

全身振動と音の複合環境下における振動感覚に関する研究

Study of vibration sensation in combined environment of whole-body vibration and sound

○寺山 聡¹, 米田 圭佑¹, 松田 礼², 町田 信夫²*Satoshi Terayama¹, Keisuke Yoneda¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida²

Abstract: The objective of this study was to determine the influence of sound stimulation on whole-body vibration sensation by simultaneously exposing subjects to vibration and sound stimulation. From the experimental results, it was found that the sensation strength of vibration decreased when exposed to vibration and noise compared with vibration alone. And then, these results suggest that the uncomfortable sensation of vibration was not affected by kind and volume of sound.

1. はじめに

乗り物や産業機械は多くの場合、振動と同時に音を発生させる。振動と音の複合環境の研究はいくつか行われている。例を挙げると山田^[1]は振動と低周波の複合影響を検討している。しかし、振動と音の複合影響下で、振動感覚に音がどのように影響を与えるかは未だに未解明な部分が多い。

本研究では、自動車や鉄道車両の振動環境を想定し、振動と音が同時に発生する複合環境に着目して、全身振動感覚に及ぼす音刺激の影響について心理学的手法を用いて検討した。

2. 実験概要

Figure 1に示す振動加振機を用いて、振動のみを暴露する実験（以下、振動単独）と振動と音を同時に暴露する実験を実施した。刺激暴露後に心理アンケートを行い、振動感覚に音が及ぼす影響を調べた。被験者は聴覚健常な21～23歳の男子大学生15人である。1条件の実験時間は、振動暴露時間30秒とアンケート回答兼休憩時間60秒の計90秒とし、連続1時間まで実験を行った。



Figure 1 Outline of Experiment

3. 実験条件

振動条件は乗り物の縦揺れを想定し、Table 1に示す全12条件の鉛直方向正弦波振動を被験者腰部から暴露した。振動加速度レベル (VAL) とは振動加速度を基準加速度

(10^{-5}m/sec^2) で対数圧縮したものである。振動レベル (VL) はVALに人間の振動周波数感度に合わせて、JIS C 1510で定められた周波数補正値を行ったものである。

音条件はTable 2の条件をヘッドフォンから暴露した。変動ホワイトノイズとはホワイトノイズの騒音レベルを時間変動させて楽音と同じテンポをもたせたものである。楽音は、DTMソフトで作成したピアノ音源を使用した。

実験音量は、過去の結果より、同じ音量でも同時暴露する振動によって音量の印象が異なるため、被験者が振動と音のどちらを強く感じている状態であるかが重要と考察して事前実験を行い設定した (Table 3)。事前実験は、Table1, Table2の振動と音の条件を被験者に同時に暴露し^[2], VLと比例した「音と振動を同等の強さに感じる等価騒音レベル ($L_{Aeq, T=30[s]}$)」(以下、等感覚音量) を定めた。さらに、等感覚音量に5dB, 10dBを加えた「振動より音を強く感じる $L_{Aeq, T=30[s]}$ 」, 等感覚音量から5dB, 10dBを引いた「振動が音より強く感じる $L_{Aeq, T=30[s]}$ 」を設定した。

Table 1 Vibration conditions

振動周波数	VAL (VL) [dB]		
2Hz	70 (67)	80 (77)	90 (87)
4Hz	70 (70)	80 (80)	90 (90)
8Hz	70 (69)	80 (79)	90 (89)
16Hz	70 (64)	80 (74)	90 (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
変動ホワイトノイズ[変動WN]	90
ホワイトノイズ[WN]	90

Table 3 Sound volume conditions

音条件	等感覚音量	実験 $L_{Aeq, T=30[s]}$ [dB]
楽音	$0.71 \cdot VL + 1.98$	各音条件の等感覚音量 + -10, -5, ±0, +5, +10
変動WN	$0.88 \cdot VL - 12.9$	
WN	$0.86 \cdot VL - 10.8$	

4. 振動感覚の測定方法

振動感覚は、振動の感覚的強さと振動の快・不快感を測定した。振動の感覚的強さは、刺激に対し比較対象を設けずに被験者に1～100の整数で直接表現を行わせるマグニチュード推定法（ME法）を用いて測定した。振動の快・不快感は、「どちらでもない（0）」を中心に、「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。

5. 実験結果

Figure 2に、振動単独と、振動と等感覚音量の音を同時暴露したときの振動の感覚的強さを示す。振動と音を同時に暴露した場合と振動単独を平均値で比較すると、4Hz-VAL90dBなどの一部の条件を除いて、全体的に振動の感覚的強さが僅かに減少する傾向であった。振動の感覚的強さの減少は、WNや変動WNの暴露と比較して、楽音の暴露時に大きく減少する傾向がみられた。

