

## 論文の内容の要旨

### Field Equivalence of Physical Optics and Equivalent Current Methods for Smooth Conducting Cylindrical Objects

Ta Quang Ngoc

(論文の内容の要旨)

本論文では、高周波散乱電磁界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、通信に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、多大な計算時間と大きな記憶量を必要とするため、それに代わる近似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定されている。そこで導体でない物体による散乱解析に適用する手法として幾何光学波から導出した等価波源を用いて計算する手法を提案した。

この手法はエッジを持つ物体に対する回折波の導出のための近似解法として最初に提案され、その有効性が確かめられた。しかしながら滑らかな表面を持つ物体に対する回折界への適用は確かめられていなかった。そこで本研究では、最初になめらかな表面を持つ導体散乱体の散乱界の表現を新しく提案している幾何光学波を基にして導出した等価表面電磁流の表現と従来の物理光学法に基づいて導出した電流表現と同じとなることを示した。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、加えて誘電体でできた散乱体の場合には、その表面における入射波、反射波ならびに透過波を基に導出した等価電磁流を置くことによって、それらを波源とする放射積分で散乱界を表現することができることを示した。

次に上述した等価電磁流による放射積分による放射界の精度を確かめるために、導体円筒とその一部を切り出して作った導体半円筒による平面波の散乱電磁界について定式化し、鞍部点法を用いた高周波漸近解を導出して非一様解、一様解ならびに前方散乱解を求めた。これらの散乱界の妥当性は、他解法による結果と比較することによって確かめ、本提案手法は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）

滑らかな表面によって作られた物体による高周波電磁波の散乱問題に関して、等価電磁定理を使って等価電磁流を幾何光学波から導出することによって散乱界を求める手法を提案した。この手法を溝体円筒とそれを切り取って作った導体半円筒に対して、平面電磁波が入射した場合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できるように拡張した。また定式化した散乱界の精度について、他解法による結果と比較することによって、本解析法の妥当性を示した。

### ・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、高速に精度よく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。

### ・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 Field 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界の表現を求め、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 Scattering by a Circular Conducting Cylinder

この章では、導体円筒に平面電磁波が入射したときに作られる散乱界について、幾何光学波から導出した電磁流を用いた表現と、従来から提案されている物理光学手法による散乱界表現が同一になることを示している。次にその散乱波の積分表現から周波数が高いことを念頭に鞍部点法によって近似解を導出し、その精度を厳密な解析結果と比較することによって妥

当性を評価している。

#### 第 4 章 Scattering by a Half Circular Conducting Strip

本手法を平面電磁波の導体半円筒による散乱問題に適用した場合の等価電磁流の表現を求め、第 3 章で示した導体円筒による散乱界の場合と同様に、従来からある物理光学法と同じ結果となることを示し、散乱界を定式化している。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ことができることを示している。

#### 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、滑らかな表面でできた誘電体でできた散乱体に対しても適用できるような解析手法に拡張させた点に新規性がある。また平面電磁波の導体円筒ならびに導体半円筒による散乱問題に適用し、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を用いた誘電体による散乱界の解析精度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。