ISSN 0914-9805
Institute for Laser Technology
LASER CROSS レーザー・クロス
2015, Jul.
No. 328

CONTENTS

理事長交代のごあいさつ
【新任ごあいさつ】【退任ごあいさつ】
CFRPの高品質・高効率加工を目指して
【光と蔭】過ぎたるは及ばざるがごとし
The 5th Asian and Pacific-Rim Symposium on Biophotonics報告
主な学会等報告予定

理事長交代のごあいさつ

【新任ごあいさつ】

新理事長　大石富彦

橋本前理事長の後を継ぎ、レーザー技術総合研究所の理事長という大任を仰せつかりました。光栄に存じますとともに、その責務の重大さを痛感している次第でございます。皆様方関係各位のご協力の下に重責を務めてまいる所存でございますので、何とぞよろしくお願い申し上げます。

ご承知のように、レーザー技術は、計測、情報処理、光化学、プロセス加工、バイオ、宇宙技術等の広範な分野で実用化が進んでおり、ＣＤ、ＤＶＤ、プリンターなど、日常生活にまで深く浸透して重要な役割を担っております。レーザー技術の産業分野への応用は、まさに科学技術の最先端を行くもので、常に新しい研究分野と応用領域が拡大しつつあります。また、今年は国際光年であり、レーザーを含む光技術の重要性が一層認識されるものと思われます。

わが国の第5期科学技術基本計画（平成28～32年度）の策定に向けて検討が始まっており、政策の重点として「未来の産業創造・社会変革に向けた取組」、「基盤的な力の育成・強化」、「直面する経済社会的な課題への対応」が示されております。レーザー技術はこれら3点のすべてに通底する基礎基幹技術であり、今後も無限の可能性を秘めたものです。

当研究所の設立理念は、大学を始めとしたこれらレーザー技術の研究成果をいち早く産業界のニーズに結びつけ、レーザーとその関連産業の振興のみならず、ひいてはわが国の繁栄と未来に貢献することです。その原点を今一度見つめ直し、日々努力を重ねて参りたいと思います。

「光の時代」といわれる今世紀に向けて、所員ともども今後とも邁進する所存でございますので、皆様方には、当財団へのなお一層のご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げまして就任のごあいさつといたします。

【退任ごあいさつ】

前理事長　橋本徳昭

このたび、大石　新理事長へバトンを譲ることとなりました。これまで、何とか職責を果たすことができましたのも、ひとえにご支援、ご協力をいただきました皆様方のおかげであり、改めて厚く御礼申し上げる次第でございます。

振り返りますと、私が担当したこの6年間での財団運営面の大きなトピックとして公益法人制度改革に伴い、平成24年4月に公益財団法人レーザー技術総合研究所として新たな

次ページへつづく▶

スタートを切ったことが挙げられます。公益財団法人では、その活動が広く一般社会の利益増進に寄与することを強く求められておりますので、わが国の光・レーザー産業の発展に資するべく研究を進めるとともに、セミナーやシンポジウムの開催、広報誌の発行などの事業を積極的に進め、成果の情報発信に努めてまいりました。 研究成果では、省エネルギー化に資するCFRPなどの先端材料のフェムト秒レーザー微細加工、レーザー超音波を利用したコンクリート建造物の欠陥検査など、実用化に近づいた研究成果も出てまいりました。次世代半導体製造に必須のEUV光源技術開発や光学素子の損傷耐力評価などでは、産業界との強い連携の下で研究を進めています。

また、ホームページ上で開設いたしました技術相談窓口では、産業界からの技術相談に積極的に取り組んで参りましたが、非常に好評をいただき、中小企業やベンチャー企業の技術開発の一翼を担うことができたのではないかと自負いたしております。

レーザー技術総合研究所がこれまでの蓄積をバネに今後さらに大きく飛躍していただくことを祈念いたしますとともに、甚だ微力ではございますが陰より応援させていただきたいと思います。

今後とも皆様には引き続きご支援、ご協力を賜りますようよろしくお願い申し上げまして、退任のごあいさつとさせていただきます。

CFRPの高品質・高効率加工を目指して

主席研究員　藤田雅之

◆CFRPレーザー加工のデータベース

これまで、赤外超短パルスレーザー（波長800nm、パルス幅100 fs/200 ps：レーザークロスNo.267、292）や紫外ピコ秒レーザー（波長266 nm、パルス幅35 ps：レーザークロスNo.316）を用いたCFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic：炭素繊維強化樹脂複合材）の加工について報告してきた。加工品質や加工速度、フォトンコスト等は互いにトレードオフの関係にあるため、レーザーの波長やパルス幅を用途に応じて最適化することが重要となる。今回は、超短パルスレーザーではなく紫外域ナノ秒レーザーを用いた加工実験について報告する。

