

Title	共振アクチュエータの振幅制御に関する研究
Author(s)	浅井, 保至
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52157
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (浅井 保至)

論文題名

共振アクチュエータの振幅制御に関する研究

論文内容の要旨

本論文は機械的な固有振動数を持つ電磁アクチュエータである，共振アクチュエータの振幅制御手法に関する研究報告である。

第1章では，リニア振動アクチュエータの分類とフィードバック制御に関する現状，また共振アクチュエータの多自由度化と現状について示し，本研究の目的と方針について述べた。

第2章では，本研究の基礎となる，一次四面体辺要素を用いた三次元有限要素法による解析手法について述べた。また，磁性体の非線形性，時間差分，電磁力の数値解析法について述べるとともに，磁界，運動および回路方程式との連成解析法を示した。

第3章では，本研究で取り扱うリニア共振アクチュエータの基本モデルおよびバイポーラ駆動PWMフィードバック制御概要について述べ，フィードバック制御下でのリニア共振アクチュエータの動作特性を解明するとともに，実機による実験結果との比較を行った。その結果，振幅，電圧，電流波形ともよく一致し，本解析手法の有効性を明らかにした。また，負荷が変化した時の動作特性への影響を求め，測定結果との比較を行った結果，両者は良く一致することを確認した。

第4章では，リニア共振アクチュエータに加わる外部からの負荷を，センサレスで推定する負荷推定手法を提案した。二つの逆起電圧信号を用いた推定原理について述べ，負荷推定式を導出した。また，ユニポーラ駆動化による制御性の改善について述べた。さらに，推定精度を向上させるための補正手法についても述べた。また，推定した負荷に応じて，シームレスに制御目標値を変更する，任意振幅制御を提案した。提案制御手法を考慮した動作特性解析を行ったところ，負荷を良好に推定可能であることを示した。また，推定した負荷に応じて振幅を良好に制御可能であることを示し，提案制御手法の有効性を明らかにした。提案制御手法の有効性を実機実験によって確認したところ，実機においても良好な結果を示した。

第5章では，エアギャップ方向に駆動軸を持つ二軸駆動共振アクチュエータとその制御法を提案した。アクチュエータの構造と動作原理について示し，ベクトル制御による各軸独立制御手法について述べた。三次元有限要素法による動作特性解析によりその動作特性を明らかにしたところ，単軸駆動時，両軸駆動時，共に良好な結果を示した。また，両軸駆動時に発生した振動の重畳について原因と発生メカニズムを示した。提案アクチュエータの有効性を実機実験によって確認したところ，実機においても，単軸駆動時，両軸駆動時，共に良好な結果を示した。

第6章では，第2章から第5章までの内容を総括し，本研究で得られた最終的な成果を要約した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (浅井 保至)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	平田 勝弘
	副 査	教授	荒井 栄司
	副 査	教授	中谷 彰宏
	副 査	教授	南 埜 宜俊
	副 査	教授	浅田 稔
	副 査	教授	菅沼 克昭
	副 査	准教授	宮坂 史和

論文審査の結果の要旨

リニア共振アクチュエータは電気シェーバや電動歯ブラシ、人工心臓など様々な製品に応用されているが、共振を利用しているため外部からの負荷に対して振幅が大きく減少するという問題を有する。また、各々の外部負荷の大きさに適した振幅の出力を求められるため、任意の振幅制御が必要であり、システムの小型化のためそれらの制御はセンサレスで行われることが求められる。一方で、リニア共振アクチュエータの応用分野の拡大に伴い、多自由度駆動化が進んでいるが、多自由度化に伴い各軸方向駆動用の磁気回路が混在するため、各軸方向振幅の独立制御が必要である。特にエアギャップ方向に駆動軸を持つモデルについては、水平方向に比べ大きな推力を得ることが可能であり、また今後、二自由度以上の駆動を実現するためには、エアギャップ方向への駆動の検討が不可欠であるが、制御が困難なことから検討されていない。

そこで本論文では、これらの課題を解決するため、外部負荷に応じて能動的に任意の振幅を出力するため、二つの逆起電圧信号を用いてセンサレスで外部負荷を推定する手法と、推定した負荷情報を用いて任意に振幅を制御する手法を提案している。更に、各軸方向振幅を独立制御するため、エアギャップ方向に駆動軸を持つ二軸駆動共振アクチュエータと、ベクトル制御を用いた各軸独立制御手法を提案している。

第1章では、リニア共振アクチュエータの現状について示しており、本研究の目的と方針について述べている。

第2章では、一次四面体辺要素を用いた三次元有限要素法による解析手法について述べている。

第3章では、リニア共振アクチュエータの基本モデルおよびバイポーラ駆動 PWM フィードバック制御概要について述べており、フィードバック制御下でのリニア共振アクチュエータの動作特性について述べている。

第4章では、リニア共振アクチュエータに加わる外部負荷をセンサレスで推定する、ユニポーラ駆動モデルでの負荷推定手法を提案している。さらに、PID制御の目標値を、推定した負荷情報を用いて任意に変化させることで、外部負荷に応じて出力する振幅を自由に制御可能な、負荷推定 PWM フィードバック制御による任意振幅制御を提案している。これら提案手法の有効性を実機による測定によって確認している。

第5章では、エアギャップ方向に駆動軸を持つ二軸駆動共振アクチュエータを提案し、ベクトル制御を用いた各軸独立制御法を提案している。提案制御下での動作原理を述べ、また、端効果の影響を考慮した電流値補正について述べている。これら提案手法の有効性を実機による測定によって確認している。

以上のように、本論文は従来困難であった、センサレスでの外部負荷に対するリニア共振アクチュエータの任意振幅制御と、エアギャップ方向に駆動軸を持つ二軸駆動共振アクチュエータの各軸方向振幅の独立制御を実現しており、今後、共振アクチュエータの応用範囲を大きく広げるものと期待される。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。