道路交通騒音のうるさに及ぼす振動の影響のパス解析

A PATH ANALYSIS OF THE EFFECT OF VIBRATION
ON ROAD TRAFFIC NOISE ANNOYANCE

佐藤 哲身*

Tetsumi SATO

The purpose of this study is to evaluate the contribution of the road traffic vibrations to the noise annoyance by using the surveyed data in Sapporo. Path analysis was used to estimate the direct and indirect effects of sixteen independent variables on noise annoyance. The principal findings are as follows: 1) The strong direct effects are for disturbance of falling asleep, bothersomeness of vibration, noise level presented by $L_{eq(24)}$ and awakening. 2) Vibration level presented by VL_{10} have the strong indirect effect on noise annoyance. 3) The effect of 10 dB of VL_{10} on the noise annoyance is equal to that of about 3.5 dBA of $L_{eq(24)}$.

Keywords: road traffic noise, road traffic vibration, annoyance, path analysis
道路交通騒音, 道路交通振動, うるささ, パス解析

1. はじめに

道路交通騒音は、都市の音環境の様態を決定づける大きな要因となっている。道路交通騒音を評価する場合、等価騒音レベル (L_{eq}) やこれに類似した評価量を基礎尺度として用いることが一般的であり、その有効性は広く認められるところである。しかし、現実の場での騒音の評価を考えた場合、音のエネルギー以外の要因を無視できないことは明らかである。筆者は、前報¹⁾において、同一発生源からの物理的刺激としての交通振動に着目して考察を行い、騒音のうるさに及ぼす振動の影響の存在を確認した。本論では、その後に継続して行った調査データを加えて総括し、この問題の定量的な評価方法の検討を行う。

これまでに公表されてきた社会調査による騒音評価研究では、物理量と住民反応の関係を直接関連づける目的で Percent Highly Annoyed²⁾ を算出したり、数量化理論³⁾などの多変量解析を用いて、物理量を含む多数の要因間の関連性の検討や予測を行う分析が主流を占めてきた。前者は、騒音レベルと住民反応の直接的な対応関係を見ることにより、実用面からの要求に答える意味で貴重な資料を提供するものであり、後者の場合、例えば数量化Ⅱ類では、住民反応と各種要因の関連性の強さを比較することで、騒音レベルを含む各種要因（主として客観的要因）の相対的な影響の強さを検討することが可能

である。しかし、「うるささ」⁴⁾を騒音の総合的不快感としてとらえた場合、騒音レベルや性別・年齢などの客観的要因のみならず、騒音による睡眠妨害・会話妨害といった具体的影響が「うるささ」反応に影響を及ぼしている可能性は大いに考えられる。さらに、筆者が前報¹⁾で得た知見に基づいて振動の影響を考慮しようとする場合、「振動レベル」という刺激から「うるさい」という反応を直接引き出すのは一般に無理があると思われる。すなわち両者の間に介在する何らかの要因を見いだすことなしに、「振動レベル」と「うるささ」を結び付けることは論理的に無理があると言える。このように、騒音レベル、振動レベルなどの客観的要因に端を発するうるささ反応がどのようなプロセスによって形成されるのか、といった因果関係の定量的分析を行う方法の一つにパス解析⁵⁾がある。パス解析は因果分析法の一つとして社会科学の分野で広く用いられてきた手法であり、これを騒音の評価に適用した例がいくつか報告されている。Taylor⁶⁾は航空機騒音のアノイアンスをパス解析によって検討し、興味ある議論を展開している。我が国においても降旗⁷⁾、泉⁸⁾、神成⁹⁾はパス解析を用いた研究を行っており、なかでも、泉は地域比較研究¹⁰⁾や複合騒音¹¹⁾など、広範なテーマに適用を試みている。

本論では、これらの研究を参考にして、騒音に対する住民のうるささ反応に影響を及ぼす各種要因の因果関係

* 北海学園大学工学部 教授・修士(工学)

Prof., Faculty of Engineering, Hokkai Gakuen Univ., M. Eng.

