

—第6回 鉄道、道路、工場・事業場—

神奈川県環境科学センター 横 島 潤 紀

1 はじめに

鉄道や道路に代表される地上交通機関の発達は大に人々の利便性を向上させる反面、走行する列車や車（特に大型車）から発生する振動が建物内部に伝搬し、沿線住民の方々の生活や健康に影響を及ぼしています。また、生産及び事業活動に伴い発生する工場・事業場の振動についても、多くの地方公共団体で条例による規制も行われているところですが、依然として相当数の苦情が申し立てられています。今回は、鉄道、道路及び工場・事業場から発生する振動それぞれについて、振動に係る法令等（測定方法も含む）、苦情の発生状況、苦情に対応して測定を行う場合の留意事項などについて概説します。さらに、苦情問題に対応する上で、住民の振動感覚について理解を深めておくことは非常に有益なことであり考えています。筆者らは過去に神奈川県内で振動に関する社会調査を実施したことがありその結果から、住民の振動感覚（特に被害感）に影響を及ぼす要因を検討しました。今回はこの研究成果についても説明します。

2 振動に係る法令等

「振動規制法」（昭和51年法律第64号）は特定工場等、特定建設作業及び道路交通振動を対象としています。特定工場等の振動については「特定工場等において発生する振動の規制に関する基準」（昭和51年環境庁告示90号）に、道路交通振動については「振動規制法施行規則」（昭和51年総理府令第58号）別表第2に、それぞれ測定・評価方法が規定されています。一方、鉄道振動は振動規制法の対象外で、1976年に環境庁長官が運輸大臣あてに出した「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について(勧告)」（昭和51年環大特32号）の中に、測定及び評価の方法、指針値等が規定されています。振動の測定では、「計量法」（昭和26年法律第51号）第71の条件に合格した振動レベル計を用い、鉛直方向の振動を対象に、人間の振動感覚補正を行った振動レベルで測定を行います。本章では、鉄道振動、道路交通振動及び工場振動について、測定・評価方法を中心に解説します[1]。

2.1 鉄道振動

新幹線鉄道振動については、列車の走行に伴い発生する振動が沿線の一部地域において看過しがたい被害が生じていることに対処するため、1976年に環境庁長官が運輸大臣あてに、「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について(勧告)」を出しました。この中に指針、測定方法等、指針達成のための方策が規定されています。

- 1) 上下合わせて連続して通過する20本の列車について、当該通過列車ごとの鉛直方向の振動レベルの最大値を測定します。なお、この勧告の中に記載されている測定方法では、

「指示計器の動特性は緩(Slow)とすること」が規定されています。これは騒音計の時間重み付け特性Sのことではなく、JIS C 15101-1995“振動レベル計”に規定されている動特性（実効値回路の時定数0.63秒）のことになります。

- 2) 測定地点については、鉄道の敷地の境界線といった規定はありませんので、問題となっている地点（例えば苦情を申し立てている方の住居付近）で測定することが可能です。
- 3) 振動の評価は、読み取った20個の振動レベルのうち、その大きさが上位10個のものを算術平均して行います。騒音と異なりエネルギー平均ではなく、算術平均です。評価値が指針値の70dBを超える地域については、振動源及び障害防止対策等を講ずることが勧告の中で規定されています。この指針値は、時間帯や用途地域に関係なく適用されるものです。しかし、あくまでも運輸大臣あての勧告であるために、後述する振動規制法とは異なり、鉄道事業者に対して対策等の措置を命じるものではありません。
- 4) 在来鉄道振動については、現在のところ法令等による規制は行われていません。ただし、いくつかの地方公共団体（例えば、川崎市、名古屋市など）は、在来鉄道振動の実態を把握するために、新幹線鉄道振動に準じた測定・評価を行っています。

2.2 道路交通振動

「地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律」（平成23年法律第37号）が成立し、平成24年4月より、市長が振動規制法に係る規制基準等を設定する事務を行うことになりました。例えば、神奈川県の場合には、振動規制法を施行している葉山町及び寒川町について神奈川県知事が区域及び時間の区分を定めていますが、その他の市については各市長が行っています。

続いて振動規制法で規定されている測定・評価方法について説明します。

- 1) 道路の敷地の境界線において、当該道路に係る鉛直方向の振動レベルを、昼間及び夜間の区分ごとに1時間当たり1回以上の測定を4時間以上行います。
- 2) 1回の測定では、5秒間隔、100個（またはこれに準ずる間隔、個数）の測定値から80%レンジの上端値（一般的に L_{10} といいます）を算出します。振動規制法施行当時は、5秒間隔、100個の振動レベルから L_{10} を算出していましたが、近年は測定機器の発達もあり、短い間隔・多数のサンプリングから、 L_{10} を算出することが多いです。例えば、1時間の測定でも、以前は500秒間隔・100個の測定データから L_{10} を算出することが一般的でしたが、現在は0.1秒間隔・36,000個の測定データから L_{10} を算出するところもあります。
- 3) 振動の評価は、得られた L_{10} を昼間及び夜間の区分ごとにすべてについて平均した数値で行います。
- 4) 振動の大きさが環境省令で定める限度（表-1）を超えていることにより、道路の周辺の生活環境が著しく損なわれていると認める場合に、道路管理者に対し道路交通振動の防止のための舗装、維持または修繕の措置を執るべきことを要請します。また、都道府県公安委員会に対しては、道路交通法の規定による措置を執るべきことを要請します。
- 5) 例えば、振動規制法を施行していない町村において、苦情等の申し立てにより測定・評価の必要がある場合には、振動規制法で規定する道路管理者または都道府県公安委員会

