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

A STUDY ON FACTORS CONSTITUTING ANNOYANCE
DUE TO SHINKANSEN RAILWAY VIBRATION

横島潤紀*, 田村明弘**

Shigenori YOKOSHIMA and Akihiro TAMURA

This study was focused on community response to Shinkansen railway vibration. Social surveys for housewives in detached houses were carried out along the Tokaido Shinkansen Line in Kanagawa Prefecture. Applying path analysis to the response, we have clarified Shinkansen railway vibration annoyance. The results were as follows: 1) Most of inhabitants within 100 meters from the railway were annoyed by the vibration. 2) Annoyance was directly affected by the irritation, auditory plus visual effects due to the vibration and evaluation to the change of the vibration environment and indirectly influenced by vibration exposure. 3) Noise was also one of factors constituting vibration annoyance.

Keywords : Tokaido Shinkansen, Ground Vibration, Noise, Social Survey, Path Analysis

東海道新幹線, 地盤振動, 騒音, 社会調査, パス解析

1. はじめに

東海道新幹線鉄道は昭和 39 年に日本最初的高速鉄道として開通以来, 鉄道輸送力を大幅に増大させてきたが, その反面沿線住民に対して騒音及び振動の環境問題を引き起こしてきた。新幹線振動に関する基準としては, 昭和 51 年 3 月に環境庁長官から運輸大臣に対して「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について」の勧告が出されており, この中で測定方法とともに基準となる指針値(振動レベルで 70dB)が示されている。この指針値が作成された当時と現在の状況を比較すると, 防振技術の発達により車両本体から発生する振動は小さくなっている¹⁾ものの, 運行本数の増加, 列車のスピードアップ等によって新幹線沿線における振動環境が改善されているとはいえない。特に平成 4 年から営業運転を開始した 300 系車両「のぞみ」は, 車体軽量化等による振動低減対策を行っているが, 最高速度(270km/h)に近い速度で走行する場合に発生する振動が従来の 0 系及び 100 系車両より大きくなると報告されている²⁾。

近年の新幹線振動に係る苦情の多くは指針値以下の所で発生しており, 沿線地域における住居地区開発の拡大, 良好な居住環境を望む住民の増大等を考えあわせると, 振動問題の顕在化が懸念される。感覚公害である振動問題の解決を図る上では, 振動対策は住民の被害感を低減することを目標として行われるべきである。その意味で

は, 振動による被害感の意識構造を解明することは, 住民の要望を反映した振動対策の目標をより明確にするとともに, それぞれの目標に応じた対策手法の開発を促進させることになる。

新幹線鉄道騒音に関する住民意識を扱った研究では, 曽根等³⁾, 田村⁴⁾, 町田⁵⁾, 川端^{6,7)}による報告が見られる。一方, 新幹線振動を扱った研究では, 村松等⁸⁾は振動の曝露量と様々な愁訴数との関係を明らかにしたが, 調査が勧告以前に行われていたため, 結果をそのまま対応させることは難しい。住友等⁹⁾はアンケート調査から新幹線振動に対する住民の意識, 意見や要望を明らかにしたが, 住民の意識構造については言及していない。近年では道路交通振動や水平方向の振動感覚に関する研究^{10,11)}は数多く発表されているが, 新幹線振動に着目した調査研究は行われておらず, 「のぞみ」運行後の振動環境を住民がどのように評価しているかは明らかではない。

本研究では, 平成 7 年及び 8 年に神奈川県内の東海道新幹線鉄道沿線の住民を対象としたアンケート調査から得られた結果を基に, 新幹線振動に対する住民の意識を把握するとともに, 新幹線振動による被害感を構成する要因について検討を加える。構成要因の解明では住民の被害感をモデル化し, パス解析の手法を用いて各要因の影響度及び影響過程を明らかにすることを目的とする。なお, 本論文は口頭発表^{12~14)}の内容を再構成したものである。

* 神奈川県環境科学センター

** 横浜国立大学工学部建設学科建築学教室 教授・工博

Kanagawa Environmental Research Center

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Yokohama National University, Dr. Eng.

