

不連続音響反射板 (浮雲) の反射特性

Sound Reflection from the Suspended Panel Array

橘 秀 樹*・山 口 道 征*・石 井 聖 光*

Hideki TACHIBANA, Michiyuki YAMAGUCHI and Kiyoteru ISHII

1. は し が き

オーディトリウムなどで、音響反射板として比較的小さな反射板を数多く吊り下げることによって、直接音の補強やステージ上へのはね返りなどを計画する場合があります、このような反射板群は一般に浮雲と呼ばれている。

この浮雲は建築デザインの的には興味深いものであるが音響的には、特にその不連続性が反射特性に与える影響など、まだ明らかにされていない点が多い。

そこで筆者らは、浮雲の音響設計資料を得るための研究として、基礎的な実験的検討を行なったので、報告する。

2. 実 験 の 方 法

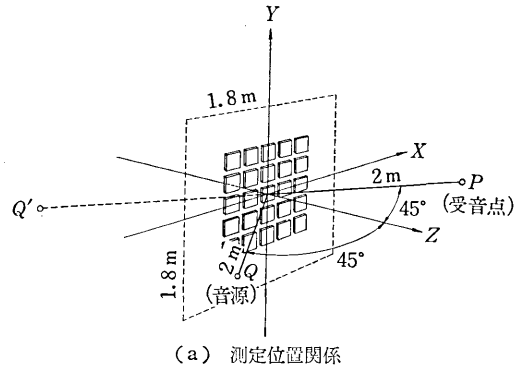
反射板群による反射音の周波数特性を測定するために縮尺を約 1/20 に想定した模型実験によって、無響室内で実験を行なった。

複雑な浮雲の配列のうち、今回対象としたのは平面状の場合である。また測定位置関係は図 1 に示すように、試料面に対して音源、受音点が 45° - 45° の鏡面反射関係になるようにとり、試料面を平行移動して座標原点位置 0 の違いによる反射特性の変化に注目した。

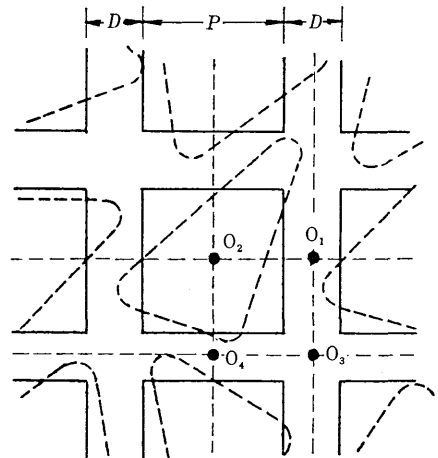
反射板は $15 \times 15 \text{ cm}^2$ (実物で約 $3 \times 3 \text{ m}^2$) の正方形平板およびそれと同面積の三角形板を用いた。材料は厚さ 5mm のプラスチック板である。

測定法としては、1/3 octave band noise 定常音を音源として使い、反射音を直接音から分離するために、スピーカー (N社製、ホーン・ツイター) とマイク (B & K社製、1/4in. コンデンサー型) の両方に種々の方法によって適当な指向性をつける方法をとった。なおこの場合に、試料面に対してはなるべく一様になるように、両者の相乗的な指向性を調節した。

基準値は、試料面を剛反射面としたときの反射音圧 (u_0) とした。これは、スピーカー、マイクを 4 m ($=R+R_0$) 離して向い合わせたときに対応しているが、測定上よく一致することを確認した。測定値はこの基準値に対するレベル差 $20 \log |u|/|u_0|$ (dB) として整理した。



(a) 測定位置関係



(b) 座標原点位置

図 1

3. 回折理論の適用

有限面積の平板による反射音場は、反射板をネガティブに考えて無限障壁にある開口部とし、鏡像位置にある虚音源による、その開口を通しての回折音場と考えれば、Kirchhoff の近似回折理論が適用できる。

