

低周波空気振動の感覚評価量の検討

宮本俊二 青木一郎

1 はじめに

騒音では騒音レベル、振動では振動レベルがそれぞれ評価量として設定されており、これらの評価量によって諸基準の設定、程度の判定などがおこなわれている。低周波空気振動については、問題が提起された当初から評価量の設定の必要性が指摘され、このための調査研究が進められてきている。現在までに、時田らの提案¹⁾、ISO DP7196による提案²⁾、ドイツの提案³⁾などが発表されているが、検討の段階であって、評価量の設定までに至っていない。

筆者らは、56年度および57年度において、7種類のスペクトルの異なる実際の低周波空気振動による感覚実験⁴⁾を実施し、感覚影響に関して多くの知見が得られたが、とくに、環境に存在する低周波空気振動のレベルの範囲では、低周波空気振動のスペクトルによって感じる程度と低周波空気振動の強さとの関係が異なってくる事が判明し、スペクトルに関係なく感じる程度に対応する数値となる評価量の検討が必要とされ、この検討が残された課題となった。

この研究は、これを受けて実施するもので、上記の実際の低周波空気振動による実験の結果が検討の手掛りになると考え、この実験結果をもとにして、既報した単一周波数の低周波空気振動による感覚実験⁵⁾で得られた等感曲線、時田らが提案するLSL曲線、ISO DP7196で提案するG1およびG2曲線、ドイツが提案する評価曲線および騒音計測で用いられるdB(A)、dB(C)、dB(D)などの評価方法について検討し、低周波空気振動に適用できる評価量を模索することにした。

この報告では、この検討の概要と得られた結果について述べる。

2 実際の低周波空気振動による感覚実験の概要

この研究では、既報の実際の低周波空気振動による

感覚実験⁵⁾で得られた実験結果をもとにして、感覚評価量の検討をおこなうものである。以下では、この感覚実験の概要を紹介することにする。

(1) 実験した低周波空気振動の種類とスペクトル

低周波空気振動の発生源は多種多様であるが、これまでに苦情の原因となった発生源または苦情の原因となりやすいと考えられる発生源のうちから、つぎの7種類を選び、実験することとした。図1に、実験した低周波空気振動のスペクトルを示したが、スペクトルは音圧レベル100dBにおけるスペクトルである。

ア 空気圧縮機A

6.3~25 Hzおよび63 Hzに強い成分があり、とくに8 Hzが卓越するスペクトルを示している。概括的には、超低周波域に主成分がある低周波空気振動とみることができる。

イ 空気圧縮機B

80 Hzが卓越し、63 Hzがこれに次ぐ形のスペクトルとなっており、低周波域に主成分がある低周波空気振動とみることができる。

ウ オイルボイラ

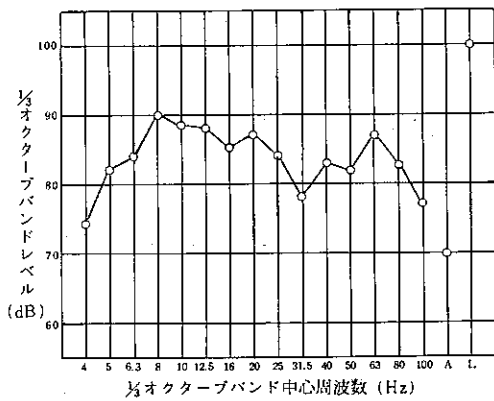
10~80 Hzにわたって成分があり、40 Hzが卓越するスペクトルを示している。低周波域の成分がやや優越するが、超低周波域から低周波域にかけて成分が分布する低周波空気振動とみることができる。

エ 真空ポンプ

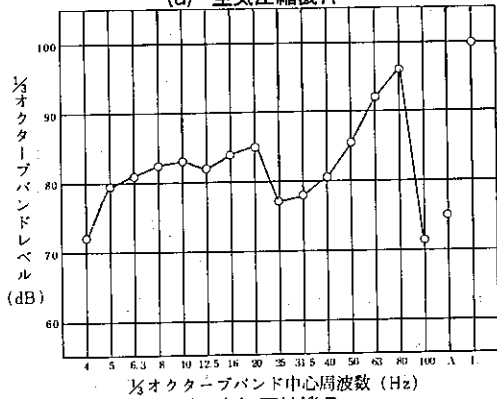
20~31.5 Hzの範囲に、成分が集中するスペクトルを示しており、超低周波域と低周波域の境界周辺に主成分がある低周波空気振動とみることができる。

