

E-3

振動と音の相互作用による振動感覚への影響

Effect of vibration sensation on interaction of vibration and sound

○馬渡雅崇¹, 松田礼², 町田信夫²*Masataka Mawatari¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida²

Abstract: This study, autonomic control by the sound stimulus is intended to clarify the effect on vibration sensation. We are exposing the vibrations and sound to the human body, and subjected to psychological reaction measurements. Thereby examined the human body influence in an environment where vibration and sound are present at the same time.

1. はじめに

乗り物や産業・建設機械などのオペレータは機械的振動を受け、振動の強さや快・不快といった印象をもつ。そのような場面では、振動と音が同時に発生しているが、ISO2631 等の振動規格は、振動と音の両方が同時に存在する環境の評価について言及していない。また、音を考慮した振動環境の人体影響の評価に関する研究例は少なく[1]、明確にされていない部分が多い。

本研究では、音刺激による自律神経制御が振動感覚に与える影響を明らかにすることを目的として、人体に振動及び音を暴露し、質問紙調査による心理反応測定を行うことで振動と音が同時に存在する環境での人体影響（振動の感覚的な強さ、振動の快・不快感）を検討した。

2. 実験方法

2.1 実験概要

振動加振機上に設置した椅子に被験者を着座させ、鉛直方向の正弦波全身振動を腰部より暴露した。音はヘッドホンにより両耳から暴露した。刺激を暴露した後、質問紙による心理アンケートを用いて振動感覚を測定した。また、音刺激による全身振動感覚への影響を検討するために、被験者に振動のみの暴露実験（以下、振動単独）と、振動と音を同時暴露する実験をランダムに行った。

2.2 実験手順

実験手順は、振動単独、または振動と音の同時暴露を 30 秒間行い、暴露後に心理アンケートへの回答及び休憩時間を 60 秒間設定した。この計 90 秒間のサイクルを 1 条件とし繰り返し行った。ただし、被験者への負担を考慮し、繰り返しサイクル数は最大 1 時間 (40 条件) までとした。

Table 1. Vibration condition

周波数	VAL(VL) ref. $1 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$		
	70dB	80dB	90dB
2Hz	(67)	(77)	(87)
4Hz	(70)	(80)	(90)
8Hz	(69)	(79)	(89)
16Hz	(64)	(74)	(84)

Table 2. Sound condition

音条件		テンポ[BPM]
展示会の絵 ～プロムナード～	楽音	75
		110
WN	変動雑音	75
		110
WN	雑音	-

L_{AeqT=30s} 36~79dB

2.3 振動感覚の評価方法

振動感覚は心理アンケートにより振動の感覚的な強さと振動の快・不快感を測定した。振動の感覚的な強さはマグニチュード推定法（以下、ME 法）により暴露された振動を 1~100 の整数で評価した。振動の快・不快感は両極 7 段階の評定尺度法により評価した。7 段階評定の評定値は 0 を「どちらでもない」とし、「やや」を ±1、「かなり」を ±2、「非常に」を ±3 として集計し、平均値で評価した。

2.4 振動条件と音条件

振動条件は、Table 1 に示す全 12 条件の鉛直方向の正弦波振動とした。振動周波数は 2~16Hz、振動の大きさは 70~90dB の振動加速度レベル（以下、VAL）を JIS C 1410 による周波数補正值で補正した振動レベル（以下、VL）とした。

音条件は、Table 2 に示す 2 種類の楽音及び楽音のテンポに合わせて騒音レベルを時間変動させた 2 種類の変動雑音、定常雑音の計 5 条件とした。

2.5 音条件の音量選定

音の大きさは以下の事前実験により決定した。まず、Table 1 の振動と Table 2 の音を同時暴露したときの「振動と音の強さを同等に感じる等価騒音レベル」を調整法により測定した。その結果、Figure 1 に示すように VL と等価騒音レベルが同等に感じるレベルは比例関係にあった ($R^2=0.7$ 以上, 標準偏差 10dB 未満)。次に, 標準偏差 ± 10 dB を考慮して等価騒音レベルと VL との回帰式を求め, 「音より振動を強く感じる (振動優位)」, 「振動より音を強く感じる (音優位)」, 「振動と音の強さを同等に感じる (等感覚)」の 3 つの等価騒音レベル (全 15 条件) を決定した。

3. 結果

3.1 振動の感覚的な強さ

Figure 2 に音優位な等価騒音レベルで振動と音を暴露した場合の VL と振動の感覚的な強さの関係を示す。破線は振動単独の回帰直線である。振動と音を同時暴露したときの回帰直線は音の種類やテンポに関わらずほぼ一致した。一方, 破線の振動単独と比べ音優位な等価騒音レベルで音を暴露すると振動の感覚的な強さは, 最大 5dB 程度低い振動レベルで振動単独と同等の強さに感じる傾向がみられた。すなわち, 音を暴露することにより低い振動レベルで強い影響を与えられると考えられる。

