変動性低周波音による生体反応に関する検討

○矢津田 拓也（日本大学大学院理工学研究科）

松田 礼，町田 信夫（日本大学理工学部）

Investigation of biological response by fluctuating low-frequency sound

Takuya YATSUDA (Graduate School of Science and Technology, Nihon Univ.),

Hiroshi MATSUDA, Nobuo MACHIDA (College of Science and Technology, Nihon Univ.)

1. はじめに

近年、様々な機械や構造物等から発生する騒音は静音化技術の発展により改善されている。しかし、これまで問題視されていなかった低周波成分を含む音が知覚され始め、新たな騒音の原因となってきた。環境省は「低周波音問題対応の手引書」¹⁾を公布し、低周波音に対する評価指針を定めたが、この評価指針は固定音源における定常性低周波音のみが対象であり、音圧が時間変動する変動性低周波音には適応できず、人体に及ぼす影響や評価方法も明確になっていない。

本研究では、変動性低周波音を人体に全身暴露した時の生体反応を調べ、変動性低周波音を構成する物理量と心理・生理反応量との関係を検討したので報告する。

2. 実験方法

2-1 実験概要

被験者は健康で聴覚の正常な21～22歳の大学生10名である。低周波音は床面積2.7m²、天井高さ2.2m、壁面パネル厚45mmのチャンバ内に設置した直径380mmのスピーカ4基から発生させた。実験は実験前安静を5分間、音暴露を3分間、実験後安静を1分間の合計9分間を1条件として、この間に後述する心理・生理反応量を測定した。また、被験者はチャンバ内の椅子に座位、開眼状態とし、チャンバ内は消灯して実験を行った。

2-2 音刺激条件

実験で用いた音刺激条件を表1、2に示す。変動性低周波音（以下、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 ($L_{\text{peq, T=30s}}$) は定常性低周波音（以下、定常音）の閾値を基準として、標準偏差を考慮した8dBを加えた大きさに設定した。また、比較検討のため、搬送波と音圧レベルを一致させた定常音も実験条件に加えた。

表1 定常性低周波音 音刺激条件

周波数 [Hz]	閾値 [dB]	音圧レベル [dB]
20	76	84
40	57	65
80	39	47

表2 変動性低周波音 音刺激条件

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	1	2.5 7.5
40	65	2	
80	47	3	

2-3 心理・生理反応の測定と評価方法

心理反応測定は、低周波音の印象の特徴である「不快感」、「振動感」、「圧迫感」に対し、単極の7段階評定尺度を用いて「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た心理アンケートにより評価した。

生理反応測定は、脳波、心電図、唾液アミラーゼ活性を測定した。脳波は左耳朵を基準電極とした国際10-20法によって、 α 波が優勢に検出される頭頂部 (C_z , C_3 , C_4) の3部位を測定した。測定した脳波をFFT解析し、 α 波帯域と β 波帯域のパワー比である β/α を求め、実験前安静時を基準とした音暴露中の β/α の変化率で評価した。心電図は、測定した心拍変動周期を周波数分析し、低周波数帯域LFと高周波数帯域HFのパワー比であるLF/HFを求め、実験前安静時を基準とした音暴露中のLF/HFの変化率で評価した。唾液アミラーゼ活性は唾液腺から分泌されるアミラーゼを被験者の舌下に挿入したチップシートで採取し、濃度を測定した。測定は、実験前安静時と音暴露後の2回実施し、安静時を基準とした音暴露後の唾液アミラーゼ活性の変化率で評価した。

3. 実験結果

図1に音刺激条件と不快感の関係を示す。ほぼ全ての条件において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。同一搬送波周波数、変動周期の条件でt検定（有意水準5%）により振幅変調レベルの違いによる統計的有意差を調べた結果、有意差は認められなかったが、振幅変調レベル2.5dBより7.5dBの方がわずかに不快感を強く感じる傾向がみられた。この傾向は振動感、圧迫感においても同様であった。

図2に音刺激条件と β/α 変化率の関係を示す。変化率が1以上の場合、音暴露によりストレス反応が生じたと考えられる。40、80Hzでは多くの条件で変化率が1以下であるが、20Hzではほぼ全ての条件で1以上であることから、20Hzの低周波音暴露によって、ストレスを感じていると考えられる。また、振幅変調レベルで比べると、ほぼ全ての条件で7.5dBより2.5dBの方が、変化率が大きいことから、振幅変調レベルが増加するほど、ストレスによる影響が減少するのではないかと考えられる。

図3に不快感とLF/HF変化率、アミラーゼ活性変化率の関係を示す。LF/HF、アミラーゼ活性はいずれも不快感との相関関係が認められない結果となったが、多くの条件で変化率が1以上であることから、低周波音暴露によって交感神経が優位に働く傾向がみられた。LF/HF、アミラーゼ活性のいずれも40、80Hzにおいては不快感の評定値が3「あまり感じない」の付近に集まっているが、20Hzでは4「やや感じる」～5「感じる」の範囲に集中していることから、20Hzの低周波音暴露により不快に感じると交感神経が優位に働く傾向がみられた。以上の結果より、不快感とLF/HF、アミラーゼ活性は対応関係を示すと考えられる。

4. おわりに

本研究では、変動音が人間の心理・生理反応に及ぼす影響について実験的に検討した。不快感は、多くの条件で定常音より変動音の方が強く感じる傾向がみられた。特に、振幅変調レベルが増加するほど不快に感じる結果となった。脳波測定では、20Hzでストレス反応を生じ、振幅変調レベルが増加するほど、低周波音による影響が減少すると考えられる。不快感とLF/HF、アミラーゼ活性の関係から、両者に対応関係がある可能性が示された。

図1 音刺激条件と不快感の関係

図2 音刺激条件と β/α 変化率の関係

図3 不快感とLF/HF、アミラーゼ活性変化率の関係

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6月。