

# 在来線鉄道振動に対する住民意識調査

門屋真希子 末岡 伸一

## 要 旨

近年、環境振動にかかる苦情が増加傾向にあり、現行の振動評価手法の見直し検討の必要が議論されている。そこで、都内の在来線鉄道7路線を対象に、水平、垂直3方向の振動を測定及び解析を行うとともに、沿線住民にアンケート調査を行い、基礎資料の収集を図った。この調査によると、在来線鉄道沿線においては「だいぶ悩まされている」と「非常に悩まされている」の回答は57%にのぼった。また、在来線鉄道からの振動は、多くは線路敷地境界から0～1dB/mの範囲で距離減衰する傾向にあった。xy方向の振動については20m程度離れた背後地で増加するケースもあった。振動実測値及び軌道からの距離で推計した等価振動レベル $L_{veq}$ とアンケートの回答から量-反応関係を作成したが、 $L_{veq}$ が35dBでも、「だいぶ悩まされている」と「非常に悩まされている」の回答割合が半数を超えていた。

キーワード：環境振動、住民意識調査、社会反応調査、アンケート調査、量-反応関係、等価振動レベル、FFT

## A study of the social response investigation for the railway vibration

KADOYA Makiko, SUEOKA Shinichi

### Summary

In recent years, there are increasing complaints against environmental vibration, for dwellings environmental protection, it has needed another assessment. At 7 lines of railway in Tokyo, we have measured 3-axis horizontal and vertical vibration acceleration on the boundary, in front of dwellings and inside dwellings, and we have investigated the questionnaire in these areas. This questionnaire results said the rate of high and highly annoyance against vibration from railway were 57% of all. These railway vibration propagation decrease rate were 1dB/m from the boundary, horizontal vibration (x-yaxis) level increased behind the boundary of 20m distance. We calculated  $L_{veq}$  using the data that we measured vibration acceleration levels and the distance between the center of track and the dwellings. Next we evaluated the relation of  $L_{veq}$  and annoyance from degree railway vibration. At vibration exposure level 35dB in a day, ratio of high and highly annoyed exceeded half.

## 1 はじめに

環境振動については、JIS C 1510 の振動レベルを用いて振動規制法や種々の指針に基づき対策が取られてきた。しかしながら振動苦情は増加傾向にあり、測定方法も全身振動測定装置等が規格化されるなど、状況が大きく変化している。そこで、沿線住民の振動に対する意識についてアンケート調査と、在来線鉄道振動の水平、垂直 3 方向で測定解析を実施して、振動暴露量と住民意識との関係について基本的見直しを開始した。なお振動暴露量は、騒音で使用されている単発振動暴露レベルに準じて L<sub>vE</sub> を計測し、等価振動レベル L<sub>veq</sub> を算出した。なお、ここで算出した等価振動レベルは、感覚補正について様々な提案がされている現状を鑑みて、周波数補正特性を行わずに算出した。

## 2 調査目的

在来線鉄道振動の実態把握、振動伝播状況および評価方法を検討するため、在来線鉄道沿線において、敷地境界とその背後地の複数地点で同時に振動を計測し、振動実態を把握すると共に振動暴露量と振動に対する住民反応を基に量-反応関係を作成する。

## 3 調査方法

### (1) 調査対象地域

調査は都内の在来線鉄道沿線のうち、鉄道車両の走行速度が比較的速く、駅から十分離れ加減速のない速度が安定した区間で、沿線に戸建住居が立ち並ぶ地域を選定した。また、自動車や工場・作業場、建設工事などその他の振動の影響が考えられる地域は選定の対象から外した。調査対象地域を表 1 に示す。

調査場所は、在 1 から在 6 までは、軌道は複線、平面構造であるが、在 7 は複々線で、そのうち北側（以下、在 7(1)）は東京メトロに相互乗り入れする各駅電車が通過する軌道であり、高架構造である。また南側（以下、在 7(2)）は快速電車が通過する軌道で、盛土構造となっている。