3.2 振動の快・不快感

Figure 3 に 8Hz-VL89dB の振動に音を暴露した場合の振動の快・不快感を示す。音の大きさの違いによる振動の快・不快感の増減を調べるために一元分散分析の多重比較 (有意水準 $p<0.10$) を行った。全ての音の種類において音優位の等価騒音レベルで振動を暴露すると振動優位と比べ不快感が有意に増加した。平均値でみると, 振動単独と比べ振動優位な等価騒音レベルで音を暴露すると不快感が減少し, 音優位な等価騒音レベルで音を暴露すると不快感が増加する傾向であった。テンポの違いで比較すると, 雑音, 楽音によらずテンポが 110 の速い音の方が 75 の遅い音に比べ不快感が増加する傾向がみられた。この結果は, 音のテンポ差が自律神経制御に与える影響と考えられる。

4. おわりに

振動の感覚的な強さはテンポや音の種類によらず等感覚, または音優位の等価騒音レベルの音を暴露すると振動単独に比べ増加したが, 振動優位な等価騒音レベルでは一定の傾向はみられなかった。

振動の快・不快感は, 振動単独と比べて振動優位な

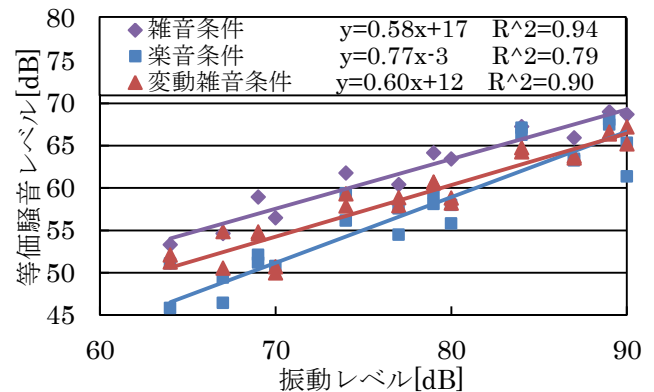


Figure 1. Equally feel level the strength of the vibration and sound

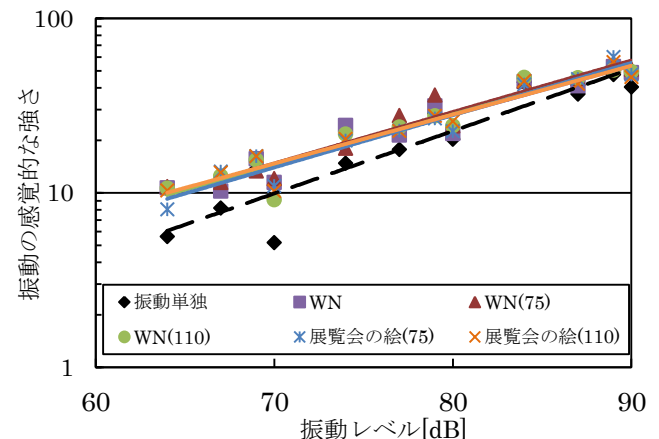


Figure 2. The vibration level and sensuous strength of the vibration (Sound advantage)

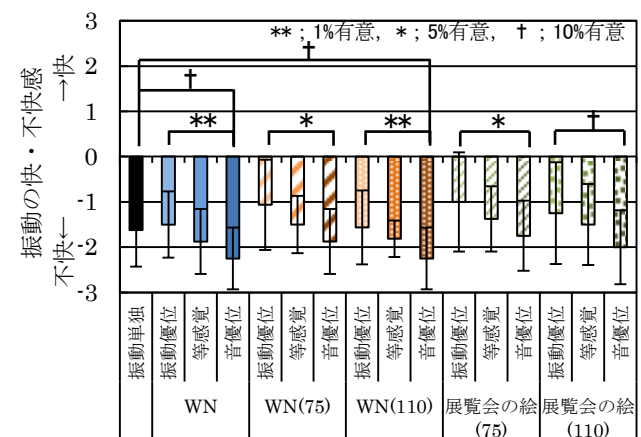


Figure 3. Comfort-discomfort of vibration (8Hz-VL89dB)

等価騒音レベルで不快感が減少し, 音優位で不快感が増加する傾向がみられた。

これらのことから音の強弱は振動の感覚的な強さと快・不快感に影響を与えるが, 音のテンポは振動の快・不快感のみに影響を与えることが考えられる。

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.