への要請はできません。しかし、道路管理者等に対して行政指導を行うことを念頭に、上記の方法に則って測定・評価を行うことが多いです。

表－1 道路交通振動の要請限度

区域の区分	昼間	夜間
第1種区域	65dB	60dB
第2種区域	70dB	65dB

2.3 工場振動

工場・事業場の振動については、振動規制法では著しい振動を発生する施設を「特定施設」として政令で定め、この特定施設を設置している工場・事業場（以下「特定工場等」と記す）単位で規制を行っています。すなわち、特定工場等については、特定施設以外から発生する振動も測定・評価の対象になります。また前項（2.2）でも述べたとおり、平成24年度から、特定工場等において発生する振動の規制基準等についても、市区域については各市長が、町村部については都道府県知事がそれぞれ設定しています。このうち規制基準については、区域及び時間の区分ごとに環境大臣が定めた範囲内において、各市長または県知事が定めることになっています。下記に測定・評価方法を説明します。

- 1) 特定工場等の敷地の境界線において、当該特定工場等に係る鉛直方向の振動レベルを測定します。
- 2) 振動の評価（振動レベルの決定）については、下記に示す振動レベルの時間変動パターンごとに規定されています。なお、測定の時間及び読み取り個数については、「特定工場等において発生する振動の規制に関する基準」の中には具体的に規定されていません。
 - ① 指示値が変動しないまたは変動が少ない場合には、その指示値で評価します。
 - ② 指示値が周期的または間欠的に変動する場合には、その変動ごとの指示値の最大値を読み取り、その平均値で評価します。
 - ③ 指示値が不規則かつ大幅に変動する場合には、5秒間隔、100個（またはこれに準ずる間隔、個数）の測定値から、80パーセントレンジの上端値(L_{10})で評価します。
- 3) 市町村長は、指定地域内に設置されている特定工場等において発生する振動が規制基準に適合しないことによりその特定工場等の周辺的生活環境が損なわれていると認めるときには、当該特定工場等を設置している者に対し、振動の防止方法の改善または特定施設の使用の方法や配置の変更を勧告することができます。
- 4) 指定地域内に特定工場等を設置している者は、当該特定工場等に係る規制基準を遵守しなければいけません。振動規制法では、大気汚染防止法の場合と異なり、特定工場等に測定義務を課していません。これは、測定義務を課さなくても、地方公共団体の監視等によって振動の発生状況を十分に監視できることも一因となっています。
- 5) 多くの地方公共団体は、条例による規制も行っています。条例と振動規制法では、規制の対象となる施設や地域の区分が異なる場合があります。すなわち振動規制法の特定施設に指定されていない施設でも条例の規制対象となる場合があります。

3 振動に係る苦情への対応

振動規制法施行状況調査（環境省）[2]の結果から、鉄道振動、道路交通振動及び工場振動それぞれに係る苦情の状況を概観するとともに、それぞれの苦情に対応した測定を行う場合の留意点などについて解説します。

平成24年度の発生源別の苦情件数について、建設作業が2,154件（苦情件数全体の66.2%）で最も多く、続いて工場・事業場が577件（同17.7%）、道路交通274件（同8.4%）、鉄道が48件（同1.5%）の順でした。続いて、平成22年度から平成24年度における発生源別の苦情件数の内訳を図-1に示します。建設作業に係る苦情件数は3年間で増加しましたが、工場・事業場に係る苦情件数は、平成22年度から平成24年度の各年度でそれぞれ580件、589件、577