### (2) アンケート方式及び内容

アンケート内容は、平成 15 年～18 年度まで当所で実施した「騒音に対する住民意識調査」において用いた内容を一部変更し、振動と騒音に関して 5 段階評価にて回答するアンケートを作成して実施した。調査は、調査員による訪問面接方式で行い、アンケートの質問

用紙を示して回答を求めた。アンケートに併せて、回答者の住居構造等についてもとりまとめた。

アンケートは、振動及び騒音に対して悩まされている程度について、5 段階評価で整理した。なお、質問相互間で矛盾する回答を除いて有効回答とし、以降有効回答のみを用いて解析を行った。

表 1 調査地域一覧

	対象路線名	調査地域	構造等		
			線路の構造	道床	日列車本数
在1	京成押上線	墨田区八広	複線、平面	バラスト	462
在2	京成本線	江戸川区北小岩	複線、平面	バラスト	426
在3	西武新宿線	中野区沼袋、野方	複線、平面	バラスト	664
在4	西武池袋線	練馬区東大泉	複線、平面	バラスト	722
在5	東武東上線	練馬区赤塚	複線、平面	バラスト	580
在6	JR埼京線	北区中十条	複線、平面	バラスト	413
在7	JR常磐線	葛飾区金町	複線、盛土	バラスト	745
			複線、高架	コンクリート	

### (3) 振動測定

敷地境界、背後地及びアンケート回答者の住居内において、上下 10 本程度以上の車両の振動測定を行った。振動測定は、振動計(リオン製 VM-53A 及びリオン製 VM-54)を用いて、xyz 方向別の振動加速度をデータレコーダー(リオン製 DA-20)に wave ファイル収録し、収録した振動波形を波形解析ソフト(リオン製 DA-20PA1)で振動レベルを読み取り、併せて FFT 解析を行った。

読み取った L<sub>vE</sub>、直近の軌道から各測定位置までの距離と時刻表から読み取った上下方向別の電車本数を基に、xyz 方向別に各測定点における昼間(6時から19時まで)、夕方(19時から22時まで)及び夜間(22時から翌6時まで)の L<sub>veq</sub> を算出した。これにより時間区分別の減衰曲線を作成し、アンケート回答者の振動暴露量を推計した。

## 4 アンケート調査結果

### (1) 回収率

アンケート調査においては、調査対象地域内の 219 件を訪問し、81 件のアンケートを回収することができた。訪問した住宅のうち、不在は 41%、拒否は 22%、回答は 37%であった。これは当所が実施した騒音にかかる社会反応調査<sup>2)</sup>とほぼ同様の傾向であった。

### (2) アンケート回答者

回答者 79 人のうち、女性は 51 人(構成比 65%)、男性は 28 人(35%)であり、図 1 に示すとおり年齢別に見ると男女ともに 60 歳以上の年齢が半数を占めていた(図 1 参照)。

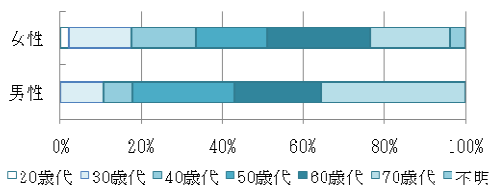


図1 アンケート回答者の性別年齢構成

(3) 振動に対する意識

アンケートでは、鉄道とその他からの振動について、この1年を振り返って振動で悩まされている程度を5段階評価で回答をもらい、その結果を図2にまとめた。鉄道からの振動に対して、「だいぶ悩まされている」と「非常に悩まされている」の割合が57%と半数以上を占めており、他の発生源と比較して非常に高い。また最も悩まされている振動について、鉄道からの振動と回答した割合は87%であり、ないと回答したのは13%であった。

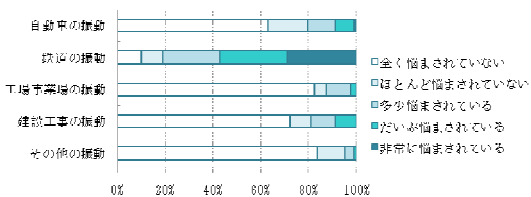


図2 振動に対する意識

振動により悩まされている内容を複数回答で求めたところ、全体で119件、うち「気になるがたいしたことはない」31%、「くつろげない」3%、「いらいらして腹が立つ」4%、「テレビ画面が揺れて見づらい」14%、「仕事、勉強や読書の邪魔になる」2%、「ほこりがたつ」6%、「睡眠の妨害になる」11%、「柵から物が落ちたりガタガタする」8%、「建物などにヒビが入る」14%、その他7%であった。

