

低周波空気振動に関する感覚実験について

宮本 俊二 青木 一郎

1 はじめに

低周波空気振動は、音であるには違いないが、騒音とは異なった影響を与えている。新しい影響問題として、この影響の要因とメカニズムを解明し、さらに、これをもとにした評価方法を確立することが必要とされ、このための調査研究—文献1), 2), 3), 4), 5), 6) など—が進められている。

筆者らは、低周波空気振動による感覚影響を解明すべく、発生装置を開発し、低周波空気振動の周波数および音圧レベルが感覚影響にどのように関係するかを実験的に検討⁷⁾してきた。この結果として、

- ① 低周波空気振動は、振動感、圧迫感およびこれに類する反応—本研究では、これを“感じる”またはfeelingに関する反応と表現することにする—を誘起し、
- ② 主として、超低周波域では振動感、低周波域では圧迫感がまずあらわれるが、音圧レベルが増大するにしたがって、感じる部位が広がる傾向である。
- ③ “わずかに感じる”には10Hzで90dB、20Hzで89dB、40Hzで83dB、80Hzで78dBがそれぞれ対応し、“よく感じる”には10Hzで98dB、20Hzで96dB、40Hzで93dB、80Hzで87dBがそれぞれ対応するが、周波数が高くなるにしたがって音圧レベルが低くなる傾向がある。
- ④ ③により、各種の発生源のスペクトルから判断すると、感覚的には低周波域の方が問題となり易いと考えられる。

などが判明した。これらの結果は単一周波数の低周波空気振動を対象とした実験から得られたものであるが、実際に問題となる低周波空気振動は周波数成分が複合されており、単一周波数の低周波空気振動とは異なった物理的性質をもっている。単一周波数の低周波空気振動による検討のみでは充分でなく、実際の低周波空

気振動を対象とする実験を行い、この結果を含めて総合的に検討することが必要である。また、この検討は評価方法の確立のためにも必要であると考えられる。

本実験では、7種類の発生源からの低周波空気振動を対象として、feelingに関する反応と音圧レベルの対応に関する感覚実験を行い、単一周波数の低周波空気振動による感覚実験との関連において感覚影響の検討を行った。以下では、実験の概要および実験結果について報告する。

2 実験した低周波空気振動の種類とスペクトル

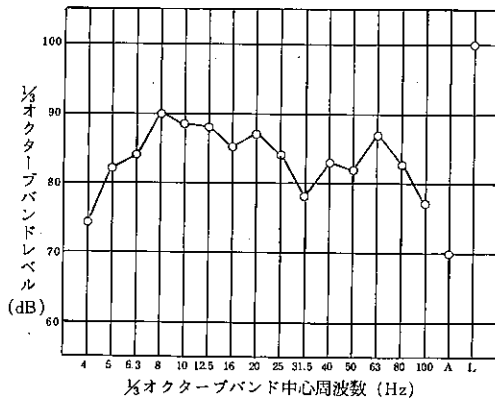
低周波空気振動の発生源は多種多様であるが、この実験では、これまでに苦情の原因となったまたは苦情の原因となりやすい発生源による低周波空気振動を対象として実験することにした。実験した低周波空気振動は、これを発生源別に示すと、空気圧縮機A、空気圧縮機B、オイルポイラ、真空ポンプ、加熱炉、排風機およびジェット機の7種類である。以下では、各発生源の概要およびスペクトルを紹介する。なお、本実験では、発生装置の総合再生周波数特性の関係から、再生周波数範囲を4.7~71Hzとしている。これにより、図1のスペクトルはこれに準じて表示してある。

(1) 空気圧縮機A

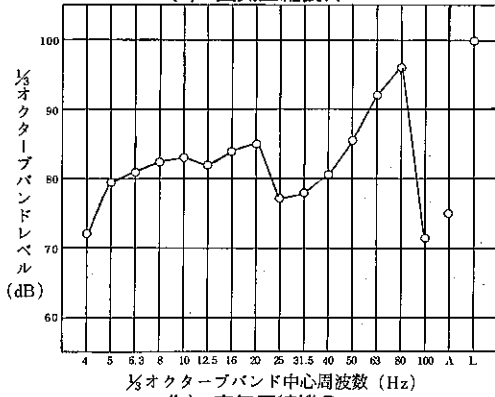
スクリー形、電動機出力75kW、回転数1,460rpm、吐出圧力7kgf/cm²、吐出風量12m³/min.、測定位置空気圧縮機室内。6.3~25Hzおよび63Hzに主成分があり、とくに8Hzが卓越するスペクトルを示している。概括的には、超低周波域に主成分がある低周波空気振動とみることができる。

