


学位論文の要旨

専攻名	工学専攻 環境工学コース	ふりがな 氏名	さかもと のりあき 坂本 憲昭 
学位論文題目	音圧粒子速度センサとアンサンブル平均を用いる材料の <i>in-situ</i> 吸音特性測定法の対象周波数拡張および精度向上に関する研究 Target frequency expansion and accuracy improvement of an <i>in-situ</i> measurement method for sound absorption and surface normal impedance of materials using ensemble averaging technique with a pressure-velocity sensor		
<p>建築の音響設計において所望の音環境を実現する上で室内音場予測手法は不可欠であり、波動音響学に基づく数値解析手法を用いて室内音場を精度良く予測するには、空間の境界面での音響特性をいかに正確に与えるかが重要である。しかしながら、境界条件として不可欠な材料の表面インピーダンスデータは不足しており、より一層の研究データの蓄積が必要とされている。その解決へ向け、2005年にTakahashi等が不特定環境騒音と2本のマイクロホンを用いる吸音特性測定手法を、引き続き、2009年にOtsuru等が音圧粒子速度センサ(puセンサ)とアンサンブル平均を用いる測定手法を、順次提案した。その後、2012年にNazli等が安定した測定のための幾何学的性状を明らかにし、さらに2013年にAsniawaty等がpuセンサの安定性について相対湿度の重要性を見出した。ただし、当時のコンピュータの性能を踏まえ、これらの研究における対象周波数は200 Hz-1500 Hzに限定され、かつ、puセンサ校正法について原理の記述のみに留まっていた。</p> <p>そこで本研究では、Otsuru他の手法(EA法と略す)について、<i>in-situ</i>測定法としての確立を目的として以下の検討を行った。まず、対象周波数の拡張及び測定精度の向上を目的としたpuセンサ校正法の改良について検討した。続いて、その改良の有効性を明らかにするため、残響室および一般音場において再現性の検証実験を実施した。その際、測定対象の音場に適切な音源の選択及び測定改善策の適用についても併せて検討した。</p> <p>第1章では、本研究の背景、目的、論文の構成について述べている。</p> <p>第2章では、音響管を用いたpuセンサの校正法に着目し、対象周波数の拡張及び測定精度の向上を目的とした改良を検討した。新しく製作した試作音響管を用いることにより、対象周波数の3000 Hzまでの拡張を達成し、加えて、これまで明示されていなかった音響管内での適切なpuセンサの位置と測定精度の関連性について明らかにした。</p> <p>第3章では、試料(グラスウールおよびニードルフェルト)について、第2章で検討した改良を適用したEA法を用いて、3つの残響室における再現性検証実験について述べた。この際、残響室の特性を考慮し固定音源を用いた。その結果、125 Hz-2500 Hzの周波数領域において、1/3オクターブバンド平均吸音率が0.06以下の不確かさのもとで安定的に得られた。また、Nazli等</p>			

による改良以前のEA法を用いた残響室での再現性の検証実験結果と比較して、最大差(MD)が低周波数領域を除く全域で減少した。

第4章では、第3章の検討で明らかとなった残響室での低周波数領域における測定精度の不安定さの要因を探る為に、有限要素法によるモード解析を実施し、測定改善策について検討した。モード解析の結果から、固有モードの分布の偏在が要因と推察され、測定改善策として適用した吸音パネルおよび移動音源の有効性について述べた。吸音パネルの設置により、表面インピーダンスの測定結果が安定することが示され、また、寸法・重量の異なる2種類の移動音源を適用した結果、対象周波数を200 Hz以上とした場合、可搬性に優れる移動音源を用いた場合でも固定音源同様の効果を確認し、特に、*in-situ*測定の際の労力と精度のバランスの点で、小型移動音源の有用性を明らかにした。

