

## 確率的均質化法による多孔質吸音材のマルチスケール解析

○小松 洋輔      山本 崇史      桂 大詞  
(工学院大学大学院) (工学院大学) (マツダ)

遊川 秀幸      山川 啓介      立野 昌義  
(マツダ)      (マツダ)      (工学院大学)

Multiscale Analysis of Porous Sound Absorbing Material with Probabilistic Homogenization Method

Yosuke KOMATSU      Takashi YAMAMOTO      Daiji KATSURA  
(Kogakuin University) (Kogakuin University) (Mazda)

Hideyuki YUKAWA      Keisuke YAMAKAWA      Masayoshi TATENO  
(Mazda)      (Mazda)      (Kogakuin University)

多孔質吸音材の異なるスケールを介した不確かさの伝播を推定する計算手法に着目し、微視的なランダム変動が巨視的特性である吸音率に及ぼす影響を検討した。ここでは、確率論的解析にはモンテカルロシミュレーションと摂動法を採用し、マルチスケール解析には均質化理論にもとづく有限要素法を採用した。これらを用いてより少ない計算コストで周波数領域における吸音率の確率分布を近似する方法を提案する。

Key words : 吸音率, 感度解析, FEM, 防音材

## 1 はじめに

自動車などの輸送機器における静粛性の向上は、ユーザーの快適性を高めるうえで重要な性能の一つである。また近年では自動車の環境騒音低減の要求が高まっており、欧州・日本を中心として社外騒音規制が段階的に強化されている。これら騒音問題に対する対策方法として多孔質吸音材が多用されており、その代表的な特性である吸音率予測の重要性が高まっている。

多孔質吸音材の吸音率を予測するモデルとしては、流体相を考慮した Delany-Bazley モデル<sup>(1)</sup>や、固体相と流体相両方を考慮した Biot モデル<sup>(2)(3)</sup>が広く用いられている。これらのモデルでは多孔度や流れ抵抗などのマクロなパラメータを用いて、多孔質吸音材の音響特性を表現している。また多孔質吸音材の微視的な構造から吸音率を予測することを目的とした研究を山本らが報告している<sup>(4)</sup>。これは吸音材の微視構造に均質化法を適用することで、マクロ特

性である吸音率を熱散逸として算出している。この均質化法に基づいたアプローチでは吸音材の微視構造を直接モデル化できるため、吸音材料の設計において有用な解析手法となる。

山本らの解析手法は均質化法で周期境界条件を仮定しており、また有限要素解析による決定論的手法であることから、その微視構造の不確かさやロバスト性を評価することは困難である。材料開発や製品開発等の工学的応用を考えた場合、製造時に生じる様々なばらつきを定量的に評価した設計、解析手法の開発は重要となる。

不確かさの定量的評価の研究ではモンテカルロシミュレーション (MC)<sup>(5)</sup>、応答曲面法<sup>(6)</sup>、多項式カオス展開<sup>(7)</sup>などの確率論的手法が提案されている。これらの手法の選択は分析目的や対象の確率変数や目的関数により異なっており、統一的な手法で不確かさを評価することは困難である。

均質化法へ確率論的手法を適用した先行研究は坂田ら<sup>(8)</sup>や高野ら<sup>(9)</sup>により報告されている。坂田ら