

論文審査の結果の要旨

氏名 李 孝振

本論文は「壁面音響乱反射率の実験室測定と数値解析に関する研究」と題し、6章から成る。壁面音響乱反射率の汎用的な定量化手法の構築・整備、及び実験室測定と数値解析を通して乱反射率の挙動を把握し、測定条件、測定における誤差要因等に関する知見を得ると共に、各種壁面拡散体の乱反射率特性に関する検討を行っている。本研究により、測定・計算の両面で壁面拡散性の定量化手法が整備され、将来的には、各種壁面拡散体の乱反射率データベースが構築され、幾何音響シミュレーションの基礎データとして有用であると共に、拡散体の詳細設計の指針ともなる等、室内音響設計の支援ツールとしての役割が期待される。

第1章では、室内音響設計における音場予測の重要性、幾何音響的手法の実務における有用性について述べた上で、幾何音響解析の問題点、特に壁面による音響拡散を考慮した解析の必要性について指摘している。また、拡散壁の形状設計における音響拡散性能の評価指標の意義を述べた後に、音響乱反射率の定義、算出法や既往関連研究について概観し、本研究の位置づけを行っている。

第2章では、ISO 17497-1のランダム入射乱反射率の残響室法測定について、未だ明確にされていない試料の適用条件や測定における誤差要因等、測定条件に関する知見を得るための検討を行っている。残響室法の測定原理について述べ、これに基づくISOの測定方法及び留意点について具体的に示している。次に、縮尺模型残響室を用いた測定を通して、試料の端部処理や配置等の試料適用条件に関する検討を行っている。試料端部からの散乱を制御する方法を提示すると共に、適切な設定条件が整理されている。最後に、インパルス応答の同期加算方法に関する理論的な考察を行った上で、インパルス応答測定における信号の種類や試料回転速度等が乱反射率に及ぼす影響を縮尺及び実大測定を通して検証している。

第3章では、前章で構築したランダム入射乱反射率の測定システムを用いて、各種壁面拡散体の乱反射率特性を調べている。音響設計上一般的な拡散壁であるリブ及びブロック構造を対象とし、縮尺模型測定によるケーススタディを通して、表面形状に起因する乱反射率の特徴を調べている。リブ構造壁面に関しては、角柱高さ、角柱配置、背後空気層、角柱形状、吸音仕上げによる影響を、ブロック構造壁面に関しては、被覆率や

配置が乱反射率特性に及ぼす影響を調べ、拡散壁設計上で有用な知見を得ている。

第4章では、第2章の測定法とは全く異なる原理により、垂直入射乱反射率の測定法を構築している。この指標は室内の平行壁間で生じるフラッターエコー等の音響障害の評価・抑制に有効であり、室内音響設計上で重要な一つの手掛かりを提供するものであることを示している。まず、新たに提案する垂直入射乱反射率の測定理論について述べ、次に縮尺模型による測定システムを構築し、試料の適用条件及び測定パラメータが結果に与える影響についての検討を行っている。また、数値解析結果との比較により測定法の妥当性を検証しながら、測定方法における適切な設定条件を検討している。さらにその応用的な測定として、縮尺模型実験により2次元ランダム入射乱反射率の同定を試み、数値解析結果との比較を通して、測定法の適用可能性に関する知見を得ている。

第5章では、波動音響的手法として境界要素法を用いた乱反射率の数値解析を実施し、まずは第2章及び第4章での測定結果との比較検証を行い、測定・計算の両面での定量化手法の妥当性を確認している。数値解析は実験室測定の代替可能性を有し、設計段階での壁面形状の検討への利用が想定されることから、その実証として、典型的な拡散壁面仕上げである周期構造壁を対象として取り上げ、その断面形状、高さ、幅が乱反射率に及ぼす影響を具体的に検討している。最後に、周期構造壁面の設計指針として、音場の拡散性の向上やフラッターエコーなどの音響障害を緩和するための効果的な拡散体を提案している。

第6章では、本論文の成果と共に、壁面の音響拡散性能の評価ならびに音場予測、音響設計への応用に関して、今後の課題と展望について述べている。

以上、本論文は、室内音響設計において重要な設計要素である壁面の音響拡散性能に関して、2種類の乱反射率の実験室測定法を確立するとともに、数値解析による測定の代替可能性についても実証したものである。従来の測定法に関する研究成果は、国際規格化に大きく貢献するものであり、一方、新提案の測定法により同定可能となった物理指標は、音場予測の新たな方法論への展開が期待され、両者の学術的価値は高い。加えて、数値解析による予測の実現は、実務的音響設計に有益であり、将来性が大いに見込まれる。

よって、本論文は、博士（環境学）の学位申請論文として合格と認められる。

以上 1,990 字