

# 構造方程式モデルによる鉄道騒音と道路交通騒音に対する社会反応構造の比較

## COMPARISON OF COMMUNITY RESPONSE TO RAILWAY AND ROAD TRAFFIC NOISES BY STRUCTURAL EQUATION MODEL

森原 崇\*, 佐藤 哲身\*\*, 矢野 隆\*\*\*

Takashi MORIHARA, Tetsumi SATO and Takashi YANO

The purpose of the present study is to investigate the structures of annoyance reactions caused by railway and road traffic noises. The result showed that personal sensitivity had the strongest effect in both noise sources. Railway noise annoyance was affected mainly by listening disturbances and  $L_{Aeq,24h}$ , while road traffic noise annoyance was affected evenly by activity disturbances. There was no difference in reaction structure of both noises between Hokkaido and Kyushu. The distance from noise sources to houses influenced the reaction structure of railway noise significantly, whereas no significant influence was found in that of road traffic noise.

**Keywords :** Structural equation model, Railway noise, Road traffic noise, Community response

構造方程式モデル, 鉄道騒音, 道路交通騒音, 社会反応

### 1. はじめに

騒音の影響を検討する際には、騒音の暴露量と騒音による心理的影響とを直接関連付けた分析手法がよく用いられている。Fields<sup>1)</sup>や Knall<sup>2)</sup>、Moehler<sup>3)</sup>、Miedema<sup>4)</sup>はそれぞれ暴露-反応関係により、欧米やオーストラリアにおける航空機騒音と道路交通騒音、鉄道騒音に関する社会調査結果を比較検討し、同じ騒音レベルでも音源によってアノイアンスの大きさが異なることを示している。これらの研究の一部は ISO<sup>5)</sup>の指針値にも反映され、自動車騒音と比べ航空機騒音は+3~+6dB、鉄道騒音には-3~-6dBの補正がなされている。日本でも田村<sup>6)</sup>は1978年に同じ騒音レベルでも鉄道騒音の方が道路交通騒音よりも不快感は小さいという、ヨーロッパと同様の結果を示している。しかし、最近の日本の研究では加来ら<sup>7)</sup>や矢野ら<sup>8)</sup>、筆者ら<sup>9)</sup>によって両音源による騒音のアノイアンス(不快感)はほとんど変わらないことが示されている。なお、我国では航空機騒音と他の騒音に関する社会調査結果の比較研究はなされていない。

筆者ら<sup>9)</sup>は鉄道騒音と道路交通騒音に対する社会反応の日本と欧米の相違を明らかにすることを目的として、北欧と住宅構造(窓構造)が比較的類似している北海道と温暖な九州での鉄道騒音と道路交通騒音に関する社会調査を行った。これらのデータを基にまず住宅構造の違いに着目し、次いで通行時間帯の影響、音源から住宅までの距離の影響を検討した。その結果、住宅構造や通行時間帯が異なっても反応には影響しないが、音源からの距離によって騒音のアノイアンスや聴取妨害の傾向が異なることを示している。

これらの分析はすべて騒音暴露量と住民反応との直接的な関係を比較したものであるため、騒音暴露量以外の要因が住民反応にどのように影響しているか検討することができない。

騒音のレベルの大きさや周波数成分などは直接的に騒音のアノイアンスへ影響するだけでなく、会話の聴取妨害や睡眠妨害などの生活活動妨害を介して騒音のアノイアンスへ影響すると考えられる。このような騒音のアノイアンスの因果関係を仮定したモデルを異文化間や異種音源間で比較することで、騒音のアノイアンスが様々な条件で異なる原因について検討できる。

アノイアンスと騒音暴露量や会話妨害、精神的・身体的影響などの影響要因との因果関係を探る方法の一つにパス解析がある。これは先験的なモデルに基づいてアノイアンスを階層的に捉えようとするものである。航空機騒音のアノイアンス構造を検討した研究には Leonard<sup>10)</sup>や Taylor<sup>11)</sup>、長田ら<sup>12)</sup>によるものが挙げられる。Leonard<sup>10)</sup>はアノイアンスへは飛行機が近くで墜落するかもしれないという危険性に対する「恐れ」が大きく寄与することを示したが、Taylor<sup>11)</sup>は個人的な感受性が最も大きく影響し、次に会話妨害、 $L_{Aeq,24h}$ と続き、恐れは重要ではないことを示した。日本では長田<sup>12)</sup>が成田空港周辺で行われた調査データを用いて、全体的迷惑感に対する総合効果には WECPNL が最も大きく、次いで屋内での会話妨害、情緒的影響と続いて影響することを示している。情緒的影響とはいらいらや不快、憂鬱、落ち着かない等の有無を聞いたものである。これらの結果には航空機の安全性や性能の向上など時代的な背景が影響しているようである。

\* 熊本大学自然科学研究科 研究員・博士(学術)

\*\* 北海学園大学工学部建築学科 教授・博士(工学)

\*\*\* 熊本大学工学部環境システム工学科 教授・工博

Research Assistant, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Ph. D.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Hokkai Gakuen University, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Dr. Eng.

