

2008 年度 修 士 論 文

窓の遮音性能体感学習システムに関する研究
－学習の内容・環境と効果の関係について－

Study on a Virtual Learning System
for Sound Insulation Performance of Windows
－Relationship of learning contents/environment to their effects－

三 浦 啓 祐
Miura, Keisuke

東京大学大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

目次

第 1 章	序論	1
1.1	本論文の要旨	1
1.1.1	背景と問題意識	1
1.2	騒音、及び住宅の音環境に関する法律	4
1.2.1	騒音に関する法律	4
1.2.2	住宅内騒音に関する法律	6
1.3	窓の遮音性能に関して	8
1.4	既往研究	9
1.4.1	調査研究	9
1.4.2	実験研究	11
1.4.3	事例紹介	15
1.4.4	既往のまとめと課題	17
1.5	研究の目的	18
1.6	論文の構成	19
第 2 章	「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築	22
2.1	「窓の遮音性能体感学習プログラム」の概要	22
2.1.1	「窓の遮音性能体感学習プログラム」の特徴	22
2.1.2	既存のシステムとの比較と位置づけ	26
2.2	居住空間の音環境評価と体感学習プログラム	27
2.2.1	音環境評価とプログラムの関係	27
2.2.2	プログラムにおける窓の遮音性能評価	29
2.3	遮音性能評価に係る物理特性	30
2.4	音源作成方法	39
2.5	体感学習プログラムの詳細	41
2.5.1	プログラムの構成	41
2.5.2	プログラムの内容例と工夫	42
2.6	要因間の交互作用と遮音性能判断の関係	55
2.7	理解度テストの結果分析法	58
2.8	体感学習に伴うユーザの認知構造形成	60
第 3 章	実験概要	66
3.1	各実験の位置づけ	66
3.2	スピーカ呈示実験(実験 1、実験 3)	67
3.2.1	場所	67
3.2.2	使用機材	68
3.2.3	被験者選定	68
3.2.4	実験方法	69
3.3	イヤホン再生実験(実験 2)	73
3.3.1	場所	73
3.3.2	使用機材	73
3.3.3	被験者選定	73
3.3.4	実験方法	74

第 4 章	【実験 1】学習レベルと等級評価の関係性の検討	76
4.1	目的・概要	76
4.2	結果と考察	78
4.2.1	学習レベルと遮音等級評価	79
4.2.2	遮音等級評価への各要因の影響	81
4.2.3	音量に依存した等級評価に関する検討	94
4.2.4	学習効果における個人差の検討	104
4.3	まとめと推論	105
第 5 章	【実験 2】学習環境と等級評価の関係性の検討	108
5.1	目的・概要	108
5.2	結果と考察	110
5.2.1	学習のレベルと遮音等級評価	111
5.2.2	遮音等級評価への各要因の影響	113
5.2.3	音量に依存した等級評価に関する検討	126
5.2.4	学習効果における個人差の検討	128
5.2.5	機器の性能や環境条件に基づく評価の差異	129
第 6 章	【実験 3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討	136
6.1	目的・概要	136
6.2	結果と考察	136
6.2.1	視聴条件設定やテスト時の情報量の差異と遮音等級評価	139
6.2.2	遮音等級評価への各要因の影響	140
6.2.3	音量に依存した等級評価に関する検討	147
6.2.4	学習効果における個人差の検討	149
6.3	まとめと推論	150
第 7 章	総括	152
7.1	研究の総括	152
7.2	今後の課題	153
7.3	窓の遮音性能体感学習プログラムの利用にあたって	154

付録	修士論文最終審査会発表梗概
	学会発表梗概
	窓の遮音性能体感学習プログラム

参考文献
謝辞

第 1 章

序論

第1章 序論

1.1 本論文の要旨

住宅性能表示制度において音環境性能は表示項目とされているが、住宅購入者が表示内容を理解できているとは言い難く、性能理解の促進が望まれる[11]。これに対し建築関連業者は音環境体感システムを独自に開発しているが、性能理解への効果は不明である。またこれらの多くは比較的音響整備された機器を必要とするが、性能理解を広く促すためにはより簡易な機器で実現可能な音環境体感システムの提案が有用であると考えられる。そこで本研究では遮音性能が建築構造に大きく依存する隔壁や床とは異なり一般的に仕様の選択に迫られる機会が多く、他に比べ騒音源が特定しやすいことから、窓の遮音性能体感学習システムの構築に向けた基礎的検討として、複数の学習プログラムと理解度テストを用いた被験者実験により学習内容と性能理解の関係を考察する。さらに無響室内におけるスピーカ提示に加え一般の居室空間におけるイヤホン提示の実験を行い、これらを通して学習環境の違いと性能理解の関係の把握を試みた。

1.1.1 背景と問題意識

近年戸建て住宅、集合住宅共に居住者の開放感に対する強い要望から従来のものよりも大きな窓が好まれる傾向があるが、遮音性能の面では負の効果があるため、窓の設計では注意が必要となる。しかし音の性質上、設計時に音の専門家ではない設計者が居住時の音環境を予測することは大変難しい。そのため、設計過程で音環境に応じて適切な窓の選定がされにくい状況にある。また耐震偽装事件後、居住者の住宅性能への関心は確実に高まっており、音環境を創造する立場の者には最低限度の音環境に留まるばかりでなく、より良い音環境整備のための研究が求められる。

居住空間の音環境に関しては、わが国では制度や法律によって基準や設計指針が示さるほか、新製品の開発によって音環境性能は確実に向上している。しかし、その一方で音環境に関するトラブルが後を絶たない現状がある（図 1.1）[7.8.9.]。

具体的にはわが国では 2000 年 4 月、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」（以下、品格法）が施行され、日本住宅性能表示基準が定められた[1]。この法律の目的は、住宅購入予定者が基準化された 10 項目の住宅性能を希望の物件間で比較検討し、自分の要望に見合った良質な住宅を安心して取得できる市場を形成することにある。しかし住宅性能 10 項目の中、音環境については立地場所や構造方法によるニーズの変化が大きいことや、各仕様の簡便な評価が難しいことなどが考慮され、住宅性能表示制度の中で唯一の選択項目となっている。そのため導入例は未だ少なく、共同住宅等の全評価物件の 1 割程度に留まっており、より一般的でわかりやすい性能表示基準や評価方法基準を提供することが急務とされている[12]。

特に、住宅販売時に不動産会社が購入予定者に配る広告やパンフレットに関して、窓の遮音性能に関する記載内容は以下のようになっており、消費者にとってはわかりにくい専

第1章 序論

専門用語が多く理解しにくい表現であると考えられる。

- ・ 居住空間の主開口部のサッシには、JIS 規格の T-1 (25 等級) レベルのセミエアタイトサッシを採用しており、快適なプライベート空間を実現します。
- ・ 窓からの音の侵入に配慮し、居室（一部）に遮音性の高い 35 等級エアタイトサッシを採用しています。
- ・ 一部の窓に遮音等級 T4 性能の 2 重サッシを採用しており、快適な室内環境づくりに配慮しています。
- ・ 防音サッシとして、住戸の窓ガラスには防音性の高いエアタイトサッシを使用しており、日常生活に望ましい静けさまで騒音を防ぎます。
- ・ 騒音対策や結露防止に優れたペアガラスを採用しています。
- ・ 防音断熱ペアサッシは T-2 等級の遮音性を実現しています。

また、住宅購入予定者や住宅供給者を対象とした社会調査の結果から、音環境性能に関して「技術者-消費者」間のギャップは大きく、消費者が自ら適切な要求を出し、実性能に納得できるシステム構築が必要であるといわれている[13]。さらに、遮音性能に関する紛争の発生原因と考えられている「遮音性能をよく理解せずに入居した後、性能が期待値を下回ったため発生する紛争」や「入居又は購入以前に約束した遮音性能が、入居後に達成されていないとした紛争」を未然に防ぐためにも、消費者に対して十分な教育を実施し正確な性能や建築仕様の理解を促進させ、各遮音性能を生活実感として如何に正確に表現し、性能を実感として納得させるかが重要であるといわれている[14]。

そこで本研究では、住宅において遮音性能が求められる床、界壁、窓の中で、以下の点より窓の遮音性能とその学習と理解に関して実験をおこない、広く一般の人に対する教育方法について考察をおこなう。

- ・ 集合住宅において窓は、床に続いて苦情対象になりやすい。
- ・ 現在の RC 構造であればほとんど隣戸の音は聞こえないため、界壁は問題となりにくい。
- ・ 遮音性能が建築構造に大きく依存する界壁や床と比較して、窓は住宅設計者や消費者が性能の選択を迫られる機会が多い。
- ・ 窓の遮音性は集合住宅だけではなく、戸建住宅においても問題となる。
- ・ 窓は、床や界壁に比べ騒音源が特定しやすい。

第1章 序論

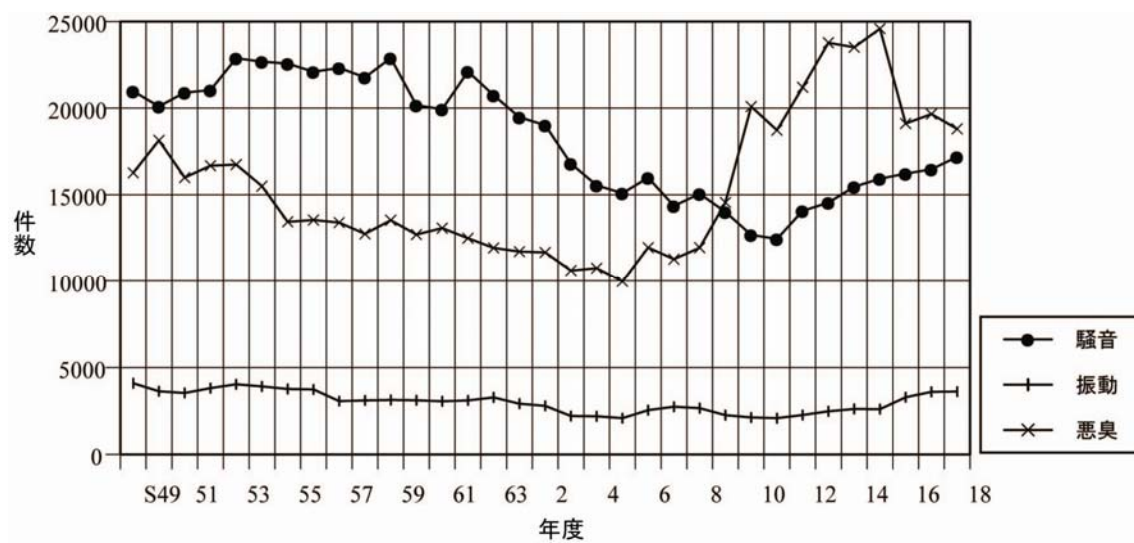


図 1.1 苦情件数の推移

第1章 序論

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概観する。

1.2.1 騒音に関する法律

(1) 環境基本法

環境の保全について基本理念を定め、国や地方公共団体、事業者及び国民の責務を明らかにするとともに、環境の保全に関する施策の基本となる事項を定めることにより、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[2]。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。

(2) 環境基本法に関わる環境基準

環境基本法では「環境基準」を設けることで、人の健康の保護及び生活環境の保全のうえ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、騒音に係る環境基準、航空機騒音に係る環境基準、新幹線鉄道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人の健康等を維持するための最低限度という性格のものではなく、より積極的に維持されることが望ましい目標として、その確保を図っていこうとするものである。具体的な規制等の実施法としては、(3)にあげる騒音規制法が定められている。

(a) 騒音に係る環境基準

一般地域の騒音について定められており、特徴は以下のとおりである。

- ・ L_{Aeq} （騒音レベル）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が定められている。
- ・ 時間の区分は、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。

専ら住居の用に供される地域においては、昼間 55～60dBA、夜間 45～50dBA 以下の基準値が定められており、特に道路に面する地域においては、昼間 60～65dBA、夜間 55～60dBA 以下と定められている。さらに、幹線交通を担う道路に近接する空間については特例として、昼間 70dBA、夜間 65dBA 以下とし、中でも特例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 以下という室内側の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とき設けられた。

第1章 序論

(b) 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 $\overline{dB(A)}$ 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 $N = N_2 + 3 N_3 + 10(N_1 + N_4)$ を用い、以下の計算式より算出した値によって評価をおこなっている。

$$\overline{dB(A)} + 10 \log_{10} N - 27$$

基準値は、専ら住居の用に供される地域において 70 以下とされており、単位は WECPNL。

(c) 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。基準値は、主として住居の用に供される地域において 70dBA 以下とされている。

また、1995 年に環境省が在来鉄道の新設又は大規模改良に際して、生活環境を保全し環境問題が生じることがないように未然に防止するための目標として「在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針について」を設定した。

(d) 在来鉄道騒音に関する基準

測定は原則として、当該路線を通過する上り及び下りの全列車を対象とし、周波数補正回路を A 特性に合わせ、通過列車ごとの騒音の単発騒音暴露レベル (LAE) を測定する。基準値は、LAE から次式によって算出された等価騒音レベル (LAeq) による。

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

T : LAeq の対象としている時間(秒)。

昼間 (7 時～22 時) は $T=54,000$ 、夜間 (22 時～翌日 7 時) は $T=32,400$ とする。

基準値は新線の場合、昼間 60dBA 以下、夜間 55dBA 以下と定められている。

第1章 序論

(3) 騒音規制法

この法律は、建築周辺の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なうとともに、自動車騒音に係る許容限度を定めること等により、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、飲食店営業等に係る深夜騒音、拡声機を使用する放送に係る騒音等の規制については、地方公共団体が、住民の生活環境を保全の観点から、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定められている。

1.2.2 住宅内騒音に関する法律

(1) 建築基準法

この法律は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もって公共の福祉の増進に資することを目的としている。音環境に関する記述は、長屋又は共同住宅の各戸の界壁は、小屋裏又は天井裏に達するものとするほか、その構造を建築基準法施行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（第30条）。

(2) 住宅の品質確保の促進等に関する法律

この法律は、良質な住宅を安心して取得できる市場を形成することを目的として2000年4月に施行された。その中の第3条第1項において、日本住宅性能表示基準が定められている。この法律は、生活騒音を直接規制するものではない。性能表示によりあくまで消費者の要求に応じた性能を有する住宅を供給することが重要であり、消費者はそれによって購入時に住宅の性能を相互に比較したり、希望の性能を設計者や施工者に伝えることができ、望み通りの性能の住宅を手に入れることができる。

音環境項目に関しては、固体伝搬音と空気伝搬音に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. 透過損失等級（界壁（：隣戸との間の壁）
4. 透過損失等級（窓（：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過損失等級が挙げられている。

なお、音環境項目は、立地場所や構造方法によるニーズの変化が大きいことや、各仕様の簡便な評価を行うことが難しいことなどが考慮され性能表示基準10項目中唯一の選択項目と位置付けられている。

(3) 室内騒音に関する適用等級

第1章 序論

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、室用途別適用等級のように定めている（表 1.1.1、1.1.2 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。道路交通騒音のような不規則にかつ大幅に変動する騒音（変動騒音）、軌道（鉄道）交通騒音のような間欠的に発生する騒音（間欠騒音）、または衝撃性の騒音（衝撃騒音）に対しては、別に規定する「建築物の現場における室内騒音の測定方法」による方法で測定された値をあてはめる[43]。

表 1.1.1 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 1.1.2 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
特級	遮音性能上とくにすぐれている	特別に高い性能が要求された場合の性能水準
1級	遮音性能上すぐれている	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

第1章 序論

1.3 窓の遮音性能に関して

本研究で対象とする窓の遮音性能は T-1、T-2、T-3、T-4 の 4 等級が規定されており、以下のように決定される[10]。

次の a) 又は b) のいずれかに適合する場合、その等級線で表される等級とする。

a) 125Hz～4000Hz の 16 点における音響透過損失が、すべて該当する遮音等級線を上回ることとする（図 1.2）。なお、周波数帯域で該当する遮音等級線を下回る値の合計が 3dB 以下の場合、その遮音等級とする。

b) 全周波数帯域において、次の式によって音響透過損失を換算し、その換算値（6 点）が該当する遮音等級線を上回ることとする。

$$TL_{oct} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(10^{\frac{TL_{i-1}}{10}} + 10^{\frac{TL_i}{10}} + 10^{\frac{TL_{i+1}}{10}} \right) \right]$$

ここに、 TL_{oct} ：オクターブ帯域の音響透過損失換算値

TL_i ： $\frac{1}{3}$ オクターブ帯域の 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000Hz の各音響透過損失

TL_{i-1} , TL_{i+1} ： TL_i 前後の $\frac{1}{3}$ オクターブ帯域の各音響透過損失

ただし 125Hz は 160Hz と、4000Hz は 3150Hz と各々二つの音響透過損失によって換算する。

なお、換算値は整数で丸めることとし、換算値の各周波数帯域で該当する遮音等級線を下回る値の合計が 3dB 以下の場合、その遮音等級とする。

また、遮音性能試験については基本的に JIS A 1416 による[11]。

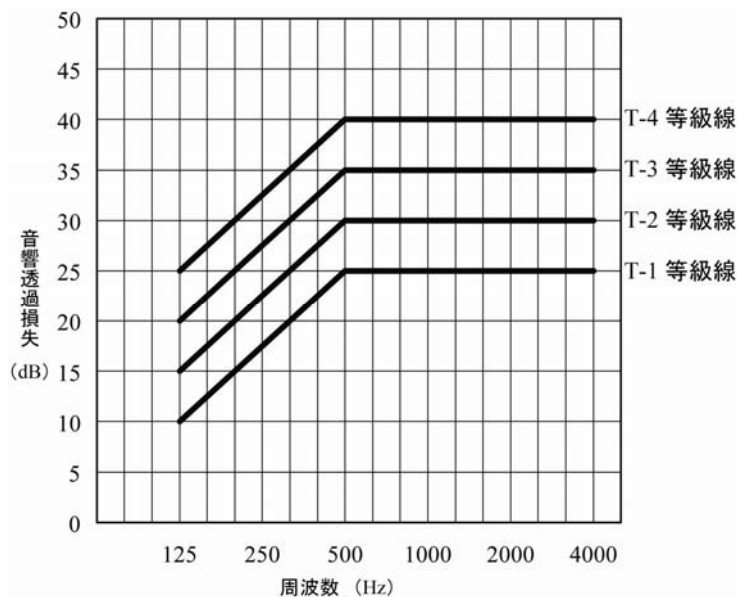


図 1.2 窓の遮音等級基準線

第1章 序論

1.4 既往研究

本研究に関係すると考えられる「音環境評価」「遮音性能認知」「体感システム」「学習と記憶」に関する研究を中心に、これまでの研究や調査でどの程度知見が得られているのか整理する。

1.4.1 調査研究

以下、住宅購入時における住宅性能表示の改善点の検討や、室内居住者の騒音評価、遮音性能値の公的機関測定値と現場での測定値の乖離のある現状についての社会調査例を示す。

阿部、井上[12]は、分譲マンションのモデルルームを訪れた購入予定者に対し、集合住宅の各種性能等に対する消費者要求の正確な状況を把握することを目的としてアンケート調査をおこなった。その結果、消費者は住宅を選ぶ条件として、「立地」や「価格」などの要求を挙げるが、住宅性能というキーワードを示すと考慮の度合いでは「音環境」98%、「光・視環境」93%、「構造」90%と非常に高く、消費者の住宅性能に対する意識は、要因を事前に認知させることで高くなることを確認し、購入前の説明の重要性を示した。さらに、将来の集合住宅の音環境の評価の在り方を含め、消費者と住宅供給者の双方に役立つ情報をどのように提供していくべきか総括的に捉えるために、住宅供給者による消費者への情報提供の実情も併せて分析した。その結果、広告、パンフレット調査より、住宅性能に関する記載はあるが、その記載内容は定性的または建築使用に関する表現が多く、曖昧であることから性能を消費者が具体的に捉えることができていない状況があることが示された。また本来、広告やパンフレットの不足分を追加説明する役割を担う営業担当者については、住宅性能に関する知識がかなり低く、消費者が営業担当者の説明によって性能を理解することは難しい状況にあることが明らかになった。さらに、消費者からみた場合の問題点として、消費者は自ら勉強する気はあまりなく、住宅性能を示す専門用語の認知度も低いのが現状であり、集合住宅における音の問題を早急に解決してゆくためにも、消費者自らがもっと知識を習得する必要性を示している。これらをふまえ、消費者がより具体的な性能要求を住宅供給者に示していける体制づくりや、消費者が性能を理解できるよう、消費者側か見た場合の性能に対する生活実感の表現方法について更なる検討を進めていく必要があるとしている。

荘ら[15]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おこない、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。

武田ら[16]は、高速道路、一般道路、鉄道のそれぞれの影響が考えられる集合住宅団地を対象に敷地内の騒音測定及びアンケート調査を実施して、屋外騒音と居住者意識との対応

第1章 序論

性について検討をおこなった。その結果、屋外騒音レベルと居住者の満足度評価との対応が示されたほか、居住者側からみて昼間の騒音レベルが 65dBA、つまり標準的な窓の遮音量が 10~15dBA 程度としたときに室内騒音レベルが 40~45dBA 程度の音環境が、ほぼ満足しうる騒音レベルとしての一つの目安になることが示された。

大脇[27]は、実験室で測定された遮音性能と実際に施工された物件で測定した遮音性能の差異について、現場での実例を基にして検討をおこなった。さらに、音環境について入居者が抱くクレームの事例を紹介している。それによると、実験室でサッシの取り付け調整に時間をかけて入念におこなった場合と比較すると実際の現場で施工後に調整する場合は、遮音性能のばらつきを考慮しておく必要があることを示している。また、入居者から発注者である不動産会社を通して施工者に寄せられるクレームの事例を以下のように分類している。

- 1) 住宅購入時の説明不足
- 2) 設計目標値に対する入居者の理解が違っていた
- 3) 遮音性能を確保するために配慮した事項がクレームとなる
- 4) 設計、施工上の問題
- 5) 共同住宅の住まい方の問題(入居者からは、遮音性能が不足しているとのクレーム)

入居予定者に対し、入居前に遮音性能をある程度正しく実感することができる学習方法の提案をすることで、各人が納得を得た上での購入になるので 1)や 2)の様なクレームの低減効果が期待できると考えられる。

第1章 序論

1.4.2 実験研究

ここでは実際に音体感教育システムや、音の記憶や遮音に関しておこなわれた特徴的な研究を数例挙げる。(2 つは内容が完全に独立ではなく、音環境の体感に着眼点を置いたものと、それ以外とに分類している。)

(1) 音教育・体感システム関連

藤本、春田ら[30~35]は、大学の建築関連学科の学生を対象にした「建築音響に関するマルチメディア教育システム」を共同開発した。その教育システムは、学生がインターネットのホームページを参照しながら自主的に建築音響を学習するシステムであり、音や画像などを活用している。また、大学相互間での利用も可能であるため、教官の相互協力により教材の質的向上も図れ、教育上の効果も期待できるとしている。さらに、学生が学習中に疑問点に出くわした時には自分自身で問題解決する検索機能や、疑問点を教官に質問することができるメール機能、学生が会話的に取り組む演習問題が設けられており、講義のように教官から学生への情報の一方通行ではなく、インタラクティブな教育環境の提供が可能となっている。試験的運用による学生の評価によれば、教育効果が概ね実現された結果が得られたが、現在はまだ試験的な段階で活用には至っていない。

小澤、四宮ら[39]は、設計段階において住宅の光・視環境、温熱・気流環境、音環境、安全性能などの居住性能を疑似体験することを目的とした、住空間疑似体験システムを開発した。特に音環境については、住宅の部材やレイアウトを変更したときの防音・遮音性能や音響性能の変化を設計段階で体感できることを目的としたものである。システムはヘッドホンとアイホンからなり、これにより仮想空間が形成される。仮想空間内では移動が可能で、仮想スイッチを触ることによって部材を次々に変えて、壁材や床材の単体データに基づいた透過音と一次反射音を疑似体験しながら性能を聴き比べることができる。しかし、このシステムは体感させることに主眼を置いているため、回折音などのシミュレーションは行われず、原音と透過音を聴き比べやすいように作成されており、違和感がある場合があるとされ、現在も開発中のようだ。

日東紡音響エンジニアリング(株)[40]は、音響技術者向けの教育ツールとして、聴能形成という教育プログラムを効率よく管理できるシステムである「真耳(しんじ)」を開発・販売している。このプログラムでは、「音の違いを聴き分ける能力」はもとより、「音の違いを物理特徴と関連付けて表現できる能力」、および「音の違いをイメージできる能力」の向上を目的とした訓練がおこなわれる。現在このシステムは、九州大学芸術工学部での授業での利用のほか、オーディオメーカや自動車メーカをはじめ、多数の研究機関や企業で利用されており、音響技術者の早期育成に役立っている。また、CD-ROM の形態でも販売されているため音の専門家を目指す一般の人々も利用しやすいという特長をもつ。さらに、近年インターネットを利用した聴能形成についても提案がなされており、引き続き改良を重ねている段階である。

第1章 序論

降旗、柳沢ら[41]は、自動車騒音源、交通条件、伝搬特性、住宅における各種遮音材料の透過損失特性等を考慮し、国道沿いの住宅を想定したシミュレーションを無響室内でおこない、各物理条件に対する心理評価（うるささ、遮音効果の程度、遮音の良さ）に関する総合評価をおこない、透過損失と心理量の対応関係を検討した。その結果、うるささの程度の表現語間の1ランクは透過騒音レベルの10dB前後のレベル差とよく対応していることや、透過損失30dB以上で「あまり気にならない」前後であり、かつ遮音の「効果がある」と判断されること、透過損失の周波数特性で見ると総合判断が「良い」と判断されるためには、500Hz以上の帯域で40dB異常が必要であることが明らかになった。このことより、シミュレーションにより事前に体感させることが経済的、合目的に遮音材料の選定ができることが示された。しかし、このシステムではあくまで遮音等級での表示では分かりにくい遮音性能を、聴き比べながら体感的に理解させることを目的としており、等級から性能をイメージできるという意味での知識的な理解に対して有用であるかは明らかになっていない。

他に降旗、柳沢ら[42]は、環境騒音の体験・教育システムの構築を目指し、自動車騒音源シミュレータを提案した。自動車走行音スペクトルをシミュレーションした定常騒音を用いて、左右のチャンネル間にレベル差をつけることにより移動感を出すスピーカ受聴方式と、スピーカ再生時と同じ伝達特性にして音を鼓膜に伝えるヘッドホン受聴方式の両者について実験的に検討している。シミュレータは、車種、車線から聴取点までの距離および走行速度を入力すると、シミュレーションした走行音が再生可能である。再生した音の聴取結果から、両システム共に、自動車の走行に伴う移動感、距離感および速度感のシミュレーションが可能であるとしている。このことより、スピーカとヘッドホンによる音環境の再現性には致命的な差はないものと考えられる。

(2) 聴感実験

難波、桑野ら[17]は、1分程度の自動車交通騒音を実験室にて提示し、「非常に騒々しい」～「非常に静かな」という7段階評価で、印象が変わった時にボタンを押す「カテゴリー連続判断法」を用いて評価させている。これに加え、騒音の提示終了後に全体評価をおこない、その関係を検討している。時々刻々の騒音レベルと判断との間に高い相関関係があり、暗騒音のみの部分を多く含む音の場合には、全体評価のほうが過大評価される傾向が見出された、とし、このような場合、全体の評価はレベル変動幅の上端に近い値をもとに算出した騒音評価値が適切としている。また、時々刻々の音環境に対する印象評価とは、ある時間範囲の音をひとまとまりに把握し平均化して判断しているものと考えられ、実験の結果からその時間範囲の長さは約2秒間との推定がなされている。そのように音環境の評価がなされるのであれば、遮音性能の評価は開窓時と閉窓時の音の大きさの差による判断以上に、閉窓時の音の大きさの印象によってなされている可能性が大きいと考えられる。

他に、難波、桑野ら[25]は、様々の音源を編集して作成した15分間の刺激音を使用して、

第1章 序論

観察期間中に生じた音源の記憶と、記憶に基づくそれらの大きさの判断を求める実験をおこなっている。それによると、主観的な大きさの印象には差は見られないものの、音源種によっては記憶に残る程度に差がみられたとしている。このことをふまえると、遮音性能について学習する場合、様々な音源種に対して同等の学習量を経験したとしても、何らかの意味で特徴的であることなど音源種の違いが記憶の定着を左右する可能性がある。

さらに難波、桑野ら[23,24]は、提示される音の大きさに常に注意を向けている状況で、提示音中の特定音源の大きさが数分後にどのように変化するかを実験的に測定した。その結果、聴取後約 4 分後に提示される比較刺激との大きさの判断では、評価対象となっていた音の大きさは約 3dB 減衰した時と同等になるとの結果を得ている。遮音性能の体感学習後に評価をおこなう場合、閉窓時の騒音レベルによる評価であれば、学習時の記憶より音が小さいと認識してしまうので遮音性能が良い側に偏った評価がなされ、また、開窓時と閉窓時の音の大きさの差で評価をおこなう場合は、この研究で得られた知見が該当するか疑問の余地がある。

橘、村石ら[26]は、壁の遮音性能評価に関して聴覚心理・心理的側面に重点をおき、ラウドネスに着目した評価実験をおこなった結果、L (63-4k) 或いは、L (125-4k) とラウドネスの対応が良いとしており (L (63-4k)、L (125-4k) : 63 (or125) Hz~4kHz のオクターブバンド音圧レベルの算術平均値))、これを壁の遮音特性に戻して考えると、遮音性能の周波数特性が現実にある範囲で変化しても、オクターブバンドごとの遮音性能 (dB 表示値) の算術平均値が一定であれば、一定の負荷騒音による透過音に対するラウドネスは等しいことを意味するとしている。そこで、仮に一般的に遮音性能を透過音のラウドネスにより評価し、そこから遮音等級を判断するとすれば、音源種や遮音性能の周波数特性、騒音レベルや遮音等級があらゆる組み合わせで異なっても、透過音の L (63-4k) 或いは L (125-4k) の指標が等しければ同じ等級に分類される可能性がある。

太田、田村ら[18~22]は、「音がどれくらい防がれているか」という感覚量を遮音感と定義した上で、この感覚量は、音の変化量のほかに音の種類、視覚刺激、暗騒音など様々な要因の影響を受けることを示唆し、その存在を確認した。また、室内での騒音評価における作業の関連性について、室内行動による遮音への期待感が遮音感に影響を与える、としている。一方、変動騒音刺激に対する心理印象が、瞬間的印象（短時間での心理的印象）と、一定時間騒音に曝露された後に受ける全体的心理印象（長時間スケールでの心理的印象）に大別されるとして、その時間スケールに着目して窓の開閉により変化する音環境に対して 30 分間程度の評価を行っており、慣れや過剰反応が確認されたとしている。ただし、その遮音感はいくまでの生活や経験の中で形成されたものである。そこで遮音性能に関する紛争を抑制するためには、この遮音感がある種の教育によって透過損失等の物理量と対応したものへと補正し、遮音性能を実感として納得させることに可能性があると考えられる。

中川、久保田ら[28,29]は、遮音欠損とラウドネスとの関係に関する実験において、遮音特

第1章 序論

性上特定周波数に欠損のある壁体（A）と欠損を持たない壁体（B）のそれぞれの透過音を模擬し、極限法によって B のレベルを全体域同時に 1dB ステップで変化させ、レベルを一定に保った A と等しい大きさ（ラウドネス）と判断されるレベルを求めた結果、その判断は欠損の低下量と広がりの方に関係し、欠損の周波数には依存していないことを明らかにした。例えば、欠損の低下量が 5dB の場合は、1～2dB、10dB、15dB では 2～3dB、20dB では 3～4dB の差で透過レベルを A よりも大きく認知している結果となった。このことから、例えば人は遮音性能を透過後のラウドネスにより評価すると仮定すれば、欠損帯域をもつために性能上は等級が低くなる壁の場合に、そのことをふまえた上での等級判断は、欠損の低下量の大小と大きく関係すると考えられる。

村石、高世ら[36,37]は、ME 法により音源種別、背景音別に隔壁からの透過音に対するラウドネスを評価させ、背景音の影響の検討をおこなった結果、受音室の背景音が大きい場合には物理量よりも感覚量の方が遮音性能を大きく評価し、遮音性能評価には単に空間の遮音性能だけでなく、音源レベルや背景音を考慮した評価法が必要だとしている。また、透過音の聞こえの程度に関する検討では音源種によって背景音の聞こえの程度へ影響する傾向が異なることを示している。さらに、壁の遮音性能の周波数特性の影響では、高音域に欠損をもつタイプのものが「良く聞こえる」との判断をしやすい傾向にあり、他とは異なる傾向を示すことを示している。このことから、窓における遮音性能評価についても、単にラウドネスのみでなく音源種や遮音性能の周波数特性の影響が考えられる。

山田ら[38]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、LAeq と LAmax 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 LAeq、定常的な印象のものは LAmax でより適合するとした。この結果については、時間変動と SN が室内音環境の評価に影響することが示唆された。遮音性能評価の場合 65dBA 程度の開窓時の音と、閉窓時の音の差より判断され、時間変動や S/N の影響について疑問の余地がある。

第1章 序論

1.4.3 事例紹介

ここでは、実在するゼネコン各社の音環境体感システムについて紹介し、その特徴を述べる。

熊谷組：「可搬型音創シミュレータ」[54]

- ・ 企画や設計段階から集合住宅の音環境を数値と再生音で、予測、評価、確認できるシステム。
- ・ システムは「音環境予測解析システム」「音環境体感ルーム」で構成され、体感ルーム内で間取りや寸法、床や壁の仕様、体感したい音の種類などを対話形式でパソコンに入力すれば、正確な音環境がシミュレーションできる。
- ・ 可搬型のボックス式となっており、容易に移設可能。

大成建設：「仮想住環境シミュレーションシステム」[55]

- ・ 住居の設計時に、室内環境をコンピューター上でバーチャルに確認可能。
- ・ 設計段階で室内の温熱環境、光環境、音環境、換気や空気の質(花粉や臭い、汚れなど)といった居住環境の状況を計算し、コンピューター上で表示。
- ・ 温熱と光は色で、音はスピーカで表現。隣接家屋の位置や、交通状況など住宅周辺まで考慮したシミュレーションも可能。
- ・ 家の中を歩いているような仮想体験も可能。同システムは、同社関連のショールームに設置。
- ・ 大阪の建築専門学校に設備として導入済み。

竹中工務店：「集合住宅環境体感システム」[56]

- ・ 住宅性能表示制度の音環境性能の要求基準を正しく理解させるために開発したシステム。音環境を等級ごとに再現し比較しながら体感可能。
- ・ 体感することで、マンションの音響性能を事前に正しく把握でき、販売の促進や音のトラブルの防止にも役立つ。
- ・ 空気伝搬音（ピアノ、電話など）や床衝撃音（上階の足音や生活音など）、外部の交通騒音など集合住宅の音環境をシミュレートして、その結果を DVD5.1ch システムで実際に体感するもの。DVD を使用して音環境を再現するのは業界初。
- ・ 「集合住宅環境体感システム」以前にも業界にはパソコンを用いて騒音の予測結果通りに音量を再現したり、数多くのスピーカを立体的に配置したシステムで音環境を聴く方法はあった。しかし、移動が困難で、多くの顧客に聴かせることができなかった。
- ・ 「集合住宅環境体感システム」では、シミュレーション結果を一般に広く普及しているコンパクトな民生用 DVD 機器（DVD5.1ch システム）で再生できるため、どこでも、誰でも「集合住宅の音環境性能」をメニューの中から簡単に選択して体感することが可能。

第1章 序論

- ・ 住宅の音環境について、等級別に音の聞こえ方が体感できるようになっているほか、独自に設定した「特級」性能を設定し、相互比較できる。

戸田建設：「音場・騒音統合シミュレーションシステム」[57]

- ・ 企画・設計段階で計画した音を、実際の耳で試聴して、より良い音環境を創造し、音に対する顧客の要求に確実に対応するシステム。
- ・ 劇場・ホールなどの音楽や講演の響きを確認する「音場シミュレーションシステム」と、集合住宅・ホテルなどの騒音を確認する「騒音シミュレーションシステム」とを統合し、より臨場感のある音場を体験。
- ・ 騒音シミュレーションシステムは、集合住宅・ホテル・事務所等において様々な騒音を事前に体験評価しながら、サッシ・床・界壁などの最適な遮音構造を自動選定するシステム。

このように体感システムは多数存在するが、あくまで体感重視のシステムで体感的に理解させることは可能であるが、知識的な理解に対して有用であるかについては明らかになっていないと考えられる。

第1章 序論

1.4.4 既往のまとめと課題

以下に 1.4.1～1.4.3 をまとめ、課題を挙げる。

一般の人の住宅購入時の状況を想定すると、遮音性能含め音環境を体感できるシステムは存在するが、それらはあくまで「体感」を重視しており、比較的整った音環境を必要とする傾向があるのが現状であり

- ・ 音環境の「学習」を重視したシステムはない。
- ・ 一般の人が場所を選ばず、容易に利用できるシステムがない。

また、音環境体感システムを構築するために音源種や伝搬特性、各種遮音材料の透過損失特性等を考慮して音環境をシミュレートし、各物理条件に対する心理評価については報告されているが、

- ・ 音環境体感システムにより音響性能を学習させることに主眼を置いた報告はなされていない。

さらに、遮音性能や音のラウドネスの主観評価に対して、音源種や遮音の周波数特性、提示音量や時間変動等の物理特性が与える影響に関する報告はされているが、それらで扱う主観評価は提示された音それぞれに対して求めたものが多く、

- ・ 音環境学習システムを想定したような統一された音体験の後、その体感で得た知識に基づき別の刺激音に対しての主観評価を求めた研究例は見当たらない。

しかし社会調査の結果より、音環境性能の理解に関して現時点では「技術者-消費者」間のギャップが大きく、消費者が自ら適切な要求を出し実性能に納得できるシステム構築が求められていることを考えると、音環境学習システムに関して検討をおこなう必要性があると考えられる。

第1章 序論

1.5 研究の目的

以上 1.1 から 1.4 をふまえて、以下に研究の目的を設定する。

本研究では、音の専門家ではない設計者や販売者、消費者など広く一般の人に対する窓の遮音性能の教育方法に関して、実験的に検討を行う。

具体的には開窓時、閉窓時の音を聴き比べ、窓の遮音性能を体感学習させるプログラムを構築し、そのプログラムを用いた被験者実験により、性能を実感として納得させられる教育方法確立に関して有用な知見を得ることを目的とし、音環境トラブル低減に有効な、既存のシステムとは異なる新しい住宅性能表示方法の構築に役立てることを念頭に置く。

実現させるプログラムは、近年のインターネットの発達を考慮し

「時間と場所を選ばず、誰でも気軽に PC を利用して使用可能な簡易学習プログラム」を前提としており、本研究での検討項目は以下の 3 点の違いとし、これらが学習効果に及ぼす影響の定量化を図る。

- ・ 学習レベル
- ・ 学習環境
- ・ 学習プログラムの条件提示や、付加する情報の設定

第1章 序論

1.6 論文の構成

本論文の構成を以下に示す。

第1章ではまず、本論文の背景となる住環境における騒音問題の問題点について触れた上で、居住空間の音環境形成に関連する法律を概観した。さらに、研究対象である窓の遮音性能に関する規格についても触れた上で、既往研究を社会調査・実験室実験という観点からまとめ、建築以外の分野に関しても学習や記憶に関連する研究について触れた。また、一般人に対して性能理解を促す実例として、建築業界での各取り組みについても触れた。それらに基づき本研究の目的を明らかにした上で、本研究における一般人の窓の遮音性能認知の捉え方について説明した。

第2章では、本研究の根本である「窓の遮音性能体感学習プログラム」に関してその制作上の留意点、プログラムの構成やそれに基づく利用者の等級認知構造について予想される形成過程を説明する。また、プログラムで扱う変数である「遮音等級 (T)」「外部騒音レベル (L)」「窓の遮音特性 (F)」「騒音源種 (S)」の各特性やそれらの選定基準についても説明し、プログラムについての詳細を記述する。

第3章では、東京大学佐久間研究室所有の無響室内でスピーカ再生によっておこなった実験1、3と、熊本大学矢野・川井研究室にて卒業研究としておこなった、イヤホン再生による実験2のそれぞれの実験条件について説明する。

第4章では、「窓の遮音性能体感学習プログラム」の学習レベルに着目し、性能理解との関係について実験室実験をおこなった結果を示す。プログラムは一般の人がいつでもどこでもPC上での利用可能なものを想定しており、より少量の学習レベルで高い学習効果が得られることを目的としている。また、そのような趣旨の学習プログラムであるので、体感学習した音源とそうでない音源とで同様の学習効果が得られるのかということも重要なポイントとなる。さらに、プログラム中の変数の主効果や交互効果によって学習効率も異なる可能性がある。これらの観点からプログラム作成上の課題をソフト面から明らかにする。

第5章では、第4章の無響室内スピーカ 2ch 再生という環境統制の正確な実験的な場における実験とは対照的に、簡易プログラム実現を想定した上で一般居室でのイヤホン再生という環境統制のゆるい場における実験を行った結果を示す。第3章と同様の観点の他、学習環境の違いに関しての検討も行い、プログラム作成上の課題をハード面についても明らかにする。

第6章では、第4章の結果をふまえ提示条件や理解度テスト時に与える情報量に着目し、

第 1 章 序論

性能理解との関係について実験室実験をおこなった結果を示す。これにより、より正確な性能理解を促すことができるプログラムの実現性について検証を行う。

第 7 章では、各章の結果をまとめたうえで「窓の遮音性能体感学習プログラム」の今後の課題について記述する。

本論文の流れを、次のページに示す。

第1章 序論

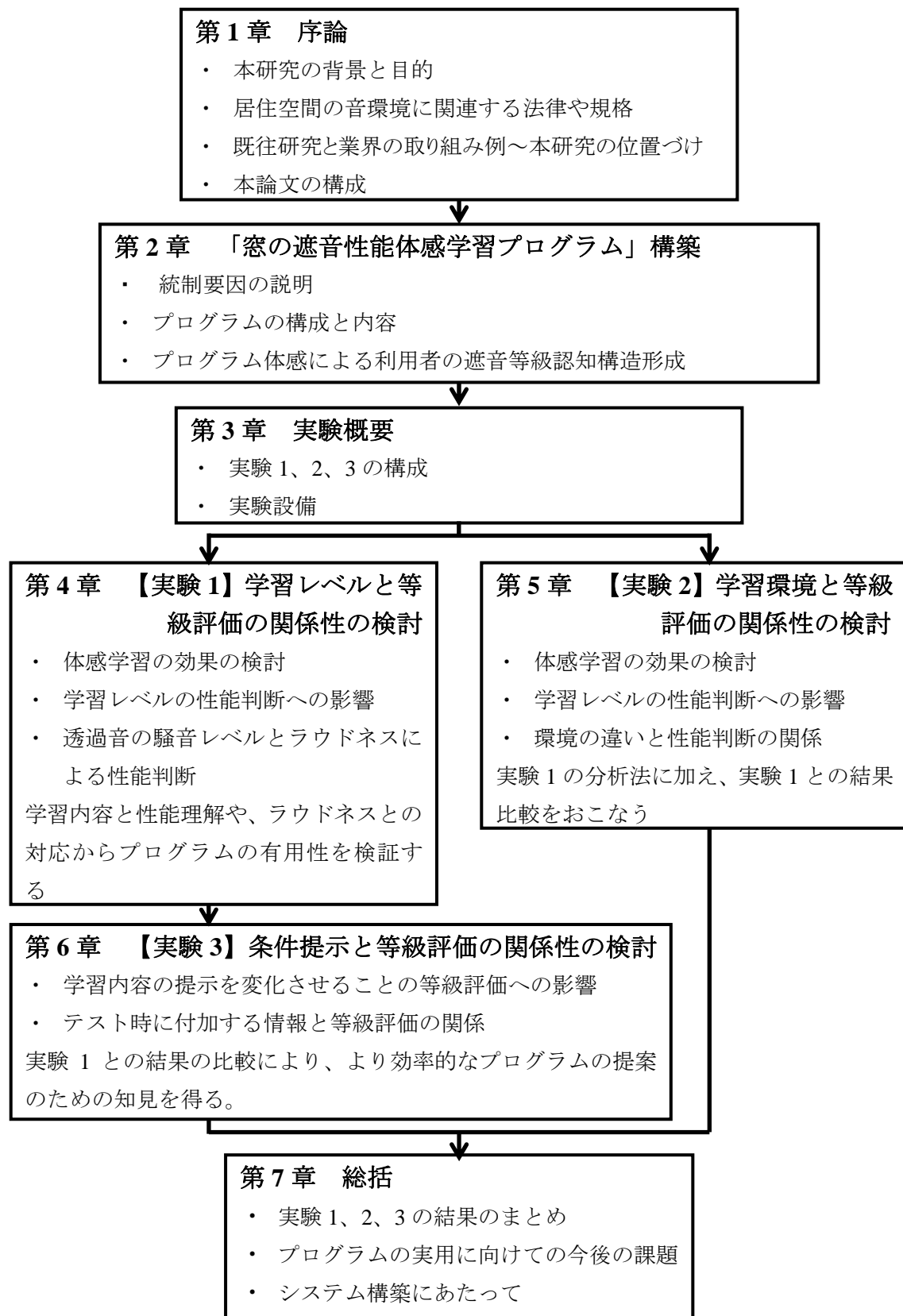


図 1.3 本論文の流れ

第 2 章

「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.1 「窓の遮音性能体感学習プログラム」の概要

2.1.1 「窓の遮音性能体感学習プログラム」の特徴

本体感学習プログラムは、研究の一環として筆者が独自に考案・検討をおこなったものである。制作にあたっては、東京大学大学院准教授佐久間哲哉、熊本大学助教川井敬二らと共に検討を重ねた。

プログラムはサウンドデータの取り扱いやアニメーションの作成が容易であり、一般性があるという点から Microsoft 社製の PowerPoint を用いて制作しており、汎用性を重視したものとなっている。

例えば住宅購入予定者が自宅のパソコンで物件情報を閲覧する時、住宅販売者に対する現場の知識教育の時、また設計者が窓の仕様を決定する時など窓の遮音性能に関連するあらゆる場面でのプログラム利用が可能になることを想定している。

また、プログラムの学習効果がすべての人に対して同等に得られるよう、内容や順序に関して統一している。さらに体感学習時間は利用者に疲労を感じさせないよう、最短 5 分最長 35 分程度としている。

