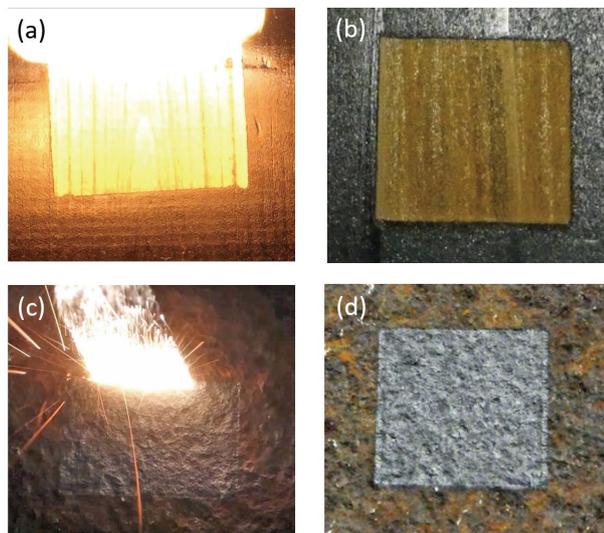


## CONTENTS

- 高輝度CWレーザーを用いた表面クリーニングの可能性
- LIM2019国際会議報告
- オープンセミナー「レーザー加工からインフラ診断まで」を開催～第1回 光・レーザー関西2019～



【表紙図】CWレーザー（掃引速度1,125 mm/s）による表面クリーニング試験  
 (a) 塗装木材試料の照射中、  
 (b) 同照射後、  
 (c) 錆びた鉄板の照射中、  
 (d) 同照射後、の表面写真

## 高輝度CWレーザーを用いた表面クリーニングの可能性

主席研究員 藤田雅之

### ◆ファイバーレーザーの高性能化

Qスイッチを使わずにYAGレーザーをパルス発振させようとする、パルス幅は励起用フラッシュランプの点灯時間に依存することになり、数100マイクロ秒からミリ秒のパルスが得られる。このような長パルスは溶接に使われたり、材料を溶かしてアシストガスで吹き飛ばすことで厚板の切断に使われてきた。

近年、ファイバーレーザーの高出力化と共に高輝度化が進み、連続波(CW)であっても $10^4 \sim 10^5 \text{ W/cm}^2$ の照射強度を容易に実現することが可能となってきている。従来は加熱用光源としてのミリ秒パルスあるいはCWレーザーであったが、光源の高輝度化によりアブレーションを伴う除去加工用としても使うことができるようになってきている。

### ◆ビームデリバリ機器の高性能化

また、高速掃引を可能とするガルバノスキャナが市販されており、CWレーザーであっても試料に対してパルス的なレーザー照射を行うことができる。例えば、

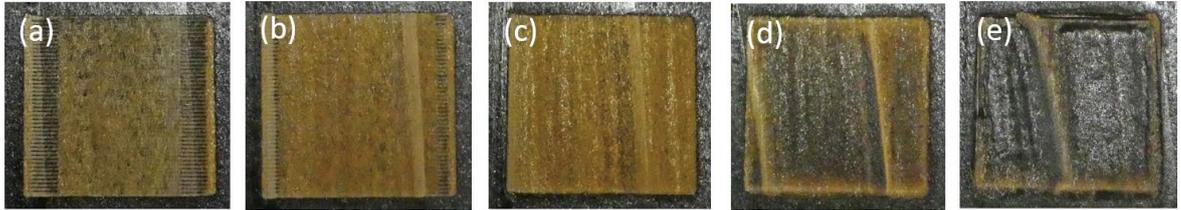
直径1 mmのスポットを10,000 mm/sで掃引すると、試料が感じるレーザー照射時間は100マイクロ秒となる。ガルバノスキャナはパソコンで制御され、テンキーとマウスクリックで簡単に掃引速度を4～5桁にもわたって変えることができる。

昨年のレーザークロス(No.364, 2018 Jul.)でも報告したが、CWレーザーと高速掃引を組み合わせて、塗装を除去する技術が注目を集めている。熱影響を観察しやすい木材を試料として、掃引速度を約200～4,500 mm/sまで変えながらCWレーザーを照射した事例を紹介する。

### ◆最適な掃引速度で

図1に、黒色に塗装された木材(松)に対して154 WのCWレーザーを掃引速度 (a) 4,500 mm/s、(b) 2,250 mm/s、(c) 1,125 mm/s、(d) 450 mm/s、(e) 225 mm/sで照射した結果を示す。レーザースポット径は約1 mmであった。掃引速度が遅い場合は木材の炭化が見られている。塗装除去としては不適切な条件であ

