

振幅変動振動知覚の移動加速度実効値による評価に関する検討

—ランダム振動に対する振動感覚の評価に向けて (その7) —

正会員 ○松本 泰尚*1
正会員 笠松 徹*2
正会員 国松 直*3
正会員 石川 孝重*4
正会員 野田千津子*5

環境振動 振幅変動振動 知覚
移動加速度実効値 ランダム振動 性能評価

§ 1 はじめに

主に連続正弦振動に対する研究結果に基づいて定められた「居住性能評価指針」¹⁾では、各 1/3 オクターブバンド内における振動加速度のピーク値により、環境振動を評価することを定めている。一方、前報までに示した実験結果は、振幅変動振動に対する知覚および心理量は振動加速度のピーク値と対応しない場合があることを示している。本報では、わが国の振動規制法や国際規格で用いられている移動加速度実効値を用いた評価と、本実験で得られた知覚に関する結果の関係について検討する。

§ 2 移動加速度実効値

振動規制法で用いられる振動レベル²⁾は、時刻 t における移動加速度実効値

$$a_{rms}(t) = \left[\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t (a(\xi))^2 e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} d\xi \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

に基づき算出される。ここで、 $a(\xi)$ は振動加速度の時刻 ξ における瞬時値、 τ は時定数で 0.63 秒を用いることとされている。一方、国際規格 ISO 2631-1³⁾で定義されている最大過渡振動値(Maximum Transient Vibration Value)は、

$$a_{rms}(t) = \left[\frac{1}{\tau} \int_{t-\tau}^t (a(\xi))^2 d\xi \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

を用いて算出される。 τ は移動平均の積分時間で、1.0 秒を用いることが推奨されている。本実験で用いたような振幅変動振動の場合、式(1)、(2)の τ が変化すると同じ振動に対して異なる移動加速度実効値が得られることとなる。

§ 3 振動加速度レベルを用いた知覚の評価

ここでは、式(1)による移動加速度実効値を用いた知覚の評価について述べる。実際の計算では、式(1)の積分範囲の下限はデータの最初の点となる。一般に、振動規制法に関連して用いられる式(1)の移動加速度実効値は、

$$L_{Va}(t) = 20 \log_{10}(a_{rms}(t)/a_0), \quad a_0 = 10^{-5} \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

によりレベル表示される。図 1 は、この振動加速度レベルの最大値とスイッチを押さなかった被験者の割合 (スイッチ OFF 率) の関係を、連続正弦振動および振幅変動振動に含まれる個々の過渡的振動について示している。

