



Title	電磁波と媒質の相互作用のモデリングとシミュレーション技法に関する研究
Author(s)	平田, 晃正
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3169446
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	平 田 晃 正
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 4 8 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成12年 3 月 24 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	電磁波と媒質の相互作用のモデリングとシミュレーション技法に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 塩澤 俊之 (副査) 教 授 前田 肇 教 授 森永 規彦 教 授 小牧 省三 教 授 池田 博昌 教 授 元田 浩 教 授 北山 研一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、電磁波と媒質の相互作用のモデリングとシミュレーション技法に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的ならびに概要について述べている。

第2章では、本論文で解析手法として用いた時間領域差分法 (FDTD 法) について説明している。

第3章では、チェレンコフレーザの3次元モデルを考え、その非線形特性を調べている。また、得られた結果を従来用いられてきた2次元モデルを用いて得られた結果と比較し、2次元モデルの妥当性を検討している。主な結果として、提案した2次元モデルを用いれば、3次元問題を2次元問題として取り扱うことができることを示している。

第4章では、チェレンコフレーザにおける装置のコンパクト化およびエネルギー変換効率の改善について議論している。その結果、まず、導波路を適切な反射鏡を用いて共振構造にすれば、装置のコンパクト化が可能であることを示している。また、電子ビームの速度の減少に合わせて、導波路を構成する誘電体の誘電率を変化させることにより、エネルギー変換効率を大幅に改善できることを示している。

第5章では、スミス・パーセル自由電子レーザの増幅特性について調べている。その結果、電磁波は線形近似が成り立つ領域では指数関数的に増大し、やがて電子ビームの非線形効果により非線形性が強まり飽和に達することを示している。また、電子ビームの非線形性を考慮に入れた場合でも、電子ビームに線形近似を用いてその有効性が示されたエネルギー変換効率の改善方法がなお有効であることを明らかにしている。

第6章では、電磁波の人体に与える影響について調べている。まず、計算機上で人体を取り扱うためのモデリングについて説明している。次に、衛星携帯電話で用いられる電磁波の人体頭部に与える熱効果について調べている。更に、電磁波が眼球に入射した場合に眼球内に吸収されるエネルギーの周波数特性について調べている。数値解析の結果、上記の2つの研究課題に関する限り、電磁波の人体に与える熱効果は十分小さいことを明らかにしている。

第7章では、本論文で得られた成果を総括して述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、従来、厳密な解析が困難あるいは不可能であったミリ波・サブミリ波自由電子レーザおよび電磁波と人体の相互作用に着目し、それらを解析する際に必要なモデリングを提案すると共に、そのモデルを効率的に解析するためのシミュレーション技法について考察している。具体的には、その分野で注目されているいくつかの話題を取り上げ、提案した各種のモデルを用いた計算機解析から得られた興味ある結果を示している。

本研究で得られた主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) チェレンコフレーザの3次元モデルの非線形特性を調べ、その非線形特性を明らかにしている。また、2次元モデルで得られた結果と比較し、その相違を明らかにしている。また、本論文で提案した2次元モデルを用いれば、3次元問題を2次元問題として取り扱うことができることを明らかにしている。
- (2) 共振構造を用いたチェレンコフレーザにおいて、線形解析とFDTD法を併用して解析する方法を提案し、その方法を用いてDBR チェレンコフレーザを解析した結果、チェレンコフレーザにおける装置のコンパクト化は可能であることを明らかにしている。また、装置のコンパクト化には限界があることを明らかにしている。
- (3) チェレンコフレーザの新たなエネルギー変換効率の改善方法として、電子ビームのドリフト速度の減少に合わせて、導波路を構成する誘電体の誘電率を変化させることを提案し、その方法の有効性を明らかにしている。
- (4) スミス・パーセル自由電子レーザの増幅特性について調べ、電磁波は線形近似が成り立つ領域では指数関数的に増大し、やがて電子ビームの非線形効果により非線形性が強まり飽和に達することを明らかにしている。また、電子ビームの非線形性を考慮に入れた場合でも、電子ビームに線形近似を用いてその有効性が示されたエネルギー変換効率の改善方法がなお有効であることを明らかにしている。
- (5) 衛星携帯電話を用いた場合に、人体頭部に吸収される電磁エネルギー量を計算し、その値は郵政省で示された指針値に比べ小さいことを明らかにしている。また、そのエネルギー吸収に伴う温度上昇を調べ、その値は十分小さいことを明らかにしている。
- (6) 眼球に平面波が入射した場合、眼球は特定の周波数において共振構造として振る舞うことを明らかにしている。また、そのときの温度上昇は、それ以外の場合の温度上昇に比べて大きいことを明らかにしている。

以上のように、本論文は、従来の手法では厳密な解析が困難あるいは不可能とされてきたミリ波・サブミリ波自由電子レーザおよび電磁波と人体の相互作用を解析するためのモデリング、シミュレーション技法を提案すると共に、提案した各種のモデルを用いた計算機解析により、従来見られなかったいくつかの興味深い現象を見いだしている。これらの成果は、計算機を用いた電磁波と媒質の相互作用解析の基礎的知見を与え、電磁波工学、特に計算電磁気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。