



## 衝撃性騒音のやかましさに関するパイロットスタ ディ

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-07-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 佐藤, 哲身 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/3702">http://hdl.handle.net/10258/3702</a>

# 衝撃性騒音のやかましさに関するパイロットスタディ

佐藤 哲 身

## A Pilot Study on the Perceived Noisiness of Impulsive Noise

Tetsumi Sato

### Abstract

The purpose of this study is to point out several fundamental effects on the perceived noisiness of impulsive noise through two psycho-acoustical experiments. In Experiment I, the perceived noisiness of six kinds of impulsive noise is investigated by the method of adjustment. Some physical parameters that influence the perceived noisiness are pointed out and a problem of spectral effects on human response of impulsive noise is discussed. In Experiment II, the perceived noisiness of impulsive pink noise is investigated as a function of four physical parameters ; repetition rate, rise time, decay time and background-to-burst level. The author discusses the perceived noisiness of impulsive noise to be rated from two aspects ; the energy effect and the startle effect. For the abatement of the startle effect, the repetition rate, the decay time and the background-to-burst level are important factors, while the rise time is of little importance.

## 1. 序 章

### 1・1 研究の背景と目的

近年、都市社会における快適な生活環境づくりのうえで、騒音公害は非常に大きな障害の一つとなっている。各方面からの情報で明らかな様に、現代の日常生活環境のなかでは、ほとんど全ての音が騒音として問題を引き起こす可能性を含んでおり、その種類及び被害範囲の大きさは、他の公害と比べて特異な性質を示すところである。このような状況のもとで、各種関係諸機関による研究、対策が進められているが、本来騒音対策の基礎となるべき騒音評価の分野には未だ多くの課題が残されており、統一された手法のないままにその場その場に応じた対策を余儀なくされている。

さて、騒音評価に関する研究は近年急速に進展を遂げつつあるが、上述の通り研究対象範囲が極めて広く、全ての騒音に統一的な評価尺度を適用することが困難であるために現在のところ、騒音の種類毎に研究が進められている状態となっている。この分野における近年の中心的

課題は非定常騒音の評価にあるが、なかでも衝撃性騒音に関する研究は著しく立ち遅れており、その評価法の早期の確立が期待されている。

本研究はこの様な背景を踏まえて、衝撃性騒音の人間に及ぼす心理的不快感を、主として計量心理学的手法を用いた聴感実験により明らかにし、衝撃性騒音の適切な評価法の確立に資せんとするものである。

### 1・2 衝撃性騒音の心理的評価に関する研究展望

音はそれ自体、音圧レベルに対する周波数軸と時間軸の何らかの関数として表現されるものであり、騒音の人間に及ぼす心理的不快感を検討する場合にも、音の物理的特性と心理的效果の関係を計量心理学的手法を用いて測定する方法が主流となっている。騒音の周波数特性と心理的マグニチュードの関係については、S. S. Stevens や E. Zwicker によるラウドネス評価法、K. D. Kryter によるノイジネス評価法に代表される様な優れた業績があり、各々の妥当性も広く認められている。また経験的にその有効性が確認されているものに騒音計のA特性による測定値、即ち dB(A) による評価がある。さらに純音成分に対する補正に関しても、J. W. Little に代表される様な有効な評価法が普及している。この様に周波数特性と心理的マグニチュードの関係についての研究は、一応の大成をみているといえる。しかし、各々の評価法はもともと定常音を用いた聴感実験をもとに作成されたものであり、定常的な騒音や、なだらかに変動する騒音に対する有効性は確認されているものの、衝撃音の様な継続時間の非常に短い音に対して有効であるかどうかは未だ確かめられてはいない。一方、時特性と心理的マグニチュードの関係についてみると、ラウドネスやノイジネスの時間的集積効果に関する基礎的研究は比較的早くから行なわれてきたが、現実に存在する様々な非定常騒音の評価に即した形での研究は未だその数が少なく、統一された評価手法をみるには至っていない。前述した通り、なかでも衝撃性騒音の評価に関する研究は非常に遅れをとっており、最近になってようやく、各国の研究者が積極的に手をつけ始めた状況にある。衝撃性騒音はその物理的測定、及び心理的評価の両面において解決すべき問題を多く含んでいるが、ここでは本研究のテーマである心理的評価の分野に限定して、既往の研究を概観してみたい。

表1・1は本研究に特に関連の深い幾つかの主要な研究の概要を示している。研究は大きく分類して、1) 各種衝撃音全体を一まとめとして扱い、主として定常音との比較の面から追求するもの、及び2) 衝撃音を構成する各種物理的要因(図2・3参照)と心理的マグニチュードの関係を究明しようとするもの、の2者から成っている。一方、対象とする属性は"loudness"あるいは「大きさ」が主流となっているが、"noisiness", "annoyance", "acceptability", あるいは「やかましき」、「うるさき」と、研究者によって様々である。本研究は「やかましき」を対象属性としているが、「やかましき」という属性の概念については、音の物理的刺激に起因する

表1.1 衝撃音の心理的評価に関する主要な研究一覧

研究者	発表年次	研究対象要因*	実験方法	家 験 音	対象属性	文献番号
I. Pollack	1958	立上りレベル 他	調 整 法	ホワイトノイズ の断続音	loudness	(11)
G. J. Thiessen et al.	1962	立下り時間	調 整 法	電気的パルス	acceptability	(10)
E. Vigran et al.	1964	立上り時間	一 対 比 較 法	750 Hz・純音 広帯域音	loudness	(7)
N. L. Carter	1965	反 復 回 数	double- staircase method	triangular pulse	loudness	(5)
R. M. Garrett	1965	反 復 回 数 他	調 整 法	ホワイトノイズ の断続音	loudness	(4)
S. Fidell et al.	1970	反 復 回 数 他	P. E. S. T.	各種合成音 帯域音	noisiness	(6)
K. Gjaevenes et al.	1972	立上り時間	一 対 比 較 法	純 音 狭帯域音 広帯域音	loudness	(8)
B. Gustafsson	1974	立上り時間 他	M E 法	ピストル音 triangular pulse	loudness	(9)
O. J. Pedersen	1977	総合的効果	—	各種現実音 各種人工音	loudness	(3)
難波精一郎 他	1974	立上り時間	調 整 法 極 限 法	ホワイトノイズ の立上り音	大 き さ	(14)
北村音彦	1975	総合的効果	調 整 法 恒 常 法	各種現実音 各種人工音	大 き さ う る さ き	(12)
平松幸三 他	1976	立上り速度	M E 法	ホワイトノイズ の台形状音	う る さ き	(13)
泉清人 他	1976	反 復 回 数 他	一 対 比 較 法	ピンクノイズ の断続音	やかましき	(17)
桑野園子 他	1978	立下り時間 (残響部の効果)	調 整 法	ホワイトノイズ	大 き さ	(15)
熊谷正純 他	1978	立上り時間 立下り時間 立上りレベル 反 復 回 数 他	調 整 法	各種現実音 各種純音 (主として 1 kHz)	ラウドネス	(16)

\*本研究に関連の深い要因を抜粋し、さらに本論で用いる用語に対応させている。

聴覚的不快感であるとする本学建築工学科・泉清人教授の所見<sup>18)</sup>に従うものとする。しかし、属性間相互の比較は別の機会にゆずり、ここではそれらを大きく心理的マグニチュードとして扱え、以下に各々の研究結果を研究対象領域毎に分類して比較検討することとする。

a) 総合的効果に関して

ISO-R 1996 (1971)<sup>1)</sup>は「衝撃性のファクターを有する騒音については、騒音レベル測定値に 5dB(A) の補正を加えて評価騒音レベル  $L_r$  dB(A) とする」と暫定的に規定しているが、測定方法及び 5dB(A) という補正値が適当であるかどうかは大いに疑問とされており、ISO/TC 43/SC 1 は、先進 12ヶ国計 22 の研究機関をメンバーとする Round Robin Test を実施した<sup>2)</sup>。メンバーの一人である北村<sup>12)</sup>はその結果について、衝撃騒音計による測定値がその「大きさ」のレベルより相当小さな値を示し、多くの場合 10 dB 以上の補正を加える必要があり、「うるささ」を求めるためには、さらに数 dB を加える必要があると報告している。また Pedersen<sup>3)</sup>は同様の結果に加えて、精密騒音計の動特性を“Impulse”とした時の測定値が他の動特性を用いた時に比べて“loudness”とよく対応しているとは言えないことを指摘している。一方、筆者らの行なった実験においても、ピンクノイズの断続音のやかましさを評価する場合、最大で 10 dB(A) 以上の補正を加える必要があるというデータを得ている<sup>17)</sup>。この様に、衝撃性騒音を評価する場合、どのような方法が良いかは未だ明らかではないが、現在用いられている様な方法が、一般に過小評価につながることはほぼ明白であると言えよう。

b) 反復回数 (repetition rate) の効果に関して

反復回数(RR)の効果に関しては、個々のパルスの継続時間を変えることによってエネルギーを一定に保ちつつ、その心理的效果を検討するものと、同一のパルスを繰返し発生させ、主としてエネルギーとの対応をみようとする 2 種類の研究がある。前者に関しては、Garrett<sup>4)</sup>によるホワイトノイズの断続音を用いた実験があり、1つのケースとして  $RR=0.3\sim 20$  pps の範囲において、loudness は RR の増加と共に増大し、 $50\sim 200$  pps の範囲では逆に減少するというデータを得ているが、その効果を積極的には認めていない。さらに、筆者らの行なった実験によると、 $RR=1\sim 4$  pps の範囲において、ピンクノイズの断続音のやかましさと RR は、 $10\log_{10}RR$  の関係を示すことを確認している<sup>17)</sup>。一方、後者に関しては、Carter<sup>5)</sup>による triangular pulse を用いた実験があり、 $RR=1\sim 128$  pps の範囲において、loudness はエネルギーによく対応することを示し、また Fidell et al<sup>6)</sup>は、2種類の合成波の衝撃音を用いて noisiness に関する実験を行ない、やはり同様の結果を得ている。さらに熊谷ら<sup>16)</sup>は、1 kHz の純音を用いて衝撃音のラウドネスに関する実験を行ない、パルスを 1, 2, 4 回と増加させた時のラウドネスの増加は、エネルギーの増加よりも非常に小さいと報告している。以上の様に、各研究者によって実験音及び対象とする属性の違い等があり、直接結果の比較を行なうことは不可能である。しかしながら、ここで重要なことは、エネルギーだけでは説明のつかない反復回数の効果を確認し

