

報告

全身振動の発生頻度に対する人間の振動感覚について

横島潤紀
(大気環境部)

Note

Human Sensibility on the Frequency of Whole-body Vibration

Shigenori YOKOSHIMA
(Air Quality Division)

キーワード：振動感覚試験，間欠振動，頻度，ME法

1. はじめに

振動に係る人間の感覚反応は、振動の物理的要因（振動の物理的大きさ、振動の発生回数等）の違いによって変化する。現在までに、室内実験によって行われた振動感覚実験としては、鉄道振動に係る感覚反応実験¹⁾、道路交通振動に対する評価実験²⁾等、多数の研究が行われている。しかし、間欠振動の発生回数（頻度）が、人間の振動感覚に及ぼす影響について、詳細な研究は未だ行われていない。

本研究は、振動試験装置を用いて再現した大型車単独走行時の振動を被験者に全身暴露することによって、振動の物理的大きさと振動の発生回数が人間の振動感覚に及ぼす心理的な影響を検討することを目的とした。特に、間欠振動の発生回数が人間の振動感覚に及ぼす影響について、他の要因の影響をあわせて検討することによって、分析を行った。

2. 方法

2.1 試験信号

実際に大型車（ダンプカー）が道路の段差面を通過した際に発生した鉛直方向の振動加速度波形を、道路端から1mの地点で振動レベル計（リオン VM-51）を通してデータレコーダ（SONY PC-116）に記

録した。この記録した信号を元パターンとし、この信号が1分間に1～5個入った5種類の実験用のテープを作成した。

2.2 試験方法

動電形振動試験装置（IMV CV-600-3）を用いて、作成した実験用テープを信号源とし、振動試験台上に大型車通過時の鉛直方向の振動加速度波形を再現した。評価実験は、その鉛直振動を、試験台上に座った被験者に暴露することによって行われた。

試験方法はME法（マグニチュード推定法）³⁾によった。被験者は、振動試験装置を用いて再現された鉛直振動を1分間暴露されたのち、その鉛直振動に対する主観的な振動の大きさ（以後、「振動の大きさ」と記述する）を素早く評価し、各々の独自の判断に基づいて評点を付けた。なお、1分間暴露される間欠振動の発生頻度は、1回、2回、3回、4回、5回の5パターンとした。以後、本報告の中では、被験者に暴露される1分間の振動を「刺激」と記述し、振動の発生頻度の少ない順にそれぞれ、刺激1（1回）、刺激2（2回）、刺激3（3回）、刺激4（4回）、刺激5（5回）と記述する。

1回の試験は、この頻度の異なる5種類の「刺激」を、ランダムな順序で、5分間連続で被験者に暴露して行っ

た。「刺激」の提示順序は、A) 刺激3→刺激2→刺激5→刺激1→刺激4、B) 刺激4→刺激1→刺激5→刺激2→刺激3 (Aの提示順序と逆の順序)、の2パターンとした。

また、評点を付ける際の注意点として、以下のことを被験者に教示した。

- 1) 1回の試験中においては、被験者は一定の姿勢を保つこと。また、振動台上での被験者の座る位置は、実験を通してなるべく同じ位置に座るようにすること。
- 2) 1分間の振動に対する評点については、1分経過の合図が聞こえたら (ベルで合図を行った)、素早く判断して付けること。
- 3) あくまでも、被験者自身の自由な判断に基づいて、正の評点を付けること。
- 4) 被験者が1分間の振動を全く感じなかった場合には、評点を0点にすること。

なお、本実験に入る前に、被験者は、ME法の練習を行った。

者に暴露する振動レベルは、5分間同じレベルとした。各被験者は計12回にわたって試験を行った。実験前半(1回目～6回目の試験)では、6段階の振動レベルをランダムな順序で被験者に暴露し、実験後半(7回目～12回目の試験)では、6段階の振動レベルを実験前半とは逆の順序で被験者に暴露した。そして、刺激の提示順序についても、実験前半と実験後半の提示順序は逆にした。すなわち、実験前半での刺激の提示順序がAの場合には、実験後半での刺激の提示順序はBとした。結局、各被験者は「刺激」に対する評価を、計60回判断したことになる。

