

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

MULTIVARIATE ANALYSIS ON COMMUNITY RESPONSE
TO ROAD TRAFFIC NOISE IN HOKKAIDO AND KYUSHU

Cross-regional comparison of community response to road traffic noise Part II

山下俊雄*, 矢野 隆**, 泉 清人***, 黒澤和隆****

Toshio YAMASHITA, Takashi YANO, Kiyoto IZUMI and Kazutaka KUROSAWA

Multivariate analysis such as Hayashi's quantification method and a path analysis was applied to the data of the social surveys on community response to road traffic noise carried out in Hokkaido and Kyushu. Discussion was focused on the degree of contribution of various factors to annoyance, the quantification of the effects of non-physical factors, the structure of annoyance and the cross-regional differences. It shows the importance of not only physical factors but also non-physical factors such as evaluation of natural environment and sensitivity to noise. TV/radio disturbance and awakening strongly affect annoyance directly, whereas L_{eq} does so indirectly. The window type has little effect on the community response to road traffic noise.

Keywords : social survey, road traffic noise, annoyance, path analysis, Hayashi's quantification method II

社会調査, 道路交通騒音, 不快感, パス解析, 数量化理論II類

1. 序 論

騒音に関する社会調査研究はこれまで主に暴露-反応関係について分析され, 騒音暴露量によって反応レベルを予測することが試みられてきたが¹⁾⁻³⁾, 騒音暴露量だけでは不快感を精度よく説明できないことも多く報告されている⁴⁾⁻⁶⁾。

Langdon^{4),7)} や Bradley^{5),8),9)}, Borsky⁶⁾ らは騒音の物理的要因に基づく評価指標だけでは不快感反応の分散の10~25%程度しか説明できず, 不快感反応には非物理的要因の影響が大きいと述べている。鄭ほか¹⁰⁾は都市環境騒音のラウドネスやアノイアンスへの主な影響要因は騒音評価量や交通量であるが, それらの寄与はラウドネスよりも心理的水準が高いアノイアンスのほうで小さく, 二次的要因が複雑に影響するようになることを報告している。また, Taylor¹¹⁾は航空機騒音による不快感の反応構造をパス解析により分析し, 物理的要因による

不快感反応の説明率は小さく, 非物理的要因の影響が大きいことや, 会話妨害のような騒音による行動妨害が不快感反応へ大きく影響していると述べている。一方, Kryter¹²⁾は騒音評価において気候の影響が無視できないことを指摘している。このように不快感への非物理的要因の影響の重要性と不快感構造の複雑さが多くの研究者によって指摘されている。

本研究は1) 騒音に対する社会反応における異気候・異文化間の比較, 2) 騒音の不快感に及ぼす非物理的要因の重要性, 3) 騒音の評価指標の妥当性の検討の3項目について明らかにしようとする一連の研究の第2報である。

前報¹³⁾では主に北海道と九州で行った道路交通騒音に関する社会調査の概要を述べ, 反応と騒音暴露量との単純な相関分析から異気候間の社会反応の違いについて基礎的な検討を行った。本論文では数量化理論II類やパス

* 有明工業高等専門学校建築学科 助教授・工修

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Ariake National College of Technology, M. Eng.

** 熊本大学工学部建築学科 助教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kumamoto Univ., Dr. Eng.

*** 室蘭工業大学建設システム工学科 教授・工博

Prof., Dept. of Civil Engineering and Architecture, Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.

**** 室蘭工業大学建設システム工学科 助教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Civil Engineering and Architecture, Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.

解析を用いて、不快感と種々の要因との関係について多変量解析を行い、北海道と九州での調査結果を比較検討して、道路交通騒音の社会反応に関する非物理的要因の重要性を明らかにしようとするものである。

2. 数量化理論Ⅱ類による分析

表一1は調査の概要を示している。各地区における調査はすべて中間期に行われた。有効回答率は50~83%と地区により異なるが、全調査対象者394名のうち252名から回答が得られ、全体の有効回答率は64%であった。大型車の台数や大型車混入率は北海道の2地区で大きく、九州の2地区で小さい。これは北海道の2地区における道路が国道またはそれに準じた道路であったのに対し、九州では住宅地域内の道路が対象であったためである。九州のD地区では道路の一部に歩道がなく、数軒の対象住宅が道路と接して建っているため、住宅の最大の騒音暴露レベルが他地区と比べると大きくなっている。

前報¹³⁾において、等価騒音レベル(L_{eq})で代表される既存の騒音評価指標による社会反応の分散の説明率は10%程度であり、社会反応の説明率をさらに高めるためには、既存の騒音評価指標で考慮していない物理的要

表一1 各地区における調査の概要

調査地区	北海道		九州	
	A	B	C	D
調査時期	1988年 9~10月	1989年 8~9月	1990年 10~11月	1990年 10~11月
調査対象者 (人)	121	100	84	89
回答者 (人)	75	50	53	74
有効回答率 (%)	62.0	50.0	63.1	83.2
交通量 (台/日)	32,208	21,786	16,971	19,128
大型車 (台/日)	4,826	2,634	663	879
大型車混入率 (%)	15.0	12.1	3.9	4.6
基準点 L _{eq(24)} (dB(A))	65.2	64.4	68.1	70.7
住宅の騒音暴露レベル L _{eq(24)} (dB(A))	40.6 ~63.7	46.8 ~64.6	43.3 ~64.5	42.3 ~70.8

註) 基準点の位置: 北海道、九州ともに調査地区の中心部分の道路端で、地上1.5mの位置

因あるいは非物理的要因を考慮しなければならないことを示した。ここでは社会反応を数量化理論Ⅱ類を用いて分析し、騒音評価指標を含め、個人的要因、環境要因、住宅要因など種々の要因の影響の程度や、北海道と九州における影響要因の相違について検討を行う。

数量化理論Ⅱ類における説明変数は表一2の調査項目に示した個人的要因、環境要因、住宅要因の各々のなかで他の変数と相関の低い11変数を選び¹⁴⁾、この他に北海道と九州で異なる窓の構造¹³⁾を加えた12変数とした。表一3は4地区のデータによる説明変数間の相関係数を示している。どの説明変数間の相関も小さく、各変数は独立していると考えてよいであろう。

外的基準には道路交通騒音に対する不快感と表一2に示す13の騒音の具体的影響の計14の要因を選定した。

表一2 調査項目

物理的要因	L _{eq} , L _{dn} , P _{oak} , L ₁ , L ₅ , L ₁₀ , L ₅₀
個人的要因	居住年数(家), 居住年数(地域), 引越し願望, 騒音に対する感受性, 公害に対する考え方, 仕事の有無, 自家用車の所有, 自動車の利用頻度, 家族数, 年齢, 性別
環境要因	地域好感度 地域特性評価 (買物の便, 自然環境, レジャー施設, 学校/幼稚園, 医療施設) 環境満足度 (航空機騒音, 自動車による空気の汚れ, 日当りの障害, 振動, 悪臭, 近隣騒音, 建設工事の騒音, 自動車騒音)
住宅要因	住宅構造, 窓構造, 道路に対する開放面の方向, 音源の見透し
騒音の具体的影響	不快感発生頻度, 騒音の卓越する時間帯, 車両別不快感, 夏の窓の開閉, 窓対策 騒音の具体的影響 (住宅内会話妨害, 戸外会話妨害, 電話聴取妨害, TV・ラジオ聴取妨害, 読書考えごとの邪魔, 寝つかれない, 覚醒, 休息の邪魔, 振動の不快感) 医学的症状の有無 (頭痛, 疲労感, イライラ, 神経質, その他の症状)

