

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——*

森原 崇^{*1} 佐藤哲身^{*2} 矢野 隆^{*3}

〔要旨〕 ヨーロッパでは鉄道騒音に対する不快感は道路交通騒音より小さいことが多くの研究で報告され、数か国で鉄道ボーナスとして法令に反映されている。本研究は、温暖な九州と気候や住宅構造が北ヨーロッパと類似した北海道で行った道路交通騒音と鉄道騒音に関する社会調査データを用いて、鉄道ボーナスが日本でも適用できるかどうか、またどのような要因が鉄道ボーナスに影響するかを検討した。両騒音に対する不快感反応を音源間、地域間で比較したが、ヨーロッパのような反応傾向は見られなかった。昼間と夜間の暴露レベルを用いても社会反応の日欧間の違いは説明できなかったが、音源からの距離が日欧間の違いを説明できる可能性を示した。

キーワード 社会反応, 鉄道騒音, 道路交通騒音, 暴露-反応関係, 鉄道ボーナス

Community response, Railway noise, Road traffic noise, Dose-response relationship, Railway bonus

1. はじめに

これまで環境騒音に対する社会調査は欧米諸国を中心に数多く行われ、膨大な調査データが蓄積されてきた。これらのデータは相互に比較され、騒音の一般的な不快感や会話・睡眠妨害などの生活活動妨害、ストレスや動悸といった健康影響など、騒音に起因する様々な影響が検討されてきた。特に、異なる音源間で騒音暴露量と不快感反応の関係を比較することは、騒音の影響評価に関する研究の主要なテーマとして多く研究が報告されてきた。

Schultz [1] は 1978 年に騒音暴露量 (L_{dn}) と反応の関係を騒音源の種類に関係なく一本の総合曲線で表せることを報告した。その後、Fields ら [2] や Knall ら [3], Moehler [4], Miedema ら [5] は、ヨーロッパ諸国や北米、オーストラリアでの環境騒音に対する社会調査を基に音源間で騒音暴露量と反応との関係を比較し、鉄道騒音の方が道路交通騒音よりもアノイアン

スの反応が小さいことを示している。このような研究成果を基に、ヨーロッパの幾つかの国の法令は、鉄道騒音に対して 5 dB 緩和するいわゆる鉄道ボーナスを付与するよう定められている [6]。

日本でも鉄道騒音と道路交通騒音に対する社会反応の比較研究が幾つか報告されている。田村 [7] はヨーロッパの研究 [2-5] と同様に鉄道が主音源となる地域の方が不快感は小さいことを示した。また、Fastl ら [8] はドイツ人と日本人を対象として実験室実験を行い、ラウドネスに関しては鉄道ボーナスの妥当性を確認した。一方、Kaku ら [9] は東京での調査から道路交通騒音と鉄道騒音に対する不快感反応がほとんど同じであったことを報告している。また、矢野ら [10] は 1994 年から 1996 年にかけて九州で道路交通騒音と鉄道騒音の社会調査を行い、騒音暴露量と反応との関係の結果から両騒音に対する不快感反応の違いは見られないことを見出した。これらの最近の日本の調査結果とヨーロッパの結果の相違は、生活様式や住宅の構造（遮音性能）、音源に対する態度などの社会的文化的な要因が異なることが影響すると考えられるが、これまでの研究からはこの原因を特定するには至っていない。

最近の日本とヨーロッパの結果との相違を検証するためには、同一の方法を用いて両地域で調査を実施するのが最良であるが、このような調査を実施するのは容易ではない。しかし、北ヨーロッパ諸国と気候や住宅タイプが類似した北海道で九州と同一の手法を用いて調査すれば、日欧の文化的な違いの影響を明らかにすることはできないが、文化的に大きく異なるない条

* Comparison of community responses to railway and road traffic noises in Hokkaido and Kyushu: The validity of the railway bonus in Japan, by Takashi Morihara, Tetsumi Sato and Takashi Yano.

^{*1} 熊本大学自然科学研究科環境共生科学専攻

^{*2} 北海学園大学工学部建築学科

^{*3} 熊本大学工学部環境システム工学科

(問合先: 森原 崇 〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1
熊本大学工学部環境システム工学科矢野研究室 e-mail:
015d9615@gssst.stud.kumamoto-u.ac.jp)

(2003年5月12日受付, 2003年11月10日採録決定)

表-1 調査データの概要

	北海道(札幌)道路	北海道(鉄道)	九州(熊本)道路	九州(鉄道)
住宅タイプ		戸建住宅		
調査地区	札幌市の 11 地区	小樽-江別間の JR 函館本線沿線, 札幌-さっぽろビール庭園間の JR 千歳線沿線, 札幌-あいの里公園間の JR 学園都市線	熊本市内の 15 地区	博多-熊本間の JR 鹿児島本線沿線, 福岡-大牟田間の西鉄大牟田線沿線, 熊本-武蔵塚間の JR 豊肥本線沿線
調査方法		留置法		
調査時期	1997.10 ~ 1998.1	2001.9	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
1 日の交通量 (台)	2,491 ~ 48,219	87 ~ 344	3,936 ~ 44,787	72 ~ 414
$L_{Aeq,24h}$ (dB) の範囲	53 ~ 76	30 ~ 78	49 ~ 74	34 ~ 74

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, 敏感さ(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	うるさい割合, 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, 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

件の下で住宅構造(遮音性能)の違いについては検討できる。

本研究の目的は, 1994 年から 2001 年にかけて九州と北海道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を基に, 音源間・地域間で両騒音に対する反応の違いを調べ, 日本で鉄道ボーナスが妥当であるか否かを検討することである。

2. 社会調査と騒音測定

本研究で使用する社会調査と騒音測定のデータの概要を表-1 に示す。

社会調査は 1994 年から 2001 年にかけて実施され, すべての調査で道路又は線路に面した 1 列目の戸建て住宅だけを対象とした。選定した住宅から選挙人名簿を基に 1 世帯当たり 20 ~ 80 歳の成人 1 名をランダムに抽出し, 留置法を用いて調査した。

