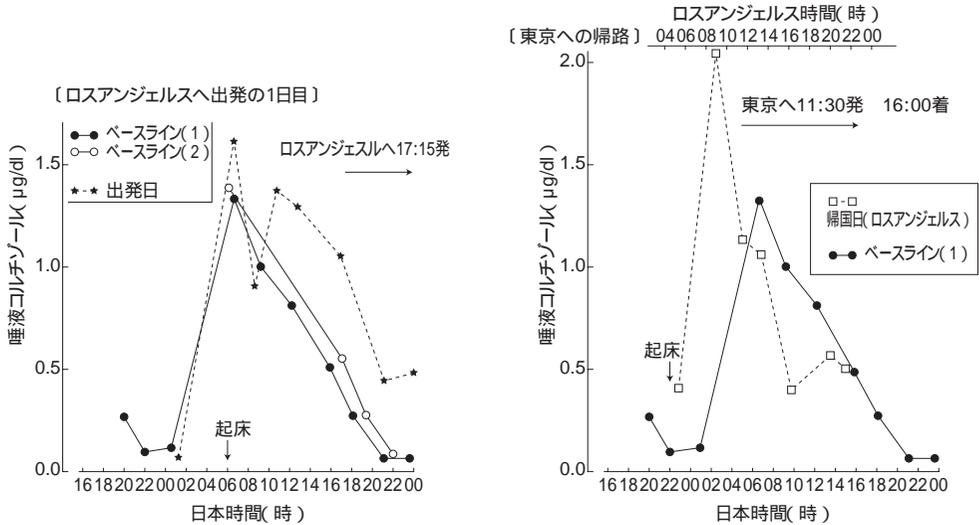


Fig. 3 一乗客の東京 - ロサンジェルス間往復時の唾液コルチゾールの変化⁵⁾

が乱されたこと、およびベースラインに比較し、コルチゾールの値が増加することが認められ、乗客として搭乗していても何らかのストレスを受けていることがわかった。

次にフライトクルーの生体負担を見てみる。80年代後半から、長距離国際線運航乗務員健康管理研究委員会（委員長：大島正光 / 部外秘）が編成され、国際線に関し、クルーおよび乗客について（調査のために同乗する研究員）路線を変え大々的に疲労調査が実施されてきている。往路より復路に自覚疲労症状の「眠気とだるさ」に関する訴えが増えること、並びに、尿中のアドレナリンとノルアドレナリンの比が低下することなどが報告された（注：この比が低下することは、疲労が大となることを意味する）。全般的に測定項目はマイナスの方向に変化を示したが、注目すべきは、成田 ワシントン間のクルーの生体負担指標が、それほど低下しなかったことである。理由は、成田発が午前11時という早出のため、目的地到着時間が出発地の23 24時から01 02時に相当するので、最も眠いとされている02 05時には仕事が終了しているという事実から、疲労が他の路線に比べ顕著ではなかったと示され、スケジュールの組み方として参考になる考え方である。しかしこの場合も尿中ドーパミンが増加し、時差との関連性が示唆されている。覚醒水準の低下から、04 06時は魔の時間帯といわれているが、リスク回避ということからすると、これらの結果は、国際線以外の深夜作業を行う他の輸送機関においても参考になる結果

と思われる。

疲労は労働衛生的には古いテーマではあるが、高度に自動化されたハイテク機の中においても、そこに人間が関わる限り新しいテーマが生ずる。過去の研究から、疲労と断眠がパフォーマンスに及ぼす影響について知られている事は以下のとおりである。

- ・反応時間 増加する
- ・注意 低下する
- ・記憶 低下する
- ・気分 停滞する

等である(R.G.Graeber,1988)。

筆者らのフライトシミュレータを用いた断眠実験においても、一晩の断眠であっても6桁以上の記憶テストやフライトパフォーマンスにばらつきが出るなどの結果を得ている⁹⁾。

