

実験および調査にもとづく騒音評価に及ぼす個人的要因の影響に関する研究

Effects of personal factors on noise evaluation assessed using surveys and experiments

建築環境工学 M13TD009 片田 直宏

実験は324名に道路交通騒音1種、鉄道騒音2種、工事騒音3種類、を3段階の大きさを評価させ、調査は605名に工事現場近傍で工事音を評価させた。実験と調査間の比較検討を行い、実験における騒音評価と個人属性の関係は、調査でも同様の結果が得られることが示された。個人要因は曝露騒音が最も影響が強く、道路交通騒音は騒音評価と曝露状況に関係がないが、鉄道騒音は曝露がある人がない人よりうるさいと評価する。また、うるささ評価と敏感さは調査実験ともに敏感なほどうるさく評価する。敏感さと曝露騒音は調査実験ともに関係がない。

Following are some conclusions reached from this study of the relation between personal factors and noise evaluations. 1) Surveys and experiments of this study yielded equivalent results for the relation between personal factors and noise evaluation. Daily exposure to noise from sources such as road traffic, railways, and construction site noise exhibited the strongest effect on noise evaluations. 2) People exposed to railway noise evaluated the construction noise as annoying. However, no relation was found between road traffic noise and annoyance.

1.はじめに

わが国では戦後の高度成長期以降、騒音公害が社会の注目を集め、沿線や周辺住民による集団訴訟も起こされた。その後、法や条例の整備が進み騒音は軽減されたように思われるが、こうした状況において、多くの騒音実態調査や騒音評価の研究が行われた。

調査研究として、田村ら(1987)¹⁾は鉄道沿線住民の社会調査を実施し、騒音は心理的な事象であり、個人要因や社会的要因を考慮する必要があるとした。井上ら(2008)²⁾は共同住宅を調査して、他住戸からの音は環境や状況で変化し、個人差が無視できないとしている。

音種や複合騒音の影響に関して五十嵐(1998)³⁾は、欧州の多くの国では道路より鉄道の音に寛大で、指針値に5dBのボーナスを設定する国もあり、うるささとの関係は音源間で異なると述べている。音源の騒音レベルによって騒音評価に差が出るとの結果も示され、田村⁴⁾(1978)は高騒音で道路交通騒音が鉄道騒音よりうるさいとし、加来ら⁵⁾(1994)は道路と鉄道が混在すると鉄道騒音が道路交通騒音よりもうるさいとしている。このように場所や音種を区別せずに音種に共通する評価基準を設けるのは難しい。

騒音評価には実態把握が不可欠であるが、実験は条件を統制して、調査では困難な関係を分析できる。難波ら⁶⁾(1982)は多種の音源に適用できる簡便な評価指標として L_{eq} が他の指標より適当であることを示してい

る。本研究は、騒音評価にどのような個人的要因がどのように影響するかについて、実験と調査から明らかにすることを目的とする。

2. 騒音の現場調査

2.1 方法

2012年に大阪市某大学構内の改修工事現場のはつり音を主とする騒音源近傍において、通行する学生291人を被験者に4日間調査を実施した(図1)。1)基本属性、2)騒音敏感さ、3)日常の騒音曝露状況(各種騒音。以下曝露状況)、4)騒音うるささ評価(「どの程度うるさく感じますか」に0~10で評価)、5)騒音の12対7段階SD評価について、平均約5分間で回答する。騒音評価は記入開始後1分~2分で行う。2013年には、2012年と同じ大学の別の建替工事現場でコンクリート打設のコンクリートポンプ車や掘削工事のバックホウなどを主とする騒音源近傍において、通行する学生314人を被験者に3日間前年と同じ調査を実施した(図2)。

2.2 騒音レベル、うるささ評価、敏感さ、曝露状況

各年の騒音レベルを図3~4に示す。騒音レベルは2012年が10時~10時45分や12時~13時の休憩以外にも一定せず変動も大きい、2013年はほぼ一定である。図5にうるささ評価の分布を示す。両年とも3と7の二峰性分布である。図6に「敏感さ」の分布を示す。2年の調査と実験のいずれも「やや敏感」が最多で約6割、「やや鈍感」が約2割である。

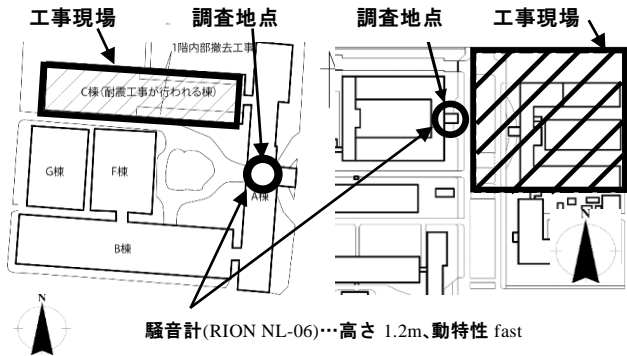


図1 工事現場配置図(2012) 図2 工事現場の配置図(2013)

