

振動と音の複合環境における振動感覚と生体反応

Vibration sensation and biological reaction in a combined environment of vibration and sound

○高木耀太¹, 並木敬祐¹, 松田礼², 町田信夫³*YoutaTakagi¹, Keisuke Namiki¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida³

Abstract: The purpose of this study is to investigate the effect of sound on vibration sensation. The biological reaction when vibration and sound were exposed to the human body was measured by psychological and physiological methods. It was found that the sensation strength of vibration is larger than that of vibration alone by adding the sound stimuli. Moreover, the sympathetic nerve system in the autonomic nerve was activated by the several sound conditions.

1. はじめに

人間は自動車や電車, 建設現場などの様々な場面で振動に曝されている。また, これらの環境は振動刺激だけでなく音刺激も同時に暴露されている複合環境である。しかし, ISO 2631-1 に規定される全身振動の評価規格には複合環境における評価方法は定められておらず, その研究例も少ない。

本研究の目的は, 水平振動を全身暴露した時の振動感覚と生体反応に及ぼす音の影響を明らかにすることである。本報では, 被験者に振動と音を同時に暴露した時の振動感覚をアンケートによる心理学的手法で測定し, 生体反応を心拍変動等の計測による生理学的手法を用いて測定した結果について報告する。

2. 実験概要

被験者に振動単独または振動と音を同時に暴露し, 暴露中の振動感覚, 生体反応を測定する。振動は水平振動を振動加振機により臀部から暴露, 音はヘッドホンを用いて直接両耳に暴露した。

振動条件を Table 1 に示す。振動は乗物の実環境を考慮した振動加速度レベル(VAL)80,90,100dB の 3 条件, 周波数は人体の感度が高いとされている周波数域を含む 1,2,4,8Hz の 4 条件の正弦波振動とした。

音条件を Table 2 に示す。楽音として歌詞による影響がないことやテンポのばらつきが小さいことなどを考慮して選定した「展覧会の絵～プロムナード～」を用いた。

Table 1. Vibration conditions

振動方向	周波数[Hz]	VAL (VL) [dB]		
左右 前後	1	80(83)	90(93)	100(103)
	2	80(82)	90(92)	100(102)
	4	80(77)	90(87)	100(97)
	8	80(71)	90(81)	100(91)

Table 2. Sound conditions

音の種類		テンポ
雑音	ホワイトノイズ(WN)	—
楽音	展覧会の絵～プロムナード～	90 BPM
変動雑音	変動 WN	90 BPM

3. 音量選定実験

3.1. 実験方法

本研究では実験で用いる音条件を設定するために, 振動と音が同等の大きさを感じる等価騒音レベル (以下, 等感覚音) を調べた。被験者に振動と音を同時に暴露し, 振動と音を同等の大きさを感じるように音量を調整してもらった。調整開始音量($L_{Aeq,30s}$) は, 上昇系列は 10dB から, 下降系列は 70dB からとした。被験者は健康な大学生 15 人 (21~22 歳) である。

3.2. 実験結果

Figure 1 に音量選定実験の左右振動の実験結果を示す。上昇系列, 下降系列のどちらにおいても, 等感覚音は振動レベルと比例関係にあり, 多くの条件で相関係数 0.8 以上の強い相関がみられた。また, 上昇系列

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

と下降系列の間には 10dB 程度の差があった。この傾向は前後振動でも同様にみられた。

以上の結果から、本研究では等感覚音はある 1 点に定まるものではなく、10~20dB 程度の帯域であると仮定した。本研究では上昇系列と下降系列の平均の値を「帯域中間」、上昇系列の値を「帯域下限」、帯域下限から 10dB 引いた値を「振動優位」と定義した。

4. 振動と音の同時暴露実験

4.1. 実験方法

本実験は、Table 1 の振動条件と Table 2 の音条件に音量選定実験の結果から求めた 3 種類の音量を加えた全 240 条件で行った。実験のタイムスケジュールは安静時間 4 分、振動暴露時間 10 分、安静時間 3 分、アンケート回答時間 1 分の計 18 分を 1 セットとした。生理反応は安静時から計測を開始し、振動暴露時の計測値を最初の安静時の計測値で割った変化率で評価した。

