OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	共振アクチュエータの制御法に関する研究
Author(s)	加藤, 雅之
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72377
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　加藤　雅之　）	
論文題名	共振アクチュエータの制御法に関する研究

論文内容の要旨

本論文は機械的な固有振動数を持ち共振現象を積極的に利用する電磁アクチュエータである，共振アクチュエータの制御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，そのフィードバック制御手法に関する技術動向，また共振アクチュエータの多自由度化と制御手法に関する現状について示し，本研究の目的と方針について述べた．

第２章では，本研究で取り扱う一自由度リニア共振アクチュエータの基本構造，動作原理，PWMフィードバック制御について述べた上で，アクチュエータに加わる外部からの摩擦負荷を，センサを用いずに推定する負荷推定手法を提案した．二つの逆起電圧信号およびPWM制御のDuty比を用いて，エネルギー保存則に基づく負荷推定式を導出した．また，推定された負荷情報を利用しPWM制御のDuty比を適切に補正する外乱補償制御を提案した．提案制御手法を考慮した動作特性解析を行ったところ，外部負荷を良好に推定可能であることを示した．また，推定された負荷情報を利用して，負荷印加時の過渡的な振動特性を良好に改善できることを示し，提案制御手法の有効性を明らかにした．負荷発生装置を用いた測定システムにより，提案制御手法の有効性を確認したところ，実機においても良好な結果を示した．

第３章では，リニア共振アクチュエータの駆動コイルに対して直列にキャパシタを接続することにより電気共振を利用する電気機械共振駆動を提案した．電気共振が発生する条件について述べ，実験的に原理検証を行ったところ，逆電流が発生することが判明し，そのメカニズムを明らかにした．また，MOSFETおよびボディダイオードをモデリングした動作特性解析手法を提案し，逆電流現象が解析で再現できることを明らかにした．提案した動作解析手法を用いて，印加するパルス電圧の位相を調整することにより逆電流の発生を解消できることを示した．さらに，位相調整の有効性を実機実験により確認したところ，実機においても逆電流の発生を解消できることを明らかにした．

第４章では，並進三軸方向に駆動軸を持つ三自由度共振アクチュエータとその制御手法を提案した．アクチュエータの基本構造と動作原理について示し，三相交流に基づくベクトル制御法について述べた．三次元有限要素法による磁場解析からその推力特性を明らかにしたところ，ベクトル制御時に軸間での推力干渉が発生した．そこで，本アクチュエータ用の新しいベクトル制御理論を提案した．提案したベクトル制御理論の有効性を磁場解析により確認したところ，制御相数を削減しつつ軸間での推力干渉を大幅に軽減できることを示した．

第５章では，第２章から第４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．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（ 加藤　雅之 ）

	（職）	氏　名
論文審査担当者		
主 査	教授	平田　勝弘
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
副 査	准教授	上井　祐介

論文審査の結果の要旨

機械的な共振を積極的に活用し駆動する共振アクチュエータは，ダイレクトドライブ，高効率といった特長から，その応用研究が盛んである．しかし，外部からの負荷により共振周波数のずれや振幅の低下が生じる．特に，摩擦負荷による振幅の減少を抑えるための制御法の開発が不可欠となっている．また，共振アクチュエータの適用範囲の拡大に向けて，その多自由度に駆動させる研究が盛んに行われているが，三自由度以上に駆動できる共振アクチュエータは制御法の開発が困難，支持構造が複雑といった理由から，ほとんど検討されていない．これらの背景を踏まえ，本論文では，共振アクチュエータの制御法に関する課題を解決することにより，その高機能化を実現し，応用範囲の拡大に貢献することを主旨としている．

本論文は５章構成であり，第１章ではリニア振動アクチュエータの分類，そのフィードバック制御手法に関する技術動向，また共振アクチュエータの多自由度化と制御手法に関する現状が示され，本研究の目的と方針が述べられている．第２章では，アクチュエータに加わる外部からの摩擦負荷を，センサを用いずに推定する負荷推定手法が提案されている．また，推定された負荷情報を利用しPWM制御のDuty比を適切に補正する外乱補償制御が提案されている．提案制御手法を考慮した動作特性解析を行い，外部負荷が良好に推定されること，推定された負荷情報を利用して負荷印加時の過渡的な振動特性を良好に改善できることが示されている．さらに，負荷発生装置を用いた測定システムにより，提案制御手法の有効性が実験的にも示されている．第３章では，リニア共振アクチュエータの駆動コイルに対して直列にキャパシタを接続することにより電気共振を利用する電気機械共振駆動が提案されている．実験的に原理検証を行ったところ，逆電流が発生することが判明し，そのメカニズムが明らかにされている．また，MOSFETおよびボディダイオードをモデリングした動作特性解析手法を提案し，逆電流現象が解析で再現されることが明らかにされている．さらに，逆電流の発生を抑制するために，印加するパルス電圧の位相を調整し，結果として電気共振を利用しない従来の駆動方法に対して優位であることが示されている．第４章では，並進三軸方向に駆動軸を持つ三自由度共振アクチュエータとその制御手法が提案されている．三次元有限要素法による磁場解析からその推力特性を明らかにしたところ，ベクトル制御時に軸間での推力干渉が発生することが明らかにされている．そこで，本アクチュエータ用の新しいベクトル制御理論を提案し，制御相数を削減しつつ軸間での推力干渉を大幅に軽減できることが示されている．第５章では，第２章から第４章までの内容を総括し，本研究で得られた最終的な成果が要約されている．

以上のように，本論文は共振アクチュエータの制御法の技術発展に貢献し，その応用範囲の拡大に寄与するものであるといえる．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．