

作業時に規則的非定常騒音の変動要因が妨害度と やかましさに及ぼす影響

非定常騒音の評価に関する研究 II

正会員 矢野 隆*
正会員 小林 朝人**

1. はじめに

我々は日常生活で聴覚による情報伝達や思考作業中に種々の騒音に暴露されているが、それらの騒音の種類—例えば、道路交通騒音、列車騒音、くい打ち音、プリンター音等—によって、それぞれ異なった印象をいただくことを経験している。このことは騒音の物理的特性から見れば、騒音の周波数特性やレベル変動パターン等が異なるためである。本研究は上述した種々の騒音をモデル化した規則的に変動する非定常騒音を対象とし、騒音のレベル変動要因¹⁾に着目して、4種類の代表的な思考作業の下で騒音の妨害度とやかましさに及ぼす影響を調べることを目的としている。

騒音の評価に関する研究は、特に航空機騒音や道路交通騒音に関して多数報告され、 L_{eq} の有効性が示されてきたが、最近では通過台数等の影響も指摘されるようになってきている。

F. J. Langdon は大規模な社会調査によって道路交通騒音による生活妨害度 (nuisance) を調べ、自由流れの交通状態では生活妨害度は L_{10} や L_{eq} と高い相関を示すが、非自由流れの交通状態ではこれらによっては実用的に十分な精度の測定はできないことを示し、交通成分 (traffic composition) を考慮した指標が有効であることを示した^{1), 2)}。C. G. Rice は航空機騒音の飛行回数の影響を他の研究と比較研究し、 L_{eq} や NEF の有効性を示しているが、これらは回数依存性の本質を埋もれさせる可能性があることに注意を喚起している³⁾。また、航空機騒音と道路交通騒音に関して種々の騒音評価指標を比較し、 L_{eq} (dB(A)) はどちらか一方へは最良の評価を与えるが、等しい L_{eq} 値では交通騒音は航空機騒音よりう

るさく感じられ、これらの複合騒音に適用できる指標は検討した中では見つからなかったと報告している⁴⁾。R. Rylander らは交通騒音を対象として、等エネルギーでも通過台数によって annoyance 反応が変化し⁵⁾、 L_{eq} は通過台数が一定であれば annoyance と良い相関を示すが、騒音の速い変動も annoyance に影響することを示して⁶⁾、等エネルギー概念を再検討した。K. B. Rasmussen は道路交通騒音と annoyance の関係を通過台数との関連で調べるために、人工音を用いて実験を行い、 L_{eq} や L_{NP} によって annoyance を合理的に予測できることを示した⁷⁾。しかし、通過台数の効果については、 L_{eq} が通過台数とともに変化するため明らかにされていない。G. Labiale は L_{eq} 一定 (50~60 dB(A)) の条件で annoyance とトラック通過数の関係を検討し、トラック通過数が増加すれば annoyance も増加し、この傾向は変動幅が大きいほど顕著であることを示し、トラック通過数による補正が有効であると報告している⁸⁾。

これらの研究³⁾⁻⁸⁾に共通している点は、実験室実験による交通騒音の annoyance 評価の有効性を示唆している点と、 L_{eq} が優れた評価指標であることを認めてはいるが、万能ではなく、通過台数などの時間特性による補正が効果的であることを示している点である。これらの研究では交通騒音を対象としているために反復回数 (通過台数) は 1 分間に 2 回以下の低い割合である。また、実験時の聴取条件としては読書やくつろぎ^{3), 5)-8)}がほとんどで、カード遊び⁴⁾も使われているが、聴取条件は 1 種類である。

道路交通騒音や航空機騒音以外の騒音の実状は、例えばくい打ち音の反復回数は 1 回/秒程度であり、さらにプリンター音などでは数回/秒程度にまで及んでいる。本研究は前述した研究¹⁾⁻⁸⁾とは異なり、交通騒音だけを対象とするのではなく、道路交通騒音のような反復回数の比較的少ない変動音からくい打ち音やプリンター音のような連続衝撃音までを対象としており、反復回数も数秒に 1 回から数回/秒までとしている。また、聴取条件

注) ここでは騒音レベルの変動を規定している要素すなわち変動幅、反復回数、変動形状を変動要因と呼ぶ。

本論文の概要については、文献 10) 11) 12) に発表してある。

* 熊本大学 助手

** 熊本大学 教授・工博

(昭和 59 年 8 月 6 日原稿受理日、昭和 60 年 3 月 20 日改訂原稿受理日、討論期限昭和 60 年 11 月末日)

の違いによる差異も検討するために、実験では被験者に4種類の作業を行わせている。実験結果から4種の作業別に騒音の妨害度ややかましさと変動要因の関係を検討し、さらに前報⁹⁾の恒常法による実験の結果と比較している。

なお、高レベルの騒音を暴露して作業能率への影響をとらえたり、被験者のパーソナリティと関連させて騒音の影響を調べようとする研究^{13)~15)}などもあるが、本研究は作業能率やパーソナリティの影響を主眼にするのではなく、中程度の騒音暴露による妨害度ややかましさのような不快な印象をグループ平均で考察したものである。

2. 実験

2.1 実験方法

前述した他の研究^{3)~8)}にならい、実験手法としてカテゴリ判断法を用いた。実験に使用したカテゴリ尺度をFig. 1に示す。カテゴリの内容は「非常にじまになる(やかましい)」から「まったくじまにならない(やかましくない)」までの6段階であるが、被験者の選択の精度を上げるために、各カラゴリーの中間の尺度値を設け、さらに「非常に」や「まったく」のカテゴリよりも極端な尺度値も設定して、全体で13段階とした。

2.2 被験者および作業条件

実験中被験者に行わせる作業は聴覚的な作業を2種類(単音節明瞭度試験と文章了解度試験)、非聴覚的な作業を2種類(計算と読書)の4種類とし、それぞれ作業中に提示する騒音レベルを2段階とした。すなわち、全部で8種類の実験条件となる。これらの条件での騒音の提示時間、被験者数をTable 1に示す。まず、聴覚的作

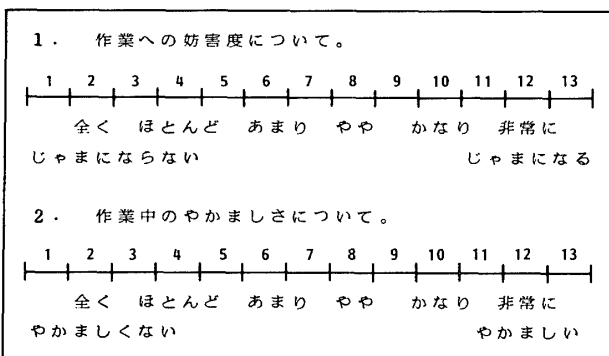


Fig. 1 Category scale

Table 1 Task conditions and number of subjects

	Task	Noise level (Leq (dB))	Presentation time of noise (min.)	Number of subjects
Auditory	Articulation test	60	6	30
		70	6	32
	Intelligibility test	60	8	30
		70	8	31
Non-auditory	Calculation	60	3	50
		70	3	50
	Reading	60	2.5	53
		70	2.5	50