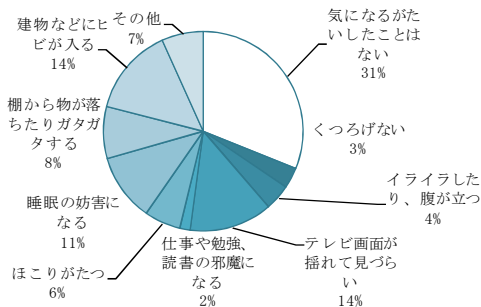


図3 振動により悩んでいる内容(複数回答可)

次に、騒音に関して同様に自動車などの音源別に悩まされている程度について、図4にまとめた。図4によると、鉄道の音に対して「だいぶ悩まされている」と「非常に悩まされている」の割合は6割程度を占め、他の音源と比較して非常に高くなっていた。鉄道については、図2及び図4から振動と騒音の双方に悩まされている事情が見て取れる。

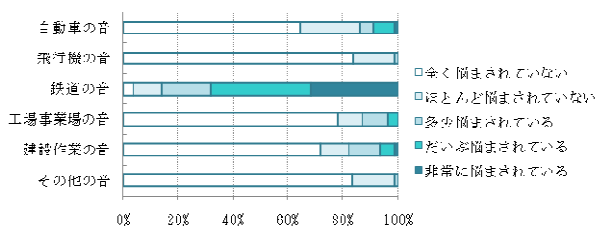


図4 騒音に対する意識

鉄道騒音で悩まされている内容について複数回答を求めたところ121件の回答があり、図5にまとめた。それによると「気になるがたいしたことはない」21%、「くつろげない」4%、「いらいらしたり、腹が立つ」4%、「電話の声やテレビ・ラジオの音が聞き取りにくい」26%、「仕事、勉強や読書の邪魔になる」1%、「会話の妨害になる」10%、「睡眠の妨害になる」16%、「窓を開けられない」14%、その他3%であった。

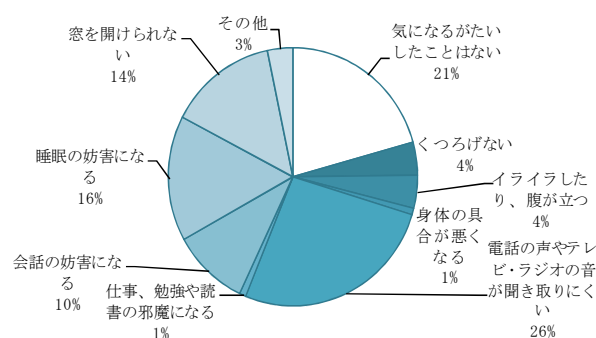


図5 騒音により悩んでいる内容(複数回答可)

さらに、振動と騒音について最も悩まされている発生源について回答を求めたところ、図6に示すとおり鉄道の音が78%と最も多く、鉄道からの振動は8%であった。

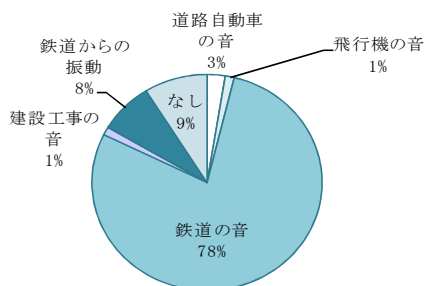


図6 最も悩ましい振動、騒音

### 5 振動測定結果

#### (1) 振動測定方法

測定は、調査対象範囲の中で、自動車やその他振動の影響を受けない鉄道敷地境界とその背後地2地点の計3地点で実施した。3地点同時に振動計加速度をデータレコーダーに wave ファイルとして収録した。収録したファイルは、波形解析ソフトにより列車通過時の振動レベル (L<sub>veq</sub>、L<sub>vE</sub>、L<sub>vmax</sub> 等9種類) を読み取り地点別に整理した。読み取りには、振動波形を見ながら、波形がフラットと見られる範囲で、周波数補正特性を行わずにレベルを読み取った。