2. 調査概要

2.1 調査場所

調査場所は神奈川県内の東海道新幹線沿線の住宅密集地区で、新幹線以外の振動源（道路、工場等）が存在しない所とした。新幹線軌道からの距離により調査場所を分類し、100 m以内の沿線地区、100 m以遠の遠隔地区（100～200 m）と対照地区（200 m～500 m）の3地区とした。遠隔地区と対照地区は沿線地区の近辺に位置している。平成7年には沿線地区（9地区）、平成8年には沿線地区（5地区）、遠隔地区（4地区）及び対照地区（3地区）で調査を行った。沿線地区の概要を表1に示すとともに、沿線地区と遠隔地区の1例を図1に示す。沿線地区の調査場所EとGについては、平成7年と8年の両年で調査を行ったので、沿線地区の調査数は12地区である。また、遠隔地区と対照地区の調査場所は、それぞれ沿線地区の調査場所E、F、G、LとF、G、Lの近くである。

2.2 アンケート調査

アンケート調査の対象家屋は調査地区内の全ての戸建て住宅とした。回答者を主婦としたが、都合の悪い場合には家族の他の方でも可とした。対象を主婦としたのは在宅時間が長いために、振動に対する反応がある程度確立されていると考えられたからである。調査は対象家屋に質問票を配布し、郵送にて回収する方法とした。調査の実施状況を表2に示す。有効回収数は沿線地区で584、遠隔地区で117、対照地区で161であった。

平成8年のアンケート調査で用いた質問票の構成を表3に示す。振動に関する質問は、質問票上で示した7種類の振動源の中から「感じる振動」、「気になる振動」に該当するものを全て回答し、さらに「気になる振動」については「最も気になる振動、次に気になる振動」（以下、「気になる2振動」という。）も回答する方法とした。「気になる2振動」として指摘されたそれぞれの振動については、「振動による影響」、「振動環境の変化に対する評価」、「振動に対する我慢の度合い」を聞いている。ここで「振動環境の変化に対する評価」は、「のぞみ」の運行にともなう振動環境の変化を把握するために設けた項目である。騒音に関する質問項目は、提示した音源が9種類であること以外は振動と同様な構成である。なお、平成7年の質問票も基本的には平成8年と同じ構成であったが、回答の評価段階数が一部異なっていた。例えば「振動による影響」は5段階（1.『頻繁にある』～5.『全くない』）、「振動環境の変化に対する評価」も5段階（1.『良くなった』～5.『悪くなった』）であったが、回答の記入漏れ、回答しにくいとの指摘が多かったことから、平成8年の質問票では表3に示す回答方法に変更した。また、「築年数」、「居住年数」のカテゴリー構成も平成8年では変更した。

新幹線振動に対する心理的な構えを防ぐために、調査票では新幹線の調査という言葉を使わずに、「地域の環境に関するアンケート調査」とした。また、騒音に関する質問が振動を評価する上でのバイアスとして作用することを防ぐために、振動、騒音の順で質問を配置した。さらに、振動の直後に騒音に関する質問を配置すると、騒音に対する反応にバイアスが作用する恐れがあるので、両項目の間にダミーの質問としてゴミ問題に関する質問を設けた。調査実施機関は横浜国立大学工学部建築環境工学研究室とした。

2.3 振動・騒音測定

振動・騒音測定の概要を表4に示す。調査地区に近い軌道中央か

らの距離が異なる2～4個の測定地点（例えば図1に示す12.5m、25m、50m、80mの4地点）を1測線とし、住宅の分布状況、軌道の状況、地形の変化等を考慮し、地区ごとに2～6本の測線を設けて測定を行った。測定は、通過列車ごとの鉛直方向の振動レベルのピーク値、SLOW特性の騒音レベルのピーク値をそれぞれ観測した。測定本数については、勧告の中では連続する20本の列車を対象とすることが示されているが、本測定では上下各5列車以上で、その中に必ず「のぞみ」を含むこととした。

表1 沿線地区概要

場所	調査年	地層	構造物	平均[最高]速度(km/h)
A	H7	沖積層	高架	119[136]
B	H7	沖積層	高架	167[185]
C	H7	沖積層	高架	183[222]
D	H7	沖積層	高架	168[252]
E	H7/H8	関東ローム層	盛土	217[270]
F	H8	関東ローム層	盛土	212[265]
G	H7/H8	関東ローム層	切土	217[264]
H	H7	関東ローム層	切土	216[262]
I	H7	関東ローム層	切土	221[269]
J	H7	関東ローム層	盛土	220[270]
K	H8	沖積層	盛土	228[270]
L	H8	沖積層	盛土	214[257]