るが、外壁材として用いられている「焼き板」作りに使えるかもしれない。一方で、掃引速度



【図1】黒色に塗装された木材(松)に対してCWレーザーを掃引速度 (a) 4,500 mm/s、(b) 2,250 mm/s、(c) 1,125 mm/s、(d) 450 mm/s、(e) 225 mm/sで照射した結果  
レーザースポット径は約1 mm

塗装の除去が不完全となる。往復掃引の場合はビームを折り返すところで顕著な加減速が生じるために、照射領域の両端で母材表面に掃引の痕がくっきりと観察されている。いずれにせよ、最適な条件を選ぶことにより、下地の材料を再利用可能な状態で塗膜の除去を行うことができる。

#### ◆木材も鉄板も

興味深いことに、図1 (c)と全く同じ条件で錆び付いた鉄板にレーザーを照射すると、綺麗にサビを除去できることが確認された。表紙図に、(a) 塗装木材試料の照射中、(b) 同照射後、(c) 錆びた鉄板の照射中、(d) 同照射後、の表面写真を示す。照射中の様子と比較すると、木材の場合は炎が吹き上がり(図2(a))、鉄板の場

合は火花が飛び散って(図2(c))表面の除去が進行している。

#### ◆実用化に向けて

高輝度のCWレーザーと高速掃引技術を組み合わせることでさまざまな試料の表面除去(表面のアブレーション加工)が可能となることが分かってきた。今後は、酸化被膜の形成状況(金属の場合)など母材への熱影響や、表面クリーニング後の再塗装のノリの良しあしなどを評価していくことが実用化への重要な課題であると考えられる。

謝辞：本研究の一部は公益財団法人天田財団平成29年度一般研究開発助成により実施されたものであり、ここに感謝の意を表します。

## LiM2019国際会議報告

主席研究員 藤田雅之

#### ◆国際会議LiM2019開催される

去る6月24日～27日にドイツ・ミュンヘンの国際会議場でLiM2019 (Lasers in Manufacturing 2019)が開催された。LiMは“World of Photonics Congress”(WoP)と呼ばれる巨大なイベントの一部となっており、2年おきに開催されている。WoPは7つの国際会議と巨大な展示会の集合体であり、いずれかの会議に参加登録するとすべての会議および展示会に入場できる仕組みとなっている。主催者発表によると、国際会議(61カ国から4,675の参加者)は学術的・技術的報告が総数として3,635(lectures and presentations)、展示会は42カ国から1,290の出展者といった規模であった。WoPへの参加者は6,717人(国際会議登録者は4,675人)で、この内LiMへの参加者は約350名で、225の講演が42のセッションで行われた。

#### ◆CFRPのレーザー加工

CFRPのレーザー加工については、以前ほどの盛り上がりが見られなかった。発表が色々なセッションに分散しており、“Cutting and CFRP Processing”と題したセッションでも会場が小さく、CFRP加工の講演は12件中1件だけであった。すべての講演を聴講したわけではないが、【写真1】WoP会場(コーヒーブレイク)にて



結局CFRPを対象とした講演は3件しか聴けなかった。

1件目はオランダのデルフト工科大から出力1 kWのXeCl レーザー(波長308 nm、パルス幅200 ns)を用いたCFRP製航空機翼への多穴加工の報告であった。航空機翼には直径100  $\mu\text{m}$ の穴を1 mm間隔で50万個開ける必要があるとのことであった。穴開け時の物質除去レートは、12,800 J/cm<sup>3</sup>で、厚さ300  $\mu\text{m}$ の板に穴を開けるのに50~100発のパルスを要していた。加工時間短縮のためにアキシコンレンズやDOE(回折光学素子)を用いた多穴一括加工の試みも行われていた。

2件目は東大からNEDOプロの成果報告であった。出力は1 Wであるが、紫外レーザー(波長258 nm、パルス幅5 ns、繰り返し10 kHz)を用いて厚さ1.6 mmのCFRPの高アスペクト穴開けを高速で行っていた。およそ1.3秒で1穴を貫通したという報告であり、X線CTで観察した穴のアスペクト比は50以上となっていた。

3件目はFraunhofer ILTからCWレーザーを用いたCFRPとGFRPの複合試料の加工の報告があった。BMW 7シリーズのパーツ(roof bow)を想定しCFRPとGFRPを重ねた複合試料を5 kWのファイバーレーザーで加工(edge trimming)し、掃引速度と掃引毎に設ける冷却時間の最適化を試みていた。掃引速度と切断に

必要な掃引回数は概ね比例関係にある(掃引速度が速い程、掃引回数が増える)ものの、熱の蓄積を避けるためには掃引毎に0.2秒以上の時間(interval time)を設けた方が良いとのことであった。熱影響を抑制するためには数m/s以上の高速掃引を行うことが求められるが、トータルの加工時間は掃引毎の冷却時間も含めて評価しなければならない。