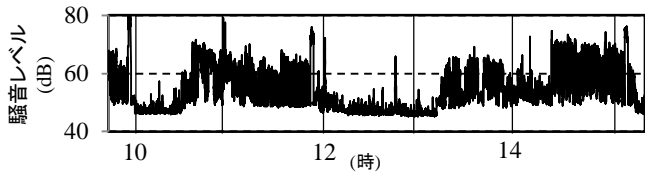


図3 2012年9月10日の騒音レベル

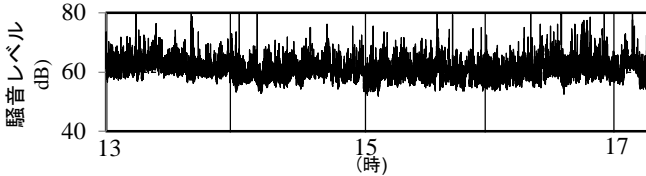


図4 2013年7月10日の騒音レベル

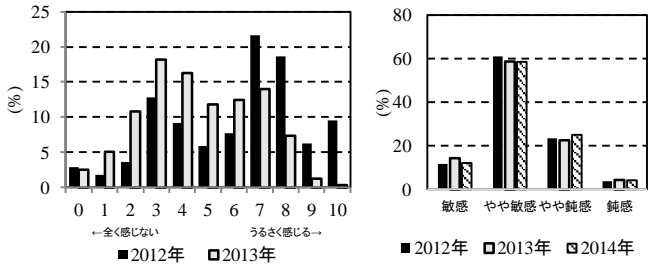


図5 うるささの分布

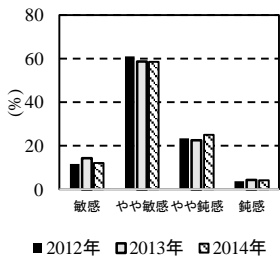


図6 敏感さの分布

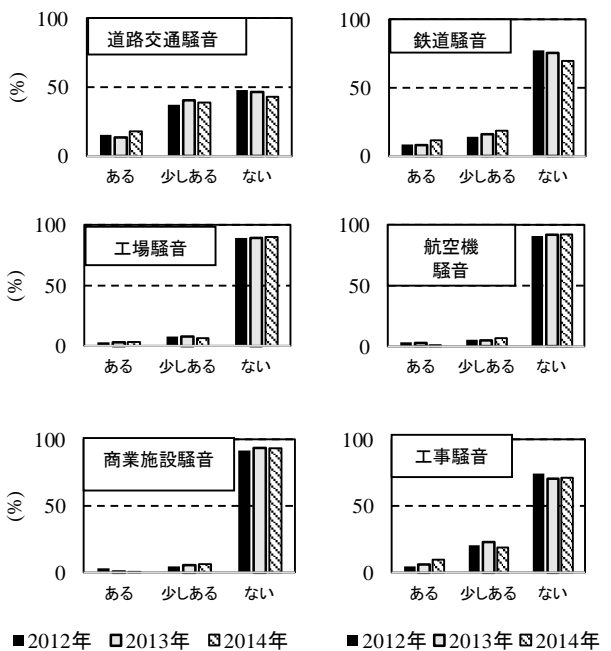


図7 2012~2014年の曝露状況の有無の分布

図7に日常の騒音曝露状況を示す。分布に兩年の差はない。曝露「ある」が道路交通で2割弱、鉄道と工事で1割弱と多く、それ以外の騒音は9割が曝露「ない」。以降は道路交通、鉄道の騒音曝露状況で分析を進める。

2.3 うるささ評価と曝露状況の関係

図8~9に道路交通と鉄道騒音曝露状況別のうるささの分布を、曝露状況による検定結果を表1に示す。2012年は道路交通曝露によりうるささ評価に差がなく、鉄道騒音曝露がないほうがうるさい($p=0.08$)。2013年では道路交通騒音曝露によりうるささに差がなく、鉄道騒音曝露あるほうがうるさく($p=0.03$)、逆の結果である。

2.4 うるささ評価と敏感さの関係

敏感さ別のうるささ平均値を図10~11、平均値の検定結果を表2に示す。兩年とも敏感ほどうるさい。

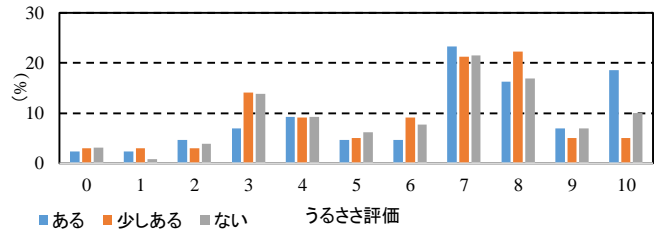


図8 道路交通曝露別による2012年のうるささ

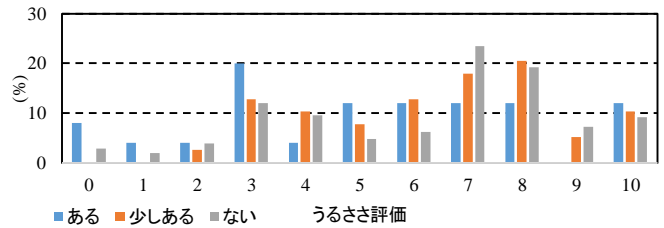


図9 鉄道曝露別による2012年のうるささ

表1 曝露別のうるささ評価の検定結果(2012年)

