

未来社会創造事業 探索加速型
「共通基盤」領域
年次報告書(探索研究)

令和元年度 研究開発年次報告書

平成30年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：福間 剛士]

[金沢大学新学術創成研究機構ナノ生命科学研究所・所長／教授]

[研究開発課題名：3次元揺動構造のサブナノレベル計測・解析システム]

実施期間：平成31年4月1日～令和2年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「ナノ計測解析」グループ(金沢大学)

① 研究開発代表者: 福間 剛士 (金沢大学新学術創成研究科ナノ生命科学研究所、所長／教授)

② 研究項目

- ・ロングナノプローブの開発
- ・高速 3D-AFM 装置の開発
- ・実空間モデルの推定
- ・イオン液体分布の解析
- ・クロマチン構造の解析

§2. 研究開発実施の概要

本研究では、揺動する液体や分子鎖の3次元密度分布、すなわち、3次元揺動構造をナノスケールの分解能で直接観察できる技術を開発し、得られたデータから原子レベルの実像を予測する計測・解析システムを開発する。そのために、上記の各研究項目に取り組んだ。ロングナノプローブの開発については、原子間力顕微鏡 (AFM) 用探針の先端にカーボンナノチューブ (CNT) を取り付ける方法に改良を加え、CNT の取り付け角度の精密な制御や、超小型カンチレバーに使われている電子線堆積 (EBD) カーボン探針への取り付けなどを可能とした。高速3D-AFM の開発については、超小型カンチレバーの利用を可能とすることで、 $64 \times 64 \times 256 \text{ pix}^3$ の原子分解能像を $2 \text{ sec} / 3D \text{ image}$ の速度(昨年度の 1.5 倍)で取得することを可能とした。実空間モデルの推定については、金電極／イオン液体界面構造の電極電荷(電位)依存性を分子動力学(MD)シミュレーションにより計算する方法を確立し、3D-AFM 像との直接比較を可能とした。一方、染色体については、ポリマー鎖モデルを用いた X 字染色体モデルを構築し、その 3D-AFM シミュレーションを可能とした。また、3D-AFM 像から推定したクロマチン密度分布にフィットするようクロマチン鎖の折り畳み構造をシミュレーションする方法を開発した。一方、応用実験においては、金電極／イオン液体界面をサブナノスケール分解能で 3D-AFM 計測する方法を確立し、界面構造のバイアス電圧依存性を明らかにした。また、上記のシミュレーション結果と比較し、それらが良く一致することを確認した。また、染色体観察については、CNT 探針を用いることで、染色体内部のクロマチン密度分布を反映した 3D-AFM 像を得ることに成功した。今後、上述した方法により、この画像を反映したクロマチン密度分布を持つモデルを構築することで、染色体構造のモデリング手法を確立する。