

Title	レーザーを用いた単一分子光子統計による生体高分子のダイナミクスおよび生体試料の非破壊操作に関する研究
Author(s)	梶, 貴博
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49644
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"〉 大阪大学の博士論文について〈/a〉をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	梶 貴博
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23004 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 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	レーザーを用いた単一分子光子統計による生体高分子のダイナミクスおよび生体試料の非破壊操作に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 宮坂 博 (副査) 教授 伊藤 正 教授 戸部 義人 教授 岩井 成憲

論文内容の要旨

本研究では、① レーザーを用いた単一分子の計測手法を応用し、従来のパルス励起による時間分解測定では観測困難であったナノ秒からミリ秒の時間領域における溶液中での平衡点近傍の揺らぎに依存する分子ダイナミクスの測定・解析法の開発を行い、生体高分子系 (DNA) のダイナミクスの解明に適用した。さらに、② 高強度近赤外フェムト秒レーザーを利用した生体試料の非破壊操作技術の開発とその操作機構の検証を行った。① 生体高分子系の構造変化の直接観測のためには、色素を結合した高分子系を複製し、光誘起電子移動 (PET) や蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) による蛍光強度やスペクトルの変化を観測する手法が利用されてきた。しかし分子の構造変化の時定数が色素の蛍光寿命 (ナノ秒から数十ナノ秒程度) より長い場合は、集団系の蛍光の時間分解測定により構造変化を観測することは困難である。ナノ秒からミリ秒の広い時間領域での分子ダイナミクスの情報を得る方法として、単一分子に由来する蛍光の時間相関を解析する手法が目ざされている。しかし広範囲時間域の蛍光時間相関波形の解析には、色素の輻射、無輻射過程、三重項状態の寄与などの多くの過程に関する情報を他の手法によって得る必要があり、広範囲時間域に及ぶ複雑な分子系のダイナミクスの測定には応用されてこなかった。本研究では、この手法の応用性の拡張を目的として、測定装置を構築し、分子内におけるPETが誘起される種々の一本鎖DNAの複雑な消光過程を明らかにした。② レーザーを用いた生体試料の操作技術としては光の放射圧を利用する方法が提案されていたが、生じる力が小さいという問題があった。本研究では、高強度フェムト秒レーザーによって水中に誘起される力を利用し、生細胞を線幅約100 μm で配列することに成功した。高速画像撮影の結果から、衝撃波やキャビテーションパルスが重要な役割を果たすことを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

本論文は、単一分子レベルの蛍光測定技術を応用した生体分子のナノ秒からミリ秒の時間領域における分子ダイナミクスの測定・解析手法の開発、またレーザーによる生体試料の非破壊操作手法の開発について述べたものである。

集団系分子に対するパルス光励起による時間分解測定法に対して、単一分子レベルの蛍光の統計的な解析方法は生体分子の平衡点近傍の構造揺らぎを観測する手法として注目されている。本論文では、ナノ秒からミリ秒にわたる生体高分子のダイナミクスの情報を取得する手法の開発・確立を目的とし、広時間域における蛍光強度の時間相関関数取得可能な装置の構築、データの統計的処理方法の検討、集団系等の測定結果に基づいた多準位の速度論モデルを用いた相関関数の解析方法の開発を行った。この方法を、分子内光誘起電子移動が進行する種々の一本鎖DNAの複雑な構造変化過程の解明に適用し、サブマイクロ秒と十マイクロ秒程度の2種類の特徴的な時定数をもつ2つの構造変化ダイ

ナミクスの存在を明らかにした。また生体試料のレーザー操作手法として、従来の光の放射圧を利用する方法よりも大きな力を得られる高強度フェムト秒レーザー誘起キャビテーション生成に伴う力を利用し、生細胞を線幅約100マイクロメートルサイズで迅速に配列する手法の開発とその機構の解明を行った。

以上、本論文は広範囲の時間領域における溶液中生体高分子のダイナミクス測定手法の開発・確立を行い、本手法が複雑な消光過程を伴う系のダイナミクス解明にも有効であることを示した。さらに生体材料の操作・配列方法の開発とその機構の解明を行い、これら二方法の融合による生体分子系の測定について総括している。これらの結果は、光化学・物理化学分野における計測・応用技術として重要であるのみならず、より高度な生体機能の解明と制御を可能とするものであり、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。