

温度分布からレーザー照射座標を推定するAIの開発

Development of AI for Estimating Irradiation Coordinate from Temperature Distribution

中尾根 美樹¹⁾

指導教員 大久保 友雅¹⁾

1) 東京工科大学 大学院 工学研究科 サステイナブル工学専攻 光・エネルギー (大久保) 研究室

キーワード: 機械学習, レーザ加熱試験, ニューラルネットワーク

1. はじめに

比強度と耐熱性の高いSiC/SiC CMCは、次世代航空機エンジンの材料として期待されている。実用化に向けて、高温環境下での物理的特性を明らかにするために加熱試験に関する研究が行われている。本研究室では、ガルバノスキャナによってレーザーの照射スポットを走査させ、加熱対象を任意の温度分布に加熱することが可能な Selective Laser thermoregulation 法と名付けた加速加熱試験手法を開発している^[1]。しかし、例えば正方形の領域を均一に加熱するレーザーの照射条件を考えるだけでも図1の例のように膨大な組み合わせが存在する。現在は、理想の温度分布となるようにレーザーパワーや照射座標、走査速度といった照射条件のパラメータを人が決定している。しかし、照射条件の自由度が高く、理想の温度分布となるような照射条件を見つけるのは困難である。

そこで、温度分布からその温度分布を再現するためのレーザー照射条件を推定するAIの開発を行っている。先行研究では、最も基本的なパラメータであるレーザーパワーの推定に成功した^[2]。本研究では、レーザーの照射座標を推定するAIを開発した。

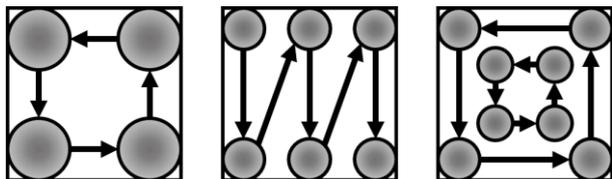


図1 様々な照射条件の例

2. 数値計算によるデータセットの作成

AIの学習や評価に使用するデータセットを数値計算により作成した。40 mm × 40 mm × 3 mm (厚さ)の試験片にレーザーを1点に照射したときの温度分布である。1に示す通り、5つの照射条件を変えて数値計算を行い、計16807の温度分布を生成した。データの64%は訓練データ、16%は検証データ、20%のデータはテストデータとした。

3. 開発したニューラルネットワークについて

本研究では、全結合ニューラルネットワーク (FCNN: Fully connected neural network) を用いて学習及び評価を行った。

FCNNのネットワーク構成を図2に示す。入力は、41行41列の2次元温度分布を1681要素の1次元ベクトルに変換したデータである。図2に示すようにノード数が500, 200, 30の中間層が3層あり、出力層では予測した照射座標 x または照射座標 y を出力する。損失関数は Mean squared error (MSE)、オプティマイザは Adaptive moment とした。

表1 照射条件の設定

照射条件	各照射条件のパラメータ
照射座標 x	-12から12 mm (4 mm刻み)
照射座標 y	-12から12 mm (4 mm刻み)
レーザーパワー	400から4000 W (600 W刻み)
ビーム半径	2から8 mm (1 mm刻み)
照射時間	0.2から0.8 s (0.1 s刻み)

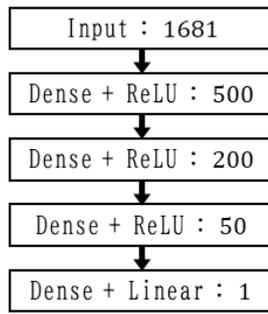


図 2 FCNN のネットワーク構成

4. 学習

訓練データを用いて温度分布と照射座標の関係について AI に学習させた。学習時の様子を図 3 に示す。エポック数が増えるにつれて、MSE の値が大幅に減少し、AI の学習が行えていることが分かる。