◆60Wクラス高出力紫外ナノ秒レーザーでCFRPを加工

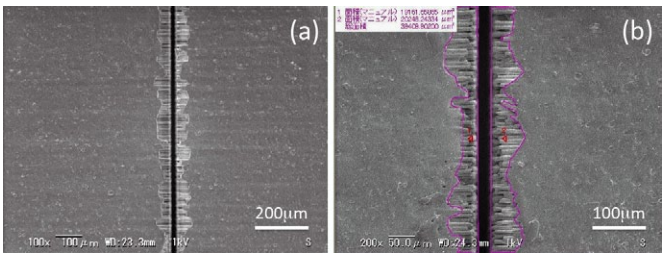
スペクトラ・フィジックス社のご厚意により、平均出力60 W、波長355 nmのナノ秒レーザーQUASAR®とSCANLAB社製ガルバノスキャナをお借りして実験を行った。レーザー光を厚さ250 μmの一方向PAN系CFRPシートに集光照射して切断した。集光スポットは直径25 μmで、ガルバノスキャナを用いて最大37,000 mm/sでビームを掃引した。

◆フレキシブルなパルス波形

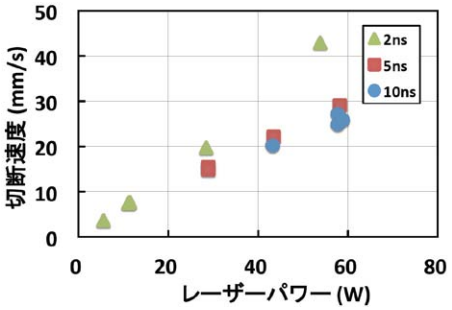
QUASAR®の最大の特徴はフレキシブルな出力パルス波形にある。TimeShift™と名付けられた技術により、2 nsから100 nsまで自由にパルス幅を変えることができるとともに、パルスを分割してバーストパルスを発生させることも可能となっている。今回の実験ではパルス幅を2 ns、5 ns、10 nsと変化させて、切断速度と熱影響領域（HAZ:Heat Affected Zone）を評価した。また、10 nsのパルスを二つの5 nsパルス、五つの2nsパルスに分割したバーストパルス（サブパルスの間隔は約25 ns）による同様の実験も行った。図1に典型的な加工サンプルの走査型電子顕微鏡写真（SEM像）を示す。HAZはSEM像において炭素繊維が露出した面積（図1(b)）から評価した。

◆ピークパワーが一定だと

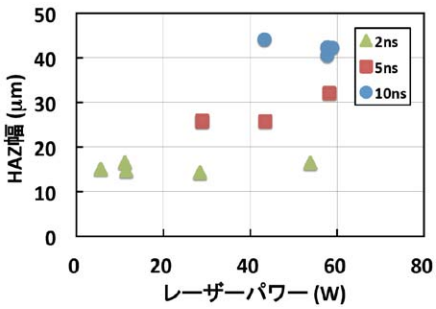
パルス幅を2 ns、5 ns、10 nsと変化させた実験では、ピークパワーを200 kWに固定し、パルスの繰り返し周波数を変化させて平均パワーを調整した。図2に切断速度のレーザーパワー依存性を、図3にHAZ幅のレーザーパワー依存性を示す。パルス幅が短いほど切断速度が



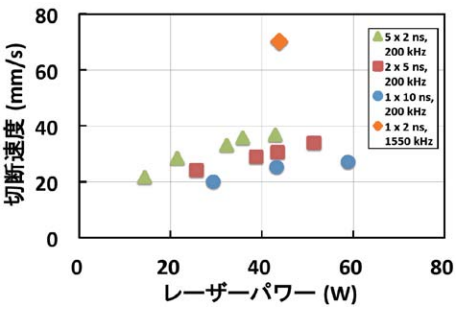
【図1】加工試料のSEM像：(a) 典型的なHAZ（炭素繊維が露出した領域）、(b) SEM画像上でのHAZの評価



