

# 狭小空間での携帯電話による音声伝送性能の評価

関西大学環境都市工学部建築学科  
建築環境工学第 I 研究室  
建 10-23 片桐領汰

## 目次

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 第1章   | はじめに.....         | 3  |
| 1.1   | 研究背景.....         | 3  |
| 1.2   | 既往研究.....         | 3  |
| 1.3   | 研究目的.....         | 4  |
| 第2章   | 携帯電話音声処理.....     | 6  |
| 第3章   | 実験方法.....         | 7  |
| 3.1   | 実験用音声条件.....      | 9  |
| 3.1.1 | 条件の種類.....        | 9  |
| 3.1.2 | 実験用音声データ作成手順..... | 10 |
| 3.2   | 評価方法.....         | 10 |
| 3.2.1 | 実験環境.....         | 11 |
| 3.2.2 | 比較対.....          | 11 |
| 3.2.3 | 評価.....           | 12 |
| 第4章   | 実験結果.....         | 14 |
| 4.1   | 確率分布.....         | 14 |
| 4.2   | %聴き取りにくさ.....     | 14 |
| 第5章   | 設計指針の提案と考察.....   | 31 |
| 5.1   | 分散分析.....         | 39 |
| 5.2   | 設計指針の提案.....      | 39 |
| 第6章   | おわりに.....         | 52 |
| 6.1   | まとめ.....          | 56 |
| 6.2   | 今後の課題.....        | 57 |
| 参考文献  | .....             | 57 |

## 第 1 章 はじめに

### 1.1 研究背景

オープンプランオフィスに配置されるパーティションで囲われた個人用スペース、銀行商談エリアのパーティション列内の空間、医療施設などに設けられるスタッフ用仮眠室など、音環境に配慮すべき狭小空間は多数あるが、それらの中でも、その音響特性が聴き取りにくさに直結する“携帯電話ブース”の音響設計は重要である。

しかしながら、携帯電話ブースとして設計された吸音の少ない  $5 \text{ m}^3$  程度の狭小空間で携帯電話を使用すると、通話相手の電話口から再生される音声の聴き取りにくさが著しく増大することが報告されている [1]。従って、十分な会話了解性を確保するための携帯電話ブースの寸法や内装に関する設計指針が必要とされている。

## 1.2 既往研究

矢入ら〔1〕は、携帯電話ブースとして設けられた狭小空間で携帯電話を使用する際に、通話相手の電話口から再生される音声の聴き取りにくさが著しく増大する問題について、原因の究明を行っている。

携帯電話ブースは、一般に、床面積が  $1 \sim 2 \text{ m}^2$ 、空間容積が  $2 \sim 5 \text{ m}^3$  の狭小空間で、扉のついた密閉型（写真 1）や半開放型（写真 2）などがある。



写真 1：密閉型携帯電話ブース例



写真 2：半開放型携帯電話ブース例

既報〔1〕によれば、狭小空間において携帯電話で通話する際の聴き取りにくさの増大は、残響成分による時間的なマスクングではなく、音声そのものの変質などの直接的な要因があると考えられる。言い換えれば、反射音成分の中でも、残響感への寄与が比較的少ない部分、すなわち、インパルス応答の極めて初期の部分が影響を及ぼす可能性がある。

すなわち、狭小空間に特有の“遅れ時間が短くパワの大きい反射音成分”が携帯電話の情報処理過程に何らかの影響をおよぼす可能性が示唆されている。

「STI」、「男声・女声」、「大空間・狭小空間」、「実音場・携帯電話伝送系経由」で場合分けされた音声から無作為に 2 つの刺激を並べ、十分に暗騒音の小さい条件のもと、普段携帯電話で通話する際に使う側の耳からのみ音を提示し、聴き取りにくさを評価させる聴感実験において、携帯電話伝送系を経由しない刺激を提示した場合は、残響感と聴き取りにくさに対応がみられるが、携帯電話を経由すると、残響感は大空間の方が大きいにも関わらず、聴き取りにくさは狭小空間の方が大きくなる傾向がみられた。さらに、狭小空間において、携帯電話伝送系を経由した刺激を提示した場合、その空間の STI（音声伝達指標のことで、0~1 をとりその数値が大きいほど聴き取りやすいと判断する）が高いにもかかわらず、聴き取りにくさが著しく増大していることが分かっている。

### 1.3 研究目的

本研究では、“室容積”、“吸音率”、“音源信号”で場合分けされた音声と、基準音とを連続して提示し、聴き取りにくさを評価させる聴感実験を行い、既報〔1〕での目的でもあった、建築音響設計者の立場から、携帯電話通話に配慮した狭小空間における携帯電話音声伝送性能の評価を行い、その結果を元にした携帯電話ブースの設計指針の構築を目的とする。

## 第2章 携帯電話音声処理

既報〔1〕によって、狭小空間において携帯電話で通話をする際の聴き取りにくさが著しく増大する現象に、携帯電話の情報処理が大きく影響していることが判明したため、ここで携帯電話の音声処理方法について説明する。

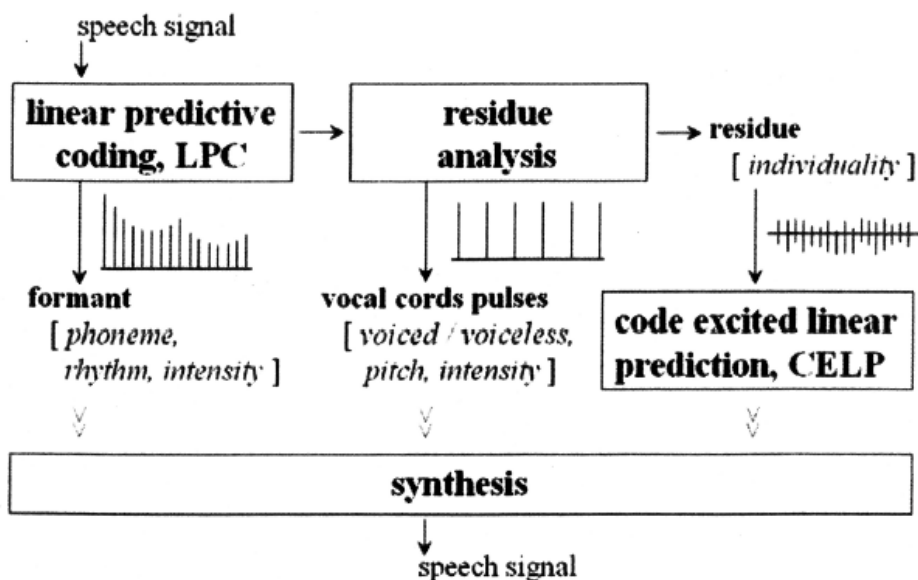


図1：携帯電話の音声処理の概略

携帯電話の音声情報処理は、音声生成機構の構造的なモデルの知識を利用する音声特有のものである。音源と調音の分離を前提とする方式、すなわち、生成源符号化方式であり、それをしない波形符号化方式と大別される。

一方、音声波形の生成機構は本来生理的な器官の運動であるが、物理的な音響現象としても理解可能である、その生成過程は、音源の生成と調音に分けられる。有声音源は声帯振動に対応するパルス列で近似され、そのピッチ周期が声の高さに、周期の時間的な変化によってアクセントやイントネーションが決まる。無声音源は空気の乱入に対応する白色雑音で近似され、その平均エネルギーが強さに対応する。音源で発生した音波は、舌、唇、顎などの調音器官で形成される音響的な管(声道)の共鳴器官によってフォルマントが形成される。これが調音である。

携帯電話の音声情報処理の概略を 図1 に示す。送信側の携帯電話のマイクロホンに入力された音声は、線形予測分析によってその標本値間に内在する相関が除去される。ここで固定されるシステム関数は全極型であり、その極がフォルマントに対応する。したがって、これらが除去された後の残差には、有声音部では声帯パルスが、無声音部ではランダムノイズが含まれており、それを自己相関処理して得られるピーク周期から、有声か無声の判断、声帯パルス音源のピッチ周期やパワの推定が行われている。

線形予測分析の逆、すなわち残差を入力として、標本値間に相関関係を付与していく過程が音声合成であり、合成された信号が受信側の携帯電話から音声となって出力される。予測と合成は完全な逆操作であるから、分解して得られた残差をそのまま入力して与えれば原波形を忠実に再生できる。しかし、それでは情報圧縮にはならないため、様々な簡略化が行われるが、最も情報圧縮に貢献するのは、残差の処理過程にある。声帯パルスが除去された残差には、話し手の個性が含まれており、これを合成に使用しない限り本人の声には戻らない。現在の携帯電話通信では、様々なパターンが事前に登録されたコードブックから、その話し手の残差に最も近いものを選択する手法がとられており、そのようにして合成された音声は、十分に本人の声と認識できるほど高品位である。音声符号化の原理自体は古くから確立されている理論であるが、近年の携帯電話通信を支える音声情報処理の技術躍進には、このコードブックの発展も一役を担っている。



### 第3章 実験方法

どのような空間で発話を行った際にどの程度受話音声聴き取りにくくなるかを明らかにするために、様々な空間で発話を行った際の受話音声をシミュレートしたものと、空間の影響を取り除いた基準受話音声との比較から聴き取りにくさを評価させる聴感実験を行う。

#### 3.1 実験用音声条件

##### 3.1.1 条件の種類

本研究で考察の対象とする携帯電話ブースの空間条件及び音声は以下の①～③の通りとする。

- ① 室容積（高さはすべて 2.3 m で、1.15 m<sup>3</sup>（平面寸法 0.5 m×1 m）の部屋、4.6 m<sup>3</sup>（平面寸法 1 m×2 m）の部屋、18.4 m<sup>3</sup>（平面寸法 2 m×4 m）の部屋、73.6 m<sup>3</sup>（平面寸法 4 m×8 m）の部屋、294.4 m<sup>3</sup>（平面寸法 8 m×16 m）の部屋、1177.6 m<sup>3</sup>（平面寸法 16 m×32 m）の部屋）
- ② 壁面の統計入射吸音率（0.01, 0.02, 0.04, 0.08, 0.16, 0.32）
- ③ 音源信号（女声(F1), 男声 1 (M1), 女声 2 (F2), 男声 2 (M2)）

### 3.1.2 実験用音声データ作成手順

聴感実験において使用した音声の作成方法について説明する。

市販の CD 音源から 4 つのドライソース (3.1.1 に記述した③) を使用する。この 4 つのドライソースに市販の幾何音響ソフトウェア (CATT CATT-Acoustic + TUCT) を用いて算出した 3.1①②の各空間条件のインパルス応答を畳み込む事で、仮想実音場音声を作成する。

作成した音声を Apple iPhone へ入力し、softbank の携帯電話回線を通して、別の Apple iPhone へ伝送する。信号を受け取った携帯から再生される音声は、携帯電話ブースの空間条件と携帯電話伝送系の両方の影響を受けた音声であり、ここでは比較音と呼ぶ。

次に、上記の音の比較対象となる基準音の作成に関して説明する。

4 つのドライソースをそのまま Apple iPhone へ入力。softbank の携帯電話回線を通して、別の Apple iPhone へ伝送する。信号を受け取った携帯から再生される音声は、携帯電話伝送系の影響のみを受けた音声であり、ここでは基準音と呼ぶ。

## 3.2 評価方法

### 3.2.1 実験環境

被験者は正常な聴力を有する男女 20 名とする。被験者にはヘッドホン (SONY MDR-7506) を装着させ、十分に暗騒音の低い空間 (無響室) において、普段被験者が携帯電話で通話する側の耳からのみ刺激を提示する。被験者には実際に評価してもらう聴感実験の前に、聴感実験内で使用する刺激を 5 つ使用し作成した、実験練習用音声データを提示することで、事前練習を十分にしてもらう。再生音量は被験者ごとに事前練習時自由に設定させるが、実験開始後は終了まで変更しないものとする。次節で説明する刺激対のセットを 2 つに分け、1 回の試行を最大 1 時間とし、各試行間及び試行中には十分な休憩を設けた。被験者 1 人につき試行を 2 回行い、1 セット分の評価をさせる。