オ 加熱炉

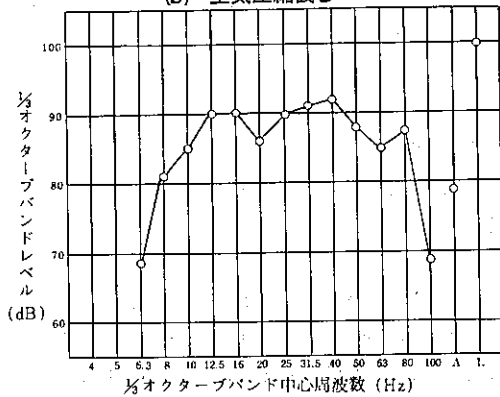
8~12.5 Hz、25 Hzおよび40~63 Hzに強い成分があるが、63 Hzが卓越するスペクトルを示している。超低周波域および低周波域のいずれにも強い成分がある低周波空気振動とみることができる。



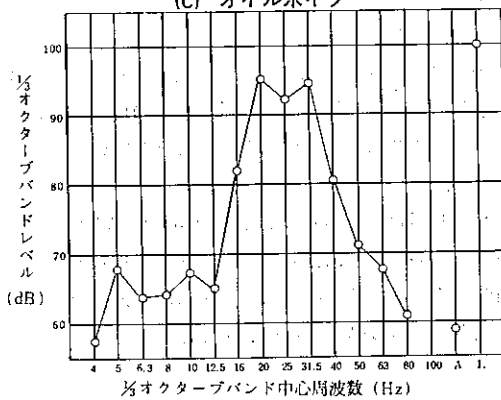
(a) 空気圧縮機 A



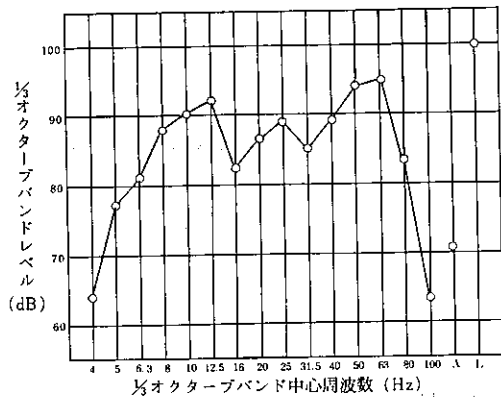
(b) 空気圧縮機 B



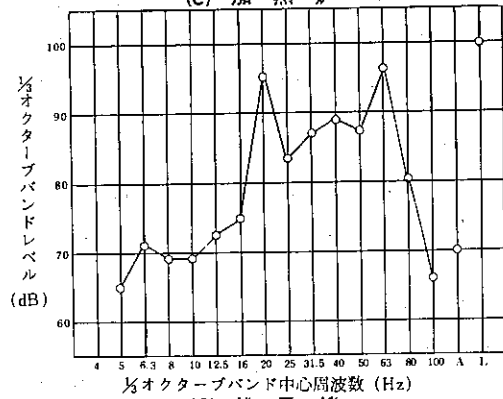
(c) オイルボイラ



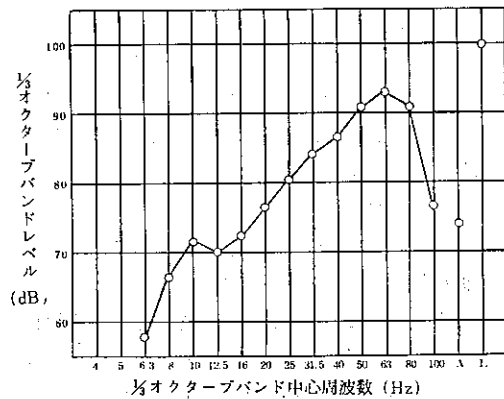
(d) 真空ポンプ



(e) 加熱炉



(f) 排風機



(g) ジェット機

図1 実験した低周波空気振動のスペクトル

カ 排風機

20～60 Hzの範囲に成分が集中しているが、とくに20 Hzと60 Hzが卓越する双峰型のスペクトルとなっている。超低周波域と低周波域のいずれにも強い成分がある低周波空気振動とみることができる。

キ ジェット機

40～80 Hzの範囲に強い成分があり、63 Hzが卓越するスペクトルを示している。低周波域に強い成分がある低周波空気振動とみることができる。

(2) 実験装置

発生装置は、強制空冷式動電形加振機の駆動軸に振動板を直結し、振動板を強制加振することによって、低周波空気振動を発生させる方式の装置である。写真1に装置の全景を示した。

