

氏名	A. N. M. ZAHEED UDDIN MAHMOOD
授与した学位	博士
専攻分野の名称	学術
学位授与番号	博乙第3014号
学位授与の日付	平成8年3月25日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者 (学位規則第4条第2項該当)
学位論文題目	Finite Element Analysis of Propagation Characteristic in Electromagnetic Waveguides 電磁導波路伝搬特性の有限要素解析に関する研究
論文審査委員	教授 加川 幸雄 教授 古賀 隆治 教授 浜田 博 教授 橋本 文雄 教授 谷口 健男

学位論文内容の要旨

本論文は、マイクロ波／光波導波路伝搬特性の有限要素法による数値解析に関するものである。

マイクロ波や光波の導波路には不整形、不均質導波路が採用されることが多い。その設計には伝搬モードや伝搬定数を知ることが要求される。この様な伝搬特性問題は、波動の伝搬に対して導波路断面が変化しないものとすれば、導波路断面に関する固有値問題に帰着するが、これが解析的に解けるのは形状が矩形、円、楕円形などの中空均質導波路に限られる。任意形状、不均質の場合には数値解析に頼ることになるが、有限要素法はそのための最も有力な手段である。要素には三角形、四辺形が利用される。有限要素法による定式化の欠点は通常の節点要素を用いた場合、真の解のほかにいわゆる"非物理解(スプリアス)"が現れることで、そのための工夫が種々なされてきた。解決策として、1つは適切な辺要素(要素境界法線方向不連続)を採用すること、もう1つは系全体にソレノイダル条件をラグランジュ未定乗数法などにより課すことなどがあげられる。

本研究は、2つの新しい要素、四辺形辺要素、三角形辺要素を提案している。四角辺要素はWelijの要素に類似であるが、Welijのとは異なる内挿関数を採用することでよりよい精度が得られるものである。三角形辺要素は、小柴の要素に類似であるが、同一精度を保ちながら要素成分の生成がはるかに簡単である。これらの要素は四辺形、三角形どちらも、要素内でソレイダルであることが、解析的に証明できることに特徴がある。精度等については均質、不均質のいくつかの導波路についてこれまで報告された結果と比較検討し、また、スプリアス解が生じないことを確認している。

これらの解析は、閉領域導波路に関するものであるが、これに対して光波等に採用される開放型導波路がある。無限領域を有限要素法で扱うには工夫がいる。本研究では、外側に帯状の無限要素を接合することにより対応している。本法の特徴は、閉領域を組入れたために離散化方程式の系行列のバンド幅が増えないことで、効率のよい解析が可能である。ただし本解析では通常の節点要素を採用したためスプリアス解が現れるが、この非物理的解はモード等を調べることで容易に取り除くことができる。

論文審査結果の要旨

本論文は、マイクロ波／光波導波路伝搬特性の有限要素法による数値解析に関するものである。

マイクロ波や光波の導波路には不整形、不均質構造が採用されることが多い。その設計には伝搬モードや伝搬定数を知ることが要求される。この様な伝搬特性問題は、波動の伝搬に対して導波路断面が変化しないものとすれば、導波路断面に関する固有値問題に帰着するが、これが解析的に解けるのは単純な形状の中空均質導波路に限られる。任意形状、不均質の場合には数値解析に頼ることになるが、有限要素法はそのための最も有力な手段で、要素には三角形、四辺形が利用される。通常の節点要素を用いた場合の有限要素法解析の欠陥は、真の解のほかにいわゆる“非物理解（スプリアス）”が現れることで、そのための工夫が種々なされてきた。

本研究は、スプリアスの生じない2つの新しい要素、四辺形辺要素、三角形辺要素を提案したものである。四辺形要素はWelijと同一ファミリイに属するが、Welijのとは異なる内挿関数を採用することによりより良い精度が得られるものである。三角形辺要素は、小柴の要素に類似であるが、同様の精度を保ちながら要素成分の生成がはるかに簡単である。これらの要素はさらに、四辺形、三角形どちらも、要素内でソレイタルであることが解析的に証明できることに特徴がある。開発された要素は、均質、不均質の二、三の導波路に適用してスプリアス解が生じないことを確認した。

有限要素法は一般に閉領域に適用される。これに対して光波等に採用される開放型導波路がある。本研究は次に、外部領域を帯状の無限要素により無反射境界を実現する効率の良い解析手法を提案した。ただ本解析では通常の節点要素を採用したためスプリアス解が現れるが、モード等を調べることで容易に取り除くことができる事を示した。

以上のように本論文は、電磁・光波導波路解析に有用な知見を提供し、学術上極めて有用であると判断されるので、本論文が博士(学術)の学位に値するものと認める。