図1 沿線地区と遠隔地区

表2 アンケート調査の実施状況

	配布	締め切り	有効回収数	有効回収率
平成7年	10月11～13日	11月30日	469	67%
平成8年	9月25～26日	10月25日	393	71%

3. アンケート調査の集計結果

アンケート調査の回答者及び住宅構造の主な属性について、回答数の上位2項目を表5に示す。対照地区において鉄骨住宅、高齢者、専業主婦の割合が高い傾向は見られるものの、地区による顕著な差は見られなかった。回答者の傾向としては、築10年以上、木造住宅、40～60歳代、女性、専業主婦の回答が多く、居住年数及び在宅時間も長い傾向が見られる。

生活環境（18項目）の質問項目の「周辺の静けさ」と「家の中の振動」を地区ごとに比較するために、それぞれの集計結果を図2に示す。主源である新幹線から離れると住民の不満感は減少する傾向が見られ、特に振動に関する不満率（『どちらかといえば不満』、『不満』の割合）は沿線地区で85%、遠隔地区で47%、対照地区で10%となっており、沿線地区での不満率が際立って高くなっている。

表3 調査票の主な質問項目

居住環境	・生活環境 [18項目、満足-不満・4段階評価] ・居住環境 [満足-不満・4段階評価]
振動	<ul style="list-style-type: none"> ・感じる振動 ・気になる振動 『工場』『自動車』『新幹線鉄道』『在来線鉄道』『航空機』『建設工事』『その他』 ・最も気になる振動、次に気になる振動→気になる2振動 気になる2振動に関する質問 ・振動による影響 [影響を受けている項目を回答] 『びっくりする』(びっくり) 『気分がイライラしたり、腹が立つ』(イライラ) 『身体の調子が悪くなる』(体調不調) 『なかなか寝つけない』(入眠妨害) 『寝ている時に目を覚まされる』(覚醒) 『考えごとや読書の邪魔になる』(思考妨害) 『戸や障子がガタガタする』(ガタつき) 『ものがゆれて気になる』(ものゆれ) ・振動環境の変化に対する評価 [良く-悪く・3段階評価] ・振動に対する我慢の度合い [我慢できる-我慢できない・4段階評価] 振動による迷惑 [迷惑でない-迷惑である・4段階評価]
ゴミ問題	ゴミ問題に対する知識・関心
騒音	<ul style="list-style-type: none"> ・聞こえる音 ・気になる音 『工場』『自動車』『新幹線鉄道』『在来線鉄道』『航空機』『建設工事』『生活』『自然』『その他』 ・最も気になる音、次に気になる音→気になる2騒音 気になる2騒音に関する質問 ・騒音による影響 [影響を受けている項目を回答] 『びっくりする』 『気分がイライラしたり、腹が立つ』 『身体の調子が悪くなる』 『なかなか寝つけない』 『寝ている時に目を覚まされる』 『考えごとや読書の邪魔になる』 『電話の声、テレビの音が聞き取りにくい』 『会話が妨げられる』 ・騒音環境の変化に対する評価 [良く-悪く・3段階評価] ・騒音に対する我慢の度合い [我慢できる-我慢できない・4段階評価] 騒音による迷惑感 [迷惑でない-迷惑である・4段階評価]
家屋構造	住宅構造・築年数・居間、寝室の階数
個人属性	性別・年齢・居住年数・仕事・在宅時間等

表4 振動・騒音測定概要

測定日程	平成7年11月・平成8年11月
測定項目	(振動)鉛直方向・振動レベル・VL・ピーク値 (騒音)A特性・騒音レベル・SLOW・ピーク値
測定地点	地区毎の測定地点は8~21地点。
測定本数	上下各5列車以上で、各1本「のぞみ」を測定
測定機器	(振動)振動レベル計+レベルレコーダ (騒音)騒音計+レベルレコーダ
備考	測定時に列車通過速度及び車両形式等を観測

表5 回答者の属性及び住宅構造

属性	沿線地区(584)	遠隔地区(117)	対照地区(161)
性別	女性: 86% 男性: 14%	女性: 87% 男性: 13%	女性: 90% 男性: 10%
年齢	40歳代: 31% 50歳代: 30%	50歳代: 36% 40歳代: 33%	50歳代: 35% 60歳代: 26%
居住年数	10~19年: 33% 20年以上: 28%	15~19年: 49% 10~14年: 17%	15~19年: 36% 10~14年: 31%
仕事	専業主婦: 47% 有職者: 37%	専業主婦: 51% 有職者: 41%	専業主婦: 65% 有職者: 23%
在宅時間	1日: 40% 16時間: 21%	1日: 38% 半日: 23%	1日: 45% 16時間: 21%
住宅構造	木造: 86% 鉄骨: 10%	木造: 81% 鉄骨: 14%	木造: 75% 鉄骨: 19%
築年数	10~19年: 35% 20年以上: 31%	15~19年: 60% 20年以上: 15%	15~19年: 51% 20年以上: 22%

