

# リブ型拡散体による矩形室内の音の明瞭性改善に関する基礎研究

03-160105 山田 航輝

## 1. 研究背景

室内の音環境には使用用途に応じた音声の明瞭度や残響の長さが求められる。音環境の評価には音声の音量、残響時間、騒音などが関係する。このうち建築的操作が可能である残響時間は、壁や天井・床などの吸音率によって決まる。残響を操作するために吸音材や吸音機構を持つ素材が用いられるが、意匠上の理由などから新たな選択肢が求められる。そこで音を“拡散させる”という方法が考案されている。音を鏡面反射ではなく乱反射させて吸音面に入射させれば、吸音と同等の効果を得られると期待されている。また拡散体はフラッターエコー等の不快な音現象の改善にも役立つと考えられている。

拡散体に研究が進められている。ランダム入射乱反射率の測定法は ISO で規格化され、垂直入射についても土屋らによって測定方法が考案されている [2]。また同研究者らによって種々の拡散体の乱反射率の測定もなされている。一方、実際の建築で拡散体を用いた時の挙動の検証は多くはなされていない。

そこで本研究では拡散体を実際の建築の壁面に設けたときの室内の音環境の変化に関する実験・測定を行った。

## 2. 実験概要

実験は図 1 に示す矩形室にて行った。この部屋の天井と壁の 2 面の計 3 面の条件を設定し、TSP 信号に対する残響時間の測定を行った。設定した面の状態を表 1 に示す。吸音材は厚さ 50 mm のグラスウール 32 kg/m<sup>3</sup> を用いた。図 2 に今回用いた木製リブ型拡散体の詳細を示す。リブのピッチは 200、400 でそれぞれ垂直、水平方向の合計 4 種類用いた。表 2 の 17 条件について測定を行った。

## 3. 測定結果および考察

### 3.1 吸音面のみ

図 3 に拡散体を設置しない条件の残響時間を示す。1kHz 以上で y 面吸音 (FAA) よりも x 面吸音 (AFA) の方が残響時間は短くなっている。AFA では短辺方向を往復する音が、FAA では長辺方向を往復する音が最後まで残ることとなる。この往復方向に平行な面までの距離はもう一方の長さとなる、よって短辺方向のほうが吸音面に入射するまでの時間が長くなるため、残響時間に差が生じたと考えられる。

### 3.2 リブの方向

図 4 にリブの方向の異なる条件での残響時間を示す。(a) は 1 面吸音、(b) は 2 面吸音である。縦リブよりも横リブのほうが残響時間を抑える結果であることから、リブ型拡散体にはリブに垂直な方向に拡散させる成分が大きいことがわかる。さらに 2 面吸音でも 1 面吸音と同様の結果であることから設置面の垂直方向にも方向性があることが推測できる。2 面吸音では縦リブ横リブともにリブに垂直な方向に吸音面がある。角度が浅い方向に拡散させる成分が大きい場合、吸音面までの距離によって残響時間に差が生じてくる。部屋の奥行きや高さが天井高よりも長い場合、縦リブは音が比較的長く残ることとなる。よってリブ型拡散体の拡散は角度の浅い方向の成分が大きいと考えられる。

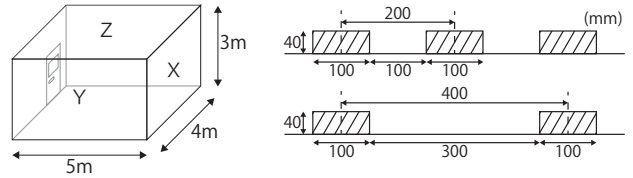


図 1 実験室概要図

図 2 リブ詳細図

表 1 表面状態一覧

記号	平面	吸音	拡散			
			D11	D12	D21	D22
図						
材質	コンクリート	GW32kg/m <sup>3</sup>	木材(断面100mm×40mm)			
詳細		厚さ5mm	縦200ピッチ	縦400ピッチ	横200ピッチ	横400ピッチ