をパス解析によって検討し、その中で、振動がどのような役割を担い、どの程度の影響を及ぼしているかについて考察を行う。

2. 調査の概要

本論で分析の対象とするデータは、1984、1989、1990年の3回、札幌の広範な地区を対象として行った調査から得られたものである。3回の調査で選定された地区は合計32で、地区内の住戸は、道路からの距離ができるだけ等しくなるように、約10軒ずつ2～3ブロックに分類した。調査対象地区の一例を図一に示す。このようにして得られたブロックの総数は94である。調査はアンケートと騒音レベル・振動レベルの実測からなり、アンケートは訪問面接法によった。調査対象は原則として主婦としたが、不在の場合には、普段家にいて一日の様子が伺える機会の多い人に回答を求めた。また、住戸構造はすべて木造一戸建に限定した。アンケートの回収率と有効回答数は表一のとおりであり、有効回答数は総計584件にのぼっている。また、調査票の項目中、本論の考察で用いる主な質問の内容を表二に示す。一方、騒音レベルと振動レベルについては、各ブロックの屋外に代表的且つ測定器設置可能な測定点を一か所設置し、4時間おき(7, 11, 15, 19, 23, 3時台)に10分間ずつ計6回、騒音計(RION NA-20)、振動レベル計(RION VM-14B)とレベルレコーダ(RION LR-04)で記録した。騒音レベルは周波数補正回路A特性、動特性fast、振動レベルは鉛直方面のみとし、振動感覚補正回路を通して記録した。このようにして記録した10分間ずつ6回、計60分の騒音レベル、振動レベルの波形が1日のレベル変動を表わしていると仮定し、5秒ごと、計720個のレベルを読み取って、騒音・振動の各種評価尺度(L_x , $L_{eq(24)}$, L_{dn} など)の値を計算した。以下、混同を避けるために、振動レベルについては VL_x など、記号の頭にVを付けて表すことにする。なお、この調査は、道路交通を主音源とする地区を選定して実施したものであるが、測定した騒音レベルや振動レベルの中には他の音源や振動源によるものも含まれている可能性があり、厳密に言えば、道路交通を主音源とする地区の環境騒

図一 地区内住戸の分類と測定点の例

音・振動を測定したものであることを付記しておく。

3. 分析の方法

3.1 パス解析の適用

はじめに述べたように、騒音のうるささに関する住民反応はどのような因果関係に基づいて形成されるのか、またその反応の量はどの程度なのかを分析するために、パス解析は有効な手法であると思われる。パス解析では、直接的、間接的に騒音のうるささに影響を及ぼすと考えられる変数を対象として、ある変数から他の変数へ影響の及ぶ方向にパスを設定し、既往の研究から得られた知見や経験に基づいて一つのモデルをつくりあげる。このパスに従って作られる回帰方程式を順次解いていくことにより、パス係数を求め、同時にパスの有意性を検討する。最終的には、有意なパスからなる修正パスモデルを作成し、うるささに影響を及ぼす各種要因の直接的・間接的影響の度合いを比較検討する。なお、パス解析における各々の方程式の解は、変数を標準化した場合の回帰分析の解に等しいので、本論では、田中ら¹²⁾の作成した重回帰分析の計算プログラムを使用して、パス係数(標準回帰係数)を求めることとした。

3.2 変数の選定と尺度構成

パス解析における変数の選定は、モデルの基本構想の後に続く重要な問題である。本論で用いる変数は表二に示す15の質問項目と、騒音レベル、振動レベルの計17種類であるが、これらの変数の選定について若干の説明を加えたい。パスモデルの中で他のいかなる変数の

表一 調査対象地区数およびアンケート回答数

実施年	対象地区数(ブロック数*)	有効回答数(回収率)
1984	札幌市 13 (37)	219 (70.3%)
1989	札幌市 6 (18)	99 (70.5%)
1990	札幌市・石狩町 13 (39)	266 (61.6%)
合計	32 (94)	584 (66.1%)