た場合に、それを如何に積極的に把えるかという点にあると考える。

c) 立上り時間 (rise time) の効果に関して

Vigran et al.<sup>7)</sup>は、純音及び広帯域音を用いて実験を行ない、広帯域音の場合 rise time の増加と共に loudness は減少する傾向を示し、その効果は rise time=0.025~1.6 sec. の範囲で約 3 dB 程度あるが、純音の場合はほとんど効果がみられないと報告している。Gjaevenes et al.<sup>8)</sup>は、数種の純音、狭帯域音、広帯域音を用いて、rise time=0.03~1.0 sec. の範囲で実験を行ない、それぞれの周波数特性に応じて効果の程度に差はあるものの、rise time が増加すると loudness は減少することを報告している。Gustafsson<sup>9)</sup>は、rise time=0.3~10.0 msec. の範囲で、やはり同様の結果を得ている。一方、我国でも平松ら<sup>13)</sup>は、立上り速度 (dB/s) をパラメータとして、うるささに関する実験を行ない、25 dB/s から 1000 dB/s の範囲でうるささは立上り速度の対数に比例して増加することを示し、立上り速度が急峻となることによる音響エネルギーの減少を考慮しても、同様な傾向を得たと報告している。また熊谷ら<sup>16)</sup>は、立上り時間=0.5~20 msec. の範囲において、立上り時間が短くなるとラウドネスが増加することを確認している。これに対し難波ら<sup>14)</sup>は、ホワイトノイズの三角形状音 (立上り音) を用いて実験を行ない、100~500 msec. の範囲で立上り時間と大きさの間に明瞭な関係は認められないが、聞こえの大きさはエネルギー値によって規定されると結論している。以上の結果から、研究者によって効果の程度に差はあるものの、概して立上り時間が増加すると心理的マグニチュードは減少するという傾向が示されているといえよう。

d) 立下り時間 (decay time) の効果に関して

騒音評価の分野において、立下り時間をパラメータとした研究はほとんどみられないが、Thiessen<sup>10)</sup>は、電氣的パルスをもつて 4 回/秒で発生させ、同じパルスに 1.1 秒の残響を付加したものとを比較した結果、残響を付加すると acceptability が減少したと報告している。また熊谷ら<sup>16)</sup>は、パルスの減衰時間が長くなるとラウドネスは増加することを示し、これをラウドネスの積分効果として扱っている。さらに桑野ら<sup>15)</sup>も同様な結果を得ているが、熊谷らの研究に比べてその効果は大きく、聞こえの大きさは音響エネルギーの量とよく対応することを確認している。

e) 立上りレベル (background-to-burst level) の効果に関して

立下り時間と同様にほとんど研究はみられないが、Pollack<sup>11)</sup>による断続音を用いた実験があり、概ね立上りレベルが減少すると loudness は増加し、エネルギー近似が成立することを報告している。また熊谷ら<sup>16)</sup>は、減衰時間の長さの知覚に及ぼすバックグラウンドノイズの影響を検討しているが、立上りレベル自体の効果を確認してはいない。

以上の様に、衝撃音を構成する各種物理的要因が心理的マグニチュードに影響を及ぼすことは明らかであるが、それぞれの研究者によって結果は異なり、その効果はまだ明確であるとは

言い難い。一方、最終目標である衝撃性騒音の評価法の確立のためには上述の各種要因による総合的な効果を論ずることが重要であり、そのためにも統一された実験条件のもとに、精度の高い多くのデータを得ることが、現段階での課題であると言えよう。

### 1・3 研究の全体計画における本論の位置付け

騒音の心理的不快感の評価に関する研究には大きく分類して、統計学的手法を基礎とする社会調査と、計量心理学的手法を用いる聴感実験による2つのアプローチがある。前者は騒音の日常生活に及ぼす影響を大きく捉えたり、音のみならず地域的環境との係りや各種情報特性等の非聴覚的な要因の分析が可能であるなどの特徴をもつ一方、後者は実験条件を厳密にコントロールできることから、より細部に至る精密なデータを得ることができる。日常生活環境における騒音の評価法を確立するためには、本来その両者の特質を満足するようなアプローチが必要であり、本研究はその様な観点に基づく多角的な研究計画の一環をなすものである。図1・1はこの一連の研究の全体構成を示している。研究の主体をなすのは聴感実験であり、大きく分けて1) 予備実験、2) 本実験、3) 検証実験から構成される。以下に各々の内容を記す。

- 1) 予備実験 —— 予備調査により収集された現実音の分析、及び被害状況の分析をもとに、研究対象とする騒音の範囲を明確にする。さらに衝撃性騒音の不快感に影響を及ぼすであろう物理的要因を聴感実験により抽出し、本実験への基礎を形成する。
- 2) 本実験 —— 主として衝撃性騒音の時特性に係る各種物理的要因が不快感に及ぼす効果を検討し、聴覚的不快感の評価モデルを作成する。一方、衝撃音に対する周波数面、及び音圧レベル面での評価手法を再検討し、さらに不快感の属性的構造を明らかにする。
- 3) 検証実験 —— 本実験をもとに作成した評価モデルを多数の被害者、及び現実者を用いて検証し、その結果を再びモデルへとフィードバックさせ、補正を施す。

一方、社会調査を並行して実施し、評価モデルに対して非聴覚的要因による効果の補正を施し、衝撃性騒音の不快感の全容を確認する。

本論は2シリーズの実験をもとに構成されており、実験Ⅰでは現実音を用いて実験を行ない、波形の分析とパラメータの抽出、及び問題点の明確化を主な目的とし、実験Ⅱでは時特性に係る幾つかのパラメータとやかましさの関係をピンクノイズを用いて比較検討する。これらの実験は、今後の一連の研究のパイロットスタディをなすものである。

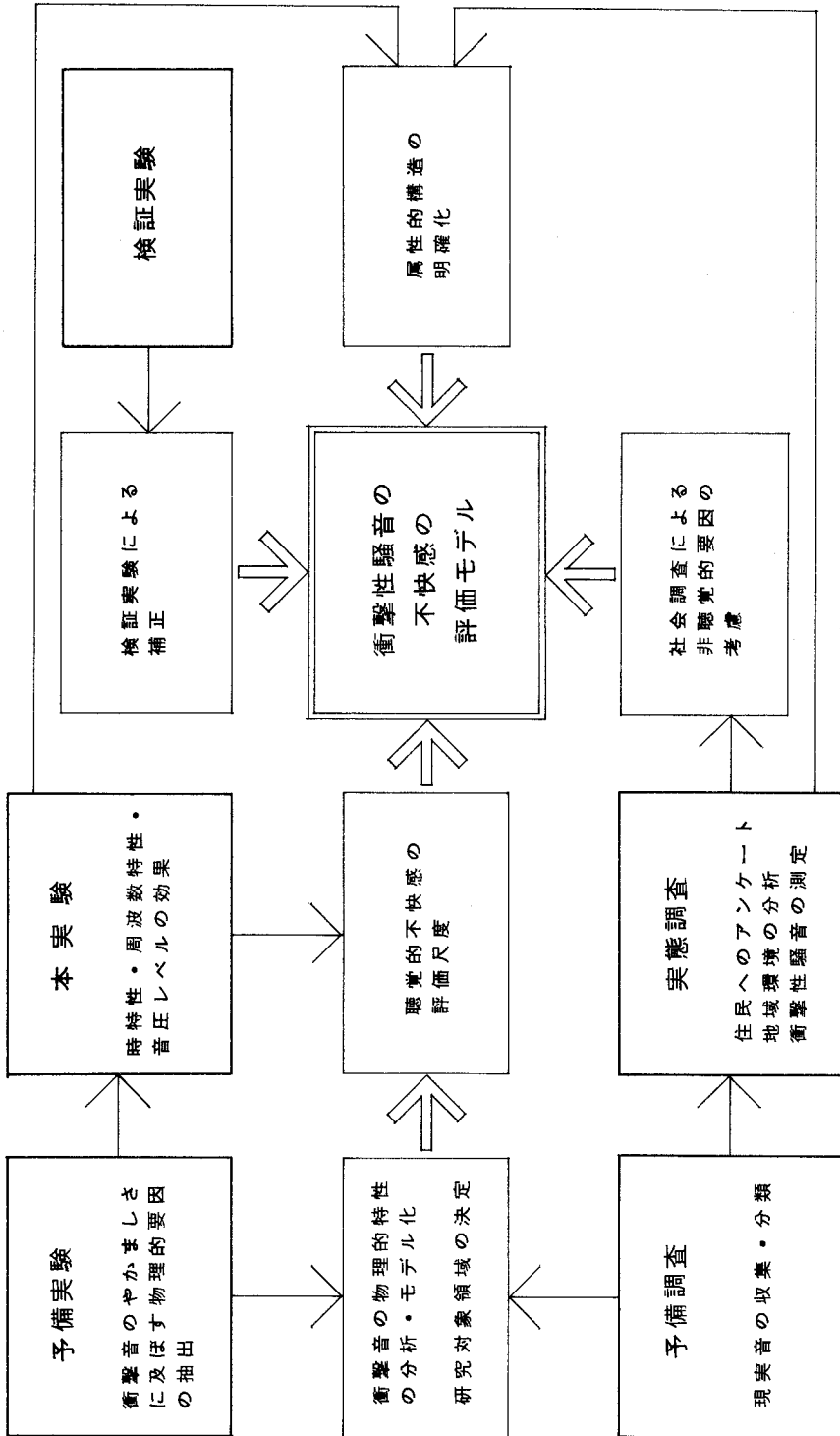


図1・1 研究の全体構成



## 2. 実験 I —— 現実音を用いた聴感実験

### 2・1 実験の目的

本章では、現実存在する数種の衝撃音をもとに作製した実験音を用いて、連続音との比較判断実験を行ない、反復回数を中心とした物理的要因と実験結果との対応関係により、やかましさに影響を及ぼす要因を抽出し検討する。実験は、連続音の周波数特性の違いから2つのグループに分かれ、双方の結果の比較をもとに、衝撃音の周波数面における評価尺度の問題をあわせて検討する。

### 2・2 実験の方法

#### a) 実験室と実験装置

実験室は本学建築工学科最上階に位置している。既存の RC 構造部の中に外部開口部に近接して木造軸組モルタル塗の間仕切壁を設け、外部との間に吸音処理を施し、気密アルミサッシのすべり出し窓2面を設けている。廊下側には同様の間仕切壁によりコントロールルームを設け、ハーフミラーガラスを使用した防音のぞき窓と、テストルームとの電気的連絡のためにコネクションボックスを2個設置してある。さらにテストルームの壁面全体に木造下地を設け、グラスウール 100 mm を充填の上、グラスウール成形板シルラン A、20 mm により吸音仕上げを施している。また床面にはカーペットを敷きつめ、天井には吸音板の下に厚手の布をつり下げることにより吸音性の向上をはかっている。なおテストルームの内容積は、 $3.220 \text{ W} \times 3.532 \text{ L} \times 2.990 \text{ H} = 34.00 \text{ m}^3$  である。

