

ゲノムスケールの DNA 設計・合成による細胞制御技術の創出  
2020 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書
------------------

炭竈 享司

金沢大学 ナノ生命科学研究所／科学技術振興機構  
特任助教／さきがけ研究者

シミュレーションによる染色体の動態解明と実測との比較

## § 1. 研究成果の概要

2020年度の主な成果は、染色体様高分子の3次元版の原子間力顕微鏡(3D atomic force microscopy, 3D-AFM)像の理論予測の手法の開発とその走査速度依存性を解明したことである。3D-AFM像の理論予測には、従来にはない Jarzynski 等式を用いた手法を考案した。染色体のような紐状の柔らかい高分子が液中で動いている場合、どのような AFM 像として解像されるのかを示した理論的研究はこれまでなく、本当に AFM 像に紐状構造が見えるのかも分かっていなかった。2020年度の研究により、染色体様高分子の紐状構造(ただし全部ではなくその一部)が、確かに 3D-AFM 像として解像されることを明らかにした。さらに重要な知見として、3D-AFM 像と走査速度との関係について調べた。その結果、3D-AFM 計測には最適な走査速度の範囲があり、概ね染色体の動く速さの 10 倍で走査するとき最も明瞭な 3D-AFM 像が得られることが分かった。この知見は現実の 3D-AFM 実験での計測の条件出しに有用な情報になると期待される。また、AFM で計測される力と染色体の密度がほぼ比例することも明らかにした。つまり、3D-AFM 計測により染色体の密度の 3 次元情報が取得できることを理論的に予測した。

ヘテロクロマチンのモデル化については 2020 年度には研究を開始できなかったが、実測との比較、また Hi-C 実験との比較のためには不可欠であり、現在、これを進めている。前述のように、AFM で計測される力と染色体の密度はほぼ比例することが分かったため、ヘテロクロマチンのモデル化の進展により、ヘテロクロマチンとユークロマチンの 3 次元空間での配置情報を 3D-AFM 計測により取得する道が開かれると強く期待される。