プログラムの主な特徴を以下にまとめる。

- ・ 時間と場所を選ばない
- ・ 分かりやすい
- ・ 統一された内容である
- ・ 疲労を感じさせない

なお、上記のようなプログラムを制作するうえで考えられる項目を図 2.1 に示す。

赤字で示した項目が本プログラムの制作上、特に着目した点である。

具体的には

■ ソフト面

「繰り返し」

体感学習内容と同じ内容で「確認テスト」を行う。その結果、リハーサルにより記憶の定着が図れる。

「階層化」

日常経験する記憶において、体制化の効果は大きいことが予測できる。そのために、遮音等級に関連する情報をまとめることで階層化をおこなう。

「フィードバック」

確認テストにおいて、問題ごとに回答後正解をフィードバックすることで、より知識の定着が図れ

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

る。

「受動的、能動的」

プログラム中では体感学習は受動的、確認テストは能動的学習と位置づけている。これによりプログラムの単調さを抑制できるほか、能動的に思考を拡散させることによって理解がより明確になると考えられる。

一方体感学習において、ユーザの意思で探索的に聴き比べを行える方式の能動的プログラムの案も考えたが、学習能力における個人差が性能理解に強く影響してしまい「学習効果がすべての人に対して同等に得られる」というプログラムの目標とは逸脱してしまう結果が予測されたので、受動的プログラムとした。

■ ハード面

「PC」

いつでもどこでも利用可能なプログラムを想定している。

また、音源再生機器についても自宅で準備できる程度のものを前提としている。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

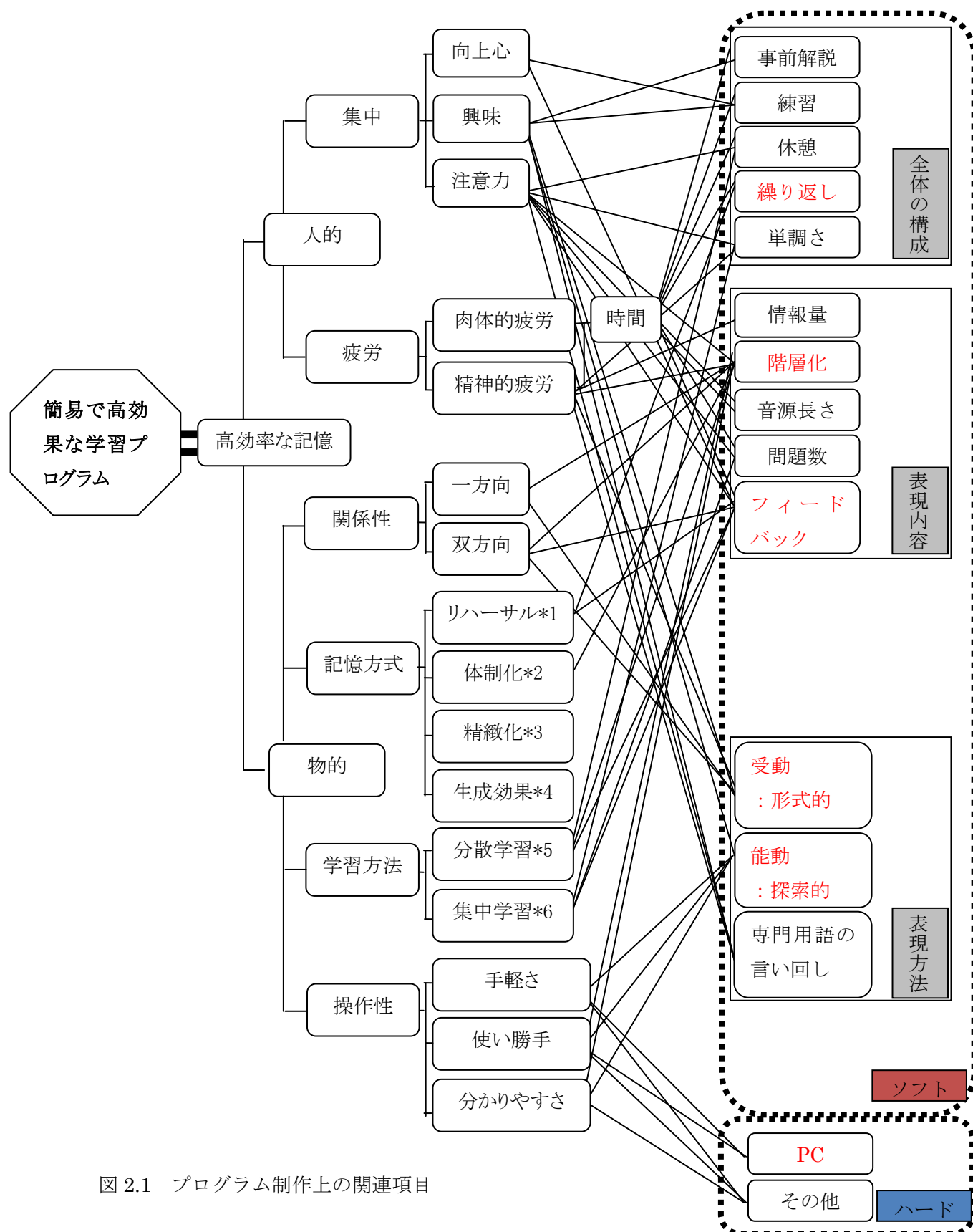


図 2.1 プログラム制作上の関連項目

*については次のページに説明

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

■ 「記憶方式」に関して

重要な情報を長く記憶にとどめるためにおこなう認知活動を記名方略といい、おもに以下のようなものが挙げられる。

- (1)リハーサル:短期記憶の忘却を防ぐことや長期記憶に転送するために、記憶すべき項目を何度も唱えて覚える方法。
- (2)体制化:関連する情報をまとめ、整理して覚える方法。
- (3)精緻化:覚えるべき項目に情報を付加して覚えやすくする方法。
- (4)生成効果:精緻化は覚えるべき項目を覚えやすくするような付加的情報を生成する方法であるが、覚えるべき項目そのものを被験者自身が生成することによって覚える方法。

■ 「学習方法」について

- (5)分散学習:時間間隔を置いて学習する事
- (6)集中学習:時間間隔を置かずに学習する事

一般的には、次のような理由で分散学習のほうが効率的だと言われる。

- ・ 休憩中に学習した内容をリハーサルする事が可能。
- ・ 学習対象に注意を集中しやすい。
- ・ 様々な視点から学習対象の符号化を行いやすい。

以上、[46]より

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.1.2 既存のシステムとの比較と位置づけ

本プログラム同様、一般の人向けに住宅性能表示制度で定められている音環境性能の要求基準を正しく理解させることを目的としたシステムとして「集合住宅音環境体感システム(以下、T システムとする。)」(株)竹中工務店がある。

T システムでは、隣家のピアノや電話の話し声といった空気伝搬音や上階の足音や生活音などの床衝撃音、外部の交通騒音などの集合住宅の音環境をシミュレートして、その結果をDVD5.1チャンネルシステムで実際に体感するといったもので、可搬性に優れどこでも利用可能である。また、DVD を使用して音環境を再現する業界初のシステムである。

しかし、T システムでは住宅の音環境に対して等級別に音の聞こえ方を体感でき、等級間の相互比較が可能であるが、正しく理解できたかについては明らかになっていない。

そこで、本プログラムは等級の差による聞こえ方の違いを統一的なプログラムにより体感学習させ、音を聴き比べるテストにより理解の検証をおこない「理解させること」を目的とすることで、窓の音響特性を正確に再現し「聴かせること」を目的としている T システムとの差別化を図った。

また、T システムの対象者は主に社内の設計者、ディベロッパーであるのに対して、本プログラムは一般の人がいつでもどこでも PC で自由に体感できることを目的としているため、より広く一般の人が対象者となる。

本プログラムを用いた実験によって得られた知見は T システムをはじめとした、建築業界に現存する遮音性能体感システムの更なる発展のためにも非常に有益であると考えている。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.2 居住空間の音環境評価と体感学習プログラム

2.2.1 音環境評価とプログラムの関係

我々の日常生活では、様々な場所で様々な音が発生している。

居住空間の音環境は、室外で発生する様々な音源が各伝搬経路をたどり、遮音性能というフィルタを通して室内に透過してくるものと、室内で発生する音によって構成される。室外で発生する音は建物による反射や遮蔽、距離減衰を経て、対象建物の外壁や開口部から室内に透過する。また、同じ室外といっても建築内部で発生する隣戸の生活音や、建築設備機器の音は建築内を伝搬して、住戸間の界壁や扉、床及び天井から透過する。さらに室内では空調音やその他、人間の活動によって様々な音が発生する。これらの発生音源は、発生場所や物理的特性が異なるだけでなく、その空間における居住者との関係性や意味合いも異なる。このように様々な場所で発生する多様な音が居住空間に存在し、一つ一つの音の複合体として音環境を形成している。

居住空間の音環境評価、言い換えれば建築の遮音性能の評価において、要求する音環境が同じ水準の場合、劣悪な室外環境においては高い遮音性能を必要とし、また静かな環境ではそれほど高い遮音性能は必要ではないことがある。これは室内外の境界としてその建築が単体として持つ性能を評価するという視点(物理評価)と、ある環境に建築が置かれた際にその室外環境のフィルタとして透過する音を評価する(心理評価)という2つの視点があることを意味している。

例えばマンション購入から居住後については、パンフレットなどの情報を見聞きしている段階では前者の視点、居住後は後者の視点による音環境評価をおこなっていると考えられる。住宅におけるクレームは「居住前後の性能に対する印象のギャップ」という点が挙がる。その解決のためにこの両者の視点を関連付けることが重要であり、本プログラムの活用によってなされることが考えられる。つまり体感学習後は T 等級の違いを聞き分けられ、入居予定の周辺環境を考慮した上で消費者が必要とする窓の選定が可能となり、その結果消費者自身の判断に基づき形成される音環境となることで、クレームの発生を抑制する効果が得られると考えている。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

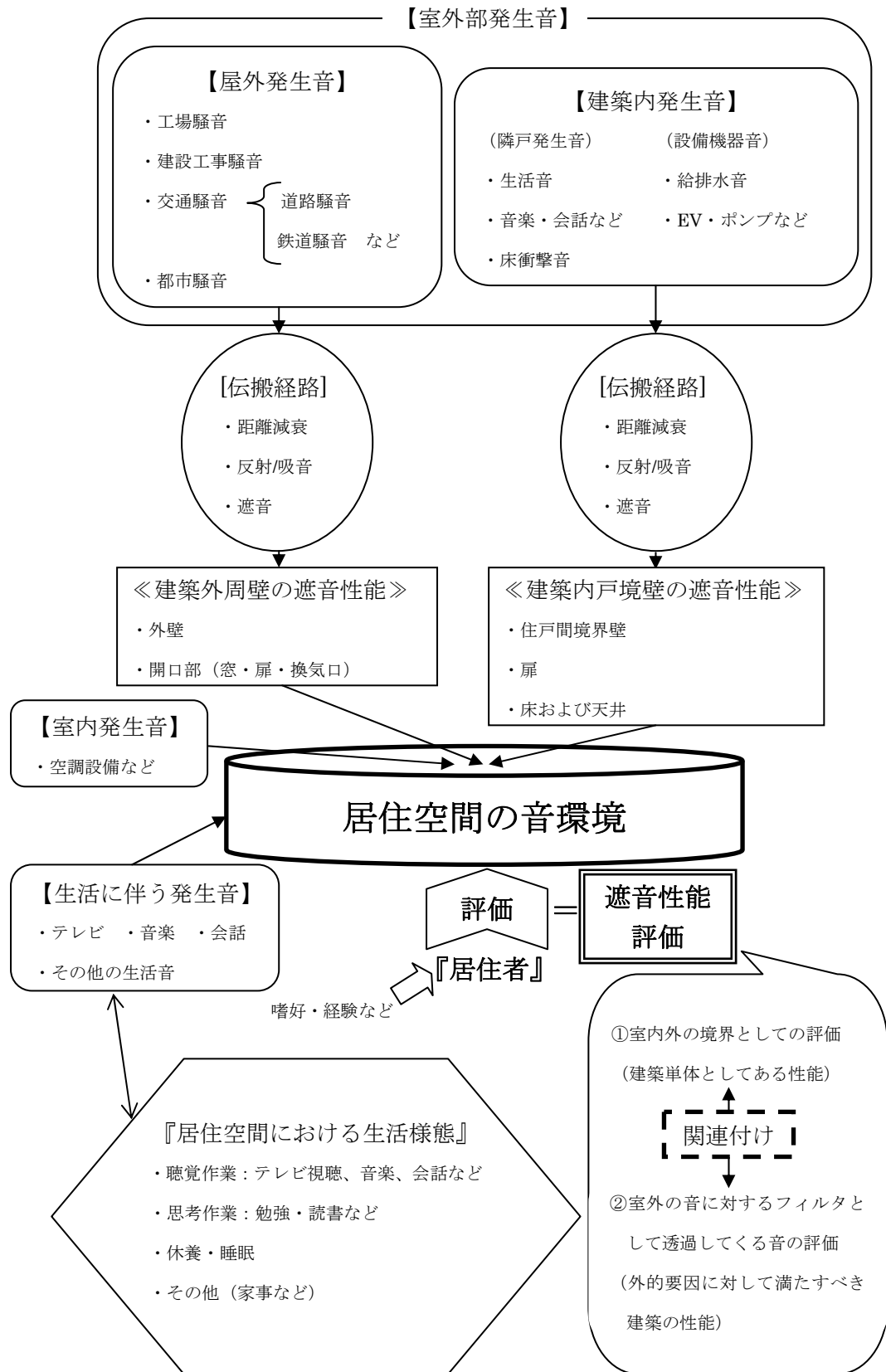


図 2.2 居住空間の音環境形成と遮音性能評価

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.2.2 プログラムにおける窓の遮音性能評価

室内における遮音性能評価は各要因が非常に複雑に関連しているが(図 2.2)、プログラムでは遮音等級の違いによる居住空間の音環境の変化を体感学習させることに主眼を置いている点やプログラムの単純化を図ることから、窓の遮音等級とその認知に作用する透過音の印象形成に関わると考えられる以下の4 要因を取り扱うこととした(図 2.3)。

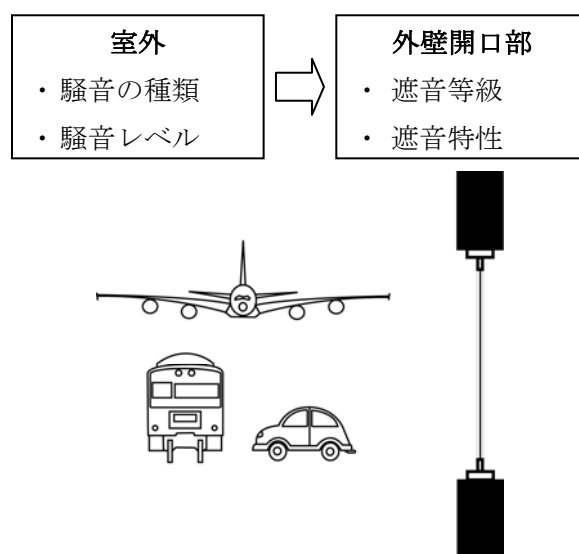


図 2.3 透過音に関わる要因

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.3 遮音性能評価に関する物理特性

ここではプログラムで扱う4要因についてその水準や選定の意図、特性などの詳細を説明する。

(1) 音源種(S)

本プログラムでの提示音の音源種は、次に示す4種である。

- ・ ピンクノイズ(PK)
- ・ 道路交通音(CR)
- ・ 鉄道音(TR)
- ・ 祭囃子の音(MT)

これらの音は意味性や時間変動性、周波数特性の影響による遮音性能評価の変化を検証するために選定した[31]。

各音源の特徴は以下の通り。特に、ピンクノイズは干渉が起こらないよう無相関としている。

表 2.1 音源種の水準と特徴

記号	PK	CR	TR	MT
分類	その他	交通騒音	交通騒音	都市騒音
時間変動	定常的	定常的	間欠的	定常的
周波数特性	全帯域で均一	高音卓越	高音卓越	低音卓越

各音源の周波数特性、時間率騒音レベルを示す(図 2.4、2.5)。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

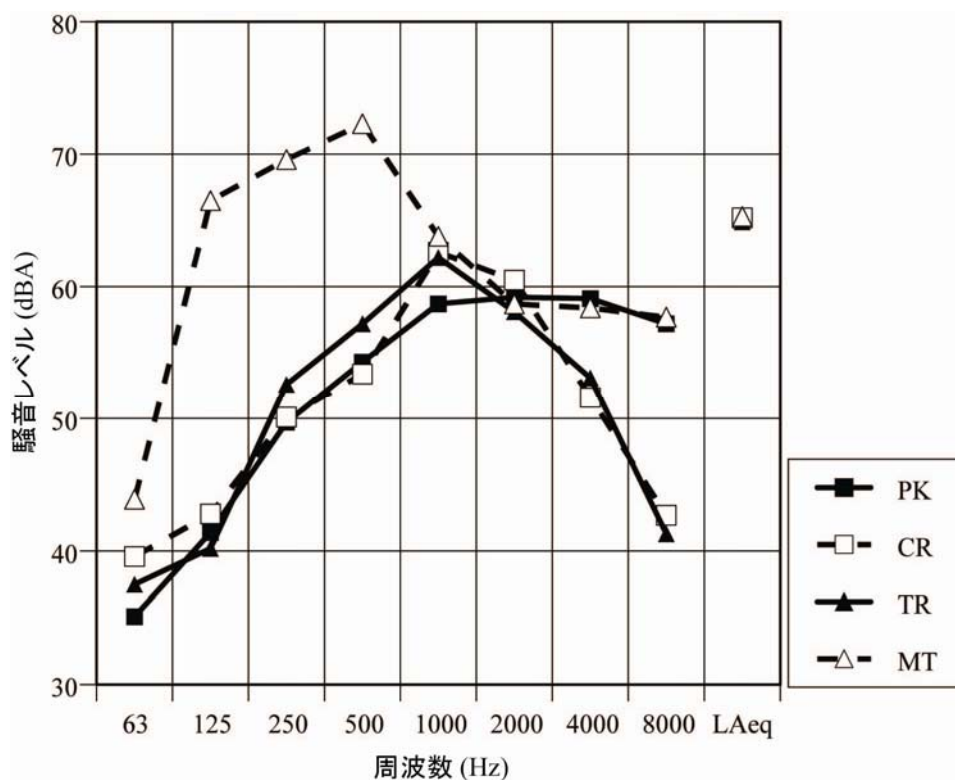


図 2.4 各音源の周波数特性

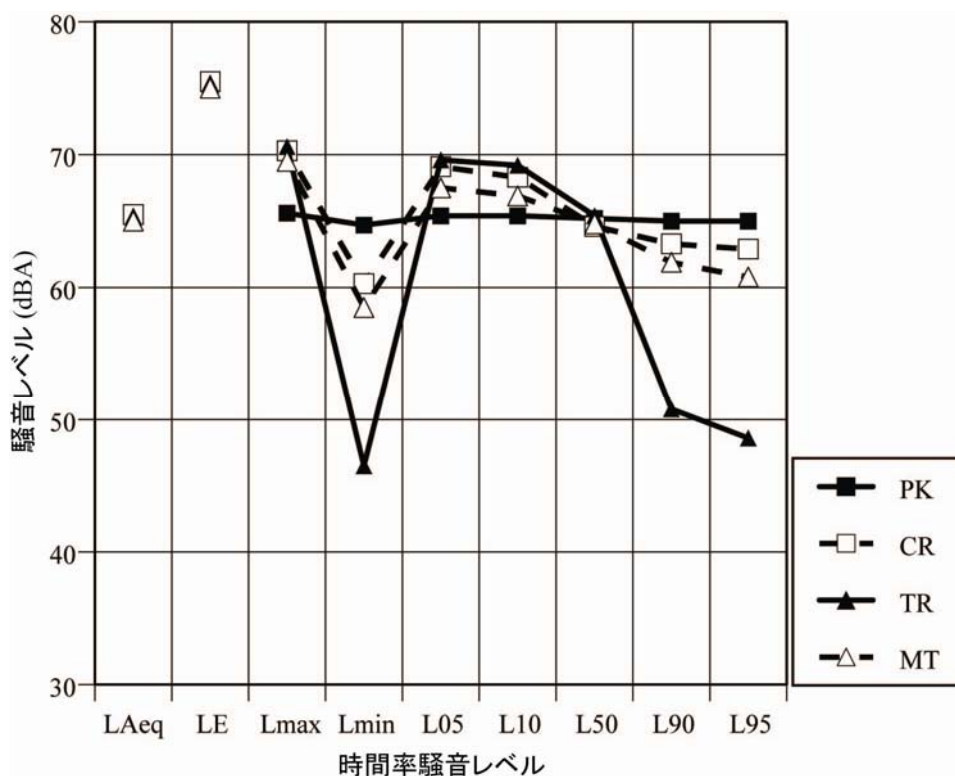


図 2.5 各音源の時間率騒音レベル

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

(2) 騒音レベル(L)

騒音レベルについては 1.2.1 に記載した「騒音に係る環境基準」を参考に、劣悪な音環境下における室内を想定し、以下の3段階に設定した。

- ・ 70dBA
- ・ 65dBA
- ・ 60dBA

(3) 遮音の周波数特性(F)

窓の透過損失値の周波数特性は、隙間の影響から中高音域(500Hz～)が平坦な特性になることや、ガラスの低音域共鳴透過やコインシデンス効果の影響により 250Hz 付近や 2kHz 付近の透過損失値が低下する特徴がある。これらの特性を模擬した4種の遮音の周波数特性のモデルを設定した(表 2.1)。

なお質量則に沿った透過損失を示す帯域について、理論上は 6dB/oct.band であるところを本プログラムではより現実に近い遮音性能の体感学習を前提とし、実測値に基づく 5dB/oct.band の傾きとしている。

また、T 等級で規定されている周波数帯域は 125～4000Hz の範囲であるが、本プログラム作成上は、音源に関してその他の帯域を除去するような作業は行っていないので、周波数特性に関してもそのまま延長した形としている。

表 2.2 遮音の周波数特性の水準と特徴

呼び名	記号	周波数特性	窓のモデル
基本型	基	遮音等級線に沿った特性	ガラス特有の欠損がない窓
低音欠損型	低	低音域(250Hz 付近)に欠損を持つ特性	ペアガラスの窓
高音欠損型	高	高音域(2000Hz 付近)に欠損を持つ特性	単板ガラスの窓
傾き一定型	傾	500Hz 以上の音域で傾きが一定の特性	理想的な窓

各特性の音響透過損失を表 2.3.1～2.3.5 と図 2.6.1～2.6.4 に、開窓時 65dBA の各音源に関して T-1 等級透過音の周波数特性を図 2.7.1～2.7.4 に示す。また、「ピンクノイズの基本型」の透過音を基準とした時の相対透過音レベルを図 2.8.1、2.8.2 に示す。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

表 2.3.1 遮音等級線の透過損失値

	1/1oct	63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
等級線	T-1	–	10.0	17.5	25.0	25.0	25.0	25.0	–
	T-2	–	15.0	22.5	30.0	30.0	30.0	30.0	–
	T-3	–	20.0	27.5	35.0	35.0	35.0	35.0	–
	T-4	–	25.0	32.5	40.0	40.0	40.0	40.0	–

表 2.3.2 基本型の透過損失値

	1/1oct	63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
基本型	T-1	10	15	20	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	T-2	15	20	25	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	T-3	20	25	30	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	T-4	25	30	35	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0

表 2.3.3 低音欠損型の透過損失値

	1/1oct	63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
低音 欠損型	T-1	15	20	17.5	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
	T-2	20	25	22.5	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
	T-3	25	30	27.5	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	T-4	30	35	32.5	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0

表 2.3.4 高音欠損型の透過損失値

	1/1oct	63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
高音 欠損型	T-1	15	20	25	30.0	30.0	25.0	30.0	30.0
	T-2	20	25	30	35.0	35.0	30.0	35.0	35.0
	T-3	25	30	35	40.0	40.0	35.0	40.0	40.0
	T-4	30	35	40	45.0	45.0	40.0	45.0	45.0

表 2.3.5 傾き一定型の透過損失値

	1/1oct	63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
傾き一定型	T-1	10	15	20	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0
	T-2	15	20	25	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
	T-3	20	25	30	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0
	T-4	25	30	35	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

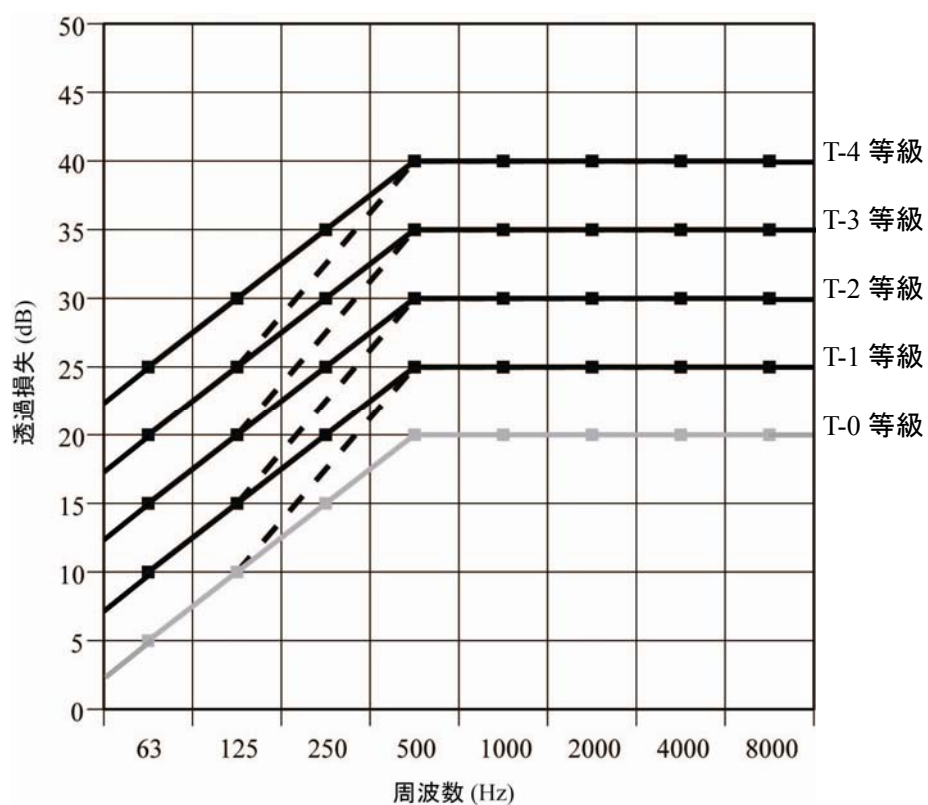


図 2.6.1 基本型の透過損失値

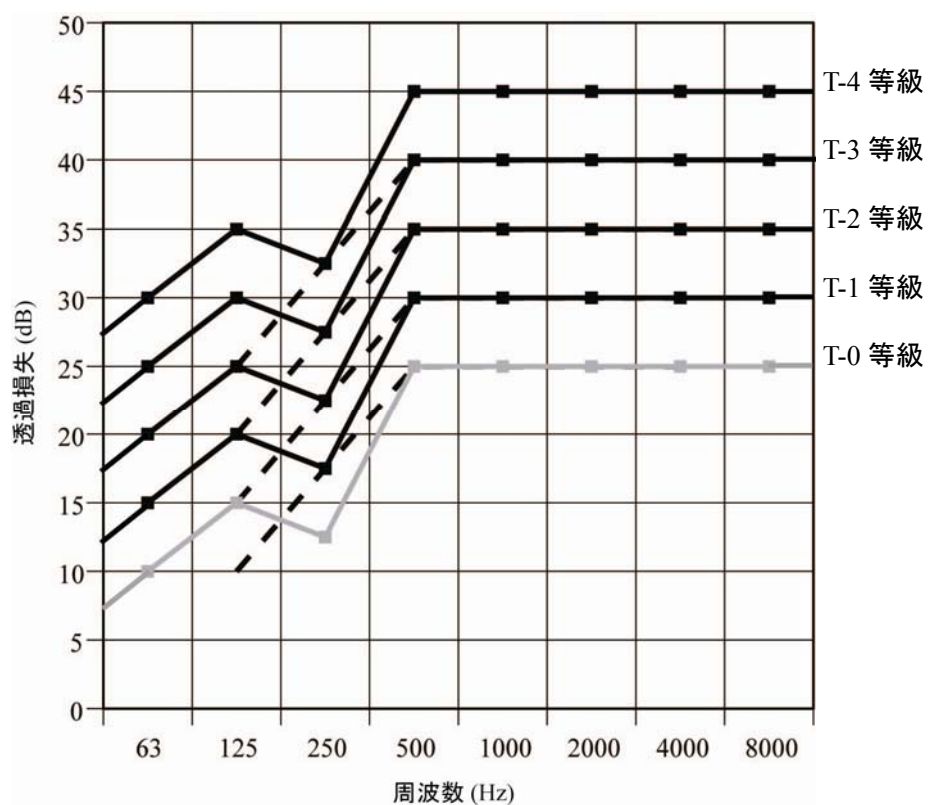


図 2.6.2 低音欠損型の透過損失値

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

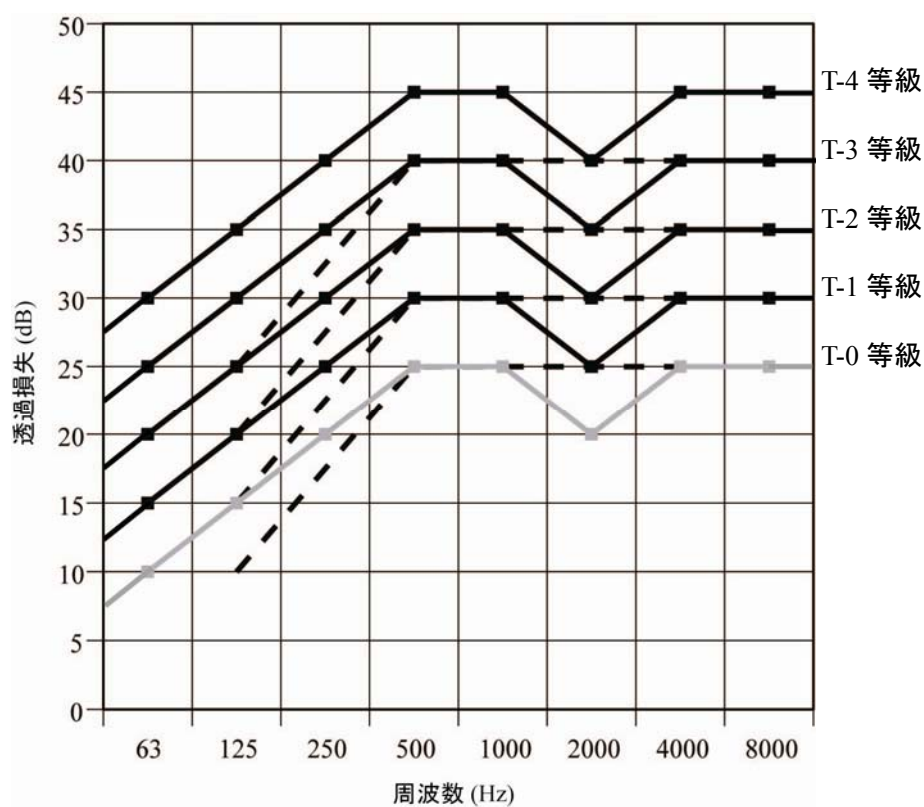


図 2.6.3 高音欠損型の透過損失値

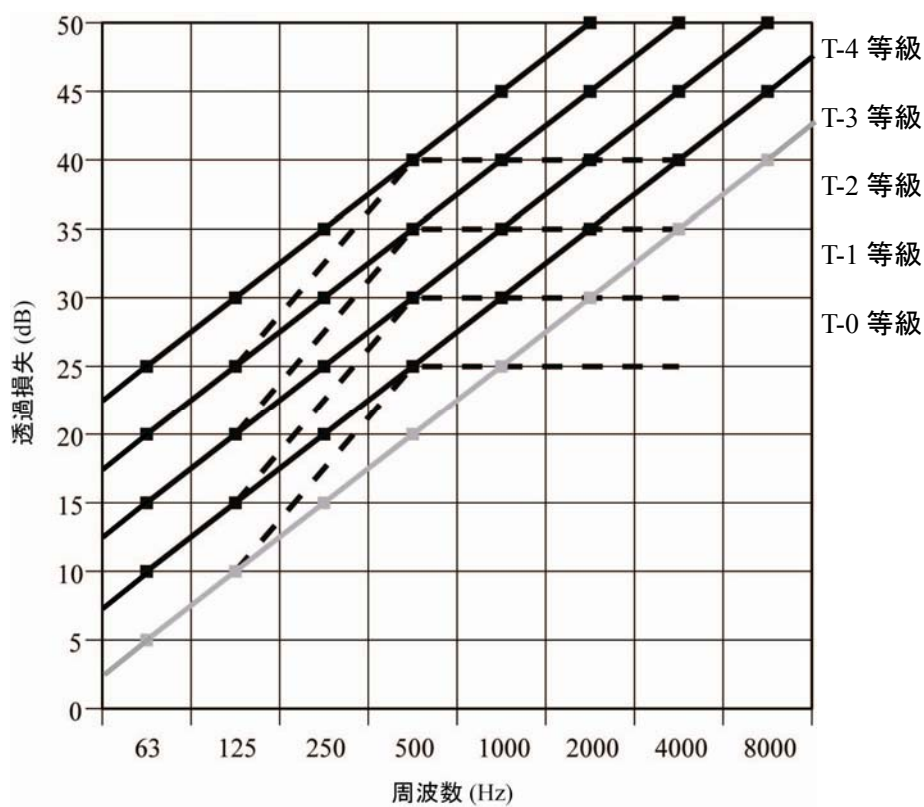


図 2.6.4 傾き一定型の透過損失値

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

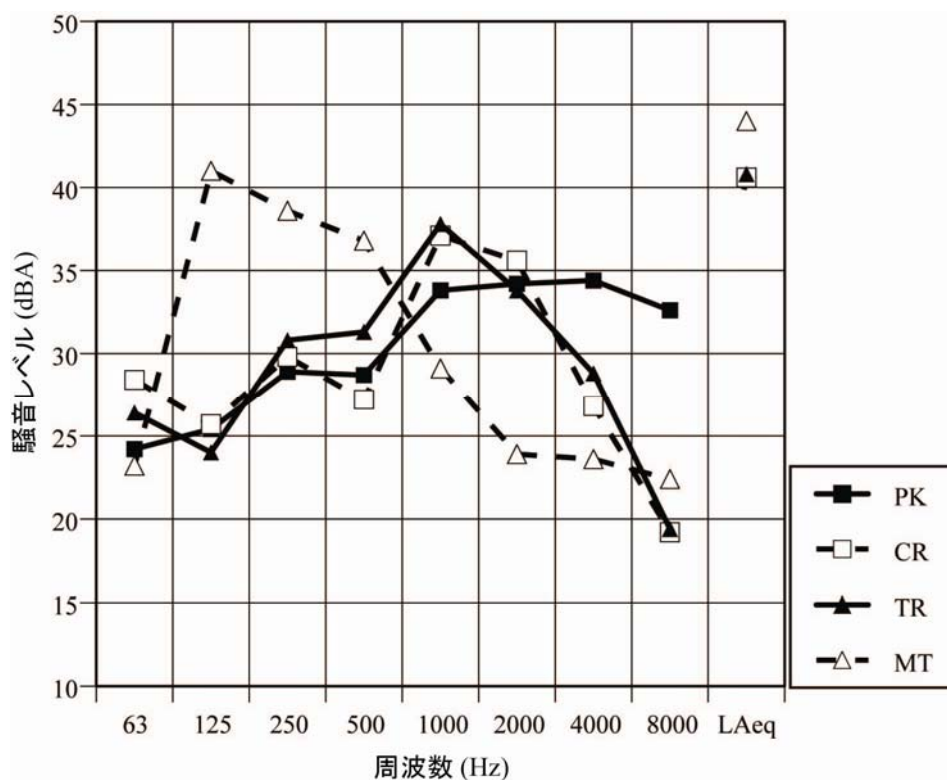


図 2.7.1 基本型 T-1 等級透過音

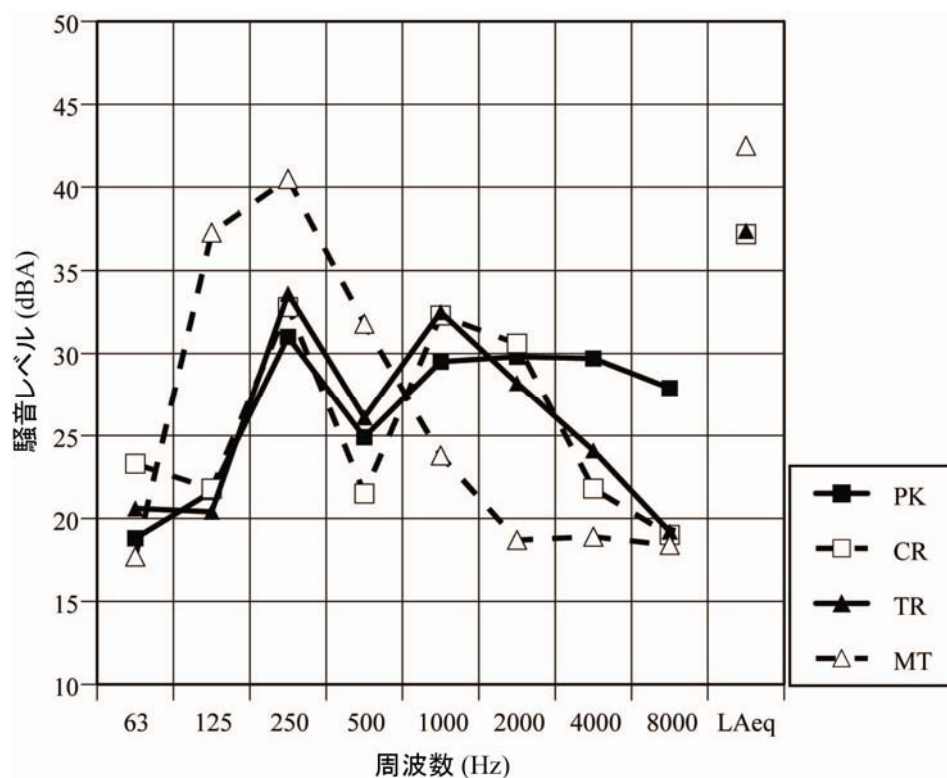


図 2.7.2 低音欠損型 T-1 等級透過音

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

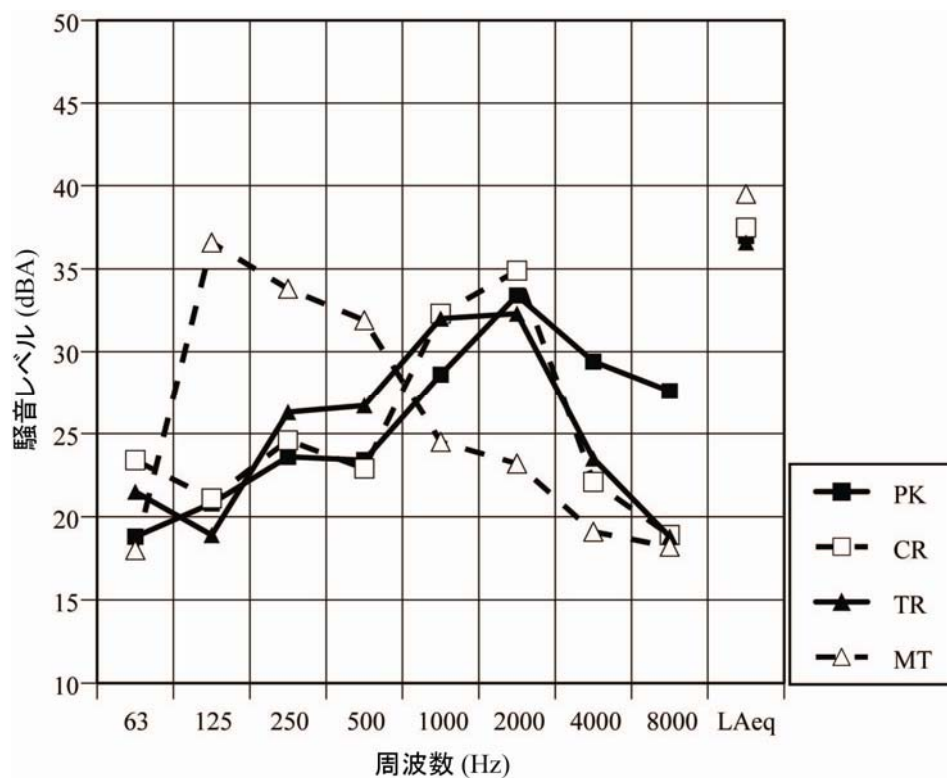


図 2.7.3 高音欠損型 T-1 等級透過音

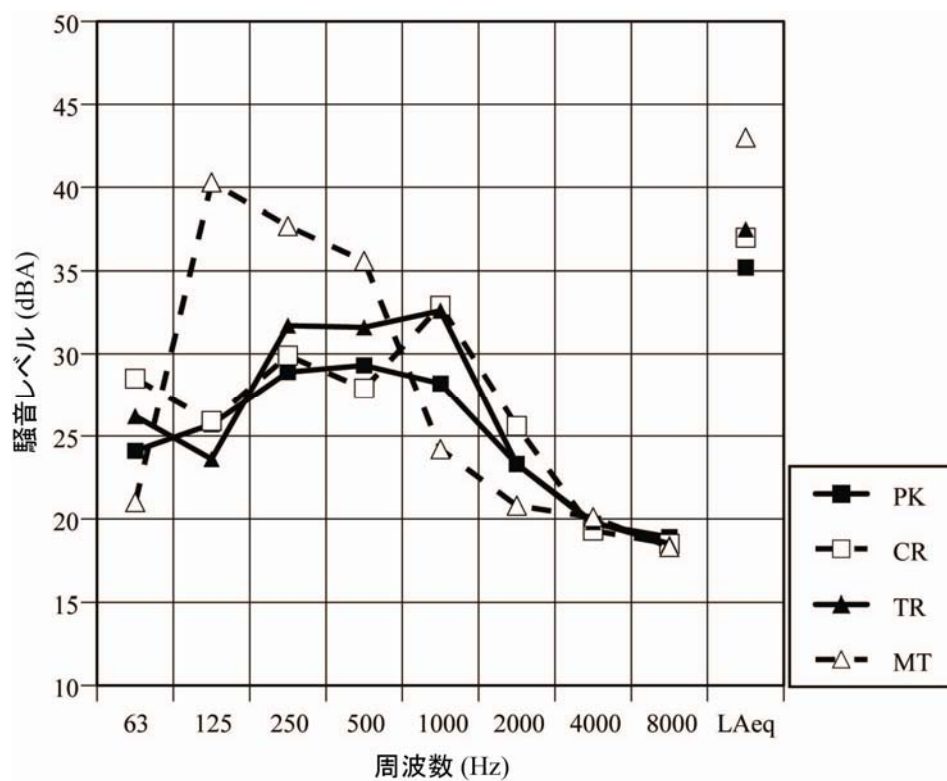


図 2.7.4 傾き一定型 T-1 等級透過音

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

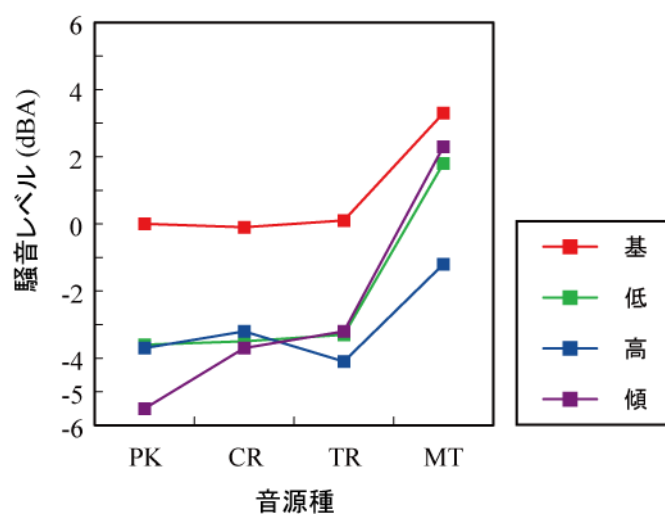


図 2.8.1 相対透過音レベル-F 別

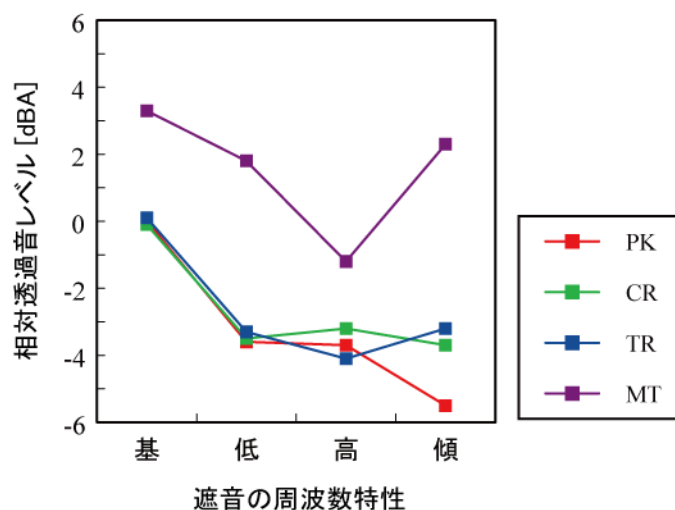


図 2.8.2 相対透過音レベル-S 別

(4) 遮音等級(T)

本プログラムでは以下の4等級を扱うこととした。

- ・ T-0 等級
- ・ T-1 等級
- ・ T-2 等級
- ・ T-3 等級

JIS 規格で規定されている等級は、T-1～T-4 等級であるが T-4 を用いずに T-0 を設定した。なお T-0 は T-1 を 5dB 下回る等級の便宜的表記である。本プログラムで想定している「一般的な住宅購入場面での利用」を前提とした場合、T-4 等級は二重サッシにするなどの本格的に遮音設備を整え

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

た状況における特殊仕様となるため利用状況にそぐわず、反対に T-0 は住宅性能表示で音環境が保障されていない場合や、現存する物件の中にも多くそのような性能のものがあると考えられる。

2.4 音源作成方法

基本的には Adobe 社製の Audition を用いて作成した。以下、作成方法について説明する。

【開窓時の音源作成】

使用する音源は、以下の 4 音源である。

なお、括弧内の数字は引用文献中の音源検索用番号を示す[44]。

- ・ PK (S11206)
- ・ CR (S21146)
- ・ TR (S23402)
- ・ MT (S12221)

これらに対して、まず SN を確保するために Normalize した音源を作成し、これを仮に「音源 A」とする。その後実験1、3は無響室内で行うので提示音量を満たすよう、被験者の受聴位置での騒音レベル(dBA)が音源 A に対して-5dBA、-10dBA となるように、Audition 中で音源 A を減幅させた音源 B、C を作成する。ここで作成された 3 音源が各提示音量に対する「開窓時の音」となる。