佐藤<sup>13)</sup>は道路交通騒音に関する社会調査データにパス解析を適用し、振動レベルが大きくなるほど振動が気になる程度は強くなり、その結果騒音のうるささも増大することを示している。また、降旗<sup>14)</sup>や矢野<sup>8)</sup>は道路交通騒音と鉄道騒音に対する反応モデルをそれぞれ構築し、反応構造の比較研究を行っている。目的変数として降旗<sup>14)</sup>は「うるささ」、矢野<sup>8)</sup>は「不快感」を用いており、言葉の違いはあるが、両者とも音源ごとの騒音のアノイアンスの反応構造は異なることを示している。神成<sup>15)</sup>は音源の種類は特定せず、住宅と個人を取り巻く環境騒音を対象として、ノイジネスに「うるささ」を当て、アノイアンスに「騒音影響の頻度」を当てて、これらへ影響する暴露量と影響要因との関係について考察している。ここでは屋外の騒音レベルがノイジネス（うるささ）へ最も寄与し、次にテレビ等の聴取妨害、就眠妨害が有意に影響することを示し、アノイアンス（騒音影響）に関しては屋外の騒音レベルは有意に影響せず、矢野<sup>8)</sup>の道路交通騒音の不快感に関する結果と同様の傾向を示している。

これらの研究はアノイアンスへは騒音暴露量だけではなく他の要因も影響することを示している。このようにパス解析は観測変数だけを用いて、内生変数と外生変数とからなる各説明変数の目的変数に対する寄与を明らかにする因果分析手法である。

さて、変数間の階層的な相互関係を求める一般的な方法として、共分散構造分析<sup>16)~19)</sup>がある。共分散構造分析はモデル内に観測変数だけでなく、実測値として観測できないがモデルの構造を考慮する上で重要な要素となる構成概念を潜在変数として導入できるという特徴を持っている。社会調査データには必ずしも分析の対象となる変数が観測変数として得られているとは限らないため、共分散構造分析はパス解析とは違った意味で有効な手法だと考えられる。共分散構造分析による研究は、横島<sup>20)</sup>による新幹線振動に対する被害感の評価構造モデルの検討にみられるが、騒音のアノイアンス構造を音源間で比較する研究はまだみられない。

本研究は在来鉄道騒音（以下鉄道騒音）と道路交通騒音のアノイアンスの構造方程式モデルを構築し、騒音のアノイアンス構造が北海道と九州の異気候の地域で異なるか否か、音源からの距離により異なるか否かについて検討することによって、将来的な騒音基準や有効な騒音対策等の手掛かりを得ることを目指している。

## 2. 調査データの概要

表1は1994年から2001年にかけて北海道と九州で実施した鉄道騒音と道路交通騒音に関する社会調査と騒音測定により得られたデータの概要を示している。調査対象住宅はすべて線路もしくは道路から一列目の戸建て住宅とし、調査対象者はそれらの住宅から一世帯につき一名を無作為に抽出した。またアンケート調査は騒音に対する評価に先入観を与えないように「生活環境に関する調査」として実施した。各住宅の騒音暴露量として音源に最も近い外壁に入射する騒音の $L_{Aeq,24h}$ を実測値に基づく距離減衰予測式から算出した。

表2は4つの調査に共通な調査項目である。これらの調査では相互に調査間で精度良く比較できるように、同一の評定尺度を用いた。例えば、騒音による具体的影響には「非常に」、「かなり」、「すこし」、「ない」、生活環境汚染項目は「非常に不快」、「かなり不快」、「すこし不快」、「気がつくが不快でない」、「気がつかない」という尺度で評価し、これらの評価をそれぞれ騒音や排気ガスのアノイアンスとする。

図1に4つの調査ごとの性別、年齢、窓ガラスのタイプ、夏の気候に関する単純集計を示す。性別や年齢などの個人的属性は平成13年（2001年）の日本の年齢構成<sup>21)</sup>と比べると20代の回答の割合が

表2 調査項目

物理的要因	$L_{Aeq}$ 、 $L_{dn}$ 、交通量
個人的要因	居住年数（住居、地域）、窓を開けて寝る頻度、近隣関係、睡眠状態、感受性（寒さ、暑さ、騒音・音、ほこり・花粉・空気の汚れ）、家族数、年齢、性別
住宅要因	住宅構造、庭の有無、庭の広さ、通風、窓構造（枠の種類、ガラスの枚数）
地域環境要因	季節の快適性（春、夏、秋、冬）、地域特性（自然、町並み、郵便・銀行・買い物の便、通勤の便、学校・幼稚園、医療施設）、地域好感度
騒音源による具体的影響	騒音が不快な（割合、時間帯、季節）、会話妨害（室内）、電話聴取妨害、TV・ラジオ聴取妨害、読書・思考妨害、休息妨害、入眠妨害、覚醒、窓を開けられない不満、住宅の振動が気になる程度、庭での（作業妨害、会話妨害、休息妨害）
生活環境汚染項目	自動車騒音、列車騒音、航空機騒音、排気ガス、工場騒音、悪臭、近隣騒音