Figure 3に、振動単独と等感覚音量の音を同時に暴露したときの振動の快・不快感を示す。振動と音を同時に暴露すると、振動周波数8Hzの全てのVAL条件と4、16Hz-VAL90dBで不快感が増加した。その他の振動条件では楽音を暴露すると振動単独と比較して、不快感が減少する傾向がみられたことから、楽音はWNや変動WNに比べ不快感を減少させる効果が大いと考えられる。

Figure 4に、VAL80dBの振動単独の快・不快感の結果から、振動と音の同時暴露時の結果を引いた差分を示す。縦軸が正の場合は不快感減少、負の場合は不快感増加を表す。音の種類や音量により増減はあるが、2Hzと4Hzの振動に音を加えると、振動の不快感は減少する傾向がみられた。8Hzの振動は音の種類や音量によらず、ほぼ全ての条件で不快感が増加する結果となった。VAL70dB、VAL90dBについて同様の解析を行った結果と比較すると、音の種類や音量による違いはみられなかったが、8Hzの振動はVAL80dB、90dBで比較的不快感が大きく増加し、4Hz、16Hzの振動はVALが大きくなると不快感が増加する傾向がみられる等、VALとの関連性が示唆された。

6. おわりに

振動の感覚的強さは、音を同時暴露すると減少する傾向であった。振動の快・不快感は、8Hzの振動、及びVAL90dBでは不快感が増加する傾向であった。音量の違いによる振動の快・不快感への影響はほとんどみられなかったが、WN、変動WNと比較すると楽音を暴露すると僅かに不快感が減少する傾向がみられた。

本研究では、同一振動条件での設定音量に最大20dBの幅があるが、音量の違いによる不快感への変化はほとんどみられなかったため、今後も検討を続ける予定である。

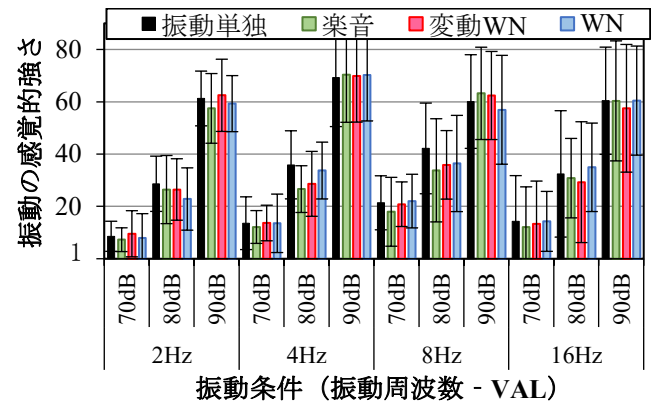


Figure 2 Relationship between sensation strength of vibration and vibration conditions (Reference Volume)

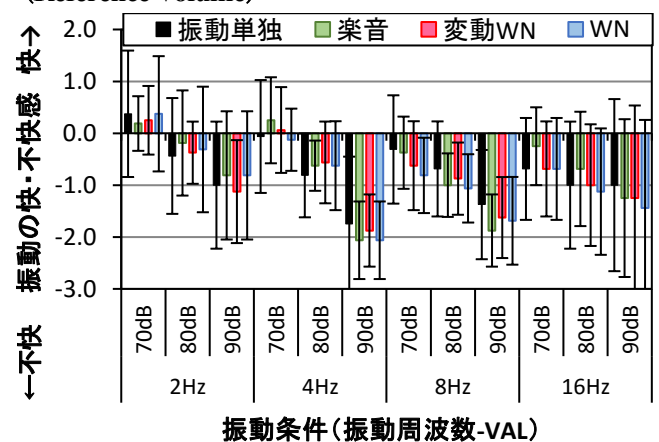


Figure 3 Relationship between uncomfortable sensation of vibration and vibration conditions (Reference Volume)

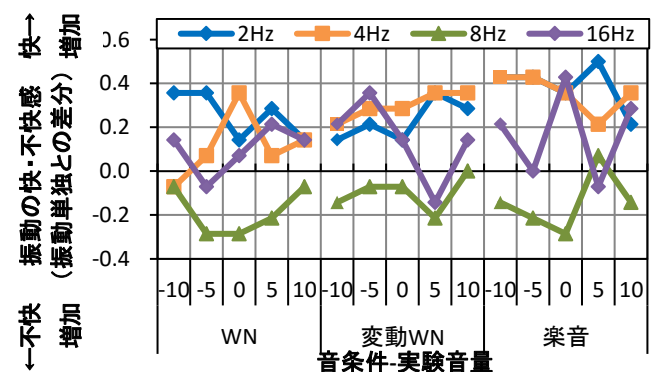


Figure 4 Relationship between difference of uncomfortable sensation based on vibration alone and sound volume conditions (VAL80dB)

7. 参考文献

- [1]山田 伸志：「騒音・振動・低周波音の複合影響」，騒音制御，Vol.22，No.5（1998），pp.239-242，1998。
- [2]馬渡 雅崇 他：「振動と音の複合作用による振動感覚への影響」，平成27年度 日本大学 理工学部 学術講演会予稿集，pp.247-248，2015。