植物細胞における原子間力顕微鏡での力学状態計測の探針先端曲率依存性

Curvature dependence of AFM probe tip in the force measurement of plant cell

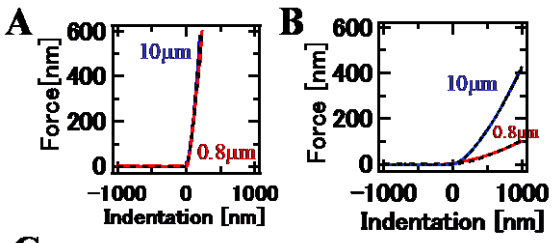
奈良先端大物質[1],奈良先端大バイオ[2], 東大生研[3] ○山崎 勇輝[1], 津川 暁[2],
伊藤 賢四郎[1], 岡野 和宣[1], 安國 良平[1], 川口健一[3], 出村 拓[2]、細川 陽一郎[1]

Div. Mat. Sci. NAIST.[1], Div. Bio. Sci. NAIST.[2], IIS. Univ. Tokyo.[3] ○Yuki Yamasaki[1], Satoru Tsugawa[2],
Ito Kenshiro[1] Kazunori Okano[1], Ryohei Yasukuni[1], Kenichi Kawaguchi[3], Taku Demura[2],
Yoichiroh Hosokawa[1]

E-mail: Yamasaki.yuki.yr3@ms.naist.jp

原子間力顕微鏡（AFM）は細胞表面の形状や物性を測定する手法として近年注目されている。特に、探針で試料を押し込み、斥力を計測したフォースカーブから得られる弾性率は、細胞の力学状態を数値化する有効な手段である。しかしながらこの測定結果の評価は、試料と探針の接触の関係に大きく依存し、植物細胞のような不均一な構造をもつ試料に対しては、その解析方法が未だ確立されていない。我々は、先端曲率の異なる AFM 探針を用いて植物細胞の AFM 計測を行い、試料への探針の接触がフォースカーブに与える影響について調べ、その解析方法について検討した。

本実験では、玉ねぎ表皮細胞を単層剥離し、ガラスボトムディッシュ上にシリコンシートで貼り付け、純水で満たした。この試料の任意の 1 細胞に対し AFM フォースカーブ測定を実施した。測定には、先端が直径 0.8 μm, 10 μm の半球状になった 2 種類の AFM 探針を用いた。得られたフォースカーブをヘルツ接触理論により解析し、同一細胞における弾性率を評価した。参照試料としてアガロースゲル薄膜（濃度 3%）を用意し、同様の実験を実施し、比較した。



C

	Young's modulus (MPa)	
Diameter (μm)	Onion epidermal cell	Agarose gel
0.8	8.7	0.17
10	2.9	0.19

Fig. 1. AFM force curve measurements. The force curves of onion epidermal cell (A) and agarose gel (B) are acquired by AFM cantilever with the probe tip diameter of 0.8 μm (blue line) and 10 μm (red line). Dotted lines are fitting curves calculated based on Hertz contact theory. Young's modulus estimated from the fitting curves is shown in (C).

Fig. 1 に、玉ねぎ表皮細胞とアガロースのフォースカーブ及び弾性率を示す。玉ねぎ細胞のフォースカーブは AFM 探針の先端形状に依存せずほぼ一定であったが、アガロースゲルではその傾きが大きく変化した。一方、ヘルツ理論で見積もられる弾性率は、玉ねぎでは 2 種の先端形状で 3 倍異なったが、アガロースゲルではほぼ同じであった。この結果は、半無限均質固体に対する接触面のみの変形を仮定したヘルツ理論による弾性率の評価が、玉ねぎには適用できないことを明示している。玉ねぎにおいてフォースカーブが一致したことは、細胞壁が AFM 探針の接触面よりも広い範囲で緩やかに変形した可能性を示唆している。発表では、細胞壁単体の弾性変形のみならず、細胞内圧に支えられた剛直な細胞壁が緩やかに変形するモデルにより、植物細胞の力学状態を総合的に議論する。

© 2021年 応用物理学会