表1 調査データの概要

	道路交通騒音調査 北海道（札幌）	鉄道騒音調査 北海道	道路交通騒音調査 九州（熊本）	鉄道騒音調査 九州
住宅タイプ		戸建住宅		
調査地区	札幌市の11地区	JR函館本線 JR千歳線 JR学園都市線の各沿線	熊本市内の15地区	JR鹿児島本線 西鉄大牟田線 JR豊肥本線の各沿線
調査方法		留置法		
調査時期	1997.10-1998.1	2001.8-9	1996.5-7	1994.5-6,9-10,1995.5
騒音測定時期	1998.7-10	2001.9-10	1996.9-11	1994.10
回答者数	411	497	372	464
回収率(%)	63.5	69.9	76	79.7
一日の交通量(台)	2491-48219	87-344	3936-44787	72-414
$L_{Aeq,24h}$ (dB)の範囲	53-76	30-78	49-74	34-74

若干少ないが、4つの調査間では有意水準1%で有意な差はみられなかった。また、住宅の窓構造に関しては北海道では主に二重窓以上が一般的であるのに対し、九州では一重窓の住宅が8割を占め、地域によって違いがみられる。さらに夏の気候に関しては北海道の方が九州よりも快適側に回答する割合が多く、気候による快適性の反応も地域により異なっている。

### 3. 共分散構造分析によるモデルの構築

#### 3.1 モデルの構築のための経験的仮説

本研究では騒音のアノイアンス構造を表すモデルを構築するために、以下に示す5つの仮説を設けた。

- (1) 騒音暴露量 ( $L_{Aeq,24h}$ ) は騒音のアノイアンスだけでなく日常生活活動妨害へも影響する。
- (2) 騒音の生活活動妨害は音源（鉄道や自動車）からの被害感へ影響する。
- (3) 音源からの被害感騒音のアノイアンスや住宅の振動が気になる程度、排気ガスのアノイアンスへ影響する。
- (4) 個人の（騒音やほこりなどへの）敏感さは生活活動妨害へ影響する。
- (5) 地域の環境や利便性の良し悪し、居住年数は音源からの被害感へ影響する。

従来のパス解析はこのような仮説を観測変数により検討する手法であるため、例えば、同じ聴取妨害でも扱う変数を「電話聴取妨害」と「TV・ラジオ聴取妨害」のどちらを用いるかで目的変数への寄与の大きさが異なる。したがって、考察の対象も特定の変数に偏ったものになってしまう。一方、共分散構造分析ではこれらを構成する概念として「聴取妨害」という潜在変数を扱い、その構成概念の目的変数への影響をみることができるため、アノイアンスの反応構造の解釈もより一般的なものとなる。

#### 3.2 モデルの適合度指標

構築したモデルが使用したデータの性質を十分に表現しているか否かを評価する指標として、本研究ではGFI (Goodness of Fit Index) とCFI (Comparative Fit Index)、RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) の値を用いた。GFIは1に近ければ良い当てはまりを示し、0.9以上必要であろうといわれ、CFIも同様に1に近ければ良いと判断できる指標である。一方RMSEAは0に近ければ良いと判断でき、0.05以下であれば当てはまりが良く、0.1以上であれば当てはまりが悪いと判断される。また、0.05から0.1の範囲はグレーゾーンとされている。これらの指標を目安として、モデルの作成にあたった。

#### 3.3 構造方程式モデル (Structural Equation Model: SEM) の構築

騒音のアノイアンスに関する構造方程式モデルは鉄道騒音と道路交通騒音に関する各調査データを用いて、多重共線性や識別性の問題に留意しながら、前述の経験的仮説と適合度指標を基に作成された。図2は道路交通騒音調査の全データを適用した場合に、モデルが道路交通騒音のアノイアンス構造を探る上で適していると判断したモデルである。このモデルは道路交通騒音に関する調査データを北海道と九州とに分類した場合と音源から住宅までの距離により分類した場合のそれぞれのデータを用いたモデルにも同様に適していた。鉄道騒音に関するモデルは図2のモデルから「排気ガスのアノイアンス」を除いたモデルとなった。このモデルは鉄道騒音に関する全調査データや北海道と九州とに分類したデータ、音源から住宅までの距離により分類したデータのどの場合においても鉄道騒音のアノイアンス構造を探る上で適していると判断した。

