

フェムト秒レーザー誘起衝撃力による細胞間接着剥離の力学メカニズム(3) —擬似細胞の接着力の制御と運動の解析—

Kinetics of Intercellular Adhesion Breaking Induced by Femtosecond Laser Impulse, Part 3

奈良先端大学物質創成 °上段寛久, 飯野敬矩, 細川陽一郎

Grad. Sch. Mat. Sci., NAIST °Hirohisa Uedan, Takanori Iino, Yoichiroh Hosokawa

E-mail: u-hirohisa@ms.naist.jp

我々は、フェムト秒レーザー誘起衝撃力を原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて力積として定量化することに成功し、さらにこの衝撃力により細胞間の接着を、細胞間の乖離力として評価できることを示している[1]。しかし、乖離力は接着の指標であるものの、厳密には2つの物体間の接着状態と乖離状態との内部エネルギー差を示すものではなく接着強度を見積もったとは言いがたい。ゆえに本手法の確立において、実験的に求められた乖離力と接着強度の関係を明示することが求められている[2]。そこで我々は細胞にフェムト秒レーザー誘起衝撃力を加えた際に、基板から細胞が引き剥がされる運動を示す方程式と擬似細胞を用いたモデル実験系を構築し、この問題に挑もうとしている。生化学的な改変を加えることで接着力を制御したポリスチレン微小球 (PSB) を擬似細胞として用いた実験系を構築し、衝撃力の作用に伴う擬似細胞の乖離力統計的に解析し、この運動を近似した方程式と照合しようとした。

接着力を制御したモデル実験系を図1に示す。ポリスチレン微小球 ($d=6\mu\text{m}$) の表面にアビジン層を形成させ、ガラス表面にはビオチン層を形成させた。また、PSBのアビジン-ビオチンを介さない非特異吸着を防ぐためにBSAも同様に吸着させた。PSBに吸着させるアビジン濃度を調節することにより、ガラス基板と微小球の接着力を制御できる。図1に示すように基板上にランダムに吸着させたPSBの試料の近傍に単発のフェムト秒レーザーパルス (800nm, 120 fs) を集光照射し、衝撃力の作用前後のPSBの基板上的位置をCCDカメラにより観察した。約1000個のPSBの挙動を初期位置 (衝撃力が作用する前の位置) と移動距離 (衝撃力の作用前後の位置の差) を計測することで、図2に示す関係を得ることができた。PSBの初期位置がレーザー集光点から遠ざかるに従って、PSBの移動量が減少し、25 μm 以上遠方では負の方向に移動している。このPSBの挙動をPSBに加わるフェムト秒レーザー誘起衝撃力の時間変化、基板との接着ポテンシャル、水の粘性抵抗を仮定した運動方程式に基づく数値解析を行い、仮定した運動方程式と仮定パラメーターの妥当性について検証した。

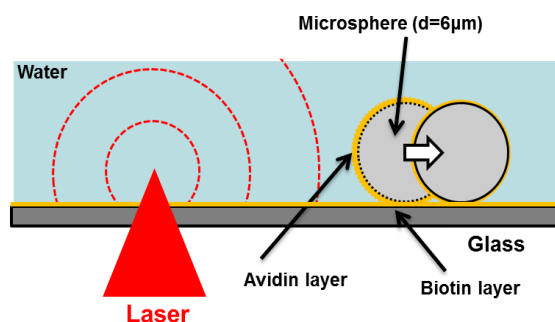


Fig.1 Schematic illustration of the present experimental system. Femtosecond laser induced impulsive force is loaded on a bead on a glass substrate.

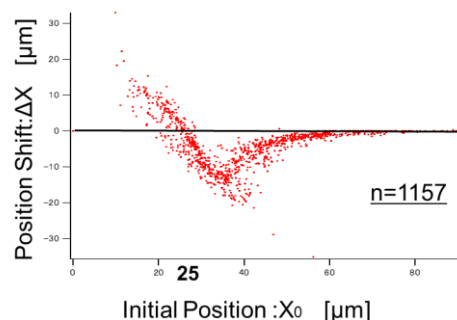


Fig.2 Relationship between initial position and moving distance of polystyrene beads after loading femtosecond laser impulsive force.

[1] Y. Hosokawa, M. Hagiyama, T. Iino, Y. Murakami, A. Ito, PNAS. USA, 108, 1777-1782 (2011).

[2] 上段寛久, 飯野敬矩, 細川陽一郎「フェムト秒レーザー誘起衝撃力による細胞間接着剥離の力学メカニズム(1)」第60回応用物理学会春季学術講演会, 30pD2-4 (2013).