

## 審査の結果の要旨

氏名 パブロ ナバ ガブリエル

本論文は「Inverse sound rendering: In-situ estimation of surface acoustic impedance for acoustic simulation and design of real indoor environments (インバースサウンドレンダリング: 内部空間の表面の音響特性推定を目的とした音響逆問題解析)」と題し、室内音響解析で広く用いられる境界要素法による音場シミュレーションの逆問題解析により、計測された室内音圧分布から音響的境界条件として室内全表面のノーマル音響インピーダンスを同時推定するという手法を新たに提案し、実験によりその有効性を評価したものであり、全体で8章で構成されている。

第1章「Introduction」(はじめに)では、室内などの内部空間を構成する表面の音響特性推定を目的とした音響逆問題解析に関する背景について論じた後、本研究における具体的な研究目標を整理し、本論文の構成をまとめている。

第2章「Related work」(関連研究)では、本研究に関連するいくつかの分野の技術を紹介している。まず最初に、音響管を用いた特殊な計測装置を用いることなく物体表面のノーマル音響インピーダンスを計測する先行技術についてその概略を述べ、本論文における音響逆問題解析にもとづくノーマル音響インピーダンス推定との違いを明確にしている。また、同じ音響の逆問題解析という点からマイクロホンアレイを用いた音源分布推定に関する先行研究をまとめている。最後に、画像と音とのアナログという視点から、物体表面間の相互反射作用をモデル化した画像生成手法であるラジオシティ法の逆問題解析によるインバースレンダリング技術の概略を説明している。

第3章「Prediction of sound in interior fields by the acoustic BEM」(境界要素法による閉空間内の音場予測)では、本論文で提案する音響逆問題解析手法について論じるための準備として、音響解析における音場シミュレーションのための基礎的手法である境界要素法の理論的背景とアルゴリズムについて記している。

第4章「Acoustic parameter estimation by inverse BEM」(境界要素法の逆問題解析による音響特性の推定)では、境界要素法に対する逆問題解析の基本的な考え方と理論を整理し、境界条件としてのノーマル音響インピーダンスを逆問題解析により推定する際の解の不安定性について考察を加えている。

第5章「Least-square estimation of the acoustic impedance from field measurements」(最小二乗誤差基準にもとづくノーマル音響インピーダンスの推定)では、境界要素法の逆問題解析によりノーマル音響インピーダンスを推定するための手法として最小二乗誤差推定にもとづく解法を提案し、そのアルゴリズムの詳細を説明した上で、数値シミュレーションにより提案手法の振る舞いを詳細に解析している。

第6章「Acoustic impedance estimation by an iterative optimization method」(繰り返し

最適化によるノーマル音響インピーダンスの推定)では、最小二乗誤差推定による解法における問題点を避けるための方策として、新たに繰り返し最適化による手法を提案している。先の最小二乗誤差推定では物体表面各点ごとにノーマル音響インピーダンスを推定するのに対し、繰り返し最適化にもとづく手法では、屋内空間が音響特性的に均一な幾つかの平面により構成されていると考え、表面各点ではなく各平面ごとにノーマル音響インピーダンスを推定するというアプローチとなっている。これにより、逆問題解析における自由度を効率的に制限され、より安定に解を得ることを可能となることを示している。

第7章「Experimental measurements in a reverberation chamber」(残響室を用いた実験結果)では、本研究で提案した2つのノーマル音響インピーダンス推定手法のそれぞれについて、実際の残響室で得られた実計測データを用いて性能を評価した実験の結果について報告している。

第8章では、本研究のまとめと今後の課題を述べている。

以上これを要するに、本論文では、境界要素法の逆問題解析による境界条件推定という新しい発想にもとづいた方法論により、物体表面の音響特性を表現する基本的物理量としてのノーマル音響インピーダンスを推定するための手法を提案し、シミュレーションおよび実データを用いた実験によりその有効性を評価したものであり、電子情報学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。