

特異的な形状を持つナノポアへの DNA の進入経路と その有限要素法による評価

Numerical evaluation of experimentally observed DNA dynamics
near nanopores of different shapes

青学大理工, °(B)高野 辰, (M2)市野 新葉, (B)岡本 凱, 守山 裕大, 三井 敏之

Aogaku Univ., °Shin Takano, Shimba Ichino, Gai Okamoto, Yuuta Moriyama,

Toshiyuki Mitsui

E-mail: mitsui@phys.aoyama.ac.jp

1. 背景

半導体ナノポアによる DNA シークエンシングは、長い DNA のポアへの詰まりが課題となっている。我々は、詰まりの要因をポア壁面と DNA 自身の電荷により生じる電気浸透流と予想し、実験と有限要素法のシミュレーションを行ってきた[1, 2]。近年、イオン電流の評価に有限要素法を用いるのは一般的である。一方、実験において電気浸透流は、その絶対量が微量なため、イオン電流の計測による評価が難しい。そこで我々は光学的観測により、ポアと DNA のダイナミクスを精査してきた。今回、ポアの壁由来の電気浸透流を最大限にエンハンスするために、特異的な形状を持つポアを作り、その周りでの DNA の動きを観測した。

2. 実験方法

電気浸透流のエンハンスには、ポアの内側の体積に対するポア壁の面積の増加が必要である。そこで、エッジ付き(fig. 1a)やスリットライクな形状を持つポアを FIB(日立ハイテク MI4050)によって SiN 薄膜上に作製した。ポア内の電場を一定(10 kV/cm)にし、ポアに DNA が進入する様子を倒立型蛍光顕微鏡で観察した。シミュレーションは COMSOL Multiphysics により 3D で行った。幾何は実際の実験環境と一致させた。

3. 実験結果

エッジポアを用いた直接観測の結果、ポアに進入する DNA はエッジの影響を受け、その経路に異方性があった(fig. 1b)。有限要素法では、エッジの近くで電気浸透流が局所的に大きくなった(fig. 1d)。また、実験では、DNA の詰まる確率が顕著に減少した。本発表では、エッジ付近での DNA の特徴的な動きと有限要素法による動きの予想の相違、そして詰まる確率の減少の要因について議論する。

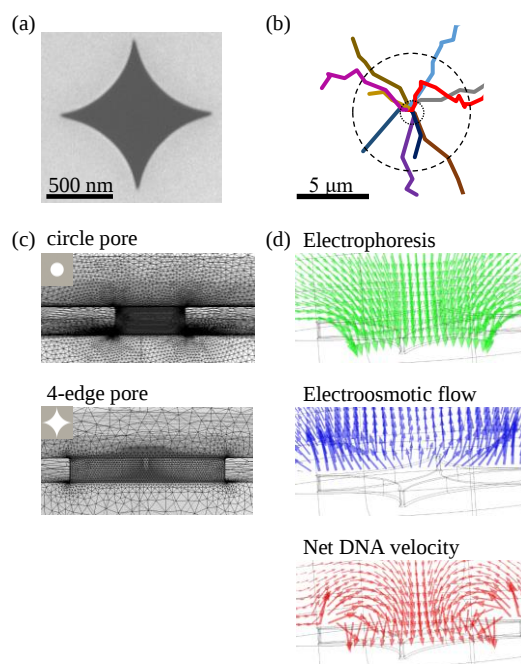


fig. 1. (a) SEM image of 250 nm pore. (b) DNA pathways for 500 nm pore with 4-edge. (c) Mesh of simulation model. Size is less than nm near the pores. (d) Numerical calculation by finite element method. Green arrow shows velocity of electrophoresis of DNA. Blue is electroosmotic flow. Red is net velocity by synthesis of green and blue.

[1] G. Ando, *et al.*, *ACS Nano*, **6**, 10090 (2012).

[2] T. Kubota, *et al.*, *Polymers*, **11**, 84 (2019).