

研究概要報告書

(1/2)

研究題目	アクティブ騒音抑制の新しい制御システムの提案—「等価入力外乱」手法によるアプローチ—	報告作成者	余 錦華
研究従事者	余 錦華		
研究目的	<p>従来提案されてきたアクティブ騒音制御手法は、主に適応制御に基づくものが多く、よい騒音抑制効果を得るために、適応フィルタの次数が非常に大きいという問題点が存在している。本研究では、申請者の提案した「等価入力外乱」という概念に基づき、新しい騒音制御システム構成を提案し、ダクトの消音実験により本手法の有効性を検証する。この新しいシステム構成は、コントローラの次数が非常に低いだけでなく、任意の騒音および環境の変化を外乱と見立て、制御系はそれを自動的に推定し除去できるという特徴を持っている。本システムを用いることにより、従来のアクティブ騒音制御で必要であった <u>DSP</u>(デジタル・シグナル・プロセッサ)を無くし、アクティブ騒音制御の応用分野を広げることができる。</p>		
研究内容	<p>制御入力を用いてシステムの出力を乱す外乱を抑制しようとして、研究従事者は「等価入力外乱」という概念を提案した。本研究では、この概念をアクティブ騒音制御に適用し、新しいアクティブ騒音制御システム構造を提案し検証した。従来のシステムに比べて、本システム構造は以下の特徴を持っている：</p> <p>1) 制御に用いるモデルの次数は非常に低い。従来の手法では、モデルがダクトの特性を正確に表現されているという前提のもとで、それを用いて制御用スピーカの発生する消音信号を計算されており、モデルの正確さは直接制御性能に影響を与える。そのため、モデルを正確に表現しなければならず、百次オーダーの適応フィルタが用いられてきた。したがって、消音信号の計算には DSP は不可欠であった。しかし、本手法では、従来の手法の十分の一ほどの低次元モデルを用いれば十分により騒音抑制効果が得られた。</p> <p>2) 非常に高い制御効果が得られる。実際のダクトの特性と低次元モデルとの差および環境変化によるダクトの特性変動をすべて等価入力外乱とみなし、提案する制御構造によりそれらの影響を巧みに抑える上、<math>H_{\infty}</math>という新しい制御理論を用いて騒音の抑制性能を保証した。</p>		
研究のポイント	<p>いままで提案されているフィードバック騒音制御系は、どれも標準的なフィードバック制御構造を用いている。そのため、制御系の次数が非常に高く、DSP を用いて実装する必要がある。本研究は、研究従事者の発案した「等価入力外乱」手法に基づく制御構造を適用し、制御に適したダクトモデルを導出し、従来の手法では考えられない低次元の制御器を初めて提案した。</p>		
研究結果	<p>1) 本研究で提案する手法の有効性は、シミュレーションにより検証した。その結果をまとめて、学会(第 50 回自動制御連合講演会)で発表した。</p> <p>2) 実験により本手法の有効性を検証するために、ダクト実験システムを構築した。</p>		

今後の課題	今後の課題として、 <ul style="list-style-type: none"><li>ダクト実験による検証</li><li>多次元騒音制御への拡張が挙げられる。</li></ul>
-------	---

本研究で用いるダクトの騒音制御実験系とその制御系の構成は、それぞれ図1と図2に示す。図1において、騒音発生器と制御器はコンピュータを用いて実現している。それに対し、従来の実験システムでは、DSPを用いて制御器を実現してきた。これは本実験システムと従来の実験システムと大きく違うところである。DSPを用いないことにより、システムの構築コストが低減できる。

図1と図2において、 $n(k)$ を騒音、 $u(k)$ を制御音、 $e(k)$ を誤差信号とし、 $G(z)$ と $G_n(z)$ はそれぞれ制御スピーカおよび騒音スピーカから観測マイクまでのパルス伝達関数を表す。また、図2において、制御対象の低次元モデルの状態の推定値を $\hat{x}(k)$ とし、 $B^?$ はゲイン行列、 $F(z)$ はローパスフィルタである。従来のアクティブ音場制御システムの構成とは違い、図2には等価入力外乱を推定する推定器が埋め込まれている。除去したい騒音の周波数帯域はローパスフィルタの遮断周波数により選択できる。先行研究より $F(z)$ の次数は1次で十分であることがわかり、非常に低い推定器を用いて騒音を抑制する制御音が自動的に生成できることがわかる。本研究では、まず、除去したい騒音の周波数特性よりローパスフィルタを選定しておく。