「感じる振動」、「気になる振動」の集計結果を図3に、「気になる2振動」の集計結果を図4に示す。「気になる2振動」については、新幹線を指摘した住民(新幹線)、新幹線を指摘しなかった住民(その他)、何も指摘しなかった住民(無い)にまとめている。図3から

新幹線以外の振動源に対する指摘率の差は地区間ではほとんど見られないが、新幹線に対する指摘率の差は認められ、指摘率の最も高い沿線地区では98%の住民が新幹線振動を感じ、91%が気にしている。図4からも、沿線地区での新幹線振動に対する指摘率が非常に高い(90%)ことが示されているので、振動が住民の日常生活に大きく影響を及ぼす要因となっていることが分かる。また、新幹線から100m以上離れた遠隔地区・対照地区では、図3や図4から新幹線に対する指摘率が低くなっている。特に対照地区では、新幹線振動を感じている住民が少なく、新幹線以外の自動車や航空機を気にしている回答者が多かったことから、振動は住民の生活に影響を及ぼす要因ではないことが推測される。

以上のことから、日常生活に及ぼす新幹線振動の影響が最も顕著

に見られる沿線地区（サンプル数は 584）を本報での分析対象とした。なお、4.以降で用いる振動及び騒音は、新幹線に係る振動及び騒音を意味することとする。

4. 振動及び騒音の曝露量の推定方法

振動及び騒音に関する意識を分析する上で、住民が曝露されている振動及び騒音の大きさを把握することが重要であるので、本研究では以下の方法で曝露量を推定した。まず振動については、観測した個々の列車の振動レベルから表6に示す6種の評価値を算出し、測線ごとに各々の対数距離減衰直線を作成した。各家屋に適用される減衰直線を読み取ることによって各家屋におけるそれぞれの評価値を推定し、その中で住民の振動による被害感（以下、「振動被害感」という。）との対応が最も良いものを振動に関する曝露量とした。本研究で用いる「振動被害感」は、「気になる2振動」として新幹線を指摘しなかった住民、何も指摘しなかった住民については『気になるらない』とし、新幹線を指摘した住民については「振動に対する我慢の度合い」（『我慢できる』、『どちらかといえば我慢できる』、『どちらかといえば我慢できない』、『我慢できない』）の対応するカテゴリを当てはめ、5段階評価（1.『気になるらない』～5.『我慢できない』）とした。今後『気になるらない』とした住民は、日常、被害感を全く抱いていないものとする。推定した6種の振動レベルの評価値と「振動被害感」とのSpearmanの相関係数を表6に示す。全体的に相関係数が低いものの、相関が最も高い評価値は「300系車両の最大値」であることから、300系車両の振動レベル最大値（以下、「振動曝露量」という。）を振動の曝露量とした。騒音についても振動と同様な方法で検討を行った結果、300系車両の騒音レベル最大値（以下、「騒音曝露量」という。）を騒音の曝露量とした。それぞれの曝露量の度数分布を図5に示す。なお、振動及び騒音の曝露量の平均値はそれぞれ60dB、66dBであった。

表6 各評価値と新幹線振動評価の相関

振動レベルの評価値	相関係数
全データの最大値	0.22
全データのパワー平均	0.18
上位半数のパワー平均	0.19
上位半数の算術平均	0.18
300系車両の最大値	0.25
0/100系車両の最大値	0.17

図5 振動・騒音曝露量の分布

5. 振動に対する住民反応

5.1 振動による影響

表3に示す「振動による影響」の8項目について、「振動被害感」と同様な方法で新幹線による影響を整理し、住民が振動によって受けている影響を具体的に検討した。それぞれの項目について、振動による影響を受けている住民の回答（平成7年の回答では『頻繁にある』～『時々ある』）を『影響ある』、影響を受けていない住民の回答（平成7年では『ほとんどない』～『全くない』）及び被害感を抱いていない住民の回答を『影響ない』にまとめた。図6に『影響ある』と回答した住民の割合（反応率）を示す。「ガタつき」、「ものゆれ」、「覚醒」の反応率が高く、「体調不調」や「入眠妨害」の反応率は低い。「ガタつき」は耳を通して認知されていることから振動による聴覚的な影響、「ものゆれ」は目を通して認知されていることから振動による視覚的な影響であると考えられるので、図6は聴覚的・視覚的影響を受けている住民が多いことを示している。