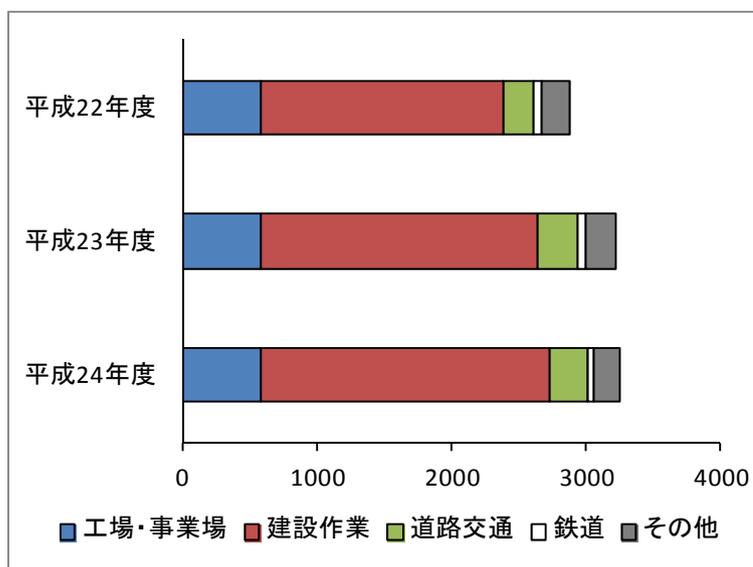


図-1 平成22年度から平成24年度の苦情件数

件とほぼ横ばいの状況でした。道路交通に係る苦情は平成23年度に227件から293件と前年度に比べて29.1%増えましたが、平成24年度は274件と6.5%減りました。鉄道に係る苦情件数については、平成22年度から平成24年度の各年度でそれぞれ59件、62件、48件でした。鉄道振動については、新幹線鉄道よりも在来鉄道に係る苦情が多くなっていました。鉄道振動に係る苦情の件数が少ないことについては、法律による規制がないために、地方公共団体よりも鉄道事業者が直接苦情を言う人が多いことが原因の一つと考えられます。

3.1 鉄道振動に係る苦情への対応

鉄道振動は、列車が通過しているときに振動が継続する間欠振動で、列車速度と車両重量が振動の大きさに影響を及ぼします。すなわち列車速度の上昇は振動レベルの増加をもたらしますが、車体の軽量化は振動レベルの低減につながります。以前、東海道新幹線で「のぞみ」が導入されたときに、「のぞみ」として運行された300系車両は、従来の0系・100系車両に比べて、最高速度は時速220kmから270kmに上昇しましたが、車体重量は約25%軽減されました。このため、低速で走行する地域では軽量化の効果により発生する振動レベルは小さくなりましたが、最高速度に近い速度で走行する地域では軽量化の効果は列車速度の上昇が上回り、振動レベルが増加するとともに、多くの苦情が申し立てられたことがありました[3]。このように車両速度は非常に重要な影響要因です。苦情に対応して測定を行う場合にも、列車速度が通常時と変わっていないか確認することが大事なので、当該地点における列車速度の情報を事前に得ておくことが必要になります。

苦情では、特定の列車から発生する振動がその原因となっている場合もあります。前述の通り、列車の走行速度や車体重量はもちろん、通過する線路等によっても発生する振動の大きさは変わります。これらの情報を関連付けて測定を行うことにより、対策そして最終的な目標である苦情の解決に向けた有用なデータを得ることができます。

最後に、新幹線・在来鉄道ともに、列車の走行が終了した深夜の時間帯に保線工事を行っています。例えば、新幹線鉄道の場合に、道床更換工事での砕石の突き固めにより大きな振動が発生することがあります。深夜の寝ている時間帯に行われる作業のため、保線作業の回数は年間数日以下ですが苦情が申し立てられることがあります。

3.2 道路交通振動に係る苦情への対応

表－2に平成23年度の道路交通振動に係る苦情対応の状況を示します[2]。平成23年度における苦情件数は、指定地域内で255件、指定地域外で38件でした。なお、測定件数は平成23年度に実施したものですから、苦情件数とは一致していません。その内訳は、指定地域内が284件（苦情件数全体の87.3%）、指定地域外が41件（同12.7%）でした。このうち、苦情に対応して実施した測定の件数は、指定地域内で86件（測定件数の30.3%）、指定地域外でも5件（測定件数の12.2%）で、多くの苦情対応においては測定が実施されていなかったことが分かります。指定地域内において、道路交通振動の要請限度を超過した件数は3件でしたが、道路管理者または公安委員会への要請は行われませんでした。未測定の対応については、現地確認の際に市町村の担当者が測定の必要なしと判断した案件が多く含まれているとすると、苦情の大多数は道路交通振動の要請限度以下であったと考えられます。以前から、要請限度と沿線住民の振動感覚との乖離が指摘されています[4-6]。このことを確認するために、筆者は、1998年～2011年に幹線道路沿道で実施した道路交通振動に関する社会調査の結果を用いて、要請限度の数値を検証したことがあります[7]。振動規制法に規定されている要請限度のベースとなったデータと比較したところ、評定尺度が異なることを考慮せずに比較すると、反応率30%の L_{v10} は10dB低くなっていました。この10dBという数値から判断すると、住民が道路交通振動を以前より厳しく評価している可能性は高いです。以上のことから、要請限度が道路交通振動に対する被害感のクライテリアとして機能していとすれば、この判断だけで被害の有無を判断することは危険だと思います。

