

水平振動と音の複合環境における振動の不快感に関する検討

Examination of Vibration Discomfort in Combined Environment of Horizontal Vibration and Sound

○張煜棚<sup>1</sup>, 笹森咲依<sup>1</sup>, 西尾恒紀<sup>1</sup> 松田礼<sup>2</sup>

\*Zhang Yupeng<sup>1</sup>, Sai Sasamori<sup>1</sup>, Koki Nishio<sup>1</sup>, Hiroshi Matsuda<sup>2</sup>

Abstract: The passengers of vehicles such as trains and cars experience a variety of vibration and sound stimulation from the surrounding environments. Therefore, an evaluation of the vibratory sensation based on the combined effect of vibration and noise is needed. This study investigates the effect of sound on vibration sensations such as vibration discomfort. We report the results of measuring the vibration sensation when exposed to horizontal whole-body vibration and sound by a psychological questionnaire.

1. はじめに

自動車や鉄道車両内において、人間は振動と音が同時に発生する環境におかれている[1]. 全身振動評価の国際規格である ISO 2631-1:1997[2]には音を含んだ複合環境の評価方法は含まれていない. そのため、振動と音の複合効果に基づく振動感覚の評価が必要である. 本研究の目的は水平振動と音が同時に作用する複合環境において、振動感覚に及ぼす音の影響を明らかにすることである. 本研究では振動と音の大きさの主観的等感覚域を調べる実験(実験 A)を行い、その結果から振動条件を選定し、振動の不快感に及ぼす音の影響を調べるための振動と音の同時暴露実験(実験 B)を行った結果について報告する.

2. 主観的等感覚域の測定実験(実験 A)

実験 A は振動と音を同時暴露した時に振動と音の大きさの優位性が判断できない主観的等感覚域を調べることを目的としている. 実験は振動を上昇系列, 下降系列により暴露する極限法で行い、振動と音の大きさの優位性が判断できなくなる振動加速度レベル (VAL) を調べた. 表 1 の振動を振動加振機に着座した被験者に暴露し、表 2 の音をヘッドホンから同時に暴露した. 音条件は、無意味音であるホワイトノイズ (WN) と歌詞による影響がなくテンポの変化が少ない「展覧会の絵～プロムナード～」を用いた. 被験者は健聴な大学生 11 人で行った. 上昇系列の振動調整は開始レベルの VAL を 10 秒ごとに 1dB 上昇させた. 被験者は振動と音の優位性が不明瞭になったと感じたら実験者に申告し(上昇下限), さらに VAL が大きくなり振動の方が大きく感じたら申告し(上昇上限), 1 条件終了となる. 下降系列は上昇系列と逆の手順で実施した.

図 1 に左右振動と WN を同時に暴露した時の結果を示す. 音量(等価騒音レベル,  $L_{Aeq}$ )と振動レベ

ル (VL) には比例関係がみられ、全ての条件で中程度以上の正の相関が認められた ( $r > 0.45$ ). 同一音量条件における上昇下限と下降上限の有意差を調べた結

Table 1. Vibration conditions

振動方向	周波数 [Hz]	VAL (VL) [dB]	
		上昇系列 開始レベル	下降系列 開始レベル
左右	2	86 (88)	110 (112)
	4	90 (87)	114 (111)
前後	8	90 (81)	116 (107)

Table 2. Sound conditions

音の種類		テンポ [BPM]	音量 [dB]
雑音	ホワイトノイズ (WN)	—	40
音楽	展覧会の絵 ～プロムナード～	90	50
			60

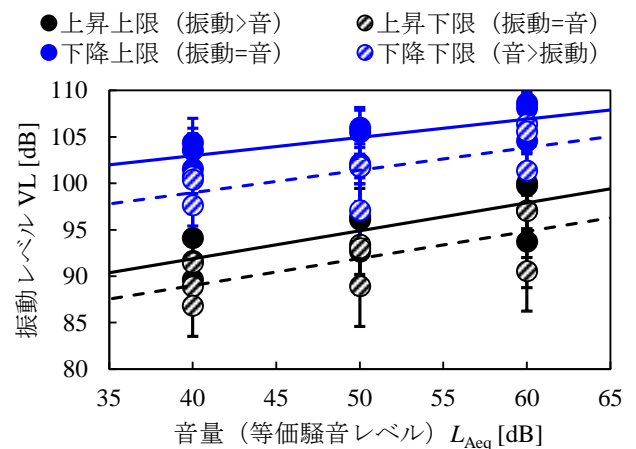


Figure 1. Subjective equality range for simultaneous exposure to vibration and sound (lateral vibration, WN)