表3は鉄道騒音と道路交通騒音調査の各データを基に算出したGFI、CFI、RMSEAの値を示している。表5は音源ごと地域（北海道と九州）ごとに、表6は音源ごと音源から住宅までの距離（近いグループと遠いグループ）ごとに算出したGFI、CFI、RMSEAの値である。鉄道騒音調査の北海道データと20m未満のデータはGFIの値が0.9よりわずかに小さな値となり、RMSEAの値はほとんどの

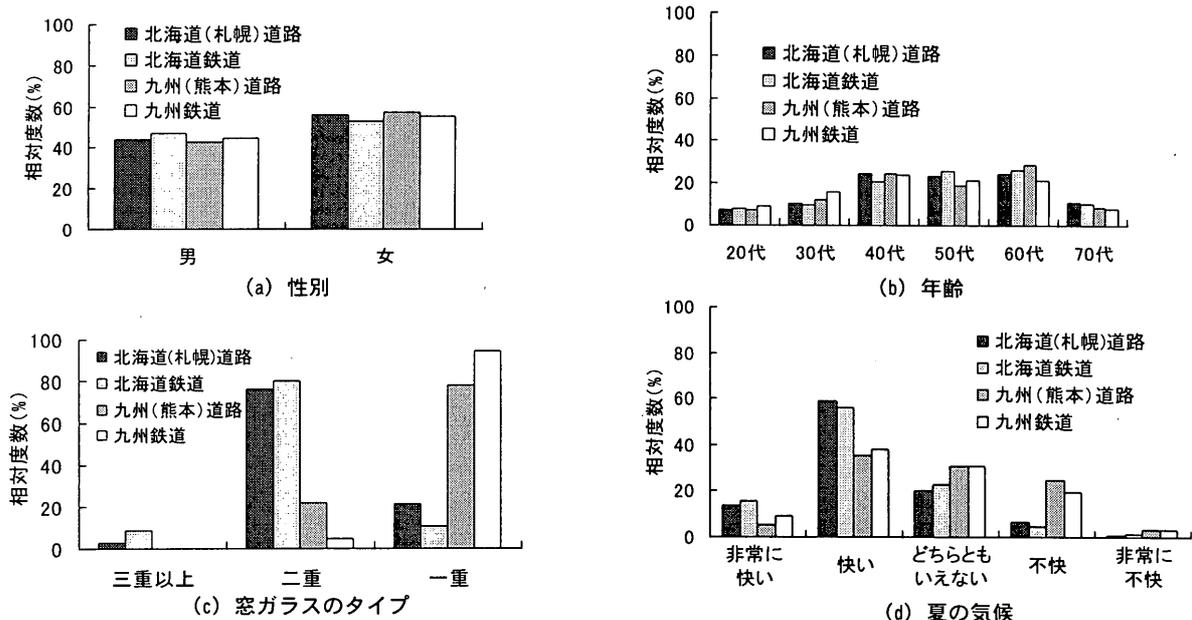


図1 単純集計結果

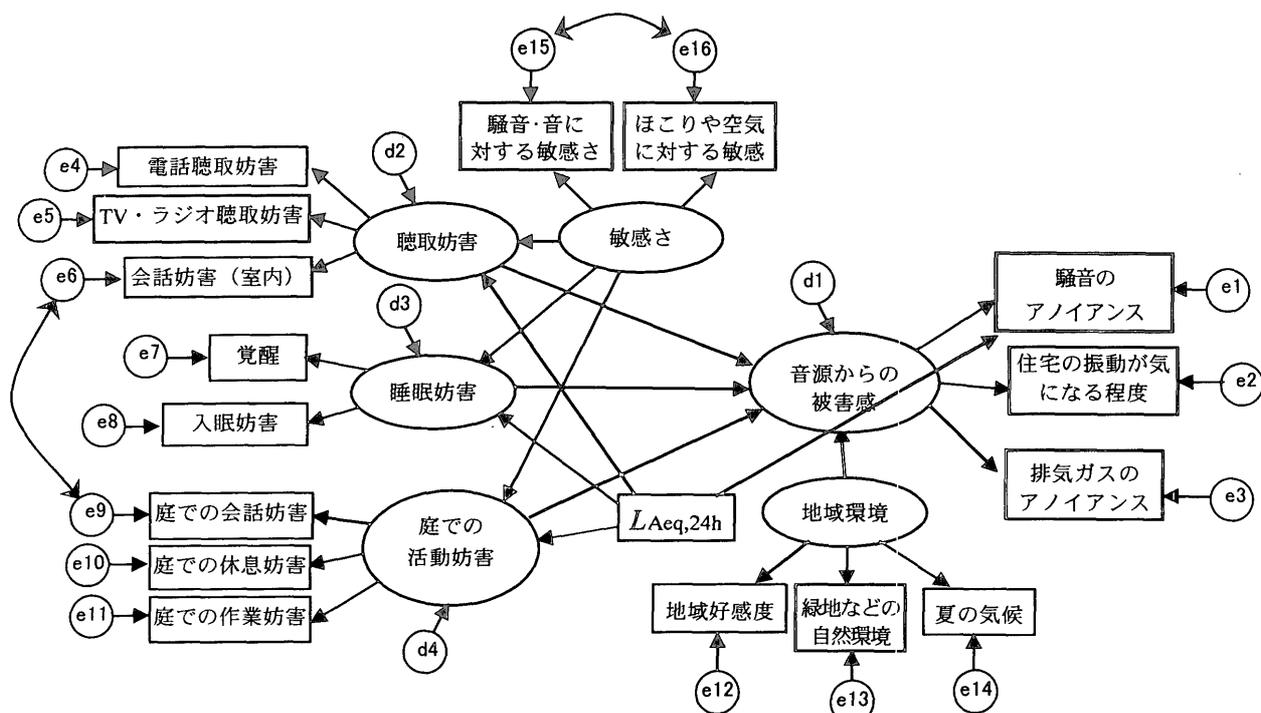


図2 道路交通のアノイアンスに関する構造方程式モデル

データがグレーゾーンといわれる範囲にあった。作成したモデルはこのように適合度の値から判断すると、データの性質を表現するモデルとして非常に良いとはいいきれない。しかし、本研究で作成したモデルはこれまでの知見や経験を考慮した場合、図2に示したモデルと、図2から「排気ガスのアノイアンス」を除いたモデルの2つは反応構造を探る上で適していると判断した。なお、すべてのパラメータの推定方法には最尤法を用いている。

モデル内の四角で囲まれた変数は観測変数であり、楕円形の変数は潜在変数である。また、観測変数への誤差変数を円で囲み e1 から e16 と記し、潜在変数への攪乱変数として d1 から d4 と表記した。矢印を伴う線により原因から結果への因果関係を示し、相互に関係（相関や共変動）すると仮定した場合は両方に矢印を持った円弧で示す。

