

フェムト秒レーザー誘起衝撃力が微小物体に及ぼす 作用ダイナミクスの定式化

Formulation of mechanical action dynamics of femtosecond laser impulse to micro-object

○山川健, 丸山彰大, 飯野敬矩, 細川陽一郎 (奈良先端大物質)

○Takeshi Yamakawa, Akihiro Maruyama, Takanori Iino, Yoichiro Hosokawa (NAIST)

E-mail: yamakawa.takeshi.yn6@ms.naist.jp

序論: 高強度のフェムト秒レーザー光を顕微鏡下で水溶液中に集光すると、集光点で爆発現象が引き起こされ、その近傍にある物体に衝撃力が作用する。我々はこの衝撃力を用いて、細胞の操作技術の開発に取り組んできており、その現象理解と更なる応用を考えるうえで衝撃力が細胞のような微小物体に及ぼす機械的作用を解明することは不可欠である。これまでに原子間力顕微鏡 (AFM) による衝撃力の定量化を行ったが[1]、その作用ダイナミクスの解明には至っていない。本研究では、衝撃力によるポリマー微小球の移動を数値計算と併せて検討し、衝撃力の作用ダイナミクスの定式化を試みた。

実験方法: 直径 $6\mu\text{m}$ の微小球を分散させた PBS 溶液中をガラス基板上に滴下した。その試料を倒立顕微鏡のステージ上に設置し、20 倍の対物レンズ (NA 0.46) で集光されたフェムト秒レーザーパルス (250fs, 780nm, 200nJ/pulse) を単発照射した。図 1 に示すように、照射前後でビーズの集光点からの位置を CCD カメラで観察した。この画像を約 100 枚取得し、約 500 個の微小球の初期位置と移動量の関係を調べた。

結果及び考察: 実験結果を図 2 に示す。集光点近傍のビーズは遠ざかる方向に移動し、初期位置が $10\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ の位置にあったビーズは集光点へ近づく方向に移動した。レーザー照射時に生じたキャビテーションバブルの膨張と収縮に起因する運動方程式を立て、モンテカルロ法による最小二乗計算によりこの運動方程式を計算し、実験結果と照合した。その結果、図 2 の赤線の精度で一致させられる衝撃力の微小球への作用に関するパラメーターを得ることができた。バブルの時間変化パラメーターは高速カメラによる観察結果と、衝撃力の強度は AFM による結果と整合するものであった。以上の結果より、衝撃力と微小物体に与える作用ダイナミクスを運動方程式で記述し、現象予測のための有効手段を見出すことができた。

[1] M.Takenaka, et.al. Appl. Phys. Express 7, 087002(2014)

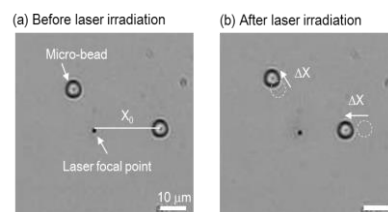


Fig.1 Images captured by CCD camera to estimate the position shift of the beads before (a) and after (b) the laser irradiation.

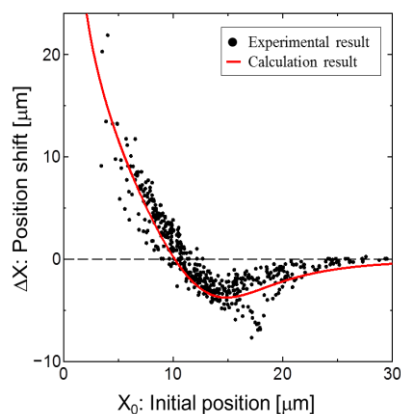


Fig.2 Position shift of beads by femtosecond laser-induced impulsive force.