

Research Reports of the National Institute
of Industrial Safety, NIIS-RR-94(1995)
UDC 159.932 : 534.323 : 534.61 : 534.75

聴覚特性を考慮した断続騒音の大きさの評価*

江川義之**

Evaluation of Loudness for Intermittent Noise Based on Personal Auditory Characteristics*

by Yoshiyuki EGAWA**

Abstract : The object of this report is to evaluate the loudness of many kind of intermittent noises based on personal auditory characteristics. To investigate personal auditory characteristics, temporal resolutions were measured by post masking line identification method. The characteristics for temporal resolutions indicated that reverberations in ears for impact noises became decreased. As the result of this measurement, subjects were classified into two groups, hereafter referred as groups "A" and "B". The subjects in group "A" had inferior ability of temporal resolution, and their post maskings for impact noises were reduced slowly. The subjects in group "B" had superior ability of it, and their post maskings were reduced extremely.

Subjects of groups "A" and "B" were then exposed to intermittent noises with different pause durations. All subjects evaluated these noises more clearly than equivalent sound level. Equivalent sound level was the equality with the mean value of noise-energy for these intermittent noises. In case of intermittent noises with long pause durations, subjects in group "A" evaluated the noises louder than group "B". Therefore, reverberations in ears at long pause durations influenced the loudness of intermittent noises.

Further, by the use of intermittent noises with different sounding durations, the experiment of evaluation of the loudness was carried out. Based on the result of this experiment, subjects were grouped into two groups "C" and "D". Subjects in group "C" evaluated these noises to the same value of equivalent sound level. However, subjects in group "D" evaluated these noises less than the equivalent sound level of them.

Finally, by the use of intermittent noises with the same equivalent sound level, the experiment was carried out, in which subjects in groups "C" and "B" evaluated these noises to the same value of equivalent sound level. Subjects in groups "C" and "A" evaluated these noises louder than equivalent sound level of them. And subjects in groups D and A evaluated these noises less than equivalent sound level of them.

Keywords : Loudness, Intermittent noise, Temporal resolution, Masking, Personal auditory characteristics, Equivalent sound level

1. 緒 言

労働省では平成4年10月1日付け基発第546号により、「騒音障害防止のためのガイドライン」を公表した。このガイドラインでは、対象となる騒音作業、騒音測定法、騒音評価および対策について述べられているが、騒音測定には等価騒音レベル測定を用いることとしている。

等価騒音レベル測定とは、変動騒音のエネルギー平均値を測定する方法である。従来、変動騒音に対しては普通騒音計を用い、5秒間における最大指示値を10回読み取り、その算術平均で騒音レベルを測定しているが、騒音測定には等価騒音レベル測定を用いることとしている。

等価騒音レベル測定とは、変動騒音のエネルギー平均値を測定する方法である。従来、変動騒音に対しては普通騒音計を用い、5秒間における最大指示値を10回読み取り、その算術平均で騒音レベルを測定しているが、騒音測定には等価騒音レベル測定を用いることとしている。

*平成6年6月3日、日本人間工学会第35回大会において一部発表した。

**機械システム安全研究部 Mechanical and System Safety Research Division

た。しかしこのガイドラインでは、積分騒音計を用い10分間の変動騒音のエネルギー平均値を測定する方法が採用された¹⁾。

この方法が採用された経緯は、種々の変動騒音、すなわち交通騒音、新幹線騒音、航空機騒音などを人間に聴かせた場合、その大きさの評価は騒音のエネルギー平均値にほぼ適合することを示した幾つかの研究に基づいている^{2),3)}。

前述したように、等価騒音レベルが騒音波形を一定時間積分し、それを平均化したものであることを考えると、このレベルは騒音波形のみによって定まる。すなわち、この評価法には人間の聴覚特性は考慮されていない。

人間の聴覚には、非常に急激な音の立上りには応答出来ないという特性⁴⁾、さらに衝撃音が消滅しても耳に余韻音が残留するという特性がある⁵⁾。

交通騒音のように変動レベルがゆるやかで、変動周期が長い騒音を対象にした場合では、変動騒音の大きさは等価騒音レベルで代表されると考えられる。しかし、プレーカのような衝撃型機械が発生する騒音は、衝撃による激しい変動レベルと、100ms未満の短い変動周期をもつ。このような変動騒音に人間が暴露された場合、前述した聴覚特性が騒音の大きさの評価に影響することが考えられる。

そこで聴覚特性が等価騒音レベル評価に与える影響を調べるために、次の方法により研究を行った。

1) 騒音が停止してもその余韻音が耳に残るレベル(以下、余韻音残留レベルという)を計測する手法を用いて、被験者を余韻音の残留レベルが高い被験者群と低い被験者群に分けた。

2) 持続時間(騒音が発生している時間)が同じで、中断時間が異なる断続騒音を用いて、1)で分類した各被験者群を対象にして、騒音の大きさの感じ方の相違を調べた。すなわち、騒音中断時間における余韻音残留レベルの高低が騒音の大きさに与える影響を調べた。

3) 急激な音の立上がりに対する聴覚の応答特性(以下、聴覚応答レベルという)の相違が騒音の大きさに与える影響を調べるために、中断時間が同じで持続時間が異なる断続騒音を用いて、騒音の大きさの感じ方の相違を調べた。