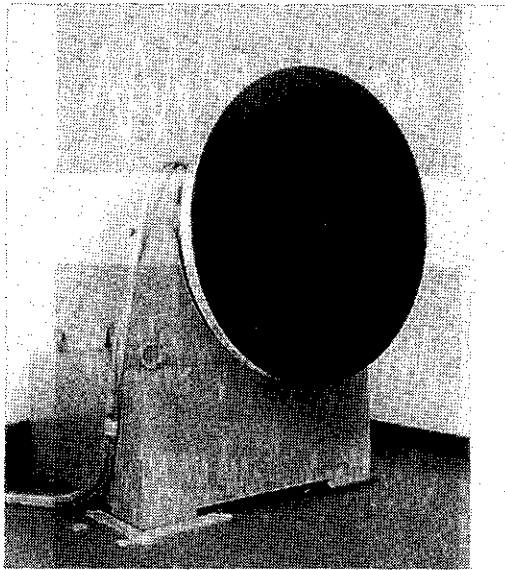


写真1 発生装置

この実験では、図1に示すスペクトルの低周波空気振動を発生し、感じる程度と音圧レベルの関係を検討することになっているが、このためには、装置の総合周波数特性を平坦にすることが必要である。装置の電圧-音圧レベルの周波数特性および加振機の共振、反共振の補償として、低域等化器、ピークノッチ等化器でそれぞれ等化し、4～75 Hzにおける装置の総合周波数特性を±2 dBの範囲内とすることができた。写真2に、実験する低周波空気振動を発生させた場合の波形で、装置の再生の程度を示した。上段はデータレコ

ードに収録した低周波空気振動の出力波形であり、下段は振動板中心軸上60 cmの位置における音圧計出力波形である。両者の間には発生装置系の応答おくれに起因する位相ずれがあらわれているが、波形としては、発生源によって再生の程度に若干の違いがみられるが、一応の類似性がみとめられることから、実験に供することとした。

(3) 実験方法

被験者は18～24才の男子10名である。実験は、被験者をワイシャツ等の軽装の状態で胡坐させ、次のような方法で実施した。

60～100 dBのレベル範囲の1 dBステップの低周波空気振動をランダムな順序で、10秒負荷20秒休止の周期で負荷し、負荷ごとの感じる程度を“感じない”“わずかに感じる”“よく感じる”“強く感じる”“非常に強く感じる”の5段階のカテゴリーで判断させるとともに、実験終了後に、感じた内容をカテゴリー別に記録させた。

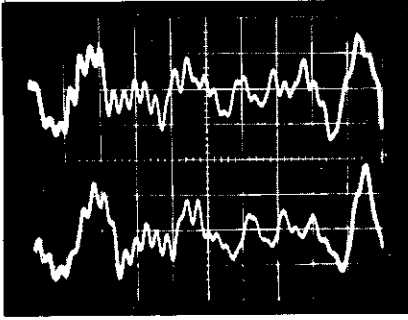
(4) 実験結果

表1に、実験結果を示した。負荷ごとの回答をカテゴリー別さらに音圧レベル別に集計し、集計結果において被験者の6割以上がそのカテゴリーと判断する最小の音圧レベルを、そのカテゴリーを代表する音圧レベルとしている。

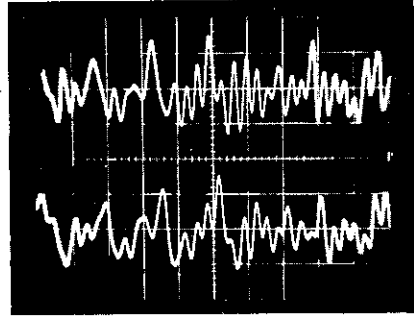
“強く感じる”は、いずれの場合も92～95 dBの範囲の数値となっている。このことは、負荷する低周波空気振動のスペクトルが異なっているにもかかわらず、ほぼ同等の音圧レベルで“強く感じる”と判断していることを示しており、さらに“強く感じる”に対応す

表1 感じる程度と音圧レベルの関係

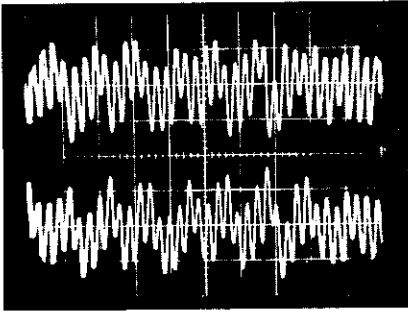
種類	カテゴリー (dB)			
	わずかに感じる	よく感じる	強く感じる	非常に強く感じる
空気圧縮機A	80	90	95	—
空気圧縮機B	74	85	92	100
暖房・給湯用 オイルボイラ	74	87	94	97
真空ポンプ	80	89	95	—
加熱炉	73	85	93	—
排風機	73	85	92	99
ジェット機	75	85	95	—



