

D1-3

実住宅における 1 日を対象とした振動応答量と居住者の振動評価に関する検討

Study on Vibration Response Quantity and Vibration Evaluation by Residents for One Day in Real Houses

○後藤佑太¹, 井上勝夫², 富田隆太²
Yuta Goto¹, Katsuo Inoue², Ryuta Tomita²

As a study on vibration evaluation, we have conducted experiments for up to about 10 minutes and reported on the vibration sense and the corresponding vibration response quantity. However, when assessing the vibration sensation related to the environmental vibration of residents in daily life, it is necessary to consider based on the long-term vibration exposure conditions of at least about a year. In the previous report, the vibration evaluation of the day by residents and the vibration response physical quantity measured one day were investigated for the real housing. In this report, we report the results of adding 16 cases of newly experimented real houses, examining the daily vibration evaluation by residents and the vibration response quantity measured one day.

1. はじめに

我々はこれまで振動評価に関する研究として、最大 10 分程度までの振動暴露を対象とした感覚評価実験を行い、振動感覚変化を説明できる物理量について検討してきた。^[1] しかしながら、日常生活の中における居住者の環境振動に関する振動感覚を評価していく場合には、長期間に及ぶ振動暴露状態をもとに検討を行う必要がある。既報^[2]では、実験時間 10 分を延長して、実住宅を対象に、居住者による 1 日の振動評価と 1 日測定した振動応答物理量に関する基礎的検討を行い、1 日の $L_{V_{eq}}, L_{V_{max}}$ と $L_{V_{eq,h,Th}}$ の振動加速度に寄与する振幅(A)と人の振動閾値である 55dB 以上を超えた回数を 1 日の測定時間でカウントした振動暴露時間に関する N を組み合わせた「 $A+k \times 10 \log_{10} N$ 」が $k=0$ のときよりも、 $k=0.5, 1$ のときに振動感覚との対応が良くなることを報告した。そこで、本報では、新たに実験を行った実住宅を 16 件追加し、居住者による 1 日の振動評価と 1 日測定した振動応答物理量に関する検討を行った結果を報告する。

2. 実験方法

実験方法は、既報^[2]と同様に、居住者 994 名を対象として、過去 1 年間の自宅での振動に関するアンケート調査を行い、回答者の中から実験対象物件を選定し、実際の住宅において実験を行った。実験内容としては、振動測定と居住者の感覚反応調査とした。測定場所は居住者が滞在する時間の多い場所とした。実験を行った実住宅を Table 1 に示す。居住者に回答してもらった振動測定中に暴露された 1 日の振動に関するアンケート調査の項目を、Figure 1 に示す。アンケート項目は、「知覚」、「大きさ」、「気になり」、「不快」について 5 段階で回答してもらった。既報^[2]と同様に、「 $A+k \times 10 \log_{10} N$ 」について、振動加速度に寄与する振幅(A)を 1 日の $L_{V_{eq}}, L_{V_{max}}$ と $L_{V_{eq,h,Th}}$ として、 $k=0, 0.5, 1$ の 3 パターンで検討した。N は振動レベルの時系列波形で 55 dB 以上を超えた回数を 1 日の測定時間で数えたものを用いた。居住者が振動を感じないと回答した 5 物件を除いた 31 物件で、振動物理量と気になり度合や不快度合等の振動評価との対応を検討した。

