

## 自己評価報告書

平成23年5月12日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20360019

研究課題名（和文） ソフトマターメゾスコピック系ダイナミクスの極限計測

研究課題名（英文） Ultimate measurement techniques for dynamics study of soft matter mesoscopic systems

研究代表者

影島 賢巳（KAGESHIMA MASAMI）

東京学芸大学・教育学部・准教授

研究者番号：90251355

研究分野：表面・界面物性

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 ・ 薄膜・表面界面物性

キーワード：原子間力顕微鏡、ソフトマター、ダイナミクス、粘弾性、力学応答

## 1. 研究計画の概要

生命活動の鍵を握る生体分子表面の水の動的挙動、単一高分子鎖の粘弾性、生体分子の微視的ダイナミクスなどを高い分解能で探るため、原子間力顕微鏡（AFM）を以下の方針で高性能化・高機能化し、新たな計測手法を開発する。

(1) AFM探針を磁気力で駆動する計測手法を高度化させ、交番外力やステップ力に対する応答の計測を通じて粘弾性スペクトル計測する方法を開発する。以下の項目に取り組む。

- ① 装置の広帯域・高感度化
- ② ステップ応答計測の開発
- ③ カセンサーの高次振動を利用した粘弾性計測の高度化

(2) 生体をはじめとする複雑なソフトマター系のダイナミクスを支配する内的な相互作用の高分解・高感度検出に向けた測定手法を開発する。

## 2. 研究の進捗状況

(1)① 研究代表者らが現有していた原子間力顕微鏡（AFM）装置をベースとして、高感度化を図るための光学系およびカンチレバーの変位検出回路系を新たに設計し、検出帯域16MHzの装置とし、理論限界に近いところまで最適化した。また、カセンサーを励振する磁気変調系についても、空芯コイルの採用や駆動回路の改良などを経て、およそ3MHz程度までの励振を可能とした。

② カンチレバーの共振を負帰還を用いて抑圧したうえで、これに対してステップ上の力

を磁気力によって印加することに成功した。さらに、このステップ入力への応答をフーリエ・ラプラス変換して2桁の周波数範囲で粘弾性スペクトルを計測することを試行した。

③ カセンサーの高周波域での高次モード振動の等価的な弾性定数を正確に知ることは非常に重要である。そこで、磁気力で励振した探針の伝達関数や熱振動スペクトルを利用して、検出光学系の非線形性を排除した弾性定数算出方法を提案した。しかし現状では、得られた値に理論値と大きなずれがあり、さらなる検証を進めているところである。

(2) 生体分子などのダイナミクスの微視的起源と考えられる局所的・変動的な電気分極を実際に分離して計測する手段として、フォトクロミック分子で修飾した探針表面の分極状態を特定波長のレーザー光で可逆的に切り替えられる手法を開発し、実際に分極が制御できることを確認した。

## 3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。  
(理由) 本研究の計画中で中心的な位置にある、粘弾性計測については、ほぼその有効性が確かめられるところまで来ており、今後は実用化に向けた段階となるためである。

## 4. 今後の研究の推進方策

(1)① AFM本体そのものの高度化は目的を達していると考ええる。

② 現状では、計測帯域が1kHz-100kHzの2桁に限られている。これは主として共振抑圧

回路の問題である。さらなる回路性能の向上や、フーリエ・ラプラス変換のスキームの改良により、より広帯域・高感度な計測を可能としたい。また、固液界面だけではなく、高分子系などにも計測を適用し、実用性を検証することを考えている。

③ カセンサーの高次モード振動に重要な影響を及ぼす、センサー上での質量分布や応力分布の影響などについて検証していく必要がある。これに関しては理論研究者との連携なども考えている。

(2) 現状ではレーザー光による分極切り替えに数分を要しているため、これをより実用的にするために、光学系の最適化などを考える必要がある。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

① Masami Kageshima, Magnetically-modulated atomic force microscopy for analysis of soft matter systems, Current Pharmaceutical Biotechnology, 査読有り、 to be published.

② Yoshihiro Aburaya, Hikaru Nomura, Masami Kageshima, Yoshitaka Naitoh, Yan Jun Li and Yasuhiro Sugawara, Switching surface polarization of atomic force microscopy probe utilizing photoisomerization of photochromic molecules, Journal of Applied Physics, 査読有り Vol. 109, 2011, 064308 (1-8).

③ Tatsuya Ogawa, Shinkichi Kurachi, Masami Kageshima, Yoshitaka Naitoh, Yan Jun Li and Yasuhiro Sugawara, Step Response Measurement of AFM Cantilever for Analysis of Frequency-Resolved Viscoelasticity, Ultramicroscopy 査読有り Vol. 110, 2010, 612-617

④ Masami Kageshima, Takuma Chikamoto, Tatsuya Ogawa, Yoshiki Hirata, Takahito Inoue, Yoshitaka Naitoh, Yan Jun Li, and Yasuhiro Sugawara, Development of atomic force microscope with wide-band magnetic excitation for study of soft matter dynamics Review of Scientific Instruments, 査読有り Vol. 80, 2009, 023705 (1-7)

[学会発表] (計 13 件)

① Tatsuya Ogawa, Shinkichi Kurachi, Masami Kageshima, Yoshitaka Naitoh, Yan Jun Li and Yasuhiro Sugawara, Application of atomic force

microscopy for study of nanometer-scale dynamics of soft matters, International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010年8月17日、奈良県新公会堂(奈良)