

新任教員紹介

動力機械工学科・准教授 森下 達哉

略歴

- 1967.2 宮城県仙台市生まれ
- 1989.3 東海大学工学部動力機械工学科 卒業
- 1991.3 東海大学大学院工学研究科機械工学専攻博士課程前期 修了
- 1995.3 東京都立大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程 修了
- 1995.4 国立東京工業高等専門学校電気工学科 助手
- 2002.6 国立東京工業高等専門学校機械工学科 助教授
- 2007.4 現職



担当科目

機械力学, パワートレイン機構学, 機械振動学特論, 動力機械工学概論 (共担), 動力機械入門ゼミナール (共担), 問題発見ゼミナール (共担)

研究活動内容

1. はじめに

音場再生や騒音抑制のような音場の制御, 音場内の音響的情報の活用, それらに伴う音場特性の数値解析といった研究課題について著者は主に取り組んできた. 本稿では, 人工的に生成した音波を使って騒音を制御する能動制御と, 時間領域差分法による音場特性解析についてこれまでに得られた成果を紹介する.

2. 音場の能動制御

2.1 騒音の受動的制御と能動的制御

騒音問題は, 近年注目されている環境問題の一つと位置づけることができる. 騒音を抑制するための技術の発展は社会的要請となっている.

従来からある騒音抑制技術としては, 音波の干渉の利用や, 吸音性材料による音響エネルギーの消散, 遮閉物を用いた音波伝搬の防止, などの方法がある. 以上のような方法を用いた騒音制御法は受動的な騒音制御に分類される. 受動的な騒音制御では, 制御対象とする騒音の周波数が比較的低く, 波長が長い場合に大規模な騒音制御装置が必要であった.

これに対して, 能動的な騒音制御と呼ばれる手法では, 制御対象とする騒音と同振幅, 逆位相の音波を制御用音源から発生させて騒音と重畳させ, 騒音を抑制する. この方法によれば騒音の波長に関わらず小型の装置による制御が可能であり, 受動的な騒音制御にはない特長を持っているため, 実用化が期待されてきた. 著者を含む研究グループでは, 能動騒音制御用のセンサ・アクチュエータの適切な配置を行った上で適切なコントローラの設計を行うという立場で研究を行っている.

2.2 管路を伝わる騒音の能動制御

管路内を伝わり管路開口部から放射される騒音がある. 以下ではそのような騒音を単に管路内騒音と呼ぶことにする. 内燃機関の吸排気系管路や空調用・換気用管路で管路内騒音の問題が顕在化することが多い.

管路内騒音の能動制御では, 騒音の平面波成分を対象としたものと, 平面波成分以外を対象とした制御システムとに大別できる. Fig.1 は騒音の平面波成分を制御対象とした能動制御システムの例である<sup>1)</sup>. 能動制御システムでは, 制御用音源上流側にある参照用マイクロフォンで騒音の情報を検出し, コントローラで信号処理を行い, 制御用音源から二次的な音波を発生させ, 下流側の誤差検出用マイクロフォン位置での音圧を減少させる. コントローラとしては適応フィルタを使用することが一般的である.

Fig.2 は, 適応フィルタ更新回数に対する誤差信号の平均二乗誤差の変化を示すグラフである. システムの構成を変更し, 収束特性を改善した例である.

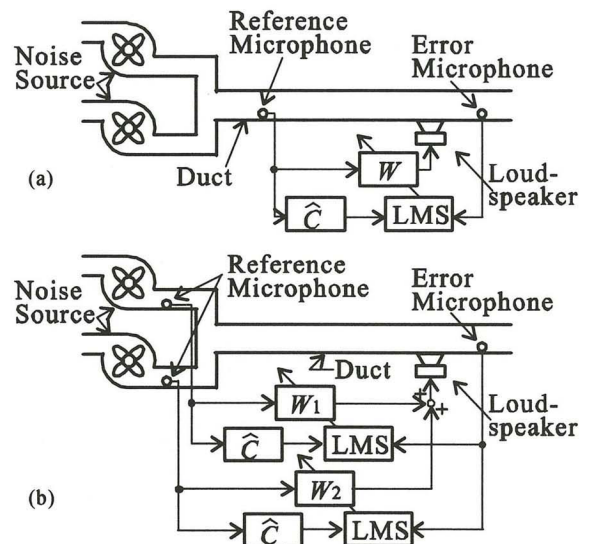


Fig. 1 Configuration of active noise control system in a duct: (a) conventional single-input single-output system; (b) proposed dual-input single-output system.

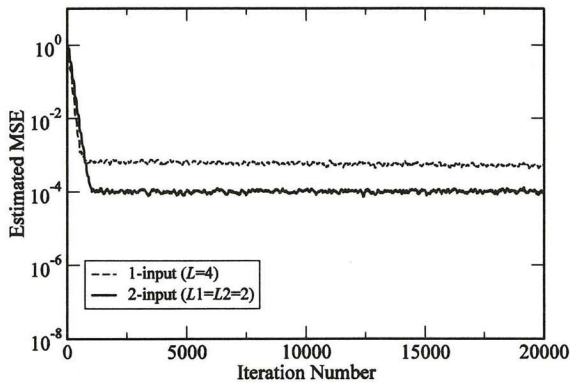


Fig. 2 Learning curves of the proposed DISO system (solid line) and the SISO system (broken line) shown in Fig. 1.

