

報告 (Note)

新幹線鉄道騒音の暴露反応関係についての再検討
—社会音響調査の二次分析から—

横島潤紀, 森原 崇*, 矢野 隆**, 川井敬二**, 田村明弘***
(環境情報部, *石川工業高等専門学校, **熊本大学, ***横浜国立大学)

Review of exposure-response relationships for Shinkansen Railway Noise
— Secondary analysis of socio-acoustic surveys —
Shigenori YOKOSHIMA, Takashi MORIHARA*, Takashi YANO**, Keiji KAWAI** and
Akihiro TAMURA***
(Environmental Information Division, *Ishikawa College of National Technology,
Kumamoto University, *Yokohama National University)

キーワード：新幹線鉄道騒音，社会音響調査，暴露反応関係，アノイアンス，聴取妨害

1 はじめに

「航空機騒音に係る環境基準について」は、平成 19 年に一部改正し、航空機騒音の評価量を、加重等価継続感覚騒音レベル WECPNL から、等価騒音レベルを基本とする時間帯補正等価騒音レベル L_{den} に変更された。既に、「在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針について」及び「騒音に係る環境基準について」では、等価騒音レベルが評価量として採用されている。

一方、新幹線鉄道騒音に係る環境基準は、1975 年に最大値ベースの評価量が設定されている。しかし、設定から 40 年以上が経過し、現在、評価量の見直しについて議論が開始されている。道路交通騒音や航空機騒音における評価量との整合性の観点からは、エネルギーベースの評価量の導入が望ましいものの、最大値ベースの評価量からエネルギーベースの評価量に変更する上で、路線により運行本数が大きく異なるため、両者の関係は一定とはならない。東海道新幹線の運行本数は 300 本以上/日であるのに対し、北陸新幹線の運行本数は 100 本前後である。両路線で最大値ベースの評価量がほぼ等しい地点に、車両長の影響等を無視しても、エネルギーベースの評価量は 5dB 以上異なる。すなわち、エネルギーベースの評価量を採用する場合、従来の最大値ベースの評価量からのスライドは不可能であり、環境基準の数値の決定に資するた

めには、騒音暴露量と社会反応や疾病発生との関係を明示することが必要となる。

筆者らは、国内の新幹線鉄道沿線の住宅地で別個に実施された 3 回の社会音響調査で得られた個票データ（暴露量と調査票の回答データ）を収集し、暴露量とアノイアンスとの関係を中心に、新幹線鉄道騒音の評価量を再検討した¹⁾。本報では、上記の調査に加え、4 回の社会音響調査（神奈川県内の東海道新幹線調査²⁾、国内各地での環境省調査³⁾、熊本県内の九州新幹線調査⁴⁾、長野市内の北陸新幹線調査⁵⁾）を対象とし、過去 20 年間に日本国内で実施された新幹線鉄道騒音に関する社会音響調査の個票データを収集した。筆者らは、これら収集した個票データを用い、アノイアンスのみならず、鉄道騒音により引き起こされる生活妨害の代表として聴取妨害に着目し、暴露反応関係の二次分析を実施した。本報ではその結果を報告する。

2 社会音響調査

本報で分析に用いた個票データは、表 1 に示す社会音響調査から得られたものであり、その総数は 5,526 である。これらの調査は新幹線沿線の住宅地において別個に実施されたものであり、調査により質問項目やその評価尺度などが異なる。このうち、環境省調査は、国内各地を対象とし、東海道新幹線では 4 都府県、東北新幹線では 3 都県において調査を行った。また、

