

繊維系防音材の音響数値モデル化に関する研究

日大生産工(学部) ○平野 洸祐 日大生産工 高橋 亜佑美 日大生産工 見坐地 一人

1 まえがき

近年の自動車は更なる静粛性が求められ、騒音を下げることが必要である。自動車内のエンジンは音の発生源の一つであるため、エンジン周辺を吸音することによって効率良く音を減らせる。しかし、エンジン周辺は高温になるため、解析を行う際には防音材の音響特性について考慮する必要がある。

そこで我々は実験とシミュレーションを用いて、耐熱性を持つポリエチレンテレフタレート(PET)の音響特性予測が可能な数値モデルの構築と空気の温度依存性を考慮した予測手法を考えることを目的として、本論では有限要素法を用いて空気の温度依存性を考慮した音響数値モデルを構築した。その結果について報告する。

2 解析手法

2.1 有限要素法

有限要素法とは微分方程式を近似的に解き、複雑な形状や性質をもつ連続体の構造物を解析対象とする数値解析手法である。その連続体を考慮して音波を数学的に捉えることができる波動方程式を用いて、有限個の微小な要素(メッシュ)で構成される解析要素で分割し解くことで、境界条件や解析対象の多様性に優れている。

つまり、解析要素の特性を1つ1つ微分方程式や波動方程式などの数学的な方程式を用いて近似し、要素毎の方程式が成立する解を求めることにより全体の連続体の挙動を予測することが可能である。

2.2 音響数値モデル

解析にあたって、音響数値モデルの作成や解析はMSC Software社のACTRANを用いて今回は吸音率を解析した。音響数値モデルは空気層、吸音層の構成となる。音響数値モデルの空気層の長さを $0.43[\text{m}]$ 、吸音層の長さを $9.5 \times 10^{-3}[\text{m}]$ 、底面の直径を $0.04[\text{m}]$ 、吸音層の厚さ

を $9.5 \times 10^{-3}[\text{m}]$ として作成した。条件として、解析時の周波数の範囲を $100 \sim 10000[\text{Hz}]$ として $50[\text{Hz}]$ 刻みで解析を行った。

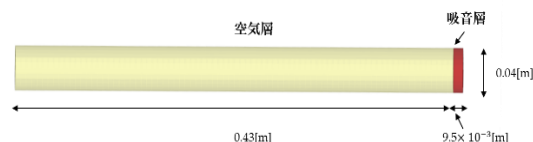


図1 ACTRANを用いて作成した音響数値モデル

3 実験方法

吸音率の測定は、試料への音の入射条件を限定して残響室で測定する残響室法吸音率のことを指すが、材料開発の観点で音源から発する音の方向を垂直のみに限定した垂直入射吸音率測定法を用いて測定を行った。その方法の利点は、測定する試料が小さいサイズであり、測定も容易であることから吸音材料の比較や基礎的な材料特性の把握にとっても優れているため研究、開発段階で利用されることが多い。



図2 音響管(小野測器-2 マイクロフォン法垂直入射吸音率計測ソフトウェアより)

4 結果・考察

空気の常温を 20°C として、サンプルPET500とPET1000を図1のように作成した音響数値モデルから算出した吸音率を比較した。その結果を図3に示す。

Study on sound mathematics modeling of the fiber system acoustic insulation

Kosuke HIRANO, Ayumi TAKAHASHI, Kazuhito MISAJI

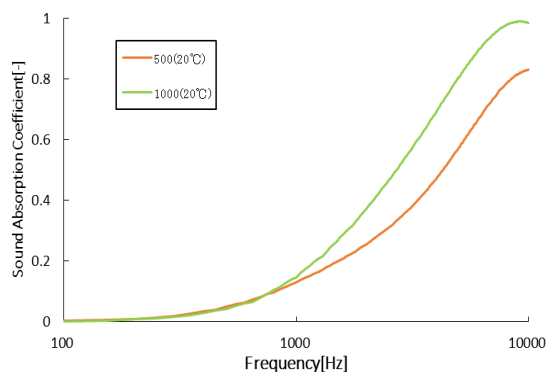


図3 PET500とPET1000の比較(20°C)