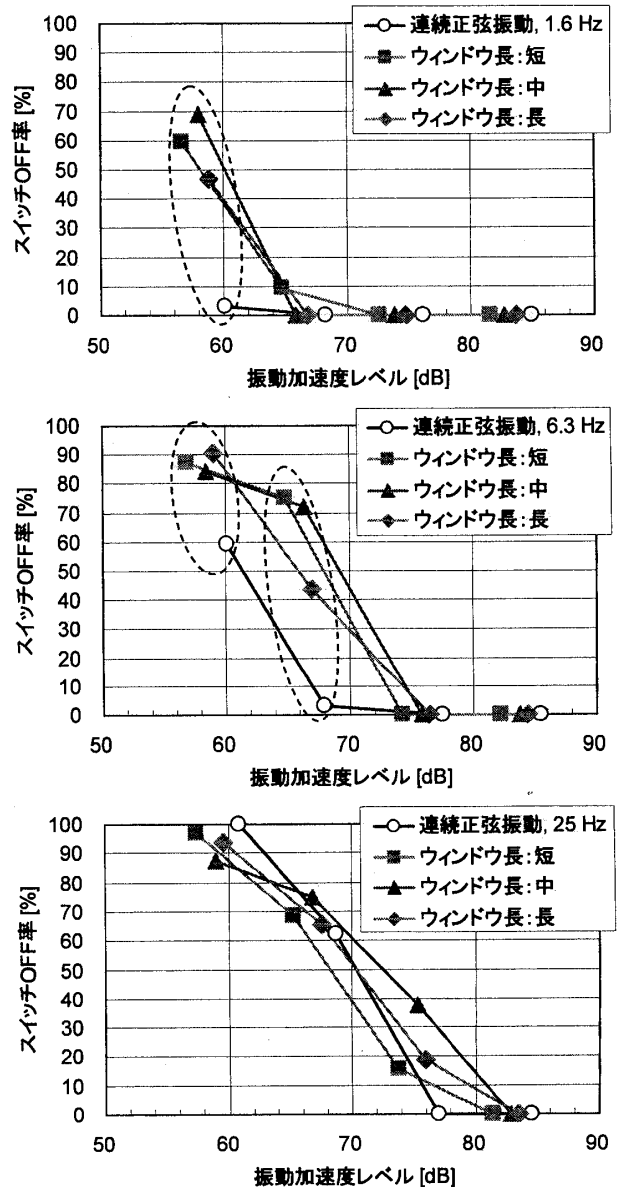


図 1 スイッチを押さなかった被験者の割合 (スイッチ OFF 率) と振動加速度レベルの関係。上: 1.6 Hz; 中: 6.3 Hz; 下: 25 Hz.

移動加速度実効値を用いて評価すると、同じピーク値でも連続正弦振動より過渡的振動の方が小さい評価値と

なり、さらに過渡的振動についてはハニングウィンドウ長が短いほど評価値は小さくなる。

図より、1.6 および 6.3 Hz については、前報の加速度ピーク値を用いた結果に比べ、連続正弦振動と過渡的振動の差が小さくなっているものの、図の破線楕円で示している箇所のように両者の差はまだ明確であることがわかる。さらに、連続正弦振動と過渡的振動の差が明確であった加振条件の場合には、異なるウィンドウ長で生成された個々の過渡的振動に対するスイッチ OFF 率の間にもある程度の差異が認められており、ウィンドウ長の長い振動についてスイッチ OFF 率が低い傾向があった。一方、25 Hz については、被験者の判断のばらつきなどを考慮すると、連続正弦振動と過渡的振動および個々の過渡的振動の間ではほぼ同様の傾向を示していると考えてよく、移動加速度実効値を用いて知覚特性を適切に評価できていると言える。

§ 4 積分時間の影響

上述の結果は、1.6, 6.3 Hz について、移動加速度実効値算出時により長い積分時間を用いることで、知覚特性に関する連続正弦振動と過渡的振動の評価の差が減少することを示唆している。そこで、式(2)を用い、ISO 2631-1³⁾で推奨されている 1.0 秒およびそれより長い積分時間を用いて移動加速度実効値の最大値を算出し、それらとスイッチ OFF 率との関係を検討した。なお、実際の振動評価や既往研究⁴⁾での知見から、積分時間を長く取りすぎるとは現実的でないので、ここでは最長 4.0 秒とした。

図 2 は、図 1 で連続正弦振動と過渡的振動の間に差が認められた 1.6 および 6.3 Hz について、積分時間を 1.0, 1.6, 2.5, 4.0 秒と増加させたときの、過渡的振動の移動加速度実効値減少に対応する評価結果の変化を表している。ここで、積分時間 1.0 秒の評価値の算出方法は、周波数補正を適用していないこと以外は最大過渡振動値(MTVV)の定義と等しい。過渡的振動については、ウィンドウ長の短いもの(約 1.25 秒)と長いもの(約 3.75 秒)に対する結果のみを示している。なお、ISO 2631-1 ではレベル表示する旨の規定はないため、図 2 の横軸は移動加速度実効値としている。図より、いずれの振動数についても、ISO 2631-1³⁾で推奨されている 1.0 秒の積分時間では、連続正弦振動と過渡的振動の間に明確な差があるが、積分時間を 4.0 秒まで長くすると、その差は被験者の判断のばらつきなどの範囲内と考えられる程度となることがわかる。

