

氏 名 (本籍)	DAO NGOC CHIEN (ベトナム)
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学位 授与 番号	甲第 258 号
学位 授与 日付	平成 17 年 3 月 25 日
専 攻	電子情報システム工学専攻
学位 論文 題目	COMPUTER-AIDED DESIGN OF DIELECTRIC AND METALLIC WAVEGUIDE CIRCUITS BY GUIDED-MODE EXTRACTED INTEGRAL EQUATIONS (導波モード分離型積分方程式による誘電体・金属導波回路の計算機支援設計)
学位論文審査委員	(主査) 教 授 田 中 嘉津夫 (副査) 教 授 岸 田 邦 治 教 授 河 瀬 順 洋 助教授 田 中 雅 宏

論 文 内 容 の 要 旨

現在、マイクロ波から光波長までの範囲で利用される通信技術において、回路素子設計の高速・低コスト化は現場の技術開発において極めて重要な問題となっている。低価格・高速の計算機の発達により、従来、経験・実験的手法でしかできなかった精密回路設計が、パーソナルコンピュータ上で作動する計算機支援設計(Computer Aided Design:略してCAD)・シミュレーションコードで可能となっている。従ってCAD・シミュレーションコードの優劣は製品開発力に直結する時代となり、現在も多くの研究機関で様々な手法に基づくコードが開発・改良されている。

境界要素法は積分方程式に基づくCAD・シミュレーションコードに利用されている数値解法の一つである。特に光・電磁波問題のような開放系の問題に有効といわれているが、導波路散乱問題のような離散固有値と連続固有値が混ざりあった問題に対しては定式化が非常に複雑である。このような問題に対し、導波モード分離型積分方程式(Guided-Mode Extracted Integral Equation:以下略して GMEIE)に基づく境界要素法が田中らにより1989年に提案された。この方法では、誘電体導波路散乱問題のような開放系問題に対しても、従来のような直交モード展開という煩雑な手法を使うことなく、通常の境界要素法アルゴリズムで解くことができる。光・電磁波の導波回路散乱問題に対するCAD・シミュレーション手法の重要さはますます高まっている。本論文では、このような社会的要求を鑑み、導波モード分離型積分方程式に基づいた光・電磁波導波回路の各種散乱問題に対する計算機支援設計・シミュレーションについて述べる。

第一章では、導波モード分離型積分方程式(GMEIE)の利点についての説明する。
(1)GMEIEはモード展開法を使うことなく通常の境界要素法で数値的に解くことができる。
(2)反射・透過係数の値が陽に求めることができる。(3)三次元問題に拡張することが出来る。

第二章では、光・電磁波の基礎理論について述べる。マクスウェル方程式、境界値問題から出発して波動方程式を導出し、エネルギー関係式を導く。さらに二次元の誘電体・金属導波路の伝搬問題を説明する。

第三章では、1ポート、二次元導波路の通常の境界積分方程式の導出について説明する。第四章では、三種類の誘電体導波回路の計算機支援設計(CAD)について述べる。任意形状の終端形状を持つスラブ導波回路のCAD、二個の誘電体スラブ導波回路間の結合に関するCAD、誘電体スラブ非対称T型分岐回路のCADについて述べる。最初に通常の境界積分方程式から出発し、次に全電界から導波モードを差し引いた界を定義する。この界に対するGMEIEを導出し、最後に求めたGMEIEを通常の境界要素法を使って数値解析する。この過程で導波モードに関するスネルの法則、プリュースター角に関する興味深い現象を調べた。

第五章では、二種類の平行平板金属導波回路のCADについて述べる。任意形状のフランジを持つ導波回路のCAD、および、誘電体多層膜フランジを持つ導波回路のCAD、である。いずれもマイクロ波アンテナ給電システムで利用されている回路であり、設計に最適なパラメータを求める。

第六章では、結論および本手法の今後の見通しにつて述べる。

論文審査結果の要旨

現在、マイクロ波から光波長までの範囲で利用される通信技術において、回路素子設計の高速・低コスト化は現場の技術開発において極めて重要な問題となっている。低価格・高速の計算機の発達により、従来、経験・実験的手法でしかできなかった精密回路設計が、パーソナルコンピュータ上で作動する計算機支援設計(Computer Aided Design:略してCAD)・シミュレーションコードで可能となっている。従ってCAD・シミュレーションコードの優劣は製品開発力に直結する時代となり、現在も多くの研究機関で様々な手法に基づくコードが開発・改良されている。

境界要素法は積分方程式に基づくCAD・シミュレーションコードに利用されている数値解法の一つである。特に光・電磁波問題のような開放系の問題に有効といわれているが、導波路散乱問題のような離散固有値と連続固有値が混ざりあった問題に対しては定式化が非常に複雑である。このような問題に対し、導波モード分離型積分方程式(Guided-Mode Extracted Integral Equation:以下略して GMEIE)に基づく境界要素法が田中らにより1989年に提案された。この方法では、誘電体導波路散乱問題のような開放系問題に対しても、従来のような直交モード展開という煩雑な手法を使うことなく、通常の境界要素法アルゴリズムで解くことができる。光・電磁波の導波回路散乱問題に対するCAD・シミュレーション手法の重要さはますます高まっている。

本論文では、このような社会的要求を鑑み、導波モード分離型積分方程式に基づいた光・電磁波導波回路の各種散乱問題に対する計算機支援設計・シミュレーションについて述べた。まず、導波モード分離型積分方程式(GMEIE)の次の利点について説明した。

(1)GMEIE はモード展開法を使うことなく通常の境界要素法で数値的に解くことができる。

(2)反射・透過係数の値が陽に求めることができる。

(3)三次元問題に拡張することが出来る。

まず、光・電磁波の基礎理論について述べ、マクスウェル方程式、境界値問題から出発して波動方程式を導出し、エネルギー関係式を導いた。さらに二次元の誘電体・金属導波路の伝搬問題を説明し、1ポート、二次元導波路の通常の境界積分方程式の導出について説明した。

次に、三種類の誘電体導波回路の計算機支援設計(CAD)について述べ、任意形状の終端形状を持つスラブ導波回路のCAD、二個の誘電体スラブ導波回路間の結合に関するCAD、誘電体スラブ非対称T型分岐回路のCADについて述べた。最初に通常の境界積分方程式から出発し、次に全電界から導波モードを差し引いた界を定義する。この界に対するGMEIEを導出し、最後に求めたGMEIEを通常の境界要素法を使って数値解析した。この過程で導波モードに関するスネルの法則、ブリュースター角に関する興味深い現象を調べた。

また、二種類の平行平板金属導波回路のCADについて述べ、任意形状のフランジを持つ導波回路のCAD、および、誘電体多層膜フランジを持つ導波回路のCAD、を調べた。いずれもマイクロ波アンテナ給電システムで利用されている回路であり、設計に最適なパラメータを求めた。

最後に、結論および本手法の今後の見通しにつて述べる。

最終試験結果の要旨

田中嘉津夫、岸田邦治、河瀬順洋、および田中雅宏で構成する審査委員会は、本論文および別刷りなどを慎重に検討した。本論文は学位論文として十分完成された内容を有していること、提出された学位論文および発表論文は申請者により書かれていることを確認した。また最終試験（公聴会）を平成17年2月2日に開催し審査員会での審査の結果、合格と判定した。