

変動性低周波音を構成する物理量と心理反応量に関する検討

Study on relationship between physical quantity and psychological response amounts constructing amplitude modulation low-frequency sound

○富田智晶¹, 松田礼², 町田信夫³*Chiaki Tomita¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida³

Abstract: The purpose of this study is to clarify the psychological effects of amplitude modulation low-frequency sound. The amplitude modulation low-frequency sound fluctuated the fluctuation cycle of the carrier wave and the sound pressure level periodically by the amplitude modulation. In this study, the human effect of amplitude modulation low-frequency sound above the sensation threshold level on psychological response were examined with comparison with stationary low-frequency sound. From the experimental results, we describe the relationship between physical quantity constituting amplitude modulation low-frequency sound and psychological response amounts.

1. はじめに

周波数 100Hz 以下の低周波音は、環境問題の一要因として認知されつつある。しかし、風力発電用風車等から発生する、音の大きさが時間変動する変動性低周波音の人体影響は研究例も少なく、人体に及ぼす心理的、生理的な影響はよく分かっていないのが現状である。環境省は 2004 年に「低周波音問題対応の手引書」^[1]を公布したが、これは音の大きさが時間変動しない定常性低周波音のみを対象としているため、変動性低周波音に適用することはできない。

本研究では、変動性低周波音による心理的影響を明らかにすることを目的としている。本報では、変動性低周波音を全身暴露し、変動性低周波音を構成する変動周期や等価音圧レベル等の物理量と、感覚的な音の大きさや変動感等の心理反応量との関係性について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

2-1. 実験概要

被験者には低周波音用暴露室（床面積 2.7 m²、天井高さ 2.2 m、壁面パネル厚 45 mm、直径 380 mm のスピーカ 4 基設置）に入ってもらい、低周波音を 3 分間全身暴露し、心理アンケートによる心理反応測定を行った。被験者は健康かつ聴覚の正常な大学生 10 名（21 ± 1 歳、男性 8 名、女性 2 名）で、実験中は低周波音用暴露室内の中央に設置した椅子にスピーカ向きに座位、開眼状態とし、消灯して実験を行った。なお、被験者の疲労を考慮し、1 条件終了後 15 分程度の休憩時間を設けた。

2-2. 音刺激条件

本実験で用いた音刺激条件を Table 1. に示す。変動性

Table 1. Fluctuating low-frequency sound conditions

搬送波 周波数 [Hz]	変動周期 [s]	振幅変調 レベル [dB]	等価音圧 レベル [dB]
20	1	2.5	78,80,82
40	2		60,63,66
80	3	7.5	43,47,51

Table 2. Threshold of steady low-frequency sound and its standard deviation

周波数 [Hz]	閾値[dB]	標準偏差 [dB]
20	76	2
40	57	3
80	39	4

低周波音（以下、変動音）は搬送波の変動周期と変調度を調整し、音圧レベル差（以下、振幅変調レベル）が Table 1. のように設定した。等価音圧レベル ($L_{\text{peq},30s}$) は一部の著者らの研究より、Table 2. に示す定常性低周波音（以下、定常音）の閾値^[2]を基準として、各周波数における閾値に標準偏差 σ の 1 倍 (1σ)、2 倍 (2σ)、3 倍 (3σ) の値を加えた大きさになるように設定した。また、比較のため、搬送波周波数と等価音圧レベルの条件を変動音と一致させた定常音も実験条件に加え、全 63 条件で実験を行った。

2-3. 心理反応の測定と評価方法

心理反応は心理アンケートを用いて感覚的な音の大きさと変動度、主観的印象を測定した。感覚的な音の大きさと変動度は、ME 法を用いて暴露された音を 1~100 の整数で評価した。また、低周波音の主観的印象

1 : 日大理工・院 (前)・精機

2 : 日大理工・教員・精機

3 : 日大名誉教授

の特徴である不快感，振動感，圧迫感は，単極 7 段階の評定尺度法を用いて「全く感じない」を 1，「非常に感じる」を 7 とした得点を割り当てて評価した。

3. 実験結果

Figure 1. に，等価音圧レベルが閾値+1 σ の条件における変動音の感覚的な音の大きさを示す。縦軸は，変動音の平均値から同一搬送波周波数における定常音の平均値を引いた値を示している。縦軸の値が正の場合には定常音よりも変動音の方が音の大きさを大きく感じていることを表す。Figure 1. によると，ほぼ全ての条件で定常音より変動音の方が音の大きさを大きく感じる傾向がみられ，一元配置分散分析の結果，一部条件で有意差が認められた。また，搬送波周波数と変動周期が同一の条件で比較すると，振幅変調レベルが大きい方が音の大きさを大きく感じる傾向がみられた。この傾向は，他の等価音圧レベルの条件でも同様であった。