* 各地区は2～3ブロックに区分されている。

表二 アンケートの主要な質問項目

分類	項目	回答用選択肢
個人の属性	年齢	10代, 20代, 30代, 40代, 50代, 60代以上
	性別	男, 女
	家族数	1人, 2人, 3人, 4人, 5人, 6人以上
	居住年数	1年未満, 1-2年, 2-4年, 4-6年, 6-8年, 8年以上
	職業の有無	はい, いいえ
騒音による具体的影響	人眠妨害 覚醒 イライラ 驚き 耳なり 頭痛 会話妨害 TV・電話妨害	質問: 騒音によって次のような影響を受けたことがありますか? 1. 全くない 2. ほとんどない 3. 時々ある 4. かなりある 5. 頻繁にある
	うるささ	質問: 道路からの騒音の程度はどのくらいですか? 1. 全くうるさくない 2. あまりうるさくない 3. ややうるさい 4. かなりうるさい 5. 非常にうるさい
振動に関する主質問	気になる程度	質問: 道路からの振動の程度はどのくらいですか? 1. 全く気にならない 2. あまり気にならない 3. やや気になる 4. かなり気になる 5. 非常に気になる

影響も受けない変数を外生変数と呼ぶ。本論では騒音レベル、振動レベルと個人的要因をこれにあてた。選定に当たっては既往の研究を参考にしたが、個人的要因のうち、主観的な要因は周囲の音環境の影響を受けて形成される可能性があるため、客観的な要因のみに限定した。一方、他の変数の影響を受ける変数を内生変数と呼ぶ。本論では騒音の影響として8項目の「具体的影響」を、振動の影響として「気になる程度」をこれにあてた。これらの変数を選定した経緯と「うるささ」との関係については4.3節で詳述する。

さて、パス解析や回帰分析を行う場合、変数は原則として距離尺度あるいは比率尺度の連続量でなければならない。アンケートで用いた質問に対する回答のほとんどは名義尺度か順序尺度の範疇に入るものであり、これらをどのように扱うかを検討する必要がある。本論で用いる変数のうち、「年齢」、「家族数」、「居住年数」、「騒音のうるささ」、「騒音の具体的影響」、「振動の気になる程度」は順序尺度、「性別」、「職業の有無」は名義尺度である。 $L_{eq(24)}$ と VL_{10} を積極的に間隔尺度であるとする理由は見あたらないが、連続量として扱って不都合はないと思われる。年齢についてはカテゴリーの中間の値をとって15, 25, 35, 45, 55, 65歳を代表値とし、居住年数についても同様に1, 3, 5, 7, 9年（ただし、1年未満と1-2年の2つのカテゴリーをまとめて1とした）を代表値として、近似的に間隔尺度とみなすことにした。また、家族数についても「6人以上」を「6」とすることにより、近似的に間隔尺度とみなすことにした。性別、職業の有無はダミー変数として扱い、それぞれ男に1、女に0を、有職に1、無職に0を割り当てた。残りの10の変数はいずれも5段階の評定尺度であるが、これらを間隔尺度として扱って良いか否かは議論のあるところである。この問題についてアッシャー⁵⁾は、いくつかの例を示しながら肯定的な考えを述べており、筆者も1, 2, 3, 4, 5のカテゴリー値を近似的に間隔尺度として扱うことにした。なお、各項目の評定値の平均と標準偏差を表-3に示す。

4. 考 察

4.1 騒音・振動の基礎評価尺度の選定

図-2は、32地区の各ブロックにおける騒音レベル

表-3 各項目の評定値の平均・標準偏差

項 目	平均	標準偏差	項 目	平均	標準偏差
騒音のうるささ	2.91	1.09	頭痛	1.29	0.58
振動の気になる程度	2.02	1.05	会話妨害	1.61	0.94
入眠妨害	2.14	1.06	TV・電話妨害	1.65	1.02
覚醒	1.93	0.99	(物理量)		
イライラ	1.74	0.95	$L_{eq(24)}$, dBA	59.3	6.76
驚き	1.78	0.99	VL_{10} , dB	33.2	7.90
耳なり	1.30	0.60			