ここで扱う浮雲の平面状配列の場合には、無限障壁にある不連続な多数の開口として、それらによる回折音場の和を計算すればよい。

4. 実験結果と考察

1) 正方形口, 円孔による回折

まず、回折理論の適用ならびに実験方法の検討として

* 東京大学生産技術研究所 第5部

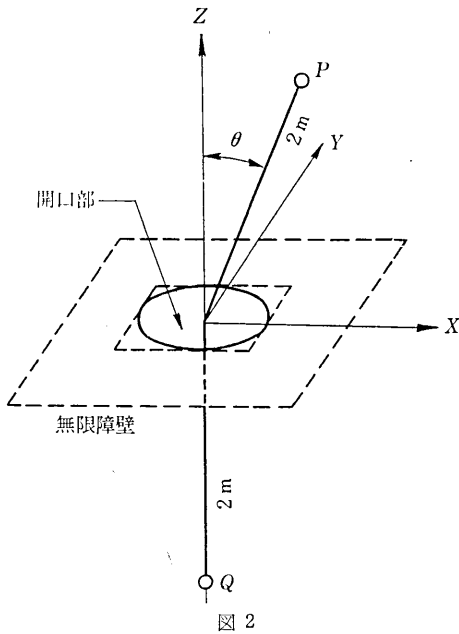


図 2

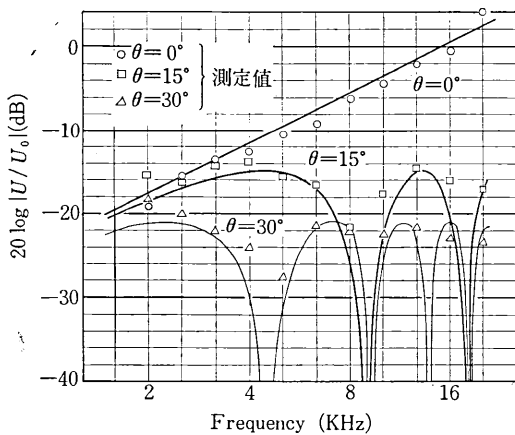


図 3 正方形開口 (15×15cm²) による回折

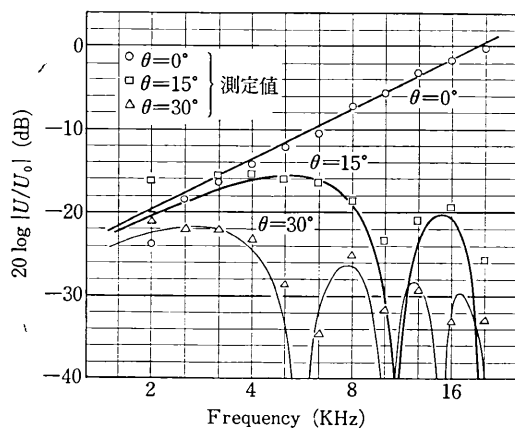


図 4 円形開口 (直径 15cm) による回折

図 2 に示す垂直入射の場合の、正方形口 (15×15cm²) と円孔 (直径 15cm) による回折音場を測定し、計算値との対応を求めたのが図 3, 4 であり、ほぼ一致している。この場合の計算値 (図中の実線) は、純音として、Fraunhofer 級近似で求めたものである。

2) 正方形板・平面状整配列

15×15cm² の正方形板を図 5 のように 6cm 間隔で整配列し、4 つの座標原点の違いによって測定した結果が図 7 である。図中の太破線と細線は、Fresnel 級近似によって求めた計算値である。

