低周波数領域の振動感覚に及ぼす音の影響について

○丸山 敏浩, 馬渡 雅崇 (日本大学大学院理工学研究科)
松田 礼, 町田 信夫 (日本大学理工学部)

Influence of sound stimulation on the low frequency whole-body vibration sensation

○Toshihiro MARUYAMA, Masataka MAWATARI

(Graduate School of Science and Technology, Nihon University),

Hiroshi MATSUDA, Nobuo MACHIDA (College of Science and Technology, Nihon University)

1. はじめに

人間は乗物の客室等で機械的振動を受け、振動の強さや快・不快といった印象をもつ。振動の感覚的な強さはISO2631等の規格により標準化されているが、振動と他の刺激(本研究では、音刺激)との複合影響は十分に解明されていない¹⁾。

本研究では乗物における振動環境を対象として音が振動感覚の強さや快・不快感に及ぼす影響について調べることを目的とし、人体に低周波領域の鉛直方向の正弦波振動と音を同時暴露したときの心理反応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結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 実験概要

振動は、動電型の振動加振機上に取り付けた座椅子に被験者を着座させて腰部より暴露し、音はヘッドホンから暴露した。座面はクッション性のない板材で、背もたれ角は座面に対し110°である。背もたれは休憩時のみ使用した。音が振動感覚に及ぼす影響を検討するため、振動を単独で暴露する実験(以下、振動単独暴露)と、振動と音の同時暴露実験で心理反応アンケートを実施した。

実験手順は振動単独暴露、音単独暴露、または振動と音をそれぞれ30秒間暴露し、その後60秒間をアンケート回答及び休憩時間とした。この手順を1回とし、繰り返し数は被験者の負担を考慮して最大20回までとした。被験者は健康な男子大学生延べ15名(21~23歳)である。

2.2 振動条件

振動は、振動加振機で鉛直方向の正弦波全身振動を暴露した。表1に示すように、暴露する振動は1オクターブバンド毎に2~16Hzの4条件の周波数と、60~80dBの3条件の振動の物理的な大きさを表す振動加速度レベル(以下、VAL)を組み合わせた全10条件で行った。

表1 振動条件

周波数	振動加速度レベル (VAL) Ref. $10^{-5}[\text{m/s}^2]$		
2Hz	60dB	70dB	80dB
4Hz			
8Hz			
16Hz			

表2 音条件

種類	音刺激	テンポ [bpm]
雑音	WN	—
変動雑音	WN(0.5s)	120
	WN(1.5s)	40
楽音	カルメン前奏曲	133
	G線上のアリア	58

$L_{Aeq, T=30[s]}=50, 60, 70[\text{dB}]$

2.3 音条件

音刺激はヘッドホンより両耳に同時暴露した。表2に示すように、音条件には楽音として音の拍の速さを表すテンポが異なる「G線上のアリア」、「カルメン前奏曲」、雑音としてホワイトノイズ(WN)、変動雑音として0.5s、1.5sの周期で騒音レベルを時間変動させたWNを用いた。括弧内の数値は時間変動させた周期である。音条件は各音刺激に対して等価騒音レベルが50~70dBの3条件を設定し、これに音刺激を暴露しない無音状態の条件を加えた全16条件である。振動単独暴露時はイヤーマフを装着させ、環境音の影響を軽減した。

2.4 評価方法

振動感覚は振動の感覚的な強さ、振動の快・不快感の評価を行った。振動の感覚的な強さはマグニチュード推定法(ME法)で評価した。最小の振動の強さの感覚を1、最大の振動の強さの感覚を100とし、標準刺激を用いずに測定する絶対判断とした。振動の快・不快感は両極尺度の7段階評定で評価した。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。

3. 結果

3.1 振動の感覚的な強さ

図1に8Hz, VAL70dBの振動に L_{Aeq} 60dBの音を暴露した場合の結果を示す。振動に音を暴露した時の振動の感覚的な強さの増減を調べるために一元配置分散分析の対照群との比較(対照群:振動単独暴露)を行った(有意水準 $p<0.1$)。WN、WN(1.5s)を暴露した場合、振動単独暴露と比較すると振動の感覚的な強さは有意に増加した。VAL70dBでは全ての周波数で振動単独暴露に対して振動の感覚的な強さは増加する傾向がみられ、VAL80dBでは2Hz、16Hzの振動において増加する傾向がみられた。また、振動の感覚的な強さとVALの関係を調べた結果、全ての音条件においてVALが大きくなると振動の感覚的な強さは増加する傾向がみられた。

3.2 振動の快・不快感

図2にVAL80dBの振動に L_{Aeq} 70dBの音を暴露した場合の結果を示す。振動に音を暴露した時の振動の快・不快感の増減を調べるために一元配置分散分析の対照群との比較(対照群:振動単独暴露)を行った(有意水準 $p<0.1$)。G線上のアリアを暴露した場合、振動単独暴露に対して2Hz, VAL80dBの振動条件の不快感は有意に減少した。平均値で判断すると全ての振動条件において、楽音を暴露すると振動の不快感は減少する傾向がみられた。

次にテンポの違いによる振動の快・不快感の変化を比較する。図3に2Hz、VAL70dBの振動に L_{Aeq} 70dBの音を暴露した場合の快・不快感を示す。テンポが異なる楽音と変動雑音に対してそれぞれ有意差検定を行った(有意水準 $p<0.1$)。2Hz、VAL70dBの振動ではテンポが速い音に比べ、テンポが遅い音を暴露した場合に振動の不快感は有意に減少した。平均値で判断すると、図3以外の条件では2Hz、4Hzの振動条件でテンポが遅い音を暴露すると振動の不快感は減少する傾向がみられた。

4. おわりに

振動の感覚的な強さは振動単独暴露と全ての音条件で、VALの増加に伴って大きくなる傾向を示したが、等価騒音レベルやテンポで増加量の違いはみられなかった。振動の快・不快感は楽音によって不快感が減少する傾向がみられた。また、一部の振動条件でテンポが遅い音を暴露すると不快感が減少したことから、テンポは振動の不快感に影響を与える刺激である可能性が示唆された。

図1 振動の感覚的な強さ (8Hz, VAL70dB, L_{Aeq} 60dB)

図2 振動の快・不快感 (VAL80dB, L_{Aeq} 70dB)

図3 テンポの違いによる振動の快・不快感 (2Hz, VAL70dB, L_{Aeq} 70dB)

参考文献

- 1) 丸山, 柳澤, 松田, 町田: 「全身振動の不快感に及ぼす音の影響」, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, 3-5-1, 2013