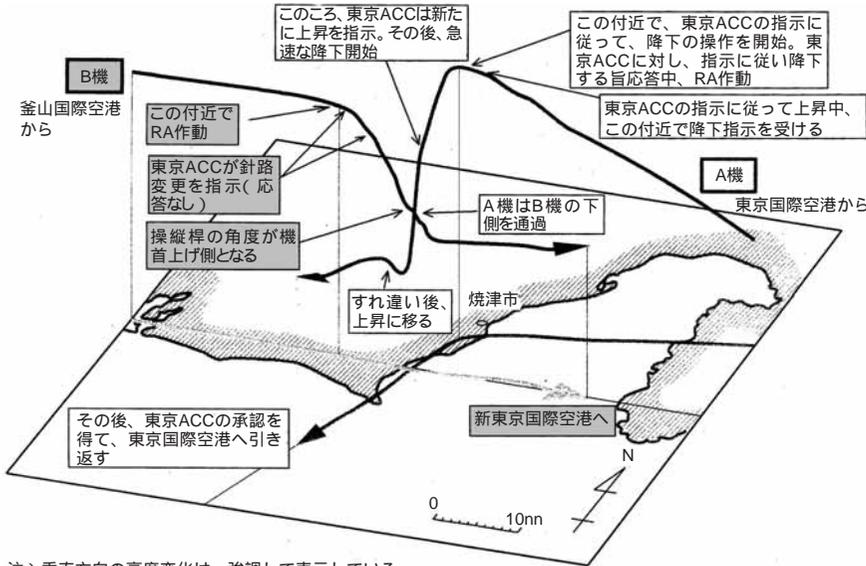
4. 自動化と人間の判断

航空機の安全性が向上した原因の一つに著しいテクノロジーの進歩を挙げたが、自動化もその大きな要素である。

人間の能力には限界があることをふまえ、画期的な改革が行われ、より安定したフライトが可能となったことは事実である。しかし、最近の事故事例から、緊急時における判断は、人間優先か機械優先かという問題が生じた。

事例は、2001年1月31日に発生した日航機同士のニアミス事故である。

〔本事故の経緯〕（参考文献8）より引用）



注) 垂直方向の高度変化は、強調して表示している。

Fig. 4 ニアミス事故発生地点の状況⁹⁾

「日本航空定期便907便(以下A機)B747 400は、那覇空港に向け羽田空港を1536に離陸し、高度39,000ftを目指して焼津市上空あたりを上昇中であった。

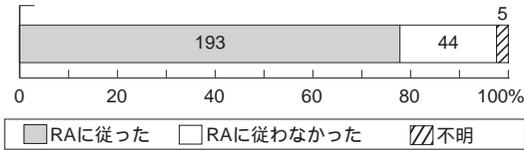
一方、日本航空958便(以下B機)DC10は、釜山を離陸し、その後一路成田空港を目指し、飛行中であった。焼津市上空辺りから降下に入っていた。視程がきわめてよく、A機は管制官からトラフィック情報を得たとき、B機については飛行機雲を引いていたことからその存在については認識していた。左旋回上昇中に管制官から、「A機、高度35,000ftに降下せよ、トラフィックがありますから」と指示があった(実際はB機というところ、言い間違えた)。このとき、機内の衝突防止装置(TCAS)は、「Climb, Climb」の指示を出しており、テープに機械(コンピュータ)の音声が残されている。

TCASは、70年代から開発が進められ、米国で実用化されたもので、相手機の接近を人間の目に替わっていち早く伝える機械できわめて画期的と言われている。TCASに緊迫性によりTAとRAとがある。TAは、Traffic Advisoryの意味であり、航空機が存在を知らせる情報であり、この情報により航空機は行動をとってはいけないうことになっている。しかし、RA(Resolution Advisory)が出た場合には即機械の指示どおり回避操作しなくてはならないことになっている。ここでは、RAが発出されていたが、それとは矛盾する指示が人間である管制官から発出された。パイロットは管制官の方が総合的に状況を

認知していると判断し人間の指示に従った。一方、B機は、TCAS RAの指示に従い降下を継続した。両機がともに降下を開始し、クロスする形となり、最接近時にはA機の機長が、急降下でB機の下をかくぐり(Fig.4)衝突の難を逃れたが、その際100名の重軽傷者が出た」

本事故発生の翌年2002年7月1日、同様の事態が、ドイツとスイスの国境近くで発生し、ロシアの旅客機と米系貨物機とが空中衝突し多くの死傷者が出た。管制官の指示には従わねばならないというルールの下で、それと矛盾する機械の指示に、人間が即対応できるかという課題を投げかけた。自動化に伴う新たな課題を本事故は投げかけたことになる。

