

氏名・(本籍)	小 泉 宣 夫 (京都府)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 41 号
学位授与の日付	平成 4 年 6 月 2 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	音響振動系の放射伝達特性推定法に関する研究

論文審査委員	(委員長)			
	教授 後 藤 敏 幸			
	教授 鈴 木 久 喜	教授 松 田 孝		
	教授 塩 川 祥 子	教授 佐々木 彰		

論 文 内 容 の 要 旨

第1章では、本研究の目的と概要を述べる。機械振動系において系統的かつ効果的な騒音制御系を実現するためには、基本技術として、機構設計時にエネルギー伝達モデルに基づいた任意加振形態による任意形状の多自由度音響振動系の放射特性を予測、推定する方法ならびに、放射された音に対して処置する能動騒音制御系の構成に必要な、物理系に対応し、かつ変動に対する適応性に優れた波形伝達モデルの同定系を設計する手法を確立する必要があることを述べている。

第2章「音響放射エネルギーの推定」ではエネルギー伝達モデルを用いた音響放射特性の推定法について述べる。はじめに、広帯域の振動成分に起因する機械類の騒音の解析には、それを機構要素に分解し、それぞれの要素に関して加振入力から音響放射に至るエネルギー伝達のモデルを構成し、エネルギーの平衡関係から放射エネルギーを推定する方法が有効であることを示す。そこで、広帯域成分を有する加振力を受ける多自由度振動系の応答を周波数帯域毎の時間的かつ空間(位置)的な2乗平均値で表現することで、音響放射特性を損失係数や放射損失係数を用いて推定する手順を導く。

次に、任意の形状、振動形態に対して、エネルギー伝達モデルにおける音響放射の周波数特性パラメータである放射効率と放射損失係数を得る方法として、それらの数値計算法を導く。呼吸振動と往復振動の2種類の球音源と、機構要素の例として曲げ振動する円断面はりを取り上げ、本数値解法の有効性を検証している。

さらに、機械振動系特有の加振形態として一般的な衝突振動による音響放射を取り上げ、接触時の急激な運動変化に起因する剛体放射音の過渡音場を解析する。特に、定常振動の解析と理論的統一をはかるため、放射係数を用いた放射エネルギーの推定法を導く。剛体放射音の代表例として、球の衝突

の実験を行ない、本手法の有効性を検証している。

また以上のまとめとして、周期的な衝突加振を受ける平板を実際の機構モデルとして取り上げ、放射特性の推定を行なう。まず、推定に用いられる駆動点インピーダンス、損失係数、及び放射係数の選定について検討し、これらの係数を用いて加振入力から求めた放射パワーレベルの周波数特性の推定値と測定値とを比較することにより、エネルギー伝達モデルに基づく放射特性推定法の有効性を検証している。

以上第2章では、音響放射特性の予測法の基礎として、エネルギー伝達モデルの機構要素固有の入力への対処、振動分布形態、形状の任意性への拡張によって、本方法論が広範囲な機械振動系の条件に対し適用できることが示される。

次に、第3章「音響伝達特性の同定」では、デジタル信号処理系における音場の波形伝達モデルの同定法の構成について述べる。はじめに、能動騒音制御系において局所制御原理に基づく場合、デジタル信号処理による制御器を構成するためには、音場の波形伝達モデルを効果的に適応同定する系を構成することが重要であることを示す。

まず、能動騒音制御系の主要構成要素である制御器の内部構造として、音響経路の伝達関数のモデル構造を取り上げ、離散時間系の表現である極/零点モデルとFIR（有限長インパルスレスポンス）モデルに関し、それらを構成するためのモデル次数について比較考察する。周波数帯域内の極の数はモード密度と、またFIRモデルの次数は系の損失定数とそれぞれ対応することを示し、系のモード密度が低く周波数帯域が狭い場合には、極/零点モデルの方がFIRモデルに比べて次数を大きく削減できることを明らかにする。対象となる系として、小規模の音響空間を取り上げ、各モデルを用いた能動騒音制御系の制御性能を求め、本手法を検証している。