表一3 説明変数間の相関係数

L _{eq}	-													
居住年数	-0.07	-												
年齢	-0.01	0.33	-											
性別	0.06	-0.10	-0.03	-										
車の有無	-0.04	0.01	-0.19	-0.13	-									
夏窓開寝	-0.11	-0.01	-0.22	-0.02	0.09	-								
普段睡眠	0.03	0.00	-0.05	0.01	0.04	-0.07	-							
騒音敏感	0.15	0.01	0.11	-0.08	-0.03	-0.04	0.27	-						
公害考え	-0.03	0.02	-0.12	-0.06	0.04	0.04	0.25	0.14	-					
自然環境	0.09	-0.09	-0.01	-0.10	-0.05	-0.13	0.23	0.23	0.15	-				
開放面	0.07	0.08	0.02	-0.11	-0.01	-0.10	0.00	0.07	-0.03	0.06	-			
窓構造	-0.21	-0.16	0.07	-0.01	-0.09	-0.21	0.03	0.07	-0.19	0.16	0.04	-		
	L _{eq}	居住	年齢	性別	車	夏窓	睡眠	敏感	公害	自然	開放	窓		

それぞれの外的基準について前述した説明変数を用いて分析を行った。

2.1 北海道と九州における社会反応への影響要因の比較

北海道と九州における社会反応の比較にあたって、窓の構造は両地域内では大きな違いがないため説明変数からこれを除外し、全部で11の説明変数とした。

表一4は両地域の各外的基準に関する説明変数の偏相関係数を比較している。表中の下線を施した偏相関係数は各外的基準の欄において値が大きい上位3個の説明変数を示している。

両地域で L_{eq} は半数近くの外的基準に大きな影響を及ぼしている。前述したように L_{eq} だけでは社会反応の分散を10%程度しか説明できないにもかかわらず、やはり L_{eq} は社会反応への主要な影響要因であるといえる。北海道では L_{eq} の他に普通の睡眠状態や年齢あるいは居住年数が多くの外的基準に影響を及ぼしている。九州でも北海道と同様に年齢や普通の睡眠状態が大きな影響を及ぼしているが、その他に自然環境に対する評価や公害に対する考え方も多くの外的基準に影響を及ぼしている。ここで特徴的なことは、普通の睡眠状態は両地域で主要な影響要因であるが、九州よりも北海道で圧倒的に多くの外的基準に影響を及ぼしているのに対して、自然環境に対する評価は九州で多くの外的基準に影響を及ぼ

していることである。

外的基準を道路交通騒音の不快感に限れば、上述したほかに騒音に対する敏感さの影響は両地域で大きく、また自然環境に対する評価の影響は北海道でも比較的大きい。

2.2 全データによる不快感の分析

表一5は全データを用いて、道路交通騒音の不快感(以下、文脈で明かな場合、不快感と略す)を外的基準とした数量化理論Ⅱ類の分析結果を示している。説明変数は窓の構造を加えて12変数としている。相関比は0.33とそれほど大きくはなく、北海道 ($R^2=0.41$) と九州 ($R^2=0.52$) 各々について不快感を分析した場合と比較して若干小さくなっている。

表一5で L_{eq} のカテゴリースコアが単調に増加していない要因を調べるために、不快感反応と L_{eq} とのクロス分析を行った(表一6)。その結果、 L_{eq} が60dBまでは L_{eq} が大きくなると不快感も大きくなっているが、60dBをこえると不快感は増加せず、65dB以上では不快感反応は分散している。一方、武田ほか¹⁵⁾は社会調査を行い、自宅周辺の騒音を大きいと答えた人の割合が $L_{eq(24)}$ が60~65dBの地域の人々において急激に増加し、その前後のレベルでは増加が鈍いことを報告している。このことは60~65dB以上の騒音の大きさの評価が人によ

表一4 北海道と九州における社会反応に対する影響要因の比較

(数量化理論Ⅱ類による偏相関係数)

説明変数	地域	外的基準(騒音の具体的な影響)													
		不快感	住内会話	戸外会話	電話妨害	TV妨害	読書妨害	寝つかれ	覚醒	休息妨害	行々	神経質	疲労	頭痛	振動不快
L_{eq}	北海道	0.32	0.36	0.26	0.15	<u>0.41</u>	0.29	0.20	0.41	0.50	0.22	0.20	0.25	0.21	0.25
	九州	0.22	0.22	0.19	<u>0.45</u>	<u>0.53</u>	0.25	<u>0.28</u>	0.24	<u>0.38</u>	0.15	0.24	0.16	0.25	<u>0.40</u>
居住年数	北海道	0.33	0.21	<u>0.32</u>	0.15	0.13	0.11	0.12	0.17	0.24	0.22	<u>0.26</u>	0.23	<u>0.29</u>	0.18
	九州	0.13	0.09	<u>0.26</u>	0.17	0.08	<u>0.32</u>	0.24	0.16	0.20	0.15	0.15	0.25	0.15	0.20
年齢	北海道	<u>0.37</u>	<u>0.26</u>	<u>0.39</u>	0.26	<u>0.26</u>	0.10	0.18	<u>0.29</u>	<u>0.37</u>	0.11	0.20	<u>0.35</u>	<u>0.22</u>	0.20
	九州	0.27	0.27	<u>0.38</u>	<u>0.27</u>	0.14	0.27	<u>0.25</u>	0.10	0.18	0.13	<u>0.30</u>	<u>0.27</u>	<u>0.29</u>	0.23
性別	北海道	0.01	0.17	0.13	0.03	0.12	0.03	0.02	0.14	<u>0.35</u>	0.01	0.12	0.02	0.11	0.05
	九州	0.04	0.12	0.12	0.15	0.08	0.09	0.04	0.01	0.19	0.15	0.23	0.14	<u>0.27</u>	0.09
車の所有	北海道	0.10	0.14	0.13	0.09	0.07	0.02	0.03	0.05	0.09	0.02	0.07	0.03	0.19	0.03
	九州	0.09	0.12	0.10	<u>0.27</u>	0.09	0.12	0.05	0.07	0.13	0.00	0.08	0.05	0.08	0.15
夏窓開寝	北海道	0.18	0.17	0.18	0.06	0.25	<u>0.35</u>	<u>0.23</u>	0.10	0.27	0.12	0.07	0.19	0.19	0.14
	九州	<u>0.33</u>	<u>0.31</u>	0.25	0.09	0.02	<u>0.15</u>	<u>0.05</u>	<u>0.33</u>	0.12	0.14	0.19	0.13	0.06	0.07
普段睡眠	北海道	<u>0.34</u>	<u>0.38</u>	0.12	0.38	<u>0.26</u>	0.29	<u>0.29</u>	<u>0.40</u>	0.10	<u>0.30</u>	0.24	<u>0.24</u>	0.05	<u>0.29</u>
	九州	<u>0.18</u>	<u>0.36</u>	0.19	0.12	<u>0.16</u>	0.07	<u>0.21</u>	0.16	0.06	<u>0.23</u>	<u>0.29</u>	<u>0.35</u>	0.11	<u>0.32</u>
騒音敏感	北海道	0.28	0.16	0.15	0.14	0.18	0.21	<u>0.25</u>	0.24	0.24	0.13	0.13	0.11	<u>0.24</u>	0.10
	九州	0.27	0.18	0.18	0.19	0.16	<u>0.31</u>	0.13	0.18	0.06	<u>0.37</u>	<u>0.33</u>	<u>0.33</u>	0.10	0.06
公害考え	北海道	0.08	0.24	0.24	<u>0.33</u>	0.14	0.10	0.12	0.05	0.32	<u>0.27</u>	0.11	0.22	0.06	0.11
	九州	<u>0.38</u>	0.15	<u>0.26</u>	0.06	0.05	0.23	<u>0.35</u>	<u>0.34</u>	<u>0.29</u>	0.11	0.19	0.13	0.10	0.15
自然環境	北海道	0.27	0.22	<u>0.44</u>	<u>0.29</u>	0.13	0.14	0.16	0.22	0.08	0.03	0.11	0.12	0.16	<u>0.24</u>
	九州	<u>0.51</u>	<u>0.47</u>	0.12	0.06	<u>0.21</u>	<u>0.43</u>	0.07	<u>0.30</u>	<u>0.41</u>	<u>0.36</u>	0.26	<u>0.46</u>	0.17	<u>0.44</u>
開放面	北海道	0.14	0.16	0.05	0.15	0.17	0.16	0.12	0.12	0.24	0.10	<u>0.23</u>	0.09	0.12	0.21
	九州	0.04	0.27	0.18	0.05	<u>0.19</u>	0.17	0.19	0.18	0.17	0.03	0.07	0.21	<u>0.26</u>	0.10
相関比	北海道	0.41	0.36	0.43	0.32	0.35	0.30	0.29	0.44	0.40	0.31	0.30	0.33	0.24	0.35
	九州	0.52	0.42	0.33	0.36	0.42	0.48	0.36	0.39	0.42	0.39	0.40	0.46	0.25	0.48