図 2・1 は実験装置のブロックダイアグラムである。実験 I と実験 II で用いる実験装置はほぼ

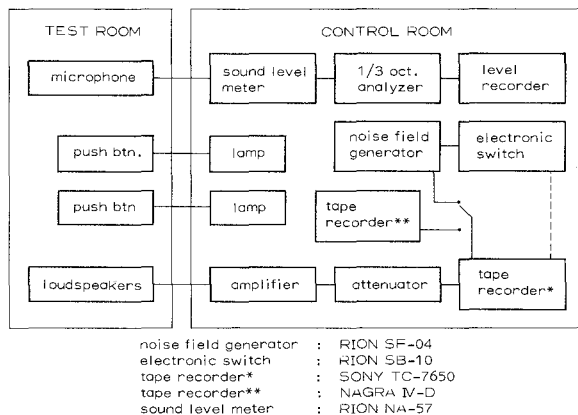


図 2・1 実験装置のブロックダイアグラム

表2.1 実験音の物理的特性 (1)

実験音	項目	特 性
基 準 音	種 類	No. 1 タイプライターを打つ音 No. 2 コンクリートを叩く音 No. 3 コンクリートを叩く音
	ピークレベル	75 dB (A) に一定
	反 復 回 数	0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, (回/秒)
	立上りレベル	No. 1 8~12 dB (A) No. 2 19~26 No. 3 6~33
	立上り時間*	No. 1 18 msec. No. 2 17 No. 3 17
	立下り時間*	No. 1 42 msec. No. 2 25 No. 3 120
比 較 音	種 類	ピンクノイズの連続音

\*ピークから 10 dB (A) 変化する時間

表2.2 実験音の物理的特性 (2)

実験音	項目	特 性
基 準 音	種 類	No. 4 木箱を叩く音 No. 5 木箱を叩く音 No. 6 シンバルを叩く音
	ピークレベル	75 dB (A) に一定
	反 復 回 数	0.5, 1, 2, 4, 8, 16 (回/秒)
	立上りレベル	No. 4 33~38 dB (A) No. 5 9~37 No. 6 11~34
	立上り時間*	No. 4 1.1~1.7 msec. No. 5 1.1~8.7 No. 6 6.0~6.7
	立下り時間*	No. 4 12.7~22.0 msec. No. 5 33.3~76.7 No. 6 58.3~177.3
比 較 音	種 類	1 kHz・1/3オクターブ バンドノイズ

\*ピークから 10 dB (A) 変化する時間

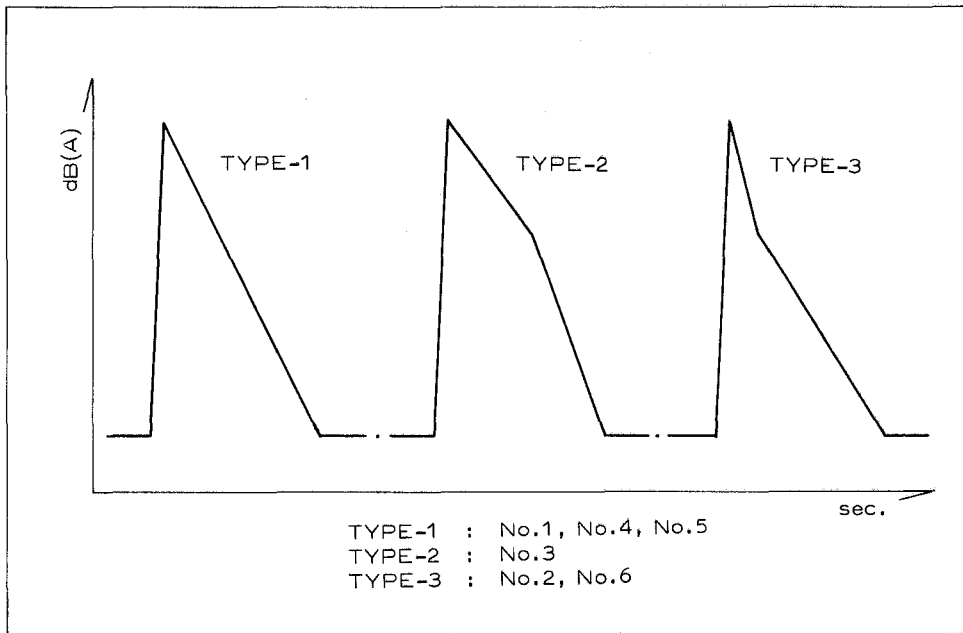


図2・2 波形の分類

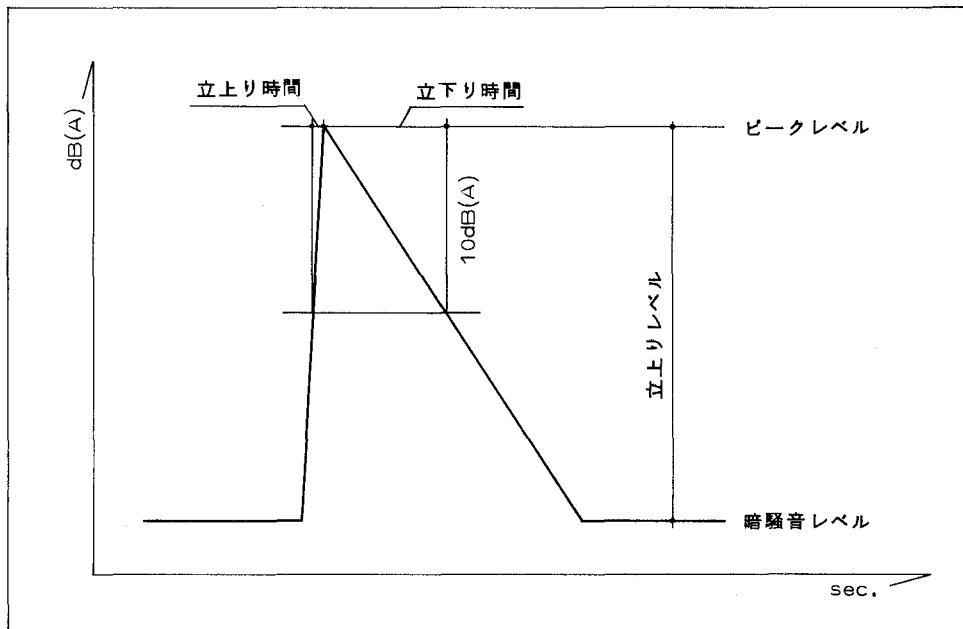


図2・3 用語の定義

同じ構成によっているので一括して図示してある。なお、実験音の波形の分析にはウェーブメモリ（エヌエフ回路設計ブロック WM 840）を用いた。

b) 実験音の特性

実験音の物理的特性は表 2・1 及び表 2・2 に示す通りであり、タイプライターを打つ音 (No. 1), 音響特性の異なる 2 室でコンクリートを叩く音 (No. 2, No. 3), 同様に木箱を叩く音 (No. 4, No. 5), 及びシンバルを叩く音 (No. 6) の 6 種類からなっている。これらを規則的に発生させ、予め磁気テープに録音し、実験の際には 4 倍のスピードで再生させることにより、反復回数を 0.25~16 回/秒 (No. 1~No. 3), 及び 0.5~16 回/秒 (No. 4~No. 6) とした。図 2・2 はこれらの波形の分析結果をもとに、平均化して代表的な形に分類したものである。より多くの現実音によって波形のモデル化を行なう必要はあるが、基本的には急激に立上り、これら 3 種類のパターンで減衰するものに分類できることが予想される。なお、本論において用いる衝撃音の時特性に係る用語の定義を図 2・3 に示す。一方、周波数特性は何れも広帯域に及んでいるが、現段階で分類することは不可能である。

c) 実験の手順

実験は研究対象の衝撃音を基準音とし、連続音を比較音とする調整法による matching test である。比較音は、実験音 No. 1~No. 3 に対してはオールパスのピンクノイズ、No. 4~No. 6 に対しては 1 KHz・ $\frac{1}{3}$  オクターブバンドノイズを用いている。実験音は図 2・4 に示す様に、基準音 (11 秒) — 休止 (1 秒) — 比較音 (11 秒) — 休止 (7 秒) の規則的な時間配置で予め録音したテープによっている。基準音のピークレベルは精密騒音計の動特性を "Impulse" とした時の指示値で 75 dB (A) に一定し、これに対して比較音のレベルはコントロールルームのアッテネータにより操作した。被験者には時間を限らずに基準音と比較音のやかましさを比較させ、比較音のレベルの上下を手許のプッシュボタンにより実験者に指示せしめ、完全な matching

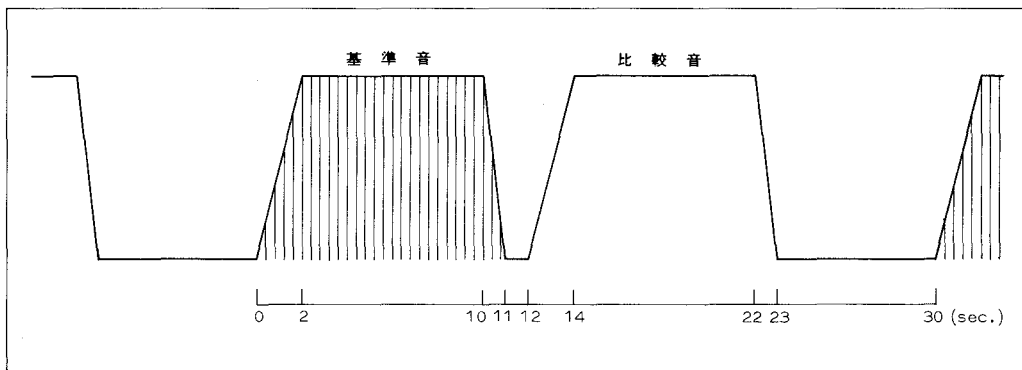


図 2・4 実験音の呈示パターン

表2.3 実験結果一覧表 (1)  
等やかましきの(連続音レベル-衝撃音ピークレベル) dB(A)

実験音	反復回数	平均(SLM)	平均(WM)	標準偏差
No. 1	0.25	- 7.4	-11.4	0.95
	0.5	- 6.7	- 7.7	0.65
	1	- 5.7	- 6.7	0.65
	2	- 4.9	- 7.9	0.43
	4	- 3.6	- 8.6	0.62
	8	- 2.9	- 7.9	0.61
	16	- 1.1	- 6.1	0.38
No. 2	0.25	- 7.6	-10.6	1.32
	0.5	- 5.0	-10.0	1.11
	1	- 4.4	- 7.4	0.38
	2	- 2.5	- 6.5	1.00
	4	- 1.9	- 3.9	0.70
	8	- 0.3	- 3.3	0.69
	16	1.8	1.8	0.54
No. 3	0.25	- 7.9	- 8.9	2.29
	0.5	- 6.2	- 7.2	1.83
	1	- 3.6	- 5.6	1.02
	2	- 1.7	- 3.7	0.41
	4	- 0.9	- 4.9	0.61
	8	0.3	- 2.7	0.61
	16	2.7	- 0.3	1.17

