

E-1

振幅変調を用いた変動性低周波音の人体影響に関する研究

Study of influence of amplitude modulation low frequency sound on physiological and psychological

○大井星十¹, 田代泰弘¹, 松田礼², 町田信夫²*Hoshito OI¹, Yasuhiro TASHIRO, Hiroshi MATSUDA², Nobuo MACHIDA²

Abstract : Low-frequency sound is one of the noise which generated from a machine or other, and the influence which it has on a human body. Influence of a low-frequency sound which especially accompany of sound pressure change in time in recent years have been a problem. In this study, we report examined the effect of which used amplitude modulation the LFS and steady LFS (SLFS) in systemic exposure, and as influence of a physiology reaction such as stress hormone and psychological annoyances for human body.

1. はじめに

低周波音は 1~100Hz 程度の周波数の音であり, 室外機や空気圧縮機等の機械から発生することが報告されている¹⁾. 固定音源から発生する音圧レベルが時間変動しない定常性低周波音については, 先行研究²⁾において人体に及ぼす影響が検討されてきた. しかし, 近年は移動音源等から発生する時間的に音圧変動を伴う変動性低周波音について, 評価方法や人体にどのような影響があるのか解明することが課題となっている.

本報では, 変動性低周波音を「時間的に音圧レベルが変動する音」と定義し, 感覚閾値以上のレベルを人体に暴露した際に生じる生理反応と心理反応を, 定常性低周波音と比較し検討したので報告する.

2. 実験

2-1. 実験方法

変動性低周波音と定常性低周波音の人体影響を検討するため, インフォームドコンセントを得た健康な被験者(延べ 15 名)に対して音刺激を全身暴露し, 生理・心理反応を測定した. 実験は暗騒音が L_A 30dB 程度のチャンバで行い, チャンバ内に設置した 4 基のウーハースピーカより低周波音を発生させた. 実験は 1 条件につき安静を 3 分間取った後, 音刺激を 5 分間暴露し, 暴露終了後に 4 分間の安静時間を設け, その間に生理反応の測定とアンケートによる心理反応測定を行った.

2-2. 音刺激条件

Table 1 に実験で暴露する音刺激条件を示した. 音刺激は純音の定常性低周波音と変動性低周波音の 2 種類とし, 変動性低周波音は波形生成ソフトでキャリア周波数を振幅変調させて作成した電圧波形信号を, 発振器に入力し発生させた. 音刺激は周波数(キャリア周波数) 3 種類, 変動周期 2 種類, 音圧変動を発生させる変調度 2 種類とし, 全組合せ 12 条件を設定した. 暴

露する音圧レベルは予備実験で測定した感覚閾値に対して 15dB 加えたレベルを暴露条件として設定した. なお, 変動性低周波音はレベルが時間変動する為, 等価音圧レベル L_{peq} によって評価し, レベルを定常性低周波音と統一することで比較検討した³⁾.

Table 1. Low frequency sound exposure conditions

Frequency / Carrier freq.	Sound cycle of fluctuation	Amplitude modulation factor
16 Hz (98dB)	3 s	0.3 / 3dB _{p-p}
31.5 Hz (79dB)		
63 Hz (58dB)	6 s	0.6 / 7dB _{p-p}

*() … Exposure sound pressure level L_p , L_{peq}

2-3. 生理反応測定—唾液アミラーゼ活性値の解析法—

本実験では, 生理反応の評価指標として唾液アミラーゼ活性値の測定を行った. 唾液アミラーゼ活性 (Salivary amylase activity, SAA) はストレスホルモンである唾液コルチゾールと相関があり, 専用ストリップにて数 μ L の唾液を採取し, 唾液に含まれる濃度を測ることで精神的ストレスを評価することができる. 唾液アミラーゼ活性を音刺激暴露前後の 2 回測定し, 安静時に対して暴露後のアミラーゼ活性値の変化率 ΔSAA を算出し, 低周波音に対するストレス評価を行った.

$$\Delta SAA = \frac{SAA - SAA_0}{SAA_0} \times 100 [\%]$$

SAA_0 : 安静時の唾液アミラーゼ活性(kU/L)

SAA : 暴露後の唾液アミラーゼ活性(kU/L)

2-4. 心理反応測定 アノイアンスの評価

低周波音に対する心理反応は, 心理学的手法を用いたアンケートによってアノイアンス(不快感)を測定した. アンケートは「感じない[1]」から「非常に感じる[5]」の 5 段階評定で, 各項目に得点を割り当ててアノイアンスの大きさを求めた.

1: 日大理工・院(前)・精機 Graduate School of CST, Nihon Univ.

2: 日大理工・教員・精機 Nihon University.