表—5 不快感に関する数量化理論Ⅱ類による分析結果

要因	カテゴリー	頻度	カテゴリスコア	偏相関係数 (カテゴリスコア)
L _{eq}	1) ~45 dB	12	-1.211	0.373 (1.961)
	2) 46~50	41	-0.404	
	3) 51~55	52	-0.419	
	4) 56~60	46	0.750	
	5) 61~65	35	0.489	
	6) 66~	15	0.081	
居住年数	1) ~10 年	64	-0.357	0.160 (0.626)
	2) 11~20	98	0.126	
	3) 21~	39	0.270	
年齢	1) ~30 才	39	0.282	0.163 (0.608)
	2) 31~40	62	0.216	
	3) 41~50	81	-0.328	
	4) 51~	39	-0.116	
性別	1)男	73	0.145	0.074 (0.228)
	2)女	128	-0.083	
車の所有	1)無	35	-0.170	0.054 (0.206)
	2)有	166	0.036	
夏窓を開け寝ることあるか	1)全くない	101	0.010	0.029 (0.119)
	2)時々ある	47	0.053	
	3)よくある	53	-0.068	
普段の睡眠状態	1)大変よい	49	-0.314	0.127 (0.523)
	2)かなりよい	90	0.027	
	3)あまり・よくない	62	0.209	
騒音に対する敏感さ	1)敏感でない	18	-0.393	0.220 (0.956)
	2)少し敏感	131	-0.170	
	3)かなり・大変敏感	52	0.564	
公害に対する考え	1)やむを得ない	64	-0.177	0.150 (0.557)
	2)どちらとも言えない	83	-0.111	
	3)許せない	54	0.380	
自然環境の評価	1)大変よい/よい	69	-0.494	0.321 (1.309)
	2)どちらとも言えない	83	-0.070	
	3)悪い/大変悪い	49	0.815	
道路に対する開放面の方向	1)ない	52	0.314	0.143 (0.527)
	2)垂直	89	-0.213	
	3)ある	60	0.044	
窓構造	1)1層	97	0.108	0.067 (0.210)
	2)2層	104	-0.101	
不快感	1)不快でない	56	-0.754	
	2)少し不快	54	-0.191	
	3)かなり不快	66	0.468	
	4)大変不快	25	0.866	
相関比		R ² =0.333		

て大きく分かれることをうかがわせる。本研究の 60 dB 以上、特に 65 dB 以上ではデータ数が少ないうえ、不快感の評価が人によって大きく異なるため、表—5 のようなカテゴリースコアの変化になったと考えられる。

偏相関係数やカテゴリーレンジの比較から不快感に大きな影響を及ぼしている要因は L_{eq}、自然環境に対する評価、騒音に対する敏感さ、年齢、居住年数、公害に対する考え方などであることがわかる。窓の構造は北海道と九州で異なるが、その偏相関係数は 0.07 で不快感への影響はほとんどないことを示しており、住宅内暴露量と種々の反応との相関よりも住宅外暴露量との相関がよいことを示した前報¹³⁾の結果と一致している。

一方、カテゴリースコアの変化傾向からは各説明変数と不快感との具体的な関係を知ることができる。例えば L_{eq} ではカテゴリースコアが単調に変化していないが、L_{eq} が大きいほど不快感反応は大きい。その地域の自然環境をきびしく評価している人ほど、また公害に対してきびしい考え方をしている人ほど不快感が大きい。

居住年数や年齢についてはその地域に長く住んでいる人ほど、また若い人ほど不快感は大きくなっている。し

表—6 道路交通騒音に対する不快感反応と L_{eq} のクロス分析結果

(数字は回答者数)

不快感	L _{eq} (dB)						合計
	~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~	
1: 不快でない	8	11	20	9	6	2	56
2: 少し不快	2	15	16	9	8	4	54
3: かなり不快	1	14	12	20	14	5	66
4: 大変不快	1	1	4	8	7	4	25
合計	12	41	52	46	35	15	201

かし地域別にみると、九州では居住年数が短い人ほど、また年をとっている人ほど不快感が大きいのに対し、北海道ではそういった人ほど不快感は小さくなっており、影響の方向が逆であった。

3. パス解析

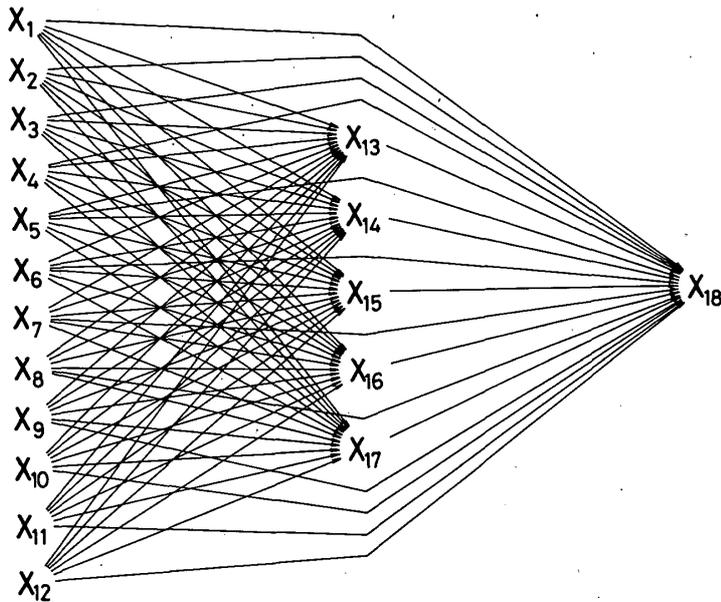
数量化理論Ⅱ類による分析では、不快感やその他の社会反応と種々の説明変数の線形的な関係において、社会反応が説明変数から個々にどの程度影響を受けているかを検討した。しかし、TV 妨害や覚醒などの騒音の具体的影響が不快感に直接影響を及ぼしているとともに、L_{eq} や大型車台数などの説明変数が TV 妨害や覚醒などの反応を引き起こし、それらを介して不快感に間接的に影響を及ぼすことも考えられる。すなわち、不快感を被説明変数とすると、その説明変数に騒音の具体的影響を加え、説明変数間の重層的な関係を仮定することができる。このような不快感の因果構造は一般的な相関分析では説明することができない。