これらの結果から、ごくわずかな位置の違いによって反射特性が非常に異なることがわかる。これは各板から

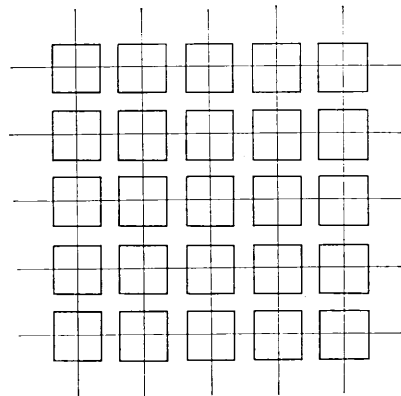


図 5 正方形板平面状整配列

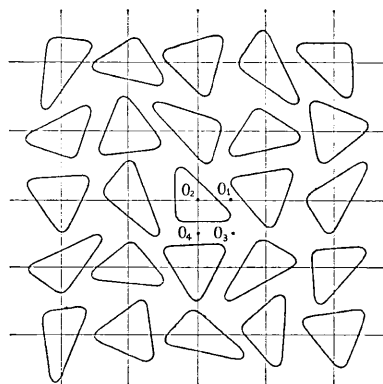


図 6 三角形板平面状整配列

の反射音の間の干渉によるものであるが、この場合には一種の音響的回折格子となっているため、干渉も激しい。

なお、この他にも間隔 (D) が 3, 9cm の場合も測定したが密度の減少に従い、平均的反射強度の低下と同時に反射特性の変動が著しくなる。

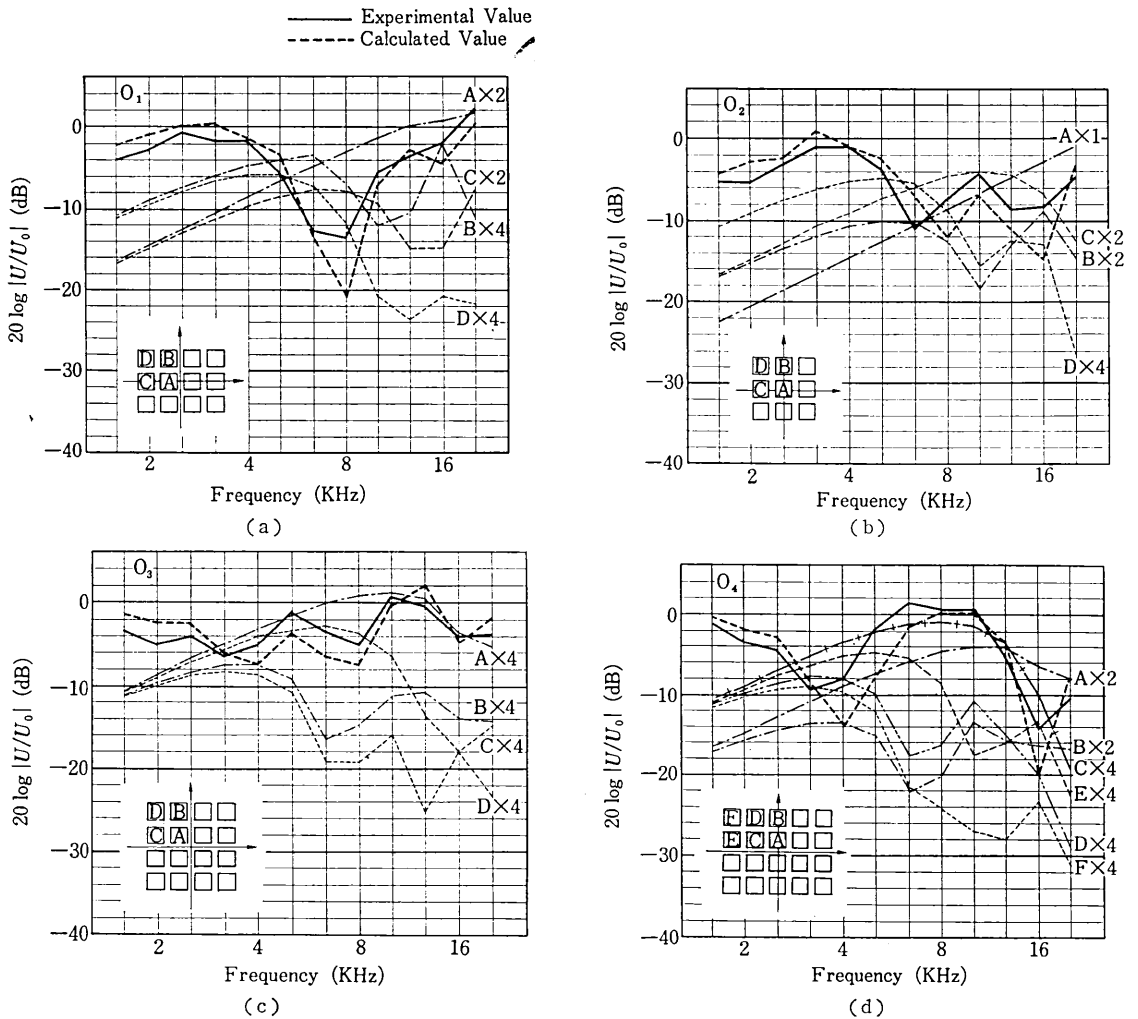


図 7

3) 三角形板・平面状配列

不整形板として三種類の三角形を基本形とし、いずれも先に用いた正方形板と同面積の平板を用いて、次の二つの配列について実験した。

まず、図 6 の配列は前項 2) と同じ整配列で、三角形の中心を格子状にそろえたものであり、その結果が図 8 である。この場合の座標原点位置の違いによる反射特性の変化のしかたは、正方形板の場合 (図 6) とほとんど一致している。したがって反射板を不整形にただけでは、回折格子としての反射特性の乱れを少なくすることができないことがわかる。ただし同じ繰り返しの座標原点に対しては、正方形板では測定上ほとんど一致した結果が得られたが、この場合にはわずかながら変化しており、これは板の不整形によるものであろう。

次に同じ三角形板を図 9 のようにランダムに配列したものを測定した。この場合には座標原点の位置は、板上と間隙にとった。この結果が図 10 であるが、整配列にくらべて反射特性は全体に平坦となっている。したがって不整形板をランダムに配列したことにより反射特性は多少改善されたが、個々にみればまだ平坦な特性とは言えない。また座標原点位置が板上の場合と間隙の場合をくらべると、前者では一枚の反射板の鏡面反射方向であるから周波数が高くなるにつれ完全反射に近づくが、後者では次第に下がり高音域の「すっぱ抜け」が起る。

