

# 2004 年度 修 士 論 文

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  
Experimental Study on the Subjective Responses of  
a Fluctuating Pure Tone in a State of Sleep

高部 茂生  
Takabe, Shigeo

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

## 目次

<b>第1章 序論</b>	.....	1
1.1 はじめに	.....	1
1.1.1 背景と問題意識	.....	1
1.1.2 対象とする設備騒音の枠組み	.....	2
1.2 騒音、及び住宅の音騒音に関する法律	.....	3
1.2.1 騒音に関する法律	.....	3
(1) 環境基本法	.....	3
(2) 環境基本法環境に関わる環境基準	.....	3
(3) 騒音規制法	.....	3
1.2.2 住宅内騒音に関する法律	.....	4
(1) 建築基準法	.....	4
(2) 住宅の品質確保の促進等に関する法律	.....	4
(3) 室内騒音に関する適用等級	.....	4
1.3 既往研究	.....	5
1.3.1 社会調査	.....	5
1.3.2 実験室実験	.....	6
(1) 設備騒音の影響	.....	6
(2) 実験条件の影響	.....	7
1.3.3 既往のまとめ	.....	10
1.4 研究の目的	.....	11
1.5 論文の構成	.....	12
1.6 研究の流れ	.....	13
<b>第2章 実験概要</b>	.....	15
2.1 実験1と実験2の位置づけ	.....	15
2.2 実験システム	.....	16
2.3 呈示音について	.....	19
2.3.1 純音性設備騒音のモデル作成	.....	19
(1) on/off回数	.....	19
(2) 稼動持続時間	.....	20
(3) 周期的時間変動	.....	20
(4) 呈示音の長さ	.....	20
(5) 呈示音量の設定	.....	21
2.3.2 呈示音の作成	.....	22
2.3.3 呈示音の物理特性	.....	23
2.4 実験手続き	.....	26
2.4.1 評価方法	.....	26
2.4.2 実験の流れ	.....	30
2.4.3 被験者	.....	32

第3章 実験 1: on/off・周期的時間変動・ $L_{Aeq}$ が主観評価に与える影響	.....	33
3.1 目的と概要	.....	34
3.2 結果と考察	.....	35
3.2.1 分散分析結果	.....	35
3.2.2 時間変動性の各要因の影響	.....	37
(1) 各要因の主効果	.....	37
(2) 各要因の交互作用	.....	41
3.2.3 回帰分析結果	.....	47
3.3 まとめ	.....	51
第4章 実験 2: on/off・稼働時間率・S/Nが主観評価に与える影響	.....	53
4.1 目的と概要	.....	54
4.2 実験結果と考察	.....	55
4.2.1 分散分析結果	.....	55
4.2.2 時間変動性の各要因の影響	.....	57
(1) 時間変動性の主効果, 交互作用	.....	57
(2) S/Nの主効果, 交互作用	.....	61
4.2.3 回帰分析結果	.....	64
4.3 まとめ	.....	67
第5章 総括	.....	69
付録		
発表論文最終審査発表梗概		
学会発表梗概 (一部・予備実験結果)		
予備実験の結果のまとめ		
居住者の水利用の頻度データ		
回帰分析データ (予測値と実測値のプロット図)		
(各時間率騒音レベルのデータ)		
分散分析データ (実験 1 の 3 次の交互作用の図表)		

参考文献

謝辞

# 第1章

---

## 序論

本章では、本研究を行う上での、社会背景と問題意識、現在の騒音に関する法律、既往文献の整理、本研究の目的、論文の構成、について説明する。

### 1.1 はじめに

#### 1.1.1 背景と問題意識

近年、建物の遮音性能の向上に伴い、以前は問題とならなかったような低周波の純音性の高い設備騒音（以下、純音性設備騒音とする。）が居室において問題となっている。さらに、このような問題の発生原因には、意匠上の独自性の重要視・大スパン化による騒音の発生しやすい計画、新たな設備機器の出現による音源と居室の近接化、生活時間の多様化による騒音の24時間化、居住者の音環境に対する意識の高まりによる要求度の向上も影響してきている [1]。特に、この純音性設備騒音は暗騒音レベルの下がった夜間、入眠時において知覚されやすく、睡眠妨害に繋がっている。また日本建築学会の室内騒音に関する適用等級1級においてもクレームが挙がっていることから、よりきびしい静ひつ性能規定の必要性が指摘されている [2]。

現状の評価法では、NC 値・ $L_{Aeq}$  値による規定が設けられているが、このような低レベルで睡眠妨害となっている純音性設備騒音に対しては、音量といったエネルギー的側面に加え、音量以外の要因も大きく作用していると考えられる。関連した知見には、純音卓越周波数の違いによるラウドネス評価の研究 [3]、時間変動性の睡眠妨害に関する研究 [4] がある。特に睡眠妨害については、空調音のような連続音、道路交通騒音のような変動音、列車騒音のような間欠騒音の影響はいくつか検討されており、 $L_{Amax}$  にも留意する必要性が



## 1.2 騒音、及び住宅の音環境に関する法律

以下、騒音及び住宅内騒音に関する現行の法律について、夜間の設備騒音の扱いを中心に説明する。

### 1.2.1 騒音に関する法律

騒音に関する法律が (1) (2) (3) のように定められている。

#### (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。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。

#### (2) 騒音に関わる騒音基準

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<sub>Aeq</sub> 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。
- ・ 室内では、昼間 45dBA 以下、夜間 40dBA 以下となっている。

このように、室内の基準値が設定されたことを機に、騒音に対する居住者の反応を改めて詳細に検討する必要性がでてきている。

#### (3) 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。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。

## 1.2.2 住宅内騒音に関する法律

日本建築学会は建物の内部騒音について (1) (2) のようにを定めている。また、(3) は法律ではないが、室内騒音における適用等級値が定められている。

### (1) 建築基準法

建築基準法では、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。

### (2) 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。

### (3) 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)。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に対して規定されているものである。なお給排水騒音や空調騒音以外の、建築物に付属する共通設備機器の運転により生ずる騒音については、1 級の性能を満足していても、建物のグレードや建物の周辺環境 (環境騒音が非常に静かな場合) によっては、クレームが生ずる場合もあるとしている。

表 1.2.2(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 1.2.2(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

### 1.3 既往研究

現在、居室において聞こえる設備騒音に関する研究の方法は、大きく分けて社会調査と実験室実験に別れる。社会調査のアプローチは、居住者自身に住民意識等社会的な意識なども含めて検討するものである。一方実験室実験のアプローチは、騒音の物理特性等の環境要因を厳密に制御し、主観評価について検討するものである。以下に、その既往研究を考察を踏まえて示す。

#### 1.3.1 社会調査

以下、社会調査による居住者の騒音評価についての検討について述べる。

安岡ら〔6〕は、住宅内に発生する騒音の生理反応と心理を、居住者意識を含めてまとめている。音源はそれぞれの大きさ、周波数特性、時間変動などに特徴があることから、住宅の騒音問題を考える場合、音源を種類別に考えることが大事であるとしている。設備騒音に関しても詳細にまとめており、給水ポンプなどの純音性設備騒音では、低レベルな音量においても心理影響が大きく、音源の発生回数や、音源の所在がわからないなどの不確定性からレベルは小さくても「気になる音」であると指摘している。

井上ら〔7〕は、1999年に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は「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お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。

木村ら〔8〕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。

永幡〔9〕は、うるさいの評価語について近年における騒音への居住者意識の特徴として、「うるさい」レベルではないが、「気になる」「不快」な音であるという指摘が多くなっていること。また、市民にとってうるさい音では、「うるさい音である」と同時に「静かな音環境で聞こえる・気になる・突然聞こえる・眠れない・起きてしまう・夜中に聞こえる」が指摘されていることを示している。

以上、設備騒音を含め室内騒音に関する住民の反応として社会的意識が存在し、これについては社会調査による検討が行われていることを述べた。



### 1.3.2 実験室実験

実験室実験により室内における設備騒音の主観評価をその物理特性と対応を中心にしたものを以下に示す。(2つ分類は、内容が互いに完全に独立ではないので、本研究の考察観点から分類した。)

#### (1) 設備騒音の影響 (時間変動性・ $L_{Aeq}$ ・ $S/N$ など)

平松・増田ら [3] [10] [11] [12] は、暗騒音の影響を受ける低レベル固体伝搬音について、無響室において、イスに座った被験者に、暗騒音と定常的な純音のレベルの違いで主観評価実験を行った。これによると、**35dBA** 辺りの純音においても実際に、気になると示している。また、それは、 $S/N$  に影響されることが示されている。この結果は、**20** 秒間の定常的な純音を用いているが、実際における音源では、**on/off** などの時間変動性があるため、実際の設備稼働状況による時間変動を考慮する場合、評価が変わってくる可能性が考えられる。

赤木ら [13] は、非定常機械騒音の評価モデルについて、音圧レベルとノイジネスの対応を確認し、周期的な振幅の変動域は突発的な音の方がよりノイジネスが大きいとした。よって、純音性設備騒音においても、突発的な音がより主観評価に影響してくる可能性がある。

河原ら [14] は、家電機器の稼働音の音質評価について、因子分析結果から快適性因子において、「うねりのある－滑らかな」「ばらばらな－まとまりのある」などの形容詞対で主成分負荷量が大きい事から、時間波形上の変動が快適性に大きな影響を及ぼしているとした。また、音圧レベル変動が多く、変動頻度の高い方が不快となったという結果を示している。周波数卓越周波数は異なるが、純音性設備騒音においても、このような影響が見られる可能性がある。

純音ではないが、山田ら [15] 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た。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  $L_{Aeq}$ 、定常的な印象のものは  $L_{Amax}$  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たが、実験では使用音源がホワイトノイズを用いているので、純音卓越周波数をもつ設備音では、異なる傾向になる可能性もある。

Eberhard [4] らは、道路交通騒音の間欠音・連続音について、連続音の場合は、 $L_{Aeq}$  が **36dBA** でも睡眠の影響は見れないが、 $L_{Aeq}$  **45dBA** にといて睡眠に影響が出るとしている。また、間欠騒音の場合は、 $L_{Aeq}$  で示すと **29dBA** という低いレベルでも、 $L_{Amax}$  が高くなると睡眠妨害に繋がるというデータを残し、睡眠妨害の場合には  $L_{Aeq}$  のみでなく、 $L_{Amax}$  にも留意する必要性を示唆している。(脳波)

Vernet [4] は、暗騒音の静かな住宅の場合は暗騒音とノイズイベントのレベル差が、暗騒音の高い住宅ではノイズイベントの持続時間とピークレベルが睡眠に影響する要因である

ことを示している。(脳波)

Griefahn [4] は、騒音の睡眠影響について、睡眠を妨害する要因は種々あり、その影響に対する個人差も大きいとしているが、それには騒音レベルが変化するような、変動要因が影響するとしている。また、 $L_{Amax}$  だけでなく、そのイベント数(回数)との関係を表す表を示している。このように何度卓越した音源があったのか、何度間欠があったのかも関係している可能性も考えられる。つまりそのイベントの有無を気付かれなければ、気にはならない可能性も考えられる。(アンケートによるもの)

中央環境審議会の睡眠影響に対する表 [4] では、主に、騒音レベルが低くなるにつれて、間欠的な騒音が影響を及ぼす傾向にある。逆に音量が大きくなるにつれて定常的な音の方がより影響が見られる傾向となっている。(脳波によるもの)

松下ら [16] は、近年の家電設備の報知音について、どの音量が適切であるかを、 $S/N$ 、 $L_{Aeq}$  との関係で述べ、低レベルの周波数帯域音の「聞き取りやすさ」については、全年齢とも  $S/N$  との対応がよいことを述べた。この聞き取りやすさの調査では、不必要に大きな音量で鳴らしても使用者に不快感を与えるのは好ましくないとし、いくつか状況を想定しているものの、睡眠前・くつろいでいる時間といった、不快に感じやすい状態の想定でないため、睡眠前では評価が変わってくる可能性が高い。また、音源を聞いているだけか、居室を模擬して行っているかもこの論文からではわからない。

吉田ら [17] は、聴覚特性において音の大きさの弁別閾の時間依存性について、比較音同士の評価時間が長くなるに連れて、弁別域が拡大していることを示した。音源に off の時間がある音源の主観評価実験を時間変動性の影響をみる上では、比較時間間隔の影響も十分に考慮した上で、音源のモデル化の必要があると考えられる。

津村ら [18] は、マスクされる純音検知と周波数弁別について、純音を含んだ帯域以外のマスク成分音も周波数弁別に影響を及ぼすことを明らかにしたが、これはマスクの帯域バンドがもともと狭い場合にのみ行われているので、暗騒音のようなもつと広帯域なノイズの場合での動向も同じような傾向を示すかも確認する必要があると考えられる。これに関連して、北村ら [19] は、低周波音の可聴音によるマスクングの心理的作用について、低周波音に可聴音を重ねることで、低周波音の不快感が低減するとまとめた。ただしこの実験では、可聴音の選定が汎用性の高いものでなかったため、結果に個人差が影響すると考えられるが、低周波な音源においてもマスクングの効果が確認されたことより、低周波な純音性設備騒音下でもマスクングによる評価への影響が考えられる。

## (2) 実験条件の影響(被験者状態・慣れ・個人差・睡眠想定の実験設定など)

犬飼ら [20] [21] は、低周波音の等不快感曲線の推定について、生活場面に応じた許容限界音圧レベルを示した。生活場面によって、狭帯域雑音に比べ、純音の方がよりひくい音圧レベルで許容限界に達する傾向となった。全体として許容限界はかなり低い不快感で許容限界と判断されているが、標準偏差が 10dBA 以上であり、閾値に比べると個人差が大きい

と指摘されている。結果より、生活場面によって大きく不快感は異なるが、生活場面を一定にすれば許容限界が一定となる、そして寝室、居間、オフィスの許容限界音圧は、「少し不快」かそれ以下に相当し、不快感が低くても許容限界と判断されていることに注目する必要があることが分かった。これより、聴覚的な判断だけでなく、実際の条件想定によって主観的印象が大きく変化する事が示唆されたため、実際の状況設定による知見を増やす意義があると考えられる。

秋田ら [22] は、音に対する意識の違いについて音量感に着目して受聴態度、すなわち聞こうとしているのか、聞き流そうとしているかという要因が音量感に与える影響について検討した。その結果、受聴態度に関わらず S/N 比が大きいと音量感が大きく評価され、小さければ受聴態度の影響を受け、大きさ感評価に有意差が見られるが、音量としては 3dBA 程度であるが示された。よって、現在クレームとなっているような S/N の低い、低レベルな設備騒音には、このような受聴態度の影響が、主観評価に作用してくる可能性は、十分に考えられるため、睡眠前の状態に近い条件を設定をする必要があると考えられる。

難波ら [23~28] は、時間的変動と慣れについては、暴露騒音のエネルギー量と対応する可能性が示唆した。慣れにくい（選択的に注意を引きやすい）音ほど、小さな変化に対しても意識されると示唆し、定常的な音に比べ、繰り返し単音の方がより慣れやすいと示唆した。これらの結果は、試験音に定常白色雑音の広帯域ノイズを用いているため、純音卓越周波数を持つ音源では同じ評価にならない可能性がある。また、準定常音に対する慣れについて、作業負荷することにより全体的に判断する音圧レベルが上昇し、作業によって音への印象が薄れてしまう（慣れ）、そして、その反応は得に空調騒音に起きやすいことを示唆した。結果として作業負荷のない状態では、空調騒音が低いレベルでの反応をしているとした。これらからも、作業状態と音に集中している状態での評価構造は、聴取妨害によらずとも違いが見られることが示唆されているので、実験状況下では、その状態をどのように選定して、実際に近い状態で評価する必要があると考えられる。

田村ら [29] は、室内環境および遮音への評価の時間変動について検討し、音源の呈示時間の長さの影響を示した。これは、遮音感に感ずる印象だが、同様に室内騒音を評価するときにも、慣れが生じ、その結果が評価に影響すると考えられる。

倉片ら [30] は、若年者と高齢者を対象に、純音の閾値と純音および低域通過雑音のラウドネス関数について述べた。この結果、若年者群の閾値は ISO389-7 に示される値との一致性を確認すると共に、高齢者におけるラウドネスに適切な評価をするための要因を述べた。このように、年齢との関係において聴力レベルの違いが評価に影響することは十分に踏まえる必要性が考えられるが、高齢者の方が全ての周波数帯域において閾値が高いため、危険側をみるには、実験条件統制のためにも層別に被験者を見るなど、見たい条件を明確にしぼり、十分な注意払って被験者の選定を行う必要があると考えられる。

難波ら [31~33] は、入眠期における騒音の影響について、意味のある音と意味のない音（ここでは前者にカラオケ音、後者に模擬空調音）を用いて両者の関係を主観評価実験で検討

した。実験では、被験者に MD を用い、イヤホンをつけて自宅に各個人宅において実験を行い、起床後にまとめてアンケートをつけるというものであり、睡眠に作用したものが実際に音のみであったかは検証されていないため、統制が取れていたのかはこの文献のみではわからない。また、騒音による睡眠に及ぼす影響については多くの研究が行われてきたが、ほとんどが数日間にわたって1晩中ずっと実験や観察を行うものである。難波・桑野らはその中でも、騒音による睡眠に及ぼす影響の中で、入眠期における影響が最も深刻であると示唆し、入眠期に焦点をあてて騒音の影響について調査した。

設備騒音ではないが、橘ら<sup>[34]</sup>は、会話及び睡眠への妨害感について、道路交通騒音を用いて、その試験音がどの程度邪魔になるかを被験者との会話形式によって主観評価実験を行った。この実験では、特に睡眠に関してはあくまで想定実験であり、断定的なことは言えないとまとめている。よって、睡眠妨害についての想定実験では、その実験構成が評価に影響を大きく及ぼすことが予想される。

平松ら<sup>[3]</sup>は、低レベル固体伝搬音の評価について、睡眠妨害に関する評価を刺激音を聞き取れた被験者に睡眠の邪魔になるかを2段階の評定尺度で回答させた想定実験を行った。この時被験者にはどのような状況設定をしたかは、文献のみからではわからないが、被験者は、イスに座り、短い音をかなり集中している状態で聞いていたと考えられる。

以上、設備騒音を中心に居住者の生理反応について、いくつかの実験室実験による検討が行われていること、また、そこから考察される、入眠時における純音性設備騒音の主観評価へ及ぼすと考えられる影響について述べた。

### 1.3.3 既往のまとめ

以上の 1.3.1, 1.3.2 の既往研究をまとめると、下図 1.3.3 に示されるような多様な要因、複雑な環境構造を伴っていることがわかる。

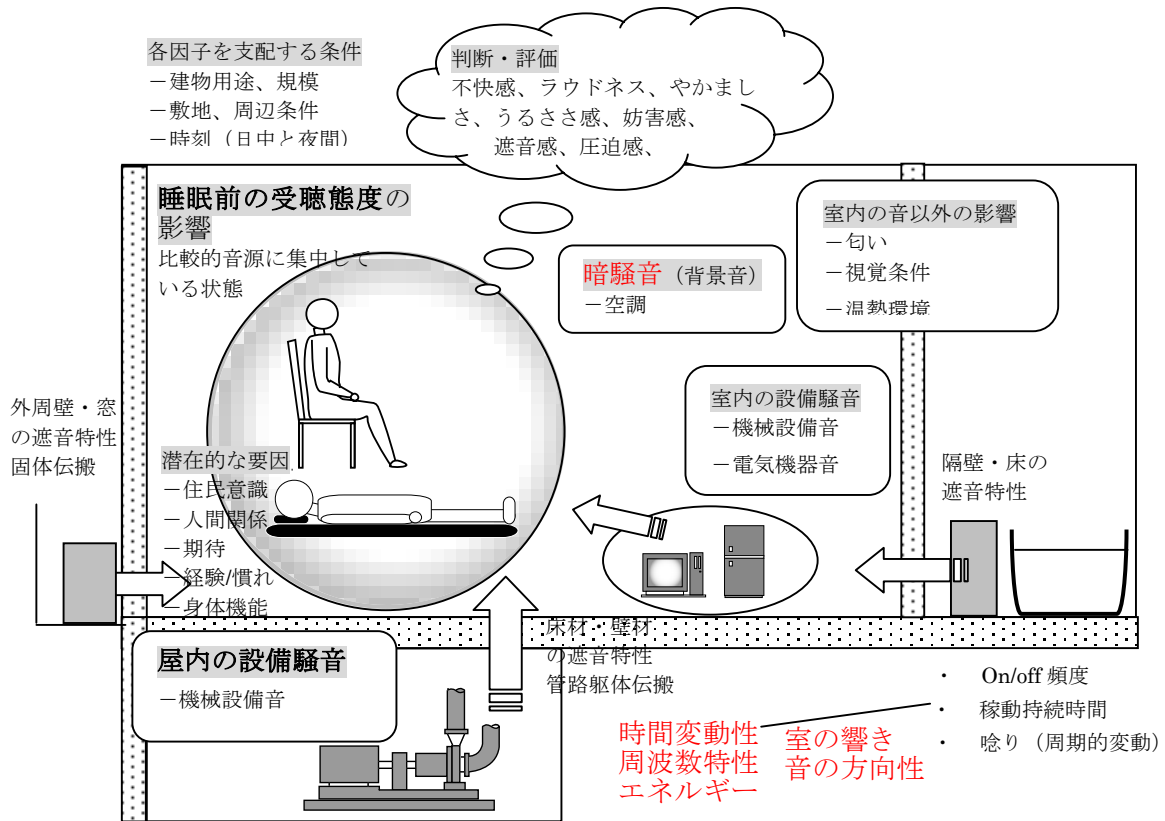


図 1.3.3 居住者の設備騒音に対する評価要因の多様さと複雑さ

特に主観評価に関しては分析を進める上で、実験的検討に目を向けると、室内における純音性設備騒音が主観評価に与える影響については、

- ・ 時間変動性が主観評価に及ぼす影響は、その周期的時間変動の周期・幅、on/off 回数・稼働時間率など実際の設備稼働状況により多様であることが考えられる。特に、on/off は、回数が多くなると、睡眠妨害への影響が多くなる可能性がある。また、その妨害感の大小は、稼働時間率に関係している可能性がある。
- ・ 現状では音源のある時間だけ評価をしているが、時間変動を考慮し、音源のない時間も評価に含むことによって、入眠時においては、妨害感など、主観評価に及ぼす影響が大きくなる可能性がある。
- ・  $L_{Aeq} \cdot S/N$  が変わることにより、評価に影響する時間変動の要因が変わるの可能性がある。
- ・ 居住者の慣れが評価に影響してくることから、評価時間が影響してくる可能性がある。
- ・ 居住者の音源を聞く状況によって異なる評価を示す可能性がある。

#### 1.4 研究の目的

以上、1.1 から 1.3 を踏まえ、

本研究では、純音性設備騒音について、設備使用状況により異なる

・ on/off      ・稼動時間率      ・周期的時間変動

の 3 つの時間変動性要因が、入眠時の主観評価に及ぼす影響を、室内騒音の適用等級値  
周辺の  $L_{Aeq}$ 、S/N との関係で明らかにする。

そして、室内音環境改善の為の知見を得ることを目的とする。

## 1.5 論文の構成

第 1 章：純音性設備騒音、及び室内居住環境における音環境に対する法的な枠組み、及び設備騒音の評価に関する既往の研究を用いて、本研究の目的である入眠時における純音性設備騒音が主観評価に及ぼす影響を検討する際、何が課題であるかを実際の時間変動性の影響を中心に示す。

第 2 章：具体的にどのような方法で、室内における居住者の入眠時の純音性設備騒音に対する評価を実験的に検討していくかを、予備実験の結果を踏まえ、実験構成、提示音の作成、被験者選出、心理印象を反映するための評価法、を中心に説明する。

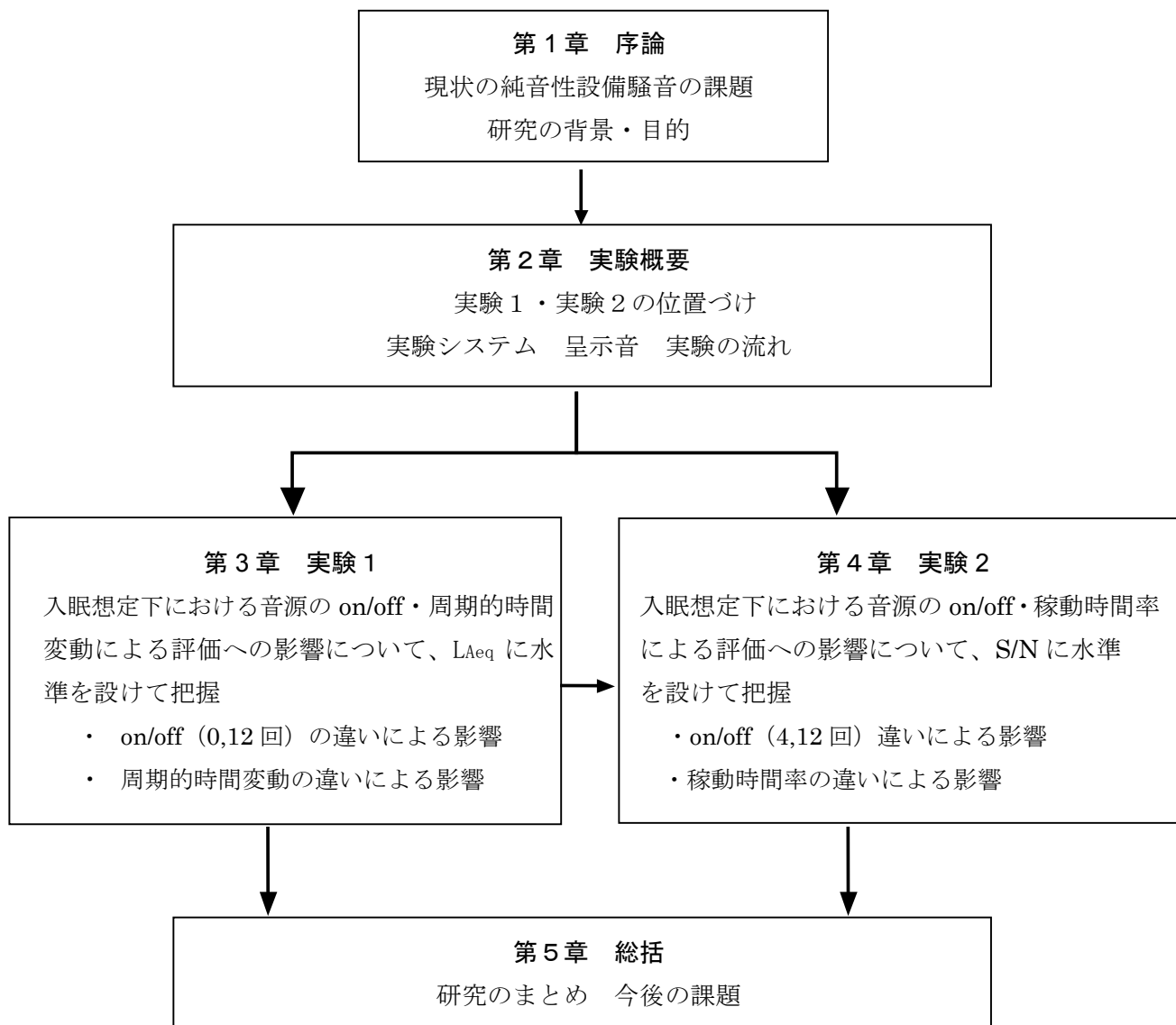
第 3 章：第 2 章で説明した方法で、入眠想定下における音源の on/off（有無）・周期的時間変動による評価への影響について、 $L_{Aeq}$  に水準を設けて把握し、時間変動性の要因が主観評価に与える影響を検討し、その結果と考察を述べる。

第 4 章：第 2 章で説明した方法で、第 3 章で確認された on/off 回数の影響について、時間変動性の要因水準数を増やし、on/off（回数）・稼動時間率の評価への影響について、S/N に水準を設けて把握し、時間変動性の要因が主観評価に与える影響を検討し、その結果と考察を述べる。

第 5 章：第 3 章・第 4 章での実験結果を踏まえ、まとめ、考察を行う。そして、本論文で述べたことを総括する。

本論文の流れは、次ページにフローチャートを用いて示す。

## 1.6 研究の流れ（フローチャート）







## 第 2 章

---

### 実験概要

第 1 章の目的より、純音性設備騒音が居室において睡眠時（特に入眠期）に聴取・知覚され、評価される過程を想定し、実験室における被験者実験を計画・実行した。本章では、特に、2つの実験の位置づけ、実装した実験システム、呈示音の作成、実験手続き、について説明する。

#### 2.1 実験 1 と実験 2 の位置づけ

本研究では2つの実験を通して、純音性設備騒音の時間変動性の影響を明らかにした。各実験には以下の様な位置づけがある。

**実験 1**：入眠想定下における音源の on/off (有無)・周期的時間変動による評価への影響について、 $L_{Aeq}$ に水準を設けて把握する。

そして、実験 1 で確認された設備騒音の on/off の影響について、on/off 有り時の回数の違いについて、稼働時間率も踏まえ、実験 2 で影響を検討する。

**実験 2**：入眠想定下における音源の on/off (回数)・稼働時間率による評価への影響について  $S/N$ に水準を設けて把握を行い、 $L_{Aeq}$  固定で詳細に時間変動性の影響を確認。

以上 2 つの実験を通して、入眠時における純音性設備騒音の時間変動性の影響を詳細に検討する。また、本実験で取り上げた時間変動性の各要因の詳細については、2.3 で詳しく述べる。

## 2.2 実験システム

本研究では、簡易無響室において、図 2.2 に示すような居室を模した実験システムを実装した。ここでは、純音性設備騒音を呈示するほか、室内背景音を呈示する。室内背景音は、被験者が評価を行っている、純音性設備騒音が呈示されない時間も含めて、全実験時間を通して呈示されるものとする。純音性設備騒音と室内背景音は、被験者向かって正面のスピーカーから、それぞれ 2ch ずつ、計 4ch で与える。