Table 1. Outline of residential housing to be investigated

物件No	被験者数	居住形式	構造	測定階	測定場所	築年数	被験者の居住年数	振動源	測定時間(h)	在宅時間	Nの個数	備考
No.1	1	戸建住宅	木造	1階	リビング	60年	55年	車・人の動作	23.7	20:00-9:30,14:00-19:00	59個	
No.2	1	戸建住宅	木造	2階	リビング	26年	26年	人の動作・車	22.9	1時間程度	398個	
No.3	1	戸建住宅	木造	3階	洋室	13年	13年	車	22.9	未回答	44個	
No.4	1	戸建住宅	木造	2階	寝室	13年	13年	車	23.5	9:45-11:00	15個	
No.5	1	戸建住宅	木造	1階	リビング	12年	12年	工事・車	23	14:00-17:00,18:00-11:00	15個	
No.6	1	戸建住宅	木造	1階	リビング	60年	21年	車・人の動作	27.8	20:30-10:00	85個	No.1と同一物件
No.7	1	集合住宅	木造	1階	リビング	26年	4年	人の動作	25.6	10時間程度	0個	
No.8	1	戸建住宅	木造	2階	洋室	-	10年	車	9.5	未回答	9個	
No.9	1	戸建住宅	木造	1階	リビング	26年	4年	人の動作	26.6	10時間程度	0個	No.7と同一物件
No.10	1	集合住宅	木造	2階	リビング	17年	4年	電車	26.7	1時間	158個	
No.11	1	戸建住宅	木造	1階	リビング	15年	15年	車	25.6	22:40-9:30,18:30-23:00	28個	
No.12	1	戸建住宅	木造	2階	洋室	23年	18年	車	23	10時間程度	0個	
No.13	1	集合住宅	R C造	3階	リビング	-	4年	人の動作	21.6	4:00-16:00,0:00-4:00	0個	
No.14	1	戸建住宅	木造	2階	リビング	26年	26年	人の動作	24.8	1時間程度	277個	No.2と同一物件
No.15	1	戸建住宅	木造	2階	洋室	50年	18年	車	25.5	3:00-12:00	900個	
No.16	1	戸建住宅	木造	2階	洋室	9年	9年	車	24.4	23:30-6:00,18:00-23:30	168個	
No.17	1	集合住宅	S造	1階	寝室	15年	4年	工事	24.5	23:50-11:00,12:00-18:00	41個	
No.18	1	集合住宅	S R C造	4階	寝室	13年	2年	工事	27.8	22:00-11:30	0個	
No.19	1	集合住宅	S造	2階	リビング	-	13年	人の動作	27.3	8:00-10:30,21:00-10:00	-	
No.20	1	戸建住宅	木造	1階	リビング	20年	20年	人の動作	25.5	11:30-17:00,17:30-11:30	-	
No.21	1	集合住宅	R C造	11階	リビング	-	3年	車・人の動作	24.5	22:40-23:00	73個	
No.22	1	集合住宅	木造	2階	リビング	50年	2年	車	26.1	1時間程度	350個	
No.23	1	集合住宅	R C造	3階	リビング	-	1年	車	24.1	26:00-26:00	164個	
No.24	2	戸建住宅	木造	2階	リビング	17年	17年	車	27.8	23:30-10:00	340個	
No.24	2	戸建住宅	木造	2階	リビング	17年	17年	車	27.8	24:00-7:30,16:00-24:00	340個	
No.24	2	戸建住宅	木造	1階	寝室	100年	20年	車	23.9	20:00-12:00,17:00-24:00	248個	
No.24	2	戸建住宅	木造	1階	寝室	100年	44年	車	23.9	24:00-8:45,13:30-21:30	248個	
No.24	2	戸建住宅	木造	1階	寝室	100年	20年	車	23.9	24:00-24:00	248個	
No.26	1	戸建住宅	S造	2階	洋室	9年	9年	車	24.5	19:00-11:00	325個	
No.27	1	集合住宅	S造	3階	洋室	40年	2年	人の動作・車	24.3	9:00-9:00	91個	
No.28	1	集合住宅	S造	3階	リビング	25年	2年	車	24.1	23:00-11:00	122個	
No.29	3	戸建住宅	木造一部鉄骨	2階	リビング	20年	20年	工事・道路	23	10:30-13:30,11:30-10:30	75個	
No.29	3	戸建住宅	木造一部鉄骨	2階	リビング	20年	20年	工事・道路	23	19:00-10:30	75個	
No.29	3	戸建住宅	木造一部鉄骨	2階	リビング	20年	20年	工事・道路	23	10:30-17:00,22:30-10:30	75個	
No.30	1	集合住宅	木造	2階	洋室	7年	7年	電車・車	24.3	16:30-17:30,20:30-14:00	59個	
No.30	1	戸建住宅	木造	1階	リビング	16年	16年	飛行機	24	20:30-8:30	35個	
No.31	3	戸建住宅	木造	1階	リビング	16年	16年	風	24	20:00	35個	
No.31	3	戸建住宅	木造	1階	リビング	16年	16年	風	24	20:00-8:00	35個	
No.31	3	戸建住宅	木造	1階	ダイニング	16年	8年	車	28.5	-	22個	
No.31	3	戸建住宅	木造	1階	ダイニング	16年	16年	車	28.5	15:00-11:00	-	
No.31	3	戸建住宅	木造	1階	ダイニング	16年	16年	車	28.5	15:00-9:00	22個	
No.33	1	戸建住宅	木造	2階	洋室	3年	2年	人の動作	24	21:00-10:30,18:00-21:00	-	
No.34	2	戸建住宅	-	2階	リビング	17年	12年	車	24.1	16:50-16:50	46個	
No.34	2	戸建住宅	-	2階	リビング	17年	12年	車	24.1	16:50-16:50	-	
No.35	3	戸建住宅	木造	1階	リビング	6年	4年	車	23.2	24:00-12:00	94個	
No.35	3	戸建住宅	木造	1階	リビング	6年	4年	車	23.2	18:00-6:30	94個	
No.35	3	戸建住宅	木造	1階	リビング	6年	4年	車	23.2	12:00-6:30	94個	
No.36	2	戸建住宅	木造	2階	洋室	50年	21年	車	27.8	2:00-7:00	845個	No.15と同一物件
No.36	2	戸建住宅	木造	2階	洋室	50年	21年	車	27.8	-	845個	No.15と同一物件