【閉窓時の音源作成】

「開窓時の音」に対して、設定した遮音の周波数特性に従って Audition 中の Graphic Equalizer にて周波数特性を加工する。

なお、ここで作成した音源は仮の状態であり、無響室内で被験者の受聴位置で遮音の周波数特性での設定値が確保されなければならない。そのため無響室内で開窓時と閉窓時の音の周波数分析をおこない、各帯域の窓開閉での騒音レベル差を算出する。これを設定した遮音の周波数特性と比較し、その差が $\pm 0.5\text{dB}$ 以内となるまで Audition 中の Graphic Equalizer にて閉窓時の音の周波数特性を微調整した。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

以上の手順で作成した開窓時と閉窓時の音をペアとして、基準音源型を作成する(図 2.9)。この音源の組み合わせや繰り返し回数を変更することで、体感学習音源や確認テスト音源、テスト音源を作成した。

窓開閉の各刺激音の持続時間は、室外で騒音が鳴っている状況を想定できることや、ユーザの集中力の持続力を考慮して 10s で 0.05s の直線状立ち上がりとし立下りを含む。

また、開閉間隔は現実感を表現するために 0.5s とした。

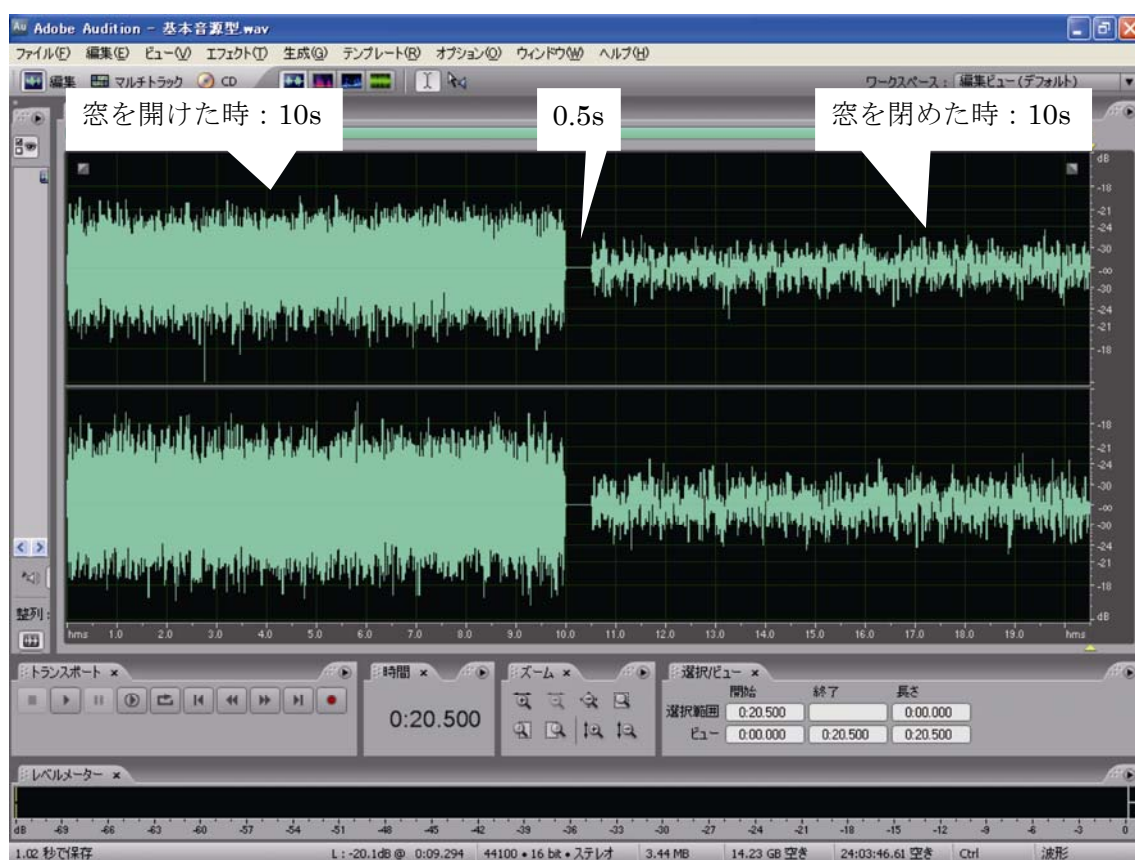


図 2.9 基準音源型

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.5 体感学習プログラムの詳細

2.5.1 プログラムの構成

学習ごとのプログラムの構成を表 2.4 に示す。

表 2.4 学習ごとのプログラムの構成

	学習 0	学習 1	学習 2	学習 3	学習 3'
プログラムの 構成	遮音の基礎知識	遮音の基礎知識	遮音の基礎知識	遮音の基礎知識	遮音の基礎知識
	↓	↓	↓	↓	↓
		体感学習その 1	体感学習その 1,2	体感学習その 1,2,3	体感学習その 1,3,2
	テスト	テスト	テスト	テスト	テスト
所要時間	35 分	40 分	45 分	55 分	55 分

体感学習時の提示音量は 65dBA に統一している。各学習の内容は以下のとおり。

学習 0 遮音の基礎知識のみ。

学習 1 学習 0 に遮音等級 (T) の違いの学習 (体感学習その 1) を追加。

学習 2 学習 1 に遮音の周波数特性 (F) の学習 (体感学習その 2) を追加。

T=T-1 に統一。

学習 3 学習 2 に音源種 (S) の違いの学習 (体感学習その 3) を追加。

F=基、T=T-1 に統一。

学習 3' 学習 3 に対して、体感学習その 2、その 3 を入れ換え。

F=基、傾、T=T-1 に F=低、高、T=T-0 に設定。

T 等級を T-1 や T-0 といった性能の悪いものに設定した理由は、遮音後の音量が大きいため比較しやすいことを考慮しているためである。

なお、学習 0 は体感学習の効果を検証する比較対象としての役割をもつ。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.5.2 プログラムの内容例と工夫

(1) 遮音の基礎知識

現状の住宅購入時の知識レベルを想定しており、一般的に容易に入手可能なマンション販売パンフレットやホームページに記載されている情報を参考に作成した[54-64]。

内容は、デシベルや周波数など音に関する基本的な事項や、遮音の概念や透過損失、遮音等級といった専門用語や遮音等級を決定する際の注意事項など、遮音を理解するために必要と考えられる各事柄を関連付けて網羅的に解説している。

なお、本研究では実験の被験者は非音響系の人を前提としているが、「遮音の基礎知識」により被験者の知識レベルを統一する効果も考えている。また、体感学習の進行は各被験者に依るところが大きいため、学習1以降に関しては読み飛ばしても構わないこととした。

主な画面例を図 2.10.1～2.10.4 に示す。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築



図 2.10.1 遮音の基礎知識画面例 その1



図 2.10.2 遮音の基礎知識画面例 その2

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

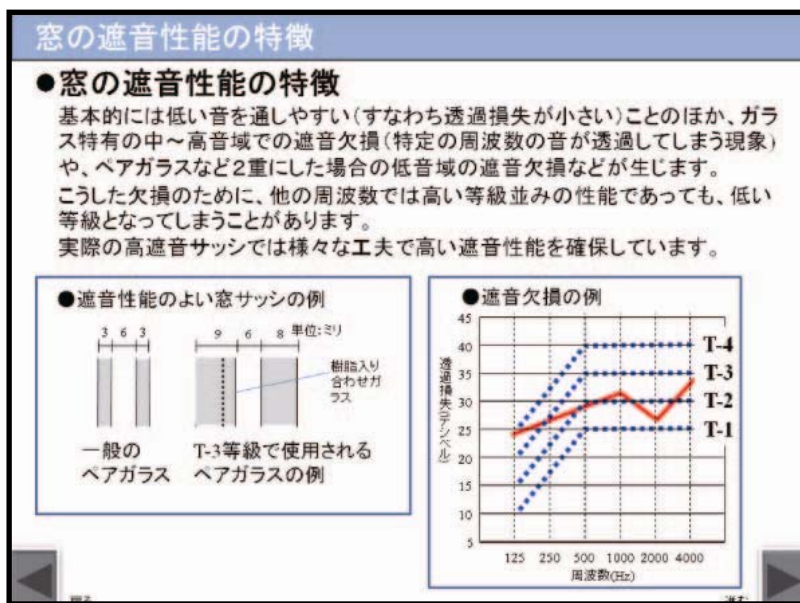


図 2.10.3 遮音の基礎知識画面例 その3



図 2.10.4 遮音の基礎知識画面例 その4

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

(2) 体感学習

体感学習の意味は、「遮音の基礎知識」の理論的学習に加え実践的学習をセットにすることで理解の助けとすることにより、ユーザが理解できたと感じることでクレーム抑制の一助となりうると考えている。

体感学習は刺激音を聴き比べる学習(受動的学習)と、その内容の確認テスト(能動的学習)から成る。確認テストをおこなうことにより、受動的学習の内容を整理させユーザの体感知識として一層の定着が図れるほか、学習が冗長になることを防ぐこともできると考えられる。なお、体感学習の効果を図るためにおこなうテストにおいて出題順序が回答のしやすさに影響を及ぼさないよう、確認テストの形式はテストと同様の形式としており、テストの練習としての意味も有する。確認テストの正解については、あくまで実力を測るものではなく学習内容を確認する意味のものであることを重視し、T 等級を昇順に循環させている。さらに正誤の確認を各問でおこなうことにより、前問との相对比较で学習することもできるので包括的な学習も可能であると考えられる。

また、遮音等級は理論的には音量と周波数特性にて決定される。そこでそれらの物理量を系統的に体感学習させることで、心理量が修正され遮音等級をある程度正確に言い当てることができるか検証を行うため、学習 0～学習 3 は要因ごとに階層化された情報の遮音等級との直接的な関係の度合いに基づき、情報量を増加させて設定している。音量について体感学習その1で、周波数特性について体感学習その2、その3で学習する。

各体感学習の内容についての詳細を以下に示す。

■ 遮音性能体感学習その1 ～遮音等級の違いの学習～

遮音等級と音量感との対応を学習させる内容である。

音源種はピンクノイズ、遮音の周波数特性は基本型で統一している。なお、提示順序の等級判断への影響を少なくするためにT-1、T-2、T-3を昇順と降順で計二回聴き比べる内容となっている。

確認テストについては、学習した内容についての計3問の出題である。

■ 遮音性能体感学習その2 ～遮音の周波数特性の違い～

学習2、学習3においては遮音等級をT-1で統一しており、同一等級であっても遮音の周波数特性によって聴こえ方が様々に変化することを学習させる内容である。

一方、学習3'では実験1の結果をふまえ周波数特性(F)が基本型、傾き一定型の時T-1に、Fが低音欠損型、高音欠損型の時T-0に設定しており、欠損帯域があることによる音の抜けを意

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

識しやすい内容としている。

確認テストについては学習2、学習3においては音源をピンクノイズで統一し、遮音の周波数特性に対して一問ずつ出題の計4問。学習3'においては音源4種に対して一問ずつ出題し、「低音卓越型の音源と高音欠損型の遮音特性」、「高音卓越型の音源と低音欠損型の遮音特性」の組み合わせの問題によって遮音特性(F)と音源種(S)の交互作用による等級誤認の学習ができるよう考慮した計4問となっている。

■ 遮音性能体感学習その3 ～異なる騒音源の聞こえ方～

学習2、学習3においては同一等級、同一遮音特性であっても音源の周波数特性の違いによって、聴こえ方が様々に変化することを学習させる内容となっており、4種の遮音特性に対して聴き比べをおこなう計4回の体感学習である。

一方、学習3'は実験1の結果をふまえ基本型のみについての聴き比べによる体感学習としている。

確認テストについては学習2、学習3においては学習3'における体感学習その2と同一問題で、音源4種に対して一問ずつ出題し、「低音卓越型の音源と高音欠損型の遮音特性」、「高音卓越型の音源と低音欠損型の遮音特性」の組み合わせの問題によって遮音特性(F)と音源種(S)の交互作用による等級誤認の学習ができるよう考慮した計4問となっている。

学習3'においては、音源4種について基本型で一問ずつ出題する計4問である。

主な画面例を図2.11.1～2.11.7に示す。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

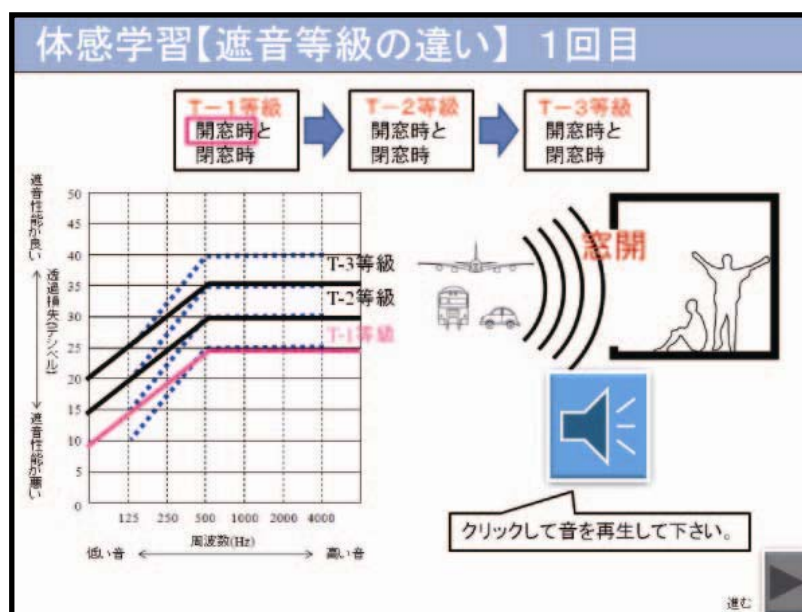


図 2.11.1 体感学習その 1 画面例

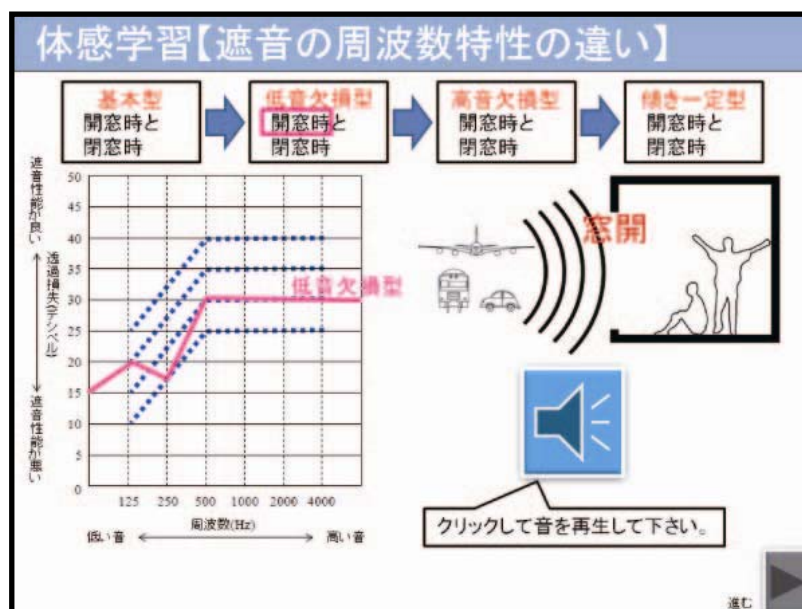


図 2.11.2 体感学習その 2 画面(学習 2、学習 3)

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

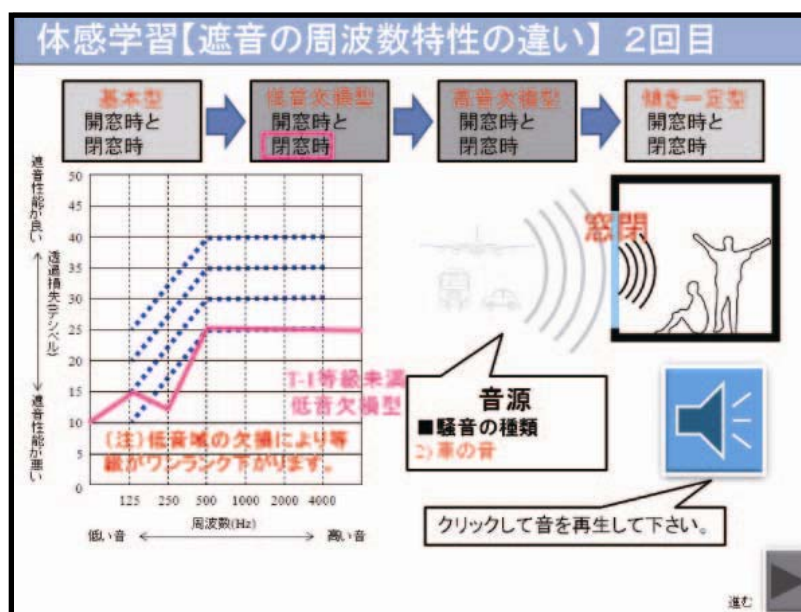


図 2.11.3 体感学習その2 画面例(学習 3')

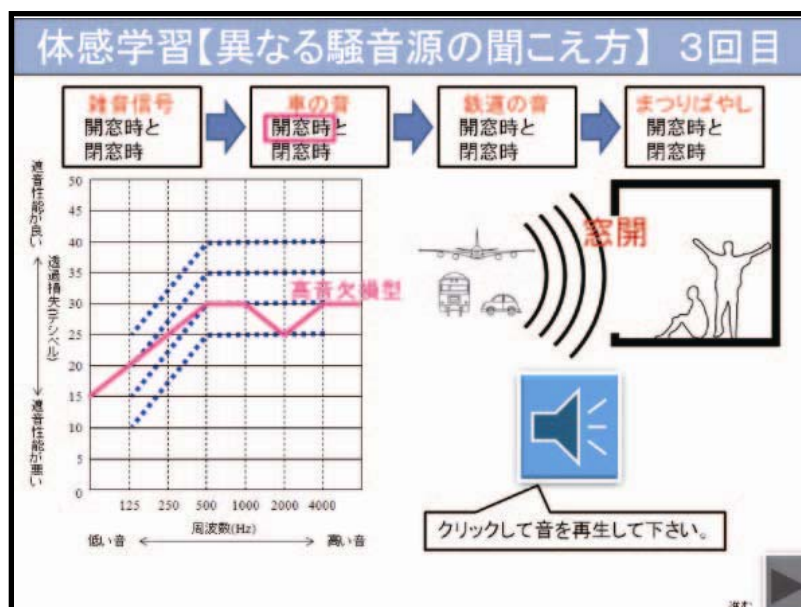


図 2.11.4 体感学習その3 画面例(学習 3)

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

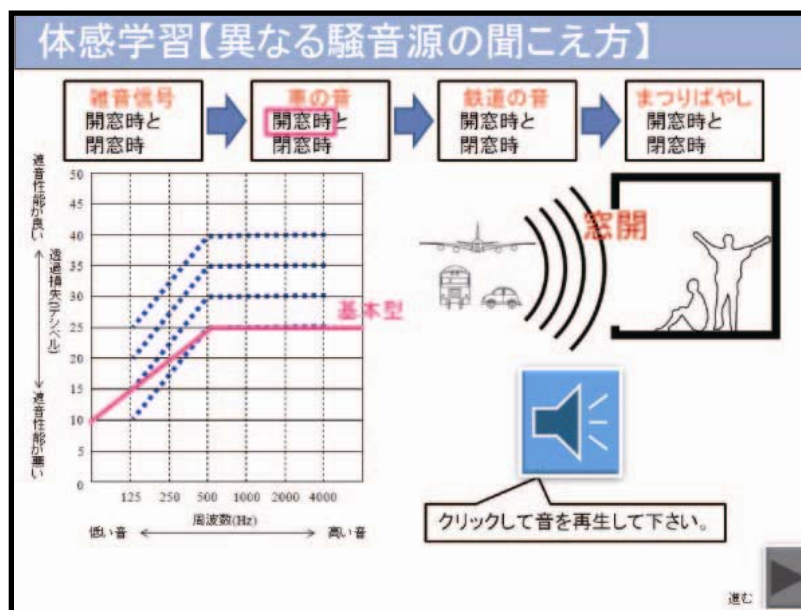


図 2.11.5 体感学習その3画面(学習3')

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

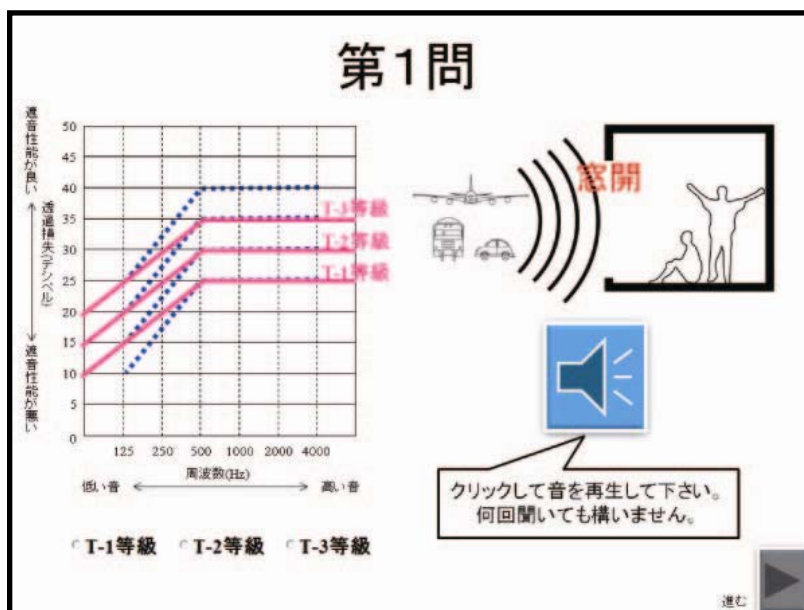


図 2.11.6 確認テスト出題画面例

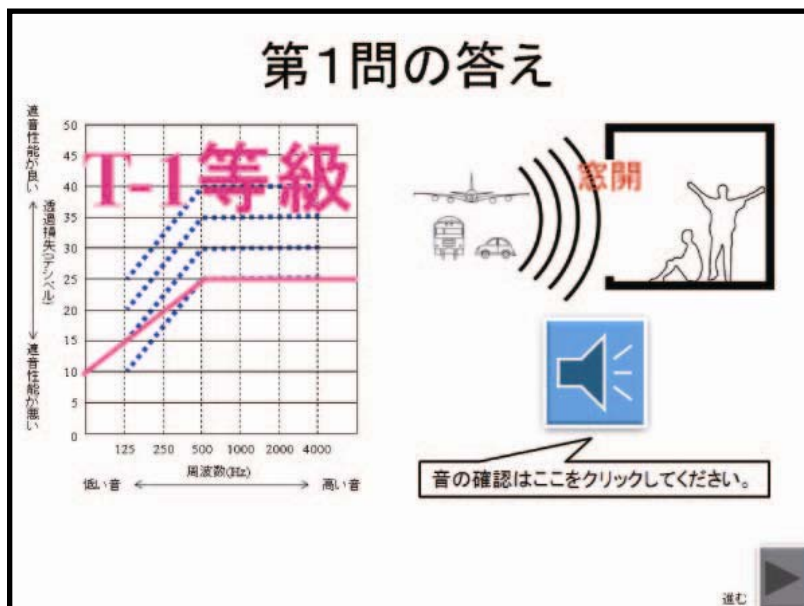


図 2.11.7 確認テスト解答画面例

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

(3) 理解度テスト

・ 概要

実験 1、2 にて学習 0～学習 3 について体感学習の情報量と等級判断の関係を検証するために同一のテストを行う。そのテスト問題は周波数に関する問題(以下、FS 問題。16 問)、音量に関する問題(以下、LT 問題。12 問)うち 1 問重複より計 27 問のテストで、T 等級はラテン方格により割り付けた。さらに遮音特性(F)と音源種(S)の組み合わせによる回答の分布を検証するために、学習 3 のみ上記の 27 問のテスト問題の他に、全ての FS の組み合わせに対して T-1 と T-2 を解答とする計 24 問を別日程で追加テストをおこなった。

実験 3 において学習内容やテスト問題の表現方法の違いの検証をおこなうために、学習 3' においては学習 3 にて行った全ての FS の組み合わせに対する T-1 と T-2 を解答とする問題から抽出した 16 問をテストに用いた。なお、実験 3 でテストの表示形式による等級判断への影響を検証するため、学習 3' のテストはほかのものと同じく開窓時と閉窓時の音を聴き比べて等級を判断する「テスト A」のほか、遮音の周波数特性の表示が加わった「テスト B」がある。

これらのテストにより得られる指標は正答率のほかに正解と回答の誤差があり、学習量と学習効果の関係だけでなく、因子の主効果や交互効果と等級判断の関係などについて多角的な分析が可能である。

なお、テスト問題の出題順序は音源種や遮音特性の順序関係に考慮をしたうえでのランダムな順序で、全被験者で共通としている。

また、被験者は学習 0～学習 3 において同一のテストを計 4 回受けることになるが、実験ではテスト結果を教えないためテストによる学習効果はないものと考えた。

これらテストの画面例を図 2.12.1、2.12.2 に、問題一覧を図 2.13.1、2.13.2 に示す。

・ 制作上の工夫点

五者択一形式のテスト問題で PowerPoint 中の Option button 機能により、複数選択できないようにした。また、選択漏れを防止するために回答のチェックをせずに次へ進もうとすると「いずれかにチェックして下さい」という警告文が表示され、進めないようにしている。また、被験者が試験終了後 Command button 機能により組み込まれた「終了」ボタンを押すと、回答結果の一覧のテキストファイルが作成されるようになっており、これを用いることで集計が大変容易となっている。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

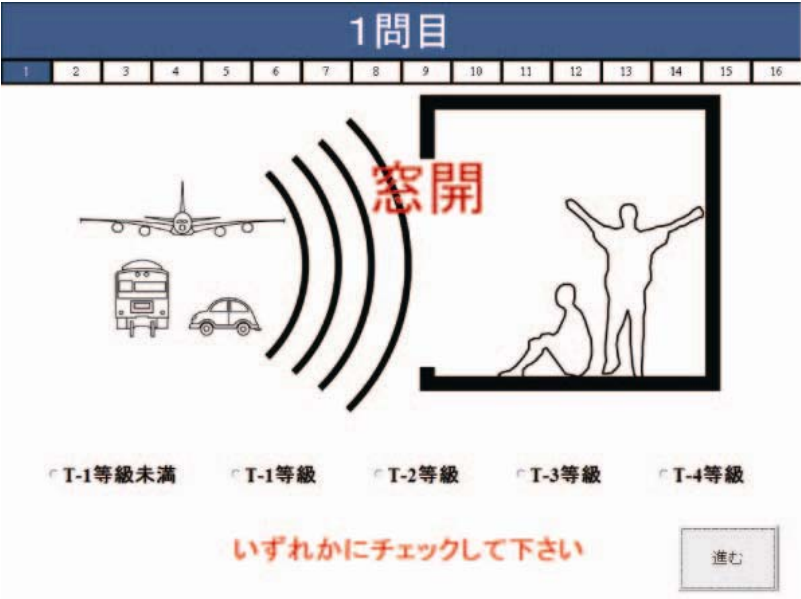


図 2.12.1 テスト A 画面例

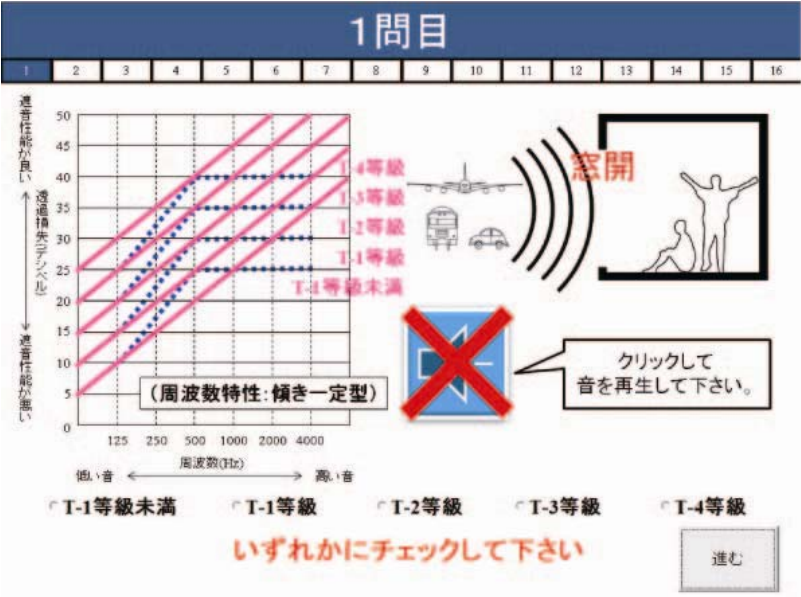


図 2.12.2 テスト B 画面例

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

No.	F	S	T	L
1	基	PK	T-1	65
2	基	CR	T-3	65
3	基	TR	T-0	65
4	基	MT	T-2	65
5	低	PK	T-3	65
6	低	CR	T-2	65
7	低	TR	T-1	65
8	低	MT	T-0	65
9	高	PK	T-0	65
10	高	CR	T-1	65
11	高	TR	T-2	65
12	高	MT	T-3	65
13	傾	PK	T-2	65
14	傾	CR	T-0	65
15	傾	TR	T-3	65
16	傾	MT	T-1	65
17	基	PK	T-1	70
18	基	PK	T-1	60
19	基	PK	T-2	70
20	基	PK	T-2	65
21	基	PK	T-2	60
22	基	PK	T-3	70
23	基	PK	T-3	65
24	基	PK	T-3	60
25	基	PK	T-0	70
26	基	PK	T-0	65
27	基	PK	T-0	60
28	基	PK	T-2	65
29	基	CR	T-1	65
30	基	CR	T-2	65
31	基	TR	T-1	65
32	基	TR	T-2	65
33	基	MT	T-1	65
34	低	PK	T-1	65
35	低	PK	T-2	65
36	低	CR	T-1	65
37	低	TR	T-2	65
38	低	MT	T-1	65
39	低	MT	T-2	65
40	高	PK	T-1	65
41	高	PK	T-2	65
42	高	CR	T-2	65
43	高	TR	T-1	65
44	高	MT	T-1	65
45	高	MT	T-2	65
46	傾	PK	T-1	65
47	傾	CR	T-1	65
48	傾	CR	T-2	65
49	傾	TR	T-1	65
50	傾	TR	T-2	65
51	傾	MT	T-2	65

※

学習0～学習2は1～27の問題のみ

学習3のみ51問すべての問題に解答

図 2.13.1 テスト問題一覧 その1

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

No.	F	S	T	L
1	基	PK	T-1	65
30	基	CR	T-2	65
31	基	TR	T-1	65
4	基	MT	T-2	65
35	低	PK	T-2	65
36	低	CR	T-1	65
37	低	TR	T-2	65
38	低	MT	T-1	65
41	高	PK	T-2	65
42	高	CR	T-2	65
43	高	TR	T-1	65
44	高	MT	T-1	65
46	傾	PK	T-1	65
47	傾	CR	T-1	65
50	傾	TR	T-2	65
51	傾	MT	T-2	65

※

学習 3'のテスト問題一覧

テスト A、B は同じ問題で表現が変化

略語	水準
基	基本型
低	低音欠損型
高	高音欠損型
傾	傾き一定型

略語	水準
PK	ピンクノイズ
CR	車の音
TR	鉄道の音
MT	まつりばやし

図 2.13.2 テスト問題一覧 その2

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.6 要因間の交互作用と遮音性能判断の関係

ここでは、音源種(S)遮音特性(F)遮音等級(T)提示音量(L)の交互効果の程度に対する仮説と、それをふまえた上で理解度テストによって抽出する交互効果について述べる。

プログラムは、開窓時の音と遮音の周波数特性(F)や遮音等級(T)、音源種(S)や騒音レベル(L)が複雑に関係し合うことで様々に変化する閉窓時の音を聴き比べて、閉窓時の透過音の周波数特性と音量の変化から遮音等級(T)をある程度正確に言い当てられるようになることを目的としたものであり、そのことを念頭にこれら 4 要因の組み合わせによる交互作用を仮定し、その後理解度テストで検証する交互作用を抽出した一連の思考について説明する。

まず、4 要因の特徴とそれらの遮音等級(T)との関係を整理すると図 2.14 のようになる。図中の数字は、次に示す交互作用の番号を示す。

- ・ 遮音等級(T) : 等級そのもの(決定要因)
- ・ 遮音の周波数特性(F) : T に直接的に関係(決定要因)
- ・ 音源種(S) : 主要成分の違いが等級判断を左右する(攪乱要因)
- ・ 騒音レベル(L) : 小さいほど知覚しづらく、等級判断が困難になる(攪乱要因)

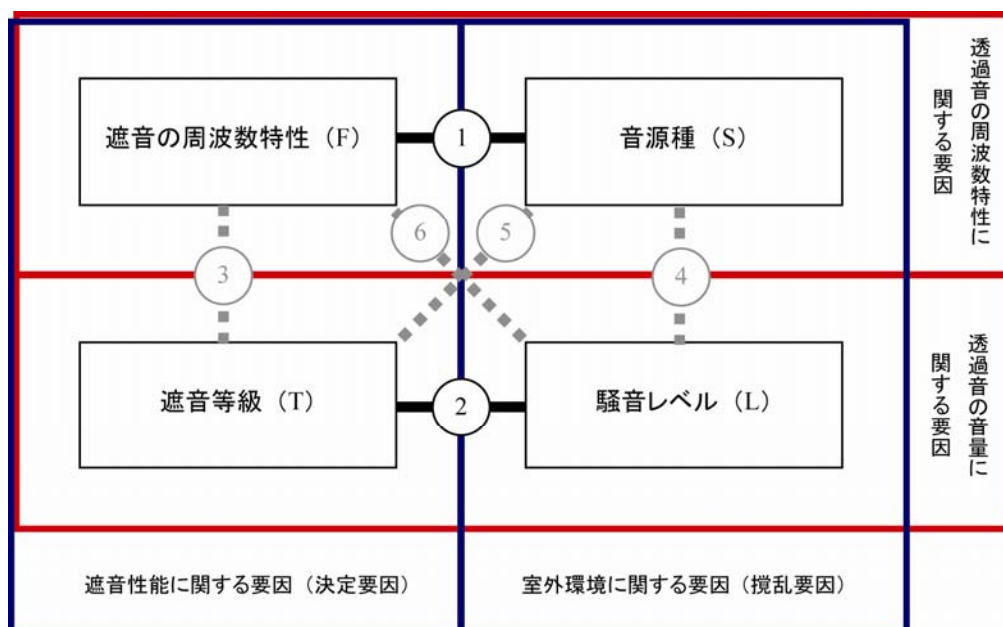


図 2.14 要因の関連図

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

次にユーザの遮音性能認知の特徴を示す。

■ 遮音等級認知の特徴

ユーザは開窓時と閉窓時の音を聴き比べその大きさの差で等級を判断するか、もしくは閉窓時の透過音の大きさのみで性能を判断すると考えられる。

上記の特徴を念頭に、各交互作用とそれに関連する性能誤認の仮説を以下に説明する。なお、交互作用を考えるにあたり重要と考えられる仮説を以下に示す。

「騒音レベルに関しては、等ラウドネス曲線上で音圧の大小によって聴覚感度の周波数特性が異なることから、聴覚特性に関する変数といえる。たとえば、100Hzの音が80dBから20dB下がると約25phon低下するが、60dBからだと約28phon低下する、ということは低音寄りの音の場合、遮音により同じだけ減衰しても、聴覚的な大きさの差には違いがあらわれる可能性がある。また、遮音等級に関しても同様のことがいえる。」(以下本論文では、音量感に関する仮説と記述する。)

1: S×F

この組み合わせで閉窓時の透過音の周波数特性が決まる。また、騒音レベルや遮音等級が等しければこの組み合わせによって大きさも決定される。

遮音の周波数特性の欠損帯域付近の音をあまり含まない音源種の場合は、ワンランク上に誤認する可能性がある。誤認パターンとして考えられるのは以下の通り。

- ・高音卓越型音源×低音欠損の組み合わせの場合、ワンランク上に誤認
- ・低音卓越型音源×高音欠損の組み合わせの場合、ワンランク上に誤認

また、透過音の大きさで等級判断するとすれば、図～に示した透過音の相対レベルに基づき等級を判断する可能性もある。

2: L×T

ユーザの音量認識に最も直接的に影響を及ぼすのはこの組み合わせである。透過音の大きさが決定され、それに基づいた性能判断がなされる可能性がある。

3: F×T

音量感に関する仮説に基づくと、あらゆる遮音の周波数特性に対して、遮音等級が低いものに比べて高いものの方が低音域の透過損失が聴覚的には物理量以上に感じられ、その影響で

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

性能判断が左右される可能性がある。

4:S×L

音量感に関する仮説に基づくと、低音卓越型の音源の場合、騒音レベルが小さいものの方が大きいものに比べて、聴覚的な大きさの差が現れやすい可能性がある。

また騒音レベルが小さい場合には、低音卓越型の音源の開窓時の音が高音卓越型の音源よりも小さく感じられ、閉窓時の透過音を聴取しても遮音された感覚があまり得られずに、低い等級だと誤認してしまう可能性がある。もともと小さい音量なので、それが遮音されてもほとんど変化を感じられない可能性がある。

5:S×T

音量感に関する仮説に基づくと、低音卓越型の音源の透過音で遮音等級が高いもののほうが低いものに比べて、聴覚的な大きさの差が現れやすい可能性がある。

6:F×L

音量感に関する仮説に基づくと、あらゆる遮音の周波数特性の開窓時の透過音において、開窓時の騒音レベルが小さいものの方が大きいものに比べて低音域のレベル変化の感度が上がるために、低音域の遮音の影響が大きくなる可能性がある。

以上、6通りの交互作用についてまとめると

1の関係はS、Fの特定の組み合わせであればL、Tとは無関係に起こり得る。また、2についても同様に考えられる。それに対して、3～6は音量に関する要因と周波数特性に関する要因との組み合わせであり、1や2と比較すると起こりにくいと思われるので、テスト問題においては透過音の音量に関する問題と、周波数特性に関する問題とに区別して設定している。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.7 理解度テストの結果分析法

理解度テストの結果については、以下の3種の値を算出して分析をおこなう。

- ・ 正答率
問題の正誤
遮音等級評価に関する精度がわかる。
- ・ 誤差
「被験者の回答－正解」によって算出する。各問題に対する評価の傾向（過大評価、過小評価）がわかる。
- ・ 絶対値誤差
誤差の絶対値
誤差の大きさが可視化できる。

「誤差」の解釈法について図 2.15 に示す。

まず、「遮音の基礎知識」や体感学習をおこなうとユーザの心理には、遮音性能に関して何らかの評価構造が形成され、その構造に基づいて遮音性能の判断をすることになる。

本論文ではテストにおける「誤差」を、正負の場合に分けて以下のように解釈をすることとする。

・ 負の場合

例えば実性能は T-3 を示す窓に対して、T-2 という誤認をする場合。

住宅購入時に T-3 と説明を受けて居住を開始したものの、自分の抱いていた T-3 の遮音性能を感じられず T-2 の性能しかないと感じてしまうケースである。自分の持つイメージと実性能のギャップに悩まされ、クレーム発生源となりうるパターンと捉えられる。

・ 正の場合

例えば実性能は T-1 の性能しか持たない窓に対して、T-2 という誤認をする場合。これは、クレームの発生とは結びつかないので一見問題なさそうである。しかし、住宅購入時に実際は T-1 等級の窓で十分な性能であるのに、等級を高く見積もり T-2 等級の窓を要求してしまうケースである。これは、消費者の観点からいえばコスト高となってしまう、損をしてしまうパターンであると捉えられる。

消費者の観点からいえば本プログラムの目的は、プログラムの活用によって消費者自身がコストと性能の双方向から必要とする最適な窓の選択が可能となり、健全な住宅販売市場の形成につながると考えているところにある。そのため「誤差」に関しては正負のどちらに対しても考慮する必要があるといえる。

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

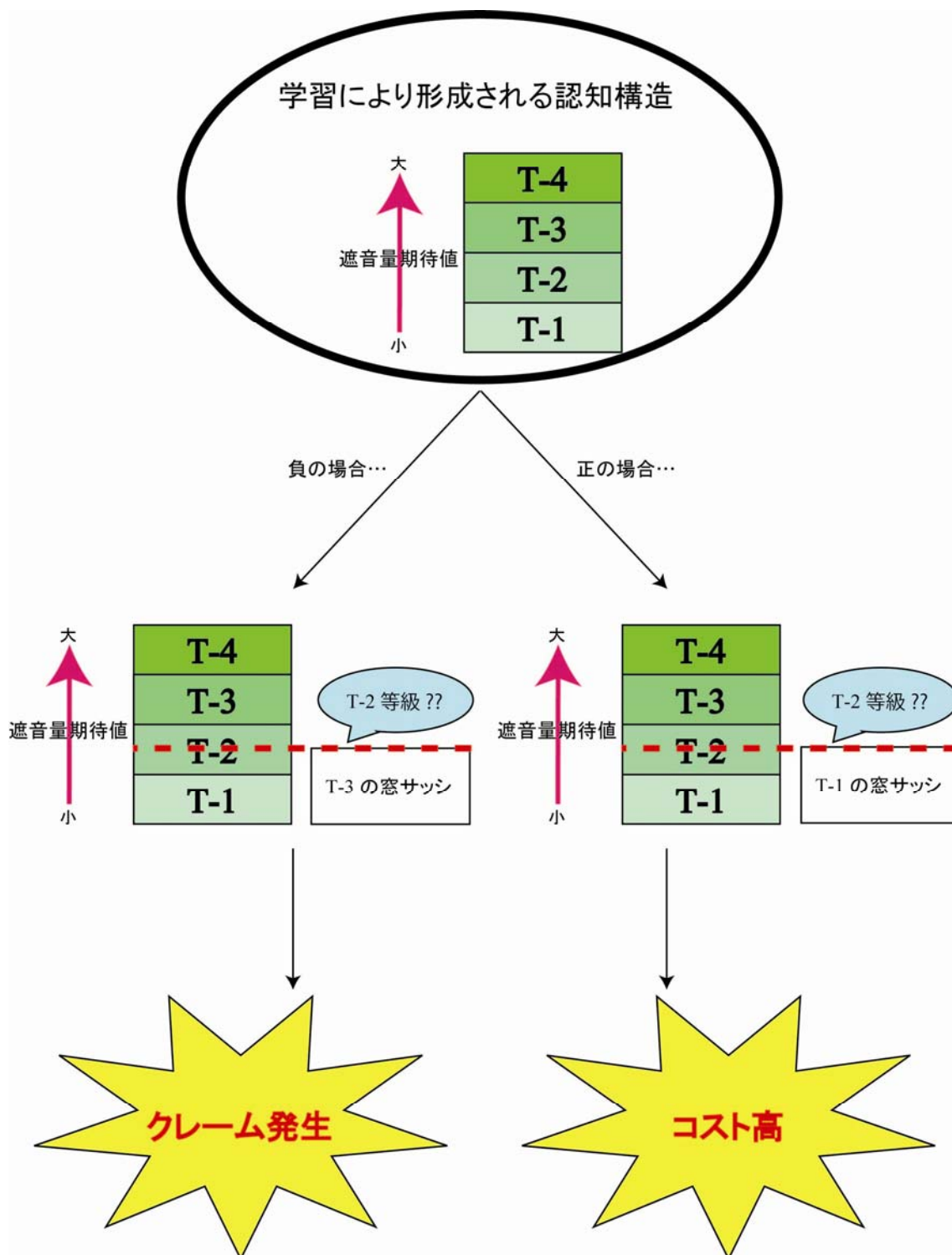


図 2.15 「誤差」の解釈法

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

2.8 体感学習に伴うユーザの認知構造形成

ここでは、各学習に伴うユーザの認知構造の形成過程を図とともに示す。
体感学習をした境界を赤線で示し、それに基づき推測した境界を赤点線で示す。以下に学習と内容の対応を示す。

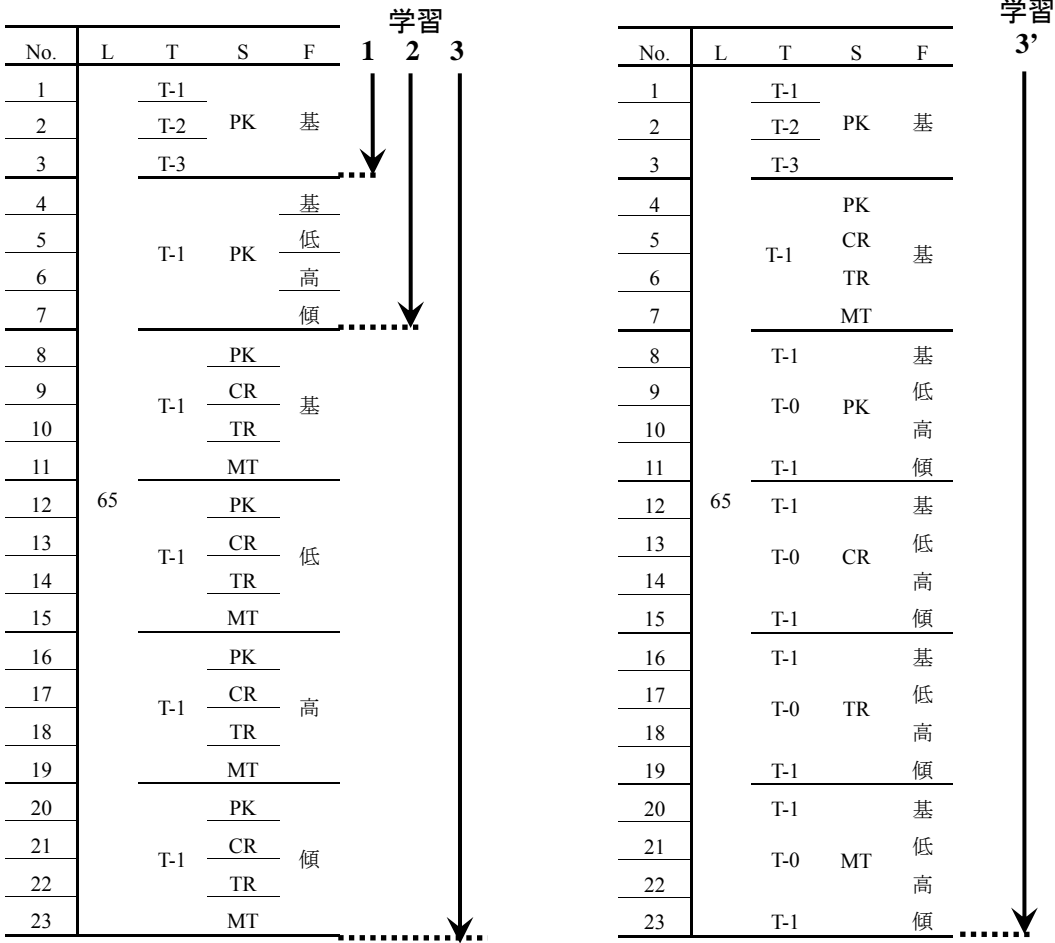


図 2.16 学習と内容の対応

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

・学習0における認知構造

窓の遮音性能を T 等級で表し、その数値が大きいほど性能が優れることを知る。しかし、あくまで文章による説明からの推測であるのではっきりとした境界は存在しない。

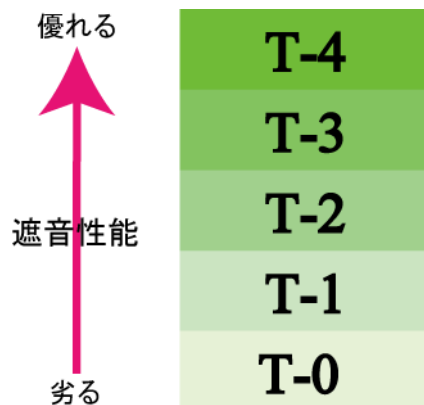


図 2.17.1 学習0における認知構造

・学習1における認知構造

学習0に加えてピンクノイズ、基本型の音源に関してT-1、T-2、T-3の等級間の遮音性能の違いを体感する。

「等級の数字が大きいほど優れた性能である」と認識する。

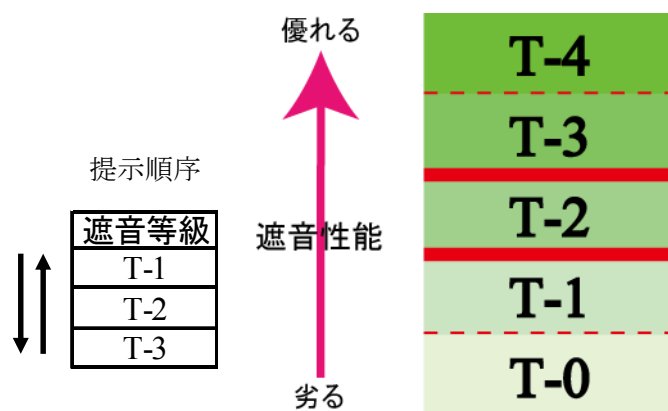


図 2.17.2 学習1における認知構造

第 2 章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

・ 学習 2 における認知構造

学習 1 に加えピンクノイズ、T-1 の音源に関して、基本型、低音欠損型、高音欠損型、傾き一定型の遮音の周波数特性の違いを体感する。

透過音の騒音レベルの印象では「同等級であれば基本型の性能が悪い」と認識する可能性がある。(図 2.8.1 を参照)