また、再現性の観点から、室には簡易なライトやテーブルなどの家具を配置し、前後左右を麻布で隠し、視覚的な違和感は極力排除するようにする。

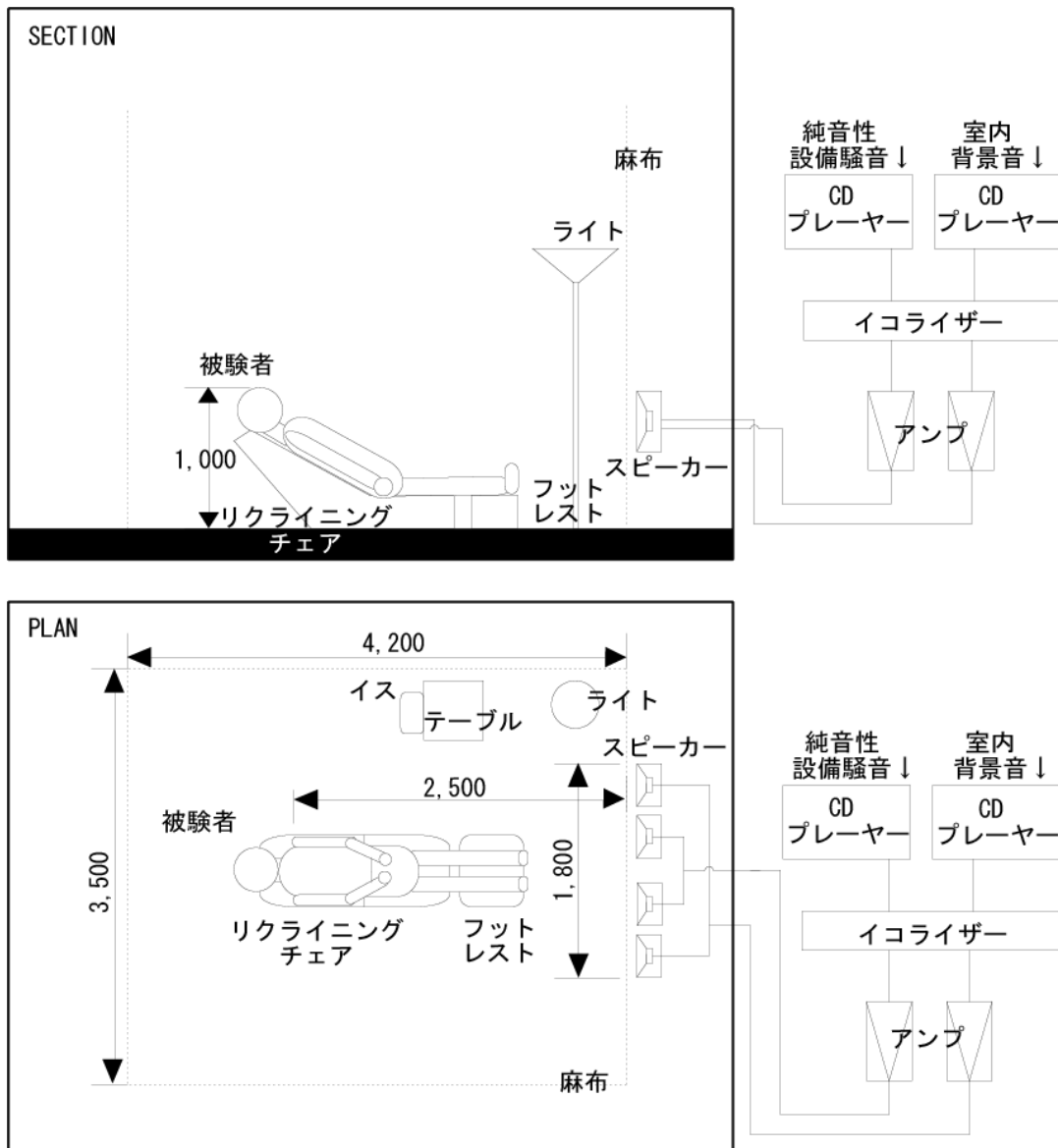


図 2.2 実験システムと室内配置 (簡易無響室内)

具体的なシステム構成は

CDデッキ (DENON:DCD-755 II 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

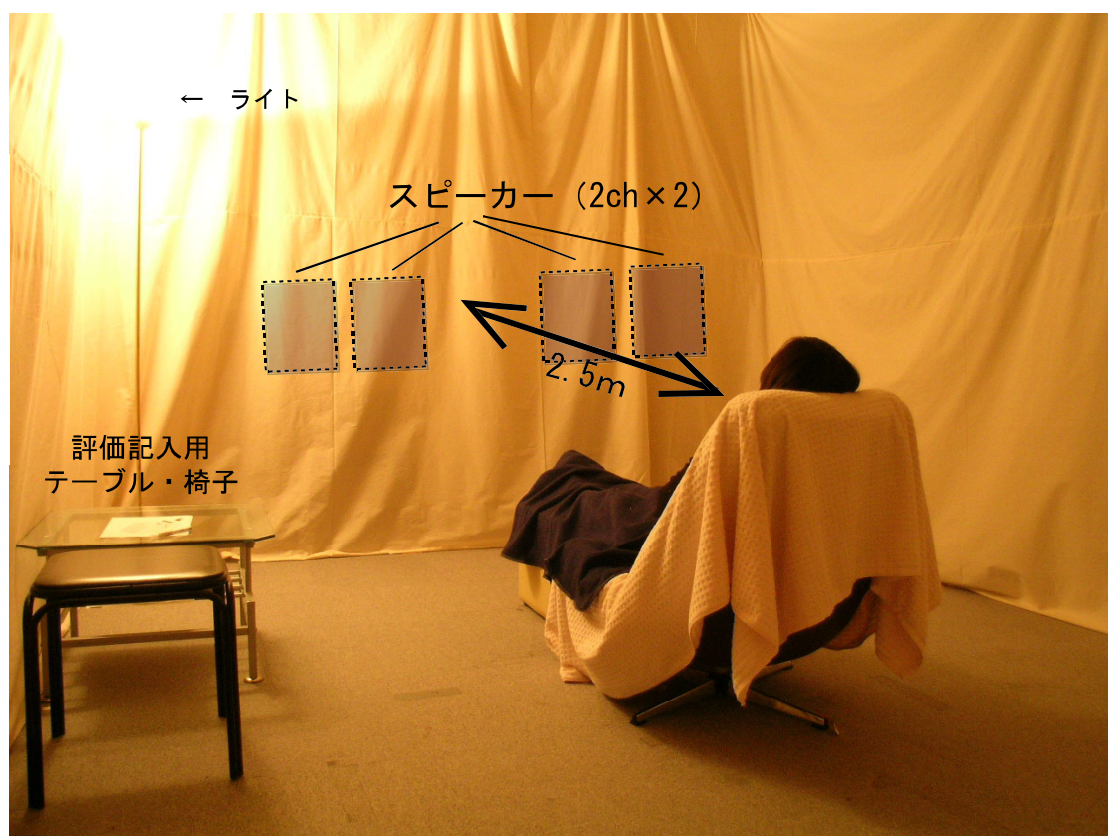


図 2.2(2) 実験の様子

(麻布越しに音を提示。被験者からは音源は見えない。)

実験室内の光環境については照明器具については、本実験が睡眠を想定するため、実験室の天井に備え付けてある直接照明を使用せず、図 2.2 のスタンドライトを設け、間接照明とした。室内の照度分布については図 2.2(3)のようになっている。被験者の受聴点での照度は、16.41lx である。これは、視環境系の論文で久保田ら [36] による睡眠効率の研究における、推奨照度の範囲内である。また、推奨照度内でさらに照度を下げることが出来るが、

- ・被験者が睡眠してしまうことを防止する。
- ・アンケートに記入することができる。

という、以上の 2 点を留意したため、この照度とした。

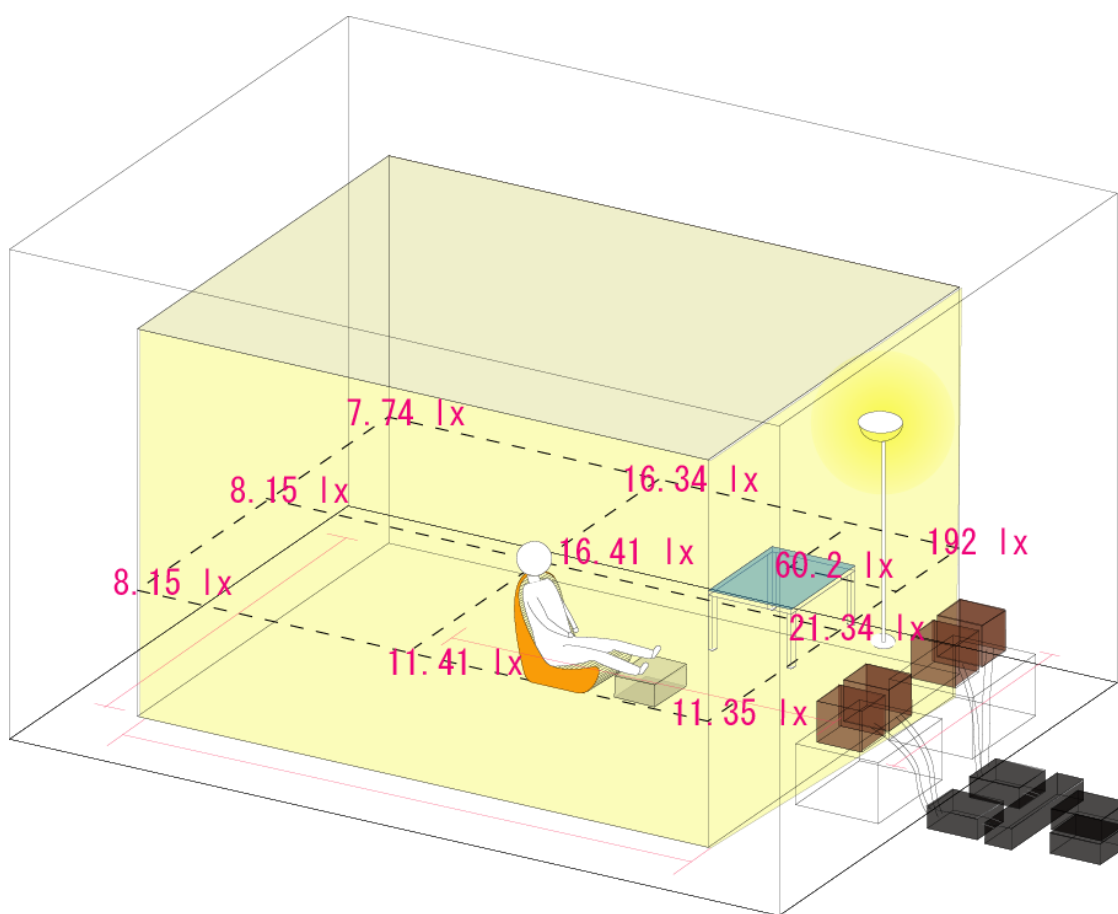


図 2.2(3) 実験室内の照度分布

## 2.3 提示音について

提示音は、純音性設備騒音と室内背景騒音である。前者については、第 1 章で述べたように、本研究では音源の種類を特定せず、純音性設備騒音と居住者の関係を対象としているが、実験上のモデル化の見地から、現在もかなり問題となっているマンションの加圧式給水ポンプ稼動によって発生する純音性設備騒音を実験のモデル化の対象とする。この純音性設備騒音は、躯体から居室へと伝わってくる伝搬経路である。居室において知覚される純音性設備騒音は、その住宅およびマンションの住戸数によって異なり、周波数特性に加え、設備機器の稼動状況により変わってくる。またこれは、ある一定量水使用を行うと機械が **on** になり、(洗面所・風呂・フラッシュバルブ方式トイレ・台所)、水使用が終わると **off** になるといった特性がある。流量によって音量も変わる。低レベルな音量でもクレームとなっている音源である。

よって、本研究ではポンプメーカーへの実態調査に関するインタビュー、及び実際の生活者の水利用頻度から設備稼働頻度の研究 [37] を参考にし、且つ予備実験の結果[付録]を踏まえた上で、純音性設備騒音のモデルを作成した。モデル作成後、音源加工作成ソフトを用い、電氣的に純音性設備騒音、室内背景音をそれぞれ作成した。その後、実験室において純音性設備騒音と室内背景音を頭部位置で、 $L_{Aeq}$  の調整を行った。以下に、純音性設備騒音のモデルの作成について、実際の手順に則って説明する。

### 2.3.1 純音性設備騒音のモデルの作成 (時間変動性各要因・呈示長さ・呈示音量)

本研究は、上記のような設定のため、純音性設備騒音の **on/off**・稼動時間率・周期的時間変動といった時間変動性は、実際の設備稼働を起こす居住者の設備利用によって決まると考えた。よって以下で、居住者の設備利用 (特に水利用頻度が引き起こす機械の **on/off**・持続時間の稼働率・変動周期) を中心にモデル化の説明する。

#### (1) **on/off** 回数

ポンプメーカーへの実態調査に関するインタビューから、時間変動はポンプの設定・マンションの住戸数によって異なるが、4~6 分に 3・4 回程度の **on/off** が頻繁にあること、季節によっても異なり、冬のような湯の水利用が高い時期には 4~6 分に 10 回程度の **on/off** も多い時ではあるということ、が確認された。また、設備保持の為、必ず 15 分に一度は運転し音が鳴ることもわかった。

実際に、給水ポンプの **on/off** 回数をマンションにおいてモニタリングしたデータについては、今回入手することができなかったが、鎌田・前らの水利用データより 4~6 分に 3・4 回程度の水利用があることは、データからも確認することができた。**on/off** 回数が多いときに関しては、1 分間に 2 回の水利用があることも、データから確認された。

よって、**on/off** 回数については、Non:0 回/6 分(以下 **N**)、Small:4 回/6 分(以下 **S**)、Large:12

回/6分(以下 L)の3水準設定した。これは、6分間に on/off が、無いもの、頻繁に起こりやすい回数のもの、頻繁ではないが回数が多いもの、という位置づけでモデルを設定した。(6分間の呈示長さについては(4)で説明。)

## (2) 稼動時間率

一回の on/off において on 状態(音が鳴っている)と off 状態(音が鳴っていない状態)の割合を稼動時間率とし、稼動時間率のモデル化を行った。一回の稼動時間率の詳細については、鎌田・前らの水利用データ〔付録〕を用いて実際の水利用がどの程度の継続時間で起こるのかを確認した。

よって、稼動時間率については、short:30%=Total108秒/360秒 (以下 S) Medium: 60% =Total216秒/360秒 (以下 M) Long: 90%=Total324秒/360秒 (以下 L) の3水準を設定し、これは、6分間トータルの稼動時間率が、短い時間、中ぐらいの時間、長い時間、という位置づけでモデル化した。(6分間の呈示長さについては(4)で説明。)

## (3) 周期的時間変動(唸り)

周期的時間変動は設備機器のモーター回転によって発生し、周期はその回転数によって決まるものである。この周期的時間変動については、予備実験の結果〔付録〕において変動周期が短い音が不快側の評価となったこと、また、給水ポンプによる純音性設備騒音では、モーターが高回転(つまり、変動周期が短い)時の方が音量も大きくなり、クレームに繋がりがりやすいこと、を確認した。

よって、周期的時間変動については、変動幅を 6dBA とし、周期的変動なし: 0秒 (特に表示しない) 周期的変動あり: 1秒 (以下 1s) の2水準をモデル化した。

## (4) 呈示音の長さ

ここでは呈示音の長さの設定について説明する。表 2.3.1 に、いくつかの時間変動性の主観評価実験に関する既往文献に用いられた呈示音長さを示す。

- ・ 音に対する慣れを考慮する必要がある
- ・ 睡眠想定を行う十分な長さが必要である
- ・ 既往文献との比較検討を行う (特に佐久間・古市らの研究と)
- ・ 評価尺度法を用いて評価を行う
- ・ 被験者の負担が大きすぎない

以上 5 点を考慮し、本実験における呈示音モデルの長さは 6 分間 (90 秒×4) とした。

表 2.3.1 既往文献の呈示音長さについて

呈示時間	数	備考	評価法
1秒以下	15	マスキング・弁別域・動特性・立ち上がり・聴覚特性	一対比較法
10秒以下	13	マスキング・弁別域・変動騒音・立ち上がり・聴感	一対比較法
10秒～1分	8	マスキング・弁別域・変動騒音・睡眠想定・聴感・妨害感	一対比較法・評価尺度法
1分～3分			
3分～6分	7	変動騒音・慣れ・睡眠想定・聴感・妨害感	一対比較法・評価尺度法
それ以上	3	変動騒音・慣れ・睡眠想定・聴感	評価尺度法

#### (5) 呈示音量の設定

音量については、既往の研究より、 $L_{Aeq}$  が評価に影響することが明らかとなっているため、 $L_{Aeq}$  との関係で時間変動性の影響を確認した。また、定常的な純音性設備騒音において S/N の影響も確認されているため、時間変動下における S/N の影響を確認した。

まず、音量設定については、被験者の受聴点で、純音性設備騒音と室内背景音を合わせて同じ  $L_{Aeq}$  になるように統一した。また、各実験で設定した  $L_{Aeq}$  は、日本建築学会の室内騒音に関する適用等級 1 級（夜間）の値、35dBA を中心に、-10dB (25dBA) , +10dB(45dBA) を設定した。また、室内背景音には、再現性の高いピンクノイズを用い、実験中一定とし、22dBA に設定した。

S/N については、既往の文献の設定範囲内（現実に問題となりやすい設定）とし、0dB, +13dB を設定した。この S/N 0dB の時に限り、室内背景音 32dBA に設定した。



### 2.3.2 呈示音の作成

2.1 の各実験の位置づけ、及び 2.3.1(1)～(5)を踏まえ、本実験では表 2.3.2(1)・表 2.3.3(1)の組み合わせで、呈示音を作成した。実験 1 では、on/off 回数、周期的時間変動、 $L_{Aeq}$ 、の各因子の主効果や、それぞれの交互作用の効果について調べることを目的とし、3 要因の総当たり方式で計 12 音の呈示音を作成した。

表 2.3.2 実験 1 の呈示音統制要因 (N, N-1s, L-M, L-M-1s)

要因		水準	水準数
時間変動性	on/off回数	0回/6分(N)、12回/6分(L)	2
	周期的変動	0s(無し)、1s(1秒)	2
音量	$L_{Aeq}$	25/35/45dBA	3
被験者		男女16名(20～50代・集住経験有り)	16

同様に、下表 2.3.2(2)・次ページの表 2.3.3(2)の組み合わせで、実験 2 においても、 $L_{Aeq}35dBA$  固定で、on/off 回数、周期的時間変動、S/N、の各因子の主効果や、それぞれの交互作用の効果について調べることを目的とし、3 要因の総当たり方式で計 12 音の呈示音を作成した。

表 2.3.2(2) 実験 2 の呈示音統制要因 (S-S, S-M, S-L, L-S, L-M, L-L)


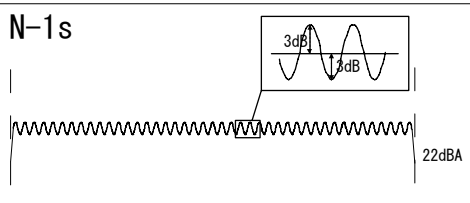
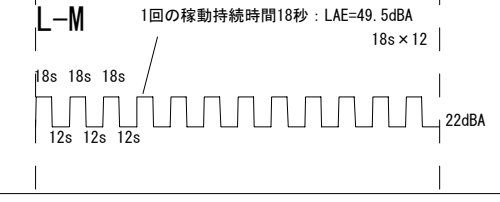
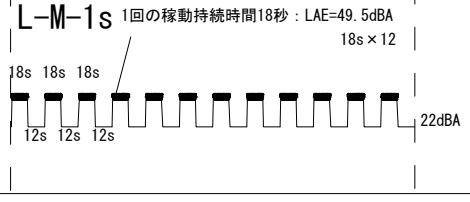
要因		水準	水準数
時間変動性	on/off回数	4回/6分(S)、12回/6分(L)	2
	稼働時間率	30% (S) /60% (M) /90% (L)	3
音量	$L_{Aeq}$	35dBA	1
	S/N	0、+13dB	2
被験者		実験2：男女14名(20～50代・集住経験有り)	14

### 2.3.3 呈示音の物理特性

呈示音の物理特性については、実験室で純音性設備騒音と室内背景音を同時に流した際の、被験者頭部位置における測定値を含んだモデルを示す。

まず、実験1の呈示音を  $L_{Aeq}35\text{dBA}$  とした時の、4種類の純音性設備騒音の、on/off回数、周期的変動周期、 $L_{Aeq}$  について表 2.3.3(1)に示す。また、 $L_{Aeq}$  を  $25/35/45\text{dBA}$  とした時の純音性設備騒音各12種の累積度数曲線、レベル統計量を図 2.3.3(1) (1-2) に示す。

表 2.3.3 実験1の純音性設備騒音の時間変動性 ( $L_{Aeq}=35\text{dBA}$ )

周期的時間変動 on / off	変動周期 0s	変動周期 1s 変動幅 6dBA
(なし) 0回/6分	N 	N-1s 
(あり) 12回/6分	L-M 1回の稼動持続時間18秒 : $L_{Aeq}=49.5\text{dBA}$ $18\text{s} \times 12$ 	L-M-1s 1回の稼動持続時間18秒 : $L_{Aeq}=49.5\text{dBA}$ $18\text{s} \times 12$ 
	6分間	6分間

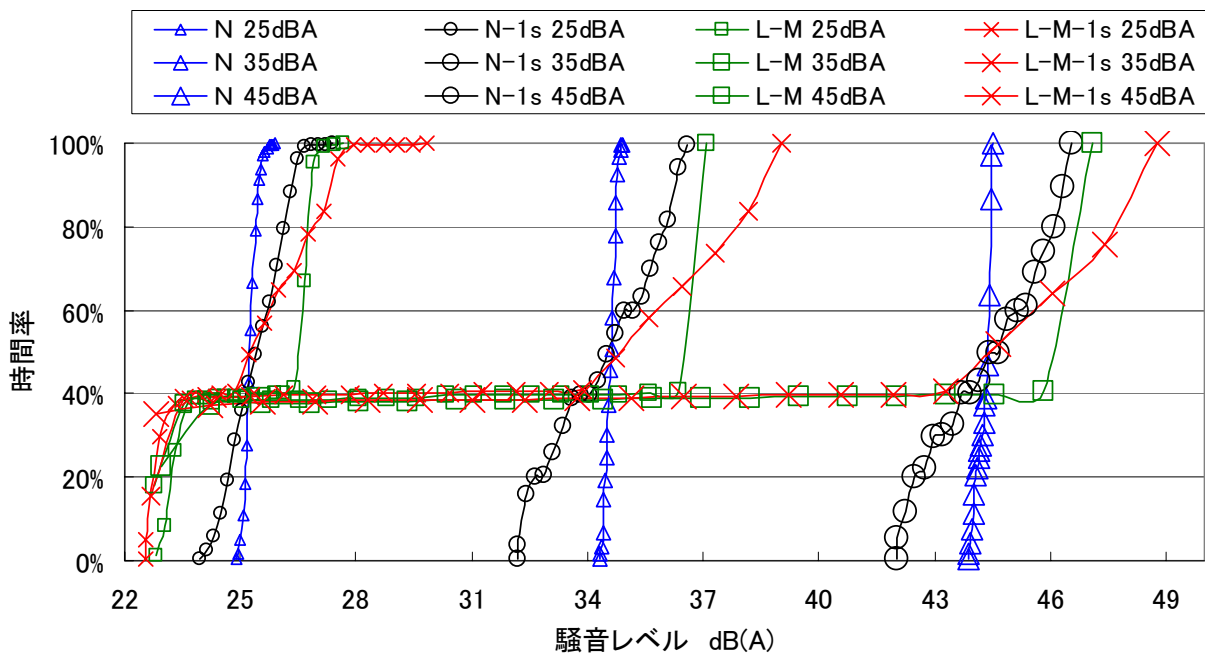


図 2.3.3 実験1の純音性設備騒音の累積度数曲線

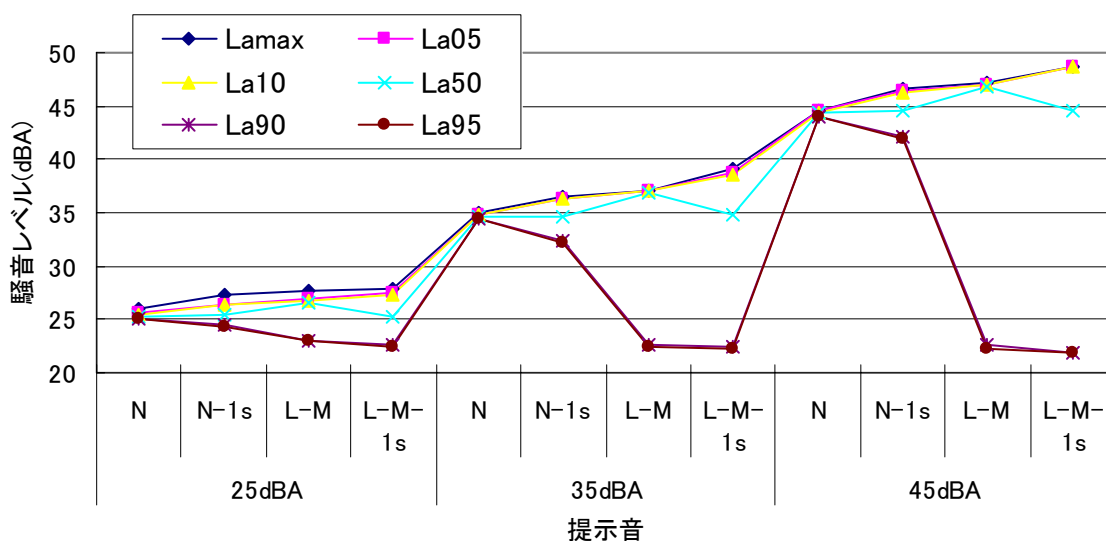


図 2.3.3(1-2) 実験 1 の純音性設備騒音のレベル等計量

上図 2.3.3(1-2)より、N,N-1s,L-M,L-M-1s の 4 音では、 $L_{max}$ , $L_{A05}$ , $L_{A10}$  において、各  $L_{Aeq}$  で  $N < N-1s < L-M < L-M-1s$  のようになることがわかる。さらに N,N-1s と比べ、L-M,L-M-1s では、 $L_{90}$ , $L_{95}$  との差が大きくなることがわかり、 $L_{Aeq}$  が高くなるに連れてその差が大きい。また、周期的変動性がある音源の方が  $L_{max}$ , $L_{A05}$ , $L_{A10}$  において、若干音量が高いこともわかる。

次に実験 2 の提示音を  $L_{Aeq}35dBA$  S/N 13dB とした時の、6 種類の純音性設備騒音の on/off 回数、稼働時間率、 $L_{AE}$  について表 2.3.3(2)に示す。また、S/N 0, 13dB とした時の純音性設備騒音 12 種の累積度数曲線、レベル統計量を下図 2.3.3(2) (2-2) に示す。

表 2.3.3(2) 実験 2 の純音性設備騒音の時間変動性 ( $L_{Aeq}=35dBA$  S/N 13dB)

稼働時間率 on / off	稼働時間率		
	30% (Total:108s)	60% (Total:216s)	90% (total:324s)
4回/6分	<p><b>L-S</b> 27秒 : <math>L_{AE}=54.2dBA</math></p> <p>27s × 4</p>	<p><b>S-M</b> 54秒 : <math>L_{AE}=54.2dBA</math></p> <p>54s × 4</p>	<p><b>S-L</b> 81秒 : <math>L_{AE}=54.2dBA</math></p> <p>81s × 4</p>
12回/6分	<p><b>S-S</b> 9秒 : <math>L_{AE}=49.5dBA</math></p> <p>9s × 12</p>	<p><b>L-M</b> 18秒 : <math>L_{AE}=49.5dBA</math></p> <p>18s × 12</p>	<p><b>L-L</b> 27秒 : <math>L_{AE}=39.5dBA</math></p> <p>27s × 12</p>

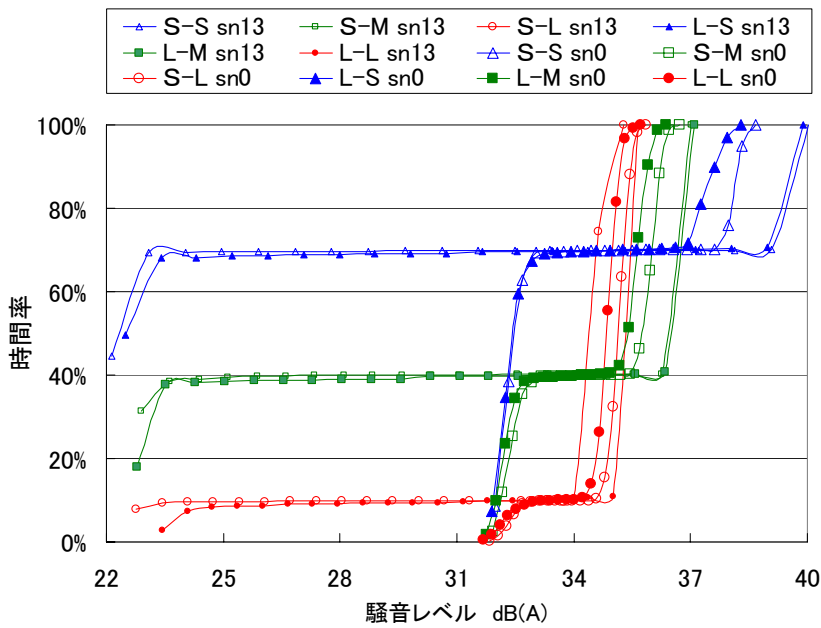


図 2.3.3(2) 実験 2 の純音性設備騒音の累積度数曲線

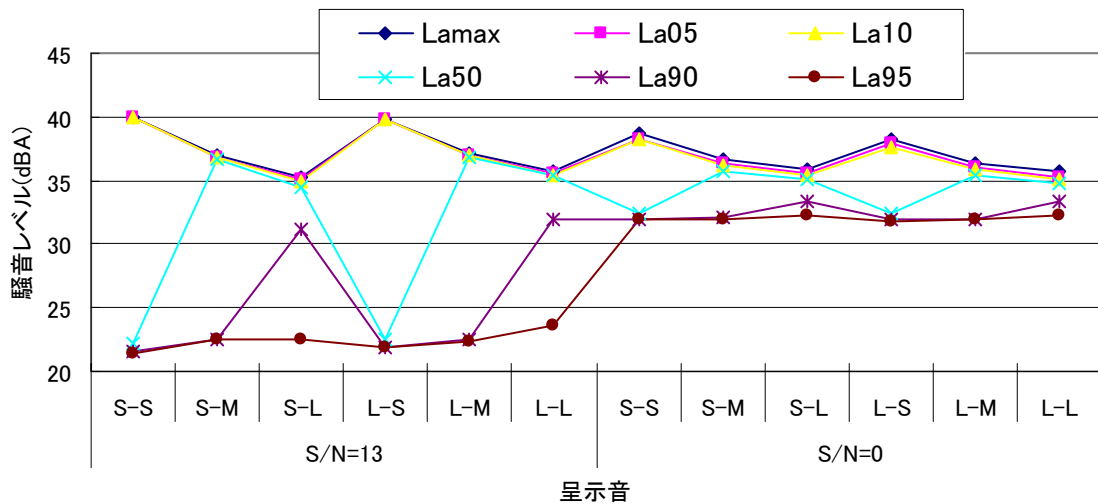


図 2.3.3(2-2) 実験 2 の純音性設備騒音のレベル等計量

図 2.3.3(2-2)より、レベル等計量では、S-SとL-S、S-MとL-M、S-LとL-L、が同じとなり on/off 回数の違いは論じられないことがわかる。また、稼動時間率 (S-S<S-M<S-L) が低い音源の方が  $L_{Amax}$ ,  $L_{A05}$ ,  $L_{A10}$  といった値が高いことがわかる。また、左側 6 音と右側 6 音の  $L_{A90}$ ,  $L_{A95}$  の違いが室内背景音の音量の違いであり、室内背景音と純音性設備騒音のレベル差が表からわかる。