業を行わせる実験を実施し、約半年後に非聴覚的作業の実験を実施した。

被験者の延人数は326名であるが、このうち36名は同一被験者が重複している。しかし、実験条件間の重複人数は少なく、計算作業のLeq 60 dBの場合と読書作業のLeq 70 dBの場合の6名重複が最大で、他の場合は1~3名程度の重複であるから、各実験条件の被験者は別個の標本集団とみなして良いであろう。被験者は聴覚に異常がないと認められる10代および20代の男女学生で、心理音響実験のための特別な訓練は受けていない。

2.2.1 聴覚的作業

単音節明瞭度試験には日本音響コンサルタント協会製作のテープを使用し、提示レベルは無響室内スピーカ再生で各単音節の平均ピークレベルを75 dB (Flat) (リオンLR-04, fast)とした。このレベルは予備実験を行って、最も聞きやすいレベルとして決定したものである。文章了解度試験用のテープは自作し、その内容は聞き取れれば、だれにでも答えられるようなやさしい内容の質問文である。文章リストの一例をTable 2に示す。文章の再生レベルは文章の平均ピークレベルで70 dB (Flat)とした。騒音レベルは予備実験の結果から、文章了解度の作業成績にほとんど影響しないレベルとしてLeq=60 dBと、作業成績に有意に影響するレベルとしてLeq=70 dB (ともにFlat)の2段階とした。聴覚的作業の作業能率として単音節明瞭度と文章了解度を当てる。

2.2.2 非聴覚的作業

非聴覚的作業として計算と読書を採用した。計算は内

Table 2 An example of a list of sentences

1	カップルとは何人のことですか。
2	サイレンを鳴らして走る車を1つあげよ。
3	田原俊彦は物理学者ですか。
4	万里の長城はどこに国にありますか。
5	キログラムは何の単位ですか。
6	長崎県の県庁所在地はどこですか。
7	消防署の緊急電話番号は何番ですか。
8	レコードは丸い形をしていますか。
9	みかんとすいかはどちらが小さいですか。
10	潜水艦は空を飛べますか。
11	あなたはタクシーに乗ったことがありますか。
12	十円硬貨は金貨ですか銅貨ですか。
13	母校とは母親の出身校のことですか。
14	4の平方根はいくらですか。
15	1日は何時間ですか。
16	中国はアジア大陸にありますか。
17	夏が暑いなら冬はなに？
18	魚は何屋で売っていますか。
19	市電は乗り物ですか。
20	名刺には何を印刷しますか。
21	レコードに穴はいくつあいていますか。
22	ヒットラーはどこの人でしょうか。
23	井戸水は地表水ですか地下水ですか。
24	座布団は夜具ですか。
25	ジェット機とヘリコプターはどちらが速いか。

Table 3 Physical characteristics of used noise

Frequency characteristic	Pink noise
Form of level fluctuation	Triangular Rectangular Steady
Range of level fluctuation, W (dB)	20, 40
Repetition rate, RR (Hz)	0.25, 1, 4
Presentation level (dB)	$L_{eq}=60, 70$

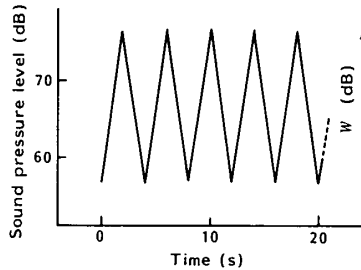


Fig. 2 An example of time pattern of noise

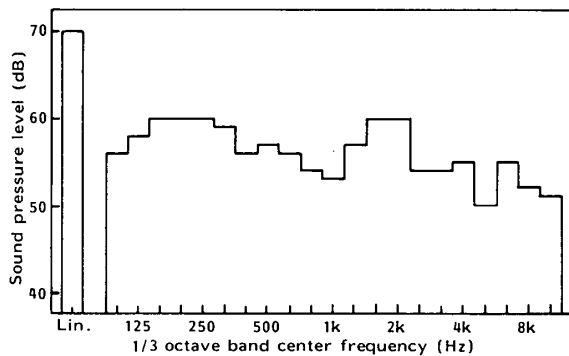


Fig. 3 1/3 octave band analysis of noise presented in anechoic room

田・クレペリンテスト¹⁶⁾と同様の一桁数値の単純加算で、解答用紙には隣り合わせの数値の合計の一桁目を記入させた。読書には内容に偏りのない一般的なものとして、新聞のコラムを集録した単行本¹⁷⁾から時代性のないものを96題取り出した。被験者には内容を把握しながら読ませるために、文章の終わりにその内容にふさわしい標題を3つの選択枝として与えて解答させた。計算の作業能率として計算個数を用いたが、正誤のチェックはしていない。なお、読書には作業能率に相当するものはない。

2.3 騒音の設定条件

騒音の物理特性を Table 3 に、騒音の変動パタンの一例を Fig. 2 に、再生系も含めた騒音の周波数特性を Fig. 3 に示す。設定レベルは変動幅や反復回数の効果を抽出するために前述の他の研究^{4), 5), 8)}と同様に L_{eq} を一定とした。変動幅および反復回数は前報⁹⁾の結果から明瞭なやかましき反応の変化が期待される範囲で設定した。レベル変動形状は規則的かつ対称的である。反復回数の小さい三角状騒音は道路交通騒音に類似しており、反復回数が大きくなるにつれて連続衝撃音に近づく。また、矩形状騒音は立ち上がり・立ち下がりが急峻な断続音であり、反復回数が大きくなると連続衝撃音となる。

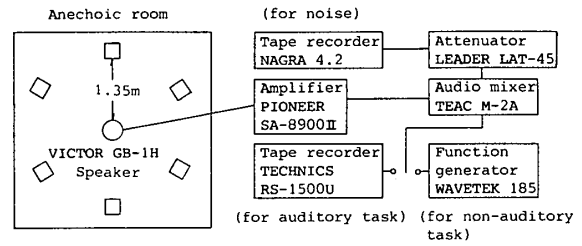


Fig. 4 Schematic outline of set-up

2.4 実験手続き

この実験では騒音環境を妨害度とやかましきの2面から評価させ、妨害度 (disturbance) を「じゃまになると感じた程度」、やかましき (noisiness) を「騒音による不快感」と定義した。これらの概念には公式に合意された定義はまだないが、ここでは上のように定義して使うこととしたものである。また、これら2つの概念は前述の研究³⁾⁻⁸⁾で用いられている annoyance の概念の一部と考えられる¹⁸⁾⁻²⁰⁾。

各作業に共通の手続きは以下のとおりである。

まず、被験者に教示を与え、作業には特別神経を集中することなく普段の気軽な気持ちで行い、作業終了後に作業への妨害度および作業中に感じたやかましきを Fig. 1 に示す13段階の尺度値で判断するように指示した。実験は3~5名ずつのグループごとに行った。騒音の提示順序はランダムとし、被験者グループごとにそれぞれ異なる。本実験に先立って、被験者の判断基準の確立と実験要領の修得のために、3種類の典型的な騒音一定常音、変動幅 20 dB 反復回数 0.25 Hz の三角状騒音、変動幅 40 dB 反復回数 4 Hz の矩形状騒音を用いて予備実験を行った。

各作業ごとの手続きの概要は、単音節明瞭度試験と文章理解度試験では被験者の疲労を考慮して、それぞれ途中に休憩を入れて、2回に分けて実験を行った。実験に要した時間は単音節明瞭度試験で約1時間半、文章理解度試験では約2時間である。なお、単音節リストや文章リストの順序は被験者グループごとにランダムである。