なお、実験は二人一組で行った。すなわち、被験者は各試験ごとに交代し、実験を行った。

2.4 振動の苦情に関する意識

1分間ごとに評価する「振動の大きさ」と同様に、1分間ごとに振動に対する苦情意識について以下の質問を行い、回答を得た。

「あなたが自宅にいるときにこの1分間の振動が発生した場合、あなたは関係する公共機関(県または住んでいる市町村)に対して苦情を申し立てますか？」

- (回答)
1. 苦情を申し出ようとは思わない。
 2. どちらともいえない。
 3. 苦情を申し出る。

各被験者はこの質問についても計60回の判断を行った。なお、この評価についても、1分間の振動が暴露されたのちに、素早く判断するように教示した。

2.5 被験者について

被験者は当センターの職員の男性14名である。実験が始まる前に、被験者に対して、身長、性別、体重、年齢、自分自身の振動感覚、騒音の気になる程度、振動の気になる程度、について質問を行い、回答を得た。その回答結果を表1に示す。

3. 結果

3.1 評点の基準化

被験者には各人の尺度で振動の大きさを評価させ点数を付けさせた。このために被験者の振動に対する反応を同一スケール上で検討するためには、評点の基準化を行う必要がある。今回の実験では、各被験者の60個の評点の対数を取り、その平均値が0、分散が1となるように、各被験者についての評点を変換し、全被験者の全評点を基準化した。

評点の対数の平均することは、評点を幾何平均することに相当する。一般的に、刺激の物理的大きさSと感覚の大きさRとの間には、

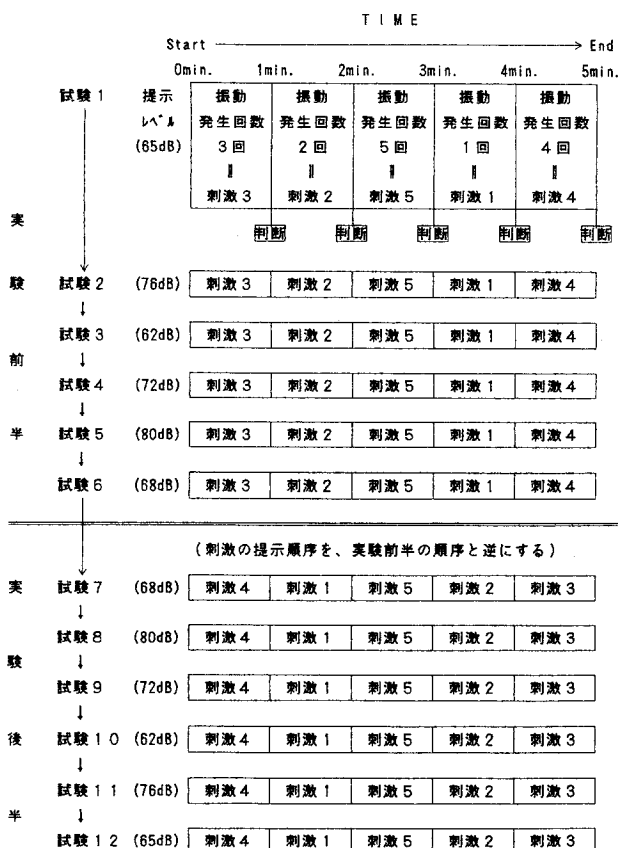


図1 実験の手順

2.3 実験手順

実験の手順を図1に示す。被験者に暴露した振動レベルは、そのピーク値で62dB、65dB、68dB、72dB、76dB、80dBの6段階であった。1回の試験(5分間)で被験

$\log R = \log k + n \log S$ (k, nは定数)
の関係がある。

すなわち、幾何平均をすることは、被験者の振動に対する感覚の大きさを単純平均することを意味している。

なお、評点の対数での平均及び分散を計算する際には、0点の評点は除外して計算を行った。

表1 被験者属性一覧表

被験者	性別	年齢	身長	体重	騒音の 気になる 程度	振動の 気になる 程度	被験者の 振動 感覚
No.1	男性	31	180	65	1	2	2
No.2	男性	29	163	95	1	1	2
No.3	男性	29	173	63	2	2	2
No.4	男性	29	178	68	1	2	2
No.5	男性	37	177	76	1	2	2
No.6	男性	29	174	64	2	2	1
No.7	男性	45	168	66	2	2	2
No.8	男性	29	170	69	2	2	3
No.9	男性	29	173	102	2	2	2
No.10	男性	28	175	68	1	1	2
No.11	男性	26	173	56	1	2	2
No.12	男性	27	171	85	2	2	2
No.13	男性	45	172	72	1	2	2
No.14	男性	31	166	61	1	2	1