### 3.2.2 比較対

実験で提示される刺激対は、一方の刺激の提示があり、0.5秒の無音時間の後に、もう一方の刺激の提示を提示する。その後、回答のために5秒間の無音時間を設けた。これが1つの刺激対となる（提示される刺激は3.1.2で記載した比較音と基準音である）。

実験用音声データは、F1とM1の文章で構成される刺激対を含む“セット1”、F2とM2の文章で構成される刺激対を含む“セット2”、M1とF2の文章で構成される刺激対を含む“セット3”、F1とM2の文章で構成される刺激対を含む“セット4”の4種類の刺激対群である。それぞれのセットの中は、①と②で場合分けされた72種類の音に、順序効果を相殺するため、前後の提示順序を入れ替えた刺激対も加わるため数は2倍となり、さらにデータの信頼性を確認するため、同一刺激で構成された刺激対を加える。また各試行の最初には文脈効果統制用に4つの刺激対を加える。その刺激対は実験内でも使用されている刺激を使用しており、吸音率・室容積ともに最小の刺激、吸音率・室容積ともに最大の刺激、吸音率・室容積ともに中間の刺激を含み、計154対とし、刺激対群はランダムに並べている。1セットの評価にかかる時間はおよそ100分である。

### 3.2.3 評価

評価基準は7段階とする。評価表の一部を図2に記載する。

| 聞き取りにくさ       |     |    |      |               |     |     |
|---------------|-----|----|------|---------------|-----|-----|
| 前の音の方が聞き取りにくい |     |    |      | 後の音の方が聞き取りにくい |     |     |
| 非常に           | かなり | やや | 大差なし | やや            | かなり | 非常に |
| -3            | -2  | -1 | 0    | +1            | +2  | +3  |

図2：実験で使用した聞き取りにくさの評価基準

被験者に前節で説明した刺激対を提示し、2つの音の“前の音の方が聞き取りにくい程”マイナス側に、“後の音の方が聞き取りにくい程”プラス側に丸をつけるよう、また聞き取りにくさの差が大きい程、絶対値の大きい数字に丸をし、2つの音の聞き取りにくさに“大差なし”と判断した場合は“0”に丸を付けるよう教示した。

## 第4章 実験結果

### 4.1 確率分布

表1～表8に評価の確率分布を示す。例えば、表1の1番上の結果が示すことは、“F1(女声1)の音声で、吸音率0.01、室容積1.15 m<sup>3</sup>(0.5m×1m×2.3m)の空間条件における比較音は、90%の人が基準音に比べ、非常に聴き取りにくい(3)、10%の人が基準音に比べ、かなり聴き取りにくい(2)と評価した”となる。なお、この心理実験で必要となる評価はあくまで“基準音と比較して、比較音がどれほど聴き取りにくい”であるため、刺激の提示順番による評価値の差を修正した。すなわち比較音が前に提示され、基準音が後に提示される順番の対に関する結果に関しては、“丸が付いている数値に-1をかける”処理を行った。

表 1 : 評価の確率分布(F1 の吸音率 0.01~0.04)

| 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 確率分布 |    |      |      |      |      |      |
|------|------|--------|------|----|------|------|------|------|------|
|      |      |        | 評価   |    |      |      |      |      |      |
|      |      |        | -3   | -2 | -1   | 0    | 1    | 2    | 3    |
| F1   | 0.01 | 1.15   | 0    | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.1  | 0.9  |
| F1   | 0.01 | 4.6    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.15 | 0.85 |
| F1   | 0.01 | 18.4   | 0    | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.25 | 0.75 |
| F1   | 0.01 | 73.6   | 0    | 0  | 0    | 0    | 0.2  | 0.5  | 0.3  |
| F1   | 0.01 | 294.4  | 0    | 0  | 0    | 0.05 | 0.3  | 0.45 | 0.2  |
| F1   | 0.01 | 1177.6 | 0    | 0  | 0    | 0.1  | 0.35 | 0.5  | 0.05 |
| F1   | 0.02 | 1.15   | 0    | 0  | 0    | 0.05 | 0    | 0.5  | 0.45 |
| F1   | 0.02 | 4.6    | 0    | 0  | 0    | 0    | 0.1  | 0.4  | 0.5  |
| F1   | 0.02 | 18.4   | 0    | 0  | 0    | 0    | 0.2  | 0.5  | 0.3  |
| F1   | 0.02 | 73.6   | 0    | 0  | 0    | 0.05 | 0.15 | 0.65 | 0.15 |
| F1   | 0.02 | 294.4  | 0    | 0  | 0    | 0.2  | 0.4  | 0.4  | 0    |
| F1   | 0.02 | 1177.6 | 0    | 0  | 0    | 0.3  | 0.55 | 0.15 | 0    |
| F1   | 0.04 | 1.15   | 0    | 0  | 0    | 0.15 | 0.25 | 0.5  | 0.1  |
| F1   | 0.04 | 4.6    | 0    | 0  | 0    | 0.05 | 0.35 | 0.6  | 0    |
| F1   | 0.04 | 18.4   | 0    | 0  | 0    | 0    | 0.55 | 0.45 | 0    |
| F1   | 0.04 | 73.6   | 0    | 0  | 0    | 0.15 | 0.3  | 0.5  | 0.05 |
| F1   | 0.04 | 294.4  | 0    | 0  | 0    | 0.25 | 0.5  | 0.25 | 0    |
| F1   | 0.04 | 1177.6 | 0    | 0  | 0.05 | 0.35 | 0.5  | 0.1  | 0    |

表 2 : 評価の確率分布 (F1 の吸音率 0.08~0.32)

| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | 確率分布 |    |    |   |   |   |   |
|----------|----------|---------|--------|------|----|----|---|---|---|---|
|          |          |         |        | 評価   |    |    |   |   |   |   |
|          |          |         |        | -3   | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| F1       | F1       | 0.08    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.08    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.08    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.08    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.08    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.08    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.16    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.16    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.16    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.16    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.16    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.16    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.32    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.32    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.32    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.32    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.32    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F1       | F1       | 0.32    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |



表 3 : 評価の確率分布 (M1 の吸音率 0.01~0.04)

| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | 確率分布 |    |    |   |   |   |   |
|----------|----------|---------|--------|------|----|----|---|---|---|---|
|          |          |         |        | 評価   |    |    |   |   |   |   |
|          |          |         |        | -3   | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| M1       | M1       | 0.01    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.01    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.01    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.01    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.01    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.01    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.02    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.02    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.02    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.02    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.02    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.02    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.04    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.04    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.04    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.04    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.04    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.04    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 4 : 評価の確率分布 (M1 の吸音率 0.08~0.32)

|          |          |         |        | 確率分布 |    |    |   |   |   |   |
|----------|----------|---------|--------|------|----|----|---|---|---|---|
|          |          |         |        | 評価   |    |    |   |   |   |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3   | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| M1       | M1       | 0.08    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.08    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.08    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.08    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.08    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.08    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.16    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.16    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.16    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.16    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.16    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.16    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.32    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.32    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.32    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.32    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.32    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M1       | M1       | 0.32    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 5 : 評価の確率分布 (F2 の吸音率 0.01~0.04)

| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | 確率分布 |    |    |   |   |   |   |
|----------|----------|---------|--------|------|----|----|---|---|---|---|
|          |          |         |        | 評価   |    |    |   |   |   |   |
|          |          |         |        | -3   | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| F2       | F2       | 0.01    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.01    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.01    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.01    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.01    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.01    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.02    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.02    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.02    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.02    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.02    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.02    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.04    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.04    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.04    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.04    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.04    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.04    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 6 : 評価の確率分布 (F2 の吸音率 0.08~0.32)

| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | 確率分布 |    |    |   |   |   |   |
|----------|----------|---------|--------|------|----|----|---|---|---|---|
|          |          |         |        | 評価   |    |    |   |   |   |   |
|          |          |         |        | -3   | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| F2       | F2       | 0.08    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.08    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.08    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.08    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.08    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.08    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.16    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.16    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.16    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.16    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.16    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.16    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.32    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.32    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.32    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.32    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.32    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F2       | F2       | 0.32    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 7 : 評価の確率分布 (M2 の吸音率 0.01~0.04)

| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | 確率分布 |    |    |   |   |   |   |
|----------|----------|---------|--------|------|----|----|---|---|---|---|
|          |          |         |        | 評価   |    |    |   |   |   |   |
|          |          |         |        | -3   | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| M2       | M2       | 0.01    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.01    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.01    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.01    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.01    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.01    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.02    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.02    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.02    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.02    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.02    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.02    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.04    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.04    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.04    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.04    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.04    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.04    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 8 : 評価の確率分布 (M2 の吸音率 0.08~0.32)

|          |          |         |        | 確率分布 |    |    |   |   |   |   |
|----------|----------|---------|--------|------|----|----|---|---|---|---|
|          |          |         |        | 評価   |    |    |   |   |   |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3   | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| M2       | M2       | 0.08    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.08    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.08    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.08    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.08    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.08    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.16    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.16    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.16    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.16    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.16    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.16    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.32    | 1.15   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.32    | 4.6    | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.32    | 18.4   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.32    | 73.6   | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.32    | 294.4  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M2       | M2       | 0.32    | 1177.6 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |

次に、表 9~16 に評価の累積確率分布を示す。

表 9 : 評価の累積確率分布(F1 の吸音率 0.01~0.04)

|          |          |         |        | 累積確率分布 |    |      |      |      |      |   |
|----------|----------|---------|--------|--------|----|------|------|------|------|---|
|          |          |         |        | カテゴリ   |    |      |      |      |      |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3     | -2 | -1   | 0    | 1    | 2    | 3 |
| F1       | F1       | 0.01    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.1  | 1 |
| F1       | F1       | 0.01    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.15 | 1 |
| F1       | F1       | 0.01    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.25 | 1 |
| F1       | F1       | 0.01    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.2  | 0.7  | 1 |
| F1       | F1       | 0.01    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.35 | 0.8  | 1 |
| F1       | F1       | 0.01    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.1  | 0.45 | 0.95 | 1 |
| F1       | F1       | 0.02    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.05 | 0.55 | 1 |
| F1       | F1       | 0.02    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.1  | 0.5  | 1 |
| F1       | F1       | 0.02    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.2  | 0.7  | 1 |
| F1       | F1       | 0.02    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.2  | 0.85 | 1 |
| F1       | F1       | 0.02    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.2  | 0.6  | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.02    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.3  | 0.85 | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.04    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.15 | 0.4  | 0.9  | 1 |
| F1       | F1       | 0.04    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.4  | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.04    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.55 | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.04    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.15 | 0.45 | 0.95 | 1 |
| F1       | F1       | 0.04    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.25 | 0.75 | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.04    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.05 | 0.4  | 0.9  | 1    | 1 |

