

東京大学大学院新領域創成科学研究科
環境学専攻社会文化環境コース

平成 17 年度

修士論文

室内における環境騒音評価指標に関する実験的検討

- 在来鉄道騒音の時間変動性の影響について -

Experimental study on the criteria for environmental noise transmitted into the rooms
On the influence of time variance of railway noise

2006 年 1 月提出

指導教員 佐久間 哲哉 助教授

46810 飯島 直樹

Iijima, Naoki

目次

第1章 序論

1.1	研究背景・問題意識	1
1.2	騒音及び住宅の音環境に関する法律・基準値	3
1.3	本研究の位置づけと検討要因	10
1.4	既往研究	12
1.5	目的	17
1.6	論文の構成	18

第2章 実験概要

2.1	各実験の位置づけ	20
2.2	呈示音概要	21
2.3	実験システム	32
2.4	実験の流れ	38
2.5	評価語	41
2.6	被験者の選定	42

第3章 実験1結果

3.1	実験1概要・呈示音	43
3.2	実験1分散分析	44
3.3	L _{Aeq} の主効果	46
3.4	変動パターンの主効果	48
3.5	L _{Aeq} ごとの上昇幅の影響	50
3.6	実験1まとめ	54

第4章 実験2結果

4.1	実験2概要・呈示音	55
4.2	実験2分散分析結果	56
4.3	頻度の主効果	59
4.4	上昇幅主効果	60
4.5	頻度ごとの上昇幅の影響	61
4.6	実験2まとめ	64

第5章 各実験の比較

5.1	L _{Aeq} の評価についての比較	66
5.2	実験ごとの上昇幅の影響	68
5.3	まとめ	71

第6章 既往の研究との比較・総括

6.1	実験の結果からの推測	72
-----	------------	----

6.2	既往研究との比較	72
6.3	まとめ	74

7. 参考資料

- 7.1 道路交通騒音の時間変動性に関する実験的検討
- 7.2 時間変動を伴う純音性設備騒音の入眠時における主観評価に関する実験的検討

参考文献

謝辞

第 1 章

序論

1.1 研究の背景と問題意識

1998年の騒音に係る環境基準の改正により、屋外の騒音だけでなく、室内側にも特例として基準が L_{Aeq} で設けられた。具体的には幹線道路沿いの住宅において、昼間45dBA、夜間40dBAという値が設定された[1]。

L_{Aeq} という指標は、海外の基準でも多く使われており[28]、環境騒音に適用される指標としては、コンセンサスが得られている。その理由として、ある程度の物理的な変動を数値として反映しやすいこと、主観評価との相関が非常に良いことなどが挙げられる。これは既往の研究でも確認されており[14]、用途、音源などの状況によらず適用範囲が広いのが現状である。しかし、室内の居住者との反応については、検討の余地が残されている。特に、居住空間内の様々な生活をしながら、ある程度の長さによって印象が形成されることにおいては、十分な検討がなされているとはいいがたい。また、 L_{Aeq} の物理的性質として、変動の影響を反映するのにも限度があり、短時間に立ち上がる音は、数値に反映されにくい性質がある。

一方で主観評価との関係では、環境騒音の変動性が心理印象に影響を与えることがわかっている[9-11]。特に変動のピーク値に支配される傾向があるという知見[7-8]も報告されており、クレームにつながることも少なくない。つまり、等 L_{Aeq} でも主観評価が等しくなるとは一概に言えないという現状があり、より詳細な検討が必要とされている。

そこで、住宅を供給する立場であるディベロッパーや設計者は、変動性を捉える各企業独自の評価指標を用いている[23-24]。これは環境基準が推奨値であり、受忍限度ではないという性質をもっていることも理由の一つである。具体的な指標の内容としては、音源、時間帯、用途に応じて様々な指標が用いられているが、屋外から透過する変動的な騒音に対しては、ある程度変動の上昇幅を捉えることができる時間率騒音レベルが用いられている。特に変動のピーク値を捉える L_5, L_{10} を用いており、その使い方としては、 L_{Aeq} との対応関係を見て、 L_{Aeq} に対して5dBA上昇した値という設定の仕方や、 L_{Aeq} に関わらず、 L_{Aeq} に代用して時間率騒音レベルを環境騒音の代表値として用いている。この時間率騒音レベルは、海外の室内騒音基準となっている例も見られる[22]。

しかし、環境基準である L_{Aeq} と比較して、 L_5, L_{10} が上昇するとどの程度評価が異なるのか、定量化されておらず、定性的な判断から設定されているのが現状である。 L_5, L_{10} を用いれば、90%、80%レンジの上端値を捉えられるため、変動の大きな音源に対して有効であることは明らかであるが、評価との対応を定量化がされていないのが現状である。

そこで本研究では、 L_{Aeq} と L_5, L_{10} との差に着目し、その差の違いにより評価にどの程度差がでるのか、限定的な状況を設定し、定量化することとする。

もっとも時間率騒音レベルの影響が主観評価に出やすい音源特性として、極端なレベル変動、ある時間割合だけ一定の曝露がある音源特性が望ましい。これらの理由より、音源

を鉄道騒音に設定した。ピーク時間、ピーク値を上下することでレベル統計量の L10,L5 を設定し、統制条件下の心理実験を行うこととする。

1.2 騒音、及び住宅の音環境に関する法律

ここでは、住宅内の騒音に関する法律を中心に、対象となる屋外騒音も含め概観する。

1.2.1 環境基本法

環境の保全に関する施策を総合的かつ計画的に推進し、現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与することを目的として、環境基本法が定められている[1]。この法律においては、騒音によって人の健康又は生活環境に係る被害が生ずることを「公害」の一つとしている。また、環境基準を定め、生活環境を保全する上で維持されることが望ましい「基準」を定める、としており、騒音に関する環境基準としては、航空機騒音に係る環境基準、新幹線騒音に係る騒音基準、騒音に係る環境基準が定められている。ただし、ここで定められている環境基準は最大許容限度という性格のものではなく、「維持されることが望ましい基準」として提示されるものであり、具体的な規制等の実施法としては、(3)に挙げる騒音規制法が定められている。

(1) 騒音に係る騒音基準

騒音に係る環境基準は、一般地域の騒音について定めており、特徴は以下の通りである。

- ・ L_{Aeq} で基準値が定められている。
- ・ 地域の類型、及び、時間の区分ごとに、基準値の表が掲げられている。
- ・ 昼間を午前 6 時から午後 10 時までの間とし、夜間を午後 10 時から翌日の午前 6 時までの間とする。

住居の用に供される地域において、昼間 55～60dBA、夜間 45～50dBA 以下の規準値が決められており、特に路面に面している地域では、昼間 60～65dBA、夜間 55～60dBA 以下と決められている。さらに、幹線交通沿いの地域には特例として、昼間 70dBA、夜間 65dBA とし、特例として室内側の基準値として個別の住居等において騒音の影響を受けやすい面の窓を主として閉めた生活が営まれていると認められるときは、屋内へ透過する騒音に係る基準昼間 45dBA、夜間 40dBA という基準値を設けている。この改定は 1998 年であり、室内側の基準値はこの時設けられた。

(2) 新幹線鉄道騒音に係る環境基準

測定は、新幹線鉄道の上り及び下りの列車を合わせて、原則として連続して通過する 20 本の列車について、当該通過列車ごとの騒音のピークレベルを読み取って行うものとしている。住居の用に供される地域には 70dBA 以下といっている。

(3) 航空機騒音に係る環境基準

1 日のすべてのピークレベルをパワー平均したものを $\overline{d}_{B(A)}$ と午前 0 時から午前 7 時までの間の航空機の機数を N_1 、午前 7 時から午後 7 時までの間の航空機の機数を N_2 、午後 7 時から午後 10 時までの間の航空機の機数を N_3 、午後 10 時から午後 12 時までの間の航空機の機

数を N_4 とした場合における次により算出した値 $N = N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4)$ から、 $\overline{d} B(A) + 10\log 10N - 27$ という計算をして算出した値を用いている。専ら住居の用に供される地域を 70 以下としている。単位は WECPNL である。

(4) 在来鉄道騒音に関する基準

在来鉄道騒音については、「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」にて、新設又は改良に対して L_{Aeq} で定めること、としており、室内側の遮音設計基準は設定されていない。以下に L_{Aeq} の算出式を示す。

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[\left(\sum_{i=1}^n 10^{L_{AEi} / 10} \right) / T \right]$$

T: L_{Aeq} の対象としている時間(秒)。7時～22時は $T = 54,000$ 、22時～翌日7時は $T = 32,400$

1.2.2 騒音規制法

この法律は、建物周辺における音環境について述べたものであり、工場及び事業場における事業活動並びに建設工事に伴って発生する相当範囲にわたる騒音について必要な規制を行うとともに、生活環境を保全し、国民の健康の保護に資することを目的としている[2]。また、深夜騒音等の規制に関しては、地方公共団体が、住民の生活環境保全の観点から、当該地域の自然的、社会的条件に応じて必要な措置を講ずるとしている。このように、住宅近郊の工場などの機械設備音なども含め、外部騒音に対しては法的規制が設けられている。

騒音の測定方法は、当分の間、日本工業規格 Z8731 に定める騒音レベル測定方法によるものとし、騒音の大きさの決定は、次のとおりとする。騒音計の指示値が変動せず、又は変動が少ない場合は、その指示値とする。騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、その指示値の最大値がおおむね一定の場合は、その変動ごとの指示値の最大値の平均値とする。騒音計の指示値が不規則かつ大幅に変動する場合は、測定値の九十パーセントレンジの上端の数値とする。騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、その指示値の最大値が一定でない場合は、その変動ごとの指示値の最大値の九十パーセントレンジの上端の数値とする。

1.2.3 建築基準法

建築基準法[3]では、建築物の設備等に関する最低の基準を定める、とされている(第1条)。音環境についての記述として、長屋又は共同住宅の界壁は、建築基準法施工令で定める透過損失の性能基準に適合するものでなければならない、としている。

1.2.4 住宅の品質確保の促進等に関する法律

住宅の品質確保の促進等に関する法律[4]では、良質な住宅を安心して取得できることを意図しており、その中の第3条第1項において、日本住宅性能表示基準を定めている。これは、住宅の購入前に住宅の性能を比較することを目的としている。音環境項目については、固体伝搬音と空気伝搬音の表示基準が設定されており、

1. 重量床衝撃音対策
2. 軽量床衝撃音対策
3. 過損失等級（界壁（：隣戸との間の壁））
4. 透過損失等級（外壁開口部（：外部に面する壁））

がある。界壁においては、居室の界壁の構造による空気伝搬音の遮音の程度についての透等過損失等級が挙げられている。この法律は、生活騒音を直接規制するものではないが、表示制度により、購入しようとする住宅の遮音性能等がどの程度のものが判断することができる。

1.2.5 室内騒音に関する適用等級

日本建築学会は、遮音性能・減音性能の判断基準としての、室内騒音に関する建物、室用途別適用等級を以下の表 1.2.2 のように定めている（集合住宅のみ抜粋）[38]。また、下表は、空調騒音、外部からの工場騒音のようなほぼ定常的な騒音対して規定されているものである。

表 1.2.5(1) 室内騒音に関する適用等級

建築物	室用途	騒音レベル(dBA)		
		1級	2級	3級
集合住宅	居室	35	40	45

表 1.2.5(2) 適用等級の意味

適用等級	遮音性能の水準	性能水準の説明
1級	遮音性能上優れている	建築学会が推奨する好ましい性能水準
2級	遮音性能上標準的である	一般的な性能水準
3級	遮音性能上やや劣る	やむを得ない場合に許容される性能水準

1.2.5 海外の基準値

(1) 室内に侵入する騒音レベルの基準

昼間の基準値を比較すると、カナダ、USA の 45dBA が最も高く、デンマーク、ノルウェー、スウェーデンの北欧諸国 30dBA との間に、15 d BA の差がある。

夜間値をみると、オーストリアの 22dBA からカナダの 40dBA の範囲にあり、各国の差異は大きくなっている。ノルウェー、スウェーデンは道路、鉄道の騒音源に対して LAmax を併用している。スウェーデンでは LAeq30 d B に対し、夜間の鉄道騒音は LAmax で 50dBA という基準、ノルウェーでは鉄道の他に道路交通騒音も LAmax で 45 ~ 50 という基準を用いている。

表 1.3.2(1) 海外の室内基準

国	騒音源	適用対象	評価量	室内への侵入レベル		特記
				昼間	夜間	
ノルウェー	道路	新築住宅	LAeq24h	30~35		ガイドライン
			LAmax	40~55		
	鉄道	予防対策	LAeq24h	30		
			LAmax	50		
スウェーデン	各種	住宅・家屋の級別	LAeq	30/26/22		音響的快適性の1-3級/4級/5級
	道路	予防対策	LAeq24h	30		ガイドライン
			LAeq24h	30		
	鉄道	予防対策	LAmax	50		運輸局のガイドライン
アメリカ	各種	新築住宅	Ldn	45		騒音レベル低減要求水準のガイドライン
イギリス	各種	新築住宅	LAeq	40	35	BS8233
				35	30	高い快適レベル
オーストリア	各種	新築住宅	LAeq	32	22	
	鉄道	鉄道新線または改修時における予防対策	Lr	30		鉄道騒音5dBボーナス考慮
カナダ	道路・鉄道・工場	地域または地方自治体の騒音規制	LAeq	45	40	カナダ厚生省の推奨基準
デンマーク	各種	新築住宅	LAeq	30		

(2) 学校における基準（アメリカ、イギリスの例）

アメリカ(ANSI S12.60)では等価騒音レベル(1 時間)を指標として、主要学習空間の容積、補助学習空間、廊下の分類に対して3水準の上限値を定めている。交通騒音等の変動騒音に対しては、時間率騒音レベル LA10 で各用途の上限値に 5dBA を加えて評価するように指示している。

イギリスでは(BB93)では等価騒音レベル(30 分間)を指標として、室の種類ごとに上限値を定めている。交通騒音等の変動騒音に対しては、時間率騒音レベル LA1 で 55dBA を越えないように定めている。

各国とも、原則として室内の用途に応じて LAeq で基準値を定め、交通騒音に対しては補足的に L5,L10 の値を用いていることがわかる。その用いられ方は異なる。イギリスの L1=55dBA という値は、普通教室の LAeq=35dBA に対し 20dBA 上昇した値であり、LAeq を一定と仮定すると、1%の部分に全てのエネルギーが集約した物理特性ということになり、あまり現実的ではない値となっている。

表 1.3.2(2) アメリカ・イギリスの学校に対する基準

国	室内騒音に関する記載			交通騒音に関する記載		
	評価量	適用対象空間	レベル	評価量	レベル	特記
アメリカ	LAeq 1h	主要学習空間(566m ³ 以下)	35	L10	40	LAeq+5した値として設定
		主要学習空間(566m ³ 以上)	40		45	
イギリス	LAeq 30min	普通教室	35	L1	55	LAeqによらずL1=55
		オープンプラン	40		55	

1.2.6 室内における外部騒音評価方法の現状

日本建築学会環境工学委員会音環境運営委員会第41回音シンポジウム資料「建築音響関連規格・基準における問題点と今後の展望」[23]にて紹介されている、建設音響研究者会議のメンバー20社を対象にアンケートを行った結果からのデータを参考に遮音設計の目標値について概観する。集合住宅の居室における道路交通騒音、鉄道騒音に対する設計目標値の設定に対して、自社基準の有無、その指標と水準についてアンケートした結果である。

(1) 測定方法

鉄道騒音のような変動パターンは間欠騒音とみなせ、建築学会提案の「遮音設計のための現場における外部騒音の測定方法」によれば、間欠騒音の発生ごとに間欠騒音が継続している時間内の等価音圧レベル L_{Aeq} をオクターブバンド毎に求めるとしている。継続時間については、原則として騒音がほぼ定常的に発生している時間、または最大値に比べ 10dBA 程度低いレベルを超えている時間を継続時間とみなすとしている。下がった時間範囲までのエネルギー平均値、すなわち上記の継続時間を観測時間とする JIS Z 8731 で規定する単発曝露レベル LAE を求めることになっている。

(2) 騒音評価指標と水準

L_{Aeq} で 40dBA, L_5 で 40~45dBA (道路交通騒音と同様) 又は学会基準という回答が多かった。適用等級の水準については、道路交通騒音より 1 ランク下げて設定している企業も多かった。これはレベル変動の違いや、代表値の求め方も違うためと思われる。

(3) 対象本数・時間

必要本数には、10本ずつという回答が多かった。時間帯は、始発から終電までの平均値とする回答が最も多く、睡眠時間帯の最大値とした回答は2番目に多かった。

(4) 交通騒音に対する室内目標値

民間の大手建設業者、住宅供給者は、過去のクレームの経験などに照らして、特に自動車、鉄道など周辺の屋外環境騒音に対する防止対策を目的とした設計目標値が設定されている。集合住宅の居室において、自動車透過音に対し $L_5=40\sim45$ 、鉄道透過音ピークレベルに対し 45~50dB のように決めている。

しかし、この指標と、居住者反応との定量的な知見があるわけではなく、どの程度評価が違うのか、明確にはされていない。

1.2.7 法律・基準値のまとめ

環境庁の推奨値として提案する環境基本法の騒音に係る環境基準では、地域、音源、時間によってその基準値を設定しているが、推奨値としての性質を持っている。学会の提案する用途別適応要求については、グレード、用途などにより規準値を設けており、建設業者側もその基準値を参考にしている。そのため、業者側は独自に指標を用い、クレーム対策を行っている。

表 1.2.6(1) 国内における騒音の基準値・評価指標

		環境基準	規制基準	指針・条例等
環境騒音		LAeq		
道路交通騒音		LAmx	LAeq	
工場・事業場騒音			Lamax,LA05,他	
建設作業騒音			Lamax,LA05,他	
鉄道騒音	新幹線	LAmx		
	在来線			LAeq
航空機騒音	大規模飛行場	WECPNL		
	小規模飛行場			Lden
近隣騒音				Lamax,LA05,他
作業環境騒音				LAmx

1.3 主観評価に影響する変動要因と被験者状態の整理

ここでは、環境騒音という枠組みの中で、変動性の物理的要因と、評価する人間側の要因を分類し、その関係を既成の評価基準がどのように反映しているのか、以上の3点を観点に、既往の研究をみていく。変動の特性を軸に、他の観点との関わりをみていく。

1.3.1 変動性の物理的要因と本研究の焦点



図 1.3.1(1) 変動を形成する要因と変動モデル

環境騒音の変動性に関する主要な要因として、以下の項目が挙げられる。

- (1) ピーク時間
- (2) 立ち上がり・立下り速度
- (3) 変動形状（矩形状、三角状、台形状）
- (4) 変動幅
- (5) 変動事象の頻度

本研究では、立ち上がり、立下りについては音源間で固定し、ピーク時間率を統制した上で、変動幅の影響をみることとする。つまり、ピーク時間の割合が、全体の呈示時間の中で5%、10%で固定し、ピークレベルを変動させるという音源を評価させる。その際、LAeqを統制するため、背景音はピーク値に従い上下する音源を作った。また、変動事象の頻度の傾向も見るため、頻度が高い場合はピーク時間を短く、頻度が低い場合はピーク時間を長くとり、全体に対してのピーク時間率を統制した。

1.3.2 居住空間における被験者状態の分類と本研究の位置づけ

居住空間における被験者状態についての分類とそれに伴う心理属性についてみる。

まず覚醒状態の時については、大きくわけて聴取状態と非聴取状態に分けられる。聴取状態においては、会話、電話、テレビ、ラジオなどの状態が考えられる。この状況で起こりうるのが、聴取妨害である。心理属性としては、音事態に対する「うるささ」「やかましさ」より、「じゃまになる」といった妨害感に影響を及ぼしやすい。非聴取状態の場合は、作業や読書、くつろぎなどが考えられるが、この場合、精神的な集中妨害などの影響が考えられる。この場合、音のレベルも当然ながら、音の意味性、種類などにも妨害感が影響されると思われる。音自体に対する聴感の影響も大きいと思われる。睡眠、または入眠状態の場合は、最も静謐性が必要とされ、低レベルでも音の変動性や、周波数特性によって妨害を及ぼす可能性がある。単に騒音レベル値だけでなく、睡眠中に起こる事象の回数によって睡眠妨害を及ぼす場合がある。

本研究では、鉄道騒音の時間帯も考慮し、覚醒状態の場合に最も静謐性が必要とされる非聴取状態で読書などをさせ、音自体への印象 = 聴感と、作業を妨害された印象 = 妨害感について焦点をあてて考察していく。

表 1.3.2(1) 騒音の音源側、受音側の条件による心理影響

騒音側の条件		受音側の条件			影響		
発生源の種類と数 レベルの変動性 衝撃性 断続性 持続時間 音圧レベル 周波数成分 発生時刻 方向 伝播距離 地形 気象条件 地上構造物 家屋構造 その他	→	曝露条件	仕事・勉強	→	個人・集団の反応	直接的影響	感覚的影響
			休息・団欒			睡眠	聴取妨害
		曝露履歴	態度			聴力妨害	
人間の属性		人間の属性	性別			間接的影響	情緒的被害
			年齢			睡眠休養妨害	
			健康度			総合的影響	精神作業妨害
			気質			身体的影響	
			体質				アノイアンス
			職業				行動的反応
			その他				

1.4 既往研究

本研究に関係する要因を中心に、これまでの研究、調査でどの程度知見が得られているのか、観点別に整理する。観点として、音源側の物理特性、音源に対する評価、物理指標を文献ごとにみていく。

1.4.1 実験室実験

(1) 変動パターン(ピークレベル・S/N・変動幅・頻度)と評価との関連

古市ら[7]は LAeq が等しい統制条件下において交通量、時間変動性の違いをみている。交通量が定常的な音源を対象に考察を行っていくと、交通量の減少に伴い変動幅が上昇する音源の特性になっており、背景音は一定となっている。主観評価との関係性をみると、ピーク値上昇に従い不快側の評価となっており、特に妨害感でその傾向が顕著であった。変動の定常/間欠という点においては、90分周期である程度集中して自動車が通過するパターンと、定常的に通過しているパターンを比較している。この結果として、同頻度、同ピーク値でも、間欠的な変動パターンの方が快側の影響が出ている。この結果に対する解釈として、まとまった背景音のみの時間が長くなり、その分、静寂な印象がピーク値の影響を緩和したと推測できる。

高部らの純音性設備騒音の入眠影響について考察した研究[8]では、より静謐性が必要な条件下にて実験を行っている。この研究の音源の特性として、設備騒音の ON/OFF 頻度、稼働時間率を模擬した音源で実験している。高部らの研究では稼働時間率とピーク値が従属の関係にあり、稼働時間率が上昇するに従い、ピーク値を低下させ、トータルの曝露エネルギーが統制されている。この知見によれば、古市らの研究と同様、基本的にピーク値上昇に伴い、不快側の評価になっていることが結果として出ている。頻度との関連では、頻度が多い方が全体として不快となっている。頻度とピーク値の関連について考察すると、高頻度の音源は稼働時間率低下に従い、不快側の評価になるが、低頻度においては単純に不快とはならず、稼働時間率が中間的な音源が最も不快側の評価となっている。これは、稼働時間率が低下するとピーク値が上昇し、不快側になるが、低頻度の場合は、60% 30% に稼働時間率が小さくなった分、背景時間の長さによって背景音レベルの静寂さが印象的になり、快側の評価となったと思われる。

横山、橋らは[9-11]、沿道住宅内に透過する交通騒音の影響について、何も作業をしない際の「やかましさ」(第1報)、会話及び睡眠(入眠)想定時の妨害感(第2報)、テレビやラジオを想定した聴取の妨害感(第3報)に関して検討している。いずれの評価も LAeq とが高い相関関係にあるとしている。その上で、第1報の無作業時は、LAeq が 30、40、50、60dB(A) で騒音の時間変動性によって系統的に評価値が異なり、定常的(交通量の多い方)な場合の方が間欠的な場合より「やかましさ」を強く感じる。第2報では、会話時は、騒音が間欠的である場合の方が定常的(交通量の多い方)である場合よりも妨害感が大きい。第3

報では、 $L_{Aeq}=60dB(A)$ では、交通量が多い場合（定常的）の方がよりじゃまになることが統計的に有意な差として確認されたとしている。

泉ら[33]は、複合的な交通騒音に関して考察している。列車、航空機については、2、4回/6分の頻度を設けている。結果、出現回数が大きい方が妨害感大きくなり、高部[8]らの知見と同じ傾向が見られるといえる。しかし出現間隔やピークレベル時間が記載されていない、その間隔の程度や変動幅の定量化にまでは至っていない。騒音評価指標と妨害感の相関係数を見ており、 L_{Aeq} （相関 0.975）が最も高く、 L_{10}, L_5 の相関が次に高い(0.967、0.951)となっている。暗騒音のレベルによる違いは見られず。これは、妨害感が暗騒音ではなく、呈示音のレベルの高い部分に大きく影響される可能性があることを示唆している。妨害感ではなく、総合的な不快感である、アノイアンスでは傾向が違ってくると推測している。

山田ら[21]は、同じエネルギー量下では、 S/N が小さい方がラウドネスの評価が大きく、65dBA までは暗騒音のレベルの影響が強く、これを超える音の場合は、対象音そのものが影響するとしている。また、 L_{Aeq} と L_{Amax} とのラウドネスとの評価の適合性も確認し、目立った音が認識しやすいパターンは L_{Amax} 、定常的な印象のものは L_{Aeq} で、より適合するとした。この結果については、間欠性と SN の影響が、室内音環境に影響することが示唆されている。

（2）被験者状態について検討した知見

馬蕙、矢野らは、聴感実験で、現実的な作業を与え、妨害感を検討している [12]。具体的には、道路交通騒音、鉄道騒音を約 6 分間与え、被験者にはその間聴取作業、計算作業をさせ、その作業中の妨害感を評価させている。室内を想定した場合の、40、45、50dB(A)の提示音については、鉄道騒音の方が自動車騒音よりじゃまになり、欧州各国の環境基準に反映されるいわゆる鉄道騒音に対する 5dB のボーナスの根拠となる研究成果とは逆の結果になることを示している。また、室外の聴取作業に限っては道路交通騒音の方が鉄道騒音よりじゃまになるとしており、これを騒音レベルの累積度数曲線を用いて、鉄道騒音のレベルの高い時間が短いのに比べて道路交通騒音は安定して高いレベルにあるためにアナウンスをより強力にマスクするからだとしている。ここでは、騒音の間欠性が妨害感の違いにつながっているとしており、かつ居住者の作業によって評価が異なることを示している。しかし室内側では、居住者の作業状態や騒音源の種類による系統的な妨害感評価の違いは見られなかったとしている。これについて、音の種類を固定した上で、変動性についてより詳細な検討を加える必要があると考えられる。