4) 余韻音残留レベルと聴覚応答レベルのデータをもとに被験者を分け、これら各群の被験者に等しい等価騒音レベルをもつ断続騒音を聴かせて、騒音の大きさの感じ方の相違を調べた。

2. 余韻音残留レベル評価

2.1 実験方法

断続騒音の中断時間の中に耳に騒音の余韻が残るレベルを調べるため、Fig. 1に示す方法を用いて実験を行った。

騒音を250msの間発生させ(Masker)、250ms中断し、これを1周期とした断続騒音を被験者に聴かせた。そして中断時間の中にテストパルスを挿入し、このパルスが余韻音に打ち消されず識別されたレベルを調べて余韻音の消滅過程(Post Masking Line)を計測した。

Maskerにはホワイトノイズを用い、その持続時間は250msとした。この時間は聴覚応答レベルがMaskerの振幅にまで達するのに必要な時間である⁶⁾。

テストパルスの持続時間は390 μ sであり、その形態は広帯域にスペクトルをもつガウス型⁷⁾とした。

Post Masking Lineを調べるためのテストパルス設定位置は、最少の設定位置で余韻音の消滅過程が明らかになること⁸⁾を考慮し、騒音停止後5, 50, 150msとした。

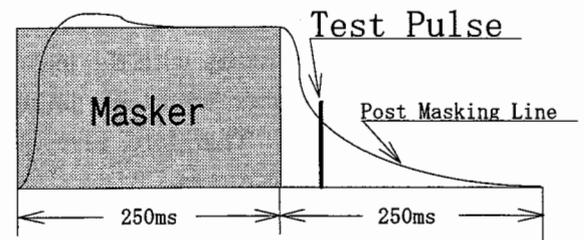


Fig. 1 Measurement of temporal resolution.
余韻音残留レベル計測法

Maskerとテストパルスはパーソナルコンピュータ(HP model300)で作成し、任意波形発生器(YOKOGAWA AG1200)でD/A変換して、気導受話器(RION AD-02)を通して被験者に聴かせた。

被験者は12名(年齢21~79歳)である。

2.2 実験結果

Fig. 2に全被験者の余韻音残留レベルの計測結果を示す。

横軸はMasker停止後の時間が示してあり、縦軸はMaskerの振幅を基準(0 dB)にした場合の、テストパルスが識別されたレベルを示した。

この図によると、被験者の耳に余韻音が残留する過程は2つに分かれた。すなわち、Masker停止後50ms時点で、低下レベルが-10~-11dBと余韻音が残留する被験者群(以下、A群という)と、同じ時点において

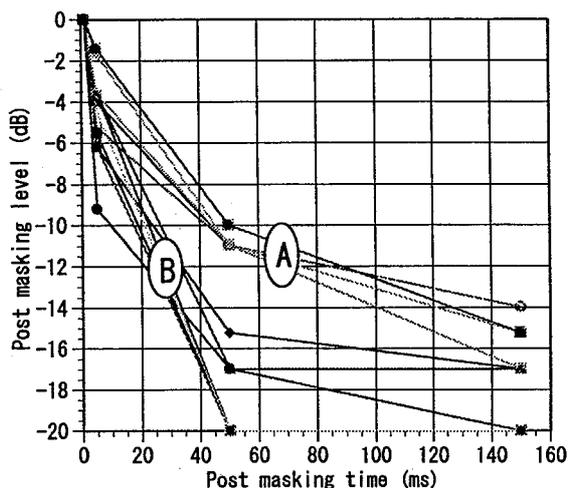


Fig. 2 Result of measurement for post masking line.
余韻音消滅過程の計測結果

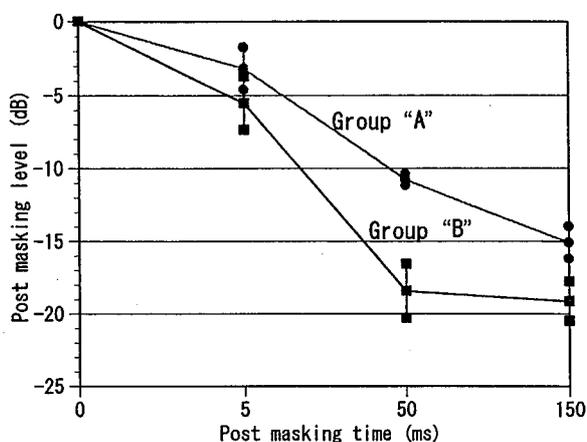


Fig. 3 Comparison of groups "A" and "B" on tendency toward reduction of post masking level.
余韻音消滅過程に関するA・B群の比較

低下レベルが-15dB以上と余韻音が比較的早く消滅する被験者群（以下、B群という）に分かれた。

各群に含まれる被験者は、

A群5名：45歳、65歳、76歳、78歳、79歳（各1名）

B群7名：21歳（2名）、22歳、23歳（2名）、24歳、78歳

であり、耳に余韻音が残る群（A群）には高齢の被験者が多く含まれていた。

次にA・B群の余韻音の消滅傾向を比較するために、Fig. 3に各群の被験者の平均および標準偏差を示し、あわせて統計的な検定を行った。

A群の被験者は騒音停止後50msでは耳にまだ余韻音が残留しており、150ms以上の時間が経過するまで余韻音は低下傾向を示す。これに比較してB群の被験者は、50msで余韻音が-20dB近く低下してしまい、その後は顕著な低下を示さない。

