

人間の全身振動感覚に音を与える影響

Effect of sound on whole-body vibration sensation of human

○米田圭佑¹, 寺山聡¹, 松田礼², 町田信夫²*Keisuke Yoneda¹, Satoshi Terayama¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida²

Abstract: The purpose of this study is to determine the effect of sound on whole-body vibration sensation. The sensation strength and comfortable-uncomfortable sensation of vibration during vibration and sound exposure to the human body was measured by psychological measurement. The experimental results showed that the vibration sensation changed such as an increase and decrease in the vibration acceleration level.

1. はじめに

自動車や鉄道などの乗り物の設計において、振動感覚の情報を設計データとして導入することは大変重要である。乗り物や産業機械などの振動環境では、振動と音が同時に発生しているため、音を考慮した振動環境の人体影響の評価が必要である。しかし、振動や音単独を暴露したときの人体影響に関する研究は多くあるが、振動と音を同時に暴露したときの人体影響に関する研究は少なく、明確になっていない部分が多い^[1]。

本研究では、全身振動感覚に及ぼす音の影響を明らかにすることを目的として、人体に振動と音を同時に暴露したときの振動の感覚的強さと振動の快・不快感に与える音の作用について質問紙調査による心理学的手法を用いて検討した。

2. 実験方法

2.1 実験概要

被験者を振動加振機に着座させ、腰部から鉛直方向の全身振動を暴露した。全身振動感覚に及ぼす音の影響を検討するため、振動単独暴露実験と振動と音の同時暴露実験を行った。音はヘッドホンから両耳に暴露した。振動単独暴露実験時は、暗騒音の影響を少なくするため、イヤーマフを用いた。

実験手順は、刺激暴露（振動単独または振動と音同時）を 30 秒、刺激暴露後のアンケート回答および休憩を 60 秒の計 90 秒を 1 条件の実験とし、繰り返し行った。実験時間は被験者の負担を考慮して、最長 1 時間までとした。被験者は男子大学生述べ 16 人(22±1 歳)である。

2.2 振動感覚の評価方法

振動感覚は振動の感覚的強さと振動の快・不快感を心理アンケートによって測定した。振動の感覚的強さの評価は、被験者に暴露された振動を 1~100 の整数で

Table 1. Vibration conditions

周波数	VAL (VL)		
	70dB	80dB	90dB
2Hz	(67)	(77)	(87)
4Hz	(70)	(80)	(90)
8Hz	(69)	(79)	(89)
16Hz	(64)	(74)	(84)

Table 2. Sound conditions

音条件		テンポ[BPM]
展覧会の絵 ～プロムナード～	楽音	90
変動雑音	変動 WN	90
雑音	WN	-

評価してもらうマグニチュード推定法を用いた。振動の快・不快感の評価は、「どちらでもない (0)」を基準として、「やや (±1)」、「かなり (±2)」、「非常に (±3)」を用いた両極 7 段階の評定尺度法を用いた。

2.3 振動条件と音条件

振動条件は鉛直方向の正弦波振動で、Table 1 に示す全 12 条件とした。振動の周波数は 2~16Hz の 4 条件とし、振動の大きさは 70~90dB の 3 条件の振動加速度レベル(VAL)を JIS C 1510 の周波数補正值(2Hz は-3dB, 4Hz は 0dB, 8Hz は-1dB, 16Hz は-6dB)で振動感覚補正をした振動レベル (VL) とした。音条件は Table 2 に示すように、楽音、雑音の騒音レベルを楽音のテンポに合わせて時間変動させた変動雑音、雑音の 3 種類の音とした。

音の大きさは事前実験により決定した。Table 1 の振動と Table 2 の音を同時暴露し、「振動と音が同等の強さに感じる等価騒音レベル」を調整法により求めた。

その結果, Figure 1 に示すように振動と音を同等に感じる等価騒音レベルと VL は強い相関がみられた ($R^2=0.8$ 以上, 標準偏差 10dB 未満). 得られた回帰式を「振動と音を同等に感じる (等感覚)」とし, 標準偏差を考慮して回帰式の等価騒音レベルに+10dB 加えた「音優位」, +5dB 加えた「やや音優位」, -5dB 引いた「やや振動優位」, -10dB 引いた「振動優位」の 5 種類の音量を決定した.

3. 結果

Figure 2 に振動周波数 8Hz の振動の感覚的強さにおける振動単独と音暴露の差を示す. 縦軸の正の値は振動の感覚的強さの増加, 負の値は減少を表す. VAL70dB, 80dB では, 振動と音を同時暴露すると振動の感覚的強さは振動単独より減少し, その減少量は VAL70dB より VAL80dB の方が大きく減少する傾向がみられた. これに対して VAL90dB の振動に音を加わると振動の感覚的強さは振動単独より増加した. 他の振動周波数では VAL70dB, 80dB は振動単独より減少するが, VAL90dB では, 音を暴露しても振動の感覚的強さは変化せず, 振動単独とほぼ同じ値となり, 等価騒音レベルによる違いもみられなかった. また, 各振動条件内で一元配置分散分析 (対応あり) の多重比較を Bonferroni 検定によって行ったが, 有意差はみられなかった.