難波、桑野らも鉄道ボーナスについて考察している[18]。その結果、日本人、ドイツ人共に自動車騒音の方が過大評価となった。特にピークレベル大のところで鉄道と自動車の評価差大きいという結果になった。暗騒音を一定で、自動車交通騒音を 5 dB 低くした場合と、鉄道騒音そのままのレベルで評価が近くなった結果もみられた。

成瀬らの研究[13]では、交通騒音が作業能率、心理生理に及ぼす影響をみた。その呈示時間は 10 分としている。具体的には、 L_{Aeq} が等しく、測定点の道路からの距離の違いで騒音の変動幅の大きさが違う音のうるささ評価を比較した場合、変動幅が大きい方がうるさく評価される、としている。すなわちここでは、「変動幅」が、「作業時」の評価の違いに影響を与える可能性を示唆している。しかしながら、二つの呈示音の背景音自体が異なるため、「変動幅」だけの効果とは言い難く、さらなる検討が必要だと考えられる。

泉ら[33]は、鉄道音の $L_{Aeq}=40\text{dBA}$ 、 60dBA の 2 水準、鉄道の出現頻度を 15 分毎、7.5 分毎、3.75 分毎、1.875 分毎の 4 水準の 30 分間で比較している。しかし、一回の通過時間、ピーク値が同じ状況下で実験を行っており、頻度上昇に従い L_{Aeq} 上昇し、不快側の評価になった知見である。道路交通騒音を暗騒音に 3 水準設け、S/N の違いを検討しているが、S/N が小さい方が頻度の影響が小さくなったという知見を得ている。これは S/N が小さいことにより、変動幅が小さくなり、変動が知覚されにくくなったと思われる。S/N の関係、頻度との関係について検討しているが、 L_{Aeq} が統制条件下でないため、等 L_{Aeq} の下で各要因を変化させた場合については検討が必要であると思われる。

(3)呈示時間について参考にした研究

矢野らの研究[19]では、ピンクノイズ定常音を基準音、規則的断続音を比較音として、この二者の 30 分、60 分、120 分の継続時間における相対的なやかましさを考察している。断続音の馴化が生じ、やかましさが 1 ~ 2 dB 程度減少しているが、30 分以降はきわめて小さい減少となっている。タイムパターンは、125msec/375msec であり、非常に多い頻度、周期の短い変動特性となっている。また、 L_{Aeq} が大きいほど馴化の影響は大きいとしている。

泉ら[30]は、交通騒音別の不快感の影響を実験室実験で呈示時間 10 分で行っている。被験者状態は読書、編み物等、無音の日常行動を任意に行わせている。その文献の中では過去の海外の研究との比較も行っており、実験中の作業で自由休息、自由読書などをさせ、5 分の呈示時間で評価させている実験もある。

難波・桑野らは、鉄道ボーンズに関する実験的考察を行っているが[18]、呈示時間は 15 分間である。ヘッドホンで聴きながら、時々刻々の判断をパソコンに入力するという作業を行わせている。また、CD ラジカセを用いた被験者宅での睡眠影響実験[31]では、1 時間あたり 6 本の頻度の鉄道騒音を用いている。 $L_{Aeq1h}=42.5$ 、 35.0 、 27.5 dB で行っている。道路交通騒音との比較も行っているが、鉄道騒音の方が睡眠妨害への影響が大きく、 $L_{Aeq1min}=50\text{dB}$ を越えるあたりからその影響が顕著であるという知見を得ている。

不規則変動音のやかましさについて検討した藤本らの研究[16]では、ピンクノイズ、交通騒音などを変動パターンを変化させて実験を行い、 L_{Aeq} 、時間率騒音レベルとの相関を見ている。これによれば、定常的な音源との対応は L_{Aeq} の方が相関が高いが、変動的な音源

についてはL10が最も相関が高かったという結論に達している。

平松ら[14]は様々な変動形状の音源を用いて、主観評価との関係をみている。頻度、変動形状について触れているが、ホワイトノイズを音源とし、音量が大きいため、室内の騒音評価を模擬した実験ではない。基礎的データとしての位置づけが大きい。

(4)実験方法に関する既往研究

Bert De Coensela, Dick Botteldoorena ら[29]は、実験室実験の提示時間、呈示方法に疑問を投げかけ、より現実的な評価を得るために、コテージの外にスピーカーを配置し、中で数人で生活している状態で実験させた。外にスピーカー2台、アンプ1台、イコライザー1台を用意。ステレオ録音した音源を2チャンネルで流している。実験室の不自然さを最小限に抑えることができおり、現実の音と言えるに妥当であると筆者は述べている。これは低速の鉄道音で実験し、室内の3次元再現の方法として妥当であると検証済みだと述べている。室内の音量などを調整し、室間音圧レベル差は21dBの差が外と中であつた。視覚的には窓の外には森しか見えなく、音源は見えない。5人一度に実験を行い、軽い会話、飲食、雑誌を読書を許される状況下で行ったとしている。どのような配置で被験者が座っているのかは記載されていない。14分練習 70分(6×10分鉄道、1×10分自動車) 14分練習 (6×10分鉄道、1×10分自動車)というタイムスケジュールで実験を行っている。

表 1.4.1(1)既往研究の知見の分類

音源の物理的要因			被験者要因		
変動幅	佐久間ら[7-8] 橘ら[9-11] 山田ら[21]	変動幅大きい方が不快。特に妨害感との関係。LAeqとLMaxで捉えられる可能性	妨害感 (睡眠、会話含む)	成瀬ら[13] 佐久間ら[7-8] 矢野ら[12]	変動性が顕著な音源ほど妨害感に影響大
頻度	泉ら[33] 佐久間ら[7-8] 矢野ら[19]	頻度大で不快側。頻度間隔が明記されておらず、[7-8]以外は定性的な知見	聴感	矢野ら[12] 佐久間ら[7-8]	変動の大きさより音量そのものに対して影響大。
音源の違い	難波ら[18]	鉄道ボーナスの影響は明確にされていない。			
実験手法					
呈示長さ	Dick Botteldoorena ら[29]	実験時間の長さに議論。明確な水準ない。			
呈示方法	Dick Botteldoc 難波ら[31] 泉ら[30]	現実的は手法を用いた実験の実施。居室の模擬実験			

1.4.2 社会調査

(1) 居住空間に対する意識の中の音環境について

井上ら[34]は、住宅購入予定者を対象としたアンケート調査を行い、住宅購入時に、性能表示の9項目についてどの程度考慮しますか。という4段階の評定尺度(かなり考慮する、やや考慮する、あまり考慮しない、考慮しない)による質問に対する結果として、前者2つを正反応として見たとき、1位に音環境98%、2位に光・視環境93%、3位に構造90%であったと示している。特に音環境に関して「考慮しない」が0%、「あまり考慮しない」が2%と最も少なく、社会的にも住環境に置いて音環に対する問題意識が特に高いことがうかがえる。また、住宅を購入するにあたり気になる音の種類として、「車」が16%と圧倒的に多く、次いで「足音」12%「テレビ・ステレオ・ラジオの音」7%と続き、道路交通騒音への意識が高いことがわかる。

荘ら[35]は、集合住宅居住者に対するアンケート調査及び自由意見の分析結果を統合してパス解析を行い、評価に影響を及ぼす各種要因の因果関係を明らかにし、居住者の意識構造をとらえており、集合住宅の建築性能のグレードが低いほど集合住宅の音環境の最低条件として要求が高くなる一方、性能全般に対しグレードの高いマンションの居住者ほど要求が厳しいという住民意識の存在を示している。

(2) 時間率騒音レベルと L_{Aeq} について考察した研究

1998年に環境基準が L_{50} から L_{Aeq} に変更され、 L_{50} と L_{Aeq} の比較や、置換式などについて考察されている研究が多くある。しかし、 L_5, L_{10} について考察された研究はあまりなく、実験室実験にて行った実験から、 L_5, L_{10} との相関を検討した研究がある。ここでは、 L_x と L_{Aeq} との比較という枠組みで参考として触れる。

大宮らは、 L_{Aeq} 及び L_{50} に基づく騒音の評価基準について、社会調査をもとに考察している。騒音に対する住民反応と L_{Aeq} 及び L_{50} の関係を累積度数分布、AIC、メンバシップ関数に基づき分析し、評価基準を導出、相互に比較を行っている。道路に面する地域の評価基準は一般地域に比較し5~10高く、 L_{50} は昼間、 L_{Aeq} は夜間の住民反応との対応が良かったという結論に達している。

橘らの研究[36]では、30分ごとに10分間の測定時間で、24時間計測した L_{Aeq} と L_x の道路交通騒音に対する簡単な考察を行っている。 L_{95} が信号待ちの車両の列の長さとの正の相関が見られたことや、 L_{Aeq} と L_{50} の差を道路から測定点までの距離、平均車頭間隔で表した。時間率騒音レベルをもとに道路交通騒音の変動要因等に関する推定が可能といえる。

大宮らの研究[37]では、 L_{50} と L_{Aeq} との関連で社会調査をしており、住宅地、事業所敷地内、道路周辺など、場所ごとに L_{50} のばらつき(標準偏差)を求め、 L_{Aeq} の測定時間を変化させた場合のばらつき(標準偏差)と比較した。 L_{50} と同じ安定性を持つ評価値を得るための L_{Aeq} の測定時間を求めた。 L_{50} と同じ安定性を得られる L_{Aeq} の測定時間は場所ごとに異なり、住宅地では2~5倍の測定時間が妥当という結果が出た。

1.5 目的

これまでの背景から、本研究の目的を設定する。以下に検討項目を示す。

- (1) 騒音に係る環境基準において、特例として設定された室内側規準である LAeq と、各住宅供給者側が変動騒音を捉えるため用いている指標 L5,L10 に着目し、等 LAeq の中で L5,L10 の値が変化すると、どの程度評価が異なるのか、その度合いを定量化する。
- (2) L5,L10 が等しい条件下で、出現頻度の違いによって評価の違いがどの程度異なるのかその度合いを定量化する。
- (3) 他の既往研究との比較を通し、室内騒音の評価に影響を与える変動要因を考察し、要因の分類、それに対する評価との関連性を一般化する。

以上の検討項目を明らかにし、住宅供給者、又は住宅の学会規準作成者側への遮音設計基準の一助となる知見を得ることを目的とする。具体的には、L5,L10 の室内遮音設計指標を検討する際の参考としての知見を得ること、基準策定の参考となる知見を得ることを目的とする。さらに環境騒音の物理特性によって評価の傾向を定性的に把握することとする。

1.6 論文の構成

(1) 以下に各章の位置づけ、章立てを記す。

第 1 章：室内居住環境における音環境に対する法的な枠組み、住宅供給者側の基準値を整理する。その基準値と主観評価の関係について、既知の部分を把握し、本研究の目的を設定する。

第 2 章：実験の手法について中心に記す。等 LAeq の枠組みの中で L5、L10 が変動する音源の作成、呈示方法、被験者状態、実験状況について、詳細に記す。

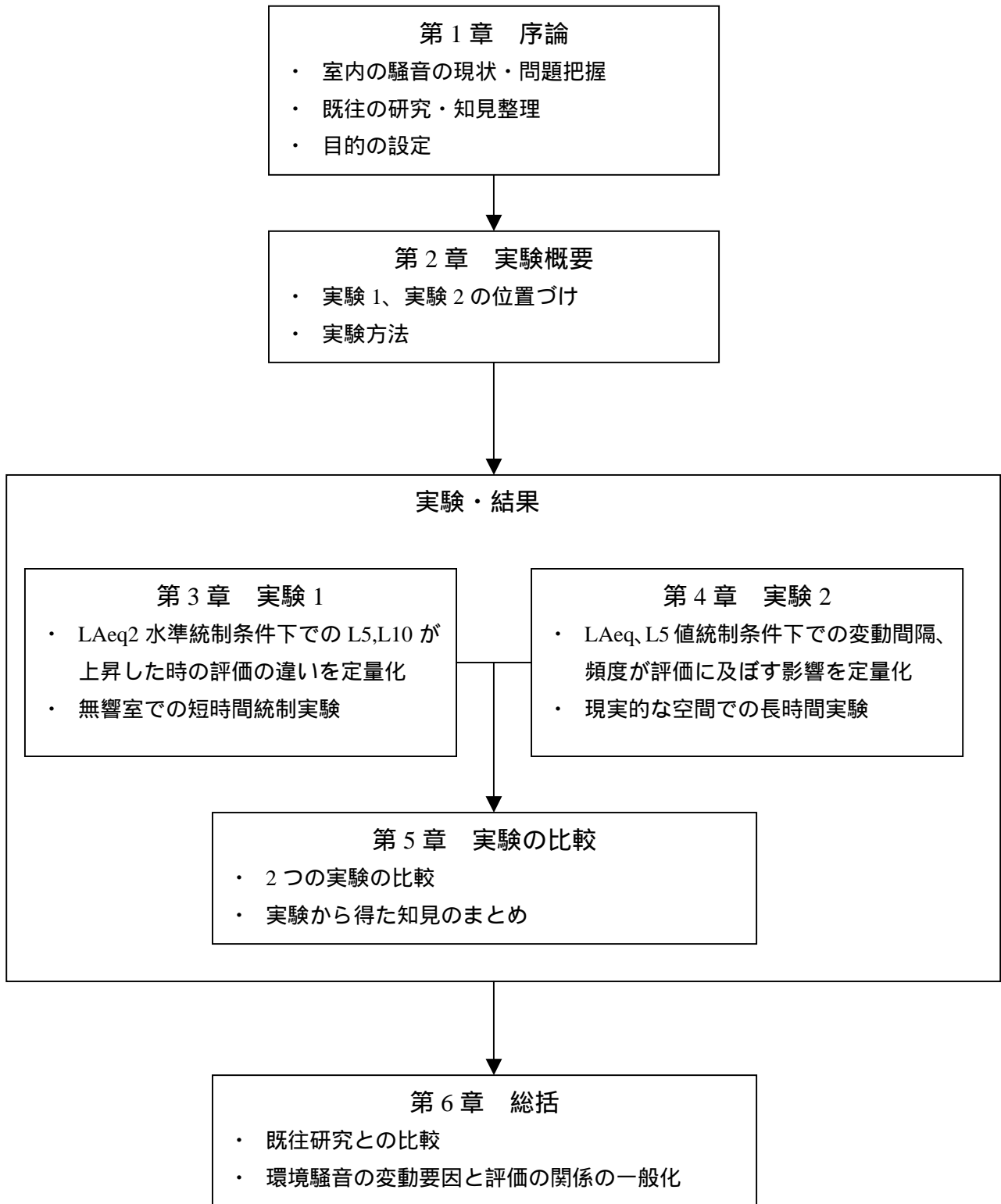
第 3 章：実験 1 の結果について述べる。LAeq2 水準の下、L5,L10 が変動した場合に評価がどの程度変化するのかを定量化する。環境基準値 LAeq の評価の差に対し、L5,L10 の変化に対する評価の差を比較することに重点をおく。

第 4 章：実験 2 の結果について述べる。LAeq を固定し、変動間隔が異なる中で L5 が変動すると評価がどの程度変化するのか定量化する。

第 5 章：実験 1、実験 2 を比較する。実験の呈示時間の違い、実験状況の違いが主観評価にどの程度影響するのかを検討する。また、実験 1 で得た LAeq の差を下に、変動間隔の違いによって生じた評価の差がどの程度かを明らかにする。

第 6 章：2 つの実験で得た知見と、既往の研究との比較を行い、変動の時間率や、変動幅、背景音との関連で環境騒音の変動性が評価に影響を与える要因を整理し、要因と評価との関係を探る。

(2)論文の構成（フローチャート）を示す。



第 2 章



実験概要

2.1 各実験の位置づけ

実験 1、実験 2 において検討する要因、観点を整理し、各実験の位置づけを明確にする。

表 2.1(1) 各実験統制要因

要因	実験1	実験2
LAeq	35, 45dBA	40dBA
Lx	L5(+5, +10), L10(+5)	L5(+5, +10)
頻度	2分毎	2分毎, 5分毎
呈示時間	10分	30分
被験者状態	読書, 場所固定	自由に行動(読書, PC作業等)
実験室	簡易無響室	残響のある現実の居室

表 2.1(2) 実験 1 呈示音

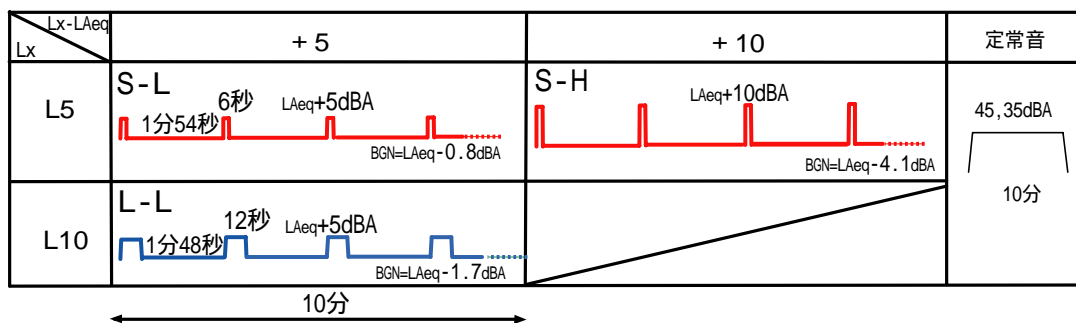
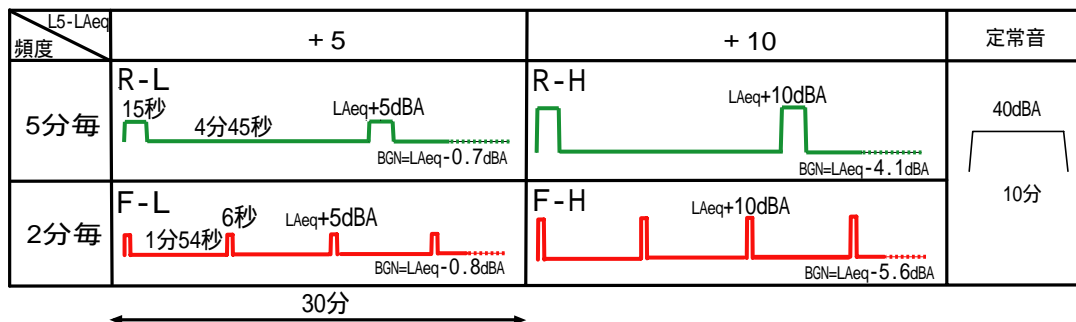


表 2.1(3) 実験 2 呈示音



実験 1：簡易無響室において、L5,L10 が等 LAeq の条件下で変動した際の主観評価の影響の度合いを検討する。LAeq を 2 水準設け、LAeq10dBA に対する評価の差を確認した上で、L5,L10 の上昇に伴う評価の差を比較する。

実験 2：現実的な一般の居室において、30 分間の呈示音で評価させる。実験 2 は頻度の違いを焦点におき、頻度が異なると L5 上昇による評価の差にどの程度影響を及ぼすのかを検討する。

また、これら実験を通して、呈示時間の違い、実験状況の違いを検討する。

2.2 呈示音概要

実験に使用した呈示音について、音源の採取、作成、呈示方法も含め示す。

2.2.1 呈示音

(1)実験 1

表 2.1(2)(再) 実験 1 呈示音

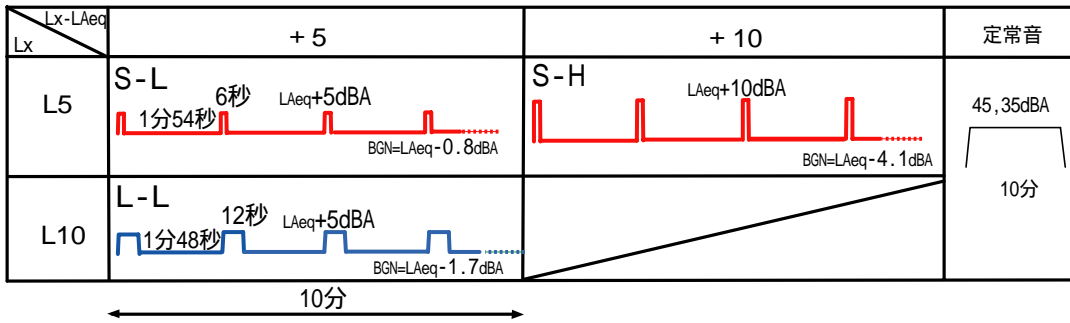


表 2.2.1(2)実験 1 呈示音数値 (実測値)

Lx	LAeq(dBA)	Lx-LAeq	頻度	音源名	Lx(dBA)	背景音(dBA)
L5	35	+5	2分毎	S-L	39.8	34.2
	45				49.8	44.1
	35	+10		S-H	44.9	31.3
	45				54.8	41.0
L10	35	+5		L-L	39.8	33.3
	45				49.9	43.3

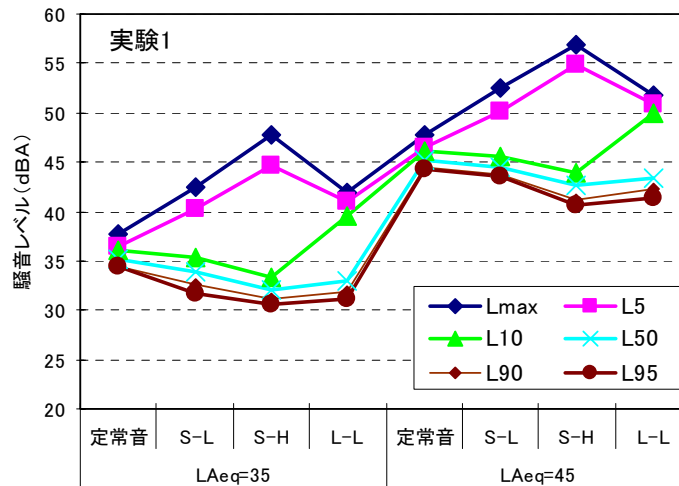


図 2.2.1(1) 実験 1 呈示音レベル統計量

表 2.2.1(1)に実験 1 の音源を示す。要因として、LAeq 2 水準：35dBA、45dBA、時間率騒音レベル：L5(S)、L10(L)、上昇幅：+5(L)、+10(H)の水準を作成し、定常音も含めた 4 音源×LAeq2 水準の合計 8 音源を呈示した。頻りに鉄道が通過する状況を想定し、頻度は 2 分毎とした。LAeq が等しい条件下のため、L5 が 5、10dBA 上昇すると背景音レベルはそれぞれ 0.8、4.1dBA 下がり、L10 が 5dBA 上昇すると 1.7dBA 下がる特性となる。(表 2.2.1(2)、図 2.2.1(1)参照)

(2) 実験 2

表 2.1(3)(再) 実験 2 呈示音

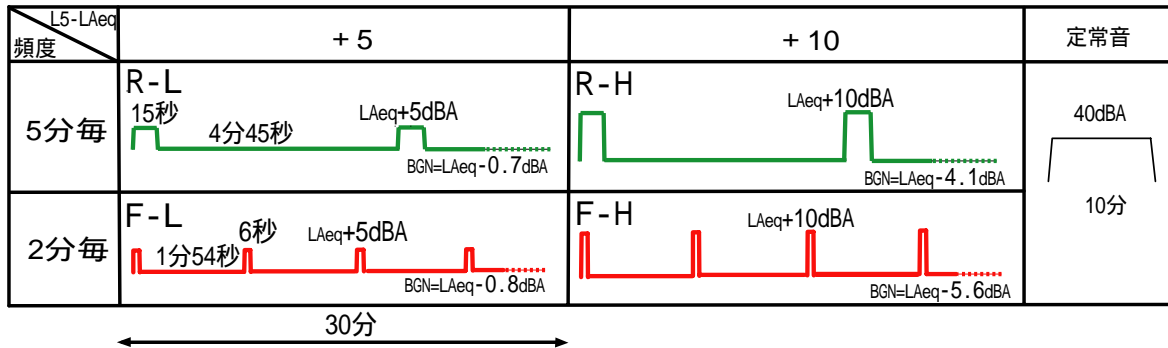


表 2.2.1(4)実験 2 呈示音数値 (実測値)

Lx	LAeq(dBA)	Lx-LAeq	頻度	音源名	Lx(dBA)	背景音(dBA)
L5	40	+5	2分毎	F-L	44.9	39.2
		+10		F-H	49.9	34.3
		+5	5分毎	R-L	44.9	39.3
		+10		R-H	49.9	35.3

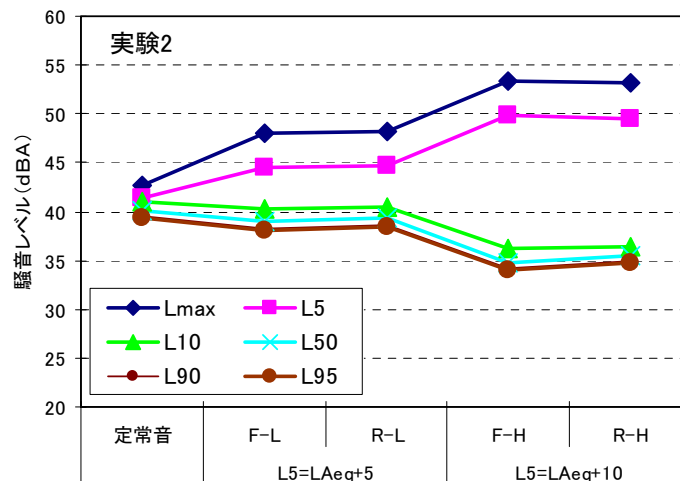


図 2.2.1(2) 実験 2 呈示音レベル統計量

表 2.2.1(3)に実験 2 の呈示音概要を示す。実験 2 呈示音 LAeq を 1 水準(40dBA) , 上昇幅 : +5(L)、+10(H)、頻度 : 5 分毎(R) , 2 分毎(F)の 2 水準設定し、定常音を含めた計 5 種類の音源を作成した。頻度に応じて、5 分毎はピーク値 15 秒、2 分毎はピーク値 6 秒に調整し、呈示音全体に占めるピーク値の割合=L5 の値を一定にした。図 2.2.1(2)、表 2.2.1(4)には呈示音の数値を実際に示した。各音源 LAmx が L5 に対し 3dBA 程度大きい値となっている。また、L10~L95 の値はほぼ同レベルになっていることがわかる。

次項以降で音源の作成方法を示す。

2.2.2 音源採取

呈示するための鉄道騒音を採取した。音源の条件として、

- ・ 鉄道騒音のみを録音し、他の音源を極力排除する。
- ・ 立ち上がり、立ち下がりの勾配を急にし、通過する際のピーク値以外のエネルギーを極力小さくする。
- ・ ある程度の車両長さ、車両の数、スピードがあり、在来鉄道騒音として聴覚上知覚できる周波数特性。

