



Title	Research on Magnetic Structure and Control Method of Integrated Driving Device
Author(s)	部矢, 明
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/82221
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 (部 矢 明)	
論文題名	Research on Magnetic Structure and Control Method of Integrated Driving Device (集積駆動装置の磁気構造と制御方法に関する研究)
論文内容の要旨	
Multiple-degree-of-freedom (DOF) mechanisms are developed in various fields such as robots, industrial machines, and human-machine interfaces. The mechanisms generally achieve the multiple-DOF motion by a simple combination of 1DOF actuators and mechanical elements. However, this combined structure has a large size and decreases energy density. Moreover, the supporting mechanism of the structure needs many mechanical elements such as bearings and links, etc. Friction loss increases when there are many contact parts, and positioning accuracy and drive performance decrease. Thus, integrated driving devices that have a magnetically integrated structure of actuators and mechanical elements were focused. Especially, this thesis focused on the integrated driving devices with rotary and linear 3DOF and linear motions driven by a magnetic force. Various integrated driving devices have been developed, however, there are some remaining issues such as increasing in size of structure and control device, a complicated structure that consists of a large number of components, interference by the magnetic integration. In order to solve these problems, a novel magnetic structure, operating principle, and control method of the integrated driving devices were proposed in this thesis. First, the rotary 3DOF electromagnetic actuator which can generate 3DOF motion by only three control phases and has a simple structure composed of a few components was presented. The torque and dynamic behavior were presented, and the experimental results show that the actuator can be driven by the proposed structure and operating principle. The attitude stabilization system was designed using the proposed dynamic model, and it is shown that the system can be stabilized the disturbance. The sensor-less attitude estimation method was proposed for simplifying the system. Next, the linear 3DOF electromagnetic actuator which can be driven by three-coils was described. The static detent force and thrust characteristics were clarified, and it is shown that the actuator can drive with asymmetric acceleration for a haptic presentation. Moreover, the interference suppression method using a non-linear compensator for the linear 3DOF magnetic bearing was proposed. The feasibility of a stable operation when the disturbance is given was shown. In addition, the linear actuators and power transmission mechanisms that have magnetic lead screw (MLS) structures were described. The consequent-pole MLS which can consist of a few simple components was proposed, and the thrust density is compared with other MLSs. The sensor-less force estimation method was proposed to simplify a force control system. The MLS structures using a magnetic levitation were proposed to achieve a complete non-contact mechanism. These researches show that the simplification of the magnetic structure and control device can be achieved by magnetic integration. It was suggested that the multiple-DOF mechanism can be improved by the proposed integrated structure and control method. The integrated driving devices are expected to contribute to various applications.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (部 矢 明)		
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	萩原 幸司
	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		
この博士論文では、多自由度駆動機構の構造簡素化と駆動性能の向上を目的として、アクチュエータおよび機械要素を磁気的に集積化した集積駆動装置の磁気構造と制御方法の研究が提案されている。 第 1 章では、研究背景および従来研究の課題とともに研究目的が示されている。 第 2 章では、集積駆動装置の駆動原理と磁気構造の設計概念を示し、1 可動子に対するトルク・推力の発生方法および磁路の構成指針が説明されている。 第 3 章では、回転 3 自由度動作を行う集積駆動装置として新しい 3 自由度アクチュエータが提案されている。提案アクチュエータは制御相数 3 相のみで駆動可能であり、少数部品で小型な磁気構造が実現されている。動的モデルに基づいたロバスト制御系による優れた外乱抑制性能が示されている。また、可変インダクタンス特性に着目した初期位置推定手法と拡張カルマンフィルタを用いたセンサレス姿勢推定手法が提案されており、システム小型化への貢献が示されている。 第 4 章では、並進 3 自由度動作を行う新しい 3 自由度アクチュエータが提案されている。提案構造では、コイル 3 つのみで制御相数 3 相による 3 自由度動作が実現されている。推力特性から空間上の任意方向へ推力を発生可能であることが示されているとともに、提案原理により 3 自由度駆動可能であることが示されている。 第 5 章では、並進 3 自由度支持を行う 3 自由度磁気軸受の干渉抑制手法が提案されている。複数軸同時駆動時に力干渉が発生することを明らかにし、位置と電流を状態数として持つ非線形補償器を用いることで干渉抑制が可能であることが報告されている。 第 6 章では、弾性要素と動力変換機構を一体化した磁気ねじ構造を持つアクチュエータが提案されている。円弧状永久磁石と軟磁性体ねじによる最小構成の磁気ねじが提案されており、構造簡素化への貢献が示されている。また、磁極位相に着目したセンサレス力推定手法が提案されており、力センサを用いずに力を推定可能であることが示されている。加えて、完全な非接触駆動を実現するための磁気ねじと磁気浮上機構の一体化構造が提案されている。 以上のように、アクチュエータ・機械要素の磁気集積化に着目した新しい磁気構造・制御手法が提案されており、その着眼点およびアプローチは優秀である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。		