E-16

振動と音の複合環境下における振動感覚に及ぼす音の大きさとテンポの影響

Effects of loudness and tempo on vibration sensation in combined environment of vibration and sound

○寺山 聡[1]，馬渡 雅崇[1]，松田 礼[2]，町田 信夫[2]
*Satoshi Terayama[1], Masataka Mawatari[1], Hiroshi Matsuda[2], Nobuo Machida[2]

Abstract: The objective of this study was to determine the effect of sound stimulation on whole-body vibration sensation by simultaneously exposing subjects to vibration and sound stimulation. In this research, the effect of sinusoidal vibration in the vertical direction from vehicles on the human body was examined through psychological measurement.

1.　はじめに

乗り物や産業機械などの動作時に振動が発生する機器は，その振動相応の音も同時に発生させる．それらはオペレーターや乗客など周囲の人間に対し何らかの人体影響を与える．振動や音のみを暴露した場合の人体影響に関する研究例は多いが，振動と音が同時に暴露される複合環境下での振動感覚への影響は明確になっていない[1]．

本研究では，全身振動環境下における人間の振動感覚に及ぼす音の影響を調べる基礎研究として，音の大きさとテンポに着目し，心理学的手法を用いて検討した．

2.　実験概要

被験者を振動加振機に着座させ，鉛直方向の振動を腰部より暴露した．振動と音を同時に暴露する場合の音刺激はヘッドフォンを用いた．被験者は聴覚健常な21～23歳の男子大学生16人である．

振動条件は鉛直方向の正弦波振動で，Table 1に示す全12種類とした．振動の大きさは2～16Hzの振動周波数に対して70～90dBの3条件の振動加速度レベル(VAL)をJIS C 1510で定められた周波数補正値で振動感覚補正をした振動レベル(VL)で暴露した．

音条件はTable 2のように，楽音として2種類のテンポの「展覧会の絵～プロムナード～」，雑音として騒音レベルが一定のホワイトノイズ（WN）とWN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を2種類設定した．

3.　音条件の音量選定実験（予備実験）

3．1　実験方法

音条件の音量を決定するための予備実験として，振動と音を同時に暴露した時にどちらを優位に感じているかを調べる実験行った．被験者にTable 1の振動条件とTable 2の音条件を組み合わせて同時に暴露し，「音と振動が同等の強さに感じるレベルに調整する」という教示で実験を行った．これにより，「音と振動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．1条件の調整時間は最長120秒，休憩時間60秒の合計180秒以内で調整させた．

Table 1.　Vibration conditions

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

Table 2.　Sound conditions

音条件		テンポ[BPM]
展覧会の絵～プロムナード～	楽音(110)	110
	楽音(75)	75
変動雑音	WN(110)	110
	WN(75)	75
雑音	WN	-

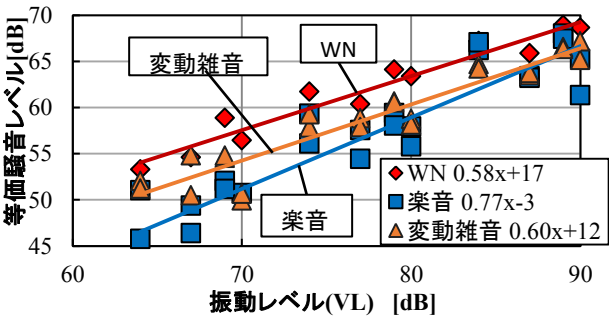

Figure 1.　Equally feel level the strength of the vibration and sound

3．2　音条件の音量選定実験結果

Figure1に示すように音と振動を同等に感じる等価騒音レベルと振動レベルは強い相関がみられた（R^2=0.7以上，標準偏差10dB未満）．得られた回帰式から「振動と音の強さを同等に感じるレベル（等感覚）」の等価騒音レベルを定義した．さらに，図1の回帰直線を基準とし，標準偏差を考慮して等感覚に等価騒音レベルを10dB加えた値を「振動より音を強く感じるレベル（音優位）」，等価騒音レベルを10dB引いた値を「音より振動を強く感じるレベル（振動優位）」と定義した．等感覚となる等価騒音レベルは，楽音，変動雑音，雑音の順に大きくなった．

1:日大理工・院（前期）・精機　2:日大理工・教員・精機

これは楽音などの有意味音が雑音などの無意味音に比べて人体に対する親和性が高い為に，無意味音より小さい音量で反応し，同等に感じる振動も小さくなると推察した．

4.　振動感覚に及ぼす音刺激の影響に関する検討

4. 1　実験方法

振動と音を同時に暴露し，暴露後に被験者に心理アンケートを行った．暴露する条件は予備実験と同様のTable 1，Table 2の組み合わせに加えて，予備実験の結果を元に定義した3つの等価騒音レベルを設定した．また，比較検討の為，振動単独での暴露実験も実施した．