【図2】CFRP切断速度のレーザーパワー依存性



【図3】HAZ幅のレーザーパワー依存性



【図4】バーストパルスによるCFRP切断速度のレーザーパワー依存性

早く、HAZ幅が小さくなる傾向が得られた。ピークパワーが一定であれば、パルス幅が短い程パルスエネルギーが小さくなるため、HAZが小さくなったと考えられる。

◆パルスを分割すると

図4にバーストパルスによるCFRP切断速度のレーザーパワー依存性を示す。バーストパルスおよび10 nsパルスの繰り返し周波数は200 kHzであった。足し合わせると同じ10 ns相当の照射であるが、パルスを分割することにより切断速度が向上することが確認された。HAZ幅に関しては、バーストパルスの場合もトータルエネルギーが一緒であれば、同程度となることが確認されている。

図4には本実験で得られた最大切断速度のデータ点を◆でプロットしている。繰り返し周波数1.55 MHzの2 nsパルスを掃引速度37,600 mm/s(パルスオーバーラップ0%)で照射した時に63.2 mm/sが得られた。

◆高品質・高効率加工のためには

紫外ナノ秒レーザーは赤外超短パルスレーザーに比べて出力当たりの装置コストが1/10以下であり、10～15 μm程度のHAZ幅が許容できる応用であれば、高繰り返し2 nsパルスは実用的なツールになりうるといえる。なるべく短いパルスでパルスエネルギーを抑えて高繰り返しで加工することが高品質・高効率加工の方向性であると考えられる。ただし、高速掃引を行わなければならないことはいうまでもない。

本研究は近畿大学・前田研究室/松谷研究室との共同研究で実施し、レーザーの利用にあたってはスペクトラ・フィジックス(株)のご協力を得ました。関係者各位に感謝致します。

山中千代衛

……216

過ぎたるは及ばざるがごとし

過去20年わが国はデフレーションに悩まされつづけてきた。昭和末期の経済大躍進、「パックスジャポニカ」の日々は数年で終わった。この当時ニューヨークマンハッタンのロックフェラー・センターを日本の商社が買収したり、国内でもマンションの売買が盛んで利殖用の建物が飛ぶように売れ、銀行は過剰融資に走るという目も当てられぬ乱痴気騒ぎであった。これがリーマンショックで一挙にデフレに突入してしまったのだ。

先進国の中でダントツに甘い財政運営を続けてきた日本は、財政赤字がGDP(国内総生産)の6.9%、公的債務に至ってはGDPの246%に上っている。

安倍政権は消費税増税を延期し、デフレ対策を重視しようとしているが、膨れ上がる公的債務を削減する長期計画を今こそ策定すべきである。アベノミクスの楽観的な立場は、経済再生により生産性が高まり、2025年までに年2%の経済成長が見込めるという。果たしてうまくゆくのか。

日銀の黒田総裁は異例の金融緩和を実施し、円を市場にじゃぶじゃぶ流した。その結果すぐに反応したのが株式相場で、かつてのバブル時代の日経平均2万円台を回復し、一部ではははやインフレが懸念されている。たしかに日本銀行の大規模な量的緩和により国債利回りは過去最低水準にある。今すでに国債の利払いが日本の国家予算の4分の1を占めており、まさに極限状態である。国債の利払いが増加すればあっという間に国家破綻に陥る心配がある。

物価はすでに日銀の予想通り2%upしたが、賃金ははるかに下まわっている。これでは需要を拡大し、デフレを退治する当初の目的は達成できない。日本の家計貯蓄率は世界に誇るべきものがあったが、年々低下し、米国の家計貯蓄率所得の5～6%を下まわるという。家計貯蓄の日米逆転はまさに驚きである。

アベノミクスの金融政策は今や過ぎたるは及ばざるがごとしと言わねばなるまい。政治家の見識が問われている。

【名誉所長】

The 5th Asian and Pacific-Rim Symposium on Biophotonics報告

レーザーバイオ化学研究チーム　ハイク コスロービアン

■バイオフォトニクスに関する国際会議

4月22～24日にパシフィコ横浜(横浜市)で開催された、第5回Asian and Pacific-Rim Symposium on Biophotonics(APBP' 15)に参加した。本会議は、バイオテクノロジーおよび医療分野への光技術の応用研究全般を範疇に収めており、初回の札幌(2001)から、台北(2004)、ケアンズ(2007)など環太平洋地域のさまざまな都市で開催されてきた。今回日本での再開催にあたり、光・レーザー技術に関する一大国際会議OPIC2015を構成する7会議の一つとして開催されたものである。会議のトピックはマイクロ・ナノ分光などの顕微観測・イメージング技術から、光音響法による医療診断、光コヒーレンストモグラフィーや光(レーザー)セラピーなどさまざまであり、期間中には70件以上の講演が行われた。以下に、その中から我々の課題と関連が深く重要と思われる研究を紹介する。

