

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21860020

研究課題名（和文）：環境騒音に含まれる衝撃性騒音の評価方法に関する研究

研究課題名（英文）：Study on the evaluation method of noise including impact sound

研究代表者

横山 栄 (YOKOYAMA SAKAE)

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：80512011

研究成果の概要（和文）：本研究は、環境騒音に含まれる衝撃性騒音に着目し、騒音影響評価法を確立するために、実験的検討によって聴覚心理的な立場からエネルギーベースの評価量の適用範囲および限界を把握し、また、各種聴感物理量との対応を検討することで、学術的基礎資料を得ることを目的として実施した。フィールド調査および実験室実験による心理的影響評価の結果から、衝撃性騒音を含む環境騒音についてもエネルギーベースの評価量の適用可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：In order to establish the method of the assessment of environmental impact, the psychological effect of the environmental noise including impact sounds was investigated using laboratory experiments in the simulated sound field applying field measurement results. From the results, not only possibility but also limitation of the application of noise indices based on energy was examined.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,050,000	315,000	1,365,000
2010 年度	950,000	285,000	1,235,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：応用音響工学

科研費の分科・細目：建築環境・設備

キーワード：環境騒音，フィールド調査，主観評価実験，音場シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

環境騒音の評価指標として、国際的にエネルギーベースの評価量 (L_{Aeq}) が採用されてきているが、これは一定時間の騒音レベルのエネルギー平均値を意味し、マクロな環境騒音評価としては適しているが、衝撃性騒音や純音性騒音に対しては心理的アノイアンスが増大する傾向があることが知られている。より精密な環境騒音評価のためにはそれらの影響に対する補正方法を確立する必要があるが、わが国ではこれに関する研究実績が十分でない。

これまでに、実験室実験によって環境騒音の評価を行うために、実測データに基づく 3 次元シミュレーション音場を構築し、室内に透過する交通量（時間変動性）の異なる種々の道路交通騒音を対象に、実験室実験によって騒音の基本的評価量であるラウドネス、ノイジネス、アノイアンスについて心理的影響を調べてきている。特に、会話影響、聴取妨害については実験音場内で会話や音声聴取を実際に再現した中で影響評価を試みるなど、実環境を考慮して検討を進めてきている。また、航空機騒音、鉄道騒音などの間欠性騒

音を対象とし、その発生頻度の影響を調べ、道路交通騒音が及ぼす心理的影響と比較することで、 L_{Aeq} による統一的評価の妥当性について予備的検討を行ってきている。

2. 研究の目的

現在、環境騒音に含まれる衝撃性・純音性および間欠性騒音の心理的影響を明らかにすることが求められているが、本研究では、ひとまず衝撃性騒音の影響に着目し、まず、実際の環境騒音に含まれている衝撃性騒音の実態をフィールド調査によって把握し、それらの特徴をモデル化した試験音を用いた聴取実験によって定性的な検討を行い、さらに、6チャンネル收音システムを用いてフィールドで収録した音を3次元再生する手法を適用した主観評価実験を実施することで、定量的な心理的影響評価を行う。これらの実験的研究によって、国際的に採用されているエネルギーベースの評価量 (L_{Aeq}) の適用範囲および限界を把握し、また、各種聴感物理量との対応を検討することで、環境騒音に含まれる衝撃性騒音の評価方法を確立するための学術的基礎資料を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) フィールド調査

衝撃性騒音の一例として、レール継ぎ目音を含む鉄道騒音、およびブルドーザやバックホー、コンクリートブレーカによる建設工事騒音を取り上げ、フィールド調査を実施した。音源の特徴を捉えるために、可能な限り周囲に反射物がない場所を選定し、音源近くで収録することとした。収録の際には、音源の物理量を把握するための騒音計 (B&K2270) を地表面高さ 1.2 m に設置した他、後で行う評価実験のために、バイノーラルマイクロホン (B&K4101) および 6 チャンネル收音用マイクロホン (3次元音場シミュレーション用に開発し、小型化したシステムで、6個の単一指向性マイクロホンユニットからなる) も使用した。フィールド調査の一例として、在来線鉄道沿線における調査の様子を図3-1、図3-2に、建設工事現場における調査の様子を図3-3に示す。



