



レーザー光散乱パターンによるナノ粒子挙動の制御： 特性評価

メタデータ	言語: jpn 出版者: 応用物理学会北海道支部 公開日: 2016-05-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 横井, 直倫, 相津, 佳永 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008906

レーザー光散乱パターンによるナノ粒子挙動の制御: 特性評価

旭川工業高等専門学校 機械システム工学科, 室蘭工業大学大学院 もの創造系領域*

○横井 直倫, 相津 佳永*

1. はじめに

レーザー光の集光により形成されるスポットや光拡散性物体によるレーザー散乱光のランダムな干渉により形成されるスペックルパターンは、レイリー散乱粒子に対して光学力を及ぼすため、これらに基づくブラウン運動下のナノ粒子挙動制御に関する検討^{1,2)}が従来からなされてきた。今回は、レーザー光散乱場の照明下にあるナノ粒子の移動経路を、スポットやスペックルのサイズおよび光学力をパラメータとしてシミュレーションし、捕捉領域サイズや捕捉可能な粒子径の範囲等を評価したので報告する。

2. 測定原理

レーザー光により形成されるスポットあるいはスペックルパターンをナノ粒子懸濁液に照射する場合、個々の粒子はレーザー光強度パターンによる光学力の影響を受けたブラウン運動を示し、それらの挙動は Langevin 方程式¹⁾の解として得られる以下の速度ベクトル $\dot{\mathbf{r}}$,

$$\dot{\mathbf{r}} = \frac{n_m^2 \varepsilon_0 R^2}{6\eta} \cdot \frac{n_p^2 - n_m^2}{n_p^2 + n_m^2} \cdot \nabla I(\mathbf{r}) + \sqrt{\frac{k_B T}{3\pi\eta R}} \cdot \mathbf{W}, \quad (1)$$

に従う。ここで、 \mathbf{r} は粒子の位置ベクトル、 n_m と n_p はそれぞれ周囲媒質と粒子の屈折率、 ε_0 は真空中の誘電率、 R は粒子の半径、 η は周囲媒質の粘度、 $\nabla I(\mathbf{r})$ はレーザーパターンの位置 \mathbf{r} における強度勾配、 k_B はボルツマン定数、 T は絶対温度、また \mathbf{W} は白色雑音ベクトルを表す。

3. 数値計算結果

Figs.1(a)~(d)は、 $20[\mu\text{m}] \times 20[\mu\text{m}]$ の正方領域に疑似ランダムパターンでモデリングした平均スペックル径が $3.6\mu\text{m}$ であるスペックルパターンによりポリスチレン粒子懸濁液を照明した場合について、直径が各々200, 240, 400および2500[nm]である粒子の10[s]間の移動経路をマッピングした結果である。なお、粒子の初期位置は正方領域の中心すなわち原点とその周囲の計9ヶ所とし、計算においては $k_B=1.38 \times 10^{-23}[\text{J/K}]$, $T=300[\text{K}]$, $n_m=1.334$, $n_p=1.59$, $\varepsilon_0=8.85 \times 10^{-12}[\text{F/m}]$, $\eta=0.001[\text{Pa}\cdot\text{s}]$ とした。また、白色雑音ベクトル \mathbf{W} については、疑似正規乱数により近似した。Fig.1の結果から、(b)と(c)では粒子が正方領域内の個々のスペックルに捕捉されているものの、(a)と(d)ではスペックルからの粒子の逸脱が見られる。今回の計算条件では、捕捉可能な粒子径の下限は約240[nm](平均スペックル径の約1/15に相当)、また上限は約2000[nm](平均スペックル径の約1/2に相当)と得られた。なお、前者はスペックルによる光学力がブラウン運動による作用力を上回る条件、また後者は平均スペックル径が粒子径に対して十分に小さくなる条件に相当する。

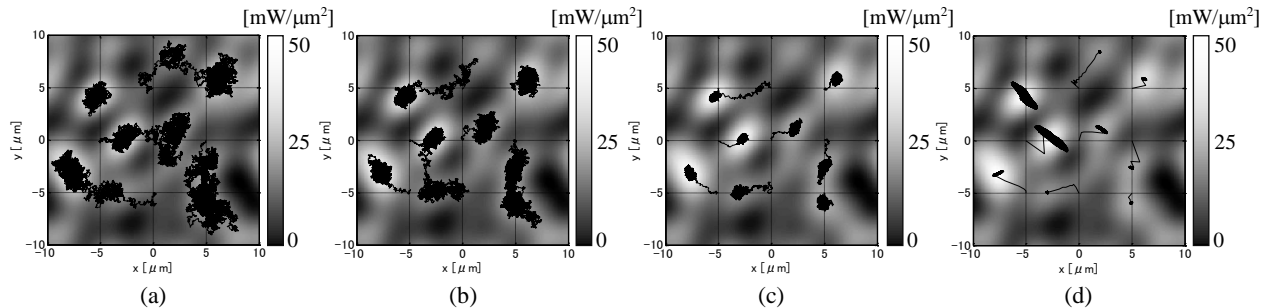


Fig.1 Simulated moving paths of the polystyrene particles in water with diameters of (a) 200, (b) 240, (c) 400, and (d) 2500 [nm], respectively, under the illumination of the speckle pattern with mean speckle diameter of $3.6[\mu\text{m}]$.

参考文献: 1) G. Volpe, G. Volpe, and S. Gigan, Sci. Rep. Vol. 4, 3936 (2014).

2)横井直倫, 相津佳永, 第76回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集(CD-ROM), NO.14p-2N-11 (2015).