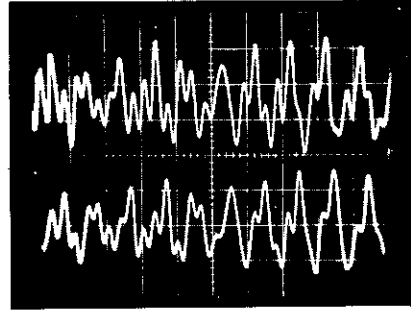
(a) 空気圧縮機 A



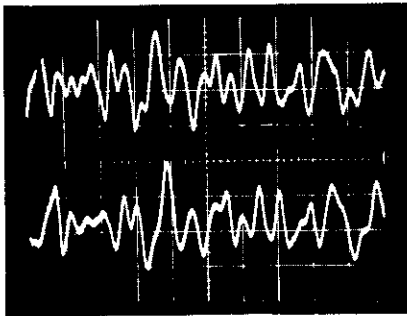
(e) 加熱炉



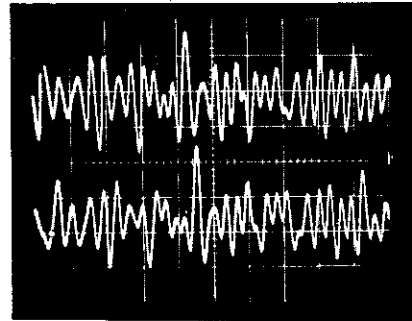
(b) 空気圧縮機 B



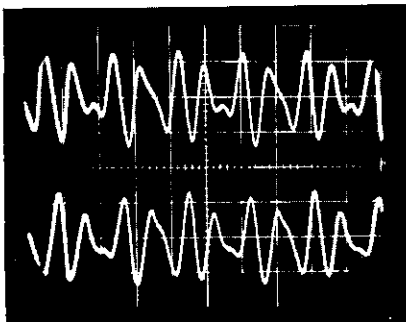
(f) 排風機



(c) オイルボイラ



(g) ジェット機



(d) 真空ポンプ

上段：データレコーダ出力波形

下段：音圧計出力波形

写真2 低周波空気振動再生のようす

る音圧レベルの範囲の低周波空気振動については、スペクトルへの依存性は小さく、音圧レベルで評価してもよいことを示している。“よく感じる”は、空気圧縮機B、加熱炉、排風機およびジェット機は85dBであるのに対して、空気圧縮機Aは90dB、真空ポンプは89dBとなっており、4～5dB高いレベルで同程度に感じていることを示している。また、“わずかに感じる”にも似た傾向があらわれている。空気圧縮機B、オイルボイラ、加熱炉、排風機およびジェット機は73～75dBとほぼ同等の音圧レベルを示しているのに対して、空気圧縮機Aおよび真空ポンプは80dBとなっており、5～7dB高いレベルで同程度に感じていることを示している。これは、図1に示すように、他の発生源の低周波空気振動と異なって、空気圧縮機Aおよび真空ポンプの低周波空気振動は8～31.5Hzいわば超低周波域に主成分があり低周波域の成分が弱いことによるものと考えられる。このことは、“よく感じる”および“わずかに感じる”に対応する音圧レベルの範囲（環境に存在する低周波空気振動のレベル範囲としてよい）の低周波空気振動については、スペクトルへの依存性があり、音圧レベルのみでなくスペクトルをも併せて考慮し、評価することが必要であることを示している。

表2に、カテゴリー別に被験者が感じたとする内容を示した。まず感じるものは、いずれの場合も耳の圧迫感となっている。これは、既報の単一周波数の低周波空気振動による感覚実験⁵⁾によると、低周波域の成分が影響したことによるものと考えられる。耳の圧迫感について、レベルの上昇にしたがって、腕、胸など振動感または胸などへ圧迫感が加わり、さらに、それら

を感じる部位が広がってゆく傾向がみられる。

3 評価方法の検討 (I)

(1) 等感曲線による方法

既報において、単一周波数の低周波空気振動についての感覚実験⁵⁾を実施し、図2の等感曲線を得たことを報告した。この結果は、被験者を20人とし、8～100Hzの1/3オクターブバンドの中心周波数ごとに、70～110dBのレベル範囲の1dBステップの低周波空気振動をランダムな順序で負荷し、負荷ごとの感じる程度を“感じない”“わずかに感じる”“よく感じる”“強く感じる”“非常に強く感じる”の5段階に仕分けして判断させ、被験者の6割以上が判断する最小音圧レベルをそのカテゴリーを代表する音圧レベルとして求めたものである。