神奈川 B, 環境省及び熊本調査は, 戸建住宅に加えて集合住宅の居住者も対象としていた。

2. 1 社会反応

本報では, 社会反応の一つとしてアノイアンスに着目した。この反応の定義は明確でないが, 筆者らは, 感覚, 情緒, 生活, 身体への影響の総体が引き起こす被害感と解釈している⁶⁾。収集した個票データの反応は, 神奈川 A 調査以外は, ICBEN の 5 段階尺度 (1. まったくない, 2. それほどない, 3. 多少, 4. だいぶ, 5. 非常に)⁷⁾に準拠したものである。ただし, 名古屋及び環境省調査は, 新幹線鉄道と限定せずに, 鉄道の音に対するアノイアンスを得ていた。また, 神奈川 A 調査では, 複数の音源の中から, 新幹線鉄道騒音を, 最も気になる音, あるいはその次に気になる音として指摘した回答者についてのみ, サブ質問により我慢感の反応を得ていた。この場合, 新幹線鉄道騒音を指摘していない回答者のアノイアンスは本来不明であるが, 後述するように, 本報において議論の根幹となる厳しいアノイアンスは発生していないとして整理した。

聴取妨害については, 1) 評価尺度数の違い, 2) 質問項目の違い, 3) フィルタ質問の有無の 3 点に着目して反応を整理した。1) の評価尺度数については, 神奈川 A (1995 年度調査), 福岡, 熊本及び長野調査が 5 段階で, 神奈川 A (1996 年度調査), 神奈川 B, 名古屋及び環境省調査は 2 段階であった。5 段階尺度を 2 段階尺度に変換するために, 上位 2 段階の評価を妨害あり, それ以外の評価を妨害なしの 2 段階尺度として整理した。続いて, 2) の質問項目については, 福岡, 熊本及び長野調査では, 電話妨害 (例えば, 「電話での相手の話声の聴き取り」) と TV 妨害 (例えば, 「テレビやラジオの聴き取り」) に対する反応が個別に得られていた。一方, 神奈川 A, 神奈川 B, 名古屋及び環境省調査では, 両者を合わせた 1 項目 (例えば, 「電話の声やテレビ・ラジオの音が聞き取りにくい」) で, 聴取妨害の反応が得られていた。本報では, 電話妨害と TV 妨害それぞれの反応を統合した聴取妨害の反応として整理するために, 両項目とも妨害なしの場合を聴取妨害なし, どちらかの項目が妨害ありの場合を聴取妨害ありとして整理した。

最後に, 3) フィルタ質問については, 神奈川

A, 名古屋及び環境省調査では, アノイアンスと同様に, 複数の音源の中から, 新幹線鉄道騒音を悩まされている音あるいは気になる音として指摘した回答者についてのみ, サブ質問により聴取妨害の有無が得られていた。アノイアンスの反応の変換と同様に, 悩まされている音などの指摘がない場合, 加えて新幹線鉄道騒音以外の音源を指摘している場合にも, 新幹線騒音による聴取妨害は, 生活環境における重要な問題ではないと捉えられていることから, 聴取妨害の反応なしとした。

2. 2 暴露量

本報では, 騒音暴露量として, 昼夜騒音レベル L_{dn} (昼間 7:00-22:00・夜間 22:00-7:00) と現行の環境基準の評価方法に準じた上位半数のエネルギー平均値 L_{Amax} を用いた。 L_{dn} は, 等価騒音レベルを基本とするエネルギーベースの評価量で, 夜間の時間帯に +10dB の重み付けをしたものである。すなわち, L_{dn} は, 騒音の発生回数や継続時間を加味した評価量となる。一方, 現行の環境基準の評価量は, 最大騒音レベルの上位半数のエネルギー平均値により求まる最大値ベースの指標であり, その発生回数や継続時間は加味していない。