計算作業では計算時間を3分間、続いて休憩5分を繰り返し、中間に20分間の休憩を入れて全体で約2時間半、読書作業では読書時間を2分半、休憩5分を繰り返し、中間に15分間の休憩をはさみ、全体で約2時間である。

Fig. 4 に実験装置の構成を示す。聴覚的作業の場合には音声信号と騒音をオーディオミキサーで合成して、無指向性スピーカから提示した。非聴覚的作業の開始と終了の合図には1 kHz のトーンバーストを用いた。

3. 結果

3.1 妨害度とやかましきの距離尺度

数値尺度に等間隔性を付加するために、各刺激に対するカテゴリーの判断分布が正規分布であると仮定して、

カテゴリーの尺度化を行い、これを基にしてカテゴリー7を0とする距離尺度を求めた²¹⁾。Fig. 5~Fig. 20に距離尺度と変動要因の対応を示す。各図の左側の縦軸は妨害度またはやかましさの距離尺度、右側の縦軸は数値尺度である。また、太線は三角状騒音、細線は矩形状騒音の場合を示している。

各尺度値の標準偏差(S. D.)はどの条件でも大差なく、距離尺度でS. D. = 0.8~1.3の範囲にあり、ほぼ1である。これは数値尺度ではほぼS. D. = 2に相当している。

3.1.1 単音節明瞭度試験時の妨害度とやかましさの距離尺度

(1) 変動幅の影響 (Fig. 5, 6)

距離尺度と変動幅との関係では、騒音レベルが L_{eq} 60 dB のとき、妨害度尺度値は変動幅とともに増加する傾向が見られるが (Fig. 5(a)), 騒音レベルが L_{eq} 70 dB では逆に減少する傾向にある (Fig. 6(a))。やかましさ尺度値も妨害度尺度値の場合と同様の傾向を示しているが、妨害度尺度値ほどに顕著ではない (Fig. 5(b), 6(b))。

(2) 反復回数の影響 (Fig. 7, 8)

反復回数との関係では、 L_{eq} 60 dB のとき妨害度、や

かましさの尺度値はともに三角状騒音の反復回数 1 Hz で大きくなっているが、矩形状騒音では 1 Hz で小さくなっているものと反復回数の増加とともに減少しているものがある (Fig. 7)。また、 L_{eq} 70 dB では両尺度値は矩形状騒音の変動幅 40 dB、反復回数 4 Hz で上昇しているが、他はすべて反復回数とともに減少している (Fig. 8)。

3.1.2 文章了解度試験時の妨害度とやかましさの距離尺度

(1) 変動幅の影響 (Fig. 9, 10)

妨害度尺度値と変動幅の関係は、 L_{eq} 60 dB では矩形状騒音の場合には妨害度尺度値の変動幅による増加傾向は顕著であるが、三角状騒音の場合には変化傾向は矩形状騒音ほど明瞭でなく、定常音より少し大きい程度である (Fig. 9(a))。 L_{eq} 70 dB では矩形状騒音の反復回数 0.25 Hz および 4 Hz で変動幅 40 dB の場合に増加しているが、他の場合には変動幅の増加に従い、著しく減少している (Fig. 10(a))。やかましさ尺度値と変動幅の関係も妨害度尺度値と変動幅との関係と類似しているが、 L_{eq} 70 dB の場合には変化割合は小さい (Fig. 9(b), 10(b))。これらの傾向は単音節明瞭度試験の場合より

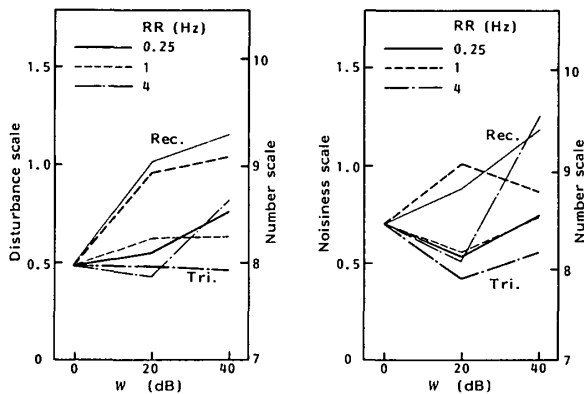


Fig. 5 Relation between scale value and W (articulation test, $L_{eq}=60$ dB)

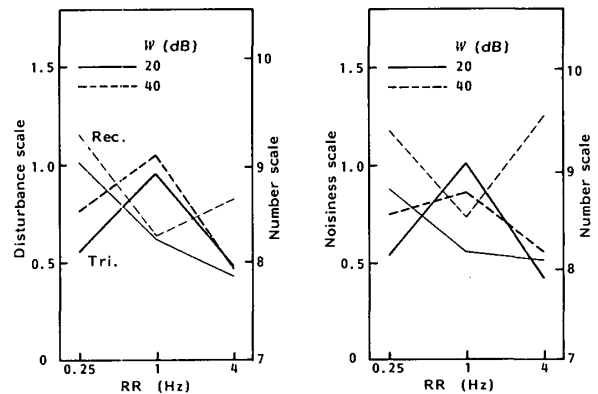


Fig. 7 Relation between scale value and RR (articulation test, $L_{eq}=60$ dB)

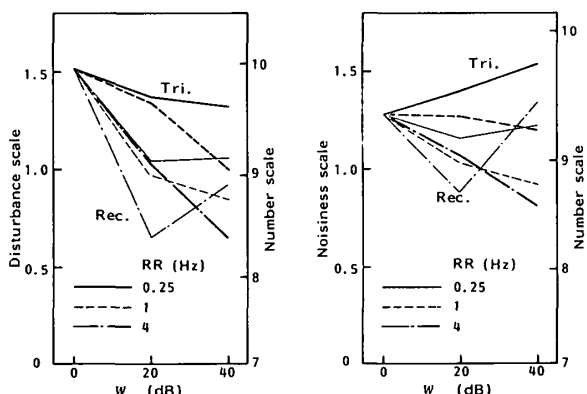


Fig. 6 Relation between scale value and W (articulation test, $L_{eq}=70$ dB)

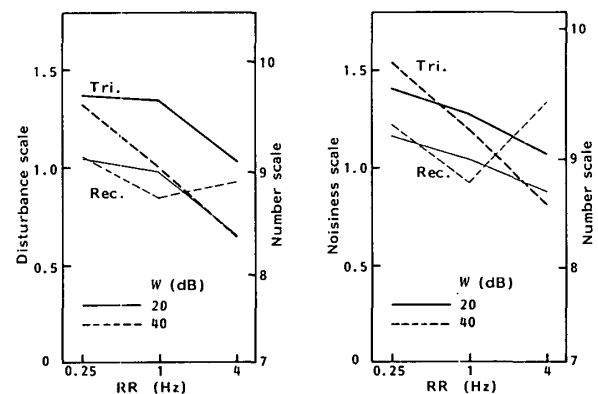


Fig. 8 Relation between scale value and RR (articulation test, $L_{eq}=70$ dB)

