

## 戸建住宅における交通による実測振動に基づく被験者実験の概要 —ランダム振動に対する振動感覚の評価に向けて(その12)—

正会員 ○ 国松 直\*1  
正会員 石川 孝重\*2  
正会員 野田千津子\*3

環境振動                      実振動                      知覚  
水平振動                      実験概要                      被験者実験

### § 1 はじめに

居住性能評価の基盤として、環境振動の感覚評価に関する研究の多くは、正弦振動を対象として、知覚や心理量の評価を行ってきた。実環境に発生する振動としては、風振動を対象とした研究例<sup>1)</sup>など数が少なく、対象とした実測事例も限られている。そのため、振動数や振幅がより複雑な交通振動等を対象とした汎用的な知見は報告されていないのが現状である。

そこで本研究では、昨年度までに実施したランダム振動に対する振動感覚の評価を目的とした実験<sup>2~4)</sup>をふまえ、戸建住宅内で実測した交通による水平振動を用いた被験者実験を行い、振動数や加速度の変動など、波形パターンの違いが実振動の知覚におよぼす影響を検討する。また、夜間の交通振動が睡眠などにおよぼす影響も懸念されるが、人間の姿勢の違いによる知覚への影響については未解明な点も多いことから、座位姿勢および臥位姿勢における実振動の知覚に着目し、姿勢の違いが知覚におよぼす影響についても検証する。

### § 2 昨年度までの実験結果をふまえた検討

筆者らは、これまでに報告した一連の研究<sup>2,3)</sup>において、ランダム振動の知覚に影響をおよぼす要因として、振動数特性、加速度振幅の変動と繰り返し回数(継続時間)に着目して、正弦振動を基にした複合振動などを対象に実験を行った。その結果、2種の振動数を複合した正弦振動の場合には、大きい加速度の振動数が知覚をほぼ決定することがわかった。また、ウィンドウ長1.25~3.75秒の範囲で加速度を増減させた場合には、ウィンドウ長の影響は振動数によって異なること、全体として振動数による知覚の変動の方が大きいことを見出した。

正弦振動を基にしたこれらの模擬波形による実験結果をふまえ、昨年度は交通による実測振動を忠実に再現して入力し、実測振動に対する知覚を検討した<sup>4)</sup>。その結果、限られた波形パターンではあるが、振幅の変動による波形の特徴が異なる場合にも、卓越振動数を変数として用いることで、知覚確率は同程度の加速度範囲に分布し、評価曲線の勾配も同じような傾向を示すことがわかった。

昨年度の実験では、戸建住宅での実測振動を用いたことによって、その振動数成分は各住宅の固有振動数が顕著に卓越していた。そのため、実験で入力した各波形パターンの卓越振動数は5.0~10Hz程度が中心となった。そ

の結果、卓越振動数が実振動の知覚に影響する傾向を見出すことはできたが、対象とした振動数範囲が狭く、より広い振動数範囲を対象とした検証が課題となった。

そこで、今年度は、昨年度の実験で対象とした戸建住宅における実測振動を元波形として、その波形データの離散間隔を変化させることで、卓越振動数をより広い範囲に設定することを試みた。これにより、波形パターンを相似に保った上で、卓越振動数のみを変化させることが可能となる。一方、加速度に関しては、振幅に適宜倍率をかけることで、任意の加速度最大値とした元波形と相似の振動が再現できる。

本研究では、目標とした波形を忠実に再現できる振動制御装置を用いることで、このような入力波形の作成が可能としている。予備実験の段階で、元波形の卓越振動数を数段階に設定した振動を振動台に入力し、計測データのFFT分析によって振動数特性を確認した。その結果、比較的顕著に卓越した複数の振動数成分は元波形と相似の関係を保っており、実験目的として想定した、主な卓越振動数、波形パターン、加速度最大値が相似の関係にある波形が作成できることを確認した。

