

学位被授与者氏名	芳野 真弓 (Mayumi Yoshino)
学位の名称	博士 (工学)
学位番号	博 (一) 第 1 8 号
学位授与年月日	平成 2 1 年 3 月 2 0 日
論文題目	スペクトル領域法に基づく半無限導体板による電磁波散乱問題の近似解法に関する研究
論文題目 (英訳または和訳)	Study on Approximation for Electromagnetic Wave Scattering by Semi-Infinite Plates Based on Spectral Domain Method
論文審査委員	論文審査委員会 委員主査 : 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 内田 一徳 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 松永 利明 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 バロレオルト 同審査委員: 福岡工業大学大学院物質生産システム工学専攻教授 後藤 穂積
論文審査機関	福岡工業大学大学院工学研究科
論文内容の要旨 (和文)	<p>近年の情報通信技術の発展に伴い、無線ブロードバンド環境の構築に向けて情報通信機器の高度化が進み、それらを利用するための電波利用環境の確保整備が重要な課題となっている。本論文では、良好な電波利用環境の確保整備のために、建物等が乱立する都市部や市街地などの複雑な環境下における電波伝搬推定を精度良く行うための解析手法の提案を行うことを目的とする。まず基本的な電磁界の散乱現象を含む問題として、2枚の半無限平行導体板による平面電磁波の散乱問題と厚みのある1枚の半無限導体板による平面電磁波の散乱問題を取り上げる。</p> <p>この2つの問題については、Wiener-Hopf (WH) 法を適用することによりスペクトル領域において厳密解または形式的な厳密解が得られているので、これらの解は複雑な問題に対する種々の解析法の精度を調べるための参照解としての利用が可能である。しかしこれらの解はスペクトル領域で厳密であるが、そのフーリエ逆変換すなわち実空間における解の表現式は、精度の良い解析解として表すことができない。現状のままでは現実的で複雑な環境下における電波伝搬の諸問題への適用は困難である。</p> <p>そこで本研究では、市街地伝搬問題解析への応用を念頭に置いて、2枚の半無限導体板の散乱問題に対しては、エッジ間の多重回折を無視した単純化レイ・トレース法を適用し、厳密なWH解との比較を行うことにより、単純化レイ・トレース法の誤差評価を行うこととする。また厚みのある半無限導体板による散乱問題に対しては、スペクトル領域で厳密なWH解の振る舞いを数値的に考察することにより、スペクトル領域でWH解と近似解を種々のパラメータに対して比較することによって近似関数の導出を行う。本論文は第1章から第5章で構成している。第1章では、本論文の研究背景および研究目的について述べている。</p> <p>第2章では、基本的な電磁波散乱問題として、1枚の半無限導体板による平面電磁波の散乱問題、2枚の半無限平行導体板による平面電磁波の散乱問題および厚みのある1枚の半無限導体板による平面電磁波の散乱問題を取り上げ、これらの問題に対するスペクトル領域で厳密なWH解を導出する。</p> <p>第3章では、導体板の間での多重反射および端部間での多重回折を含む問題について考察する、2枚の平行導体板による平面波散乱問題に対して、端部間の多重回折を無視した単純化レイ・トレース法を提案し、WH解と比較することにより誤差評価を行う。</p> <p>第4章では、導体板の厚みによる反射およびウェッジでの回折との干渉を含む問題について考察する、1枚の厚みのある半無限導体板による平面波散乱問題を取り上げ、この問題によるスペクトル領域で厳密なWH解の振る舞いを考察し、近似解の導出を行う。また導出した近似解とWH解をスペクトル領域で比較することによって、近似関数の精度について考察を行う。</p> <p>第5章では、本論文の結論と今後の課題について述べる。</p>
論文内容の要旨 (英文)	Recently, efficient use of radio frequency has become the most important problem due to the rapid progress especially in the field of mobile communications technology. The objective of this thesis is to propose an approximate field-evaluation method for treating electromagnetic field estimation in the complicated environments such as the urban areas with high-rise buildings. In this thesis, analytical discussions are

made for electromagnetic wave scattering by a semi-infinite parallel waveguide as well as by a semi-infinite thick plate as basic problems including fundamental scattering phenomena.

These two problems are solvable by use of the Wiener-Hopf (WH) technique in the spectral domain, and their solutions can be reference solutions to check the accuracy of other approximation methods. The solutions in the space domain, however, cannot be obtained analytically by the Fourier inverse transformation, and therefore the results cannot easily be applied to realistic propagation problems at the present stage.

To overcome these situations, the scattering problem by a parallel waveguide is solved by use of a simplified ray tracing method (RTM) and its numerical results are compared with the rigorous WH solutions in order to check the accuracy of the simplified RTM. Moreover, an approximate analytical solution is introduced for the plane wave scattering problem by a thick half-plate by comparing its results with the WH solutions numerically.

This thesis consists of 5 chapters. Chapter 1 describes the objectives and backgrounds of this study.

In chapter 2, the WH technique is applied to the plane wave scattering by an infinite thin conducting half-plane, the plane wave scattering by a semi-infinite parallel plate waveguide and the plane wave scattering by a thick conducting half plane. The solutions of these problems are derived analytically in the spectral domain.

In chapter 3, the multiple diffractions between the two edges of a semi-infinite parallel plate waveguide are discussed based on the rigorous solutions in the spectral domain. A simplified RTM neglecting the multiple diffractions between edges is proposed and its numerical results are compared with the WH solutions to check the proposed method.

In chapter 4 the multiple diffractions between the two wedges are discussed based on the solutions to the semi-infinite conducting thick plate in the spectral domain. An approximate solution is introduced by comparing its numerical results with the rigorous WH solutions in the spectral domain. Numerical errors are also checked in comparison with the WH solutions..

