

鉛直—水平複合振動暴露による人間の心理応答特性に関する基礎研究

○ 埼玉大学工学部 正会員 松本泰尚
勝村建設 佐藤政博
産業安全研究所 正会員 大幢勝利

1. 研究背景・目的

人間の不快感に基づく種々の振動環境に対する評価方法として、国際規格 ISO2631-1¹⁾ が定められている。ISO2631-1 では、人体に対して定義された座標系（図 1：立位の場合）における各軸方向の加速度に、振動に対する人間の応答を表現するとされる周波数補正及び各軸間での相対的重み付けを施すことにより、振動を評価するように規定されている。しかし、この周波数補正や各軸に対する重みは、いずれも単軸振動に対する人間の応答を測定した実験結果を基に定められたもので、複数軸同時振動時における各軸間の振動の相互影響については十分な考慮がなされていない。そこで本研究では、鉛直方向と水平方向の正弦振動の組み合わせによる 2 次元の振動暴露時に、その鉛直振動と水平振動との位相差が振動による不快感に及ぼす影響について、被験者を用いた官能実験により検討した。

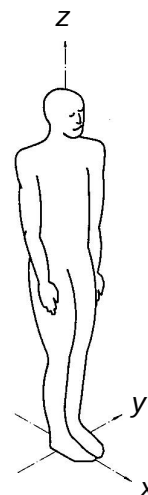


図 1 立位人体に対する支持面座標系^{1), 3)}

2. 実験方法

16 名の男性被験者に対し、位相差の不快感への影響（実験 1）を検討すると共に、比較のため、鉛直単軸振動の振幅変化が及ぼす不快感への影響（実験 2）を検討した。振動に対する不快感の測定には、シェッフェの一对比較法の変法を用いた²⁾。すなわち、継続時間 6 秒の二つの入力振動を 2 秒間の休止をはさんで一組とし、被験者には一組の振動の暴露後に、図 2 に示す評点（7 点法）に従い振動による不快感を判断させた。

実験 1 では、鉛直・水平各軸の正弦振動の振幅を $0.7 \text{ ms}^{-2} \text{ r.m.s.}$ とし、位相差を 0° （斜め並進振動）・ 45° （楕円運動）・ 90° （円運動）とした（図 3 参照）。実験は被験者が立位の状態で、水平方向としては、図 1 に示した支持面座標系³⁾での x 軸（前後）及び y 軸（左右）の方向を用いた（ $x+z$ 振動, $y+z$ 振動）。実験 2 では、 $0.7 \text{ ms}^{-2} \text{ r.m.s.}$ を中心に 10% ずつ異なる 5 段階の振幅を持つ鉛直単軸正弦振動を用いた。いずれの実験においても、振動数は、既往の研究⁴⁾より鉛直振動と水平振動による不快感がほぼ等しくなるとされている 3.15 Hz、及びその倍の 6.3 Hz を用いた。

3. 結果・考察

実験 1 に関して、分散分析の結果、位相差の異なる 3 つの振動による不快感の間に有意な差が認められたのは、実験で用いた 2 つの振動数ともに、 x 軸（前後）振動と z 軸（鉛直）振動を組み合わせただけであった（有意水準 5%）。鉛直単軸振動暴露時の立位人体の動的応答は、主に $x-z$ 平面内で生ずることが既往の研究⁵⁾に示されており、 z 軸振動による人体の動的応答は、 x 軸振動による応答と連成しやすいと推察できることが、上記結果の一因として挙げられる。

振動による不快感は	
+3	2 つめが 1 つめより非常に大きかった
+2	2 つめが 1 つめより大きかった
+1	2 つめが 1 つめよりやや大きかった
0	2 つめと 1 つめは同じだった
-1	2 つめが 1 つめよりやや小さかった
-2	2 つめが 1 つめより小さかった
-3	2 つめが 1 つめより非常に小さかった

図 2 不快感の判断に用いた評点

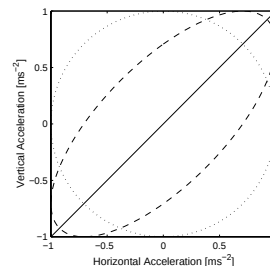


図 3 鉛直 - 水平複合入力振動 (Lissajous 図)

キーワード： 振動，位相差，人間，不快感，一对比較法，ISO2631-1

連絡先： 〒338-8570 埼玉県浦和市下大久保 255 Tel：(048) 858-3557 Fax：(048) 858-7374

図 4 に、実験で用いたそれぞれの振動数・水平方向軸に対し、 0° (斜め並進振動)・ 45° (楕円運動)・ 90° (円運動)の 3 つの位相差の複合振動に対する 16 名の被験者の平均不快度を示す。ここで用いた不快度は、その値が大きくなるほど被験者がより不快に感じたことを表す。図 4 に示された平均不快度は、有意水準 5% に相当する不快度の差 (ヤードスティック) で除することにより標準化されている。図より、有意な差が認められたのは、3.15 Hz においては、 x 軸と z 軸の振動の位相差が 45° の場合と 90° の場合の間で、被験者は楕円運動より円運動の方を不快に感じたことがわかる。また、6.3 Hz においては、 x 軸振動と z 軸振動との位相差が 90° の場合と 0° あるいは 45° の場合との間で有意差が認められた。3.15 Hz と異なり、6.3 Hz の場合は、被験者は円運動より斜め並進振動や楕円振動をより不快に感じたことが言える。この振動数による差異は、上記の x 軸方向と z 軸方向の人体の動的応答の連成と、動的応答の位相の振動数依存が関係するものと推測できる。

