

騒音・振動の複合による感覚反応について

青木 一郎 小林 正雄

1 はじめに

市街地道路周辺の環境において、住民は自動車の頻繁な交通による騒音・振動を同時に受けているのが通常である。これらの影響について、騒音又は振動のそれぞれが単独の場合の研究は多数見受けられるが、騒音と振動を同時にばく露した場合の感覚に及ぼす影響については、最近2、3の研究報告が見られるものの、研究例はきわめて少ない。

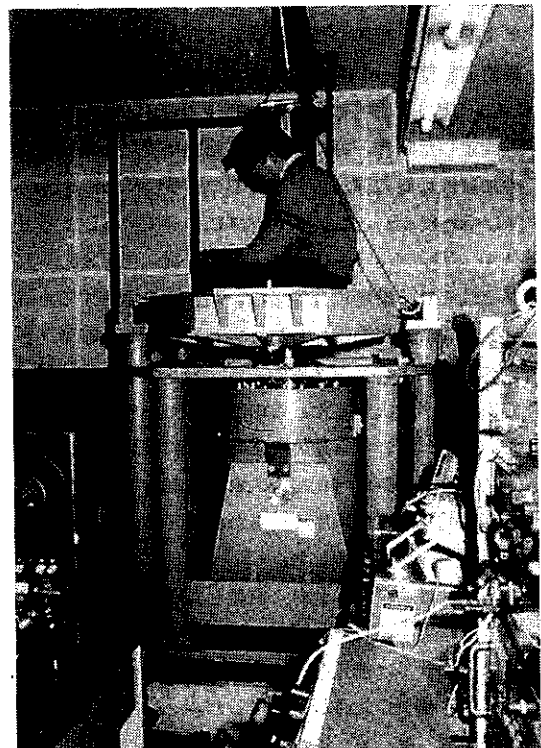
本研究所では、昭和51年度から昭和53年度までの3年間、道路交通騒音・振動が道路沿線住民の感覚にどのような影響を与えているかについて、環7道路沿線の住家に被験者を配して実験を行い、結果をとりまとめてきたが、発生した騒音・振動のレベルが低かったこと、実験条件として必ずしも適当な条件が得られなかったことなどから、明らかな傾向を見出すまでにはならなかった。

そこで、昭和54年度においては、道路交通騒音・振動の感覚へ及ぼす影響について、実験室内での被験者実験により解析研究することとし、環7道路沿線での騒音・振動の記録をもとに、これを被験者に呈示することにより反応したデータから、騒音・振動のそれぞれの影響及び複合した場合の影響等について解析を行った。実験室内の実験は、実際の民家の居室における状況を異にするところも多いが、実験室内の暗騒音・暗振動を出来るだけ低く設定し、呈示する騒音・振動のレベルは、実際に発生し、感覚等に影響が生じると考えられるレベル幅の中で種々に変化させて実験を行うこととした。騒音・振動の主観的評価法については、各種評価方法が考えられるが、本実験では、騒音については「うるささ」、振動については「感じ方」を、騒音・振動の複合した場合については「じやまの程度」及び「不快さ」について評価させることとした。

2 実験方法

(1) 実験内容

実験は環状7号道路で収録した自動車の騒音・振動を実験室で再生し、スピーカ及び振動台から同時は発生させ、振動台上に座位の被験者に与え、各実験ごとにどのカテゴリーに該当するかを主観的に判断させた。これらの判断は、騒音・振動を住居内で安静時にうけた場合を仮定することとし、あらかじめ実験に用いる騒音・振動のレベル範囲を被験者に体験させた後に実験を行った。被験者は20才台の男子15人で、1人あたり2日間とし、1日目、2日目とも同じ実験をくり返し再現性についても検討した。



被験者と振動発生装置

実験項目は

ア 騒音レベル・振動レベルと騒音・振動のじゃまの程度（じゃまの実験）

イ 騒音レベルとうるささ（うるささの実験）

ウ 振動レベルと感じ方（感じ方の実験）

エ 騒音レベル・振動レベルと不快さ（不快さの実験）の4種類とした。各実験のカテゴリーは、アは2つのうちのどちらか、イ～エは5段階で判断させた。

各カテゴリーは

ア “騒音がじゃま” “振動がじゃま”

イ “うるさくない” “ややうるさい” “うるさい” “かなりうるさい” “非常にうるさい”

ウ “感じない” “やや感じる” “感じる” “かなり強く感じる” “非常に強く感じる”

エ “不快でない” “やや不快” “不快” “かなり不快” “非常に不快”