という項目を念頭におきつつ、録音を以下の場所において行った。

(1) 測定

場所：茨城県土浦市常磐線沿線。土浦駅 - 神立駅間。

録音時刻：深夜 23 時 ~ 0 時

録音方法：線路からの距離 12.5m の地点、地上 1.2m の地点で測定した。騒音計(ONO SOKKI LA1350)と DAT(SONY TCD-D100)にてモノラル録音をした。図 2.2.2(1)に測定風景を示す。

(2) 対象となる車両

車両：1 両 20m × 10 両編成 = 合計 200m

速度：およそ 90 ~ 100km/h



図 2.2.2(1) 鉄道騒音録音風景（場所：茨城県土浦市・常磐線沿線）

2.2.3 音源作成方法

DAT で録音した音源を、UA5 インターフェイスを用いてパソコンに取り込み、音源作成ソフト Adobe audition を用いて音源を作成した。以下手順を示す。

(1)全体の流れ

矩形モデルで、背景音と鉄道音の設定値を計算しておく。表参照。LAeq=35dBA で、L5=45dBA の音源を作成する場合を例にとる。全体の 5%が 45dBA で、100%全体の LAeq が 35dBA となるように矩形の値で計算した。ここで背景音レベルの理論値が決定。

鉄道騒音のピーク時間の調整する。音源編集ソフト Adobe Audition を用い、ピーク時間を設定値に調整した。図 2.2.3(1)にその加工画面を示す。枕木やモーター音のリズムに、聴感上不自然さがないようにした。ピーク時間のみを調整しているため、立ち上がり、立下り時間はどの音源も等しくなっている。

実験 1 : 6 s (L5 の音源)、12 s (L10 の音源)

実験 2 : 6s (頻度 15 回 / 30 分)、15s(頻度 6 回 / 30 分)

鉄道騒音の全体長さを調整した。実際に音源を設定値で流し、背景音以下になっても、聴感上自然に鉄道音が消えていくよう調整した結果、L5 と暗騒音の差が 25dBA 以上はカットした。結果、図 2.2.3(4)に示すように、ピークレベルに達するまでの立ち上がり時間が 4.6 s、立下り時間が 10.7 s となった。

Adobe Audition 上において、各音源間で 5dBA 刻みの相対的な差をつくっておく。

現場で音を流し、L5 の値を基準にアンプ調整。

鉄道音の曝露エネルギーレベル求める。0.1 秒ごとの瞬時値を計測し、エネルギーを合計した。

矩形モデルの曝露エネルギーとの差を求め、L5 以上、立ち上がり、立下りの部分のエネルギーを差し引いた背景音を作成。図 2.2.3(2)にその図を示す。

理論値との差の分だけ背景音が 0.1 ~ 0.2 dB 下がり、その分、Lx の値も若干下がる。

すなわち、正確に言えば値は理論値より 0.1 ~ 0.2 dB 小さい値になっている。

LAeq=35dBA の音源を図 2.2.3(3)に示す

スピーカーの特性や、CD プレーヤー、伝送特性を考慮したイコライザーの設定を行い、音源を呈示した。



図 2.2.3(1) Adobe Audition 上での加工画面

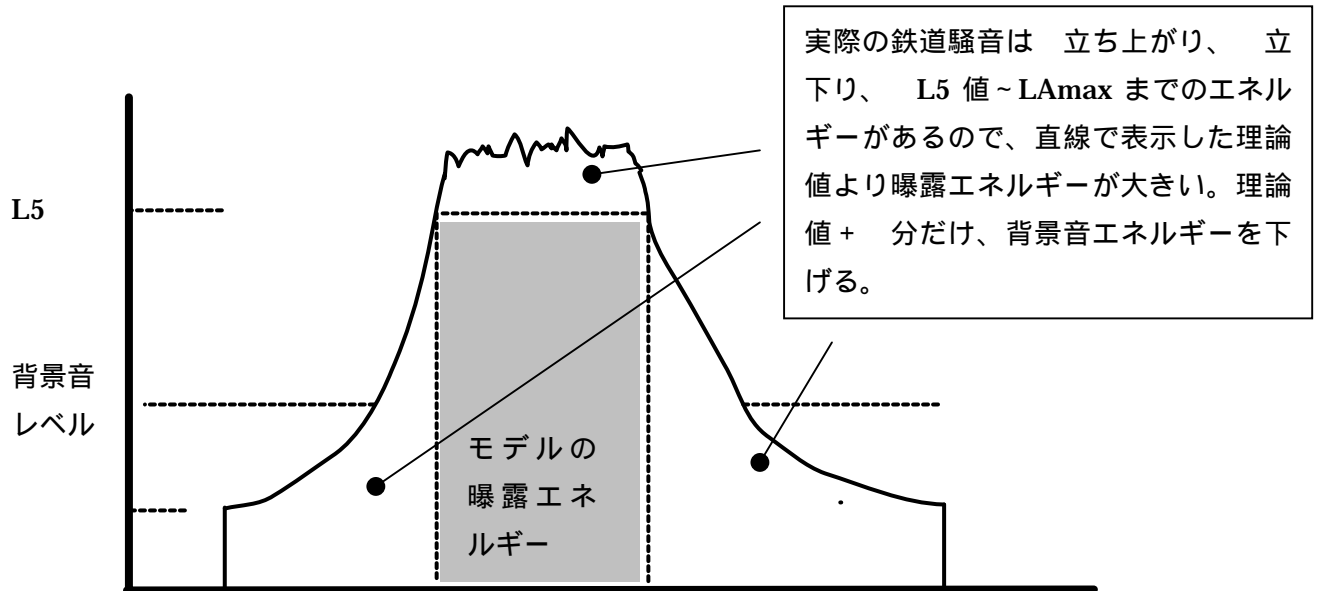


図 2.2.3(2) 矩形理論値と鉄道騒音

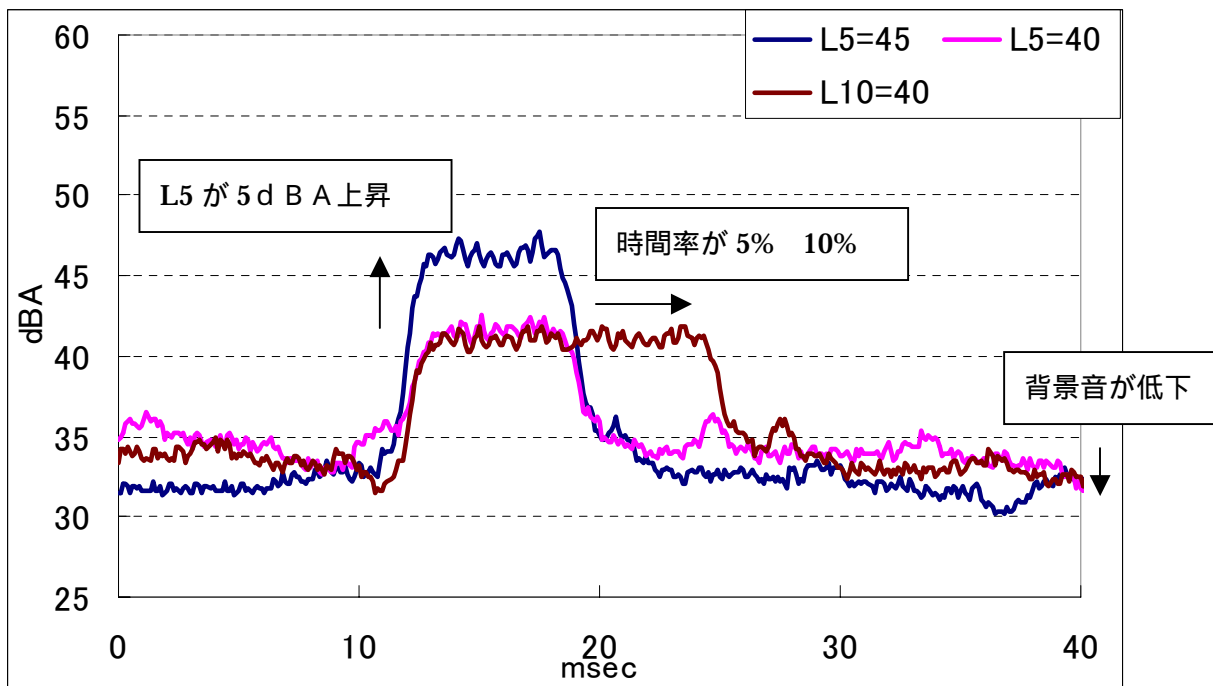
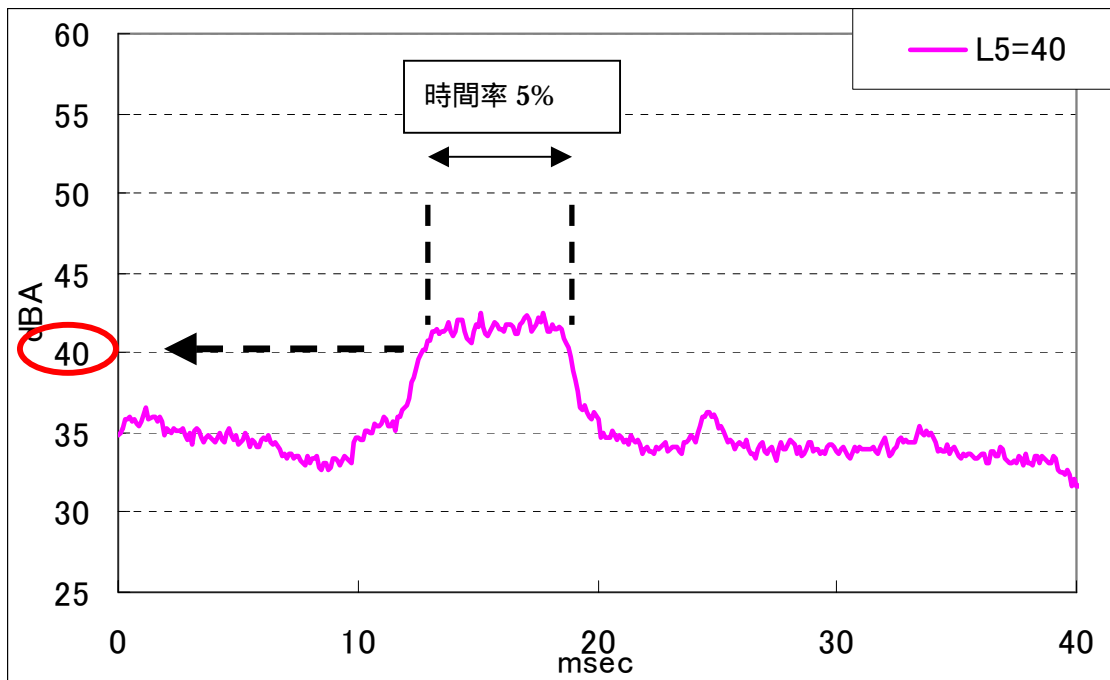


図 2.2.3(3) 音源作成方法

上の図は L5=40 の音源である。呈示時間の 5%、すなわち立ち上がり時間(ピーク時間)が 6 s になるように調整し、背景音も決まる。下の図は L5=45、L10 = 40 の波形である。どちらの音源も、L5=40 の波形に比べ、背景音が下がっているのがわかる。

(2)呈示音詳細

ここでは、提示音の具体的な数値について説明する。これまでの手順により作成した音源を、実際に現場以下のような設定値に調整した。

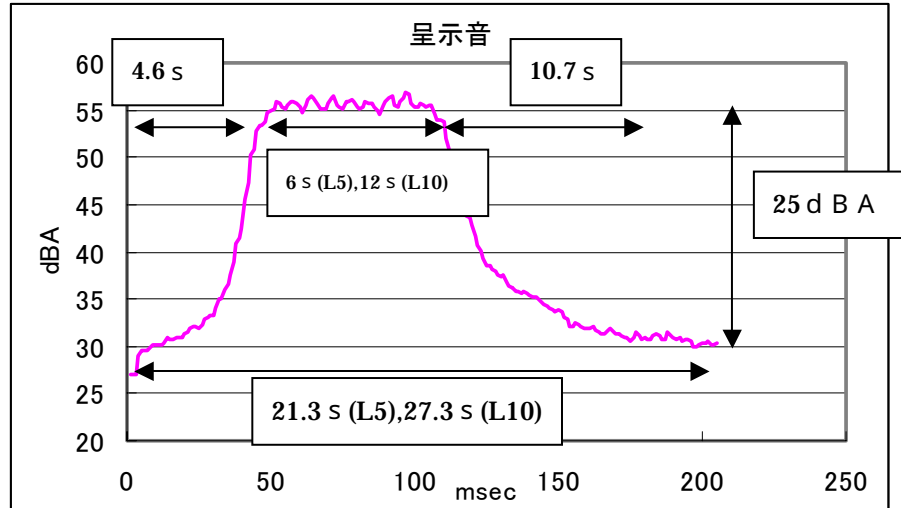


図 2.2.3(4) 提示音詳細

表 2.2.3(1) 実験 1 モデル音

音源名	LAeq(dBA)	矩形理論値			実際の値		
		鉄道音		背景音	鉄道音	背景音	合成音
		Lp	LAE	LAeq	LAE	LAeq	Lx
S-L	35	38.6	57.8	34.5	59.0	34.2	39.8
	45	48.6	67.8	44.5	68.8	44.1	49.8
S-H	35	44.8	62.8	32.2	64.4	31.3	44.9
	45	54.8	72.8	42.2	73.9	41.0	54.8
L-L	35	38.8	60.8	33.8	61.8	33.3	39.8
	45	48.8	70.8	43.8	71.8	43.3	49.9

表 2.2.3(2) 実験 2 モデル音

音源名	矩形理論値			実際の値		
	鉄道音		背景音	鉄道音	背景音	合成音
	Lp	LAE	LAeq	LAE	LAeq	Lx
F-L	43.56	65.32	39.50	66.88	39.25	44.93
F-H	49.77	71.53	37.20	72.99	35.26	49.92
R-L	43.56	61.34	39.50	63.27	39.18	44.91
R-H	49.77	67.55	37.20	69.42	34.32	49.89

上記表は、各実験のモデル音である。各音源で、鉄道騒音の曝露エネルギーを算出し、それに対応して、背景音レベルを設定した。変動幅が上昇するほど、時間率が大きくなるほど、一回鉄道あたりの曝露エネルギーが大きくなるので、LAeqを統制すべく、背景音が下がる。実験 2 では、立ち上がり頻度が多い方が一回あたりのピーク時間が短いため、一回変動あたりの曝露エネルギーは小さいが、全体として、立ち上がり、立下りの分のエネルギーが多くなるので、総合して、頻度が少ない音源より背景音レベル設定値が小さくなる。

(3) 呈示音波形

以下に呈示音波形を示す。各音源の波形がほぼ重なることがわかる。本研究で焦点となる L5,L10 の上昇幅が主観評価に与える影響をみるために、各音源で立ち上がり、下がり、ピーク値波形を等しくした。実験 1 呈示音を図 2.2.3(5)、実験 2 呈示音を図 2.2.3(6)、実験 2 全体の波形を図 2.2.3(7)に示す。

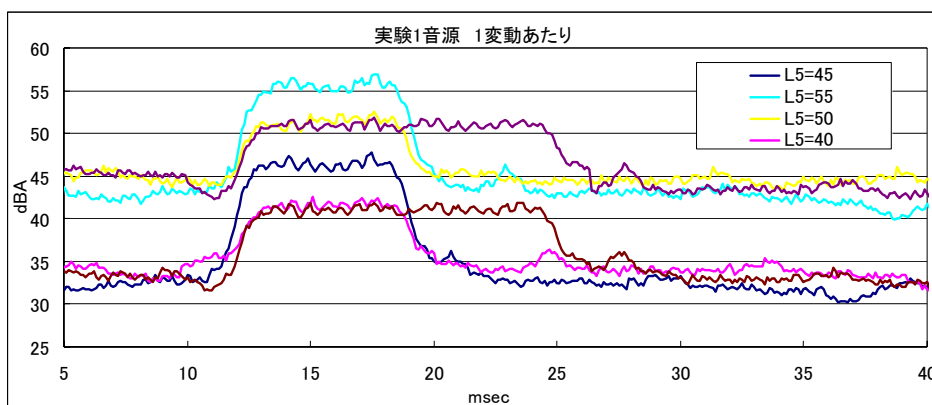


図 2.2.3(5) 実験 1 モデル音

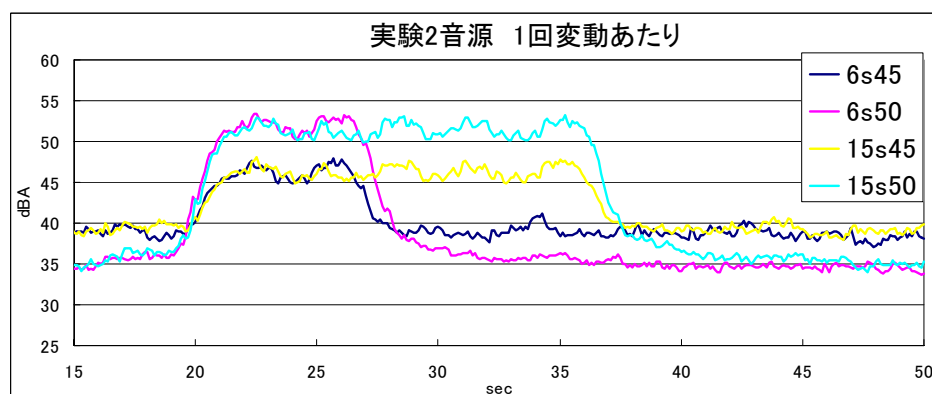


図 2.2.3(6) 実験 2 モデル音

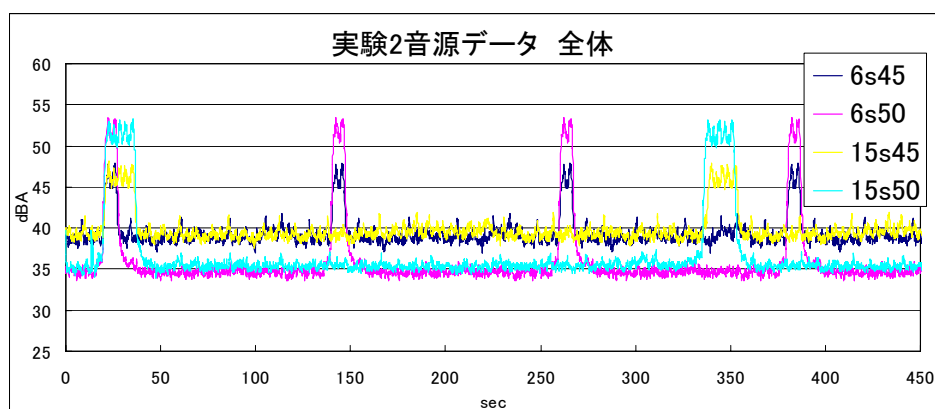


図 2.2.3(7) 実験 2 モデル音

2.2.4 周波数特性

本実験以下のような周波数特性の音源を用いて実験を行った。背景音は環境騒音であり、様々な騒音が混ざった音源であるため、周波数によって大きな違いはない。図 2.2.4(1)において背景音と鉄道音を比較すると、相対的に、鉄道音の周波数成分は 1 k 以上の高周波数が多く含まれていることがわかる。実験 2 では部屋の中央点で測定した結果を図 2.2.4(2)示す。同じ提示時間でも、鉄道音が支配的になる L5=50dBA の方が高い周波数でレベルが高くなっている。背景音に用いた環境騒音が低周波数が支配的なため、その影響で L5=45dBA の方が低周波数のレベルが高くなっていることがわかる。図 2.2.4(3)に実験 1 と実験 2 の背景音を比較する。実験 2 は室内暗騒音の影響で周波数特性が異なる。

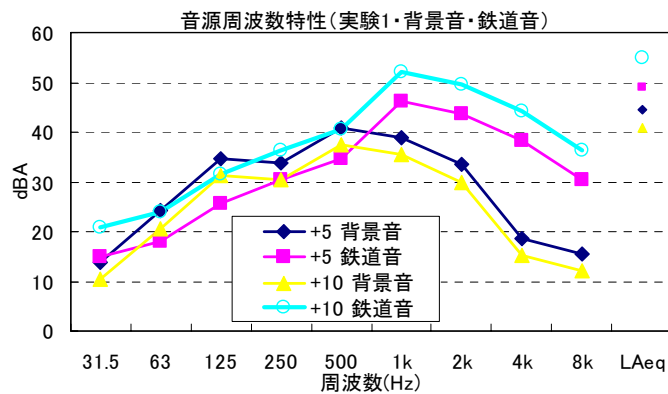


図 2.2.4(1) 実験 1 提示音周波数特性

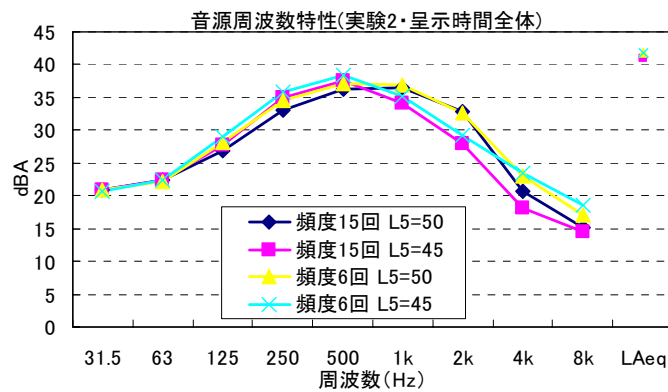


図 2.2.4(2) 実験 2 提示音周波数特性

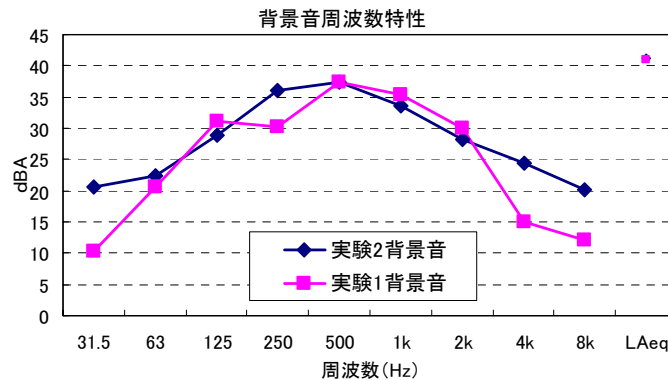


図 2.2.4(3) 実験 2, 実験 1 背景音周波数特性

2.2.5 レベル統計量

以下に2つの実験で用いた音源のレベル統計量を図 2.2.1(1)(再)、図 2.2.1(2)(再)示す。各音源の傾向として、Lmax が LA05+3dBA 程度になっている。L5、L10 と Lmax を音源間で一定に統制し、L5、L10 の影響を抽出できる音源となっている。また、L10 の影響をみる音源では、ピーク値に L10 を合わせているため、L5 と L10 の値が近くなっている。実験 2 では、頻度の大小によってピーク時間を変化させ、全体呈示時間中のピーク時間率を一定に保っているため、L5 の値は等しい音源となっている。

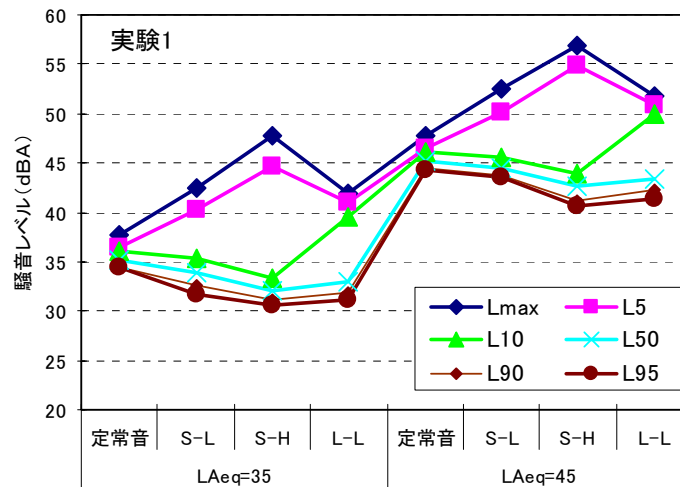


図 2.2.1(1)(再) 実験 1 呈示音レベル統計量

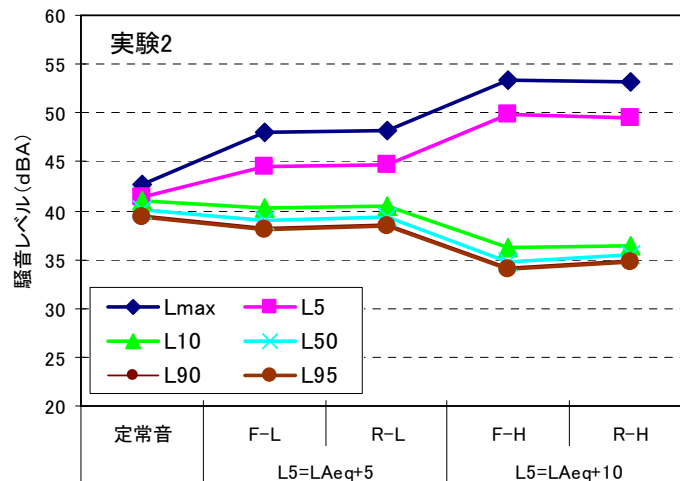


図 2.2.1(2)(再) 実験 2 呈示音レベル統計量

2.2.6 呈示音通過頻度に関する検討

実験 1、2 を通して使用した鉄道の通過頻度の妥当性について示す。以下の表 2.2.5(1)は実験 1 の呈示時間 10 分間の通過頻度と通過時間の考察の例である。

表 2.2.5(1) 鉄道の通過頻度と車両長さ、列車速度の関係

	過頻度 (回)	10分間の 5%(s)	通過時 間(s)	列車長さ (m)	列車速度 m/s	列車速度 km/h
時間率 5%	1	30	30	300	10.0	36
	2	30	15	300	20.0	72
	3	30	10	240	24	86.4
	4	30	7.5	200	26.7	96
	5	30	6	160	26.7	96
	6	30	5	120	24	86.4
	7	30	4.3	100	23.3	84
	8	30	3.75	100	26.7	96
時間率 10%	1	60	60	300	5.0	18
	2	60	30	300	10.0	36
	3	60	20	300	15	54
	4	60	15	300	20.0	72
	5	60	12	300	25.0	90
	6	60	10	240	24	86.4
	7	60	8.6	200	23.3	84
	8	60	7.5	180	24	86.4

在来鉄道の速度、列車長さを調査した結果、長さの上限を 200m、車両速度の上限を 100km/h として計算した。また、標準的な車両長さとして 1 両 20m とした。

また、実験 1 では 2 分毎という頻度を用いたが、その列車は、列車長さ 160m、一両 20m として 8 両編成の車両を想定した。速度は 96km/h である。