続いて反応率が高かった5項目について、5 dB単位でカテゴリ一化した振動曝露量との関係を図7に示す。「ガタつき」の反応率は全てのレベルにおいて最も高く、特に50dB以下でも反応率が65%と他の影響項目に比べ突出していることから、多くの住民は振動による聴覚的な影響を感知することで振動の存在を認知していると推察される。「イライラ」、「覚醒」及び「ものゆれ」については、振動の増大とともに反応率は直線的に増加する傾向が見られる。同様に、住民が騒音によって受けている影響を検討した結果、「聴取妨害」、「会話妨害」といった騒音固有の影響に対する反応が多かった。

図6 振動による影響項目の反応率

データ数:-50(42), 51-55(79), 56-60(183), 61-65(171), 66-70(76), -71(33)

図7 振動曝露量と振動による影響項目の関係

5.2 「のぞみ」による振動環境の変化

「のぞみ」の運行にともなう振動環境の変化を沿線住民がどのように評価しているのかを検討した。本報では、前章で推定した振動レベルの評価値「300系車両の最大値」と「0/100系車両の最大値」の差（以下、「振動増幅量」という。）を振動の物理的变化量として用いた。振動環境の変化に対する住民評価（以下、「振動環境変化」という。）については、「振動被害感」と同様な方法で整理し、『良く』、『不変』、『悪く』及び『無回答』（被害感を抱いていない住民及

び「のぞみ」運行後に住み始めた住民の回答)の4段階評価にまとめた。振動の物理的变化量と「振動環境変化」の関係を図8に示す。振動増幅量が2dB以上、すなわち300系車両の振動が0/100系車両の振動よりも大きい場合には『悪く』の回答が多く、「のぞみ」の運行により住民が振動環境の悪化を訴えていることが分かる。一方、振動増幅量が-2dB以下、すなわち300系車両の振動が0/100系車両よりも小さい場合には、『不変』と回答している住民が多いものの、住民の約30%が『悪く』と回答している。このことは、「のぞみ」から発生する振動が小さく振動環境が改善されているにもかかわらず、大幅なスピードアップによる振動増大という負のイメージ、住環境に対するニーズの高まり等によって、振動環境の悪化を訴える住民が少なからず存在することを示している。なお、『無回答』を除外したクロス集計表に対して χ^2 の独立検定を行った結果、振動増幅量と「振動環境変化」に関連が見られた(有意水準5%)ので、『悪く』の増加傾向は有意であると考えられる。

5.3 振動による被害感

振動による沿線住民の被害感がどの程度であるのかを把握するために、図9に振動の曝露量と被害感の反応関係を示す。ここでは、被害感の強反応を『どちらかといえば我慢できない』及び『我慢できない』として検討を行った。図9から『どちらかといえば我慢できない』と回答している住民が最も多いが、振動の増大とともに被害感は大くなる傾向が見られ、特に曝露量が71dB以上の場合には住民の約半数が被害感を強く訴えていることが分かる。また、新幹線鉄道騒音に係る環境基準の場合には、反応率30%となるレベルを基準値の基礎¹⁵⁾としていたことを参考にして、図9から強反応率が30%を超える曝露量を読み取ると、『66-70dB』になることが分かる。

振動による被害感の主要因を把握するために、「振動被害感」を外的基準、振動による具体的影響(8項目)及び「振動環境変化」を説明変数として数量化Ⅱ類の分析を行った。「振動環境変化」の説明変数は、『悪化』『悪く』と『良化』『不変』『良く』『無回答』の2カテゴリーにまとめた。ここで、説明変数間の相関がやや高いことから全変数での分析には多重共線性の問題が残るものの、被害感のモデルを構築する上で各要因の影響度を数量的に把握することは重要であると考えられる。分析結果を図10に示す。

偏相関係数が大きい要因は「ガタつき」(0.34)、「振動環境変化」(0.29)、「イライラ」(0.24)、「ものゆれ」(0.12)であり、「体調不調」、「入眠妨害」、「覚醒」の偏相関係数は小さい。レンジの大きさについても同様な傾向が見られるので、多重共線性の影響は小さいと考えられる。以上のことから、「ガタつき」、「振動環境変化」、「イライラ」及び「ものゆれ」が被害感と強く関連していると考えられる。一方、「入眠妨害」や反応率の高かった「覚醒」に代表される睡眠影響と被害感との関連はほとんど見られない。このことは、深夜の時間帯(午前0時～午前6時)には新幹線が運行されていないことに起因していると推測される。続いて被害感との関連が強い項目について、それぞれのカテゴリースコアの絶対値を比較してみる。『影響ない』のスコアが最も大きいアイテムは「ガタつき」(0.64)である。『影響ある』のスコアが大きいアイテムは「イライラ」(0.55)、「振動環境変化」(0.41)で、「ガタつき」(0.27)は前述の2要因と比べると小さい。これらの結果から、振動による聴覚的影響を感知していない住民は被害感をほとんど抱かないが、イライラ感