(バイノーラルマイクロホン使用例)
図3-1 フィールド調査



(6チャンネルマイクロホン使用例)
図3-2 フィールド調査



(ブルドーザによる建設土木工事)
図3-3 フィールド調査

(2) 主観評価実験—ヘッドホン受聴—

フィールド調査で得られた結果に基づき、衝撃音を含む環境騒音の心理的影響を調べるために、まず、ヘッドホン受聴による評価実験を実施した。一例として、在来線鉄道騒音に含まれる衝撃性騒音 (レール継ぎ目音) のレベルを人為的に変化させて行った実験の概要を示す。レール継ぎ目音を含まない在来線鉄道1列車編成 (10両) が通過する間の走行音 20秒間 (図3-4(a)) と、同形式、同編成の列車が前述の列車とほぼ同じ速度でレール継ぎ目部を通過した際の走行音から継ぎ目音だけを切り出して全体のレベルを2段階に変化させ、上述の継ぎ目音を含まない走行音と合成して (図3-4(b), (c))、ほぼ等しいエネルギーをもつ3種類の試験音を作成した。さらに、これらの呈示レベル ($L_{Aeq,20s}$) を 55~75 dB の5段階に変化させて合計 15種類の試験音を作成した。試験音は密閉型ヘッドホンを通して呈示し、ME (Magnitude Estimation) 法、および5段階の評定尺度法 (5.非常に~、4.だいたい~、3.多少~、2.それほど~ない、1.まったく~ない) によって、ラウドネス、およびノイズネスに関する評価実験を実施した。本実験には20代の学生男女15名が被験者として参加した。なお、受聴レベルは別途、ダミーヘッドマイクロホン (B&K4128C) を用いて測定している。簡易無響室における受聴レベル測定の様子を図3-5に、被験者実験の様子を図3-6に示す。

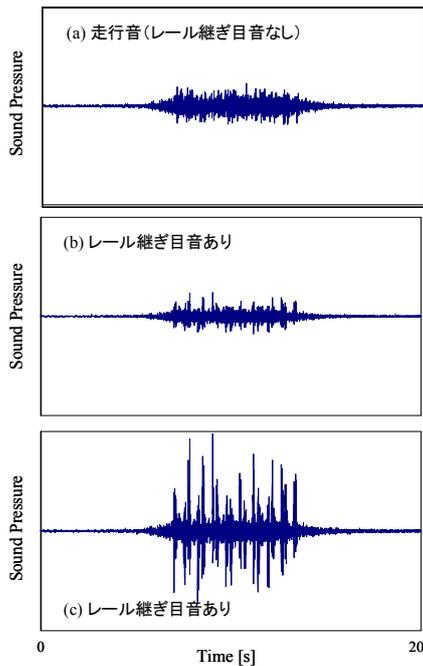


図 3-4 試験音例（在来線鉄道騒音）



図 3-5 受聴レベルの測定

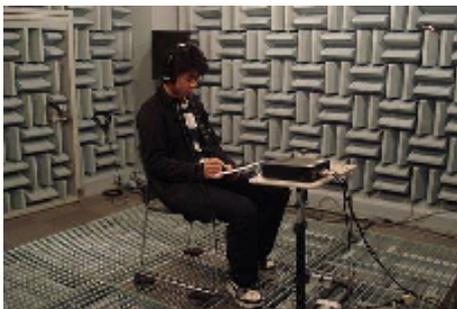


図 3-6 被験者実験の様子

(3) 主観評価実験—3次元シミュレーション音場—

フィールド調査で得られた実騒音を用い、6チャンネル収音・再生方式によって無響室内に3次的に音場をシミュレートした中で、アノイアンスに関する評価実験を実施した。本実験では、レール継ぎ目音を含む一列車編成通過時の走行音、およびそれを含まない在来線騒音、新幹線騒音の他、定常音の一例として道路交通騒音を加えた4種類を選定し、各30秒間を切り出して試験音とした。