#### 4. 結果と考察

##### 4.1 鉄道騒音と道路交通騒音の音源間の比較

表3はモデルの適合度の値と分析に用いたサンプル数を示し、図3は鉄道による騒音のアノイアンスと振動が気になる程度、道路交通による騒音のアノイアンスと排気ガスのアノイアンス、振動が気になる程度への各変数の効果の程度を示している。図中の「標準化総合効果」は各変数の目的変数への寄与の大きさを表しており、1.0に近いほど大きく影響することを意味する。また、騒音のアノイアンスの決定係数は鉄道が0.67、道路交通では0.73である。

鉄道騒音のアノイアンスと振動が気になる程度への各変数の効果のパターンはよく類似しており、道路交通騒音のアノイアンスと排気ガスのアノイアンス、振動が気になる程度への効果パターンも同様である。また、両騒音に関する特徴として、鉄道騒音と道路交通騒音のアノイアンスには共に音源からの被害感に次いで個人的な要因である敏感さが大きく影響しており、その特徴は道路交通騒音におい

て特に顕著に表れている。鉄道騒音のアノイアンスは聴取妨害と  $L_{Aeq,24h}$  に特に大きく影響されているのに対し、道路交通騒音のアノイアンスへの  $L_{Aeq,24h}$  の影響は聴取妨害や睡眠妨害よりも小さいという特徴を示している。

表3 適合度の値とサンプル数（鉄道騒音と道路交通騒音）

	GFI	CFI	RMSEA	サンプル数
鉄道騒音調査	0.914	0.932	0.082	761
道路交通騒音調査	0.943	0.957	0.057	588

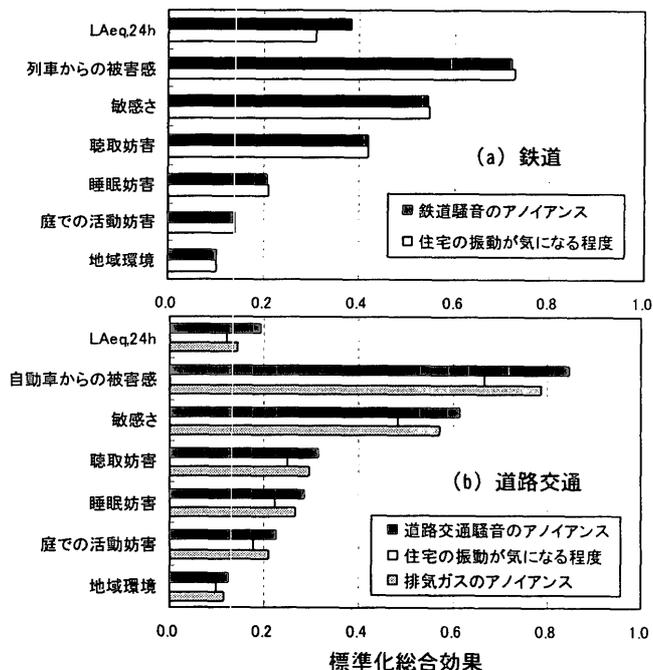


図3 音源別の各種アノイアンスへの標準化総合効果 (a) 鉄道騒音調査、(b) 道路交通騒音調査

表4は生活活動妨害と地域環境、感受性、騒音暴露量から各変数への効果の大きさを示している。 $L_{Aeq,24h}$ の効果は鉄道騒音の場合に大きい、潜在変数の効果は鉄道騒音と道路交通騒音でほとんど差はない。

