

# Electromagnetic Plane Wave Scattering by Aperture on Thick Conducting Screen

NGUYEN Nam Khanh

(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高速で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高くなる傾向がある。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、周波数が高い場合の解析には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。従来から提案されている高周波散乱解析の手法に物理光学近似（キルヒホッフ近似）があるが、厚みのある導体板に開けられた開口部による散乱解析には、この手法の直接的な適用が困難であった。そこで本論文ではこうした厚みのある開口による散乱波の解析のための手法を提案している。

最初に二次元問題として厚みのある導体スリットによる平面電磁波の散乱について取り上げ、入射電磁波が開口部に入射して作る散乱波を、仮想的に閉じた開口部に等価磁流の放射に置き換えて解析した。加えて開口内部を伝搬して下部開口において再度散乱する寄与も、開口内の伝搬波を導波管モード和に表し、下部開口で再度等価磁流に置き換えて解析する手法を提案した。この提案手法によれば、開口内部に窓ガラスを模擬した誘電体層を装荷した場合にも解析が比較的簡単にできることを示し、本提案法による解析結果を他の解析手法と比較することによってこの手法の精度ならびに妥当性を確認した。

次に提案手法を三次元形状である厚みのある導体板に開けられた方形孔による平面電磁波の散乱問題に拡張し、解析結果を検討することによって本提案手法の拡張性についても示した。本解析結果についても、他解法による結果との比較により、高速で精度よく解析できることが示された。また二次元と三次元の解析結果の比較・考察によって、一般的な三次元散乱解析結果から二次元散乱解析結果を求めるための方法について述べている。

## ( 論文審査の結果の要旨 )

### ・論文の主題 (テーマ)

従来から提案されていた物理光学近似手法を、複雑な形状の物体による電磁波散乱問題に適用する方法として、開口部における散乱波の計算を等価磁流からの放射に逐次置き換える手法を提案し、他の解析手法による結果との比較によってその手法の精度、妥当性や拡張性を調べている。

### ・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、信頼性の高い高速の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、散乱体の開口による散乱問題を仮想的に閉じた開口表面上に逐次等価磁流を置いて、その磁流からの放射問題に置き換えて解析する手法を提案している。物理光学近似は、比較的古い解析手法であるが、波長に比べて散乱体の寸法が大きく、表面が滑らかな場合には高速な解析が可能であり、かつ近似精度がよいことが知られている。この手法を拡張することにより、さらに複雑な形状の物体による散乱解析が可能になることは、今後の散乱解析分野でのさらなる展開が考えられる。

### ・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、本研究の背景や目的について説明し、本論文の構成を示している。

#### 第2章 Analysis of plane wave scattering by loaded conducting thick slits

ここで提案する解析手法の基礎となる物理光学的な手法について説明したあと、二次元散乱問題として平面電磁波が厚みのある導体スリットに入射した場合について、そのスリット開口を仮想的に閉じてその表面上に等価磁流源を置き、その波源からの放射波として散乱界を計算する表現を求める手法を説明している。さらに厚みのあるスリット間を伝搬して下部開口から放射される寄与についても上記の方法を応用して、逐次等価波源を使って求める方法により計算している。

#### 第3章 Analysis of plane wave scattering by rectangular hole in a thick conducting screen

第2章で用いた手法を三次元形状に拡張して、厚みのある導体板上に開けられた方形開口による平面電磁波の散乱問題に適用した。その解析表現式を使って種々の場合について散乱パターンを解析し、その結果を他の解析結果と比較することにより、本解析手法の妥当性を示している。また第2章の二次元散乱問題の解析結果と三次元の散乱解析結果との比較により、両散乱結果の関係式についても言及している。

#### 第4章 Concluding remarks

第3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用いて、建築物の壁に開けられた窓開口を模擬した厚みのある導体板に開けられた二次元スリットによる散乱ならびに三次元方形孔による散乱を定式化した。厚みのある導体板の上下開口端からの散乱波を、逐次開口部の等価磁流に置き換え、その波源からの放射により散乱波を表現するところに新規性があり、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も評価できる。今後はこの解析手法が方形でない形状の開口による散乱解析にも適用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、建築物の窓開口による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。