この等感曲線は、低周波空気振動に対する人間の感覚の周波数特性をあらわすものであるとすることができ。したがって、この感覚の周波数特性を加味した評価量を考えるならば、この評価量は感じる程度に対応した数値となるはずである。この考え方に立って、次のような検討をおこなった。

図2に示す“わずかに感じる”“よく感じる”に対応する等感曲線からそれぞれの逆特性曲線を求め、この逆特性曲線から100Hzにおける補正量を0dBとして各周波数における補正量を求め、これを周波数加重特性とする。次に、表1の実際の低周波空気振動による実験結果を上記の周波数加重特性で補正して、評価量を求める。この結果を表3に示した。

“わずかに感じる”の場合には、68～71dBの範囲の

表2 感 じ た 内 容

種類 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加 熱 炉	排 風 機	ジェット機
わずかに感じる	耳に圧迫感	耳に圧迫感	耳に圧迫感	耳に圧迫感	耳に圧迫感	耳に圧迫感	耳に圧迫感
よく感じる	耳、頭に圧迫感 腕などに振動感	耳、頭に圧迫感 腕、胸などに圧迫感	耳、頭に圧迫感 腕、胸などに圧迫感	耳に圧迫感 腕などに振動感	耳に圧迫感 腕、胸などに圧迫感	耳、頭に圧迫感 腕などに振動感	耳、頭に圧迫感
強く感じる	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	耳に圧迫感 上半身に振動感	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	耳、頭に圧迫感 腕、胸などに振動感
非常に強く感じる	—	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	—	—	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	—

数値に評価されており、相互間の数値の開きは3dB以下となっている。“よく感じる”の場合では、80~82 dBの範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは2dB以下となっている。いずれの場合も、個々の低周波空気振動のスペクトルが異なっているにもか

かわらず、数値の開きが小さいことを示している。このことから、この周波数加重特性による評価量は、感じる程度に対応のよい数値になるものと考えられる。

(2) ISO DP7196による検討

ISOでは、“人間への影響に関する超低周波音の記述方法”という標題のDP7196を審議しているが、そのなかで、超低周波音による人間への影響を評価するための周波数加重特性としてG1曲線およびG2曲線を提案している。これを図3に示した。G1曲線は、最小可聴値曲線に近似したものであって、聴覚に関する大きさを評価するためのものであり、G2曲線は特定しない影響を評価するためのものであるとしている。

表1に示した実際の低周波空気振動による実験結果をG1曲線およびG2曲線で評価すると、表4および表5のようになる。G1曲線およびG2曲線のいずれの場合も、なかにはほぼ同等の数値となっている組合せもあるが、全体としては、同程度に感じる場合であるにもかかわらず、相互間の数値の違いが大きいことを示している。とくに、真空ポンプとジェット機では違いが大きく、19~20dBの差を示している。G1曲線およびG2曲線は図3に示すような周波数加重特性であるから、10~25Hzの範囲に主成分があるスペクトルの低周波空気振動の場合には大きな数値となり、50Hz

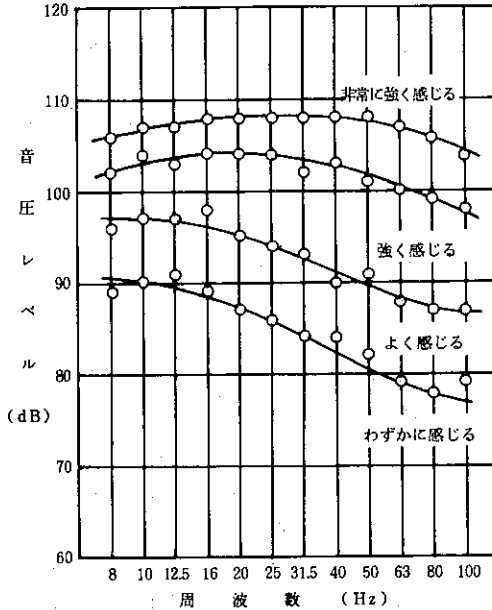


図2 等感曲線

表3 等感曲線による方法

(dB)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	70	71	68	71	69	69	70
よく感じる	80	82	80	80	81	81	80

表4 ISO G1曲線による場合

(dB)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	80	71	76	85	74	77	65
よく感じる	90	82	89	94	86	89	75