次に、制御器の外部構造として、音場の変化に伴う伝達関数の変動に追従できる適応同定系の構造について考察する。従来は単一経路の同定に構造が限定されていたのに対し、複数の伝達関数が必要な制御問題においても有効に機能する構成法を提案する。すなわち、既知の騒音源から各検出点に至る音響伝達関数を適宜模擬音響経路フィルタ係数として呼び出す構成により、従来法よりも優れた騒音除去が実現できることを示す。また、汎用DSPを用いたFIRフィルタに基づく信号処理回路を構築し、本手法の有効性を検証している。

以上第3章では、能動騒音制御系設計の基礎として、離散時間系の伝達関数モデルの物理系との対応と、適応同定の多チャンネル系への拡張という波形伝達モデルの内部構造と外部構造の両面からの考察によって、局所制御を効果的に実現するための方法論を提示する。

最後に、第4章では結論を述べる。本論文では、機械振動系において放射される音響エネルギーの推定と、放射後の伝達関数の同定という放射前、放射後の両面から音響の放射伝達問題を考察することにより、低騒音化設計ならびに能動騒音制御を実現するための基本技術を確立したことを述べている。

論文審査結果の要旨

本論文は騒音制御系を実現するための基本技術について、NTT研究所において行った研究成果を纏めたもので4章より成る。

第1章では研究の目的と概要を述べている。機械振動系の低騒音設計で、従来の試行錯誤的方法に対して、系統的、効果的な騒音制御系を実現する方策には、(1)任意加振形態による任意形状の多自由度音響振動系の放射特性を予測・推定する方法、(2)能動騒音制御に必要な波形伝達モデルの同定手法が基本であることを述べている。

第2章では、機械類の機構要素に関して加振入力から音響放射に至るエネルギー伝達のモデルを構成し、エネルギーの平衡関係から放射エネルギーを推定する方法を示している。①多自由度振動系の音響放射特性を損失係数や放射損失係数を用いて推定する手順、②任意の形状、振動形態に対して、エネルギー伝達モデルにおける放射効率と放射損失係数を得る数値計算法、③過渡音場に対して放射係数を用いた放射エネルギーの推定法等を導く。まとめとして④周期的な衝突加振を受ける平板を取り上げ、推定に用いられる駆動点インピーダンス、損失係数、放射係数の選定について検討し、これらの係数を用いて加振入力から求めた放射パワーレベルの周波数特性の推定値と測定値とを比較することより、エネルギー伝達モデルに基づく放射特性推定法の有効性を検証している。

第3章では、能動騒音制御系の局所制御原理に基づきデジタル信号処理による制御器を構成するために、音場の波形伝達モデルを効果的に適応同定する系を構成することが重要であることを示す。①制御器内部構造として、音響経路の伝達関数のモデル構造を取り上げ、離散時間系表現の極/零点モデルとFIR(有限長インパルスレフポンス)モデルに関し、構成モデル次数について比較考察している。周波数帯域内の極数はモード密度と、FIRモデルの次数は系の損失定数とそれぞれ対応することを示し、系のモード密度が低く周波数帯域が狭い場合には、極/零点モデルの方がFIRモデルに比べて次数を大きく削減できることを明らかにした。対象として小規模音響空間を取り上げて各モデルを用いた能動騒音制御性能を求め、本手法の効果を検証している。②制御器外部構造として、音場の変化に伴う伝達関数の変動に追従できる適応同定系として、複数の伝達関数が必要な制御問題(従来は単一経路の同定に構造が限定)においても有効に機能する構成法を提案、汎用DSPを用いたFIRフィルタに基づく信号処理回路を構築し、本手法の有効性を検証している。

第4章では、以上の研究の結論を述べている。以上の確立された基本技術は騒音制御のほか機器の音響診断など新たな分野にも応用の可能性があり、学問的にも高い価値をもっている。よって、本論文は博士(工学)の学位を授与するに十分な内容であると認定する。