

ナノポアと機械学習を用いたウイルス検査

Identifying single-viruses via machine learning-enhanced nanopore sensing

阪大産研¹, [○]筒井 真楠¹, 鷲尾 隆¹, 川合 知二¹

Osaka Univ.¹, [○]Makusu Tsutsui¹, Takashi Washio¹, Tomoji Kawai¹

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

新型コロナウイルス (COVID-19) が世界中に衝撃を与え続けている中、我が国も第三波の脅威に直面している。そのような現状で浮き彫りになってきているのが、新型ウイルスに適した迅速なウイルス検査技術の欠如である。本講演では、我々の研究グループが開発した、簡便・迅速なウイルス検出・識別を可能にする新規ナノセンサ技術を紹介する。センサ構造はシンプルであり、電子線リソグラフィと反応性イオンエッチングによりシリコンウエハ上の極薄 SiN_x メンブレンに開口するナノサイズの細孔 (ナノポア) で構成される。当該ナノポアを生理食塩水で満たし、1 対の銀/塩化銀電極を用いて電圧を加えると、細孔内におけるイオン輸送特性を反映するイオン電流が計測できる。この時、電圧は大きな抵抗となるナノポア部分で顕著に降下することから、そこに集中した電場が形成される。よって、負に帯電するウイルスがナノポア近傍に来ると、強力な静電気力が作用し、速やかにナノポア内に引っ張られる。当該過程において、ウイルスはナノポア内部のイオン輸送を一時的に妨げることから、観測するイオン電流にはパルス状の波形が現れる。我々はこのイオン電流パルス信号が、1 粒子の体積・形状・表面電荷・質量・表面タンパクによって複雑に変化することを明らかにし¹、さらにその知見から、イオン電流波形の違いにより 1 粒子の様々な物理特性を識別する機械学習アルゴリズムを開発した²。そしてこの 1 粒子解析法により、亜種を含むインフルエンザやコロナウイルスを含む 5 種類の呼吸器感染性ウイルスを 1 個のウイルスで 70%以上、10 個以上では 90%以上の精度で識別可能であることを実証した³。

¹ACS Sens. 5, 2530-2536 (2020); ACS Sens. 5, 1597-1603 (2020); ACS Sens. 4, 2974-2979 (2019); ACS Sens. 4, 748-755 (2019); ACS Sens. 3, 2693-2671 (2018); ACS Sens. 3, 2693-2671 (2018); J. Am. Chem. Soc. 139, 8286-8294 (2017); ACS Nano 10, 803-809 (2016).

²Sci. Rep. 10, 15525 (2020); Anal. Chem. 90, 1511-1515 (2018); Sci. Rep. 7, 17371 (2017).

³ACS Sens. 5, 3398-3403 (2020); J. Am. Chem. Soc. 140, 16834-16841 (2018); Sci. Rep. 8, 16305 (2018).

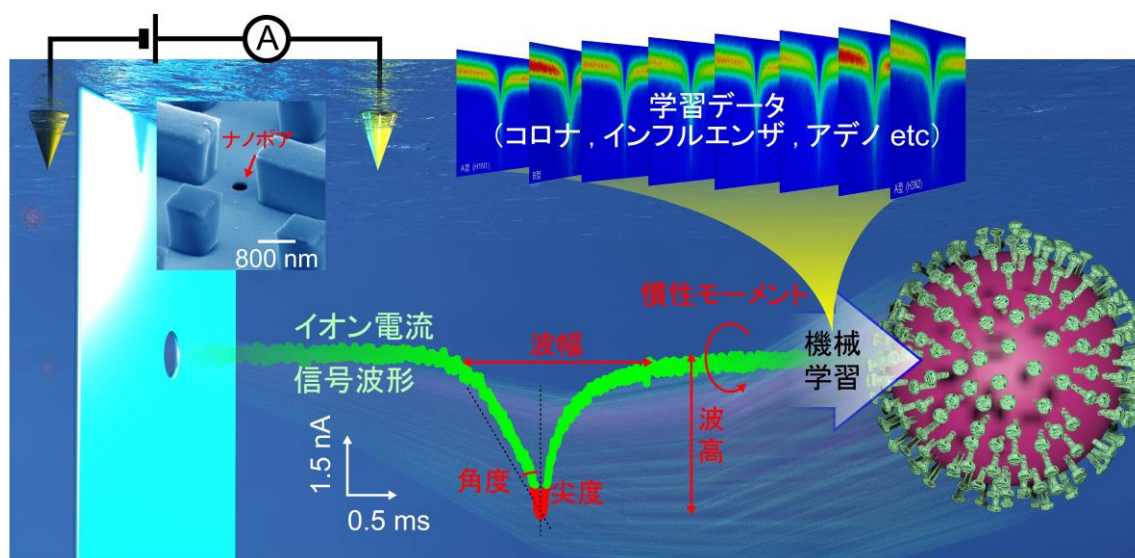


図 1. ナノポアセンサと機械学習による 1 ウイルス識別.