頻度の現実性としては、2 分毎は O 電鉄の都心から 10 分から 20 分程度の住宅街の駅の時刻表を想定した。5 分毎は S 鉄道の都心から 40 分程度の駅の時刻表を想定した。

2.3 実験システム

2.3.1 実験 1

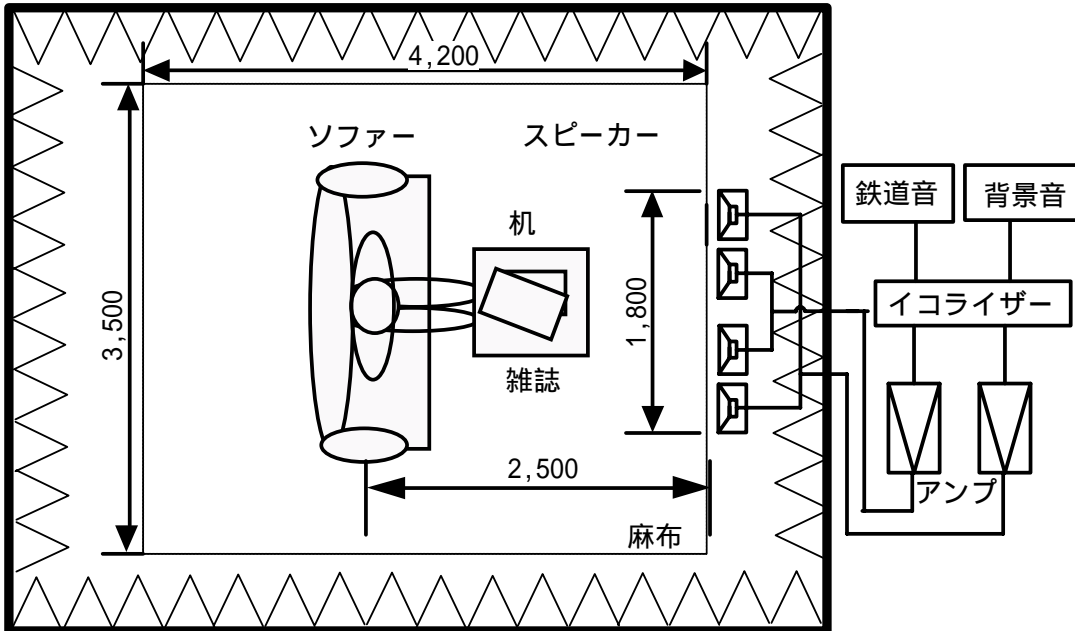


図 実験 1 実験状態

(1) 場所

東京大学工学部 1 号館、地下簡易無響室で行った。簡易無響室にソファ、照明、テーブルを設置し、居室を模擬した。被験者の周囲 4.2m × 3.5m を白い麻布で覆い、視覚的に音源が見えないようにした。天井はグラスウール、蛍光灯などの照明器具が視界に入る。

(2) システム構成

CD デッキ (DENON:DCD-755 と TEAC:CD-P1800) 2 台

アンプ (SONY:TA-F222ESJ) 2 台

イコライザ (YAMAHA:Q2031A) 1 台(ch A および B)

スピーカー (YAMAHA:NS-2HX) 4 台。

を使用し、背景騒音 2 チャンネル、鉄道騒音 2 チャンネルで再生した。被験者正面から音を呈示し、先入観を与えないため、各システム、実験者は見えないようにした。各 CD プレーヤー、スピーカーの周波数特性の癖を補正し、各チャンネル均一な状態で呈示した。

(3) 被験者状態

被験にはソファでくつろいでもらい、目の前のテーブルに置いた雑誌を読ませた。雑誌は写真が中心のもので、文字情報に集中しすぎて評価を忘れるという状況を避けた。頭部位置で LAeq を合わせているので、横になったり、大きく動いたりするのを禁止した。照明は間接照明と蛍光灯を用い、照度規準の読書、作業の規準値を参考に、部屋という設定に不自然ではない照度に設定した。被験者位置で 281 lx であった。



図 実験 1 実験室・被験者状態



図 実験 1 実験室・被験者状態

2.3.2 実験2

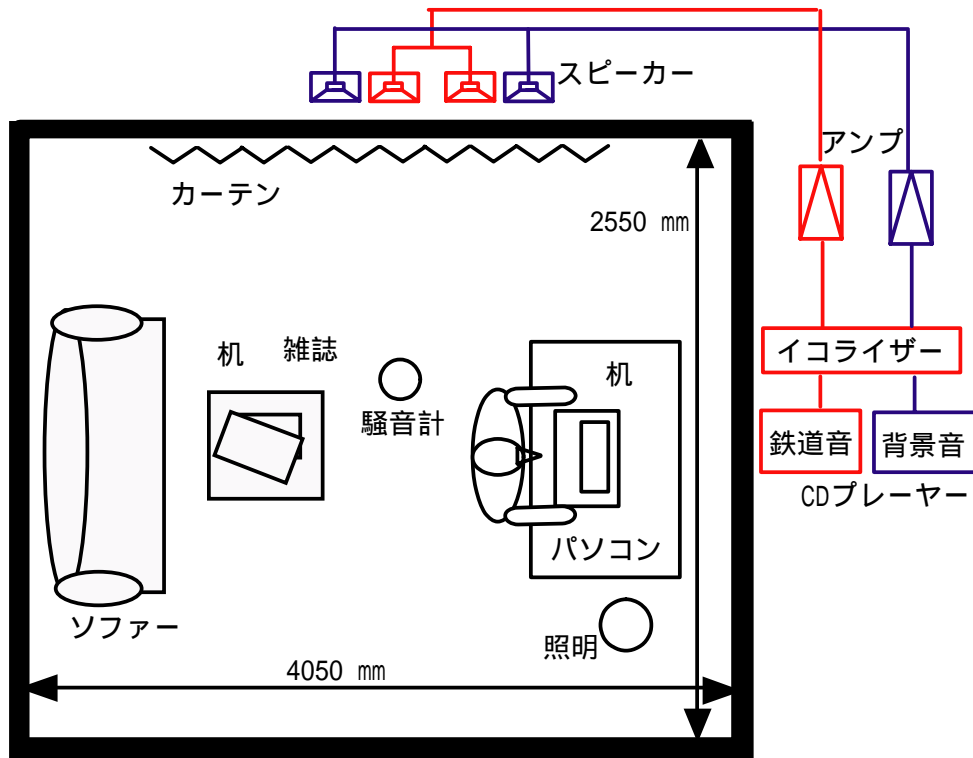


図 2.3.2(1) 実験2 実験室

(1) 場所

場所は東京大学工学部1号館地下視環境実験室を用いた。実験室の中に簡易な部屋を作成し、実験室と作成した部屋の間にはスピーカーを設置し、音源を呈示した。白い壁紙を貼ったベニヤ板(3~5mm)で壁を作成し、簡易な部屋を模擬した。部屋にはソファ、テーブル×2、椅子、棚、雑誌、パソコンを設置し、実験1より現実な居室を再現した。一部の壁にはカーテンを掛け、窓を透過して音源呈示する状況を模擬した。部屋の外は特定できるような音源はなく、音源呈示に支障をきたす状況はなかった。

表 2.3.2(1) 実験1 実験室データ

室形状	
床面積	10.32m ²
天井高	2.44m
室容積	25.18m ³
表面積	52.85m ²
材料	
壁材	ラワン合板3~5mm
	石こうボード10mm
天井	ガラス単一3mm
	布製壁紙
	模造紙
	床材
表面材	じゅうたん

表 2.3.2(2) 実験1 実験室暗騒音・残響時間

暗騒音レベル(dBA)		残響時間(s)	
周波数(Hz)	部屋内平均	周波数(Hz)	残響時間
63	22.8	63	0.54
125	30.05	125	0.52
250	32.6	250	0.36
500	28.15	500	0.42
1k	27.3	1k	0.45
2k	24.3	2k	0.44
4k	21.6	4k	0.38
8k	20.05	8k	0.32
LAeq	32.05		

(2) システム構成

実験システムに必要な機材は実験 1 と全く同様のものを用いた。

C D デッキ (DENON:DCD-755 と TEAC:CD-P1800) 2 台

アンプ (SONY:TA-F222ESJ) 2 台

イコライザ (YAMAHA:Q2031A) 1 台(ch A および B)

スピーカー (YAMAHA:NS-2HX) 4 台

呈示方法は、壁の透過損失を設定し、補正をかけたものに、窓の透過損失を組み込み、窓を透過した仮想状態にした。設定は部屋の中心の部分でレベル設定を行った。既往研究[]では屋外から音源を呈示し、長時間の現実的な実験を行っている。その方法を参考に実験を行った。室内の音圧レベルを中央点を含む 5 点で測定し、場所の違いによる大きな差がないことを確認した。



図 2.3.2(2) 実験 2 呈示方法

(3) 被験者状態

被験者状態は場所を固定させず、自由な行動、作業を許した。理由として、より現実的な評価をさせること、1音源につき30分という実験時間の長さに対しストレスがかからないことが挙げられる。ソファの前に雑誌を用意し、本棚に本を用意した。さらに机にパソコンを用意し、インターネット、被験者個人のデータを持ち込んでの作業を許した。音が流れる作業は禁止し、音場の統制をした。カーテンは開けないように指示し、音源に対する先入観が生じないようにした。照度は、実験1では100~300lxとしたが、実験2では長時間の作業状態となるため、400~600lxとした。ソファ地点で446lx、机で752lxであった。



図 2.3.2(3) 実験2 実験室



図 2.3.2(4) 実験2 実験室

(4) 実験2 音圧分布

できるだけ現実的な音場を再現するため、現実の居室に近い状況下で実験を行った。以下にどのような音場で実験を行ったか示す。図の番号とグラフの番号は対応しており、どの程度音圧レベル差があるのかを把握した。5点間で $\pm 1\text{dBA}$ 以内の音場になっており、部屋内の場所による音源の差がないに等しい部屋になっている。

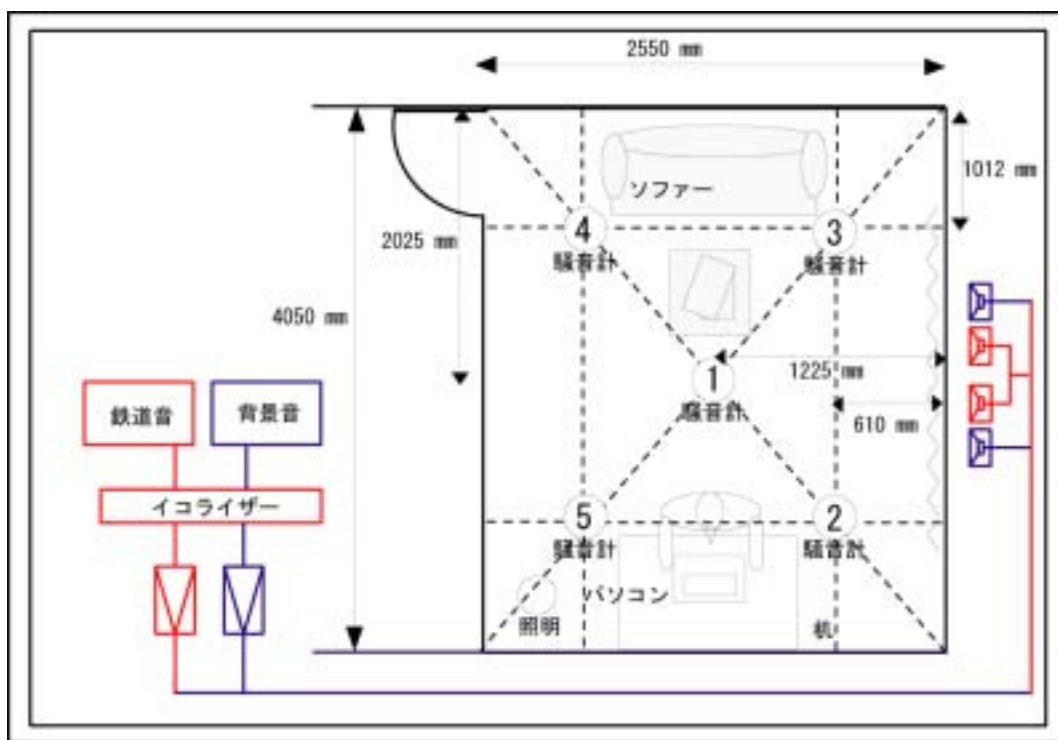


図 2.3.2(5) 実験2 実験室音圧レベル測定点

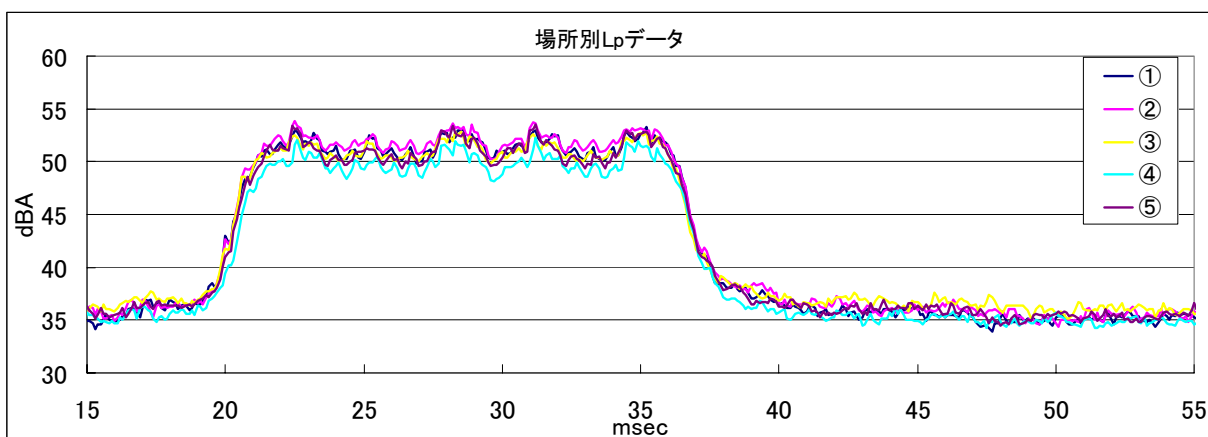


図 2.3.2(5) 実験2 実験室各点での音圧レベル

2.4 実験の流れ

以下の図に示すような教示、音源呈示、評価記入の流れで行った。教示では、特定の立ち上がりの鉄道音のみに注意が行くのを防ぐため、呈示時間全体の印象を答えるよう指示した。読書などの本の内容としては、視覚的なものを多様し、読書に没頭して音が聞こえなくならないようにした。

教示：実験説明

「それでは音を流します。10分後（30分後）に終了の合図をします。」

音を聞きながらくつろぐ（10分間 or 30分間）

「呈示音は終了です。アンケート用紙に記入して下さい。」

評価を記入

- ・ 実験1では休息はとらず、評価 音提示の繰り返しをした。
- ・ 実験2では2時間以上の実験時間のため、呈示音 評価 休息 呈示音のように、間に休息をとった。その間、飲食、会話、室外に出ることを許した。
- ・ 実験1、2ともに、評価の間には無音状態で評価させた。

既往の研究では、Dick Botteldoorena らの長時間実験^[23]では、14分練習 70分（6×10分鉄道、1×10分自動車） 14分練習（6×10分鉄道、1×10分自動車）というタイムスケジュールで実験を行っている。この実験は数人でコテージに入り、長時間の実験をしたものである。この間、飲食や軽い会話、読書などを許した実験となっている。

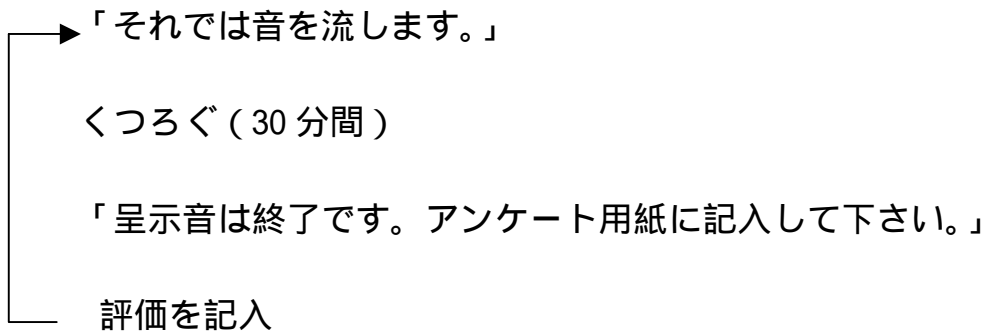
本研究では、呈示音の統制を優先し、2時間半の拘束時間を考慮し、休憩時のみ飲食と会話を許すことにした。

居住空間の音に対する印象評価実験（実験1）

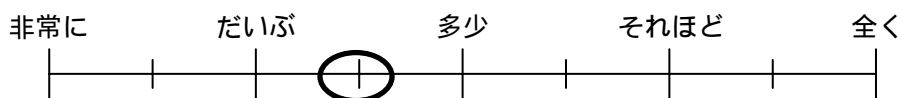
名前

あなたは今、住宅の居間にいます。窓を通して屋外の音が聞こえてきます。提示音は約30分間続き、その間、被験者の方々には、パソコン、読書等、自由に行動していただきます。終わりの合図をお知らせしましたら、30分間に聞こえていた音を総合的に評価してください。評価は、それぞれの音に対して、以下の(1)、(2)、(3)、(4)の全ての方法で評価し、解答用紙へ記入してください。

実験の流れ

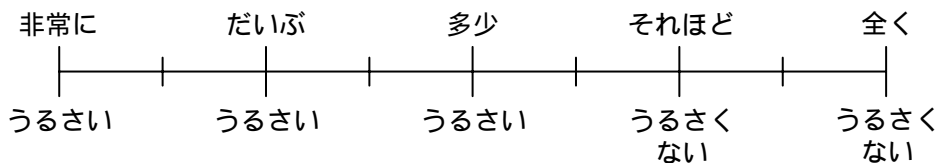


記入例



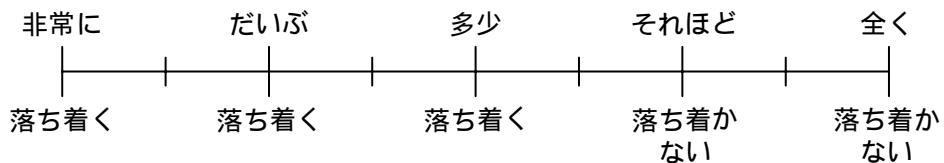
評価(1)

聞こえていた呈示音の「うるささ」の印象を、下記に示す「まったくうるさくない」～「非常にうるさい」の9つのカテゴリで判断し、回答欄に記入して下さい。第一印象でお答え下さい。



評価(2)

聞こえていた呈示音からうける「落ち着き」の印象を、下記に示す「まったく落ち着かない」～「非常に落ち着かない」の9つのカテゴリで判断し、回答欄に記入して下さい。第一印象でお答え下さい。



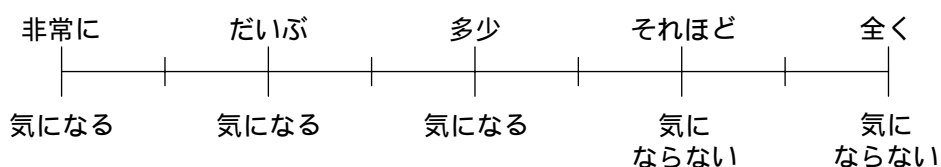
評価(3)

聞こえていた呈示音が、どの程度くつろぎの「じゃまになるか」を、下記に示す「まったくじゃまにならない」～「非常にじゃまになる」の9つのカテゴリで判断し、回答欄に記入して下さい。第一印象でお答え下さい。



評価(4)

聞こえていた呈示音が、どの程度「気になるか」を、下記に示す「まったく気にならない」～「非常に気になる」の9つのカテゴリで判断し、回答欄に記入して下さい。第一印象でお答え下さい。



2.5 評価方法・評価語

(1) 評価方法

騒音に対する居住者の反応を、実験室実験で定量的に測定する方法としては、対となる形容語を両極とした評定尺度法と、基準を提示し、その何倍であるかを比率尺度で得るME法が、カテゴリ連続判断法、一対比較法などが考えられる。既往研究では、ME法（比率尺度）、5段階の評定尺度法（間隔尺度）の両方で評価するものがあるが、時間変動性に対する評価値としていずれの結果も傾向が一致している。また、以上から、実験における評価手続きの被験者に対する負担を考えて、評定尺度法による評価とする。次に、評定尺度法で用いる評価語の選定について述べる。

(2) 評価語

本研究では、評価語の選定に当たり、その条件として

- ・ 広く日常で使用されており、被験者にとって評価可能なこと
- ・ 騒音の評価に関する知見として、従来の研究結果と比較可能なこと
- ・ 社会的な判断や住民意識がなるべく介されない居住者独自の判断で、すなわち主観的であること(例えば、迷惑になる、などの言葉は「誰か他の人に対しての」というニュアンスを生むと判断したため、そのような意識が混在してしまうため主観評価ではない。)を考えた。

以上の条件を全て満たす評価語として、騒音問題に関する社会調査・調査委員会の報告を参考にすると、「うるさい」「じゃまになる」「気になる」を標準的な評価語としている。また既報でも、聴感的とも言える「やかましさ」と妨害感「じゃまになる」で評価の結果が異なることが報告されている。

従って、情緒的に影響をもたらす基本的な騒音評価語として「うるさい」

作業の妨害を評価する語として「じゃまになる」

を使用する事を決めた。

これに加え、情緒的な騒音評価語として、不快を頂点とする形容詞である「うるさい」に対し、快を頂点とする形容詞による評価がどのようになるかも見るため、快を頂点とする形容詞として「落ち着く」を定めた。

また、「じゃまになる」に類似して作業の妨害を評価する語として「気になる」を定めた。妨害に至るまでの過程で「気になる」を「じゃまになる」より検出力が強い語として位置付ける。

副詞については、ICBEN Team6(International Commission on Biological Effect of Noise、Team6 :Community Response to Noise)の研究の一環として行われた既往の報告を参考にし、上の4語全てに対し、「非常に」「だいぶ」「多少」「それほど・・・ない」「まったく・・・ない」とした。

2.6 被験者の選定

被験者の属性によって、鉄道騒音に対する主観評価が異なると考えられる。海外では騒音レベルが等しくても、道路交通騒音などの音源より不快に感じにくいというコンセンサスが得られており、5dB 鉄道ボーナスという値が設定されている。すなわち、室内に透過する環境騒音の値として、他の音源より LAeq が 5dB 大きい値で設定されている。しかし、日本では鉄道ボーナスの議論が決着をみておらず、当然基準値にも反映されていない。桑野らの行った実験室実験^[12]によると、鉄道ボーナスは日本人、外国人、共に鉄道ボーナスが認められたという結論に達している。一方で、矢野らも鉄道騒音に対する妨害感を検討するため実験室実験を行っており^[6]、鉄道ボーナスは認められなかったという結論に達している。こうした理由を考慮し、本実験では被験者を日本人限定とした。また、鉄道騒音に対する慣れを考慮し、鉄道を利用している、又は近辺に住んでいる者を被験者とした。

第 3 章



実験 1 結果

3. 実験 1 結果

3.1 実験 1 概要・呈示音

実験 1 の結果を示す。以下に実験 1 の呈示音、レベル統計量を示す。

実験 1 の結果の流れとして、まず各要因の効果を確認するため分散分析を行った。効果の有無を確認した後、水準間の比較を行い、評価値の差を定量化した。評価の差を LAeq の効果置き換え、変動パターンの違いを比較した。

表 2.2.1(1)(再) 実験 1 呈示音

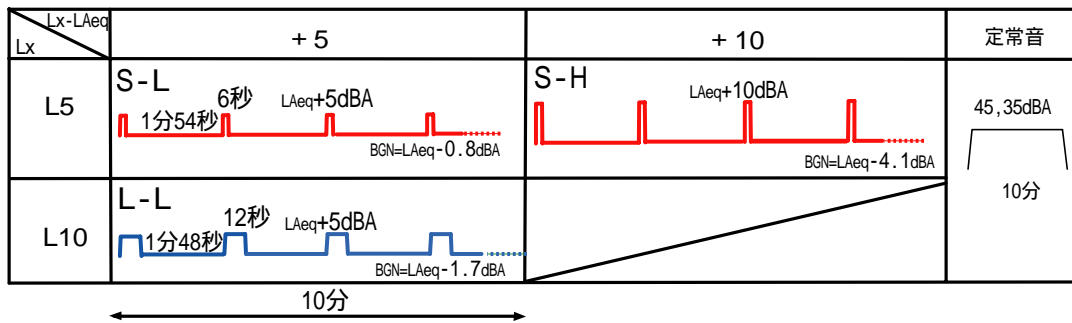


表 2.2.1(2)(再)実験 1 呈示音数値(実測値)

Lx	LAeq(dBA)	Lx-LAeq	頻度	音源名	Lx(dBA)	背景音(dBA)
L5	35	+5	2分毎	S-L	39.8	34.2
	45				49.8	44.1
	35	+10		S-H	44.9	31.3
	45				54.8	41.0
L10	35	+5		L-L	39.8	33.3
	45				49.9	43.3

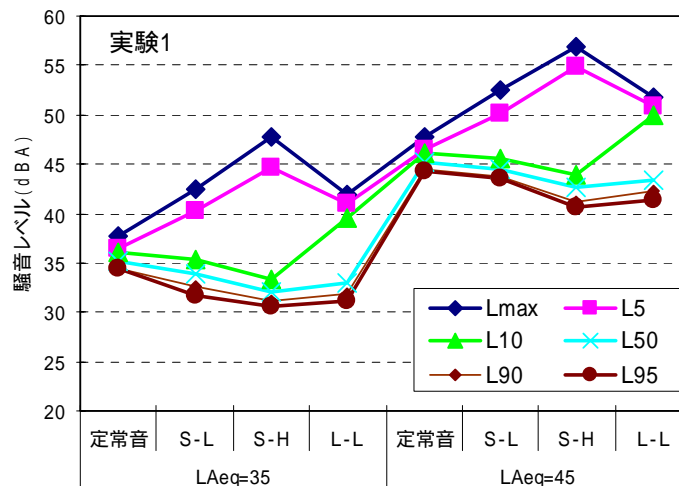


図 2.2.1(1)(再) 実験 1 呈示音レベル統計量

3.2 分散分析

全ての評価語で、全要因の効果、及びその組み合わせの交互作用を検討した 2 元配置分散分析を行った。以下表 3.2(1)、表 3.1.1(2)にその結果を示す。

表 3.2(1) 実験 1 分散分析結果 (全要因)