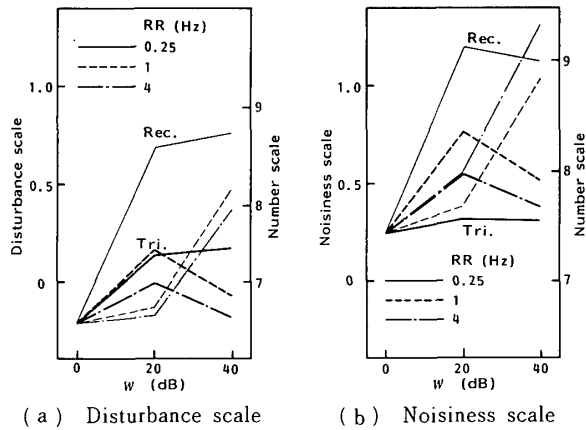


Fig. 9 Relation between scale value and W (intelligibility test, $L_{eq}=60$ dB)

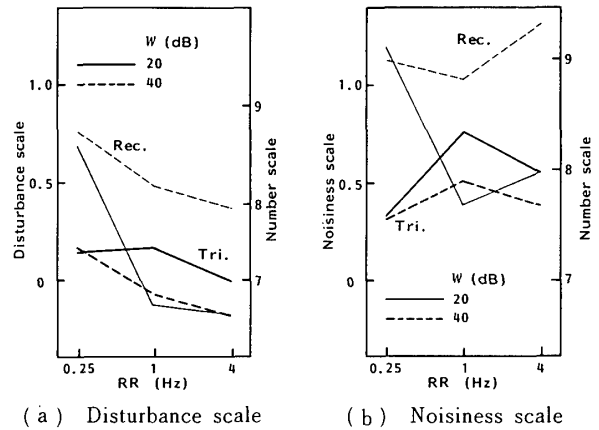


Fig. 11 Relation between scale value and RR (intelligibility test, $L_{eq}=60$ dB)

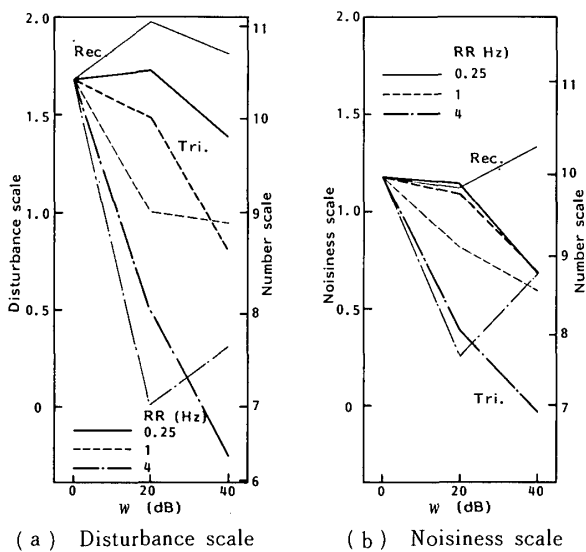


Fig. 10 Relation between scale value and W (intelligibility test, $L_{eq}=70$ dB)

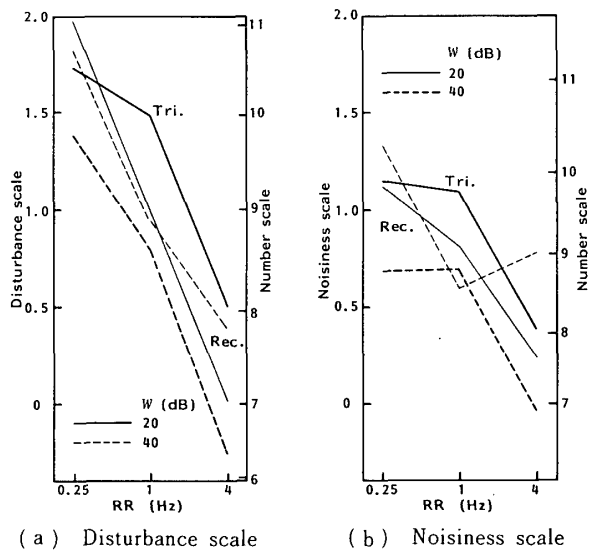


Fig. 12 Relation between scale value and RR (intelligibility test, $L_{eq}=70$ dB)

明瞭に現れている。

(2) 反復回数の影響 (Fig. 11, 12)

L_{eq} 60 dB のとき妨害度尺度値は三角状騒音の変動幅 20 dB の場合に 1 Hz でわずかに大きくなっているが、他の場合には反復回数が増すにつれて減少している (Fig. 11(a))。 L_{eq} 70 dB では減少傾向は L_{eq} 60 dB の場合より大きい (Fig. 12(a))。 やかましき尺度値と反復回数の関係では L_{eq} 60 dB のとき、単音節明瞭度試験の場合と同様に反復回数 1 Hz で三角状騒音は大きく、矩形状騒音は小さくなっている (Fig. 11(b))。 L_{eq} 70 dB ではやかましき尺度値は矩形状騒音の 40 dB の場合に 1 Hz で小さくなっているが、他の場合には反復回数が増すとやかましき尺度値は減少する傾向にある (Fig. 12(b))。

3.1.3 計算時の妨害度とやかましきの距離尺度

(1) 変動幅の影響 (Fig. 13, 14)

妨害度とやかましき尺度値は、 L_{eq} 60, 70 dB ともに変動幅が大きくなると増加し、聴覚的作業の場合と異な

り、レベルによる変化傾向の違いは小さい。また、妨害度尺度値よりやかましき尺度値の方が全体的に高位置にある。各尺度値の変動幅による変化割合の差は三角状騒音より矩形状騒音の場合に小さくなっている。

(2) 反復回数の影響 (Fig. 15, 16)

各尺度値と反復回数の関係は、三角状騒音では 1 Hz で常に大きくなっているのに対して、矩形状騒音では変動幅 40 dB、反復回数 1 Hz で逆に小さくなっており、変動幅 20 dB では顕著な傾向が見られない。

3.1.4 読書時の妨害度とやかましきの距離尺度

(1) 変動幅の影響 (Fig. 17, 18)

Fig. 17 から L_{eq} 60 dB では両尺度値は変動幅が増すと大きくなり、その増加割合は矩形状騒音の場合に顕著である。また、計算時と同様に、やかましき尺度値は妨害度尺度値より全体的に高位置にある。 L_{eq} 70 dB でも 60 dB のときと類似の傾向が見られるが、増加割合は小さい。

(2) 反復回数の影響 (Fig. 19, 20)

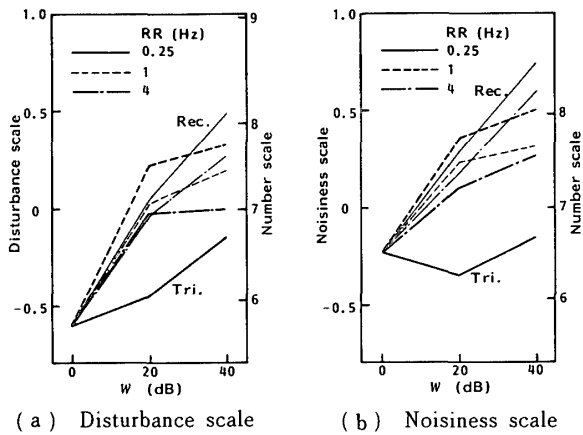


Fig. 13 Relation between scale value and W (calculation, $L_{eq} = 60$ dB)

