

D1-17

吸音が偏在した矩形室における残響減衰性状の 1/10 縮尺模型実験による検討

その 1 吸音偏在パターンと残響減衰の関係

A study on reverberation decays in a rectangular room with unevenly distributed sound absorption
by 1/10 scale model experiment

Part 1 Relation between sound absorption distribution and reverberation decay

○下山達志¹, 市川隼¹, 小野美月¹, 羽入敏樹², 星和磨²

*Tatsushi Shimoyama¹, Hayato Icikawa¹, Mizuki Ono¹, Toshiki Hanyu², Kazuma Hoshi²

1. はじめに

吸音が偏在するような非拡散音場では残響レベル減衰曲線に折れ曲がりや湾曲が生じることが知られている。そのため非拡散音場では、直線的減衰を前提とした残響時間を用いて音場を評価することは困難である。また、非拡散音場における残響理論は未だ確立されておらず、理論を構築するための非拡散音場における残響減衰データについても、体系的に十分に整理されているとは言いがたいのが現状である。

そこで、まずは非拡散音場における残響減衰データを体系的に収集することを目的に、吸音が偏在した矩形室における残響減衰性状を 1/10 縮尺模型実験によって検討することとした。

本報告(その 1)では、吸音偏在パターンと残響減衰の関係について検討し、続報(その 2)^[1]では周波数による残響減衰の変化について検討したのでその結果について報告する。

2. 実験方法

2-1 実験装置

1/10 縮尺模型実験に用いた矩形室における受音点配置を図 1 に、受音点 R1~R5 の床からの高さ h を表 1 にそれぞれ示す。

測定に用いる模型は縮尺 1/10 のアクリル製であり、平面は内寸で 1 辺 700mm (実寸換算 7m) の正方形、天井高が 350mm (実寸換算 3.5m)、アクリルの厚みは 15mm である。模型上部の天井面に複数の穴を開け、上部から 1/4 インチマイクと小型の 12 面体スピーカーを吊り下げた。マイク・スピーカーケーブルと穴との隙間および未使用の穴は、パテもしくはゴム栓により塞いだ。吸音材にはニードルフェルト(厚さ約 10mm)を使用した。

表 1 受音点 R1~R5 の高さ

受音点	R1	R2	R3	R4	R5
高さ h (mm)	105	140	175	210	245

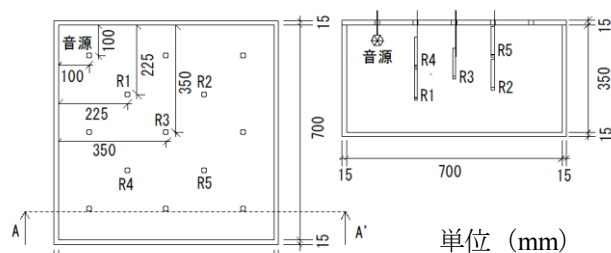


図 1 1/10 縮尺模型実験に用いた矩形室測定配置
平面図 A-A'断面図

2-2 吸音パターン

今回用いた吸音パターンを図 2 に示す天井面のみ(パターン A)、側面 1 面のみ(パターン B)、直交した側面 2 面(パターン C)、対向した側壁 2 面(パターン D)をそれぞれ吸音した 4 パターンである。この吸音材配置の違いによって残響曲線がどのように変わるか検討した^[2]。

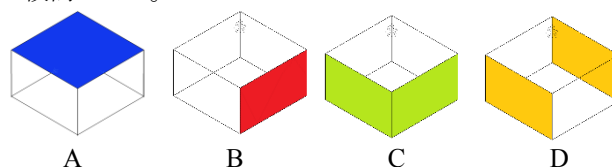


図 2 吸音パターン

2-3 測定方法

12 面体スピーカーから 40 秒の TSP 信号を放出し、吸音配置パターンごとに受音点 R1 から R5 においてインパルス応答を測定した。レコーダー (Roland R-88) のサンプリング周波数は 192kHz、量子化 24bit で録音した^[3]。

2-4 解析方法

測定されたインパルス応答を 125Hz~4000Hz 帯域の範囲において 1/1 オクターブ帯域でフィルタリングし、各帯域の残響曲線を求める。残響曲線の減衰が、-5dB から -55dB を 10dB 減衰毎に区切り、各区間の近似回帰直線から傾きを読み、回帰区間ごとの残響時間を求めた^[4]。

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大短大・教員・建築

3. 実験結果と考察

受音点 R5 における 500Hz、1000Hz オクターブ帯域における残響減衰曲線をそれぞれ図 3 に示す。これらを全体的に見ると、すべての吸音パターンにおいて減衰曲線が湾曲しているのが確認できる。詳細に見ると、周波数や吸音パターンによって減衰の湾曲度合いも異なっている。

