

【乗員の健康管理サーキュラー】

昭和63年第5号

操縦業務と聴力

聴力はパイロットにとって最も重要な身体機能の一つであり、航空身体検査においても、一定の基準を満足することが求められています。これは、管制官との交信、コックピット・クルー間の会話、コックピット内の各種機器から発せられる警報音等、耳を通じて得られる情報は操縦業務にとって欠かせないことによるものです。

かつては、航空機騒音による聴力障害が多発し、検査基準に満たないため、航空局の航空身体検査証明審査会に上程され、その件数が審査件数全体の90%にまで占める時代がありました。低騒音型の機材が主流になりつつある現在では、聴力基準に抵触する人も次第に少なくなりつつありますが、高齢の方を中心として、未だ極めて関心の高い事柄であることには変わりありません。

今回（第5号）と次回（第6号）は、航空身体検査項目のうちの聴力に関して、その検査の意義等について解説していくことにします。

航空身体検査基準

先ず航空身体検査の聴力基準について見ることにします。皆さん既にご承知のとおり次のように規定されています。

第1種

次のいずれかに該当すること。

- イ．暗騒音が50デシベル(A)未満の部屋で、各耳について、500、1,000及び2,000ヘルツの各周波数において35デシベルを超える聴力低下並びに3,000ヘルツの周波数において50デシベルを超える聴力低下がないこと。
- ロ．各耳について操縦室内の騒音を模した騒音の下で、会話音及びビーコン信号を正常耳と同等に聴取することができ、かつ暗騒音が50デシベル(A)未満の部屋で、後方2メートルの距離から発せられた通常の強さの会話の音声を両耳を使用して正しく聴取できること。

第2種

次のいずれかに該当すること。

- イ．暗騒音が 50 デシベル(A)未満の部屋で、各耳について、500、1,000 及び 2,000 ヘルツの各周波数において 45 デシベルを超える聴力低下がないこと。
- ロ．いずれか一方の耳について 500、1,000 及び 2,000 ヘルツの各周波数において 30 デシベルを超える聴力低下がないこと。
- ハ．暗騒音が 50 デシベル(A)未満の部屋で、後方 2メートルの距離から発せられた通常の強さの会話の音声を両耳を使用して正しく聴取できること。

さて、この基準の中には、耳慣れない言葉がいくつか出ています。「暗騒音」とは？「デシベル」あるいは「デシベル(A)」とは？「聴力低下がないこと」とは何と比較してのことなのか？「操縦室内の騒音を模した騒音の下で」とは何を意味しているのか？勿論理解されている方も多いとは思いますが、何となくわかっている方や知らない方のために、先ずは音に関する基礎的な解説から入ることにします。

音の正体？

一言で言えば空気の振動が音の正体ですが、物理的には、大きさ（又は強さ；厳密には大きさと強さは使いわける必要がありますが、ここでは混乱を避けるため同じとします。）周波数、継続時間の3つの構成要素から考えることができます。

先ず、大きさ（又は強さ）ですが、空気の振動エネルギーの大小が音の大きさを決定します。ところが、人間の耳は特殊なフィルター作用を有しており、空気の振動エネルギーが2倍になっていも、音の大きさが2倍になったとは感じない仕組みになっています。即ち、発生源の大きさ（空気の振動エネルギーの大きさ）と人間の感覚的大きさとは比例せず、対数関係にあるとするのが Weber ~ Fechner の法則です。そこで、人間の感覚的大きさを表示する単位としてデシベル（dB）が導入されています。これは、空気の振動エネルギーを P とすると

$$\text{デシベル (dB)} = 10 \log P/P_0$$

と定義されるもので、 P_0 は基準となるエネルギーです。即ち、基準のエネルギーに対し、10 dB とは10倍、20 dB とは100倍、30 dB とは1000倍

の大きなエネルギーであることを意味しています。このように、聴力分野において音の大きさの単位として使用するデシベルは、人間の感覚にあわせるため対数尺度となっています。

次に周波数ですが、周波数が多いと高い音、逆に少ないと低い音として聞こえます。単位は、1秒間の振動数を表すヘルツ(Hz)を使用します。図1は聴感曲線と呼ばれるもので、縦軸に音の大きさ、横軸に周波数を取り、人間の耳の感度が示されています。これを見ると聴力の正常な若い人では、約20Hzの低音から約20,000Hzの高音まで聞くことができ、また各周波数に対し一様な感度をもっている訳ではなく、3,000Hz~4,000Hzのあたりで最も敏感であることがわかります。

ところで、われわれが日常接する音とは、いろんな大きさのしかもいろんな周波数成分を持った音が混じり合った複合音ということができます。この複合音に対して、人間の耳に感ずる量として測定・評価するためには、物理的大きさに対しては対数尺度で補正し、音の高低に対しては人間の耳の感度に合った周波数特性で補正するのが一番適切ということになります。