表 10 : 評価の累積確率分布(F1 の吸音率 0.08~0.32)

|          |          |         |        | 累積確率分布 |    |      |      |      |      |   |
|----------|----------|---------|--------|--------|----|------|------|------|------|---|
|          |          |         |        | カテゴリ   |    |      |      |      |      |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3     | -2 | -1   | 0    | 1    | 2    | 3 |
| F1       | F1       | 0.08    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.8  | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.08    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.25 | 0.85 | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.08    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.25 | 0.85 | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.08    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.3  | 0.7  | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.08    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.5  | 0.9  | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.08    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.1  | 0.5  | 1    | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.16    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.15 | 0.85 | 0.95 | 1 |
| F1       | F1       | 0.16    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.4  | 0.95 | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.16    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.4  | 0.9  | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.16    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.3  | 0.9  | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.16    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.55 | 1    | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.16    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.65 | 0.9  | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.32    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.6  | 0.95 | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.32    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.85 | 1    | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.32    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.8  | 1    | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.32    | 73.6   | 0      | 0  | 0.05 | 0.9  | 1    | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.32    | 294.4  | 0      | 0  | 0.05 | 0.85 | 1    | 1    | 1 |
| F1       | F1       | 0.32    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.05 | 0.8  | 1    | 1    | 1 |



表 11 : 評価の累積確率分布(M1 の吸音率 0.01~0.04)

|          |          |         |        | 累積確率分布 |    |      |      |      |      |   |
|----------|----------|---------|--------|--------|----|------|------|------|------|---|
|          |          |         |        | カテゴリ   |    |      |      |      |      |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3     | -2 | -1   | 0    | 1    | 2    | 3 |
| M1       | M1       | 0.01    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.15 | 1 |
| M1       | M1       | 0.01    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.1  | 1 |
| M1       | M1       | 0.01    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.15 | 1 |
| M1       | M1       | 0.01    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.05 | 0.4  | 1 |
| M1       | M1       | 0.01    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.2  | 0.8  | 1 |
| M1       | M1       | 0.01    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.3  | 0.65 | 0.95 | 1 |
| M1       | M1       | 0.02    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.15 | 0.55 | 1 |
| M1       | M1       | 0.02    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.05 | 0.65 | 1 |
| M1       | M1       | 0.02    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.35 | 0.8  | 1 |
| M1       | M1       | 0.02    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.25 | 0.7  | 1 |
| M1       | M1       | 0.02    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.15 | 0.6  | 0.95 | 1 |
| M1       | M1       | 0.02    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.05 | 0.35 | 0.95 | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.04    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.3  | 0.95 | 1 |
| M1       | M1       | 0.04    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.55 | 0.95 | 1 |
| M1       | M1       | 0.04    | 18.4   | 0      | 0  | 0.05 | 0.1  | 0.4  | 0.8  | 1 |
| M1       | M1       | 0.04    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.15 | 0.55 | 0.95 | 1 |
| M1       | M1       | 0.04    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.35 | 0.75 | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.04    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.05 | 0.6  | 0.85 | 1    | 1 |

表 12：評価の累積確率分布(M1 の吸音率 0.08~0.32)

|          |          |         |        | 累積確率分布 |    |      |      |      |      |   |
|----------|----------|---------|--------|--------|----|------|------|------|------|---|
|          |          |         |        | カテゴリ   |    |      |      |      |      |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3     | -2 | -1   | 0    | 1    | 2    | 3 |
| M1       | M1       | 0.08    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.75 | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.08    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.15 | 0.6  | 0.95 | 1 |
| M1       | M1       | 0.08    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.25 | 0.8  | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.08    | 73.6   | 0      | 0  | 0.05 | 0.4  | 0.8  | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.08    | 294.4  | 0      | 0  | 0.1  | 0.5  | 0.95 | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.08    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.15 | 0.7  | 0.95 | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.16    | 1.15   | 0      | 0  | 0.05 | 0.4  | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.16    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.55 | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.16    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.35 | 0.95 | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.16    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.75 | 0.9  | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.16    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.7  | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.16    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.05 | 0.85 | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.32    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.65 | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.32    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.95 | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.32    | 18.4   | 0      | 0  | 0.05 | 0.85 | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.32    | 73.6   | 0      | 0  | 0.05 | 1    | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.32    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.85 | 1    | 1    | 1 |
| M1       | M1       | 0.32    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.85 | 1    | 1    | 1 |

表 13 : 評価の累積確率分布(F2 の吸音率 0.01~0.04)

|          |          |         |        | 累積確率分布 |    |      |      |      |      |   |
|----------|----------|---------|--------|--------|----|------|------|------|------|---|
|          |          |         |        | カテゴリ   |    |      |      |      |      |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3     | -2 | -1   | 0    | 1    | 2    | 3 |
| F2       | F2       | 0.01    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.05 | 0.15 | 1 |
| F2       | F2       | 0.01    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.1  | 0.1  | 1 |
| F2       | F2       | 0.01    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0    | 0.2  | 1 |
| F2       | F2       | 0.01    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.1  | 0.5  | 1 |
| F2       | F2       | 0.01    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.45 | 0.9  | 1 |
| F2       | F2       | 0.01    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.3  | 0.75 | 1    | 1 |
| F2       | F2       | 0.02    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.15 | 0.5  | 1 |
| F2       | F2       | 0.02    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.1  | 0.7  | 1 |
| F2       | F2       | 0.02    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0    | 0.15 | 0.6  | 1 |
| F2       | F2       | 0.02    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.35 | 0.85 | 1 |
| F2       | F2       | 0.02    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.2  | 0.6  | 1    | 1 |
| F2       | F2       | 0.02    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.3  | 0.9  | 0.95 | 1 |
| F2       | F2       | 0.04    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.45 | 0.95 | 1 |
| F2       | F2       | 0.04    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.25 | 0.8  | 1 |
| F2       | F2       | 0.04    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.5  | 1    | 1 |
| F2       | F2       | 0.04    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.2  | 0.8  | 0.95 | 1 |
| F2       | F2       | 0.04    | 294.4  | 0      | 0  | 0.05 | 0.35 | 0.8  | 1    | 1 |
| F2       | F2       | 0.04    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.4  | 0.95 | 1    | 1 |

表 14 : 評価の累積確率分布(F2 の吸音率 0.08~0.32)

|          |          |         |        | 累積確率分布 |    |      |      |      |   |   |
|----------|----------|---------|--------|--------|----|------|------|------|---|---|
|          |          |         |        | カテゴリ   |    |      |      |      |   |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3     | -2 | -1   | 0    | 1    | 2 | 3 |
| F2       | F2       | 0.08    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.05 | 0.65 | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.08    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.25 | 0.75 | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.08    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.25 | 0.8  | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.08    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.2  | 0.85 | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.08    | 294.4  | 0      | 0  | 0.1  | 0.6  | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.08    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.55 | 0.95 | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.16    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.2  | 0.95 | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.16    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.45 | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.16    | 18.4   | 0      | 0  | 0.05 | 0.65 | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.16    | 73.6   | 0      | 0  | 0.1  | 0.6  | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.16    | 294.4  | 0      | 0  | 0.05 | 0.6  | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.16    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.75 | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.32    | 1.15   | 0      | 0  | 0    | 0.55 | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.32    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.85 | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.32    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.9  | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.32    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 1    | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.32    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.85 | 1    | 1 | 1 |
| F2       | F2       | 0.32    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.9  | 1    | 1 | 1 |

表 15：評価の累積確率分布（M2 の吸音率 0.01~0.04）

|          |          |         |        | 累積確率分布 |    |     |      |      |      |   |
|----------|----------|---------|--------|--------|----|-----|------|------|------|---|
|          |          |         |        | カテゴリ   |    |     |      |      |      |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3     | -2 | -1  | 0    | 1    | 2    | 3 |
| M2       | M2       | 0.01    | 1.15   | 0      | 0  | 0   | 0    | 0    | 0    | 1 |
| M2       | M2       | 0.01    | 4.6    | 0      | 0  | 0   | 0    | 0    | 0    | 1 |
| M2       | M2       | 0.01    | 18.4   | 0      | 0  | 0   | 0    | 0    | 0.05 | 1 |
| M2       | M2       | 0.01    | 73.6   | 0      | 0  | 0   | 0    | 0.1  | 0.6  | 1 |
| M2       | M2       | 0.01    | 294.4  | 0      | 0  | 0   | 0    | 0.05 | 0.65 | 1 |
| M2       | M2       | 0.01    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.1 | 0.25 | 0.65 | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.02    | 1.15   | 0      | 0  | 0   | 0.05 | 0.05 | 0.65 | 1 |
| M2       | M2       | 0.02    | 4.6    | 0      | 0  | 0   | 0    | 0    | 0.65 | 1 |
| M2       | M2       | 0.02    | 18.4   | 0      | 0  | 0   | 0.05 | 0.2  | 0.85 | 1 |
| M2       | M2       | 0.02    | 73.6   | 0      | 0  | 0   | 0.05 | 0.2  | 0.9  | 1 |
| M2       | M2       | 0.02    | 294.4  | 0      | 0  | 0   | 0    | 0.6  | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.02    | 1177.6 | 0      | 0  | 0   | 0.25 | 0.85 | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.04    | 1.15   | 0      | 0  | 0   | 0    | 0.2  | 0.8  | 1 |
| M2       | M2       | 0.04    | 4.6    | 0      | 0  | 0   | 0.1  | 0.2  | 0.85 | 1 |
| M2       | M2       | 0.04    | 18.4   | 0      | 0  | 0   | 0.1  | 0.25 | 0.95 | 1 |
| M2       | M2       | 0.04    | 73.6   | 0      | 0  | 0   | 0    | 0.4  | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.04    | 294.4  | 0      | 0  | 0   | 0.25 | 0.75 | 0.95 | 1 |
| M2       | M2       | 0.04    | 1177.6 | 0      | 0  | 0   | 0.35 | 0.8  | 1    | 1 |

表 16 : 評価の累積確率分布 (M2 の吸音率 0.08~0.32)

|          |          |         |        | 累積確率分布 |    |      |      |      |      |   |
|----------|----------|---------|--------|--------|----|------|------|------|------|---|
|          |          |         |        | カテゴリ   |    |      |      |      |      |   |
| 音源<br>信号 | 音源<br>信号 | 吸音<br>率 | 室容積    | -3     | -2 | -1   | 0    | 1    | 2    | 3 |
| M2       | M2       | 0.08    | 1.15   | 0      | 0  | 0.1  | 0.1  | 0.75 | 0.95 | 1 |
| M2       | M2       | 0.08    | 4.6    | 0      | 0  | 0.05 | 0.15 | 0.9  | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.08    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.2  | 0.95 | 0.95 | 1 |
| M2       | M2       | 0.08    | 73.6   | 0      | 0  | 0.05 | 0.35 | 0.95 | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.08    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.2  | 0.85 | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.08    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.05 | 0.5  | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.16    | 1.15   | 0      | 0  | 0.05 | 0.15 | 0.95 | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.16    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.45 | 0.95 | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.16    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.3  | 0.95 | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.16    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.55 | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.16    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.75 | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.16    | 1177.6 | 0      | 0  | 0.1  | 0.65 | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.32    | 1.15   | 0      | 0  | 0.05 | 0.7  | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.32    | 4.6    | 0      | 0  | 0    | 0.95 | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.32    | 18.4   | 0      | 0  | 0    | 0.8  | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.32    | 73.6   | 0      | 0  | 0    | 0.85 | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.32    | 294.4  | 0      | 0  | 0    | 0.9  | 1    | 1    | 1 |
| M2       | M2       | 0.32    | 1177.6 | 0      | 0  | 0    | 0.85 | 1    | 1    | 1 |

## 4.2 %聴き取りにくさ

表 17~表 24 に“%聴き取りにくさ”を示す。“%聴き取りにくさ”は、基準音と比べ、比較音の方が聴き取りにくい（修正後の評価でいう、「1」「2」「3」、「2」「3」、もしくは「3」のみ）と評価された割合を“3.2.1 の割合”“3.2 の割合”“3 の割合”で示している。

