

AFM による細胞・組織の力学情報の定量化

Nano-rheology and mechanics of cells and tissues quantified with AFM

北大情報科学¹ ○岡嶋 孝治¹

Hokkaido Univ., °Takaharu Okajima

E-mail: okajima@ist.hokudai.ac.jp

細胞・組織の力学情報は、細胞機能のメカニズムの理解に欠かせない。原子間力顕微鏡（AFM）は、細胞・組織の力学特性を高い時空間分解能で計測できる利点をもつ。本講演では、AFMを用いた細胞レベル、および組織レベルのナノメカニクス・レオロジー計測の定量化の現状について述べたい。

細胞レベルの計測では、見かけのヤング率以外にも、細胞の応力緩和挙動やクリープ挙動の静的測定や、フォースモジュレーションによる動的測定の定量計測が可能になってきた [1]。AFMの位置制御機能とマイクロパターン技術を利用することにより、細胞レオロジーの空間変動（個性） [2]、および時間変動（揺らぎ） [3]を定量的な解析が可能になり、細胞レオロジーの普遍性と特異性が明らかになりつつある [4]。1細胞レオロジーの高速AFMマッピング法[5]を利用することにより、AFMによる1細胞ごとの力学診断が可能になりつつある。

組織レベルの力学情報を定量化するために、多細胞系に利用可能なAFMの開発は重要である。組織・器官は、厚さが厚く不透明で、また表面凹凸も大きい。このような組織サンプルのAFMナノ計測が可能な正立型光学顕微鏡の光学系に利用したAFM装置 [6] を開発した。そして、表面凹凸を考慮した計測データの校正法[7]が提案し、組織サンプルのAFM計測が可能になってきた[7]。本講演では、他の力学計測法と比較しながら、上記のAFMで得られる力学情報の現状と問題点、そして今後の展望について述べる予定である。

[1] Y. M. Efremov, T. Okajima, A. Raman, *Soft Matter* **16**, 64 (2020).

[2] P.G. Cai, Y. Mizutani, M. Tsuchiya, J. M. Maloney, B. Fabry, K. J. Van Vliet, T. Okajima, *Biophys. J.* **105**, 1093 (2013).

[3] P.G. Cai, R. Takahashi, K. Kuribayashi-Shigetomi, A. Subagyo, K. Sueoka, J. M. Maloney, K. J. Van Vliet, T. Okajima, *Biophys. J.* **113**, 671 (2017).

[4] 岡嶋孝治, 原子間力顕微鏡による 1 細胞レオロジーの定量計測—細胞の個性とエルゴード性, 応用物理学会誌 **86**, 1052 (2017).

[5] R. Takahashi, T. Okajima, *Appl. Phys. Lett.* **107**, 173702 (2015).

[6] Y. Fujii, T. Okajima, *AIP Advances* **9**, 015028 (2019).

[7] Y. Fujii, Y. Ochi, M. Tsuchiya, M. Kajita, Y. Fujita, Y. Ishimoto, T. Okajima, *Biophys. J.* **116**, 1152 (2019).