「平均(SLM)」は騒音計の指示値, 「平均(WM)」はウェーブメモリによる分析値

に至るまで比較を続けさせた。被験者は実験者 No. 1 ~No. 3 に関しては, 20 才台の男子 5 名, No. 4 ~No. 6 に関しては 20 才台の男子 8 名及び女子 1 名の合計 9 名であり, 何れも JIS 基準の聴力検査により正常な聴力を有することを確認している。なお, 各人は各々の実験音につき, 3 回の matching を行なった。

### 2・3 実験結果

実験結果を表 2・3 及び表 2・4 に示す。数値は等しいやかましきの連続音レベルから衝撃音ピークレベルを差し引いた値で, 以下 Lrb(Relative Burst Level) と呼ぶ。また, 図 2・5 ~ 図 2・10 はこれを図示したものである。判断値の標準偏差は, 実験音 No. 1 では 0.38~0.95 で平均 0.59 dB(A), No. 2 では 0.38~1.32 で平均 0.82 dB(A), No. 3 では 0.41~2.29 で平均 1.13 dB(A), No. 4 では 0.92~1.70 で平均 1.32 dB(A), No. 5 では 1.27~2.11 で平均 1.59 dB(A),

表2.4 実験結果一覧表 (2)  
等やかましきの (連続音レベル-衝撃音ピークレベル) dB (A)

実験音	反復回数	平均(SLM)	平均(WM)	標準偏差
No. 4	0.5	3.9	- 8.1	1.70
	1	6.3	- 7.7	1.67
	2	7.9	- 7.1	1.45
	4	8.1	- 4.9	1.23
	8	8.7	- 5.3	0.92
	16	12.2	- 1.8	0.93
No. 5	0.5	2.6	- 4.4	1.37
	1	4.5	- 2.5	1.45
	2	4.6	- 2.4	2.11
	4	6.0	- 1.0	1.63
	8	8.2	4.2	1.27
	16	7.4	5.4	1.68
No. 6	0.5	7.5	2.5	1.32
	1	8.7	1.7	0.93
	2	10.6	2.6	1.28
	4	11.3	4.3	1.23
	8	10.9	3.9	1.18
	16	12.1	4.1	1.13

No. 6 では 0.93~1.32 で平均 1.18 dB(A) と何れも良好な結果を示している。

## 2・4 討 論

### a) 反復回数とやかましき

ここでは、反復回数とやかましきの関係を中心に考察を進めるが、前述した通り、実験音 No. 1~No. 3 と No. 4~No. 6 のグループでは比較音の周波数特性が異なっているため、双方の結果について、並行しながら論ずることとする。

図 2・11 及び図 2・12 は全員の平均値をプロットしたものである。それぞれ RR (反復回数) の増加と共に Lrb が一貫して増加していることがわかり、各実験音別にみると、RR の対数と一次の高い相関を示している。さて、これらの図は騒音計の指示値に基づいて作成したものであるが、衝撃音を測定する場合、騒音計の指示値が一般に実際のレベルよりも小さな値を示すことから、各音を先述したウェーブメモリによって分析し、レベルの補正を試みた。補正值は、実験音 No. 1 では 1.0~5.0 で平均 3.3 dB(A)、No. 2 では 0.0~5.0 で平均 2.9 dB(A)、No. 3 では 1.0~4.0 で平均 2.3 dB(A)、No. 4 では 12.0~15.0 で、平均 13.7 dB(A)、No. 5 では 2.0~7.0 で平均 5.7 dB(A)、No. 6 では 5.0~8.0 で平均 7.0 dB(A) であり、実験音によ

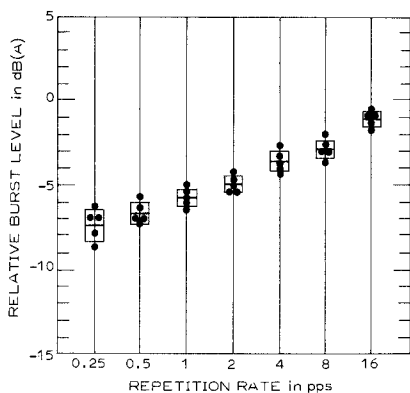


図 2・5 実験結果 (No. 1)

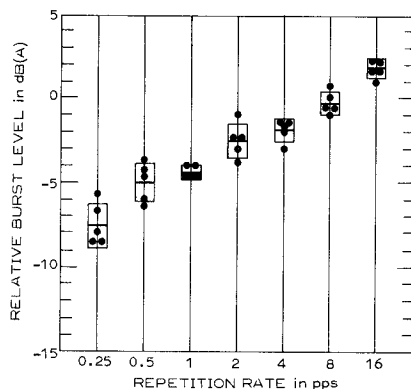


図 2・6 実験結果 (No. 2)

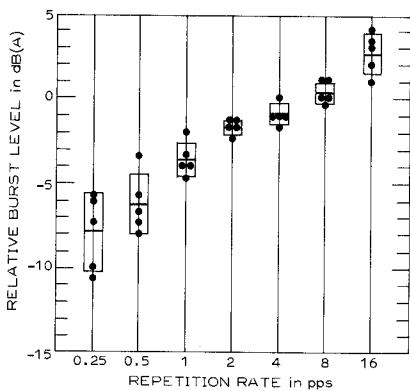


図 2・7 実験結果 (No. 3)

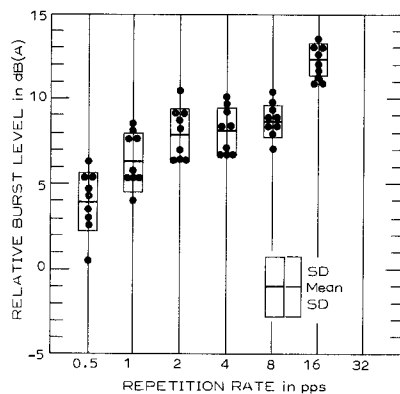


図 2・8 実験結果 (No. 4)

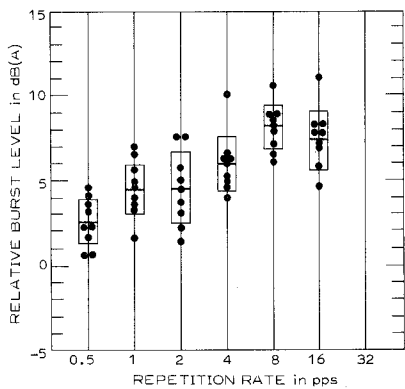


図 2・9 実験結果 (No. 5)

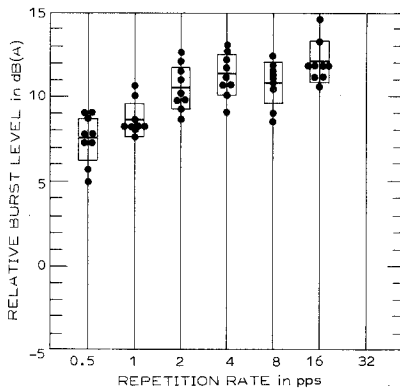


図 2・10 実験結果 (No. 6)

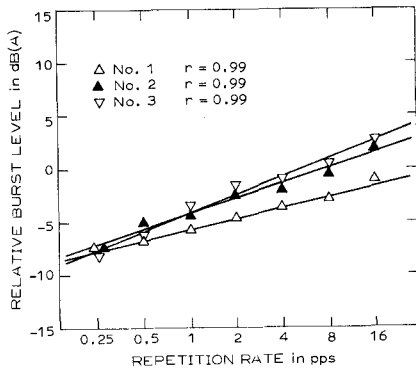


図 2・11 Lrb と RR の関係 (SLM, No. 1 ~ 3)

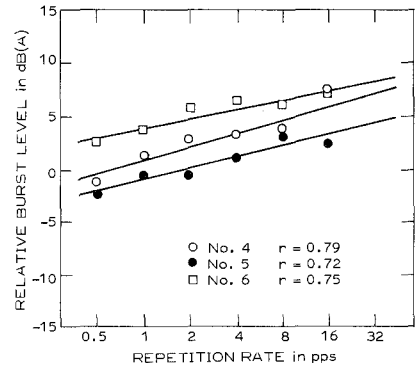


図 2・12 Lrb と RR の関係 (SLM, No. 4 ~ 6)

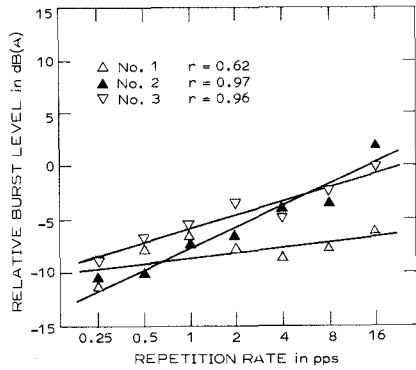


図 2・13 Lrb と RR の関係 (WM, No. 1 ~ 3)

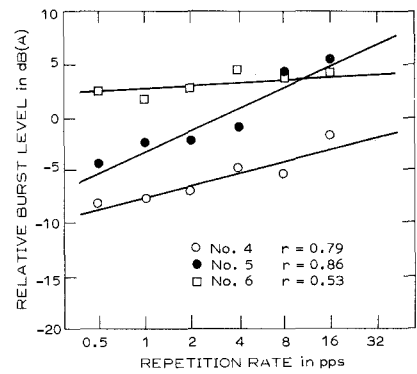


図 2・14 Lrb と RR の関係 (WM, No. 4 ~ 6)

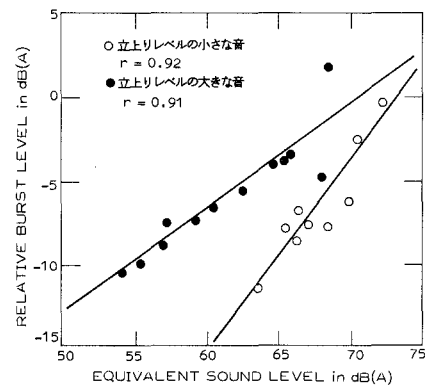


図 2・15 Lrb と Leq の関係 (No. 1 ~ 3)

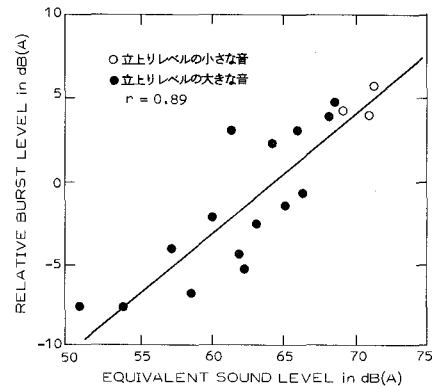


図 2・16 Lrb と Leq の関係 (No. 4 ~ 6)