### § 3 実振動を対象とした被験者実験の概要

予備実験をふまえて、先行研究<sup>4)</sup>で対象とした戸建住宅における実測振動から図1に示す5種の波形パターンを入力振動の元波形とした。波形の特徴を考慮して、道路交通振動3種(パターンA, B, C)、鉄道振動2種(パターンD, E)を選択した。卓越振動数によって、波形データの離散間隔を変化させているため、実験での継続時間はそれぞれ異なる。

実験では、先に述べた方法で卓越振動数を0.4, 1.0, 2.5, 4.0, 10, 25Hzに設定した。加速度最大値は0.63, 1.6, 4.0, 10, 25, 63cm/sec<sup>2</sup>を目標値とし、卓越振動数ごとの正弦振動に対する知覚閾を考慮して表1のような入力範囲を設定した。表中●が座位姿勢および臥位姿勢で実施した条件、○が座位姿勢のみで実施した条件を示す。加速度の各目標値の間には振動を入力しない時間を10秒とり、次に大きい加速度の振動を入力した。

入力順序は、卓越振動数、波形パターンともランダムに設定し、全被験者共通の順序とした。臥位姿勢では0.4Hzを除いて、座位姿勢と同一の入力順序で行った。

3m×3mの振動台の上に設置した鋼材製の居室(天井高

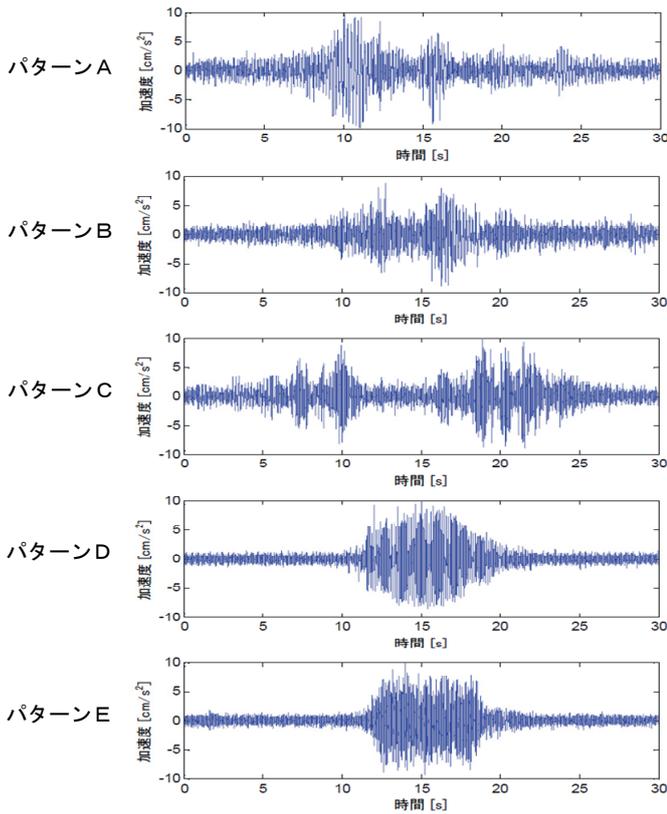


図1 実験で対象とした実振動の元波形

表1 実振動の実験における卓越振動数と加速度最大値

		加速度最大値 (cm/sec <sup>2</sup> )					
		0.63	1.6	4	10	25	63
卓越振動数	0.4Hz	○	○	○	△	△	△
	1.0Hz	●	●	●	◎	△	△
	2.5Hz	●	●	●	△	△	△
	4.0Hz	●	●	●	●	△	△
	10Hz	●	●	●	●	●	△
	25Hz	●	●	●	●	●	●

●: 座位・臥位とも実施 ○: 座位のみ実施 ◎: 臥位のみ実施

さ 3m) 内の状況を図2に示す。床面はカーペット敷きである。被験者の状況は、右半分が座位姿勢の場合、左半分が臥位姿勢の場合を表す。被験者は、座位姿勢では、脚を軽く曲げて床に直接座り、脚の下でボタンを握る。臥位姿勢では仰向けとなり、胸の上でボタンを握る。実験中は同じ姿勢を保つよう指示した。