評価語欄の数字はF値 **1%有意、*5%有意

要因	自由度	うるさい	落ち着く	邪魔になる	気になる
LAeq	1	53.54 **	12.13 **	45.83 **	31.74 **
変動パターン	3	1.90	1.49	6.13 **	3.57 *
LAeq×変動パターン	3	0.80	0.17	0.12	0.23
被験者	13	5.91 **	5.95 **	9.53 **	6.18 **
被験者×LAeq	13	0.97	1.92	1.78	1.24
被験者×変動パターン	39	1.31	1.09	1.81 *	1.25
寄与率		0.84	0.81	0.88	0.83

表 3.2(2) 各評価語実験 2 分散分析詳細

うるさい						
要因	自由度	平方和	平均平方	F値	P値	
LAeq	1	64.509	64.509	53.539	<.0001	**
変動パターン	3	6.884	2.295	1.904	0.145	
LAeq×変動パターン	3	2.884	20.497	0.798	0.503	
被験者	13	92.616	7.124	5.913	<.0001	**
被験者×LAeq	13	15.116	1.163	0.965	0.501	
被験者×変動パターン	39	61.491	0.074	1.309	0.202	
誤差	36	40.962	1.138			
全体	103	273.529				

落ち着かない						
要因	自由度	平方和	平均平方	F値	P値	
LAeq	1	20.571	20.571	12.130	0.001	**
変動パターン	3	7.571	2.524	1.488	0.233	
LAeq×変動パターン	3	0.857	23.976	0.169	0.917	
被験者	13	131.214	10.093	5.951	<.0001	**
被験者×LAeq	13	42.429	3.264	1.924	0.058	
被験者×変動パターン	39	71.929	0.022	1.088	0.397	
誤差	36	62.692	1.741			
全体	103	332.115				

邪魔になる						
要因	自由度	平方和	平均平方	F値	P値	
LAeq	1	47.580	47.580	45.828	<.0001	**
変動パターン	3	19.098	6.366	6.132	0.002	**
LAeq×変動パターン	3	0.384	24.426	0.123	0.946	
被験者	13	128.688	9.899	9.535	<.0001	**
被験者×LAeq	13	24.045	1.850	1.782	0.082	
被験者×変動パターン	39	73.277	0.010	1.810	0.034	*
誤差	36	32.577	0.905			
全体	103	311.385				

気になる						
要因	自由度	平方和	平均平方	F値	P値	
LAeq	1	40.080	40.080	31.745	<.0001	**
変動パターン	3	13.527	4.509	3.571	0.023	**
LAeq×変動パターン	3	0.884	20.533	0.233	0.873	
被験者	13	101.366	7.797	6.176	<.0001	**
被験者×LAeq	13	20.295	1.561	1.236	0.292	
被験者×変動パターン	39	61.598	0.023	1.251	0.244	
誤差	36	43.442	1.207			
全体	103	270.913				

被験者の主効果、一部で被験者の交互作用も見られた。本研究では、被験者の交互作用を除き、主効果のみを検討項目とした分散分析を再度行った。

表 3.2(3) 実験 1 分散分析結果 (被験者交互作用除く)

評価語欄の数字はF値 **1%有意、*5%有意

要因	自由度	うるさい	落ち着く	じゃまになる	気になる
LAeq	1	47.50 **	10.37 **	31.42 **	27.81 **
変動パターン	3	1.69	1.27	4.20 **	3.13 *
LAeq×変動パターン	3	0.80	0.17	0.12	0.23
被験者	13	5.25 **	5.09 **	6.54 **	5.41 **
寄与率		0.57	0.47	0.59	0.54

本実験では個人差を見る意図ではないため、被験者の個人差を排除し、上表のように被験者と各要因の交互作用を除いて分析を行った。

LAeq はすべての評価語で主効果が見られた。また、変動パターンの主効果が「じゃまになる」、「気になる」で見られた。交互作用については、いずれの評価語も見られなかった。また、被験者の主効果、一部の評価語では被験者との交互作用も見られた。F値について考察していくと、やはり LAeq の値が大きくなっており、評価との対応が良いことが伺える。また、変動性に主効果が「気になる」、「じゃまになる」に見られたことに、妨害感に変動の影響が大きいことが示唆された。これは古市ら、高部らの研究でも同様の傾向が示されている。特に対象音源を道路交通騒音にした古市らの傾向と似ており、交通騒音という枠組みの中で共通の傾向が見られたと言える。

3.3 LAeq の主効果

(1) 全ての評価語において、LAeq の主効果が見られた。以下図 3.1.2(1)にその詳細を示す。

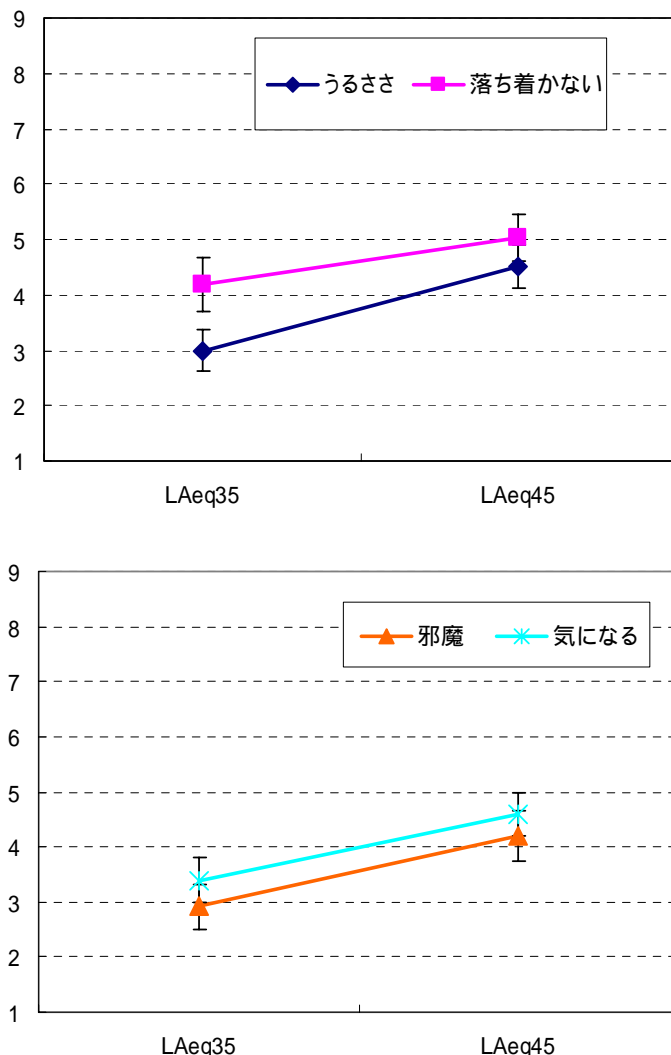


図 3.3 (1) 全音源での各評価語の LAeq の効果 (誤差範囲は平均の 95%信頼区間)

表 3.3 (1) 評価値の差を LAeq の効果に換算

	LAeq35	LAeq45	差
うるささ	3.00	4.52	1.52
落ち着かない	4.18	5.04	0.86
邪魔	2.91	4.21	1.30
気になる	3.39	4.59	1.20

LAeq の影響を比較する。「うるささ」で 1.52 の評価値の差で、最も大きく、「落ち着き」が最も 0.86 の評価値の差だった。全ての評価語で t 検定 5%有意な差が出た。既往の研究との比較をすると、道路交通騒音の変動パターンの比較、純音性設備騒音が音源であるデータではあるが、0.1~0.2 の差の違いであり、同様の評価値の差が見られた。

(2) 定常音のみを抽出し、検定を行った。図 3.1.2(2)にその結果を示す。

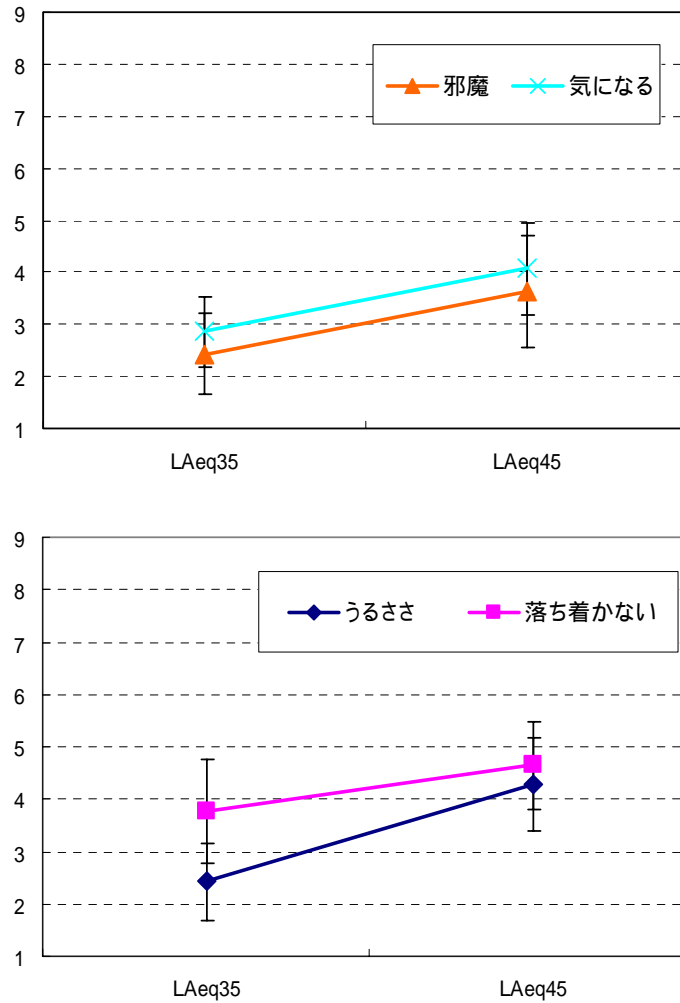


図 3.3 (2) 定常音のみの LAeq 評価平均値 (誤差範囲は平均の 95%信頼区間)

表 3.3(2) 定常音のみ各評価語 LAeq の効果

	LAeq35	LAeq45	差
うるささ	2.43	4.29	1.86
落ち着かない	3.79	4.64	0.86
邪魔	2.43	3.64	1.21
気になる	2.86	4.07	1.21

LAeq の比較として、定常音のみで反応を考察する。全体的に言えることは、変動音が基本的に評価を不快側に働かせるので、定常音のみの方が評価得点は小さくなっている。

2 水準間の傾向としては、「うるさい」で LAeq の影響が大きく、「じゃま」「気になる」などの妨害感、変動音を含む場合よりも効果が若干小さくなっている。

3.4 変動パターンの主効果

変動パターン水準間の比較を行う。図 3.1.3(1)にその傾向を示す。

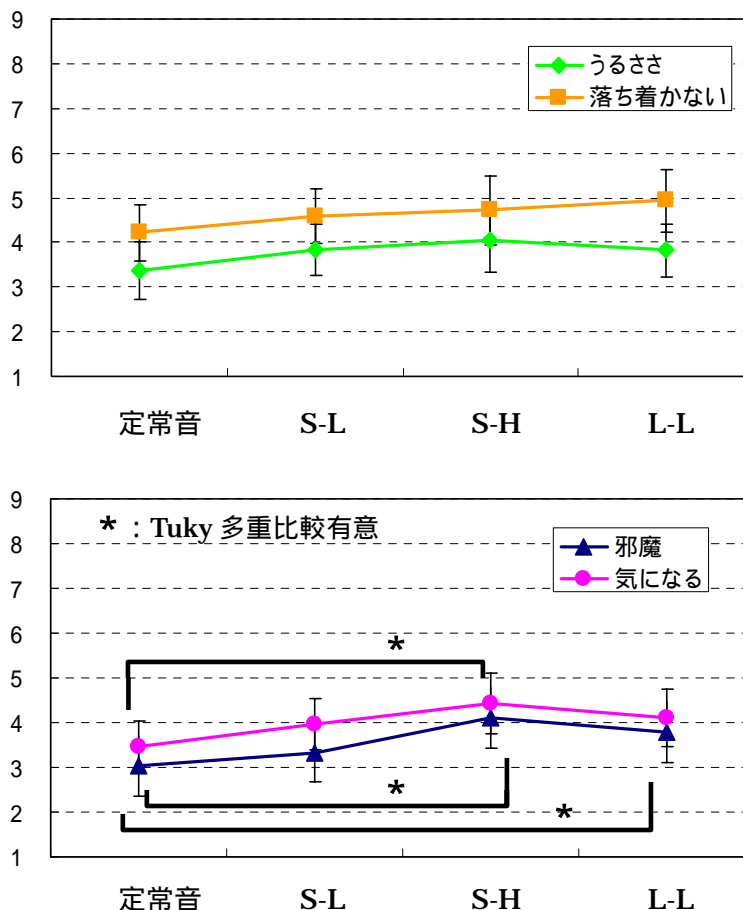


図 3.4(1) 各評価値変動パターン比較 (誤差範囲は平均の 95%信頼区間)

表 3.4(1) 「じゃま」「気になる」の Tukey の多重比較結果 (* 5%有意)

じゃま		気になる						
	定常	S-L	S-H	L-L	定常	S-L	S-H	L-L
定常			*	*	定常			*
S-L					S-L			
S-H					S-H			
L-L					L-L			

図 3.1.3(1)に評価の傾向を示す。変動パターン水準間で、Tukey の多重比較を行った。有意な差が出たのは、「じゃま」「気になる」の「妨害感」に分類される評価語となった。有意な差が出た水準の組み合わせは、表に示すとおりである。「じゃま」は「定常 - S-H」, 「定常 - L-L」の水準間で有意な差、「気になる」は「定常 - S-H」の水準間で有意な差が出た。「うるさい」「落ち着かない」には有意な差は出なかった。表 3.1.3(1)に多重比較の結果を示す。

妨害感に顕著に効果が出たことで、変動の影響は、音自体への評価より、作業、集中への中断などの妨害感に効果があると推測できる。L5,L10 間で影響の顕著な差は出なかった

が、L10の方が不快側の傾向は出た。呈示音全体の中で、5%だけ立ち上がった音源と10%だけ立ち上がった音源では、時間の割合が5%しかないため、評価に大きな影響を及ぼさなかったと考えられる。S-LとS-Hの比較でも、有意な差は出なかった。傾向としては、ピークレベルの上昇と共に不快側になる傾向はある。

表 3.4(2) 評価値・定常音との差・評価の LAeq 換算値

	うるささ	落ち着かない	邪魔	気になる
評価平均値				
定常	3.36	4.21	3.04	3.46
S-L	3.82	4.57	3.32	3.96
S-H	4.04	4.71	4.11	4.43
L-L	3.82	4.93	3.79	4.11
定常音との差				
定常				
S-L	0.46	0.36	0.29	0.50
S-H	0.68	0.50	1.07	0.96
L-L	0.46	0.71	0.75	0.64
LAeqの効果に換算				
定常				
S-L	3.06	4.17	2.19	4.18
S-H	4.47	5.83	8.22	8.06
L-L	3.06	8.33	5.75	5.37

評価値の差を LAeq の効果に換算した。その結果を表 3.1.3(2)に示す。「うるささ」においては、L5,L10 が+5、+10 上昇すると、LAeq で 3~4dBA 上昇するのと等価ということになる。「じゃま」「気になる」では+5 で 3~4dBA 上昇するのに対し、+10 でさらに 3~4dBA 上昇し、定常音から計算すると 8dBA 程度の効果があったことになる。聴感の「うるささ」「落ち着き」と比較して、ピークレベルの上昇に従い評価の値が不快側になった。

3.5 LAeq ごとの変動幅の影響

LAeq ごとに変動幅の影響をみる。「聴感」「妨害感」別に傾向を考察する。図 3.1.4(1)にその傾向を示す、

(1) 聴感

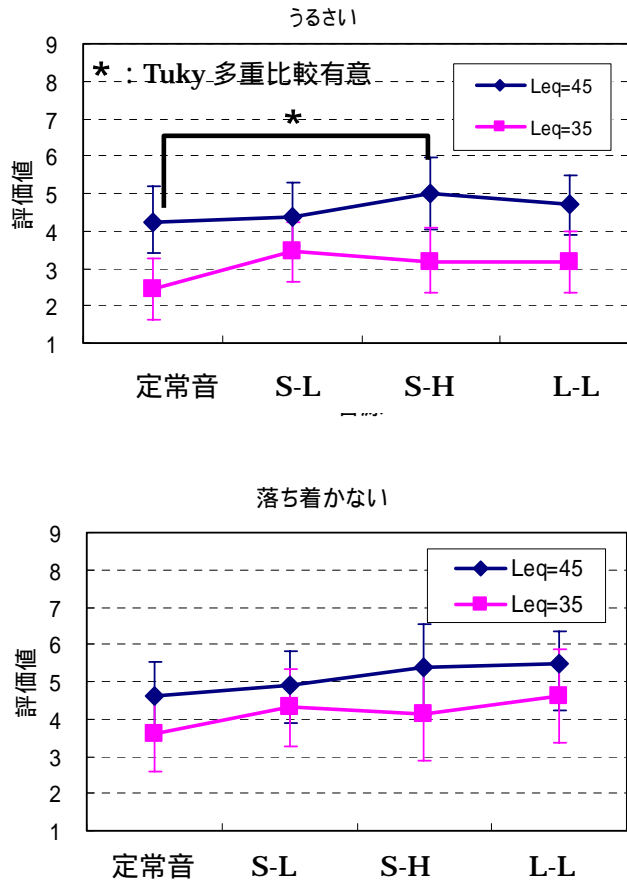


図 3.5(1) 「うるさい」「落ち着き」LAeq 別変動幅の影響

(誤差範囲は平均の 95%信頼区間)

表 3.5(1) 平均値・定常音との差 LAeq 効果換算値

		評価値平均		定常音との差		差LAeq換算	
		うるさい	落ち着き	うるさい	落ち着き	うるさい	落ち着き
LAeq=45	定常	4.23	4.62				
	S-L	4.38	4.92	0.15	0.31	1.01	3.59
	S-H	5.00	5.38	0.77	0.77	5.07	8.97
	L-L	4.69	5.46	0.46	0.85	3.04	9.87
LAeq=35	定常	2.46	3.62				
	S-L	3.46	4.31	1.00	0.69	6.59	8.08
	S-H	3.15	4.15	0.69	0.54	4.56	6.28
	L-L	3.15	4.62	0.69	1.00	4.56	11.67

図 3.1.4(1)に聴感の評価値の傾向を示す。「落ち着かない」の評価語では、変動パターンの主効果をみた場合と同様に、統計的に有意な差は出なかった。「うるさい」では、

LAeq=45dBA では統計的に有意な差は出なかったが、LAeq=35dBA では定常音 S-H の音源間で有意な差が出た。LAeq ごとに変動幅の影響を考察していくと、LAeq=45dBA ではピーク値上昇に伴い評価も不快側に順次なっているが、LAeq=35dBA では、S-Lの方がS-Hよりも不快側になっていることがわかる。

(2) 妨害感

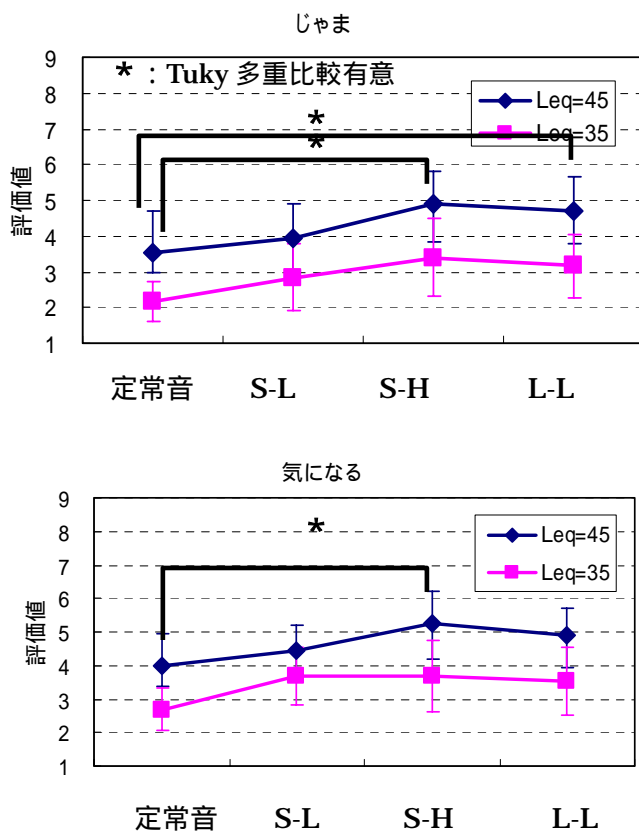


図 3.5(2) 「じゃま」「気になる」LAeq 別変動幅の影響
(誤差範囲は平均の 95%信頼区間)

表 3.5(2) 平均値・定常音との差 LAeq 効果換算値

		評価値平均		定常音との差		差LAeq換算	
		じゃま	気になる	じゃま	気になる	じゃま	気になる
LAeq=45	定常	3.54	4.00				
	S-L	3.92	4.46	0.38	0.46	2.95	3.86
	S-H	4.92	5.23	1.38	1.23	10.62	10.29
	L-L	4.69	4.92	1.15	0.92	8.85	7.72
LAeq=35	定常	2.15	2.69				
	S-L	2.85	3.69	0.69	1.00	5.31	8.36
	S-H	3.38	3.69	1.23	1.00	9.44	8.36
	L-L	3.15	3.54	1.00	0.85	7.67	7.07

LAeq 別に変動幅の影響を見た。変動パターン間に統計的分析を行った結果、「3.1.3 変動パターンの主効果」で考察した傾向と同様に、「じゃま」「気になる」の「妨害感」で定常

音と変動音の間に有意な差が出た。LAeq 別に比較してみると、「じゃま」は LAeq=35,45dBA で同様の効果が出たが、「気になる」は違う傾向を示した。LAeq=45dBA はピーク値が上昇するに従い評価値も不快側に上昇するが、LAeq=35dBA では S-L と S-H の値がほぼ横ばいとなっており、不快側に働かない傾向が出ている。これは「うるさい」「落ち着かない」の聴感でも同様の傾向が見られる。

(3) Tukey の多重比較結果詳細

有意になった評価語について詳細を以下の表 3.1.4(2)に示す。

L5+5 の LAeq=45dBA と LAeq=35dBA の間に有意な差が見られたものがなく、L5+10 の LAeq=45dBA と LAeq=35dBA の間には有意な差が見られている。つまり、LAeq=45 の音源はピーク値上昇に伴い不快側になるが、LAeq=35dBA の音源はピーク値上昇に伴って上昇しておらず、L5+10 で LAeq 間の評価の開きが出ている。「じゃま」では L10+5 の音源でも LAeq 間の開きが大きくなっている。

表 3.5 (2) 各評価語 Tukey 多重比較結果 (*は 5%有意であったことを示す)

		LAeq=35				LAeq=45			
うるさい		定常	S-L	S-H	L-L	定常	S-L	S-H	L-L
LAeq=35	定常					*	*	*	*
	S-L							*	*
	S-H							*	*
	L-L								
LAeq=45	定常							*	
	S-L								
	S-H								
	L-L								

		LAeq=35				LAeq=45			
じゃま		定常	S-L	S-H	L-L	定常	S-L	S-H	L-L
LAeq=35	定常			*		*	*	*	*
	S-L							*	*
	S-H							*	*
	L-L							*	*
LAeq=45	定常								
	S-L								
	S-H								
	L-L								

		LAeq=35				LAeq=45			
気になる		定常	S-L	S-H	L-L	定常	S-L	S-H	L-L
LAeq=35	定常						*	*	*
	S-L							*	
	S-H							*	
	L-L							*	
LAeq=45	定常								
	S-L								
	S-H								
	L-L								

「落ち着かない」については有意な差が出なかったため、省略した。

(3) 結果からの推測

この結果の原因の推測として、背景音とピークレベルのトレードオフが影響していると思われる。具体的には、ピークレベル上昇とともに不快側の評価になるのが一般的であるが、本実験の場合は LAeq を統制しており、ピークレベル上昇とともに背景音レベルが低下する音源特性をもっている。そのため、LAeq=35dBA の場合には背景音の静寂の影響が大きく、ピークレベル上昇に対しての不快側の効果と、背景音低下に対しての快側への効果で相殺されたと考えられる。45dBA でも背景音は低下しているが、低下したレベルの静寂的な印象が 35dBA と比較して小さいため、ピークレベルの印象が支配的になり、ピークレベル上昇と共に不快側の評価になったと推測できる。図 3.1.4(2) レベル統計量を示す。

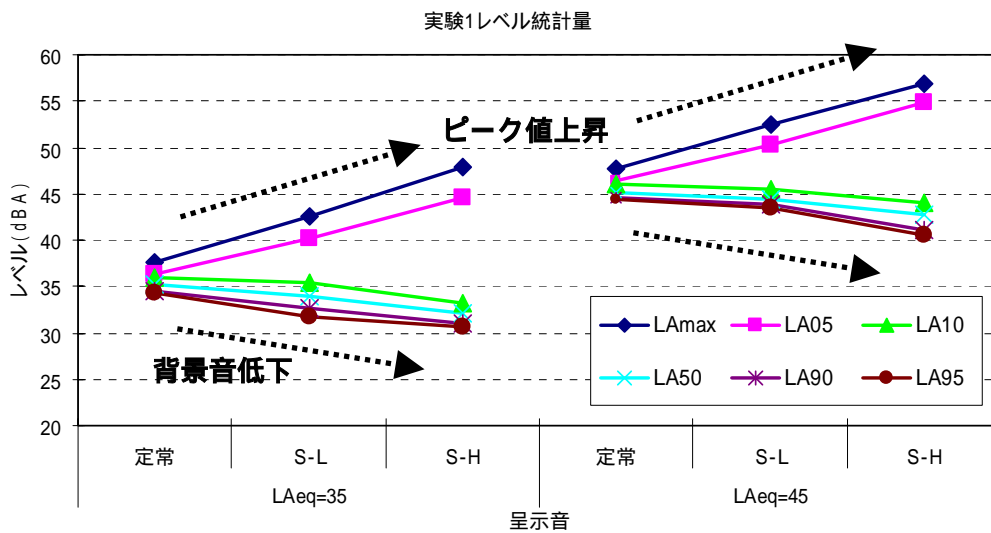


図 3.1.4(2) 実験 1 レベル統計量 (定常音・L5+5,+10 のみ)

3.6 実験 1 まとめ

実験 1 では半無響室において、鉄道騒音を音源とし、LAeq 2 水準の下、L5,L10 の違い、変動幅の違いによる影響を考察した。

(1) LAeq について

- ・ 35 - 45dBA 間で比較した。各評価語で当然有意な差が見られた。「落ち着き」で最も LAeq の効果が小さく、「うるささ」で最も効果が大きかった。「じゃま」「気になる」の妨害感は同様の効果を示した。