Figure 3 にすべての振動周波数を平均して 1 つにまとめた振動の快・不快感の振動単独と音暴露の差を示す. 縦軸の正の値は振動の不快感の減少, 負の値は増加を表す. Figure 3 より, 音を暴露したときの振動の不快感の増加量を比較した結果, VAL70dB, 80dB に比べ, VAL90dB の振動に音を加わると大きく増加する傾向がみられたが, 等価騒音レベルの違いによる変化はみられなかった. また, VAL70dB, 80dB では周波数によっては振動単独より減少する結果が得られた. VAL70dB の 16Hz, VAL80dB の 2Hz, 4Hz で音を加えると振動単独より不快感は減少した.

4. おわりに

振動の感覚的強さは VAL70dB, 80dB で振動単独よりも減少し, VAL90dB では, 8Hz を除いて振動単独とほぼ同じ値となった. 振動の不快感は VAL70dB, 80dB に比べ, VAL90dB の振動に音を暴露すると振動単独よりも大きく増加する傾向がみられた. また, 等価騒音レベルによる違いもみられなかった. これより, 振動単独を基準としたとき, 音を加えると音量や音の種類によらず, 振動の感覚的強さは VAL80dB 以下になると

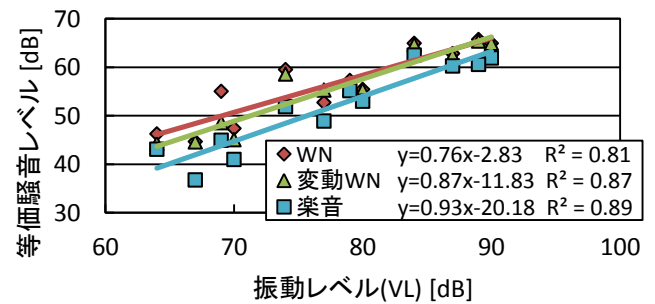


Figure 1. Relationship between vibration level and equivalent sound level which vibration and sound strength felt equal

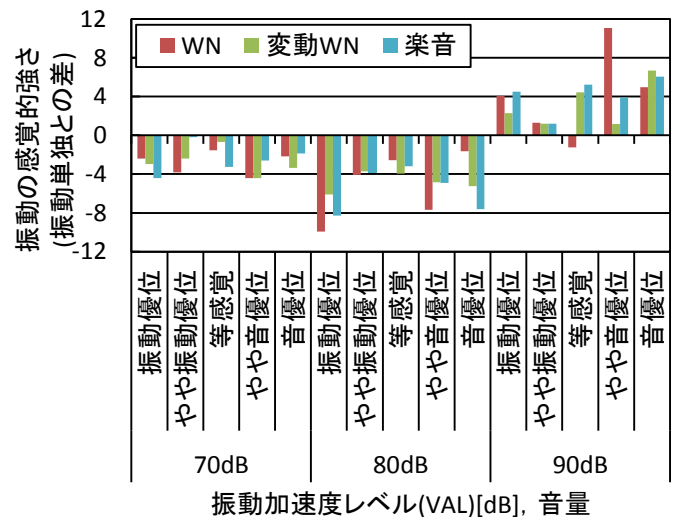


Figure 2. Measurement results of sensation strength of vibration (8Hz)

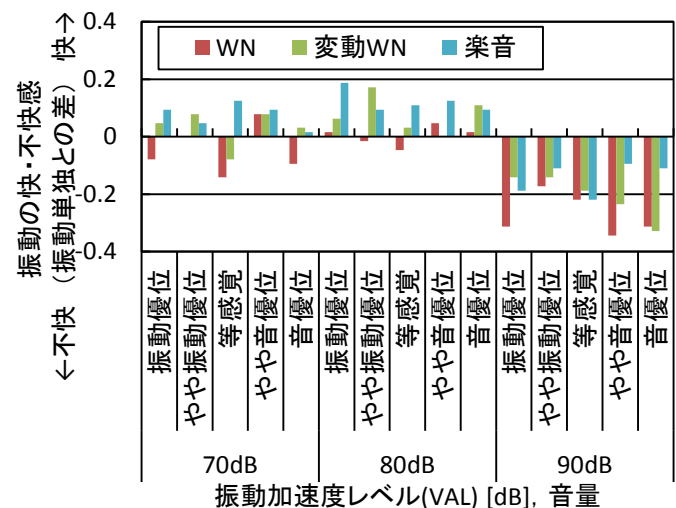


Figure 3. Measurement results of comfortable-uncomfortable sensation of vibration

減少し, 振動の不快感は VAL80dB を超えると増加すると考えられる.

5. 参考文献

[1]馬渡, 松田, 町田: 振動感覚に及ぼす音の影響に関する研究, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会, pp.9-10, 2015.