	分け方	一様性検定 p 値	平均値検定 p 値	平均値	
				ある側	ない側
2012年	道路曝露 A	0.99	0.95	6.11 ($n=151$)	6.12 ($n=138$)
	道路曝露 B	0.73	0.14	6.62 ($n=44$)	6.02 ($n=229$)
2012年	鉄道曝露 A	0.63	0.40	5.92 ($n=64$)	6.17 ($n=209$)
	鉄道曝露 B	0.34	0.08	5.20 ($n=25$)	6.21 ($n=248$)
2013年	道路曝露 A	0.65	0.39	4.59 ($n=168$)	4.41 ($n=145$)
	道路曝露 B	0.13	0.61	4.64 ($n=42$)	4.49 ($n=269$)
2013年	鉄道曝露 A	0.16	0.03	4.95 ($n=76$)	4.36 ($n=235$)
	鉄道曝露 B	0.65	0.03	5.39 ($n=26$)	4.42 ($n=285$)

(A...「ある側(ある+少しある)」と「ない」の2段階で検定したもの
B...「ある」と「ない側(少しある+ない)」の2段階で検定したもの)

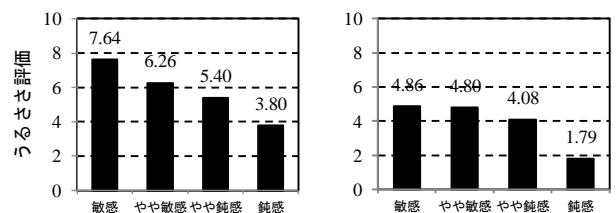


図10 2012年の敏感さ別のうるささ平均値 図11 2013年の敏感さ別のうるささ平均値

表 2 敏感さ別のうるささ平均値の検定(p 値は T 検定)

年	検定	敏感側	平均値の検定	鈍感側
		平均値	p 値	平均値
2012 年	(a)	6.48	>(0.0002)	5.18
	(b)	7.63	>(0.0004)	5.9
	(c)	6.22	>(0.0034)	3.8
2013 年	(a)	4.81	>(0.0001)	3.7
	(b)	4.86	0.3	4.45
	(c)	4.86	>(0.0001)	1.79

(a)は敏感さを「敏感」、「やや敏感」と「やや鈍感」、「鈍感」の2択で検定した場合、(b)は「敏感」と「やや敏感」、「やや鈍感」、「鈍感」の2択で検定した場合、(c)は「敏感」、「やや敏感」、「やや鈍感」と「鈍感」の2択で検定した場合。

2.5 敏感さと曝露状況の関係

曝露状況別の敏感さの分布と一様性検定の p 値を図 12~13 に示す。(a)~(c)全てで曝露状況と敏感さには関係がない。

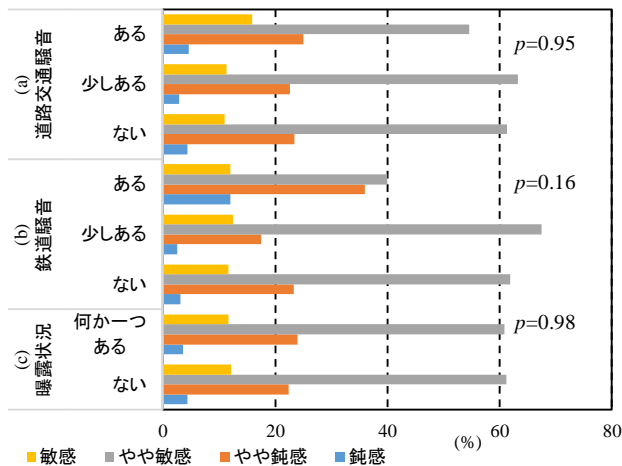


図 12 曝露の有無別の敏感さ分布(2012 年)

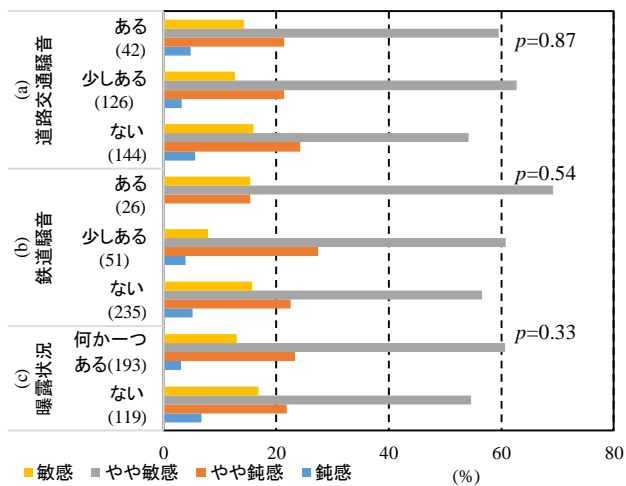


図 13 曝露の有無別の敏感さ分布(2013 年)

2.6 その他の要因との関係

学年、年齢、性別はうるささ評価に影響しないが住戸属性は評価と一定の関係がある(図表略)。しかし、個人的要因のうち騒音曝露状況の影響が最も強い。

3 騒音評価実験

3.1 方法

実験は 8 月~10 月に現場調査と同じ大学の 324 人の学生を被験者に実験室(図 14)で実施した。被験者は席 A~F に着席し、位置効果と順序効果に配慮してラテン方格法によりランダムな順序で図 15~16 の例のよう

に測定・編集し再生された道路交通騒音 1 種、鉄道騒音 2 種、工事騒音 3 種(図 18~19) $\times L_{Aeq}=72\text{dB}, 65\text{dB}, 58\text{dB}$ の 3 段階、計 18 音^{注 1)}のうるささと印象を評価する。調査票は現場調査と同じである。