(2) 空気圧縮機B

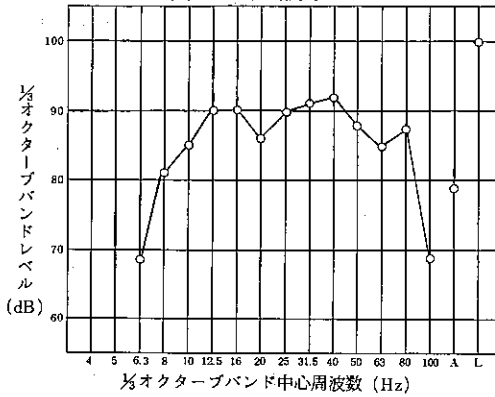
レンプロ形、電動機出力7.5kW、回転数1,070rpm、



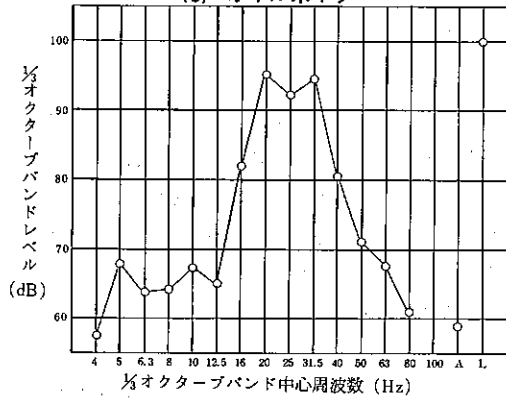
(a) 空気圧縮機A



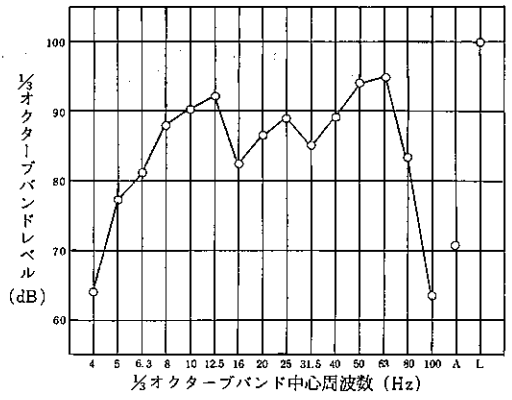
(b) 空気圧縮機B



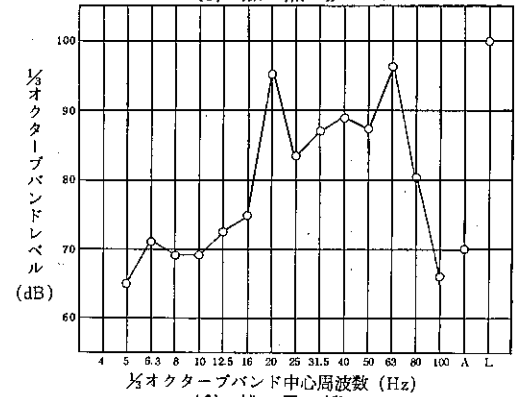
(c) オイルボイラ



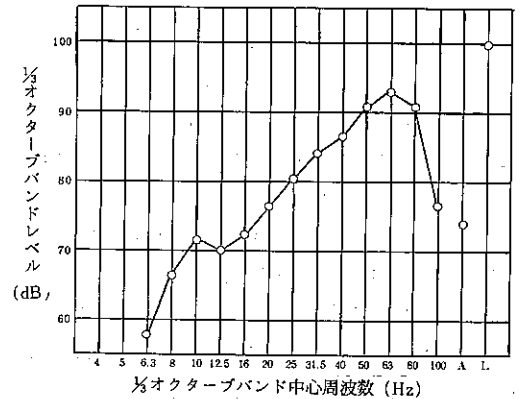
(d) 真空ポンプ



(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

吐出圧力 9.9 kgf/cm², 測定位置 室内, 機械表面から 0.5 m. 空気圧縮機Aとは異なるスペクトルを示している。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, 低周波域に主成分を有する低周波空気振動とみることができる。

(3) オイルボイラ

暖房・給湯用, 熱量 53,000 kcal/min., 燃料消費量

8 l/h, 測定位置 ボイラ室内。10～80 Hz にわたって成分があり, 40Hz 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強いが, 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。

(4) 真空ポンプ

汚泥脱水装置用, 電動機出力150 kW, 回転数 345 rpm, 最高真空度96%, 風量 46 m³/min., 測定位置 屋外, 吐出口前方 8 m。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を有する低周波空気振動とみることができる。