#### (2) 振動レベル測定結果

各測定場所における直近の軌道中心から測定位置までの距離を表2に、列車方向別の各測定位置におけるL<sub>vE</sub>のパワー平均値を表3に示した。

表2 最寄り軌道中心からの距離

	境界	背後地1	背後地2
在1	3.0	13.5	24.0
在2	2.5	17.5	24.5
在3	3.5	14.0	31.0
在4	3.5	12.5	22.5
在5	3.5	14.0	27.0
在6	3.5	7.3	18.4
在7(1)	4.8	16.5	32.0
在7(2)	9.8	15.0	33.0

(単位:m)

表3 振動測定結果

方向	車種	x			y			z					
		境界	背後地1	背後地2	住宅内	境界	背後地1	背後地2	住宅内	境界	背後地1	背後地2	住宅内
在1	上	73.1	53.4	73.9		71.9	55.2	60.6		84.7	62.7	63.8	
		0.9	0.8	1.7		0.5	0.9	1.3		0.6	1.2	1.2	
		65.5	52.3	70.5		63.3	56.2	57.0		77.3	61.9	61.3	
在2	上	73.2	65.7	67.6		72.4	65.1	64.3		81.7	72.0	63.8	
		2.1	1.8	1.3		1.4	1.6	2.1		1.4	1.6	4.0	
		77.7	63.6	72.1		80.7	67.0	65.9		87.6	75.7	61.4	
在3	上	77.7	67.4	53.3	66.3	74.0	69.6	55.6	65.4	78.8	74.0	58.2	69.8
		3.6	2.7	2.3	2.5	2.8	2.7	3.4	2.3	3.1	3.0	3.9	2.6
		80.9	68.6	58.0	66.5	76.8	71.2	60.5	65.8	81.5	76.1	64.4	70.3
在4	上	78.4	65.5	67.8	62.4	71.2	61.3	61.1	62.9	83.1	67.2	71.7	62.8
		1.4	2.4	1.0	0.5	1.0	1.4	0.7	3.1	1.6	2.2	1.2	2.6
		80.5	63.7	68.1	60.3	75.5	60.9	63.5	59.6	85.5	65.6	73.3	62.5
在5	上	82.3	70.4	59.4		79.9	68.7	62.4		83.2	74.4	67.6	
		1.6	1.1	1.1		2.1	1.1	1.2		1.8	1.3	1.8	
		76.7	66.9	57.3		74.1	64.9	60.5		78.1	69.4	64.3	
在6	上	73.6	70.0	73.6		72.7	73.6	68.3		81.1	77.5	73.2	
		1.4	1.3	2.0		0.9	1.5	1.6		1.9	0.5	1.3	
		73.5	71.3	71.7		72.1	73.1	66.8		80.9	78.3	73.9	
在7(1)	上	84.1	67.8	62.3		75.0	70.7	55.5		79.6	72.9	68.5	
		1.4	0.6	1.8		1.2	1.1	0.5		1.9	0.7	0.9	
		72.1	64.4	59.6		64.1	65.4	55.4		70.5	66.3	64.3	
在7(2)	上	82.2	73.0	67.6		76.5	73.6	59.4		80.8	74.7	73.6	
		0.6	0.5	0.5		0.6	0.8	0.5		0.7	0.8	0.9	
		73.6	64.8	59.6		67.3	65.1	55.2		73.1	68.4	65.7	
在7(1)	下	63.4	70.0	60.2		57.4	61.3	62.4		67.6	72.8	67.4	
		0.4	0.7	2.0		0.9	1.0	2.7		0.7	1.0	2.8	
		70.8	72.3	61.0		59.1	62.5	64.5		77.3	74.9	69.3	
在7(2)	下	62.3	68.6	59.4		57.2	59.5	61.2		67.1	71.1	64.4	
		0.1	1.1	1.1		1.3	0.4	0.4		0.2	0.2	0.1	
		69.6	70.0	61.6		58.8	62.9	62.8		72.5	74.2	68.8	
	1.1	1.5	1.2		1.2	1.2	1.5		1.1	1.0	2.0		