連続正弦振動およびそれと同一の振動数でサイクル数変化させた振動を用いて臥位被験者の知覚閾を測定した既往の研究⁴⁾では、振動数 1~100Hz の範囲に対する結果に基づき、式(1)に用いる時定数の範囲として、0.125 秒から 2 秒を推奨している。本報で述べた検討と既往研究で

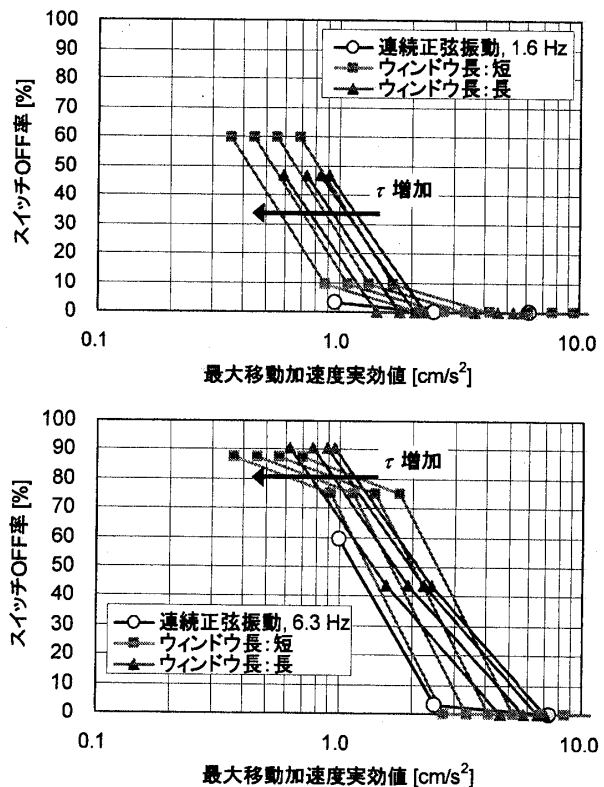


図 2 移動加速度実効値算出時の積分時間 τ の影響 ($\tau = 1 \sim 4$ s)。上: 1.6 Hz; 下: 6.3 Hz。

は、振動波形および実効値算出式が異なるため直接の比較はできないものの、異なる傾向を示していると言ってよい。しかし、その理由は明確にはなっていない。

§ 5 おわりに

振幅変動振動に対する知覚を移動加速度実効値で評価する場合、実効値計算のための適切な積分時間は、振動数に依存することが示唆された。しかし、個々の振動数に対する適切な積分時間を提示するまでには至らず、移動加速度実効値を用いることの妥当性の検討とともに、今後の課題である。

【引用文献】

- 1) 日本建築学会: 建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説, 2004.
- 2) 日本規格協会: 振動レベル計, JIS C 1510, 1995.
- 3) ISO 2631-1: Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements, ISO 2631-1, 1997.
- 4) T. Miwa, Y. Yonekawa and K. Kanada: Thresholds of perception of vibration in recumbent men. Journal of Acoustical Society of America, 75(3), pp. 849-854, 1984.

*1 埼玉大学大学院 准教授・Ph. D.

*2 埼玉大学大学院 大学院生

*3 産業技術総合研究所 工学博士

*4 日本女子大学住居学科 教授・工学博士

*5 日本女子大学 学術研究員・修士 (家政学)

*1 Assoc. Prof., Dept. of Civil and Env. Eng., Saitama Univ., Ph. D.

*2 Graduate Student, Saitama Univ.

*3 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Dr. Eng.

*4 Prof., Dept. of Housing and Architecture, Japan Women's Univ., Dr. Eng.

*5 Research Fellow, Japan Women's Univ., M.H.E.