図 20 に示すように音呈示 10 秒、1 秒後に合図音、評価時間 45 秒で 1 セットとして、練習を 1 音種行う。

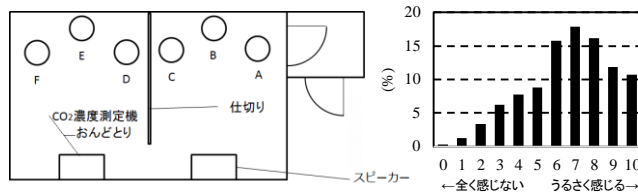


図 14 実験室の平面図(2014 年) 図 20 うるささ分布

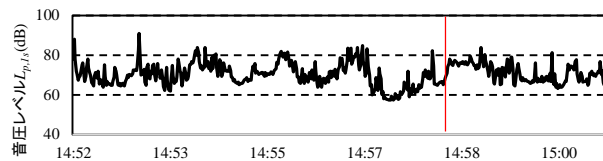


図 15 音圧レベル(道路交通騒音、縦線は選定した 10 秒)

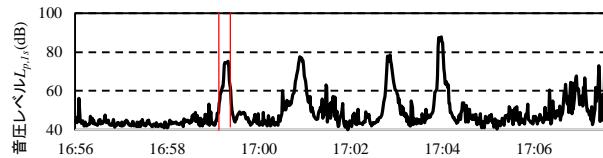


図 16 音圧レベル(鉄道騒音(低速)、縦線は選定した 10 秒)

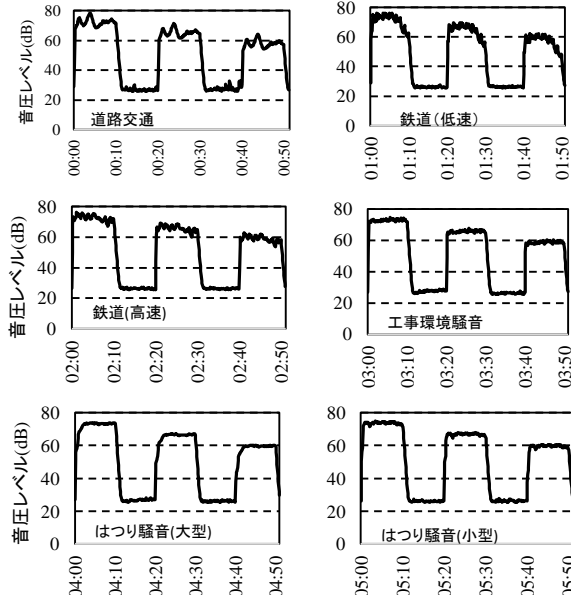


図 17 騒音 6 種の騒音レベル($L_{Aeq}=72\text{dB}, 65\text{dB}, 58\text{dB}$)

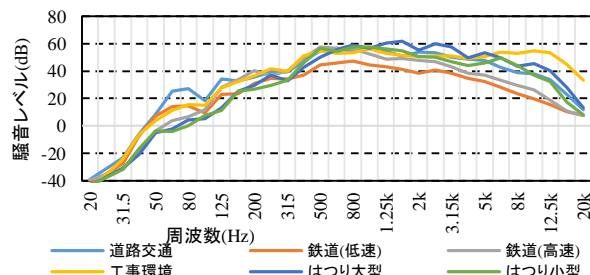


図 18 騒音 6 音種の 1/3 オクターブバンド(65dB)

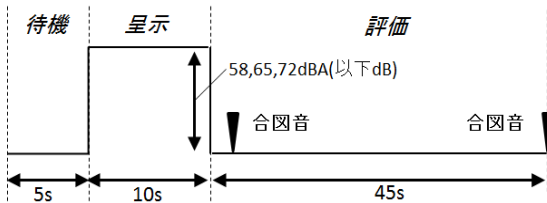


図 19 実験の流れ

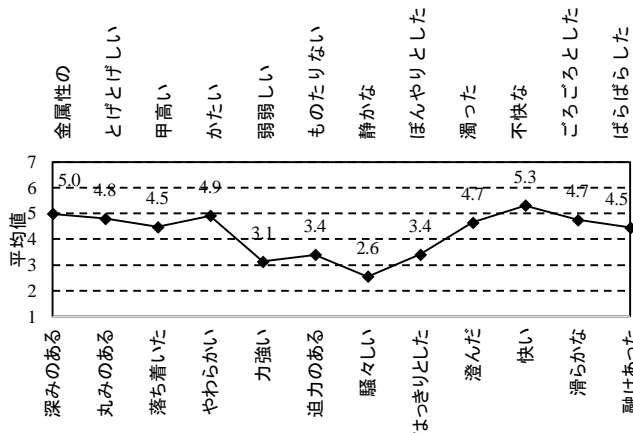


図 21 印象評価の平均値(2014年)

3.2 うるささ評価、敏感さ、曝露状況、印象評価

図 20 にうるささ評価の分布を示す。うるささ評価は調査では二峰性である、実験は 7 が頂点で分布形状が異なる ($p=0.086$, Kolmogorov-Smirnov 検定)。図 7 より敏感さに調査 2 年と実験で差はない。騒音曝露状況は図 8 に示す。図 21 に印象評価の平均値プロフィールを示す。印象が 1 または 7 に近い項目から順に、「騒々しい」、「不快な」、「金属性の」、「かたい」となっている。