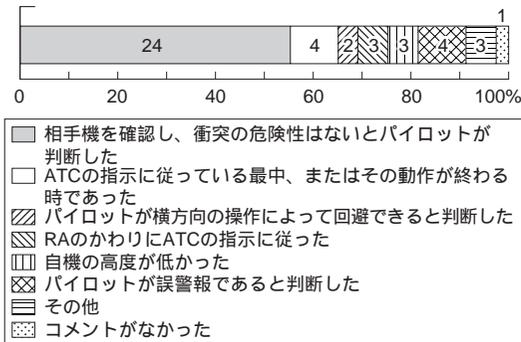
RAに対し、パイロットがどのように感じているかの調査が、住谷・白川・小瀬木により1995年1月から96年1月末までのパイロットレポートをベースに分析が行われた。この結果によると対象者の約79%がRAを必要なものと感じている。さらにRAが発出されたとき、これに従ったかどうかの質問には約80%が従っている(Fig.5)。従わない理由について調べると、半数以上が衝突の危険性がないと判断したためであった(Fig.6)。問題となるのは、管制官との指示との間に矛盾がある場合であることがわかる。同調査で、管制官との指示に矛盾があったかどうかについて尋ねたところ、約18%が体験していた。ここで問題は、パイロット側に表示されるTCASが、ATC側には表示されないことである。パイロット



注) 図中の数字は各項目別のRA報告件数。

出典) 住谷、白川、小瀬木、1995年。

Fig. 5 パイロットレポートに基づくRAの追従について



注) 図中の数字は各項目別の R A 報告件数。

出典) 住谷、白川、小瀬木、1999年。

Fig. 6 パイロットレポートに基づくRAに従わなかった理由

が、TCASに従って今飛んでいるとレポートしてこない限り管制官はわからないというシステム上の問題が存在していたことである。管制のレーダー上にTCASの情報を提示できるようにするシステムが、実用化を目指し現在試作中である。

緊急時のクリティカルな状況で、とっさの判断をどうするか。今回のケースでも、管制官が「35,000ftまで降下して下さい」とパイロットに伝えてから両機の最接近まで56秒しかない。その間の判断である。航空・鉄道事故調査委員会では、RAが発出された場合には、即この指示に従い回避操作をすることを勧告した。機械の判断に従うという人間の判断が必要であるということである。

5. ファイターパイロットの作業負担

きわめて限られたデータであるが、かつてファイターパイロットについて心拍数を計測したことがある。ファイターといっても、実戦配備ではないことを断っておく。

長時間旅客を輸送するパイロットとは、行う仕事内容が異なるため、心拍数の変動も全く異なる。旅客機では、ある一定のレベルをいかに継続して維持するかが課題となるが、ファイターパイロットはそ

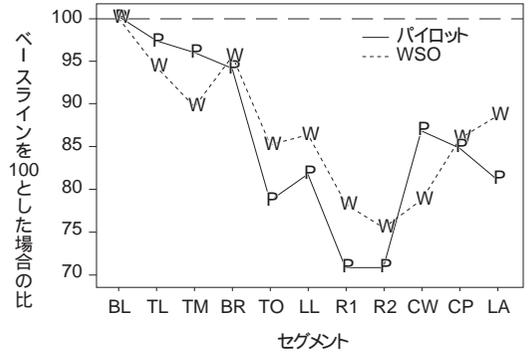


Fig. 7 セグメント別の空対地射撃訓練中のパイロットおよびWSO (射撃手)の心拍変動 (r-r/ms)の相対的变化¹¹⁾

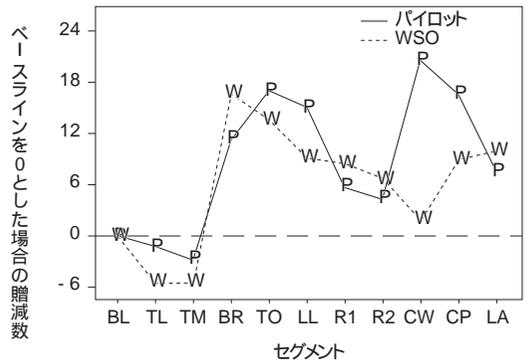


Fig. 8 セグメント別の空対地射撃訓練中のパイロットおよびWSOのまばたき数の相対的变化¹¹⁾

BL	ベースライン
TL	難易度の低いトラッキング
TM	難易度中程度のトラッキング
BR	飛行前プリーフィング
TO	離陸
LL	低高度フライト
R1	射撃セグメント1
R2	射撃セグメント2
CW	基地への巡航 (WSOフライト)
CP	基地への巡航 (パイロットフライト)
LA	着陸