1:日大理工・院(前)・建築 2:日大理工・教員・建築

3. 振動評価と振動応答量の検討

Figure 2 に振動応答量と気になり度合や不快度合との対応を検討した結果を示す。Figure 2 では、振動評価のランクごとに着目すると、既報^[2]の結果と同様に、「 $L_{V_{eq}} + k \times 10 \log_{10} N$ 」について、「 $L_{V_{eq}}$ 」のみ、すなわち $k=0$ のときに比べて、 $k=0.5, 1$ のときの方が、気になり度合や不快度合との対応が良いことが分かる。Figure 3~6 に、振動応答量と気になり度合との関係を示した。Figure 3, Figure 4 に比べて、Figure 5, Figure 6 ではレベルが大きくなるにつれて、気になり度合が悪くなる傾向が見られるため、 $k=1$ として閾値以上の振動暴露した N を加算し、積分効果を補正した Figure 5 と Figure 6 の物理量の方が対応が良い。なお、Figure 2 では、 L_{VE} と「 $L_{V_{eq}} + k \times 10 \log_{10} N$ 」を比較して示した。こちらも振動評価のランクごとに着目すると、既報^[2]の結果と同様に、 L_{VE} よりも「 $L_{V_{eq}} + k \times 10 \log_{10} N$ 」($k=0.5, 1$ の場合)の方が対応が良いことが分かる。振動感覚の場合には、 L_{VE} のように全時間を積分するのではなく、振動知覚閾値以上の回数を考慮した積分量を加算した「 $A + k \times 10 \log_{10} N$ 」のような物理量の方が対応が良くなることが示唆された。

4. 人間の振動感覚と記憶に関する考察

振動応答量と気になり度合の関係を Figure 3~6 に示した。Figure 4 と Figure 6 の $L_{V_{max}}$ を用いた振動応答量に比べて、Figure 3 と Figure 5 の $L_{V_{eq}}$ を用いた振動応答量の方がレベルが大きくなるにつれて、気になり度合が増大する傾向がみられ、気になり度合との対応が良いことが分かる。既報^[1]によると、文献^[3]を用いて、振動の継続時間が延長されると、次々と受ける振動に対して気になり度合等が増加するが、前に受けた振動の記憶が失われることで、気になり度合等に影響する保持量が一定に近づくという考え方が報告されている。既報^[1]では、この考え方を継続時間による気になり度合等の増減として説明をしていたが、本稿のように 1 日を対象とする場合には更に効果的な考え方となり得る。今後、「 $k \times 10 \log_{10} N$ 」について更に検討を進めていきたい。また、この考え方によれば、1 日のどこかで決まる $L_{V_{max}}$ に比べて $L_{V_{eq}}$ の方が対応が良くなることも考えられ、Figure 4, Figure 6 に比べて、Figure 3, Figure 5 のような $L_{V_{eq}}$ を用いた振動応答量の方が対応が良い傾向であった。つまり、既報^[1]等で報告してきた実験室実験における最大 10 分程度の測定時間を 1 日に延長すると、振動暴露時間の最大値よりもエネルギー平均値の方が 1 日の振動評価と対応する可能性が示唆された。今後も更なるデータの蓄積を行い、長期生活の中での振動評価基準を提案していきたい。

謝辞
本研究の一部は JSPS 科研費 16K06621 の助成を受けたものである。

5. 参考文献

- [1] 富田,井上,音講論 (春),1293-1296,2017.
- [2] 富田,井上,後藤,音講論 (秋),575-578,2018.9
- [3] H.エビングハウス,記憶について,誠信書房,1978.

