The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	電磁粘弾性体アクチュエータ設計のための数値解析手法の研究
Author(s)	村尾, 駿太
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/67139
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　（　村尾　駿太　）	
論文題名	電磁粘弾性体アクチュエータ設計のための数値解析手法の研究

論文内容の要旨

近年、メカトロニクス分野における人間との協調作業や、生物の筋肉を人工的に模倣することで、優れた機能や知見を得ようとする生物模倣(バイオミメティクス)の分野において、柔軟な機能性材料(functional material)を用いたソフトアクチュエータの研究が活発に行われている。多くの機能性材料の中でも特に、環境依存性の低さや応答速度の高さにおいて電磁場に反応する機能性材料が注目されている。そして、電磁場に反応する機能性材料の中でも磁場応答性を示すMRE：Magneto Rheological Elastomerは使用環境による制限が少なく、また安価に作成できるため、注目されている。しかしながら、MREの変形は形状とMRE内部の磁気回路が相互に作用する複雑な現象であるため、数値解析による内部物理量の予測を用いてソフトアクチュエータの設計をすることが望ましい。MRE解析の先行研究としてはFEMを用いて有用な結果が得られると報告がなされている。しかし、FEMはメッシュに基づいた解析手法である。そのため、MREの複雑変形時には、複雑な処理が必要となる、要素間の物理量の整合性が取れず解析が破綻するなどの課題が存在する。そこで本研究では、電磁粘弾性体解析手法として加嶋らにより報告されていたMPS法とFEMの連成解析手法に着目した。検証用MREアクチュエータの実機を作成し、その特性を明らかにすると共に、提案手法を電磁粘弾性体アクチュエータ解析手法として適用することで、電磁粘弾性体アクチュエータの内部物理量の評価が可能で数値的に安定な数値解析手法の確立を目指した。

第1章では電磁粘弾性体を用いたソフトアクチュエータの研究動向を示した。そして、電磁粘弾性体解析手法の動向について述べ。MREアクチュエータ解析に対する課題を示した。また、加嶋らによって提案されているMPS法とFEMの連成解析手法の課題を解決することで、電磁粘弾性体アクチュエータの解析手法の確立が期待できることを示し、本論文の目的を明確にした。

第2章では、MPS法とFEMの連成について述べた後、その連成手法を電磁粘弾性体アクチュエータ解析に適応するため、加えた改良点について述べた。改良点は数値的安定性の向上と汎用性向上の2つに大別して示した。クーラン数制限による時間刻みの変更と粘性項を陰的に解くことで数値的安定性が向上することを述べ、それぞれの導入方法を示した。また、解析手法の汎用性の向上のため電流密度ベクトルによる電磁石の導入方法と粒子ベース剛体解析手法を計算アルゴリズムに導入する方法について示した。

第3章では、2章で示した改良点の有効性を検証するため、検証用MREアクチュエータモデルの実機と解析モデルを作成し、実験と解析結果の比較を行った。静磁場解析による検証では、解析より得られた変位・磁束密度ベクトル・磁力ベクトルを示し、解析結果が妥当であることを示した。また、解析で得られたモデルの変位が実験と良く一致していることを確認した。交流磁場の印加による検証では、解析で得られた変形波形の位相と波形のひずみが実験と良く一致していることを確認した。解析には実験より得られた動粘度をパラメータとして導入した。剛体を導入した検証用MREアクチュエータモデルによる検証では、高剛性の素材を剛体と仮定した場合、仮定しなかった場合に比べ83倍以上計算コストが抑えられることを確認した。また、解析で得られたモデル断面粒子の速度ベクトルを示し、解析結果が妥当であることを示した。さらに、解析で得られた変形波形の位相が実験と良く一致していることを確認した。本解析では実験より得られたポアソン比・ヤング率・動粘度を導入しており、他の電磁粘弾性体に関しても実験から得られたこれらの値を導入することで精度の良い解析が可能であると考えられる。

第4章で本論文を通して得られた結論を示し、全体のまとめとした。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　村尾　駿太　）		
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

MRE：Magneto Rheological Elastomer とはシリコーンゲル中に磁性粉を分散させることで作成される機能性材料である。使用環境による制限が少なく,また安価に作成できるため，アクチュエータの素材として注目されている。しかしながら､他の電磁場に反応する機能性材料と比較すると MRE は生物模倣に用いるために必要なアクチュエータとしての研究例が少ない。その要因の一つとして，MRE は変形量・応力分布などの物理量の観察・評価が困難であるため，アクチュエータとしての設計指針・評価手法が確立されていないという点が挙げられる。そこで、本論文では MRE を用いた電磁粘弾性体アクチュエータの評価が可能な数値解析手法を提案している。

第 1 章では研究背景が述べられている。電磁粘弾性体解析の先行研究及びそれらの課題点を示している。また、これらの課題点が提案手法により解決できることを述べ、研究の目的および研究方針を明示している。

第 2 章では，本論文で提案された解析手法について述べている。従来手法である MPS 法と FEM の連成について述べた後，その連成手法を電磁粘弾性体アクチュエータ解析に適応するため，加えた手法について述べている。

第 3 章では，2 章で示した改良点の有効性を検証するため，検証用 MRE アクチュエータモデルの実機と解析モデルを作成し，実験と解析結果の比較を行っている。直流磁場の印加時・交流磁場の印加時・剛体を含んだモデルによる検証を行っており，提案手法の有効性を確認している。従来法と剛体を考慮した MPS 法と FEM との連成解析法との比較検証が行われ，83 倍以上計算コストが抑えられることを明らかにしている。

以上のように、本論文で提案された数値解析手法は、大変形を伴う電磁粘弾性体アクチュエータを解析する上で有効であり、今後様々な電磁粘弾性体アクチュエータの設計に貢献することが期待できる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。