Chapter 5 is the conclusion of this thesis and some future problems are described.

論文審査結果

知能情報システム工学専攻博士後期課程 3 年「芳野真弓」さんが提出した学位論文を審査し、また最終試験を行ったのでその結果について報告する。

<学位論文審査の結果>

論文題目は「スペクトル領域法に基づく半無限導体板による電磁波散乱問題の近似解法に関する研究」であり、論文目録として学術論文 2 編、国際会議論文 6 編、研究会技術報告 2 編となっており、すべて第 1 著者である。本論文の主要な内容は、2 枚の半無限導体板の散乱問題に対して、エッジ間の多重回折を無視した単純化レイ・トレース法を適用し、厳密な WH (Wiener-Hopf) 解との比較を行うことによって単純化レイ・トレース法の誤差評価を行うこと、および厚みのある半無限導体板による散乱問題に対して、スペクトル領域で厳密な WH 解の振る舞いを数値的に考察することによって精度の良い近似解の導出を行うことである。

本論文は、第 1 章から第 5 章で構成している。第 1 章では、本論文の研究背景および研究目的について述べている。第 2 章では、基本的な電磁波散乱問題として半無限導体板による平面電磁波の散乱問題を取り上げ、スペクトル領域で厳密な WH 解の導出を行っている。第 3 章では、2 枚の半無限導体板による平面波散乱問題に対して、端部間の多重回折を無視した単純化レイ・トレース法を適用し、WH 解と比較することによりその誤差評価を行っている。第 4 章では、厚みのある半無限導体板による平面波散乱問題に対するスペクトル領域で厳密な WH 解の振る舞いを吟味し、簡潔な形で近似解の導出を行って

	<p>いる。第5章では、本論文の結論と今後の課題について述べている。</p> <p>この学位論文の成果は次のようにまとめられる。導出した近似解と提案する計算法によって、端部間距離が4波長以上のとき、5%以下の数値精度が得られること、WH解と比較して計算時間が大幅に短縮(約1/10)されること、WH解は形状が限定されるが本論文の方法は任意形状の散乱体に適用できることである。一連の研究により、電磁界理論研究会の「学生優秀発表賞」を2回受賞し、日本学術振興会の「特別研究員」に採択されている。</p> <p>以上の理由により、審査委員会は提出論文が学位論文に適合すると判定した。</p> <p><最終試験の結果></p> <p>学位論文公聴会においては、論文内容に関連する種々の理論的および応用に関する質問があったが、それらの質問に対してすべて適切な回答を行うことができた。また公聴会後の最終試験において、学位論文に関連する基本的な知識を有しており、研究を進めていくための研究能力と語学(英語)の基礎学力も十二分に備えていると判断した。</p> <p>以上の理由により、学位審査委員会は「芳野真弓」さんの最終試験結果を合格と判定した。</p>
<p>主な研究業績</p>	<p><学術論文></p> <ol style="list-style-type: none"> 1 "Ray Tracing Analysis of Electromagnetic Diffraction by Two Parallel Half-Planes", International Journal of Microwave and Optical Technology, vol.1, no. 2, pp.874-879, (2006-08). Authors: <u>M. Nakagawa</u>, H. Fujii and K. Uchida 2 "2枚の半無限平行導体板による電磁波散乱問題の厳密解との比較による単純化レイ・トレース法の精度について", 電子情報通信学会論文誌, vol.J89-C, no.11, pp.951-955, (2006-11). 著者: <u>中川</u>、藤井、内田 <p><国際会議></p> <ol style="list-style-type: none"> 3 "Simplification of Ray Tracing Method by Neglecting Multiple Diffractions", 2004 Korea Japan Joint Conference on AP/EMC/EMT, pp53-56, (2004-11). Authors: K. Uchida, <u>M. Nakagawa</u>, H. Fujii and W. Adachi 4 "Ray Tracing Analysis of Electromagnetic Diffraction by Two Parallel Half-Planes", Proceedings of 10-th International Symposium on Microwave and Optical Technology, pp.75-78, (2005-08). Authors: <u>M. Nakagawa</u>, H. Fujii, W. Adachi and K. Uchida 5 "An Approximate Solution in Spectral Domain for Plane Wave Scattering by a Thick Halpf-Plane", International Symposium on Antennas and Propagation on 2006, FD2, pp.1-4 (2006-11). Authors: <u>M. Nakagawa</u>, H. Fujii and K. Uchida 6 "Approximate Spectral Expression for Plane-Wave Scattering by A Thick Half-Plane", International Symposium on Antennas and Propagation 2007, 1E5, pp.1-4, (2007-08). Authors: <u>M. Nakagawa</u>, H. Fujii and K. Uchida 7 "Spectral Approximation for Electromagnetic Scattering by A Thick Half-Plane", Book of Proceedings 11-th International Symposium on Microwave and Optical Technology, pp.595-598, (2007-12). Authors: <u>M. Nakagawa</u>, H. Fujii and K. Uchida 8 "On Approximation for Spectral Expression of Scattered Field from A Thick Half-Plate", Proceedings of International Symposium on Antennas and Propagation 2008, TP-B10, pp.1298-1301, (2008-10). Authors: <u>M. Nakagawa</u>, H. Fujii and K. Uchida <p><研究会技術報告></p> <ol style="list-style-type: none"> 9 "厚みのある半無限導体板による散乱界の近似解について", 電気学会研究会資料, EM T-06-113, pp.161-165 (2006-10), 著者: <u>中川</u>, 内田, 藤井 10 "厚みのある半無限導体板による散乱問題に対するスペクトル領域での近似関数", 電気学会研究会資料, EMT-07-94, pp.79-84 (2007-10) 著者: <u>中川</u>, 藤井, 内田