

液中 FM-AFM を用いた生体分子のナノスケール弾性率マッピング

Nano-scale mapping of elasticity of biomolecules by FM-AFM in liquids

京大工¹, 産総研² ◯木南 裕陽¹, 小林 圭¹, 平田 芳樹², 山田 啓文¹

Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.¹, AIST²

◯Hiroaki Kominami¹, Kei Kobayashi¹, Yoshiki Hirata², Hirofumi Yamada¹

E-mail: h.kominami@piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

原子間力顕微鏡 (AFM) は分子スケールの空間分解能を有しており、近年ではその高い空間分解能を活かした粘弾性計測手法の開発が進められている。AFM の中でも周波数変調 AFM (FM-AFM) は特に高い空間分解能での観察が可能であり、これまでにわれわれは液中 FM-AFM を用いることで、DNA 2 重らせん構造の観察[1]や表面電荷密度計測[2]に成功してきた。一般的に FM-AFM は非接触領域において動作するが、本研究では接触領域で動作する液中 FM-AFM を用いて生体試料の弾性率測定を行ったので、その結果について報告する。

探針試料間にはたらく力を F 、探針先端曲率半径を R 、試料のヤング率を E とすると、ヘルツの接触理論を仮定したとき試料の等価ばね定数 k^* は $k^* = (6FRE^2)^{\frac{1}{3}}$ で与えられる。接触領域で動作する液中 FM-AFM において、カンチレバーの共振周波数シフト量が探針試料間にはたらく力の勾配、すなわち k^* を表し、また平均たわみが F を反映していると考え、共振周波数シフト量および平均たわみを同時に記録することで弾性率を求めることが可能となる。

本研究では試料として、100 bp の 2 本鎖 DNA を用いた。へき開した mica 基板の上に 50 mM NiCl₂ および 100 nM DNA 溶液を 5 μ L 滴下し、5 分間静置した。その後、50 mM NiCl₂ を用いてリンスを行うことで吸着していない余分な DNA を取り除き、FM-AFM 観察を行った。DNA の表面形状像を Fig. 1(a) に示す。Fig. 1(a) の中央に長さ約 30 nm 程度の DNA が観察されており、らせん軸に沿って DNA のリン酸基に由来する周期構造が観察された。また、共振周波数シフト量および平均たわみから求めた弾性率像を Fig. 1(b) を示す。Fig. 1(b) においても、らせん軸に沿った周期構造が観察された。さらに、Fig. 1(c) に Fig. 1(a) 内の破線 A-B に沿った断面プロファイルを示す。Fig. 1(c, d) を見ると、黒矢印で示したようにピークの位置がおおむね一致しており、リン酸基バックボーン上において弾性率が高くなることが明らかとなった。

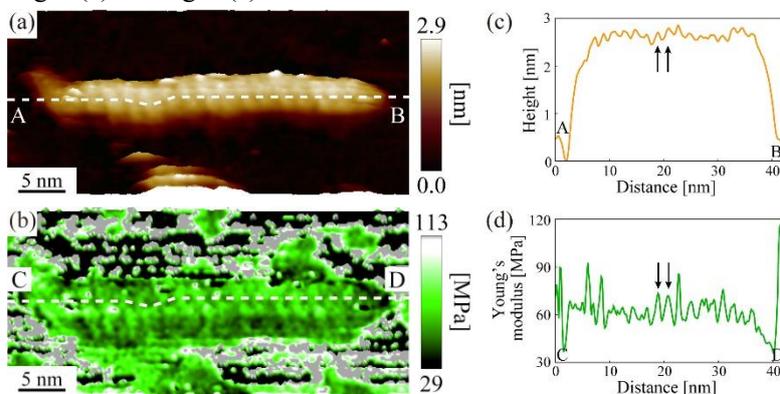


Fig. 1: (a) Topographic and (b) elasticity images of DNA molecule. (c) Cross-sectional profile along the A-B. (d) Elasticity profile along the C-D.

[1] S. Ido et al. *ACS Nano* **7**, 1817 (2013). [2] H. Kominami et al. *Sci. Rep.* **9**, 6851 (2019).