次に前述したように、これら減衰曲線に対して回帰区間ごとの残響時間を求めて湾曲度合いを検討した。この検討には、ISO3382-1^[5]に従い、500Hz と 1000Hz の 2 帯域の残響時間を平均したものを検討に用いることとする。回帰区間ごとに、受音点 R1~R5 の残響時間を平均したものを図 4 に示す。

拡散音場では残響曲線が一定の割合で減衰するため、回帰区間によって残響時間は変化しない。しかし非拡散音場において残響曲線が湾曲している場合、回帰区間によって残響時間が異なるはずである。図 4 を見ると、回帰区間ごとの、残響時間がすべての吸音パターンで右上がりとなっている。これは、残響減衰曲線が下に凸に湾曲しているということであり、回帰区間ごとの残響時間の変化が大きいほど湾曲度合いが大きいことを示している。

残響時間の変化の度合いを、回帰区間-5~-15dB の値に対する-45~-55dB の値の比率で評価を試みる。この比率が大きいほど湾曲度合いが大きいと考えられる。最も比率が大きいものから、パターン C の 5.18、B の 2.34、A の 2.00、D の 1.61 であった。最も大きいパターン C は二番目に大きい B の 2 倍以上の差があった。これは図 3 のパターン C の残響曲線の湾曲度合いが最も大きいことと対応している。

さらに詳細に見てみる。まず吸音面が 1 面であるパターン A と B について着目すると、初期（回帰区間-5~-15dB）の残響時間は似ているものの、後期（回帰区間-45~-55dB）には吸音面積の大きいパターン A の残響時間が B に比べて徐々に短くなっていることがわかる。

次に吸音面が 2 面のパターン C と D を比較すると、C は回帰区間-5~-15dB の残響時間が他のパターンに比べて約 2~3 秒近く短い。それに対しパターン D は吸音面 1 面パターンより残響時間が長い。パターン C は唯一、直交面を 2 軸にわたって吸音している。そのため他の吸音パターンと比べて初期の残響時間が短くなったと考えられる。パターン D は吸音 2 面であるが軸の数はパターン A、B と同じく 1 軸であるため

初期の吸音時間がそれほど短くならなかったと考えられる。

パターン A と D の回帰区間の残響時間の推移が似ている。これは吸音面積が等しく吸音が 1 軸のみと同様な条件であるためと考えられる。

4. まとめ

吸音パターンによって残響減衰曲線の湾曲度が変化することが確認された。非拡散音場の残響減衰は吸音面数よりも吸音面積と吸音軸数が重要であり、より多くの軸で吸音することにより残響曲線の湾曲度は大きくなる傾向にあった。

非拡散音場において効率よく吸音する場合には、吸音面積を大きくするだけでなく、より多くの軸を吸音する必要があると思われる。

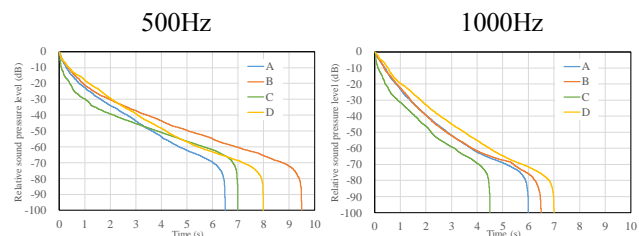


図 3 受音点 R5 における 500Hz、1000Hz の残響減衰曲線

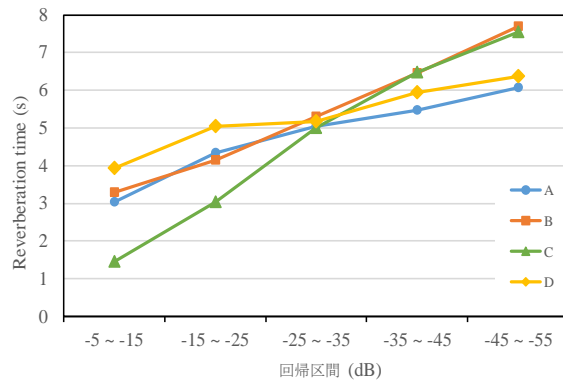


図 4 回帰区間による残響時間の変化

【参考文献】

- [1] 前川他、“吸音が偏在した矩形室における残響減衰性状の 1/10 縮尺模型実験による検討 その 2 周波数および受音点の違いによる残響減衰の変化”、2017 年日本大学理工学部学術講演会
- [2] 土屋“矩形室の残響特性に関する研究”日本建築学会大会学術講演梗概集,225-226,2013
- [3]橋“環境騒音・建築音響の測定” 145-160,2012
- [4]佐藤“日本音響学会誌 67 巻 4 号” 155-162,2110
- [5] ISO3382-1:2009 “Acoustics-measurement of room Acoustic parameters-part1:performance spaces”