E-17

変動性低周波音の人体に及ぼす心理影響について

Psychological effect of amplitude modulation low-frequency sound on human body

○矢津田拓也[1]，松田礼[2]，町田信夫[2]
*Takuya Yatsuda[1], Hiroshi Matsuda[2], Nobuo Machida[2]

Abstract: Low-frequency sound is generated from various environments of our daily life such as compressor of big machines and windmill for wind power generation. However, Japan has not yet established any regulatory standards regarding low frequency sound. Particularly, amplitude modulation low-frequency sound is not known to effect and evaluation method to be applied to the human body. In this study, we examined the psychological effect of human body on amplitude modulation low-frequency by comparing the steady low-frequency sound and amplitude modulation low-frequency sound.

１．はじめに

一般に人間が音として認知できる周波数領域は20～20000Hz と言われている．近年，様々な機械や構造物等から発生している騒音は静音化技術の発展により改善されてきた．しかし，その反面で 100Hz 以下の低周波音と呼ばれる音が知覚されるようになり始め，騒音問題の原因とされている．環境省は平成 16 年に「低周波音問題対応の手引書」[1]を公表し，低周波音に対する評価指針を定めたが，音圧レベルが一定の定常性低周波音のみを対象としているため，音圧レベルが時間変動する変動性低周波音には適用できない．低周波音が現在問題とされている風力発電施設のような現場では，風車のブレードが回転することによって発生している風切り音は時間変動する音であるため，定常性低周波音だけではなく，変動性低周波音についても評価を行う必要がある．本研究では，変動性低周波音が人体に及ぼす心理影響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

被験者は健康かつ聴覚の正常な男子大学生 11 名（延べ 22 名），年齢 21～22 歳である．実験場所は床面積 2.7m²，天井高さ 2.2m の低周波音用暴露室（チャンバー）にて行い，チャンバー内に設置した 4 基のウーハースピーカから音を暴露した．実験は 1 条件につき 30 秒間音暴露した後，心理アンケートに回答してもらうことで音に対する印象を測定した．また，被験者は座位, 開眼とし, チャンバー内は消灯して実験を行った．

2-2.音刺激条件

Table 1 と Table 2 に実験に用いた定常性低周波音(以下，定常音）と変動性低周波音（以下，変動音）の音条件を示す．変動音は振幅変調によって搬送波の変動周期と音圧レベル差（以下，振幅変調レベル）を変えて作成した．等価音圧レベル（$L_{Peq,\ T=30s}$）は、定常音の閾値と事前に測定した実験環境の暗騒音を考慮して決定した．

Table 1.Stedy low-frequency sound conditions

搬送波周波数 [Hz]	閾値 [dB]	等価音圧レベル [dB]
20	76	84
40	57	66
63	44	62
80	39	60

Table 2.Amplitude modulation low-frequency sound conditions

搬送波周波数 [Hz]	等価音圧レベル [dB]	変動周期 [s]	振幅変調レベル [dB]
20	84	0.5 1 1.5 3	2.5 5 10
40	66		
63	62		
80	60		

*変動周期 0.5s･振幅変調レベル 10dB の組合せは除く．

2-3.心理反応測定の評価方法

暴露した音に対する心理反応測定はアンケートを用いて行った.「感覚的な音の大きさ」はマグニチュード推定法（ME 法）を用い，感じた音の大きさを 1～100 の整数によって評価した．音の印象評価は「変動感」,「不快感」,「振動感」,「圧迫感」について 5 段階評定尺度法を用いて「感じない」を 1,「非常に感じる」を 5 とした得点を付けて評価した．

１：日大理工・院（前）・精機　　２：日大理工・教員・精機

３．実験結果

3-1.ME 法による感覚的な音の大きさの測定結果

Figure 1 に，搬送波周波数 20，63Hz における振幅変調レベルと感覚的な音の大きさの関係を示す. 20, 63Hz はいずれも振幅変調レベルが増加すると，わずかに感覚的な音の大きさが増加する傾向がみられた．この結果について，同一搬送波周波数の条件下で，定常音を基準とした一元配置分散分析の多重比較を Dunnett 検定によって行ったところ, 20Hz における変動周期 0.5, 1s で振幅変調レベル 10dB では有意差は認められたが，他の条件では有意差は認められなかった．また，変動音の条件を変化させてもほとんど同等の結果となった．この傾向は搬送波周波数 40, 80Hz においても同様であった．以上の結果より，搬送波周波数が同じ場合，変動周期，振幅変調レベルに関わらず，感覚的な音の大きさにはほとんど影響を及ぼさないと考えられる．