調査項目は, 住宅要因, 地域環境要因, 生活環境汚染項目, 騒音源による具体的影響項目, 個人的要因からなり, 調査ごとに多少異なる。表-2 は四つの調査で共通に質問した項目を示している。

生活環境汚染項目と騒音源による具体的な影響の評

表-3 評定尺度

生活環境汚染項目	騒音源による具体的影響
5. 非常に不快	4. 非常にじゃまになる
4. かなり不快	3. かなりじゃまになる
3. 少し不快	2. 少しじゃまになる
2. 気がつくが不快でない	1. じゃまにならない
1. 気がつかない	

価には共通して表-3 に示す同一の評定尺度を用いた。この生活環境汚染項目で使用した尺度のカテゴリ 1 と 2 はアノイアンスに関しては同じカテゴリと考えられるため, この質問項目で使用した尺度は実質的に 4 段階尺度と考えている。得られたサンプル数は約 400 から 500 で, 回収率は約 64% から 80% である。

騒音測定は社会調査を終了した後に実施された。道路交通騒音測定は調査地区ごとに道路に面する公園等の広場の道路端に測定基準点を定め, 24 時間にわたって終日測定した。また, 基準点及び基準点から 5, 10, 20, 40 m の各測定点で同時に 100 秒間測定した。対象地区はすべて道路に対して平坦な地形であるため, 距離減衰予測式は距離の対数式とした [11]。北海道の

表-4 道路交通騒音の距離減衰予測式（北海道）

測定場所	距離減衰予測式	決定係数
1：石狩街道 1	$Y = 1.5 + 17.0 \log_{10} X$	0.895
2：石狩街道 2	$Y = 1.5 + 17.0 \log_{10} X$	0.895
3：栄通り	$Y = -0.5 + 11.4 \log_{10} X$	0.960
4：北郷通り 1	$Y = 1.5 + 18.3 \log_{10} X$	0.939
5：北郷通り 2	$Y = -0.8 + 19.7 \log_{10} X$	0.984
6：厚別通り	$Y = -0.1 + 17.2 \log_{10} X$	0.984
7：環状通り	$Y = 0.9 + 11.0 \log_{10} X$	0.887
8：西十三丁目通り	$Y = 0.4 + 13.3 \log_{10} X$	0.988
9：五輪通り 1	$Y = -0.5 + 17.0 \log_{10} X$	0.984
10：五輪通り 2	$Y = 0.9 + 15.6 \log_{10} X$	0.962
11：もみじ台通り	$Y = -1.5 + 20.5 \log_{10} X$	0.924

Y：減衰量（dB）

X：（基準点から見た複数線音源の重心位置までの距離（m）/ 測定点から見た複数線音源の重心位置までの距離（m））

調査結果から算出した距離減衰予測式を表-4に示す。交通量は北海道と九州で同程度であり、道路から住宅までの距離は1mから約80mに及ぶ。

鉄道騒音に関しては、対象住宅が異なる地形（平地、盛り土、堀割等）ごとに基準測定場所を定め、基準点から5、10、20、40mの測定点で列車の車種ごとに約20本を測定した。九州の全対象住宅と北海道の平坦地の住宅では距離減衰予測式は前述と同様に距離の対数回帰式を適用した[12]。北海道の調査では平坦地以外にも高架や防雪林等の影響が考えられる住宅を対象と

したため、平坦地以外の地形条件では騒音の測定結果を散布図として表し、その分布傾向や回折等の影響を考慮して、地形条件の減衰傾向を表すのに最もふさわしいと判断した距離減衰式を適用した。2001年に北海道で行った鉄道騒音測定から得た距離減衰式を表-5に示す。表内の2次回帰式は理論的ではないが、減衰傾向を表すのに当てはまりがよい予測式である。また、表-5で堤防の場合の距離減衰予測式の決定係数は悪いがこの式を適用したサンプル数は2で後述する反応傾向への影響は小さい。1日の通過本数は両地域の間ほとんど違いはなく、線路から住宅までの距離は1mから約400mの範囲に及ぶ。

各住宅の騒音暴露量は $L_{Aeq,24h}$ を用い、減衰予測式を基に算出した。鉄道騒音は30dBから約80dB、道路交通騒音は約50dBから76dBの範囲に及び、道路交通騒音の方が鉄道騒音よりも騒音暴露量の大きい住宅が多い。また、両地域とも1割程度の住宅が70dB以上の騒音に曝されている。

3. 調査項目の度数分布

社会調査と騒音測定の結果を基に、住宅要因と個人的要因、地域環境要因、物理的要因に関する度数分布を図-1に示す。調査ごとに回答者数が異なるため、各図の縦軸は相対度数とした。

住宅の構造はどの調査も木造が80%を越え、地域による違いはほとんど見られない。一方、窓ガラスの枚

表-5 鉄道騒音の距離減衰予測式（北海道）

地形条件	線路の位置	距離減衰予測式	決定係数
平地	近	$Y = -0.4 + 20.3 \log_{10} X$	0.916
	遠	$Y = -0.6 + 19.8 \log_{10} X$	0.862
平地 (ディーゼル車)	近	$Y = 0.1 + 17.6 \log_{10} X$	0.993
	遠	$Y = 0.1 + 11.4 \log_{10} X$	0.976
盛土	近	$Y = -0.1 - 25.9 \log_{10} X + 47.7(\log_{10} X)^2$	0.997
	遠	$Y = -0.1 - 29.1 \log_{10} X + 44.8(\log_{10} X)^2$	0.989
堀割	近	$Y = -0.1 + 28.6 \log_{10} X - 16.0(\log_{10} X)^2$	1.000
	遠	$Y = 42.0 \log_{10} X - 27.7(\log_{10} X)^2$	0.999
堤防	近	$Y = -0.5 - 3.1 \log_{10} X$	0.373
	遠	$Y = -0.6 - 3.5 \log_{10} X$	0.362
高架	近	$Y = -2.3 + \log_{10} X + 10.3(\log_{10} X)^2$	1.000
	遠	$Y = 9.6 \log_{10} X + 2.2(\log_{10} X)^2$	0.999
高架 (地上から9~14m)	近	$Y = -2.1 + \log_{10} X + 6.5(\log_{10} X)^2$	0.992
	遠	$Y = 2.4 \log_{10} X + 5.7(\log_{10} X)^2$	0.996
防雪林	近	$Y = 29.7 \log_{10} X$	0.972
	遠	$Y = 30.0 \log_{10} X$	0.967
崖	近	$Y = -0.1 + 17.1 \log_{10} X$	0.992
	遠	$Y = 17.7 \log_{10} X$	0.994