- ① 24 時間の振動は、ここ一年の振動状況と比べて同じですか？
 1. 普段と比べて振動は小さい 2. 普段と比べて振動は同程度 3. 普段と比べて振動は大きい
 ② 振動は感じましたか
 1. 感じない 2. かすかに感じる 3. 明らかに感じる 4. 強く感じる 5. 判断できない
 ③ 振動の大きさはどの程度でしたか？
 1. 小さい 2. やや小さい 3. やや大きい 4. 大きい 5. 非常に大きい
 ④ 振動はどの程度気になりましたか？
 1. 気にならない 2. あまり気にならない 3. 多少気になる 4. 気になる 5. 非常に気になる
 ⑤ 振動はどの程度不快でしたか？
 1. 不快でない 2. あまり不快でない 3. 多少不快である 4. 不快である 5. 非常に不快である

Figure 1. Questionnaire item

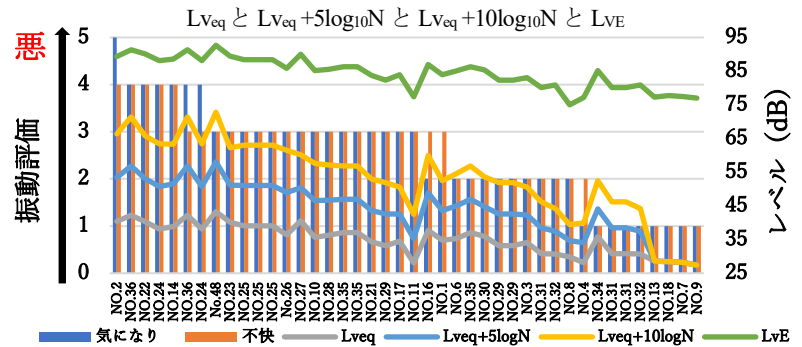


Figure 2. Correspondence between vibration evaluation and physical quantity

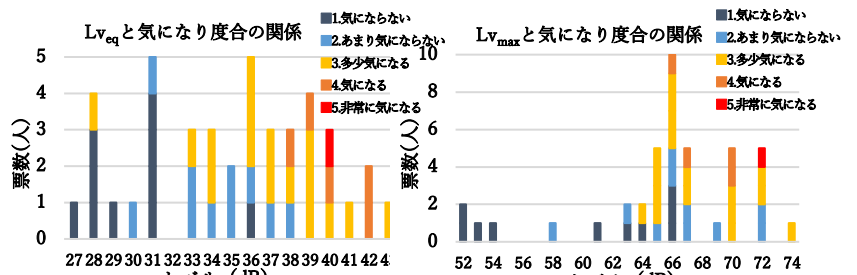


Figure 3. Relationship between $L_{V_{eq}}$ and vibration evaluation

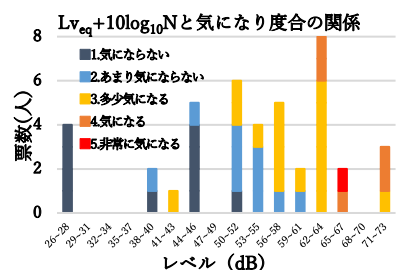


Figure 5. Relationship between $L_{V_{eq}} + 10 \log_{10} N$ and vibration evaluation

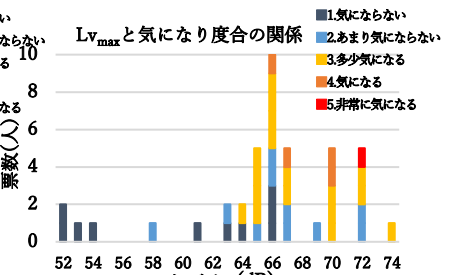


Figure 4. Relationship between $L_{V_{max}}$ and vibration evaluation

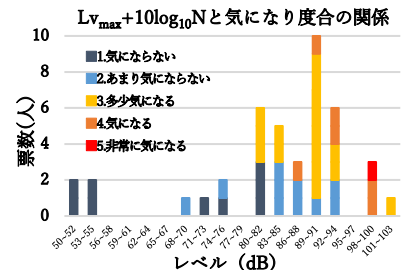


Figure 6. Relationship between $L_{V_{max}} + 10 \log_{10} N$ and vibration evaluation