3.3 音種別のうるささ評価の刺激-反応関係

うるささ評価の刺激-反応関係のべき値を図 22 に示す。全音種で相関係数が高くべき指数は 0.13~0.23 である。多種の音源に適用できる簡便な評価法として L_{Aeq} が適当であることを示した難波ら⁶⁾は、べき指数が 0.18~0.24 とした。Steven(1961)⁷⁾は 0.3 としておりやや小さいが、妥当な値であるといえる。

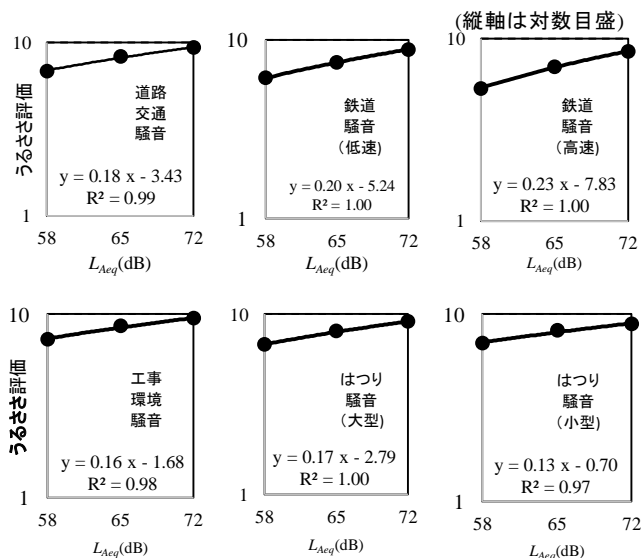


図 22 うるささ評価の刺激-反応関係(2014年)

3.4 印象評価の因子分析

表 3 に 20 音をあわせた場合 ($n=324$) の印象評価 12 尺度の因子分析結果を示す。因子数は 3 とし、表より各 4 項目ずつの各因子を金属性因子、迫力因子、美的因子と命名する⁸⁾。曝露状況別に因子分析を行なっても第 1 因子~第 3 因子を構成する尺度には、どの場合でも同じである(表略)。

表 3 印象評価 12 尺度の因子分析結果(20音合計)

因子名	印象評価	Factor1	Factor2	Factor3
金属性	深みのある⇔金属性の	0.73562	-0.1102	0.02454
	丸みのある⇔とげとげしい	0.6788	-0.16464	0.4082
	落ち着いた⇔甲高い	0.67751	-0.16195	0.21259
迫力	やわらかい⇔かたい	0.64482	-0.3992	0.22593
	力強い⇔弱弱しい	-0.18952	0.83447	-0.20173
	迫力のある⇔ものたりない	-0.10783	0.78184	-0.22138
	騒々しい⇔静かな	-0.29741	0.58408	-0.44868
美的	はっきりとした⇔ぼんやりとした	-0.47806	0.48019	0.12278
	澄んだ⇔濁った	-0.10349	-0.11542	0.66524
	快い⇔不快な	0.32476	-0.3449	0.5871
	なめらかな⇔ごろごろとした	0.37726	-0.27117	0.54917
	融けあった⇔ばらばらな	0.35813	-0.04294	0.52284

3.5 うるささ評価と印象評価の関係

図 24 にうるささ評価 3~7 における印象評価 12 項目の平均値を示す。Kruskal-Wallis 検定の結果、うるささ評価と印象評価は強い関係がある(全ての項目で $p<.0001$)。よって因子別ではうるさいほど「金属的」、「迫力がある」、「美しくない」音である。

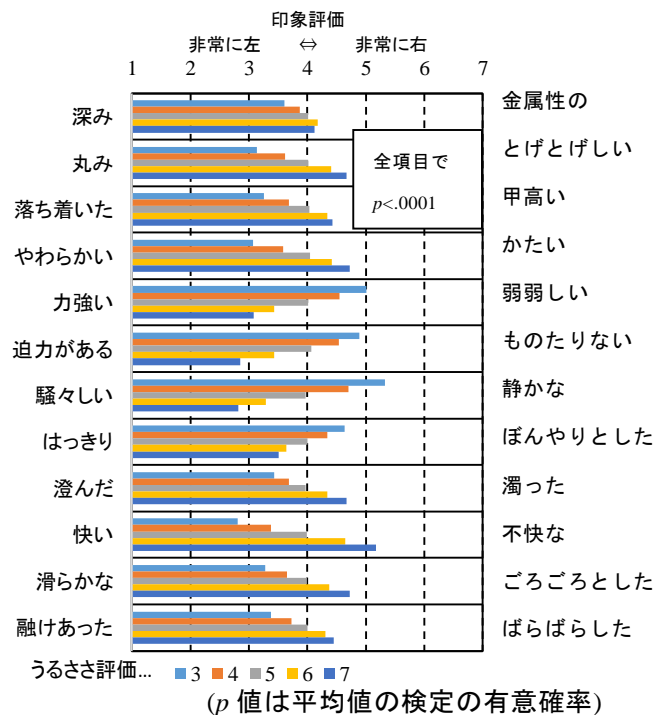


図 24 うるささ評価における印象評価平均値

3.6 うるささ評価と騒音曝露状況の関係

まず曝露状況による 20 音種別のうるささ評価の平均値の検定と一様性検定の結果を表 4 に示す。曝露状況は、「少しある」と「ない」をまとめて「ない側」としている。また 5% 有意であったもののうち、道路曝露における道路交通騒音 65dB、鉄道騒音(低速)72dB、鉄道曝露におけるはつり騒音(大型)58dB のうるささ平均値を図 25 に示す。表と図より、道路曝露がある人はいない人

