

## FM-AFM による生体分子の分子スケール粘弾性計測

### Molecular-scale viscoelasticity mapping of biomolecules by using FM-AFM in liquids

京大工<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup>, °木南 裕陽<sup>1</sup>, 小林 圭<sup>1</sup>, 平田 芳樹<sup>2</sup>, 山田 啓文<sup>1</sup>

Kyoto Univ.<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, °Hiroaki Kominami<sup>1</sup>, Kei Kobayashi<sup>1</sup>, Yoshiki Hirata<sup>2</sup>, Hirafumi Yamada<sup>1</sup>

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

近年、周波数変調原子間力顕微鏡 (Frequency-modulation atomic force microscopy: FM-AFM) は高い力感度を有する手法であり、FM-AFM を用いた生体分子の高分解能観察や表面電荷密度計測が行われている[1,2]。FM-AFM 測定では保存力と散逸力を分離して測定することが可能であり、保存力は共振周波数シフト量、散逸力はカンチレバーを励振するために必要な電圧として測定される。散逸力は試料の粘性やゆらぎを反映していると言われていたが、生体分子上における散逸力の議論は多くなされていない。そこで本研究では、FM-AFM を用いて DNA を代表とする生体分子の高分解能観察を行い、同時に散逸力測定による粘弾性評価を行った結果について報告する。

試料として、合成した 100 bp の DNA を用いた。合成した 1 本鎖 DNA を 2  $\mu\text{M}$  となるように Tris-EDTA (TE) バッファを用いて希釈し、80°C から 20°C まで 1 時間かけてアニールを行った。その後、DNA 濃度が 20 nM となるように再び TE バッファを用いて希釈した。50 mM NiCl<sub>2</sub> 溶液と作製した DNA 溶液をへき開したマイカ基板上へ滴下し、5 分間静置した後、50 mM NiCl<sub>2</sub> 溶液を用いてリンスを行い FM-AFM 観察を行った。また、カンチレバーとして BL-AC40TS (Olympus, ばね定数: 0.09 N/m) を用い、2 次共振で励振させた。作製した DNA の FM-AFM 観察結果を Fig. 1(a) に示す。破線領域内において DNA が観察され、さらにらせん軸に沿って縞模様のコントラストが観察されており、2 重らせん構造を明瞭に可視化することに成功した。Fig. 1(b) に Fig. 1(a) と同時に取得した散逸像を示す。赤矢印は DNA の副溝の位置を示しており、副溝における散逸が主溝における散逸に比べて大きいことが明らかとなった。これは、DNA の副溝に入り込み強固に吸着した水分子の粘性を反映していると考えられる。

[1] S. Ido, K. Kimura, N. Oyabu, K. Kobayashi, M. Tsukada, K. Matsushige, H. Yamada, *ACS Nano* **7**, 1817 (2013).

[2] H. Kominami, K. Kobayashi, H. Yamada, *Sci. Rep.* **9**, 6851 (2019).

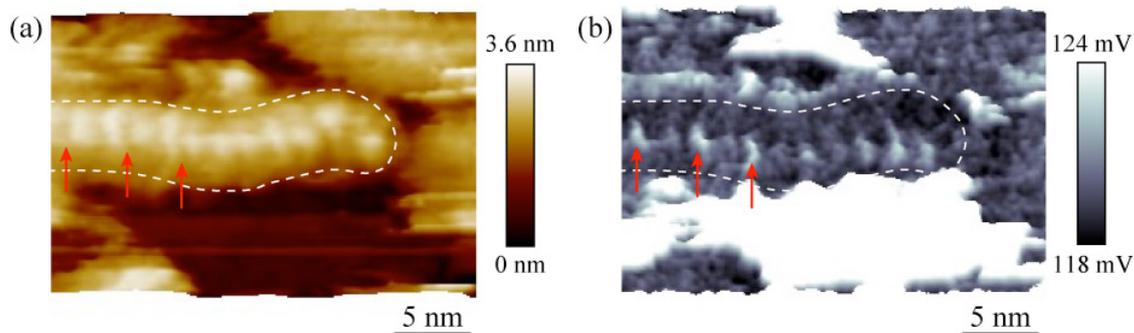


Fig. 1: (a) Topographic and (b) dissipation image of DNA molecule. Red arrows indicate minor grooves of DNA molecule.