とした。

これらの実験は同時に存在する騒音と振動の刺激の中でおのおの(1)騒音と振動の感覚的な刺激の強さの比較判別,(2)騒音のみについての「うるささ」の単独評価,(3)振動のみについての「感じ方」の単独評価,(4)「不快さ」による騒音と振動の複合評価の検討を目的とし、騒音・振動の感覚反応の総合的評価法の検討を行った。

(2) 実験に使用した騒音・振動

設定した騒音・振動のレベル範囲は実験室の暗騒音や加振機的能力等から、おのおの、SL=55-85dB(A), VL=55-85dB とし、ステップについてはSLで5dB(A), VLで5dBステップとした。従って、SL, VL共それぞれ7段階に分けられ、組合せを考慮すると49種類の騒音・振動となった。さらに、これら騒音・振動の出現順序をランダムにするため、乱数さいを用いて出現順序を決定した。この結果については表1に示す。また、騒音・振動の発生時間は10秒間とし、信号間に20秒間の無信号状態を入れ、計30秒間1サイクルとし、49回連続で順序に従った騒音・振動を発生するようにテープを作製した。

スピーカ及び振動台から発生した騒音・振動の周波数分析結果をそれぞれ図1、図2に示す。それらの相対スペクトルは前述した4項目の実験に全帯域レベルを変化させつつ共通して使用した。

(3) 実験装置

実験装置は図3に示すように、データレコーダで再

表1 騒音・振動の出現順序

単位：騒音(dB(A)),振動(dB)

No.	騒音	振動	No.	騒音	振動	No.	騒音	振動
1	85	65	21	85	85	41	70	85
2	85	80	22	70	75	42	80	60
3	65	70	23	60	80	43	65	60
4	85	55	24	55	55	44	75	80
5	60	65	25	65	75	45	55	60
6	65	85	26	75	60	46	60	85
7	60	75	27	55	70	47	75	55
8	55	85	28	70	60	48	65	55
9	75	75	29	60	60	49	70	70
10	60	55	30	55	80			
11	80	55	31	75	65			
12	80	70	32	70	55			
13	85	75	33	65	80			
14	85	60	34	75	85			
15	80	65	35	65	65			
16	85	70	36	70	65			
17	80	75	37	80	85			
18	75	70	38	80	80			
19	55	75	39	55	65			
20	70	80	40	60	70			

生された騒音・振動をそれぞれスピーカ及び振動台から発生させ被験者に与えた。さらに、実験中は発生する騒音・振動を常時測定し、設定レベルとの差を監視した。

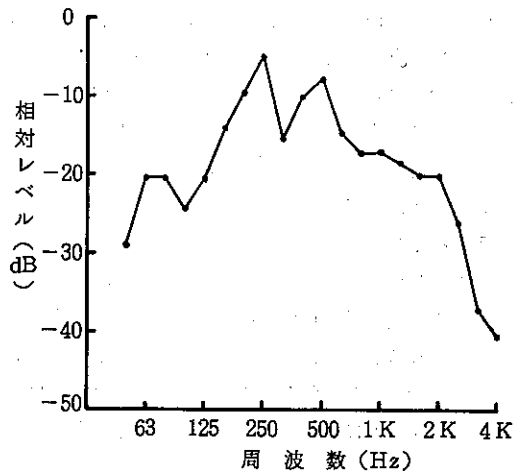


図1 騒音の周波数分析

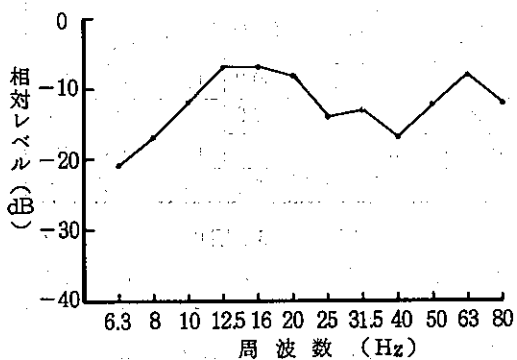


図2 振動の周波数分析

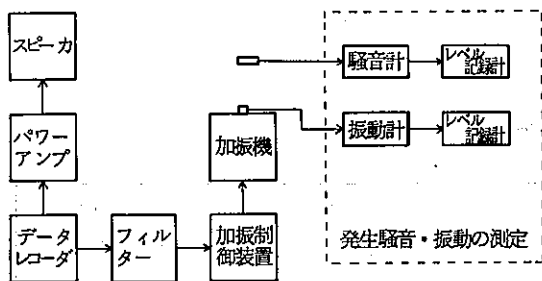


図3 実験装置システム

実験室内の暗騒音は43 dB (A)で、主な音源は振動台駆動用の油圧系統であった。また、室内の暗振動は45 dB 以下であった。

加振機、振動台の仕様はつぎのとおりである。

(1) 加振機

- 加振力 最大 350 kg
- 周波数範囲 単独 0.5~3,000 Hz
- 振動台使用時 0.5~100 Hz
- 加速度出力 単独 7 g
- 振動台使用時 2.1 g
- 歪率 単独 10%以内 0.5~30 Hz
- 5%以内 30~500 Hz