例えば、表 17 の 1 番上の結果が示すことは、“F1(女声)音源の、吸音率 0.01、室容積 1.15 m<sup>3</sup>(0.5m×1m×2.3m)の空間条件における比較音の聴き取りにくさについて、「1」「2」「3」のいずれかの評価をした人の割合は 10 割、「2」「3」のいずれかの評価をした人の割合は 10 割、「3」の評価をした人の割合が 9 割であった”ということを示している。

表 17：%聴き取りにくさ(F1 の吸音率 0.01~0.04)

|      |      |      |        | %聴き取りにくさ  |         |       |
|------|------|------|--------|-----------|---------|-------|
|      |      |      |        | カテゴリ      |         |       |
| 音源信号 | 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 3,2,1 の割合 | 3,2 の割合 | 3 の割合 |
| F1   | F1   | 0.01 | 1.15   | 1         | 1       | 0.9   |
| F1   | F1   | 0.01 | 4.6    | 1         | 1       | 0.85  |
| F1   | F1   | 0.01 | 18.4   | 1         | 1       | 0.75  |
| F1   | F1   | 0.01 | 73.6   | 1         | 0.8     | 0.3   |
| F1   | F1   | 0.01 | 294.4  | 0.95      | 0.65    | 0.2   |
| F1   | F1   | 0.01 | 1177.6 | 0.9       | 0.55    | 0.05  |
| F1   | F1   | 0.02 | 1.15   | 0.95      | 0.95    | 0.45  |
| F1   | F1   | 0.02 | 4.6    | 1         | 0.9     | 0.5   |
| F1   | F1   | 0.02 | 18.4   | 1         | 0.8     | 0.3   |
| F1   | F1   | 0.02 | 73.6   | 0.95      | 0.8     | 0.15  |
| F1   | F1   | 0.02 | 294.4  | 0.8       | 0.4     | 0     |
| F1   | F1   | 0.02 | 1177.6 | 0.7       | 0.15    | 0     |
| F1   | F1   | 0.04 | 1.15   | 0.85      | 0.6     | 0.1   |
| F1   | F1   | 0.04 | 4.6    | 0.95      | 0.6     | 0     |
| F1   | F1   | 0.04 | 18.4   | 1         | 0.45    | 0     |
| F1   | F1   | 0.04 | 73.6   | 0.85      | 0.55    | 0.05  |
| F1   | F1   | 0.04 | 294.4  | 0.75      | 0.25    | 0     |
| F1   | F1   | 0.04 | 1177.6 | 0.6       | 0.1     | 0     |

表 18 : %聴き取りにくさ(F1 の吸音率 0.08~0.32)

|      |      |      |        | %聴き取りにくさ  |         |       |
|------|------|------|--------|-----------|---------|-------|
|      |      |      |        | カテゴリ      |         |       |
| 音源信号 | 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 3,2,1 の割合 | 3,2 の割合 | 3 の割合 |
| F1   | F1   | 0.08 | 1.15   | 1         | 0.2     | 0     |
| F1   | F1   | 0.08 | 4.6    | 0.75      | 0.15    | 0     |
| F1   | F1   | 0.08 | 18.4   | 0.75      | 0.15    | 0     |
| F1   | F1   | 0.08 | 73.6   | 0.7       | 0.3     | 0     |
| F1   | F1   | 0.08 | 294.4  | 0.5       | 0.1     | 0     |
| F1   | F1   | 0.08 | 1177.6 | 0.5       | 0       | 0     |
| F1   | F1   | 0.16 | 1.15   | 0.85      | 0.15    | 0.05  |
| F1   | F1   | 0.16 | 4.6    | 0.6       | 0.05    | 0     |
| F1   | F1   | 0.16 | 18.4   | 0.6       | 0.1     | 0     |
| F1   | F1   | 0.16 | 73.6   | 0.7       | 0.1     | 0     |
| F1   | F1   | 0.16 | 294.4  | 0.45      | 0       | 0     |
| F1   | F1   | 0.16 | 1177.6 | 0.35      | 0.1     | 0     |
| F1   | F1   | 0.32 | 1.15   | 0.4       | 0.05    | 0     |
| F1   | F1   | 0.32 | 4.6    | 0.15      | 0       | 0     |
| F1   | F1   | 0.32 | 18.4   | 0.2       | 0       | 0     |
| F1   | F1   | 0.32 | 73.6   | 0.1       | 0       | 0     |
| F1   | F1   | 0.32 | 294.4  | 0.15      | 0       | 0     |
| F1   | F1   | 0.32 | 1177.6 | 0.2       | 0       | 0     |



表 19 : %聴き取りにくさ(M1 の吸音率 0.01~0.04)

|      |      |      |        | %聴き取りにくさ  |         |       |
|------|------|------|--------|-----------|---------|-------|
|      |      |      |        | カテゴリ      |         |       |
| 音源信号 | 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 3,2,1 の割合 | 3,2 の割合 | 3 の割合 |
| M1   | M1   | 0.01 | 1.15   | 1         | 1       | 0.85  |
| M1   | M1   | 0.01 | 4.6    | 1         | 1       | 0.9   |
| M1   | M1   | 0.01 | 18.4   | 1         | 1       | 0.85  |
| M1   | M1   | 0.01 | 73.6   | 1         | 0.95    | 0.6   |
| M1   | M1   | 0.01 | 294.4  | 1         | 0.8     | 0.2   |
| M1   | M1   | 0.01 | 1177.6 | 0.7       | 0.35    | 0.05  |
| M1   | M1   | 0.02 | 1.15   | 1         | 0.85    | 0.45  |
| M1   | M1   | 0.02 | 4.6    | 1         | 0.95    | 0.35  |
| M1   | M1   | 0.02 | 18.4   | 1         | 0.65    | 0.2   |
| M1   | M1   | 0.02 | 73.6   | 1         | 0.75    | 0.3   |
| M1   | M1   | 0.02 | 294.4  | 0.85      | 0.4     | 0.05  |
| M1   | M1   | 0.02 | 1177.6 | 0.65      | 0.05    | 0     |
| M1   | M1   | 0.04 | 1.15   | 1         | 0.7     | 0.05  |
| M1   | M1   | 0.04 | 4.6    | 0.95      | 0.45    | 0.05  |
| M1   | M1   | 0.04 | 18.4   | 0.9       | 0.6     | 0.2   |
| M1   | M1   | 0.04 | 73.6   | 0.85      | 0.45    | 0.05  |
| M1   | M1   | 0.04 | 294.4  | 0.65      | 0.25    | 0     |
| M1   | M1   | 0.04 | 1177.6 | 0.4       | 0.15    | 0     |

表 20 : %聴き取りにくさ(M1 の吸音率 0.08~0.32)

|      |      |      |        | %聴き取りにくさ  |         |       |
|------|------|------|--------|-----------|---------|-------|
|      |      |      |        | カテゴリ      |         |       |
| 音源信号 | 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 3,2,1 の割合 | 3,2 の割合 | 3 の割合 |
| M1   | M1   | 0.08 | 1.15   | 0.95      | 0.25    | 0     |
| M1   | M1   | 0.08 | 4.6    | 0.85      | 0.4     | 0.05  |
| M1   | M1   | 0.08 | 18.4   | 0.75      | 0.2     | 0     |
| M1   | M1   | 0.08 | 73.6   | 0.6       | 0.2     | 0     |
| M1   | M1   | 0.08 | 294.4  | 0.5       | 0.05    | 0     |
| M1   | M1   | 0.08 | 1177.6 | 0.3       | 0.05    | 0     |
| M1   | M1   | 0.16 | 1.15   | 0.6       | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.16 | 4.6    | 0.45      | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.16 | 18.4   | 0.65      | 0.05    | 0     |
| M1   | M1   | 0.16 | 73.6   | 0.25      | 0.1     | 0     |
| M1   | M1   | 0.16 | 294.4  | 0.3       | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.16 | 1177.6 | 0.15      | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.32 | 1.15   | 0.35      | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.32 | 4.6    | 0.05      | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.32 | 18.4   | 0.15      | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.32 | 73.6   | 0         | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.32 | 294.4  | 0.15      | 0       | 0     |
| M1   | M1   | 0.32 | 1177.6 | 0.15      | 0       | 0     |

表 21 : %聴き取りにくさ(F2 の吸音率 0.01~0.04)

|      |      |      |        | %聴き取りにくさ  |         |       |
|------|------|------|--------|-----------|---------|-------|
|      |      |      |        | カテゴリ      |         |       |
| 音源信号 | 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 3,2,1 の割合 | 3,2 の割合 | 3 の割合 |
| F2   | F2   | 0.01 | 1.15   | 1         | 0.95    | 0.85  |
| F2   | F2   | 0.01 | 4.6    | 1         | 0.9     | 0.9   |
| F2   | F2   | 0.01 | 18.4   | 1         | 1       | 0.8   |
| F2   | F2   | 0.01 | 73.6   | 1         | 0.9     | 0.5   |
| F2   | F2   | 0.01 | 294.4  | 0.95      | 0.55    | 0.1   |
| F2   | F2   | 0.01 | 1177.6 | 0.7       | 0.25    | 0     |
| F2   | F2   | 0.02 | 1.15   | 1         | 0.85    | 0.5   |
| F2   | F2   | 0.02 | 4.6    | 1         | 0.9     | 0.3   |
| F2   | F2   | 0.02 | 18.4   | 1         | 0.85    | 0.4   |
| F2   | F2   | 0.02 | 73.6   | 0.95      | 0.65    | 0.15  |
| F2   | F2   | 0.02 | 294.4  | 0.8       | 0.4     | 0     |
| F2   | F2   | 0.02 | 1177.6 | 0.7       | 0.1     | 0.05  |
| F2   | F2   | 0.04 | 1.15   | 0.95      | 0.55    | 0.05  |
| F2   | F2   | 0.04 | 4.6    | 0.95      | 0.75    | 0.2   |
| F2   | F2   | 0.04 | 18.4   | 0.95      | 0.5     | 0     |
| F2   | F2   | 0.04 | 73.6   | 0.8       | 0.2     | 0.05  |
| F2   | F2   | 0.04 | 294.4  | 0.65      | 0.2     | 0     |
| F2   | F2   | 0.04 | 1177.6 | 0.6       | 0.05    | 0     |

表 22 : %聴き取りにくさ(F2 の吸音率 0.08~0.32)

|      |      |      |        | %聴き取りにくさ  |         |       |
|------|------|------|--------|-----------|---------|-------|
|      |      |      |        | カテゴリ      |         |       |
| 音源信号 | 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 3,2,1 の割合 | 3,2 の割合 | 3 の割合 |
| F2   | F2   | 0.08 | 1.15   | 0.95      | 0.35    | 0     |
| F2   | F2   | 0.08 | 4.6    | 0.75      | 0.25    | 0     |
| F2   | F2   | 0.08 | 18.4   | 0.75      | 0.2     | 0     |
| F2   | F2   | 0.08 | 73.6   | 0.8       | 0.15    | 0     |
| F2   | F2   | 0.08 | 294.4  | 0.4       | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.08 | 1177.6 | 0.45      | 0.05    | 0     |
| F2   | F2   | 0.16 | 1.15   | 0.8       | 0.05    | 0     |
| F2   | F2   | 0.16 | 4.6    | 0.55      | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.16 | 18.4   | 0.35      | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.16 | 73.6   | 0.4       | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.16 | 294.4  | 0.4       | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.16 | 1177.6 | 0.25      | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.32 | 1.15   | 0.45      | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.32 | 4.6    | 0.15      | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.32 | 18.4   | 0.1       | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.32 | 73.6   | 0         | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.32 | 294.4  | 0.15      | 0       | 0     |
| F2   | F2   | 0.32 | 1177.6 | 0.1       | 0       | 0     |