表－2 平成23年度の道路交通振動に係る苦情対応状況

地域の区分	測定件数		道路管理者に対する要請	公安委員会に対する要請	道路管理者に対する措置 (要請以外)	公安委員会に対する措置 (要請以外)
	測定(適合)	測定(不適合)				
指定地域内	測定(適合)	71			26	0
	測定(不適合)	3	0	0	3	0
	測定(判定不能)	12			3	1
	未測定	198			71	6
指定地域外	測定	5			2	0
	未測定	36			7	0

道路交通振動の特徴としては、道路交通騒音の場合と比べて、大型車からの寄与がより支配的となっていることが挙げられます。特に、幹線道路では、深夜から早朝にかけて全体の交通量が減少する半面、昼間よりも高速で走行する大型車が増えることにより振動が大きくなる場合があります。道路交通振動の予測で一般的に使用されている「土研式」では、大型車の換算係数は小型車の13倍となっています[8]。このような時間帯の振動が問題となっている場合に、昼間の時間帯だけ測定を行ったとしても、苦情の申し立て人が受けている被害の状況を把握することは難しくなります。近年の振動レベル計の発達により、夜間の振動レベルを無人で計測することが容易になっておりますので、このような対応が望まれます。

また、道路交通振動の大きさは、道路の路面状態に大きく依存しています。すなわち、縦断凹凸、段差（コンクリート舗装の目地、マンホールを含む）及びわだち掘れがある場合には、発生する振動が大きくなります。苦情に対応した測定を行う場合に、当該道路の平坦性を確認することが第一歩となります。このような道路の不陸がある場合には、その個所を大型車が通過するときに発生する振動レベルを把握することが重要で、このようなデータを蓄積することが対策に向けて有効と考えられます。

3.3 工場振動に係る苦情への対応

平成23年度の振動規制法施行状況調査[2]から、工場・事業場の振動の苦情件数を表-3に示します。同表から特定工場等では164件（苦情件数全体の27.8）、それ以外では425件（同72.2%）でした。すなわち、特定工場等に指定されていない工場・事業場からの苦情が多く、条例による規制対象となっていない工場・事業場からの苦情はそれ以上に多かったことがわかります。ここで特定工場等に注目すると、金属加工機械（液圧プレス、機械プレス、せん断機、ワイヤーフォーミングマシン）に係る苦情が最も多く101件（特定工場等に係る苦情件数の69.2%）で、続いて破碎機等が23件（同14.0%）、圧縮機が22件（同13.4%）でした。測定件数は、特定工場等については62件（苦情件数の37.8%）、特定工場等以外については48件（同11.3%）で、そのうち規制基準を超過していた件数はそれぞれ12件、5件となっていました。道路交通振動の場合と同様に、苦情が申し立てられているにもかかわらず、振動規制法あるいは条例の規制基準を超過するものは少なかったことがわかります。

工場・事業場に係る苦情に対応して測定を行う場合に、苦情の原因となっている機器を特定させることが不可欠です。特に、多数の同種の機器を使用している場合には、その中のどの機器が原因となっているのか、それとも同時に使用していることにより複数の機器が原因となっているのか、対策を指導する上でも重要になります。しかし苦情の申し立て人はもちろん、事業者もどれが原因であるのか特定できない場合があります。申し立て人に振動を体感する時間帯をきちんと申告してもらい、その時間帯に稼働している施設を絞り込み、場合によっては発生源と受振側における振動特性（振動レベルの変動パターンや周波数特性）を比較して、発生源を特定することが必要です。

その他に、長期間の暴露により構造物への影響、いわゆる物的被害を懸念する苦情が申し立てられることがあります。例えば地震のように短時間に一過性の振動が暴露される場合には、物理量と物的被害の状況との関係についてのデータが集積されていますが、工場振動の

ように長期間に渡り振動が暴露される場合にはそのデータを適用することはできません。物的被害の問題に対処する際にはその点を留意してください。

表－3 平成23年度の道路交通振動に係る苦情対応の状況

工場・事業場の種別		苦情件数	測定件数 (基準超過件数)
指定地域内における 特定工場等	金属加工機械	101	43 (9)
	圧縮機	22	8 (1)
	破砕機、磨砕機、ふるい及び分級機	23	2 (0)
	織機	0	0 (0)
	コンクリートブロックマシン等	1	2 (2)
	木材加工機械	4	1 (0)
	印刷機械	5	3 (0)
	ゴム錬用または合成樹脂錬用のロール機	0	0 (0)
	合成樹脂用射出成形機	4	2 (0)
	鋳造型機	4	1 (0)
上記以外	条例により規制対象となるもの	196	33 (5)
	その他の工場等	229	15 (-)

