

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：22303

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14299

研究課題名(和文) 広帯域にわたる周波数特性を反映した純音性騒音の評価モデルの構築

研究課題名(英文) Modeling of psychological response to tonal noise in consideration of overall frequency spectrum

研究代表者

米村 美紀 (Yonemura, Miki)

前橋工科大学・工学部・准教授

研究者番号：90893727

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：騒音に含まれる純音性成分が聴感印象に与える影響を定量化することを目的に、聴感評価実験によるデータ取得およびペナルティのモデル化を試みた。

成果 倍音を含む純音性騒音の評価：倍音を含むことによりわずらわしさは増加したが、国際規格(IEC61400-11:2012)に定める純音性可聴度の指標を用いれば、単一の純音の場合と概ね同じように評価が可能であることが示唆された。

成果 種々の背景騒音による差異の検討：環境騒音を模擬した試験音では、純音周波数によらず純音性可聴度とわずらわしさに線形の関係が認められた。純音性可聴度と試験音の音圧レベルの非線形性を考慮した二次多項式によりモデル化した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年は遮音性能の向上や機器の静音化により騒音のレベルだけでなく音質も問われるようになっており、その一例である純音性騒音について心理実験に基づいた評価方法を提案を示した。この成果は、純音性騒音の評価ガイドラインの検討に資するデータを提供することで、将来的には音環境の改善の改善につながると期待される。

研究成果の概要(英文)：To quantify the influence of tonal components in environmental noise on auditory impression, experimental data acquisition and modeling of penalties were attempted.

1. Evaluation of tonal noise with harmonics: Although the harmonics increased annoyance, it was suggested that the tonal audibility index specified in the international standard (IEC61400-11:2012) could be used to evaluate the noise in a similar way to that of tonal noise with a single tone.

2. Differences due to frequency characteristics of background noises: A linear relationship was found between tonal audibility and annoyance for the test sound simulating environmental noise, regardless of the tonal frequency. A quadratic polynomial was used to model the non-linearity between the tonal audibility and the sound pressure level of the test sound.

研究分野：建築音響，環境心理

キーワード：騒音評価 純音性騒音 アノイアンス 聴感評価実験

1. 研究開始当初の背景

設備機器などから発生する騒音に、特定周波数が卓越した成分=純音性成分が含まれることがあり、純音性騒音と呼ばれている。純音性騒音は“ブーン、ポー”などと形容される音質で、音量が小さくても耳につく不快感の要因となる。近年エネルギー問題への関心から風力発電施設や家庭用ヒートポンプ給湯器の導入が進んでいるが、これらの機器から発生する純音性騒音が原因で、夜間住宅地などの静かな環境において睡眠妨害等の問題が報告されている。環境基準を満たす静音な環境下でもなお発生する騒音問題は、「0dB以下であればよい」という従来のエネルギーベースの評価法では対処できない。音質も含めた騒音の評価・影響予測のためには、周波数特性を詳細に反映した評価モデルが必要とされる。

このような純音性騒音の評価指標として、純音性成分の卓越度を表す純音性可聴度 (TA) が国際規格で定められており、主に風車騒音の評価のために欧州で用いられてきたが、近年日本でも風力発電施設の導入が広がっていることから、騒音の測定に TA を報告する測定法が環境省から示されるなど (環境省, 風力発電施設から発生する騒音に関する指針, 2017年5月), 純音性に着目する潮流がみられつつあるが、卓越度に応じたペナルティをどの程度与えるのが適切であるかという具体的な評価方法の策定には、聴感評価実験に基づくデータの収集が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、純音性成分を含む騒音に対する心理反応を評価実験により定量化し、心理反応と騒音の周波数特性との関係を明らかにすることを目的とする。

- ① 倍音成分を含む騒音の評価: 設備機器騒音には、周波数に類似性のある純音性成分が複数含まれることがある (倍音成分)。純音性成分が単一の場合との比較により、倍音成分の影響を評価する。
- ② 背景騒音の周波数特性による差異の検討: 環境騒音は音の発生源や聴取場所によって異なる周波数特性を持つ。本研究では、屋外の環境騒音および、屋内に侵入し遮音効果をうけた環境騒音を主な検討対象とし、純音周波数と背景騒音の周波数の組み合わせにより純音ペナルティがどのように変化するかを検討する。