($L_{eq(24)}$)と振動レベル(VL_{10})の関係である。双方の評価量に $L_{eq(24)}$ と VL_{10} を採用したのは、現在、我が国で用いられている変動騒音・変動振動の評価量の代表的なものであることによる。一部の地区の VL_{10} がかなり小さな値を示しているが、これらの測定値は機器の内部ノイズの影響を受けない範囲のものであることを確認している。このように調査地区全体を見ると、騒音レベルがほぼ同じ場合でも振動レベルに大きな相違のある様子が伺える。

さて、上述のとおり、我が国で主に用いられる道路交通騒音と振動の基礎評価尺度は $L_{eq(24)}$ と VL_{10} である。しかし、騒音に関しては、長期間にわたって L_{50} が使われてきたし、米国などでは L_{dn} の有効性が認められている。そこで、 $L_{eq(24)}$ 、 L_{50} 、 L_{dn} の3つについて、うるささとの対応関係に回帰分析を適用した結果が表-4である。回帰式の当てはまりの良さを計る尺度としてよく用いられるものの1つに説明率がある。説明率は、目的変数の平方和のうち回帰によって説明される部分の割合を表すもので、数値そのものが直感的に理解しやすいという長所を有しているが、あるモデルが他のモデルの説明変数を包含する場合には、変数の多いモデルほどその値

図-2 調査対象地区（全ブロック）の騒音レベルと振動レベルの関係

表-4 騒音のうるささの基礎評価尺度への回帰

基礎評価尺度	回帰式*	説明率	AIC
$L_{eq(24)}$	$y = 0.0565x - 0.442$	0.124	1682.09
L_{50}	$y = 0.0494x + 0.342$	0.092	1703.09
L_{dn}	$y = 0.0532x - 0.391$	0.120	1684.82

*回帰式のyは「うるささ」を、xは基礎評価尺度を表している。

表-5 騒音のうるささの $L_{eq(24)}$ と VL_{10} への回帰

回帰式*	説明率	AIC
$y = 0.0381x_1 + 0.0395x_2 - 0.659$	0.193	1636.13

*回帰式のyは「うるささ」を、 x_1 、 x_2 は $L_{eq(24)}$ 、 VL_{10} を表している。

が大きくなる性質をもっている。つまり、一般に変数の多いモデルを高く評価する恐れがあり、説明変数の数の異なるモデルの精度の比較には、ある意味で公正を欠くことになる。本論ではこの問題点を考慮して、モデルの精度の比較には原則として赤池の情報量基準 (AIC)¹³⁾ を用い、必要に応じて説明率を併用することにする。AIC の定義により、数値が小さいほど当てはまりが良いといえるので、表—4 の場合、 $L_{eq(24)}$ がうるさを最も良く説明していると解釈できる。よって、本論では、騒音と振動の基礎評価尺度として、それぞれ $L_{eq(24)}$ と VL_{10} を採用することにする。

4.2 騒音のうるさに及ぼす騒音レベルの寄与

振動レベルが騒音のうるさに直接影響を及ぼすことを認めるとすれば、それは、感覚器官の段階で何らかの相互影響が生じているためと解釈せざるを得ない。例えば、振動が聴覚器官を刺激し、聴感覚に変化を起こさせる場合である。本論で対象としている実生活において、このような現象が起こり得ることは想像し難いが、吉川ら¹⁴⁾の実験では、骨伝導による聴感覚への影響を認めており、検討の必要性はあると考える。そこで $L_{eq(24)}$ と VL_{10} の2つの従属変数とうるささとの関係に回帰分析を適用した結果が表—5 である。 $L_{eq(24)}$ のみならず VL_{10} についても標準回帰係数は正の値を示しており、振動レベルが大きいかほど騒音のうるささも増大することを意味している。また、AIC の数値から見て、このモデルは表—4 の騒音レベルのみによる回帰モデルよりも当てはまりの良いモデルであると言える。