#### ◆ファイバーレーザーのApplication Panels

“CW Diode Pumped Solid State Lasers and Fiber Lasers”と題したApplication Panelsがあったが、内容はファイバーレーザーを販売している5社(IPG、TRUMP、COHERENT、SPI、nLight)が自社の製品紹介(自慢)をするといった内容であった。最近のファイバーレーザーは、ワーク上での光強度分布をリング状にすることがトレンドとなっている。これまで薄板の切断には点集光が使われていたが、対象物が厚くなるとリング状の集光が有利になるといった実験結果が出ているようである。各社独自の技術でそれを実現していた。

#### ◆次回の開催予定

次回のWoPは、2年後の2021年6月20日~24日に開催される予定である。

## オープンセミナー 「レーザー加工からインフラ診断まで」を開催 ～第1回 光・レーザー関西2019～

### ■関西発の光技術展示会

去る7月24日~25日、マイドームおおさか(大阪市中央区)にて、光・レーザーに関する技術展示会「第1回光・レーザー関西2019」(主催:先端センサ・シンポジウム実行委員会/株式会社オプトロニクス社)が開催されました。2025年に大阪・関西万博を控え科学技術への関心が高まる中、関東地区で開催されるOPIE(4月)や光とレーザーの科学技術展(11月)などの大規模な展示会の関西地区での開催が期待されておりました。本展示会は、関西発の大規模な展示会としての第1回目となります。加えて、画像計測機器に関する「センサソリューション&技術展」、「先端センサ・シンポジウム」も同時開催されました。展示会には80余りの企業や研究機関、団体からの出展があり、来場登録者数は2日間で約1600名(主催者発表)に及びました。当

研究所では「光・レーザー関西」への出展ならびに併催イベントとして、オープンセミナー「レーザー加工からインフラ診断まで」を開催いたしました。

### ■ILTオープンセミナーを開催

7月25日には、同会場にてレーザー総研オープンセミナー「レーザー加工からインフラ診断まで」(平成30



【写真1】オープンセミナーの様子



【写真2】野田進教授による特別講演

年度研究成果報告会)を開催いたしました。特別講演では、京都大学大学院野田進教授より「フォトリック結晶レーザーの現状と将来展望」と題し、スマートモ

ビリティ(自動運転技術)など未来技術への応用が期待される高輝度フォトリック結晶レーザー(屈折率が周期的に変化するナノ構造体(フォトリック結晶)を共振器内に配した大面積・高輝度発振が可能な半導体レーザー)の開発状況と今後の展望についてご講演いただきました。

当研究所からは、微細加工から建材の加工までさまざまな材料に合わせたレーザー加工技術の利用法や、海中物質を高感度で検知する海中リモートセンシング、キロワット高出力CWレーザーの開発、共鳴ラマン効果を利用した大気中の微量物質計測技術、コンクリートインフラの健全性を高速診断するレーザー遠隔計測技術など、レーザー応用技術の基礎と現状について解説するとともに、当研究所の最新の研究成果を報告いたしました。また休憩時間には研究員全員がポスター発表を行いました。当日は定員をこえる80名以上にご参加いただき、多くの貴重なご意見をいただきました。

### ■「泰山賞」贈呈式

セミナー内にて今年で11回目を迎えた「泰山賞」の贈



【写真3】泰山賞贈呈式(上列左から島田義則主任研究員、御崎哲一氏、下列左から井澤靖和所長、山内和人氏、伊藤弘昌氏、朝倉俊彦氏、中塚正大副所長)

呈式を行いました。今回は次の方々が受賞され、井澤靖和所長より賞状と記念品を贈呈いたしました。

### 【レーザー功績賞】

「非線形光学と波長可変テラヘルツ光源の研究」

伊藤 弘昌 氏

### 【レーザー進歩賞】

「超高性能X線集光鏡の開発」

山内 和人 氏

「レーザーによるインフラ点検技術の開発」

御崎 哲一 氏、朝倉 俊彦 氏、島田 義則 氏

### ■「光・レーザー関西」に出展

展示ブースでは、当研究所の技術紹介ビデオの上映、パネル展示や本誌のバックナンバーの展示・配布を行いました。期間中は多くの方にお立ち寄りいただきました。コンクリート健全性評価やレーザー加工、海中リモートセンシング技術などへの関心が高く、多くのご質問やご相談をいただきました。

### ■次回開催予定

来年の「第2回 光・レーザー関西」は2020年7月21日～22日、同会場で開催されます。当研究所も引き続きオープンセミナーの開催などを予定しておりますので、ご興味のある方は是非足をお運びいただければと思います。



【写真4】ポスター発表



【写真5】展示会の様子