## ピークトラッキング走査型熱振動顕微鏡を用いた 生体試料の粘弾性計測

## Viscoelasticity Measurements of Biomolecules by **Peak-Tracking Scanning Thermal Noise Microscopy** 京大工, <sup>0</sup>戸野 博史, 小林 圭, 木村 邦子, 山田 啓文 Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ., <sup>o</sup>H. Tono, K. Kobayashi, K. Kimura, H. Yamada<sup>1</sup> E-mail: h.tono@piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

近年、原子間力顕微鏡(AFM)を用いた表面下構造可視化技術は急速に進展しつつあり[1-3]、表 面下数百ナノメートルにある構造物を非破壊・高分解能で可視化することが可能な手法として、 さまざまな分野への応用が期待されている。これまでの研究で、表面下構造と表面の接触弾性に は強い相関があることが判明しており[2]、接触状態にあるカンチレバーの熱振動信号から接触弾 性に関する情報を得ることで表面下構造を可視化する手法(走査型熱振動顕微鏡: STNM)を開発 した[3]。これにより、簡単な装置構成で表面下の構造を可視化することが可能となった。

本研究では、AFM を用いた内部構造観察技術の具体的な応用例として、生体内での鉄の輸送機 能を担う分子であるフェリチンおよびアポフェリチンの内部構造観察を試みた。フェリチンは直 径 12 nm の球状タンパクであり、中心部に鉄イオンを 4500 個貯蔵することができる直径 8 nm の空孔を有する[4]。また、鉄イオンを貯蔵していない中空のものはアポフェリチンと呼ばれ、鉄 イオンの有無により粘弾性が異なることが期待される。使用した試料の概略図を図1に示す。

内部構造の可視化には、ピークトラッキング STNM(PT-STNM)を用いた。この手法は、カンチ レバーの熱振動信号から、カンチレバーの共振周波数をリアルタイム計測する手法である。 PT-STNM を用いて高分子膜上に散布したフェリチン分子を観察した結果を図 2 に示す。図 2(c) および(d)のラインプロファイルから、フェリチン中心部の接触共振周波数が、基板として用いた 高分子膜の接触共振周波数よりも高くなっていることが確認された。これは、フェリチン内部に 鉄イオンが存在することにより共振周波数が高くなったためであると考えられる。講演では、ア ポフェリチンの可視化結果と比較した結果について報告する。

[1] K. Kimura, et.al. Ultramicroscopy, 133, 41 (2013). [2] K. Kimura, et.al. Nanotechnology, 27, 415707 (2016). [3] A. Yao, et al., Sci. Rep. 7, 42718 (2017). [4] Theil, Annu Rev Biochem, 56.1(1987).



48.22(a) 18 (c)mm 20 nm nm Height [ 100 nm 0 92 (ď 95.81 B [kHz] [kHz] fol 83 6 90 100 nm

74.23

Fig. 1: Schematic of (a) ferritin, (b) apoferritin, and (c) sample structure.

Fig. 2: (a) Topography (Inset: Enlarged view). (b) Contact resonance frequency map by PT-STNM. (c) and (d) are line profiles along A–B in (a) and (b), respectively.

A

Distance [nm] B