3. 研究の方法

研究はいずれも主観評価実験による。

- ① 倍音成分を含む騒音の評価: 広帯域騒音に単一または2つの純音性成分を付加した試験音を作成した。基音の周波数は40~200Hzで、そこに2倍の周波数の純音を3段階の強度で付加したものの倍音条件とした。試験音の「わずらわしさ」を聴感実験により評価し、倍音の有無による評価の差異を検討した。
- ② 周波数特性による差異の検討: 屋内外の模擬ノイズおよび、研究上よく用いられるホワイトノイズ、ピンクノイズを加えた4つのノイズをベースとし (Fig.1), 50 から2kHzの周波数範囲の純音を付加した試験音を作成し、「わずらわしさ」を聴感実験により評価した。純音の周波数範囲は、家庭用電化製品などから発生する音を想定して設定・選定した。評価された「わずらわしさ」は、純音性成分を含まない広帯域騒音との比較により、純音ペナルティ値 (=純音を含むことによるわずらわしさの増加量) としてdBの単位で定量化した。

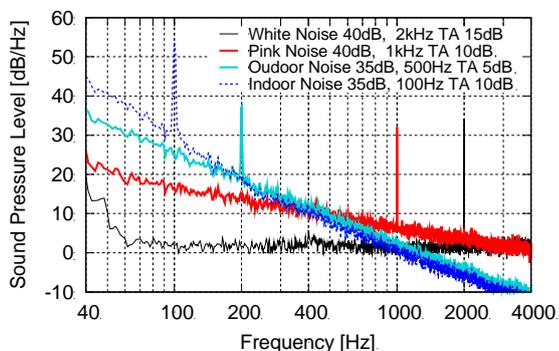


Fig.1 試験音の周波数特性 (一例)

4. 研究成果

- ① 倍音成分を含む騒音の評価：単一純音の条件よりも倍音成分を含む条件の方が煩わしさは高く評価される傾向であった (Fig.2)。基音に対して+5dB の強度で倍音を付加した場合、ペナルティ値にして2dB 程度のわずらわしさ増加が確認された (Fig.2)。

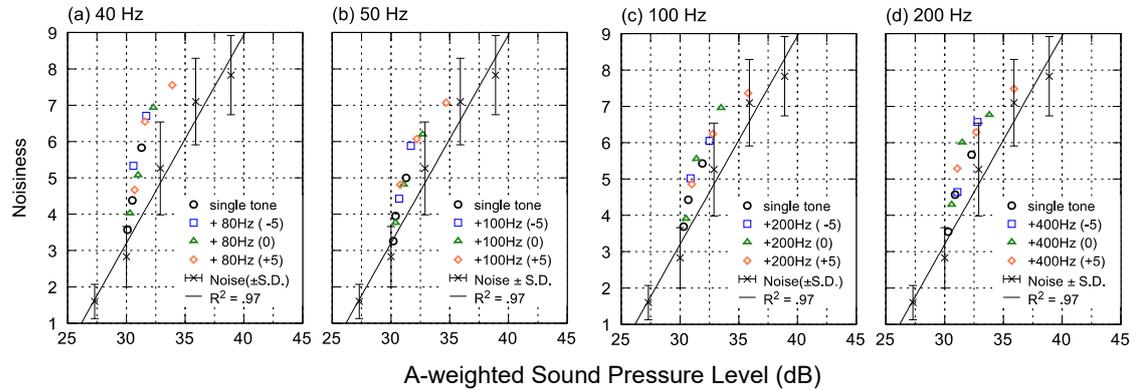


Fig.2 A 特性音圧レベルとわずらわしさの関係

(①の続き)