パス解析^{11),16),17)}はこのような重層的な関係の中で、説明変数の被説明変数への直接的な効果と間接的な効果の双方を推定し、その合計を総合効果として評価し、さらに間接的な効果の影響過程を明らかにすることのできる手法である。

3.1 初期パスモデルの構成

パス解析では既往の研究による知見と経験に基づいた直感的な判断から図—1 に示すような初期パスモデルを構成する。X₁~X₁₂ は外因性変数と呼ばれ、モデル内で他の変数の影響を一切受けない変数である。X₁₃~X₁₈ は他の変数の影響を受ける変数で内因性変数と言われる。モデルの構成に際して、パスで結ばれる変数間で因果関係が成立するには、1) 単純な相関関係が明らかであること、2) 継時的順序が存在すること、3) モデル外の共通原因変数が存在しないことの 3 条件が満たされる必要がある¹⁶⁾。

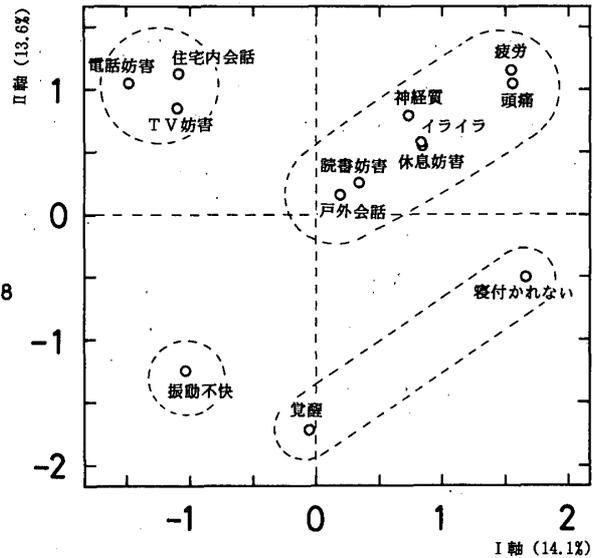
外因性変数は多重共線性¹⁶⁾をできるだけ避けるために、数量化理論Ⅱ類で用いた互いに相関の小さい 11 個または 12 個の説明変数とした。内因性変数には主に騒音の具体的影響の中から代表的な変数を選ぶ。図—2 は数量化理論Ⅲ類により騒音の具体的影響を分類したもので、大きく 4 つのグループに分かれている。各グループ



X_1 : L_{eq} , X_2 : 居住年数, X_3 : 年齢, X_4 : 性別, X_5 : 車の所有, X_6 : 夏窓を開けて寝るか, X_7 : 普段の睡眠状態, X_8 : 騒音に対する敏感さ, X_9 : 公害に対する考え方, X_{10} : 自然環境の評価, X_{11} : 道路に対する開放面の方向, X_{12} : 窓の構造, X_{13} : 地域好感度, X_{14} : TV・ラジオ妨害, X_{15} : 覚醒, X_{16} : 振動の不快感, X_{17} : イライラ, X_{18} : 道路交通騒音の不快感

図一 道路交通騒音に対する不快感の初期パスモデル

を代表する変数としてグループ内で他の要因と相関が高いTV妨害, 覚醒, イライラ, および振動の不快感の4変数を内因性変数として選定した。さらに種々の環境要因の影響を受けていると思われる地域好感度と, 最終的な被説明変数である不快感の2要因を加え6変数を内因性変数とした。



図二 騒音に対する具体的影響の数量化理論Ⅲ類による分析結果

直接効果は, 不快感を頂点とする6つの内因性変数について図一3に示すように構造方程式を設定し, 各パス係数 p_{ij} を計算することにより求められる。間接効果はパスで結ばれる変数間のパス係数の積で, 総合効果は直接効果と間接効果の和で推定される。パス係数は基準化された変数の偏回帰係数(標準回帰係数)であるから, 種々の要因の不快感への影響を, そのモデル内で数的に相互に比較することができる。なお調査データの多くは順序尺度データであるが, ここではこれらを間隔尺度データとして取り扱って分析を進めた。

$$\begin{aligned}
 X_{13} &= p_{13,1}X_1 + p_{13,2}X_2 + p_{13,3}X_3 + p_{13,4}X_4 + p_{13,5}X_5 + p_{13,6}X_6 + p_{13,7}X_7 \\
 &\quad + p_{13,8}X_8 + p_{13,9}X_9 + p_{13,10}X_{10} + p_{13,11}X_{11} + p_{13,12}X_{12} + p_{13,13}E_{13} \quad \dots (1) \\
 X_{14} &= p_{14,1}X_1 + p_{14,2}X_2 + p_{14,3}X_3 + p_{14,4}X_4 + p_{14,5}X_5 + p_{14,6}X_6 + p_{14,7}X_7 \\
 &\quad + p_{14,8}X_8 + p_{14,9}X_9 + p_{14,10}X_{10} + p_{14,11}X_{11} + p_{14,12}X_{12} + p_{14,13}E_{14} \quad \dots (2) \\
 X_{15} &= p_{15,1}X_1 + p_{15,2}X_2 + p_{15,3}X_3 + p_{15,4}X_4 + p_{15,5}X_5 + p_{15,6}X_6 + p_{15,7}X_7 \\
 &\quad + p_{15,8}X_8 + p_{15,9}X_9 + p_{15,10}X_{10} + p_{15,11}X_{11} + p_{15,12}X_{12} + p_{15,13}E_{15} \quad \dots (3) \\
 X_{16} &= p_{16,1}X_1 + p_{16,2}X_2 + p_{16,3}X_3 + p_{16,4}X_4 + p_{16,5}X_5 + p_{16,6}X_6 + p_{16,7}X_7 \\
 &\quad + p_{16,8}X_8 + p_{16,9}X_9 + p_{16,10}X_{10} + p_{16,11}X_{11} + p_{16,12}X_{12} + p_{16,13}E_{16} \quad \dots (4) \\
 X_{17} &= p_{17,1}X_1 + p_{17,2}X_2 + p_{17,3}X_3 + p_{17,4}X_4 + p_{17,5}X_5 + p_{17,6}X_6 + p_{17,7}X_7 \\
 &\quad + p_{17,8}X_8 + p_{17,9}X_9 + p_{17,10}X_{10} + p_{17,11}X_{11} + p_{17,12}X_{12} + p_{17,13}E_{17} \quad \dots (5) \\
 X_{18} &= p_{18,1}X_1 + p_{18,2}X_2 + p_{18,3}X_3 + p_{18,4}X_4 + p_{18,5}X_5 + p_{18,6}X_6 + p_{18,7}X_7 \\
 &\quad + p_{18,8}X_8 + p_{18,9}X_9 + p_{18,10}X_{10} + p_{18,11}X_{11} + p_{18,12}X_{12} + p_{18,13}X_{13} \\
 &\quad + p_{18,14}X_{14} + p_{18,15}X_{15} + p_{18,16}X_{16} + p_{18,17}X_{17} + p_{18,18}E_{18} \quad \dots (6)
 \end{aligned}$$

