OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	非接触磁気方式ポジションセンサの解析法と設計応用に関する研究
Author(s)	梁, 承浩
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69563
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	（　梁　承浩　（ヤン　スンホ）　）
論文題名	非接触磁気方式ポジションセンサの解析法と設計応用に関する研究

論文内容の要旨

近年，コンピュータの進歩に伴い，有限要素法をはじめとする磁界解析は，電気機器の設計・開発に広く用いられており，複数の方程式を連成した様々な動作解析も多く行われている．計算機支援設計は時間とコストのかかる試作実験に代わり広く普及し，設計段階において，シミュレーションによる諸特性の把握が可能となり，重要な役割を果たしている．特に二次元有限要素法では解析することが困難な複雑な形状を有する電磁機器の設計において，三次元有限要素法は大きな力を発揮する．

数値解析する上で材料特性はシミュレーションの精度を決める重要なパラメータである．一般的に普及されている解析ツールでは，パラメータを実数として取り扱うことがほとんどである．磁界解析においては，磁性体の透磁率や導電率などが挙げられる．特に透磁率が実数の場合は，磁界強度と磁束密度は同位相であることを意味する．ところが，実際の透磁率は鉄損の影響により磁界強度と磁束密度の間には位相差が生じ，この位相差によって複素の特性を有することになる．このような磁性体の物性値は磁界解析において特性を決める重要なパラメータであり，磁界現象の振る舞いをより正確に把握するためには，数値解析において複素透磁率を考慮する必要がある．

本研究では，周波数応答解析（Frequency Response Analysis, FRA）をベースにして，三次元有限要素モデルを使い，複素透磁率の概念を取り入れた解析手法を提案する．周波数応答解析は一般的に線形解析によく用いられる解析手法であり，正弦波入力に対し，定常状態での正弦波出力の振幅と位相の変化を調べることで，諸特性を把握することができる．つまり，出力結果から演算で表せる特性なら，様々な特性解析に応用することができる．

複素透磁率の概念を取り入れた解析手法を提案し，設計応用のための高精度なシミュレータを開発を本研究の目的とし，さらに，センサに使われる磁性体の材料特性計測によるデータベースを構築する．また，磁性体の材料特性は，磁界解析の結果を左右する重要なパラメータであるため，磁気方式を用いる非接触方式ポジションセンサを解析対象として選定して，提案する解析手法の妥当性と有効性を検討する．最後に，提案する解析手法を用いてポジションセンサの特性改善設計を行う．

本論文は以下のように7章から構成される．

第1章では，数値解析シミュレーションの現状について述べ，新しい解析手法を提案した．さらに，解析手法の有効性を確認するために非接触磁気方式ポジションセンサを解析対象として選定し，選定した背景について説明した．

第2章では，本研究の基礎となる一次四面体辺要素を用いた三次元有限要素法による解析手法について述べる．また，有限要素法による電流分布解析，磁界解析について述べるとともに，電気回路と磁気回路との連成解析法を示す．

第3章では，新しい解析手法に取り入れた複素透磁率について説明し，トロイダルコイルを使った複素透磁率の測定原理，測定結果および考察を示す．また，複素透磁率の周波数特性解析法を提案し，測定結果と解析結果の比較によって解析手法の有効性を確認する．さらに，提案する解析手法のベースである周波数応答解析において，時間に対する磁束密度の線形的な変化と複素透磁率の空間的非線形分布を同時に考慮した解析法について述べる．周波数応答解析は，同じ材質では透磁率を一定値として扱うが，磁束密度の大きさによって複素透磁率が空間的に非線形分布をする実際の振る舞いを再現し，その有効性を確認する．

第4章では，非接触磁気方式ポジションセンサのインピーダンス特性解析について述べる．プロトタイプの測定結果と解析結果の比較より提案する解析手法の有効性を確認する．さらに，様々なコア材料を用いたインピーダンス特性解析を行い，最適な材質の特性を示す．

第5章では，実験計画法を用いて変位に対するインピーダンスの感度と直線性の特性改善設計を行い，これらの特性に影響を及ぼす因子を確認する．

第6章では，本研究で得られた結果を総括し，結論を述べる．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　梁　承浩　）

	（職）	氏　名
論文審査担当者		
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

近年，コンピュータの進歩に伴い，有限要素法をはじめとする磁界解析は，電気機器の設計・開発に広く用いられており，複数の方程式を連成した様々な動作解析も多く行われている．計算機支援設計は時間とコストのかかる試作実験に代わり広く普及し，設計段階において，シミュレーションによりその諸特性を把握することが可能になり，重要な役割を果たしている．特に，数値解析する上で材料物性はシミュレーションの精度を決める重要なパラメータである．一般的に普及されている解析ツールでは，パラメータを実数として取り扱うことが殆どである．ところが，透磁率は損失の影響により，磁界と磁束密度は位相がずれることで，複素の特性を示す．つまり，数値解析において複素の特性を考慮することは，実際の現象をより正確に検証するために有効である．

本論文は，複素透磁率の概念を取り入れた新しい解析手法を提案し，複素透磁率の周波数特性，磁気方式ポジションセンサの特性を解析することで，解析手法の有効性を検討するとともに，センサの特性改善設計を提案する研究内容である．

第 1 章では，数値解析シミュレーションの現状について述べ，新しい解析手法を提案している．さらに，解析手法の有効性を検討するための解析対象として非接触磁気方式ポジションセンサについて説明している．

第 2 章では，本研究の基礎となる一次四面体辺要素を用いた三次元有限要素法による解析手法について述べている．

第 3 章では，新しい解析手法に取り入れた複素透磁率について説明している．また，複素透磁率の周波数特性解析法を提案し，測定結果と解析結果の比較によって解析手法の妥当性を確認している．さらに，線形解析によく用いられている周波数応答解析において，時間に対する磁束密度の線形的な変化と複素透磁率の空間的非線形分布を考慮することの有効性を確認している．

第 4 章では，非接触磁気方式ポジションセンサのインピーダンス特性について検討している．プロトタイプの測定結果と解析結果の比較より，提案する解析手法の有効性を確認している．さらに，様々な材料を用いたインピーダンス特性解析を行い，最適な材質の特性が確認された．

第 5 章では，実験計画法を用いて変位に対するインピーダンスの感度と直線性の特性改善設計を行い，これらの感度に及ぼす因子を確認するとともに，改善結果を示している．

以上のように，本論文で提案された複素透磁率の概念を取り入れた解析手法は，様々な解析と実機検証を通して，その妥当性と有効性を確認しており，今後の磁気設計のための解析手法として貢献すると期待できる．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．