L_{dn} については, 一部の調査において暴露量が算出されていなかったが, 全調査で算出していた 24 時間の等価騒音レベル $L_{Aeq,24h}$ から推計した。すなわち, 時間帯により列車の車両編成が変化しないと仮定し, $L_{Aeq,24h}$ と 1 日の列車運行本数から求めた 1 列車当たりの単発騒音暴露レベルのエネルギー平均値と, 時刻表により調べた昼夜各時間帯の運行本数から L_{dn} を算出した。一方, L_{Amax} については, 環境省調査では暴露量が算出されていなかった。このため, 他の調査の個票データ等から, 同一路線または運行本数が類似している路線を抽出し, それぞれの L_{Amax} と L_{dn} との差分を求めることにより環境省調査の L_{Amax} を推計した。一方, 振動については, 「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について (勧告)」に準じて, 地盤上における鉛直方向の振動レベル最大値の平均値 L_{vmax} を暴露量としたが, 福岡調査における一部の回答者と環境省調査では算出されていなかった。

なお, 暴露量はすべて整数単位で整理した。

表 1 分析に用いた社会音響調査の概要

調査	神奈川 A	神奈川 B	福岡	名古屋	環境省	熊本	長野
調査 ID	KNG95 KNG96	KNG01	FKO	NGY	MOE	KMM	NGN
調査年度	1995-1996	2001-2003	2003	2004	2003-2006 東北 上越	2011-2012	2013
新幹線	東海道	東海道	山陽	東海道	東海道 長野 山陽	九州	長野
調査機関	横浜国大 神奈川県	横浜国大 神奈川県	熊本大	愛工大 アクト音響 名古屋市	環境省	熊本大	石川高専
調査方法	訪問配布 郵送回収	訪問配布 郵送回収	留置	面接	面接	留置	郵送配布 郵送回収
住宅種別	戸建	戸建 集合	戸建	戸建	戸建 集合	戸建 集合	戸建
アノイ アンス	我慢感尺度	ICBEN尺度	ICBEN尺度	ICBEN尺度	ICBEN尺度	ICBEN尺度	ICBEN尺度
聴取 妨害	聴取妨害 (2/5 段階)	聴取妨害 (2 段階)	電話妨害 TV 妨害 (5 段階)	聴取妨害 (2 段階)	聴取妨害 (2 段階)	電話妨害 TV 妨害 (5 段階)	電話妨害 TV 妨害 (5 段階)
データ数	870	1,101	724	175	1,307	1,055	294

3 結果

本報では、戸建住宅を対象として分析を実施した (n=4,685)。なお、環境省調査では、住宅種別が、戸建住宅、低層集合住宅 (2 階建以下)、中高層集合住宅 (3 階建以上) の 3 区分であったため、前者 2 項目を戸建住宅として整理した。

最初に、個人属性及び住宅構造の集計結果 (戸建住宅) を表 2 に示す。各項目の回答方法が調査により異なっていたため、表 2 に示す属性に集約した。性別については、女性が多く、回答者の 6 割以上を占めていた。年齢についても、回答者の約 2/3 が 50 歳以上であり、70 歳以上の回答者も 2 割弱を占めていた。居住年数については、回答者の約 3/4 が 10 年以上であった。住宅構造については木造が 8 割以上で、RC 造及び鉄骨造の回答者は小数であったが、集合住宅に限るとその 84% は RC 造であった。

続いて、騒音暴露量 ($L_{dn} \cdot L_{Amax}$) 及び振動暴露量 (L_{vmax}) それぞれの度数分布 (5 dB 間隔で分割) を図 1 に示す。なお、一部の調査では L_{vmax} を推計していなかったことから、サンプル数は 3,128 であった。図 1 から、各暴露量の最頻値 (モード) については、 L_{dn} は 46-50 dB、 L_{Amax} は 66-70 dB、 L_{vmax} は 46-50 dB であった。また、騒音暴露量の分布を両者で比較すると、 L_{Amax} に比べて L_{dn}

の方が、広く分布している傾向が読み取れる。新幹線沿線で観測される最大騒音レベルがほぼ同じ値でも、運行本数等の違いにより、エネルギーベースの L_{dn} が大きく異なることがわかる。

表 2 個人属性及び住宅構造の集計結果 (戸建住宅)