A・B両群の低下傾向について2群の検定（平均値

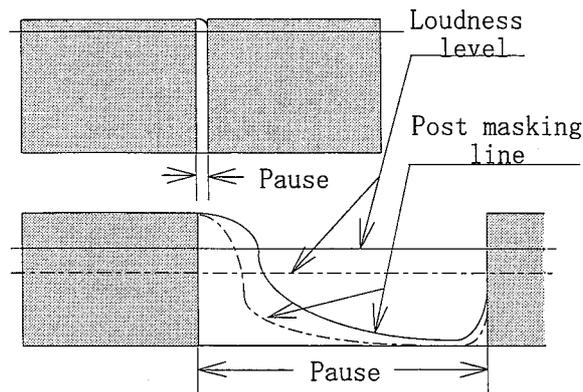


Fig. 4 The effects of post masking level on loudness level.

余韻音が騒音の大きさの評価に与える影響

の差の検定)を行った。検定を行った時点は、5,50及び150msである、5msでは両群において余韻音残留レベルの平均値の差は認められなかったが、50,150msでは1%の危険率で両群に有意差が認められた。

以上の結果、騒音停止後50ms以上経過した時点で、まだ騒音の余韻が耳に残留している被験者群（A群）と、余韻がすみやかに消滅する被験者群（B群）に分かれることが明らかになった。

3. 中断時間を変化させた場合の断続騒音の大きさ

3.1 実験方法

この実験では、次の2つを調べることを目的とした。

(1)断続騒音の中断時における余韻音が騒音の大きさの評価に影響を与えると仮定すると、実際の騒音は等価騒音レベル（騒音波形のエネルギー平均値）よりも被験者に大きく受聴されているのではないかと。

(2)余韻音残留レベルが高い被験者群と低い被験者群を中断時間の異なる断続騒音に暴露した場合、騒音の中断時間が長くなるに従い2群に差異が生じ、余韻音のレベルが高い被験者群の方が低い被験者群より大きな騒音評価を示すはずではないかと（Fig. 4参照）。

これらを調べるため、持続時間は一定で250ms（この時間は聴覚応答レベルが騒音の振幅にまで達するのに必要な時間である⁹⁾）として、中断時間を10, 50, 150及び250msの4種類に変化させた断続騒音を用いて、騒音の大きさを評価させる実験を行った。

被験者（12名、年齢21～79歳、第2章の実験と同じ）に4種類の断続騒音（Fig. 5）を聴かせ、調整法⁹⁾を用いて同じ大きさに聴こえる連続音を調整させ、これらの連続音の大きさを比較することにより、4種類の断続騒音の相対的な音の大きさを調べた。

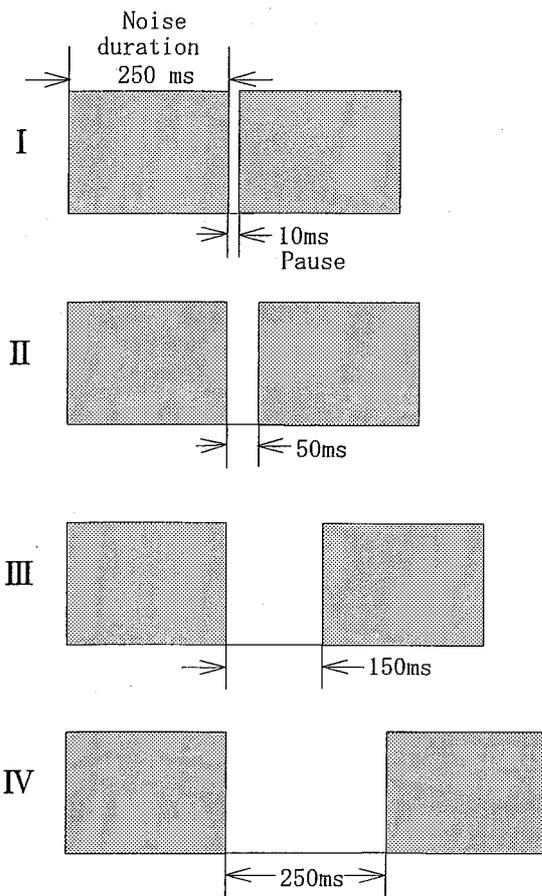


Fig. 5 Intermittent noise waves with different pause durations.
中断時間の異なる断続騒音波形

3.2 実験結果

Fig. 6 (a) と (b) に実験結果を示す。横軸は断続騒音の中断時間、縦軸は中断時間が10msの時の断続騒音の大きさを基準 (0 dB) にした場合の、各中断時間における騒音の相対的な大きさである。さらにこれらのグラフには、中断時間10msの断続騒音を基準にした場合の等価騒音レベルの相対的な変化 (Equivalent sound level) も示してある。