(5) 加熱炉

硝子加熱用, 熱源 オイルバーナ, 燃料消費量 50 l/h, 測定位置 室内, 炉口から 45° 方向 1.5 m。8～12.5 Hz, 25 Hz, および 40～63 Hz に主成分があるが, 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。

(6) 排風機

集じん用, 高圧ブレードファン, 電動機出力 45kW 回転数 1,450 rpm, 風圧 275 mmHg, 風量 370 m³/min., 測定位置 排風機室, 機械表面から 1 m。20～60 Hz の範囲に成分が集中しており, とくに 20 Hz および 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。

(7) ジェット機

機種 DC-9, 離陸, 測定位置 滑走路端から 1 km 地点。40～80 Hz にわたって主成分があり, 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を有する低周波空気振動とみることができる。

3 実験装置

発生装置は, 強制空冷式電動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が, 装置の構造および構成の概要は図2のとおりである。

発生装置として, とくに考慮した事項は ① 出力波形を良好とするために, 駆動軸の支持機構を無接触となる圧縮空気 (3～4 kg/cm²) による エア-サスペンス方式とした。② ①と同様な理由で, 駆動軸の中立位

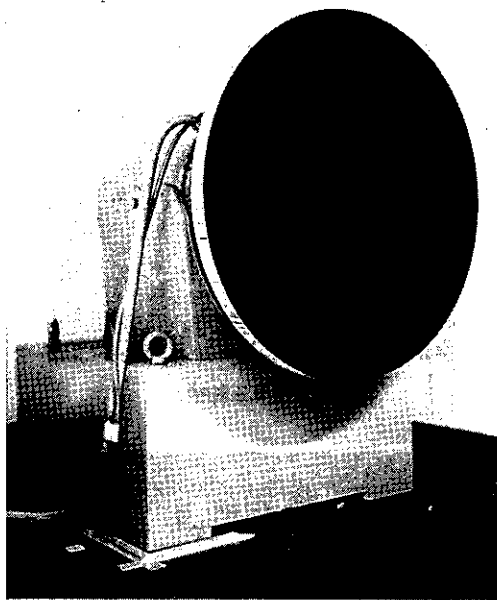


写真1 発生装置

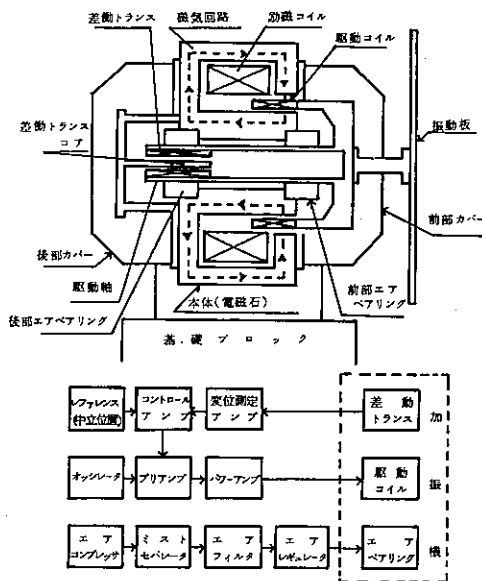
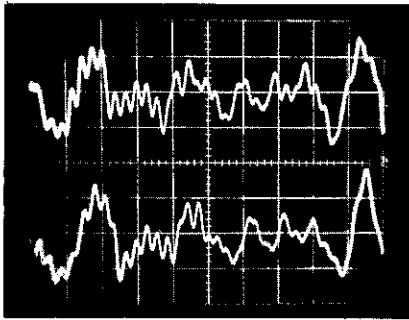
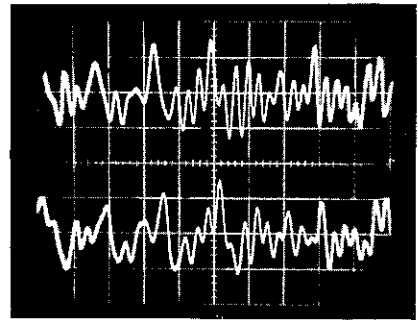


図2 発生装置の構成と構造

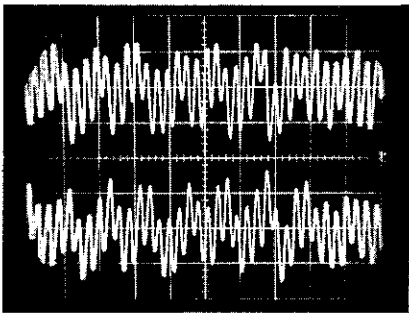
置保持は, 機械的方法によらず, 軸内に中立位置検出用差動トランスを封入し, その位置ずれ信号を駆動入力にフィードバックして保持する電気的方法によることとした。③ 振動板は, 軽量であるわりに高い曲げ剛性を期待できるカーボン繊維で表面が覆われたアルミニウム板 (厚さ 0.3 mm) + 制振層 + アルミニウムハ