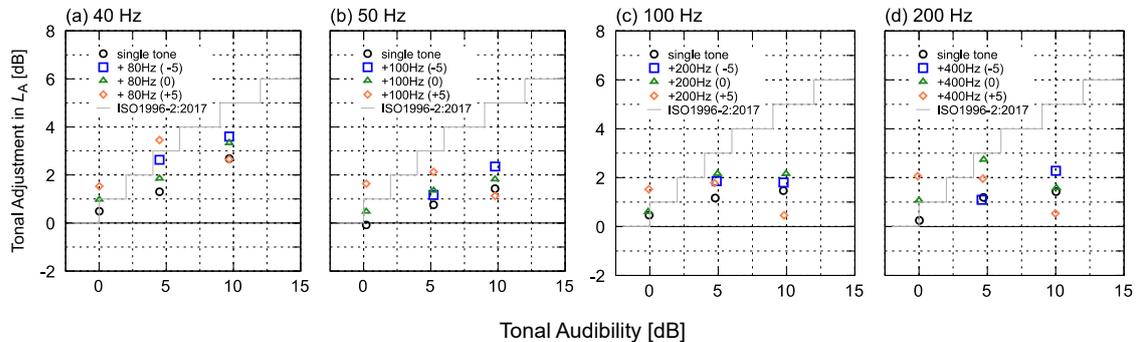


Fig.3 A 特性音圧レベルとペナルティ値の関係

IEC61400-11:2012 に定める純音性可聴度の算出においては、周波数の近い純音 (40Hz-80Hz の組, 50Hz-100Hz の組) はエネルギーが合算されるが、この指標で評価した場合は TA とわずらわしさに強い線形性が認められた (Fig.3)。これらの結果から、2 つの純音性成分であれば、1 つの純音性成分のときと区別せず、TA による評価を行なう可能性が示唆された。

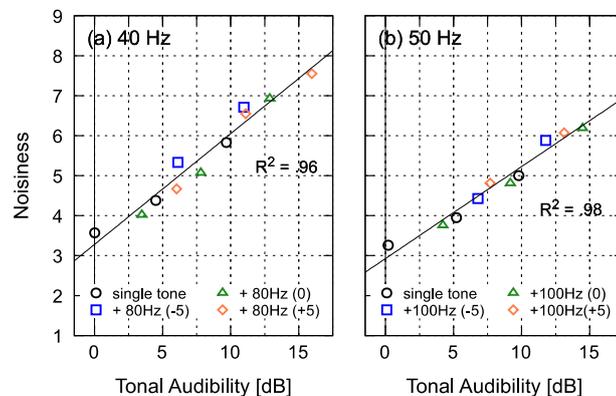


Fig.4 TA とわずらわしさの関係。TA は IEC61400-11:2012 の方法に基づき 2 つの純音のエネルギーが合算されたもの

② 周波数特性による差異の検討：

環境騒音を模擬したノイズ 2 種類を含む 4 種類の広帯域ノイズに、50 から 2000Hz の周波数範囲の単一純音を付加した試験音を用いてわずらわしさを評価した。TA とわずらわしさの関係から、環境騒音を模擬した試験音については、純音周波数にかかわらず TA とわずらわしさに線形の関係が認められた (Fig.5)。一方、純音を付加することで試験音の A 特性音圧レベルが非線形に増加するため、TA が高くなるとペナルティ値は頭打ちする傾向となる (Fig.6)。そこで、TA とわずらわしさの関係を一次関数で、A 特性音圧レベルの関係を二次関数でフィッティングすることにより、TA とペナルティ値の関係を二次の多項式で表現した (Fig.7、ペナルティモデル)。

本研究で提案した非線形性を考慮したペナルティモデルは、実験条件の範囲外にある値の取り扱いや、変数の簡略化などの課題を解決する必要があるが、今後の継続的な検討により、より実用に即した評価方法の提案が望まれる。

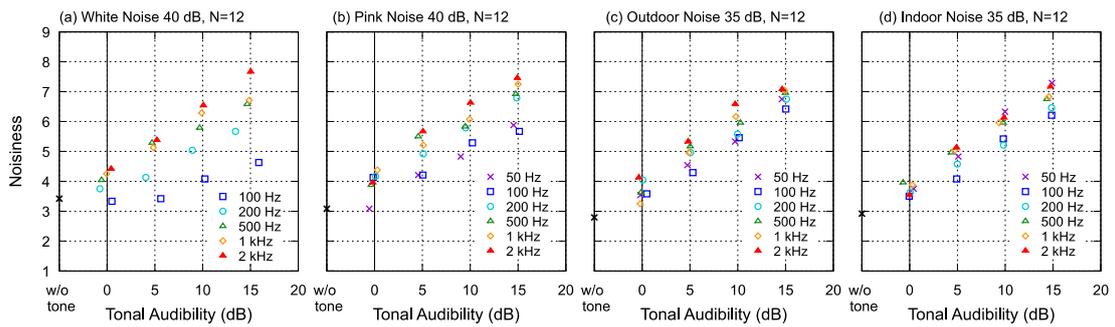


Fig.5 TA とわずらわしさの関係 (4 種類のノイズによる違い)

