

## フェムト秒レーザー粒子集積プロセスにおける集光部近傍の伝熱解析

### Heat transfer analysis in femtosecond laser-induced nanoparticle assembly

山形大院理工, °西山 宏昭, 沼田 洸, 青山 昌央

Yamagata Univ., °Hiroaki Nishiyama, Hiroshi Numata, Masaharu Aoyama

E-mail: nishiyama@yz.yamagata-u.ac.jp

我々は、非感光性材料を含む超広域材料群に拡張可能な光パターンニング手法として、機能性コロイド粒子のレーザー集積固化プロセスの開発に取り組んでいる。同プロセスは、材料の感光性に制限されることなく、セラミックスや金属、半導体、生体親和性材料など幅広い材料群のレーザー描画を可能とする[1-3]。この集積固化機構として、集光部で光析出した Ag が起点となった熱バブル発生と周辺対流の駆動を提案してきた。これまでに、集光部でのマイクロバブルの直接観察とこの熱バブルに連動した強力な対流の観測に成功している。今回、光析出した Ag と集光部近傍の温度場の解析を行い、マランゴニカの分布と実験的に観察した周辺対流の関係を評価した。

光源として近赤外フェムト秒レーザー（中心波長 780 nm，繰返し周波数 100 MHz）を用い、微粒子が分散した AgNO<sub>3</sub> 溶液へと集光した。対流は PS ビーズ（粒径 2 μm）を分散した AgNO<sub>3</sub> 溶液を用い高速度カメラで観察した。伝熱解析は Comsol Multiphysics での有限要素法で行った。

図 1 は、提案している粒子集積固化機構に基づき、レーザー描画された Ag ライン先端部で直径 10 μm のバブルが存在する場合を想定した温度場である。Ag の高い熱伝導率のため、集光部で生じた熱が直ちに走査方向に対して後方に伝わり、バブル表面の Ag ライン接触部の温度が上昇する。一方、そのバブル表面の対角位置はバブル内側媒質の低い熱伝導性のため比較的低温のまま保たれる。この温度差とその配置に対応して、レーザー走査方向に対して傾きを持ちつつ、バブル後方から前方斜め下方へ向かうマランゴニカが生じることが明らかとなった。傾斜した対流を含めたこれら分布は我々が観察してきた集光部近傍での対流とよく整合しており、これまで我々が提案してきた光析出した金属コアとバブルを介した粒子集積機構の妥当性を示している。

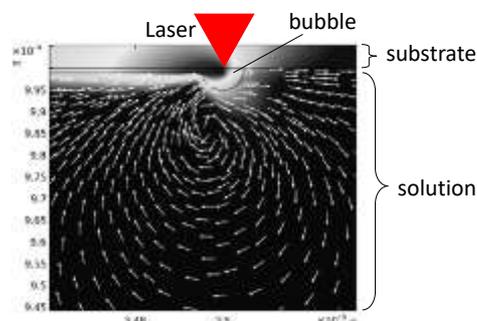


Fig. 1 Distribution of Marangoni force around the laser focus.

[1] H. Nishiyama, et al., Sci. Rep., 9 (2019) 14310. [2] H. Nishiyama, et al., PCT/JP2022/005217. [3] 西山ら, WO2019/078100.