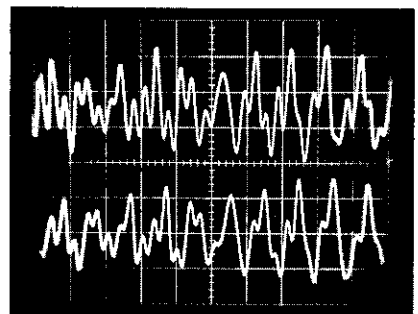
(a) 空気圧縮機A



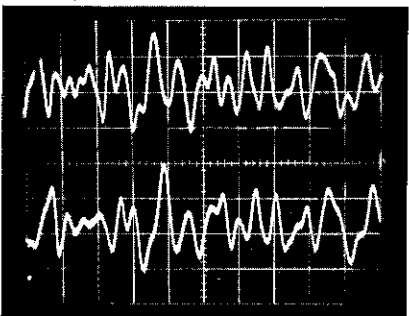
(e) 加熱炉



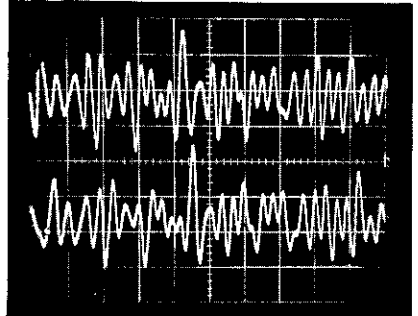
(b) 空気圧縮機B



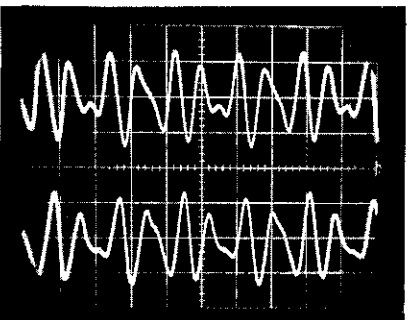
(f) 排風機



(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

ニカムのサンドウィッチ構造の円板(直径1,000mm,厚さ50mm)とした。④ 強制空冷による騒音を低減するために,加振機は密閉構造とし,一部を吸音材料で内貼りしたダクトにより吸排気することとした。などである。

図3に,装置の最大出力音圧レベルと歪率を示したが,測定位置は振動板中心軸上60cmである。ここでいう最大出力音圧レベルとは,歪率が6%以下もしくは振動板がびびるなどの異常状態を示さない限界における音圧レベルである。最大出力音圧レベルは,8Hzでは105dB,10Hzおよび12.5Hzでは107dB,16~100Hzでは,110dB以上となっている。歪率は,音

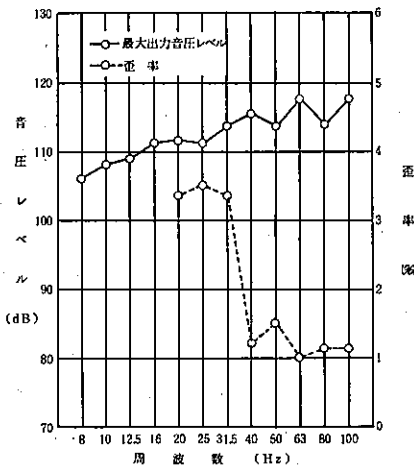


図3 最大出力音圧レベルと歪率

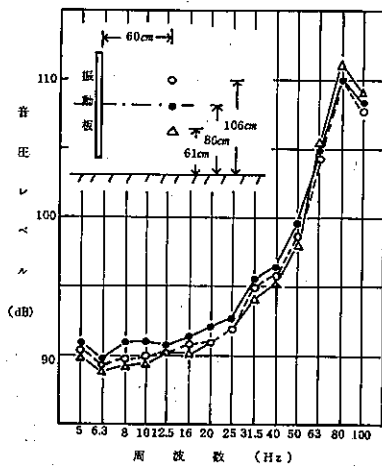


図4 鉛直方向の音圧レベル分布

圧レベルが100dBの場合について,歪率計の関係から,20~100Hzの1/3オクターブバンド中心周波数について測定したが,20~31.5Hzでは,3.5%前後,40~100Hzでは,1~1.5%となっている。なお,16Hz以下の周波数については,シンクロスコープによる波形観測により,20Hzおよび25Hzの場合とほぼ同等もしくはこれらより良好であることを確認した。図4および図5に,振動板中心軸上,60cmの位置を中心として,鉛直方向および水平方向の音圧レベルの分布を示したが,鉛直方向および水平方向のいずれの場合も,大半の周波数で平均に対して±1dBの範囲に入っている。なお,装置から発生する付随騒音は,主として強制空冷による騒音および電源ハム雑音であるが,振動板中心軸上60cmにおいて33dB(A)である。