4.2 北海道と九州の地域間の比較

筆者ら<sup>9)</sup>は鉄道騒音と道路交通騒音のアノイアンスに関して暴露-反応関係を北海道と九州とでそれぞれ比較し、地域間では反応の違いはほとんどみられないことを示している。ここでは騒音のアノイアンス構造にも北海道と九州の地域間で違いがみられないか否かを検討する。

表5は音源ごとに北海道と九州のデータを用いた場合の各モデルの適合度の値とサンプル数を示し、図4は各騒音のアノイアンスへの標準化総合効果を示している。なお、振動が気になる程度や排気ガスのアノイアンスへの影響は各騒音のアノイアンスへの影響と傾向がほぼ同じであった。鉄道騒音のアノイアンスの決定係数は北海道では0.57、九州では0.60であり、道路交通騒音のアノイアンスの決定係数は北海道では0.72、九州では0.73である。

各変数の鉄道騒音のアノイアンスへの効果を北海道と九州で比較すると、睡眠妨害の影響が九州では小さいが、全体的に見ると北海道と九州では反応構造に違いはほとんど見られない。また、道路交通騒音についても北海道と九州の地域間で顕著な違いはみられない。騒音のアノイアンスは鉄道騒音と道路交通騒音共に北海道と九州の

間で暴露-反応関係のみならず、反応構造にも大きな違いはみられないことが示された。

4.3 音源から住宅までの距離による比較

筆者ら<sup>9)</sup>は音源から住宅までの距離が近いグループと遠いグループの暴露-反応関係を比較した。その結果、鉄道騒音の場合には有意な差ではないが、音源から遠いグループ(20m以遠)のアノイアンスの方が近いグループ(20m未満)よりも小さいことが示された。さらに、この距離による影響は住宅の振動が気になる程度やTV・ラジオ聴取妨害についても同様であり、電話聴取妨害に関しては有意な差が示されている。一方、道路交通騒音のアノイアンスや生活活動妨害には距離(10m未満と10m以遠)の影響はみられていない。ここでは、音源ごとの反応構造に距離による影響が騒音のアノイアンス構造にもみられるか否かを検討する。

表6は音源毎に音源から近いグループと遠いグループのデータを用いた場合のモデルの適合度の値とサンプル数を示し、図5は各騒音のアノイアンスへの標準化総合効果を示している。振動が気になる程度や排気ガスのアノイアンスへの影響は、騒音のアノイアンスと同様の傾向を示した。鉄道騒音のアノイアンスの決定係数は20m未満では0.63、20m以遠では0.48であり、道路交通騒音のアノイアンスの決定係数は10m未満では0.74、10m以遠では0.69である。

鉄道騒音に関する2つのモデルを比較すると、騒音のアノイアンスは音源に近いグループでは相対的に $L_{Aeq,24h}$ の影響が小さく、遠いグループでは図3に示した鉄道騒音のアノイアンスへの効果パターンと類似している。このことから、音源から近ければ、 $L_{Aeq,24h}$ だけで

表4 変数間の効果の大きさ

	鉄道	道路
I. 潜在変数→観測変数		
(a) 聴取妨害から各変数への標準偏回帰係数		
電話聴取妨害	0.92	0.83
TV・ラジオ聴取妨害	0.88	0.85
会話妨害(室内)	0.89	0.87
(b) 睡眠妨害から各変数への標準偏回帰係数		
覚醒	0.87	0.80
入眠妨害	0.89	0.91
(c) 庭での活動妨害から各変数への標準偏回帰係数		
庭での会話妨害	0.83	0.86
庭での休息妨害	0.89	0.68
庭での作業妨害	0.68	0.91
(d) 地域環境から各変数への標準偏回帰係数		
地域好感度	0.61	0.60
緑地などの自然環境	0.58	0.51
夏の気候	0.61	0.57
II. 潜在変数→潜在変数		
(e) 感受性から各変数への標準偏回帰係数		
聴取妨害	0.68	0.75
睡眠妨害	0.75	0.74
庭での活動妨害	0.74	0.74
(i) 各変数から音源からの被害感への標準偏回帰係数		
聴取妨害	0.58	0.37
睡眠妨害	0.29	0.34
庭での活動妨害	0.20	0.27
地域環境	0.14	0.15
III. 観測変数→潜在変数		
(g) $L_{Aeq,24h}$ から各変数への標準偏回帰係数		
聴取妨害	0.50	0.21
睡眠妨害	0.24	0.15
庭での活動妨害	0.36	0.21