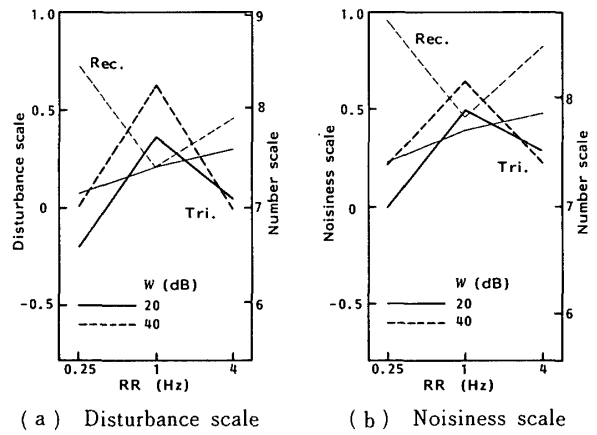


Fig. 16 Relation between scale value and RR (calculation, $L_{eq} = 70$ dB)

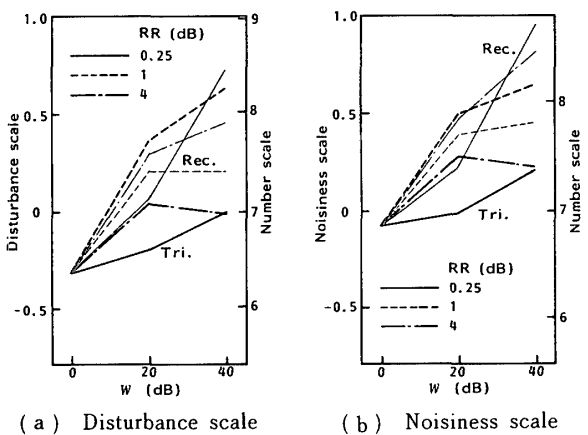


Fig. 14 Relation between scale value and W (calculation, $L_{eq} = 70$ dB)

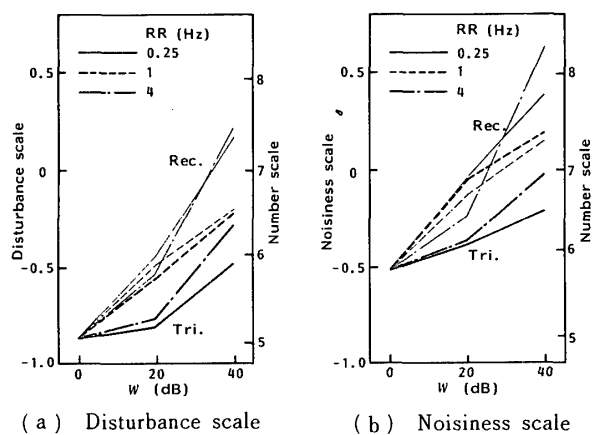


Fig. 17 Relation between scale value and W (reading, $L_{eq} = 60$ dB)

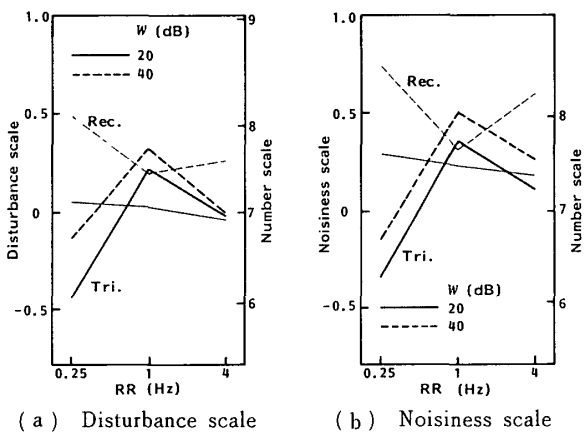


Fig. 15 Relation between scale value and RR (calculation, $L_{eq} = 60$ dB)

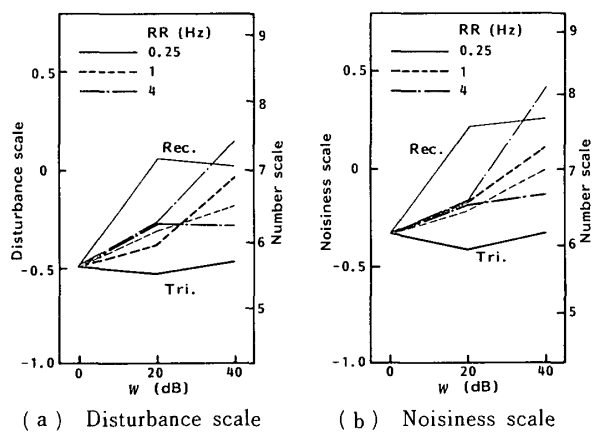


Fig. 18 Relation between scale value and W (reading, $L_{eq} = 70$ dB)

各尺度値と反復回数との関係は、三角状騒音では Fig. 20(a)の変動幅 20 dB の場合のように反復回数の増加とともに妨害度尺度値が増加傾向を示しているものもあるが、他の場合はすべて反復回数 1 Hz で大きくなり、矩形状騒音では反復回数 1 Hz で小さくなっているか、または、反復回数の増加とともに減少している。

3.2 作業能率

作業能率としての単音節明瞭度(%), 文章了解度(%),

計算個数に関して、それぞれ平均値、標準偏差、変動係数を Table 4 に示す。

単音節明瞭度では標準偏差は L_{eq} 60, 70 dB とともに 3 ~ 6 % の範囲にあるが、変動係数は L_{eq} 60 dB に比べて L_{eq} 70 dB の場合に大きく、その状況は単音節明瞭度が小さいほど著しい。

文章了解度では、平均値は L_{eq} 60 dB のときは変動要因による差は少なく、すべて 98 % 以上と高く、ほとんど

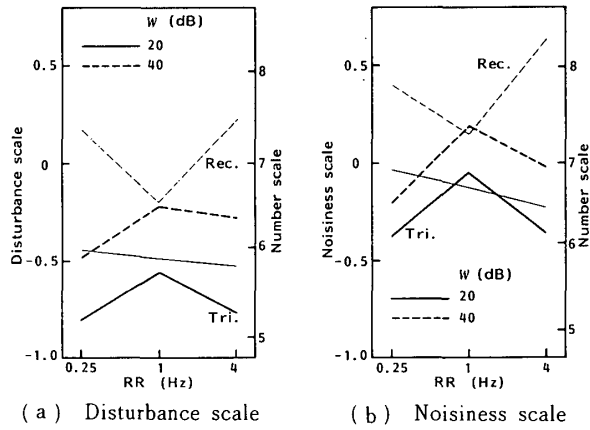


Fig. 19 Relation between scale value and RR (reading, $L_{eq} = 60$ dB)

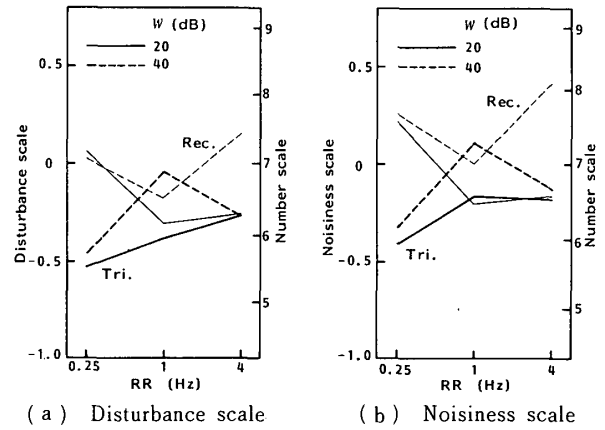


Fig. 20 Relation between scale value and RR (reading, $L_{eq} = 70$ dB)