や振動環境の悪化感が住民の被害感を増大させていることが分かる。すなわち、振動による被害感を低減するためには、これらの心理的な影響を解消することが重要であると考えられる。

データ数: ~-2dB (138); -1~1dB (229); 2dB~ (217)

図8 振動増幅量と振動環境変化の関係

図9 振動曝露量と振動被害感の関係

7項目	カテゴリ	n	偏相関係数	大 ← 被害感 → 小
びつくり	影響ない	413	0.08	-
	影響ある	171		
イライラ	影響ない	428	0.24	-
	影響ある	156		
体調不調	影響ない	556	0.04	-
	影響ある	28		
入眠妨害	影響ない	483	0.04	-
	影響ある	101		
覚醒	影響ない	406	0.04	-
	影響ある	178		
思考妨害	影響ない	445	0.07	-
	影響ある	139		
ガタつき	影響ない	172	0.34	+
	影響ある	412		
ものゆれ	影響ない	290	0.12	-
	影響ある	294		
振動環境変化	良化	331	0.29	+
	悪化	253		

図10 数量化Ⅱ類の分析結果

6. パス解析による分析

6.1 パス解析

曝露されている振動の大きさが住民の振動による被害感にどのように影響しているのかを考えてみると、住民が体感する振動の大きさは被害感への直接的な影響要因であるとともに、戸等のがたつきや建具等の揺れ等を引き起こすことによって、間接的な影響も及ぼす要因であると想定できる。すなわち、曝露されている振動の大きさ、個人の属性、振動による影響等の様々な要因が重層的な関係を

構成して、振動による被害感形成されていると考えることができる。そこで、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）を推定できるパス解析^{16)~18)}の手法を用いて、各要因の影響度及び影響過程を明らかにする。

6.2 パスモデルの設定

既往の研究から得られている知見及び前章までに行った分析結果を基にして、振動による被害感の因果モデル（パスモデル）を作成した。図11に作成したパスモデルを示す。目的変数は「振動被害感」(X12)で、説明変数は11個の変数(X1~X11)とした。

本モデルでは、曝露されている騒音及び振動の大きさ(X1:騒音曝露量, X2:振動曝露量)及び個人属性(X3:築年数, X4:性別, X5:年齢, X6:在宅時間)が、目的変数へ直接影響を及ぼすように、また騒音による影響(X7:聴取妨害), 振動による影響等(X8:イライラ, X9:ガタつき, X10:ものゆれ, X11:振動環境変化)を介して間接的に目的変数へ影響を及ぼすようにモデルを設定した。X1~X6は外生変数, X7~X11は内生変数である。識別性の問題¹⁶⁾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変数に対してパスを設定した。例えば、「振動曝露量」(X2)は、それより上位レベルにある変数(X7~X12)に対してパスを通した。なお、多重共線性の影響をできるだけ避けるために、外生変数は互いになるべく相関の低い変数を選んだ。

- X1: 騒音曝露量 X2: 振動曝露量
 X3: 築年数 X4: 性別 X5: 年齢 X6: 在宅時間
 X7: (騒音による)聴取妨害
 X8: (振動による)イライラ
 X9: (振動による)ガタつき
 X10: (振動による)ものゆれ
 X11: 振動環境変化
 X12: 振動被害感

図11 振動被害感のパスモデル

6.3 変数の尺度構成

原則としてパス解析における変数は、間隔尺度又は比例尺度の連続量でなければならない。アンケート調査結果の大部分は順位尺度又は名義尺度であるので、パス解析を適用できるように尺度を再構成する必要がある。分析で用いる説明変数の尺度構成を表7に示す。「築年数」、「年齢」、「在宅時間」については、アンケート調査で得られた結果は順序尺度であるが、カテゴリーの中間値あるいは上限値等を代表値とし近似的に間隔尺度とみなした。目的変数である「振動被害感」も順位尺度であるので、そのまま分析に用いるのは

議論のあるところであるが、H. B. Asher¹⁶⁾はこの問題についていくつかの例を挙げながら肯定的な意見を示しており、本報でも近似的に間隔尺度として扱うこととした。