項目	各属性の度数 (相対割合)
性別	男性 : 1,734 (38%) 女性 : 2,878 (62%)
年齢	20代以下 : 232 (7%) 30代 : 415 (11%) 40代 : 784 (17%) 50代 : 1,110 (23%) 60代 : 1,198 (24%) 70代以上 : 893 (18%)
居住年数	5年未満 : 574 (12%) 10年未満 : 529 (11%) 10年以上 : 3,559 (76%)
構造	木造 : 3,862 (84%) RC造 : 240 (5%) 鉄骨造 : 421 (9%) その他 : 61 (1%)

4 暴露反応関係の検証

4. 1 アノイアンス

最初に、最大値ベースとエネルギーベースのいずれが新幹線鉄道騒音の評価量として適しているのか、暴露反応関係から検討を行った。ここでは、 L_{Amax} 、 L_{dn} それぞれの暴露量とアノイアンスの反応との関係について、運行本数の違いによるばらつきに注目した。

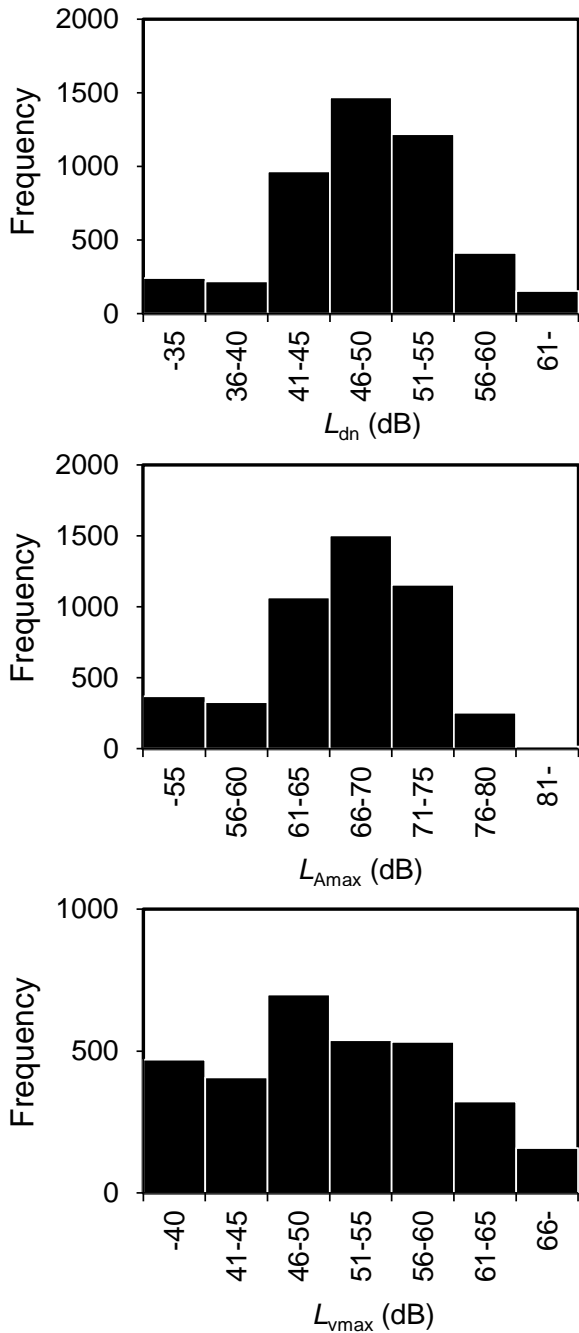


図1 暴露量の度数分布

運行本数は、調査時の時刻表を参考に、140本未満 (LE140:長野及び九州), 160本前後 (NE160:東北, 上越及び山陽) 及び 240本以上 (OV240:東北・上越・長野並走地区と東海道) の3区分とした。アノイアンスの指標としては、最上位尺度の回答割合 %EA と上位2段階尺度の回答割合 %VA から、その平均値 %HA (percent highly annoyed) を用いた。図2, 図3は、それぞれ L_{Amax} と %HA との関係, L_{dn} と %HA との関係を示したものである。暴露量は5 dB 間隔で区切り, サンプル数が10未満のものは図示しな