許容搭載重量 200 kg

許容モーメント 単独 400 kg - m
振動台使用時 600 kg - m

可動支持方式 補助タンク付空気バネ
静圧自動制御形油圧ベアリング

(2) 振動台

長さ 1,700 mm

幅 820 mm
重さ 約 162 kg

3 予備実験

本実験の実施に先立ち、実験内容、方法等の検討のため、予備実験を実施した。この予備実験での被験者は、本実験と同様に20才台の健康な男子大学生10人で、各人1人1日延10人で実験を行った。

予備実験では、本実験で実施する4つの実験の試行を行ったが、「じゃま」の実験ではカテゴリーを“騒音がじゃま” “騒音・振動同じくじゃま” “振動がじゃま” の3つで判別させたところ、“騒音・振動同じくじゃま” のカテゴリーの反応にばらつきがみられたため、本実験ではこのカテゴリーを削除し、“騒音がじゃま” “振動がじゃま” の2つのカテゴリーで判別させることにした。他の3つの実験は若干カテゴリーで使用している用語を直したにとどめた。

その他予備実験では、被験者にアンケート及び口答による質問を行い、訓練方法、実験時間、反応評価法、被験者の姿勢等実験を左右する各種条件の検討、調整を行ったが、この予備実験で得たデータは本実験の結果と多少差異があるので、本実験の参考資料とすることとした。

4 結果

実験の結果は(1)~(4)に示すが、結果の集計にあたり下記の点について検討を加えて集計した。

まず、本実験では15人の同一被験者に2日目同一の実験を行い、1日目と2日目のデータから訓練による「馴れ」を求めようとしたが、レベルの出現に対する感覚反応は表2のように再現性が非常に良く、両日間の差異は認められなかったのでデータは両日を合算して得た。

表2 実験日別感覚反応比率

(1) 「じゃま」の実験

カテゴリー別 日別	騒音がじゃま	振動がじゃま	合計
第1日	61.4 %	38.6 %	100 %
第2日	63.0 %	37.0 %	100 %
平均	62.2 %	37.8 %	100 %
較差	1.3 %	2.1 %	-

(2) 「うるささ」の実験

単位(%)

カテゴリ別 日別	うるさくない	ややうるさい	うるさい	かなりうるさい	非常にうるさい	合計
第1日	18.5	33.3	24.0	15.1	9.1	100
第2日	16.7	32.8	24.6	16.2	9.7	100
平均	17.6	33.1	24.3	15.6	9.4	100
較差	5.1	0.9	1.2	3.8	3.2	-

(4) 「不快さ」の実験

単位(%)

カテゴリ別 日別	不快でない	やや不快	不快	かなり不快	非常に不快	合計
第1日	13.7	29.5	30.3	18.1	8.4	100
第2日	11.2	31.9	27.9	20.6	8.4	100
平均	12.4	30.7	29.1	19.3	8.5	100
較差	9.7	3.9	4.1	6.7	1.2	-

(3) 「感じ方」の実験

単位(%)

カテゴリ別 日別	感じない	やや感じる	感じる	かなり感じる	非常に感じる	合計
第1日	29.0	29.5	25.0	14.0	2.5	100
第2日	27.0	30.6	22.8	14.6	5.0	100
平均	28.0	30.0	23.9	14.3	3.8	100
較差	3.6	0.2	4.6	2.1	31.5	-

また、表3及び図4、図5、図6は各実験における個人別回答率をみたものであるが、(2)におけるNo.3とNo.12、(3)におけるNo.3とNo.6、(4)におけるNo.1とNo.3のように特異な回答(基準として、標準偏差をもとに差異の大きいものを特異と判断した。)を示したものが、それぞれの実験に2人づつ認められたので、集計にあたってこれら各2人を除いた15人中13人の2日分計26データを集計整理した。

