

氏 名	かわもと だし 河 本 正
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3665 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	電力分野の絶縁問題および環境問題への数値電磁界計算法の応用

論文調査委員 (主 査) 教授 宅 間 董 教授 島 崎 眞 昭 教授 引 原 隆 士

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、数値的電磁界計算法を、電力分野における各種の問題に適用した結果をまとめたものである。計算法としては、高精度な電界計算法である電荷重畳法、表面電荷法ならびに非線形問題に適用できる有限要素法を、それぞれ問題に対応した安定化や高性能化をはかって適用している。

第1章は緒言であり、電磁界の数値計算法の動向と本研究で取り上げた電磁界問題の意義を説明するとともに、論文の各章の構成と概要を述べている。

第2章は、高電圧測定に使用される標準球ギャップの電界分布に及ぼす諸因子の影響を定量的に明らかにしたものである。標準球ギャップには垂直形と水平形があり、標準規格ではフラッシュオーバー電圧（火花電圧）を±3%の精度で測定できるとされている。影響因子には、大地までの距離、支持棒の太さと長さ、高電圧側接続線、近接物体があるが、これらを規格の範囲内で変えたときの最大電界を調べている。計算の結果、影響因子の変動が規格内であっても最大電界は7%を超える場合があることを明らかにしている。

第3章は、交流送電線からの環境問題の一つである静電誘導現象について、測定法や三次元配置の誘導量を解析したものである。まず固体絶縁物で支持された導体の浮遊電位を電荷重畳法や表面電荷法で求める際の正しい式を初めて導出し、固体に体積導電性や表面導電性がある場合を含めて計算法を確立した。さらに、送電線下にある車輛への静電誘導量の解析、送電線下のしゃへい線のしゃへい効果、送電線の弛度（たるみ）の影響、送電鉄塔のしゃへい効果を、それぞれ三次元の電界計算により定量的に明らかにしている。

第4章は、直流送電線の環境問題の一つであるイオン流による電界、電流分布を解析したものである。イオン流場は、空間の電位と電荷密度を未知数とする非線形方程式であるが、従来の近似法や計算が不安定に陥る計算法に代わり、最大値原理をもとにした非常に安定に計算できる新計算法を提案している。提案した計算法によって、従来の方法では計算できなかった横方向の風がある場合やイオン流密度の大きい場合でも、実測計算とよく合う計算結果を得ている。この計算法は、電気集塵器など直流送電線以外のイオン流場にも適用できる有用な方法である。

第5章は、交流磁界によるうず電流場について、二つの計算法を検討したものである。一つは変形磁気ベクトルポテンシャルとスカラポテンシャルを組み合わせて磁界分布を表現する方法で、各種の配置で計算精度を検討している。またこの方法を超電導発電機の界磁シールド効果の計算に適用し、実測値、二次元の線状電流法ならびに電流ベクトルポテンシャル法の結果と比較し、よく一致することを確認している。他の一つの方法は、境界の磁気ベクトルポテンシャルなどを未知数とする境界要素法で、穴あき導体などのうず電流計算を行っている。

第6章は、電界あるいは磁界の各種の最適化計算を行った結果である。電界問題では、最大電界が絶縁特性を支配するガス絶縁機器の各種の配置を対象として、各種パラメータの広範な配置で最適形状を明らかにした。まず同軸円筒端末部では、最大電界が初期形状より2～4割低くなる導体先端形状を得ている。また同軸円筒部分のディスク（円板）形あるいはポスト（柱）形の固体絶縁物について、それぞれ各種のパラメータ条件で、電界最大値あるいは沿面方向電界が一定となる最適

形状を得ている。前者では最大電界を固体絶縁物がない場合の60%に低減する形状を得ている。また磁界問題では、磁界測定器の校正や磁界の生物影響実験に用いられる一様磁界発生装置の最適化を行い、磁界一様性が初期形状に比べて5～10倍向上する配置を得ている。

最後の章は、各章の主要な成果をまとめるとともに、数値的な電磁界計算法の今後の方向や課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、電界磁界の数値的な計算法を電力分野の絶縁、環境などの問題に適用した成果についてまとめたものである。数値計算法としては高精度な電界計算法である電荷重畳法、表面電荷法ならびに非線形問題に適用できる有限要素法を、それぞれ問題に対応した安定化や高性能化をはかって適用している。具体的な計算対象と得られた主な成果は次のとおりである。

1. 絶縁問題では、高電圧測定に使用する標準球ギャップの電界分布とガス絶縁機器の形状最適化を扱っている。前者では、大地、支持棒、近接物体、接続線の存在が電界分布に及ぼす影響を定量的に検討し、規格の定める3%の許容範囲を2倍以上越えるケースを明らかにした。また、後者ではガス絶縁線路端末の中心導体形状ならびに支持用固体絶縁物形状の最適化を行ったものである。それぞれ電荷重畳法を適用して、表面電界の大きさあるいは固体沿面電界値の一定となる形状を実用の広いパラメータ範囲で明らかにした。

2. 環境問題では、交流送電線の静電誘導問題、直流送電線のイオン流問題を扱っている。前者では、しゃへい線の効果、送電線のたるみや鉄塔の存在の影響を定量的に明らかにし、特に固体絶縁物に支持された導体系の正しい電界計算式を導出して電界測定器の支持絶縁物の影響を解析した。後者では、空間の電位と電荷密度を未知数とする非線形方程式に最大値原理に基づく計算法を導入して安定化をはかり、風がある場合のイオン流の実測とよく合う結果を得た。

3. 以上のほかに、磁界問題では、超電導発電機ダンパモデルのうず電流計算、測定器の校正や生物影響実験に用いられる一様磁界発生装置の最適化計算を行い、後者では初期形状に比べて磁界一様性が5～10倍向上する配置を得た。

以上、本論文は電荷重畳法、有限要素法などの数値的な電磁界計算法を、電力分野の絶縁、環境のいくつかの問題に適用して定量的な解析を行い有用な知見を得たもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成14年2月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。