4.3 パス解析による因果関係の分析

4.1 節および 4.2 節において、「騒音レベル」のみおよび「騒音レベルと振動レベル」によるうるささの予測モデルを検討した。騒音のみの場合と振動を加えた場合では、後者の方が当てはまりは良いが、説明率は 19 % 程度であり、大きいとは言えない。

さて、長田¹⁵⁾は騒音によって起こる心身への影響を、直接的特異的なものと間接的非特異的なものに分けて次のように説明している。前者は、内耳、聴神経を経て大脳皮質聴覚領に至る音特有の知覚経路（聴覚経路）で起こるもので、これには難聴（一時性および永久性）、聴取妨害（マスキング）、音の感覚（大きさややかましき）が含まれる。これらは音の直接的作用であり、音以外では起こらない特有（特異的）な影響である。この直接的影響に伴って大脳の知覚領以外の領域に影響が及ぶと、情緒影響（不快、焦燥、怒り、憂うつなど）、生活妨害（仕事、勉学、休養、睡眠など）が起こり、さらに身体的影響（循環器、消化器、内分泌器など）が起こるが、これらは音以外の環境刺激（低温、高温、振動など）や人間のトラブルなどおよそストレスと呼ばれる様々な原因でも起こる非特異的な影響である。以上の騒音の直

接的、間接的影響が総合されてアノイアンス（迷惑感、邪魔感、わずらわしさ）が生じる。すなわち、アノイアンスは感覚、情緒、生活、身体への影響の総体が引き起こす被害感であり、単なる情緒的不快感ではなく、騒音に敵対する心理的な姿勢、態度 (attitude) であるとしている。筆者はこの説を基本的に支持するものであるが、騒音のアノイアンスに対応する訳語として、「うるささ」をあてている。「うるささ」と「アノイアンス」の対応関係については議論のあるところであるが¹⁶⁾、筆者は、社会調査によって実生活の場での「うるささ」を尋ねた場合、その用語が地域で一般に使用されている限り、総合的な意味での不快感すなわちアノイアンス反応が得られるのではないかと考えている。「うるささ」に関する質問は、騒音による具体的影響の質問の後に設定したが、質問文は表—2 に示すとおり簡潔なもので、特別な説明は一切行っていない。

長田の説を参考として因果関係を考慮し、筆者の行った調査項目中、表—2 に掲げた主要な項目をアローダイアグラムで示したパスモデルが図—3 である。振動レベルは外生変数として扱い、「振動の気になる程度」という内生変数を介して「うるささ」と結びつけることにより、論理的に無理のない仮説をたてるとともに、振動という音以外の刺激による間接的影響を「騒音源」（長田は「騒音」としている）に敵対する心理的な姿勢という立場でモデルに組み入れた。他の項目に関しては、外生変数として騒音レベル、および回答者個人にかかわる項目を設定した。また、内生変数としては騒音による直接的、間接的影響に関する項目を設定した。騒音の影響に関する項目中、「入眠妨害」と「覚醒」、「耳なり」と「頭痛」、「会話妨害」と「TV・電話妨害」は、それぞれ「睡眠妨害」、「耳なりや頭痛」、「聴取妨害」という形でまとめることが可能であり、モデルの単純化や説明変数の独立性の観点からその方が望ましいとする考え方もあろう。筆者がそのような方法をとらずに全項目を採用したのは、騒音の程度や個人の性質、あるいはその場の状況によって、類似した項目であっても、必ずしも反応が一致しないケースが容易に想像できるからである。表—6 は、図—3 のアローダイアグラムから得られた回帰方程式