5. 評価とまとめ

次に、テストデータを用いて評価した結果を図 4 に示す。横軸は、教師データと AI が予測した照

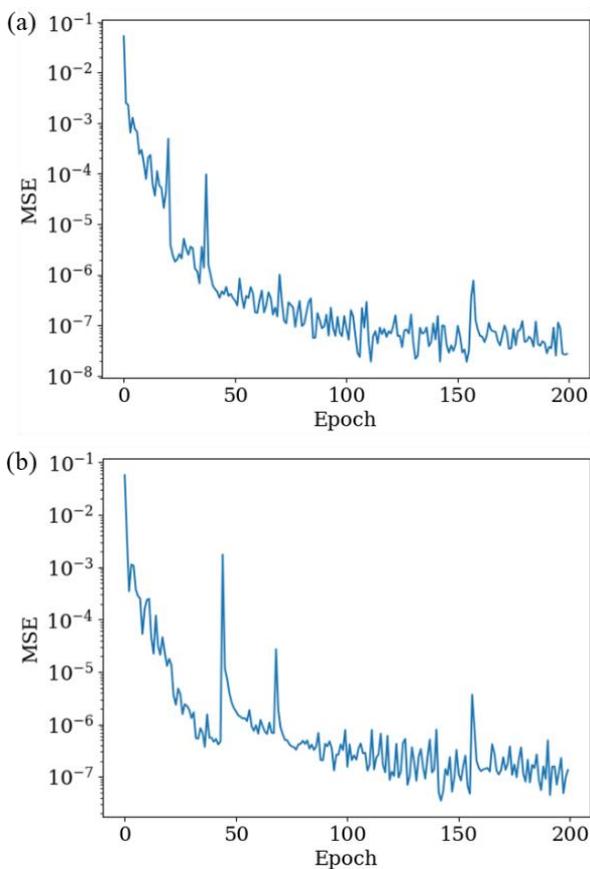


図 3 エポックと MSE との関係

(a) 照射座標 x の予測, (b) 照射座標 y の予測

射座標の差である。図 4 より、AI は教師データに近い値を予測したことが分かった。照射座標 x を予測した 98% のデータと照射座標 y を予測した 97% のデータは、予測誤差が 0.6 mm 未満であった。

また、式(1)に示す MAE を用いて評価を行ったところ、 x 座標を予測したときの MAE は 0.22 mm、 y 座標を予測したときの MAE は 0.19 mm であった。

n 、 α_i 、 β_i はそれぞれデータ数、 i 番目の予測値、 i 番目の教師データの値である。

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\alpha_i - \beta_i| \quad (1)$$

以上の結果から、本研究で開発した AI により温度分布から照射座標を推定できることが分かった。

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業 (JPNP20004) の結果得られたものです。

参考文献

- [1] H. Koshiji, et al.: J. Laser Micro Nanoeng.15 (2020) pp.174-177.
- [2] M. Nakaone, et al.: J. Laser Micro Nanoeng.16 (2021).

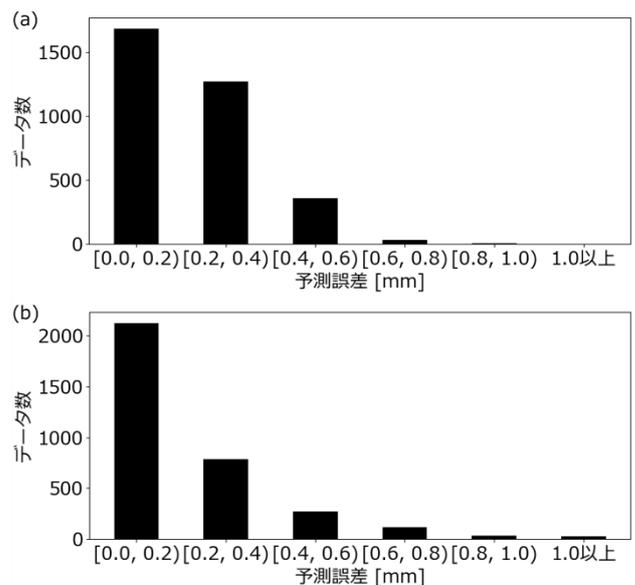


図 4 AI の予測誤差とデータ数との関係。

(a) 照射座標 x の予測, (b) 照射座標 y の予測