## 2.4 実験の手続き

本研究では心理影響に注目し、特に居住者の主観評価に注目する。主観評価とは、自分の考えにより対象を認識する心の動きであり、社会的な判断や住民意識（例えば、隣も我慢しているから、我が家も我慢しようとか、高級なマンションではないからあきらめる、など）を交えない評価を意味している。

主観評価語には、被験者の活動に関する評価語として、「睡眠の邪魔になる」「気になる」「落ち着く」また、場の雰囲気に関連する評価語として、「うるさい」「圧迫感がある」「閉塞感がある」、また、快不快といった快適性（本研究では、不快性）の評価語として、「不快である」を9段階の単極尺度法で評価を行った。理由については以下で説明する。

### 2.4.1 評価方法

#### (1) 評価方法・評価語

騒音に対する居住者の反応を定量的に測定する方法としては、評定尺度法と、ME法が挙げられる。音源の種類は異なるが既往研究では、評定尺度（感覚尺度）とME法（比率尺度）の両方で評価するものがあり、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する<sup>[橋ら]</sup>。また、純音性設備騒音の音質の違いによる評価の影響を解釈している研究においても評価尺度法で評価している<sup>[平松ら]</sup>。以上、実験における評価手続きの被験者に対する負担を考慮して、極力併用を避けて、主に評定尺度法による評価とする。

評価語については、設備騒音は快適側に評価されることが非常に少ないことから、予備実験での両極尺度評価から、本実験では単極尺度評価とした。評定語の選定に当たりその条件としては、予備実験結果を考慮するとともに、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を考慮し選定した。

よって評価語は、ラウドネス評価と対応の良いうるさいを中心とし、場の雰囲気に関する評価語として「うるさい・圧迫感がある・閉塞感がある」被験者の入眠という状態の影響が予想される妨害感の評価語として「睡眠の邪魔になる・気になる・落ち着く」。また、快不快といった不快性の評価語として、「不快である」の全7評価語とした。

副詞については、被験者の微妙な評価の違い抽出より9段階とし、「非常に」「だいぶ」「多少」「それほど・・・ない」「まったく・・・ない」(ICBEN Team6(International Commission on Biological Effect of Noise、Team6:Community Response to Noise))の各副詞の間をそれぞれ一段階ずつ設け9段階とした。

評価語間の関係は、下図 2.4.1 に示す。また、以下、本文では特に断りなく、

- ・ 「うるさい・圧迫感がある・閉塞感がある」を雰囲気関連尺度とする（特に、「うるさい」では、うるささ感、「圧迫感がある」では、圧迫感、「閉塞感がある」では、閉塞感、も使用する）。
- ・ 「睡眠の邪魔になる・気になる・落ち着く」を活動関連尺度とする（特に「睡眠の邪魔になる」では、妨害感、も使用する）。
- ・ 「不快である」は両尺度に属するものとする。（不快感、も使用する。）

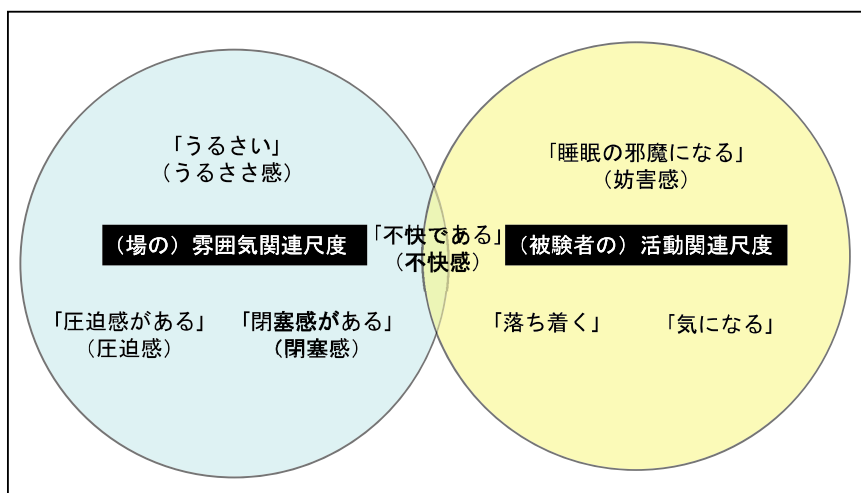


図 2.4.1 評価語間の関係

以下は実験で使用した評価用紙である。  
(評価用紙 おもて)

## 設備音の評価

### 想定条件

今は夜中です。あなたは今、住宅の寝室にいます。寝る準備も整い、  
ベッドでくつろいでいます。そしてそろそろ寝ようかと思っています  
そんな中、ある設備音が聞こえてきます  
設備音は約6分間程度続き、その間、被験者の方には、実際に睡眠をする状態  
(入眠)を想定して音源に集中して頂きます。目はつぶっても構いません  
(\*実際には寝ないようにくれぐれも気をつけてください)  
終わりの合図をお知らせしましたら、6分間に聞こえていた音の評価してください  
評価はそれぞれの音に対して、表裏の(1)~(7)の全てについて  
解答用紙へ記入してください

記入は30秒間以内をお願いします。評価する音は計12回提示します

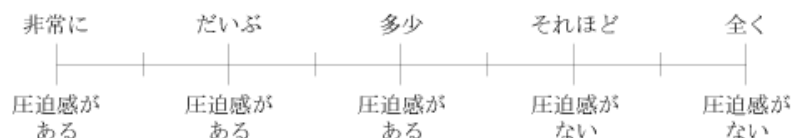
評価 (1) 6分間に聞こえた音の「うるささ」の印象を、下記に示す9つのカテゴリで判断し  
その場所に○を記入して下さい。 (\*第一印象でお答え下さい)



評価 (2) 6分間に聞こえた音の「落ち着き」の印象を、下記に示す9つのカテゴリで判断し  
その場所に○を記入して下さい。 (\*第一印象でお答え下さい)



評価 (3) 6分間に聞こえた音の「圧迫感」の印象を、下記に示す9つのカテゴリで判断し  
その場所に○を記入して下さい。 (\*第一印象でお答え下さい)



(評価用紙 うら)

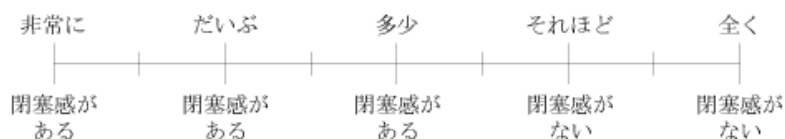
評価 (4) 6分間に聞こえた音が、どの程度「睡眠の邪魔になるか」を下記に示す9つのカテゴリで判断し、その場所に○を記入して下さい。(※第一印象でお答え下さい)



評価 (5) 6分間に聞こえた音が、どの程度「気になるか」を下記に示す9つのカテゴリで判断し、その場所に○を記入して下さい。(※第一印象でお答え下さい)



評価 (6) 6分間に聞こえた音の「閉塞感」の印象を、下記に示す9つのカテゴリで判断し、その場所に○を記入して下さい。(※第一印象でお答え下さい)



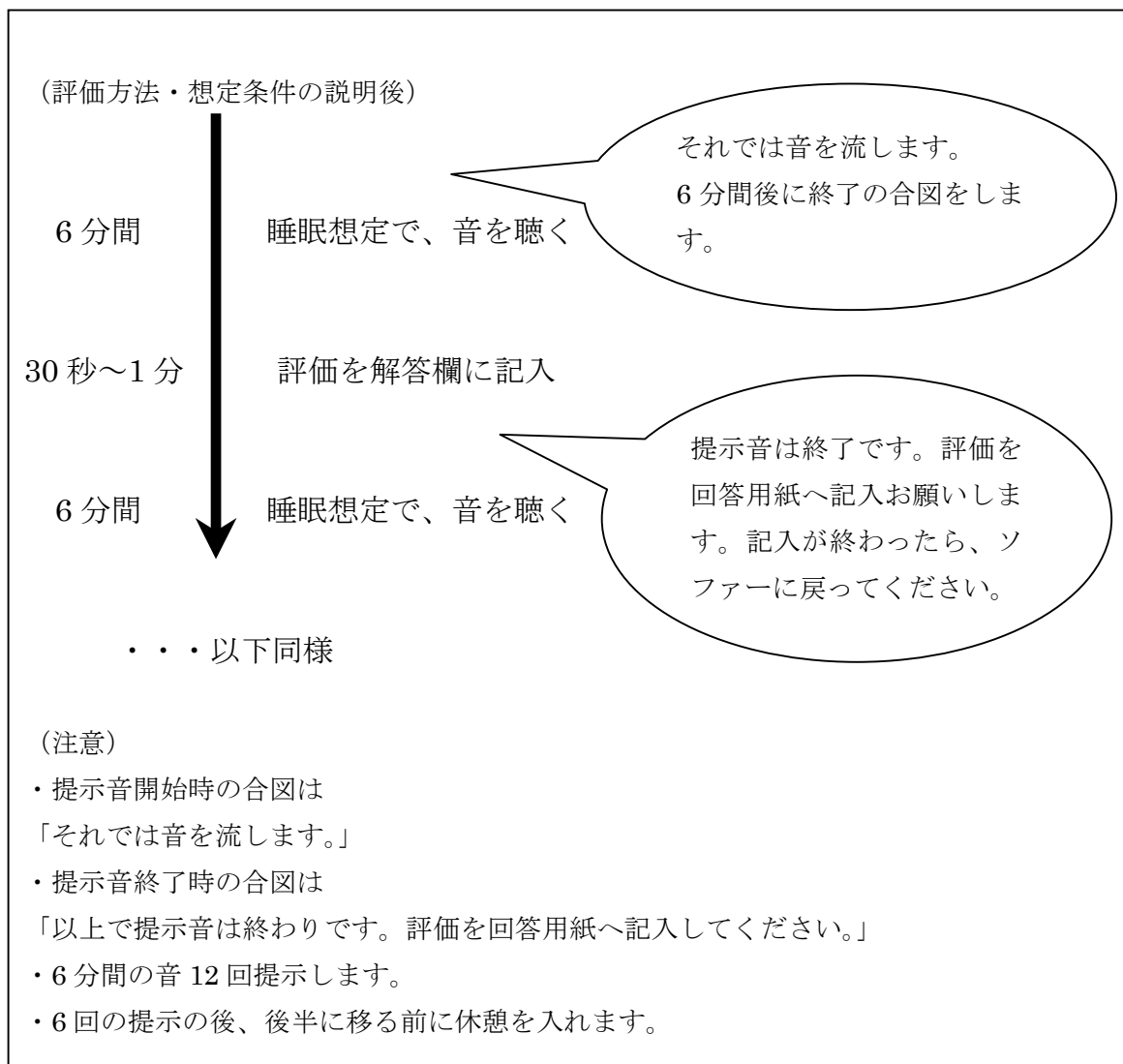
評価 (7) 6分間に聞こえた音の「不快さ」の印象を、下記に示す9つのカテゴリで判断し、その場所に○を記入して下さい。(※第一印象でお答え下さい)





## 2.4.2 実験の流れ

本実験の、評価方法・想定条件の説明後の、実験のタイムテーブルを以下に示す。実際の被験者状態の詳細については次ページに示す。



本実験の流れと関連して、本実験での被験者の睡眠想定について説明する。実際、睡眠における騒音の主観評価実験では、第1章で述べたようにいくつか提示方法が提案されているが、代表的なものに以下が挙がる。

橘ら [34]

- ・ 被験者に睡眠をとることを想定させ、提示音の印象をリアルタイムの質問により会話形式で行った。

難波ら [31~33]

- ・ 実験を被験者の自宅で行い、被験者は、イヤホンで提示音を聞きながら睡眠し、翌朝にアンケート調査を行った。

平松ら [4]

- ・ 提示音を聞き取れた被験者に、1音ごと提示後にアンケート調査を行う。システムは、飾り付けの無い無響室でイスに着座状態による想定実験を行った。

以上の文献における長所・短所、筆者自身が第1章で述べた点を考慮し、本実験では、

- ・ 音源が定位であること。(純音は音源がブレてしまうと、同じ音でもかなり印象が変わってしまうため。)
- ・ 被験者が音に集中しやすい状態であること。(実際にクレームになる場合はかなりその音源に集中してしまうため。)

を中心に実験を統制し、以下の様な手順で睡眠の想定実験を行った。



- ①睡眠を想定した状態で、6分間提示音を聞く。(実際に目をつぶっていても構わない。)
- ②評価用のテーブルに移って評価を開始する。(動くことで睡眠を防止するため。)
- ③次の提示音の前に、眠気を一度覚まし、覚醒状態に戻る。(実験中の睡眠を防止するため。)

以上、本実験の被験者の状態との関係で、実験の流れを説明した。

### 2.4.3 被験者

被験者の選定を行うにあたり、いくつかのポイントで被験者を選定した。まず、社会的な背景として、騒音に対する認識が国によって異なることが報告されていること、国によって評価基準にも差があること、実験の制約上から、日本人に限定した。次に、音響関連の分野に関わっている人の場合、騒音の評価において先入観や固定的な考え方が見られるなど、専門としているが故のバイアスがかかる可能性があるため、今回は非音響系の人を被験者とした。また、現在問題となっているマンションの居室において聞こえる設備騒音を想定したため、実際にマンション在住経験のある被験者を中心に集めた。被験者は20代・30代・50代の男女で、実験2では、16名、実験3では、14名である。

(以上、各実験の位置づけ・実験のシステム・提示音・実験の流れについて説明した。)

## 第3章

---

実験 1 :

on/off (有無), 周期的時間変動,  $L_{Aeq}$ が

主観評価に与える影響を検討

本章では、第2章の実験構成を用い、実験1を行った結果を説明する。また、特に分散分析の結果、回帰分析の結果を中心に考察する。

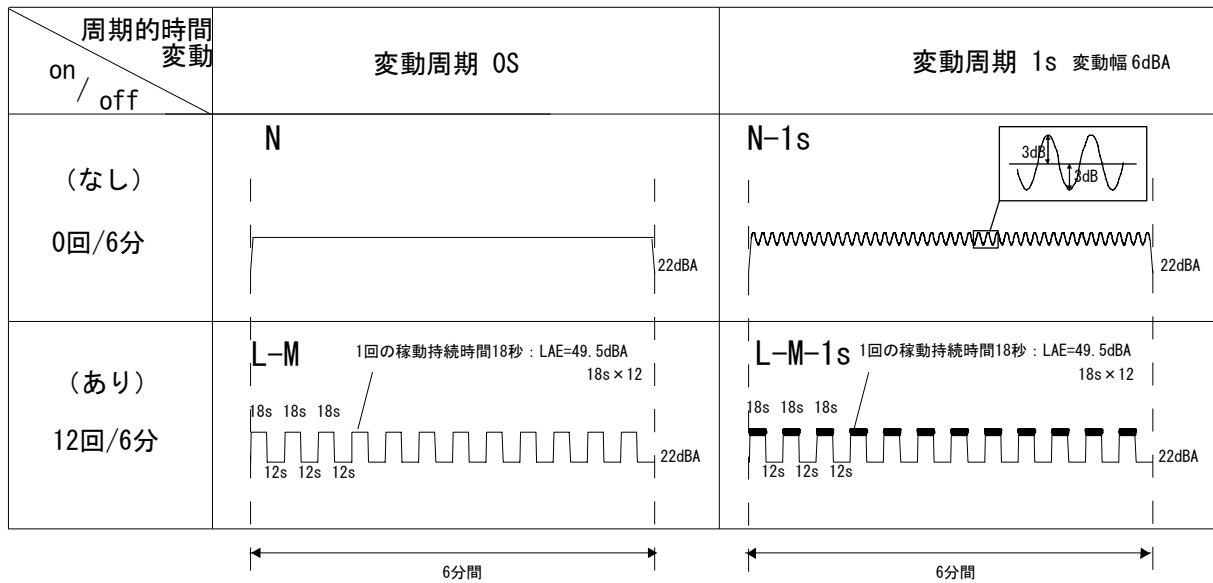
### 3.1 目的・概要

入眠想定下における音源の時間変動性による評価への影響について、 $L_{Aeq}$  に水準を設けて on/off (有無)、周期的時間変動、主観評価に与える影響を検討することを目的として実験 1 を行った。下に統制した要因の各水準についての表 2.3.2(1)<sup>(再)</sup>と、用いた純音性設備騒音の各水準における時間変動についての表 2.3.3(1)<sup>(再)</sup>を示す。

表 2.3.2<sup>(再)</sup> 実験 1 の呈示音要因 (N, N-1s, L-M, L-M-1s)

要因		水準	水準数
時間変動性	on/off回数	0回/6分(N)、12回/6分(L)	2
	周期的変動	0s、1s	2
音量	$L_{Aeq}$	25/35/45dBA	3
被験者		実験1：男女16名 (20~50代・集住経験有り)	16

表 2.3.3<sup>(再)</sup> 実験 1 の純音性設備騒音の時間変動性 ( $L_{Aeq}=35dBA$ )



### 3.2 結果と考察

実験1の結果に対し、各要因の主効果あるいは交互作用を要因とした分散分析を行った。また具体的に傾向を確認するため、評価語毎に各要因が主観評価に及ぼす影響を検討した。

#### 3.2.1 分散分析結果

全ての評価語で、全要因の効果、及び全ての組み合わせの交互作用を要因とした4元配置分散分析を行った。以下の表3.2.1にその結果を示す。

表 3.2.1 実験1の分散分析結果  
(全要因の主効果、及び全ての交互作用の組み合わせを要因とする)  
セルの数字はF値 \*\*1%有意 \*5%有意

	自由度	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
on/off有無	1	27.20 **	17.51 **	29.57 **	16.43 **	19.32 **	12.98 **	25.39 **
周期的時間変動	1	12.09 **	10.74 **	14.74 **	14.77 **	16.39 **	10.39 **	8.75 **
LAeq	2	213.60 **	49.51 **	85.21 **	66.39 **	94.91 **	57.89 **	89.30 **
on/off有無×周期的時間変動	1	0.16	5.15 *	2.23	3.02	2.26	0.48	2.35
on/off有無×LAeq	2	1.22	0.23	1.13	1.41	0.10	0.37	0.33
周期的時間変動×LAeq	2	4.16	1.22	3.74 *	0.71	0.73	0.16	2.17
on/off有無×周期的時間変動×LAeq	2	3.31 *	0.37	0.46	0.83	0.95	7.82 **	1.32
被験者	15	13.50 **	4.13 **	7.83 **	6.90 **	7.72 **	14.95 **	9.01 **
被験者×on/off有無	15	1.40	0.79	0.95	1.55	1.42	1.60	1.19
被験者×周期的時間変動	15	0.50	1.16	0.55	0.60	1.22	1.21	1.04
被験者×LAeq	30	0.80	0.52	1.12	1.01	0.90	1.25	0.89
被験者×on/off有無×周期的時間変動	15	1.41	1.34	1.86	1.12	0.63	0.85	1.14
被験者×on/off有無×LAeq	30	0.90	0.32	0.57	0.64	0.50	0.47	0.58
被験者×周期的時間変動×LAeq	30	0.60	0.75	0.33	0.52	0.70	0.56	0.46
寄与率	30	0.964	0.908	0.938	0.929	0.939	0.944	0.940

被験者の個人差の取り扱いについて

- ・ 被験者と各要因の交互作用は5%未満の有意水準で有意差がないことを確認した。つまり、被験者と音源の各要因との交互作用の偏差の平方和は十分に小さい。
- ・ 被験者によって評価の傾向に違いはあるが、on/offの有無、周期的時間変動、LAeqの主効果がそれぞれ見られた。

この2点を考慮し、被験者との交互作用を除き、被験者については、主効果のみを要因とした分散分析を再度行った。

表 3.2.1(2) 実験1の分散分析結果  
 (被験者と音源による要因の交互作用の組み合わせを除いた要因とする)  
 セルの数値はF値 \*\*1%有意 \*5%有意

	自由度	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
on/off有無	1	30.17 **	22.76 **	34.58 **	18.81 **	22.42 **	13.94 **	30.25 **
周期的時間変動	1	13.41 **	13.96 **	17.23 **	16.91 **	19.02 **	11.16 **	10.42 **
LAeq	2	236.92 **	64.35 **	99.63 **	75.99 **	110.14 **	62.18 **	106.42 **
on/off有無×周期的時間変動	1	0.18	6.69 *	2.61	3.46	2.62	0.52	2.80
on/off有無×LAeq	2	1.35	0.30	1.33	1.61	0.12	0.40	0.39
周期的時間変動×LAeq	2	4.62 *	1.59	4.38 *	0.81	0.84	0.17	2.58
on/off有無×周期的時間変動×LAeq	2	3.67 *	0.49	0.54	0.95	1.10	8.40 **	1.57
被験者	15	14.97 **	5.37 **	9.16 **	7.90 **	8.96 **	16.05 **	10.74 **
寄与率	30	0.822	0.609	0.710	0.657	0.709	0.712	0.721

表 3.2.1(2)中の\*より、3つの全ての要因において主効果がみられた。また、セルのF値は要因内の水準間の差をあらわしており、その要因のバラツキのスケールとしてLAeqは非常に大きくなった。この傾向は、LAeqと主観評価の関係の既往文献と一致している。

各評価語間の傾向については、以下の表 3.2.1(3)のように相関係数は高くなったものの、交互作用がみられるもの・みられないもの、on/off、周期的時間変動と、各時間変動性の要因が異なる結果となった。また、因子分析を行った結果は3.2.1(4)に示す。

では以下で、統計的に有意差が確認された要因の水準間での効果の差、すなわち有意な要因を中心に、具体的にどの水準でどういう傾向を示すのかを各評価語について検討する。

(\*3次の交互作用については、結果のみ付録に示す。)

表 3.2.1(3) 実験1の評価語の相関マトリクス

	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
うるさい							
落ち着く	-0.78						
睡眠の邪魔になる	0.87	-0.84					
気になる	0.83	-0.83	0.90				
圧迫感がある	0.82	-0.78	0.80	0.80			
閉塞感がある	0.61	-0.64	0.62	0.64	0.80		
不快である	0.88	-0.84	0.90	0.90	0.84	0.67	

表 3.2.1(4) 実験1の評価語の因子分析結果

	第1因子	第2因子
睡眠の邪魔になる	0.91	0.33
不快である	0.88	0.41
気になる	0.87	0.37
うるさい	0.86	0.36
落ち着く	-0.81	-0.41
閉塞感	0.32	0.93
圧迫感	0.65	0.69
寄与率	60.8	29.4
累積寄与率	60.8	90.1

### 3.2.2 時間変動性の各要因の影響

#### (1) 各要因の主効果

##### ・ on/off（有無）の影響について

全評価語に on/off の主効果がみられ、下図 3.2.2 のように on/off がある音と on/off がない音との効果の差がみられた。その差の詳細は、表 3.2.2 に示す。

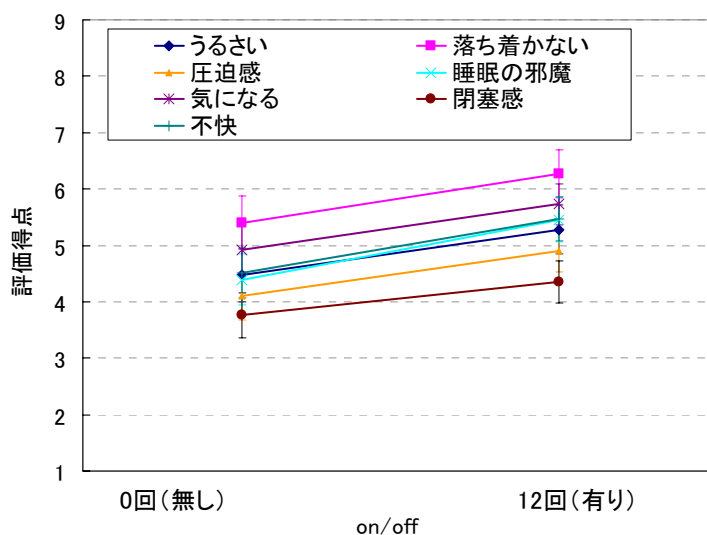


図 3.2.2 on/off の影響に対する各用語の評価値  
(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

表 3.2.2 on/off の影響に対する各用語の評価値と 2 水準の差

	on/off 無し	on/off 有り	on/off (有り-無し)
うるさい	4.47	5.28	0.81
落ち着かない	5.41	6.27	0.86
睡眠の邪魔になる	4.40	5.46	1.06
気になる	4.93	5.73	0.80
圧迫感がある	4.10	4.90	0.79
閉塞感がある	3.76	4.35	0.59
不快である	4.51	5.47	0.96

注)「落ち着く」は、第 2 章で述べたように快側を頂点とする評価語のため、以下では、「落ち着かない」する。また、1~9 を 9~1 として、図表にのせている。

上記の 2 つの図表より on/off があることによって、評価はより不快側の評価になることが確認された。また、評価語間の違いでは、「睡眠の邪魔になる」といった妨害感に関する評価語で顕著に大きな差が見られた。また、「不快である」でも顕著な差がみられた。一方、「圧迫感がある」「閉塞感がある」といった雰囲気関連尺度では、差が小さくなる傾向が見



られた。以上、設備騒音に on/off により、雰囲気関連尺度・活動関連尺度にそれぞれ影響を及ぼすことがわかった。また、特に活動関連尺度の妨害感・両尺度に共通する不快感で睡眠妨害への影響が大きくなる可能性がみられた。

#### ・ 周期的時間変動の影響について

全評価語に周期的時間変動の主効果がみられ、下図 3.2.2 (2) のように周期的時間変動がある音と周期的時間変動がない音との効果の差がみられた。その差の詳細は、表 3.2.2 (2) に示す。

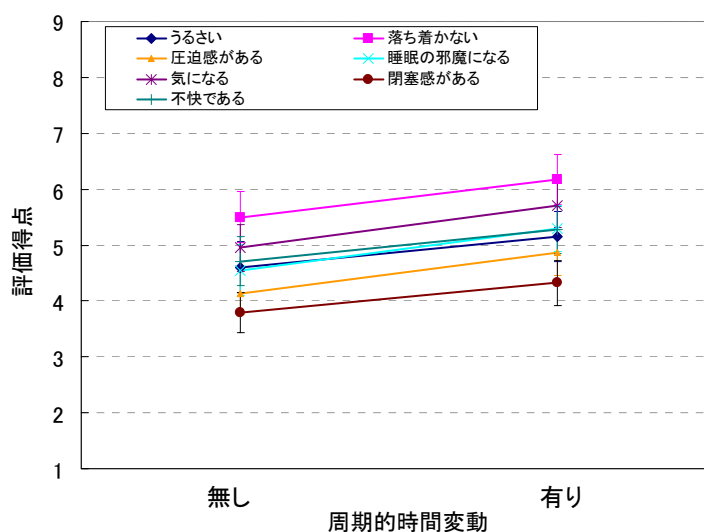


図 3.2.2 (2) 周期的時間変動の影響に対する各用語の評価値  
(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

表 3.2.2 (2) 周期的時間変動の影響に対する各用語の評価値と 2 水準の差

	周期的時間変動 無し	周期的時間変動 有り	周期的時間変動 (有り-無し)
うるさい	4.60	5.15	0.54
落ち着かない	5.50	6.18	0.68
睡眠の邪魔になる	4.55	5.30	0.75
気になる	4.95	5.71	0.76
圧迫感がある	4.14	4.86	0.73
閉塞感がある	3.79	4.32	0.53
不快である	4.71	5.27	0.56

上記の 2 つの図表より周期的時間変動があることによって、評価はより不快側の評価になることが確認された。また、評価語間の違いでは、「圧迫感がある」「睡眠の邪魔になる」「気になる」「落ち着かない」といった評価語で他の評価語よりも差が大きく見られた。

このことから、設備の稼動によって起こる周期的時間変動（唸り）については、雰囲気

関連尺度・活動関連尺度の評価語ともに、入眠時に影響を及ぼす可能性が示唆され、特に活動関連尺度の評価語、及び圧迫感で、影響が大きくなると考えられる。

・ LAeq の影響について

全評価語に、LAeq 主効果がみられ、下図 3.2.2 (3) のように LAeq3 水準に差が見られた (Tukey の HSD 検定より各水準間に有意差あり)。詳細は、表 3.2.2 (3) に示す。

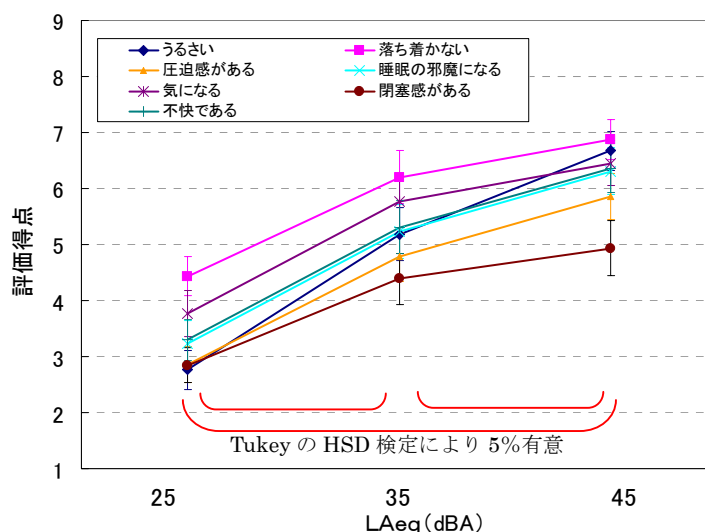


図 3.2.2 (3) LAeq の影響に対する各用語の評価値 (誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

表 3.2.2 (3) LAeq の影響に対する各用語の評価値と 2 水準の差

	35dBA -25dBA	45dBA -35dBA	45dBA -25dBA
うるさい	2.42	1.48	3.91
落ち着かない	1.77	0.67	2.44
睡眠の邪魔になる	2.00	1.08	3.08
気になる	2.00	0.69	2.69
圧迫感がある	1.92	1.08	3.00
閉塞感がある	1.55	0.55	2.09
不快である	2.02	1.05	3.06