3-2.5 段階評定尺度法による印象評価の測定結果

Figure 2 に，搬送波周波数 20，63Hz における音の変動感の結果を示す．全ての条件において定常音よりも変動音の方が変動感を強く感じる傾向がみられた．63Hz では振幅変調レベルが増加するほど変動感が増加し，変動周期が長くなるほど変動感が減少する傾向がみられた．これらの傾向は 40，80Hz においても同様であった．また，20Hz では 63Hz と同様に振幅変調レベルが増加するほど変動感が増加する傾向がみられたが, 変動周期の変化による有意差は認められなかった．

Figure 3 に，音の不快感の結果を示す．ほとんどの条件で定常音よりも変動音の方が不快感を強く感じる傾向がみられた．また，振幅変調レベルが増加するほど不快感は増加する傾向がみられたが，変動周期による影響はほとんどみられなかった．この傾向は振動感，圧迫感においても同様であった．

４．おわりに

本研究では，変動音が人間の心理反応に及ぼす影響について実験的に検討した．感覚的な音の大きさは定常音と変動音でほとんど差がみられなかった．また，変動感や不快感などの音の印象は，ほとんどの条件で定常音よりも変動音の方が強く感じる傾向がみられた．特に，変動音は振幅変調レベルの影響を受けやすく，振幅変調レベルが増加するほど，大きく感じる結果となった．今後は，変動音が人体に及ぼす影響や評価法について明らかにしていくために，心理反応だけではなく，心電図や脳波を測定し，生理反応との関係についても検討していく予定である．

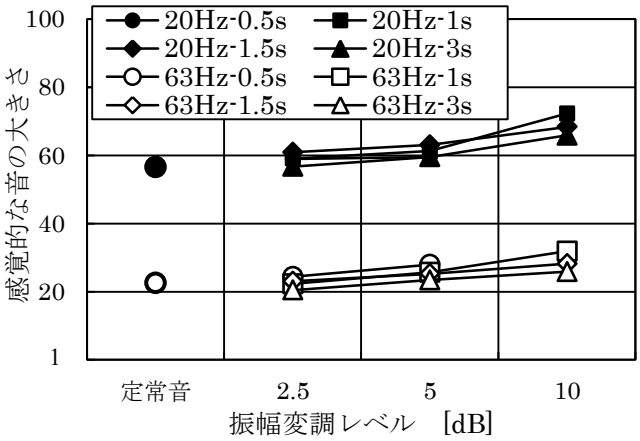

Figure 1.Comparison of loudness of steady low-frequency and amplitude modulation low-frequency sound

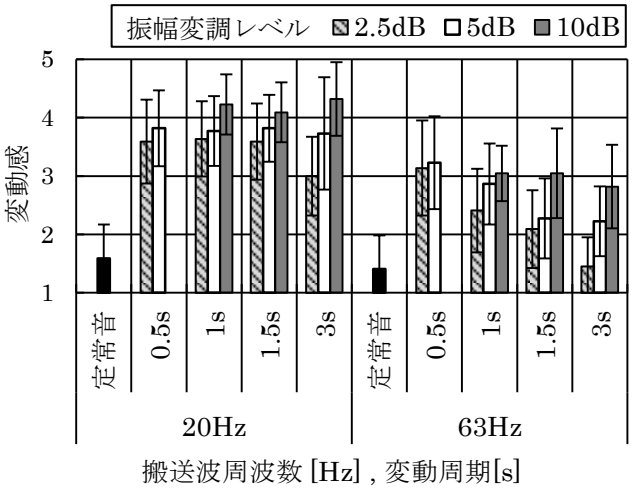

Figure 2.Measurement results of fluctuation sensation of low-frequency sound

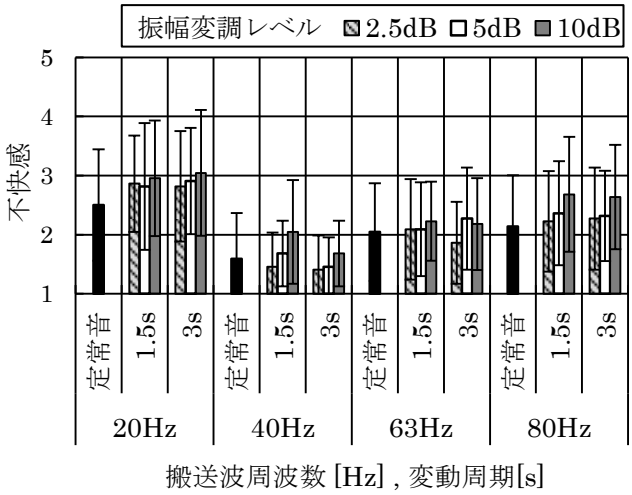

Figure 3.Measurement results of uncomfortable sensation of low-frequency sound

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」，平成 16 年.