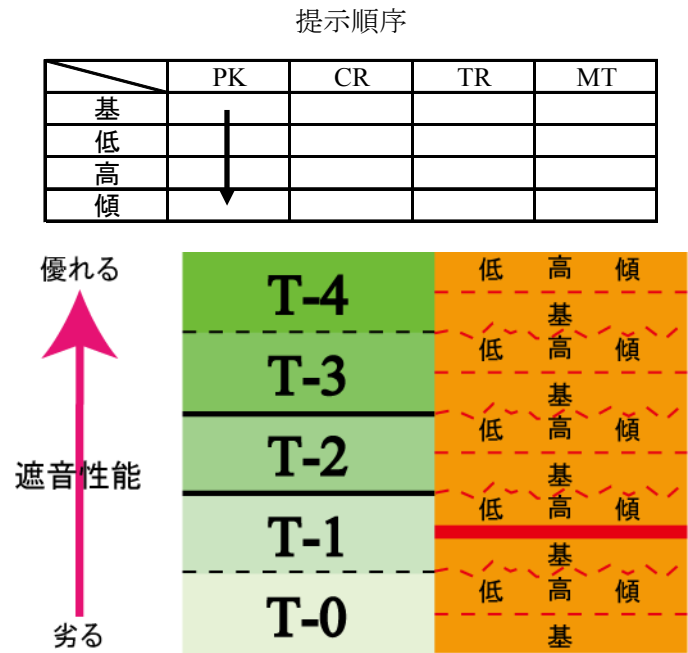


図 2.17.3 学習 2 における認知構造

第 2 章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

・ 学習 3 における認知構造

学習 2 に加え T-1 の基本型、低音欠損型、高音欠損型、傾き一定型それぞれの遮音の周波数特性に対して、ピンクノイズ、道路交通騒音、鉄道騒音、祭囃子の音の音源種の違いを体感する。そのため、音源の周波数を初めて意識すると考えられる。

また、透過音の騒音レベルの印象では「いずれの遮音の周波数特性でも、祭囃子の音は性能が悪い」と認識する可能性がある。(図 2.8.2 を参照)

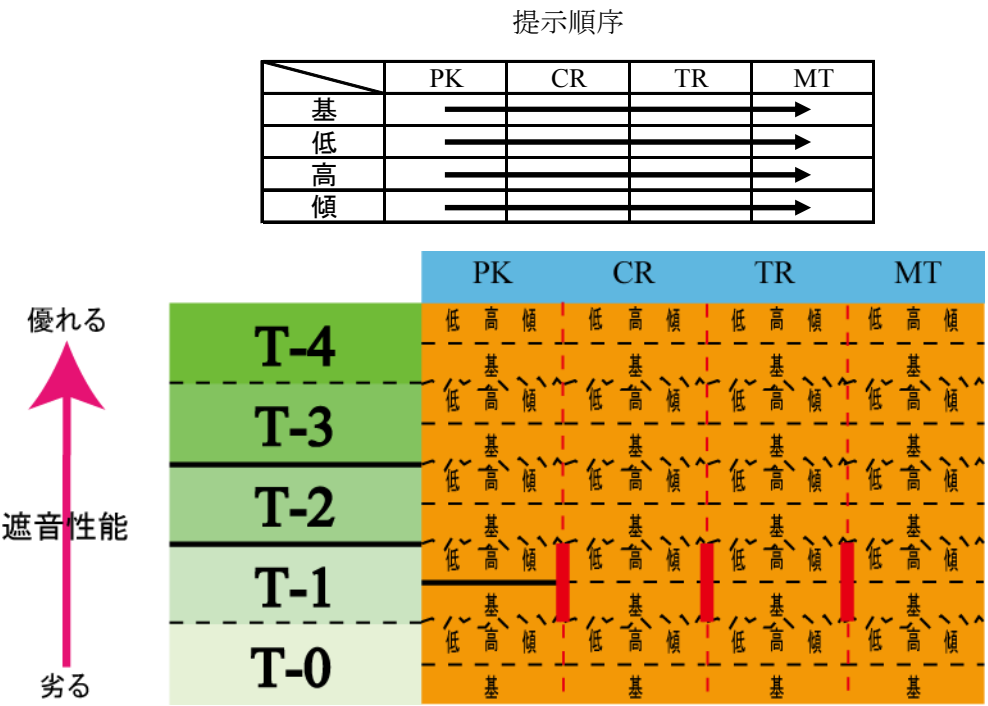


図 2.17.4 学習 3 における認知構造

第 2 章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

・ 学習 3'における認知構造

「異なる騒音源の聞こえ方」を学習した直後

学習 1 に加えて T-1 の基本型において、ピンクノイズ、道路交通騒音、鉄道騒音、祭囃子の音の音源種の違いを体感した状態。音源の周波数成分による聞こえ方の違いを初めて意識し、学習 3 に比べこのことに関してより系統的に理解することができると考えられる。

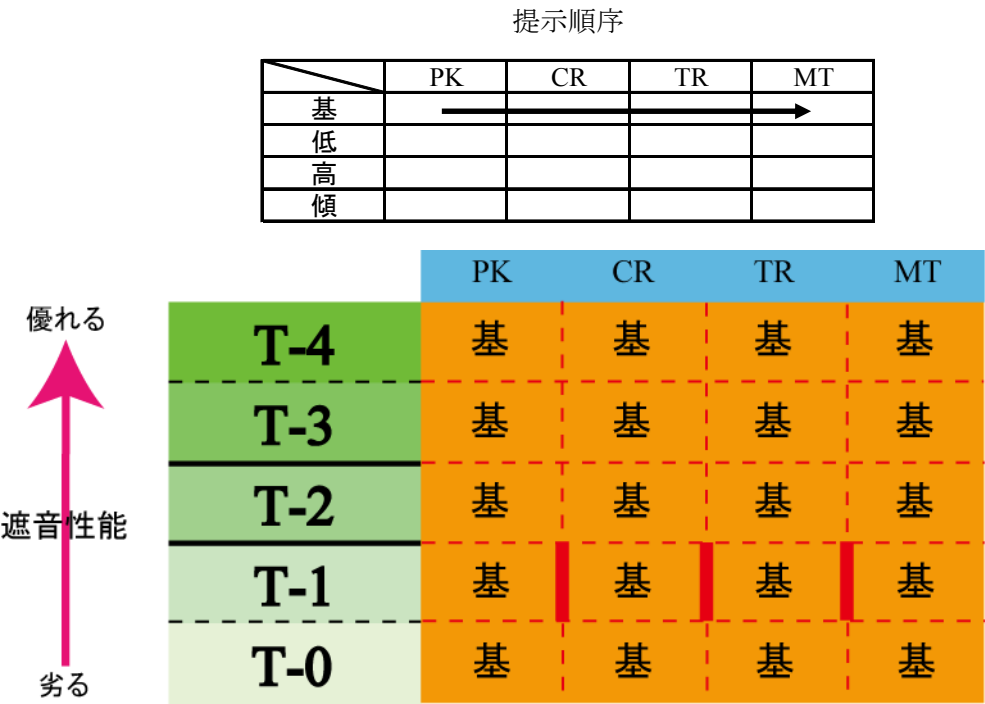


図 2.17.5 学習 3'における認知構造(「異なる騒音源の聞こえ方」学習直後)

第2章 「窓の遮音性能体感学習プログラム」構築

「遮音の周波数特性の違い」を学習した直後

さらにその後、T-1 のピンクノイズ、道路交通騒音、鉄道騒音、祭囃子の音の4種の音それぞれに対して、基本型、低音欠損型、高音欠損型、傾き一定型の遮音の周波数特性の違いを体感する。認知情報量は学習3と等しいが、学習3'では先に音源種の違いを学習しているため、音源種の違いに関してより明確に意識を働かせることができると考えられる。

また、学習3では透過音の騒音レベルの印象で「いずれの遮音の周波数特性でも、祭囃子の音は性能が悪い」との認識の重複となってしまった可能性のある異なる騒音源の聞こえ方の学習を、1度にしたことによって重複した可能性のある学習効果を低減させることができる可能性も考えられる。(図2.8.2を参照)

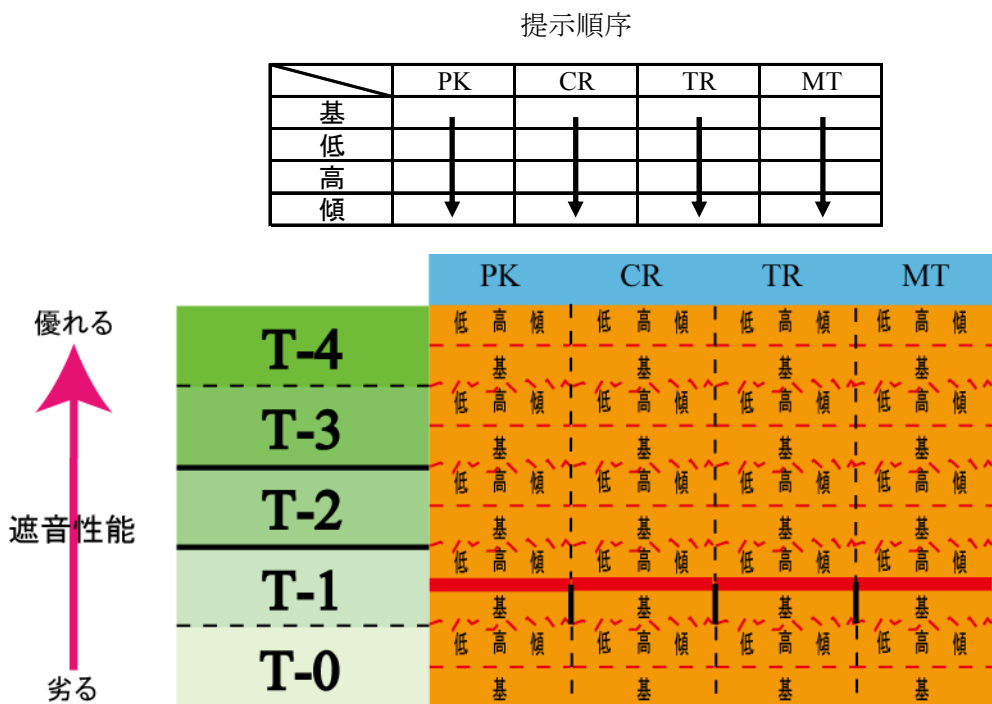


図 2.17.6 学習 3'における認知構造（「遮音の周波数特性の違い」学習直後）

第 3 章

実験概要

第3章 実験概要

ここでは 2.6 で述べた各学習を用いて本研究でおこなった実験の位置づけや関連と、各実験のシステムなどを説明する。

3.1 各実験の位置づけ

実験では、「高効率な簡易体感学習システムの構築」のため以下の 3 項目に着目した実験をおこなった。

- ・ 学習レベルが遮音性能評価へ及ぼす影響の検討
- ・ 学習環境の差異が遮音性能評価へ及ぼす影響の検討
- ・ 条件提示の差異が遮音性能評価へ及ぼす影響の検討

三種の実験の関係を下図に示す。

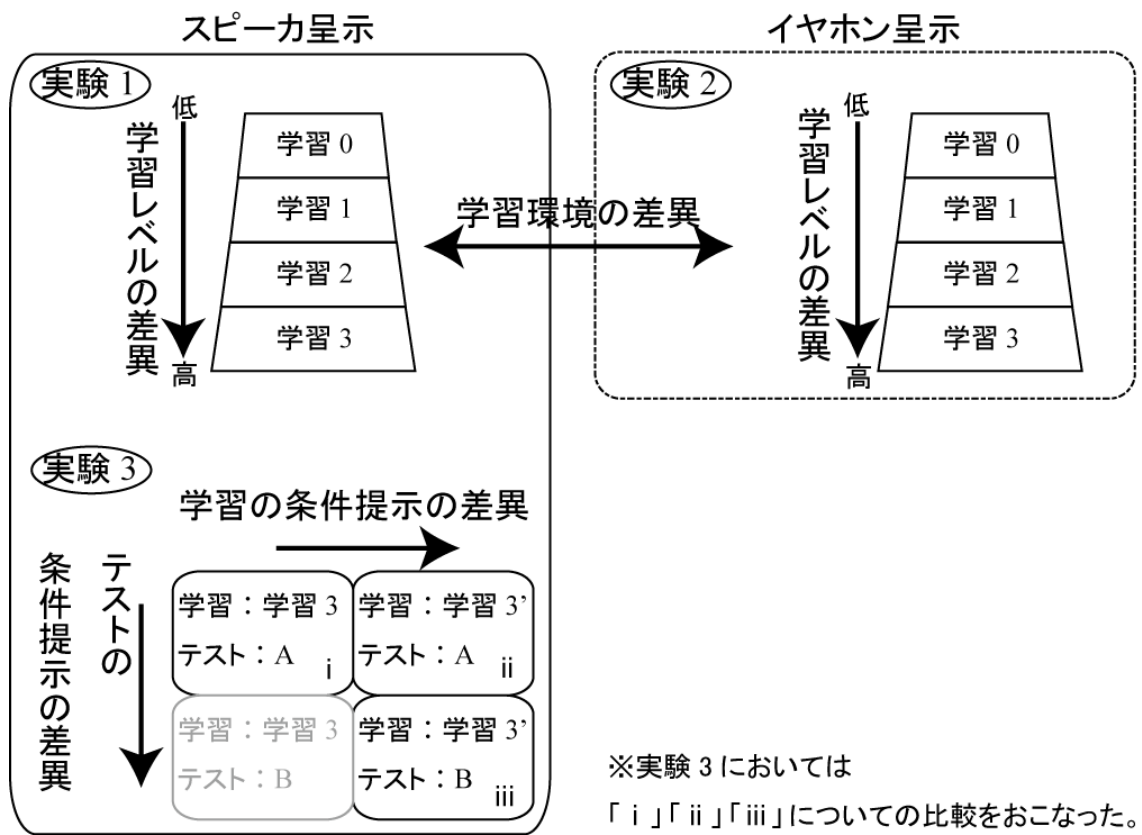


図 3.1 実験の関係

第3章 実験概要

3.2 スピーカ呈示実験(実験1、実験3)

3.2.1 場所

本学環境棟地下無響室を用いた。無響室内に一般的な居室スケールの空間を想定し、机、椅子、スピーカ、モニタ等の実験機器を設置した。スピーカは窓からの透過音を聴取している状況を想定し、スピーカ間距離 900mm、被験者との距離 2500mm、高さは被験者の耳の位置に合わせてツイーター中心部が 1200mm の高さに設置した。なお、スピーカの中心線が受聴位置に垂直に向くように約 10 度内側へ傾けた。

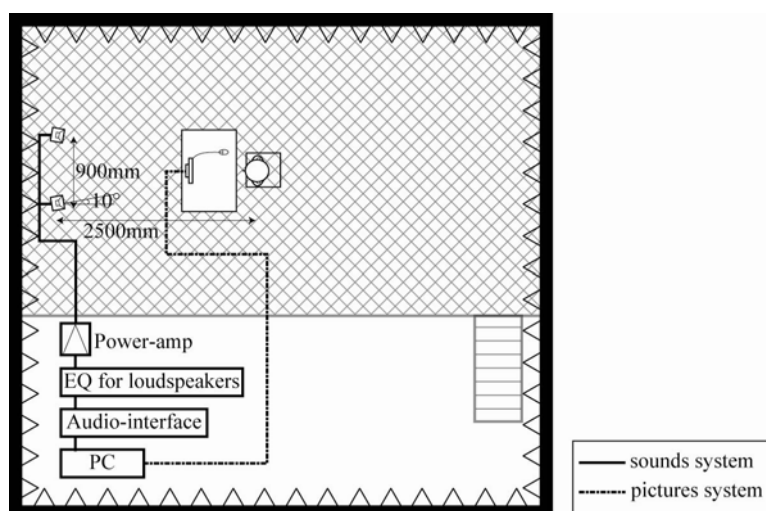


図 3.2 スピーカ呈示実験システム

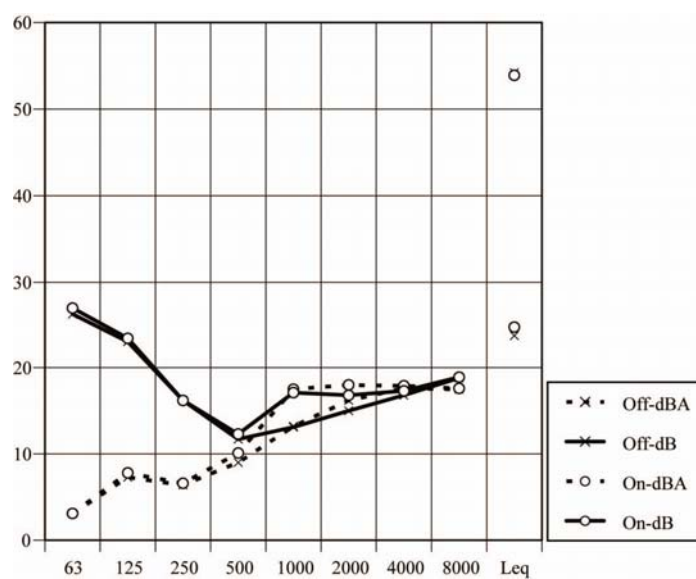


図 3.3 無響室内暗騒音(PC 起動時、休止時)

第3章 実験概要

3.2.2 使用機材

実験で用いた機材は以下の通り。

機器	個数	品番	メーカー	備考
PC	1	Let's note CF-W8	Panasonic	CPU: Intel (R) Core(2)Duo 1.2GHz/1GB RAM
LCD	1		SHARP	
Audio-interface	1	UA-101	EDIROL	16bit/44.1kHz, 10in/10out
EQ for loudspeakers	1	Q2031A	YAMAHA	1/3oct.band, 20～20000Hz
Power-amp	1	TA-F222ESJ	SONY	
Loudspeakers	2	NS-2HX	YAMAHA	再生周波数: 60～50000Hz 2way, クロスオーバー周波数2.5kHz

図 3.4 スピーカ再生実験使用機材

設備設定の際にはスピーカ毎にピンクノイズを出力し、受聴位置での周波数特性の調整をおこなった。各スピーカにおいて、グラフィックイコライザー (Q2031A) を用いて 50Hz 帯域から 10kHz 帯域において 3dB 以内になるよう補正した。またスピーカの再生帯域の影響をなくすために、40Hz 帯域以下に関しては出力を大幅に制限した。

3.2.3 被験者選定

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や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、本システムは広く一般の人の利用を想定していることや、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、被験者は全員同じ大学の同じ専攻に所属する学生から選んでいるため、潜在的な理解力にも大きな差はないものと仮定できる。

被験者は 20 代の学生男女で実験 1、3 とともに 12 名で、同じ被験者を用いた。

また一般に被験者群のモチベーションを統一させることは困難であるが、今回は対象集団が非音響系の人で、知識習得の必要に迫られているわけではない。一般に住宅購入時に取り寄せたパンフレットの記載事項に目を通す程度のモチベーションが再現されていることを想定している。

第3章 実験概要

3.2.4 実験方法

実験1については学習レベルを4段階に設定し、それぞれの学習後におこなう理解度テストの結果の比較により、学習レベルと性能理解の関係について知見を得ることを目的としている。そのため各学習を一定の期間でおこなうことを重視し、サーカディアンリズムに基づき4日間で1日1回学習0～3順おこなった。なお学習3については、実験3と同時に追加実験をおこない図2.13.1に示したNo.28～51番のテスト結果を得た。

実験は以下の図に示すような教示、体感学習、感想記入の流れでおこなった。

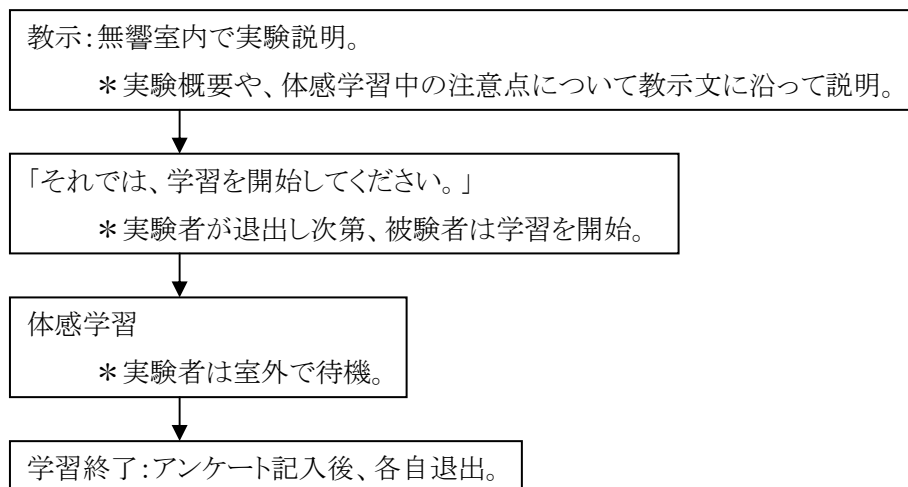


図 3.5 実験の流れ

- ・ 実際のプログラム利用状況を想定しているため、質問等については教示の際のみ受け付けることとした。
- ・ 実験時間は教示文中に目安となる時間を表記してあるが、実際は被験者各人の学習スピードにより異なる。
- ・ 被験者の心理的状態を把握するために、感想を学習後に記入させた。

第3章 実験概要

また、実験3については実験1のおよそ1カ月後に同様の形式によっておこなった。

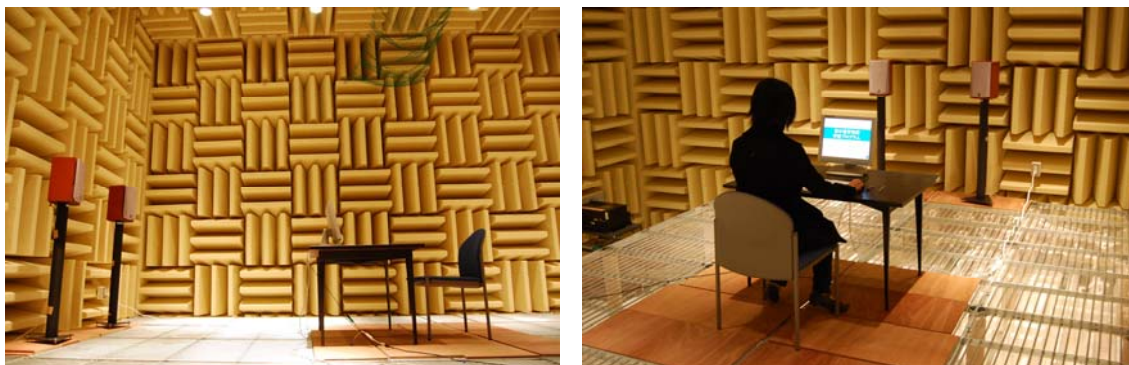


図 3.6 実験状況

スピーカ呈示実験に使用した教示文とアンケートを次ページに示す。

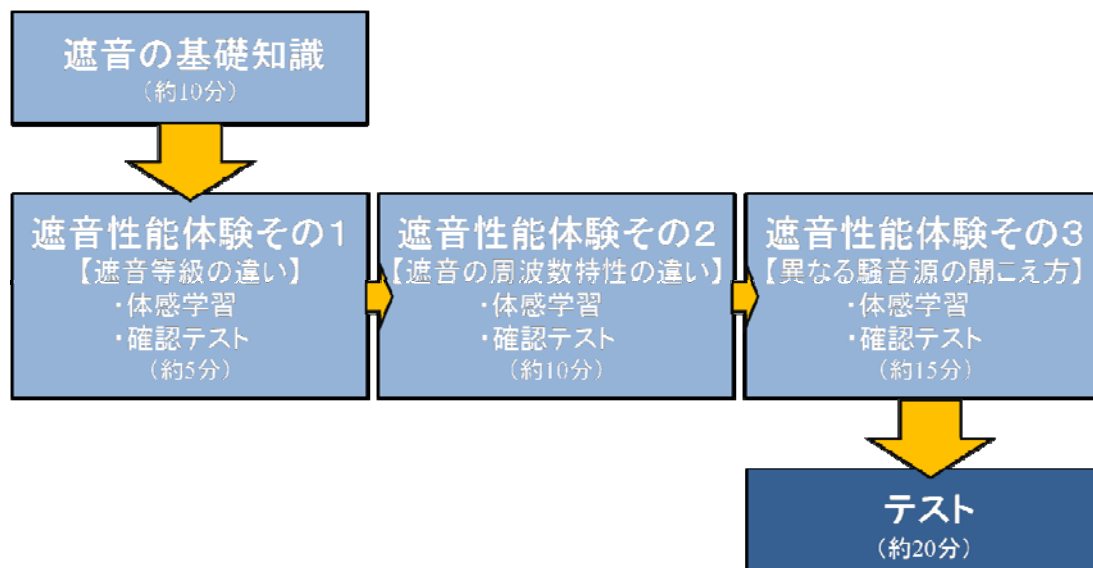
第3章 実験概要

本日は、窓の遮音性能に関して実験を行います。

皆さんには音や遮音に関して簡単な説明を受けた後、「窓を開けた時」と「窓を閉めた時」で外部騒音の聞こえ方の違いを聞くことで、窓の遮音性能について体感学習する実験にご協力いただきます。

実験の進行に関しては、主にパソコン画面の指示に従ってください。

【全体の流れ】



* 注意事項

- 実験開始後は、わかりにくい表現があっても構わず読み進めてください。
- 「テスト」では、既に回答済みの問題に戻って回答の修正はしないでください。
- ごくまれに「進む」ボタンの感度が悪く、進めないことがあります。ボタンの中央部を落ち着いてしっかりクリックしてください。

最後に今回の実験に関しての感想を、右の用紙に自由にご記入頂き終了となります。

実験の所要時間は、学習(計 15～30 分)+試験(約 20 分)=計 **60 分程度**を予定しております。

この実験に関して何か分からない点やご不明な点等ございましたら、この機会にご遠慮なくお尋ねください。

なお、実験開始後は一切お受けすることが出来ませんので予めご了承ください。

本日はどうぞよろしくお願いいたします。

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻 佐久間研究室所属
修士二年 三浦啓祐

図 3.7 教示文例 (学習 3)

第3章 実験概要

以下の空欄に、今回の実験に関して自由に感想をご記入ください。

「遮音の基礎知識」に関して

「遮音性能体感」

- 「体感学習」に関して
- 「確認テスト」に関して

「テスト」に関して

今回の実験全体に関して

図 3.8 アンケート例 (学習 3)

第3章 実験概要

3.3 イヤホン再生実験(実験2)

実験2については、共同研究者である熊本大学建築学科の川野友寛氏が卒業研究の一環としておこなったものである。

3.3.1 場所

なるべく静かな場所での注意をした上で、実験場所は被験者に自由に選ばせた。

各家庭で行える簡易体感学習プログラムを念頭に置いているので、実験設備の整った無響室と比較して、遜色のない学習効果を得られるか検証するためである。

3.2.2 使用機材

一般居室での利用を想定しているため使用機材については基本的に被験者の自由とした。

なお、イヤホンについてはカナル型イヤホンや密閉型ヘッドホン等、出来るだけ周りの音を遮断できるタイプのものを使用するよう、システム利用上の注意点として指示した。



図 3.9 カナル型イヤホン

出典：SHURE 社ホームページ SE110



図 3.10 密閉型ヘッドホン

出典：BOSE 社ホームページ

Bose® around-ear headphones

3.3.3 被験者選定

スピーカ再生実験と同様に選定した。被験者は10代から20代の学生男女14名である。

第3章 実験概要

3.3.4 実験方法

スピーカ再生実験同様、学習レベルを4段階に設定し、それぞれの学習後におこなう理解度テストの結果を比較することで、学習レベルと性能理解の関係について知見を得ることを目的としている。

しかし、スピーカ呈示実験と異なり学習プログラムの収録された USB メモリを被験者に渡し各自で実験を行ってもらうため、細かな時間の指示はせずに、できるだけ日にちを空けずに学習を進めってもらうよう促した。

学習に使用した元の音源や内容はスピーカ呈示実験と同様であるが、提示音量を被験者に各自で調整してもらう必要があるため、音量調整用のスライドを作り調整を行ってもらった。図 3.11 に音量調整用のスライドを示す。また、被験者が使用した再生機器のおおよその特性を記録するために、周波数特性評価を行った。以下、その詳細を示す。

■ 周波数特性評価

音源は以下のものを用いた。

帯域雑音・125Hz・1/3 オクターブ

帯域雑音・250Hz・1/3 オクターブ

帯域雑音・500Hz・1/3 オクターブ

帯域雑音・1kHz・1/3 オクターブ

帯域雑音・2kHz・1/3 オクターブ

帯域雑音・4kHz・1/3 オクターブ

以上、「建築と環境のサウンドライブラリ 社団法人日本建築学会 編[44]より引用。

これらの音源を ISO532B に基づきラウドネスを統一し、基準音を「帯域雑音・1kHz・1/3 オクターブ」とした ME 法を用いて周波数特性評価を行った。用いたスライド例を図 3.12 に示す。

また、最も重要視される 125Hz 帯域の音を、慣れたところで判断してもらうために、表 3.1 の提示順にした。

表 3.1 周波数特性評価の提示順

提示順	音源
1	1kHz-500Hz
2	1kHz-250Hz
3	1kHz-125Hz
4	1kHz-2kHz
5	1kHz-4kHz

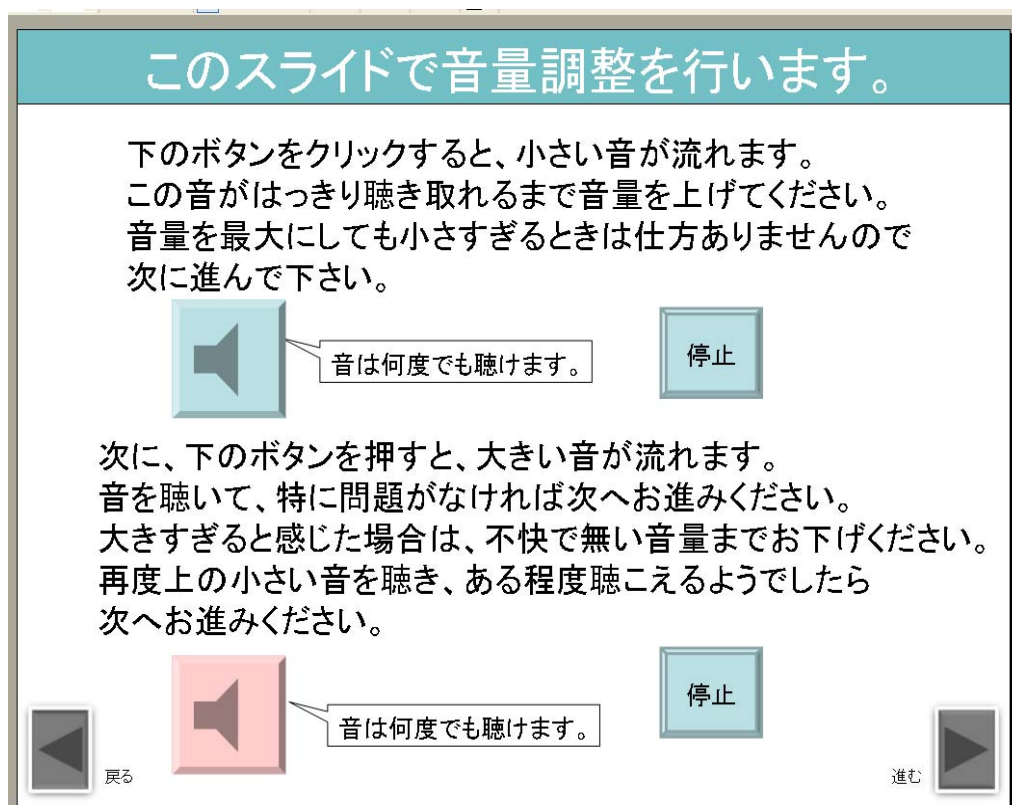


図 3.11 音量調整スライド

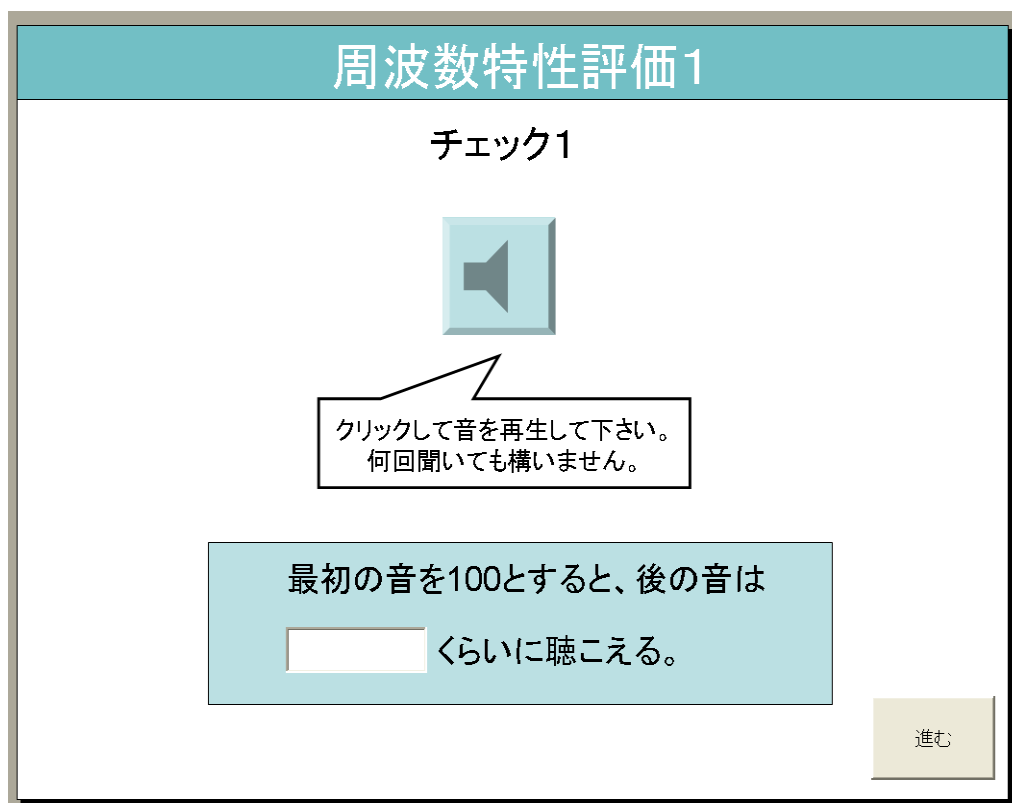


図 3.12 周波数特性評価スライド例

第 4 章

【実験 1】

学習レベルと等級評価の関係性の検討

第 4 章 【実験 1】 学習レベルと等級評価の関係性の検討

4.1 目的・概要

実験 1 はテキスト学習のみの学習 0 に加え、段階的に学習内容を付加した学習 1～3 の計 4 種の学習プログラムについて、各学習後に課した理解度テストの結果の比較をおこない、それぞれのプログラムの効果による遮音等級評価の傾向の把握を試みた。

表 4.1 に学習プログラムと学習内容の対応、表 4.2 に学習と理解度テストにおいて設定した透過音に関わる 4 要因の各水準を示す。また理解度テストの問題一覧と、遮音周波数特性 (F) と音源種 (S) の交互作用によって決定される透過後の音量と、等級評価の関係を検証するために学習 3 のみ追加でおこなった理解度テストの一覧をそれぞれ示す (図 4.1.1 ～図 4.2)。

表 4.1^(再) 学習と内容の対応 (学習 1～3)

No.	学習				1	2	3
	L	T	S	F			
1		T-1			↓	↓	↓
2		T-2	PK	基			
3		T-3					
4				基			
5		T-1	PK	低			
6				高			
7				傾			
8			PK				
9		T-1	CR	基			
10			TR				
11			MT				
12	65		PK				
13		T-1	CR	低			
14			TR				
15			MT				
16			PK				
17		T-1	CR	高			
18			TR				
19			MT				
20			PK				
21		T-1	CR	傾			
22			TR				
23			MT				

表 4.2 学習と理解度テストにおける統制要因

要因	水準	水準数
L: 開窓時騒音レベル	60	3
	65	
	70	
T: 遮音等級	T-0	4
	T-1	
	T-2	
	T-3	
S: 音源種	PK	4
	CR	
	TR	
	MT	
F: 遮音周波数特性	基	4
	低	
	高	
	傾	

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

No.	L	T	S	F
1	65	T-1	PK	基
2	65	T-3	CR	基
3	65	T-0	TR	基
4	65	T-2	MT	基
5	65	T-3	PK	低
6	65	T-2	CR	低
7	65	T-1	TR	低
8	65	T-0	MT	低
9	65	T-0	PK	高
10	65	T-1	CR	高
11	65	T-2	TR	高
12	65	T-3	MT	高
13	65	T-2	PK	傾
14	65	T-0	CR	傾
15	65	T-3	TR	傾
16	65	T-1	MT	傾

図 4.1.1 テスト一覧-問題群 SF
:(学習 0～学習 3)

No.	L	T	S	F
17	70	T-1	PK	基
1	65	T-1	PK	基
18	60	T-1	PK	基
19	70	T-2	PK	基
20	65	T-2	PK	基
21	60	T-2	PK	基
22	70	T-3	PK	基
23	65	T-3	PK	基
24	60	T-3	PK	基
25	70	T-0	PK	基
26	65	T-0	PK	基
27	60	T-0	PK	基

図 4.1.2 テスト一覧-問題群 LT
:(学習 0～学習 3)

No.	L	T	S	F
28	65	T-2	PK	基
29	65	T-1	CR	基
30	65	T-2	CR	基
31	65	T-1	TR	基
32	65	T-2	TR	基
33	65	T-1	MT	基
34	65	T-1	PK	低
35	65	T-2	PK	低
36	65	T-1	CR	低
37	65	T-2	TR	低
38	65	T-1	MT	低
39	65	T-2	MT	低
40	65	T-1	PK	高
41	65	T-2	PK	高
42	65	T-2	CR	高
43	65	T-1	TR	高
44	65	T-1	MT	高
45	65	T-2	MT	高
46	65	T-1	PK	傾
47	65	T-1	CR	傾
48	65	T-2	CR	傾
49	65	T-1	TR	傾
50	65	T-2	TR	傾
51	65	T-2	MT	傾

図 4.2 テスト一覧-問題群 SF
:(実験 3 と同時に学習 3 のみ追加
実験を実施)

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

4.2 結果と考察

・分析概要

理解度テストの結果について、各問題群に分けて分析をおこなった。それぞれ正誤に加え等級誤差およびその絶対値を集計した（但し、T-1 未満の回答は等級数 0 に換算）。被験者毎に各学習プログラム後の正答率、平均絶対値誤差（誤差の大きさ）、平均誤差（誤差の偏り）を問題群に分けて算出して用いた。なお、各指標の特徴は2.7に記載のとおりである。

分析の手順としては、はじめに体感学習の有無に加え各学習プログラムにおける学習レベルの差異が遮音等級評価へ及ぼす影響を概観するため、上記の各値に対し学習プログラムを説明変数とした一元配置分散分析をおこなった。

次に、具体的に学習レベルの上昇に伴う等級評価の変化における傾向を把握するため、透過音に関する4要因について水準別に同様の分析をおこなった。

その後、音量と周波数特性について正確な聴きわけが必要とされる等級評価に関して、比較的区別がしやすい透過音レベルへの依存性を検討するため、各問題群別において誤差に対してL×T、S×Fの交互作用によって決定される透過音レベルとの相関を検証することによって傾向の把握を試みた。

さらに各学習プログラムの学習効果についての個人差を検証するため、学習プログラムごとに絶対値誤差、誤差について被験者を説明変数とした一元配置分散分析をおこなった。

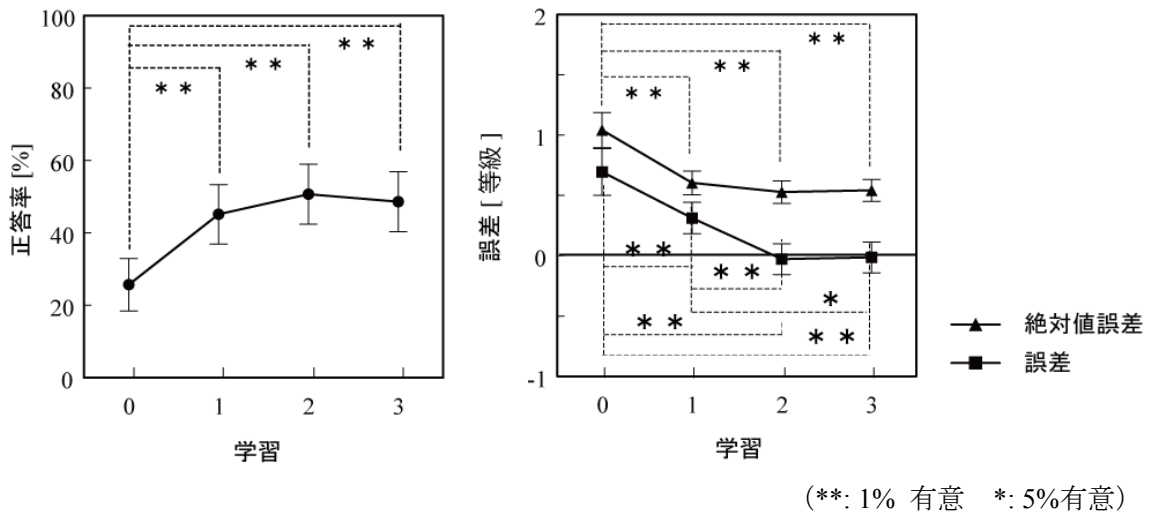
第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

4.2.1 学習レベルと遮音等級評価

以下、学習レベルの差異による理解度テストの回答の傾向における差を、問題群 LT、問題群 SF の別に検討する。

[問題群 LT]

学習プログラムごとの全被験者平均と学習プログラム間の有意差検定結果 (Turkey-Kramer の HSD 検定) を図 4.3.1 に示す。



水準	正答率	絶対値誤差	平均誤差
学習 0	25.69	1.04	0.69
学習 1	45.14	0.60	0.31
学習 2	50.69	0.53	-0.03
学習 3	48.61	0.54	-0.01

図 4.3.1 各学習における各値の被験者平均値 (問題群 LT)
(誤差範囲は 95%信頼区間)

図 4.3.1 より、テキスト学習のみの学習 0 とその他体感学習をおこなった学習 1~3 の間に各値で明確な差が生じており、体感学習の効果が認められる。また学習 0, 1 は誤差が正であるため全体的に過大評価しがちな傾向にあるが、学習 2, 3 をおこなうとそのような評価の偏りが解消されることがわかる。これは学習 2 以降の遮音周波数特性(F)の学習 (表 4.1 No. 4~7) において、4 種の遮音周波数特性(F)を比較試聴した場合に欠損帯域以外は 1 等級上の性能をもつ低音欠損型や高音欠損型、500Hz 以上の帯域も高い遮音性能をもつ傾き一定型と比較して、基本型の性能が悪く聴こえたために、基本型の評価が下がったためだと考えられる。また正答率や絶対値誤差に関しては学習 1~3 において有意差はみられずほぼ一定の

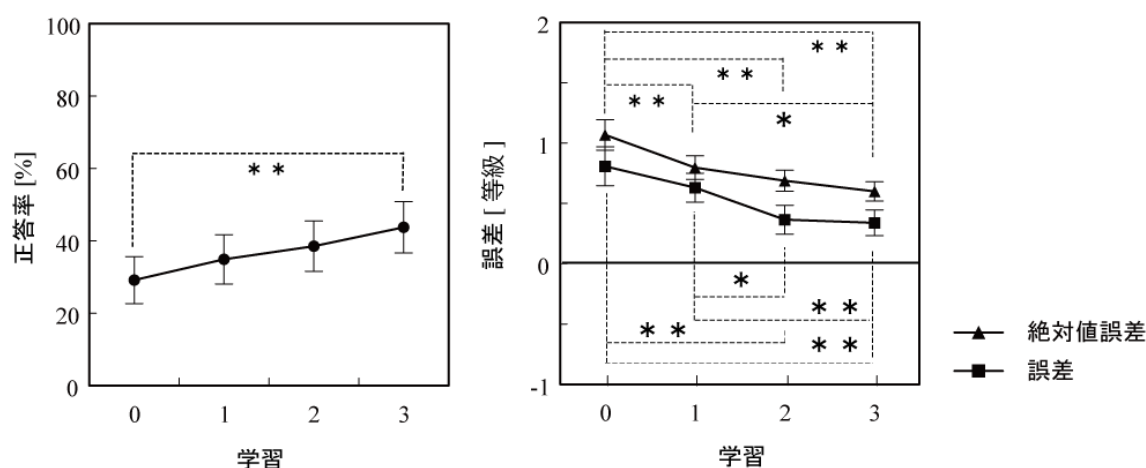
第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

