

## 会員の頁

1. 主観評価試験に基づく居住空間の最適残響特性の検討  
—快適な音環境を目指して—
2. 基礎講習会のQ&A

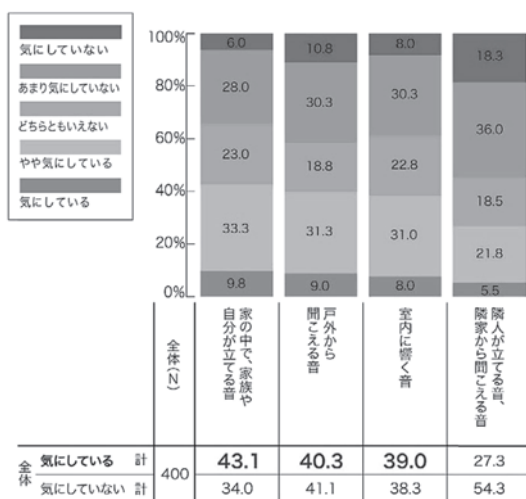
### 1. 主観評価試験に基づく居住空間の最適残響特性の検討 —快適な音環境を目指して—

大建工業(株)

#### 1. はじめに

近年、住宅は高气密・高断熱化が進み、外部との遮音性能が向上しています。その一方で、内装仕上げ材の変化により、以前に比べ音が響きやすい室内になっており、新たな音響配慮対策が必要になってきています。(図1参照)弊社では、これら現代の住宅が抱える音の問題を改善するための提案を「快音」というコンセプトで推進しており、音環境が向上した、より快適な

■生活環境における「音」について(自社調査)



約40%の人が家の音や響きを気にしています。

図1 生活環境における「音」について

住宅が提供できる建材の開発を進めています。今回はその中でも室内の音の響きについて最適な残響特性の検討を行いましたので、その結果をご紹介します。

#### 2. 音の響きについて

内装仕上げが洋風化し、床はフローリング、壁、天井材はクロス仕上げという音の反射性の強い内装材で仕上げるが多くなり、リビングの大空間化(吹き抜けなども)も伴い、室内で音が響きやすくなっている状況も増えてきているようです。一般的にはこの音の響き具合を表す指標として、「残響時間」があります。これは、発生した音が60dB減衰するまでの時間をいい、部屋の大きさや内装材の仕上げ(吸音率)によって変わります。部屋の用途等より最適な残響時間が知られています。(図2参照)本検討では一般的な居住空間において発生する生活音に対して、吸音材などの音響材料を使用した様々な残響特性をもつ空間を想定して「会話のしやすさ」「うるささの低減」などの主観評価を行い、快適な音環境実現のための材料・空間設計の指標を構築することを目的としました。本報では様々な残響特性の空間における生活音の主観評価結果について紹介します。

#### 3. 単語理解度試験による「聞き取り易さ」の評価

##### 3.1 実験概要

評価音源は、単語理解度試験用音声<sup>1)</sup>の親密度5.5～7.0の単語リストの中から192語を選定し、図3に示す18種類の異なる残響特性をもつインパルス応答を畳み込んで作成しました。ここで、図中の太線で示す水準A-1は、床：フローリング、壁・天井：石膏ボード＋クロスという一般的な内装仕上げの部屋における残響特性を想定しています。