装置の基本的諸特性は上述のとおりであるが,本実験では,2の項で紹介した各発生源からの低周波空気振動を再生し,これらについての音圧レベルとfeelingに関する反応の関係を検討することにしており,この

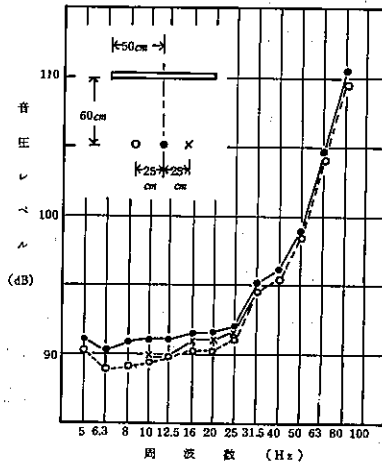


図5 水平方向の音圧レベル分布

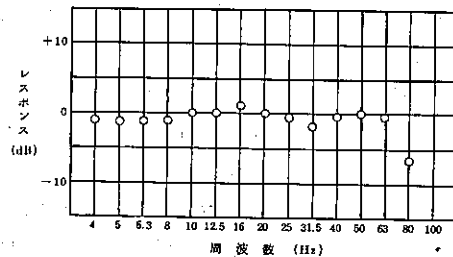


図6 装置の総合再生周波数特性

ためには、装置の総合再生周波数特性を平坦にすることが必要となる。装置の電圧-音圧レベル特性の補償に低域等化器、加振機の共振および反共振の補償にピーク・ノッチ等化器をそれぞれ用い、これらを図2のプリアンプとパワーアンプの間に挿入して、等化を行った。図6に、この結果の総合再生周波数特性を示したが、4~75Hzの周波数範囲における周波数レスポンスを±2dBの範囲内におさめることができた。これにより、本実験における低周波空気振動の再生周波数範囲は4.7~71Hzとしたが、さらに、この周波数範囲以外の周波数については、50 dB/oct.の割合で遮断することにした。

写真2は、装置の再生の程度を、実験する低周波空気振動を発生させた場合の波形で示したもので、上段はデータレコーダ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60cm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、発生源によって若干の再生の程度の違いがみられるものの、一応の類似性がみとめられることから、実験に供し得るものとした。

4 実験方法

被験者は18~24才の男子10名、実験周波数範囲は4.7~71Hz、負荷するレベル範囲は60~100dBである。

実験は、被験者をワイシャツ等の軽装の状態、畳上、振動板から60cmの位置に胡坐させ、次のような方法で実施した。60~100dB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、10秒負荷20秒休止の周期で負荷し、被験者には、負荷ごとにあられる反応の程度を“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 категорияで判断させるとともに、実験終了後に、あらわれた反応の内容を categoryごと に記録させた。

負荷する低周波空気振動のレベルの順序は、JIS Z 9031 (ランダム抜取方法)の付表の乱数表により決定したが、これを表1に示した。また、高いレベルをステップ状に発生させる場合には、びっくりするおよびはっとするなどの心理的影響を与え易く、さらに振動板に寄生振動を誘起させるおそれがあるなどの影響を考慮して、約2秒の立上りおよび立下り特性をも

たせて負荷することとした。

表1 負荷順序

	0	10	20	30	40
1	70	74	69	83	60
2	68	82	79	93	—
3	89	65	75	77	—
4	100	84	73	81	—
5	97	90	67	88	—
6	63	99	76	92	—
7	72	85	96	95	—
8	61	94	80	64	—
9	78	91	62	71	—
10	87	66	86	98	—

実験において、これらの負荷条件を充たして、低周波空気振動を発生させるにはかなりの難しさおよび煩しさを伴うことから、次のような方法をとった。まず、現場で収録した磁気テープから、連続可変形減衰器を用いて、立上りおよび立下り時間が約2秒および持続時間が約10秒となる低周波空気振動の波形を収録したエンドレステープを作る。エンドレステープの1回転所要時間は約30秒である。次に、エンドレステープをくり返し再生し、ディケード形減衰器を用いて、この再生出力から表1の順序のレベルの波形をつぎつぎに作り、同時に、この波形を磁気テープに録音する。実験時には、この磁気テープの再生出力を発生装置に導入して、自動的に所定のレベルの低周波空気振動を発生させるようにした。また、負荷の予告についても併せて録音しておき、実験時に、スピーカから流すようにした。

