

Title	共振を利用した電磁アクチュエータとその解析法に関する研究
Author(s)	長谷川, 祐也
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/1489">https://hdl.handle.net/11094/1489</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	はせがわ ゆう や 長谷川 祐也
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22477 号
学位授与年月日	平成20年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	共振を利用した電磁アクチュエータとその解析法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 平田 勝弘 (副査) 教授 中谷 彰宏 教授 荒井 栄司 教授 浅田 稔 教授 石黒 浩 教授 安田 秀幸 教授 南埜 宜俊 教授 菅沼 克昭

### 論文内容の要旨

本論文は、共振を利用した高効率な電磁アクチュエータとその解析法に関する研究報告である。

第1章では電磁アクチュエータの研究動向、目的、研究意義について記述した。

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の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示すとともに、回路および運動との連成解析法を述べた。次に可動部の移動する方向を制限することで、アルゴリズムを簡便化して分割図を高速自動修正する手法を述べた。

第3章では低振動で駆動可能な動吸振器一体型リニア共振アクチュエータ (Linear Resonant Actuator 以下LRAと略称) を開発し、その動作原理を示した。さらに三質点系の運動方程式を考慮した動作特性解析法を確立し、試作機による実験結果との比較により、解析法の有効性を確認するとともに、開発したアクチュエータの諸特性を明らかにした。

第4章では回転モータの回転運動を、円盤型磁石が対向した非接触型運動変換装置を用いて直線運動に変換するLRAを開発し、その動作原理を示した。さらに直線運動と回転運動を同時に行う複合運動を考慮した動作特性解析法を確立し、試作機による実験結果との比較により、解析法の有効性を確認するとともに、開発したアクチュエータの諸特性を明らかにした。

第5章では一つのアクチュエータで直線方向および回転方向の二自由度駆動が可能である電磁共振アクチュエータを開発し、その動作原理について示した。また、直線運動と回転運動を同時に行う複合運動を考慮した動作特性解析法を確立し、試作機による実験結果との比較により、解析法の有効性を確認するとともに、開発したアクチュエータの諸特

性を明らかにした。

第6章では高効率な球面共振アクチュエータを開発し、その動作原理を示した。次に三次元有限要素法を用いて、その静トルク特性を明らかにした。さらにトルク向上に対する方法論を述べ、磁気回路パラメータの最適化により静トルクの改善を行い、試作機による実験結果との比較検証を行った。また、ルングクッタ法を用いて、本アクチュエータの動作特性解析を確立し、その共振特性を計算した。試作機による実験結果との比較により、解析法の有効性を確認するとともに、開発したアクチュエータの諸特性を明らかにした。

第7章では第2章から第6章で得られた成果を要約した。

## 論文審査の結果の要旨

高性能・高精度化が進むモーションコントロールの分野において、回転モータと減速機の組合せは、精度上限界に近づいている。このような状況下で歯車や減速機などの伝達機構を必要とせず、駆動系が簡単で、小型軽量化、高速化、高い位置決め精度などが実現可能なダイレクトドライブアクチュエータへの要求が高い。更に、一つのアクチュエータで多自由度の動きができるアクチュエータの実現により、ロボットの関節部分や眼球部分、小型電気機器等への応用が可能となり、省エネルギーなど産業界に大きな貢献が期待できる。また、これらアクチュエータの設計において、有限要素法による数値解析を用いて、動作メカニズムの解明、性能予測を行うことは非常に重要である。

本論文では、このような観点から、共振現象を用いて高速で安定して大振幅が得られる高効率な電磁共振アクチュエータを開発している。また、一つのアクチュエータで多自由度駆動を可能とする多次元ドライブ技術に注目し、直線および回転、任意軸回転など様々な電磁共振アクチュエータを開発している。更に、有限要素法を用いて、アクチュエータの複雑な動作特性メカニズムを理論的に明らかにするとともに、開発した試作機の実験結果との比較によりその有効性を確認している。本研究で明らかにされている主な点は以下のとおりである。

- (1) 三次元有限要素法を用いて電磁アクチュエータの動作特性を計算するために、電気回路方程式および運動方程式との連成方法、要素分割図の高速自動修正法を構築し、その有用性を示している。
- (2) 高効率なハイブリッド磁気構造を有し、低振動で駆動可能な動吸振器一体型リニア共振アクチュエータを開発し、さらに三質点系の運動方程式を考慮した動作特性解析法を確立し、その動作特性を明らかにしている。
- (3) 回転モータの回転運動を、円盤型磁石が対向した非接触型運動変換装置を用いて直線運動に変換するリニア共振アクチュエータを開発し、その構造、動作原理について示している。さらに可動部とDCモータの過渡動作を考慮した動作特性解析法を確立し、その有効性を明らかにしている。
- (4) 一つのアクチュエータで直線方向および回転方向の二自由度駆動が可能である円筒形状電磁共振アクチュエータを開発し、その構造、動作原理について示している。さらに直線運動と回転運動を同時に行う複合運動を考慮した動作特性解析法を確立し、詳細な動作特性を明らかにしている。
- (5) 高効率なハイブリッド磁気構造を有した球面共振アクチュエータを開発し、その構造、動作原理について示している。さらに簡易動作特性解析法を確立し、本アクチュエータの諸特性を明らかにしている。

以上のように、本論文は、共振を用いた様々な電磁アクチュエータの開発とその解析法を確立することを目的としたものである。その結果、開発したアクチュエータおよびその解析法が非常に有用であることを示している。

これらの成果は、ダイレクトドライブによるモーションコントロール技術として広く産業界に応用され、アクチュエータ工学の発展に寄与することが大である。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。