

## 液中 FM-AFM による DNA 上における 3次元フォースマッピング

## 3D force mapping on DNA molecules by FM-AFM in liquid

京大工<sup>1</sup>, 京大白眉セ<sup>2</sup> ◦木南 裕陽<sup>1</sup>, 小林 圭<sup>1,2</sup>, 山田 啓文<sup>1</sup>Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.<sup>1</sup>, The Hakubi Center for Adv. Res., Kyoto Univ.<sup>2</sup>,◦H. Kominami<sup>1</sup>, K. Kobayashi<sup>1,2</sup>, H. Yamada<sup>1</sup>

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

生体機能において DNA 分子は遺伝情報の保持、タンパク質発現など非常に重要な役割を担っている。その構造および機能には DNA 周囲の構造化された水分子 (水和構造) や電荷密度分布が密接に関係していると言われている。われわれの研究室では周波数変調 (Frequency modulation: FM) 原子間力顕微鏡 (FM-AFM) を用いて、これまでに plasmid DNA 2 重らせん構造の高分解能観察[1] および電荷密度分布計測[2]に成功している。本研究では、グリッドモード (curve-by-curve モード) と高さ一定モード (layer-by-layer モード) の2つの 3D フォースマップ法を用いて、DNA 周辺における 3次元的な相互作用力分布を測定した結果について報告する。

試料として、plasmid DNA である pUC18 を用いた。へき開したマイカ基板の上に 5 ng/ $\mu$ L の DNA 溶液と 50 mM NiCl<sub>2</sub> をそれぞれ 5  $\mu$ L 滴下し、5 分静置したのちにリンスを行い、基板表面に吸着していない DNA 分子を取り除き FM-AFM 観察を行った。Fig. 1 に各点でフォースカーブを取得するグリッドモードで取得した 3次元周波数シフトマップを示す。Fig. 1(c)において DNA 分子上に水分子密度を反映する輝点が観察され、その DNA に沿った周期は 3.8 nm であり、2 重らせん 1 周期におよそ一致する。また、試料から一定の高さの平面内における走査 (高さ一定モード) を高さを変えて繰り返して取得した 3次元周波数シフトマップを Fig. 2 に示す。直前に取得した表面形状像 (Fig. 2(b))と DNA から 0.8 nm 上で取得した高さ一定像 (Fig. 2(c)) を比較すると DNA のバックボーン上に輝点が存在することが明らかとなった。

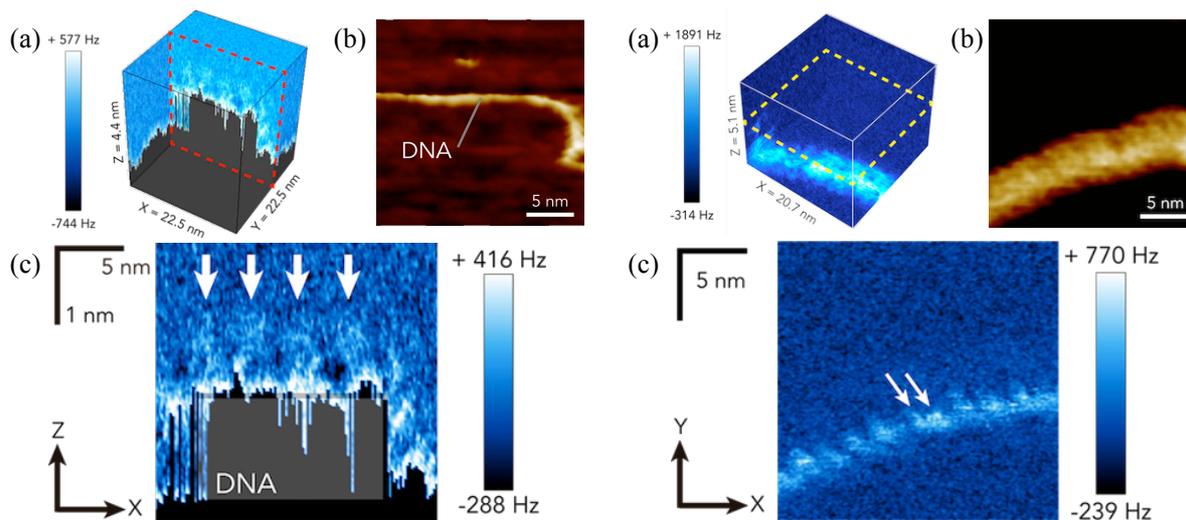


Fig. 1: グリッドモードにより取得した 3次元周波数シフトマップ. (a) 3D 表示. (b) Constant  $\Delta f$  像. (c) (a)赤枠内の ZX 断面像.

Fig. 2: 高さ一定モードを用いて取得した 3次元周波数シフトマップ. (a) 3D 表示. (b) 直前に取得した表面形状像. (c) (a)黄枠内の XY 断面像.

[1] S. Ido et al. *ACS Nano* **7**, 1817 (2013). [2] K. Umeda et al. *Nanotechnol.* **26**, 285103 (2015).

[3] K. Kobayashi et al. *J. Chem. Phys.* **138**, 184704 (2013).