

フェムト秒レーザー誘起衝撃力による微小物体変位の高感度検出 Highly Sensitive Detection of Micro-object Displacement Induced by Femtosecond Laser Impulse

奈良先端大物質 〇高島喜也, 山田壮平, 安國良平, 細川陽一郎

Div. Mat. Sci. NAIST, 〇Yoshiya Takashima, Sohei Yamada, Ryohei Yasukuni, Yoichiro Hosokawa

E-mail: takashima.yoshiya.tr1@ms.naist.jp

はじめに：我々はこれまでに高強度のフェムト秒レーザーを水溶液中に集光照射した際に集光点で発生する衝撃波・応力波により誘導される衝撃力を利用し、細胞が基質から剥離する様子を観察し、その接着強度を定量評価することに成功している[1]。この細胞－基質間の接着強度の定量において、フェムト秒レーザー照射前後の細胞の変位を高精度に観察することが不可欠である。これまで、フェムト秒レーザー照射前後の画像を解析することで細胞剥離を確認しており、画像変化がない場合でも誘導されると考えられる僅かな剥離を同定することができなかった。そこで本研究では、4分割フォトダイオード (QPD) とレーザーを用いた位置センサを作製し、顕微画像の変位として検出できないフェムト秒レーザー誘起衝撃力による微小物体の変位の高感度検出できるシステムを開発した。

実験方法：図 1 (A) に実験系を示す。ガラス基板上に直径 $10\mu\text{m}$ のポリマー微小球を吸着させ、細胞の模擬試料とし、倒立顕微鏡に配置した。ポリマー微小球に He-Ne レーザーを 20 倍の対物レンズ (NA: 0.46) により集光照射し、微小球からの散乱光を対物レンズを通して QPD で検出し、QPD の起電力差として検出される散乱光の揺れの時間変化をオシロスコープで観測した。その後、微小球の $10\mu\text{m}$ 横方向にフェムト秒レーザー (100fs, 800nm, $350\mu\text{J}/\text{pulse}$) をシングルショットで照射することで衝撃力を微小球に作用させた。加えて、フェムト秒レーザー照射前後の画像を CCD カメラで撮影し、微小球の変位を観察した。

結果及び考察：図 1 (B) に QPD で観測された微小球からの散乱光の揺れを示す。レーザー照射直後に散乱光の揺れの変化が再現性良く観測された。この変化はレーザー誘起衝撃力により誘導される微小球とガラス基板の微小振動に起因すると考えられる。一方、CCD カメラで撮影された顕微画像からは微小球の動きは観察できなかった。この結果は、顕微鏡では見ることで検出できない微小な変位をこの方法により高感度に観測できることを示唆している。本発表ではこの方法を細胞に適用した結果についても報告する。

[1] 山田他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 19p-A404-14(2018)

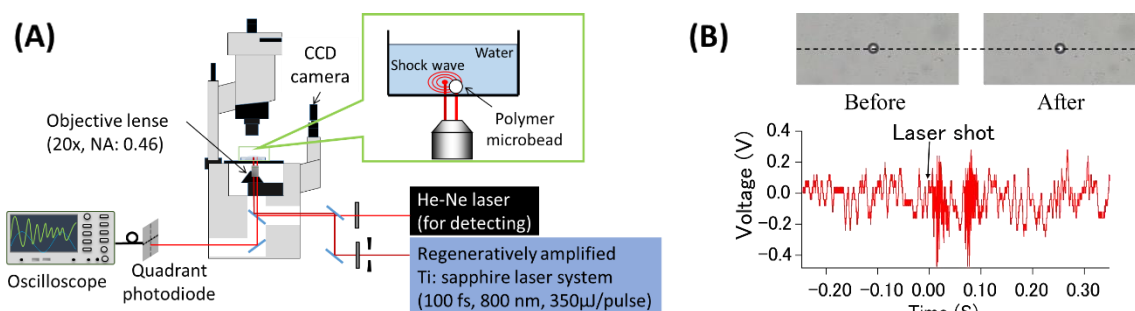


Fig.1. (A) Experimental setup to detect micro-object displacement induced by femtosecond laser impulse and (B) temporal profile of voltage difference of quadrant photodiode which detects fluctuation of the polymer bead attached on the glass substrate. The femtosecond laser impulse was loaded at 0 sec. Microphotographs in (B) are the detected microbead before and after the impulse loading.