より道路交通と鉄道騒音の 72,65dB においてうるさく評価する。一方、鉄道曝露がある人はない人より道路交通、鉄道、工事騒音をうるさく評価し、特に 58dB で傾向が強い。

次に騒音を 72dB、65 dB、58dB のレベル別でまとめた場合の曝露騒音状況によるうるささ評価の分散分析の固定効果と交互作用の検定結果を表 5 に示す。また 5% 有意であった道路曝露の 72dB、65dB、鉄道曝露の 58dB の平均値を図 26 に示す。曝露状況の固定効果が 5% 有意水準で有意であるのは 72、65dB の道路交通騒音の曝露状況と 58dB の鉄道騒音の曝露状況であり全ての場合で曝露がある人がうるさい。

騒音を道路系、鉄道系(鉄道低速、高速)、工事系(現場環境騒音、はつり大型、はつり小型)の騒音別でまとめた場合の曝露騒音状況によるうるささ評価平均値の分散分析の固定効果と交互作用の検定結果を表 6 に示す。また 5% 有意であった道路曝露の道路系、鉄道系騒音、鉄道曝露の鉄道系騒音の平均値を図 27 に示す。道路曝露では道路系騒音と鉄道系騒音、鉄道曝露では鉄道系騒音が 5% 有意水準で有意であり曝露があるほどうるさい。

よって表 4~6 より道路曝露がある人は道路交通と鉄道騒音の 72,65dB においてうるさく評価し、鉄道曝露がある人はない人より道路交通、鉄道、工事騒音をうるさく評価し、特に 58dB で傾向が強いことが確認された。

20 音合計した場合の曝露状況によるうるささ評価平均値の分散分析の固定効果と交互作用の検定結果を表 7 に示す。5% 有意水準で道路交通、鉄道曝露の固定効果が有意でうるささ評価と関係があり、有意である道路と鉄道の騒音曝露状況別の平均値を表した図 28 より、曝露があるほどうるさく評価する。

表 4 曝露状況によるうるささ平均値検定(20 音種別)

	道路交通騒音			鉄道騒音(低速)			鉄道騒音(高速)		
	72dB	65dB	58dB	72dB	65dB	58dB	72dB	65dB	58dB
道路交通曝露	0.05	0.04	0.51	0.03	0.07	0.23	0.11	0.21	0.14
一様性検定	0.54	0.43	0.47	0.12	0.13	0.41	0.11	0.21	0.25
鉄道曝露	0.88	0.73	0.08	0.60	0.21	0.04	0.95	0.08	0.21
一様性検定	0.37	0.62	0.05	0.32	0.90	0.24	0.15	0.22	0.01

	工事現場環境騒音			はつり騒音(大型)			はつり騒音(小型)			ホワイトノイズ	ピンクノイズ
	72dB	65dB	58dB	72dB	65dB	58dB	72dB	65dB	58dB	65dB	65dB
道路交通曝露	0.70	0.83	0.46	0.16	0.63	0.96	0.17	0.28	0.42	0.51	0.66
一様性検定	0.65	0.53	0.28	0.26	0.18	0.13	0.72	0.74	0.17	0.67	0.36
鉄道曝露	0.17	0.93	0.69	0.79	0.50	0.08	0.73	0.59	0.66	0.60	0.53
一様性検定	0.05	0.46	0.84	0.65	0.69	0.04	0.86	0.73	0.48	0.36	0.06

(p 値は Kruskal-Wallis 検定。赤は 5% 以下、黄は 10% 以下、緑は 20% 以下)

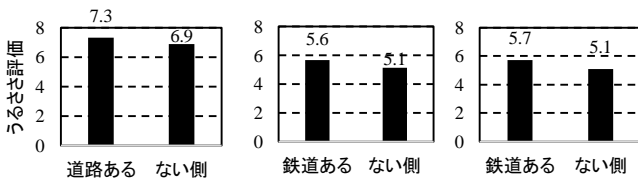


図 25 曝露状況別のうるささ平均値

(左から道路交通騒音 65、58dB、はつり(大型)騒音 58dB)
表 5 曝露状況によるうるささ平均値検定(レベル別)

	72dB			65dB			58dB		
	曝露状況	音種	交互作用	曝露状況	音種	交互作用	曝露状況	音種	交互作用
道路曝露	0.0005	<.0001	0.8893	0.0235	<.0001	0.7718	0.07	<.0001	0.9025
鉄道曝露	0.5983	<.0001	0.9157	0.0808	<.0001	0.7675	0.011	<.0001	0.4623

(p 値は Kruskal-Wallis 検定。赤は 5% 以下黄は 10% 以下)