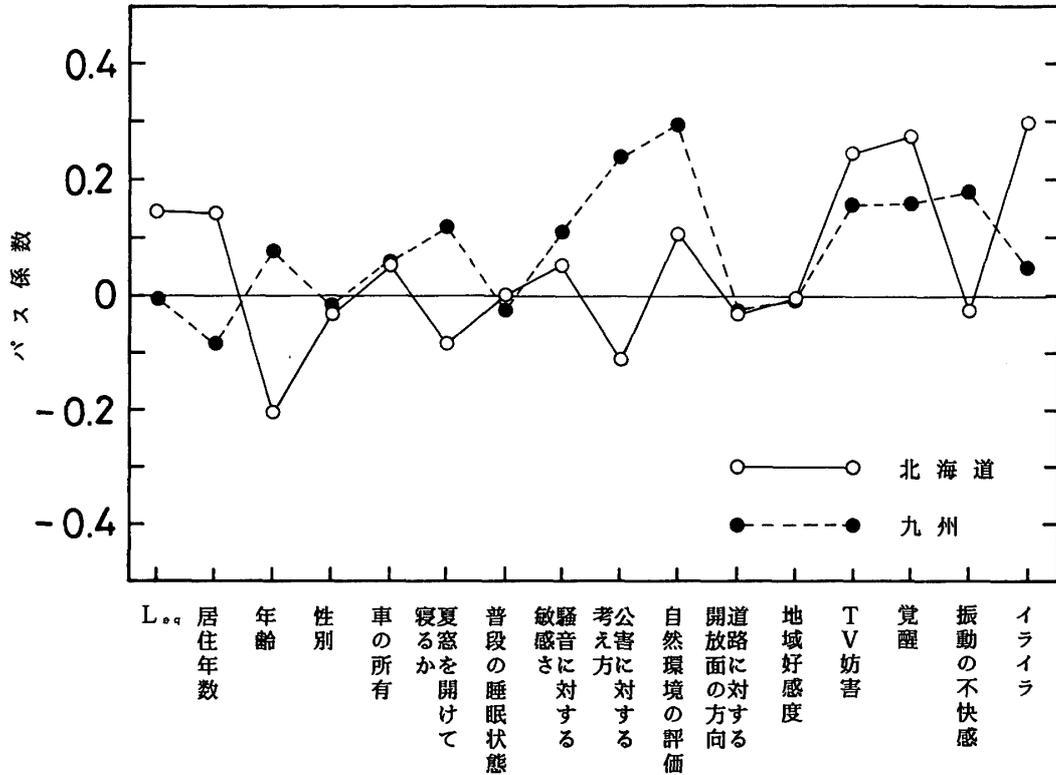
X_1 : L_{eq} , X_2 : 居住年数, X_3 : 年齢, X_4 : 性別, X_5 : 車の所有, X_6 : 夏窓を開けて寝るか, X_7 : 普段の睡眠状態, X_8 : 騒音に対する敏感さ, X_9 : 公害に対する考え方, X_{10} : 自然環境の評価, X_{11} : 道路に対する開放面の方向, X_{12} : 窓の構造, X_{13} : 地域好感度, X_{14} : TV・ラジオ妨害, X_{15} : 覚醒, X_{16} : 振動の不快感, X_{17} : イライラ, X_{18} : 道路交通騒音の不快感
 p_{ij} : 変数 X_j から変数 X_i へのパス係数, E_i : 残差項

図一3 6つの内因性変数に対する構造方程式

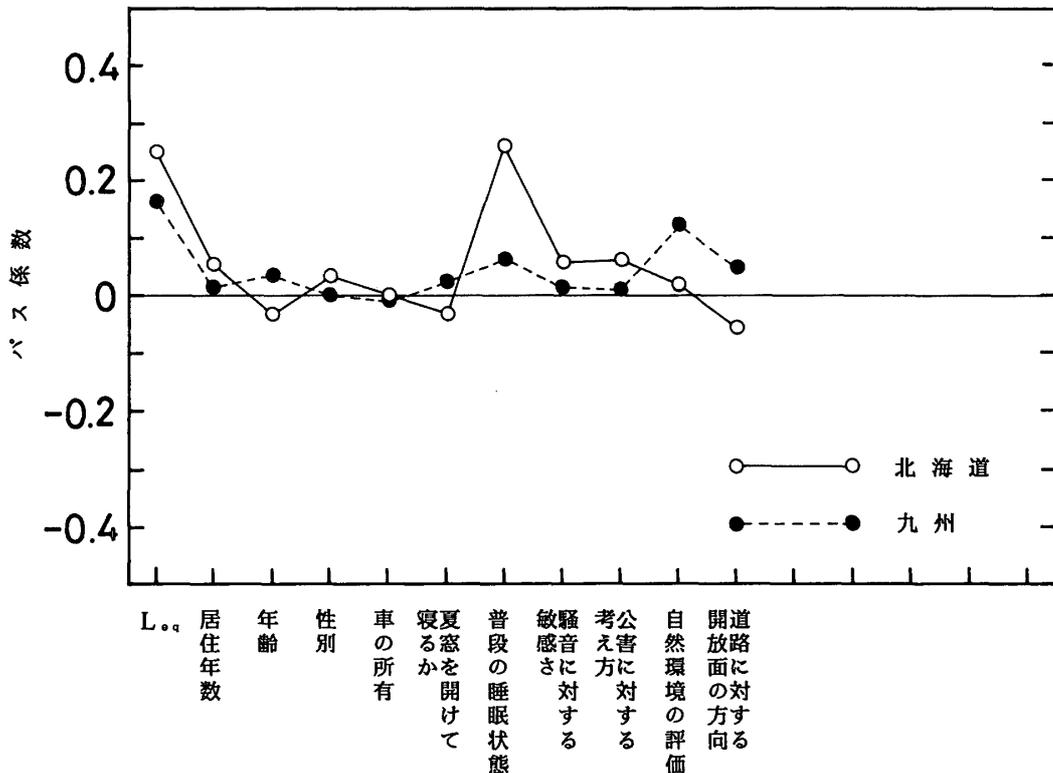
3.2 北海道と九州データのパス解析

北海道と九州において不快感への影響要因や不快感構造を比較検討するために、両地域についてパス解析を行った。外因性変数は窓の構造を除いた11変数で、初期パスモデルは図-1と同様のパスモデルである。

