

## 立体的な不連続音響反射板の反射特性に関する研究

90064 伊藤敦子

### 1. はじめに

音楽ホールでは直接音を補強する初期反射音を十分に確保するためにしばしば不連続音響反射板(浮雲)が用いられる。浮雲の反射特性に関しては、既往研究として平板の解析が行われている。実際のホールでは幾何学的反射を想定して立体形状の反射板が多く採用されているが、低中音域での反射特性は明らかにされておらず、波動性を考慮した検討が必要であると考えられる。よって本研究では、立体的な反射板の反射特性に関して、形状の違いによる影響について数値解析を通して考察した。

### 2. 解析方法

点音源、反射板からなる解析モデルを図1に示す。反射板を配置する正方形エリア(8.0×8.0m)を16(4×4)分割し、反射板(剛)を割り当てた。反射板のタイプとしては、方形板(見込み角を、0°、30°、60°と変化させる)、球の2種を考える(図2:以下、type A-1、type A-2、type A-3、type Bと表記)。但し、個々の反射板については水平面投影面積を1.44m<sup>2</sup>と一定にした。解析手法として境界要素法及び高速多重極境界要素法を用いた。

### 3. 結果及び考察

#### (1) 空間分布における考察

(i) 解析エリアにおける分布 63Hzと500Hzでの反射音レベル(虚音源S'からの伝搬音のレベルで基準化)の空間分布を図3に示す。但し、解析エリアは反射板を配置する正方形エリアに関して音源が鏡面反射する領域のうち、 $y \geq 0.0$ の部分とした(図1)。低音域の場合、反射板形状による差は見られないが、高音域においては形状及び曲率による差が見られる。

(ii) 解析ラインにおける分布 音源から客席方向(x軸方向)へ30.0mの範囲で解析ラインを設定した。解析ラインは3本で、それぞれ $y=0.0$ (反射板からの鏡面反射なし)、 $y=2.0$ (反射板からの鏡面反射あり)、 $y=7.2$ (反射板端点に

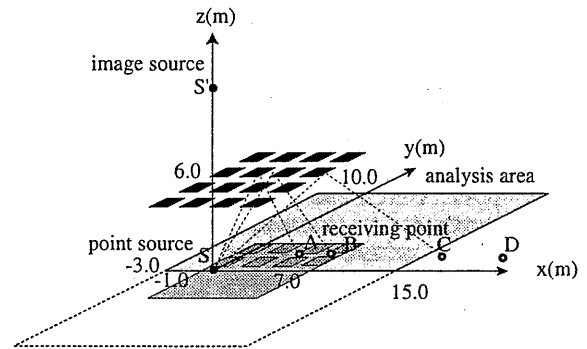


図1 反射板配置

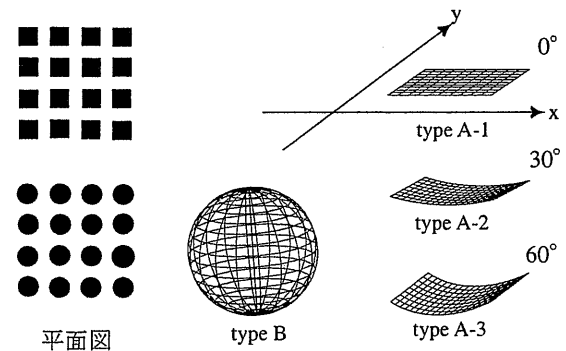


図2 反射板形状(4タイプ)