った。両図とも, LE140 の %HA が低くなっていた。NE160 と OV240 の %HA を比較すると, L_{Amax} が 56-60 dB 及び 61-65 dB のレンジでは OV240 が高く, L_{dn} が 46-50 dB 及び 51-55 dB のレンジでは逆に NE160 が高くなっていた。暴露反応関係のばらつきについては, L_{Amax} の方が大きかった傾向にある。

4. 2 聴取妨害

続いて, 前節と同様に, 暴露量と聴取妨害の反応との関係から, 最大値ベースとエネルギーベースの評価量を比較した。聴取妨害の反応の指標としては, 聴取妨害ありの反応率 %LD (percent listening disturbed) を用いた。図4, 図5に, L_{Amax} と %LD との関係, L_{dn} と %LD との関係をそれぞれ示す。アノイアンスと同様に, L_{Amax} , L_{dn} のどちらも LE140 の反応率が低くなっていた。NE160 と OV240 の %LD を比較すると, L_{dn} の場合には, 運行本数に関係なく, 暴露反応関係が一致していたが, L_{Amax} の場合には, ばらつきが大きくなっていたことがわかる。

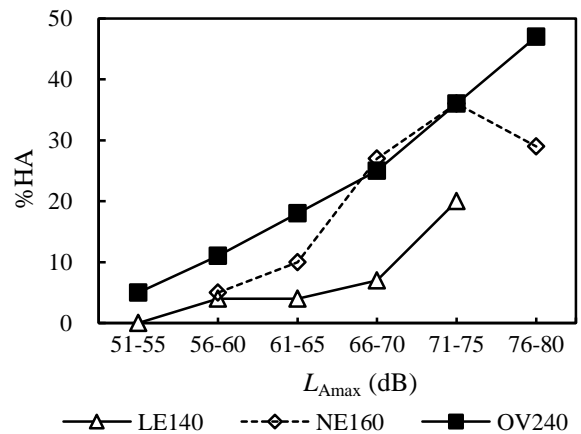


図2 L_{Amax} と %HA との関係

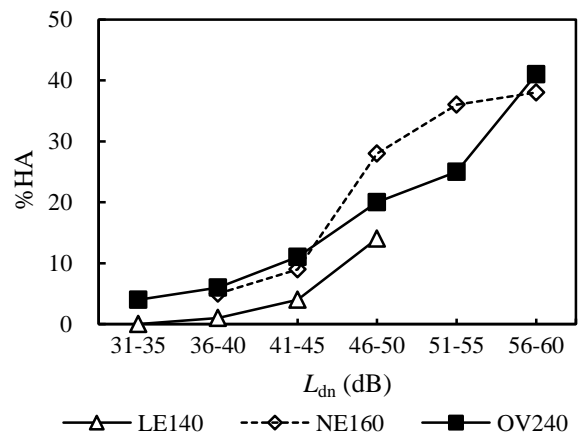


図3 L_{dn} と %HA との関係

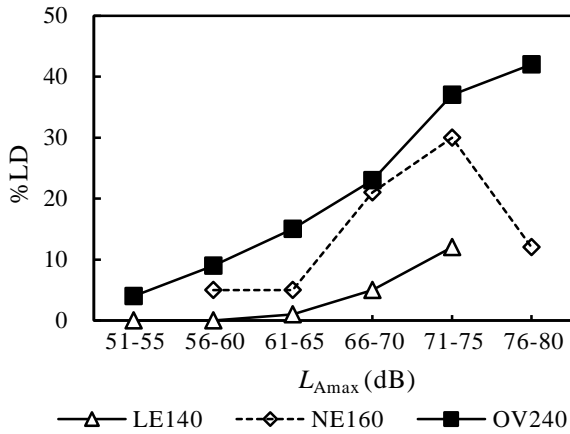


図4 L_{Amax} と%LD との関係

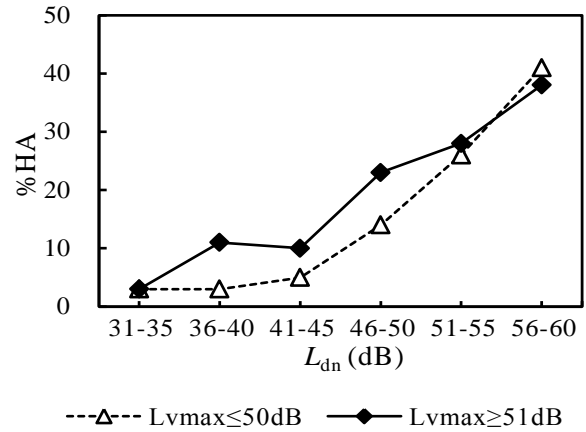


図6 L_{vmax} 別の L_{dn} と%HA との関係

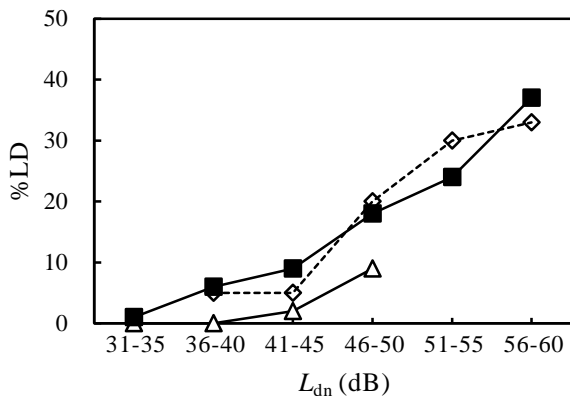


図5 L_{Amax} と%LD との関係