(2) L5 - L10 について

- ・ L5 において上昇幅 + 5dBA、+ 10dBA の 2 水準、L10 においては上昇幅+5dBA の 1 水準で変動の影響を考察した。結果、L5,L10 間に大きな差は得られなかったが、L10 の方が不快側の傾向は見られた。10 分の中で、5% = 6 秒 × 通過回数 5 回 = 30 秒、10% = 12 秒 × 通過回数 5 回 = 合計 1 分の違いは知覚されなかったと思われる。また、L10 は一回変動の単発曝露エネルギーが倍であり、その分背景音レベルが低下し、等 LAeq に設定している音源であるが、その効果も評価に影響を与えなかったと思われる。

(3) 変動幅の影響について

- ・ 全体の傾向として、ピークレベルの上昇に従い不快側の評価となった。特に「じゃま」「気になる」の評価語に統計的に有意な差がでており、妨害感に顕著に影響すると思われる。
- ・ LAeq 別に考察すると、その傾向は異なった。LAeq=45dBA の場合はピークレベル上昇に従い、不快側の評価となったが、LAeq=35dBA の場合はピークレベル上昇に比例せず、S-L、S-H 間で評価は横ばい、又は S-H の方が快側の評価となった。この原因として、ピーク値が定常音 +5dBA +10dBA と上昇幅に影響されず、背景音が約定常音 - 1dBA、- 4 dBA 下降した影響があると考えられる。LAeq=45dBA も同様の幅で背景音が低下しているが、ピーク値の値印象的だったため、背景音の低下に関わらない効力をもつと考えられる。

第 4 章



実験 2 結果

4. 実験2 結果

4.1 実験概要・呈示音

実験2では、 L_{Aeq} を35dBAに統制し、頻度2水準、上昇幅2水準の比較を行った。実験室は、できるだけ現実的な居住空間での実験になるよう、残響のある部屋で、現実的な音場で実験を行った。定時時間は頻度の関係から、30分とした。結果は、まず分散分析を行い、要因の効果の有無を調べた。次に要因内の水準間の比較を行い、評価値の差を定量化した。実験1において定量化した L_{Aeq} の差が評価に与える影響を用いて、実験1同様上昇パターンの違いを L_{Aeq} に換算した。

表 2.2.1(3)(再) 実験2 呈示音

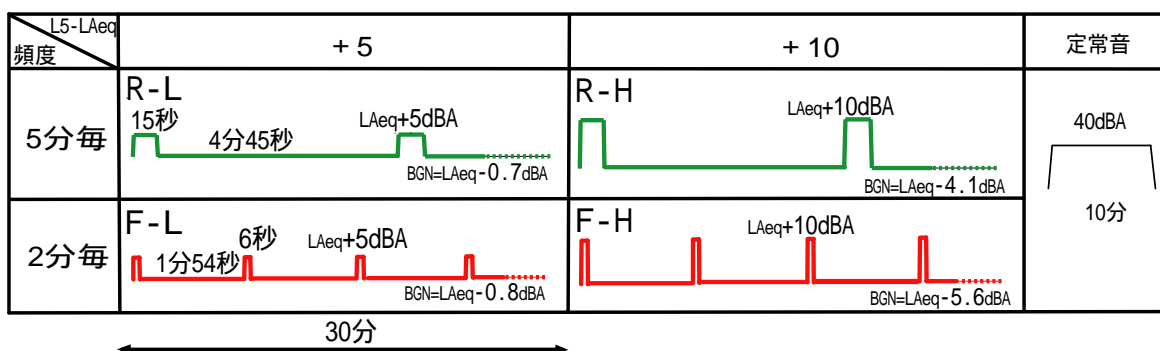


表 2.2.1(4)(再)実験2 呈示音数値 (実測値)

Lx	L _{Aeq} (dBA)	Lx-L _{Aeq}	頻度	音源名	Lx(dBA)	背景音(dBA)
L5	40	+5	2分毎	F-L	44.9	39.2
		+10		F-H	49.9	34.3
		+5	5分毎	R-L	44.9	39.3
		+10		R-H	49.9	35.3

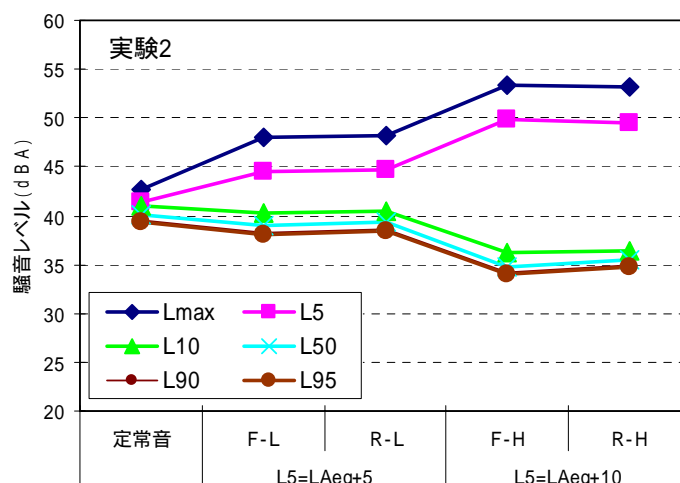


図 2.2.1(2)(再) 実験2 呈示音レベル統計量

4.2 実験2 分散分析結果

まず、要因を 被験者、 定常音を含む音源のパターン 5 水準を要因として、2 元配置分散分析を行った。表 4.2(1)、表 4.2(2)にその結果を示す。

表 4.2(1) 実験2 2 元配置分散分析

要因	自由度	うるさい	落ち着く	じゃまになる	気になる
被験者	17	1.6912	2.4563 **	3.4788 **	2.5197 **
音源	4	4.1736 **	0.8532	3.8095 **	2.9684 **
寄与率		0.40	0.40	0.52	0.45

表 4.2(2) 実験2 2 元配置分散分析 詳細

うるさい						
要因	自由度	平方和	平均平方	F 値	P 値	
被験者	17	66.400	3.906	1.691	0.066	
音源	4	38.556	9.639	4.174	0.004	**
誤差	68	157.044	2.309			
全体	89	262.000				

落ち着く						
要因	自由度	平方和	平均平方	F 値	P 値	
被験者	17	120.456	7.086	2.456	0.005	**
音源	4	9.844	2.461	0.853	0.497	
誤差	68	196.156	2.885			
全体	89	326.456				

気になる						
要因	自由度	平方和	平均平方	F 値	P 値	
被験者	17	93.956	5.527	2.520	0.004	**
音源	4	26.044	6.511	2.968	0.025	*
誤差	68	149.156	2.193			
全体	89	269.156				

じゃまになる						
要因	自由度	平方和	平均平方	F 値	P 値	
被験者	17	111.689	6.570	3.479	0.000	**
音源	4	28.778	7.194	3.810	0.008	**
誤差	68	128.422	1.889			
全体	89	268.889				

定常音を含む変動パターン 5 種類に「落ち着き」以外の評価語で有意な差が出た。

この分散分析結果は定常音、上昇幅 2 水準、頻度 2 水準の合計 5 音源と被験者の 2 元配置であり、頻度の効果、上昇幅の効果については値を出すことができていない、そのため、次項では定常音を除いた 4 音源で、各要因 2 水準毎の 2×2 の分散分析を行う。

表 4.2(3) 定常音除く実験 2 三元配置分散分析 (全ての要因含む)

セル内数値は F 値 ** 1%有意 * 5%有意

要因	自由度	うるさい	落ち着く	邪魔になる	気になる
頻度	1	6.37 *	1.83	7.25 *	4.68 *
上昇幅	1	0.01	0.31	0.70	0.01
頻度 × 上昇幅	1	0.06	0.01	0.22	0.14
被験者	17	1.99	2.61 *	3.76 **	2.07
被験者 × 上昇幅	17	1.14	1.44	1.23	1.01
被験者 × 頻度	17	0.99	0.87	1.57	0.99
寄与率		0.82	0.83	0.88	0.81

表 4.2(4) 実験 2 三元配置分散分析詳細

うるさい						
要因	自由度	平方和	平均平方	F値	P値	
被験者	17	70.736	4.161	1.986	0.084	
頻度	1	13.347	13.347	6.369	0.022	*
上昇幅	1	0.014	0.014	0.007	0.936	
頻度 × 上昇幅	1	0.125	0.125	0.060	0.810	
被験者 × 上昇幅	17	35.403	2.396	1.144	0.393	
被験者 × 頻度	17	40.736	2.083	0.994	0.505	
誤差	68	35.625	0.524			
全体	89	195.986				

落ち着かない						
要因	自由度	平方和	平均平方	F値	P値	
被験者	17	97.125	5.713	2.608	0.028	**
頻度	1	4.014	4.014	1.833	0.194	
上昇幅	1	0.681	0.681	0.311	0.585	
頻度 × 上昇幅	1	0.014	0.014	0.006	0.938	
被験者 × 上昇幅	17	53.569	3.151	1.439	0.231	
被験者 × 頻度	17	32.236	1.896	0.866	0.615	
誤差	68	37.236	0.548			
全体	89	224.875				

じゃま						
要因	自由度	平方和	平均平方	F値	P値	
被験者	17	103.069	6.063	3.761	0.005	**
頻度	1	11.681	11.681	7.246	0.015	*
上昇幅	1	1.125	1.125	0.698	0.415	
頻度 × 上昇幅	1	0.347	0.347	0.215	0.648	
被験者 × 上昇幅	17	33.625	1.978	1.227	0.339	
被験者 × 頻度	17	43.069	2.533	1.572	0.180	
誤差	68	27.403	0.403			
全体	89	220.319				

「うるさい」「邪魔になる」「気になる」の評価語で頻度に有意な差が出た。上昇幅の効果については、誤差の平均平方と上昇幅の平均平方値の値が拮抗しているのを見てわかるように、主効果が見られなかった。L5+10,+5 間の効果の差は誤差の範囲にとどまると言える。また、頻度と上昇幅の交互作用は、平均平方値が誤差の平均平方値よりも非常に小さい値となり、見られなかった。被験者と各要因との交互作用については、各評価語で統計的に有意な差は見られなかったが、被験者、頻度の効果について大きな効果となっており、個

人によって評価の判断傾向が異なる可能性が示唆された。

本研究では人間の一般的な評価の傾向を探るため、被験者の個人差、被験者の属性については無視し、被験者の主効果のみを要因とし、検討することとする。

以下表 4.2(5)に交互作用を除いた分散分析を行った結果を示す。

表 4.2(5) 実験 2 三元配置分散分析 (被験者交互作用除く)

セル内数値はF値 **1%有意 *5%有意

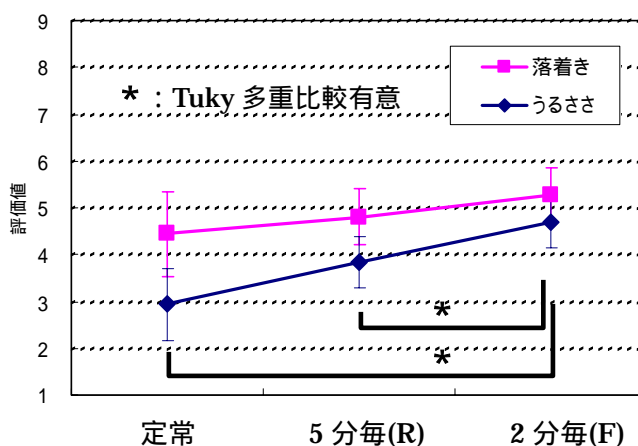
要因	自由度	うるさい	落ち着く	じゃまになる	気になる
頻度	17	6.09 *	1.66	5.72 *	4.68 *
上昇幅	1	0.01	0.28	0.55	0.01
頻度×上昇幅	1	0.06	0.01	0.17	0.14
被験者	1	1.90 *	2.37 **	2.97 *	2.07 *
寄与率		0.43	0.45	0.53	0.44

被験者との交互作用を除いた結果も同様に、「うるさい」「じゃまになる」「気になる」に頻度の主効果が見られた。被験者との交互作用が誤差に含まれて大きくなった分、F値が小さくなっている。

4.3 頻度主効果

頻度の違いによってどの程度評価に影響があるのかを考察していく。頻度間の比較だけでなく、基準となる定常音との差も比較する。定常音を含めて被験者、頻度の2要因で2元配置分散分析を行い、水準間の比較を行った。

(1) 聴感



(2) 妨害感

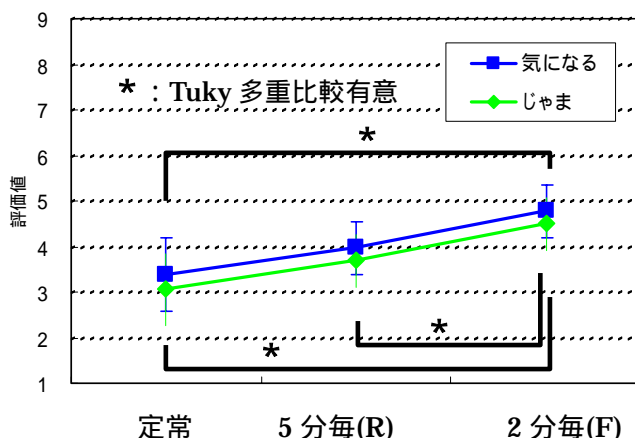


図 4.3(1) (誤差範囲は平均の95%信頼区間)

表 4.3(1) 評価平均値・LAeq 換算値

	平均値				平均の差				LAeqの効果に換算(単位=dBA)			
	うるささ	落ち着き	じゃま	気になる	うるささ	落ち着き	じゃま	気になる	うるささ	落ち着き	じゃま	気になる
定常音	2.94	4.44	3.06	3.39								
6	3.83	4.81	3.69	3.97	0.89	0.36	0.64	0.58	5.86	4.21	4.90	4.88
15	4.69	5.28	4.50	4.78	1.75	0.83	1.44	1.39	11.53	9.72	11.08	11.61

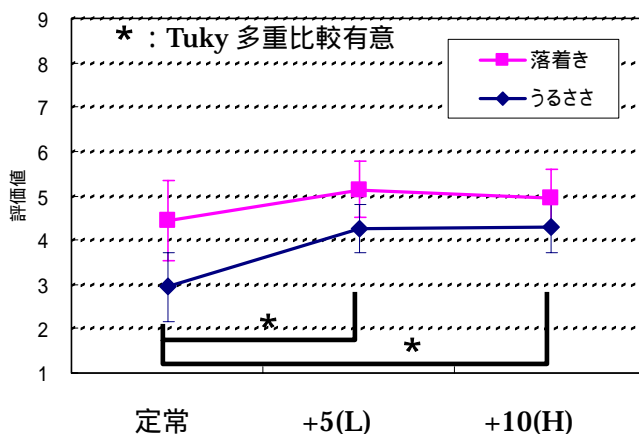
各評価語で多重比較を行い「うるさい」「邪魔になる」「気になる」の3評価語で、統計的に有意な差が見られた。結果、頻度が多い水準が不快側になった。既往の研究との比較しても、同様の傾向が見られた。有意な差が見られた3評価語とも、同様に評価得点0.8程度の差が見られた。LAeqに換算すると、5~6dBAの効果になった。「落ち着き」に対しては、評価の差が小さく、立ち上がり間隔の効果が小さいことがわかった。しかし、間隔

が狭い方が不快側の評価になるという傾向は見られた。「邪魔になる」「気になる」の傾向は非常に近い結果となった。

4.4 呈示音上昇幅主効果

上昇幅の影響を考察する。定常音を含めて被験者、上昇幅の2要因で2元配置分散分析を行い、水準間の比較を行った。

(1) 聴感



(2) 妨害感

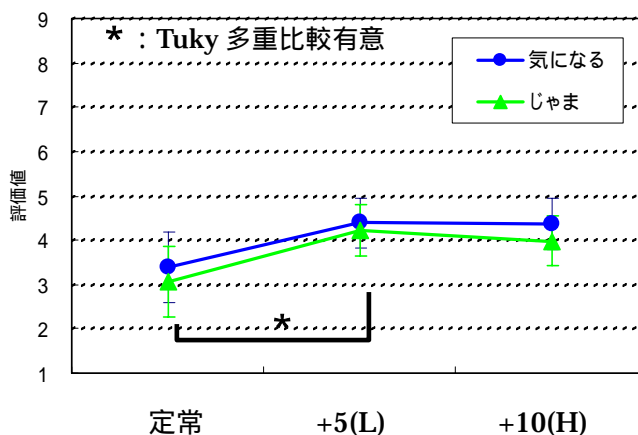


図 4.4(1)各評価語平均値 (誤差範囲は平均の95%信頼区間)

表 4.4(1) 実験 2 上昇幅の主効果 評価値

	評価平均値			定常音との差			LAeqの効果に換算(単位=dBA)					
	うるささ	落ち着き	じゃま	気になる	うるささ	落ち着き	じゃま	気になる	うるささ	落ち着き	じゃま	気になる
定常	2.94	4.44	3.06	3.39								
+5	4.25	5.14	4.22	4.39	1.31	0.69	1.17	1.00	8.60	8.10	8.95	8.36
+10	4.28	4.94	3.97	4.36	1.33	0.50	0.92	0.97	8.78	5.83	7.03	8.13

頻度の効果を平均し、上昇幅の影響をみていくと、まず、どの評価語も+5,+10間の差がほとんどみられない。評価語ごとにみていくと、「うるささ」で定常音と+5の評価の差が大きく、「落ち着き」では大きな差は見られなかった。「じゃま」「気になる」では評価の傾向

として同じ傾向を示し、定常音と+5の音源間では LAeq に換算した値として 8~9dBA 程度、+10 と上昇幅が増加しても評価は不快側にならなかった。実験 1 と比較すると、実験 1 では定常音との評価の差が上昇幅に従い不快側になったのに対し、実験 2 では+5 で頭打ちとなり、上昇幅の効果がみられなかった。

4.5 頻度ごと上昇幅比較

(1) 聴感

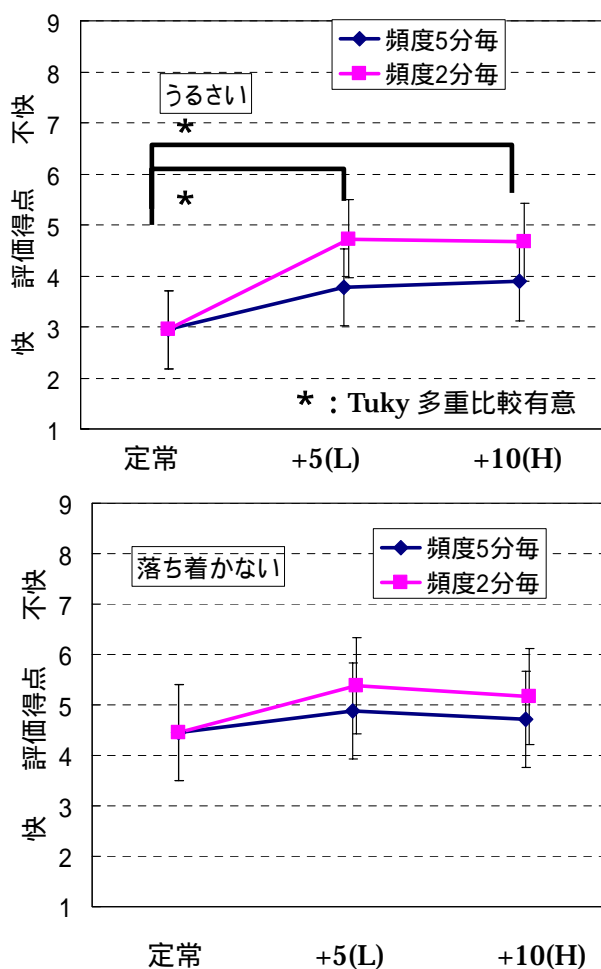


図 4.5(1) 各音源評価平均値 (誤差範囲は平均の 95%信頼区間)

表 4.5(1) 上昇幅の平均値とその差の LAeq 換算値

		平均値			定常音との差LAeq換算	
		定常	+5	+10	+5	+10
うるささ	1回/5分	2.94	3.78	3.89	5.49	6.22
	1回/2分	2.94	4.72	4.67	11.71	11.35
落ち着き	1回/5分	4.44	4.89	4.72	5.19	3.24
	1回/2分	4.44	5.39	5.17	11.02	8.43

「うるさい」においては、立ち上がり間隔が短い音源、すなわち 2 分に 1 回立ち上がりが

出現する音源では定常音と L5+5、L5+10 の間に有意な差が認められた。しかし、立ち上がり間隔が長い音源では、定常音と比較して不快側へ評価が上昇しなかった。「落ち着き」においては、立ち上がり頻度の主効果がみられなかったように、頻度間の差に大きな差がないのがグラフからみてとれる。上昇幅の影響も小さい。

「うるさい」「落ち着き」共に言えることとして、上昇幅+5 と +10 の差が見られなく、平均値はほぼ等しい値となった。

(2) 妨害感

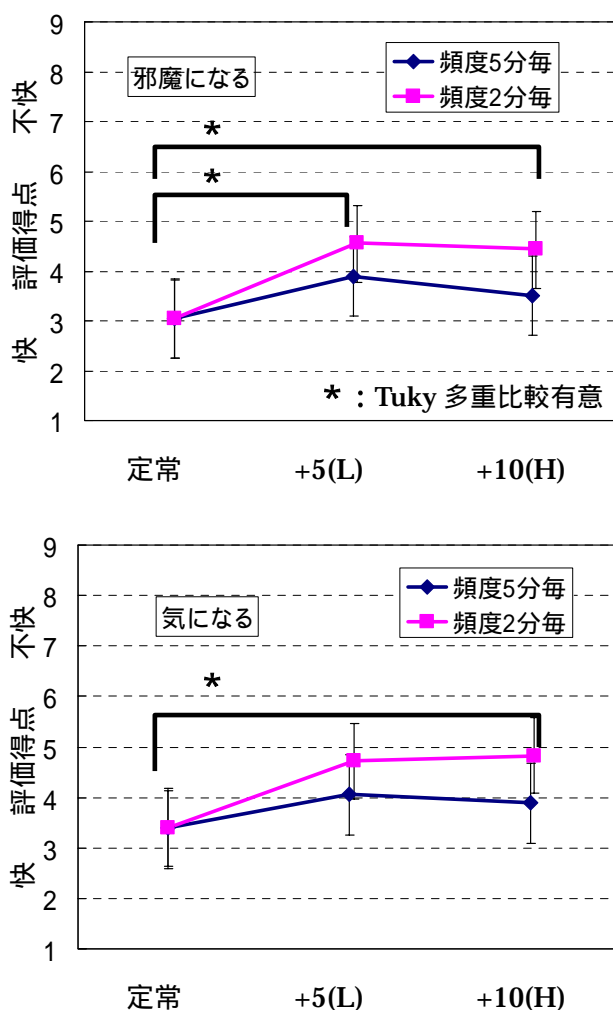


図 4.5(2) 各評価値平均 (誤差範囲は平均の 95%信頼区間)

表 4.5(2) 妨害感における評価平均値・定常音との評価差 LAeq 換算値

		平均値			定常音との差 LAeq 換算値	
		定常	+5	+10	+5	+10
じゃま	1回/5分	3.06	3.89	3.50	6.39	3.41
	1回/2分	3.06	4.56	4.44	11.51	10.65
気になる	1回/5分	3.39	4.06	3.89	5.57	4.18
	1回/2分	3.39	4.72	4.83	11.14	12.07

「じゃまになる」「気になる」共に同様の傾向を示し、立ち上がり間隔が短い音源、すなわち立ち上がり頻度が高い音源に、上昇幅の影響が統計的に有意な差として出た。Tukey の多重比較を 3 水準間で頻度別に行ったところ、定常音と L5+5, 定常音と L5+10 の音源間で有意な差が出た。一方、立ち上がり間隔の広い音源、すなわち立ち上がり頻度の低い音源においては、上昇幅の影響は見られなかった。むしろピーク値が +5 より +10 の音源の方が快側の評価になる傾向が見られた。

(3) 考察・推測

- ・ 頻度別に上昇幅の影響を見てみると、頻度 15 回の場合のみ「うるさい」「邪魔になる」「気になる」の 3 評価語で統計的に有意な差が見られた。
- ・ また、L5 の値の上昇に伴いネガティブ側の評価にはならず、+5 の方が +10 よりネガティブな評価になったケースも一部でみられた
- ・ この結果は、L5 が 5dBA 上昇すると背景音が 1dBA 程度下降、L5 が 10dBA 上昇すると、背景音が 4~5dBA 程度減少する呈示音になっているために、背景音の低下に評価が影響されたものと推測される。図 4.5(3)イメージ図で示す。
- ・ L5 の値を揃えているため、頻度 15 回は通過時間 6 秒、頻度 6 回は通過時間 15 秒にしているが、30 分という実験時間の長さ、通過時間の長さより、30 分全体の中での通過回数の方が印象的になり、定常音から L5 が +5+10 となると、高頻度で 10dBA 程度、低頻度で 5dBA 程度の影響が確認された。

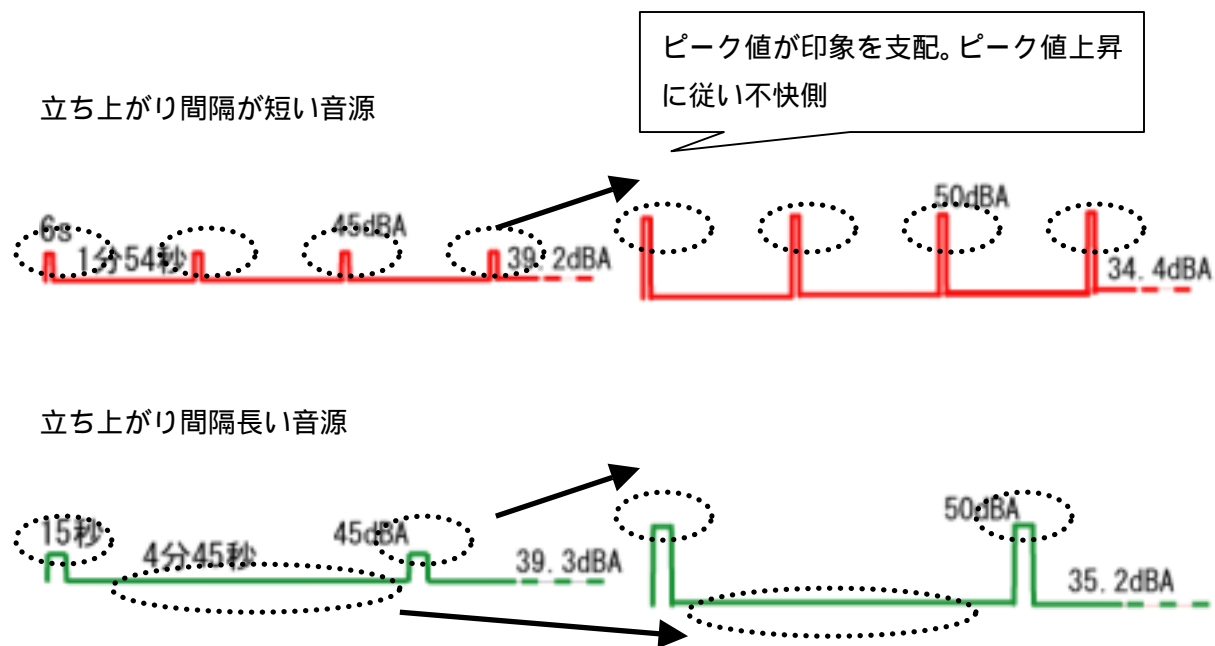


図 4.5(3) 頻度と上昇幅のイメージ図

4.6 実験 2 まとめ

実験 2 では、一般の居室を模擬した実験室において、被験者に自由に行動してもらうという状況下、音源の種類を頻度 2 水準、上昇幅 2 水準で、実験を行った。

(1) 頻度の主効果

立ち上がり間隔が短い、すなわち立ち上がり頻度が多い音源の方が不快側の評価となった。この差は「落ち着き」以外の評価語で統計的に有意な差が出た。頻度が少ない分、一回立ち上がり時間を長くして LAeq を等しく保っている音源であるが、上昇 1 回あたりの立ち上がり時間の長さより、全体の立ち上がり回数、立ち上がり間隔に影響されたと思われる。この傾向は既往の研究でも同様の傾向が示されている。