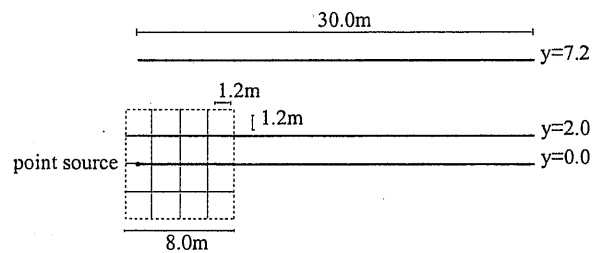


図4 解析ライン配置

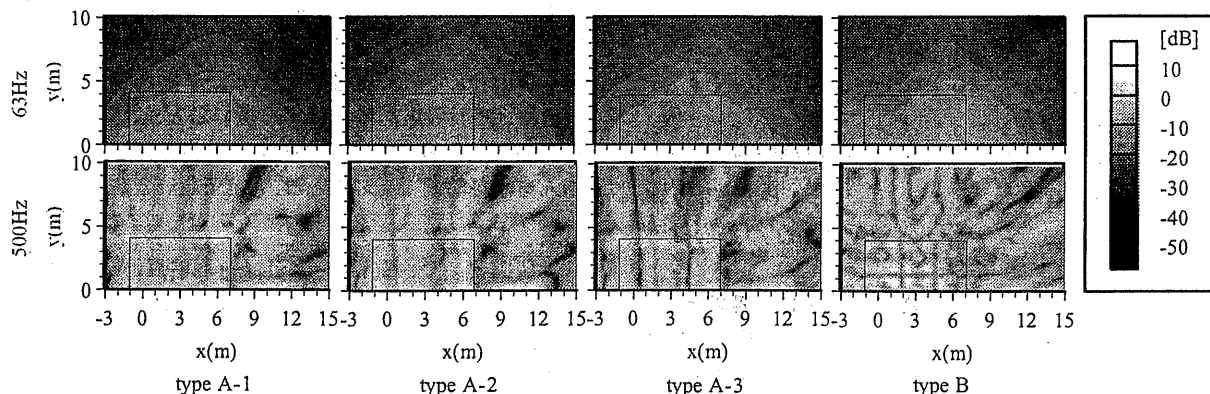


図3 解析エリアにおける反射音レベル分布(虚音源による音圧レベルにより基準化)

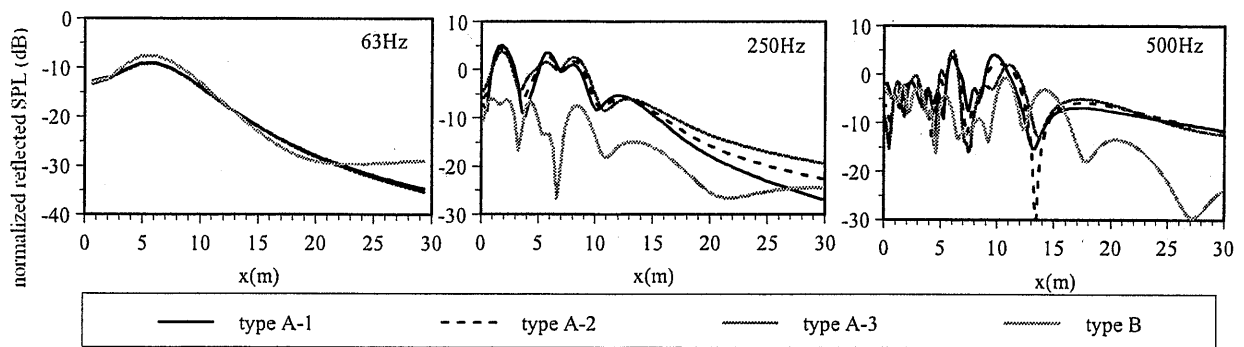


図5 受音線 ( $y=0.0$ ) における反射音レベル分布(虚音源による音圧レベルにより基準化)

鏡面反射点を想定)とした(図4)。 $y=0.0$ 上での反射音レベルの分布を図5に示す。方形板について、250Hzでは反射板からの鏡面反射のないエリア( $x \geq 15.0$ )において曲率の大きい反射板の方が高い反射音レベルを維持していることがわかる。一方、63Hz、500Hzでは、大きな差が認められない。この傾向は他のラインにおいても同様であった。球については、250Hzではライン上のどの位置においても方形板の反射音レベルより低く、500Hzでは鏡面反射エリア外で低くなっている。これは、各球面からの反射波が様々な角度へ拡散され、ライン上へ到達する反射波が少なくなったためと考えられる。