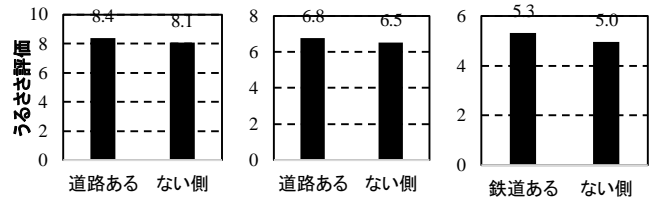


図 26 曝露状況別のうるささ平均値

(左から道路曝露の 72dB、65dB、鉄道曝露の 58dB)

表 6 曝露状況によるうるささ平均値検定

(道路、鉄道、工事系別)

	道路系			鉄道系			工事系		
	曝露状況	音種	交互作用	曝露状況	音種	交互作用	曝露状況	音種	交互作用
道路曝露	0.0188	<.0001	0.6997	0.0005	<.0001	0.9987	0.0797	<.0001	0.9687
鉄道曝露	0.1634	<.0001	0.5072	0.0196	<.0001	0.4467	0.5408	<.0001	0.6024

(p 値は Kruskal-Wallis 検定。赤は 5% 以下、黄は 10% 以下、緑は 20% 以下)

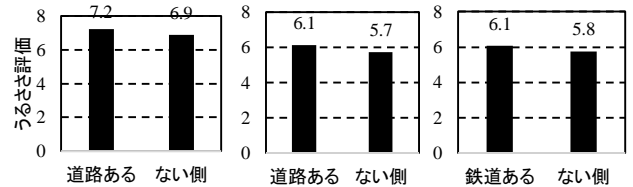


図 27 曝露状況別のうるささ平均値

(左から道路曝露の道路系、鉄道系、鉄道曝露の鉄道系)

表 7 曝露状況によるうるささ平均値検定(20 音合計)

	曝露状況	音種	交互作用
道路曝露	<.0001	<.0001	0.9897
鉄道曝露	0.0221	<.0001	0.708

(p 値は Kruskal-Wallis 検定。赤は 5% 以下)

図 28 曝露別のうるささ平均値

表 8 敏感さ別のうるささ平均値の検定(p 値は T 検定)

2014 年		敏感側	平均値の検定	鈍感側
		平均値	p 値	平均値
(a)	(a)	6.74	>(0.0001)	6.47
	(b)	6.96	>(0.0001)	6.62
	(c)	6.68	>(0.0001)	6.21

図 29 敏感さ別のうるささ平均値(2014 年)

3.7 うるささ評価と敏感さの関係

実験での敏感さ別のうるささ平均値を図 29、平均値の検定結果を表 8 に示す。調査同様敏感ほどうるさい。

3.8 敏感さと曝露状況の関係

曝露状況別の敏感さの分布と検定結果の p 値を図 30 に示す。調査と同様(a)~(c)全てで曝露状況と敏感さには関係がない。

4. 調査と実験の比較

実験で使用した「はつり騒音(大型)」「はつり騒音(小

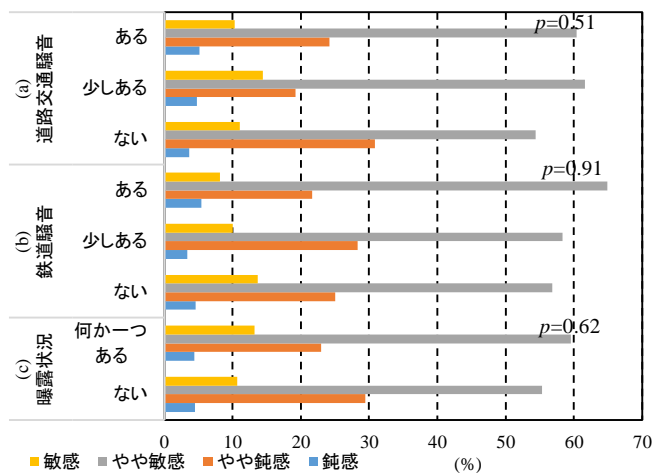


図 30 曝露の有無別の敏感さ分布(2014年)