表5 適合度の値(北海道と九州の地域間比較)

	GFI	CFI	RMSEA	サンプル数
鉄道(北海道)	0.899	0.926	0.085	354
鉄道(九州)	0.908	0.937	0.079	407
道路(北海道)	0.919	0.955	0.058	267
道路(九州)	0.922	0.952	0.062	321

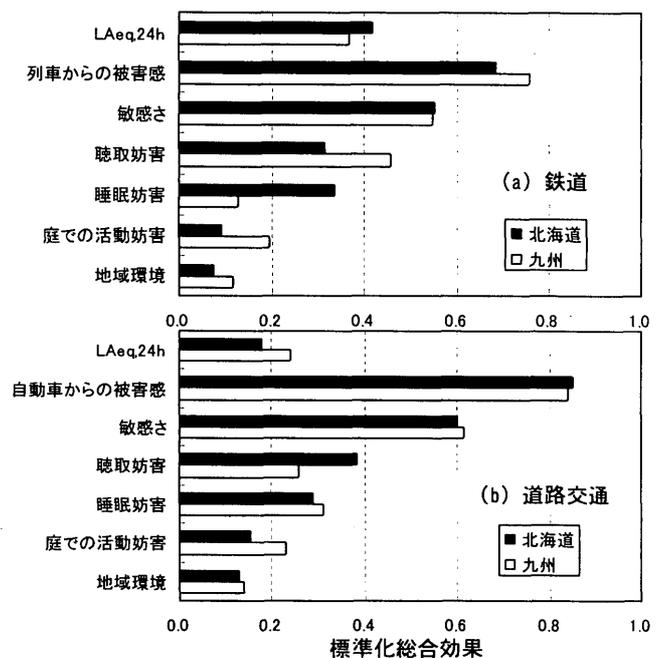


図4 音源別の騒音のアノイアンスへの標準化総合効果の地域間比較 (a) 鉄道騒音調査、(b) 道路交通騒音調査

表6 適合度の値（距離分類による比較）

	GFI	CFI	RMSEA	サンプル数
鉄道（20m未満）	0.890	0.911	0.082	313
鉄道（20m以上）	0.916	0.940	0.074	448
道路（10m未満）	0.925	0.945	0.065	400
道路（10m以上）	0.907	0.967	0.049	188

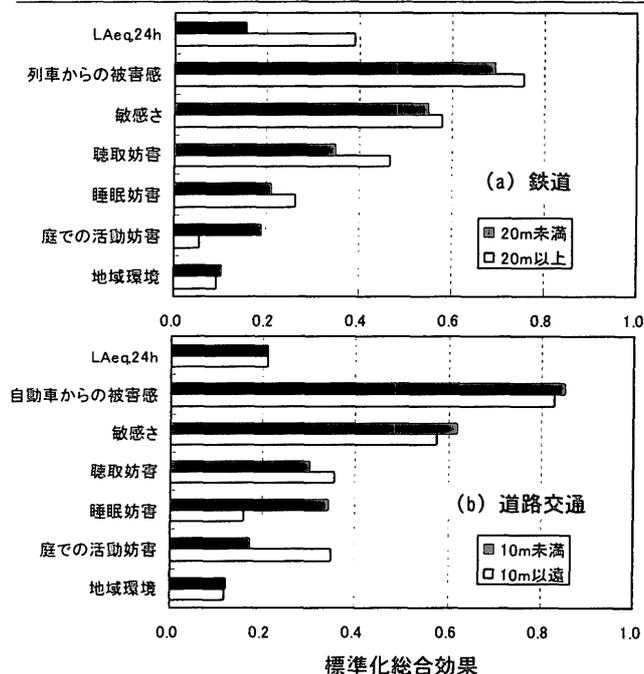


図5 音源別の騒音のアノイアンスへの標準化総合効果の距離による比較 (a) 鉄道騒音調査、(b) 道路交通騒音調査

なく様々な要因に影響を受けるが、音源から離れると庭での活動妨害等の他の妨害感による影響が小さくなるため、聴取妨害や騒音暴露量による影響が相対的に大きくなるのではないかと考えられる。道路交通騒音に関する2つのモデルを比較すると、音源に近いグループでは睡眠妨害の影響が大きく、遠いグループでは庭での活動妨害の影響が大きい傾向がみられ、その他の項目の影響は距離に関係なく同様の傾向を示している。音源から近い住宅では排気ガスや騒音の影響を避けるために庭での活動を控えている可能性があり、庭での活動妨害からの影響が相対的に小さくなったのかもしれない。