Y：減衰量（dB）

X：（音源から基準点までの距離（m）/音源から測定点までの距離（m））

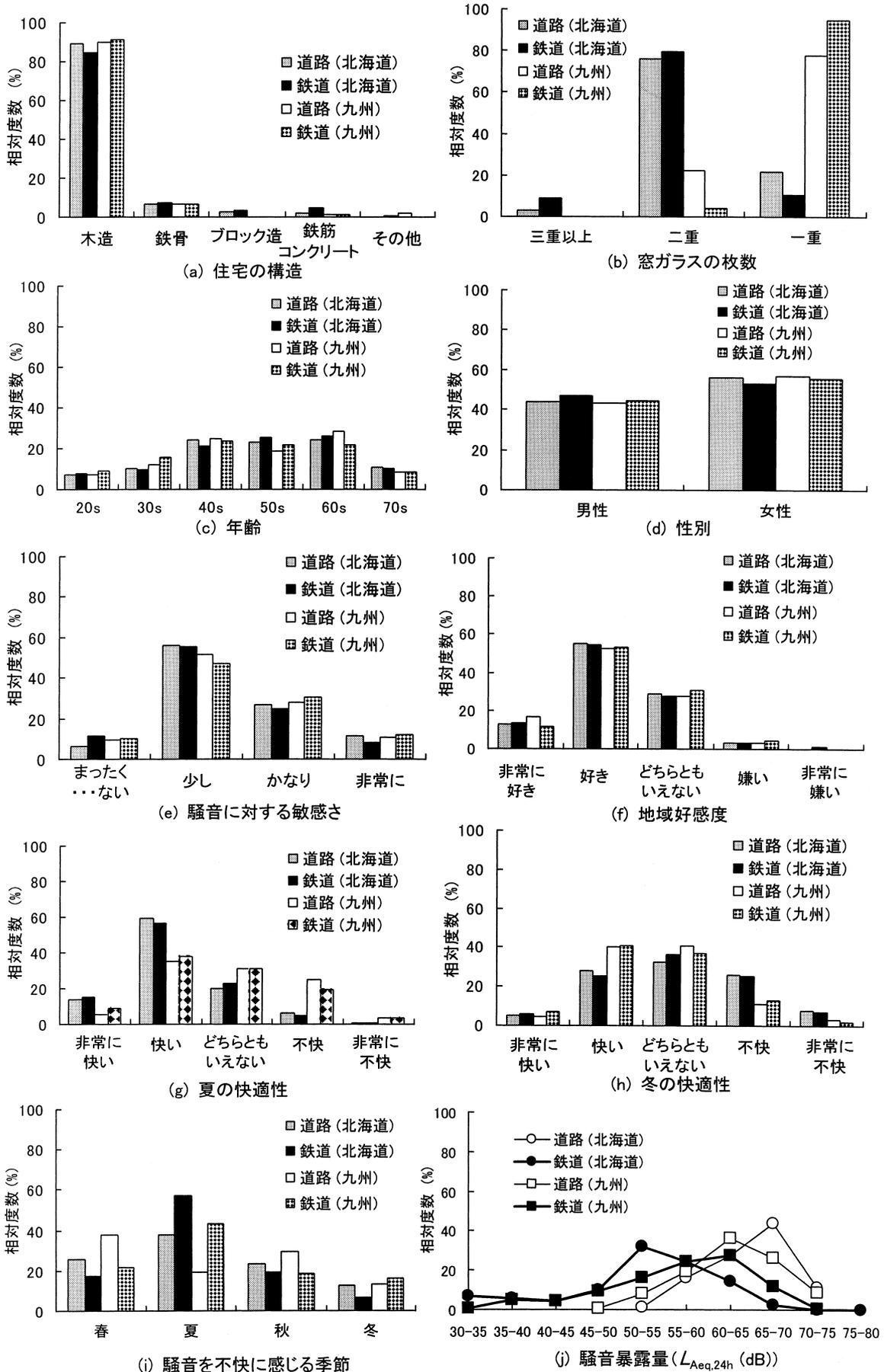


図-1 相対度数分布の比較

数は、北海道ではほとんど二重ガラス以上であるのに対し、九州ではまだ8割が一重ガラスであり両地域の窓ガラスによる遮音性能の違いが窺える。

個人的要因について、年齢はどの調査も同様な分布を示し、40代から60代の回答者が7割程度を占めている。更に性別に関してもすべての調査で同様な分布を示しており、若干女性の回答者の方が多い。騒音・音に対する敏感さには調査間に相違はほとんど見られない。これらの人口統計学的変数や個人の属性に調査間で大きな違いがないということは、調査間で社会反応を精度良く比較し得ることを示している。

地域環境要因としての四季の快適性は、夏に北海道の居住者の方が九州よりも比較的快適側の回答率が高く、冬には逆に北海道よりも九州の居住者の方が快適側の回答が多い。このことは気候の違いが反応へ影響していることを示している。

騒音を不快に感じる季節について、両騒音源とも北海道の方が夏に不快と感じる割合が多いが、九州の道路交通騒音の対象地域では夏の不快感の割合が少ない。これは、北海道では夏期に窓を開けている機会が多いのに対して、九州では北海道よりも空調設備を利用する機会が多く、窓を閉じていることに起因していると考えている。更に鉄道騒音の方が道路交通騒音よりも夏に不快と答える割合が多い理由は、道路に面する地域では車による排気ガスや粉塵などの影響もあり、鉄道に面する地域よりも窓を閉めて生活する期間が長いためだと思われる。

騒音暴露量 ($L_{Aeq,24h}$) は、北海道と九州の両調査地域とも道路交通騒音の方が鉄道騒音よりも暴露量が多い。特に北海道においてその差は大きく、鉄道騒音調査では多くの住宅が鉄道線路からかなり離れたところに位置していることを反映している。