表 23 : %聴き取りにくさ(M2 の吸音率 0.01~0.04)

|      |      |      |        | %聴き取りにくさ  |         |       |
|------|------|------|--------|-----------|---------|-------|
|      |      |      |        | カテゴリ      |         |       |
| 音源信号 | 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 3,2,1 の割合 | 3,2 の割合 | 3 の割合 |
| M2   | M2   | 0.01 | 1.15   | 1         | 1       | 1     |
| M2   | M2   | 0.01 | 4.6    | 1         | 1       | 1     |
| M2   | M2   | 0.01 | 18.4   | 1         | 1       | 0.95  |
| M2   | M2   | 0.01 | 73.6   | 1         | 0.9     | 0.4   |
| M2   | M2   | 0.01 | 294.4  | 1         | 0.95    | 0.35  |
| M2   | M2   | 0.01 | 1177.6 | 0.75      | 0.35    | 0     |
| M2   | M2   | 0.02 | 1.15   | 0.95      | 0.95    | 0.35  |
| M2   | M2   | 0.02 | 4.6    | 1         | 1       | 0.35  |
| M2   | M2   | 0.02 | 18.4   | 0.95      | 0.8     | 0.15  |
| M2   | M2   | 0.02 | 73.6   | 0.95      | 0.8     | 0.1   |
| M2   | M2   | 0.02 | 294.4  | 1         | 0.4     | 0     |
| M2   | M2   | 0.02 | 1177.6 | 0.75      | 0.15    | 0     |
| M2   | M2   | 0.04 | 1.15   | 1         | 0.8     | 0.2   |
| M2   | M2   | 0.04 | 4.6    | 0.9       | 0.8     | 0.15  |
| M2   | M2   | 0.04 | 18.4   | 0.9       | 0.75    | 0.05  |
| M2   | M2   | 0.04 | 73.6   | 1         | 0.6     | 0     |
| M2   | M2   | 0.04 | 294.4  | 0.75      | 0.25    | 0.05  |
| M2   | M2   | 0.04 | 1177.6 | 0.65      | 0.2     | 0     |

表 24 : %聴き取りにくさ(M2 の吸音率 0.08~0.32)

|      |      |      |        | %聴き取りにくさ  |         |       |
|------|------|------|--------|-----------|---------|-------|
|      |      |      |        | カテゴリ      |         |       |
| 音源信号 | 音源信号 | 吸音率  | 室容積    | 3,2,1 の割合 | 3,2 の割合 | 3 の割合 |
| M2   | M2   | 0.08 | 1.15   | 0.9       | 0.25    | 0.05  |
| M2   | M2   | 0.08 | 4.6    | 0.85      | 0.1     | 0     |
| M2   | M2   | 0.08 | 18.4   | 0.8       | 0.05    | 0.05  |
| M2   | M2   | 0.08 | 73.6   | 0.65      | 0.05    | 0     |
| M2   | M2   | 0.08 | 294.4  | 0.8       | 0.15    | 0     |
| M2   | M2   | 0.08 | 1177.6 | 0.5       | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.16 | 1.15   | 0.85      | 0.05    | 0     |
| M2   | M2   | 0.16 | 4.6    | 0.55      | 0.05    | 0     |
| M2   | M2   | 0.16 | 18.4   | 0.7       | 0.05    | 0     |
| M2   | M2   | 0.16 | 73.6   | 0.45      | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.16 | 294.4  | 0.25      | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.16 | 1177.6 | 0.35      | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.32 | 1.15   | 0.3       | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.32 | 4.6    | 0.05      | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.32 | 18.4   | 0.2       | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.32 | 73.6   | 0.15      | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.32 | 294.4  | 0.1       | 0       | 0     |
| M2   | M2   | 0.32 | 1177.6 | 0.15      | 0       | 0     |

## 第5章 設計指針の提案と考察

### 5.1 分散分析

実験において、評価に用いた「やや」「かなり」「非常に」という語句、並びに“-3,-2,-1,0,1,2,3”という数字はあくまで記号であり、その評価間の距離に意味付けがされていないため、このままでは統計的な分析を行うことが出来ない。(聴き取りにくさの評価には、個人差があり、聴き取りにくさにどれほどの幅があれば、この数値にするという判断基準が異なるため。) そのため系列カテゴリー法を用いて、“-3,-2,-1,0,1,2,3”の評価を距離尺度(Z値)に変換する。

以下、系列カテゴリー法によるZ値への変換方法について説明する。

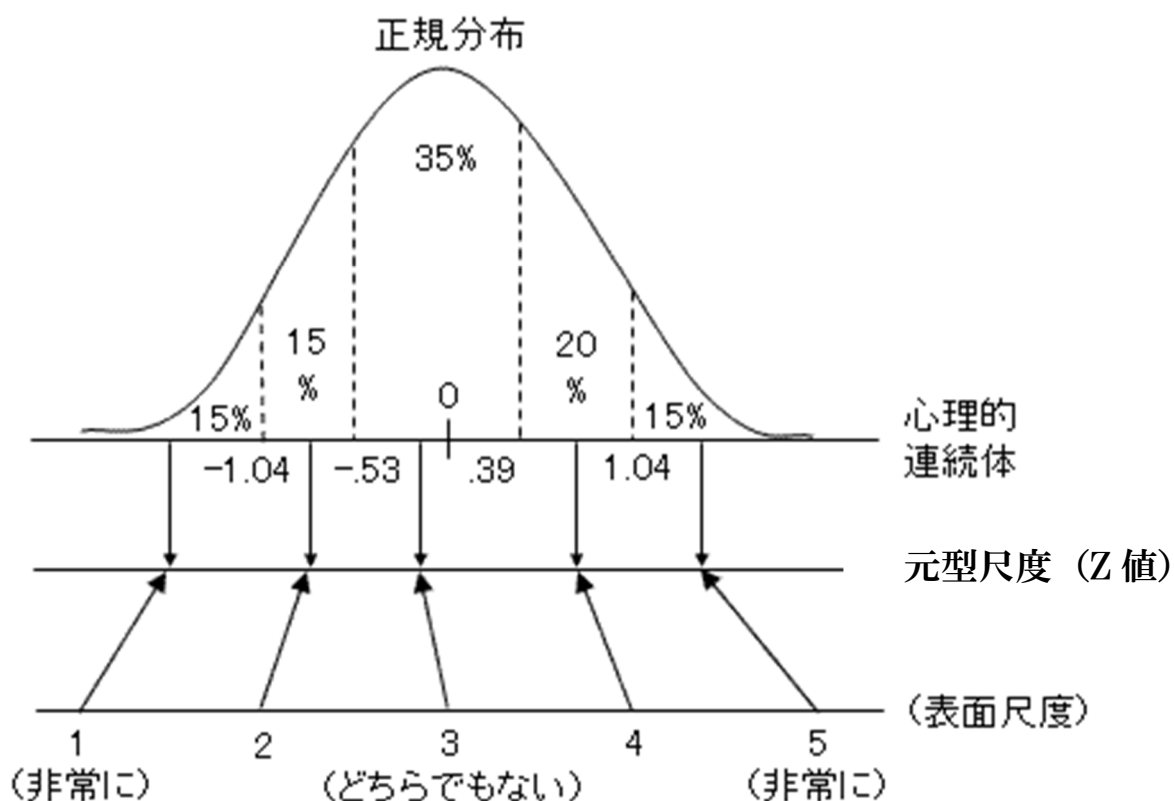


図3：表面尺度とZ値及び正規分布の関係

図3において、確率分布15%や35%と書いてあり曲線と点線で囲まれた領域を“カテゴリー”と呼び、Z値は“平均からそれぞれのカテゴリー中心までの距離”である。Z=0とは、評価されたカテゴリー全体の確率分布の平均であることを示す。

次に、Z 値の算出方法を、〔2〕 から引用した、図 4 を用いて説明する。

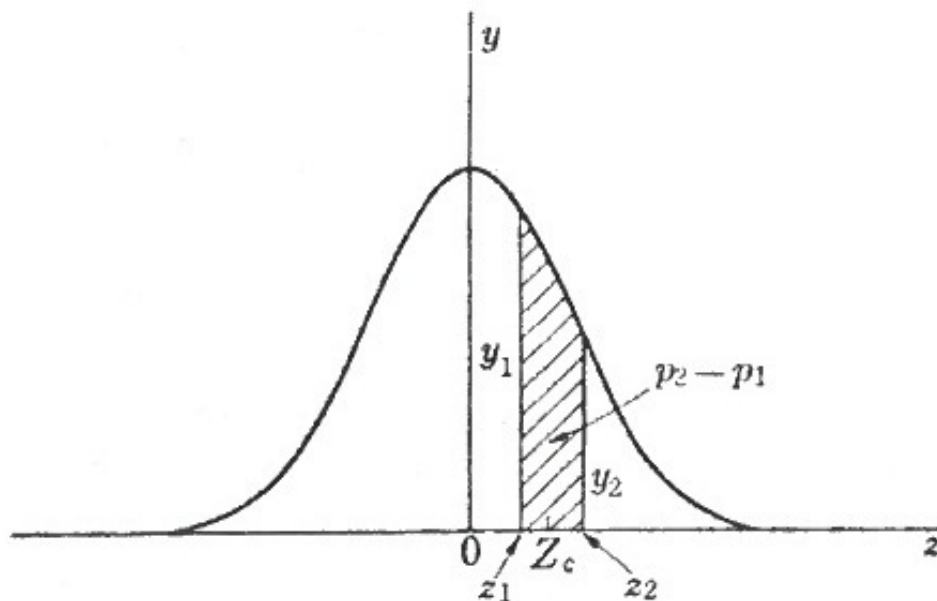


図 4：標準正規分布とカテゴリーの対応

図 4 における、 $Z_c$  が求めたい Z 値であり、 $y$  や  $p$  は以下の意味を持つ。

$y_1$ ：カテゴリー下限の縦座標

$y_2$ ：カテゴリー上限の縦座標

$p_1$ ：カテゴリー下限より下と判断された比率 ( $z_1$  より左側で曲線に囲まれた部分の面積)

$p_2$ ：カテゴリー上限より下と判断された比率 ( $z_2$  より左側で曲線に囲まれた部分の面積)

これらをもとに、次式より Z 値を算出することが出来る。

$$Z = (y_1 - y_2) / (p_2 - p_1)$$

この式を用いて、それぞれの評価の Z 値を算出した結果を表 25 に示す。

表 25：系列カテゴリー法により算出された Z 値

|     |           |           |          |   |          |          |          |
|-----|-----------|-----------|----------|---|----------|----------|----------|
| 評価  | -3        | -2        | -1       | 0 | 1        | 2        | 3        |
| Z 値 | $-\infty$ | $-\infty$ | -0.97091 | 0 | 1.081831 | 1.667545 | 2.243147 |



評価の Z 値が $-\infty$ となっているのは、修正後の実験結果に -3 と-2 の結果がなかったためである。図 5 は Z 値（縦軸）と評価（横軸）の関係を図示したものである。