表7 説明変数の尺度構成

騒音曝露量 振動曝露量	測定されたデータそのまま用いる。
築年数	平成7年:1年, 3年, 8年, 15年, 25年 平成8年:2年, 7年, 12年, 17年, 25年
性別	女性:1, 男性:0
年齢	15歳, 25歳, 35歳, 45歳, 55歳, 65歳, 75歳
在宅時間	8時間, 12時間, 16時間, 20時間, 24時間
聴取妨害 イライラ ガタつき ものゆれ	影響ある:1, 影響ない:0
振動環境変化	悪化:1, 良化:0

6.4 分析結果

要因の効果を表す影響指標（パス係数）は、パスモデルから決定される構造方程式（重回帰方程式）を解くことによって得られる標準偏回帰係数である。各要因の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される。各要因の効果の大きさを図12に示すとともに、「振動被害感」(X12)へのパス係数が有意なもの（t検定で5%水準）だけを取り出した修正モデルを図13に示す。本分析における寄与率は0.48であった。

直接効果が大きい変数は「イライラ」(0.31), 「ガタつき」(0.26), 「振動環境変化」(0.26)で、「騒音曝露量」及び「振動曝露量」の直接効果は有意でない。間接効果が大きい変数は「振動曝露量」(0.25)で、全ての内生変数(X7~X11)を介して有意な効果を及ぼしており、特に「イライラ」(X8), 「ガタつき」(X9)及び「振動環境変化」(X11)を介しての効果が大きかった。総合効果が大きい変数は「イライラ」(0.31), 「ガタつき」(0.26), 「振動環境変化」(0.26)で、「振動レベル」(0.24)は4番目である。また、「騒音曝露量」及び個人属性（「築年数」、「性別」、「年齢」及び「在宅時間」）の総合効果は小さいが、図13から4変数とも被害感に対する直接又は間接効果は有意であることが分かる。以上のことから被害感の評価構造は、作成したパスモデルで概ね表現されていると考えることができる。各要因の効果の大きさ及び影響過程から判断すると、被害感を構成する主要因は、振動によるイライラ感、聴覚的影響、環境変化及び曝露されている振動の大きさである。特に振動の曝露量は、被害感への直接的な要因であるというよりも、振動による影響等を介した間接的な要因である。このことは、聴覚的・視覚的影響の効果が有意であることを踏まえると、住民が振動を実際に体感していない場合でも、振動によって発生する建具のがたつき等によって被害感が生じる可能性を示唆している。「騒音曝露量」(X1)については、直接効果は有意でないが、「聴取妨害」(X7)を介しての間接効果は有意であるので、騒音も振動による被害感を構成する要因である¹⁹⁾ことを示している。

有意な効果を及ぼしている個人属性について多少の考察を加える。まず「築年数」(X3)を見てみる。一般的に古い家屋では振動の増幅が大きくなるために被害感が強くなり、直接効果は正になると想定されたが、得られたパス係数は負で、古い家屋の住民の被害感は小

さいことを意味している。このことは築年数と居住年数の間に高い相関が見られることから、その地域に長い間居住している住民は振動に対する慣れやあきらめ等によって被害感が薄まってしまったと推定できる。「年齢」(X5)については、直接効果、「聴取妨害」及び「ガタつき」を介しての間接効果が有意である。若年・中年層と比べると高齢の住民は騒音及び振動による影響を感じにくくなるので、間接効果は被害感を低減させるように働くが、被害感そのものは厳しくなる傾向にあることを示している。「在宅時間」(X6)については、「聴取妨害」及び「振動環境変化」を介しての間接効果が有意である。在宅時間の長い住民は騒音及び振動による諸影響をより多く受けるので間接効果による被害感が増大すると考えられる。

図12 効果の大きさ

図13 有意味なパスによる修正モデル

7. まとめ

本論文では平成7年及び8年に行った東海道新幹線沿線の戸建て住宅を対象としたアンケート調査から、住民の新幹線振動及び騒音に対する意識を把握するとともに、新幹線振動による被害感の構成要因を解明した。得られた結果を纏めると以下のとおりである。

- 1) 軌道から100 m以内の沿線地区では、大部分の住民が新幹線振動を感じている上に、約9割の住民が振動を気にしていることから、新幹線振動は住民の日常生活に影響を及ぼしている。一方、軌道から200 m以上離れた対照地区では、新幹線振動を気にしている住民は少なく、日常生活への影響はほとんどない。
- 2) 新幹線振動による影響では「ガタつき」の反応が最も多く、この聴覚的な影響を感知することで新幹線振動を認知する住民が多い。
- 3) 「のぞみ」の運行によって新幹線に係る振動環境が悪化している