表3 個人別回答率

被験者No	実験回数	うるささ					感じ方					不快さ				
		うるさくない	ややうるさい	うるさい	かなりうるさい	非常にうるさい	感じない	やや感じる	感じる	かなり感じる	非常に感じる	不快でない	やや不快	不快	かなり不快	非常に不快
No. 1	1	18.5	33.3	24.0	15.1	9.1	29.0	29.5	25.0	14.0	2.5	13.7	29.5	30.3	18.1	8.4
	2	16.7	32.8	24.6	16.2	9.7	27.0	30.6	22.8	14.6	5.0	11.2	31.9	27.9	20.6	8.4
No. 2	1	12.2	17.7	13.3	7.7	0.0	8.8	18.8	12.2	9.9	1.1	15.5	15.5	13.3	7.7	0.0
	2	10.9	16.6	20.0	16.6	16.6	14.4	12.2	13.3	11.1	7.7	17.7	22.2	22.2	22.2	22.2
No. 3	1	15.3	19.4	24.5	18.4	22.4	15.3	30.6	27.6	19.4	7.1	15.3	24.5	25.5	17.3	7.1
	2	11.4	13.3	14.1	11.1	7.7	11.4	13.3	14.1	11.1	7.7	11.4	13.3	14.1	11.1	7.7
No. 4	1	11.4	17.7	13.3	5.5	0.0	11.4	17.7	13.3	5.5	0.0	11.4	17.7	13.3	5.5	0.0
	2	15.3	30.6	27.6	19.4	7.1	15.3	30.6	27.6	19.4	7.1	15.3	30.6	27.6	19.4	7.1
No. 5	1	8.8	22.2	12.2	6.6	0.0	8.8	22.2	12.2	6.6	0.0	8.8	22.2	12.2	6.6	0.0
	2	16.3	40.0	21.4	14.3	7.1	16.3	40.0	21.4	14.3	7.1	16.3	40.0	21.4	14.3	7.1
No. 6	1	7.7	9.9	14.4	7.7	12.2	7.7	9.9	14.4	7.7	12.2	7.7	9.9	14.4	7.7	12.2
	2	8.8	12.2	11.1	13.3	19.4	8.8	12.2	11.1	13.3	19.4	8.8	12.2	11.1	13.3	19.4
No. 7	1	4.4	20.0	15.5	6.6	4.4	4.4	20.0	15.5	6.6	4.4	4.4	20.0	15.5	6.6	4.4
	2	9.9	41.1	28.6	12.2	8.8	9.9	41.1	28.6	12.2	8.8	9.9	41.1	28.6	12.2	8.8
No. 8	1	3.3	18.8	13.3	6.6	6.6	3.3	18.8	13.3	6.6	6.6	3.3	18.8	13.3	6.6	6.6
	2	7.7	35.5	29.6	15.3	12.2	7.7	35.5	29.6	15.3	12.2	7.7	35.5	29.6	15.3	12.2
No. 9	1	7.7	17.7	10.0	5.5	6.6	7.7	17.7	10.0	5.5	6.6	7.7	17.7	10.0	5.5	6.6
	2	15.3	30.6	21.4	18.4	14.3	15.3	30.6	21.4	18.4	14.3	15.3	30.6	21.4	18.4	14.3
No. 10	1	13.3	14.4	11.1	8.8	3.3	13.3	14.4	11.1	8.8	3.3	13.3	14.4	11.1	8.8	3.3
	2	22.2	31.1	24.4	13.3	8.8	22.2	31.1	24.4	13.3	8.8	22.2	31.1	24.4	13.3	8.8
No. 11	1	17.7	17.7	10.0	4.4	0.0	17.7	17.7	10.0	4.4	0.0	17.7	17.7	10.0	4.4	0.0
	2	15.5	13.3	11.1	7.7	7.7	15.5	13.3	11.1	7.7	7.7	15.5	13.3	11.1	7.7	7.7
No. 12	1	22.2	14.4	7.7	2.2	0.0	22.2	14.4	7.7	2.2	0.0	22.2	14.4	7.7	2.2	0.0
	2	33.3	30.6	13.3	4.4	0.0	33.3	30.6	13.3	4.4	0.0	33.3	30.6	13.3	4.4	0.0
No. 13	1	9.9	16.6	9.9	7.7	4.4	9.9	16.6	9.9	7.7	4.4	9.9	16.6	9.9	7.7	4.4
	2	16.6	35.5	22.2	18.4	6.6	16.6	35.5	22.2	18.4	6.6	16.6	35.5	22.2	18.4	6.6
No. 14	1	18.8	15.5	7.7	7.7	2.2	18.8	15.5	7.7	7.7	2.2	18.8	15.5	7.7	7.7	2.2
	2	29.6	33.3	20.0	14.3	2.0	29.6	33.3	20.0	14.3	2.0	29.6	33.3	20.0	14.3	2.0
No. 15	1	6.6	14.4	15.5	10.0	0.0	6.6	14.4	15.5	10.0	0.0	6.6	14.4	15.5	10.0	0.0
	2	11.1	28.6	28.6	15.4	11.1	11.1	28.6	28.6	15.4	11.1	11.1	28.6	28.6	15.4	11.1
平均		17.5	33.0	24.3	15.6	9.4	28.0	30.1	23.9	14.3	3.8	12.4	30.7	29.1	19.3	8.5