上記の 2 つの図表より、当然ながら LAeq が上がることによって、評価はより不快側の評価になることが確認された。また、評価語間の違いでは、既往の研究でも LAeq との対応がよいと言われる「うるさい」で、他の評価語よりも差が大きく見られ、全 7 評価語の中では、今回のような、時間変動性を含んだ音源を多く用いた評価においても、「うるさい」が最も LAeq に対応して、線形に近い形で増加したことから、時間変動を伴う純音性設備騒音においても、等価騒音レベルの影響は、うるささ感と対応が良いと考えられる。

次に、各水準を見てみると、全評価語に共通して、音量が上がった時の評価は、25dBAと35dBAよりも35dBAと45dBAにおいて差が顕著に大きくなったが、本実験では時間変動性のある音源が多かったことが影響している可能性がある（各時間変動性要因と $L_{Aeq}$ との交互作用については、後で論じる）。また、35dBAから45dBAにおける差が、特に、「閉塞感がある」「落ち着かない」「気になる」で、顕著に他の評価語よりも小さくなった。これは、表3.2.1(2)の分散分析の寄与率より、実験1の構成では個人差の影響しやすい評価語だった可能性が考えられるが、（\*閉塞感では、実験全体を通して被験者から評価しづらいとの指摘が多くあった。また、実験2では、閉塞感を評価できない被験者も16名中2名いた。）活動関連尺度及び、閉塞感では、音量によって、 $L_{Aeq}$ の影響度が変わる可能性が見られた。

#### ・(1) のまとめ

以上(1)では、各要因の主効果がそれぞれの評価語で確認され、雰囲気関連尺度、活動関連尺度ともに、on/off・周期的時間変動の時間変動性があることによって、より不快側の評価になることが確認された。また、時間変動性の要因については、特に、活動関連尺度で、差が大きくなる傾向が見られた。 $L_{Aeq}$ の効果も両尺度で影響が確認され、既往の知見の傾向と一致し、うるささ感とのほぼ線形の対応が見られた。

(2)では、各要因間の交互作用の結果について、考察をする。

(2) 要因間の交互作用

- 音源間 (on/off と周期的時間変動) の影響について、「落ち着かない」のみに交互作用が見られ、下図 3.2.2 (4) のような傾向が見られた。

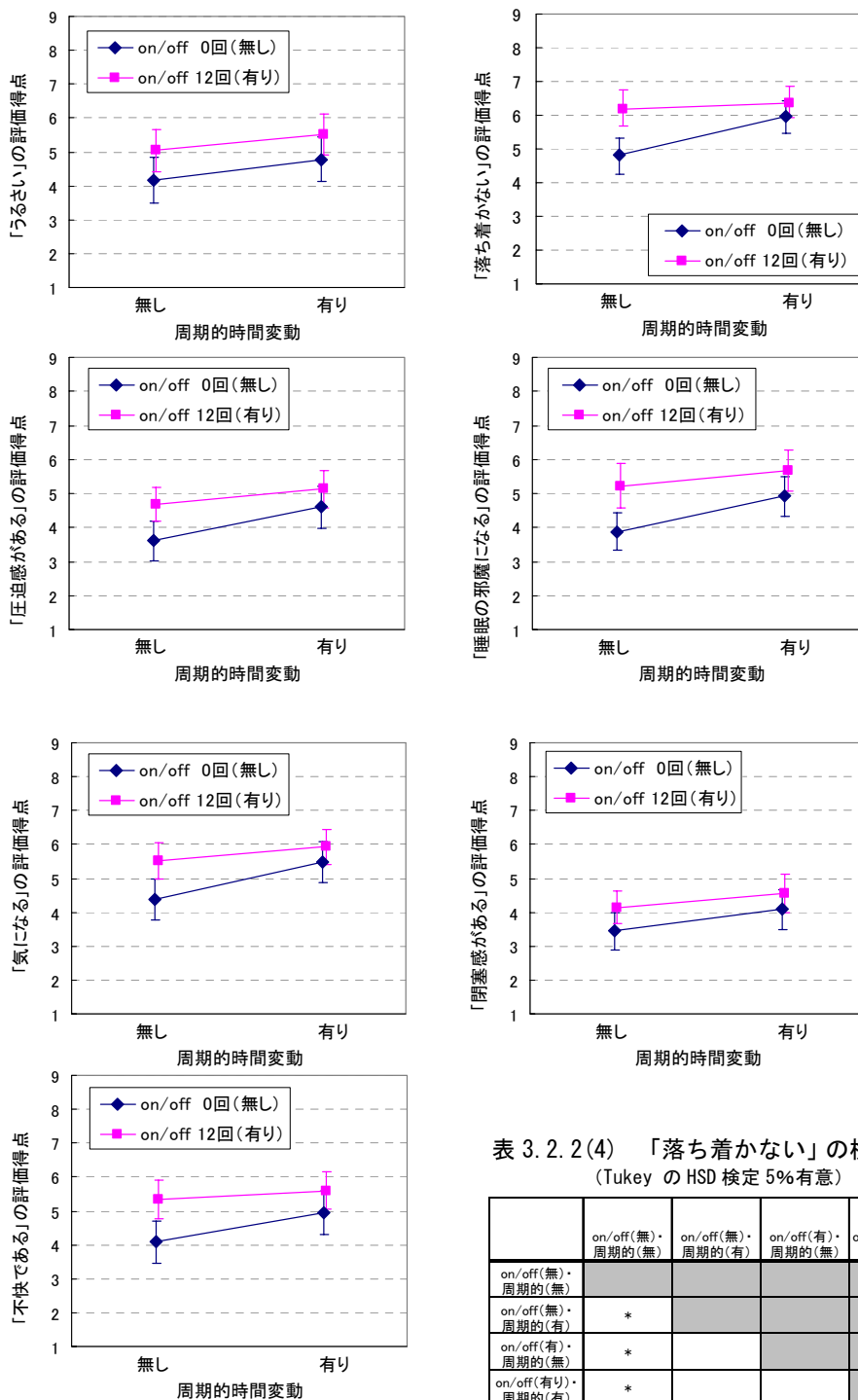


表 3.2.2(4) 「落ち着かない」の検定結果  
(Tukey のHSD 検定 5%有意)

	on/off(無し)・ 周期的(無し)	on/off(無し)・ 周期的(有り)	on/off(有り)・ 周期的(無し)	on/off(有り)・ 周期的(有り)
on/off(無し)・ 周期的(無し)				
on/off(無し)・ 周期的(有り)	*			
on/off(有り)・ 周期的(無し)	*			
on/off(有り)・ 周期的(有り)	*			

図 3.2.2(4) on/off と周期的時間変動の関係 (評価語ごと)  
(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

前頁の図表 3.2.2.(4)より、有意差の見られた「落ち着かない」では、周期的時間変動が無い方が、on/offの影響が大きくなる結果となった。また、有意差は見られなかったが、「睡眠の邪魔になる」「気になる」「圧迫感がある」「不快である」でも同じ傾向が見られた。「うるさい」「閉塞感がある」では、特に傾向は見られなかった。

周期的時間変動の主効果と同様に、周期的時間変動の無い状態には on/off の影響が、特に、活動関連関連尺度・及び圧迫感に、効いてくると思われる。また、うるささ感・妨害感は、特に交互作用を考慮せずにそれぞれ、主効果のみで評価できると考えられる。

・ on/off と LAeq の交互作用の影響について

全評価語で交互作用は見られなかったが、下図 3.2.2 (5) のような傾向が見られた。

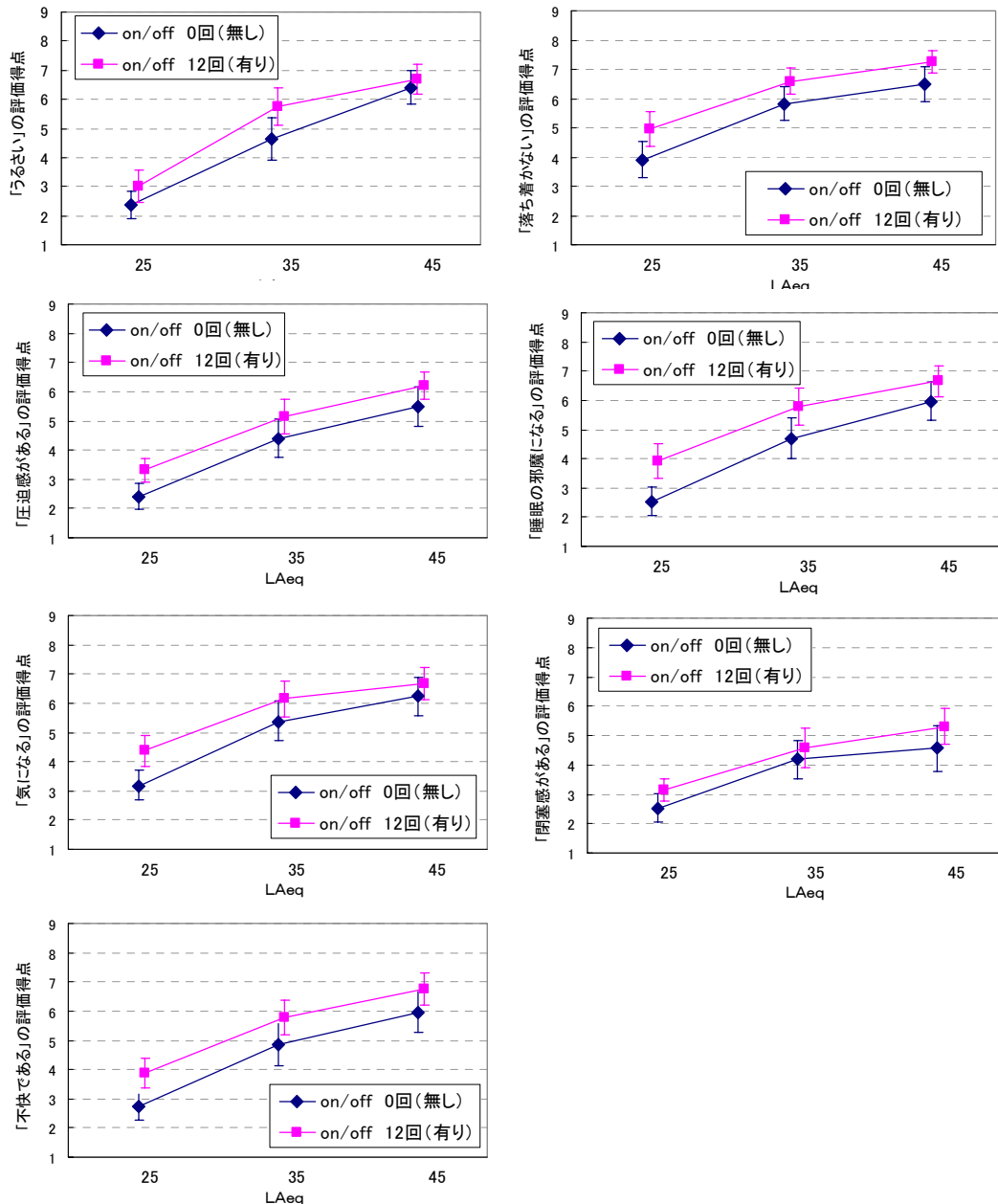


図 3.2.2(5) on/off と LAeq との関係 (評価語ごと)

(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

上図より、on/off と LAeq の関係では、「睡眠の邪魔になる」「気になる」で、LAeq が低くなるに連れて、on/off の効果が大きくなる傾向が見られた。あくまで有意差が見られなかったが、この傾向は、Eberhardt ら[4]による連続音と間欠音の道路交通騒音による睡眠影響を脳波で見た知見の、LAeq が低いと間欠的な道路交通騒音が睡眠妨害につながりやすいと

いう傾向と一致した。また、中央環境審議会による睡眠影響の知見<sup>[4]</sup>からも、間欠的な騒音の方が、睡眠影響がみられた騒音レベルの下限值が連続音に比べ低くなるという傾向とも対応する。

よって、活動関連尺度では、騒音レベルが低くなると、設備騒音の on/off（音源の時間変動性）の影響が大きくなり、睡眠妨害に繋がると考えられる。

・ 周期的変動と LAeq の交互作用の影響について

「うるさい」「睡眠の邪魔になる」で交互作用が見られ、図 3.2.2(6)に示す傾向が見られた。

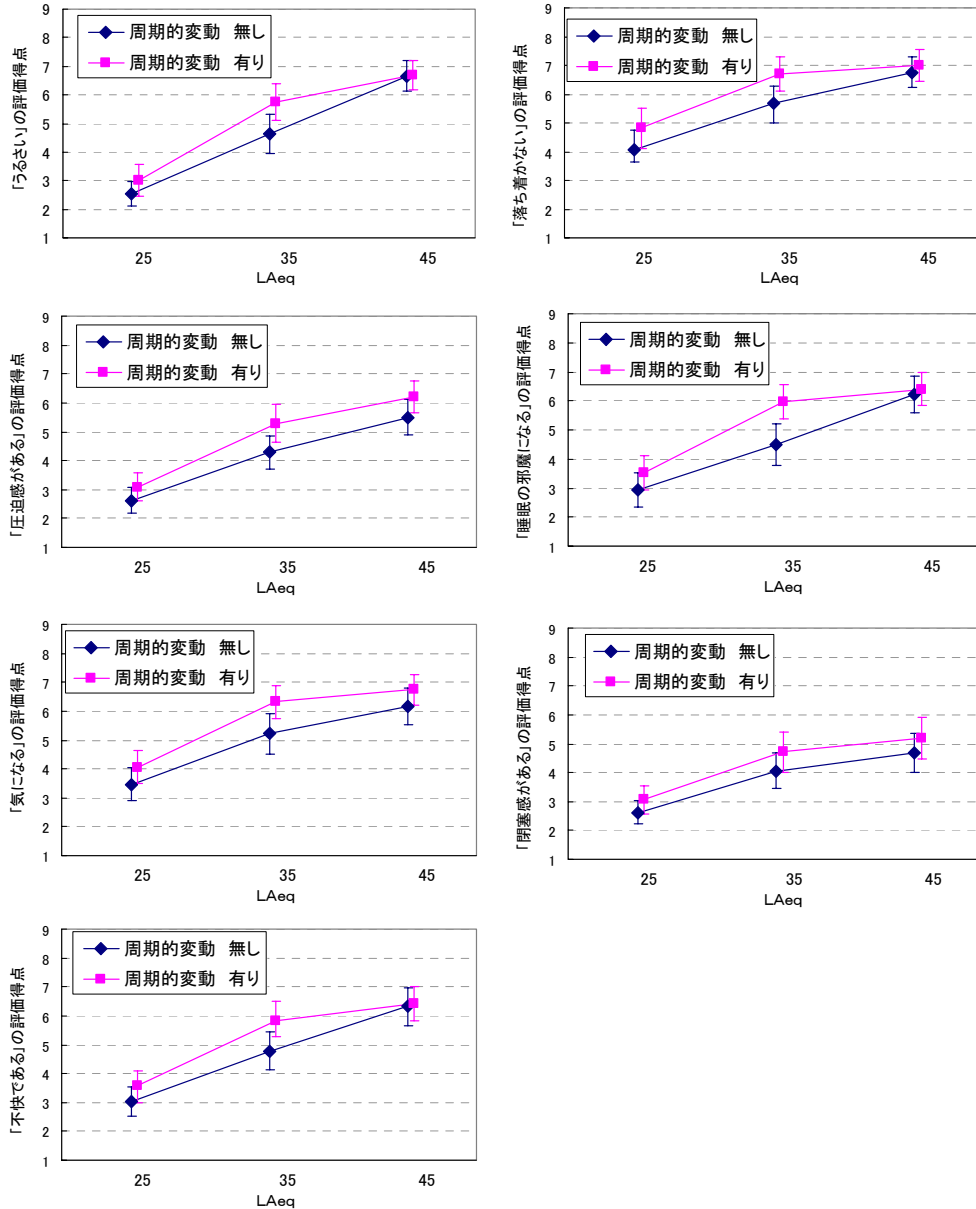


図 3.2.2(6) 周期的時間変動と LAeq との関係 (評価語ごと)

(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

表 3.2.2(5) 「うるさい」の検定結果  
(Tukey の HSD 検定 5%有意)

	周期的(無し)・ 25dB	周期的(無し)・ 35dB	周期的(無し)・ 45dB	周期的(有り)・ 25dB	周期的(有り)・ 35dB	周期的(有り)・ 45dB
周期的(無し)・ 25dB						
周期的(無し)・ 35dB	*					
周期的(無し)・ 45dB	*	*				
周期的(有り)・ 25dB		*	*			
周期的(有り)・ 35dB	*	*	*	*		
周期的(有り)・ 45dB	*	*	*	*	*	

表 3.2.2(6) 「睡眠の邪魔になる」の検定結果  
(Tukey の HSD 検定 5%有意)

	周期的(無し)・ 25dB	周期的(無し)・ 35dB	周期的(無し)・ 45dB	周期的(有り)・ 25dB	周期的(有り)・ 35dB	周期的(有り)・ 45dB
周期的(無し)・ 25dB						
周期的(無し)・ 35dB		*				
周期的(無し)・ 45dB	*	*				
周期的(有り)・ 25dB		*	*			
周期的(有り)・ 35dB	*	*	*	*		
周期的(有り)・ 45dB	*	*	*	*	*	



前頁の図 3.2.2(6)に示すように、周期的時間変動と  $L_{Aeq}$  との関係では、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」で  $L_{Aeq}$  によって、周期的時間変動の影響が変化する傾向が見られ、特に 35dBA でその要因の効果が大きくなる傾向となった。この結果より、on/off 有無の時とは異なり、単純に低レベルな音の方が変動性の影響を受けやすいとならなかった。このような傾向の差は、全ての評価語で見られた。また、25dBA で効果が小さくなることについては、不快と感じるまでに至らなかったと考えられる。一方 45dBA で効果が小さくなったのは、 $L_{Aeq}$  の主効果が大きいため不快感が飽和してしまい、周期的変動があってもなくても不快であることは変わらないという、評価になった可能性がある。

従って、設備による周期的時間変動（唸り）は、雰囲気尺度・活動関連尺度（特に、うるささ感・妨害感）に騒音レベルとの関係で評価が変わる可能性が見られた。また、室内騒音の適用等級値 1 級である 35dBA において特に問題となることから、現実の居室においても十分問題となる可能性が考えられる。ただし今回は、変動周期を不快になりやすい周期に設定したことが  $L_{Aeq}$  に影響する可能性も考えられるので、他の周期での検討をする必要性も挙がる。

#### ・(2) のまとめ

以上 (2) では、雰囲気関連尺度・活動関連尺度について、時間変動性の要因間、及び  $L_{Aeq}$  の交互作用の有無が確認された。

周期的時間変動が無い状態では、活動関連尺度及び圧迫感で、on/off の影響が大きくなると考えられる。また、時間変動性要因は、 $L_{Aeq}$  との関係で異なる傾向を示し、on/off は活動関連尺度においてのみ、音量が小さい方がより影響が大きくなる傾向が見られた。一方、周期的時間変動では、両尺度の特にうるささ感と妨害感で、室内騒音の適用等級値 1 級周辺において効果が大きくなりやすい可能性が見られた。

### 3.2.3 回帰分析結果

次に、 $L_{Aeq}$  と、各時間変動性要因の影響度の大きさを明らかにするため回帰分析を行った。また、音源は異なるが道路交通騒音の時間変動性の聴感・妨害感の予測として、佐久間らが指摘している、等価騒音レベルと時間率騒音レベルの組み合わせによる評価法も検討した。以下にその結果を示す。(本実験では、 $L_{Aeq}$  の効果がほぼ線形であること、また時間変動性の水準数が2つであるため、各水準間を線形であるとして、回帰分析を行った。被験者のデータについては、被験者の個人差の影響を統制するため、被験者平均したデータを用いた。)

#### ・回帰分析の各説明変数について

$L_{Aeq}$  のみ (モデルⅠ)、また、 $L_{Aeq}$  と時間変動性の要因 (モデルⅡ)、 $L_{Aeq}$  と  $LA_{05}-L_{Aeq}$  (モデルⅢ) を、それぞれ説明変数とした回帰分析を行った。各モデルは、

モデルⅠ :  $X_1=L_{Aeq}$

モデルⅡ :  $X_1=L_{Aeq}$   $X_2=on/off$   $X_3=周期的時間変動$

モデルⅢ :  $X_1=L_{Aeq}$   $X_4=LA_{05}-L_{Aeq}$  (本実験下で、時間率騒音レベルの中で最も説明力が高くなったことを確認した上で  $LA_{05}$  を採用。)

とした。また、この回帰式の説明変数の有効性について、F 検定を行い、F 値が 2 以上のものを説明変数として採用した。その結果を以下の表 3.2.3 に示す。また、以下は、分散分析の結果を踏まえ、雰囲気関連尺度の中から「うるさい」・活動関連尺度の中から「睡眠の邪魔になる」に着目して分析を行った。

表 3.2.3 説明変数の F 検定結果

		説明変数	F 値 ( $t^2$ )	検定 結果
モデルⅠ	うるさい	切片	5.04	*
		$L_{Aeq}$	64.59	*
	睡眠の邪魔になる	切片	0.18	
		$L_{Aeq}$	26.62	*
モデルⅡ	うるさい	切片	16.77	*
		$L_{Aeq}$	130.98	*
		on/off	8.50	*
	睡眠の邪魔になる	周期的時間変動	3.78	*
		切片	4.10	*
		$L_{Aeq}$	74.13	*
モデルⅢ	うるさい	on/off	13.25	*
		周期的時間変動	6.60	*
		切片	17.89	*
	睡眠の邪魔になる	$L_{Aeq}$	143.41	*
		$LA_{05}-L_{Aeq}$	13.47	*
		切片	2.96	*
	$L_{Aeq}$	64.74	*	
	$LA_{05}-L_{Aeq}$	15.80	*	

表 3.2.3 の F 検定結果より、全説明変数で有意性が確認された。(モデルⅠの切片については有意とならなかったが、本分析の検討項目とは関係しないため問題はない。)

・各評価語の自由度調整済み決定係数の違いについて

各モデルの自由度調整済み決定係数については、まず全評価語の傾向を表 3.2.3(2)に示す。この表から、雰囲気関連尺度・活動関連尺度の全評価語において、モデルⅠよりも、モデルⅡ・モデルⅢの、 $(R')^2$  値が大きくなることが確認された。つまり、雰囲気関連尺度・及び活動関連尺度において、騒音レベルのみを説明変数とする時よりも、時間変動性の要因を含むこと、また時間率騒音レベルと騒音レベルの差を加えることによって、回帰式の説明力が高くなったと言える。

またこの時、「うるさい」「圧迫感がある」「閉塞感がある」といった雰囲気関連尺度ではモデルⅢが最も $(R')^2$  値が高くなり、「落ち着かない」「睡眠の邪魔になる」「気になる」「不快である」といった活動関連尺度では、モデルⅡが最も $(R')^2$  値が高くなった。以上、全評価語での自由度調整済み決定係数の傾向を確認した。では、以下で各モデルを考察する。

表 3.2.3 (2)  
各モデルにおける全評価語の  
自由度調整済み決定係数

	モデル	自由度調整済み 決定係数 $(R')^2$
うるさい	Ⅰ	0.852
	Ⅱ	0.927
	Ⅲ	0.934
落ち着かない	Ⅰ	0.650
	Ⅱ	0.848
	Ⅲ	0.837
圧迫感がある	Ⅰ	0.780
	Ⅱ	0.936
	Ⅲ	0.941
睡眠の邪魔になる	Ⅰ	0.700
	Ⅱ	0.892
	Ⅲ	0.871
気になる	Ⅰ	0.682
	Ⅱ	0.851
	Ⅲ	0.843
閉塞感がある	Ⅰ	0.657
	Ⅱ	0.777
	Ⅲ	0.810
不快である	Ⅰ	0.753
	Ⅱ	0.902
	Ⅲ	0.896

・各モデルの関係について

各モデルの説明変数が有効であることを確認した上で、得られた回帰式を、表 3.2.3(4)に示す、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」の回帰式についてモデルごとに検討する。

モデルⅠ（説明変数： $L_{Aeq}$ ）では、

$(R)^2$ 値が、「うるさい」に比べ「睡眠の邪魔になる」の方が低い値となった。このことから、うるささ感は妨害感に比べて、等価騒音レベルのみでの説明力が高くなっていることが分る。（\*圧迫感・不快感でも、活動関連尺度よりも高い $(R)^2$ 値が得られた。）

モデルⅡ（説明変数： $L_{Aeq, on/off}$ , 周期的時間変動）では、

前頁で述べたように、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、モデルⅠと比べ、モデルⅡの方が $(R)^2$ 値が高くなった。つまり、 $L_{Aeq}$ だけでは説明できなかった、うるささ感・妨害感に与える影響要因を、時間変動性の要因によって、ある程度説明が可能であると言える。

モデルⅢ（説明変数： $L_{Aeq}$ ,  $LA_{05}-L_{Aeq}$ ）では、

「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、モデルⅠと比較して、モデルⅢの $(R)^2$ 値が高くなった。よって、on/off や、周期的時間変動の影響は、時間率騒音レベルと等価騒音レベルの差で説明できる可能性が示唆された（\*全評価語でも同様）。

以上各モデルの傾向が確認された。では次に、モデルⅡの時間変動性要因と、騒音レベルの関係について検討する。

表 3.2.3(4) 各モデルの回帰式  
( X1: $L_{Aeq}$  X2:on/off X3:周期的時間変動 X4: $LA_{05}-L_{Aeq}$  )

	モデル	回帰式	自由度調整済み 決定係数 $(R')^2$
うるさい	Ⅰ	$Y=0.195 \cdot X1 - 1.961$	0.852
	Ⅱ	$Y=0.195 \cdot X1 + 0.068 \cdot X2 + 0.542 \cdot X3 - 2.683$	0.927
	Ⅲ	$Y=0.194 \cdot X1 + 0.384 \cdot X4 - 2.559$	0.934
睡眠の邪魔になる	Ⅰ	$Y=0.154 \cdot X1 - 0.460$	0.700
	Ⅱ	$Y=0.154 \cdot X1 + 0.089 \cdot X2 + 0.750 \cdot X3 - 1.366$	0.892
	Ⅲ	$Y=0.152 \cdot X1 + 0.485 \cdot X4 - 1.216$	0.871

・説明変数間の関係について

前頁の表 3.2.3(4)のモデルⅡに着目する。まず、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、on/off の変化の増分よりも、周期的時間変動の増分の方が大きくなることがわかる。また、この時、「うるさい」に比べ、「睡眠の邪魔になる」で、時間変動性要因の評価値に対する効果が大きくなっていることが分る。表 3.2.3(5)に示す、標準化偏回帰係数を比較し、その各要因の効果の割合を確認すると、「うるさい」に比べて、「睡眠の邪魔になる」の方が、L<sub>Aeq</sub> の効果が小さくなり、逆に時間変動性の効果が大きくなっていることが分る。ここで、L<sub>Aeq</sub> を 1 とし、各説明変数の比をとると表 3.2.3(6)が得られる。

次に、on/off の変化の増分と周期的時間変動の増分を、L<sub>Aeq</sub> 10dB 分の変化の増分に置き換えると、表 3.2.3(7)となる。つまり、L<sub>Aeq</sub> が 10dB 変わる効果を置き換えると、

「うるさい」：on/off では 4.2dB 相当、周期的変動では 2.8dB 相当

「睡眠の邪魔になる」：on/off では 7dB 相当、周期的時間変動では 5dB 相当  
となることわかる。

表 3.2.3(5) モデルⅡの標準化回帰係数

	標準化偏回帰係数		
	L <sub>Aeq</sub>	on/off	周期的時間変動
うるさい	0.93	0.24	0.16
落ち着かない	0.83	0.36	0.28
圧迫感がある	0.89	0.29	0.27
睡眠の邪魔になる	0.85	0.36	0.25
気になる	0.84	0.31	0.29
閉塞感がある	0.83	0.29	0.26
不快である	0.88	0.34	0.20

表 3.2.3(6) モデルⅡの標準化回帰係数の比

	標準化偏回帰係数(比)		
	L <sub>Aeq</sub>	on/off	周期的時間変動
うるさい	1	0.25	0.17
落ち着かない	1	0.43	0.34
圧迫感がある	1	0.32	0.30
睡眠の邪魔になる	1	0.42	0.30
気になる	1	0.37	0.35
閉塞感がある	1	0.35	0.31
不快である	1	0.38	0.22

代入

表 3.2.3(7) L<sub>Aeq</sub>10dB 分の変化量の比

	変化量(比)		
	L <sub>Aeq</sub>	on/off	周期的時間変動
うるさい	1	0.42	0.28
落ち着かない	1	0.72	0.57
圧迫感がある	1	0.54	0.50
睡眠の邪魔になる	1	0.70	0.50
気になる	1	0.61	0.58
閉塞感がある	1	0.58	0.52
不快である	1	0.64	0.37

あくまで本実験の設定下ではあるが（周期的時間変動の周期には最も不快に繋がりやすい周期 1s を選んだことも考慮）、純音性設備騒音の時間変動性が入眠時に与える影響は、うるささ感・妨害感ともに、周期的時間変動よりも on/off の影響が大きいと考えられる。（\*残りの雰囲気関連尺度,活動関連尺度の評価語においても同様の結果となった。）

### 3.3 実験1のまとめ

設備稼働により異なる純音性設備騒音の、on/off・周期的時間変動の、入眠時に主観評価に及ぼす影響について、 $L_{Aeq}$ との関係で詳細に検討した結果、以下のことがわかった。

(分散分析の結果より)

#### $L_{Aeq}$ の値に関わらず

- ・ 雰囲気関連尺度,活動関連尺度ともに、on/off,周期的時間変動が有る音源がより不快側の評価となった。
  - ・ 活動関連尺度に、on/off有無と周期的時間変動に交互作用がみられ、周期的時間変動無しの方が、on/off有無の影響の差が大きくなった。
- 雰囲気関連尺度,活動関連尺度では、設備騒音のon/off・周期的時間変動の時間変動性が睡眠妨害に繋がり、周期的時間変動が無い状態では、on/off影響が、特に活動関連尺度で大きくなる可能性がある。