### 2.3 矩形空間内騒音の能動制御

近年、自動車や鉄道の車室内音場や、住居用居室内の音場を制御対象とした能動制御システムが検討されている。この問題については、受動的手法による対策の限界が明らかになってきており、能動的手法の確立が求められている。

Fig.3 は 600mm×480mm×400mm の直方体状空間内で著者を含む研究グループが提案したシステム<sup>2)</sup>で能動制御を行った際の音圧レベルを示している。このシステムでは、制御対象とする音場のモード成分とそれぞれ同数のセンサと音源を使って、モード成分を独立に制御する。

音波を透過させない壁に囲われた空間内音場では、固有周波数と呼ばれる周波数で音圧がかなり大きくなる (Fig.3 では約 280Hz, 370Hz, 460Hz)。Fig.3 では、280Hz と 370Hz の固有周波数における音圧レベルの抑制を、他の周波数範囲での音圧レベルを上昇させることなく実現できることを示している。

## 3 音場特性の数値解析

### 3.1 時間領域差分法による音場特性解析

音場特性の数値解析法としては、有限要素法や境界要素法が知られている。一方で時間領域差分法と呼ばれる、電磁界解析の分野を中心に発展してきた数値解析法が音場特性解析にも適用されている。

時間領域差分法には、他の数値解析法に較べて計算手続きが簡便であることと、時間領域での解が得られるため、音響系の過渡的な特性を容易に知ることができる利点がある。

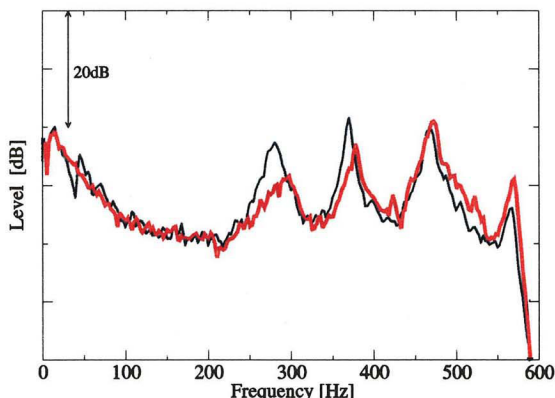


Fig. 3 Sound pressure characteristics in a rigid-walled rectangular room using a feedback type modal control system.

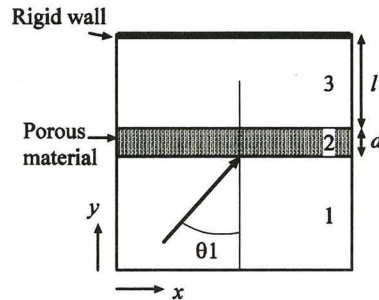


Fig. 4 A model for analysis of porous absorbing material.

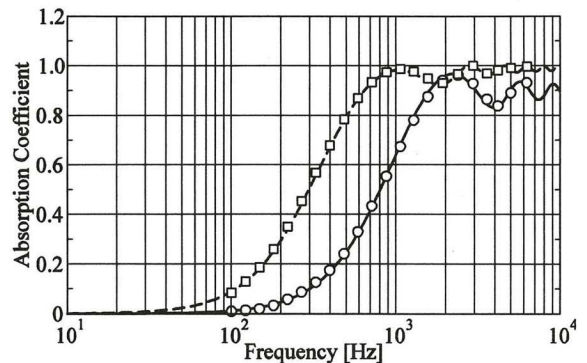


Fig. 5 Numerical results of absorption coefficients of porous absorbing materials of  $d=50\text{mm}$  (O) and  $d=100\text{mm}$  (□). Theoretical results of the coefficients of  $d=50\text{mm}$  (solid line) and  $d=100\text{mm}$  (broken line).

### 3.2 多孔質材料の音響特性解析

著者を含む研究グループでは、従来適用例がなかった多孔質材料の音響特性解析に時間領域差分法の適用を行った。また、解析の際には、吸音性材料の音響特性解析を容易にするために、散乱界表示に関する定式化をあわせて行った<sup>3)</sup>。

多孔質材料を用いたシミュレーションは Fig.4 に示すモデルにもとづき行う。領域 1,3 が空気のみ、領域 2 には多孔質材料が満たされており、領域 2 での吸音率を数値シミュレーションによって求める。

Fig.5 に解析的に求めた吸音率および数値シミュレーションから求めた吸音率を示す。両結果はほぼ一致しており、新しく導入した数値シミュレーション法の妥当性が確認された。

## 4 まとめ

著者の研究内容の紹介として、音場の能動制御、時間領域差分法を用いた音場特性解析を取り上げた。本稿で紹介したテーマには、今後も継続して取り組んで行く予定である。

### 参考文献

- 1) 森下達哉, 多氣昌生, 森卓支: うなりを伴うダクト内騒音のアクティブコントロール, Dynamics & Design Conference 2006 CD-ROM 講演論文集(2006), 講演番号 731.
- 2) 大井川一裕, 森下達哉: 矩形空間内における音場制御の基礎検討, 日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集(2004), pp. 333-336.
- 3) 森下達哉, 青木琢哉, 多氣昌生: 時間領域差分法を用いた多孔質材料の音響特性解析, 日本音響学会誌, Vol. 59, No. 2(2003), pp.63-69.