5. まとめ

本研究では従来用いられてきたパス解析に代わり、共分散構造分析を用いて、鉄道騒音と道路交通騒音のアノイアンスを表現する構造方程式モデルを構築した。モデルの適合度およびこれまでの知見と経験を基に、従来のモデルよりも一般的な考察が可能なモデルを構築できたと考えている。

算出された標準化総合効果を相対的に比較することにより、騒音のアノイアンスは鉄道騒音と道路交通騒音で影響する要因の傾向が異なることが示された。しかし、両騒音とも音源からの被害感に次いで、個人的な要因である「感受性」による影響が大きいという共通の特徴を持っている。この「感受性」の影響が大きいという特徴は Taylor<sup>11)</sup>が示した航空機騒音のアノイアンスのパスモデルによる結果と類似している。また、騒音のアノイアンスだけでなく、鉄道

に関しては「振動が気になる程度」、道路交通に関しては「排気ガスのアノイアンス」と「振動が気になる程度」も各要因から影響を受けており、同様の効果パターンを示している。

北海道と九州の2つの地域における両騒音への反応構造には顕著な違いはみられず、音源からの距離については鉄道騒音に関してのみ影響がみられた。

今後は音源による振動や排気ガスによる大気汚染などが騒音に対する社会反応にどのように影響しているのか検討する必要があると考えている。

参考文献

- Fields, J.M. and Walker, J.G. : Comparing the relationships between noise level and annoyance in different surveys: A railway noise vs. aircraft and road traffic comparison, *J. Sound Vib.*, **81**, pp.51-80, 1982
- Knall, V. and Schuerner, R. : The differing annoyance levels of rail and road traffic noise, *J. Sound Vib.*, **87**, pp.321-326, 1983
- Moehler, U. : Community response to railway noise: A review of social surveys, *J. Sound Vib.*, **120**, pp.321-332, 1988
- Miedema, H.M.E. and Vos, H. : Exposure-response relationships for transportation noise, *J. Acoust. Soc. Am.*, **104**, pp.3432-3445, 1998
- ISO1996-1, Acoustics -Description, measurement and assessment of environmental noise- part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- 田村 明弘：道路あるいは鉄道が主音源となっている地域における戸外騒音に対する住民の反応、音響技術、**21**、pp.47～52、1978
- Kaku, J. and Yamada, I. : The possibility of a bonus for evaluating railway noise in Japan, *J. Sound Vib.*, **193**, pp.445-450, 1996
- 矢野隆, 佐藤哲身, 川井敬二, 黒澤和隆：道路交通騒音と鉄道騒音に対する社会反応の比較、日本音響学会誌、**54**巻7号、pp.489-496, 1998
- 森原崇, 佐藤哲身, 矢野隆：北海道と九州での鉄道騒音と道路交通騒音に対する社会反応の比較－日本における鉄道ボーナス適用の検討－、日本音響学会誌、**60**巻4号、pp.165-175, 2004
- Leonard, S. and Borsky, P.N. : A causal model for relating noise exposure, psychosocial variables and aircraft noise annoyance. Proceedings of the International, Congress on Noise as a Public Health Problem, Dubrovnik, pp.691-705, 1973
- Taylor, S.M. : A path model of aircraft noise annoyance, *J. Sound Vib.*, Vol.96, No.2, pp.243-260, 1984
- 長田泰公, 吉田拓正：航空機騒音の住民反応調査におけるアノイアンスのパス解析、日本音響学会誌、**53**巻8号、pp.599-604, 1997
- 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
- 降旗建治, 柳沢武三郎：騒音のうるささに関するパスモデルによる評価－鉄道騒音と自動車騒音との比較検討、電子情報通信学会技術報告 (EA87-50), Vol.87, No.221, pp.41-48, 1987
- 神成陽容, 金安公造：空間別騒音レベルと居住者の主観評価の因果関係、日本音響学会誌、**48**巻8号、pp.547-555, 1992
- 狩野裕, 三浦麻子：AMOS,EQS,LISRELによるグラフィカル多変量解析－目で見る共分散構造分析－ 現代数学社 1997 新增補版 2002
- 豊田秀樹：共分散構造分析 [入門編]－構造方程式モデリング－ 朝倉書店 1998
- 山本嘉一郎, 小野寺孝義：Amosによる共分散構造分析と解析事例 ナカニシヤ出版 1999
- 田部井明美：SPSS 完全活用法－共分散構造分析 (AMOS) によるアンケート処理－ 東京図書 2001
- 横島潤紀, 田村明弘：個人差を考慮した新幹線振動に対する被害感に関する研究 その2 共分散構造分析の適用、日本建築学会学術講演梗概集, D-1, pp.297-298, 2003
- 厚生労働省大臣官房統計情報部編：平成13年 人口動態統計上巻 厚生統計協会 2003

(2003年12月10日原稿受理, 2004年7月16日採用決定)