

生体ナノポアの識別機能を超える

Challenges beyond Identification Function of Biological Nanopores

阪大産研 ○谷口 正輝

SANKEN, Osaka Univ.

E-mail: taniguti@sanken.osaka-u.ac.jp

生体ナノポアは、脂質二重膜に存在するチャネルタンパク質である。このタンパク質は、直径 2nm 程度の貫通孔（ナノポア）を持ち、イオン、低分子、DNA などを細胞の内外に選択的に輸送する。優れた輸送選択性は、医科学に革命的なインパクトを与え続けている次世代 DNA シークエンサーを創出した。

一方、半導体の微細加工技術は、シリコン基板上に固体ナノポアを実現した。さらに、これまで蓄積された表面技術が、ナノポア特性の制御を可能にした。また、1分子計測技術として発展してきた高速微小電流計測技術は、ナノポアを通過する物

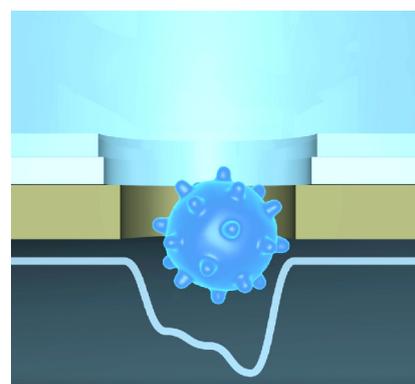


Figure 1 Operating principle of AI nanopore.

質の流動ダイナミクスを調べるマルチフィジックスシミュレーションを進展させた。表面技術・計測技術と融合した固体ナノポアは、マルチフィジックスシミュレーションを基盤として、AIとのさらなる融合により、1分子識別能を進化させた AI ナノポアを生み出した。

固体ナノポアの両面は、電解液で満たされた流路に接合されている(Figure 1)。各流路には、1つの電極が設置されており、電極間に電圧を印加すると、ナノポアにイオン電流が流れる。ナノポアに物質が入ると、イオンの流れが妨げられるため、イオン電流が減少する。マルチフィジックスシミュレーションは、物質がナノポアを通過する際に得られるイオン電流一時間波形に物質の体積・構造・表面電荷の情報が含まれることを明らかにした[1]。AIによるイオン電流一時間波形の学習は、これらの複合情報を特徴量にして、ナノポアを通過する物質を1個単位で識別することを可能にした。

培養された4種のコロナウイルスの識別や、唾液の臨床検体における新型コロナウイルスの陽性・陰性判定が、AI ナノポアにより実証された[2]。新型コロナウイルスの診断では、5分間の計測で、感度 90%、特異度 96%を達成した。さらに、ナノポアの直径をターゲット物質に最適化し、ターゲット物質のイオン電流一時間波形を学習することで、ウイルスだけでなく、ポリマーナノ粒子や細菌などを識別する AI ナノポアを作ることが可能である。

参考文献

[1] Y. He, M. Tsutsui, and M. Taniguchi, *Nanofluidics: 2nd Ed.*, Chap. 6, 2016, Royal Society of Chemistry.

[2] M. Taniguchi, *et al.*, *Nat. Commun.* 12 (2021) 3726.