上段:L<sub>vE</sub>のパワー平均値(単位: dB)、下段:標準偏差

測定結果から水平方向のx-y方向のレベル差とz-x方向のレベル差について、測定位置毎に整理し図7に示した。図7から、z方向の振動はxy方向に比べ敷地境界とその背後地において最もレベルが高いが、x-yのレベル差は敷地境界ではx方向の振動レベルが大きいものの、背後地ではどちらも言えない。

また、背後地での距離減衰の状況について、xyz方向別に、敷地境界と各測定位置での振動レベルの差を、敷地境界と測定位置までの距離で割り、距離1mあたりの減衰割合を図8にまとめた。図8で示す背後地1は、在6を除いて敷地境界からおおよそ10m、背後地2は20m程度の距離に該当するが、どの方向も敷地境界から10m程度の範囲では、減衰割合が1dB以内のケースが最も多くなっているが、増加する割合も1dB/m以上減衰するケースもある。20m程度の位置の背後地2では、敷地境界から1dB/mの割合で減衰する件数が背後地1より多くなっている。方向別に見ると、xy方向では、20m程度離れている場所においても敷地境界より振動レベルが増加するケースがみられるが、z方向では増加するケースはなかった。

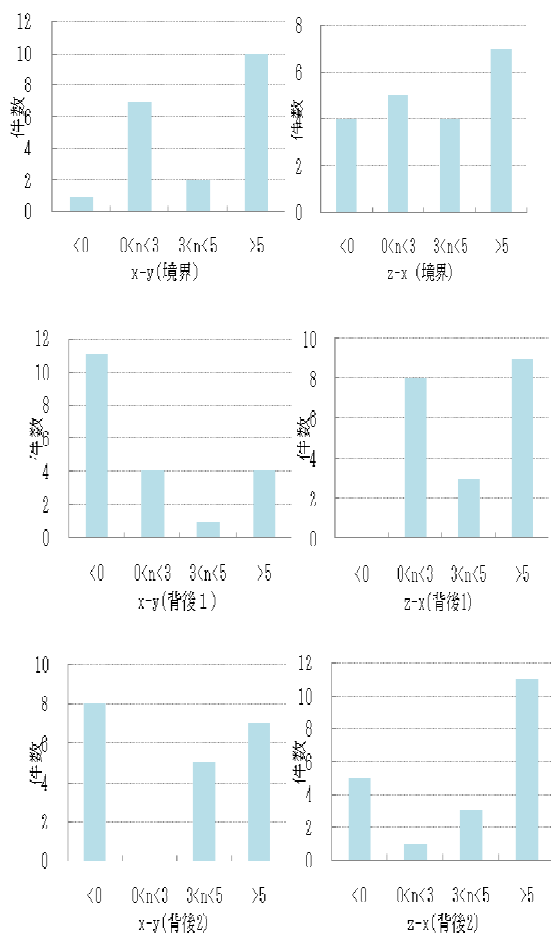


図7 水平方向、垂直方向の振動レベル差の分布

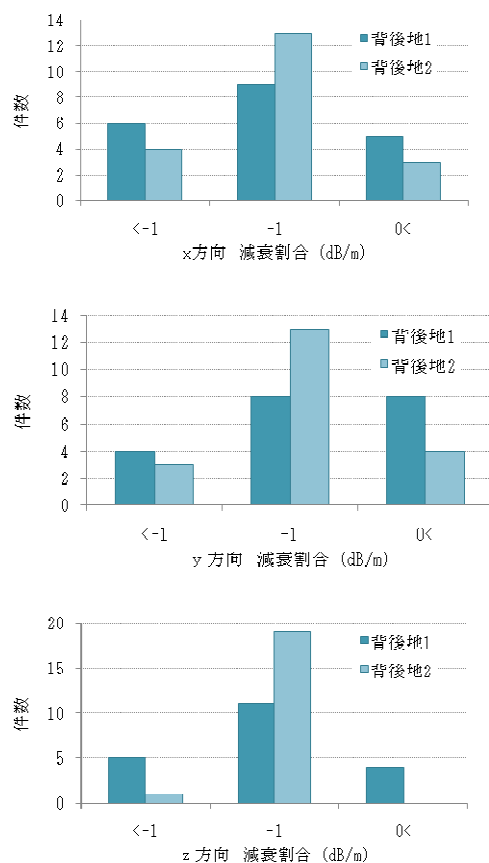


図8 距離減衰割合の分布

