

# 大空間における衝立を用いた音環境の局所化に関する研究

Study on localization of sound environment using partitions in a large space

学籍番号 47-186769  
氏名 中津 成博 (Nakatsu, Naruhiro)  
指導教員 佐久間 哲哉 教授

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

イベント施設、複合施設、旅客施設などの大空間では衝立を用いて大空間を区切ることでブース状の空間(以下、局所空間)を設けることが多い。しかし、上記で述べたような大空間は残響が長く、喧騒感が大きいといった問題がある<sup>[1]</sup>。一方、衝立を用いて空間を局所化することで、大空間に比べ、衝立による遮音やブース内での残響抑制、明瞭性の向上などによって快適な音環境を作ることができると考えられる。しかし、衝立自体の遮音・吸音性能や衝立で囲われた局所空間の遮音性能や局所空間内の音響特性に関して実測や数値解析の例は少なく<sup>[2]</sup>、その性状は十分に解明されていない。

### 1.2 研究目的

以上の背景を踏まえて、本研究では大空間に衝立を用いて局所化した際の遮音性能および局所空間内の音響特性の把握を目的とし、数値解析と実空間における実測による検討を行う。本研究より得られた知見より、衝立を設置する際の音響性能の予測に貢献でき、より快適な空間を作る一助となると考える

## 2. 遮音性能の数値解析

### 2.1 解析手法

本研究では衝立による回折など波動現象

を考慮するため、高速多重極境界要素法(FMBEM)を用いた波動音響解析を用いる。Fig.1に示すように、剛床面上の半自由空間に衝立で囲われた2.7mまたは5.4m四方の局所空間があり、そこに十分遠方の点音源から平面波が到来する状況を想定する。局所空間の中心軸上に受音点を設定し、各方向からの入射に対する音圧レベルを算出する。

実際の解析では、相反則を利用し、音源点と受音点を反転させて効率的に全方向の計算を行っている。音源である平面波の入射方向は、鉛直方向 $\theta = 0.5 \sim 89.5^\circ$ 、水平方向 $\varphi = 0.5 \sim 359.5^\circ$  ( $1^\circ$ 間隔)の32,400方向とした。受音点は高さ $d = 0$  m (床面上)である。解析周波数は、125Hz から 2000Hz の1/3 オクターブバンドの範囲を1/24 オクターブ刻みで設定した。

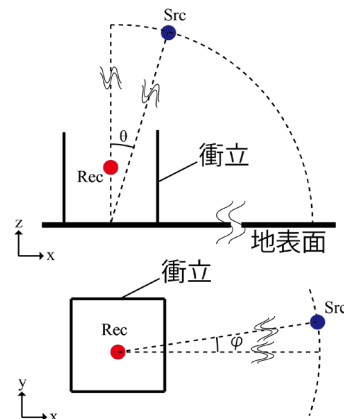


Fig.1 解析モデル(上:断面図,下:平面図)

## 2.2 衝立条件

衝立配置は中央と壁際、隅部の3条件とした。なお、壁際・隅部条件では、床面に垂直な無限大剛壁を想定し、床面を加えた2面または3面对称音場として解析を行った。衝立形状は中央6条件、壁際5条件、隅部3条件で行った。衝立内面の吸音率は0.0(反射性), 0.2(低吸音), 0.8(高吸音)の3条件とした。

## 2.3 挿入損失の計算

衝立の有無による音圧レベルの差から挿入損失(Insertion Loss: IL)を算出する。なお、受音点での音圧レベルについては、各方向からの音響エネルギーをParisの式に基づき統計的に平均して算出している。統計平均はあらゆる方向から音が到来することを想定し、水平、鉛直の全方向で行った。

結果および考察では、配置による比較と形状による比較を行う。前者は各配置の全閉で吸音性を变化させた条件、後者は中央における6条件(二の字, L字, コの字, ロの字, ロの字\_開口, ロの字(大))についての反射性と高吸音について報告する。

## 2.4 解析結果および考察

### (1) 配置の影響

ILの算出結果をFig.2に示す。反射性では配置によらず同様の傾向を示し250Hz以下では波動現象による変動が確認できる。250Hz以上ではほぼ0dBとなっている。一方、衝立を吸音性とする事で、ILが増加し遮音効果が得られることが確認できる。特に、高吸音では隅部で5dB程度、壁際で6dB程度、中央8dB程度となっている。また、いずれの配置でも250Hz以下でILの上昇が確認できる。