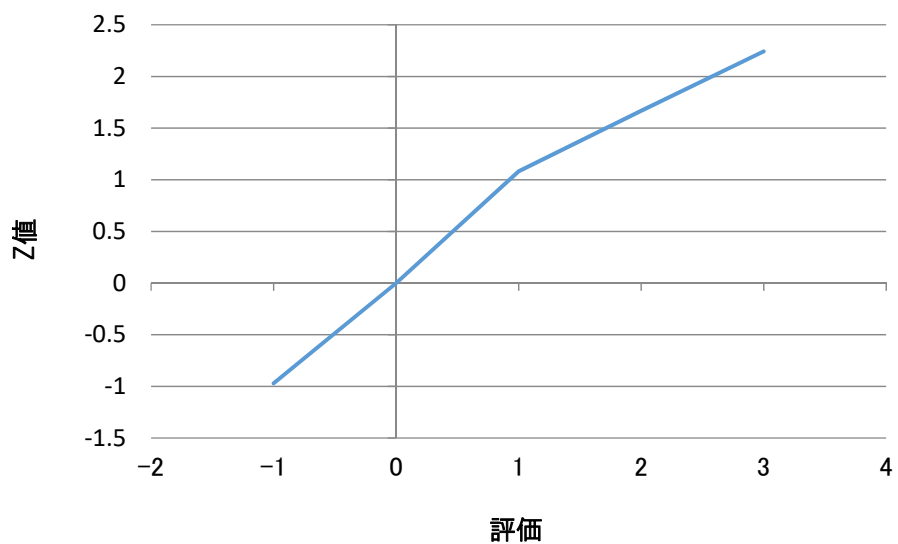


図 5 : Z 値と評価表の数値の関係性

系列カテゴリー法で算出した Z 値をもとに、分散分析を行う。3 元とは、“音源信号”“吸音率”“室容積”の 3 要素であり、分散分析を行うことで、この 3 要素のどれが聴き取りにくさの差に、起因するのかを明らかにする。3 元配置分散分析の結果を表 26 に記す。

表 26 : 3 元配置分散分析の結果

| 分散分析表            |            |      |         |         |        | ** : 1%有意<br>* : 5%有意 |
|------------------|------------|------|---------|---------|--------|-----------------------|
| 因子               | TypeIII平方和 | 自由度  | 平均平方    | F 値     | P 値    | 判定                    |
| 音源信号             | 3.4996     | 3    | 1.1665  | 4.3136  | 0.0048 | **                    |
| 吸音率              | 916.0362   | 5    | 183.207 | 677.464 | 0.0000 | **                    |
| 室容積              | 191.9632   | 5    | 38.3926 | 141.968 | 0.0000 | **                    |
| 音源信号 * 吸音率       | 5.7469     | 15   | 0.3831  | 1.4167  | 0.1300 |                       |
| 音源信号 * 室容積       | 4.0280     | 15   | 0.2685  | 0.9930  | 0.4594 |                       |
| 吸音率 * 室容積        | 55.0839    | 25   | 2.2034  | 8.1476  | 0.0000 | **                    |
| 音源信号 * 吸音率 * 室容積 | 20.2322    | 75   | 0.2698  | 0.9975  | 0.4851 |                       |
| 誤差               | 739.8990   | 2736 | 0.2704  |         |        |                       |
| 全体               | 1936.4889  | 2879 |         |         |        |                       |

表 26 の判定の欄に\*又は\*\*が付いている因子は、その因子が変化した場合、聴き取りにくさの評価の平均値に有意な差があった事を示す。従って、“音源信号”“吸音率”“室容積”の 3 要素にそれぞれ有意な差があると判定された。また、“吸音率と室容積”の判定の欄に\*\*がついているので、この 2 つの要素の間にも、交互作用があることを示す。交互作用があるということは、“室容積が小さい部屋”と“室容積が大きい部屋”において、吸音率が、ある一定値上がった際の、聴き取りにくさの変化の幅に、違いがみられることを示している。

次に、例えば音源信号ならどの組み合わせ（F1 と M1 など）において有意な差がみられたのかをより詳細に判別するため、3 元配置分散分析の多重比較検定を行った。その結果を表 27 に示す。

表 27 : 3 元配置多重比較検定の結果（音源信号）

| 多重比較検定 |      |       |      |      |        |        |        |        |        |        | ** : 1%<br>有意<br>* : 5%<br>有意 |
|--------|------|-------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|
| 因子     | 目的変数 | 手法    | 水準 1 | 水準 2 | 平均 1   | 平均 2   | 差      | 標準誤差   | 統計量    | P 値    | 判定                            |
| 音源信号   | 回答   | Tukey | F1   | M1   | 1.0350 | 0.9671 | 0.0679 | 0.0274 | 2.4790 | 0.0632 |                               |
|        |      |       | F1   | F2   | 1.0350 | 0.9720 | 0.0630 | 0.0274 | 2.2986 | 0.0983 |                               |
|        |      |       | F1   | M2   | 1.0350 | 1.0429 | 0.0079 | 0.0274 | 0.2872 | 0.9918 |                               |
|        |      |       | M1   | F2   | 0.9671 | 0.9720 | 0.0049 | 0.0274 | 0.1804 | 0.9979 |                               |
|        |      |       | M1   | M2   | 0.9671 | 1.0429 | 0.0758 | 0.0274 | 2.7661 | 0.0290 | *                             |
|        |      |       | F2   | M2   | 0.9720 | 1.0429 | 0.0709 | 0.0274 | 2.5857 | 0.0478 | *                             |

表 28 : 3 元配置多重比較検定の結果 (吸音率)

| 多重比較検<br>定  |          |       |         |         |         |         |        |          |         |        | ** : 1%<br>有意<br>* : 5%<br>有意 |
|-------------|----------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|----------|---------|--------|-------------------------------|
| 因<br>子      | 目的<br>変数 | 手法    | 水準<br>1 | 水準<br>2 | 平均<br>1 | 平均<br>2 | 差      | 標準<br>誤差 | 統計<br>量 | P<br>値 | 判 定                           |
| 吸<br>音<br>率 | 回答       | Tukey | 0.01    | 0.02    | 1.8351  | 1.4880  | 0.3471 | 0.0336   | 10.3396 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.01    | 0.04    | 1.8351  | 1.1802  | 0.6548 | 0.0336   | 19.5081 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.01    | 0.08    | 1.8351  | 0.8174  | 1.0177 | 0.0336   | 30.3180 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.01    | 0.16    | 1.8351  | 0.5379  | 1.2972 | 0.0336   | 38.6435 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.01    | 0.32    | 1.8351  | 0.1671  | 1.6679 | 0.0336   | 49.6885 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.02    | 0.04    | 1.4880  | 1.1802  | 0.3078 | 0.0336   | 9.1685  | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.02    | 0.08    | 1.4880  | 0.8174  | 0.6706 | 0.0336   | 19.9784 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.02    | 0.16    | 1.4880  | 0.5379  | 0.9501 | 0.0336   | 28.3039 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.02    | 0.32    | 1.4880  | 0.1671  | 1.3209 | 0.0336   | 39.3489 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.04    | 0.08    | 1.1802  | 0.8174  | 0.3629 | 0.0336   | 10.8098 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.04    | 0.16    | 1.1802  | 0.5379  | 0.6423 | 0.0336   | 19.1354 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.04    | 0.32    | 1.1802  | 0.1671  | 1.0131 | 0.0336   | 30.1804 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.08    | 0.16    | 0.8174  | 0.5379  | 0.2795 | 0.0336   | 8.3255  | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.08    | 0.32    | 0.8174  | 0.1671  | 0.6502 | 0.0336   | 19.3706 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 0.16    | 0.32    | 0.5379  | 0.1671  | 0.3708 | 0.0336   | 11.0450 | 0.0000 | **                            |

表 29 : 3 元配置多重比較検定の結果 (室容積)

| 多重比較検<br>定  |          |       |         |         |         |         |        |          |         |        | ** : 1%<br>有意<br>* : 5%<br>有意 |
|-------------|----------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|----------|---------|--------|-------------------------------|
| 因<br>子      | 目的<br>変数 | 手法    | 水準<br>1 | 水準<br>2 | 平均<br>1 | 平均<br>2 | 差      | 標準<br>誤差 | 統計<br>量 | P<br>値 | 判 定                           |
| 室<br>容<br>積 | 回答       | Tukey | 1.15    | 4.6     | 1.3181  | 1.1957  | 0.1224 | 0.0336   | 3.6471  | 0.0036 | **                            |
|             |          |       | 1.15    | 18.4    | 1.3181  | 1.1534  | 0.1647 | 0.0336   | 4.9054  | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 1.15    | 73.6    | 1.3181  | 1.0051  | 0.3130 | 0.0336   | 9.3230  | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 1.15    | 294.4   | 1.3181  | 0.7948  | 0.5233 | 0.0336   | 15.5904 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 1.15    | 1177.6  | 1.3181  | 0.5586  | 0.7595 | 0.0336   | 22.6270 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 4.6     | 18.4    | 1.1957  | 1.1534  | 0.0422 | 0.0336   | 1.2584  | 0.8076 |                               |
|             |          |       | 4.6     | 73.6    | 1.1957  | 1.0051  | 0.1905 | 0.0336   | 5.6759  | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 4.6     | 294.4   | 1.1957  | 0.7948  | 0.4009 | 0.0336   | 11.9433 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 4.6     | 1177.6  | 1.1957  | 0.5586  | 0.6371 | 0.0336   | 18.9799 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 18.4    | 73.6    | 1.1534  | 1.0051  | 0.1483 | 0.0336   | 4.4175  | 0.0001 | **                            |
|             |          |       | 18.4    | 294.4   | 1.1534  | 0.7948  | 0.3587 | 0.0336   | 10.6849 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 18.4    | 1177.6  | 1.1534  | 0.5586  | 0.5949 | 0.0336   | 17.7215 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 73.6    | 294.4   | 1.0051  | 0.7948  | 0.2104 | 0.0336   | 6.2674  | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 73.6    | 1177.6  | 1.0051  | 0.5586  | 0.4466 | 0.0336   | 13.3040 | 0.0000 | **                            |
|             |          |       | 294.4   | 1177.6  | 0.7948  | 0.5586  | 0.2362 | 0.0336   | 7.0366  | 0.0000 | **                            |

3 元配置多重比較検定の結果、“音源信号”の組み合わせにおいて、6 パターン中 4 パターンで“有意な差がない”と判定され、残りの 2 パターンの有意判定も、その他の条件（吸音率・室容積）の有意判定に比べ、有意水準の大きい判定（5%、その他は 1%）となっていたため、“音源信号”については、さらに効果量 [3] を算出した。

その結果を表 30 に示す。

表 30 : 効果量算出結果

|                   | $\omega^2$ | 効果量の目安    |
|-------------------|------------|-----------|
| 音源信号（主効果）の効果量     | .001       | 効果量ほとんどなし |
| 吸音率（主効果）の効果量      | .472       | 効果量大      |
| 室容積（主効果）の効果量      | .098       | 効果量中      |
| 吸音率×室容積（交互作用）の効果量 | .0250      | 効果量小      |

表 30 において、音源信号の効果量は“ほとんどなし”と判定されており、“音源信号が聴き取りにくさの判断に与える影響は、吸音率・室容積に比べ十分に少ない”と判断した。

効果量の判定により、音源信号は、吸音率や室容積に比べ、聴き取りにくさに対する影響が少ないと判断したため、分散分析の因子からはずし、改めて“吸音率”“室容積”の2つの因子で、2元配置の分散分析と多重比較検定を行った。その結果を表31と表32,表33に示す。

表 31 : 2 元配置分散分析の結果

| 分散分析表     |           |      |          |          |        | ** : 1%有意<br>* : 5%有意 |
|-----------|-----------|------|----------|----------|--------|-----------------------|
| 因子        | TypeⅢ平方和  | 自由度  | 平均平方     | F 値      | P 値    | 判定                    |
| 吸音率       | 916.0362  | 5    | 183.2072 | 673.6974 | 0.0000 | **                    |
| 室容積       | 191.9632  | 5    | 38.3926  | 141.1790 | 0.0000 | **                    |
| 吸音率 * 室容積 | 55.0839   | 25   | 2.2034   | 8.1023   | 0.0000 | **                    |
| 誤差        | 773.4057  | 2844 | 0.2719   |          |        |                       |
| 全体        | 1936.4889 | 2879 |          |          |        |                       |

