

## 機械学習を活用した W tip の電界イオン顕微鏡像の解析 Machine learning based analysis of field ion micrograph obtained from W tip

三重大院工<sup>1</sup>, 三重大工<sup>2</sup>, <sup>○</sup>山田 瑞貴<sup>1</sup>, 岡澤 正将<sup>2</sup>, 古川 滉大<sup>2</sup>,  
永井 滋一<sup>1</sup>, 畑 浩一<sup>1</sup>

Graduate School of Eng., Mie Univ.<sup>1</sup>, Faculty of Eng., Mie Univ.<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Mizuki Yamada<sup>1</sup>,  
Tadasuke Okazawa<sup>2</sup>, Kodai Furukawa<sup>2</sup>, Shigekazu Nagai<sup>1</sup>, Koichi Hata<sup>1</sup>

E-mail: 420m250@m.mie-u.ac.jp

電界イオン顕微鏡(FIM)は、先端を数 10~100 nm に先鋭化させた試料表面の原子配列を観察できる顕微鏡である。そのため、FIM 像は、原子分解能での表面原子配列、結晶構造、格子欠陥などに関する多くの情報を含んでいる。しかし、原子位置を反映する輝点が多数あり、その像形成の原理も複雑であるため、FIM 像に反映される全ての情報を手動で解析することは容易ではない。そこで本研究では、機械学習を用いることで FIM 像の解析モデルの構築を進めている。

開発環境には Colaboratory(Python3.6.9)を使用し、Keras を用いた畳み込みニューラルネットワーク(ノード数 512, レイヤー数 3)を構築することで、FIM で観察された W tip の結晶方位 ( $\langle 001 \rangle$ ,  $\langle 110 \rangle$ ,  $\langle 111 \rangle$ ) を判別させ、その精度を評価した。機械学習に用いる訓練データには、実験によって得られるタングステンの FIM 像、およびシミュレーション結果(Fig. 1(a)-(c))を用いた。また、FIM 像の実験データの判別精度向上を目的に、Fig. 1(d)の FIM 像に Fig. 1(e)のような画像処理(閾値処理)を施すことでノイズを除去した。

訓練データに画像処理を施していない実験結果を用いた場合、結晶方位の判別精度は 70%程度にとどまった。一方、閾値処理を行った場合、精度は約 90%まで改善され、学習回数の増加に伴って収束した(Fig. 2)。このことから、閾値処理が実験データの FIM 像の結晶方位の判別精度向上に有効であることが明らかになった。以上の結果から、機械学習を用いることで FIM 像解析の一部を自動化可能であることが示された。講演当日は、FIM 像に含まれる個々の結晶面を同定するモデル構築について報告する。

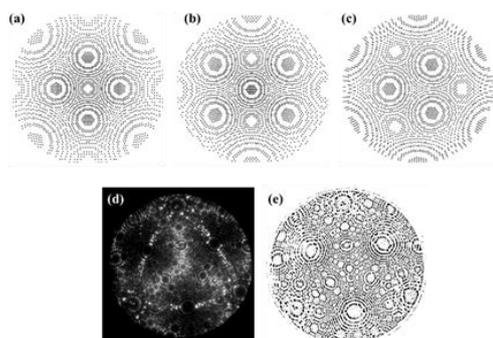


Fig.1. Simulated FIM images of (a)  $\langle 001 \rangle$ , (b)  $\langle 110 \rangle$  and (c)  $\langle 111 \rangle$  oriented W tips. (d) experimental result of FIM image of W  $\langle 111 \rangle$  tip and (e) FIM image modified by threshold process of (d).

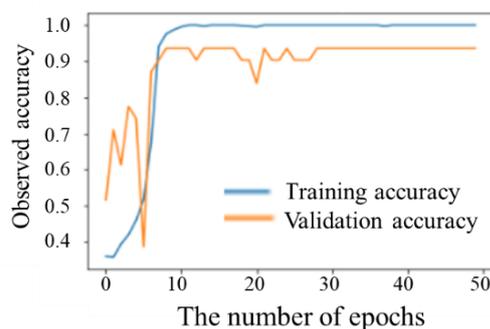


Fig.2. Accuracy of identifying the crystal orientation of W tip by machine learning using threshold-processed FIM images