4. 音源・地域の違いによる社会反応への影響

両騒音による一般的な不快感(アノイアンス)と騒音暴露量との関係を検討するために、 $L_{Aeq,24h}$ と % highly annoyed との関係性を求めた。

Schultz [1] は、% highly annoyed をある騒音暴露量 (L_{dn}) に対して評定尺度の上位 27~29% のカテゴリに反応した人々の割合として提案した。この割合は7段階尺度の上位2カテゴリ、11段階尺度の上位3カテゴリに相当する。この % highly annoyed の定義については、Schultz [1] の研究をきっかけとして数々の研究が報告されている。Fidell [13] は騒音暴露量と反応との関係を理論的に捉えようとし、アノイアンスは騒音暴露量の変化に対して指数関数で表されると仮定している。そこで独自の基準値 A^* を用いて、% highly

annoyed が $1/e$ (約 37%) となる場合に、 L_{dn} は基準値 A^* を 0.3 で割った値と等しくなるというモデルを考案した。ここで A^* を 22.5 とすると、このモデルは L_{dn} が 40 dB から 85 dB の間で Schultz の曲線とかなり類似した曲線を描く。Miedema ら [5] は数多くの社会調査研究をレビューし、% highly annoyed の定義を評定尺度に使われる言葉や段階数に関係なく、評定尺度の上位 28% に反応した人の割合とし、アノイアンスは鉄道騒音よりも道路交通騒音の方が、更に航空機騒音の方が大きいことを示した。Igarashi [14] は日本と他の国々で行われた騒音に関する社会調査研究を再検討し、% highly annoyed の扱い方によって騒音暴露量と反応との関係の結果が異なってくることを指摘しており、評定尺度に使われる言葉や段階数が結果に大きく影響するとしている。このように % highly annoyed の定義について幾つかの提案が行われているが、現状では国際的に合意されたものはなく、研究者の判断に委ねられている。

本研究では、すべての調査で同じ評定尺度を使用しており、結果を調査間で精度よく比較できると言える。そこで % highly annoyed の定義を、ある範囲の騒音に暴露されている人のうち、表-3の「5. 非常に不快」と評価した人の割合とした。

図-2に騒音による影響が見られると判断した6項目について騒音暴露量と反応との関係を示す。ボンフェローニの不等式に基づく多重比較法を適用して、音源間と地域間の差を χ^2 検定で検討した結果を表-6に示す。

騒音に対する一般的な不快感について北海道では 55~60 dB において、九州では 60~65 dB で鉄道騒音と道路交通騒音に対する反応に 5% で有意な差が見られた。全体的に鉄道騒音に対する不快感反応は一貫して道路交通騒音よりも大きい。また、各騒音源に対する不快感に地域間の違いは見られない。つまり九州と北ヨーロッパと住宅構造が類似した北海道とでは不快感反応の違いが見られなかった。

テレビ・ラジオ聴取妨害や庭での会話妨害も同様に地域による差は見られない。また、両者とも道路交通騒音に暴露される地域の住民反応は騒音暴露量に関係なく小さいが、鉄道騒音に暴露される地域では騒音暴露量の増加に伴い妨害感は大きくなり、騒音源による反応の差は有意である。このように鉄道騒音の方が道路交通騒音よりも聴取妨害が大きく、このことはヨーロッパでの知見とも一致している [4]。

読書・思考妨害については鉄道騒音による妨害は道路交通騒音よりもやや大きく、九州で 55~65 dB において 5% で有意な差が見られた。入眠妨害に関しては両地域、両騒音源とも有意な差は見られず、騒音レベ