表 32 : 2 元配置多重比較検定の結果 (吸音率)

| 多重比較<br>検定 |          |       |             |             |         |         |        |          |         |        | ** : 1%<br>有意<br>* : 5%有<br>意 |
|------------|----------|-------|-------------|-------------|---------|---------|--------|----------|---------|--------|-------------------------------|
| 因 子        | 目的<br>変数 | 手法    | 水<br>準<br>1 | 水<br>準<br>2 | 平均<br>1 | 平均<br>2 | 差      | 標準<br>誤差 | 統計<br>量 | P<br>値 | 判 定                           |
| 吸音率        | 回答       | Tukey | 0.01        | 0.02        | 1.8351  | 1.4880  | 0.3471 | 0.0337   | 10.3108 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.01        | 0.04        | 1.8351  | 1.1802  | 0.6548 | 0.0337   | 19.4538 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.01        | 0.08        | 1.8351  | 0.8174  | 1.0177 | 0.0337   | 30.2336 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.01        | 0.16        | 1.8351  | 0.5379  | 1.2972 | 0.0337   | 38.5359 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.01        | 0.32        | 1.8351  | 0.1671  | 1.6679 | 0.0337   | 49.5502 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.02        | 0.04        | 1.4880  | 1.1802  | 0.3078 | 0.0337   | 9.1430  | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.02        | 0.08        | 1.4880  | 0.8174  | 0.6706 | 0.0337   | 19.9227 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.02        | 0.16        | 1.4880  | 0.5379  | 0.9501 | 0.0337   | 28.2251 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.02        | 0.32        | 1.4880  | 0.1671  | 1.3209 | 0.0337   | 39.2394 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.04        | 0.08        | 1.1802  | 0.8174  | 0.3629 | 0.0337   | 10.7797 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.04        | 0.16        | 1.1802  | 0.5379  | 0.6423 | 0.0337   | 19.0821 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.04        | 0.32        | 1.1802  | 0.1671  | 1.0131 | 0.0337   | 30.0964 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.08        | 0.16        | 0.8174  | 0.5379  | 0.2795 | 0.0337   | 8.3023  | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.08        | 0.32        | 0.8174  | 0.1671  | 0.6502 | 0.0337   | 19.3166 | 0.0000 | **                            |
|            |          |       | 0.16        | 0.32        | 0.5379  | 0.1671  | 0.3708 | 0.0337   | 11.0143 | 0.0000 | **                            |



表 33 : 2 元配置多重比較検定の結果 (室容積)

| 多重比較検定 |      |       |       |        |        |        |        |        |         |        | ** : 1%<br>有意<br>* : 5%<br>有意 |
|--------|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|-------------------------------|
| 因子     | 目的変数 | 手法    | 水準 1  | 水準 2   | 平均 1   | 平均 2   | 差      | 標準誤差   | 統計量     | P 値    | 判定                            |
| 室容積    | 回答   | Tukey | 1.15  | 4.6    | 1.3181 | 1.1957 | 0.1224 | 0.0337 | 3.6369  | 0.0038 | **                            |
|        |      |       | 1.15  | 18.4   | 1.3181 | 1.1534 | 0.1647 | 0.0337 | 4.8918  | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 1.15  | 73.6   | 1.3181 | 1.0051 | 0.3130 | 0.0337 | 9.2970  | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 1.15  | 294.4  | 1.3181 | 0.7948 | 0.5233 | 0.0337 | 15.5470 | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 1.15  | 1177.6 | 1.3181 | 0.5586 | 0.7595 | 0.0337 | 22.5640 | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 4.6   | 18.4   | 1.1957 | 1.1534 | 0.0422 | 0.0337 | 1.2549  | 0.8095 |                               |
|        |      |       | 4.6   | 73.6   | 1.1957 | 1.0051 | 0.1905 | 0.0337 | 5.6601  | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 4.6   | 294.4  | 1.1957 | 0.7948 | 0.4009 | 0.0337 | 11.9100 | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 4.6   | 1177.6 | 1.1957 | 0.5586 | 0.6371 | 0.0337 | 18.9271 | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 18.4  | 73.6   | 1.1534 | 1.0051 | 0.1483 | 0.0337 | 4.4052  | 0.0002 | **                            |
|        |      |       | 18.4  | 294.4  | 1.1534 | 0.7948 | 0.3587 | 0.0337 | 10.6552 | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 18.4  | 1177.6 | 1.1534 | 0.5586 | 0.5949 | 0.0337 | 17.6722 | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 73.6  | 294.4  | 1.0051 | 0.7948 | 0.2104 | 0.0337 | 6.2499  | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 73.6  | 1177.6 | 1.0051 | 0.5586 | 0.4466 | 0.0337 | 13.2670 | 0.0000 | **                            |
|        |      |       | 294.4 | 1177.6 | 0.7948 | 0.5586 | 0.2362 | 0.0337 | 7.0170  | 0.0000 | **                            |

表 31 と表 32 と表 33 から、“吸音率” “室容積” “吸音率と室容積” には、評価の平均値に有意な差があると判断できる。

一方、音源信号の影響が少ないことから、空間の音響物理指標と評価平均値との対応を検討するため、各空間条件のインパルス応答を因子として1元配置分散分析を行った。その結果を表34に示す。

表 34 : 1 元配置分散分析の結果

| 分散分析表   |           |      |         |          |        | ** : 1%有意<br>* : 5%有意 |
|---------|-----------|------|---------|----------|--------|-----------------------|
| 因子      | TypeⅢ平方和  | 自由度  | 平均平方    | F 値      | P 値    | 判定                    |
| インパルス応答 | 1163.0832 | 35   | 33.2309 | 122.1982 | 0.0000 | **                    |
| 誤差      | 773.4057  | 2844 | 0.2719  |          |        |                       |
| 全体      | 1936.4889 | 2879 |         |          |        |                       |

表 34 の結果から、“インパルス応答” に関しても、評価の平均値に有意な差があると判断出来る。

## 5.2 設計指針の提案

分散分析結果から得られた各条件の平均 Z 値と様々な物理指標に関して、回帰分析を行い、95%予測区間を算出する。95%予測区間とは、将来測定されるであろう標本値（サンプル）が、95%の確率でその範囲に入る区間である。

本研究では物理指標として、“STIrM” “Ts(A)” “RT(A)” “D50(A)” の 4 つを対象とし、95%予測区間を算出した。その結果を図 6～図 9 に示す。

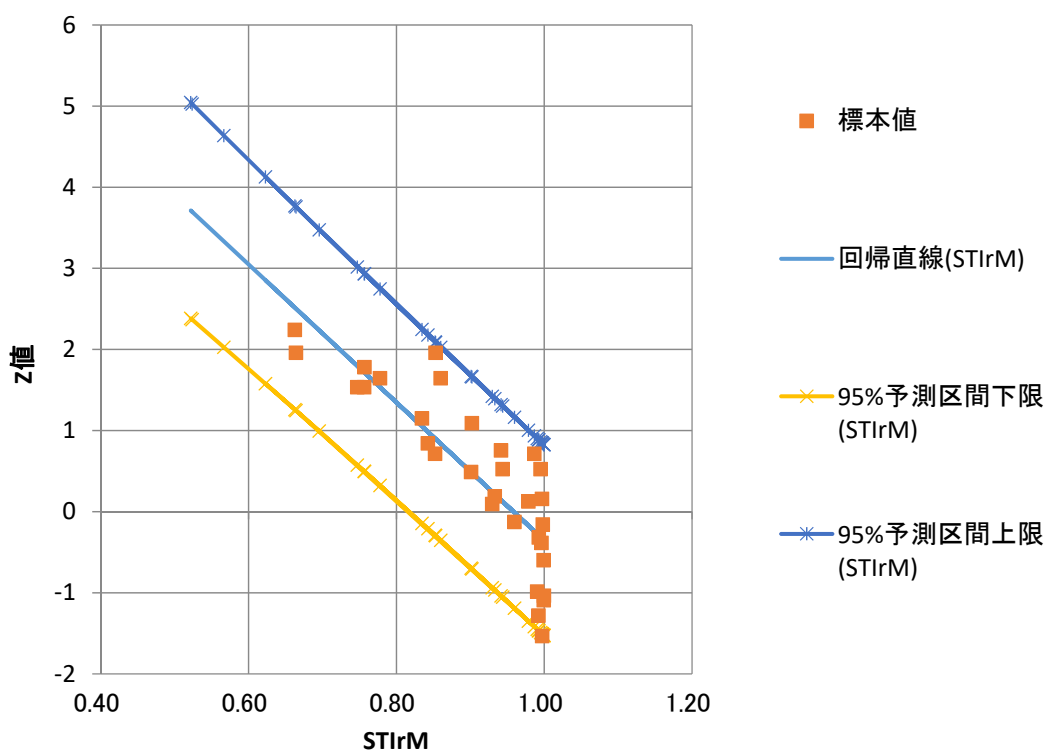


図 6 : 95%予測区間 (STIrM)

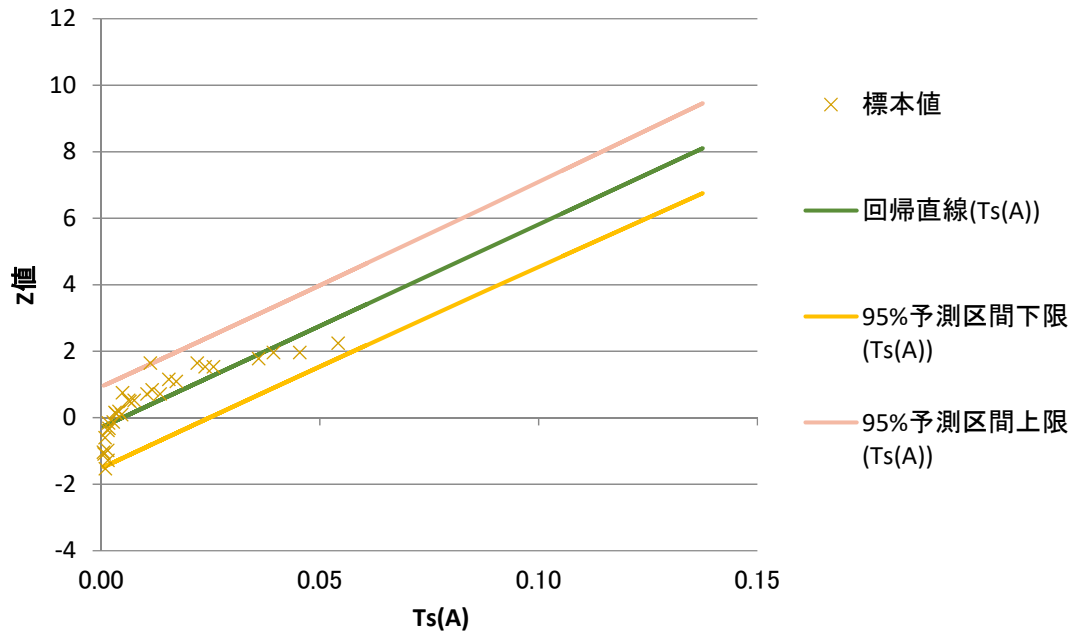


図 7 : 95%予測区間 ( $Ts(A)$ )

