

Title	電磁波回路素子のガレルキン法解析に関する研究
Author(s)	丸田, 章博
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3065920
DOI	10.11501/3065920
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	まる た あき ひる 丸 田 章 博
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 7 4 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 5 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科通信工学専攻
学 位 論 文 名	電磁波回路素子のガレルキン法解析に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 長谷川 晃 (副査) 教 授 倉 蘭 貞 夫 教 授 森 永 規 彦 教 授 北 橋 忠 宏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、電磁波回路素子のガレルキン法解析に関する研究の成果をまとめたものであり、全文は次の4章より構成されている。

第1章は序論であり、電磁波回路素子の解析・設計への数値解析技術の導入の意義と現状について述べ、本研究の背景を明らかにし、本研究の目的と概要を論述している。

第2章では、導波路不連続部における伝達問題、開空間中に存在する散乱体による散乱問題および導波路開口部から開空間への放射問題などの開放系との結合を含む回路素子中における電磁波動のガレルキン法に基づく解析法を提案している。まず、解析領域を不均質で構造の複雑な有限の内部領域と構造の単純な外部領域とに分け、内部領域の電磁界には有限要素法を適用し、外部領域の電磁界にはモード関数展開法を適用している。次に、有限要素表示された内部領域の界とモード展開表示された外部領域の界とを両領域の接続境界上で外部領域のモード関数を重み関数とするガレルキン法によって接続している。この方法では、内部領域と外部領域との接続境界を任意にとることができ、接続境界における有限要素法による界の展開基底数とモード関数展開法による界の展開モード数との間に特別の制約がない。また、媒質の誘電率テンソルおよび透磁率テンソルが対称である場合には、解くべき行列方程式が対称となる利点がある。さらに、伝達問題においては、不連続部の散乱を表す行列を直接数値解析することができる。

また、同様の方法を用いることによって、無限長周期構造導波路の伝搬特性を求めることができることを示している。この方法は、周波数を与えて伝搬定数を求める形式であり、周期構造導波路に特徴的な複素数の伝搬定数を求めることができる。また、誘電率や透磁率が周波数に依存する分散性媒質を含む周期構造導波路の解析が可能である。

第3章では、曲がり部や方向性結合器等の受動回路素子および異方性導波路を用いたモード変換器や非線形導波路を用いた周波数変換素子等の機能回路素子の主要構成要素となっている誘電体導波路形回路素子中を伝搬する電磁波動のガレルキン法に基づく解析法を提案している。波動の伝搬方向とは直角な方向に対する波動の依存性をガレルキン法によって離散化し、離散化によって得られた常微分方程式をルンゲ・クッタ法やクランク・ニコルソン法などによって逐次解析することにより、波動伝搬の様子を明らかにしている。この方法では、波動の伝搬方向とは直角な方向にとられる節点の間隔は任意かつ可変であって、ビーム幅の狭い波動も十分精度良く取り扱うことができ、回路素子の構造に対する適合性に優れている。さらに、直角座標系で記述された問題だけではなく、円柱座標系で記述された問題に対しても適用が可能である。

また、誘電体導波路のテーパ部や曲がり部を伝搬する波動は本質的に放射波を伴っており、有限な解析領域の端面に置かれた仮想境界における放射波の反射が解析結果に重大な影響を及ぼす。そこで、損失性媒質を用いた放射波の除去法を提案している。さらに、波動の伝搬方向に急激な構造変化があり、伝搬方向からの反射が有意となるような回路素子中における波動伝搬の解析法の提案も行っている。

第4章では、本研究で得られた成果の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

電磁界を数値解析することによって、任意の構造をもつ電磁波回路素子の解析を行うこと、および、新しい電磁波回路素子の開発・設計を行うことが可能な有効・確実な数値解析法に対する要求が増大してきている。本論文は電磁波回路素子のガレルキン法解析に関する研究の成果をまとめたものであり、その主要な成果を要約すると次の通りである。

(1) 伝達・散乱・放射問題などの開放系との結合を含む回路素子中における電磁波動のガレルキン法に基づく汎用的な数値解析法を開発している。本方法は、内部領域と外部領域との接続境界を任意にとることができ、接続境界における界の展開基底数と展開モード数との間に特別の制約がない等の優れた特長を有する方法であることを示し、具体的な解析モデルに本方法を適用し、その妥当性および有効性を確認している。

また、本方法は、無限長周期構造導波路の伝搬特性を求める問題にも適用できることを示している。

(2) 誘電体導波路形回路素子中を伝搬する電磁波動のガレルキン法に基づく汎用的な数値解析法を開発している。本方法では、波動の伝搬方向とは直角な方向にとられる節点の間隔は任意かつ可変であって、ビーム幅の狭い波動も十分精度良く取り扱うことができ、回路素子の構造に対する適合性に優れた方法であることを示している。具体的な解析モデルに本方法を適用し、その妥当性および有効性を確認している。また、本質的に放射波を伴う波動を有限な解析領域で取り扱う方法として、損失性媒質を用いた放射波の除去法を開発し、さらに、波動の伝搬方向に急激な構造変化があり、伝搬方向からの反射が有意となるような回路素子中における波動伝搬の解析法も開発している。

以上のように、本論文は電磁波回路素子のガレルキン法に基づく数値解析法についてのいくつかの新しい知見を与えており、電磁波工学・光波工学などをはじめとする通信工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。