騒音に気になる程度：1. 気になる 2. 気にならない
振動の気になる程度：1. 気になる 2. 気にならない
被験者の振動感覚：1. 鈍感である 2. どちらとも
いえない 3. 敏感である

3.2 「振動の大きさ」の分析結果

この基準化された評点を用いて、被験者に暴露した6段階の振動レベル（以後、「振動レベル」と記述する）ごとに、14名の被験者について幾何平均した値を図2に示す。図2の縦軸は基準化された評点の幾何平均値、横軸は「刺激」の発生頻度（以後、「頻度」と記述する）である。図2から、「振動レベル」及び「頻度」は、ME法の評点、すなわち「振動の大きさ」に対して正の影響を及ぼしていること、「振動レベル」の方が「頻度」より「振動の大きさ」に対して強い影響を及ぼしていること、などが分かる。

次に、「振動レベル」ごとに、14名の被験者について、実験前半での評点を幾何平均した値と実験後半での評点を幾何平均した値の比を図3に示す。図3から、暴露した振動レベルが比較的低い場合（振動レベルのピーク値で62~72dB）においては、実験前半での評点が実験後

半の評点より大きくなっている傾向が見られる。しかし、比較的高い振動レベル（振動レベルのピーク値で76、80dB）が暴露された場合には、実験後半と前半の評点の比が1に近くなっている。このことは、小さい振動を暴露された場合には、被験者が振動の物理的大きさと主観的な大きさの対応が不十分であったために不安定な評価をしていること、逆に大きな振動を暴露された場合には、被験者は振動の主観的な大きさを認知し、安定した評価をしていること、を示していると考えられる。

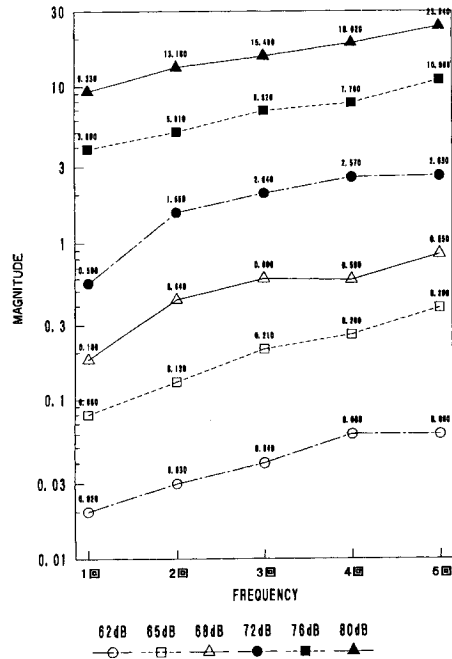


図2 主観的な振動の大きさに対する評点 (ME法の評点)

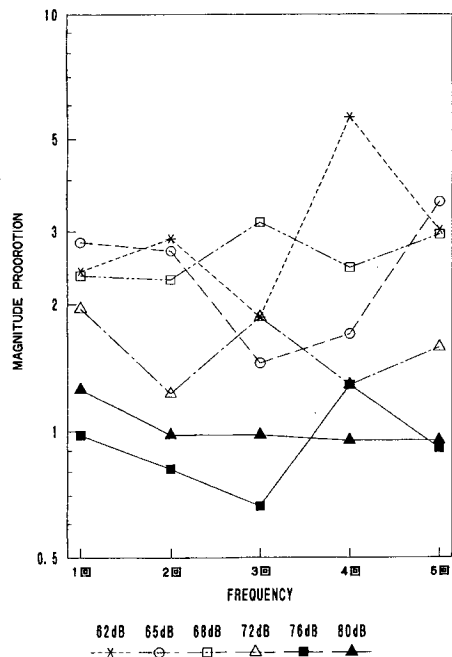


図3 ME法の評点の比 (実験前半での評点/実験後半での評点)

また、刺激の提示順序ごとに、14名の被験者について幾何平均した値を図4に示す。「頻度」が4回の場合において、提示順序Bにおける評点が大きくなっていることが分かる。提示順序Bにおける「頻度」4回の提示は最初であるために、被験者が「振動の大きさ」を過大評価してしまったことが考えられる。