Fig. 6 (a) は余韻音残留レベルが高い被験者群 (A群) についての結果である。断続騒音の中断時間が長くなるに従い、騒音波形のエネルギー平均値から計算された等価騒音レベルよりも断続騒音を大きく評価していることがわかる。例えば、断続騒音の中断時間が250msの場合、等価騒音レベルより約2.3dB大きく騒音を評価している結果が得られた。

Fig. 6 (b) はA群に比較して余韻音残留レベルが低い被験者群 (B群) についての結果である。この図もA群と同じように、断続騒音の中断時間が長くなるに従い、等価騒音レベルより断続騒音を大きく評価して

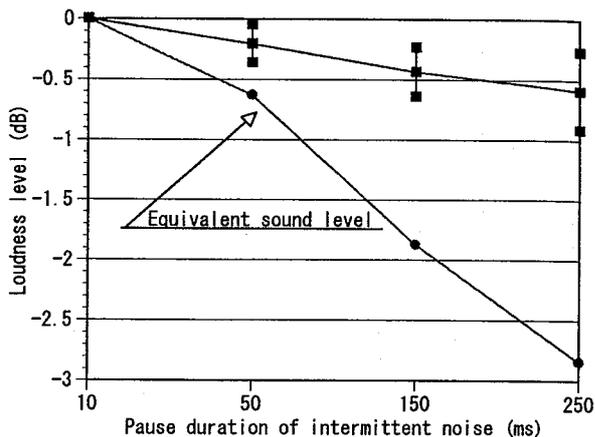


Fig. 6 (a) Loudness of intermittent noise with different pause durations (group "A").
中断時間を変化させた場合の断続騒音の大きさ (A群)

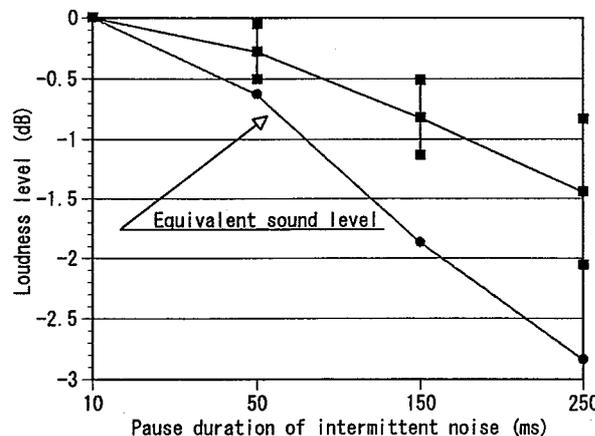


Fig. 6 (b) Loudness of intermittent noise with different pause durations (group "B").
中断時間を変化させた場合の断続騒音の大きさ (B群)

いる結果が得られた (中断時間が250msの場合、等価騒音レベルより約1.4dB大きく騒音を評価している)。

第2章の余韻音残留計測結果では、A群はB群より余韻音の残留レベルが高い被験者群である。A群 (Fig. 6 (a)) とB群 (Fig. 6 (b)) を比較すると、耳に余韻音が残りにやすいA群の方が断続騒音をより大きく評価しており、特に中断時間の長い断続騒音の場合、両群の差異が大きくなる結果が得られた。

中断時間が50, 150, 250msの断続騒音を対象に、A群とB群、A群と等価騒音レベル (E.S.L.) 及びB群と等価騒音レベルとの差異について統計的な検定 (t検定) を行なった結果をTable 1に示す。

検定の結果、A群とB群の騒音の大きさの評価は、中断時間が150, 250msの断続騒音の場合、危険率1%で有意差が認められた。

Table 1 Result of test for mean difference.
平均値の差の検定結果

Pause (ms)	50	150	250
Group "A" vs group "B"	—	*	*
Group "A" vs E.S.L.	*	*	*
Group "B" vs E.S.L.	*	*	*

* : Significance in 1 %

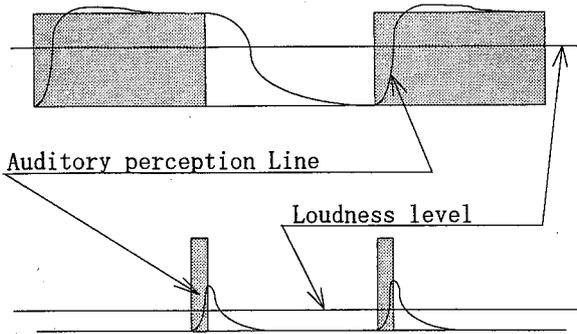


Fig. 7 The effects of auditory perception level on loudness level.