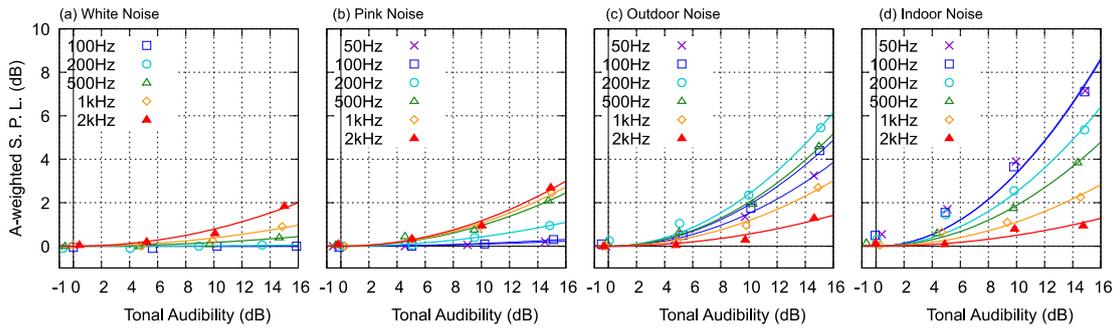


Fig.6 TA と A 特性音圧レベルの関係 (4 種類のノイズによる違い)

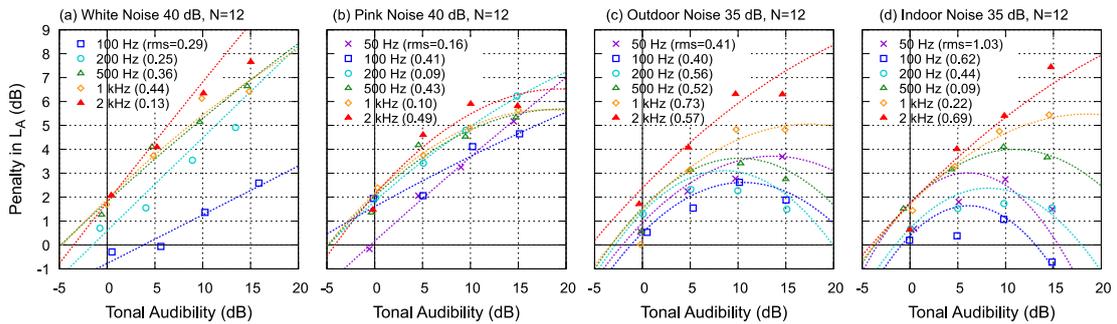


Fig.7 TA とペナルティ値の関係 (2 次多項式によるフィッティング)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yonemura Miki, Lee Hyojin, Sakamoto Shinichi	4. 巻 18
2. 論文標題 Subjective Evaluation on the Annoyance of Environmental Noise Containing Low-Frequency Tonal Components	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 7127 ~ 7127
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ijerph18137127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Miki Yonemura, Shinichi Sakamoto
2. 発表標題 Subjective evaluation of loudness of noise containing a low-frequency tonal component
3. 学会等名 24th International Coongress on Acoustics（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 米村美紀, 坂本慎一
2. 発表標題 純音性成分を含む広帯域騒音のわずらわしさ評価におけるペナルティ関数 - 聴感評価実験による基礎的検討 -
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 米村美紀, 坂本慎一
2. 発表標題 純音性成分を含む広帯域騒音のわずらわしさ評価：背景騒音の周波数特性の違いによる純音ペナルティ関数の差異
3. 学会等名 日本騒音制御工学会秋季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miki Yonemura, Shinichi Sakamoto
2. 発表標題 Subjective evaluation test on the effect of tonal components on broadband noise
3. 学会等名 Inter-noise 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 米村美紀, 坂本慎一
2. 発表標題 低周波数帯域に2つの純音性成分を含む騒音のわずらわしさ評価
3. 学会等名 日本音響学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関