

走査型プローブ顕微鏡への機械学習を用いた 信号処理アルゴリズムの導入

Machine-learning-based noise-reduction for scanning probe microscopy

金沢大・数物¹、金沢大・WPI-NanoLSI²

○(M1)辰田 貴哉¹、渡邊 信嗣²

Math. & Phys., Kanazawa Univ.¹, WPI-NanoLSI, Kanazawa Univ.²

○(M1) Yoshiya Tatsuda¹, Shinji Watanabe²

E-mail: tatsuda4480712@stu.kanazawa-u.ac.jp

走査型プローブ顕微鏡の計測では、ノイズに埋もれた微小信号の検出がしばしば必要になる。典型例としては、探針からの信号が微弱かつ高速走査のために広帯域で信号を計測せねばならない場合である。ノイズ低減のために、シンプルな周波数フィルタリングによって信号検出帯域を制限し、時間分解能と折り合いをつける方法はよく用いられている。しかし、時間領域の計測情報から直接的にノイズ低減を行う手法は、これまであまり開発されていない。我々は、時間領域の計測情報からノイズに埋もれた信号の存在をリアルタイムに推定する信号処理アルゴリズムを機械学習の手法を用いて開発している。本研究では、開発したアルゴリズムを FPGA に実装し、走査型イオン電導顕微鏡(SICM)の計測にてその効果を検証したので報告する。

SICM 計測では、探針-試料表面間距離に依存する Fig.1 で示す計測信号（アプローチカーブ：緑線）を試料表面でマッピングすることが行われる。このため、アプローチする探針を適切な試料表面間距離でリトラクトする必要がある。従来手法は、緑線がセットポイント閾値を超えることをリトラクト判定のトリガとする（ST とする）。これに対して、開発したアルゴリズムは、緑線にノイズを全く含まない推定信号（赤線）が存在する確率をリアルタイムに算出し、これが閾値を超えることをトリガとする（MT とする）。Fig.2 に示すように、MT によるトリガ方法（青棒）は、しばしばセットポイントを超えるノイズが混入して ST でトリガが失敗する状況（橙棒）でさえ、適切な位置でリトラクトすることができ、ほとんど失敗しないというシミュレーション結果が得られている。発表では、開発したアルゴリズムの性質や性能を述べるとともに、実際にアルゴリズムを実装した SICM のイメージング結果を示し、アルゴリズムの有効性に関して議論する予定である。

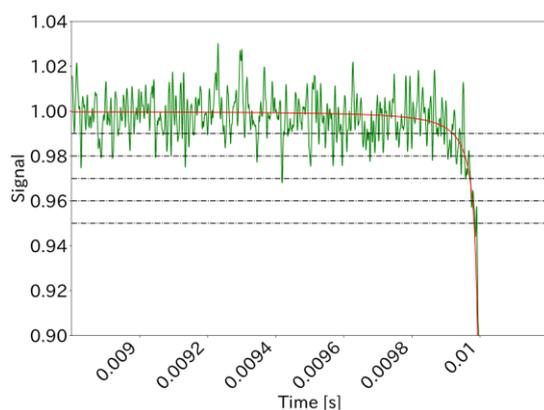


Fig.1 Approach curve

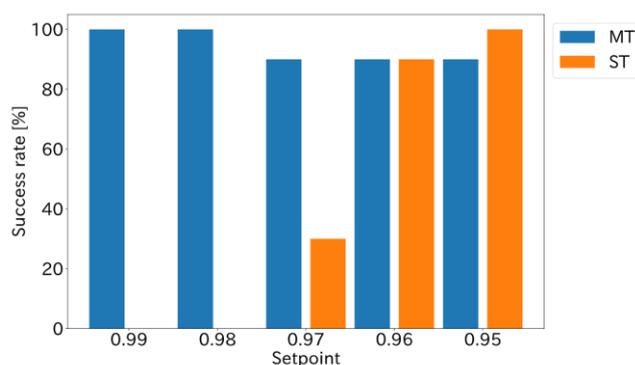


Fig.2 Comparison of success rate of MT and ST.