

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510253

研究課題名(和文) 局所豪雨を観測する降雨レーダの高精度電磁界解析および雨量と減衰係数の関係の解明

研究課題名(英文) Numerical technique for electromagnetic scattering from rain and investigation of dependence of rain attenuation on rainfall

研究代表者

田中 雅宏 (Tanaka, Masahiro)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：80267848

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：雨滴を散乱体とみなし、多体物体からの電磁波散乱を解析する電磁界解析法を検討している。本研究では、対象となる問題を多数の小規模な問題に分割し、それらを解いて得られる解を統合してもとの問題の解をえる解法について検討している。具体的には、小規模な問題には、Mie理論、積分方程式に基づくモーメント法、点整合法を用いる。また、小規模な問題の解の統合には、解の重ね合わせを用いる。さらに、積分方程式に基づくモーメント法の多重レベル化した解法を検討した。

研究成果の概要(英文)：We discuss the numerical technique to solve the electromagnetic scattering problem from multiple scattering bodies, when raindrops are regarded as scattering bodies. We employ the method which is breaking down an original problem into many sub-problems, solving the sub-problems, and combining the solutions to the sub-problems to give a solution to the original problem. In order to solve the sub-problems, we employ Mie theory, the method of moments based on integral equations, and the point matching method. In order to combine the solutions to the sub-problems, we employ the superposition solution. We also discuss the multi-level algorithm of the method of moments combined with the superposition solution.

研究分野：計算電磁気学

キーワード：電磁界解析 数値計算

1. 研究開始当初の背景

局地的な集中豪雨により大きな被害が発生している。集中豪雨の対策のために、降雨レーダの高精度化は重要な課題である。降雨量と電波強度の減衰量の関係を詳細に知ることができれば、降雨量推定の精度が高くなることが期待できる。降雨すなわち多数の雨滴からの電磁波散乱を解析する電磁界解析法を開発すること、および降雨量と電波強度の減衰量を明らかにすることが課題である。

2. 研究の目的

多数物体からの電磁波散乱の解析を直接的な方法で行う場合、大規模な問題を解くことになり、その計算時間は膨大になる。本研究では、対象となる問題を多数の小規模な問題に分割し、それらを解いて得られる解を統合してもとの問題の解をえる解法について検討を行う。具体的には、小規模な問題には、Mie理論、積分方程式に基づくモーメント法、点整合法を用いる。また、小規模な問題の解の統合には、解の重ね合わせを用いる。

3. 研究の方法

(1) Mie理論と解の重ね合わせによる解法を用いて電磁波散乱を解析する。この方法では、雨滴を球体とみなす。球体に対しては、Mie理論により厳密な解を得ることができるので非常に高精度な解析が期待できる。

(2) 積分方程式に基づくモーメント法と解の重ね合わせによる解法を用いて電磁波散乱を解析する。この方法では、散乱体形状は球体に限定されず、任意の形状に対して電磁波散乱解析を行うことが期待できる。

(3) 点整合法と解の重ね合わせによる解法を用いて電磁波散乱を解析する。この方法では、散乱体形状は限定されるが、高精度な数値解析法である。(2)の方法による数値解析結果の検証に用いる。

(4) 積分方程式に基づくモーメント法と解の重ね合わせによる解法を多重レベル化した解法を用いて電磁波散乱を解析する。この方法においても、任意の形状に電磁波散乱解析を行うことができる。また、多重レベル化により、計算時間の短縮化が期待できる。

(5) Modified Finite Volume法(MFV法)を用いて電磁波散乱を解析する。MFV法は時間領域における解析法である。時間領域における電磁波解析によく用いられるFinite Difference Time Domain法(FDTD法)は立法格子セルを用いて空間を分割するため、雨滴のような電磁波散乱を解析するためには、空間を非常に細かく分割する必要がある。一方、MFV法は自由なセル形状で空間を分割で

きるため、FDTD法より大きなセルで計算を行えることが期待できる。

4. 研究成果

(1) Mie理論と解の重ね合わせによる解法を用いて多数の球体からの電磁波散乱を解析するコードを開発した。数値解析結果を光学定理および相反性により検証し、Mie理論と解の重ね合わせによる解法は非常に高精度な解析法であることを示した。

さらに、降雨量、気温、電磁波の周波数をパラメータとして、電磁波の散乱強度の影響を調べた。

(2) モーメント法と解の重ね合わせによる解法により多体物体からの電磁波散乱を解析するコードを開発した。数値計算結果を直接的なモーメント法による結果と比較し、開発したコードの妥当性を検証した。

散乱体の数が少数の場合や散乱体の誘電率が小さい場合の場合には、開発したコードの数値計算結果は妥当なものであった。しかし、散乱体の数が多数の場合や散乱体の誘電率が大きい場合には、開発したコードの数値計算結果は発散した。点整合法と解の重ね合わせによる解法の解析結果と比較検討した結果、解の重ね合わせの持つ問題であることが分かった。