表5 ISO G2曲線による場合

(dB)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	77	67	72	79	71	71	59
よく感じる	87	78	85	88	83	83	69

以上の周波数域のみに主成分があるスペクトルの低周波空気振動の場合には小さい数値となる傾向があり、これが両者の差を大きくした理由と考えられる。

(3) ドイツ提案による検討

ドイツは、ISO DP7196 で提案している周波数加重特性G1曲線およびG2曲線の修正として、周波数範囲は2~100Hzとし、周波数加重特性として6dB/oct減衰の評価曲線を提案している。これを図3に示した。この提案は、20Hz以下であられる人間への影響は20Hz以上でもあられること、2~100Hzに主成分を有する発生源が多いこと、ドイツにおける影響実験では、影響は6dB/oct減衰の周波数依存性を示していることなどによるものであるとしている。

表1に示した実際の低周波空気振動による実験結果をドイツ提案の周波数加重特性で評価すると、表6ようになる。“わずかに感じる”の場合には、65~70dBの範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは5dB以下となっている。“よく感じる”の場合では、77~81dBの範囲の数値に評価されおり、相互間の数値の開きは4dB以下となっている。いずれの場合も、個々の低周波空気振動のスペクトルが異っているにもかかわらず、数値の開きが比較的小さいことを示している。このことから、この周波数加重特性による評価量は、感じる程度にほぼ対応した数値になるものと考えられる。

(4) LSLによる検討

時田らは、周波数範囲を2~50Hzとし、12dB/oct減衰を周波数加重特性とする曲線を、低周波空気振動の評価曲線（以下では、LSL曲線と呼ぶことにする。）

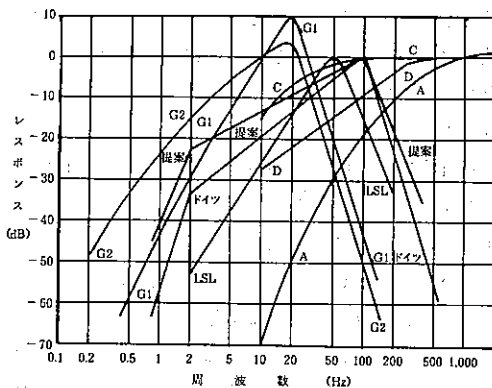


図3 周波数加重特性

として提案している。これを図3に示した。問題となっている低周波空気振動のスペクトルの実態からみると、周波数範囲を2~50Hzとすれば、十分な情報が得られるとし、さらに最小可聴値曲線の逆特性曲線に近似させた12dB/oct減衰の周波数加重特性は低周波空気振動の特徴的感覚である圧迫感および振動感の評価に適するものであるとしている。

表1に示した実際の低周波空気振動による実験結果をLSL曲線の周波数加重特性で評価すると、表7ようになる。“わずかに感じる”の場合には、66~71dBの範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは5dB以下となっている。“よく感じる”の場合では、77~81dBの範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは4dB以下となっている。いずれの場合も、個々の低周波空気振動のスペクトルが異っているにもかかわらず、数値の開きが比較的小さい

表6 ドイツ提案曲線による場合

(dB)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	67	70	65	68	67	67	68
よく感じる	77	81	78	77	79	79	78

表7 LSL曲線による場合

(dB)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	68	66	67	71	69	69	69
よく感じる	78	77	80	80	81	81	79

いことを示している。このことから、この周波数加重特性による評価量は、感じる程度に対応した数値になるとしてもよいと考えられる。

(5) dB (A) , dB (C) , dB (D) による方法

騒音計測では、周波数加重特性をA特性⁶⁾として騒音レベルを、C特性⁶⁾として音圧レベルまたはスペクトルを求めている。また、航空機騒音の評価では、PNLに替わる簡便法として周波数加重特性D特性⁷⁾が提案されている。これらを図3に示した。

表1の実際の低周波空気振動による実験結果をこれらの周波数加重特性で評価すると、表8、表9および表10のようになる。

ア dB (A) の場合

“わずかに感じる”の場合には37~49dB (A) の範囲の数値に評価されており、“よく感じる”の場合では46~60dB (A) の範囲の数値に評価されている。いずれの場合も、空気圧縮機Bと真空ポンプの数値の違いが12~14dBと大きい。その他はほぼ同等の数値を示しているとみることが出来る。A特性は、100 Hz以下では、11~19dB/octと減衰の傾斜が大きい周波数加重特性であるために、図1に示すように、50~80Hzの範囲に強い成分があるスペクトルの空気圧縮機B、ジェット機などは、この周波数域の成分の小さいスペクト

