

Title	多自由度同期モータの制御手法と構造の提案
Author(s)	高原, 一晶
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/82220
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (高原一品)

論文題名

多自由度同期モータの制御手法と構造の提案

論文内容の要旨

現在、多自由度の動作を実現するためには、その自由度に応じて1自由度のモータを組み合わせている。そのため、各モータの質量が他のモータの負荷となることによる消費エネルギーの増加、構造の大型化や重量の増加、各モータの回転角や位置の誤差の累積によるシステム全体の位置決め精度の低下などが問題となる。以上の問題を回避するために、1台で多自由度駆動が可能な多自由度同期モータが注目されている。しかし、体系的な制御手法が提案されておらず、必要最小限の相数すら明らかにされていない。さらに、評価手法も確立されておらず、多自由度同期モータの構造による特徴も明らかにされていない。

そのため、本論文では体系的な制御手法を提案し、制御理論から新たな構造を提案した。そして、多自由度同期モータの評価手法を提案し、構造による特性の違いや設計指針などを確立した。

第一章では、研究背景と先行研究について述べ、種々の多自由度同期モータにおける課題をまとめ、本論文の目的を示した。

第二章では、1自由度同期モータのベクトル制御モデルを2自由度に拡張し、2自由度のベクトル制御モデルを提案した。このベクトル制御モデルから、従来の3相コイル2組を有するコイル配置とは異なり、6相のコイルを共有する新たなコイル配置を理論的に算出した。そして、2自由度Z-0同期モータの構造に適用することで、6相駆動するZ-0同期モータの構造を提案した。そして、3次元の有限要素法を用いた磁場解析により、鎖交磁束の高調波成分により2%の推力、トルクの干渉が見られたが、各自由度共に電流に比例して一定の推力、トルクを発生でき、提案した2自由度ベクトル制御モデルと構造の有効性を明らかにした。また、推力、トルクの評価手法として、電流を印加することによって発生可能な推力、トルクを2次元の電磁力座標系に投影する手法を提案し、従来モデルは発生可能な電磁力の領域が四角形に、提案モデルは領域が楕円形になることを理論的に示し、従来モデルと提案モデルそれぞれの特徴を明らかにした。

第三章では、電流相数を減らすために、2自由度ベクトル制御モデルを見直し、必要最小相数が5相であることを明らかにした。そして、5相のベクトル制御モデルとZ-0同期モータの構造を提案し、3次元有限要素解析を用いた磁場解析により、5相で2自由度駆動が可能であることを明らかにした。

第四章では、2自由度ベクトル制御モデルを基に、3自由度の球面同期モータのベクトル制御モデルを提案した。3次元有限要素解析を用いた磁場解析により、提案した制御手法を従来構造に適用し、有効性を明らかにした。また、2自由度同期モータの評価手法を球面同期モータ用に拡張し、トルク評価手法を提案した。そして、提案したトルク評価手法と遺伝的アルゴリズムを用いて、必要最小相数である6相で駆動する球面同期モータを提案した。3次元有限要素解析を用いた磁場解析により、6相駆動においても各姿勢で一定のトルクを発生可能であることを示し、有効性を明らかにした。

第五章では、各章の内容を総括し、本論文をまとめた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (高 原 一 晶)			
	(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	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

現在、多自由度の動作を実現するために、その自由度に応じて1自由度のモータを組み合わせしており、自由度の増加に伴う様々な問題を抱えている。その問題を回避するために、1台で多自由度駆動が可能な多自由度同期モータが注目されているが、体系的な制御手法が提案されておらず、必要最小限の相数すら明らかにされていない。さらに、評価手法も確立されておらず、多自由度同期モータの構造による特徴も明らかにされていない。これを受け、本論文では体系的な制御手法を提案し、制御理論から新たな構造を提案している。さらに、多自由度同期モータの評価手法を提案し、構造による特性や設計指針などを示している。

第一章では、研究背景と先行研究について述べ、種々の多自由度同期モータにおける課題をまとめ、本論文の目的を示している。

第二章では、1自由度の同期モータのベクトル制御モデルに着目し、2自由度のベクトル制御モデルを提案している。このベクトル制御モデルから、6相のコイルを共有する新たなコイル配置を理論的に算出し、6相駆動する2自由度同期モータの構造を提案している。そして、3次元の有限要素法を用いた磁場解析と実験により、各自由度共に電流に比例して一定の推力、トルクを発生でき、提案した2自由度ベクトル制御モデルと構造の有効性を示している。また、推力、トルクの評価手法として、電流を印加することによって発生可能な推力、トルクを2次元の電磁力座標系に投影する手法を提案し、従来モデルは発生可能な電磁力の領域が四角形に、提案モデルは領域が楕円形になることを理論的に示し、従来モデルと提案モデルそれぞれの特徴を明らかにしている。

第三章では、2自由度ベクトル制御モデルを見直し、必要電流相数が5相であることを示している。そして、5相のベクトル制御モデルと2自由度同期モータの構造を提案し、3次元有限要素解析を用いた磁場解析により、5相で2自由度駆動が可能であることを明らかにしている。

第四章では、2自由度ベクトル制御モデルを基に、3自由度の球面同期モータのベクトル制御モデルを提案している。3次元有限要素解析を用いた磁場解析により、提案した制御手法を従来構造に適用し、有効性を明らかにしている。また、トルク評価手法を提案し、遺伝的アルゴリズムと組み合わせる必要最小相数である6相で駆動する球面同期モータを提案している。3次元有限要素解析を用いた磁場解析により、6相駆動においても各姿勢で一定のトルクを発生可能であることを示し、有効性を明らかにしている。

第五章では、各章の内容を総括し、本論文をまとめている。

以上のように、本論文で提案された多自由度同期モータの制御手法や評価手法の有効性が示されており、今後の多自由度同期モータの技術発展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。