

# 室内吸音効果の感覚的理解を促す可聴化データベースの開発

03200097 松永 響

## 1. 研究の背景・目的

吸音対策は室内音響設計において遮音と並ぶ最も代表的な要素の一つである。吸音対策が不十分な場合、部屋の残響が大きくなる。このことは、部屋内での音声伝送性能を著しく落とし、部屋の喧騒感を強くし部屋の快適性を著しく下げたりする。

一方で、室内音響におけるパラメータは数が多い。具体的には、部屋の寸法・音源・受音点位置・周波数ごとの吸音率などである。影響する要因が複雑に関係しているため吸音効果の聴感への影響は予測しづらい。これを克服するため、詳細なシミュレーション方法も、模型実験、数値解析とあり専門家はこれらを使い音響設計をするが、一般人への室内音響設計の理解には至らない。

また一方で、専門家が非専門家に向けたものもあるが、そのどれもが数値や、文章を使っての表現であり、音響の非専門家にはそれを読み解くバックグラウンドがないため、わからないことが多い。

本研究の目的は室内音響における吸音効果の理解を促すため、可聴化した音声を主とし、それに付随した音響パラメータ・物理指標を格納したデータベースの構造・そして実際に小規模なデータセットを作成、その利用方法を検討し、非専門家の吸音に関する理解を深める研究とする。

## 2. 可聴化技術

可聴化技術は、実験的手法・数値解析的手法の2つがある。数値解析的手法には、波動性を考慮しているが計算量が多く実用に至っていない波動音響解析と、波動性は考慮しないが、計算量が少ない幾何音響解析とある。幾何音響

解析では、波長に比べて広い面で構成される室内の初期時間部分であれば実用的であり、本研究でもこれを利用する。

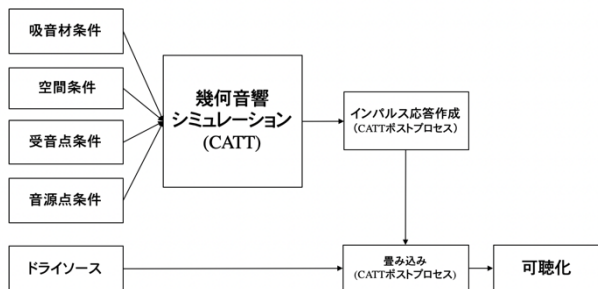


図1 CATT可聴化ワークフロー

用いたのは幾何音響解析ソフトウェア CATT-acoustic である。

図1のように CATT に再現したい空間条件・吸音材条件・受音点条件・音源点条件を入れ、幾何音響解析でインパルス応答を作成する。最後に、インパルス応答へドライソースをたたみ込むことで可聴化する。

## 3. データベースの構造について

データベースの構造は、「階層型」「ネットワーク型」「関係型」とあるが、データの関連性が最もわかりやすいように可聴化のワークフローに一致させやすい「関係型」構造とする。「関係型」構造はテーブルでデータを扱うため、吸音材・空間情報・受音点・インパルス応答・ドライソース・可聴化データの6つのテーブルを用いてデータをまとめる。それぞれの要素を図2に示す。

図2の要素は可聴化する際に必要な最低限のパラメータのデータを入れたものである。これらの情報から導き出せる物理指標として、図2の空間情報から残響時間(Sabine)、インパルス応答からは、エネルギー減衰曲線・残響時間(EDT,T20,T30)・ディフィニション D50・クラリティ C80・STI などがある。これらの物理指標も加えてデータベースに入れることで物理指標を用いたデータの絞り込み・考察・分析をすることができる

## 4. 本研究で作成したデータセット

本研究では、吸音材の組み合わせ・コミュニケーション距離・室容積に関して網羅性のあるデータベースを作成した。以下に詳細を示す。

<容積・室寸法>

ドイツの吸音設計指針<sup>[1]</sup> (日本には吸音設計指針は存在せず) を参考に容積の網羅性を考え次の3条件とした。

・ <b>吸音材</b>
要素: 吸音材ID・材料名・吸音率(125Hz)・吸音率(250Hz)・吸音率(500Hz)・吸音率(1kHz)・吸音率(2kHz)・吸音率(4kHz)
・ <b>空間情報</b>
要素: 空間ID・縦・横・高さ・床吸音材ID・壁吸音材ID・天井吸音材ID
・ <b>受音点</b>
要素: 受音点ID・部屋の中央からの縦の距離・横の距離・床からの高さ
・ <b>音源点</b>
要素: 音源点ID・部屋の中央からの縦の距離・横の距離・床からの高さ
・ <b>インパルス応答</b>
要素: インパルス応答ID・インパルス応答データ・空間ID・受音点ID・音源点ID
・ <b>ドライソース</b>
要素: ドライソースID・ドライソースデータ・ドライソースの名前
・ <b>可聴化データ</b>
要素: 可聴化データID・可聴化データ・インパルス応答ID・ドライソースID