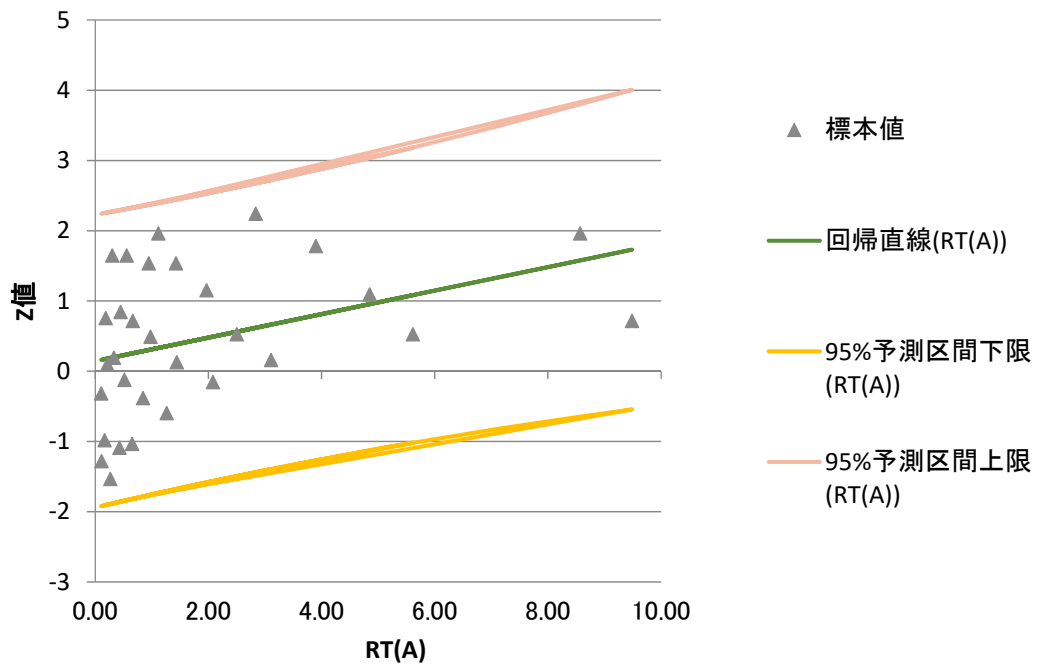


図 8 : 95%予測区間 ( $RT(A)$ )

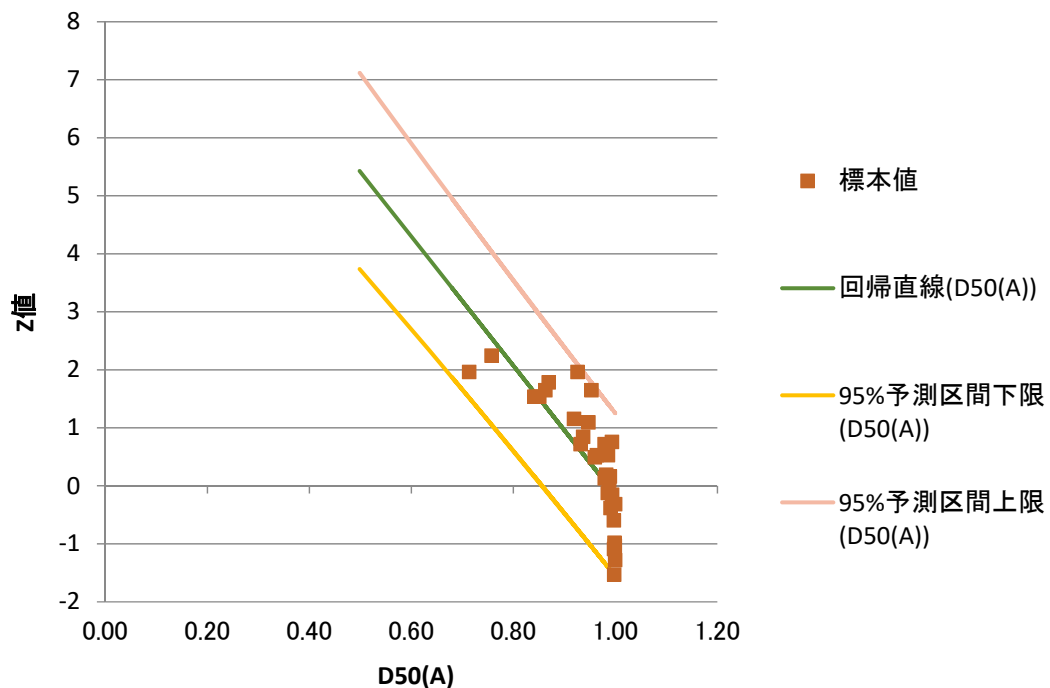


図 9 : 95%予測区間 (D50(A))

図 6～図 9 の Z 値の 95%予測区間幅は、それぞれおよそ “2.5,2.5,4,3.5”であるが、本研究において算出した HSD（累積確率分布で 5%を下回るもの及び、95%を超えたものについては分析対象から削除して算出する）は、24.13%で、Z 値にしておよそ 0.2412 であり、これが弁別限である。図 6～図 9 の予測区間幅はこれを大きく超える結果となっているため、いずれの物理指標でも予測精度の高い指標にはなり得ないと言える。

予測精度の高い 95%予測区間結果が得られなかった原因のひとつに“吸音率と室容積の間に交互作用がある”ことがあげられる。

よって本研究では、暫定的な指針として“吸音率・室容積・%聴き取りにくさ”による設計チャートを提案する。

%聴き取りにくさを目的変数、吸音率と室容積を説明変数とし、重回帰分析を行った。結果を表 36 に示す。

表 36 : 重回帰分析結果

| 結果                       |         |                  |                     |              |           |        |    |
|--------------------------|---------|------------------|---------------------|--------------|-----------|--------|----|
| 回帰式の精度                   |         |                  |                     |              |           |        |    |
| 重相関係数                    |         | 決定係数             |                     |              |           |        |    |
| R                        | 修正 R    | R <sup>2</sup> 乗 | 修正 R <sup>2</sup> 乗 | ダービンワトソン比    | AIC       |        |    |
| 0.9519                   | 0.9489  | 0.9062           | 0.9005              | 1.5326       | -164.6919 |        |    |
| 回帰式に含まれる変数 (偏回帰係数・信頼区間等) |         |                  |                     |              |           |        |    |
|                          |         |                  |                     | 偏回帰係数の有意性の検定 |           |        |    |
| 変数                       | 偏回帰係数   | 標準誤差             | 標準偏回帰係数             | F 値          | t 値       | P 値    | 判定 |
| 吸音率                      | -2.5195 | 0.1502           | -0.8946             | 281.4834     | -16.7775  | 0.0000 | ** |
| 室容積                      | -0.0002 | 0.0000           | -0.3252             | 37.2001      | -6.0992   | 0.0000 | ** |
| 定数項                      | 1.0017  | 0.0248           |                     | 1632.4609    | 40.4037   | 0.0000 | ** |

重回帰分析の数式： $y = a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + b$

ここで、 $y$ ：%聴き取りにくさ (目的変数)

$a_1$ ：吸音率 (変数：0.01~0.32(倍率は $2^{1/6}$ ))

$x_1$ ：吸音率の偏回帰係数 (-2.5195)

$a_2$ ：室容積 (変数：1.15 m<sup>3</sup>~1177.6 m<sup>3</sup>(倍率は $2^{1/6}$ ))

$x_2$ ：室容積の偏回帰係数 (-0.0002)

$b$ ：定数項 (1.0017)

表 36 より、決定係数は 0.9062 であり、回帰精度は比較的高いと言える。

重回帰分析結果から作成した設計チャートを図 10 に示す。

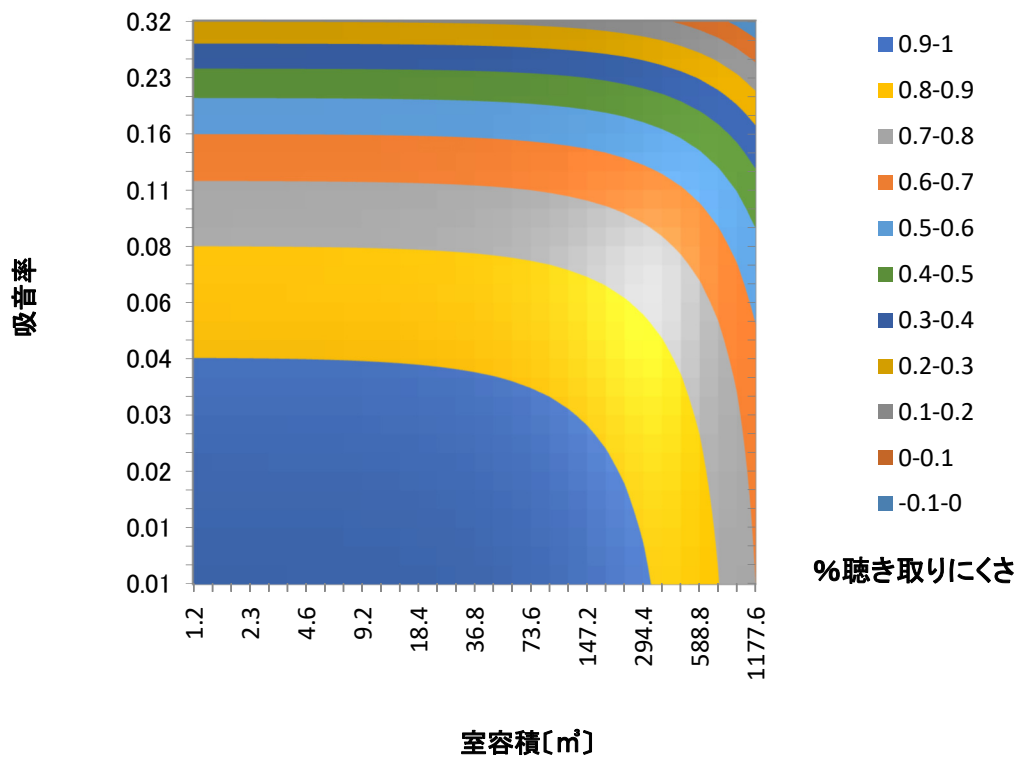


図 10 : 設計チャート

## 第6章 おわりに

### 6.1 まとめ

本研究では音源信号・吸音率・室容積で場合分けされた音声による聴き取りにくさを評価する聴感実験を行い、それぞれの空間条件に対応する聴き取りにくさを算出した。今後“携帯電話ブース”を設計する際に利用できる、評価指標を提案することを目標とし、さまざまな分析を行ってきたが、95%予測区間に関しては、信頼性の高い結果が出なかったため、暫定的な指針として“吸音率・室容積・%聴き取りにくさ”による設計チャートを提案した。



## 6.2 今後の課題

本研究では、%聴き取りにくさといくつかの物理指標を用いて 95%予測区間を算出したが、予測精度の高い結果を得ることが出来なかった。その原因として、携帯電話の音声処理が考えられる。音声処理の中には線形予測分析が含まれており、その時間窓はおよそ 10~20ms なのに対して、狭小空間では最初のパワの大きい反射音がおおよそ 5ms で観測されており、線形予測分析に大きな影響を与えていると思われる。よって今後は、携帯電話の音声処理と同等な処理が出来る簡易なプログラムを作成し、それを使用して作成した刺激を用いて分析や予測を行う必要がある。

## 参考文献

- [1] 矢入幹記,「狭小空間の音響設計に向けて～携帯電話ブースによる聴き取りにくさ～」,日本音響学会建築音響研究委員会, 建築音響研究会資料 資料番号 AA2013-19, 2013年5月30日
- [2] 西村武,「テレビジョン」31巻5号,1977年,p369~p377,「主観評価の理論と実際」
- [3] 水本篤,竹内理,「研究論文における効果量の報告のために～基礎的概念と注意点～」,関西英語教育学会紀要「英語教育研究」第31号,2008年3月21日

## 謝辞

研究を進めるにあたり、お忙しい中数々のご指導ご鞭撻を頂いた豊田政弘先生には厚く御礼申し上げます。また、ご議論を通して多くの知識や示唆を頂いた鹿島技術研究所の矢入幹記さんに感謝いたします。最後に、ご協力いただいた建築環境工学第一研究室の先輩や同期の皆様にも大変お世話になりました。心より御礼申し上げます。