なお、本実験に先立ち、ダブルスキン構造の建物ファサードをもつ建物の遮音性能（ハウスイルタ）について窓の開閉条件を3種類に変えて測定しており、居室内音場を想定した合計12種類の試験音を作成した。実験の際には無響室の違和感を生じさせないため、空調騒音を呈示レベル30dB (L_A)として併せて呈示した。実験は、無響室内シミュレーション音場において、被験者1人ずつで行い、5段階の評定尺度法によってアノイアンス（日中/就寝時）を判断させた。本実験には20代の学生男女21名が被験者として参加した。実験システム概要を図3-7に、被験者実験の様子を図3-8に示す。

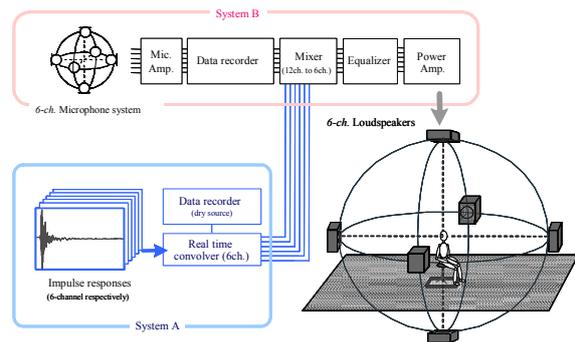


図 3-7 3次元音場再現システム概要

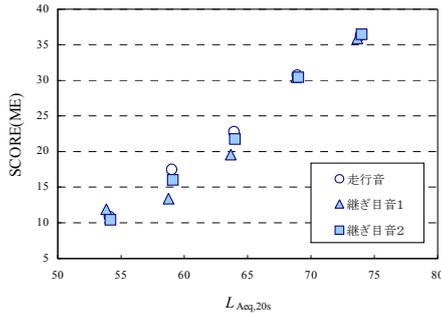


図 3-8 被験者実験の様子

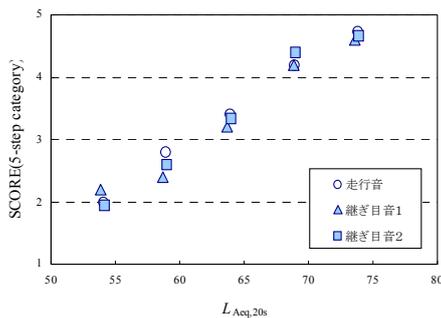
4. 研究成果

(1) 主観評価実験—ヘッドホン受聴—

ラウドネス、およびノイジネスに関する被験者全員の判断結果を用いて、ME法、評定尺度法による実験それぞれについて、各試験音ごとに平均値を算出して評価値とした。また、各試験音（20秒間）について、各種環境騒音評価量 ($L_{Aeq,20s}$, $L_{A,Fmax}$, $L_{A,Smax}$, $LL(Z)$, $L_m(63-4k)$) を測定し、各評価値との相関係数を算出したところ、いずれの条件についても0.97以上の高い結果であった。評価実験結果の一例として、ノイジネスに関する評価値と呈示レベル ($L_{Aeq,20s}$) の対応関係を図4-1、図4-2に示す。結果を見ると、評価手法によらず、両者の間には直線的な関係が見られており、衝撃性の騒音を含む環境騒音についても、 L_{Aeq} などのエネルギーベースの評価量を適用できる可能性が見出された。