3.4 苦情対応での全般的な留意事項

地方公共団体職員の公害に関する苦情の処理に関しては、公害紛争処理法の第49条に、「地方公共団体は、関係行政機関と協力して公害に関する苦情の適切な処理に努めるものとする。」と規定されています。法律等で規定されている規制基準等の超過の有無に関わらず、公害に関する苦情への対応は地方公共団体の努力規定となっております。努力規定であるため罰則等はありませんが、申し立て人が訴えている被害の状況を把握し、申し立て内容の整合性を確認することが、苦情対応への第一歩となります。特に振動の問題に関しては、住民は地盤上ではなく、家屋内部において振動を体感し、活動妨害や睡眠妨害を受けていることから、家屋内部での体感調査や振動測定が必要になる場合もあります。一般的に木造家屋内部での振動レベルは、地表面に比べて5dB増幅（中央値）しているといわれています。特に、水平振動は振動規制法の対象ではありませんが、家屋内部では建築物の共振周波数の関係もあり、水平振動の増幅事例が多く報告されています。例えば平尾ら[9]は、並進3方向の振動について、1/3オクターブバンド中心周波数が5Hzまたは6.3Hzの帯域で、家屋内部での水平方向の振動加速度レベルが、地表面に比べて20dB程度大きくなることを報告しています。すなわち、地盤面で鉛直振動を計測するだけでは、苦情の申し立て内容の確認、被害状況の確認ができない恐れがあることが示唆されます。

しかし、家屋内部での測定は地盤上での測定に比べて難しい点が多々あります。特に測定位置の選定については、同一の家屋内部でも、測定位置が床面の中央あるいは柱脚の付近なのかにより、振動の測定結果は大きく異なります[10]。もちろん家屋内部での測定では、公定

法は規定されていないため、担当者個々の経験等に基づく独自の手法で行われてきましたので、測定経験が少ない地方公共団体では対応できないこともあります。このような場合でも、振動規制法の主旨等、すなわち生活環境の保全及び国民の健康保護のために、都道府県や学会から技術支援などを受けて対応することも必要になると考えます。このような現状を踏まえ、家屋内部での統一的な測定手法を構築するため、(公社)日本騒音制御工学会の環境振動評価分科会が、平成20年度の環境省請負業務での検討結果を基に、振動測定マニュアル(案)(以下「マニュアル案」と記す)を整備しました。マニュアル案は、すべての外部振動源を対象としており、環境振動評価分科会のホームページからダウンロード可能です。なお、マニュアル案には「評価」の項目がなく、生活や健康への影響の有無を判断する基準も記載されていません。これについては、現状での知見の集積状況を踏まえると、人間の振動に対する知覚閾値(概ね55dBといわれています)が有用な判断基準の一つであると考えています。しかし近年の判例では、受忍限度の超過が判断基準となっていることから、振動の大きさだけでなく様々な要因を含めた総合的な判断が必要になります。

家屋内部での測定を行わなくても、家屋内部の問題となっている位置において振動を体感することは不可欠です。深夜に発生する振動が主原因の場合に、その時間帯に体感することは難しいところですが、今後の対応に向けた方策を考える上でも、昼間の時間帯でもかまいませんので、振動の大きさや継続時間、発生頻度などのかを体感、確認してください。

最後に、様々な調査の結果から、規制基準や要請限度は超過していないものの、振動により住民の生活環境などが損なわれていると判断される場合もあります。この場合には事業者の任意の協力によって実現できる行政指導を中心に対応することが考えられますが、費用面及び時間的な問題から、事業者の負担が大きいハード面での対策より、作業時間の短縮や変更などのソフト面での対策が有用な場合もあります。

4 住民の振動感覚についての調査研究

筆者らは、神奈川県内の東海道新幹線沿線の住宅地において社会調査を実施したことがあります。この調査により得られたデータを用いて、沿線住民の振動感覚(ここでは振動被害感に着目します)の評価構造を検討した結果[11]について解説します。

この研究では、評価構造を考える上で、住民が暴露されている振動は、振動被害感を引き起こす直接的な要因であるとともに、戸や窓のがたつき、建具等の揺れ、睡眠妨害なども引き起こすことにより振動被害感を増幅させる間接的な要因でもありと仮定しました。すなわち、暴露されている振動の大きさ、個人属性、振動による生活妨害など様々な要因が階層的な関係を構成して、振動被害感が形成されていると考えています。このような階層的な関係について、各要因の影響度及び影響過程を明らかにするために、説明変数から目的変数への直接的な影響(直接効果)と間接的な影響(間接効果)を推定できる古典的パス解析の手法[12, 13]を用いて検討を行いました。

最初に、既往研究から得られている知見などに基づき、**図-2**に示す振動被害感の因果モデル(初期モデル)を作成しました。このモデルは、暴露されている騒音・振動の大きさ(X1:騒音暴露量、X2:振動暴露量)及び個人属性(X3:築年数、X4:性別、X5:年齢、