聴覚応答レベルが騒音の大きさ評価に与える影響

さらに3種類の断続騒音についても、A・B両群共に等価騒音レベルより騒音を大きく評価しているという結果（危険率1%で有意差あり）が認められた。

以上の結果より、断続騒音の中断時に耳に残る余韻音が騒音に加えられて、その大きさが評価されると考えられる。

4. 持続時間を変化させた場合の断続騒音の大きさ

4.1 実験方法

前章では余韻音残留レベルが断続騒音の大きさの評価に与える影響について述べた。本章では、断続騒音の持続時間とその大きさの関係について検討する。

断続騒音において騒音が発生している時間が250ms以上あると、聴覚応答レベルは騒音波形の振幅にまで達する¹⁰⁾。しかし騒音の持続時間が短い場合は、それが振幅にまで達する途中で騒音が鳴りやむので聴覚応答レベルが低く抑えられる (Fig. 7参照)。その関係は、持続時間200msの騒音を基準にした場合、半分の100msになると、騒音の大きさは約3dB低下するとされている⁶⁾。

そこで聴覚の応答レベルと断続騒音の大きさの評価の関連性を調べた。

Fig. 8に実験に用いた騒音波形を示した。断続騒音の中断時間は一定で250msとして、持続時間を250、

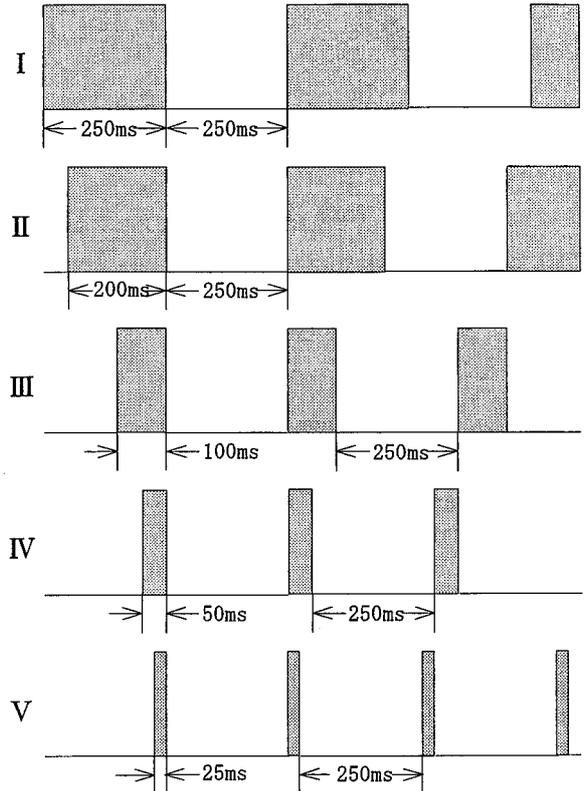


Fig. 8 Intermittent noise waves with different sounding durations.

持続時間の異なる断続騒音波形

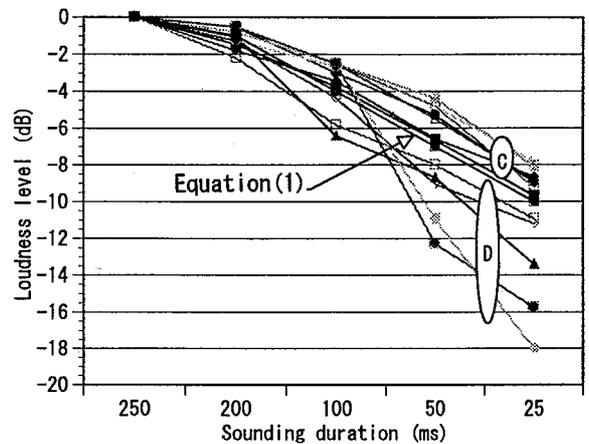


Fig. 9 Loudness of intermittent noise with different sounding durations.

持続時間を変化させた場合の断続騒音の大きさ

200、100、50および25msの5種類に変化させた。

被験者及び騒音への暴露方法は第3章と同様である。

4.2 実験結果

Fig. 9に12名の被験者に対する実験結果を示す。横軸は断続騒音の持続時間、縦軸は持続時間250msを基準(0dB)にした場合の、各騒音の相対的な大きさである。

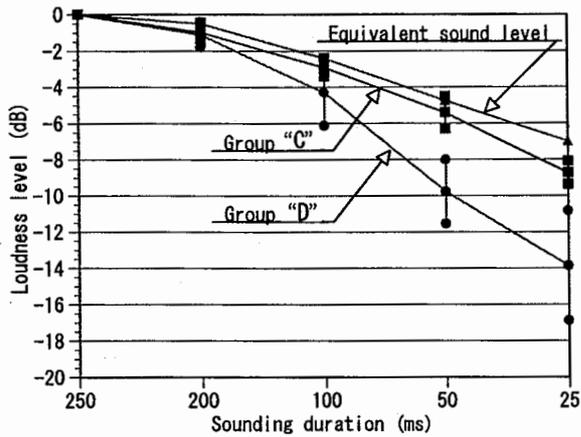


Fig. 10 Comparison of groups "C" and "D" by mean value and standard deviation.
平均と標準偏差によるC群とD群の比較

前述したように、持続時間が250ms以上あると、聴覚応答レベルは騒音波形の振幅にまで達するが、それ未満の場合は、式(1)に示すように、持続時間の対数に比例して評価される騒音の大きさが減少することが知られている⁹⁾。Fig. 9に(1)式で計算された境界線を示した。

$$\text{Loudness level} = 10 \times \log (\text{Sounding duration (ms)} / 250\text{ms}) \quad (1)$$

Sounding duration < 250ms

Fig. 9によると、各被験者とも騒音の持続時間が短くなると騒音を小さく評価する結果が得られており、これは持続時間が短くなると等価騒音レベル、すなわち騒音のエネルギー平均値が低下するためと考えられる。