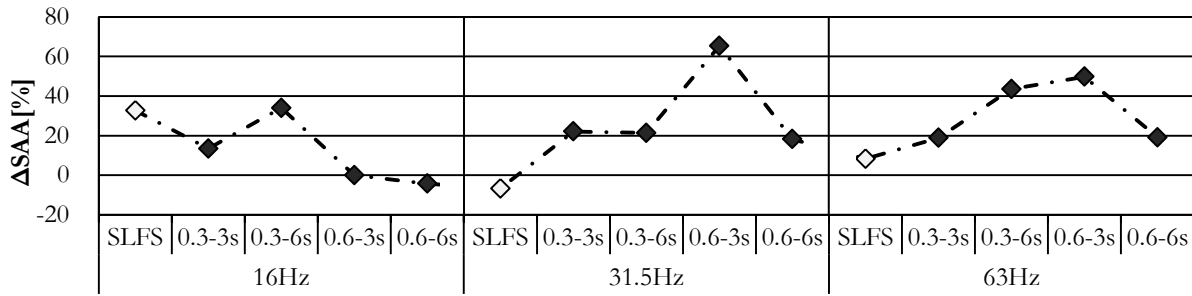


Figure 1. Salivary amylase activity rate of low frequency sound condition

3. 実験結果

3-1.生理反応—唾液アミラーゼ活性値の結果—

Figure 1 に各音条件の唾液アミラーゼ活性値変化率 ΔSAA について全被験者の平均値を示す. ほぼ全ての条件で ΔSAA が正の値となり, 安静時に対して音刺激暴露後のアミラーゼ活性値が増加したことを示した. 定常性低周波音 (SLFS) と変動性低周波音を比較すると, 定常性低周波音に対してキャリア周波数 31.5Hz, 63Hz の可聴性低周波音は, 音刺激暴露後のアミラーゼ活性値が増加する傾向であった. 変動性低周波音の音条件を比較すると, 変調度 0.6 の条件で変動周期 6s より 3s で ΔSAA が大きくなり, ストレス反応を強く示した. しかし, 超低周波音域である 16Hz に関しては同様の傾向はみられなかった. 変調度 0.3 と 0.6 の比較では類似した傾向はみられなかったが, 全てのキャリア周波数において変調度 0.3 では変動周期が長くなると唾液アミラーゼ活性値が相対的に大きくなり, 変調度 0.6 では変動周期が短くなると変化率 ΔSAA が大きくなった. このことから, レベル変動が $3dB_{pp}$ と小さい場合は変動周期が長いとストレス反応が強くなり, $7dB_{pp}$ とレベル変動が大きい場合には変動周期が短いとストレス反応が強くなることを示唆された.

3-2.心理反応 —アノイアンス測定の結果—

Figure 2 に全被験者のアノイアンス得点の平均値を示す. 先行研究⁴⁾において低周波音純音を暴露し, 快—不快感を測定した結果, 不快感のみ感じる結果となった為, 本研究では単極のアンケートで測定を行った. 定常性低周波音のアノイアンスは周波数が低い程強く感じる傾向がみられ, 測定周波数は異なるが先行研究と同様の結果が得られた. しかし, 変動性低周波音ではキャリア周波数が 31.5, 16, 63Hz の順でアノイアンスを強く感じる結果であった. アノイアンス得点について t 検定を行った結果, 定常性 31.5Hz とキャリア周波数 31.5Hz 変調度 0.3 変動周期 3s の間に有意な差が認められたが, 他の定常性と変動性の条件では認められなかった. また, キャリア周波数間の検定では 16Hz と 63Hz の間に有意な差 ($p < 0.10$) が認められた.

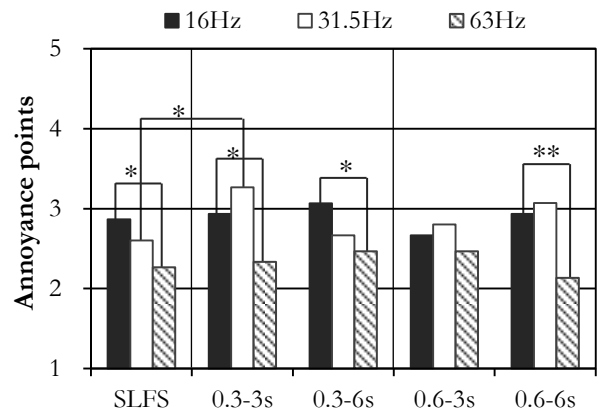


Figure 2. Comparison of annoyance of SLFS and AMLFS (t-test significance level *: $p < 0.10$ **: $p < 0.05$)

4. おわりに

本研究では定常性低周波音と変動性周波音が人体に及ぼす影響の違いについて, 生理反応と心理反応の両面から検討を行った. その結果, 可聴性低周波音はストレス反応の指標である唾液アミラーゼ活性値が定常性低周波音よりも増加しやすいことが示唆された. 心理反応では, 定常性低周波音と変動性低周波音のアノイアンスの強さについて検定を行った結果, 有意な差はみられなかった. 今後は変動周期と変調度の条件を増やし, 変動性周波音に対する人の生理・心理反応の関係について検討を重ねて行く予定である.

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き書」, 平成 16 年
- 2) 大井, 町田, 松田:「低周波音の人体に及ぼす影響」, 日本人間工学会誌, 第 48 巻特別号, pp.146-147, 2012.
- 3) H. MATSUDA, N. MACHIDA, H. OHI: “Measurement of psychological response and evaluation of task performance on low-frequency sound”, LFNC2012, pp.111-122, 2012
- 4) 大井星十, 他:「変動性低周波音による人体影響に関する研究」, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, pp.225-228, 2013