のミッション柄、きわめて短時間の勝負となる。1回のフライトはせいぜい1時間から1.5時間。その中に全神経を集中する。

ミッションの内容により、離陸前から心拍数が高い「構え」の状態である。特に相手機と対戦する模擬戦闘訓練や空対地の射撃訓練では、心拍数の上昇の仕方が顕著で最大で150-160拍/分まで増加する。民間旅客機や輸送機では、離着陸時に、心拍数が最も増加するが、ファイター機ではミッション中が、それよりさらに高くなるのが特徴である。また、ミッション内容が難しければ難しいほど、離陸前の心拍数が高く、そのミッションに意識を集中していることがわかる。さらに、機体の高性能化は、短時間での急上昇、急旋回、過激な機動などをミッション

に取り入れることを可能としたが、反面、パイロットはミッション中高いG負荷を受けることになる。ミッション中、4~5Gは日常的に負荷される。最大では8G近くまでかかることが知られている。高い心拍数の中には、メンタルなストレスとともにGによる負荷も加わっていると考えられる。Gにより瞬間的に意識を失うG LOC (Loss of consciousness) という状態が知られており、きわめて高い負荷の場合に発生する。

Wilson Gは、ファイターパイロットを対象に空対地射撃のミッション中の心拍数、瞬き、呼吸等の生理学的指標を用いて測定をしている¹¹⁾。Fig.7は、各セグメント別の心拍BI (rms)を測定している。空対地ミッション時が最も低く、緊張が高まっていることがわかる。また、瞬きでは、空対地ミッション時に著しく減少し、同様に緊張が大であることを示している (Fig.8)。

6. おわりに

旅客機とファイター機とは両極にある航空機のミッションではあるが、共通項の一つは、テクノロジーの進歩が、ワークロードの軽減に必ずしも繋がらない上、場合によっては新たなロードを課すことがあるということである。

旅客機にあっては、超長時間の眠気や退屈のむしろアンダーロードの負荷を生み、一方ファイター機の高性能化は、高G負荷やハードミッションを課すことになる。どちらも疲労回復のための自己管理のストラテジーが求められる。

共通項の第二は、このような状況であっても、いずれのパイロットも「フライトすること」が何にもまして「好きであること」であり、この高いモチベーションにより支えられていることである。

24時間社会といわれて久しい中、深夜走行する長距離ドライバーが問題化しているが、眠気と退屈は同様の負荷と考えられ、適正な休養のあり方についてのガイドラインが求められると考えられる。

参考文献

1) Boeing: Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, 2000

- 2) 垣本由紀子「航空における情報取得とパイロットエラー」『IATSS Review』26 2、2001年
- 3) Yukiko Kakimoto, Akio Nakamura, Hideo Tarui, Yuko Nagasawa & Shigeyuki Yagura: Crew Workload in JASDF C 1 Transport Flights: 1. Change of Heart Rate and Salivary Cortisol. J. of Aviat. Space Environ. Med. 59(6), pp 511 516, 1988
- 4) Akio Nakamura, Yukiko Kakimoto, Fumiko Tajima, Hideo Tarui & Shigeyuki Yagura: Crew Workload in JASDF C 1 Transport Flight: 2. Change in Urinary Catecholamine Excretion J. of Aviat Space Environ. Med. 60(4), pp 301 306, 1989
- 5) Shimu Fujibayashi and Masamichi Sudoh: Effects of Short term Travel Abroad on Circadian Rhythm of Salivary Cortisol Level: Jpn J. Aerospace Environ. Med. 28, pp. 19 22, 1991
- 6) 全日空長距離国際線乗務員健康管理研究委員会『長距離国際線における運航乗務員の健康管理調査研究報告』1990年
- 7) Keith J. Petrie and Alexander G. Dawson: Symptoms of Fatigue and Coping Strategies in International Pilots: The International J. of Aviation Psychology, 7(3), pp 251 258, 1997
- 8) 航空・鉄道事故調査委員会『航空事故調査報告書2002 5』2002年7月12日
- 9) 垣本由紀子「航空におけるヒューマンファクター - 操縦パフォーマンスに及ぼす断眠とその対策」『安全工学』38(6)、1999年
- 10) 住谷泰人、白川昌之、小瀬木滋「パイロットレポートに基づく日本国内におけるACASIIの運用評価」『電子航法研究所報告』No. 88、1997年(注: ACASは、TCASと同じシステムのこと)
- 11) Wilson, G. F.: Air to ground Training Missions, Ergonomics, 36(9), pp. 1071 1088, 1993