(2) 上昇幅の主効果

「うるさい」「じゃま」「気になる」で定常音と変動音の間に有意な差が見られた。傾向として、変動的な音源の方が不快側の評価だが、上昇の大小には評価の差は見られなかった。つまり、L5=LAeq+5 から+10 に変化しても、評価値は不快側にならなかった。考えられる理由として、推測ではあるが、30 分という実験時間の長さがピーク値より背景音に印象が形成されるという可能性、LAeq=40dBA という枠の中での上昇では、背景音の静寂な印象がピーク値に対して相殺する形になったという 2 つの推測が考えられる。

(3) 頻度ごとにみた上昇幅の影響

頻度ごとに上昇幅の影響を見てみると、その傾向は違い、立ち上がり頻度が高い方が、上昇幅が評価に与える影響が大きかった。すなわち、頻度が高い方が、上昇幅+5 に増えた時に大きく不快側の評価になった。頻度が少ない音源は、上昇幅が+5 になっても大きく評価が不快側にならなかった。また、上昇幅が+10 に上昇しても、評価が+5 の時と変化しなかった。「うるさい」「じゃま」「気になる」でこの傾向が示された。「落ち着き」では頻度間、上昇幅間で大きな差はなかったが、同様の傾向は読み取れた。このような傾向が出た理由として考えられるのは、立ち上がり頻度が少ないと背景音の静寂時間が長く、ピーク値の評価が相殺され、評価が不快側にならなかったと推測できる。また、上昇幅の影響が小さかったことに関しては、30 分という呈示時間の長さがピーク値の印象を薄めたと推測できる。

第 5 章

各実験の比較

5. 実験1と実験2の比較

簡易無響室において呈示時間 10 分で行った実験 1 と、残響のある現実的な実験室で 30 分を行った実験 2 の比較を行う。

表 2.1(1)(再) 各実験統制要因

要因	実験1	実験2
LAeq	35, 45dBA	40dBA
Lx	L5(+5, +10), L10(+5)	L5(+5, +10)
頻度	2分毎	2分毎, 5分毎
呈示時間	10分	30分
被験者状態	読書, 場所固定	自由に行動(読書, PC作業等)
実験室	簡易無響室	残響のある現実の居室

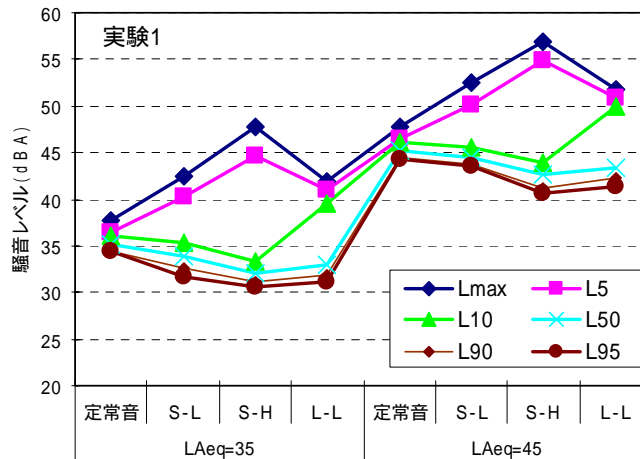


図 2.2.1(1)(再) 実験 1 呈示音レベル統計量

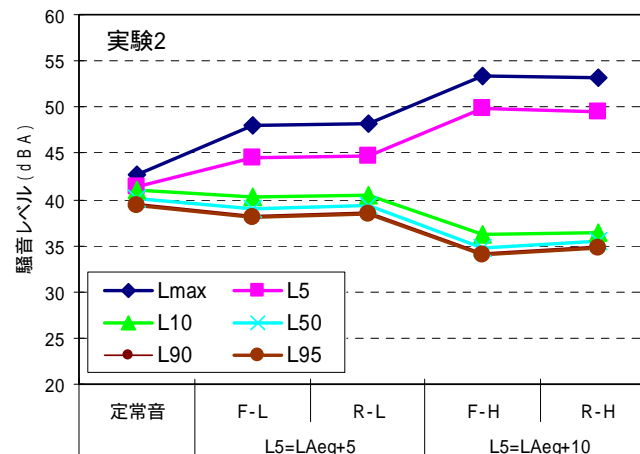


図 2.2.1(2)(再) 実験 2 呈示音レベル統計量

実験 1 では L5+5, L5+10 のみ、実験 2 では頻度 1 回 / 2 分の音源のみに着目し、頻度、時間率、上昇幅の等しい音源を比較した。つまり、実験 1 と 2 で、LAeq の違い 呈示時間の違い 全体としての等 LAeq での上昇幅が評価に与える影響の傾向を考察していく。

5.1 LAeq の評価についての比較

(1) 定常音のみの比較

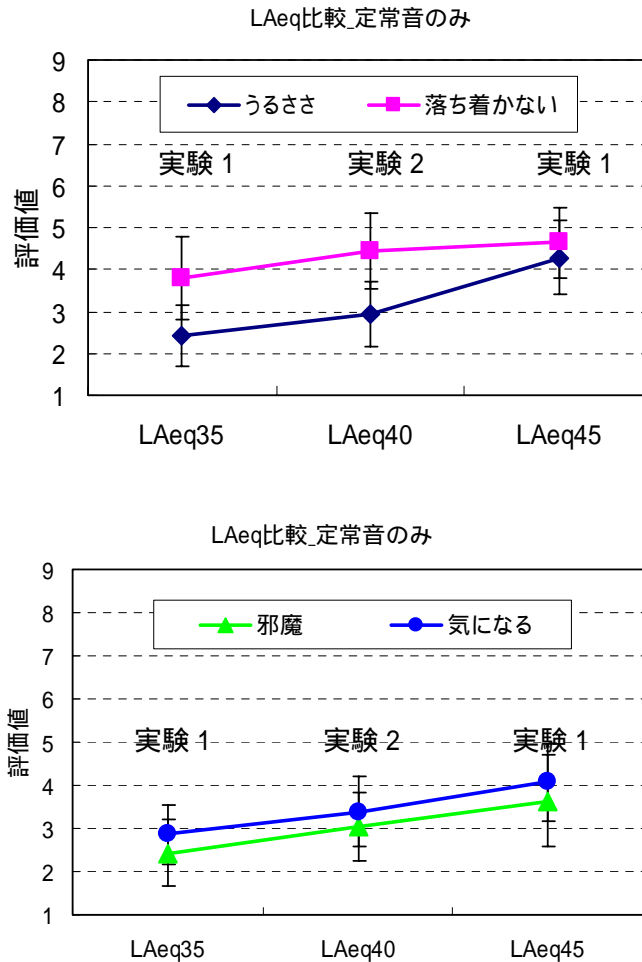


図 5.1(1) 定常音のみ実験 1 - 2LAeq 比較

表 5.1(1) 実験 1-2LAeq 比較

	LAeq35	LAeq40	LAeq45	LAeq40-LAeq35	LAeq45-LAeq40	LAeq45-LAeq35
うるささ	2.43	2.94	4.29	0.52	1.34	1.86
落ち着かない	3.79	4.44	4.64	0.66	0.20	0.86
邪魔	2.43	3.06	3.64	0.63	0.59	1.21
気になる	2.86	3.39	4.07	0.53	0.68	1.21

全体を概観すると、実験 1 での 35dBA、45dBA の 2 水準間の評価の差のおよそ中間の評価を 40dBA で出していると言える。無響室と残響のある現実的な空間の差はほぼ無かったと言える。評価語ごとに見ていくと、「うるさい」では、35dBA 40dBA の評価の差が 40dBA 45dBA より小さくなっている。つまり、実験 2 の LAeq=40dBA の値が、実験 1 で得られた 35 40 45 の評価軸上に乗らなかったと言える。これには、「行動を自由にして良い」という実験 2 の被験者状態、無響室のような非現実的な音場ではないことなどが理由に上げられる。「じゃまになる」「気になる」は LAeq に比例した傾向になった。

(2) 呈示時間の比較

実験1のL5+5,+10の音源と、実験2の立ち上がり2分おきの音源を比較した。同頻度、同上昇幅の音源を比較することにより、呈示時間の違いを見た。

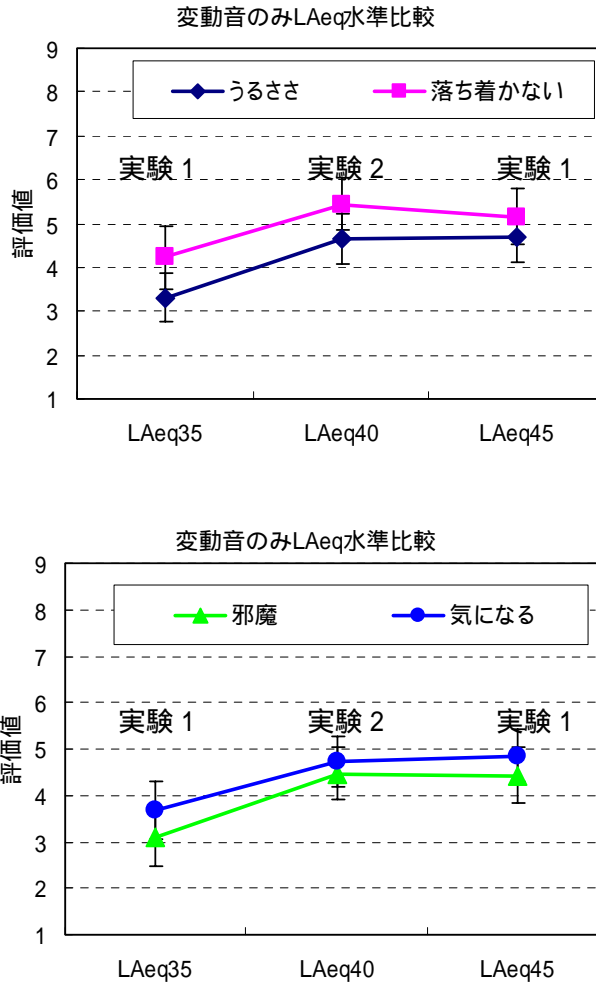


図 5.1(2) 実験1、実験2のLAeq比較

表 5.1(2) LAeqと呈示時間の比較

	10分 L_Aeq35	30分 L_Aeq40	10分 L_Aeq45	仮想10分 L_Aeq40	呈示時間延長の効果
うるささ	3.31	4.65	4.69	4.00	0.65
落ち着かない	4.23	5.45	5.15	4.69	0.76
邪魔	3.12	4.48	4.42	3.77	0.71
気になる	3.69	4.73	4.85	4.27	0.46

実験2の値はLAeqの増加幅に従わず、大きく不快側になっている。LAeqに従い、評価は単調増加とすると10分間定常音間の比較で言えたため、実験2のLAeq=40dBAの値が、不快側になったのは、30分という呈示時間の長さのためであると言える。およそ各評価語で0.5~0.7の評価値の違いが出た。30分という実験長さに対するストレスが発生したと思われる。

5.2 実験別ごとの上昇幅の影響

ここでは、上昇幅が変化することによって評価がどの程度変化するか、実験 1 (LAeq=35dBA,45dBA) と実験 2 (LAeq=40dBA) においてその傾向を比較する。

5.2.1 上昇幅の傾向の比較

(1) 聴感

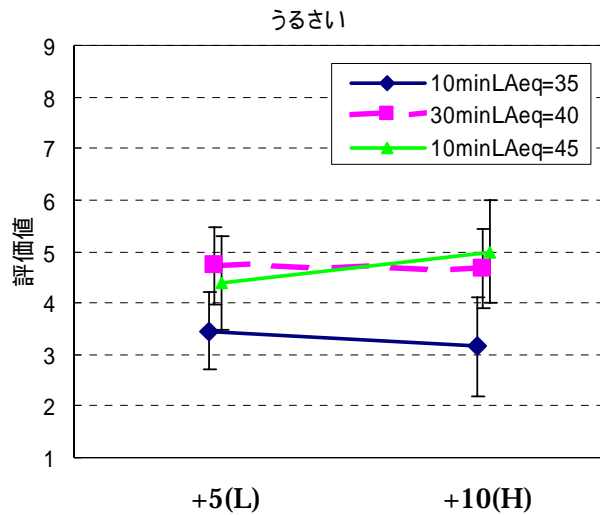


図 5.2.1(1) 「うるさい」実験 1、2 比較

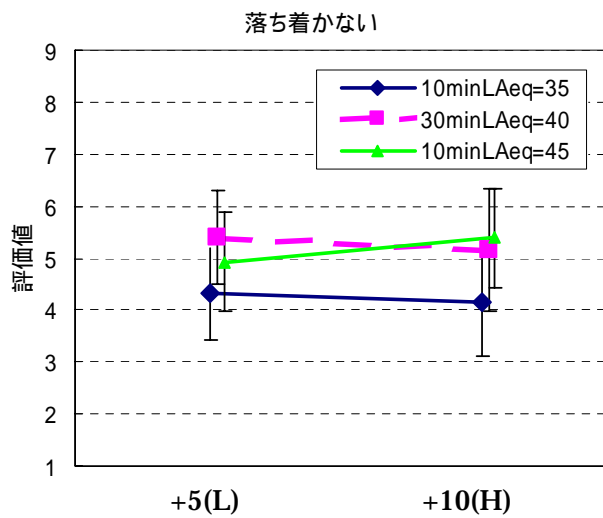


図 5.2.1(2) 「落ち着き」実験 1、2 比較

LAeq=35dBA、45dBA の実験 1 と、LAeq=40dBA の実験 2 の上昇幅の影響を検討した。全体の傾向として LAeq=35,40 が同じ傾向と言える。LAeq = 45 の音源は上昇幅が上昇するにつれて不快側の評価になったのに対し、LAeq = 35、40dBA の音源は上昇幅+5 +10 の間で評価が上昇しない。むしろ快側に評価される傾向がある。

(2) 妨害感

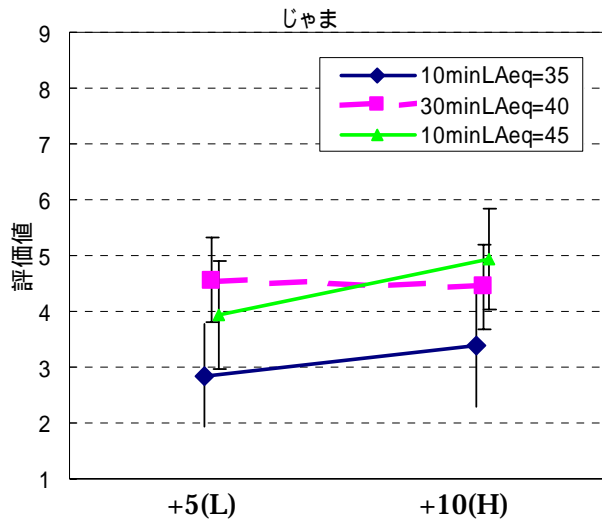


図 5.2.1(3) 「じゃま」実験 1、2 比較

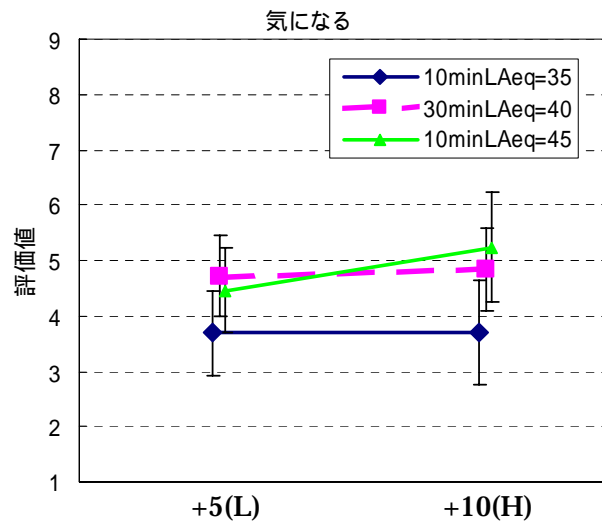


図 5.2.1(4) 「気になる」実験 1、2 比較

妨害感について考察していくと、「じゃまになる」では、実験 1 と実験 2 で傾向がわかれた。実験 1 では上昇幅上昇に従い、不快側になった。LAeq35、45 間でその振れ幅は違い、+10 の評価では 35dBA の方が上昇幅が小さかった。一方 LAeq=40dBA の 30 分で行った実験 2 では、上昇幅が+5 +10 の間で、快側の印象になる傾向を示した。「気になる」では、実験 1 の LAeq=35、45dBA の音源では「じゃま」と同傾向を示す。LAeq=40dBA では上昇幅の上昇とともに快側の評価にはならなかったが、+5 と同程度の評価になった。

(3) 結果から考えられる推測

LAeq=45dBA,35dBA で呈示時間 10 分という条件下で行った実験 1 と、LAeq=40dBA で呈示時間 30 分間という条件下で行った実験 2 を比較したが、まず無響室と残響のある、実験室の違いは LAeq の評価に影響はなかったと言える。実験 1 と実験 2 で、LAeq の評価は客観的なものと推測できる。この事実を土台にして上昇音の比較をする。

等頻度、等上昇幅の音源を用いて、30 分と 10 分で比較したが、実験 2 の 30 分の音源は過大評価されていると推測できる。これは、LAeq=35,45 の評価値の中間値より不快側の評価になったため、至った判断である。

上昇幅の影響としては、LAeq ごとに考察したが、実験時間が上昇幅の評価に影響している可能性が示された。これは、「うるさい」「落ち着かない」「じゃま」で+5 +10 と上昇幅が上昇し、背景音が下がった音源間において、実験 2 の方が評価の減少幅が大きく LAeq=35dBA よりも LAeq=40dBA の方が背景音レベルの影響が大きいとは考えにくいため、呈示時間の影響があると推測できる。つまり、呈示時間が長くなった分、ピーク値に慣れ、背景音の印象が支配的になったと思われる。

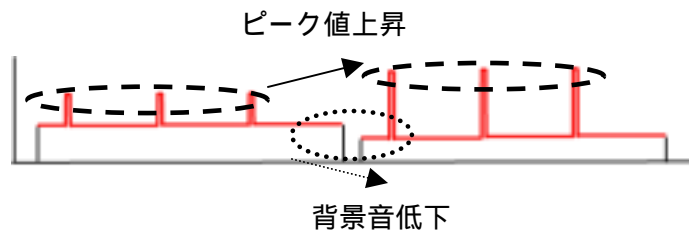


図 5.2.1(5) 呈示時間 10 分のイメージ図

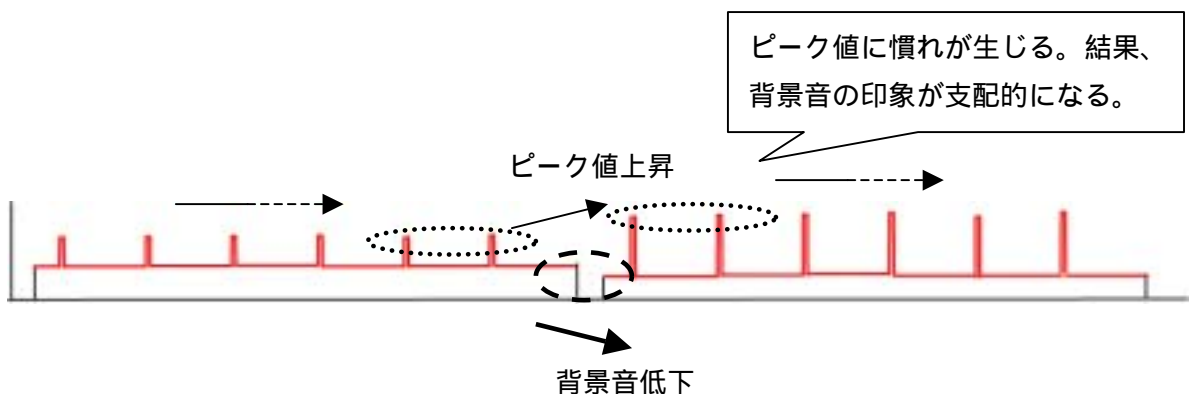


図 5.2.1(6) 呈示時間 30 分のイメージ図

5.3 まとめ

実験 1 と実験 2 について比較した。LAeq の傾向、上昇音に着目し、実験時間の違いによる上昇幅の影響について検討した。

(1) LAeq に対する評価の傾向について

実験 1、実験 2 の等頻度、等上昇幅の音源を抜き出し、比較を行った。その結果、実験 1 の LAeq=35dBA、実験 2 の LAeq=40dBA、実験 1 の LAeq=45dBA の評価がは線形にならず、実験 2 が不快側に評価された。実験時間の長さがストレスになった可能性が高いと推測できる。

(2) 上昇幅へ実験時間が与える影響について

LAeq=45dBA の場合はピーク値に従い評価が不快側になったが、35dBA、40dBA の場合は評価に変化無し、もしくは上昇幅上昇と共に快側の評価になった評価語もあった。35、40dBA を比較した場合、40dBA の方がその傾向が強く、実験 2 の呈示時間の長さがピーク値への慣れを招き、背景音の印象を強く押し出した可能性があることを示唆した。

第6章

既往の研究との比較・総括

6. 変動形成要因と評価の関係に関する考察

本章では、本実験を通して導かれた結論、推測と、既往研究との比較を通して、環境騒音の変動性における要因と主観評価との関係を大きな枠組みで考察する。

6.1 本実験の結果からの推測

本実験から、変動ピーク値が上昇すると基本的に不快側の評価となるが、頻度、又は音量によってその影響が異なることが示唆された。まず、実験 1、実験 2 で共通の知見として、定常音からピーク値が上昇すると、不快側の評価になる。しかし、実験 1 では音量の条件によってはさらにピーク値が上昇しても不快側にならないという傾向が見られ、実験 2 では頻度によっては不快側にならないことが示唆されている。

6.2 既往研究との比較

ここでは、純音性設備騒音を音源とした高部らの知見[8]、道路交通騒音を音源とした古市らの知見[7]を比較する。

(1)古市らの知見との比較

古市らは LAeq が等しい統制条件下において交通量、時間変動性の違いをみている。交通量が定常的な音源を対象に考察を行っていくと、交通量の減少に伴い変動幅が上昇する音源の特性になっており、背景音は一定となっている。主観評価との関係性をみると、ピーク値上昇に従い不快側の評価となっており、特に妨害感でその傾向が顕著であった。これは本研究でも同様の結果となっている。異なる点は、本実験は一定のピーク時間を統制して行っているのに対し、古市らの研究では上昇幅の変化とピーク時間が同時に変動している点である。つまり、古市らの研究は背景音固定でピーク値とピーク時間率が変動している条件で、本研究は時間率固定でピーク値と背景音が変動した条件ということになる。古市らの知見でもう一点着目する点として、変動の定常/間欠という点がある。具体的には、90分周期である程度集中して自動車が通過するパターンと、定常的に通過しているパターンを比較している。この結果として、同頻度、同ピーク値でも、間欠的な変動パターンの方が快側の影響が出ている。この結果に対する解釈として、まとまった背景音のみの時間が長くなり、その分、静寂な印象がピーク値の影響を緩和したと推測できる。

(2)高部らの知見との比較

高部らは純音性設備騒音の入眠妨害について検討しており、より静謐性が必要な条件下にて実験を行っている。この研究の音源の特性として、設備騒音の ON/OFF 頻度、稼働時間率を模擬した音源で実験している。高部らの研究では稼働時間率とピーク値が従属の関係にあり、稼働時間率が上昇するに従い、ピーク値を低下させ、トータルの曝露エネルギーが統制されている。この知見によれば、古市らの研究と同様、基本的にピーク値上昇に

伴い、不快側の評価になっていることが結果として出ている。頻度との関連では、頻度が多い方が全体として不快となっており、これは本研究と同様の傾向を示す。頻度とピーク値の関連について考察すると、高頻度の音源は稼動時間率低下に従い、不快側の評価になるが、低頻度においては単純に不快とはならず、稼動時間率が中間的な音源が最も不快側の評価となっている。これは、稼動時間率が低下するとピーク値が上昇し、不快側になるが、低頻度の場合は、60% 30%に稼動時間率が小さくなった分、背景時間の長さによって背景音レベルの静寂さが印象的になり、快側の評価となったと思われる。頻度とピーク値の関係については、本研究と共通の傾向となっている。

6.3 まとめ

これまで考察してきた変動性を伴う室内環境騒音に対する知見をまとめ、変動性の要因と主観評価との関係を整理する。以下の表に示すように、LAeq が等しい条件下で影響のある変動要因を整理し、主観評価に与える影響を示した。まず、変動要因を、ピーク値と背景音レベルという音量に関連する 2 要因、時間率と頻度という変動性関連 2 要因の 4 つに分類した。

表 6.3(1) 等 LAeq 条件下による変動要因と評価の関係

		要因(互いに従属)			評価	参考知見
		ピーク値	ピーク時間率	背景音レベル		
頻度	増	上昇(下降)	短(長)	固定	不快(快)	[7],[8]
		上昇(下降)	固定	下降(上昇)	不快(快)	本実験
		固定	長(短)	下降(上昇)	不快(快)	本実験
		固定	固定	固定	不快	[7],本実験
	減	上昇(下降)	短(長)	固定	変動間隔による	[7],[8]
		上昇(下降)	固定	下降(上昇)	変動間隔による	本実験
		固定	長(短)	下降(上昇)	未	未
		固定	固定	固定	快	[7],本実験



