

深層学習を用いた多種誘電体材料のレーザー深穴加工シミュレータ開発

A deep learning-based simulator for deep-hole laser drilling in multiple dielectrics

東大物性研¹, [○](D)島原 光平¹, 谷 峻太郎¹, 櫻井 治之¹, 小林 洋平¹

ISSP, Univ. Tokyo¹, [○]Kohei Shimahara¹, Shuntaro Tani¹, Haruyuki Sakurai¹ and Yohei Kobayashi¹

E-mail: kshimahara@issp.u-tokyo.ac.jp

誘電体材料において高アスペクト比な穴を高速・高品質に形成する技術として、超短パルスレーザー加工が注目されている。超短パルスレーザー加工により形成される深穴の形状は様々な加工パラメータに非自明に依存するため、適切な加工条件の効率的な探索にはシミュレータが必要である。しかし、深穴の加工現象は多様な時空間スケールの効果から構成されるため、基礎方程式を用いた物理モデルの構築は難しい。そこで我々は深層学習を用いたモデル構築方法を考案し、最適化に実用可能なシミュレータの開発に成功した[1]。これまでに開発したシミュレータは1種類のガラスにのみ適用可能だったが、本発表では、シミュレータの適用範囲の多種材料への拡張について報告する。

Figure 1a に構築したシミュレータの概念図を示す。本研究では、5種類の光学材料(ホウケイ酸ガラス、石英ガラス、塩化ナトリウム、フッ化カルシウム、酸化マグネシウム)の加工データを学習データとし、パルスエネルギー、7種類の物性値、初期形状から20パルス照射後の深穴形状を予測するニューラルネットワーク(NN)を訓練した。訓練済NNは、予測形状を繰り返し自身に再入力することで、20パルス照射毎の深穴の成長過程を計算することができる。Figure 1b-f に NN を用いたシミュレーション結果を示す。NN は、20パルス照射毎の過渡的な形状変化も含め全材料について実験データを高精度に再現した。

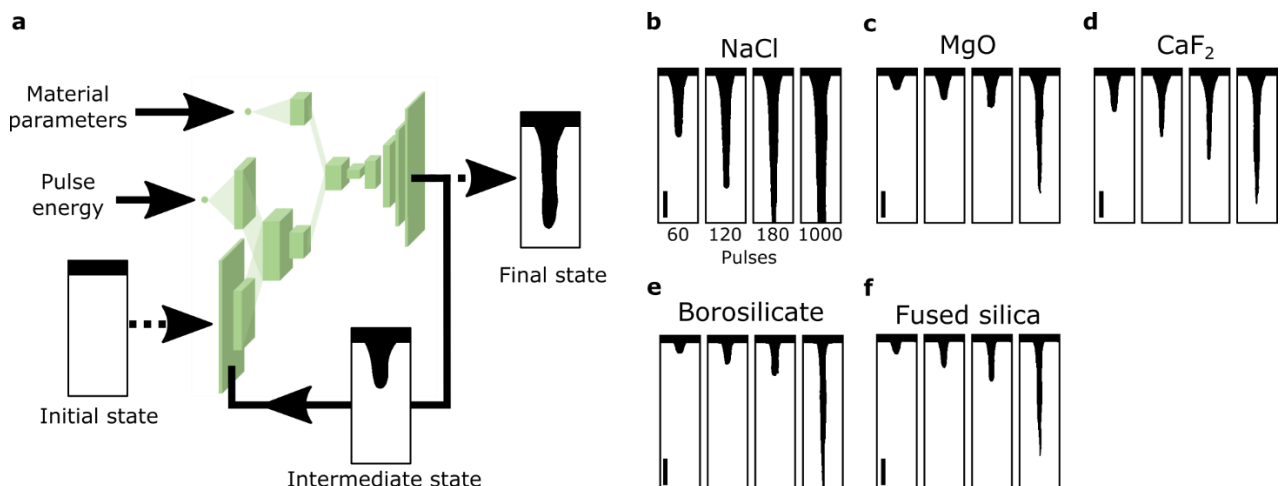


Figure 1 Simulation concept and results. **a** Diagram of iterative simulation using a neural network. **b-f** Simulation results after for **a** sodium chloride, **b** magnesium oxide, **c** calcium fluoride, **d** borosilicate glass and **e** fused silica glass, after 60, 120, 180 and 1000 irradiated pulses. Scale bars are 100 μm .

[1] Shimahara, K., Tani, S., Sakurai, H. & Kobayashi, Y. A deep learning-based predictive simulator for the optimization of ultrashort pulse laser drilling. *Commun. Eng.* **2**, 1 (2023)

【謝辞】 本研究は、NEDO委託事業「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」およびSIP委託事業「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」およびQ-LEAP委託事業「光量子科学によるものづくりCPS化拠点」により実施したものです。