住宅敷地と住宅内における振動レベルを比較するため、表4に整理した。なお、在3の住宅敷地に該当するのは背後地1、在4については背後地2である。在4下y方向を除いては、すべて住宅内の方がレベルは低くなった。

表4 住宅前面と住宅内の振動レベル

		住宅前面	住宅内	レベル差	
在3	x	上	67.4	66.3	-1.1
		下	68.6	66.5	-2.1
	y	上	69.6	65.4	-4.2
		下	71.2	65.8	-5.4
	z	上	74.0	69.8	-4.2
		下	76.1	70.3	-5.8
在4	x	上	65.5	62.9	-2.6
		下	63.7	59.6	-4.1
	y	上	61.3	60.3	-1.0
		下	60.9	62.4	1.5
	z	上	67.2	62.8	-4.4
		下	65.6	62.5	-3.1

(3) 周波数分析結果

地境界における振動の周波数成分 (0~30Hz) についてFFT解析を行ったところ、図9に示すとおりxyz方向とも6~20Hzにピークを持っていた。住宅内振動の計測を行った在3と在4について、住宅敷地と住居内振動の周波数成分比較を行った(図10)。在3の住宅内ではx方向はほぼ敷地境界と同じであるが、y方向は6~14Hzの間で複数のピークがあり、この範囲で住宅内の振動加速度は敷地境界よりも高く、それ以外の周波数では敷地境界より低くなっている。z方向では9Hzで住宅敷地よりも住居内の方が加速度は高くなっているが、それ以外の周波数では住宅内の方が低くなっている。在4については、xz方向は住宅敷地より全般的に低く、y方向は住宅敷地とほぼ同じであった。