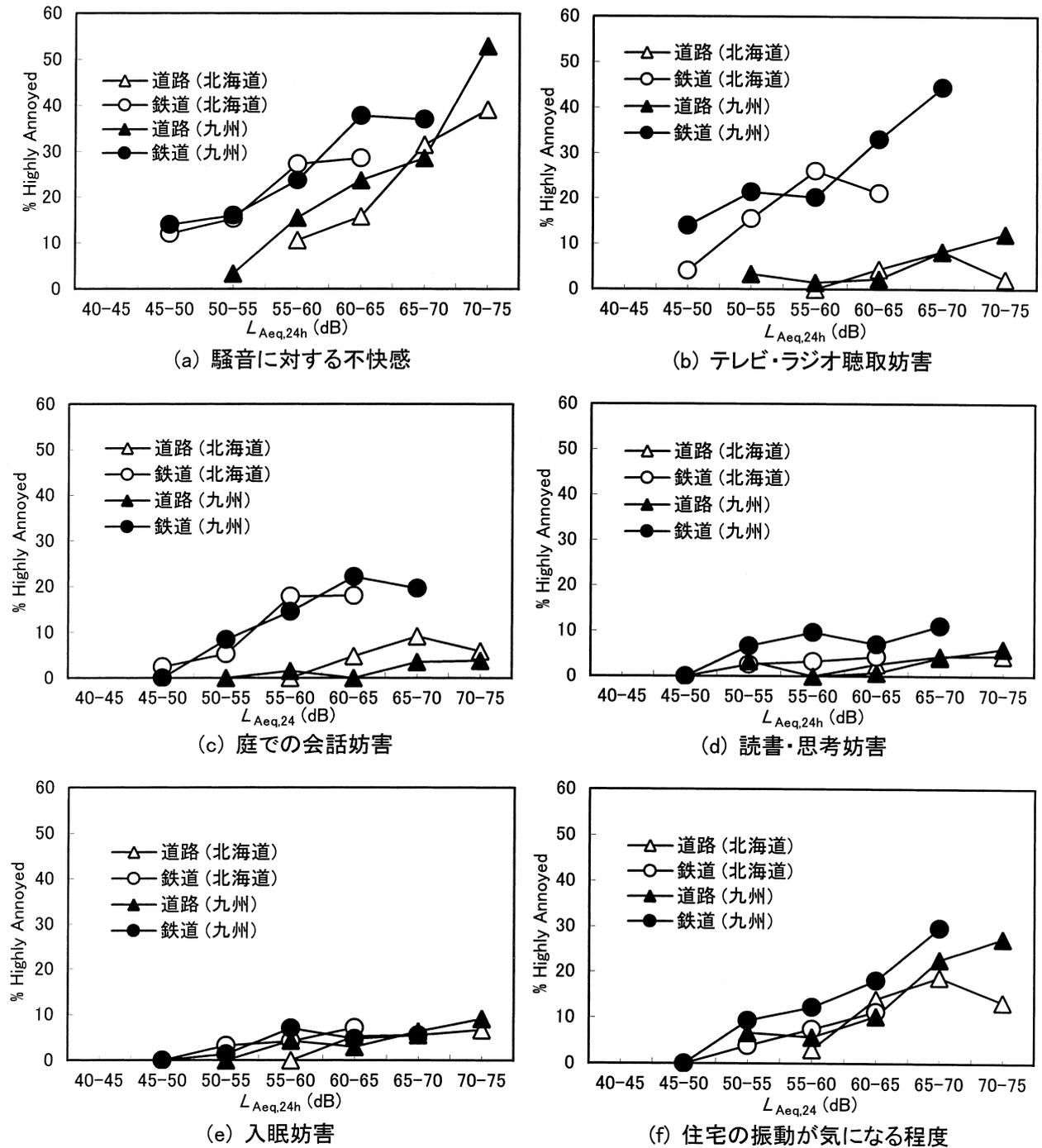


図-2 騒音暴露量と反応との関係

ルの変化に対して「非常にじゃまになる」という割合は15%以下でほぼ一定である。住宅の振動が気になる程度は騒音暴露量に比例して大きくなっているが、音源間・地域間による有意な差は見られない。

騒音に対する不快感と聴取妨害には音源間で暴露量と反応との関係に有意な差が見られ、一貫して鉄道騒音に対する反応は道路交通騒音よりも大きかった。また、暴露量と反応との関係にも北海道と九州の地域間には有意な差は見られなかった。しかし、北海道での鉄道騒音に関するアンケート調査は夏期に行われ、九州では春期もしくは秋期に行われたため、両地域とも

に普段の生活で窓を開けている可能性が考えられ、異気候による住宅の遮音性能の違いの影響が現れなかった可能性もある。

5. 時間帯別の騒音暴露量による社会反応への影響

これまで騒音暴露量として24時間の等価騒音レベル ($L_{Aeq,24h}$) を用いて、暴露量と反応との関係を検討してきた。しかし、騒音による生活妨害には入眠妨害や覚醒など主に夜間に生じる妨害や、テレビ・ラジオ聴取妨害や電話聴取妨害など主に昼間に生じるものがあ

表-6 騒音暴露量に対する反応割合の χ^2 検定の結果

	(a) 騒音に対する不快感						(b) テレビ・ラジオ聴取妨害					
	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75
北鉄×北道			*	—					**	**		
北道×九道			—	—	—	—			—	—	—	—
北鉄×九鉄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
九道×九鉄		—	—	*	—			—	**	**	**	

	(c) 庭での会話妨害						(d) 読書・思考妨害					
	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75
北鉄×北道			**	*					—	—		
北道×九道			—	—	—	—			—	—	—	—
北鉄×九鉄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
九道×九鉄		—	*	**	**			—	*	*	—	

	(e) 入眠妨害						(f) 住宅の振動が気になる程度					
	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75
北鉄×北道			—	—					—	—		
北道×九道			—	—	—	—			—	—	—	—
北鉄×九鉄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
九道×九鉄		—	—	—	—	—		—	—	—	—	—

**：有意水準 1%，*：5%，—：有意差なし
 北鉄：北海道での鉄道騒音調査，北道：北海道での道路交通騒音調査
 九鉄：九州での鉄道騒音調査，九道：九州での道路交通騒音調査

る。従って、昼間に感じる事が多い不快感項目であれば、 $L_{Aeq,24h}$ より昼間のみを考慮した $L_{Aeq}(L_{Aeq,D})$ の方が騒音による影響を表すのに適していると考えられる。同様に夜間に感じる項目であれば、夜間のみを考慮した $L_{Aeq}(L_{Aeq,N})$ の方が適していると考えられる。

そこで L_{dn} の時間帯区分にならって、1 日の騒音暴露量を昼間 ($L_{Aeq,D}$: 7:00~22:00) と夜間 ($L_{Aeq,N}$: 22:00~7:00) とに分割し、昼間と夜間ごとに騒音暴露量と反応の関係を比較することによって、ヨーロッパと日本での鉄道騒音と道路交通騒音に関する騒音暴露量と反応との関係の違いを検討する。

表-7 に各調査地区での $L_{Aeq,24h}$ と $L_{Aeq,D}$ 、 $L_{Aeq,N}$ との差を示す。 $L_{Aeq,24h}$ と $L_{Aeq,D}$ の差はどの音源、どの地域でも -1 から -2 dB でほとんど同じであることが確認された。 $L_{Aeq,24h}$ と $L_{Aeq,N}$ の差は九州では音源間にほとんど違いがない。北海道においてその差が大きい原因は、総通過本数に対する夜間の通過本数の割合が九州では 11 から 20% であるのに対し、北海道では 7 から 13% と比較的小さいためである。

昼間と夜間の生活活動妨害に分け、騒音暴露量の影響を受けると予測した項目について騒音暴露量と反応との関係を比較した。テレビ・ラジオ聴取妨害と入眠妨害を例に挙げ図-3 に示す。

$L_{Aeq,D}$ を用いたテレビ・ラジオ聴取妨害の場合、反応

表-7 騒音レベルの差 (dB)

	$L_{Aeq,24h} - L_{Aeq,D}$	$L_{Aeq,24h} - L_{Aeq,N}$
北海道(札幌)道路	-1.6 ~ -1.0	2.8 ~ 6.6
北海道鉄道	-2.4 ~ -1.2	4.3 ~ 13.5
九州(熊本)道路	-1.8 ~ -0.6	1.8 ~ 7.5
九州鉄道	-2.5 ~ -0.8	1.6 ~ 5.0