(1)式による境界線を基準にすると、12名の被験者は、それより上方に位置する被験者群(以下、C群という)と下方に位置する被験者群(以下、D群という)に分かれる。

各群に含まれる被験者は、

C群 7名：21歳，22歳，23歳，24歳，45歳，76歳，79歳

D群 5名：21歳，23歳，65歳，78歳（2名）である。

C・D群共に高齢の被験者が含まれており、また、C群に比較してD群の被験者は個人差が大きいという結果が得られた。

そこで個人差を含めた両群の傾向を等価騒音レベルと比較するために、Fig. 10に各群の被験者の平均および標準偏差を等価騒音レベルと共に示した。

C群は、等価騒音レベルの曲線に沿って、持続時間の減少と共に騒音を小さく評価する傾向があるが、D

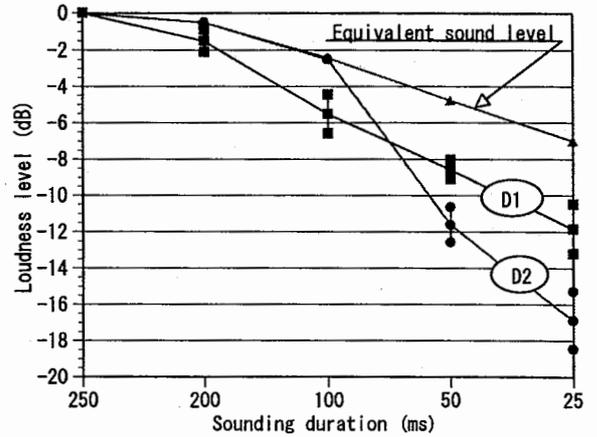


Fig. 11 Comparison of 2 types of subject in group "D" by mean value and standard deviation.
平均と標準偏差によるD群に含まれる2タイプの比較

群は断続騒音の持続時間が短くなるに従い、等価騒音レベルとの偏差が大きくなる傾向を示した。さらにI群はC群に比較して標準偏差が大きいという結果が得られた。

そこでFig. 10を用いて、バラツキの大きいD群に含まれる被験者の個人差を検討すると、さらに2つのタイプに分かれることが認められた。

それらをD 1およびD 2タイプとして、各タイプに含まれる被験者を示すと、

D 1タイプ 3名：21歳，23歳，65歳

D 2タイプ 2名：78歳（2名）

である。

これら2つのタイプの傾向を等価騒音レベルと比較するために、Fig. 11に被験者の平均および標準偏差を等価騒音レベルとともに示した。

D 1タイプは、断続騒音の持続時間が短くなるに従い徐々に等価騒音レベルとの偏差が大きくなる傾向を示している。これに対しD 2タイプは、持続時間が100msまでは等価騒音レベルに沿っているが、100ms未満になると急激に等価騒音レベルからズレを生じ、50msで6.8dB、25msで9.9dBとかなり小さく騒音を評価する傾向を示している。

このD 2タイプは78歳の高齢者2名からなる。これらの被験者は、聴覚神経が興奮を始めるには100ms以上の騒音刺激が入力されねばならず、持続時間が50msでは、興奮が初期の段階で騒音が中断されるため、聴覚応答レベルがかなり抑制されると考えられる。

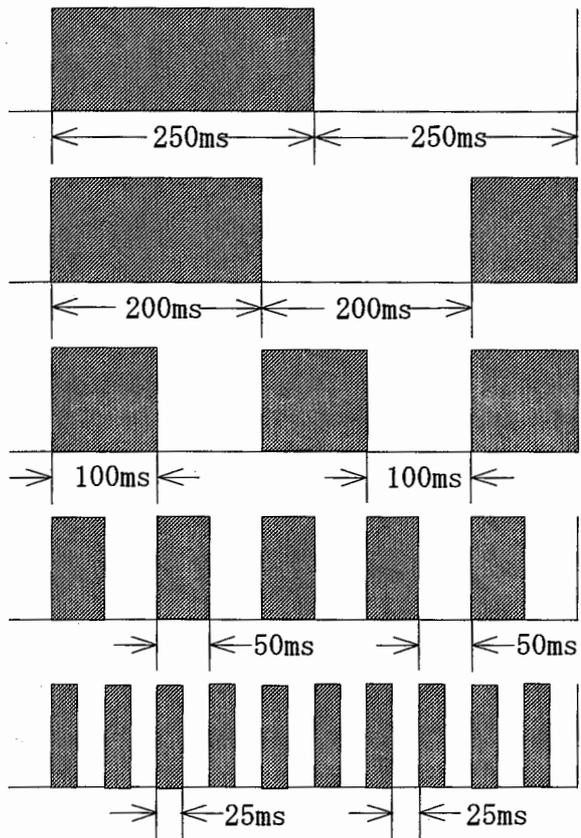


Fig. 12 Intermittent noise waves with the same value of equivalent sound level.
等価騒音レベルの等しい断続騒音波形