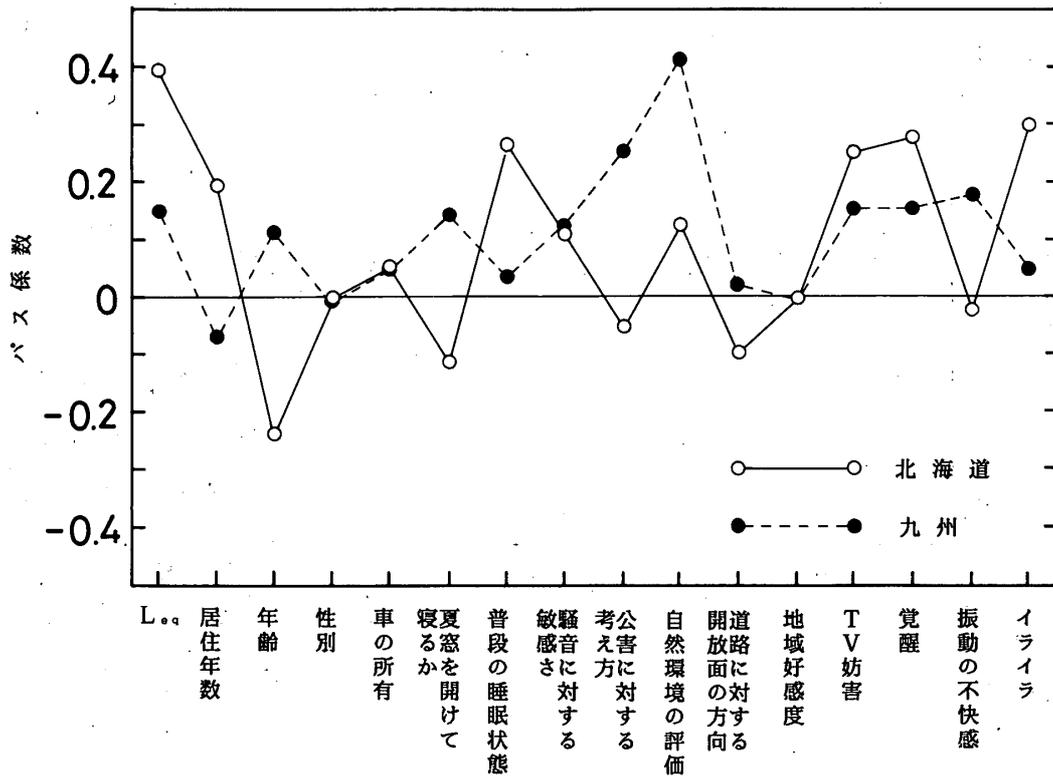
図-4(a), (b), (c)はその分析結果で両地域の不快感への直接効果, 間接効果, 総合効果を比較して示している。寄与率は北海道で0.56, 九州で0.49であり, 両地域ともこのモデルで不快感反応の分散のほぼ50%以上を説明することができる。



(a) 直接効果

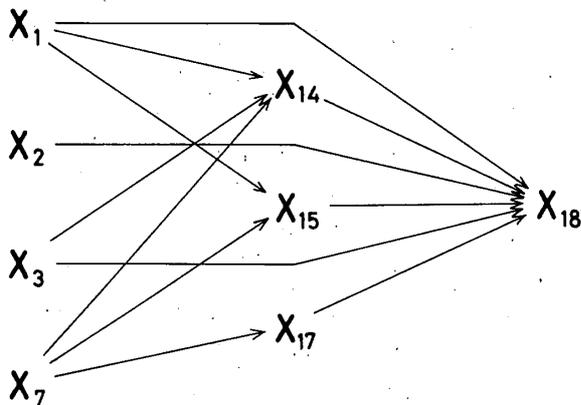


(b) 間接効果



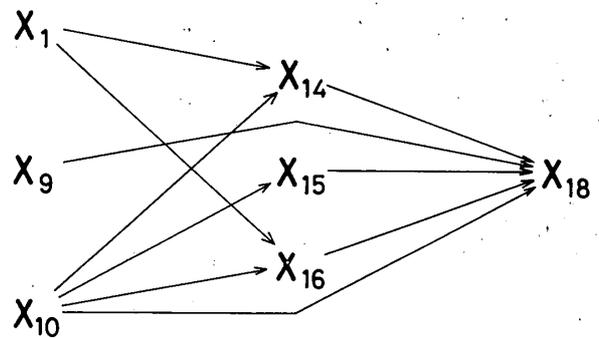
(c) 総合効果

図-4 北海道と九州の不快感に対するパス係数の比較



(a) 北海道の修正パスモデル ($R^2=0.520$)

X_1 : L_{eq} , X_2 : 居住年数, X_3 : 年齢, X_7 : 普段の睡眠状態, X_{14} : TV・ラジオ妨害, X_{15} : 覚醒, X_{17} : イライラ, X_{18} : 道路交通騒音の不快感



(b) 九州の修正パスモデル ($R^2=0.455$)

X_1 : L_{eq} , X_9 : 公害に対する考え方, X_{10} : 自然環境の評価, X_{14} : TV・ラジオ妨害, X_{15} : 覚醒, X_{16} : 振動の不快感, X_{18} : 道路交通騒音の不快感

図-5 北海道と九州の不快感に対する修正パスモデル

図-5(a), (b) は両地域で統計的に有意な要因やこれに準ずる要因によって再構成した修正パスモデルである。両地域とも説明変数は大幅に減っているが、寄与率は北海道で0.52, 九州で0.46で、寄与率を大きく低下させることなく簡略化されている。また、両地域の不快感は最終的にこの修正パスモデルで説明され、北海道と九州の不快感構造の相違が明確に示されている。

北海道では不快感に関して、イライラ, 覚醒, TV妨害, 年齢の直接効果が大きく、統計的に有意水準5%で有意であった。その他に居住年数, L_{eq} が大きく、外

因性変数は数量化理論Ⅱ類による分析と同様に個人的要因や普段の睡眠状態の影響が大きい。間接効果は普段の睡眠状態や L_{eq} で大きく、総合効果で L_{eq} が最も大きくなっている。

九州では外因性変数である自然環境に対する評価と公害に対する考え方の直接効果が統計的に有意であり、屋外環境に対する評価や態度の影響が大きい。内因性変数の直接効果は北海道のように特に大きい要因はないが、TV妨害や覚醒, 振動の不快感の効果は比較的大きい。 L_{eq} の直接効果は小さいが、その間接効果は北海道と同