図—3 道路交通騒音のうるささに関するパスモデル

表—6 パス係数

有意水準 **p<0.01 *p<0.05 NSp>0.05

目的変数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	説明変数								回帰の有意性
	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆							
X ₈	.106**	.079 ^{NS}	-.139**	-.012 ^{NS}	-.017 ^{NS}	.126**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
X ₉	.143**	.149**	-.116**	-.020 ^{NS}	-.019 ^{NS}	.086*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
X ₁₀	.082*	.093*	-.012 ^{NS}	-.016 ^{NS}	-.064 ^{NS}	.044 ^{NS}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NS
X ₁₁	.133**	.086 ^{NS}	-.063 ^{NS}	-.011 ^{NS}	-.064 ^{NS}	.012 ^{NS}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
X ₁₂	.102*	.082 ^{NS}	-.031 ^{NS}	-.003 ^{NS}	-.019 ^{NS}	.041 ^{NS}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NS
X ₁₃	.099*	.073 ^{NS}	-.027 ^{NS}	.020 ^{NS}	-.033 ^{NS}	.032 ^{NS}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NS
X ₁₄	.270**	.063 ^{NS}	-.110**	.032 ^{NS}	.069 ^{NS}	.074 ^{NS}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
X ₁₅	.314**	.063 ^{NS}	-.100*	.062 ^{NS}	.056 ^{NS}	.063 ^{NS}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
X ₁₆	-	.011 ^{NS}	-.080*	-.028 ^{NS}	.155**	.087*	.410**	-	-	-	-	-	-	-	-	**
X ₁₇	.191**	.009 ^{NS}	.017 ^{NS}	-.004 ^{NS}	-.005 ^{NS}	.005 ^{NS}	-	.257**	.131**	.087 ^{NS}	-.006 ^{NS}	-.074 ^{NS}	-.077 ^{NS}	.136*	.108*	.235**
R ² (説明率) = .543, AIC=1330.46																

X₁:騒音レベル (L_{eq}(24)), X₂:年齢, X₃:性別, X₄:家族数, X₅:居住年数, X₆:職業の有無, X₇:振動レベル (VL₁₀), X₈:入眠妨害, X₉:覚醒, X₁₀:イライラ, X₁₁:驚き, X₁₂:耳なり, X₁₃:頭痛, X₁₄:会話妨害, X₁₅:TV・電話妨害, X₁₆:振動の気になる程度, X₁₇:騒音のうるささ

表—7 道路交通騒音のうるささに及ぼす各種要因の効果

説明変数	直接効果	間接効果	総合効果
騒音レベル, L _{eq} (24) (X ₁)	.191	.108	.299
年齢 (X ₂)	.009	.054	.063
性別 (X ₃)	.017	-.092	-.075
家族数 (X ₄)	-.004	-.004	-.008
居住年数 (X ₅)	-.005	.044	.039
職業の有無 (X ₆)	.005	.079	.084
振動レベル, VL ₁₀ (X ₇)	-	.096	.096
入眠妨害 (X ₈)	.257	-	.257
覚醒 (X ₉)	.131	-	.131
イライラ (X ₁₀)	.087	-	.087
驚き (X ₁₁)	-.006	-	-.006
耳なり (X ₁₂)	-.074	-	-.074
頭痛 (X ₁₃)	-.077	-	-.077
会話妨害 (X ₁₄)	.136	-	.136
TV・電話妨害 (X ₁₅)	.108	-	.108
振動の気になる程度 (X ₁₆)	.235	-	.235

式を解いて、変数を標準化した時の回帰係数、すなわちパス係数を求めたものである。「うるささ」に直接効果をもたらす変数は、図—3において直接パスでつながっている変数であり、内生変数を介してつながっている変数は間接効果をもたらす変数である。直接効果の大きさはパス係数そのものであり、間接効果の大きさは、外生変数から内生変数に至るパス係数と内生変数からうるささに至るパス係数の積で表される。また、直接効果と間接効果の和を全効果という。表—7はこれらの値を示したものである。この表より、直接効果の大きな変数は「入眠妨害」、「振動の気になる程度」、「L_{eq}(24)」間接効果の大きな変数は「L_{eq}(24)」、「VL₁₀」、「性別」、全効果の大きな変数は「L_{eq}(24)」、「入眠妨害」、「振動の気になる程度」であることがわかる。L_{eq}(24)のみならず VL₁₀も正の効果を示しており、「振動レベル」が大きいほど「気になる程度」は強く、「うるささ」も増大すると解釈できる。なお、このモデルのAIC値(1330.46)と説明率(0.543)を見ると、騒音レベルのみ、あるいは騒音レベルと振動レベルによるモデルに比べて、かなり精度の良いモデルであることがわかる。