所では、多くの住民が振動環境の悪化を訴えている。一方、振動環境が改善されている所でも振動環境の悪化を訴える住民が存在しているが、これは、従来型よりも大幅なスピードアップをしている「のぞみ」に対するマイナスイメージによるものと思われる。

- 4) 新幹線振動による住民の被害感と振動による聴覚的影響、イライラ感及び振動環境の悪化感との関連は強く、特にイライラ感や環境悪化感は被害感を増大させる要因である。
- 5) パス解析の結果、新幹線振動による被害感を構成する主要因は、振動によるイライラ感、聴覚的影響、環境変化及び振動の曝露量である。イライラ感、聴覚的影響、環境変化の影響は直接的要因で、振動の曝露量は間接的的要因である。
- 6) 新幹線騒音も新幹線振動による被害感を構成する要因の1つである。

【謝辞】

共同研究者の横浜国立大学修論生林真行（現旭硝子）、卒論生金子誠（現三井ホーム）の両氏には、研究の実施、データ解析にあたって多大なる協力を頂きました。ここに記して深甚なる謝辞を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 神奈川県大気保全課：新幹線鉄道騒音振動調査結果報告書，1994.3
- 2) 横島潤紀他5名：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技術発表会講演論文集，pp.81-84，1993.9
- 3) 曾根敏夫，香野俊一，二村忠元，亀山俊一，熊谷正純：沿線住民に及ぼす新幹線鉄道騒音の影響，音響学会誌，Vol.29，No.4，pp.214-224，1973.4
- 4) 田村明弘：在来線及び新幹線沿線住民の騒音に対する社会反応，音響学会騒音振動研究会資料，N-89-37，1989.7
- 5) 町田祐治：新幹線鉄道騒音に関する意識調査について，音響学会騒音振動研究会資料，N-89-36，1989.7
- 6) 川端徹朗：東北新幹線騒音が学童の生活環境に及ぼす影響，日本公衛誌，Vol.38，No.1，pp.52-63，1991.1
- 7) 川端徹朗：新幹線騒音に対する学童のうささの訴えの程度に関連する要因，日本公衛誌，Vol.41，No.12，pp.1131-1141，1994.12
- 8) 村松常司他7名：新幹線騒音，振動等の健康に及ぼす影響に関する研究（第1報），日本公衛誌，Vol.23，No.8，pp.471-481，1976.8
- 9) 住友聡一，辻本三郎丸：新幹線鉄道沿線の騒音・振動について，兵庫公害研究所報告第20号，pp.95-105，1988
- 10) 平尾善裕，横田明則：変動振動の全身曝露に対する評価実験，騒音振動研究会資料，N-94-53，1994.11
- 11) 石川孝重，野田千津子：広振動数範囲を対象とした水平振動感覚の評価に関する検討，日本建築学会計画系論文集，No.506，pp.9-16，1998.4
- 12) 横島潤紀，林真行，田村明弘：新幹線沿線住民の振動に対する評価を構成する要因について（その1・2），日本建築学会学術講演梗概集（近畿），pp.297-300，1996.9
- 13) 横島潤紀，大塚定男，田村明弘：新幹線沿線住民の振動に対する評価を構成する要因について（その3），日本建築学会学術講演梗概集（関東），pp.253-254，1997.9
- 14) 横島潤紀，梅田成道，大塚定男，田村明弘：新幹線及び在来線沿線住民の振動に対する社会的反応（その1・2），日本建築学会学術講演梗概集（九州），pp.317-320，1998.9
- 15) 環境庁大気保全局編：騒音規制法の解説（三訂），新日本法規株式会社，1994.6
- 16) H. B. Asher（広瀬弘忠訳）：因果分析法，朝倉書店，1980
- 17) 佐藤哲身：道路交通騒音のうささに及ぼす振動影響のパス解析，日本建築学会計画系論文集，No.439，pp.13-18，1992.9
- 18) 山下敏夫，矢野隆，泉清人，黒澤和隆：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 道路交通騒音に対する社会反応の地域比較研究Ⅱ，日本建築学会計画系論文集，No.451，pp.9-18，1993.9
- 19) 西宮元：騒音・振動に関する社会反応とその特徴について，日本音響学会誌，Vol.32，No.3，pp.147-155，1976.3

（1999年2月10日原稿受理，1999年8月2日採用決定）