実験にあたっては、事前に、まず、10Hz、20Hz、40Hz、63Hzの周波数について、次に実験する7種類の低周波空気振動について、種々のレベルを負荷し、レベルに対応してあらわれる反応の程度と内容を判断できるようにするための訓練を実施した。

5 実験結果

表2に実験結果を示した。表に示す各 categoryを代表する音圧レベルは、次のような方法で決定した。負荷ごとの回答を category別および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 categoryと判断する最小の音圧レベルをその categoryを代表する音圧レベルとした。

表2 反応の程度と音圧レベルの関係

		(dB)			
種類	カテゴリ	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	—

“わずかに感じる”では、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であるのに対して、空気圧縮機Aおよび真空ポンプは80dBとなっている。2つのグループに大別できる結果であり、両者の間には5～7dBの差がみられる。“よく感じる”では、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および真空ポンプは89～90dB、オイルボイラは87dBとなっている。オイルボイラは中間となっているが、他は2つのグループに分れており、両者の間には4～5dBの差がみられる。“わずかに感じる”および“よく感じる”において、空気圧縮機B、加熱炉、排風機およびジェット機はより低いレベルで感じているが、これは、図1に示すように、50～80Hzに強い低周波成分があることによるものである。“強く感じる”では、図1に示すように、負荷する低周波空気振動によってスペクトルが異なるにもかかわらず、いずれもが92～95dBの範囲に入っている。レベル差は小さく、ほぼ同等の音圧レベルで“強く感じる”と判断しているとみることができ、スペクトルへの依存性が小さいことを示している。“非常に強く感じる”では、空気圧縮機B、オイルボイラ、加熱炉および排風機は97～100dBとなっているが、空気圧縮機A、真空ポンプおよびジェット機は、負荷するレベル範囲60～100dBでは、6割以上の回答がある音圧レベルがなく、カテゴリを代表する音圧レベルが得られなかった。このため、このカテゴリについては参考にとどめることにする。上記の検討において、“強く感じる”にはスペクトルへの依存性が小さいことが判明したが、これと異なり、

表3 標準偏差

		(dB)		
発生源	カテゴリ	わずかに感じる	よく感じる	強く感じる
空気圧縮機A		3.6	3.3	2.5
空気圧縮機B		5.0	3.1	2.9
暖房・給湯用 オイルボイラ		4.2	3.0	2.7
真空ポンプ		3.6	3.6	2.6
加熱炉		4.1	3.9	3.0
排風機		4.5	4.0	2.9
ジェット機		4.1	3.3	2.6

“わずかに感じる”および“よく感じる”にはスペクトルへの依存性があると考えられる。これについては、次項において改めて検討することにする。

隣接するカテゴリの音圧レベルの差をみると、“わずかに感じる”と“よく感じる”では9～13dB、“よく感じる”と“強く感じる”では5～8dBとなっている。負荷するレベルが大きくなるにしたがって、感じる程度も変化するが、その変化は比較的に大きいことを示している。

カテゴリを代表する音圧レベルは上記の方法で決定したが、各カテゴリにおける回答は、音圧レベルに対して分布しており、ばらついている。これを、標準偏差で示すと、表3のようになる。“わずかに感じる”は4～5dB、“よく感じる”は3～4dB、“強く感じる”は3dB弱となっており、個人差が大きいことおよび上位のカテゴリほどばらつきがやや小さくなる傾向を示している。

表4に、カテゴリ別に感じた内容を示した。表は、被験者が実験終了後に記録した結果から、半数以上が記録した内容を抽出してまとめたものである。表の見方は、例えば空気圧縮機Bの“強く感じる”の場合では、耳、頭に圧迫感があり、上半身に振動感があって、全体として強く感じるようになる。感じ始める内容はいずれの場合も耳への圧迫感となっており、レベルの上昇にしたがって、腕、胸などの振動感が加わり、さらに、それを感じる部位が広がってゆく傾向がみられる。どの低周波空気振動の場合も、まず耳への圧迫感があらわれているが、これは、表5、表6に示すように、各低周波空気振動に含まれる低周波成分がまず

表4 カテゴリー別の反応内容

種類 カテゴリー	空気圧縮機 A	空気圧縮機 B	オイルポイラ	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	-	耳に圧迫感 上半身に振動感	耳、頭に圧迫感 上半身に振動感	-