第5章では、より多様な音場での提案手法の再現性を明らかにするために、食堂、廊下、コンクリート打放し仕上げ室、屋外テラス、残響室の5種類の音場における再現性検証実験について述べた。対象とした音場の特徴を考慮し、本章の実験では、200 Hz以上を対象とし、可搬性の高い小型移動音源を用いた。その結果、200 Hz-2500 Hzの周波数領域において、1/3オクターブバンド平均吸音率が0.03以下の不確かさのもとで安定的に得られることが明らかとなり、さらに、Nazli等による移動音源を使用した改良以前のEA法を用いた一般音場での再現性の検証実験の結果と比較したところ、最大差(MD)が対象周波数の全域で減少した。

以上の研究成果を踏まえ、第6章では本研究の結論と今後の課題について述べた。本研究で提案するEA法は、試作音響管を用いることにより、校正時の適切なpuセンサ位置が明確となり、測定上限周波数も3000 Hzまで拡張された。可搬性の高い測定機器を用いることにより、1/3オクターブバンドで200 Hz-2500 Hzの周波数領域において、屋外空間を含む多様な音場において0.03以下の不確かさのもとで材料の吸音特性が測定可能であることが示され。今後、より多様な試料や音場を対象とした検討が望まれるものの、本研究で提案するpuセンサを用いたEA法の信頼性が示されたものと考えられる。

学位論文審査結果の要旨

専攻	工学専攻環境工学コース	氏名	坂本 憲昭
論文題目	音圧粒子速度センサとアンサンブル平均を用いる材料の <i>in-situ</i> 吸音特性測定法の対象周波数拡張および精度向上に関する研究		
主査	大鶴 徹		
審査委員	秋田 昌憲		
審査委員	鈴木 義弘		
審査委員	富来 礼次		
審査委員			
審査結果の要旨 (1000 字以内)			
<p>本研究は、アンサンブル平均を用いる材料の吸音特性の <i>in-situ</i> 測定法 (EA法) について、<i>in-situ</i> 測定法としての確立を目的とし、音圧粒子速度センサ (puセンサ) を用いた測定法の改良および再現性の検証実験を行ったものである。</p> <p>快適な音環境の実現を目的とした音響設計において、コンピュータが発展した今日、数値解析手法を用いた室内音響シミュレーションの需要が増大している。しかしながら、境界条件として不可欠な材料の表面インピーダンスデータが不足している現状である。その解決へ向け、2005年に提案されたEA法は、その後、様々な研究がなされ改良されてきたものの、これまで研究における対象周波数は200 Hz-1500 Hzに限定され、かつ、puセンサ校正法について原理の記述のみに留まっていた。</p> <p>そこで本論文で著者は、EA法の <i>in-situ</i> 測定法としての確立を目的として、puセンサを用いた測定法の改良と再現性の検討を行っている。</p> <p>研究の方法としては、まず、音響管を用いたpuセンサの校正法に着目し、対象周波数の拡張及び測定精度の向上を目的とした改良を検討している。新しく製作した試作音響管を用いることにより、対象周波数の3000 Hzまでの拡張を達成し、加えて、測定精度に関し音響管内での適切なpuセンサの位置を明らかにしている。</p> <p>続いて、その改良の有効性を検証するため、残響室および一般音場において再現性検証実験を実施している。その際、適切な補助音源の選択及び測定改善策についても併せて検討を行っている。吸音パネルや補助音源を用いることで測定精度が改善することが示され、さらに、可搬性の高い測定機器を用いることにより、1/3オクターブバンドで200 Hz-2500 Hzの周波数領域において、屋外空間を含む多様な音場において0.03以下の不確かさのもとで材料の吸音率の測定が可能であることを明らかにしている。</p> <p>以上の研究成果は、puセンサを用いたEA法の <i>in-situ</i> 測定法としての信頼性を示し、特に、境界条件として用いる表面インピーダンスのデータベース構築に寄与すると期待され、その有用性は高く評価される。また、論文審査会や公聴会における質問に対して的確な受け答えと説明がなされた。よって、本論文は博士(工学)の学位に値するものと認められる。</p>			