Table 4 Percentage of articulation and intelligibility, and number of calculation as performance

Noise	Leq	W	RR	Articulation (%)			Intelligibility (%)			Calculation		
				Mean	S.D.	C.V.	Mean	S.D.	C.V.	Mean	S.D.	C.V.
Tri.	20	0.25	78.2	4.02	0.0514	98.8	2.10	0.0213	190	34.9	0.184	
		1	76.4	4.54	0.0594	98.1	2.87	0.0293	186	37.4	0.201	
	40	0.25	79.2	5.52	0.0697	99.2	2.17	0.0219	192	37.7	0.196	
		1	85.4	3.42	0.0400	98.7	2.15	0.0218	185	38.3	0.207	
	60	20	0.25	82.0	2.73	0.0333	98.7	2.60	0.0263	185	36.4	0.197
			1	83.5	2.80	0.0335	98.9	1.77	0.0179	188	38.0	0.202
40		0.25	80.9	5.76	0.0712	99.1	1.98	0.0200	187	34.6	0.185	
		1	81.9	3.60	0.0440	98.0	2.68	0.0273	190	40.2	0.212	
70		20	0.25	82.2	3.56	0.0433	98.5	2.83	0.0287	191	38.4	0.201
			1	83.5	3.96	0.0474	98.9	2.29	0.0232	190	39.9	0.21
	40	0.25	77.1	4.98	0.0646	99.1	1.98	0.0200	191	39.7	0.208	
		1	54.8	4.35	0.0794	68.6	12.32	0.180	180	43.1	0.239	
	Steady	20	0.25	52.7	3.79	0.0719	83.4	9.91	0.119	180	39.7	0.221
			1	52.1	5.92	0.114	89.4	8.41	0.0941	175	46.2	0.264
40		0.25	67.1	3.90	0.0581	82.3	8.61	0.105	179	41.0	0.229	
		1	67.2	4.35	0.0647	89.4	6.95	0.0777	175	44.0	0.251	
Rec.		20	0.25	69.9	4.55	0.0651	96.9	3.90	0.0402	175	40.8	0.233
			1	64.5	5.11	0.0792	71.2	10.72	0.151	175	43.8	0.250
	40	0.25	65.7	4.38	0.0667	85.4	9.51	0.111	182	46.4	0.255	
		1	68.3	4.57	0.0669	95.1	3.90	0.0410	176	42.3	0.240	
	Tri.	20	0.25	67.5	3.67	0.0544	76.1	13.23	0.174	176	46.6	0.265
			1	69.4	3.97	0.0572	87.4	8.51	0.0974	178	41.4	0.233
40		0.25	76.2	3.58	0.0470	96.0	4.43	0.0461	177	42.1	0.238	
		1	43.0	5.32	0.124	72.4	17.46	0.241	181	42.6	0.235	

S.D.: Standard Deviation
Tri.: Triangular Noise
C.V.: Coefficient of Variation
Rec.: Rectangular Noise

ど聞き取られている。標準偏差は2前後、変動係数も小さくほぼ0.02程度である。しかし、 $L_{eq} 70$ dBでは平均値は68.6~96.9%と変動要因による開きが大きく、標準偏差、変動係数ともに文章理解度が低いほど大きくなる傾向が見られる。

計算個数は $L_{eq} 60$ dBでは190前後であるのに対して、 $L_{eq} 70$ dBでは180前後で約10個程度の開きがある。標準偏差は $L_{eq} 60$ dBでは35~40、 $L_{eq} 70$ dBでは40~47の範囲、変動係数で見れば $L_{eq} 60$ dBで0.18~0.21、 $L_{eq} 70$ dBで0.22~0.27の範囲にあり、 $L_{eq} 70$ dBでのばらつきがやや大きい。

3.3 分散分析

各尺度値や作業能率の平均値の有意差検定をするために、変動幅(W)×変動形状(F)×反復回数(R)×被験者(S)の4元配置の分散分析を行った^{22), 23)}。分析に使用

したデータは妨害度(D)とやかましさ(N)には距離尺度値を使用し、作業能率(P)にはTable 4の単音節明瞭度、文章理解度および計算個数を用いている。なお、読書には作業能率に相当するものはない。定常音のデータには反復回数の要因が含まれていないので、分析計算からは除いてある。結果をTable 5に示す。

3.3.1 妨害度とやかましさ尺度値の有意差検定

単音節明瞭度や文章理解度試験の聴覚的作業では、各条件ごとに有意差が生じる要因に一貫した特徴が見られない(Table 5(a), (b), (c), (d))。一方、計算や読書の非聴覚的作業の場合には、変動幅(W)と変動形状(F)の主効果はほとんど $p < 0.01$ で有意であるが、反復回数(R)の主効果は $L_{eq} 60$ dBでの計算作業の場合を除いて、有意とは言えない。また、計算や読書時には変動形状(F)

と反復回数(R)の交互作用は $p < 0.01$ で有意であり、反復回数による差が変動形状によって異なることを示しており、Fig. 15, 16, 19, 20の変化傾向と矛盾しない(Table 5(e), (f), (g), (h))。

3.3.2 作業能率の有意差検定

$L_{eq} 60, 70$ dBでの単音節明瞭度試験と $L_{eq} 70$ dBでの文章理解度試験で有意差が見られるが、 $L_{eq} 60$ dBでの文章理解度試験では有意差は見られない。 $L_{eq} 60$ dBでの計算作業では交互作用に $p < 0.01$ で有意差の認められるものがあるが、70 dBでは $p < 0.01$ では有意差は認められない。これらのことから、 $L_{eq} 60$ dBでの文章理解度試験や計算・読書の場合は統計的には変動幅や反復回数等によって作業能率に高度に有意な変化を受けない作業条件と考えることができ、その他の場合には作業能率に有意な影響を受ける作業条件と考えることができ

Table 5 Summary of Analysis of variance

(a) Articulation test ($L_{eq}=60$ dB)				(b) Articulation test ($L_{eq}=70$ dB)			
F-ratio				F-ratio			
	D	N	P		D	N	P
W	2.13	10.21**	94.23**	W	1.39	0.26	423.44**
F	0.73	3.92	23.45**	F	8.50**	3.32	468.40**
R	5.06**	1.03	5.20**	R	10.22**	5.14**	25.10**
WXP	0.31	5.72*	91.91**	WXP	6.69*	2.08	188.56**
WXR	0.34	3.62*	3.92*	WXR	1.47	1.02	15.02**
FXR	7.98**	8.78**	13.92**	FXR	1.65	4.28*	15.06**
WXPXR	1.39	1.14	2.50	WXPXR	2.17	3.55*	0.30