学習効果が得られているものとみられる。

以上の結果より、学習1～3は遮音等級(T)の違いに関して同一の学習をおこなっているため(表4.1 No. 1～3)、その他の学習の付加による影響を受けることなくおおよそ均一な学習効果が得られる。また、遮音周波数特性(F)の違いに関する学習の付加により評価の偏りが解消されることがわかった。音量に関する体感学習は、比較的体感知識として記憶に残りやすいと考えられる。

[問題群 SF]

学習プログラムごとの全被験者平均と学習プログラム間の有意差検定結果(Turkey-Kramer のHSD 検定)を図4.3.2に示す。



(**: 1% 有意 * : 5% 有意)

水準	正答率	絶対値誤差	誤差
学習 0	29.17	1.07	0.80
学習 1	34.90	0.80	0.63
学習 2	38.54	0.69	0.36
学習 3	43.75	0.60	0.34

図 4.3.2 各学習における各値の被験者平均値 (FS 問題)
(誤差範囲は 95%信頼区間)

図 4.3.2 より正答率について、テキスト学習のみの学習 0 と学習レベルの最も高い学習 3 の間に有意差がみられる。絶対値誤差については学習 0 とその他の学習に加えて、学習 1 と学習 3 の間に有意差がみられる。このことから、周波数特性を正しく判断するには遮音周波数特性に加えて、音源の周波数特性も意識することで等級評価の精度向上が見込めることがわかる。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

一方、学習2, 3においても誤差は比較的大きいことから過大評価傾向が残っているといえる。なお両問題群において学習2と学習3の間に各値で有意差は認められないことから、音源種の聴き比べ(表2.1 No.8~23)による学習効果はそれほど期待できないと考えられる。

以下統計的に有意差が確認された学習プログラムに関して、被験者の等級評価構造の変化の具体的な傾向を把握するため、各要因別に4.1.1と同様に検討をおこなう。

4.2.2 遮音等級評価への各要因の影響

問題群LT、問題群FSの別に学習プログラムの違いによって、正答率や絶対値誤差、誤差が変化した要因と水準の把握をおこなうため、各水準別に学習プログラムを配置した一元配置分散分析をおこなった。また各学習後の理解度テストにおいて、水準間における学習効果の差を確認するため学習プログラムの別に各要因とその交互作用を配置した二元配置分散分析をおこなった。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

[問題群 LT]

各学習後の各値における被験者平均値の推移を図 4.4、表 4.2 に、分散分析の結果を表 4.3.1-2 に水準別に示す。また分散分析によって有意性が示された要因における水準間の多重比較（Turkey-Kramer の HSD 検定）の結果を表 4.4.1-4 示す。

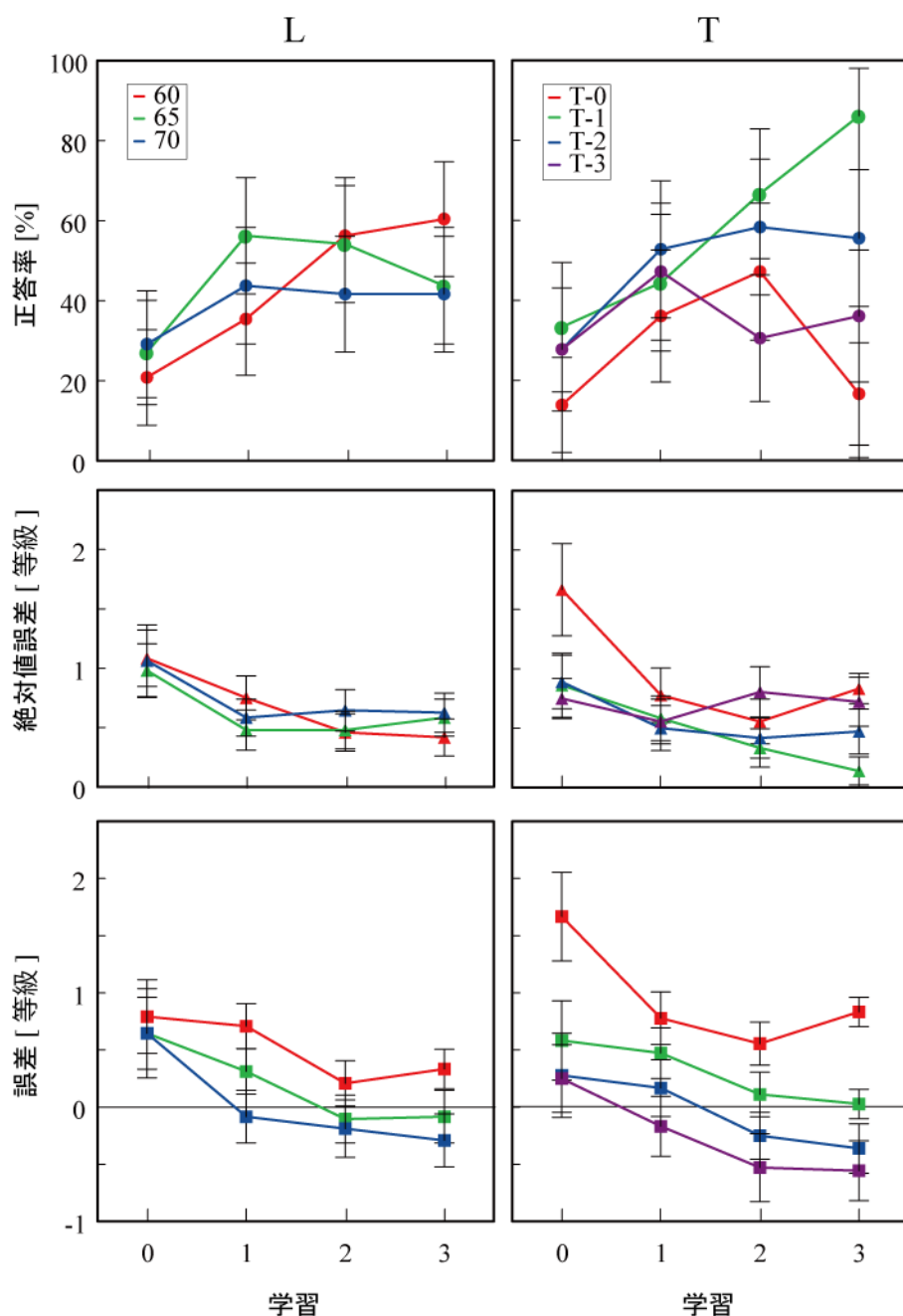


図 4.4 水準別被験者平均値の推移

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

表 4.2 水準別被験者平均値の推移

(●：正答率、▲：絶対値誤差、■：誤差 それぞれ平均値を示す。)

	記号	学習0	学習1	学習2	学習3	単位
L	60	● 20.83	35.42	56.25	60.42	%
		▲ 1.08	0.75	0.46	0.42	等級
		■ 0.79	0.71	0.21	0.33	
	65	● 27.08	56.25	54.17	43.75	%
		▲ 0.98	0.48	0.48	0.58	等級
		■ 0.65	0.31	-0.1	-0.08	
	70	● 29.17	43.75	42.67	41.67	%
		▲ 1.06	0.58	0.65	0.63	等級
		■ 0.65	-0.08	-0.19	-0.29	
T	T-0	● 13.89	36.11	47.22	16.67	%
		▲ 1.67	0.78	0.56	0.83	等級
		■ 1.67	0.78	0.56	0.83	
	T-1	● 33.33	44.44	66.67	86.11	%
		▲ 0.86	0.58	0.33	0.14	等級
		■ 0.58	0.47	0.11	0.03	
	T-2	● 27.78	52.78	58.33	55.56	%
		▲ 0.89	0.5	0.42	0.47	等級
		■ 0.28	0.17	-0.25	-0.36	
	T-3	● 27.78	47.22	30.56	36.11	%
		▲ 0.75	0.56	0.81	0.72	等級
		■ 0.25	-0.17	-0.53	-0.56	

表 4.3.1 分散分析結果- 水準別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
60	学習プログラム	3	7.33 **	11 **	6.12 **
65			3.56 *	7.02 **	8.79 **
70			0.89	4.67 **	9.07 **
T-0	学習プログラム	3	4.82 **	15.32 **	15.3 **
T-1			9.54 **	10.89 **	5.41 **
T-2			2.95 *	5.07 **	5.6 **
T-3			1.16	1.25	7.51 **

表 4.3.2 分散分析結果- 学習別

(セル内は F 値 ** 1%有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
学習0	L	2	0.68	2.54	1.47
	T	3	1.54	2.23	1.99
	L×T	6	5.29 **	2.67 *	1.25
学習1	L	2	0.11	1.6	1.37
	T	3	0.09	1.18	1.51
	L×T	6	1.49	1.76	2.26 *
学習2	L	2	0.12	0.09	0.07
	T	3	1.93	1.97	2.13 *
	L×T	6	0.7	0.62	3.6 **
学習3	L	2	0.67	1.6	1.53
	T	3	6.06 **	9.39 **	11.5 **
	L×T	6	4.32 **	4.02 **	5.2 **

第 4 章 【実験 1】 学習レベルと等級評価の関係性の検討

表 4.4.1 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

L		記号	学習0	学習1	学習2	学習3
60	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●	**			
		▲	**			
		■	**			
	学習3	●	**	△		
		▲	**			
		■				
65	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●	*			
		▲	**			
		■				
	学習2	●	*			
		▲	**			
		■	**			
	学習3	●				
		▲	*			
		■	**			
70	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲	**			
		■	**			
	学習2	●				
		▲	*			
		■	**			
	学習3	●				
		▲	*			
		■	**			

表 4.4.2 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

* 5%有意

学習		記号	60	65	70
学習0	60	●			
		▲			
		■			
	65	●			
		▲			
		■			
	70	●			
		▲			
		■			
学習1	60	●			
		▲			
		■			
	65	●			
		▲			
		■			
	70	●			
		▲			
		■			
学習2	60	●			
		▲			
		■			
	65	●			
		▲			
		■			
	70	●			
		▲			
		■			
学習3	60	●			
		▲			
		■			
	65	●			
		▲			
		■			
	70	●			
		▲			
		■			

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

表 4.4.3 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

		記号	学習0	学習1	学習2	学習3
T-0	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲	**			
		■	**			
	学習2	●	**			
		▲	**			
		■	**			
	学習3	●	*		*	
		▲	**			
		■	**			
T-1	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●	*			
		▲	**			
		■	*			
	学習3	●	**	**		
		▲	**	**		
		■	**	*		
T-2	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●		*		
		▲				
		■				
	学習2	●	*			
		▲	**			
		■	*			
	学習3	●	△			
		▲	*			
		■	**	*		
T-3	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲				
		■	**			
	学習3	●				
		▲				
		■	**			

表 4.4.4 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

* 5%有意

		記号	T-0	T-1	T-2	T-3
学習0	T-0	●				
		▲				
		■				
	T-1	●				
		▲				
		■				
	T-2	●				
		▲				
		■				
	T-3	●				
		▲				
		■				
学習1	T-0	●				
		▲				
		■				
	T-1	●				
		▲				
		■				
	T-2	●				
		▲				
		■				
	T-3	●				
		▲				
		■				
学習2	T-0	●				
		▲				
		■				
	T-1	●				
		▲				
		■				
	T-2	●				
		▲				
		■				
	T-3	●				
		▲				
		■				
学習3	T-0	●				
		▲				
		■				
	T-1	●	*			
		▲	*			
		■	*			
	T-2	●	*			
		▲	*			
		■	*			
	T-3	●	*			
		▲	*			
		■	*			

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

図 4.3.1 より、体感学習の効果により音量に関する等級評価の精度が有意に向上することを示した。

以下、要因別に学習レベルに伴う等級評価の傾向をまとめる。

■L：開窓時騒音レベル

・学習レベルの差異と等級評価における水準間の差

表 4.3.1 より 60、65、70dB の各水準に対して、ほぼ全ての値に対して学習プログラム間で有意性が示されている。このことから、学習レベルの変化の影響を受け開窓時騒音レベルを基準として等級評価が変化していることがわかる。

表 4.4.1 より具体的に 60、65dB が正答率に対して学習 0 とその他有意差がみられることに対し、70dB ではみられない。開窓時騒音レベルが体感学習時のレベル以上の場合、正答率や絶対値誤差が一定量にとどまるため学習効率が悪いと考えられ、また正答率が低いことから学習後においても正確な等級評価が難しく、かつ誤差が負の値を示すため過小評価傾向にあることがわかる（図 4.4）。

一方学習時以下の開窓時騒音レベルの場合、誤差が他に比べて大きい値を示すことから過大評価傾向にあることがわかる（図 4.4）。

・各学習レベルでの水準間における等級評価の差

学習 0～学習 3 のすべての項目について L の主効果はみられないため、各学習後の開窓時騒音レベルの違いによる等級評価の偏りはないものと考えられる（表 4.3.2）。

以上、学習レベルに伴う学習効果は水準間で異なるものの、各学習における等級評価に水準間の差は無いことがわかった。また、誤差の大きさが開窓時騒音レベルに従うことから等級評価は開窓時騒音レベルの影響を受けやすいことが示された。具体的には学習レベルの向上に伴い、学習時の開窓時騒音レベルを基準にレベルが大きい場合は過小評価、小さい場合は過小評価の傾向が強くなる傾向があることが示唆された。

■T：遮音等級

・学習レベルの差異と等級評価における水準間の差

表 4.3.1 より T-3 の一部を除き、各水準において学習プログラム間での有意性が示されている。このことから、学習レベルの変化の影響を受け遮音等級を基準として等級評価が変化していることがわかる。

表 4.4.3 より、具体的には T-0 から T-2 に関しては学習 0 とその他に各値で有意差がみられ、体感学習の効果が示されている。T-3 に関しては、学習レベルの向上に伴い誤差が負の

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

値を示すことから過小評価の傾向が顕著になり、正答率の変化がみられないことから等級認知の精度向上は期待できない結果となった（図4.4）。

また、T-0 においては学習 2～3 の間で正答率に有意な差がみられるものの、絶対値誤差に関しては学習 0 と学習 2、3 の間に有意差がみられるため、正答はしないもののある程度正確な等級評価が可能な学習効果を体感学習によって得ているといえる（表4.4.3）。

さらに、T-1 等級について学習 0、1 と学習 2、3 の間に有意差が現れやすいことから、体感学習時の設定である等級に関して特に学習効果が高いと推察できる（図4.4、表4.4.3）。

・各学習レベルでの水準間における等級評価の差

表4.3.2 より学習 0 から学習 2 については正答率や絶対値誤差に遮音等級の主効果が現れないものの、学習 3 において主効果がみられる。具体的には、各値において T-0 とその他の間に有意差がみられ、T-0 の過大評価傾向が強まったためである（表4.4.4）。

以上遮音等級の水準間での学習効果の差について、学習レベルの増加に伴い体感学習時の設定等級である T-1 等級についての等級評価精度が向上することが確認された。また特に学習 2、3 の場合に T-0 に関しては過大評価、T-2、T-3 に関しては過小評価の傾向が強まる結果となった。

L、T それぞれの遮音等級評価傾向より、音量に関する学習効果は体感学習時の設定水準の影響を強く受け、その他の水準に対しても設定水準の評価に偏る傾向あると考えられる。また、テキスト学習のみの状態では全体的に過大評価の傾向が強く、体感学習によりその傾向を弱める効果があることが示された。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

[問題群 SF]

各学習後の各値における被験者平均値の推移を図 4.5、表 4.5 に、分散分析の結果を表 4.6.1-2 に水準別に示す。また分散分析によって有意性が示された要因における水準間の多重比較（Turkey-Kramer の HSD 検定）の結果を表 4.7.1-4 示す。

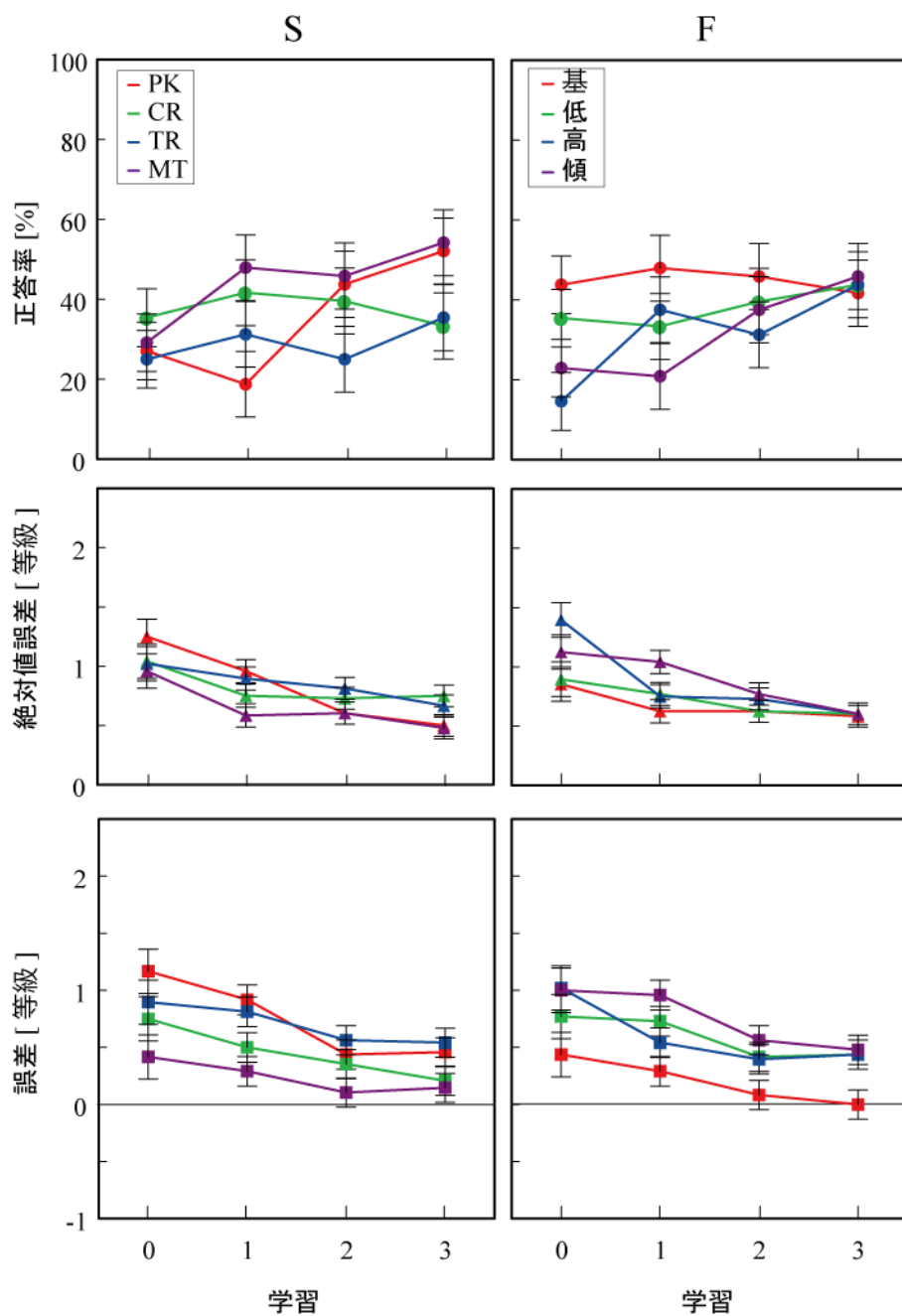


図 4.5 水準別被験者平均値の推移

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

表 4.5 水準別被験者平均値の推移

(●：正答率、▲：絶対値誤差、■：誤差 それぞれ平均値を示す。)

		記号	学習0	学習1	学習2	学習3	単位
S	PK	●	27.08	18.75	43.75	52.08	%
		▲	1.25	0.96	0.6	0.5	等級
		■	1.17	0.92	0.44	0.46	
	CR	●	35.42	41.67	39.58	33.33	%
		▲	1.04	0.75	0.73	0.75	等級
		■	0.75	0.5	0.35	0.21	
	TR	●	25	31.25	25	35.42	%
		▲	1.02	0.9	0.81	0.67	等級
		■	0.9	0.81	0.56	0.54	
	MT	●	29.17	47.92	45.83	54.17	%
		▲	0.96	0.58	0.6	0.48	等級
		■	0.42	0.29	0.15	0.1	
F	基	●	43.75	47.92	45.83	41.67	%
		▲	0.85	0.63	0.63	0.58	等級
		■	0.44	0.29	0.08	0	
	低	●	35.42	33.33	39.58	43.75	%
		▲	0.9	0.77	0.63	0.6	等級
		■	0.77	0.73	0.42	0.44	
	高	●	14.58	37.5	31.25	43.75	%
		▲	1.4	0.75	0.73	0.6	等級
		■	1.02	0.54	0.4	0.44	
	傾	●	22.92	20.83	37.5	45.83	%
		▲	1.13	1.04	0.77	0.6	等級
		■	1	0.96	0.56	0.48	

表 4.6.1 分散分析結果- 水準別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
PK	学習プログラム	3	5.15 **	11.01 **	9.62 **
CR			0.29	1.85	2.48
TR			0.6	2.58	2.39
MT			2.25	5.1 **	1.21
基	学習プログラム	3	0.14	1.52	2.15
低			0.43	2.16	2.9 *
高			3.61 *	12.5 **	4.29 **
傾			3.26 *	5.39 **	4.68 **

表 4.6.2 分散分析結果- 学習別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
学習0	F	3	3.96 **	4.27 **	3.65 *
	S	3	0.48	1.1	4.84 **
	F×S	9	0.61	2.6 **	5.62 **
学習1	F	3	2.89 *	3.84 *	8.65 **
	S	3	3.75 *	3.48 *	8.9 **
	F×S	9	1.44	3.72 **	8.34 **
学習2	F	3	0.84	0.82	4.63 **
	S	3	2.04	1.56	4.27 **
	F×S	9	3.86 **	4.31 **	13.5 **
学習3	F	3	0.08	0.02	10.14 **
	S	3	3.42 *	3.88 *	7.23 **
	F×S	9	10.78 **	10.6 **	51.6 **

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

表 4.7.1 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

		記号	学習0	学習1	学習2	学習3
PK	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●		*		
		▲	**	△		
		■	**	*		
	学習3	●	**	*		
		▲	**	*		
		■	**	*		
CR	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲				
		■				
	学習3	●				
		▲				
		■	*			
TR	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲				
		■				
	学習3	●				
		▲	*			
		■				
MT	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●		*		
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲	*			
		■				
	学習3	●	△			
		▲	**			
		■				

表 4.7.2 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

* 5%有意

		記号	PK	CR	TR	MT
学習0	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■				
	TR	●				
		▲				
		■				
	MT	●				
		▲				
		■	*			
学習1	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■	*			
	TR	●				
		▲				
		■				
	MT	●	*			
		▲	*			
		■	*		*	
学習2	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■				
	TR	●				
		▲				
		■				
	MT	●				
		▲				
		■			*	
学習3	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●		*		
		▲	*			
		■				
	TR	●				
		▲				
		■	*			
	MT	●				
		▲		*		
		■	*		*	

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

表 4.7.3 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

		記号	学習0	学習1	学習2	学習3
基	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲				
		■				
	学習3	●				
		▲				
		■				
低	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲				
		■				
	学習3	●				
		▲				
		■				
高	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●	△			
		▲	**			
		■	△			
	学習2	●				
		▲	**			
		■	*			
	学習3	●	*			
		▲	**			
		■	*			
傾	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲	△			
		■		△		
	学習3	●	△	*		
		▲	**	*		
		■	*	*		

表 4.7.4 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差) *

5%有意

		記号	基	低	高	傾
学習0	基	●				
		▲				
		■				
	低	●				
		▲				
		■				
	高	●	*			
		▲	*	*		
		■				
	傾	●				
		▲				
		■				
学習1	基	●				
		▲				
		■				
	低	●				
		▲				
		■	*			
	高	●				
		▲				
		■				
	傾	●	*			
		▲	*			
		■	*			
学習2	基	●				
		▲				
		■				
	低	●				
		▲				
		■				
	高	●				
		▲				
		■				
	傾	●				
		▲				
		■	*			
学習3	基	●				
		▲				
		■				
	低	●				
		▲				
		■	*			
	高	●				
		▲				
		■	*			
	傾	●				
		▲				
		■	**			

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

図 4.3.2 より、全要因に関して体感学習をおこなうと等級評価の精度向上が見込め、一方で学習 2、3 でも平均誤差は比較的大きく過大評価傾向が残り、音源種の聴き比べによる学習効果はそれほど期待できないと推察した。

以下、要因別に学習レベルに伴う等級評価の傾向をまとめる。

■S：音源種

・学習レベルの差異と等級評価における水準間の差

表 4.6.1 より、ピンクノイズと祭囃子の音に関して学習プログラム間での有意性が示されている。このことから、学習レベルの変化の影響を受けこれらの水準に関しては等級評価が変化していることがわかる。

これら 2 水準に関して、学習 0 とその他に関して有意差がみられるものの、学習 2 と 3 の間に有意差がみられず、音源種の聴き比べの学習（表 4.1 NO.8～23）の改善の余地が考えられる（表 4.7.1）。

また、体感学習の大半はピンクノイズで占められるが祭囃子の音も同様に学習効果がみられることから、音源種における体感回数と効果の関係は無いものと考えられる（図 4.5）。

一方で、有意性が示されなかった道路交通音、鉄道音に関しては絶対値誤差が減少していることから学習効果が得られた傾向はみられるが、正答率の上昇は他の水準ほど期待できない結果となった（図 4.5）。具体的には、これら 2 水準の絶対値誤差はほぼ等しいものの、鉄道音の誤差は大きいことに対し道路交通音の誤差は 0 に近づくことから、鉄道音は過大評価、道路交通音は評価が割れる傾向があるといえる（図 4.5）。それぞれの音源の特徴として鉄道音は間欠的、道路交通音は 4 水準の中では最も日常に近いことが挙げられる。学習効果には音源の時間変動性や、音源の日常性などが影響すると考えられる。

・各学習レベルでの水準間における等級評価の差

学習 3 では道路交通音に対してピンクノイズ、祭囃子の音で絶対値誤差に関して有意差が現われている（表 4.7.2）。また音源種によって正答率の 2 極化がみられるため、学習効果における音源種の差は大きいと考えられる（図 4.5）。

以上、音源種の違いによって等級評価の傾向が異なることが確認できた。特に音源種の違いの体感学習後についても、評価に偏りがみられることから、音源の時間変動性や、日常性などが影響を及ぼす可能性が示唆された。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

■F：遮音周波数特性

・学習レベルの差異と等級評価における水準間の差

表 4.6.1 において、高音欠損型と傾き一定型に関して学習プログラム間での有意性が示されている。このことから、学習レベルの変化の影響を受けこれらの水準に関しては等級評価が変化していることがわかる。これら2水準に関して表 4.7.3 より 遮音周波数特性を体感学習した学習 2 以降に関して学習 0 や 1 との間に有意差がみられるため、体感学習により等級評価の精度が向上していることが確認できる。

また、傾き一定型以外は学習 1 から 3 において正答率はほぼ横ばいであることから（図 4.5）、遮音等級の規定線に沿った特性であれば、遮音等級の違いを体感することである程度の効果が得られると考えられる。一方、基本型や低音欠損型には統計的な有意差が示されなかったが学習 0 から比較的高い値を示しており、誤差値においても相対的に低いことから聴感と対応が良いと推察される（表 4.5）。

・各学習レベルでの水準間における等級評価の差

正答率と絶対値誤差の有意差が解消されていることに関して、学習 2 以降に含まれる遮音周波数特性の学習による効果と考えられる（表 4.6.2）。一方で、全学習において基本型以外は過大評価傾向があるため、基本型以外で性能理解がなされ、それよりも透過音量が小さくなる他の型を高等級と判断したものと思われる。

以上、遮音周波数特性の違いによって学習の効果が異なる傾向が示された。具体的には相対的に高い遮音性能である中～高音域に特徴のある遮音周波数特性の学習効果が強くみられた。これは音量差の大きい帯域であることが考えられる。一方で基本型や低音欠損型は全学習において比較的正答率が高く、等級と聴感の対応が良い可能性が示された。また学習 2 以降について、遮音周波数特性の体感学習によって、水準間での正答率や誤差の大きさの偏りは解消されることが確認できた。なお等級評価の傾向として、基本型以外を過大評価しがちであることが明らかとなった。

S、F それぞれの遮音等級評価傾向より、音源種に関して時間変動や日常性と学習効果の関係性が、また遮音周波数特性に関して基本型以外を過大評価しがちであることが示唆された。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

4.2.3 音量に依存した等級評価に関する検討

問題群 LT については L と T の交互作用、問題群 SF については S と F の交互作用によって透過音の騒音レベルが決定される。それに基づく等級評価の可能性を検証するため、問題群の別に検討をおこなった。

[問題群 LT]

L×T の交互作用の結果、透過音が等しくなる問題間での回答の推移を検証する。表 4.8 に L、T の組み合わせによって決定される透過音に関して「65dBA、T-1」を基準とした際の、透過音相対レベルを示す。なお、相対レベルは $X - 65\text{dBA}, T-1$ としており、値が大きいほど過小評価の傾向が現れると予測される。

表 4.8 透過音相対レベル（「65dBA,T-1」を基準としたときの実測値）

		L		
		60	65	70
T	T-0	0	4.9	9.8
	T-1	-4.7	0	5
	T-2	-9.9	-4.9	0
	T-3	-13.7	-9.2	-4.7

分析は回答に対し、図 4.1.2 における問題の No. を説明変数とした一元配置分散分析を学習プログラムごとにおこなった。回答は水準数が 5 の順序尺度であるが、連続尺度とみなした。表 4.8 と対応させた形で、対応する No. を示す（表 4.9）。

表 4.9 相対透過音レベルと No.の対応

		L		
		60	65	70
T	T-0	27	26	25
	T-1	18	1	17
	T-2	21	20	19
	T-3	24	23	22

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

以下、透過音レベルが等しいグループに分け、分散分析の結果と No. の間での回答の差について学習ごとに示した結果を示す。また分散分析の結果、有意差が示されたグループに関しては、統計的検定の結果を併せて示す。

■相対透過音レベル（-9.0～-10dBA） No. 21、23

表 4.10 分散分析結果

学習	要因	自由度	F値	p値	有意性
0	設定番号	1	0.8958	0.3542	
1			0.1549	0.6977	
2			0.8609	0.3636	
3			0	1	

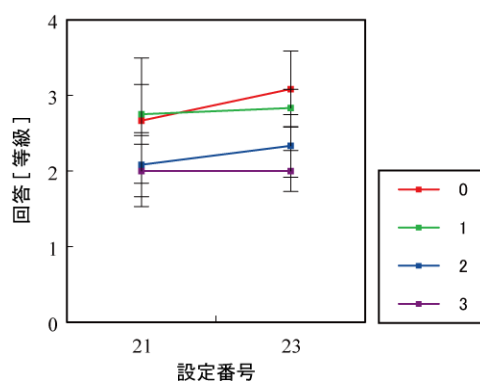


図 4.6 回答の傾向

いずれの学習においても No. 23 の T-3 等級の性能を有するものを遮音性能が良いと判断している傾向があるが、回答の平均値において有意差は見られない。また、学習 2 以降は評価が下がっている。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

■相対透過音レベル（-4.0～-5.0dBA） No. 18、20、22

表 4.11 分散分析結果

学習	要因	自由度	F値	p値	有意性
0	設定番号	2	8.4929	0.0011	**
1			4.3821	0.0205	*
2			11.7253	0.0001	**
3			11.7549	0.0001	**

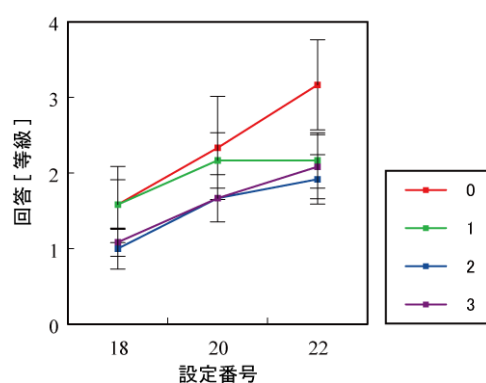


図 4.7 回答の傾向

表 4.12 多重比較検定結果（Turkey-Kramer の HSD 検定）

	18	20	22
学習0	18		
	20		
	22 *		
学習1	18		
	20 *		
	22 *		
学習2	18		
	20 *		
	22 *		
学習3	18		
	20 *		
	22 *		

表 4.12 の多重比較結果より、いずれの学習においてもおおよそ No. 18 の T-1 等級と No.20 の T-2 等級、No. 22 の T-3 等級の区別はできているといえる。しかし No.20 と No.22 の差に有意差はなく、遮音等級が高くて開窓時騒音レベルが大きければ、過小評価しがちにあり透過音の騒音レベルで評価をしがちな傾向が示唆される結果となった。

第 4 章 【実験 1】 学習レベルと等級評価の関係性の検討

■相対透過音レベル（0dBA） No. 27、1、19

表 4.13 分散分析結果

学習	要因	自由度	F値	p値	有意性
0	設定番号	2	1.0889	0.3466	*
1			3.1444	0.0542	
2			6.6836	0.0032	
3			1.5965	0.2156	

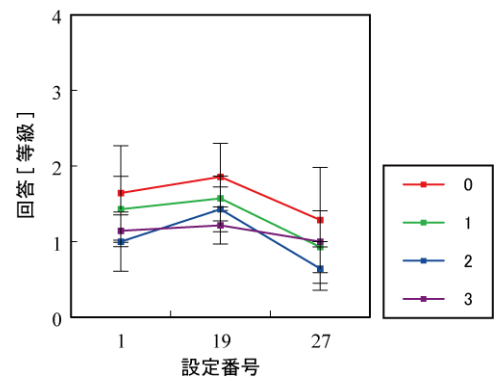


図 4.8 回答の傾向

表 4.14 多重比較検定結果（Turkey-Kramer の HSD 検定）

	1	19	27
学習0	1		
	19		
	27		
学習1	1		
	19		
	27		
学習2	1		
	19		
	27	*	
学習3	1		
	19		
	27		

いずれの学習においても、有意差は現れにくいものの No. 27 の T-0 等級と No.1 の T-1 等級や No. 19 の T-2 等級の区別はできる傾向がある。しかし No.1 と No.19 にほぼ差がなく、相対透過音レベル（-4.0～-5.0dBA）の場合と同様に、遮音等級が高くても開窓時騒音レベルが大きければ等級の差異に気付きにくく、透過音の騒音レベルで評価をしがちな傾向が示唆される結果となった。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

■相対透過音レベル（4.0～5.0dBA） No. 26、17

表 4.15 分散分析結果

学習	要因	自由度	F値	p値	有意性
0	設定番号	1	0	1	
1			5.1358	0.032	*
2			8.1628	0.0083	**
3			0.2281	0.6369	

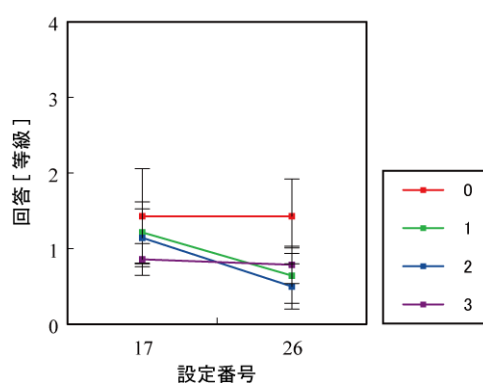


図 4.9 回答の傾向

表 4.16 t 検定結果

	17	26
学習0	17	26
学習1	17	26 *
学習2	17	26 *
学習3	17	26

比較的区別できていると考えられる。しかし、学習レベルが増加し学習 3 において両者の区別ができなくなる傾向がみられる。周波数特性も意識するようになり、音量の聴きわけが曖昧になったことが推察される。

以上、開窓時騒音レベルと遮音等級の交互効果による透過音騒音レベルが等しい場合、開閉時の音量の差のみを手掛かりに等級判断をするのは困難であることが示された。透過音の騒音レベルから受ける印象によって評価される傾向がある。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

[問題群 SF]

音源種の主要周波数成分と遮音周波数特性の欠損帯域の交互効果により透過音の騒音レベルが決定される。仮に透過音の騒音レベルに依存した等級評価がされているとした場合に、相対透過音レベルの分布と同様の分布が誤差についてもみられるはずである。図 4.10 に透過音の相対レベル（ピンクノイズ-基本型を基準とする）と、誤差を示す。なお、比較しやすいよう相対透過音レベルのグラフについては天地反転して表示している。

なお、相対レベルは「X-ピンクノイズ, 基本型」としており相対透過レベルが低いものほど低等級に評価される可能性がある。つまり誤差も低い値に分布すると考えられる。分析に用いたデータは学習 3 に関して追加実験を含む、すべての SF 組み合わせに対する T-1, T-2 を解答とするものである（図 4.1.1 の T-1T-2 に該当するものと図 4.2）。

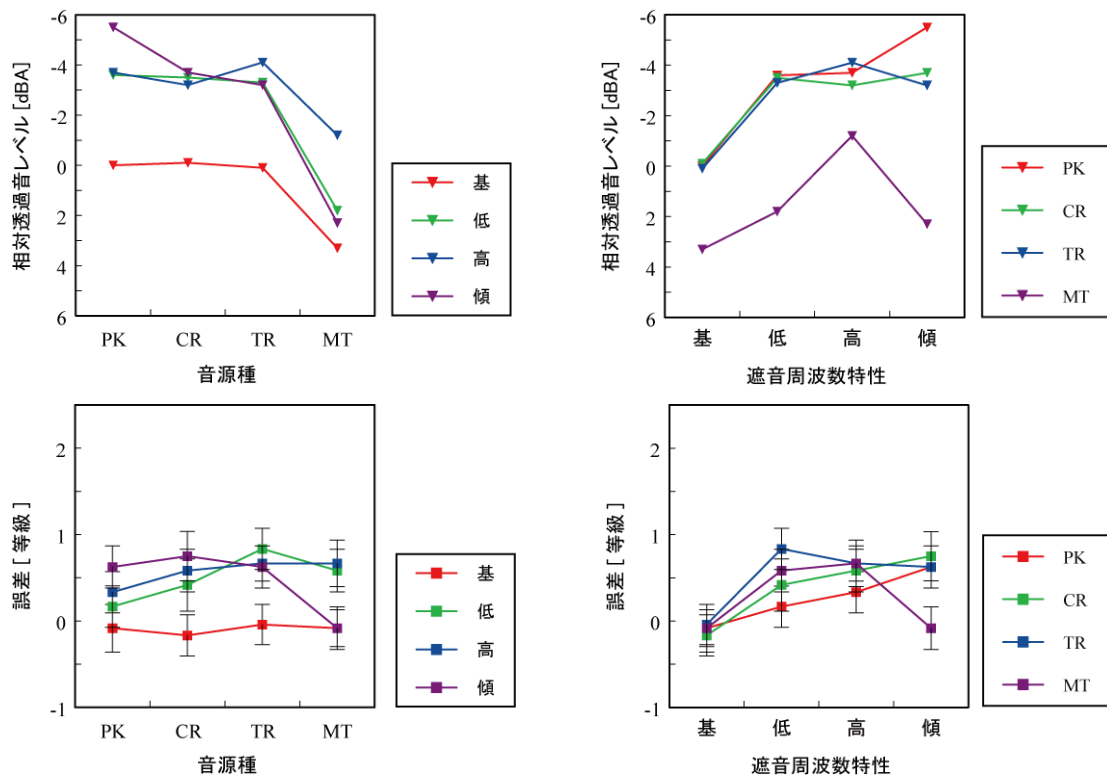


図 4.10 相対透過音レベルと誤差の比較

図 4.10 の上下のグラフの挙動を比較すると、各系列の位置関係に関して左側のグラフの対応が良いことから透過音レベルに基づく等級評価の可能性が示唆された。特に同一音源種において基本型以外の水準を過大評価する傾向が確認できた。なお、右のグラフの同一周波数特性における音源種の水準の差に明確な対応がみられないことから、音源種ごとに等級評価をしていることが推察される。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

次に、誤差に関して音源種(S)と遮音周波数特性(F)の交互効果の傾向が確認できたので、「S」と「F」、「被験者 (SBJ)」の3要因の主効果、及びその交互作用を要因とした3元配置分散分析をおこなった結果を表4.17に示す。

表 4.17 分散分析結果

(** 1%有意, * 5%有意)

要因	自由度	平方和	F値	p値(Prob>F)	有意性
S	3	3.344	3.424	0.018	*
F	3	2.594	2.656	0.050	*
SBJ	11	9.654	2.696	0.003	**
SBJ×S	33	11.586	1.079	0.364	
SBJ×F	33	12.211	1.137	0.291	
S×F	9	6.531	2.229	0.022	*
SBJ×S×F	99	31.758	0.986	0.526	
誤差	192	62.500			
全体	383	172.685		<.0001	**

3 要因すべての主効果に加え、音源種と周波数特性の交互作用がみられた。先に傾向を示した SF の交互作用による評価の偏りが統計的に示された。

また SBJ×S×F の有意性が示されなかったため、特定の S×F の組み合わせを誤る被験者はいないことがわかる。よって、各問題の難易度に個人差はないものと考えられる。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

以上、図 4.10 と表 4.17 より、問題群 SF に関して透過音の騒音レベルに基づいた等級評価がなされている可能性が確認できた。

そこで透過音の騒音レベルに加え、音源種によって主要周波数成分が異なることや遮音周波数特性の違いの等級評価に与える影響をより詳細に検討するため、帯域ごとのエネルギー平均値より算出した帯域別騒音レベル、既往研究において橋らがラウドネス反応との対応がよいと報告している $\overline{L(125\sim 4k)}$ (125~4k におけるオクターブバンドごとの dB 算術平均値) を含む 1~6 の指標を用い、誤差と 1~6 の相関係数を求め等級評価とそれらの指標の関係を確認した。

分析において次の 6 指標は、全て透過音に関して算出している。

- 1 騒音レベル
- 2 低音域騒音レベル (125-250Hz)
- 3 中音域騒音レベル (500-1k)
- 4 高音域騒音レベル (2-4k)
- 5 $L(125-4k)$
- 6 $L(125-k)$ FLAT

＊1~4 は該当する帯域のエネルギー平均より算出。

5、6 は該当するオクターブバンドごとの算術平均値を用いている[26]。

なお、周波数特性は 6 のみ FLAT で、その他は A 特性をかけたものである。

なお、F×S の組み合わせに対する上記 6 指標の一覧を表 4.18 に示す。各値は「X ー ピンクノイズ基本型」として「PK, 基」を基準とした相対レベルである。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

表 4.18 6 指標における相対透過音レベル

S	F	1	2	3	4	5	6
PK	基	0	0	0	0	0	0
PK	低	-3.60	0.97	-4.18	-4.55	-3.15	-3.62
PK	高	-3.70	-5.07	-5.22	-2.46	-4.37	-4.08
PK	傾	-5.50	0.09	-3.17	-12.44	-5.05	-5.20
CR	基	-0.10	0.72	2.55	-1.17	-0.53	-0.57
CR	低	-3.50	2.63	-2.32	-6.17	-4.10	-3.95
CR	高	-3.20	-4.30	-2.20	-2.19	-4.58	-4.47
CR	傾	-3.70	0.85	-0.88	-10.80	-3.98	-3.82
TR	基	0.10	1.12	3.71	-2.32	0.18	0.02
TR	低	-3.30	3.30	-1.57	-7.68	-3.42	-3.78
TR	高	-4.10	-3.48	-1.85	-4.47	-4.28	-4.40
TR	傾	-3.20	1.82	0.17	-12.41	-3.80	-3.82
MT	基	3.30	12.47	2.51	-10.55	1.27	0.72
MT	低	1.80	11.69	-2.53	-15.50	-2.40	-2.82
MT	高	-1.20	7.93	-2.34	-12.68	-2.72	-3.03
MT	傾	2.30	11.70	0.93	-13.84	-1.12	-1.07

誤差と上記 6 指標の相関係数を表 4.19 に示す。

表 4.19 相関係数一覧

	1	2	3	4	5	6
誤差	-0.33	-0.12	-0.30	-0.20	-0.41	-0.43

いずれの指標とも強い相関関係はみられなかったが、その中では橘らの報告の通り 5、6 との相関が強い傾向があり、ラウドネスに基づく等級評価がなされている可能性が示唆された。

しかし、遮音等級は透過後の騒音レベルによって判断されるべき性能ではないことをふまえると、強い相関が得られなかったことは学習の効果が現われていると解釈できる。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

次に窓の開閉による音量差に基づく遮音評価の傾向を検証するため、同様に6指標について相関係数を算出した。表4.20に、相対窓開閉時レベル差の一覧を表4.21に結果を示す。

表 4.20 6指標における相対窓開閉時レベル差

S	F	1	2	3	4	5	6
PK	基	0	0	0	0	0	0
PK	低	3.60	-0.97	4.18	4.55	3.15	3.62
PK	高	3.70	5.07	5.22	2.46	4.37	4.08
PK	傾	5.50	-0.09	3.17	12.44	5.05	5.20
CR	基	0.20	-0.18	0.49	0.04	0.30	0.18
CR	低	3.60	-2.09	5.37	5.04	3.87	3.57
CR	高	3.30	4.84	5.25	1.05	4.35	4.08
CR	傾	3.80	-0.31	3.92	9.66	3.75	3.43
TR	基	-0.30	1.42	-0.36	-0.55	-0.02	0.00
TR	低	3.10	-0.76	4.92	4.82	3.58	3.80
TR	高	3.90	6.02	5.19	1.61	4.45	4.42
TR	傾	3.00	0.72	3.18	9.54	3.97	3.83
MT	基	-3.10	-1.44	0.32	-0.05	-0.12	0.27
MT	低	-1.60	-0.66	5.36	4.90	3.55	3.80
MT	高	1.40	3.10	5.17	2.09	3.87	4.02
MT	傾	-2.10	-0.67	1.89	3.24	2.27	2.05

表 4.21 相関係数一覧

	1	2	3	4	5	6
誤差	0.33	0.15	0.41	0.31	0.43	0.44

音量差に関しても、透過後の騒音レベルと傾向は変わらず5,6に若干の相関がみられた。なお、開窓時の騒音レベルが65dBであり、1は全体域のエネルギー平均であるから当然表4.19とは符号が逆になった値となっている。その他の値に関しては、3,4の相関が若干強くなっていることがわかる。このことについて、音源に関してはいずれも500~4kHz付近の成分を多く含むほか、遮音遮音特性上500Hz以降が高い遮音性能を有するため、窓開閉時の音量差が聴きとりやすかった結果が表れていると考えられる。