被験者は20～40歳代の聴力に問題のない男女11名と

# 1. 主観評価試験に基づく居住空間の最適残響特性の検討

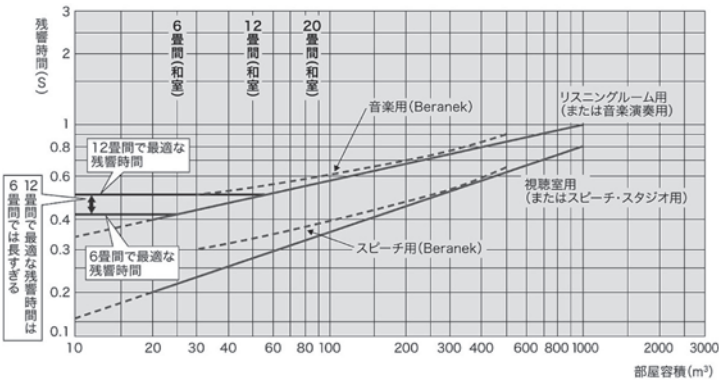


図2 最適な残響時間

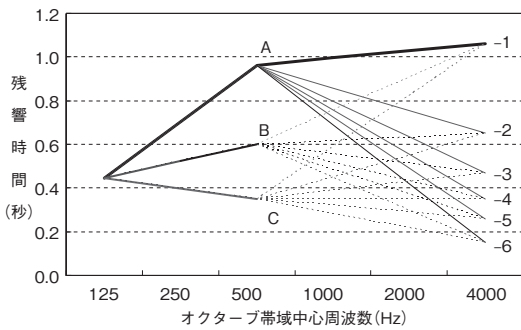


図3 サンプル音の残響特性

し、1人の被験者当たり96語の単語について、聴き取った単語を回答してもらうと共に「聴き取り難い-聴き取り難くない」「響きが気になる-ならない」の主観評価を行いました。この際、サンプル音の種類、呈示順序は、被験者ごとにランダムになるように調整しました。評価音源は、パソコンに繋いだヘッドホンを通して被験者に呈示しました。

## 3.2 主観評価結果

表1に単語理解度試験での正答率と「聴き取り難さ」「響きが気になる」の主観評価結果を示します。その結果、今回設定した居住空間想定に残響時間の範囲では、正答率は90%以上と総じて高いものでした。一方で、主観評価では残響時間が長くなると「聴き取り難い」「響きが気になる」と評価する割合が高くなっており、単語は聴き取れるが響きが気になっている被験者の傾向が見られました。また、B-5、B-6やC-6のように残響時間が短くなり過ぎても評価が下がる傾向が見られ、音声を快適に聴き取るための残響時間の上限・下限が存在すると考えられます。

また、今回の2つの評価軸が正規分布になると仮定し、「聴き取り難くない」「響きが気にならない」の割

表1 単語理解度試験の正答率と主観評価結果

	正答率	聴き取り難さ		響きが気になる	
		割合%	Z値	割合%	Z値
A1	92.3	49.5	0.0	93.1	-1.6
A2	90.4	34.0	0.4	79.0	-1.2
A3	100.0	33.7	0.4	73.5	-0.8
A4	95.0	31.1	0.5	79.2	-1.0
A5	94.5	23.0	0.7	71.0	-0.8
A6	98.2	34.0	0.4	71.0	-0.8
B1	90.9	48.0	0.1	90.0	-1.8
B2	92.7	20.0	0.8	56.0	-0.3
B3	92.7	16.0	1.0	44.0	-0.1
B4	96.4	8.0	1.4	35.0	0.1
B5	96.4	17.0	1.0	28.0	0.4
B6	96.4	15.0	1.0	33.0	0.3
C1	86.5	51.5	0.0	88.7	-1.4
C2	92.3	25.8	0.7	56.7	-0.4
C3	94.2	12.4	1.2	26.8	0.3
C4	91.8	11.7	1.2	11.7	1.1
C5	98.0	10.6	1.2	11.7	0.8
C6	93.9	16.0	1.0	26.6	0.6

合からそれぞれのZ値を算出しました。文献<sup>2)</sup>を参考に、心理的な反応のばらつきを示す標準偏差( $\sigma$ )だけ距離があれば評価に有意差があると仮定すると、一般的な仕上げのA-1に対してZ値で1.0以上の差がある網掛け部の水準では被験者にとって明らかな違いを感じていると判断することができます。

## 4. 一対比較法による「うるささ」「聞き取り易さ」評価

### 4.1 実験概要

評価に用いた音源は、一般的な居住空間を想定した10畳の簡易的な無響空間で収録した「掃除機音」「話し声(女性)」などの音源に、先述の図1の残響特性をもつインパルス応答を畳み込んで作成しました。評価音源は、パソコンに繋いだヘッドホンを通して被験者に呈示しました。この際、サンプル音の呈示順序は、被験者ごとにランダムになるように調整しました。

被験者は20~40歳代の聴力に問題のない男女とし、1種類の音源につき153対の組合せについて一対比較を実施し、被験者数は、各音源6名としました。

評価尺度は、「聴き取り易さ」「うるささ」などの7段階評価とし、音源の呈示順序効果はないものと仮定し、往復での聴き比べによる比較を許容しました。

### 4.2 評価結果

評価結果の一例として「掃除機音」「話し声(女性)」

# 1. 主観評価試験に基づく居住空間の最適残響特性の検討

の結果を図4～5に示します。評価の傾向として、掃除機音では、評価値に対する500Hzの残響時間(A, B, C)の影響が小さく、高音域である4,000Hzの残響時間(1～6)が支配的でした。