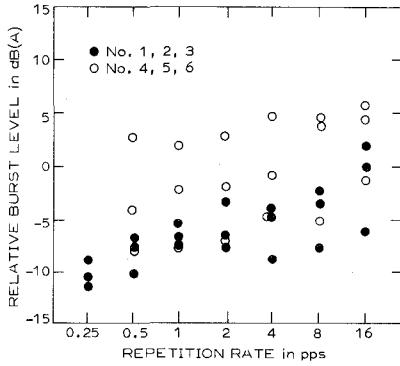


図 2・17 実験結果の比較

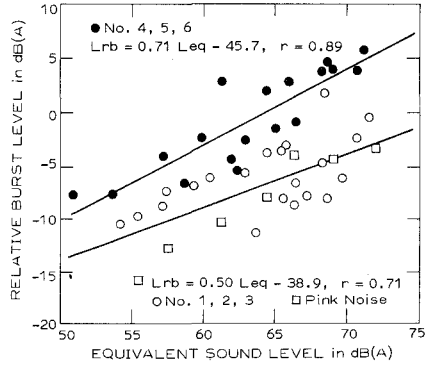


図 2・18 Lrb (dBA) と Leq の関係

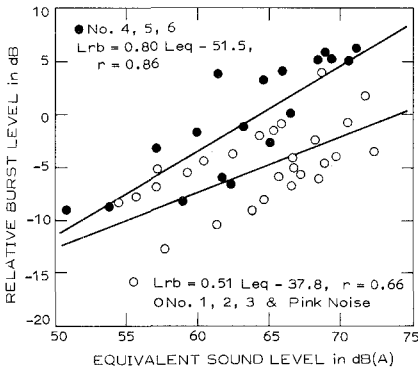


図 2・19 Lrb (dB) と Leq の関係

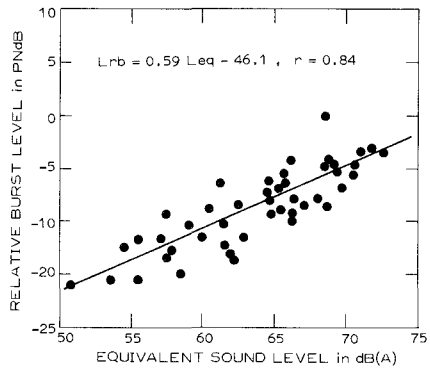


図 2・20 Lrb (PNdB) と Leq の関係

てかなりのばらつきがみられる。このことは本来、騒音計の指示特性と衝撃音の時特性との関係で分析できる性質のものであり、より多くのデータの集まった時点で検討してみたい。この様にして補正を施した結果を図 2・13 及び図 2・14 に示す。RR の増加に対する Lrb の増加傾向は各音共通にみられるが、実験音の種類によってその傾きが大きく異なり、このことから各音の波形の相違に基づく RR 以外の要因による効果が作用しているものと考えられる。そこで Leq と Lrb の対応をみたのが図 2・15 及び図 2・16 である。実験音 No. 4 ~ No. 6 による図 2・16 では一次の高い相関を示しているのに対して、実験音 No. 1 ~ No. 3 による図 2・15 ではより大きなばらつきがみられる。これらの図における黒丸と白丸で表わされているデータは、それぞれ立上りレベルの大きな音と小さな音に対応しているが、図 2・16 ではほとんどが黒丸に属し、その違いが明らかでないのに対し、図 2・15 ではほぼ 2 つのグループに分類でき、それぞれのデータは Leq と高い相関を示すことがわかる。このことから同じエネルギーをもつ衝撃音を比べた場合、立上りレベルの大きな音の方がよりやかましいという解釈が可能であり、立上りレベル

が一つのパラメータとなり得ることを示している。一方、この実験で用いた実験音の立下り時間は最大で 180 msec. 程度であり、このデータからはその効果は明らかではないが、現実の広範な衝撃音を考えた場合、立下り時間の範囲を拡張して考える必要があると思われる。

以上により、これらの実験結果からは、反復回数と立上りレベルが重要なパラメータとして抽出され、立下り時間に対する検討の必要性も示された。一方、立上り時間に関しては、衝撃音の性質上、何れも急激に立上るものと考えられ、特に重要なパラメータとして把える必要はないと思われるが、多くの研究者が研究の対象としている様に、それ自体一つの興味深いテーマであり、第 3 章では、以上 4 種の要因をパラメータとして、各々の効果を検討したい。

#### b) 実験音の周波数特性と評価尺度

ここでは視点を変えて、実験結果を周波数特性の面から検討する。本章の初めに述べた様に、実験音 No. 1 ~ No. 3 と No. 4 ~ No. 6 の 2 つのグループでは実験に用いた比較音の周波数特性が異なっており、ここで両実験結果を比較してみたい。図 2・17 における白丸は No. 1 ~ No. 3 の結果を、また黒丸は No. 4 ~ No. 6 の結果を示している。No. 1 ~ No. 3 のグループは比較音にオールパスのピンクノイズを用いており、No. 4 ~ No. 6 のグループは 1 KHz・ $\frac{1}{3}$ オクターブバンドノイズを用いているが、図から一見して明らかな様に、両実験結果の絶対値に大きな相違がみられる。両実験に用いた衝撃音の物理的特性に明確な偏りはみられないことから、この様な一貫した結果の相違は、主として比較音の周波数特性の違いに起因するものと考えられる。このことは、次章における、基準音・比較音ともにピンクノイズを用いた反復回数の実験結果をプロットしてみると一層明確となり、これを No. 1 ~ No. 3 のグループに加えて、Leq に関して双方の回帰直線を求めると図 2・18 の様になる。各々の直線は同様な傾向のもとにそれぞれ高い相関を示すが、この実験の範囲において絶対値の差は約 4 ~ 8 dB(A) に及ぶことがわかる。この様な違いが衝撃音の様に継続時間の非常に短い音だけに表われるのかどうかは明らかではないが、少なくとも衝撃音を用いた比較判断実験においては、比較音の周波数特性を大いに検討する必要があると言えるだろう。図 2.19 は dB による測定値をプロットしたものであるが、双方の差は減少するものの、やはり明確な相違が認められる。さて、本実験の様に騒音の時特性の効果を検討しようとする場合には、基準音・比較音双方の周波数特性を一致させるのが最も妥当であるが、現実の衝撃音を用いる場合にその様な方法は必ずしも簡単なものではなく、一方人工的に現実の衝撃音と同じものを作製することも非常に困難であると考えられる。そこで図 2・18、図 2・19 に示した様な違いを減少させ得る評価尺度を考えてみるのが一つの解決方法であると思われる。図 2・20 は縦軸に PNdB による補正を施した結果であるが、今回の実験の範囲において、全データが高い相関をもって一本の直線のまわりに集まることがわかる。以上により、特に現実の衝撃音を用いて人工の比較音と比較判断実験を行なう際に、両者の周波数特性に大きな相違がある場合、dB(A) あるいは dB を用いることは危険であり、今回の

結果からは、PNdBによる評価が妥当であるということができよう。dB(A)が騒音の評価に有効であることは広く認められているが、上記の結果から、衝撃音の様な継続時間の非常に短い音に関しては、dB(A)に代わる別の尺度が必要であることが示唆されているとも考えられ、一つの大きな研究課題であると思われる。

表3.1 実験音の物理的特性

実験名	実験音	項目	特性
反復回数	基準音	種類	ピンクノイズの衝撃音
		ピークレベル	75 dB(A) に一定
		反復回数	0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, (回/秒)
		立上りレベル	7~34 dB(A)
		立上り時間*	1.3~3.0 msec.
		立下り時間*	14.7~36.7 msec.
	比較音	種類	ピンクノイズの連続音
立上り時間	基準音	種類	ピンクノイズの衝撃音
		ピークレベル	75 dB(A) に一定
		反復回数	1 (回/秒)
		立上りレベル	37~43 dB(A)
		立上り時間*	3, 20, 41, 116, 176 msec.
		立下り時間*	10~25 msec.
	比較音	種類	ピンクノイズの連続音
立下り時間	基準音	種類	ピンクノイズの衝撃音
		ピークレベル	75 dB(A) に一定
		反復回数	1 (回/秒)
		立上りレベル	34~46 dB(A)
		立上り時間*	2~17 msec.
		立下り時間*	15, 58, 120, 292, 605 msec.
	比較音	種類	ピンクノイズの連続音
立上りレベル	基準音	種類	ピンクノイズの衝撃音
		ピークレベル	75 dB(A) に一定
		反復回数	1 (回/秒)
		立上りレベル	5, 10, 19, 28 dB(A)
		立上り時間*	9~17 msec.
		立下り時間*	278~309 msec.
	比較音	種類	ピンクノイズの連続音

\*ピークから 10 dB(A) 変化する時間

### 3. 実験Ⅱ——人工音を用いた聴感実験

#### 3・1 実験の目的

本章では実験Ⅰの結果から得られた幾つかの方向性をもとに、ピンクノイズを用いて実験を行ない、衝撃音のやかましさに及ぼす反復回数 (repetition rate), 立上り時間 (rise time), 立下り時間 (decay time), 及び立上りレベル (background-to-burst level) の効果について検討する。

第1章で詳述した通り、衝撃音を構成する種々の物理的要因が心理的マグニチュードに影響を及ぼすことは明らかであるが、その効果は未だ明確になっているとは言えない。ここでは、衝撃音のやかましさを物理的なエネルギー効果と心理的な驚く効果の2面から把握、各種要因による各々の効果を比較検討し、やかましき反応のメカニズムについて考察を加えたい。

#### 3・2 実験の方法

実験Ⅰと同様、調整法による matching test である。実験は、上記4種類の要因をパラメータとして、それぞれ独立に行なわれた。実験音の物理的特性は表3・1に示す通りである。基準音・比較音共にピンクノイズを用いており、基準音の衝撃音は電子スイッチ (RION-SB 10) を通して、現実の衝撃音に近い特性を有する様に作製した。基準音はそれぞれ7種類の反復回数、5種類の立上り時間、5種類の立下り時間、4種類の立上りレベルによって構成されており、各々の実験において、他の要因は一定に保たれた。被験者は、反復回数及び立上りレベルの実験においては男子8名、女子1名の計9名、また立上り時間及び立下り時間の実験においては男子7名、女子1名の計8名であり、全員 JIS 基準の聴力検査により正常な聴力を有することを確認している。なお各人は一音につきそれぞれ3回の matching を行なった。その他の具体的な実験手順は実験Ⅰと全く同じである。

#### 3・3 反復回数の効果

実験結果を表3・2及び図3・1に示す。数値は前述した  $L_{rb}$  であり、判断値の標準偏差は0.83~2.56で平均1.96dB(A)と良好な結果を示している。また図3・2は全員の平均値をプロットしたものであり、騒音計の指示値 (Impulse 特性) によるものと、ウエーブメモリによる値をあわせて示している。ここで騒音計とウエーブメモリによる指示値の差は、3.0~6.0で平均4.9dB(A)であり、以下ウエーブメモリによる値をもとに考察を進めることとする。この図に見られる様に、反復回数の増加と共にやかましきが増加する傾向は実験Ⅰの結果と一致するものであるが、反復回数32回/秒に達すると、その傾向が停止、あるいは減少傾向に変わること

