

審査の結果の要旨

氏名 横田 考俊

「室内における音響拡散・反射体の効果に関する研究」と題する本論文では、コンサートホール等で用いられる音響拡散体および不連続音響反射板（浮雲）の設計指針を得ることを目的とし、それらの物理的音響特性の把握と聴感的効果について検討を行っている。

まず序章では、ホールの設計のためには音響拡散・反射体の設計指針が必要であること、また建築家による意匠設計に対して自由度を与えると同時に音響的效果を保証することの重要性の認識に基づいて、その手法を確立するための研究の進め方について述べている。

第1章では、本論文で数値音場解析で用いている時間領域差分法の定式化について概説している。この手法は音場内における音波の伝搬過程を時系列上で解析する方法で、室形状や壁面の形状等に応じた音波の伝搬性状の変化を視覚的に直接捉えることができ、また室内音響で重要な室のインパルス応答も計算できるという特長を有しており、本研究における具体的な適用方法を述べている。

第2章では、ホールの典型的な平面形状である長方形、扇形および楕円形を取り上げ、それらの基本的な音響特性を把握することを目的として行った2次元数値解析の結果をまとめている。すなわち、各形状の室内における音波の伝搬過程の可視化、音場内の受音点におけるインパルス応答の可聴化、および室内の各点における累積エネルギーの空間分布の可視化を通して各形状の音響的特徴を比較している。これらの結果は、室内音場の可視化、可聴化の有効性を見事に示している。

第3章では、まずホール等でしばしば用いられている各種の形状の音響拡散体を対象として、その音波散乱効果を数値計算および模型実験によって可視化している。次に、基本的検討として拡散体単体による音波散乱特性について検討を行い、拡散体形状・寸法、音波の入射角度、入射波の波長の関係について調べ、それに基づいて音響拡散体の設計方法を取りまとめている。続いて、室内に拡散体を設置した場合の効果について検討を行い、拡散体形状によって室内音場の拡散性を高める効果が異なること、したがって室形状と音波の入射条件の違いによって適切な音響拡散体を設計すべきであることを述べている。

第4章では、不連続音響反射板（浮雲）の反射特性について検討を行っている。まず浮雲による音波反射の様子を可視化し、反射板形状および配置の違いによって反射特性が異なることを確認している。また浮雲からの反射音の周波数特性はピーク・ディップをもつ乱れた特性となることを示し、その原因を明らかにしている。つぎに平面的に配列された浮雲の反射特性について、Fresnel-Kirchhoffの近似回折理論を用いて検討を行い、受音点における反射特性は各反射板の形状にはあまり影響されず、各反射板の配置に大きく影響されることを確認している。また、不連続反射板をランダムに配置するによって周波数特性の乱れが緩和されることを示している。

第5章では、音響拡散体および浮雲の効果について行った聴感実験の結果を述べている。まず新たに開発した多チャンネル数値音場シミュレーションシステムについて概説し、そのシステムの基本的な音場再現精度を示している。この手法を用いた聴感実験として、室内に拡散体を設置した場合のフラッターエコーの低減効果、浮雲の効果について行った実験の結果を述べている。

上記の検討結果から、ホール等で用いられる音響拡散体および不連続反射板の設計に関して、以下の知見を整理している。

まず音響拡散体については、

- (1) ホール室形と音源位置の関係から決まる壁面への音波の入射角度を考慮し、それに応じた形状を選択する必要がある。
- (2) 拡散体の寸法に関しては、凹凸の幅が拡散を目的とする音波の波長程度となるようにする。音波が斜めに入射する面については、入射角度が浅くなるほど幅を狭くしてもよい。凹凸の出については、幅の15~35%程度を目安とし、音波が斜めに入射する面ほど出を大きくする必要がある。
- (3) 円柱形状の拡散体を壁面に沿って配置する場合は、配置間隔が重要である。直径が0.4 m程度の場合には、音波が斜めに入射する面については1.5 m程度（最大で3 m程度）の間隔で配置することにより高い拡散効果が期待できる。

不連続音響反射板（浮雲）については、

- (1) 各反射板の形状は反射特性にあまり影響せず、意匠性を重視して設計してよい。
- (2) 各反射板の面積が大きいほど有効な反射エネルギーが得られる。
- (3) 各反射板を規則性がないようにランダム配置とすることにより、反射音の周波数特性を平坦にすることができる。

以上に述べたように、本論文ではホールの設計で最も基本的かつ建築意匠と関係が深い音響拡散体および不連続反射板の設計方法について、模型実験、数値解析および聴感評価実験によって検討を行っている。それらの結果は、建築音響学の視点から興味深いだけでなく、建築設計に対して有効な基礎資料を提示している。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。