

光圧下のナノ粒子集合体形成過程の数値解析

Numerical simulation of assembling process of nanoparticles in an optical trap

阪市大院理, ^{○(M2)}石原 悠人, 箕嶋 渉, 細川 千絵

Osaka City Univ., ^{°(M2)}Yuto Ishihara, Wataru Minoshima, Chie Hosokawa

E-mail: m20sb003@ka.osaka-cu.ac.jp

光ピンセットは集光レーザービームの光圧により溶液中の微粒子を非接触に捕捉し、三次元的に操作可能な手法である。近年、光ピンセットの操作対象はミクロンサイズからナノサイズへとシフトしており、ナノ物質の運動特性を光圧により精密に操作する研究が盛んに行われている。従来、単一ナノ粒子を光捕捉することは困難とされているが、その一方で光圧による分子やナノ粒子の集合体形成に関する研究が進められている。本研究では、光圧下で溶液中ナノ粒子が光捕捉され集合し、ナノ粒子クラスターを形成する過程を明らかにすることを目的として、ブラウン動力学法を用いた数値シミュレーションプラットフォームの構築を試みた。光圧下の溶液中ナノ粒子の集合体形成過程を二次元平面上で検証した。

数値シミュレーションの初期条件として、 $3\ \mu\text{m} \times 3\ \mu\text{m}$ を周期境界条件とする二次元平面上に粒径 $40\ \text{nm}$ のポリスチレンナノ粒子 (粒子濃度 $5.6\ \text{particles}/\mu\text{m}^2$) をランダムに配置し (Fig. 1(a))、 $10\ \text{ns}$ のステップ時間における各粒子の粒子変位を導出した。波長 $1064\ \text{nm}$ の光ピンセット用レーザーを開口径 1.3 の対物レンズにより中心部位に集光し、ナノ粒子に働く勾配力を計算した。ナノ粒子の粒子間相互作用ポテンシャルとして引力および斥力ポテンシャルの両方を含む Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek (DLVO)ポテンシャルを仮定した。レーザー出力が $1000\ \text{mW}$ の場合、単一ナノ粒子が集光位置に光捕捉されることを確認した。これに対して、レーザー出力 $300\ \text{mW}$ では単一ナノ粒子を安定的に光捕捉することはできなかったが、時間発展に伴い集光領域近傍の粒子数が増加し、多数のクラスターが形成される傾向がみられた (Fig. 1(b))。これらの結果

は、光圧によりナノ粒子の拡散運動が制限されて集光領域近傍の粒子密度が増加することにより、ナノ粒子同士が単一粒子間のポテンシャル障壁を超えてクラスターを形成する頻度が上昇したことを示唆する。本手法により光圧下での溶液中ナノ粒子の集合体形成過程を解析可能であることを示した。

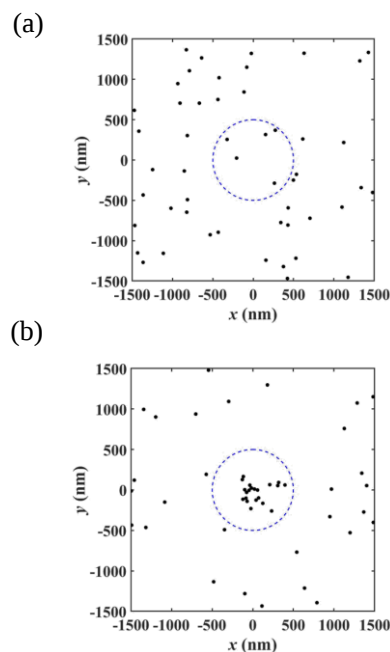


Fig. 1 Snapshot of polystyrene nanoparticles suspended in water at (a) 0 ms and (b) 50 ms after laser irradiation. The black points and blue dashed circles indicate the position of nanoparticles and the laser focal spot, respectively.