先行研究との比較や性別・年齢によるばらつきをおさえるため、被験者は18~22歳の女性とした。実験は、座位姿勢・臥位姿勢で別個に5日間ずつ実施した。被験者は1日8人、計40人ずつで行った。

また、体感による評価を対象とするため、体感以外に振動を想起させる要因となる物の動きや音を、できのり排除した状態で実験を行った。そのため、居室自体の剛性をきわめて高くしているが、固有振動数付近の共振により、卓越振動数25Hzの場合には波形パターンによって加速度が大きいと音が発生する場合があった。実験

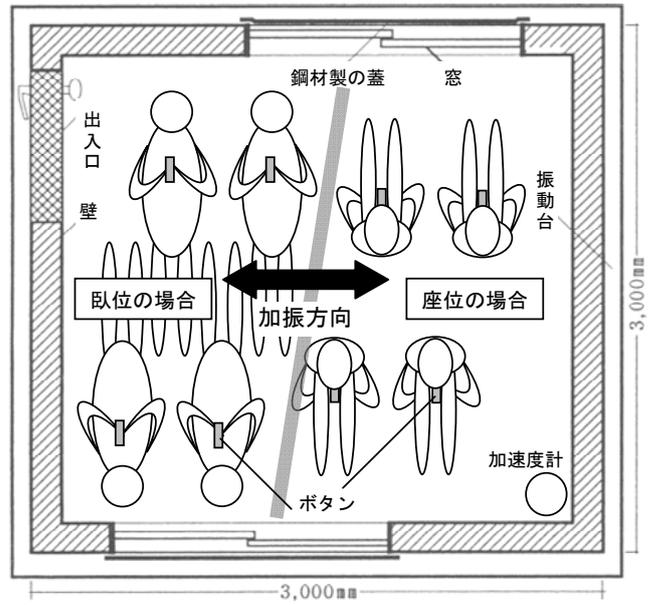


図2 実験居室内における被験者の状況

後に被験者に行ったヒアリングで、これらの音が知覚範囲では影響していないことを確認している。

実験者は外部から CCD カメラを通して居室内の状況を確認しながら、実験開始等をマイクで指示し、被験者に対して左右・水平方向に振動を入力する。被験者に対しては、実験開始の合図があった後は、振動を感じている間、手に握ったボタンを押し続けるよう事前に指示した。

実験中は常に、サーボ型加速度計による入力振動の加速度データとともに、被験者によるボタンの応答を電圧値としてデジタルレコーダで収録し、被験者の知覚応答の評価および入力振動の物理量の評価に用いた。

#### §4 おわりに

戸建住宅において実測した交通振動を元波形として、卓越振動数を変化させた振動を用いた被験者実験の概要を示した。次報以降では、座位姿勢および臥位姿勢の実験結果を基に、卓越振動数や波形の特徴が被験者の振動知覚におよぼす影響について考察する。

#### 【引用文献】

- 1) 塩谷清人, 藤井邦雄, 田村幸雄, 神田順: 2次元水平ランダム振動の知覚閾に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第485号, pp.35~42, 1996年7月.
- 2) 石川孝重, 国松直, 松本泰尚他: ランダム振動に対する振動感覚の評価に向けて(その1)~(その4), 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学I), pp.377~384, 2007年8月.
- 3) 笠松徹, 松本泰尚, 石川孝重, 国松直, 野田千津子: ランダム振動に対する振動感覚の評価に向けて(その5)~(その7), 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学I), pp.457~462, 2008年9月.
- 4) 石川孝重, 松本泰尚, 国松直, 野田千津子他: ランダム振動に対する振動感覚の評価に向けて(その8)~(その11), 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学I), pp.357~364, 2009年8月.

\*1 産業技術総合研究所 工学博士  
\*2 日本女子大学住居学科 教授・工学博士  
\*3 日本女子大学 学術研究員・修士(家政学)

\*1 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Dr. Eng.  
\*2 Prof., Dept. of Housing and Architecture, Japan Women's Univ., Dr. Eng.  
\*3 Researcher, Japan Women's Univ., M.H.E.