影響したことによるものである。また、先行して感じられた内容は、レベルの上昇にしたがって強まってゆくことも判明した。

6 feeling に関する反応の程度と音圧レベルの関係の検討

feeling に関する反応の程度と音圧レベルの関係を検討するにあたっては、単一周波数の低周波空気振動に対する実験⁷⁾から得られた feeling に関する反応の周波数特性を示す図7と負荷した低周波空気振動のスペクトルを示す図1が手掛りとなる。ここでは、これらにより検討を進めることにする。

本実験では、前項で指摘したように、“強く感じる”はスペクトルへの依存性が小さいことが判明したが、単一周波数における実験においても、図7に示すように、周波数への依存性は小さいという結果が得られており、両者の結果は一致している。このことから、“強く感じる”はスペクトルへの依存性が小さく、92~95 dBで強く感じるようになるとしてよいものと考えられる。

“わずかに感じる”と“よく感じる”については、単一周波数における実験において、図7に示すように、周波数への依存性があるという結果が得られている。本実験においても、負荷する低周波空気振動のスペクトルによって、カテゴリーを代表する音圧レベルが異なっており、スペクトルへの依存性がみとめられる。しかし、カテゴリーを代表する音圧レベルがグループ的に分れており、これについての理由が明らかではな

い。以下では、これについての検討をおこなうことにする。

まず、図7における“わずかに感じる”および“よく感じる”のそれぞれに対応する等感曲線から逆特性曲線を考え、100 Hzを0 dBとして逆特性曲線から周波数ごとの補正量を求める。次に、図1の音圧レベル100 dBにおけるスペクトルをこの補正量で補正して、補正音圧レベルを算出し、負荷した低周波空気振動間における補正音圧レベルの差を求める。この補正音圧レベルの差と実験結果の負荷した低周波空気振動間における音圧レベルの差を比較することにより、スペクトルへの依存性を検討することにした。

表5および表6に、上記の方法により求めた補正音

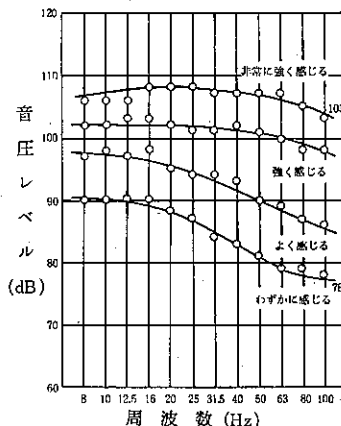


図7 反応の程度と音圧レベルの関係

表5 “わずかに感じる”の補正音圧レベル

(dB)

種類 周波数	補正量	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
8	-12	78	78	69	52	75.5	57.5	54
10	-12	77	77	73	55	78.5	57.5	60
12.5	-12	76	76	78	53	80	60.5	58
16	-11	74	74	79	71	71	64	61
20	-10	77	77	76	85	78	85	66
25	-8	76.5	76.5	82	84	81	76.5	72.5
31.5	-6	72	72	85	88.5	79	81	77.5
40	-5	77.5	75.5	87	75.5	85	84	82
50	-3	79.5	83	84	68	91.5	84.5	88
63	-2	85	90	83	65.5	93	94.5	91
80	-1	81.5	95.5	87	60	76	79.5	90
100	0	77	72	69.5	-	63.5	66	77
補正音圧 レベル		90	96	94	91	96	96	95
補正音圧 レベルの差		-6	0	-2	-5	0	0	-1

表6 “よく感じる”の補正音圧レベル

(dB)

種類 周波数	補正量	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
8	-12	78	78	69	52	75.5	57.5	54
10	-12	77	77	73	52	78.5	57.5	60
12.5	-12	76	76	78	53	80	60.5	58
16	-11	74	74	79	71	71	64	61
20	-10	77	77	76	85	78	85	66
25	-9	75.5	75.5	81	83	80	75.5	71.5
31.5	-8	70	70	83	86.5	77	79	75.5
40	-6	76.5	74.5	86	74.5	84	83	81
50	-4	78.5	82	83	67	90.5	83.5	87
63	-2	85	90	83	65.5	93	94.5	91
80	-1	81.5	95.5	86.5	60	76	79.5	90
100	0	77	72	69.5	-	63.5	66	77
補正音圧 レベル		90	96	93	90	96	96	95
補正音圧 レベルの差		-6	0	-3	-6	0	0	-1