以上、2つの観点による分析結果より、被験者は体感学習によって遮音性能は透過損失値によって決定されることを学び、理解度テストの際には音量の差に意識を働かせて遮音性能を評価している傾向が示唆された。一方でそれほど強い相関は見られなかったものの、周波数特性に関する学習を体験した後も、透過音のラウドネスに基づいた等級判断をしている可能性もあると考えられる。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

4.2.4 学習効果における個人差の検討

本プログラムにおける個人差には大きく以下の3点が考えられる。

- (1) 各学習プログラム後の学習効果に関して、評価の傾向や正答との差異の大きさが個人毎に異なる。
- (2) 全体的に過大評価、過小評価する傾向のある被験者がいる。
- (3) 特定の問題を誤る個人がいる

本研究では、各学習プログラムは等級評価の上で必要と考えられる学習内容に関する検討をおこなうため、4段階のプログラムを用いている。実際に利用されることを想定すると、各学習プログラムが個別に使用された場合における学習効果の差を把握することが必要であると考えられる。

そこで、(1) の視点による個人差の分析をおこなった。その結果を以下に示す。

問題群の別に学習プログラムごとの誤差絶対値、誤差に関して、被験者を要因とした一元配置分散分析の結果をおこなった。表 4.22 に結果を示す。

表 4.22 学習ごとの絶対値誤差及び誤差における個人差

プログラム	要因	水準数	問題群 LT				問題群 SF			
			絶対値誤差		誤差		絶対値誤差		誤差	
			F 値	有意性	F 値	有意性	F 値	有意性	F 値	有意性
0	被験者	12	2.87	**	8.22	**	5.66	**	10.1	**
1			1.09		2.44	**	4.11	**	5.54	**
2			0.96		0.75		0.50		1.45	
3			0.65		0.76		1.50		1.49	

[問題群 LT]

学習 1 で遮音等級の違いに関する学習をおこなうと、誤差絶対値の個人差が解消される。さらに学習 2 の遮音周波数特性まで学習をおこなうことで、誤差についても個人差が解消される。図 4.5 より、学習 2 以降は問題群 SF おける基本型の誤差が 0 に近づき、他水準との誤差が開く傾向がみられことから遮音周波数特性の差別化が可能になり、LT 問題群の誤差も 0 に近づいたものと推察できる。

[問題群 SF]

学習 1 までは両値において個人差が示される。これは、周波数に関する体感学習が含まれていないため当然の結果と考えられる。なお、学習 2 以降は両指標における個人差が解消された。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

4.3 まとめと推論

■ 実験1を通して

体感学習を行っていない学習0とその他の学習の比較により、体感学習が等級評価の精度向上に関して有効であることが認められた。特に、音量に関する学習は比較的体感知識として習得しやすく、周波数特性に関する学習は遮音周波数特性、音源種とも体感学習を行うことによって、等級評価の精度向上が見込めることがわかった。

また遮音等級の評価の偏りに関して、体感学習によって過大評価の傾向が解消されることが示された。

■ 透過音に関する要因別知見

○ L：開窓時騒音レベル

等級評価は開窓時騒音レベルの影響を受けやすい。傾向としては、体感学習時の設定レベルを上回る場合、過小評価しがちで学習効率が悪い。一方、下回る場合は過大評価しがちであり、周波数特性に関する学習もおこなうことで等級評価精度がより向上する。

○ T：遮音等級

体感学習時の設定遮音等級の学習効果が最も高い。なお、設定等級を下回る場合は過大評価、上回る場合は過小評価の傾向がある。

以上、音量に関する要因の特徴としては、学習効果が体感学習時の設定水準の影響を受けやすく、学習後のその他の水準に対する等級評価は設定水準の評価に偏る傾向がある。

○ S：音源種

体感学習時の設定音源種と学習効果の関係はないものと考えられる。また音源種の学習後には、学習効果が現われやすい音源種と現れにくい音源種の二極化がみられる。

また、有意な学習効果の向上が期待できなかったことから、音源種の違いに関する学習に改善の余地があると考えられる。

鉄道音や道路交通音の等級評価の傾向より時間変動や、音源の日常性が強く影響している可能性が示された。事実、鉄道音のL90、L95は他の音源に比べ15dB程低く、全体的に静かな印象を受けることが予測できる（図2.5）。

低音卓越型の祭囃子の音に関して学習効果が強くみられたことから、透過後の騒音レベルが相対的に大きくなる音源に関しても、体感学習を経験することによって正確に遮音等級を評価できることが示された。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

○ F：遮音周波数特性

傾き一定型以外の、低音から高音にわたって遮音等級の規定線に沿った特性であれば、遮音等級の違いを体感することである程度の効果が得られた。

水準別には、基本型や低音欠損型は学習 0 から比較的高水準の等級評価がなされる傾向があり、聴感と対応が良いと推察した。一方で、すべての水準について学習効果が得られるのであれば、全体的に等級評価精度が向上するはずであるが、それら 2 水準については学習効果がみられない。また、全学習において基本型以外は過大評価傾向があるため、基本型以外で性能理解がなされ、それよりも透過音量が小さくなる他の型を高等級と判断すると思われる。今回の実験結果からは、高音欠損型と傾き一定型の学習効果が確認できたことに過ぎず、基準型や低音欠損型を基にその差を理解しだけの可能性があり、本質的には学習できていないという解釈もできる。

一方で、高音欠損型や傾き一定型の学習効果が得られやすい理由としては、すべての音源において 500～4k(Hz)の中高音域の成分が比較的多く含まれているため、体感学習において音量や周波数特性の変化に気づきやすかったことが考えられる。

以上、周波数特性に関する要因の特徴として、音源種に関して時間変動や日常性と等級評価の関係性が、また遮音周波数特性に関して基本型以外を過大評価しがちであることが示唆された。なお、周波数特性の聴きわけを必要とする場合においては学習後も過大評価の傾向が強く残る傾向が示された。

■ 透過音の騒音レベルに基づく等級評価の可能性

○ 音量の聴きわけを必要とする場合

開窓時騒音レベルと遮音等級が作用することで透過音騒音レベルが等しい場合、開閉時の音量の差のみを手掛かりに等級判断をするのは困難であることが示された。

○ 周波数特性の聴きわけを必要とする場合

音源種別に遮音等級評価がなされている傾向が示された。また、透過音騒音レベルに基づく等級評価の傾向を否定できる結果は得られなかった。

第4章 【実験1】学習レベルと等級評価の関係性の検討

■ 学習効果における個人差

両問題群において、個人差が解消されるのは学習2,3であった。

それらの学習を経て、現段階で身につけることのできる等級評価の水準は、音量の聴きわけを必要とする場合には50%で正答することができる。同時に誤認の傾向は過大過小に偏りなく、誤差は1等級に抑えることができる。また、周波数特性の聴きわけを必要とする場合には40%で正答することができる。同時に誤認の傾向は3/4の確率で過大評価、残る1/4の確率で過小評価をする傾向にあり、誤差は1等級に抑えることができるものといえる。

第 5 章

【実験 2】

学習環境と等級評価の関係性の検討

第 5 章 【実験 2】学習環境と等級評価の関係性の検討

5.1 目的・概要

実験 2 では学習プログラムの一般居室での利用を想定し、被験者になるべく静かな場所でおこなうよう注意した上で、場所を自由に選ばせ実験 1 と同様の内容の実験をおこなった。分析手法に関しても実験 1 と同様の手法を用い、学習内容と性能理解との関係性の検討をおこなった。

さらに実験 2 でのイヤホン呈示（以下、IP 呈示）に関して、スピーカ呈示（以下、SP 呈示）でおこなった実験 1 との比較をおこない、環境条件の統制が緩い状況で学習プログラムをおこなったことによる等級評価の差を検証するため、データ群を抽出して検証をおこなった。

以下に学習プログラムと学習内容の対応、学習と理解度テストにおいて設定した透過音に関わる 4 要因の各水準を示す。また理解度テストの問題一覧と、遮音周波数特性(F)と音源種(S)の交互作用によって決定される透過音の騒音レベルと等級評価の関係を検証するために学習 3 のみ追加でおこなった理解度テストの一覧をそれぞれ示す。

表 4.1 (再) 学習と内容の対応

No.	学習			
	L	T	S	F
1		T-1		
2		T-2	PK	基
3		T-3		
4		T-1		基
5			PK	低
6				高
7				傾
8			PK	
9		T-1	CR	基
10			TR	
11			MT	
12	65		PK	
13		T-1	CR	低
14			TR	
15			MT	
16			PK	
17		T-1	CR	高
18			TR	
19			MT	
20			PK	
21		T-1	CR	傾
22			TR	
23			MT	

表 4.2 (再)

学習と理解度テストにおける統制要因

要因	水準	水準数
L: 開窓時騒音レベル	60	3
	65	
	70	
T: 遮音等級	T-0	4
	T-1	
	T-2	
	T-3	
S: 音源種	PK	4
	CR	
	TR	
	MT	
F: 遮音周波数特性	基	4
	低	
	高	
	傾	

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

No.	L	T	S	F
1	65	T-1	PK	基
2	65	T-3	CR	基
3	65	T-0	TR	基
4	65	T-2	MT	基
5	65	T-3	PK	低
6	65	T-2	CR	低
7	65	T-1	TR	低
8	65	T-0	MT	低
9	65	T-0	PK	高
10	65	T-1	CR	高
11	65	T-2	TR	高
12	65	T-3	MT	高
13	65	T-2	PK	傾
14	65	T-0	CR	傾
15	65	T-3	TR	傾
16	65	T-1	MT	傾

図 4.1.1^(再) テスト一覧-問題群 SF
:(学習 0～学習 3)

No.	L	T	S	F
17	70	T-1	PK	基
1	65	T-1	PK	基
18	60	T-1	PK	基
19	70	T-2	PK	基
20	65	T-2	PK	基
21	60	T-2	PK	基
22	70	T-3	PK	基
23	65	T-3	PK	基
24	60	T-3	PK	基
25	70	T-0	PK	基
26	65	T-0	PK	基
27	60	T-0	PK	基

図 4.1.2^(再) テスト一覧-問題群 LT
:(学習 0～学習 3)

No.	L	T	S	F
28	65	T-2	PK	基
29	65	T-1	CR	基
30	65	T-2	CR	基
31	65	T-1	TR	基
32	65	T-2	TR	基
33	65	T-1	MT	基
34	65	T-1	PK	低
35	65	T-2	PK	低
36	65	T-1	CR	低
37	65	T-2	TR	低
38	65	T-1	MT	低
39	65	T-2	MT	低
40	65	T-1	PK	高
41	65	T-2	PK	高
42	65	T-2	CR	高
43	65	T-1	TR	高
44	65	T-1	MT	高
45	65	T-2	MT	高
46	65	T-1	PK	傾
47	65	T-1	CR	傾
48	65	T-2	CR	傾
49	65	T-1	TR	傾
50	65	T-2	TR	傾
51	65	T-2	MT	傾

図 4.2^(再) テスト一覧-問題群 SF
:(実験 3 と同時に学習 3 のみ追加実験を実施)

第 5 章 【実験 2】学習環境と等級評価の関係性の検討

5.2 結果と考察

・分析概要

理解度テストの結果について 4 章と同様に、各問題群に分けて分析をおこなった。それぞれ正誤に加え等級誤差およびその絶対値を集計した（但し、T-1 未満の回答は等級数 0 に換算）。被験者毎に各学習プログラム後の正答率、平均絶対値誤差（誤差の大きさ）、平均誤差（誤差の偏り）を問題群に分けて算出して用いた。なお、各指標の特徴は 2.7 に記載のとおりである。

分析の手順としては、はじめに体感学習の有無に加え各学習プログラムにおける学習レベルの差異が遮音等級評価へ及ぼす影響を概観するため、上記の各値に対し学習プログラムを説明変数とした一元配置分散分析をおこなった。

次に、具体的に学習レベルの上昇に伴う等級評価の変化における傾向を把握するため、透過音に関する 4 要因について水準別に同様の分析をおこなった。

その後、音量と周波数特性について正確な聴きわけが必要とされる等級評価に関して、比較的区別がしやすい透過音レベルへの依存性を確認した。

さらに各学習プログラムの学習効果についての個人差を検証するため、学習プログラムごとに絶対値誤差、誤差について被験者を説明変数とした一元配置分散分析をおこなった。

最後に、特に学習環境の差異によって生じうると考えられる 3 点の等級評価の差に関して分析をおこない、等級評価への影響の把握を試みた。

以下 SP 呈示の実験結果との差異を中心に、等級評価の傾向を分析した結果を示す。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

5.2.1 学習のレベルと遮音等級評価

以下、学習レベルの差異による理解度テストの回答の傾向における差を、問題群 LT、問題群 SF の別に検討する。

[問題群 LT]

学習プログラムごとの全被験者平均と学習プログラム間の有意差検定結果 (Turkey-Kramer の HSD 検定) を図 5.1.1 に示す。

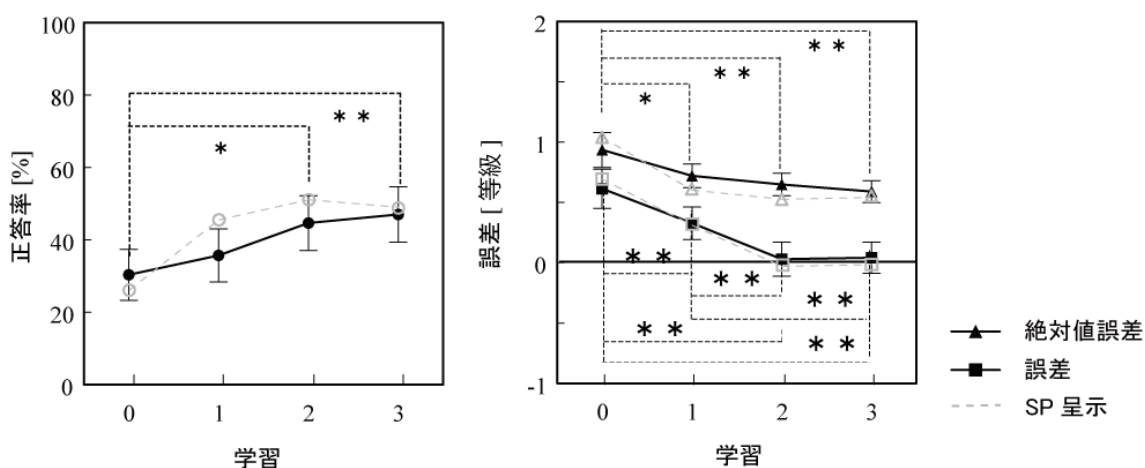


図 5.1.1 各学習における各値の被験者平均値 (問題群 LT)
(誤差範囲は 95%信頼区間)

図 5.1.1 よりおおそテキスト学習のみの学習 0 と、その他体感学習をおこなった学習 1~3 の間に各値で明確な差が生じており、SP 呈示と同様に体感学習の効果が認められる。

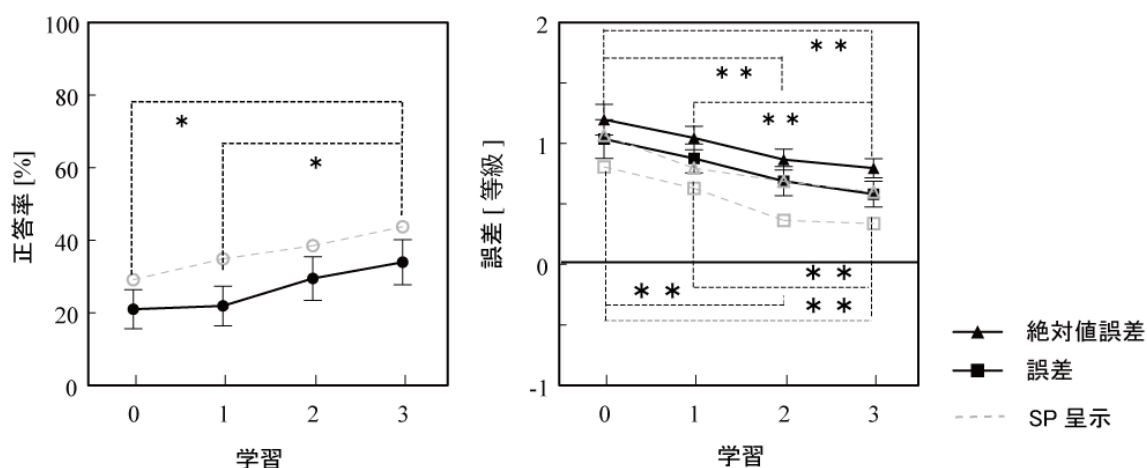
一方、SP 呈示と比較すると誤差の推移は比較的同様の傾向を示すものの、全体的に正答率が低い点や絶対値誤差が大きいことから、学習効果が若干低い傾向があるものの、学習レベルが高い学習 3 においては両呈示において明確な差はみられない。

音量感に関する学習効果については、学習環境における差異はほぼ無いものと考えられる。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

[問題群 SF]

学習プログラムごとの全被験者平均と学習プログラム間の有意差検定結果 (Turkey-Kramer の HSD 検定) を図 5.1.2 に示す。



水準	正答率	平均誤差絶対値	誤差
学習 0	20.98	1.20	1.04
学習 1	21.88	1.04	0.88
学習 2	29.46	0.87	0.69
学習 3	33.93	0.79	0.58

図 5.1.2 学習内容量の変化に伴う性能理解の変化 (FS 問題)
(誤差範囲は 95%信頼区間)

図 5.1.2 より正答率について学習 0、1 と学習レベルの最も高い学習 3 の間に有意差がみられ、平均絶対値誤差については学習 0 と学習 2、3 に加えて、学習 1 と学習 3 の間に有意差がみられ、IP 呈示についても周波数特性に関する学習効果が認められた。

一方で、IP 呈示においては学習 0 と学習 1 の間に各値で明確な差がみられなかったことや、SP 呈示と比較して正答率が低く絶対値誤差が大きいことから、IP 呈示による周波数特性の学習効果は SP 呈示に劣ることが示された。また、誤差が高い値を示すことから過大評価の傾向が SP 呈示以上に強いといえる。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

以下統計的に有意差が確認された学習プログラムに関して、被験者の等級評価構造の変化の具体的な傾向を把握するため、各要因別に5.1.1と同様に検討をおこなう。

5.2.2 遮音等級評価への各要因の影響

問題群 LT、問題群 FS の別に学習プログラムの違いによって、正答率や絶対値誤差、誤差が変化した要因と水準の把握をおこなうため、各水準別に学習プログラムを配置した一元配置分散分析をおこなった。また各学習後の理解度テストにおいて、水準間における学習効果の差を確認するため学習プログラムの別に各要因とその交互作用を配置した二元配置分散分析をおこなった。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

[問題群 LT]

各学習後の各値における被験者平均値の推移を図 5.2、表 5.1 に、分散分析の結果を表 5.2.1-2 に水準別に示す。また分散分析によって有意性が示された要因における水準間の多重比較（Turkey-Kramer の HSD 検定）の結果を表 5.3.1-4 示す。

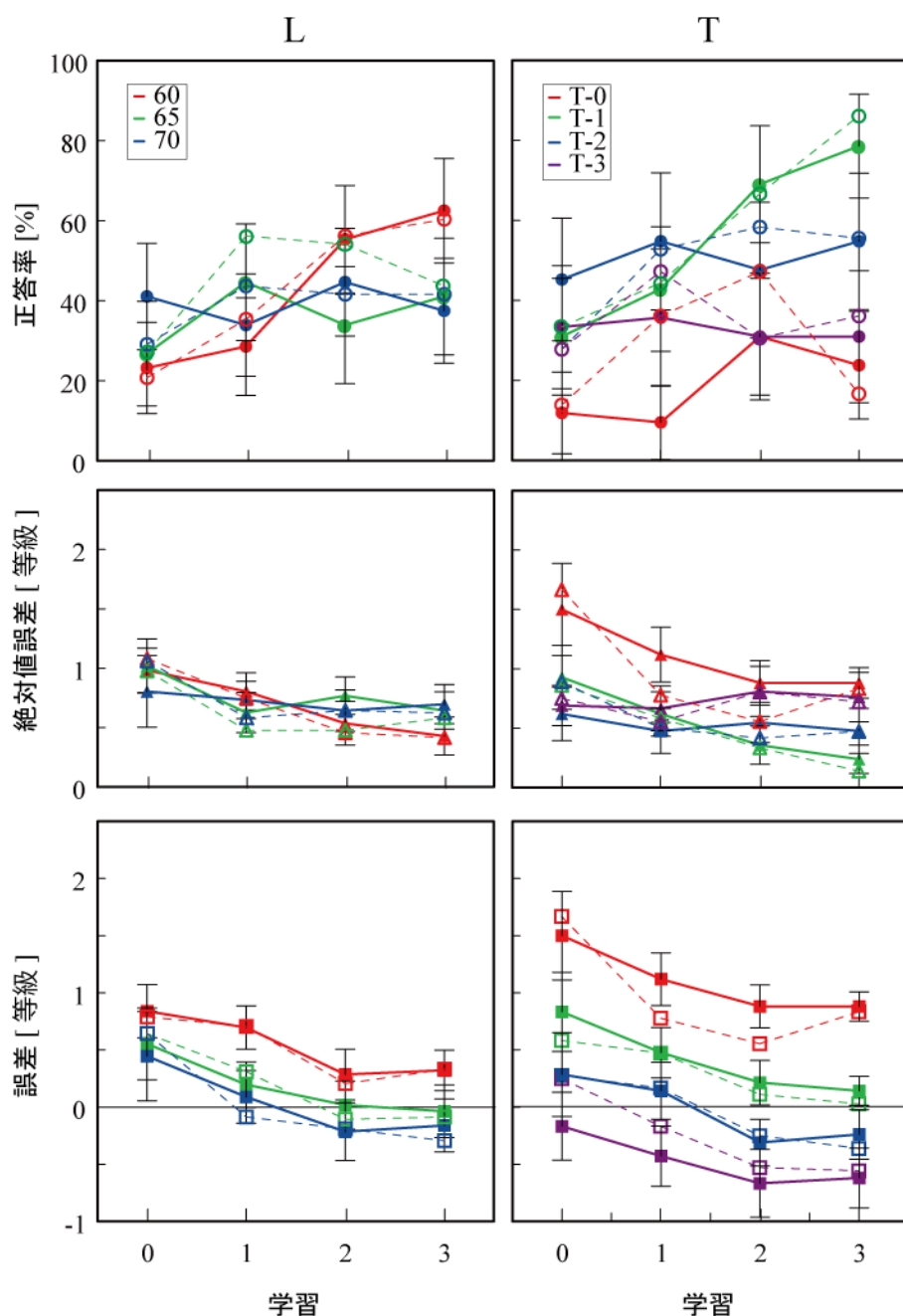


図 5.2 水準別被験者平均値の推移
(点線：SP 呈示結果)

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

表 5.1 水準別被験者平均値の推移

(●：正答率、▲：絶対値誤差、■：誤差 それぞれ平均値を示す。)

	記号	学習0	学習1	学習2	学習3	単位
L	60	● 23.21	28.57	55.36	62.50	%
		▲ 0.98	0.80	0.54	0.43	等級
		■ 0.84	0.70	0.29	0.32	
	65	● 26.79	44.64	33.93	41.07	%
		▲ 1.02	0.63	0.77	0.64	等級
		■ 0.55	0.20	0.02	-0.04	
	70	● 41.07	33.93	44.64	37.50	%
		▲ 0.80	0.73	0.64	0.70	等級
		■ 0.45	0.09	-0.21	-0.16	
T	T-1未満	● 11.90	9.52	30.95	23.81	%
		▲ 1.50	1.12	0.88	0.88	等級
		■ 1.50	1.12	0.88	0.88	
	T-1	● 30.95	42.86	69.05	78.57	%
		▲ 0.93	0.62	0.36	0.24	等級
		■ -0.83	-0.48	-0.21	-0.14	
	T-2	● 45.24	54.76	47.62	54.76	%
		▲ 0.62	0.48	0.55	0.48	等級
		■ 0.29	0.14	-0.31	-0.24	
	T-3	● 33.33	35.71	30.95	30.95	%
		▲ 0.69	0.67	0.81	0.76	等級
		■ -0.17	-0.43	-0.67	-0.62	

表 5.2.1 分散分析結果- 水準別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
60	学習プログラム	3	9.6 **	8.55 **	7.1 **
65			1.52	4 **	4.01 **
70			0.49	0.56	5.56 **
T-0	学習プログラム	3	2.85 *	7.03 **	7.03 **
T-1			9.61 **	10.4 **	8.36 **
T-2			0.4	0.6	6.38 **
T-3			0.1	0.57	3.57 *

表 5.2.2 分散分析結果- 学習別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
学習0	L	2	0.12	1.85	1.38
	T	3	0.56	2.03	3.92 **
	L×T	6	0.63	1.44	3.26 **
学習1	L	2	0.13	1.41	0.98
	T	3	5.87 **	7.46 **	11.4 **
	L×T	6	4.99 **	4.31 **	0.15 *
学習2	L	2	9.19 **	8.06 **	6.07 **
	T	3	6.14 **	6.99 **	10.33 **
	L×T	6	5.84 **	4.49 **	2.35 **
学習3	L	2	3.13 *	2.62	2.36
	T	3	3.1 *	3.55 *	4.64 **
	L×T	6	2.09	2.33 *	6.01 **

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

表 5.3.1 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

L		記号	学習0	学習1	学習2	学習3
60	学習0	●		*	*	*
		▲		*	*	*
		■		*	*	*
	学習1	●			*	*
		▲			*	*
		■			*	*
	学習2	●	**	*		*
		▲	**			*
		■	**	*		*
	学習3	●	**	**		
		▲	**	*		
		■	**	*		
65	学習0	●		*	*	*
		▲		*	*	*
		■		*	*	*
	学習1	●			*	*
		▲	*		*	*
		■			*	*
	学習2	●				*
		▲				*
		■	*			*
	学習3	●				
		▲	*			
		■	*			
70	学習0	●		*	*	*
		▲		*	*	*
		■		*	*	*
	学習1	●			*	*
		▲			*	*
		■			*	*
	学習2	●				*
		▲				*
		■	**			*
	学習3	●				
		▲				
		■	**			

表 5.3.2 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

* 5%有意

学習		記号	60	65	70
学習0	60	●		*	*
		▲		*	*
		■		*	*
	65	●			*
		▲			*
		■			*
	70	●			
		▲			
		■			
学習1	60	●		*	*
		▲		*	*
		■		*	*
	65	●			*
		▲			*
		■			*
	70	●			
		▲			
		■			
学習2	60	●		*	*
		▲		*	*
		■		*	*
	65	●			*
		▲			*
		■			*
	70	●	*	*	*
		▲	*	*	*
		■	*	*	*
学習3	60	●		*	*
		▲		*	*
		■		*	*
	65	●			*
		▲			*
		■			*
	70	●			
		▲			
		■			

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

表 5.3.3 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

		記号	学習0	学習1	学習2	学習3
T-0	学習0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	学習1	●			・	・
		▲	△		・	・
		■	△			
	学習2	●		△		・
		▲	**			
		■	**			
	学習3	●				
		▲	**			
		■	**			
T-1	学習0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	学習1	●			・	・
		▲			・	・
		■	△			
	学習2	●	**	△		・
		▲	**			
		■	**			
	学習3	●	**	**		
		▲	**	*		
		■	**			
T-2	学習0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	学習1	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	学習2	●			・	・
		▲			・	・
		■	**	*		
	学習3	●				
		▲				
		■	**	△		
T-3	学習0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	学習1	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	学習2	●			・	・
		▲	*		・	・
		■				
	学習3	●				
		▲				
		■				

表 5.3.4 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

* 5%有意

		記号	T-0	T-1	T-2	T-3
学習0	T-0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	T-1	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	T-2	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	T-3	●				
		▲				
		■				
学習1	T-0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	T-1	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	T-2	●			・	・
		▲	*		・	・
		■				
	T-3	●	*	*		
		▲	*	*		
		■	*	*	*	
学習2	T-0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	T-1	●	*		・	・
		▲	*		・	・
		■	*			
	T-2	●	*		・	・
		▲	*		・	・
		■	*			
	T-3	●	*			
		▲	*			
		■	*			
学習3	T-0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	T-1	●	*		・	・
		▲	*		・	・
		■	*			
	T-2	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	T-3	●				
		▲				
		■	*			

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

図 5.1.1 より、体感学習の効果により音量に関する等級評価の精度が学習 2、3 について有意に向上することを示した。

以下、要因別に学習レベルに伴う等級評価の傾向を SP 呈示との比較を中心にまとめる。

■L：開窓時騒音レベル

・学習レベルの差異と等級評価における水準間の差

表 5.2.1 より、誤差については 60、65、70dB の各水準に対して学習プログラム間での有意性が示されているものの、正答率、誤差絶対値に関しては SP 呈示と比較して有意差がみられない。学習レベルの変化の影響を受け等級評価の偏りに変化は現れるものの SP 呈示ほどの等級評価の精度向上は見込めないことがわかる。なお、図 5.2 の L における正答率の推移よりこのことは明確である。また、60dB に関しては学習 2 以降の正答率の上昇がみられ、絶対値誤差、誤差に関しても SP 呈示と同様の挙動がみられる。60dB に関しては単に遮音等級の比較だけでなく、遮音周波数特性の学習を付加することによって等級評価の精度向上が見込めることが示された。

なお、評価の傾向は SP 呈示時と同様に、体感学習時のレベル以上は過小評価、学習時以下であれば過大評価の傾向があることが確認できた。

・各学習レベルでの水準間における等級評価の差

学習 2 以降に 60dB において明確な学習効果が得られることから、SP 呈示時とは異なり水準間の差がみられる結果となった（表 5.2.2）。

以上、開窓時騒音レベルにおいて 65、70dB の学習効果は SP 呈示以下に止まることが示された。一方、60dB に関しては SP 呈示と同様の学習効果がみられ、遮音等級の違い以外の体感学習による効果が示唆された。なお、SP 呈示と同様に等級評価は開窓時騒音レベルの影響を受けやすいこと示された。

■T：遮音等級

・学習レベルの差異と等級評価における水準間の差

表 5.2.1 より、T-2、T-3 以外の水準において、正答率と絶対値誤差に関して学習プログラム間での有意性が示されている。このことから、学習レベルの変化の影響を受け遮音等級を基準として等級評価が変化していることがわかる。

表 5.3.3 より、具体的には T-0、T-1 に関しては学習 0 とその他に各値で有意差がみられ、体感学習の効果が示されている。しかし、SP 呈示に比べその割合は少なく有意水準も低い。また図 5.2 より、T-1 の等級評価精度の向上が顕著であることがわかる。なお、学習 3 につ

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

いては両呈示の差が各値においてそれほどみられない傾向がある。

・各学習レベルでの水準間における等級評価の差

表 5.2.2 より SP 呈示時に比べ、各学習における各値に対して主効果があらわれやすい結果となった。IP 提示は SP 呈示に比べ水準間の学習効果に差が生じやすいといえる。

以上、遮音等級の水準間での学習効果の差について SP 呈示時と同様に、学習レベルの増加に伴い体感学習の設定等級である T-1 等級についての等級評価精度が向上することが確認された。また特に学習 2、3 の場合に T-0 に関しては過大評価、T-2、T-3 に関しては過小評価の傾向が強まる結果となった。なお、SP 呈示と同様に評価には学習時の設定水準の影響を受けやすいことが確認できた。

L、T それぞれの遮音等級評価傾向より、SP 呈示と同様に IP 呈示時においても音量に関する学習効果は体感学習時の設定水準の影響を強く受け、その他の水準に対しても設定水準の評価に偏る傾向あると考えられる。また、テキスト学習のみの状態では全体的に過大評価の傾向が強く、体感学習によりその傾向を弱める効果があることが示された。

特に呈示の差として着目すべき点としては、65, 70dB の学習効果が低いことや、T-0 や T-3 の評価の偏りが SP 呈示時以上に過大もしくは過小評価の傾向があることが挙げられる。また、学習 3 においては各値について呈示の差はほぼあらわれない結果を得た。音量に関する学習の場合、学習環境に差がある場合も、学習レベルが高ければその差を補完することができると考えられる。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

[問題群 SF]

各学習後の各値における被験者平均値の推移を図 5.2、表 5.4 に、分散分析の結果を表 5.5.1-2 に水準別に示す。また分散分析によって有意性が示された要因における水準間の多重比較（Turkey-Kramer の HSD 検定）の結果を表 5.6.1-4 示す。

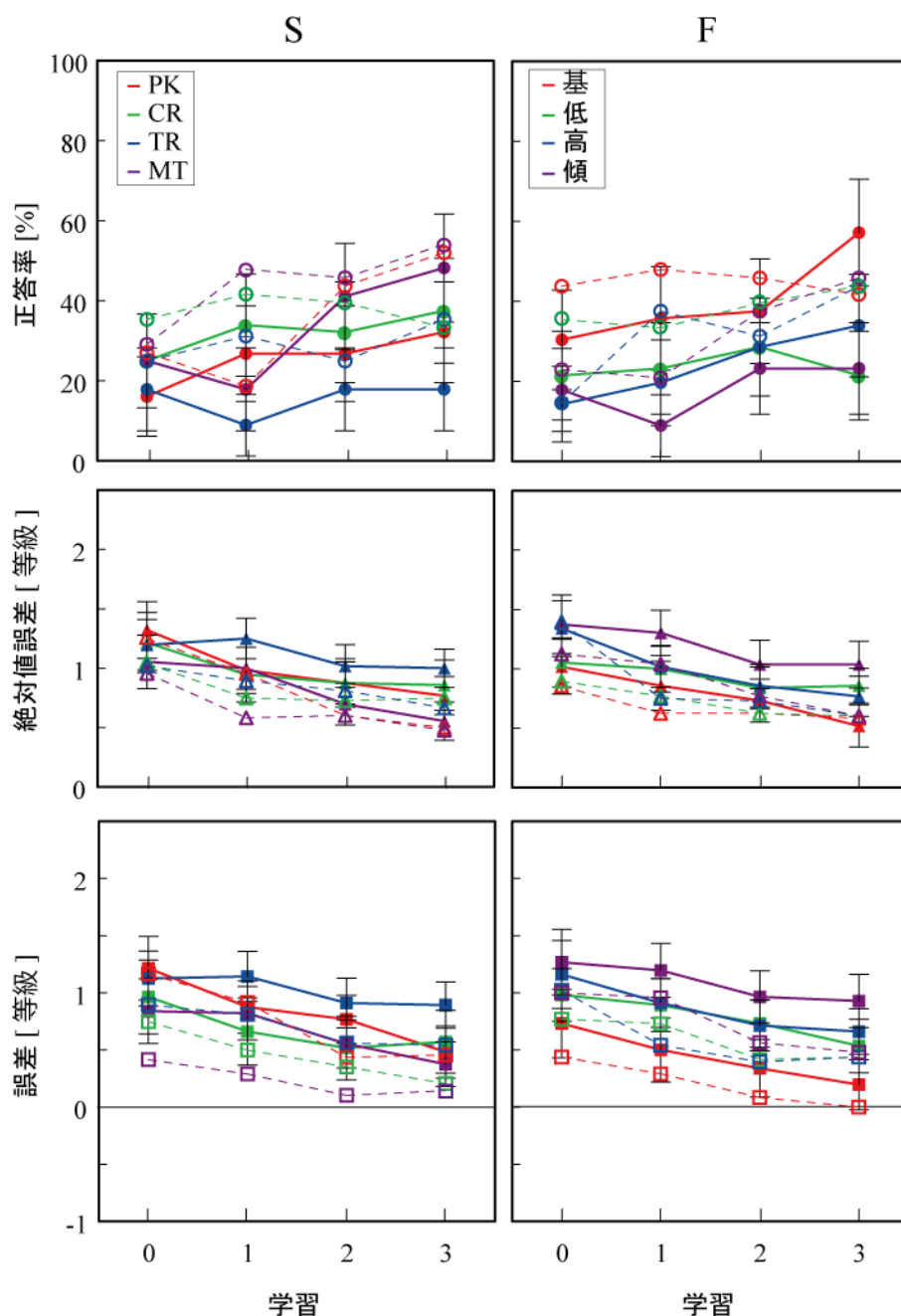


図 5.2 水準別被験者平均値の推移
(点線：SP 呈示結果)

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

表 5.4 水準別被験者平均値の推移

(●：正答率、▲：絶対値誤差、■：誤差 それぞれ平均値を示す。)

	記号	学習0	学習1	学習2	学習2	単位
S	PK	● 16.07	26.79	26.79	32.14	%
		▲ 1.32	0.98	0.88	0.77	等級
		■ 1.21	0.88	0.77	0.48	
	CR	● 25.00	33.93	32.14	37.50	%
		▲ 1.21	0.95	0.88	0.86	等級
		■ 0.96	0.66	0.52	0.57	
	TR	● 17.86	8.93	17.86	17.86	%
		▲ 1.20	1.25	1.02	1.00	等級
		■ 1.13	1.14	0.91	0.89	
	MT	● 25.00	17.86	41.07	48.21	%
		▲ 1.05	1.00	0.70	0.55	等級
		■ 0.84	0.82	0.55	0.38	
F	基	● 30.36	35.71	37.50	57.14	%
		▲ 1.02	0.86	0.73	0.52	等級
		■ 0.73	0.50	0.34	0.20	
	低	● 21.43	23.21	28.57	21.43	%
		▲ 1.05	1.00	0.84	0.86	等級
		■ 0.98	0.89	0.73	0.54	
	高	● 14.29	19.64	28.57	33.93	%
		▲ 1.34	1.02	0.86	0.77	等級
		■ 1.16	0.91	0.71	0.66	
	傾	● 17.86	8.93	23.21	23.21	%
		▲ 1.38	1.30	1.04	1.04	等級
		■ 1.27	1.20	0.96	0.93	

表 5.5.1 分散分析結果- 水準別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
PK	学習プログラム	3	1.34	6.04 **	6.5 **
CR			0.7	2.14	1.86
TR			0.85	1.91	1.5
MT			5.24 **	6.67 **	3.7 *
基	学習プログラム	3	3.28 *	4.47 **	3.03 *
低			0.35	1.33	3.01 *
高			2.41	6.93 **	3.72 *
傾			1.71	2.84 *	1.86

表 5.5.2 分散分析結果- 学習別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
学習0	F	3	1.65	3.27 *	3.84 *
	S	3	0.77	1.14	1.95
	F×S	9	1.7	6.95 **	9.64 **
学習1	F	3	4.59 **	4.87 **	7.52 **
	S	3	4.43 **	2.68 *	3.69 *
	F×S	9	2.49 *	7.43 **	8.26 **
学習2	F	3	1.13	2.48	7.68 **
	S	3	3.04 *	2.61	3.94 **
	F×S	9	5.15 **	7.46 **	11.78 **
学習3	F	3	9.83 **	9.54 **	12.74 **
	S	3	5.8	7.18 **	6.88 **
	F×S	9	7.94 **	12.29 **	15.94 **

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

表 5.6.1 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

		記号	学習0	学習1	学習2	学習3
PK	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲	△			
		■				
	学習2	●				
		▲	**			
		■	*			
	学習3	●				
		▲	**			
		■	**	△		
CR	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲				
		■				
	学習3	●				
		▲				
		■				
TR	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●				
		▲				
		■				
	学習3	●				
		▲				
		■				
MT	学習0	●				
		▲				
		■				
	学習1	●				
		▲				
		■				
	学習2	●		*		
		▲	△	△		
		■				
	学習3	●	*	**		
		▲	*	*		
		■	*	*		

表 5.6.2 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

* 5%有意

		記号	PK	CR	TR	MT
学習0	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■				
	TR	●				
		▲				
		■				
	MT	●				
		▲				
		■				
学習1	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■				
	TR	●		*		
		▲				
		■		*		
	MT	●				
		▲				
		■				
学習2	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■				
	TR	●				
		▲				
		■		*		
	MT	●			*	
		▲			*	
		■			*	
学習3	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■				
	TR	●		*		
		▲				
		■	*	*		
	MT	●			*	
		▲		*	*	
		■			*	

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

表 5.6.3 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

		記号	学習0	学習1	学習2	学習3
基	学習0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	学習1	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	学習2	●				・
		▲				・
		■				
	学習3	●	*	△		
		▲	**	△		
		■	*			
低	学習0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	学習1	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	学習2	●				・
		▲				・
		■				
	学習3	●				
		▲				
		■	*			
高	学習0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	学習1	●			・	・
		▲	△		・	・
		■				
	学習2	●				・
		▲	**			・
		■	*			
	学習3	●				
		▲	**			
		■	*			
傾	学習0	●		・	・	・
		▲		・	・	・
		■				
	学習1	●			・	・
		▲			・	・
		■				
	学習2	●				・
		▲				・
		■				
	学習3	●				
		▲				
		■				

表 5.6.4 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差) *

5%有意

		記号	基	低	高	傾
学習0	基	●				
		▲				
		■				
	低	●				
		▲				
		■				
	高	●				
		▲				
		■				
学習1	傾	●				
		▲				
		■	*			
	基	●				
		▲				
		■				
	低	●				
		▲				
		■	*			
学習2	高	●				
		▲				
		■	*			
	傾	●	*			
		▲	*			
		■	*			
学習3	基	●				
		▲				
		■				
	低	●	*			
		▲	*			
		■	*			
	高	●	*			
		▲	*			
		■	*			
学習3	傾	●	*			
		▲	*		*	
		■	*	*		

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

図 5.1.2 より SP 呈示と同様に、全要因に関して体感学習をおこなうと等級評価の精度向上が見込めることを示した。一方で学習 2, 3 も平均誤差は比較的大きく過大評価傾向が残り、その傾向は SP 呈示以上に顕著であった。

以下、要因別に学習レベルに伴う等級評価の傾向をまとめる。

■S：音源種

・学習レベルの差異と等級評価における水準間の差

表 5.5.1 より、SP 呈示と同様にピンクノイズと祭囃子の音に関して学習プログラム間での有意性が示されている。これら 2 水準に関して、表 5.6.1 より学習 0 とその他に関して有意差がみられるものの、学習 2 と 3 の間に有意差がみられない点も SP 呈示と同様である。

またピンクノイズの学習効果が顕著にみられるわけではないため、体感回数と学習効果の関係が無いことも確認できた（図 5.2）。

一方で SP 呈示においても、有意性が示されなかった道路交通音、鉄道音に関して、鉄道音は過大評価、道路交通音は評価が割れる傾向がある点も同様であった（図 5.2）。

なお図 5.2 より、全体的に SP 呈示以上に過大評価の傾向が強く、鉄道音に関する学習効果が特に低いことがわかる。鉄道音は間欠的な音であるため、IP 呈示の場合学習をおこなう周辺の音環境の影響を受けやすいことが考えられる。比較的音量が小さい時間帯について、周辺環境の音でマスクされてしまう可能性がある。その結果、ピーク時の音量変化が相対的に気にならない程度の変化となり、全体的に遮音性能が良い印象を受けてしまうと考えられる。

さらにピンクノイズに関して、SP 呈示ほどの正答率の上昇がみられないことも特徴的である。図 5.2 における誤差の推移より、IP 呈示の場合ピンクノイズは SP 呈示に比べ 4 水準の中で相対的に過小評価される傾向が強いことがわかる。IP 呈示においては直に音源を聴取するため、音源に対する負の印象を抱きやすかったことが考えられる。

・各学習レベルでの水準間における等級評価の差

おおよそ鉄道音とその他の音源の間に有意差がみられる（表 5.6.2）。正答率が低く、絶対値誤差が大きいことから、鉄道音の学習効果が特に低いためであるといえる（図 5.2）。

以上、問題群 LT 以上に問題群 SF において、呈示機器の差異が音源種の違いに関してあらわれやすいことが確認された。等級評価の傾向としては、音源種の違いの体感学習後も、評価に偏りがみられ音源の時間変動性や、日常性などが影響を及ぼす可能性が示唆された。

また、SP 呈示以上に過大評価の傾向が強いことも示された。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

■F：遮音周波数特性

・学習レベルの差異と等級評価における水準間の差

表 5.5.1 において、SP 呈示と同様の高音欠損型と傾き一定型に加え、基本型に関して学習プログラム間での有意性が示されている。

これらの水準に関して表 5.6.3 より、学習 0、1 と学習 2、3 の間に有意差が現れやすいことから、遮音周波数特性を体感学習したことによる等級評価の精度向上がみられる。

しかし SP 呈示に比べ有意水準が低いことや、全体的に SP 呈示に比べ正答率が低く学習レベルの上昇に関わらずほぼ横ばいであること、誤差絶対値の減少が SP 呈示ほど見られないことから、遮音周波数特性の学習は IP 呈示では難しいことが示唆された（図 5.2）。

・各学習レベルでの水準間における等級評価の差

SP 呈示に比べ、正答率と絶対値誤差の有意差が多くみられる（表 5.5.2）。水準間での学習効果の差が大きいといえる。また、全学習において基本型以外は過大評価傾向があり、基本型以外で性能理解がなされ、それよりも透過音量が小さくなる他の型を高等級と判断した傾向がある点については SP 呈示と同様である。

以上、SP 呈示との比較を中心に各水準の学習効果の傾向を確認した。評価の傾向は基本型を基準にその他の水準を過大評価しがちな傾向がある点では両呈示共通である。一方、全体的に SP 呈示以上に過大評価傾向にあり、正答率も低く SP 呈示ほどの学習効果は得られないことが示された。

S、F それぞれについて SP 呈示 IP 呈示の遮音等級評価傾向の比較をおこなった。結果、傾向としては鉄道音の過大評価や、基本型を基準に他の等級は過大評価の傾向があることなどは両呈示において共通であったが、正答率や誤差絶対値においては SP 呈示ほどの学習効果がみられなかった。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

5.2.3 音量に依存した等級評価に関する検討

ここでは 5.2.1 や 5.2.2 の結果をふまえ、呈示機器の差異により明らかな等級評価の差が出やすいと考えられる問題群 SF のみ分析をおこなった。

以下、SP 呈示の場合との差を中心に結果を述べる。

音源種の主要周波数成分と遮音周波数特性の欠損帯域の関係により透過音の騒音レベルが決定される。仮に透過音の騒音レベルに依存した等級評価がされているとした場合に、相対透過音レベルの分布と同様の分布が誤差についてもみられるはずである。図 5.3 に透過音の相対レベル（ピンクノイズ-基本型を基準とする）と、誤差を示す。なお、比較しやすいよう相対透過音レベルのグラフについては天地反転して表示している。

なお、相対レベルは「X-ピンクノイズ, 基本型」としており相対透過レベルが低いものほど低等級に評価される可能性がある。つまり誤差も低い値に分布すると考えられる。分析に用いたデータは学習 3 に関して追加実験を含む、すべての SF 組み合わせに対する T-1, T-2 を解答とするものである（図 4.1.1^(再) の T-1T-2 に該当するものと図 4.2^(再)）。