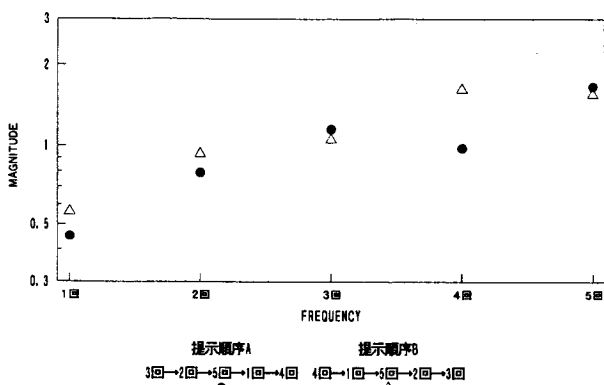


図4 1分間振動の提示順序別のME評点

3.3 数量化理論による分析

各要因が「振動の大きさ」に及ぼす影響を詳しく検討するために、基準化された評点の対数を外的基準とし、数量化I類による分析を行った。アイテム(要因)として、「振動レベル」、「頻度」、「実験の前半・後半」及び「刺激の提示順序」の4つの要因を選定した。各アイテムのカテゴリーを表2に示す。「実験の前半・後半」のカテゴリー分類は、前に述べたように、「実験前半」を1回目～6回目の試験、「実験後半」を7回目～12回目の試験とした。「刺激の提示順序」は、1回の試験における刺激の提示順序がA、Bの2種類に分類した。分析の結果を表2に示す。なお、分析の重相関係数は0.896であった。

各アイテムの偏相関の大きさは、偏相関係数の大きい順に「振動レベル」、「頻度」、「実験の前半・後半」、「刺激の提示順序」であった。また、各アイテムのレンジの大きさの順番は、偏相関係数の大きさの順番と同じであった。

ここで、各要因が「振動の大きさ」に及ぼす影響について検討する。「振動レベル」及び「頻度」の増加は、目的変数である「振動の大きさ」に正の影響を与えているが、「振動レベル」が62dB、「頻度」が1回の場合に関しては、被験者は「振動の大きさ」を過小評価している傾向が見られる。「実験の前半・後半」については、実験前半での「振動の大きさ」の方が実験後半より大きい評価となっている。これは、実験の後半になるにつれて、被験者が振動に対して慣れてしまうために、「振動

の大きさ」に対する評点が小さくなったと考えられる。

「振動レベル」と「頻度」のレンジの大きさを比較すると、「振動レベル」のレンジは2.60、「頻度」のレンジは0.56で、「振動レベル」のレンジの大きさは「頻度」の約5倍になっている。「振動レベル」及び「頻度」のカテゴリー数を考慮すると、この結果は、「頻度」が1回から5回に増加した場合の「振動の大きさ」に及ぼす影響は、「振動レベル」が1段階高い提示レベルに増加(3～4dBの増加)する場合に「振動の大きさ」に及ぼす影響に相当する、と考えられる。

表2 「振動の大きさ」に対する数量化理論I類による分析結果

Item	Category	Size	Cat. Score	Range	Partial Correlation
振動レベル	62dB	121	-1.40	2.60	0.89
	65dB	134	-0.72		
	68dB	140	-0.62		
	72dB	139	0.22		
	76dB	140	0.82		
	80dB	139	1.20		
頻度	1回	157	-0.34	0.56	0.40
	2回	160	-0.09		
	3回	164	0.05		
	4回	166	0.13		
	5回	166	0.22		
実験前半・後半	実験前半	408	0.12	0.24	0.26
	実験後半	405	-0.12		
刺激の提示順序	A	406	-0.05	0.10	0.11
	B	407	0.05		
定数項		Term = 0.000			
重相関係数		R = 0.896, R-square = 0.803			

3.4 振動に関する苦情の集計

次に、振動に対する苦情に関してのそれぞれ回答結果を、「振動レベル」ごとに分類集計した結果を図5～図7に示す。図5は「苦情を申し出ない」と回答した場合、図6は「苦情を申し出るかわからない」と回答の場合、図7は「苦情を申し出る」と回答の場合のそれぞれの度数分布である。それぞれのカテゴリーの反応数に関しては、「苦情を申し出ない」が478、「苦情を申し出るかわからない」が194、「苦情を申し出る」が167であった。図5から、「苦情を申し出ない」の反応について検討すると、「振動レベル」68dB以下での反応が70%以上を占めていることが分かる。また、「振動レベル」及び「頻度」の増加は、「苦情を申し出ない」の反応の減少に影響を