圧レベルおよび補正音圧レベルの差を示した。これによると，“わずかに感じる”では，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ほぼ同等のレベルを示しているとしてよく，空気圧縮機Aと真空ポンプは同等のレベルを示している。両者のレベル差は3~6 dBとなっている。この結果は，表2の本実験の結果に類似している。“よく感じる”では，空気圧縮機B，加熱炉，排風機およびジェット機は同等のレベルであることを示しており，空気圧縮機Aと真空ポンプは同等のレベルであることを示している。両者のレベル差は5~6 dBとなっている。オイルボイラは両者の中間のレベルを示している。この結果は，表2の本実験の結果と類似している。以上の検討から，“わずかに感じる”および“よく感じる”については，スペクトルへの依存性があり，負荷する低周波空気振動のスペクトルによってカテゴリーを代表する音圧レベルは異なってくるとしてよいものと考えられる。

“強く感じる”において，代表する音圧レベルが，本実験では92~95 dBとなっているのに対して，単一周波数における実験では98~100 dBとなっており，本実験が6~8 dB低いレベルを示している。この傾向は，“わずかに感じる”および“よく感じる”にもあらわれている。これは，本実験では，周波数成分が複合する実際の低周波空気振動を負荷したことによるものである。このことは，たんに周波数分析結果を単一周波数における実験の結果の図7にあてはめることにより，感じる程度を判定できないことを示しており，注意が必要である。騒音では騒音レベル，振動では振動レベルにより，その程度を判定しているが，低周波空気振動についても同様な評価値の設定が望まれる。上述の“わずかに感じる”および“よく感じる”におけるスペクトルへの依存性に検討において，図1の負荷した低周波空気振動のスペクトルと図7の単一周波数についてのfeelingに関する反応の周波数特性から求めた補正音圧レベルの差と本実験で得られた音圧レベルの差を比較して，これらには類似性があることが確かめられた。このことは，単一周波数の低周波空気振動に対する既実験と実際の低周波空気振動を対象とした本実験は整合していることを示しており，さらに，図7の等感曲線をもとにした低周波空気振動の評価値の設定の可能性を示唆するものと考えられる。

7 おわりに

実際の低周波空気振動を対象としたfeelingに関する反応と音圧レベルの対応に関する感覚実験を行い，既報の単一周波数の低周波空気振動による感覚実験との関連において，感覚影響を総合的に検討した結果，

① 感じる内容は，主として圧迫感および振動感である。また，単一周波数による実験と同様に，レベルの増大にしたがって，感じる部位は広がってゆき，さらに，先行して感じたものは強まってゆく傾向である。

② “強く感じる”ではスペクトルへの依存性は小さいが，“わずかに感じる”および“よく感じる”ではスペクトルへの依存性が明確にあらわれている。これは，単一周波数による実験における周波数への依存性に対応しており，感じる程度を音圧レベルで表示できないことを示している。

③ “強く感じる”は92~95 dBに対応しているが，単一周波数による実験では98~100 dBとなっており，本実験が6~8 dB低いレベルを示している。この傾向は，“わずかに感じる”および“よく感じる”にもあらわれており，本実験がより低いレベルで同程度に感じるという結果となった。これは，実際の低周波空気振動では周波数成分が複合されていることによるものと考えられる。

④ ②に関連して，スペクトルへの依存性は単一周波数による実験結果の等感曲線をもとに立証したが，このことは，2つの実験が整合していることを示すものであり，

⑤ さらに，等感曲線をもとにした低周波空気振動の感覚評価値の設定の可能性を示している。

などが判明した。感覚影響に関して数多くの知見が得られたが，残された課題としては，低周波空気振動の評価方法の確立がある。これについては，本実験により，感覚評価値の設定の可能性が示されており，これを糸口として評価方法の研究を進めることが必要である。

参考文献

- 1) N. Broner : The effect of Low Frequency Noise on People, J. of Sound & Vibration, Vol. 4 (1978).
- 2) C.W. Nixon, D. L. Johnson : Infra Sound &

- Hearing Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem, 1973 Dubronik.
- 3) W. Tempest : Infrasound and Lowfrequency Vibration, Academic Press, (1978).
 - 4) 時田保夫：低周波音公害問題をめぐって，日本音響学会誌，35巻 7号（1979）。
 - 5) 山田伸志ほか：低周波音が及ぼす人体影響，日本騒音制御工学会講演論文集，(1976, 1978, 1981, 1982).
 - 6) 岡井 治ほか：低周波音による人体影響，日本騒音制御工学会講演論文集，(1977, 1978).
 - 7) 宮本俊二，青木一郎：超低周波音及び低周波音に関する感覚反応実験について，東京都公害研究所年報，第1報(1980)，第2報(1981)，第3報(1982).