(ただし※を除く)

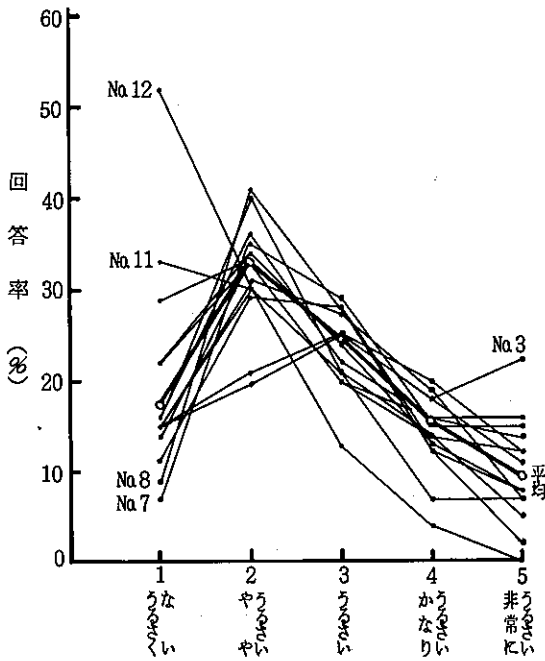


図4 「うるささ」と回答率

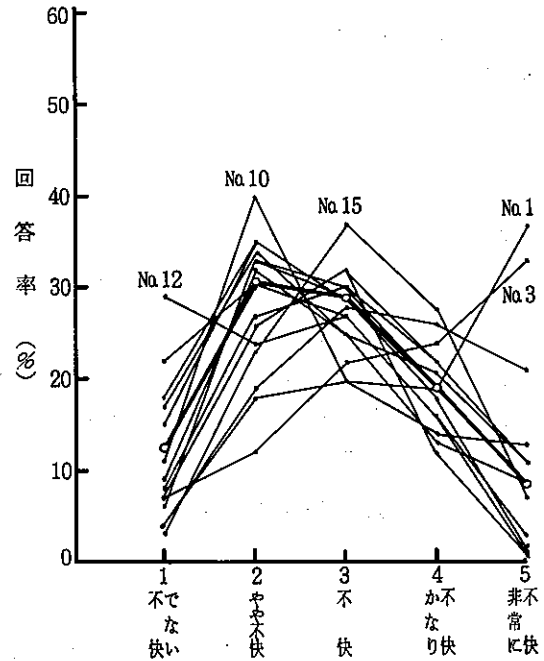


図6 「不快さ」と回答率

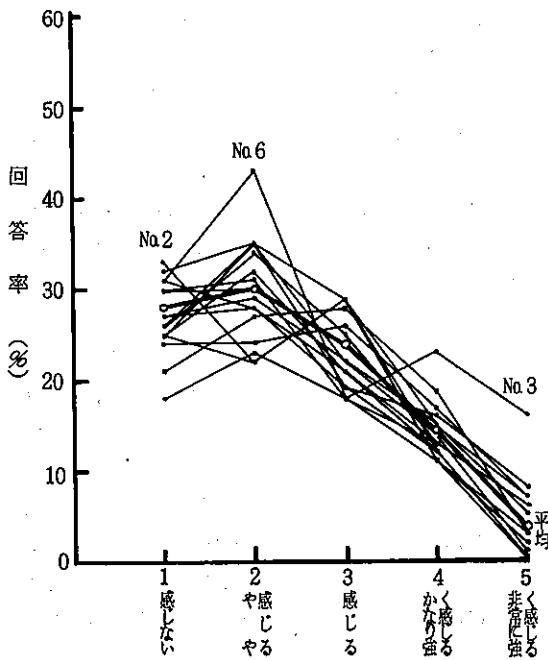


図5 「感じ方」と回答率

(1) 騒音・振動のじゃまの程度の比較判別 (じゃまの実験)

実験1では、騒音と振動を同時にばく露した場合、騒音と振動のどちらが他方に対して「じゃま」として感ずるかを判断させ、「騒音」「振動」として感ずるレベルの区域を明らかにすることをこころみた。