は $L_{Aeq,24h}$ の結果と比べて全体的に右方向へずれているが、反応の割合に変化はほとんど見られず、 $L_{Aeq,24h}$ の結果と同様の傾向を示した。 $L_{Aeq,N}$ を用いた入眠妨害については $L_{Aeq,24h}$ よりも値が小さいため、 $L_{Aeq,D}$ とは逆に反応は左方向へずれているがその差はわずかで、 $L_{Aeq,24h}$ による暴露量と反応との関係と大きな違いは見られなかった。また、ボンフェローニの不等式に基づく多重比較法を適用して、 $L_{Aeq,D}$ と $L_{Aeq,N}$ で再整理した反応割合をそれぞれ音源間と地域間で χ^2 検定した。テレビ・ラジオ聴取妨害と入眠妨害ともに $L_{Aeq,24h}$ の結果と同様、音源間と地域間に有意な差は見られなかった。入眠妨害について Moehler ら [15] は夜間 (22:00~06:00) の騒音レベルを用いて、50 dB から 70 dB の間で道路交通騒音の方が鉄道騒音よりも反応が大きいことを示しており、音源間で反応にほとんど差が見られない本研究の結果と異なっている。

更に、上述の各種妨害感と暴露量の関係について、1 日の騒音暴露量と時間帯別の騒音暴露量とでどちらが

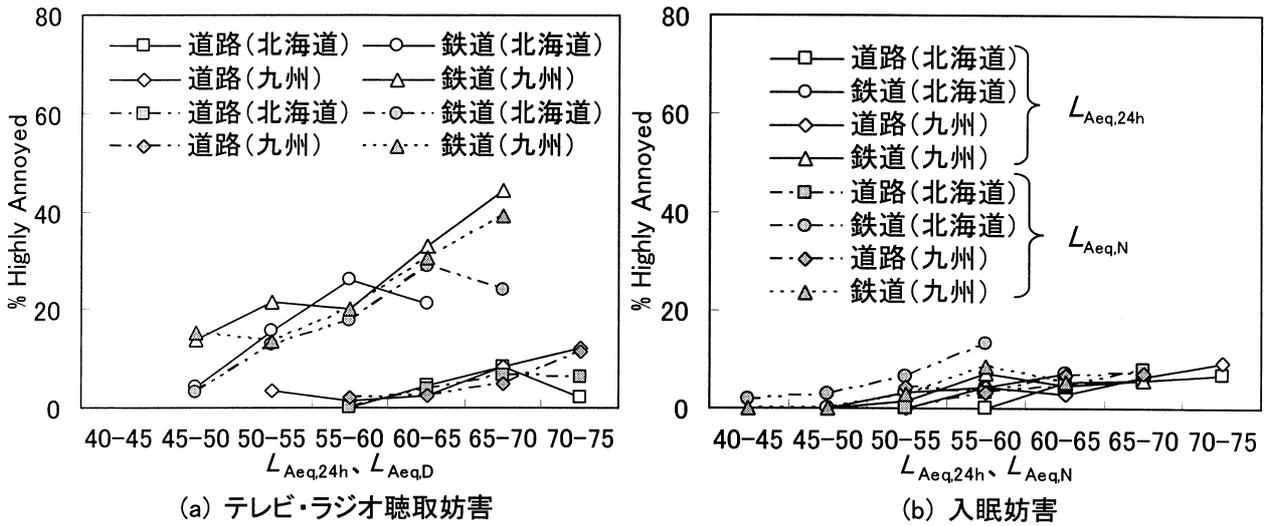


図-3 騒音暴露量と反応との関係 ($L_{Aeq,24h}$ と $L_{Aeq,D}$, $L_{Aeq,N}$ との比較)
 —— (実線): $L_{Aeq,24h}$ での結果, ---- (点線): $L_{Aeq,D}$, $L_{Aeq,N}$ での結果

妨害感を表すのにより適した指標であるか、それぞれの相関比から検討した。その結果、九州の鉄道騒音調査の覚醒と夜間の騒音暴露量との相関比が $L_{Aeq,24h}$ の場合よりも 0.01 大きくなった程度で、全体的に相関比の増加はほとんど見られなかった。

本章では時間帯別の騒音暴露量を考慮して北海道と九州の両音源に対する騒音暴露量と反応との関係を比較したが、ヨーロッパと日本で見られた騒音暴露量と反応との関係の違いを説明することはできなかった。

6. 騒音源からの距離による社会反応への影響

鉄道運行による振動の影響や聴取妨害は音源に近いところでは遠いところよりも大きい。その音源からの距離の影響は道路交通よりも大きいと考えられる。

表-8 に本研究と Griefahn ら [16] がドイツで行った調査での音源から住宅までの距離分布を示す。なお、ドイツの距離データは、共著者の R. Schuemer が提供してくれたものである。本研究の鉄道騒音調査では9割の住宅が 94 m までに位置し、騒音源から対象住宅までの距離の平均値は 43 m である。また、道路交通騒音調査は9割が 18 m までの住宅で、平均値は 10 m である。これは道路交通騒音調査の方が鉄道騒音調査よりも音源からの距離が近い住宅が多いことを示している。また、ドイツの調査では鉄道騒音調査の距離は 23 m から 374 m まで及び、平均値は 106 m で、道路交通騒音調査の距離は 4 m から 208 m に及び、平均値は 41 m である。ただし、このドイツで行われた調査結果には音源から 1 列目の住宅と小道を挟んで 2 列目の住宅も一部含まれている。このようにヨーロッパでは日本よりも一般に住宅は鉄道から離れているので、日本よりも特に鉄道に対して甘い反応が出易いのでは

表-8 音源からの距離の概要 (m)

	本研究		Schuemer のデータ		
	鉄道	道路	鉄道	道路	
平均値	43	10	106	41	
標準偏差	56	12	56	35	
最頻値	10	5	33	10	
百分率 (%)	100	414	84	374	208
	90	94	18	188	90
	50	23	7	98	27
	10	8	3	38	8
	0	1	1	23	4

ないかと考えられる。

以上のことをふまえて、本章では騒音源から住宅までの距離が騒音に対する社会反応に影響するかどうかを検討する。その際、北海道と九州の地域間で騒音への不快感に違いが見られなかったことから、両地域のデータを合わせて分析する。