■蛍光タンパク質のブリンキング機構

東京大浦野教授の研究グループから、蛍光蛋白質のブリンキングのメカニズムに関する報告があった。蛍光蛋白質はイメージング法における蛍光プローブとして広く使用されるが、励起光をあて続けると蛍光強度が低下する現象(光退色)や、その後蛍光が回復することにより明滅を繰り返す現象(ブリンキング)が起こり、これらが定量的、効率的な画像取得の妨げになることが知られている。ほとんどの場合、この主な要因は蛍光プローブの三重項状態の形成と、それに伴う励起状態の枯渇である。彼らは三重項状態形成とそのダイナミクスを観測するため、時間的に変調された二つの方形波パルスを用いた蛍光計測システムを開発し、蛍光プローブとして代表的な高感度緑色蛍光蛋白質(eGFP)を試料に用いて三重項状態の寿命を含む動力学的パラメータを決定した。その結果、eGFPには二つの暗状態が存在することがわかった。一方は350 μsの寿命を持つ最低三重項状態であるが、もう一方は15msという非常に長い寿命を持っており、この状態の存在は新たな発見であるとのことである。最近、ブリンキングは数10nmの超解像度を持つ蛍光顕微鏡技術(STROM)などに積極的に応用されつつあり、このような研究は今後の顕微観測装置の開発にも重要な知見を与えるものと考えられる。

■チェレンコフ放射を用いた分子イメージング

ダートマス大(米国)B. W. Pogue教授から、チェレンコフ放射を励起光源に用いた生体内分子イメージング法に関する講演があった。ポジトロン断層法(PET)による癌診断などに代表される分子イメージングは、体内の疾患の発見や治療効果の追跡に用いられ、その高分解能化は医療分野において重要な課題である。講演で彼らは実際に観測した高解像度画像を示し、この手法により生体内の代謝物の高解像度検出が可能であることを明らかにした。MeVクラスのチェレンコフ光は放射線治療装置から細いビームとして放射され、観測対象内部はラスタースキャンにより2次元化される。励起により生じる発光の検出には、ゲート付きインテンシファイアが用いられていた。観測に必要な照射線量はCTスキャンよりも低くすることができ、マウスの観測結果から空間分解能は約0.2mmに達するとのことである。また講演では人体組織のモデルを用いて体内の酸素分子のセンシングやリンパ節の検出を行った結果についても報告され、この手法が分子イメージングを用いた医療診断に有効であることが示された。

主な学会等報告予定

8月23日(日)～28日(金)　The 40th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves(香港中文大学)
李　大治　「Study On Radiation Source With Negative-index Material」

8月25日(火)～28日(金)　平成27年電気学会C部門大会　(長崎大学)
島田　義則「レーザーを用いた鋼板接着高架橋の遠隔検査技術開発」

9月9日(水)～11日(金)　2015年光化学討論会(大阪市立大学)
谷口　誠治「ヒト由来D-アミノ酸酸化酵素の蛍光ダイナミクス：機能阻害効果の検討」

9月13日(日)～ 16日(水)　第76回応用物理学会秋季学術講演会(名古屋国際会議場)
染川　智弘「レーザーラマン分光法による油種のその場識別手法の開発」
ハイク コスロービアン「Analysis of CW regime, multi-pass amplification system characteristics including linear losses」
古河　裕之「レーザーピーニング統合シミュレーションによる塑性応力の評価」

9月16日(水)～18日(金)　平成27年度土木学会全国大会(岡山大学)
島田　義則「レーザーリモートセンシングを用いたコンクリート構造物の健全性評価技術(2)ケミカルアンカーボルトの接着不良検出」

発行／公益財団法人レーザー技術総合研究所 編集者代表／谷口誠治 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 大阪科学技術センタービル4F TEL(06)6443-6311 FAX(06)6443-6313

掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表 ・谷口誠治までお願いいたします。
(TEL:06-6879-8761, FAX:06-6877-0900, E-mail:taniguchi@ilt.or.jp)