ルの真空ポンプより大きい数値になったと考えられる。これらのことから、周波数加重A特性による評価量(騒音レベル)は、感じる程度に対応する数値となる場合と対応が悪い場合があるものと考えられる。

イ dB (C) の場合

“わずかに感じる”の場合には、70~75dB (C) の範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは5 dB以下となっている。“よく感じる”の場合では、81~84dB (C) の範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは3 dB以下となっている。いずれの場合も、個々の低周波空気振動のスペクトルが異っているにもかかわらず、数値の開きは比較的に小さいことを示している。このことから、周波数加重C特性による評価量は、感じる程度に対応した数値になるものと考えられる。

ウ dB (D) の場合

“わずかに感じる”の場合には、57~62dB (D) の範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは5 dB以下となっている。“よく感じる”の場合では、69~73dB (D) の範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは4 dB以下となっている。いずれの場合も、個々の低周波空気振動のスペクトルが異なるにもかかわらず、数値の開きが比較的に小さいことを

表8 dB (A) による場合

dB (A)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	45	49	41	37	44	44	46
よく感じる	55	60	54	46	56	56	56

表9 dB (C) による場合

dB (C)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	71	72	70	75	71	71	71
よく感じる	81	83	83	84	83	83	81

表10 dB (D) による場合

dB (D)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	60	62	57	60	59	60	61
よく感じる	70	73	70	69	71	72	71

示している。このことから、周波数加重D特性による評価量は、感じる程度に対応した数値になるものと考えられる。

4 評価方法の検討 (II)

前項では、7種類のスペクトルが異なる実際の低周波空気振動による感覚実験の実験結果に、種々の評価方法を適用して、数値的に検討した。また、実験において、被験者が感じた内容から検討すると、次のようになる。表3には、まず、耳への圧迫感があらわれることが示されているが、既報の単一周波数の低周波空気振動による感覚実験⁵⁾で明らかにされているように、これは、低周波域の成分が影響したことによるものと考えられる。一方、低周波域の成分を評価するために、周波数加重特性を平坦にすると、超低周波域の成分も評価することになり、表1に示すように、相互間の数値の開きを大きくすることになる。これらのことから、周波数加重特性としては、減衰傾斜がゆるやかな特性、たとえば3~6 dB/oct減衰のような特性が、低周波空気振動の評価に適しているのではないかと考えられる。

これらの検討を含め、前項の結果を集約すると、次のようになる。

ISO DP 7196で提案しているG-1曲線およびG-2曲線は、周波数範囲を2~20Hzとし、低周波域では24 dB/oct減衰の特性として規定されている。したがって、低周波域を含む低周波空気振動を評価する場合には、前項で示したように、スペクトルによって評価する数値が大きく異なってくる傾向があり、低周波空気振動の感覚評価に適さないものと考えられる。

dB (A) は、100 Hz以下では12~18dB/oct 減衰の周波数加重特性であり、減衰傾斜が大きい。このために、前項に示したように、スペクトルによっては大きいまたは小さい数値に評価する場合があります、低周波空気振動の感覚評価に適さないものと考えられる。

ドイツ提案の評価曲線、LSL曲線、dB (C)およびdB (D) は、次のように考えられる。ドイツ提案の評価曲線とdB (D) は、いずれも6 dB/oct減衰の相似の周波数加重特性である。dB (C) は、ドイツ提案の評価曲線よりゆるやかな減衰特性を示している。LSL曲線は、50Hzを0 dBとし、その前後がそれぞれ12dB/oct減衰の特性で、減衰傾斜は大きい、低周波域での減衰量は31.5 Hz-5 dB, 50Hz 0 dB, 63Hz-3 dBと比較的に小さい。

いずれも低周波域における減衰量は小さく、これによると考えられるが、前項に示したように、これらの周波数加重特性で評価した数値の相互間の開きは、3~5 dB以下であり、大半は2~3 dBとなっている。これから、これらの周波数加重特性による評価量は、低周波空気振動の感覚評価に適用できるものと考えられる。ただし、dB (C) dB (D) は、中、高周波域の成分を含む場合には、これを含めて評価することになるので、注意が必要である。