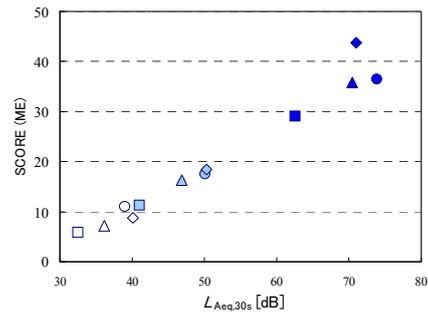
(ヘッドホン受聴：鉄道騒音)
図4-1 ノイジネス：ME法



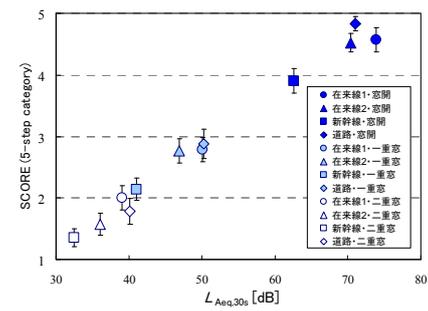
(ヘッドホン受聴：鉄道騒音)
図4-2 ノイジネス：評定尺度法

(2) 主観評価実験—3次元シミュレーション音場—

アノイアンス（日中／就寝時）に関する被験者全員の判断結果を用いて、ME法、評定尺度法による実験それぞれについて、試験音ごとに平均値を算出して評価値とした。また、各試験音（30秒間）について、各種環境騒音評価量（ $L_{Aeq,30s}$, $L_{A,Fmax}$, $L_{A,Smax}$, $LL(Z)$, $L_m(63-4k)$ ）を測定し、各評価値との相関係数を算出したところ、いずれの条件についても0.95以上の高い結果であった。評価実験結果の一例として、アノイアンス（日中）に関する評価値と呈示レベル（ $L_{Aeq,30s}$ ）の対応関係を図4-3、図4-4に示す。結果を見ると、騒音の種類、時間変動特性、および評価手法によらず、両者の間には直線的な関係が見られており、衝撃性の騒音を含む環境騒音についても、道路交通騒音などの時間的変動の少ない騒音と同様に、 L_{Aeq} などのエネルギーベースの評価量を適用できる可能性が見出された。衝撃性騒音を含む環境騒音に対する影響評価において、補正の必要性は低いと考えられる。ただし、本実験で検討した試験音はいずれも実騒音から短時間を切り出したもので、さらに、環境騒音の長時間暴露に対する心理的影響を考慮することも必要である。今後、衝撃性騒音を含む環境騒音の他、純音性騒音を含む環境騒音や間欠（断続）的な騒音についてもエネルギーベースの評価量を適用できることが示されれば、複合騒音の予測、評価が可能となる。



(3次元音場：交通騒音)
図4-3 アノイアンス：ME法



(3次元音場：交通騒音)
図4-4 アノイアンス：評定尺度法

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計4件)

- ①小林知尋, 横山 栄, 矢野博夫, 橋 秀樹, フィールド測定による在来線鉄道のレール継ぎ目音に関する検討, 日本音響学会春季講演発表会, 平成23年3月10日, 早稲田大学
- ②小林知尋, 横山 栄, 矢野博夫, 橋 秀樹, 在来線騒音予測のための音源のモデル化, 日本音響学会騒音・振動研究会, 平成23年1月25日, 新潟大学
- ③小林知尋, 横山 栄, 矢野博夫, 橋 秀樹, 平地・高架橋区間における在来線鉄道騒音の実測調査, 日本音響学会騒音・振動研究会, 平成22年3月19日, 小林理学研究所(東京)
- ④辻村壮平, 小林知尋, 横山 栄, 矢野博夫, 橋 秀樹, 在来線鉄道騒音によるダブルスキン工法の遮音性能評価, 日本建築学会大会, 平成21年8月26日, 東北大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横山 栄 (YOKOYAMA SAKAE)
 東京大学・生産技術研究所・助教
 研究者番号：80512011