住民反応と距離の関係について、久野 [17] は「道路に面する地域」の定義の目安として音源からの距離に着目し、騒音暴露量と住民反応は幹線道路からの距離が 10 m 以内と以遠とで大きく変化することを示している。本研究はこの久野の報告を参考にし、対象道路から住宅までの距離を「10 m 未満」と「10 m 以遠」に分類した。鉄道騒音に関してはこのような距離の影響に関する研究は見当たらないため、道路交通騒音調査の距離分類とほぼ同数のサンプル数を確保するため、線路から住宅までの距離を「20 m 未満」と「20 m 以遠」とに分類した。

道路交通騒音調査の総サンプル数は 783 で、距離で分類した場合は 10 m 未満, 10 m 以遠それぞれ 532,

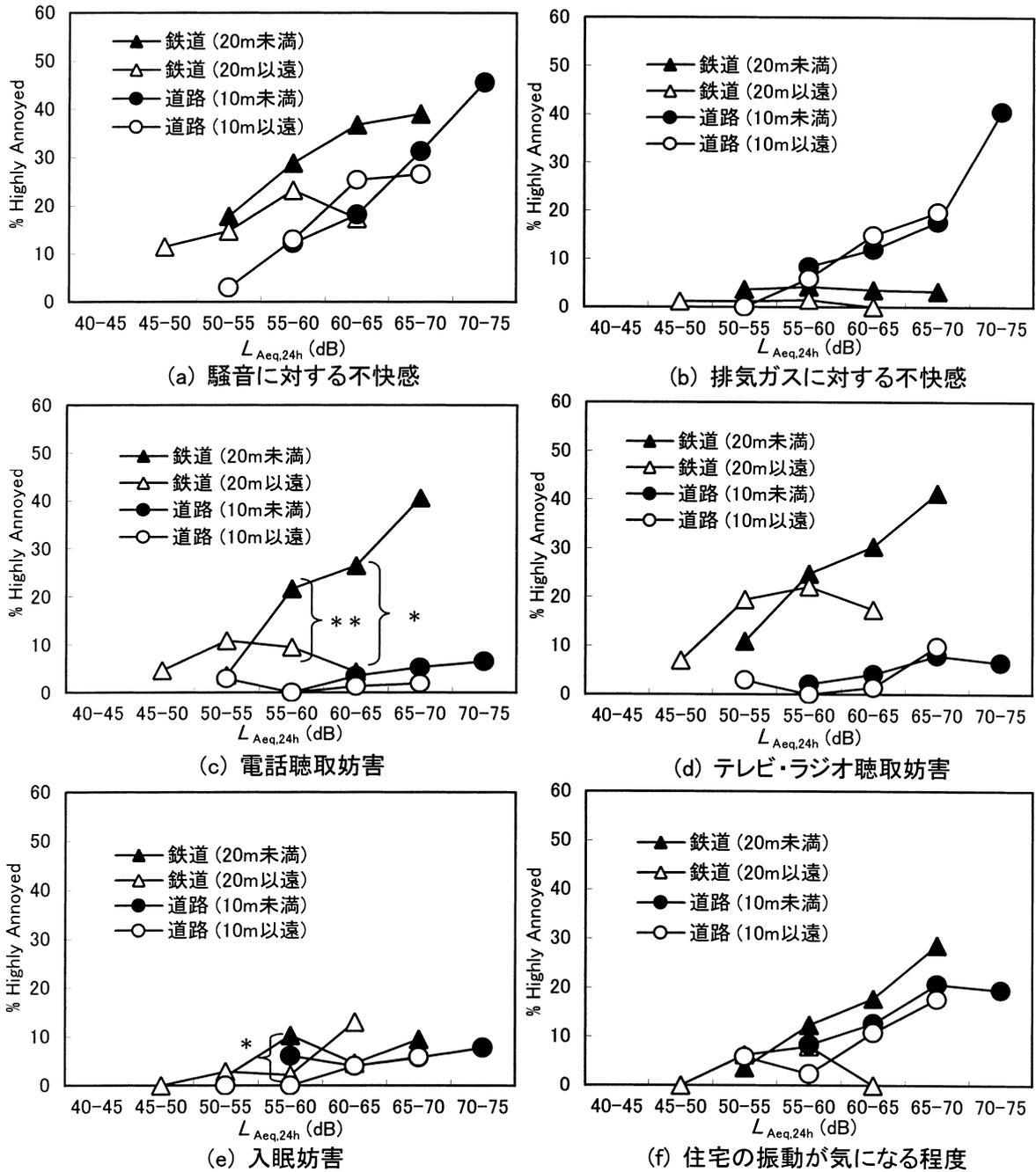


図-4 距離分類ごとの騒音暴露量と反応との関係
 **: 有意水準 1%, *: 5%

251 である。また、鉄道騒音調査の総サンプル数は 961 で、それぞれ 403 と 558 である。

前述の距離分類ごとに騒音暴露量と反応との関係を求め図-4 に示す。今回の検定では距離だけによる反応の違いを検討するため、ボンフェローニの不等式に基づく多重比較法を適用する必要はなく、通常の χ^2 検定を適用した。

鉄道騒音に関しては、騒音に対する一般的な不快感に対してどの騒音レベルにおいても有意な差は見られなかったが、音源からの距離の近いグループの方が距離の遠いグループよりも一貫して反応は大きいことが

示された。

電話聴取妨害において、55~60 dB で 1%、60~65 dB で 5% で有意な差が見られた。テレビ・ラジオ聴取妨害では有意な差は見られなかったが、電話聴取妨害と同様に距離の近いグループの方が 55 dB 以上で一貫して反応が大きいことが示された。

住宅の振動では有意な差は見られなかったが、聴取妨害と同様に 55 dB 以上で距離の近いグループの方が一貫して反応が大きい傾向が見られた。

入眠妨害については 55~60 dB で 5% で有意な差が見られたが、距離の違いによる系統的な影響は見られ

なかった。排気ガスの不快感に関してはどの騒音レベルでも距離の違いによる有意な差は見られなかった。休息妨害や読書・思考妨害についても同様に有意な差は見られなかった。