#### $L_{Aeq}$ の値との関わりにおいて

- ・ 活動関連尺度では $L_{Aeq}$ が低くなるにつれて、on/off有無の影響が大きくなる傾向が見られた。…有意差は無し。
  - ・ 雰囲気関連尺度,活動関連尺度の、特にうるささ感・妨害感に、 $L_{Aeq}$ の違いによって、35dBAにおいて周期的時間変動の有無の影響の違いが見られた。
- 活動関連尺度のうち、特に妨害感では騒音レベルが小さいほど、設備騒音のon/offが睡眠妨害につながる可能性が示された。また、両尺度のうち、特にうるささ感・妨害感では、室内騒音の適用等級値1級周辺で、設備騒音の周期的な時間変動が睡眠に影響する可能性がある。

(回帰分析結果より)

- ・ 「うるさい」「睡眠の邪魔になる」ともに、自由度調整済み決定係数が、 $L_{Aeq}$ だけを説明変数とするときより、各時間変動性の要因を加えること、時間率騒音レベルを加えることによって高くなった。…全評価語傾向一致
  - ・ 「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、周期的時間変動の影響よりも、on/offの影響が大きくなった。…全評価語傾向一致
- 純音性設備騒音の時間変動性の要因を評価することにより、雰囲気関連尺度,活動関連尺度共に説明力が上がり、特に活動関連尺度で時間変動性が睡眠妨害に及ぼす影響が大きくなると思われる。
- 雰囲気関連尺度,活動関連尺度では、設備騒音の周期的時間変動よりも、on/offの影響の方が大きくなると考えられる。
- on/offや周期的時間変動の影響は、時間率騒音レベルと等価騒音レベルの差で説明できる可能性が示唆された。

まとめると、入眠時における純音性設備騒音のon/off・周期的時間変動が、睡眠妨害に影響

響すると考えられ、特に周期的時間変動では、適用等級 1 級周辺でうるささ感・妨害感に繋がり、レベルが小さいときには、on/off が、より妨害感に繋がると考えられる。

また、周期的時間変動が無い状態では、on/off が、居住者の活動と関連してより影響が大きくなる。

入眠時において主観評価に及ぼすこれらの時間変動性要因の影響は、雰囲気尺度および、活動関連尺度共に、時間率騒音レベルと等価騒音レベルの差で、説明できる可能性がみられた。

## 第4章

---

実験 2 :

on/off (回数), 稼動時間率, S/N, が

主観評価に与える影響を検討

本章では、第2章の実験構成を用い、実験2を行った結果を説明する。また、特に分散分析の結果、回帰分析の結果を中心に考察する。





## 4.2 結果と考察

実験2の結果に対し、各要因の主効果あるいは交互作用を配置した分散分析を行った。また具体的にその傾向を確認するため、評価語毎に各要因が主観評価に及ぼす影響を検討した。

### 4.2.1 分散分析結果

全ての評価語で、全要因の効果、及び全ての組み合わせの交互作用を要因とした4元配置分散分析を行った。以下の表にその結果を示す。

表 4.2.1 実験2の分散分析結果  
(全要因の主効果、及び全ての交互作用の組み合わせを要因とする)  
セルの数字はF値 \*\*1%有意 \*5%有意

	自由度	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
被験者	13	13.47 **	27.35 **	15.39 **	14.41 **	7.25 **	10.74 **	15.47 **
on/off	1	13.36 **	50.65 **	56.97 **	83.46 **	11.45 **	14.99 **	45.58 **
稼動時間率	2	10.99 **	26.39 **	17.62 **	21.16 **	5.81 **	2.43	18.65 **
S/N	1	12.15 **	9.51 **	6.33 *	17.08 **	10.28 **	10.29 **	10.37 **
被験者×on/off	13	1.58	2.32 *	2.79 *	0.99	1.06	1.91	2.31 *
被験者×稼動時間率	26	1.56	2.42 *	2.20 *	3.47 **	2.02 *	3.00 **	2.34 *
被験者×S/N	13	2.02	3.97 **	3.32 **	4.47 **	0.98	1.48	2.23 *
on/off×稼動時間率	2	1.78	3.21	4.85 *	5.22 *	1.36	0.75	6.55 **
on/off×S/N	1	0.07	0.51	4.40 *	0.00	0.51	0.01	1.31
稼動時間率×S/N	2	0.35	0.39	0.43	1.57	0.67	0.97	0.98
被験者×on/off×稼動時間率	26	1.26	2.60 **	3.18 **	3.65 **	2.70 **	2.16 *	2.74 **
被験者×on/off×S/N	11	0.80	2.42 *	1.77	2.78 *	1.42	0.81	1.26
被験者×稼動時間率×S/N	26	1.89	1.58	2.93 **	3.22 **	2.22 *	1.69	2.12 *
on/off×稼動時間率×S/N	2	0.46	1.18	1.46	0.25	0.89	0.60	1.95
寄与率	26	0.939	0.971	0.960	0.966	0.932	0.941	0.961

いくつかの評価語で、被験者と音源の要因との交互作用が見られたが、本研究では、on/off回数、稼動時間率、S/Nの音源の要因に全て主効果が見られることを確認した上で、被験者の交互作用については除くこととする。以下で、被験者は主効果のみを要因とした分散分析を再度行った。

表 4.2.1 (2) 実験 2 分散分析結果  
(被験者と音源による要因の交互作用の組み合わせを除いた要因とする)

セルの数値は F 値 \*\* 1%有意 \* 5%有意

	自由度	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
on/off	1	9.30 **	23.31 **	23.67 **	29.70 **	6.52 *	8.29 **	22.58 **
稼動時間率	2	7.65 **	12.15 **	7.32 **	7.53 **	3.30 *	1.35	9.24 **
S/N	1	8.45 **	4.38 *	2.63 **	6.08 *	5.85 *	5.69 *	5.14 *
on/off × 稼動時間率	2	1.24 *	1.48	2.01 *	1.86 *	0.78	0.41	3.24 *
on/off × S/N	1	0.05	0.23	1.83 *	0.00	0.29	0.01	0.65
稼動時間率 × S/N	2	0.25	0.18	0.18	0.56	0.38	0.53	0.49
on/off × 稼動時間率 × S/N	2	0.32	0.54	0.61	0.09	0.51	0.33	0.97
被験者	13	9.37 **	12.59 **	6.40 **	5.13 **	4.12 **	5.94 **	7.66 **
寄与率	26	0.526	0.606	0.479	0.461	0.353	0.411	0.521

表 4.2.1(2)中の\*より、「閉塞感がある」の稼動時間率を除いて、on/off回数、稼動時間率、S/N、の全ての要因において主効果がみられた。また、4 評価語で時間変動性要因間に交互作用が見られ、「睡眠の邪魔になる」では、on/off と S/N の交互作用も見られた。実験 2 での各用語間の関係については、相関係数と、因子分析結果を表 4.2.1(3),(4)に示す。相関係数は、全体的に実験 1 よりも低い相関となったが、「睡眠の邪魔になる」と「気になる」では、ほとんど相関係数が変わらなかった。では以下で、統計的に有意差が確認された要因の水準間での効果の差、すなわち有意な要因は、具体的にどの水準でどういう傾向を示すのかを各評価語について検討する。

表 4.2.1 (3) 実験 2 の評価語の相関マトリクス

	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
うるさい							
落ち着く	-0.71						
睡眠の邪魔なる	0.79	-0.72					
気になる	0.75	-0.72	0.87				
圧迫感がある	0.69	-0.58	0.57	0.61			
閉塞感がある	0.55	-0.53	0.55	0.57	0.64		
不快である	0.79	-0.78	0.86	0.83	0.59	0.59	

表 4.2.1 (4) 実験 2 の評価語の因子分析結果

	第1因子	第2因子
睡眠の邪魔になる	0.89	0.29
不快である	0.88	0.34
気になる	0.85	0.35
落ち着く	-0.79	-0.34
うるさい	0.77	0.45
閉塞感	0.30	0.86
圧迫感	0.39	0.81
寄与率	53.6	29.2
累積寄与率	53.6	82.8

#### 4.2.2 時間変動性の各要因の影響

##### (1) 時間変動性要因の主効果、交互作用

##### ・ on/off (回数) の影響について

全評価語に on/off の主効果がみられ、下図 4.2.2 のように on/off 回数の違いによって効果の差がみられた。その差の詳細は、表 4.2.2 に示す。

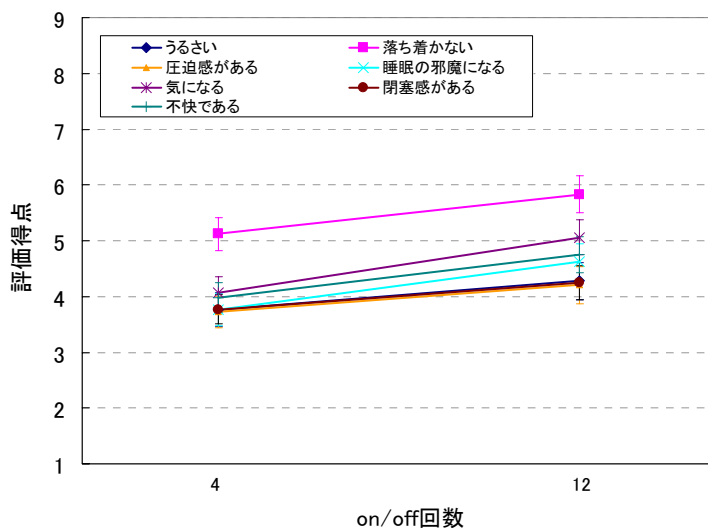


図 4.2.2 on/off の影響に対する各用語の評価値  
(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

表 4.2.2 on/off の影響に対する各用語の評価値と 2 水準の差

	on/off 4回	on/off 12回	on/off (12回-4回)
うるさい	3.76	4.27	0.51
落ち着かない	5.12	5.83	0.71
圧迫感がある	3.72	4.21	0.49
睡眠の邪魔になる	3.76	4.62	0.86
気になる	4.06	5.06	1.00
閉塞感がある	3.76	4.25	0.49
不快である	3.98	4.75	0.77

上記の 2 つの図表より on/off 回数が増えることによって、評価はより不快側の評価になることが確認された。また、評価語間の違いでは、「睡眠の邪魔になる」「気になる」といった活動関連尺度に、要因間の差が顕著に見られた。逆に、「うるさい」「圧迫感がある」「閉塞感がある」といった雰囲気関連尺度では、差が小さくなる傾向が見られた。よって、設備騒音の on/off 回数が増えることにより、雰囲気関連尺度、活動関連尺度にそれぞれ影響を及ぼした。また、特に活動関連尺度で睡眠妨害に及ぼす影響が大きくなる可能性がみられた。

この on/off 回数が増えると不快になるという結果を、何度突発性の高い音があったかという、ノイズイベント数に置き換えてみると、Griefahn<sup>[7]</sup>による、「睡眠妨害には夜間のイベント数が影響する」、という知見の指摘の傾向と一致したと言える。

・稼働時間率の影響について

「閉塞感がある」以外の全評価語に稼働時間率の主効果がみられ、下図 4.2.2(2)のように稼働時間率の違いによって効果の差がみられた。その差の詳細は、表 4.2.2(2)に示す。

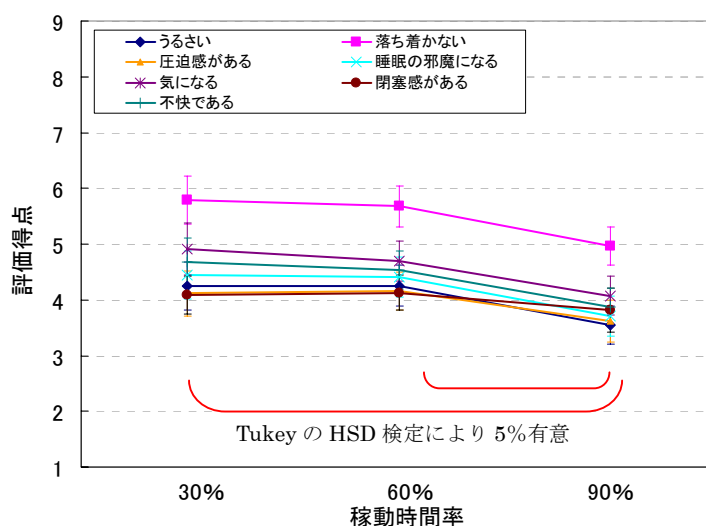


図 4.2.2(2) on/off 回数の影響に対する各用語の評価値  
(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

表 4.2.2(2) on/off 回数の影響に対する各用語の評価値と 2 水準の差

	稼働時間率 30%	稼働時間率 60%	稼働時間率 90%	稼働時間率 (60%-30%)	稼働時間率 (90%-30%)	稼働時間率 (90%-60%)
うるさい	4.25	4.25	3.55	0.00	0.70	0.70
落ち着かない	5.79	5.68	4.96	0.11	0.71	0.82
圧迫感がある	4.12	4.15	3.62	0.04	0.54	0.50
睡眠の邪魔になる	4.45	4.41	3.71	0.04	0.70	0.73
気になる	4.91	4.70	4.07	0.21	0.63	0.84
閉塞感がある	4.08	4.13	3.81	0.04	0.31	0.27
不快である	4.68	4.54	3.88	0.14	0.66	0.80

上記の 2 つの図表より稼働時間率と評価値の関係が明らかになった。また、水準間の検定結果は、図 4.2.2(2)のようになり、水準間に有意差が見られたのは、30%と 90%、60%と 90%となった。特に、連続である 60%と 90%の差は、「落ち着かない」「気になる」「不快である」といった活動関連尺度で不快感、差が大きく見られた。

これにより稼働時間率が長くなれば、単純に快側になるという結果にはならなかったが、極端に稼働時間率がある程度高い場合は、雰囲気関連尺度、活動関連尺度ともに、不快となることはわかった。特に 90%程度では、活動関連尺度がより睡眠妨害に繋がる可能性が見られた。(詳細な考察は、以下の on/off 回数との交互作用を踏まえて行う)

・ 時間変動性要因間の交互作用

図 4.2.2(3)に on/off 回数と稼動時間率との関係を示す。この 2 つの交互作用は、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」「気になる」「不快である」において 5%有意となった。

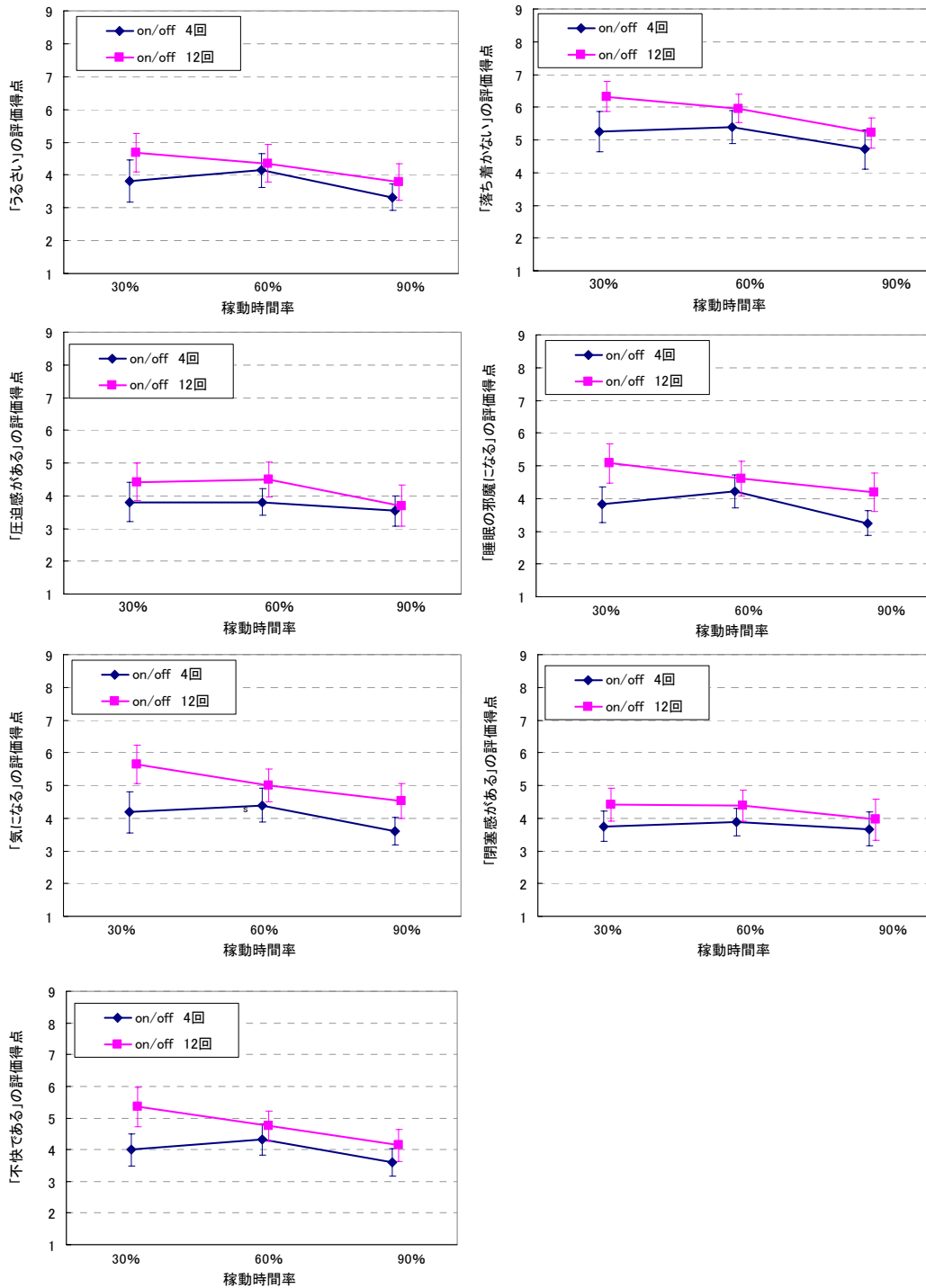


図 4.2.2 (3) on/off 回数と稼動時間率の関係  
(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

表 4.2.2 (3) on/off 回数と稼働時間率の関係の検定結果 (4 評価語)

(Tukey の HSD 検定 5%有意)

うるさい						睡眠の邪魔になる							
	4回・30%	4回・60%	4回・90%	12回・30%	12回・60%	12回・90%		4回・30%	4回・60%	4回・90%	12回・30%	12回・60%	12回・90%
4回・30%													
4回・60%													
4回・90%									*				
12回・30%	*		*					*		*			
12回・60%			*							*			
12回・90%				*						*	*		

気になる						不快である							
	4回・30%	4回・60%	4回・90%	12回・30%	12回・60%	12回・90%		4回・30%	4回・60%	4回・90%	12回・30%	12回・60%	12回・90%
4回・30%													
4回・60%													
4回・90%													
12回・30%	*	*	*					*	*	*			
12回・60%			*							*			
12回・90%			*	*							*		

活動関連尺度,うるささ感で、on/off が多い時には、稼働時間率が短くなるとより不快側の評価になる結果となったが、on/off が少ない時には、全評価語で、稼働時間率の長さによって、単純に快側の評価とはならなかった。また、圧迫感・閉塞感では、on/off が多い時は、稼働時間率が変わっても、評価への影響はほとんど見られなかった。

この交互作用については、稼働時間率は、一度に継続する稼働時間 (on/off 時間の長さ) が、影響する可能性がある。(音が鳴っていない時間が中途半端に長いなら、ずっとなっている方がよいが、ある程度静かな時間があるならば、少しの時間鳴ってもその方が睡眠の妨害をされない。という被験者の意見もあった。) これらを踏まえて推察すると、稼働時間率には、音が鳴っている長さ (on の時間) だけでなく、静寂時間 (off の時間) の長さが関係し、ある一定以上まとまって静かな時間が継続することで、純音性設備騒音に対する妨害感が緩和すると思われる。よって、稼働時間率は、on・off 回数も合わせて評価する必要性が考えられる。

### (1) のまとめ

各時間変動性の主効果及び、交互作用を確認した。雰囲気関連尺度,活動関連尺度共に、純音性設備騒音の on/off 回数、稼働時間率が、入眠時に睡眠に及ぼすことがわかり、設備騒音の on/off は、特に活動関連尺度に影響が大きくなる。また、稼働時間率で on/off との関係がみられ、一度に継続する稼働時間 (on/off 時間の長さ) が影響する可能性があり、静寂時間がある一定以上まとまって継続することによって、入眠時の影響が緩和される可能性が考えられる。よって、睡眠妨害への稼働時間率の影響を見る場合には、単独ではなく、on/off 回数と合わせて評価する必要性も考えられる。

## (2) S/N の主効果、交互作用

以下で S/N と時間変動性の各要因の関係を述べるため、ここでまず、S/N の要因の効果について説明する。S/N の主効果は全評価語にみられ、下図 4.2.2(4)のような効果の差がみられた。その差の詳細は、表 4.2.2(4)に示す。

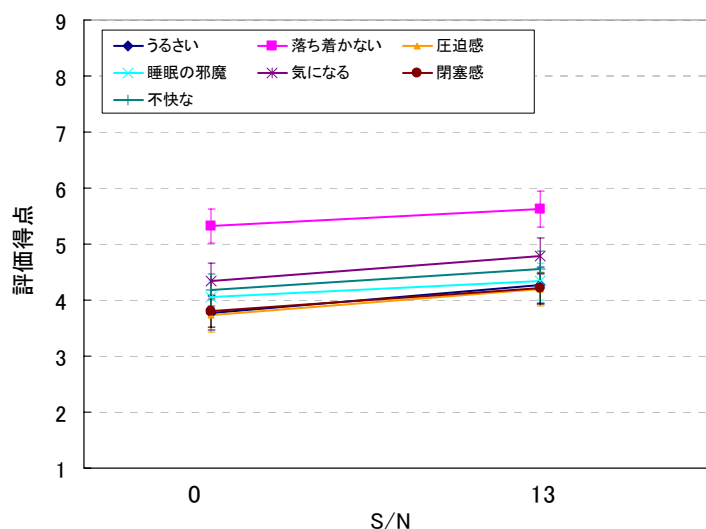


図 4.2.2(4) on/off 回数の影響に対する各用語の評価値  
(誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

表 4.2.2(4) on/off 回数の影響に対する各用語の評価値と 2 水準の差

	SN 0	SN 13	(SN 13)-(SN 0)
うるさい	3.77	4.26	0.49
落ち着かない	5.32	5.63	0.31
圧迫感がある	3.73	4.19	0.46
睡眠の邪魔になる	4.05	4.33	0.29
気になる	4.33	4.79	0.45
閉塞感がある	3.81	4.21	0.40
不快である	4.18	4.55	0.37

上記の 2 つの図表より、雰囲気関連尺度、活動関連尺度共に、 $L_{Aeq}$  一定においても、S/N の値が大きくなること、つまり純音性設備騒音と室内背景音とのレベル差が大きくなることによって、評価はより不快側の評価になることが確認された。これは、平松らが行った定常的な純音性設備騒音の主観評価による知見<sup>[3]</sup>の傾向と整合したことから、S/N は定常的な音でも、時間変動性のある音でも、影響があることがわかった。また、評価語間においては、「うるさい」「圧迫感がある」といった雰囲気関連尺度において、顕著な差が見られた。逆に、時間変動性の要因の評価では差の大きくなりやすかった「睡眠の邪魔になる」「不快である」といった妨害感、不快感では差が小さくなった。よって、純音性設備騒音と、室内背景音のレベル差は、特に雰囲気関連尺度において影響が大きくなる可能性が見られた。



交互作用については、図 4.2.2(5)に示すように、「睡眠の邪魔になる」でのみ、on/off 回数と S/N にみられた。

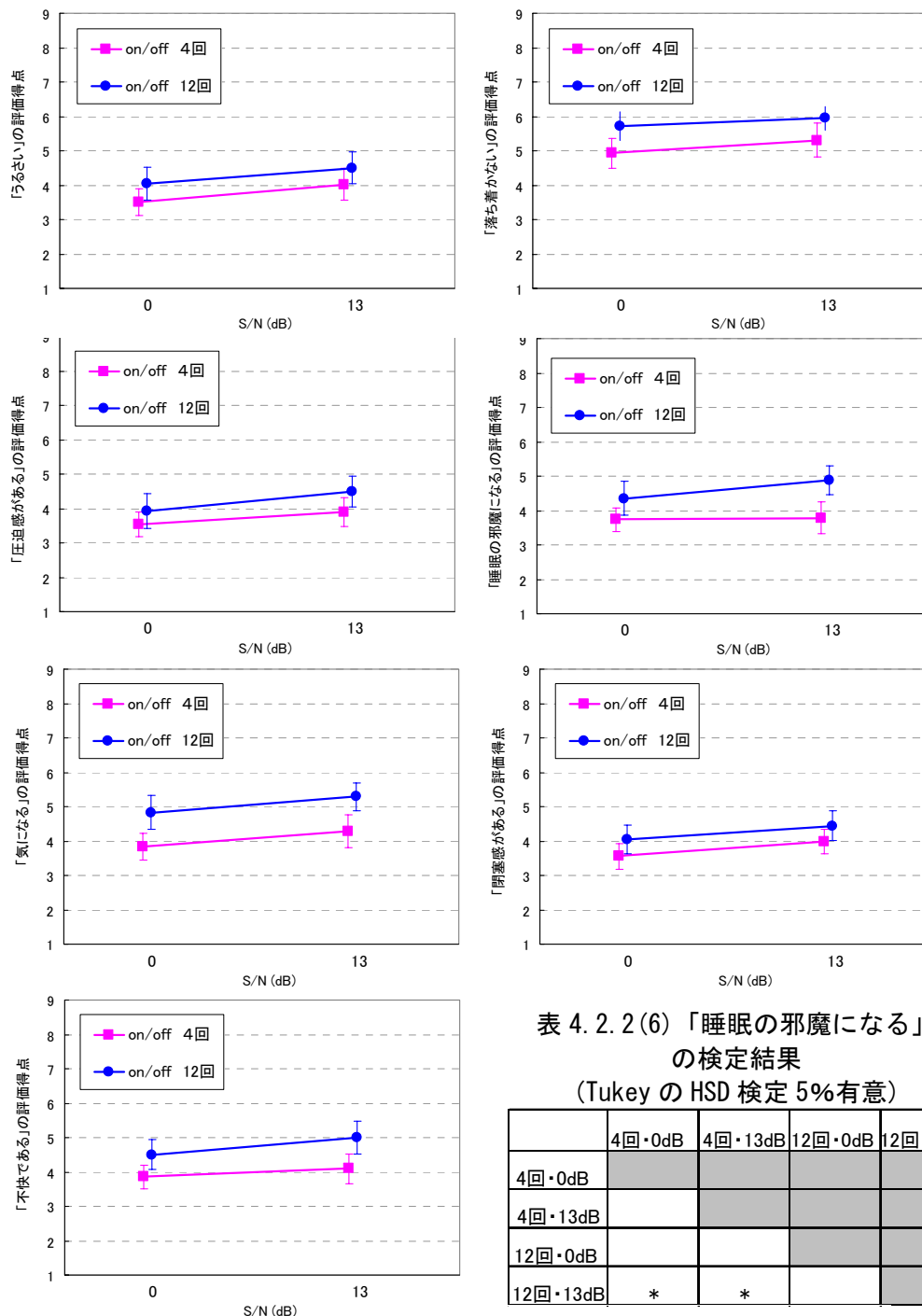


表 4.2.2(6) 「睡眠の邪魔になる」の検定結果 (Tukey の HSD 検定 5%有意)

	4回・0dB	4回・13dB	12回・0dB	12回・13dB
4回・0dB				
4回・13dB				
12回・0dB				
12回・13dB	*	*		

図 4.2.2(5) on/off 回数の影響に対する各用語の評価値 (誤差範囲は、平均の 95%信頼区間を示す)

前頁の図表より、S/N の主効果の効果が小さかった「睡眠の邪魔になる」「不快になる」においてのみ、S/N の差が大きい方が、on/off 回数の影響が大きくなるという結果が見られた。他の評価語には特に傾向はみられなかった。よって、純音性設備騒音と室内背景音とのレベル差が大きい時には、妨害感・不快感で、設備騒音の on/off の影響が大きくなると考えられる。

また、S/N の主効果で差が小さくなったことは、この交互作用が影響したと思われるため、不快感、妨害感で S/N の影響が小さくなるとは、必ずしも言えない。

## (2) のまとめ

以上、S/N の主効果及び、時間変動性との交互作用を確認した。雰囲気関連尺度、活動関連尺度共に、純音性設備騒音と室内背景音のレベル差が大きい方が、入眠時に睡眠に及ぼす影響が大きくなることを確認した。特に雰囲気尺度ではこの影響が顕著になると考えられる。また、時間変動性要因との交互作用では、稼働時間率では特に傾向はみられなかったが、on/off 回数については、レベル差が大きくなるにつれ、妨害感・不快感で on/off 回数の影響が大きくなることがわかった。

### 4.2.3 回帰分析結果

次に、S/N と、各時間変動性要因の影響度の大きさを明らかにするため回帰分析を行った。また、実験 1 と同様の手順で、時間率騒音レベルと時間率騒音レベルの組み合わせによる評価法も検討した。以下にその結果を示す。(実験 2 においても、各水準間を線形であるとして、回帰分析を行った。被験者のデータについても同様に、被験者の個人差の影響を統制するため、被験者平均したデータを用いた。)

#### ・回帰分析の各説明変数について

時間変動性の要因と S/N (モデル I)、LA05-LAeq (モデル II) を、それぞれ説明変数とした回帰分析を行った。

モデル I : X1=on/off X2=稼動時間率 X3=S/N

モデル II : X4=LA05-LAeq (実験 2 においても実験 1 と同様に、時間率騒音レベルの中で最も説明力が高くなったことを確認した上で LA05 を採用<sub>[付録]</sub>。)

この回帰式の説明変数の有効性については、F 検定を行い、F 値が 2 以上のものを説明変数として採用した。以下では、分散分析の結果、実験 1 を踏まえ、雰囲気関連尺度の中から「うるさい」、活動関連尺度の中から「睡眠の邪魔になる」に着目して分析を行った。

その結果を以下の表 4.2.3 に示す。全説明変数で有意性が確認された。(他の評価語でも同様<sub>[付録]</sub>となったが、「閉塞感がある」においてのみ、モデル II の説明変数が F 検定で有意とならなかった)

表 4.2.3 説明変数の F 検定結果

		項	F値 (t <sup>2</sup> )	検定 結果
モデル I	うるさい	切片	198.20	*
		on/off	9.94	*
		稼動時間率	12.27	*
	睡眠の邪魔になる	S/N	9.04	*
		切片	125.31	*
		on/off	17.95	*
モデル II	うるさい	稼動時間率	8.73	*
		S/N	2.02	*
	睡眠の邪魔になる	切片	310.44	*
LA05-LAeq		4.69	*	
		切片	198.38	*
		LA05-LAeq	2.23	*