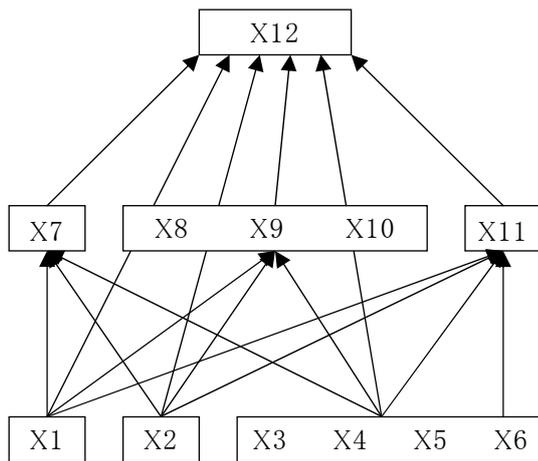


図-2 振動被害感の因果モデル

X6：在宅時間）が、直接に振動被害感へ影響を及ぼすとともに、騒音による生活妨害（X7：聴取妨害）、振動による生活妨害（X8：イライラ、X9：がたつき、X10：ものゆれ）及び振動環境変化（X11：振動環境変化）を介して間接的に振動被害感に影響を及ぼすとしています。ここで、X1～X6は外生変数、X7～X11は内生変数、X12は本モデルの目的変数と定義されます。

次に各変数について説明します。騒音・振動暴露量（X1及びX2）は、それぞれ当時の新型車両の最大値を推定して用いました。その他の外生変数（X3～

X6）についてはアンケート調査により得られた個人属性のデータを用いました。これらの変数については、アンケート調査で得られたデータは順序尺度（カテゴリデータ）ですが、その中間値あるいは上限値等を代表値として、近似的に間隔尺度とみなして分析に用いました。内生変数（X7～X11）及び目的変数（X12）については、アンケート調査で得られた回答結果で、新幹線に特定した項目になります。**表-4**には本分析で用いた変数の尺度を示します。識別性の問題[14]を避けるために、下位レベルにある変数はそれより上位レベルにある全ての変数に対してパスを設定しました。例えば、振動暴露量（X2）は、それより上位レベルにある変数（X7～X12）すべてにパスを設定しました。また多重共線形性の影響をできるだけ避けるために、外生変数はなるべく相関の低い変数を中心に選びました。

表-4 パス解析で用いた変数の尺度

X1:騒音暴露量 X2:振動暴露量	距離減衰式により算出した推定値
X3:築年数	(1995年度) 1年, 3年, 8年, 15年, 25年 (1996年度) 2年, 7年, 12年, 17年, 25年
X4:性別	0: 男性 1: 女性
X5:年齢	15, 25, 35, 45, 55, 65, 75歳
X6:在宅時間	8, 12, 16, 20, 24時間
X7:聴取妨害 X8:イライラ X9: がたつき X10: ものゆれ	(電話の声、テレビの音が聞き取りにくい) 0: 影響なし, 1: 影響あり (気分がイライラしたり、腹が立つ) 0: 影響なし, 1: 影響あり (戸や障子がガタガタする) 0: 影響なし, 1: 影響あり (ものがゆれて気になる) 0: 影響なし, 1: 影響あり
X11:振動環境変化	(4～5年前に比べて最近はどうですか) 0: 良くなった・変わらなかった・わからない, 1: 悪くなった
X12:振動被害感	(振動は我慢できますか、それとも我慢できませんか) 1: 気にならない, 2: 我慢できる, 3: どちらかといえば我慢できる, 4: どちらかといえば我慢できない, 5: 我慢できない

目的変数への影響度に関しては、図に示す因果モデルから決定される構造方程式（重回帰方程式）を解くことにより得られる標準偏回帰係数（パス係数）をベースにして推定できます。各要因から効果の大きさについては、直接効果はパス係数そのもの、間接効果はパスで結ばれる変数間のパス係数の積、総合効果は直接効果と間接効果の和でそれぞれ推定できます。パス係数が有意なもの（t 検定で5% 水準）だけを取り出した評価構造モデルを図-3 に示すとともに、各要因の効果の大きさを図-4 に示します。なお、本分析における目的変数の寄与率は0.48でした。