国の行政上の政策目標である環境基準の評価量は、調査地域や路線に依らず暴露反応関係が一致するものが有用である。このことを踏まえると、アノイアンスや聴取妨害の暴露反応関係から、最大値ベースの評価量よりも、エネルギーベースの評価量の方が適していると判断できる。既報¹⁾では、本報でのNE160及びOV240の路線が対象となっていたが、新しくLE140のデータが加わったことにより、異なる結論が得られたと考えている。

4.3 振動レベルの影響

続いて、振動による騒音のアノイアンスへの影響を確認する。ここで、振動の影響を検証するにあたり既報⁸⁾の結果を踏まえ、 L_{vmax} が50 dB以下と50 dB超の2グループに分類し、 L_{dn} と%HAとの関係を比較したものを図6に示す。同図から、 L_{dn} が51-55 dB以上のレンジでは、振動レベルの大小に依らず%HAの差は確認できなかったが、36-40 dB~46-50 dBのレンジでは、 $L_{vmax} > 50$ dBのグループの%HAが高い傾向を確認できた。

4.4 ロジスティック回帰分析の適用

新幹線鉄道騒音のアノイアンス及び聴取妨害について、代表的な量反応関係を構築するために、ロジスティック回帰分析を適用した。目的変数となる反応の指標は、%HAと%LDの2種類とした。騒音暴露量については、極端なデータを排除し、 $31 \text{ dB} \leq L_{dn} \leq 60 \text{ dB}$ の範囲を5 dB間隔に分割した6カテゴリー、振動暴露量(アノイアンスのみ)については、図6と同様に50 dB以下と50 dB超の2グループに整理した。その他に、表2に示す属性を交絡要因とし、SPSS23により分析を行った。

得られた%EAのオッズ比(95%信頼区間も含む)を表3に示す。オッズ比は、同表に記載されていない項目(性別:男性,年齢:20代以下,居住年数:5年未満,住宅構造:木造, L_{dn} :31-35 dB, L_{vmax} :50 dB以下)を基準として算出したものである。分析の適合度を表すC統計量(ROC曲線におけるAUC)は、すべての反応の指標について0.7以上となり、高い判別力を有していると判断した⁹⁾。