結果は、図7に示すように、○印騒音がじゃま88%以上(振動がじゃま100% - 88% = 12%以下、以下同様)、△印同63~87%、×印同38~62%、□印同13~37%、●印同12%以下で反応を表示し、○印と他の区分間及び●印と他の区分間をラインで区画し、前者を騒音75%ライン、後者を騒音25%ラインとすると、75%ラインから左側が騒音域、75%と25%に挟まれた部分が騒音振動域、25%から右の部分が振動域とみることができ、騒音域、騒音振動域、振動域はかなり判然と区分されていることが認められる。また、今回の設定レベル範囲では騒音域が広く、振動域が狭かった。

(2) 騒音レベルとうるささ(うるささの実験)

この実験では、実験1と同じテープを使用して、騒音の「うるささ」が振動の刺激が加わった状態でどのように評価されるかをみることにした。図8によって

結果をみると、騒音レベルの感覚反応は、振動レベルの変化の如何に拘らず、騒音レベルの変化に応じてのみ反応を示している。

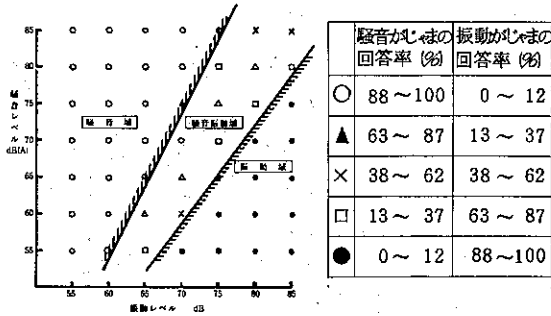


図7 「じゃま」の実験

と考えられるが、宮本等の研究¹⁾による衝撃振動における反応比率をみると、70 dBで“よく感じる”に対応した感じ方を示しているとしているが、本実験結果では、前記と同一ランクのカテゴリー“感じる”は75 dBに対応しており、本実験の結果は被験者の「感じ方」がやや鈍いということを示している。

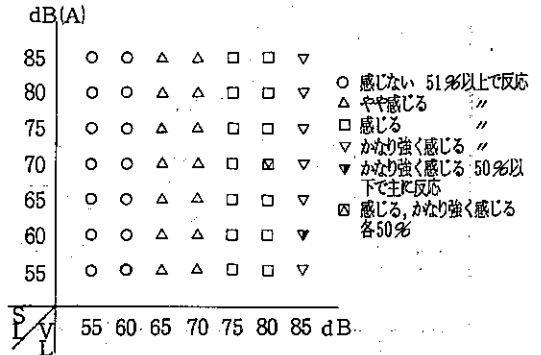


図9 「感じ方」の実験

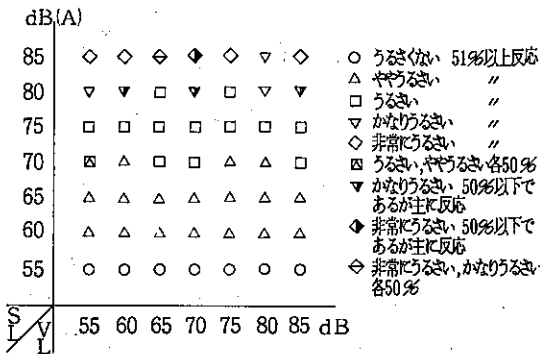


図8 「うるささ」の実験

また、この実験で“うるさい”“かなりうるさい”“非常にうるさい”の“うるさい”カテゴリーで感覚反応が50%を超えるのは、70 dB(A)以上であった。

(3) 振動レベルと感じ方（感じ方の実験）

この実験は、実験2とは全く逆に騒音が存在する状態に振動が加わった場合に、振動の「感じ方」の感覚反応にどのような変化と影響があらわれるかをみるもので、「感じ方」のカテゴリーは、「うるささ」の場合と同様に5段階で区分した。結果は、図9に示したように「感じ方」の感覚反応も、騒音レベルの存在と変化にはほとんど関係なく、振動レベルの変化によってのみ感覚反応は変化しており、単独に判別できることを示している。

また、自動車振動は振動の種類としてはほぼ衝撃的

(4) 騒音レベル・振動レベルと不快さ（不快さの実験）

実験は「不快さ」を基準とし、騒音・振動を受けた被験者のカテゴリー判断により、感覚的影響について解析した。被験者に与えた騒音・振動は実験(1)~(3)と同じものを使用した。

実験結果についてみると、各カテゴリーの反応比率は図6に示したように“やや不快”“不快”が多く、両方で約60%を占めている。また、被験者全員が同じカテゴリーに回答したものは、SL 55 dB(A), VL 60 dBの組合せで“不快でない”としたもの1つであった。

騒音レベル・振動レベルと「不快さ」の関係について回答率だけでは不十分なので、リッカートの方法⁵⁾によりカテゴリーの尺度値を距離尺度で求め、騒音・振動と「不快さ」の関係について検討することとした。