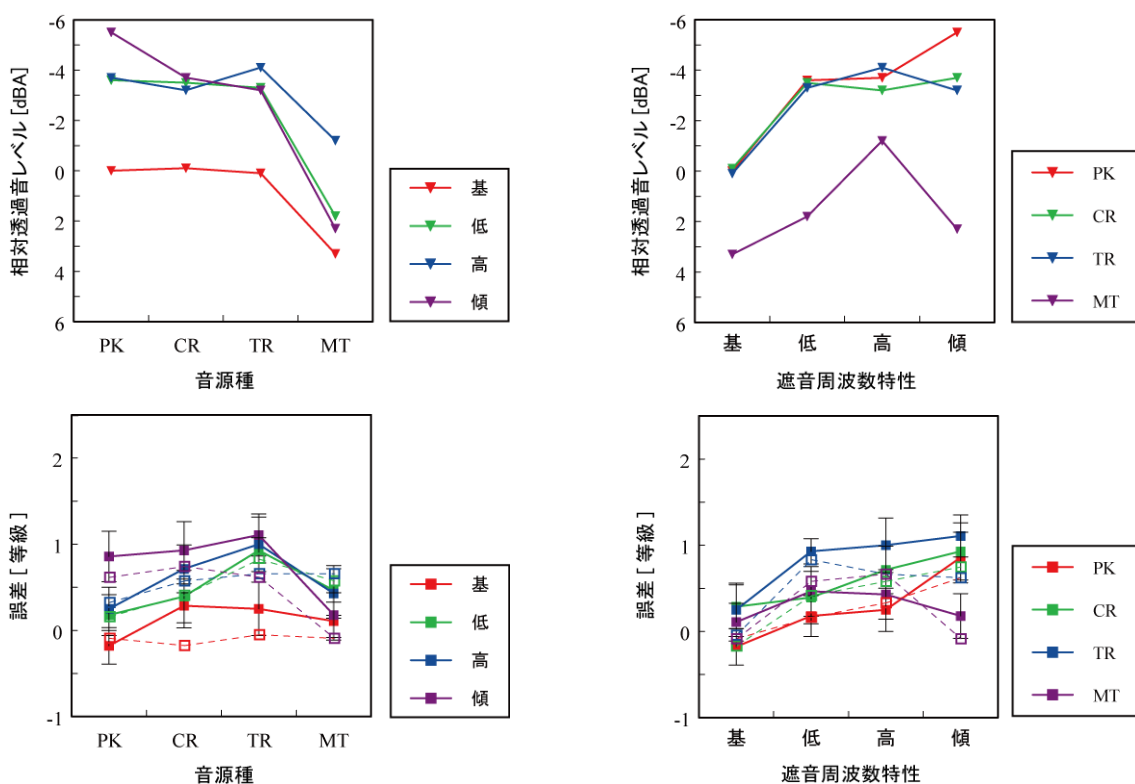


図 5.3 相対透過音レベルと誤差の比較

(点線：SP 呈示結果)

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

図 5.3 の上下のグラフの挙動を比較すると、SP 呈示と同様に各系列の位置関係について左側のグラフの対応がみられることから透過音レベルに基づく等級評価の可能性が示唆された。特に同一音源種において基本型以外の水準を過大評価しがちな傾向が確認でき、音源種で区別した等級評価がなされていることが推察される。また、SP 呈示に比べ全体的に過大評価の傾向が強いが、鉄道音を除いて水準間の差は小さくなっている。

次に、誤差に関して音源種(S)と遮音周波数特性(F)の交互効果の傾向が確認できたので、「S」と「F」、「被験者 (SBJ)」の3要因の主効果、及びその交互作用を要因とした3元配置分散分析をおこなった結果を表 5.7 に示す。

表 5.7 分散分析結果

(** 1%有意, * 5%有意)

要因	自由度	平方和	F値	p値(Prob>F)	有意性(IP)	有意性(SP)
S	3	22.578	15.256	< .0001	**	*
F	3	25.614	17.308	<.0001	**	*
SBJ	11	18.324	2.857	0.001	**	**
SBJ×S	39	16.203	0.842	0.735		
SBJ×F	39	14.417	0.749	0.859		
S×F	9	12.538	2.824	0.004	**	*
SBJ×S×F	117	47.806	0.828	0.872		
誤差	224	110.500				
全体	447	267.980		0.0038	**	**

有意性がみられる要因に関して、SP 呈示と同様の結果がみられる。3 要因すべての主効果に加え音源種と周波数特性の交互作用がみられた。先に傾向を示した遮音周波数特性と音源種の交互作用による評価の偏りが統計的に示された。

また SBJ×S×F の有意性が示されなかったため、特定の S×F の組み合わせを誤る被験者はいないことがわかる。よって、各問題の難易度に個人差はないものと考えられる。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

5.2.4 学習効果における個人差の検討

SP 呈示と同様に以下の点に関する個人差の把握をおこなった。各々の分析により、有意性が示された学習プログラムを比較することで、学習環境の差異による学習効果の個人差の変化に関して検討をおこなった。

- (1) 各学習プログラム後の学習効果に関して、評価の傾向や正答との差異の大きさが個人毎に異なる。

学習プログラムごとに問題群の別に誤差絶対値、誤差に関して、被験者を要因とした一元配置分散分析の結果を表 5.8 に示す。

表 5.8 学習ごとの絶対値誤差、誤差における個人差

プログラム	要因	水準数	問題群 LT						問題群 SF					
			誤差絶対値			誤差			誤差絶対値			誤差		
			F 値	IP	SP	F 値	IP	SP	F 値	IP	SP	F 値	IP	SP
0	被験者	13	2.34	**	**	2.32	**	**	4.45	**	**	4.22	**	**
1			0.47			1.69		**	2.02	*	**	3.47	**	**
2			1.11			2.71	**		3.01	**		2.80	**	
3			0.71			1.27			1.01			2.39	**	

[問題群 LT]

おおよその傾向は SP 呈示と等しい。学習 1 で音量の学習をおこなうと誤差絶対値、誤差ともに個人差が解消される。学習 2 の遮音周波数特性まで学習をおこなうことで、誤差について個人差が再び見られる。

[問題群 SF]

SP 呈示においては学習 2 以降、両値において個人差がみられなくなったが、IP 呈示においては学習 2 までは両値において個人差がみられる。遮音周波数特性の体感学習をおこなった後も、学習効果の個人差が IP 呈示においては大きいことがわかる。また、学習 3 では誤差絶対値の個人差が解消されるものの、誤差の個人差は存在する。このことから、誤差の大きさは縮小傾向にあるものの、等級評価の傾向に被験者間でのばらつきが大きいことがわかる。すなわち IP 呈示において周波数特性に関する学習は困難なうえ、被験者間で等級評価偏りが解消されにくいことが示された。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

5.2.5 機器の性能や環境条件に基づく評価の差異

IP 呈示においては、使用機器の性能差や学習をおこなった環境の差が考えられる。特に、機器の性能差により周波数に関する学習に個人差が生じやすかったことが考えられ、事実これまでの分析よりその傾向が明らかとなった。

そこで、問題群 SF に関して各個人の回答の傾向に関して分析をおこない、これらの差異が等級評価へ与える影響における傾向の把握を試みた。

ここでは、実験1の統制された環境下でおこなう SP 呈示と、実験2でおこなった一般的に居室での利用を想定した簡易体感学習システムの IP 呈示の結果を比較した。

呈示機器によって生じる差異の原因として、以下の3点が考えられる。

- (1) 周波数特性による差異
- (2) 再生音量・SN 比による差異
- (3) 被験者の集中力・モチベーションによる差異

(1) 周波数特性による差異

ここで分析に用いたデータは学習3に関して追加実験を含む、すべての SF 組み合わせに対する T-1, T-2 を解答とするものである。

■低音不足

スピーカに比べ、ヘッドホンやイヤホンは低音域の音量が相対的に低くなりがちである。この場合、低音欠損型の特性である 250Hz 帯域の欠損が目立たなくなることが予想される。その他の帯域は基本型と比べて1等級上の遮音性能を持つために、T 等級の評価が「低音不足でない再生機器」での評価よりも「良い側」＝高い等級側になると想定される。学習の始めにおこなわせた周波数特性評価(250Hz 帯域)と、低音欠損型の問題の回答結果と全被験者の回答の平均との差をとり、傾向を調べた(表 5.9)。

低音域が小さいと評価をした被験者 H04 や H08、H11 に限って、他に比べて過大評価をする傾向はみられない。

■高音不足

同様に高音域が小さい場合、高音欠損型の特性である 2kHz 帯域の欠損が目立たなくなる

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

ことが予想される。その他の帯域は基本型と比べて1等級上の遮音性能を持つために、T等級の評価が「高音不足でない再生機器」での評価よりも「良い側」＝高い等級側になると想定される。学習の始めにおこなわせた周波数特性評価(2kHz 帯域)と、高音欠損型の問題の回答結果を回答の平均と比較したものを表 5.10 に示す。

高音域が小さいと評価をした被験者 H02 や H03、H05、H06 は他と比べて回答が大きくなるとされたが、そういった傾向はみられない。

■低音過剰・高音過剰

機器によっては低音や高音が強調されているものがある。その場合に想定される結果として、以下の2点が考えられる。

- ・ 欠損の影響が聴き分けられなくなる訳ではないので、レベル差で評価するのであれば評価は変わらない。
- ・ 欠損がより目立つので「低音過剰・高音過剰でない再生機器」よりも悪い評価になる。

表 5.9-10 の結果をみたところ、低音域が大きい・高音域が大きいと評価をした被験者に回答の偏りはなく、遮音等級をレベル差で評価していると考えられる。

今回の実験結果をみるかぎりでは、再生機器の特性の違いによる試験結果への影響は少ないと考えられる。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

表 5.9 低音欠損型の問題に対する回答の平均との比較

被験者	学習	PK	CR	TR	MT	250Hz評価値
H01	学習3	-0.18	-0.39	0.07	0.04	110
H02		-0.18	-0.89	-0.43	-0.46	120
H03		0.32	-0.89	0.07	0.04	95
H04		0.32	1.11	-0.43	0.04	50
H05		0.32	0.11	0.07	-0.46	160
H06		-0.68	-0.39	0.07	0.54	120
H07		-0.18	0.11	0.07	0.04	80
H08		-0.18	0.11	0.07	0.54	40
H09		-0.18	0.61	0.07	0.04	120
H10		0.32	0.11	0.07	0.54	110
H11		-0.18	-0.39	0.07	-0.46	60
H12		0.32	-0.39	0.07	0.04	110
H13		-0.18	0.61	0.57	0.04	140
H14		0.32	0.61	-0.43	-0.46	130

低音欠損型 回答の平均

PK	CR	TR	MT
1.78	2.08	2.32	1.79

平均より大きいことを示す

全ての音源種に対してT-1,T-2を割り付け

表 5.10 高音欠損型の問題に対する回答の平均との比較

被験者	学習	PK	CR	TR	MT	2kHz評価値
H01	学習3	-0.75	0.29	0.00	0.07	105
H02		0.25	-0.21	-0.50	0.07	70
H03		-0.25	0.29	-0.50	0.57	90
H04		0.75	-0.21	0.50	0.57	180
H05		-0.75	-0.71	1.00	-0.43	80
H06		0.25	0.29	-0.50	1.07	80
H07		0.25	-0.21	0.00	0.07	120
H08		0.25	-0.21	-0.50	-0.43	110
H09		-0.25	0.29	0.00	0.57	90
H10		0.75	-0.21	0.00	-0.43	95
H11		-0.25	0.29	-0.50	-0.93	100
H12		-0.25	-0.71	-0.50	-0.43	100
H13		0.25	0.79	1.00	0.07	100
H14		-0.25	0.29	0.50	-0.43	100

高音欠損型 回答の平均

PK	CR	TR	MT
1.75	2.21	2.50	1.93

平均より大きいことを示す

全ての音源種に対してT-1,T-2を割り付け

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

(2) 再生音量・SN比による差異

ここでは学習0～学習3の理解度テストのデータを用いた。学習3においては追加実験のデータを含まないものとしている。

SP 呈示に比べて、IP 呈示は再生音量の不足が考えられる。仮に小音量の場合、周囲の暗騒音のために閉窓時の透過音が聞こえなくなってしまうとすれば、T-3 等級での呈示音に対して T-3 か T-4 かの区別がつかなくなり、過大評価の傾向があると想定される。

また開窓時騒音レベルが 60dBA の場合においても、透過音が小さいために聴き取りづらくなり過大評価の傾向が想定される。

SP 呈示・IP 呈示それぞれの場合の、問題群 SF の T 等級と各学習後の理解度テストにおける回答の平均を表 5.11 に示す。また、同様に問題群 LT の T-3 等級における開窓時騒音レベルと回答の平均を表 5.12 に示す。

表 5.11 問題群 FS の T 等級とテストの回答の平均

IP	学習0	学習1	学習2	学習3
T-0	1.82	1.50	1.36	1.32
T-1	2.05	1.68	1.68	1.55
T-2	3.00	2.93	2.66	2.46
T-3	3.27	3.39	3.05	2.98
SP	学習0	学習1	学習2	学習3
T-0	1.46	1.15	1.10	1.10
T-1	1.90	1.69	1.44	1.35
T-2	2.77	2.58	2.17	2.21
T-3	3.10	3.10	2.75	2.69
IP-SP	学習0	学習1	学習2	学習3
T-0	0.36	0.35	0.25	0.22
T-1	0.16	-0.01	0.24	0.20
T-2	0.23	0.35	0.49	0.26
T-3	0.16	0.29	0.30	0.29

全体的に IP 呈示の方が SP 呈示と比較して高等級側に回答していることがわかる。しかし、そこに等級間での差は見られず T-3 等級を T-4 等級と判断しているとは考えにくい結果となった。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

表 5.12 問題群 LT の T-3 等級における開窓時騒音レベルとテストの回答の平均

IP	学習0	学習1	学習2	学習3
60	3.50	2.93	2.79	3.07
65	2.29	2.36	2.21	2.14
70	2.71	2.43	2.00	1.93

SP	学習0	学習1	学習2	学習3
60	3.50	3.50	3.17	3.25
65	3.08	2.83	2.33	2.00
70	3.17	2.17	1.92	2.08

IP-SP	学習0	学習1	学習2	学習3
60	0.00	-0.57	-0.38	-0.18
65	-0.80	-0.48	-0.12	0.14
70	-0.45	0.26	0.08	-0.15

また、T-3 等級のものを IP 呈示において高等級側に誤認するならば、開窓時騒音レベルが 60dBA の時にその差が最も開くことが予想されるが、その傾向はみられない。むしろ SP 呈示の方が全体的に高等級側の等級評価をする傾向がみられる。

(3) 被験者の集中力・モチベーションによる差異

本研究における SP 呈示は、常に実験実施時間や場所が決まっており統制の整った中で理解度テストを受けている。一方、IP 呈示は時間も場所も被験者の判断に委ねている。

そこに「テストを受ける」という意識の差が生まれる可能性が考えられる。そのような集中力・モチベーションの差があるとするならば特定の問題に対してではなく、全体として回答にばらつきが大きくなることが予想される。

しかし、「この被験者は集中力・モチベーションが低い」などといったことを、何を基準に判断するかについては非常に難しく、実験結果のデータからその差をみることはできないと考えられる。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

5.3 まとめと推論

以下、実験2より得た知見を呈示機器の差異に関する事項を中心に述べる。

■ 実験2を通して

呈示機器の差によらず、体感学習を行っていない学習0とその他の学習の比較により、体感学習が等級評価の精度向上に関して有効であることが認められた。音量に関する学習については、イヤホン呈示はスピーカ呈示と比較すると、全体的に正答率が低く、絶対値誤差が大きいことから学習効果が多少低い傾向がある。高いレベルの学習をおこなうことによって、機器の差は補完することができると考えられる。

一方で周波数特性に関する学習について、スピーカ呈示と比較して明らかに正答率が低く絶対値誤差が大きいことから、イヤホン呈示の学習効果はスピーカ呈示に劣ることが示された。また、イヤホン呈示時は過大評価の傾向がスピーカ呈示時以上に強い。

■ 透過音に関する要因別知見

以下、特徴的な点を中心に述べる。

○ L：開窓時騒音レベル

学習時の設定レベルを下回る場合、スピーカ呈示と同様に周波数特性に関する学習もおこなうことで等級評価精度がより向上し、正答率、絶対値誤差、誤差においてほぼ等しい値を示す。また65、70dBに関しては学習効果が正答率に表れにくい。

○ T：遮音等級

T-0、T-1に関しては体感学習の効果が示されるが、スピーカ呈示に比べその効果は薄い。また、イヤホン呈示はスピーカ呈示に比べ、各学習後に水準間で学習効果に差があらわれやすい。ほかに、設定等級であるT-1等級についての等級評価精度が向上し、特に学習2、3の場合にT-0に関しては過大評価、T-2、T-3に関しては過小評価の傾向が強まる結果となった。スピーカ呈示と同様に等級評価に学習時の設定水準の影響を受けやすい。

以上、音量に関する要因の特徴としては、呈示機器の差異によらず音量に関する学習効果は体感学習時の設定水準の影響を強く受け、その他の水準に対しても設定水準の評価に偏る傾向がある。特にイヤホン呈示では、学習時の設定水準以外に関する等級評価において過大もしくは過小の評価傾向がスピーカ呈示以上に顕著である。

第5章 【実験2】学習環境と等級評価の関係性の検討

○ S：音源種

イヤホン呈示では全体的にスピーカ呈示以上に過大評価の傾向が強く、鉄道音に関する学習効果が特に低い。

鉄道音は間欠的な音であるため、イヤホン呈示の場合、学習をおこなう周辺の音環境の影響を受けやすいことが考えられる。低レベルの時間帯について、周辺環境の音でマスクされ、その結果ピーク時の音量変化が相対的に気にならない程度の変化となり、全体的に遮音性能が良い印象を受けてしまうと考えられる。

また、ピンクノイズに関してスピーカ呈示ほどの正答率の上昇がみられず、イヤホン呈示の場合4水準の中で相対的に過小評価される傾向が強い。イヤホン呈示においては直に音源を聴取するため、音源に対する負の印象を抱きやすいと考えられる。

○ F：遮音周波数特性

イヤホン呈示ではスピーカ呈示に比べ全体的に正答率が低く、誤差絶対値の減少が少ないことから精度の向上が見込めず、遮音周波数特性の学習はイヤホン呈示では困難であることが示唆された。

以上、周波数特性に関する要因の特徴として、評価の傾向について鉄道音の過大評価や、基本型を基準に他の等級は過大評価の傾向があることなどは両呈示において共通であったが、正答率や誤差絶対値においてイヤホン呈示においてはスピーカ呈示ほどの学習効果がみられなかった。呈示機器の差異が音源種の違いに関してあらわれやすいことが確認された。

■ 透過音の騒音レベルに基づく等級評価の可能性

○ 周波数特性の聴きわけを必要とする場合

スピーカ呈示と同様に音源種別に遮音等級評価がなされている傾向が示された。また、透過音騒音レベルに基づく等級評価の傾向を否定できる結果は得られなかった。

また、スピーカ呈示に比べ全体的に過大評価の傾向が強いものの、鉄道音以外の音源について遮音周波数特性の水準間の差は小さくなる。

■ 学習効果における個人差

イヤホン呈示において周波数特性に関する学習は困難なうえ、被験者間で等級評価偏りが解消されにくい。

■ 機器の性能や環境条件に基づく評価の差異

再生機器の特性の違いによる試験結果への影響は少ない。

第 6 章

【実験 3】

条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

6.1 目的・概要

学習プログラム構築にあたって、比較試聴する音源に関する条件設定や提示順序の差異等の条件提示に関する差異が、ユーザの等級評価を左右しうることが考えられる。

そこで実験3では実験1の学習3と同等の学習レベルであるが、試聴条件群の遮音等級の設定や、遮音周波数特性の違いと音源種の違いの学習順序の入れ替えをおこなった学習3'による等級評価の傾向を検証した。なお、学習内容に関する具体的な説明は2.8を参照のこと。

学習3'は、以下の点に着目して構築した。

- ・ 体感学習時の試聴条件群の遮音等級を固定せずに、基本型と傾き一定型を T-0 等級に、低音欠損型と高音欠損型については T-1 等級に設定し、より欠損帯域の作用による音色の変化に着目しやすいこと
- ・ 透過音レベルではいずれの遮音周波数特性においても、祭囃子の音は透過後の騒音レベルが大きいため、学習3の遮音周波数特性と音源種の組み合わせが異なる16条件の試聴では音源種の周波数成分の違いに着目しにくい可能性が考えられる（図2.8.2^(再)）。

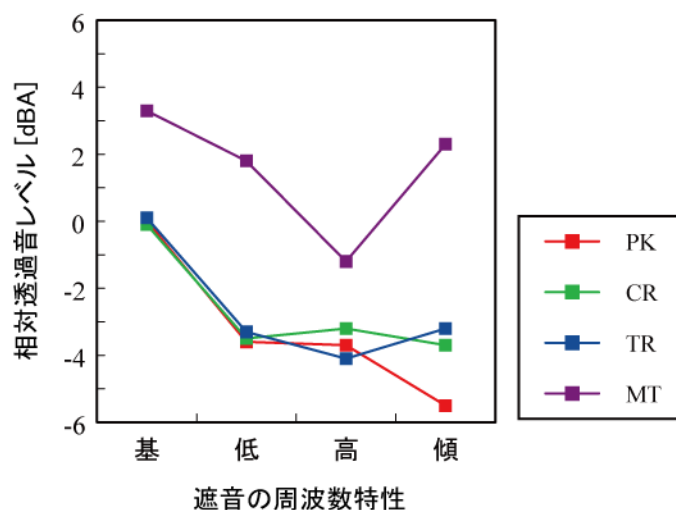


図 2.8.2^(再) 相対透過音レベル-S 別

また、学習0～3では理解度テストの問題群SFの結果についてそれほど学習の効果がみられなかったため、学習3'においてはこれまでと同様の音の聴き比べのみのテストAに加えて、テスト時に視聴中の音源に関する遮音周波数特性を提示することによって、回答の手掛かりを与えるテストBを設けた。

以下に学習3'の具体的な内容と試聴順序を示す（表6.1）。

なお、理解度テストにおける統制要因と（表6.2）、理解度テストの問題一覧を示す。

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

表 4.1^(再) 学習と内容の対応 (学習 1～3)

No.	L	T	S	F	学習		
					1	2	3
1		T-1					
2		T-2	PK	基			
3		T-3					
4				基			
5		T-1	PK	低			
6				高			
7				傾			
8			PK				
9		T-1	CR	基			
10			TR				
11			MT				
12	65		PK				
13		T-1	CR	低			
14			TR				
15			MT				
16			PK				
17		T-1	CR	高			
18			TR				
19			MT				
20			PK				
21		T-1	CR	傾			
22			TR				
23			MT				

表 6.1 学習と内容の対応 (学習 3')

No.	L	T	S	F	学習 3'		
1		T-1					
2		T-2	PK	基			
3		T-3					
4			PK				
5		T-1	CR	基			
6			TR				
7			MT				
8		T-1		基			
9		T-0	PK	低			
10				高			
11		T-1		傾			
12	65	T-1		基			
13		T-0	CR	低			
14				高			
15		T-1		傾			
16		T-1		基			
17		T-0	TR	低			
18				高			
19		T-1		傾			
20		T-1		基			
21		T-0	MT	低			
22				高			
23		T-1		傾			

表 6.2 実験3における理解度テストの統制要因

要因	水準	水準数
騒音レベル(L)	65dBA	1
遮音等級(T)	T-1、T-2	2
音源種(S)	PK、CR、TR、MT	4
遮音の周波数特性(F)	基、低、高、傾	4

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

設定番号	F	S	T	L
1	基	PK	T-1	65
30	基	CR	T-2	65
31	基	TR	T-1	65
4	基	MT	T-2	65
35	低	PK	T-2	65
36	低	CR	T-1	65
37	低	TR	T-2	65
38	低	MT	T-1	65
41	高	PK	T-2	65
42	高	CR	T-2	65
43	高	TR	T-1	65
44	高	MT	T-1	65
46	傾	PK	T-1	65
47	傾	CR	T-1	65
50	傾	TR	T-2	65
51	傾	MT	T-2	65

※

学習3'のテスト問題一覧（計16問）
テストA、Bは同じ問題で表現が変化

図 2.13.2^(再) テスト問題一覧 その2

6.2 結果と考察

・分析概要

これまでの分析と同様に、理解度テストの結果について正誤に加え等級誤差およびその絶対値を集計した。被験者毎に各学習プログラム後の正答率、平均絶対値誤差（誤差の大きさ）、平均誤差（誤差の偏り）を算出して用いた。なお、各指標の特徴は2.7に記載のとおりである。

分析の手順としては、はじめに体感学習の有無に加え学習プログラムの差異が遮音等級評価へ及ぼす影響を概観するため、上記の各値に対し学習プログラムを説明変数とした一元配置分散分析をおこなった。

次に、具体的に学習レベルの上昇に伴う等級評価の変化における傾向を把握するため、透過音に関する4要因について水準別に同様の分析をおこなった。

その後、音量と周波数特性について正確な聴きわけが必要とされる等級評価に関して、比較的区別がしやすい透過音レベルへの依存性を検討するため、各問題群別に誤差に対して $S \times F$ の交互作用によって決定される透過音レベルとの相関を検証することによって傾向の把握を試みた。

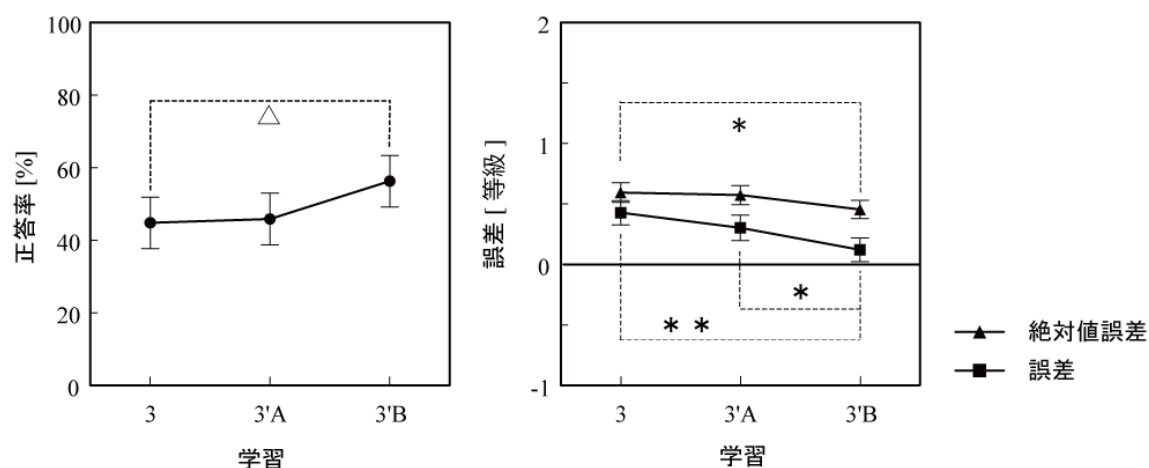
さらに各学習の効果についての個人差を検証するため、学習ごとに平均絶対値誤差、平均誤差について被験者を説明変数とした一元配置分散分析をおこなった。

第 6 章 【実験 3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

6.2.1 試聴条件設定やテスト時の情報量の差異と遮音等級評価

以下、条件提示の差異による理解度テストの回答傾向の差を検討する。

全 16 問の問題群 SF に関するテストの各学習時の全被験者平均と有意差検定結果 (Turkey-Kramer の HSD 検定) を図 6.1 に示す。



(** : 1% 有意 * : 5%有意 □ : 10%有意)

水準	正答率	平均絶対値誤差	平均誤差
学習 3	44.79	0.59	0.43
学習 3'A	45.83	0.57	0.30
学習 3'B	56.25	0.45	0.12

図 6.1 条件設定の差異に伴う等級評価の変化 (16 問)

(誤差範囲は 95%信頼区間)

上図において、学習 3 と学習 3'B の間に各値でみられる有意差により、学習と理解度テスト両方の条件を変更したことによる等級評価の精度向上が認められた。

なお、学習 3 と学習 3'A の間に有意差がみられなかったことから、学習レベルが等しければ条件提示の差異は学習効果に影響を及ぼさない結果となった。学習 3'A と 3'B の間に誤差に関して有意差がみられることから過大評価の傾向が解消されていることがわかる。加えて正答率もの上昇もみられることから、テスト時に遮音周波数特性を提示することでより等級評価の精度が向上することが示された。

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

以下、統計的に有意差が確認された学習プログラムに関して、被験者の等級評価構造の変化の具体的な傾向を把握するため、各要因別に検討をおこなう。

6.2.2 遮音等級評価への各要因の影響

問題群 SF に関して学習プログラムの違いによって、正答率や絶対値誤差、誤差が変化した要因と水準の把握をおこなうため、各水準別に学習プログラムを配置した一元配置分散分析をおこなった。また各学習後の理解度テストテストにおいて、水準間における学習効果の差を確認するため学習プログラムの別に各要因とその交互作用を配置した二元配置分散分析をおこなった。

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

各学習に対する各水準の3指標における被験者平均値の推移を図6.2、表6.3に、分散分析の結果を表6.4.1-2に示す。また有意性が示された要因における水準間の多重比較（Turkey-KramerのHSD検定）の結果を表6.5.1-4に示す。

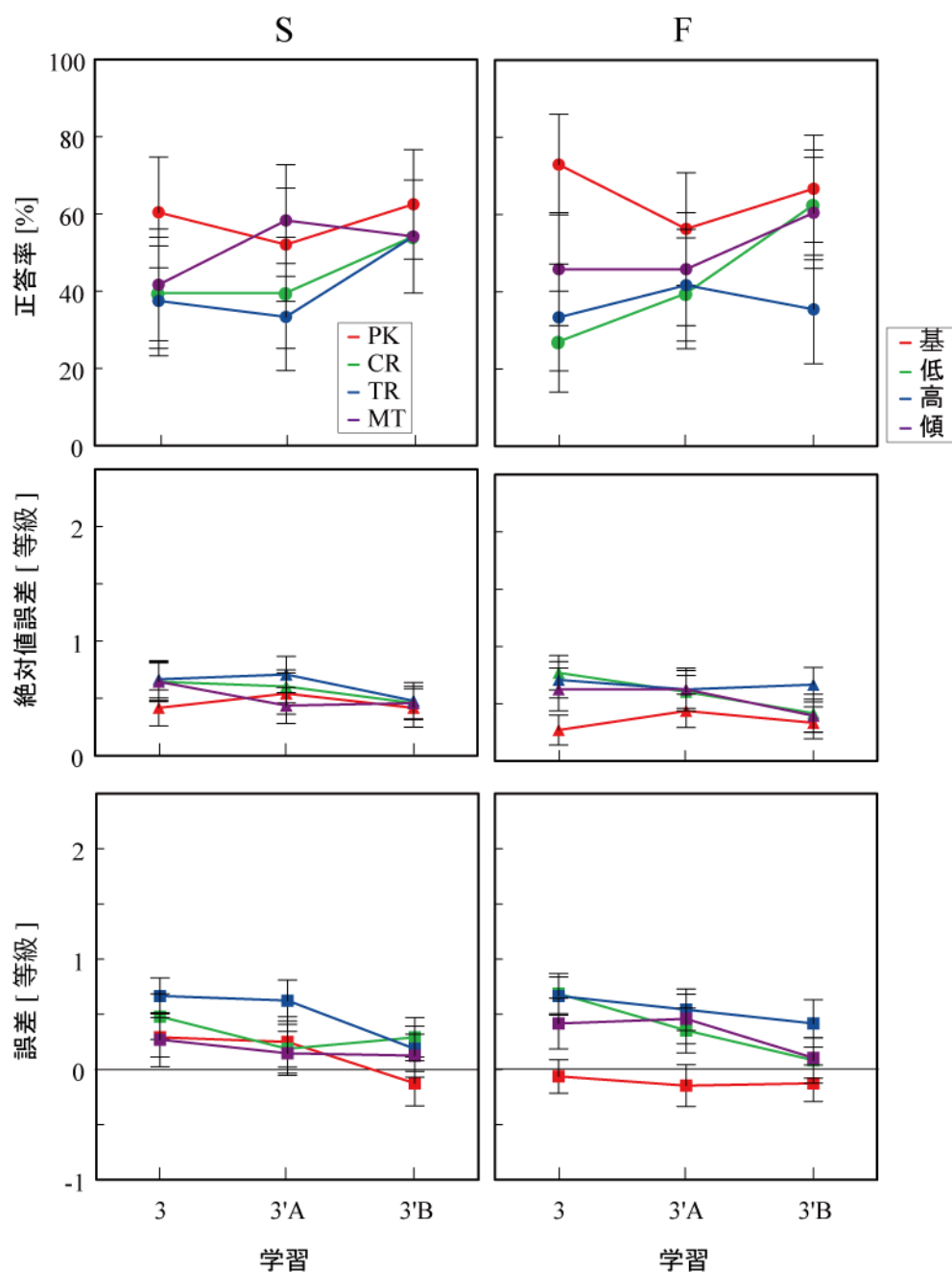


図 6.2 水準別被験者平均値の推移

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

表 6.3 水準別被験者平均値の推移

(●：正答率、▲：絶対値誤差、■：誤差 それぞれ平均値を示す。)

		記号	学習3	学習3'A	学習3'B	単位
S	PK	●	60.42	52.08	62.5	%
		▲	0.42	0.54	0.42	等級
		■	0.29167	0.25	-0.125	
	CR	●	39.58	39.58	54.17	%
		▲	0.65	0.6	0.46	等級
		■	0.479167	0.1875	0.291667	
	TR	●	37.5	33.33	54.17	%
		▲	0.67	0.71	0.48	等級
		■	0.666667	0.625	0.1875	
	MT	●	41.67	58.33	54.17	%
		▲	0.65	0.44	0.46	等級
		■	0.270833	0.145833	0.125	
F	基	●	72.92	56.25	66.67	%
		▲	0.27	0.44	0.33	等級
		■	-0.0625	-0.14583	-0.125	
	低	●	27.08	39.58	62.5	%
		▲	0.77	0.6	0.42	等級
		■	0.6875	0.35417	0.08333	
	高	●	33.33	41.67	35.42	%
		▲	0.71	0.63	0.67	等級
		■	0.66667	0.54167	0.41667	
	傾	●	45.83	45.83	60.42	%
		▲	0.63	0.63	0.4	等級
		■	0.41667	0.45833	0.10417	

表 6.4.1 分散分析結果- 水準別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
PK	学習プログラム	2	0.59	0.75	5.08 **
CR			1.38	1.71	2.14
TR			2.43	2.37	8.33 **
MT			1.44	2.08	0.55
基	学習プログラム	2	1.5	1.5	0.27
低			6.78 **	5.36 *	9.54 **
高			0.38	0.28	1.7
傾			1.36	2.37	3.33 *

表 6.4.2 分散分析結果- 学習別

(セル内は F 値 ** 1% 有意 * 5%有意)

水準	要因	自由度	正答率	絶対値誤差	誤差
学習3	F	3	9.29 **	8.41 **	18.3 **
	S	3	2.51	2.36	5.16 **
	F×S	9	1.27	1.15	5.69 **
学習3'A	F	3	1.15	1.41	10.8 **
	S	3	2.72	2.21	5.48 **
	F×S	9	2.17 *	2.62 **	2.5 *
学習3'B	F	3	4.02 **	3.78 **	5.98 **
	S	3	0.34	0.12	3.76 **
	F×S	9	0.99	0.93	2.26 **

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

表 6.5.1 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

		記号	学習3	学習3'A	学習3'B
PK	学習3	●			
		▲			
		■			
	学習3'A	●			
		▲			
		■			
	学習3'B	●			
		▲			
		■	*	*	
CR	学習3	●			
		▲			
		■			
	学習3'A	●			
		▲			
		■			
	学習3'B	●			
		▲			
		■			
TR	学習3	●			
		▲			
		■			
	学習3'A	●			
		▲			
		■			
	学習3'B	●		△	
		▲			
		■	**	**	
MT	学習3	●			
		▲			
		■			
	学習3'A	●			
		▲			
		■			
	学習3'B	●			
		▲			
		■			

表 6.5.2 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

* 5%有意

		記号	PK	CR	TR	MT
学習3	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■				
	TR	●				
		▲				
		■	*			
学習3'A	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■				
	TR	●				
		▲				
		■	*	*		
学習3'B	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■	*			
	TR	●				
		▲				
		■				
学習3'B	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■	*			
	TR	●				
		▲				
		■				
学習3'B	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■	*			
	TR	●				
		▲				
		■				
学習3'B	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■	*			
	TR	●				
		▲				
		■				
学習3'B	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■	*			
	TR	●				
		▲				
		■				
学習3'B	PK	●				
		▲				
		■				
	CR	●				
		▲				
		■	*			
	TR	●				
		▲				
		■				

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

表 6.5.3 多重比較結果一覧- 水準別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

** 1%有意 * 5%有意 △ 10%有意

		記号	学習3	学習3'A	学習3'B
基	学習3	●			
		▲			
		■			
	学習3'A	●			
		▲			
		■			
	学習3'B	●			
		▲			
		■			
低	学習3	●			
		▲			
		■			
	学習3'A	●	△		
		▲	*		
		■			
	学習3'B	●	**		
		▲	**		
		■	**		
高	学習3	●			
		▲			
		■			
	学習3'A	●			
		▲			
		■			
	学習3'B	●			
		▲			
		■			
傾	学習3	●			
		▲			
		■			
	学習3'A	●			
		▲			
		■			
	学習3'B	●			
		▲			
		■	△		

表 6.5.4 多重比較結果一覧- 学習別

(●:正答率、▲:絶対値誤差、■:誤差)

* 5%有意

		記号	基	低	高	傾
学習3	基	●				
		▲				
		■				
	低	●	*			
		▲	*			
		■	*			
	高	●	*			
		▲	*			
		■	*			
	傾	●	*			
		▲	*			
		■	*			
学習3'A	基	●				
		▲				
		■				
	低	●				
		▲				
		■	*			
	高	●				
		▲				
		■	*			
	傾	●				
		▲				
		■	*			
学習3'B	基	●				
		▲				
		■				
	低	●				
		▲				
		■				
	高	●	*	*		
		▲	*			
		■	*			
	傾	●				
		▲				
		■				

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

図 6.2 より、テスト時の遮音周波数特性の提示によって等級評価の精度を向上させることが可能なことが示された。また、誤差絶対値以上に誤差の変化が大きかつ 0 に近づくため、過大評価しがちであった評価傾向が過大もしくは過小に等しく分布したものと推察した。

以下、要因別に学習レベルに伴う等級評価の傾向をまとめる。

■S：音源種

・条件提示の差異と等級評価における水準間の差

表 6.4.1 より、いずれの音源に対しても学習プログラム間での有意差はあらわれなかった。しかし図 6.2 より学習 3 までは学習効果がほぼ見られなかった、道路交通音や鉄道音に関して大きく学習効果があらわれ、学習 3'B に関してピンクノイズ以外の正答率が等しくなる。また、誤差の大きさは音源間での差異がみられなくなる。なお、誤差よりピンクノイズ以外の音源は過大評価の傾向が残り、ピンクノイズは過小評価の傾向となることがわかる。

なお学習 3～学習 3'A について、誤差絶対値にほぼ差がないものの全体的に誤差が小さくなり、より評価の傾向が過大過小に均一に分布する傾向がある。

・各学習での水準間における等級評価の差

各学習において正答率、絶対値誤差に関して有意差はあらわれなかった（表 6.4.2）。しかし学習 3、学習 3'A と比較して学習 3'B は全体的に正答率が上昇し、水準間における絶対値誤差の差は縮小する傾向が確認できる。また、鉄道騒音のみ過大評価の傾向があったことに関しても学習 3'B では解消されている。

以上、学習 3 と学習 3'A の比較より学習時の条件提示の変更により、鉄道音以外の音源に対して評価をより均等する効果の可能性が確認できた。さらに学習 3'B の確認テスト時の遮音周波数特性の提示によりピンクノイズ以外の音源について評価の傾向がほぼ等しくなり、正答率、絶対値誤差ともに同程度の学習効果が得られ、結果的に全体的な等級評価の精度の向上が確認された。

第 6 章 【実験 3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

■F：遮音周波数特性

・条件提示の差異と等級評価における水準間の差

表 6.4.1 において、低音欠損型における学習プログラム間での有意性が示されている。この水準に関して表 6.5.3 より 学習時の条件提示により学習 3 と学習 3'の間に、テスト時の遮音周波数特性の提示によって学習 3、学習 3'B の間に正答率、絶対値誤差ともに有意差があらわれている。

図 6.2 より低音欠損型や高音欠損型において正答率、絶対値誤差より学習 3 から学習 3'A において等級評価の精度が向上する傾向がみられる。また水準間での絶対値誤差の差が縮小していることから、水準間での誤差の大きさの差が小さくなっていることがわかる。一方で正答率の低下や、絶対値誤差の値が大きくなっていることから基本型の等級評価の精度は低下する傾向が確認でき、誤差の値が小さくなることからより過小評価が強くなることがわかる。また、基本型以外の水準に対して相対的に高等級側に評価する傾向は依然として残っており、それまで同様に基本型で性能理解がなされ、他の水準に関してはそれよりも高等級であるとの判断の傾向があると考えられる。なお、学習 3'B ではそのような評価の偏りが解消される可能性が示唆された。

・各学習での水準間における等級評価の差

学習 3 から学習 3'A にかけて正答率と絶対値誤差の有意差が解消されているが、学習 3'B に関しては高音欠損型の正答率が低く、絶対値誤差が大きいままである（表 6.4.2）。

高音欠損型は、高音域は遮音性能が高いため窓開閉時の音量差が大きい中で 5dB の欠損に注意していなければならない、非常に難易度が高いと考えられる。その結果、学習 3'B において遮音周波数特性の提示をおこなって高音欠損型と知った上でも過大評価の傾向が残っている。

以上、学習の提示条件の差異において遮音周波数特性における水準間での誤差の大きさの差が小さくなることが示された。しかし、基本型以外の水準に対して相対的に高等級側に評価する傾向は残ることが確認された。また、テスト時の条件提示の差異によって、そのような評価の偏りが若干解消される傾向が示されたが、高音欠損型の等級評価は変化しにくいことが確認された。

S、F それぞれの遮音等級評価傾向より、学習の提示条件の設定に関しては特に遮音周波数特性の等級評価において水準間での差を小さくする効果がある可能性が示された。また、テスト時の条件提示の差異によって、遮音周波数特性に加えて音源種に関しても水準間における差異が解消され、全体的な等級評価精度の向上が示唆された

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

6.2.3 音量に依存した等級評価に関する検討

また実験1の学習3において、透過音の音量から受けるラウドネスに基づいた等級判断をしている可能性が示されたので、同様の分析をおこなった。

分析において次の6指標をもちいる。全て透過音に関して算出している。

- 1 騒音レベル
- 2 低音域騒音レベル (125-250Hz)
- 3 中音域騒音レベル (500-1k)
- 4 高音域騒音レベル (2-4k)
- 5 L (125-4k)
- 6 L (125-k) FLAT

*1~4は該当する帯域のエネルギー平均より算出。

5,6は該当するオクターブバンドごとの算術平均値を用いている[26]。

なお、周波数特性は6のみFLATで、その他はA特性をかけたものである。

なお、F×Sの組み合わせに対する上記6指標の一覧を表4.18^(再)に示す。各値は「Xーピ
ンクノイズ基本型」として「PK, 基」を基準とした相対レベルである。

表 4.18 ^(再) 6指標における相対透過音レベル

S	F	1	2	3	4	5	6
PK	基	0	0	0	0	0	0
PK	低	-3.60	0.97	-4.18	-4.55	-3.15	-3.62
PK	高	-3.70	-5.07	-5.22	-2.46	-4.37	-4.08
PK	傾	-5.50	0.09	-3.17	-12.44	-5.05	-5.20
CR	基	-0.10	0.72	2.55	-1.17	-0.53	-0.57
CR	低	-3.50	2.63	-2.32	-6.17	-4.10	-3.95
CR	高	-3.20	-4.30	-2.20	-2.19	-4.58	-4.47
CR	傾	-3.70	0.85	-0.88	-10.80	-3.98	-3.82
TR	基	0.10	1.12	3.71	-2.32	0.18	0.02
TR	低	-3.30	3.30	-1.57	-7.68	-3.42	-3.78
TR	高	-4.10	-3.48	-1.85	-4.47	-4.28	-4.40
TR	傾	-3.20	1.82	0.17	-12.41	-3.80	-3.82
MT	基	3.30	12.47	2.51	-10.55	1.27	0.72
MT	低	1.80	11.69	-2.53	-15.50	-2.40	-2.82
MT	高	-1.20	7.93	-2.34	-12.68	-2.72	-3.03
MT	傾	2.30	11.70	0.93	-13.84	-1.12	-1.07

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

誤差と上記6指標の相関係数を以下に示す。

表 6.6 相関係数一覧

	学習	1	2	3	4	5	6
誤差	3	-0.37	-0.17	-0.34	-0.15	-0.46	-0.47
	3'A	-0.32	-0.17	-0.24	-0.15	-0.39	-0.40
	3'B	-0.17	-0.07	-0.14	-0.11	-0.26	-0.26

学習3と学習3'Aにおいて差異はみられないものの、学習3'Bにおいて相関が小さくなる。テスト時の遮音周波数特性の提示によって、より周波数特性に関して意識を働かせやすくなり、それまで音量に依存しがちであった等級評価の傾向が解消されているといえる。

また、窓開閉時の遮音レベルに関する6指標の相関係数についても示す。

表 6.7 相関係数一覧

	学習	1	2	3	4	5	6
誤差	3	0.37	0.17	0.48	0.28	0.47	0.47
	3'A	0.32	0.21	0.33	0.28	0.41	0.41
	3'B	0.17	0.21	0.29	0.10	0.28	0.27

こちらも学習3'Bにおいて、全体的に相関がみられなくなる傾向がある。

周波数特性に関する体感学習において、理解度テスト時に周波数特性の提示をおこなうことで、音量のみに頼った等級認知を防ぎより正確な等級評価を促すことができると考えられる。

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

6.2.4 学習効果における個人差の検討

学習0～3と同様に以下の点に関する個人差の把握をおこない、学習環境の変化による学習効果の個人差に関して検討をおこなった。

- (1) 各学習プログラム後の学習効果に関して、評価の傾向や正答との差異の大きさが個人毎に異なる。

学習プログラムごとに問題群の別に誤差絶対値、誤差に関して、被験者を要因とした一元配置分散分析の結果を表6.8に示す。

表 6.8 学習ごとの絶対値誤差、誤差における個人差

プログラム	要因	水準数	FS 問題群			
			絶対値誤差		誤差	
			F 値	有意性	F 値	有意性
3	被験者	12	2.18	*	1.45	
3'A			1.14		3.55	**
3'B			0.76		2.71	**