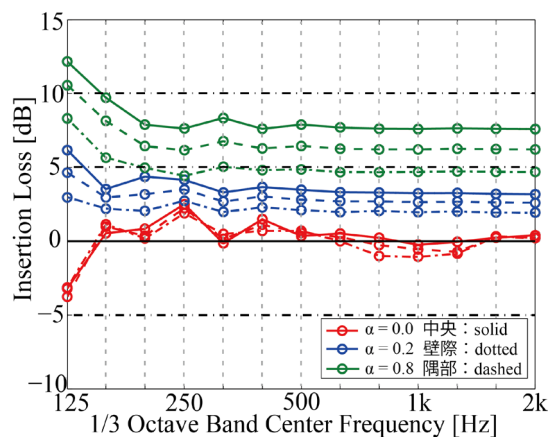


Fig.2 配置による比較

### (2) 形状の影響

反射性と高吸音のILの算出結果をFig.3, Fig.4に示す。反射性では、いずれの形状も同様の傾向が確認できる。250Hz以下では、衝立内部における波動現象による変動がみられ、250Hz以降ではほぼ0dB程度となり遮音性能がみられない。一方、高吸音では、反射性に比べ、いずれの形状および周波数においてもILが増加し、反射性でみられた250Hz以下の変動もみられなくなっている。また、形状によって遮音性能に違いが確認できる。二の字やL字はILが約2dB程度と低い遮音性能であるが、ロの字\_開口やロの字では5dBを超えるILである。

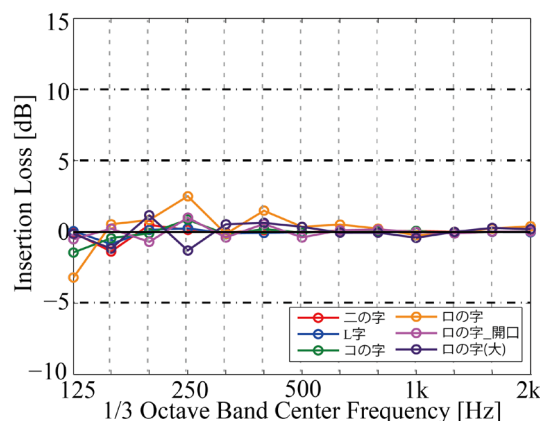


Fig.3 形状による比較(反射性)

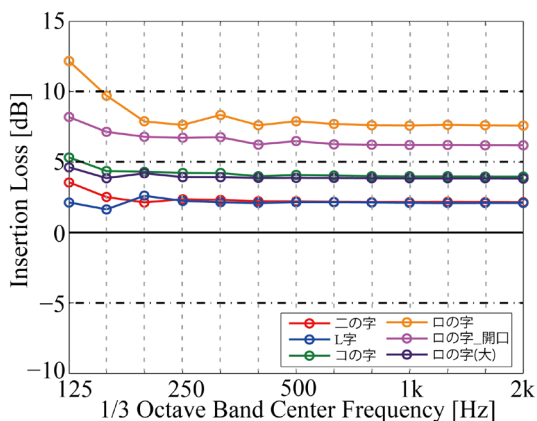


Fig.4 形状による比較(高吸音)

### 3. 実空間における実験的検討

#### 3.1 測定概要

体育館 (36m×21m×7.96m(H)) の中央、壁際および隅部に鋼製衝立 (W:0.9m, H:2.4m) を複数枚使用し、上部開放の 2.7m 四方の局所空間を設け、外部音源に対する音圧レベルの測定、局所空間内のインパルス応答測定(IR 測定)を行った。インパルス応答測定では局所空間内での会話を想定し、音源 (12 面体スピーカ) から受音点までの距離を 2.0m, 音源・受音点高さを 1.3m, 1.2m とした。音圧レベル測定では、音源スピーカを衝立から十分に離れた壁際に 2 台設置し、受音点はブース内中央の床面上に設置した。スピーカは壁向きとし、2 台からピンクノイズを同時に放射した。各測定における音源、受音点位置や衝立配置を Fig.5 に示す。

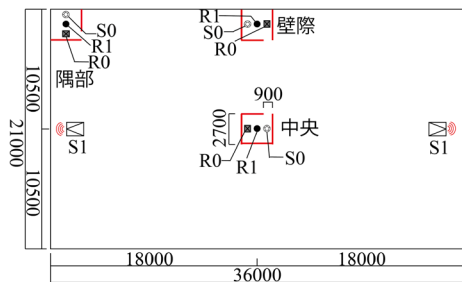


Fig.5 衝立配置と音源・測定点位置 (IR測定: S0, R0, SPL測定: S1, R1)

#### 3.2 衝立条件

各配置で衝立なしを参照条件として、衝立形状を中央で 4 条件(IR 測定: 2 条件)は、壁際に 3 条件(IR 測定: 2 条件), 隅部で 2 条件(IR 測定: 2 条件)行った。また、いずれの配置や形状においても衝立内側にグラスウール(32k, 100mm)を貼った吸音条件についても測定を行った。なお、以降では各配置において一面開口を設けた条件に着目して報告する。

#### 3.3 測定結果および考察

##### (1) 遮音性能

局所空間内外の遮音性能として衝立の有無による音圧レベル差から挿入損失(IL)を算出した。各配置における算出結果を Fig.6 に示す。反射性では 500Hz を境に傾向に違いがみられる。500Hz 以上では配置によらず同様の傾向となり、周波数の上昇に伴い IL は増加する。一方、500Hz 以下は配置による違いがみられ、中央と壁際では位相干渉によって IL が負の値となる周波数帯域もみられる。しかし、配置によらず遮音性能はほとんどない。吸音性では、反射性に比べて全周波数帯域で IL が大きく増加している。315Hz 以下では 3dB~6dB 程度であるが、壁際では 1kHz 以上、中央では 500Hz 以上で 10dB を超える高い遮音性能が確認できる。