4.4 修正パスモデルの提案と意義

前節のパスモデルによって、対象とした全変数の効果の概要を知ることができるが、この中にはパス係数が有

図—4 修正パスモデル

意でない変数も含まれている。そこで、これらの変数を除いた新たなモデルを考えることにより、簡潔で明快なモデルを構築できる可能性がある。表—6で有意水準5%以上の有意な変数を取りあげて同様な分析を行った結果、新たにパス係数が有意でない変数の存在が認められたので、再度、有意な変数のみによる分析を行った。最終的に得られたモデル(修正パスモデル)は図—4のとおりである。この修正モデルでは、初期モデルで有意であった「会話妨害」と「TV・電話妨害」という聴取妨害に関する2つの変数が欠落している。これは、上述の通り、最終的な修正モデルに至る計算過程でパス係数が5%水準で有意とならなかったことによるものである。ただし、筆者はこの結果から、うるささと聴取妨害を別個の騒音影響と捉えるのではなく、修正モデルにおける他の要因よりもうるささに対する寄与が小さいものと解釈している。なお、これらの変数は10~20%水準でみると有意であるが、この分野の研究では5%水準を判断のよりどころとするのが一般的であるので、本論文においても同じ基準を設定することとした。なお、AIC値(1348.40)および説明率(0.510)は、修正前のモデルに比べて、ほとんど遜色のないものとなっている。また、表—8は修正パスモデルの直接効果、間接効果および全効果である。さて、具体的な効果を数量的に考えてみよう。表—8の数値を用いることにより、一定量の「うるささ」の増加に寄与する各変数の値を比較す

表—8 修正パスモデルにおける各種要因の効果

説明変数	直接効果	間接効果	総合効果
騒音レベル, $L_{eq(24)}$ (X_1)	.230	.057	.287
年齢 (X_2)	-	.025	.025
性別 (X_3)	-	-.059	-.059
居住年数 (X_5)	-	.044	.044
職業の有無 (X_6)	-	.051	.051
振動レベル, VL_{10} (X_7)	-	.116	.116
入眠妨害 (X_8)	.310	-	.310
覚醒 (X_9)	.172	-	.172
振動の気になる程度 (X_{16})	.285	-	.285

ることが可能である。例えば, $L_{eq(24)}$ の標準偏差 1 単位の変化は, 「うるささ」に標準偏差 0.230 単位の直接効果と 0.057 単位の間接効果, および 0.287 単位の全効果をもたらすと解釈できる。他の変数も同様に扱うことができるので相互比較が可能である。ここで, 本論の目的である騒音のうるささに及ぼす振動の影響について考察を加えたい。「うるささ」を標準偏差で計って 1 単位変化させるためには $L_{eq(24)}$ を $(1/0.287)=3.48$ 単位変化させる必要があり, $L_{eq(24)}$ の標準偏差が 6.76 dBA (表—3 参照) であることから, この値は $(3.48 \times 6.76)=23.5$ dBA に等しい。同様に, 「うるささ」を標準偏差で 1 単位変化させるためには VL_{10} を $(1/0.116)=8.62$ 単位変化させる必要があり, 表—3 の標準偏差 (7.90 dB) よりこの値は $(8.62 \times 7.90)=68.1$ dB に等しい。よって, VL_{10} の 68.1 dB の変化は $L_{eq(24)}$ の 23.5 dBA の変化に等価な「うるささ」の変化をもたらすと解釈できる。これを単純な比で表すと, VL_{10} の 10 dB が $L_{eq(24)}$ の約 3.5 dBA に匹敵することになる。また, 「振動の気になる程度」の標準偏差 1 単位の変化は「うるささ」の 0.285 単位の変化をもたらすこともわかる。「入眠妨害」, 「覚醒」も「うるささ」に重要な効果をもたらす要因ではあるが, 同時に, 振動の影響も重要な意味を持っていることがわかる。以上のことは, 道路交通騒音のうるささに関して社会調査を行う場合, 何らかの形で振動の影響を考慮する必要があることを意味するものと言える。