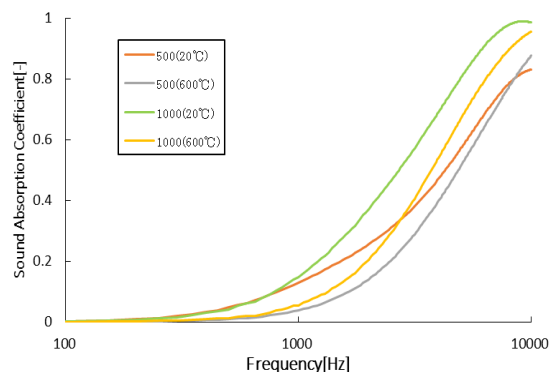


図6 PET500とPET1000の比較(600°C)

上記の結果からPETの音響特性予測が可能な数理モデルの構築ができた.100~1000[Hz]のとき,吸音率の差があまり生じなかったが,1000[Hz]より大きくなるにつれて吸音率に大きな差が生じた.

また,ここでは-100°C,300°C,600°Cのように温度 t が変わると空気パラメータである音速 c ,密度 ρ ,粘性係数 μ の値が式(1),(2),(3)の如く変化する.また,気体定数 R は287とする.

$$c = 20.055 \times \sqrt{t + 273.15} \quad (1)$$

$$\rho = 101325 / \{ (R \times (t + 273.15)) \} \quad (2)$$

$$\mu = -3.75e^{-8t^2} + 5e^{-5t} + 0.017 \quad (3)$$

これらの値を使い,温度が変わった際の吸音率を求めた.その結果を図4,図5,図6に示す.

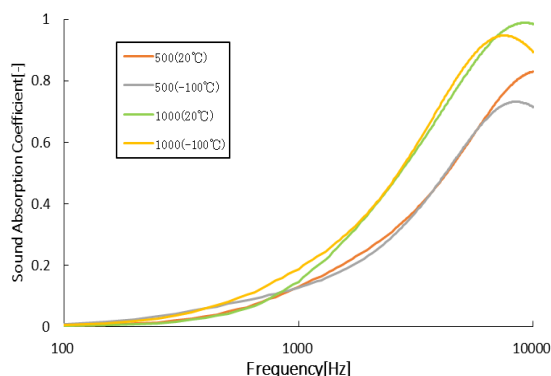


図4 PET500とPET1000の比較(-100°C)

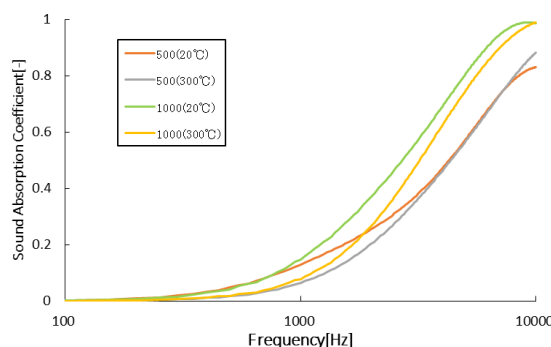


図5 PET500とPET1000の比較(300°C)

上記の結果から温度を変えることで空気パラメータの値が異なるため,吸音率の変化が生じたことから空気の温度依存性を考慮した予測手法が考えることができた.PET500とPET1000ともに傾向が同じであり,山の形は周波数が高くなると急になった.また,1000~5000[Hz]の吸音率において,PET500とPET1000の場合は悪化することがわかった.空気のパラメータの温度依存性を考慮した場合,吸音率のピークが高周波域にずれて高さも若干上がることが考えられる.

5 まとめ

今回,有限要素法を活用しACTRANでPETの音響数理モデルを作成した.その音響数理モデルから音響特性予測が可能な数理モデルを構築できた.また,音響数理モデル中の空気層内における温度を変更した際の吸音率の変化から,空気の温度依存性を考慮した予測手法を考えることができた.

今後の展開として,温度依存性は空気パラメータによって音響特性に影響が出る.今回は,空気パラメータにおける温度依存性を考慮して音響特性による解析を進めてきたが今後実験を行い,温度依存性を考慮した音響特性による影響の考察をしていきたい.

「参考文献」

- 1) 見坐地一人,石井仁樹,高橋亜佑美,三木達郎,藤澤生磨,安藤大介:繊維体吸音材料のBiotパラメータの推定(2017)
- 2) 見坐地一人: Biotパラメータの音響特性に対する感度解析(2016)
- 3) 鈴木雄祐,見坐地一人:自動車の中高周波騒音予測手法に関する研究, 修士論文, 平成25年, P15-16