1 : 日大理工・院 (前)・精機 2 : 日大理工・教員・精機

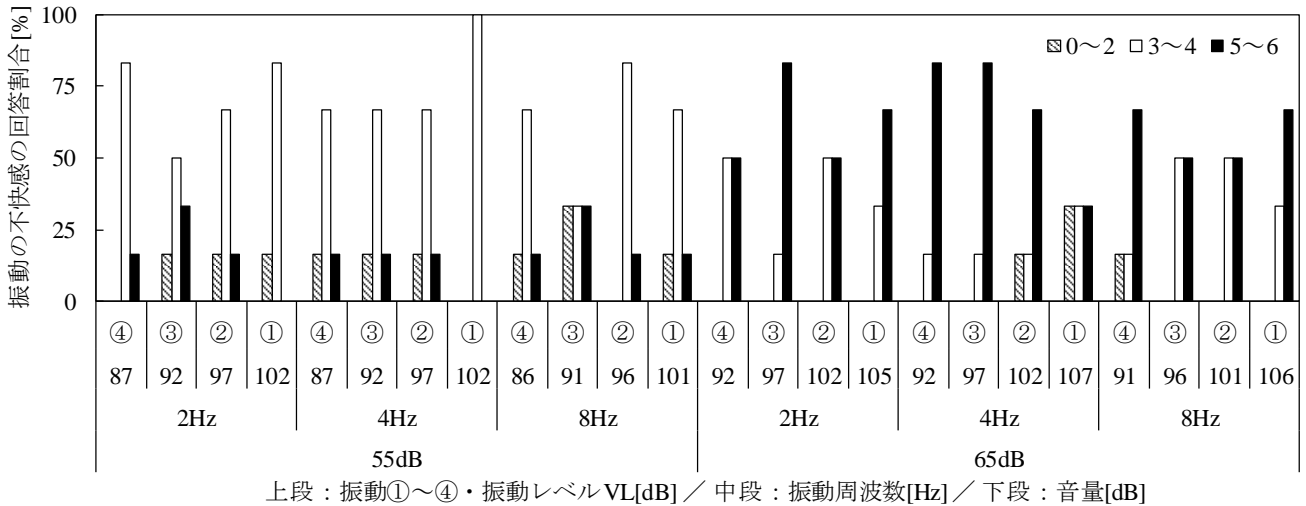


Figure 2. Relationship between vibration discomfort and vibration conditions, volume (lateral vibration, WN)

Table 3. Vibration level conditions for experimental B

振動条件 No	図 1 から求めた振動レベル VL
①	下降下限と上昇上限の平均値
②	上昇上限と上昇下限の平均値
③	②から 5dB の VL を引いた値
④	②から 10dB の VL を引いた値

果, 全ての条件で有意差が認められた (t-test,  $p < 0.05$ ). よって, 振動と音の主観的等感覚域における振動レベルには 15dB 程度の幅があると考えられる.

以上の結果から, 表 3 に示す振動条件を算出した. 下降下限と上昇上限の平均を①, 上昇上限と上昇下限の平均を②, ②から 5dB, 10dB 引いた値を③, ④と定義し, 4段階の VL で実験 B を行った.

### 3. 振動と音の同時暴露実験 (実験 B)

表 3 に示した振動レベルの条件で振動と音を同時暴露した時の振動不快感に及ぼす音の影響を調べた. 音量は等価騒音レベル 55, 65dB, 振動は①~④と音を暴露しない振動単独とした. これらの振動と音の条件は主観的等感覚域近傍の値として設定した. 実験は振動と音の同時暴露 30 秒, アンケート回答と休憩時間 60 秒の計 90 秒を 1 条件とした. 被験者への負担を考慮して実験は連続 30 分までとした. 被験者は大学生 6 名である. 振動不快感は, 振動による不快感を (0) 全く感じない, (1) ほとんど感じない, (2) あまり感じない, (3) やや感じる, (4) 感じる, (5) かなり感じる, (6) 非常に感じるの単極 7 段階の評定尺度法で測定した.

図 2 に左右振動と WN を同時に暴露した時の振動の不快感の回答割合を示す. 振動の不快感が 0~2 の割合

はいずれの条件も少ないが, (3) やや感じる~ (4) 感じるの範囲と (5) かなり感じる~ (6) 非常に感じるの範囲の割合は音量が 55dB から 65dB になると逆転していること分かる. この結果から, 主観的等感覚域近傍の左右振動と WN を同時に暴露した場合, 音量が大きくなると振動の不快感が増加すると考えられる. これに対して, 左右振動に音楽を同時に暴露すると音量の増加による振動の不快感への影響はほとんどみられなかった. また, 上記の WN, 音楽を暴露した時の振動の不快感と音量の関係は振動が前後方向でも同じであった.

### 4. おわりに

本研究では, 水平振動と音の複合環境における振動と音の主観的等感覚域と振動の不快感に及ぼす音の影響を調べた結果, 以下の結論を得た.

- (1) 振動と音を同等の大きさに感じる主観的等感覚域における振動レベルは音量 (等価騒音レベル) に比例して増加し, 振動レベル 15dB 程度の幅がある.
- (2) 振動と WN の主観的等感覚域近傍における振動の不快感は音量が大きくなると増加する傾向がみられるが, 音楽の場合は音量の影響が小さい. 音の種類による違いは今後の検討課題である.

### 5. 参考文献

- [1] 佐々木他: 「乗り物内の振動環境を想定した振動感覚に及ぼす音の影響」, TRANSLOG2022, PS2-3, 2022.
- [2] ISO 2631-1:1997: "Mechanical vibration and shock -Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1: General requirements", Switzerland, 1997.