4.2. 実験結果

Figure 2 に左右振動における周波数 1Hz の生理反応の結果を示す。心拍数は 10 分の暴露時間では変化がみられず、いずれも変化率 1 に近い値となった。LF/HF と鼻部額部表面温度差をみると、振動単独より音を暴露した方が変化率の大きい音条件が複数あり、音を加えることで交感神経系が優位に働く傾向がみられた。

Figure 3 に左右振動に帯域中間の音を暴露した時の振動の感覚的強さの結果を示す。振動の感覚的強さの対数値と振動レベル(VL)は比例関係にあり、振動の感覚的強さは振動単独よりも音を暴露した方が大きくなる傾向がみられた。

5. まとめ

- (1) 振動と音を同等の大きさに感じる等価騒音レベルは振動レベルに比例して増加し、10~20dB 程度の幅をもつことがわかった。
- (2) 本研究の実験条件の範囲では、振動の感覚的強さは振動単独よりも音刺激を加えたほうが大きくなった。また、生理反応の結果から複数の音条件に対して振動単独よりも交感神経系が優位に働く傾向がみられた。

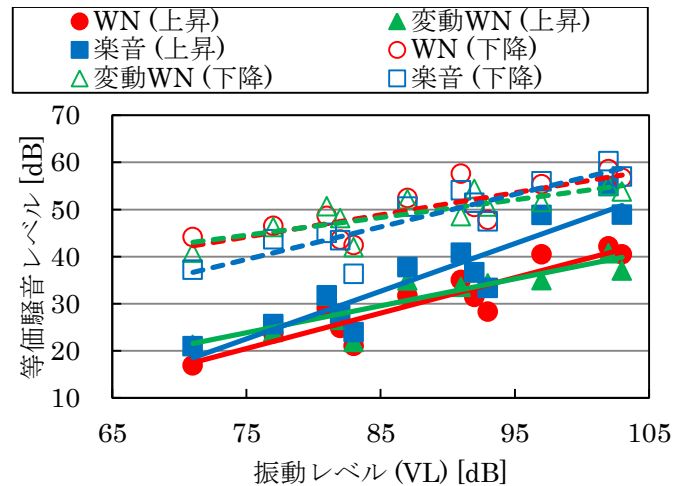


Figure 1. Equivalent sensation level at vibration and sound

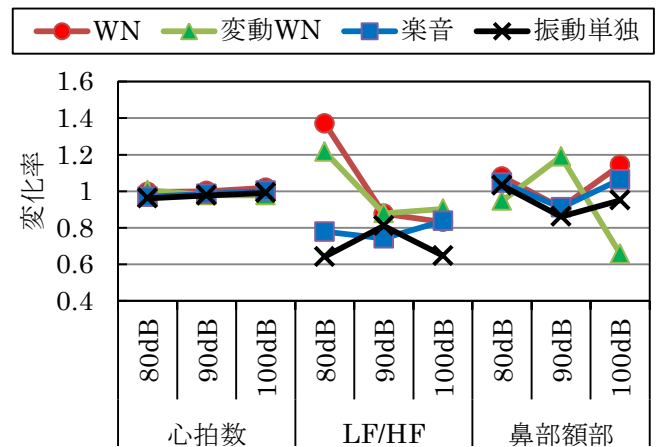


Figure 2. Change ratio of physiological reaction

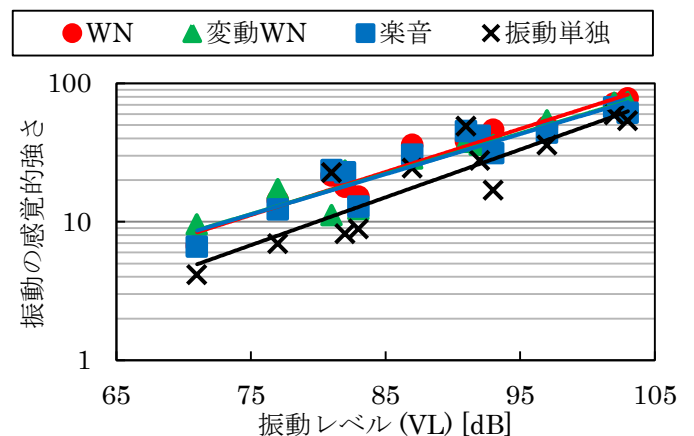


Figure 3. Relationship between sensation strength of vibration and vibration conditions

6. 参考文献

[1]米田, 寺山, 松田, 町田:「鉛直方向の全身振動感覚に及ぼす音の作用に関する研究」, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, pp.245-246, 2016