Figure 2. に，変調度と感覚的な音の変動度の関係を示す。変調度が 0% は定常音を表している。Figure 2. によると，等価音圧レベルが異なる 3 つの条件（閾値+1 σ ，2 σ ，3 σ ）において強い正の相関が認められたことから，変調度が大きくなると音の変動を強く感じると思われる。また，閾値を基準として加えた標準偏差 σ が大きいほど回帰直線の傾きが大きいことから，変調度が同じ場合，等価音圧レベルが大きいほど音の変動を強く感じると思われる。共分散分析による回帰の有意性の検定の結果，回帰直線の傾きに差は認められた。

Figure 3. に感覚的な音の変動度と不快感の関係を示す。Figure 3. によると，両者の間には強い正の相関が認められたことから，音の変動を強く感じると不快感が増加する傾向にあると思われる。この傾向は，振動感，圧迫感でも同様であった。

4. おわりに

本研究では，変動音を全身暴露したときの心理的影響について検討した。得られた結論を以下に示す。

- (1) 等価音圧レベルが同じ場合，変動音は定常音より音の大きさを大きく感じる傾向にあったことから，心身に係る苦情の参照値が定常音と変動音では異なる可能性が示唆された。
- (2) 不快感と感覚的な音の変動度には相関が認められたため，等価音圧レベル又は，変調度が大きくなると不快感が増加する傾向にあると思われる。

今後は，変動音を暴露したときの生理反応を測定し，心理反応との関係について検討を進める予定である。

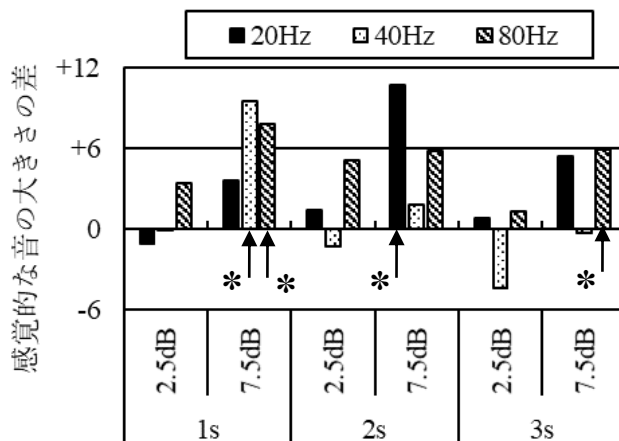


Figure 1. Difference of sensation sound magnitude of fluctuating low-frequency sound and steady low-frequency sound (L_{peq} : threshold level + 1 σ) * : P<0.05

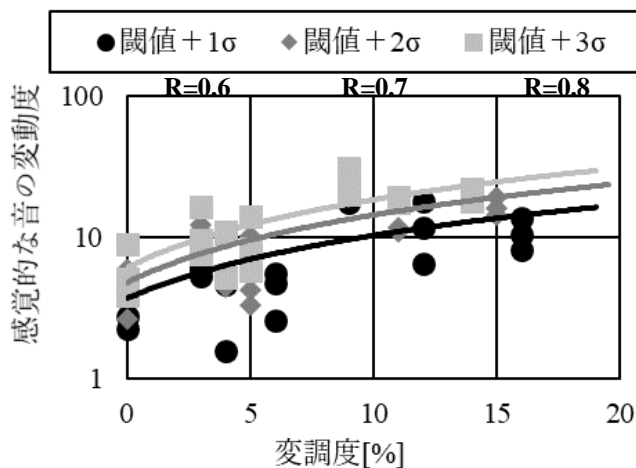


Figure 2. Relationship between sensory sound fluctuation and modulation degree

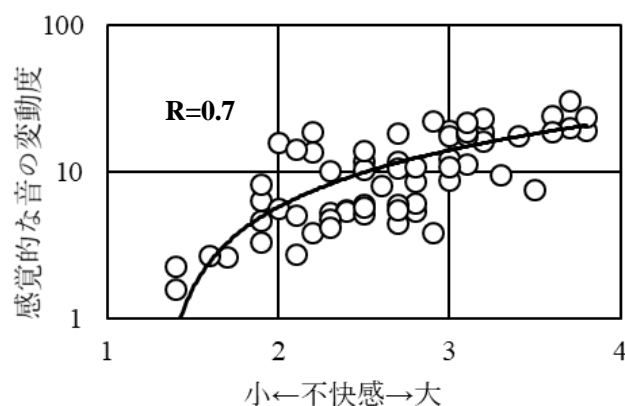


Figure 3. Relationship between sensory sound fluctuation and uncomfortable sensation

5. 参考文献

- [1] 環境省環境管理局大気生活環境室：「低周波音問題対応の手引書」，2004.
- [2] 矢津田他：「変動性低周波音による生体反応に関する検討」，人間工学 53 Supplement, 292-293, 2017.