実験 2 については、実験で用いたいずれの振動数においても、振幅が 10% ずつ異なる 5 つの振動による不快感の間に有意な差が認められた (分散分析・有意水準 5%)。図 5 に、5 つの振幅それぞれに対する有意水準 5% のヤードスティックで標準化された平均不快度を示す。3.15 Hz・6.3 Hz とともに、振幅 $0.57 \text{ ms}^{-2} \text{ r.m.s.}$ と $0.63 \text{ ms}^{-2} \text{ r.m.s.}$ の間以外では、振幅の 10% 増加にともない、不快度に有意な増大が認められた。図 4・5 に示した結果を比較すると、3.15 Hz の $x+z$ 振動では、回転運動の方が楕円運動より不快であるという結果が得られたが、その不快度の差は鉛直単軸振動の約 10% の振幅差による不快度の差と同程度であると言える。また、6.3 Hz の $x+z$ 振動で見られた回転振動による不快度と斜め並進運動や楕円運動による不快度の差は、鉛直単軸の 10 ~ 20% の振幅差による不快度の差と同程度であると言える。

4. まとめ

ISO2631-1 で定められた座標軸において、 z 軸 (鉛直) を含む 2 軸同時振動に暴露された立位の被験者の不快感は、 x 軸 (前後) 振動と z 軸振動の組み合わせの場合、その位相差に依存して変化することがわかった。また、 $x+z$ 振動の場合、実験で用いた位相差の異なる 3 つの振動による不快感の間の相対的關係が、振動数に依存して変化することがわかった。ISO2631-1 で提案されている人間の不快感に基づく振動の評価法では、各座標軸間の振動の位相差の不快感への影響は無視しており、本研究で見られた位相差依存性を評価できない。一方、 y 軸 (左右) 振動と z 軸振動の組み合わせの場合は、位相差の不快感への影響は認められなかった。

参考文献 1) International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole-body vibration - part 1: general requirements. ISO 2631-1, 1997. 2) 日科技連官能検査委員会：新版 官能試験ハンドブック．日科技連出版社，1973. 3) 日本工業規格：機械振動及び衝撃 - 人体暴露 - 用語．JIS Z8131, 2000. 4) Griffin, M. J. Handbook of Human Vibration. Academic Press, 1990. 5) Matsumoto, Y. and Griffin, M. J. Dynamic response of the standing human body exposed to vertical vibration: influence of posture and vibration magnitude. J. Sound and Vibration, 212(1), 85-107, 1998.

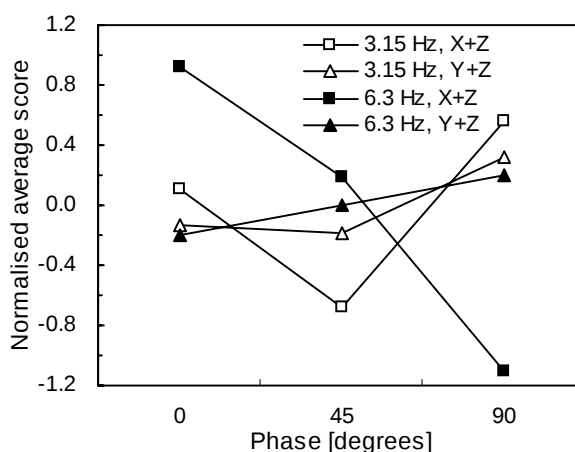


図 4 位相差の異なる鉛直 - 水平複合振動に対する標準平均不快度

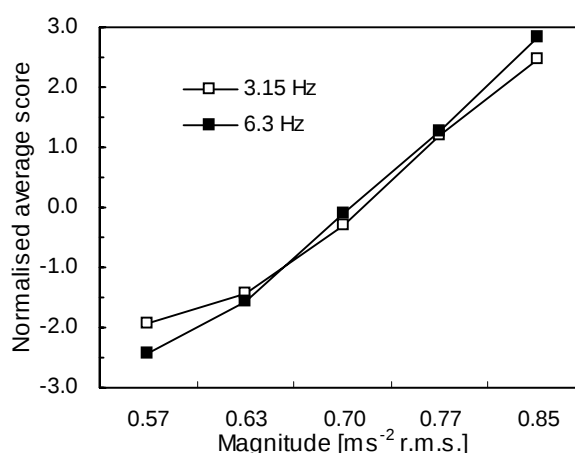


図 5 振幅の異なる鉛直単軸振動に対する標準平均不快度