表3.2 反復回数の実験結果

等やかましきの (連続音レベル-衝撃音ピークレベル) dB(A)

反復回数	平均(SLM)	平均(WM)	標準偏差
0.5	-10.6	-15.6	2.33
1	-6.9	-12.9	2.56
2	-5.3	-10.3	2.29
4	-1.9	-7.9	2.53
8	-0.3	-4.3	2.03
16	0.2	-4.8	1.12
32	-0.6	-3.6	0.83

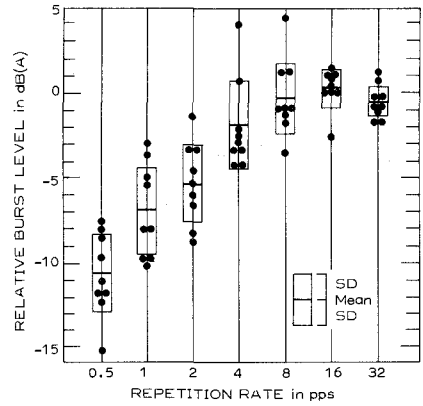


図3.1 反復回数の実験結果

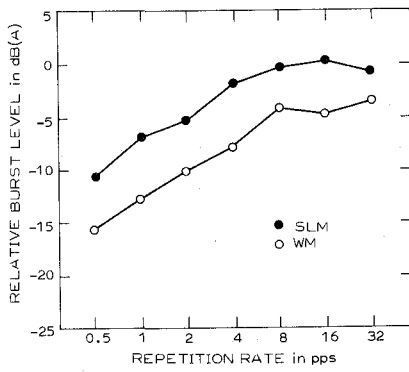


図3.2 Lrbと反復回数の関係

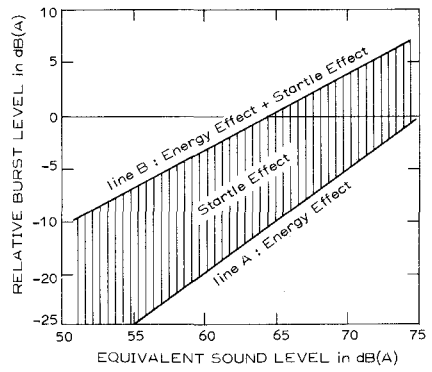


図3.3 驚がく効果の概念図

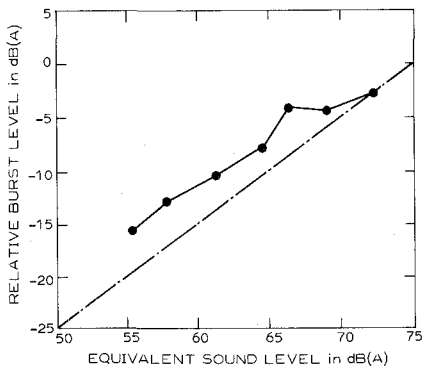


図3.4 LrbとLeqの関係

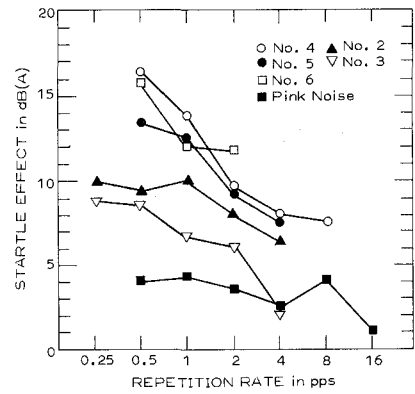


図3.5 反復回数による驚がく効果

がわかる。これは反復回数が大きくなると個々のパルスの間隔が非常に短くなり、パルスの存在を明確に感知できなくなること、及び減衰波形が重なり合うために衝撃性が減少することの2つの理由によると考えられる。現段階ではこれを定量的に扱うことは出来ないが、その傾向は上記の理由により明確な解釈が可能であり、筆者らによる断続音の実験結果からも明らかである<sup>17)</sup>。しかし、反復回数がこの程度に及ぶと、もはや衝撃音の範囲を越えており、むしろ重要なのは、それ以下における衝撃性の効果の捉え方にあると考える。

さて、先述した通り筆者は、衝撃性騒音のやかましさをエネルギー効果と驚がく効果の二面から捉えているが、この概念を図3・3によって説明したい。図のline Bが衝撃音の実際のやかましさを表わしているものとする。もしやかましさが完全に物理的エネルギー量に対応しているとすれば、line Bはline Aに一致するはずである。そこでこの両lineの隔たりが、反復回数、立上り時間、立上りレベル等による心理的な驚がく効果を表わしていると考えられる。図3・4はこの実験の結果を対応させたものであり、図3・5は本実験及び前章における実験の結果について、反復回数による驚がく効果を表わしたものである。この縦軸の値は反復回数のみならず、実験音の立上り時間、立上りレベル等の効果の総合された量であると考えられるが、各実験音のなかでは反復回数以外のパラメータを一定に保っているため、図から反復回数による驚がく効果の傾向をみることができる。さらに第2章で述べた様に、これらの絶対値を論ずるためには、dB(A)、PNdB等の評価尺度に係る問題をより多くのデータで検討する必要がある。図3・5からはその全体的な傾向をみることができるだけである。なお一部の実験音(実験Iにおける実験音No.1)、及び反復回数が大きくなるために波形が重なりあい、立上りレベルが大きく変化しているデータについてはそれ自体の効果が加わるために、この図では取り除いてある。この図から、反復回数の増加に伴い、驚がく効果が減少する傾向をみることができる。また反復回数4~8程度からその傾向は少なくなり、反復回数が無限大になると連続音に無限に近づくことを考えると、この驚がく効果は一定値に収束するものと考えられる。ただし、反復回数がこの実験の範囲を越えた場合は一般に波形が重なり合い、反復回数のみならず、他のパラメータによる驚がく効果も減少し、もはや衝撃音として扱う必要のないものと思われる。そこでこの実験の範囲が実在する繰返し衝撃音をほぼ網羅しているものと考え、反復回数による驚がく効果の変化幅は、最大で約8 dB(A)に及ぶことがわかる。

### 3・4 立上り時間の効果

実験結果は表3・3に示す通りであり、5種類の実験音における判断値の標準偏差は、立上り時間3 msec.の音で4.40 dB(A)と大きいのを除くと、その他は1.42~2.08で、平均1.72 dB(A)と良好な結果を示している。立上り時間3 msec.の音でばらつきが大きいのは個々のパルスの継続時間が他に比べて極端に短く、全くやかましく感じられなかったという被験者の報告から、「やかましき」という属性で判断すること自体が困難であったためと思われる。図3・6は騒音計の指示値に基づいて、各被験者の判断値及び平均と標準偏差を明示したものである。

表3.3 立上り時間の実験結果

等やかましきの(連続音レベル-衝撃音ピークレベル) dB(A)

立上り時間	平均(SLM)	平均(WM)	標準偏差
3 msec.	-11.8	-20.8	4.40
20	-3.2	-9.2	2.08
41	-1.3	-4.3	1.87
116	-0.4	-2.4	1.42
176	1.4	-1.6	1.50

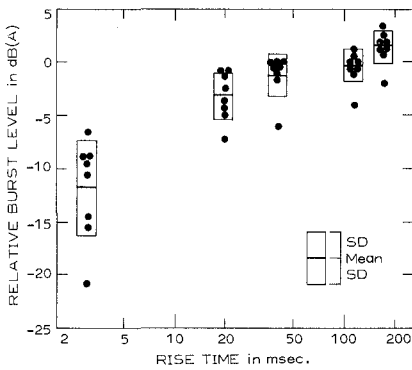


図3・6 立上り時間の実験結果

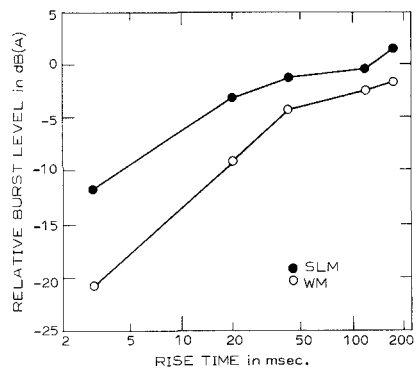


図3・7 Lrb と立上り時間の関係

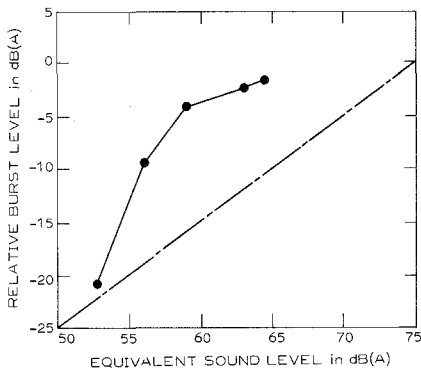


図3・8 Lrb と Leq の関係

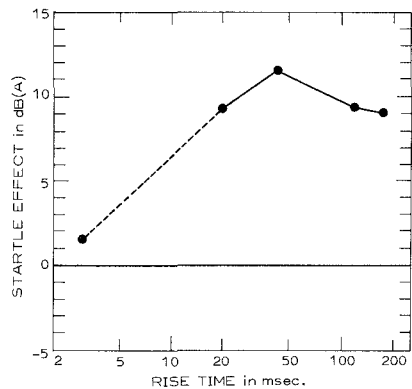


図3・9 立上り時間による驚がく効果

り、立上り時間が増加するにつれて Lrb が増大する傾向がみられる。また図 3・7 は騒音計の指示値とウェーブメモリによる分析値に基づいて全員の平均値をプロットしたものである。ここでウェーブメモリと騒音計による指示値の差は 2.0~9.0, 平均 4.6 dB(A) であり、以下ウェーブメモリによる値をもとに、立上り時間の効果を検討してみたい。図 3・8 は Leq と Lrb の関係を示している。図中の一点鎖線はエネルギー量に対応しており、前節と同様な考え方にに基づき驚がく効果を表わしたものが図 3・9 である。立上り時間 3~41 msec. の範囲で驚がく効果は増加し、それ以上の範囲では減少する傾向がみられる。しかし先に述べた様に、立上り時間 3 msec. の音はやかましきの閾値を下まわっている感が強く、実験結果も他とは極端にかけ離れていることから、やかましきとは異なる属性によって判断された可能性が強い。この問題についてはさらに検討を加える必要はあるが、以上の理由でそのデータをとり除くと全体で約 2.5 dB(A) 程度の効果となり、この範囲において特に目立った傾向はみられないということができよう。

3・5 立下り時間の効果

実験結果は表 3・4 に示す通りであり、5 種類の実験音における判断値の標準偏差は、1.07~1.72 で平均 1.36 dB(A) と良好な結果を示しているが、立上り時間の実験と同様な理由で、立下り時間 15 msec. の音が他に比べてばらつきが大きくなっている。図 3・10 は騒音計の指示値(Impulse 特性)に基づいて各被験者の判断値及び平均と標準偏差を示したものであるが、立下り時間が増加するにつれて Lrb が増大する傾向がみられる。また図 3・11 は騒音計の読みとウェーブメモリによる分析値に基づいて全員の平均値をプロットしたものである。ここで