表 4.2.3 (2)  
各モデルにおける全評価語の  
自由度調整済み決定係数

	モデル	自由度調整済み 決定係数 (R') <sup>2</sup>
うるさい	I	0.719
	II	0.251
落ち着かない	I	0.797
	II	0.197
圧迫感がある	I	0.657
	II	0.134
睡眠の邪魔になる	I	0.700
	II	0.100
気になる	I	0.850
	II	0.135
閉塞感がある	I	0.747
	II	0.038
不快である	I	0.700
	II	0.182

・各評価語の自由度調整済み決定係数の違いについて

各モデルの自由度調整済み決定係数については、全評価語の傾向を、表 4.2.3(2)に示す。この表から、等価騒音レベル一定下においても、雰囲気関連尺度、活動関連尺度において、モデル I で 0.7 程度の  $(R')^2$  値が見られた。一方、モデル II では、 $(R')^2$  値が極端に小さくなった。以上、全評価語での自由度調整済み決定係数の傾向を確認した。では以下で、うるささ感、妨害感の回帰式について、詳細に検討していく。

・各モデルの関係について

各モデルの説明変数が有効であることを確認した上で、得られた回帰式を、表 4.2.3(3)に示す。

表 4.2.3(3) 各モデルの回帰式

( X1:on/off X2:稼働時間率 X3:S/N X4:LA05-LAeq )

	モデル	回帰式	自由度調整済み決定係数 $(R')^2$
うるさい	I	$Y=0.064*X1-1.161*X2 +0.038*X3 +3.958$	0.719
	II	$Y=0.177*X4 +3.670$	0.251
睡眠の邪魔になる	I	$Y=0.107*X1-1.220*X2 +0.022*X3 +3.923$	0.700
	II	$Y=0.161*X4 +3.874$	0.100

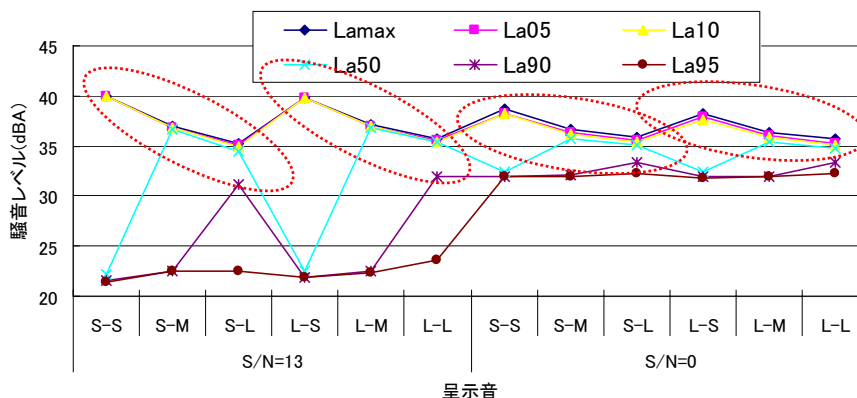


図 2.3.3(2-2) 実験 2 の純音性設備騒音のレベル等計量

モデル I (説明変数: on/off,稼働時間率,S/N) では、

「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、モデル I では、時間変動性と S/N の要因によって、ある程度の自由度調整済み決定係数が得られた。(要因間の関係については後述)

モデル II (説明変数: LA05-LAeq) では、

自由度調整済み決定係数が「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、低い値となったが、これは、図 2.3.3(2-2)からわかるように、時間率騒音レベルでは、主効果の見られた on/off 回数の違いを反映できないことが影響したことが影響したためであると思われる。よって、時間率騒音レベルで、純音性設備騒音の時間変動性をモデル化することは、必ずしも有効ではないと考えられる。

・説明変数間の関係について

表 4.2.3(3)のモデルⅠに着目する。「うるさい」では、on/off の変化の増分よりも、稼働時間率の変化（2水準分=0.6）の増分が大きくなることがわかる。一方、「睡眠の邪魔になる」では逆転した。よって、時間変動性の影響は、うるささ感と妨害感で異なる傾向を示すことがわかった。（他の評価語では、全て on/off の影響が稼働時間率に比べ大きくなった。）ただし、本分析では、説明変数を線形としたことが影響した可能性もあることから、on/off 回数の方がよりうるささ感・妨害感に及ぼす影響が大きくなる可能性がある。

また、表 4.2.3(4)の標準化偏回帰係数を比較し、その各要因の効果の割合を確認すると、「うるさい」の方が、「睡眠の邪魔になる」に比べて、S/N の効果が顕著に大きくなることがわかる。よって、うるささ感は、実験 1 においても等価騒音レベルの効果が大きかったことも含め、LAeq、S/N など、音量との関係について対応が良いことが分った。一方逆に、on/off 回数の効果は、「うるさい」と比べて「睡眠の邪魔になる」の方が大きくなっていることがわかる。妨害感の方がより on/off の睡眠妨害への影響が大きくなるこの傾向は、実験 1 の結果とも一致している。

表 4.2.3(4) モデルⅡの標準化回帰係数

	標準化偏回帰係数		
	on/off	稼働時間率	S/N
うるさい	0.50	-0.56	0.48
落ち着かない	0.64	-0.60	0.28
圧迫感がある	0.54	-0.45	0.51
睡眠の邪魔になる	0.70	-0.49	0.23
気になる	0.73	-0.50	0.33
閉塞感がある	0.66	-0.30	0.54
不快である	0.63	-0.55	0.30

### 4.3 まとめ

設備稼働により異なる純音性設備騒音の on/off・稼働時間率の影響について、S/N との関係で詳細に検討した結果、以下のことがわかった。

(分散分析の結果より)

#### S/N の値に関わらず

- ・ 雰囲気関連尺度,活動関連尺度共に、on/off 回数増加で、より不快側の評価となったが、特に、活動関連尺度で影響が大きくなった。
- ・ 雰囲気関連尺度,活動関連尺度共に、単純に稼働時間率が長くなれば、快側の評価とはならず、on/off 回数との交互作用が見られた。

→雰囲気関連尺度,活動関連尺度では設備騒音の on/off・稼働時間率の時間変動性が、睡眠妨害に繋がる可能性があり、on/off では特に、活動関連尺度の影響が大きくなる。また、稼働時間率は、静寂時間の長さの変化が影響するため、on/off 回数も合わせて評価する必要性が考えられる。

#### S/N の値との関わりにおいて

- ・ 雰囲気関連尺度,活動関連尺度共に、S/N が大きい方が、より評価が不快側になる傾向が見られた。特に雰囲気関連尺度で効果が大きくなった。
- ・ 「睡眠の邪魔になる」では、S/N の値が大きい時は、より on/off 回数の影響が大きくなる傾向が見られた。

→純音性設備騒音と室内背景音のレベル差が、雰囲気関連尺度,活動関連尺度に影響し、差が大きい時には、特に妨害感で、on/off 回数の影響が大きくなる。

(回帰分析の結果より)

- ・ 「うるさい」「睡眠の邪魔になる」ともに、時間率騒音レベルだけである程度の $(R)^2$  値が見られた。また、時間変動性の要因間の影響は、「うるさい」では、稼働時間率の影響が大きくなり、一方「睡眠の邪魔になる」では、on/off の影響が大きくなった。
- ・ 「うるさい」「睡眠の邪魔になる」ともに、 $(R)^2$  値が極端に低い値となり、時間率騒音レベルでは、on/off 回数の影響を反映できない可能性がみられた。

→時間変動性の影響は、雰囲気関連尺度,活動関連尺度共のうるささ感と妨害感で異なると考えられる。

→時間率騒音レベルで、純音性設備騒音の時間変動性をモデル化することは、必ずしも有効ではないと考えられる。

まとめると、入眠時における純音性設備騒音の on/off・稼働時間率によって、睡眠妨害に繋がる可能性が見られ、その影響度は、雰囲気関連尺度と活動関連尺度で異なる傾向が見

られた。また、稼働時間率は、静寂時間の長さの変化によってうるささ感・妨害感に及ぼす影響が異なることから、on/off回数も合わせて評価する必要性が見られた。また、室内背景音とのレベル差によっても時間変動性の影響が異なることが確認された。

以上、実際の居住環境においても、これらの時間変動性が睡眠妨害に関する影響することが予想されるが、時間率騒音レベルでは、on/off回数などの時間変動性の影響を表現できないことが示されたことから、時間率騒音レベルで純音性設備騒音の時間変動をモデル化することは必ずしも有効でないと言える。

## 第5章

---

### 総括

本研究で行ったことを各章ごと示し、特に実験 1、実験 2 で得られた知見を踏まえて、今後の課題を示す。



本研究では、純音性設備騒音について、設備使用状況により異なる

- ・ on/off
- ・ 稼働時間率
- ・ 周期的時間変動

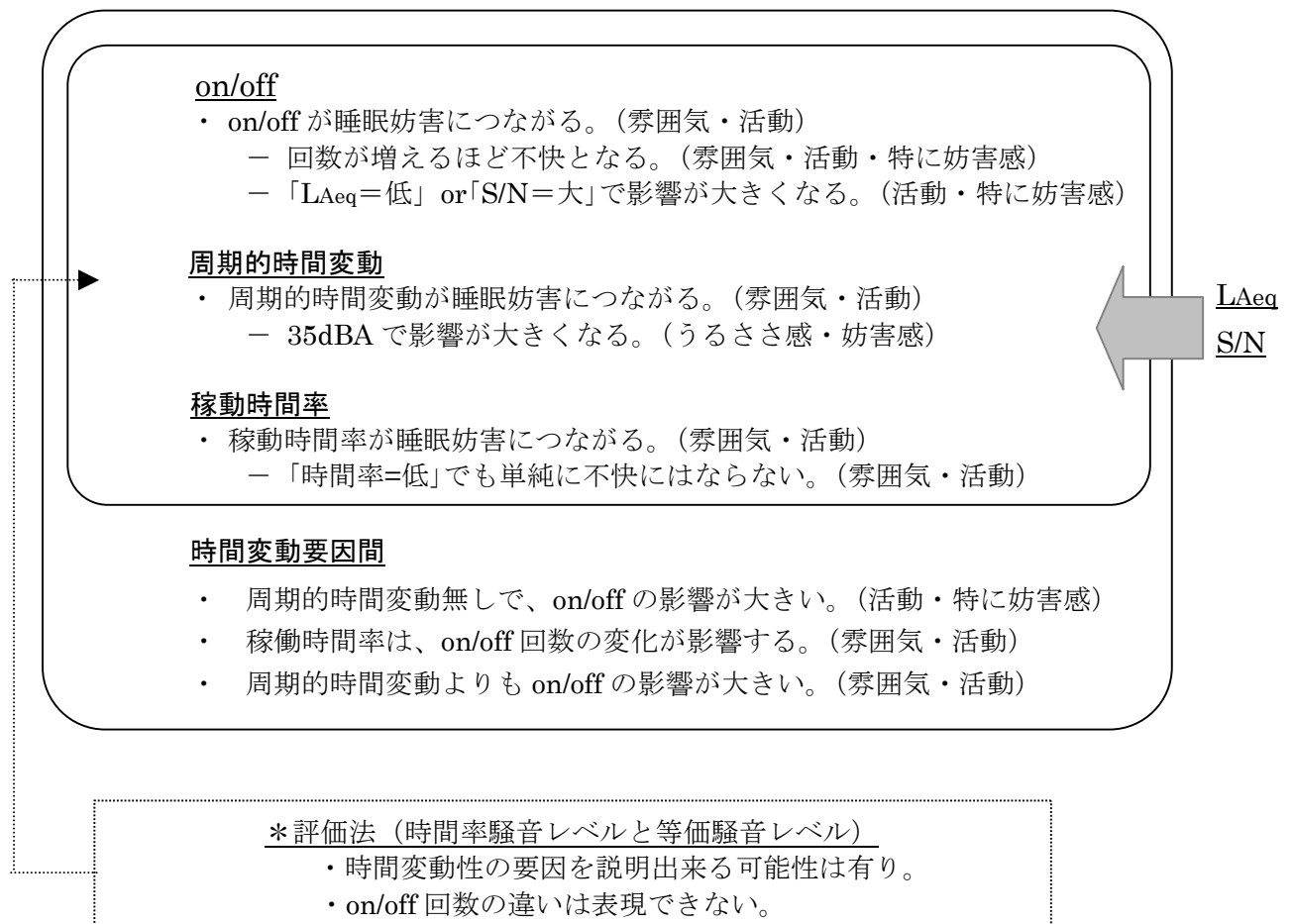
の 3 つの時間変動性要因が、入眠時の主観評価に及ぼす影響を中心に、室内騒音の適用等級値周辺の  $L_{Aeq}$ 、 $S/N$  との関係で検討した。

●第 1 章では、純音性設備騒音、及び室内居住環境における音環境の現状、社会背景、法的な枠組み、及び既往の知見を用いて、本研究の位置づけを示した。

●第 2 章では、本研究の目的を達成するための、2 種類の実験の構成を示し、入眠想定下での実験システム、作成提示音、評価方法について説明した。

●第 3 章・第 4 章では、on/off・周期的時間変動・稼働時間率が、 $L_{Aeq}$ ・ $S/N$  関係で、主観評価に与える影響を検討し、次の知見を得られた。

(雰囲気関連尺度：雰囲気 活動関連尺度：活動 睡眠の邪魔になる：妨害感 うるさい：うるささ感)



本実験では、以上のような関係が見られ、純音性設備騒音の時間変動性（on/off・周期的時間変動・稼動時間率）が入眠時に主観評価に及ぼす影響が確認された。実際の居住環境においても、純音性設備騒音の時間変動性による、睡眠（入眠）への影響が予想されるが、現在の騒音評価法、及び時間率騒音レベルでは、時間変動性の影響を表現できない要因があるため、今後の課題としてこれらの要因を踏まえた騒音評価法の検討が必要と思われる。

# 付録

---

修士論文最終審査会発表梗概

学会発表梗概（一部・予備実験結果）

予備実験の結果のまとめ

居住者の水利用の頻度データ

回帰分析結果データ（予測値と実測値のプロット図）

（各時間率騒音レベルのデータ）

分散分析結果データ（実験1の3次の交互作用の図表）



# 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

## Experimental Study on the Subjective Responses of a Fluctuating Pure Tone in a State of Sleep

学籍番号 36724  
氏名 高部 茂生 (Takabe, Shigeo)  
指導教官 佐久間 哲哉 助教授

### 1. 研究の背景・目的

近年、マンションや住宅の居室において、給水ポンプ音を代表とする純音性設備騒音が問題となっている。純音性設備騒音は、低レベルな音量においても睡眠妨害に繋がりがやすく[1]、騒音レベル評価だけではクレームが減らない現状から、騒音に対する居住者の心理印象を検討する必要があると考えられる。特に、純音性設備騒音では、設備の on/off による音源の突発性、設備稼働による on/off 時間の割合、モーター回転による唸りなど[2]、音源の変動性がクレームに繋がっているが、時間変動性と主観評価の関係については、未だ明らかにされていない。

よって本研究では、室内騒音の適用等級値周辺の等価騒音レベルを想定し、入眠時の純音性設備騒音の on/off 稼働時間率・周期的時間変動などの時間変動性の影響を、実験室実験を通して検討する。

### 2. 実験概要

**2.1 実験システム** 実験は、図 1 に示す居室を模擬した半無響室内で行った。スピーカーは、被験者に見えないように布で隠した。純音性設備騒音(125Hz 純音)、室内背景音(ピンクノイズ)を各々 2ch で呈示した。照明は間接照明とした(受聴点 16.4lx)。

**2.2 実験手続き** 被験者には、夜間の寝室において入眠時に設備音が聞こえてくる状況を想定するよう教示し、聞こえてくる音の印象を各呈示音終了後に評価させた。評価は、呈示音 1 音ごとに被験者を覚

醒状態に戻すため、隣のイスに移動して行った。

評価は、「うるさい」「落ち着く」「睡眠の邪魔になる」「気になる」「圧迫感がある」「閉塞感がある」「不快である」の 7 評価語について、単極尺度の評価尺度法(9 段階)で行った。

**2.3 呈示音の作成** 本実験では 3 つの時間変動性要因を設定し、作成した(表 1, 表 2)。

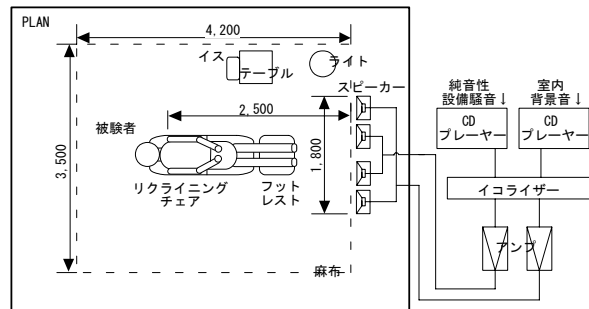


図 1 実験室概要

表 1 純音性設備騒音の時間変動性 (実験 1)

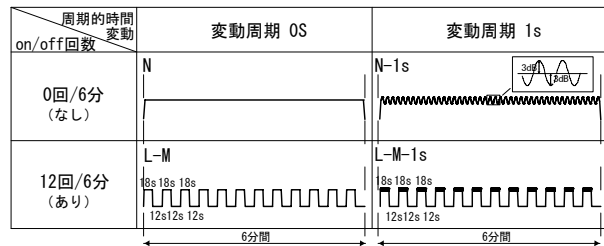
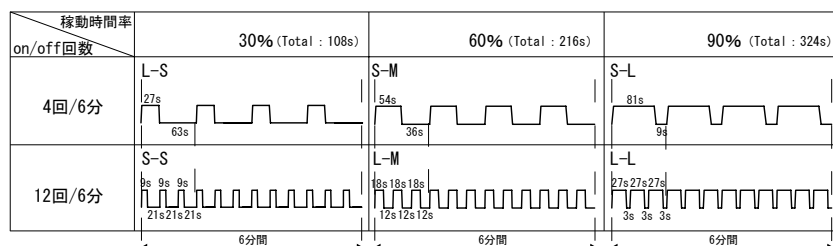


表 2 純音性設備騒音の時間変動性 (実験 2)



on/off：呈示時間内に純音性設備騒音に on/off があった回数

稼働時間率：呈示時間を 100%とした時の純音性設備騒音が鳴っている長さの割合

周期的時間変動：純音性設備騒音の周期的な唸り

on/offは、0回(無:N),4回(少:S),12回(多:L)。

稼働時間率は、30%(短:S)、60%(中:M)、90%(長:L)とし、マンション居住者の設備利用頻度データ<sup>[3]</sup>からモデル化した。周期的時間変動は、予備実験結果から最も不快に繋がった周期、1秒(1s)、0秒(無し)とした。呈示時間は、睡眠想定下での被験者の音源に対する慣れを考慮し、6分(90秒×4回)とした。また呈示音量は、純音性設備騒音と室内背景音がある状態で被験者頭部位置において LAeq を調整した。

2.4 実験構成 実験は、表 3 に示す統制要因で、以下の 2 種類を行った。実験 1 では、on/off (有無)・周期的時間変動が主観評価へ与える影響について LAeq を 3 水準設けて検討した。呈示音量は 25,35,45dBA、室内背景音は常に 22dBA とした。実験 2 では、on/off(回数:少,多)・稼働時間率が主観評価に与える影響を検討した。LAeq は 35dBA 1 水準とし、S/N を 0,13dB の 2 水準設け、それぞれ室内背景音を 32,22dBA とした。各実験の呈示音のレベル統計量は図 2 に示す。

### 3. 実験1:on/off, 周期的時間変動, LAeq が主観評価に与える影響

表 4 に、全要因の主効果、及び音源間の交互作用を要因とした 4 元配置分散分析を行った結果を示す。当然ながら LAeq の主効果は有意性が見られたことに加え、各時間変動性の要因においても全評価語で主効果が有意となった。また、時間変動性要因間の交互作用では、「落ち着く」でのみ有意となった。以下では、LAeq と対応のよい評価語である「うるさい」をうるささ感、「睡眠の邪魔になる」を妨害感、として考察する。

#### 3.1 各要因の主効果と交互作用

「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、on/off、周期的時間変動が有ることによって不快側の評価となったことから、時間変動性はうるささ感・妨害感両方に影響を与えると思われる(図 4・図 5)。図 6 に示すように、「睡眠の邪魔になる」では、周期的時間変動が無い場合に、

on/off の影響がより大きくなるという傾向が見られたことから(有意差は無いが、この傾向は有意差の見られた「落ち着く」と一致。)、設備騒音に周期的時間変動が無い状態では、on/off の影響が、特に妨害感に効いてくる可能性があると考えられる。

また、騒音レベルとの関係では、有意性は無いが、図 7 に示すように、「睡眠の邪魔になる」で音量が低くなるに連れ on/off の影響が大きくなる傾向が見られる。これは、道路交通騒音を対象として、連続音と間欠音の睡眠

表 3 各実験の統制要因

要因		水準	数
実験 1	時間変動性	on/off	0回/6分(N)、12回/6分(L)
		周期的時間変動	0秒、1秒(1s)
	音量	LAeq	25/35/45dBA
		被験者	男女16名(20~50代・集住経験有り)
実験 2	時間変動性	on/off	4回/6分(S)、12回/6分(L)
		稼働時間率	30%(S)、60%(M)、90%(L)
	音量	LAeq	35dBA
		S/N	0、+13dB
被験者	男女14名(20~50代・集住経験有り)	14	

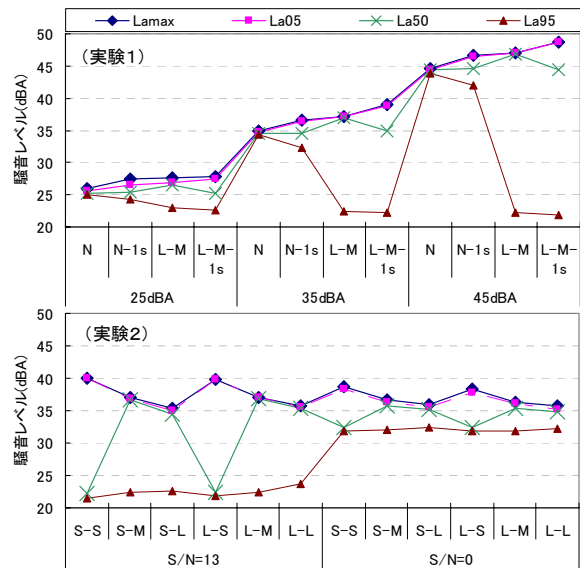


図 2 各実験の呈示音のレベル統計量

表 4 実験 1 の分散分析結果  
セル内数字は F 値 \*\*:1%有意 \* :5%有意

	自由度	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
on/off	1	30.2 **	22.8 **	34.6 **	18.8 **	22.4 **	13.9 **	30.3 **
周期的時間変動	1	13.4 **	14.0 **	17.2 **	16.9 **	19.0 **	11.2 **	10.4 **
LAeq	2	236.9 **	64.4 **	99.6 **	76.0 **	110.1 **	62.2 **	106.4 **
on/off × 周期的時間変動	1	0.2	6.7 *	2.6	3.5	2.6	0.5	2.8
on/off × LAeq	2	1.4	0.3	1.3	1.6	0.1	0.4	0.4
周期的時間変動 × LAeq	2	4.6 *	1.6	4.4 *	0.8	0.8	0.2	2.6
on/off × 周期的時間変動 × LAeq	2	3.7 *	0.5	0.5	1.0	1.1	8.4 **	1.6
被験者	15	15.0 **	5.4 **	9.2 **	7.9 **	9.0 **	16.1 **	10.7 **
寄与率	30	0.82	0.61	0.71	0.66	0.71	0.71	0.72

影響を脳波で見た知見[4]の傾向と一致した。騒音レベルが小さいほど、設備騒音の on/off が睡眠妨害に繋がる可能性が示唆されたと言える。

### 3.2 回帰分析結果

次に、各要因が説明変数として有効であることを確認した上で得られた回帰式を、表5に示す。自由度調整済み決定係数に着目すると、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」ともに、モデルIよりもモデルIIの方が高く、時間変動性の要因により、うるささ感・妨害感の説明力が上がるのがわかった。また、モデルIと比較して、モデルIIIの(R')<sup>2</sup>値が高いことから、on/off や周期的時間変動の影響は、時間率騒音レベルと等価騒音レベルの差で説明できる可能性が示唆された。また、モデルIIの回帰式より、うるささ感・妨害感には、周期的時間変動よりも on/off の影響が大きいと考えられる。

### 4. 実験2: on/off, 稼働時間率, S/N が主観評価に与える影響

表6に、全要因の主効果、及び音源間の交互作用を要因とした4元配置分散分析結果を示す。稼働時間率の「閉塞感がある」を除いて、全評価語で主効果が見られた。また、4評価語で時間変動性要因間に交互作用が見られ、「睡眠の邪魔になる」では、on/off と S/N の交互作用も見られた。

#### 4.1 各要因の主効果と交互作用

図8に示すように、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、on/off が多い方がより不快側の評価となったが、特に「睡眠の邪魔になる」で2水準間の差が顕著なことから、設備騒音の on/off 回数は、特に妨害感に大きく影響すると思われる。また、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、稼働時間率が30%, 60%でより不快側の評価となったが(図9)、on/off が少ない時には、稼働時間率が低

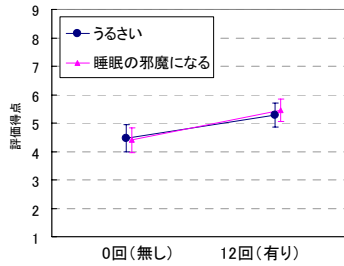


図4 on/offの評価得点

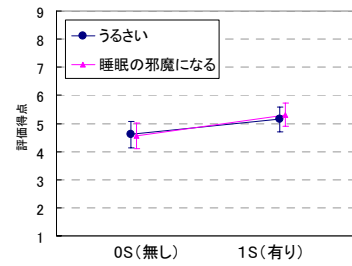


図5 周期的時間変動の評価得点

(图中誤差範囲は、平均の95%信頼区間を示す。)

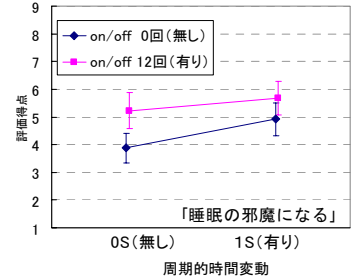
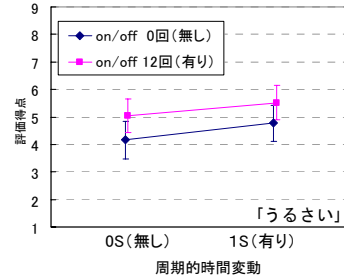


図6 on/offと周期的時間変動の関係

(图中誤差範囲は、平均の95%信頼区間を示す。)

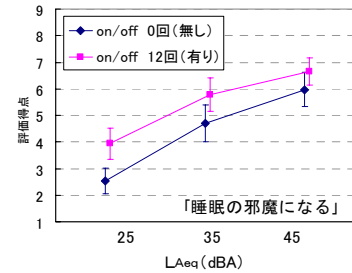
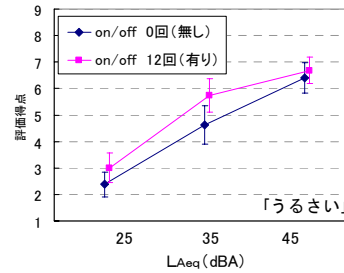


図7 on/offとLAeqの関係

(图中誤差範囲は、平均の95%信頼区間を示す。)

表5 実験1の各要因を説明変数とした回帰式

( X1:LAeq X2:on/off X3:周期的時間変動 X4:LA05-LAeq )

	モデル	回帰式	自由度調整済み決定係数 (R') <sup>2</sup>
うるさい	I	Y=0.195*X1-1.961	0.852
	II	Y=0.195*X1+0.068*X2 +0.542*X3 -2.683	0.927
	III	Y=0.194*X1+0.384*X4 -2.559	0.934
睡眠の邪魔になる	I	Y=0.154*X1-0.460	0.700
	II	Y=0.154*X1+0.089*X2 +0.750*X3 -1.366	0.892
	III	Y=0.152*X1+0.485*X4 -1.216	0.871

「各要因のF値は2以上である」

表6 実験2の分散分析結果

セル内数字はF値 \*\*:1%有意 \*:5%有意

	自由度	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
on/off	1	9.3 **	23.3 **	23.7 **	29.7 **	6.5 *	8.3 **	22.6 **
稼働時間率	2	7.6 **	12.1 **	7.3 **	7.5 **	3.3 *	1.3	9.2 **
S/N	1	8.5 **	4.4 *	2.6 **	6.1 *	5.9 **	5.7 *	5.1 *
on/off × 稼働時間率	2	1.2 *	1.5	2.0 *	1.9 *	0.8	0.4	3.2 *
on/off × S/N	1	0.0	0.2	1.8 *	0.0	0.3	0.0	0.6
稼働時間率 × S/N	2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4	0.5	0.5
on/off × 稼働時間率 × S/N	2	0.3	0.5	0.6	0.1	0.5	0.3	1.0
被験者	13	9.4 **	12.6 **	6.4 **	5.1 **	4.1 **	5.9 **	7.7 **
寄与率	26	0.53	0.61	0.48	0.46	0.35	0.41	0.52

くても、単純に不快とはならなかった(図10)。つまり、うるささ感・妨害感は、稼働時間率だけではなく、1回毎の off 時間の長さ(on/off回数)も影響する可能性がある。

S/Nとの関係では、図11に示すように、「うるさい」「睡眠の邪魔になる」共に、S/Nが大きい方がより不快側の評価となり、定常的な純音性設備騒音の主観評価による知見<sup>[5]</sup>の結果と整合した。また、「睡眠の邪魔になる」では、S/Nが大きい方がon/offの影響が大きくなったことから、純音性設備騒音と室内背景音のレベル差が、うるささ感・妨害感に影響し、差が大きい時には、特に妨害感でon/offの影響が大きくなると思われる。

#### 4.2 回帰分析結果

次に、各要因が説明変数として有効であることを確認した上で得られた回帰式を、表7に示す。モデルIより、「うるさい」では、on/off回数の変化の増分よりも稼動時間率の増分の方が大きい、「睡眠の邪魔になる」では、逆転していることがわかる。よって、時間変動性の影響はうるささ感と妨害感で異なると言える。一方、モデルIIでは、自由度調整済み決定係数が低い値となったが、時間率騒音レベルでは、on/off回数の違いを反映できないことが影響したためと思われる(図2参照)。時間率騒音レベルで純音性設備騒音の時間変動性をモデル化することは、必ずしも有効でないと言える。

#### 5. まとめ

入眠時における純音性設備騒音の時間変動性のうるささ感・妨害感に及ぼす影響を検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- 純音性設備騒音の on/off, 周期的時間変動は、入眠時のうるささ感・妨害感に繋がり、on/off回数は増えるほど不快となる。
- 稼動時間率は、静寂時間の長さによって、うるささ感・妨害感への影響が異なることから、on/off回数も合わせて評価する必要性が考えられる。
- 等価騒音レベル, S/N は、うるささ感への影響がより大きくなるのに対して、時間変動性要因は、妨害感への影響の方が大きくなる。

