



Title	集光レーザー光のつくる非平衡場を利用した分子集合体ナノ構造制御
Author(s)	鍋谷, 悠
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48586
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	なべ 鍋 たに 谷 ゆう 悠
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 1 5 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科応用物理学専攻
学 位 論 文 名	集光レーザー光のつくる非平衡場を利用した分子集合体ナノ構造制御
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 増 原 宏 (副査) 教 授 菅 原 康 弘 生命機能研究科教授 井 上 康 志 基礎工学研究科教授 宮 坂 博

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、集光レーザー光のつくる非平衡場を利用した分子集合体ナノ構造制御に関する研究についてまとめたものである。以下に本論文の要旨を示す。

第 1 章では、現在までの分子集合体作製に関する研究を概観した上で、集光レーザー光の光圧を利用した分子集合体作製の特徴や現状について述べた。その上で集光レーザー光がつくる非平衡場での分子集合体ナノ構造制御の目的と意義について述べた。

第 2 章では、本研究で使用した分子集合体作製装置およびその分子集合体の形状・分光特性を評価するために開発したシステムについて述べた。また集光レーザー光により誘起される液膜変形現象の干渉画像観測システムについて解説した。

第 3 章では、本研究で開発した集光レーザー光のつくる非平衡場を利用した分子集合体作製法について述べた。溶媒蒸発下で溶液薄膜に集光レーザー光を照射することにより析出した高分子集合体の表面形状を解析し、自然に析出した高分子集合体と比較した。レーザーで作製した集合体は光の波長程度の幅を有し、自然に析出するよりも小さなドット状の集合構造を形成していることを明らかにし、そのレーザー光強度や溶液濃度のパラメーターにより集合体のサイズ・形状が制御可能であることを示した。またその蛍光偏光特性を調べた結果、集合体内で分子が集光レーザー光の偏光方向にそって配列し、分子配列を光で制御出来ることを示した。

第 4 章では、分子集合体作製過程で起こる集光レーザー光による液膜変形現象を時間分解干渉画像計測により調べ、高分子集合体の析出メカニズムについて述べた。レーザー光の照射により集光位置を中心として液膜の厚みが減少し、溶媒が蒸発する現象を、溶媒の光吸収による局所的な温度上昇に基づくサーモキャピラリー現象により説明した。集光レーザー光により析出する集合体のサイズや形状と、集光位置の溶媒消失に必要な時間との関係を考察することにより、集合体の析出が光圧とサーモキャピラリー現象により説明できることを明らかにした。

第 5 章では、本手法を高分子と低分子の二成分系へと展開した。高分子としてポリスチレンと低分子としてペリレンを用い、ペリレンの蛍光スペクトルを解析し、自然な溶媒蒸発により析出した場合と集光レーザー光により析出した場合とを比較した。自然に溶媒を蒸発させた場合、ペリレン結晶とペリレンを含有するポリスチレン集合体の 2 種類が形成されるが、集光レーザー光により作製すると、ペリレン結晶とモノマーの両方を含有する集合体を作製可能

なことを見出した。またレーザー光強度によって集合体内のペリレン・ポリスチレン比を制御出来ることを示し、集合体を構成する分子組成比を光圧により制御出来ることを示した。

第6章では、以上の研究の総括を行い、集光レーザー光のつくる局所非平衡場を利用した分子集合体ナノ構造制御の展望について述べた。

論文審査の結果の要旨

近年、有機分子や生体分子のもつ多彩な性質や優れた機能性を利用した有機デバイスの作製が求められており、様々な分子ナノ構造体作製技術が開発されている。分子溶液中に近赤外レーザーを集光して光圧を摂動として働かせることにより、分子集合構造を作製し、制御することが可能である。しかし、これまではレーザー光を集光することにより誘起される対流や溶媒蒸発、温度上昇などはほとんど考慮されていない。一方でレーザー光照射にもとづく温度上昇により形成される散逸構造を利用した分子集合体作製の報告もあり、本研究ではこの散逸構造に光圧を加えた非平衡場を利用することで分子集合体を作製し、光圧による分子集合体作製の新たな可能性を示している。主な成果を以下にまとめる。

集光レーザー光を揮発性の高い溶液の液膜に照射すると、局所的な温度上昇により対流や溶媒蒸発等の現象が誘起されるという特性を理解し、光圧と積極的に組み合わせることにより分子集合体ナノ構造の作製・制御に成功している。可視領域に蛍光スペクトルを示す π 電子共役系高分子のポリフルオレン分子を中心に研究を進め、溶液濃度やレーザー光強度によって集合体のサイズが制御出来ることを見出し、また集合体の蛍光偏光特性を調べることにより、集合体内での分子配列をレーザー光の偏光方向で制御出来る可能性を示している。また本分子集合体作製法が様々な高分子分子材料や溶媒に対して適用可能であることを示し、手法の汎用性を示している。さらに、この集光レーザー光による分子集合体析出において、干渉画像測定を行い、液膜に集光位置を中心としたサーモキャピラリーが誘起される現象を見出し、液膜の変形と光圧による分子集合体析出が同時に働くことで分子集合体が形成されると結論している。本結果は、レーザー光によりつくられる散逸構造（非平衡状態）において、光圧を働かせることにより分子レベルで分子集合構造制御の可能性を示しており、非平衡場における分子集合体作製の新たな道を提示している。

また本分子集合体作製法を応用して、分極率の大きく異なる高分子と低分子の混合溶液より分子集合体を析出させ、二分子複合体作製へと展開している。ポリスチレンとペリレンの組合せを選び、それらの混合溶液にレーザー光を集光することにより、ペリレン・ポリスチレン複合体を作製出来ることを見出し、レーザー光強度を変えることにより集合体内でのペリレンの結晶化制御に成功している。これは溶液中で分極率の大きな高分子を選択的に光捕捉・析出させることで集合体内の組成比を制御出来ることを明らかにし、また溶媒蒸発過程を利用することにより分子の会合を誘起し、光圧を働かせ、局所的な集合構造を制御出来ることを示す意義深い結果である。

以上のように、本論文は集光レーザー光のつくる非平衡場を利用した分子集合体ナノ構造制御の新たな可能性を示すだけでなく、非平衡場における新しい分子集合体形成の科学を提示しており意義深い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。