(c) Intelligibility test ($L_{eq}=60$ dB)				(d) Intelligibility test ($L_{eq}=70$ dB)			
F-ratio				F-ratio			
	D	N	P		D	N	P
W	6.25*	3.63	1.27	W	10.24**	6.23*	32.17**
F	14.40**	22.93**	0.06	F	1.65	3.67	0.07
R	13.52**	0.14	1.50	R	64.39**	19.49**	156.59**
WXP	15.22**	14.78**	0.45	WXP	13.91**	10.98**	11.57**
WXR	0.45	3.01	0.65	WXR	0.38	1.10	4.15*
FXR	3.93*	7.74**	0.51	FXR	3.27*	3.79*	1.47
WXPXR	3.20*	3.35*	0.59	WXPXR	3.26*	1.59	0.94

(e) Calculation ($L_{eq}=60$ dB)				(f) Calculation ($L_{eq}=70$ dB)			
F-ratio				F-ratio			
	D	N	P		D	N	P
W	9.36**	12.28**	0.18	W	11.35**	10.80**	0.96
F	8.64**	19.12**	0.22	F	7.46**	12.03**	0.01
R	3.62*	3.85*	0.93	R	2.76	1.43	3.35*
WXP	1.38	1.12	11.09**	WXP	1.27	4.84*	0.32
WXR	1.48	1.13	4.13*	WXR	3.25*	3.33*	2.07
FXR	15.13**	27.83**	0.03	FXR	14.28**	13.23**	3.38*
WXPXR	0.30	0.92	5.31**	WXPXR	2.69	1.95	0.10

(g) Reading ($L_{eq}=60$ dB)				(h) Reading ($L_{eq}=70$ dB)			
F-ratio				F-ratio			
	D	N	P		D	N	P
W	65.72**	67.74**	-	W	9.66**	27.19**	-
F	32.35**	23.06**	-	F	23.98**	23.30**	-
R	0.25	0.74	-	R	0.91	0.55	-
WXP	2.79	4.65*	-	WXP	0.30	2.77	-
WXR	2.20	3.23*	-	WXR	3.62*	4.84*	-
FXR	8.37**	9.54**	-	FXR	16.21**	23.98**	-
WXPXR	1.07	2.09	-	WXPXR	5.18**	5.64**	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$
 D : Disturbance N : Noisiness P : Performance

る。

4. 考察

4.1 作業能率の影響

L_{eq} 70 dB の聴覚的作業と非聴覚的作業時では各尺度値と変動要因の関係に明らかに相違が見られる。 L_{eq} 70 dB の聴覚的作業では各尺度値は変動幅の増加に従っ

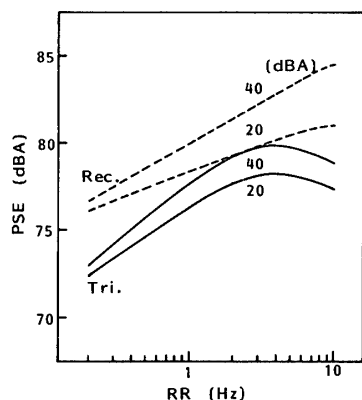


Fig. 21 Relation between PSE and repetition rate in the results by constant method⁹⁾

Table 6 Correlation coefficient between scale values and performance

Task	Noise level	Scale	r^*
Articulation test	60	D**	0.0441
		N***	0.062
	70	D	-0.723
		N	-0.225
Intelligibility test	60	D	-0.596
		N	-0.348
	70	D	-0.936
		N	-0.852
Calculation	60	D	0.0402
		N	0.110
	70	D	-0.385
		N	-0.369

* : Correlation coefficient
 ** : Disturbance
 *** : Noisiness

て、ほぼ減少するとみなすことができるが、 L_{eq} 60 dB の聴覚的作業と非聴覚的作業時にはむしろ増加傾向を示している。また、各尺度値と反復回数との関係でも、 L_{eq} 70 dB の聴覚的作業では各尺度値は全体的には反復回数とともに減少する傾向にあるが、 L_{eq} 60 dB の非聴覚的作業では明らかに様相が異なっている。

これらには騒音による作業能率の低下が関与していると考えられるために、各尺度値と作業能率としての単音節明瞭度、文章了解度、および計算個数との相関係数を求めたものが Table 6 である。相関係数はすべての条件で L_{eq} 60 dB より L_{eq} 70 dB の方が高く、やかましき尺度値より妨害度尺度値の方が高い。文章了解度は単音節明瞭度より相関が高く、 L_{eq} 70 dB での妨害度尺度値では相関係数は -0.936 となっている。

L_{eq} 70 dB での聴覚的作業のように作業能率に大きく影響を及ぼす騒音環境では、妨害度とやかましきの変化傾向は他の作業条件と異なっていると考えることができる。

4.2 変動要因の影響

L_{eq} 70 dB での聴覚的作業では各尺度値は作業能率と高い相関を示すが、その他の場合には各尺度値と変動要因との関係に共通の傾向が見られる。すなわち、各尺度値の変動幅による増加傾向に差が見られるものの、各尺

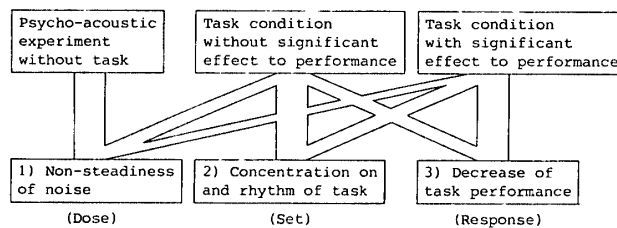


Fig. 22 Contribution of 1) non-steadiness of noise, 2) concentration on and rhythm of task and 3) decrease of task performance to disturbance and noisiness by experimental conditions. The width of lines indicates the degree of contribution to disturbance and noisiness

度値は L_{eq} が一定でも変動幅が大きくなると増加するとみなすことができる。このことは、G. Labiale⁸⁾の道路交通騒音を対象とした研究で、変動幅が12 dB(A)以下と16 dB(A)以上では後者の方が annoyance への影響が増加するという結果が得られていることから支持される。Fig. 21 は筆者ら⁹⁾が以前行った聴感実験の結果の概略である。PSE (Point of Subjective Equality) は変動幅が大きいくほど大きく、上述した傾向と矛盾しない。

各尺度値と反復回数の関係では、各尺度値は三角状騒音の反復回数1 Hz でほとんどの場合に大きくなっているが、矩形状騒音では小さくなっている。このことは非聴覚的作業の反復回数による主効果に有意差が見られないから、確定した傾向であるとは言えない。しかし、反復回数と変動形状の交互作用には有意差が認められ、反復回数による変化傾向が変動形状によって有意に異なることを示唆している。また、このような尺度値と反復回数の関係は作業条件や被験者グループがそれぞれ異なっているにもかかわらず、共通の傾向を示しているから、偶然の結果ではなく、普遍的な性質を有しているものと考えられる。

反復回数の影響を前述した実験室実験の結果³⁾⁻⁸⁾と直接比較することは反復回数の範囲が異なるために困難である。しかし、G. Labiale⁸⁾はトラック通過台数3~30台/30分で annoyance の増加を報告しており、その傾向を外挿して考えれば、道路交通騒音に変動形状が似ている三角状騒音では本研究の反復回数の範囲に反応のピークが存在していることを示唆しているのかもしれない。R. Rylander ら⁵⁾は通過台数の効果について、G. Labiale とは異なった結果を報告している。また、Fig. 21 から PSE は反復回数が0.25~4 Hz の範囲では単調に増加しているが、今回の結果では特に矩形状騒音の場合に Fig. 21 と一致した傾向にない。ただ、今回の実験範囲では反復回数は騒音のテンポを形成する要因であり、そのテンポと騒音の立ち上がり特性が被験者の作業への集中度や作業リズムに不調和を起す程度によって、被験者の評価が影響されるのであろうと考えているが、反復回数の効果について現段階で結論を導くことはできない。