5. おわりに

以上, 道路交通騒音のうるささに及ぼす振動の影響について検討を行い, パスモデルを提案した。

以上をまとめると, 以下のとおりである。

- ① 道路交通騒音のうるささに及ぼす振動の影響を検討する場合, パス解析は有効な手法の一つであると言える。
- ② 道路交通騒音のうるささに影響を及ぼす要因のうち, 「騒音レベル」, 「入眠妨害」, 「覚醒」と並んで, 「振動」の重要性が明らかとなった。
- ③ 「振動レベル」が大きくなるほど「気になる程度」は強くなり, その結果, 「うるささ」も増大する。
- ④ 道路交通騒音のうるささに及ぼす VL_{10} の 10 dB の

効果は, $L_{eq(24)}$ の約 3.5 dBA の効果に等価である。

おわりに, 本論をまとめるにあたり, 貴重なご助言をいただいた室蘭工業大学・泉 清人教授と, 調査・分析にご協力いただいた多数の北海学園大学学生諸君に謝意を表する。

参考文献

- 1) 佐藤哲身：交通騒音のうるささに及ぼす振動の影響の有無, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 427 号, pp.1~7, 1991
- 2) Schultz, T. J. : Community Noise Rating, Second Edition, Applied Science Publishers, pp.245~247, 1982
- 3) 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
- 4) 泉 清人：騒音の心理的不快感に関する属性についての考察, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No.46, pp.35~38, 1976
- 5) H. B. アッシャー (広瀬弘忠訳)：因果分析法, 朝倉書店, 1980
- 6) Taylor, S. M. : A Path Model of Aircraft Noise Annoyance, J. Sound Vib., Vol.96, No.2, pp.243~260, 1984
- 7) 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研究報告 (EA 87-50), Vol.87, No.221, pp.41~48, 1987
- 8) 泉 清人：自動車騒音の住民反応に関する社会調査 (登別市), 日本音響学会騒音研究会資料, N-90-28, 1990
- 9) 神成陽容, 金安公造：都市生活空間における騒音暴露と住民の主観評価に関する研究 (その 2 空間別騒音レベルと住民反応の因果関係), 日本音響学会騒音研究会資料, N-91-34, 1991
- 10) 泉 清人, 矢野 隆, 山下俊雄：道路交通騒音に関する住民反応の地域比較研究 (1), 1991 年度日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), 環境工学, pp.443~444, 1991
- 11) 高橋弥生, 泉 清人：鉄道と自動車の複合騒音の社会反応に関する研究, 1991 年度日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), 環境工学, pp.445~446, 1991
- 12) 田中 豊, 垂水共之, 脇本和昌：パソコン統計解析ハンドブック (Ⅱ 多変量解析編), 共立出版, pp.11~15, 1984
- 13) 赤池弘次：情報量基準 AIC とは何か, 数理科学, No.153, pp.5~11, 1976
- 14) 吉川昭吉郎, 佐野和久, 佐藤達哉：ラウドネスに対する振動の寄与, 日本音響学会聴覚研究会資料, H-86-42, pp.1~8, 1986
- 15) 長田泰公：騒音のうるささ, 騒音制御, Vol.13, No.4, pp.3~6, 1989
- 16) 日本音響学会関西支部：パネルディスカッション Loudness, noisiness, annoyance を廻って, 日本音響学会騒音研究会資料, 1980

(1991 年 11 月 10 日原稿受理, 1992 年 6 月 30 日採用決定)