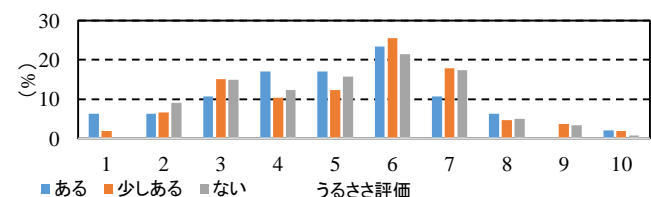


図 31 道路曝露別のはつり騒音(大型)58dBのうるささ

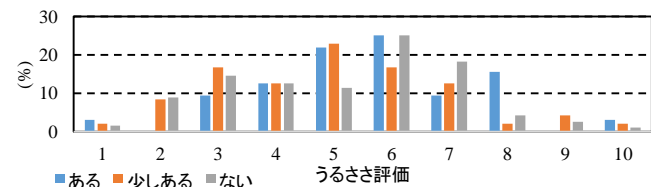


図 32 鉄道曝露別のはつり騒音(大型)58dBのうるささ

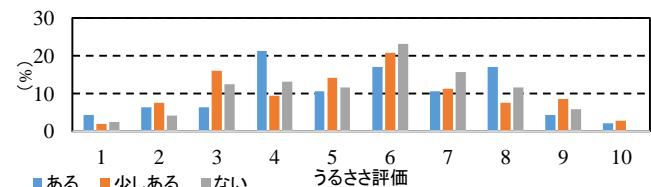


図 33 道路曝露別のはつり騒音(小型)58dBのうるささ

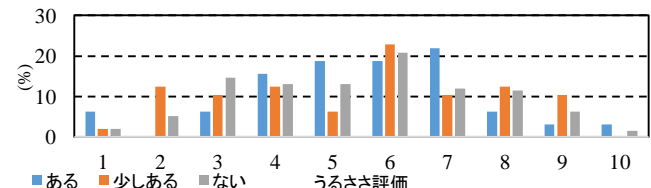


図 34 鉄道曝露別のはつり騒音(小型)58dBのうるささ
 型)は調査の工事音と近いと考えられる。道路、鉄道曝露の有無別の 58dB の「はつり騒音(大型)」「はつり騒音(小型)」のうるささ分布を図 31~34 に示す。調査同じ二峰性の分布である。また、表 9 に 58dB の「はつり騒音(大型)」「はつり騒音(小型)」の道路交通と鉄道騒音曝露の有無別のうるささ平均値の一様性検定と平均値の T 検定の結果を示す。「はつり騒音(大型)」のみ鉄道曝露があるほどうるさく評価している。また、道路交通騒音曝露はうるささ評価と関係がない。これは 2013 年の調査と同じ傾向で、2012 年の鉄道騒音とうるささの関係と異なっている。2012 年の月別の検定結果を示した表 10

表 9 曝露別のうるささ平均値検定結果(2014年)

		分け方	一様性検定 p 値	平均値検定 p 値	平均値 ある側	平均値 ない側
はつり 騒音 (大型)	道路 曝露	A	0.7471	0.9392	5.19 (n=153)	5.19 (n=121)
		B	0.2453	0.3018	4.91 (n=47)	5.25 (n=227)
58dB	鉄道 曝露	A	0.3188	0.9952	5.23 (n=80)	5.15 (n=192)
		B	0.0797	0.198	5.63 (n=32)	5.11 (n=240)
はつり 騒音 (小型)	道路 曝露	A	0.7239	0.6384	5.44 (n=153)	5.52 (n=121)
		B	0.4593	0.9747	5.47 (n=47)	5.48 (n=227)
58dB	鉄道 曝露	A	0.9434	0.8196	5.49 (n=80)	5.46 (n=192)
		B	0.2738	0.7397	5.56 (n=32)	5.45 (n=240)

(A...「ある側(ある+少しある)」と「ない」の 2 段階で検定したもの
 B...「ある」と「ない側(少しある+ない)」の 2 段階で検定したもの

表 10 曝露別のうるささ平均値検定結果
 (2012年9月、10月)

		分け方	一様性検定 p 値	平均値検定 p 値	平均値 ある側	平均値 ない側
鉄道 騒音	2012 年 9月	A	0.57	0.26	5.20 (n=37)	5.80 (n=109)
		B	0.13	0.01	3.87 (n=16)	5.88 (n=115)
	2012 年 10月	A	0.9994	0.8555	6.79 (n=29)	6.49 (n=113)
		B	0.3654	0.2717	7.55 (n=9)	6.48 (n=133)

(A...「ある側(ある+少しある)」と「ない」の 2 段階で検定したもの
 B...「ある」と「ない側(少しある+ない)」の 2 段階で検定したもの

より、9月の調査で「ある側」が 16 人と少なく平均値も 3.87 点と極端に低いことがわかる。図 3 より 9 月の騒音レベルは一定しておらず、変動も激しい。よって少ない人数である事や、評価中にレベルが一定していない事が影響を及ぼしていると考えられる。

5. まとめ

大学生 324 人を対象とした実験と 605 人を対象とした調査から、騒音評価に及ぼす個人的 要因について、
 1) 個人的要因は騒音評価に影響する。
 2) 個人の「音に対する敏感さ」の主観評価は騒音評価に影響し、「敏感」ほどうるさく評価する。
 3) 個人の日常生活における騒音曝露状況は騒音評価に影響する。その影響は曝露音の種類で異なり、鉄道騒音曝露があるとうるさく評価するが道路交通騒音曝露とうるささ評価には関係がない。
 4) 以上 1) ~ 3) は実験と調査の両方でいえることを明らかにした。

参考文献:

- 1) 田村明弘・鈴木弘之、高倉篤、大塚弘之、大池秀明: 鉄道沿線住民に対する社会調査の分析、関東支部研究報告集、日本建築学会、pp9-12,1987
- 2) 井上勝夫・阿部今日子: 居住環境における音の受け取り方、騒音制御、32巻3号、pp163-168,2008
- 3) 五十嵐寿一: EU諸国における環境騒音の状況と対策の将来計画、騒音制御、22巻6号、pp310-316,1998
- 4) 田村明弘、「道路あるいは鉄道が種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.
- 5) 加来治朗ら、「LAeqによる環境基準の比較」、『音響学会騒音・振動研資、N-94-09,1994.
- 6) 難波精一郎・桑野園子: 種々の変動音の評価法としてのLeqの妥当性並びにその適用範囲の検討、音響学会誌、12巻38号、pp.774-783,1982
- 7) S.S.Stevens, "Procedure for calculating loudness": Marks VI, "J. Acoust. Soc. Am. 33,1577-1585(1961)
- 8) 桑野園子: 機械騒音の音質評価方法、日本音響学会誌、53巻6号、pp456-461,1997