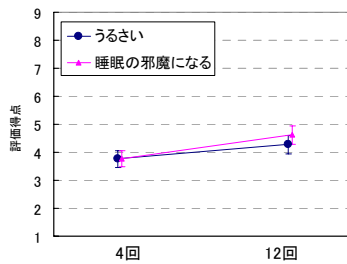


図8 on/offの評価得点

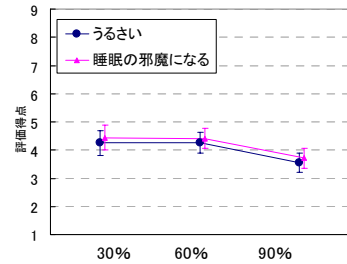


図9 稼動時間率の評価得点

(图中誤差範囲は、平均の95%信頼区間を示す。)

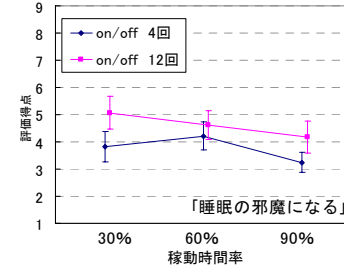
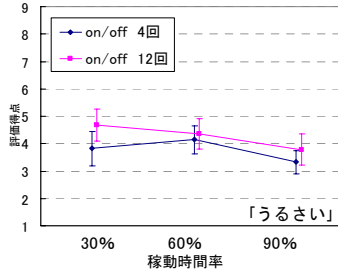


図10 on/offと稼動時間率の関係

(图中誤差範囲は、平均の95%信頼区間を示す。)

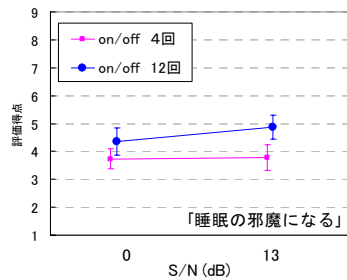
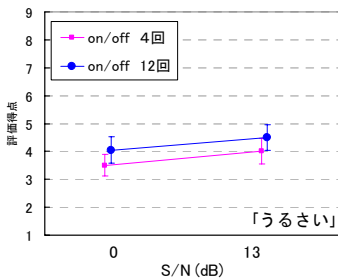


図11 on/offとS/Nの関係

(图中誤差範囲は、平均の95%信頼区間を示す。)

表7 実験2の各モデルの回帰式

( X1:on/off X2:稼動時間率 X3:S/N X4:LA05-LAeq )

	モデル	回帰式	自由度調整済み決定係数 (R <sup>2</sup> )
うるさい	I	$Y=0.064*X1-1.161*X2+0.038*X3+3.958$	0.719
	II	$Y=0.177*X4+3.670$	0.251
睡眠の邪魔になる	I	$Y=0.107*X1-1.220*X2+0.022*X3+3.923$	0.700
	II	$Y=0.161*X4+3.874$	0.100

「各要因のF値は2以上である」

- 妨害感においては、等価騒音レベルが低い、またはS/Nが大きいときに、on/offの影響が大きくなる。

従って、入眠時における純音性設備騒音の時間変動性は、実際の居住環境においても睡眠妨害に繋がることが予想される。現在の評価法、及び等価騒音レベルと時間率騒音レベルでは、表現できない時間変動性要因があることから、このような要因の影響を踏まえた騒音評価方法の検討が今後の課題と言える。

参考文献:[1] 平松,騒音技術, No105,1999,3,p19-23 [2]騒音制御工学会編,建築設備の騒音対策,技報堂出版 [3]鎌田ら,環境系論文集 No.566,2003,4,p73-80[4]J.L.Eberhart,J.Sound and Vibration, 116 (3), p.445-464[5]平松,ASJ 講演論文集,2003,9,p721-722



室内暗騒音の聴感印象に関する実験的検討  
 - 圧迫感・閉塞感・開放感に着目して -

正会員 ○高部 茂生\*  
 同 古賀 誉章\*\*  
 同 佐久間 哲哉\*\*\*

室内 主観評価 音環境  
 暗騒音 圧迫感

1. 研究の背景・目的

近年、居室において低レベル騒音に対するクレームが問題となっている。低レベル騒音の場合は、騒音レベルを下げれば必ずしも快適さが得られるわけではなく、快適さは音源そのものの印象や、音からの空間的印象に左右されると考えられる。つまり、室内空間の快適性を考え、有効な改善策を施すために低騒音レベル状態での評価構造を明らかにすることが重要であると考えられる。

本研究では、低レベル騒音下における空間的印象を、「圧迫感」「閉塞感」「開放感」に着目し、空間的印象と快適性との関係について検討する。さらに、従来の騒音評価との関係を知るために「うるささ感」との比較を行う。また、音量を固定し、周波数特性、時間変動性などの音源の物理的特性や音源の意味性といったものが「圧迫感」「うるささ感」「閉塞感」「開放感」にどう影響するかについても考察する。

2. 実験概要

2.1 実験システム

Fig.1 のような実験構成を組んだ半無響室において、被験者による聴感印象実験を行った。スピーカーは、居室を模擬して被験者に見えないようにした上で、被験者正面に2チャンネル×2で配置した。また、無響室の非日常的な印象を和らげるため、周囲を布で覆った。

2.2 呈示音作成について

表1にあるように室内暗騒音をモデル化した10個の音源(No.1-10)と3個の屋外実音(No.11-13)の計13種類とした。また、呈示音は次の2つのグループに分けて作成した。

- 音量のみを変化させたグループ(呈示音No.1-3)
- 音量35dB Aに固定したグループ(呈示音No.4-13)

- ・周波数特性の変化(No.4-7)
- ・時間変動性の変化(No.8-10)
- ・屋外実音(No.11-13)

2.3 実験手続き

被験者には、室内(待合室を想定)においてくつろいでいる状況を想定するように教示し、ソファに座ってもらい、スピーカーから流れる音を聴きながら、評価用紙への記入を行ってもらった。タイムテーブルはTable.2に示す。呈示音は基本音と付加音(純音)を各々2チャンネルでランダムに再生した。被験者の入室する前に、ピンクノイズ35dB Aを流しておき、このときの状態を基準状態とした。基準状態、順応時間では被験者には絵画集や写真集を与え、着座状態で自由にくつろいでもらった。被験者は12名(うち男性7名、女性5名)である。評価はME法とSD法を用い主観評価に対する影響を検討した。

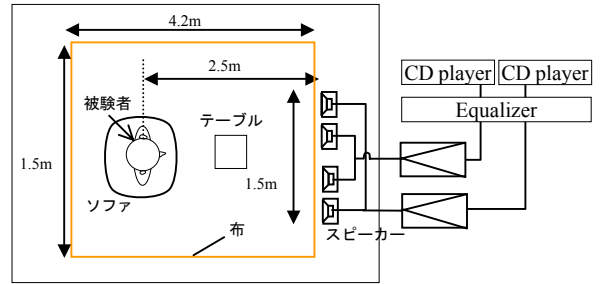


Fig.1 Experimental system

Table.1 Types of Indicated Sound

	呈示音NO.	基本音	純音	純音の時間変動*	呈示音量
モデル音	1				25dB A
	2	ピンクノイズ			35dB A
	3				45dB A
	4	(-6dB/oct) 雑音			35dB A
	5		125Hz		
	6	ピンクノイズ	1kHz		
	7		8kHz		
	8			周期 1s 変動幅 6dB	35dB A
	9	ピンクノイズ	125Hz	周期 3s 変動幅 6dB	
	10			周期 5s 変動幅 6dB	
実音	11	噴水(単純吹き上げ)			35dB A
	12	虫の音(スズメシ)			
	13	道路(国道1号線)交通騒音**			

\* 125Hzの純音に時間変動をつけたものである。  
 \*\* 遮音等級TS-20相当の透過性フィルタをかけたものである。

実験開始	
2分間	基準状態
3分間	音呈示 順応時間(2分間) 評価時間(1分間)
2分間	基準状態
3分間	音呈示 順応時間(2分間) 評価時間(1分間)

Fig.2 Time table

Table.2 Adjective pairs to the SD scale

音の印象評価	
小さい	⇔ 大きい
こもった	⇔ 抜けのいい
軽い	⇔ 重い
自然な	⇔ 人工的な
響きの無い	⇔ 響きのある
低い	⇔ 高い
気にならない	⇔ 気になる
濁った	⇔ 澄んだ
安定感のある	⇔ 不安定
音から感じる空間印象	
暗い	⇔ 明るい
落ち着いた	⇔ 落ち着かない
居心地のよい	⇔ 居心地の悪い
違和感のない	⇔ 違和感のある
好きな	⇔ 嫌いな
快い	⇔ 不快な

ME法: 基準状態での大きさを100としたときの、「圧迫感の大きさ」「うるささ感の大きさ」「閉塞感の大きさ」「開放感の大きさ」を正の数で評価した。評価結果については、次式で変換したものを評価得点として用いる。

$$\text{評価得点} = 10 \log_{10} (\text{評価値} / 100)$$

SD法: 音の印象・音から感じる空間的印象について表2に示す形容詞対を用いて7段階尺度で評価を行った。

### 3. 実験結果・考察

#### 3.1 音量の影響

以下は、音量の異なる No. 1-No. 3 の 3 音を分析した。

3.1.1 音量変化の影響：ME 法評価語と、快適性の代表的な尺度の SD 法形容詞対「快い-不快な」の音量変化による評価得点を fig.3 に示す。「圧迫感」「うるささ感」については、分散分析の結果、音量の主効果が見られ、ともに音量の上昇に伴い、全ての被験者の評価得点が単調増加した。「閉塞感」「開放感」については、音量の主効果は見られなかったが、25dBA よりも 35dBA の方が、「閉塞感」は大きく、「開放感」は小さくなっている被験者が多くいることがわかる。また、25dBA では個人差が大きく見られ、「閉塞感」「開放感」において 35dBA で極値を持つ被験者が多く見られた。(被験者：閉塞感 5/12 人 開放感 3/12 人)

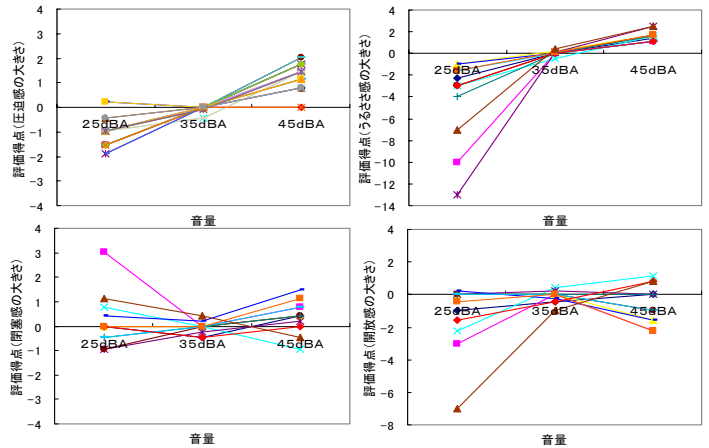


Fig.3 Evaluation of Changing Volume (all 12 testees)

Table.3 Correlation matrix (No.1-No.3)

	圧迫感の大きさ	うるささ感の大きさ	閉塞感の大きさ	開放感の大きさ	快い-不快な
圧迫感の大きさ	1.00				
うるささ感の大きさ	0.76	1.00			
閉塞感の大きさ	0.06	0.38	1.00		
開放感の大きさ	0.17	-0.13	-0.65	1.00	
快い-不快な	-0.48	-0.42	-0.17	0.02	1.00

Table.5 Correlation matrix (No2 No.4-No.13)

	圧迫感の大きさ	うるささ感の大きさ	閉塞感の大きさ	開放感の大きさ	快い-不快な
圧迫感の大きさ	1.00				
うるささ感の大きさ	0.88	1.00			
閉塞感の大きさ	-0.62	-0.63	1.00		
開放感の大きさ	0.84	0.79	-0.64	1.00	
快い-不快な	-0.55	-0.57	0.45	-0.51	1.00

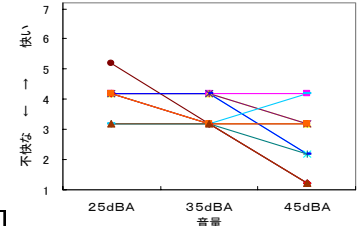


Table.4 Result of Factor analysis (Varimax rotation) (No2 No.4-No.13)

	第1因子	第2因子	第3因子
居心地のよい-居心地の悪い	0.93	-0.21	-0.02
快い-不快な	0.88	-0.31	-0.12
好きな-嫌いな	0.88	-0.30	-0.12
落ち着いた-落ち着かない	0.87	-0.11	0.10
気にならない-気になる	0.84	-0.15	0.12
違和感の無い-違和感のある	0.84	-0.22	0.05
自然な-人工的な	0.77	-0.37	-0.24
小さい-大きい	0.55	0.00	0.46
軽い-重い	0.23	-0.86	0.16
低い-高い	0.04	0.86	-0.24
濁った-澄んだ	-0.37	0.81	-0.14
暗い-明るい	-0.29	0.79	-0.15
響きの無い-響きのある	0.28	0.66	0.35
こもった-抜けのいい	-0.28	0.66	0.35
安定感のある-不安定な	-0.08	-0.29	0.80
固有値	5.89	4.49	1.22
累積寄与率	39.27	69.22	77.32

Table.3 より「快さ」と「圧迫感」「うるささ感」に、「開放感」「閉塞感」よりも高い相関が見られた。「快さ」と「閉塞感」「開放感」との相関は低くなったが、これは個人差が大きい事が影響したと考えられる。だが、「開放感」と「閉塞感」には高い負の相関が見られたので、各個人の中で両評価語は対の関係にあるものと認識されていると推測する。

#### 3.2 音質・時間変動性・意味性の影響

以下は、35dBA の No. 2・No. 4-No. 13 の 10 音を分析した。

3.2.1 因子分析結果：音量一定における各 SD 法評価語間の関係性を見た (table. 4)。第 1 因子は空間的印象を表す形容詞対が、第 2 因子は音色に関する形容詞対が抽出された。第 3 因子には、音の安定性を表す形容詞対が単独で抽出された。Table. 5 より、音量固定時は、音量変化時と比べて ME 法評価語同士に高い相関が見られ、「快さ」との相関についても、音量変化時よりも高い相関が見られた。

3.2.2 周波数特性・周期的時間変動の影響：Fig. 4 より、ME 法各評価語とも純音成分や時間変動を持つ音が、基準状態の 35dBA のピンクノイズよりも全て不快側の評価値となった。純音成分の影響としては「圧迫感」「閉塞感」「うるささ感」で有意差がみられ、No. 4 の低音成分の卓越した音では、「うるささ感」以外で有意差が見られた。時間変動には有意差は見られなかった。

3.2.3 意味性の影響：Fig. 5 より、実音の評価がモデル音と比べて快適側の評価値となった。モデル音の「圧迫感」があまり変わらなくても、「快さ」の評価に変化が見られた。対して、実音は「圧迫感」が下がると「快さ」が上がった。「開放感」「うるささ感」「閉塞感」では、モデル音の「快さ」が上がると、「開放感」も上がる傾向を示した。

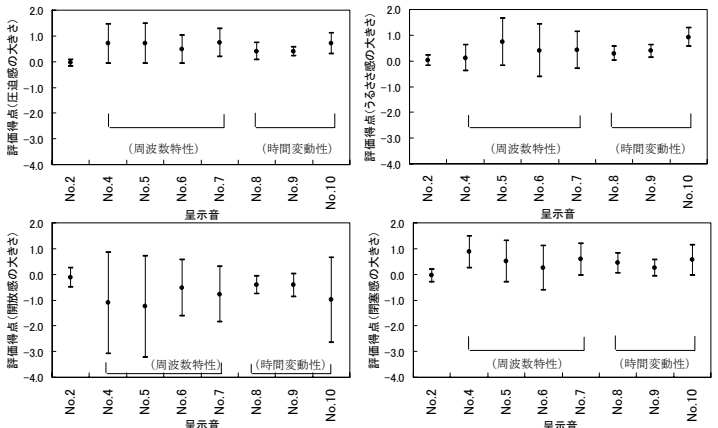
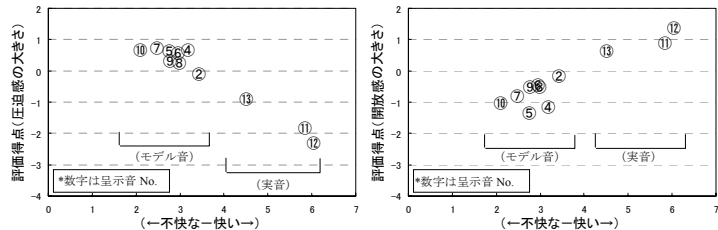


Fig. 4 Influence of Sound Type (an average and standard deviation)

#### 4. まとめ

音量変化時では、「圧迫感」「うるささ感」が音量に対して単調増加する傾向となり、「閉塞感」「開放感」では、「快さ」との高い相関はなかったものの、35dBA に極値が見られる場合があった。音量固定時では、空間印象が大きく変化し、4 つの ME 法評価語と「快さ」との関係性が見られた。今後の課題としては、特に低レベル騒音時の被験者の個人差に着目して実験を行い、本研究では考慮しなかった音源の位置や、室内の響きによる影響についても合わせて考えていく必要があると思われる。

【謝辞】今回の研究にご協力いただいた平成 15 年度東京大学建築学科卒業生の中村寛氏に感謝いたします。



\*東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 修士課程

\*\*東京大学大学院新領域創成科学研究科 客員共同研究員・博(工)

\*\*\*東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 助教授・博(工)

\*Inst. of Environ. Studies, Grad. Sch. of Frontier Sciences, The Univ. of Tokyo

\*\*Assoc. Researcher, Grad. Sch. of Frontier Sciences, The Univ. of Tokyo Dr. Eng

\*\*\* Assoc. Prof., Inst. of Environ. Studies, Grad. Sch. of Frontier Sciences, The Univ. of Tokyo, Dr. Eng

参考：(予備実験結果の課題) (建築学会発表梗概から抜粋)

本実験を行うにあたり、2004年9月に大会で発表した「室内暗騒音の聴感印象に関する実験的検討」から、一部、純音性設備騒音に関する結果を抜粋して考察する。(これを予備実験と位置づける。)

表 a . 予備実験の呈示音 (抜粋)

- ① どのような周波数特性の純音が評価に影響するのか
- ② 周期的変動 (唸り) の周期の違いが、どのように影響するのか

基本音	純音	純音の時間変動	呈示音量
ピンクノイズ	125Hz	/	35dBA
	1KHz		
	4KHz		
ピンクノイズ	125KHz	周期1 s 変動幅6dB	35dBA
		周期3 s 変動幅6dB	
		周期5 s 変動幅6dB	
ピンクノイズ	/	25dBA	
		45dBA	

上記2つについて、表 a. の9音のモデルを用いて結果を検討した。ここでは、評価語は網羅的に把握するため全19評価語を用いており、被験者の状態は、居住者の最も一般的な状態として、くつろいだ状態で行った。

結果：

1. 純音の周波数特性では、低周波 (125Hz) の純音の不快感が高い
2. 3水準の周期の周期的時間変動においては、周期1Sと5Sの不快感が高い
3. 時間変動性や、周波数特性が影響することから、単純に音量を下げても、評価は上がらない可能性がある

課題は、以下のようなものが上がった

- ・他の音量での影響を確認する必要がある。
- ・変動周期5Sは、現実のクレームに繋がる状態と大きく異なるため、検討しない。
- ・被験者状態を「くつろいだ状態」としたが、睡眠前では、与える影響が異なってくると予測される。
- ・同じような傾向の見られた評価語は減らし、被験者の負担を減らす。



マンションにおける・生活者水利用データ  
- 各用途の稼動持続時間データ -

目次

1. [洗面・全（冬）](#)
2. [浴室・全（冬）](#)
3. [台所・全（冬）](#)
4. [便所・全（冬）](#)
5. [洗面・全（夏）](#)
6. [浴室・全（夏）](#)
7. [台所・全（夏）](#)
8. [便所・全（夏）](#)
9. [浴室データの付録](#)

\* 上記の1. ～8. は、継続時間 0 秒～400 秒のデータを平均したデータである。浴室を除いた洗面・台所・便所においては、全データの 95%以内に 0 秒～400 秒のデータが存在し、また**グラフが右に裾が長いことから、上側 5%をデータの外れ値とみなし、400 秒以上を省いても良いと判断し最大値 400 秒とした。**浴室においては、0 秒～400 秒の分析と、最大継続時間であった 0 秒～1500 秒の分析を行い、0 秒～1500 秒の分析については、付録として、9. に載せておく。

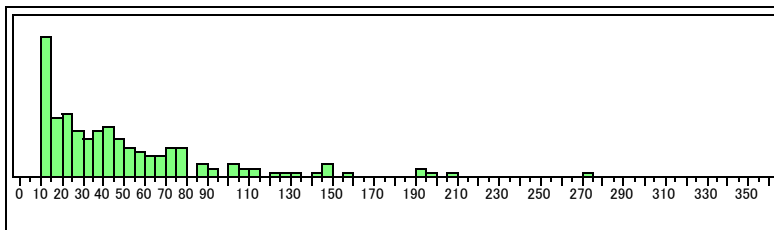
\* データについては、鎌田・前らによって行われた住民の水利用データ [b] を用い分析を行った。

\* 上記は、「使用場所・湯使用と水使用の合計・(季節)」のようなフォーマットとなっている。

1. 洗面・全（冬）

一変量の分布

継続秒[s]

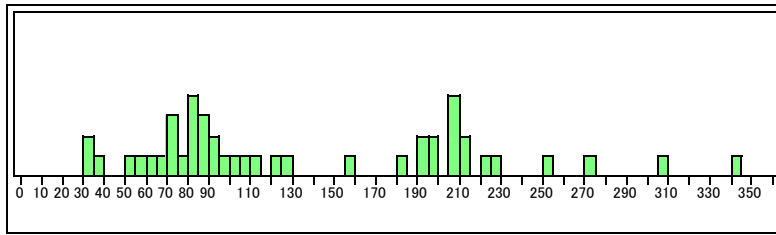


100.0%	最大値	270.00
99.5%		270.00
97.5%		192.57
90.0%		104.30
75.0%	4分位点	64.75
50.0%	中央値(メディアン)	37.50
25.0%	4分位点	18.00
10.0%		12.00
2.5%		10.00
0.5%		10.00
0.0%	最小値	10.00

## 2. 浴室・全（冬）

### 一変量の分布

継続秒[s]

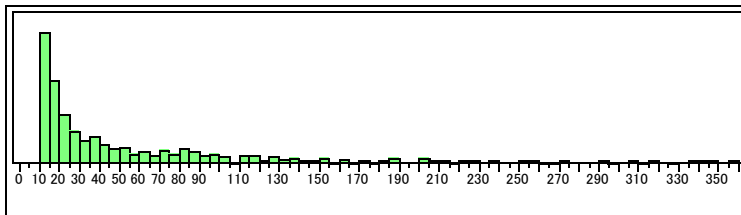


100.0%	最大値	384.00
99.5%		384.00
97.5%		381.90
90.0%		281.40
75.0%	4分位点	205.50
50.0%	中央値(メディアン)	107.50
25.0%	4分位点	79.50
10.0%		54.80
2.5%		33.00
0.5%		33.00
0.0%	最小値	33.00

## 3. 台所・全（冬）

### 一変量の分布

継続秒[s]

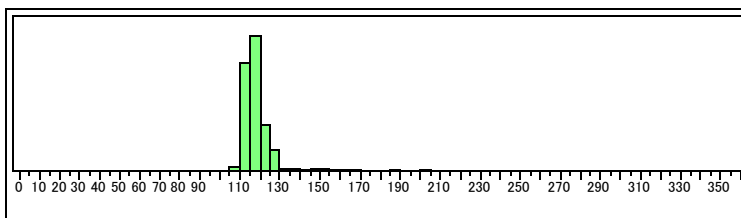


100.0%	最大値	399.00
99.5%		386.67
97.5%		332.25
90.0%		161.50
75.0%	4分位点	80.00
50.0%	中央値(メディアン)	30.00
25.0%	4分位点	15.00
10.0%		12.00
2.5%		10.00
0.5%		10.00
0.0%	最小値	10.00

## 4. 便所・全（冬）

### 一変量の分布

継続秒[s]

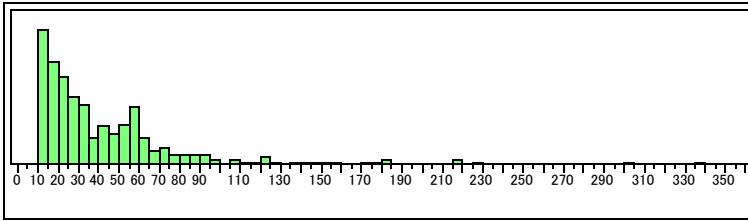


100.0%	最大値	203.00
99.5%		202.57
97.5%		158.00
90.0%		126.00
75.0%	4分位点	120.00
50.0%	中央値(メディアン)	116.00
25.0%	4分位点	113.00
10.0%		112.00
2.5%		110.00
0.5%		108.00
0.0%	最小値	108.00

5. 洗面・全（夏）

一変量の分布

継続秒[s]

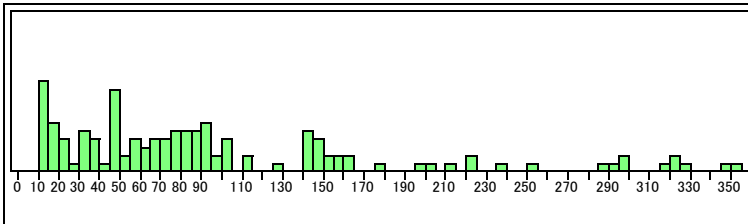


100.0%	最大値	337.00
99.5%		314.05
97.5%		173.13
90.0%		83.50
75.0%	4分位点	56.00
50.0%	中央値(メディアン)	30.00
25.0%	4分位点	17.00
10.0%		12.00
2.5%		10.00
0.5%		10.00
0.0%	最小値	10.00

6. 浴室・全（夏）

一変量の分布

継続秒[s]

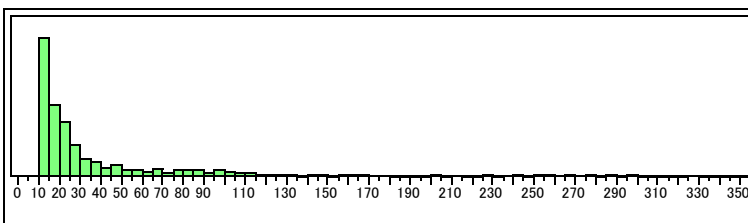


100.0%	最大値	399.00
99.5%		399.00
97.5%		381.55
90.0%		299.70
75.0%	4分位点	147.75
50.0%	中央値(メディアン)	79.00
25.0%	4分位点	44.25
10.0%		17.00
2.5%		11.00
0.5%		10.00
0.0%	最小値	10.00

7. 台所・全（夏）

一変量の分布

継続秒[s]

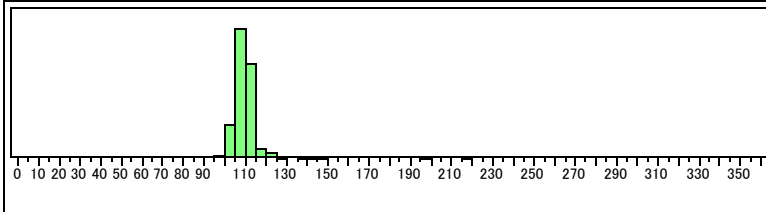


100.0%	最大値	399.00
99.5%		376.73
97.5%		303.30
90.0%		140.00
75.0%	4分位点	55.00
50.0%	中央値(メディアン)	21.00
25.0%	4分位点	14.00
10.0%		11.00
2.5%		10.00
0.5%		10.00
0.0%	最小値	10.00

8. 便所・全（夏）

一変量の分布

継続秒[s]

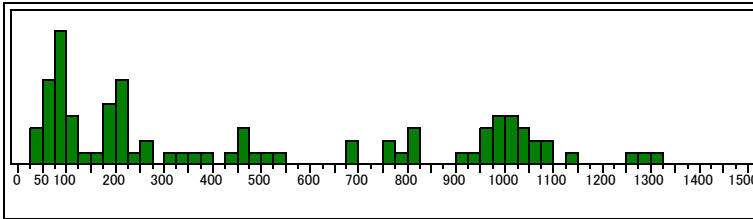


100.0%	最大値	216.00
99.5%		207.28
97.5%		123.85
90.0%		113.00
75.0%	4分位点	111.00
50.0%	中央値(メディアン)	109.00
25.0%	4分位点	107.00
10.0%		103.30
2.5%		100.00
0.5%		98.41
0.0%	最小値	98.00

\* 浴室・全（冬）（max.1500s まで含んで分析）

一変量の分布

継続秒[s]

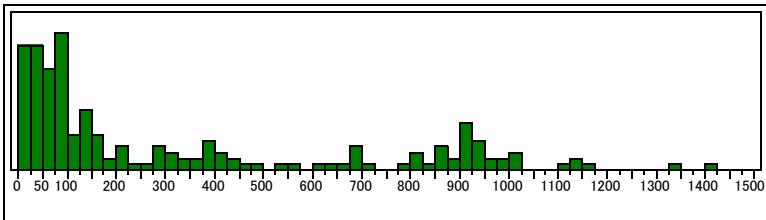


100.0%	最大値	1307.0
99.5%		1307.0
97.5%		1285.9
90.0%		1052.8
75.0%	4分位点	961.5
50.0%	中央値(メディアン)	308.0
25.0%	4分位点	99.5
10.0%		70.0
2.5%		33.6
0.5%		33.0
0.0%	最小値	33.0

