低周波全身振動と音の複合影響に関する考察

町田信夫（日大理工），○塩澤建一（日大大学院理工）

Study on the Combined Effects of Low Frequency Whole-Body Vibration and Sound
Nobuo Machida, Kenichi Shiozawa (Nihon University)

1. はじめに

自動車や電車に見られるように、振動と音は同時に存在していることが一般的で、我々はその両者から影響を受けている。このような振動環境の評価においては、振動と音を共通の場で論じることが必要であると思われる。本報は、全身振動環境下に音が負荷された場合、振動感覚にどのような影響を及ぼすのかを検討したものである。

音負荷時の振動感覚の心理学的評価方法としては ME 法 (Magnitude estimation method) を用いて振動の大きさの感覚（強弱）への影響を、また生理学的影響については、呼吸数および心電図から得られる心拍変動スペクトルを指標に自律神経系への反応を調べた。

2. 方法

2. 1 被験者

健康な 21～23 才の大学生を用いた。ME 法では 7 名、生理反応計測では 3 名で行った。

2. 2 振動刺激の条件

乗り物によって引き起こされる程度の大きさをもつ鉛直方向の正弦波振動を対象とし、その大きさを表す物理量には、加速度実効値 [m/s^2] を対数変換した振動加速度レベル VAL を用いた。範囲は $\text{VAL}=60\sim105[\text{dB}](0.01\sim1.78[\text{m/s}^2])$ [$0\text{dB}=10^{-5}\text{m/s}^2$] で実験を行った。

2. 3 音刺激の条件

振動に負荷する音の種類には $1/f$ ゆらぎ音としてビバルディの「四季」（春： $f^{-1.1}$ ）を、また騒音として白色雑音を用いた。音の大きさは $70[\text{dB}]$ とした。 $1/f$ ゆらぎ音とは周波数の増加に伴い音のパワーが減少する特性をもつ音である。我々のもつ心拍などの生体リズムも $1/f$ でゆらいでいるため、このようなリズムが与えられると心地良さを感じるのではないかとされている。

2. 4 実験方法

「振動単独」、「振動+ $1/f$ ゆらぎ音」、「振動

+白色雑音」の 3 暴露条件について実験を行った。座椅子を取り付けた振動台に被験者を座らせてヘッドホンを装着させ、音および振動刺激を暴露した。被験者の各刺激は順序効果をなくするためランダムに行った。

2. 5 心理学的指標について

ME 法は被験者に振動刺激の印象を数値で答えさせる方法であり、振動感覚の強弱を測定した。得られた結果は、全被験者の評点を幾何平均によって規準化しこれを全身振動感覚とした。

2. 6 生理学的指標について

2. 6. 1 心拍変動スペクトル

不随意運動をしている心臓等の臓器を支配している神経を自律神経といい交感神経と副交感神経に分けられる。両神経の活動は一方が促進的に働けば他方は抑制的に働くという拮抗作用をもつ。一般に心身が緊張状態では交感神経の活動度が優位に働き、リラックス状態では副交感神経の活動度が優位に働く。したがって自律神経系の活動度を計測することから心身の状態が評価できる。本研究では心拍変動スペクトル解析から自律神経系の活動度を求めた。これは心電図から心拍 R-R 間隔時間を取り出し周波数情報に変換しその特徴周波数を分析したものである。この心拍変動スペクトルは生理学的に低周波成分： $\text{LF}(0.03\sim0.15\text{Hz})$ と高周波成分： $\text{HF}(0.15\sim0.40\text{Hz})$ に分けられ、一般に緊張状態の時には低周波成分が、またリラックス状態の時には高周波成分が増加する。自律神経系の活動度の表し方にはいくつかの報告¹⁾があるが本研究では以下の方法を用いた。

$$\text{交感神経系の活動度} = \frac{\text{LF}}{\text{LF} + \text{HF}}$$

本研究では測定された心電波形の出力をコンピュータに入力し、心拍変動スペクトルの演算を行わせ、LF と HF を求めて、暴露前の安静時の活動度を基準として暴露時の活動度と比較した。

2. 6. 2 呼吸数

呼吸機能への影響を呼吸数の変動から検討し

た。一般に緊張状態の時は呼吸数は増加すると言われている。本研究では、暴露前の安静時の値を基準として暴露時の値と比較した。

3. 結果・考察

3. 1 ME法

図1より振動単独暴露時に比べ、1/f ゆらぎ音を負荷すると VAL=60~90[dB]の範囲において感覚量が下回っていることから全身振動感覚の強さを和らげる方向に作用するものと思われる。逆に白色雑音を負荷すると振動刺激の広い範囲において全身振動感覚の強さを増す方向に作用する傾向にあった。

3. 2 心拍変動スペクトルの結果

図2は、振動および音の暴露による自律神経系への影響を示したもので、振動単独暴露時の交感神経系活動度を基準(1.0)としてそれぞれの条件時と比較した。1/f ゆらぎ音および白色雑音を負荷すると、VAL=85[dB]以上において振動単独暴露に比べ交感神経系活動度が低下した。また、1/f ゆらぎ音を負荷した場合と白色雑音を負荷した場合を比べると全般的に 1/f ゆらぎ音のほうが低い値を示す傾向にあった。

3. 3 呼吸数の結果

図3は、振動単独暴露時の呼吸数を基準(1.0)としたものである。1/f ゆらぎ音および白色雑音の負荷により、VAL=80[dB]を超すと振動単独暴露に比べて呼吸数が低下する傾向を示した。

4. おわりに

低周波全身振動暴露時に音が作用すると振動の大きさ(強・弱)の感覚および自律神経系へ反応があらわれることが分かった。特に人間にとって親和性が高いと言われる 1/f ゆらぎ音では、振動の強さの感覚の低下傾向が、また、振動加速度の大きな領域において振動に音(騒音)が負荷されると、交感神経系活動度の低下傾向がみられた。今後は被験者数を増やし更に検討を加えていきたい。

【参考文献】

- 1) 細田：船舶の乗り心地に関する研究(第3報)，日本造船学会論文集，第176号，1994
- 2) 町田：低周波全身鉛直振動と音の複合作用，人間工学，第31巻，特別号，pp. 294-295，1995

図1. ME法の結果

図2. 交感神経系活動度の結果

図3. 呼吸数の結果