表 2 実験条件一覧

FFF		D11D11A	
X		X	縦200
Y		Y	縦200
Z		Z	吸音
FFA		D11D21A	
X		X	縦200
Y		Y	横200
Z	吸音	Z	吸音
FD11A		FAA	
X		X	
Y	縦200	Y	吸音
Z	吸音	Z	吸音
FD12A		D11AA	
X		X	縦200
Y	縦400	Y	吸音
Z	吸音	Z	吸音
FD21A		D12AA	
X		X	縦400
Y	横200	Y	吸音
Z	吸音	Z	吸音
FD22A		AFA	
X		X	吸音
Y	横200	Y	
Z	吸音	Z	吸音
D11FA		AD11A	
X	縦200	X	吸音
Y		Y	縦200
Z	吸音	Z	吸音
D12FA		AD12A	
X	縦400	X	吸音
Y		Y	縦400
Z	吸音	Z	吸音
		AD21A	
		X	吸音
		Y	横200
		Z	吸音

### 3.3 リブのピッチ

図5にリブのピッチの異なる条件での残響時間を示す。間隔の差による残響時間の差はほとんど見られないが、特定の周波数において差が生じているが、土屋らの研究[2]とは異なる周波数特性を示している。その原因として拡散の方向性にも周波数特性があることが考えられる。

### 3.4 リブの設置面

図6に拡散体の設置面の異なる条件での残響時間を示す。設置面による差はほとんど見られない。今回の実験室は幅5m奥行き4mと縦横比が小さいため、残響時間は変化しないと考えられる。

### 3.5 1面吸音2面拡散

図7に2面拡散での残響時間を示す。縦×横(D11D21A)は縦×縦(D11D11A)より残響時間は短い。3.1よりリブには拡散に方向性があり、横リブを含む組み合わせがより残響を抑えられたと考えられる。ここで図8に各面単独の残響時間の変化より導いた2面拡散の残響時間の計算値との比較を示す。差がほとんど見られないことから拡散面の組み合わせによる相互作用は起こっていないと考えられる。

### 3.6 拡散と吸音

図9に1面吸音2面拡散と2面吸音1面拡散の残響時間を示す。2kHz付近では2面拡散は2面吸音に迫る性能を示している。この音域の残響を抑えることでフラッターエコーは聞こえなくなる。よってフラッターエコー改善

の視点では拡散体は吸音材の代替として利用できる可能性が示された。

## 4. まとめ

リブ型拡散体を用いた矩形室の残響時間の測定を通して以下の知見を得た。

- ① 拡散体の設置によって拡散音が吸音面に向かう効果により、吸音材の効果を高められることの実証。
- ② リブ型拡散体には拡散に方向性があり、リブの方向の直行する方向で、設置面に対して垂直に近い角度の成分が大きい。
- ③ 拡散体の性能を評価する指標の一つとして、拡散方向性を測定することの必要性は大きい。
- ④ リブのピッチ200と400では性能に差が生じない。
- ⑤ フラッターエコー改善の視点では拡散体は吸音材の代替となり得る。

謝辞

本研究は戸田建設株式会社の設備をお借りして実施した。

参考文献

- [1] 前川他, “建築・環境音響学”, 共立出版, 2011
- [2] 土屋他, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp. 883-884, 2016
- [3] 土屋他, 日本建築学会技術報告集 19, 41, 175-178, 2013