%VAのオッズ比も、表3と同様の傾向であったことから、各交絡要因によるアノイアンスへの影響を考える。性別では、女性のオッズ比の95%下限、上限ともに1を下回っていた。これは、女性の方が寛容な反応を示す(逆に男性の方が厳しい反応を示す)傾向にあったことを意味している。年齢については、明確な関係は見られなかったが、70代以上の%HAが低くなっていた。居住年数については、オッズ比が1に近く、その影響は有意でなかった。最後に、住宅構造については、木造以外のオッズ比は1以下を示しており、%VA、%EAともに低くなる

傾向を示していたが、その影響は有意ではなかった。一方、聴取妨害%LD では、アノイアンスとは逆に女性の方が反応率は高く、年齢の増加とともに反応率は低くなり、そして居住年数 10 年未満で高い傾向を示していた。暴露量については、%HA、%LD とともに、騒音レベルの増加とともに、オッズ比が上昇する傾向が確認できた。加えて、振動レベルについても (%HA のみ)、 $L_{vmax} \geq 51$ dB のグループの%HA が 5%水準で高くなっていた。この振動レベルの大きさから判断して、振動の知覚により、アノイアンスについて厳しい反応が増えたことを示唆している。

分析で得られた結果から、交絡要因を調整して代表的な量反応関係の構築を試みた。性別、年齢及び居住年数は平成 22 年度国勢調査の結果で調整し、住宅構造は木造で代表した。図 7、図 8 はそれぞれ、 L_{dn} とアノイアンスとの関係、 L_{dn} と聴取妨害との関係を示したものである。図 7 から、 $L_{vmax} > 50$ dB のグループでの%HA は、 L_{dn} が 46-50 dB の場合には 22%であったが、51-55 dB では 30%、56-60 dB では 38%となった。一方、図 8 から%LD については、 L_{dn} が 46-50 dB の場合には 17%、51-55 dB では 28%、56-60 dB で 40%となった。