一方で、女性の話し声では500Hzの残響時間の違いも評価値に表れており、中音域の残響も影響する結果となりました。また、話し声については4,000Hzの残響時間が最も小さいA-6, B-6, C-6において、評価値が下がる傾向が見られ、残響が小さくなりすぎると逆に話し声が聞き取り難くなる結果となりました。

## 5. 居住空間における最適残響時間の検討

2つの実験での主観評価の結果から、居住空間における最適残響時間の範囲について検討を行いました。まず、一対比較法による主観評価結果から、500, 4,000Hz時の残響時間を説明変数 $X_1$ ,  $X_2$ として主観評価値 $Y$ の回帰式を算出。その結果、図4～5に示す「掃除機音」「話し声」の回帰式は下式のようにになりました。

〈掃除機音〉

$$Y = 1.654 - 0.652X_1 - 2.527X_2 \dots\dots\dots(1)$$

〈話し声〉

$$Y = 1.965 - 1.727X_1 - 1.762X_2 \dots\dots\dots(2)$$

次に、単語理解度試験で一般的な居住空間A-1と明確な差があると判断したC-3の残響時間を下限値の目安とし、一対比較試験での「話し声」のC-3の主観評価値0.33以上になる範囲を式(1), (2)から求めました。その結果を図6に示します。

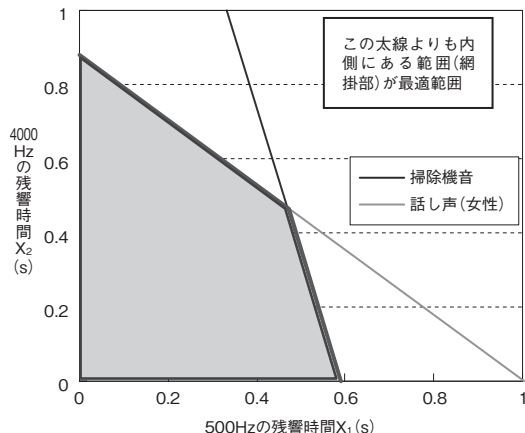


図6 最適残響時間の範囲

## 6. まとめ

本報では、2種類の主観評価の結果から居住空間における最適残響時間の範囲について考察を行いました。

今回の主観評価の結果をまとめると、「うるささの低減(掃除機)」については、高音域(4,000Hz)の残響時間が短いほど評価が高い(うるさくない)結果でした。

「会話のしやすさ」については、高音域だけでなく、500Hz程度の中音域の残響時間が短い方が、評価が高い事(聞き取り易い)が確認されました。高音域(4,000Hz)は、残響が小さすぎる(吸音しすぎる)と話し声が聞き取りにくくなるのが解りました。会話については、最適な残響時間の上限・下限が存在すると考えられます。

現状では、特定の対象音源での評価であることや残響時間が小さくなる側の線引きができていないことなど課題もあります。今後は様々な対象音源についての評価を進めていくと共に、STIやラウドネスなどの物理量と主観評価値の相関から残響時間の線引きを明確にしていく必要があると考えています。

## 7. あとがき

弊社での実験の一例をご紹介しました。今後、検討を進め、最終的には住宅室内の音響設計の指針となるようにし、住宅の入居者様に快適な音環境を提供したいと思っております。

### 【参考文献】

- 1)天野成昭, 近藤公久, 坂本修一, 鈴木陽一(2006). 親密度別単語理解度試験用音声データセット(FW03), NII音声資源コンソーシアム
- 2)日本建築学会環境基準 AIJES-S0002-2011 都市・建築空間における音声伝送性能評価規準・同解説

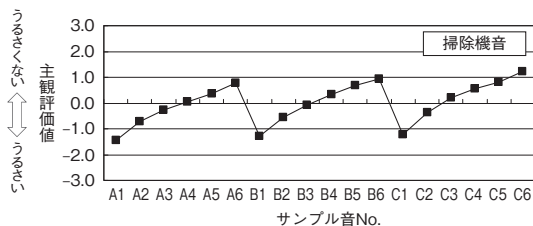


図4 主観評価結果(掃除機音)

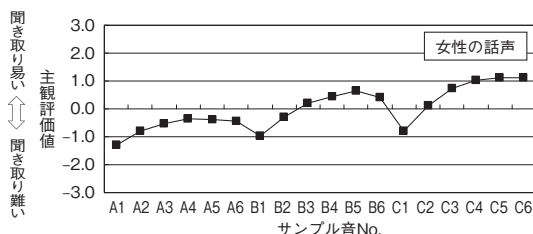


図5 主観評価結果(女性の話し声)