道路交通騒音に関しては、音源からの距離は騒音に対する不快感や生活活動の妨害感や住宅の振動が気になる程度に有意に影響しなかった。

以上から、音源から住宅までの距離は鉄道騒音に対する一般的な不快感へは影響していないが、鉄道騒音による聴取妨害へは有意に影響していることが示された。

矢野ら [10] はこれらの変数を用いてパス解析を行い、騒音に対する一般的な不快感には騒音暴露量だけでなく、生活活動妨害などその他の項目も影響することを示している。従って、音源からの距離の違いは他の生活活動妨害を介して間接的に影響していることが推測される。

以上の結果から、ヨーロッパの鉄道沿線の住宅は本研究で対象とした住宅よりも遠距離に位置するものが多いため、本研究で得られた結果よりも音源からの距離の影響が顕著に現れる可能性がある。このことはヨーロッパと日本とで反応が異なる原因の一つであると考えられる。

7. おわりに

本研究では暴露量と反応との関係により騒音に対する社会反応へ影響する項目として音源や地域、時間帯、音源からの距離の違いに着目し検討した結果以下の知見を得た。

1) 音源間の比較から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諸国で得られたような結果は見られず、鉄道騒音の不快感は道路交通騒音よりもわずかに大きい。特に聴取妨害に対する反応の違いは有意である。

2) 北ヨーロッパと比較的気候が類似している北海道と温暖な九州で騒音に対する社会反応を音源ごとに比較したが、どの社会反応についても有意な差は見られない。

3) 時間帯別の騒音暴露量を活動内容に合わせて騒音暴露量と反応との関係や相関比を検討したが、生活活動内容により時間帯別の騒音暴露量を適用することは有効ではない。

4) 騒音源から住宅までの距離は、道路交通騒音の場合はどの社会反応へも影響が見られないが、鉄道騒音の場合には聴覚的な妨害感に有意に影響していることが示された。つまり鉄道騒音に関しては音源からの距離は社会反応へ影響する要因である。

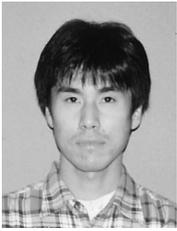
ヨーロッパの数か国の法令に適用されている鉄道ボー

ナスの有効性は本研究の結果からは示されなかった。また、ヨーロッパと日本の反応傾向が異なる原因を特定することはできなかったが、音源からの距離が影響している可能性を示した。

この研究には、Fern 大学の R. Schuemer 博士から貴重な助言を賜った。

文 献

- [1] T. Schultz: Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J. Acoust. Soc. Am.*, 64, 377-405 (1978).
- [2] J.M. Fields and J.G. Walker: Comparing the relationships between noise level and annoyance in different surveys: A railway noise vs. aircraft and road traffic comparison. *J. Sound Vib.*, 81, 51-80 (1982).
- [3] V. Knall and R. Schuemer: The differing annoyance levels of rail and road traffic noise. *J. Sound Vib.*, 87, 321-326 (1983).
- [4] U. Moehler: Community response to railway noise: A review of social surveys. *J. Sound Vib.*, 120, 321-332 (1988).
- [5] H.M.E. Miedema and H. Vos: Exposure-response relationships for transportation noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, 104, 3432-3445 (1998).
- [6] D. Gottlob: Regulations for community noise. *Noise/News Int.*, 223-236 (1995).
- [7] 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, 47-52 (1978).
- [8] H. Fastl, S. Kuwano and S. Namba: Assessing the railway bonus in laboratory studies. *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 17, 139-147 (1996).
- [9] J. Kaku and I. Yamada: The possibility of a bonus for evaluating railway noise in Japan. *J. Sound Vib.*, 193, 445-450 (1996).
- [10] 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. 音響学会誌, 54, 489-496 (1998).
- [11] 矢野 隆, 佐藤哲身, 山下俊雄, 川井敬二: 道路交通騒音に対する社会反応の異文化間比較—熊本とイエーテボリでの社会調査—. 音響学会誌, 55, 607-618 (1999).
- [12] 矢野 隆, 泉 清人, 山下俊雄, 田畑 享: 異なるカテゴリ尺度で得られた鉄道騒音に対する社会反応の比較. 音響学会誌, 53, 13-23 (1997).
- [13] S. Fidell: A theoretical interpretation of the prevalence rate of noise-induced annoyance in residential populations. *J. Acoust. Soc. Am.*, 84, 2109-2113 (1988).
- [14] J. Igarashi: Comparison of community response to transportation noise: Japanese results and annoyance scale. *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 13, 301-309 (1992).
- [15] U. Moehler, M. Liepert, R. Schuemer and B. Griefahn: Differences between railway and road traffic noise. *J. Sound Vib.*, 231, 853-864 (2000).
- [16] B. Griefahn, A. Schuemer-Kohrs, R. Schuemer, U. Moehler and P. Mehnert: Physiological, subjective, and behavioural responses during sleep to noise from rail and road traffic. *Noise & Health*, 9, 59-71 (2000).
- [17] 久野和宏: 道路騒音の生理的, 心理的影響. 騒音制御, 22, 317-321 (1998).



森原 崇

平成 11 年室蘭工業大学・工・建設システム工学科卒，平成 13 年熊本大学・自然科学研究科建築学専攻修了。現在，同大学大学院博士後期過程に在学中。騒音に関する研究に従事。日本建築学会，日本音響学会会員。



矢野 隆

昭和 49 年大阪大学・建築工卒，昭和 51 年同大学・大学院工学研究科博士前期課程建築工学専攻修了。現在，熊本大学工学部教授（工学博士）。騒音評価に関する研究に従事。日本建築学会，日本音響学会，日本騒音制御工学会会員。ICBEN Member at large。



佐藤 哲身

昭和 49 年室蘭工業大学・建築工卒，昭和 51 年同大学・工学研究科修士課程建築工学専攻修了。室蘭工大・助手，北海学園大学・工・講師，助教授を経て現在同大・教授。騒音評価に関する研究に従事。日本建築学会，日本音響学会，日本騒音制御工学会，IIAV 会員。
