

D-12

減衰除去インパルス応答を用いた拡散性評価指標の実音場における有効性の検討

A study on indices for evaluating diffuseness based on the decay-cancelled impulse response in actual sound fields

○下山達志¹, 羽入敏樹², 星和磨², 渡辺大助³*Tatsushi Shimoyama¹, Toshiki Hanyu², Kazuma Hoshi², Daisuke Watanabe³

1. はじめに

近年、住宅における音環境は、高気密化が進み、内装の洋室化によって反射性の仕上げ材が増えたことで、意図せずに音が響く空間がつくられやすい傾向にある。そうした背景から、音の拡散が十分に行われていないために音響障害が発生する事例が見られている。しかし、拡散性の評価手法は確立されていないのが現状である^[1]。

羽入らは音場の拡散性を評価する手法として、減衰除去インパルス応答より求めた拡散性評価指標を提案している。既報^[2]の 1/10 縮尺模型実験によって、提案指標が音響障害発生の予測に有望である可能性が示された。そこで、本報ではモデルハウスの音響測定を行い、本指標が実音場の音響障害の予測に有効か否かを検討した。

2. 実験方法

2-1 拡散性評価指標

減衰除去インパルス応答の二乗応答を平均値が 1 になるように正規化する（以後、減衰除去エネルギー比）。これは、各反射音エネルギーが平均値に対して何倍となっているかを表す。この縦軸に対して閾値を設定し、その閾値を徐々に上げていったとき、閾値を超えるエネルギーが全エネルギーの 1/100 になった閾値を「時系列ばらつき度（平均値）」とする^[2]。

さらに、減衰除去インパルス応答をフーリエ変換し、評価対象の帯域内エネルギーの平均値を 1 とした正規化パワースペクトルを算出する。この縦軸に対して閾値を設定し、閾値を超えるエネルギーが全エネルギーの 1/100 になる閾値を「周波数ばらつき度（平均値）」とする^[2]。

2-2 測定内容

測定は S 造二階建てのモデルハウスの二階で行った。モデルハウスの平面図と受音点を図 1 に示す。測定対象とした音場は図に示した三か所で、それぞれ R1, R2 の 2 点の受音点を設けた。各受音点で無指向性マイクと方向情報測定システム C-C 法によってインパルス応答の測定を行った。

2-3 解析方法

測定されたインパルス応答を 1/3 オクターブバンド

でフィルタリングし、各帯域で正規化減衰除去インパルス応答を既報^[2]の手順で求め、「時系列ばらつき度」と「周波数ばらつき度」を算出した。

3. 実験結果と考察

各音場の解析結果を図 2 に示す。時系列ばらつき度を見ると、廊下とクローゼットの物理量は高音域になると上昇する傾向が見られ、和室では物理量に大きな上昇は見られなかった。音場間で違いがある各音場の受音点 R1 の 4kHz 帯域の時系列ばらつき度の値を比較すると、廊下が 14.4、クローゼットが 9.9、和室が 8.1 であった。測定された中心周波数 4kHz、1/3 オクターブバンドでフィルタリングしたインパルス応答と減衰除去エネルギー比を図 3 に示す。図 3 の減衰除去エネルギー比を見ると、廊下とクローゼットで等間隔のエネルギーの卓越が確認できたことから、フラッターエコーが発生していると推察できる。聴感による確認をおこなうと、物理量が大きかった順に強いフラッターエコーが確認できた。さらに、C-C 法で測定したインパルス応答から既報^[2]の手順で求めた仮想音源分布を図 4 に示す。図 4 より、フラッターエコーは上下方向の往復反射によって起きていることがわかる。減衰除去エネルギー比におけるエネルギーの卓越の間隔は天井高の寸法を音が往復する時間と同じであったため、減衰除去エネルギー比にあらわれるエネルギーの卓越現象はフラッターエコーを表しており、時系列ばらつき度がフラッターエコーを評価している事が確認できる。

周波数ばらつき度は音場ごとに反応する音域が異なった。インパルス応答の聴感印象で確認できたフラッターエコーとの対応は見られなかったが、指標に反応があった帯域の減衰除去エネルギー比を確認すると、直接音到達後に一拍置いて強い反射音が観測されるなど、直線的な減衰が見られない波形が多く見られた。周波数領域にエネルギーの卓越があるということは、特定の周波数の音が強調されて聞こえる音響障害の「ブーミング」などが発生している可能性が考えられる。今後、特定の生活音を畳み込み聴感実験を行なうなどの検討が必要である。

4. まとめ

提案指標が実音場の拡散性を評価することが可能か検証を行った。提案指標は実音場で発生していたフラッターエコーを検出することができた。また、フラッターエコーの程度に応じた指標値の変化が見られた。

【参考文献】

- [1] 羽入他,建築学会梗概集,391-392,2018
- [2] 羽入他, 日本建築学会環境系論文集,141-148,2014
- [3] 羽入他, 音講論 (春), 1169-1170, 2014