ダクトの特性を厳密に表現すると、その数学モデルの次数が非常に高くなるため、本研究では、平衡実現による制御対象の低次元化を行い、非常に次数の低い制御対象モデルを用いて騒音制御を行った。このとき、実際の制御対象とモデルとの差を外乱と考え、等価入力外乱手法によりその影響を抑える。

低次元ダクトモデルに含まれているゲイン  $L$  の設計に関して、本研究では、アクティブ音場制御が主にマイクロプロセッサを用いて行っていることを勘案し、先に提案した線形不等式 (LMI) に基づく設計法を離散時間システムへ拡張した。

本研究で提案するアクティブ音場制御手法は以下の特徴を持っている：

- 1) 制御システム構築の面において、研究従事者が先に提案した「等価入力外乱」に基づき、騒音抑制のための新しい制御システム構造を提案した。また、提案した設計法により制御器構造が数値的に容易に求められる。
- 2) ハードウェアの面において、従来の実験システムに比べ、本研究で提案するシステム構造が簡単であり、制御性能を下げずにコストダウンを図ることができる。
- 3) ソフトウェアの面において、制御器の構造はとてもシンプルであるため、リアルタイム制御は簡単に実現できるだけでなく、制御器の演算結果の信頼性も高く、よ実用に耐えられるものである。

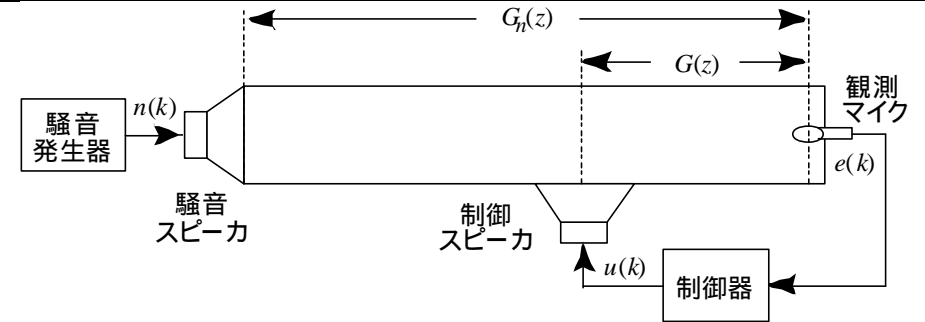


図1 ダクトの騒音制御実験系の構成

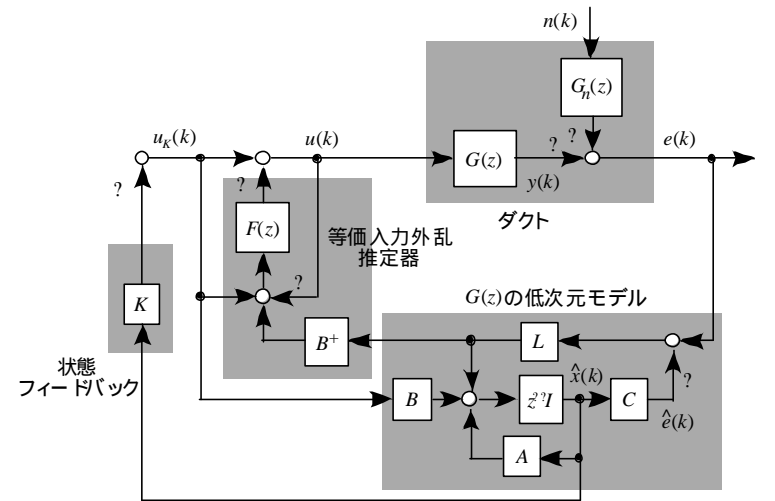


図2 アクティブ騒音制御系の構成