



Title	磁気非線形ばねを用いた非線形局在モードに関する研究
Author(s)	李, 相国
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/88052
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (李 相 国)

論文題名

磁気非線形ばねを用いた非線形局在モードに関する研究

論文内容の要旨

Intrinsic Localized Modes (ILMs) と呼ばれる非線形局在モードは多数の質点と非線形ばねで構成される結合振動子で振動エネルギーが局所点に集中する現象である。また、特殊な条件下で振動エネルギーの集中が所望の方向に伝播する移動特性を持つ移動型ILMも報告されている。この多質点系におけるエネルギーの局在現象および移動現象はその応用可能性は高いにもかかわらず非線形ばねの再現性が低いため未だに应用研究が少ない。本研究では磁気ばねに着目し、ILM励起用の回転型磁気ばねを提案した。磁気ばねは磁気回路の工夫によって様々な非線形特性の再現が可能であり、確立されている解析ツールで非線形ばね特性の予測が容易である。提案した回転型磁気ばねは磁界解析によってその非線形復元トルク特性を確認した上、MATLABによる数値解析でILM励起の可能性を示した。また、試作機を制作し、試作機を用いたILM励起実験によって提案回転型磁気ばね構造のILM励起可能性を検証した。さらに、ILMの移動を簡単に操作するため、可変非線形特性を有する磁気回転ばねも提案した。従来の非線形結合振動子では系のパラメータは不変であるため励起したILMの操作は不可能であった。しかし、提案する可変非線形磁気ばねは印可電流によって非線形特性が変化する。そのため、提案モデルで構成される非線形結合振動子では励起したILMの移動特性を能動的に操作することが可能である。提案構造で明らかになったILMの制御可能性は非線形分野でのILM研究にもILMの工学的応用にも大きい影響を与えようと考えられる。

第1章では、ILMの発見から必要条件、移動型ILMについて簡単にのべ、従来に報告されている代表的なILM実験系を述べ、比較する。さらに、機械ばね非線形特性を再現した従来の実験系が抱えている課題を明らかにし、本論文で提案する磁気ばねで実験系を制作することで従来の課題の解決が可能であることを示す。また、本論文の目的を明らかにした上、論文の構成について述べる。

第2章では、ILMの理論式を用いて振動エネルギー局在のメカニズムを示し、メカニズムから必要なばね特性を特定する。また、特定したばね特性を満たす回転型磁気非線形ばねを提案する。提案磁気ばねは有限要素法解析によるILM励起に必要なHardening非線形ばね特性を持つことを明らかにする。さらに、提案磁気ばねを用いたILM系作成のため、イナーシャとILM角周波数の関係を示した上、イナーシャ決定する。最後に解析で得られたばね特性とイナーシャを用いてMATLABによる数値解析を行い、提案磁気ばねでILMと移動型ILMの励起が可能であることを示す。

第3章では、第2章で提案した磁気ばねの実験検証を行う。試作機作製のために設計した3D-CADモデルを示し、試作機の様子を示す。また、試作機のトルク特性を測定した上、20個の試作機をカップリングしたILM実験系を制作する。制作したILM実験系に強制振動を与えることで移動型ILM励起実験を行う。さらに、不純物を有するILM実験系を再現することで不純物と衝突した移動型ILMの移動挙動変化を実験的に検証する。最後に測定で得られた試作機のばね特性とイナーシャを用いてMATLAB数値解析で試作機の有効性を検証する。

第4章では、ILM操作の重要性を示し、2章で提案した磁気回転ばね構造を改良した構造を提案する。提案構造は電磁石を有し、電磁石の印加電流によって非線形ばね特性を自由に変えられることを有限要素解析によって明らかにする。また、提案する可変磁気ばねでILM系を構成した際に、ばね特性を変えることで一度励起したILMを特定の時間に特定の方向へ移動可能であることをMATLABによる数値解析で示す。さらに、ILMの移動速度も変更できることを明らかにした。

第5章では、各章から得られた結果を総括する。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (李 相 国)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教授	平田 勝弘
	副 査	教授	中谷 彰宏
	副 査	教授	吉矢 真人
	副 査	准教授	宮坂 史和
	副 査	准教授	中西 英之
	副 査	准教授	土井 祐介
	副 査	講師	石原 尚
論文審査の結果の要旨 Intrinsic Localized Modes (ILMs) と呼ばれる非線形局在モードは多数の質点と非線形ばねで構成される結合振動子で振動エネルギーが局在する現象である。また、特殊な条件下で局在された振動エネルギーが所望の方向に伝播する移動特性を持つ移動型 ILM も報告されている。ILM は振動エネルギーの局在と移動の側面で工学的な応用の可能性が高いにも関わらず、非線形ばねの再現性が低いことから実験検証の研究例が少なく、応用研究例は見当たらない。本論文は ILM 現象の工学的応用に向けて非線形性の再現性の高い磁気ばねに注目し、ILM 励起に必要な非線形ばね特性を持つ新しい磁気ばね構造を提案している。提案構造の有効性は有限要素法解析とダイナミクスモデルの数値解析、実験検証によって明らかにしている。また、応用の可能性を広げるため、可変特性を持つ磁気ばね構造を提案して、ILM の自由な操作が可能であることを示している。 第一章では、ILM の概要について述べるとともに、従来研究で報告されている ILM 実験系を示して、現状の研究課題をまとめ、本論文の目的を示している。 第二章では、ILM の理論式を用いて振動エネルギーの局在メカニズムを述べ、ILM 励起に必要な非線形ばね特性を特定している。そして、回転型磁気非線形ばねを提案し、有限要素法解析にて提案磁気ばねが ILM 励起に必要なばね特性を持つことを明らかにしている。更に、提案磁気ばねのばね特性とイナーシャを用いたダイナミクスモデルで数値解析を行い、提案磁気ばねで ILM 励起が可能であることを明らかにしている。 第三章では、提案磁気ばねの実機による検証を行っている。試作した磁気ばねのトルク特性を測定した上、多数の磁気ばねをカップリングした ILM 実験系を示している。また、ILM 実験系を用いた ILM 励起実験から提案磁気ばねで ILM 励起が可能であることを明らかにしている。 第四章では、ILM 操作の重要性を示し、磁気ばね構造の改良構造を提案している。提案構造は電磁石を有し、印加電流によって非線形ばね特性を自由に変えられることを有限要素法解析によって明らかにしている。更に、非線形ばね特性を変えられる可変磁気ばねで ILM 系を構成した際に、ばね特性の変更で一度励起した ILM の移動特性を操作することが可能であることをダイナミクスモデルの数値解析によって明らかにしている。最後に、更なる磁気ばねの発展可能性についても言及している。 以上のように、本論文では提案した磁気ばね構造により、ILM が励起できることを明らかにするとともに、更なる応用性を示しており、今後の ILM 研究とその応用技術の発展に寄与するものであると言える。 よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。			