最初に、被験者ごとに各カテゴリー尺度値を求め、さらに平均値を算出し、その平均値に対し、“不快でない”が1.00となるように+2.60の修正を行い、各カテゴリーの尺度値を求めた。結果は表4に示したように、距離尺度上のカテゴリーの間隔は等間隔でなく、“不快でない”“やや不快”“非常に不快”の範囲は狭いことを示している。

表4 反応比率と尺度値

被験者 No	不快でない	やや不快	不快	かなり不快	非常に不快
2	17.4 尺度値 -1.47	34.7 -0.41	25.5 0.39	13.3 1.02	9.2 1.76
4	4.1 尺度値 -0.41	19.4 -1.13	28.6 -0.32	26.5 0.41	21.4 1.36
5	15.3 尺度値 -1.54	35.7 -0.40	29.6 0.42	18.4 1.35	1.0 0.25
6	8.2 尺度値 -1.95	27.6 -0.77	30.6 0.25	22.4 0.78	11.2 1.69
7	7.1 尺度値 -1.90	26.6 -0.68	32.7 0.31	22.4 0.78	11.2 1.69
8	8.2 尺度値 -1.95	33.7 -0.68	29.6 0.17	19.4 0.91	9.2 1.76
9	9.2 尺度値 -1.78	32.7 -0.69	25.5 0.12	21.4 0.80	11.2 1.69
10	11.2 尺度値 -1.70	40.8 -0.51	20.4 0.31	14.3 0.85	13.3 1.61
11	22.4 尺度値 -1.33	30.6 -0.32	27.6 0.45	16.3 1.26	3.1 2.23
12	29.6 尺度値 -1.16	24.5 -0.22	27.6 0.48	16.3 1.33	2.0 2.4
13	7.1 尺度値 -1.90	33.7 -0.75	30.6 0.16	19.4 0.91	9.2 1.76
14	18.4 尺度値 -1.44	35.7 -0.37	32.7 0.56	12.2 1.53	1.0 2.60
15	3.1 尺度値 -2.22	23.5 -1.1	37.8 0.12	28.6 0.88	7.1 1.69
平均	12.4 尺度値 1.60	30.7 -0.64	29.1 0.32	19.3 0.99	8.5 1.73
修正尺度値	1.00	1.96	2.92	3.59	4.33

図10は騒音レベル・振動レベルを縦軸、横軸にとり、その交点に縦・横軸の騒音・振動をうけたときの被験者の反応の平均値（4以上非常に不快，1以下不快でない）を示した。数値は尺度値を基に算出したもので、数値が大きいほど「不快さ」が強いことを示している。

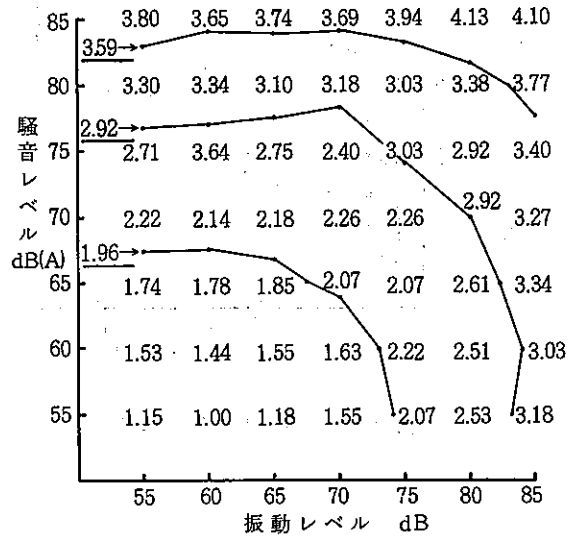


図10 騒音レベル・振動レベルと「不快さ」

また、騒音、振動をそれぞれ一定にした場合の「不快さ」の変化を図11、図12に示した。この結果、今回実験に使用した騒音・振動のレベル範囲では、ほとんどが「やや不快」以上の「不快さ」を持つことになる。

「不快さ」に対する騒音・振動の影響をみると今回のレベル範囲では騒音の影響が強く、特にVLが65dB以下（SL 55dB(A)以上）では騒音によって「不快さ」が決定される。同様のことが、SL 60dB(A)以下（VL 70dB以上）では振動によって「不快さ」が決定される。

本実験では、騒音だけによる「不快さ」については実施していない。しかし、VL 55dBでは振動を感じないので図11のVL 55dBのラインが騒音だけによる「不快さ」と同等と考えられる。一方、振動だけによる「不快さ」については得られていないが、SL 55dB(A)のVL 70dB以上では、ほぼ振動のみによる「不快さ」の関係がえられていると考えられる。

