

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12780 号
------	---------------

氏 名 池 亀 透

論 文 題 目

電磁トランスデューサを用いたセンサレス振動制御に関する研究
(Study on sensorless vibration control using electromagnetic transducer)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	准教授	高木 賢太郎
委員	名古屋大学	教授	井上 剛志
委員	名古屋大学	教授	鈴木 達也
委員	関西大学	准教授	山田 啓介

論文審査の結果の要旨

池亀透君提出の論文「電磁トランスデューサを用いたセンサレス振動制御に関する研究」は、ボイスコイルモータに代表される電磁トランスデューサを用いた振動制御に関するものである。とくに、センサを用いない振動制御に着目し、電磁トランスデューサに外部電気回路を接続することで振動制御を行っている。本論文では、外部電気回路として受動素子だけを用いる場合には、機械的な動吸振器と類似の原理によって制振されることを示し、外部電気回路中の受動素子の厳密な最適設計と、センサを用いない新しいパラメータ推定手法の提案、そして分布定数系としての特徴をもつインピーダンスの新しいモデル化について議論している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景、研究目的、ならびに本論文の構成を述べている。従来のアクティブ振動制御、パッシブ振動制御と比較して、本論文で用いる電磁トランスデューサを用いたセンサレス振動制御の概要を説明し、その利点と、研究課題を述べている。

第2章では、電磁トランスデューサに接続する外部電気回路としてRC回路を用いる場合に、素子値の最適設計について議論している。系に加わる外力から振動変位（もしくは速度や加速度）までの伝達関数に着目し、評価規範として H_∞ ノルム、 H_2 ノルム、指数的時間減衰率を選んだ場合について、それぞれRC素子値の厳密な最適解を導出した。従来研究として、機械的動吸振器の設計で用いられる定点理論と呼ばれる近似解を用いるものや、数値最適化を用いるものがあった。しかし、近似解は真の最適解からどの程度ずれているのか不明であり、また数値最適化では異なるパラメータに対してその都度最適化が必要であり問題に本質的に寄与するパラメータが何かは不明であった。本論文の結果は厳密な最適値がシンボリックに得られており、新規性と有用性はもちろんのこと、センサレス振動制御の特徴づけにつながる一般性の高い結果であり、価値のある結果である。また、解析に用いる伝達関数は無次元化されており、電磁トランスデューサだけではなく圧電素子を用いた類似のセンサレス振動制御手法にも適用でき、有用性が高い。

第3章では、外部電気回路の設計に必要なとされるパラメータの推定手法について議論している。本論文で提案されている手法の特長は、センサが不要で、電圧と電流の計測だけから設計に必要なパラメータが全て推定できることである。従来研究では、モータ定数・逆起電力定数に相当する電気機械結合係数を推定するために、力センサもしくは速度センサを用いて計測を行っていた。本論文はセンサを用いないという点で新規性がある。本論文で提案している手法では電気インピーダンスを計測し、その計測データとモデルを用いて最小2乗法によってパラメータを推定する。提案手法により、電気的なパラメータであるインダクタンスと抵抗はもちろんのこと、電気機械結合係数を推定することができる。さらには機械的なパラメータである質量、ばね定数、減衰係数まで推定することができ、有用性が高い。

第4章では、電磁トランスデューサの電気インピーダンスの新しい精緻なモデル化について議論をしている。本論文の実験において、電磁トランスデューサの電気インピーダンス（正確には電気アドミタンス）は、高周波で位相が90度に漸近せず、45度から90度の間の位相に漸近し、分布定数系としての特性を示すことを明らかにした。センサレス振動制御において電気インピーダンスの位相特性は制振性能に大きな影響があるが、従来、電気インピーダンスの特性が分布定数系としての特徴をもつことに着目しセンサレス振動制御の設計に用いる研究はほとんど見られず、本論文には新規性がある。本論文では分布定数系としての応答の物理的な原理を電磁トランスデューサの鉄心に生じる渦電流と仮定し、偏微分方程式で表されるモデルと、その離散化による近似モデルを導出している。得られたモデルを用いて実測データと比較したところ、ゲイン・位相に良好な一致が得られることが確認された。得られたモデルを用いることにより、制振性能の精度の高い予測やそれを用いた設計への展開が期待でき、有用性が高い。

第5章では、本研究の結論と研究の展望を述べている。

以上のように本論文では、電磁トランスデューサを用いたセンサレス振動制御系のための、モデル化、パラメータ推定、そして設計に至る一連のフレームワークを与えている。得られた知見と提案するフレームワークは、電磁トランスデューサを用いた振動制御系を解析・設計する際に重要であり、工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者である池亀透君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。