

液中環境下における時間分解 FM-AFM の開発

Development of time-resolved frequency-modulation atomic force microscopy for liquid environments

京大工¹, 産総研² ○(M1) 深澤 直人¹, (P) 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, AIST.²,

○Naoto Fukazawa¹, Hiroaki Kominami¹, Kei Kobayashi¹, Yoshiki Hirata², Hirofumi Yamada¹

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

周波数変調原子間力顕微鏡 (FM-AFM) は、非破壊・高分解能表面観察法として、ナノ材料評価分野では原子分子スケールの観察・分析法として既に広く用いられてきたが、現在では、液中での高分解能観察が可能となっている。一方、試料の動的構造変化の計測を可能とする高速 AFM (HS-AFM) の確立により、タンパク質分子の動態観察など、試料のダイナミクスを実時間でイメージングすることが可能となった¹⁾。HS-AFM は実時間追従イメージング法であり、ワンショットの現象の分析が可能な極めて有用な手法であるものの、その時間応答は探針走査速度に依存する。本研究では、ストロボ計測法を利用する時間分解 AFM 技術²⁾を、液中 FM-AFM に応用することで、生体分子試料の繰り返し現象の時間分解 FM-AFM イメージングを試みた。本手法における時間分解能は原理的にはカンチレバーの振動周期程度となる。

本研究では、テスト試料として、膜タンパクの一種であるバクテリオロドプシン (bR) を用いた。bR 分子は、Fig. 1 に示されるように、紫膜中で 3 量体の結晶を形成しており、その格子定数は約 6.2 nm である。各 bR 単量体の内部に存在するレチナールは、特定の波長の光を吸収して、all-trans 型から 13-cis 型へと異性化し、それとともに bR 分子もいくつかの中間体を経て構造が変化する。変化は約 10 ms の光反応サイクルであり、bR の構造変化の間に、紫膜の cytoplasmic 側から extracellular 側にプロトンが輸送される³⁾。実験では、Fig. 2 の模式図に示すように、紫膜上の探針走査範囲内の各点で、緑色レーザー (520 nm) を短時間照射し、その後のカンチレバーの周波数シフトの時間変化を記録した。講演ではその測定結果の詳細について報告する。

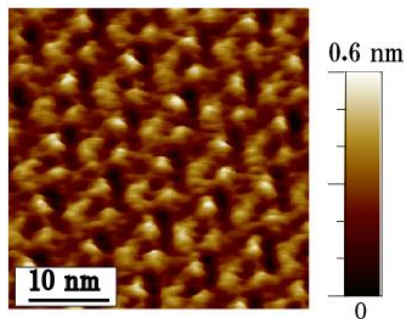


Fig. 1: FM-AFM image of the cytoplasmic surface of purple membrane.

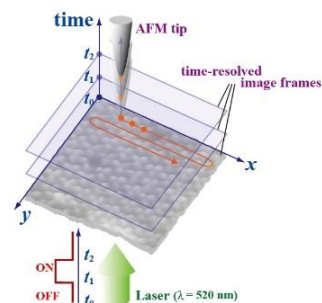


Fig. 2: Schematic of time-resolved FM-AFM.

¹⁾ T. Ando, T. Uchihashi, and N. Kodera, *Jpn. J. Appl. Phys.* **51**, 08KA02 (2012).

²⁾ M. Anwar and I. Rouso, *Appl. Phys. Lett.* **86**, 014101 (2005).

³⁾ M. Shibata et al. *Nat. Nanotechnol.* **5**, 208 (2010).