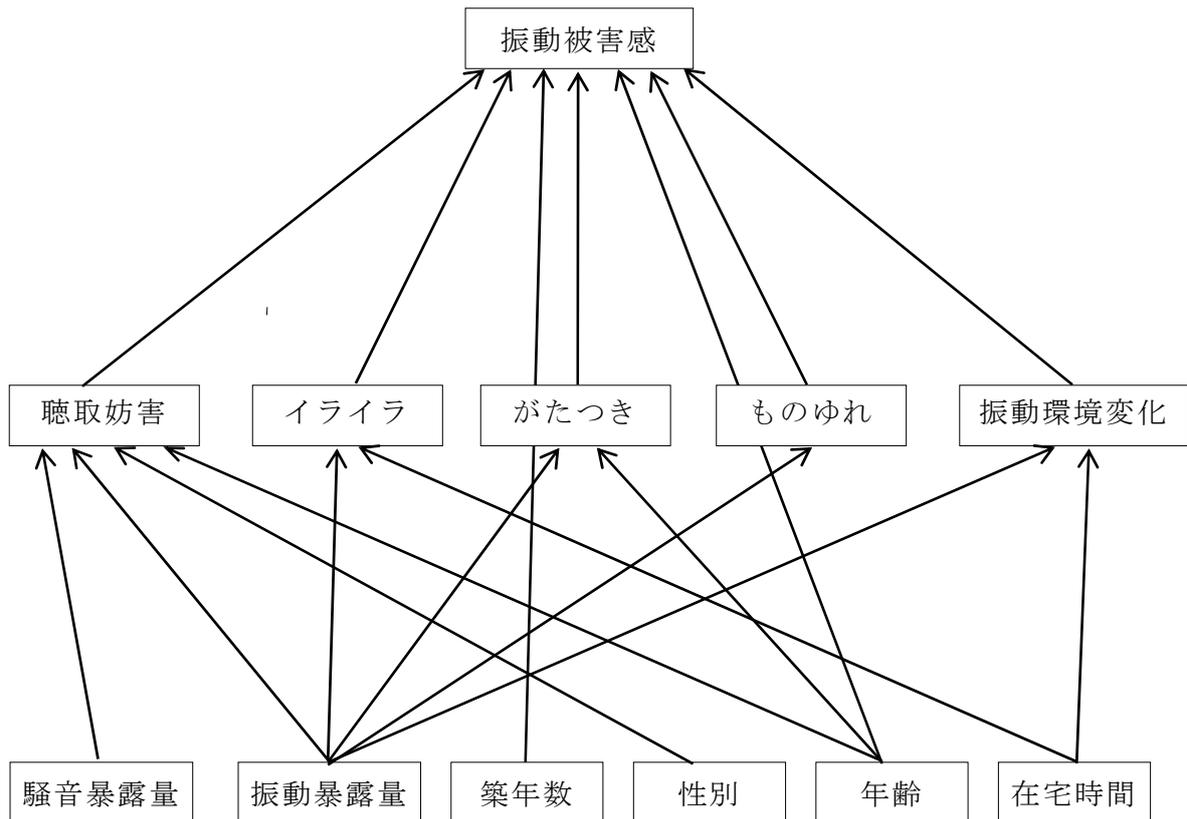


図-3 振動被害感の評価構造モデル

直接効果については、イライラ（0.31）、がたつき（0.26）、振動環境変化（0.26）が大きい数値を示していました。一方、騒音暴露量及び振動暴露量については有意ではありませんでした。間接効果については、振動暴露量（0.25）が大きく、すべての内生変数（X7～X11）を経由して5%水準で有意な効果を及ぼしていました。総合効果については、直接効果での結果と同様にイライラ（0.31）、がたつき（0.26）、振動環境変化（0.26）が大きく、その次に振動暴露量（0.24）が大きくなっていました。騒音

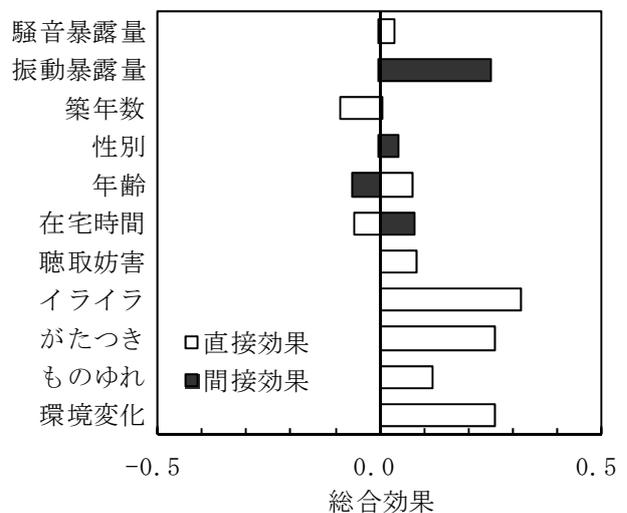


図-4 振動被害感への効果の大きさ

暴露量及び個人属性（築年数、性別、年齢及び在宅時間）の総合効果は小さくなっていましたが、これら5変数ともに、振動被害感に対して、直接効果または間接効果のどちらかが有意となっていました。以上のことから、新幹線の振動被害感の評価構造は、図-3で示したモデルで説明できていると考えています。