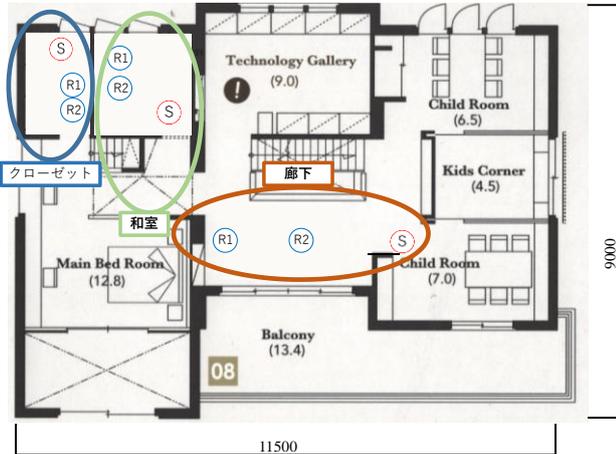


図1 測定対象音場

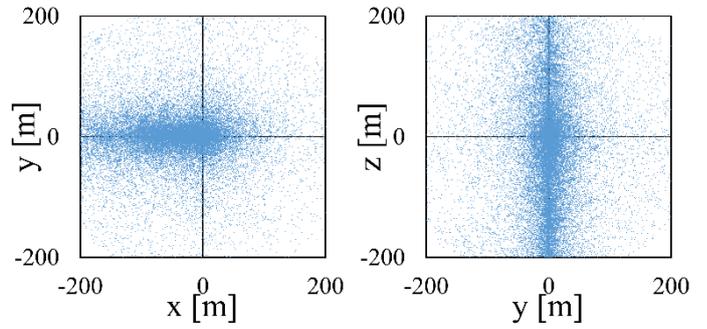


図4 廊下 受音点 R1 の仮想音源 (4kHz、1/3oct)

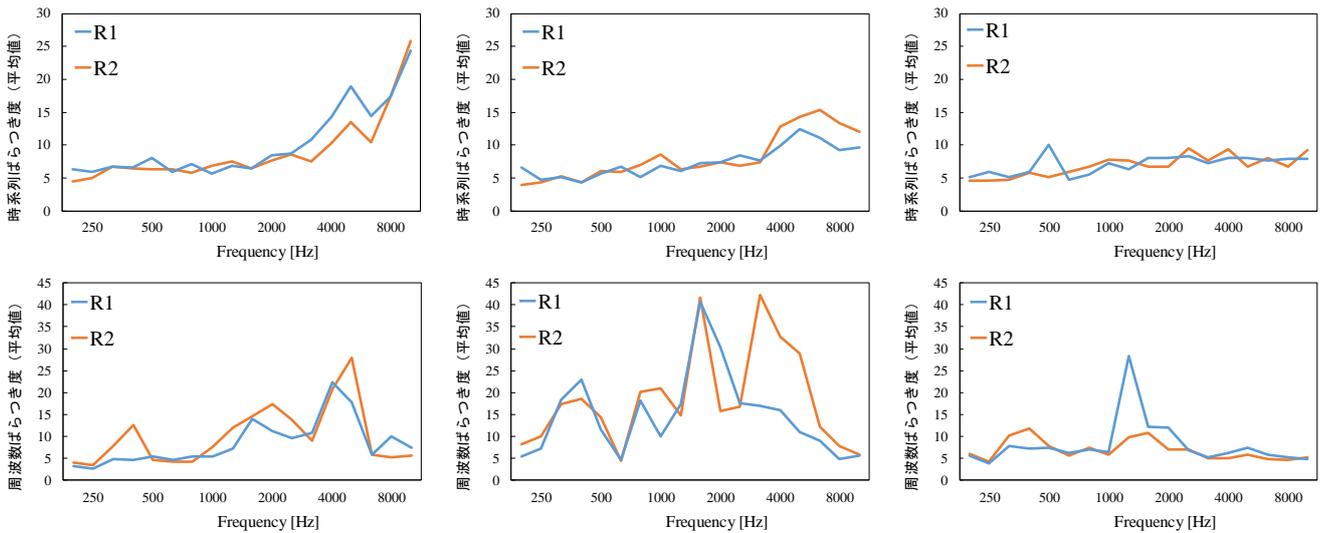


図2 拡散性評価指標 (左：廊下、中：クローゼット、右：和室)

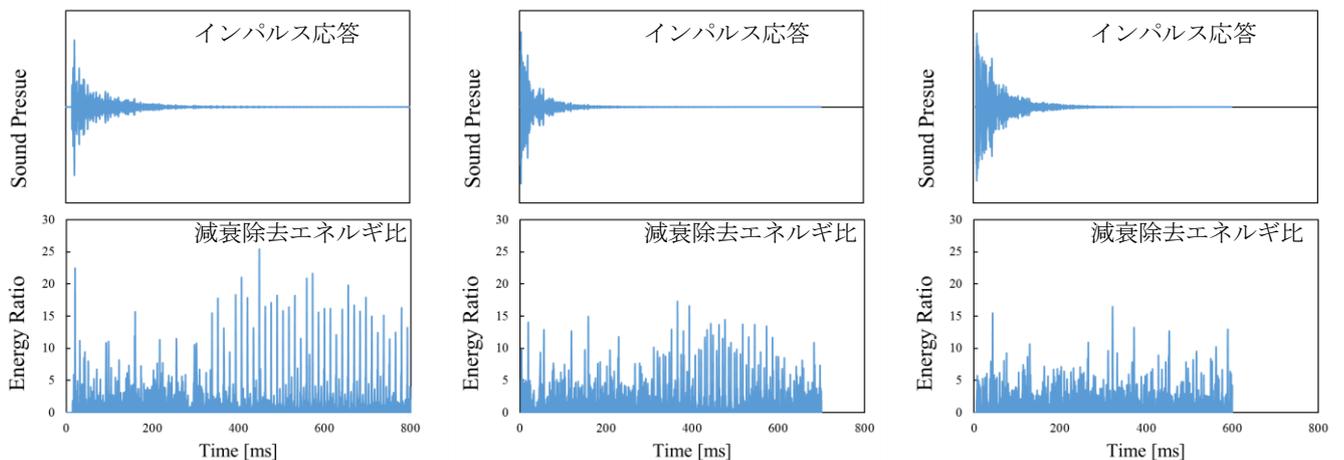


図3 受音点 R1 の解析結果 (4kHz、1/3oct) (左：廊下、中：クローゼット、右：和室)