



Title	Theoretical study on generalized optical binding by focal and multiple laser beams
Author(s)	埜, 幸宏
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/92225
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (埜 幸 宏)	
論文題名	Theoretical study on generalized optical binding by focal and multiple laser beams (集光ビームや複数のレーザー光によって一般化されたoptical bindingの理論的研究)
論文内容の要旨	
光照射による物体の操作は、非接触で微小な物質を扱えるため、広範な分野で注目されている。光照射による力（光圧）を複数のナノ粒子に与えた場合、Optical binding（光束縛）が起こり、秩序的な配列が形成される場合がある。従来の光束縛では、ナノ粒子群に1本の広域ビームを照射して粒子配列を形成するが、その範囲は照射領域に限定されていた。 申請者は従来の光束縛の概念を拡張し、一般化・応用することで光束縛の広域化が可能であると着想した。本研究では、集光スポット領域外、もしくは、複数の集光スポットに依る粒子群の運動制御を数値シミュレーションによって解析し、その応用による新奇な粒子の配列形成方法を提案した。 最初に、強く集光した単一のレーザースポットにおける光束縛を議論した。照射スポットが小さく、1粒子のみが捕捉される場合であっても、スポット外の粒子は光捕捉された粒子からの散乱光により間接的な光束縛が起こった。この際、スピン角運動量を持つ円偏光照射の場合を中心に議論し、その散乱過程から発生する軌道角運動量の転写により、間接的に光束縛された粒子が公転運動することを確認した。我々が得た計算結果は、実験による結果を半定量的に説明した。 次に、複数の集光スポットによる複数の粒子群制御へと一般化された光束縛を検討した。ここで、一方の粒子群に対して他方の集光スポットは十分遠方であるにも関わらず散乱光によって粒子群は相互作用し、連動した運動制御が出来ることを見出した。本検討を進め、複数の照射光の位相や偏光方向を用いて回転運動の停止や六方配列の方向制御、粒子群の融合と再配列が可能であることを提示した。さらに、一方の粒子配列を基材に固定することによって、その配列をシームレスに成長可能であることも確認した。その際に発生する配列欠陥に着目し、欠陥が生じる機構やその抑制を自由エネルギーの視点から議論した。 以上の研究で得た結果は、光束縛の一般化という学理の拡張・構築に貢献する。また、レーザーを用いたナノ粒子配列の形成技術の発展にも繋がり、新奇ナノマテリアルの製造方法としての意義を持つ成果でもある。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (埜 幸 宏)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	石 原 一
	副 査	教 授	宮 坂 博
	副 査	教 授	清 水 克 哉

論文審査の結果の要旨

光が物質に及ぼす力（光圧）は近年、マイクロからナノスケールの微小物質の運動を制御するために、その利用法が盛んに研究されている。特に、微小物質を単一レーザービームで捕捉する光ピンセット技術はバイオ分野での成功が良く知られている。また、この技術を多量のナノ物質操作に用いて、配列ナノ微粒子材料を作製する手法が研究されるようになってきている。最近になって単一集光ビームで捕らえた金属ナノ微粒子の周辺に、散乱光によってさらに微粒子が配列する現象が実験により明らかになっている。論文提出者の埜はこの現象に着目し、単独集光ビーム、あるいは複数集光ビームを用いて多粒子系の運動、配列を操作し、広範囲な粒子秩序配列系を実現する手法の理論的提案を試みた。

まず、二次元的に粒子が秩序化する円偏光集光ビームを想定し、それに捕捉された粒子の周辺で秩序配列した粒子が示す回転運動の機構を調べた。その結果、捕捉粒子の光散乱過程から発生する軌道角運動量の転写により、間接的に光束縛された粒子が公転運動することを確認した。次に複数の集光ビームのそれぞれによって捕捉された粒子集団が、それぞれ秩序化し、さらにそれらの相互作用によって連動した運動制御が出来ることを見出した。特に、条件によって回転運動が停止し、2つの粒子集団が融合して新たな秩序配列系を形成する過程を明らかにした。また、一方の粒子配列を基材に固定することによって、そこに他のビームで捕捉された粒子集団を融合することによってその配列をシームレスに成長させることが可能であることも確認した。最後に、その際に発生する配列欠陥に着目し、欠陥が生じる機構やその抑制を自由エネルギーの視点から議論した。これらの結果は光束縛現象の概念を多粒子系に一般化し、また、集光レーザーを用いたナノ粒子配列構造の作製技術の発展にも貢献するものである。

よって、本論文を、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。