(iii) 平均値と標準偏差 1/1オクターブバンド中心周波数での反射音レベルについて、解析エリアにおける平均値と標準偏差を図6に示す。方形板については、低音域では平均値と標準偏差の両方において形状による差は見られない。一方中音域では、曲率が大きいものの方が平均値は小さく、標準偏差は高くなっており、反射板からの鏡面反射がある範囲においては、曲率が増加することにより空間内におけるばらつきがより大きくなることわかる。球については、低音域において平均値は小さく、標準偏差は大きくなっている。

#### (2) 周波数特性における考察

(i) 受音点における周波数特性 4つの受音点A、B、C、Dにおける周波数特性の解析を行った。点A(4.0, 2.0, 0.0)は反射板の中心、点B(6.0, 2.0, 0.0)は反射板間、点C(13.2, 2.0, 0.0)は反射板の端点で音源が鏡面反射した場合の受音点に相当し、点D(20.0, 2.0, 0.0)は音源から離れた点とした(図1)。図7は、点Aと点Dにおける各形状についての反射音レベルの周波数特性を示している。点Aにおいて、方形板では形状による大きな差は見られないが、これは回折波よりも直接波による影響が大きいためと考えられる。点Dにおいては、200Hz付近までは大きな差はないが、それ以降では、ディップ付近を除いた範囲において曲率の増加により反射音レベルが高くなっている。よって、音源から離れた位置における中音域での曲率の大きい反射板の有効性が示唆される。球については、鏡面反射エリア内(点A)において、方形板と全く違う特性を示しているが、鏡面反射エリア外(点D)では比較的似た特性を示している。

#### 4. まとめ

立体的な不連続音響反射板の形状の違いによる反射特

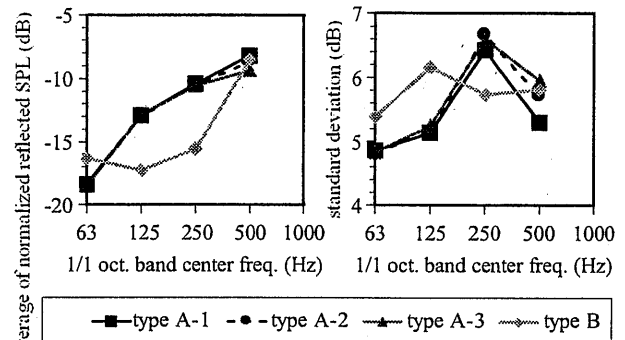


図6 解析エリアにおける反射音レベルの平均値・標準偏差

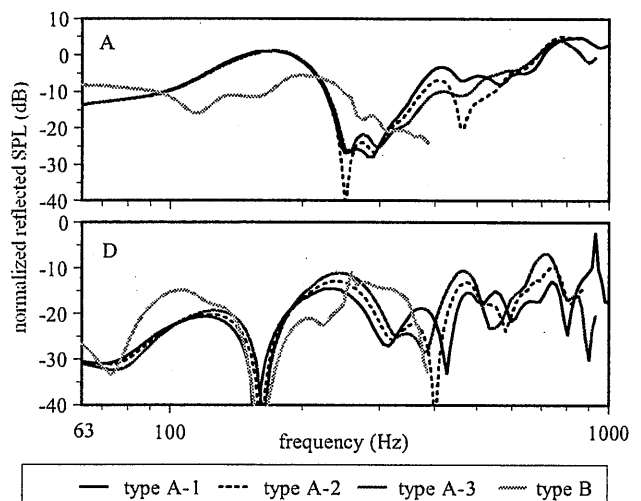


図7 受音点における周波数特性

性について数値解析を通して考察を行った。方形板については、音源の鏡像反射エリアにおいて、低音域では空間領域、周波数領域共に形状による差は認められないこと、中音域では空間領域において方形板の曲率の増加に伴い反射音レベルのばらつきが増加することが分かった。また、鏡像反射エリア外では、中音域において、空間領域、周波数領域共に方形板の曲率の増加に伴い反射音レベルが増加することが分かった。一方球については、鏡像反射エリアにおいて低音域での反射音レベルの平均が低く空間領域によるばらつきが大きいこと、周波数領域では、鏡面反射エリア内において方形板と全く違う特性を示すことが分かった。