図 6.3(1) 変動要因

(1) 各要因個別に見た場合

各要因、個別に見た場合、すなわち、他の要因を固定した場合の評価の傾向としては、基本的には LAeq が上昇につながった場合、不快となることが言える。具体的には、ピーク値、ピーク時間率、背景音レベルが上昇した場合、LAeq 上昇のため、不快側の評価となる。

しかし、頻度においては、LAeq 上昇につながらないが、頻度増加に従い、不快となる。これは、高部、古市らの研究だけでなく、他の研究でも同様の結果となっている。

(2) LAeq が等しい条件下の場合

LAeq が等しいという条件下では、ピーク値と背景音レベル、時間率は相互に関係がある。これらすべてが同時に変化した場合、LAeq が等しい条件下では、最も主観評価に影響のあるピーク値の上昇幅が小さくなるため、考察を省く。以下、各要因を一つ固定し、他の要因を変化させたときを考察する。

背景音レベルを固定した場合

ピーク値上昇すると、ピーク時間率が短くなる。この結果、評価はピーク値上昇に従い、不快となる。ただし、頻度が少なくなって背景音時間が長くなると、快側の印象になる場合がある。これは、高部ら、古市らの研究に当てはまる。

ピーク時間率を固定した場合

ピーク値上昇すると、背景音レベルが下がる。この結果、ピーク値上昇に伴い、不快側の傾向がみられる。しかし、頻度が少なくなると、背景音時間が長くなり、快側になると言える。また、音量によっては、ピーク値が閾値を越えてしまい、単純に不快となる。

ピーク値固定の場合

ピーク時間率が上昇した場合、背景音が下がる。この場合、一般に曝露エネルギーの上昇に伴い、不快側の傾向が見られる。これは本研究で L5 と L10 との関係を見た結果、出したもので、頻度との関連では知見が得られていないのが現状である。

全てを固定し、頻度のみを変化させた場合

(1)にも記述したが、頻度上昇と共にその傾向は不快側になる。

以上、変動要因を大きく 4 つに分類し、その影響を整理した。既往の研究との整合から、変動を伴う環境騒音と主観評価との関係の傾向をある程度把握できていると推測される。まだ知見として得られていない状況は今後の検討課題とする。

參考資料



7 参考資料

本研究と比較を行った既往の研究について触れる。

7.1 既往研究 1：道路交通騒音の時間変動性に関する実験的検討（古市ら[7]）

7.1.1 実験概要

(1) 対象音源 表 7.1.1(1) 呈示音

交通量	車頭時間()が等間隔(C)	車頭時間が不均一(I)
L 交通量大 240台/6分	車頭時間:1.5秒 L-C 	車頭時間:1秒 L-I
M 交通量中 24台/6分	車頭時間:15秒 M-C 	車頭時間:10秒 M-Ia 車頭時間:3秒 M-Ib
S 交通量小 4台/6分	車頭時間:90秒 S-C 	

(2) 実験 2 検討要因 表 7.1.1(2) 統制条件

要因	水準	水準数
L_{Aeq}	45dB(A)	1
時間変動性	L-C, M-C, S-C, L-I, M-Ia, M-Ib(全てのモデル)	6
作業	聴取作業(TV 聴取)、非聴取作業(読書)	2
被験者	14名(男女20代;音響系研究室所属の学生除く)	14

(3) 提示音と時間率騒音レベルとの関係

表 7.1.1(3) 時間率騒音レベルとの関係

呈示音名	頻度	車頭時間	L5	L10	L5-LAeq	L10-LAeq	LAeq
L-C	240台/6分	1.5秒	47.7	46.9	2.7	1.9	45
M-C	24回/6分	15秒	53.1	48.1	8.1	3.1	45
S-C	4回/6分	90秒	46.7	39.1	1.7	-5.9	45
L-I	240台/6分	1秒	48.9	48.4	3.9	3.4	45
M-I-a	24回/6分	10秒	53.2	48.1	8.2	3.1	45
M-I-b	24回/6分	3秒	53.9	51.3	8.9	6.3	45

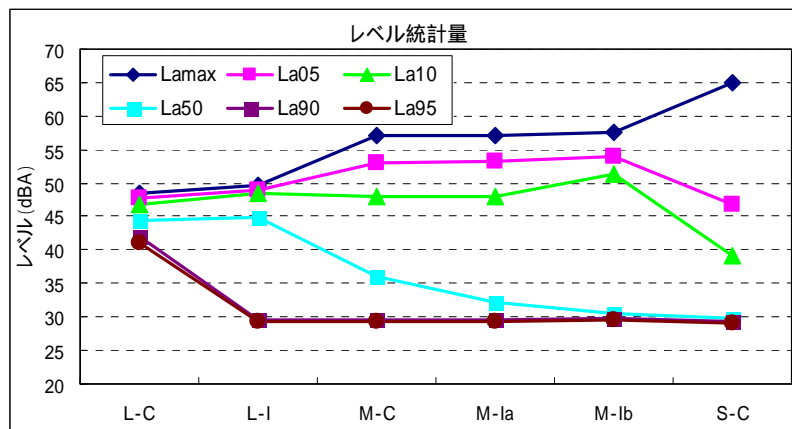


図 7.1.1(1) 呈示音レベル統計量

7.1.3 音源ごとの評価の傾向

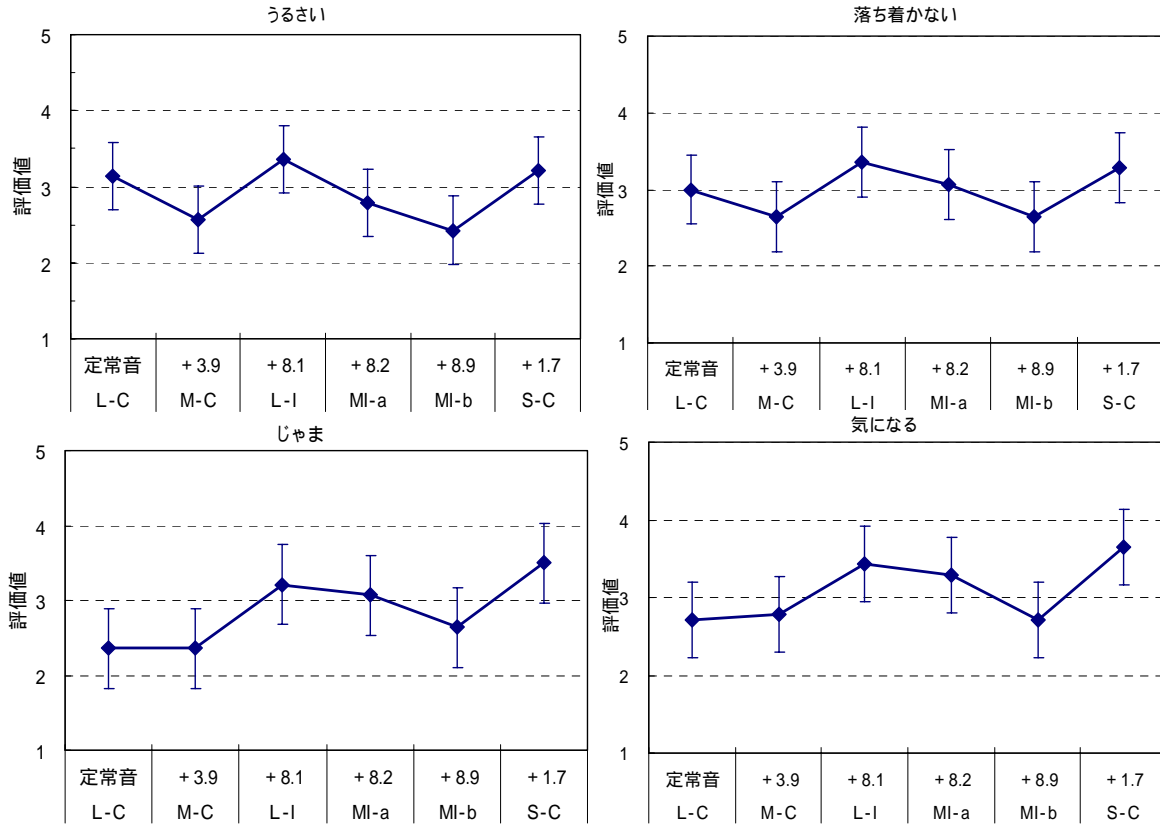


図 7.1.3 (1) 道路交通騒音の変動性と各評価語平均

- ・ 「じゃま」「気になる」などの、妨害感に比較的変動の大きさが影響している。
- ・ MI-a,MI-b,M-C は L5 の値がほぼ等しいのに対し、評価には違いが大きく出ている。これは車頭間隔の違いによるものと考えられる。具体的には、M-C MI-a, MI-b と、まとまった背景音時間が長くなっており、背景音が支配的になってくるため、L5 などのピーク値よりも、比較的静寂と言える背景音の印象が支配的になったと思われる。これは、本研究でも頻度が小さい方が快側の印象になっており、等 L5 でも頻度、背景音時間によって印象が大きく違うことが共通点と言える。
- ・ L-C、M-C、S-C を比較すると、交通量が少なくなるにつれて、妨害感では不快になる傾向が見られる。LAeq が等しい条件下において

7.2 既往研究 2：時間変動を伴う純音性設備騒音の入眠時における主観評価に関する実験的検討（高部ら[8]）

7.2.1 実験概要

表 7.2.1(1) 参考研究 1 呈示音

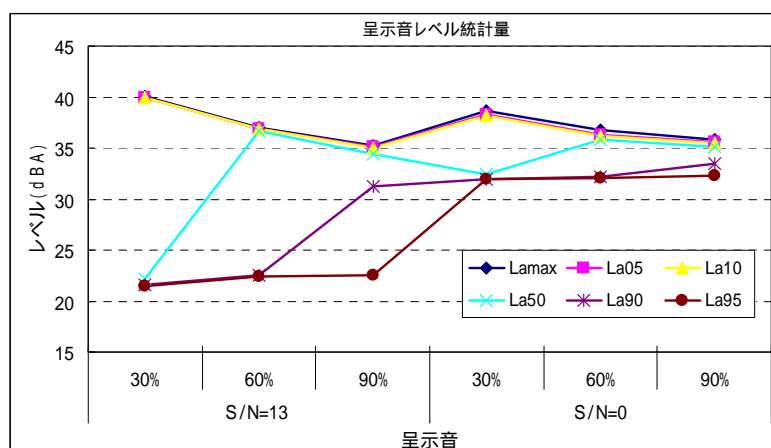
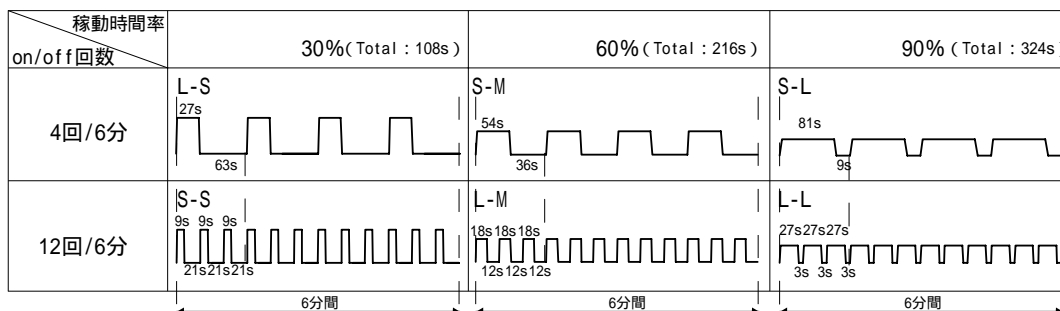


図 7.2.1(1) 参考研究 1 呈示音レベル統計量

稼動時間率、立ち上がり頻度、背景音との S / N を要因として、入眠状態で実験を行っている。本研究の頻度、変動幅、立ち上がり時間率の観点から検討した結果と、比較を行った。実験 1 で得た LAeq の水準の違いを元に、実験 2 の 3 要因がどの程度影響しているのか検討しているが、本研究との比較として、実験 2 のみを抽出して比較する。

7.2.2 稼働時間率の変化による変動幅の影響

どの評価語も、定常音に対して+2.5,+5.1dBA とピークレベルが上昇するにつれ、不快側の評価になっている。等 LAeq の条件のもと、稼働時間率を変化させて音源を作成しているため、稼働時間率が低い方がその分ピークレベルが上昇する。そのピークレベル上昇に伴い、不快側の影響となっていると推測される。

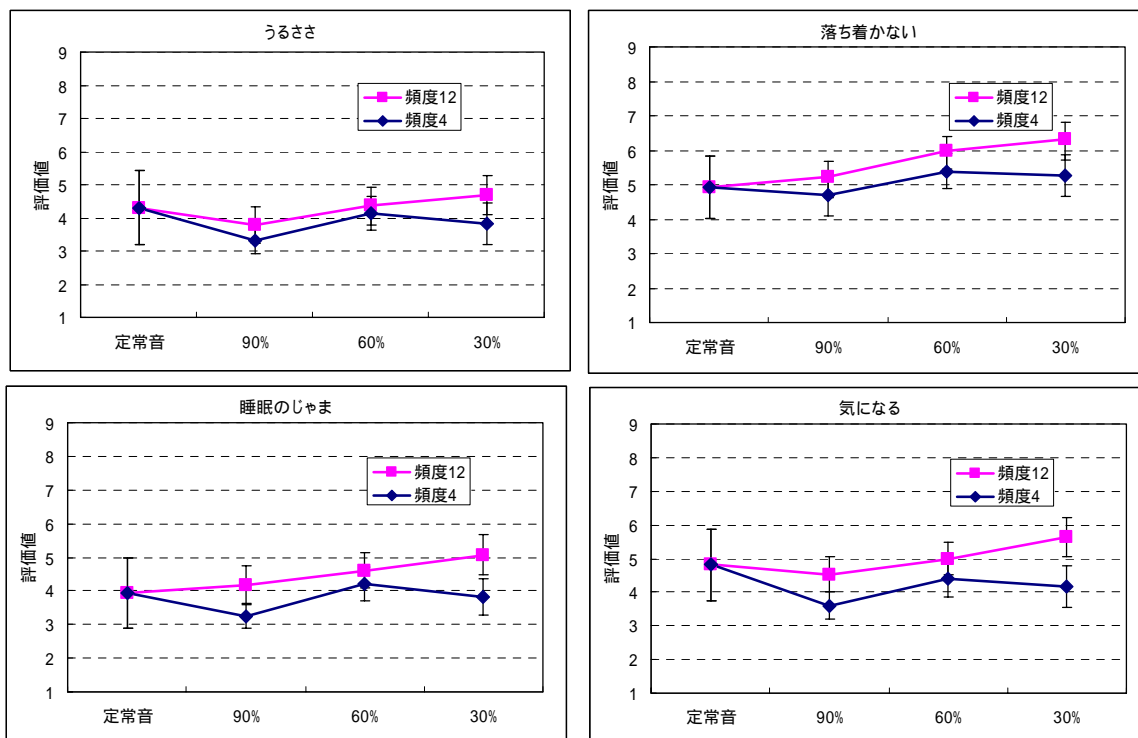


図 7.2.2(1) 頻度と稼働時間率の検討

頻度別に影響を詳しくみても、頻度によって、評価の傾向は異なることがわかる。頻度が高い音源は、ピークレベルの上昇と伴に不快側となるが、頻度の低い音源は、稼働率 60% と、中間的な時間率で最も不快側の評価となっている。理由として、低頻度の音源は背景音の静寂時間が長いため、その部分に印象が支配され、評価が快側になったものと思われる。定常音より稼働率 90%の音源の方が評価が快側になる傾向が見られるが、本研究と違い、定常音は純音 = 設備騒音が定常的になっている状況のためであると思われる。

7.2.3 頻度と S/N の関係

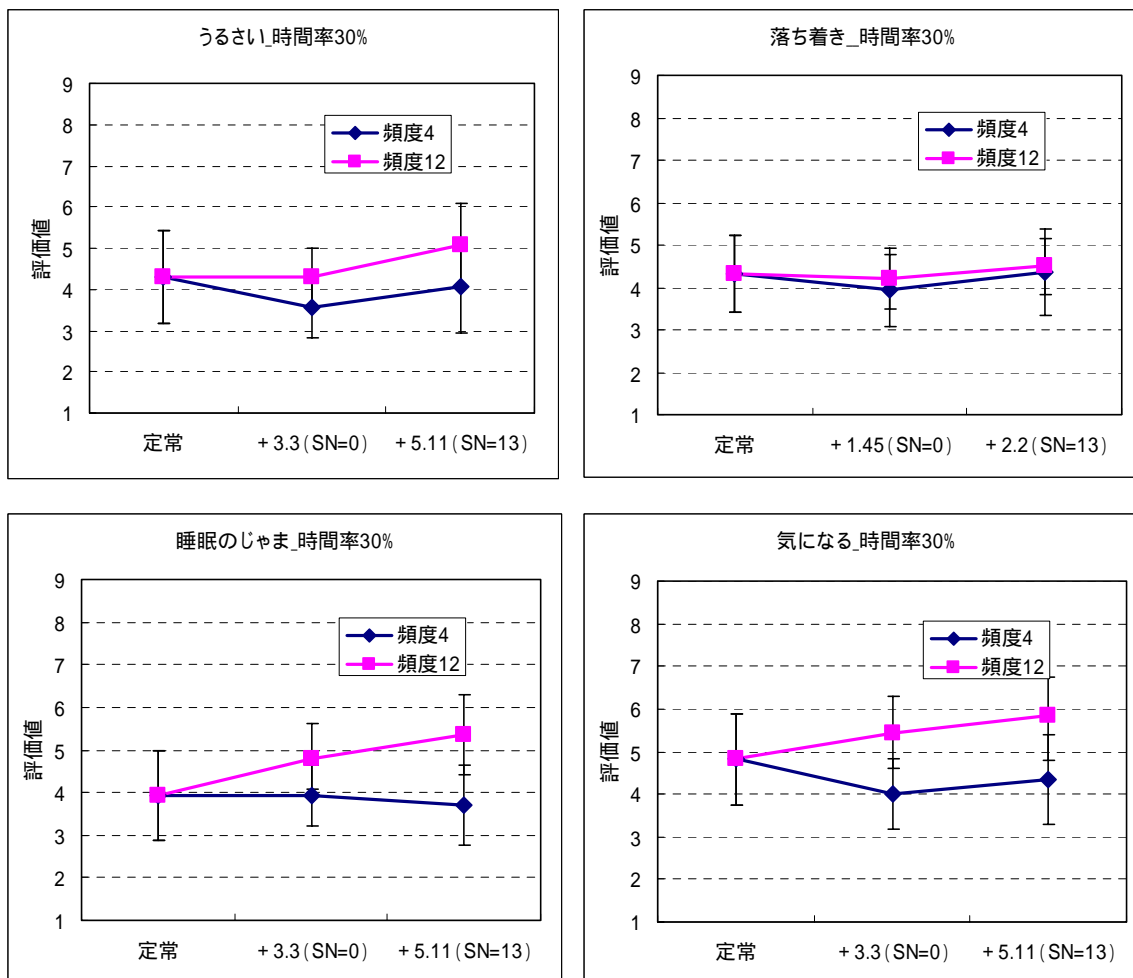


図 7.2.3(1) 頻度と S/N の検討

- ・ 頻度が高い音源が基本的に不快側の影響がでているが、妨害感でその傾向が顕著である。これは本研究とも傾向が一致した。
- ・ 妨害感は上昇幅が大きくなると、頻度の差も大きくなるが、聴感については頻度の差が大きくなかった。

参考文献

法規・公的文書

- [1]. 騒音に係る環境基準について 環境省, 2000.3.28 日改正
 - [2]. 騒音規制法
 - [3]. 建築基準法
 - [4]. 住宅の品質確保の促進等に関する法律
- <http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/hinkaku>
- [5]. 日本工業規格 JIS A 4706 サッシ
 - [6]. Building Bulletin 93:Acoustic Design of schools, Dept.for Education and Skills, UK,2003.

学会発表論文・雑誌

- [7]. 時間変動を伴う道路交通騒音の室内における主観評価に関する検討,佐久間,古市ら,日本音響学会研究発表会講演論文集, pp.725-726, 2004.
- [8]. 時間変動を伴う純音性設備騒音の入眠時における主観評価に関する実験的検討, 佐久間, 高部ら, 日本建築学会学術講演集,D-1,pp135-136,2005.
- [9]. 室内に透過する道路交通騒音の心理的影響に関する検討 その1:やかましさに関する主観評価実験, 橋ら, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2001
- [10]. 室内に透過する道路交通騒音の心理的影響に関する検討, その2:妨害感に関する主観評価実験, 横山, 橋ら, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2001
- [11]. 室内に透過する道路交通騒音の心理的影響に関する検討, その3:テレビ/ラジオ聴取に関する主観評価実験, 横山, 橋ら, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2002
- [12]. 実験室状態での騒音の妨害感に関する鉄道ボーナス, 馬蕙, 矢野隆, 日本音響学会騒音振動研究会資料, N-2003-60, 2003
- [13]. 交通騒音の生理, 作業能率, 心理に及ぼす影響に関する研究, 橋本ら, 日本建築学会計画系論文集, 1999
- [14]. 変動騒音のうるささに対する Leq 評価の妥当性についての研究, 平松ら, 日本音響学会学会誌, 1978
- [15]. 室内に透過した電車騒音に対する聴感実験の試行, 宮尾健一, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999
- [16]. 不規則変動音のやかましさ, 藤本, 坂田ら, 日本音響学会誌 41 巻 11 号, 1985
- [17]. 騒音のうるささに及ぼす継続時間の効果, 平松ら, 音響学会誌 32 巻 12 号, 1976
- [18]. 鉄道騒音のいわゆる 5dB ボーナスについて, 桑野・Hugo・難波, 音響学会講演論文集, 1995.3
- [19]. 規則的非定常騒音の反復回数及び変動幅がやかましさに及ぼす影響(非定常騒音の評

- 価に関する研究 1) , 矢野・小林ら , 建築学会論文報告集 , 1983
- [20]. 規則的断続音のやかましさを馴化に関する実験 , 泉 , 建築学会 , 1979
- [21]. SN 比・暗騒音レベル・音間隔の違いによるラウドネスの差異 , 山田ら , 日本音響学会講演論文集 , pp599-600 , 2000.9
- [22]. 騒音の心理と生理 , 難波ら , 騒音制御 Vol.22 , No.6 , 1998
- [23]. 日本建築学会環境工学委員会音環境運営委員会第 41 回音シンポジウム「建築音響関連規格・基準における問題点と今後の展望」1996 .
- [24]. 日本建築学会外周部材遮音設計・評価 WG, 「外周壁の遮音設計の現状と留意点」, 日本建築学会環境工学委員会小委員会資料 , 2000.7
- [25]. 騒音のうるささに及ぼす立ち上がり速度の効果 , 平松 , 高木ら , 日本音響学会誌 33 巻 1 号 , 1976
- [26]. 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程度表現語の妥当性と質問文の作成 , 矢野ら , 日本音響学会誌 58 巻 3 号 pp.165-172 , 2002
- [27]. 鉄道騒音における調査・研究の現状と生理・心理におよぼす影響 , 奥村ら , 騒音制御 Vol.22, No.6, pp322-326, 1998
- [28]. 室内騒音の評価基準 , 加来治郎 , 音響技術 No.90, pp.11-15
- [29]. Observation on the Influence of Non-acoustical Factors on Perceived Noise Annoyance in a Field Experiment Bert De Coensela, Dick Botteldoorena, Tom De Muera , inter noise , 2005
- [30]. 異種騒音の不快感に関する実験 , 泉ら , 日本建築学会論文報告集 , 1984
- [31]. 交通騒音による睡眠影響について (CD ラジカセを用いた被験者宅での実験) , 加来・廣江・桑野・難波 , 日本音響学会講演論文集 , 2002
- [32]. 騒音のうるささに及ぼす継続時間の効果 , 平松 , 音響学会誌 , 1976
- [33]. 複合騒音のうるささの評価に関する模擬居室実験(4) - 鉄道騒音の出現頻度の効果について - , 泉ら , 日本建築学会学術講演梗概集 , 1987
- [34]. 住宅購入予定者を対象とした住宅性能に関する要求内容 , 井上ら , 日本建築学会大会学術講演梗概集 , 2003
- [35]. 集合住宅の音環境に対する居住者意識構造の分析 , 荘 , 木村ら , 日本建築学会計画系論文集 1998
- [36]. 道路交通騒音における LAeq と Lx の特徴及びその関係について , 石井 , 橋ら , 騒音制御 Vol.21 , No.2 , 1997
- [37]. 地域区分と住民反応による環境騒音の評価 - LAeq と L50 の比較 - , 大宮 , 騒音制御 Vol.21 , No.2 , 1997

書籍

- [38]. 音の評価のための心理学的評価法
- [39]. 建築・環境音響学 前川ら 共立出版
- [40]. 実験計画と分散分析のはなし 大村 平 日科技連
- [41]. 建築物の遮音性能基準と設計指針, 日本建築学会編, 技法堂出版

謝辭



謝辞

本論文は、筆者が東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻社会文化環境コース在学中に行った研究についてとりまとめたものです。

この2年間、筆者の指導教官である佐久間哲哉助教授には、終始懇切丁寧なご指導を賜りました。人間として粘り強くなり、大きく成長する事が出来たのは先生のお陰であると思っています。ここに深く感謝致します。

また、東京大学大学院工学系研究科建築学専攻環境系ゼミにおきましては、同専攻平手小太郎助教授、鎌田元康教授、坂本雄三教授には客観的視点からのご意見を頂きました。

また、東京大学大学院工学系研究科建築学専攻平手研究室助手 宗方淳氏には研究全般、特に分析について筆者の抱いた様々な疑問や問題に対して、御助言、御指導を賜りました。

また、東京大学佐久間研博士課程小坂慶之氏には、研究の具体的なアドバイスにとどまらず、研究に対する姿勢や生活の様々な局面において誠に懇切丁寧なご指導をして頂きました。

また、東京大学佐久間研博士課程西沢啓子氏には、実験機材全般、研究のアドバイスにおいて、丁寧なご指導をして頂きました。

また、研究全般、修士課程での生活において、東京大学大学院工学研究科建築学専攻修士課程平手研究室、石井慎太郎君、種田佳奈子さん、鎌田研究室、荒川祥子さんには、貴重なアドバイス、協力を頂きました。

また、研究全般、生活にあたって、佐久間研究室の修士課程1年の石上英輔君をはじめ、上杉崇君、矢納史子さんの協力を頂きました。

また、被験者実験には、多くの方にご協力を頂きました。

最後に、家族・親類には終始生活全般にわたり支えられました。

ここに記して、お世話をしてくださった方々に深く感謝の意を表する次第であります。

2006年1月31日

飯島 直樹

