

## 深層学習によるレーザー加工過程のシミュレーション

### Simulating laser ablation process using deep neural network

東大物性研<sup>1</sup> ○谷 峻太郎<sup>1</sup>, 小林 洋平<sup>1</sup>

ISSP, Univ. Tokyo<sup>1</sup>, °Shuntaro Tani<sup>1</sup>, Yohei Kobayashi<sup>2</sup>

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

超短パルスレーザーによる加工は精密な微細構造や機能性を持つ表面を形成する手法として盛んに研究が行われている[1-2]。超短パルスレーザーを用いたレーザー加工においては強い光場による物質状態の塗り替えが起こるが、この過程の基礎となるレーザーアブレーションは光の場からエネルギーを受ける電子・プラズマ系とそれらにより駆動される格子-原子・イオン系が非平衡・不可逆系として非線形に相互作用する、挑戦的かつ未解明な研究課題である。レーザー加工過程全体を通してみると時間領域では光の1サイクルであるフェムト秒オーダーから実際の加工時間である秒オーダーの15桁、空間領域では原子の大きさであるオングストロームから加工対象のスケールであるミリメートルまでの8桁に渡るマルチスケールな現象である。それぞれのスケール毎に異なる物理現象が表出するが、レーザー加工を応用に用いる観点からとりわけ重要なのがレーザーパルス照射により作られる表面形状である。レーザー照射により作られた極限状態はナノ秒程度のタイムスケールで冷却・凝固し、新たな表面表面を形成する。このため次のレーザーパルスと表面との相互作用は近接場や物質の構造変化により、前のパルスとは異なる様相を呈する。我々はパルス毎の表面変化に着目し深層学習を用いる方法でレーザー加工過程全体をシミュレーションする手法を開発している。これまで深層学習を用いたシミュレーターを構築するためレーザー加工と精密測定を全自動で行う装置を構築し[3]、レーザー加工過程やその場計測のモデリングを行ってきた[4]。全自動化によりパルス照射毎に生じる形状変化をナノメートル精度で測定することが可能になるとともに、10万データ規模のデータが取得可能になった。本シンポジウムではこのようにして得られたレーザー加工形状変化に対する大規模データに対して深層学習を適用することでレーザー加工過程のモデル化し構築した深層学習シミュレーターの適用可能範囲と限界について議論する。

本研究の一部は、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」により実施した。

- [1] A. Y. Vorobyev and C. Guo, *Laser Photonics Rev* **7**, 385 (2013).
- [2] I. Gnilytskyi, *et al.*, *Scientific Reports* **7**, 8485 (2017).
- [3] S. Tani and Y. Kobayashi *Appl. Phys. A* **124**, 265 (2018)
- [4] S. Tani, Y. Aoyagi and Y. Kobayashi *Opt. Express* **28**, 26180 (2020)