

High Frequency Scattering Analysis by Dielectric Edged Objects via Surface Equivalence Theorem

Quang Ngoc Hieu

(論文の内容の要旨)

本論文では、高周波電磁波の散乱問題を解析するための新しい手法について提案している。

近年高速大容量の無線通信の需要が増大し、それに伴い使用する電磁波の周波数は益々高くなっている。こうした高周波数の電磁波の伝搬・散乱解析には、一般的に電磁界シミュレータといった数値解法が用いられることが多いが、大きな記憶量と多大な計算時間を必要とするため、それに代わる解析手法が望まれている。本論文はこうした高周波の電磁波の散乱解析に対して有効な近似解析手法の開発を目指したものである。

従来から高周波の散乱解析に提案されている手法に物理光学近似があるが、その適用が導体の場合に限られている。そこで導体でない物体による散乱解析に適用する手法の解析を、幾何光学波を等価波源に用いて計算する手法を提案した。

最初に二次元導体楔による平面電磁波の散乱について取り上げ、従来の物理光学手法を用いて、入射電磁波の照射された導体表面に誘起される等価電流波源を求め、その電流波源による放射電磁界を計算した。

次に入射波と幾何光学的に求めた反射波から散乱体すべての表面上に等価電磁波源を置くことによって放射電磁界を計算したところ、先に導出した物理光学法による定式化の結果が完全に一致することを示した。

この提案手法によれば、完全導体の場合は、従来の物理光学手法と一致し、加えて誘電体で構成された物体による散乱解析にも幾何光学的に求めた透過波を加えることによって得られる等価電磁波源を用いて散乱界を計算することができることを示した。

最後に提案手法を二次元誘電体角柱による平面波散乱の問題に適用し、得られた散乱特性を別の数値解析結果と比較することによって、本提案手法の高周波の散乱解析に有効な手法であることを示した。

(論文審査の結果の要旨)

・論文の主題 (テーマ)

エッジを持つような物体による高周波電磁波の散乱問題に関して、等価電磁定理を幾何光学波に対して適用することによって散乱界を求める手法を提案した。この手法をエッジをもつ完全導体でできた物体による平面電磁波の散乱問題に適用した場合には、従来から提案されている物理光学近似手法による解析結果と同じ結果になることを示し、本解析法を誘電体で作られた物体による散乱問題に拡張して適用することによって、エッジを持つ物体からの回折波の表現を求めた。

・当該研究分野における位置づけ

電磁波の散乱解析問題は、古くから行われてきた問題の一つであるが、散乱体の大きさが波長に比べて大きくなると、高速に計算できる解析手法が少なく、一般的には数値解析のような手法に頼ることになり、信頼性の高い散乱解析手法が望まれている。本論文で提案された解析手法は、散乱体の表面に誘起される等価電磁波源を用いた散乱波の表現に着目し、従来から知られている完全導体でできた物体による散乱解析手法を、誘電体でできた物体による散乱解析にも適用できるように工夫している。この提案手法は、幾何光学的に求められた波動表現を用いて解析できるので、高速な解析に適しており、今後の散乱解析分野の研究に大きな期待が持たれると考えられる。

・論文の構成

第1章 Introduction

最初に研究背景として一般的な電磁波散乱解析問題の歴史、波長に比べて大きな物体による解析手法について概説した上で、本研究の目的について説明し、本論文の構成を示している。

第2章 Surface equivalence theorem

ここで提案する解析手法の基礎となる電磁波散乱問題に対する等価定理について説明し、散乱体の表面上に置いた等価電磁波源を用いた散乱解析体の表現を求め、散乱体が波長に比べて大きな場合の散乱体表面の等価電磁波源が幾何光学的な解釈によって得られた反射波、透過波を用いて近似できることを示している。

第3章 High frequency scattering analysis by physical optics approximation

この章では、従来から提案されている完全導体でできたエッジを持つ物体からの散乱解析手法として知られている物理光学手法について、その解析手法を概説し、エッジを持つ散乱体の規範形状となる二次元導体楔による平面電磁波の散乱界を求めている。

第4章 High frequency scattering analysis by equivalent current method

散乱体の表面に置かれた等価波源の表現を幾何光学波から導出して、具体的な散乱波の表現を求めている。最初に第3章で求めた二次元導体楔による平面電磁波の散乱問題を、ここで提案している等価波源による散乱解析手法によって解析し、最終的に得られた結果が完全に一致すること示している。これによって、導体以外の材料で作られた物体による散乱問題を解析する場合にも、導体の場合を拡張して、入射波、反射波、並びに透過波等の幾何光学波を組み合わせた表現から等価波源を求めて、その波源からの放射界を求める手法を提案して、従来の物理光学手法を導体以外の物体による散乱問題に拡張した。次にこの手法を二次元誘電体角柱による平面波散乱問題に適用し、数値解析手法による結果と散乱パターンを比較することにより、本解析手法の妥当性を示している。

第5章 Conclusion

第4章までの研究内容を総括し、今後の課題について述べている。

・論文の独自性や成果および課題

本論文では、従来波長に比べて大きな導体散乱問題に効果的であると知られていた物理光学手法を、散乱体が誘電体である場合にも適用できるような解析手法に拡張した点に新規性があり、具体的な散乱問題に適用し、他の解析手法による計算結果との比較によって、その解析の妥当性と示していることが評価できる。今後はこの解析手法がエッジをもつ物体のみならず、なめらかな物体による散乱解析にも適応できるかを検証することが課題として残っており、さらなる研究が期待される。

・論文の評価

以上、本論文で得られた知見は、高周波電磁波の散乱解析に重要なものであり、今後の電磁界の理論解析手法の発展に貢献するものと考えられる。よって本論文は、博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認める。