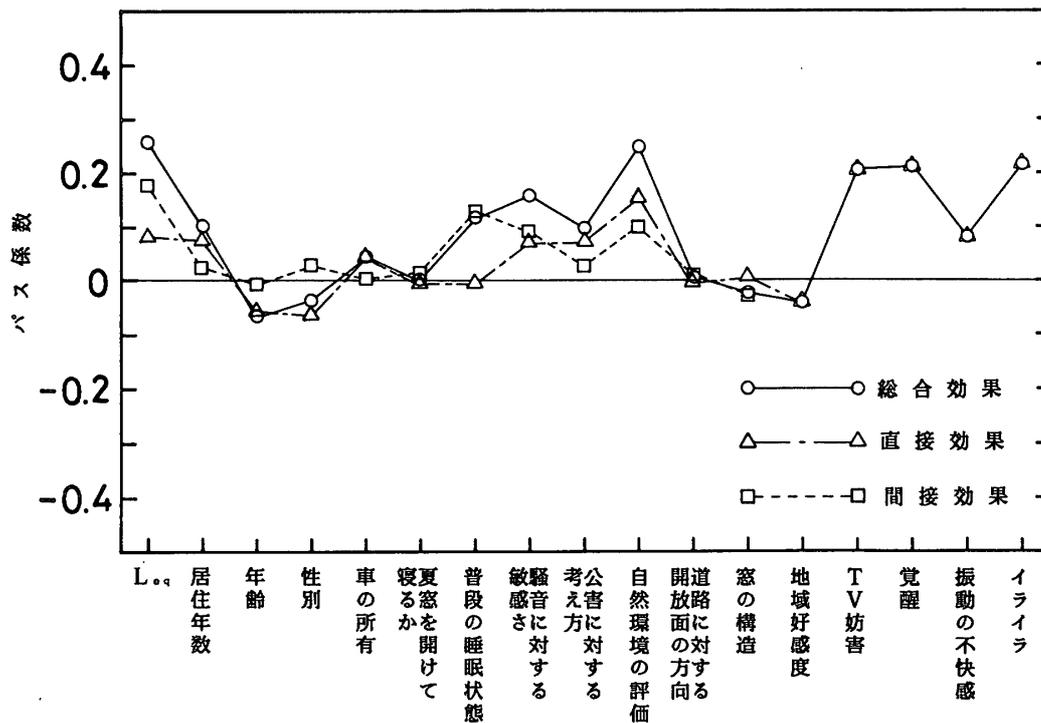


図-6 全地域の道路交通騒音の不快感に対するパス係数

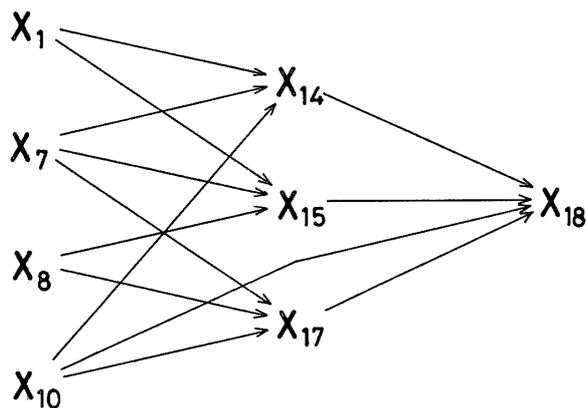


図-7 全地域の不快感に対する修正パスモデル ($R^2=0.400$)

様に大きい。

3.3 全データに対するパス解析

図-6 は北海道と九州を併せた4地区のデータを外因性変数に窓の構造を加えて図-1と同様の初期パスモデルを構成し解析した結果である。

図-7 は初期パスモデルで統計的に有意な要因によって再構成した修正パスモデルである。初期パスモデルの寄与率が0.44であるのに対して、修正パスモデルでは0.40と寄与率の減少の度合いは小さい。

図-6 から、直接効果はイライラ、覚醒、TV妨害の内因性変数と自然環境に対する評価の外因性変数が大きく、不快感反応は内因性変数である騒音の具体的影響によって主に引き起こされると考えることができる。間接

効果は L_{eq} と普通の睡眠状態で大きく、 L_{eq} は総合効果で最も大きい要因となっている。 L_{eq} は不快感への直接効果は小さいが、地域好感度を除く4つの内因性変数に非常に大きな直接効果を及ぼしており、その効果は特にTV妨害、覚醒、振動の不快感において有意水準0.1%で有意であった。

数量化理論Ⅱ類による分析と同様に、パス解析においても L_{eq} は不快感に大きな影響を及ぼしていることが明らかになったが、不快感に直接影響を及ぼすよりも、種々の騒音の具体的影響を介して影響を及ぼしている間接効果の方が大きい。自然環境に対する評価は外因性変数のなかで唯一不快感に有意な直接効果を及ぼし、その間接効果も大きく、総合効果で L_{eq} とともに最も大きい要因であることがわかる。

また、今回仮定した内因性変数は不快感への直接的な影響だけでなく、いろいろな外因性変数の不快感への間接効果を媒介する要因としても重要であるといえる。なお、窓の構造は北海道と九州で異なるが、直接効果、間接効果ともに小さい。

4. 考察

4.1 北海道と九州における影響要因の比較

数量化理論Ⅱ類による分析で、道路交通騒音にかかわる種々の社会反応へは北海道で個人的要因や普通の睡眠状態、九州で屋外環境に対する評価や態度が大きく寄与していることが明らかになったが、パス解析による分析においても不快感について同様の結果を得た。両地域におけるこのような影響要因の違いは気候差によるもの

と、用途地域の差による2つの原因が考えられる。すなわち、寒冷な北海道と比較して温暖な九州では、日常生活において窓を開けることが多いため生活環境、特に自動車の排ガスによる大気汚染や騒音への関心が高く、環境要因の影響が大きくなる可能性がある。また、先に2でも述べたように北海道の調査地域は国道またはそれに準ずる道路沿いで、いわゆる商業地域であるのに対して、九州では住宅地域内の主要道路が対象であった。九州2地区では表-2に示すように自動車台数が少なく、大型車混入率も小さく、全体として比較的閑静な地区であるため、自動車騒音による生活環境の悪化に対する関心が高かったためと思われる。しかし、両地域の差がどちらの要因によるものかは今回の調査では特定できなかった。

また数量化理論とパス解析による分析で、窓の構造は不快感にほとんど影響を及ぼしていなかった。窓の構造の違いは室内の L_{eq} に推定で約8dBの差となつてあらわれるが¹³⁾、その差が不快感へ反映されていないということを示しており、前報の結果と一致している。

4.2 騒音の不快感へ影響する重要要因

今回、パス解析を本調査結果に適用し、非物理的要因などの道路交通騒音の不快感への影響を検討した結果、北海道では個人的要因や普段の睡眠状態、九州では屋外環境に対する評価や態度の影響が大きいことが明らかとなった。4.1の検討からはこの差の原因を特定することはできなかったが、生活様式や環境に対する評価や態度が大きくかかわっていることは明らかであり、騒音に対する不快感を未然に防ぐ上で単に住宅の遮音性能を上げるだけでなく建築計画、都市計画の段階での検討が重要であることを示唆している。

また、これまで行われた他の研究と同様の知見もいくつか得られている。例えばNemecekほか¹⁸⁾は道路交通騒音による不快感は昼間はTV妨害や休息妨害に起因する不快感が主で、夜間は睡眠妨害に起因する不快感であると述べ、不快感の直接の原因としてTV妨害や睡眠妨害を挙げている。

Taylor¹¹⁾は航空機騒音による社会反応をパス解析により分析し、航空機騒音の $L_{eq(24)}$ と騒音に対する敏感さが内因性変数である会話妨害や睡眠妨害に大きな直接効果を及ぼし、さらに会話妨害や睡眠妨害が不快感へ影響を及ぼしていることを報告している。今回の分析においても、種々の外因性変数の間接効果をTV妨害や覚醒、イライラなどの要因が媒介し、これらの騒音の具体的影響が不快感の大きな要因となっている。騒音源が航空機騒音と道路交通騒音と異なるにもかかわらず、聴取妨害や睡眠妨害が不快感を引き起こし、それらが外因性変数の不快感への間接効果を媒介するという不快感の因果構造と媒介要因が一致している。

