

Title	自由電子レーザーパルス制御による光-生体相互作用機序の解明に向けたシステム開発
Author(s)	金井, 大造
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49520">https://hdl.handle.net/11094/49520</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

【85】

氏 名	金 井 大 造
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 9 7 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 21 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	自由電子レーザーパルス制御による光 - 生体相互作用機序の解明に向けたシステム開発
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 粟津 邦男 (副査) 教 授 堀池 寛 教 授 福田 武司

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、自由電子レーザー(Free Electron Laser; FEL)により誘起される光 - 生体相互作用の制御システムの構築、応用技術の開発研究について述べたものである。

阪大FELの自由電子レーザー発生装置は中赤外域(5~17 $\mu\text{m}$ )において発振波長を連続的に走査可能であり、波長による高い反応選択性を実現できる。また、FELはピコ秒・MW級高ピークパルス出力であり、FELパルスは周波数22 MHzで約15  $\mu\text{s}$ の間発振し、パルス制御により、光 - 生体相互作用の制御が可能となる。本論文は、パルス制御による相互作用制御に着目し、これにより可能となるFEL誘起衝撃波制御、FEL中赤外分光に関する技術の提案・確立を目的とした研究をまとめたものであり、7章より構成される。

第1章では、序論として、FELの概要、医学生物、半導体、産業分野における応用研究について述べ、本研究の意義と目的を明らかにした。

第2章では、FELの原理および、世界におけるFEL研究の現状についてまとめ、阪大FEL装置についての基礎事項について述べた。

第3章では、FEL小型・高出力化および、光出力安定化を目的として研究を行った。高周波電子銃を用いた小型高出力FEL装置の発振調整によりFEL装置の小型化・高出力化を試みた。また、稼働中の加速器のアライメント、フィードバックシステムの導入によるFEL光出力の安定化に向けたシステム検討も行った。

第4章では、生体におけるFEL誘起相互制御を目的として、パルス制御装置の設計・開発を行った。パルス制御には音響光学変調素子を用いた。同装置ではFELに対し、75%の効率で、200 nsの応答速度でパルス幅を200 ns～15  $\mu$ sで制御することが可能となった。

第5章では、FEL誘起衝撃波制御を目的として、FELパルス構造と誘起衝撃波の関係について研究を行った。パルス制御したFELを生体軟組織モデル（ゼラチン）に照射し、誘起される衝撃波の強度・波形を測定し、FELパルスの構造の違いによる衝撃波強度・波形の違いを測定した。衝撃波強度はFELのパルス幅が長くなるにつれて大きくなり、FELパルス幅が1-2  $\mu$ sをこえると、衝撃波強度はあまり大きくならず、ほぼ一定となった。FELのパルス構造を変化させることで、FEL誘起衝撃波の制御が可能であることを示した。

第6章では、FELを分光光源とした分光法確立を目的として、FEL分光による牛歯象牙質および乾燥ゼラチンの赤外分光を行った。パルス制御したFELを試料に照射し、その反射光強度を測定することで、赤外吸収スペクトルを求めた。また、FT-IR法で測定した赤外吸収スペクトルと比較した。その結果、反射光度スペクトルと赤外吸収スペクトルとはその形状が一致し、FELの分光用光源としての可能性を示した。

第7章は結論であり、得られた成果をまとめ本論文の総括を行った。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、自由電子レーザー(Free Electron Laser; FEL)により誘起される光-生体相互作用機序の解明を目的としたシステムの構築および、そのシステムを用いた新規技術を提案するものである。

本論文は7章構成である。第1章では、序論として、FELの概要と医学生物および、産業分野におけるFEL応用研究について述べ、本研究の意義と目的を明らかにしている。第2章では、FELの原理および、FEL研究の現状についてまとめ、阪大FEL装置についての基礎事項について説明している。第3章では、FEL装置の性能向上として、小型・高出力FEL装置の開発および、フィードバック制御等を用いた光出力安定化について示している。第4章では、FEL-生体相互制御として、音響光学変調素子を用いたパルス制御装置の設計・開発、および同装置によるFELのパルス制御について示している。第5章では、生体におけるFEL誘起衝撃波制御として、FEL照射により生体軟組織モデル（ゼラチン）内に誘起される衝撃波の強度・波形を測定し、FELパルス制御による衝撃波強度・波形の制御について示している。第6章では、FELを分光光源とした分光手法の確立として、牛歯象牙質および乾燥ゼラチンのFELを用いた赤外分光について示している。第7章は本論文の総括であり、本研究で得られた結果をまとめている。

本論文の意義及び特徴は、次の諸点にある。まず、本論文は、FELパルス制御を用いたFEL-生体相互作用制御の応用という世界的にもその例を見ない研究であるという点である。FELに対してパルス制御を行うことで、従来のFEL応用に比べて高精度かつ高効率なFEL-生体相互作用の誘起が可能であること、FELの分光用光源への応用など、具体的な有用性が示されている。本論文で示された、FELパルス制御によるFEL誘起衝撃波制御では、従来のFEL波長による反応選択性にFELパルス構造による相互作用選択性を加えることでより高精度かつ高効率なFELによる生体組織切除が可能であることを示しており、レーザーを用いた生体切除において新しいレーザー照射パラメーターを提示した点に最大の意義と特徴がある。また、FELパルス制御によって、FELの波長可変性を赤外分光の分野に応用することが可能であることを示している。FELの高輝度という特長により、広範囲の高速分光、FEL照射のエンドポイント決定、ピコ秒パルスによる時間分解振動分光法への応用が期待できる技術を示すものとして評価できる。

以上のように、本論文はFELパルス制御によるFEL-生体相互作用制御が、FELの新規レーザー治療、および生物学分野、及び中赤外分光法などの応用にとって有意義であることを明らかにした。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。