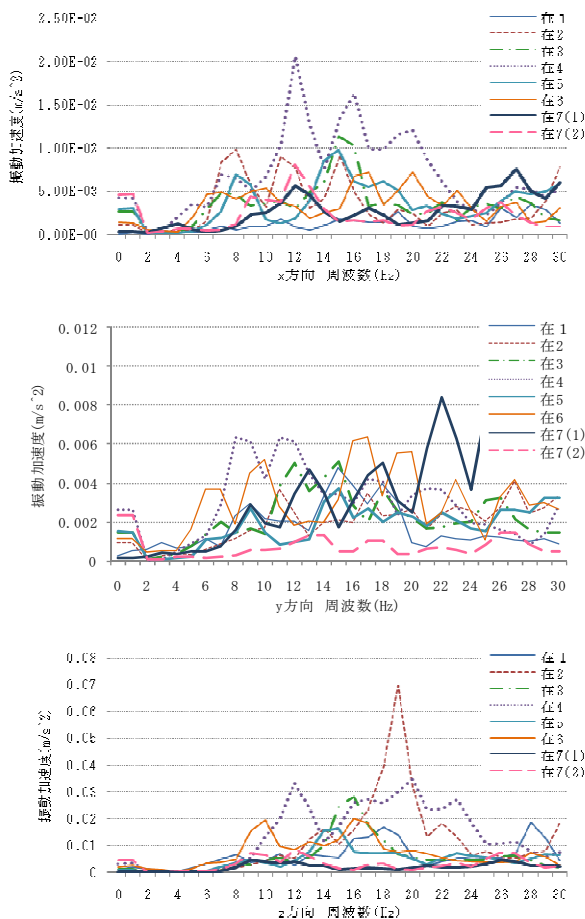


図9 周波数解析結果

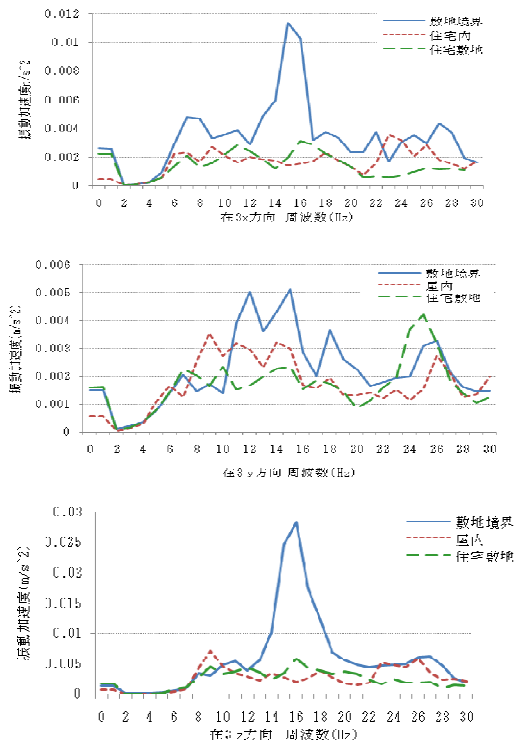


図10 住宅内振動の周波数解析結果(在3)

(4) 量一反応関係の作成

屋外の振動レベルと同じ振動レベルで暴露されると仮定して、直近の軌道中心からアンケート回答者宅までの距離を基に、アンケート回答者の振動暴露量を推計し、振動に対する意識調査結果とともに整理して量一反応関係を作成した。

① 振動暴露量の推計

調査場所の測定地点毎にパワー平均したLvEに、昼間(6時から19時まで)、夕方(19時から22時)と夜間(22時から6時まで)の時間区分別に列車時刻表から通過車両本数を計数して、測定地点ごとの時間区分別Lveqを算出する。算出した地点別時間区分別のLveqから減衰曲線を作成し、軌道中心からアンケート回答者宅までの距離に応じた振動レベルをグラフから読み取り、それぞれの時間数に応じた加算平均により1日のLveqを算出した。ただし時間区分による重みづけは行わなかった。

② 量一反応関係の作成

振動暴露量を横軸に振動に対する意識のうち「だいぶ悩まされている」及び「非常に悩まされている」の回答割合を縦軸に量一反応関係を作成した(図11)。併せて「非常に悩まされている」

割合についても示した。なお、図の右側の軸は、アンケート回答件数に対応している。図12によれば、振動暴露量が35dBでも「だいぶ悩まされている」+「非常に悩まされている」の割合は5割を超えている。暴露量との関係については、今後同様な調査を重ねて検討するとともに、振動知覚域値レベルとの関係についても併せて検討していきたい。