等感曲線による方法は、“わずかに感じる”および“よく感じる”のいずれの場合も、周波数加重特性はドイツ提案の評価曲線とC特性の中間の特性となっており、低周波域の減衰量は小さい。これによると考えられるが、前項で示したように、これらの周波数加重特性で評価した数値の相互間の開きは、2~3 dB以下であり、大半は1~2 dBとなっている。これから、これらの周波数加重特性による評価量は、低周波空気振動の感覚評価に適用できるものと考えられる。この検討では、周波数加重特性として、図2の等感曲線から求めた減衰量を平滑化せずそのまま用いた。これを平滑化して、さらに“わずかに感じる”および“よく感じる”の周波数加重特性を一つにまとめて、低周波空気振動の評価曲線として提案すると、周波数範囲は2~100 Hz、周波数加重特性2~100 Hzは4dB/oct減衰、2 Hz以下および100 Hz以上は18dB/oct以上の減衰となる。表1の実際の低周波空気振動による感覚実験の

表11 提案の評価曲線による場合

(dB)

発生源 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルボイラ	真空ポンプ	加熱炉	排風機	ジェット機
わずかに感じる	69	71	67	71	69	69	69
よく感じる	79	82	80	80	80	81	79

表12 周波数加重特性

(dB)

周波数 (Hz)		2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100
評価方法	わずかに 感じる	-	-	-	-	-	-	-12	-12	-12	-11	-10	-8	-6	-5	-3	-2	-1	0
	よく 感じる	-	-	-	-	-	-	-12	-12	-12	-10	-10	-9	-8	-6	-4	-2	-1	0
ISO	G1	-29	-24.5	-20.5	-16	-12	-8	-4	0	4	8	9	4	-4	-12	-20	-28	-36	-44
	G2	-15	-12.5	-10.5	-8	-6	-4	-2	0	2	3.5	3	-2.5	-10	-18	-26	-34	-42	-50
ドイツ提案		-34	-32	-30	-28	-26	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0
LSL		-53	-49	-45	-41	-37	-33	-29	-25	-21	-17	-13	-9	-5	-3	0	-3	-9	-15
dB (A)		-	-	-	-	-	-	-	-70.4	-63.4	-56.7	-50.5	-44.7	-39.4	-34.6	-30.2	-26.2	-22.5	-19.1
dB (C)		-	-	-	-	-	-	-	-14.3	-11.2	-8.5	-6.2	-4.4	-3.0	-2.0	-1.3	-0.8	-0.5	-0.3
dB (D)		-	-	-	-	-	-	-	-27.6	-25.6	-23.5	-21.6	-19.6	-17.6	-15.6	-13.6	-11.6	-9.6	-7.8
提案曲線		-22.7	-21.3	-20	-18.7	-17.3	-16	-14.7	-13.3	-12	-10.7	-9.3	-8	-6.7	-5.3	-4	-2.7	-1.3	0

実験結果をこの周波数加重特性で評価すると、表11のようになる。“わずかに感じる”の場合には、67~71 dBの範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは4 dB以下となっている。“よく感じる”の場合では、79~82 dBの範囲の数値に評価されており、相互間の数値の開きは3 dB以下となっている。これを総合すると、相互間の数値の開きは3~4 dB以下、六半は1~2 dB以下となっており、この周波数加重特性による評価量は、感じる程度によく対応しており、低周波空気振動の感覚評価に適するものと考えられる。

5 おわりに

実際の低周波空気振動による感覚実験の実験結果をもとにして、各種の評価方法について検討した。この結果、多くの知見が得られたが、筆者らが実施した単一周波数の低周波空気振動による感覚実験で得た等感曲線をもとに評価曲線を提案でき、この評価曲線による評価量は、低周波空気振動の感覚評価に適した評価量となることも判明し、所期の成果が得られた。

評価量の設定にあたっては、実験的検討だけでなく、併せて、社会反応調査および多くの現場実例検証など

フィールド検討も必要とされ、この研究で得られた評価量についても、フィールド的な検討が必要である。

参 考 文 献

- 1) 時田保夫ほか：低周波音域の評価のための周波数特性について、日本音響学会講演論文集、(1982)。
- 2) ISO DP 7196: METHODS OF DESCRIBING INFRASOUND WITH RESPECT TO ITS EFFECTS ON HUMANS、(1980)。
- 3) ISO DP 7196の附属文書、ISO/TC 43/SC 1 N 421。
- 4) 宮本俊二、青木一郎：低周波空気振動に関する感覚実験、東京都公害研究所年報、(1983)。
- 5) 宮本俊二、青木一郎：超低周波音および低周波音に関する感覚実験-第3報-、東京都公害研究所年報、(1982)。
- 6) IEC PUBLICATION 179 PRECISION SOUND LEVEL METERS
- 7) ISO RECOMMENDATION R 507 PROCEDURE FOR DESCRIBING AIRCRAFT NOISE AROUND AN AIRPORT、(1970)。