表 3.4 立下り時間の実験結果  
等やかましきの (連続音レベル-衝撃音ピークレベル,) dB(A)

立下り時間	平均(SLM)	平均(WM)	標準偏差
15 msec.	-11.6	-19.6	1.72
58	- 4.6	- 5.6	1.26
120	- 2.8	- 4.8	1.43
292	- 1.8	- 2.8	1.05
605	- 1.3	- 1.3	1.34

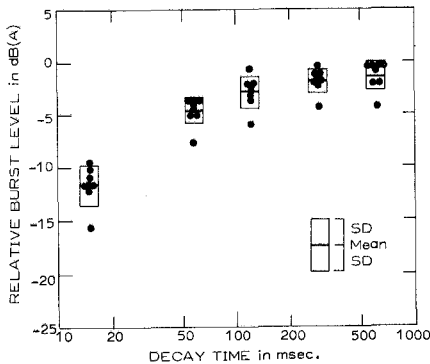


図 3・10 立下り時間の実験結果

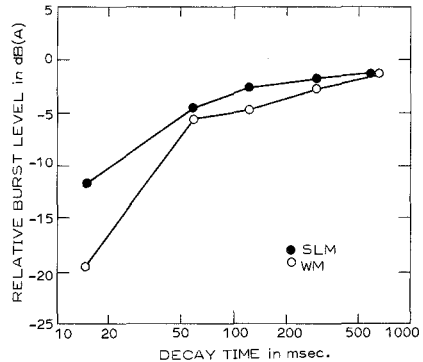


図 3・11 Lrb と立下り時間の関係



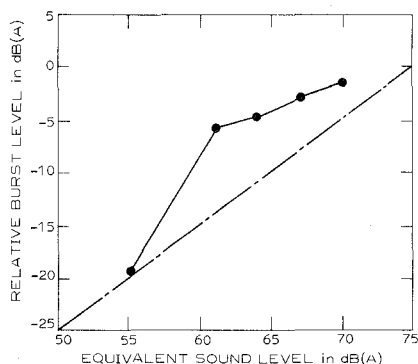


図3・12 Lrb と Leq の関係

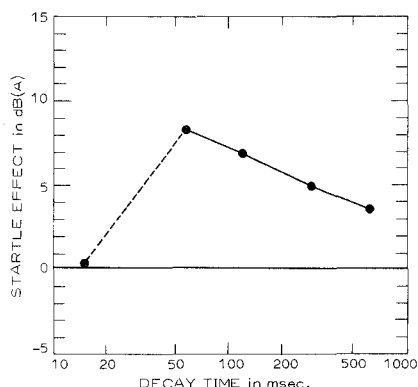


図3・13 立下り時間による驚がく効果

ウェーブメモリと騒音計による指示値の差は立下り時間 15 msec. の音が 8.0 dB(A) と大きく、その他は 0.0~2.0 で平均 1.0 dB(A) である。以下ウェーブメモリによる値をもとに立下り時間の効果を検討してみたい。図3・12は Leq と Lrb の関係を示している。図中の一点鎖線はエネルギー量に対応しており、その直線と実験値との差がエネルギー以外の効果であると考えられる。立下り時間による効果を「驚がく効果」と呼ぶのが適当であるかどうかは議論を要するところであるが、そのことは広く騒音の属性論に係る問題であり別個に検討することとし、ここでは広い意味でのエネルギー以外の効果の総称として「驚がく効果」という用語を用いることとする。さて図3・13はエネルギー対応線からの差をプロットしたものである。この図から立下り時間 15~58 msec. の範囲で驚がく効果は増加し、それ以上の範囲では減少する傾向が読みとれる。しかし前節と同様に、立下り時間 15 msec. の音はそれ自体、やかましさを閾値を下まわっている感が強く、このデータをとり除いてみると、58~605 msec. の範囲において約 5 dB(A) の効果があり、立下り時間の増加とともに驚がく効果が一樣に減少を示しているのがわかる。

### 3・6 立上りレベルの効果

実験結果は表3・5に示す通りであり、4種類の実験者における判断値の標準偏差は、0.78~1.39で平均 1.12 dB(A) と良好な結果を示している。図3・14は騒音計の指示値 (Impulse 特性) に基づいて各被験者の判断値及び平均と標準偏差を示したものである。また図3・15は騒音計の読みとウェーブメモリによる分析値に基づいて、全員の平均値をプロットしたものであり、その差は 1.0~2.0 で平均 1.8 dB(A) である。この図から立上りレベル 5~10 dB(A) の範囲では Lrb が減少し、それ以上の範囲で

表3.5 立上りレベルの実験結果

等やかましさを (連続音レベル-衝撃音ピークレベル) dB(A)

立上りレベル	平均(SLM)	平均(WM)	標準偏差
5 dB(A)	- 2.4	- 4.4	1.08
10	- 3.2	- 5.2	0.78
19	- 1.0	- 3.0	1.21
28	- 0.5	- 1.5	1.39

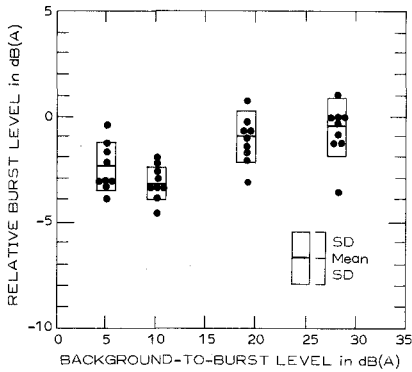


図 3・14 立上りレベルの実験結果

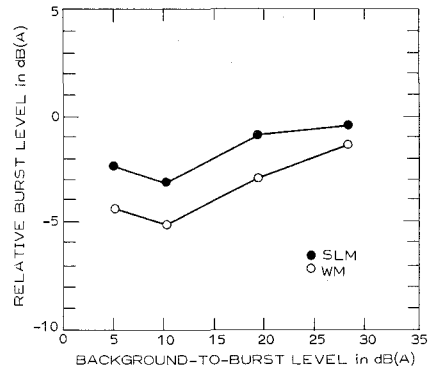


図 3・15 Lrb と立上りレベルの関係

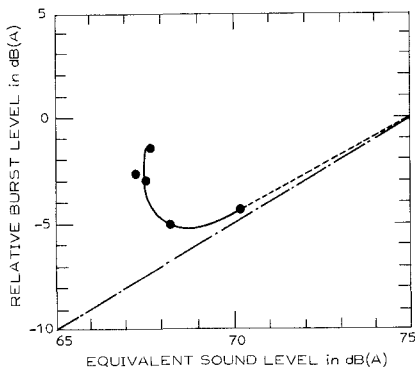


図 3・16 Lrb と Leq の関係

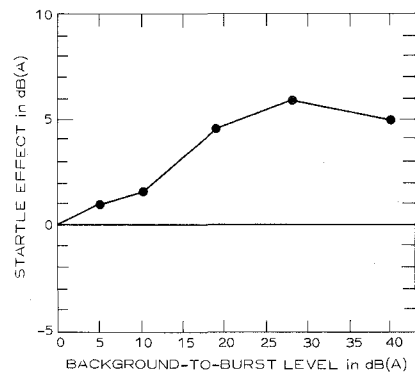


図 3・17 立上りレベルによる驚がく効果

は増加する傾向がみられる。図 3・16 は Leq と Lrb の関係を示しているが、ここでは立下り時間の実験のなから、立上りレベル 40 dB(A) に対応する立下り時間 292 msec. の音の結果をデータとして加えている。図の破線は立上りレベル 0 dB(A)、即ち連続音を想定して、[Leq=75 dB(A), Lrb=0 dB(A)] の点と立上りレベル 5 dB(A) の結果とを結んだものである。また最小の値を示すデータは立上りレベル 10 dB(A) に対応しているが、Leq 75 dB(A) からこの点まではほぼ一点鎖線で示したエネルギー対応線に対応しており、それ以下では急激に増加していることがわかる。つまり立上りレベル 10 dB(A) 以下ではエネルギーの効果が主としてやかましさを増加させており、10 dB(A) 以上では主として驚がく効果がやかましさを増加させているものと考えられる。図 3・17 は立上りレベルによる驚がく効果を表わしている。この図から立上りレベル 30 dB(A) 程度までは驚がく効果は増加し、それ以上の範囲ではやや減少しているように見える。しかし立上りレベルが 30~40 dB(A) を越えると事実上、聴覚的に区別が付きにくいことから、一定値に収束すると考えるのが妥当であると考えられる。つまり、この実験結果から約 5 dB(A) の効果をもつことがわかる。

### 3・7 各種要因による効果の比較

以上、反復回数、立上り時間、立下り時間、立上りレベルの4種の要因によるやかましさの効果について検討した。以下に各々の結果の要点をまとめる。

- 1) 反復回数による驚がく効果は、0.25~16回/秒の範囲で反復回数の増加と共に減少し、その効果の大きさは実験音によって差はあるが、最大のもので約8dB(A)に達する。
- 2) 立上り時間による驚がく効果は、20~176msec.の範囲で明確な傾向を示さず、その効果は全体で約2.5dB(A)程度である。
- 3) 立下り時間による驚がく効果は、58~605msec.の範囲で立下り時間の増加と共に一様に減少し、その効果は全体で約5dB(A)である。
- 4) 立上りレベルによる驚がく効果は、5~28dB(A)の範囲で立上りレベルの増加と共に一様に増加し、それ以上の範囲では一定値に収束する。その効果は全体で、約5dB(A)である。

これらの結果をみると、4種類の要因による驚がく効果の変化幅は反復回数が最も大きく、次に立下り時間、立上りレベルが続く、立上り時間は最も小さくなっている。立上り時間に関しては今回の結果に加えて、現実の衝撃音が急激に立上るという特性を有していることから、特に重要なパラメータとして扱う必要はないと考える。一方、その他3種類の要因については、どれもその効果は大きく、傾向も明確であることから、それぞれ重要なパラメータとなり得ることが考えられ、今後は精度の高いデータを多く得て、定量化の方向へと進みたい。