5. 等価騒音レベルが等しい場合の断続騒音の大きさ

5.1 実験方法

第3章では断続騒音の中断時間が余韻音残留レベルに影響して騒音の評価が異なることを、さらに第4章では断続騒音の持続時間が聴覚応答レベルに影響して騒音の評価が異なることを示した。本章では断続騒音の中断時間と持続時間が等しく、さらに等価騒音レベルが等しい騒音に暴露された場合の大きさの評価について述べる。

断続騒音の評価法として等価騒音レベルが適切であると仮定すると、Fig. 12に示した断続騒音はすべて同じ大きさに評価される。しかし人間の聴覚特性として余韻音残留特性や聴覚応答特性が考えられ、これらの特性により等価騒音レベルと被験者の騒音評価の間に相違を生じると考えられる。

そこで中断時間と持続時間を等しくして、繰り返し周期（中断時間と持続時間を加えた時間）を500, 400, 200, 100及び50msの5種類に変化させた断続騒音を用いて、騒音の大きさを評価させる実験を行った。

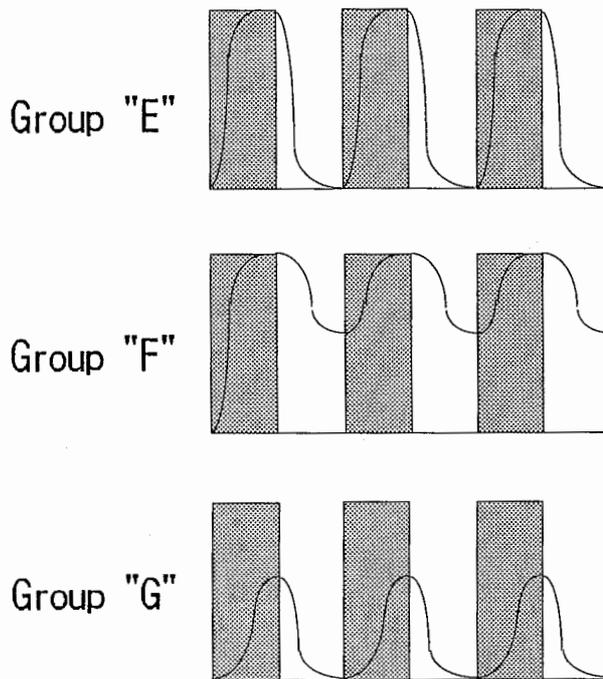


Fig. 13 Auditory characteristics of subjects in groups "E", "F" and "G".

E, F, G群に含まれた被験者の聴覚特性

被験者をこれまでの実験結果から次のように分けた。

E群は、聴覚応答レベルが高く、余韻音残留レベルが低い特性をもつ被験者で構成される。この群に含まれる被験者は、騒音に鋭く応答し、騒音中断時に耳の余韻音がすみやかに消滅する、すなわちC群とB群に含まれた被験者である。

F群は、聴覚応答レベルが高く、余韻音残留レベルが高い特性をもつ被験者からなる。すなわち、この群に含まれる被験者は、騒音に鋭く応答するが、騒音中断時に耳に余韻音が残りがやすく、C群とA群に含まれた被験者である。

G群は、聴覚応答レベルが低く、余韻音残留レベルが低い特性をもつ被験者で、この群に含まれる被験者は、騒音に対する応答は鈍いが、騒音中断時に耳の余韻音がすみやかに消滅する。すなわち、D群とB群に含まれた被験者である。

Fig. 13に、断続騒音に対する各群の聴覚特性を示す。

なお、聴覚応答レベルが低く、余韻音残留レベルが高い被験者、すなわち騒音に対する応答が鈍く、騒音中断時に耳に余韻音が残りがやすいタイプの被験者はいなかった。被験者は、前述した聴覚特性をもつ7名を対象に実験を行なった。

各群に含まれる被験者は、

E群 4名：21歳, 22歳, 23歳, 24歳

F群 1名：45歳

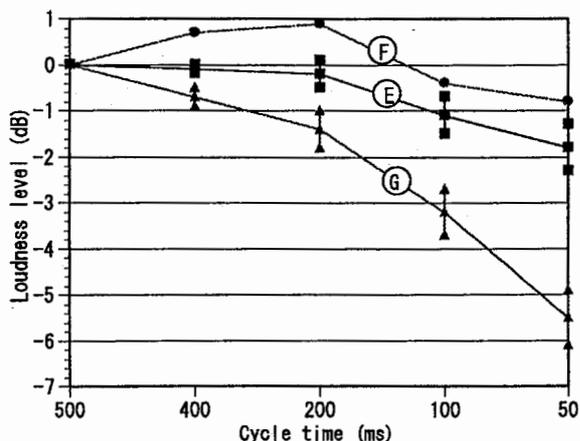


Fig. 14 Loudness of intermittent noise with the same value of equivalent sound level.
等価騒音レベルが等しい断続騒音の大きさ

G群 2名：21歳，23歳
である。

騒音への暴露方法は第3章並びに第4章に示した実験と同様である。

5.2 実験結果

Fig. 14に実験結果を示す。横軸は断続騒音の繰返し周期（持続と中断を加えた時間）を示し、縦軸は繰返し周期500msを基準（0 dB）にした場合の、各騒音の相対的な音の大きさが示してある。