続いて、各変数の効果の大きさ及び影響過程から、振動被害感（X12）を形成している要因について検討を行いました。振動暴露量（X2）は、聴取妨害（X7）、イライラ（X8）、がたつき（X9）、ものゆれ（X10）及び振動環境変化（X11）を経由し、振動被害感（X12）に影響を及ぼす間接効果のみが有意でした。ここで、がたつき（X9）を振動による聴覚的影響、ものゆれ（X10）を振動による視覚的影響として捉えると、がたつきやものゆれを経由した間接効果が5%水準で有意であったことから、住民が振動を直接的に体感していない場合でも、聴覚的または視覚的影響を知覚することにより、振動被害感が生じる可能性を示唆しています。一方、騒音暴露量（X1）についても直接効果は有意ではありませんでしたが、聴取妨害（X7）を経由した間接効果が5%水準で有意でした。このことは、騒音も振動被害感を構成する要因の一つであることを示唆しています。特に、そのパス係数が正の値を示していたことから、騒音レベルが大きくなるほど振動被害感も強くなると解釈できますので、騒音による振動被害感への相乗効果の可能性が示唆されます。振動環境変化の項目については、直接効果（総合効果）が正の値を示していました。振動暴露量からの影響過程を考えると、新型車両から発生する振動レベルが大きいほど振動環境の悪化を感じやすくなりますので、振動被害感は厳しくなります。先に述べたとおり、この調査では高速で走行する車両による振動の増加という環境の劇的な変化が発生しており、このような変化が生じた場合には、変化の履歴も考慮に入れた振動感覚の評価が必要になることがわかります。

最後に個人属性について考察を行います。築年数については、負の間接効果が有意となっていました。すなわち古い家屋ほど、振動被害感が軽減されたことを意味します。これは、築年数と居住年数との間に正の高い相関がみられたことから、振動に対する慣れやあきらめなどによる振動被害感の抑制が、老朽化による家屋内部での振動増大に伴う振動被害感の増大を上回ったためと考えることができます。年齢については、正の直接効果が有意であった反面、聴取妨害及びがたつきを介した負の間接効果が有意でした。若年・中年層と比べると高齢の住民は騒音や振動による生活妨害を感じにくくなり、そのことにより振動被害感は緩和されました。一方、このような間接的な効果とは別に、年齢の高い人ほど振動被害感そのものが厳しくなっていたことが示唆されます。在宅時間については、聴取妨害及び振動環境変化を介した間接効果が有意でした。在宅時間の長い住民ほど、騒音による聴取妨害や振動環境の悪化を感じやすくなり、その結果として振動被害感が厳しくなったと考えています。

この研究結果は、あくまでも新幹線沿線の住宅地における解析結果の一例ですが、同様の解析を道路交通振動についても行いました[15]。道路交通の場合には、振動暴露量から振動被害感への直接効果が有意であったこと、睡眠妨害（覚醒）の項目を内生変数として導入したモデルがより適切に振動被害感を説明できることなど、新幹線振動のモデルとは異なる傾向も示していました。しかし、振動暴露量からがたつきを介した間接効果や騒音暴露量から聴取妨害を介した間接効果も有意であったことなど、共通の影響過程も確認できました。こ

のように影響過程やその影響度は異なるものの、体感以外の振動知覚や騒音は、振動源種別に関係なく、住民の振動被害感に影響を及ぼす共通要因であるといえます。

参考文献

- [1] 日本騒音制御工学会編：振動規制の手引き，技報堂出版，(2003).
- [2] 環境省：振動規制法施行状況調査（平成22年度～平成24年度）
- [3] 横島潤紀ほか：新幹線鉄道から発生する地盤振動について－新型車両300系の場合，日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集，pp.81-84，(1993).
- [4] 大野嘉章：道路交通振動評価にL10は適切か”，日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集，pp.41-44，(2005).
- [5] 松島 貢ほか：千葉市における道路交通振動の苦情実態とL10評価について，日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集，pp.253-256，(2006).
- [6] 上田浩之：振動防止行政の現状と課題，日本騒音制御工学会春季研究発表会講演論文集，pp.77-80，(2011).
- [7] 横島潤紀ほか：道路交通振動に係る要請限度の検証，日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集，pp.191-194，(2013).
- [8] 日本道路協会：道路環境整備マニュアル，(1999).
- [9] 平尾善裕ほか；振動測定マニュアル（案）に基づいた測定・分析事例，日本騒音制御工学会春季研究発表会講演論文集，pp. 91-94，(2012).
- [10] 横島潤紀ほか：木造家屋内における鉄道走行時の振動実測結果について，日本建築学会技術報告集，vol. 24，pp. 203-206，(2006).
- [11] 横島潤紀ほか：新幹線沿線住民の振動被害感を構成する要因に関する研究，日本建築学会計画系論文集，No. 526，pp. 1-7，(1999).
- [12] 佐藤哲身：道路交通騒音のうるささに及ぼす振動の影響のパス解析，日本建築学会計画系論文報告集，No. 439，pp. 13-18，(1992).
- [13] 山下敏夫ほか：北海道と九州における道路交通騒音に対する社会反応の多変量解析（Ⅱ），日本建築学会計画系論文集，No. 451，pp. 9-18，(1993).
- [14] H. B. Asher（広瀬弘忠訳）：因果分析法，朝倉書店，(1980).
- [15] 横島潤紀：新幹線鉄道騒音・振動に対する被害感の評価構造に関する研究，横浜国立大学博士論文，(2006).