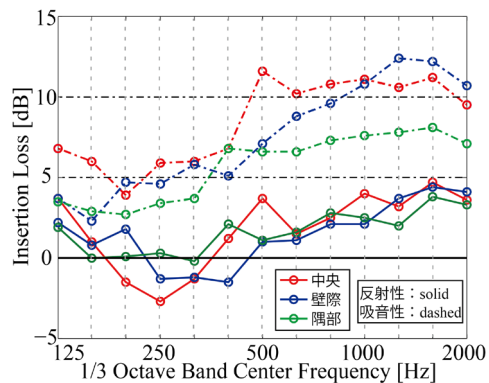


Fig.6 測定結果: IL

## (2) 室内音響指標

局所空間内で測定されたインパルス応答から算出した室内音響指標の残響時間( $T_{30}$ ), 初期減衰時間(EDT), 話声伝送指標(STIr)の結果を Fig.7~9 に示す。

$T_{30}$  は衝立なしに比べて、反射性、吸音性のいずれも低下しており、吸音性では高音域での低下が顕著であることが確認できる。EDT は  $T_{30}$  よりも局所化による低下が大きい。吸音性ではほぼ 0 に近い値となっており、残響感が非常に短い空間であることがわかる。これは、衝立からの初期反射音が支配的であるからであると考えられる。

STIr では衝立なしでは壁面反射の影響により中央、壁際、隅部の順で値が上昇している。一方、反射性では中央で上昇がみられるが、その他の配置ではほぼ増加がみられない。吸音性では、いずれの配置においても上昇している。しかし、音源-測定点間の距離が 2m と近く、衝立なしでも AIJES<sup>[3]</sup> の 2<sup>nd</sup> クラスであるため、局所化による大きな上昇は見られない結果となった。

## 4. おわりに

本研究では、数値解析と実測を行うことで局所化による外部音源に対する遮音性能および局所空間内の音響特性について知見を得ることができた。遮音性能は、局所化し、吸音性とすることが必要であることが示唆された。一方、音響特性では局所化することで残響感の低下や明瞭性の向上することが確認された。特に、吸音性とすることで大きな効果が期待できると考える。

本研究では、基礎的な検討にとどまっていることから、衝立配置や形状、衝立を設置する空間など実空間に近い検討が今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 横山他, 公共空間の音環境に関する実測調査例, 騒音制御 技術資料, Vol.23, No.4, 228-231, 1999
- [2] 漆戸他, 境界要素法によるローパーティションの遮音効果の解析, AIJ 大会梗概集 (環境工学), 283-284, 1993.
- [3] 日本建築学会環境基準, 都市・建築空間における音声伝送性能評価基準・同解説, 日本建築学会, 2011

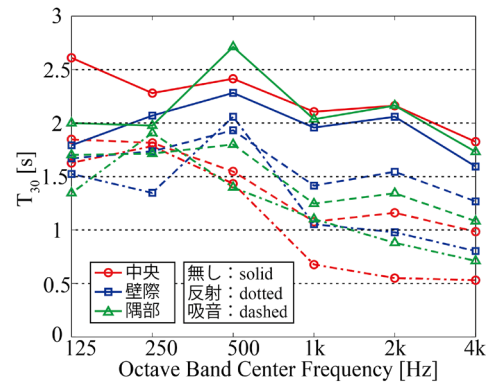


Fig.7 測定結果：T30

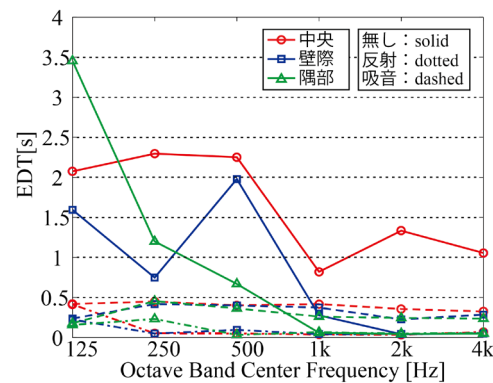


Fig.8 測定結果：EDT

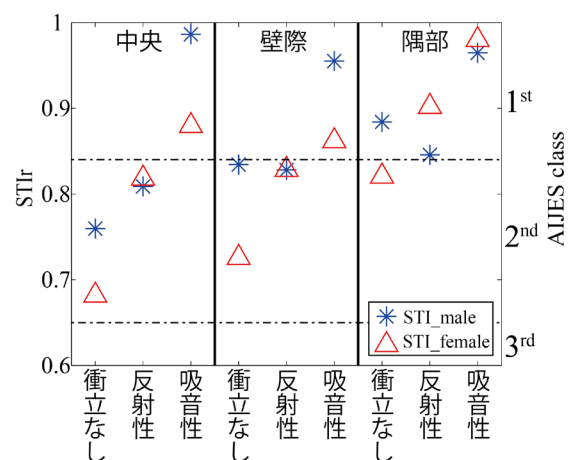


Fig.9 測定結果：STIr