4.3 作業条件の影響

Fig. 22 は1) 騒音の非定常性、2) 作業への集中度や作業リズム、3) 作業能率の低下が実験条件によって妨害度とやかましさにどのように寄与するかを、これまでの結果を基に、模式的に示したもので、線が太いほど妨害度とやかましさにへの貢献度が大きいことを示している。騒音の非定常性は刺激 (Dose) に相当し、作業への集中度や作業リズムは構え (Set) に、作業能率の低下は妨害度などとは別の側面の反応 (Response) に相

当していると考えられることができる。作業能率が低下するにつれて、妨害度とやかましさにへの騒音の非定常性の寄与は薄れ、作業能率の低下の貢献度が大きくなることを示している。

5. まとめ

4種類の作業条件で L_{eq} が一定の規則的非定常騒音の変動要因の妨害度とやかましさにへの影響を検討した結果は次のように要約できる。

(1) 作業条件下での妨害度、やかましさに評価は作業能率に影響される。

(2) 作業能率に有意に影響を及ぼす作業条件では、騒音に対する妨害度とやかましさには作業能率との相関が高い。

(3) 作業能率に有意に影響を及ぼさない作業条件では、変動幅が大きくなると妨害度とやかましさにも増加する。このことはG. Labiale⁸⁾や筆者ら⁹⁾の聴感実験の結果とも矛盾しない。

(4) (3)と同じ作業条件での妨害度とやかましさにと反復回数の関係については、今回の結果からは確定的な結論は導き得ない。しかし、ほぼ一貫して妨害度とやかましさには三角状騒音では1 Hz で大きくなり、矩形状騒音では1 Hz で小さくなっている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、当研究室の卒論生各位の協力を得た。また、本研究の一部は昭和56, 57, 58年度科学研究費補助金奨励研究(A)の援助によった。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) F. J. Langdon : Noise Nuisance Caused by Road Traffic in Residential Areas : Part I, J. Sound Vib., 47(2), 243 (1976)
- 2) F. J. Langdon : Noise Nuisance Caused by Road Traffic in Residential Areas : Part II, J. Sound Vib., 47(2), 265 (1976)
- 3) C. G. Rice : Investigation of the Trade-off Effects of Aircraft Noise and Number, J. Sound Vib., 52(3), 325 (1977)
- 4) C. G. Rice : Development of Cumulative Noise Measure for the Prediction of General Annoyance in an Average Population, J. Sound Vib., 52(3), 345 (1977)
- 5) R. Rylander, E. Sjöstedt and M. Björkman : Laboratory Studies on Traffic Noise Annoyance, J. Sound Vib., 52(3), 415 (1977)
- 6) E. Öhrström, M. Björkman and R. Rylander : Laboratory Annoyance and Different Traffic Noise Sources, J. Sound Vib., 70(3), 333 (1979)
- 7) K. B. Rasmussen : Annoyance from Simulated Road Traffic Noise, J. Sound Vib., 65(2), 203 (1979)
- 8) G. Labiale : Laboratory Study of the Influence of Noise Level and Vehicle Number on Annoyance, J. Sound Vib., 90(3), 361 (1983)

- 9) 矢野 隆, 小林朝人: 規則的非定常騒音の反復回数および変動幅がやかましさに及ぼす影響 (非定常騒音の評価に関する研究 I), 日本建築学会論文報告集, 334, 70(1983)
- 10) 矢野 隆: 音声聴取時における非定常騒音の評価, 第二回日韓音響学術発表会論文集, 65 (1983)
- 11) 矢野 隆, 小林朝人: 作業環境下における非定常騒音のやかましさを評価 (単音節明瞭度試験の場合), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 197 (1982)
- 12) 矢野 隆, 小林朝人: 計算および読書時の非定常騒音の評価に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 119 (1984)
- 13) D. E. Broadbent: Effect of Noise on an "Intellectual" Task, J. Acoust. Soc. Am., 30, 824 (1958)
- 14) G. R. Hockey: Effects of Noise on Human Efficiency and Some Individual Differences, J. Sound Vib., 20(3), 299 (1972)
- 15) 吉田拓正: 暗騒音の異なる間欠騒音が選択反応時間に及ぼす影響 (性格による影響の相違について), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 13 (1983)
- 16) 伊藤隆二, 松原達哉: 心理テスト法入門, 日本文化科学社, p. 78 (1981)
- 17) 深代惇郎: 続・天声人語, 朝日新聞社
- 18) 日本音響学会関西支部編: Loudness, noisiness, annoyance を廻って, 日本音響学会騒音・聴覚合同研究会資料, (1980)
- 19) B. Berglund, U. Berglund and T. Lindvall: Scaling Loudness, Noisiness, and Annoyance of Aircraft Noise, J. Acoust. Soc. Am., 57(4), 930 (1975)
- 20) B. Berglund, U. Berglund and T. Lindvall: Scaling Loudness, Noisiness, and Annoyance of Community Noises, J. Acoust. Soc. Am., 60(5), 1119 (1976)
- 21) J. P. ギルボード, 秋重義治監訳: 精神測定法, 培風館, p. 293 (1959)
- 22) 岩原信九郎: 教育と心理のための推計学, 日本文化科学社, p. 288 (1979)
- 23) J. W. Little and J. E. Mabry: Sound Duration and its Effect on Judged Annoyance, J. Sound Vib., 9(2), 247 (1969)

SYNOPSIS

UDC : 534. 83 : 628. 517 : 699. 844

THE EFFECTS OF FLUCTUATION FACTORS OF PERIODICALLY NON-STEADY NOISES ON DISTURBANCE AND NOISINESS IN WORKING ENVIRONMENT

A study on evaluation of non-steady noises II

by TAKASHI YANO and Dr. ASATO KOBAYASHI,
Members of A. I. J.

A laboratory study was carried out to investigate disturbance and noisiness of periodically non-steady noises in four task conditions. Totally 326 subjects participated in experiments. There were two main variables: the range of level fluctuation was from 0 to 40 dB and the repetition rate varied from 0.25 to 4 Hz. The noises were exposed at two levels, 60 and 70 dB L_{eq} . Task conditions were articulation test, intelligibility test, calculation, and reading, and their exposure durations were respectively about 6, 8, 3, 2.5 minutes. The task performance was investigated and the relation between disturbance or noisiness and performance was also discussed.

The conclusions are summarized as follows.

- 1) In task conditions in which task performance is significantly affected by noises, disturbance and noisiness are influenced considerably by performance and have high correlation with it.
- 2) In task conditions in which task performance is not significantly affected by noises, disturbance and noisiness increase with range of level fluctuation.
- 3) In the same conditions as 2), the effect of repetition rate was not reasonably found, but consistently disturbance or noisiness tends to rise at 1 Hz in the case of triangular noises and drop at 1 Hz in rectangular noises.
- 4) It is considered that the complex effect of repetition rate as mentioned above is contributed by the interference of concentration on task and the rhythm of task except for the effect of fluctuation factors.