

# 論文審査の結果の要旨

氏名 江田 和司

本論文は「拡散性制御に基づく室内音響設計に向けた音場解析に関する研究」と題し、7章から成る。壁面による音響拡散に着目し、室内音響設計の各段階（基本設計・残響予測・音場評価）に対する検討を主に音響数値解析により行っている。本研究により、室条件の音場に及ぼす影響が定量的に把握され、将来的には、壁面の部位音響性能として吸音性に加えて拡散性を新基軸に据えた二元的音響設計スキームが構築される際の基礎を担う知見となることが期待される。

第1章では、人間の暮らしにおける室内音響設計の重要性を述べた上で、壁面形状や内装材配置といった部位レベルの詳細設計に関する問題点、特に壁面拡散が室内音響特性に及ぼす影響を明らかにする必要性について指摘するとともに、計算機性能の向上に伴って数値解析手法の適用範囲が拡大していることに触れ、本研究の位置づけを行っている。

第2章では、本研究の既往関連研究を概観している。閉空間内の音響伝搬や室内インパルス応答等の室内音響に関する基礎事項を述べた上で、室内音響特性に関する評価理論を、室内音響指標、残響理論、音場の拡散性の各観点から広く整理し、課題を挙げている。特に、残響理論については第5章でその適用性を検討する理論を定式化している。また、音場の拡散性については狭義の定義に基づく空間的観点だけでなく、周波数・時間の各領域に亘る解釈を含んでいる。

第3章では、室内音響予測手法のうち本研究で用いられる数値解析手法の基礎理論を概説している。幾何音響的手法として鏡像法及び音線法を、波動音響的手法としてFDTD法に関して述べ、解析設定に関する基礎検討を行っている。

第4章では、基本設計における試行錯誤の短縮化のために、室条件が音響特性に及ぼす基礎的影響を把握し、設計案の作成に資する予備的知見を与えている。統一した室条件を設定し、音響伝搬性状の可視化、室内音響指標及び音場の拡散性に関する指標を算出し、壁面拡散に関する他の室条件との相互作用を含めた知見が系統的に整理されている。室内音響指標に関しては、指標値の周波数特性及び空間分布、さらに室条件の変化に対する各指標の感度が示されており、設計実務の上で有用な知見を得ている。音場の

拡散性に関しては、空間・周波数・時間の各領域について一部新提案の時間発展的な分析手法を適用して調べており、必ずしも空間的観点に基づかない分析評価の可能性を示唆し、第6章における検討に繋げている。

第5章では、非拡散音場における室内残響に関する予測精度を向上するために、「壁面の拡散性を考慮した矩形室の残響理論」の適用性を検証している。まず、理論計算に必要であるものの測定が困難でありデータベースが希薄な入射角依存の吸音率及び乱反射率の推定方法を示している。次に、幾何音響解析を行い、鏡像理論に基づく本理論の近似精度を確認するとともに、既往の理論に比べて優位であることを示している。最後に、より現実的な波動音響解析を実施し、波動現象を考慮した実用的な計算方法を提案している。また、本理論の適用が不可能な室条件を示し、本章及び前章で得られた室内残響に関する知見に基づいて適用の可否を判断することを推奨している。

第6章では、室内インパルス応答における反射音構造の分析による音場の拡散性及びエコーに関する評価について検討している。第一に、室内インパルス応答から得られる反射音構造として減衰率比に着目し、鏡像理論に基づく定式化を行うことで影響要因を明らかにするとともに、幾何音響解析を通じて現象をより適切に表すことができる新たな算出方法を提案している。第二に、減衰率比の傾向把握及び音場評価のために基本統計量である変動係数及び尖度を取り上げ、減衰率比に基づく既往の指標に比べて安定性が高いこと、様々な室条件に関する既往の知見に則した傾向が得られることを波動音響解析及び音響測定によるケーススタディを通じて明らかにし、少数点計測による音場の拡散性の評価及びエコーの定量的評価が可能であることを示している。

第7章では、本論文の成果とともに、壁面の拡散性及び音場の拡散性を考慮した室内音響設計に関する今後の展望及び課題について述べている。

以上、本論文は、室内音響設計における重要な設計要素であるものの曖昧な経験判断に基づいて扱われている壁面による音響拡散に着目し、定量的設計範囲を拡大したものである。本研究の成果は設計の確実性の向上に留まらず、従来 of 吸音依存の音響設計に対する自由度の向上が期待され、実務上の有益性が高く、将来性が大いに見込まれる。加えて、室内音響学的前提である音場の拡散性に関する新提案の分析評価手法は、音響設計だけでなく音響試験室の性能把握等への展開が期待され、学術的価値は高い。

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 1,998 字