\* 浴室・全（夏）（max.1500sまで含んで分析）

一変量の分布

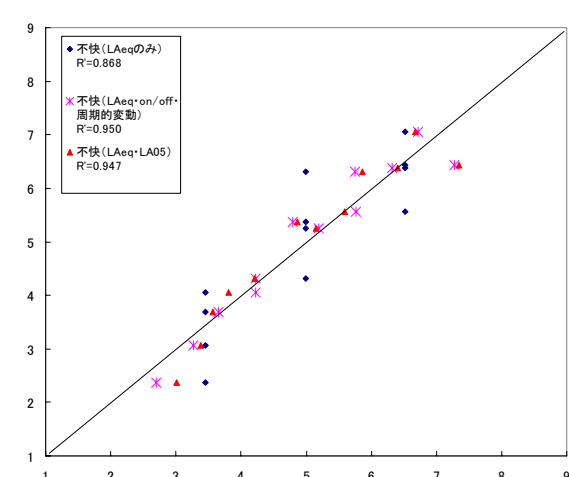
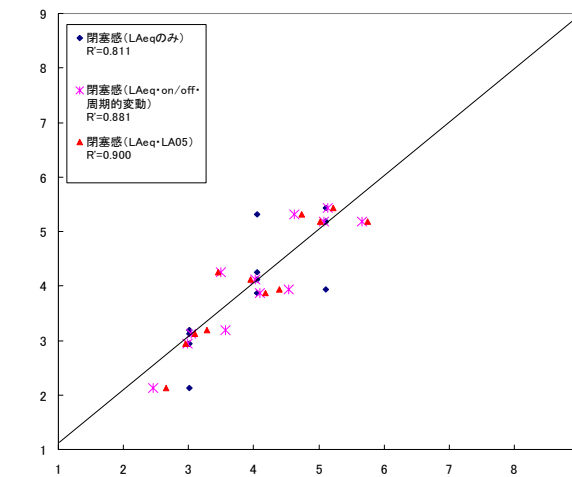
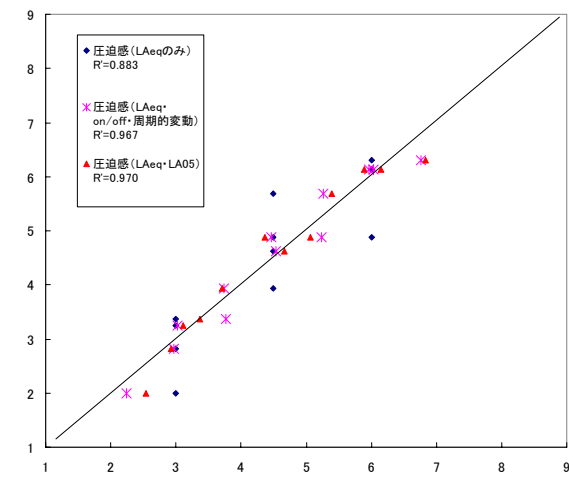
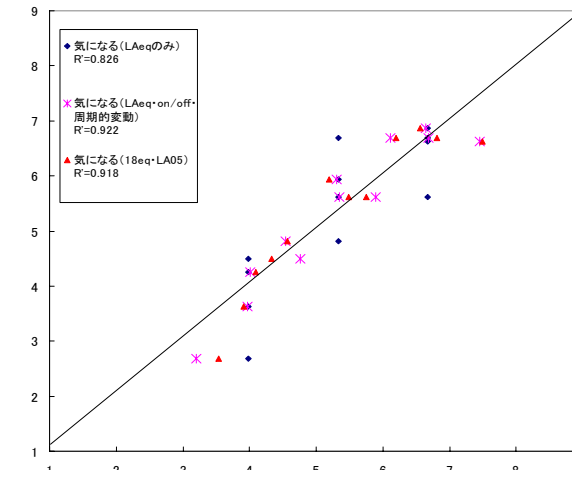
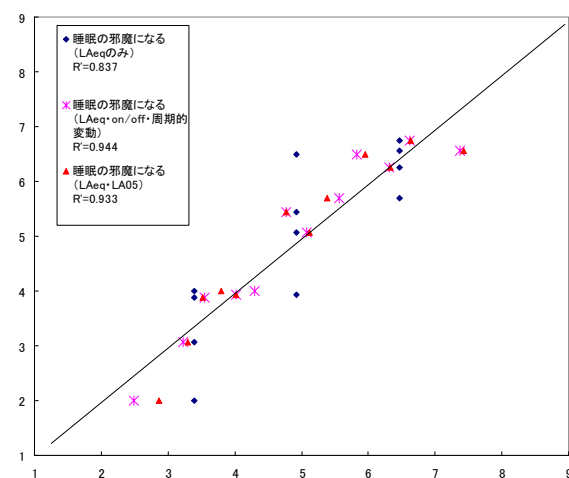
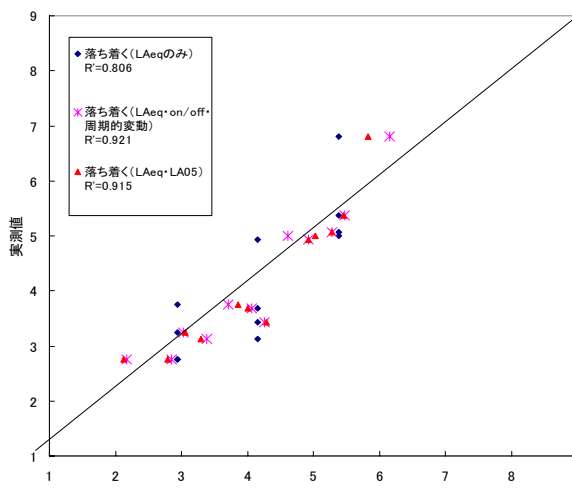
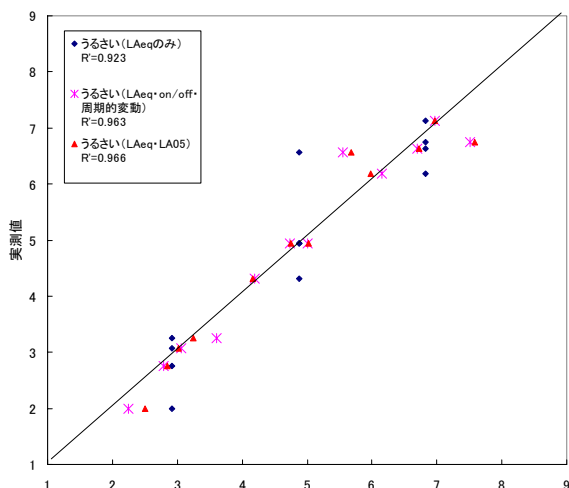
継続秒[s]



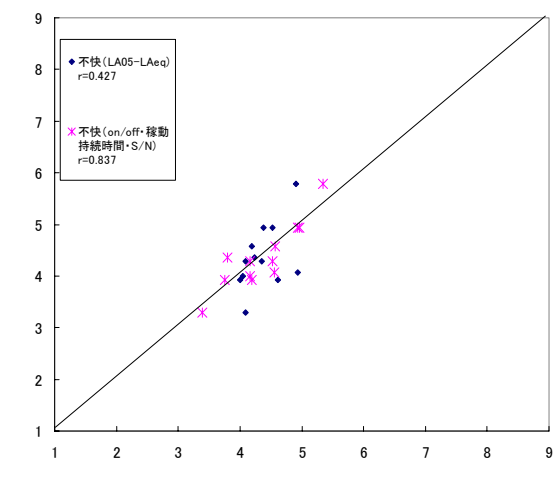
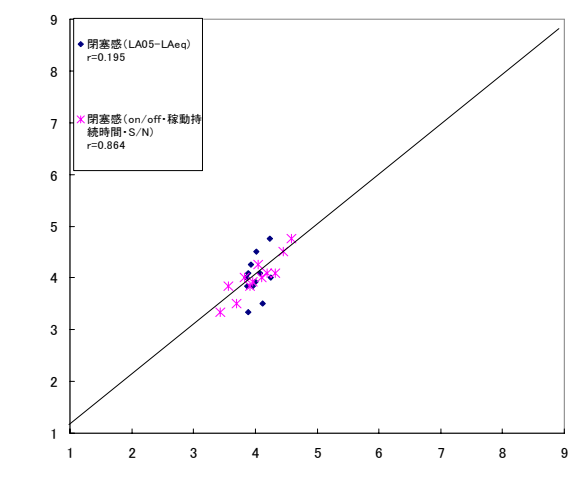
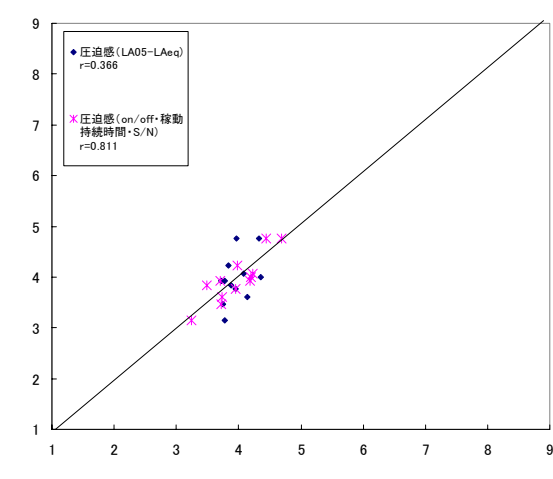
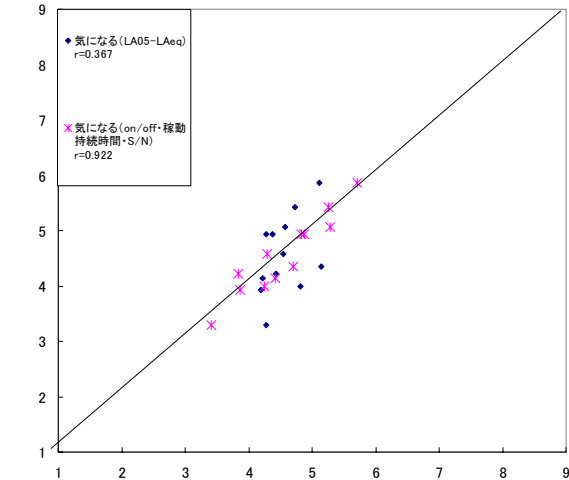
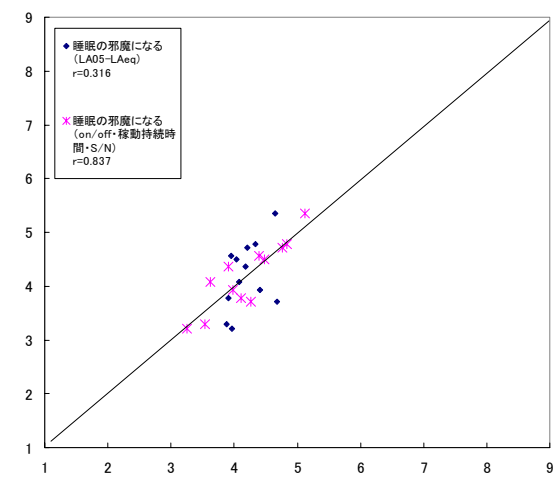
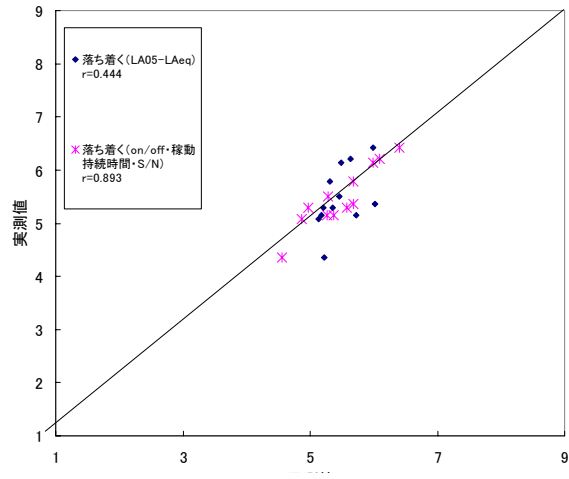
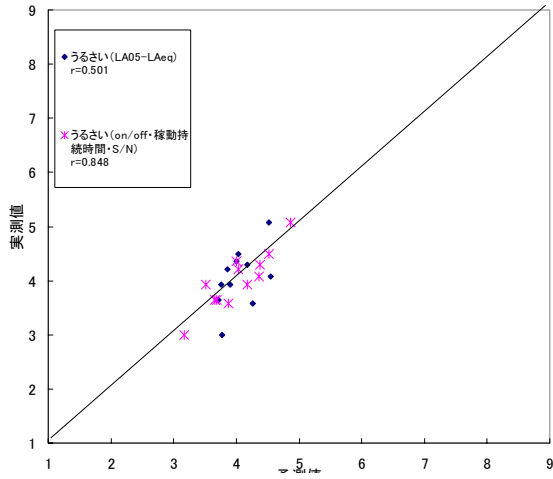
100.0%	最大値	1412.0
99.5%		1412.0
97.5%		1131.8
90.0%		922.3
75.0%	4分位点	576.8
50.0%	中央値(メディアン)	142.5
25.0%	4分位点	57.3
10.0%		20.0
2.5%		11.6
0.5%		10.0
0.0%	最小値	10.0



\*回帰分析:予測値と実測値のプロット図



各図は、実験1の各評価語の予測値と実測値の関係を示した図である。  
 (X軸予測値・Y軸実測値)



各図は、実験 2 の各評価語の予測値と実測値の関係を示した図である。  
(X 軸予測値・Y 軸実測値)

\* 回帰分析に関する資料

実験 1 の回帰式 (全評価語)

X1=LAeq X2=on/off X3=周期的時間変動 X4:LA05-LAeq

		済み決定係数 (R') <sup>2</sup>	相関係数 (R)	回帰式
うるさい	I	0.852	0.923	Y=0.195*X1-1.961
	II	0.927	0.963	Y=0.195*X1+0.068*X2 +0.542*X3 -2.683
	III	0.934	0.966	Y=0.194*X1+0.384*X2 -2.559
落ち着かない	I	0.650	0.806	Y=0.122*X1+1.573
	II	0.848	0.921	Y=0.122*X1+0.072*X2 +0.677*X3 +0.802
	III	0.837	0.915	Y=0.125*X1+0.397*X2 +0.802
睡眠の邪魔になる	I	0.700	0.837	Y=0.154*X1-0.460
	II	0.892	0.944	Y=0.154*X1+0.089*X2 +0.750*X3 -1.366
	III	0.871	0.933	Y=0.152*X1+0.485*X2 -1.216
気になる	I	0.682	0.826	Y=0.134*X1+0.625
	II	0.851	0.922	Y=0.134*X1+0.067*X2 +0.760*X3 -0.156
	III	0.843	0.918	Y=0.133*X1+0.411*X2 -0.016
圧迫感がある	I	0.780	0.883	Y=0.150*X1-0.750
	II	0.936	0.967	Y=0.150*X1+0.066*X2 +0.729*X3 -1.510
	III	0.941	0.970	Y=0.149*X1+0.421*X2 -1.407
閉塞感がある	I	0.657	0.811	Y=0.105*X1+0.393
	II	0.777	0.881	Y=0.105*X1+0.049*X2 +0.531*X3 -0.169
	III	0.810	0.900	Y=0.104*X1+0.322*X2 -0.109
不快である	I	0.753	0.868	Y=0.150*X1-0.370
	II	0.902	0.950	Y=0.153*X1+0.080*X2 +0.563*X3 -1.130
	III	0.896	0.947	Y=0.152*X1+0.418*X2 -1.022

実験 2 の回帰式 (全評価語)

X1=on/off X2=稼働持続時間 X3=S/N X4:LA05-LAeq

		済み決定係数 (R') <sup>2</sup>	相関係数 (R)	回帰式
うるさい	I	0.719	0.848	Y=0.064*X1-1.161*X2 +0.038*X3 +3.958
	II	0.251	0.501	Y=0.177*X1 +3.670
落ち着かない	I	0.797	0.893	Y=0.089*X1-1.369*X2 +0.024*X3 +5.429
	II	0.197	0.444	Y=0.178*X1 +5.126
睡眠の邪魔になる	I	0.700	0.837	Y=0.107*X1-1.220*X2 +0.022*X3 +3.923
	II	0.100	0.316	Y=0.161*X1 +3.874
気になる	I	0.850	0.922	Y=0.125*X1-1.399*X2 +0.035*X3 +4.173
	II	0.135	0.367	Y=0.195*X1 +4.176
圧迫感がある	I	0.657	0.811	Y=0.061*X1-0.833*X2 +0.036*X3 +3.744
	II	0.134	0.366	Y=0.129*X1 +3.708
閉塞感がある	I	0.747	0.864	Y=0.061*X1-0.451*X2 +0.031*X3 +3.590
	II	0.038	0.195	Y=0.081*X1 +3.848
不快である	I	0.700	0.837	Y=0.097*X1-1.339*X2 +0.028*X3 +4.208
	II	0.182	0.427	Y=0.190*X1 +3.989

実験 1 のモデルⅢの説明変数の、F 検定結果および、自由度調整済み決定数（全評価語）

	項	偏回帰係数	t値	F値 (t <sup>2</sup> )	検定 結果	自由度調整済み決 定係数 (R') <sup>2</sup>
うるさい	切片	-2.56	-4.23	17.89	*	0.934
	LAeq	0.19	11.98	143.41	*	
	LA05-LAeq	0.38	3.67	13.47	*	
落ち着かない	切片	0.80	1.14	1.30		0.837
	LAeq	0.13	6.58	43.29	*	
	LA05-LAeq	0.40	3.37	11.38	*	
圧迫感がある	切片	-1.41	-3.06	9.35	*	0.941
	LAeq	0.15	12.06	145.43	*	
	LA05-LAeq	0.42	5.30	28.12	*	
睡眠の邪魔になる	切片	-1.22	-1.72	2.96	*	0.871
	LAeq	0.15	8.05	64.74	*	
	LA05-LAeq	0.49	3.97	15.80	*	
気になる	切片	-0.02	-0.02	0.00		0.843
	LAeq	0.13	6.99	48.92	*	
	LA05-LAeq	0.41	3.35	11.22	*	
閉塞感がある	切片	-0.11	-0.18	0.03		0.810
	LAeq	0.10	6.27	39.26	*	
	LA05-LAeq	0.32	3.02	9.12	*	
不快である	切片	-1.02	-1.62	2.63	*	0.896
	LAeq	0.15	9.00	81.05	*	
	LA05-LAeq	0.42	3.85	14.78	*	

実験 2 のモデルⅡの説明変数の、F 検定結果および、自由度調整済み決定数（全評価語）

	項	偏回帰係数	t値	F値 (t <sup>2</sup> )	検定 結果	自由度調整済み決 定係数 (R') <sup>2</sup>
うるさい	切片	3.67	17.62	310.44	*	0.251
	LA05-LAeq	0.18	2.17	4.69	*	
落ちつかない	切片	5.13	21.72	471.76	*	0.197
	LA05-LAeq	0.18	1.93	3.71	*	
圧迫感がある	切片	3.71	18.57	344.92	*	0.134
	LA05-LAeq	0.13	1.65	2.71	*	
睡眠の邪魔になる	切片	3.87	14.08	198.38	*	0.100
	LA05-LAeq	0.16	1.49	2.23	*	
気になる	切片	4.18	13.84	191.43	*	0.135
	LA05-LAeq	0.20	1.65	2.72	*	
閉塞感がある	切片	3.85	22.39	501.34	*	0.038
	LA05-LAeq	0.08	1.20	1.44		
不快である	切片	3.99	15.26	232.84	*	0.182
	LA05-LAeq	0.19	1.86	3.45	*	

実験 1 の、モデルⅢの各時間率騒音レベルと等価騒音レベルを説明変数とした場合の  
自由度調整済み決定係数の値

	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
Laeq	0.853	0.650	0.700	0.683	0.779	0.657	0.754
Laeq, Lam05-Laeq	0.934	0.837	0.879	0.843	0.941	0.811	0.896
Laeq, Lamax-Laeq	0.924	0.821	0.874	0.833	0.924	0.783	0.892
Laeq, Lam50-Laeq	0.841	0.638	0.681	0.654	0.761	0.623	0.753

実験 2 の、モデルⅢの各時間率騒音レベルと等価騒音レベルを説明変数とした場合の  
自由度調整済み決定係数の値

	うるさい	落ち着く	睡眠の邪魔になる	気になる	圧迫感がある	閉塞感がある	不快である
La05-Laeq	0.251	0.198	0.100	0.135	0.135	0.039	0.182
Lamax-Laeq	0.219	0.188	0.092	0.123	0.100	0.012	0.170
La50-Laeq	0.075	0.007	-0.051	0.020	0.022	0.029	0.052



実験1の、有意差の見られた3要因間の交互作用の検定結果（うるさい・閉塞感がある）

表 うるさい (on/off有無\*周期的時間変動\*LAeq) TukeyのHSD検定結果(5%有意)

	無し・無し 25	無し・無し 35	無し・無し 45	無し・有り 25	無し・有り 35	無し・有り 45	有り・無し 25	有り・無し 35	有り・無し 45	有り・有り 25	有り・有り 35	有り・有り 45
無し・無し 25												
無し・無し 35	*											
無し・無し 45	*	*										
無し・有り 25	*	*	*									
無し・有り 35	*		*	*								
無し・有り 45	*	*	*	*	*							
有り・無し 25	*	*	*	*	*	*						
有り・無し 35	*		*	*	*	*	*					
有り・無し 45	*	*	*	*	*	*	*	*				
有り・有り 25	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
有り・有り 35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
有り・有り 45	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

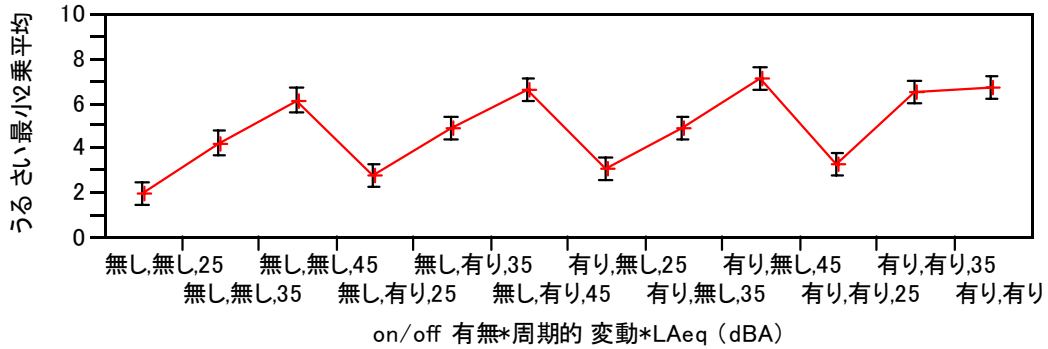
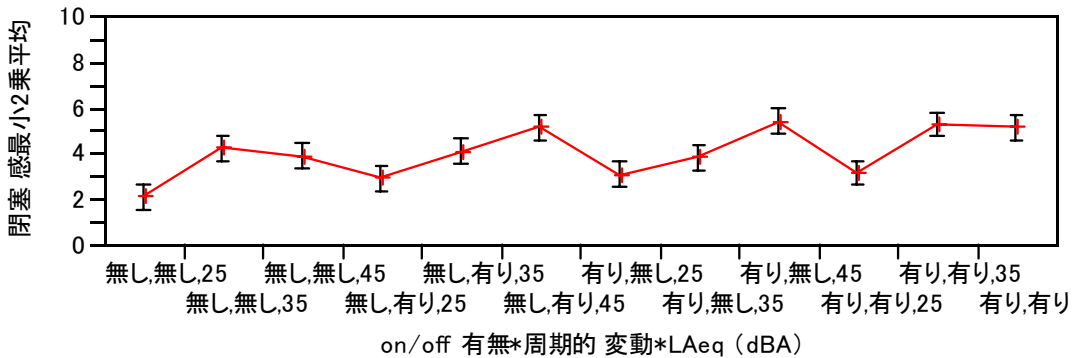


表 閉塞感がある (on/off有無\*周期的時間変動\*LAeq) TukeyのHSD検定結果(5%有意)

	無し・無し 25	無し・無し 35	無し・無し 45	無し・有り 25	無し・有り 35	無し・有り 45	有り・無し 25	有り・無し 35	有り・無し 45	有り・有り 25	有り・有り 35	有り・有り 45
無し・無し 25												
無し・無し 35	*											
無し・無し 45	*											
無し・有り 25		*										
無し・有り 35	*											
無し・有り 45	*			*								
有り・無し 25						*						
有り・無し 35	*					*						
有り・無し 45	*		*	*	*	*	*	*				
有り・有り 25						*		*				
有り・有り 35	*		*	*	*	*	*	*	*			
有り・有り 45	*		*	*	*	*	*	*	*	*		







## 参考文献

---



## 文献リスト

### 学会発表論文・雑誌

1. 設備騒音・給排水騒音の予測と実態, 平松, 騒音技術, 1999, 3
2. 住宅での大きな音、小さな音, 平松, 騒音制御 Vol.24, No.3・2000
3. 暗騒音の影響を受ける低レベル固体伝搬音の評価, 平松ら, 日本音響学会講演論文集, 2003・9
4. 騒音の心理と生理, 難波ら, 騒音制御 Vol.22, No.6・1998, 1998
5. 建築設備の騒音対策 - 配管系の騒音対策, 日本騒音制御工学会, 技報堂出版
6. 住宅騒音の生理反応と心理, 安岡 (博), 騒音制御 Vol.22, No.6・1998
7. 集合住宅居住者の音環境と周辺住環境に対する意識, 井上ら, 日本建築学会学術梗概集, 1999・9
8. 集合住宅の音環境に対する居住者意識構造の分析, 木村ら, 日本建築学階計画系論文集, 1998
9. 市民にとって「うるさい」音とはどのような音か, 永幡ら, 日本音響学会講演論文集, 2003・9
10. 暗騒音の影響を受ける低レベル室内暗騒音の評価法の検討, 平松ら, 日本音響学会講演論文集, 1999・3
11. 暗騒音の影響を受ける低レベル室内騒音の評価, 増田ら, 音響技術 No.118, 2002・6
12. 暗騒音下における界壁からの透過音に関するラウドネス評価について - 暗騒音の周波数特性を変化させた場合に関する検討 -, 増田ら, 日本音響学会講演論文集, 1993・10
13. 聴覚抹消系処理モデルを用いた非定常音機械騒音の評価, 赤木ら, 日本音響学会講演論文集, 2001・
14. レーザープリンタの稼働音の音質評価, 河原ら, 日本音響学会講演論文集, 2000・9
15. 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, 2000・9
16. 生活環境音中に呈示された純音信号の聞き取りやすさ評価 - 若年者と高齢者の比較 -, 松下ら, 日本音響学会講演論文集, 2002・9
17. 音の大きさ弁別閾の時間依存性について, 吉田ら, 日本音響学会講演論文集, 2003・3
18. 調波複合音にマスクされる純音の検知と周波数弁別, 津村ら, 日本音響学会講演論文集, 1996・3
19. 可聴音と低周波音の心理的相互作用についての研究 (第2報), 北村ら, 日本音響学会講演論文集, 1994・9
20. 低周波音の等不快度曲線の推定と生活場面に応じた許容限界音圧レベルについて, 犬飼ら, 日本音響学会講演論文集, 2001・3
21. 低周波音に対する日本人の許容限度評価特性とヨーロッパ諸国のガイドラインについて, 犬飼ら, 日本音響学会講演論文集, 2003・3
22. 受聴態度がサイン音の音量感に及ぼす影響に関する研究, 秋田ら, 日本建築学会大会梗概論文集, 2004
23. 騒音に対する慣れの測定, 難波ら, 日本音響学会講演論文集, 1994・10
24. 準定常音に対する慣れの測定 - 低周波の及ぼす影響について -, 難波ら, 日本音響学会講演論文集, 1995・9
25. 慣れの測定における負荷騒音のレベル変化速度の影響について - 準定常音に対する慣れの測定 その 2 -, 難波ら, 日本音響学会講演論文集, 1996・3
26. 低音域に注目した負荷騒音の周波数特性が「慣れ」に与える影響 - 準定常音に対する慣れの測定 その 3 -, 難波ら, 日本音響学会講演論文集, 1997・9
27. 繰り返し短音による「慣れ」について - 準定常音に対する慣れの測定 その 4 -, 難波ら, 日本音響学会講演

論文集, 1998・9

28. 準定常音の物理特性と選択的注意に基づく「慣れ」との関係について - 準定常音に対する慣れの測定 その 5 -, 難波ら, 日本音響学会講演論文集, 1999・9
29. 窓の開閉による室内音環境の変化と室内環境および遮音への評価の時間変動について, 田村ら, 日本建築学会大会梗概論文集, 2003
30. 純音および低周波通過雑音に対する高齢者のラウドネス関数の測定, 倉方ら, 日本音響学会講演論文集, 1999・9
31. 入眠努力に及ぼす騒音の影響 - 音源の相違について, 難波ら, 日本音響学会講演論文集, 1997・9
32. 入眠期における騒音の影響 - 空調音によるマスキングの効果について -, 難波ら, 日本音響学会講演論文集, 2002・9
33. 環境騒音の大きさに及ぼす間欠騒音の影響について - カテゴリー連続判断法を用いて -, 難波ら, 日本音響学会講演論文集, 2004・3
34. 間欠騒音の LA<sub>max</sub> の予測に関する基礎的研究, 橋ら, 日本音響学会講演論文集, 2000・9
35. 露照度が睡眠に与える影響に関する実測調査研究 久保田, 東海大学工学部卒業論文, 2002
36. 湯・水消費の季節変動要因についての分析 - 都市型集合住宅における給湯・給水構造分析と評価方法に関する研究, 鎌田・前ら, 日本建築学会環境系論文集, No.566, 2003・4

法規・公的文書・及び基準に関する書籍

- a. 騒音に係る環境基準について 環境省, 2000.3.28 日改正
- b. 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
- c. 環境基本法 <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H05/H05HO091.html>
- d. 騒音規制法 <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S43/S43HO098.html>
- e. 建築関係法令集 (建築基準法・住宅の品質確保の促進等に関する法律)

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。特に研究においては、自分を取り巻く環境・事象などに対する視点。さらに飽くことなく探求し、自分、そして回りの人が納得することができるまで追及する精神・考え方など。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、東京大学大学院工学系研究科建築学専攻平手研究室、古賀誉章氏、塚越信行氏、には、実験計画の進め方について貴重なご意見を頂きました。

また、大成建設技術研究所 平松友孝氏、TERAL テクノサービス 菊池浩司氏、旭化成ホームズ 石村修一氏には、実際の現場での問題点を中心に貴重なご意見を頂きました。

また、東京大学佐久間研博士課程小坂慶之氏には、研究全般、及び修士論文作成に至るまで、ありとあらゆる局面において、誠に懇切丁寧なご指導をして頂きました。

また、東京大学大学院工学研究科建築学専攻修士課程平手研究室、宇野宏司君には、実験計画・分析全般において、懇切丁寧に指導して頂きました。

また、東京大学新領域創成科学研究科環境学専攻佐久間研究室、並びに工学系研究所建築学専攻環境系の職員、大学院生、研究員の皆様から種々のご指導、ご支援を頂きました。

特に、研究全般、生活にあたって、佐久間研究室修士課程の同期である高村紀行君、武田真樹君、松永文彦君、そして修士課程1年飯島直樹君、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。

2005年1月31日

高部 茂生