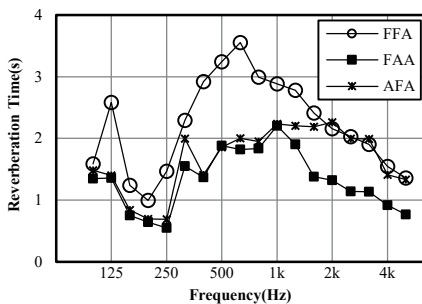


図3 吸音面のみ

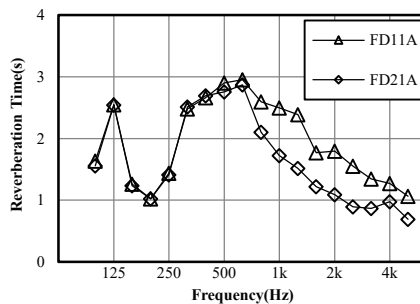


図4(a) 縦リブと横リブ(1面吸音)

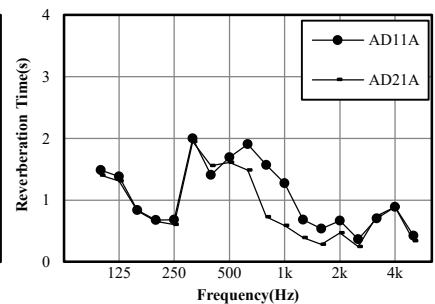


図4(b) 縦リブと横リブ(2面吸音)

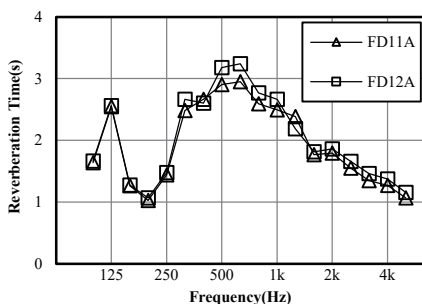


図5(a) リブのピッチ(縦リブ)

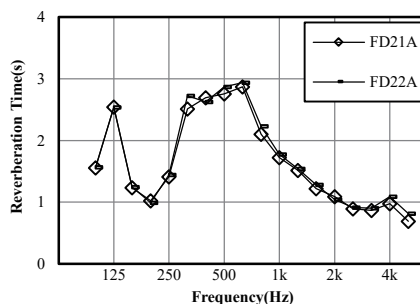


図5(b) リブのピッチ(横リブ)

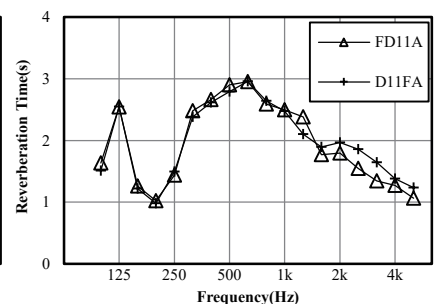


図6 拡散体設置面

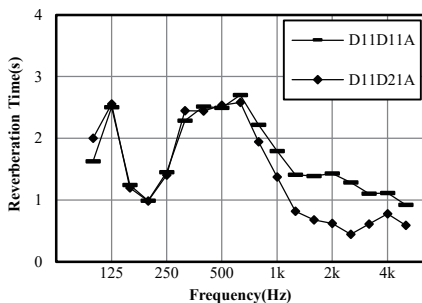


図7 リブの方向の組み合わせ

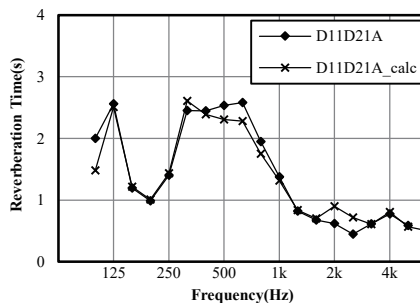


図8 計算値と実測値

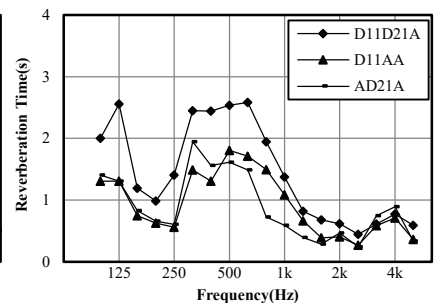


図9 吸音と拡散