学習3においては絶対値誤差に個人差がみられたが、誤差には有意差がみられない。誤差の大きさに個人差があるものの、評価の傾向に偏りはないと考えられる。

一方、学習3'A、3'Bについては誤差の大きさに個人差はないものの、評価の傾向に個人差がみられる結果となった。

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

6.3 まとめと推論

以下、実験3より得た知見を条件提示の差異に関する事項を中心に述べる。

■ 実験3を通して

周波数特性の聴きわけを必要とする場合における等級評価の精度は、該当する窓の周波数特性を提示することによって向上させることができる。また、過大評価の傾向を解消する効果がある。

一方、比較試聴する音源に関して遮音等級の設定や学習順序の変更をおこなうことは、正答率や絶対値誤差に関する有意な変化がみられなかったため、学習レベルが等しければ学習効果に影響を及ぼさない結果となった。しかし誤差の大きさを小さくする効果や、遮音周波数特性における水準間での誤差の大きさの差を小さくする効果を有する可能性が示唆された。

■ 透過音に関する要因別知見

以下、特徴的な点を中心に述べる。

○ S：音源種

学習の条件提示について、鉄道音以外の音源に対してより評価の偏りを均等にする効果を有する可能性がある。

一方、該当する窓の周波数特性の提示によって、他の学習では効果が現れにくかった道路交通音や鉄道音に関して大きく学習効果があらわれ、ピンクノイズ以外の音源種間における学習効果の差異が解消される。なお、ピンクノイズ以外の音源は過大評価の傾向が残り、ピンクノイズは過小評価の傾向となる。また、鉄道騒音のみ過大評価の傾向があったことに関しても解消される。

○ F：遮音周波数特性

学習の条件提示について、遮音周波数特性における水準間での誤差の大きさの差を小さくする。しかし、基本型以外の水準に対して相対的に高等級側に評価する傾向は残る。また該当する窓の遮音周波数特性の提示によって、そのような評価の偏りが若干解消される傾向が示されたが、高音欠損型の等級評価は変化しにくく、非常に難易度が高いと考えられる。

以上、周波数特性に関する要因の特徴としては、学習の提示条件の設定に関して特に遮音周波数特性の等級評価において水準間での差を小さくする効果がある可能性が示された。

また、テスト時の条件提示の差異によって、遮音周波数特性に加えて音源種に関しても水準間における差異が解消され、全体的な等級評価精度の向上が示唆された。

第6章 【実験3】条件提示の差異と等級評価の関係性の検討

■ 透過音の騒音レベルに基づく等級評価の可能性

○ 周波数特性の聴きわけを必要とする場合

学習の条件提示による差異はみられないものの、該当する窓の遮音周波数特性の提示によって、より周波数特性に関して意識を働かせやすくなり、それまで音量に依存しがちであった等級評価の傾向が解消される。

■ 学習効果における個人差

学習の条件提示の差異により、誤差の大きさに関する個人差が解消されるものの、評価の傾向に個人差がみられる。なお、該当する窓の遮音周波数特性の提示によってもその傾向に変化はみられない。

該当する窓の遮音周波数特性の提示をおこなうことによって、等級評価の精度が向上することは明らかであるが、誤差における個人差がみられる。このことについて、等級評価には実験で扱ったプログラム中で取り上げた4要因以外に、これまでの生活における音経験や、潜在的に音源に対して抱く印象など様々な個人差が働くと考えられ、それらの影響によって評価の傾向に差が生じ、結果的に誤差に個人差がみられたのではないかと推察される。

第 7 章

総括

第7章 総括

7.1 研究の総括

本研究では簡易な機器で利用可能窓の遮音性能体感学習システムの構築に向けた基礎的検討として、複数の学習プログラムと理解度テスト作成し、それを用い被験者実験をおこなった。

特に検討項目として、以下の点に着目し傾向の把握を試みた。

- ・ 4段階に設けた学習プログラムに関して、学習レベルと等級評価の関係
- ・ 簡易システムを想定した場合における、学習環境の差異と等級評価の関係
- ・ プログラムの実用に際して、条件提示の差異と等級評価の関係

第1章では、環境騒音、及び居住環境における音環境に対する法的な枠組み、及び居住空間における音環境評価や遮音性能認知に関する調査研究や実験研究、及び音環境体感システムに関する実例などを挙げ、遮音性能体感学習システムの必要性を述べた。また、それらをまとめた上で本研究の位置づけを示した。

第2章では、窓の遮音性能体感学習プログラムの構築にあたって検討した項目等を挙げ作成意図を示し、また具体的な内容について述べた。

第3章では、本研究の3実験の位置づけと関連を説明し、実験概要について述べた。

第4章では、学習レベルが等級評価に与える影響を実験的に検討し、以下の知見を得た。

- ・ 体感学習をおこなうことにより等級評価の精度が向上する。
- ・ 音量に関しては学習しやすい。
- ・ 周波数特性の聴きわけが必要とされる場合にも、音量に依存した等級評価になりがち。
- ・ 周波数特性に関する学習は、音源種、遮音周波数特性ともに体感することで効果が見込める。
- ・ 間欠的な音源は過大評価の傾向が強い、等級評価に対する音源の時間変動性の影響がある。
- ・ 生活と関わりが深い音源(日常性が高い)であるかの等級評価に対する影響がある。
- ・ 基本型を基準に他の音源を過小評価しがち。
- ・ 体感学習後の音量に関する等級評価は、学習時に体感した音量の評価の影響を受けやすい。
- ・ 音源種の違いに関する学習効果が得にくい。

第5章では、学習環境の差異が等級評価に与える影響を、2つの実験結果の比較によりおこない、以下の知見を得た。

- ・ 環境の差異によらず、体感学習をおこなうことにより等級評価の精度が向上する。
- ・ イヤホン呈示はスピーカ呈示に比べ、周波数特性に関する学習効果が得にくい。

第7章 総括

- ・ イヤホン呈示の方がスピーカ呈示に比べ、過大評価の傾向が強い。特に暗騒音レベルの影響が考えられる。
- ・ 学習の結果得られる評価の傾向には、両呈示にそれほど差はみられない。
- ・ イヤホンの性能差のなど再生機器の特性の違いによる影響は少ない。
- ・ 音源によってはシステムの違いにより、等級評価の精度が極端に向上しにくくなることもある。
- ・ 周波数特性の聴きわけが必要とされる場合にも、音量に依存した等級評価になりがち。

第6章では、条件提示の差異が等級評価に与える影響を実験的に検討し、以下の知見を得た。

- ・ 学習の条件提示によって、各要因における水準間での等級評価の偏りを解消することができる。
- ・ 音源と同時に、該当する窓の遮音周波数特性の提示によって周波数特性の聴きわけが必要とされる場合の等級評価の精度を向上させることができる。なお、音量に依存した等級評価が解消される。
- ・ 該当する窓の遮音周波数特性が提示しても、高音欠損型の等級評価の精度は向上しにくい。
- ・ 該当する窓の遮音周波数特性の提示によって、他の学習では効果が得られなかった間欠的な音源に関して、等級評価の精度向上が見込める。

7.2 今後の課題

本研究で得られた知見より、周波数特性に関する学習は困難で、特に体感学習後の等級評価においても音源の時間変動性や日常性が根強く影響を及ぼしうることが示唆された。また、遮音周波数特性に関して基本型を基準に、他を過大評価する傾向が強くあらわれた。今後は、音源については時間変動性や日常性、遮音周波数特性については欠損のレベルを段階的に設定することで、周波数特性の聴きわけを必要とする場合の等級評価のメカニズムについて検討していく必要があると考えられる。

また、学習プログラムの改良点として音源種の違いによる学習の効果が得にくかったことから、聴条件の音源種の絞り込みが可能と考えられる。

学習環境の差異に関して暗騒音レベルの影響が考えられる。一般的な居室での利用を想定した場合の、暗騒音レベルと等級評価の関係性を考察する必要があると考えられる。

本研究はあくまで基礎的な実験であり、プログラム構築のためにはここに挙げた事項の他にも多様に改良すべき点があり、さらなる飛躍が望まれる。

第7章 総括

7.3 窓の遮音性能体感学習プログラムの利用にあたって

今回の実験により、一般的にパンフレットやホームページで得られる程度の情報に加え、体感学習をおこなうことにより、等級評価の精度がより向上することが示された。さらに、該当する窓の遮音周波数特性の提示によって、大幅な精度の向上が見込めることが明らかとなった。

これは、実際にプログラムを利用する際には窓の遮音性能に関する詳細な説明をおこなうことにより、消費者の理解がより一層深まることを意味する結果であると捉えられる。このようにプログラムを利用することで消費者の意思決定がよりスムーズになされるようになり、居住後満足度の向上が見込めるとともに、結果的に遮音性能不足によるクレーム抑制の効果も期待できると考えられる。

なお利用上の注意事項として、以下の点が考えられる。

- ・ 音量感に関しては学習の結果比較的体感知識として習得しやすいが、その等級評価は外部の騒音レベルに大きく影響される。そのため、現場でプログラムを利用する場合は、消費者に周りの音環境に対して十分に理解を得た後にプログラムを利用していただき、採用する窓の選定を注意深くおこなう必要がある。

付録

修士論文最終審査会発表梗概

学会発表梗概

「窓の遮音性能体感学習プログラム」

窓の遮音性能体感学習システムに関する研究 －学習の内容・環境と効果の関係について－

Study on a Virtual Learning System for Sound Insulation Performance of Windows
－Relationship of learning contents/environment to their effects－

学籍番号 076853
氏 名 三浦 啓祐 (Miura, Keisuke)
指導教員 佐久間 哲哉 准教授

1. 研究の背景・目的

住宅性能表示制度において音環境性能は表示項目とされているが、住宅購入者が表示内容を理解できているとは言い難く、性能理解の促進が望まれる^[1]。これに対し建築関連業者は音環境体感システムを独自に開発しているが、性能理解への効果は不明である。またこれらの多くは比較的音響整備された機器を必要とするが、性能理解を広く促すためにはより簡易な機器で実現可能な音環境体感システムの提案が有用であると考えられる。そこで本研究では遮音性能が建築構造に大きく依存する隔壁や床とは異なり一般的に仕様の選択に迫られる機会が多く、他に比べ騒音源が特定しやすいことから、窓の遮音性能体感学習システムの構築に向けた基礎的検討として、複数の学習プログラムと理解度テストを用いた被験者実験により学習内容と性能理解の関係を考察する。さらに無響室内におけるスピー

ーカ提示に加え一般の居室空間におけるイヤホン提示の実験を行い、これらを通して学習環境の違いと性能理解の関係を把握する。

2. 実験概要

広範囲での利用（住宅購入予定者、住宅販売者、設計者）を想定し、学習プログラムはMicrosoft社製のPowerPointを用いて制作する。なお、実験においては学習プログラムの他、学習効果を検証するため理解度テストを行う。

2.1 学習プログラム

窓の遮音性能の理解向上を意図したPC上の学習プログラムとして、学習0はテキスト学習（遮音の基礎知識説明）のみ、学習1～3および3'はテキスト学習に加え体感学習（遮音性能の試聴）を行うものとした。体感学習は表1に示す透過音に関わる4要因により試聴条件群を設定し、各条件で窓開閉時の音の聞き比べを行った後、模擬テスト形式で試聴条件の遮音等級を確認する。試聴条件群は開窓時騒音レベルを L_{Aeq} で65 dB、遮音等級をT-1に固定し、学習1は遮音等級のみ異なる3条件、学習2は遮音周波数特性（図1）の異なる4条件を追加した延べ7条件、学習3はさらに遮音周波数特性と音源種の組合せが異なる16条件を追加した延べ23条件とした（表2）。なお同内容量の学習においても、条件設定の差異によって学習効果に変化しうることが考えられるため、学習3'についての試聴条件数は学習3に等しく、T等級の設定や学習の順序を変更した。（表3）。

2.2 理解度テスト

表1 透過音に関わる要因

要因	水準
L: 開窓時騒音レベル	60, 65, 70 [dBA]
T: 遮音等級	T-0, T-1, T-2, T-3
S: 音源種	S0: ピンクノイズ, S1: 道路交通音, S2: 鉄道音, S3: 祭囃子の音
F: 遮音周波数特性	F0: 基本型, F1: 低音欠損型, F2: 高音欠損型, F3: 傾き一定型

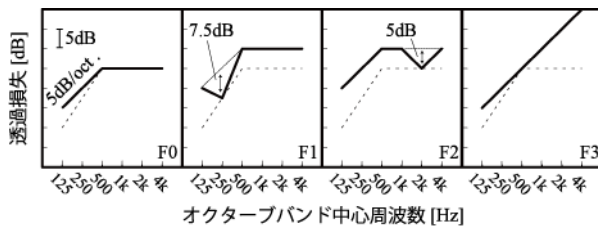


図1 遮音周波数特性

理解度テストは窓開閉時の音を提示して遮音等級を T-1~4 及び T-1 未満の 5 択で解答させるものとし、実験 1, 2 は音量に関する問題群 LT (12 題) と周波数特性に関する問題群 SF (16 題) の計 27 題 (1 題重複) を課した (表 4)。また実験 3 は問題群 SF に関して新たに作成した 16 題を課した (表 5)。なお、出題順序はランダムとした。遮音等級の提示条件は T-0~3 (T-0 は T-1 を 5dB 下回る等級の便宜的表記) とし問題群 LT は開窓時騒音レベルと遮音等級、問題群 SF は音源種と遮音周波数特性が解答に及ぼす影響を調べるため、総当たりまたはラテン方角にて各要因の水準を割り当てた。なお結果については各問題群の正誤に加え、等級誤差 (回答-正解) 及びその絶対値を集計した (但し、T-1 未満の解答は等級数 0 に換算)。

2.3 実験の内容

以下の 3 通りの実験を行った。

・ [実験 1] 学習レベルと等級評価の関係

学習レベルと理解度テストの等級評価との関係を把握するため、学習 0~3 の比較を行った。

・ [実験 2] 学習環境と等級評価の関係

実験 1 と同内容の実験を 2 通りの提示システム (スピーカ提示、イヤホン提示) にておこない、学習環境に応じた評価の傾向の把握

を試みた。

・ [実験 3] 条件設定の差異と等級評価の関係

理解度テストにおける等級評価が学習やテストの条件設定の差異によって影響を受け得ることに着目し、学習 3 と学習 3' をおこなう。学習 3' について、他の学習と同じく窓開閉時の音の聴き比べのみで遮音等級を回答させる「学習 3'A」と、聴き比べと同時に試聴音に該当する遮音周波数特性を提示する「学習 3'B」をおこない問題群 SF に対する等級評価の変化について検討を行った。

4. [実験 1] 学習レベルと性能評価

4.1 実験手順

無響室に 2ch 音響再生系を用いた体感学習環境 (図 2) を設定した。各被験者は学習プログラムと理解度テストの組を連続する 4 日間で 1 日 1 回学習 0~3 の順に行った。被験者は 20 才代の非音響系学生 12 名 (男性 9 名、女性 3 名) とした。

4.2 実験結果及び考察

学習プログラムごとの全被験者平均と学習プログラム間の有意差検定結果を図 3 に示す。問題群 LT では学習 0 と学習 1~3 の間に各値で明確な差が生じており、体感学習の効果が認められる。問題群 SF では学習プログラムが進むにつれ徐々に正答率が上昇し絶対値誤差が低下しているが、学習 2, 3 でも平均誤差は比

表 2 学習 1~3 試聴条件群

No.	L	T	S	F
1		T-1		
2		T-2	S0	F0
3		T-3		
4				F0
5				F1
6		T-1	S0	F2
7				F3
8			S0	
9			S1	
10		T-1	S2	F0
11			S3	
12	65		S0	
13			S1	
14		T-1	S2	F1
15			S3	
16			S0	
17			S1	
18		T-1	S2	F2
19			S3	
20			S0	
21			S1	
22		T-1	S2	F3
23			S3	

表 3 学習 3' 試聴条件群

No.	L	T	S	F
1		T-1		
2		T-2	S0	F0
3		T-3		
4			S0	
5			S1	
6		T-1	S2	F0
7			S3	
8		T-1		F0
9		T-0	S0	F2
10		T-1		F3
11				F3
12	65	T-1		F0
13		T-0	S1	F2
14				F2
15		T-1		F3
16		T-1		F0
17		T-0	S2	F2
18				F2
19		T-1		F3
20		T-1		F0
21		T-0	S3	F2
22				F2
23		T-1		F3

表 4 学習 0~3 における理解度テスト
(LT: 1~12, SF: 6,13~27)

No.	L	T	S	F
1	60	T-0		
2	60	T-1		
3	60	T-2		
4	60	T-3		
5	65	T-0		
6*	65	T-1		
7	65	T-2	S0	F0
8	65	T-3		
9	70	T-0		
10	70	T-1		
11	70	T-2		
12	70	T-3		
6*		T-1	S0	F0
13		T-3	S0	F1
14		T-0	S0	F2
15		T-2	S0	F3
16		T-3	S1	F0
17		T-2	S1	F1
18		T-1	S1	F2
19		T-0	S1	F3
20	65	T-0	S2	F0
21		T-1	S2	F1
22		T-2	S2	F2
23		T-3	S2	F3
24		T-2	S3	F0
25		T-0	S3	F1
26		T-3	S3	F2
27		T-1	S3	F3

表 5 学習 3, 3' における理解度テスト

No.	L	T	S	F
1		T-1	S0	F0
2		T-2	S0	F1
3		T-2	S0	F2
4		T-1	S0	F3
5		T-2	S1	F0
6		T-1	S1	F1
7		T-2	S1	F2
8		T-1	S1	F3
9	65	T-1	S2	F0
10		T-2	S2	F1
11		T-1	S2	F2
12		T-2	S2	F3
13		T-2	S3	F0
14		T-1	S3	F1
15		T-1	S3	F2
16		T-2	S3	F3

較的大きく過大評価傾向が残っている。
なお両問題群において学習 2 と学習 3 の間に各値で有意差は認められなかった。

次に、提示条件の各要因の水準毎に算出した平均絶対値誤差と平均誤差を図 4 に示す。開窓時騒音レベルの影響としては低レベルの場合やや過大評価傾向にあり、遮音等級に関しては高等級の場合に学習レベルが上がるにつれ過小評価が顕著となっている。一方、音源種(S)に関しては道路交通音(CR)・鉄道音(TR)の場合に学習 2, 3 でも比較的誤差が大きく、遮音周波数特性(F)に関しては学習 2, 3 で誤差の大きさは同程度ながら基本型(F0)以外は過大評価傾向にある。基本型で性能理解がなされ、それより透過音量が小さくなる他の型を高等級と判断したものと考えられる。

5. [実験 2] 学習環境と等級評価

5.1 実験手続

学習環境はなるべく静かな場所で行うよう注意した上で被験者に自由に選ばせた。各被験者は学習プログラムと理解度テストの組をできるだけ間隔を空けずに学習 0～3 の順に行った。被験者は 20 才代の非音響系学生 14 名(男性 8 名、女性 6 名)とした。

5.2 実験結果及び考察

学習プログラムごとの全被験者平均と学習プログラム間の有意差検定結果を図 5 に示す(点線はスピーカ実験値)。スピーカ提示とは異なり、問題群 LT において学習 0 と学習 1 の間に正答率の有意な差はみられない。しかし絶対値誤差は学習 0 に比べ学習 1 が有意に小さいほか、その他の学習との間に各値で明確な差が生じているため体感学習の効果が認められる。また全体的にイヤホン提示はスピーカ提示に比べ LT 問題群の誤差が大きく、SF 問題群においては過大評価しがちな傾向がみられる。

次に、提示条件の各要因の水準毎に算出した平均絶対値誤差と平均誤差を図 6 に示す。スピーカ提示とは異なり、鉄道騒音(TR)の誤

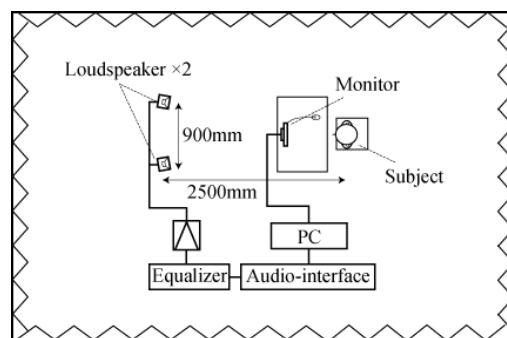
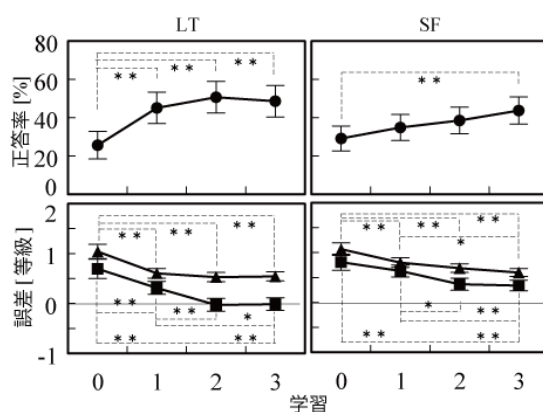


図 2 2ch 音響再生系



* 5% 有意 ** 1% 有意 ■ 誤差 ▲ 絶対値誤差
図 3 正答率と誤差における被験者平均 [実験 1]

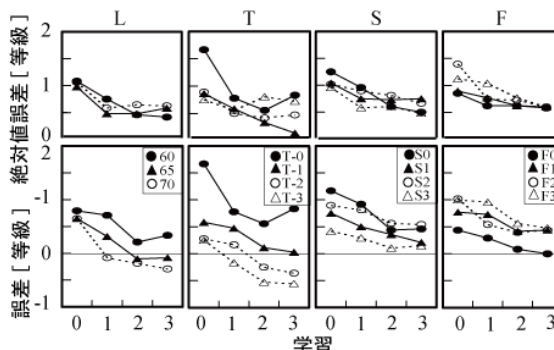


図 4 正答率と誤差における水準別被験者平均 [実験 1]

差が他に比べて大きく過大評価される傾向が強い。同様に遮音周波数特性(F)に関して、傾き一定型(F3)の過大評価傾向が強いことがわかる。また学習 0～3 の間で誤差における遮音周波数特性(F)の水準間の差に明確な変化がないことや、音源種(S)や遮音周波数特性(F)の水準間における絶対値誤差の差が解消されないことから、イヤホン提示は周波数特性に関して学習効果を得にくいと考えられる。

6. [実験 3] 条件提示の差異と等級評価

6.1 実験手続

実験 1 と同じ環境、被験者において学習 3

と学習 3'A, B を 2 日間で行った。

6.2 実験結果及び考察

学習プログラムごとの全被験者平均と学習プログラム間の有意差検定結果を図 7 に示す。学習 3 と 3'A の間で試聴条件群の T 等級の設定や学習の順序による有意差はいずれの値においてもみられない。一方で、学習 3'A と 3'B との間には誤差の有意差がみられることから理解度テスト時の遮音周波数特性(F)の提示に関しては、評価の偏りを解消する効果を有するといえる。

次に、提示条件の各要因の水準毎に算出した平均絶対値誤差と平均誤差を図 8 に示す。誤差については、学習時の条件提示により鉄道音(S2)以外の音源に関しては過大評価の傾向が弱まるほか、遮音周波数特性(F)の水準間での差が小さくなる傾向が確認できる。また誤差絶対値に関しては、遮音周波数特性(F)の提示によって音源種(S)の水準間の差が解消されることに加え、全体的に過大評価の傾向が弱まるのがわかる。特に実験 1 からすべての学習において示されていた、鉄道騒音(TR)の過大評価が明らかに解消される。一方、遮音周波数特性(F)に関しては高音欠損型(F3)が過大評価される傾向が顕著に現われている。

7. まとめ

テキスト学習に対する体感学習の効果が確認され、その学習内容や学習環境によって性能理解の傾向が異なることが示された。今回のケースでは遮音周波数特性(F)に関しても学習効果が認められたが、複数の音源種(S)と組合せた学習やその情報提示の差による有意な効果は現れなかった。学習システムの構築にあたり、試聴条件の絞り込みの可能性が示唆された。またテスト時の遮音周波数特性提示が正確な等級評価に有効なことが示されたため、窓の遮音性能に関する詳細説明と体感学習プログラムの併用により遮音等級に関する知識がより深められる。

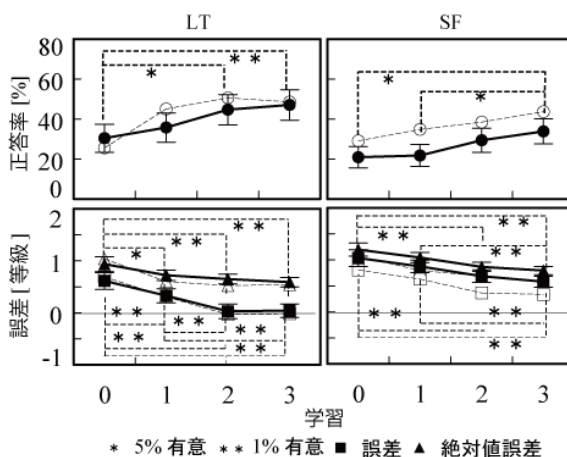


図 5 正答率と誤差における被験者平均 [実験 2]

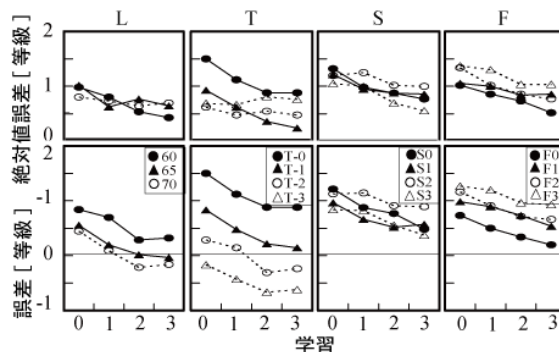


図 6 正答率と誤差における水準別被験者平均値 [実験 2]

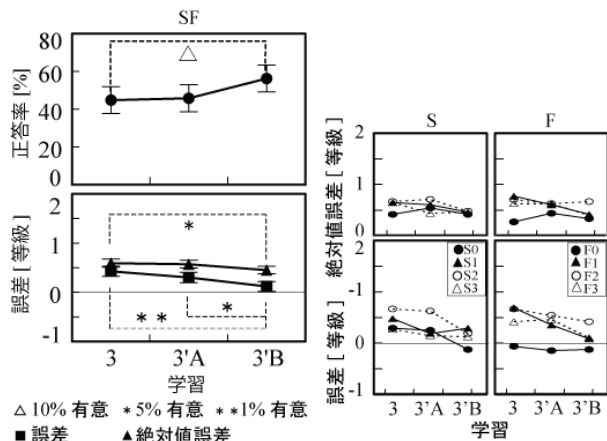


図 7 正答率と誤差における被験者平均 [実験 3]

図 8 正答率と誤差における水準別被験者平均値 [実験 3]

謝辞

窓の遮音性能体感学習プログラムの構築にあたり、多大なご指導、協力を頂きました熊本大学工学部助教 川井敬二氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 井上他, 音響技術, No.124, 8-12, 2003.
- [2] JIS A 4706: 2000.

窓の遮音性能体感学習システムに関する研究 —学習内容と性能理解の関係について*

◎三浦啓祐, 佐久間哲哉 (東大・新領域), 川井敬二 (熊本大・自然科学)

1 はじめに

住宅性能表示制度において音環境性能は表示項目とされているが、住宅購入者が表示内容を理解できているとは言い難く、性能理解の促進が望まれる^[1]。これに対し建築関連業者は音環境体感システムを独自に開発しているが、性能理解への効果は不明である。本報では窓の遮音性能体感学習システムの構築に向けた基礎的検討として、複数の学習プログラムと理解度テストを用いた被験者実験により学習内容と性能理解の関係を考察する。

2 実験概要

2.1 学習プログラム

窓の遮音性能の理解向上を意図した PC 上の学習プログラムとして、学習 0 はテキスト学習（遮音の基礎知識説明）のみ、学習 1~3 はテキスト学習に加え体感学習（遮音性能の試聴）を行うものとした。体感学習は表 1 に示す透過音に関わる 4 要因により試聴条件群を設定し、各条件で窓開閉時の音の聞き比べを行った後、模擬テスト形式で試聴条件の遮音等級を確認する。試聴条件群は開窓時騒音レベルを LAeq で 65 dB に固定し、学習 1 は遮音等級のみ異なる 3 条件、学習 2 は遮音周波数特性（図 1）の異なる 4 条件を追加した延べ 7 条件、学習 3 はさらに遮音周波数特性と音源種の組合せが異なる 16 条件を追加した延べ 23 条件と

Table 1 Conditions of sound source and sound insulation performance of windows.

factor	condition	
L: 開窓時騒音レベル	60, 65, 70 [dB]	
T: 遮音等級	T-0, T-1, T-2, T-3	
S: 音源種	S0: ピンクノイズ, S1: 道路交通音,	
	S2: 鉄道音, S3: 祭囃子の音	
F: 遮音周波数特性	F0: 基本型, F1: 低音欠損型,	
	F2: 高音欠損型, F3: 傾き一定型	

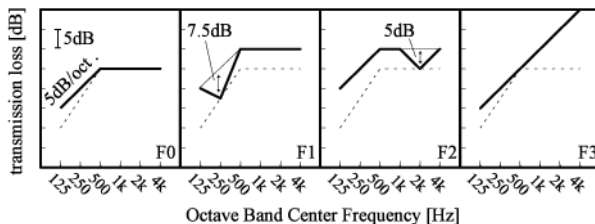


Fig. 1 Frequency characteristics of transmission loss.

した（表 2）。

2.2 理解度テスト

理解度テストは窓開閉時の音を提示して遮音等級を T-1~4 及び T-1 未満の 5 択で解答させるものとし、音量に関する問題群 LT（12 題）と周波数特性に関する問題群 SF（16 題）の計 27 題（1 題重複、ランダム順）を課した（表 3）。遮音等級の提示条件は T-0~3（T-0 は T-1 を 5dB 下回る等級の便宜的表記）とし問題群 LT は開窓時騒音レベルと遮音等級、問題群 SF は音源種と遮音周波数特性が解答に及ぼす影響を調べるため、総当たりまたはラテン方格法で各要因の水準を割り当てた。

2.3 実験手続

無響室に 2ch 音響再生系を用いた体感学習環境（図 2）を設定し、各被験者は学習プログラムと理解度テストの組を連続する 4 日間で 1 日 1 回学習 0~3 順に行った。被験者は 20 才代の非音響系学生 12 名（男性 9 名、女性 3 名）とした。

Table 3 Contents of comprehension test (LT: 1~12, SF: 6 and 13~27).

Table 2 Contents of Learning 1~3.

No.	L	T	S	F
1	60	T-0		
2	60	T-1		
3	60	T-2		
4	60	T-3		
5	65	T-0		
6*	65	T-1	S0	F0
7	65	T-2		
8	65	T-3		
9	70	T-0		
10	70	T-1		
11	70	T-2		
12	70	T-3		
6*		T-1	S0	F0
13		T-3	S0	F1
14		T-0	S0	F2
15		T-2	S0	F3
16		T-3	S1	F0
17		T-2	S1	F1
18		T-1	S1	F2
19		T-0	S1	F3
20		T-0	S2	F0
21		T-1	S2	F1
22		T-2	S2	F2
23		T-3	S2	F3
24		T-2	S3	F0
25		T-0	S3	F1
26		T-3	S3	F2
27		T-1	S3	F3

* Study on a virtual learning system for sound insulation performance of windows - Relationship of learning contents to comprehension of performance, by MIURA, Keisuke and SAKUMA, Tetsuya (Univ of Tokyo), KAWAI, Keiji (Kumamoto Univ).

3 実験結果及び考察

理解度テストの結果については各問題群の正誤に加え等級誤差及びその絶対値を集計した(但し、T-1 未満の解答は等級数 0 に換算)。被験者毎に各学習プログラム後の正答率、平均絶対値誤差(誤差の大きさ)、平均誤差(誤差の偏り)を問題群に分けて算出し、以下考察を行う。

図 3 に上記値の被験者平均及び 95% 信頼区間を示すとともに、学習プログラム間の有意差検定結果を記す。問題群 LT では学習 0 と学習 1~3 の間に各値で明確な差が生じており、体感学習の効果が認められる。また、学習 1 と学習 2,3 の間でも平均誤差で有意差が現れており、学習 2,3 では偏りがほぼ無くなっている。一方、問題群 SF では学習プログラムが進むにつれ徐々に正答率が上昇し平均絶対値誤差が低下しているが、学習 2,3 でも平均誤差は比較的大きく過大評価傾向が残っている。なお、両問題群において学習 2 と学習 3 の間に各値で有意差は認められず、全体として正答率は 5 割弱に止まる。

次に、提示条件の各要因の水準毎に算出した平均絶対値誤差と平均誤差を図 4 に示す。なお、問題群 LT より開窓時騒音レベルと遮音等級に関して、問題群 SF より音源種と遮音周波数特性に関して水準間平均を算出している。開窓時騒音レベルの影響としては低レベルの場合やや過大評価傾向にあり、遮音等級に関しては高等級の場合に学習プログラムが進むにつれ過小評価が顕著となっている。一方、音源種に関しては道路交通音・鉄道音の場合に学習 2,3 でも比較的大きな誤差があり、遮音周波数特性に関しては学習 2,3 で誤差の大きさは同程度ながら基本型以外は過大評価傾向にある。基本型で性能理解がなされ、それより透過音量が小さくなる他の型を高等級と判断したものと考えられる。

4 まとめ

テキスト学習に対する体感学習の効果が確認され、その学習内容によっても性能理解の程度が異なることが示された。今回のケースでは遮音周波数特性に関しても学習効果が認められたが、複数の音源種と組合せた学習に優位な効果は現れなかった。学習システムの構築にあたり、試聴条件の絞り込みの可能性が示唆された。

参考文献

- [1] 井上他, 音響技術, No.124, 8-12, 2003.
- [2] JIS A 4706: 2000

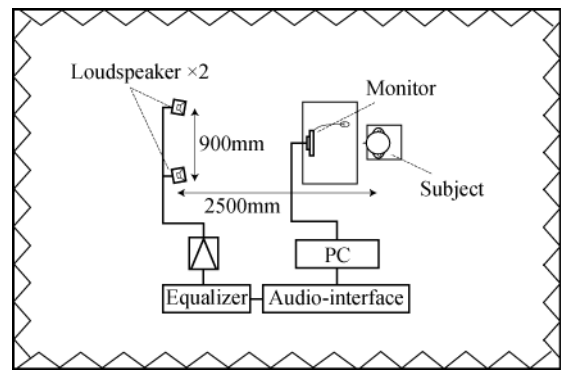


Fig. 2 Outline of systems.

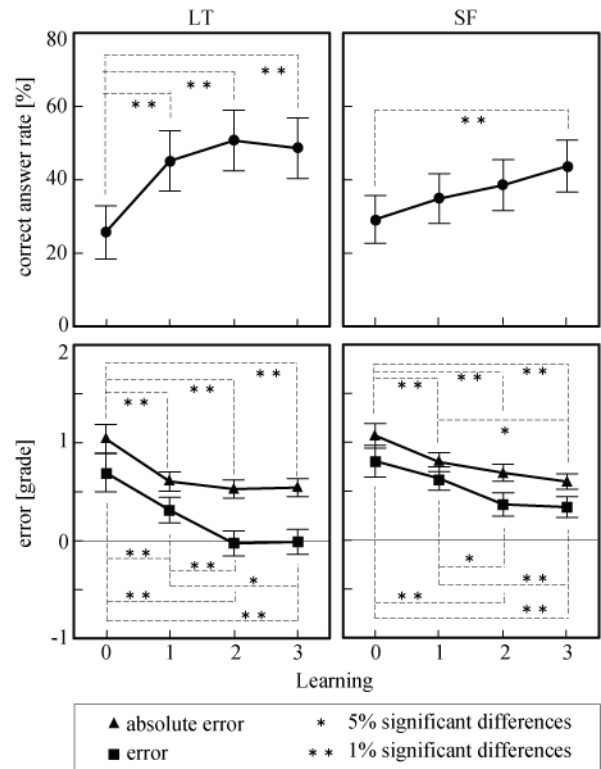


Fig. 3 Averages over all subjects for each Learning (bar: two-sided 95% confidence interval).

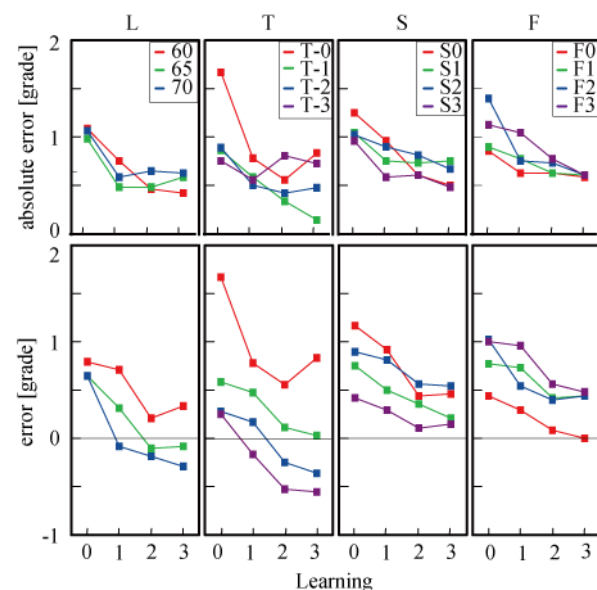


Fig. 4 Averages over all subjects for each Learning in each condition.

参考文献



参考文献

法律・公的文書

- [1]. 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/hinkaku.htm>

- [2]. 環境基本法 2008 年 6 月 18 日改正

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H05/H05HO091.html>

<http://www.env.go.jp/kijun/>

- [3]. 騒音規制法

<http://www.keee.or.jp/qkan/air/air53.htm>

- [4]. 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

<http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=7000045>

- [5]. 建築基準法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25HO201.html>

- [6]. 建築基準法施行令

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25SE338.html>

- [7]. 騒音規制法施行状況調査, 環境省

- [8]. 振動規制法施行状況調査, 環境省

- [9]. 悪臭防止法施行状況調査, 環境省

- [10]. 日本工業規格 JIS A4706 サッシ

- [11]. 日本工業規格 JIS A1416 実験室における音響透過損失測定方法

学会発表梗概・論文

- [12]. 音環境に関する集合住宅購入時の消費者要求と住宅供給者の説明, 阿部, 井上, 日本建築学会環境系論文集, 第 595 号, 9-16, 2005 年 9 月

- [13]. 住宅性能に対する消費者要求と住宅供給事業者の説明, 井上, 阿部, 音響技術 No.124/Dec. 2003, pp8-12

- [14]. 住宅の遮音性能に関する基準の動向, 井上, 建築音響研究会資料, AA2001-18

- [15]. 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, 第 506 号, 1-7, 1998 年 4 月

- [16]. 集合住宅の外部騒音レベルと居住者意識, 武田, 木村ら, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1998 年 9 月

- [17]. カテゴリー連続判断法による自動車交通騒音の評価, 難波, 桑野ら, 日本音響学会誌 34 巻 1 号, 1978

- [18]. 遮音感の提案, 大田, 坂東ら, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999 年 9 月

- [19]. 「遮音感」に影響を与える因子について, 太田, 田村, 日本建築学会講演梗概集, 2000 年 9 月

参考文献

- [20]. 「遮音感」と遮音される音の印象との関係について, 太田, 田村, 日本建築学会講演梗概集, 2001 年 9 月
- [21]. 室用途と室内行動による遮音感への影響について, 梅岡, 田村ら, 日本建築学会講演梗概集, 2002 年 8 月
- [22]. 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, 太田, 田村, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2003 年 9 月
- [23]. 音の大きさの記憶に関する一実験, 加藤, 桑野ら, 追手門学院大学心理学部紀要, 2007 年 3 月 29 日, 第 1 巻, 47-55
- [24]. 音の大きさの記憶に関する一実験 (2), 加藤, 桑野ら, 追手門学院大学心理学部紀要, 2008 年 3 月 1 日, 第 2 巻, 17-24
- [25]. 音源の記憶と大きさの判断, 加藤, 桑野ら, 日本音響学会講演論文集, 2000 年 9 月
- [26]. 壁の透過音に対するラウドネス評価, 橘, 畑中ほか, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 358 号, 昭和 60 年 12 月
- [27]. 集合住宅の音環境, 大脇, 建築音響研究会資料, AA2001-18
- [28]. 遮音性能と主観評価 その 1. 遮音欠損と Loudness の効果, 中川, 久保田, 日本建築学会学術講演梗概集, 昭和 52 年 10 月
- [29]. 遮音性能と主観評価 その 1. 遮音欠損と Loudness の効果 (欠損の低下値と広がり), 中川, 久保田, 日本建築学会学術講演梗概集, 昭和 53 年 9 月
- [30]. インターネットを利用した建築音響に関するマルチメディア教育システム-その 1 教育システムの基本構想-, 藤本, 春田ほか, 日本建築学会学術講演梗概集, 1996 年 9 月
- [31]. インターネットを利用した建築音響に関するマルチメディア教育システム-その 2 物理音響・室内音響・音響空間データベース-, 白川, 大鶴ほか, 日本建築学会学術講演梗概集, 1997 年 9 月
- [32]. インターネットを利用した建築音響に関するマルチメディア教育システム-その 3 聴覚・心理音響・騒音-, 川井, 藤本ほか, 日本建築学会学術講演梗概集, 1997 年 9 月
- [33]. インターネットを利用した建築音響に関するマルチメディア教育システム-その 4 吸音と遮音-, 黒木, 藤本ほか, 日本建築学会学術講演梗概集, 1997 年 9 月
- [34]. インターネットを利用した建築音響に関するマルチメディア教育システム-その 5 教育システムの試験的運用と学生による評価-, 藤本, 春田ほか, 日本建築学会学術講演梗概集, 1998 年 9 月
- [35]. 大学間相互利用が可能な建築音響に関するマルチメディア教育システムの開発, 藤本, 春田ほか, 日本建築学会技術報告集, 第 8 号, 159-162, 1999 年 6 月
- [36]. 聴感実験による隔壁の遮音性能評価法に関する研究-その 1 ME 法を用いた評価実験-, 高世, 村石ほか, 日本建築学会大会学術梗概集, 1998 年 9 月
- [37]. 聴感実験による隔壁の遮音性能評価法に関する研究-その 2 評価尺度を用いた評価実験-, 村石, 高世ほか, 日本建築学会大会学術梗概集, 1998 年 9 月

参考文献

- [38]. 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, 永山, 山田, 日本音響学会講演論文集, 2000 年 9 月
- [39]. 住空間音疑似体験システムの開発, 四宮, 澤田ほか, 日本音響学会誌 49 巻 7 号, 1993, pp.515-521
- [40]. 聴能形成システム, 日東紡音響エンジニアリング(株), 日本音響学会誌 55 巻 3 号, 1999, pp.225-228
- [41]. 透過損失のシミュレーションによる心理評価, 畑中, 降旗ら, 信学技報 EA96-49, 1996 年 10 月
- [42]. 自動車騒音源シミュレータ, 降旗, 柳沢ら, 信学技報 EA97-58, 1997 年 10 月

書籍

- [43]. 建築物の遮音性能基準と設計指針[第二版], 日本建築学会編, 技報堂出版
- [44]. 建築と環境のサウンドライブラリ, 社団法人日本建築学会編, 技報堂出版
- [45]. 聴覚心理学概論, B・C・J・ムーア
- [46]. 学習効果の認知心理学, 水野りか, ナカニシヤ出版
- [47]. 視覚認知と聴覚認知, 斎藤英昭, 森晃徳, オーム社
- [48]. JMP による統計解析入門, 小島ら, オーム社
- [49]. 誰にもわかる音環境の話 騒音防止ガイドブック, 前川純一
- [50]. 建築・環境音響学, 前川ら, 共立出版
- [51]. マンガでわかる統計学「回帰分析編」, 高橋信, オーム社
- [52]. 実験計画法入門, 鷲尾泰俊, 日本規格協会
- [53]. マイクロホン・スピーカ談義, 田中茂良, 兼六館出版

その他

- [54]. 可搬型音創シミュレータ, 熊谷組
http://www.kumagaigumi.co.jp/tech/tech_s/environment/now/know221.pdf
- [55]. 仮想住環境シミュレーションシステム, 大成建設
http://www.taisei.co.jp/about_us/release/1999/jun/jun04.html
- [56]. 集合住宅環境体感システム, 竹中工務店
http://www.takenaka.co.jp/news/pr0203/m0203_02.htm
- [57]. 音場・騒音統合シミュレーションシステム, 戸田建設
http://www.toda.co.jp/tech/amenity/amenity_07.html
- [58]. 旭硝子板ガラス建材総合カタログ 技術資料編, AGC グラスプロダクツ株式会社
- [59]. CHECK EYE'S BOOK, 三菱地所

参考文献

[60]. 住宅性能評価機関等連絡協議会 ホームページ

<http://www.hyouka.gr.jp/>

[61]. 住宅の品質確保の促進等に関する法律, 国交省 ホームページ

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/hinkaku/hinkaku.htm>

[62]. 防音まめ知識, YAMAHA ホームページ

<http://www.yamaha.co.jp/product/avitecs/knowledge/>

[63]. いい防音.jp ホームページ

<http://www.iibouon.jp/>

[64]. 相談統計年報, 財団法人住宅リフォーム・紛争処理支援センター ホームページ

<http://www.chord.or.jp/information/index.html>

謝辞



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社会文化環境学専攻在学中に行った研究についてとりまとめたものです。

この間、筆者の指導教官である佐久間哲哉准教授には、始終懇切丁寧なご指導を賜りました。研究面はもちろんのこと、人間としてこの二年間で大きく成長ができたことは先生のお蔭だと思っております。ここに深く感謝いたします。

また本研究の柱である「窓の遮音性能体感学習プログラム」作成におきましては、熊本大学工学部建築学科 川井敬二助教に、客観的視点からの意見や技術的なことに関するアドバイスを含め広くご指導いただきました。また上京された折には個人的に研究打ち合わせの機会も設けていただき、筆者が抱いた心理や分析に関する様々な疑問や問題に対して、御助言を賜りました。心より感謝いたします。

また、特任研究員安田洋介氏には研究全般、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いただきました。

また、西沢啓子氏には特に実験設備、既往研究に関して筆者が抱いた疑問に御助言を賜りました。

また、産業技術総合研究所岡本洋輔氏や、日東紡音響エンジニアリング株式会社の花田健吾氏には、筆者が研究計画において抱いた些細な疑問や問題に、ご多忙の中にも関わらず種々のご指導、ご支援をして頂きました。

東京大学大学院新領域創成科学研究科佐久間研究室、並びに社会文化環境学専攻の職員、大学院生の皆様に被験者をはじめとして、研究を進める上でご協力いただきました。

特に研究全般、生活にあたって佐久間研究室修士課程 江川健一さん、上猶優美さん、萬木智子さんの協力を頂きました。また、後輩の李孝振さん、江田和司君、孫媛媛さん、永井優花さんには予備実験の被験者の協力をはじめ研究にお手伝い頂きました。

また、九州から共に上京した大学の同期をはじめ友人には、研究以外のあらゆる面において大変お世話になりました。

最後に、家族には始終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。

2009年1月26日

三浦 啓祐