実験は振動単独実験も含めた全条件をランダムで被験者に暴露した．1実験条件のサイクルは暴露時間30秒と，実験後のアンケート回答および休憩時間60秒とした計90秒である．連続での実験時間は，最長1時間までとした．

4. 2　振動感覚の評価方法

振動感覚として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，強さの感覚に対応した数値1～100を割り当てるマグニチュード推定法を用いて評価した．振動の快・不快感は，「どちらでもない」を中心に，「やや」，「かなり」，「非常に」を用いた両極7段階の評定尺度法を用いた．

5.　結果と考察

5. 1　振動の感覚的強さ

Figure 2に音優位における振動の感覚的強さを示す．音を同時に暴露した場合の直線はほぼ一致しており，音の種類やテンポの違いによる差は表れなかった．これは，振動優位や等感覚な等価騒音レベルでも同様であった．また，振動の感覚的強さは振動単独よりわずかに増加する傾向がみられた．振動優位及び等感覚の条件では音を同時に暴露しても振動単独との差がみられなかった．

5. 2　振動の快・不快感

Figure 3にVL90dB−振動周波数4Hz振動と音の同時暴露時の振動の快・不快感を示す．振動の不快感は全ての音条件において振動優位，等感覚，音優位の順に増加した．つまり，同時暴露する等価騒音レベルが大きくなると振動の不快感が増加する傾向がみられた．また，音優位の音量では振動単独よりも不快感が増加した．

Figure 4に音優位時の振動の快・不快感を示す．音優位の結果は他の音の大きさよりばらつきが少なかった（R^2=0.7以上）．また，音条件による違いを比較すると，雑音，変動雑音，楽音の順で不快感が増加し，予備実験の同等に感じる大きさと逆の結果となった．無意味音が有意味音より不快感が大きい事が影響していると考えられる．さらに変動雑音，楽音はどちらもテンポが速い110BPMの方が75BPMより不快感が増加した．

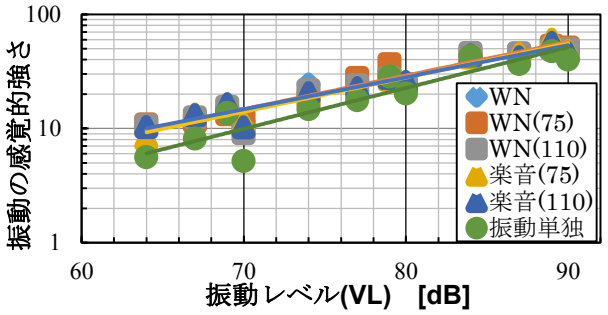

Figure 2. Relationship between vibration sensation strength and vibration level (Equal sensation sound)

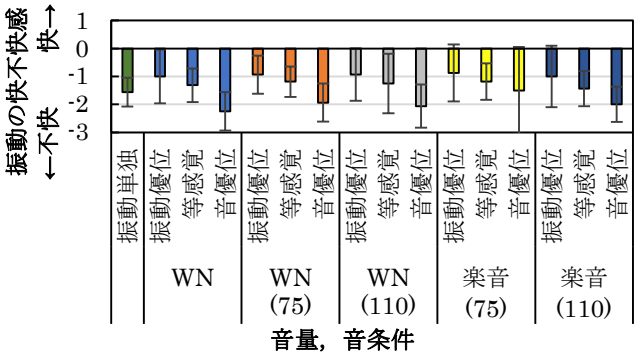

Figure 3. Relationship between discomfort sensation of vibration and sound conditions (VL90dB - vibration frequency 4Hz)

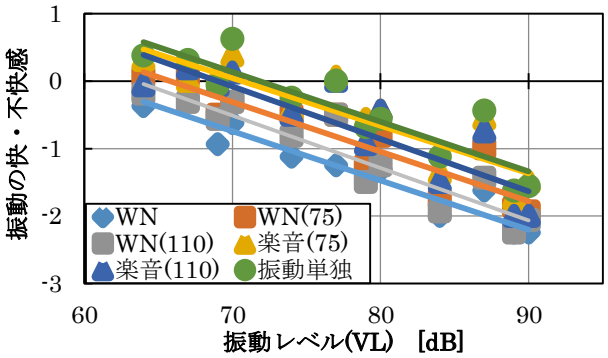

Figure 4. Relationship between discomfort sensation of vibration and vibration level (Equal sensation sound)

6.　おわりに

振動感覚に及ぼす音の影響を検討するための予備実験として，振動と音のどちらを優位に感じているかを調べた結果，音と振動を同等の強さに感じる等価騒音レベル，と振動レベルの間には強い正の相関が確認できた．

さらに，振動と音の同時暴露時の振動感覚を調べた結果，音優位の音量では振動の感覚的強さ，振動の不快感が共に増加した．特に音優位の音量時の振動の不快感は，音量や種類からなる音の不快感が，振動の不快感を増加される形で影響を及ぼす可能性が示唆された．

7.　参考文献

1)　寺山聡　他：振動と音の複合作用に関する研究，人間工学 Vol.51　Supplement，pp. 164-165. 2015.