(3) モーメント法と解の重ね合わせによる解法を多重レベル解法に改良したコードを開発した。

散乱体の数が少数の場合や散乱体の誘電率が小さい場合の場合には、開発したコードの数値計算結果は妥当なものであった。しかし、散乱体の数が多数の場合や散乱体の誘電率が大きい場合には、開発したコードの数値計算結果は発散した。研究成果(2)より改良することができた。

(4) 自由なセル形状で空間を分割できるModified Finite Volume法のコード開発を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

(1) Ngo Thi Thu, Kazuo Tanaka, Masahiro Tanaka, Dao Ngoc Chien, Superfocusing of surface plasmon polaritons by metal-coated dielectric probe of tilted conical shape, Journal of the Optical Society America A, 査読有, Vol. 30 Issue 6, pp.1113-1118, 2013.

[学会発表](計14件)

(1) 田中雅宏, 多体物体からの電磁波散乱における解の重ね合わせの誤差検討, 電気学会研究会資料, EMT-14-151, 2014年11月, 中沢ヴィレッジ(群馬県草津町).

(2) Ngo Thi Thu, 田中嘉津夫, 田中雅宏, Nanometric superfocusing of surface plasmon polariton by partially metal-coated dielectric conical probe, 電気学会研究会資料, EMT-14-163, 2014年11月, 中沢ヴィレッジ(群馬県草津町).

(3) Masahiro Tanaka, Error Analysis of Superposition Solution Combined with Method of Moments for Electromagnetic Scattering, Progress In Electromagnetics Research Symposium, Aug. 28, 2014, Guangzhou (China).

(4) Masahiro Tanaka, Numerical calculation of electromagnetic scattering from multiple objects by superposition solution combined with MoM -Multilevel Algorithm-, Proceedings of the 2014 International Symposium on EMC, pp. 793-796, 2014, Hitotsubashi Hall, National Center of Sciences (Chiyoda-ku, Tokyo-to).

(5) Ngo Thi Thu, Kazuo Tanaka, 田中雅宏, Superfocusing of surface plasmon polaritons by metal-coated dielectric probe of tilted conical shape, 電気学会研究会資料, EMT-13-071, 2013年6月, 日本大学(東京都千代田区)

(6) Masahiro Tanaka, Numerical Technique Based on Superposition Solution Combined with Method of Moments, Progress In Electromagnetics Research Symposium, March 27, 2013, Taipei (Republic of China).

(7) Masahiro Tanaka, Kazuo Tanaka, Electromagnetic scattering from multiple objects by superposition solution combined with method of moments, Proceedings of URSI Commission B 2013 International Symposium on Electromagnetic Theory, pp. 554-556, 2013, International Conference Center Hiroshima (Hiroshima-shi, Hiroshima-ken).

(8) Masahiro Tanaka, Kazuo Tanaka, Electromagnetic scattering from arbitrary shaped multiple objects by superposition solution combined with Method of Moments, 2013 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI National Radio Science Meeting, July 7-13,

2013, Orland (USA).

(9) 田中雅宏, 田中嘉津夫, モーメント法と解の重ね合わせを用いた多体物体からの電磁波散乱の解析法, 電気学会研究会資料, EMT-12-131, 2012年11月, 阿蘇プラザホテル(熊本県阿蘇市).

(10) Nguyen Tien Dong, 田中雅宏, 田中嘉津夫, Rain attenuation of electromagnetic waves by multiple spheres model with various raindrop-size distributions, 電気学会研究会資料, EMT-12-141, 2012年11月, 阿蘇プラザホテル(熊本県阿蘇市).

(11) 村上弘和, 田中雅宏, 田中嘉津夫, MFV法を用いた任意形状物体の2次元電磁波シミュレーション, 電気学会研究会資料, EMT-12-172, 2012年11月, 阿蘇プラザホテル(熊本県阿蘇市).

(12) Masahiro Tanaka, Nguyen Tien Dong, Kazuo Tanaka, Calculation of Electromagnetic Scattering from N-Object Configurations by Superposition Solution Combined with Method of Moments, the fourth International Conference on Communications and Electronics, Aug. 2012, Hue(Vietnam).

(13) Nguyen Tien Dong, Masahiro Tanaka, Kazuo Tanaka, Electromagnetic scattering by multi-spheres systems and its application for calculating rain attenuation, Proceedings of 2012 International Symposium on Antennas and Propagation, pp. 959-962, 2012, Nagoya Congress Center, (Nagoya-shi, Aichi-ken).

(14) Nguyen Tien Dong, Masahiro Tanaka, Kazuo Tanaka, Rain attenuation of electromagnetic waves by multiple spheres model, 電気学会研究会資料, EM-12-81, 2012年7月, 北海道大学(北海道札幌市).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 雅宏 (TANAKA MASAHIRO)
岐阜大学・工学部・准教授
研究者番号：80267848

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

Nguyen Tien Dong (グウェン・ティン・ドン)
岐阜大学大学院博士後期課程学生 (H24)