

氏名（本籍）	NGUYEN TIEN DONG（ベトナム）		
学位の種類	博士（工学）		
学位授与番号	甲第 437 号		
学位授与日付	平成 25 年 3 月 25 日		
専攻	電子情報システム工学専攻		
学位論文題目	Analysis of electromagnetic scattering by multiple spheres configuration and its applications (複数の球体による電磁波散乱の解析とその適用)		
学位論文審査委員	(主査) 教授 田中 嘉津夫	(副査) 教授 河瀬 順洋	准教授 田中 雅宏

論文内容の要旨

This dissertation presents the study of electromagnetic scattering by multiple spheres configuration and its two applications on the study of Scanning Near-field Optical Microscopy (SNOM) phenomenon and on the calculation of specific rain attenuation.

In this dissertation, exact solution to multiple scattering of electromagnetic waves by multiple spheres configuration is discussed. The solution is the result of the analysis method which builds upon the multipole expansions of electromagnetic fields, and the superposition of Mie theory. In this analysis, the scattering field is expressed as a superposition of vector harmonic expansions written about each sphere in the configuration. One of the most intractable problems in electromagnetic scattering by multiple spheres configuration is the evaluation of addition coefficients introduced by the addition theorems for vector spherical harmonics. The derivation of the analytical expressions for the addition coefficients is lengthy and complex while the computation of the addition coefficients is annoyingly time-consuming even with the reasonably fast computers available nowadays. This dissertation presents an efficient algorithm for calculating addition coefficients which is based on the recursive relation of scalar addition coefficients. Numerical results from the formulation derived in this dissertation agree with those of previous published results but the algorithm proposed here reduces the computational time considerably. This dissertation also discusses the strengths and limitations of other formulations and numerical techniques found in the literature.

Since this analytical method can be applied to multiple spheres of any size, even when they are in contact, we use it for studying the physical mechanism of the interaction between the probe tip and the sample in scanning near-field optical microscopy (SNOM) models. In these models, the probe tip is approximated to a sphere while the sample is approximated to a group of spheres with various sizes.

The method is also used to calculate the rain attenuation via the scattering and absorption of electromagnetic waves by multiple raindrops with sphere shape. In this dissertation, we focus on the quantitative evaluations considering the change of temperature, frequency and the existence of multiple scattering effects with three raindrop-size distributions: the negative exponential, the lognormal and Weibull distribution models.

論文審査結果の要旨

本論文は、複数の球体から構成される散乱体に電磁波を照射する現象を精密に解析するための手法および実際問題への適用に関する論文である。各球体における電磁波散乱は、ミー理論により厳密に解析することが可能である。ミー理論では、入射、散乱、球体内部の各電磁界を球ベクトル波動関数で展開し、境界条件を満足するように展開係数を決定する。複数の物体があるとき境界条件を厳密に満足するためには、一つの球座標系から他の球座標系への座標変換が必要である。この座標変換にはいくつかの方法があるが、いずれも漸化式で定式化されるため、効率的な計算方法が求められる。本論文の前半部では、このような解析的な

手法について述べ、球座標変換を効率的に計算を行える新しい漸化式を提案し、その有効性を検証している。

また、本論文の後半部では、実際問題に適用している。複数の球体による電磁波散乱の実際問題として、走査型近接場光学顕微鏡と降雨中の電波減衰を取り上げている。

本論文は、7章から構成されており、各章の概要は下記の通りである。

第1章では、複数の球体による電磁波散乱に関する過去の研究をレビューし、本研究の目的および位置づけについて述べている。

第2章では、多数の球体による電磁波散乱を解析的に計算するために必要な電磁界理論の基礎について述べている。マクスウェル方程式と境界条件、球ベクトル波動関数、平面波の球座標表現を説明している。

第3章では、複数の球体による電磁波散乱の計算方法について述べている。はじめに、最も簡単なモデルとして1つの球体を考え、その電磁波散乱に関してミー理論をレビューしている。ミー理論に現れる無限級数項の打ち切りについても述べている。次に、複数の球体による電磁波散乱の解析的な計算の定式化について考え、入射、散乱、球体内部の電磁波の級数係数について述べている。さらに、近傍界および遠方界について述べている。

第4章では、一つの球座標系から他の球座標系への座標変換について述べている。3つの方法をレビューし、また新しい手法を提案している。提案する手法は、漸化式中に用いられる一時的な中間係数の必要個数を減らし、計算時間の短縮に成功している。

第5章では、走査型近接場光学顕微鏡(Scanning Near-field Optical Microscopy: SNOM)に適用している。解析モデルでは、プローブチップの先端および観測対象を球体で近似し、近傍界および遠方界を計算している。また、解像度について考察している。

第6章では、降雨中の電波の減衰に関してシミュレーションを行っている。雨滴分布モデルとして3つの分布モデルに適用し、気温、降水量、周波数をパラメータとして電波減衰定数との関係を調べている。

第7章は本論文のまとめとして、結論を述べている。

本論文の主たる部分は査読付論文として発表されている。以上より、学位論文審査委員会は本論文を慎重に審査した結果、本論文は博士(工学)の学位論文として適格であることを認める。

最終試験結果の要旨

平成25年2月13日に田中嘉津夫、河瀬順洋、田中雅宏により口頭試問による最終試験を実施した。論文提出者は学位(工学)の取得に必要な電子情報工学に関する学力を有していることが確認できたので、最終試験に合格とする。