及ぼしている傾向が見られる。「苦情を申し出るかわからない」の反応については、図6から、その反応が「頻度」からうける影響は少ないと考えられる。

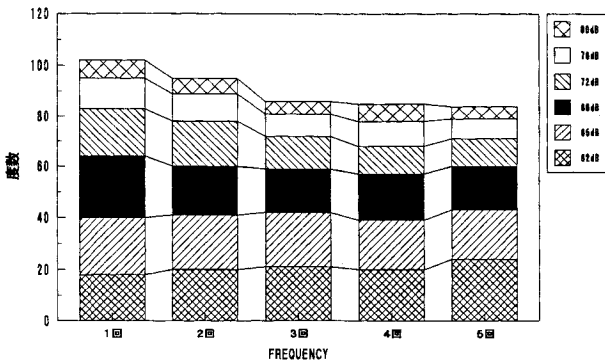


図5 振動に対する苦情意識の度数分布
 (「苦情を申し出ない」と回答の場合)

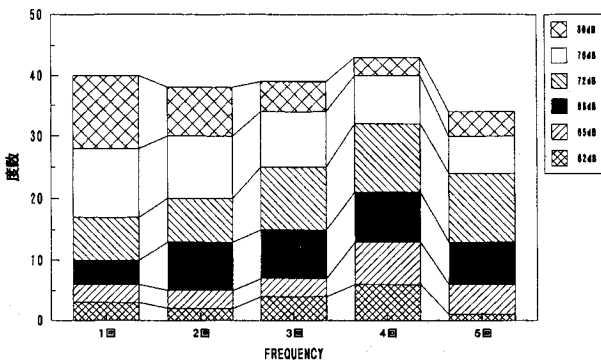


図6 振動に対する苦情意識の度数分布
 (「苦情を申し出るかわからない」と回答の場合)

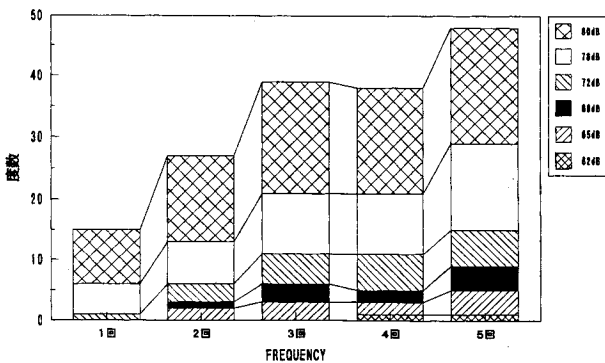


図7 振動に対する苦情意識の度数分布
 (「苦情を申し出る」と回答の場合)

「苦情を申し出る」の反応について検討すると、図7から、「振動レベル」62dBでの反応はほとんどなく、65dBでの反応も非常に少ないことが分かる。逆に、「振動レベル」76dB及び80dBの大きな振動を暴露された場合には、それらの反応は全体の60%以上あることが分かる。「振動レベル」62dBにおける「苦情を申し出る」の反応に及ぼす「頻度」の影響は小さいが、「振動レベル」72dB、76dB、80dBにおける反応は、「頻度」の増加と共に大きくなっていることが分かる。このことから、小さな振動の場合には、振動に対する苦情意識に及ぼす間欠振動の発生頻度の影響は小さいが、大きな振動の場合には、振動の物理的な大きさ及びその発生頻度の増加が、苦情を発生させる可能性がある、と考えられる。

4. まとめ

今回の実験結果から以下のようなことが分かった。

- 1) 人間の主観的な振動の大きさに対して、間欠振動の発生頻度は正の影響を及ぼしている。
- 2) 主観的な振動の大きさに影響を及ぼす要因としては、振動の発生頻度が及ぼす影響よりも、物理的な大きさが及ぼす影響の方が大きい。
- 3) 小さな振動を被験者に暴露した場合に、被験者が暴露されている振動に対して「慣れる」傾向が見られた。
- 4) 数量化理論1類による分析の結果、1分間での間欠振動の発生頻度が1回から5回に増加した場合に主観的な振動の大きさ及ぼす影響は、振動レベルが3~4dB増加する場合に及ぼす影響に相当する。
- 5) 振動に対する苦情意識の調査結果から、大きな振動を暴露された場合には、振動の発生頻度の増加は、苦情を増加させる可能性がある。

参考文献

- 1) 青木一郎, 上原幸雄: 鉄道振動に係る感覚反応実験について, 東京都環境科学研究所年報(1988)
- 2) 平尾善裕, 横田明則: 変動振動の全身暴露に対する評価実験, 騒音振動研究会資料, N-94-53(1994)
- 3) 平松幸三: 全身振動の不快感に及ぼす継続時間の効果, 日本音響学会講演論文集, 445-446(1983)