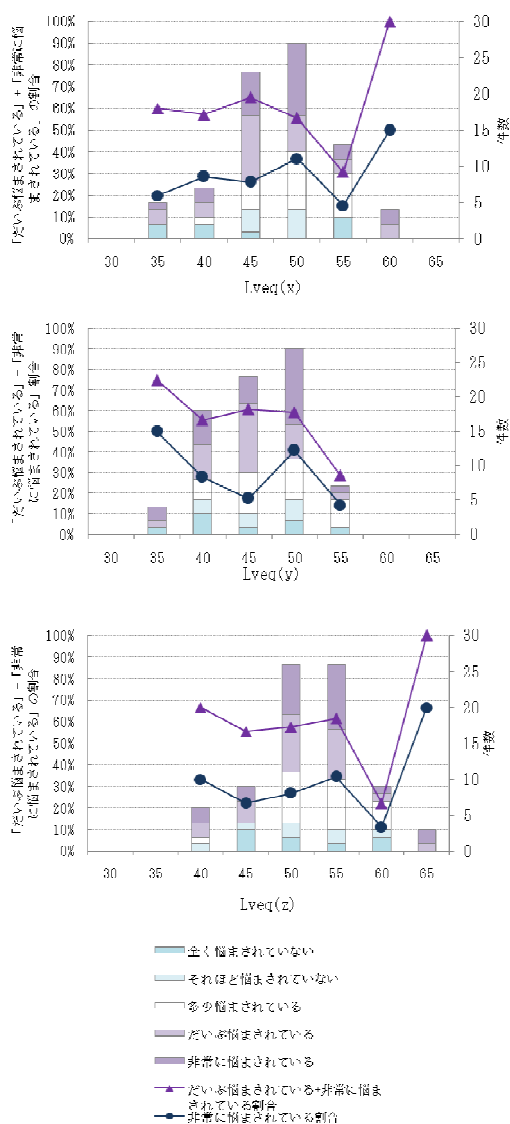


図12 振動に対する量—反応関係

## 6 考察

### (1) アンケート調査

アンケートは、調査時の在宅者を対象としているため、女性や60歳以上の割合が高くなる傾向があり、当所で実施した騒音にかかる社会反応調

査<sup>2)</sup>においては、女性の割合は58%、また60歳代の割合は全体の45%であり、今回調査対と同程度であった。なお、騒音にかかる調査においては、男女の反応について差は見られないとしたが、振動に対する意識についてはまだ調査件数が少なく、今後調査を重ねて検討していきたい。

鉄道からの振動については、「だいぶ悩まされている」と「非常に悩まされている」の回答は全体の57%と高い割合であったが、騒音も含めて最も悩まされているのは「鉄道の音」は78%、「鉄道からの振動」は8%であり、振動よりも騒音に対して悩まされている割合の方が高かった。

なお、本調査では振動と騒音について別個の質問を設けて回答を求めたが、「振動よりも騒音からの影響が大」<sup>3)</sup>との報告もあり、今後の調査の積み重ねが必要である。

### (2) 振動の伝搬について

敷地境界からxyz方向とも1dB/m以内で減衰する割合が最も多く、1dB/mよりも大きな減衰割合は多くはなかった。

在来線鉄道振動の周波数成分について、敷地境界ではxyz方向とも6~14Hzの間に主たる成分を持っていた。地盤の固さとの関係については、N値や地質がすべて異なり比較検討が難しいこともあり、今後調査を重ね整理したい。

また、住居内の振動について、2例であるが、住宅敷地より振動レベルは小さくなっていった。振動の周波数成分を解析すると、xz方向では振動加速度は住宅敷地より一般的に低く、y方向はピークを示した9Hzや10~14Hzの範囲のみ、住宅敷地の振動加速度と同じかやや大きい程度であった。宮本&笹谷(1975)<sup>4)</sup>によると、鉄道沿線の住居内振動レベル差は、鉄道沿線の住居内(10例)では概して住宅敷地よりも低くなったとしており、今回の2例と同様な結果であった。在来線鉄道振動には、地盤の固さや建物構造等の複数の要因が関わるため、今後も相当数の資料を収集していく必要がある。

### (3) 振動暴露量と振動に対する住民意識

1日の振動暴露量としてLveqを算出し、Lveqと住民意識の関係について検討した。振動暴露量を算出するにあたり、屋内振動は屋外の住宅敷地振動レベルと同じとして計算したが、屋内でどの程度増幅す

るのかは、調査結果の収集と推計方式の確立が必要である。

また、L<sub>veq</sub> が 35dB と低くても「悩まされている」割合は高いことから、振動知覚閾値レベルについて、3 軸方向の実振動波形による加振器実験が不可欠であると考えている。

この研究は、環境省受託研究として実施したものである。

#### 参考文献

- 1) 振動規制法施行状況調査 (昭和 62～平成 18 年度) :  
環境省
- 2) 門屋真希子、末岡伸一(2007):「騒音に対する住民意識調査 No. 6」東京都環境科学研究所年報
- 3) 横島潤紀、田村明弘(2006):「新幹線鉄道の騒音と振動による複合被害感」日本音響学会誌 62 巻 9 号、  
pp645-653
- 4) 宮本俊二、笹谷純子(1975):「建屋内振動の測定方法の検討とその実測結果について」東京都公害研究所年報 No. 6