5. む す び

音響的には多くの問題を持ち、複雑な反射特性を示す浮雲の研究として、本報告では基礎的解析として単純な場合をとり扱ったにすぎないが、今回の測定結果から浮

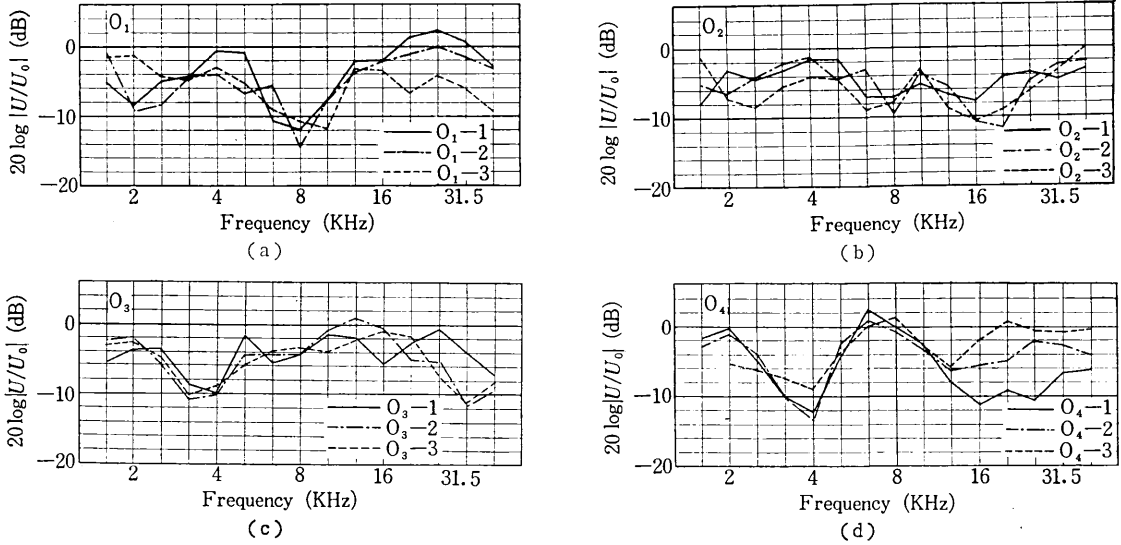


図 8

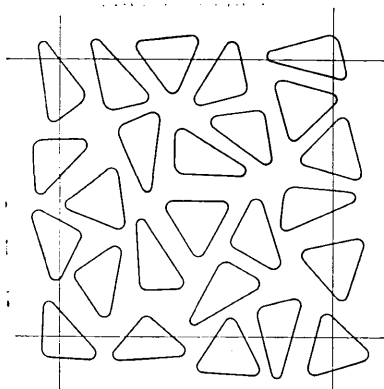


図 9 三角形板平面状ランダム配列

雲の特徴である不連続性は、大面積の反射板とくらべて単に幾何的有效面積の減少による反射音圧の低下のみならず、干渉によって反射特性を乱す原因となることが実験的にも明らかとなった。

そこで、浮雲個々形状、大きさの問題、あるいは配列方法などの検討を通して、反射特性をいかに改善し、有効なものとするかが今後の課題となる。なお、三次元的な配列の場合を現在検討中であり、改めて報告する。

(1971年1月25日受理)

参 考 文 献

- 1) B. G. Watters, L. L. Beranek 他, Sound, Vol. 2, No. 3 (1963) p. 26
- 2) R. W. Leonard, L. P. Delsasso, V. O. Knudsen, J. A. S. A., Vol. 36, No. 12 (1964) p. 2328
- 3) 桜井美政, 前川純一, 日本音響学会誌, 第24巻 第5号 (1968) p. 289
- 4) 山本照二, 日本音響学会誌, 第25巻 第5号 (1969) p. 264

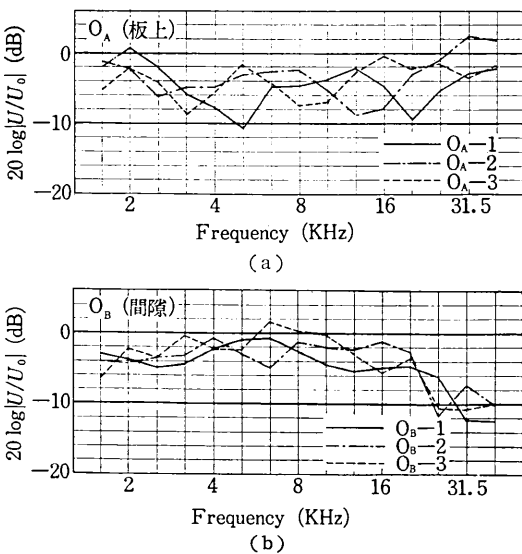


図 10