F群は聴覚応答レベルが高く、余韻音残留レベルが高い被験者の結果である。

繰返し周期が400msと200msの断続騒音の場合、基準値（0 dB）を越えている。これは騒音中断時間が250ms程度で余韻音は消滅するが、200ms以下では余韻音が耳に残留している時に、次の騒音周期が入力される。そのため騒音の大きさの評価が基準値を越えたと考えられる。

繰返し周期が100msと50msの場合、基準値より低下している。これは聴覚応答レベルが高い被験者でも、騒音持続時間が50ms（繰返し周期の1/2）未満では、応答レベルが騒音波形の振幅にまで達せずに騒音が中断されるため基準値より低下したと考えられる。

E群は、聴覚応答レベルが高く、余韻音残留レベルが低い被験者群である。繰返し周期が400msと200msの断続騒音の場合にはほぼ基準値を示し、周期が200ms未満になると基準値より低下している。

E群とF群を比較すると、聴覚応答レベルは同様であるが、E群はF群より余韻音が耳に残りにくい。そのためE群はF群より断続騒音を小さく評価する傾向があると考えられる。

G群は、聴覚応答レベルが低く、余韻音残留レベル

が低い被験者群であり、繰返し周期400ms以下になると基準値より低下している。

G群をE群と比較すると、どちらも余韻音は耳に残りにくい、G群は騒音入力時の応答レベルが低く、そのためE群より断続騒音を小さく評価する傾向がある。さらにG群は、騒音持続時間が100msで基準値を1.5dBも低下しており、騒音刺激が100ms未満では、聴覚応答レベルが騒音波形の振幅まで達していないと考えられる。

6. 結 語

以上、聴覚特性を考慮した断続騒音の大きさの評価について検討を加えてきたが、それらをまとめると以下のようなものである。

(1) 断続騒音の中断時間にテストパルスを設定し、これを被験者に識別させることにより、騒音の余韻が耳に残留するレベルを計測した。

その結果、騒音停止後50ms以上経過した時点でも余韻音が耳に残留している被験者群と、この時点で余韻音が消滅する被験者群に分かれた。なお余韻音が残留している被験者群には高齢者が多く含まれていた。

(2) 耳に残留する余韻音が断続騒音の大きさの評価に与える影響を調べるために、中断時間の異なる断続騒音を用いて被験者に騒音の大きさを評価させた。

その結果、すべての被験者が騒音を等価騒音レベルより大きく評価した。さらに、余韻音が耳に残留する傾向のある被験者群は、そうでない被験者群より騒音を大きく評価した。

(3) 騒音刺激に対する聴覚応答レベルが断続騒音の大きさの評価に与える影響を調べるために、持続時間の異なる断続騒音を用いて被験者に騒音の大きさを評価させた。

その結果、等価騒音レベルと騒音の大きさを等しく評価する被験者群と、このレベルより低く騒音を評価する被験者群に分かれ、これら両群に高齢者が含まれていた。

等価騒音レベルより低く騒音を評価した被験者群には、断続騒音の持続時間が50ms以下になると騒音を急激に小さく評価するタイプの被験者が含まれており、この被験者はすべて高齢者であった。

(4) (2)と(3)の実験結果をもとに、被験者を次の3群に分けた。

I群：騒音刺激に鋭く反応し、騒音中断時に余韻音が残りにくい被験者群。

II群：騒音刺激に鋭く反応するが、騒音中断時に余韻音が残りやすい被験者群。

III群：騒音刺激に対する応答がゆるやかであるが、騒

音中断時に余韻音が残りにくい被験者群

その結果、I群は等価騒音レベル評価に適合すると考えられるが、II群は等価騒音レベルより騒音を大きく評価しており、III群は等価騒音レベルよりかなり小さく騒音を評価する傾向が認められた。

参考文献

- 1) 守田 栄, 松浦 尚, 騒音用語事典, 151, オーム社 (1976).
- 2) 例えば, 難波精一郎・桑野園子, 種々の変動音の評価法としてのLeqの妥当性並びにその適用範囲の検討, 日本音響学会誌, 38-12, 774~785 (1982).
- 3) 例えば, 平松幸三, 若狭 宏, 高木興一, 山本剛夫, 変動騒音のうるささ (Leqの妥当性について), 日本音響学会誌, 34, 641~649 (1978).
- 4) 桑野園子・難波精一郎・加藤 徹, 衝撃音の大きさについて, 日本音響学会誌, 34, 316~317 (1978).
- 5) I. Pollack, Loudness of periodically interrupted white noise, J. Acoust. Soc. Am, 30, 181~185 (1958).
- 6) E.ツヴィッカー著・山田由紀子 訳, 心理音響学, 134~136, 西村書店 (1992).
- 7) 同上 P.24.
- 8) 江川義之, 前向きマスキング計測による聴覚時間分解能の研究, 日本人間工学会第35回大会講演集, 262~263 (1994).
- 9) 江川義之, 繰り返し衝撃騒音の衝撃周期とラウドネスの関係, 日本人間工学会誌, 28-1, 9~19 (1992).
- 10) B.C.J. ムーア著・大串健吾監訳, 聴覚心理学概論, 61~64, 誠信書房 (1994).

(平成7年4月30日受理)