現在、人間の耳の周波数特性に近いとされているのが、A特性と呼ばれるもので、図2に示される曲線となります。

本図は、縦軸に反応の度合(レスポンス)をデシベル値で表示し、横軸に周波数を示しています。例えば、250Hzの音に対しては8.6デシベル分だけ、感度を鈍くして測定・表示することになります。測定しようとする音に対し、このA特性による周波数補正したものをデシベル(A)という単位で呼び、dB(A)と表示します。dB(A)はホンと呼ばれることもありますが、意味は全く同じです。なお、phonと記述される単位は、呼び方がホンと似ていますが少し異なる単位であり、注意が必要ですがここで詳しく触れないことにします。

dB(A)で表示した身近にある騒音の例を表1に示します。

最後に継続時間の観点から見てみましょう。われわれが日常接する音は、時間的に変動する場合があります。このため、ある一定の時間内に暴露された騒音の大きさを平均的に表示する方法として等価騒音レベル（等価連続レベルとも呼び、 L_{eq} と表示する）があり、次式で定義できます。

これは、時刻 t_1 から t_2 の間のデシベル(A)値の平均値とみることができます。音に対する評価方法としては、この他にも数多くの手法、単位等がありますが、本紙では深入りしないことにします。しかし、デシベル、デシベル(A)、 L_{eq} についての基礎知識があれば、音に関する文献を理解するときはかなり役立つものと思います。

聴力測定

鈍音聴力検査

航空身体検査における聴力測定は、鈍音聴力検査といいオーディオメータを使って行います。これは、250、500、1,000、2,000、3,000Hz 等の鈍音を電氣的に発生させ、その強さを変えることができる装置です。測定方法は、レシーバを直接耳に当てる気導法と、耳の後部に当てる骨導法があります。通常、航空身体検査は、気導法で行っており、骨導法は特別の場合にのみ実施しています。測定結果は周波数を横軸、強さを縦軸にした用紙に記入し、これをオーディオグラムと呼んでいます。

図3がオーディオグラムの例です。右耳の測定値は ○印、左耳の測定値は ×印で表示されています。

オーディオグラムでは、ゼロから下方に正の値、上方に負の値が記入されています。ここでゼロの値は、正常聴力を有している人々の平均感度を示しており、+ 10 dBとは正常な聴力を有している人に比べ10 dB 大きな音でないと聞こえない、即ち10 dB 聴力低下があることとなります。逆に - 10 dB とは、正常な人より10 dB 小さい音でも聞こえることを意味します。

なお、鈍音聴力検査は暗騒音が50 デシベル (A) 未満の部屋で行うこととされていますが、この暗騒音とは、対象として聞こうとする音（この場合にはオーディオメータから発生する音）以外の周辺環境の音のことです。暗騒音が大きいとオーディオメータの音が聞こえづらくなり、正確な測定ができなくなります。一般的に、暗騒音が聞こうとする音に対して10 dB 以上小さな音であれば、影響は少ないとされています。通常、鈍音聴力検査は防音室で行いますので、暗騒音はかなり低くなっているはずですが。

その他の検査

第1種の聴力基準においては、鈍音聴力に係る基準の他に項目口「各耳について操縦室内の騒音を模した騒音の下で…」に該当すればよいことになっています。この規定にしたがって検査を行うためには、実機と同じ騒音環境を模擬するシミュレータが必要となりますが、我が国では未だ実用化されたものはありません。しかし、(財)航空医学研究センターが委託して実施している「航空機乗員の医学適性研究」において、各種航空機のコックピット内騒音の測定やこれを実験室内で再現する装置の試作等を行い、将来のシミュレータの実用化に際し必要となる基礎的な仕様等をまとめることができました。この研究成果を土台にして、将来はシミュレータを使った聴力検査が行われる日が来るかもしれません。

航空身体検査の鈍音聴力検査の結果、基準に抵触した場合には、waiver 条項の適用を求めるため、航空局の審査会の判断を仰ぐこととなります。この場合、通常、語音聴力検査が実施されます。これは、数字や言葉が次々と吹き込まれたテープを聞き、音の大きさを変化させて、それぞれの大きさで何%聞き取れたかを測定します。この結果は、図4に示すような語音明瞭度曲線として整理します。

通常、審査会の対象となる人は高齢の方が多く、継続的に審査会の判断を仰ぐことが多いようですが、前回に比べて著しい低下がない場合には、殆ど大臣合格とされているようです。従って、急激な聴力低下がない場合は、あまり神経質になる必要はないと考えられます。

おわりに

今回は、航空身体検査基準のうち聴力に関する規定、音に関する基礎知識、検査方法について解説を行いました。次号では、引き続き、コックピット内騒音の実態、聴力低下の原因等について触れることにします。