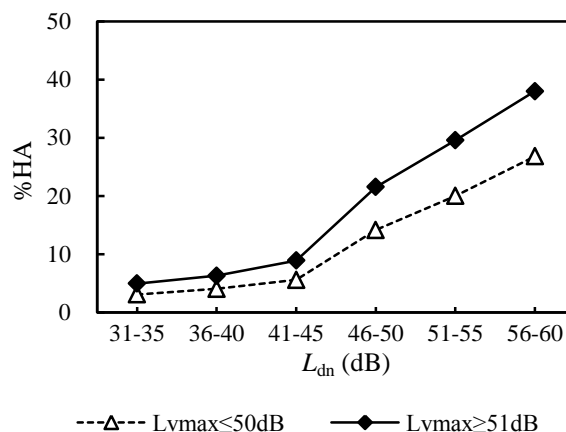


図 7 代表的な L_{dn} と%HA との関係

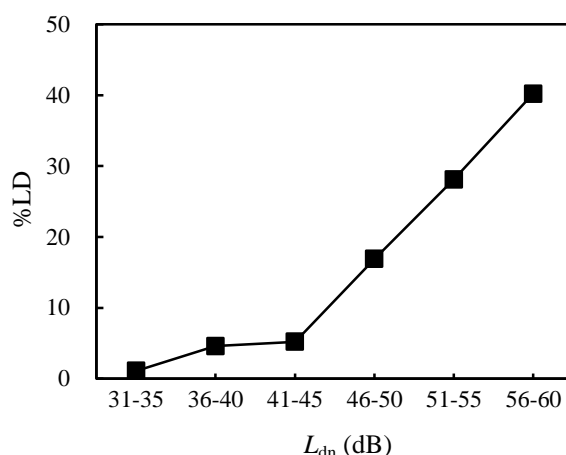


図 8 代表的な L_{dn} と%LD との関係

表 3 %EA のオッズ比

要因	オッズ比	95%下限	95%上限
性別：女性	.633	.487	.821
年齢：30代	1.185	.554	2.534
40代	1.203	.591	2.447
50代	1.613	.818	3.183
60代	1.593	.805	3.153
70代以上	.783	.373	1.643
居住年数：10年未満	1.157	.700	1.911
10年以上	1.060	.715	1.571
住宅構造：RC造	.812	.405	1.631
鉄骨造	.848	.540	1.331
その他	.381	.090	1.612
L_{dn} ：36-40 dB	1.008	.103	9.899
41-45 dB	2.257	.301	16.956
46-50 dB	6.920	.944	50.703
51-55 dB	10.854	1.474	79.946
56-60 dB	15.032	2.015	112.156
L_{vmax} ： ≥ 51 dB	2.149	1.569	2.944
定数	.103		

5 まとめ

過去 20 年間で実施された新幹線鉄道沿線での社会音響調査の個票データの二次分析を行い、新幹線鉄道騒音の暴露反応関係を検討した。その結果、最大値ベースの評価量（本報では現行の環境基準の評価量である L_{Amax} ）よりも、エネルギーベースの評価量（昼夜騒音騒音レベル L_{dn} ）の方が、路線間（運行本数の違いで代表）に依らず、暴露反応関係が一致する傾向にあることが分かった。続いて、振動による騒音のアノイアンスへの影響についても、振動を知覚している場合は、知覚していない場合に比べ、アノイアンスについて厳しい反応が増える傾向にあった。最後に、性別、年齢、居住年数、そして住宅構造を交絡要因とし、騒音・振動の暴露量を用いて、ロジスティック回帰分析を適用した。アノイアンスと聴取妨害の反応について、交絡要因を調整することで、新幹線鉄道騒音の代表的な反応関係を構築した。

参考文献

- 1) 横島潤紀, 森原 崇, 太田篤史, 田村明弘 : 新幹線鉄道騒音に関する評価指標の再検討 — 神奈川県, 名古屋市及び福岡県における調査結果から —, 日本音響学会誌, 67(8), 321-330(2011)
- 2) 横島潤紀, 田村明弘他 : 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, 日本建築学会計画系論文集, 526, 1-7(1999)
- 3) 環境基準の妥当性に関する検討会 : 騒音に係るアノイアンス調査について, 騒音制御, 38(1), 57-66(2014)
- 4) 村上泰浩, 矢野 隆, 鉄谷浩之, “九州新幹線および隣接並行 JR 鹿児島本線の騒音・振動に関する社会調査, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, 85-88(2014)
- 5) 森原 崇, 横島潤紀 : 長野新幹線沿線の騒音・振動に対する社会反応, 日本音響学会騒音・振動研究会資料, N-2014-49(2014)
- 6) 長田泰公 : 騒音のうるささ, 騒音制御, 13(4), 1-8(1989)
- 7) 矢野 隆, 五十嵐寿一, 加来治郎, 神田一伸, 金子哲也, 桑野園子, 新居洋子, 佐藤哲身, 荘 美知子, 山田一郎, 吉野泰子 : 騒音の社会反応の測定方法に関する国際共同研究 — 日本語のうるささの尺度の構成, 日本音響学会誌, 58(2), 101-110(2002).
- 8) 横島潤紀, 松本泰尚, 白石英孝, 太田篤史, 田村明弘 : 交通騒音に対する住民反応への家屋振動の影響, 日本音響学会騒音・振動研究会資料, N-2013-27(2013)
- 9) 田村明弘, 横島潤紀, 太田篤史 : 鉄道と道路による複合騒音暴露が及ぼす住民意識・生活環境への影響, 日本音響学会騒音・振動研究会資料, N-2015-55(2015)