



Title	計算機シミュレーションによる自由電子レーザーの高性能化に関する研究
Author(s)	後藤, 道夫
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41447
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	こ 藤 道 夫 後 藤 道 夫
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 6 4 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電磁エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	計算機シミュレーションによる自由電子レーザーの高性能化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 三 間 圀 興 (副査) 教 授 中 井 貞 雄 教 授 磯 山 吾 朗 教 授 西 原 功 修 教 授 西 川 雅 弘 教 授 榎 田 俊 一 教 授 飯 田 敏 行 教 授 堀 池 寛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、RF ライナックを電子ビーム源とする自由電子レーザー (FEL) の高性能化を目指して、長波長領域 (遠赤外) 及び極短波長領域の FEL の動作を解析することを目的とし、長波長領域ではコヒーレント自発放射光、極短波長領域では SASE (Self Amplified Spontaneous Emission) のスキームに対応したシミュレーションコードをそれぞれ開発し、発振の立ち上がりや、電子ビームによる光ガイディングの解析に関する研究の結果をまとめたもので、全 6 章より構成されている。

第 1 章は序論であり、基本的な自由電子レーザーの原理と研究の背景について述べている。

第 2 章は長波長領域の FEL の基本的な動作原理を概説し、導波管モードに対応したコヒーレント自発放射光の効果を組み込んだ 1 次元多重周波数のコード開発にかかわる基礎方程式を導出している。

第 3 章は大阪大学レーザー核融合研究センターで行われた実験結果を解析し遠赤外自由電子レーザーの高性能化への方策を明らかにするため、ミリ波領域での導波管型可干渉自発放射自由電子レーザーのシミュレーションを行い、実験結果の説明と高性能化のための指針を与えている。

第 4 章は極短波長領域の FEL の研究課題をレビューし、通常の共振器を構成できない短波長域で、電子ビームに放射光をトラップさせる SASE FEL の理論を構築し、その解析手法としての 3 次元 SASE シミュレーションコードの開発を行っている。

第 5 章は 3 次元 SASE シミュレーションコードを用いて、極短波長領域での FEL のシミュレーションを行い、その結果を評価している。(株)自由電子レーザー研究所等の大型 RF ライナックを用いる SASE FEL の実験計画に対応して、波長 65nm 付近での SASE のシミュレーションを行い、レーザー出力の空間発展、電子ビームによるレーザー光のガイディング及び立ち上がり時の周波数スペクトルの空間発展等の結果をまとめている。

第 6 章は結論であり、本論文を総括している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

自由電子レーザーの開発では、波長可変で高出力のレーザーとして遠赤外領域及び極短波長領域において実用化が

期待されている。本論文は、自由電子レーザーの高性能化には欠かせない計算機シミュレーションコードの開発を行い、遠赤外領域のコヒーレント自発放射の解析と、極短波長領域の SASE による発振状態についての研究をまとめたものであり、得られた主な成果を要約すると、以下の通りである。

- 1) 遠赤外領域の FEL の解析のため、導波管モード及び、コヒーレント自発放射光の効果を組み込んだ一次元多重周波数コードを開発している。
- 2) 導波管モードに対し、コヒーレント自発放射自由電子レーザーの計算機シミュレーションを行い、導波管内での放射光のスペクトルや電子ビームパルス幅及び電流への放射光の成長率の依存性を調べ、誘導放射とコヒーレント自発放射についてそれぞれの特性を明らかにしている。特に、コヒーレント自発放射光の強度が電子ビーム電流の 2 乗に比例することを明らかにするとともに、シミュレーションで得られる放射光の周波数スペクトルが導波管モードと電子ビームモードとの共鳴点より予測される形状によく一致することを見出している。さらに、共振器 FEL に対し発振強度と共振器長との関係を求め、実験結果との良一致を得ている。
- 3) 高反射率のミラーの存在しない極短波長領域の自由電子レーザー発振を解析するため、SASE を高精度に取り扱うシミュレーションスキームである SDE 法 (Source Dependent Expansion Method) を導入し、3 次元の SASE FEL シミュレーションコードを開発している。
- 4) 大型 RF ライナックを用いる極短波長自由電子レーザーに関し、SASE の計算機シミュレーションを行い、放射光の広がりや空間発展と放射光の増幅の過程を明らかにし、放射光が電子ビームにガイディングされながら成長する様子を明らかにしている。また、計算機シミュレーションコードを多周波数の放射を含められるように拡張し、SASE での成長過程における放射光スペクトルの単色化等、SASE により得られる放射光の特性を明らかにしている。

以上の様に、本論文は自由電子レーザーの高性能化には欠かせない遠赤外領域及び極短波長領域の自由電子レーザーシミュレーションコードを開発するとともに、この二つの波長領域にもっとも有効とされる発振手法を解析し、その有効性を明らかにしており、レーザー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。