実際の道路端の家屋内のSL・VLは過去の測定例からSLが70dB(A)以下、VLが65dB以下である。

従って、今回の実験結果を道路端の家屋内にあてはめると、これらの騒音・振動では“やや不快”という感じをもち、しかも「不快さ」はほとんどが騒音によるものといえる。

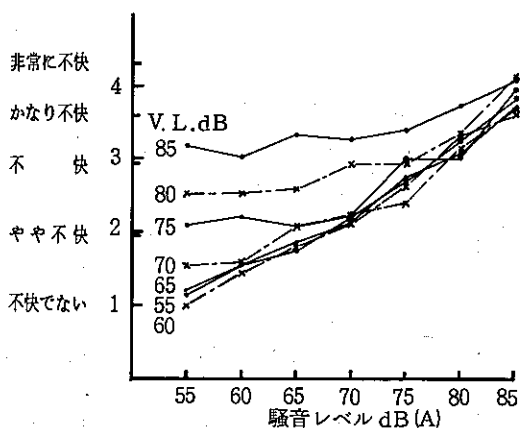


図 11 騒音レベルと「不快さ」

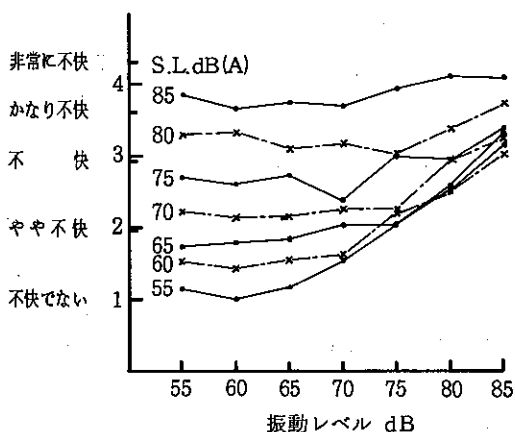


図 12 振動レベルと「不快さ」

5 ま と め

自動車の走行に起因する騒音・振動を同時に被験者にばく露した場合に被験者の感覚反応はどのような変化をし、影響を及ぼすかについて実験を行い次のような結果を得た。

(1) 騒音と振動の感覚的刺激の強さについて“騒

音がじゃま” “振動がじゃま” のカテゴリーで判別させた。その結果、両方の刺激がほぼ等しいレベルは、SL 55dB(A)に対しVL 61~67dB (平均64dB), SL 75dB(A)に対しVL 71~82dB (平均76dB)で、この範囲以外は騒音又は振動がそれぞれ強い領域となっている。この刺激が等しい範囲はSLが大きくなるに従いVLも大きくなり、しかも範囲が広がる傾向をみせている。

(2) 「うるささ」に対する振動の影響、また「感じ方」に対する騒音の影響については、騒音の感覚はSLの変化に応じ、振動の感覚はVLの変化に応じてのみ変化をみせている。また、この実験で“うるさい”カテゴリーに属するレベルはSL 70dB(A)以上で、“感じる”カテゴリーに属するレベルはVL 70dB以上であった。

(3) 騒音・振動を同時にばく露した時の感覚を「不快さ」を基準として判別させたところ、今回の実験条件下ではほとんどが“やや不快”以上の「不快さ」を持つことになり、この「不快さ」に対する騒音・振動の影響をみると騒音の影響が強い。

実際の道路端の民家内のSLは70dB(A)以下、VLは65dB以下であることから考えて、これらの騒音・振動では“やや不快”という感覚であり、そのほとんどは騒音によるものといえる。

6 お わ り に

幹線道路沿線住民の道路交通騒音・振動に関する訴えには、「夜間走行する自動車の騒音・振動は騒音・振動を単独で聞き感ずるより重なり合ってより大きく聞こえ感ずる。」といている。本実験は静穏な居室内で安静にしている状態を想定して実施しており、住民の感覚反応をそのまま反映する結果は得られなかったが、今後、実験方法及び解析方法等の検討を行い、住民の感覚反応解明のための研究を推進してゆくことが必要と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 宮本俊二ほか：振動レベルと感覚反応の対応について、東京都公害研究所報告書（昭和52年度）
- 2) 岡田 晃：振動と騒音の総合評価に関する基礎的研究、環境庁委託業務結果報告書（昭和53年度）
- 3) 徳山久雄：振動を付加した時の騒音感覚評価、日

本音響学会研究発表会講演集（昭和54年6月）

4) D. B, Fleming and M, J, Griffin: A study of the subjective equivalence of noise

and whole-body vibration, Journal of Sound and Vibration (1975)

5) 大山 正ほか編：心理測定・統計法，有斐閣双書.