またTaylorは航空機騒音の $L_{eq(24)}$ の不快感への直接効果と間接効果の双方がともに大きいことを報告しているが、本研究でも道路交通騒音の L_{eq} の不快感への間接効果が大きいことが明らかになっており、これは上述した聴取妨害や睡眠妨害を介しての不快感への間接効果である。さらにTaylorは個人的要因について、騒音に対する敏感さはすべての変数の中で最も大きい総合効果を持つ要因であるが、年齢、教育、子供の数などの影響はほとんどないと述べている。Borsky⁶⁾も年齢、性別、教育といった個人的要因の影響が小さいことを報告している。本研究におけるパス解析で騒音に対する敏感さは外因性変数の中では不快感に対して3番目に大きい総合効果を持ち、数量化理論Ⅱ類による分析でも3番目に大きい影響を及ぼしており、不快感への重要な影響要因であった。性別や車の所有などの個人的要因の不快感への効果は小さいが、年齢や居住年数の影響は比較的大きい。しかし、北海道と九州でその影響の仕方が逆であり、これらの要因の影響の有無については断定できない。

4.3 パス解析の有効性

北海道と九州における道路交通騒音の不快感についての数量化理論Ⅱ類による説明率(相関比)は北海道で0.41、九州で0.52であり、4地区全体については0.33であった。一方パス解析での直接パスによる説明率(寄与率)は各々0.56、0.49、0.44であり、九州についてはほぼ同程度であるが、北海道や4地区全体の場合は約0.10向上している。これは不快感に寄与していると考えられるTV妨害や覚醒、イライラなどの騒音の具体的影響を内因性変数としてモデル内に導入したこと、それらの不快感への直接効果が大きいためである。

パス解析では数量化理論Ⅱ類の分析結果と同様な結果を得るとともに、各要因の不快感への直接効果と間接効果を特定し、 L_{eq} がTV妨害や覚醒などの内因性変数を介して不快感へ大きな影響を及ぼしていることや、内因性変数である騒音の具体的影響が外因性変数の不快感への間接効果を媒介する要因として重要であることなど、数量化理論では知り得ない知見を得ることができた。このようにパス解析は数量化理論を含む他の相関分析に比べ優れていることが明らかである。その最大の理由は不快感に対する各要因の間接効果を特定し、その影響過程を知ることができる点にある。すなわち、パス解析は従来の手法では明らかにされない各要因の潜在的影響を解明することのできる有効な手法であるといえる。

5. 結論

本研究では、数量化理論Ⅱ類を用いて道路交通騒音に対する社会反応を分析し、種々の物理的要因や非物理的要因の社会反応への影響の程度を検討した。また不快感の因果構造を仮定し、不快感とその構成要素の関係を明

確にすることを目的にパス解析によって分析を行った。その結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) 北海道では道路交通騒音の不快感（以下、不快感）へは個人的要因や普段の睡眠状態の影響が大きく、九州では屋外環境に対する評価や態度が大きな影響を及ぼしているが、その原因は特定できなかった。
 - 2) 数量化理論Ⅱ類やパス解析の結果では窓の構造は不快感にはほとんど影響しないことが示された。
 - 3) L_{eq} は不快感への主要な影響要因であるが、不快感へ直接影響を及ぼすよりも、TV妨害や覚醒などの騒音の具体的影響を介して間接的に大きな影響を有している。
 - 4) 物理的要因では L_{eq} 、非物理的要因では自然環境に対する評価、騒音に対する敏感さなどが不快感への重要な影響要因である。
 - 5) 4地区全体についての分析では性別や車の所有などの個人的要因の不快感への影響は小さかった。
 - 6) TV妨害や覚醒などの騒音の具体的影響が不快感を引き起こす直接の原因と考えられるとともに、これらの要因は外因性変数である種々の要因の間接効果を媒介する要因として重要である。
 - 7) パス解析は各要因の不快感への間接効果を特定し、従来の手法では明らかにされない潜在的影響を解明できる有効な手法である。
- 本論文では道路交通騒音の不快感構造について検討し、種々の要因による道路交通騒音の不快感モデルの試案を提示した。しかし、データ数が少ないため、このモデルの妥当性を検証するためには、今後大規模な調査を行って、データを蓄積しなければならないと考えている。

参考文献

- 1) Schultz, T.J. : Synthesis of social Surveys on Noise Annoyance, J. Acoust. Soc. Am., 64(2), pp.377~405, 1978.8
- 2) Griffiths, I.D. and Langdon, F.J. : Subjective Response to Road Traffic Noise, J. Sound Vib., Vol.8(1), pp.16~32, 1968
- 3) 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反応, 音響技術, Vol.21, pp.47~52, 1978.1
- 4) Langdon, F.J. : Noise Nuisance Caused by Road Traffic in Residential Areas : Part II, J. Sound Vib.,

Vol.47(2), pp.265~282, 1976

- 5) Bradley, J.S. and Jonah, B.A. : The Effects of Site Selected Variables on Human Responses to Traffic Noise, Part I : Type of Housing by Traffic Noise Level, J. Sound Vib., Vol.66(4), pp.589~604, 1979
- 6) Borsky, P.N. : Review of Community Response to Noise, Proceeding of the Third International Congress on Noise as a Public Health Problem, pp.453~474, 1980
- 7) Langdon, F.J. : Noise Nuisance Caused by Road Traffic in Residential Areas : Part III, J. Sound Vib., Vol.49(2), pp.241~256, 1976
- 8) Bradley, J.S. and Jonah, B.A. : The Effects of Site Selected Variables on Human Responses to Traffic Noise, Part II : Road Type by Socio-Economic Status by Traffic Noise Level, J. Sound Vib., Vol.67(3), pp.395~407, 1979
- 9) Bradley, J.S. and Jonah, B.A. : The Effects of Site Selected Variables on Human Responses to Traffic Noise, Part III : Community Size by Socio-economic Status by Traffic Noise Level, J. Sound Vib., Vol.67(3), pp.409~423, 1979
- 10) 鄭大瑞ほか2名 : 都市環境騒音に対する住民反応の分析, 日本音響学会誌, 40巻7号, pp.475~486, 1984
- 11) Taylor, S.M. : A Path Model of Aircraft Noise Annoyance, J. Sound Vib., Vol.96(2), pp.243~260, 1984
- 12) Kryter, K.D. : The Effects of Noise on Man, Academic Press, Second Edition, 1985
- 13) 泉清人ほか2名 : 北海道と九州における道路交通騒音に関する社会調査 : 道路交通騒音に対する社会反応の地域比較研究 I, 日本建築学会論文報告集, No.442, pp.1~7, 1992.12
- 14) 日本建築学会編 : 建築・都市計画のための調査・分析方法, 井上書院, 1988
- 15) 武田一哉ほか2名 : 住環境騒音暴露パターンの解析と住民反応の尺度化に関する研究, 日本音響学会誌, 41巻12号, pp.870~876, 1985
- 16) Asher, H.B. 著, 広瀬弘忠訳 : 因果分析法, 朝倉書店, 1987
- 17) 安田三郎, 海野道郎共著 : 社会統計学, 丸善株式会社, 昭和63年
- 18) Nemecek, J., Wehrli, B., and Turrian, V. : Effects of the Noise of Street Traffic in Switzerland, a Review of Four Surveys, J. Sound Vib., Vol.78(2), pp.223~234, 1981

(1992年11月30日原稿受理, 1993年6月28日採用決定)