



Title	磁気波動減速機に関する基礎研究
Author(s)	新口, 昇
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58321
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。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

氏 名	新 口 昇
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 4 5 5 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 23 年 3 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	磁気波動減速機に関する基礎研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 平 田 勝 弘 (副査) 教 授 荒 井 栄 司 教 授 中 谷 彰 宏 教 授 南 埜 宜 俊 教 授 浅 田 稔 教 授 安 田 秀 幸 教 授 菅 沼 克 昭

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、磁気波動減速機に関する基礎研究内容の報告である。

第1章では、磁気減速機の歴史を説明し、磁気波動減速機が開発されるまでの技術動向を述べた。また、本稿で扱う磁気波動減速機および磁気遊星歯車の位置付けを明確にした。

第2章では、磁気波動減速機および磁気遊星歯車の磁場解析に用いる三次元有限要素法について説明した。具体的には、基礎方程式を示し、ガラーキン法を用いた離散化による解いていく過程を明確にした。また、非線形計算の考慮法、電磁力の計算法、渦電流損失の計算法、運動方程式との連成法、そして、要素分割図の修正法についても明らかにした。

第3章では、表面磁石型磁気波動減速機の動作原理を定式化し、高調波磁束を利用した原則原理を明らかにした。また、二次元磁場解析を用いて設計指針を提案するとともに、静的なトルク特性（コギングトルク）を理論的に定式化し、三次元磁場解析を用いて理論検証を行った。そして、渦電流を考慮した動的なトルク特性も解析した。これらの解析結果を検証するため、試作機を製作し、測定値との比較により、静的および動的なトルク特性の検証を行った。さらに、磁場と構造の連成解析により、低速ロータの振動モードを明らかにし、試作機での騒音測定結果との比較により、解析結果の検証を行った。

第4章では、ハイブリッド型磁気波動減速機の動作原理を定式化、高調波磁束を利用した原則原理を明らかにした。また、動的なトルク特性を三次元磁場解析により解析し、渦電流損失分布を明らかにし、渦電流損失低減へのアプローチを明確化した。さらに、試作機によるトルク測定により、解析結果の検証を行った。

第5章では、高速ロータにしか永久磁石が存在しないアキシアルギャップ型磁気波動減速機の動作原理を明確化した上、動的なトルク特性を三次元磁場解析により解析し、渦電流損失分布を明らかにした。さらに、試作機によるトルク測定により、解析結果の検証を行った。

第6章では、ハイブリッド型磁気波動減速機のロータ構造を適用したハイブリッド型磁気遊星歯車を提案した。そして、スター型、プラネタリ型、ソーラ型の動作原理を明らかにして、運動方程式と連成した三次元磁場解析により伝達トルク特性を明らかにした。さらに、試作機を製作し、解析結果との比較を行った上、回転速度も測定することで、理論値との整合性も検証した。

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

近年、磁気を利用して非接触で動力を伝達する技術の研究が盛んで、その中でも磁気減速機が注目を集めている。磁気減速機は、従来の機械式減速機とは異なり、非接触で動力を伝達するため、摩耗が発生せず、メンテナンスフリー運転が実現可能である。また、過負荷時には脱調するため、トルクリミッターを使わなくても、装置保護や人命保護に効果的である。したがって、クリーンルーム内の搬送装置、宇宙空間の機器、さらにヒューマノイドロボットの関節など、機械式減速機を利用するのが困難な部分への適用が期待されている。それに伴い、トルク特性の解明や実用的な構造の開発など、さらなる研究が望まれている。

本論文では、これらの観点から、すでに構造が提案されている表面磁石型（SPM 型）磁気波動減速機のトルク特性を明らかにするとともに、実用化に向けた振動騒音問題に取り組んでいる。また、実用的な構造として、ハイブリッド型（HB 型）磁気波動減速機とアキシアルギャップ型（AG 型）磁気波動減速機を提案するとともに、動トルク特性を明らかにしている。さらに、HB 型磁気遊星歯車を提案し、三次元有限要素法と試作機による検証で、動特性を明らかにしている。本論文で明らかにされている主な点は、具体的には以下の通りである。

- (1) 三次元有限要素法を用いて磁気減速機の動作特性を計算するために、渦電流計算方法や運動方程式との連成方法について述べるとともに、要素分割図の修正方法についての詳細を明らかにしている。
- (2) SPM 型磁気波動減速機において、動作原理だけでなく、トルク特性を定式化し、三次元有限要素法および試作機を用いた実験により、定式化内容が正しいことを証明している。また、渦電流損失の発生部位を明らかにするとともに、両ロータの位相差が渦電流損失に与える影響を明らかにし、試作機により検証を行っている。さらに、振動騒音問題についても取組み、磁場と構造の連成解析を行うことで振動成分を明らかにするとともに、騒音測定試験により検証を行っている。
- (3) HB 型磁気波動減速機において、渦電流損失のトルクへの影響を明らかにするとともに、渦電流損失の発生部位を明示し、低減方法を提案している。
- (4) AG 型磁気波動減速機において、渦電流損失のトルクへの影響を明らかにするとともに、両ロータの位相差が渦電流損失に与える影響を明らかにしている。
- (5) HB 型磁気遊星歯車を提案するとともに、運動方程式との連成解析により動特性を明らかにするとともに、試作機による実験により、解析結果の検証を行っている。

以上のように、本論文は、磁気減速機の特性の追及と実用化に向けた構造の開発を目的としている。その結果、得られた成果は、磁気減速機の基盤技術となるとともに、実用化に向けた構造の開発にもフィードバックが可能であり、今後の磁気減速機の開発に利用されることが期待される。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。