## 4. 衝撃性騒音のやかましき反応の構造

前章において、衝撃音のやかましさをエネルギー効果と驚がく効果の2面から検討した。ここでは物理的なエネルギー量だけでは説明のつかない心理的な効果の総称として、「驚がく効果」という用語を用いてきたが、対象としている各種物理的要因に対して、その用語が適当であるかどうか疑問であることは、随時指摘して来た通りである。衝撃音を騒音としてではなく、広く音として扱った場合、これらの要因が人間の心理に及ぼす効果は、本来、快・不快の双方に係るべきものであり、例えば以下のような扱え方が可能であろう。即ち、快さの観点から扱えると、反復回数は「快いテンポ」、立上り時間及び立上りレベルは「はざれの良さ」、「鋭さ」、さらに立下り時間は残響による効果との関連から「音の豊かさ」に結びつくことが考えられる。一方、これらを不快の観点から扱えると、反復回数は「びっくりする」、「親しみにくいテンポ」、立上り時間は「びっくりする」、「耳につく」、立下り時間は「耳に重く残る」、立上りレベルは「びっくりする」等に結びつけることができよう。さて、第1の効果としてのエネルギー効果は、多くの研究者が認めている様に、主として音の大きさ(loudness)で説明可能なものであり、

今回の実験結果も、一般に音が大きくなるとやかましさも増加するという原則を裏付けるものと言える。この関係が音圧レベルの相当小さなものから大きなものまで良く対応することは、多くの報告により明らかである。一方、第2の効果としての心理的效果は、ある一定のレベル以上、即ち衝撃性によるやかましきの閾値以上の範囲で生ずるものであり、各種の物理的要因に対応するそれぞれの属性のもとで、その場その場に応じた反応の総合により構成されるものとする。これらを前章の実験結果と照らし合わせてみると、以下の様に捉えることができよう。

- 1) 反復回数について——図3・5に見る様に、反復回数が増加すると驚がく効果は減少する傾向を示している。この傾向をさらに拡張して考えると、本研究の対象外ではあるが、不意に爆発音を聞いた時の「驚き」、さらに出し抜けに耳もとで風船を破裂させられた場合の「驚き」の様には、その発生の予測が不可能である場合に最大となる。一方、反復回数が増大すると、ある種の身近な親しみやすいテンポに近づき同時に発生の予測が自然であることによりこの効果は減少し、反復回数がある値以上、即ち衝撃音として捉えるべき限界を越えた時点で、最小となるものと考えられる。このように、反復回数による効果は、「驚がく感」及び「テンポ感」により構成される。
- 2) 立上り時間について——現実には存在する衝撃音はその呼び名の示す通り、短時間で急激に立上る性質のものであり、その効果は正に「驚き」によるものであろう。観点を変えれば「はぎれの良さ」という、いわば快い感覚に結びつくこの性質は、やかましきの閾値を越えた時点ではじめて騒音としての不快感を導くものである。一方、図3・9に見られる様に、立上り時間を大きくしてもその効果にほとんど変化がないことは、立上り時間が短いことによる「驚き」とは異なった、いわば「耳につくはぎれの悪さ」という不快感に基づくものであると思われる。この様に、立上り時間による効果は、衝撃音を対象とした場合には「驚がく感」として捉えることができよう。
- 3) 立下り時間について——図3・13に見られる様に、立下り時間が増加するとその効果が減少するのは、残響に伴う「音の豊かさ」にも似た一種の「親しみやすさ」により、不快感が和らげられることに起因するものと思われる。即ち、立下り時間による効果は「残響感」に基づくものと考えられよう。
- 4) 立上りレベルについて——立上り時間の効果と同様、音圧レベルの急激な変化に伴う「驚き」の効果であるとする。即ち図3・17に見る通り、立上りレベルの小さな範囲では「驚き」の効果は小さく、立上りレベルの増加に伴いその効果も増大し、ある範囲を越えると聴覚的に区別がつきにくくなることにより一定値に収束する。この様に、立上りレベルによる効果は「驚がく感」として捉えることができよう。

以上の様に、衝撃音のやかましさに影響を及ぼす各種物理的要因は、快・不快の両側面から効

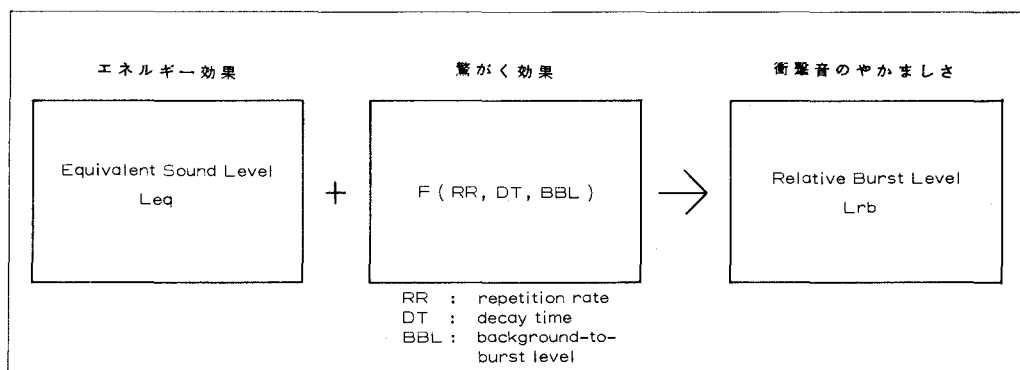


図4・1 やかましき反応の構造

果を与えているものと考えることが可能である。しかし、対象を騒音として扱う以上「快」という用語は適切であるとは言えず、むしろ「不快を和らげる効果」として把えるべきであろう。さらにこれを一歩進めて、音のみならず、それに付随する様々な非聴覚的要因に関しても、同様な考え方に基づく分析が可能であるならば、それは騒音の制御に対する一つの新たなアプローチを与えるものと考えられる。

以上、衝撃音のやかましき反応の構造を属性的側面から論じた。各種要因による総合的な効果をどの様な用語によって表現すべきかは、今後の継続研究により決定することとし、ここでは広い意味での「驚がく効果」という用語を用いて、やかましき反応の構造についてまとめてみたい。図4・1はその概要を表わしている。度々述べて来た様に、やかましきは、エネルギー効果と驚がく効果により決定され、前者は純粋な物理的エネルギー量即ち  $Leq$  で表現されるのに対し、後者は、実験結果により抽出された3種のパラメータ、即ち反復回数 (RR)、立下り時間 (DT)、及び立上りレベル (BBL) の何らかの関数として表わされる。このなかで、反復回数及び立下り時間はそれぞれ独立に扱うことが可能であるが、立上りレベルについて考えてみると、反復回数あるいは立下り時間の増加に伴う減衰波形の重なり合いによって影響を受けることは明らかである。今後はこれら3種類のパラメータの相互関係を抽出すべき厳密な実験計画のもとに精度の高いデータを得て、如何なる関数によってやかましさを定量化すべきかを明確にする必要がある。一方、ここで前提とすべきことは、その音が衝撃性によって不快感を生じさせ得る性質を有していることであり、その意味において、各種要因をパラメータとした実験を行ない、やかましきの閾値を何らかの形で求めることが重要であると考えられる。

## お わ り に

以上、4章にわたって、衝撃性騒音のやかましさに関するパイロットスタディを試みた。研究の全体計画は序章で述べた通りであり、残された課題は多岐にわたるが、本論により研究の方向性を明確にすることができた。今後は本論で得られた知見を、聴感実験により定量的に明らかにしていくとともに、社会調査によるアプローチを加え、日常の生活環境に即した、普遍的な評価法の確立へと向かいたい。

この一連の研究を進めるにあたり、本学建築工学科・泉清人教授の適切なる御指導をいただいた。また、実験と結果の分析にあたっては、多くの卒論生諸君に御協力をいただいた。ここに記して、深く感謝の意を表します。

(昭和54年5月19日受理)

## 参 考 文 献

- 1) I. S. O. Recommendation; "Assessment of noise with respect to community response", ISO R-1996 (1971).
- 2) The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark; "The Round Robin Test on impulsive noise", Report No. 22, The Acoust. Lab., Tech. Univ. of Denmark (1977).
- 3) O. J. Pedersen; "Difference between steady noise and impulsive noise", *Proceedings of Inter-Noise 77*, A 101 (1977).
- 4) R. M. Garrett; "Determination of the loudness of repeated pulses of noise", *J. Sound Vib.*, **2**, 42 (1965).
- 5) N. L. Carter; "Effect of repetition rate on the loudness of triangular transients", *J. Acoust. Soc. Am.*, **37**, 308 (1965).
- 6) S. Fidell, K. S. Pearsons, M. Grignetti & D. M. Green; "The noisiness of impulsive sounds", *J. Acoust. Soc. Am.*, **48**, 1304 (1970).
- 7) E. Vigran, K. Gjaevenes & G. Arnesen; "Two experiments concerning rise time and loudness", *J. Acoust. Soc. Am.*, **36**, 1468 (1964).
- 8) K. Gjaevenes & E. R. Rimstad; "The influence of rise time on loudness", *J. Acoust. Soc. Am.*, **51**, 1233 (1972).
- 9) B. Gustafsson; "The loudness of transient sounds as a function of some physical parameters", *J. Sound Vib.*, **37**, 389 (1974).
- 10) G. J. Thiessen & K. Subbarao; "Effect of reverberation on assessment of repetitive impulse noise", *J. Acoust. Soc. Am.*, **34**, 1761 (1962).
- 11) I. Pollack; "Loudness of periodically interrupted white noise", *J. Acoust. Soc. Am.*, **30**, 181 (1958).
- 12) 北村音彦, 「衝撃性騒音の評価」, 日本建築学会建築音響分科会第8回シンポジウム, p. 57 (1975).
- 13) 平松幸三・高木興一・山本剛夫・池野淳, 「騒音のうるささに及ぼす立上り速度の効果」, 日本音響学会誌, **33**, 1, 23 (1976).

- 14) 難波精一郎・桑野園子・加藤徹, 「音の立上り時間と大きさについて— エネルギー値との関係」, 日本音響学会誌, 30, 3, 144 (1974).
- 15) 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, 5, 316 (1978).
- 16) 熊谷正純・小林智・曾根敏夫・二村忠元, 「衝撃音のラウドネスに関する考察」, 電子通信学会電気音響研究会資料, EA 78-41 (1978-8).
- 17) 泉清人・佐藤哲身, 「規則的断続音のやかましさと驚がく効果— 騒音のやかましさに関する研究 (12)」, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No. 45, p. 229 (1976-3).
- 18) 泉清人, 「騒音の心理的不快感に関する属性についての考察— 騒音のやかましさに関する研究 (13)」, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No. 46, p. 35 (1976-9).
- 19) 佐藤哲身・泉清人, 「繰返し衝撃音のやかましさに関する実験— 騒音のやかましさに関する研究 (16)」, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No. 49, p. 219 (1978-3).
- 20) 佐藤哲身・泉清人, 「繰返し衝撃音のやかましさに関する実験 (1)— 騒音のやかましさに関する研究 (VII)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, p. 93 (1978-9).
- 21) 佐藤哲身・泉清人, 「繰返し衝撃音のやかましさに関する実験 (2)— 騒音のやかましさに関する研究 (18)」, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No. 50, p. 227 (1979-3).
- 22) 佐藤哲身・泉清人, 「繰返し衝撃音のやかましさに関する実験 (3)— 騒音のやかましさに関する研究 (19)」, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No. 50, p. 231 (1979-3).