図2 各テーブルにおける要素

A, 200m<sup>3</sup>(8m×8m×3m)、B, 1000m<sup>3</sup>(14m×14m×5m)、  
C, 5000m<sup>3</sup>(24m×24m×9m)

<音源・受音点距離>

近接・長距離コミュニケーションを考え以下とした。

近接:P, 2.5m 長距離:Q, 5m R, 10m

<吸音材>

代表的な吸音材を網羅するため以下のものを用いた。

	< 125	250	500	1k	2k	4k >
反射性	< 0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03 >
有孔板	< 0.18	0.43	0.82	0.60	0.42	0.30 >
板状材	< 0.26	0.13	0.08	0.06	0.06	0.06 >
多孔質	< 0.22	0.70	0.95	0.90	0.85	0.90 >

それと、床は耐久性を考え基本反射性部材を使う。加えて、壁に多孔質、天井に有孔板は使わないため、床・壁・天井の吸音材には以下を用いた。

- ・床 :1,反射性
- ・壁 :1,反射性 2,板状材 3,有孔板
- ・天井:1,反射性 2,板状材 3,多孔質

これより、容積3通り・音源、受音点3通り・吸音材の組み合わせ9通り、合わせて81通り、そこからAの部屋でRの距離は取れないため9通りを除いた、計72通りを作成した。データベースには、空間情報から、残響時間(Sabine)、インパルス応答から、残響時間(EDT,T15,T30)・D50、C80、STIを含めた。

## 5.データベースの利用方法の提案

作成したデータベースの利用方法として以下のものを提案する。

### (i)吸音材の種類・配置による聴感比較

吸音材は種類により吸音率が異なる。そのため、吸音材の種類が変わることにより聴感が変わる。加えて、音がどの面で反射したかでも聴感には異なるため、同じ吸音材が壁・床・天井

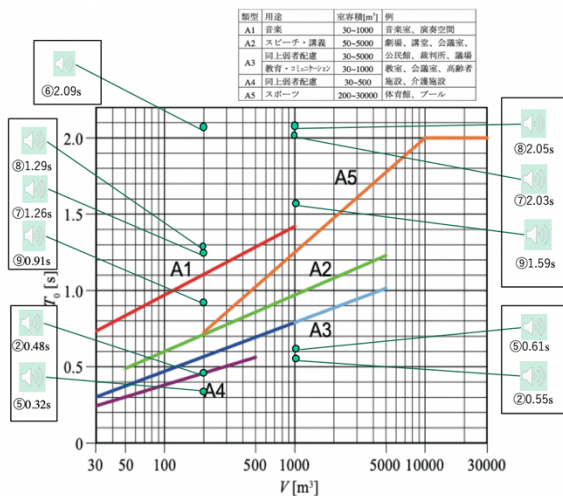


図3 DIN18041との比較

のどこに配置するかも聴感が変わる。

今回の可聴化データベースでは、吸音材の種類・配置の場合をある程度網羅したため聴感比較することができる。

これらの比較は、吸音材の種類・配置と聴感との関連性の理解につながる。

### (ii)室内音響指標と聴感の対応確認

同じ音でも人によって解釈は様々であるため、多数の視点から客観的に評価するための室内音響指標が定められている。今回のデータベースでは室内音響指標も含んでいるため聴感の対応確認をすることができる。

これらは、室内音響指標が表す値と聴感の関連の理解にもつながる。今回作成したデータベースにおいては残響感・明瞭性を表す指標との対応が確認できる。

### (iii)吸音設計推奨基準との比較

室内音響設計の目安となる吸音設計推奨基準がある。日本には吸音設計指針はまだ存在しないが、先行例のドイツの吸音設計指針(DIN18041)・最適残響時間などのチャートにデータをプロットし、比較、聴感を確認できる。

図3はDIN18041との比較図であり、T15(500Hz)の値をプロットしたものである。

### (iv)残響時間の設計時推定値と解析値との対応確認

設計時での残響時間の推定値として使われる代表的な指標としてSabineの残響時間がある。これは容積(V)と吸音面積( $\alpha A$ )から求められ簡易的に部屋の残響時間が推定できる。

このSabineの残響時間と、幾何音響解析によりインパルス応答から求めた残響時間(EDT,T15,T30)との対応確認ができる。

## 6.まとめ

本研究では、幾何音響解析 CATT-acoustic の可聴化フローに合わせたデータ構造を作成し、いくつかの理解を促進する利用方法は明示できた。

今後の課題として、利用方法の効果の検証が必要なこと、他の可聴化技術に合わせたデータ構造の検証が必要ながことが挙げられる。

参考文献: [1]佐久間哲哉,吸音設計に関する基準設定の方向性について-DIN 18041に関する考察-,日本建築学会大会学術講演(関東)2020年9月